관리번호

사본번호

서울제물포터널 민간투자사업 건설공사

지 반 조 사 보 고 서

– 1구간 · 2구간 – [부록]

2021. 04

서울터널주식회사

부 록 목 차

제1장 지반조사 위치도

제2장 지질도

제3장 지층단면도
3.1 지층 종단면도
3.2 지층 횡단면도

제4장 현장조사
4.1 지표지질조사
4.2 시추 주상도
4.3 시험굴(TEST PIT) 주상도

제5장 현장시험
5.1 SPT에너지효율측정
5.2 공내재하시험
5.2.1 LLT
5.2.2 PMT
5.2.3 GMJ
5.3 공내전단시험
5.4 콘관입시험
5.5 현장투수시험
5.6 암반수압시험
5.7 양수시험
5.8 순간충격시험
5.9 지하수 유향·유속시험
5.10 현장밀도시험
5.11 수압파쇄시험
5.12 시추공시험발파

제6장 물리탐사 및 검층
6.1 고출력전기비저항탐사
6.2 상시미진동탄성파탐사
6.3 MASW탐사
6.4 탄성파토모그래피
6.5 GPR탐사
6.6 시추공영상촬영
6.7 초음파주사검층
6.8 하향식탄성파탐사
6.9 S-PS검층
6.10 공내밀도검층

제7장 실내시험
7.1 토질시험
7.1.1 기본물성
7.1.2 직접전단시험
7.1.3 다짐 및 CBR시험
7.1.4 진동반복삼축시험
7.1.5 토사공진주시험
7.2 암석시험
7.2.1 기본물성 및 일축압축강도시험
7.2.2 점하중강도시험
7.2.3 삼축압축 및 인장강도시험
7.2.4 절리면 전단시험
7.2.5 기본마찰각시험
7.2.6 3D JRC측정
7.2.7 암석이방성 시험
7.2.8 Swelling/Slaking 시험
7.2.9 Creep시험
7.2.10 암석공진주시험
7.2.11 AE/DRA시험
7.2.12 편광현미경관찰 및 XRD분석
7.3 암유용성 시험
7.4 지반환경 시험
7.4.1 라돈농도 측정
7.4.2 수질 및 토양시험

제8장 RMR-Q 분류결과

제9장 재료원 조사

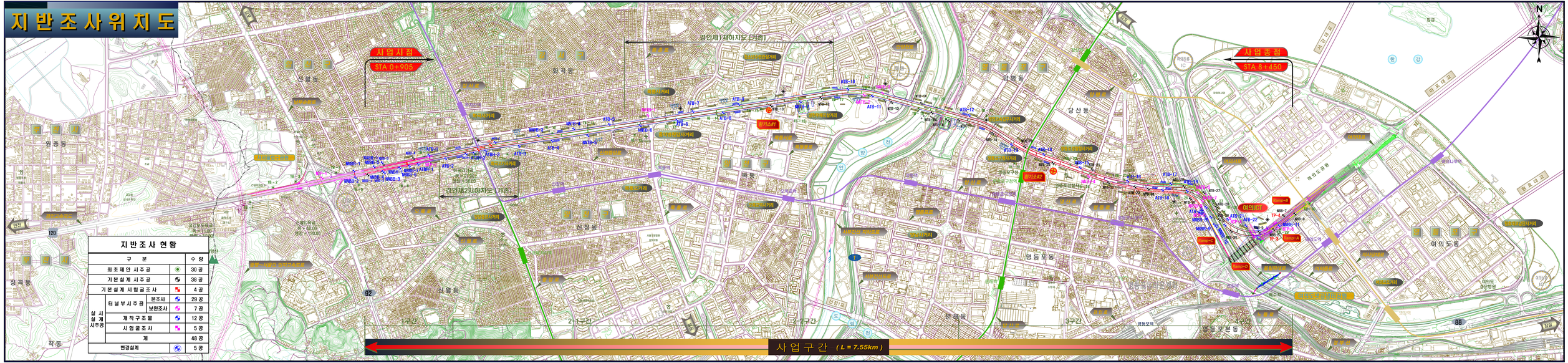
제10장 사 진 첩
10.1 시추조사 사진첩
10.2 현장조사 사진첩
10.3 시료상자 사진첩
10.4 폐공 사진첩

제11장 구조물 기초 안정성 검토
11.1 얕은기초
11.2 말뚝기초

제12장 제2환기소 가시설공사 지반조사

제1장 지반조사 위치도

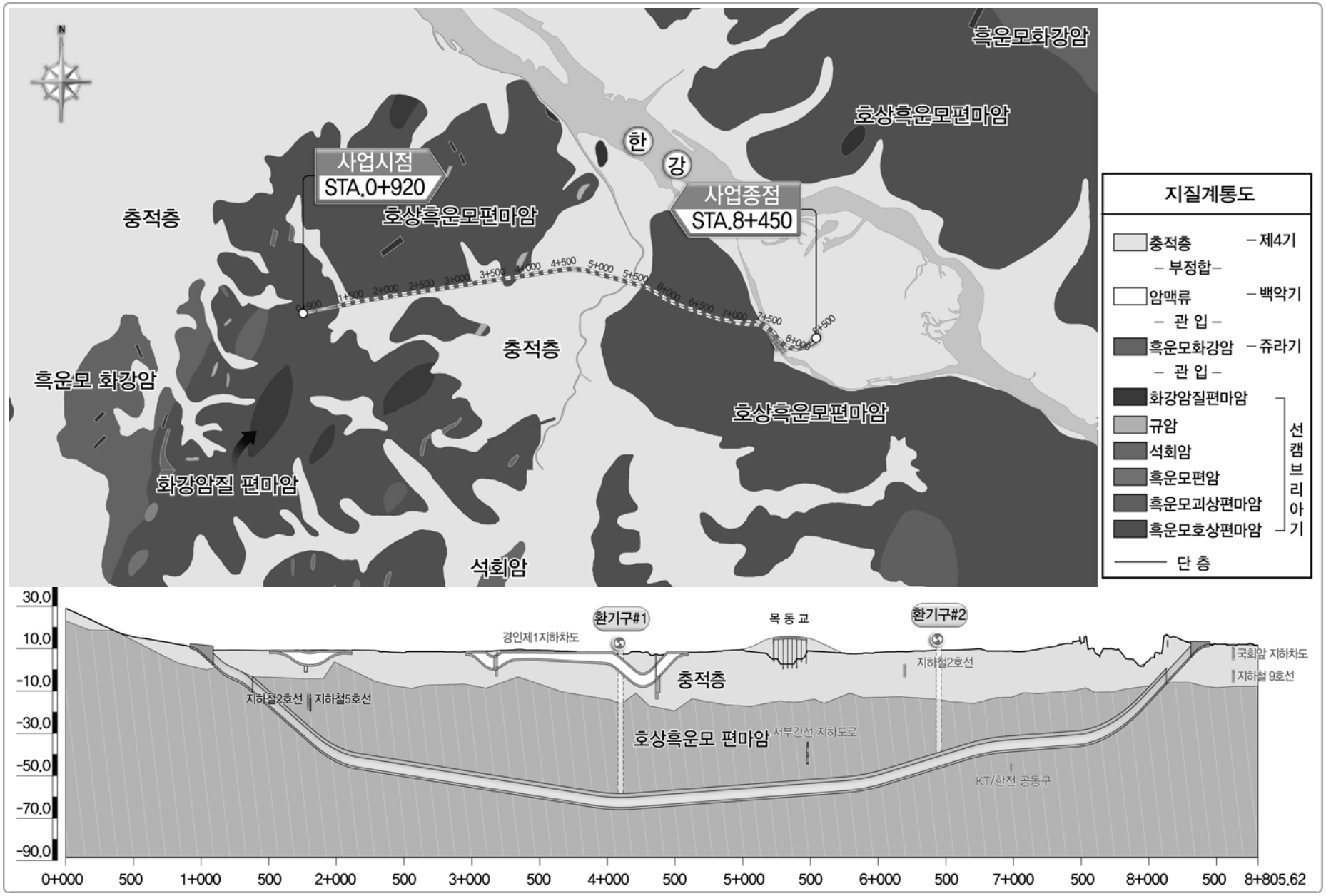
지 반 조 사 위 치 도



지반조사 현황

구 분			수 량
최적제안 시추공			30 공
기본설계 시추공			38 공
기본설계 시험굴조사			4 공
실시설계 시추공	터널부시추공	본조사	29 공
		보완조사	7 공
	개착구조물		12 공
	시험굴조사		5 공
	계		48 공
변경설계			5 공

제2장 지 질 도


N
흑운모화강암
호상흑운모편마암
한
강
사업시점
STA.0+920
사업종점
STA.8+450
충적층
호상흑운모편마암
충적층
흑운모 화강암
호상흑운모편마암
화강암질 편마암
석회암
0+000
1+000
2+000
2+500
3+000
3+500
4+000
4+500
5+000
5+500
6+000
6+500
7+000
7+500
8+000
8+500
지질계통도
충적층 – 제4기
– 부정합 –
암맥류 – 백악기
– 관 입 –
흑운모화강암 – 쥬라기
– 관 입 –
화강암질편마암
규암
석회암
흑운모편암
흑운모괴상편마암
흑운모호상편마암
선캠브리아기
단 층
30.0
10.0
-10.0
-30.0
-50.0
-70.0
-90.0
환기구#1
경인제1지하차도
목 동 교
환기구#2
지하철2호선
국회앞 지하차도
지하철 9호선
충적층
지하철2호선
지하철5호선
호상흑운모 편마암
서부간선 지하도로
KT/한전 공동구
0+000
500
1+000
500
2+000
500
3+000
500
4+000
500
5+000
500
6+000
500
7+000
500
8+000
500
8+805.62

제3장 지층단면도

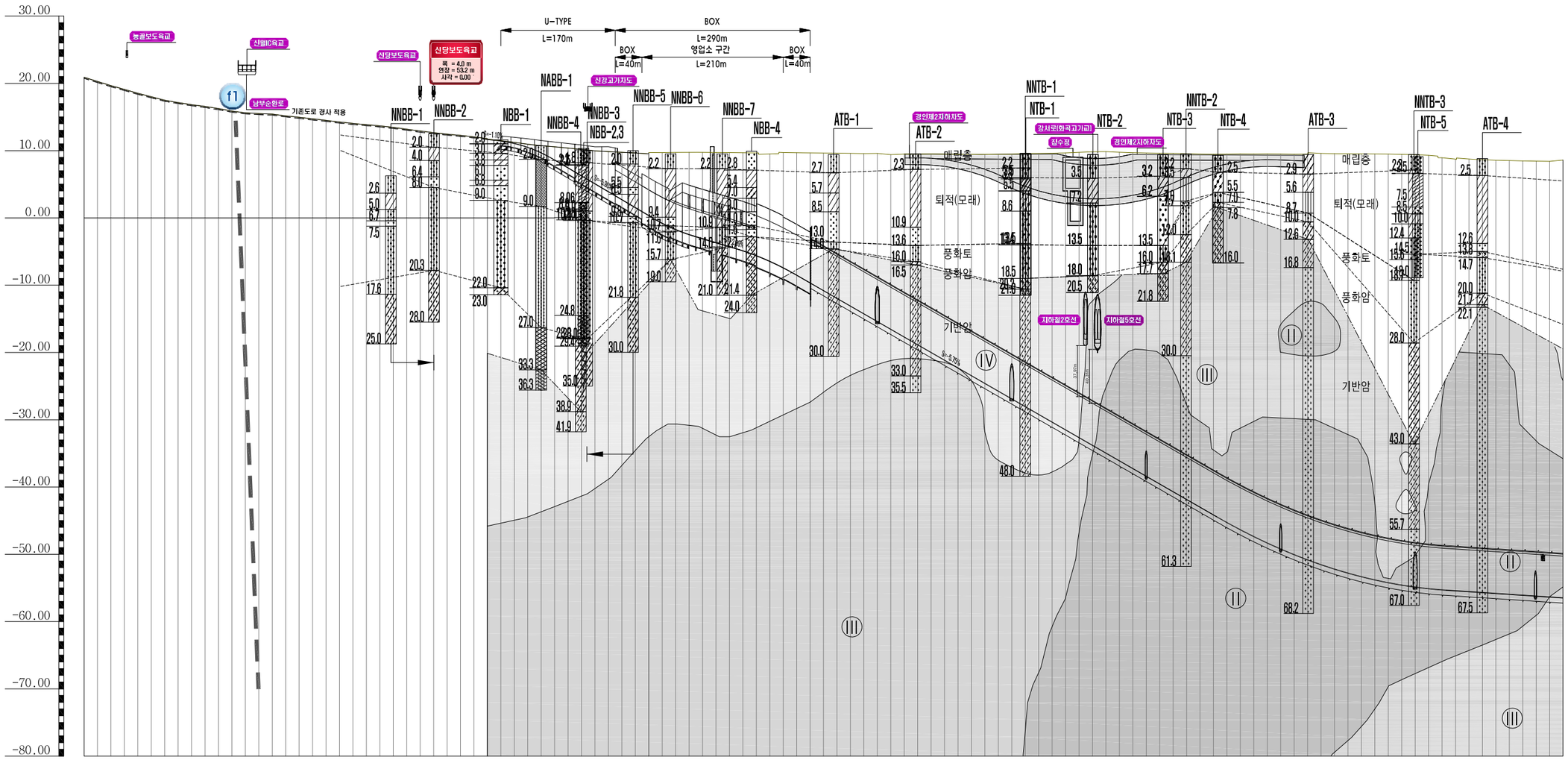
3.1 지층 종단면도

3.2 지층 횡단면도

3.1 지층 종단면도

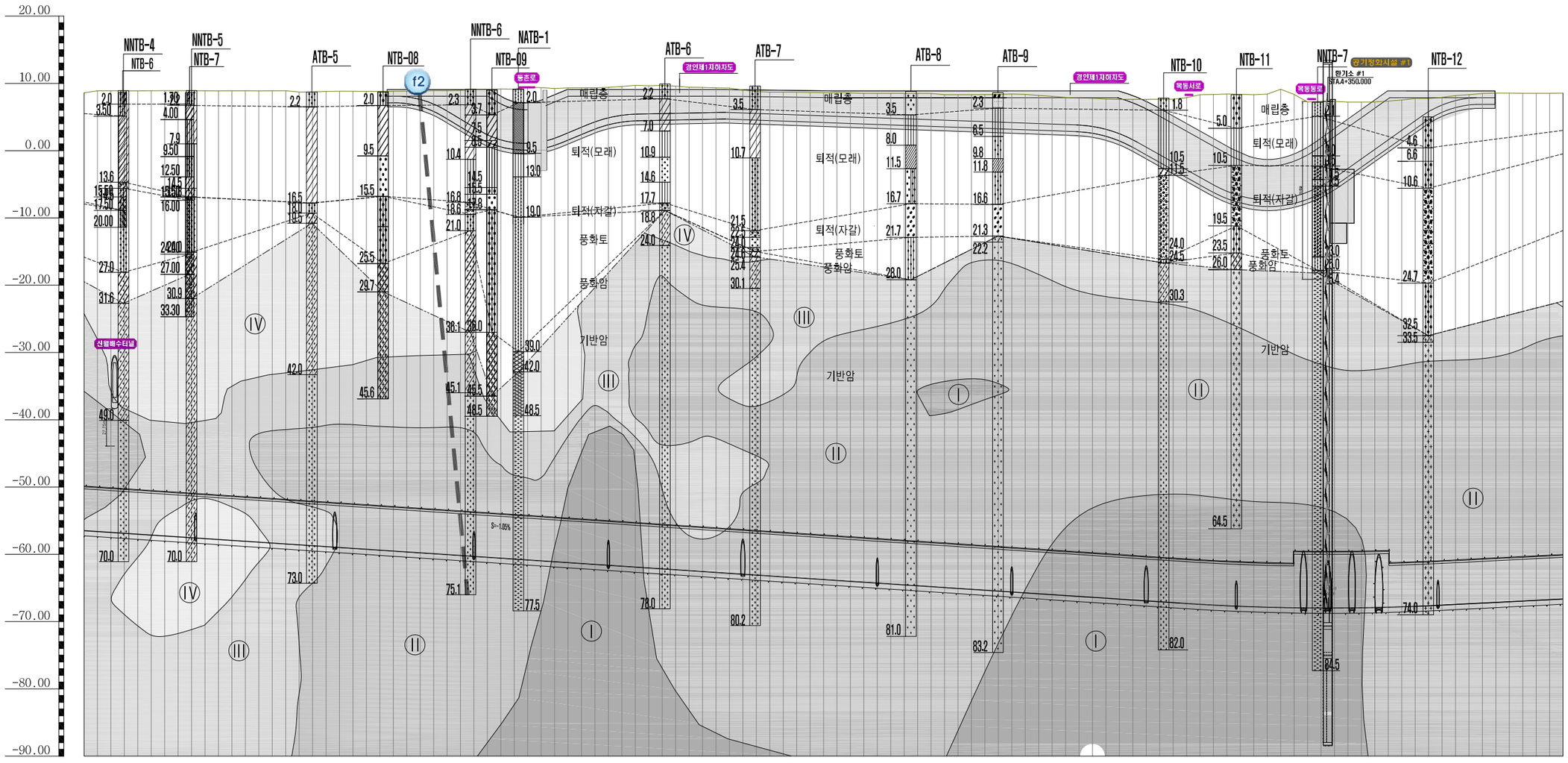
지층 종단 및 암반등급도(1)

(여의도방향)


30.00
20.00
10.00
0.00
-10.00
-20.00
-30.00
-40.00
-50.00
-60.00
-70.00
-80.00
노량보도육교
신월IC육교
신당보도육교
신당보도육교
폭 = 4.0 m
연장 = 53.2 m
시작 = 0.00
U-TYPE
L=170m
BOX
L=290m
영업소 구간
L=210m
BOX
L=40m
BOX
L=40m
신강교가지도
남부순환로
기존도로 경사 적용
NNBB-1
NNBB-2
NBB-1
NABB-1
NNBB-4
NNBB-3
NBB-2,3
NNBB-5
NNBB-6
NNBB-7
NBB-4
ATB-1
경인대2지하차도
ATB-2
NNTB-1
NTB-1
강서로(한국고기교)
창수정
NTB-2
NNTB-2
NTB-3
NTB-4
경인대2지하차도
ATB-3
NNTB-3
NTB-5
ATB-4
지하철2호선
지하철5호선
매립층
퇴적(모래)
풍화토
풍화암
기반암
Ⅳ
Ⅲ
Ⅱ
Ⅲ
Ⅱ
Ⅲ
Ⅱ

지층 종단 및 암반등급도(2)

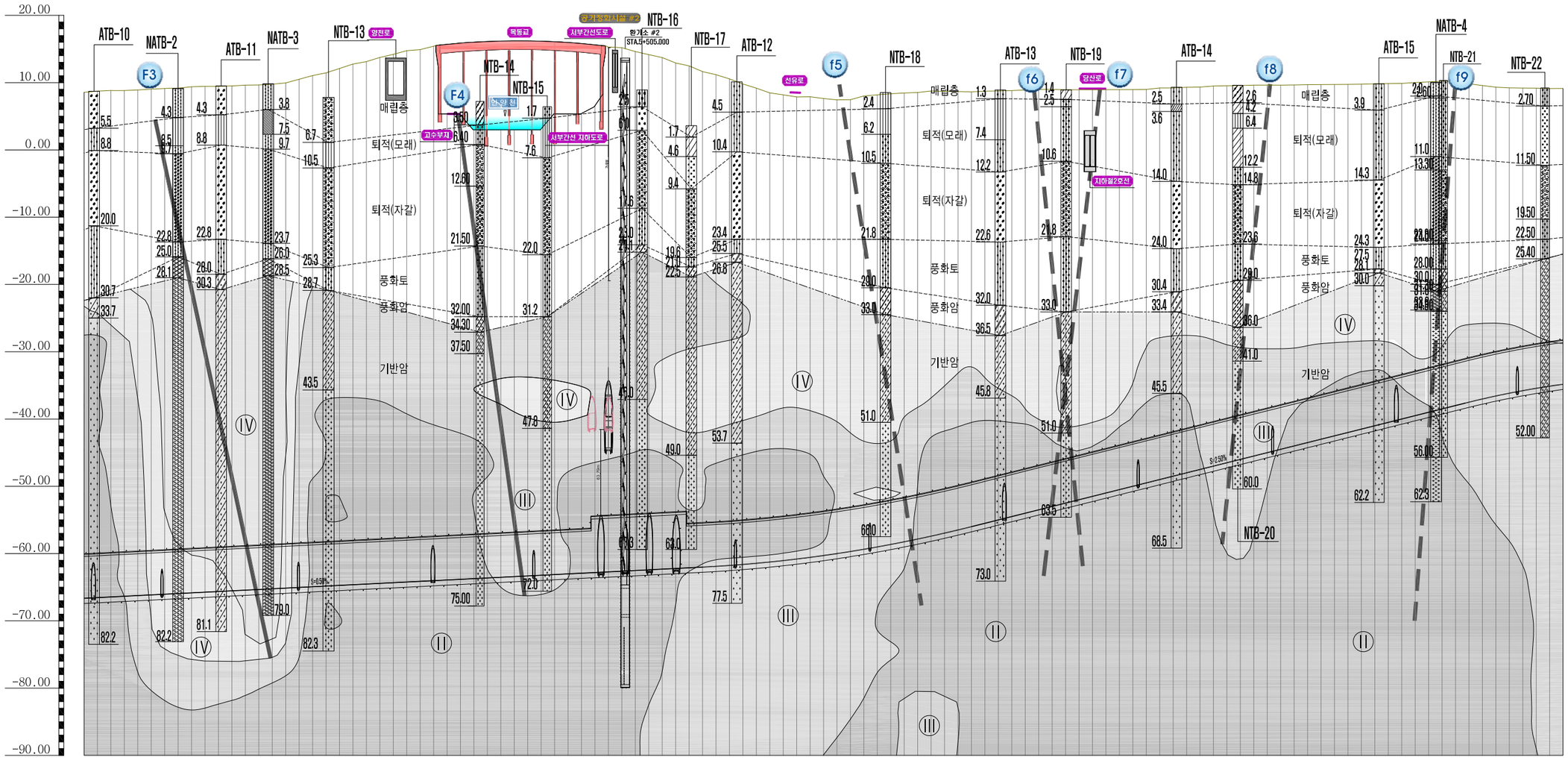
(여의도방향)



측점				500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	3+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	4+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00
기본설계	실시설계	RMR	0.5H	54~73	36~47		60~66			61~67	50~65			37~39	61		64	73~81		80		71~73		61~66		
			터널통과부	42~73	22~48		62~68			55~69	67~70			39~66	61~69		64	65~82		73~82		76~81		60~61		
		Q-Value	0.5H	7.74~194.1	0.51~3.17		38.93~42.13			5.46~22.13	12.474~30.624			1.87~2.67	12.98~16.37		21.07~22.40	52.27~142.22		47.52~50.16		22.763~52.800		9.86~70.40		
			터널통과부	0.38~194.1	0.67~8.27		7.39~42.13			8.62~196.3	27.456~33.088			1.87~30.8	13.07~41.07		16.80~34.40	25.33~52.80		34.85~47.52		20.885~39.600		13.46~25.34		
실시설계		암반등급		II	III		II			I	II	III		II			I			II					
		연장(m)		84	288		347			108	40	111		487			417			320					

지층 종단 및 암반등급도(3)

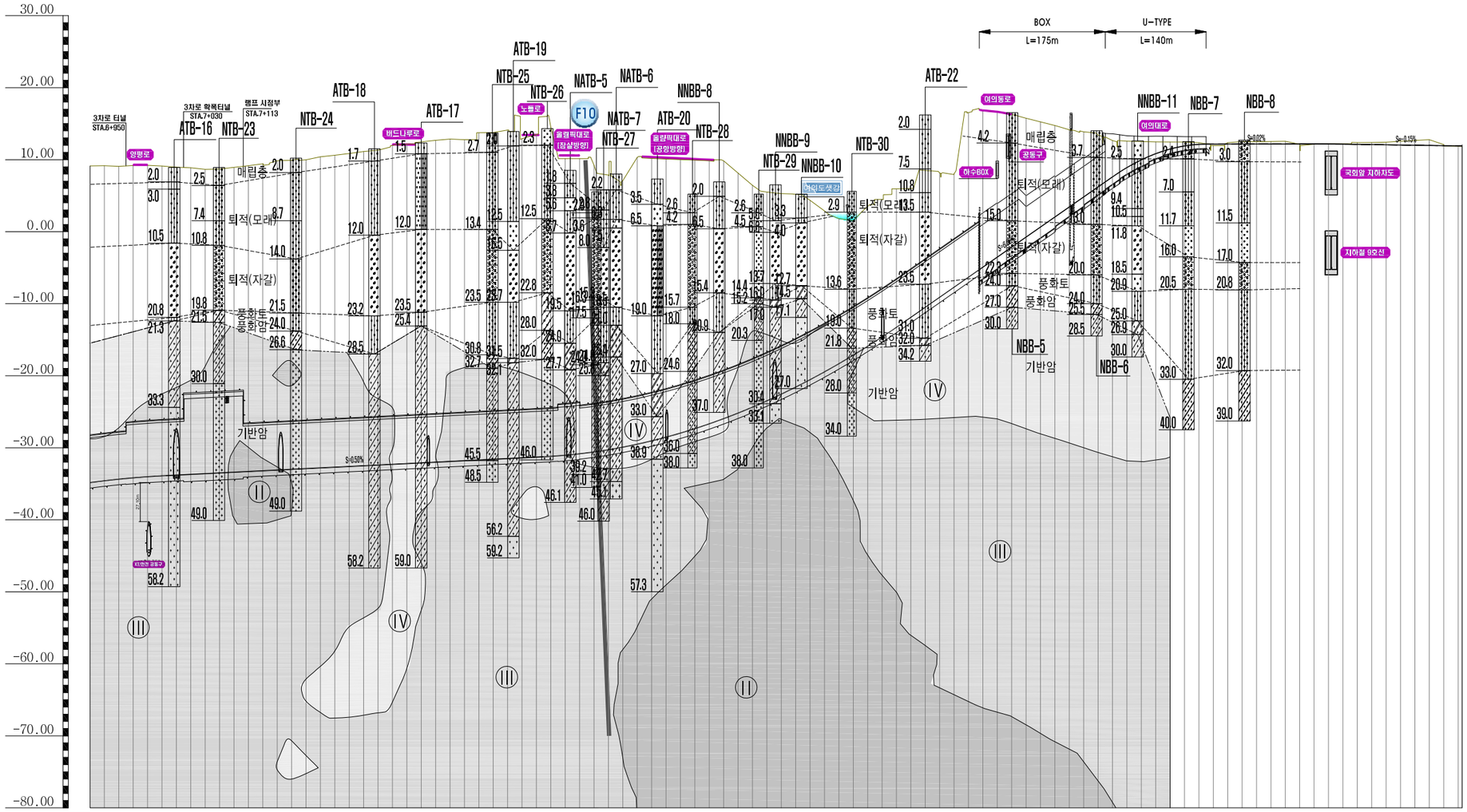
(여의도방향)



측점				700.00	800.00	900.00	0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00
기본설계	실시설계	RMR	0.5H	65~68	19~22	17	18	80~82		55~64	40~42	68	60~62	68		60~66		35~60	63		58~66	47~50		41~58	45~52 54	21
			터널통과부	59~68	22~29	43~68	18~21	71~80		60~64	32~52	64~66	62	46~65		43~60		60~65	64~82		52~66	47~52		63~66	45~59 54	38~43
		Q-Value	0.5H	23.73~50.13	0.007~0.008	0.02	0.007~0.033	21.91~49.10		12.67~16.43	3.17~3.78	60.54	0.27~3.78	35.6~45.87		0.64~0.95		5.33~30.58	1.77~13.86		17.60~50.13	2.90~7.92		2.73~9.47	3.036~7.920 21.12~26.05	0.66
			터널통과부	5.96~48.00	0.007~0.024	14.93~46.93	0.007~0.023	17.95~50.69		14.45~29.70	0.48~4.62	46.46~60.54	1.82~3.7	2.84~20.27		0.82~4.84		25.33~46.40	10.43~39.60		12.40~41.60	2.99~4.75		11.14~26.67	9.739~22.968 13.55~24.64	1.76~7.04
실시설계		암반등급		II	III	IV	단층대	IV	III	II	II	단층대	III	II		III		II	III		II	III		IV	III	IV
		연장(m)		45	47	34	169	16	22	7	286	30	48	407		132		193	123		84	319		67	78	93

지층 종단 및 암반등급도(4)

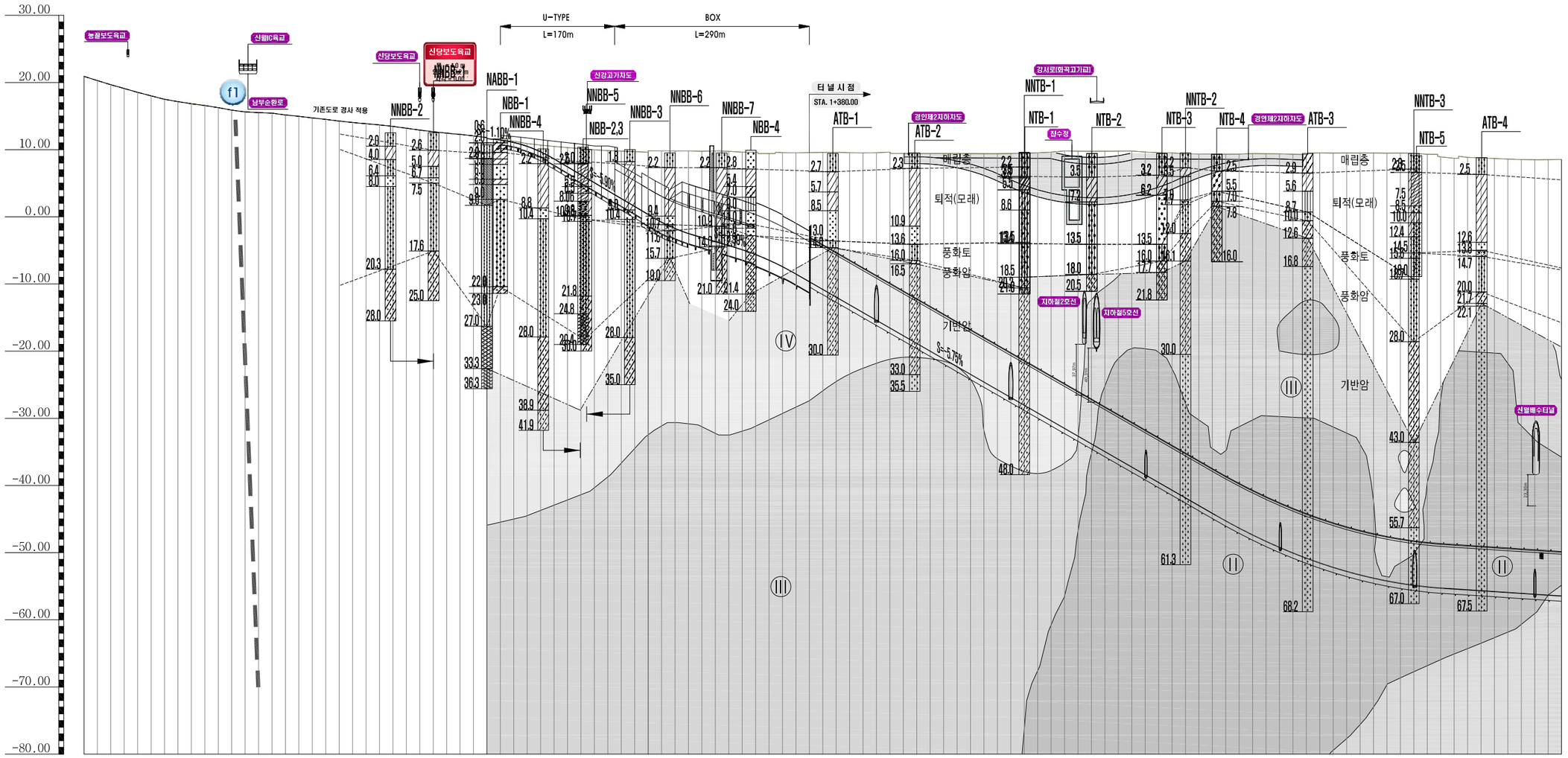
(여의도방향)



측점				900.00	7+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	8+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	805.621
기본설계	실시설계	RMR	0.5H		53~59	35	38~55	48~51	30~32	33~38 / 32~37	41~53 / 21~23	20~28 / 10~21	17	풍화암~38 / 퇴적~풍화암	39~41	48~55 / 40~45	43~56	퇴적	퇴적				
			터널통과부		54~59	39~54	49~53	41~49	30~35	34~58 / 40~51	53~56 / 20~23	26~39 / 18~29 / 14~17		18~26 / 풍화암~37	44~47	39~60 / 40~47	51~60	풍화토~32	퇴적				
		Q-Value	0.5H		6.67~11.33	0.55	0.35~4.55	3.40~8.53	0.12~3.20	0.66~0.67 / 0.54~3.20	0.26~1.37 / 0.061~0.293	0.055~0.462 / 0.10~0.57 / 0.293		풍화암~2.50 / 퇴적~풍화암	1.33~5.87	0.54~1.80 / 1.40~2.27	1.50~3.20	퇴적	퇴적				
			터널통과부		2.49~11.00	0.49~2.08	2.35~22.57	5.40~12.80	0.10~12.44	0.11~10.56 / 4.00~29.87	0.67~13.09	0.469~1.203 / 0.059~1.232 / 0.19~1.16		풍화암~4.67	0.32~12.0	0.11~0.31 / 0.81~22.93	6.40~16.27	풍화토~0.83	퇴적				
실시설계		암반등급		IV	III	IV	III	IV	III	IV	단층대 IV	V	IV	V	풍화토	퇴적	NATM 종점(STA.8+135.0)						
		연장 (m)		104	25	32	224	110	134	53	20	16	142	114	30	36	195						

지층 종단 및 암반등급도(5)

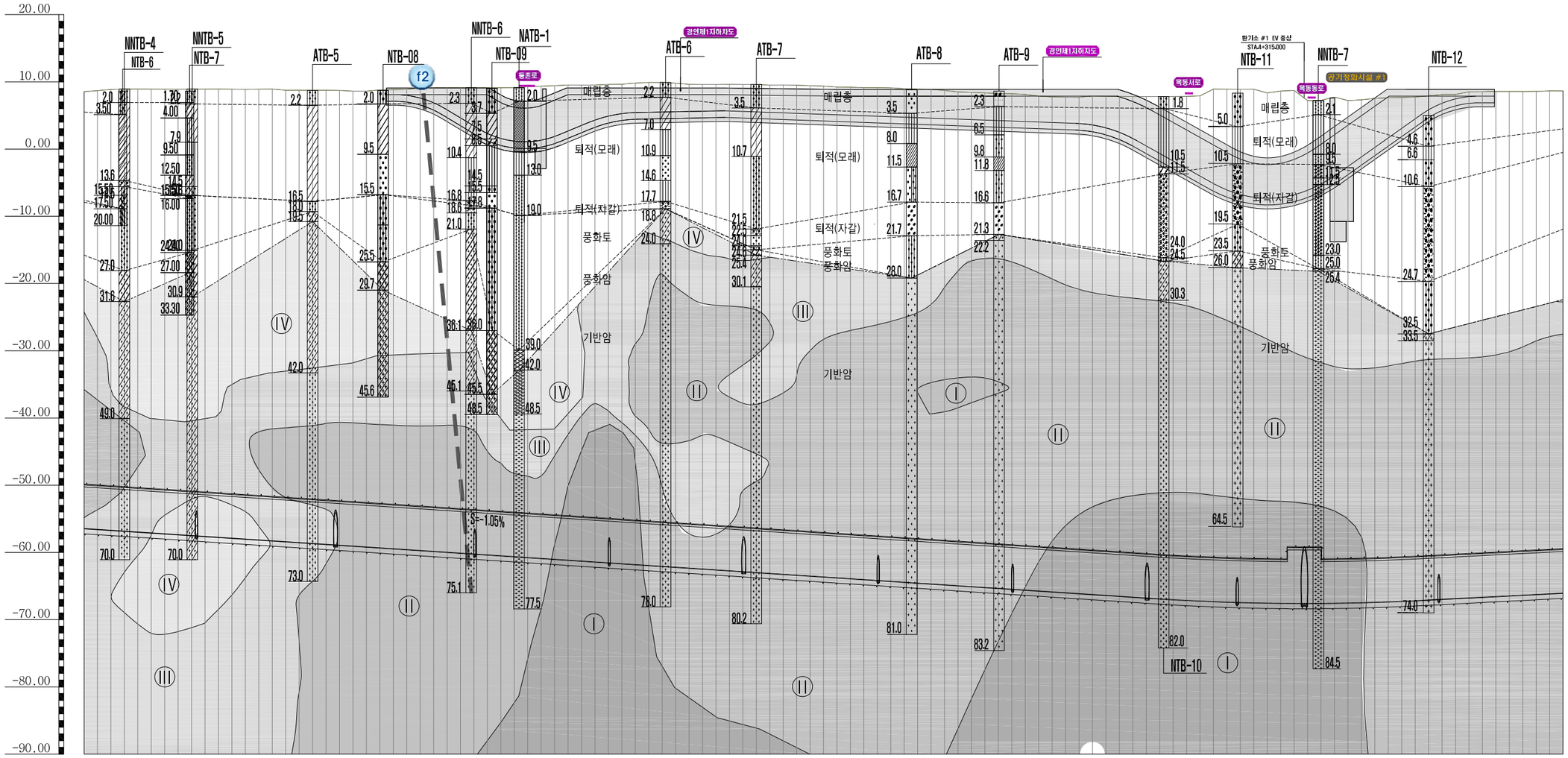
(인천방향)



측 점				300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	1+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	2+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00
기본설계	실시설계	RMR	0.5H												퇴적~25	30~38		30~35				61~62		68~76		42~44	61~68
			터널 통과부												25~39	37~48		31~36				62~82		62~76		31~62	68~80
		Q-Value	0.5H												퇴적~0.47	0.33~0.58		0.67~1.16				7.02~12.62		42.67~198.4		6.93~8.1	48.22~209.1
			터널 통과부												0.11~0.47	0.43~1.29		0.43~4.22				12.62~213.3		7.92~198.4		1.6~13.87	194.1~213.3
실시설계		암반등급		NATM 시점(STA.1+381.0)											퇴적	V		IV		III		II		II		III	II
		연 장 (m)													112	30		266		34		153	24	220		75	205

지층 종단 및 암반등급도(6)

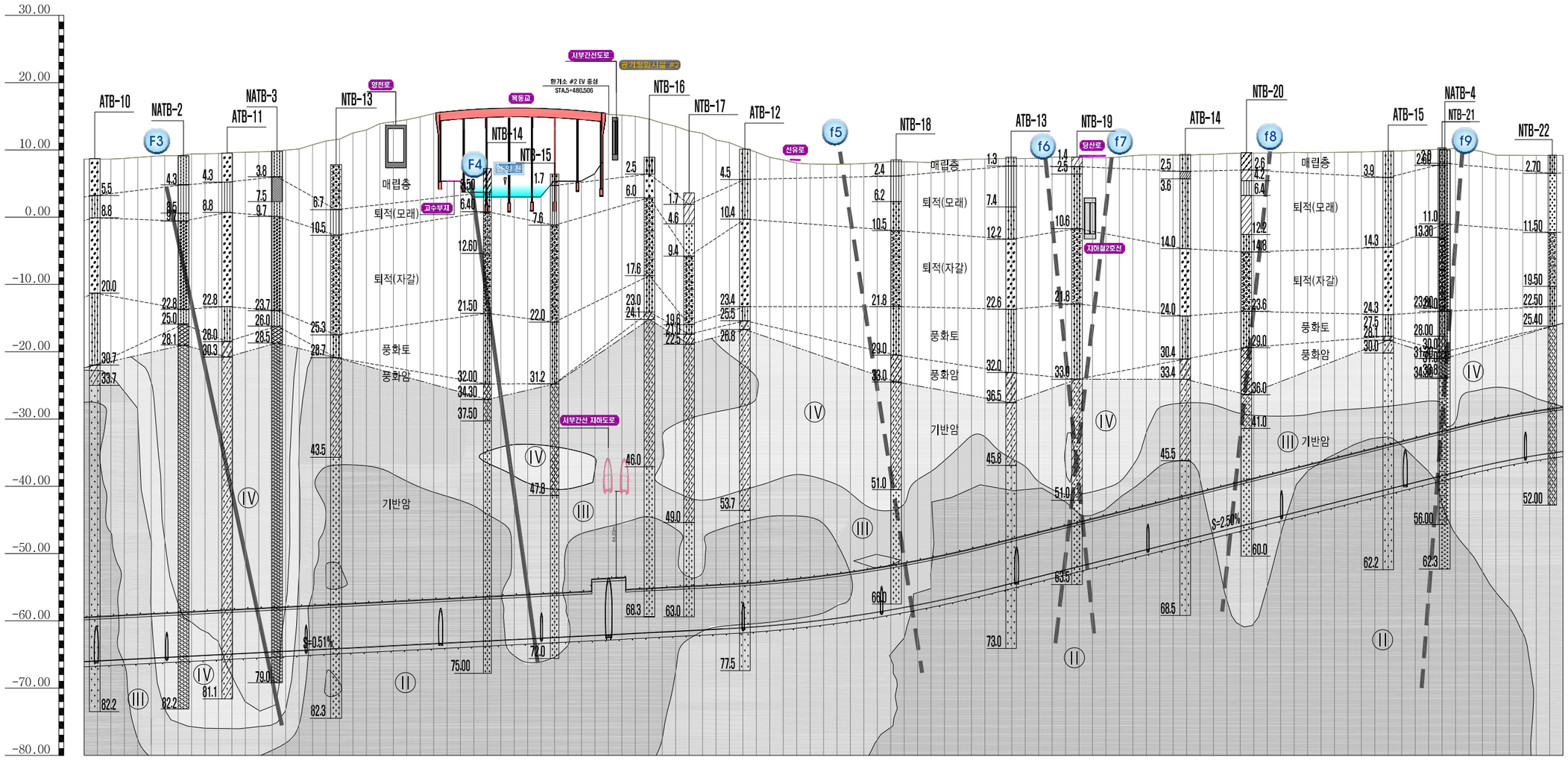
(인천방향)



측점				500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	3+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	4+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00
기본설계	실시설계	RMR	0.5H	54~73	36~47		60~66			61~67	50~65		37~39	61		64	73~81		80		71~73		61~66			
			터널 통과부	42~73	22~48		62~68			55~69	67~70		39~66	61~69		64	65~82		73~82		76~81		60~61			
		Q-Value	0.5H	7.74~194.1	0.51~3.17		38.93~42.13			5.46~22.13	12.474~30.624		1.87~2.67	12.98~16.37		21.07~22.40	52.27~142.22		47.52~50.16		22.763~52.800		9.86~70.40			
			터널 통과부	0.38~194.1	0.67~8.27		7.39~42.13			8.62~196.3	27.456~33.088		1.87~30.8	13.07~41.07		16.80~34.40	25.33~52.80		34.85~47.52		20.885~39.600		13.46~25.34			
실시설계		암반등급		II	III		II		I	II	III		II			I			II						
		연 장 (m)		84	288		347		108	40	111		487			417			320						

지층 종단 및 암반등급도(7)

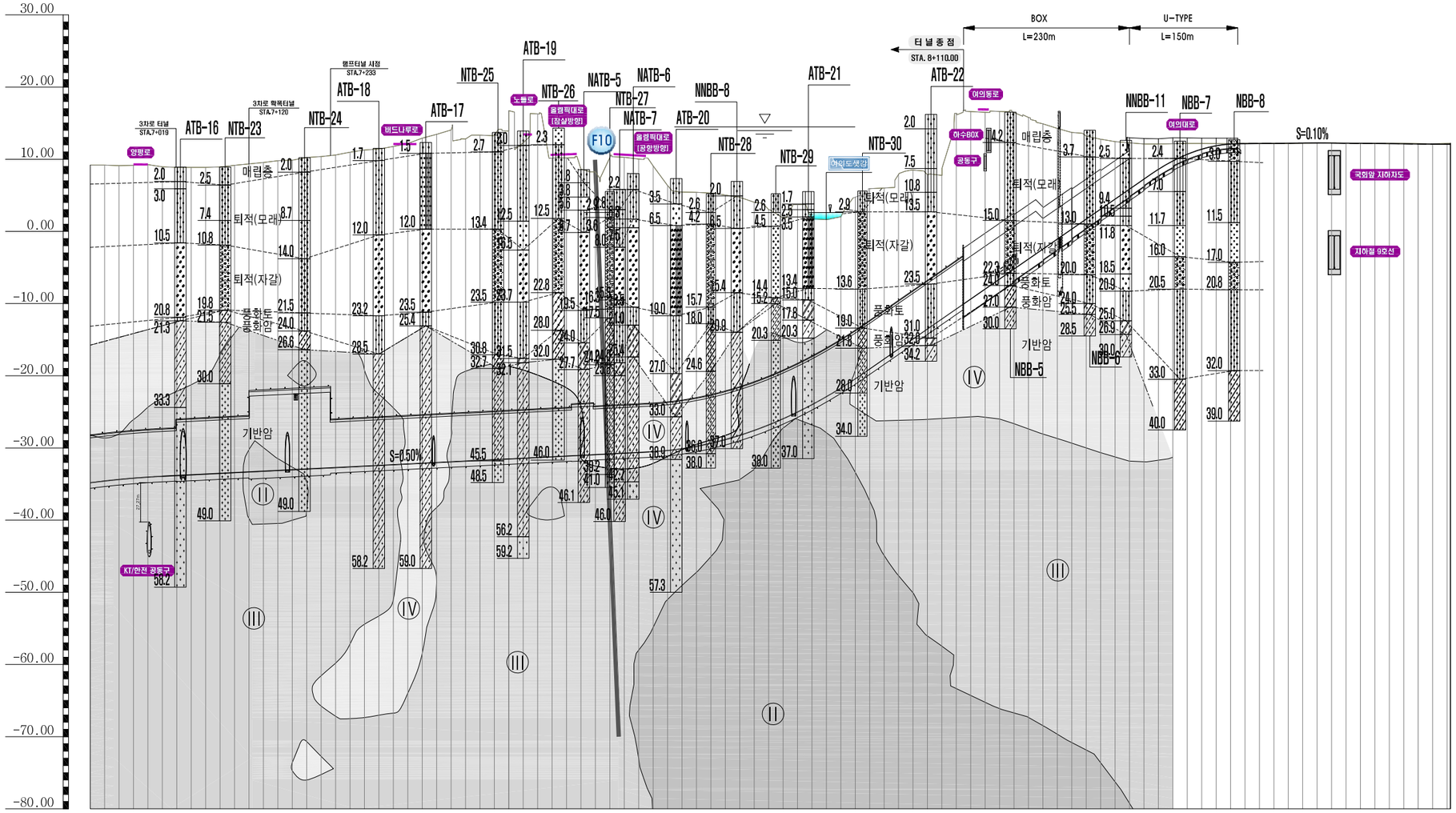
(인천방향)



측점				700.00	800.00	900.00	5+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	6+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00
기본설계	실시설계	RMR	0.5H	65~68	19~22	17	18	80~82		55~64	40~42	68	41~60	68		60~66		35~60	17~63	58~66	47~50	41~58	54	21		
			터널통과부	59~68	22~29	43~68	18~21	71~80		60~64	32~52	64~66	62	46~65		43~60		60~65	64~82	52~66	47~52	63~66	54	38~43		
		Q-Value	0.5H	23.73~50.13	0.007~0.008	0.02	0.007~0.033	21.91~49.10		12.67~16.43	3.17~3.78	60.54	0.27~0.95	35.6~45.87		0.64~0.95		5.33~30.58	0.03~1.77	17.60~50.13	2.90~7.92	2.73~9.47	26.05	0.66		
			터널통과부	5.96~48.00	0.007~0.024	14.93~46.93	0.007~0.023	17.95~50.69		14.45~16.63	0.48~4.62	46.46~60.54	1.82~3.7	2.84~20.27		0.82~4.84		25.33~46.40	10.43~39.6	12.40~41.60	2.99~4.75	11.14~26.67	13.55~24.64	1.76~7.04		
실시설계		암반등급		II	III	IV	단층대	IV	III	II	단층대	III	II		III	II	III	II	III	IV	III	IV				
		연장(m)		51	48	35	169	17	20	296	30	48	413		137	193	116	81	368	24	75	79				

지층 종단 및 암반등급도(8)

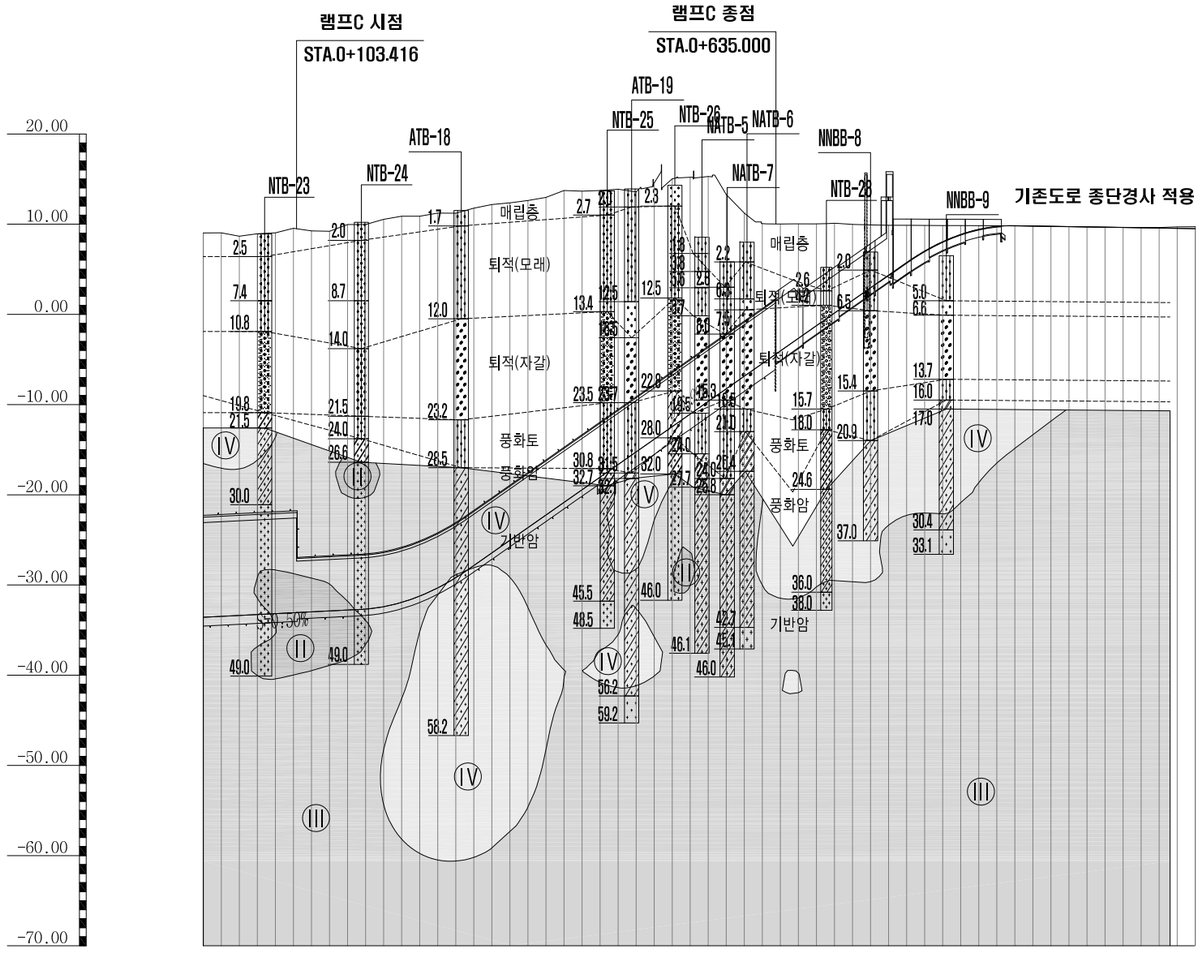
(인천방향)



측점				900.00	7+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	8+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	780.00 784.67
기본설계	실시설계	RMR	0.5H		53~59 39~47		55~61		48~51 30~32		33~38 41~53 20~28 32~37 21~23 10~21 17		풍화암~38 55~53 풍화암 41~44		풍화토		퇴적						
			터널통과부		54~59 47~54		38~53		41~49 30~35		34~58 53~56 26~39 40~51 20~23 18~29 14~1		풍화암~41 21~31 39~60 42~47 49~63		풍화토~32		퇴적						
		Q-Value	0.5H		6.67~11.33 0.49~1.45		3.39~4.55		3.40~8.53 0.12~3.20		0.66~0.67 0.26~1.37 0.055~0.462 0.54~3.200.061~0.2930.10~0.57 0.293		풍화암~2.50 0.81~1.80 풍화암 5.87~12.00 3.10~9.20		풍화토		퇴적						
			터널통과부		2.49~11.00 0.68~2.08		0.35~22.57		5.40~12.80 0.10~12.44		0.11~10.560.67~13.05 0.469~1.203 4.00~29.870.220~0.645 0.19~1.16 0.059~1.232		풍화암~4.67 0.24~1.03 1.72~22.97 0.32~2.84 0.71~20.00		풍화토~0.83		퇴적						
실시설계		암반등급		IV	III		IV	III	IV	단층대 IV	V	IV	V	III	IV	V	풍화토	퇴적	NATM 종점(STA.8+109.0)			
		연장(m)		90	304		111	136	56	20	18	130	44	31	21	38	35	57	118				

지층 종단 및 암반등급도(9)

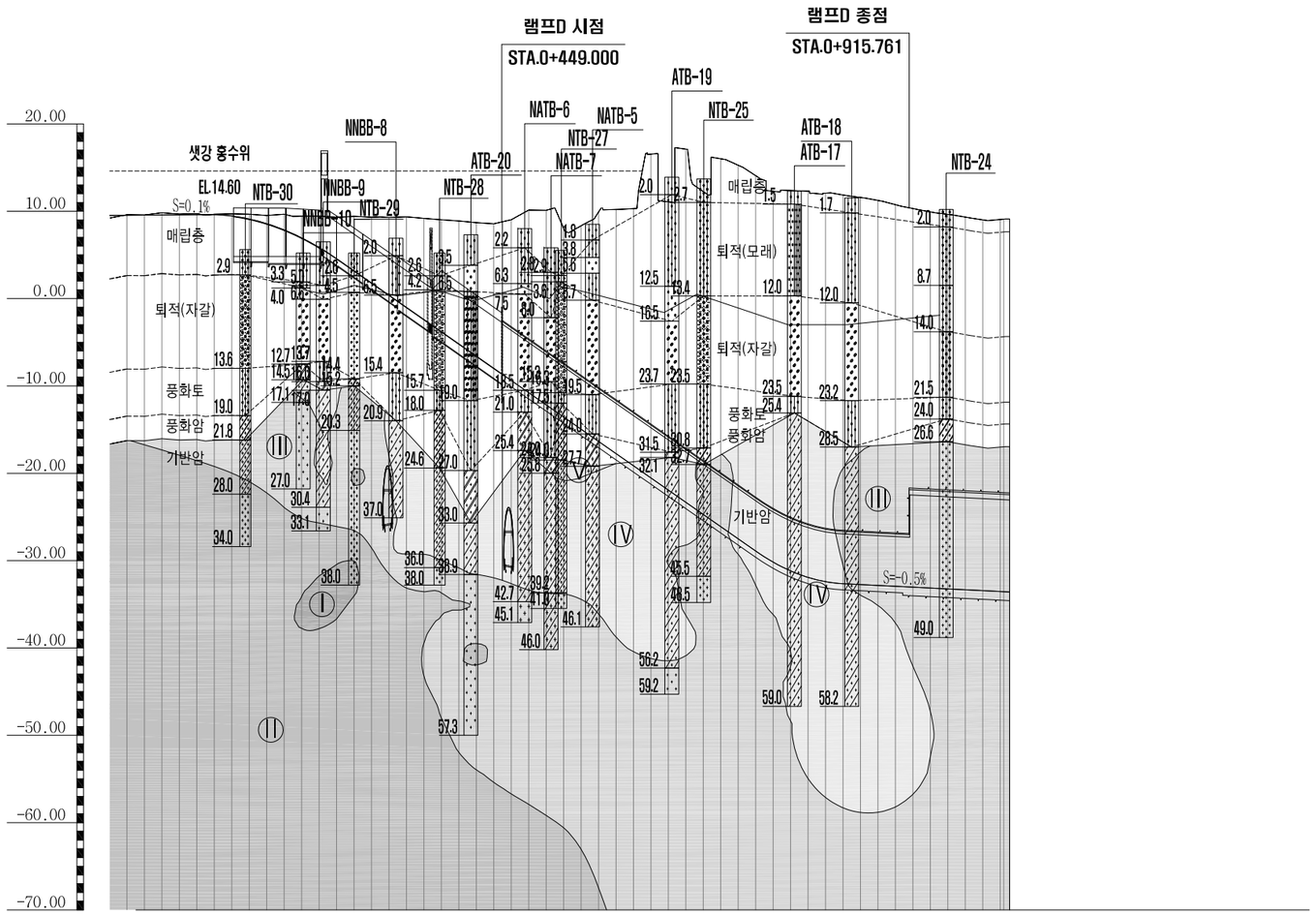
Ramp-C 종단면도(잠실방향)



측 점					0+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	1+ 0.00	100.00
기본설계	실시설계	RMR	0.5H		39~47		38~53	퇴적~30		퇴적 퇴적	퇴적 퇴적 퇴적					
			터널 통과부		51~54		49~51	43~51		퇴적 퇴적~풍화토 퇴적~풍화토	퇴적 퇴적					
		Q-Value	0.5H		0.49~1.45		0.35~2.35	퇴적~1.00		퇴적 퇴적	퇴적 퇴적 퇴적					
			터널 통과부		0.68~2.08		8.58~22.57	3.40~12.80		퇴적 퇴적	퇴적 퇴적 퇴적					
실시설계		암반등급		NATM 시점(STA.0+103.416)		III			퇴적			NATM 종점(STA.0+634.0)				
		연 장 (m)				215.6			315							

지층 종단 및 암반등급도(10)

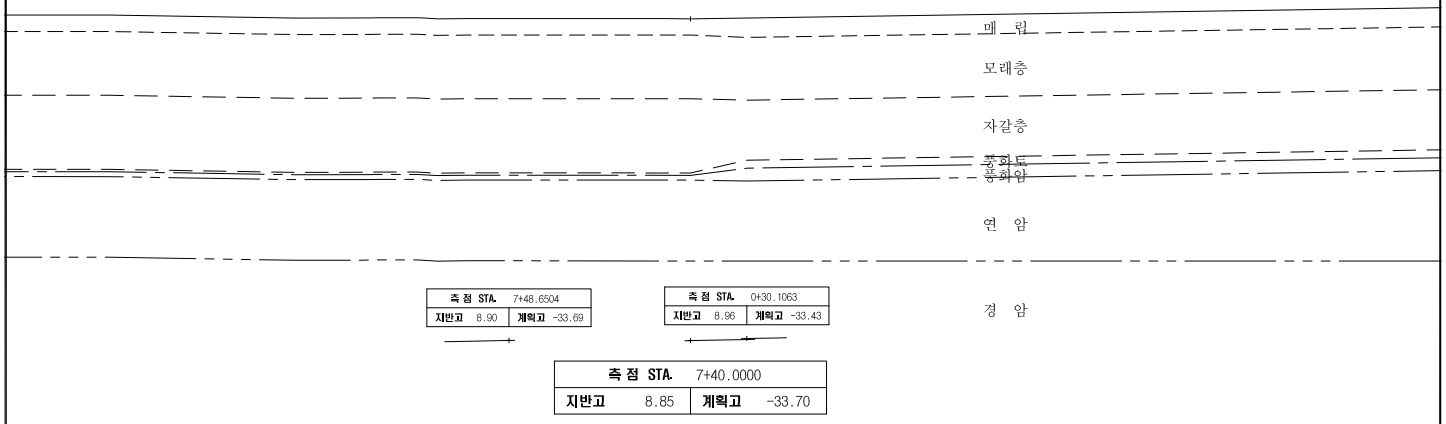
Ramp-D 종단면도(인천방향)



측 점				0+ 0.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	1+ 0.00	024.06
기본설계	실시설계	RMR	0.5H						퇴적 퇴적 퇴적 퇴적		풍화토~풍화암 풍화토		30~43 30~32		61~68
			터널 통과부						퇴적~풍화토 퇴적 퇴적~풍화암 퇴적~풍화암	40~50	풍화토~37	30	41~51		45~60
		Q-Value	0.5H						퇴적 퇴적 퇴적 퇴적		풍화토~풍화암 풍화토		1.00~4.10 0.12~3.20		0.83~4.55
			터널 통과부						퇴적~풍화토 퇴적 퇴적~풍화암 퇴적~풍화암	0.06~1.14	풍화토~1.33		3.40~12.80 0.10~4.27		0.35~22.57
실시설계		암반등급		NATM 종점 (STA.0+450.0)					퇴적			IV	III		NATM 시점 (STA.0+915.761)
		연 장 (m)							252			119	94.761		

3.2 지층 횡단면도

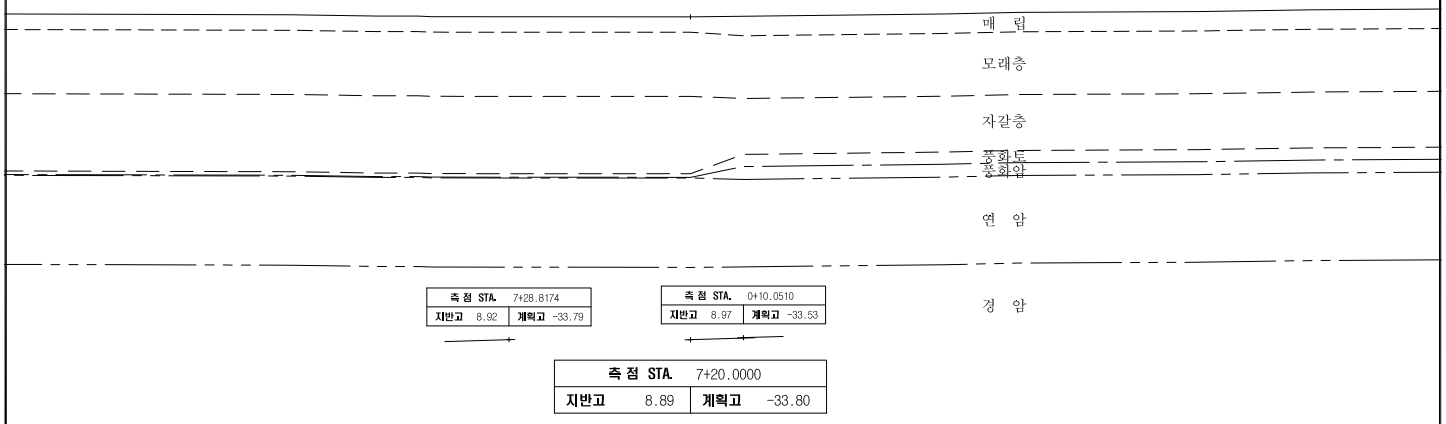
지층횡단면도(1)



측점 STA.	7+48.6504		
지반고	8.90	계획고	-33.69

측점 STA.	0+30.1063		
지반고	8.96	계획고	-33.43

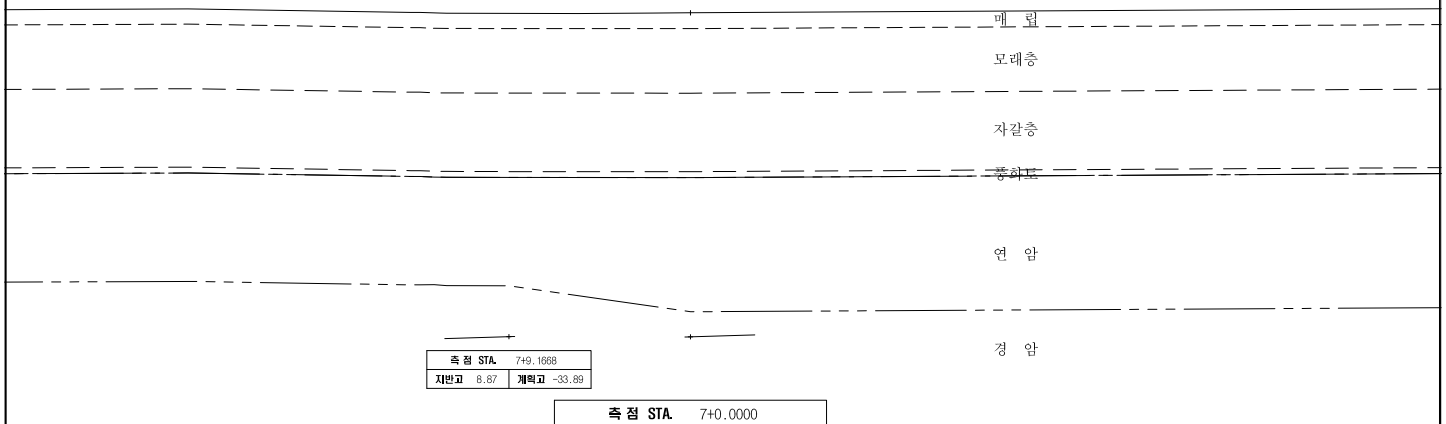
측점 STA.	7+40.0000		
지반고	8.85	계획고	-33.70



측점 STA.	7+28.8174		
지반고	8.92	계획고	-33.79

측점 STA.	0+10.0510		
지반고	8.97	계획고	-33.53

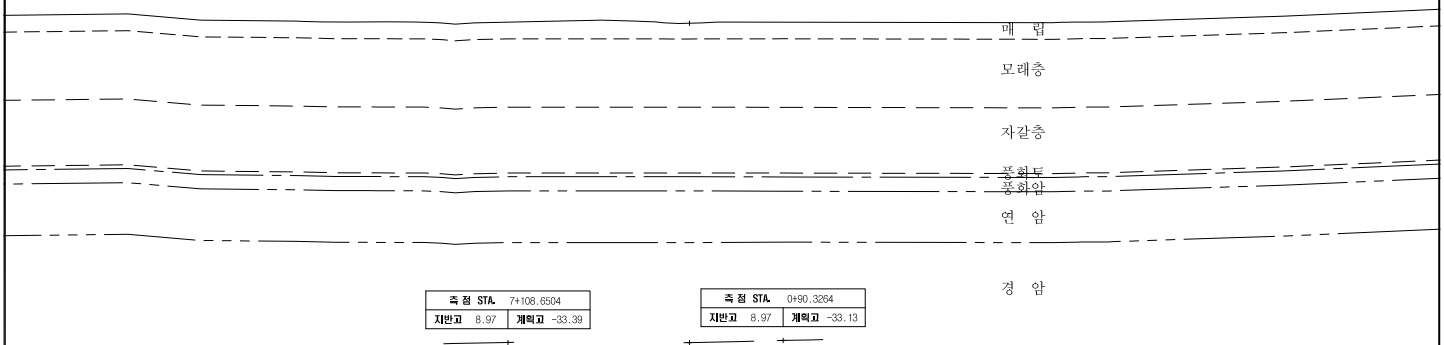
측점 STA.	7+20.0000		
지반고	8.89	계획고	-33.80



측점 STA.	7+9.1668		
지반고	8.87	계획고	-33.89

측점 STA.	7+0.0000		
지반고	8.94	계획고	-33.91

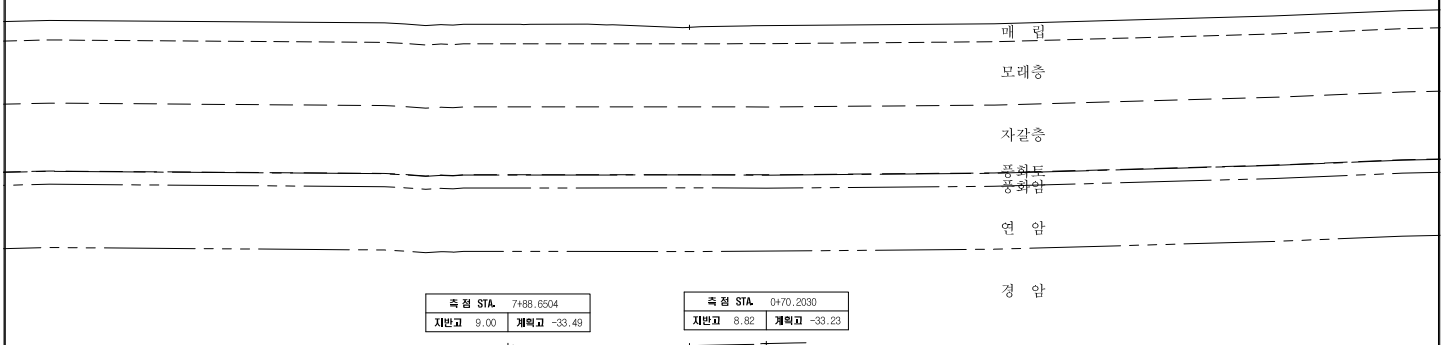
지 층 횡 단 면 도 (2)



측 점 STA.	7+108.6504
지반고 8.97	계획고 -33.39

측 점 STA.	0+90.3264
지반고 8.97	계획고 -33.13

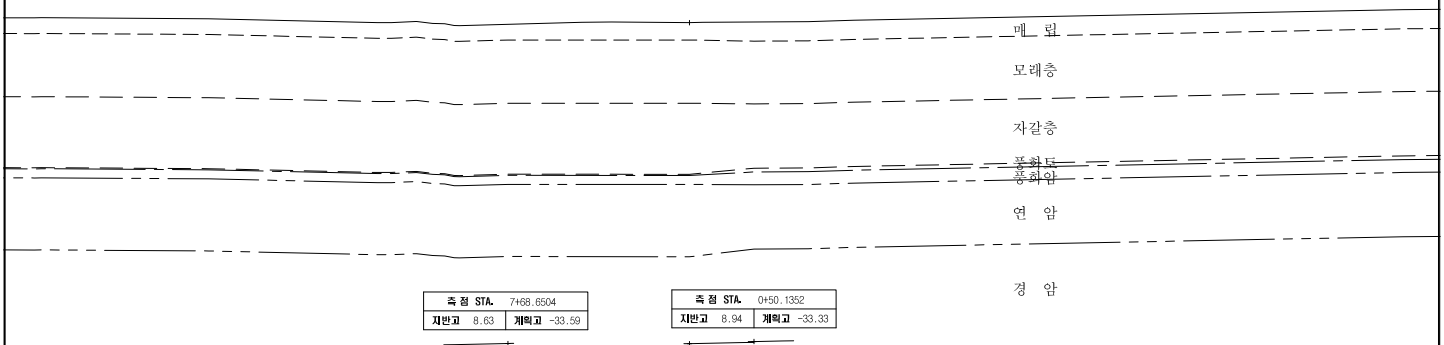
측 점 STA.	7+100.0000
지반고 8.82	계획고 -33.40



측 점 STA.	7+88.6504
지반고 9.00	계획고 -33.49

측 점 STA.	0+70.2030
지반고 8.82	계획고 -33.23

측 점 STA.	7+80.0000
지반고 8.59	계획고 -33.50

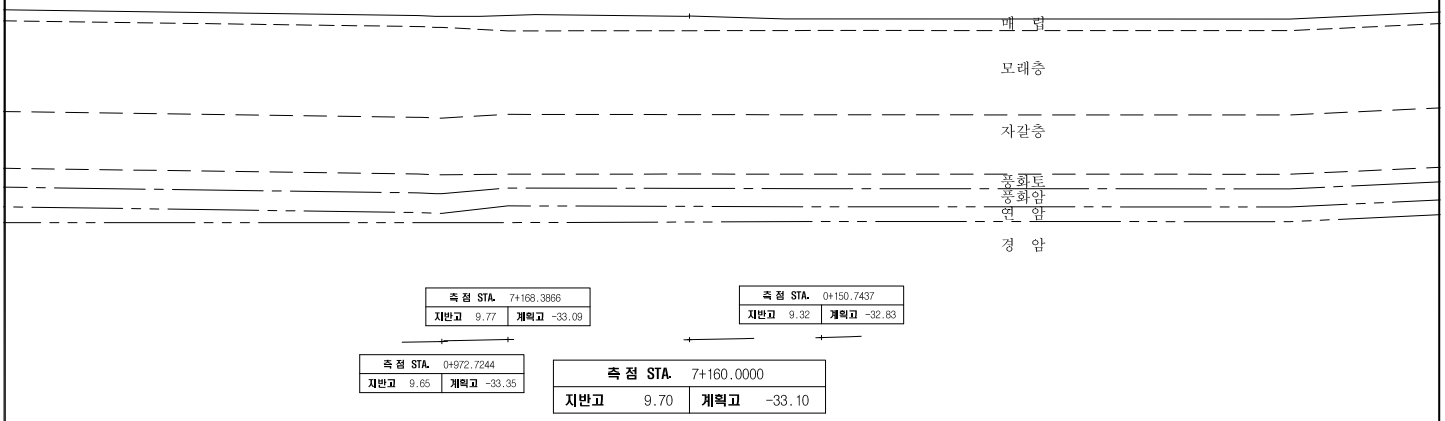


측 점 STA.	7+68.6504
지반고 8.63	계획고 -33.59

측 점 STA.	0+50.1352
지반고 8.94	계획고 -33.33

측 점 STA.	7+60.0000
지반고 8.84	계획고 -33.60

지 층 횡 단 면 도 (3)

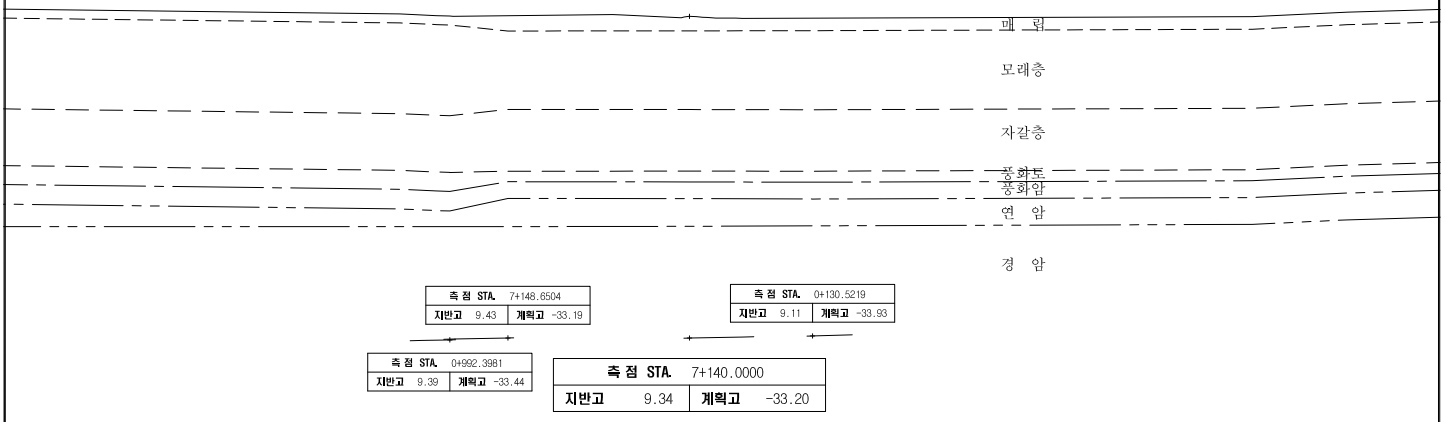


측 점 STA.	7+168.3866
지반고 9.77	계획고 -33.09

측 점 STA.	0+150.7437
지반고 9.32	계획고 -32.83

측 점 STA.	0+972.7244
지반고 9.65	계획고 -33.35

측 점 STA.	7+160.0000
지반고 9.70	계획고 -33.10

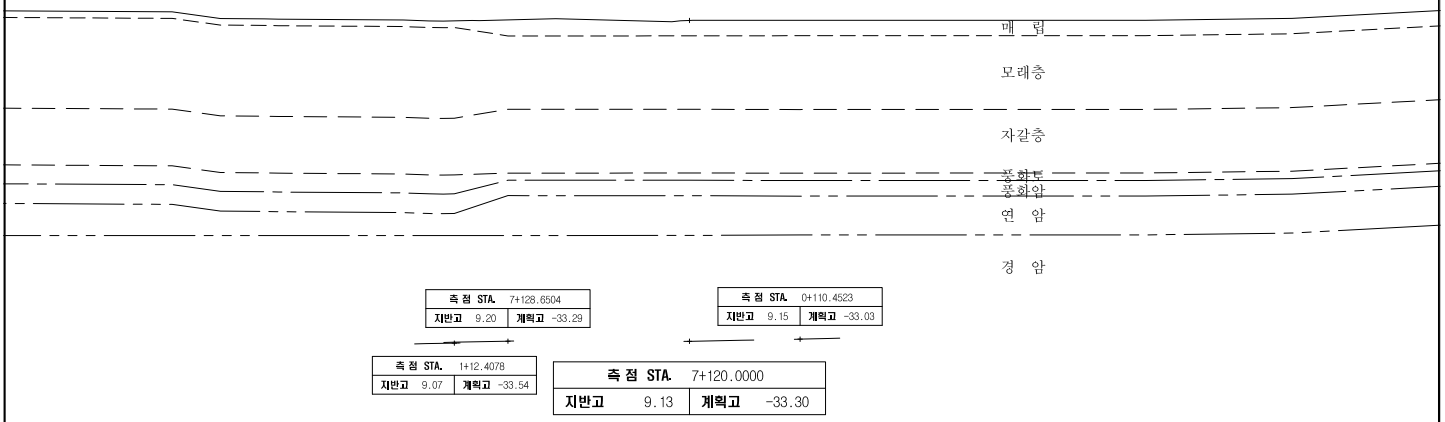


측 점 STA.	7+148.6504
지반고 9.43	계획고 -33.19

측 점 STA.	0+130.5219
지반고 9.11	계획고 -33.93

측 점 STA.	0+992.3981
지반고 9.39	계획고 -33.44

측 점 STA.	7+140.0000
지반고 9.34	계획고 -33.20



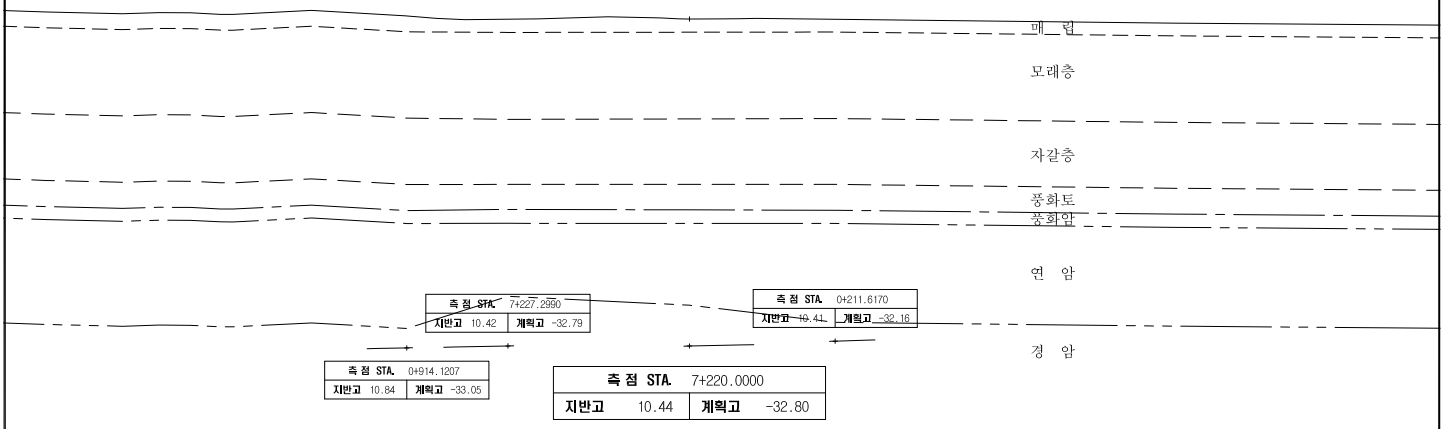
측 점 STA.	7+128.6504
지반고 9.20	계획고 -33.29

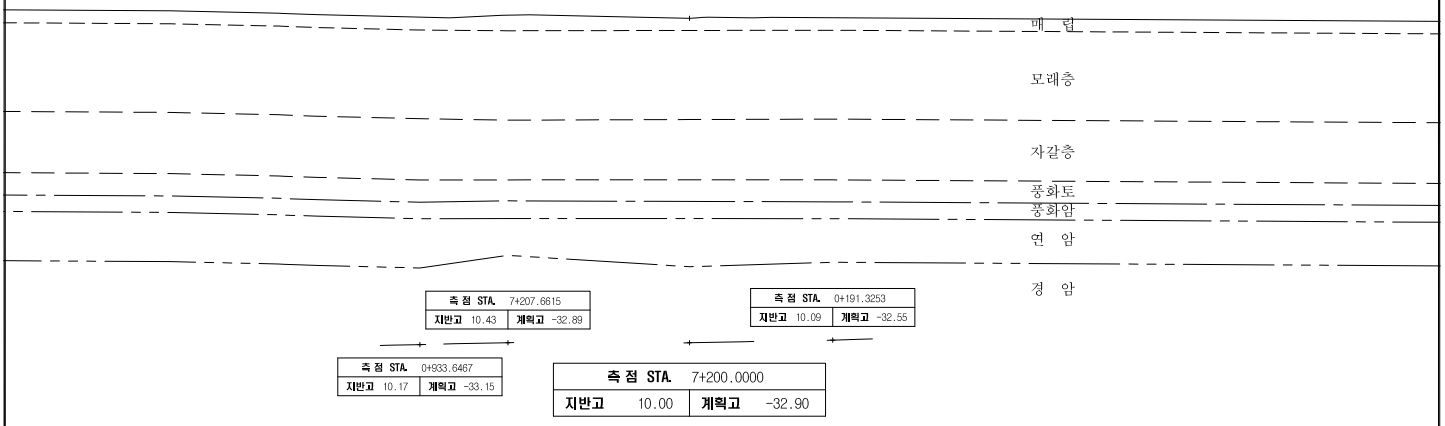
측 점 STA.	0+110.4523
지반고 9.15	계획고 -33.03

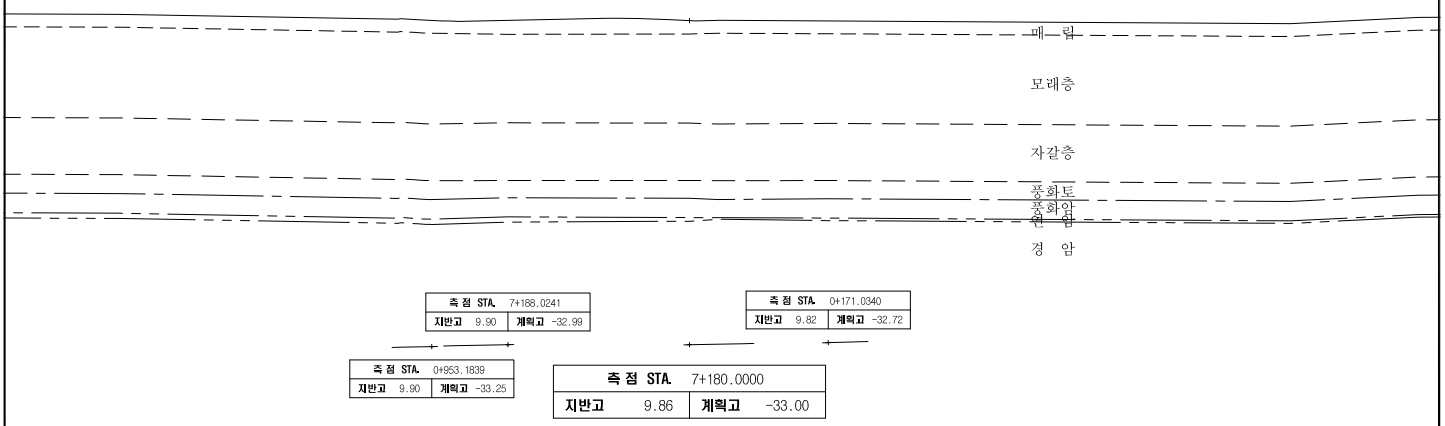
측 점 STA.	1+12.4078
지반고 9.07	계획고 -33.54

측 점 STA.	7+120.0000
지반고 9.13	계획고 -33.30

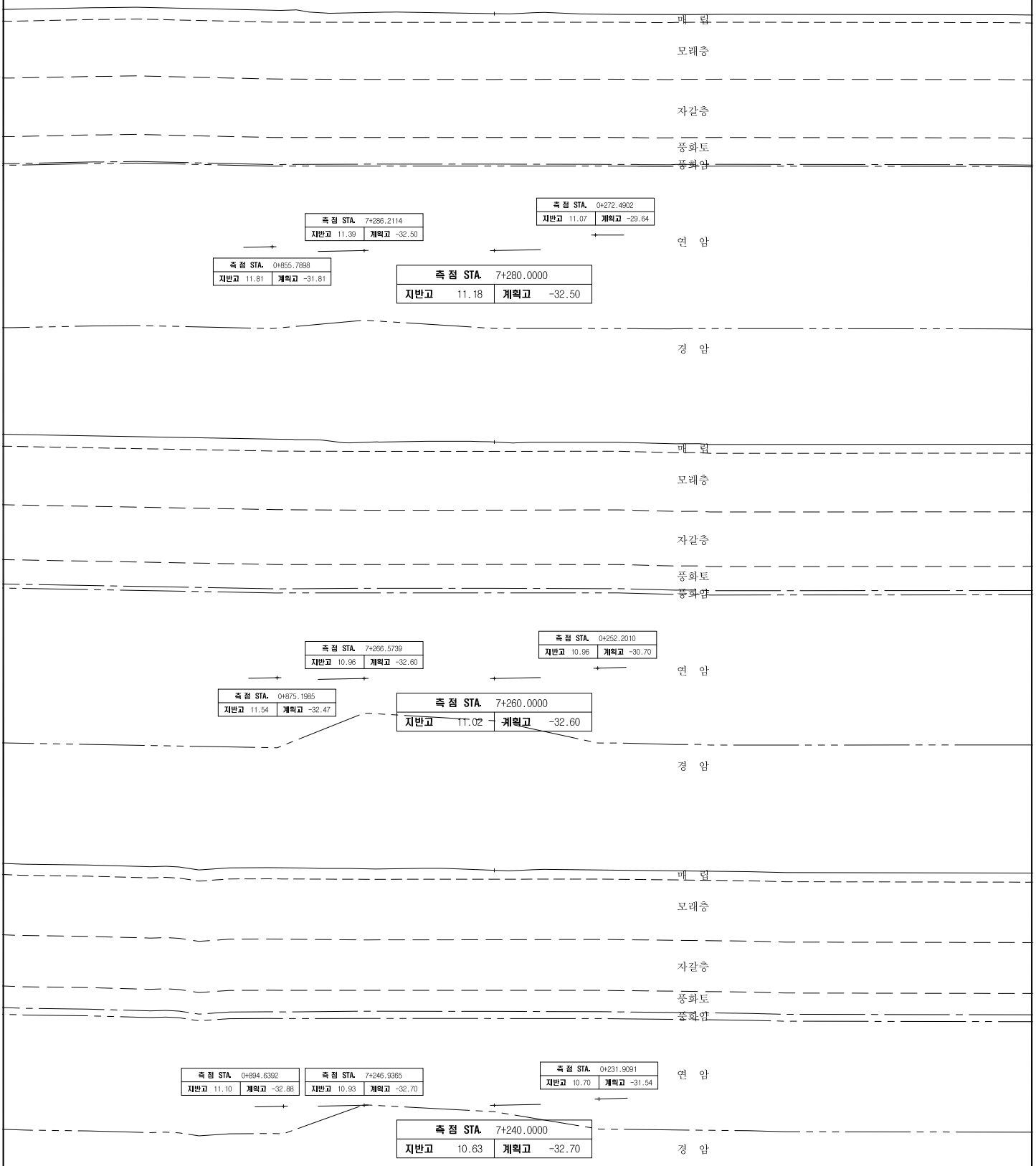
지층횡단면도(4)


매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
정 암
측점 STA. 7+227.2990
지반고 10.42
계획고 -32.79
측점 STA. 0+211.6170
지반고 10.41
계획고 -32.16
측점 STA. 0+914.1207
지반고 10.84
계획고 -33.05
측점 STA. 7+220.0000
지반고 10.44
계획고 -32.80

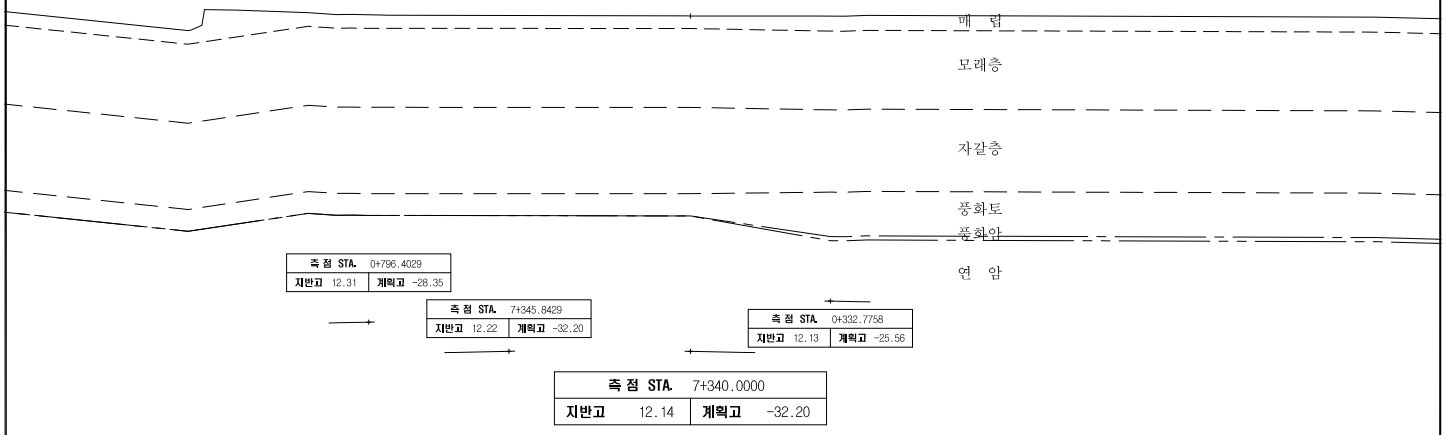

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
정 암
측점 STA. 7+207.6615
지반고 10.43
계획고 -32.89
측점 STA. 0+191.3253
지반고 10.09
계획고 -32.55
측점 STA. 0+933.6467
지반고 10.17
계획고 -33.15
측점 STA. 7+200.0000
지반고 10.00
계획고 -32.90

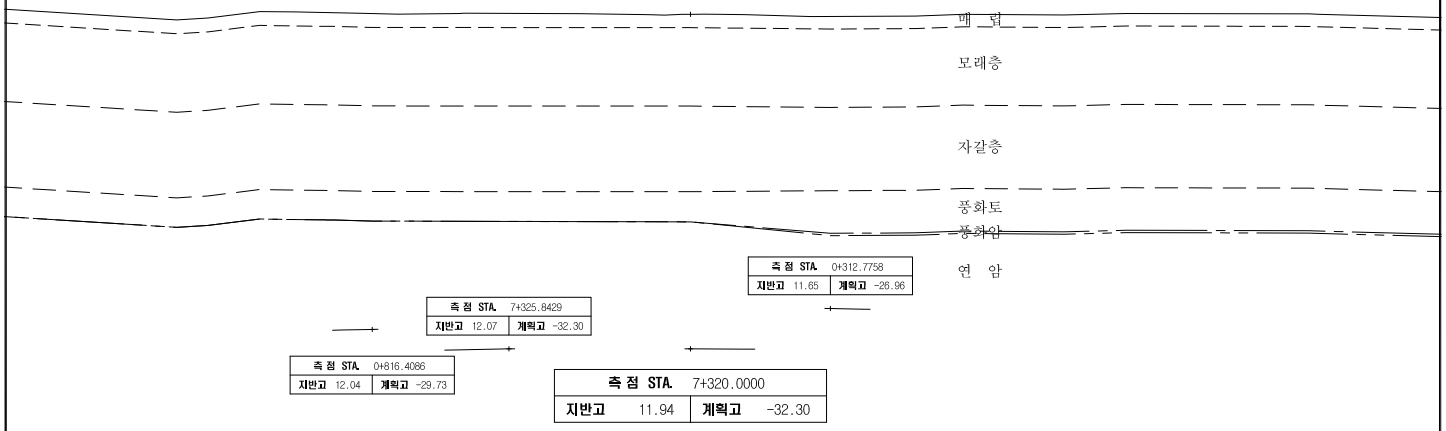

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
정 암
측점 STA. 7+188.0241
지반고 9.90
계획고 -32.99
측점 STA. 0+171.0340
지반고 9.82
계획고 -32.72
측점 STA. 0+953.1839
지반고 9.90
계획고 -33.25
측점 STA. 7+180.0000
지반고 9.86
계획고 -33.00

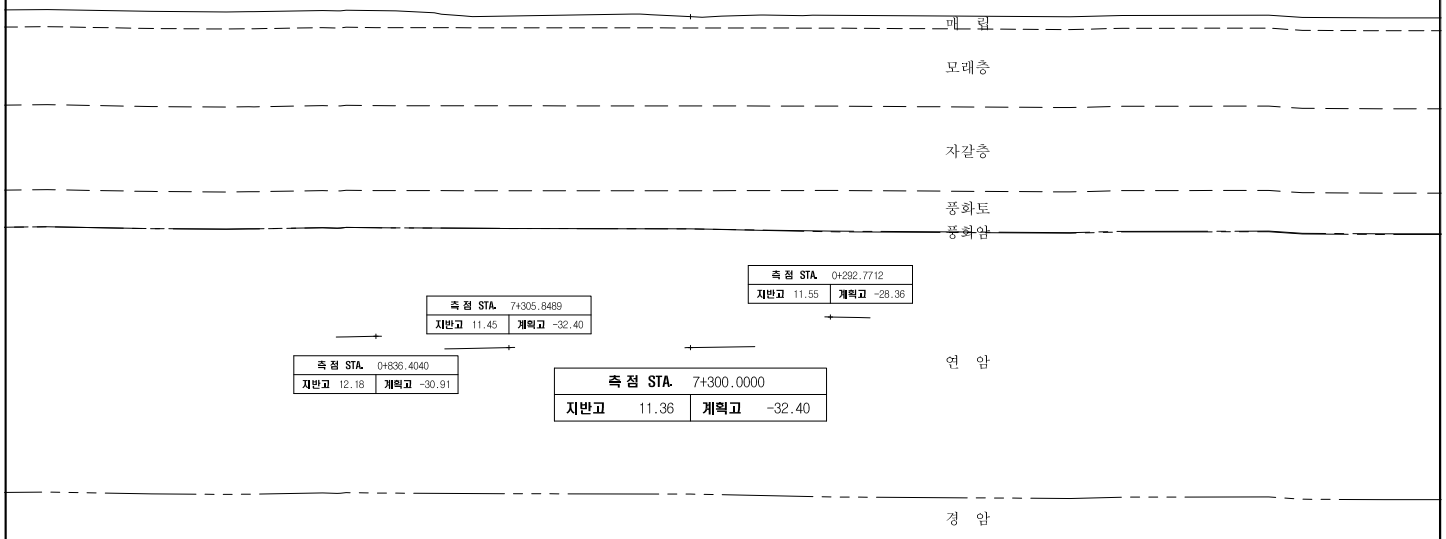
지 층 횡 단 면 도 (5)


매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+855.7898
지반고 11.81 계획고 -31.81
측 점 STA. 7+286.2114
지반고 11.39 계획고 -32.50
측 점 STA. 0+272.4902
지반고 11.07 계획고 -29.64
측 점 STA. 7+280.0000
지반고 11.18 계획고 -32.50
매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+875.1985
지반고 11.54 계획고 -32.47
측 점 STA. 7+266.5739
지반고 10.96 계획고 -32.60
측 점 STA. 0+252.2010
지반고 10.96 계획고 -30.70
측 점 STA. 7+260.0000
지반고 11.02 계획고 -32.60
매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+894.6392
지반고 11.10 계획고 -32.88
측 점 STA. 7+246.9365
지반고 10.93 계획고 -32.70
측 점 STA. 0+231.9091
지반고 10.70 계획고 -31.54
측 점 STA. 7+240.0000
지반고 10.63 계획고 -32.70

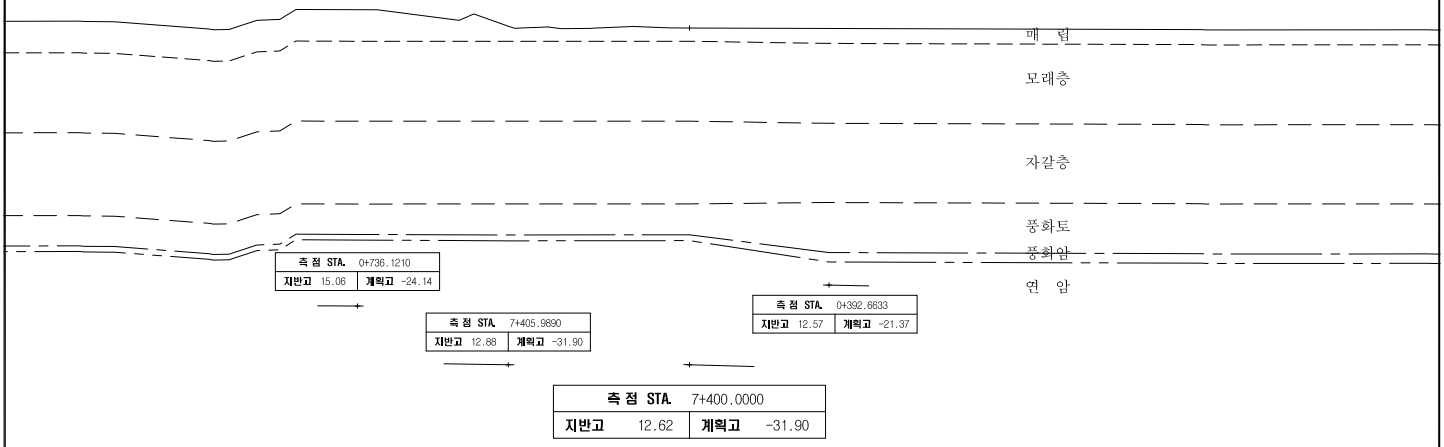
지 층 횡 단 면 도 (6)

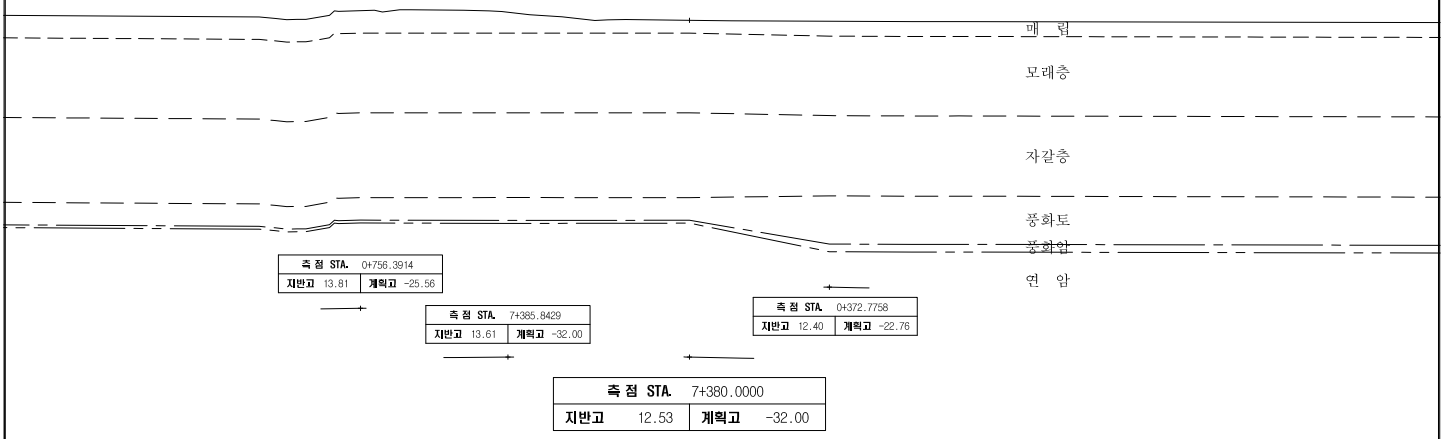

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
측 점 STA. 0+796.4029
지반고 12.31 계획고 -28.35
측 점 STA. 7+345.8429
지반고 12.22 계획고 -32.20
측 점 STA. 0+332.7758
지반고 12.13 계획고 -25.56
측 점 STA. 7+340.0000
지반고 12.14 계획고 -32.20

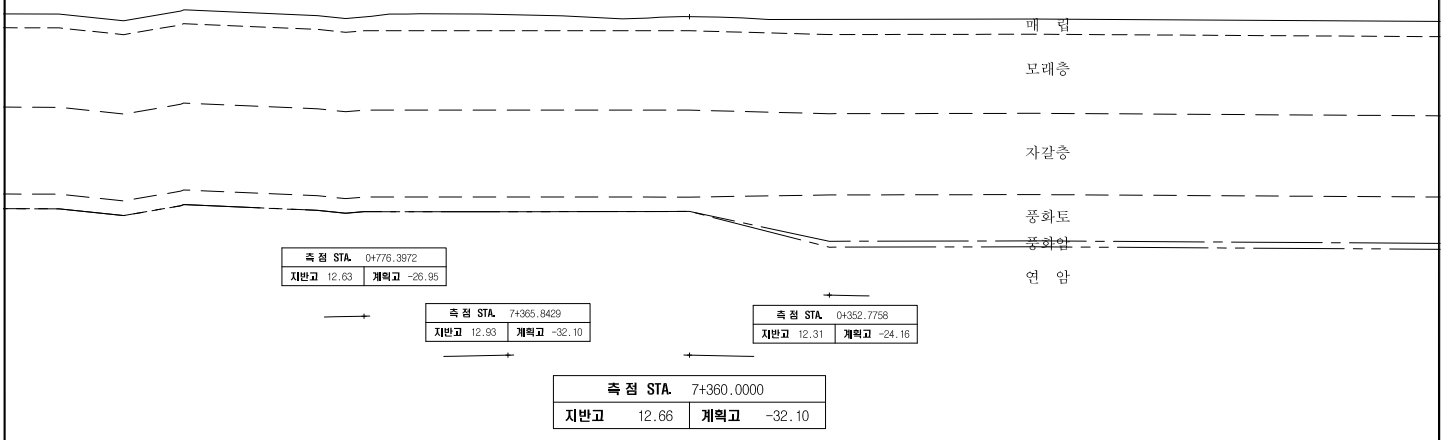

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
측 점 STA. 0+312.7758
지반고 11.65 계획고 -26.96
측 점 STA. 7+325.8429
지반고 12.07 계획고 -32.30
측 점 STA. 0+816.4086
지반고 12.04 계획고 -29.73
측 점 STA. 7+320.0000
지반고 11.94 계획고 -32.30


매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+292.7712
지반고 11.55 계획고 -28.36
측 점 STA. 7+305.8469
지반고 11.45 계획고 -32.40
측 점 STA. 0+836.4040
지반고 12.18 계획고 -30.91
측 점 STA. 7+300.0000
지반고 11.36 계획고 -32.40

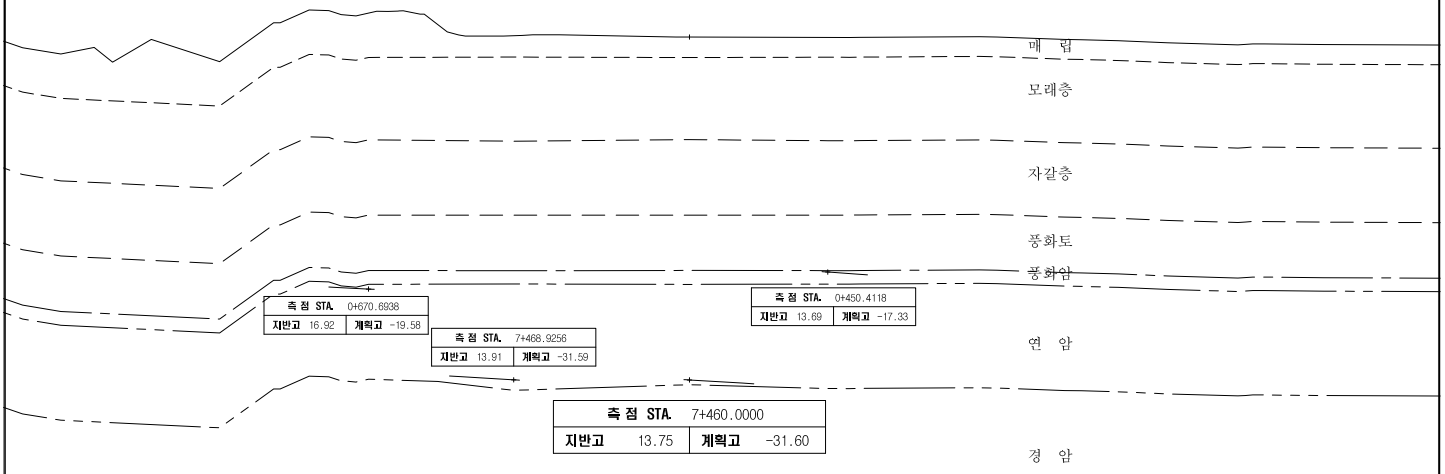
지 층 횡 단 면 도 (7)

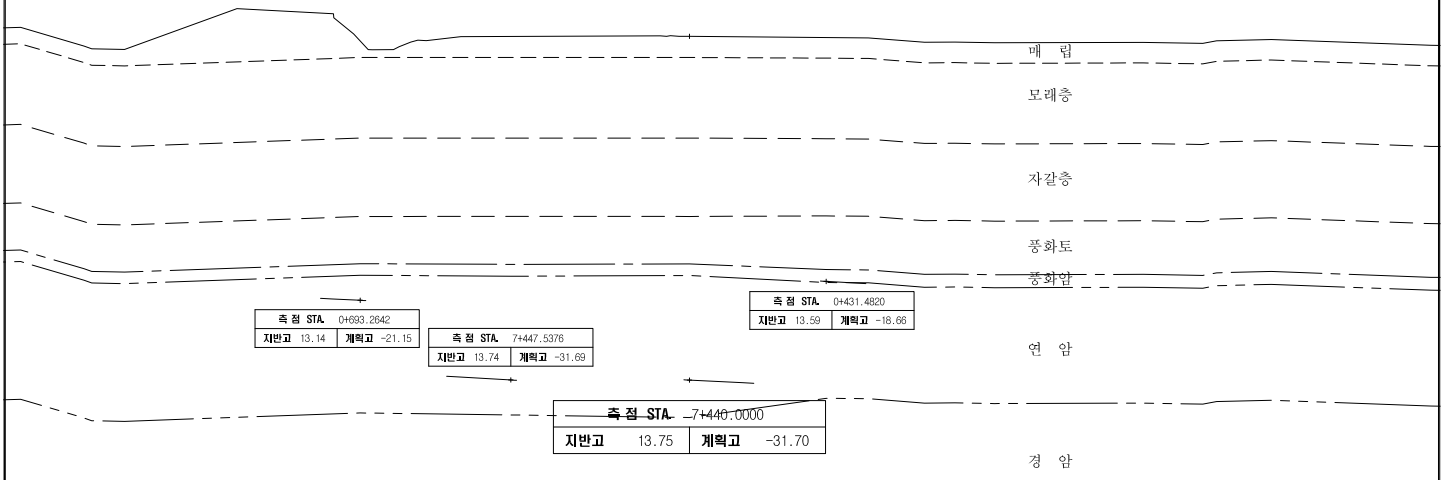

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
측 점 STA. 0+736.1210
지반고 15.06
계획고 -24.14
측 점 STA. 7+405.9890
지반고 12.88
계획고 -31.90
측 점 STA. 0+392.6633
지반고 12.57
계획고 -21.37
측 점 STA. 7+400.0000
지반고 12.62
계획고 -31.90

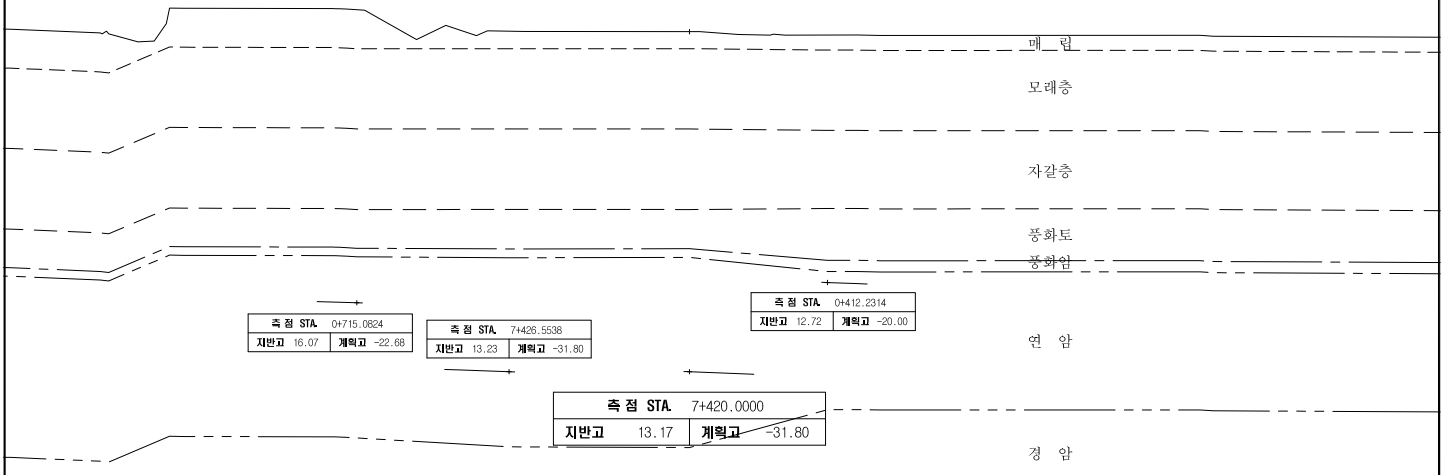

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
측 점 STA. 0+756.3914
지반고 13.81
계획고 -25.56
측 점 STA. 7+385.8429
지반고 13.61
계획고 -32.00
측 점 STA. 0+372.7758
지반고 12.40
계획고 -22.76
측 점 STA. 7+380.0000
지반고 12.53
계획고 -32.00


매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
측 점 STA. 0+776.3972
지반고 12.63
계획고 -26.95
측 점 STA. 7+365.8429
지반고 12.93
계획고 -32.10
측 점 STA. 0+352.7758
지반고 12.31
계획고 -24.16
측 점 STA. 7+360.0000
지반고 12.66
계획고 -32.10

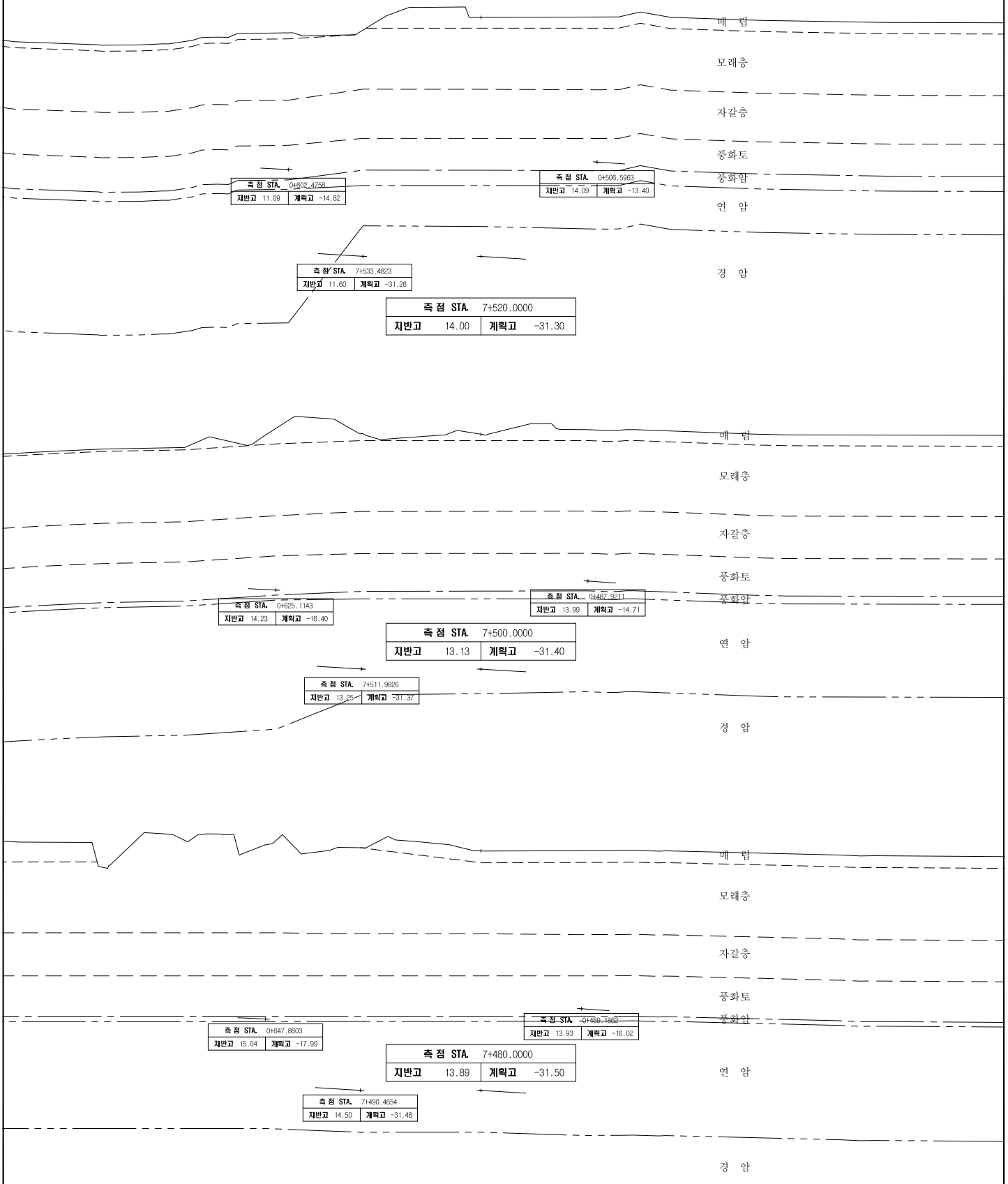
지 층 횡 단 면 도 (8)


매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+670.6938
지반고 16.92 계획고 -19.58
측 점 STA. 7+468.9256
지반고 13.91 계획고 -31.59
측 점 STA. 0+450.4118
지반고 13.69 계획고 -17.33
측 점 STA. 7+460.0000
지반고 13.75 계획고 -31.60

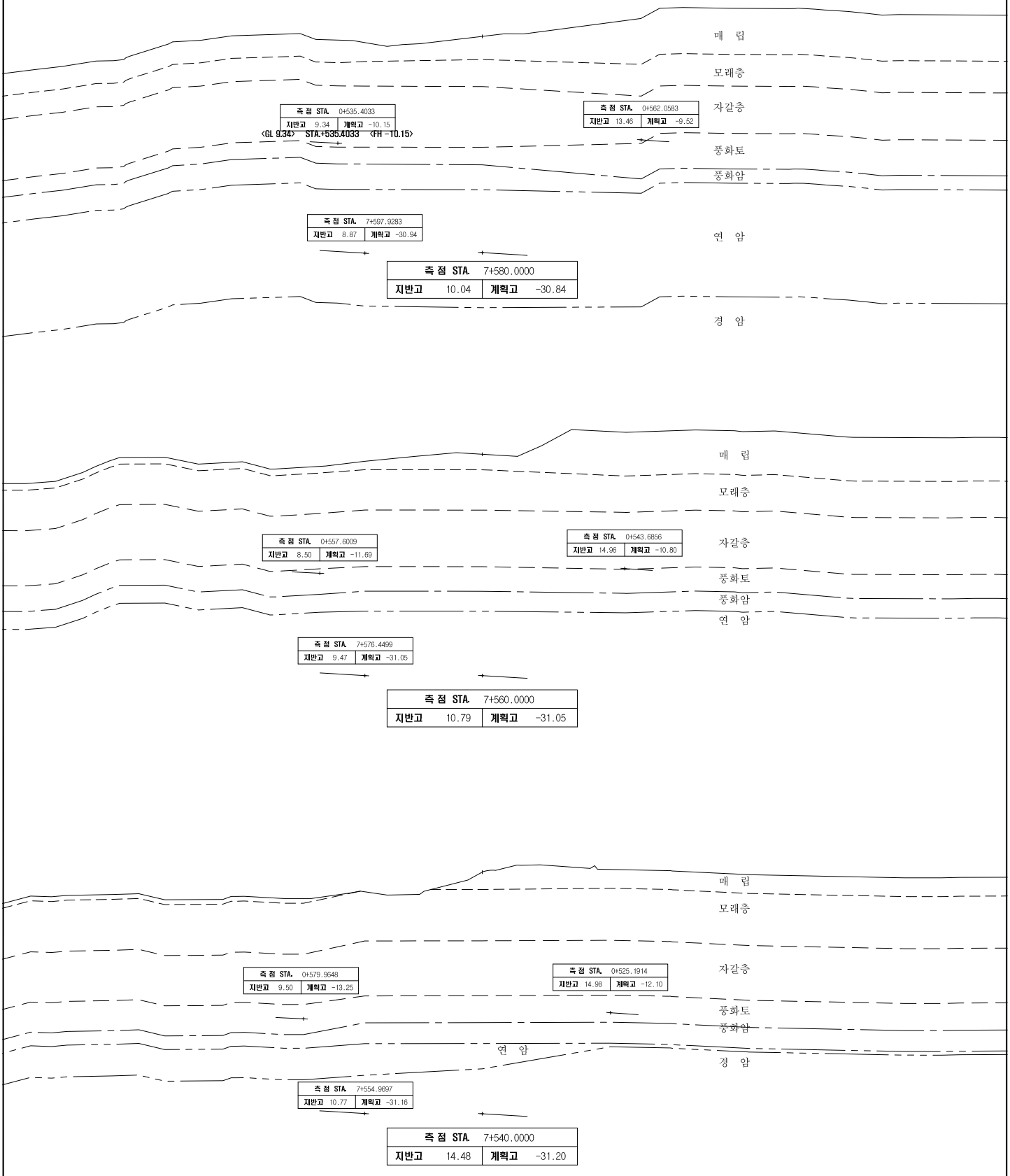

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+693.2642
지반고 13.14 계획고 -21.15
측 점 STA. 7+447.5376
지반고 13.74 계획고 -31.69
측 점 STA. 0+431.4820
지반고 13.59 계획고 -18.66
측 점 STA. 7+440.0000
지반고 13.75 계획고 -31.70


매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+715.0824
지반고 16.07 계획고 -22.68
측 점 STA. 7+426.5538
지반고 13.23 계획고 -31.80
측 점 STA. 0+412.2314
지반고 12.72 계획고 -20.00
측 점 STA. 7+420.0000
지반고 13.17 계획고 -31.80

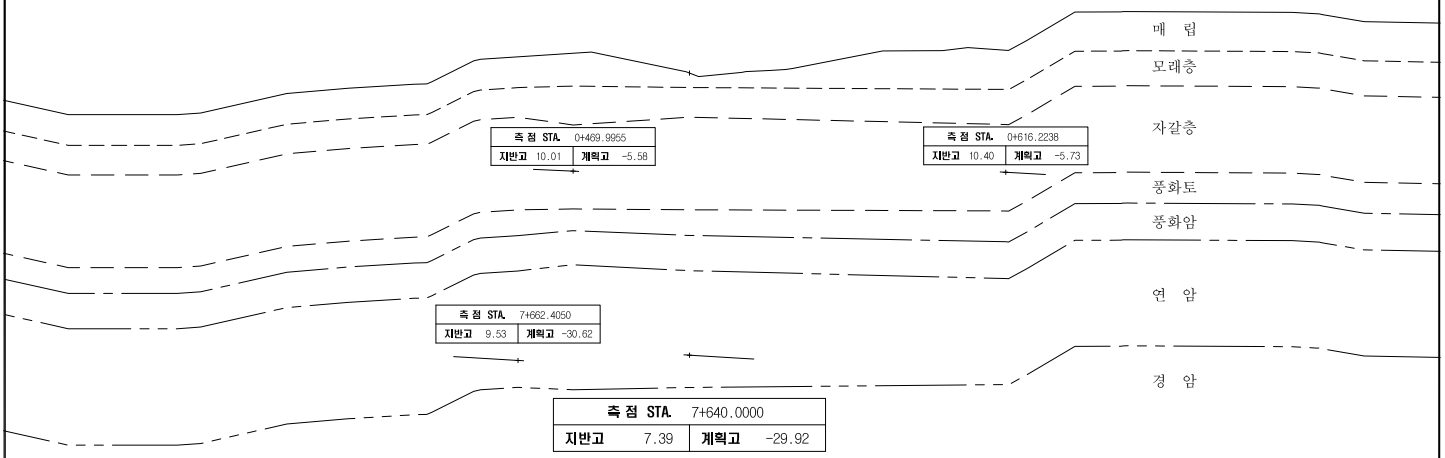
지 층 횡 단 면 도 (9)

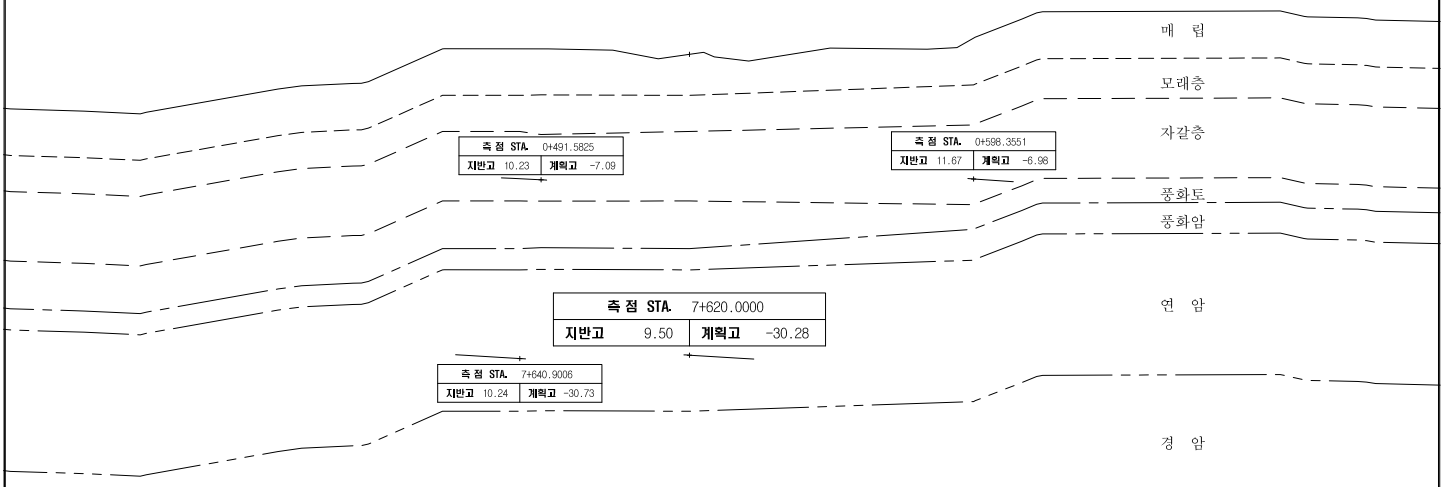

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+602.4758
지반고 11.09 계획고 -14.82
측 점 STA. 0+506.5963
지반고 14.09 계획고 -13.40
측 점 STA. 7+533.4823
지반고 11.60 계획고 -31.26
측 점 STA. 7+520.0000
지반고 14.00 계획고 -31.30
측 점 STA. 0+625.1143
지반고 14.23 계획고 -16.40
측 점 STA. 0+487.9211
지반고 13.99 계획고 -14.71
측 점 STA. 7+500.0000
지반고 13.13 계획고 -31.40
측 점 STA. 7+511.9826
지반고 13.25 계획고 -31.37
측 점 STA. 0+647.8603
지반고 15.04 계획고 -17.99
측 점 STA. 0+489.7862
지반고 13.93 계획고 -16.02
측 점 STA. 7+480.0000
지반고 13.89 계획고 -31.50
측 점 STA. 7+490.4654
지반고 14.50 계획고 -31.46

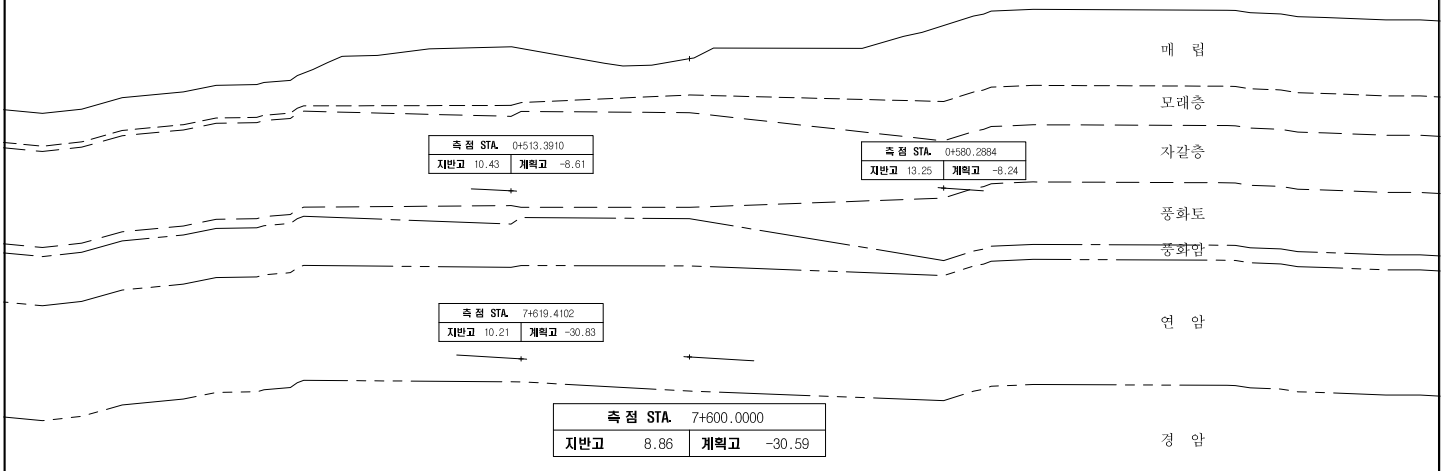
지 층 횡 단 면 도 (10)


매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+535.4033
지반고 9.34 계획고 -10.15
<GL 9.34> STA.+535.4033 <FH -10.15>
측 점 STA. 0+562.0583
지반고 13.46 계획고 -9.52
측 점 STA. 7+597.9283
지반고 8.87 계획고 -30.94
측 점 STA. 7+580.0000
지반고 10.04 계획고 -30.84
매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
측 점 STA. 0+557.6009
지반고 8.50 계획고 -11.69
측 점 STA. 0+543.6856
지반고 14.96 계획고 -10.80
측 점 STA. 7+576.4499
지반고 9.47 계획고 -31.05
측 점 STA. 7+560.0000
지반고 10.79 계획고 -31.05
매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+579.9648
지반고 9.50 계획고 -13.25
측 점 STA. 0+525.1914
지반고 14.98 계획고 -12.10
측 점 STA. 7+554.9697
지반고 10.77 계획고 -31.16
측 점 STA. 7+540.0000
지반고 14.48 계획고 -31.20

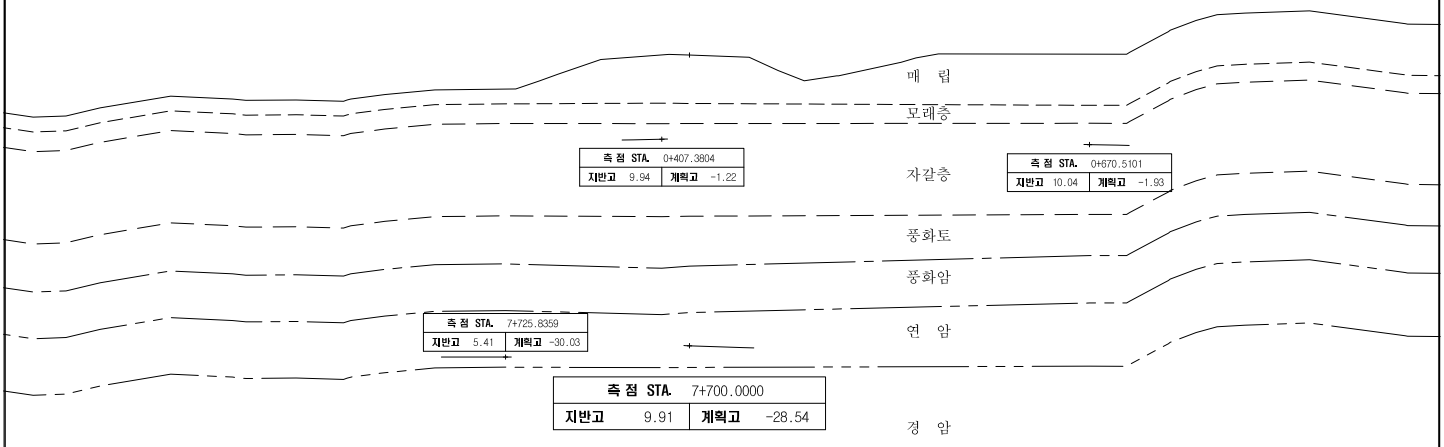
지 층 횡 단 면 도 (11)

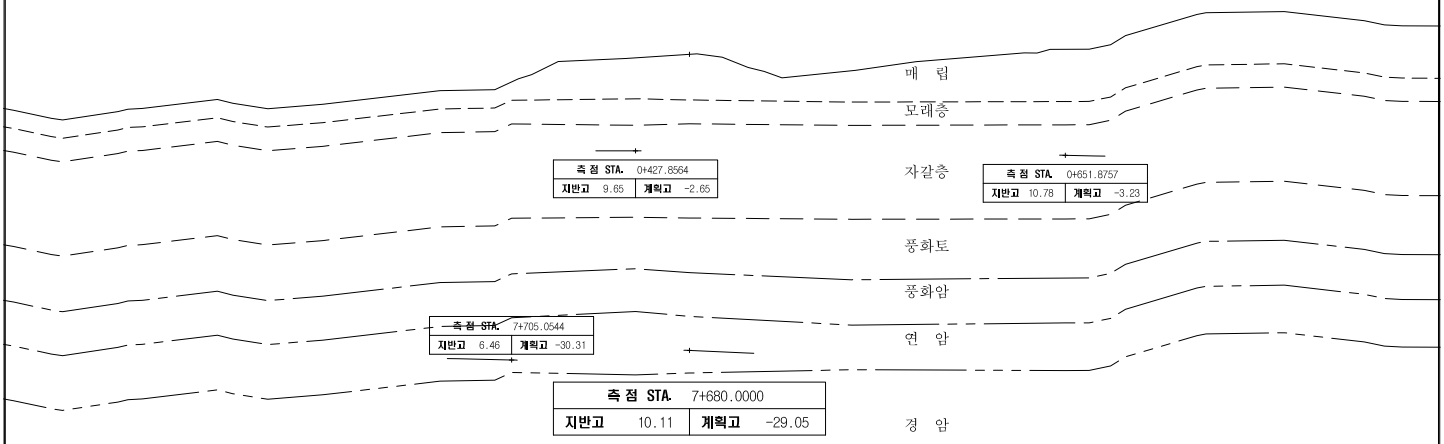

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+469.9955
지반고 10.01
계획고 -5.58
측 점 STA. 0+616.2238
지반고 10.40
계획고 -5.73
측 점 STA. 7+662.4050
지반고 9.53
계획고 -30.62
측 점 STA. 7+640.0000
지반고 7.39
계획고 -29.92

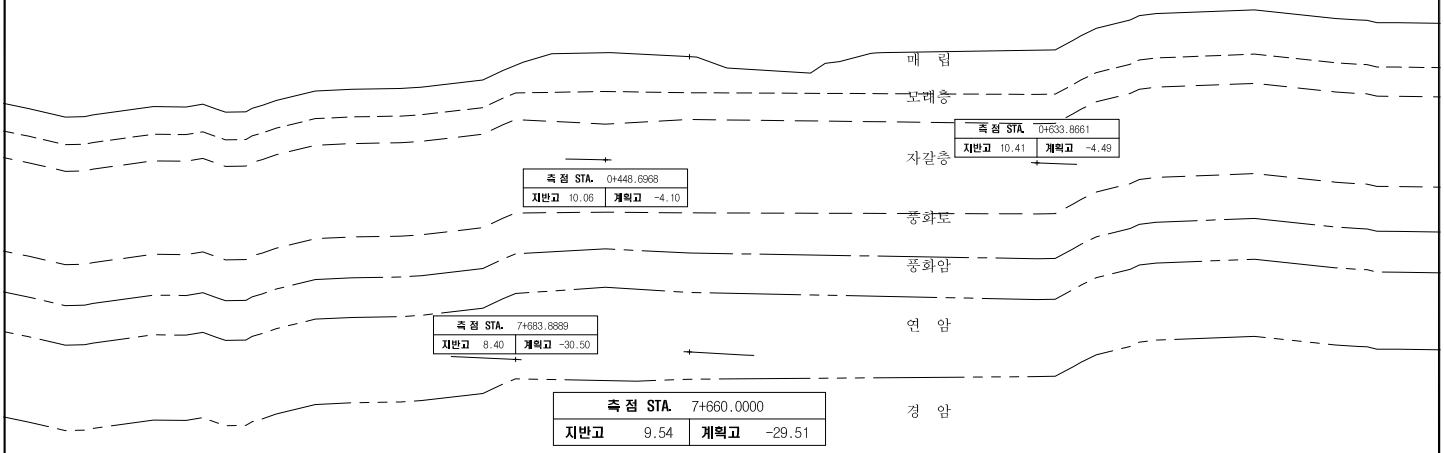

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+491.5825
지반고 10.23
계획고 -7.09
측 점 STA. 0+598.3551
지반고 11.67
계획고 -6.98
측 점 STA. 7+620.0000
지반고 9.50
계획고 -30.28
측 점 STA. 7+640.9006
지반고 10.24
계획고 -30.73


매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+513.3910
지반고 10.43
계획고 -8.61
측 점 STA. 0+580.2884
지반고 13.25
계획고 -8.24
측 점 STA. 7+619.4102
지반고 10.21
계획고 -30.83
측 점 STA. 7+600.0000
지반고 8.86
계획고 -30.59

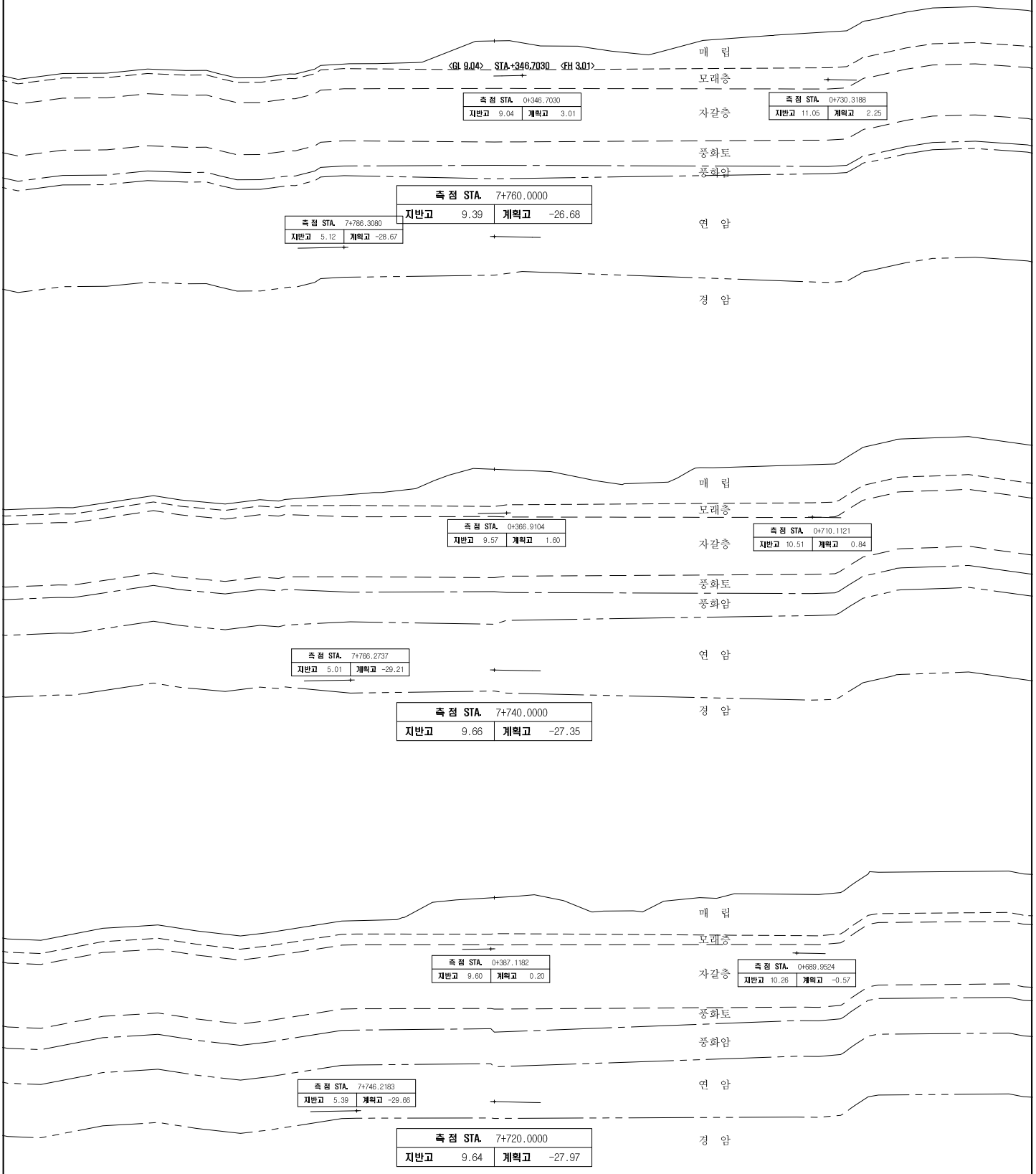
지 층 횡 단 면 도 (12)


매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+407.3804
지반고 9.94
계획고 -1.22
측 점 STA. 0+670.5101
지반고 10.04
계획고 -1.93
측 점 STA. 7+725.8359
지반고 5.41
계획고 -30.03
측 점 STA. 7+700.0000
지반고 9.91
계획고 -28.54

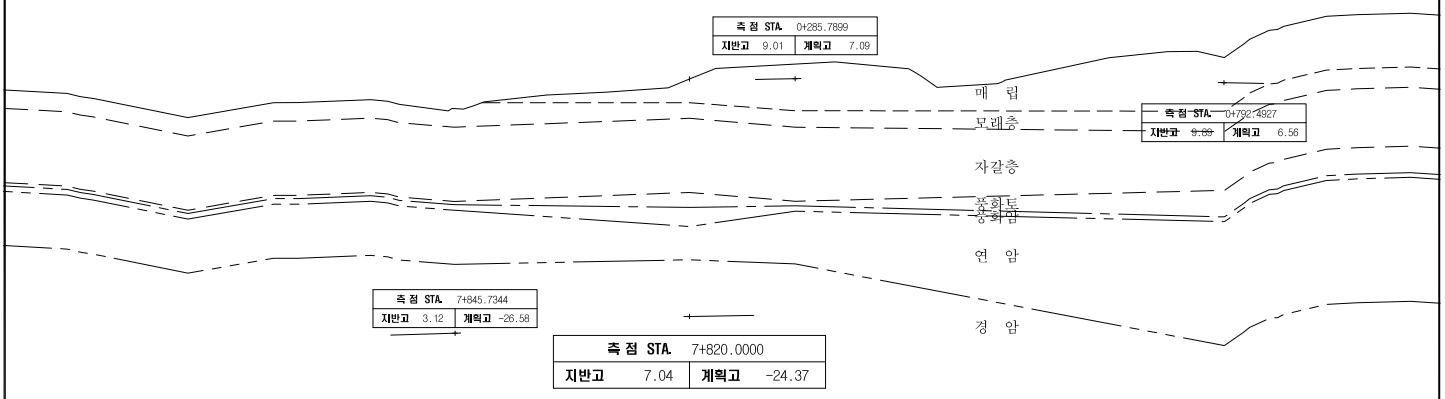

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+427.8564
지반고 9.65
계획고 -2.65
측 점 STA. 0+651.8757
지반고 10.78
계획고 -3.23
측 점 STA. 7+705.0544
지반고 6.46
계획고 -30.31
측 점 STA. 7+680.0000
지반고 10.11
계획고 -29.05

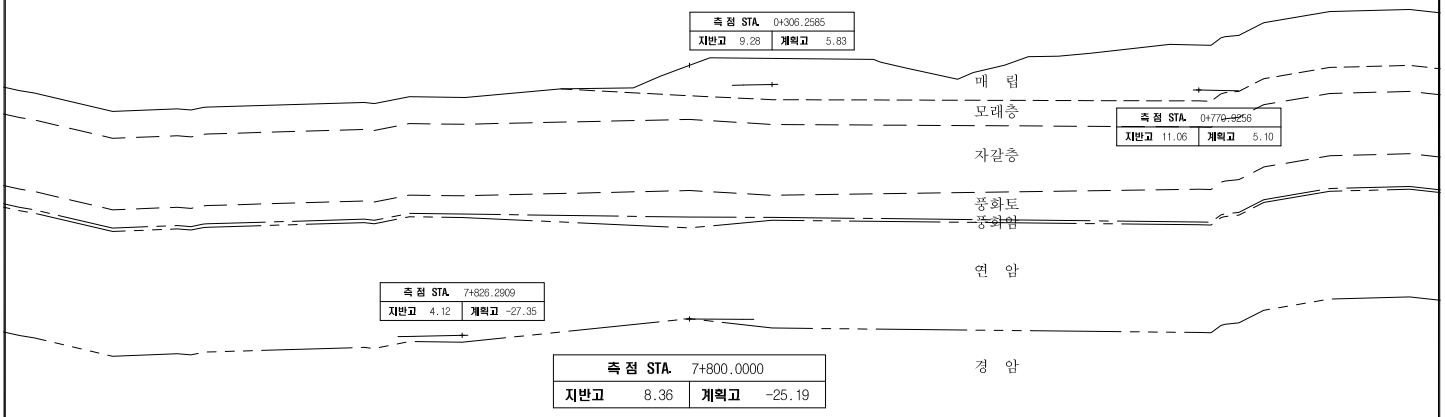

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 0+633.8661
지반고 10.41
계획고 -4.49
측 점 STA. 0+448.6968
지반고 10.06
계획고 -4.10
측 점 STA. 7+683.8889
지반고 8.40
계획고 -30.50
측 점 STA. 7+660.0000
지반고 9.54
계획고 -29.51

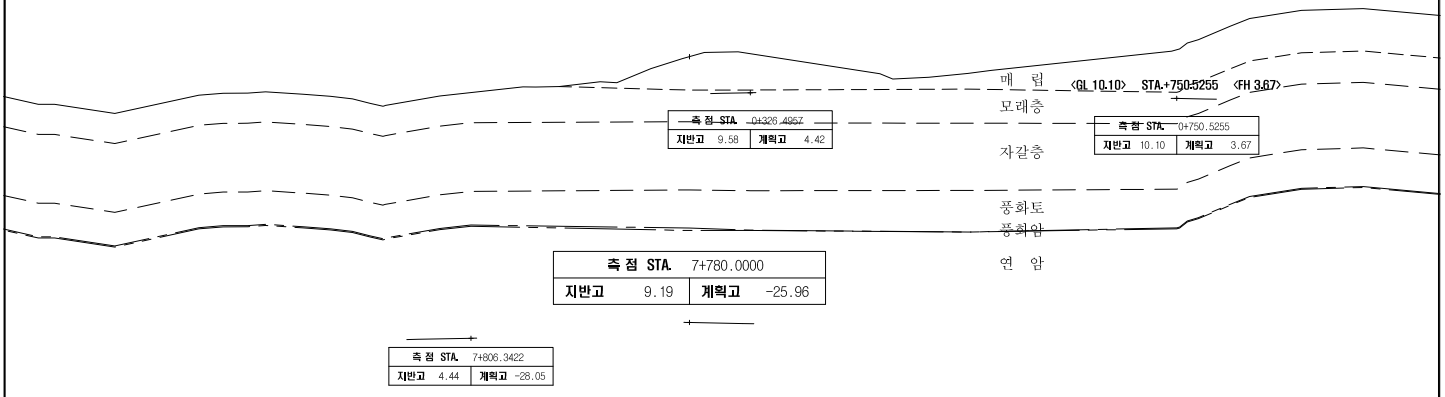
지 층 횡 단 면 도 (13)


매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
<GL 9.04> STA.+346.7030 <FH 3.01>
측 점 STA. 0+346.7030
지반고 9.04 계획고 3.01
측 점 STA. 0+730.3188
지반고 11.05 계획고 2.25
측 점 STA. 7+760.0000
지반고 9.39 계획고 -26.68
측 점 STA. 7+786.3080
지반고 5.12 계획고 -28.67
측 점 STA. 0+366.9104
지반고 9.57 계획고 1.60
측 점 STA. 0+710.1121
지반고 10.51 계획고 0.84
측 점 STA. 7+766.2737
지반고 5.01 계획고 -29.21
측 점 STA. 7+740.0000
지반고 9.66 계획고 -27.35
측 점 STA. 0+387.1182
지반고 9.60 계획고 0.20
측 점 STA. 0+689.9524
지반고 10.26 계획고 -0.57
측 점 STA. 7+746.2183
지반고 5.39 계획고 -29.66
측 점 STA. 7+720.0000
지반고 9.64 계획고 -27.97

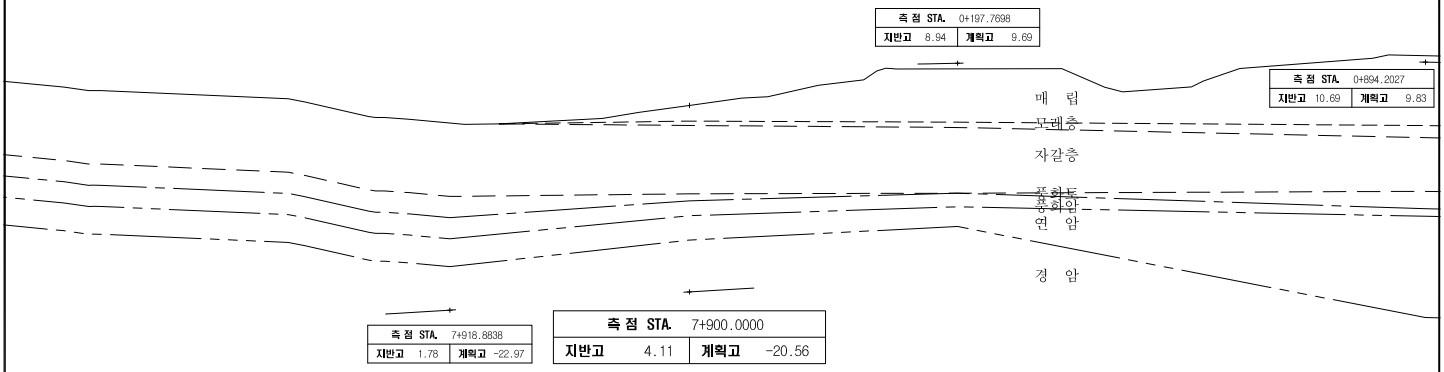
지 층 횡 단 면 도 (14)

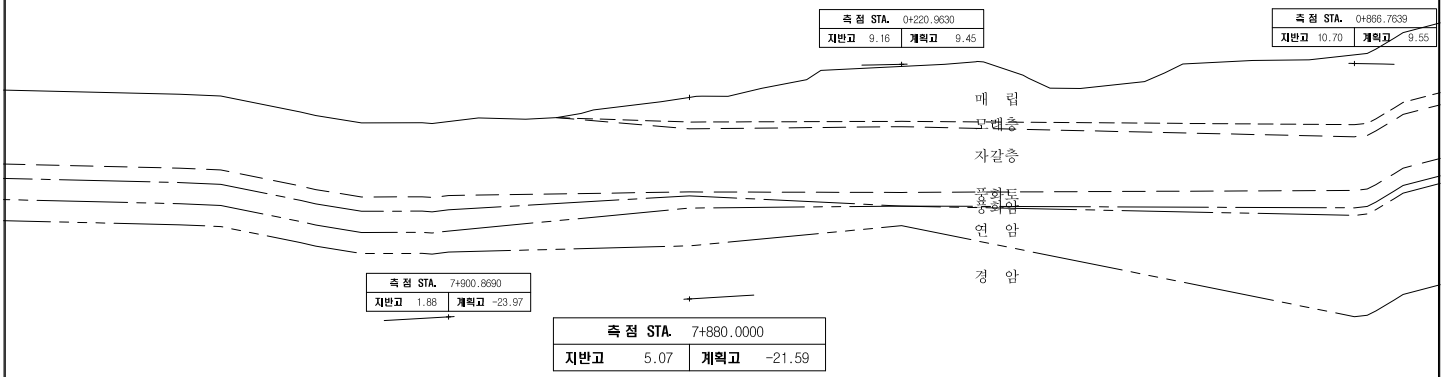

측 점 STA. 0+285.7899
지반고 9.01
계획고 7.09
측 점 STA. 0+792.4927
지반고 9.69
계획고 6.56
매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 7+845.7344
지반고 3.12
계획고 -26.58
측 점 STA. 7+820.0000
지반고 7.04
계획고 -24.37

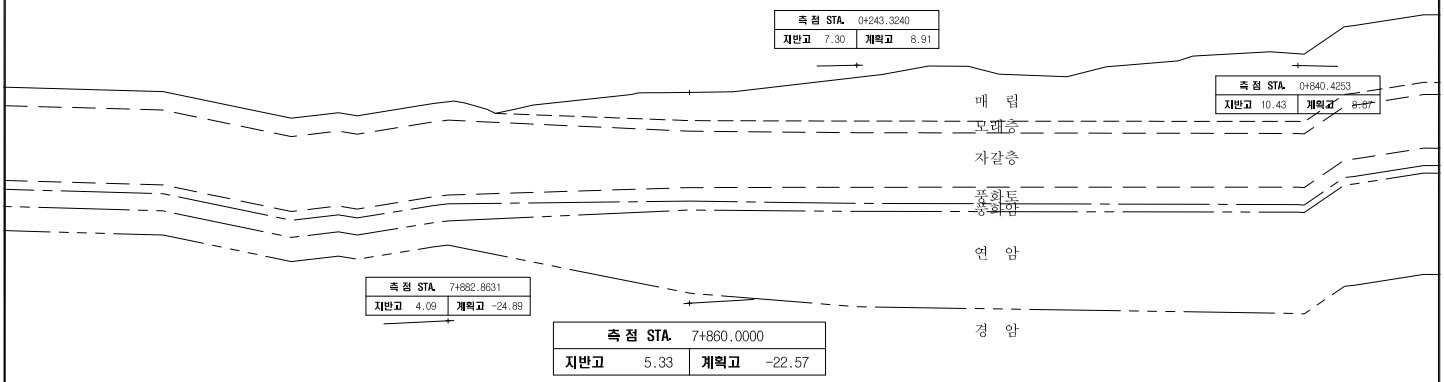

측 점 STA. 0+306.2585
지반고 9.28
계획고 5.83
측 점 STA. 0+779.9256
지반고 11.06
계획고 5.10
매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 7+826.2909
지반고 4.12
계획고 -27.35
측 점 STA. 7+800.0000
지반고 8.36
계획고 -25.19

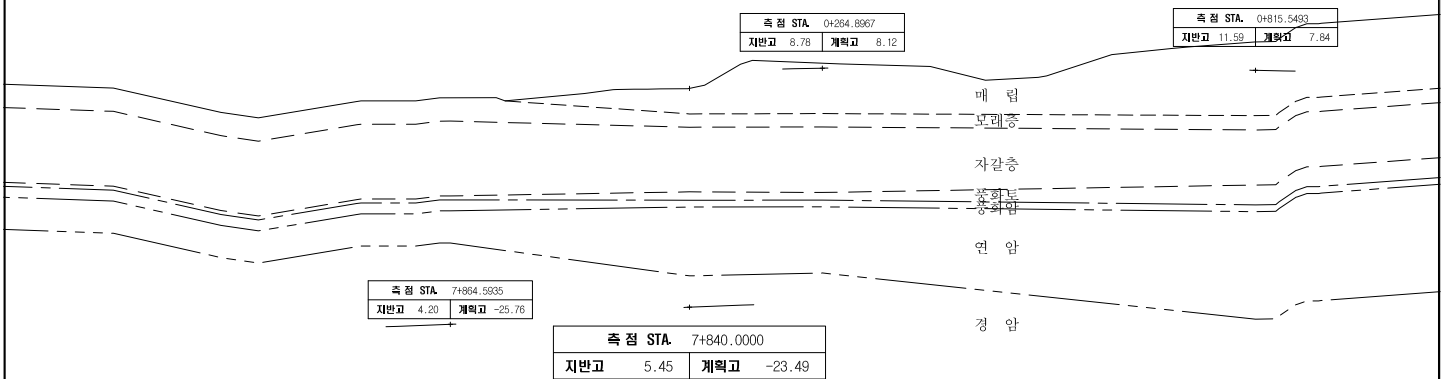

매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
<GL 10.10> STA.+750.5255 <FH 3.67>
측 점 STA. 0+326.4957
지반고 9.58
계획고 4.42
측 점 STA. 0+750.5255
지반고 10.10
계획고 3.67
측 점 STA. 7+780.0000
지반고 9.19
계획고 -25.96
측 점 STA. 7+806.3422
지반고 4.44
계획고 -28.05

지 층 횡 단 면 도 (15)

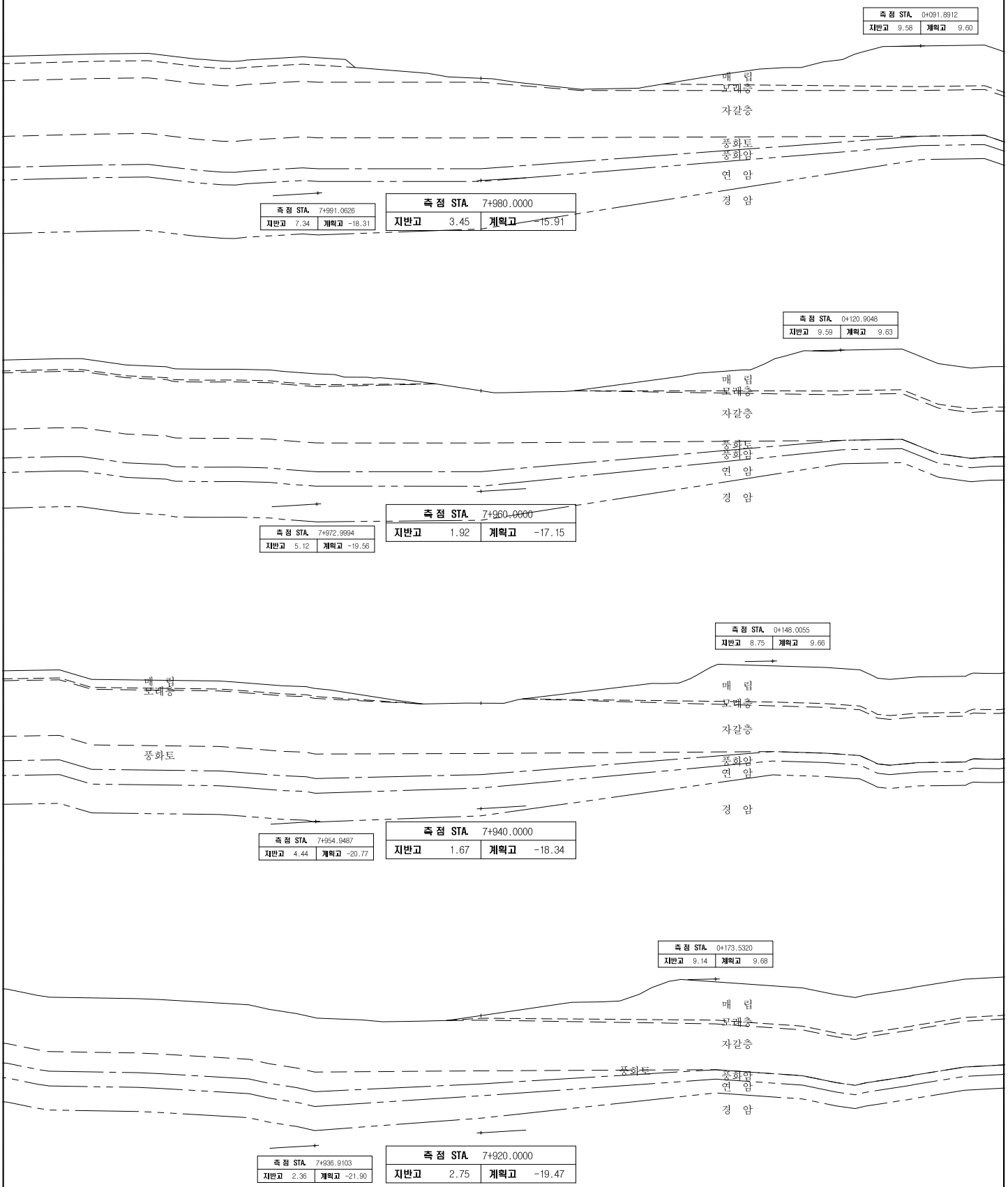

측 점 STA. 0+197.7698
지반고 8.94 계획고 9.69
측 점 STA. 0+894.2027
지반고 10.69 계획고 9.83
매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 7+918.8838
지반고 1.78 계획고 -22.97
측 점 STA. 7+900.0000
지반고 4.11 계획고 -20.56


측 점 STA. 0+220.9630
지반고 9.16 계획고 9.45
측 점 STA. 0+866.7639
지반고 10.70 계획고 9.55
매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 7+900.8690
지반고 1.88 계획고 -23.97
측 점 STA. 7+880.0000
지반고 5.07 계획고 -21.59


측 점 STA. 0+243.3240
지반고 7.30 계획고 8.91
측 점 STA. 0+840.4253
지반고 10.43 계획고 8.87
매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 7+882.8631
지반고 4.09 계획고 -24.89
측 점 STA. 7+860.0000
지반고 5.33 계획고 -22.57


측 점 STA. 0+264.8967
지반고 8.78 계획고 8.12
측 점 STA. 0+815.5493
지반고 11.59 계획고 7.84
매 립
모래층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 7+864.5935
지반고 4.20 계획고 -25.76
측 점 STA. 7+840.0000
지반고 5.45 계획고 -23.49

지 층 횡 단 면 도 (16)


측 점 STA. 0+091.8912
지반고 9.58 계획고 9.60
매 립
퇴적층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 7+991.0626
지반고 7.34 계획고 -18.31
측 점 STA. 7+980.0000
지반고 3.45 계획고 -15.91
측 점 STA. 0+120.9048
지반고 9.59 계획고 9.63
매 립
퇴적층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 7+972.9994
지반고 5.12 계획고 -19.56
측 점 STA. 7+960.0000
지반고 1.92 계획고 -17.15
측 점 STA. 0+148.0055
지반고 8.75 계획고 9.66
매 립
퇴적층
풍화토
자갈층
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 7+954.9487
지반고 4.44 계획고 -20.77
측 점 STA. 7+940.0000
지반고 1.67 계획고 -18.34
측 점 STA. 0+173.5320
지반고 9.14 계획고 9.68
매 립
퇴적층
자갈층
풍화토
풍화암
연 암
경 암
측 점 STA. 7+936.9103
지반고 2.36 계획고 -21.90
측 점 STA. 7+920.0000
지반고 2.75 계획고 -19.47

제4장 현장조사

4.1 지표지질조사

4.2 시추 주상도

4.3 시험굴(TEST PIT) 주상도

4.1 지표지질조사

제 1 장 예비조사 성과분석

1.1 조사개요

기 본 방 향	•광역적인 지형구조와 지질구조를 분석함으로써 사업구간 지반특성 파악 •지질구조에 대한 상세조사를 통해 예상 문제점을 파악하고 지질특성을 고려한 합리적 설계 도모

● 분석 흐름과정

사전 · 문헌조사	광역지형 및 선구조 분석	상세지표지질조사	상세조사 반영
•기존 및 참조문헌 자료 분석을 통한 지질특성 파악 •현지답사를 통한 현황 특성 파악	•위성영상 및 DEM 분석을 통한 선구조 특성 분석 •교차선구조 분석을 통한 상세지표지질조사 위치 선정	•조사위치별 불연속면의 공학적 특성 파악 •절리 및 인접노두 단층 방향 분석을 통한 영향성 분석	•지질취약구간 선정을 통한 상세조사 계획 수립에 반영 •구조물 안정 해석을 위한 기초자료 제공

● 예비조사 착안사항

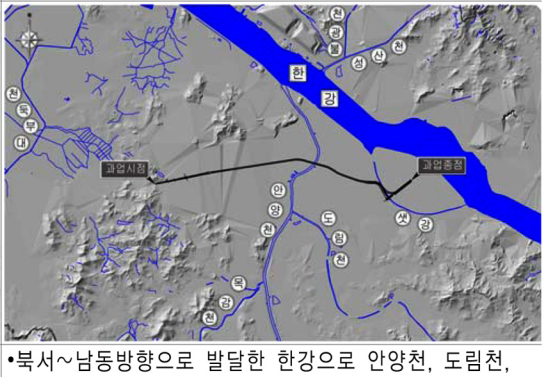
구 분	분 석 항 목	중점 검토사항
지형 · 지질분석	•고지형 분석 •위성영상 및 음영기복도를 이용한 선구조분석 •광역지질도, 상세지질도, 지구조 진화사 분석	•지형특성 및 퇴적환경 상관성 규명 •단층, 절리 등에 의한 선구조 해석 •지질 선후관계를 통한 지질공학적 특성 해석
육상 환경 변화 분석	•연도별 토지이용변화 분석 •고지형 변화 분석	•육상 토사층 분포 변화양상 파악 •안양천 및 샛강 통과 지역 퇴적환경변화 유추 – 퇴적층 분포 변화 양상 분석

1.2 광역적 지형 특성 분석

•사업구간의 지형 특성을 파악하여 선구조분석 및 상세조사 시 기본 자료로 활용
•사업구간 일대의 지형분포 및 변화 특성 이력을 분석하여 주요구간 및 구조물에 미치는 영향 검토

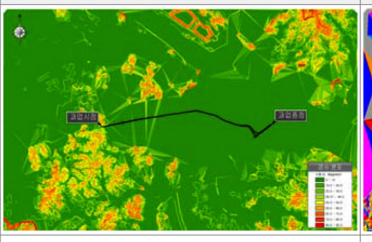
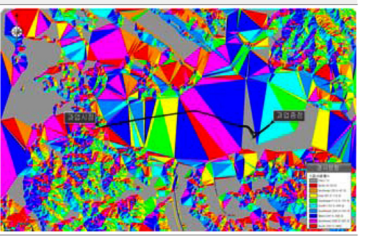
1.2.1 지형 특성 분석

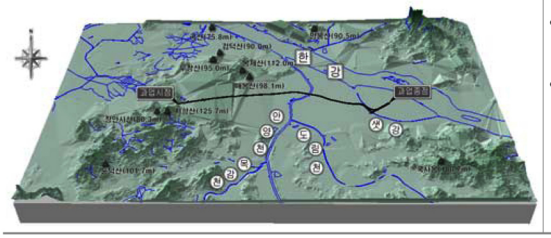
● 산계 및 수계 발달

산 계 분 석	수 계 분 석
	
•과업구간 일대는 한강을 중심으로 북동~남서방향의 산계발달 •산계발달이 미약한 노년기 분지지형	•북서~남동방향으로 발달한 한강으로 안양천, 도림천, 샛강등이 유입

검 토 결 과	•사업지역은 북동~남서 방향으로 180m 미만의 산계가 발달한 전형적 노년기 분지지형을 보임 •사업구간 인접지역에 발달한 안양천, 도림천, 샛강 등은 북서~남동방향으로 발달한 한강으로 유입됨

● 지형태학적 발달 특성

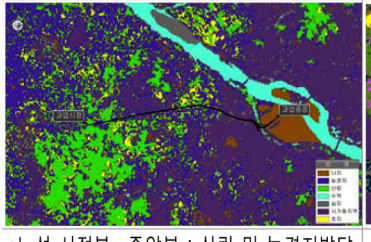
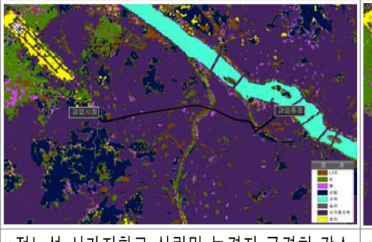
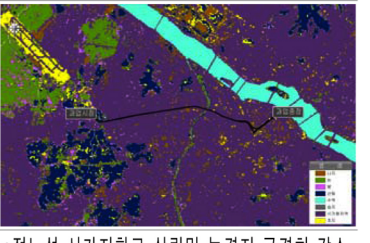
고도분포도	경사도	경사 방향
		
•과업구간 10m~45m의 고도발달	•시점부 30° ~50° , 그외 지역 10° 미만	•시점부를 제외한 그 외지역은 평탄(flat)

3차원 지형분포	검토 결과
	•사업구간은 고도 10~45m로 시점부 30° ~50° , 그 외 지역은 10° 미만 경사를 갖는 평탄한 지형발달을 보임 •사업구간 노선 시점부는 지향산(125.7m) 및 장안사산(80.3m)의 산계발달을 보이며, 그 외 지역은 한강과 인접한 수계(안양천, 도림천, 샛강등)의 발달로 평탄한 평지 지형을 보이므로, 토사층이 발달한 노년기 분지지형으로 분석됨

1.2.2 육상환경 변화 분석

분석 목적	•사업구간 일대 토사층 분포에 영향을 미치는 토지이용 및 고지형 변화를 분석하여 육상 퇴적환경 변화 분석

● 토지이용변화 분석

1975년	1990년	2000년
		
•노선 시점부~중앙부 : 산림 및 농경지발달	•전노선 시가지화로 산림및 농경지 급격히 감소	•전노선 시가지화로 산림및 농경지 급격히 감소

● 고지형 분석

광복 이전	1969년	1997년
		
•하천(한강, 안양천, 샛강)주변 농경지 발달	•안양천 직선화 및 하천주변 농경지 감소	•하천정비 및 시가지화 급격화

검토 결과	•1970년대 시점부를 제외한 그 외지역에 시가지 발달로 보아 한강 및 안양천의 영향으로 풍화대가 깊게 발달하여 분포할 것으로 예측됨 •하천 유로의 변화로 인해 사업노선 하천(안양천, 샛강)인근지역은 퇴적층 분포 심도가 깊을것으로 분석됨

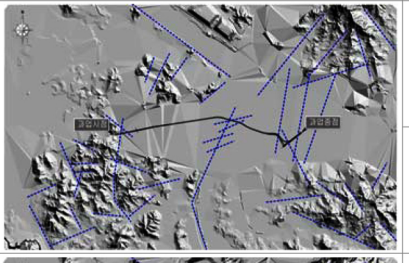
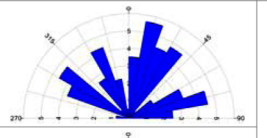
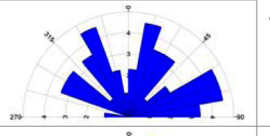
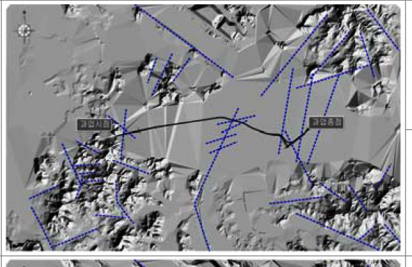
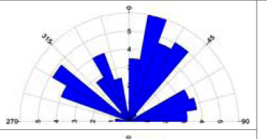
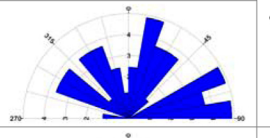
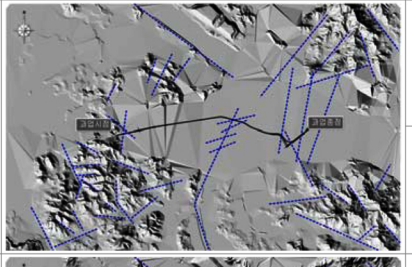
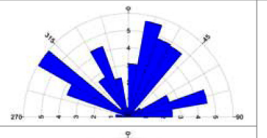
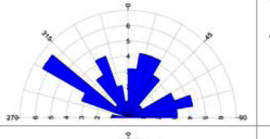
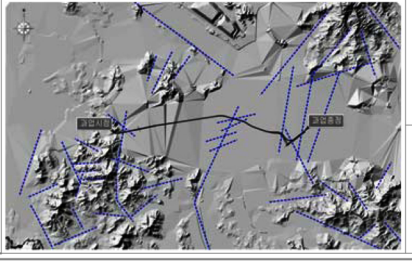
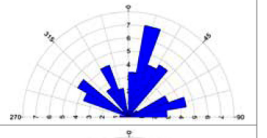
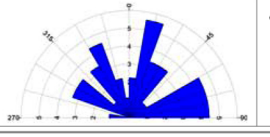
1.3 위성영상 및 음영기복도 선구조 분석

기 본 방 향	•과업구간을 포함하는 광역적 영상분석으로 지형적 발달 요건을 고려한 선구조 분석 •선구조의 분포특성, 방향성 및 발달 기작을 유추하여 안정성 검토 등 설계의 기초자료로 활용

1.3.1 광역 선구조 분석

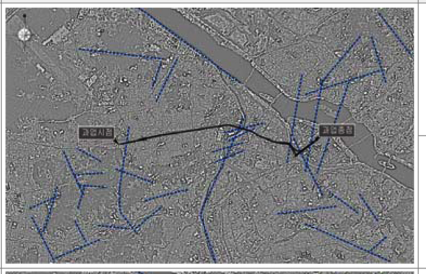
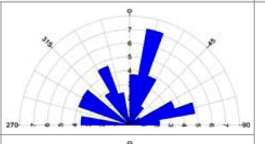
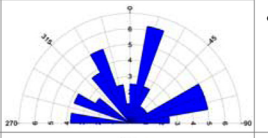
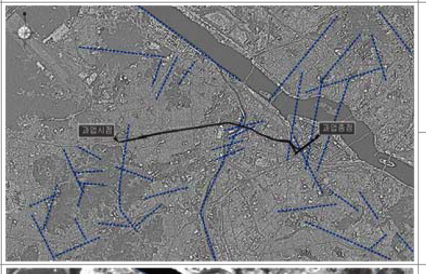
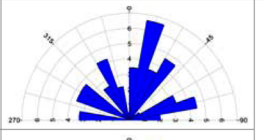
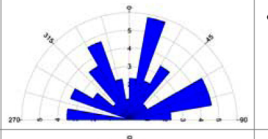
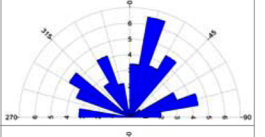
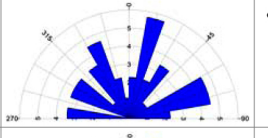
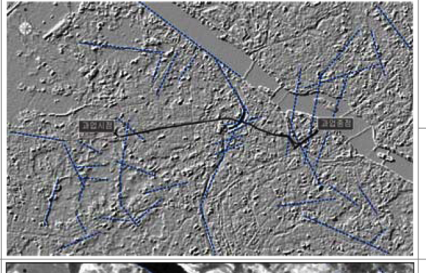
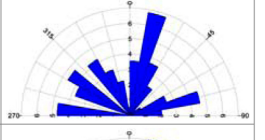
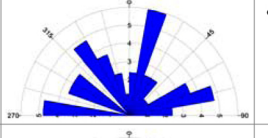
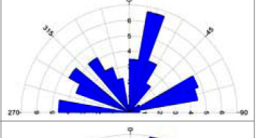
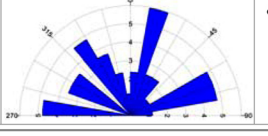
•과업구간을 포함하는 광역적인 지역에 대한 영상분석으로 식생분포 및 지형적 발달 요건을 고려한 선형구조 분석
•Landsat 7TM에 의한 관측된 영상으로 분광특성 변화를 이용하여 특정 부분을 증폭시키거나 강조시켜 선구조 추출

● 음영기복도를 이용한 선구조 분석

방위각	광원 고도각 45도	Rose Diagram	비 고
45도		연장성  빈도 	•선구조 수 : 44개조 •주방향 : N30W, N15E, N70E •부방향 : N60W, N30E, N85E
135도		연장성  빈도 	•선구조 수 : 41개조 •주방향 : N15E, N70E, N85E •부방향 : N30W, N60W, N30E
225도		연장성  빈도 	•선구조 수 : 47개조 •주방향 : N60W, N15E •부방향 : N30W, N70E
315도		연장성  빈도 	•선구조 수 : 45개조 •주방향 : N15E, N30W •부방향 : N60W, N30E, N70E

검 토 결 과	•음영기복도 광원방위각 변화에 따른 선구조를 분석한 결과 사업구간 인접지역 내에 5개조의 선구조가 발달 – N15E, N30E, N70~85E, N30W, N60W •사업구간 노선 안정성에 영향을 미치는 8개의 선구조가 발달한 것으로 분석됨

● 공간필터링에 의한 선구조 분석

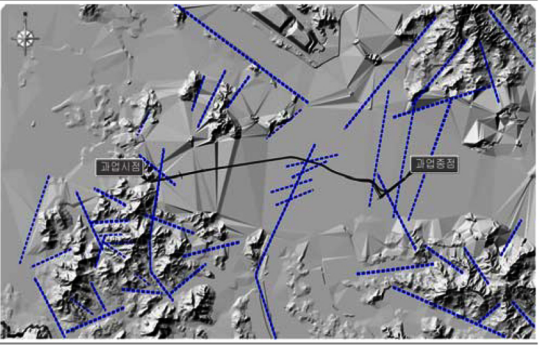
구 분	선구조 분석	Rose Diagram	비 고
High Pass		연장성  빈도 	•선구조 수 : 40개조 •주방향 : N15E, N30W •부방향 : N65W, N85W, N70E
Laplacian		연장성  빈도 	•선구조 수 : 43개조 •주방향 : N15E, N30W •부방향 : N65W, N85W, N30E, N70E
Median		연장성  빈도 	•선구조 수 : 44개조 •주방향 : N15E, N30W •부방향 : N60W, N85W, N30E, N70E
Directional		연장성  빈도 	•선구조 수 : 42개조 •주방향 : N15E, N30W •부방향 : N60W, N85W, N70E
Erode		연장성  빈도 	•선구조 수 : 42개조 •주방향 : N15E, N30W •부방향 : N60W, N85W, N70E

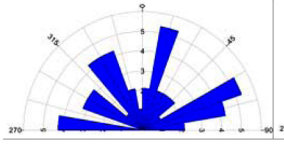
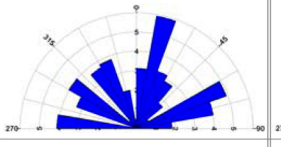
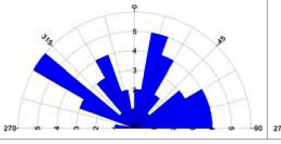
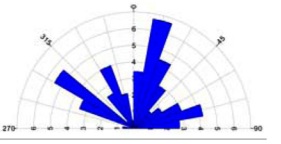
검 토 결 과	•위성영상 공간필터링 기법에 따른 선구조를 분석한 결과 사업구간 인접지역 내에 5개조의 선구조가 발달 – N15E, N30E, N70E, N30W, N60~65W, N85W •사업구간 노선 안정성에 영향을 미치는 8개의 선구조가 발달한 것으로 분석됨

1.3.2 선구조 분석 종합

위성영상 및 음영기복도 분석

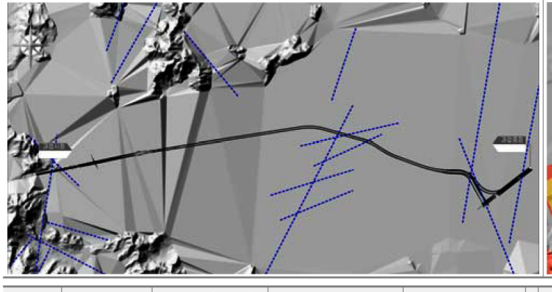
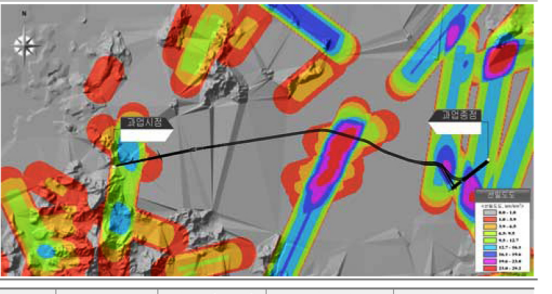
•ENVI 4.7를 이용하여 위성영상 및 음영기복도 작성 후 분석기법에 따른 사업구간 선구조 분포 종합 도시 해석
•선형구조의 분포특성을 고려하여 사업구간 구조물 안정성에 영향을 미칠 것으로 예상되는 선구조 노선교차위치를 분석 · 파악

위성영상 선구조 분석	음영기복도(DEM) 선구조 분석
	

빈 도	연 장 성	빈 도	연 장 성
			
•주방향 : N15E, N70E •부방향 : N30W, N60W, N85W		•주방향 : N60W, N15E •부방향 : N30W, N70E	

검 토 결 과	•사업지역 일대의 선구조는 주방향이 N15E, N70E, N60W로 북동/북서방향을 보이는 것으로 나타남 •위성영상 및 DEM 선구조를 분석한 결과 노선 시점부, 안양천 및 샛강 인접지역에 선구조가 교차할 것으로 예상됨

교차선구조 및 선구조 확률밀도

상세 교차 선구도	선구조 확률밀도
	

구 분	방 향	연장(km)	교차 위치	노선 교차각	구 분	방 향	연장(km)	교차 위치	노선 교차각
①	N9E	3.06km	Sta. 0+275	70°	⑤	N66E	1.29km	Sta. 5+700	40°
②	N51W	1.54km	Sta. 0+582	51°	⑥	N10E	3.89km	Sta. 7+580	71°
③	N77E	1.75km	Sta. 5+260	29°	⑦	N27W	2.83km	Sta. 8+140	63°
④	N24E	4.72km	Sta. 5+285	81°	⑧	N11E	4.05km	Sta. 8+660	11°

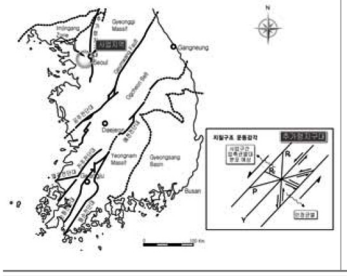
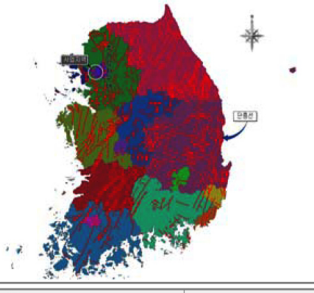
검 토 결 과	•사업노선 시점부, 안양천 및 샛강 주변부에 총 8개의 선구조가 발달할 것으로 분석됨 - 노선 교차 선구조의 확률 밀도는 3.9~25.6km/km^2 나타나므로, 시추코아를 활용한 단층영향권 분석을 통해 단층 발달 영향폭과 그에 따른 노선 교차거리를 평가하여 구조물 안정성 검토가 요구됨

1.4 광역지질 및 지표지질조사 분석

1.4.1 광역지질 및 지구조 진화사

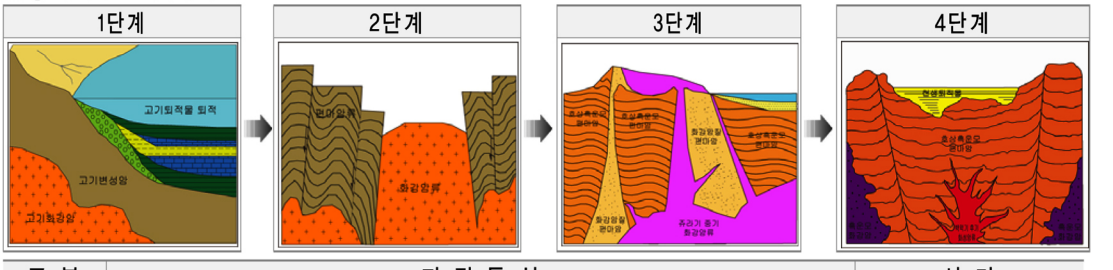
분 석 목 적	•지표지질조사, 시추조사, 물리탐사 등 결과와 연계하여 분포암종과 지질구조 특성 파악 •문헌자료 검토를 통해 사업구간 지질특성을 분석함으로써 설계기초자료 제공

● 광역지질구조 분석

광역구조 특성 분석	광역적 단층 발달 특성	검 토 결 과
		•사업구간은 경기육괴 남서부 중간지역에 위치하며, 추가령지구대에 해당함 •광역구조특성에 의해 발달한 단층구조선을 분석한 결과 사업노선과 추가령지구대가 인접 하므로, 추가령 지구대 발달로 형성된 단층과 연관된 2차 전단대 및 선구조(R_1, R_2 type)가 발달할 것으로 예상됨 •단층출현 시 추가령지구대와의 연관성을 고려하여 사업노선과의 접촉 및 영향성 검토

광역지질도(1:250,000)	검 토 결 과
	•사업구간 일대는 선캠브리아기 호상편마암과 화강편마암을 기반암으로, 중생대 화성활동으로 형성된 화강암과 화산암류로 구성되며, 이들 모두를 부정합으로 덮고 있는 제4기 충적층으로 구성됨 •쥬라기 ~ 백악기 활발한 화성활동으로 인해 다양한 관입암체 암종 분포를 보임 •사업구간은 호상편마암이 우세한 지역으로 편마암 내 엽리구조(우백대, 우흑대)들의 발달로 인해 기반암의 공학적 강도 변화 특성을 보임

● 광역지구조 진화사



구 분	지 질 특 성	시 기
1단계	•천해성 지향사대 근접부로서 이질, 사질, 석회질 고기퇴적물 퇴적후 암석화	선캠브리아기~고생대
2단계	•대보조산운동의 영향으로 지반융기 및 광역변성작용에 의한 편마암류 형성 •연성전단대 형성과 관련된 습곡, 단층작용 활발	중생대 초~쥬라기 중기
3단계	•쥬라기 중기 화성암류의 관입 및 분출로 인해 편마암류 기반암 피복 및 관입	쥬라기 중~백악기 말기
4단계	•융기되었던 지반의 침강 및 침식작용으로 형성된 분지 지형 내 퇴적물 유입 퇴적작용 활발	제3기~현재

검 토 결 과	•사업구간은 화성암의 관입 및 분출, 고생대 변성작용으로 편마암이 우세하게 분포함 •하천인접지역은 퇴적층이 비교적 두꺼우며, 편마암 내에 엽리구조 발달로 강도 이방성을 보임

1.4.2 상세지표지질 조사

분 석 목 적	•사업구간 일대에 분포하는 절리, 단층 등 불연속면의 분포 특성을 조사 •지질이력이 노선 및 구조물에 미치는 영향을 파악하여 토공 및 U-type Box구간 및 터널구간 안정성 검토에 반영 •차후 시추공 암석결과와 상호 비교함으로써 수직 및 수평적 지질분포 특성을 공간적으로 재평가

● 상세지질도

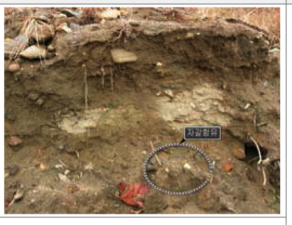


검 토 결 과	•사업노선 시점부는 흑운모 화강암, 그 외 지역은 호상 흑운모편마암이 분포함 •안양천 및 샛강 통과 및 인접 지역은 하천의 퇴적작용으로 인해 퇴적층(토사층)이 5m이상으로 두껍게 존재할 것으로 예상됨

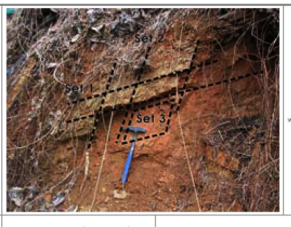
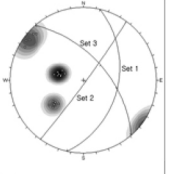
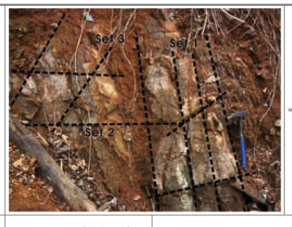
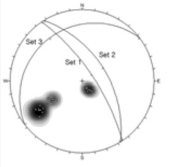
● 분포암종 특성

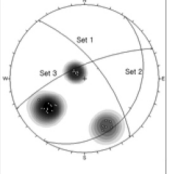
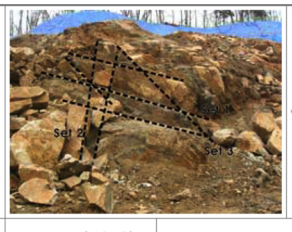
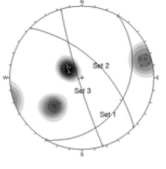
구 분	호상 흑운모 편마암	화강암질 편마암	흑운모 화강암
암 종 사 진			
분 포 위 치	•시점부를 제외한 전 구간 지역	•노선 시점부 인접 지역	•노선 시점부 지역
암 상	•암회색 내지 담회색 •우백대 및 우흑대의 교호로 인한 엽리(foliation) 발달	•암회색 내지 담회색 •미약하게 엽리구조 발달 •석영, 장석, 흑운모로 구성	•담회색 ~ 담흑색 •다량의 흑운모로 구성 •괴상으로 산출
공학적 특 성	•45도 내외의 엽리구조를 따라 절리면이 발달 •역학적 이방성(평면이방성)이 강함	•역학적 이방성(평면이방성)이 미약하게 존재함 •결정질로 광물로 구성되어 전단변형 시 strain hardeing을 보임	•일축압축강도 100MPa 이상으로 연암 내지 보통암으로 분포 •결정질 광물로 구성되어 전단변형 시 strain hardening을 보임

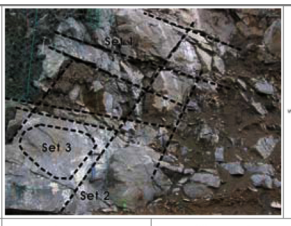
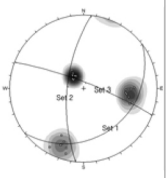
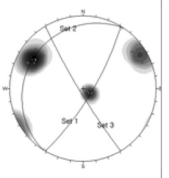
사업구간 퇴적층 분포 특성

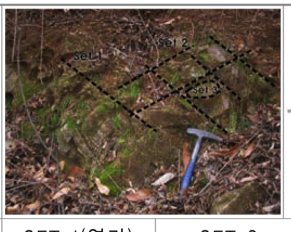
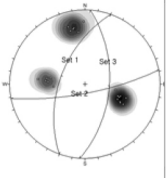
구 분	안양천 통과구간	샛강 통과구간	검 토 결 과
분 포 사 진			•사업구간 안양천 및 샛강 통과 지역은 하천 퇴적작용으로 인한 퇴적층 발달로 토사층 분포 심도가 인접지역에 비해 깊게 분포할 것으로 예측됨 •퇴적층 내 점토 또는 실트이 성분 증가하므로, 터널 굴착에 의한 지하수위 하강으로 야기되는 토사층 전단강도 감소로 인하여 안양천 및 샛강통과구간 내 터널의 역학적 안정성 및 지반침하 등에 영향을 미칠 것으로 판단됨 – 퇴적층에 대한 상세한 현장 및 실내 시험 계획 수립
분포위치	•안양천 통과구간(목동교)	•샛강 통과구간	
분포특성	•점토 또는 실트섞인 모래로 구성 •4~5m이상의 분포를 보임	•자갈석인 실트질 모래로 구성 •1m~10cm 크기 자갈함유	
공학적 특 성	•상부퇴적층 분포 심도 및 점토 성분 증가로 전단강도가 감소	•상부퇴적층 분포 심도 및 실트 성분 증가로 전단강도가 감소	

절리특성 분석

S-1					S-2				
절리군	SET 1(엽리)	SET 2	SET 3		절리군	SET 1(엽리)	SET 2	SET 3	
방향성	39/106	88/128	55/050		방향성	72/056	16/325	50/058	
연장성(m)	0.5~1.2	0.4~0.75	0.2~0.5		연장성(m)	1.2~2.5	0.85~1.75	0.5~0.83	
간격(cm)	5.0~8.0	6.5~12.0	7.2~15.0		간격(cm)	5.3~10.8	6.2~14.8	8.8~21.2	
JRC	4~8	6~8	6~10		JRC	2~6	6~10	4~6	
JCS(MPa)	51~72	54~85	66~89		JCS(MPa)	75~102	68~93	63~91	

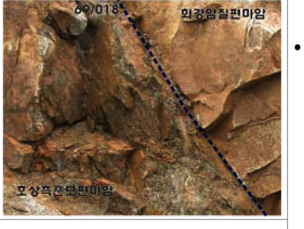
S-3					S-4				
절리군	SET 1(엽리)	SET 2	SET 3		절리군	SET 1(엽리)	SET 2	SET 3	
방향성	065/051	18/126	70/338		방향성	25/120	59/044	85/254	
연장성(m)	1.5~3.1	1.3~1.8	0.8~1.1		연장성(m)	3.3~8.3	2.0~5.5	3.8~7.1	
간격(cm)	18.0~45.0	12.0~42.0	20.0~58.0		간격(cm)	32.0~75.0	10.2~36.0	13.1~58.3	
JRC	4~8	2~6	2~6		JRC	6~10	4~8	4~8	
JCS(MPa)	61~88	55~74	75~93		JCS(MPa)	87~109	72~91	81~99	

S-5				S-6			
절리군	SET 1	SET 2	SET 3	절리군	SET 1	SET 2(엽리)	SET 3
방향성	27/140	64/280	78/021	방향성	75/122	10/305	88/240
연장성(m)	2.1~7.3	3.2~5.8	0.8~2.2	연장성(m)	0.2~0.6	0.3~0.92	0.35~0.87
간격(cm)	20~95	40~110	38~85	간격(cm)	15~32	20~50	28~42
JRC	2~6	2~6	4~8	JRC	4~8	6~10	6~8
JCS(MPa)	94~118	83~106	86~112	JCS(MPa)	64~88	63~86	76~95

S-7			
절리군	SET 1(엽리)	SET 2	SET 3
방향성	52/291	75/169	55/096
연장성(m)	0.8~2.1	0.25~0.55	0.21~0.84
간격(cm)	12.0~25.5	8.2~20.5	10.3~35.0
JRC	8~10	6~8	8~12
JCS(MPa)	61~88	54~85	76~98

검 토 결 과	•전반적으로 선구조 발달과 밀접한 관계를 갖는 북서방향과 북동방향의 주향을 갖는 절리 우세 •인접구간 노두조사 자료만 적용시 원위치 불연속면 특성 왜곡 우려 – 주요구조물 공내검층이 요구됨 •터널부 구조물과 교차하는 편마암 내 엽리 방향성에 따른 강도 이방성 존재–강도 이방성 시험 수행

● 단층 및 암종경계 발달 특성

구 분	단층	구 분	암종 경계	검 토 결 과
분 포 사 진		분 포 사 진		•지표지질조사 결과 안양천 인접지역에 소규모 단층이 발달하므로, 안양천 및 샛강을 따라 주단층 발달이 예측되므로(NE계열방향), 이 구간 인접지역 일대에 단층 파쇄대가 발달할 것으로 분석됨 – 시추조사 및 물리탐사 병행으로 노선 영향 검토가 요구됨
방향성	•N18E/50NW	분포위치	•S-4 노두	
연장성(m)	•10.0m이상	방향성	•69/018	
폭(cm)	•10~25cm	연장성(m)	•8.2m이상	
단층대구성	•파쇄대 내 1cm미만 점토 충진	폭(cm)	•10~20cm	
암종경계	•호상흑운모편마암내 발달	암상	•호상흑운모편마암/화강암질편마암 경계	
운동감각	•좌수향 이동, 소규모 단층			

4.2 시추 주상도

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-1	조 사 일	2011년02월15일 ~ 02월15일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447119.906 Y = 185818.225	표 고	EL(+) 9.50 M

굴진심도	21.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 12.50 M
케이싱심도	18.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	*매립층 심도 : 0.00 ~ 3.50 m 실트질 모래 느슨~보통조밀 갈색~암갈색 습윤										
				2.0 S-2	11/30											
				3.0 S-3	6/30											
3.50	6.00	3.50		4.0 S-4	2/30	*퇴적층 심도 : 3.50 ~ 5.50 m 실트질 점토 매우연약~연약 회색 습윤										
5.50	4.00	2.00		5.0 S-5	3/30											
5				6.0 S-6	13/30	*퇴적층 심도 : 5.50 ~ 13.50 m 실트질 모래 느슨~보통조밀 황갈색~암갈색 습윤 중간중간 점토협재										
				7.0 S-7	7/30											
				8.0 S-8	31/30											
				9.0 S-9	17/30											
10				10.0 S-10	19/30											
				11.0 S-11	11/30											
				12.0 S-12	17/30											
				13.0 S-13	26/30											
13.50	-4.00	8.00		14.0 S-14	50/21	*풍화토 심도 : 13.50 ~ 18.50 m 암편섞인 실트질 모래 매우조밀 황갈색 습윤										
15				15.0 S-15	50/16											
				16.0 S-16	50/16											
				17.0 S-17	50/15											
18.50	-9.00	5.00		18.0 S-18	50/12											
			+ + +			*연암층 심도 : 18.50 ~ 21.00 m 호상 흑운모 편마암의 연암	100	28	D3~4	S3~4	F4		30	2	7	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-1	조 사 일	2011년02월15일 ~ 02월15일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447119.906 Y = 185818.225	표 고	EL(+) 9.50 M

굴진심도	21.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 12.50 M
케이싱심도	18.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
20																
21.00	-11.50	2.50				심한풍화~보통풍화 약함~보통강함 매우심한균열~보통균열 담청색 18.5~21.5m 40~50°, 80~90°절리군 2set 파동/거침 절리면 변질 및 사질입자 충전 19.0~19.8m 수직절리발달 * 심도 21.00 M 에서 시추종료	100	28	D3~4	S3~4	F4		30	2	7	
(21.5)																
25																
30																
35																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-2	조 사 일	2011년02월10일 ~ 02월11일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447294.907 Y = 186567.429	표 고	EL(+) 9.40 M

굴진심도	20.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 18.40 M
케이싱심도	18.00 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	*매립층 심도 : 0.00 ~ 3.50 m 자갈섞인 실트질 모래 매우느슨 황갈색 습윤 자갈입경: 0.5~5.0cm										
				2.0 S-2	2/30											
				3.0 S-3	1/30											
3.50	5.90	3.50														
5				4.0 S-4	2/30	*퇴적층 심도 : 3.50 ~ 7.20 m 실트질 점토 연약~견고 암회색 습윤										
				5.0 S-5	2/30											
				6.0 S-6	3/30											
7.20	2.20	3.70		7.0 S-7	10/30											
				8.0 S-8	13/30	*퇴적층 심도 : 7.20 ~ 13.50 m 자갈섞인 실트질 모래 보통조밀~조밀 암갈색 습윤 자갈입경:0.2~3.0cm										
				9.0 S-9	14/30											
10				10.0 S-10	18/30											
				11.0 S-11	18/30											
				12.0 S-12	12/30											
13.50	-4.10	6.30		13.0 S-13	34/30											
				14.0 S-14	35/30	*풍화토 심도 : 13.50 ~ 18.00 m 실트질 모래 조밀~매우조밀 황갈색 습윤										
15				15.0 S-15	50/17											
				16.0 S-16	50/15											
				17.0 S-17	50/12											
18.00	-8.60	4.50														
						*연암층 심도 : 18.00 ~ 20.50 m 호상 흑운모 편마암의 연암 보통풍화	100	28	D3	S3	F4		20	2	7	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-2	조 사 일	2011년02월10일 ~ 02월11일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447294.907 Y = 186567.429	표 고	EL(+) 9.40 M

굴진심도	20.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 18.40 M
케이싱심도	18.00 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
20.50	-11.10	2.50				보통풍화 심한균열~보통균열 암회색 18.0~20.5m 40~50° 절리군 1set+random 파동/거침 절리면 변질 및 산화철 피복 * 심도 20.50 M 에서 시추종료	100	28	D3	S3	F4		20	2	7	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-3	조 사 일	2011년02월15일 ~ 02월15일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447332.042 Y = 186662.404	표 고	EL(+) 9.40 M

굴진심도	21.80 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 8.70 M
케이싱심도	17.70 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	*매립층 심도 : 0.00 ~ 3.20 m 자갈섞인 실트질 모래 느슨 황갈색 습윤 자갈입경:1.0~10.0cm										
				2.0 S-2	5/30											
3.20	6.20	3.20		3.0 S-3	4/30											
				4.0 S-4	4/30	*퇴적층 심도 : 3.20 ~ 6.20 m 실트질 점토 보통견고~견고 암회색 습윤										
5				5.0 S-5	4/30											
6.20	3.20	3.00		6.0 S-6	9/30											
				7.0 S-7	20/30	*퇴적층 심도 : 6.20 ~ 13.50 m 자갈질 모래 부분적 점토협재 보통조밀~조밀 황갈색 습윤 자갈입경:1.0~8.0cm										
				8.0 S-8	16/30											
				9.0 S-9	31/30											
10				10.0 S-10	19/30											
				11.0 S-11	11/30											
				12.0 S-12	15/30											
13.50	-4.10	7.30		13.0 S-13	19/30											
				14.0 S-14	36/30	*풍화토 심도 : 13.50 ~ 16.00 m 실트질 모래 조밀~매우조밀 암갈색 습윤										
				15.0 S-15	50/17											
15																
16.00	-6.60	2.50		16.0 S-16	50/10											
				17.0 S-17	50/9	*풍화암 심도 : 16.00 ~ 17.70 m 굴진시 실트질 모래로 분해 매우조밀 암갈색 습윤										
17.70	-8.30	1.70					100	23	D3	S3	F4		20	1	6	
						*연암층										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-3	조 사 일	2011년02월15일 ~ 02월15일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447332.042 Y = 186662.404	표 고	EL(+) 9.40 M

굴진심도	21.80 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) M
케이싱심도	17.70 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
(20.3)	(-10.9)					심도 : 17.70 ~ 21.80 m 호상 흑운모 편마암의 연암 보통풍화 보통강함 매우심한균열~심한균열 담회색	100	23	D3	S3	F4		20	1	6	
20							100	20	D3	S3	F4~5		15	1	5	
21.80	-12.40	4.10														
	(-13.5)					17.7~20.3m 0~10°, 40~50° 절리군 2set 파동/거침 내지 평면/거침 부분적으로 사질입자 충진 20.3~21.8m 0~10° 절리군 1set+random 절리 발달 파동/거침 절리면 변질 및 사질입자 충진										
25																
30																
35																

* 심도 21.80 M 에서 시추종료

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-4	조 사 일	2011년02월11일 ~ 02월11일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447323.571 Y = 186750.055	표 고	EL(+) 9.30 M

굴진심도	16.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 6.20 M
케이싱심도	7.80 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	*매립층 심도 : 0.00 ~ 2.50 m 폐기물섞인 실트질 모래 느슨 갈색~암갈색 습윤										
2.50	6.80	2.50		2.0 S-2	4/30											
				3.0 S-3	4/30	*퇴적층 심도 : 2.50 ~ 5.50 m 자갈섞인 점토질 모래 느슨 암회색 습윤 자갈입경:0.5~2.0cm										
				4.0 S-4	6/30											
5.50	3.80	3.00		5.0 S-5	7/30											
5				6.0 S-6	50/28	*풍화토 심도 : 5.50 ~ 7.00 m 실트질 모래 매우조밀 암갈색 습윤										
7.00	2.30	1.50		7.0 S-7	50/9											
7.80	1.50	0.80				*풍화암 심도 : 7.00 ~ 7.80 m 굴진시 실트질 모래로 분해 암편 부분함유 매우조밀 갈색 습윤	95	9	D3~4	S3~4	F5		10	NA	2	
(10.0)	(-0.7)															
10							66	5	D3~4	S3~4	F5		15	NA	5	
(13.0)	(-3.7)					*연암층 심도 : 7.80 ~ 16.00 m 호상 흑운모 편마암의 연암 심한풍화~보통풍화 약함~보통강함 심한균열~보통균열 암회색 7.8~10.0m 30~40°,80~90° 절리군 2set+random 파동/거침 절리면 변질 및 산화철 피복, 사질입자충전 8.0~8.8m 수직절리발달 10.0~13.0m 30~40°,70~80° 절리군 2set+random 파동/거침 절리면 변질 및 산화철 피복, 사질입자충전 13.0~16.0m 30~40° 절리군 1set+random 파동/거침	40	13	D3~4	S3~4	F5		30	2	5	
15																
16.00	-6.70	8.20														

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-4	조 사 일	2011년02월11일 ~ 02월11일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447323.571 Y = 186750.055	표 고	EL(+) 9.30 M

굴진심도	16.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 6.20 M
케이싱심도	7.80 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
20						절리면 변질 및 산화철 피복, 사질입자충전 * 심도 16.00 M 에서 시추종료										
25																
30																
35																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-5	조 사 일	2011년03월12일 ~ 03월12일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447354.783 Y = 187046.203	표 고	EL(+) 9.10 M

굴진심도	18.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 7.30 M
케이싱심도	18.00 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	*매립층 심도 : 0.00 ~ 2.50 m 자갈섞인 실트질 모래 느슨 황갈색 습윤 자갈직경: 0.5~2.0cm										
				2.0 S-2	터파기											
2.50	6.60	2.50		3.0 S-3	6/30	*퇴적층 심도 : 2.50 ~ 7.50 m 실트질 점토 보통견고~견고 암회색 습윤 부분적 실트협재										
				4.0 S-4	6/30											
5				5.0 S-5	6/30											
				6.0 S-6	5/30											
7.50	1.60	5.00		7.0 S-7	8/30											
8.50	0.60	1.00		8.0 S-8	10/30	*퇴적층 심도 : 7.50 ~ 8.50 m 실트섞인 세립모래 보통조밀 암회색 습윤										
10.00	-0.90	1.50		9.0 S-9	7/30											
10				10.0 S-10	6/30											
				11.0 S-11	11/30	*퇴적층 심도 : 8.50 ~ 10.00 m 점토질 실트 보통견고 황갈색 습윤										
				12.0 S-12	5/30											
				13.0 S-13	9/30											
14.50	-5.40	4.50		14.0 S-14	33/30	*퇴적층 심도 : 10.00 ~ 14.50 m 자갈섞인 실트질 모래 보통견고~고결 황갈색 습윤 부분적 점토 협재										
15				15.0 S-15	9/30											
				16.0 S-16	12/30											
				17.0 S-17	15/30	*풍화토 심도 : 14.50 ~ 18.00 m 실트질 모래 보통조밀 황갈색 습윤										
18.00	-8.90	3.50		18.0 S-18	16/30											
						* 심도 18.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-6	조 사 일	2011년03월11일 ~ 03월12일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447406.247 Y = 187314.947	표 고	EL(+) 8.60 M

굴진심도	20.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	어봉락	지하수위	GL(-) 8.00 M
케이싱심도	20.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	6/30	*매립층 심도 : 0.00 ~ 3.50 m 자갈섞인 실트질 모래 느슨~보통조밀 습윤 암갈색										
				2.0 S-2	5/30											
				3.0 S-3	14/30											
3.50	5.10	3.50		4.0 S-4	7/30	*퇴적층 심도 : 3.50 ~ 15.50 m 실트질 점토 보통견고 담갈색~암회색 습윤										
5				5.0 S-5	7/30											
				6.0 S-6	7/30											
				7.0 S-7	7/30											
				8.0 S-8	4/30											
				9.0 S-9	6/30											
				10.0 S-10	5/30											
10				11.0 S-11	3/30											
				12.0 S-12	5/30											
				13.0 S-13	6/30											
				14.0 S-14	6/30											
				15.0 S-15	5/30											
15.50	-6.90	12.00		16.0 S-16	11/30	*퇴적층 심도 : 15.50 ~ 17.50 m 점토질 모래 보통조밀 암갈색~암회색 습윤										
15				17.0 S-17	12/30											
17.50	-8.90	2.00		18.0 S-18	50/30	*풍화토 심도 : 17.50 ~ 20.00 m 실트질 모래 매우조밀										
				19.0 S-19	50/23											
20.00	-11.40	2.50			50/20											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-6	조 사 일	2011년03월11일 ~ 03월12일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447406.247 Y = 187314.947	표 고	EL(+) 8.60 M

굴진심도	20.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	어봉락	지하수위	GL(-) 8.00 M
케이싱심도	20.00 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
				20.0												
				S-20	50/20	담갈색~갈색 습윤										
						* 심도 20.00 M 에서 시추종료										

20
25
30
35

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-7	조 사 일	2011년03월21일 ~ 03월21일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447412.188 Y = 187414.733	표 고	EL(+) 8.60 M

굴진심도	33.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안종현	지하수위	GL(-) 8.50 M
케이싱심도	24.00 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	7/30	*매립층 심도 : 0.00 ~ 1.70 m 자갈섞인 실트질 모래 느슨 황갈색~암회색 습윤 자갈직경: 0.5~2.0cm										
1.70	6.90	1.70		2.0 S-2	4/30											
				3.0 S-3	15/30	*퇴적층 심도 : 1.70 ~ 4.00 m 실트질 점토 보통견고~견고 갈색~담회색 습윤										
4.00	4.60	2.30		4.0 S-4	11/30											
5				5.0 S-5	9/30											
				6.0 S-6	7/30											
				7.0 S-7	7/30	*퇴적층 심도 : 4.00 ~ 9.50 m 점토질 실트 보통견고~견고 암회색 습윤										
				8.0 S-8	5/30											
				9.0 S-9	10/30											
9.50	-0.90	5.50		10.0 S-10	20/30											
10				11.0 S-11	12/30	*퇴적층 심도 : 9.50 ~ 12.50 m 실트질 세립모래 보통조밀 암회색 습윤										
				12.0 S-12	12/30											
12.50	-3.90	3.00		13.0 S-13	5/30											
				14.0 S-14	6/30	*퇴적층 심도 : 12.50 ~ 15.50 m 실트질 점토 보통견고~견고 황갈색 습윤										
				15.0 S-15	10/30											
15.50	-6.90	3.00		16.0 S-16	19/30											
15				17.0 S-17	26/30	*퇴적층 심도 : 15.50 ~ 16.00 m 모래질 자갈 황갈색 습윤										
16.00	-7.40	0.50		18.0 S-18	24/30											
				19.0 S-19	39/30											
					50/17	*풍화토										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-7	조 사 일	2011년03월21일 ~ 03월21일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447412.188 Y = 187414.733	표 고	EL(+) 8.60 M

굴진심도	33.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안종현	지하수위	GL(-) 8.50 M
케이싱심도	24.00 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 S-20	50/17	심도 : 16.00 ~ 24.00 m 실트질 모래 보통조밀~매우조밀 황갈색 습윤										
				21.0 S-21	50/22											
				22.0 S-22	50/23											
				23.0 S-23	50/23											
24.00	-15.40	8.00		24.0 S-24	50/7	*풍화암 심도 : 24.00 ~ 27.00 m 굴진시 실트질 모래로 분해 암편 부분함유 매우조밀 담갈색~암갈색 습윤 암편 및 세편의 풍화암 코아회수										
25				25.0 S-25	50/7											
				26.0 S-26	50/6											
27.00	-18.40	3.00				*연암층 심도 : 27.00 ~ 33.30 m 화강암의 연암 심한풍화~보통풍화 약함~보통강함 심한균열~보통균열 갈색~암회색 27.0~28.6m 10~30°절리군 1set+random 파동/거침 절리면 변질 및 산화물착색	93	12	D3~4	S3~4	F4~5		20	NA	4	
(28.6)	(-20.0)						100	2	D2~3	S2~3	F4~5		10	NA	3	
30 (31.0)	(-22.4)					28.6~31.0m 30~40°,70~80°절리군 2set+random 파동/거침 절리면 변질 및 산화물착색 부분적 수직절리발달	100	21	D3~4	S3~4	F4~5		20	NA	NA	
33.30	-24.70	6.30				31.0~33.3m 30~40°,70~80°절리군 2set+random 파동/거침 사질입자 충전 32.0~33.3m 단층파쇄대										
35						* 심도 33.30 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-8	조 사 일	2011년02월13일 ~ 02월13일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447503.022 Y = 187691.928	표 고	EL(+) 8.70 M

굴진심도	45.60 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 10.20 M
케이싱심도	29.70 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1		*매립층 심도 : 0.00 ~ 2.00 m 자갈섞인 실트질 모래 매우느슨 황갈색 습윤 자갈입경: 0.5~5.0cm										
2.00	6.70	2.00		2.0 S-2	1/30											
				3.0 S-3	5/30	*퇴적층 심도 : 2.00 ~ 9.50 m 실트질 점토 매우연약~보통견고 암회색 습윤										
5				4.0 S-4	2/30											
				5.0 S-5	3/30											
				6.0 S-6	6/30											
				7.0 S-7	4/30											
				8.0 S-8	7/30											
				9.0 S-9	5/30											
9.50	-0.80	7.50		10.0 S-10	21/30	*퇴적층 심도 : 9.50 ~ 15.50 m 자갈섞인 모래 느슨~조밀 암갈색 습윤 11.5~13.5m 점토질 실트 협재 자갈입경:0.2~3.0cm										
10				11.0 S-11	19/30											
				12.0 S-12	8/30											
				13.0 S-13	9/30											
				14.0 S-14	19/30											
				15.0 S-15	33/30											
15.50	-6.80	6.00		16.0 S-16	19/30	*풍화토 심도 : 15.50 ~ 25.50 m 실트질 모래 보통조밀~매우조밀 황갈색 습윤										
15				17.0 S-17	19/30											
				18.0 S-18	50/19											
				19.0 S-19	50/17											
					50/23											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-8	조 사 일	2011년02월13일 ~ 02월13일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447503.022 Y = 187691.928	표 고	EL(+) 8.70 M

굴진심도	45.60 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 10.20 M
케이싱심도	29.70 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
20				S-20	50/23											
				21.0												
				S-21	50/15											
				22.0												
				S-22	50/12											
				23.0												
				S-23	50/9											
				24.0												
				S-24	50/13											
				25.0												
25.50	-16.80	10.00		S-25	50/11											
25				26.0		*풍화암 심도 : 25.50 ~ 29.70 m 굴진시 실트질 모래로 분해 매우조밀 황갈색 습윤 부분적 풍화암 코아회수										
				S-26	50/9											
				27.0												
				S-27	50/8											
				28.0												
				S-28	50/7											
				29.0												
				S-29	50/6											
29.70	-21.00	4.20				*연암층 심도 : 29.70 ~ 45.60 m 호상 흑운모 편마암의 연암 보통풍화~신선 보통강함~강함 심한균열~보통균열 담회색~암회색	96	13	D3	S3	F4~5		15	2	5	
30																
(32.6)	(-23.9)					29.7~32.6m 40~50°, 80~90° 절리군 2set 파동/거침 절리면 변질 및 산화철 피복 30.9~31.4m 수직절리발달	86	30	D3	S3	F4~5		20	2	5	
(34.9)	(-26.2)					32.6~34.9m 40~50° 절리군 2set 파동/거침 절리면 변질 및 산화철 피복	100	9	D3	S3	F4~5		10	NA	5	
35																
(37.1)	(-28.4)					34.9~37.1m 40~50° 절리군 2set 파동/거침 절리면 변질 및 산화철 피복, 사질입자 충전										
						37.1~40.0m 0~10° 절리군 1set+random 평면 거침 사질입자 충전 48.2~48.5m 파쇄발달	100	55	D1~2	S1~2	F4		20	NA	10	
(40.0)	(-31.3)					40.0~42.6m										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-8	조 사 일	2011년02월13일 ~ 02월13일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447503.022 Y = 187691.928	표 고	EL(+) 8.70 M

굴진심도	45.60 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 10.20 M
케이싱심도	29.70 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
(40.0)	(-31.3)					0~10°,40~50° 절리군 2set 파동/거침 파쇄발달 사질입자 충전	100	38	D2~3	S2~3	F4		20	NA	10	
40																
(42.6)	(-33.9)					42.6~45.6m 0~10° 절리군 2set+random 평면/거침	100	80	D1~2	S1~2	F2~3		40	NA	40	
45.60	-36.90	15.9				* 심도 45.60 M 에서 시추종료										
50																
55																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-9	조 사 일	2011년02월11일 ~ 02월12일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447527.055 Y = 187852.085	표 고	EL(+) 9.00 M

굴진심도	48.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 11.20 M
케이싱심도	45.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1		*매립층 심도 : 0.00 ~ 3.70 m 자갈섞인 실트질 모래 점토질 실트 혼재 느슨 갈색~암갈색 습윤 자갈입경: 0.5~3.0cm										
				2.0 S-2	7/30											
				3.0 S-3	3/30											
3.70	5.30	3.70		4.0 S-4	2/30	*퇴적층 심도 : 3.70 ~ 7.50 m 실트질 점토 매우연약~보통견고 회색~암회색 습윤										
5				5.0 S-5	2/30											
				6.0 S-6	6/30											
7.50	1.50	3.80		7.0 S-7	5/30											
8.50	0.50	1.00		8.0 S-8	5/30	*퇴적층 심도 : 7.50 ~ 8.50 m 점토질 모래 느슨 암갈색 습윤										
				9.0 S-9	5/30											
10				10.0 S-10	8/30	*퇴적층 심도 : 8.50 ~ 14.50 m 점토질 실트 보통견고~매우견고 회색~암회색 습윤										
				11.0 S-11	9/30											
				12.0 S-12	11/30											
				13.0 S-13	14/30											
14.50	-5.50	6.00		14.0 S-14	18/30											
15.50	-6.50	1.00		15.0 S-15	21/30	*퇴적층 심도 : 14.50 ~ 15.50 m 실트질 모래 보통조밀 암회색 습윤										
15				16.0 S-16	13/30											
				17.0 S-17	22/30											
17.80	-8.80	2.30		18.0 S-18	11/30	*퇴적층 심도 : 15.50 ~ 17.80 m 자갈섞인 모래 보통조밀 암회색 습윤 자갈입경:0.2~2.0cm										
				19.0 S-19	27/30											
					19/30											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-9	조 사 일	2011년02월11일 ~ 02월12일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447527.055 Y = 187852.085	표 고	EL(+) 9.00 M

굴진심도	48.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) M
케이싱심도	45.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0	19/30	*풍화토 심도 : 17.80 ~ 36.00 m 실트질 모래 보통조밀~매우조밀 갈색~담갈색 습윤										
20				S-20												
				21.0	26/30											
				S-21												
				22.0	31/30											
				S-22												
				23.0	30/30											
				S-23												
				24.0	38/30											
				S-24												
				25.0	35/30											
25				S-25												
				26.0	43/30											
				S-26												
				27.0	50/29											
				S-27												
				28.0	50/27											
				S-28												
				29.0	50/28											
				S-29												
				30.0	50/26											
30				S-30												
				31.0	50/21											
				S-31												
				32.0	50/19											
				S-32												
				33.0	50/13											
				S-33												
				34.0	50/13											
				S-34												
				35.0	50/11											
35				S-35												
36.00	-27.00	18.20		36.0	50/10											
				S-36		*풍화암 심도 : 36.00 ~ 45.50 m 굴진시 실트질 모래로 분해 매우조밀 갈색 습윤										
				37.0	50/7											
				S-37												
				38.0	50/10											
				S-38												
				39.0	50/8											
				S-39												
					50/7											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-9	조 사 일	2011년02월11일 ~ 02월12일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447527.055 Y = 187852.085	표 고	EL(+) 9.00 M

굴진심도	48.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 11.20 M
케이싱심도	45.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40				40.0 S-40	50/7											
				41.0 S-41	50/8											
				42.0 S-42	50/8											
				43.0 S-43	50/7											
				44.0 S-44	50/8											
				45.0 S-45	50/8											
45.50 45	-36.50	9.50				*연암층 심도 : 45.50 ~ 48.50 m 호상 흑운모 편마암의 연암 심한풍화~보통풍화 약함 심한균열 담회색~회색	100	16	D3~4	S3~4	F4~5		35	1	4	
48.50	-39.50	3.00				45.5~48.5 0~10°,40~50°,60°3set+random 평면/완만 내지 파동/거침 절리면 내 변질 및 부분적으로 사질입자 충진 45.5~45.7m 파쇄발달 * 심도 48.50 M 에서 시추종료										
50																
55																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-10	조 사 일	2011년04월16일 ~ 04월17일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447635.923 Y = 188847.070	표 고	EL(+) 7.80 M

굴진심도	82.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-) 6.50 M
케이싱심도	24.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0						*매립층 심도 : 0.00 ~ 1.80 m 실트질 모래 느슨 갈색~암갈색 습윤											
1.80	6.00	1.80		1.0 S-1	7/30											
				2.0 S-2	5/30											
				3.0 S-3	5/30	*퇴적층 심도 : 1.80 ~ 10.50 m 점토질 실트 보통견고~견고 황갈색~암회색 습윤										
				4.0 S-4	6/30											
5				5.0 S-5	6/30											
				6.0 S-6	8/30											
				7.0 S-7	7/30											
				8.0 S-8	9/30											
				9.0 S-9	10/30											
				10.0 S-10	8/30											
10.50	-2.70	8.70		11.0 S-11	9/30	*퇴적층 심도 : 10.50 ~ 11.50 m 실트질 점토 견고 암회색 습윤										
11.50	-3.70	1.00		12.0 S-12	50/17											
				13.0 S-13	39/30											
				14.0 S-14	30/30	*퇴적층 심도 : 11.50 ~ 24.00 m 모래질 자갈 조밀~매우조밀 회색~암회색 습윤 자갈입경: 2.0~5.0cm 자갈의 영향으로 SPT과대측정										
				15.0 S-15	38/30											
15				16.0 S-16	50/25											
				17.0 S-17	43/30											
				18.0 S-18	50/12											
				19.0 S-19	50/30											
					43/30											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-10	조 사 일	2011년04월16일 ~ 04월17일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 188847.070 Y = 447635.923	표 고	EL(+) 7.80 M

굴진심도	82.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-) 6.50 M
케이싱심도	24.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0	43/30											
20				S-20												
				21.0	50/20											
				S-21												
				22.0	43/30											
				S-22												
				23.0	50/23											
				S-23												
24.00	-16.20	12.50		24.0	50/12											
24.50	-16.70	0.50		S-24		*풍화토 심도 : 24.00 ~ 24.50 m 실트질 모래 매우조밀 황갈색 습윤										
(24.5)	(-16.7															
25						*연암층 심도 : 24.50 ~ 30.30 m 편마암의 연암 보통풍화 보통강함 심한균열~보통균열 암회색 24.5~28.5m 30~40° 절리군 1set+random 파동/거침	71	35	D1~2	S1~2	F2~3		25	2	5	
(28.5)	(-20.7)						100	22	D1~2	S1~2	F2~3		30	NA	5	
30.30	-22.50	5.80				 28.5~30.3m 30~40° 절리군 1set+random 파동/거침 부분적 파쇄발달	100	66	D1~2	S1~2	F2~3		70	2	30	
30						*경암층 심도 : 30.30 ~ 82.00 m 편마암의 경암 약간풍화~신선 보통강함~매우강함 보통균열~약간균열 담회색~암회색	100	90	D1~2	S1~2	F2~3		120	10	50	
(33.3)	(-25.5)															
35						 30.3~33.3m 30~40°, 70~90° 절리군 2set+random 파동/거침 절리면 방해석 피복 31.0~31.5m 수직절리 발달										
(36.3)	(-28.5)					 33.3~36.3m 30~40° 절리군 1set+random 파동/거침	100	93	D1~2	S1~2	F2~3		60	10	30	
						 36.3~39.3m 30~40° 절리군 1set+random 파동/거침										
(39.3)	(-31.5)					 절리면 변질	100	66	D1~2	S1~2	F2~3		70	3	30	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-10	조 사 일	2011년04월16일 ~ 04월17일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 188847.070 Y = 447635.923	표 고	EL(+) 7.80 M

굴진심도	82.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-) 6.50 M
케이싱심도	24.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40						39.3~42.3m 0~10 ° 30~40 ° 절리군 1set+rando 파동/거침	100	66	D1~2	S1~2	F2~3		70	3	30	
(42.3)	(-34.5)					42.3~45.3m 30~40 ° ,80~90 ° 절리군 2set+ran dom 파동/거침 43.8~44.3m 수직절리 발달	100	75	D1~2	S1~2	F2~3		60	3	30	
45						45.3~48.3m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침 46.3~46.5m 수직절리 발달 절리면 사질입자 충전										
(45.3)	(-37.5)					48.3~51.0m 30~40 ° , 70~80 ° 절리군 2set+ra ndom 파동/거침 49.0~49.3m 수직절리 발달 절리면 방해석 피복	100	60	D2	S2	F2~3		40	3	10	
(48.3)	(-40.5)					51.0~54.0m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침 54.0~57.5m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침	100	81	D2	S2	F2~3		40	3	20	
50						57.5~60.5m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침										
(51.0)	(-43.2)					60.5~63.5m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침 63.5~66.5m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침 66.5~69.5m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침	100	83	D1~2	S1~2	F2~3		60	3	20	
(54.0)	(-46.2)					69.5~72.5m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침										
55						72.5~75.5m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침 75.5~78.5m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침	100	83	D1~2	S1~2	F2~3		80	5	50	
(57.5)	(-49.7)					78.5~82.0m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침	100	83	D1~2	S1~2	F2~3		90	5	50	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-10	조 사 일	2011년04월16일 ~ 04월17일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 188847.070 Y = 447635.923	표 고	EL(+) 7.80 M

굴진심도	82.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-) 6.50 M
케이싱심도	24.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
(60.5)	(-52.7)						100	83	D1~2	S1~2	F2~3		90	5	50	
							100	95	D1~2	S1~2	F2~3		90	10	50	
(63.5)	(-55.7)						100	95	D1~2	S1~2	F2~3		60	5	30	
65																
(66.5)	(-58.7)						100	90	D1~2	S1~2	F2~3		80	5	30	
(69.5)	(-61.7)															
70							100	66	D1~2	S1~2	F2~3		70	3	20	
(72.5)	(-64.7)						100	83	D1~2	S1~2	F2~3		90	5	50	
(75.5)	(-67.7)						100	66	D1~2	S1~2	F2~3		50	5	10	
(78.5)	(-70.7)						100	71	D1~2	S1~2	F2~3		30	5	20	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-10	조 사 일	2011년04월16일 ~ 04월17일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 188847.070 Y = 447635.923	표 고	EL(+) 7.80 M

굴진심도	82.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-) 6.50 M
케이싱심도	24.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
80			+ + + + + + + + +				100	71	D1~2	S1~2	F2~3		30	5	20	
82.00	-74.20	51.70				* 심도 82.00 M 에서 시추종료										
85																
90																
95																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-11	조 사 일	2011년02월10일 ~ 02월11일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447695.795 Y = 188946.571	표 고	EL(+) 8.30 M

굴진심도	64.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-) 9.40 M
케이싱심도	26.00 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	*매립층 심도 : 0.00 ~ 5.00 m 자갈섞인 실트질 모래 느슨 갈색~암갈색 습윤 자갈직경: 1.0~10.0cm										
				2.0 S-2	7/30											
				3.0 S-3	7/30											
				4.0 S-4	7/30											
5.00	3.30	5.00		5.0 S-5	9/30											
5				6.0 S-6	13/30	*퇴적층 심도 : 5.00 ~ 10.50 m 점토질 실트 보통견고~견고 암회색 습윤										
				7.0 S-7	13/30											
				8.0 S-8	6/30											
				9.0 S-9	7/30											
10.50	-2.20	5.50		10.0 S-10	8/30											
10				11.0 S-11	11/30	*퇴적층 심도 : 10.50 ~ 19.50 m 모래질 자갈 보통조밀~매우조밀 담회색~암회색 습윤 자갈입경: 2.0~8.0cm										
				12.0 S-12	15/30											
				13.0 S-13	31/30											
				14.0 S-14	41/30											
15				15.0 S-15	50/20											
				16.0 S-16	50/22											
				17.0 S-17	50/22											
				18.0 S-18	50/14											
19.50	-11.20	9.00		19.0 S-19	30/30											
					17/30											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-11	조 사 일	2011년02월10일 ~ 02월11일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447695.795 Y = 188946.571	표 고	EL(+) 8.30 M

굴진심도	64.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-) M
케이싱심도	26.00 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
20				S-20	17/30	*풍화토 심도 : 19.50 ~ 23.50 m 실트질 모래 보통조밀~매우조밀 황갈색 습윤										
				21.0												
				S-21	23/30											
				22.0												
				S-22	50/14											
				23.0												
23.50	-15.20	4.00		S-23	50/15											
				24.0		*풍화암 심도 : 23.50 ~ 26.00 m 굴진시 실트질 모래로 분해 매우조밀 담갈색~암갈색 습윤 암편 및 세편의 풍화암 코아회수										
				S-24	50/10											
				C.( )												
25																
26.00	-17.70	2.50					95	66	D2~3	S2~3	F2~3		20	3	5	
						*경암층 심도 : 26.00 ~ 64.50 m 화강암의 경암 보통풍화~신선 보통강함~매우강함 약간균열~괴상 암회색 26.0~27.5m 30~40° 절리군 1set+random 파동/거침 절리면 변질 및 산화물착색, 사질입자 충전	100	93	D1~2	S1~2	F2~3		50	2	30	
(27.5)	(-19.2)															
(30.5)	(-22.2)					27.5~30.5m 30~40° 절리군 1set+random 파동/거침 절리면 변질 및 산화물착색, 사질입자 충전 29.3~29.6m 수직절리 발달	100	66	D1~2	S1~2	F2~3		30	NA	20	
(33.5)	(-25.2)					30.5~33.5m 30~40° 절리군 1set+random 평면/거침	100	40	D1~2	S1~2	F2~3		70	NA	20	
35						33.5~36.5m 30~40° 절리군 1set+random 평면/거침										
(36.5)	(-28.2)					36.5~39.5m 30~40° 절리군 1set+random 평면/거침										
						39.5~42.5m 0~10° 절리군 1set+random 평면/거침	100	90	D1~2	S1~2	F1~2		90	10	60	
						42.5~45.5m 0.~10° 절리군 1set+random 평면/거침										
(39.5)	(-31.2)					45.5~48.5m 30~40° 절리군 1set+random	100	100	D1	S1	F1~2		150	30	100	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-11	조 사 일	2011년02월10일 ~ 02월11일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447695.795 Y = 188946.571	표 고	EL(+) 8.30 M

굴진심도	64.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-) 9.40 M
케이싱심도	26.00 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
40						평면/거침										
						48.5~51.5m 0~10 ° 절리군 1set+random 평면/거침	100	100	D1	S1	F1~2		150	30	100	
(42.5)	(-34.2)					51.5~54.5m 0~10 ° 절리군 1set+random 평면/거침										
						54.5~57.5m 0~10 ° 절리군 1set+random 평면/완만	100	100	D1	S1	F1~2		120	50	100	
(44.5)	(-37.2)					57.5~60.5m 30~40 ° 절리군 1set+random 평면/완만										
						60.5~63.5m 0~10 ° 절리군 1set+random 평면/완만	100	100	D1	S1	F1~2		280	20	200	
(48.5)	(-40.2)					63.5~64.5m 0~10 ° 절리군 1set+random 평면/완만										
50							100	100	D1	S1	F1~2		100	50	100	
(51.5)	(-43.2)						100	100	D1	S1	F1~2		120	100	100	
(54.5)	(-46.2)						100	100	D1	S1	F1~2		180	100	150	
55																
(57.5)	(-49.2)						100	100	D1	S1	F1~2		200	100	150	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-11	조 사 일	2011년02월10일 ~ 02월11일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447695.795 Y = 188946.571	표 고	EL(+) 8.30 M

굴진심도	64.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-) M
케이싱심도	26.00 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
(60.5)	(-52.2)						100	100	D1	S1	F1~2		200	100	150	
(63.5)	(-55.2)						100	100	D1	S1	F1~2		150	20	100	
64.50	-56.20	38.50					100	100	D1	S1	F1~2		100	100	100	
						* 심도 64.50 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-12	조 사 일	2011년02월13일 ~ 02월16일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447697.414 Y = 189235.080	표 고	EL(+) 5.00 M

굴진심도	74.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-) 9.00 M
케이싱심도	32.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	*매립층 심도 : 0.00 ~ 4.60 m 자갈섞인 실트질 모래 느슨 갈색 습윤 점토질 실트 혼재 자갈입경:1.0~5.0cm 폐기물 혼재										
				2.0 S-2	9/30											
				3.0 S-3	10/30											
				4.0 S-4	7/30											
4.60	0.40	4.60		5.0 S-5	7/30	*퇴적층 심도 : 4.60 ~ 6.60 m 점토질 실트 보통견고 회색 습윤										
5																
6.60	-1.60	2.00		6.0 S-6	7/30											
				7.0 S-7	11/30	*퇴적층 심도 : 6.60 ~ 10.60 m 실트질 모래 느슨~보통조밀 회색 습윤										
				8.0 S-8	9/30											
				9.0 S-9	9/30											
10.60	-5.60	4.00		10.0 S-10	11/30											
				11.0 S-11	29/30	*퇴적층 심도 : 10.60 ~ 24.70 m 모래섞인 자갈 보통조밀~매우조밀 담회색~담갈색 습윤 자갈입경: 1.0~20.0cm										
				12.0 S-12	35/30											
				13.0 S-13	29/30											
				14.0 S-14	27/30											
				15.0 S-15	33/30											
15				16.0 S-16	40/30											
				17.0 S-17	46/30											
				18.0 S-18	50/25											
				19.0 S-19	50/14											
					50/5											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-12	조 사 일	2011년02월13일 ~ 02월16일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447697.414 Y = 189235.080	표 고	EL(+) 5.00 M

굴진심도	74.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-) 9.00 M
케이싱심도	32.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 N.S	50/5											
				21.0 S-20	50/22											
				22.0 S-21	31/30											
				23.0 S-22	17/30											
				24.0 S-23	40/30											
24.70	-19.70	14.10														
25				25.0 S-24	33/30	*풍화토 심도 : 24.70 ~ 32.50 m 암편섞인 실트질 모래 조밀~매우조밀 담갈색~갈색 습윤 32.2~32.5m 석영맥										
				26.0 S-25	43/30											
				27.0 S-26	50/27											
				28.0 S-27	50/12											
				29.0 S-28	50/12											
30				30.0 S-29	50/13											
				31.0 S-30	50/13											
				32.0 S-31	50/14											
32.50	-27.50	7.80														
33.50	-28.50	1.00				*연암층 심도 : 32.50 ~ 33.50 m 호상 흑운모 편마암의 연암 심한풍화 약함 심한균열 담회색 32.5~33.5m 0~10°, 40~50° 절리군 2set 파동/거침 절리면 변질 및 산화철 피복	60	0	D4	S4	F5		8	NA	NA	
35							100	64	D2	S2	F3~4		40	3	20	
(36.3)	(-31.3)					*경암층 심도 : 33.50 ~ 74.00 m 호상 흑운모 편마암의 경암 보통풍화~신선 보통강함~매우강함 보통균열~약간균열 담회색~암회색	100	77	D1~2	S1~2	F3~4		60	6	23	
(39.3)	(-34.3)						100	78	D1~2	S1~2	F3~4		80	4	20	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-12	조 사 일	2011년02월13일 ~ 02월16일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447697.414 Y = 189235.080	표 고	EL(+) 5.00 M

굴진심도	74.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-)9.00 M
케이싱심도	32.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40						33.5~36.3m 20~30°, 30~70°절리군 2set 평면/완만 내지 평면/거침 절리면 변질 및 산화철피복	100	78	D1~2	S1~2	F3~4		80	4	20	
(42.3)	(-37.3)					36.3~39.3m 0~10°절리군 1set 파동/거침										
						39.3~42.3m 20~30°, 50~60°절리군 2set 파동/거침	100	73	D1~2	S1~2	F3~4		53	4	23	
						42.3~45.3m 10~20°, 40~50°절리군 2set 파동/거침 산화철피복										
(45.3)	(-40.3)															
45						45.3~47.0m 10~20°, 40~50°절리군 2set 평면/완만 내지 파동/거침 부분적 점토충진	100	67	D2	S2	F4		36	1	18	
(47.0)	(-42.0)					47.0~48.5m 40~50°절리군 1set 파동/거침	86	32	D3	S3	F4		30	NA	8	
(48.5)	(-43.5)					48.5~51.5m 50~60°절리군 1set 파동/거침 사질입자 충진										
						51.5~53.8m 60~70°, 90° 절리군 2set 파동/거침 52.2~52.6m 수직절리발달	100	78	D1~2	S1~2	F3~4		84	3	26	
50						53.8~55.3m 10~20° 절리군 1set 파동/거침										
(51.5)	(-46.5)					55.3~57.5m 60~70°절리군 1set 파동/거침	100	61	D2~3	S2~3	F3~4		38	3	20	
(53.8)	(-48.8)					57.5~60.5m 60~70°절리군 1set 파동/거침 사질입자 충진	96	86	D1~2	S1~2	F2~3		76	5	50	
(55.3)	(-50.3)					60.5~62.0m 0~10°절리군 1set+random 평면/거침 부분적 파쇄발달 및 부분적 slic kenside발달	100	77	D1~2	S1~2	F3~4		71	7	35	
55						62.0~64.1m 10~20°, 60~70°절리군 2set+ra ndom 파동/거침 연암협재 부분적 파쇄발달	100	90	D1	S1	F2~3		165	8	60	
(57.5)	(-52.5)					64.1~66.4m 60~70°절리군 1set+random 파동/거침										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-12	조 사 일	2011년02월13일 ~ 02월16일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447697.414 Y = 189235.080	표 고	EL(+) 5.00 M

굴진심도	74.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김진화	지하수위	GL(-9.00 M
케이싱심도	32.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
(66.5)	(-55.5)					사질입자 충진	100	90	D1	S1	F2~3		165	8	60	
						66.4~69.5m 10°, 30~40° 절리군 2set 파동/거침 방해석 피복	100	100	D2	S2	F2~3		143	20	50	
(62.0)	(-57.0)					69.5~72.3m 30~40°,60~70° 절리군 2set 파동/거침 부분적 파쇄발달	100	28	D3	S3	F5		25	NA	6	
(64.1)	(-59.1)					72.3~74.0m 30~40°,70~80° 절리군 2set+random 파동/거침	95	65	D2	S2	F4		90	2	18	
65																
(66.4)	(-61.4)						85	46	D3	S3	F4		35	3	10	
(69.5)	(-64.5)															
70							96	48	D3	S3	F4		54	3	12	
(72.3)	(-67.3)															
							100	51	D2~3	S2~3	F4		46	2	14	
74.00	-69.00	40.50														
						* 심도 74.00 M 에서 시추종료										
75																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-13	조 사 일	2011년04월16일 ~ 04월17일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447662.933 Y = 189785.758	표 고	EL(+) 7.80 M

굴진심도	82.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노인석	지하수위	GL(-) 10.0 M
케이싱심도	28.70 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	10/30	*매립층 심도 : 0.00 ~ 6.70 m 실트질 모래섞인 자갈 및 전석 보통조밀~조밀 황갈색 습윤 자갈입경: 1.0~30.0cm 4.5~6.7m : 전석코아 회수										
				2.0 S-2	29/30											
				C.( )	(0)											
				4.0 S-3	38/30											
5				C.( )	(0)											
				C.( )	(0)											
6.70	1.10	6.70		7.0 S-4	11/30	*퇴적층 심도 : 6.70 ~ 10.50 m 점토질 실트 견고 황갈색~암회색 습윤										
				8.0 S-5	10/30											
				9.0 S-6	13/30											
10				10.0 S-7	14/30											
10.50	-2.70	3.80		11.0 S-8	32/30	*퇴적층 심도 : 10.50 ~ 25.30 m 모래질 자갈 조밀~매우조밀 암회색~담회색 습윤 자갈입경: 1.0~8.0cm 자갈의 영향으로 SPT과대측정										
				12.0 S-9	44/30											
				13.0 S-10	50/20											
				14.0 S-11	50/20											
				15.0 S-12	50/15											
15				16.0 S-13	50/14											
				17.0 S-14	50/16											
				18.0 S-15	50/16											
				19.0 S-16	50/25											
					50/25											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-13	조 사 일	2011년04월16일 ~ 04월17일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447662.933 Y = 189785.758	표 고	EL(+) 7.80 M

굴진심도	82.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노인석	지하수위	GL(-) 10.0 M
케이싱심도	28.70 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
20				S-17	50/25											
				21.0												
				S-18	50/24											
				22.0												
				S-19	50/17											
				23.0												
				S-20	50/13											
				24.0												
				S-21	50/22											
				25.0												
25.30	-17.50	14.80		S-22	50/23											
25				26.0		*풍화토										
				S-23	50/20	심도 : 25.30 ~ 28.70 m 실트질 모래 매우조밀 황갈색~담갈색 습윤 풍화토 코아회수										
				C.( )	(0)											
				C.( )	(0)											
28.70	-20.90	3.40														
						*연암층										
						심도 : 28.70 ~ 43.50 m 편마암의 연암 심한풍화~보통풍화 약함~보통강함 심한균열~보통균열 담회색	95	41	D3~4	S3~4	F4~5		20	NA	10	
30																
(31.1)	(-23.3)					28.8~31.1m 30~40° 절리군 1set+random 파동/거침 절리면 사질입자 충전	100	70	D3~4	S3~4	F3~4		50	2	15	
(33.1)	(-25.3)					31.1~33.1m 30~40° 절리군 1set+random 파동/거침 방해석 피복	100	28	D3~4	S3~4	F4~5		20	NA	5	
35						33.1~36.3m 70~80° 절리군 1set+random 파동/거침 34.9~36.0m 심한풍화										
(36.3)	(-28.5)					36.3~38.7m 30~40°,70~80° 절리군 2set+random 파동/거침 절리면 변질 및 사질입자 충전	95	33	D3~4	S3~4	F4~5		30	NA	5	
(38.7)	(-30.9)					38.7~41.3m 70~80° 절리군 1set+random 파동/거침 절리면 사질입자 및 점토 충전 부분적 차별풍화	100	17	D3~4	S3~4	F4~5		15	NA	5	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-13	조 사 일	2011년04월16일 ~ 04월17일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447662.933 Y = 189785.758	표 고	EL(+) 7.80 M

굴진심도	82.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노인석	지하수위	GL(-) 10.0 M
케이싱심도	28.70 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40						41.3~43.5m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침 절리면 사질입자 및 점토 충전 부분적 차별풍화	100	17	D3~4	S3~4	F4~5		15	NA	5	
(41.3)	(-33.5)						90	27	D3~4	S3~4	F4~5		30	NA	5	
43.50	-35.70	14.80				*경암층 심도 : 43.50 ~ 82.30 m 편마암의 경암 약간풍화~신선 보통강함~매우강함 보통균열~약간균열 담회색~암회색	100	90	D2~3	S2~3	F4~5		30	NA	5	
(44.5)	(-37.7)					43.5~45.5m 0~10 ° 절리군 1set+random 파동/거침	100	53	D2~3	S2~3	F3~4		60	3	30	
(48.5)	(-40.7)					45.5~48.5m 70~80 ° , 90 ° 절리군 2set+rando 파동/거침 45.5~46.0m 수직절리 발달										
50						48.5~51.4m 70~80 ° , 90 ° 절리군 2set+rando 파동/거침 전반적 수직절리 발달	100	44	D2~3	S2~3	F3~4		30	2	15	
(51.4)	(-43.6)					51.4~54.4m 30~40 ° ,70~80 ° 절리군 2set+ran dom 파동/거침 절리면 사질입자 및 점토충전										
						54.4~56.5m 30~40 ° 절리군 2set+random 파동/거침	100	33	D2~3	S2~3	F3~4		40	NA	10	
(54.4)	(-46.6)					56.5~59.5m 30~40 ° 절리군 1set+random 파동/거침										
55						59.5~62.5m 0~10 ° 절리군 1set+random 파동/거침	100	47	D1~2	S1~2	F3~4		30	3	10	
(56.5)	(-48.7)					62.5~65.5m 70~80 ° 절리군 2set+random 파동/거침										
						59.5~62.5m 0~10 ° 절리군 1set+random 파동/거침	100	80	D1~2	S1~2	F3~4		50	5	20	
						62.5~65.5m 70~80 ° 절리군 2set+random 파동/거침										
(59.5)	(-51.7)					65.5~68.0m	100	93	D1~2	S1~2	F2~3		40	5	30	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-13	조 사 일	2011년04월16일 ~ 04월17일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447662.933 Y = 189785.758	표 고	EL(+) 7.80 M

굴진심도	82.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노인석	지하수위	GL(-) 10.0 M
케이싱심도	28.70 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60						30~40 ° 절리군 2set+random 파동/거침 68.0~69.6m 70~80 ° 절리군 2set+random 파동/거침	100	93	D1~2	S1~2	F2~3		40	5	30	
(62.5)	(-54.7)					 69.6~72.6m 60~70 ° 절리군 1set+random 파동/거침										
						 72.6~75.6m 70~80 ° 절리군 2set+random 파동/거침	100	83	D1~2	S1~2	F2~3		50	3	30	
(65.5)	(-57.7)					 75.6~78.6m 30~40 °, 70~80 ° 절리군 2set+random 파동/거침 절리면 사질입자 충전										
						 78.6~82.3m 30~40 °, 70~80 ° 절리군 1set+random 파동/거침	100	76	D1~2	S1~2	F2~3		40	1	30	
(68.0)	(-60.2)						100	68	D1~2	S1~2	F2~3		50	5	15	
(69.6)	(-61.8)															
70							100	96	D1~2	S1~2	F2~3		50	5	30	
(72.6)	(-64.8)															
							100	93	D1~2	S1~2	F2~3		30	5	20	
75																
(75.6)	(-67.8)						100	83	D1~2	S1~2	F2~3		50	5	30	
(78.6)	(-70.8)															
							100	100	D1~2	S1~2	F2~3		100	15	50	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-13	조 사 일	2011년04월16일 ~ 04월17일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447662.933 Y = 189785.758	표 고	EL(+) 7.80 M

굴진심도	82.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노인석	지하수위	GL(-) 10.0 M
케이싱심도	28.70 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
80							100	100	D1~2	S1~2	F2~3		100	15	50	
82.30	-74.50	38.80				* 심도 82.30 M 에서 시추종료										
85																
90																
95																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-14	조 사 일	2011-03-21 ~ 2011-03-23
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447655.584 Y = 190016.839	표 고	EL(+) 7.2 M

굴진심도	75 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	임중규	지하수위	GL(-) 6.2 M
케이싱심도	32 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
3.50	3.70	3.50		1.0 S-1 2.0 S-2 3.0 S-3	4/30 5/30 5/30	▶매립층 심도:0.0~3.5m 자갈섞인 점토질 모래 암회색 매우느슨~느슨 습윤										
6.40	0.80	2.90		4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6	6/30 7/30 7/30	▶퇴적층 심도:3.5~6.4m 실트질 모래 황갈색 느슨 습윤										
12.60	-5.40	6.20		7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12	18/30 23/30 31/30 35/30 28/30 29/30	▶퇴적층 심도:6.4~12.6m 모래, 실트섞인 자갈 황갈색 보통조밀~조밀 습윤~젖음 자갈의 직경:1.0~5.0cm										
				13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	39/30 50/30 50/26 50/27 50/27 50/20 50/15 50/17	▶퇴적층 심도:12.6~21.5m 모래질 자갈 황갈색 조밀~매우조밀 습윤~젖음 자갈의 직경:1.0~10.0cm										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-14	조 사 일	2011-03-21 ~ 2011-03-23
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447655.584 Y = 190016.839	표 고	EL(+) 7.2 M

굴진심도	75 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	임중규	지하수위	GL(-) 6.2 M
케이싱심도	32 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
				S-26	50/17											
				21.0												
				S-25	50/13											
21.50	-14.30	8.90				▶풍화토층 심도:21.5~32.0m 실트질 모래 황갈색~담갈색 보통조밀~매우조밀 습윤										
				22.0												
				S-22	28/30											
				23.0												
				S-23	37/30											
				24.0												
				S-24	43/30											
				25.0												
				S-25	48/30											
				26.0												
				S-26	50/24											
				27.0												
				S-27	50/16											
				28.0												
				S-28	50/15											
				29.0												
				S-29	50/14											
				30.0												
				S-23	50/18											
				31.0												
				S-31	50/14											
32.00	-24.80	10.50		32.0	50/14											
				S-32		▶풍화암층 심도:32.0~34.5m 굴진시 실트질 모래로 분해 황갈색~담갈색 매우조밀 습윤										
				33.0												
				S-33	50/8											
				34.0												
34.30	-27.10	2.30		S-34	50/6											
						▶연암층 심도 : 34.5~37.5m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 심한풍화~신선 보통강함~강함 매우심한균열~심한균열	50	0	1-2	2-3	4-5		4	-	2	
37.50	-30.30	3.20					100	30	1-2	2-3	4-5		13	-	7	
						*심도 34.5~35.5m Plannar Rough Jn : 2set Iron stainde Fractured:34.7~35.5m Core loss:34.9~35.5m	100	74	1-2	1-2	3-5		30	4	10	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-14	조 사 일	2011-03-21 ~ 2011-03-23
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447655.584 Y = 190016.839	표 고	EL(+) 7.2 M

굴진심도	75 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	임중규	지하수위	GL(-) 6.2 M
케이싱심도	32 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*심도 35.5~37.5m Undulating Rough Jn : 2set	100	74	1-2	1-2	3-5		30	4	10	
						▶경암층 심도 : 37.5~75m 흑운모편마암의 경암 담회색~담청색 보통풍화~신선 약함~매우강함 매우심한균열~약간균열	74	24	1-2	2-3	4-5		33	-	7	
						*심도 37.5~40.5m Slickenside Jn : 2set Crushed by Fault Calcite coated	93	0	2-3	3-4	5		4	-	2	
						*심도 40.5~43.2m Slickenside Jn : 3set Crushed by Fault Fault clay filling Vertical joint	100	52	1-2	2	3-4		23	5	8	
						*심도 43.2~45.5m Slickenside Jn : 1set Crushed by Fault Fault clay filling	100	66	1-2	1-2	3-5		45	2	15	
						*심도 45.5~46.5m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated	100	82	1-2	1-2	2-4		61	8	26	
						*심도 46.5~49.5m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated Dyke : 48.9~49.5m	100	100	1-2	1-2	3-4		26	12	15	
						*심도 49.5~52.5m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated Dyke : 49.5~50.8m	100	82	1-2	1-2	2-5		100	4	28	
						*심도 52.5~53.1m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated	100	68	1-2	1-2	2-5		75	3	18	
						*심도 53.1~56.0m Undulating Rough Jn : 3set	100	84	1-2	1-2	2-5		70	4	15	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-14	조 사 일	2011-03-21 ~ 2011-03-23
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447655.584 Y = 190016.839	표 고	EL(+) 7.2 M

굴진심도	75 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	임중규	지하수위	GL(-) 6.2 M
케이싱심도	32 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*심도 56.0~59.0m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated	100	72	1-2	1-2	3-4		29	8	21	
						*심도 59.0~60.0m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated	100	83	1-2	1-2	3-5		40	3	28	
						*심도 60.0~62.0m Undulating Rough Jn : 3set										
						*심도 62.0~65.0m Undulating Rough Jn : 2set	100	73	1-2	1-2	3-5		48	3	27	
						*심도 65.0~68.0m Undulating Rough Jn : 2set										
						*심도 68.0~71.0m Undulating Rough Jn : 2set	100	84	1-2	1-2	2-5		78	4	31	
						*심도 71.0~74.0m Undulating Rough Jn : 1set										
						*심도 74.0~75.0m Undulating Rough Jn : 2set	100	75	1-2	1-2	2-5		66	2	30	
75.00	-67.80	37.50					100	80	1-2	1-2	3-5		31	5	13	
						* 심도 75.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-15	조 사 일	2011-03-12 ~ 2011-03-14
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447582.100 Y = 190100.123	표 고	EL(+) 6.4 M

굴진심도	72 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김학수	지하수위	GL(-) 8.9 M
케이싱심도	30 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
1.70	4.70	1.70		1.0 S-1	36/30	▶매립층 심도:0.0~1.7m 자갈섞인 실트질 모래 회갈색 조밀 습윤 -자갈의 직경:2.0~8.0cm										
				2.0 S-2	4/30											
				3.0 S-3	6/30	▶퇴적층 심도:1.7~7.6m 모래질 실트 황갈색 보통견고~견고 습윤										
				4.0 S-4	5/30											
				5.0 S-5	6/30											
				6.0 S-6	7/30											
7.60	-1.20	5.90		7.0 S-7	8/30											
				8.0 S-8	12/30	▶퇴적층 심도:7.6~22.0m 모래질 자갈 황갈색 보통조밀~매우조밀 습윤~젖음 자갈의 직경:1.0~10.0cm										
				9.0 S-9	26/30											
				10.0 S-10	41/30											
				11.0 S-11	50/26											
				12.0 S-12	50/14											
				13.0 S-13	50/13											
				14.0 S-14	50/11											
				15.0 S-15	50/10											
				16.0 S-16	50/14											
				17.0 S-17	50/16											
				18.0 S-18	50/20											
				19.0 S-19	50/17											
					50/15											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-15	조 사 일	2011-03-12 ~ 2011-03-14
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447582.100 Y = 190100.123	표 고	EL(+) 6.4 M

굴진심도	72 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김학수	지하수위	GL(-) 8.9 M
케이싱심도	30 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0 S-20	50/15											
				21.0 S-21	50/14											
22.00	-15.60	14.40		22.0 S-22	28/30	▶풍화토층 심도:22.0~31.2m 실트질 모래 보통조밀~매우조밀 황갈색 습윤										
				23.0 S-23	45/30											
				24.0 S-24	50/29											
				25.0 S-25	50/24											
				26.0 S-26	50/20											
				27.0 S-27	50/16											
				28.0 S-28	50/15											
				29.0 S-29	50/17											
				30.0 S-30	50/18											
31.20	-24.80	9.20		31.0 S-31	50/13	▶연암층 심도 : 31.2~47.8m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 심한풍화~신선 약함~매우강함 매우심한균열~약간균열 *심도 31.2~33.5m Slickenside Jn : 1set Fault clay filling: 32.8~32.9 Calcite coated *심도 33.5~35.6m Slickenside Jn : 1set Carbonite coated *심도 35.6~39.1m Slickenside Jn : 2set	100	52	1-2	2-3	2-3		29	-	9	
							100	54	2-3	2-4	2-4		19	3	8	
							100	71	1-2	1-2	2-3		50	6	12	
							100	80	1-2	1-2	2-4		40	8	24	
							80	23	3-4	2-4	3-4		14	-	2	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-15	조 사 일	2011-03-12 ~ 2011-03-14
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447582.100 Y = 190100.123	표 고	EL(+) 6.4 M

굴진심도	72 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김학수	지하수위	GL(-) 8.9 M
케이싱심도	30 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						Fault clay filling Calcite coated	80	23	3-4	2-4	3-4		14	-	2	
						*심도 40.6~43.1m Slickenside Jn : 1set Fault clay filling Crushed by fualt zone:41.6~41.8m Core loss : 40.6~41.2m	76	27	2-4	2-4	3-4		17	-	4	
						*심도 43.1~46.1m Slickenside Jn : 1set Fault clay filling Crushed by fualt zone:44.4~44.6m Core loss : 44.7~46.1m	53	15	2-4	2-4	3-5		15	-	3	
						*심도 46.1~47.8m Slickenside Jn : 1set Fault clay filling Crushed by fualt zone:46.4~46.5m, 47.6~47.7m, 47.3~47.4m Core loss : 46.1~46.4m	82	29	2-4	3-4	3-5		24	-	5	
-47.80	-41.40	16.60				▶경암층 심도 : 47.8~72.0m 흑운모편마암의 경암 담회색~담청색 심한풍화~신선 매우강함~매우강함 매우심한균열~괴상	100	82	1-2	2-3	2-4		51	4	14	
						*심도 47.8~50.8m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated Vertical joint	100	61	1-2	2-3	2-3		34	4	12	
						*심도 50.8~53.8m Undulating Smooth Jn : 2set Calcite coated Vertical joint Quartz vein:52.6~52.7	100	91	1-2	1-2	1-2		46	5	16	
						*심도 53.8~56.8m Undulating Smooth Jn : 1set Carbonite coated Vertical joint	81	12	2-4	3-5	3-5		12	7	3	
						*심도 56.8~58.9m Slickenside	84	43	1-3	2-4	2-4		27	-	8	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-15	조 사 일	2011-03-12 ~ 2011-03-14
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447582.100 Y = 190100.123	표 고	EL(+) 6.4 M

굴진심도	72 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김학수	지하수위	GL(-) 8.9 M
케이싱심도	30 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						Fault clay filling Core loss:58.5~58.9m Crushed by faultzone:57.1~57.4m, 58.3~58.5m, 57.6~56.7m	84	43	1-3	2-4	2-4		27	-	8	
						*심도 58.9~61.9m Slickenside Jn : 2set Fault clay filling Core loss:61.4~61.9m Crushed by fualt zone:61.1~61.4m	87	18	2-3	3-4	3-4		14	-	2	
						*심도 61.9~63.4m Slickenside Jn : 2set Fault clay filling Core loss : 61.9~62.1m Crushed by fualt zone:62.1~62.2m, 62.9~63.1m	95	22	2-3	3-4	3-4		24	-	6	
						*심도 63.4~65.4m Slickenside Jn : 1set Fault clay filling Crushed by fualt zone:63.5~63.6m, 63.7~63.8m Core loss : 63.4~63.5m	80	44	2-3	2-4	2-4		28	-	5	
						*심도 65.4~68.1m Slickenside Jn : 2set Fault clay filling Crushed by fualt zone:67.3~67.6m Core loss : 67.6~68.1m	100	70	1-2	1-2	2-4		24	4	10	
72.00	-65.60	24.20				*심도 68.1~71.1m Slickenside Jn : 2set Fault clay filling:40.4~70.5m *심도 71.1~72.0m Undulating Smooth Jn : 1set Calcite coated * 심도 72.00 M 에서 시추종료	100	66	1-2	2	2-3		27	4	10	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-16	조 사 일	2011년03월10일 ~ 03월11일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447518.648 Y = 190228.992	표 고	EL(+) 8.90 M

굴진심도	68.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	어봉락	지하수위	GL(-) 8.9 M
케이싱심도	24.10 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	9/30	*매립층 심도 : 0.00 ~ 2.50 m 자갈섞인 실트질 모래 느슨 갈색~암갈색 습윤										
2.50	1.10	2.50		2.0 S-2	6/30											
				3.0 S-3	17/30	*퇴적층 심도 : 2.50 ~ 6.00 m 실트질 세립내지 중립모래 보통조밀 암회색 습윤										
5				4.0 S-4	14/30											
				5.0 S-5	13/30											
6.00	-2.40	3.50		6.0 S-6	50/21											
				7.0 S-7	50/27	*퇴적층 심도 : 6.00 ~ 17.60 m 모래질 자갈 보통조밀~매우조밀 회색~암회색 습윤 자갈입경:3.0~10.0cm 자갈의 영향으로 SPT과대측정										
				8.0 S-8	18/30											
				9.0 S-9	50/24											
				10.0 S-10	50/11											
10				11.0 S-11	50/16											
				12.0 S-12	21/30											
				13.0 S-13	50/17											
				14.0 S-14	17/30											
				15.0 S-15	50/17											
15				16.0 S-16	50/27											
				17.0 S-17	50/16											
17.60	-14.00	11.60		18.0 S-18	50/30	*풍화토 심도 : 17.60 ~ 23.00 m 실트질 모래 보통조밀~매우조밀 갈색 습윤										
				19.0 S-19	50/27											
					50/20											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-16	조 사 일	2011년03월10일 ~ 03월11일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447518.648 Y = 190228.992	표 고	EL(+) 3.60 M

굴진심도	68.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	어봉락	지하수위	GL(-) 8.9 M
케이싱심도	24.10 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
20				S-20	50/20											
				21.0												
				S-21	50/14											
				22.0												
				S-22	50/13											
23.00	-19.40	5.40		23.0												
				S-23	50/9	*풍화암 심도 : 23.00 ~ 24.10 m 굴진시 실트질 모래로 분해 암편 부분함유 매우조밀 갈색 습윤										
24.10	-20.50	1.10		24.0												
				S-24	50/7											
25						*연암층 심도 : 24.10 ~ 46.00 m 호상 흑운모 편마암의 연암 심한풍화~신선 약함~강함 심한균열~보통균열 회색~암회색	100	28	D2	S2	F2~3		20	NA	5	
(28.0)	(-24.4)					24.1~28.0m 30~40 ° 1set+random 파동/거침 절리면 변질 및 산화철 피복, 부분적으로 사질입자 충전 24.1~24.5파쇄발달	100	53	D2	S2	F2~3		30	NA	10	
30						28.0~31.0m 0~10 °, 80~90 ° 2set+random 파동/거침 절리면 변질 및 산화철 피복, 부분적으로 사질입자 충전 28.1~28.4m 수직절리	100	40	D2	S2	F2~3		20	2	7	
(31.0)	(-27.4)					31.0~34.0m 30~40 °, 80~90 ° 2set+random 파동/거침 사질입자 충전 수직절리 발달	100	23	D2~3	S2~3	F3~4		20	NA	5	
(34.0)	(-30.4)					34.0~37.0m 0~10 °, 30~40 ° 2set+random 파동/거침 사질입자 충전 부분적 파쇄 발달	100	33	D2~3	S2~3	F3~4		25	2	10	
35						37.0~40.0m 30~40 ° 1set+random 파동/거침 사질입자 충전 부분적 파쇄 발달 및 부분적 sic kensied발달										
(37.0)	(-33.4)					40.0~43.0m 10~20 ° 1set+random 파동/거침										
(40.0)	(-36.4)															

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-16	조 사 일	2011년03월10일 ~ 03월11일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447518.648 Y = 190228.992	표 고	EL(+) 3.60 M

굴진심도	68.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	어봉락	지하수위	GL(-) 8.9 M
케이싱심도	24.10 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
(40.0)	(-36.4)					사질입자 충전 부분적 파쇄발달 43.0~46.0m 30~40° 1set+random 파동/거침 사질입자 충전 43.7~44.4m 파쇄발달로 인한 코아로스 발생	88	26	D2~3	S2~3	F3~4		15	NA	3	
40																
(43.0)	(-39.4)						70	20	D2~3	S2~3	F3~4	CL	30	NA	3	
45																
46.00	-42.40	21.90				*경암층 심도 : 46.00 ~ 68.30 m 호상 흑운모 편마암의 연암 약간풍화~신선 강함 단주상 암회색 46.0~49.0m 30~40° 1set+random 파동/거침	100	95	D1	S1	F1~2		60	10	40	
(49.0)	(-45.4)					49.0~52.0m 0~10° 1set+random 파동/거침	100	90	D1	S1	F1~2		50	10	20	
50																
(52.0)	(-48.4)					52.0~55.0m 30~40° 1set+random 파동/거침 55.0~58.0m 30~40° 1set+random 파동/거침 사질입자 충전	100	83	D1	S1	F1~2		40	5	20	
(55.0)	(-51.4)					58.0~61.0m 30~40° 1set+random 파동/거침 61.0~64.0m 30~40° 1set+random 파동/거침	100	86	D1	S1	F1~2		30	5	20	
55						64.0~67.0m 30~40° 1set+random 파동/거침 67.0~68.3m 30~40° 1set+random 파동/거침	100	86	D1	S1	F1~2		20	2	10	
(58.0)	(-54.4)															

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-16	조 사 일	2011년03월10일 ~ 03월11일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447518.648 Y = 190228.992	표 고	EL(+) 3.60 M

굴진심도	68.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	어봉락	지하수위	GL(-) 8.9 M
케이싱심도	24.10 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60							100	86	D1	S1	F1~2		20	2	10	
(61.0)	(-57.4)															
							100	76	D1	S1	F1		40	5	10	
(64.0)	(-60.4)															
65							100	66	D1	S1	F1		50	5	20	
(67.0)	(-63.4)															
68.30	-64.70	22.30					100	100	D1	S1	F1		40	10	30	
						* 심도 68.30 M 에서 시추종료										
70																
75																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-17	조 사 일	2011-02-22 ~ 2011-02-22
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447524.119 Y = 190306.462	표 고	EL(+) 3.6 M

굴진심도	63 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 9.8 M
케이싱심도	22.5 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
1.70	1.90	1.70		1.0 S-1	4/30	▶매립층 심도:0.0~1.7m 자갈섞인 실트질 점토 암갈색 연약 습윤 자갈의 직경 : 직경 3~10cm										
				2.0 S-2	4/30											
				3.0 S-3	6/30											
4.60	-1.00	2.90		4.0 S-4	10/30	▶퇴적층 심도:1.7~4.6m 실트질 점토 암갈색 보통견고~견고 습윤										
				5.0 S-5	28/30											
				6.0 S-6	44/30	▶퇴적층 심도:4.6~9.4m 자갈질 모래 담회색 보통조밀~매우조밀 습윤 자갈의 직경 : 직경 3~10cm										
				7.0 S-7	50/28											
				8.0 S-8	31/30											
9.40	-5.80	4.80		9.0 S-9	45/30											
				10.0 S-10	50/9	▶퇴적층 심도 : 9.4~19.6m 모래질 자갈 담회색~황갈색 매우조밀 습윤~젖음 자갈의 직경 : 직경 3~20cm										
				11.0 S-11	50/7											
				12.0 S-12	50/8											
				13.0 S-13	50/6											
				14.0 S-14	50/11											
				15.0 S-15	50/19											
				16.0 S-16	50/14											
				17.0 S-17	50/13											
				18.0 S-18	50/13											
19.60	-16.00	10.20		19.0 S-19	50/27											
					50/24											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-17	조 사 일	2011-02-22 ~ 2011-02-22
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447524.119 Y = 190306.462	표 고	EL(+) 3.6 M

굴진심도	63 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 9.8 M
케이싱심도	22.5 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
				S-20	50/24	▶풍화토층 심도:19.6~21.0m 실트질 모래 매우조밀 담갈색 습윤										
21.00	-17.40	1.40		21.0												
				S-21	50/8											
				22.0												
22.50	-18.90	1.50		S-22	50/6											
						▶풍화암층 심도:21.0~22.5m 굴진시 실트질 모래로 분해 매우조밀 담갈색 습윤	92	34	2-3	2-3	3-5		27	-	14	
						▶연암층 심도 : 22.5~49.0m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 보통풍화~신선 약함~강함 매우심한균열~보통균열	100	36	1-2	2-3	4-5		13	-	8	
						*심도 22.5~25.0m Undulating Rough Jn : 2set Fractured : 22.7~23.4m	84	30	1-2	2-3	3-5		29	6	10	
						*심도 25.0~28.0m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated										
						*심도 28.0~31.0m Slickenside Jn : 2set Fault clay filling Core loss : 29.52~31.00m	70	21	1-2	2-3	3-5		21	5	9	
						*심도 31.0~34.0m Slickenside Jn : 2set Fault clay filling Core loss : 33.1~34.0m	83	27	1-2	3-4	3-5		38	-	8	
						*심도 34.0~37.0m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated Fault clay filling : 34.5~34.92m, 35.36~35.74m Crushed by Fault zone Core loss : 34.0~34.5m	46	5	1-2	3-4	4-5		15	-	4	
						*심도 37.0~40.0m Slickenside Jn : 2set										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-17	조 사 일	2011-02-22 ~ 2011-02-22
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447524.119 Y = 190306.462	표 고	EL(+) 3.6 M

굴진심도	63 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 9.8 M
케이싱심도	22.5 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
						Fault clay filling : 37.8~38.4m Crushed by Fault zone Core loss : 38.4~40.0m *심도 40.0~43.0m Slickenside Jn : 2set Vertical joint Fault clay filling : 41.0~41.3m Crushed by Fault zone Core loss : 41.3~43.0m *심도 43.0~46.0m Slickenside Jn : 1set Carbonite coated Crushed by Fault zone Core loss : 45.5~46.0m *심도 46.0~49.0m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated Vertical joint	43	4	1-2	3-4	4-5		12	-	-	
							83	19	1-2	3-4	3-5		20	-	7	
							100	23	1-2	3-4	4-5		15	-	8	
49.00	-45.40	26.50				▶경암층 심도 : 49.0~63.0m 흑운모편마암의 경암 담회색~담청색 약간풍화~신선 약함~매우강함 매우심한균열~보통균열 *심도 49.0~52.0m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated Vertical joint *심도 52.0~55.0m Slickenside Jn : 2set Fault clay filling Crushed by Fault zone : 52.9~53.4m Fault Angle : 60deg *심도 55.0~57.0m Slickenside Jn : 2set Fault clay filling Crushed by Fault zone Fault Angle : Vertical *심도 57.0~60.0m Slickenside Jn : 2set	100	57	1-2	1-2	3-5		28	-	15	
							100	43	1-2	2-3	3-5		42	-	11	
							90	28	1-2	3-4	4-5		18	-	6	
							90	42	1-2	2-3	4-5		18	-	10	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-17	조 사 일	2011-02-22 ~ 2011-02-22
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447524.119 Y = 190306.462	표 고	EL(+) 3.6 M

굴진심도	63 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 9.8 M
케이싱심도	22.5 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
63.00	-59.40	14.00				Carbonite coated Calcite coated *심도 60.0~63.0m Slickenside Jn : 1set Fault clay filling Crushed by fualt zone :62.0~62.8m	90	62	1-2	2-3	3-5		26	6	16	
						* 심도 63.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-18	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447423.362 Y = 190571.739	표 고	EL(+) 8.5 M

굴진심도	66 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 11.1 M
케이싱심도	29 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.40	6.10	2.40		1.0 S-1 2.0 S-2	4/30 5/30	▶매립층 심도:0.0~2.4m 점토질 실트 암갈색 매우느슨~느슨 습윤										
6.20	2.30	3.80		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6	6/30 8/30 11/30 11/30	▶퇴적층 심도:2.4~6.2m 점토질 실트 담회색 느슨~보통조밀 습윤										
10.50	-2.00	4.30		7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10	12/30 11/30 13/30 16/30	▶퇴적층 심도:6.2~10.5m 실트질 세립내지 중립모래 황갈색 보통조밀 습윤										
				11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	30/30 42/30 34/30 50/29 50/17 50/12 50/14 50/15 50/14 50/12	▶퇴적층 심도 : 10.5~21.8m 모래질 자갈 황갈색~담갈색 조밀~매우조밀 젖음 자갈의 직경 : 직경 3~15cm 16.0~21.0m : 자갈시료 채취										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-18	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447423.362 Y = 190571.739	표 고	EL(+) 8.5 M

굴진심도	66 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 11.1 M
케이싱심도	29 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
21.80	-13.30	11.30		20.0 S-20	50/12	▶풍화토층 심도:21.8~29.0m 실트질 모래 조밀~매우조밀 황갈색 습윤										
				21.0 S-21	50/20											
				22.0 S-22	23/30											
				23.0 S-23	33/30											
				24.0 S-24	42/30											
				25.0 S-25	50/29											
				26.0 S-26	50/27											
				27.0 S-27	50/20											
				28.0 S-28	50/14											
29.00	-20.50	7.20		29.0 S-29	50/9	▶풍화암층 심도:29.0~33.0m 굴진시 실트질 모래로 분해 매우조밀 황갈색 습윤										
				30.0 S-30	50/10											
				31.0 N.S	50/5											
				32.0 N.S	50/3											
33.00	-24.50	4.00				▶연암층 심도 : 33.0~55.0m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 약간풍화~신선 약함~보통강함 매우심한균열~보통균열	100	0	1-2	3-4	5		-	-	-	
							10	0	-	-	-		-	-	-	
							57	0	1-2	3-4	5		9	-	-	
						*심도 33.0~33.5m Slickenside Fault clay filling Crushed by fualt zone										
						*심도 33.5~34.0m Fault Clay filling Core loss : 33.5~33.9m *심도 34.0~37.0m Slickenside	67	5	1-2	3-4	4-5		15	-	-	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-18	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447423.362 Y = 190571.739	표 고	EL(+) 8.5 M

굴진심도	66 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 11.1 M
케이싱심도	29 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						Fault clay filling Crushed by fualt zone Fault angle : 80deg Core loss : 34.8~36.1m	82	21	1-2	3-4	3-5		25	-	-	
						*심도 37.0~40.0m Slickenside Jn : 3set Fault clay filling Crushed by fualt zone Core loss : 38.1~39.0m	77	37	1-2	3-4	3-5		19	-	6	
						*심도 40.0~43.0m Slickenside Carbonite coated Vertical joint Fault clay filling Crushed by fualt zone	100	21	1-2	3-4	4-5		13	-	-	
						*심도 43.0~46.0m Slickenside Jn : 2set Vertical joint Fault clay filling Crushed by fualt zone Core loss : 44.3~44.9m	69	30	1-2	3-4	3-5		25	-	8	
						*심도 46.0~47.0m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated Fault clay filling Crushed by fualt zone	97	33	1-2	3-4	3-5		22	-	8	
						*심도 47.0~49.0m Slickenside Jn : 3set Fault clay filling Core loss : 47.0~47.6m	33	0	1-2	2-3	4-5		6	-	-	
55.00	-46.50	22.00				*심도 49.0~52.0m Slickenside Jn : 1set Carbonite coated Fault clay filling Fractured Core loss : 50.8~50.9	90	43	1-2	2-3	3-5		33	4	11	
						*심도 52.0~55.0m Slickenside Jn : 2set Fault clay filling Core loss : 52.0~54.0m										
						▶경암층 심도 : 55.0~66.0m 흑운모편마암의 경암 담회색~담청색	100	87	1-2	2-3	3-5		28	7	13	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-18	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447423.362 Y = 190571.739	표 고	EL(+) 8.5 M

굴진심도	66 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 11.1 M
케이싱심도	29 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						보통강함~강함 매우심한균열~보통균열	100	87	1-2	2-3	3-5		28	7	13	
						*심도 55.0~58.0m Undulating Rough Jn : 1set	100	55	1-2	2-3	4-5		18	-	8	
						*심도 58.0~61.0m Plannar Rough Jn : 2set Calcite coated	55	44	1-2	2-3	3-5		22	-	11	
						*심도 61.0~63.2m Slickenside Jn : 1set Carbonate coated	100	31	1-2	2-3	4-5		15	-	7	
66.00	-57.50	11.00				*심도 63.2~64.0m Slickenside Jn : 2set Fault clay filling Core loss : 53.2~63.5m										
						*심도 64.0~66.0m Slickenside Jn : 2set Calcite coated Fractured										
						* 심도 66.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-19	조 사 일	2011-02-20 ~ 2011-02-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447317.562 Y = 190820.324	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	63.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 11.9 M
케이싱심도	50.2 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
1.40	7.50	1.40		1.0 S-1	2/30	▶매립층 심도:0.0~1.4m 실트질 점토 담회색 매우연약 습윤										
2.50	6.40	1.10		2.0 S-2	2/30											
				3.0 S-3	4/30											
				4.0 S-4	4/30	▶매립층 심도:1.4~2.5m 실트질 모래 황갈색 매우느슨 습윤										
				5.0 S-5	5/30											
				6.0 S-6	5/30	▶퇴적층 심도:2.5~10.6m 실트질 세립내지 중립모래 담갈색 느슨~보통조밀 습윤										
				7.0 S-7	6/30											
				8.0 S-8	7/30											
				9.0 S-9	8/30											
10.60	-1.70	8.10		10.0 S-10	9/30											
				11.0 S-11	10/30	▶퇴적층 심도 : 10.6~21.8m 모래질 자갈 황갈색 보통조밀~매우조밀 젖음 자갈의 직경 : 직경 3~15cm										
				12.0 S-12	14/30											
				13.0 S-13	17/30											
				14.0 S-14	28/30											
				15.0 S-15	50/23											
				16.0 S-16	50/21											
				17.0 S-17	50/20											
				18.0 S-18	50/18											
				19.0 S-19	50/16											
					50/12											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-19	조 사 일	2011-02-20 ~ 2011-02-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447317.562 Y = 190820.324	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	63.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 11.9 M
케이싱심도	50.2 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
21.80	-12.90	11.20		20.0 S-20	50/12											
				21.0 S-21	50/12											
				22.0 S-22	18/30	▶풍화토층 심도:21.8~33.0m 실트질 모래 황갈색 보통조밀~매우조밀 습윤										
				23.0 S-23	21/30											
				24.0 S-24	24/30											
				25.0 S-25	30/30											
				26.0 S-26	37/30											
				27.0 S-27	44/30											
				28.0 S-28	50/26											
				29.0 S-29	50/21											
				30.0 S-30	50/18											
				31.0 S-31	50/15											
				32.0 S-32	50/13											
33.00	-24.10	11.20				▶연암층 심도 : 33.0~51.0m 흑운모편마암의 연암 담회색 심한풍화~신선 약함~매우강함 매우심한균열~보통균열 단층파쇄대구간:39.0~50.2	56	45	1-4	1-3	3-5		110	-	20	
						*33.0~36.0m Undulating Rough Jn : 1set Highly Weathered:34.5~36.0m Core loss : 34.7~36.0m	50	33	1-4	1-4	3-5		100	-	-	
						*36.0~39.0m Undulating Rough Jn : 1set										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-19	조 사 일	2011-02-20 ~ 2011-02-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447317.562 Y = 190820.324	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	63.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 11.9 M
케이싱심도	50.2 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				43.0 N.S	50/3	Highly Weathered : 36.0~38.0m Core loss : 36.0~37.6m *단층파쇄로 인한 풍화대구간 심도:39.0~50.2m 굴진시 실트질 모래로 분해 굴진시 암주상코어 회수 황갈색 매우조밀 습윤										
				44.0 N.S	50/2											
				45.0 S-33	50/4	*50.2~51.0m Undulatine Rough Jn : 1set 차별풍화에 의한 연경의 교호										
				46.0 N.S	50/3											
				47.0 N.S	50/2											
51.00	-42.10	18.00					100	35	2~3	2~3	3-5		35	-	9	
						▶경암층 심도 : 51.0~63.5m 흑운모편마암의 경암 담회색 보통풍화~신선 강함~매우강함 매심한균열~약간균열	92	53	1-3	1-2	3-5		41	6	14	
						*51.0~54.0m Plannar Rough Jn : 2set Iron stained Calcite coated	100	70	1-2	1-2	3-4		37	8	18	
						*54.0~55.0m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated	90	79	1-2	1-2	3-4		78	4	25	
						*55.0~58.0m Undulating Rough Jn : 2set	100	98	1-2	1-2	2-5		145	5	48	
						*58.0~61.0m Undulating Rough										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-19	조 사 일	2011-02-20 ~ 2011-02-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447317.562 Y = 190820.324	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	63.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 11.9 M
케이싱심도	50.2 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						Jn : 2set Iron stained	100	98	1-2	1-2	2-5		145	5	48	
						*61.0~63.5m Undulating Rough Jn : 1set Calcite coated	100	100	1-2	1-2	2-3		175	-	20	
-63.50	-54.60	12.50				* 심도 63.50 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-20	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447190.466 Y = 191041.582	표 고	EL(+) 9.6 M

굴진심도	60 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 12.3 M
케이싱심도	29 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.60	7.00	2.60		1.0 S-1 2.0 S-2	3/30 3/30	▶매립층 심도:0.0~2.6m 점토질 모래 황갈색 매우느슨 습윤										
4.20	5.40	1.60		3.0 S-3 4.0 S-4	3/30 4/30	▶퇴적층 심도:2.6~4.2m 실트질 점토 황갈색 연약~보통견고 습윤										
6.40	3.20	2.20		5.0 S-5 6.0 S-6	4/30 5/30	▶퇴적층 심도:4.2~6.4m 점토질 실트 황갈색 보통견고 습윤										
12.20	-2.60	5.80		7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12	5/30 5/30 5/30 6/30 7/30 8/30	▶퇴적층 심도:6.4~12.2m 실트섞인 모래질 점토 황갈색 보통견고~견고 습윤										
14.80	-5.20	2.60		13.0 S-13 14.0 S-14	14/30 18/30	▶퇴적층 심도:12.2~14.8m 실트질 모래 황갈색 보통조밀 습윤~젖음										
				15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	48/50 50/28 50/24 50/21 50/19 50/18	▶퇴적층 심도 : 14.8~23.6m 모래질 자갈 황갈색~담갈색 조밀~매우조밀 젖음 자갈의 직경 : 직경 3~18cm										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-20	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447190.466 Y = 191041.582	표 고	EL(+) 9.6 M

굴진심도	60 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 12.3 M
케이싱심도	29 M	시 추 기	0Y-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
				S-20	50/18											
				21.0												
				S-21	50/13											
				22.0												
				S-22	50/12											
				23.0												
23.60	-14.00	8.80		S-23	50/12											
				24.0		▶풍화토층 심도:23.6~29.0m 실트질 모래 황갈색 조밀~매우조밀 습윤 연경의 교호										
				S-24	50/8											
				25.0												
				S-25	50/20											
				26.0												
				S-26	50/25											
				27.0												
				S-27	50/30											
				28.0												
				S-28	50/20											
29.00	-19.40	5.40		29.0												
				S-29	50/9	▶풍화암층 심도:29.0~36.0m 굴진시 실트질 모래로 분해 황갈색 매우조밀 습윤										
				30.0												
				S-30	50/6											
				31.0												
				N.S	50/4											
				32.0												
				N.S	50/4											
				33.0												
				N.S	50/3											
				34.0												
				N.S	50/3											
				35.0												
36.00	-26.40	7.00		N.S	50/2											
						▶연암층 심도 : 36.0~41.0m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 보통풍화~약간풍화 약함~보통강함 매우심한균열~심한균열	85	4	3-4	3-4	4-5		11	-	-	
						*심도 36.0~39.0m Undulating Rough	95	15	2-3	3-4	4-5		10	-	-	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-20	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447190.466 Y = 191041.582	표 고	EL(+) 9.6 M

굴진심도	60 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 12.3 M
케이싱심도	29 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
41.00	-31.40	5.00				Jn : 2set Iron stained	95	15	2-3	3-4	4-5		10	-	-	
						*심도 39.0~41.0m Undulating Rough Jn : 3set Calcite coated Fractured	100	45	1-2	2-3	3-5		18	-	6	
						▶경암층 심도 : 41.0~60.0m 흑운모편마암의 경암 담회색~담청색 약간풍화~신선 보통강함~매우강함 매우심한균열~보통균열	100	34	1-2	2-3	3-5		24	-	9	
						*심도 41.0~43.5m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated Silty sand filling Fractured	67	33	1-2	2-3	2-5		18	-	10	
						*심도 43.5~45.0m Slickenside Jn : 2set Calcite coated Fractured	83	45	1-2	2-3	3-5		20	-	11	
						*심도 45.0~48.0m Slickenside Jn : 3set Carbonite coated	87	35	1-2	2-3	4-5		18	-	8	
						*심도 48.0~50.0m Slickenside Jn : 2set Fractured	96	54	1-2	1-2	3-5		22	-	10	
						*심도 50.0~51.5m Slickenside Jn : 2set Calcite & Carbonite coated Fractured	100	34	1-2	1-2	3-5		20	-	8	
						*심도 51.5~54.5m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated Fractured	100	42	1-2	1-2	2-5		41	-	7	
60.00	-50.40	19.00				*심도 54.5~57.0m Slickenside Jn : 2set Calcite & Carbonite coated										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-20	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447190.466 Y = 191041.582	표 고	EL(+) 9.6 M

굴진심도	60 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 12.3 M
케이싱심도	29 M	시 추 기	0Y-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*심도 57.0~60.0m Slickenside Jn : 2set Calcite coated Fractured * 심도 60.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-21	조 사 일	2011-03-19 ~ 2011-03-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447141.170 Y = 191347.565	표 고	EL(+) 10.3 M

굴진심도	56 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	임중규	지하수위	GL(-) 13.3 M
케이싱심도	28 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.60	7.70	2.60				▶매립층 심도:0.0~2.6m 실트질 모래 황갈색 습윤										
13.30	-3.00	10.70		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13	4/30 6/30 9/30 10/30 11/30 12/30 9/30 11/30 11/30 12/30 12/30	▶퇴적층 심도:2.6~13.3m 실트질 점토 황갈색 느슨~보통조밀 습윤									
				14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	31/30 50/24 50/23 50/24 50/21 50/18 50/19	▶퇴적층 심도:13.3~23.8m 모래질 자갈 황갈색 보통조밀~매우조밀 젖음 자갈의 직경:1.0~10.0cm									

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-21	조 사 일	2011-03-19 ~ 2011-03-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447141.170 Y = 191347.565	표 고	EL(+) 10.3 M

굴진심도	56 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	임중규	지하수위	GL(-) 13.3 M
케이싱심도	28 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
23.80	-13.50	10.50		20.0 S-20 21.0 S-21 22.0 S-22 23.0 S-23	50/19 50/20 50/15 50/12											
28.00	-17.70	4.20		24.0 S-24 25.0 S-25 26.0 S-26 27.0 S-27 28.0 S-28	18/30 27/30 37/30 50/25 50/9	▶풍화토층 심도:23.8~28.0m 실트질 모래 황갈색 보통조밀~매우조밀 습윤										
31.30	-21.00	3.30		29.0 S-29 30.0 S-30 31.0 N.S	50/7 50/7 50/4	▶풍화암층 심도:28.0~31.3m 굴진시 실트질 모래로 분해 황갈색 매우조밀 습윤										
34.30	-24.00	3.00				▶연암층 심도 : 31.3~34.3m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 보통풍화~약간풍화 약함~강함 매우심한균열~심한균열	89	15	2-3	2-4	4-5		30	-	7	
						*심도 31.3~34.3m Undulating Rough Jn : 2set Fractured:32.7~33.2m, 33.6~34.3m Vertical joint Calcite coated Pyrite coated	100	45	1-2	2-3	3-4		29	3	10	
							100	64	1-2	2-3	3-4		58	2	25	
						▶경암층 심도 : 34.3~56.0m 흑운모편마암의 경암 담회색~담청색 보통풍화~신선 보통강함~매우강함 매우심한균열~약간균열	100	74	1-2	2	3-4		55	4	24	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-21	조 사 일	2011-03-19 ~ 2011-03-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447141.170 Y = 191347.565	표 고	EL(+) 10.3 M

굴진심도	56 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	임중규	지하수위	GL(-) 13.3 M
케이싱심도	28 M	시 추 기	0Y-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*심도 34.3~35.5m Undulating Rough Jn : 2set	100	74	1-2	2	3-4		55	4	24	
						*심도 35.3~38.5m Slickenside Jn : 2set Calcite coated	100	60	1-2	2-3	3-5		60	2	22	
						*심도 38.5~41.5m Slickenside Jn : 3set Carbonite coated										
						*심도 41.5~44.5m Undulating Smooth Jn : 2set Fractured:42.7~47.5	100	77	1-2	1-2	3-5		52	4	35	
						*심도 44.5~47.5m Undulating Rough Jn : 3set										
						*심도 47.5~50.3m Undulating Rough Jn : 1set Calcite coated	100	70	1-2	1-3	2-5		100	4	50	
						*심도 50.3~53.3m Undulating Rough Jn : 2set Vertical joint Calcite coated	100	84	1-2	1-2	2-5		100	23	54	
						*심도 53.3~56.0m Undulating Rough Jn : 2set	100	83	1-2	1-2	3-5		49	-	33	
56.00	-45.70	21.70				* 심도 56.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-22	조 사 일	2011-03-19 ~ 2011-03-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447039.260 Y = 191473.285	표 고	EL(+) 9.2 M

굴진심도	52 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 12.2 M
케이싱심도	25 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.70	6.50	2.70		1.0 S-1 2.0 S-2	4/30 5/30	▶매립층 심도:0.0~2.7m 실트질 모래 황갈색 느슨 습윤										
11.50	-2.30	8.80		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11	9/30 11/30 29/30 31/30 20/30 27/30 28/30 27/30 48/30	▶퇴적층 심도:2.7~11.5m 자갈질 모래 황갈색 느슨~보통조밀 습윤 자갈의 직경:1.0~5.0cm										
19.50	-10.30	8.00		12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	29/30 40/30 30/30 30/30 50/17 50/16 50/12 50/14	▶퇴적층 심도:11.5~19.5m 모래, 실트섞인 자갈 황갈색 보통조밀~매우조밀 습윤~젖음 자갈의 직경:5.0~20.0cm										
					50/21											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-22	조 사 일	2011-03-19 ~ 2011-03-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447039.260 Y = 191473.285	표 고	EL(+) 9.2 M

굴진심도	52 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 12.2 M
케이싱심도	25 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
				20.0 S-20	50/21	▶퇴적층 심도:19.5~22.5m 자갈섞인 실트질 모래 황갈색 매우조밀 습윤										
				21.0 S-21	50/17											
				22.0 S-22	50/11											
22.50	-13.30	3.00		23.0 S-23	33/30	▶풍화토층 심도:22.5~25.4m 실트질 모래 황갈색 보통조밀~매우조밀 습윤										
				24.0 S-24	50/24											
				25.0 S-25	50/11											
25.40	-16.20	2.90				▶연암층 심도 : 25.4~52.0m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 보통풍화~신선 약함~강함 매우심한균열~보통균열	49	5	2-3	2-4	4-5		14	-	3	
						*심도 25.4~28.0m Plannar Rough Jn : 3set Fractured:26.9~28.9m Core loss:25.4~26.1m, 27.2~28.0m Calcite coated	69	4	2-3	2-3	4-5		11	-	3	
						*심도 28.0~31.0m Slickenside Jn : 2set Fractured:28.9~30.0m Core loss:28.0~28.9m Calcite coated	78	10	2-3	2-3	4-5		12	-	3	
						*심도 31.0~34.0m Slickenside Jn : 3set Crushed by Fault Vertical joint	53	0	2-3	2-3	4-5		7	-	2	
						*심도 34.0~37.0m Slickenside Jn : 3set Crushed by Fault Core loss:34.0~34.7m, 36.3~37.0m										
						*심도 37.0~40.0m Slickenside Jn : 3set Crushed by Fault Vertical joint	100	20	1-2	2-3	4-5		18	-	7	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-22	조 사 일	2011-03-19 ~ 2011-03-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447039.260 Y = 191473.285	표 고	EL(+) 9.2 M

굴진심도	52 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 12.2 M
케이싱심도	25 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*심도 40.0~43.0m Slickenside Jn : 2set Silty sand filling Crushed by Fault Calcite coated	100	40	1-2	2-3	3-5		40	-	15	
						*심도 43.0~46.0m Slickenside Jn : 3set Vertical joint Crushed by Fault Calcite coated	86	12	1-2	2-3	4-5		15	-	8	
						*심도 46.0~49.0m Slickenside Jn : 2set Vertical joint Crushed by Fault Fault clay filling Calcite coated	82	7	2-3	2-4	4-5		20	-	5	
						*심도 49.0~52.0m Slickenside Jn : 2set Vertical joint Crushed by Fault Calcite coated	60	13	1-2	2-3	3-5		30	-	5	
-52.00	-42.80	26.60				* 심도 52.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-23	조 사 일	2011-02-21 ~ 2011-02-21
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447004.884 Y = 191677.431	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	49 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 10.8 M
케이싱심도	21.5 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.50	6.40	2.50		1.0 S-1 2.0 S-2	2/30 3/30	▶매립층 심도:0.0~2.5m 실트질 모래 암회색~암갈색 매우느슨 습윤										
7.40	1.50	4.90		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7	4/30 5/30 7/30 10/30 11/30	▶퇴적층 심도:2.5~7.4m 실트질 세립내지 중립모래 황갈색 느슨~보통조밀 습윤										
10.80	-1.90	3.40		8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10	13/30 15/30 17/30	▶퇴적층 심도:7.4~10.8m 실트질 세립내지 중립모래 담회색~담갈색 보통조밀 습윤										
19.80	-10.90	9.00		11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	23/30 50/24 50/20 50/25 50/18 50/16 50/14 50/19 50/12	▶퇴적층 심도 : 10.8~19.8m 모래질 자갈 황갈색 보통조밀~매우조밀 젖음 자갈의 직경 : 직경 3~14cm										
					50/9											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-23	조 사 일	2011-02-21 ~ 2011-02-21
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447004.884 Y = 191677.431	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	49 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 10.8 M
케이싱심도	21.5 M	시 추 기	0Y-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
				20.0												
				S-20	50/9	▶풍화암층										
				21.0												
21.50	-12.60	1.70		S-21	50/6	심도:19.8~21.5m 굴진시 실트질 모래로 분해 매우조밀 담갈색 습윤										
						▶연암층 심도 : 21.5~30.0m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 보통풍화~신선 보통강함~강함 매우심한균열~보통균열	92	28	2-3	2-3	3-5		22	8	12	
							90	38	1-2	2-3	3-5		32	9	11	
						*심도 21.5~24.0m Slickenside Jn : 3set Carbonite coated Fractured										
						*심도 24.0~27.0m Slickenside Jn : 3set Calcite coated Carbonite coated	67	25	1-2	2-3	4-5		15	-	7	
30.00	-21.10	8.50														
						*심도 27.0~30.0m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated Core loss : 29.0~30.0m	93	67	1-2	1-3	3-5		35	9	17	
						▶경암층 심도 : 30.0~49.0m 흑운모편마암의 경암 담회색~담청색 약간풍화~신선 보통강함~매우강함 매우심한균열~보통균열	100	66	1-2	1-2	3-5		42	5	20	
						*심도 30.0~33.0m Slickenside Jn : 3set Carbonite coated Fault clay filling Crushed by fualt zone :31.0~31.3m	100	63	1-2	1-2	3-4		56	6	19	
						*심도 33.0~36.0m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated	100	62	1-2	1-2	3-4		36	6	21	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-23	조 사 일	2011-02-21 ~ 2011-02-21
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447004.884 Y = 191677.431	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	49 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 10.8 M
케이싱심도	21.5 M	시 추 기	0Y-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						Undulating Rough Jn : 2set Pyrite coated	100	62	1-2	1-2	3-4		36	6	21	
						*심도 39.0~42.0m Slickenside Jn : 1set Carbonite coated	100	58	1-2	1-2	3-4		31	7	12	
						*심도 42.0~45.0m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated	100	66	1-2	1-2	3-4		33	6	14	
						*심도 45.0~47.0m Slickenside Jn : 1set Carbonite coated	90	50	1-2	2-3	3-5		25	-	12	
49.00	-40.10	19.00				* 심도 49.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-24	조 사 일	2011-02-20 ~ 2011-02-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446989.250 Y = 191783.254	표 고	EL(+) 10.2 M

굴진심도	49 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 12.1 M
케이싱심도	26 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.00	8.20	2.00		1.0 S-1 2.0 S-2	5/30 6/30	▶매립층 심도:0.0~2.0m 실트질 모래 암갈색 느슨 습윤										
8.70	1.50	6.70		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8	8/30 9/30 11/30 13/30 17/30 20/30	▶퇴적층 심도:2.0~8.7m 실트질 세립내지 중립모래 황갈색 느슨~보통조밀 습윤										
13.00	-2.80	4.30		9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13	23/30 25/30 29/30 41/30 50/7	▶퇴적층 심도:8.7~13.0m 자갈섞인 실트질 모래 황갈색 보통조밀~매우조밀 습윤~젖음										
				14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	50/8 50/7 50/9 50/10 50/6 50/7 50/9	▶퇴적층 심도:13.0~21.5m 모래섞인 실트질 자갈 황갈색 매우조밀 젖음 자갈의 직경 : 직경 3~15cm										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-24	조 사 일	2011-02-20 ~ 2011-02-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446989.250 Y = 191783.254	표 고	EL(+) 10.2 M

굴진심도	49 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 12.1 M
케이싱심도	26 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0 S-20	50/9											
				21.0 S-21	50/8											
21.50	-11.30	8.50		22.0 S-22	35/30	▶풍화토층 심도:21.5~24.0m 실트질 모래 황갈색 조밀~매우조밀 습윤										
				23.0 S-23	50/20											
24.00	-13.80	2.50		24.0 S-24	50/8											
				25.0 N.S	50/5	▶풍화암층 심도:24.0~26.6m 굴진시 실트질 모래로 분해 황갈색 매우조밀 습윤										
26.60	-16.40	2.60		26.0 N.S	50/2											
						▶경암층 심도 : 26.6~49.0m 흑운모편마암의 경암 담회색 보통풍화~신선 보통강함~매우강함 심한균열~약간균열	100	50	2-3	2-3	3-4		26	-	11	
							100	77	1-2	1-2	2-3		96	7	18	
						*26.0~28.0m Slickenside Jn : 2set Calcite coated										
						*28.0~31.0m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated	100	69	1-2	1-2	3-4		28	8	16	
						*31.0~34.0m Undulatine Rough Jn : 2set Calcite coated										
						*34.0~37.0m Slickenside Jn : 2set Fault clay filling Crushed : 35.4~36.0m	100	48	1-2	2-3	3-4		34	5	9	
						*37.0~40.0m Slickenside Jn : 2set	100	80	1-2	1-2	2-4		63	8	26	
						*40.0~43.0m Undulating Rough Jn : 2set										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-24	조 사 일	2011-02-20 ~ 2011-02-20
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446989.250 Y = 191783.254	표 고	EL(+) 10.2 M

굴진심도	49 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 12.1 M
케이싱심도	26 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						Calcite coated										
						*43.0~46.0m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated Fractured : 43.0~43.3m	100	65	1-2	1-2	3-4		25	6	14	
						*46.0~49.0m Plannar Rough Jn : 2set Vertical joint	100	57	1-2	1-2	3-4		30	8	12	
							100	78	1-2	1-2	3-4		44	6	17	
49.00	-38.80	22.40				* 심도 49.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-25	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447008.565 Y = 192060.734	표 고	EL(+) 13.7 M

굴진심도	48.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 13.2 M
케이싱심도	31 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.70	11.00	2.70		1.0 S-1 2.0 S-2	2/30 2/30	▶매립층 심도:0.0~2.7m 실트질 세립~중립모래 황갈색 매우느슨~느슨 습윤										
13.40	0.30	10.70		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13	3/30 4/30 5/30 5/30 6/30 7/30 8/30 9/30 10/30 11/30 30/30	▶퇴적층 심도:2.7~13.4m 실트질 조립모래 황갈색 느슨~보통조밀 습윤~젖음 13.0~13.4m: 실트섞인 자갈질 모래									
				14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	42/30 50/30 50/29 50/28 50/28 50/26 50/25	▶퇴적층 심도 : 13.4~22.0m 모래질 자갈 황갈색 느슨~매우조밀 습윤~젖음 자갈의 직경 13.4~19.2m : 직경 2~5cm 자갈의 직경 19.2~23.5m : 직경 4~20cm									

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-25	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447008.565 Y = 192060.734	표 고	EL(+) 13.7 M

굴진심도	48.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 13.2 M
케이싱심도	31 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0 S-20	50/25											
				21.0 S-21	50/20											
				22.0 S-22	50/10											
				23.0 S-23	50/16											
23.50	-9.80	10.10		24.0 S-24	50/23	▶풍화토층 심도:23.5~30.8m 실트질 모래 보통조밀~매우조밀 황갈색 습윤										
				25.0 S-25	50/22											
				26.0 S-26	50/21											
				27.0 S-27	50/20											
				28.0 S-28	50/18											
				29.0 S-29	50/15											
				30.0 S-30	50/12											
30.80	-17.10	7.30		31.0 S-31	50/9	▶풍화암층 심도:30.8~32.7m 실트질 모래 보통조밀~매우조밀 황갈색 습윤										
				32.0 S-32	50/7											
32.70	-19.00	1.90				▶연암층 심도 : 32.7~45.5m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 보통풍화~신선 보통강함~강함 매우심한균열~보통균열	92	38	2-3	3	3-5		18	-	10	
							22	5	2-3	3	5		11	-	3	
						*심도 32.7~34.0m Undulating Rough Jn : 2set										
						*심도 34.0~36.5m Undulating Rough~Step Rough Jn : 3set	73	10	1-2	2-4	3-5		31	-	12	
						*심도 36.5~39.5m Undulating Rough	83	10	1-2	2-3	4-5		18	-	5	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-25	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447008.565 Y = 192060.734	표 고	EL(+) 13.7 M

굴진심도	48.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 13.2 M
케이싱심도	31 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						Jn : 4set+Random Fractured										
						*심도 39.5~42.5m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated Fractured	83	10	1-2	2-3	4-5		18	-	5	
						*심도 42.5~45.5m Plannar Rough Jn : 2set Calcite coated	70	20	1-2	2-3	3-5		23	5	9	
45.50	-31.80	12.80														
						▶경암층 심도 : 45.5~48.5m 흑운모편마암의 경암 담회색~담청색 신선 강함~매우강함 매우심한균열~보통균열	100	60	1	1-2	3-5		35	6	12	
48.50	-34.80	3.00				*심도 45.5~48.5m Plannar Rough Jn : 2set * 심도 48.50 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-26	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446913.133 Y = 192110.888	표 고	EL(+) 14.3 M

굴진심도	46 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 14.3 M
케이싱심도	28 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.30	12.00	2.30		1.0 S-1 2.0	5/30 4/30	▶매립층 심도:0.0~2.3m 자갈질 모래 황갈색 느슨 습윤 심도 0.0~0.2m : 시멘트										
12.50	1.80	10.20		S-2 3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12	6/30 5/30 6/30 5/30 8/30 9/30 12/30 11/30 14/30 13/30	▶퇴적층 심도:2.3~12.5m 실트질 세립내지 중립모래 황갈색 느슨~보통조밀 습윤~젖음									
				13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	25/30 44/30 31/30 50/28 45/30 50/19 50/14 50/17	▶퇴적층 심도 : 12.5~22.8m 모래질 자갈 황갈색~담갈색 보통조밀~매우조밀 젖음 자갈의 직경 : 직경 3~20cm									

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-26	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446913.133 Y = 192110.888	표 고	EL(+) 14.3 M

굴진심도	46 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 14.3 M
케이싱심도	28 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
				S-20	50/17											
				21.0												
				S-21	50/18											
				22.0												
				S-22	50/16											
22.80	-8.50	10.30		23.0												
				S-23	50/30	▶풍화토층 심도:22.8~28.0m 실트섞인 점토질 모래 조밀~매우조밀 황갈색 습윤										
				24.0												
				S-24	50/39											
				25.0												
				S-25	50/44											
				26.0												
				S-26	50/21											
				27.0												
				S-27	50/14											
28.00	-13.70	5.20		28.0												
				S-28	50/10	▶풍화암층 심도:28.0~32.0m 굴진시 실트질 모래로 분해 매우조밀 황갈색 습윤										
				29.0												
				S-29	50/7											
				30.0												
				N.S	50/3											
				31.0												
				N.S	50/3											
32.00	-17.70	4.00				▶경암층 심도 : 32.0~46.0m 흑운모편마암의 경암 담회색~담청색 보통풍화~신선 보통강함~매우강함 매우심한균열~괴상	100	55	2-3	2-3	3-5		33	3	10	
						*심도 32.0~34.0m Slickenside Jn : 2set Silty sand filling Iron stained	100	82	2-3	2-3	2-4		75	5	20	
						*심도 34.0~37.0m Plannar smooth Jn : 3set Silty sand filling Iron stained Vertical joint	100	83	1-2	1-2	1-5		110	7	40	
						*심도 37.0~40.0m										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-26	조 사 일	2011-02-26 ~ 2011-02-26
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446913.133 Y = 192110.888	표 고	EL(+) 14.3 M

굴진심도	46 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 14.3 M
케이싱심도	28 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						Undulating Rough Jn : 2set Silty sand filling Iron stained	100	80	1-3	1-2	2-4		80	8	20	
						*심도 40.0~43.0m Slickenside Jn : 3set Silty sand filling Iron stained	100	87	1-3	1-2	1-4		100	6	40	
46.00	-31.70	14.00				* 심도 46.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-27	조 사 일	2011-03-12 ~ 2011-03-13
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446961.143 Y = 192208.635	표 고	EL(+) 5.52 M

굴진심도	41 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 4.1 M
케이싱심도	18 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.90	2.62	2.90		1.0 S-1	10/30	▶매립층 심도:0.0~2.9m 자갈섞인 실트질 모래 황갈색 느슨~보통조밀 습윤										
				2.0 S-2	18/30											
3.60	1.92	0.70		3.0 S-3	6/30	▶매립층 심도:2.9~3.6m 점토섞인 실트질 모래 황갈색~암회색 느슨 습윤										
				4.0 S-4	13/30											
				5.0 S-5	17/30											
				6.0 S-6	29/30	▶퇴적층 심도:3.6~16.3m 모래, 실트섞인 자갈 암회색~황갈색 보통조밀~매우조밀 젖음 자갈의 직경:3.0~10.0cm										
				7.0 S-7	28/30											
				8.0 S-8	35/30											
				9.0 S-9	50/6											
				10.0 S-10	28/30											
				11.0 S-11	38/30											
				12.0 S-12	50/11											
				13.0 S-13	26/30											
				14.0 S-14	45/30											
				15.0 S-15	37/30											
16.30	-10.78	12.70		16.0 S-16	50/14											
17.50	-11.98	1.20		17.0 S-17	50/21	▶풍화토층 심도:16.3~17.5m 실트질 모래 황갈색 매우조밀 습윤										
				18.0 N.S	50/5											
				19.0 N.S	50/4	▶풍화암층 심도:17.5~24.0m										
					50/3											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-27	조 사 일	2011-03-12 ~ 2011-03-13
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446961.143 Y = 192208.635	표 고	EL(+) 5.52 M

굴진심도	41 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 4.1 M
케이싱심도	18 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
				20.0 N.S	50/3	굴진시 실트질 모래로 분해 황갈색 매우조밀 습윤										
				21.0 N.S	50/3											
				22.0 N.S	50/3											
				23.0 N.S	50/2											
24.00	-18.48	6.50				▶연암층 심도 : 24.0~39.2m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 심한풍화~약간풍화 약함~보통강함 매우심한균열~약간균열	48	0	3-4	3-4	4-5		8	-	-	
						*심도 24.0~27.0m Undulating Rough Jn : 1set Fractured:26.4~26.7m Core loss:24.0~25.55m Silty sand filling	86	23	2-3	2-4	3-4		20	-	6	
						*심도 27.0~30.0m Undulating Smooth Jn : 2set Calcite coated Vertical joint Core loss:27.0~27.4m	80	35	2-3	2-4	2-4		19	-	7	
						*심도 30.0~31.5m Undulating Smooth Jn : 1set Calcite coated Core loss : 31.2~31.5m	72	17	2-3	2-3	4-5		13	-	8	
						*심도 31.5~34.0m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated Core loss : 33.2~34.0m	52	15	2-3	2-3	4-5		15	-	5	
						*심도 34.0~36.5m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated Fault clay filling Crushed by Fault Core loss : 35.3~6.5m	63	23	2-3	3-4	3-5		27	1	7	
39.20	-33.68	15.20				*심도 36.5~39.2m Slickenside Jn : 1set	100	57	2-3	2-3	3-5		23	-	10	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-27	조 사 일	2011-03-12 ~ 2011-03-13
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446961.143 Y = 192208.635	표 고	EL(+) 5.52 M

굴진심도	41 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 4.1 M
케이싱심도	18 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
41.00	-35.48	1.80	+ + + + +			Fault clay filling Core loss : 38.2~39.2m	100	57	2-3	2-3	3-5		23	-	10	

▶경암층

심도 : 39.2~41.0m
흑운모편마암의 경암
담회색
보통풍화~약한풍화
보통강함~강함
심한균열~약간균열

*심도 39.2~41.0m
Slickenside
Jn : 2set
Fault clay filling

* 심도 41.00 M 에서 시추종료

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-28	조 사 일	2011-03-10 ~ 2011-03-11
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446849.571 Y = 192313.905	표 고	EL(+) 5.2 M

굴진심도	38 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 4.3 M
케이싱심도	18 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.60	2.60	2.60		1.0 S-1 2.0 S-2	8/30 10/30	▶매립층 심도:0.0~2.6m 자갈섞인 실트질 모래 황갈색 느슨 습윤 자갈의 직경:1.0~5.0cm										
4.20	1.00	1.60		3.0 S-3 4.0 S-4	8/30 15/30	▶퇴적층 심도:2.6~4.2m 점토질 실트 담회색 느슨~보통조밀 습윤										
15.70	-10.50	11.50		5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15	25/30 43/30 33/30 33/30 50/16 29/30 50/12 31/30 27/30 37/30 45/30	▶퇴적층 심도:4.2~15.7m 모래, 실트섞인 자갈 황갈색 보통조밀~매우조밀 젖음 자갈의 직경:10.0~15.0cm										
18.00	-12.80	2.30		16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18	50/17 50/13 50/10	▶풍화토층 심도:15.7~18.0m 실트질 모래 황갈색 매우조밀 습윤										
				19.0 N.S	50/5 50/5	▶풍화암층 심도:18.0~24.6m 굴진시 실트질 모래로 분해 황갈색										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-28	조 사 일	2011-03-10 ~ 2011-03-11
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446849.571 Y = 192313.905	표 고	EL(+) 5.2 M

굴진심도	38 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 4.3 M
케이싱심도	18 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0 N.S	50/5	매우조밀 습윤										
				21.0 N.S	50/3											
				22.0 N.S	50/4											
				23.0 N.S	50/3											
24.60	-19.40	6.60														
						▶연암층	100	50	2-3	3	3-4		20	-	6	
						심도 : 24.6~36.0m 흑운모편마암의 연암 황갈색~암회색 심한풍화~약간풍화 약함~보통강함 매우심한균열~보통균열	61	17	3-4	3-5	3-5		19	-	8	
						*심도 24.6~25.0m Plannar Rough Jn : 1set Iron stained	73	19	3-4	3-4	3-5		15	-	9	
						*심도 25.0~28.0m Slickenside Jn : 2set Silty sand filling Fractured Core loss : 26.85~28.0m										
						*심도 28.0~31.0m Plannar Smooth Jn : 2set Silty sand filling Iron stained Vertical joint Core loss : 28.0~28.8m	77	25	3-4	3-4	4-5		21	-	11	
						*심도 31.0~34.0m Plannar Smooth Jn : 3set Silty sand filling Iron stained Vertical joint Fractured : 33.07~33.3 Core loss : 33.3~34.0m	92	41	3-4	3	3-4		20	-	10	
36.00	-30.80	11.40					100	84	1-3	2-3	2-3		122	1	16	
38.00	-32.80	2.00				*심도 34.0~36.0m Undulating Smooth Jn : 3set Calcite coated Iron stained Vertincal joint										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-28	조 사 일	2011-03-10 ~ 2011-03-11
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446849.571 Y = 192313.905	표 고	EL(+) 5.2 M

굴진심도	38 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 4.3 M
케이싱심도	18 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						Core loss : 34.0~34.17m ▶경암층 심도 : 36.0~38.0m 흑운모편마암의 경암 황갈색~암회색 보통풍화~신선 보통강함~강함 보통균열~약간균열 *심도 36.0~38.0m Undulating Rough Jn : 1set Calcite coated Iron stained * 심도 38.00 M 에서 시추종료									

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-29	조 사 일	2011-03-14 ~ 2011-03-15
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446750.285 Y = 192334.856	표 고	EL(+) 5.2 M

굴진심도	38 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 3.7 M
케이싱심도	14.4 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.60	2.60	2.60		1.0 S-1 2.0 S-2	11/30 15/30	▶매립층 심도:0.0~2.6m 잔자갈섞인 실트질 모래 담갈색~암갈색 보통조밀 습윤										
4.50	0.70	1.90		3.0 S-3 4.0 S-4	7/30 27/30	▶퇴적층 심도:2.6~4.5m 입도양호한 모래 담갈색 보통조밀~매우조밀 습윤										
14.40	-9.20	9.90		5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14	39/30 22/30 46/30 50/17 38/30 45/30 25/30 50/21 39/30 50/16	▶퇴적층 심도:4.5~14.4m 자갈질 모래 황갈색~암갈색 보통조밀~매우조밀 습윤~젖음										
15.20	-10.00	0.80		15.0 N.S	50/3	▶풍화암층 심도:14.4~15.2m 굴진시 실트질 모래로 분해 황갈색~암갈색 매우조밀 습윤	93	36	2-3	2-3	3-4		16	-	8	
						▶연암층 심도 : 15.2~20.3m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 보통풍화~약간풍화 보통강함~강함 심한균열~보통균열	100	41	2-3	2-3	3		22	-	10	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-29	조 사 일	2011-03-14 ~ 2011-03-15
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446750.285 Y = 192334.856	표 고	EL(+) 5.2 M

굴진심도	38 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 3.7 M
케이싱심도	14.4 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
20.30	-15.10	5.10				*심도 15.2~18.0m Undulating Smooth Jn : 2set Calcite coated Core loss : 15.2~15.4m *심도 18.0~20.3m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated Vertical joint	100	41	2-3	2-3	3		22	-	10	
							100	68	2	1-2	2		65	2	20	
							100	61	2	1-2	2		46	3	15	
						▶경암층 심도 : 20.3~38.0m 흑운모편마암의 경암 담회색~담청색 보통풍화~신선 보통강함~매우강함 매우심한균열~괴상	100	87	1-2	1-2	2		88	10	25	
						*심도 20.3~22.8m Slickenside Jn : 1set Carbonite coated Calcite coated Fault clay filling:22.7~22.8m										
						*심도 22.8~25.0m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated Vertical joint:22.4~22.8m	75	13	2-3	2-3	3-5		26	-	7	
						*심도 25.0~28.0m Undulating Rough Jn : 1set Calcite coated Vertical joint	100	63	2	2	2-3		35	3	10	
						*심도 28.0~31.0m Undulating Rough Jn : 1set Calcite coated Vertical joint :28.2~28.6m Core loss : 30.14~30.88m Fractured : 29.84~30.14m *31.0~34.0m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated	100	97	1-2	1-2	1-2		134	10	90	
						*34.0~37.0m Undulatine Smooth Jn : 1set Calcite coated *37.0~38.0m * 심도 38.00 M 에서 시추종료	100	100	1	1	1		100	100	100	
38.00	-32.80	17.70														

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-30	조 사 일	2011-03-11 ~ 2011-03-12
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446661.633 Y = 192429.405	표 고	EL(+) 5.6 M

굴진심도	34 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 3.7 M
케이싱심도	19 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.90	2.70	2.90		1.0 S-1 2.0 S-2 3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13	8/30 10/30 33/30 40/30 25/30 50/14 37/30 19/30 37/30 45/30 50/13 45/30 50/11	▶매립층 심도:0.0~2.9m 자갈섞인 실트질 모래 황갈색 느슨 습윤 자갈의 직경:2.0~10.0cm									
13.60	-8.00	10.70				▶퇴적층 심도:2.9~13.6m 모래질 자갈 황갈색 보통조밀~매우조밀 습윤~젖음 자갈의 직경:3.0~15.0cm										
19.00	-13.40	5.40		14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18	32/30 50/13 50/21 50/17 50/12	▶풍화토층 심도:13.6~19.0m 실트질 모래 황갈색 조밀~매우조밀 습윤										
						▶풍화암층	87	19	3-5	4-5	4-5		16	-	3	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-30	조 사 일	2011-03-11 ~ 2011-03-12
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446661.633 Y = 192429.405	표 고	EL(+) 5.6 M

굴진심도	34 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 3.7 M
케이싱심도	19 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						심도:19.0~21.8m 굴진시 실트질 모래로 분해 황갈색 매우조밀 습윤 트리플코어 샘플링	87	19	3-5	4-5	4-5		16	-	3	
21.80	-16.20	2.80					100	33	3-5	3-5	4-5		16	-	5	
						*심도 19.0~20.5m Undulating Rough Jn : 2set Iron stained Vertical joint Core loss:20.3~20.5m	100	57	3-5	3-4	3-4		17	-	10	
							80	23	2-3	2-3	3-4		15	-	3	
						*심도 20.5~22.0m Undulating Rough Jn : 2set Iron stained Vertical joint										
						▶연암층 심도 : 21.8~28.0m 흑운모편마암의 연암 황갈색~암회색 보통풍화~약간풍화 보통강함~강함 심한균열~보통균열	85	25	2-3	2-3	3-4		27	-	7	
28.00	-22.40	6.20														
						*심도 22.0~23.0m Undulating Rough Jn : 1set Iron stained Vertical joint	100	66	1-2	2	2-3		45	4	16	
						*심도 23.0~25.0m Undulating Smooth Jn : 2set Iron stained:23.0~23.5m Silty sand filling Core loss:24.6~25.0m	83	51	2-3	2-3	3-4		39	-	12	
34.00	-28.40	6.00														
						*심도 25.0~28.0m Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated Fractured:26.96~27.16m Core loss : 28.56~28.0m										
						▶경암층 심도 : 28.0~34.0m 흑운모편마암의 경암 암회색 보통풍화~신선 보통강함~강함 심한균열~약간균열										
						*심도 28.0~31.0m Undulating Rough										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NTB-30	조 사 일	2011-03-11 ~ 2011-03-12
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446661.633 Y = 192429.405	표 고	EL(+) 5.6 M

굴진심도	34 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박상원	지하수위	GL(-) 3.7 M
케이싱심도	19 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						Calcite coated Iron coated:28.0~28.4m *심도 31.0~34.0m Slickenside Jn : 2set Carbonite coated Fault clay filling Core loss:33.5~34.0m * 심도 34.00 M 에서 시추종료									

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-1	조 사 일	2011-04-31
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447099.200 Y = 185707.753	표 고	EL(+) 11.60 M

굴진심도	23.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김병민	지하수위	GL(-) 8.5 M
케이싱심도	22.0 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	서진교	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0.60	11.00	0.60		1.0 S-1	3/30	▶매립층(0.0~0.6m) 점토섞인 자갈질 모래 담갈색 습윤										
2.00	9.60	1.40		2.0 S-2	5/30	▶매립층(0.6~2.0m) 자갈섞인 점토질 모래 담갈색 매우느슨 습윤										
3.00	8.60	1.00		3.0 S-3	7/30											
3.80	7.80	0.80		4.0 S-4	9/30											
6.00	5.60	2.20		5.0 S-5 6.0	12/30	▶퇴적층(2.0~3.0m) 실트섞인 모래질 점토 담갈색 보통견고 습윤 점토와 모래가 호층을 이룸										
6.80	4.80	0.80		S-6 7.0	6/30											
9.00	2.60	2.20		S-7 8.0 S-8 9.0	19/30 15/30 10/30	▶퇴적층(3.0~3.8m) 실트질 점토 담갈색 보통견고 습윤										
				S-9 10.0 S-10 11.0 S-11	11/30 11/30	▶퇴적층(3.8~6.0m) 자갈섞인 모래 담갈색 느슨~보통조밀 습윤										
				12.0 S-12 13.0 S-13	12/30 14/30	▶퇴적층(6.0~6.8m) 실트질 점토 담갈색 보통견고 습윤										
				14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16	17/30 23/30 24/30	▶퇴적층(6.8~9.0m) 자갈섞인 모래 담갈색 보통조밀 습윤										
				17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	26/30 37/30 41/30	▶풍화토(9.0~22.0m) 실트질 모래 황갈색~담갈색 보통조밀~매우조밀 습윤										
					50/27											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-1	조 사 일	2011-04-31
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447099.200 Y = 185707.753	표 고	EL(+) 11.60 M

굴진심도	23.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김병민	지하수위	GL(-) 8.5 M
케이싱심도	22.0 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	서진교	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0	50/27											
				S-20												
				21.0	50/14											
				S-21												
22.00	-10.40	13.00		22.0	50/10											
				S-22		▶풍화암(22.0~23.0m) 기반암의 풍화암 담회색 심한풍화정도 매우조밀 굴진시 실트섞인 모래로 분해										
23.00	-11.40	1.00		23.0	50/9											
				S-23		* 심도 23.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-2	조 사 일	2011년03월11일 ~ 03월12일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447119.906 Y = 185818.225	표 고	EL(+) 10.30 M

굴진심도	34.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	어봉락	지하수위	GL(-) 5.30 M
케이싱심도	25.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	8/30	*매립층 심도 : 0.00 ~ 2.50 m 실트질 모래 느슨 암갈색 습윤										
2.50	7.80	2.50		2.0 S-2	10/30											
				3.0 S-3	7/30	*퇴적층 심도 : 2.50 ~ 6.50 m 실트질 점토 보통견고 암갈색~황갈색 습윤										
5				4.0 S-4	7/30											
				5.0 S-5	8/30											
6.50	3.80	4.00		6.0 S-6	7/30											
				7.0 S-7	10/30	*퇴적층 심도 : 6.50 ~ 9.50 m 점토섞인 실트질 모래 보통조밀 암회색~암갈색 습윤										
				8.0 S-8	17/30											
9.50	0.80	3.00		9.0 S-9	25/30											
10				10.0 S-10	25/30	*풍화토 심도 : 9.50 ~ 25.50 m 실트질 모래 보통조밀~매우조밀 담갈색~갈색 습윤										
				11.0 S-11	30/30											
				12.0 S-12	26/30											
				13.0 S-13	50/29											
				14.0 S-14	50/30											
15				15.0 S-15	50/26											
				16.0 S-16	50/24											
				17.0 S-17	50/28											
				18.0 S-18	24/30											
				19.0 S-19	50/27											
					50/24											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-2	조 사 일	2011년03월11일 ~ 03월12일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447119.906 Y = 185818.225	표 고	EL(+) 10.30 M

굴진심도	34.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	어봉락	지하수위	GL(-) 5.30 M
케이싱심도	25.50 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
20				S-20	50/24											
				21.0												
				S-21	50/25											
				22.0												
				S-22	50/20											
				23.0												
				S-23	50/16											
				24.0												
				S-24	50/13											
				25.0												
25.50	-15.20	16.00		S-25	50/13											
25				26.0		*풍화암										
				S-26	50/8											
				27.0		심도 : 25.50 ~ 34.00 m										
				S-27	50/7	굴진시 실트질 모래로 분해										
				28.0		암편 부분함유										
				S-28	50/7	매우조밀										
				29.0		담갈색~암갈색										
				S-29	50/5	습윤										
				30.0												
				S-30	50/5											
30				31.0												
				S-31	50/4											
				32.0												
				S-32	50/4											
				33.0												
				S-33	50/4											
34.00	-23.70	8.50		34.0												
				S-34	50/3	* 심도 34.00 M 에서 시추종료										
35																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-3	조 사 일	2011년03월12일 ~ 03월12일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447180.836 Y = 185828.771	표 고	EL(+) 10.30 M

굴진심도	26.70 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 5.50 M
케이싱심도	23.70 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	8/30	*매립층 심도 : 0.00 ~ 2.50 m 자갈섞인 실트질 모래 느슨 갈색~암갈색 습윤 자갈직경: 2.0~5.0cm										
2.50	7.80	2.50		2.0 S-2	10/30											
				3.0 S-3	10/30	*퇴적층 심도 : 2.50 ~ 10.50 m 모래섞인 실트질 점토 보통견고~견고 갈색~암갈색 습윤 부분적 모래협재										
				4.0 S-4	6/30											
5				5.0 S-5	7/30											
				6.0 S-6	9/30											
				7.0 S-7	4/30											
				8.0 S-8	5/30											
				9.0 S-9	4/30											
				10.0 S-10	10/30											
10.50	-0.20	8.00		11.0 S-11	20/30	*퇴적층 심도 : 10.50 ~ 11.50 m 모래질 자갈 보통조밀 회색~암회색 습윤 자갈직경:0.2~10.0cm										
11.50	-1.20	1.00		12.0 S-12	21/30											
				13.0 S-13	25/30											
				14.0 S-14	29/30	*풍화토 심도 : 11.50 ~ 23.70 m 실트질 모래 보통조밀~매우조밀 갈색~암갈색 습윤										
				15.0 S-15	32/30											
15				16.0 S-16	34/30											
				17.0 S-17	30/30											
				18.0 S-18	43/30											
				19.0 S-19	45/30											
					42/30											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-3	조 사 일	2011년03월12일 ~ 03월12일
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447180.836 Y = 185828.771	표 고	EL(+) 10.30 M

굴진심도	26.70 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김세환	지하수위	GL(-) 5.50 M
케이싱심도	23.70 M	시 추 기	유압기	작 성 자	홍성현	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 S-20	42/30											
				21.0 S-21	33/30											
				22.0 S-22	42/30											
				23.0 S-23	50/17											
23.70	-13.40	12.20														
25						*연암층 심도 : 23.70 ~ 26.70 m 화강암의 연암 보통풍화 보통강함 보통균열 담회색 2.37~26.7m 10~30° 절리군 1set+random 파동/거침 부분적으로 사질입자 충전	100	48	D2~3	S2~3	F3~4		40	2	20	
26.70	-16.40	3.00				* 심도 26.70 M 에서 시추종료										
30																
35																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-4	조 사 일	2011-04-31
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447176.383 Y = 186071.622	표 고	EL(+) 9.90 M

굴진심도	24.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김병민	지하수위	GL(-) 7.0 M
케이싱심도	14.0 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	서진교	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.80	7.10	2.80		1.0 S-1 2.0 S-2	4/30 2/30	▶매립층(0.0~2.8m) 점토섞인 자갈질 모래 황갈색 매우느슨~느슨 습윤 0.0~1.0m:자갈코어 10cm회수 (자갈Φ=6-80mm정도) 1.0-2.0m:자갈코어 5cm회수 (자갈Φ=6-60mm정도)										
5.40	4.50	2.60		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5	6/30 5/30 8/30	▶퇴적층(2.8~4.4m) 실트질 점토 담갈색~암갈색 보통견고 습윤 *4.4~5.4 : 모래혼재										
7.00	2.90	1.60		6.0 S-6 7.0 S-7	10/30 9/30	▶퇴적층(5.4~7.0m) 점토섞인 모래 담갈색 느슨 습윤										
9.00	0.90	2.00		8.0 S-8 9.0 S-9	11/30 16/30	▶퇴적층(7.0~9.0m) 모래섞인 점토질 실트 담갈색 견고 습윤										
11.00	-1.10	2.00		10.0 S-10 11.0 S-11	14/30 18/30	▶퇴적층(9.0~11.0m) 자갈섞인 모래 담갈색 보통조밀 습윤										
11.60	-1.70	0.60		12.0 S-12	31/30	▶퇴적층(11.0~11.6m) 모래질 자갈 담갈색 보통조밀 습윤										
12.70	-2.80	1.10		13.0 S-13	50/10	▶퇴적층(11.6~12.7m) 자갈섞인 모래 담갈색 보통조밀 습윤	36	0	4~5	4~5	5		5	N/A	1	
						▶풍화암(12.7~21.4m) 기반암의 풍화암 담갈색~암갈색 매우조밀 습윤 *14.0~21.4 : 풍화암 코어 회수	33	6	4~5	4~5	4~5		18	N/A	1	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-4	조 사 일	2011-04-31
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 447176.383 Y = 186071.622	표 고	EL(+) 9.90 M

굴진심도	24.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김병민	지하수위	GL(-) 7.0 M
케이싱심도	14.0 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	서진교	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
21.40	-11.50	8.70				*굴진시 실트섞인 모래로 분해 *관입된 암맥 및 일부 기반암은 파쇄 및 보통~심한풍화 상태	30	0	4~5	4~5	4~5		N/A	N/A	N/A	
24.00	-14.10	3.60				▶연암층(21.4~24.0m) 흑운모 호상 편마암 암갈색 심한풍화 약함 매우심한균열 21.0-24.0m:TCA 50°80°70° 3 Joint Set + Random Undulated Rough -Plannar Rough 절리면 부분 산화 Calcite Filling 21.4~21.8m:수직절리 22.0~22.2m:수직절리 22.2~22.6m:파쇄 22.8~22.95m:심한풍화상태 22.95~23.25m:파쇄	33	6	4~5	4~5	4~5		18	N/A	1	
						* 심도 24.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-5	조 사 일	2011-02-23 ~ 2011-02-23
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446653.525 Y = 192645.063	표 고	EL(+) 16.5 M

굴진심도	30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 15.8 M
케이싱심도	27 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
4.20	12.30	4.20		1.0 S-1 2.0 S-2 3.0 S-3 4.0 S-4	2/30 3/30 4/30 5/30	▶매립층 심도:0.0~4.2m 실트질 모래 담갈색 연약 습윤 자갈의 직경 : 직경 3~10cm										
8.80	7.70	4.60		5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8	8/30 10/30 14/30 15/30	▶퇴적층 심도:4.2~8.8m 실트질 모래 암갈색 느슨~보통조밀 습윤										
15.00	1.50	6.20		9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-24	20/30 20/30 21/30 21/30 24/30 26/30 50/19	▶퇴적층 심도:8.8~15.0m 실트질 모래 황갈색 보통조밀 습윤										
				16.0 S-30 17.0 S-29 18.0 S-28 19.0 S-27	50/16 50/20 50/24 50/21 50/18	▶퇴적층 심도 : 15.0~22.3m 모래질 자갈 담회색~황갈색 매우조밀 습윤 자갈의 직경 : 직경 2~10cm										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-5	조 사 일	2011-02-23 ~ 2011-02-23
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446653.525 Y = 192645.063	표 고	EL(+) 16.5 M

굴진심도	30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 15.8 M
케이싱심도	27 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
				S-26	50/18											
				21.0												
				S-25	50/15											
22.30	-5.80	7.30		22.0												
				S-22	50/26											
				23.0		▶풍화토층 심도:22.3~24.0m 실트질 모래 담갈색 매우조밀 습윤										
				S-23	50/15											
24.00	-7.50	1.70		24.0												
				S-24	50/7											
				25.0		▶풍화암층 심도:24.0~27.0m 굴진시 실트질 모래로 분해 매우조밀 담갈색~담회색 습윤										
				S-25	50/5											
				26.0												
				S-26	50/4											
27.00	-10.50	3.00														
						▶연암층 심도 : 27.0~30.0m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 보통풍화~약간풍화 보통강함~강함 심한균열~보통균열	54	8	2-3	2-3	3-4		13	-	4	
30.00	-13.50	3.00				Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated Vertical joint Core loss : 27.00~28.48m * 심도 30.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-6	조 사 일	2011-02-24 ~ 2011-02-24
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446673.963 Y = 192758.351	표 고	EL(+) 14 M

굴진심도	28.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 13.7 M
케이싱심도	25.5 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
3.70	10.30	3.70		1.0 S-1 2.0 S-2 3.0 S-3	4/30 5/30 7/30	▶매립층 심도:0.0~3.7m 자갈섞인 실트질 모래 황갈색~담갈색 느슨 습윤 자갈의 직경 : 직경 3~10cm										
13.00	1.00	9.30		4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12 13.0	12/30 15/30 19/30 17/30 16/30 16/30 15/30 14/30 14/30 29/30	▶퇴적층 심도:3.7~13.0m 실트질 모래 황갈색~담갈색 보통조밀 습윤										
20.00	-6.00	7.00		S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	42/30 50/19 50/17 50/20 50/22 50/17 50/26	▶퇴적층 심도:13.0~20.0m 실트섞인 자갈질 모래 담갈색~담회색 매우조밀 젖음										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-6	조 사 일	2011-02-24 ~ 2011-02-24
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446673.963 Y = 192758.351	표 고	EL(+) 14 M

굴진심도	28.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	오현철	지하수위	GL(-) 13.7 M
케이싱심도	25.5 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0	50/26											
				S-20		▶풍화토층										
				21.0	50/14	심도:20.0~24.0m 실트질 모래 매우조밀 황갈색 습윤										
				S-21												
				22.0	50/12											
				S-22												
				23.0	50/11											
				S-23												
24.00	-10.00	4.00		24.0	50/9											
				S-24		▶풍화암층										
				25.0	50/5	심도:24.0~25.5m 굴진시 실트질 모래로 분해 황갈색 매우조밀 습윤										
				S-25												
25.50	-11.50	1.50				▶연암층	50	3	2-3	3-4	4-5		10	-	3	
						심도 : 25.5~28.5m 흑운모편마암의 연암 담회색~담청색 보통풍화~약간풍화 약함~보통강함 매우심한균열~심한균열 Undulating Rough Jn : 2set Calcite coated Fractured : 25.9~26.3m Core loss : 27.0~28.5m										
28.50	-14.50	3.00				* 심도 28.50 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-7	조 사 일	2011-02-23 ~ 2011-02-23
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446782.720 Y = 192835.440	표 고	EL(+) 12.5 M

굴진심도	40 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 12.8 M
케이싱심도	40 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.40	10.10	2.40		1.0 S-1 2.0 S-2	3/30 3/30	▶매립층 심도:0.0~2.4m 자갈섞인 실트질 모래 담갈색 느슨 습윤 자갈의 직경 : 직경 3~5cm										
7.00	5.50	4.60		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7	7/30 10/30 9/30 10/30 13/30	▶퇴적층 심도:2.4~7.0m 모래질 실트 암회색 보통견고~견고 습윤										
11.70	0.80	4.70		8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11	11/30 12/30 14/30 20/30	▶퇴적층 심도:7.0~11.7m 실트질 모래 담갈색~황갈색 보통조밀 습윤										
16.00	-3.50	4.30		12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16	45/30 45/30 50/27 45/30 50/17	▶퇴적층 심도:11.7~16.0m 자갈질 모래 담회색 조밀 습윤~젖음 자갈의 직경 : 직경 3~10cm										
				17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-20	50/20 50/22 50/17 50/26	▶퇴적층 심도:16.0~20.5m 모래질 자갈 담회색~황갈색 매우조밀 젖음 자갈의 직경 : 직경 5~15cm										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-7	조 사 일	2011-02-23 ~ 2011-02-23
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446782.720 Y = 192835.440	표 고	EL(+) 12.5 M

굴진심도	40 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 12.8 M
케이싱심도	40 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20.50	-8.00	4.50		20.0 S-20	50/26											
				21.0 S-21	31/30	▶풍화토층 심도:20.5~33.0m 실트질 모래 담갈색~황갈색 매우조밀 습윤										
				22.0 S-22	38/30											
				23.0 S-23	50/30											
				24.0 S-24	50/23											
				25.0 S-25	50/24											
				26.0 S-26	50/21											
				27.0 S-27	50/20											
				28.0 S-28	50/19											
				29.0 S-29	50/17											
				30.0 S-30	50/17											
				31.0 S-31	50/16											
				32.0 S-32	50/13											
33.00	-20.50	12.50		33.0 S-33	50/10											
				34.0 S-34	50/9	▶풍화암층 심도:33.0~40.0m 굴진시 실트질 모래로 분해 담갈색~황갈색 매우조밀 습윤										
				35.0 S-35	50/8											
				36.0 S-36	50/6											
				37.0 S-37	50/6											
				38.0 N.S	50/4											
				39.0 N.S	50/3											
40.00	-27.50	7.00			50/3											

* 심도 40.00 M 에서 시추종료

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-8	조 사 일	2011-02-24 ~ 2011-02-24
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446795.524 Y = 192924.050	표 고	EL(+) 12.7 M

굴진심도	39 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 11.6 M
케이싱심도	39 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
3.00	9.70	3.00		1.0 S-1 2.0 S-2 3.0	50/12 50/11 5/30	▶매립층 심도:0.0~3.0m 모래질 자갈 담회색 매우조밀 습윤 자갈의 직경 : 직경 3~20cm										
11.50	1.20	8.50		S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11	6/30 6/30 6/30 7/30 10/30 15/30 15/30 18/30	▶퇴적층 심도:3.0~11.5m 실트질 모래 담갈색~황갈색 느슨~보통조밀 습윤										
17.00	-4.30	5.50		12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0	37/30 50/19 49/30 39/30 50/12 50/20	▶퇴적층 심도:11.5~17.0m 자갈질 모래 담갈색~담회색 조밀~매우조밀 습윤~젖음 자갈의 직경 : 직경 3~10cm										
				S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	50/22 50/17 50/26	▶퇴적층 심도:17.0~20.8m 모래질 자갈 황갈색~담회색 매우조밀 젖음 자갈의 직경 : 직경 3~15cm										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	시추공번	NBB-8	조 사 일	2011-02-24 ~ 2011-02-24
발 주 처	서울특별시	위 치	X = 446795.524 Y = 192924.050	표 고	EL(+) 12.7 M

굴진심도	39 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	강상국	지하수위	GL(-) 11.6 M
케이싱심도	39 M	시 추 기	OY-500	작 성 자	오세찬	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20.80	-8.10	3.80		20.0 S-20	50/26											
				21.0 S-21	20/30	▶풍화토층 심도:20.8~32.0m 실트질 모래 담갈색~황갈색 보통조밀~매우조밀 습윤										
				22.0 S-22	26/30											
				23.0 S-23	34/30											
				24.0 S-24	39/30											
				25.0 S-25	49/30											
				26.0 S-26	50/27											
				27.0 S-27	50/26											
				28.0 S-28	50/23											
				29.0 S-29	50/19											
				30.0 S-30	50/16											
				31.0 S-31	50/13											
32.00	-19.30	11.20		32.0 S-32	50/10	▶풍화암층 심도:32.0~39.0m 굴진시 실트질 모래로 분해 부분적으로 암편혼재 담갈색~황갈색 매우조밀 습윤										
				33.0 S-33	50/9											
				34.0 S-34	50/8											
				35.0 S-35	50/9											
				36.0 S-36	50/10											
				37.0 S-37	50/8											
				38.0 N.S	50/5											
39.00	-26.30	7.00		39.0 N.S	50/4	* 심도 39.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-1	조 사 일	2013-02-22 ~ 2013-02-24
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+700.0(우12.6m) X = 447261.63 Y = 186471.32	표 고	EL(+) 9.6 M

굴진심도	48 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 13 M
케이싱심도	20.2 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.20	-2.20	2.20		1.0 S-1 2.0 S-2		▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 5cm이하 갈색, 습윤										
3.80	-3.80	1.60		3.0 S-3	4/30	▶퇴적층 점토질 모래 암회색, 습윤 매우느슨~느슨										
				4.0 S-4	4/30											
				5.0 S-5	4/30	▶퇴적층 실트질 점토 암회색 습윤~젖음 연약~보통견고										
				6.0 S-6	4/30											
				7.0 S-7	4/30											
8.60	-8.60	4.80		8.0 S-8	7/30											
				9.0 S-9	8/30	▶퇴적층 실트질 모래 갈색 습윤 느슨~조밀										
				10.0 S-10	18/30											
				11.0 S-11	19/30											
				12.0 S-12	26/30											
13.40	-13.40	4.80		13.0 S-13	28/30											
				14.0 S-14	31/30	▶풍화토 실트질 모래 갈색 습윤 보통조밀~매우조밀										
				15.0 S-15	50/27											
				16.0 S-16	50/22											
				17.0 S-17	50/22											
				18.0 S-18	50/23											
				19.0 S-19	50/12											
					50/11											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-1	조 사 일	2013-02-22 ~ 2013-02-24
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+700.0(우12.6m) X = 447261.63 Y = 186471.32	표 고	EL(+) 9.6 M

굴진심도	48 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 13 M
케이싱심도	20.2 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
-20.20	-20.20	6.80		S-20	50/11	▶연암층 편마암의 연암 담갈색~담회색 보통풍화~심한풍화 보통강함~약함 심한균열~매우심한균열	44	0	4	4	5		5	NA	3	
						*20.2~21.0m 방향성 알수없음 Undulated/Rough 전체적으로 절리 및 파쇄발달 코아회수율 저조	57	21	3	3	4		34	NA	8	
						*21.0~24.0m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Rough 21.0~21.6m 절리 및 균열발달 21.6~22.8m Core Loss	92	13	3	3	4		18	1	7	
						*24.0~27.0m 3set(15°, 45°, 80°)+R Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리 및 균열발달 24.8~24.9m 파쇄발달 25.0~25.6m 파쇄발달	92	20	3	3	3		40	2	11	
						*27.0~30.0m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Rough~Smooth 27.0~27.4m 절리 및 균열발달 29.2~29.3m 절리면 토사충진 29.5~29.9m 절리 및 균열발달										
						*30.0~33.0m 3set(15°, 45°, 80°)+R Undulated/Rough~Smooth 30.9~31.4m 절리 및 파쇄발달 절리면 토사충진 31.8~32.1m 절리 및 파쇄발달 32.6~32.9m 절리 및 균열발달 방해석 피복	100	26	3	3	4		19	1	9	
						*33.0~36.0m 3set(15°, 45°, 80°)+R Undulated/Rough 부분적으로 절리 및 균열발달 33.6~33.7m 절리면 토사충진 33.7~34.0m 수직절리발달 34.7~35.1m 파쇄발달 35.8~36.0m 파쇄발달 35.8~36.0m 파쇄발달 절리면 토사충진	95	13	3	3	3~4		18	1	10	
						*36.0~39.0m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Rough~Smooth 36.4~36.9m 절리 및 균열발달 38.0~38.2m 절리면 토사충진	97	48	3	3	3		41	2	13	
						*39.0~42.0m 2set(15°, 45°)+R Undulated/Rough	97	15	3	3	4		15	NA	7	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-1	조 사 일	2013-02-22 ~ 2013-02-24
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+700.0(우12.6m) X = 447261.63 Y = 186471.32	표 고	EL(+) 9.6 M

굴진심도	48 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 13 M
케이싱심도	20.2 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						부분적으로 절리 및 균열발달 39.0~39.2m 파쇄발달 39.5~39.7m 파쇄발달 절리면 토사충진 40.8~41.2m 파쇄발달 절리면 토사충진	97	15	3	3	4		15	NA	7	
						*42.0~45.0m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리 및 균열발달 43.2~43.4m 파쇄발달	100	30	3	3	3~4		27	1	10	
						*45.0~48.0m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 방해석 피복	98	34	3	3	3		40	2	12	
-48.00	-48.00	27.80				* 심도 48.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-2	조 사 일	2013-02-19 ~ 2013-02-21
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.1+940.4(우12.6m) X = 447352.38 Y = 186698.40	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	61.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.8 M
케이싱심도	16.1 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				1.0 S-1		▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 5cm이하 갈색, 습윤										
2.20	-2.20	2.20		2.0	3/30											
				S-2 3.0	4/30	▶퇴적층 실트질 점토 갈색 습윤~젖음 연약~보통견고										
3.50	-3.50	1.30		S-3 4.0	5/30											
				S-4 5.0	6/30	▶퇴적층 점토질 실트 갈색~암회색 습윤~젖음 보통견고~견고										
				S-5 6.0	9/30											
7.00	-7.00	3.50		S-6 7.0	30/30											
7.70	-7.70	0.70		S-7 8.0	14/30	▶퇴적층 실트질 자갈 자갈size 5cm이하 회갈색, 습윤 보통조밀~조밀										
				S-8 9.0	26/30											
				S-9 10.0	43/30	▶풍화토 실트질 모래 갈색, 습윤 보통조밀~매우조밀										
				S-10 11.0	50/14											
12.00	-12.00	4.30		S-11 12.0	50/6											
				S-12 13.0 N.S	50/3	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 갈색 매우조밀										
				14.0 N.S	50/2											
				15.0 N.S	50/2											
16.10	-16.10	4.10		16.0 N.S	50/2											
						▶연암층 편마암의 연암 담갈색~담회색 보통풍화 보통강함 심한균열~매우심한균열	82	12	3	3	4		20	1	8	
						*16.1~17.8m 3set(15°, 45°, 80°)+R Undulated/Rough 절리면 변질 및 산화철 피복	76	15	3	3	4		26	1	8	
							95	49	3	3	3		25	4	18	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-2	조 사 일	2013-02-19 ~ 2013-02-21
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.1+940.4(우12.6m) X = 447352.38 Y = 186698.40	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	61.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.8 M
케이싱심도	16.1 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						16.7~17.0m 절리발달 17.2~17.8m 절리 및 파쇄발달 절리면 토사충진 *17.8~19.5m 2set(15°, 45°)+R Undulated/Rough 절리면 변질 및 산화철 피복 17.8~18.8m 절리 및 파쇄발달	95	49	3	3	3		25	4	18	
						*19.5~22.5m 3set(15°, 45°, 70°) Undulated/Rough 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 산화철 피복	80	15	3	3	4		13	1	7	
						*22.5~24.0m 2set(15°, 60°)+R Undulated/Rough 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 산화철 피복 23.6~24.0m 균열발달	72	8	3	3	4		15	1	6	
						*24.0~25.8m 3set(15°, 45°, 60°)+R Undulated/Rough 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 산화철 피복 24.5~24.7m 파쇄발달 24.8~25.4m 파쇄발달 25.4~25.7m 절리면 토사충진	85	10	3	3	4		13	2	6	
-30.00	-30.00	13.90				*25.8~27.1m 2set(15°, 70°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 *27.1~30.0m 2set(15°, 45°)+R Undulated/Smooth 28.5~28.8m 균열발달	79	23	3	3	3		28	2	10	
						▶경암층 편마암의 경암 담회색~담청색 신선 매우강함 약간균열 *30.0~33.0m 2set(15°, 30°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복	100	90	1	1	2		85	3	35	
						*33.0~36.0m 2set(15°, 60°) Undulated/Smooth 34.5~34.7m 절리면 방해석 피복	100	69	1	1	2		96	10	40	
						*36.0~38.0m 2set(15°, 60°) Undulated/Smooth 37.7~38.0m 절리면 방해석충진	95	75	1	1	2		107	15	50	
							100	79	1	1	2		113	12	48	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-2	조 사 일	2013-02-19 ~ 2013-02-21
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.1+940.4(우12.6m) X = 447352.38 Y = 186698.40	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	61.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.8 M
케이싱심도	16.1 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*38.0~41.0m 2set(15°, 60°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복	100	79	1	1	2		113	12	48	
						*41.0~44.0m 2set(45°, 80°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복	100	71	1	1	2		70	4	55	
						*44.0~47.0m 2set(30°, 70°) Undulated/Smooth										
						*47.0~50.0m 1set(30°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복	100	77	1	1	2		152	13	52	
						*50.0~53.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복										
						*53.0~55.5m 1set(15°) Undulated/Smooth	100	100	1	1	2		127	21	65	
						*55.5~58.5m 1set(15°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복										
						*58.5~61.3m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복	100	92	1	1	1~2		130	32	100	
							100	100	1	1	1		126	125	124	
							100	83	1	1	2		140	5	55	
							100	94	1	1	2		98	3	60	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-2	조 사 일	2013-02-19 ~ 2013-02-21
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.1+940.4(우12.6m) X = 447352.38 Y = 186698.40	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	61.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.8 M
케이싱심도	16.1 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
61.30	-61.30	31.30	+ + + + +				100	94	1	1	2		98	3	60	
						* 심도 61.30 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-3	조 사 일	2013-02-18 ~ 2013-02-21
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.2+279.5(우12.6m) X = 447404.62 Y = 187033.42	표 고	EL(+) 9.4 M

굴진심도	67 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 5.1 M
케이싱심도	43 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.30	-2.30	2.30		1.0 S-1 2.0 S-2		▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 5cm이하 갈색, 습윤										
12.40	-12.40	10.10		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12	4/30 4/30 4/30 5/30 5/30 5/30 5/30 7/30 7/30 10/30	▶퇴적층 실트질 점토 암회색~갈색 습윤~젖음 연약~보통견고										
15.60	-15.60	3.20		13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15	11/30 9/30 10/30	▶퇴적층 실트질 모래 갈색 습윤 느슨~보통조밀										
18.70	-18.70	3.10		16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18	12/30 12/30 16/30	▶퇴적층 점토질 실트 갈색 습윤~젖음 보통견고~견고										
				19.0 S-19	30/30 33/30	▶풍화토 실트질 모래										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-3	조 사 일	2013-02-18 ~ 2013-02-21
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.2+279.5(우12.6m) X = 447404.62 Y = 187033.42	표 고	EL(+) 9.4 M

굴진심도	67 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 5.1 M
케이싱심도	43 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0	33/30	갈색 습윤 조밀~매우조밀										
				S-20												
				21.0	36/30											
				S-21												
				22.0	35/30											
				S-22												
				23.0	46/30											
				S-23												
				24.0	50/24											
				S-24												
				25.0	50/15											
				S-25												
				26.0	50/14											
				S-26												
				27.0	50/13											
				S-27												
28.00	-28.00	9.30		28.0	50/10											
				S-28		▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 40.0~43.0m 부분적으로 맥암 협재 갈색 매우조밀										
				29.0	50/9											
				S-29												
				30.0	50/7											
				S-30												
				31.0	50/6											
				S-31												
				32.0	50/5											
				S-32												
				33.0	50/3											
				N.S												
				34.0	50/3											
				N.S												
				35.0	50/3											
				N.S												
				36.0	50/2											
				N.S												
				37.0	50/3											
				N.S												
				38.0	50/4											
				N.S												
				39.0	50/3											
				N.S												
					50/2											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-3	조 사 일	2013-02-18 ~ 2013-02-21
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.2+279.5(우12.6m) X = 447404.62 Y = 187033.42	표 고	EL(+) 9.4 M

굴진심도	67 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 5.1 M
케이싱심도	43 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				40.0 N.S	50/2											
				42.0 C.S(1)												
				42.0 C.S(2)												
43.00	-43.00	15.00				▶연암층 편마암의 연암 담갈색~담회색 보통풍화 보통강함 심한균열~매우심한균열 *43.0~46.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Rough 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 산화철 피복 43.0~43.8m 절리면 토사충진 *46.0~48.5m 2set(15°, 60°) Undulated/Rough 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 산화철 피복 48.2~48.5m 절리면 토사충진 *48.5~50.9m 2set(15°, 45°) Undulated/Rough 48.5~49.5m 절리발달 절리면 변질 48.7~48.8m 절리면 점토충진 *50.9~53.0m 3set(15°, 45°, 60°)+R Undulated/Rough~Smooth 50.9~51.3m 절리발달 절리면 변질 52.5~53.0m 절리 및 파쇄발달 절리면 토사충진 *53.0~55.7m 3set(15°, 45°, 80°)+R Undulated/Rough~Smooth 53.0~53.3m 파쇄발달 53.4~53.8m 균열 및 절리발달 54.4~54.6m 균열발달	98	38	3	3	3~4		22	1	10	
							92	46	3	3	3		30	2	12	
							89	39	3	3	3		42	2	15	
							89	24	3	3	4		20	1	8	
							94	24	3	3	4		56	1	13	
55.70	-55.70	12.70				▶경암층 편마암의 경암 담회색~담청색 신선 매우강함 약간균열	93	78	3	3	4		58	7	23	
						*55.7~58.7m 2set(15°, 45°)	100	70	2	2	2		98	3	30	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-3	조 사 일	2013-02-18 ~ 2013-02-21
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.2+279.5(우12.6m) X = 447404.62 Y = 187033.42	표 고	EL(+) 9.4 M

굴진심도	67 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 5.1 M
케이싱심도	43 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						Undulated/Smooth *58.7~61.7m 2set(30°, 80°) Undulated/Smooth	100	70	2	2	2		98	3	30	
						*61.7~64.7m 1set(45°) Undulated/Smooth 61.7~61.8m 수직절리 *64.7~67.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth 65.3~65.4m 균열발달	100	70	1	1	2		90	8	35	
							100	74	2	2	2		60	2	22	
-67.00	-67.00	11.30				* 심도 67.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-4	조 사 일	2013-02-06 ~ 2013-02-08
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.2+559.9(우22.1m) X = 447457.11 Y = 187309.12	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	70 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.5 M
케이싱심도	31.6 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				1.0 S-1		▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 5cm이하 갈색, 습윤										
2.00	-2.00	2.00		2.0	7/30											
				S-2 3.0	4/30	▶퇴적층 실트질 점토 갈색~암회색 습윤~젖음 연약~견고										
				S-3 4.0	5/30											
				S-4 5.0	7/30											
				S-5 6.0	9/30											
				S-6 7.0	6/30											
				S-7 8.0	4/30											
				S-8 9.0	6/30											
				S-9 10.0	5/30											
				S-10 11.0	6/30											
				S-11 12.0	5/30											
				S-12 13.0	6/30											
13.60	-13.60	11.60		S-13 14.0	40/30	▶퇴적층 모래섞인 자갈 자갈size 7cm이하 회갈색 습윤, 조밀										
14.50	-14.50	0.90		S-14 15.0	30/30	▶풍화토 실트질 모래 갈색 습윤 보통조밀~매우조밀										
				S-15 16.0	32/30											
				S-16 17.0	38/30											
				S-17 18.0	23/30											
				S-18 19.0	26/30											
				S-19	30/30											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-4	조 사 일	2013-02-06 ~ 2013-02-08
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.2+559.9(우22.1m) X = 447457.11 Y = 187309.12	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	70 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.5 M
케이싱심도	31.6 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0 S-20	30/30											
				21.0 S-21	35/30											
				22.0 S-22	48/30											
				23.0 S-23	50/25											
				24.0 S-24	50/15											
				25.0 S-25	50/11											
				26.0 S-26	50/15											
-27.00	-27.00	12.50		27.0 S-27	50/9	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 갈색 매우조밀										
				28.0 S-28	50/7											
				29.0 S-29	50/5											
				30.0 N.S	50/3											
-31.60	-31.60	4.60		31.0 N.S	50/2											
						▶연암층 편마암의 연암 담갈색~담회색 약간풍화~심한풍화 강함~약함 보통균열~매우심한균열	90	0	3~4	3~4	4~5		9	1	3	
						*31.6~32.6m 2set(15°, 45°)+R Undulated/Rough 부분적으로 절리 및 균열발달 절리면 변질 및 토사충진	62	11	3	3	4~5		20	2	5	
						*32.6~35.5m 2set(15°, 80°)+R Undulated/Rough 코아회수율 저조 부분적으로 절리 및 균열발달 절리면 변질 및 산화철 피복 방해석 피복 32.9~33.2m 파쇄발달 34.8~35.5m 파쇄발달	100	49	2~3	2~3	3		30	2	11	
						*35.5~37.8m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth~Rough	95	23	3	3	4		20	1	7	
							100	29	3	3	3		26	1	13	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-4	조 사 일	2013-02-06 ~ 2013-02-08
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.2+559.9(우22.1m) X = 447457.11 Y = 187309.12	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	70 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.5 M
케이싱심도	31.6 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						35.8~36.1m 절리 및 균열발달 절리면 변질 *37.8~39.4m 3set(15°, 30°, 60°) Undulated/Rough 39.2~39.4m 절리 및 균열발달 절리면 토사충진	100	29	3	3	3		26	1	13	
						*39.4~42.0m 2set(15°, 45°)+R Undulated/Smooth~Rough 39.4~39.8m 절리발달 40.1~40.4m 균열발달	95	10	3	3	4		14	1	7	
						*42.0~44.5m 3set(15°, 45°, 80°)+R Undulated/Smooth~Rough 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 산화철 피복 42.4~42.7m 균열발달 43.2~43.5m 균열발달	73	10	3	3	4		11	NA	6	
						*44.5~47.5m 2set(15°, 60°)+R Undulated/Rough 코아회수율 저조 부분적으로 절리 및 균열발달 44.5~45.3m 파쇄발달 45.5~45.9m 파쇄발달 46.3~46.7m 파쇄발달	33	0	4	4	5		7	NA	2	
49.00	-49.00	17.40				*47.5~49.0m 방향성 알 수 없음 Undulated/Rough 연암파쇄대 코아회수율 저조	97	44	2	2	3		35	3	12	
						▶경암층 편마암의 경암 담회색~담청색 신선~보통풍화 매우강함~보통강함 약간균열~심한균열 *49.0~50.7m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth	95	55	2	2	3		41	3	16	
						*50.7~52.6m 1set(15°) Undulated/Smooth	94	91	1	1	2		36	9	23	
						*52.6~55.6m 1set(15°) Undulated/Smooth	78	17	2~3	2~3	4		24	2	7	
						*55.6~58.0m 2set(15°, 30°) Undulated/Smooth 57.3~57.7m 균열발달	97	47	2	2	3		38	4	17	
						*58.0~61.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-4	조 사 일	2013-02-06 ~ 2013-02-08
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.2+559.9(우22.1m) X = 447457.11 Y = 187309.12	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	70 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.5 M
케이싱심도	31.6 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*61.0~64.0m 2set(30°, 60°) Undulated/Smooth	97	47	2	2	3		38	4	17	
						*64.0~66.8m 3set(15°, 45°, 60°) Undulated/Smooth	98	77	1	1	2		84	3	28	
						*66.8~68.6m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth	100	58	2	2	2		48	2	21	
						*68.6~70.0m 2set(30°, 60°) Undulated/Smooth~Rough 부분적으로 절리발달	100	39	2	2	3		27	2	16	
70.00	-70.00	21.00					100	11	2~3	2~3	4		15	1	8	
						* 심도 70.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-5	조 사 일	2013-02-25 ~ 2013-02-28
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.2+660.0(우22.4m) X = 447404.98 Y = 187419.81	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	70 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 7.8 M
케이싱심도	30.9 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				1.0 S-1		▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 5cm이하 갈색, 습윤										
2.20	-2.20	2.20		2.0 S-2												
				3.0 S-3	12/30	▶퇴적층 실트질 점토 갈색 습윤 보통견고~견고										
				4.0 S-4	11/30											
				5.0 S-5	6/30											
				6.0 S-6	5/30											
				7.0 S-7	7/30											
7.90	-7.90	5.70		8.0 S-8	7/30	▶퇴적층 모래질 실트 암회색~갈색 습윤 보통견고~견고										
				9.0 S-9	6/30											
				10.0 S-10	7/30											
				11.0 S-11	7/30											
				12.0 S-12	9/30											
				13.0 S-13	10/30											
				14.0 S-14	14/30											
14.50	-14.50	6.60		15.0 S-15	16/30	▶퇴적층 실트질 모래 갈색 습윤, 보통조밀										
15.80	-15.80	1.30		16.0 S-16	17/30											
				17.0 S-17	16/30	▶풍화토 실트질 모래 갈색 습윤 보통조밀~매우조밀										
				18.0 S-18	21/30											
				19.0 S-19	25/30											
					30/30											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-5	조 사 일	2013-02-25 ~ 2013-02-28
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.2+660.0(우22.4m) X = 447404.98 Y = 187419.81	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	70 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 7.8 M
케이싱심도	30.9 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0 S-20	30/30											
				21.0 S-21	39/30											
				22.0 S-22	50/21											
				23.0 S-23	50/12											
-24.00	-24.00	8.20		24.0 S-24	50/10	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 갈색 매우조밀										
				25.0 S-25	50/7											
				26.0 S-26	50/6											
				27.0 S-27	50/6											
				28.0 S-28	50/5											
				29.0 N.S	50/3											
-30.90	-30.90	6.90		30.0 N.S	50/2											
						▶연암층 편마암의 연암 담갈색~담회색 약간풍화~심한풍화 강함~약함 보통균열~매우심한균열	25	0	3~4	3~4	5		4	NA	2	
							64	0	3~4	3~4	5		9	1	4	
							100	18	3	3	4		11	3	8	
						*30.9~31.5m 방향성 알수없음 Undulated/Rough 코아회수율 저조 절리면 변질 및 산화철 피복	97	26	3	3	3		51	2	12	
						*31.5~32.6m 방향성 알수없음 Undulated/Rough 코아회수율 저조 절리면 변질 및 산화철 피복										
						*32.6~33.2m 2set(15°,70°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달	94	28	3	3	3~4		36	4	10	
						*33.2~36.2m 3set(15°,45°,70°) Undulated/Rough~Smooth 35.1~36.1m 절리 및 균열발달	95	54	2~3	2~3	3		31	1	17	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-5	조 사 일	2013-02-25 ~ 2013-02-28
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.2+660.0(우22.4m) X = 447404.98 Y = 187419.81	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	70 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 7.8 M
케이싱심도	30.9 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*36.2~39.2m 2set(15°,60°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 37.1~38.0m 수직절리발달 38.3~38.5m 파쇄발달	95	54	2~3	2~3	3		31	1	17	
						*39.2~42.2m 3set(15°,45°,70°) Undulated/Smooth 부분적으로 절리발달 41.9~42.0m 절리면 변질 절리면 방해석 피복	97	26	3	3	3		32	1	13	
						*42.2~45.2m 2set(15°,45°)+R Undulated/Rough~Smooth 42.4~42.5m 절리발달 및 변질 42.9~43.1m 파쇄발달 43.4~44.0m 수직절리발달 44.1~44.2m 파쇄발달	93	66	2	2	2~3		45	4	20	
						*45.2~48.2m 2set(15°,45°) Undulated/Smooth 부분적으로 절리발달										
						*48.2~49.0m 2set(15°,70°) Undulated/Rough~Smooth 48.7~49.0m 절리 및 균열발달	100	16	3	3	4		13	2	6	
						*49.0~52.0m 3set(15°,45°,70°) Undulated/Rough~Smooth 49.0~50.4m 절리 및 균열발달 50.5~51.0m 수직절리발달 절리면 방해석 피복	100	23	3	3	3		40	3	15	
						*52.0~55.0m 2set(45°,70°)+R Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 54.3~54.5m 파쇄발달 54.8~55.0m 파쇄발달	100	54	2~3	2~3	3		50	1	18	
						*55.0~58.0m 3set(15°,45°,70°) Undulated/Rough~Smooth 55.0~55.7m 절리 및 균열발달 55.9~56.0m 절리면 점토충진 56.8~57.7m 절리면 방해석 피복	96	40	2~3	2~3	3		42	1	11	
						*58.0~61.0m 3set(15°,45°,60°)+R Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 방해석 피복 59.5~59.7m 균열발달 60.1~60.3m 절리 및 균열발달	97	47	3	3	3		30	2	15	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-5	조 사 일	2013-02-25 ~ 2013-02-28
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.2+660.0(우22.4m) X = 447404.98 Y = 187419.81	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	70 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 7.8 M
케이싱심도	30.9 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
							97	47	3	3	3		30	2	15	
						*61.0~64.0m 2set(15°,80°)+R Undulated/Rough 코아회수율 저조 전체적으로 절리 및 균열발달 61.4~61.6m 파쇄발달 61.9~62.1m 파쇄발달 63.2~64.0m Core Loss	72	3	3	3	3~4		10	NA	7	
						*64.0~67.0m 2set(45°,70°)+R Undulated/Rough 코아회수율 저조 65.7~66.1m 파쇄발달 64.0~65.5m Core Loss	53	0	3~4	3~4	5		9	NA	4	
						*67.0~70.0m 방향성 알수없음 Undulated/Rough 전체적으로 파쇄발달 코아회수율저조	23	0	3~4	3~4	5		7	NA	3	
70.00	-70.00	39.10														
						* 심도 70.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-6	조 사 일	2013-02-28 ~ 2013-03-02
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+074.9(우7.8m) X = 447483.20 Y = 187827.48	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	75.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 10.5 M
케이싱심도	36.1 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.30	-2.30	2.30		1.0 S-1 2.0 S-2		▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 3cm이하 갈색, 습윤										
10.40	-10.40	8.10		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10	11/30 8/30 6/30 5/30 6/30 6/30 7/30 7/30	▶퇴적층 실트질 점토 담회색~담갈색 습윤~젖음 보통견고~견고										
16.80	-16.80	6.40		11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17	8/30 15/30 10/30 7/30 4/30 6/30 22/30	▶퇴적층 모래질 실트 암회색 습윤 연약~매우견고										
18.60	-18.60	1.80		18.0 S-18 19.0 S-19	26/30 50/30 50/15	▶퇴적층 모래섞인 자갈 자갈size 5cm이하 담회색~암회색 습윤, 보통조밀 ▶풍화토										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-6	조 사 일	2013-02-28 ~ 2013-03-02
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+074.9(우7.8m) X = 447483.20 Y = 187827.48	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	75.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 10.5 M
케이싱심도	36.1 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0 S-20	50/15	실트질 모래 갈색 습윤, 매우조밀										
21.00	-21.00	2.40		21.0 S-21	50/10	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 갈색 매우조밀										
				22.0 S-22	50/10											
				23.0 S-23	50/8											
				24.0 S-24	50/7											
				25.0 S-25	50/8											
				26.0 S-26	50/6											
				27.0 N.S	50/4											
				28.0 N.S	50/4											
				29.0 N.S	50/4											
				30.0 N.S	50/4											
				31.0 N.S	50/4											
				32.0 N.S	50/4											
				33.0 N.S	50/3											
				34.0 N.S	50/3											
				35.0 N.S	50/2											
36.10	-36.10	15.10		36.0 N.S	50/2	▶연암층 편마암의 연암 담갈색~담회색 보통풍화 보통강함 보통균열~심한균열	97	13	3	3	3~4		25	1	10	
						*36.1~39.1m 3set(15°,45°,70°) Undulated/Rough~Smooth 전체적으로 절리발달	95	35	3	3	4		20	1	8	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-6	조 사 일	2013-02-28 ~ 2013-03-02
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+074.9(우7.8m) X = 447483.20 Y = 187827.48	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	75.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 10.5 M
케이싱심도	36.1 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						절리면 변질 및 산화철 피복 *39.1~42.1m 2set(15°,45°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 산화철 피복 41.7~42.1m 균열발달	95	35	3	3	4		20	1	8	
						*42.1~45.1m 2set(15°,45°) Undulated/Rough~Smooth 42.3~42.8m 절리발달 절리면 방해석 피복 43.5~43.7m 균열발달	98	18	3	3	4		25	2	9	
-45.10	-45.10	9.00														
						▶경암층 편마암의 경암 암회색 보통풍화~신선 보통강함~매우강함 보통균열~약간균열 *45.1~48.1m 2set(15°,60°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 방해석 피복	100	49	2~3	2~3	3		48	2	18	
						*48.1~51.1m 2set(30°,60°) Undulated/Rough~Smooth *51.1~54.1m 1set(15°) Undulated/Smooth	100	70	2	2	2		70	2	23	
						*54.1~57.1m 2set(15°,45°) Undulated/Rough~Smooth 54.5~54.9m 절리 및 균열발달 55.8~55.9m 파쇄발달 절리면 토사충진	100	83	1~2	1~2	2		86	4	37	
						*57.1~60.1m 2set(15°,45°) Undulated/Rough~Smooth 절리면 방해석 피복 *60.1~63.1m 2set(15°,45°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 방해석 피복	100	62	2	2	2		80	1	21	
						*63.1~66.1m 2set(15°,45°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복 *66.1~69.1m 1set(30°) Undulated/Smooth	100	83	1~2	1~2	2		60	4	25	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-6	조 사 일	2013-02-28 ~ 2013-03-02
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+074.9(우7.8m) X = 447483.20 Y = 187827.48	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	75.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 10.5 M
케이싱심도	36.1 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
							100	83	1~2	1~2	2		60	4	25	
						*69.1~72.1m 2set(15°,45°) Undulated/Smooth *72.1~75.1m 1set(15°) Undulated/Smooth	100	49	2	2	2		100	2	28	
							100	69	1~2	1~2	2		78	2	25	
							100	92	1~2	1~2	2		83	3	35	
							100	90	1	1	1~2		151	35	100	
							100	93	1	1	2		100	19	75	
75.10	-75.10	30.00				* 심도 75.10 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-7	조 사 일	2013년 6월 20일 ~ 2013년 6월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+335.0(우17.1m) X = 447667.840 Y = 189074.052	표 고	EL(+) 7.2 M

굴진심도	84.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안 종 현	지하수위	GL(-) 8.0 M
케이싱심도	25.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 (N/S)	터파기	* 매립토층(0.0~2.1m) - 실트질 모래 - 암갈색~암회색 - 폐콘크리트 및 아스콘 - 자갈 - 습윤										
2.1	5.1	2.1		2.0 S-1	10/30	* 퇴적토층(2.1~23.0m) - 모래질 실트(2.1~8.0m) - 암갈색~담회색 - 보통 견고~견고 - 습윤										
				3.0 S-2	6/30											
				4.0 S-3	7/30											
5				5.0 S-4	8/30											
				6.0 S-5	15/30											
				7.0 S-6	14/30											
8.0	-0.8	5.9		8.0 S-7	15/30	- 실트질 모래(8.0~9.5m) - 담회색 - 보통 조밀 - 습윤										
9.5	-2.3	1.5		9.0 S-8	11/30	- 실트질 자갈(9.5~11.5m) - 담회색 - 보통 조밀 - 습윤 - 자갈크기 : 직경 4cm 이내										
10				10.0 S-9	23/30											
11.5	-4.3	2.0		11.0 S-10	29/30	- 자갈섞인 실트질 모래(11.5~12.5m) - 담갈색 - 보통 조밀 - 습윤										
12.5	-5.3	1.0		12.0 S-11	21/30	- 실트질 자갈(12.5~23.0m) - 담회색 - 보통 조밀~매우 조밀 - 습윤 - 원마도 양호 - 자갈크기 : 직경 5cm 이내										
				13.0 S-12	48/30											
				14.0 S-13	50/25											
15				15.0 S-14	50/24											
				16.0 S-15	50/26											
				17.0 S-16	44/30											
				18.0 S-17	26/30											
				19.0 S-18	38/30											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-7	조 사 일	2013년 6월 20일 ~ 2013년 6월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+335.0(우17.1m) X = 447667.840 Y = 189074.052	표 고	EL(+) 7.2 M

굴진심도	84.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안 종 현	지하수위	GL(-) 8.0 M
케이싱심도	25.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
20				S-19	37/30											
				21.0												
				S-20	39/30											
				22.0												
				S-21	39/30											
23.0	-15.8	10.5		23.0												
				S-22	50/18	* 풍화토층(23.0~25.0m) - 실트질 모래 - 황갈색 - 매우 조밀 - 습윤										
				24.0												
				S-23	50/17											
25.0	-17.8	2.0		25.0												
25				S-24	50/9											
25.4	-18.2	0.4				* 풍화암층(25.0~25.4m) - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 황갈색 - 매우 조밀 - 습윤	100	70	1~2	1~2	2		77	2	24	
(27.5)	(-20.3)					*경암층 심도 : 25.40 ~ 84.50 m 호상 흑운모 편마암의 경암 보통풍화~신선 보통강함~매우강함 보통균열~약간균열 담회색~암회색 25.4~27.5m 5°,30°,60°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 및 산화철 피복	100	100	1~2	1~2	2		73	16	30	
30																
(30.5)	(-23.3)					27.5~30.5m 10°,65°절리군 2set 파동/거침, 평면/완만~경면 30.5~33.5m 5°,20°,55°절리군 3set 파동/거침	100	100	1~2	1~2	2		77	13	23	
(33.5)	(-26.3)					33.5~36.5m 15°,30°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복	100	99	1	1~2	2		60	3	25	
35																
(36.5)	(-29.3)					36.5~39.5m 20°,50°절리군 2set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복	100	98	1	1~2	2		54	3	30	
(39.5)	(-32.3)															
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-7	조 사 일	2013년 6월 20일 ~ 2013년 6월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+335.0(우17.1m) X = 447667.840 Y = 189074.052	표 고	EL(+) 7.2 M

굴진심도	84.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안 종 현	지하수위	GL(-) 8.0 M
케이싱심도	25.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40						39.5~42.5m 10°절리군 1set 파동/거칠 절리면 방해석 피복	100	98	1	1~2	2		100	5	52	
(42.5)	(-35.3)					42.5~45.5m 15°,50°절리군 2set 파동/거칠	100	98	1	1~2	2		165	6	50	
45																
(45.5)	(-38.3)					45.5~48.5m 10°,30°절리군 2set 파동/거칠	100	100	1	1	2		74	11	70	
(48.5)	(-41.3)					48.5~51.5m 5°,35°절리군 2set 파동/거칠	100	100	1	1	2		130	38	79	
50																
(51.5)	(-44.3)					51.5~54.5m 5°,35°절리군 2set 파동/거칠	100	97	1	1	2		70	9	60	
(54.5)	(-47.3)					54.5~57.5m 5°,30°,70°절리군 3set 파동/거칠	100	100	1	1	2		50	15	27	
55																
(57.5)	(-50.3)					57.5~60.5m 40°,60°절리군 2set 파동/완만~경면	100	90	1	1	2		60	8	25	
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-7	조 사 일	2013년 6월 20일 ~ 2013년 6월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+335.0(우17.1m) X = 447667.840 Y = 189074.052	표 고	EL(+) 7.2 M

굴진심도	84.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안 종 현	지하수위	GL(-) 8.0 M
케이싱심도	25.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60																
(60.5)	(-53.3)					60.5~62.5m 15°,65°절리군 2set 파동/완만, 평면/완만	100	75	1	1 ~ 2	2		45	7	30	
(62.5)	(-55.3)					62.5~63.4m 30°,60°절리군 2set 파동/거침~평면/완만 절리면 방해석 및 백운모 피복	100	83	1 ~ 2	1 ~ 2	3		32	3	18	
(63.4)	(-56.2)					63.4~66.5m 10°,30°,60°절리군 3set 파동/거침~평면/완만 절리면 방해석 및 백운모 피복	100	89	1 ~ 2	1 ~ 2	2		80	3	27	
65																
(66.5)	(-59.3)					66.5~69.5m 10°,35°,65°절리군 3set 파동/거침~완만	100	97	1 ~ 2	1 ~ 2	2		63	7	23	
(69.5)	(-62.3)					69.5~72.5m 15°,45°절리군 2set 파동/거침~완만 절리면 방해석 피복	100	100	1	1 ~ 2	2		80	10	50	
70																
(72.5)	(-65.3)					72.5~75.5m 10°,45°절리군 2set 파동/거침~평면/완만 절리면 방해석 피복	100	100	1	1 ~ 2	2		120	11	60	
75																
(75.5)	(-68.3)					75.5~78.5m 15°,35°절리군 2set 평면/완만 절리면 방해석 피복	100	100	1	1 ~ 2	2		45	11	30	
(78.5)	(-71.3)					78.5~81.5m 15°,35°절리군 2set 평면/완만 절리면 방해석 피복										
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-7	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+335.0(우17.1m) X = 447667.840 Y = 189074.052	표 고	EL(+) 7.2 M

굴진심도	84.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안 종 현	지하수위	GL(-) 8.0 M
케이싱심도	25.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
80																
(81.5)	(-74.3)					81.5~84.5m 10°,40°,70°절리군 3set 파동/거침~평면/완만 절리면 방해석 피복	100	98	1	1~2	2		75	2	31	
							100	98	1	1~2	2		79	3	35	
84.5	-77.3	29.1				* 심도 84.5m에서 시추종료										
85																
90																
95																
100																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-1	조 사 일	2013-03-22 ~ 2013-03-23
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.1+415.0(우14.0m) X = 447252.40 Y = 186182.00	표 고	EL(+) 9.4 M

굴진심도	30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김덕수	지하수위	GL(-) 5.5 M
케이싱심도	14 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.70	-2.70	2.70		1.0 S-1 2.0 S-2	7/30 9/30	▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 3cm이하 갈색, 습윤 느슨										
5.70	-5.70	3.00		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5	9/30 8/30 8/30	▶퇴적층 실트질 점토 암회색 습윤 보통견고~견고										
8.50	-8.50	2.80		6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8	13/30 11/30 10/30	▶퇴적층 모래질 점토 암회색 습윤 견고										
13.00	-13.00	4.50		9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13	13/30 16/30 17/30 32/30 50/30	▶퇴적층 실트질 모래,자갈 자갈size 2cm이하 갈색 습윤 보통조밀										
14.00	-14.00	1.00				▶풍화토 실트질 모래 회청색 조밀~매우조밀										
						▶연암층 편마암의 연암 회청색 보통풍화 보통강함 보통균열~심한균열	78	14	3	3	4		15	1	6	
						*14.0~16.5m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Smooth 14.0~14.9m 절리 및 균열발달 16.0~16.5m 절리 및 파쇄발달	84	9	3	3	4		13	2	8	
						*16.5~19.0m 3set(15°,45°,70°)	86	11	3	3	4		18	2	9	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-1	조 사 일	2013-03-22 ~ 2013-03-23
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.1+415.0(우14.0m) X = 447252.40 Y = 186182.00	표 고	EL(+) 9.4 M

굴진심도	30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김덕수	지하수위	GL(-) 5.5 M
케이싱심도	14 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						Undulated/Rough~Smooth 16.8~17.5m 수직절리발달 *19.0~21.8m 3set(15°, 70°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리 및 균열발달 19.3~19.4m 수직절리발달	86	11	3	3	4		18	2	9	
						*21.8~23.5m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Rough~Smooth 22.5~23.0m 절리 및 파쇄발달	91	6	3	3	4		10	1	7	
						*23.5~25.3m 3set(15°, 45°, 70°) Undulated/Smooth 부분적으로 절리 및 균열발달	83	12	3	3	4		12	1	7	
						*25.3~27.0m 3set(15°, 45°, 70°) Undulated/Smooth 부분적으로 절리발달	91	24	3	3	3~4		19	2	10	
						*27.0~30.0m 3set(15°, 45°, 70~80°)+R Undulated/Rough~Smooth 28.0~28.9m 절리 및 균열발달 28.9~29.1m 수직절리발달	97	20	3	3	3		20	1	11	
-30.00	-30.00	16.00														
						* 심도 30.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-2	조 사 일	2013-03-31 ~ 2013-03-31
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+537.0(우14.6m) X = 447226.14 Y = 186312.19	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	35.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 8.5 M
케이싱심도	16.5 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.30	-2.30	2.30		1.0 S-1 2.0 S-2		▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 5cm이하 갈색, 습윤										
10.90	-10.90	8.60		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10	2/30 3/30 4/30 4/30 5/30 4/30 4/30 5/30	▶퇴적층 실트질 점토 암회색~암갈색 습윤~젖음 매우연약~보통견고										
13.60	-13.60	2.70		11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13	9/30 12/30 22/30	▶퇴적층 실트질 모래 담갈색, 습윤 느슨~보통조밀										
16.00	-16.00	2.40		14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 N.S	38/30 50/15 50/4	▶풍화토 실트질 모래 회갈색 조밀~매우조밀										
16.50	-16.50	0.50				▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 회갈색, 매우조밀	80	39	3	3	3		34	1	11	
						▶연암층 편마암의 연암 회갈색 보통풍화~약간풍화 보통강함~강함	90	7	3	3	4		11	2	7	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-2	조 사 일	2013-03-31 ~ 2013-03-31
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+537.0(우14.6m) X = 447226.14 Y = 186312.19	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	35.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 8.5 M
케이싱심도	16.5 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
						보통균열~심한균열 *16.5~18.0m 2set(15°, 60°)+R Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 16.5~16.8m 코아회수율 저조	90	7	3	3	4		11	2	7	
						*18.0~21.0m 2set(15°, 45°)+R Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 산화철 피복	83	29	3	3	3~4		21	2	10	
						*21.0~24.0m 3set(15°, 45°, 70°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 산화철 피복 23.5~24.0m Core Loss	90	41	2~3	2~3	3		28	1	14	
						*24.0~27.0m 2set(15°, 60°)+R Undulated/Rough~Smooth 절리면 변질 및 산화철 피복 24.0~24.7m 절리 및 파쇄발달										
						*27.0~30.0m 3set(15°, 45°, 70~80°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 방해석 피복	100	29	2~3	2~3	3		30	2	16	
						*30.0~33.0m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 산화철 및 방해석 피복 31.0~31.5m 파쇄발달	90	17	3	3	3~4		22	1	10	
-33.00	-33.00	16.50														
						▶경암층 편마암의 경암 담회색~담갈색 약간풍화 강함 약간균열	100	51	2	2	3		41	2	19	
-35.50	-35.50	2.50														
						-3set(15°, 45°, 70°) -Undulated/Smooth * 심도 35.50 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-3	조 사 일	2013-02-26 ~ 2013-02-28
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.2+120.9(우21.9m) X = 447322.60 Y = 186886.98	표 고	EL(+) 9.4 M

굴진심도	68.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 2.8 M
케이싱심도	12.6 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.90	-2.90	2.90		1.0 S-1 2.0 S-2	2/30	▶매립층 점토질 모래 갈색 습윤 매우느슨										
5.60	-5.60	2.70		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5	5/30 5/30 4/30	▶퇴적층 실트질 점토 암회색 습윤~젖음 연약~보통견고										
8.70	-8.70	3.10		6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8	7/30 7/30 9/30	▶퇴적층 자갈섞인 고소성 점토 자갈size 3cm이하 갈색 습윤~젖음 보통견고~견고										
10.00	-10.00	1.30		9.0 S-9 10.0 S-10	29/30 50/8	▶풍화토 실트질 모래 갈색 습윤, 보통조밀										
12.60	-12.60	2.60		11.0 S-11 12.0 N.S	50/5 50/2	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 부분적으로 맥암협재 갈색, 매우조밀										
16.80	-16.80	4.20				▶연암층 편마암의 연암 담갈색~담회색 보통풍화 보통강함 보통균열	84	31	3	3	3		45	2	13	
						*12.6~15.1m 2set(15°, 45°) Undulated/Rough 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 산화철 피복	97	21	3	3	3		25	2	11	
						*15.1~16.8m 3set(15°, 45°, 70°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 산화철 피복	100	63	2~3	2~3	2		50	3	21	
						▶경암층 편마암의 경암	96	74	2	2	2		70	4	30	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-3	조 사 일	2013-02-26 ~ 2013-02-28
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.2+120.9(우21.9m) X = 447322.60 Y = 186886.98	표 고	EL(+) 9.4 M

굴진심도	68.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 2.8 M
케이싱심도	12.6 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						담회색~담청색 약간풍화~신선 강함~매우강함 보통균열~약간균열 *16.8~19.8m 3set(15°,45°,70°) Undulated/Rough~Smooth 16.8~18.1m 절리발달 절리면 변질 17.1m부근 절리면 토사충진	96	74	2	2	2		70	4	30	
						*19.8~22.5m 1set(15°) Undulated/Smooth 21.8m부근 절리면 토사충진	100	59	2	2	2~3		53	4	20	
						*22.5~25.5m 3set(15°,45°,70°) Undulated/Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 방해석 피복	100	79	2	2	2		74	15	35	
						*25.5~27.2m 1set(45°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복 *27.2~30.1m 2set(15°,60°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 방해석 피복	97	68	2	2	2		59	3	22	
						*30.1~32.6m 2set(15°,45°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 방해석 피복	100	73	2	2	2		66	7	35	
						*32.6~34.1m 3set(15°,45°,80°)+R Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 방해석 피복 33.2~33.4m 파쇄발달	87	23	3	3	4		15	1	8	
						*34.1~36.1m 2set(15°,45°) Undulated/Rough~Smooth 절리면 방해석 피복 *36.1~39.1m 2set(30°,60°) Undulated/Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 방해석 피복	98	59	2	2	2~3		44	2	20	
						*39.1~42.1m 2set(15°,45°) Undulated/Smooth 41.5~41.8m 수직절리발달 *42.1~45.1m 1set(15°) Undulated/Smooth	100	48	2	2	2		105	3	22	
							100	65	2	2	2		60	4	23	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-3	조 사 일	2013-02-26 ~ 2013-02-28
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.2+120.9(우21.9m) X = 447322.60 Y = 186886.98	표 고	EL(+) 9.4 M

굴진심도	68.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 2.8 M
케이싱심도	12.6 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*45.1~48.1m 2set(15°,45°) Undulated/Smooth *48.1~51.1m 1set(15°) Undulated/Smooth	100	65	2	2	2		60	4	23	
						*51.1~54.1m 2set(15°,60°) Undulated/Smooth *54.1~57.1m 2set(30°,60°) Undulated/Smooth	100	73	1~2	1~2	2		68	4	35	
						*57.1~60.1m 1set(60°) Undulated/Smooth *60.1~63.1m 2set(15°,60°) Undulated/Smooth	100	80	1	1	2		136	17	48	
						*63.1~65.5m 2set(15°,45°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복 *65.5~68.2m 2set(15°,60°) Undulated/Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 방해석 피복	100	93	1	1	1		175	10	70	
							98	88	1	1	1		180	25	80	
							98	60	1~2	1~2	2		73	5	32	
							100	90	1	1	1		220	45	105	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-3	조 사 일	2013-02-26 ~ 2013-02-28
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.2+120.9(우21.9m) X = 447322.60 Y = 186886.98	표 고	EL(+) 9.4 M

굴진심도	68.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 2.8 M
케이싱심도	12.6 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
							100	90	1	1	1		220	45	105	
							100	68	1	1	2		140	7	60	
							100	70	2	2	2		78	5	35	
							100	73	2	2	2		58	3	30	
68.20	-68.20	51.40				* 심도 68.20 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-4	조 사 일	2013-03-01 ~ 2013-03-03
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.2+380.0(우21.7m) X = 447362.59 Y = 187143.04	표 고	EL(+) 8.8 M

굴진심도	67.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.2 M
케이싱심도	21.7 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.50	-2.50	2.50		1.0 S-1 2.0 S-2	4/30	▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 3cm이하 갈색 습윤, 느슨										
12.60	-12.60	10.10		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12	3/30 5/30 4/30 5/30 8/30 4/30 6/30 8/30 6/30 7/30	▶퇴적층 실트질 점토 암회색 습윤~젖음 연약~견고										
13.80	-13.80	1.20		13.0 S-13	23/30	▶퇴적층 실트섞인 모래 갈색 습윤, 보통조밀										
14.70	-14.70	0.90		14.0 S-14	41/30											
20.00	-20.00	5.30		15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	27/30 27/30 34/30 42/30 50/15	▶퇴적층 모래섞인 자갈 자갈size 5cm이하 암회색 습윤, 조밀 ▶풍화토 실트질 모래 황갈색 습윤 보통조밀~매우조밀										
					50/10											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-4	조 사 일	2013-03-01 ~ 2013-03-03
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.2+380.0(우21.7m) X = 447362.59 Y = 187143.04	표 고	EL(+) 8.8 M

굴진심도	67.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.2 M
케이싱심도	21.7 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
				20.0												
				S-20	50/10	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 부분적으로 맥암협재 갈색, 매우조밀										
21.70	-21.70	1.70		21.0 S-21	50/6											
22.10	-22.10	0.40					75	0	3	3	5		5	1	3	
						▶연암층 편마암의 연암 담회색 보통풍화 보통강함 매우심한균열 *21.7~22.1m 2set(30°, 60°)+R Undulated/Rough~Smooth 절리면 변질	100	67	2	2	2		121	4	40	
							100	97	1	1	2		125	15	45	
						▶경암층 편마암의 경암 암회색 약간풍화~신선 강함~매우강함 보통균열~약간균열 *22.1~24.1m 3set(15°,45°,70°) Undulated/Smooth 22.1~22.8m 절리발달 및 변질	100	96	1	1	2		108	5	35	
						*24.1~27.1m 1set(15°) Undulated/Smooth 26.4~26.5m 절리면 방해석 피복 *27.1~30.1m 1set(15°) Undulated/Smooth	100	93	1	1	2		132	4	42	
						*30.1~33.1m 2set(15°,60°) Undulated/Rough~Smooth 32.9~33.1m 절리면 변질	100	85	1	1	2		95	5	38	
						*33.1~36.1m 2set(15°,60°) Undulated/Rough~Smooth 35.2~35.5m 절리면 방해석 피복 절리면 토사충진										
						*36.1~39.1m 1set(15°) Undulated/Smooth	100	97	1	1	2		136	8	55	
						*39.1~42.1m 2set(15°.60°) Undulated/Smooth										
						*42.1~45.1m 1set(15°) Undulated/Smooth	100	87	1	1	2		190	4	75	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-4	조 사 일	2013-03-01 ~ 2013-03-03
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.2+380.0(우21.7m) X = 447362.59 Y = 187143.04	표 고	EL(+) 8.8 M

굴진심도	67.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.2 M
케이싱심도	21.7 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*45.1~47.2m 2set(30°,60°) Undulated/Rough~Smooth 46.1~46.6m 절리 및 균열발달 절리면 변질	100	87	1	1	2		190	4	75	
						*47.2~49.6m 2set(15°,45°) Undulated/Rough~Smooth 47.2~48.2m 절리발달 절리면 방해석 피복	100	97	1~2	1~2	2		102	1	32	
						*49.6~52.6m 1set(15°) Undulated/Smooth										
						*52.6~55.6m 1set(15°) Undulated/Smooth	95	52	2	2	3		37	1	18	
						*55.6~58.6m 2set(15°,60°) Undulated/Smooth										
						*58.6~61.6m 2set(15°,70°) Undulated/Smooth	100	69	2	2	2~3		90	2	20	
						*61.6~64.6m 1set(15°) Undulated/Smooth										
						*64.6~67.5m 2set(15°,80°) Undulated/Rough~Smooth 66.5~67.0m 절리발달	100	98	1	1	2		185	7	70	
							100	100	1	1	1		260	40	150	
							100	91	1	1	2		110	5	58	
							100	90	1	1	2		116	7	42	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-4	조 사 일	2013-03-01 ~ 2013-03-03
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.2+380.0(우21.7m) X = 447362.59 Y = 187143.04	표 고	EL(+) 8.8 M

굴진심도	67.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.2 M
케이싱심도	21.7 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
							100	90	1	1	2		116	7	42	
							100	97	1	1	1~2		183	18	100	
							100	78	1	1	1~2		142	3	38	
67.50	-67.50	45.40				* 심도 67.50 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-5	조 사 일	2013-02-05 ~ 2013-02-08
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.2+840.1(우14.0m) X = 447492.18 Y = 187587.20	표 고	EL(+) 8.7 M

굴진심도	73 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 7.5 M
케이싱심도	19.5 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.20	-2.20	2.20		1.0 S-1 2.0 S-2		▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 7cm이하 갈색, 습윤										
				3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16	3/30 4/30 4/30 5/30 5/30 5/30 6/30 6/30 7/30 7/30 7/30 9/30 7/30 9/30	▶퇴적층 실트질 점토 암회색~황갈색 습윤~젖음 연약~견고								
16.50	-16.50	14.30		17.0 S-17 18.0 S-18	50/12 50/7	▶풍화토 세립~조립 모래 갈색, 습윤 매우조밀										
18.00	-18.00	1.50		19.0 S-19	50/5	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 갈색, 매우조밀	82	16	3	3	4		15	1	6	
19.50	-19.50	1.50														

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-5	조 사 일	2013-02-05 ~ 2013-02-08
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.2+840.1(우14.0m) X = 447492.18 Y = 187587.20	표 고	EL(+) 8.7 M

굴진심도	73 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 7.5 M
케이싱심도	19.5 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
						▶연암층 편마암의 연암 담갈색~담회색 보통풍화 보통강함 심한균열~매우심한균열	82	16	3	3	4		15	1	6	
						*19.5~22.0m 3set(15°, 45°,70°)+R Undulated/Rough 절리면 변질 및 산화철 피복 19.5~20.0m 코아회수율 저조 20.0~20.8m 절리 및 균열발달	90	12	3	3	4		23	2	7	
						*22.0~23.5m 2set(15°, 45°)+R Undulated/Rough 절리면 변질 및 산화철 피복 22.5~22.9m 석영맥 22.5~23.5m 절리 및 균열발달	95	7	3	3	4~5		14	1	5	
						*23.5~26.0m 3set(15°, 45°, 80°)+R Undulated/Rough 전체적으로 절리 및 균열발달 절리면 변질 및 산화철 피복 24.2~25.8m 석영맥	100	5	3	3	4		15	NA	6	
						*26.0~29.0m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Rough 전체적으로 절리 및 균열발달 절리면 변질 및 산화철 피복 26.8~27.0m 파쇄발달	100	12	3	3	4		16	1	6	
						*29.0~32.0m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Rough 부분적으로 절리면 변질 31.0~31.2m 파쇄발달 31.6~32.0m 절리 및 균열발달 *32.0~35.0m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Rough 32.0~33.4m 절리 및 파쇄발달 코아회수율 저조	73	0	3	3	4~5		8	NA	5	
						*35.0~38.0m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Rough 절리면 변질 및 산화철 피복 35.1~37.4m 절리 및 파쇄발달 36.1~36.9m Core Loss	73	21	3	3	4		41	1	8	
						*38.0~41.0m 2set(45°, 70°)+R Undulated/Rough 부분적으로 절리면 변질 38.3~41.0m 절리 및 파쇄발달 코아회수율 저조	50	6	3	3	4~5		15	NA	5	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-5	조 사 일	2013-02-05 ~ 2013-02-08
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.2+840.1(우14.0m) X = 447492.18 Y = 187587.20	표 고	EL(+) 8.7 M

굴진심도	73 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 7.5 M
케이싱심도	19.5 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*41.0~42.0m 2set(30°, 70°)+R Undulated/Rough~Smooth 코아회수율 저조	50	6	3	3	4~5		15	NA	5	
							50	14	3	3	4~5		14	NA	5	
-42.00	-42.00	22.50				▶경암층 편마암의 경암 담회색~담청색 신선~보통풍화 매우강함~보통강함 약간균열~심한균열 *42.0~44.1m 1set(15°) Undulated/Smooth *44.1~47.1m 2set(15°, 30°) Undulated/Smooth *47.1~50.0m 2set(15, 70°) Undulated/Smooth *50.0~53.0m 2set(30°, 70°) Undulated/Smooth *53.0~56.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth *56.0~59.0m 2set(15°, 60°) Undulated/Smooth *59.0~62.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth 부분적으로 절리발달 *62.0~65.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth 62.3~62.8m 절리 및 균열발달 64.8~65.0m 절리면 별질 *65.0~66.0m 2set(15°, 45°)+R Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리 및 균열발달 절리면 변질 및 산화철 피복 65.7~65.8m 절리면 토사충진 *66.0~69.0m 3set(15°, 45°, 70°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리 및 균열발달 68.5~68.6m 파쇄발달	100	81	1	1	2		65	2	32	
							100	85	1	1	2		80	5	36	
							100	67	2	2	2		70	3	30	
							100	73	1	1	2		45	3	25	
							100	79	1	1	2		85	7	38	
							100	78	1	1	2		133	3	47	
							100	57	2	2	2		51	3	23	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-5	조 사 일	2013-02-05 ~ 2013-02-08
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.2+840.1(우14.0m) X = 447492.18 Y = 187587.20	표 고	EL(+) 8.7 M

굴진심도	73 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 7.5 M
케이싱심도	19.5 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*69.0~72.0m 3set(15°, 45°, 70°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리 및 균열발달 70.5~70.7m 파쇄발달 71.2~71.3m 파쇄발달	100	57	2	2	2		51	3	23	
						*72.0~73.0m 1set(15°) Undulated/Smooth	90	42	2	2	2		74	1	22	
							90	10	2~3	2~3	4~5		10	1	5	
							100	18	2~3	2~3	4		17	1	7	
							93	54	2	2	3		51	1	18	
-73.00	-73.00	31.00					100	87	1	1	2		48	18	32	
						* 심도 73.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-6	조 사 일	2013-03-27 ~ 2013-03-29
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+364.0(우9.9m) X = 447525.62 Y = 188113.54	표 고	EL(+) 9.9 M

굴진심도	78 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 14.5 M
케이싱심도	18.8 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.20	-2.20	2.20		1.0 S-1 2.0 S-2		▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 5cm이하 갈색, 습윤										
7.00	-7.00	4.80		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0	2/30 5/30 5/30 7/30 7/30	▶퇴적층 실트질 점토 황갈색~암회색 습윤~젖음 매우연약~보통견고										
10.90	-10.90	3.90		S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11	8/30 5/30 7/30 18/30	▶퇴적층 모래섞인 실트 갈색 습윤 보통견고~견고										
14.60	-14.60	3.70		12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14	23/30 20/30 14/30	▶퇴적층 실트섞인 모래 갈색 습윤 보통조밀										
17.70	-17.70	3.10		15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17	10/30 11/30 13/30	▶퇴적층 실트 암회색 습윤 견고										
18.80	-18.80	1.10		18.0 N.S	7/30	▶퇴적층 모래섞인 자갈 자갈size 5cm이하 갈색, 습윤, 매우조밀	74	36	3	3	3		39	2	15	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-6	조 사 일	2013-03-27 ~ 2013-03-29
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+364.0(우9.9m) X = 447525.62 Y = 188113.54	표 고	EL(+) 9.9 M

굴진심도	78 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 14.5 M
케이싱심도	18.8 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						▶연암층 편마암의 연암 담갈색~담회색 보통풍화 보통강함 보통균열~심한균열	74	36	3	3	3		39	2	15	
						*18.8~21.3m 3set(15°, 45°, 70°)+R Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 산화철 및 방해석 피복	92	32	3	3	3~4		17	1	10	
-24.00	-24.00	5.20				*21.3~24.0m 3set(15°, 45°, 70°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 방해석 피복 22.2~22.4m 균열발달	100	68	2	2	2		100	3	32	
						▶경암층 편마암의 경암 담회색~담청색 보통풍화~약간풍화 보통강함~강함 심한균열~약간균열 *24.0~27.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복	100	65	2	2	2		85	2	21	
						*27.0~30.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 *30.0~33.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth	100	67	2	2	2~3		65	4	20	
						*33.0~36.0m 3set(15°, 45°, 70~80°) Undulated/Smooth *36.0~39.0m 3set(15°, 45°, 70°) Undulated/Smooth	97	73	2	2	2		103	5	28	
						*39.0~42.0m 2set(15°, 60°) Undulated/Rough~Smooth 절리면 방해석 피복 *42.0~45.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리발달 절리면 방해석 피복	100	67	2	2	2		81	3	30	
						*45.0~48.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Rough~Smooth	100	64	2	2	2		84	3	25	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-6	조 사 일	2013-03-27 ~ 2013-03-29
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+364.0(우9.9m) X = 447525.62 Y = 188113.54	표 고	EL(+) 9.9 M

굴진심도	78 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 14.5 M
케이싱심도	18.8 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
						*48.0~51.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복 50.0~51.0m 석영맥	100	64	2	2	2		84	3	25	
						*51.0~54.0m 2set(15°, 60°) Undulated/Rough~Smooth 절리면 방해석 피복	100	46	2	2	3		36	2	17	
						*54.0~57.0m 2set(15°, 60°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복										
						*57.0~60.0m 3set(15°, 45°, 70°) Undulated/Rough~Smooth										
						*60.0~63.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Rough~Smooth 60.0~61.3m 절리발달 60.1~60.2m 수직절리발달	100	48	2	2	2		125	3	35	
						*63.0~66.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Rough~Smooth										
						*66.0~69.0m 2set(15°, 45°) Undulated/Rough~Smooth	100	70	2	2	2		118	9	40	
						*69.0~72.0m 2set(15°, 70°) Undulated/Rough~Smooth										
						*72.0~75.0m 3set(15°, 45°, 70°) Undulated/Smooth	100	75	2	2	2		103	4	30	
						*75.0~78.0m 3set(45°, 70°) Undulated/Smooth										
							92	63	2	2	2		55	2	21	
							97	30	2~3	2~3	3		33	1	12	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-6	조 사 일	2013-03-27 ~ 2013-03-29
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+364.0(우9.9m) X = 447525.62 Y = 188113.54	표 고	EL(+) 9.9 M

굴진심도	78 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 14.5 M
케이싱심도	18.8 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
							100	28	3	3	3~4		30	2	10	
							100	70	2	2	2		75	3	25	
							100	77	2	2	2		60	5	30	
							97	57	2	2	2~3		74	2	20	
							100	47	2	2	2~3		65	2	20	
							97	50	2	2	2		75	3	23	
78.00	-78.00	54.00														
						* 심도 78.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-7	조 사 일	2013-02-22 ~ 2013-02-25
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+499.5(우12.6m) X = 447592.22 Y = 188238.91	표 고	EL(+) 9.6 M

굴진심도	80.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 14 M
케이싱심도	25.4 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
3.50	-3.50	3.50		1.0 S-1 2.0 S-2 3.0 S-3	4/30 8/30	▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 5cm이하 갈색 습윤										
10.70	-10.70	7.20		4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10	7/30 4/30 3/30 6/30 6/30 13/30 18/30	▶퇴적층 실트질 점토 회갈색~황갈색 습윤~젖음 연약~견고										
				11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	12/30 12/30 14/30 15/30 15/30 15/30 12/30 17/30 14/30 17/30	▶퇴적층 실트질 모래 갈색~암회색 습윤 보통조밀~조밀										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-7	조 사 일	2013-02-22 ~ 2013-02-25
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+499.5(우12.6m) X = 447592.22 Y = 188238.91	표 고	EL(+) 9.6 M

굴진심도	80.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 14 M
케이싱심도	25.4 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0	17/30											
				S-20												
				21.0	23/30											
21.50	-21.50	10.80		S-21		▶퇴적층 모래섞인 자갈 자갈size 7cm이하 갈색 습윤, 조밀										
				22.0	37/30											
22.50	-22.50	1.00		S-22												
				23.0	23/30											
				S-23												
24.00	-24.00	1.50		24.0	50/12											
				S-24												
24.60	-24.60	0.60		25.0	50/2	▶퇴적층 실트섞인 모래 갈색 습윤, 보통조밀										
25.40	-25.40	0.80		N.S												
						▶퇴적층 모래섞인 자갈 자갈size 5cm이하 갈색 습윤, 매우조밀	91	13	3	3	4		22	1	7	
						▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 갈색, 매우조밀	100	47	2~3	3	3		62	3	15	
30.10	-30.10	4.70				▶연암층 편마암의 연암 담갈색~담회색 보통풍화~신선 보통강함~강함 보통균열~심한균열 *25.4~27.1m 2set(15°, 45°)+R Undulated/Rough 부분적으로 절리발달 절리면 변질 및 산화철 피복 25.7~25.9m 절리 및 균열발달 25.9~26.2m 수직절리발달	93	75	1~2	1~2	2		85	11	32	
						*27.1~30.1m 2set(30°, 60°)+R Undulated/Rough~Smooth 27.1~27.5m 절리 및 균열발달 27.9~28.2m 절리 및 균열발달	100	72	2	2	2		40	3	21	
						▶경암층 편마암의 경암 담회색~담청색 약간풍화~신선 강함~매우강함 보통균열~약간균열 *30.1~33.1m 1set(60°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복	92	63	2	2	2		53	5	25	
							87	47	1~2	1~2	2		62	6	28	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-7	조 사 일	2013-02-22 ~ 2013-02-25
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+499.5(우12.6m) X = 447592.22 Y = 188238.91	표 고	EL(+) 9.6 M

굴진심도	80.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 14 M
케이싱심도	25.4 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						32.6~32.7m 절리면 토사충진	87	47	1~2	1~2	2		62	6	28	
						*33.1~36.1m 2set(30°,60°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복 35.7~35.9m 절리 및 균열발달	100	80	1~2	1~2	2		71	13	38	
						*36.1~38.5m 2set(10°,45°) Undulated/Rough~Smooth 절리면 방해석 피복 37.0~37.1m 균열발달										
						*38.5~40.5m 1set(45°) Undulated/Smooth	94	29	2~3	2~3	3		17	2	11	
						*40.5~43.5m 3set(15°,45°,80°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복	100	55	2	2	2		85	3	23	
						*43.5~45.1m 2set(30°,60°) Undulated/Smooth 44.8~45.1m 절리발달 절리면 방해석 피복										
						*45.1~48.1m 3set(15°,45°,60°) Undulated/Rough~Smooth 45.1~46.0m 절리발달 절리면 방해석 피복	100	85	1	1	2		118	6	45	
						*48.1~51.1m 2set(15°,30°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복										
						*51.1~54.1m 3set(15°,45°,80°) Undulated/Rough~Smooth 52.9~54.0m 절리발달 절리면 토사충진	100	63	2	2	2		130	10	30	
						*54.1~57.1m 2set(15°,45°) Undulated/Rough~Smooth 절리면 방해석 피복 56.7~57.0m 절리발달 절리면 토사충진	95	47	2	2	3		50	1	18	
						*57.1~60.1m 1set(30°) Undulated/Rough~Smooth 58.7~58.9m 절리발달										
						*60.1~63.1m 2set(15°,45°) Undulated/Smooth	100	62	2	2	2~3		55	3	20	
						*63.1~66.1m 2set(15°,45°) 절리면 방해석 피복										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-7	조 사 일	2013-02-22 ~ 2013-02-25
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+499.5(우12.6m) X = 447592.22 Y = 188238.91	표 고	EL(+) 9.6 M

굴진심도	80.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 14 M
케이싱심도	25.4 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
							100	62	2	2	2~3		55	3	20	
						*66.1~69.1m 2set(15°,45°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복	100	73	1~2	1~2	2		105	5	37	
						*69.1~72.0m 1set(15°) Undulated/Smooth										
						*72.0~75.0m 1set(15°) Undulated/Smooth										
						*75.0~78.0m 2set(30°,70°) Undulated/Smooth 절리면 방해석 피복	100	66	2	2	2		80	3	28	
						*78.0~80.2m 3set(15°,45°,70°) Undulated/Rough~Smooth 절리면 방해석 피복 78.1~78.7m 절리발달	100	77	2	2	2		68	4	22	
							97	79	1	1	2		92	5	42	
							100	80	1	1	2		135	20	55	
							100	77	1	1	2		90	12	40	
							98	45	2	2	2~3		30	2	20	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-7	조 사 일	2013-02-22 ~ 2013-02-25
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+499.5(우12.6m) X = 447592.22 Y = 188238.91	표 고	EL(+) 9.6 M

굴진심도	80.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 14 M
케이싱심도	25.4 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
							98	45	2	2	2~3		30	2	20	
-80.20	-80.20	50.10				* 심도 80.20 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-8	조 사 일	2013년 2월 23일 ~ 2013년 2월 25일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+734.8(좌2.3m) X = 447594.60 Y = 188478.04	표 고	EL(+) 8.8 M

굴진심도	81.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 12.3 M
케이싱심도	28.0 M	시 추 기	OP-4000	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~3.5m) - 자갈섞인 모래 - 암갈색~담회색 - 습윤 - 자갈크기 : 직경 2~4cm										
				2.0 S-2	16/30	- 2.0~2.5m : 자갈우세										
				3.0 S-3	11/30											
3.5	5.3	3.5														
				4.0 S-4	5/30	* 퇴적토층(3.5~21.7m) - 모래질 실트(3.5~8.0m) 보통견고~견고 담녹색 습윤~젖음										
5				5.0 S-5	7/30											
				6.0 S-6	8/30											
				7.0 S-7	9/30											
8.0	0.8	4.5		8.0	9/30											
				S-8		- 실트질 점토(8.0~11.5m) 견고 담녹색 습윤~젖음										
				9.0 S-9	12/30											
10				10.0 S-10	10/30											
				11.0 S-11	9/30											
11.5	-2.7	3.5														
				12.0 S-12	9/30	- 소량의 잔자갈섞인 실트질 모래 (11.5~16.7m) 느슨~조밀 담녹색~담회색 습윤~젖음 14.8~15.6m : 자갈우세										
				13.0 S-13	10/30											
				14.0 S-14	14/30											
15				15.0 S-15	33/30											
				16.0 S-16	30/30											
16.7	-7.9	5.2														
				17.0 S-17	50/19	- 모래질 자갈(16.7~21.7m) 매우조밀(자갈의 영향) 담회색~담갈색 습윤~젖음 자갈크기 : 직경 1~8cm										
				18.0 S-18	50/20											
				19.0 S-19	50/13											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-8	조 사 일	2013년 2월 23일 ~ 2013년 2월 25일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+734.8(좌2.3m) X = 447594.60 Y = 188478.04	표 고	EL(+) 8.8 M

굴진심도	81.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 12.3 M
케이싱심도	28.0 M	시 추 기	OP-4000	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0												
				S-20	50/24											
				21.0												
				S-21	50/11											
21.7	-12.9	5.0														
				22.0		* 풍화토층(21.7~28.0m)										
				S-22	7/30	- 실트질 모래										
				23.0		- 느슨~매우조밀										
				S-23	7/30	- 담갈색~담회색										
				24.0		- 습윤										
				S-24	9/30	- 소량의 암편 함유										
25				25.0		- 27.0~28.0m : 암편코아 회수										
				S-25	10/30											
				26.0												
				S-26	20/30											
				27.0												
				S-27	50/13											
28.0	-19.2	6.3														28.0
						* 경암층(28.0~81.0m) - 흑운모편마암의 경암 - 신선한 암반~심한풍화 - 보통강함~매우강함 - 약간균열~괴상 - 흑색, 암회색 - 우백미 및 흑색 교호 - 편리 : 20~30°	100	67	2~3	3	3~4		52	2	27	
30						·28.0~30.7m - 절리군 : 2조(10~20°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 산화철 피복	100	48	3~4	3~4	3		23	4	14	30.7
						·30.7~33.7m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 산화철 피복 - 31.0~31.7m : 차별풍화(심한풍화상태)										33.7
35						·33.7~36.7m - 절리군 : 2조(10°, 45°) - 절리면 : 평면/완만,파동/거침 부분적 녹니석 피복	100	98	1~2	1~2	2~3		70	24	43	
						·36.7~39.7m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/경면,평면/거침 부분적 실트질 모래 충진	100	81	1~2	2	2~3		70	7	12	36.7
40																39.7

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-8	조 사 일	2013년 2월 23일 ~ 2013년 2월 25일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+734.8(좌2.3m) X = 447594.60 Y = 188478.04	표 고	EL(+) 8.8 M

굴진심도	81.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 12.3 M
케이싱심도	28.0 M	시 추 기	OP-4000	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
40						·39.7~42.7m (우백대) - 절리군 : 2조(10°, 45°) - 절리면 : 평면/경면,평면/거침 - 41.7~42.7m : 우백대 우세	100	100	1	1	1		120	10	75	
						·42.7~45.7m (우백대) - 절리군 : 1조(10°) - 절리면 : 평면/거침 방해석 피복	100	100	1	1	1		180	120	150	42.7
45						·45.7~48.7m (우백대) - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/완만 - 우백대 및 흑색 교호	100	100	1	1	1		220	80	150	45.7
						·48.7~51.7m (우백대) - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/경면,평면/완만	100	100	1	1	1		130	70	100	48.7
50						·51.7~54.7m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	96	1	1	1		84	42	50	51.7
						·54.7~57.7m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/경면,평면/거침 흑운모 피복	100	92	1~2	1	2~3		68	1	30	54.7
55						·57.7~60.7m - 절리군 : 2조(30°, 90°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	93	1~2	1	3		54	16	20	57.7
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-8	조 사 일	2013년 2월 23일 ~ 2013년 2월 25일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+734.8(좌2.3m) X = 447594.60 Y = 188478.04	표 고	EL(+) 8.8 M

굴진심도	81.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 12.3 M
케이싱심도	28.0 M	시 추 기	OP-4000	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60																
						·60.7~63.7m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	84	1~2	1~2	2~3		140	8	36	60.7
						·63.7~66.7m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	79	1~2	1~2	2~3		110	4	36	63.7
65																
						·66.7~69.7m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/경면,평면/거침 흑운모 피복	100	86	1~2	1~2	2~3		86	6	28	66.7
						·69.7~72.7m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 흑운모 피복	100	84	1~2	1~2	2~3		84	8	34	69.7
70																
						·72.7~75.7m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/경면,평면/완만 흑운모 피복 - 72.7~74.6m : 변질구간(열수변질)	100	92	1~2	1~2	2~3		92	6	40	72.7
75																
						·75.7~78.7m - 절리군 : 2조(0~20°, 30°) - 절리면 : 평면/경면,평면/완만	100	97	1~2	1	2~3		100	2	50	75.7
																78.7
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-8	조 사 일	2013년 2월 23일 ~ 2013년 2월 25일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.3+734.8(좌2.3m) X = 447594.60 Y = 188478.04	표 고	EL(+) 8.8 M

굴진심도	81.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 12.3 M
케이싱심도	28.0 M	시 추 기	OP-4000	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
80			+ + + + + +			·78.7~81.2m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	98	1 ~ 2	1	3		40	4	18	
81.2	-72.4	53.2				* 심도 81.2m에서 시추종료										81.2
85																
90																
95																
100																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-9	조 사 일	2013년 2월 26일 ~ 2013년 2월 27일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+860.7(우11.7m) X = 447646.85 Y = 188595.97	표 고	EL(+) 8.6 M

굴진심도	83.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 13.0 M
케이싱심도	21.3 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~2.3m) - 모래질 자갈 - 느슨 - 담갈색, 담녹색 - 습윤										
2.3	6.3	2.3		2.0	6/30											
				S-2 3.0	7/30	* 퇴적토층(2.3~21.3m) - 모래질 실트(2.3~3.5m) 보통견고 담갈색, 담녹색 습윤~젖음										
				S-3 4.0	8/30											
				S-4 5.0	7/30											
5				S-5 6.0	7/30											
6.5	2.1	4.2		S-6												
				7.0 S-7	16/30	- 실트질 모래(6.5~9.8m) 보통조밀 담녹색 습윤										
				8.0 S-8	12/30											
				9.0 S-9	14/30											
9.8	-1.2	3.3		10.0												
10				S-10	8/30	- 실트질 점토(9.8~11.8m) 보통견고 담녹색 습윤										
				11.0 S-11	7/30											
11.8	-3.2	2.0		12.0												
				S-12	22/30	- 실트질 모래(11.8~16.6m) 보통조밀 담녹색 습윤										
				13.0 S-13	21/30											
				14.0 S-14	22/30											
15				15.0 S-15	25/30											
				16.0 S-16	27/30											
16.6	-8.0	4.8														
				17.0 S-17	43/30	- 모래질 자갈(16.6~21.3m) 조밀~매우조밀(자갈의 영향) 담갈색~담회색 습윤 자갈크기 : 직경 1~12cm										
				18.0 S-18	50/13											
				19.0 S-19	50/20											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-9	조 사 일	2013년 2월 26일 ~ 2013년 2월 27일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+860.7(우11.7m) X = 447646.85 Y = 188595.97	표 고	EL(+) 8.6 M

굴진심도	83.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 13.0 M
케이싱심도	21.3 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 S-20 21.0 S-21	50/17 50/9											
21.3	-12.7	4.7				* 연암층(21.3~22.8m) - 흑운모편마암의 연암 - 보통풍화~심한풍화 - 보통강함~약함	87	13	3 ~ 4	3 ~ 4	4	CL	10	N/A	N/A	21.3
22.8	-14.2	1.5				- 심한균열 - 암회색 - 편리 : 20~30° - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침, 산화철 피복 실트질 모래 충진	100	97	1	1 ~ 2	2		165	10	95	22.8
25						* 경암층(22.8~83.2m) - 흑운모편마암의 경암 - 신선한 암반~심한풍화 - 매우강함~보통강함 - 괴상~보통균열 - 암회색 ·22.8~24.7m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 산화철 피복 - 23.2~23.5m : 석영맥	100	100	1	1	1		180	40	150	24.7
30						·24.7~27.7m - 절리군 : 1조(10°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	86	2 ~ 3	1 ~ 2	2 ~ 3		100	2	35	27.7
35						·27.7~30.7m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복 ·30.3~33.7m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복	100	84	1	1 ~ 2	2 ~ 3		66	14	36	30.7
40						·33.7~36.7m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	92	1	1 ~ 2	2 ~ 3		80	24	45	33.7
						·36.7~39.7m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	97	1	1	2 ~ 3		180	20	60	36.7 39.7

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-9	조 사 일	2013년 2월 26일 ~ 2013년 2월 27일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+860.7(우11.7m) X = 447646.85 Y = 188595.97	표 고	EL(+) 8.6 M

굴진심도	83.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 13.0 M
케이싱심도	21.3 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
40						·39.7~42.7m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/완만,평면/거칠	100	98	1	1	1 ~ 2		200	40	75	
						·42.7~45.7m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거칠 녹니석 피복	100	99	1	1	2		140	60	100	42.7
45						·45.7~48.7m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거칠,평면/완만 녹니석 피복	100	96	1	1	2		110	20	75	45.7
						·48.7~51.7m - 절리군 : 2조+불규칙절리(40°,20°) - 절리면 : 평면/거칠,평면/경면 흑운모 피복	100	89	1 ~ 2	1	2 ~ 3		100	14	43	48.7
50						·51.7~54.7m - 절리군 : 1조+불규칙절리(10°) - 절리면 : 평면/거칠,평면/완만	100	86	1 ~ 2	1	2 ~ 3		80	14	50	51.7
55						·54.7~57.7m - 절리군 : 1조(40°) - 절리면 : 평면/거칠,평면/완만	100	91	1 ~ 2	1	2 ~ 3		100	20	40	54.7
						·57.7~60.7m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거칠,평면/완만	100	94	1 ~ 2	1	2 ~ 3		85	25	40	57.7
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-9	조 사 일	2013년 2월 26일 ~ 2013년 2월 27일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+860.7(우11.7m) X = 447646.85 Y = 188595.97	표 고	EL(+) 8.6 M

굴진심도	83.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 13.0 M
케이싱심도	21.3 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60																60.7
						·60.7~63.7m - 괴상	100	100	1	1	1		300	300	300	
						·63.7~66.7m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	98	1	1	2~3		140	6	75	63.7
65																
						·66.7~69.7m - 절리군 : 1조+불규칙절리(30~40°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 67.5~69.7m : 파쇄 발달 - 68.9~70.0m : 소규모 파쇄 발달	100	86	1~2	1~2	2~3		64	4	35	66.7
70						·69.7~72.7m - 절리군 : 1조+불규칙절리(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/경면 녹니석 피복 - 71.6~71.8m : 변질구간 석영맥(T=2~4mm)	100	95	1~2	1~2	2~3		100	14	60	69.7
						·72.7~75.7m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	99	1	1	2		160	140	150	72.7
75																
						·75.7~78.7m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	100	1	1	2		170	130	150	75.7
																78.7
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-9	조 사 일	2013년 2월 26일 ~ 2013년 2월 27일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+860.7(우11.7m) X = 447646.85 Y = 188595.97	표 고	EL(+) 8.6 M

굴진심도	83.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 13.0 M
케이싱심도	21.3 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
80						·78.7~81.2m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/완만,평면/경면 녹니석 피복	100	98	1	1	2~3		100	9	60	
						·81.2~83.2m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	100	1	1	2~3		120	20	66	81.2
83.2	-74.6	60.4				* 심도 83.2m에서 시추종료										83.2
85																
90																
95																
100																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-10	조 사 일	2013년 2월 20일 ~ 2013년 2월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.4+720.4(우7.0m) X = 447765.94 Y = 189448.10	표 고	EL(+) 8.7 M

굴진심도	82.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 7.7 M
케이싱심도	30.7 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0						* 매립토층(0.0~5.5m) - 모래섞인 자갈, 전석매립(최대 50cm) - 매우조밀(자갈 및 전석의 영향) - 담갈색~암회색 - 습윤~젖음 - 자갈크기 : 직경 1~5cm										
				1.0 S-1	터파기											
				2.0 S-2	50/26											
				3.0 S-3	50/9											
				4.0 S-4	50/20											
5				5.0 S-5	50/27											
5.5	3.2	5.5														
				6.0 S-6	17/30	* 퇴적토층(3.5~21.7m) - 실트질 모래(5.5~8.8m) 보통견고 담회색 습윤~젖음										
				7.0 S-7	24/30											
8.8	0.7	2.5		8.0 S-8	30/30											
				9.0 S-9	50/28	- 모래섞인 자갈(8.8~20.0m) 매우조밀 암회색~담회색 습윤 자갈크기 : 직경 2~20cm										
10				10.0 S-10	50/22											
				11.0 S-11	50/24											
				12.0 S-12	50/21											
				13.0 S-13	50/17											
				14.0 S-14	50/9											
15				15.0 S-15	50/16											
				16.0 S-16	50/12											
				17.0 S-17	50/19											
				18.0 S-18	50/7											
				19.0 S-19	50/14											
20.0	-11.3	12.0														

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-10	조 사 일	2013년 2월 20일 ~ 2013년 2월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.4+720.4(우7.0m) X = 447765.94 Y = 189448.10	표 고	EL(+) 8.7 M

굴진심도	82.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 7.7 M
케이싱심도	30.7 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 S-20	11/30	* 풍화토층(20.0~30.7m) - 실트질 모래 - 보통조밀~매우조밀 - 갈색 - 습윤 - 소량의 암편 함유 - 29.5~30.0m, 30.5~30.7m : 핵석코어 채취구간										
				21.0 S-21	17/30											
				22.0 S-22	24/30											
				23.0 S-23	21/30											
				24.0 S-24	27/30											
25				25.0 S-25	40/30											
				26.0 S-26	50/26											
				27.0 S-27	50/19											
				28.0 S-28	50/12											
				29.0 S-29	50/14											
30				30.0 S-30	50/12											
30.7	-22.0	10.7														30.7
33.7	-25.0	3.0				* 연암층(30.7~33.7m) - 흑운모편마암의 연암 - 약간풍화~보통풍화 - 강함~보통강함 - 보통균열 - 암회색 - 편리 : 20~30° - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/완만	80	38	3	3	4	CL	18	N/A	N/A	33.7
35						- 30.9~31.5m : 코어 로스 * 경암층(33.7~82.3m) - 흑운모편마암의 경암 - 약간풍화~신선한 암반 - 매우강함~보통강함 - 약간균열~보통균열 - 암회색 - 편리 : 10~20°	100	61	1~2	1~2	2~3		65	4	35	36.5
						·33.7~36.5m - 절리군 : 2조(30°, 60°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복 ·36.5~39.5m - 절리군 : 1조(20~30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	93	1	1~2	2		96	10	75	39.5
40						- 36.5~39.5m : 우흑대 구간										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-10	조 사 일	2013년 2월 20일 ~ 2013년 2월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.4+720.4(우7.0m) X = 447765.94 Y = 189448.10	표 고	EL(+) 8.7 M

굴진심도	82.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 7.7 M
케이싱심도	30.7 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
40						·39.5~42.5m - 절리군 : 1조(20~30°) - 절리면 : 평면/완만 - 39.5~42.5m : 우흑대 구간	100	65	1	1 ~ 2	3		36	2	28	
						·42.5~45.5m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 42.5~43.5m, 44.0~44.5m : 우흑대 구간	100	62	1	1 ~ 2	3		43	2	20	42.5
45						·45.5~48.5m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	84	1	1 ~ 2	2 ~ 3		75	15	50	45.5
						·48.5~51.5m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	65	1	1 ~ 2	2 ~ 3		120	16	45	48.5
50						·51.5~54.5m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	58	1	1 ~ 2	2 ~ 3		84	8	34	51.5
						·54.5~57.5m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	84	1	1 ~ 2	2 ~ 3		64	2	36	54.5
55						·57.5~30.5m - 절리군 : 1조+불규칙절리(10°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복	100	82	1	1 ~ 2	3		54	4	38	57.5
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-10	조 사 일	2013년 2월 20일 ~ 2013년 2월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.4+720.4(우7.0m) X = 447765.94 Y = 189448.10	표 고	EL(+) 8.7 M

굴진심도	82.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 7.7 M
케이싱심도	30.7 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60																60.5
						·60.5~63.5m - 절리군 : 1조(20~30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복	100	94	1	1~2	3		46	6	32	63.5
						·63.5~66.5m - 절리군 : 1조+불규칙절리(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복	100	89	1	1~2	2~3		84	4	30	66.5
65																
						·66.5~69.0m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	94	1	1~2	2~3		46	2	24	69.0
						·69.0~72.7m - 절리군 : 3조(10~20°, 30°, 60°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 방해석 피복	100	67	2~3	~2	2~3		89	2	16	72.7
70																
						·72.7~75.7m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	90	1~2	1~2	2~3		140	4	40	75.7
75																
						·75.7~78.7m - 절리군 : 2조(10~20°, 40°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	78	2~3	1~2	2~3		110	6	30	78.7
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-10	조 사 일	2013년 2월 20일 ~ 2013년 2월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.4+720.4(우7.0m) X = 447765.94 Y = 189448.10	표 고	EL(+) 8.7 M

굴진심도	82.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 7.7 M
케이싱심도	30.7 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
80			+ + + + + + + + + +			·78.7~82.3m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복	100	80	1 ~ 2	1 ~ 2	3		54	16	38	
82.3	-73.6	48.6				* 심도 82.3m에서 시추종료										82.3
85																
90																
95																
100																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-11	조 사 일	2013년 2월 21일 ~ 2013년 2월 23일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+903.5(우5.9m) X = 447713.28 Y = 189634.63	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	81.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.1 M
케이싱심도	30.3 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0						* 매립토층(0.0~4.3m) - 모래섞인 자갈 및 전석 - 조밀~매우조밀(자갈의 영향) - 암갈색~담회색 - 습윤 - 자갈크기 : 직경 2~6cm - 전석크기 : 직경 12~14cm										
				1.0 S-1	터파기											
				2.0 S-2	터파기											
				3.0 S-3	34/30											
4.3	5.2	4.3		4.0 S-4	50/2											
5				5.0 S-5	5/30	* 퇴적토층(4.3~22.8m) - 모래질 실트(4.3~8.8m) 보통견고~견고 암갈색 습윤~젖음										
				6.0 S-6	6/30											
				7.0 S-7	6/30											
				8.0 S-8	9/30											
8.8	0.7	4.5		9.0 S-9	50/30	- 모래섞인 자갈(8.8~22.8m) 조밀~매우조밀 암회색~담갈색 습윤 자갈크기 : 직경 1~7cm										
10				10.0 S-10	46/30											
				11.0 S-11	47/30											
				12.0 S-12	47/30											
				13.0 S-13	50/21											
				14.0 S-14	50/18											
15				15.0 S-15	50/25											
				16.0 S-16	50/23											
				17.0 S-17	50/14											
				18.0 S-18	50/16											
				19.0 S-19	50/20											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-11	조 사 일	2013년 2월 21일 ~ 2013년 2월 23일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+903.5(우5.9m) X = 447713.28 Y = 189634.63	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	81.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.1 M
케이싱심도	30.3 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
20				S-20	50/26											
				21.0												
				S-21	50/6											
				22.0												
				S-22	50/20											
22.8	-13.3	14.0		23.0												
				S-23	44/30	* 풍화토층(22.8~28.0m) - 실트질 모래 - 매우조밀 - 갈색~암회색 - 습윤 - 소량의 암편 함유 - 26.0m : 단층대의 풍화구간(암회색)										
				24.0												
				S-24	50/29											
25				25.0												
				S-25	50/18											
				26.0												
				S-26	50/25											
				27.0												
				S-27	50/15											
28.0	-18.5	5.2		28.0												
				S-28	50/10	* 풍화암층(28.0~30.3m) - 흑운모편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 매우조밀 - 담회색~흰색										
				29.0												
				S-29	50/9											
30				30.0												
30.3	-20.8	2.3		S-30	50/10											30.3
						* 연암층(30.3~81.0m) - 흑운모편마암의 연암 - 신선~완전풍화 - 강함~약함 - 약간균열~심한균열 - 암회색 - 편리 : 20~30°	58	0	4~5	4	5	CL	N/A	N/A	N/A	
						·30.3~32.7m - 단층대 - 완전풍화 - 점토충진(T=4cm)	49	0	4~5	4	5	CL	N/A	N/A	N/A	32.7
35						·32.7~35.5m - 단층대 - 완전풍화										35.5
						·35.5~38.5m - 단층대 - 완전풍화~심한풍화	100	0	4~5	4	5		N/A	N/A	N/A	
						·38.5~41.5m - 단층대 - 완전풍화~심한풍화 - 점토충진										38.5
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-11	조 사 일	2013년 2월 21일 ~ 2013년 2월 23일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+903.5(우5.9m) X = 447713.28 Y = 189634.63	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	81.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.1 M
케이싱심도	30.3 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40																
						·41.5~42.6m - 단층대	100	0	4~5	4	5		N/A	N/A	N/A	
							56	0	4~5	4	5		N/A	N/A	N/A	41.5
						·42.6~45.5m - 단층대	96	0	4~5	4	5		N/A	N/A	N/A	42.6
45																
						·45.5~48.5m - 단층대	73	0	4~5	4	5		N/A	N/A	N/A	45.5
						·48.5~51.5m - 단층대	30	0	4~5	4	5		N/A	N/A	N/A	48.5
50																
						·51.5~54.5m - 단층대	80	0	4~5	4	5		N/A	N/A	N/A	51.5
						·54.5~57.5m - 단층대	90	0	4~5	4	5		N/A	N/A	N/A	54.5
55																
						·57.5~60.5m - 단층대	100	0	4~5	4	5		N/A	N/A	N/A	57.5
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-11	조 사 일	2013년 2월 21일 ~ 2013년 2월 23일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+903.5(우5.9m) X = 447713.28 Y = 189634.63	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	81.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.1 M
케이싱심도	30.3 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60																
						·60.5~63.5m - 절리군 : 1조(70°) - 절리면 : 평면/거침 - 단층대 - 60.5~60.8m : 석영맥	80	4	4 ~ 5	4	5		N/A	N/A	N/A	60.5
						·63.5~66.5m - 절리군 : 1조(40°) - 절리면 : 파동/거침 - 단층대	65	0	4 ~ 5	4	5	CL	N/A	N/A	N/A	63.5
65																
						·66.5~68.0m - 단층대	53	0	4 ~ 5	4	5	CL	N/A	N/A	N/A	66.5
						·68.0~71.0m - 절리군 : 1조(10°) - 절리면 : 평면/거침 - 열수변질 구간	100	88	2 ~ 3	2 ~ 3	2		110	2	100	68.0
70																
						·71.0~73.0m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	86	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4		36	4	12	71.0
						·73.0~74.9m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	28	3	3	3 ~ 4		26	3	8	73.0
75						·74.9~76.7m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	31	3	2 ~ 3	4 ~ 5		12	2	4	74.9
						·76.7~78.3m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 78.2~78.3m : 파쇄 발달	100	20	3 ~ 4	3	4 ~ 5		14	1	3	76.7
						·78.3~81.0m - 절리군 : 2조(10~20°, 40°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	43	2 ~ 3	2	3 ~ 4		50	2	6	78.3
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-11	조 사 일	2013년 2월 21일 ~ 2013년 2월 23일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+903.5(우5.9m) X = 447713.28 Y = 189634.63	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	81.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.1 M
케이싱심도	30.3 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
80			+ + + + +													
81.0	-71.5	50.7				* 심도 81.0m에서 시추종료										81.0
85																
90																
95																
100																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-12	조 사 일	2013년 2월 24일 ~ 2013년 2월 25일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.5+682.8(우21.4m) X = 447561.29 Y = 190388.21	표 고	EL(+) 10.1 M

굴진심도	77.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.0 M
케이싱심도	26.8 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~4.5m) - 자갈섞인 실트질 모래 - 느슨~보통조밀 - 갈색 - 습윤										
				2.0 S-2	8/30	- 자갈크기 : 직경 2~4cm - 3.0~4.0m : 자갈우세										
				3.0 S-3	18/30											
4.5	5.6	4.5		4.0 S-4	21/30											
5				5.0 S-5	9/30	* 퇴적토층(4.5~23.4m) - 실트질 모래(4.5~6.5m) 느슨 암갈색 습윤										
6.5	3.6	2.0		6.0 S-6	10/30											
				7.0 S-7	9/30	- 실트섞인 점토(6.5~8.5m) 보통견고~견고 암갈색 습윤										
8.5	1.6	2.0		8.0 S-8	8/30											
				9.0 S-9	11/30	- 실트질 모래(8.5~10.4m) 보통조밀 갈색 젖음										
10 10.4	-0.3	1.9		10.0 S-10	16/30											
				11.0 S-11	20/30	- 모래섞인 자갈(10.4~23.4m) 보통조밀~매우조밀 담회색~담갈색 습윤~젖음 자갈크기 : 직경 1~8cm										
				12.0 S-12	50/19											
				13.0 S-13	50/29											
				14.0 S-14	50/13											
15				15.0 S-15	50/20											
				16.0 S-16	50/17											
				17.0 S-17	50/29											
				18.0 S-18	50/22											
				19.0 S-19	50/26											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-12	조 사 일	2013년 2월 24일 ~ 2013년 2월 25일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.5+682.8(우21.4m) X = 447561.29 Y = 190388.21	표 고	EL(+) 10.1 M

굴진심도	77.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.0 M
케이싱심도	26.8 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
20				S-20	50/30											
				21.0												
				S-21	50/16											
				22.0												
				S-22	50/25											
23.4	-13.3	13.0		23.0 S-23	50/6											
				24.0		* 풍화토층(23.4~25.5m) - 실트질 모래 - 매우조밀 - 갈색 - 습윤										
				S-24	50/26											
25				25.0												
25.5	-15.4	2.1		S-25	50/15											
				26.0		* 풍화암층(25.5~26.8m) - 편마암의 풍화암 - 완전풍화 - 매우조밀 - 습윤 - 단층 협재										
26.8	-16.7	1.3		S-26	50/8		42	10	3~4	3~4	4	CL	13	1	8	26.8
						* 연암층(26.8~53.7m) - 흑운모편마암의 연암 - 보통풍화~심한풍화 - 보통강함~약함 - 보통균열~심한균열 - 암회색 - 편리 : 10~20°	80	11	3~4	3~4	3~4	CL	22	2	N/A	28.1
30																30.1
						·26.8~28.1m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거칠,평면/완만 - 26.8~26.85m : 코아 로스	100	36	3~4	3	3~4		36	2	14	
						·28.1~30.1m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거칠,파동/거칠 - 29.7~30.1m : 코아 로스										33.1
						·30.1~33.1m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거칠,평면/완만 - 30.1~30.3m : 파쇄 발달	100	53	3~4	3~4	3~4		25	2	8	
35																34.7
						·33.1~34.7m - 절리군 : 2조(10°, 40°) - 절리면 : 평면/거칠,평면/완만	100	39	3~4	3	3		40	2	12	
						·34.7~36.5m - 절리군 : 1조+불규칙절리(10~20°) - 절리면 : 평면/거칠,평면/완만										36.5
						·36.5~39.5m - 절리군 : 3조(10~20°, 30°, 90°) - 절리면 : 평면/거칠,평면/완만	100	49	3~4	3	3		24	3	18	
40																39.5

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-12	조 사 일	2013년 2월 24일 ~ 2013년 2월 25일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.5+682.8(우21.4m) X = 447561.29 Y = 190388.21	표 고	EL(+) 10.1 M

굴진심도	77.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.0 M
케이싱심도	26.8 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40						·39.5~41.4m - 절리군 : 1조+불규칙절리(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	36	3	3	3		58	2	12	
						·41.4~43.4m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복	100	21	3~4	3~4	3~4		16	2	4	41.4
						·43.4~45.1m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	8	3~4	3	3		14	2	6	43.4
45						·45.1~47.4m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 46.4~47.4m : 심한 풍화	100	25	3~4	3~4	4		22	4	12	45.1
						·47.4~50.7m - 절리군 : 3조(10°, 30°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 녹니석 피복 - 풍화대 (심한 풍화)	100	19	3~4	3~4	3~4		16	2	6	47.4
50						·50.7~53.7m - 절리군 : 2조(10~20°, 60°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	37	3	3	3		46	6	24	50.7
53.7	-43.6	26.9				* 경암층(53.7~77.5m) - 흑운모편마암의 경암 - 신선~심한풍화 - 강함~약함 - 약간균열~보통균열 - 담회색 - 편리 : 10~20°	100	81	2~3	2~3	2~3		60	3	28	53.7
55						·53.7~56.7m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만										56.7
						·56.7~59.7m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	86	2~3	2	2		54	4	30	
60																59.7

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-12	조 사 일	2013년 2월 24일 ~ 2013년 2월 25일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.5+682.8(우21.4m) X = 447561.29 Y = 190388.21	표 고	EL(+) 10.1 M

굴진심도	77.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.0 M
케이싱심도	26.8 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
60						·59.7~62.7m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 부분적 실트질 모래 충진	100	89	1~2	2~3	2		100	2	45	
						·62.7~65.7m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	86	1~2	2~3	2		48	12	34	62.7
65						·65.7~68.7m - 절리군 : 2조(10~20°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 66.7~66.9m : 석영맥	100	76	1~2	2~3	2		46	6	28	65.7
						·68.7~71.1m - 절리군 : 2조+불규칙절리(10~20°,90°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	34	3~4	3~4	3		41	4	8	68.7
70						·71.1~73.3m - 절리군 : 3조(10~20°, 30°, 90°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복	100	32	2~3	3	3		36	2	24	71.1
						·73.3~75.8m - 절리군 : 2조(10°, 40°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 차별풍화 심함	90	18	3~4	3~4	3	CL	12	N/A	N/A	73.3
75						·75.8~77.5m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	82	19	3~4	3~4	3	CL	22	N/A	N/A	75.3
77.5	-67.4	23.8														77.5
						* 심도 77.5m에서 시추종료										
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-13	조 사 일	2013년 2월 5일 ~ 2013년 2월 6일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.6+661.0(우11.0m) X = 447335.85 Y = 190716.97	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	73.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 12.5 M
케이싱심도	36.5 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0						* 매립토층(0.0~1.3m) - 잔자갈 섞인 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤										
1.3	7.6	1.3		1.0 S-1	터파기											
				2.0 S-2	2/30	* 퇴적토층(1.3~22.6m) - 모래질 실트(1.3~7.4m) 연약~견고 암갈색~담회색 습윤~젖음										
				3.0 S-3	4/30											
				4.0 S-4	4/30											
5				5.0 S-5	5/30											
				6.0 S-6	11/30											
				7.0 S-7	12/30											
7.4	1.5	6.1				- 실트질 세립~중립 모래(5.5~12.2m) 느슨~보통조밀 담회색 습윤~젖음										
				8.0 S-8	10/30											
				9.0 S-9	8/30											
10				10.0 S-10	10/30											
				11.0 S-11	14/30											
12.2	-3.3	4.8		12.0 S-12	30/30	- 모래섞인 자갈(12.2~22.6m) 조밀~매우조밀 담회색~담갈색 습윤 자갈크기 : 직경 1~6cm										
				13.0 S-13	50/25											
				14.0 S-14	47/30											
15				15.0 S-15	50/23											
				16.0 S-16	50/14											
				17.0 S-17	50/21											
				18.0 S-18	50/10											
				19.0 S-19	50/26											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-13	조 사 일	2013년 2월 5일 ~ 2013년 2월 6일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.6+661.0(우11.0m) X = 447335.85 Y = 190716.97	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	73.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 12.5 M
케이싱심도	36.5 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 S-20	50/17											
				21.0 S-21	50/16											
				22.0 S-22	45/30											
22.6	-13.7	10.4														
				23.0 S-23	50/25	* 풍화토층(22.6~32.0m) - 실트질 모래 - 매우조밀 - 담갈색~암갈색 - 습윤 - 소량의 암편 함유										
				24.0 S-24	50/29											
25				25.0 S-25	50/23											
				26.0 S-26	50/21											
				27.0 S-27	50/23											
				28.0 S-28	50/25											
				29.0 S-29	50/17											
30				30.0 S-30	50/15											
				31.0 S-31	50/12											
32.0	-23.1	9.4		32.0	50/9											
				S-32		* 풍화암층(32.0~36.5m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 심한풍화~완전풍화 - 매우조밀 - 33.0~35.0m : 코아 채취 - 35.5~36.5m : 코아 채취										
				33.0 S-33	50/9											
				34.0 S-34	Core		48	0								
35				35.0 S-35	Core											
				36.0 S-36	50/6	* 연암층(36.5~45.8m) - 흑운모편마암의 연암 - 보통풍화~심한풍화 - 보통강함~약함 - 보통균열~심한균열 - 암회색 - 편리 : 10~20° ·36.5~39.6m - 절리군 : 1조+불규칙절리(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 산화철 피복 실트질 모래 충진	60	0								36.5
36.5	-27.6	4.5														
							90	43	3 ~ 4	3 ~ 4	3 ~ 4	CL	35	1	16	
40																39.6

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-13	조 사 일	2013년 2월 5일 ~ 2013년 2월 6일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.6+661.0(우11.0m) X = 447335.85 Y = 190716.97	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	73.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 12.5 M
케이싱심도	36.5 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40						·39.6~42.6m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 산화철 피복	100	62	3	3	3		56	4	26	
						·42.6~44.6m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복	100	40	3	3~4	3~4		35	2	14	42.6
45						·44.6~45.8m - 절리군 : 2조(30°, 90°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 44.9~45.3m : 수직절리 발달	100	8	3	3~4	3~4		30	2	6	44.6
36.5	-27.6	4.5				* 경암층(45.8~73.0m) - 흑운모편마암의 경암 - 약간풍화~심한풍화 - 보통강함~매우강함 - 약간균열~심한균열 - 담회색 - 편리 : 10~20°	100	57	2~3	3	3		46	3	24	45.8
						·45.8~48.2m - 절리군 : 2조(10~20°, 30~40°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	67	2~3	3	3		54	1	22	48.2
50						·48.2~50.4m - 절리군 : 1조+불규칙절리(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만										50.4
						·50.4~52.9m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 흑운모 피복 - 52.8~52.9m : 파쇄대	100	94	2~3	2~3	3		85	14	31	52.9
						·52.9~55.0m - 절리군 : 1조(10°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 53.3~54.3m : 코아 로스	52	7	4	3~4	4~5	CL	4	N/A	N/A	
55						·55.0~57.4m - 절리군 : 1조+불규칙절리(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	86	3~4	3	3		70	1	36	55.0
						·57.4~59.5m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	78	2~3	3	3		46	2	24	57.4
60																59.5

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-13	조 사 일	2013년 2월 5일 ~ 2013년 2월 6일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.6+661.0(우11.0m) X = 447335.85 Y = 190716.97	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	73.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 12.5 M
케이싱심도	36.5 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60						·59.5~62.6m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	95	2 ~ 3	2 ~ 3	2 ~ 3		64	14	36	
						·62.6~64.5m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	87	2	2 ~ 3	2 ~ 3		42	2	16	62.6
65						·64.5~66.5m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	79	2	2 ~ 3	2 ~ 3		34	4	14	64.5
						·66.5~69.5m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	98	1 ~ 2	2	2		48	4	25	66.5
70						·69.5~73.0m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	90	1 ~ 2	2	2		46	2	26	69.5
73.0	-64.1	27.2				* 심도 73.0m에서 시추종료										73.0
75																
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-14	조 사 일	2013년 2월 20일 ~ 2013년 2월 21일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.6+338.0(우6.6m) X = 447258.49 Y = 190969.79	표 고	EL(+) 9.3 M

굴진심도	68.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 13.3 M
케이싱심도	33.4 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~2.5m) - 잔자갈 섞인 모래 - 갈색 - 습윤										
				2.0 S-2	터파기											
2.5	6.8	2.5														
				3.0 S-3	11/30	* 퇴적토층(2.5~3.6m) - 실트질 점토(2.5~3.6m) 견고 황갈색 습윤~젖음										
3.6	5.7	1.1		4.0 S-4	6/30											
5				5.0 S-5	6/30	- 실트질 모래(3.6~14.0m) 느슨~조밀 황갈색~암회색 습윤										
				6.0 S-6	8/30											
				7.0 S-7	11/30											
				8.0 S-8	12/30											
				9.0 S-9	11/30											
10				10.0 S-10	11/30											
				11.0 S-11	14/30											
				12.0 S-12	15/30											
				13.0 S-13	20/30											
14.0	-4.7	10.4		14.0 S-14	45/30	- 모래 섞인 자갈(14.0~24.0m) 보통조밀~매우조밀 갈색~담회색 습윤 자갈크기 : 직경 1~6cm										
15				15.0 S-15	50/29											
				16.0 S-16	50/25											
				17.0 S-17	50/23											
				18.0 S-18	34/30											
				19.0 S-19	47/30											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-14	조 사 일	2013년 2월 20일 ~ 2013년 2월 21일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.6+338.0(우6.6m) X = 447258.49 Y = 190969.79	표 고	EL(+) 9.3 M

굴진심도	68.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 13.3 M
케이싱심도	33.4 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
20				20.0 S-20	50/25											
				21.0 S-21	50/19											
				22.0 S-22	50/18											
				23.0 S-23	26/30											
24.0	-14.7	10.0		24.0	37/30											
				S-24		* 풍화토층(24.0~30.4m) - 실트질 모래 - 조밀~매우조밀 - 황갈색~담갈색 - 습윤 - 소량의 암편 함유										
25				25.0 S-25	48/30											
				26.0 S-26	50/28											
				27.0 S-27	50/23											
				28.0 S-28	50/21											
				29.0 S-29	50/11											
30				30.0 S-30	50/14											
30.4	-21.1	6.4														
				31.0 S-31	50/7	* 풍화암층(30.4~33.4m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 완전풍화 - 매우조밀 - 암편 함유 - 33.0~33.4m : 암편코아 회수										
				32.0 S-32	50/5											
				33.0 S-33	50/5											
33.4	-24.1	3.0														33.4
						* 연암층(33.4~45.5m) - 흑운모편마암의 연암 - 약간풍화~심한풍화 - 보통강함~약함 - 보통균열~매우심한균열 - 암회색 - 편리 : 10~20°	100	24	4	4	4~5		30	N/A	N/A	
35						·33.4~35.2m - 절리군 : 2조(10~20°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 산화철 피복 - 35.0~35.2m : 파쇄 심함	100	15	3~4	3~4	4		18	2	6	35.2
						·35.2~38.1m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침										38.1
						·38.1~41.3m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	46	3~4	3	3		36	4	24	
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-14	조 사 일	2013년 2월 20일 ~ 2013년 2월 21일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.6+338.0(우6.6m) X = 447258.49 Y = 190969.79	표 고	EL(+) 9.3 M

굴진심도	68.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 13.3 M
케이싱심도	33.4 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40																
						·41.3~42.6m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 41.6~41.7m : 파쇄 발달	100	40	3	3	4		33	4	10	41.3
						·42.6~45.5m - 절리군 : 2조+불규칙절리(10~20°,30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	42	3	3	3~4		46	3	14	42.6
45																
45.5	-36.2	12.1														45.5
						* 경암층(45.5~68.3m) - 흑운모편마암의 경암 - 신선~심한풍화 - 매우강함~약함 - 약간균열~심한균열 - 담회색 - 편리 : 10~20°	100	66	2	2~3	3~4		46	2	24	
						·45.5~48.0m - 절리군 : 2조(10~20°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	94	1~2	2	3~4		44	6	26	48.0
50						·48.0~50.9m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/경면										
						·50.9~52.3m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	51	1~2	3~4	3~4		26	2	6	50.9
						·52.3~54.5m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/경면	100	91	1~2	1~2	2~3		110	4	44	52.3
55						·54.5~56.7m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	78	1~2	2~3	2~4		48	1	12	54.5
						·56.7~59.8m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 실트질 모래 충진	100	62	3~4	3~4	2		72	4	N/A	56.7
60																59.8

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-14	조 사 일	2013년 2월 20일 ~ 2013년 2월 21일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.6+338.0(우6.6m) X = 447258.49 Y = 190969.79	표 고	EL(+) 9.3 M

굴진심도	68.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 13.3 M
케이싱심도	33.4 M	시 추 기		작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
60						·59.8~60.8m - 절리군 : 3조(10°, 70°, 90°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 전구간 파쇄 심함 - 59.8~60.02m : 코아 로스	78	0	4	5	5		4	N/A	N/A	
							87	7	4	4	4~5		20	2	N/A	60.8
						·60.8~62.3m - 절리군 : 3조(30°, 70°, 90°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 62.1~62.3m : 코아 로스	100	31	3~4	3	3		34	2	8	62.3
65						·62.3~64.8m - 절리군 : 2조(30°, 40°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만										
						·64.8~66.3m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 실트질 모래 충진 - 65.0~65.3m : 파쇄구간, 차별풍화구간	100	90	2~3	2~3	3		36	2	18	64.8
						·66.3~68.3m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	96	1~2	2	2		78	4	30	66.3
68.3	-59.0	22.8														68.3
						* 심도 68.3m에서 시추종료										
70																
75																
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-15	조 사 일	2013년 2월 26일 ~ 2013년 2월 28일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.6+639.7(우16.6m) X = 447165.68 Y = 191256.97	표 고	EL(+) 9.8 M

굴진심도	62.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 14.2 M
케이싱심도	28.1 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~3.9m) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색~담회색 - 매우조밀(자갈영향)										
				2.0 S-2	터파기											
				3.0 S-3	50/21											
3.9	5.9	3.9		4.0 S-4	10/30	* 퇴적토층(3.9~24.3m) - 실트질 모래(3.9~14.3m) 느슨~보통조밀 황갈색~담회색 습윤										
5				5.0 S-5	7/30											
				6.0 S-6	8/30											
				7.0 S-7	7/30											
				8.0 S-8	10/30											
				9.0 S-9	14/30											
10				10.0 S-10	16/30											
				11.0 S-11	17/30											
				12.0 S-12	16/30											
				13.0 S-13	16/30											
14.3	-4.5	10.4		14.0 S-14	20/30											
15				15.0 S-15	50/19	- 모래섞인 자갈(14.3~24.3m) 조밀~매우조밀 암갈색~담회색 습윤 자갈크기 : 직경 1~7cm 21.0~22.0m : 실트섞인 모래 우세										
				16.0 S-16	47/30											
				17.0 S-17	50/28											
				18.0 S-18	50/22											
				19.0 S-19	50/17											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-15	조 사 일	2013년 2월 26일 ~ 2013년 2월 28일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.6+639.7(우16.6m) X = 447165.68 Y = 191256.97	표 고	EL(+) 9.8 M

굴진심도	62.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 14.2 M
케이싱심도	28.1 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 S-20	50/18											
				21.0 S-21	50/21											
				22.0 S-22	50/25											
				23.0 S-23	50/18											
24.3	-14.5	10.0		24.0	50/6	* 풍화토층(24.3~27.5m) - 실트질 모래 - 조밀~매우조밀 - 암갈색 - 습윤										
25				S-24 25.0 S-25	43/30											
				26.0 S-26	50/29	* 풍화암층(27.5~28.1m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 완전풍화 - 매우조밀 - 담갈색 - 부분적으로 암편 형성										
27.5	-17.7	3.2		27.0 S-27	50/17											
28.1	-18.3	0.6		28.0 S-28	50/3											28.1
30.0	-20.2	2.0				* 연암층(28.1~30.0m) - 흑운모편마암의 연암 - 보통풍화~심한풍화 - 보통강함~약함 - 심한균열	100	31	3 ~ 4	3 ~ 4	4		32	2	N/A	30.0
						- 담회색~암회색 - 편리 : 10~20° - 절리군 : 2조(10°, 40°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 28.1~29.0m : 파쇄 발달										
						* 경암층(30.0~62.5m) - 흑운모편마암의 경암 - 보통풍화~신선한 암반 - 보통강함~매우강함 - 보통균열~약간균열 - 담회색~암회색 - 편리 : 10~20°	100	53	3	3	3		50	4	25	33.5
35						·30.0~33.5m - 절리군 : 1조+불규칙절리(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 30.4~30.5m : 수직절리 발달	100	59	3	3	3		60	2	24	35.9
						·33.5~35.9m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만										
						·35.9~38.8m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/완만,평면/거침	100	82	2	2 ~ 3	2 ~ 3		100	6	36	38.8
						·38.8~40.7m - 절리군 : 2조(30°, 90°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 40.1~40.3m : 수직절리 발달	100	71	2	2 ~ 3	2		51	4	24	
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-15	조 사 일	2013년 2월 26일 ~ 2013년 2월 28일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.6+639.7(우16.6m) X = 447165.68 Y = 191256.97	표 고	EL(+) 9.8 M

굴진심도	62.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 14.2 M
케이싱심도	28.1 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40																40.7
						·40.7~42.5m - 절리군 : 3조(10°, 30°, 90°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 41.8~42.0m : 수직절리 발달	100	23	2 ~ 3	3	3		21	2	14	
						·42.5~44.0m - 절리군 : 1조(0~30°) - 절리면 : 평면/거침 - 42.9~43.4m : 코아 로스 - 43.6~43.7m : 파쇄 발달	100	13	3 ~ 4	3 ~ 4	3 ~ 4		28	4	N/A	42.5
																44.0
45						·44.0~48.5m - 절리군 : 3조(10°, 40°, 90°) - 절리면 : 평면/거침 - 44.8~45.0m : 수직절리 발달	100	94	1 ~ 2	1 ~ 2	1		148	4	50	
						·48.5~51.5m - 절리군 : 1조+불규칙절리(20°) - 절리면 : 평면/거침	100	75	1 ~ 2	1 ~ 2	2		80	2	25	48.5
50																
						·51.5~53.0m - 절리군 : 2조(10°, 40°) - 절리면 : 평면/거침	100	50	1 ~ 2	2	3		18	2	12	51.5
						·53.0~55.1m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침	100	100	1	1 ~ 2	2		110	10	53	53.0
55																55.1
						·55.1~57.5m - 절리군 : 1조+불규칙절리(20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	98	1	1 ~ 2	1		180	6	48	
						·57.5~60.5m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침	100	94	1	1 ~ 2	1		76	6	38	57.5
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-15	조 사 일	2013년 2월 26일 ~ 2013년 2월 28일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.6+639.7(우16.6m) X = 447165.68 Y = 191256.97	표 고	EL(+) 9.8 M

굴진심도	62.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 14.2 M
케이싱심도	28.1 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60			+ + + + + + + + + + + +			·60.5~62.5m -괴상 (절리없음)	100	100	1	1	1		200	200	200	60.5
62.5	-52.7	32.5				* 심도 62.5m에서 시추종료										62.5
65																
70																
75																
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-16	조 사 일	2013년 2월 4일 ~ 2013년 2월 5일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+025.9(우9.8m) X = 447051.23 Y = 191622.71	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	58.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 13.4 M
케이싱심도	21.3 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0						* 매립토층(0.0~2.0m) - 자갈 섞인 실트질 모래 - 느슨 - 암갈색 - 습윤										
2.0	6.9	2.0		1.0 S-1	터파기											
				2.0 S-2	8/30	* 퇴적토층(2.0~24.7m) - 모래 및 실트섞인 점토(2.0~4.6m) 보통견고~견고 암갈색 습윤										
				3.0 S-3	14/30											
				4.0 S-4	7/30											
4.6	4.3	2.6														
5				5.0 S-5	7/30	- 실트질 세립~중립모래(4.6~10.5m) 느슨~보통조밀 갈색~담회색 습윤										
				6.0 S-6	8/30											
				7.0 S-7	10/30											
				8.0 S-8	13/30											
				9.0 S-9	16/30											
10				10.0 S-10	27/30											
10.5	-1.6	5.9		11.0 S-11	50/17	- 모래질 자갈(10.5~20.8m) 매우조밀 담갈색~담회색 습윤 자갈크기 : 직경 1~6cm										
				12.0 S-12	50/15											
				13.0 S-13	50/12											
				14.0 S-14	50/19											
15				15.0 S-15	50/22											
				16.0 S-16	50/16											
				17.0 S-17	50/14											
				18.0 S-18	50/9											
				19.0 S-19	50/11											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-16	조 사 일	2013년 2월 4일 ~ 2013년 2월 5일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+025.9(우9.8m) X = 447051.23 Y = 191622.71	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	58.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 13.4 M
케이싱심도	21.3 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0												
20.8	-11.9	10.3		S-20	50/9											
				21.0												
21.3	-12.4	0.5		S-21	50/14	* 풍화토층(20.8~21.3m) - 실트질 모래 - 매우조밀 - 갈색 - 습윤 - 암편 함유										21.3
						* 연암층(21.3~33.3m) - 흑운모편마암의 연암 - 보통풍화~완전풍화 - 보통강함~약함 - 보통균열~매우심한균열 - 암회색 - 편리 : 10~20°	100	38	3~4	3~4	3~4		50	2	17	
25							83	15	3~4	3~4	4	CL	10	N/A	N/A	24.5
						·21.3~24.5m - 절리군 : 2조(10~20°, 40°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 절리면 변질 - 21.3~21.5m : 파쇄 발달	100	39	3	3~4	4		20	2	13	26.0
						·24.5~26.0m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 파쇄 심함 - 25.75~26.0m : 코아 로스	100	34	3~4	3~4	3~4		52	2	8	27.0
30						·26.0~27.7m - 절리군 : 2조+불규칙절리(10~20°,30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침										
						·27.7~30.7m - 절리군 : 3조(10~20°, 30°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 28.1~28.4m : 파쇄 발달	100	38	3~4	3~4	3~4		40	2	20	30.7
33.3	-24.4	12.0				·30.7~33.3m - 절리군 : 2조(10~20°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,계단/거침 - 31.0~31.2m : 파쇄 발달										33.3
						* 경암층(33.3~58.2m) - 흑운모편마암의 경암 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 보통균열~약간균열 - 담회색 - 편리 : 10~20°	100	50	2~3	2~3	3~4		24	4	12	
35						·33.3~36.2m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만										36.2
						·36.2~39.2m - 절리군 : 2조(10~20°, 90°) - 절리면 : 평면/완만,파동/거침 - 38.8~39.0m : 수직절리 발달	100	85	2	2	2~3		89	6	50	
40																39.2

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-16	조 사 일	2013년 2월 4일 ~ 2013년 2월 5일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+025.9(우9.8m) X = 447051.23 Y = 191622.71	표 고	EL(+) 8.9 M

굴진심도	58.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 13.4 M
케이싱심도	21.3 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
40						·39.2~42.2m - 절리군 : 3조(10~20°, 30°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 부분적 실트질 모래 충진	100	56	2~3	2~3	3		53	2	18	
						·42.2~45.2m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/경면 흑운모 피복	100	46	1~2	2~3	3		83	2	20	42.2
45						·45.2~48.2m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/경면 변질 및 흑운모 피복	100	55	1~2	2~3	3		47	4	21	45.2
						·48.2~51.2m - 절리군 : 2조+불규칙절리(10~20°,70°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 실트질 모래 충진 부분적 흑운모 피복	100	44	2~3	3~4	3~4		34	2	8	48.2
50						·51.2~53.2m - 절리군 : 3조(10~20°, 30°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 51.3~51.5m : 파쇄 발달	100	42	3~4	3~4	4		32	4	N/A	51.2
						·53.2~55.2m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	51	1~2	2	3		42	8	19	53.2
55						·55.2~58.2m - 절리군 : 1조+불규칙절리(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	50	2~3	3	3		55	4	15	55.5
58.2	-61.3	36.9														58.2
						* 심도 58.2m에서 시추종료										
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-17	조 사 일	2013년 2월 1일 ~ 2013년 2월 2일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+365.2(우23.3m) X = 447029.30 Y = 191959.08	표 고	EL(+) 12.3 M

굴진심도	59.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 15.3 M
케이싱심도	25.4 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~1.5m) - 자갈 섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 습윤										
1.5	10.8	1.5		2.0 S-2	2/30	* 퇴적토층(1.5~23.5m) - 실트질 모래(1.5~12.0m) - 매우느슨~조밀 - 담갈색 - 습윤~젖음										
				3.0 S-3	2/30											
				4.0 S-4	2/30											
5				5.0 S-5	3/30											
				6.0 S-6	3/30											
				7.0 S-7	5/30											
				8.0 S-8	22/30											
				9.0 S-9	15/30											
10				10.0 S-10	20/30											
				11.0 S-11	12/30											
12.0	0.3	10.5		12.0 S-12	36/30											
				13.0 S-13	50/20	- 모래 섞인 자갈(12.0~23.5m) 조밀~매우조밀 암갈색~담회색 습윤 자갈크기 : 직경 1~6cm										
				14.0 S-14	50/19											
15				15.0 S-15	25/30											
				16.0 S-16	50/25											
				17.0 S-17	43/30											
				18.0 S-18	50/29											
				19.0 S-19	50/25											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-17	조 사 일	2013년 2월 1일 ~ 2013년 2월 2일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+365.2(우23.3m) X = 447029.30 Y = 191959.08	표 고	EL(+) 12.3 M

굴진심도	59.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 15.3 M
케이싱심도	25.4 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0												
				S-20	48/30											
				21.0												
				S-21	50/29											
				22.0												
				S-22	50/25											
				23.0		* 풍화토층(23.5~25.4m) - 실트질 모래 - 매우조밀 - 암회색 - 습윤										
23.5	-11.2	11.5		S-23	49/30											
				24.0												
				S-24	50/25											
25				25.0												
25.4	-13.1	1.9		S-25	50/16	* 연암층(25.4~59.1m) - 흑운모편마암의 연암 - 보통풍화~심한풍화 - 보통강함~약함 - 보통균열~매우심한균열 - 담녹색~암회색 - 편리 : 10~20°	100	0	4	3~4	4		8	2	4	25.4
						·25.4~27.2m - 절리군 : 2조(30°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 전구간 파쇄 심함	100	0	4	4	5		6	N/A	N/A	27.2
						·27.2~28.7m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 전구간 파쇄 심함	69	0	4	4	5	CL	7	2	N/A	28.7
30						·28.7~30.3m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 29.1~29.6m : 코아 로스	91	11	4	3~4	4~5	CL	12	2	N/A	30.3
						·30.3~32.6m - 절리군 : 2조+불규칙절리(10~20°,30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 녹니석 피복 - 32.4~32.6m : 코아 로스	100	12	3~4	3~4	4~5		23	2	N/A	32.6
						·32.6~34.6m - 절리군 : 1조(20~30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만										34.6
35						·34.6~36.2m - 절리군 : 1조(20~30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 녹니석 피복 - 35.4~36.0m : 코아 로스	63	8	3~4	3~4	5	CL	12	2	N/A	36.2
						·36.2~37.4m - 절리군 : 2조(10~20°, 40°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 전구간 파쇄 심함	92	12	3~4	3~4	4	CL	14	1	N/A	37.4
						·37.4~39.4m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 전구간 파쇄 심함	100	6	4	3~4	4~5		12	N/A	N/A	39.4
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-17	조 사 일	2013년 2월 1일 ~ 2013년 2월 2일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+365.2(우23.3m) X = 447029.30 Y = 191959.08	표 고	EL(+) 12.3 M

굴진심도	59.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 15.3 M
케이싱심도	25.4 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
40						·39.4~41.9m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	16	3 ~ 4	3	4		14	2	6	
						·41.9~44.8m - 절리군 : 2조+불규칙절리(10~20°,90°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 실트질 모래 충진 - 44.1~44.7m : 코아 로스	79	11	3 ~ 4	3 ~ 4	3 ~ 4	CL	16	1	6	41.9
45						·44.8~47.2m - 절리군 : 1조+불규칙절리(20~30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	35	3 ~ 4	3 ~ 4	4		62	2	N/A	44.8
						·47.2~48.4m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 48.2~48.4m : 코아 로스	83	12	3	3	4 ~ 5		14	6	N/A	47.2
						·48.4~51.4m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,계단/거침 녹니석 피복	97	40	3	3 ~ 4	2 ~ 3		62	4	16	48.4
50						·51.4~54.4m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 산화철 및 운모 피복	100	69	2 ~ 3	2 ~ 3	3 ~ 4		50	8	30	51.4
						·54.4~57.0m - 절리군 : 2조(40°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	31	2 ~ 3	2 ~ 3	3		48	2	24	54.4
55						·57.0~59.1m - 절리군 : 2조(10~20°, 90°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	25	3 ~ 4	3 ~ 4	3		26	6	12	57.0
59.1	-46.8	33.7														59.1
60						* 심도 59.1m에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-18	조 사 일	2013년 2월 3일 ~ 2013년 2월 4일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+284.8(좌7.7m) X = 446992.38 Y = 191882.93	표 고	EL(+) 11.5 M

굴진심도	58.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 14.5 M
케이싱심도	28.5 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0						* 매립토층(0.0~1.7m) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 습윤										
1.7	9.8	1.7		1.0 S-1	터파기											
				2.0 S-2	2/30	* 퇴적토층(1.7~23.2m) - 실트질 모래(1.5~12.0m) 매우느슨~매우조밀 갈색 습윤~젖음 10.5~12.0m : 자갈구간 자갈크기 : 직경 1~4cm										
				3.0 S-3	4/30										
				4.0 S-4	4/30										
5				5.0 S-5	3/30										
				6.0 S-6	5/30										
				7.0 S-7	12/30										
				8.0 S-8	15/30										
				9.0 S-9	10/30										
10				10.0 S-10	11/30										
				11.0 S-11	16/30										
12.0	-0.5	10.3		12.0 S-12	50/25	- 모래섞인 자갈(12.0~23.2m) 매우조밀 담회색~갈색 습윤 자갈크기 : 직경 1~8cm 12.0~18.0m : 잔자갈 우세										
				13.0 S-13	50/30										
				14.0 S-14	50/24										
15				15.0 S-15	49/30										
				16.0 S-16	50/29										
				17.0 S-17	50/16										
				18.0 S-18	48/30										
				19.0 S-19	50/15										
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-18	조 사 일	2013년 2월 3일 ~ 2013년 2월 4일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+284.8(좌7.7m) X = 446992.38 Y = 191882.93	표 고	EL(+) 11.5 M

굴진심도	58.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 14.5 M
케이싱심도	28.5 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
20				20.0 S-20	50/7											
				21.0 S-21	50/25											
				22.0 S-22	47/30											
23.2	-11.7	11.2		23.0 S-23	50/29											
				24.0 S-24	37/30	* 풍화토층(23.2~28.5m) - 실트질 모래 - 조밀~매우조밀 - 담갈색 - 습윤 - 암편 협재 - 모암조직 잔존										
25				25.0 S-25	50/15											
				26.0 S-26	50/20											
				27.0 S-27	50/16											
28.5	-17.0	5.3		28.0 S-28	50/16											28.5
30						* 연암층(28.5~58.2m) - 흑운모편마암의 연암 - 신선~심한풍화 - 강함~약함 - 약간균열~심한균열 - 담회색 - 편리 : 10~20°	67	10	4	4	5	CL	10	N/A	N/A	30.0
						·28.5~30.0m - 절리군 : 2조(10°, 60°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 산화철 피복 - 29.0~29.5m : 코아 로스	96	41	3~4	3~4	3		48	1	N/A	32.5
35						·30.0~32.5m - 절리군 : 2조(10°, 90°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 산화철 피복 ·32.5~35.5m - 절리군 : 2조+불규칙절리(10°,70°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복 - 34.2~34.5m, 35.2~35.5m : 수직절리	100	51	2~3	2~3	3		34	6	19	35.5
						·35.5~38.5m - 절리군 : 2조(10~20°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	64	1~2	2~3	2~3		40	7	24	38.5
40						·38.5~40.3m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복	100	64	1~2	2~3	3		24	6	N/A	

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-18	조 사 일	2013년 2월 3일 ~ 2013년 2월 4일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+284.8(좌7.7m) X = 446992.38 Y = 191882.93	표 고	EL(+) 11.5 M

굴진심도	58.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 14.5 M
케이싱심도	28.5 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
40																40.3
						·40.3~42.6m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 흑운모 피복	100	27	2~3	3	3		6	N/A	N/A	42.6
						·42.6~44.8m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 실트질 모래 충진	100	32	3~4	2~4	3~4		14	1	N/A	44.8
45						·44.8~47.4m - 절리군 : 3조(10~20°, 30°, 90°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	16	3~4	3~4	3~4		8	N/A	N/A	47.4
						·47.4~49.5m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만	100	10	3~4	3~4	3~4		16	2	4	49.5
50						·49.5~52.1m - 절리군 : 2조+불규칙절리(10~20°,30°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 녹니석 피복 실트질 모래 충진	100	5	3~4	3~4	4		10	1	N/A	52.1
						·52.1~54.5m - 절리군 : 1조+불규칙절리(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 실트질 모래 충진 - 52.5~52.9m : 코아 로스	83	29	3~4	3~4	3~4		10	2	N/A	54.5
55						·54.5~55.8m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 - 55.6~55.8m : 코아 로스	85	31	3~4	3~4	3~4		22	N/A	N/A	55.8
						·55.8~58.2m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 실트질 모래 충진 - 전구간 파쇄 심함 - 55.8~56.4m : 코아 로스	75	0	4	4	5		N/A	N/A	N/A	58.2
58.2	-46.7	29.7														
						* 심도 58.2m에서 시추종료										
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-19	조 사 일	2013년 2월 2일 ~ 2월 4일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+466.5(우2.8m) X = 447001.46 Y = 192059.73	표 고	EL(+) 13.9 M

굴진심도	59.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 15.5 M
케이싱심도	33.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0																S-20
				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~2.0m) - 자갈 섞인 모래 - 매우느슨 - 암갈색 - 습윤										
2.0	11.9	2.0		2.0	2/30											
				S-2		* 퇴적토층(2.0~24.7m) - 실트섞인 세립~중립 모래(2.0~12.5m) 매우느슨~보통조밀 암갈색 습윤										
				3.0 S-3	2/30											
				4.0 S-4	7/30											
5				5.0 S-5	3/30											
				6.0 S-6	4/30											
				7.0 S-7	5/30											
				8.0 S-8	7/30											
				9.0 S-9	21/30											
10				10.0 S-10	23/30											
				11.0 S-11	14/30											
				12.0 S-12	17/30											
12.5	1.4	10.5														
				13.0 S-13	50/26	- 자갈섞인 중립~조립 모래(12.5~16.5m) 조밀~매우조밀 암갈색 습윤										
				14.0 S-14	50/24											
15				15.0 S-15	50/22											
				16.0 S-16	33/30											
16.5	-3.6	4.0														
				17.0 S-17	38/30	- 모래질 자갈(16.5~23.7m) 조밀~매우조밀 담회색~암회색 습윤 자갈크기 : 직경 2~8cm										
				18.0 S-18	50/30											
				19.0 S-19	50/22											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-19	조 사 일	2013년 2월 2일 ~ 2월 4일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+466.5(우2.8m) X = 447001.46 Y = 192059.73	표 고	EL(+) 13.9 M

굴진심도	59.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 15.5 M
케이싱심도	33.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 S-20	50/14											
				21.0 S-21	50/19											
				22.0 S-22	50/13											
				23.0 S-23	50/9											
24.7	-10.8	7.2														
				24.0 S-24	39/30	* 풍화토층(24.7~31.5m) - 실트질 모래 - 보통조밀~매우조밀 - 황갈색~담갈색 - 습윤 - 소량의 암편 함유									
25				25.0 S-25	29/30											
				26.0 S-26	39/30											
				27.0 S-27	50/19											
				28.0 S-28	50/24											
				29.0 S-29	50/21											
30				30.0 S-30	50/18	* 풍화암층(31.5~32.1m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 완전풍화~심한풍화 - 매우조밀 - 암갈색 - 습윤 - 31.7~31.8m : 풍화암 코어 회수									
				31.0 S-31	50/12											
31.5	-18.6	7.8														
32.1	-19.2	0.6		32.0 S-32	50/4 (N.S)											
						* 연암층(32.1~56.2m) - 편마암의 연암 - 심한풍화~보통풍화 - 보통강함~매우약함 - 보통균열~매우심한균열 - 담회색~암회색 - 절리 및 균열 발달 - 편리 : 10~20° ·32.1~33.7m - 절리군 : 1조+불규칙절리(20~30°) - 절리면 : 평면/완만,평면/거침 산화철 피복 ·33.7~36.7m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/완만,평면/거침 - 전구간 파쇄 심함 - 35.5~37.5m : 파쇄 발달 - 35.7~36.5m : 코아 로스 ·36.7~39.7m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/완만,평면/거침 - 36.7~37.0m : 코아 로스	100	0	3~4	4	5		9	N/A	N/A	32.1
35							73	27	3~4	3~4	3~4	CL	14	N/A	N/A	33.7
							90	24	3~4	3	4	CL	30	2	14	36.7
40																39.7

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-19	조 사 일	2013년 2월 2일 ~ 2월 4일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+466.5(우2.8m) X = 447001.46 Y = 192059.73	표 고	EL(+) 13.9 M

굴진심도	59.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 15.5 M
케이싱심도	33.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40						·39.7~42.1m - 절리군 : 2조(30°, 90°) - 절리면 : 평면/거침 - 41.3~41.6m : 코아 로스 - 41.6~41.7m : 파쇄 발달	88	30	3 ~ 4	3	3 ~ 4	CL	35	2	15	
						·42.1~44.7m - 절리군 : 1조(20~30°) - 절리면 : 평면/거침 - 44.6~44.7m : 파쇄 발달	100	56	3	3	3 ~ 4		27	4	22	42.1
45						·44.7~47.7m - 절리군 : 2조(20°, 40°) - 절리면 : 평면/거침	100	36	3	3	3 ~ 4		25	5	15	44.7
						·47.7~49.8m - 절리군 : 2조(20°, 30°) - 절리면 : 파동/완만,파동/거침 운모 피복	100	46	3	3	3 ~ 4		25	4	17	47.7
50						·49.8~52.1m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 51.1~51.3m : 파쇄 발달	100	40	3	3 ~ 4	3 ~ 4		23	3	18	49.8
						·52.1~53.2m - 절리군 : 2조(30°, 90°) - 절리면 : 파동/거침,평면/거침 - 53.0~53.1m : 수직절리 발달	100	16	3 ~ 4	3 ~ 4	3 ~ 4		18	N/A	N/A	52.1
						·53.2~56.2m - 절리군 : 2조(20~30°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 51.6~51.8m : 파쇄 발달	100	22	3 ~ 4	3 ~ 4	3 ~ 4		26	4	21	53.2
55																
56.2	-43.3	24.2														56.2
						* 경암층(56.2~59.2m) - 약간풍화~신선한 암반 - 강함 - 약간균열 - 암회색 - 편리 : 10~20° - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침	100	91	1 ~ 2	1	2 ~ 4		51	18	38	
59.2	-46.3	3.0														59.2
						* 심도 59.2m에서 시추종료										
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-20	조 사 일	2013년 3월 20일 ~ 2013년 3월 21일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+688.7(우21.4m) X = 446847.14 Y = 192231.46	표 고	EL(+) 7.3 M

굴진심도	57.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 7.6 M
케이싱심도	33.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~2.5m) - 자갈섞인 실트질 모래 - 느슨 - 암회색 - 습윤										
2.5	4.8	2.5		2.0 S-2	7/30	- 자갈크기 : 직경 1~2cm										
				3.0 S-3	9/30	* 퇴적토층(2.5~19.0m) - 소량의 자갈섞인 모래(2.5~6.5m) 느슨~보통조밀 담회색 습윤~젖음 자갈크기 : 직경 1~3cm 2.5~3.6m, 5.6~6.5m : 자갈우세										
				4.0 S-4	6/30											
5				5.0 S-5	6/30											
				6.0 S-6	13/30											
6.5	0.8	4.0		7.0 S-7	50/25	- 모래섞인 자갈(6.5~19.0m) 조밀~매우조밀 담회색~담갈색 습윤~젖음 자갈크기 : 직경 1~8cm 12.0~14.5m : 실트섞인 모래 우세										
				8.0 S-8	50/26											
				9.0 S-9	50/19											
10				10.0 S-10	50/20											
				11.0 S-11	50/22											
				12.0 S-12	50/24											
				13.0 S-13	50/19											
				14.0 S-14	50/16											
15				15.0 S-15	50/15											
				16.0 S-16	50/13											
				17.0 S-17	50/22											
				18.0 S-18	32/30											
19.0	-11.7	12.5		19.0 S-19	22/30											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-20	조 사 일	2013년 3월 20일 ~ 2013년 3월 21일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+688.7(우21.4m) X = 446847.14 Y = 192231.46	표 고	EL(+) 7.3 M

굴진심도	57.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 7.6 M
케이싱심도	33.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 S-20	35/30	* 풍화토층(19.0~27.0m) - 실트질 모래 - 보통조밀~매우조밀 - 황갈색~담갈색 - 습윤 - 소량의 암편 함유										
				21.0 S-21	37/30											
				22.0 S-22	45/30											
				23.0 S-23	50/26											
				24.0 S-24	50/22											
25				25.0 S-25	50/19											
				26.0 S-26	50/16											
27.0	-29.7	8.0		27.0 S-27	50/9	* 풍화암층(27.0~33.0m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 심한풍화~완전풍화 - 갈색 - 습윤 - 소량의 암편 함유 - 31.7~33.0m : 풍화암 코어 회수										
				28.0 S-28	50/10											
				29.0 S-29	50/8											
30				30.0 S-30	50/9											
				31.0 S-31	50/7											
33.0	-35.7	6.0		32.0 S-32	Core	* 연암층(33.0~38.9m) - 흑운모편마암의 연암 - 심한풍화~보통풍화 (일부 완전풍화상태) - 매우약함~보통강함 - 매우심한균열~심한균열	71	0	4~5	4~5	5	CL	7	N/A	1	31.7
35						·33.0~36.5m - 절리군 : 3조(0~10°, 30~40°, 40~50°) - 절리면 : 평면/거침,평면/완만 산화철 피복 및 풍화	100	35	3~4	3~4	4		18	1	7	33.0
						·36.5~37.6m - 절리군 : 3조+불규칙절리(0°, 30°, 40°) - 절리면 : 평면/완만 - 전반적으로 파쇄 및 균열 발달 - 37.6~38.9m : 코아 로스	42	0	4~5	5	5	CL	3	N/A	N/A	36.5
38.9	-41.6	5.9				·37.6~38.9m - 절리군 : 3조(30°, 40°, 50°) - 절리면 : 평면/완만,파동/거침	100	34	3~4	3~4	4		19	5	7	37.6
40																38.9

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-20	조 사 일	2013년 3월 20일 ~ 2013년 3월 21일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+688.7(우21.4m) X = 446847.14 Y = 192231.46	표 고	EL(+) 7.3 M

굴진심도	57.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 7.6 M
케이싱심도	33.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
40						* 경암층(38.9~57.3m) - 편마암의 경암 - 보통풍화~신선한 암반 - 보통강함~매우강함 - 보통균열~약간균열 - 일부 심한풍화~완전풍화 약함, 심한균열 - 46.5~47.3 : 중성암맥 교호 - 49.0~49.9m : 파쇄 및 균열발달 소규모 단층 구간	100	96	1 ~ 2	2	2 ~ 3		114	4	49	
						·38.9~42.8m - 절리군 : 2조(30~40°, 50~60°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	93	1 ~ 2	2	2 ~ 3		63	1	27	42.8
45						·42.8~45.8m - 절리군 : 2조(30~40°, 50~60°) - 절리면 : 평면/거침,평면/경면										
						·45.8~47.0m - 절리군 : 3조(20°, 20~30°, 50~60°) - 절리면 : 평면/완만,평면/경면	100	41	3 ~ 4	3 ~ 4	4		19	1	7	45.8
						·47.0~49.9m - 절리군 : 3조+불규칙절리(10°,20~30°,50~60°) - 절리면 : 평면/완만,평면/경면 사질입자 충진 - 파쇄 및 균열 발달 - 48.0~48.6m, 49.4~49.5m : 코아 로스	76	6	3 ~ 4	3 ~ 4	3 ~ 4	CL CL	18	N/A	N/A	47.0
50						·49.9~51.3m - 절리군 : 3조(10°, 20~30°, 50~60°) - 절리면 : 평면/완만	100	95	2	2 ~ 3	3		58	7	35	49.9
						·51.3~54.3m - 절리군 : 3조(10°, 20~30°, 50~60°) - 절리면 : 평면/완만,파동/거침 방해석 피복	100	86	1 ~ 2	1 ~ 2	2 ~ 3		67	3	21	51.3
55						·54.3~57.3m - 절리군 : 3조(10°, 20~30°, 50~60°) - 절리면 : 평면/완만,파동/거침 방해석 피복	100	84	1 ~ 2	1 ~ 2	3		52	4	23	54.3
57.3	-60.0	18.4														57.3
						* 심도 57.3m에서 시추종료										
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-21	조 사 일	2013년 3월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+903.6(우38.7m) X = 446760.64 Y = 192418.00	표 고	EL(+) 5.5 M

굴진심도	37.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 5.3 M
케이싱심도	17.8 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	고 경 하	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0						* 매립토층(0.0~1.7m) - 자갈 및 잡석 섞인 실트 - 암갈색 - 습윤											
1.7	3.8	1.7		1.0 S-1	터파기											
2.5	3.0	0.8		2.0 S-2	7/30	* 퇴적토층(1.7~24.7m) - 모래섞인 실트(1.7~2.5m) 매우견고 암갈색 습윤										
3.5	2.0	1.0		3.0 S-3	21/30											
				4.0 S-4	50/29	- 실트질 모래(2.5~3.5m) 매우느슨 담갈색 습윤										
5				5.0 S-5	24/30											
				6.0 S-6	26/30	- 모래 및 실트섞인 자갈(3.5~13.4) 보통조밀~매우조밀 암갈색~회갈색 습윤 자갈크기 : 직경 1~6cm										
				7.0 S-7	27/30											
				8.0 S-8	36/30											
				9.0 S-9	36/30											
10				10.0 S-10	45/30											
				11.0 S-11	50/27											
				12.0 S-12	50/25											
				13.0 S-13	50/16											
13.4	-7.9	9.9				* 풍화토층(13.4~15.0m) - 실트질 모래 - 매우조밀 - 암갈색 - 습윤										
				14.0 S-14	50/28											
15.0	-9.5	1.6		15.0 S-15	50/8	* 풍화암층(15.0~17.8m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 매우조밀 - 습윤										
				16.0 S-16	50/10											
17.8	-12.3	2.8				* 연암층(17.8~20.3m) - 편마암의 연암 - 보통풍화~심한풍화 - 보통강함~약함 - 보통균열 - 담회색 - 편리 : 10~20° - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 파동/거침,평면/거침 부분적 산화철 피복	100	31	3 ~ 4	3 ~ 4	3		57	2	25	17.8
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-21	조 사 일	2013년 3월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+903.6(우38.7m) X = 446760.64 Y = 192418.00	표 고	EL(+) 5.5 M

굴진심도	37.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 5.3 M
케이싱심도	17.8 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	고 경 하	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20.3	-14.8	2.5														20.3
						* 경암층(20.3~37.0m) - 편마암의 경암 - 심한풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 보통균열~심한균열 - 암회색 - 편리 : 10~20°	100	69	2~3	2	2~3		84	12	45	
						·20.3~23.3m - 절리군 : 2조(10°, 40°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	50	3~4	3~4	2~3		105	2	16	23.3
25						·23.3~25.3m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 점토 충진 - 24.8~24.9m : 파쇄 발달, 점토 충진										25.3
						·25.3~28.0m - 절리군 : 3조(20°, 30°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 녹니석 및 점토 충진 - 25.6~25.7m : 석영맥 발달	100	16	3~4	4	3~4		16	4	8	
						·28.0~30.6m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침	100	75	2~3	2~3	3~4		40	10	26	28.0
30						·30.6~33.5m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 파동/거침 - 32.7~33.3m : 코아 로스 - 33.3~33.4m : 파쇄 발달, 점토 충진	100	47	3~4	2~4	2~3		85	N/A	N/A	30.6
						·33.5~35.5m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	43	3~4	3~4	3~4		16	2	6	33.5
35						·35.5~37.0m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 36.1~36.2m : 파쇄 발달, 점토 충진 - 36.6~37.0m : 석영맥 발달	100	35	3~4	3~4	3~4		20	N/A	N/A	35.5
37.0	-31.5	16.7														37.0
						* 심도 37.0m에서 시추종료										
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-22	조 사 일	2013년 2월 5일 ~ 2월 6일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.8+052.4(우60.1m) X = 446720.45 Y = 192535.83	표 고	EL(+) 16.2 M

굴진심도	34.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 10.3 M
케이싱심도	32.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~2.0m) - 자갈섞인 실트질 모래										
2.0	14.2	2.0		2.0	7/30	* 퇴적토층(2.0~23.5m) - 소량의 자갈섞인 실트질 모래(2.0~7.5m) 느슨~보통조밀 황갈색~암갈색 습윤 5.5~6.0m : 소량의 자갈우세										
				S-2 3.0 S-3	11/30											
				4.0 S-4	18/30											
5				5.0 S-5	16/30											
				6.0 S-6	21/30											
7.5	8.7	5.5		7.0 S-7	7/30											
				8.0 S-8	9/30	- 모래섞인 실트질 점토(7.5~10.8m) 보통견고-견고 갈색 습윤										
				9.0 S-9	7/30											
10				10.0 S-10	7/30											
10.8	5.4	3.3		11.0 S-11	18/30	- 실트질 모래(10.8~13.5m) 보통조밀~매우조밀 황갈색 습윤										
				12.0 S-12	50/30											
13.5	2.7	2.7		13.0 S-13	50/29											
				14.0 S-14	50/21	- 모래질 자갈(13.5~23.5m) 매우조밀 황갈색 습윤 자갈크기 : 직경 2~7cm										
15				15.0 S-15	50/16											
				16.0 S-16	50/12											
				17.0 S-17	50/9											
				18.0 S-18	50/16											
				19.0 S-19	50/20											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-22	조 사 일	2013년 2월 5일 ~ 2월 6일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.8+052.4(우60.1m) X = 446720.45 Y = 192535.83	표 고	EL(+) 16.2 M

굴진심도	34.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 10.3 M
케이싱심도	32.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
20				20.0 S-20	50/22											
				21.0 S-21	50/16											
				22.0 S-22	50/14											
				23.0 S-23	50/9											
23.5	-7.3	10.0				* 풍화토층(23.5~31.0m) - 실트질 모래 - 느슨~매우조밀 - 황갈색~암갈색 - 소량의 암편 함유										
25				24.0 S-24	13/30											
				25.0 S-25	21/30											
				26.0 S-26	15/30											
				27.0 S-27	5/30											
				28.0 S-28	7/30											
				29.0 S-29	29/30											
30				30.0 S-30	50/12											
31.0	-14.8	7.5		31.0 S-31	50/9	* 풍화암층(31.0~32.0m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 심한풍화~완전풍화 - 암갈색 - 습윤 - 소량의 암편 함유 - 31.6~32.0m : 풍화암 코아 회수										
32.0	-15.8	1.0														32.0
34.2	-18.0	2.2				* 연암층(32.0~34.2m) - 편마암의 연암 - 심한풍화 - 약함 - 심한균열~매우심한균열 - 담회색 - 편리 : 10~20° - 절리군 : 2조(10°, 90°) - 절리면 : 파동/거침 - 전구간 파쇄 심함	45	0	4	4	4~5	CL	16	N/A	N/A	34.2
35						* 심도 34.2m에서 시추종료										
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-1	조 사 일	2013년 6월 20일 ~ 2013년 6월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+150.0(우36.7m) X = 447562.280 Y = 187889.873	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	77.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안 종 현	지하수위	GL(-) 9.70 M
케이싱심도	42.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0						* 매립토층(0.0~2.0m) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색~담회색										
				1.0	터파기											
2.0	7.1	2.0		2.0	3/30											
				S-1		* 퇴적토층(2.0~19.0m) 실트질 점토(2.0~9.5m) 황갈색~담회색 연약~견고 습윤 실트질 모래 협재(7.0~7.5m)										
				3.0	9/30											
				S-2												
				4.0	4/30											
				S-3												
5				5.0	4/30											
				S-4												
				6.0	4/30											
				S-5												
				7.0	7/30											
				S-6												
				8.0	10/30											
				S-7												
				9.0	12/30											
9.5	-0.4	7.5		S-8		- 점토질 실트(9.5~13.0m) 담회색 연약~매우견고 습윤										
10				10.0	11/30											
				S-9												
				11.0	10/30											
				S-10												
				12.0	18/30											
				S-11												
13.0	-3.9	3.5		13.0	19/30	- 자갈섞인 실트질 모래(13.0~19.0m) 담회색 보통조밀 습윤 자갈크기 : 직경 1~8cm										
				S-12												
				14.0	21/30											
				S-13												
15				15.0	22/30											
				S-14												
				16.0	15/30											
				S-15												
				17.0	18/30											
				S-16												
				18.0	15/30											
				S-17												
19.0	-9.9	6.0		19.0	41/30											
				S-18												
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-1	조 사 일	2013년 6월 20일 ~ 2013년 6월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+150.0(우36.7m) X = 447562.280 Y = 187889.873	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	77.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안 종 현	지하수위	GL(-) 9.70 M
케이싱심도	42.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0	48/30	* 풍화토층(19.0~39.0m) - 실트질 모래 - 황갈색~담갈색 - 조밀~매우조밀 - 습윤										
				S-19												
				21.0	50/24											
				S-20												
				22.0	50/25											
				S-21												
				23.0	50/23											
				S-22												
				24.0	50/15											
				S-23												
25				25.0	50/17											
				S-24												
				26.0	50/21											
				S-25												
				27.0	50/30											
				S-26												
				28.0	50/25											
				S-27												
				29.0	50/11											
				S-28												
30				30.0	50/11											
				S-29												
				31.0	50/12											
				S-30												
				32.0	50/15											
				S-31												
				33.0	50/12											
				S-32												
				34.0	50/11											
				S-33												
35				35.0	50/8											
				S-34												
				36.0	50/17											
				S-35												
				37.0	50/14											
				S-36												
				38.0	50/13											
				S-37												
39.0	-29.9	20.0		39.0	50/7											
				S-38												
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-1	조 사 일	2013년 6월 20일 ~ 2013년 6월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+150.0(우36.7m) X = 447562.280 Y = 187889.873	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	77.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안 종 현	지하수위	GL(-) 9.70 M
케이싱심도	42.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				40.0												
40				S-39	50/10	* 풍화암층(39.0~42.0m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 담갈색 - 심한~완전풍화 - 매우조밀										
				41.0	50/3											
				(N/S)												
42.0	-32.9	3.0														
						- 부분적으로 암편 형성	64	0	4	4	5	C.L	8	N/A	N/A	
(42.5)	(-33.4)					*연암층 심도 : 42.00 ~ 48.50 m 호상 흑운모 편마암의 연암 심한풍화~보통풍화 약함~보통강함 매우심한균열~심한균열 담회색~암회색	90	4	3 ~ 4	3 ~ 4	4	C.L	11	N/A	6	
45																
(45.5)	(-36.4)					42.0~42.5m 30~40°절리군 1set 파동/거침 절리면 변질 및 산화철 피복	60	0	3 ~ 4	3 ~ 4	5	C.L	8	N/A	N/A	
48.5	-39.4	6.5				42.5~45.5m 10~15°, 30~40°절리군 2set 파동/거침, 평면/완만 절리면 변질 및 산화철 피복 42.5m~42.8m:코어로스 42.5m~43.0m, 43.7~43.8m 44.5m~44.6m:파쇄대 발달	100	63	2 ~ 3	2 ~ 3	3		30	2	11	
50						45.5~48.5m 20~30°,60~70°절리군 2set 파동/거침, 평면/완만 절리면 변질 및 산화철 피복 45.85m~47.05m 코어로스 47.05m~47.07m 파쇄대 발달										
(51.5)	(-42.4)					*경암층 심도 : 48.50 ~ 77.50 m 호상 흑운모 편마암의 경암 보통풍화~신선 보통강함~매우강함 보통균열~약간균열 담회색~암회색	100	40	2 ~ 3	2 ~ 3	3		29	N/A	10	
(54.5)	(-45.4)					48.5~51.5m 30°,50°,75°절리군 3set 파동/거침 절리면 방해석 및 산화철 피복 절리면 내 사질입자 충진 50.30m~50.6m 수직절리 발달	100	63	2	2	3		20	2	11	
55						51.5~54.5m 10~20°,30~40°절리군 2set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 및 산화철 피복 53.40m~53.55m 파쇄대 발달										
(57.5)	(-48.4)					54.5~57.5m 10~15°,30~40°절리군 2set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복	100	87	1 ~ 2	1 ~ 2	3		25	5	17	
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-1	조 사 일	2013년 6월 20일 ~ 2013년 6월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.3+150.0(우36.7m) X = 447562.280 Y = 187889.873	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	77.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안 종 현	지하수위	GL(-) 9.70 M
케이싱심도	42.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60																
(60.5)	(-51.4)					57.5~60.5m 10~15°,30~40°절리군 2set 파동/거침 절리면 방해석 피복										
						60.5~63.5m 10~20°,30~40°절리군 2set 파동/거침 절리면 방해석 피복	100	78	1	1~2	2		59	3	28	
(63.5)	(-54.4)					63.5~66.5m 10~20°,30~40°절리군 2set 파동/거침 절리면 방해석 피복										
65						64.2m~64.3m 파쇄대 발달	100	94	1	1~2	2		65	2	31	
(66.5)	(-90.4)					66.5~69.5m 5°,40°,70°절리군 3set 파동/거침	100	100	1	1	2		98	11	50	
(69.5)	(-60.4)					69.5~72.5m 10°,30°,70°절리군 3set 파동/거침										
70							100	88	1	1	2		102	5	32	
(72.5)	(-63.4)					72.5~75.5m 5~10°,30°절리군 2set 파동/거침, 평면/완만	100	77	1~2	1~2	2		30	3	21	
75																
(75.5)	(-66.4)					75.5~77.5m 5~10°,30~40°절리군 2set 파동/거침	100	63	1	1	2		50	4	24	
77.5	-68.4	29.0														
						* 심도 77.5m에서 시추종료										
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-2	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+840.0(우9.0m) X = 447720.077 Y = 189571.504	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	82.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.20 M
케이싱심도	27.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 (N/S)	터파기	* 매립토층(0.0~4.3m) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색~암회색 - 보통조밀~조밀 - 습윤										
				2.0 S-1	39/30	- 자갈크기 : 직경 15cm 이내 - 폐콘크리트 및 아스콘 회수										
				3.0 S-2	29/30											
4.3	4.8	4.3		4.0 (N/S)	타격불가											
5				5.0 S-3	9/30	* 퇴적토층(4.3~22.8m) - 점토섞인 실트(4.3~8.5m) 황갈색~암회색 연약~견고 습윤										
				6.0 S-4	11/30											
				7.0 S-5	4/30											
8.5	0.6	3.9		8.0 S-6	4/30											
				9.0 S-7	16/30	- 실트질 모래(8.5~9.7m) 암회색~담갈색 보통조밀 습윤										
9.7	-0.5	1.2		10.0 S-8	50/10	- 실트질 자갈(9.7~22.8m) 암갈색~암회색 보통조밀~매우조밀 습윤 자갈크기 : 직경 1~10cm 원마도 양호										
10				11.0 S-9	42/30											
				12.0 S-10	41/30											
				13.0 S-11	49/30											
				14.0 S-12	28/30											
15				15.0 S-13	50/30											
				16.0 S-14	50/25											
				17.0 S-15	50/23											
				18.0 S-16	50/16											
				19.0 S-17	50/26											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-2	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+840.0(우9.0m) X = 447720.077 Y = 189571.504	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	82.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.20 M
케이싱심도	27.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
20				20.0 S-18	50/17											
				21.0 S-19	50/18											
				22.0 S-20	50/20											
22.8	-13.7	13.1		23.0 S-21	50/15	* 풍화토층(22.8~25.0m) - 실트질 모래 - 황갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 세편상으로 회수										
				24.0 S-22	50/12											
22.8	-13.7	2.2		25.0	50/10											
25			+ +	S-23		* 풍화암층(25.0~28.1m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 황갈색 - 심한풍화~완전풍화 - 매우조밀										
			+ +	26.0 S-24	50/10											
			+ +	27.0 S-25	50/9											
28.1	-19.0	3.1	+ +	28.0 S-26	50/7											
			+ +			* 연암층(28.1~82.2m) - 호상 흑운모편마암의 연암 - 완전풍화~약간풍화 - 보통강함~매우약함 - 매우심한균열~보통균열 - 암회색~담회색 - 암반변질 및 단층파쇄대 영향으로 TCR,RQD 저조	100	32	3~4	3~4	5		15	2	3	
30			+ +													
(30.0)	(-20.9)		+ +			28.1~30.0m 10°,30°,65°절리군 3set 파동/거침 절리면 방해석 피복 절리 내 사질입자 충진 28.5m~28.95m 수직절리 발달 29.1M~29.45M, 29.95m~30.0m 파쇄대 발달	100	46	3	3	4		21	4	10	
(33.0)	(-23.9)		+ +			30.0~33.0m 10°,40°,60°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복	100	9	3~4	3~4	5		16	1	4	
(34.7)	(-25.6)		+ +													
35			+ +				100	16	3~5	3~5	5		18	N/A	N/A	
(35.8)	(-26.7)		+ +			33.0~34.7m 10°,45°,60°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복	100	9	3~4	3~4	5		10	2	4	
			+ +			34.7~35.8m 10°,40°,65°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복											
(38.4)	(-29.3)		+ +			35.45m~35.8m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	79	12	3~5	3~5	5	C.L	10	N/A	N/A	
40			+ +													

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-2	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+840.0(우9.0m) X = 447720.077 Y = 189571.504	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	82.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.20 M
케이싱심도	27.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
(40.1)	(-31.0)					35.8~38.4m 15°,30°,60°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복 36.8m~37.8m 수직절리 발달	86	17	3 ~ 5	3 ~ 5	5	C.L	20	N/A	N/A	
(42.3)	(-33.2)					38.4~40.1m 20°,60°절리군 2set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 38.8~39.3 수직절리 발달	58	0	3 ~ 5	4 ~ 5	5	C.L	5	N/A	N/A	
(44.1)	(-35.0)					39.75~40.1 코어로스 39.3m~40.1m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)										
45						40.1~42.3m 10°,30°,75°절리군 3set 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 41.3m~41.7m, 41.4m~41.7m	100	37	2 ~ 3	3	3		21	5	11	
(47.0)	(-37.9)					수직절리 발달 42.0~42.3 코어로스 40.1m~40.2m 파쇄대 발달 41.7m~42.3m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	100	16	3	3	4		16	4	7	
(48.9)	(-39.8)					42.3~44.1m 5°,45°,65°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 43.3~44.1 코어로스 42.3m~42.4m 파쇄대 발달 42.7m~44.1m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)										
50							100	11	2 ~ 4	3 ~ 4	5		17	N/A	4	
(51.6)	(-42.5)					44.1~47.1m 10°,35°,75°절리군 3set 파동/완만~경면, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 46.9m~47.1m 파쇄대 발달 44.1m~44.3m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	100	25	2 ~ 4	3 ~ 4	5		33	N/A	4	
(54.6)	(-45.5)					47.1~48.9m 10°,40°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 48.6m~48.9m 파쇄대 발달	69	0	3 ~ 5	3 ~ 5	5	C.L	9	N/A	N/A	
55																
(55.9)	(-46.8)					48.9~51.6m 10°,40°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 48.9m~49.6m 파쇄대 발달	100	6	3 ~ 4	3 ~ 4	5		10	N/A	N/A	
(57.5)	(-48.4)					51.6~54.6m 10°,40°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 54.35m~54.6m 파쇄대 발달	72	0	3 ~ 5	3 ~ 5	5	C.L	7	N/A	N/A	
(60.0)	(-50.9)															
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-2	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+840.0(우9.0m) X = 447720.077 Y = 189571.504	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	82.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.20 M
케이싱심도	27.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60						53.6m~54.1m 수직절리 발달 절리면 내 사질모래 충진										
						54.6~55.9m 5°,40°절리군 2set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 55.5m~55.9m 코어로스 54.8m~55.9m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	97	6	3 ~ 4	3 ~ 5	5	C.L	17	N/A	N/A	
(63.0)	(-53.9)															
						55.9~57.5m 10°,30°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 57.1m~57.5m 수직절리 발달 57.4m~57.5m 파쇄대 발달	100	9	3 ~ 4	3 ~ 4	4		15	N/A	7	
65																
(66.0)	(-56.9)					57.5~60.0m 10°,40°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 59.3m~60.0m 코어로스 57.5m~58.0m, 58.3m~58.4m 59.1m~60.0m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	98	11	3 ~ 4	3 ~ 4	4		21	N/A	6	
(68.0)	(-58.9)											C.L				
						60.0~63.0m 10°,40°,70°절리군 3set 파동/거침, 파동/완만~경면 절리면 방해석 피복 62.9m~63.0m 코어로스 60.3m~60.9m, 61.9m~62.2m 62.8m~63.0m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	100	33	3	3	4		31	N/A	9	
70																
(71.0)	(-61.9)						100	7	3 ~ 4	3 ~ 4	4		14	N/A	6	
(73.0)	(-63.9)					63.0~66.0m 10°,40°,70°절리군 3set 파동/거침, 파동/완만~경면 절리면 방해석 피복 63.1m~63.4m, 64.3m~64.6m 수직절리 발달 64.3m~64.4m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	100	5	3 ~ 4	3 ~ 4	4		10	N/A	6	
(74.9)	(-65.8)															
75						66.0~68.0m 5°,30°,60°절리군 3set 파동/거침, 파동/완만~경면 절리면 방해석 피복 67.95m~68.0m 코어로스 66.2m~66.4m, 67.7m~68.0m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	100	17	3 ~ 4	3 ~ 4	4		12	N/A	8	
(77.0)	(-67.9)						100	29	3	3 ~ 4	4		15	N/A	8	
						68.0~71.0m 10°,40°,70°절리군 3set 파동/거침, 파동/완만~경면 절리면 방해석 피복 69.0m~69.4m 수직절리 발달 70.9m~71.0m 단층파쇄대 발달	100	30	2 ~ 3	3	4		36	N/A	9	
(78.8)	(-69.7)															
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-2	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.4+840.0(우9.0m) X = 447720.077 Y = 189571.504	표 고	EL(+) 9.1 M

굴진심도	82.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 8.20 M
케이싱심도	27.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
80						(단층점토, 단층각력암)										
(81.2)	(-72.1)					71.0~73.0m 10°,40°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 절리면 내 사질모래 충진	100	13	3~4	3~4	5		13	N/A	4	
82.2	-73.1	54.1				72.9m~73.0m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)										
85						73.0~74.9m 20°,50°,75°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 절리면 내 사질모래 충진 74.8m~74.9m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)										
90						74.9~77.0m 10°,30°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 75.4m~75.6m 수직절리 발달 76.9m~77.0m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)										
						77.0~78.8m 10°,30°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 78.3m~78.8m 수직절리 발달 78.3m~78.5m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)										
95						78.8~81.2m 5°,30°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 절리면 내 사질모래 충진 80.6m~81.2m 수직절리 발달 81.1m~81.2m 파쇄대 발달										
						81.2~82.2m 30°,60°절리군 2set 파동/거침, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복 절리면 내 사질모래 충진 81.8m~82.2m 수직절리 발달 82.05m~82.2m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)										
100						* 심도 82.2m에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-3	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.4+986.7(우10.4m) X = 447736.460 Y = 189714.250	표 고	EL(+) 9.8 M

굴진심도	79.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 8.40 M
케이싱심도	28.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 (N/S)	터파기	* 매립토층(0.0~3.8m) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색~암회색 - 느슨 - 습윤 - 원마도 불량 - 자갈크기 : 직경 15cm 이내										
				2.0 (N/S)	터파기											
				3.0 S-1	9/30											
3.8	6.0	3.8		4.0 S-2	8/30	* 퇴적토층(3.8~28.5m) - 자갈섞인 모래질 점토(3.8~7.5m) 담갈색 견고~매우 견고 습윤										
5				5.0 S-3	10/30											
				6.0 S-4	17/30											
7.5	2.3	3.7		7.0 S-5	8/30											
				8.0 S-6	9/30	- 실트질 모래(7.5~9.7m) 담회색 느슨~보통 조밀 습윤~젖음										
9.7	0.1	2.2		9.0 S-7	14/30											
10				10.0 S-8	41/30	- 실트질 자갈(9.7~23.7m) 황갈색~담백색,담회색 조밀~매우 조밀 습윤 원마도 양호 자갈크기 : 직경 10cm 이내										
				11.0 S-9	50/22											
				12.0 S-10	50/19											
				13.0 S-11	50/12											
				14.0 S-12	50/20											
15				15.0 S-13	50/14											
				16.0 S-14	50/17											
				17.0 S-15	50/13											
				18.0 N/S	50/5											
				19.0 S-16	50/13											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-3	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.4+986.7(우10.4m) X = 447736.460 Y = 189714.250	표 고	EL(+) 9.8 M

굴진심도	79.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 8.40 M
케이싱심도	28.0 M	시 추 기		작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
				20.0												
20				S-17	50/12											
				21.0												
				S-18	50/14											
				22.0												
				N/S	50/7											
				23.0												
				S-19	50/11											
23.7	-13.9	14.0														
				24.0		* 풍화토층(23.7~26.0m) - 실트질 모래 - 암갈색 - 매우 조밀 - 습윤										
				S-20	50/14											
25				25.0												
				S-21	50/15											
26.0	-16.2	2.3		26.0												
				S-22	50/8	* 풍화암층(26.0~28.5m) - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우 조밀 - 습윤 - 암편 회수										
				27.0												
				S-23	50/7											
				28.0												
28.5	-18.7	2.5		S-24	50/7											
						* 연암층(28.5~79.0m) - 호상 흑운모편마암의 연암 - 완전풍화~보통풍화 - 매우약함~보통강함 - 매우심한균열 - 암회색~담회색 - 암반변질 및 단층파쇄대 영향으로 TCR,RQD 저조	56	5	3	3 ~ 4	5	C.L	12	N/A	N/A	
30																
(30.8)	(-21.0)															
						28.5~30.8m 30°,65°절리군 2set 파동/거침, 파동/완만 절리면 방해석 피복 절리 내 사질입자 충진 29.8m~30.8m 코어로스	73	12	3	3 ~ 4	5	C.L	20	N/A	N/A	
(33.8)	(-24.0)															
35						30.8~33.8m 10°,40°,65°절리군 3set 파동/거침, 파동/완만 절리면 방해석 피복 31.6m~32.4m 코어로스 30.8~31.4m, 33.1~33.25m 석영맥 31.4m~32.4m, 33.65m~33.8m 파쇄대 발달	47	0	4 ~ 5	4 ~ 5	5	C.L	N/A	N/A	N/A	
(36.8)	(-27.0)															
						33.8~36.8m 10°,40°절리군 2set 파동/완만, 평면/완만 전구간 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암) 35.2m~36.8m 코어로스	57	14	3 ~ 5	3 ~ 5	5	C.L	20	N/A	N/A	
(39.8)	(-30.0)															
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-3	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.4+986.7(우10.4m) X = 447736.460 Y = 189714.250	표 고	EL(+) 9.8 M

굴진심도	79.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 8.40 M
케이싱심도	28.0 M	시 추 기		작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40																
						36.8~39.8m 15°,30°절리군 2set 파동/거침, 파동/완만 36.9m~37.2m 석영맥 38.5m~39.8m 코어로스 36.9~37.45m 파쇄대 발달 37.45m~37.6m, 38.4m~39.8m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	67	0	4~5	4~5	5	C.L	N/A	N/A	N/A	
(42.8)	(-33.0)															
						39.8~42.8m 5°,30°,75°절리군 3set 파동/완만~경면, 평면/완만~경면 41.8m~42.8m 코어로스 전구간 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	33	0	4~5	4~5	5	C.L	N/A	N/A	N/A	
45																
(45.8)	(-36.0)															
						42.8~45.8m 10°절리군 1set 평면/완만~경면 43.6m~43.8m 석영맥 43.8m~45.8m 코어로스 전구간 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	100	0	3~5	4~5	5		8	N/A	N/A	
(48.8)	(-39.0)															
50						45.8~48.8m 15°,70°절리군 2set 평면/완만~경면 전구간 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	55	0	4~5	4~5	5	C.L	5	N/A	N/A	
						48.8~51.8m 15°,70°절리군 2set 파동/완만~경면, 평면/완만~경면 50.46m~51.8m 코어로스 전구간 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)										
(51.8)	(-42.0)															
						51.8~54.8m 10°,30°,60°절리군 3set 파동/완만~경면, 평면/완만~경면 53.6m~54.8m 코어로스 52.4m~52.55m, 53.4m~54.8m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암) 51.8m~51.9m 파쇄대 발달	60	3	3~5	3~5	5	C.L	10	N/A	N/A	
(54.8)	(-45.0)															
55						54.8~57.8m 15°,60°절리군 2set 파동/완만~경면, 평면/완만~경면 55.5m~56.75m 코어로스 54.8m~56.7m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	58	41	3~5	3~5	5	C.L	13	N/A	N/A	
(57.8)	(-48.0)															
						57.8~60.8m 40°,70°절리군 2set 파동/완만~경면, 평면/완만~경면 60.3m~60.8m 코어로스 59.9m~60.8m 단층파쇄대 발달	83	0	3~4	3~4	5		7	N/A	N/A	
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-3	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.4+986.7(우10.4m) X = 447736.460 Y = 189714.250	표 고	EL(+) 9.8 M

굴진심도	79.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 8.40 M
케이싱심도	28.0 M	시 추 기		작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60						(단층점토, 단층각력암) 57.8m~57.95m, 58.3m~58.4m 파쇄대 발달						C.L				
(60.8)	(-51.0)					60.8~63.8m 5°,30°,70°절리군 3set 파동/완만~경면, 평면/완만~경면 63.6m~63.8m 코어로스 63.2m~63.8m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암) 60.8m~61.3m, 61.8m~61.85m 파쇄대 발달	93	17	3~4	3~4	5	C.L	20	N/A	N/A	
(63.8)	(-54.0)					63.8~66.8m 30°절리군 1set 파동/완만~경면, 평면/완만~경면 64.8m~66.8m 코어로스 64.6m~66.8m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	33	7	3~5	3~5	5	C.L	10	N/A	N/A	
65																
(66.8)	(-57.0)					66.8~69.8m 5°,30°,70°절리군 3set 파동/완만~경면, 평면/완만~경면 69.7m~69.8m 코어로스 67.5m~68.0m, 68.2m~68.4m 68.6m~68.7m, 69.4m~69.8m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	97	8	3~5	3~5	5	C.L	15	N/A	N/A	
(69.8)	(-60.0)					69.8~72.8m 15°,40°절리군 2set 파동/완만~경면, 평면/완만~경면 71.0m~71.8m 코어로스 전구간 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	90	13	3~5	3~5	5	C.L	25	N/A	N/A	
70																
(72.8)	(-63.0)					72.8~75.8m 30°,70°절리군 2set 파동/완만~경면, 평면/완만~경면 72.9m~73.2m 코어로스 74.8m~75.0m 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	100	14	3~5	3~5	5	C.L	20	N/A	N/A	
75																
(75.8)	(-66.0)					75.8~79.0m 전구간 단층파쇄대 발달 (단층점토, 단층각력암)	0	0	5	5	5	C.L	N/A	N/A	N/A	
79.0	-69.2	50.5														
						* 심도 79.0m에서 시추종료										
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-4	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.6+711.1(우12.5m) X = 447087.063 Y = 191318.686	표 고	EL(+) 10.0 M

굴진심도	62.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 15.1 M
케이싱심도	31.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0						* 매립토층(0.0~2.0m) - 자갈섞인 실트질 모래 - 담갈색~암갈색 - 습윤 - 폐콘크리트 - 자갈크기 : 직경 10cm 이내										
				1.0 (N/S)	터파기											
2.0	8.0	2.0		2.0 (N/S)	터파기											
				3.0 S-1	5/30	* 퇴적토층(2.0~24.0.0m) - 실트질 모래(2.0~11.0m) 암갈색~황갈색 느슨~조밀 습윤										
				4.0 S-2	6/30											
5				5.0 S-3	5/30											
				6.0 S-4	9/30											
				7.0 S-5	10/30											
				8.0 S-6	12/30											
				9.0 S-7	13/30											
10				10.0 S-8	15/30											
11.0	-1.0	9.0		11.0 S-9	33/30	- 실트질 자갈(11.0~24.0m) 황갈색~담갈색 매우 조밀 습윤~젖음 원마도 양호 자갈크기 : 직경 15cm 이내										
				12.0 S-10	50/28											
				13.0 S-11	43/30											
				14.0 S-12	50/16											
15				15.0 S-13	50/26											
				16.0 S-14	50/16											
				17.0 S-15	50/22											
				18.0 S-16	50/24											
				19.0 N/S	50/7											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-4	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.6+711.1(우12.5m) X = 447087.063 Y = 191318.686	표 고	EL(+) 10.0 M

굴진심도	62.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 15.1 M
케이싱심도	31.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 S-17	50/19											
				21.0 S-18	50/13											
				22.0 S-19	50/12											
				23.0 S-20	50/16											
24.0	-14.0	13.0		24.0 S-21	32/30	* 풍화토층(24.0~30.0m) - 실트질 모래 - 황갈색~담갈색 - 조밀~매우 조밀 - 습윤										
25				25.0 S-22	44/30											
				26.0 S-23	50/24											
				27.0 S-24	50/28											
				28.0 S-25	50/26											
				29.0 S-26	50/22											
30.0	-20.0	6.0		30.0 S-27	50/9											
30			+ + +			* 풍화암층(30.0~31.0m) - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우 조밀 - 습윤 - 타격시 세편상으로 회수										
31.0	-21.0	1.0	+ + +													
			+ + +			*연암층 심도 : 31.00 ~ 33.80 m 호상 흑운모 편마암의 연암 완전풍화~심한풍화 매우약함~약함 매우심한균열 담회색~암회색 31.0~33.8m 10°, 30°,65°절리군 3set 파동/거침 절리면 산화철 피복 절리 내 사질입자 충진 31.0m~32.1m 코어로스 31.0m~32.3m 파쇄대 발달	61	9	4 ~ 5	4 ~ 5	5	C.L	14	N/A	N/A	
33.8	-23.8	2.8	+ + +													
35			+ + +				100	53	2	2	3		30	2	11	
(36.8)	(-26.8)		+ + +			*경암층 심도 : 33.80 ~ 62.30 m 호상 흑운모 편마암의 경암 보통풍화~신선 보통강함~매우강함 보통균열~약간균열 담회색~암회색	100	69	1 ~ 2	1 ~ 2	2		50	2	21	
(39.8)	(-29.8)		+ + +													
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-4	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.6+711.1(우12.5m) X = 447087.063 Y = 191318.686	표 고	EL(+) 10.0 M

굴진심도	62.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 15.1 M
케이싱심도	31.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40						33.8~36.8m 10°,40°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복	100	40	2	2	3		30	4	16	
						36.8~39.8m 5°,40°,60°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복										
(42.8)	(-32.8)					39.0~39.1 파쇄대 발달										
						39.8~42.8m 5°,40°절리군 2set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복	100	83	1 ~ 2	1 ~ 2	3		34	4	13	
45						41.4~41.7 파쇄대 발달										
(45.8)	(-35.8)					42.8~45.8m 15°,35°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복										
						45.8~48.8m 15°,40°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복	100	47	2 ~ 3	2 ~ 3	3		26	N/A	12	
(48.8)	(-38.8)					48.0~48.3 파쇄대 발달										
						48.8~51.8m 10°,30°절리군 2set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복	100	87	2	2	2		52	3	21	
50																
(51.8)	(-41.8)					51.8~54.8m 10°,30°,70°절리군 3set 파동/거침, 평면/완만 절리면 방해석 피복	100	87	1 ~ 2	1 ~ 2	2		60	8	36	
(54.8)	(-44.8)															
55						54.8~57.8m 5°,30°절리군 2set 파동/거침~경면 절리면 방해석 피복	100	98	1 ~ 2	1 ~ 2	2		112	4	62	
(57.8)	(-47.8)					57.8~60.7m 10°,40°,60°절리군 3set 파동/거침 절리면 방해석 피복	100	60	1 ~ 2	1 ~ 2	2		115	N/A	50	
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-4	조 사 일	2013년 6월 17일 ~ 2013년 6월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.6+711.1(우12.5m) X = 447087.063 Y = 191318.686	표 고	EL(+) 10.0 M

굴진심도	62.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 15.1 M
케이싱심도	31.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
60																
(60.7)	(-50.7)					60.7~62.3m 5°,30°,70°절리군 3set 파동/완만~경면, 평면/완만~경면 절리면 방해석 피복	100	63	2	2	3		26	2	14	
62.3	-52.3	28.5														
						* 심도 62.3m에서 시추종료										
65																
70																
75																
80																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-5	조 사 일	2013년 10월 17일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+584.0(우1.7m) X = 446959.64 Y = 192169.49	표 고	EL(+) 8.5 M

굴진심도	46.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 7.9 M
케이싱심도	27.7 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	이 무 경	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0						* 매립토층(0.0~1.8m) - 자갈섞인 실트질 모래 - 보통 조밀 - 습윤 - 갈색 - 자갈크기 : 직경 1~5cm										
1.8	6.7	1.8		1.0 S-1	13/30											
				2.0 S-2	6/30											
				3.0 S-3	8/30	* 퇴적토층(1.8~19.5m) - 실트질 모래(1.8~3.8m) 느슨 습윤 암갈색										
3.8	4.7	2.0		4.0 S-4	15/30											
5				5.0 S-5	15/30	- 자갈섞인 모래(3.8~5.6m) 보통 조밀 젖음 담갈색 자갈크기 : 0.5~1cm										
5.6	2.9	1.8		6.0 S-6	4/30											
				7.0 S-7	6/30	- 실트섞인 모래(5.6~8.7m) 느슨 습윤 암갈색										
				8.0 S-8	4/30											
8.7	-0.2	3.1		9.0 S-9	50/30	- 모래섞인 자갈(8.7~19.5m) 조밀~매우 조밀(자갈의 영향) 습윤 회색~담회색 - 자갈크기 : 직경 1~5cm										
10				10.0 S-10	47/30											
				11.0 S-11	50/28											
				12.0 S-12	46/30											
				13.0 S-13	50/28											
				14.0 S-14	50/28											
15				15.0 S-15	50/30											
				16.0 S-16	50/13											
				17.0 S-17	50/26											
				18.0 S-18	50/25											
				19.0 S-19	50/29											
19.5	-11.0	10.8														
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-5	조 사 일	2013년 10월 17일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+584.0(우1.7m) X = 446959.64 Y = 192169.49	표 고	EL(+) 8.5 M

굴진심도	46.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 7.9 M
케이싱심도	27.7 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	이 무 경	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 S-20	35/30	* 풍화토층(19.5~24.0m) - 실트질 모래 - 매우 조밀 - 습윤 - 황갈색										
				21.0 S-21	50/26											
				22.0 S-22	50/18											
				23.0 S-23	50/15											
24.0	-15.5	4.5		24.0 S-24	50/10											
25				25.0 S-25	50/9	* 풍화암층(24.0~27.7m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 암편 및 실트섞인 모래로 분해 - 완전풍화 - 매우 조밀 - 습윤 - 갈색~황갈색										
				26.0 S-26	50/10											
27.7	-19.2	3.7		27.0 S-27	50/7											27.7
30						* 연암층(27.7~46.1m) - 편마암의 연암 - 심한풍화~보통풍화 - 약함~보통강함 - 심한균열~보통균열 - 담회색~암회색	100	11	3~4	3	3~4		18	N/A	7	
						·27.7~30.0m - 절리군 : 3조+불규칙절리 (10~20°, 60°, 70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 - Slickenside 발달 - 29.3~29.6m : 파쇄 발달	100	20	3	3	3~4		30	4	11	30.0
						·30.0~32.6m - 절리군 : 2조+불규칙절리(50°, 60°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 - 30.7~31.0m, 31.3~31.8m : 수직절리 발달	60	15	3~5	3~5	3~5		18	N/A	8	32.6
35						·32.6~35.4m - 절리군 : 2조+불규칙절리(50°, 70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 - 방해석 세맥 발달 - 34.7m 단층발달(단층점토) - 34.7~35.4m : 단층 파쇄대로 인한 Coreloss	87	22	3~4	3~4	3~4		28	N/A	10	35.4
						·35.4~37.3m - 절리군 : 2조+불규칙절리(50°, 70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 - 35.4~35.8m : 단층 파쇄대로 인한 절리 및 파쇄발달	90	12	4~5	4	4~5		18	N/A	7	37.3
40						·37.3~40.4m - 1set + 불규칙절리(50°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 - Slickenside 발달, 파쇄발달										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-5	조 사 일	2013년 10월 17일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+584.0(우1.7m) X = 446959.64 Y = 192169.49	표 고	EL(+) 8.5 M

굴진심도	46.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 7.9 M
케이싱심도	27.7 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	이 무 경	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
40						·40.4~43.5m - 절리군 : 2조+불규칙절리(50°, 70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 - Slickenside 발달 - 41.6~41.8m : 수직절리 발달	100	13	3 ~ 4	3 ~ 4	3 ~ 4		20	N/A	9	40.4
45						·43.5~46.1m - 절리군 : 3조+불규칙절리 (10~20°, 50°, 70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 - 43.5~44.7m : 절리 및 파쇄 발달 - 43.0~44.7m : 단층에 의한 파쇄 및 균열 발달	96	3	4	4	4		12	N/A	5	43.5
46.1	-37.6	18.4										C.L				46.1
50						* 심도 46.1m에서 시추종료										
55																
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-6	조 사 일	2013년 10월 16일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+630.7(우8.6m) X = 446895.82 Y = 192203.79	표 고	EL(+) 8.0 M

굴진심도	45.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 6.7 M
케이싱심도	24.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	19/30	* 매립토층(0.0~2.2m) - 자갈섞인 실트질 모래 - 보통 조밀 - 습윤 - 갈색 - 자갈크기 : 직경 1~2cm										
2.2	5.8	2.2		2.0 S-2	18/30											
				3.0 S-3	6/30	* 퇴적토층(2.2~18.5m) - 자갈섞인 실트질 모래(2.2~6.3m) 매우느슨~느슨 습윤~젖음 갈색 자갈크기 : 직경 1~2cm										
				4.0 S-4	4/30											
5				5.0 S-5	5/30											
6.3	1.7	4.1		6.0 S-6	6/30											
				7.0 S-7	12/30	- 자갈섞인 모래(6.3~7.5m) 보통 조밀 젖음 담갈색 자갈크기 : 직경 1~2cm										
7.5	0.5	1.2		8.0 S-8	15/30											
				9.0 S-9	50/30	- 모래섞인 자갈(7.5~18.5m) 보통조밀~매우 조밀(자갈의 영향) 젖음 갈색 자갈크기 : 직경 2~7cm										
10				10.0 S-10	50/28											
				11.0 S-11	42/30											
				12.0 S-12	50/29											
				13.0 S-13	45/30											
				14.0 S-14	50/26											
15				15.0 S-15	50/27											
				16.0 S-16	50/28											
				17.0 S-17	50/10											
				18.0 S-18	50/12	* 풍화토층(18.5~21.0m) - 실트섞인 모래 - 매우 조밀 - 습윤 - 갈색~암갈색										
18.5	-10.5	11.0														
				19.0 S-19	50/29											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-6	조 사 일	2013년 10월 16일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+630.7(우8.6m) X = 446895.82 Y = 192203.79	표 고	EL(+) 8.0 M

굴진심도	45.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 6.7 M
케이싱심도	24.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0												
				S-20	50/11											
21.0	-13.0	2.5		21.0												
				S-21	50/9	* 풍화암층(21.0~25.4m) - 편마암의 풍화암 - 완전풍화~심한풍화 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 매우조밀 - 갈색 - 22.4~24.0, 24.1~25.4m 풍화암 코어회수										
				22.0												
				S-22	50/8											
				23.0			84	8	4~5	5	4~5		12	N/A	1	22.4
				S-23	Core											24.0
				24.0												24.1
				S-24	50/5		83	9	4~5	5	4~5		14	1	3	
25				25.0												
25.4	-17.4	4.4		S-25	Core											25.4
						* 연암층(25.4~42.7m) - 편마암의 연암 - 심한풍화~보통풍화 - 약함~보통강함 - 매우심한균열~보통균열 - 담회색~암회색 - 파쇄 및 균열발달	83	11	4	4	4~5		13	2	4	
						·25.4~27.5m - 절리군 : 3조+불규칙절리(30°,60°,70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 산화철피복	100	13	3~4	3~4	4~5		16	1	5	27.5
						·27.5~29.5m - 절리군 : 3조+불규칙절리(30°,50°,60°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 산화철피복	100	8	4	4	4~5		10	N/A	3	29.5
30						·29.5~31.2m - 절리군 : 3조+불규칙절리(30°,50°,60°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 - 31.0~31.2m 소규모 단층 - 경사각 70° - 단층 점토 - Slickenside 발달	100	16	3~4	3~4	4~5		16	N/A	4	31.2
						·31.2~33.5m - 절리군 : 3조+불규칙절리(30°,50°,60°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 - 32.9~33.3m 파쇄 - 경사각 60° - Slickenside 발달	92	10	3~4	3~4	4~5		14	N/A	3	33.5
35						·33.5~36.0m - 절리군 : 3조+불규칙절리(30°,60°,70°) - 절리면 : 평면/완만 - 34.5~35.1m 파쇄발달 - 경사각 60° - 35.1~36.0m 기계적 파쇄 - Slickenside 발달	87	21	3~4	3~4	3~5		22	N/A	4	36.0
																39.0
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-6	조 사 일	2013년 10월 16일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+630.7(우8.6m) X = 446895.82 Y = 192203.79	표 고	EL(+) 8.0 M

굴진심도	45.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 6.7 M
케이싱심도	24.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	김 상 목	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40						·36.0~39.0m - 절리군 : 3조+불규칙절리(30°,60°,70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 - 38.1~39.0m 파쇄발달	98	23	3 ~ 4	3 ~ 4	3 ~ 5		23	N/A	4	
42.7	-34.7	17.3				·39.0~41.8m - 절리군 : 3조+불규칙절리(30°,60°,70°) - 절리면 : 평면/완만 - 39.0~39.8m 파쇄발달 - Slickenside 발달	100	13	4	4	4 ~ 5		11	N/A	3	41.8
45.1	-37.1	2.4				·41.8~42.7m - 절리군 : 3조+불규칙절리(30°,60°,70°) - 절리면 : 평면/완만 - 파쇄발달 - Slickenside 발달	100	88	2 ~ 3	2 ~ 3	3 ~ 4		42	4	12	42.7
50						* 경암층(42.7~45.1m) - 편마암의 경암 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 심한균열~보통균열 ·42.7~45.1m - 절리군 : 3조+불규칙절리(30°,60°,70°) - 절리면 : 평면/거침 방해석피복										45.1
55						* 심도 45.1m에서 시추종료										
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-7	조 사 일	2013년 10월 18일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+633.6(우26.7m) X = 446951.97 Y = 192226.65	표 고	EL(+) 5.8 M

굴진심도	46.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 5.8 M
케이싱심도	25.8 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	이 무 경	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~2.8m) - 자갈섞인 실트질 모래 - 보통 조밀 - 습윤 - 갈색~황갈색 - 자갈크기 : 0.5~1cm										
				2.0 S-2	13/30											
2.8	3.0	2.8		3.0 S-3	5/30	* 퇴적토층(2.8~15.3m) - 소량의 자갈섞인 실트질모래(2.8~8m) 느슨~보통조밀 젖음 회색~담회색 자갈크기 : 1~5cm										
				4.0 S-4	15/30											
5				5.0 S-5	20/30											
				6.0 S-6	13/30											
				7.0 S-7	28/30											
8.0	-2.2	5.2		8.0 S-8	26/30	- 모래섞인 실트질자갈(8.0~15.3m) 보통조밀~매우 조밀(자갈의 영향) 젖음 담회색~황갈색 자갈크기 : 1~7cm										
				9.0 S-9	20/30											
10				10.0 S-10	27/30											
				11.0 S-11	50/26											
				12.0 S-12	50/29											
				13.0 S-13	45/30											
				14.0 S-14	50/25											
15				15.0 S-15	50/16											
15.3	-9.5	7.3		16.0 S-16	50/29	* 풍화토층(15.3~24.0m) - 실트질 모래 - 매우 조밀 - 습윤 - 황갈색~암갈색										
				17.0 S-17	50/29											
				18.0 S-18	50/30											
				19.0 S-19	50/28											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-7	조 사 일	2013년 10월 18일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+633.6(우26.7m) X = 446951.97 Y = 192226.65	표 고	EL(+) 5.8 M

굴진심도	46.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 5.8 M
케이싱심도	25.8 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	이 무 경	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 S-20 21.0 S-21 22.0 S-22 23.0 S-23	50/24 50/17 50/16 50/18	* 풍화토층(15.3~24.0m) - 실트질 모래 - 매우 조밀 - 습윤 - 황갈색~암갈색										
24.0	-18.2	8.7		24.0 S-24	50/10	* 풍화암층(24.0~25.8m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 암편 및 실트섞인 모래로 분해 - 완전풍화 상태 - 매우 조밀 - 갈색										
25				25.0 S-25	50/4 (N.S)											
25.8	-20.0	1.8														25.8
						* 연암층(25.8~46.0m) - 기반암인 편마암의 연암 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 보통균열~약간균열 - 암회색~녹회색 ·25.8~27.5m - 절리군 : 3조+불규칙절리 (10~20°, 45°, 70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 변질 및 산화철 피복 - 사질입자 충진 - 27.3~27.5m Core loss	89	14	3~4	3	3~4	CH	17	N/A	8	27.5
						·27.5~30.0m - 절리군 : 2조+불규칙절리(50°, 70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 변질 및 산화철 피복 - 사질입자 충진	100	33	2~3	2~3	2~3		40	1	13	30.0
30						·30.0~33.0m - 절리군 : 2조+불규칙절리(30°, 70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 변질 및 산화철 피복	100	82	2	1~2	2		81	28	50	33.0
35						·33.0~36.4m - 절리군 : 2조+불규칙절리(50°, 70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 - 33.0~33.5m, 36.0~36.4m : 절리 및 파쇄발달	100	32	3~4	3~4	3~4		40	N/A	15	36.4
						·36.4~39.2m - 절리군 : 2조+불규칙절리(50°, 70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만 방해석피복	100	30	3	3	3~4		53	N/A	13	39.2
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-7	조 사 일	2013년 10월 18일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.7+633.6(우26.7m) X = 446951.97 Y = 192226.65	표 고	EL(+) 5.8 M

굴진심도	46.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 5.8 M
케이싱심도	25.8 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	이 무 경	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40						·39.2~43.0m - 절리군 : 3조+불규칙절리 (0~10°, 50°, 70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만	100	35	3	2 ~ 3	3		34	1	14	
45						·43.0~46.0m - 절리군 : 2조+불규칙절리(50°, 70°) - 절리면 : 평면/거침, 평면/완만	100	41	2 ~ 3	2 ~ 3	3		47	3	15	43.0
46.0	-40.2	20.2				* 심도 46.0m에서 시추종료										46.0
50																
55																
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-1	조 사 일	2013-03-24 ~ 2013-03-25
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.0+820.5(우15.5m) X = 447129.70 Y = 185600.36	표 고	EL(+) 12.5 M

굴진심도	25 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김덕수	지하수위	GL(-) 5.4 M
케이싱심도	25 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.60	-2.60	2.60		1.0 S-1 2.0 S-2	6/30	▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 2cm이하 갈색, 습윤 느슨										
5.00	-5.00	2.40		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0	6/30 5/30 8/30	▶퇴적층 실트질 점토 암갈색~담회색 습윤~젖음 보통견고										
6.70	-6.70	1.70		S-5 6.0 S-6	26/30	▶퇴적층 실트질 모래 갈색, 습윤 느슨~보통조밀										
7.50	-7.50	0.80		7.0 S-7	20/30	▶퇴적층 자갈, 실트섞인 모래 자갈size 3cm이하 갈색, 습윤 보통조밀										
17.60	-17.60	10.10		8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17	17/30 18/30 50/30 50/25 50/19 50/21 50/18 50/17 50/13 50/12	▶풍화토 실트질 모래 황갈색~회갈색 습윤 보통조밀~매우조밀										
				18.0 N.S 19.0 S-18	50/6 50/10 50/7	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 회갈색 매우조밀										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-1	조 사 일	2013-03-24 ~ 2013-03-25
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.0+820.5(우15.5m) X = 447129.70 Y = 185600.36	표 고	EL(+) 12.5 M

굴진심도	25 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김덕수	지하수위	GL(-) 5.4 M
케이싱심도	25 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
				20.0 S-19	50/7											
				21.0 N.S	50/6											
				22.0 N.S	50/5											
				23.0 N.S	50/3											
				24.0 N.S	50/6											
25.00	-25.00	7.40				* 심도 25.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-2	조 사 일	2013-03-25 ~ 2013-03-25
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.0+820.5(우15.5m) X = 447079.24 Y = 185610.99	표 고	EL(+) 12.5 M

굴진심도	28 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김덕수	지하수위	GL(-) 5.5 M
케이싱심도	28 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.00	-2.00	2.00		1.0 S-1 2.0	6/30	▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 2cm이하 갈색, 습윤										
4.00	-4.00	2.00		S-2 3.0 S-3 4.0	11/30 10/30	▶퇴적층 실트질 점토 갈색 습윤~젖음 보통견고~견고										
6.40	-6.40	2.40		S-4 5.0 S-5 6.0 S-6	10/30 10/30 10/30	▶퇴적층 실트질 모래 갈색, 습윤 느슨~보통조밀										
8.00	-8.00	1.60		7.0 S-7 8.0 S-8	27/30 34/30	▶퇴적층 자갈, 실트섞인 모래 자갈size 2cm이하 갈색, 습윤 보통조밀										
				9.0 S-9 10.0 S-10 11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	50/25 50/10 50/27 50/29 30/30 33/30 36/30 33/30 50/30 50/21 50/15 50/12	▶풍화토 실트질 모래 갈색~회백색 습윤 조밀~매우조밀										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-2	조 사 일	2013-03-25 ~ 2013-03-25
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.0+820.5(우15.5m) X = 447079.24 Y = 185610.99	표 고	EL(+) 12.5 M

굴진심도	28 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김덕수	지하수위	GL(-) 5.5 M
케이싱심도	28 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0												
20.30	-20.30	12.30		S-20	50/12											
				21.0 N.S	50/5	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 갈색 매우조밀										
				22.0 N.S	50/4											
				23.0 N.S	50/3											
				24.0 N.S	50/5											
				25.0 N.S	50/4											
				26.0 N.S	50/3											
				27.0 N.S	50/3											
28.00	-28.00	7.70		28.0 N.S	50/3	* 심도 28.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-3	조 사 일	2013-03-25 ~ 2013-03-25
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+048.5(우26.0m) X = 447116.00 Y = 185836.19	표 고	EL(+) 10.0 M

굴진심도	35 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 6.7 M
케이싱심도	35 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
1.80	-1.80	1.80		1.0 S-1	7/30	▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 2cm이하 갈색, 습윤 느슨										
				2.0 S-2	7/30											
				3.0 S-3	9/30	▶퇴적층 실트질 점토 갈색 습윤~젖음 보통견고~견고										
				4.0 S-4	10/30											
				5.0 S-5	12/30											
				6.0 S-6	9/30											
				7.0 S-7	10/30											
				8.0 S-8	9/30											
9.00	-9.00	7.20		9.0 S-9	13/30											
				10.0 S-10	12/30	▶퇴적층 실트섞인 모래 갈색 습윤, 보통조밀										
10.40	-10.40	1.40		11.0 S-11	10/30	▶풍화토 실트질 모래 회갈색~회백색 습윤 느슨~매우조밀										
				12.0 S-12	14/30											
				13.0 S-13	15/30											
				14.0 S-14	13/30											
				15.0 S-15	14/30											
				16.0 S-16	19/30											
				17.0 S-17	25/30											
				18.0 S-18	35/30											
				19.0 S-19	40/30											
					50/19											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-3	조 사 일	2013-03-25 ~ 2013-03-25
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+048.5(우26.0m) X = 447116.00 Y = 185836.19	표 고	EL(+) 10.0 M

굴진심도	35 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 6.7 M
케이싱심도	35 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0 S-20	50/19											
				21.0 S-21	50/21											
				22.0 S-22	50/21											
				23.0 S-23	50/16											
				24.0 S-24	50/15											
				25.0 S-25	50/15											
				26.0 S-26	50/12											
				27.0 S-27	50/12											
28.00	-28.00	17.60		28.0 S-28	50/9	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 회백색 매우조밀										
				29.0 S-29	50/7											
				30.0 S-30	50/6											
				31.0 N.S	50/4											
				32.0 N.S	50/4											
				33.0 N.S	50/3											
				34.0 N.S	50/4											
35.00	-35.00	7.00		35.0 N.S	50/4	* 심도 35.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-4	조 사 일	2013-03-23 ~ 2013-03-24
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+038.9(우15.0m) X = 447124.74 Y = 185824.58	표 고	EL(+) 10.1 M

굴진심도	41.9 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 6.7 M
케이싱심도	38.9 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.20	-2.20	2.20		1.0 S-1 2.0 S-2		▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 2cm이하 갈색, 습윤										
8.80	-8.80	6.60		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9	12/30 11/30 13/30 10/30 9/30 10/30 12/30	▶퇴적층 실트질 점토 갈색 습윤~젖음 보통견고~견고										
10.40	-10.40	1.60		10.0 S-10	13/30	▶퇴적층 자갈, 실트섞인 모래 자갈size 2cm이하 갈색 습윤, 보통조밀										
				11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14 15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 S-18 19.0 S-19	9/30 13/30 14/30 15/30 13/30 18/30 24/30 32/30 41/30	▶풍화토 실트질 모래 회갈색~회백색 습윤 느슨~매우조밀										
					50/26											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-4	조 사 일	2013-03-23 ~ 2013-03-24
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+038.9(우15.0m) X = 447124.74 Y = 185824.58	표 고	EL(+) 10.1 M

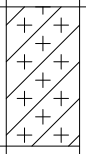
굴진심도	41.9 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 6.7 M
케이싱심도	38.9 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0 S-20	50/26											
				21.0 S-21	50/20											
				22.0 S-22	50/19											
				23.0 S-23	50/15											
				24.0 S-24	50/15											
				25.0 S-25	50/15											
				26.0 S-26	50/14											
				27.0 S-27	50/13											
28.00	-28.00	17.60		28.0 S-28	50/10											
				29.0 S-29	50/7	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 회백색 매우조밀										
				30.0 N.S	50/4											
				31.0 N.S	50/4											
				32.0 N.S	50/3											
				33.0 N.S	50/4											
				34.0 N.S	50/4											
				35.0 N.S	50/3											
				36.0 N.S	50/3											
				37.0 N.S	50/3											
				38.0 N.S	50/3											
38.90	-38.90	10.90				▶연암층	63	-								

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-4	조 사 일	2013-03-23 ~ 2013-03-24
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+038.9(우15.0m) X = 447124.74 Y = 185824.58	표 고	EL(+) 10.1 M

굴진심도	41.9 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 6.7 M
케이싱심도	38.9 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
-41.90	-41.90	3.00				편마암의 연암 회백색 보통풍화 보통강함 보통균열~심한균열 전체적으로 절리 및 파쇄발달	63	-								
						-3set(15°, 45°, 70~80°)+R -Undulated/Rough~Smooth * 심도 41.90 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-5	조 사 일	2013-03-23 ~ 2013-03-24
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.1+048.0(우33.9m) X = 447194.60 Y = 185819.15	표 고	EL(+) 10.0 M

굴진심도	30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 6.6 M
케이싱심도	30 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.00	-2.00	2.00		1.0 S-1	8/30	▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 5cm이하 갈색, 습윤 느슨										
				2.0 S-2	11/30	▶퇴적층 실트질 점토 암회색~갈색 습윤~젖음 보통견고~견고										
				3.0 S-3	12/30											
				4.0 S-4	7/30											
5.50	-5.50	3.50		5.0 S-5	8/30											
6.50	-6.50	1.00		6.0 S-6	24/30	▶퇴적층 실트섞인 모래 갈색 습윤, 보통조밀										
				7.0 S-7	6/30											
				8.0 S-8	7/30	▶퇴적층 실트질 점토 갈색~암회색 습윤~젖음 보통견고~견고										
				9.0 S-9	8/30											
9.80	-9.80	3.30		10.0 S-10	24/30	▶퇴적층 자갈, 실트섞인 모래 자갈size 3cm이하 회갈색, 습윤 보통조밀										
10.70	-10.70	0.90		11.0 S-11	30/30											
				12.0 S-12	34/30	▶풍화토 실트질 모래 갈색~회백색 습윤 보통조밀~매우조밀										
				13.0 S-13	40/30											
				14.0 S-14	50/25											
				15.0 S-15	50/14											
				16.0 S-16	50/11											
				17.0 S-17	50/16											
				18.0 S-18	45/30											
				19.0 S-19	47/30											
					50/24											

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-5	조 사 일	2013-03-23 ~ 2013-03-24
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.1+048.0(우33.9m) X = 447194.60 Y = 185819.15	표 고	EL(+) 10.0 M

굴진심도	30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 6.6 M
케이싱심도	30 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0 S-20	50/24											
				21.0 S-21	50/23											
21.80	-21.80	11.10		22.0 S-22	50/8	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 27.5~30.0m 부분적으로 맥암협재 회백색 매우조밀										
				23.0 S-23	50/7											
				24.0 S-24	50/6											
				25.0 N.S	50/4											
				26.0 S-25	50/4											
				27.0 S-26	50/3											
30.00	-30.00	8.20				* 심도 30.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-6	조 사 일	2013-03-21 ~ 2013-03-22
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+172.5(우12.6m) X = 447152.97 Y = 185955.12	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	19 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 6.4 M
케이싱심도	15.7 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.20	-2.20	2.20		1.0 S-1 2.0 S-2		▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 3cm이하 갈색, 습윤										
9.40	-9.40	7.20		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9	7/30 7/30 7/30 8/30 8/30 8/30 9/30	▶퇴적층 실트질 점토 회갈색 습윤~젖음 보통견고~견고										
10.70	-10.70	1.30		10.0 S-10	18/30	▶퇴적층 실트섞인 모래 갈색, 습윤 보통조밀										
11.60	-11.60	0.90		11.0 N.S	15/30	▶퇴적층 모래질 자갈 자갈size 5cm이하 갈색, 습윤 보통조밀										
15.70	-15.70	4.10		12.0 S-11 13.0 S-12 14.0 S-13 15.0 S-14	10/30 12/30 14/30 20/30	▶풍화토 실트질 모래 담갈색,습윤 느슨~보통조밀										
19.00	-19.00	3.30				▶연암층 편마암의 연암 담갈색~담회색 보통풍화~심한풍화 보통강함~약함 보통균열~심한균열 *15.7~18.0m 3set(15°, 45°, 70°) Undulated/Rough~Smooth 부분적으로 절리 및 균열발달 절리면 변질 및 산화철 피복	70 60	5 -								

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-6	조 사 일	2013-03-21 ~ 2013-03-22
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+172.5(우12.6m) X = 447152.97 Y = 185955.12	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	19 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 6.4 M
케이싱심도	15.7 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
						*18.0~19.0m 2set(15°, 45°)+R Undulated/Smooth 전체적으로 절리 및 균열발달 코아회수율 저조 * 심도 19.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-7	조 사 일	2013-03-23 ~ 2013-03-23
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+249.7(우14.0m) X = 447167.47 Y = 186030.96	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	21 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 6.5 M
케이싱심도	21 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
2.20	-2.20	2.20		1.0 S-1 2.0 S-2		▶매립층 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 2cm이하 갈색, 습윤										
10.90	-10.90	8.70		3.0 S-3 4.0 S-4 5.0 S-5 6.0 S-6 7.0 S-7 8.0 S-8 9.0 S-9 10.0 S-10	3/30 4/30 4/30 5/30 5/30 6/30 5/30 6/30	▶퇴적층 실트질 점토 암회색 습윤~젖음 연약~보통견고										
14.00	-14.00	3.10		11.0 S-11 12.0 S-12 13.0 S-13 14.0 S-14	10/30 50/15 50/14 50/10	▶풍화토 실트질 모래 담갈색 습윤 느슨~보통조밀										
				15.0 S-15 16.0 S-16 17.0 S-17 18.0 N.S 19.0 N.S	50/10 50/8 50/6 50/3 50/3 50/3	▶풍화암 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 부분적으로 맥암협재 회백색 매우조밀										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-7	조 사 일	2013-03-23 ~ 2013-03-23
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.1+249.7(우14.0m) X = 447167.47 Y = 186030.96	표 고	EL(+) 9.5 M

굴진심도	21 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 6.5 M
케이싱심도	21 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	이상민	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
				20.0 N.S	50/3											
21.00	-21.00	7.00		21.0 N.S	50/2	* 심도 21.00 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-8	조 사 일	2013년 3월 19일 ~ 2013년 3월 20일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+773.5(좌36.8m) X = 446770.03 Y = 192270.68	표 고	EL(+) 6.9 M

굴진심도	37.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 6.6 M
케이싱심도	20.9 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	고 경 하	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0																
				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~2.0m) - 자갈 섞인 모래 - 느슨 - 암갈색 - 습윤										
2.0	4.9	2.0		2.0	8/30											
				S-2		* 퇴적토층(2.0~15.4m) - 자갈섞인 세립~중립 모래(2.0~6.5m) 느슨~보통조밀 암갈색 습윤										
				3.0 S-3	7/30											
				4.0 S-4	10/30											
5				5.0 S-5	12/30											
				6.0 S-6	31/30											
6.5	0.4	4.5														
				7.0 S-7	50/30	- 모래질 자갈(6.5~15.4m) 매우조밀 암회색~황갈색 습윤 자갈크기 : 직경 1~6cm										
				8.0 S-8	50/26											
				9.0 S-9	50/25											
10				10.0 S-10	50/22											
				11.0 S-11	50/22											
				12.0 S-12	50/26											
				13.0 S-13	50/7											
				14.0 S-14	50/16											
15				15.0 S-15	50/14											
15.4	-8.5	8.9														
				16.0 S-16	20/30	* 풍화토층(15.4~20.9m) - 실트질 모래 - 보통조밀~매우조밀 - 황갈색 - 소량의 암편 함유										
				17.0 S-17	42/30											
				18.0 S-18	50/16											
				19.0 S-19	50/14											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-8	조 사 일	2013년 3월 19일 ~ 2013년 3월 20일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+773.5(좌36.8m) X = 446770.03 Y = 192270.68	표 고	EL(+) 6.9 M

굴진심도	37.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 6.6 M
케이싱심도	20.9 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	고 경 하	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
20				20.0	50/12											
20.9	-14.0	5.5		S-20												20.9
						* 연암층(20.9~37.0m) - 편마암의 연암 - 보통풍화~심한풍화 - 보통강함~약함 - 보통균열~심한균열 - 암회색 - 편리 : 20~30°	84	0	3~4	3	3		4	N/A	N/A	
							100	0	3~4	3~4	3		6	N/A	N/A	22.4
						·20.9~22.4m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 파동/거침 부분적 산화철 피복 - 21.6~21.74m : 코아 로스	92	22	3~4	3~4	3		30	4	22	23.7
25						·22.4~23.7m - 절리군 : 2조(10~20°, 90°) - 절리면 : 파동/거침 - 22.7~22.9m : 수직절리 발달	100	45	3~4	3	3		19	2	8	26.1
						·23.7~26.1m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 파동/거침 - 23.7~23.9m : 코아 로스										27.7
						·26.1~27.7m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	48	3~4	3	3		26	4	12	
30						·27.7~30.7m - 절리군 : 3조(10~20°, 30°, 90°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 - 30.5~30.7m : 수직절리 발달										30.7
						·30.7~33.7m - 절리군 : 3조(10~20°, 70°, 90°) - 절리면 : 파동/거침 - 30.7~30.9m : 수직절리 발달 - 31.3~31.8m : 석영맥 발달	100	46	3~4	3~4	3		28	1	8	
						·33.7~37.0m - 절리군 : 2조(30°, 90°) - 절리면 : 파동/거침 - 34.8~35.1m : 단층대(점토화), 흑색 - 35.1~35.8m : 코아 로스 - 35.8~36.3m : 단층파쇄대 점토,석영 함유	79	32	3~4	3~4	3~4	CL	50	N/A	N/A	33.7
35																
37.0	-30.1	16.1														37.0
						* 심도 37.0m에서 시추종료										
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-9	조 사 일	2013년 3월 18일 ~ 2013년 3월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+881.9(좌55.8m) X = 446668.23 Y = 192331.97	표 고	EL(+) 6.5 M

굴진심도	33.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 6.0 M
케이싱심도	17.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	고 경 하	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~5.0m) - 자갈 섞인 실트질 모래 - 느슨 - 암갈색 - 습윤										
				2.0 S-2	6/30	- 0.0~2.0m : 터파기 - 소량의 자갈 함유 - 자갈크기 : 직경 1~3cm										
				3.0 S-3	4/30											
				4.0 S-4	4/30											
5.0	1.5	5.0		5.0	4/30											
				S-5		* 퇴적토층(5.0~13.7m) - 실트질 세립~중립 모래(5.0~6.6m) 매우느슨 암갈색~담회색 습윤~젖음										
				6.0 S-6	3/30											
6.6	-0.1	1.6		7.0 S-7	50/24	- 모래질 자갈(6.6~13.7m) 조밀~매우조밀 담갈색~암회색 습윤~젖음 자갈크기 : 직경 1~4cm										
				8.0 S-8	43/30											
				9.0 S-9	50/25											
10				10.0 S-10	50/24											
				11.0 S-11	50/22											
				12.0 S-12	50/12	* 풍화토층(13.7~16.0m) - 실트질 모래 - 보통조밀~매우조밀 - 황갈색 - 습윤										
				13.0 S-13	50/16											
13.7	-7.2	7.1		14.0 S-14	24/30	* 풍화암층(16.0~17.0m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 매우조밀 - 황갈색 - 습윤 - 암편 함유										
15				15.0 S-15	50/13											
16.0	-9.5	2.3		16.0 S-16	50/10											
17.0	-10.5	1.0				* 연암층(17.0~30.4m) - 편마암의 연암 - 보통풍화~심한풍화 - 보통강함~약함 - 보통균열~심한균열 - 담회색 - 편리 : 10~20°	95	13	4	3~4	4		15	2	10	17.0
						·17.0~18.2m - 절리군 : 1조(20°) - 절리면 : 평면/거침, 산화철 피복	100	21	3~4	3~4	4		15	2	11	18.2
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-9	조 사 일	2013년 3월 18일 ~ 2013년 3월 19일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+881.9(좌55.8m) X = 446668.23 Y = 192331.97	표 고	EL(+) 6.5 M

굴진심도	33.1 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김 세 환	지하수위	GL(-) 6.0 M
케이싱심도	17.0 M	시 추 기	SP-4500SD	작 성 자	고 경 하	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기 술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비 고
20						·18.2~20.3m - 절리군 : 2조+불규칙절리(10~20°,30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 산화철 피복 - 19.0~19.1m : 파쇄 발달	93	34	3 ~ 4	3	3 ~ 4		28	6	17	20.3
						·20.3~22.7m - 절리군 : 2조+불규칙절리(10°,70°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침 부분적 산화철 피복	100	31	3	3	3 ~ 4		23	4	11	22.7
						·22.7~24.0m - 절리군 : 1조+불규칙절리(20~30°) - 절리면 : 평면/거침	100	22	3	3	3 ~ 4		26	2	16	24.0
25						·24.0~26.1m - 절리군 : 1조(10~20°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침										
						·26.1~27.6m - 절리군 : 2조(10~20°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	28	3	3 ~ 4	3 ~ 4		16	4	12	26.1
						·27.6~30.4m - 절리군 : 3조(20°, 40°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	48	3	3	2 ~ 3		72	2	19	27.6
30 30.4	-23.9	13.4														30.4
33.1	-26.6	2.7				* 경암층(30.4~33.1m) - 편마암의 경암 - 담회색 - 신선한 암반 - 강함~매우강함 - 약간균열 - 편리 : 10~20° - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침 - 31.4~31.5m : 파쇄발달, 점토충진	100	84	1	1 ~ 2	2		150	6	N/A	33.1
35						* 심도 33.1m에서 시추종료										
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-10	조 사 일	2013년 3월 20일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+889.1(우5.2m) X = 446708.26 Y = 192378.67	표 고	EL(+) 5.2 M

굴진심도	27.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 4.2 M
케이싱심도	14.5 M	시 추 기	SP-4000SD	작 성 자	고 경 하	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0						* 매립토층(0.0~3.3m) - 자갈섞인 실트질 모래 - 느슨~보통조밀 - 암갈색 - 습윤										S-20
				1.0 S-1	터파기											
				2.0 S-2	10/30											
3.3	1.9	3.3		3.0	15/30											
4.0	1.2	0.7		S-3 4.0	50/25	* 퇴적토층(3.3~12.7m) - 잔자갈섞인 모래(3.3~4.0m) 매우조밀 암갈색 습윤										
5				S-4 5.0	49/30											
				S-5 6.0	27/30	- 모래섞인 자갈(4.0~12.7m) 매우조밀~보통조밀 암갈색~담회색 습윤 자갈크기 : 직경 1~7cm										
				S-6 7.0	40/30											
				S-7 8.0	45/30											
				S-8 9.0	50/27											
10				S-9 10.0	27/30											
				S-10 11.0	31/30											
				S-11 12.0	50/27	* 풍화암층(12.7~14.5m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 매우조밀 - 습윤										
12.7	-7.5	8.7		S-12 13.0	50/10											
				S-13 14.0	50/4	* 연암층(14.5~17.1m) - 편마암의 연암 - 보통풍화~심한풍화 - 보통강함~약함 - 보통균열 - 암회색 - 편리 : 10~20° - 절리군 : 2조(10~20°, 70°) - 절리면 : 파동/거침 부분적 산화철 피복 -14.5~14.6m : 코어 로스	96	15	3~4	3~4	3~4		16	2	6	14.5
14.5	-9.3	1.8		S-14												
15																
17.1	-11.9	2.6														17.1
						* 경암층(17.1~27.0m) - 편마암의 경암 - 심한풍화~신선한 암반 - 약함~강함 - 보통균열~약간균열 - 암회색 - 편리 : 10~20°	100	54	3	3~4	3~4		45	4	19	
20																20.0

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-10	조 사 일	2013년 3월 20일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.7+889.1(우5.2m) X = 446708.26 Y = 192378.67	표 고	EL(+) 5.2 M

굴진심도	27.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 4.2 M
케이싱심도	14.5 M	시 추 기	SP-4000SD	작 성 자	고 경 하	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20						·17.1~20.0m - 절리군 : 3조(20°, 30°, 70°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	61	3 ~ 4	3 ~ 4	3 ~ 4		16	N/A	N/A	
						·20.0~21.8m - 절리군 : 1조(30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	48	3	3	3 ~ 4		36	2	8	21.8
25						·21.8~24.0m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 파동/거침										24.0
						·24.0~27.0m - 절리군 : 2조(10°, 30°) - 절리면 : 평면/거침,파동/거침	100	73	1 ~ 2	2	2 ~ 3		105	6	38	
27.0	-21.8	9.9														27.0
						* 심도 27.0m에서 시추종료										
30																
35																
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-11	조 사 일	2013년 3월 18일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.8+342.6(우10.9m) X = 446689.38 Y = 192798.55	표 고	EL(+) 12.6 M

굴진심도	30.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 14.7 M
케이싱심도	26.9 M	시 추 기	SP-4000SD	작 성 자	고 경 하	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 S-1	터파기	* 매립토층(0.0~2.5m) - 자갈섞인 세립~중립 모래 - 매우느슨 - 암갈색 - 습윤										
2.5	10.1	2.5		2.0 S-2	2/30											
				3.0 S-3	6/30	* 퇴적토층(2.5~20.9m) - 실트 섞인 세립 모래(2.5~9.4m) 느슨 암갈색 습윤										
				4.0 S-4	5/30											
5				5.0 S-5	7/30											
				6.0 S-6	6/30											
				7.0 S-7	7/30											
				8.0 S-8	5/30											
9.4	3.2	6.9		9.0 S-9	6/30											
10				10.0 S-10	7/30	- 모래질 실트(9.4~10.5m) 보통견고 암갈색 습윤										
10.5	2.1	1.1		11.0 S-11	9/30	- 실트질 모래(10.5~11.8m) 느슨 암갈색 습윤										
11.8	0.8	1.3		12.0 S-12	32/30											
				13.0 S-13	50/22	- 모래섞인 자갈(11.8~18.5m) 보통조밀~매우조밀 담회색~담갈색 습윤 자갈크기 : 직경 1~7cm										
				14.0 S-14	50/8											
15				15.0 S-15	50/25											
				16.0 S-16	48/30											
				17.0 S-17	50/25											
				18.0 S-18	27/30											
18.5	-5.9	6.7		19.0 S-19	22/30	- 자갈섞인 모래(18.5~20.9m) 보통조밀 담갈색 습윤										
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-11	조 사 일	2013년 3월 18일
발 주 처	서울특별시	위 치	여의도방향STA.8+342.6(우10.9m) X = 446689.38 Y = 192798.55	표 고	EL(+) 12.6 M

굴진심도	30.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	노 인 석	지하수위	GL(-) 14.7 M
케이싱심도	26.9 M	시 추 기	SP-4000SD	작 성 자	고 경 하	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0												
20.9	-8.3	2.4		S-20	29/30											
				21.0	50/15	* 풍화토층(20.9~25.0m) - 실트질 모래 - 매우조밀 - 암갈색~황갈색 - 습윤 - 부분적 암편 함유										
				S-21												
				22.0	50/15											
				S-22												
				23.0	50/17											
				S-23												
				24.0	50/15											
				S-24												
25.0	-12.4	4.1		25.0	50/10											
				S-25		* 풍화암층(25.0~26.9m) - 편마암의 풍화암 - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 암갈색~황갈색 - 습윤										
				26.0	50/7											
				S-26												
26.9	-14.3	1.9														26.9
						* 연암층(26.9.0~30.0m) - 편마암의 연암 - 보통풍화~심한풍화 - 보통강함~약함 - 보통균열~심한균열 - 암회색 - 편리 : 10~20° - 절리군 : 1조+불규칙절리(10~20°) - 절리면 : 파동/거침 부분적 점토 충진 - 29.3~29.4m : 파쇄 발달	100	30	3~4	3~4	3~4		16	2	4	
30.0	-17.4	3.1														30.0
						* 심도 30.0m에서 시추종료										
35																
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NABB-1	조 사 일	2013년 6월 20일 ~ 2013년 6월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.0+980.0(우15.2m) X = 447162.280 Y = 185756.477	표 고	EL(+) 10.7 M

굴진심도	36.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안 종 현	지하수위	GL(-) 5.2 M
케이싱심도	33.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0				1.0 (N/S)	터파기	* 매립토층(0.0~2.0m) - 실트질 모래 - 담갈색 - 습윤										
2.0	8.7	2.0		2.0	11/30	* 퇴적토층(2.0~9.0m) - 실트질 점토 - 황갈색~암갈색 - 견고 - 습윤										
				S-1 3.0	13/30											
				S-2 4.0	11/30											
				S-3 5.0	10/30											
5				S-4 6.0	9/30											
				S-5 7.0	9/30											
				S-6 8.0	9/30											
				S-7 9.0	9/30											
9.0	1.7	7.0		S-8 10.0	21/30	* 풍화토층(9.0~27.0m) - 실트질 모래 - 담갈색 - 느슨~매우 조밀 - 습윤										
10				S-9 11.0	18/30											
				S-10 12.0	18/30											
				S-11 13.0	20/30											
				S-12 14.0	19/30											
				S-13 15.0	24/30											
15				S-14 16.0	21/30											
				S-15 17.0	23/30											
				S-16 18.0	46/30											
				S-17 19.0	47/30											
20				S-18												

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NABB-1	조 사 일	2013년 6월 20일 ~ 2013년 6월 22일
발 주 처	서울특별시	위 치	인천방향STA.0+980.0(우15.2m) X = 447162.280 Y = 185756.477	표 고	EL(+) 10.7 M

굴진심도	36.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	안 종 현	지하수위	GL(-) 5.2 M
케이싱심도	33.0 M	시 추 기	유압기	작 성 자	강 정 훈	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	RQD (%)	D	S	F	절리간격 형상	CM 최대	CM 최소	CM 평균	비고
20				20.0												
				S-19	46/30											
				21.0												
				S-20	43/30											
				22.0												
				S-21	43/30											
				23.0												
				S-22	45/30											
				24.0												
				S-23	50/9											
25				25.0												
				S-24	50/11											
				26.0												
				S-25	50/11											
27.0	-16.8	18.0		27.0												
				S-26	50/8	* 풍화암층(27.0~33.3m) - 굴진시 실트질 모래로 분해 - 담백색 - 매우 조밀 - 차별 풍화에 의한 연경이 교호 - 습윤										
				28.0												
				S-27	50/3											
				29.0												
				N/S	50/3											
30				30.0												
				N/S	50/3											
				31.0												
				N/S	50/4											
				32.0												
				N/S	50/3											
				33.0												
33.3	-22.6	6.3		N/S	50/4											
						*연암층 심도 : 33.30 ~ 36.30 m 호상 흑운모 편마암의 연암 심한풍화~보통풍화 약함~보통강함 매우심한균열 담회색~암회색	89	0	3 ~ 4	3 ~ 4	5	C.L	9	N/A	N/A	
35																
36.3	-25.6	3.0														
						33.3~36.3m 50°,30°,70°절리군 3set 파동/거침 절리면 방해석 및 산화철 피복 33.3m~33.55m, 34.3m~34.45m 35.87m~36.3m 파쇄대 발달 35.97m~36.3m 코어로스 33.8m~34.0m 수직절리 발달										
						* 심도 36.3m에서 시추종료										
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자서업 실시설계 지반조사	시추공번	ATBH-1	조 사 일	2015년11월19일 ~ 11월19일
발 주 처	서울특별시	위 치	STA.1+320	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	27.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 7.50 M
케이싱심도	19.80 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	김진엽	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0						*매립층 심도 : 0.00 ~ 2.20 m 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 5cm 이하 황갈색 습윤, 느슨 0.0~2.0m 확인터파기										
2.20	7.80	2.20		2.0 S-2	2/30											
				3.0 S-3	2/30	*퇴적층 심도 : 2.20 ~ 5.90 m 실트질 점토 회갈색 습윤 연약~보통견고										
				4.0 S-4	3/30											
5				5.0 S-5	5/30											
5.90	4.10	3.70		6.0 S-6	12/30	*퇴적층 심도 : 5.90 ~ 11.00 m 실트질 모래 황갈색 습윤 보통조밀 상부 실트우세										
				7.0 S-7	14/30											
				8.0 S-8	12/30											
				9.0 S-9	12/30											
10				10.0 S-10	15/30											
11.00	-1.00	5.10		11.0 S-11	29/30	*퇴적층 심도 : 11.00 ~ 11.90 m 모래질 자갈 자갈size 5cm 이하 회갈색 습윤 보통조밀										
11.90	-1.90	0.90		12.0 S-12	25/30											
				13.0 S-13	50/15											
				14.0 S-14	50/6	*풍화토 심도 : 11.90 ~ 19.00 m 암편섞인 실트질 모래 황갈색 습윤 보통조밀~매우조밀 연경이 교호함										
15				15.0 S-15	50/5											
				16.0 S-16	50/3											
				17.0 S-17	46/30											
				18.0 S-18	36/30											
19.00	-9.00	7.10		19.0 S-19	50/2											
19.80	-9.80	0.80				*풍화암	75	0	D4	S4	F4~5		8	~	3	
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자서업 실시설계 지반조사	시추공번	ATBH-1	조 사 일	2015년11월19일 ~ 11월19일
발 주 처	서울특별시	위 치	STA.1+320	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	27.30 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 7.50 M
케이싱심도	19.80 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	김진엽	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20						심도 : 19.00 ~ 19.80 m 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 황갈색 매우조밀 습윤	75	0	D4	S4	F4~5		8	~	3	
(21.0)	(-11.0)					*연암층	95	21	D4	S4	F4~5		17	~	4	
(23.0)	(-13.0)					심도 : 19.80 ~ 27.30 m 편마암의 연암 암회색 심한풍화~보통풍화 약함~보통강함 심한균열 -19.8~21.0m 2Set(20°, 70°)+Random Undulated Rough 절리파쇄 발달	100	30	D3~4	S3~4	F3~4		22	2	8	
25																
(25.6)	(-15.6)					-21.0~23.0m 1Set(20°)+Random Undulated Rough 절리파쇄 발달	100	0	D4	S4	F4~5		9	~	5	
27.30	-17.30	7.50				-23.0~25.6m 2Set(20°, 70°)+Random Undulated Rough -25.6~27.3m 2Set(20°, 70°)+Random Undulated Rough 절리파쇄 발달 * 심도 27.30 M 에서 시추종료										
30																
35																
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자서업 실시설계 지반조사	시추공번	ATBH-2	조 사 일	2015년11월19일 ~ 11월20일
발 주 처	서울특별시	위 치	STA.1+764	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	53.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 17.10 M
케이싱심도	21.00 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	김진엽	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0																
				2.0	4/30	*매립층 심도 : 0.00 ~ 3.80 m 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 7cm 이하 황갈색~암회색 습윤 매우느슨~느슨 0.0~2.0m 확인터파기										
				S-2												
				3.0	2/30											
3.80	6.20	3.80		S-3												
				4.0	2/30	*퇴적층 심도 : 3.80 ~ 8.90 m 실트질 점토 암회색 습윤 매우연약~연약										
				S-4												
5				5.0	2/30											
				S-5												
				6.0	3/30											
				S-5												
				7.0	3/30											
				S-18												
				8.0	4/30											
				S-6												
8.90	1.10	5.10		9.0	31/30											
				S-7		*퇴적층 심도 : 8.90 ~ 14.60 m 자갈섞인 실트질 모래 황갈색 습윤 느슨~보통조밀										
10				10.0	19/30											
				S-8												
				11.0	9/30											
				S-19												
				12.0	6/30											
				S-9												
				13.0	9/30											
				S-10												
				14.0	11/30											
14.60	-4.60	5.70		S-20												
				15.0	18/30	*풍화토 심도 : 14.60 ~ 20.00 m 암편섞인 실트질 모래 황갈색 습윤 보통조밀~매우조밀										
15				S-11												
				16.0	29/30											
				S-21												
				17.0	48/30											
				S-22												
				18.0	50/25											
				S-12												
				19.0	50/12											
				S-13												
20.00	-10.00	5.40			50/7											
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자서업 실시설계 지반조사	시추공번	ATBH-2	조 사 일	2015년11월19일 ~ 11월20일
발 주 처	서울특별시	위 치	STA.1+764	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	53.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 17.10 M
케이싱심도	21.00 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	김진엽	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20				20.0 S-14	50/7	*풍화암 심도 : 20.00 ~ 21.00 m 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 황갈색 매우조밀 부분적으로 암편상코어회수										
21.00	-11.00	1.00					94	7	D3~4	S3~4	F4~5		11	~	4	
						*연암층 심도 : 21.00 ~ 40.00 m 편마암의 연암 암회색 심한풍화~보통풍화 약함~보통강함 매우심한균열~심한균열										
(24.0)	(-14.0)						100	58	D2~4	S2~4	F2~4		40	1	10	
25						-21.0~24.0m 2Set(10~20°,60~70°)+Random Undulated Rough 부분적으로 절리파쇄 발달										
(27.0)	(-17.0)					-24.0~27.0m 2Set(10~20°,50~60°) Undulated Rough										
						-27.0~30.0m 3Set(10~20°,50~60°,70°) Undulated Rough 28.0m 절리파쇄 발달	100	54	D2~3	S2~3	F2~4		30	1	10	
(30.0)	(-20.0)					-30.0~32.6m 2Set(10~20°,60~70°)+Random Undulated Rough 32.0~32.6m단층점토										
						-32.6~34.0m 2Set(10~20°,70~80°) Undulated Rough	92	38	D2~5	S2~5	F2~5		35	~	14	
(32.6)	(-22.6)					-34.0~37.0m 2Set(10~20°,50~60°)+Random Undulated Rough 34.0~35.2 절리파쇄 발달	96	53	D2~3	S2~3	F3~5		16	1	10	
(34.0)	(-24.0)					-37.0~40.0m 2Set(10~20°,50~60°) Undulated Rough 부분적으로 절리파쇄 발달										
35							93	50	D2~4	S2~4	F3~5		45	~	20	
(37.0)	(-27.0)															
							100	40	D2~3	S2~3	F2~4		30	1	12	
40.00	-30.00	19.00														
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자서업 실시설계 지반조사	시추공번	ATBH-2	조 사 일	2015년11월19일 ~ 11월20일
발 주 처	서울특별시	위 치	STA.1+764	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	53.00 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 17.10 M
케이싱심도	21.00 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	김진엽	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40						*경암층 심도 : 40.00 ~ 53.00 m 편마암의 경암 암회색 보통풍화~약간풍화 보통강함~강함 심한균열~약간균열	100	73	D1~2	S1~2	F2~4		36	2	20	
(43.0)	(-33.0)					-40.0~43.0m 2Set(10~20°,40~50°) Undulated Rough 41.0~41.3m 석영										
45						-43.0~46.0m 2Set(10~20°,50~60°) Undulated Rough	100	81	D1~2	S1~2	F2~4		47	5	25	
(46.0)	(-36.0)					-46.0~49.0m 2Set(10~20°, 40~50°) Undulated Rough										
						-49.0~53.0m 3Set(10~20°,40~50°,70°) Undulated Rough	100	87	D1~2	S1~2	F2~4		63	5	40	
(49.0)	(-39.0)															
50							100	83	D1~2	S1~2	F2~4		45	5	20	
53.00	-43.00	13.00														
						* 심도 53.00 M 에서 시추종료										
55																
60																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자서업 실시설계 지반조사	시추공번	ATBH-3	조 사 일	2015년11월30일 ~ 12월01일
발 주 처	서울특별시	위 치	STA.1+850	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	57.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 15.00 M
케이싱심도	19.00 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	김진엽	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0																
				2.0 S-2	5/30	*매립층 심도 : 0.00 ~ 2.80 m 실트섞인 모래질 자갈 자갈size 7cm 이하 황갈색, 습윤 느슨 0.0~2.0m 확인터파기										
2.80	7.20	2.80		3.0 S-2	4/30	*퇴적층 심도 : 2.80 ~ 4.40 m 실트질 점토 암회색, 습윤, 연약~보통견고										
4.40	5.60	1.60		4.0 S-3	6/30											
5				5.0 S-4	6/30	*퇴적층 심도 : 4.40 ~ 8.50 m 점토질 모래 황갈색 습윤 느슨~보통조밀										
				6.0 S-5	7/30											
				7.0 S-6	8/30											
8.50	1.50	4.10		8.0 S-7	10/30											
				9.0 S-8	13/30	*퇴적층 심도 : 8.50 ~ 11.70 m 실트질 모래 황갈색 습윤 보통조밀										
10				10.0 S-9	12/30											
				11.0 S-10	11/30											
11.70	-1.70	3.20		12.0 S-11	10/30	*퇴적층 심도 : 11.70 ~ 13.80 m 점토질 모래 황갈색, 습윤, 느슨~보통조밀										
				13.0 S-12	16/30											
13.80	-3.80	2.10		14.0 S-13	36/30	*퇴적층 심도 : 13.80 ~ 15.00 m 점토질 자갈 자갈size 7cm 이하 황갈색, 습윤, 조밀										
15.00	-5.00	1.20		15.0 S-14	50/12											
15				16.0	50/7											
16.00	-6.00	1.00		17.0 S-15	50/7	*풍화토 심도 : 15.00 ~ 16.00 m 암편섞인 실트질 모래 황갈색, 습윤, 매우조밀										
				18.0 S-16	50/5											
19.00	-9.00	3.00		S-17		*풍화암 심도 : 16.00 ~ 19.00 m 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 황갈색	92	7	D4	S3~4	F3~5		15	~	5	
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자서업 실시설계 지반조사	시추공번	ATBH-3	조 사 일	2015년11월30일 ~ 12월01일
발 주 처	서울특별시	위 치	STA.1+850	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	57.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 15.00 M
케이싱심도	19.00 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	김진엽	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20						매우조밀										
(21.0)	(-11.0)					-18.3~19.0m : 암편상코어회수 *연암층 심도 : 19.00 ~ 37.00 m 편마암의 연암 암회색 심한풍화~약간풍화 약함~강함 매우심한균열~약간균열	92	7	D4	S3~4	F3~5		15	~	5	
(24.0)	(-14.0)					-19.0~21.0m 2Set(45°,90°)+Random Undulated Rough 절리파쇄 심함	62	4	D4	S4	F3~5		12	~	4	
25						-21.0~24.0m 2Set(10°,45°)+Random Undulated Rough 절리파쇄 심함 코어표면및절리면 철산화물 착색	90	41	D4	S4	F2~4		40	1	6	
(27.0)	(-17.0)					-24.0~27.0m 2Set(10°,45°)+Random Undulated Rough 절리파쇄 심함 코어표면및절리면 철산화물 착색 25.3~25.6m : 점토충진	100	46	D3~4	S3~4	F3~4		27	1	7	
(30.0)	(-20.0)					-27.0~30.0m 3Set(20°,45°,60°)+Random Undulated Rough 절리파쇄 심함	100	63	D3	S3	F2~4		37	1	9	
30						-30.0~31.0m 2Set(20°,50°)+Random Undulated Rough	100	48	D3	S3	F2~4		48	1	8	
(31.0)	(-21.0)					-31.0~34.0m 2Set(20°,50°)+Random Undulated Rough	100	47	D3	S3	F2~4		40	2	10	
(34.0)	(-24.0)					-34.0~37.0m 2Set(20°,50°) Undulated Rough										
35																
37.00	-27.00	18.00														
(37.0)	(-27.0)					*경암층 심도 : 37.00 ~ 57.50 m 편마암의 경암 암회색 보통풍화~약간풍화 보통강함~강함 심한균열~약간균열	100	78	D2~3	S2~3	F2~3		55	2	12	
(40.0)	(-30.0)															
40																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자서업 실시설계 지반조사	시추공번	ATBH-3	조 사 일	2015년11월30일 ~ 12월01일
발 주 처	서울특별시	위 치	STA.1+850	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	57.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김명철	지하수위	GL(-) 15.00 M
케이싱심도	19.00 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	김진엽	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
40 (40.0)	(-30.0)					-37.0~40.0m 2Set(20°,45°) Undulated Rough	100	36	D2~3	S2~3	F2~4		30	1	9	
(42.5)	(-32.5)					-40.0~42.5m 2Set(40~45°,80°) Undulated Rough										
45 (45.2)	(-35.2)					-42.5~45.2m 2Set(30°,40~50°)+Random Undulated Rough	100	53	D2~3	S2~3	F2~4		60	1	8	
						-45.2~47.7m 2Set(40°,65°)+Random Undulated Rough 절리파쇄 심함										
(47.7)	(-37.7)					-47.7~49.5m 3Set(10~20°,45°,80°)	84	20	D3~4	S3~4	F3~5		17	~	5	
(49.5)	(-39.5)					-49.5~52.5m 2Set(20°,45°) Undulated Rough	100	18	D3~4	S3~4	F2~4		33	2	6	
50						-52.5~55.5m 2Set(20°,50~60°) Undulated Rough										
(52.5)	(-42.5)					-55.5~57.5m 2Set(20°,60°)+Random Undulated Rough 절리파쇄 심함	100	58	D2~3	S2~3	F2~3		43	2	11	
55 (5555)	(-45.5)						100	80	D2	S2	F2~3		50	3	19	
57.50	-47.50	20.50					100	52	D2~3	S2~3	F3~5		12	1	4	
60						* 심도 57.50 M 에서 시추종료										

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자서업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBH-1	조 사 일	2015년11월30일 ~ 11월30일
발 주 처	서울특별시	위 치	STA.1+172	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	20.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.40 M
케이싱심도	15.00 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	김진엽	시추공경	NX

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
0																
				1.0 S-1	4/30	*매립층 심도 : 0.00 ~ 2.00 m 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 5cm 이하 황갈색, 습윤, 매우느슨~느슨										
2.00	8.00	2.00		2.0 S-2	3/30											
				3.0 S-3	4/30	*퇴적층 심도 : 2.00 ~ 6.80 m 실트질 점토 회갈색~황갈색 습윤 연약~보통견고										
				4.0 S-4	4/30											
5				5.0 S-5	8/30											
				6.0 S-6	7/30											
6.80	3.20	4.80		7.0 S-7	13/30	*퇴적층 심도 : 6.80 ~ 9.70 m 실트질 모래 황갈색 습윤 보통조밀 상부 실트우세										
				8.0 S-8	11/30											
				9.0 S-9	18/30											
9.70	0.30	2.90		10.0 S-10	36/30	*퇴적층 심도 : 9.70 ~ 11.20 m 모래질 자갈 자갈size 5cm 이하 갈색, 습윤, 보통조밀~조밀										
10																
11.20	-1.20	1.50		11.0 S-11	12/30											
				12.0 S-12	20/30	*풍화토 심도 : 11.20 ~ 15.00 m 암편섞인 실트질 모래 황갈색 습윤 보통조밀~매우조밀										
				13.0 S-13	44/30											
				14.0 S-14	50/19											
15.00	-5.00	3.80		15.0 S-15	50/9											
15																
15.80	-5.80	0.80				*풍화암 심도 : 15.00 ~ 15.80 m 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해 회갈색, 매우조밀	88	6	D3~4	S3~4	F3~5		10	1	4	
						*연암층 심도 : 15.80 ~ 20.50 m 편마암의 연암 암회색 심한풍화~보통풍화 약함~보통강함 매우심한균열~약간균열	88	6	D4	S3~4	F2~4		30	~	7	
(17.5)	(-7.5)															
20																

시 추 주 상 도

사 업 명	서울제물포터널 민간투자서업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBH-1	조 사 일	2015년11월30일 ~ 11월30일
발 주 처	서울특별시	위 치	STA.1+172	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	20.50 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영섭	지하수위	GL(-) 6.40 M
케이싱심도	15.00 M	시 추 기	OP-300	작 성 자	김진엽	시추공경	NX

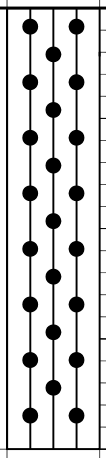
심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	기술	암질 TCR (%)	암질 RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 형상	절리간격 CM 최대	절리간격 CM 최소	절리간격 CM 평균	비고
20.50	-10.50	4.70				-15.8~17.5m 3Set(20°, 45°, 85°)+Random Undulated Rough -17.5~20.5m 3Set(20°, 45°, 70°)+Random Undulated Rough 코어표면및절리면 풍화심함 * 심도 20.50 M 에서 시추종료	88	6	D4	S3~4	F2~4		30	~	7	

20
25
30
35
40

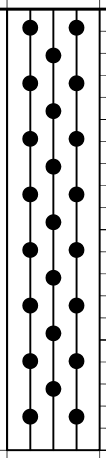
4.3 시험굴(TEST PIT) 주상도

시 험 굴 조 사 주 상 도

용 역 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
공 번	TP - 1	위 치	X = 447294.907, Y = 186567.429	표 고		조 사 일	2011.03.23.

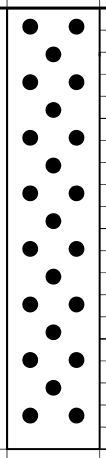
지층명	주상도	심 도 (M)	지 층 설 명	함 수 비 (%)	건조밀도 (kN/㎥)
매립층		0.5 1.0 1.5 2.0	***매립층** 심도 : 0.0 ~ 2.0m 실트질 모래 갈색~암갈색 습윤(moist)	9.8	16.10
		2.0 2.5 3.0	시 험 굴 종 료		

공 번	TP - 2	위 치	X = 447332.042, Y = 186662.404	표 고		조 사 일	2011.03.23.

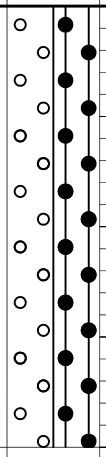
	주상도	심 도 (M)	지 층 설 명	함 수 비 (%)	건조밀도 (kN/㎥)
매립층		0.5 1.0 1.5 2.0	***매립층** 심도 : 0.0 ~ 2.0m 실트질 모래 갈색~암갈색 습윤(moist)	8.2	14.40
		2.0 2.5 3.0	시 험 굴 종 료		

시 험 굴 조 사 주 상 도

용 역 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
공 번	TP - 3	위 치	X = 446673.963, Y = 192758.351	표 고	EL.14.00m	조 사 일	2011.02.23.

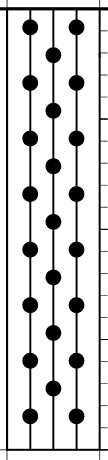
지층명	주상도	심 도 (M)	지 층 설 명	함 수 비 (%)	건조밀도 (kN/㎥)
매립층		0.5 1.0 1.5 2.0	***매립층** 심도 : 0.0 ~ 2.0m 자갈섞인 중립질~조립질 모래 담갈색~암갈색 습윤(moist)	1.0	17.49
		2.5 3.0	시 험 굴 종 료		

공 번	TP - 4	위 치	X = 446782.720, Y = 192835.440	표 고	EL.12.50m	조 사 일	2011.02.23.

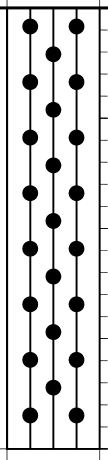
	주상도	심 도 (M)	지 층 설 명	함 수 비 (%)	건조밀도 (kN/㎥)
매립층		0.5 1.0 1.5 2.0	***매립층** 심도 : 0.0 ~ 2.0m 실트섞인 모래 내지 입도분포 양호한 모래 황갈색~암갈색 습윤(moist) 세립	5.9	17.10
		2.5 3.0	시 험 굴 종 료		

시 험 굴 조 사 주 상 도

용 역 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
공 번	NTP - 1	위 치	X = 447075.300, Y = 185348.870 (NNBB-1 인근)	표 고		조 사 일	2013.03.31

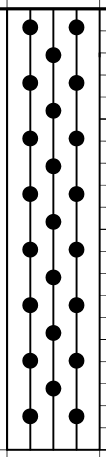
지층명	주상도	심 도 (M)	지 층 설 명	함 수 비 (%)	건조밀도 (kN/㎥)
매립층		0.5 1.0 1.5 2.0	***매립층** 심도 : 0.0 ~ 2.0m 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 3cm이하 갈색~암갈색 습윤(moist)	8.4	
			시 험 굴 종 료		

용 역 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
공 번	NTP - 2	위 치	X = 447240.399, Y = 186181.997 (ATB-1 인근)	표 고		조 사 일	2013.03.31

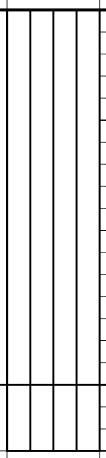
지층명	주상도	심 도 (M)	지 층 설 명	함 수 비 (%)	건조밀도 (kN/㎥)
매립층		0.5 1.0 1.5 2.0	***매립층** 심도 : 0.0 ~ 2.0m 자갈섞인 실트질 모래 자갈size 5cm이하 갈색~암갈색 습윤(moist)	9.7	
			시 험 굴 종 료		

시 험 굴 조 사 주 상 도

용 역 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
공 번	NTP - 3	위 치	X = 446847.139, Y = 192231.464 (ATB-20 인근)	표 고		조 사 일	2013.03.18

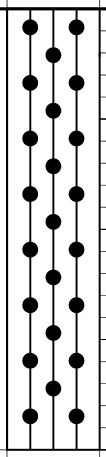
지층명	주상도	심 도 (M)	지 층 설 명	함 수 비 (%)	건조밀도 (kN/㎥)
매립층		0.5 1.0 1.5 2.0	***매립층** 심도 : 0.0 ~ 2.0m 자갈섞인 실트질 모래 암회색 습윤(moist) 자갈크기 : 직경 1~2cm		
			시 험 굴 종 료		

용 역 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
공 번	NTP - 4	위 치	X = 446760.644, Y = 192418.001 (ATB-21 인근)	표 고		조 사 일	2013.03.18

지층명	주상도	심 도 (M)	지 층 설 명	함 수 비 (%)	건조밀도 (kN/㎥)
매립층		0.5 1.0 1.5	***매립층** 심도 : 0.0 ~ 1.7m 자갈 및 잡석 섞인 실트 암갈색 습윤		
퇴적층		2.0	***퇴적층** 심도 : 1.7 ~ 2.0m 모래섞인 실트 암갈색 습윤		
			시 험 굴 종 료		

시 험 굴 조 사 주 상 도

용 역 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
공 번	NTP - 5	위 치	X = 446689.382, Y = 192798.548 (NNNB-11 인근)	표 고		조 사 일	2013.03.18

지층명	주상도	심 도 (M)	지 층 설 명	함 수 비 (%)	건조밀도 (kN/㎥)
매립층			***매립층** 심도 : 0.0 ~ 2.0m 자갈섞인 세립~중립 모래 암갈색 습윤(moist) 자갈크기 : 직경 1~2cm		
			시 험 굴 종 료		

용 역 명							
공 번		위 치		표 고		조 사 일	

지층명	주상도	심 도 (M)	지 층 설 명	함 수 비 (%)	건조밀도 (kN/㎥)

제5장 현장시험

5.1 SPT에너지효율측정
5.2 공내재하시험
5.3 공내전단시험
5.4 콘관입시험
5.5 현장투수시험
5.6 암반수압시험
5.7 양수시험
5.8 순간충격시험
5.9 지하수 유향·유속시험
5.10 현장밀도시험
5.11 수압파쇄시험
5.12 시추공시험발파

5.1 SPT에너지효율측정

1. 측정목적

국내에서 실시하고 있는 표준관입시험(Standard Penetration Test, SPT)은 그 사용성이나 적용성에 있어서 Soil Profile 및 각종 지반 특성 파악에 기여하는 바가 대단히 높다. 그러나 국내외적으로 표준화 되지 못한 시험장비나 시험방법 등으로 동일한 지반에서도 다른 N치를 얻는 등 많은 문제점 역시 내포하고 있으며 이러한 장비 및 시험법을 정규화하기 위한 많은 노력이 계속되고 있다.

국내의 경우 이러한 N치를 국내현장의 현실에 부합되게 사용하기 위한 노력은 극소수의 연구자들에 의해서 특정지역에서 단기간으로 수행되어 이러한 국내의 표준관입시험에 관한 연구결과를 이용하여 설계기준을 설정한다는 것은 불가능한 현실이다. 표준관입시험에 관한 연구가 이런 상황이기 때문에 실무에서는 설계에 적용하는 N치의 보정계수들을 시험방법 장비가 상이한 외국의 연구결과를 아무런 여과 없이 맹목적으로 사용하고 있는 실정이다.

따라서 본 측정은 표준관입시험의 문제점 해결을 위해 N치 측정과 교란시료 채취를 위한 시료채취기(Split Spoon Sampler) 관입시의 롯드 에너지 전달율을 측정하여 표준 전달율과 비교하고 해머 제원의 영향 등을 고려한 보정 N치(N_{60}) 산정하여 합리적인 설계기준 값 제시에 그 목적이 있다.

2. 표준관입시험 일반

2.1 표준관입시험의 개요

표준관입시험(Standard Penetration Test, SPT)이란 중량 63.5㎏의 해머(Hammer)를 높이 76㎝ 높이에서 자유 낙하 시켰을 때 발생하는 에너지에 의해서 원통분리형 시료 채취기(Split Spoon Sampler)가 30㎝ 관입되는 동안에 해머가 타격된 회수(N치)를 측정하여 지반의 특성을 분석하는 시험이다. 표준관입시험에서 측정된 N치를 이용하여 사질토지반의 지지력, 흙의 강도정수인 내부마찰각(Friction Angle), 상대밀도 등을 산정할 수 있고, 점성토의 경우에는 컨시스턴시(Consistency), 일축압축강도 등을 산정할 수 있으나 사질토에 비하여 편차가 크고 신뢰도가 낮은 것으로 알려져 있다. 다음 그림 2.1.1은 표준관입시험의 방법을 개략적으로 보여주고 있다.

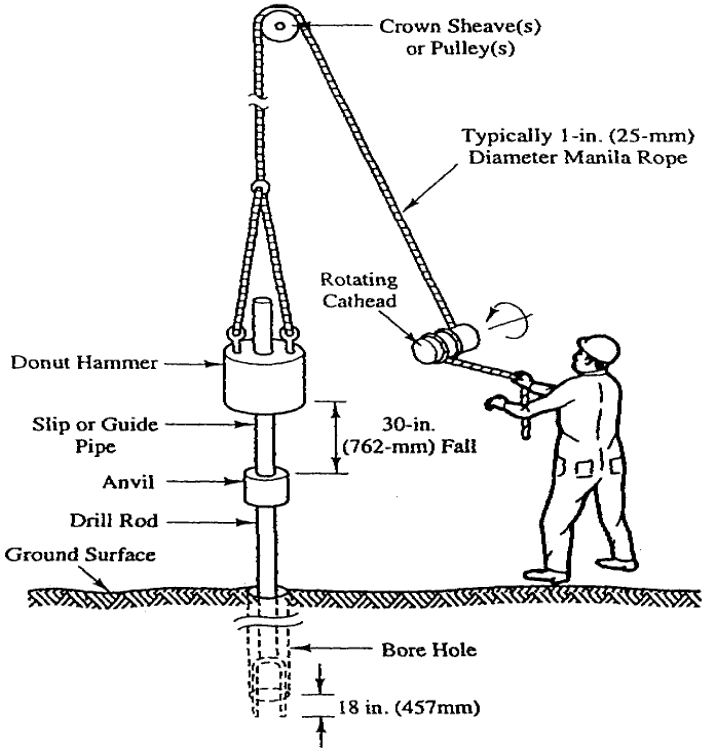


그림 2.1.1 표준관입시험 (Standard penetration test)

2.2 표준관입시험의 해머에너지(SPT Energy)

표준관입시험의 N값을 구하기 위한 타격관입시의 해머 에너지에는 이론적 에너지(Theoretical Energy, E^*), 속도에너지 비(Velocity Energy Ratio, ER_v), 롯드에너지 비(Rod Energy Ratio, ER_r), 그리고 동적효율(Dynamic efficiency, η_D) 등이 있다. 이들에 관하여 상세히 살펴보면 다음과 같다.

2.2.1 이론적 에너지(E*)

해머의 이론적 에너지는 다음과 같이 정의된다.

$$E^* = W \cdot h \tag{2.2.1}$$

여기서, E^*=해머의 이론적 에너지(Theoretical energy)

W=해머의 중량(Weight of hammer)

h=해머의 낙하고(Falling height)

위의 식 (2.2.1)에서 보듯이 이론적 에너지는 해머의 중량과 낙하 높이에 따라서 변한다. 그러나 국내에서 사용되고 있는 63.5㎏ 해머와 76㎝의 낙하고를 기준으로 이론적 에너지를 산정하면 다음과 같다.

$$E^* = W \cdot h$$
$$= 63.5\text{kg} \times 76\text{cm} = 4826\ \text{kg} \cdot \text{cm} \quad (2.2.2)$$

2.2.2 속도에너지 비(ER_v)

실제 표준관입시험을 실시할 경우에는 롯드와 해머의 마찰 등 여러 가지 요인에 의한 에너지 손실 때문에 이론적 에너지가 완전히 발휘되지 않는다. 따라서 속도에너지 비는 이론적 에너지(E^*)와 해머가 앤빌(Anvil)과 충돌하기 직전의 실제 해머의 에너지 비로 정의된다.

$$ER_v = \frac{E_h}{E^*} \quad (2.2.3)$$

여기서, ER_v=속도에너지 비

E^*=해머의 이론적 에너지

E_h=앤빌(Anvil)과 충돌하기 직전의 해머의 실제 에너지

(Actual hammer energy immediately before impact)

2.2.3 롯드에너지 비(ER_r)

해머가 앤빌(Anvil)에 충돌하기 전 뿐만 아니라 충돌한 후에도 충격에 의해서 에너지의 손실이 발생한다. 따라서 시료 채취기(Sampler)를 관입시키는 에너지는 충돌하기 직전의 해머의 에너지보다 작다. 이론적 에너지와 실제로 롯드(Rod)에 전달되는 에너지와의 비를 롯드에너지비(Rod Energy Ratio, ER_r)로 정의한다.

$$ER_r = \frac{E_r}{E^*} \quad (2.2.4)$$

여기서, ER_r=롯드에너지 비

E^*=해머의 이론적 에너지

E_r=롯드(Rod)에 전달되는 에너지(Energy delivered into the rod)

2.2.4 동적효율(η_D)

동적효율(Dynamic efficiency, η_D)이란 롯드(Rod)에 전달되는 에너지(Energy delivered into the rod)와 앤빌(Anvil)과 충돌하기 직전의 해머의 실제 에너지와의 비로 정의된다.

$$\eta_D = \frac{E_r}{E_h} = \frac{ER_r \cdot E^*}{ER_v \cdot E^*} = \frac{ER_r}{ER_v} \tag{2.2.5}$$

여기서, η_D=해머의 동적효율(Dynamic efficiency)

E_r=롯드(Rod)에 전달되는 에너지(Energy delivered into the rod)

E_h=앤빌(Anvil)과 충돌하기 직전의 해머의 실제 에너지

ER_r=롯드에너지 비(Rod energy ratio)

ER_v=속도에너지 비(Velocity energy ratio)

표준관입시험을 실시할 경우에 위에서 살펴본 바와 같이 시료 채취기(Split Spoon Sampler)를 관입시키는데 소요되는 실제의 에너지는 해머의 이론적 에너지와는 상당한 차이가 있다. 실제로 롯드에 전달되는 에너지는 마찰에 의한 에너지 손실과 해머와 앤빌(Anvil)의 충돌 시에 발생하는 에너지 손실을 고려하여 위에서 정의한 식들을 이용하여 표현하면 다음과 같다.

$$E_r = \eta_D \cdot E_h = \eta_D \cdot ER_v \cdot E^* \tag{2.2.6}$$

2.3 표준관입시험의(SPT Energy) 계산 이론

롯드에 전달되는 에너지를 적확하게 측정하는 것은 표준관입시험 결과해석에 상당한 영향을 미치므로 이것을 측정하기 위한 많은 방법들이 제시되었다. 표준관입시험이 실시된 초기에는 단지 해머가 앤빌과 충돌하기 직전의 에너지를 측정하는 노력이 있어왔다. 그러나 이러한 방법들은 해머 시스템의 동적효율을 고려하지 못하므로 실제로 롯드에 전달되는 에너지를 정확하게 측정하지는 못한다. 따라서 롯드에 직접적으로 로드셀(Load Cell)이나 스트레인 게이지(Strain Gauge)와 가속도계를 부착하여 롯드에 전달되는 에너지를 측정하고자 하는 방법과 이론들이 제안되었다.

2.3.1 F2 적분법(F2 Integration Method)

Schmertmann과 Palacios(1979)는 롯드의 상단에 로드셀(Load Cell)을 부착하고 해머로 타격하여 힘과 시간의 이력을 구하여 롯드에 전달된 에너지를 측정하였다. 해머의 타격으로 발생된 압축파는 약 5120m/s의 속도로 롯드의 선단부에 도달하며, 선단부에서 인장파로 변환되어 롯드의 상단으로 파가 전달된다. 압축파를 양으로, 인장파를 음의 기호로 표시하여, 그림 2.3.1과 같이 하면 그림 2.3.2와 같이 시간축 상에 힘의 이력이 나타난다.

Schmertmann과 Palacios는 시간축 상의 힘의 이력을 다음 식으로 적분함으로써 롯드에 전달된 에너지수준을 측정하였다.

$$E_i = \frac{c}{EA} \int [F(t)]^2 dt \qquad (2.3.1)$$

여기서, c=롯드로 전달되는 파속(Wave propagation velocity)

E=롯드의 탄성계수(Young's modulus of the rod)

A=롯드의 단면적(The cross-sectional area of the rod)

F(t)=시간에 따른 힘의 이력

위의 식에서 EA/c는 롯드의 임피던스(Impedance)로 롯드 재료 성질에만 관계된 항이다.

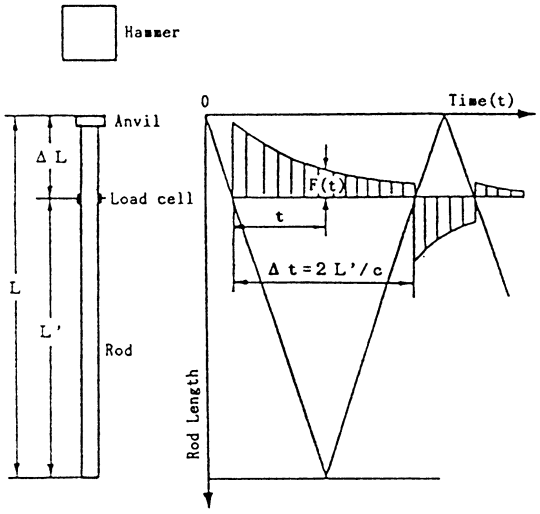


그림 2.3.1 해머 시스템과 이론적 힘의 이력

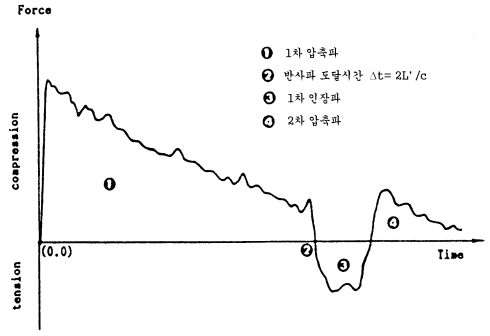


Fig. 2. Idealized force-time waveform recorded by load cell in SPT drill rods (from ISSMFE, 1988)

그림 2.3.2 측정된 힘의 이력

2.3.2 FV 적분법(FV Integration Method)

SPT는 해머로 세장비(Slender ratio)가 큰 롯드를 타격함으로써 압축응력파를 발생시킨다는 점에서 말뚝의 항타시스템과 유사한 메커니즘을 갖고 있다. 말뚝에 전달된 에너지를 계산하는 방법은 말뚝 두부에서 측정된 힘과 가속도를 이용해서 다음 식으로 적분해서 구할 수 있다.

$$E_i = \int F(t) \cdot V(t)\ dt \qquad (2.3.2)$$

여기서, E_i=말뚝에 전달되는 에너지

F(t)=시간에 따른 힘의 이력

V(t)=시간에 따른 속도의 이력

위의 식은 말뚝 뿐 아니라 타격에너지를 이용한 관입 메커니즘에 널리 적용할 수 있으며, 기존의 F2적분법이 가지고 있는 단점을 보완할 수 있다. F2적분법에서는 힘의 이력으로만 에너지를 구하고 이상적인 무한길이의 롯드로 보정하므로 실제 롯드에 전달된 에너지와는 다소 오차가 있는 것으로 알려져 있다. 또한 SPT 롯드는 이음새 부분이 많고 길이방향으로 임피던스가 일정하지 않기 때문에 1차 압축파 부분에서 힘과 입자속도가 일치하지 않는 경우가 많아 F2적분법으로 구한 에너지는 신뢰도가 떨어지게 된다. 따라서 본 보고서에서도 FV방법에 의한 에너지를 제시한다. 그림 2.3.3은 이음새 부분으로 인한 파형과 F2적분법과 FV적분법으로 구한 롯드에너지의 차이를 나타내고 있다.

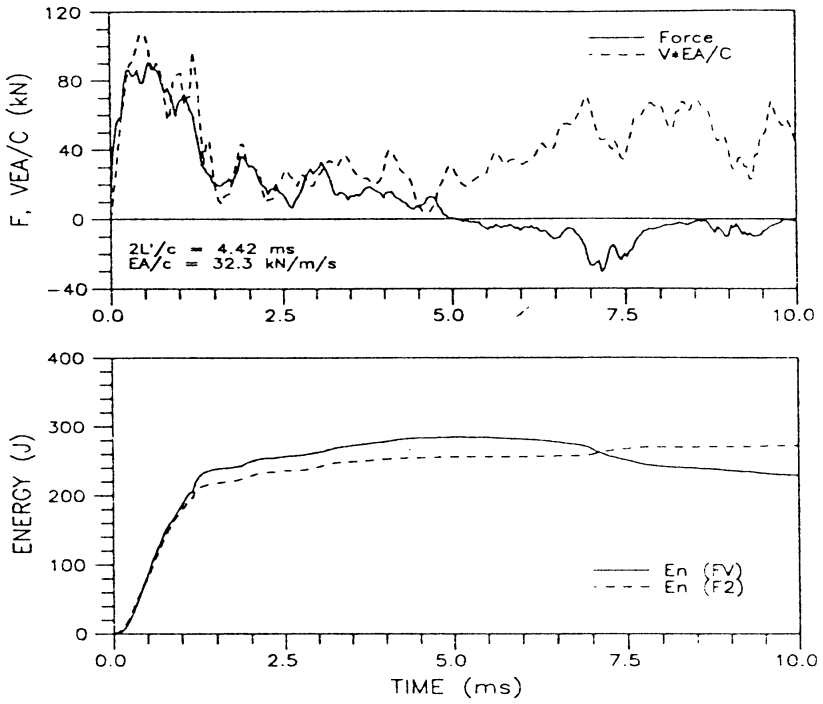


Fig. 6. Force, velocity times impedance and energy traces for SPT blow at 9.1 m depth

그림 2.3.3 타격에너지 파형과 롯드에너지 비교

2.4 롯드 길이에 의한 에너지의 변화

현장 시험 장비 중 CME-750은 자동해머로서 해머의 인양방식과 낙하높이의 조절이 자동으로 이루어지므로, 작업자의 작업태도, 로프, 캣헤드, 가이드 롯드에 의한 영향을 배제시킬 수 있다. 따라서 수동 또는 반자동인 장비에 비해 상대적으로 양호한 측정결과를 보이므로 CME장비의 응력파를 예시로 사용하였다. 그림 2.4.1에 보이는 바와 같이 동일 장비에서 롯드가 길어질수록 인장파 도달시간도 점점 증가하지만, 힘응력파의 최대값은 거의 동일한 값을 가지고 있다. 그리고 1차 압축파 면적의 증가량은 점점 감소한다는 것을 알 수 있다. 롯드길이가 10m 이상인 그림 2.4.2에 의하면 롯드의 길이가 길어져도 1차압축파 면적의 증가량이 롯드길이 10m 이하인 경우에 비해 상당히 작음을 알 수 있다.

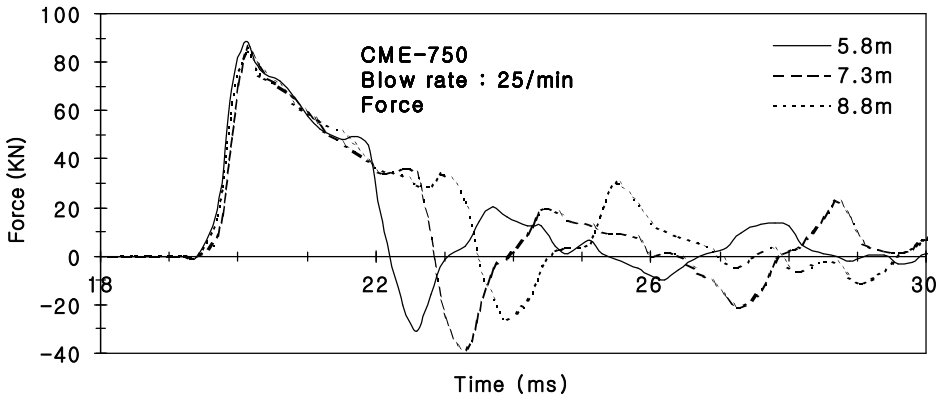


그림 2.4.1 롯드길이 10m 이하인 경우의 파형

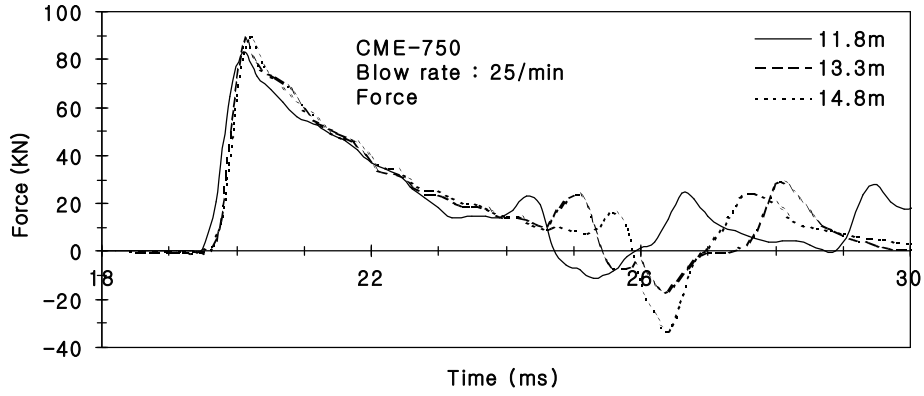


그림 2.4.2 롯드길이 10m 이상인 경우의 파형

일반적으로는 롯드 길이가 길어질수록 인장파(-부분)가 발생하는 시간이 길어지면서, 1차 압축파 면적이 증가하므로 FV 및 F2적분법으로 산정된 값이 모두 증가한다. 그러나 그림 2.4.1, 2.4.2에 보인 바와 같이 롯드의 길이가 길어지면 적분될 면적의 증가량이 감소하므로 롯드가 어느 길이 이상이 되면 압축파의 파장이 롯드길이보다 길어 생기는 에너지의 감소현상에 의한 영향이 상당히 작아진다. 그림 2.4.2에서 보이는 바와 같이 10~14m에서는 영향이 작으므로 10m 이하의 롯드길이에서 보정을 추천한 Skempton (1986)의 제안은 타당하다.

표 2.4.1 롯드길이, 라이너, 보링공 직경에 대한 보정계수 (Skempton, 1986)

Factors	Condition	Correction factor
Rod length	〉 10 m	1.0
	6–10 m	0.95
	4–6 m	0.85
	3–4 m	0.75
Liner	Standard sampler	1.0
	US sampler without liners	1.2
Borehole diameter	65–115 mm	1.0
	150 mm	1.05
	200 mm	1.15

2.5 표준관입시험 에너지(SPT Energy)의 영향 인자

현장에서 표준관입시험을 실시할 경우에 롯드에 전달되는 에너지에 영향을 주는 많은 요소들이 있다. 롯드에너지에 영향을 주는 요소들은 개략적으로 정리하면 다음과 같다.

2.5.1 속도에너지 비의 영향 인자

속도에너지 비는 전술한 바와 같이 해머가 앤빌을 타격하기 전에 어느 정도의 에너지가 감소할 것인가를 나타내준다.

다음은 속도에너지 비에 영향을 주는 요소들이다.

(1) 해머타격 시스템(Hammer drop system)

미국의 경우에는 일반적으로 로프-풀리(Rope-pulley)형, Trip형, 개량자동식(Semi-automatic), 그리고 자동식(Automatic)의 네 가지 형식의 해머타격 시스템을 사용하고 있다. 국내의 경우에는 로프-풀리(Rope-pulley)형이 가장 많이 사용되고 있지만 이 방법은 다른 방법에 비하여 효율이 낮은 특성이 있다. 로프-풀리 시스템은 캣해드(Cathead)의 직경, 로프의 굵기, 로프의 낡음 정도, 로프의 회전수, 작업자의 숙련정도 등에 따라서 직접적으로 에너지에 영향을 미친다.

Trip 해머나 자동해머(Automatic hammer)의 경우에는 해머의 낙하고를 일정하게 유지할 수 있으므로 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있다. Kovacs(1979)는 Dando 해머와 유사한 Boros trip 해머

의 속도에너지 비를 구한 결과 0.99라는 값을 보고한 바 있다. 속도에너지 비가 0.99라는 것은 자유낙하시의 속도와 동일한 결과라고 할 수 있으며, 해머의 낙하 시에 에너지 손실이 거의 없다는 것을 의미한다.

(2) 가이드 롯드(Guide rod)

가이드 롯드(Guide rod)는 해머가 앤빌의 중앙을 정확하게 타격하게 하는 역할을 한다. 해머와 가이드 롯드 사이의 마찰은 각각의 표면의 거칠기에 따라서 영향을 받는다. 그리고 국내의 대부분의 형장에서는 로터리 워쉬 보링(Rotary wash boring)기를 사용하기 때문에 가이드 롯드의 표면이 쉽게 녹이 발생하여 마찰을 높이는 경우가 많다. 또한 실험이 진행되는 동안에 가이드 롯드가 기우는 경우가 발생하게 되어 마찰을 증가시키기도 한다.

(3) 캣해드(Cathead)의 크기

캣해드의 지름이 증가하면 마찰면이 증가하기 때문에 로프와 캣해드 사이의 마찰이 증가하게 된다. 따라서 일반적으로 150~250mm 정도의 크기를 사용하도록 추천하고 있고, 회전속도는 100rpm 이상으로 유지하도록 추천하고 있다.

(4) 작업자의 숙련도

도넛해머의 경우에는 해머의 낙하고가 작업자에 의해서 결정되므로 작업자의 숙련도가 N 치에 큰 영향을 미친다.

2.5.2 동적효율(η_D)의 영향 인자

동일한 속도에너지가 다른 롯드 시스템에 전달된다 할지라도 관입에너지는 롯드의 종류에 따라서 다른 결과를 보인다.

동적효율에 미치는 영향 인자를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 롯드의 상태

일반적인 표준관입시험 장비는 각각의 구성요소들이 나사로 연결되어 있다. 따라서 해머가 앤빌을 타격했을 시에는 불가피하게 에너지의 손실이 발생한다. 특히 롯드와 롯드를 연결한 부분에서는 다른 연결부분에 비하여 휨 현상이 많이 발생하기 때문에 큰 에너지 손실이 발생한다. 그리고 보링 심도가 깊어질수록 롯드의 연결 부분이 증가하고 롯드 시스템이 길어지기 때문에 에너지 손실은 증가하게 된다. 또한 실험이 진행되는 동안에는 연결 부분이 느슨하게 되어 롯드 연결 부분에서 추가적인 에너지 손실이 발생한다.

(2) 앤빌 시스템(Anvil system)

앤빌(Anvil)은 해머의 타격에 의해서 에너지를 최초로 하부로 전달하는 장치이고 그 크기는 롯드에 비하여 상당히 크다. 따라서 동적효율은 앤빌의 크기와 모양에 의해서 많은 영향을 받는다. 앤

빌에 변형이 발생하였을 경우에는 해머가 앤빌에 완전하게 에너지를 전달시킬 수 없기 때문에 에너지 손실이 발생하여 동적효율에 영향을 미치게 된다. 따라서 적절한 앤빌 시스템의 선택과 관리는 일정한 에너지 유지를 위해서 필수적이다.

(3) 해머 모양(Hammer shape)

현재 국내에서는 해머의 모양에 관한 특별한 규정은 없지만 여러 연구자들의 실험결과 해머의 종류는 롯드 에너지에 많은 영향을 미친다고 보고하고 있다. Kovacs 와 Salomone(1982)은 해머의 타격에너지를 앤빌을 통하여 롯드에 전달하는 에너지 면에서는 안전해머(Safety hammer)가 도넛해머(Donut hammer)보다 효율적이라고 주장하고 있다.

3. 표준관입시험 에너지(SPT Energy)에 관한 연구

국내외에서 현재까지 수행된 관련 연구성과를 요약 정리하면 다음과 같다.

3.1 국외 연구 성과

국외에서 수행된 실험에 의해서 측정된 롯드 에너지와 속도에너지 비를 나타내면 다음 표 3.1.1~3.1.2와 같다.

표 3.1.1 해머 종류에 따른 롯드에너지 비(rod energy ratio)의 변화

Country	Hammer type	Release Mechanism	Average rod energy ratio (ERr,%)	Source
Argentina	Donut	cathead	45	Seed et al (1985)
Brazil	pin weight	hand dropped	72	Decourt (1989)
China	Automatic	trip	60	Seed et al (1985)
	Donut	hand dropped	55	Skempton (1986)
	Donut	cathead	50	Seed et al (1985)
Colombia	Donut	cathead	50	Decourt (1989)
Japan	Donut	Tombi trigger	78–85	Seed et al (1985) Riggs (1986)
	Donut	cathead – 2 turns + special release	65, 67	Seed et al (1985) Skempton (1986)
UK	Automatic	trip	73	CRI. Clayton (1990)
US	Safety	2 turn on cathead	55–60	Seed et al (1985) Skempton (1986)
	Donut	2 turns on cathead	45	Seed et al (1985)
Venezuela	Donut	cathead	43	Decourt (1989)

표 3.1.2 American average rod energy ratios for two types of hammer and anvil, with the two-turn slip-rope method

도넛해머 (Donut hammer)		안전해머 (Safety hammer)		비고	참고문헌
ERr(%)	실험회수	ERr(%)	실험회수		
53	4	72	9	실내시험	Kovacs & Salomone (1982)
48	8	52	9	현장시험	Kovacs & Salomone (1982)
–	–	55	24	–	Schmertmann & Palacios (1979)
–	–	52	5	–	Schmertmann & Palacios (1979)
48	23	–	–	N=15~45	Robertson et al (1983)
43	8	62	8	–	Robertson et al (1983)
45	–	55	–	현장시험	–

3.2 국내의 연구 동향

국내의 경우 현장에서 사용하는 시험장비의 세부형태나 시험여건이 외국의 경우와는 다름에도 세부적인 표준화 및 에너지 수준에 대한 국내 고유의 자료가 결정되지 않아 국제적으로 적용하고 있는 기준을 적용하거나 외국의 경우를 원용하여 N치를 보정하고 있는 실정이다. 국내에서는 이와 같은 문제를 인식한 극소수의 연구자들에 의해서 최근에서야 표준관입시험의 에너지 문제에 관한 연구가 진행되고 있는 실정이다. 이중에서 최근에 수행된 국내의 표준관입시험에 관한 연구를 살펴보면 다음과 같다.

3.2.1 이명환 등의 연구 (1992)

이명환 등(1992)은 SPT 해머의 낙하속도를 측정하여 속도에너지효율을 제시하고 동적효율을 가정하여 해머의 에너지 효율를 간접적으로 계산하였다. 계산결과 우리나라의 N치는 국제적인 표준값으로 인정되는 N_{60}과는 다소 차이가 있으며, 국내 장비의 속도에너지효율은 미국이나 일본에 비하여 80~85% 수준에 불과하므로 국제표준값 N_{60}을 얻기 위해서는 측정된 값에 0.86~0.89의 값을 곱해서 사용해야 하며, 일본의 평균치 N_{78}을 얻기 위해서는 0.66~0.68을 곱해야 한다고 주장한 바 있다.

3.2.2 박용원 등의 연구 (1996, 1997)

박용원 등(1996)은 초음파 송수신장치와 PC를 이용하여 해머의 충격에너지를 측정하였고, 그 결과 Rope-Pulley형 해머와 자동해머의 해머에너지 비는 이론적 에너지에 대하여 각각 64.2% 및 75.0%로 측정하였고, 표준관입시험의 동적효율을 Charpy 충격시험과 해석 프로그램인 WEAP을 적용하여 측정 및 산정하여 현장시험을 통하여 검증된 결과로부터 국내의 동적효율로 0.72라는 값을 제시하고, 동적효율을 0.72로 적용하여 Rope-Pulley 해머 및 자동해머에 대하여 산출한 평균 에너지비 (E_r)을 각각 46.2%, 54%로 제시하였다. 또한 평균 에너지비를 이용하여 현장 측정 N치를 국제표준치인 N_{60}으로 보정하기 위한 계수로 Rope-Pulley형 해머의 경우에는 0.77, 자동해머의 경우에는 0.9를 제안한 바 있다.

3.2.3 이우진 등의 연구 (1998, 2000, 2001, 2002)

최근에 이우진 등(1998)은 PDA(Pile Driving Analyzer)를 이용하여 도넛(Donut) 해머, 안전해머(Safety hammer), 개량자동(Modified Auto Donut) 해머에 대한 각각의 관입에너지를 측정한 바 있다. 해머의 타격에 의해서 롯드로 응력파(Stress wave)가 전달되는 현상은 말뚝 항타 시에 발생하는 현상과 동일하므로 PDA 장비를 표준관입시험에 적용하여 관입에너지를 측정하였다. 그리고

PDA를 이용한 방법은 해머에서 롯드에 전달되는 충격파를 분석하여 실제로 롯드에 가해지는 에너지 값을 출력하므로 이론적인 에너지 값과의 비율로부터 바로 에너지 전달효율을 산정 할 수 있고, 동적효율과 속도에너지 효율을 따로 고려하는 불편과 부정확성을 제거할 수 있으므로 비교적 정확하게 관입에너지를 측정할 수 있다고 보고하였다.

또한 1998년 이후 현재까지 꾸준한 현장 시험으로 국내에서 현재 국내에서 사용하고 있는 표준관입시험 장비들에 대한 평균에너지 효율을 측정하여 국내 표준관입시험장비들의 평균에너지 효율값 제시를 위한 연구를 수행 중이다.

표 3.2.1 국내의 연구결과 비교

연구자	해머		효율(%)	비고
박용원 등 (1993)	Donut		52	동적효율(η_d)가정, η_d =0.78
박용원 등 (1994)	Donut		50	동적효율(η_d)가정, η_d =0.78
	Auto		59	동적효율(η_d)가정, η_d =0.78, auto trip hammer
이호춘 등 (1996)	Donut		46.2	동적효율(η_d) 실내실험·수치해석, η_d = 0.72
	Auto		54	동적효율(η_d)실내실험·수치해석, η_d = 0.72, auto trip hammer
이우진 등 (1998)	Donut		39.2	롯드에너지 비(ERr) 직접측정
	Safety		65.8	롯드에너지 비(ERr) 직접측정
	Auto		54.7	롯드에너지 비(ERr) 직접측정, modified auto donut hammer
도로공사, 이우진 등	개량형 도넛		62.0	롯드에너지 비(ERr) 직접측정. 반자동식(유압식), 3mm와이어 로프,
	Auto (CME)	빠르게 타격	76.0	롯드에너지 비(ERr) 직접측정 CME-750장비사용, 60타/분 타격시
		천천히 타격	62.5	롯드에너지 비(ERr) 직접측정 CME-750장비사용, 25타/분 타격시
	도넛해머		48.7	롯드에너지 비(ERr) 직접측정
	안전해머		56.2	롯드에너지 비(ERr) 직접측정
	트립해머		50.8	롯드에너지 비(ERr) 직접측정
	개량형 자동도넛해머		68.5	롯드에너지 비(ERr) 직접측정

4. 현장 시험

4.1 현장 시험 계획

표준관입시험은 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 현장에서 3개의 SPT장비를 가지고 장비의 롯드에 전달되는 에너지 측정시험을 3회 시행하였다. 표준관입시험 시 해머모양, 해머 낙하 시스템, 앤빌의 크기, 로프의 종류, 로프 감은 수, 캣헤드의 크기 등에 영향을 받으나, 본 시험에서는 영향요소를 개별적으로 검토하지는 않았으며 장비 전체에 대한 효율을 측정하는 시험을 실시하였다.

4.2 표준관입시험(SPT) 현장시험 장비

4.2.1 SPT해머와 해머 시스템

ASTM과 한국 산업 규격(KSF-2307)에는 N값은 "중량 63.5kg의 해머를 75cm 자유 낙하시켜서 로드 꼭대기부에 부착된 노킹헤드를 타격하여 로드 앞 끝에 부착된 표준 관입 시험용 샘플러를 지반에 30cm 박아 넣는 데 필요한 타격수" 로 정의되어 있다

많은 연구자들에 의해 해머의 모양이나 낙하방식에 따라 롯드에 전달되는 에너지가 많은 차이를 보이는 것으로 연구되었다. 세계적으로 사용하는 해머종류에는 그림 4.2.1과 같이 도넛해머(Donut hammer), 안전해머(Safty hammer), 트립해머(Trip hammer), 자동해머(Automatic hammer)등의 해머가 있고, 낙하 방식에는 로프-풀리형, 트립형, 반자동형, 자동형 등이 있다.

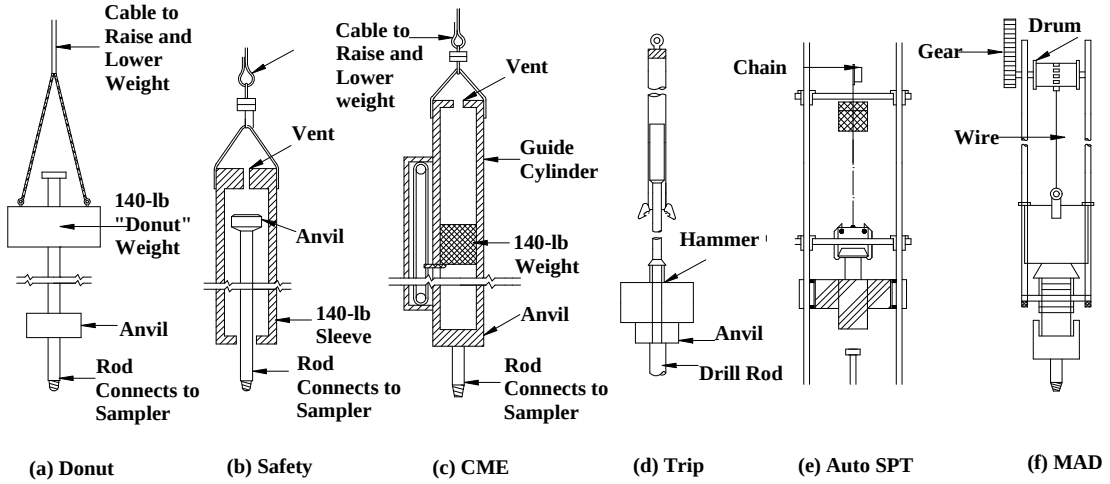


그림 4.2.1 해머 종류

4.2.2 Pile Driving Analyzer (PDA)

PDA는 1차원 파동방정식을 기본으로 하여 효과적인 항타를 위한 몇 가지 Parameter를 계산하고, 항타에 의해 발생하는 힘과 속도를 측정하고 분석한다. PDA에 사용되는 동재하 시험의 기본원리는 1970년대 Rausche에 의해 발달하게 되었고, 현재의 PDA 형태는 PDI (Pile Dynamics Inc.) 회사에 의해 몇 번의 업그레이드를 통해 발달되어 왔다. PDA는 다른 말뚝 지지력 시험방법보다 시험법이 간편하고, 시간과 비용 면에서 경제적이기 때문에 1994년 우리나라에 도입된 이후로 국내 말뚝 공사 현장에서 많이 사용하고 있다.

에너지 측정장비는 그림 4.2.2의 PDA, 2개의 변형률 측정 게이지, 2개의 가속도 측정 게이지와 연결선으로 구성되어 있다. PDA 그 자체는 게이지로부터 받은 Analog신호를 Digital신호로 바꾸는 A/D, D/A를 가진 data 인식판, 단말기와 조정판으로 구성되어 컴퓨터이다. PDA는 각 타격 당 축력과 속도를 측정하고, 최대압축파, 최대인장파, 롯드전달에너지, 전달속도 등을 포함하는 40개의 Parameter를 즉시 계산한다. 또한 PDA는 샘플러가 관입 되는 동안 힘과 속도의 이력을 알 수 있으며 전달된 에너지를 F2 적분법과 FV적분법으로 에너지를 계산한다. 이는 PDA를 이용한 말뚝동적지지력 시험 시와 비슷한 형태의 힘과 속도의 거동을 보인다.



그림 4.2.2 PDA

4.2.3 에너지 측정용 SPT 롯드

롯드 에너지를 계산하기 위한 힘과 속도의 측정은 편타를 줄이기 위해 180° 방향으로 2개의 스트레인 게이지(Foil Type)와 2개의 가속도계(Piezoresistive Type)가 장착된 드릴 롯드에서 이루어지며 측정된 변형율은 PDA로 연결되어 단면적과 롯드 재료의 계수를 곱하여 힘으로 계산되며 측정된 가속도는 수치적분에 의해 Particle Velocity로 변환시킨다.

표준관입시험 에너지 측정 시 사용된 측정용 롯드는 PDA 제작 회사인 PDI에서 주문 제작된 롯드이다. 이 롯드는 표준관입시험 시 롯드에 직접 연결하여 사용하기 위해 AW 제원으로 제작되었으며 롯드 모식도는 그림 4.2.3과 같다.

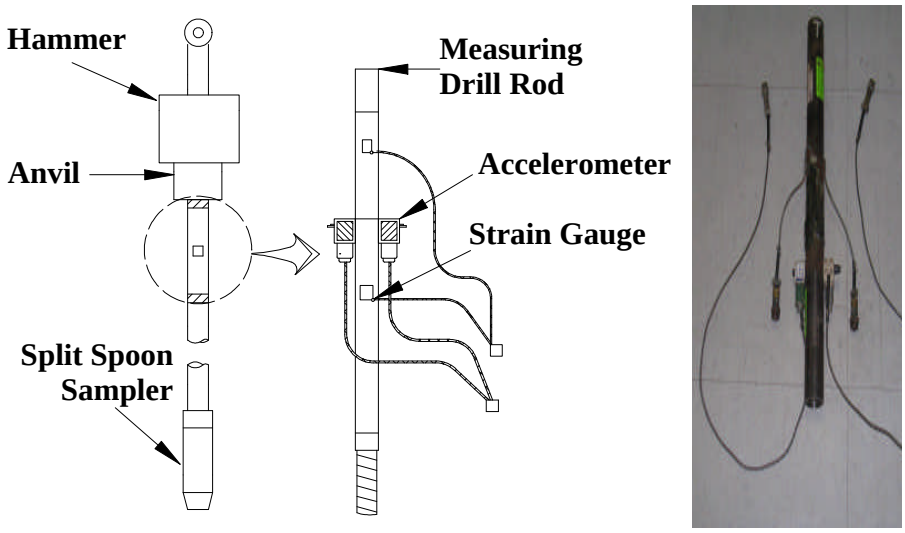


그림 4.2.3 SPT 에너지 측정용 드릴 롯드

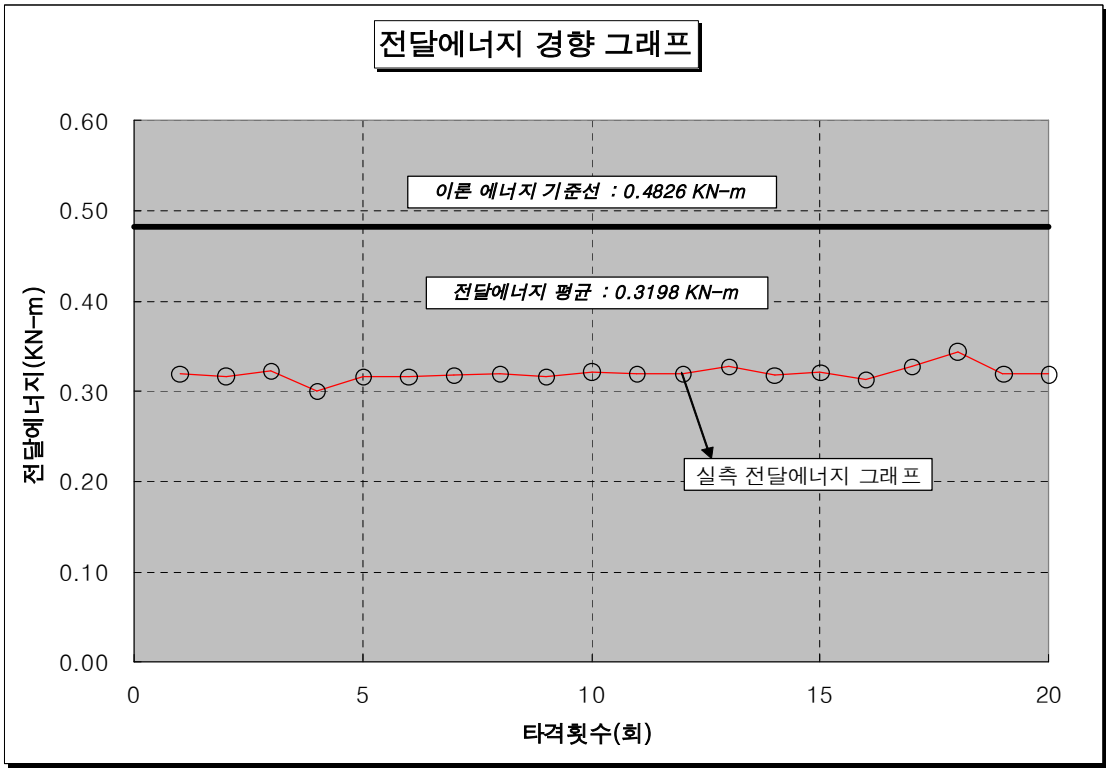
4.3 롯드에너지 전달율(ERr)

롯드에 전달되는 에너지는 장착된 게이지로부터 F파와 V파를 받아서 PDA로 롯드에 전달되는 에너지(ER_r)를 식 (2.2.4)에 의해 계산한다. 각 깊이에서 구한 각 롯드에너지 전달율(ER_r)은 산술 평균에 의해, 그 깊이에서의 평균 롯드 전달에너지를 계산한다.

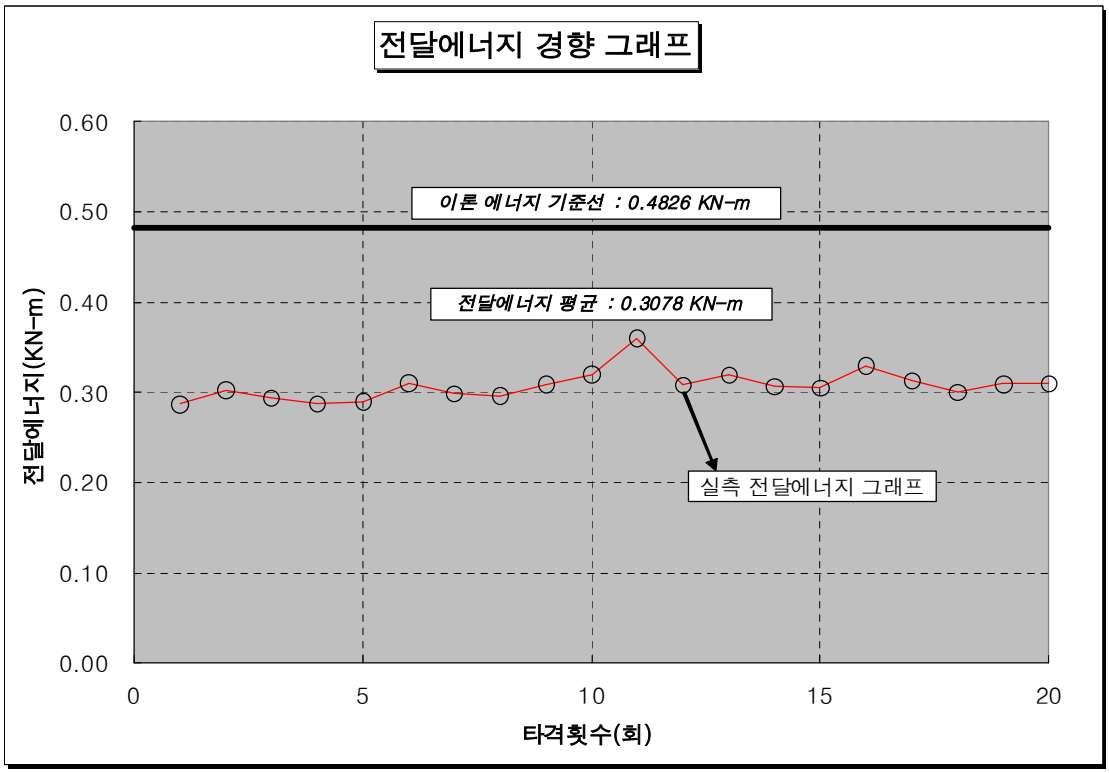
표.2 롯드에너지 전달율

구 분	측정심도, m (롯드길이)	롯드에너지 전달율(%)	비 고
NNTB-6	19.0(19.7)	66.3	-
ATB-4	16.0(16.8)	63.8	-
NNBB-5	11.0(12.3)	63.9	-

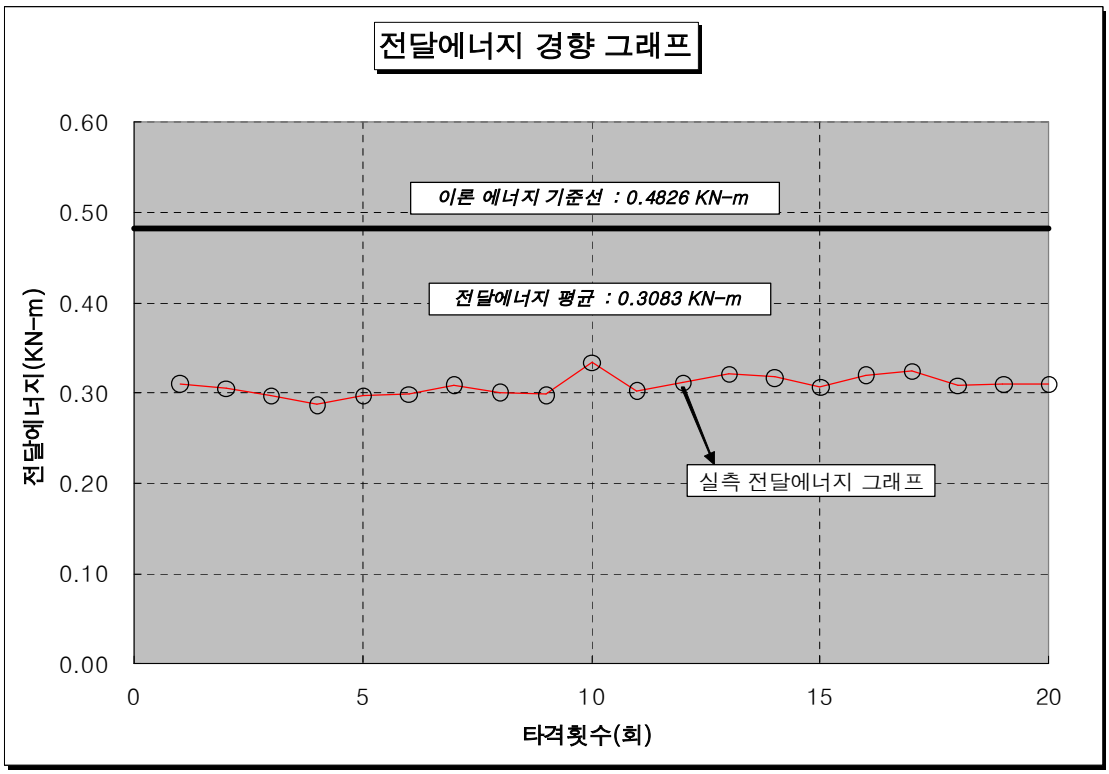
NNTB-6



ATB-4



NNBB-5



[그림.1] 롯드에너지 전달율

결 론

『서울 제물포터널 민간투자사업 실시설계』에서 3대의 SPT장비를 가지고 장비의 롯드에 전달되는 에너지 측정시험을 시행하였다. 표준관입시험 시 해머모양, 해머 낙하 시스템, 앤빌의 크기, 로프의 종류, 로프 감은 수, 캣헤드의 크기 등에 영향을 받으나, 본 시험에서는 영향요소를 개별적으로 검토하지는 않았으며 장비 전체에 대한 효율을 측정하는 시험을 실시하였다. 시험 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 현장시험에 사용된 장비는 아래의 표와 같이 해머 종류는 자동식으로 분류 할 수 있다.

2) 해머 타격 시 발생하는 롯드의 응력파를 PDA로 측정하여 FV방법으로 산정한 장비별 롯드 전달에너지는 다음 [표.3] 같다.

[표.3] 장비 분류 및 평균롯드에너지 전달율

구 분	해머종류	해머 인양 방식	평균 ERr (%)
NNTB-6	Auto	자동식	66.3
ATB-4	Auto	자동식	63.8
NNBB-5	Auto	자동식	63.9

3) 롯드 길이 10m 이하의 N값을 N_{60} 으로 보정 시에는 롯드에너지 전달율에 Skempton의 롯드 길이 보정계수를 곱하여 사용할 것을 추천한다.

6. 참고문헌

1. 박용원, 이호춘, 김석훈 (1993), “표준관입시험의 해머에너지 측정”, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 2권, 573-576

2. 박용원, 이호춘, 박종호 (1994), “표준관입시험의 해머별 에너지 비교”, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 1권, 821-824

3. 이명환, 강인탁, 이원제, 김영진 (1992), “실측에 의한 표준관입시험 함마의 낙하속도 분석”, 한국지반공학회 논문집, 8(1), 59-66

4. 이호춘, 박용원 (1996), “표준관입시험의 해머에너지 수준”, 한국지반공학회 논문집, 12(5), 117-125

5. 이호춘, 김병일, 박용원 (1997), “표준관입시험의 동적효율 측정”, 한국지반공학회 논문집, 13(1), 169-180

6. 이우진, 이원제, 안신환 (1998), "PDA를 이용한 표준관입시험의 에너지전달 효율 측정 “, 한국지반공학회 ‘98 봄 학술발표회 논문집, 75-84

7. 이우진, 유재명, 류동헌 (2001), “표준관입시험 롯드길이에 따른 에너지 전달효율” 2001년 학술발표회 논문집, 한국지반환경공학회, 193-198

8. 조성민, 정종홍, 김동수, 이우진 (2001), “표준관입시험시 롯드에 전달되는 해머의 낙하에너지 평가 1” 한국지반공학회 2001년 봄 학술발표회 논문집, 469-476

9. 이우진, 유재명, 류동헌 (2001), “표준관입시험 N값의 올바른 보정 및 사용” 한국지반공학회 2001년 가을 학술발표회 논문집, 241-264

10. 한국산업규격 KS-F 2307-1997 흙의 표준관입시험법

11. 한국도로공사 (2002), “표준관입시험 활용법 개선 연구”, 한국도로공사 도로교통기술연구원, 2002년도 연구보고서, 도교기 GE-02-05

12. 이우진, 이창호 (2003), “표준관입시험의 해머 에너지측정과 동적효율의 계산”, 대한토목학회 정기학술대회, pp 3695-3700

에너지전달율 측정 성적서(SPT-1)

현장명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 SPT 에너지전달율 테스트

발주처 : 서울특별시

측정위치 : ATB-4

측정일자 : 2013년 3월

굴착방법 : 수세식 로타리 보링

측정장치 : Pile Driving Analyzer(PAL 모델)

햄머형태 : 자동 햄머

시추장비 : 유압형 시추기

측정심도 : 16.0m

공구격 : NX size

측정지층 : N값-27/30 풍화토층

타격번호	실측에너지 KN-M	이론에너지 KN-M	에너지전덜율	N_{60}대비비
1	0.2870	0.4826	59.5	99.1
2	0.3026	0.4826	62.7	104.5
3	0.2934	0.4826	60.8	101.3
4	0.2874	0.4826	59.6	99.3
5	0.2899	0.4826	60.1	100.1
6	0.3103	0.4826	64.3	107.2
7	0.2985	0.4826	61.9	103.1
8	0.2962	0.4826	61.4	102.3
9	0.3087	0.4826	64.0	106.6
10	0.3201	0.4826	66.3	110.5
11	0.3600	0.4826	74.6	124.3
12	0.3083	0.4826	63.9	106.5
13	0.3194	0.4826	66.2	110.3
14	0.3068	0.4826	63.6	106.0
15	0.3052	0.4826	63.2	105.4
16	0.3298	0.4826	68.3	113.9
17	0.3134	0.4826	64.9	108.2
18	0.2999	0.4826	62.1	103.6
19	0.3094	0.4826	64.1	106.9
20	0.3098	0.4826	64.2	107.0
평균	0.3078	0.4826	63.8	106.3

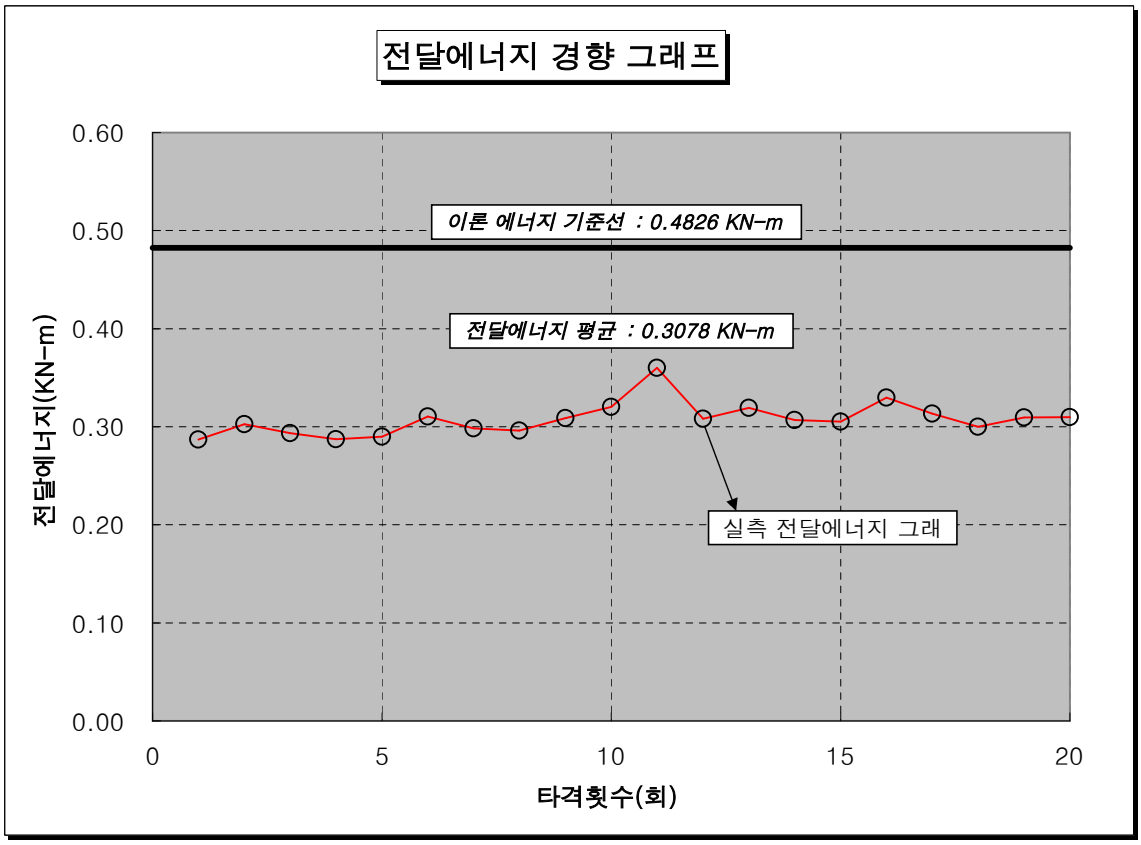
* 실측에너지 계산
  : PDA의 에너지 전덜율(EMX 값)

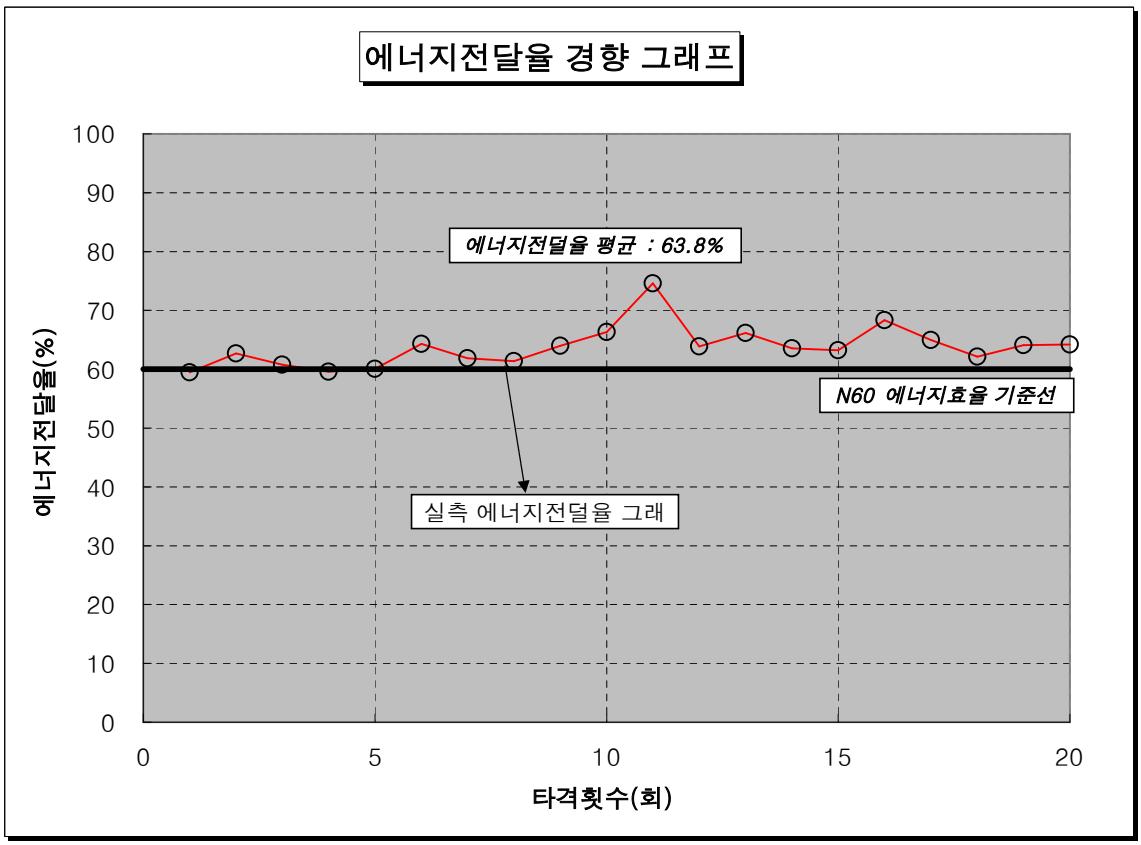
* 이론에너지계산
  : 햄머중량(KN) X 햄머낙하고(m)

* 햄머효율의 계산
  : (실측에너지/이론치) X 100

* N60 대비비의 계산
  : 실측에너지 / N치 60%의 수치

에너지전달율 측정 그래프(SPT-1)





에너지전달율 측정 성적서(SPT-2)

현장명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 SPT 에너지전달율 테스트

발주처 : 서울특별시

측정위치 : NNTB-6

측정일자 : 2013년 3월

굴착방법 : 수세식 로타리 보링

측정장치 : Pile Driving Analyzer(PAL 모델)

햄머형태 : 자동 햄머

시추장비 : 유압형 시추기

측정심도 : 19.0m

공구격 : NX size

측정지층 : N값-50/30 풍화토층

타격번호	실측에너지 KN-M	이론에너지 KN-M	에너지전덜율	N_{60}대비비
1	0.3189	0.4826	66.1	110.1
2	0.3169	0.4826	65.7	109.4
3	0.3224	0.4826	66.8	111.3
4	0.3000	0.4826	62.2	103.6
5	0.3168	0.4826	65.6	109.4
6	0.3165	0.4826	65.6	109.3
7	0.3178	0.4826	65.9	109.8
8	0.3194	0.4826	66.2	110.3
9	0.3166	0.4826	65.6	109.3
10	0.3215	0.4826	66.6	111.0
11	0.3196	0.4826	66.2	110.4
12	0.3193	0.4826	66.2	110.3
13	0.3275	0.4826	67.9	113.1
14	0.3183	0.4826	66.0	109.9
15	0.3208	0.4826	66.5	110.8
16	0.3129	0.4826	64.8	108.1
17	0.3275	0.4826	67.9	113.1
18	0.3440	0.4826	71.3	118.8
19	0.3198	0.4826	66.3	110.4
20	0.3188	0.4826	66.1	110.1
평균	0.3198	0.4826	66.3	110.4

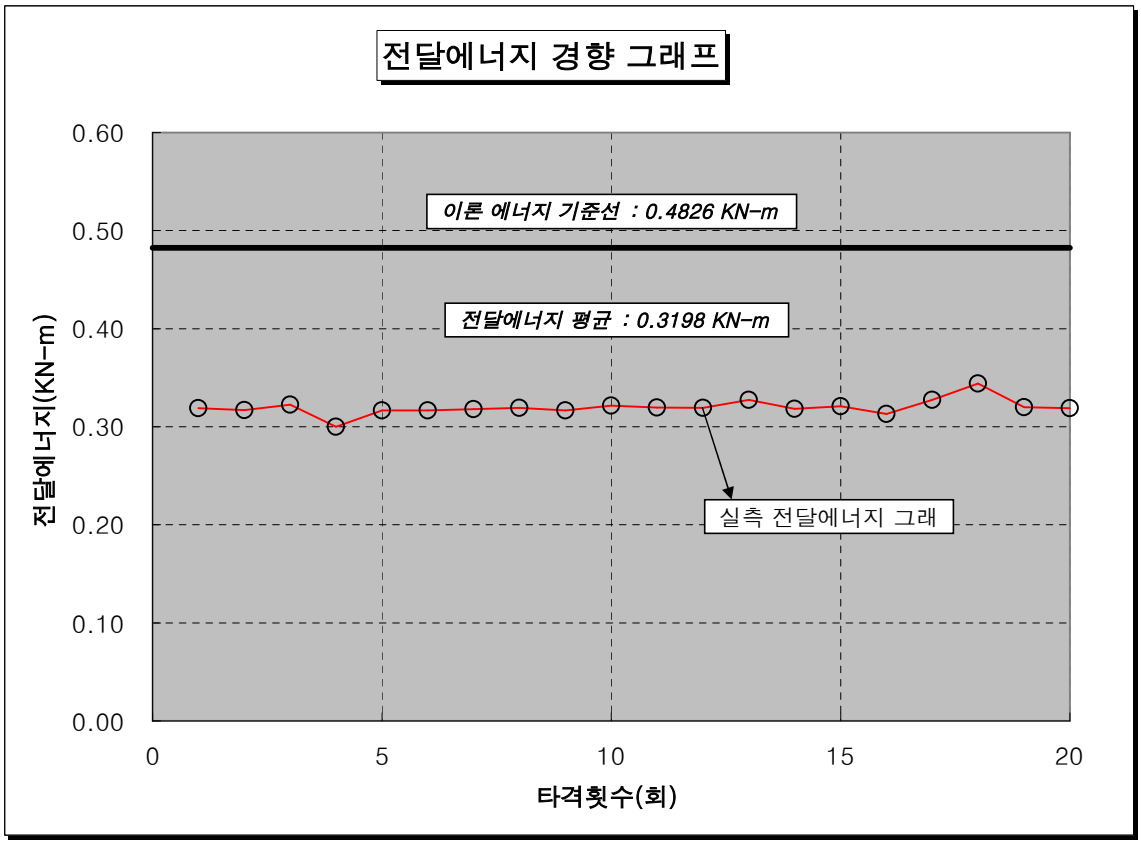
* 실측에너지 계산
  : PDA의 에너지 전덜율(EMX 값)

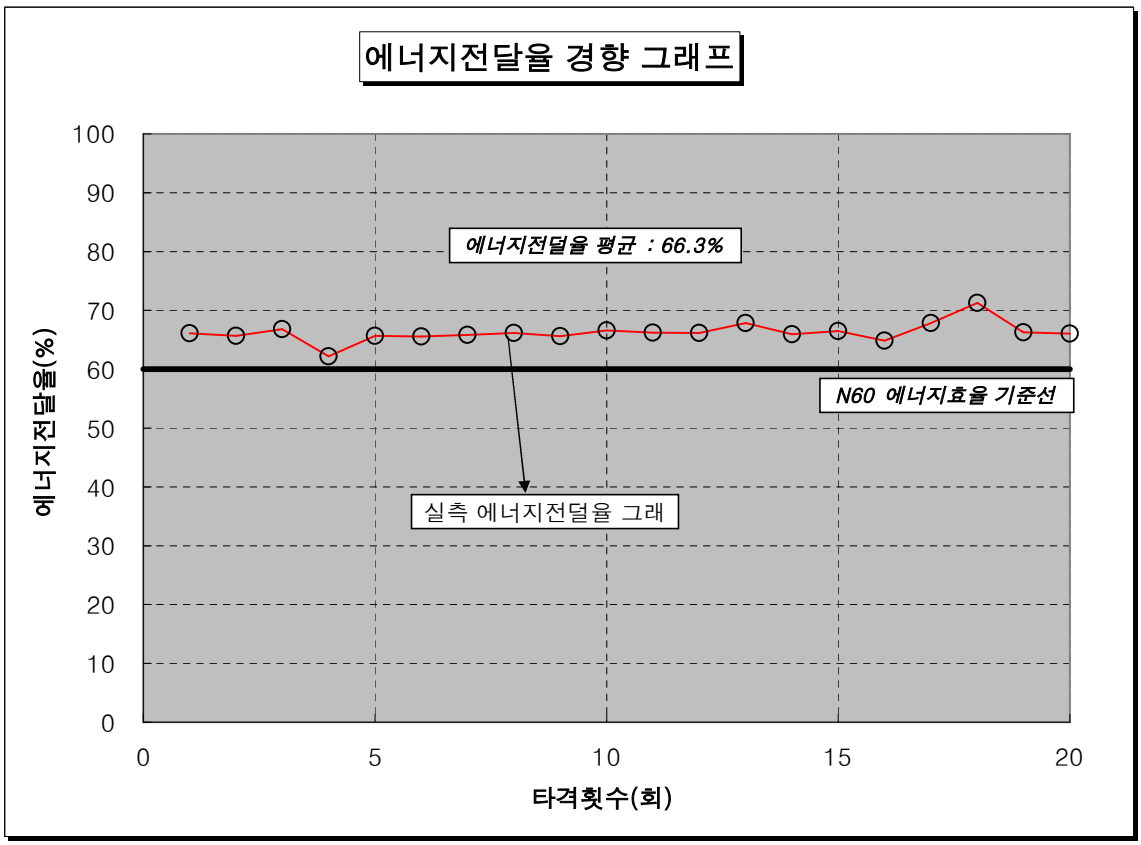
* 이론에너지계산
  : 햄머중량(KN) X 햄머낙하고(m)

* 햄머효율의 계산
  : (실측에너지/이론치) X 100

* N60 대비비의 계산
  : 실측에너지 / N치 60%의 수치

에너지전달율 측정 그래프(SPT-2)





에너지전달율 측정 성적서(SPT-3)

현장명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 SPT 에너지전달율 테스트

발주처 : 서울특별시

측정위치 : NNBB-5

측정일자 : 2013년 3월

굴착방법 : 수세식 로타리 보링

측정장치 : Pile Driving Analyzer(PAL 모델)

햄머형태 : 자동 햄머

시추장비 : 유압형 시추기

측정심도 : 11.0m

공구격 : NX size

측정지층 : N값-30/30 풍화토층

타격번호	실측에너지 KN-M	이론에너지 KN-M	에너지전덜율	N_{60}대비비
1	0.3107	0.4826	64.4	107.3
2	0.3055	0.4826	63.3	105.5
3	0.2967	0.4826	61.5	102.5
4	0.2870	0.4826	59.5	99.1
5	0.2968	0.4826	61.5	102.5
6	0.2990	0.4826	62.0	103.3
7	0.3090	0.4826	64.0	106.7
8	0.3008	0.4826	62.3	103.9
9	0.2982	0.4826	61.8	103.0
10	0.3340	0.4826	69.2	115.3
11	0.3026	0.4826	62.7	104.5
12	0.3112	0.4826	64.5	107.5
13	0.3206	0.4826	66.4	110.7
14	0.3172	0.4826	65.7	109.5
15	0.3064	0.4826	63.5	105.8
16	0.3199	0.4826	66.3	110.5
17	0.3237	0.4826	67.1	111.8
18	0.3082	0.4826	63.9	106.4
19	0.3095	0.4826	64.1	106.9
20	0.3099	0.4826	64.2	107.0
평균	0.3083	0.4826	63.9	106.5

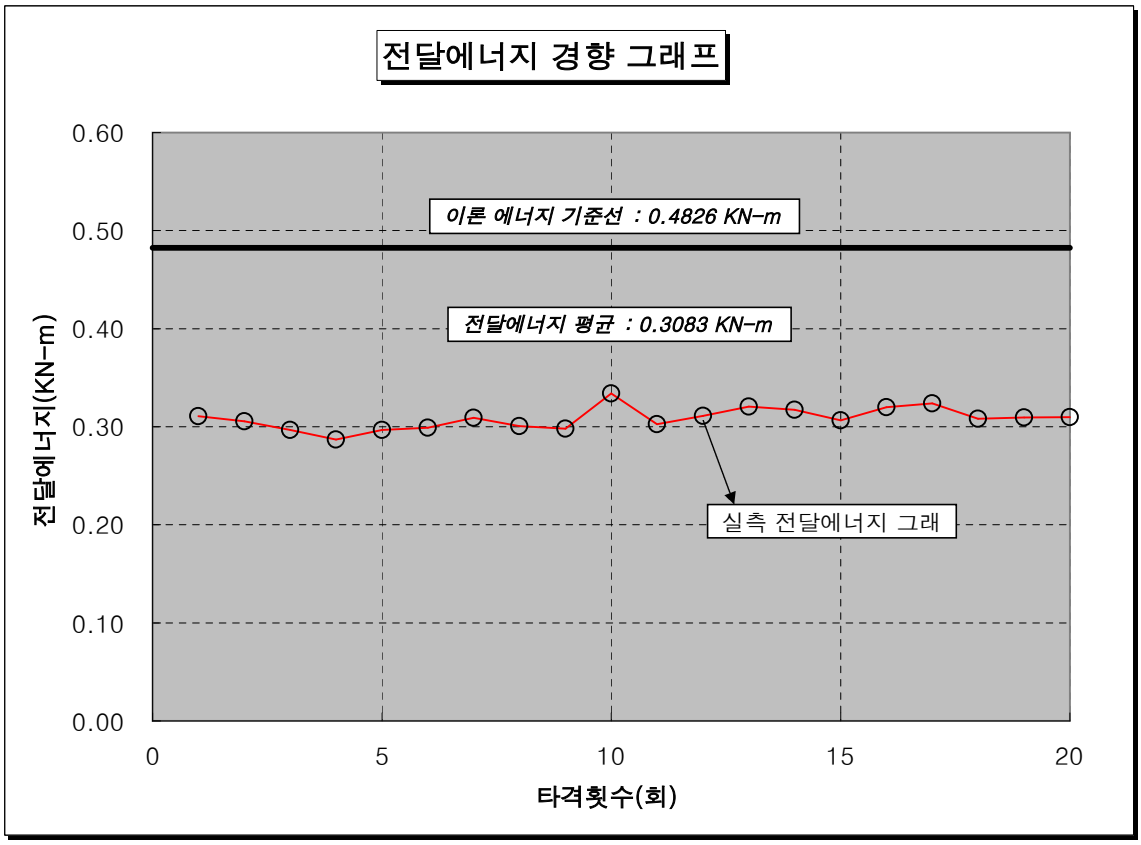
* 실측에너지 계산
  : PDA의 에너지 전덜율(EMX 값)

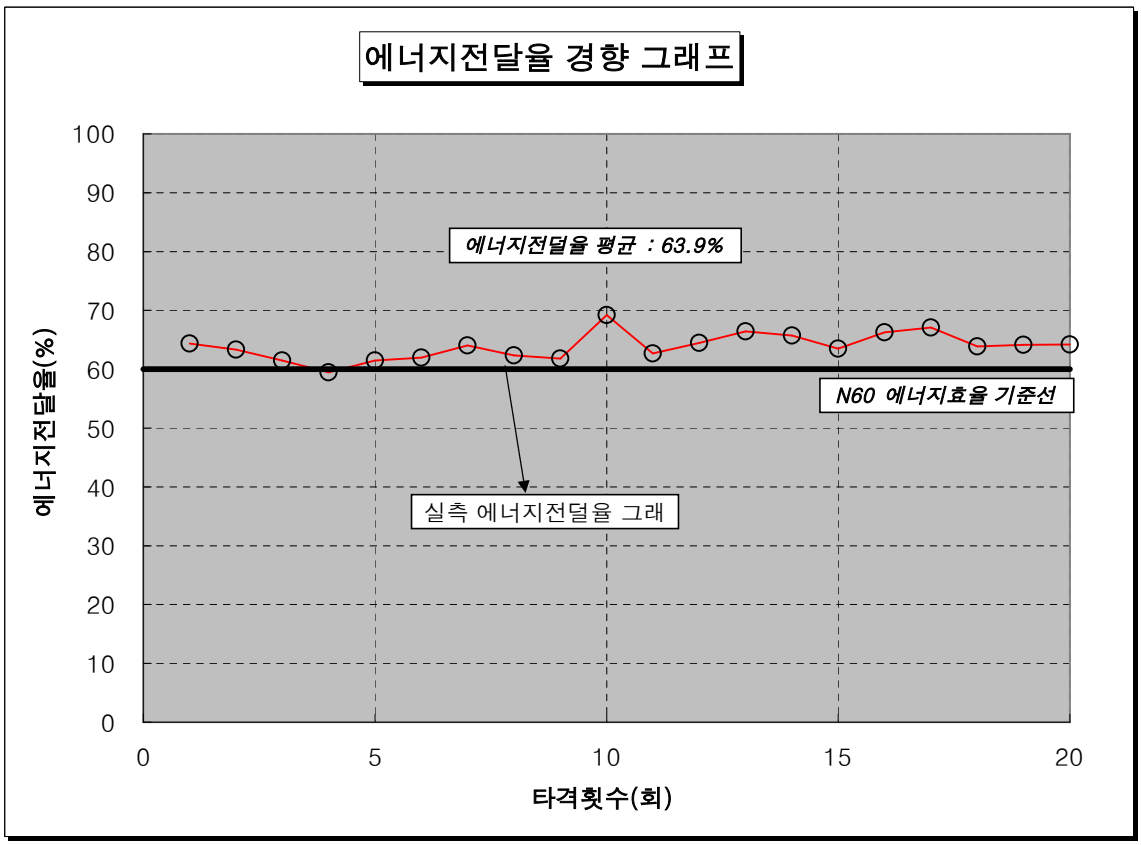
* 이론에너지계산
  : 햄머중량(KN) X 햄머낙하고(m)

* 햄머효율의 계산
  : (실측에너지/이론치) X 100

* N60 대비비의 계산
  : 실측에너지 / N치 60%의 수치

에너지전달율 측정 그래프(SPT-3)





표준관입시험 동적효율측정시험 요약

개 요

- 대부분의 설계에 필요한 지반정수들이 N 값에 의존하고 있는 바, 표준관입시험에 대하여 보링로드에 전달되는 타격에너지를 측정하여 이론적 에너지(효율 100%)와 실측에너지를 비교하여 표준관입시험 해머의 에너지 전달효율을 구함으로써 N값의 신뢰도를 높이는데 그 목적이 있다.

표준관입시험 동적효율측정 시험방법

- 특수 제작된 로드(시험용;55cm)에 가속도계(Accelerometer) 와 변형률계(Transducer)가 1set 으로 이루어진 센서 2개를 180° 간격으로 고정시킨다.
- 2개의 가속도계(Accelerrometer)와 변형률계(Strain tranducer)가 부착된 시험용 로드를 보링로드에 연결시킨다.
- 부착한 2개의 센서를 연결 케이블을 사용하여 파일진단시험기(FPDS-5)에 연결시킨다.
- 해머타격과 동시에 로드에 전달되는 가속도와 변형률을 A/D 신호 조정기 (Signal conditioning System)에 의해 아날로그에서 디지탈신호로 전환.
- 이때 발생한 신호를 이용하여 힘, 속도, 변위, 에너지 등으로 해석하여 저장.
- 사용장비는 TNO-IBBC의 파일진단시험기와 가속도계, 변형률계를 사용했으며, 타격장비는 시추조사장비의 해머를 사용.

동적효율측정 시험결과

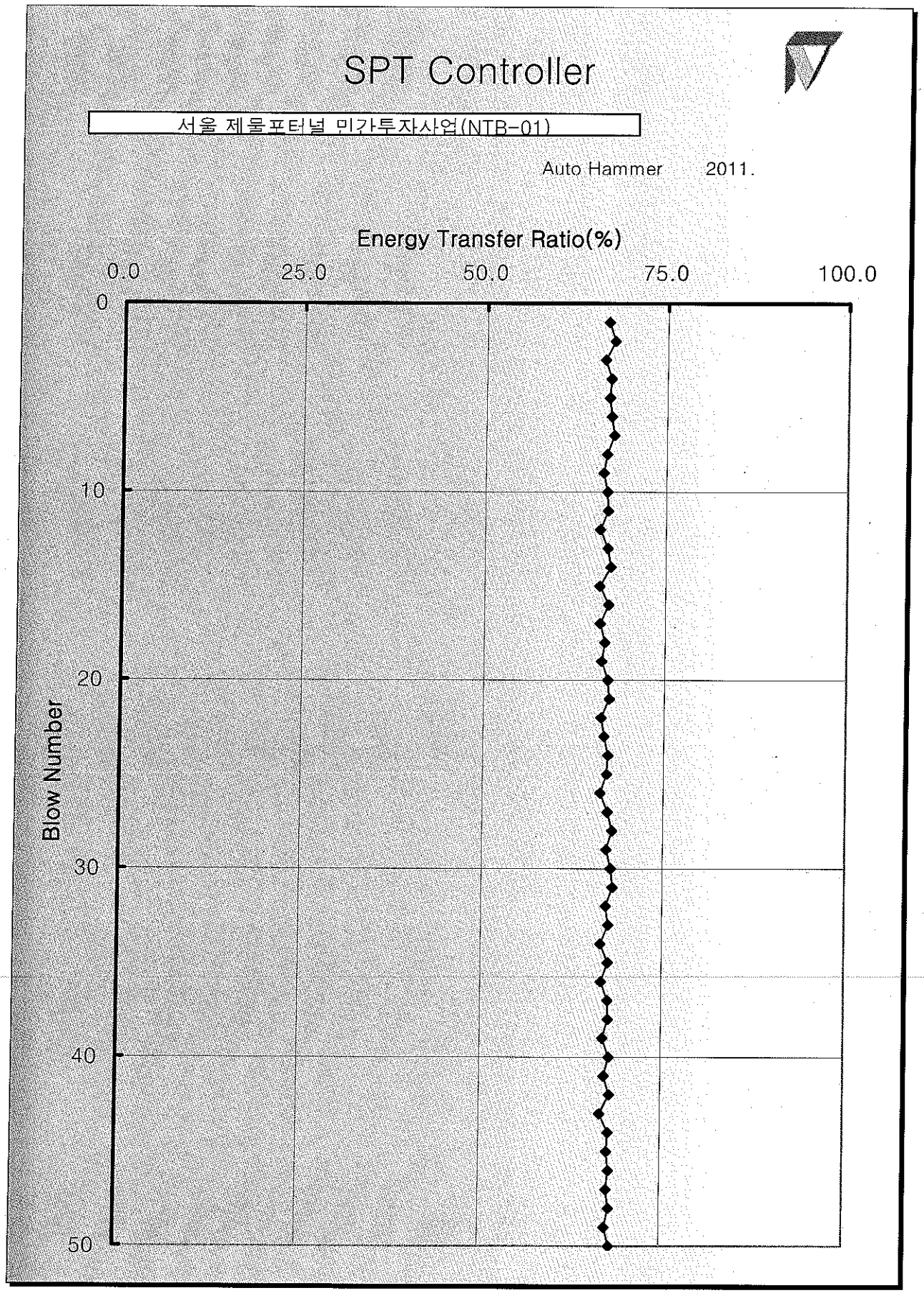
- 시험결과

시추공번		NTB-1	NBB-6	NBB-8
해머종류		Auto Hammer	Auto Hammer	Auto Hammer
측정위치[1]		GL- 8.0m	GL- 21.0m	GL- 12.0m
지 층[2]		퇴적층	풍화토	퇴적층
E_n (kNm)		0.47	0.47	0.47
E_r (kNm)	범위	0.3161~0.320	0.311~0.323	0.308~0.321
	평균	0.316	0.316	0.314
ETR (%)	범위	66.0~68.2	66.1~68.8	65.6~68.3
	평균	67.2	67.3	66.8
	표준편차	2.835E-03	2.773E-03	2.942E-03

SPT Controller

서울 제물포터널 민간투자사업(NTB-01)

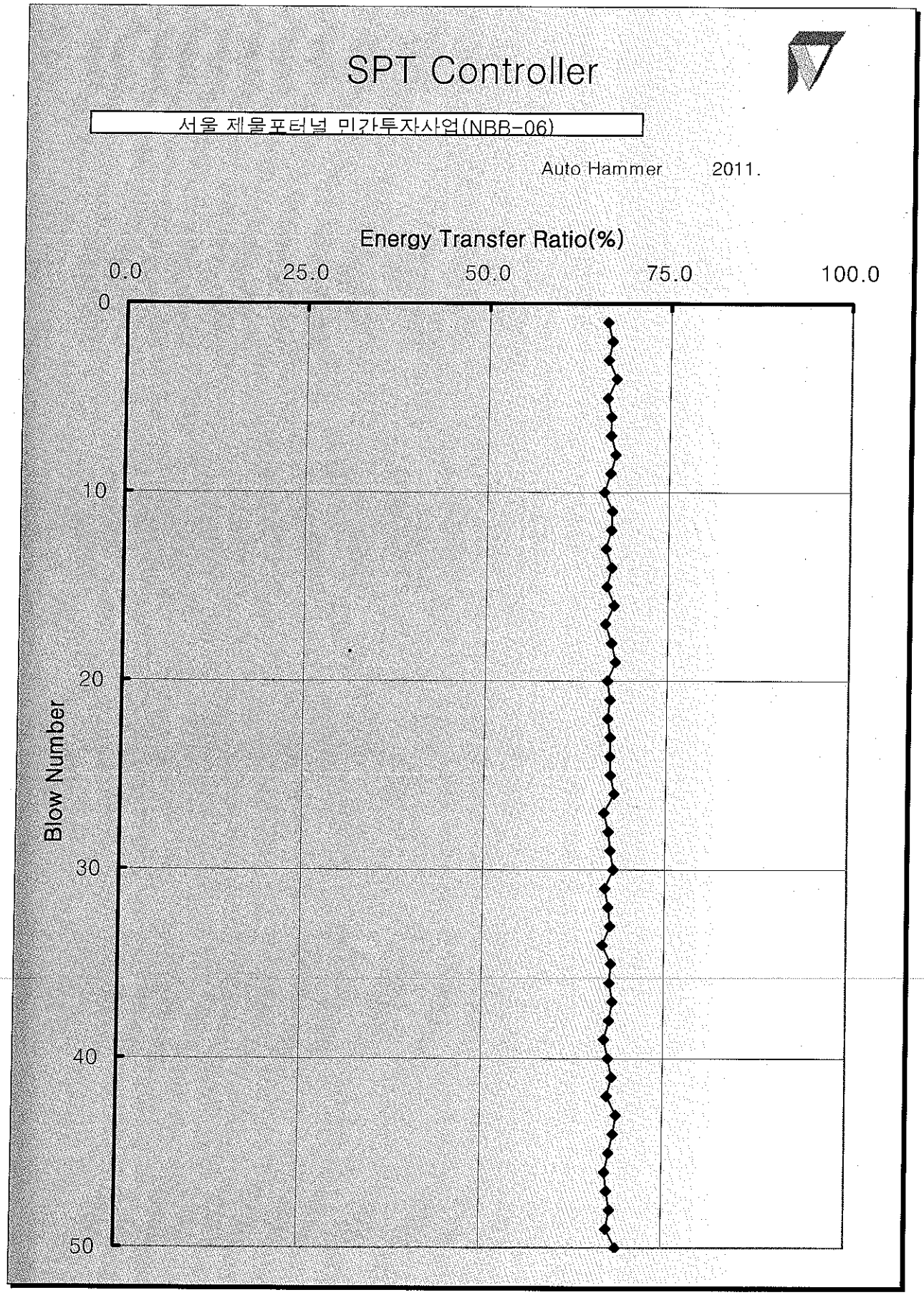
Auto Hammer 2011.



SPT Controller

서울 제물포터널 민간투자사업(NBB-06)

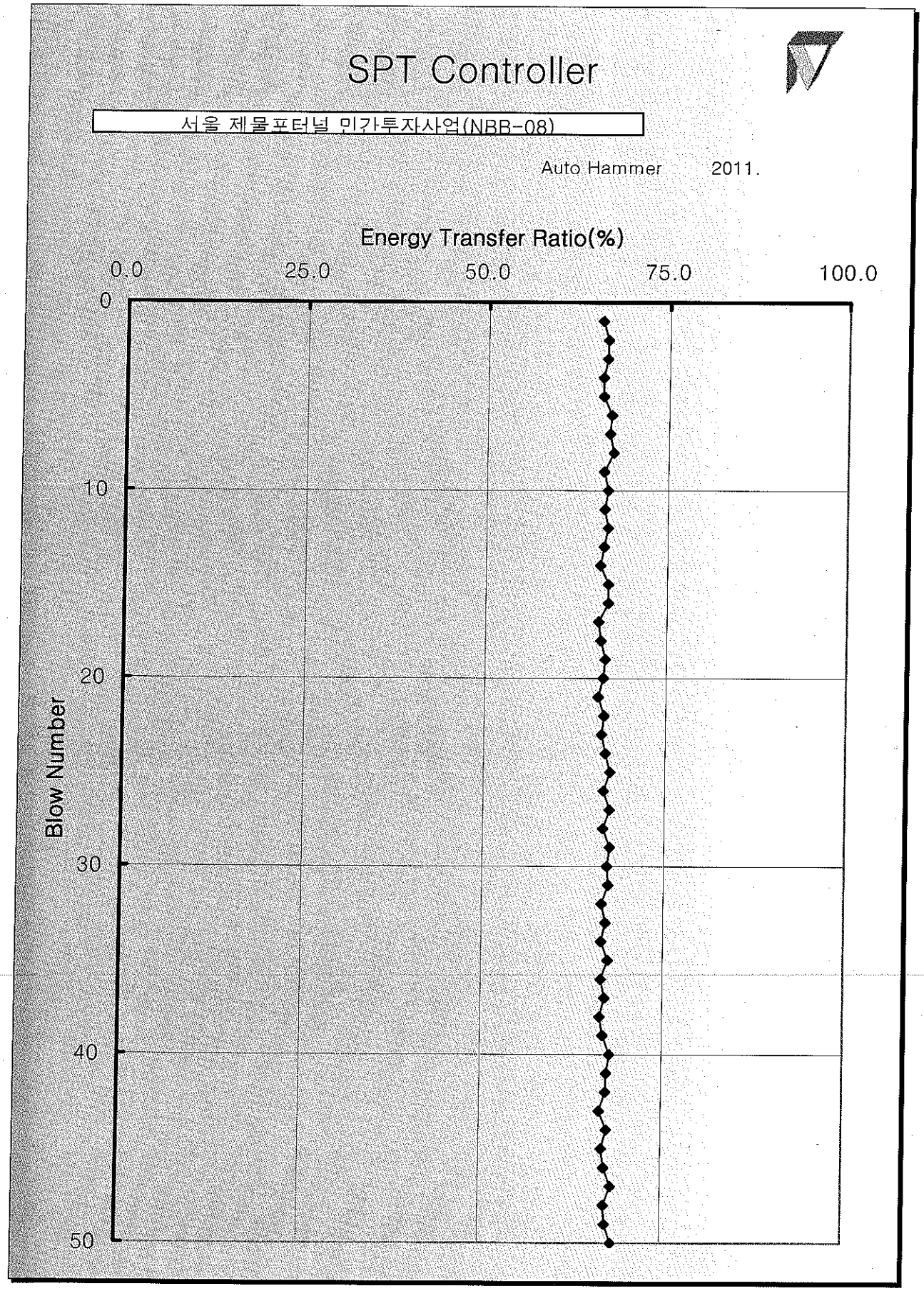
Auto Hammer 2011.



SPT Controller

서울 제물포터널 민간투자사업(NBB-08)

Auto Hammer 2011.



5.2 공내재하시험

5.2.1 LLT

5.2.2 PMT

5.2.3 GMJ

5.2.1 LLT

서울 재물포터널 민간투자사업 지반조사 공내재하시험(LLT) Summery

구분	공번	심도	지층	N치	초기수두 (cm)	삽입후수두 (cm)	PG-P	Po (kPa)	Py (kPa)	PL (kPa)	Km (kPa)	Em (kPa)	rm (cm)
1	NTB-5	3.0m	퇴적층	6/ 30	13.70	13.40	2.51E-02	75.61	324.01	395.50	707.06	4122.72	4.17
2	NTB-6	4.0m	퇴적층	7/ 30	11.60	10.90	8.35E-03	40.99	441.89	523.18	882.60	5012.18	4.05
3	NTB-29	3.0m	퇴적층	6 / 30	3.30	7.50	1.66E+02	29.30	115.20	166.30	1125.63	8377.34	4.96
4	NBB-7	5.0m	퇴적층	6 / 30	3.30	4.60	1.00E+02	23.60	69.80	110.30	604.63	4494.08	4.96
5	NBB-8	6.0m	퇴적층	6 / 30	1.50	3.60	1.00E+02	21.00	87.20	120.30	916.15	6600.74	4.80
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													

공 내 재 하 시 험

(Lateral Load Test)

공사명	서울 제물포터널 민간투자사업 건설공사			시험일자	2011. 3.
공 번	NTB-5	심도(m)	3.00	시 험 자	박재은
지 층	실트질 점토	N 값	6/30	작 성 자	박재은

(A) Initial water level of standpipe : 13.7 cm (B) Water level of pipe after insertion : 13.4 cm

NOTES : 1. PG is obtained from H-PG curve determined in advance in accordance with rubber used.

2. Ps is the maximum value of PG - P obtained ;Ps = 0.03 kg/㎠

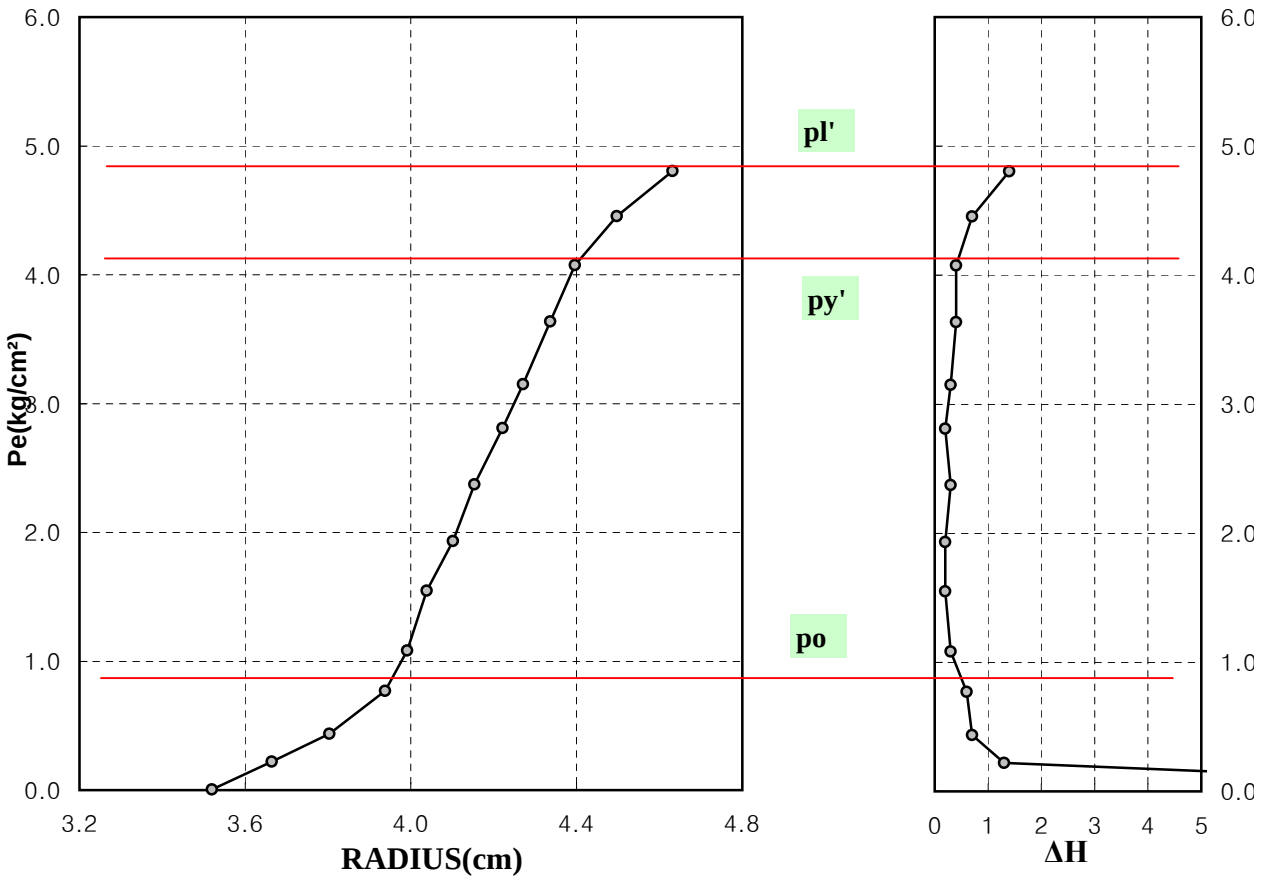
3. Pe is obtained from the equation, Pe = P + Ps - PG Vol. of Water = 89.37 cc/cm

cell	gas	Water level of standpipe H'(cm)				ΔH	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
P(kg/㎠)	P(kg/㎠)	15"	30"	60"	120"	H'120-H'30	H'120-H'0	P(kg/㎠)	P(kg/㎠)	P(kg/㎠)	(cm)
0.00	0.00				14.0	14.00	0.30	0.03	0.03	0.00	3.520
0.40	0.40	14.6	14.9	15.4	16.2	1.30	2.50	0.21	-0.19	0.22	3.665
0.80	0.80	17.3	17.7	18.0	18.4	0.70	4.70	0.39	-0.41	0.44	3.804
1.25	1.20	19.5	20.0	20.3	20.6	0.60	6.90	0.51	-0.74	0.77	3.938
1.60	1.60	21.0	21.2	21.3	21.5	0.30	7.80	0.55	-1.05	1.08	3.991
2.10	2.00	21.9	22.1	22.2	22.3	0.20	8.60	0.58	-1.52	1.55	4.038
2.50	2.40	23.2	23.2	23.3	23.4	0.20	9.70	0.60	-1.90	1.93	4.102
2.95	2.80	23.9	24.0	24.1	24.3	0.30	10.60	0.61	-2.34	2.37	4.153
3.40	3.20	25.1	25.3	25.4	25.5	0.20	11.80	0.62	-2.78	2.81	4.221
3.75	3.60	26.0	26.1	26.2	26.4	0.30	12.70	0.63	-3.12	3.15	4.271
4.25	4.00	27.1	27.2	27.4	27.6	0.40	13.90	0.64	-3.61	3.64	4.337
4.70	4.40	28.1	28.3	28.5	28.7	0.40	15.00	0.65	-4.05	4.08	4.396
5.10	4.80	29.6	29.9	30.1	30.6	0.70	16.90	0.67	-4.43	4.46	4.497
5.50	5.20	31.3	31.8	32.5	33.2	1.40	19.50	0.73	-4.77	4.80	4.631

공 내 재 하 시 험

(Lateral Load Test)

공사명	서울 제물포터널 민간투자사업 건설공사			시험일자	2011. 3.
공 번	NTB-5	심도(m)	3.00	시 험 자	박재은
지 층	실트질 점토	N 값	6/30	작 성 자	박재은



ro = 3.938 cm ry = 4.396 cm Py' = 4.076 kg/㎠ Pl' = 4.804 kg/㎠

earth pressure at rest	Po =	0.771	kg/㎠
yield pressure	Py = Py' − Po =	3.304	kg/㎠
failure pressure	Pl = Pl' − Po =	4.033	kg/㎠
coefficient of soil reaction	Km = (Py' − Po) ÷ (ry − ro) =	7.21	kg/㎤
mean radius of K value calculation curve	Rm = (ro + ry) ÷ 2 =	4.167	cm
poisson's ratio	υ =	0.4	
modulus of elasticity	Em = (1 + υ) × Rm × Km =	42.04 4.12	kg/㎠ Mpa

공 내 재 하 시 험

(Lateral Load Test)

공사명	서울 제물포터널 민간투자사업 건설공사			시험일자	2011. 3.
공 번	NTB-6	심도(m)	4.00	시 험 자	박재은
지 층	실트질 점토	N 값	7/30	작 성 자	박재은

(A) Initial water level of standpipe : 11.6 cm (B) Water level of pipe after insertion : 10.9 cm

NOTES : 1. PG is obtained from H-PG curve determined in advance in accordance with rubber used.

2. Ps is the maximum value of PG - P obtained ;Ps = 0.01 kg/㎠

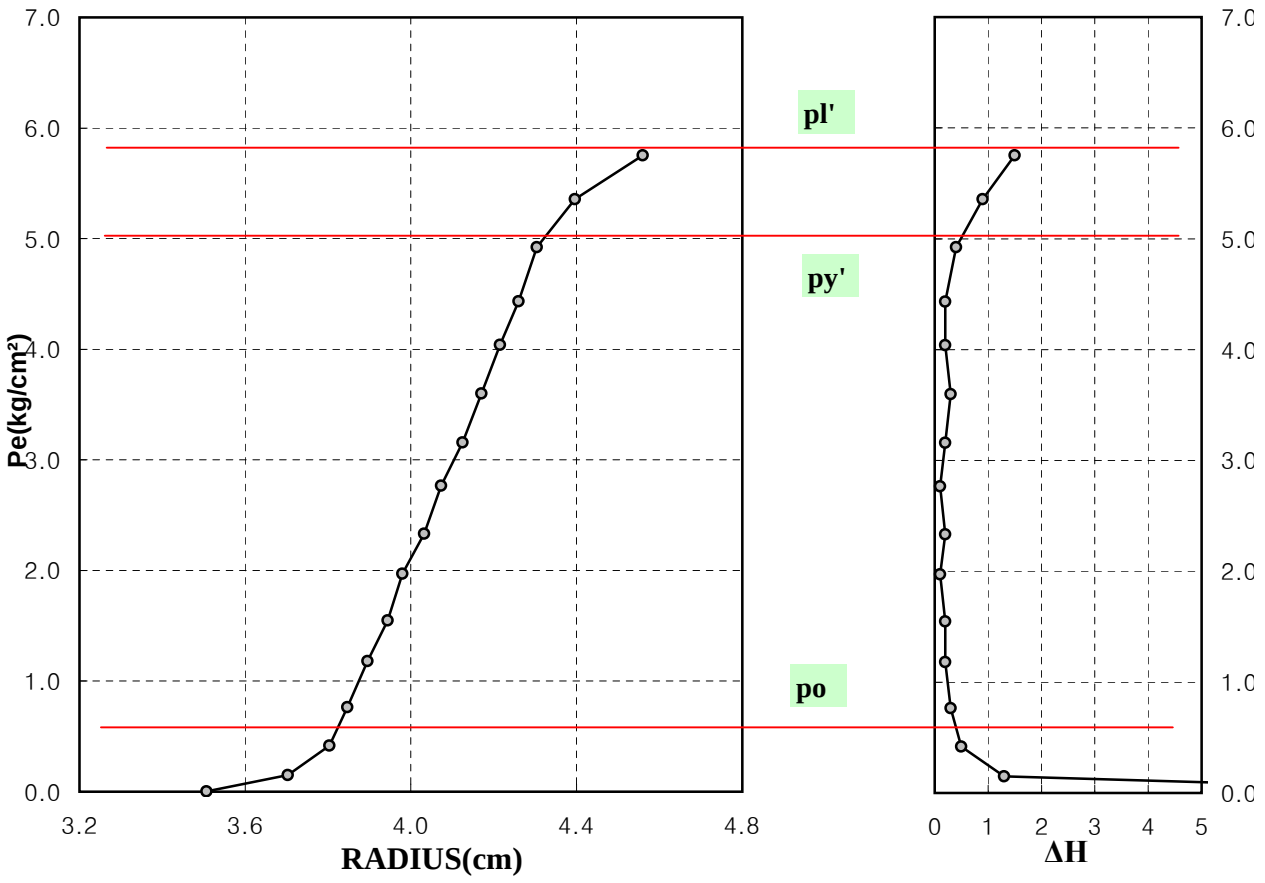
3. Pe is obtained from the equation, Pe = P + Ps - PG Vol. of Water = 89.37 cc/cm

cell P(kg/㎠)	gas P(kg/㎠)	Water level of standpipe H'(cm) 15"	30"	60"	120"	ΔH H'120-H'30	H(cm) H'120-H'0	PG P(kg/㎠)	PG-P P(kg/㎠)	Pe P(kg/㎠)	r (cm)
0.00	0.00				11.7	11.70	0.10	0.01	0.01	0.00	3.507
0.40	0.40	13.1	13.4	13.9	14.7	1.30	3.10	0.26	-0.14	0.15	3.703
0.80	0.80	15.5	15.8	16.0	16.3	0.50	4.70	0.39	-0.41	0.42	3.804
1.20	1.20	16.6	16.7	16.8	17.0	0.30	5.40	0.45	-0.75	0.76	3.847
1.65	1.60	17.5	17.6	17.6	17.8	0.20	6.20	0.48	-1.17	1.18	3.896
2.05	2.00	18.3	18.4	18.5	18.6	0.20	7.00	0.51	-1.54	1.55	3.944
2.50	2.40	19.0	19.1	19.1	19.2	0.10	7.60	0.54	-1.96	1.97	3.979
2.90	2.80	19.7	19.9	20.0	20.1	0.20	8.50	0.58	-2.32	2.33	4.032
3.35	3.20	20.7	20.7	20.8	20.8	0.10	9.20	0.59	-2.76	2.77	4.073
3.75	3.60	21.4	21.5	21.6	21.7	0.20	10.10	0.60	-3.15	3.16	4.125
4.20	4.00	22.2	22.2	22.3	22.5	0.30	10.90	0.61	-3.59	3.60	4.170
4.65	4.40	23.0	23.1	23.2	23.3	0.20	11.70	0.62	-4.03	4.04	4.215
5.05	4.80	23.9	23.9	24.0	24.1	0.20	12.50	0.63	-4.42	4.43	4.260
5.55	5.20	24.4	24.5	24.7	24.9	0.40	13.30	0.64	-4.91	4.92	4.304
6.00	5.60	25.4	25.7	26.1	26.6	0.90	15.00	0.65	-5.35	5.36	4.396
6.45	6.00	27.6	28.2	28.8	29.7	1.50	18.10	0.71	-5.74	5.75	4.559

공 내 재 하 시 험

(Lateral Load Test)

공사명	서울 제물포터널 민간투자사업 건설공사			시험일자	2011. 3.
공 번	NTB-6	심도(m)	4.00	시 험 자	박재은
지 층	실트질 점토	N 값	7/30	작 성 자	박재은



ro = 3.804 cm ry = 4.304 cm Py' = 4.924 kg/㎠ Pl' = 5.753 kg/㎠

earth pressure at rest	Po =	0.418	kg/㎠
yield pressure	Py = Py' − Po =	4.506	kg/㎠
failure pressure	Pl = Pl' − Po =	5.335	kg/㎠
coefficient of soil reaction	Km = (Py' − Po) ÷ (ry − ro) =	9.00	kg/㎤
mean radius of K value calculation curve	Rm = (ro + ry) ÷ 2 =	4.054	cm
poisson's ratio	υ =	0.4	
modulus of elasticity	Em = (1 + υ) × Rm × Km =	51.11 5.01	kg/㎠ MPa

LATERAL LOADING TEST

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	Date.	2011. 03.14
Hole No.	NTB-29	Depth (m)	3.0
Soil	퇴적층	S.P.T	7 회/30cm

(A) 초기수두(Initial water level of standpipe), H_o : 3.3 cm

(B) 삽입후수두(Water level of standpipe after insertion) : 7.5 cm

(C) PG는 사용된 고무튜브에따라 결정되는 H-PG로부터 얻는다.
(PG is obtained from H-PG curve determined in accordance with rubber used)

(D) Ps가 최대일때 PG-P의 값(Ps is max. value of PG-P obtained) : 166.3

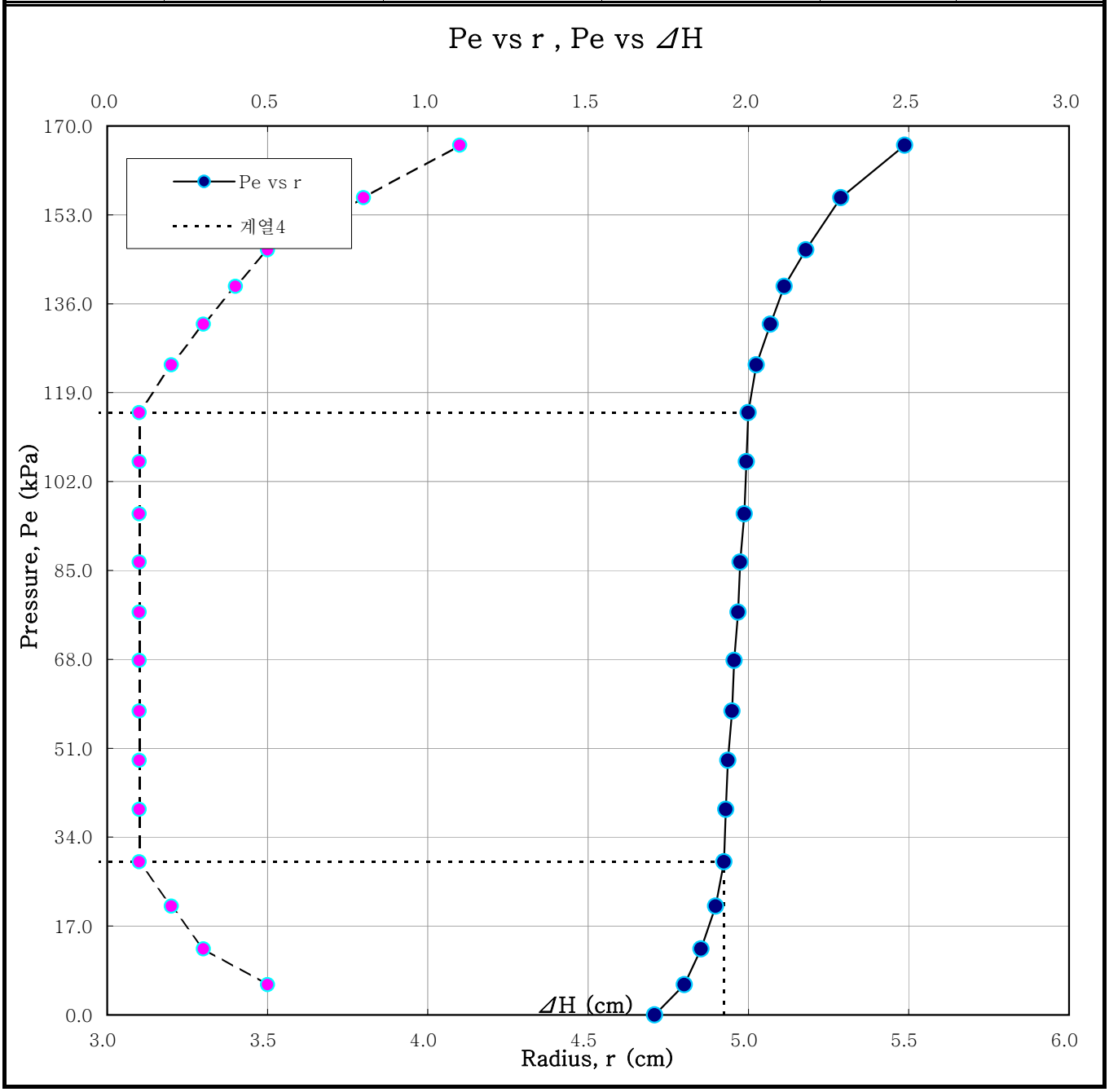
(E) PE는 평형상태로부터 얻어지고(Pe is obtained from the equation), Pe = P + Ps - PG

Cell PRESSURE (kPa)	WATER LEVEL OF STANDPIPE, H'(cm)				DH(cm)	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
	15"	30"	60"	120"	H_{120}-H_{30}	H_{120}-H_0	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(cm)
0.0				19.0		15.7	166.3	166.3	0.0	4.71
10.0	19.5	19.9	20.1	20.4	0.5	17.1	170.5	160.5	5.8	4.80
20.0	20.6	20.9	21.0	21.2	0.3	17.9	173.7	153.7	12.6	4.85
30.0	21.3	21.7	21.8	21.9	0.2	18.6	175.5	145.5	20.8	4.90
40.0	22.0	22.2	22.2	22.3	0.1	19.0	177.0	137.0	29.3	4.92
50.0	22.3	22.3	22.4	22.4	0.1	19.1	177.0	127.0	39.3	4.93
60.0	22.4	22.4	22.5	22.5	0.1	19.2	177.6	117.6	48.7	4.94
70.0	22.6	22.6	22.7	22.7	0.1	19.4	178.2	108.2	58.1	4.95
80.0	22.7	22.7	22.8	22.8	0.1	19.5	178.5	98.5	67.8	4.96
90.0	22.9	22.9	23.0	23.0	0.1	19.7	179.3	89.3	77.0	4.97
100.0	23.0	23.0	23.1	23.1	0.1	19.8	179.7	79.7	86.6	4.97
110.0	23.1	23.2	23.3	23.3	0.1	20.0	180.5	70.5	95.8	4.99
120.0	23.3	23.3	23.4	23.4	0.1	20.1	180.5	60.5	105.8	4.99
130.0	23.4	23.4	23.5	23.5	0.1	20.2	181.1	51.1	115.2	5.00
140.0	25.6	23.7	23.8	23.9	0.2	20.6	182.0	42.0	124.3	5.02
150.0	24.0	24.3	24.4	24.6	0.3	21.3	184.2	34.2	132.1	5.07
160.0	24.7	24.9	25.1	25.3	0.4	22.0	187.0	27.0	139.3	5.11
170.0	25.8	25.9	26.30	26.4	0.5	23.1	190.0	20.0	146.3	5.18
180.0	27.0	27.4	27.8	28.2	0.8	24.9	190.0	10.0	156.3	5.29
190.0	29.5	30.5	31.0	31.6	1.1	28.3	190.0	0.0	166.3	5.49

DIAGRAM OF PRESSURE METER TEST RESULT

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사			Date.	2011. 03.14
Hole No.	NTB-29			Depth (m)	3.0
Soil	퇴적층			S.P.T	7 회/30cm

Earth Pressure at Rest, Po (kPa)	Yield Pressure, Py (kPa)	Failure Pressure, PL (kPa)	Coefficient of Soil Reaction, Km (kPa)	Modulus of Elasticity, Em (kPa)	Mean Radius of K Value Calculation Curve, rm (cm)
29.3	115.2	166.3	1125.6	**8,377.3**	5.0



LATERAL LOADING TEST

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	Date.	2011. 02
Hole No.	NBB-7	Depth (m)	5.0
Soil	퇴적층	S.P.T	9 회/30cm

(A) 초기수두(Initial water level of standpipe), H_o : 3.3 cm

(B) 삽입후수두(Water level of standpipe after insertion) : 4.6 cm

(C) PG는 사용된 고무튜브에따라 결정되는 H-PG로부터 얻는다.
(PG is obtained from H-PG curve determined in accordance with rubber used)

(D) Ps가 최대일때 PG-P의 값(Ps is max. value of PG-P obtained) : 100.3

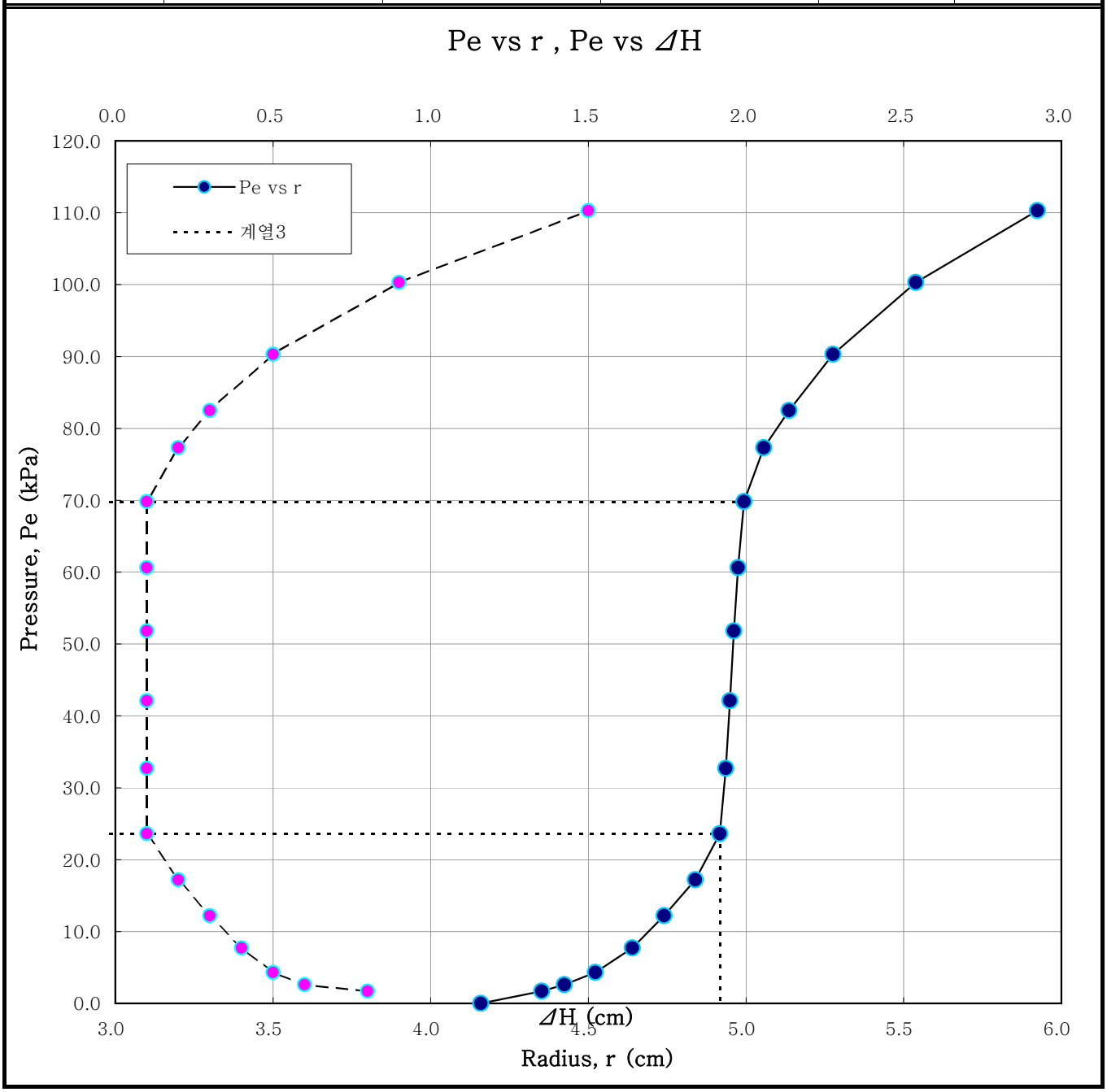
(E) PE는 평형상태로부터 얻어지고(Pe is obtained from the equation), Pe = P + Ps - PG

Cell PRESSURE (kPa)	WATER LEVEL OF STANDPIPE, H'(cm)				DH(cm)	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
	15"	30"	60"	120"	H_{120}-H_{30}	H_{120}-H_0	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(cm)
0.0				11.3		8.0	100.3	100.3	0.0	4.16
40.0	12.0	13.1	13.5	13.9	0.8	10.6	138.6	98.6	1.7	4.35
50.0	14.1	14.3	14.4	14.9	0.6	11.6	147.7	97.7	2.6	4.42
60.0	15.2	15.8	16.0	16.3	0.5	13.0	156.0	96.0	4.3	4.52
70.0	17.1	17.6	17.7	18.0	0.4	14.7	162.6	92.6	7.7	4.64
80.0	18.5	19.2	19.3	19.5	0.3	16.2	168.1	88.1	12.2	4.74
90.0	20.0	20.8	20.9	21.0	0.2	17.7	173.1	83.1	17.2	4.84
100.0	21.7	22.1	22.1	22.2	0.1	18.9	176.7	76.7	23.6	4.92
110.0	22.3	22.4	22.4	22.5	0.1	19.2	177.6	67.6	32.7	4.94
120.0	22.5	22.6	22.6	22.7	0.1	19.4	178.2	58.2	42.1	4.95
130.0	22.7	22.8	22.8	22.9	0.1	19.6	178.5	48.5	51.8	4.96
140.0	22.9	23.0	23.0	23.1	0.1	19.8	179.7	39.7	60.6	4.97
150.0	23.1	23.3	23.3	23.4	0.1	20.1	180.5	30.5	69.8	4.99
160.0	23.8	24.2	24.4	24.4	0.2	21.1	183.0	23.0	77.3	5.06
170.0	24.8	25.4	25.8	25.7	0.3	22.4	187.8	17.8	82.5	5.14
180.0	26.9	27.5	27.7	28.0	0.5	24.7	190.0	10.0	90.3	5.28
190.0	30.9	31.6	32.0	32.5	0.9	29.2	190.0	0.0	100.3	5.54
200.00	36.50	38.00	38.90	39.50	1.5	36.2	190.0	-10.0	110.3	5.92

DIAGRAM OF PRESSURE METER TEST RESULT

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사			Date.	2011. 02
Hole No.	NBB-7			Depth (m)	5.0
Soil	퇴적층			S.P.T	9 회/30cm

Earth Pressure at Rest, Po (kPa)	Yield Pressure, Py (kPa)	Failure Pressure, PL (kPa)	Coefficient of Soil Reaction, Km (kPa)	Modulus of Elasticity, Em (kPa)	Mean Radius of K Value Calculation Curve, rm (cm)
23.6	69.8	110.3	604.6	**4,494.1**	5.0



LATERAL LOADING TEST

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	Date.	2011. 02
Hole No.	NBB-8	Depth (m)	6.0
Soil	퇴적층	S.P.T	6 회/30cm

(A) 초기수두(Initial water level of standpipe), H_o : 1.5 cm

(B) 삽입후수두(Water level of standpipe after insertion) : 3.6 cm

(C) PG는 사용된 고무튜브에따라 결정되는 H-PG로부터 얻는다.
(PG is obtained from H-PG curve determined in accordance with rubber used)

(D) Ps가 최대일때 PG-P의 값(Ps is max. value of PG-P obtained) : 100.3

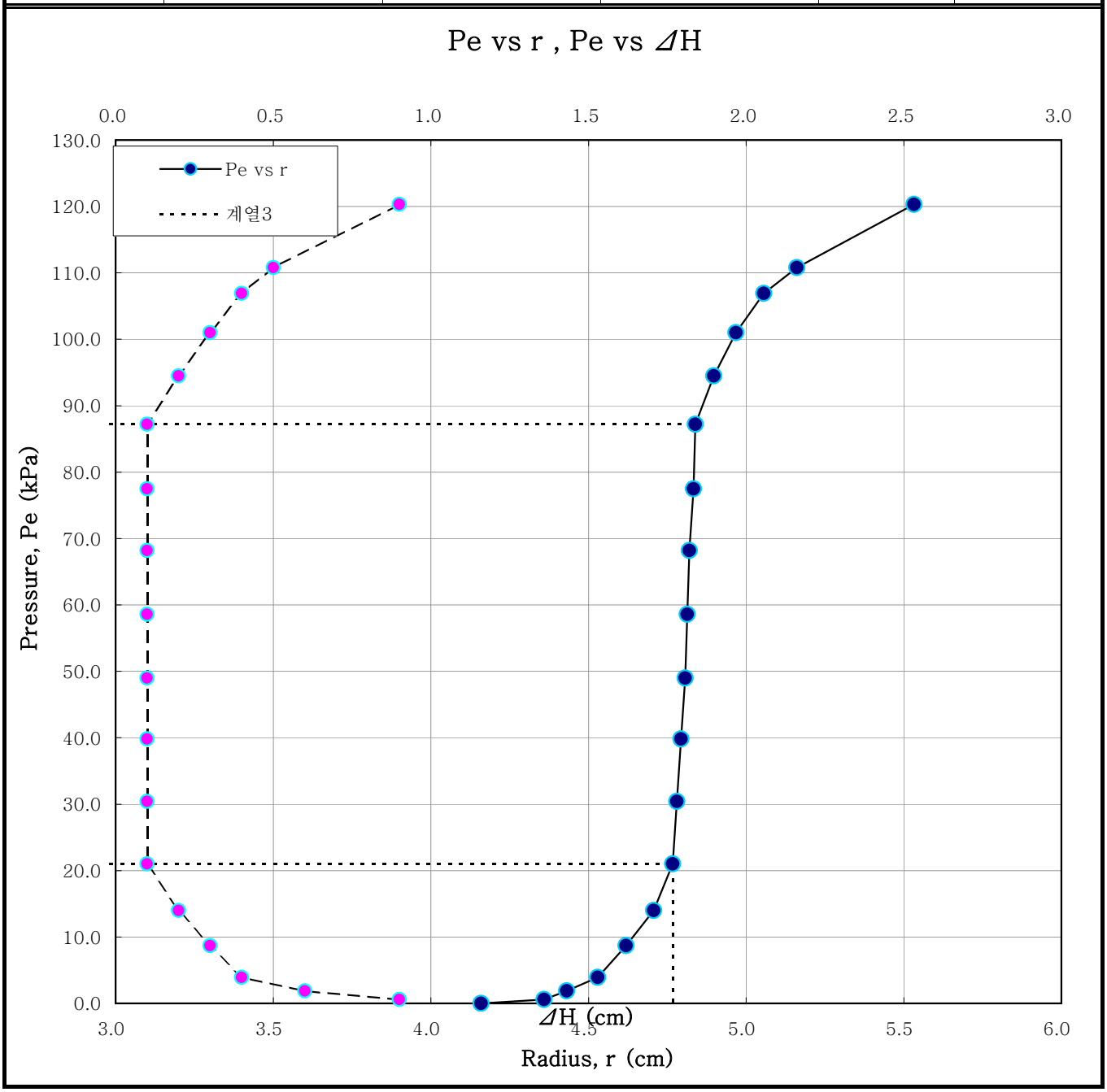
(E) PE는 평형상태로부터 얻어지고(Pe is obtained from the equation), Pe = P + Ps - PG

Cell PRESSURE (kPa)	WATER LEVEL OF STANDPIPE, H'(cm)				DH(cm)	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
	15"	30"	60"	120"	H_{120}-H_{30}	H_{120}-H_0	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(cm)
0.0				9.5		8.0	100.3	100.3	0.0	4.16
40.0	10.5	11.3	12.5	12.2	0.9	10.7	139.7	99.7	0.6	4.36
50.0	12.4	12.6	14.4	13.2	0.6	11.7	148.4	98.4	1.9	4.43
60.0	13.5	14.2	14.4	14.6	0.4	13.1	156.4	96.4	3.9	4.53
70.0	14.9	15.6	15.7	15.9	0.3	14.4	161.6	91.6	8.7	4.62
80.0	16.3	17.0	17.1	17.2	0.2	15.7	166.3	86.3	14.0	4.71
90.0	17.6	18.0	18.0	18.1	0.1	16.6	169.3	79.3	21.0	4.77
100.0	18.1	18.2	18.2	18.3	0.1	16.8	169.9	69.9	30.4	4.78
110.0	18.3	18.4	18.4	18.5	0.1	17.0	170.5	60.5	39.8	4.79
120.0	18.5	18.6	18.6	18.7	0.1	17.2	171.3	51.3	49.0	4.81
130.0	18.7	18.7	18.7	18.8	0.1	17.3	171.7	41.7	58.6	4.81
140.0	18.8	18.8	18.9	18.9	0.1	17.4	172.1	32.1	68.2	4.82
150.0	18.9	19.0	19.1	19.1	0.1	17.6	172.8	22.8	77.5	4.83
160.0	19.1	19.1	19.1	19.2	0.1	17.7	173.1	13.1	87.2	4.84
170.0	19.5	19.9	20.0	20.1	0.2	18.6	175.8	5.8	94.5	4.90
180.0	20.4	20.9	21.0	21.2	0.3	19.7	179.3	-0.7	101.0	4.97
190.0	21.8	22.2	22.3	22.6	0.4	21.1	183.4	-6.6	106.9	5.06
200.00	23.00	23.80	24.10	24.30	0.5	22.8	189.5	-10.5	110.8	5.16
210.00	28.6	29.7	30.0	30.6	0.9	29.1	190.0	-20.0	120.3	5.53

DIAGRAM OF PRESSURE METER TEST RESULT

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사			Date.	2011. 02
Hole No.	NBB-8			Depth (m)	6.0
Soil	퇴적층			S.P.T	6 회/30cm

Earth Pressure at Rest, Po (kPa)	Yield Pressure, Py (kPa)	Failure Pressure, PL (kPa)	Coefficient of Soil Reaction, Km (kPa)	Modulus of Elasticity, Em (kPa)	Mean Radius of K Value Calculation Curve, rm (cm)
21.0	87.2	120.3	916.1	**6,600.7**	4.8



서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 공내재하시험(LLT) Summery

구분	공번	심도	지층	N치	초기수두 (cm)	삽입후수두 (cm)	PG-P	Po (kPa)	Py (kPa)	PL (kPa)	Km (kPa)	Em (kPa)	rm (cm)
1	ATB-1	4.0m	실트질 점토	7/30	3.50	3.60	2.00E-02	0.10	0.43	0.59	0.90	5.32	4.22
2	ATB-2	4.0m	실트질 점토	3/30	9.70	9.50	2.00E-02	0.04	0.12	0.17	0.29	1.78	4.40
3	ATB-5	14.0m	실트질 점토	9/30	5.20	4.80	2.00E-02	0.15	0.72	0.81	1.52	8.66	4.07
4	NNTB-6	6.0m	실트질 점토	5/30	2.00	1.80	2.00E-02	0.08	0.35	0.44	0.48	3.27	4.83
5	ATB-15	0.0m	실트질 모래	8/30	7.30	6.50	4.00E-02	0.08	1.26	14.22	1.59	10.22	4.30
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													

Lateral Load Test

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 **Inspector :** K.H.KIM

Hole No. : ATB-1 **Depth :** 4.0 m(G.L-)

Geology : 실트질 점토 **N value :** 7/30 blows

(A) Initial water level of standpipe : 3.50 cm (B) Water level of pipe after insertion : 3.60 cm

NOTES 1. PG is obtained from H - PG curve determined in advance in accordance with rubber used.

2. Ps is the maximum value of PG - P obtained ; Ps = 0.02 MPa

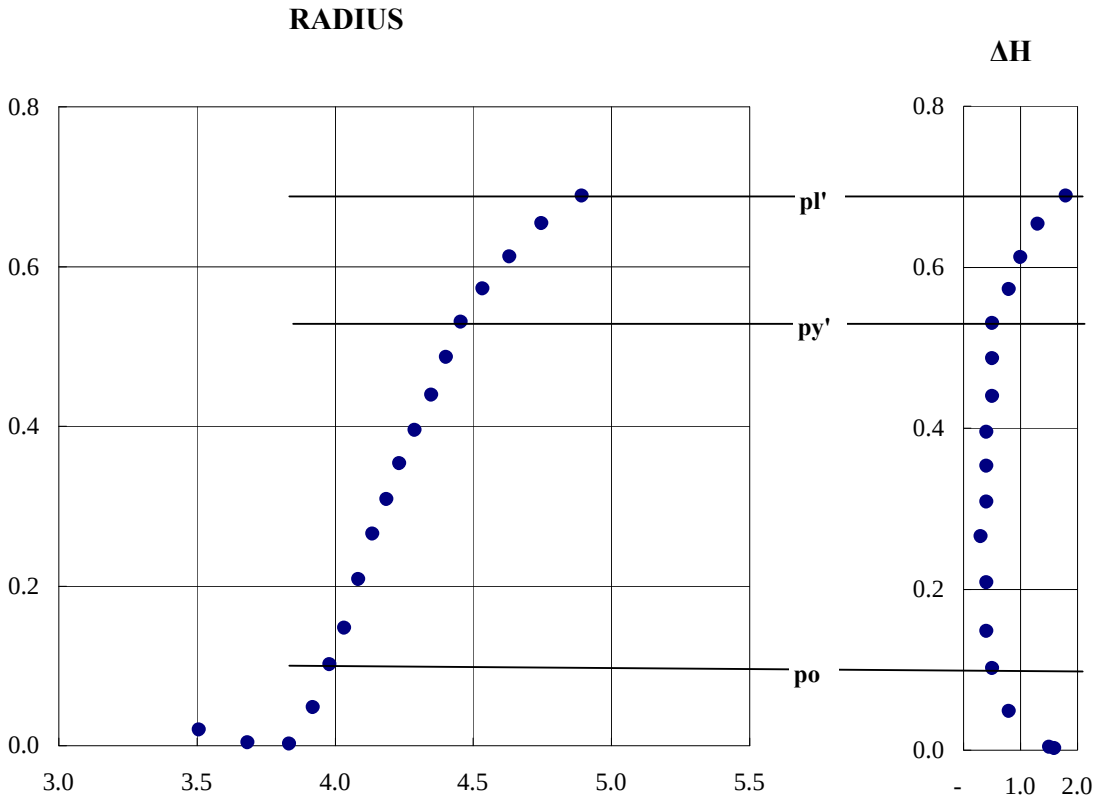
3. PE is obtained from the equation, Pe = P + Ps - PG Vol. of Water = 89.37 cc/cm

cell	gas	Water level of standpipe H'(cm)				ΔH	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
P(MPa)	P(MPa)	15"	30"	60"	120"	H'120-H'30	H'120-H'0	P(MPa)	P(MPa)	P(MPa)	(cm)
0	0				3.60	3.60	0.10	0.000	0.00	0.02	3.507
0.015	0.049	3.90	4.80	5.00	6.30	1.50	2.80	0.031	0.02	0.00	3.684
0.039	0.098	6.90	7.10	8.00	8.70	1.60	5.20	0.057	0.02	0.00	3.834
0.093	0.147	9.00	9.30	9.60	10.10	0.80	6.60	0.065	-0.03	0.05	3.920
0.157	0.196	10.60	10.60	10.80	11.10	0.50	7.60	0.075	-0.08	0.10	3.979
0.211	0.245	11.40	11.60	11.80	12.00	0.40	8.50	0.083	-0.13	0.15	4.032
0.279	0.294	12.40	12.50	12.70	12.90	0.40	9.40	0.091	-0.19	0.21	4.085
0.339	0.343	13.20	13.50	13.60	13.80	0.30	10.30	0.094	-0.25	0.27	4.136
0.387	0.392	14.20	14.30	14.40	14.70	0.40	11.20	0.099	-0.29	0.31	4.187
0.436	0.441	14.90	15.10	15.30	15.50	0.40	12.00	0.103	-0.33	0.35	4.232
0.483	0.490	15.90	16.10	16.40	16.50	0.40	13.00	0.108	-0.38	0.40	4.288
0.532	0.539	16.80	17.10	17.30	17.60	0.50	14.10	0.112	-0.42	0.44	4.348
0.583	0.588	17.90	18.10	18.30	18.60	0.50	15.10	0.116	-0.47	0.49	4.402
0.632	0.637	18.90	19.10	19.30	19.60	0.50	16.10	0.121	-0.51	0.53	4.455
0.680	0.686	20.00	20.30	21.60	21.10	0.80	17.60	0.127	-0.55	0.57	4.534
0.726	0.735	21.60	22.00	22.45	23.00	1.00	19.50	0.133	-0.59	0.61	4.631
0.775	0.785	23.70	24.00	24.50	25.30	1.30	21.80	0.141	-0.63	0.65	4.747
0.819	0.834	26.20	26.50	27.40	28.30	1.80	24.80	0.150	-0.67	0.69	4.894

Lateral Load Test Result

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 **Hole No. :** ATB-1 **Date :** 2013.03

Geology : 실트질 점토 **Depth :** 4.0 (G.L-m) **N value :** 7/30



ro = 3.979 cm ry = 4.455 cm Py' = 0.531 MPa Pl' = 0.689 MPa

earth pressure at rest	Po =	**0.102**	MPa
yield pressure	Py = Py' - Po =	**0.429**	MPa
failure pressure	Pl = Pl' - Po =	**0.587**	MPa
coefficient of soil reaction	Km = (Py' - Po) ÷ (ry - ro) =	**0.902**	MPa
mean radius of K value calculation curve	Rm = (ro + ry) ÷ 2 =	**4.217**	cm
poisson's ratio	υ =	0.4	
modulus of elasticity	Em = (1 + υ) × Rm × Km =	**5.32**	MPa

Lateral Load Test

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 **Inspector :** K.H.KIM

Hole No. : ATB-2 **Depth :** 4.0 m(G.L-)

Geology : 실트질 점토 **N value :** 3/30 blows

(A) Initial water level of standpipe : 9.70 cm (B) Water level of pipe after insertion : 9.50 cm

NOTES 1. PG is obtained from H - PG curve determined in advance in accordance with rubber used.

2. Ps is the maximum value of PG - P obtained ; Ps = 0.02 MPa

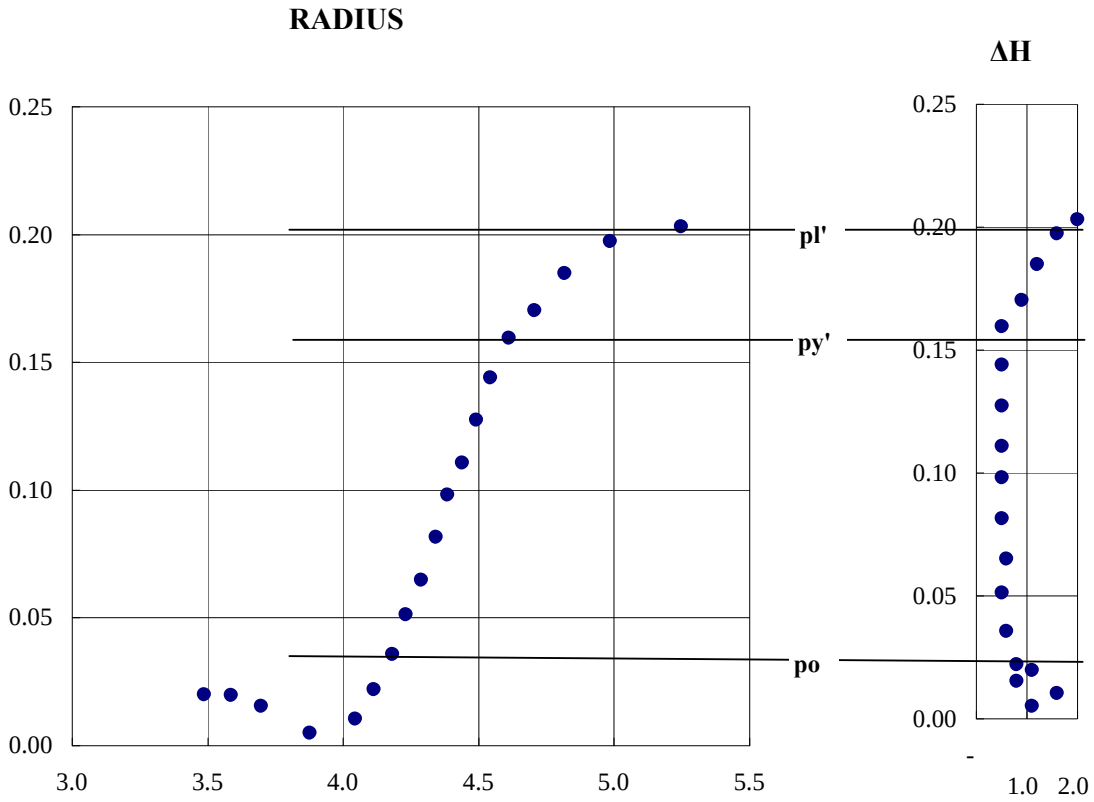
3. PE is obtained from the equation, Pe = P + Ps - PG Vol. of Water = 89.37 cc/cm

cell	gas	Water level of standpipe H'(cm)				ΔH	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
P(MPa)	P(MPa)	15"	30"	60"	120"	H'120-H'30	H'120-H'0	P(MPa)	P(MPa)	P(MPa)	(cm)
0	0				9.50	9.50	-0.20	0.000	0.00	0.02	3.486
0.010	0.020	9.80	9.90	10.20	11.00	1.10	1.30	0.010	0.00	0.02	3.587
0.027	0.039	11.60	11.90	12.40	12.70	0.80	3.00	0.032	0.00	0.02	3.697
0.045	0.059	13.90	14.50	14.60	15.60	1.10	5.90	0.060	0.01	0.01	3.877
0.076	0.078	16.40	16.80	17.20	18.40	1.60	8.70	0.085	0.01	0.01	4.044
0.095	0.098	18.60	18.80	19.10	19.60	0.80	9.90	0.093	0.00	0.02	4.113
0.115	0.118	20.10	20.20	20.40	20.80	0.60	11.10	0.099	-0.02	0.04	4.182
0.134	0.137	21.10	21.20	21.50	21.70	0.50	12.00	0.103	-0.03	0.05	4.232
0.153	0.157	21.90	22.10	22.40	22.70	0.60	13.00	0.108	-0.04	0.06	4.288
0.174	0.177	23.00	23.20	23.40	23.70	0.50	14.00	0.112	-0.06	0.08	4.342
0.193	0.196	23.90	24.00	24.30	24.50	0.50	14.80	0.115	-0.08	0.10	4.385
0.211	0.216	24.80	25.00	25.20	25.50	0.50	15.80	0.120	-0.09	0.11	4.439
0.232	0.235	25.70	26.00	26.30	26.50	0.50	16.80	0.125	-0.11	0.13	4.492
0.252	0.255	26.80	27.00	27.20	27.50	0.50	17.80	0.128	-0.12	0.14	4.544
0.272	0.275	27.90	28.30	28.50	28.80	0.50	19.10	0.132	-0.14	0.16	4.611
0.289	0.294	29.40	29.80	30.30	30.70	0.90	21.00	0.139	-0.15	0.17	4.707
0.311	0.314	31.30	31.70	32.30	32.90	1.20	23.20	0.146	-0.16	0.18	4.816
0.331	0.333	33.30	34.80	35.70	36.40	1.60	26.70	0.154	-0.18	0.20	4.985
0.350	0.353	38.20	40.10	41.20	42.10	2.00	32.40	0.167	-0.18	0.20	5.247

Lateral Load Test Result

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 **Hole No. :** ATB-2 **Date :** 2013.03

Geology : 실트질 점토 **Depth :** 4.0 (G.L-m) **N value :** 3/30



ro = 4.182 cm ry = 4.611 cm Py' = 0.160 MPa Pl' = 0.203 MPa

earth pressure at rest	Po =	**0.036**	MPa
yield pressure	Py = Py' - Po =	**0.124**	MPa
failure pressure	Pl = Pl' - Po =	**0.167**	MPa
coefficient of soil reaction	Km = (Py' - Po) ÷ (ry - ro) =	**0.289**	MPa
mean radius of K value calculation curve	Rm = (ro + ry) ÷ 2 =	**4.396**	cm
poisson's ratio	υ =	0.4	
modulus of elasticity	Em = (1 + υ) × Rm × Km =	**1.78**	MPa

Date : 2013.02

Lateral Load Test

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 **Inspector :** K.H.KIM

Hole No. : ATB-5 **Depth :** 14.0 m(G.L-)

Geology : 실트질 점토 **N value :** 9/30 blows

(A) Initial water level of standpipe : 5.20 cm (B) Water level of pipe after insertion : 4.80 cm

NOTES 1. PG is obtained from H - PG curve determined in advance in accordance with rubber used.

2. Ps is the maximum value of PG - P obtained ; Ps = 0.02 MPa

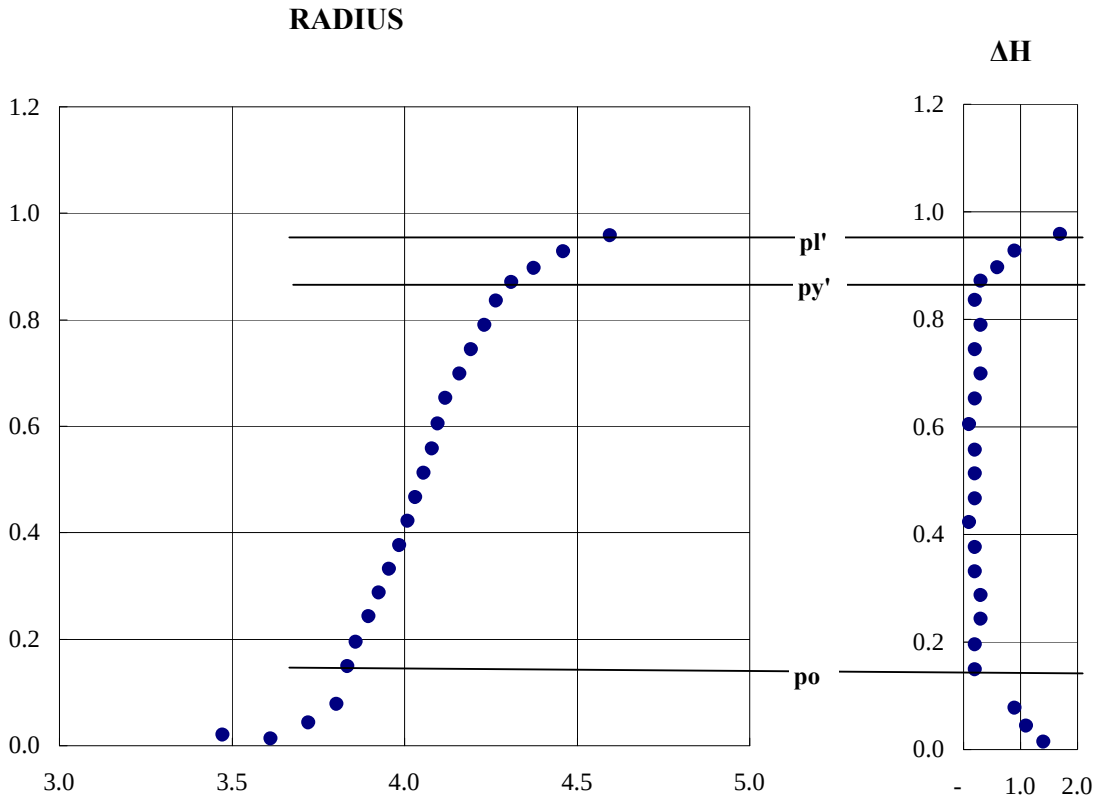
3. PE is obtained from the equation, Pe = P + Ps - PG Vol. of Water = 89.37 cc/cm

cell	gas	Water level of standpipe H'(cm)				ΔH	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
P(MPa)	P(MPa)	15"	30"	60"	120"	H'120-H'30	H'120-H'0	P(MPa)	P(MPa)	P(MPa)	(cm)
0	0				4.80	4.80	-0.40	0.000	0.00	0.02	3.473
0.010	0.049	5.30	5.50	6.00	6.90	1.40	1.70	0.016	0.01	0.01	3.613
0.059	0.098	7.30	7.50	7.80	8.60	1.10	3.40	0.035	-0.02	0.04	3.722
0.108	0.147	8.80	9.00	9.30	9.90	0.90	4.70	0.050	-0.06	0.08	3.804
0.186	0.196	10.20	10.20	10.30	10.40	0.20	5.20	0.057	-0.13	0.15	3.834
0.235	0.245	10.60	10.60	10.70	10.80	0.20	5.60	0.060	-0.18	0.20	3.859
0.284	0.294	11.00	11.10	11.20	11.40	0.30	6.20	0.062	-0.22	0.24	3.896
0.333	0.343	11.60	11.60	11.70	11.90	0.30	6.70	0.066	-0.27	0.29	3.926
0.382	0.392	12.20	12.20	12.30	12.40	0.20	7.20	0.071	-0.31	0.33	3.956
0.431	0.441	12.60	12.70	12.80	12.90	0.20	7.70	0.075	-0.36	0.38	3.985
0.481	0.490	13.20	13.20	13.20	13.30	0.10	8.10	0.078	-0.40	0.42	4.009
0.530	0.539	13.50	13.50	13.60	13.70	0.20	8.50	0.083	-0.45	0.47	4.032
0.579	0.588	13.90	13.90	14.00	14.10	0.20	8.90	0.086	-0.49	0.51	4.056
0.628	0.637	14.30	14.30	14.40	14.50	0.20	9.30	0.090	-0.54	0.56	4.079
0.677	0.686	14.70	14.70	14.80	14.80	0.10	9.60	0.092	-0.58	0.60	4.096
0.726	0.735	15.00	15.00	15.10	15.20	0.20	10.00	0.093	-0.63	0.65	4.119
0.775	0.785	15.50	15.60	15.70	15.90	0.30	10.70	0.096	-0.68	0.70	4.159
0.824	0.834	16.20	16.30	16.40	16.50	0.20	11.30	0.100	-0.72	0.74	4.193
0.873	0.883	16.80	16.90	17.00	17.20	0.30	12.00	0.103	-0.77	0.79	4.232
0.922	0.932	17.50	17.60	17.70	17.80	0.20	12.60	0.106	-0.82	0.84	4.265
0.961	0.981	18.20	18.30	18.40	18.60	0.30	13.40	0.110	-0.85	0.87	4.309
0.990	1.030	19.00	19.20	19.40	19.80	0.60	14.60	0.114	-0.88	0.90	4.375
1.030	1.079	20.30	20.50	20.80	21.40	0.90	16.20	0.122	-0.91	0.93	4.460
1.069	1.128	22.00	22.30	22.70	24.00	1.70	18.80	0.131	-0.94	0.96	4.596

Lateral Load Test Result

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 **Hole No. :** ATB-5 **Date :** 2013.02

Geology : 실트질 점토 **Depth :** 14.0 (G.L-m) **N value :** 9/30



ro = 3.834 cm ry = 4.309 cm Py' = 0.871 MPa Pl' = 0.958 MPa

earth pressure at rest	Po =	**0.149**	MPa
yield pressure	Py = Py' - Po =	**0.722**	MPa
failure pressure	Pl = Pl' - Po =	**0.809**	MPa
coefficient of soil reaction	Km = (Py' - Po) ÷ (ry - ro) =	**1.519**	MPa
mean radius of K value calculation curve	Rm = (ro + ry) ÷ 2 =	**4.072**	cm
poisson's ratio	υ =	0.4	
modulus of elasticity	Em = (1 + υ) × Rm × Km =	**8.66**	MPa

Date : 2013.03

Lateral Load Test

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 **Inspector :** K.H.KIM

Hole No. : NNTB-6 **Depth :** 6.0 m(G.L-)

Geology : 실트질 점토 **N value :** 5/30 blows

(A) Initial water level of standpipe : 2.00 cm (B) Water level of pipe after insertion : 1.80 cm

NOTES 1. PG is obtained from H - PG curve determined in advance in accordance with rubber used.

2. Ps is the maximum value of PG - P obtained ; Ps = 0.02 MPa

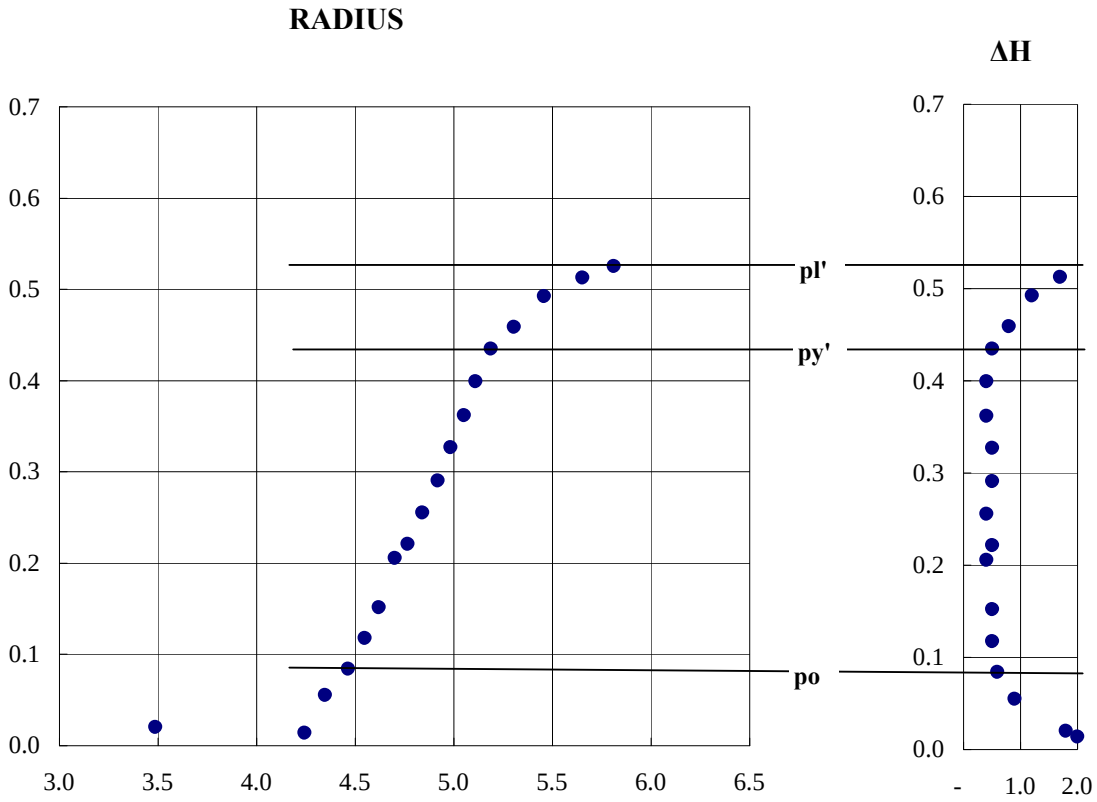
3. PE is obtained from the equation, Pe = P + Ps - PG Vol. of Water = 89.37 cc/cm

cell	gas	Water level of standpipe H'(cm)				ΔH	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
P(MPa)	P(MPa)	15"	30"	60"	120"	H'120-H'30	H'120-H'0	P(MPa)	P(MPa)	P(MPa)	(cm)
0	0				1.80	1.80	-0.20	0.000	0.00	0.02	3.486
0.020	0.039	5.30	5.80	6.40	7.20	1.40	5.20	0.057	0.04	-0.02	3.834
0.039	0.078	8.00	8.70	9.30	10.30	1.60	8.30	0.081	0.04	-0.02	4.021
0.098	0.118	11.30	12.20	13.00	14.20	2.00	12.20	0.104	0.01	0.01	4.243
0.147	0.157	14.70	15.20	15.70	16.10	0.90	14.10	0.112	-0.04	0.06	4.348
0.186	0.196	16.90	17.70	18.00	18.30	0.60	16.30	0.122	-0.06	0.08	4.465
0.226	0.235	18.90	19.40	19.70	19.90	0.50	17.90	0.128	-0.10	0.12	4.549
0.265	0.275	20.40	20.80	21.00	21.30	0.50	19.30	0.133	-0.13	0.15	4.621
0.324	0.314	22.00	22.50	22.70	22.90	0.40	20.90	0.138	-0.19	0.21	4.702
0.343	0.353	23.30	23.70	23.90	24.20	0.50	22.20	0.142	-0.20	0.22	4.767
0.382	0.392	24.80	25.30	25.50	25.70	0.40	23.70	0.147	-0.24	0.26	4.841
0.422	0.431	26.30	26.80	27.00	27.30	0.50	25.30	0.151	-0.27	0.29	4.918
0.461	0.471	27.70	28.20	28.50	28.70	0.50	26.70	0.154	-0.31	0.33	4.985
0.500	0.510	29.20	29.70	29.90	30.10	0.40	28.10	0.158	-0.34	0.36	5.050
0.539	0.549	30.70	31.00	31.20	31.40	0.40	29.40	0.160	-0.38	0.40	5.111
0.579	0.588	32.10	32.60	32.90	33.10	0.50	31.10	0.164	-0.41	0.43	5.189
0.608	0.628	34.30	34.90	35.40	35.70	0.80	33.70	0.169	-0.44	0.46	5.306
0.647	0.667	37.10	38.00	38.50	39.20	1.20	37.20	0.175	-0.47	0.49	5.459
0.677	0.706	40.50	42.10	43.00	43.80	1.70	41.80	0.184	-0.49	0.51	5.654
0.696	0.726	44.70	45.50	46.20	47.60	2.10	45.60	0.191	-0.51	0.53	5.811

Lateral Load Test Result

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 **Hole No. :** NNTB-6 **Date :** 2013.03

Geology : 실트질 점토 **Depth :** 6.0 (G.L-m) **N value :** 5/30



ro = 4.465 cm ry = 5.189 cm Py' = 0.435 MPa Pl' = 0.525 MPa

earth pressure at rest	Po =	**0.084**	MPa
yield pressure	Py = Py' - Po =	**0.350**	MPa
failure pressure	Pl = Pl' - Po =	**0.441**	MPa
coefficient of soil reaction	Km = (Py' - Po) ÷ (ry - ro) =	**0.484**	MPa
mean radius of K value calculation curve	Rm = (ro + ry) ÷ 2 =	**4.827**	cm
poisson's ratio	υ =	0.4	
modulus of elasticity	Em = (1 + υ) × Rm × Km =	**3.27**	MPa

공 내 재 하 시 험

(Lateral Load Test)

공사명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			시험일자	2013. 3.
공 번	ATB-15	심도(m)	6.00	시 험 자	정상하
지 층	실트질 모래	N 값	8/30	작 성 자	허성현

(A) Initial water level of standpipe : 7.3 cm (B) Water level of pipe after insertion : 6.5 cm

NOTES : 1. PG is obtained from H-PG curve determined in advance in accordance with rubber used.

2. Ps is the maximum value of PG - P obtained ;Ps = 0.04 kg/㎠

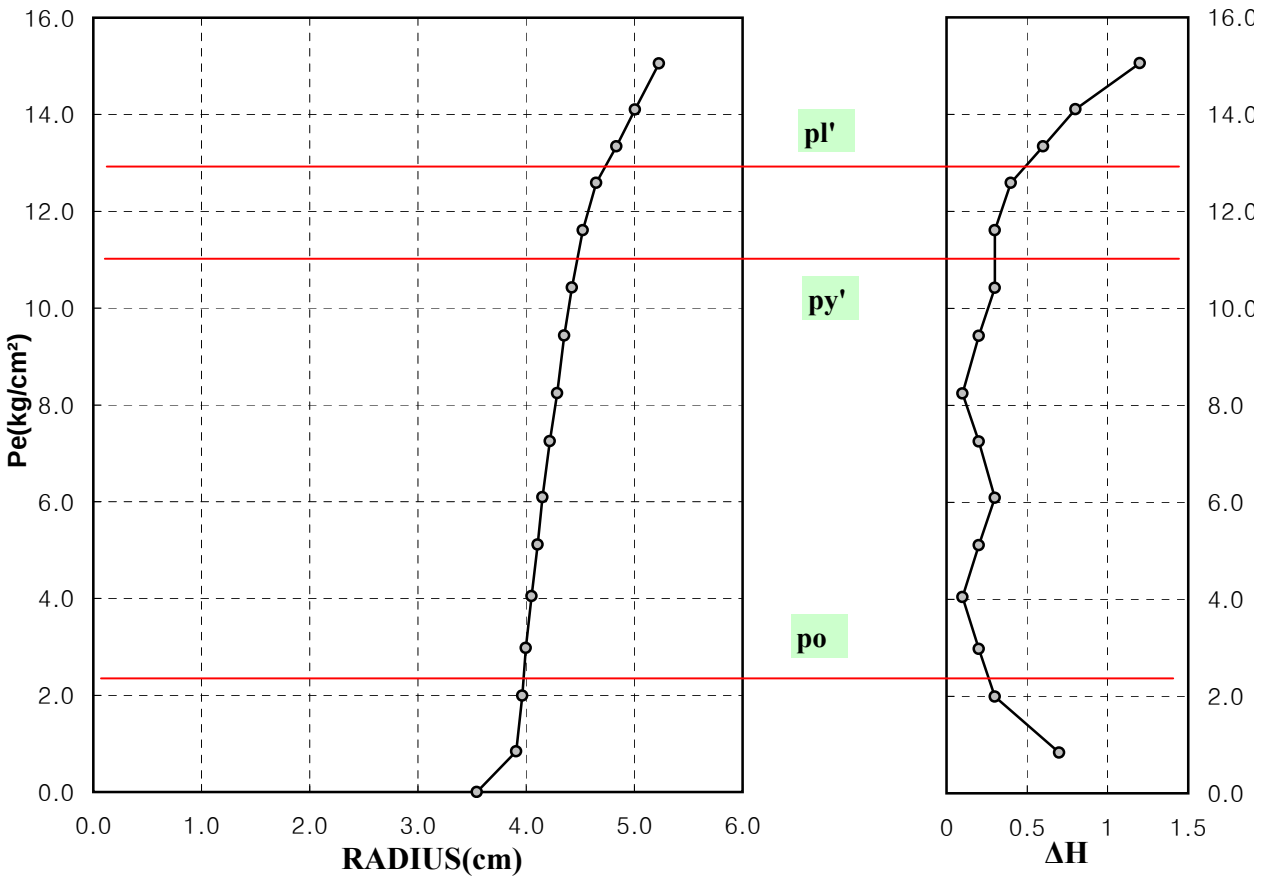
3. Pe is obtained from the equation, Pe = P + Ps - PG Vol. of Water = 118.89 cc/cm

cell	gas	Water level of standpipe H'(cm)				ΔH	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
P(kg/㎠)	P(kg/㎠)	15"	30"	60"	120"	H'120-H'30	H'120-H'0	P(kg/㎠)	P(kg/㎠)	P(kg/㎠)	(cm)
0.00	0.11				7.8		0.50	0.04	0.04	0.00	3.545
1.20	1.20	11.1	11.4	11.5	12.1	0.70	4.80	0.40	-0.80	0.84	3.909
2.40	2.40	12.3	12.5	12.7	12.8	0.30	5.50	0.45	-1.95	1.99	3.965
3.40	3.45	12.9	13.0	13.1	13.2	0.20	5.90	0.47	-2.93	2.98	3.997
4.50	4.55	13.6	13.8	13.8	13.9	0.10	6.60	0.50	-4.00	4.05	4.052
5.60	5.70	14.4	14.4	14.5	14.6	0.20	7.30	0.53	-5.07	5.12	4.106
6.60	6.70	14.9	14.9	15.0	15.2	0.30	7.90	0.55	-6.05	6.09	4.152
7.80	7.85	15.9	15.9	16.0	16.1	0.20	8.80	0.59	-7.21	7.25	4.219
8.80	8.85	16.8	16.9	16.9	17.0	0.10	9.70	0.60	-8.20	8.24	4.286
10.00	10.20	17.6	17.7	17.8	17.9	0.20	10.60	0.61	-9.39	9.43	4.352
11.00	11.20	18.6	18.6	18.7	18.9	0.30	11.60	0.62	-10.38	10.42	4.424
12.20	12.40	19.8	20.0	20.1	20.3	0.30	13.00	0.63	-11.57	11.61	4.523
13.20	13.40	21.6	21.7	21.9	22.1	0.40	14.80	0.65	-12.55	12.59	4.646
14.00	14.25	24.2	24.3	24.7	24.9	0.60	17.60	0.70	-13.30	13.34	4.833
14.80	15.05	26.6	26.8	27.1	27.6	0.80	20.30	0.74	-14.06	14.10	5.006
15.80	16.05	29.8	30.0	30.6	31.2	1.20	23.90	0.79	-15.01	15.06	5.228

공 내 재 하 시 험

(Lateral Load Test)

공사명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			시험일자	2013. 3.
공 번	ATB-15	심도(m)	6.00	시 험 자	정상하
지 층	실트질 모래	N 값	8/30	작 성 자	허성현



ro = 3.910 cm ry = 4.650 cm Py' = kg/㎠ Pl' = 15.056 kg/㎠

earth pressure at rest	Po =	0.841	kg/㎠
yield pressure	Py = Py' − Po =	12.589	kg/㎠
failure pressure	Pl = Pl' − Po =	14.215	kg/㎠
coefficient of soil reaction	Km = (Py' − Po) ÷ (ry − ro) =	15.93	kg/㎤
mean radius of K value calculation curve	Rm = (ro + ry) ÷ 2 =	4.300	cm
poisson's ratio	υ =	0.4	
modulus of elasticity	Em = (1 + υ) × Rm × Kr =	102.20 10.22	kg/㎠ Mpa

5.2.2 PMT

Project : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사 PMT Summary							
구분	공번	심도	지층	N치 (TCR/RQD)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)	비고
1	NTB-5	17.0	풍화토	15/30	44.73	61.47	
2	NTB-6	19.0	풍화토	50/23	51.39	65.58	
3	NTB-7	25.0	풍화암	50/7	365.19	492.95	
4	NTB-12	31.0	풍화토	50/13	85.04	143.49	
5	NTB-13	26.0	풍화토	50/20	57.41	67.24	
6	NTB-18	42.0	연 암	82/21	1,104.98	1,746.28	
7	NTB-20	40.0	연 암	95/15	1,071.84	1,711.10	
8	NTB-21	34.0	연 암	89/15	1,084.65	1,752.28	
9	NTB-22	33.0	연 암	78/10	1,035.42	1,610.65	
10	NTB-30	24.0	연 암	80/23	1,097.64	1,704.42	
11	NBB-5	29.0	연 암	54/8	952.59	1,488.48	
12	NBB-6	26.0	연 암	50/3	606.97	1,019.42	
13	NBB-7	38.0	풍화암	50/4	357.66	536.98	
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

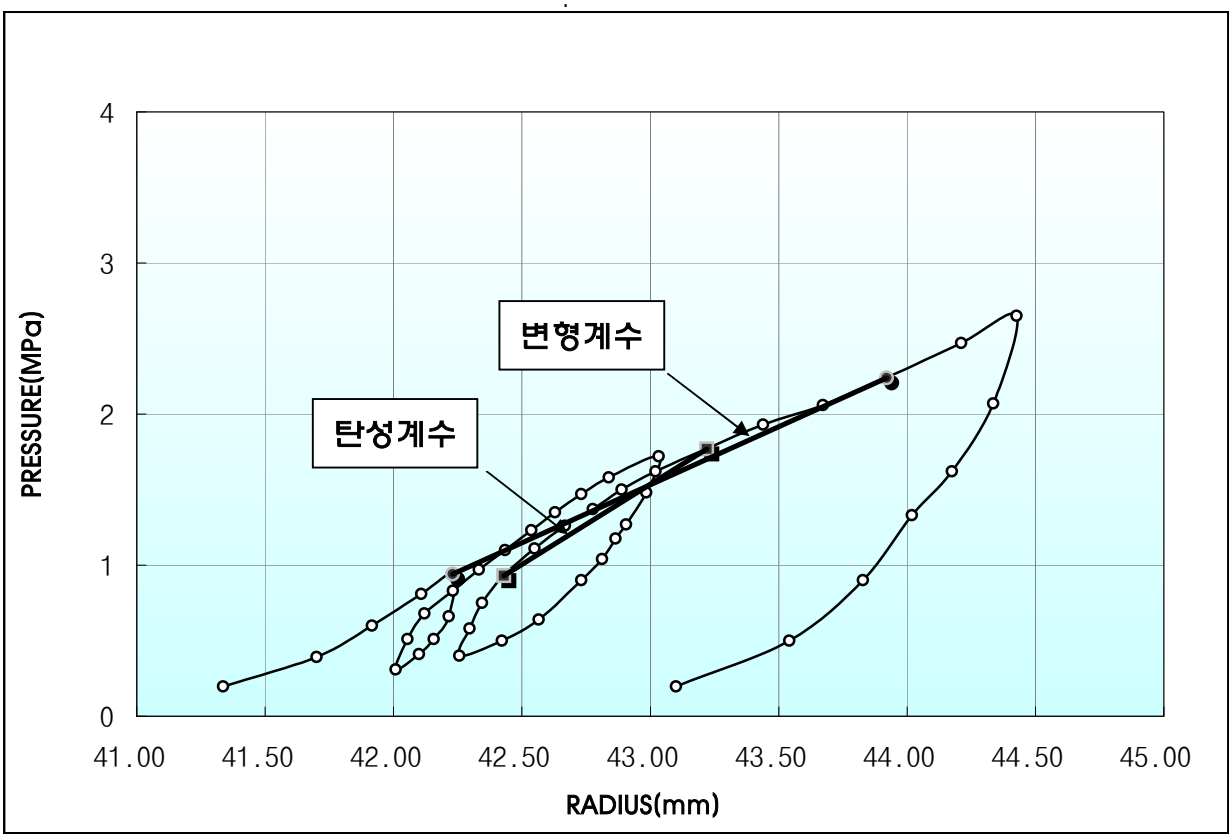
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-5	DEPTH(m)	17.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2011-03-12	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	박재은	ROCK TYPE		REMARK	
CHECKED BY	박재은	N치	15/30		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	0.94	2.24	42.23	43.92	0.35	0.77	43.08
ELASTIC	0.93	1.77	42.43	43.22	0.35	1.06	42.83

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	44.73	MPa
ELASTIC MODULUS	61.47	MPa



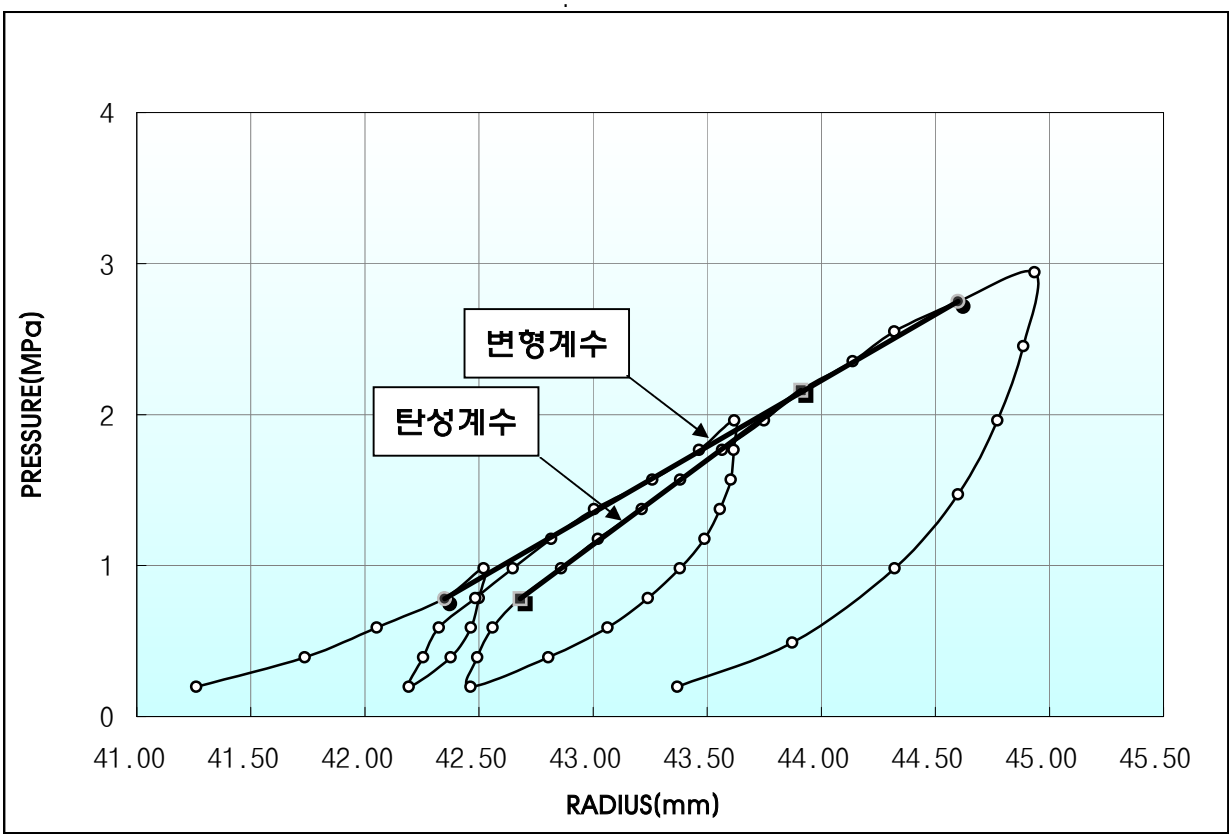
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-6	DEPTH(m)	19.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2011-03-12	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	박재은	ROCK TYPE		REMARK	
CHECKED BY	박재은	N치	50/23		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	0.78	2.75	42.35	44.60	0.35	0.88	43.48
ELASTIC	0.78	2.16	42.68	43.91	0.35	1.12	43.30

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	51.39	MPa
ELASTIC MODULUS	65.58	MPa



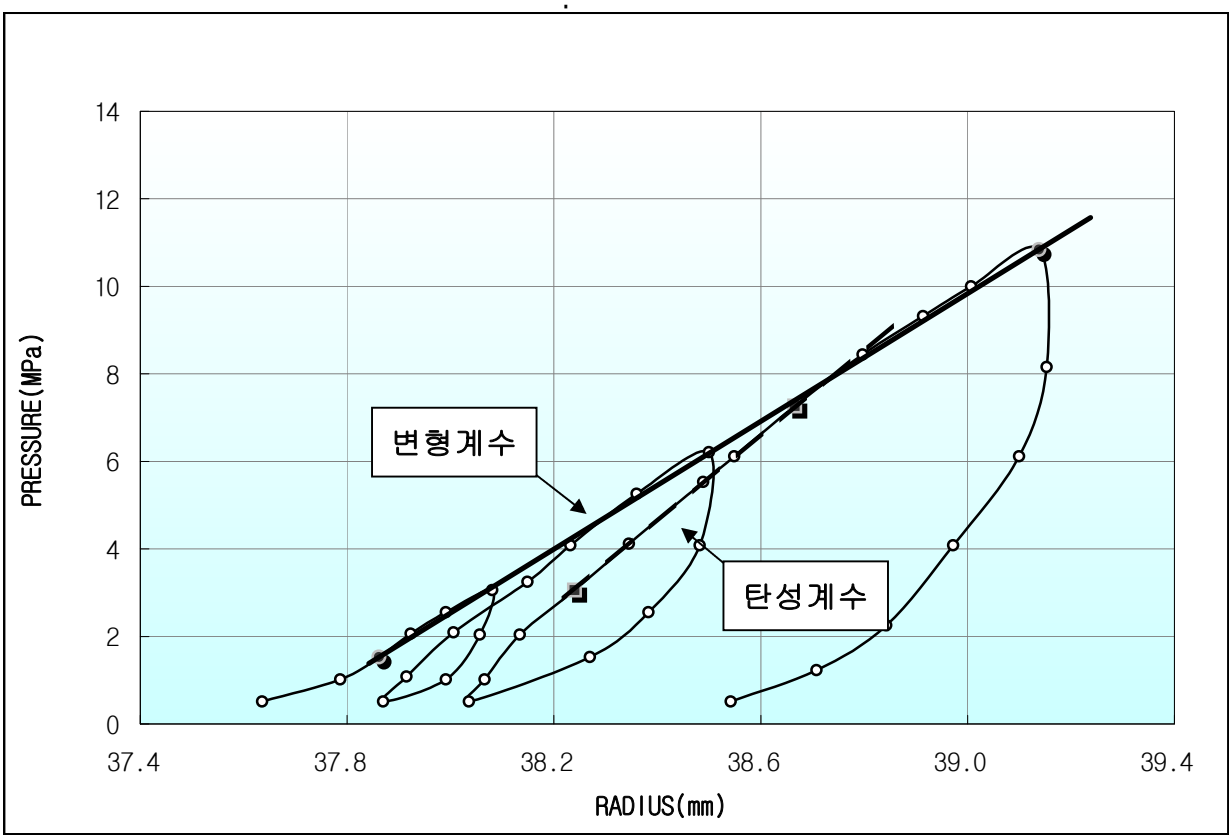
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-7	DEPTH(m)	25.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2011.03.21	STRATUM	풍화암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	홍성현	ROCK TYPE		REMARK	
CHECKED BY	정필만	"N"VALUE	50/7		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	ν	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	1.53	10.84	37.86	39.14	0.30	7.30	38.50
ELASTIC	3.06	7.26	38.24	38.67	0.30	9.86	38.45

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	365.19	MPa
ELASTIC MODULUS	492.95	MPa



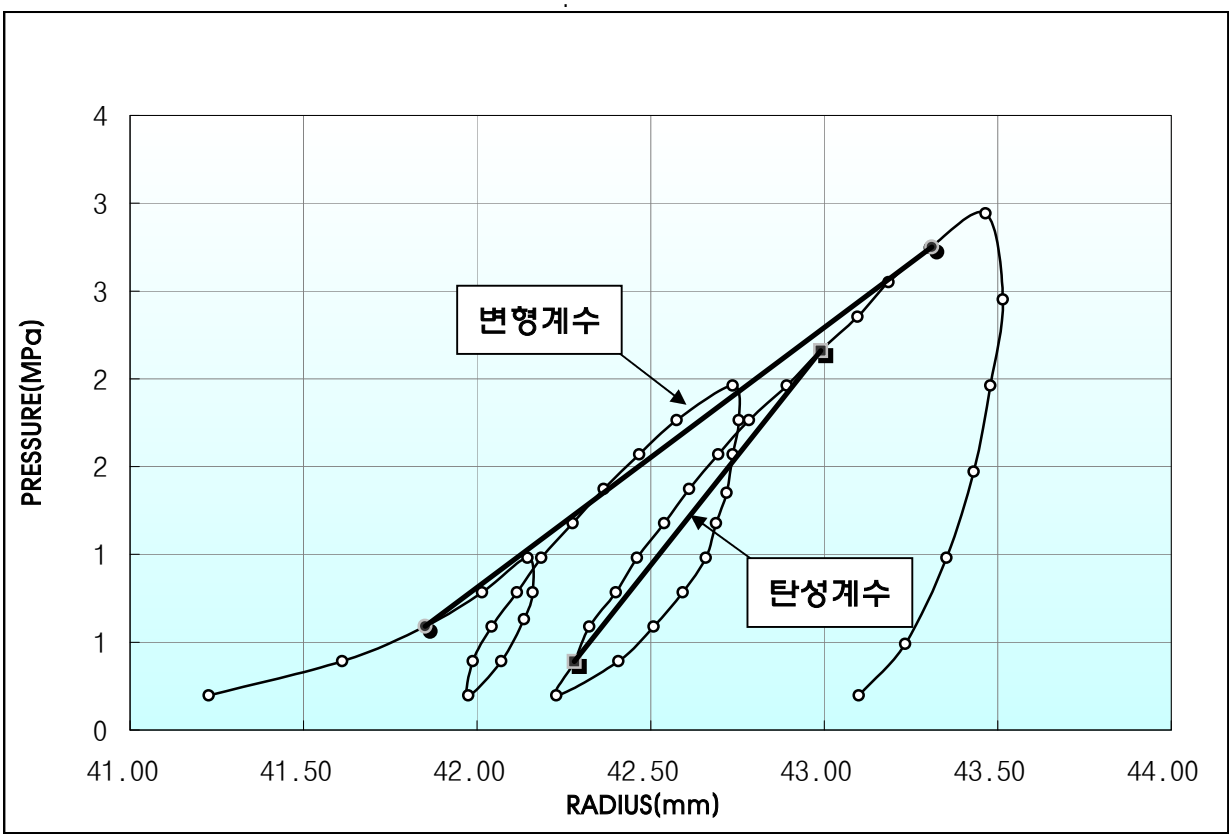
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-12	DEPTH(m)	31.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2011-02-15	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	홍성현	ROCK TYPE	0.0m	REMARK	
CHECKED BY	정필만	N치	50/13		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	0.59	2.75	41.85	43.31	0.35	1.48	42.58
ELASTIC	0.39	2.16	42.28	42.99	0.35	2.49	42.64

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	85.04	MPa
ELASTIC MODULUS	143.49	MPa



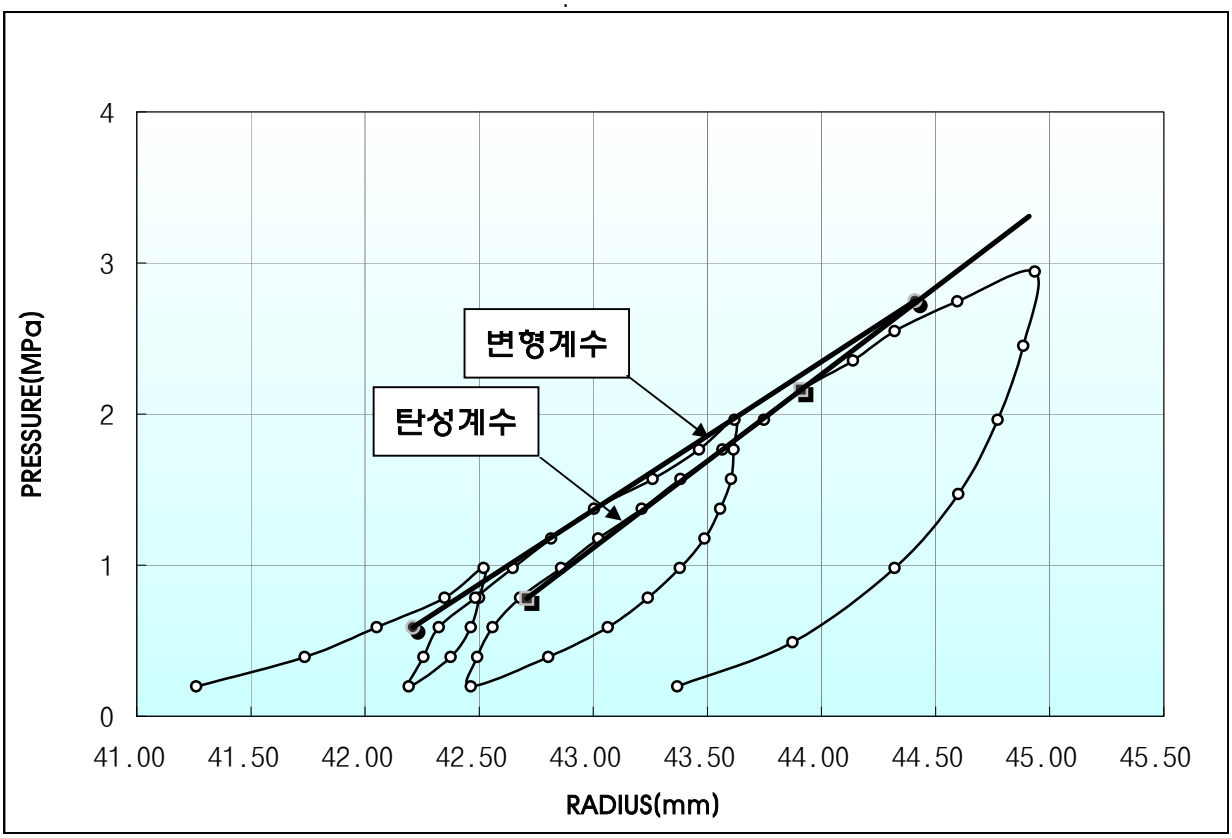
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-13	DEPTH(m)	26.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2011-04-17	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	홍성현	ROCK TYPE		REMARK	
CHECKED BY	정필만	N치	50/20		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	0.59	2.75	42.21	44.41	0.35	0.98	43.31
ELASTIC	0.78	2.16	42.71	43.91	0.35	1.15	43.31

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	57.41	MPa
ELASTIC MODULUS	67.24	MPa



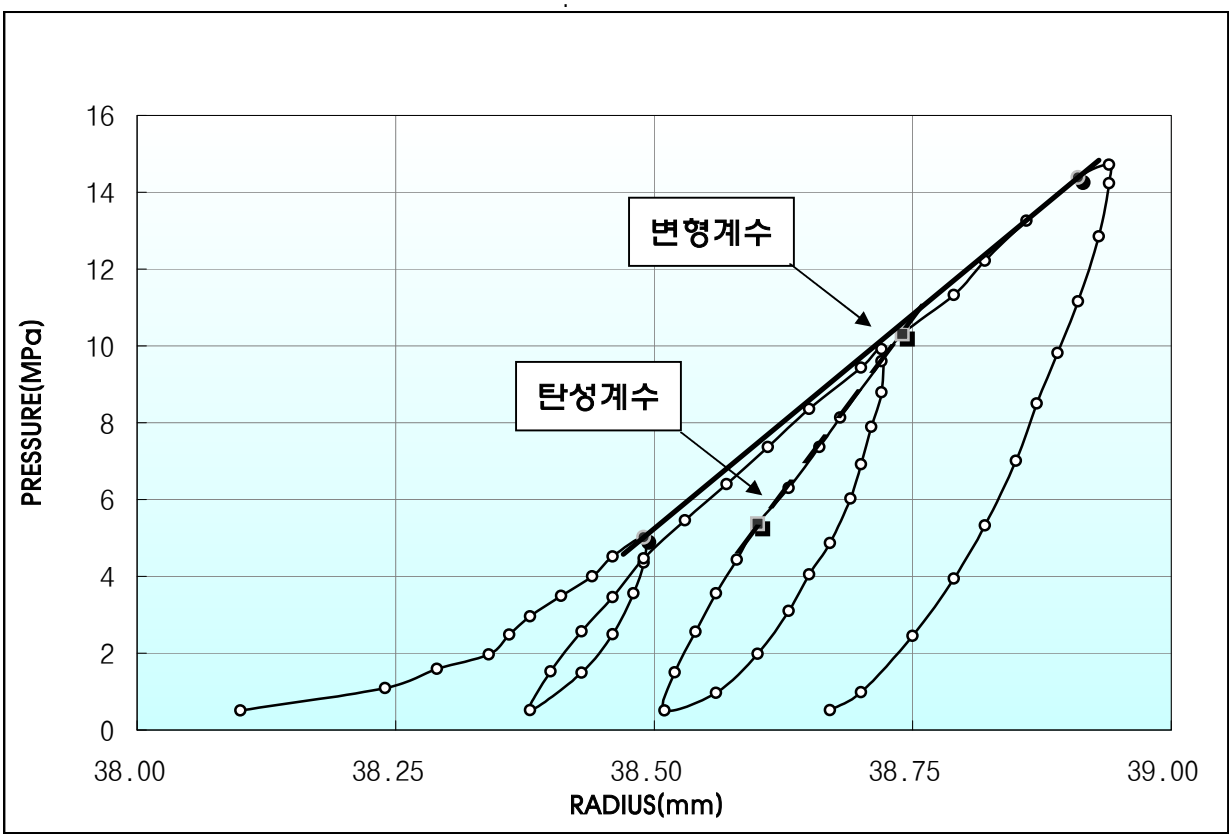
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-18	DEPTH(m)	42.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2011-02-26	STRATUM	연 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	K.D.O	ROCK TYPE	흑운모편마암	REMARK	
CHECKED BY	L.S.B	TCR/RQD	82/21		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	5.02	14.39	38.49	38.91	0.28	22.31	38.70
ELASTIC	5.37	10.31	38.60	38.74	0.28	35.28	38.67

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	1,104.98	MPa
ELASTIC MODULUS	1,746.28	MPa



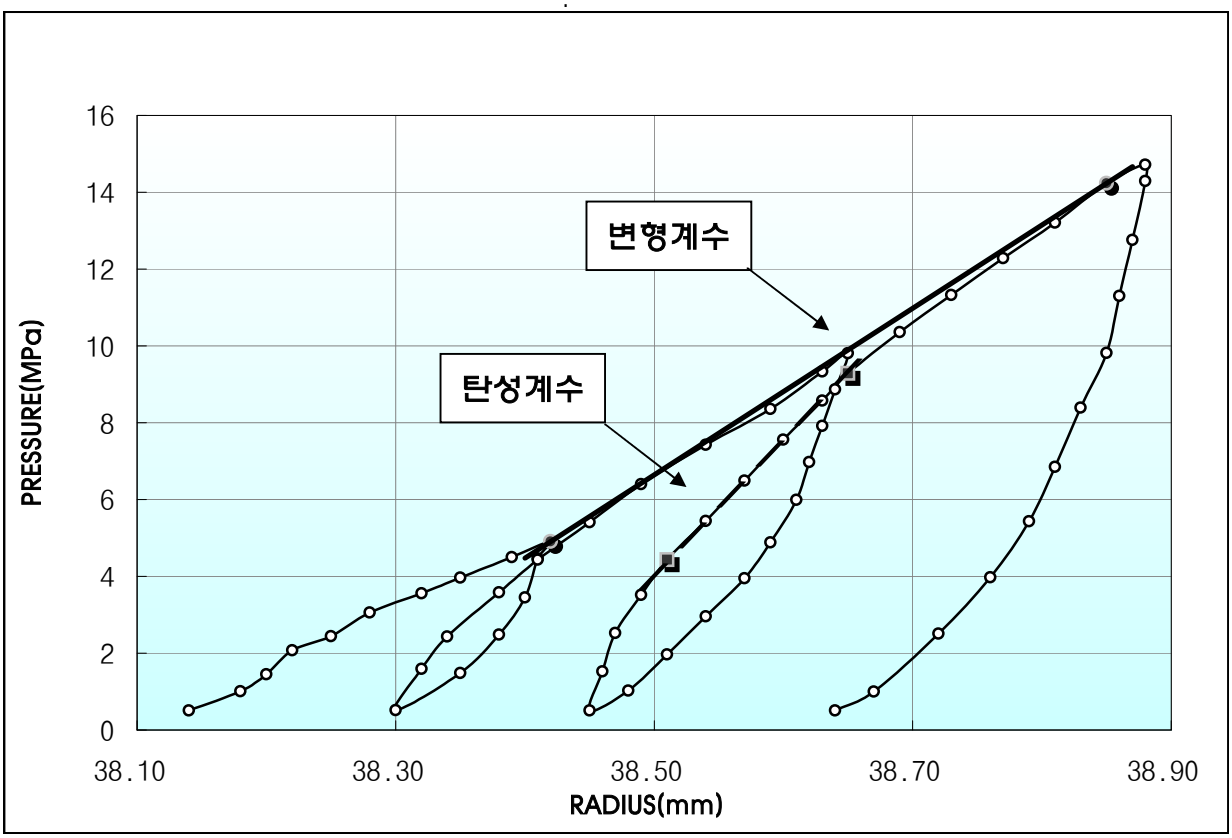
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-20	DEPTH(m)	40.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2011-02-26	STRATUM	연 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	K.D.O	ROCK TYPE	흑운모편마암	REMARK	
CHECKED BY	L.S.B	TCR/RQD	95/15		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	4.91	14.23	38.42	38.85	0.28	21.67	38.64
ELASTIC	4.43	9.28	38.51	38.65	0.28	34.65	38.58

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	1,071.84	MPa
ELASTIC MODULUS	1,711.10	MPa



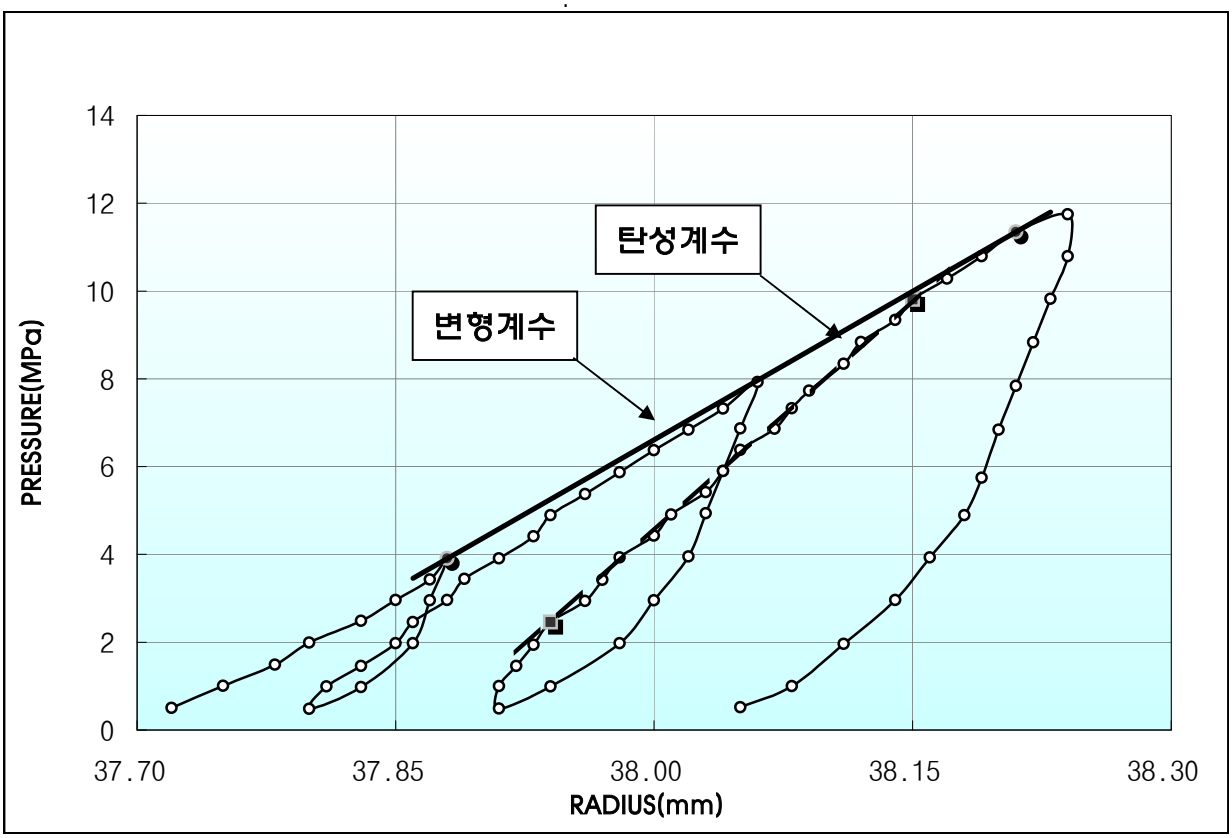
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-30	DEPTH(m)	24.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2011-03-11	STRATUM	연 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	K.D.O	ROCK TYPE	흑운모편마암	REMARK	
CHECKED BY	L.S.B	TCR/RQD	80/23		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	3.91	11.35	37.88	38.21	0.28	22.54	38.05
ELASTIC	2.46	9.81	37.94	38.15	0.28	35.00	38.05

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	1,097.64	MPa
ELASTIC MODULUS	1,704.42	MPa



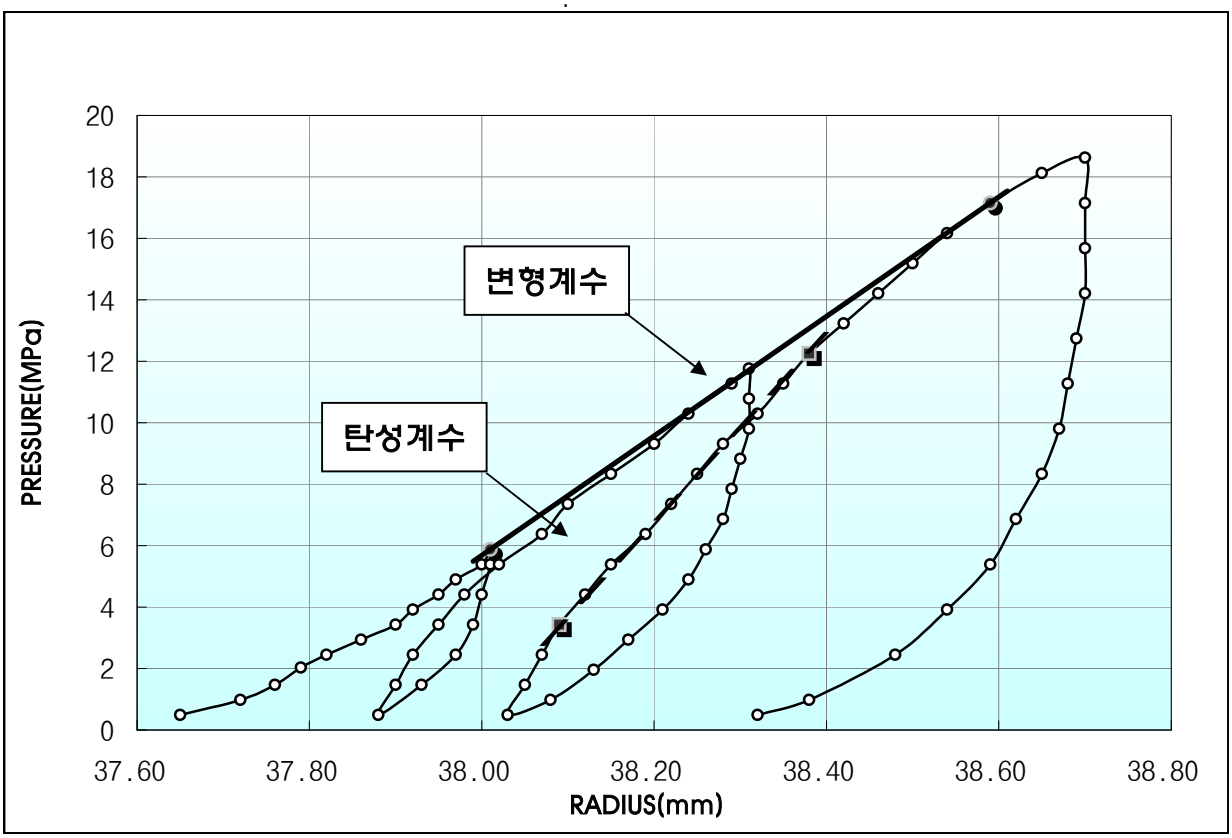
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NBB-5	DEPTH(m)	29.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2011-02-23	STRATUM	연 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	K.D.O	ROCK TYPE	흑운모편마암	REMARK	
CHECKED BY	L.S.B	TCR/RQD	54/8		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	5.88	17.15	38.01	38.59	0.28	19.43	38.30
ELASTIC	3.43	12.25	38.09	38.38	0.28	30.41	38.24

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	952.59	MPa
ELASTIC MODULUS	1,488.48	MPa



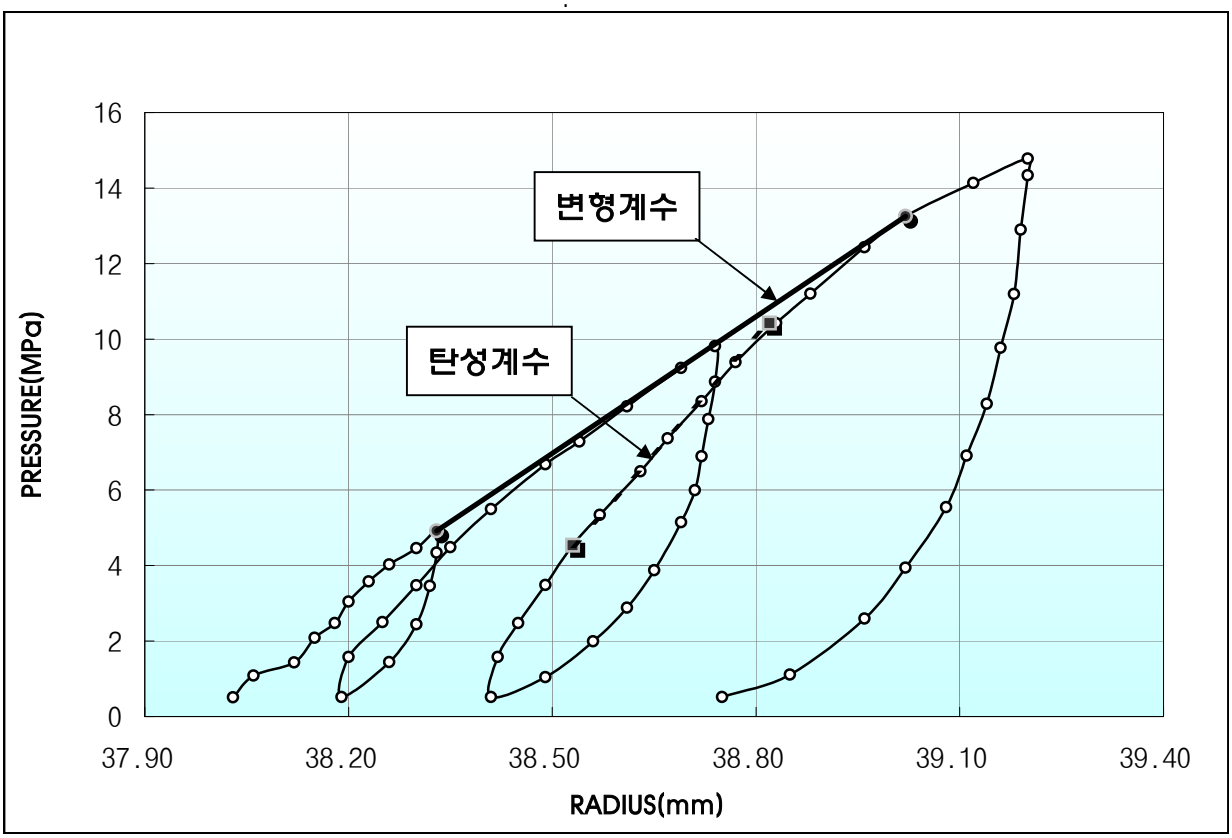
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NBB-6	DEPTH(m)	26.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2011-02-24	STRATUM	연 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	K.D.O	ROCK TYPE	흑운모편마암	REMARK	
CHECKED BY	L.S.B	TCR/RQD	50/3		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	4.92	13.25	38.33	39.02	0.30	12.07	38.68
ELASTIC	4.54	10.42	38.53	38.82	0.30	20.28	38.68

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	606.97	MPa
ELASTIC MODULUS	1,019.42	MPa



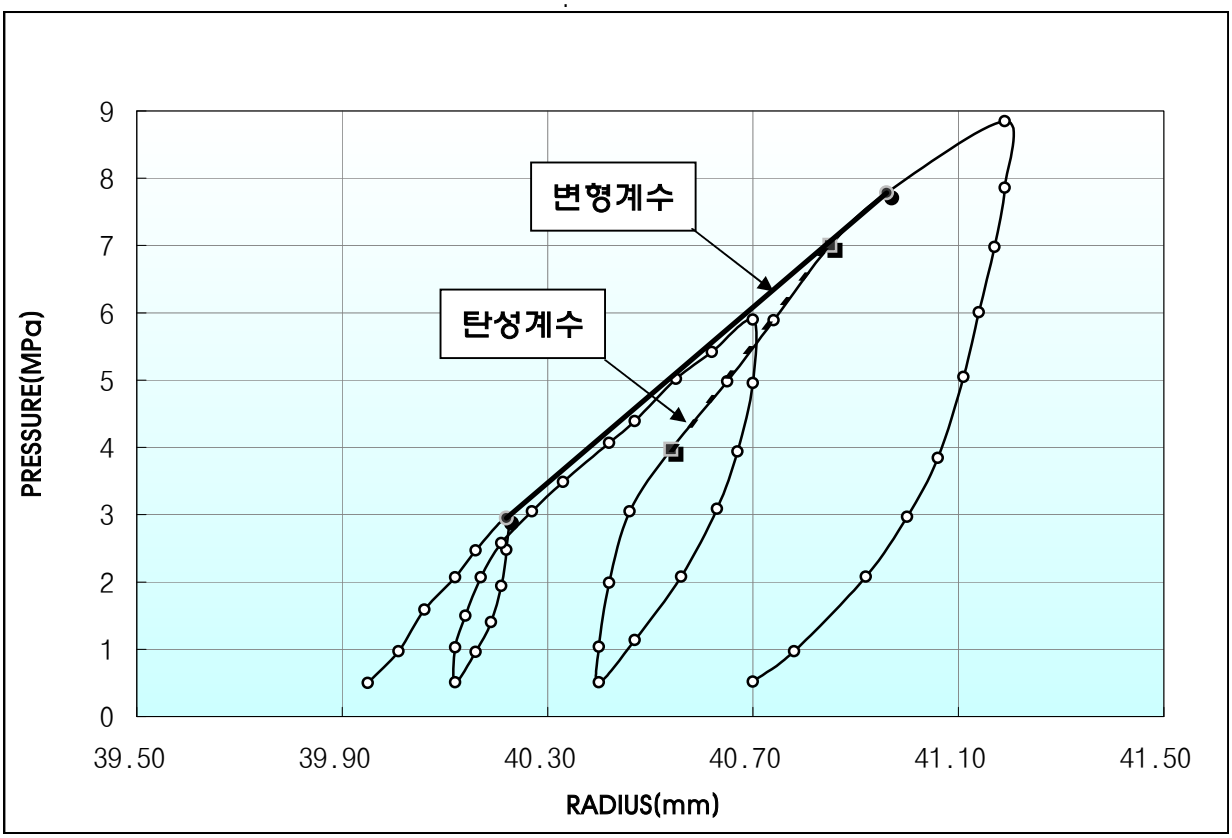
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NBB-7	DEPTH(m)	38.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2011-02-23	STRATUM	풍화암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	K.D.O	ROCK TYPE		REMARK	
CHECKED BY	L.S.B	N치	50/4		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	2.95	7.78	40.22	40.96	0.35	6.53	40.59
ELASTIC	3.97	7.00	40.54	40.85	0.35	9.77	40.70

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	357.66	MPa
ELASTIC MODULUS	536.98	MPa



Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 PMT Summary

구분	공번	심도	지층	N치 (TCR/RQD)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)	비고
1	ATB-1	16.0	연암	(78/14)	826.25	1,280.54	
2	NNTB-3	35.0	풍화암	50/3	307.56	423.03	
3	NNTB-6	25.0	풍화암	50/6	260.04	415.79	
4	ATB-12	29.0	연암	(80/11)	1,299.60	2,215.19	
5	ATB-13	33.0	풍화암	50/9	205.69	361.45	
6	NNBB-8	16.0	연암	(100/46)	1,104.68	1,838.83	
7	NNBB-9	7.0	풍화암	50/10	262.78	469.24	
8	NNBB-10	16.0	연암	(96/15)	1,906.25	2,759.87	
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

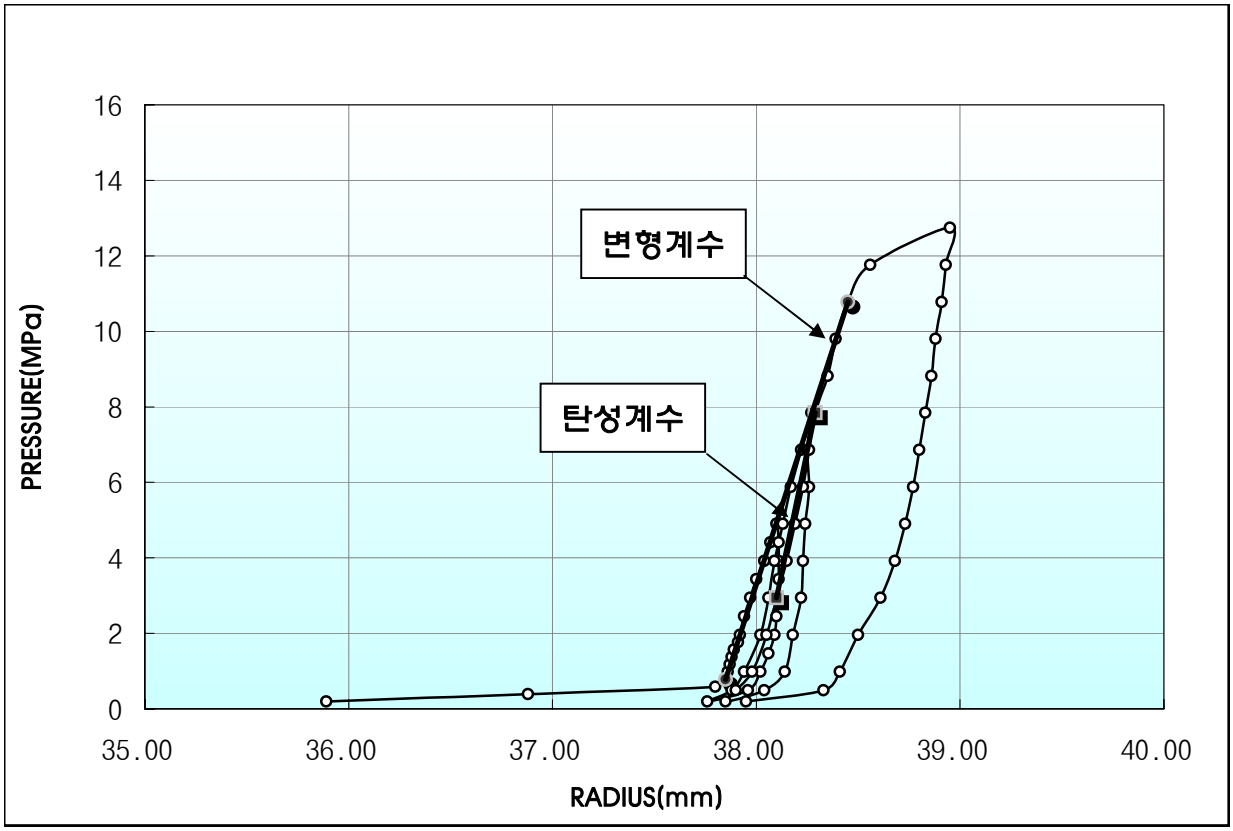
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-1	DEPTH(m)	16.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2013-03-23	STRATUM	연암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	김근형	ROCK TYPE	편마암	REMARK	
CHECKED BY	이상민	N치	(78/14)		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	0.78	10.78	37.85	38.45	0.30	16.66	38.15
ELASTIC	2.94	7.84	38.10	38.29	0.30	25.79	38.20

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	826.25	MPa
ELASTIC MODULUS	1,280.54	MPa



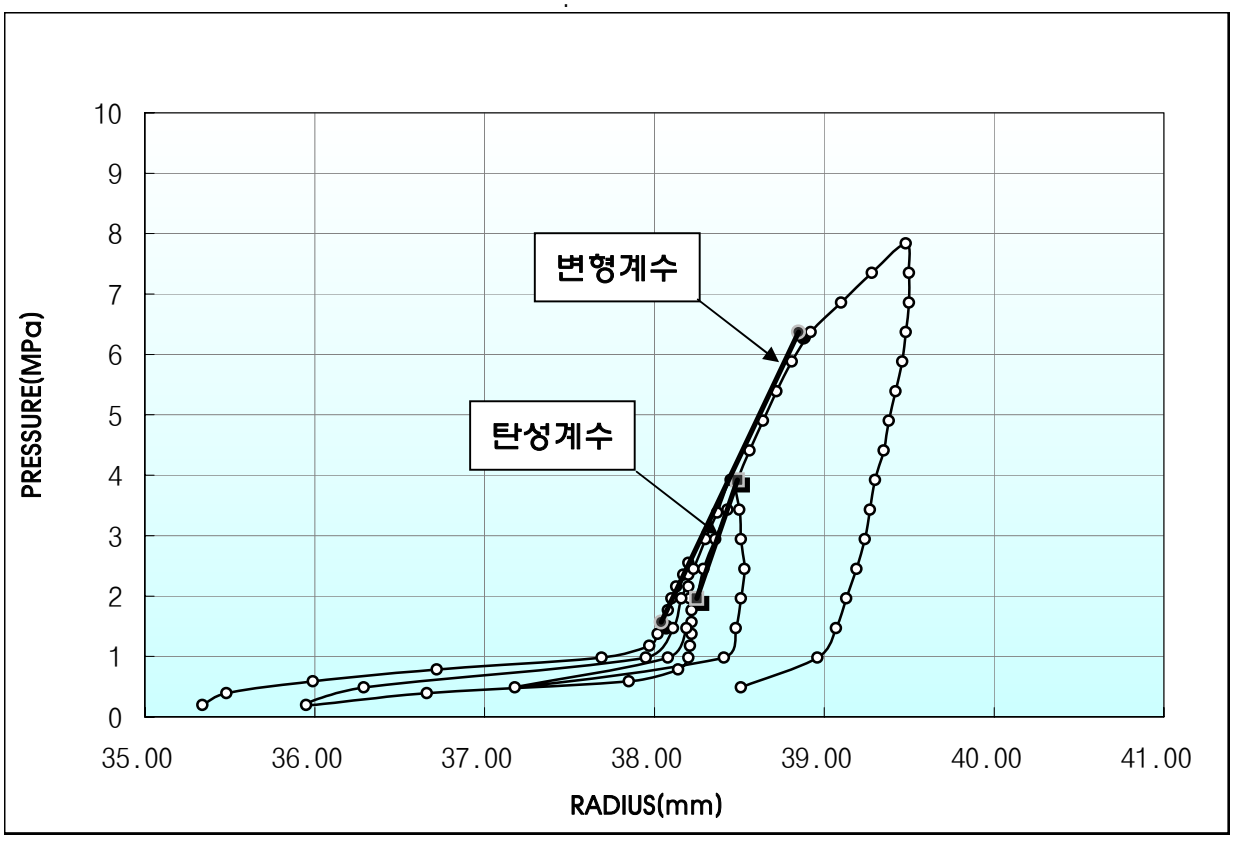
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNTB-3	DEPTH(m)	35.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2013-02-21	STRATUM	풍화암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	김근형	ROCK TYPE	편마암	REMARK	
CHECKED BY	이상민	N치	50/3		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	1.57	6.37	38.04	38.85	0.35	5.93	38.45
ELASTIC	1.96	3.92	38.25	38.49	0.35	8.17	38.37

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	307.56	MPa
ELASTIC MODULUS	423.03	MPa



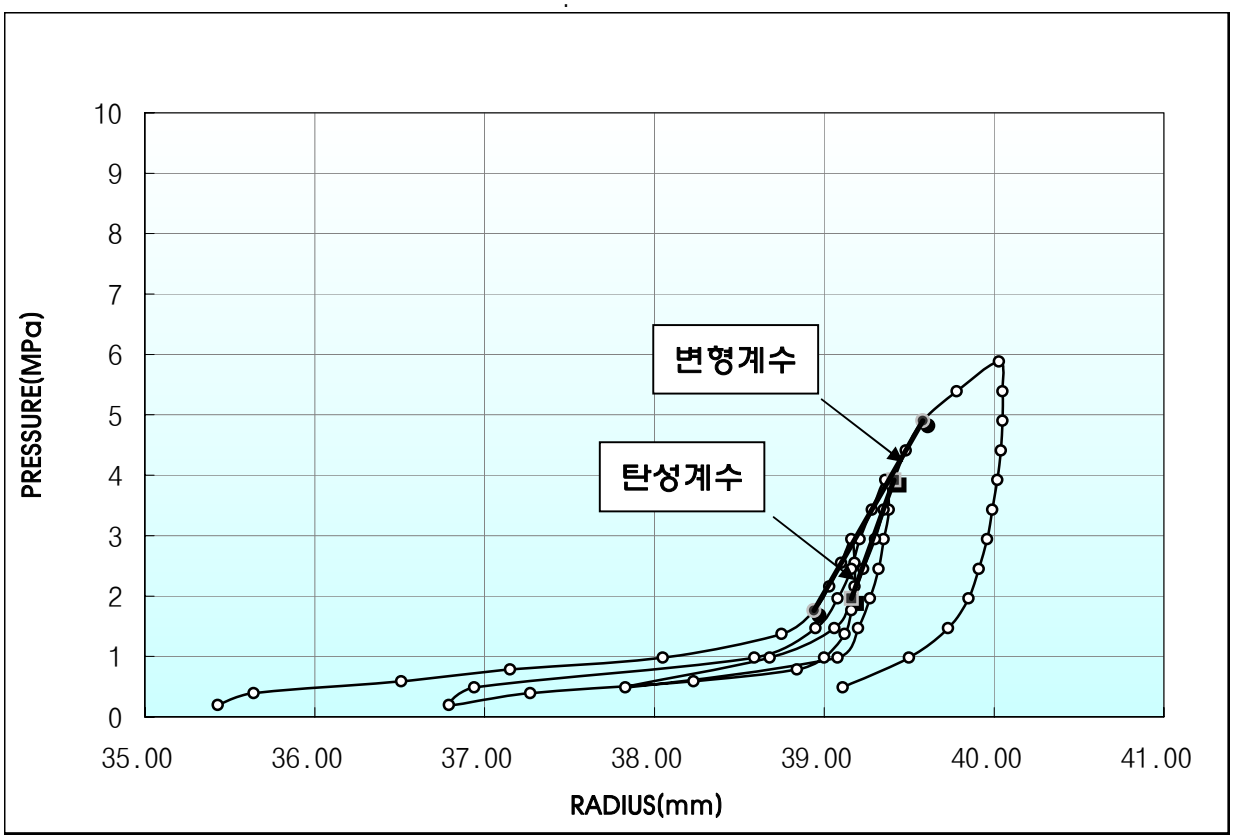
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNTB-6	DEPTH(m)	25.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2013-03-01	STRATUM	풍화암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	김근형	ROCK TYPE	편마암	REMARK	
CHECKED BY	이상민	N치	50/6		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	1.76	4.90	38.94	39.58	0.35	4.91	39.26
ELASTIC	1.96	3.92	39.16	39.41	0.35	7.84	39.29

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	260.04	MPa
ELASTIC MODULUS	415.79	MPa



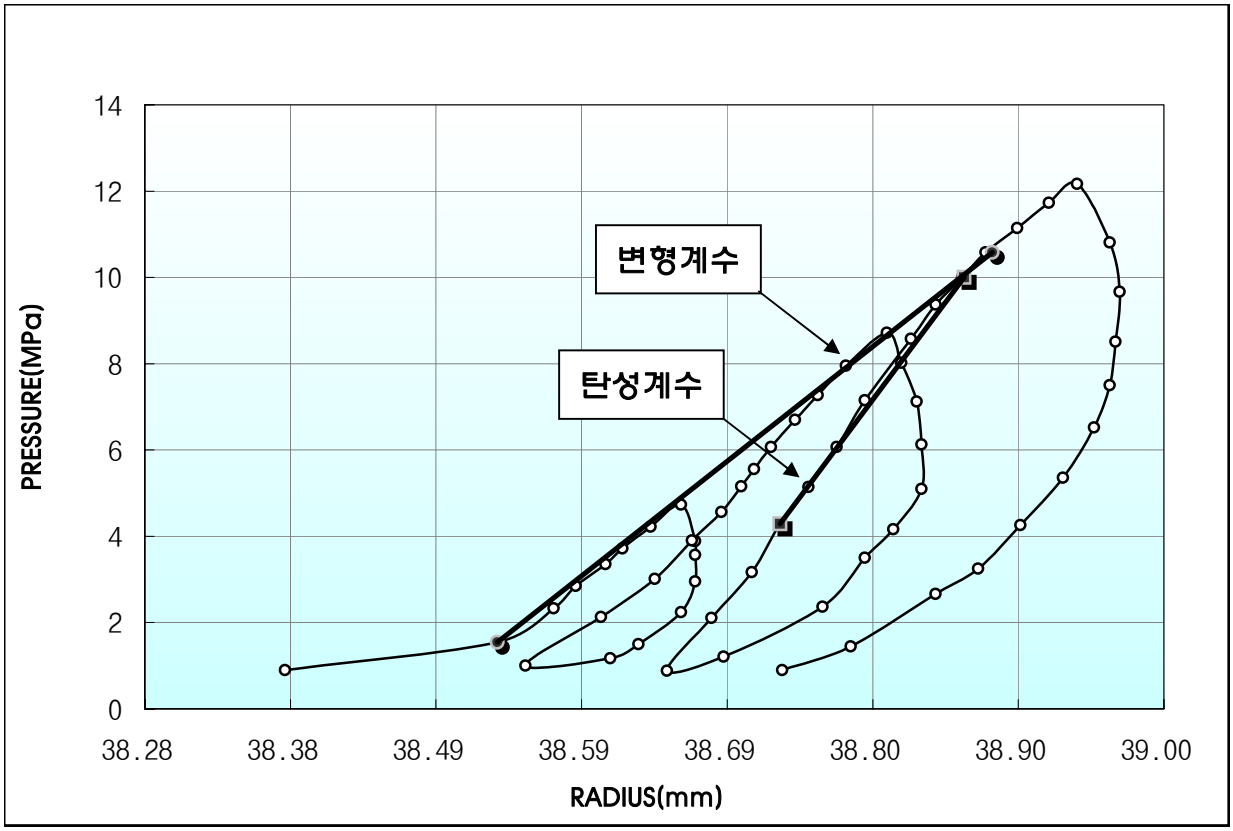
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-12	DEPTH(m)	29.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2013-03	STRATUM	연암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	정상하	ROCK TYPE	편마암	REMARK	
CHECKED BY	허성현	N치 (TCR/RQD)	(80/11)		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	1.54	10.58	38.53	38.88	0.30	25.83	38.71
ELASTIC	4.29	10.00	38.73	38.86	0.30	43.92	38.80

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	1,299.60	MPa
ELASTIC MODULUS	2,215.19	MPa



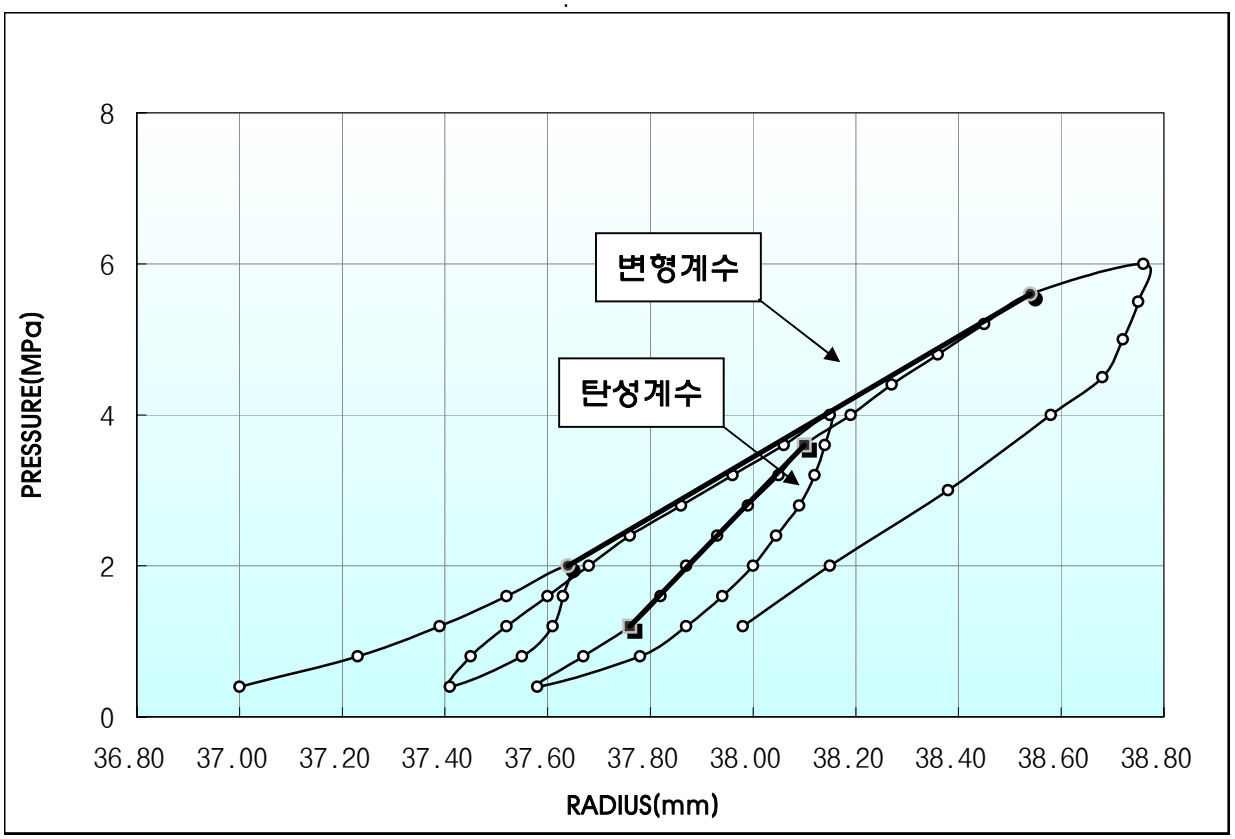
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-13	DEPTH(m)	33.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2013-02	STRATUM	풍화암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	정상하	ROCK TYPE	편마암	REMARK	
CHECKED BY	허성현	N치 (TCR/RQD)	50/9		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	2.00	5.60	37.64	38.54	0.35	4.00	38.09
ELASTIC	1.20	3.60	37.76	38.10	0.35	7.06	37.93

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	205.69	MPa
ELASTIC MODULUS	361.45	MPa



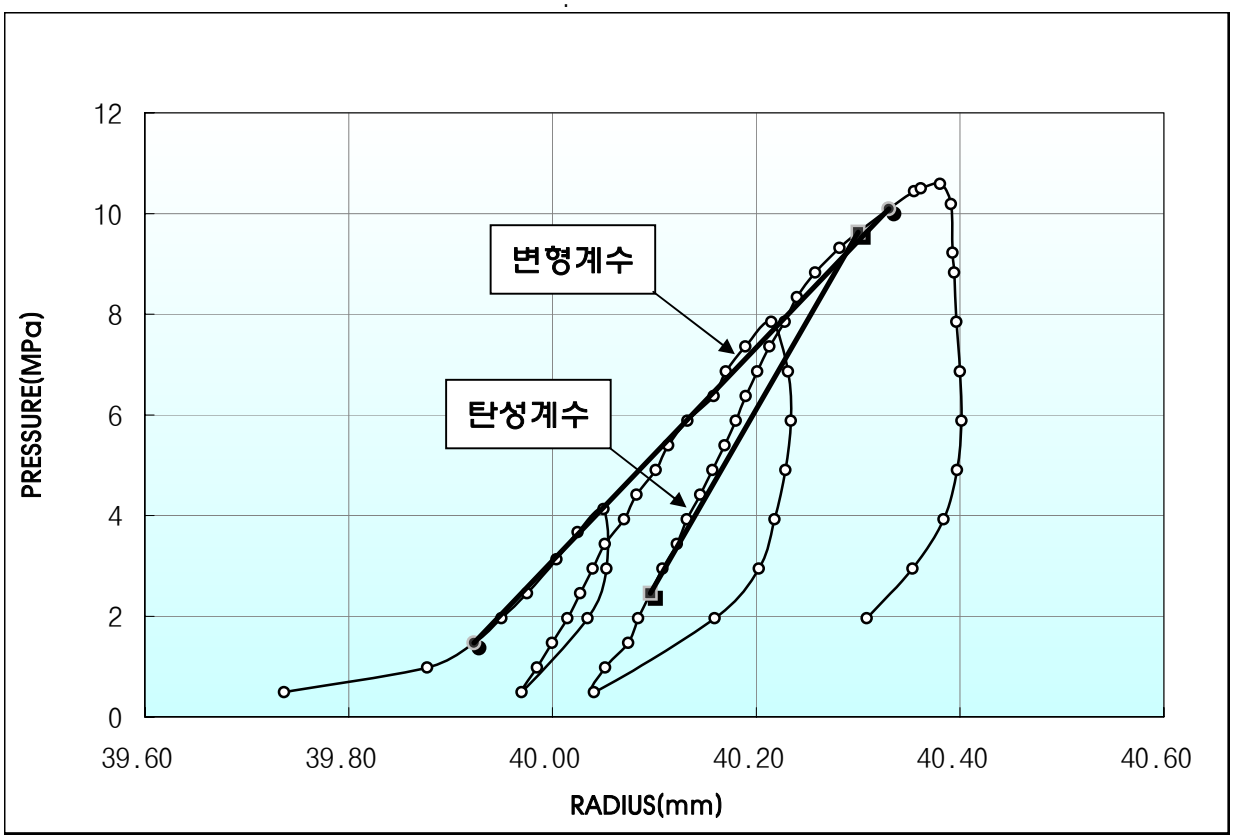
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNBB-8	DEPTH(m)	16.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2013-03	STRATUM	연암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	정상하	ROCK TYPE	편마암	REMARK	
CHECKED BY	허성현	N치 (TCR/RQD)	(100/46)		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	1.47	10.09	39.92	40.33	0.30	21.18	40.13
ELASTIC	2.45	9.63	40.10	40.30	0.30	35.19	40.20

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	1,104.68	MPa
ELASTIC MODULUS	1,838.83	MPa



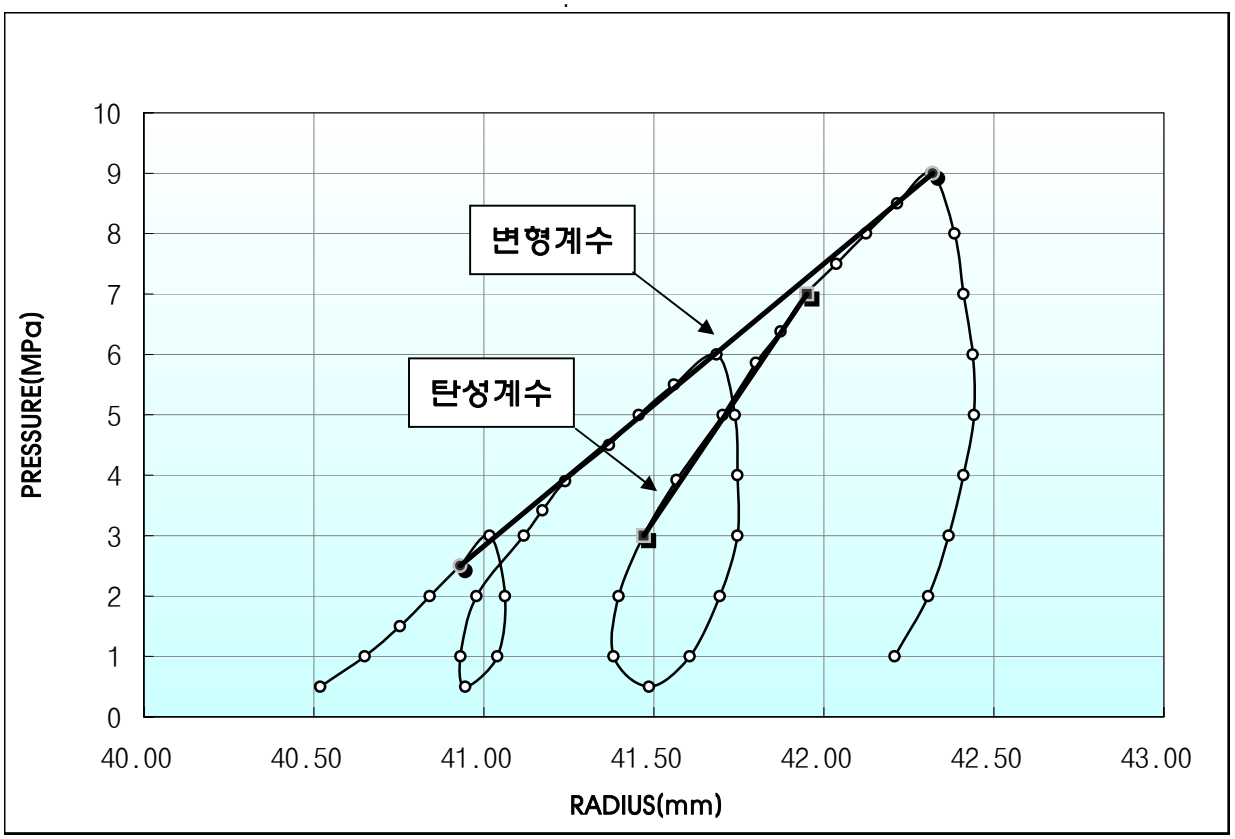
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNBB-9	DEPTH(m)	7.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2013-03	STRATUM	풍화암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	정상하	ROCK TYPE	편마암	REMARK	
CHECKED BY	허성현	N치 (TCR/RQD)	50/10		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	2.50	9.00	40.93	42.32	0.35	4.68	41.63
ELASTIC	3.00	7.00	41.47	41.95	0.35	8.33	41.71

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	262.78	MPa
ELASTIC MODULUS	469.24	MPa



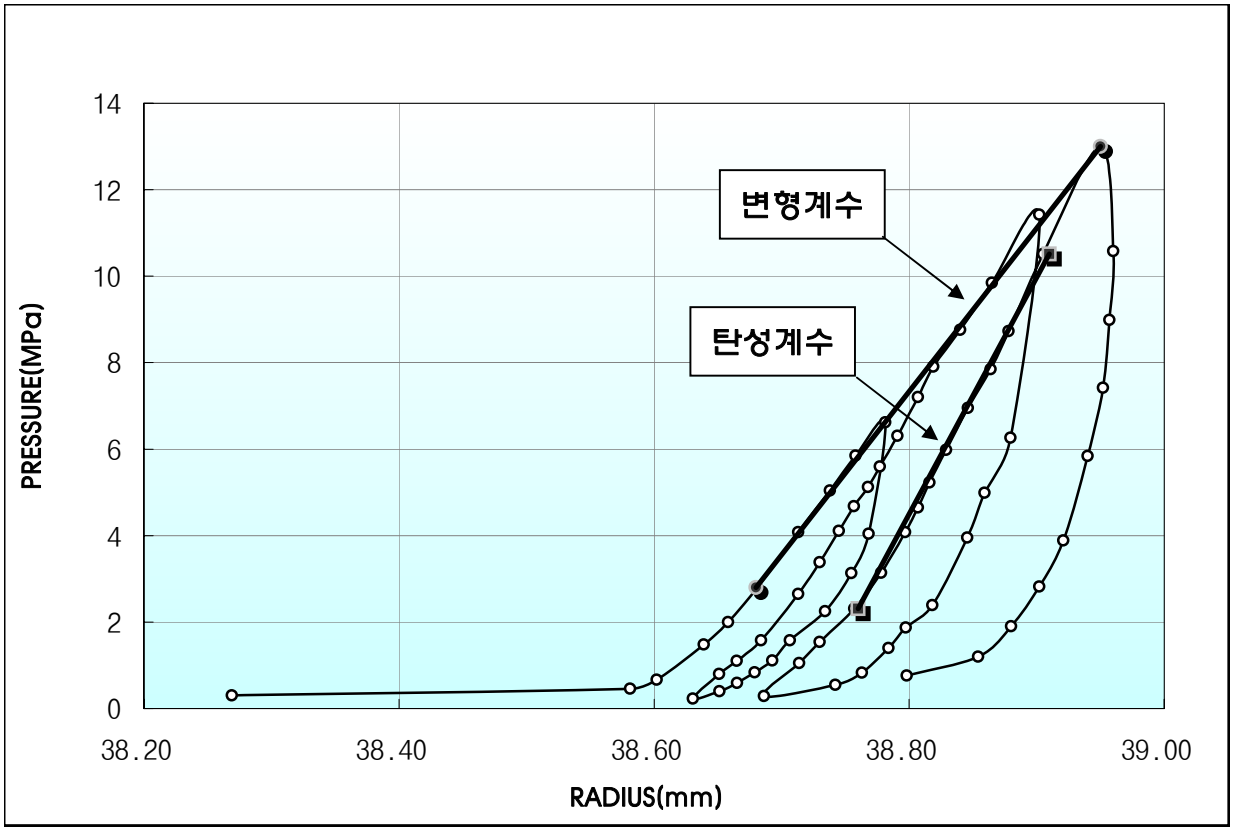
PRESSUREMETER TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNBB-10	DEPTH(m)	16.0m	MODEL	Elastmeter-2
DATE	2013-03	STRATUM	연암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	정상하	ROCK TYPE	편마암	REMARK	
CHECKED BY	허성현	N치 (TCR/RQD)	(96/15)		

항 목	P_o (MPa)	P_y (MPa)	R_o (mm)	R_y (mm)	υ	K_b (kN/cm^3)	R_m (mm)
DEFORMATION	2.80	13.00	38.68	38.95	0.30	37.78	38.82
ELASTIC	2.31	10.51	38.76	38.91	0.30	54.67	38.84

$$K_b = \frac{(P_y - P_o)}{(R_y - R_o)}, \qquad R_m = \frac{(R_o + R_y)}{2}, \qquad E = (1+\nu) \cdot K_b \cdot R_m$$

DEFORMATION MODULUS	1,906.25	MPa
ELASTIC MODULUS	2,759.87	MPa



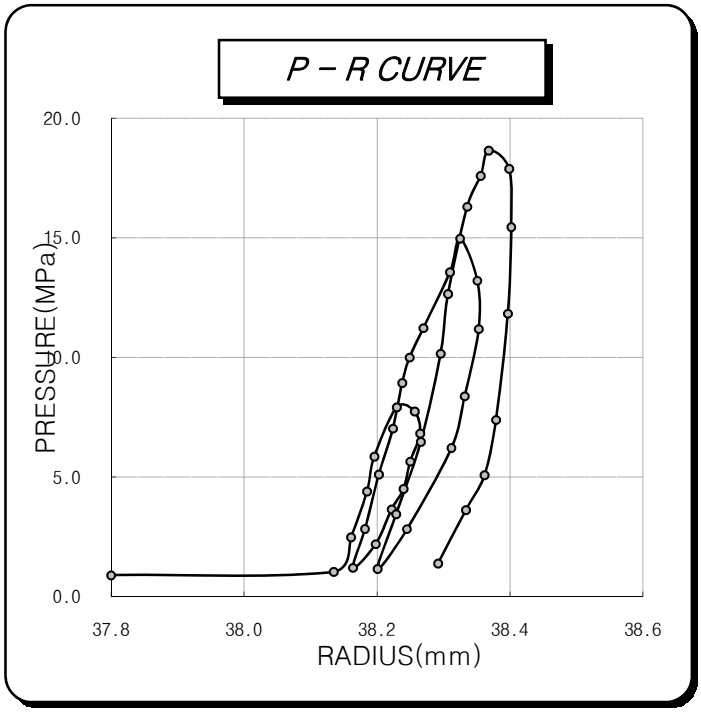
5.2.2–1 PMT (변경설계)

공 내 재 하 시 험

(PRESSUREMETER TEST RESULT)

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 지반조사				MODEL	Elastmeter – 200	
HOLE NO.	ATBH-2	CLASS	연암	N Value	–	TCR/RQD	100/40
DEPTH (m)	38.0	TESTED BY	M.C.KIM	CHECKED BY	J.Y.KIM	DATE	2015. 11

NO	PRESSURE (MPa)	RADIUS (mm)	NO	PRESSURE (MPa)	RADIUS (mm)	NO	PRESSURE	RADIUS
1	0.79	37.02	23	14.97	38.33	45		
2	0.84	37.45	24	13.21	38.35	46		
3	0.90	37.80	25	11.19	38.35	47		
4	1.04	38.14	26	8.38	38.33	48		
5	2.49	38.16	27	6.22	38.31	49		
6	4.40	38.19	28	2.83	38.25	50		
7	5.86	38.20	29	1.16	38.20	51		
8	7.92	38.23	30	3.45	38.23	52		
9	7.74	38.26	31	6.47	38.27	53		
10	6.82	38.27	32	10.16	38.30	54		
11	5.65	38.25	33	12.65	38.31	55		
12	4.51	38.24	34	16.30	38.34	56		
13	3.65	38.22	35	17.59	38.36	57		
14	2.20	38.20	36	18.65	38.37	58		
15	1.21	38.16	37	17.88	38.40	59		
16	2.84	38.18	38	15.45	38.40	60		
17	5.11	38.20	39	11.83	38.40	61		
18	7.03	38.22	40	7.39	38.38	62		
19	8.94	38.24	41	5.08	38.36	63		
20	10.00	38.25	42	3.62	38.33	64		
21	11.23	38.27	43	1.39	38.29	65		
22	13.56	38.31	44			66		



	변형계수	탄성계수
Po	1.04 MPa	1.16 MPa
Py	18.65 MPa	16.30 MPa
Ro	38.14 mm	38.20 mm
Ry	38.37 mm	38.34 mm
ν	0.26	
Kb	7557.9 MPa	11214.8 MPa
Rm	38.25 mm	38.27 mm
Ed	36427 kg/㎠	54076 kg/㎠
	3572.3 MPa	5303.0 MPa

REMARKS

Kb = (Py – Po) / (Ry – Ro)

Rm = (Ro + Ry) / 2

Ed = (1 + υ) x Kb x Rm

5.2.3 GMJ

Project : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사 GMJ Summary							
구분	공번	심도	지층	N치 (TCR/RQD)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)	비고
1	NTB-13	37.0	연 암	100/33	6,565	9,172	
2	NTB-13	48.0	경 암	100/53	6,948	12,831	
3	NTB-16	32.0	연 암	100/40	7,550	10,591	
4	NTB-20	53.0	경암	96/54	14,288	22,036	
5	NTB-23	46.0	경암	100/66	19,342	29,669	
6	NTB-27	40.0	경암	100/57	12,232	20,848	
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

GOODMAN JACK TEST RESULT

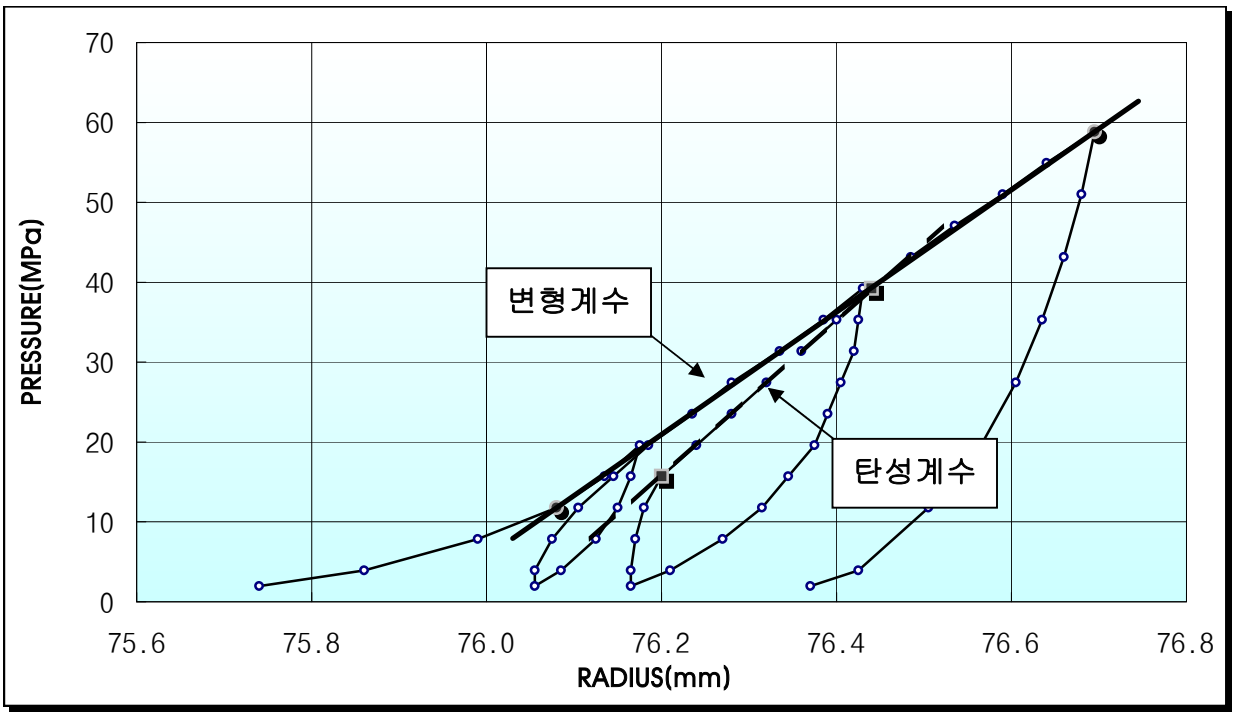
PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-13	DEPTH(m)	37.0m	MODEL	0
DATE	2011-04-17	STRATUM	연 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	문경수	ROCK TYPE	편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	박재은	TCR / RQD	100/33	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	$\Delta Q_h / \Delta U_d$
DEFORMATION	69.90	11.77	58.84	76.14	76.70	84.06
ELASTIC	69.90	15.69	39.23	76.20	76.44	98.07

Poisson's ratio	**0.30**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.397**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	6,564.87	6,564.87
ELASTIC MODULUS	7,659.02	9,171.96



GOODMAN JACK TEST RESULT

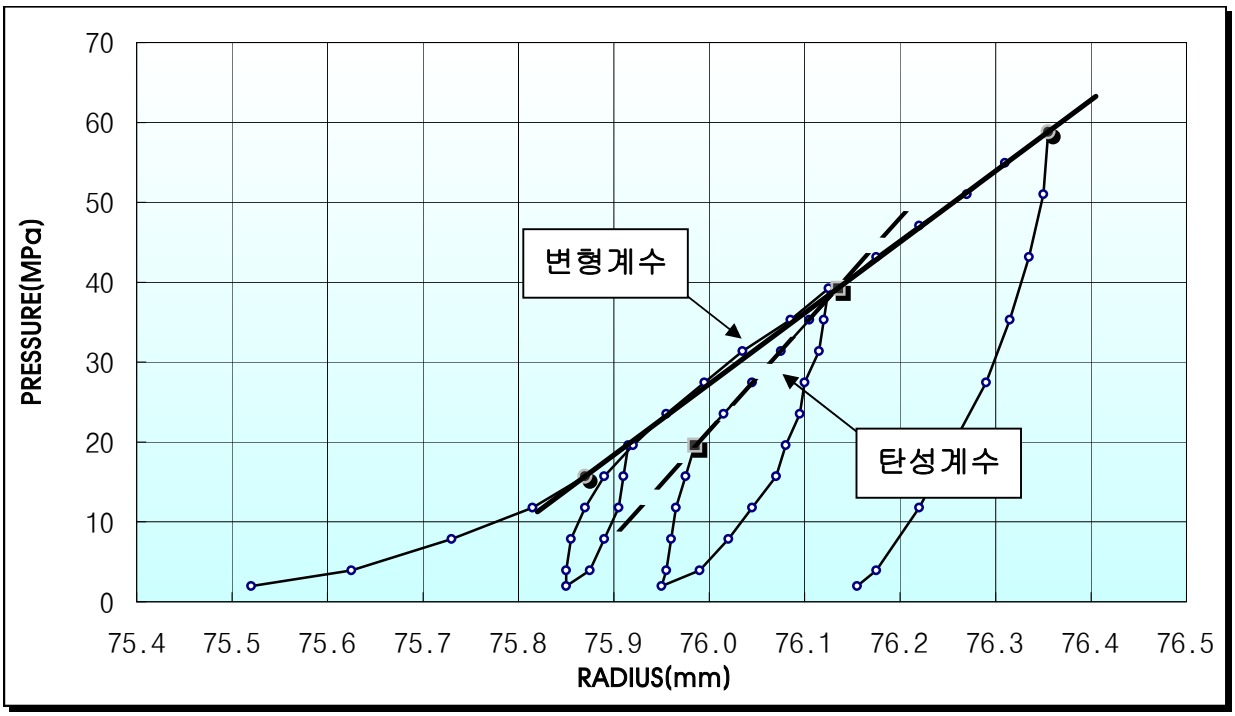
PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-13	DEPTH(m)	48.0m	MODEL	0
DATE	2011-04-17	STRATUM	경 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	문경수	ROCK TYPE	편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	박재은	TCR / RQD	100/53	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	ΔQ_h / ΔU_d
DEFORMATION	69.90	15.69	58.84	75.87	76.36	88.97
ELASTIC	69.90	19.61	39.23	75.99	76.14	130.75

Poisson's ratio	**0.30**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.397**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	6,948.39	6,948.39
ELASTIC MODULUS	10,212.02	12,831.09



GOODMAN JACK TEST RESULT

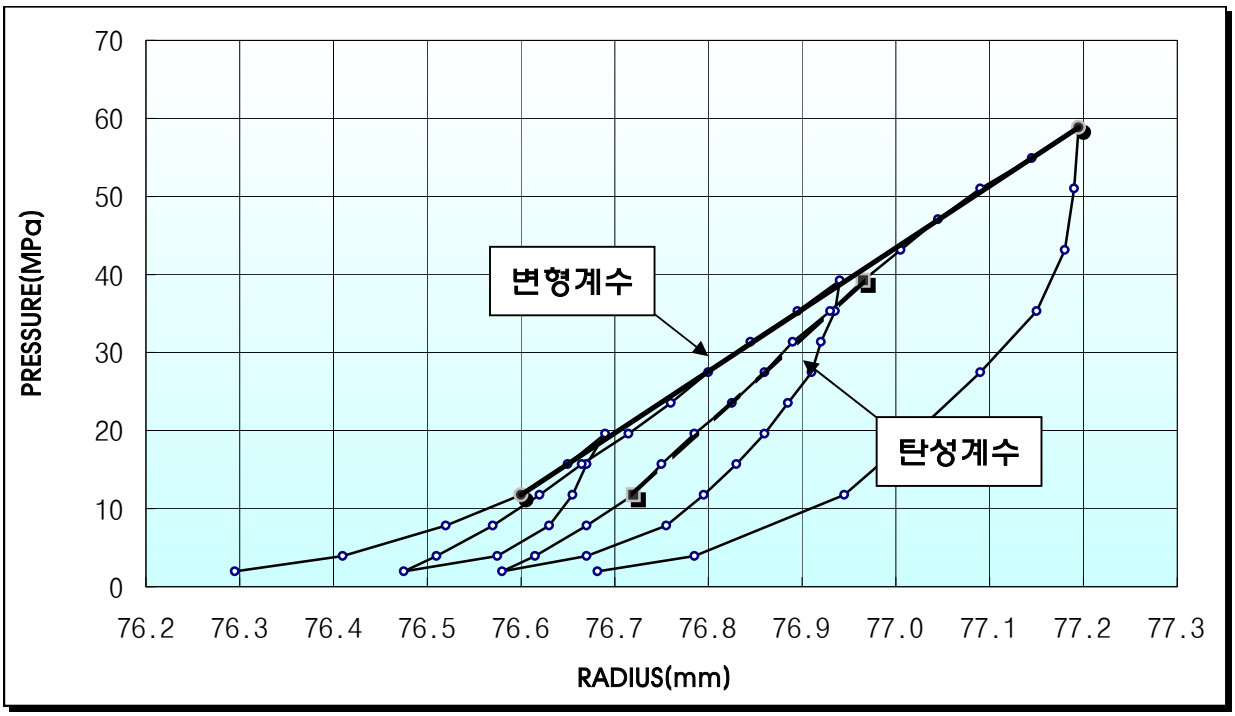
PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-16	DEPTH(m)	32.0m	MODEL	0
DATE	2011-03-11	STRATUM	연 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	문경수	ROCK TYPE	흑운모 편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	박재은	TCR / RQD	100/40	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	ΔQ_h / ΔU_d
DEFORMATION	69.90	11.77	58.84	76.60	77.20	79.11
ELASTIC	69.90	11.77	39.23	76.72	76.97	112.08

Poisson's ratio	**0.30**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.397**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	6,178.70	7,549.56
ELASTIC MODULUS	8,753.16	10,591.28



GOODMAN JACK TEST RESULT

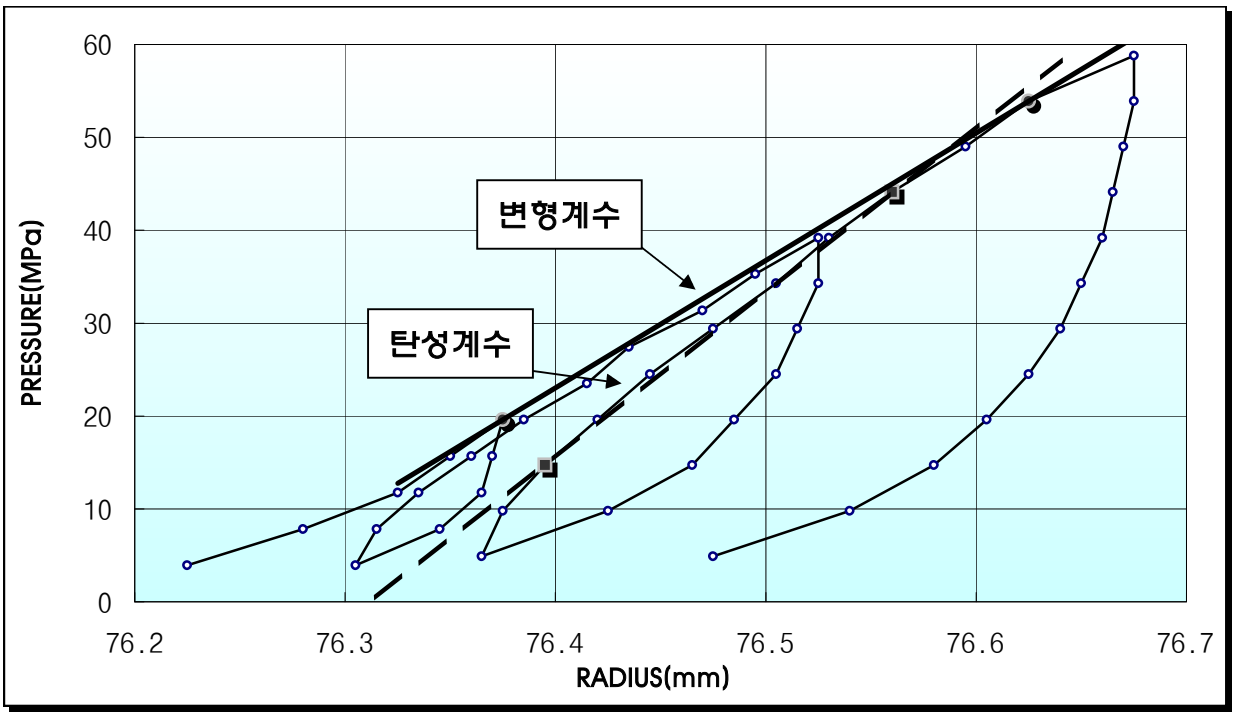
PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-20	DEPTH(m)	53.0m	MODEL	
DATE	2011-02-26	STRATUM	경암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	황석기	ROCK TYPE	흑운모편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	임성빈	TCR / RQD	96/54	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	ΔQ_h / ΔU_d
DEFORMATION	69.90	19.60	53.90	76.38	76.63	137.20
ELASTIC	69.90	14.70	44.10	76.40	76.56	178.18

Poisson's ratio	**0.25**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.438**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	11,029.90	14,288.03
ELASTIC MODULUS	14,324.55	22,035.79



GOODMAN JACK TEST RESULT

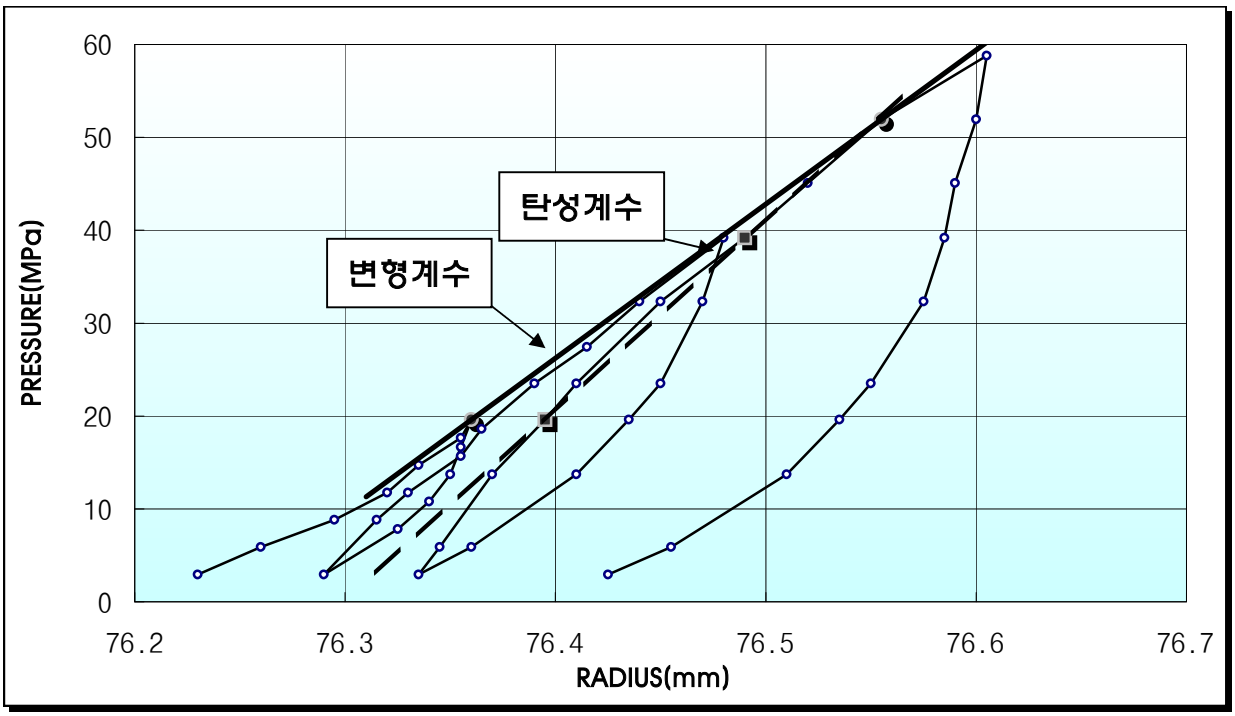
PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-23	DEPTH(m)	46.0m	MODEL	
DATE	2011-02-21	STRATUM	경암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	황석기	ROCK TYPE	흑운모편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	임성빈	TCR / RQD	100/66	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	$\Delta Q_h / \Delta U_d$
DEFORMATION	69.90	19.60	51.94	76.36	76.56	165.85
ELASTIC	69.90	19.60	39.20	76.40	76.49	206.32

Poisson's ratio	**0.25**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.438**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	13,332.85	19,341.62
ELASTIC MODULUS	16,586.32	29,668.64



GOODMAN JACK TEST RESULT

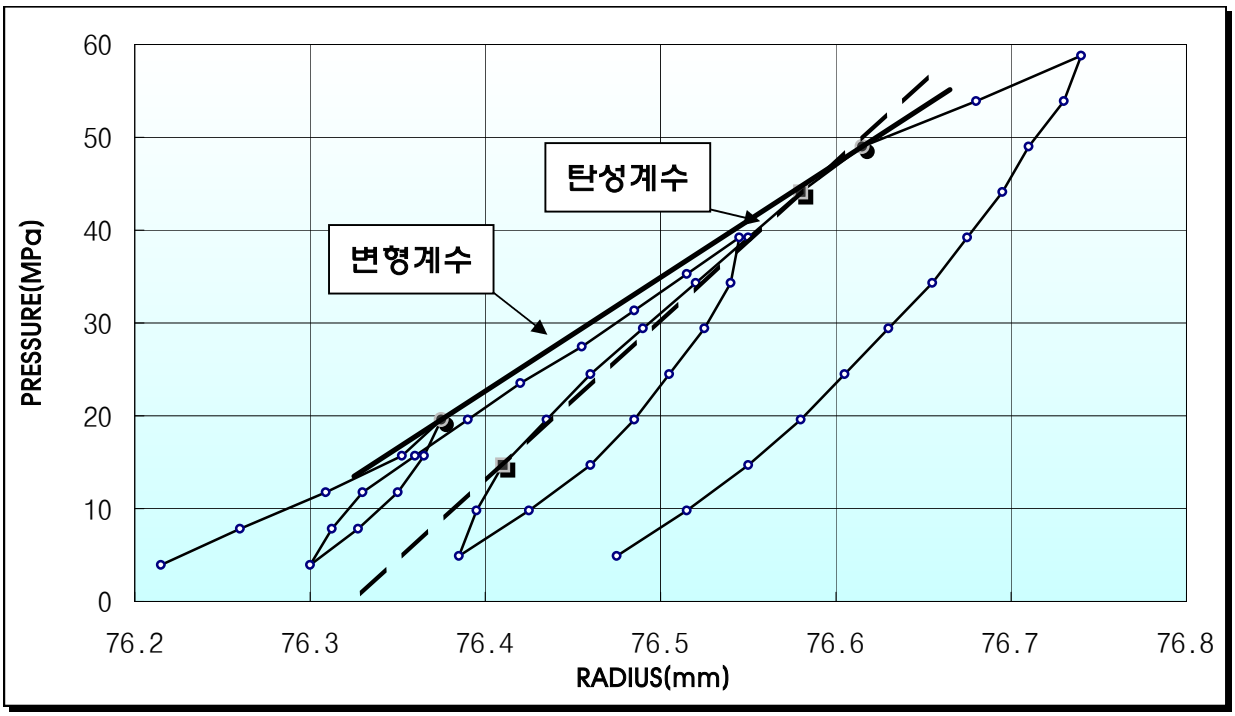
PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-27	DEPTH(m)	40.0m	MODEL	
DATE	2011-03-13	STRATUM	경암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	황석기	ROCK TYPE	흑운모편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	임성빈	TCR / RQD	100/57	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	ΔQ_h / ΔU_d
DEFORMATION	69.90	19.60	49.00	76.38	76.62	122.50
ELASTIC	69.90	14.70	44.10	76.41	76.58	172.94

Poisson's ratio	**0.25**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.438**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	9,848.12	12,231.55
ELASTIC MODULUS	13,903.24	20,848.16



Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 GMJ Summary

구분	공번	심도	지층	N치 (TCR/RQD)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)	비고
1	ATB-4	47.0	경 암	95/52	12,196	16,124	
2	ATB-7	50.0	경 암	100/85	6,804	9,451	
3	NNTB-1	29.0	연 암	92/20	3,305	4,890	
4	NNTB-2	37.0	경 암	95/75	9,719	12,958	
5	NNTB-4	41.0	연 암	100/29	4,658	6,385	
6	ATB-9	68.0	경 암	100/86	8,522	10,319	
7	ATB-18	43.0	연 암	100/32	3,121	4,817	
8	ATB-20	39.0	경 암	100/96	9,551	15,574	
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

GOODMAN JACK TEST RESULT

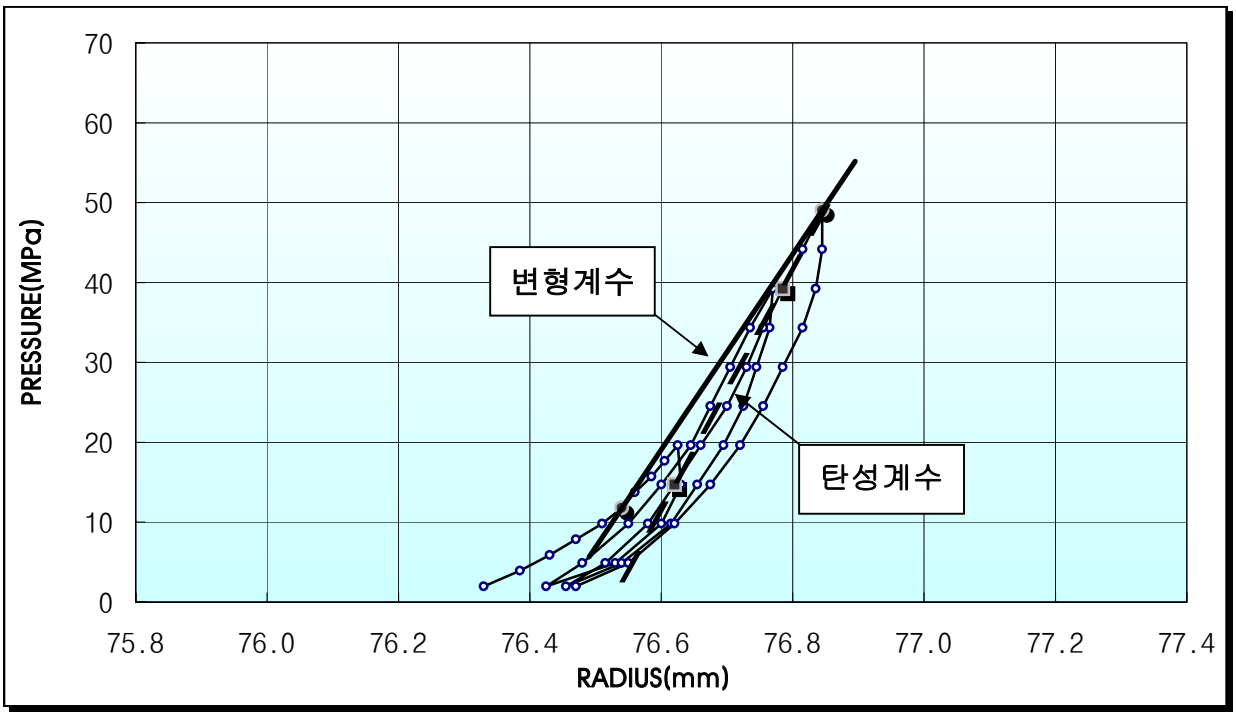
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-4	DEPTH(m)	47.0m	MODEL	0
DATE	2013-03-02	STRATUM	경 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	김근형	ROCK TYPE	편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	이상민	TCR / RQD	95/52	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	$\Delta Q_h / \Delta U_d$
DEFORMATION	69.90	11.77	49.05	76.54	76.85	122.22
ELASTIC	69.90	14.72	39.24	76.62	76.79	148.64

Poisson's ratio	**0.25**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.438**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	9,825.85	12,195.78
ELASTIC MODULUS	11,949.30	16,124.23



GOODMAN JACK TEST RESULT

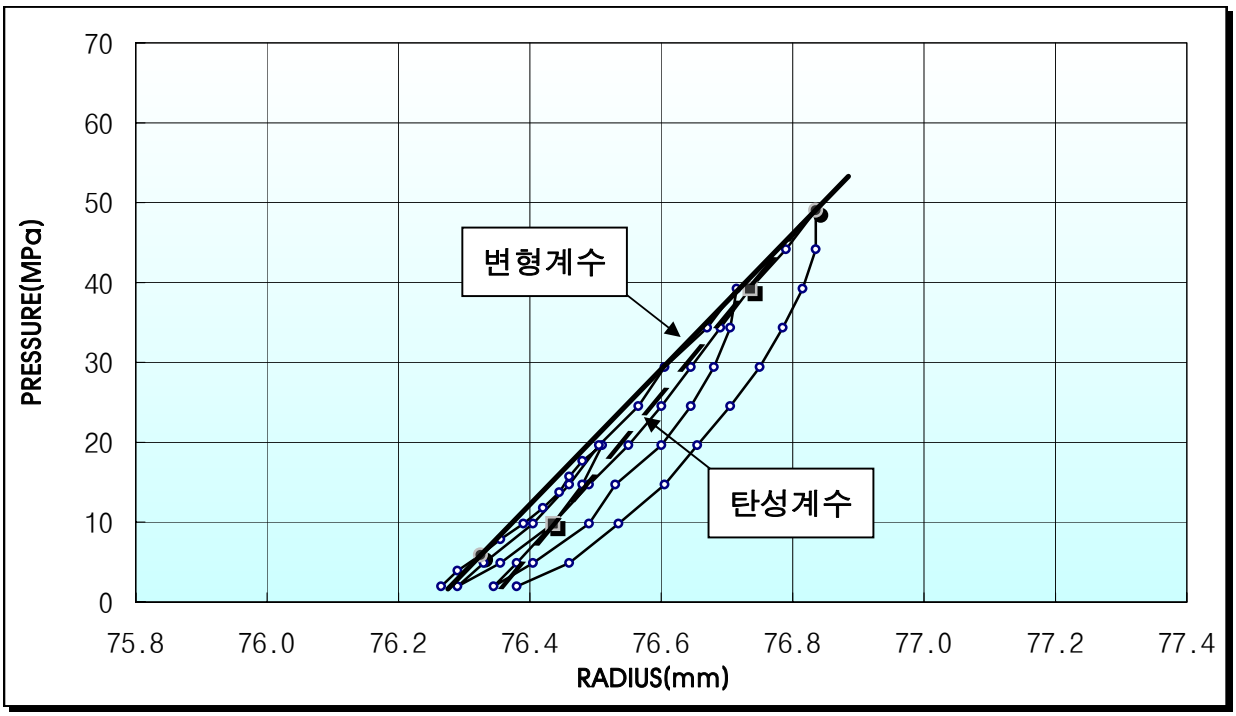
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-7	DEPTH(m)	50.0m	MODEL	0
DATE	2013-02-24	STRATUM	경 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	김근형	ROCK TYPE	편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	이상민	TCR / RQD	100/85	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	$\Delta Q_h / \Delta U_d$
DEFORMATION	69.90	5.89	49.05	76.33	76.84	84.64
ELASTIC	69.90	9.81	39.24	76.44	76.74	98.10

Poisson's ratio	**0.25**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.438**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	6,804.07	6,804.07
ELASTIC MODULUS	7,886.54	9,450.52



GOODMAN JACK TEST RESULT

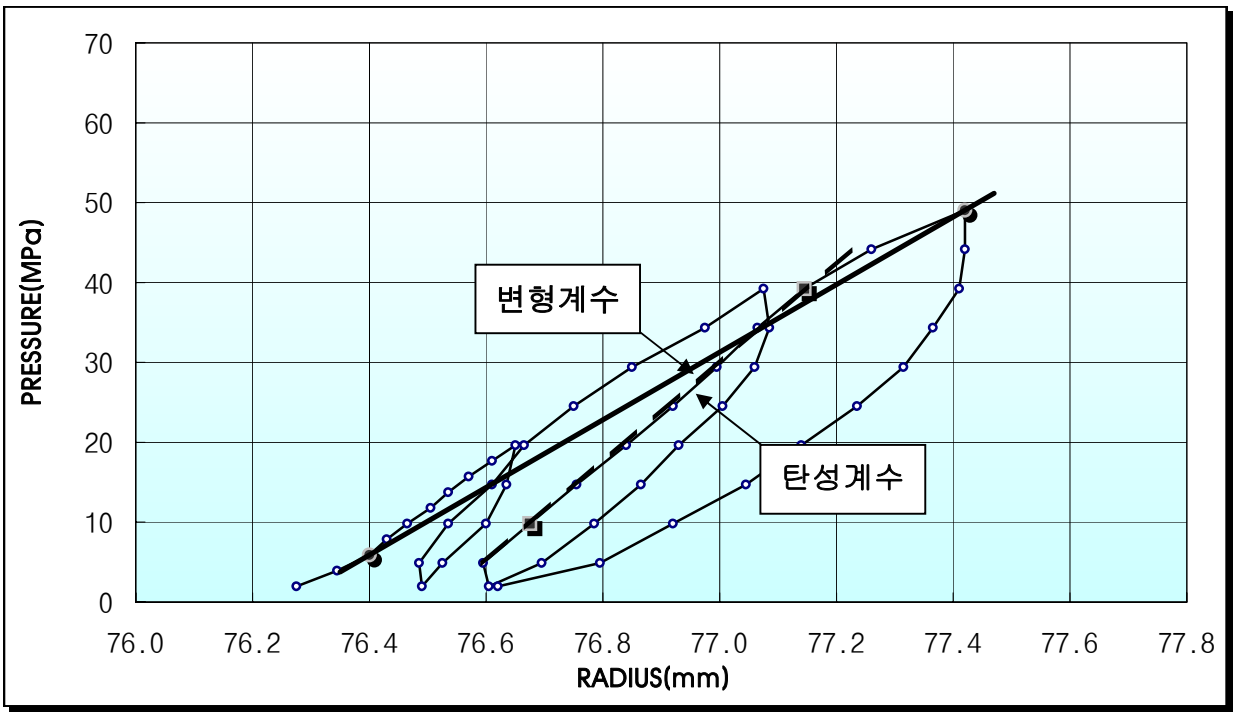
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNTB-1	DEPTH(m)	29.0m	MODEL	0
DATE	2013-02-24	STRATUM	연 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	김근형	ROCK TYPE	편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	이상민	TCR / RQD	92/20	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	ΔQ_h / ΔU_d
DEFORMATION	69.90	5.89	49.05	76.40	77.42	42.32
ELASTIC	69.90	9.81	39.24	76.68	77.15	62.62

Poisson's ratio	**0.30**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.397**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	**3,305.04**	**3,305.04**
ELASTIC MODULUS	**4,890.43**	**4,890.43**



GOODMAN JACK TEST RESULT

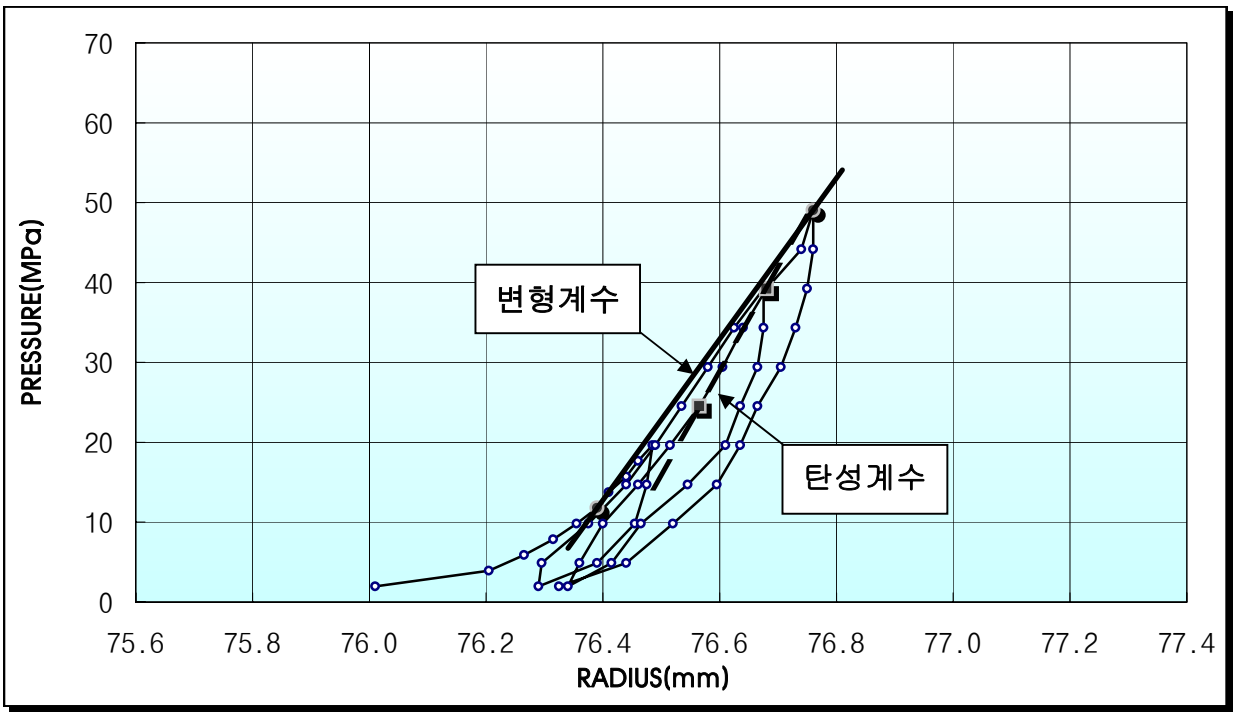
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNTB-2	DEPTH(m)	37.0m	MODEL	0
DATE	2013-02-22	STRATUM	경 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	김근형	ROCK TYPE	편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	이상민	TCR / RQD	95/75	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	$\Delta Q_h / \Delta U_d$
DEFORMATION	69.90	11.77	49.05	76.39	76.76	100.75
ELASTIC	69.90	24.53	39.24	76.57	76.68	127.96

Poisson's ratio	**0.25**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.438**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	8,099.69	9,719.16
ELASTIC MODULUS	10,286.79	12,957.87



GOODMAN JACK TEST RESULT

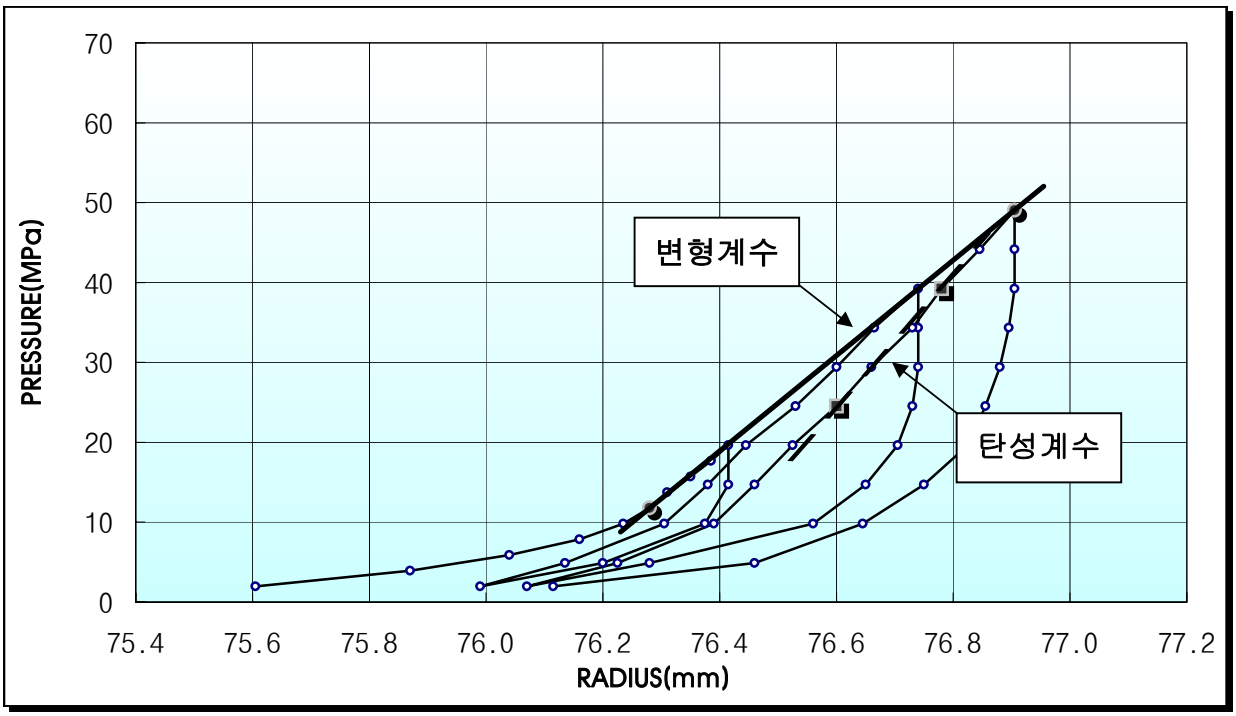
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNTB-4	DEPTH(m)	41.0m	MODEL	0
DATE	2013-02-07	STRATUM	연 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	김근형	ROCK TYPE	편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	이상민	TCR / RQD	100/29	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	$\Delta Q_h / \Delta U_d$
DEFORMATION	69.90	11.77	49.05	76.28	76.91	59.64
ELASTIC	69.90	24.53	39.24	76.60	76.78	81.75

Poisson's ratio	**0.30**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.397**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	4,658.30	4,658.30
ELASTIC MODULUS	6,384.73	6,384.73



GOODMAN JACK TEST RESULT

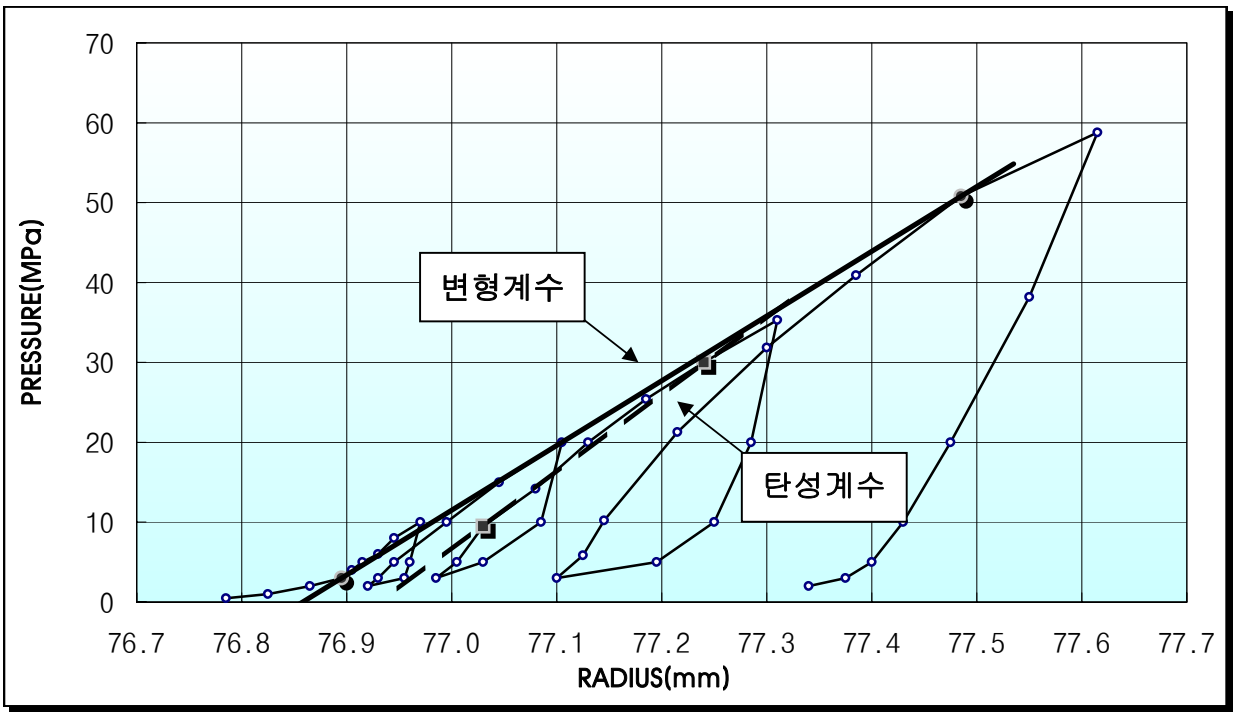
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-9	DEPTH(m)	68.0m	MODEL	0
DATE	2013-02	STRATUM	경 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	정상하	ROCK TYPE	편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	허성현	TCR / RQD	100/86	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	ΔQ_h / ΔU_d
DEFORMATION	76.20	3.00	50.80	76.90	77.49	81.02
ELASTIC	76.20	9.50	30.00	77.03	77.24	97.62

Poisson's ratio	**0.25**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.438**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	7,100.21	8,522.14
ELASTIC MODULUS	8,555.19	10,319.12



GOODMAN JACK TEST RESULT

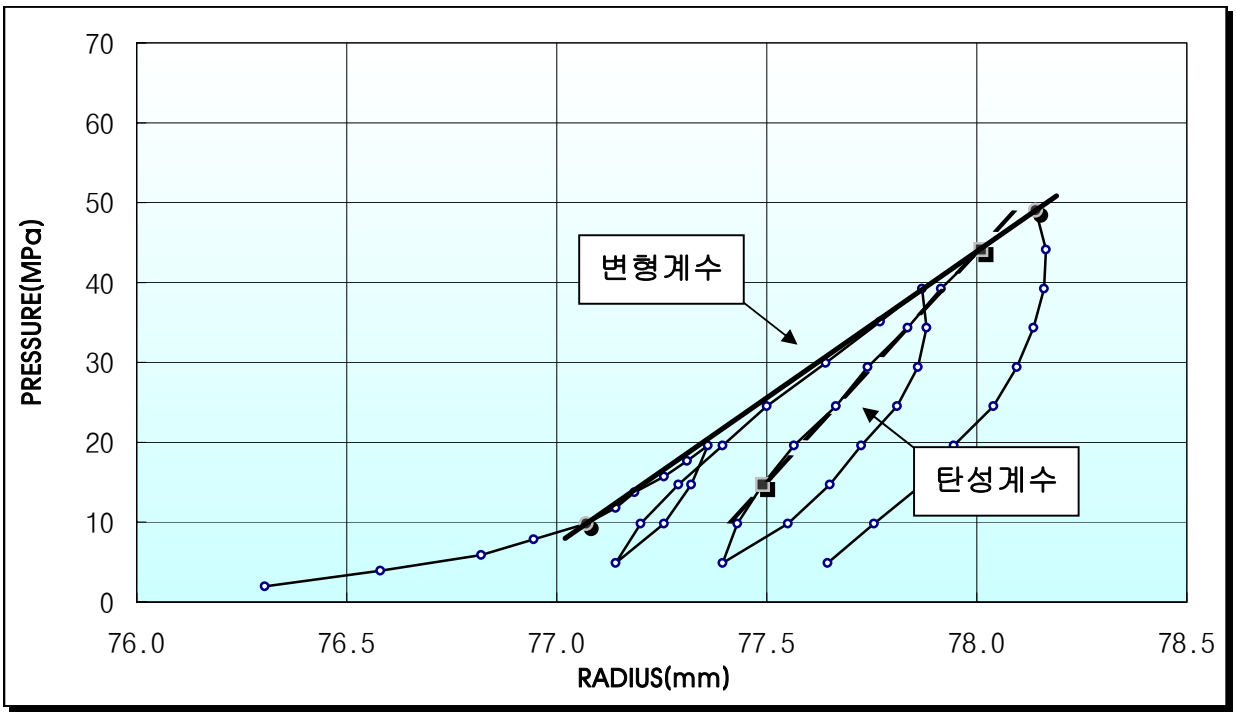
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-18	DEPTH(m)	43.0m	MODEL	0
DATE	2013-01	STRATUM	연 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	정상하	ROCK TYPE	편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	허성현	TCR / RQD	100/32	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	ΔQ_h / ΔU_d
DEFORMATION	76.20	9.81	49.03	77.07	78.14	36.66
ELASTIC	76.20	14.71	44.13	77.49	78.01	56.58

Poisson's ratio	**0.30**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.397**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	3,121.26	3,121.26
ELASTIC MODULUS	4,816.94	4,816.94



GOODMAN JACK TEST RESULT

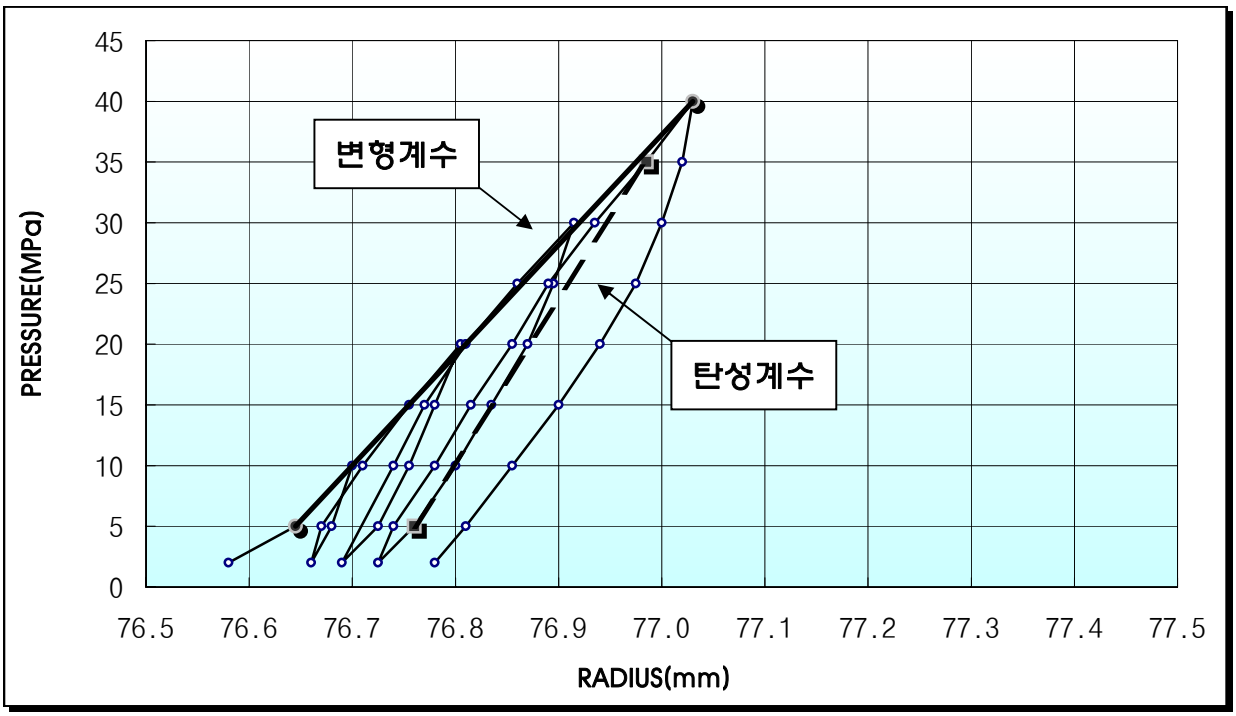
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-20	DEPTH(m)	39.0m	MODEL	0
DATE	2013-03-01	STRATUM	경 암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	정상하	ROCK TYPE	편마암	DIRECTION	Lateral
CHECKED BY	허성현	TCR / RQD	100/96	REMARK	

항 목	d (mm)	Q_1 (MPa)	Q_2 (MPa)	U_1 (mm)	U_2 (mm)	$\Delta Q_h / \Delta U_d$
DEFORMATION	76.20	5.00	40.00	76.65	77.03	90.91
ELASTIC	76.20	5.00	35.00	76.76	76.99	133.33

Poisson's ratio	**0.25**	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
K(v)	**1.438**	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

$$E_{cal} = 0.86e \times d \times \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta U_d}\right) \times K(v) \ , \ E_{true} = Exp(0.132E_{cal}) \times 3.35 \ (when, \ E_{cal} \geq 7GPa)$$

항 목	E_{cal} (MPa)	E_{true} (MPa)
DEFORMATION MODULUS	7,967.14	9,551.22
ELASTIC MODULUS	11,685.14	15,573.74



5.3 공내전단시험

Project : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사 BST Summary

구분	공번	심도	지층	N치	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	비고
1	NTB-2	17.0	풍화토	50/30	27.56	28.28	
2	NTB-6	18.0	풍화토	50/12	26.17	29.15	
3	NTB-7	25.0	풍화암	50/7	27.51	33.44	
4	NTB-10	24.2	풍화토	50/12	28.71	32.69	
5	NTB-13	26.0	풍화토	50/20	23.35	29.85	
6	NBB-6	21.0	풍화토	50/14	28.30	28.46	
7	NBB-7	36.0	풍화암	50/6	31.10	32.86	
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-2	DEPTH(m)	17.0m	G.W.L.	18.4m
DATE	2011-02-16	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	김송민	SOIL TYPE	실트질 모래	REMARK	
CHECKED BY	김송민	N VALUE	50/30		

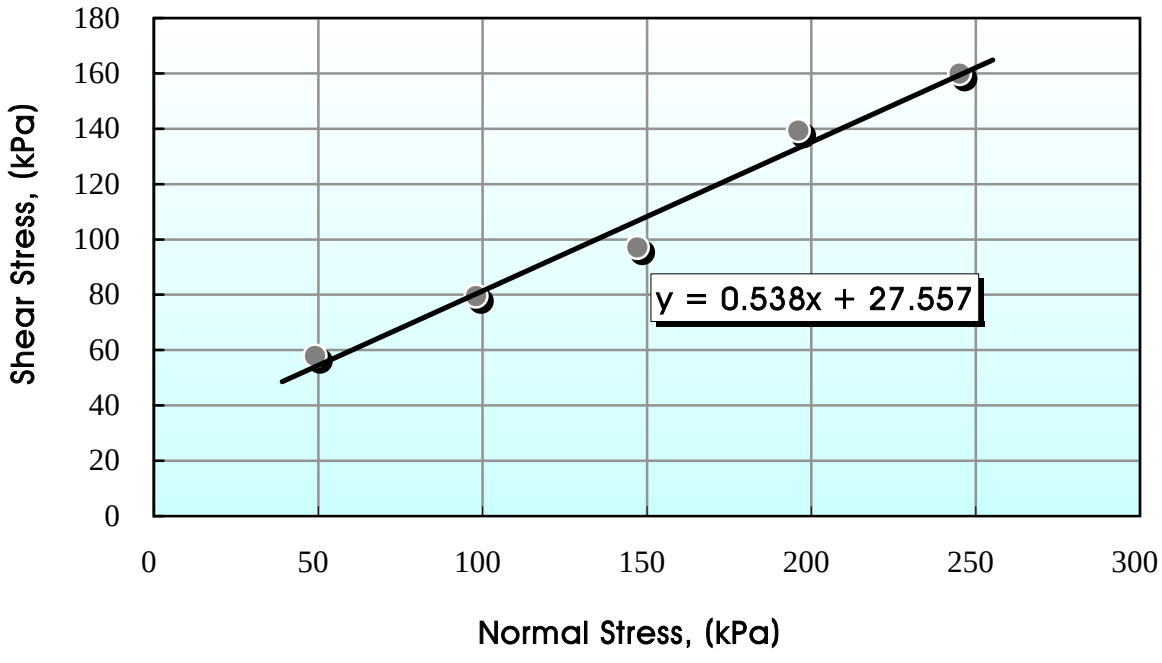
TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	49.0	57.9
2	98.1	79.4
3	147.1	97.1
4	196.1	139.3
5	245.2	159.8

TEST RESULT

Subject	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	27.6
Friction Angle	(°)	28.3
R^2	(%)	97.93
Remark		

Normal-Shear Stress Graph



BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-6	DEPTH(m)	18.0m	G.W.L.	8.0m
DATE	2011-03-12	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	홍성현	SOIL TYPE	실트질 모래	REMARK	
CHECKED BY	정필만	N VALUE	50/12		

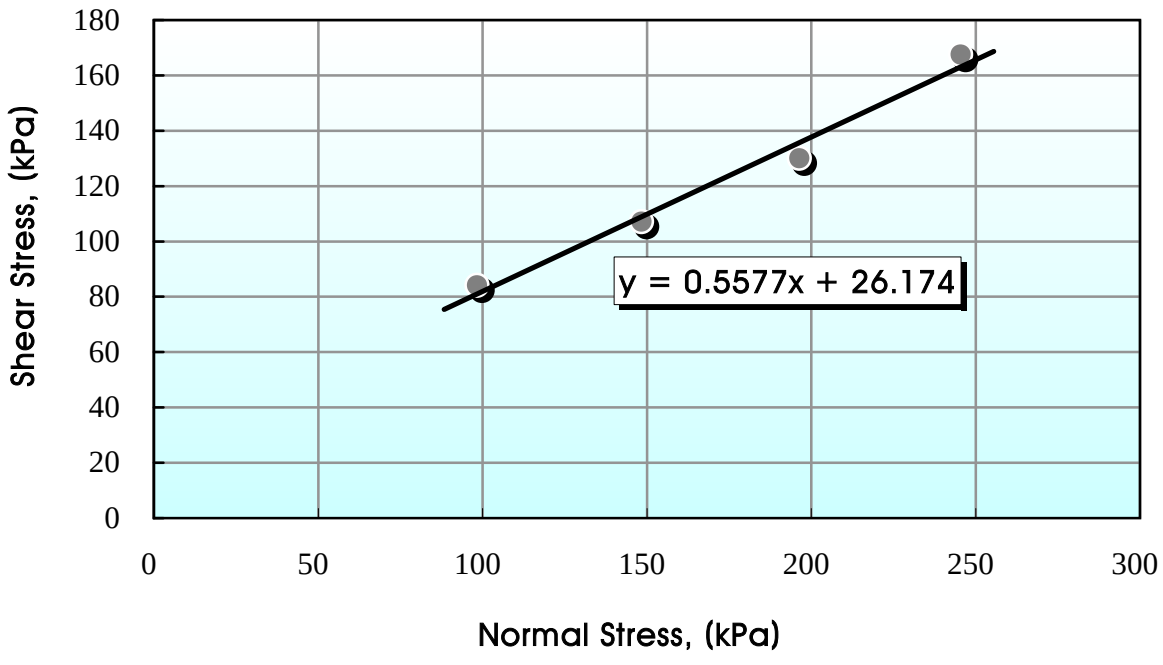
TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	98.3	84.1
2	148.4	107.1
3	196.4	130.0
4	245.5	167.5
5		

TEST RESULT

Subject	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	26.2
Friction Angle	(°)	29.1
R^2	(%)	98.29
Remark		

Normal-Shear Stress Graph



BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-7	DEPTH(m)	25.0m	G.W.L.	3.0m
DATE	2011-03-21	STRATUM	풍화암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	홍성현	SOIL TYPE	실트질 모래	REMARK	
CHECKED BY	정필만	N VALUE	50/7		

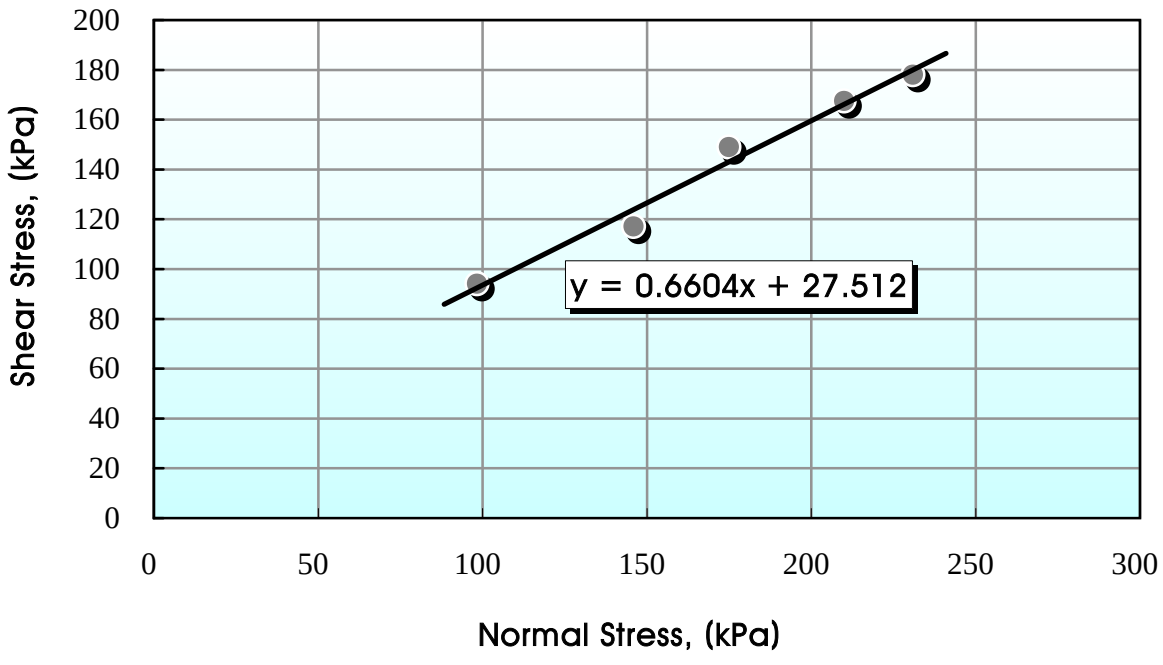
TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	98.3	94.1
2	146.0	117.1
3	175.0	149.0
4	210.0	167.5
5	231.0	178.0

TEST RESULT

Subject	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	27.5
Friction Angle	(°)	33.4
R^2	(%)	98.16
Remark		

Normal-Shear Stress Graph



BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-10	DEPTH(m)	24.2m	G.W.L.	6.5m
DATE	2011-04-17	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	홍성현	SOIL TYPE	실트질 모래	REMARK	
CHECKED BY	정필만	N VALUE	50/12		

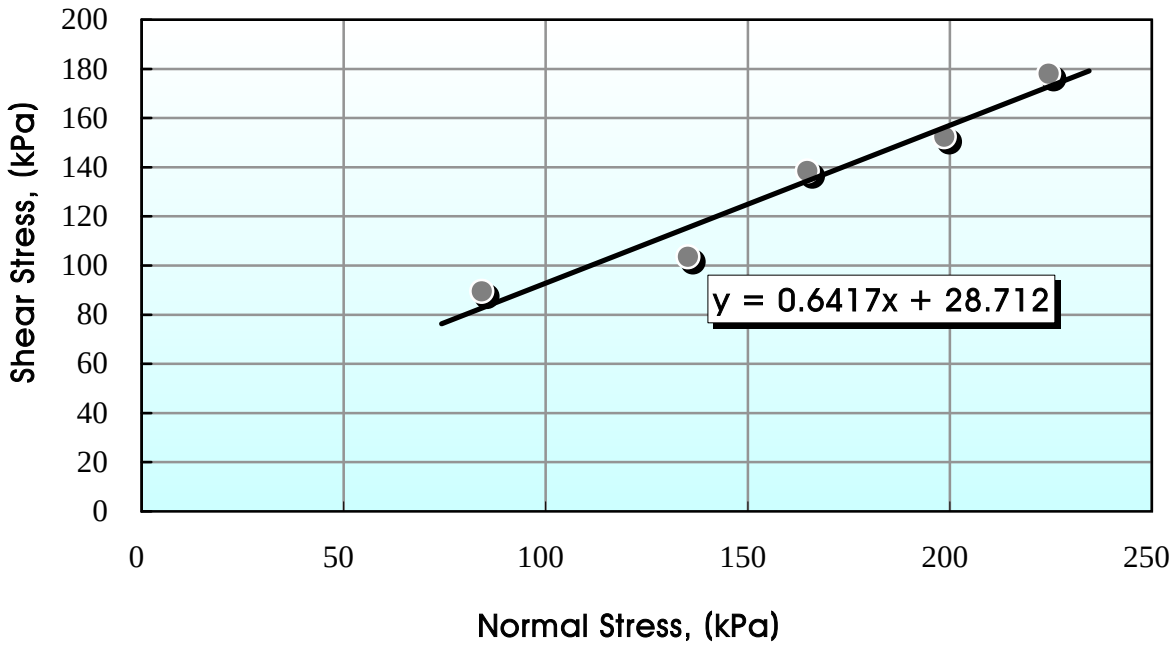
TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	84.2	89.4
2	135.2	103.5
3	164.8	138.4
4	198.7	152.4
5	224.5	178.0

TEST RESULT

Subject	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	28.7
Friction Angle	(°)	32.7
R^2	(%)	95.29
Remark		

Normal-Shear Stress Graph



BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NTB-13	DEPTH(m)	26.0m	G.W.L.	12.0m
DATE	2011-04-17	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	홍성현	SOIL TYPE	실트질 모래	REMARK	
CHECKED BY	정필만	N VALUE	50/20		

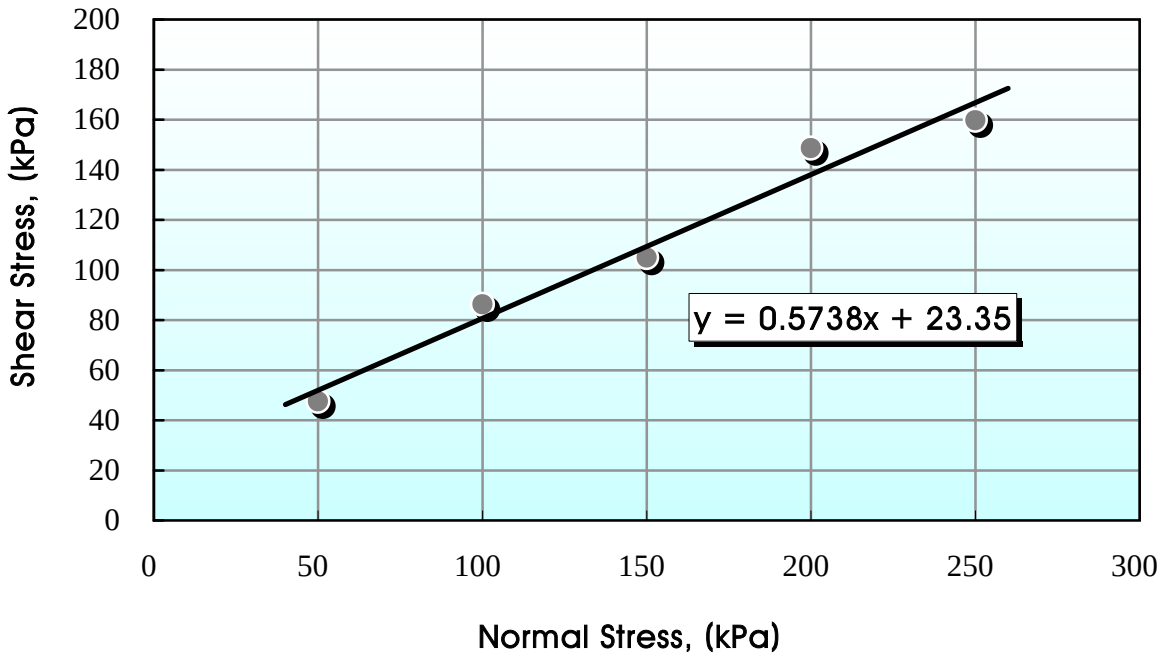
TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	50.0	47.5
2	100.0	86.3
3	150.0	104.9
4	200.0	148.6
5	250.0	159.8

TEST RESULT

Subject	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	23.4
Friction Angle	(°)	29.8
R^2	(%)	97.27
Remark		

Normal-Shear Stress Graph



BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NBB-6	DEPTH(m)	21.0m	G.W.L.	13.7m
DATE	2011-02-24	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	오세찬	SOIL TYPE	실트질 모래	REMARK	
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	50/14		

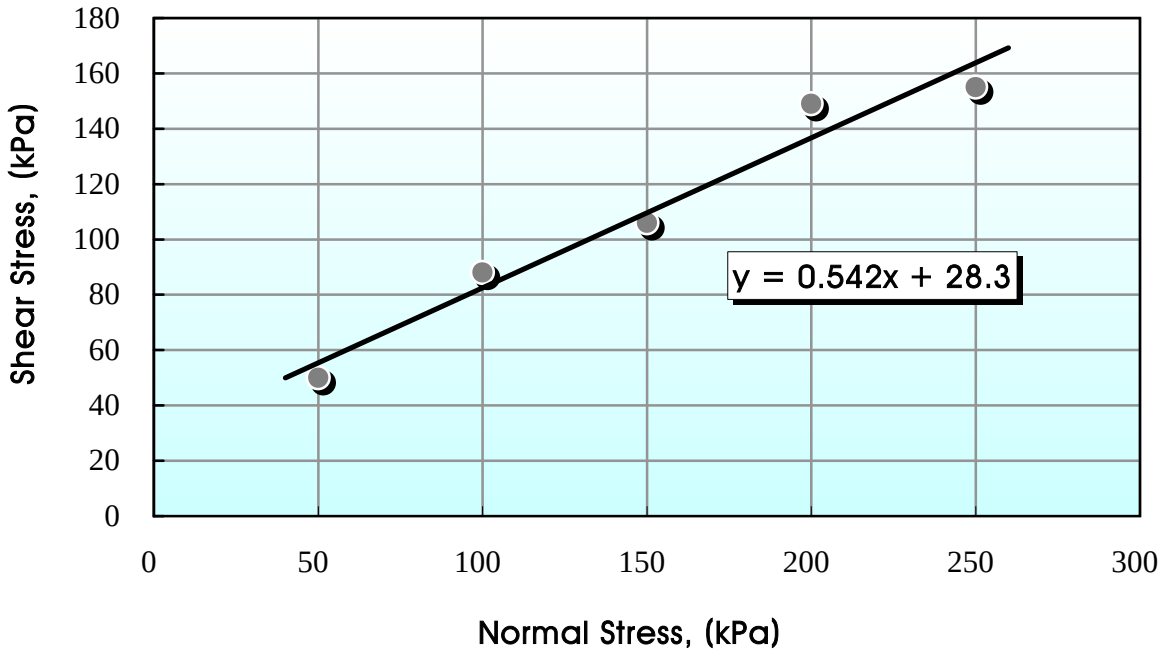
TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	50.0	50.0
2	100.0	88.0
3	150.0	106.0
4	200.0	149.0
5	250.0	155.0

TEST RESULT

Subject	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	28.3
Friction Angle	(°)	28.5
R^2	(%)	96.06
Remark		

Normal-Shear Stress Graph



BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

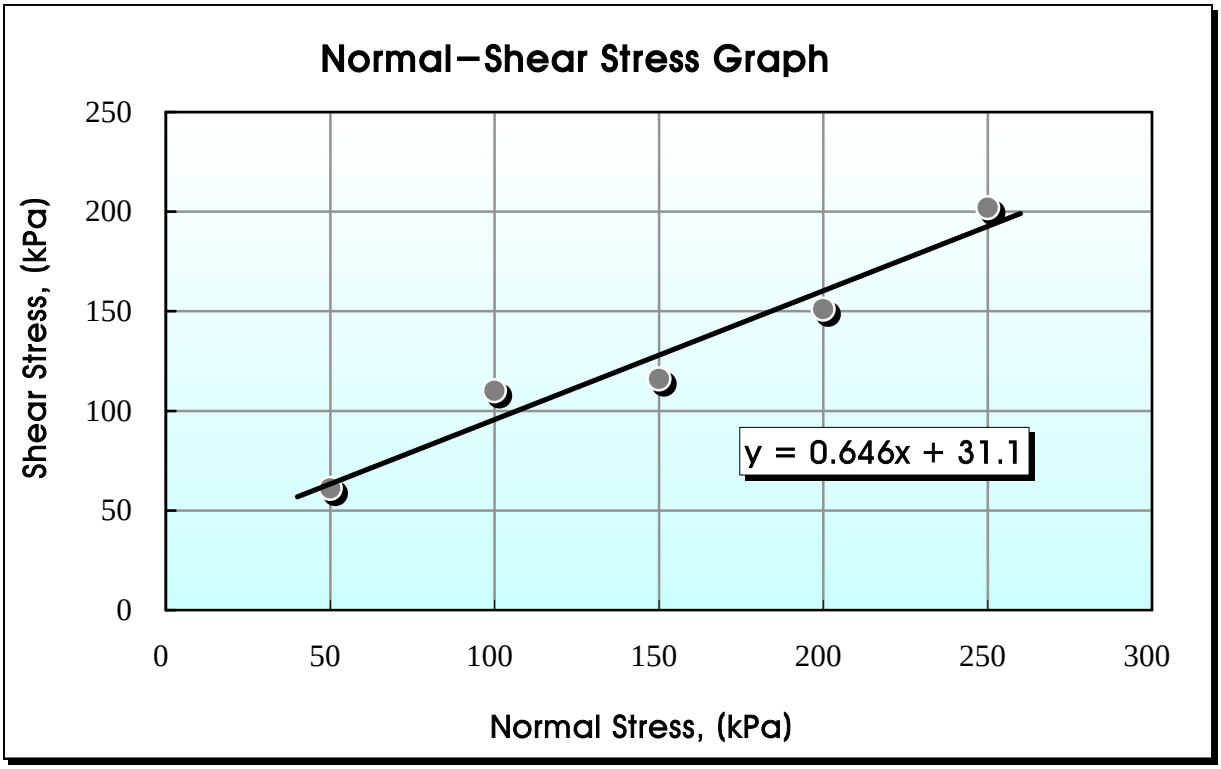
PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	NBB-7	DEPTH(m)	36.0m	G.W.L.	12.8m
DATE	2011-02-23	STRATUM	풍화암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	오세찬	SOIL TYPE	실트질 모래	REMARK	
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	50/6		

TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	50.0	61.0
2	100.0	110.0
3	150.0	116.0
4	200.0	151.0
5	250.0	202.0

TEST RESULT

Subject	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	31.1
Friction Angle	(°)	32.9
R^2	(%)	95.17
Remark		



Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 BST Summary

구분	공번	심도	지층	N치	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	비고
1	ATB-1	13.5	풍화토	50/30	25.60	28.90	
2	NNBB-6	14.0	풍화토	14/30	23.50	26.79	
3	ATB-21	14.0	풍화토	50/28	16.66	29.94	
4	NNBB-9	15.0	풍화토	50/13	18.82	28.37	
5	NNBB-10	14.0	풍화암	50/4	30.38	33.02	
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

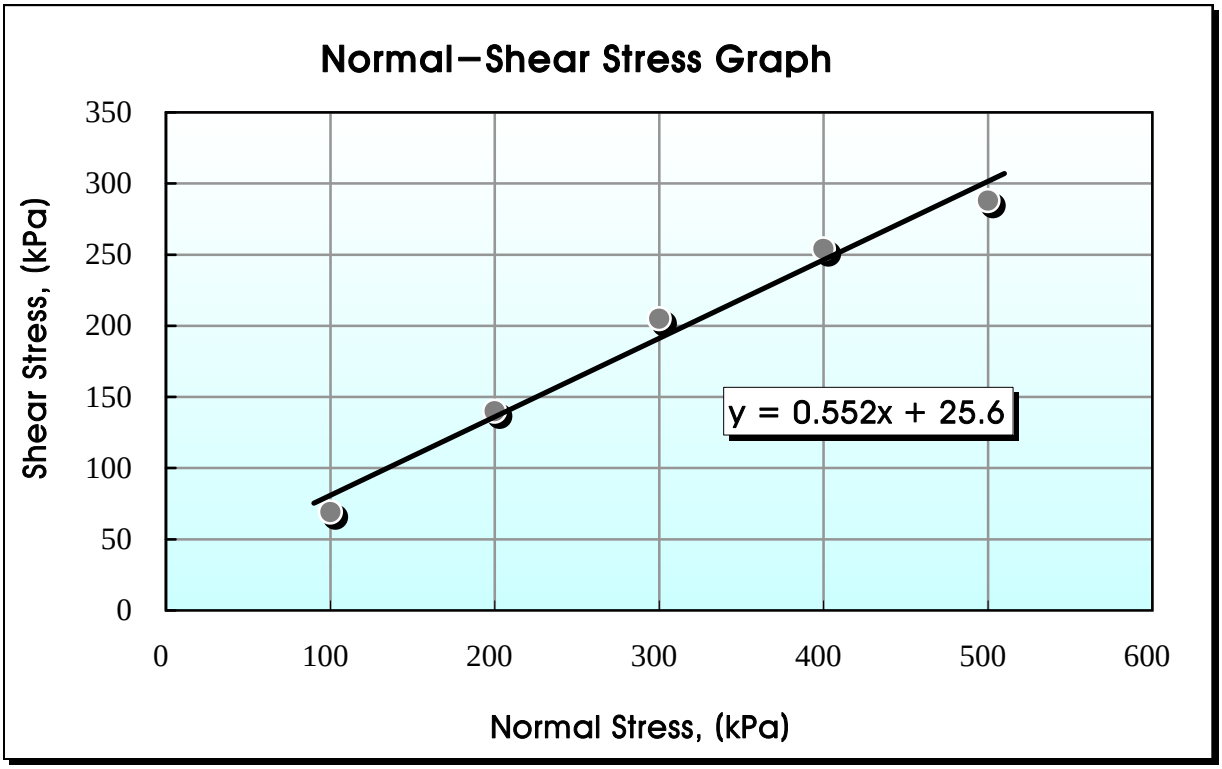
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-1	DEPTH(m)	13.5m	G.W.L.	5.5m
DATE	2013-03-22	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	김근형	SOIL TYPE	실트질 모래	REMARK	
CHECKED BY	이상민	N VALUE	50/30		

TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	100.0	69.0
2	200.0	140.0
3	300.0	205.0
4	400.0	254.0
5	500.0	288.0

TEST RESULT

Subject	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	25.6
Friction Angle	(°)	28.9
R^2	(%)	98.11
Remark		



BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

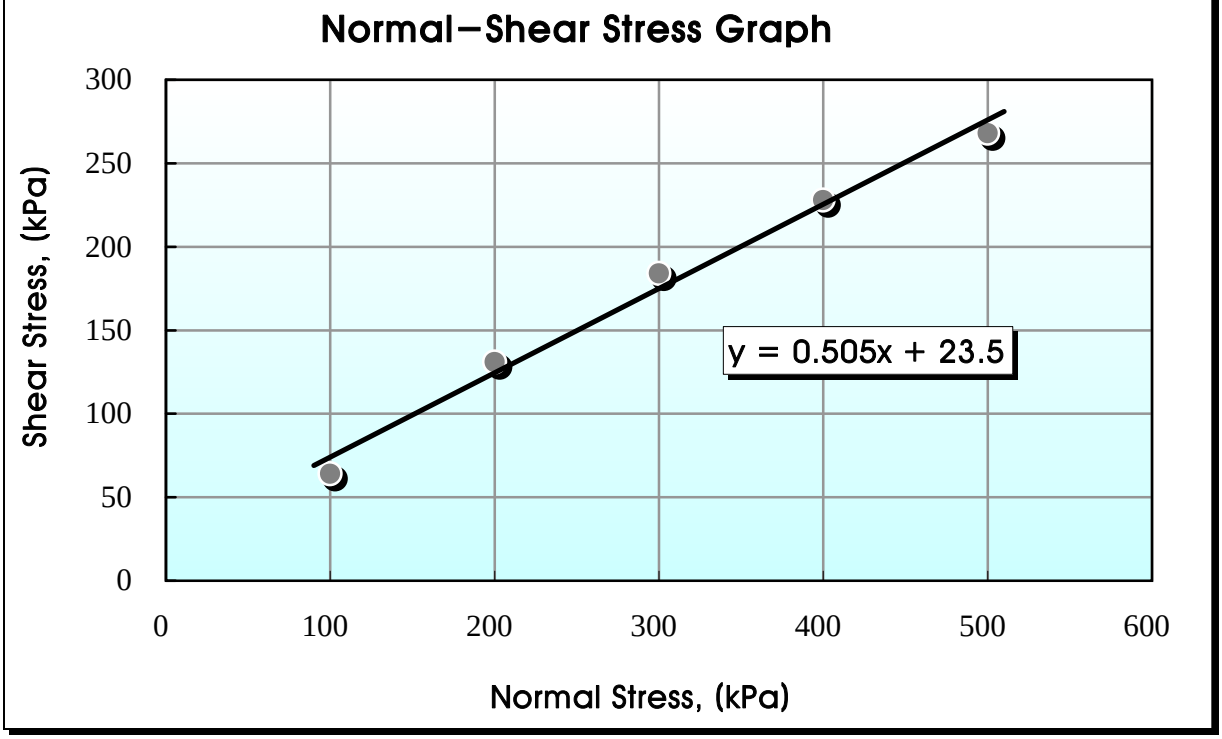
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNBB-6	DEPTH(m)	14.0m	G.W.L.	6.5m
DATE	2013-03-22	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	김근형	SOIL TYPE	실트질 모래	REMARK	
CHECKED BY	이상민	N VALUE	14/30		

TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	100.0	64.0
2	200.0	131.0
3	300.0	184.0
4	400.0	228.0
5	500.0	268.0

TEST RESULT

Subject	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	23.5
Friction Angle	(°)	26.8
R^2	(%)	98.86
Remark		



BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

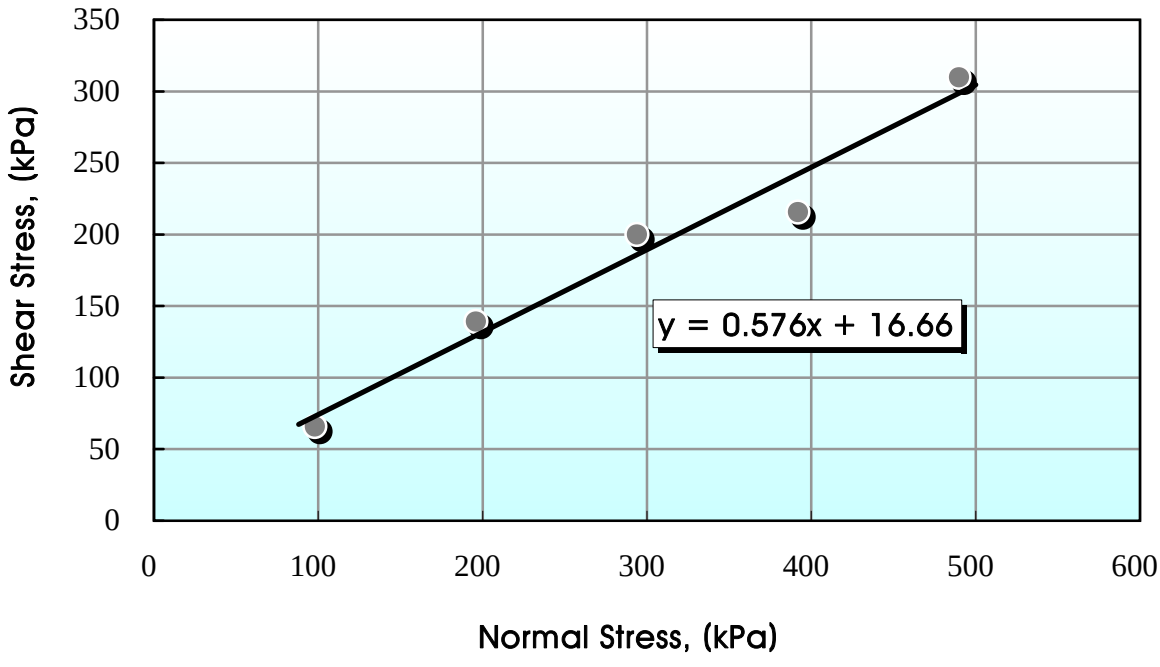
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-21	DEPTH(m)	14.0m	G.W.L.	
DATE	2013-03	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	정상하	SOIL TYPE	실트질 모래	REMARK	
CHECKED BY	허성현	N VALUE	50/28		

TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	98.0	65.7
2	196.0	139.2
3	294.0	199.9
4	392.0	215.6
5	490.0	309.7

TEST RESULT

Subject	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	16.7
Friction Angle	(°)	29.9
R^2	(%)	96.43
Remark		



BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

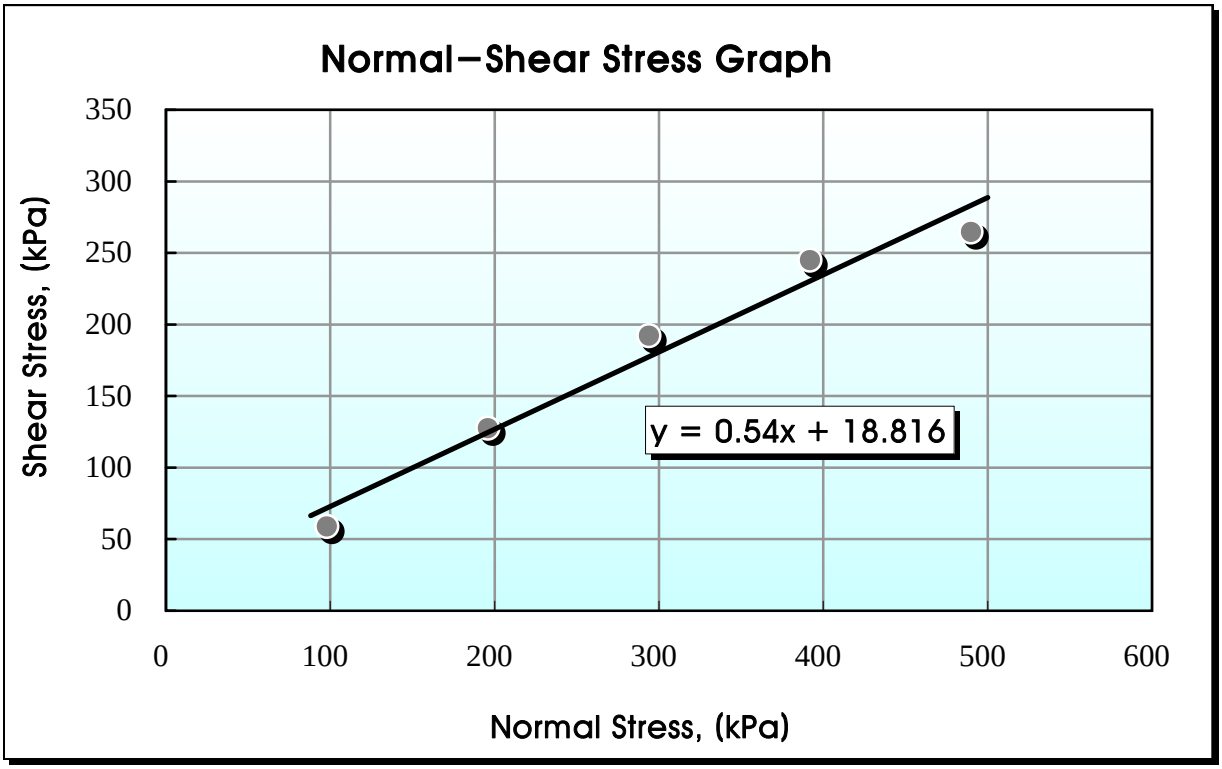
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNBB-9	DEPTH(m)	15.0m	G.W.L.	
DATE	2013-03	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	정상하	SOIL TYPE	실트질 모래	REMARK	
CHECKED BY	허성현	N VALUE	50/13		

TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	98.0	58.8
2	196.0	127.4
3	294.0	192.1
4	392.0	245.0
5	490.0	264.6

TEST RESULT

Subject	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	18.8
Friction Angle	(°)	28.4
R^2	(%)	96.72
Remark		



BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

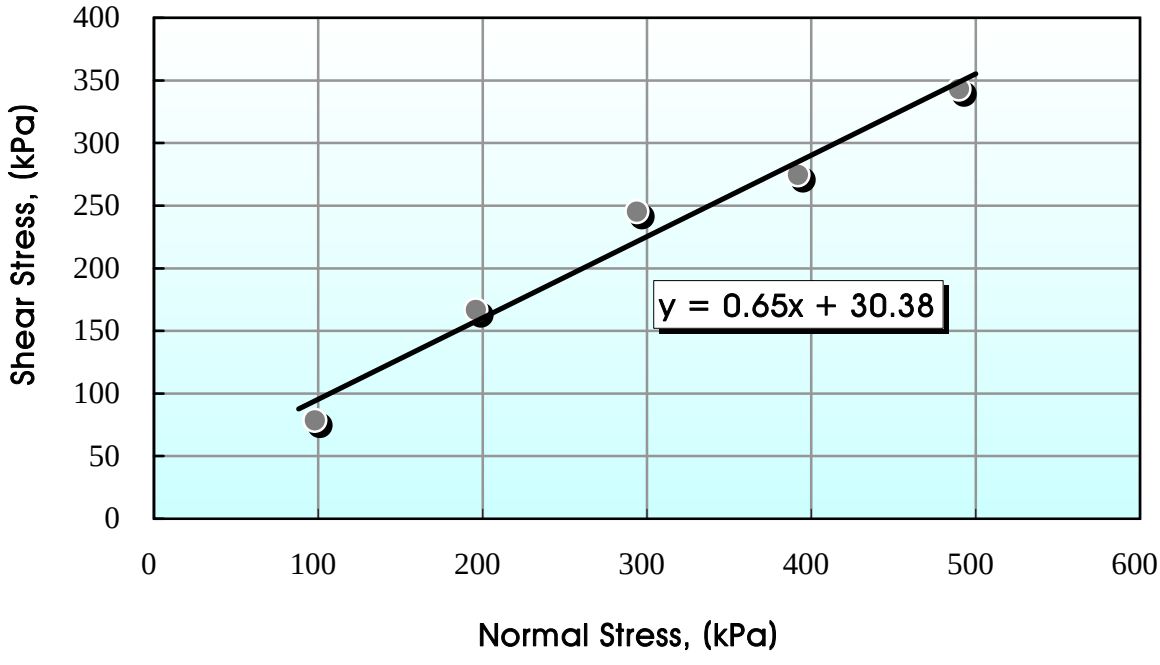
PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNBB-10	DEPTH(m)	14.0m	G.W.L.	
DATE	2013-03	STRATUM	풍화암	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	정상하	SOIL TYPE	-	REMARK	
CHECKED BY	허성현	N VALUE	50/4		

TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	98.0	78.4
2	196.0	166.6
3	294.0	245.0
4	392.0	274.4
5	490.0	343.0

TEST RESULT

Subject	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	30.4
Friction Angle	(°)	33.0
R^2	(%)	97.53
Remark		



BOREHOLE SHEAR TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 지반조사				
HOLE NO.	ATBH-2	DEPTH(m)	18.0m	G.W.L.	17.1m
DATE	2015-11-20	STRATUM	풍화토	HOLE SIZE	NX
TESTED BY	M.C.KIM	SOIL TYPE	실트질 모래	REMARK	
CHECKED BY	J.Y.KIM	N VALUE	**50/25**		

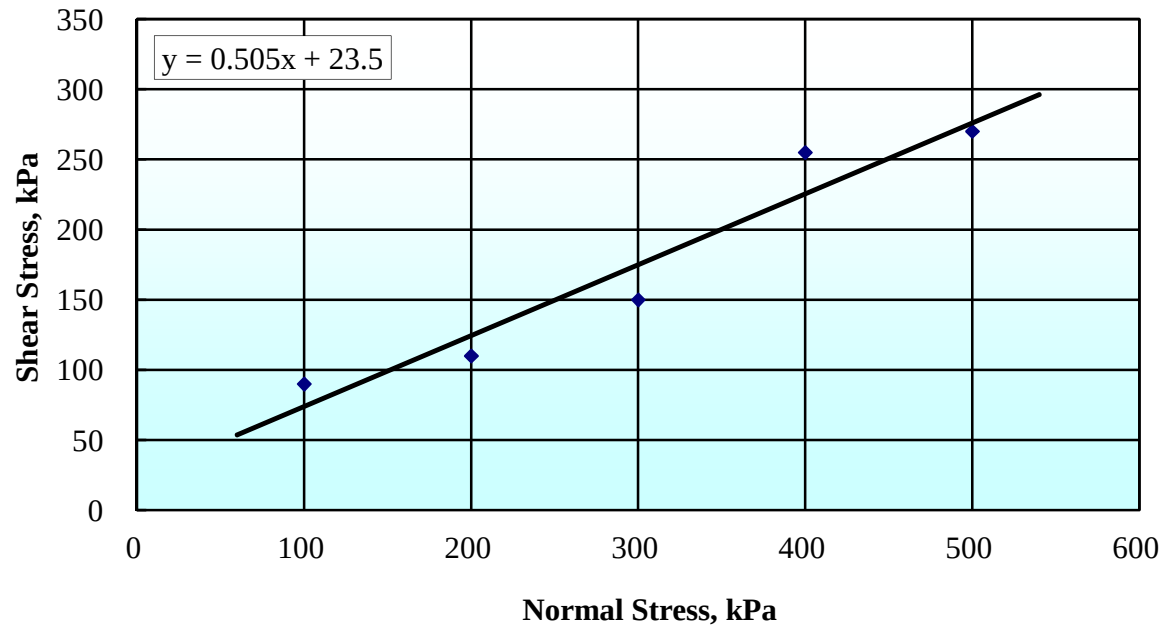
TEST DATA

NO.	Normal Stress (kPa)	Shear Stress (kPa)
1	100	90
2	200	110
3	300	150
4	400	255
5	500	270

TEST RESULT

	Unit	Value
Cohesion	(kPa)	23.5
Friction Angle	(°)	26.8
R^2	(%)	92.74
Remark		

Normal-Shear Stress Graph



5.4 콘관입시험

제1장 현장시험 내용

1.1 콘관입시험(CPT:Cone Penetration Test)

1.1.1 시험 개요

콘관입시험은 사용되는 콘의 종류에 따라 기계식 콘, 전기식 콘, 피에죠콘 등이 있다. 기계식 콘은 일반적으로 마찰 맨틀콘이라고 불리는 것으로 원추와 마찰 슬리브가 이중관으로 분리되어 있어 원추 관입저항력과 마찰저항력을 분리 측정하는 것이며, 피에죠콘은 콘 내부에 전기식 로드셀을 설치하여 콘 관입과 함께 원추관입저항력과 마찰저항력 및 간극수압을 연속적으로 측정할수 있는 장비로서, 기계식 콘에 비해 연속적이고 정확한 값을 얻을 수 있고 간극수압을 이용하여 보다 정확하게 지반의 특성을 추정할 수 있으며, 지반의 투수특성 및 압밀특성을 파악할 수 있는 장점을 가지고 있기 때문에 현재 북미 및 유럽지역에서 연약지반에 가장 많이 사용되고 있는 현장시험중의 하나이다. 피에죠콘(Piezocone)은 연약지반의 조사장비로 널리 사용되고 있는 기존의 Dutch cone을 개량하여 간극수압 및 간극수압 소산속도를 측정할수 있도록 1970 년초에 Sweden 에서 개발되었다. 이후 1973년에 NGI(Norweigian Geotechnical Institute)에서 개량시켰으며, 1974년에 Janbu 등에 의해 간극수압과 함께 콘 저항치를 측정할 수 있게 개량하였고 그 후 콘 저항치(Resistance)와 마찰력(Friction), 간극수압(Porepressure)을 동시에 측정할 수 있는 현재와 같은 장비가 개발되었다. 이외에 음파를 이용하는 음향콘과 탄성파를 이용하여 지반의 동적특성을 파악하는 탄성파콘, 전기전도율을 이용하여 흙에 포함된 간극수의 성분을 파악하는 전기전도율 측정콘, 방사능을 이용하여 지반의 밀도를 측정하는 방사능 콘 등이 개발되어 지반조사는 물론 지반환경분야외 기타 특수목적을 위해 사용되고 있다.
본 시험에서 사용된 콘은 Geotch AB, Sweden사에서 개발된 음향콘으로 일련의 연결롯드 끝에 음향콘을 장착하고 유압관입기에 의해서 압입하며 (압입속도 ASTM 3441규정 2.0cm/sec ±0.5), 발생되는 음향(마이크로파)에 의해서 콘 선단저항치와, 슬리브의 마찰력, 간극수압을 연속적으로 임의의 심도까지 측정할 수 있는 첨단 지반조사 장비이다.

1.1.2 시험 목적

Piezocone Test는 임의의 심도까지 연속적으로 원추 콘관입저항치, 슬리브의 마찰력, 간극수압(필요시 콘관입 경사도)을 측정하는 원위치 시험법으로서 시추조사와 병행한 세밀한 토층분석(2.5cm 간격)을 수행, 연속적인 원위치 전단강도의 추이곡선을 파악하며, 점토층 내에 협재된 Sand Seam의 발달 유·무 파악하여 지반의 투수 및 배수특성을 규명한다. 또한 각종 토질정수의 추정으로 설계 및 시공에 추가적인 자료를 제공한다.
Piezocone시험의 가장 큰 장점은 콘 관입중에 발생되는 간극수압을 연속적으로 측정할 수 있으며, 간극수압 측정이라는 기능은 느슨한 연약점토 지반에 대해서 지반공학적인 매개변수들을 추정하는데 큰 도움을 준다.

제2장 시 험 결 과

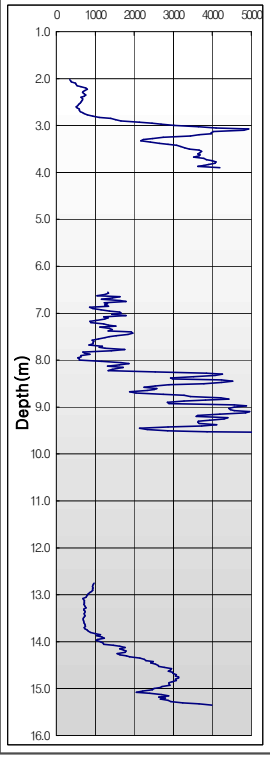
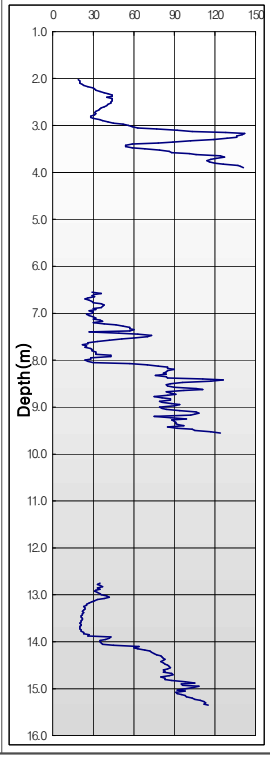
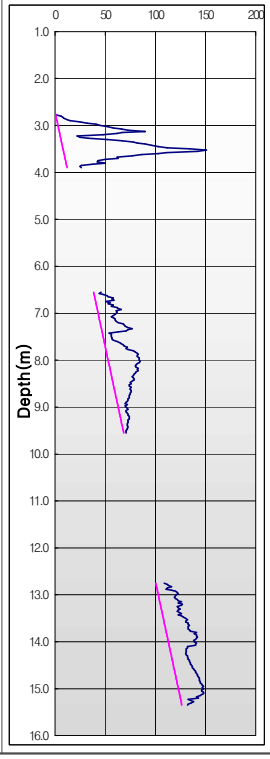
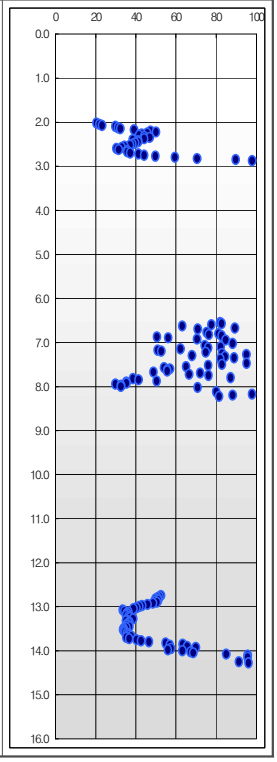
2.1 콘관입시험

2.1.1 콘관입시험 결과분석

본 조사지역의 지반특성 조사를 위해서 1개소에서 시험을 실시하였으며, 각 시험공에서 얻은 콘관입 저항력(qc), 주면 마찰력(fs), 간극수압(u2), 비배수전단강도(Su)값들을 정리하면 다음과 같다.

콘관입시험 결과

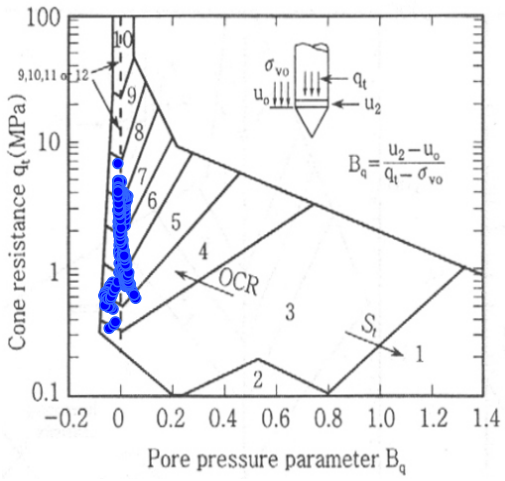
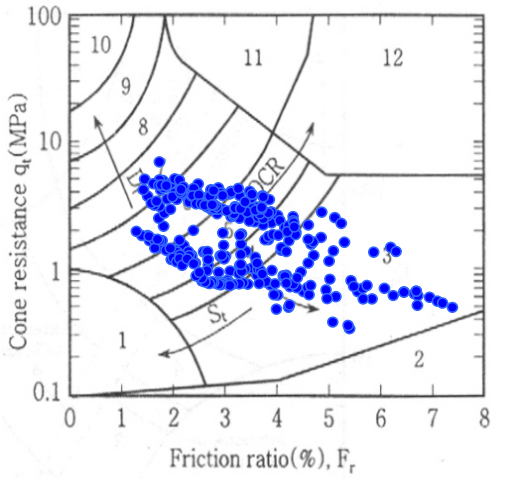
공 번		선단저항치 (qc:kpa)	주면마찰력 (fs:kpa)	간극수압 (u_2:kpa)	비배수전단강도 (Su:kpa)
NTB-7	범 위	346.0 ~ 6,724.0	19.0 ~ 142.0	-31.0 ~ 151.0	20.4 ~ 439.1
	평균값	2,050.3	62.5	81.4	128.6

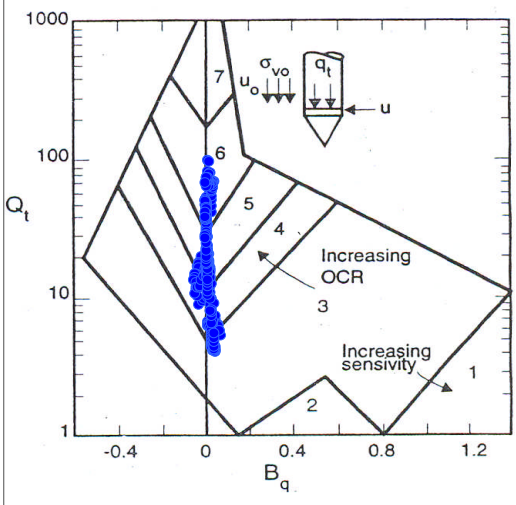
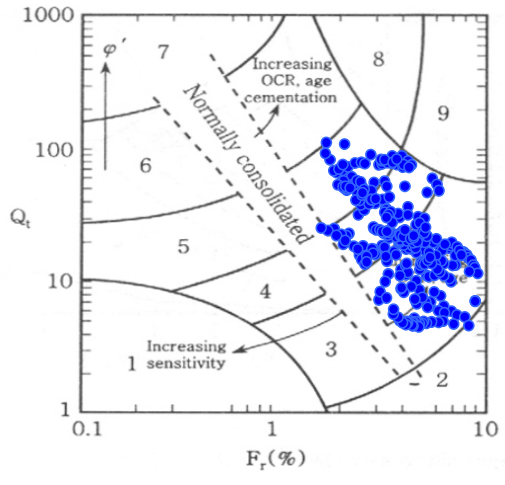
공 번	선단저항치 (qc:kpa)	주면마찰력 (fs:kpa)	간극수압 (u2:kpa)	비배수전단강도 (Su:kpa)
NTB-7				

2.1.2 흙분류

각 시험공에서 얻은 콘관입 저항력(qc), 주면 마찰력(fs)값을 이용하여 시험지역의 흙분류를 Robertson (1986)방법 중 Rf-chart를 적용하였으며, 시험공별 분석결과는 다음과 같다.

NTB-7

공 번	Bq-chart	Rf-chart
Robertson (1986)		

공 번	Bq-chart	Rf-chart
Robertson (1990)		

5.5 현장투수시험

Project : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사 투수시험 Summary

구분	공번	심도	지층	지층분류	지하수위	N-치	투수계수
1	NTB-1	6.0~7.0	퇴적층	실트질 모래	12.5	13/30	1.38E-03
2	NTB-2	9.0~10.0	퇴적층	실트질 모래	18.4	14/30	1.30E-03
3	NTB-3	7.0~8.0	퇴적층	자갈질 모래	8.7	20/30	3.18E-03
4	NTB-4	6.3~7.3	풍화토	실트질 모래	6.2	50/28	1.09E-03
5	NTB-8	10.0~11.0	퇴적층	자갈섞인 모래	10.2	21/30	2.44E-03
6	NTB-6	10.0~11.0	퇴적층	실트질 점토	8.0	5/30	1.58E-05
7	NTB-9	6.0~7.0	퇴적층	실트질 점토	12.5	6/30	7.83E-05
8	NTB-11	6.0~7.0	퇴적층	점토질 실트	9.4	13/30	6.98E-04
9	NTB-12	3.0~4.0	퇴적층	실트질 모래	9.0	10/30	2.04E-03
10	NTB-15	5.5~6.5	퇴적층	실트질 모래	8.9	7/30	2.76E-04
11	NTB-16	7.0~8.0	퇴적층	모래질 자갈	9.0	50/27	4.83E-03
12	NTB-17	6.0~7.0	퇴적층	자갈질 모래	9.8	44/30	4.66E-03
13	NTB-20	5.0~6.0	퇴적층	점토질 실트	12.3	4/30	1.90E-04
14	NTB-25	8.0~9.0	퇴적층	실트질 모래	13.7	7/30	1.29E-03
15	NTB-26	13.0~14.0	퇴적층	모래질 자갈	14.3	25/30	7.15E-03
16	NTB-27	8.0~9.0	퇴적층	모래질 자갈	4.1	35/30	5.46E-03
17	NTB-28	16.0~17.0	풍화토	실트질 모래	4.3	50/17	4.35E-04
18	NTB-29	6.0~7.0	퇴적층	자갈질 모래	3.7	22/30	3.77E-03
19	NTB-30	7.0~8.0	퇴적층	모래질 자갈	3.7	37/30	7.00E-03
20	NBB-2	27.0~28.0	풍화암	실트질 모래	7.8	50/7	9.79E-05
21	NBB-5	7.0~8.0	퇴적층	실트질 모래	15.8	14/30	9.30E-04
22	NBB-8	6.0~7.0	퇴적층	실트질 모래	11.6	6/30	1.08E-03
23	NBB-6	5.5~6.5	퇴적층	실트질 모래	13.7	19/30	9.05E-04
24	NBB-7	21.5~22.5	풍화토	실트질 모래	12.8	38/30	5.01E-04
25							

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-1	DEPTH(m)	6.0 ~ 7.0m	G.W.L.	12.5m
DATE	2011-02-15	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	홍성현	N VALUE	**13/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,250	650	
30	46	30	46	2,087	1,204	650	3.28E-03
60	89	30	43	1,951	1,161	650	3.06E-03
120	100	60	11	499	1,150	650	3.92E-04
180	155	60	55	2,495	1,095	650	1.96E-03
240	165	60	10	454	1,085	650	3.56E-04
300	200	60	35	1,588	1,050	650	1.25E-03
420	230	120	30	1,361	1,020	650	5.34E-04
600	248	180	18	817	1,002	650	2.14E-04
						k =	**1.38E-03**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

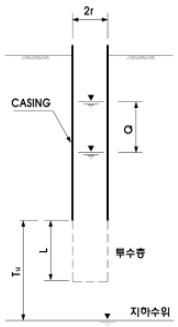
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

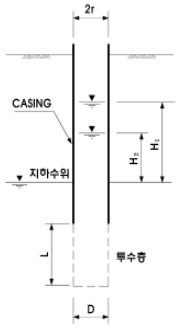
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-2	DEPTH(m)	9.0 ~ 10.0m	G.W.L.	18.4m
DATE	2011-02-10	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	홍성현	N VALUE	**14/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,840	940	
30	12	30	12	544	1,828	940	8.55E-04
60	33	30	21	953	1,807	940	1.50E-03
90	61	30	28	1,270	1,779	940	1.99E-03
120	93	30	32	1,452	1,747	940	2.28E-03
180	150	60	57	2,586	1,690	940	2.03E-03
300	189	120	39	1,769	1,651	940	6.94E-04
420	212	120	23	1,043	1,628	940	4.10E-04
600	268	180	56	2,540	1,572	940	6.65E-04
						k =	**1.30E-03**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

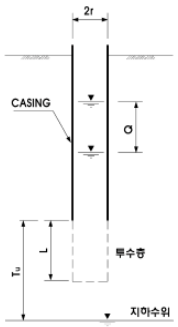
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

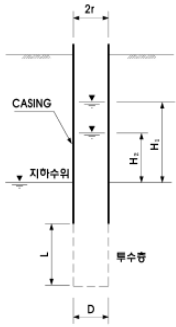
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-3	DEPTH(m)	7.0 ~ 8.0m	G.W.L.	8.7m
DATE	2011-02-15	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	자갈질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	홍성현	N VALUE	**20/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	870	170	
30	64	30	64	2,903	806	170	6.86E-03
45	78	15	14	635	792	170	3.00E-03
60	101	15	23	1,043	769	170	4.93E-03
90	152	30	51	2,314	718	170	5.47E-03
120	182	30	30	1,361	688	170	3.22E-03
180	195	60	13	590	675	170	6.97E-04
240	218	60	23	1,043	652	170	1.23E-03
300	266	60	48	2,178	604	170	2.57E-03
420	347	120	81	3,675	523	170	2.17E-03
600	439	180	92	4,174	431	170	1.64E-03
						k =	**3.18E-03**

적 용 공 식 **CASE 3**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

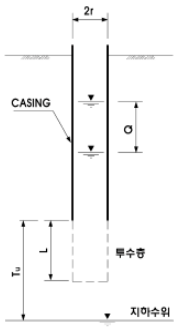
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

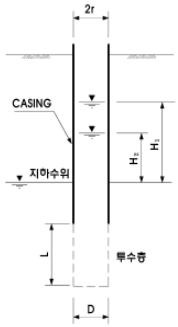
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-4	DEPTH(m)	6.3 ~ 7.3m	G.W.L.	6.2m
DATE	2011-02-11	STRATUM	풍화토	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	홍성현	N VALUE	**50/28**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	620	-10	
5	38	5	38	1,724	582	-10	2.98E-03
10	68	5	30	1,361	552	-10	2.49E-03
15	98	5	30	1,361	522	-10	2.63E-03
30	111	15	13	590	509	-10	3.96E-04
60	117	30	6	272	503	-10	9.31E-05
120	123	60	6	272	497	-10	4.71E-05
180	130	60	7	318	490	-10	5.57E-05
300	135	120	5	227	485	-10	2.01E-05
						k =	**1.09E-03**

적 용 공 식 | **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

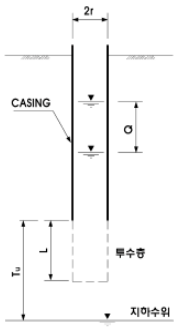
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

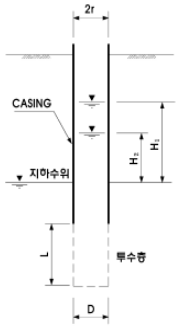
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-6	DEPTH(m)	10.0 ~ 11.0m	G.W.L.	8.0m
DATE	2011-03-11	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	어봉락	SOIL TYPE	실트질 점토	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	홍성현	N VALUE	**5/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	800	-200	
15	1	15	1	45	799	-200	1.96E-05
30	2	15	1	45	798	-200	1.97E-05
60	3	30	1	45	797	-200	9.85E-06
120	7	60	4	181	793	-200	1.98E-05
180	9	60	2	91	791	-200	9.91E-06
						k =	**1.58E-05**

적 용 공 식 | **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

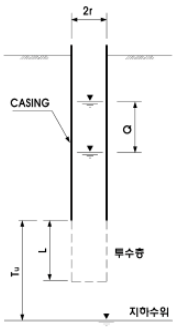
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

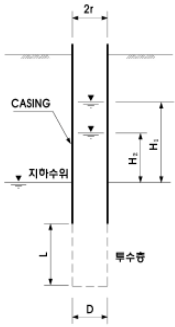
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-8	DEPTH(m)	10.0 ~ 11.0m	G.W.L.	10.2m
DATE	2011-02-13	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	자갈섞인 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	홍성현	N VALUE	**21/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,020	20	
15	4	15	4	168	1,016	20	3.23E-03
30	7	15	3	150	1,013	20	2.88E-03
60	14	30	7	318	1,006	20	3.06E-03
120	25	60	11	499	995	20	2.40E-03
180	35	60	10	454	985	20	2.18E-03
240	45	60	10	454	975	20	2.18E-03
300	54	60	9	408	966	20	1.97E-03
420	69	120	15	680	951	20	1.64E-03
						k =	**2.44E-03**

적 용 공 식 | **CASE 2**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

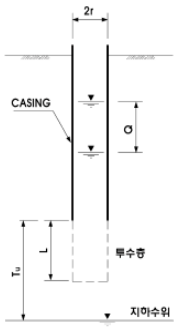
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

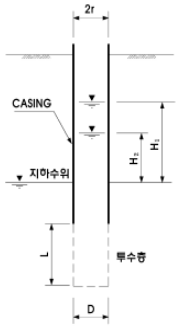
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-9	DEPTH(m)	6.0 ~ 7.0m	G.W.L.	12.5m
DATE	2011-02-11	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	실트질 점토	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	홍성현	N VALUE	**6/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,250	650	
30	1	30	1	45	1,249	650	7.12E-05
60	2	30	1	45	1,248	650	7.12E-05
120	4	60	2	91	1,246	650	7.12E-05
180	7	60	3	136	1,243	650	1.07E-04
240	9	60	2	91	1,241	650	7.12E-05
						k =	**7.83E-05**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

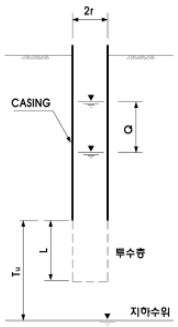
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

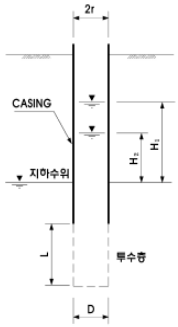
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-11	DEPTH(m)	6.0 ~ 7.0m	G.W.L.	9.4m
DATE	2011-02-10	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	점토질 실트	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	홍성현	N VALUE	**13/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	940	340	
30	8	30	8	363	932	340	5.70E-04
60	19	30	11	499	921	340	7.83E-04
120	41	60	22	998	899	340	7.83E-04
180	65	60	24	1,089	875	340	8.55E-04
240	79	60	14	635	861	340	4.99E-04
						k =	**6.98E-04**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

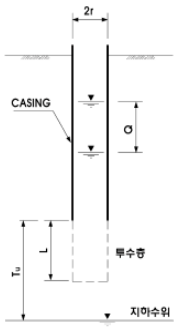
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

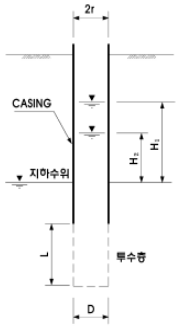
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-12	DEPTH(m)	3.0 ~ 4.0m	G.W.L.	9.0m
DATE	2011-02-13	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	홍성현	N VALUE	**10/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	900	600	
30	39	30	39	1,769	861	600	2.78E-03
60	65	30	26	1,179	835	600	1.85E-03
120	112	60	47	2,132	788	600	1.67E-03
180	168	60	56	2,540	732	600	1.99E-03
240	221	60	53	2,404	679	600	1.89E-03
						k =	**2.04E-03**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

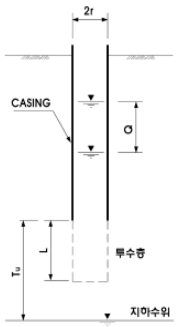
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

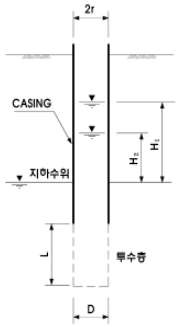
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-15	DEPTH(m)	5.5 ~ 6.5m	G.W.L.	8.9m
DATE	2011-03-12	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김학수	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**7/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	890	340	
15	2	15	2	91	888	340	2.85E-04
30	4	15	2	91	886	340	2.85E-04
60	9	30	5	227	881	340	3.56E-04
120	17	60	8	363	873	340	2.85E-04
180	26	60	9	408	864	340	3.20E-04
240	33	60	7	318	857	340	2.49E-04
300	40	60	7	318	850	340	2.49E-04
420	53	120	13	590	837	340	2.31E-04
600	72	180	19	862	818	340	2.26E-04
						k =	**2.76E-04**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

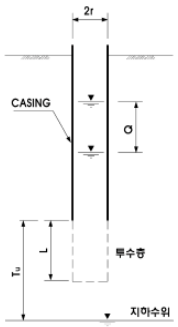
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

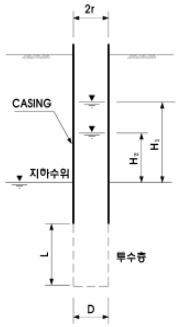
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-16	DEPTH(m)	7.0 ~ 8.0m	G.W.L.	9.0m
DATE	2011-03-10	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	어봉락	SOIL TYPE	모래질 자갈	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	홍성현	N VALUE	**50/27**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	900	200	
30	85	30	85	3,856	815	200	8.02E-03
60	110	30	25	1,134	790	200	2.36E-03
120	215	60	105	4,763	685	200	4.95E-03
180	310	60	95	4,310	590	200	4.48E-03
240	410	60	100	4,536	490	200	4.72E-03
300	505	60	95	4,310	395	200	4.48E-03
						k =	**4.83E-03**

적 용 공 식 | **CASE 3**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

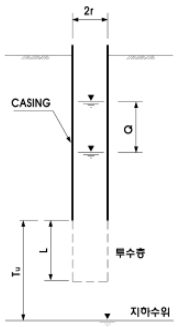
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

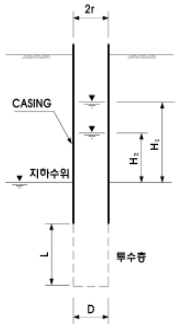
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-17	DEPTH(m)	6.0 ~ 7.0m	G.W.L.	9.8m
DATE	2011-02-22	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	강상국	SOIL TYPE	자갈질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**44/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	980	380	
15	37	15	37	1,678	943	380	5.27E-03
30	68	15	31	1,406	912	380	4.42E-03
60	135	30	67	3,039	845	380	4.77E-03
120	270	60	135	6,124	710	380	4.81E-03
180	375	60	105	4,763	605	380	3.74E-03
240	505	60	130	5,897	475	380	4.63E-03
300	645	60	140	6,351	335	380	4.99E-03
						k =	**4.66E-03**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

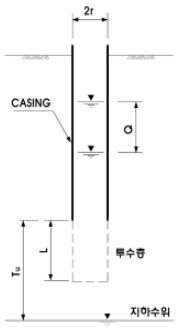
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

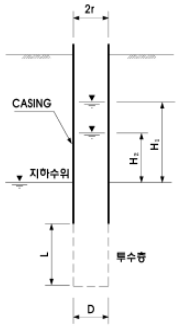
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-20	DEPTH(m)	5.0 ~ 6.0m	G.W.L.	12.3m
DATE	2011-02-26	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	오현철	SOIL TYPE	점토질 실트	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**4/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,230	730	
30	3	30	3	136	1,227	730	2.14E-04
60	7	30	4	181	1,223	730	2.85E-04
120	11	60	4	181	1,219	730	1.42E-04
180	16	60	5	227	1,214	730	1.78E-04
240	22	60	6	272	1,208	730	2.14E-04
300	25	60	3	136	1,205	730	1.07E-04
						k =	**1.90E-04**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

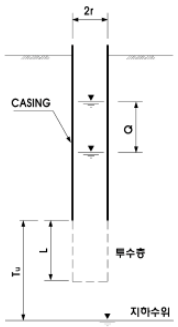
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

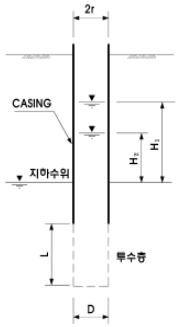
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-25	DEPTH(m)	8.0 ~ 9.0m	G.W.L.	13.7m
DATE	2011-02-26	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	오현철	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**7/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,370	570	
30	20	30	20	907	1,350	570	1.42E-03
60	42	30	22	998	1,328	570	1.57E-03
120	78	60	36	1,633	1,292	570	1.28E-03
180	112	60	34	1,542	1,258	570	1.21E-03
240	145	60	33	1,497	1,225	570	1.18E-03
300	175	60	30	1,361	1,195	570	1.07E-03
						k =	**1.29E-03**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

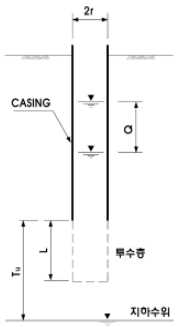
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

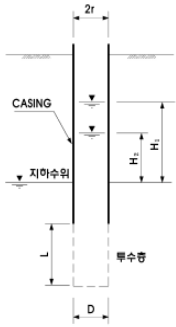
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-26	DEPTH(m)	13.0 ~ 14.0m	G.W.L.	14.3m
DATE	2011-02-26	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	강상국	SOIL TYPE	모래질 자갈	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**25/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,430	130	
30	72	30	72	3,266	1,358	130	9.43E-03
60	130	30	58	2,631	1,300	130	7.60E-03
120	235	60	105	4,763	1,195	130	6.88E-03
180	330	60	95	4,310	1,100	130	6.22E-03
240	430	60	100	4,536	1,000	130	6.55E-03
300	525	60	95	4,310	905	130	6.22E-03
						k =	**7.15E-03**

적 용 공 식 | **CASE 3**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

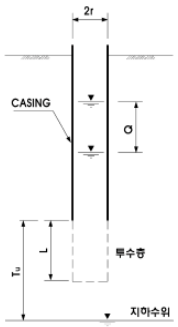
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

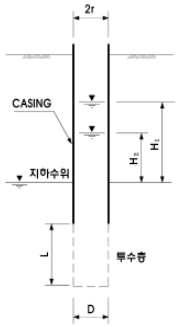
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-27	DEPTH(m)	8.0 ~ 9.0m	G.W.L.	4.1m
DATE	2011-03-12	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	박상원	SOIL TYPE	모래질 자갈	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**35/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	410	-390	
30	175	30	175	7,939	235	-390	4.37E-03
60	280	30	105	4,763	130	-390	4.65E-03
120	390	60	110	4,990	20	-390	7.35E-03
						k =	**5.46E-03**

적 용 공 식 | **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

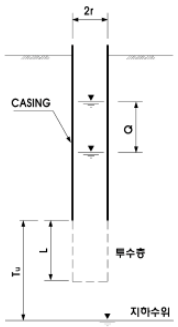
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

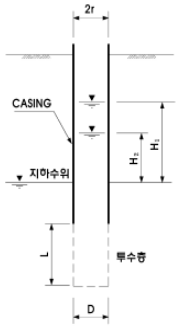
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-28	DEPTH(m)	16.0 ~ 17.0m	G.W.L.	4.3m
DATE	2011-03-10	STRATUM	풍화토	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	박상원	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**50/17**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	430	-1170	
30	28	30	28	1,270	402	-1170	5.29E-04
60	47	30	19	862	383	-1170	3.80E-04
120	88	60	41	1,860	342	-1170	4.45E-04
180	132	60	44	1,996	298	-1170	5.41E-04
240	165	60	33	1,497	265	-1170	4.61E-04
300	198	60	33	1,497	232	-1170	5.22E-04
420	235	120	37	1,678	195	-1170	3.41E-04
600	270	180	35	1,588	160	-1170	2.59E-04
						k =	**4.35E-04**

적 용 공 식 **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

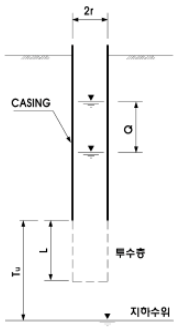
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

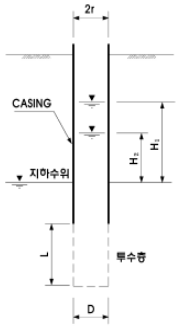
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-29	DEPTH(m)	6.0 ~ 7.0m	G.W.L.	3.7m
DATE	2011-03-14	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	박상원	SOIL TYPE	자갈질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**22/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	370	-230	
30	128	30	128	5,807	242	-230	3.33E-03
60	230	30	102	4,627	140	-230	4.30E-03
120	315	60	85	3,856	55	-230	3.67E-03
						k =	**3.77E-03**

적 용 공 식 | **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

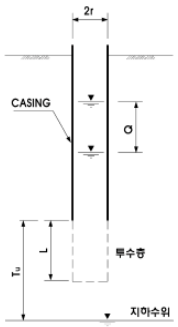
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

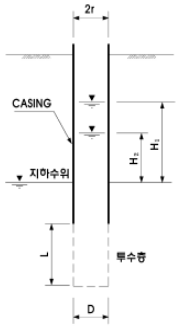
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NTB-30	DEPTH(m)	7.0 ~ 8.0m	G.W.L.	3.7m
DATE	2011-03-11	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	박상원	SOIL TYPE	모래질 자갈	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**37/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	370	-330	
30	195	30	195	8,846	175	-330	5.88E-03
60	305	30	110	4,990	65	-330	7.78E-03
120	360	60	55	2,495	10	-330	7.35E-03
						k =	**7.00E-03**

적 용 공 식 | **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

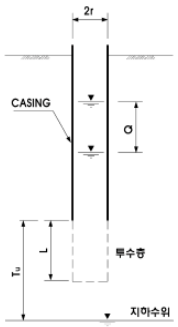
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

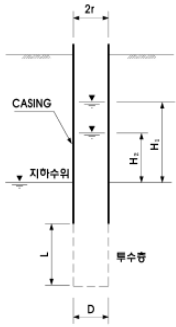
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NBB-2	DEPTH(m)	27.0 ~ 28.0m	G.W.L.	7.8m
DATE	2011-03-12	STRATUM	풍화암	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	어봉락	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	홍성현	N VALUE	**50/7**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	780	-1920	
30	20	30	20	907	760	-1920	2.04E-04
60	32	30	12	544	748	-1920	1.25E-04
120	45	60	13	590	735	-1920	6.88E-05
180	56	60	11	499	724	-1920	5.92E-05
240	62	60	6	272	718	-1920	3.27E-05
						k =	**9.79E-05**

적 용 공 식 **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

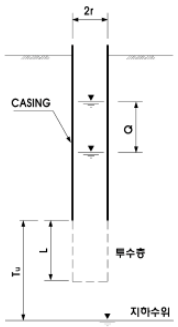
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

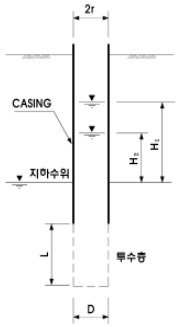
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NBB-5	DEPTH(m)	7.0 ~ 8.0m	G.W.L.	15.8m
DATE	2011-02-23	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	오현철	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**14/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,580	880	
30	15	30	15	680	1,565	880	1.07E-03
60	29	30	14	635	1,551	880	9.97E-04
120	58	60	29	1,316	1,522	880	1.03E-03
180	82	60	24	1,089	1,498	880	8.55E-04
240	108	60	26	1,179	1,472	880	9.26E-04
300	128	60	20	907	1,452	880	7.12E-04
420	175	120	47	2,132	1,405	880	8.37E-04
600	260	180	85	3,856	1,320	880	1.01E-03
						k =	**9.30E-04**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

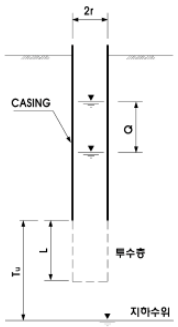
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

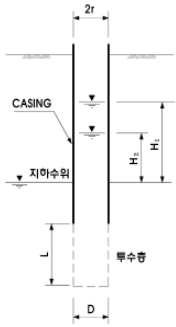
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NBB-6	DEPTH(m)	5.5 ~ 6.5m	G.W.L.	13.7m
DATE	2011-02-24	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	오현철	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**19/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,370	820	
30	20	30	20	907	1,350	820	1.42E-03
60	35	30	15	680	1,335	820	1.07E-03
120	58	60	23	1,043	1,312	820	8.19E-04
180	78	60	20	907	1,292	820	7.12E-04
240	102	60	24	1,089	1,268	820	8.55E-04
300	125	60	23	1,043	1,245	820	8.19E-04
420	165	120	40	1,815	1,205	820	7.12E-04
600	235	180	70	3,176	1,135	820	8.31E-04
						k =	**9.05E-04**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

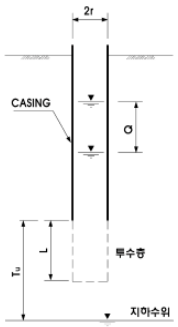
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

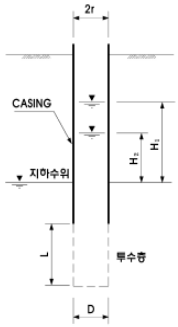
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NBB-7	DEPTH(m)	21.5 ~ 22.5m	G.W.L.	12.8m
DATE	2011-02-23	STRATUM	풍화토	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	강상국	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**38/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,280	-870	
30	65	30	65	2,949	1,215	-870	4.09E-04
60	132	30	67	3,039	1,148	-870	4.45E-04
120	275	60	143	6,487	1,005	-870	5.22E-04
180	425	60	150	6,805	855	-870	6.35E-04
240	515	60	90	4,083	765	-870	4.37E-04
300	590	60	75	3,402	690	-870	4.05E-04
420	785	120	195	8,846	495	-870	6.52E-04
						k =	**5.01E-04**

적 용 공 식 | **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

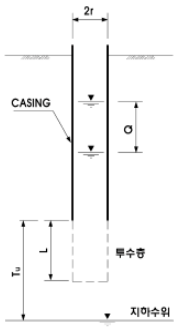
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

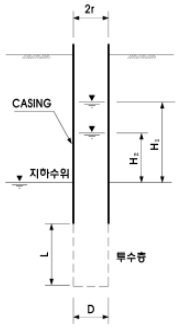
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업				
HOLE NO.	NBB-8	DEPTH(m)	6.0 ~ 7.0m	G.W.L.	11.6m
DATE	2011-02-24	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	강상국	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	오세찬	N VALUE	**6/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm^3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,160	560	
30	16	30	16	726	1,144	560	1.14E-03
60	28	30	12	544	1,132	560	8.55E-04
120	50	60	22	998	1,110	560	7.83E-04
180	78	60	28	1,270	1,082	560	9.97E-04
240	110	60	32	1,452	1,050	560	1.14E-03
300	145	60	35	1,588	1,015	560	1.25E-03
420	225	120	80	3,629	935	560	1.42E-03
						k =	**1.08E-03**

적 용 공 식 **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

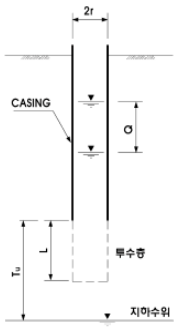
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

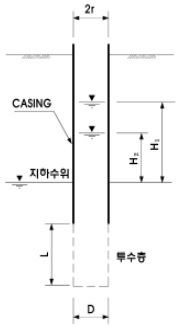
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 지반조사 투수시험 Summary

구분	공번	심도	지층	지층분류	지하수위	N-치	투수계수
1	ATB-1	8.0~8.5	퇴적층	모래질 점토	5.5	10/30	2.72E-05
2	ATB-2	12.0~12.5	퇴적층	실트섞인 모래	8.5	12/30	9.31E-04
3	ATB-3	6.0~7.0	퇴적층	모래질 실트	2.8	7/30	5.95E-05
4	NNTB-1	9.0~10.0	풍화토	실트질 모래	13.0	50/27	7.36E-04
5	NNTB-2	10.0~11.0	풍화토	실트질 모래	6.8	43/30	5.23E-04
6	NNBB-4	14.0~14.5	풍화토	실트질 모래	6.7	15/30	4.55E-04
7	NNTB-6	9.5~10.5	퇴적층	모래섞인 자갈	8.5	22/30	3.54E-03
8	NNBB-7	13.0~13.5	풍화토	실트질 모래	6.5	50/14	7.52E-04
9	ATB-9	8.5~9.5	퇴적층	실트질 모래	13.0	14/30	7.01E-04
10	ATB-10	9.0~10.0	퇴적층	모래섞인 자갈	8.7	50/28	4.59E-04
11	ATB-11	6.0~7.0	퇴적층	모래질 실트	8.1	6/30	1.40E-02
12	ATB-12	12.0~13.0	퇴적층	모래섞인 자갈	8.0	50/19	7.24E-04
13	ATB-13	24.0~25.0	풍화토	실트섞인 모래	12.5	50/25	3.94E-05
14	ATB-16	6.0~7.0	퇴적층	실트질 모래	13.4	8/30	4.51E-04
15	ATB-17	12.0~13.0	퇴적층	모래섞인 자갈	15.3	36/30	3.76E-04
16	ATB-18	3.0~4.0	퇴적층	실트질 모래	14.5	4/30	7.52E-03
17	ATB-19	9.0~10.0	퇴적층	실트섞인 모래	15.5	21/30	8.41E-04
18	ATB-20	5.0~6.0	퇴적층	실트질 모래	7.6	6/30	1.63E-03
19	ATB-21	4.0~5.0	퇴적층	모래질 자갈	5.3	50/29	5.84E-03
20	NNBB-9	7.0~8.0	퇴적층	모래질 자갈	6.0	50/29	1.72E-04
21	NNBB-11	12.0~13.0	퇴적층	모래섞인 자갈	14.7	32/30	3.08E-03
22							
23							
24							
25							

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-1	DEPTH(m)	8.0 ~ 8.5m	G.W.L.	5.5m
DATE	2013-03-22	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김덕수	SOIL TYPE	모래질 점토	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	이상민	N VALUE	**10/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	550	-250	
30	2	30	2	91	548	-250	4.51E-05
60	3	30	1	45	547	-250	2.26E-05
120	5	60	2	91	545	-250	2.27E-05
180	8	60	3	136	542	-250	3.42E-05
300	10	120	2	91	540	-250	1.14E-05
						k =	**2.72E-05**

적 용 공 식 **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

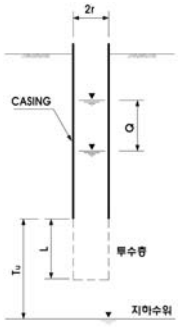
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

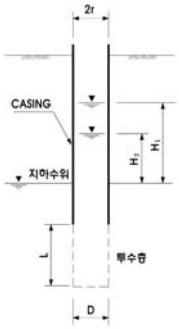
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-2	DEPTH(m)	12.0 ~ 12.5m	G.W.L.	8.5m
DATE	2013-03-31	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김명철	SOIL TYPE	실트섞인 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	이상민	N VALUE	**12/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	850	-350	
5	35	5	35	1,588	815	-350	3.12E-03
10	50	5	15	680	800	-350	1.38E-03
15	66	5	16	726	784	-350	1.50E-03
30	85	15	19	862	765	-350	6.07E-04
60	104	30	19	862	746	-350	3.11E-04
120	128	60	24	1,089	722	-350	2.02E-04
180	156	60	28	1,270	694	-350	2.45E-04
300	174	120	18	817	676	-350	8.13E-05
						k =	**9.31E-04**

적 용 공 식 **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

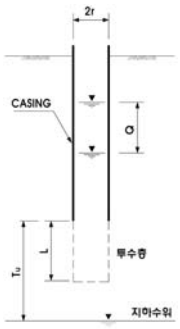
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

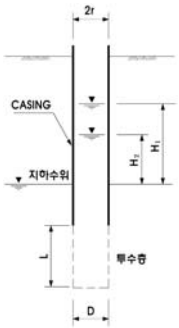
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-3	DEPTH(m)	6.0 ~ 7.0m	G.W.L.	2.8m
DATE	2013-02-27	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김영섭	SOIL TYPE	모래질 실트	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	이상민	N VALUE	**7/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	280	-320	
15	3	15	3	136	277	-320	1.69E-04
30	4	15	1	45	276	-320	5.68E-05
60	5	30	1	45	275	-320	2.85E-05
120	7	60	2	91	273	-320	2.87E-05
180	8	60	1	45	272	-320	1.44E-05
						k =	**5.95E-05**

적 용 공 식 **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

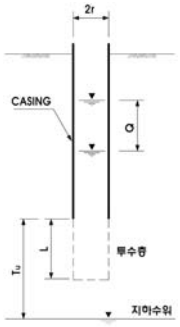
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

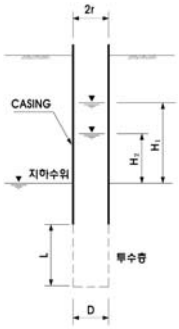
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNTB-1	DEPTH(m)	9.0 ~ 10.0m	G.W.L.	13.0m
DATE	2013-02-23	STRATUM	풍화토	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김명철	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	이상민	N VALUE	**50/27**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,300	400	
30	50	30	50	2,268	1,250	400	3.56E-03
60	55	30	5	227	1,245	400	3.56E-04
120	59	60	4	181	1,241	400	1.42E-04
180	63	60	4	181	1,237	400	1.42E-04
240	66	60	3	136	1,234	400	1.07E-04
300	69	60	3	136	1,231	400	1.07E-04
						k =	**7.36E-04**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

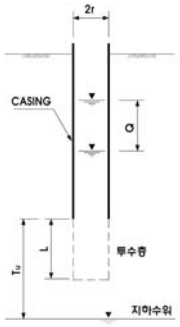
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

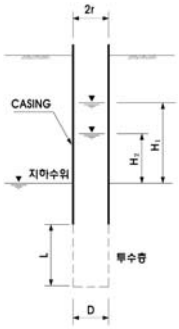
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNTB-2	DEPTH(m)	10.0 ~ 11.0m	G.W.L.	6.8m
DATE	2013-02-20	STRATUM	풍화토	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김영섭	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	이상민	N VALUE	**43/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	680	-320	
5	25	5	25	1,134	655	-320	1.76E-03
10	36	5	11	499	644	-320	7.98E-04
15	50	5	14	635	630	-320	1.04E-03
30	62	15	12	544	618	-320	3.02E-04
60	72	30	10	454	608	-320	1.28E-04
120	81	60	9	408	599	-320	5.86E-05
180	91	60	10	454	589	-320	6.61E-05
300	100	120	9	408	580	-320	3.02E-05
						k =	**5.23E-04**

적 용 공 식 **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

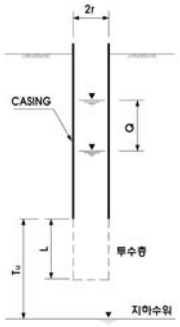
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

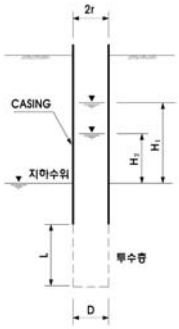
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNBB-4	DEPTH(m)	14.0 ~ 14.5m	G.W.L.	6.7m
DATE	2013-03-24	STRATUM	풍화토	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김명철	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	이상민	N VALUE	**15/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	670	-730	
5	5	5	5	227	665	-730	5.56E-04
10	9	5	4	181	661	-730	4.48E-04
15	18	5	9	408	652	-730	1.02E-03
30	32	15	14	635	638	-730	5.37E-04
60	58	30	26	1,179	612	-730	5.15E-04
120	82	60	24	1,089	588	-730	2.48E-04
180	103	60	21	953	567	-730	2.25E-04
300	120	120	17	771	550	-730	9.42E-05
						k =	**4.55E-04**

적 용 공 식 **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

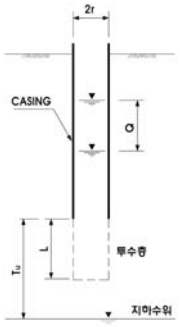
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

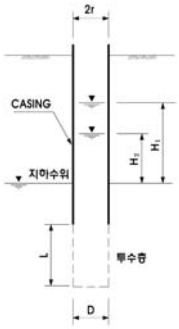
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNTB-6	DEPTH(m)	9.5 ~ 10.5m	G.W.L.	8.5m
DATE	2013-02-28	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김명철	SOIL TYPE	모래섞인 자갈	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	이상민	N VALUE	**22/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	850	-100	
5	250	5	250	11,341	600	-100	1.64E-02
10	284	5	34	1,542	566	-100	2.75E-03
15	320	5	36	1,633	530	-100	3.10E-03
30	374	15	54	2,450	476	-100	1.69E-03
60	420	30	46	2,087	430	-100	7.98E-04
120	532	60	112	5,081	318	-100	1.18E-03
180	610	60	78	3,538	240	-100	1.10E-03
300	725	120	115	5,217	125	-100	1.28E-03
						k =	**3.54E-03**

적 용 공 식 **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

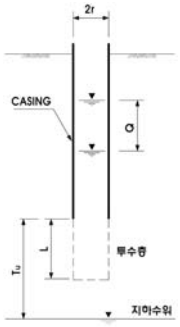
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

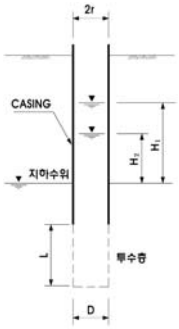
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNBB-7	DEPTH(m)	13.0 ~ 13.5m	G.W.L.	6.5m
DATE	2013-03-23	STRATUM	풍화토	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김명철	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	이상민	N VALUE	**50/14**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	650	-650	
30	120	30	120	5,444	530	-650	2.53E-03
60	135	30	15	680	515	-650	3.55E-04
90	151	30	16	726	499	-650	3.91E-04
120	172	30	21	953	478	-650	5.32E-04
150	195	30	23	1,043	455	-650	6.10E-04
180	214	30	19	862	436	-650	5.28E-04
240	236	60	22	998	414	-650	3.20E-04
						k =	**7.52E-04**

적 용 공 식 **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

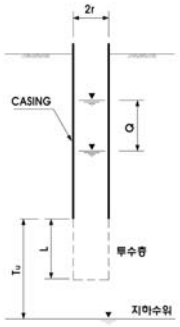
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

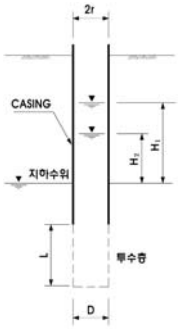
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-9	DEPTH(m)	8.5 ~ 9.5m	G.W.L.	13.0m
DATE	2013-02-23	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	김상목	N VALUE	**14/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,300	450	
30	36	30	36	1,633	1,264	450	2.56E-03
60	48	30	12	544	1,252	450	8.55E-04
120	63	60	15	680	1,237	450	5.34E-04
180	73	60	10	454	1,227	450	3.56E-04
240	84	60	11	499	1,216	450	3.92E-04
300	93	60	9	408	1,207	450	3.20E-04
420	110	120	17	771	1,190	450	3.03E-04
600	134	180	24	1,089	1,166	450	2.85E-04
						k =	**7.01E-04**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

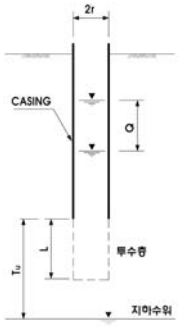
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

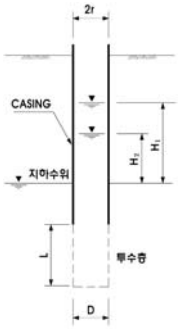
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-10	DEPTH(m)	9.0 ~ 10.0m	G.W.L.	8.7m
DATE	2013-02-20	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	모래섞인 자갈	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	김상목	N VALUE	**50/28**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	870	-30	
30	68	30	68	3,085	802	-30	6.39E-04
60	130	30	62	2,813	740	-30	6.32E-04
120	212	60	82	3,720	658	-30	4.61E-04
180	295	60	83	3,765	575	-30	5.29E-04
240	368	60	73	3,312	502	-30	5.33E-04
300	430	60	62	2,813	440	-30	5.18E-04
420	480	120	50	2,268	390	-30	2.37E-04
600	515	180	35	1,588	355	-30	1.23E-04
						k =	**4.59E-04**

적 용 공 식 | **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

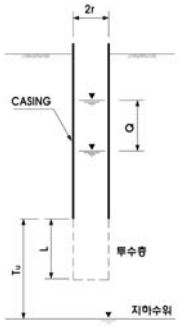
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

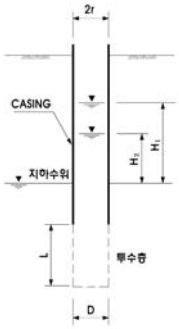
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-11	DEPTH(m)	6.0 ~ 7.0m	G.W.L.	8.1m
DATE	2013-02-21	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	노인석	SOIL TYPE	모래질 실트	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	김상목	N VALUE	**6/30**	REMARK	180초후 공벽붕괴

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	810	210	
15	123	15	123	5,580	687	210	2.23E-02
30	247	15	124	5,625	563	210	2.25E-02
60	340	30	93	4,219	470	210	8.44E-03
120	400	60	60	2,722	410	210	2.72E-03
						k =	**1.40E-02**

적 용 공 식 **CASE 3**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

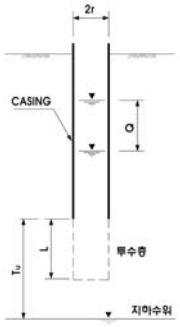
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

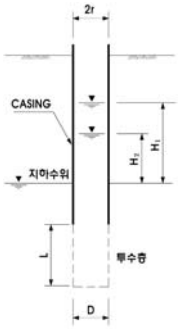
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-12	DEPTH(m)	12.0 ~ 13.0m	G.W.L.	8.0m
DATE	2013-02-24	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	노인석	SOIL TYPE	모래섞인 자갈	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	김상목	N VALUE	**50/19**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	800	-400	
14	42	14	42	1,905	758	-400	9.07E-04
30	81	16	39	1,769	719	-400	7.78E-04
60	149	30	68	3,085	651	-400	7.80E-04
120	261	60	112	5,081	539	-400	7.41E-04
180	353	60	92	4,174	447	-400	7.35E-04
240	421	60	68	3,085	379	-400	6.48E-04
300	473	60	52	2,359	327	-400	5.79E-04
420	562	120	89	4,037	238	-400	6.24E-04
						k =	**7.24E-04**

적 용 공 식 **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

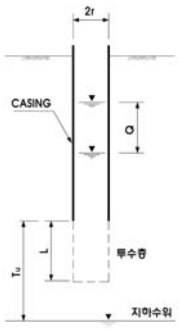
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

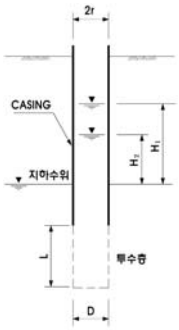
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-13	DEPTH(m)	24.0 ~ 25.0m	G.W.L.	12.5m
DATE	2013-02-05	STRATUM	풍화토	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	노인석	SOIL TYPE	실트섞인 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	김상목	N VALUE	**50/25**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,250	-1150	
15	4	15	4	181	1,246	-1150	5.03E-05
30	7	15	3	136	1,243	-1150	3.79E-05
60	13	30	6	272	1,237	-1150	3.80E-05
120	25	60	12	544	1,225	-1150	3.83E-05
180	37	60	12	544	1,213	-1150	3.87E-05
240	49	60	12	544	1,201	-1150	3.90E-05
300	61	60	12	544	1,189	-1150	3.94E-05
420	81	120	20	907	1,169	-1150	3.33E-05
						k =	**3.94E-05**

적 용 공 식 **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

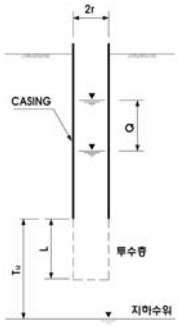
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

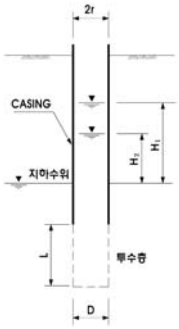
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-16	DEPTH(m)	6.0 ~ 7.0m	G.W.L.	13.4m
DATE	2013-02-26	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	김상목	N VALUE	**8/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,340	740	
30	11	30	11	499	1,329	740	7.83E-04
60	22	30	11	499	1,318	740	7.83E-04
120	36	60	14	635	1,304	740	4.99E-04
180	45	60	9	408	1,295	740	3.20E-04
240	54	60	9	408	1,286	740	3.20E-04
300	62	60	8	363	1,278	740	2.85E-04
420	82	120	20	907	1,258	740	3.56E-04
600	104	180	22	998	1,236	740	2.61E-04
						k =	**4.51E-04**

적 용 공 식 **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

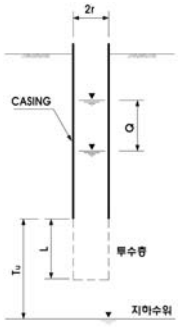
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

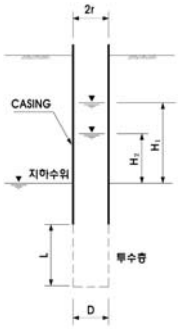
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-17	DEPTH(m)	12.0 ~ 13.0m	G.W.L.	15.3m
DATE	2013-02-01	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	노인석	SOIL TYPE	모래섞인 자갈	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	김상목	N VALUE	**36/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,530	330	
15	3	15	3	136	1,527	330	4.27E-04
30	6	15	3	136	1,524	330	4.27E-04
60	12	30	6	272	1,518	330	4.27E-04
120	23	60	11	499	1,507	330	3.92E-04
180	34	60	11	499	1,496	330	3.92E-04
240	43	60	9	408	1,487	330	3.20E-04
300	52	60	9	408	1,478	330	3.20E-04
420	69	120	17	771	1,461	330	3.03E-04
						k =	**3.76E-04**

적 용 공 식 **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

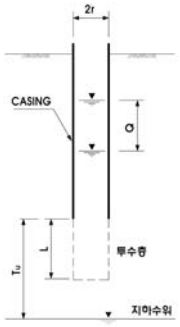
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

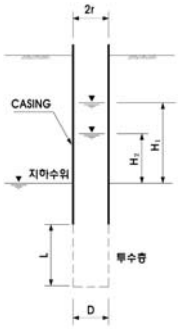
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-18	DEPTH(m)	3.0 ~ 4.0m	G.W.L.	14.5m
DATE	2013-02-03	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	노인석	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	김상목	N VALUE	**4/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,450	1150	
15	93	15	93	4,219	1,357	1150	1.32E-02
30	160	15	67	3,039	1,290	1150	9.54E-03
60	235	30	75	3,402	1,215	1150	5.34E-03
120	290	60	55	2,495	1,160	1150	1.96E-03
						k =	**7.52E-03**

적 용 공 식 | **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

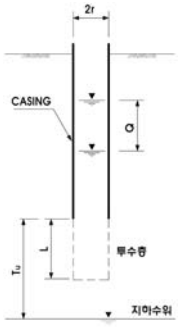
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

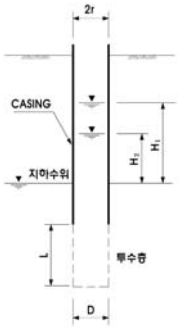
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-19	DEPTH(m)	9.0 ~ 10.0m	G.W.L.	15.5m
DATE	2011-02-01	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	실트섞인 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	김상목	N VALUE	**21/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,550	650	
30	37	30	37	1,678	1,513	650	2.64E-03
60	50	30	13	590	1,500	650	9.26E-04
120	71	60	21	953	1,479	650	7.48E-04
180	88	60	17	771	1,462	650	6.05E-04
240	104	60	16	726	1,446	650	5.70E-04
300	117	60	13	590	1,433	650	4.63E-04
420	141	120	24	1,089	1,409	650	4.27E-04
600	171	180	30	1,361	1,379	650	3.56E-04
						k =	**8.41E-04**

적 용 공 식 **CASE 1**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

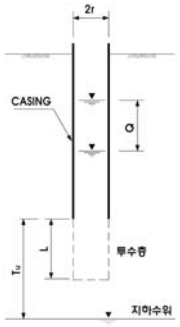
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

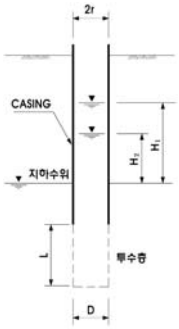
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-20	DEPTH(m)	5.0 ~ 6.0m	G.W.L.	7.6m
DATE	2013-03-20	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	실트질 모래	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	김상목	N VALUE	**6/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	760	260	
30	30	30	30	1,361	730	260	2.28E-03
60	61	30	31	1,406	699	260	2.36E-03
120	113	60	52	2,359	647	260	1.98E-03
180	158	60	45	2,041	602	260	1.71E-03
240	200	60	42	1,905	560	260	1.60E-03
300	233	60	33	1,497	527	260	1.26E-03
420	292	120	59	2,677	468	260	1.12E-03
600	353	180	61	2,767	407	260	7.73E-04
						k =	**1.63E-03**

적 용 공 식 **CASE 3**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

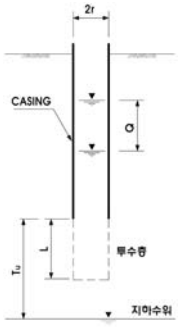
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

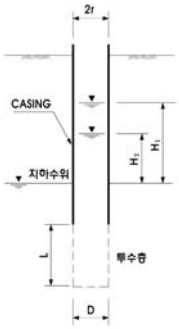
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	ATB-21	DEPTH(m)	4.0 ~ 5.0m	G.W.L.	5.3m
DATE	2011-03-19	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	노인석	SOIL TYPE	모래질 자갈	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	고경하	N VALUE	**50/29**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	530	130	
15	64	15	64	2,903	466	130	1.68E-02
30	110	15	46	2,087	420	130	1.21E-02
60	178	30	68	3,085	352	130	8.91E-03
120	253	60	75	3,402	277	130	4.91E-03
180	286	60	33	1,497	244	130	2.16E-03
240	304	60	18	817	226	130	1.18E-03
300	312	60	8	363	218	130	5.24E-04
420	318	120	6	272	212	130	1.97E-04
						k =	**5.84E-03**

적 용 공 식 **CASE 3**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

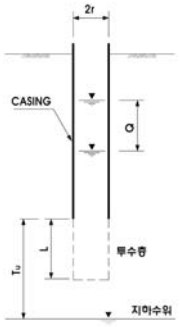
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

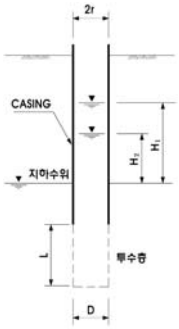
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNBB-9	DEPTH(m)	7.0 ~ 8.0m	G.W.L.	6.0m
DATE	2013-03-18	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	김세환	SOIL TYPE	모래질 자갈	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	고경하	N VALUE	**50/29**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	600	-100	
30	24	30	24	1,089	576	-100	3.21E-04
60	42	30	18	817	558	-100	2.49E-04
120	69	60	27	1,225	531	-100	1.95E-04
180	93	60	24	1,089	507	-100	1.82E-04
240	109	60	16	726	491	-100	1.26E-04
300	123	60	14	635	477	-100	1.14E-04
420	148	120	25	1,134	452	-100	1.06E-04
600	177	180	29	1,316	423	-100	8.68E-05
						k =	**1.72E-04**

적 용 공 식 **CASE 4**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

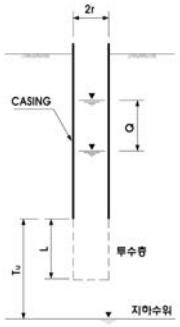
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

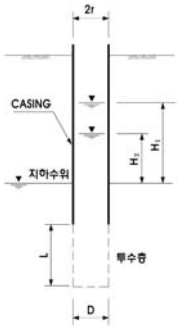
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

FIELD PERMEABILITY TEST RESULT

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사				
HOLE NO.	NNBB-11	DEPTH(m)	12.0 ~ 13.0m	G.W.L.	14.7m
DATE	2013-03-18	STRATUM	퇴적층	CASING D.	7.6cm
TESTED BY	노인석	SOIL TYPE	모래섞인 자갈	HOLE D.	8.0cm
CHECKED BY	고경하	N VALUE	**32/30**	REMARK	

경과시간 (sec)	수위 (GL.-cm)	시간차 (sec)	수위차 (cm)	Q (cm3)	H (cm)	Tu (cm)	k (cm/sec)
0	0	0	0	0	1,470	270	
15	45	15	45	2,041	1,425	270	6.63E-03
30	75	15	30	1,361	1,395	270	4.42E-03
60	120	30	45	2,041	1,350	270	3.32E-03
120	198	60	78	3,538	1,272	270	2.87E-03
180	262	60	64	2,903	1,208	270	2.36E-03
240	313	60	51	2,314	1,157	270	1.88E-03
300	360	60	47	2,132	1,110	270	1.73E-03
420	437	120	77	3,493	1,033	270	1.42E-03
						k =	**3.08E-03**

적 용 공 식 **CASE 3**

[시험구간이 지하수위면 상부에 위치하는 경우]

■ CASE 1 : Tu ≥ 3L

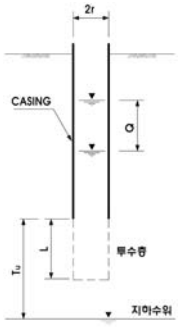
$$k(cm/sec) = \frac{Q}{2\pi L^2}\left[2.3\log_{10}\left\{\frac{L}{r}+\sqrt{1+\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right\}-1\right]$$

■ CASE 2 : Tu < L

$$k(cm/sec) = \frac{2.3Q\log_{10}(L/r)}{\pi Tu(2L-Tu)}$$

■ CASE 3 : L ≤ Tu < 3L

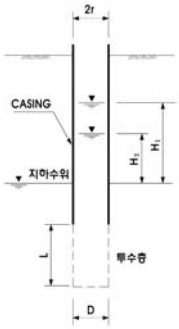
$$k(cm/sec) = \frac{6.9Q\log_{10}(L/r)}{\pi L(L+2Tu)}$$



[시험구간이 지하수위면 하부에 위치하는 경우]

■ CASE 4

$$k(cm/sec) = \frac{5.29r^2}{2L(t_2-t_1)}\log_{10}\left(\frac{L}{r}\right)\log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$



Tu	: 시험구간에서 지하수위까지 거리(cm)	r	: CASING 반경(cm)
L	: 시험구간(cm)	Q	: 주입유량(cm^3/sec)
t_1, t_2	: 경과시간(sec)	H_1, H_2	: 수두차(cm)

5.6 암반수압시험

Project : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사 수압시험 Summary

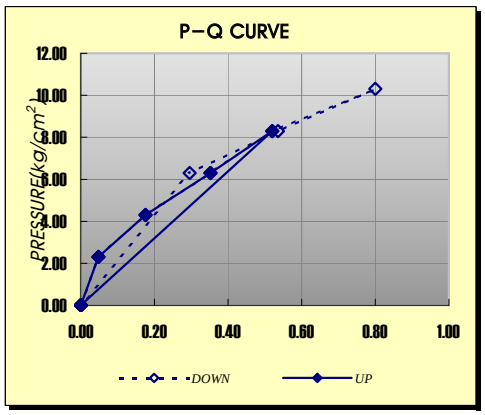
구분	공번	심도	지층	RMR Basic	투수계수	Lugeon	비고
1	NTB-1	18.5~21.0	연암	45	5.856E-06	0.21	팽창
2	NTB-3	18.0~21.8	연암	37	3.397E-05	0.53	팽창
3	NTB-4	8.0~13.0	연암	32	6.007E-05	2.16	팽창
4	NTB-8	30.7~36.0	연암	67	4.952E-05	3.10	팽창
5	NTB-9	45.5~48.5	연암	37	7.242E-05	4.35	팽창
6	NTB-10	54.0~59.0	경암	35	1.566E-06	0.07	난류
7	NTB-11	34.5~39.5	경암	87	1.911E-06	0.06	난류
8	NTB-12	50.0~55.0	경암	76	3.765E-06	0.21	팽창
9	NTB-13	57.0~62.0	경암	69	1.530E-06	0.12	층류
10	NTB-15	46.0~49.0	연암	87	5.110E-05	3.25	난류
11	NTB-16	46.0~51.0	경암	68	3.931E-06	0.21	팽창
12	NTB-17	46.0~49.0	연암	29	4.972E-05	3.21	난류
13	NTB-18	49.0~52.0	연암	41	5.359E-05	4.63	층류
14	NTB-20	48.0~51.0	경암	41	3.778E-06	0.26	난류
15	NTB-22	37.0~40.0	연암	49	4.923E-05	3.32	팽창
16	NTB-24	40.0~43.0	경암	45	7.232E-07	0.06	팽창
17	NTB-25	42.0~45.0	연암	56	7.857E-05	6.79	유실
18	NTB-26	37.0~40.0	경암	42	5.356E-07	0.04	팽창
19	NTB-27	31.0~36.0	연암	60	9.618E-05	9.01	유
20	NTB-28	32.5~36.0	연암	25	6.661E-05	3.86	난류
21	NTB-29	23.0~27.5	경암	33	2.971E-06	0.11	난류
22	NTB-30	30.4~34.0	경암	48	3.674E-06	0.20	팽창
23	NBB-5	27.0~30.0	연암	34	5.023E-05	3.35	팽창
24							
25							

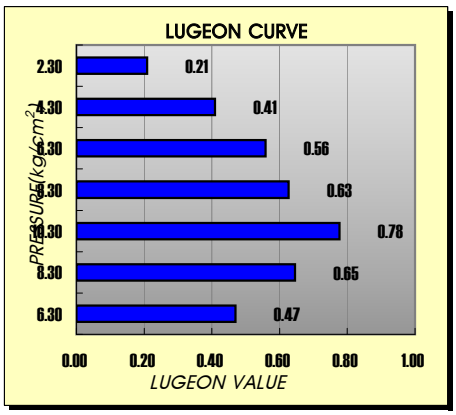
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-1	DATE	2011.02.15	HOLE LENGTH (m)	6.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	18.5	to	21.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	12.5
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	2.5	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	김세환	CHECKED BY	홍성현

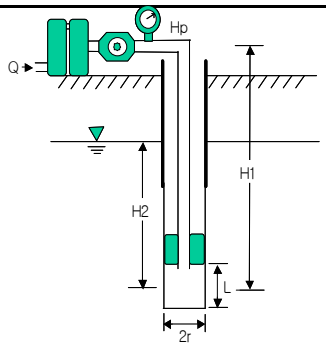
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	19.75	2300	374.0	374.6	0.6	120	2.31E-06
15	20	5	3.0	19.75	4300	381.5	383.7	2.2	440	4.54E-06
25	30	5	5.0	19.75	6300	389.0	393.4	4.4	880	6.20E-06
35	40	5	7.0	19.75	8300	397.5	404.0	6.5	1,300	6.95E-06
45	50	5	9.0	19.75	10300	407.0	417.0	10.0	2,000	8.62E-06
55	60	5	7.0	19.75	8300	418.3	425.0	6.7	1,340	7.16E-06
65	70	5	5.0	19.75	6300	429.2	432.9	3.7	740	5.21E-06
										5.86E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.3	0.05	0.21	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
4.3	0.18	0.41	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
6.3	0.35	0.56	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
8.3	0.52	0.63	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
10.3	0.80	0.78	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
8.3	0.54	0.65	
6.3	0.30	0.47	
			LUGEON USED AT : Minimun Pressure
			USED VALUE 0.21





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



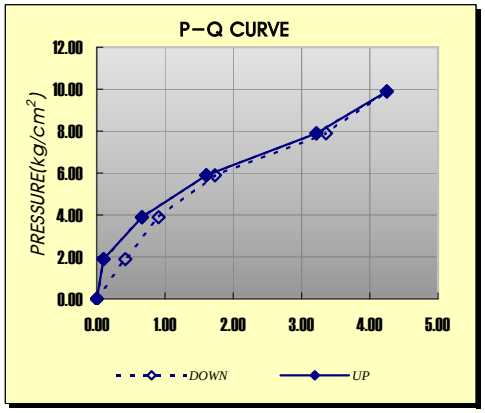
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

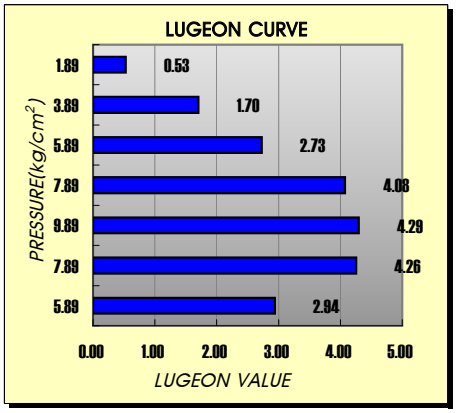
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-3	DATE	2011.02.13	HOLE LENGTH (m)	21.8	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	18.0	to	21.8 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	8.7
MANOMETER HEIGHT			0.20 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.8	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	김세환	CHECKED BY	홍성현

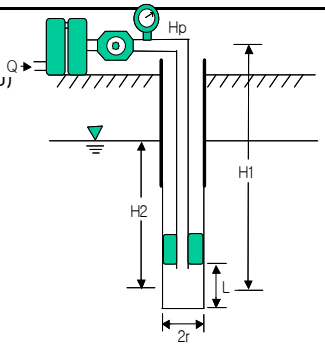
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	19.90	1890	553.2	555.1	1.9	380	6.46E-06
15	20	5	3.0	19.90	3890	564.3	576.9	12.6	2,520	2.08E-05
25	30	5	5.0	19.90	5890	589.5	620.0	30.5	6,100	3.33E-05
35	40	5	7.0	19.90	7890	634.3	695.4	61.1	12,220	4.97E-05
45	50	5	9.0	19.90	9890	706.7	787.4	80.7	16,140	5.24E-05
55	60	5	7.0	19.90	7890	799.8	863.6	63.8	12,760	5.19E-05
65	70	5	5.0	19.90	5890	874.7	907.6	32.9	6,580	3.59E-05
75	80	5	3.0	19.90	3890	917.5	934.7	17.2	3,440	2.84E-05
85	90	5	1.0	19.90	1890	944.2	952.1	7.9	1,580	2.68E-05
										3.40E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.89	0.10	0.53	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.89	0.66	1.70	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.89	1.61	2.73	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
7.89	3.22	4.08	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
9.89	4.25	4.29	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.89	3.36	4.26	
5.89	1.73	2.94	
3.89	0.91	2.33	LUGEON USED AT : Minimun Pressure
1.89	0.42	2.20	
			USED VALUE 0.53





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



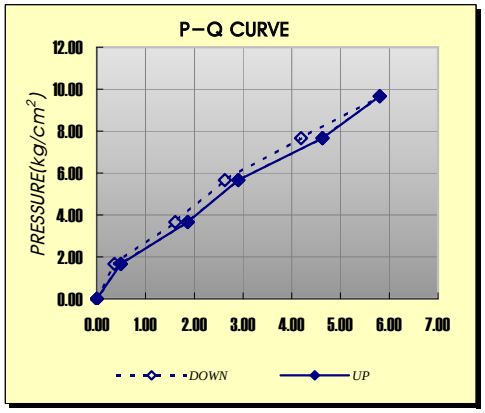
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

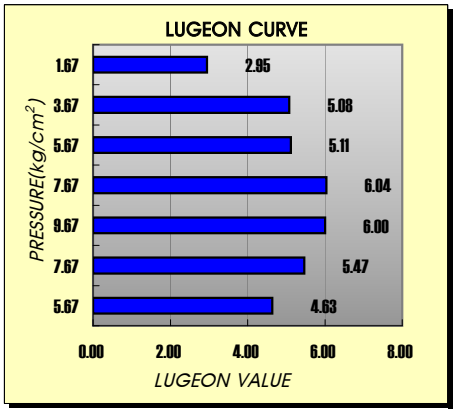
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업						
HOLE NO.	NTB-4	DATE	2011.02.11	HOLE LENGTH (m)	13.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	8.0	to	13.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	6.2
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	김세환	CHECKED BY	홍성현

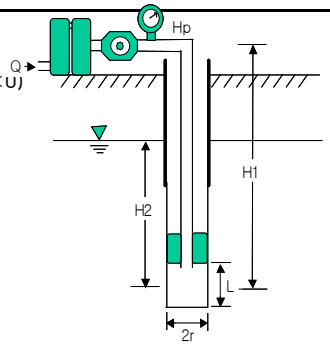
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	10.50	1670	136.3	148.6	12.3	2,460	3.81E-05
15	20	5	3.0	10.50	3670	155.5	202.1	46.6	9,320	6.57E-05
25	30	5	5.0	10.50	5670	209.5	282.0	72.5	14,500	6.61E-05
35	40	5	7.0	10.50	7670	284.7	400.5	115.8	23,160	7.81E-05
45	50	5	9.0	10.50	9670	412.1	557.2	145.1	29,020	7.76E-05
55	60	5	7.0	10.50	7670	567.3	672.1	104.8	20,960	7.07E-05
65	70	5	5.0	10.50	5670	680.2	745.9	65.7	13,140	5.99E-05
75	80	5	3.0	10.50	3670	754.3	794.5	40.2	8,040	5.66E-05
85	90	5	1.0	10.50	1670	812.5	821.5	9.0	1,800	2.79E-05
										6.01E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.67	0.49	2.95	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.67	1.86	5.08	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.67	2.90	5.11	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
7.67	4.63	6.04	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
9.67	5.80	6.00	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.67	4.19	5.47	
5.67	2.63	4.63	
3.67	1.61	4.38	LUGEON USED AT : Minimun Pressure
1.67	0.36	2.16	
			USED VALUE 2.16





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



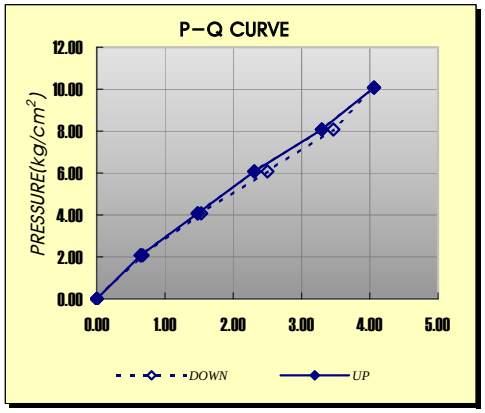
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

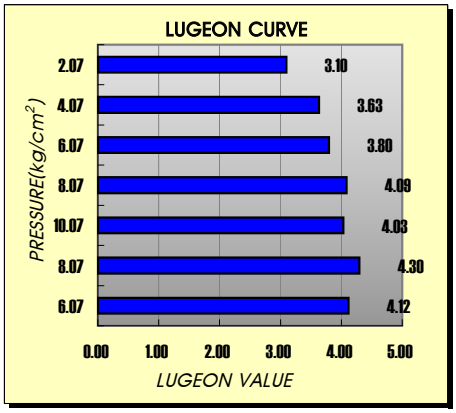
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-8	DATE	2011.02.13	HOLE LENGTH (m)	21.8	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	30.7	to	36.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	10.2
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.3	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	김세환	CHECKED BY	홍성현

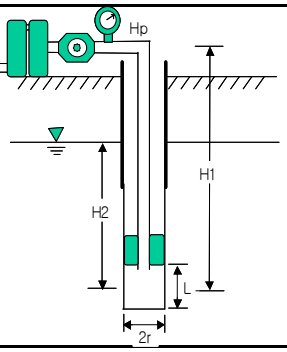
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	33.35	2070	108.0	125.0	17.0	3,400	4.05E-05
15	20	5	3.0	33.35	4070	125.5	164.7	39.2	7,840	4.76E-05
25	30	5	5.0	33.35	6070	160.3	221.4	61.1	12,220	4.97E-05
35	40	5	7.0	33.35	8070	216.7	304.1	87.4	17,480	5.35E-05
45	50	5	9.0	33.35	10070	307.5	415.1	107.6	21,520	5.28E-05
55	60	5	7.0	33.35	8070	411.1	503.0	91.9	18,380	5.62E-05
65	70	5	5.0	33.35	6070	491.2	557.4	66.2	13,240	5.38E-05
75	80	5	3.0	33.35	4070	554.6	595.1	40.5	8,100	4.91E-05
85	90	5	1.0	33.35	2070	944.2	962.0	17.8	3,560	4.25E-05
										4.95E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.07	0.64	3.10	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
4.07	1.48	3.63	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
6.07	2.31	3.80	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
8.07	3.30	4.09	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
10.07	4.06	4.03	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
8.07	3.47	4.30	
6.07	2.50	4.12	
4.07	1.53	3.76	LUGEON USED AT : Minimun Pressure
2.07	0.67	3.24	
			USED VALUE 3.10





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



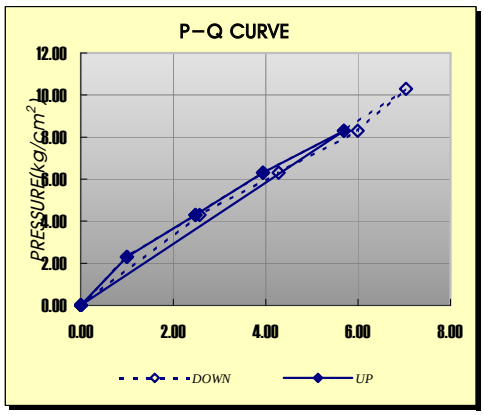
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

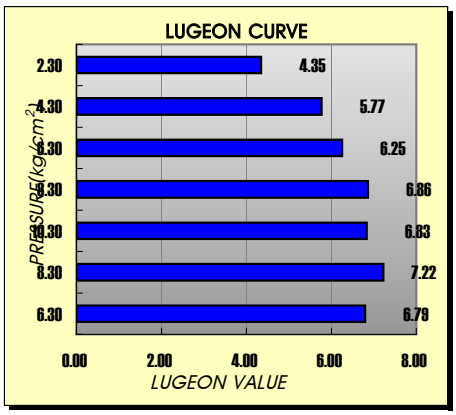
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-9	DATE	2011.02.11	HOLE LENGTH (m)	9.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	45.5	to	48.5 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	12.5
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	김세환	CHECKED BY	홍성현

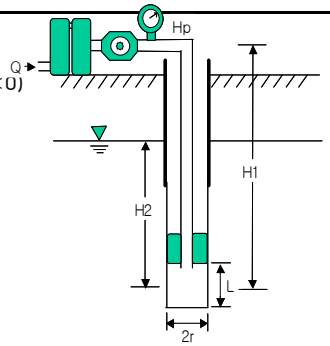
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	47.00	2300	108.0	123.0	15.0	3,000	5.03E-05
15	20	5	3.0	47.00	4300	125.5	162.7	37.2	7,440	6.68E-05
25	30	5	5.0	47.00	6300	160.3	219.4	59.1	11,820	7.24E-05
35	40	5	7.0	47.00	8300	216.7	302.1	85.4	17,080	7.94E-05
45	50	5	9.0	47.00	10300	307.5	413.1	105.6	21,120	7.91E-05
55	60	5	7.0	47.00	8300	411.1	501.0	89.9	17,980	8.36E-05
65	70	5	5.0	47.00	6300	491.2	555.4	64.2	12,840	7.86E-05
75	80	5	3.0	47.00	4300	554.6	593.1	38.5	7,700	6.91E-05
										7.24E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.3	1.00	4.35	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
4.3	2.48	5.77	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
6.3	3.94	6.25	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
8.3	5.69	6.86	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
10.3	7.04	6.83	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
8.3	5.99	7.22	
6.3	4.28	6.79	
4.3	2.57	5.97	LUGEON USED AT : Minimun Pressure
			USED VALUE 4.35





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



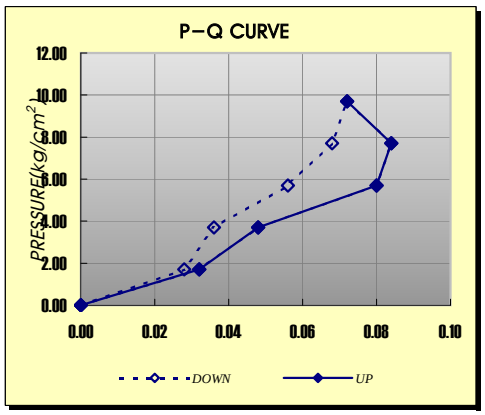
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

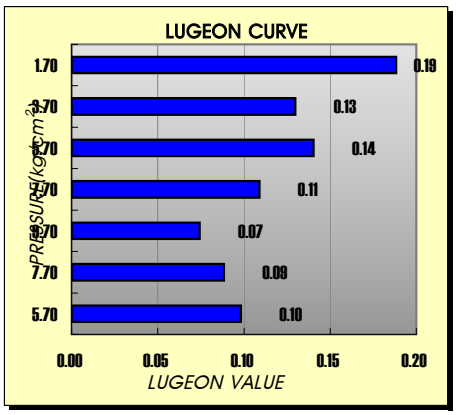
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-10	DATE	2011.04.18	HOLE LENGTH (m)	82.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	54.0	to	59.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	6.5
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	김진화	CHECKED BY	홍성현

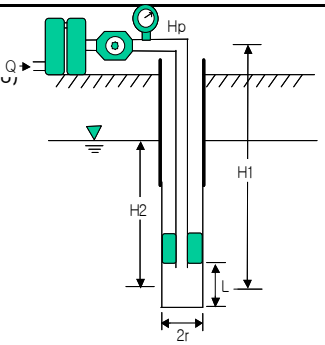
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	56.50	1700	538.3	539.1	0.8	160	2.43E-06
15	20	5	3.0	56.50	3700	550.1	551.3	1.2	240	1.68E-06
25	30	5	5.0	56.50	5700	556.8	558.8	2.0	400	1.81E-06
35	40	5	7.0	56.50	7700	559.3	561.4	2.1	420	1.41E-06
45	50	5	9.0	56.50	9700	561.6	563.4	1.8	360	9.60E-07
55	60	5	7.0	56.50	7700	563.5	565.2	1.7	340	1.14E-06
65	70	5	5.0	56.50	5700	566.5	567.9	1.4	280	1.27E-06
75	80	5	3.0	56.50	3700	569.2	570.1	0.9	180	1.26E-06
85	90	5	1.0	56.50	1700	570.9	571.6	0.7	140	2.13E-06
										1.57E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.7	0.03	0.19	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.7	0.05	0.13	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) (◎)
5.7	0.08	0.14	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
7.7	0.08	0.11	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
9.7	0.07	0.07	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.7	0.07	0.09	
5.7	0.06	0.10	
3.7	0.04	0.10	LUGEON USED AT : Maximum Pressure
1.7	0.03	0.16	
			USED VALUE 0.07





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



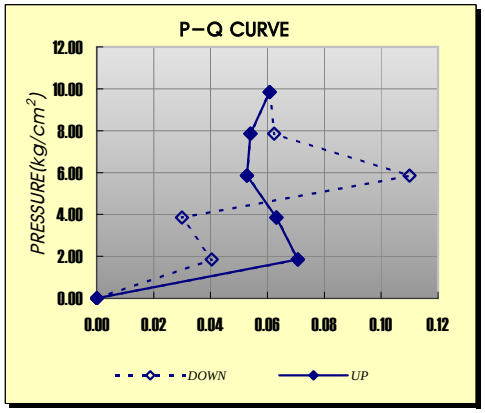
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

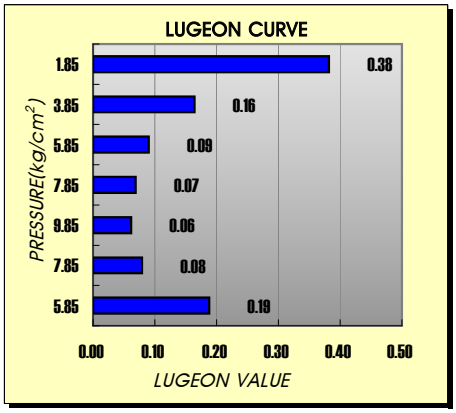
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-11	DATE	2011.02.11	HOLE LENGTH (m)	21.8	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	34.5	to	39.5 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	8.0
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	김진화	CHECKED BY	홍성현

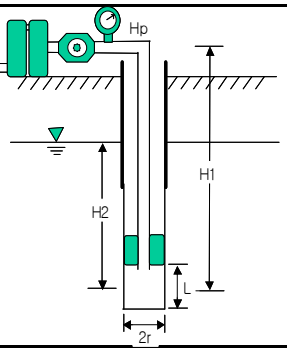
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	37.00	1850	170.1	171.8	1.8	353	4.94E-06
15	20	5	3.0	37.00	3850	172.3	173.9	1.6	316	2.12E-06
25	30	5	5.0	37.00	5850	174.3	175.6	1.3	264	1.17E-06
35	40	5	7.0	37.00	7850	175.9	177.3	1.3	270	8.89E-07
45	50	5	9.0	37.00	9850	177.5	179.0	1.5	304	7.98E-07
55	60	5	7.0	37.00	7850	179.3	180.9	1.6	312	1.03E-06
65	70	5	5.0	37.00	5850	180.2	183.0	2.8	550	2.43E-06
75	80	5	3.0	37.00	3850	183.3	184.0	0.8	150	1.01E-06
85	90	5	1.0	37.00	1850	185.2	186.2	1.0	202	2.82E-06
										1.91E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.85	0.07	0.38	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.85	0.06	0.16	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) (◎)
5.85	0.05	0.09	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
7.85	0.05	0.07	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
9.85	0.06	0.06	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.85	0.06	0.08	
5.85	0.11	0.19	
3.85	0.03	0.08	LUGEON USED AT : Maximum Pressure
1.85	0.04	0.22	
			USED VALUE 0.06





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 − H2 − H3 (H2>0), Hp + H1 −H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



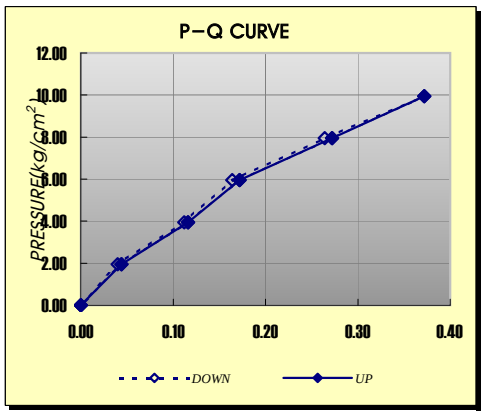
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

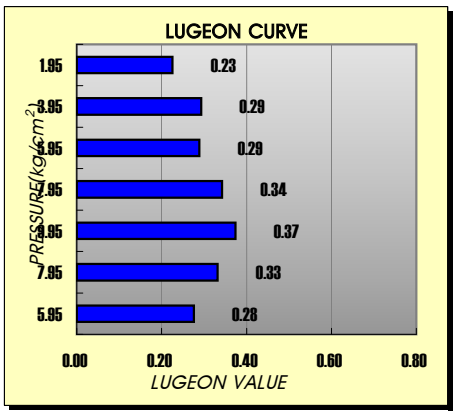
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-12	DATE	2011.02.13	HOLE LENGTH (m)	6.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	50.0	to	55.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	9.0
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	김진화	CHECKED BY	홍성현

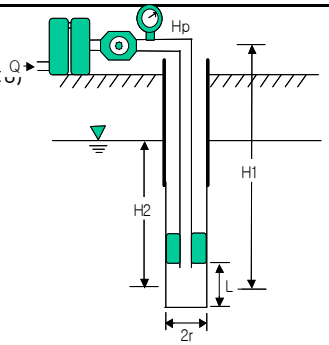
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	52.50	1950	625.1	626.2	1.1	220	2.92E-06
15	20	5	3.0	52.50	3950	630.3	633.2	2.9	580	3.80E-06
25	30	5	5.0	52.50	5950	639.7	644.0	4.3	860	3.74E-06
35	40	5	7.0	52.50	7950	649.6	656.4	6.8	1,360	4.42E-06
45	50	5	9.0	52.50	9950	664.2	673.5	9.3	1,860	4.83E-06
55	60	5	7.0	52.50	7950	689.4	696.0	6.6	1,320	4.29E-06
65	70	5	5.0	52.50	5950	698.0	702.1	4.1	820	3.56E-06
75	80	5	3.0	52.50	3950	704.0	706.8	2.8	560	3.67E-06
85	90	5	1.0	52.50	1950	708.0	709.0	1.0	200	2.65E-06
										3.76E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.95	0.04	0.23	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.95	0.12	0.29	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.95	0.17	0.29	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
7.95	0.27	0.34	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
9.95	0.37	0.37	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.95	0.26	0.33	
5.95	0.16	0.28	
3.95	0.11	0.28	LUGEON USED AT : Minimun Pressure
1.95	0.04	0.21	
			USED VALUE 0.21





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



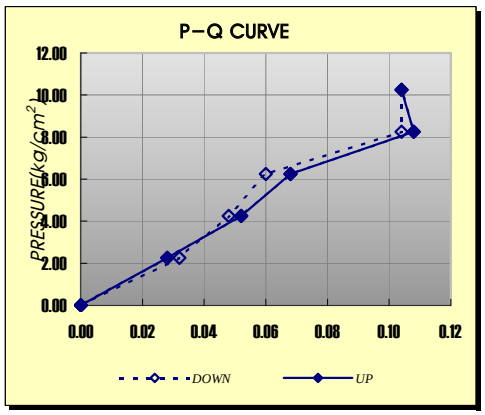
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

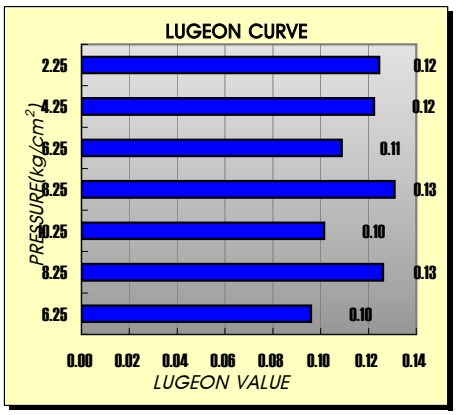
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-13	DATE	2011.04.18	HOLE LENGTH (m)	82.3	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	57.0	to	62.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	12.0
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.0	TYPE OF PACKER	
GEOLOGY			경암	TESTED BY	노인석	CHECKED BY	홍성현

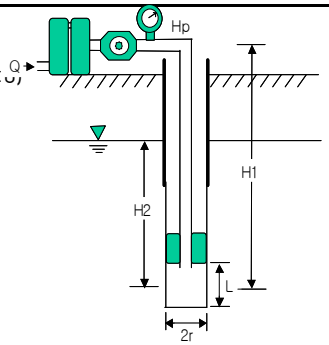
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	59.50	2250	438.5	439.2	0.7	140	1.61E-06
15	20	5	3.0	59.50	4250	449.3	450.6	1.3	260	1.58E-06
25	30	5	5.0	59.50	6250	456.0	457.7	1.7	340	1.41E-06
35	40	5	7.0	59.50	8250	458.5	461.2	2.7	540	1.69E-06
45	50	5	9.0	59.50	10250	462.2	464.8	2.6	520	1.31E-06
55	60	5	7.0	59.50	8250	465.3	467.9	2.6	520	1.63E-06
65	70	5	5.0	59.50	6250	468.8	470.3	1.5	300	1.24E-06
75	80	5	3.0	59.50	4250	470.4	471.6	1.2	240	1.46E-06
85	90	5	1.0	59.50	2250	472.8	473.6	0.8	160	1.84E-06
										1.53E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.25	0.03	0.12	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) (◎)
4.25	0.05	0.12	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
6.25	0.07	0.11	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
8.25	0.11	0.13	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
10.25	0.10	0.10	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
8.25	0.10	0.13	
6.25	0.06	0.10	
4.25	0.05	0.11	LUGEON USED AT : Average Value
2.25	0.03	0.14	
			USED VALUE 0.12





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



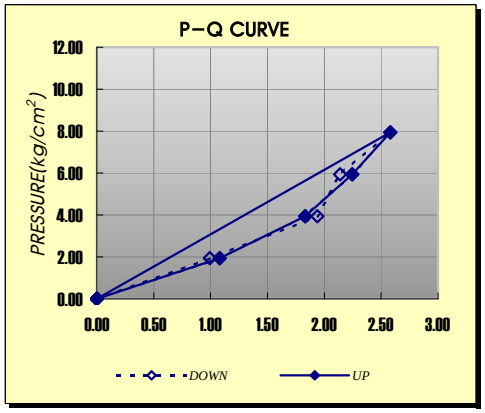
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

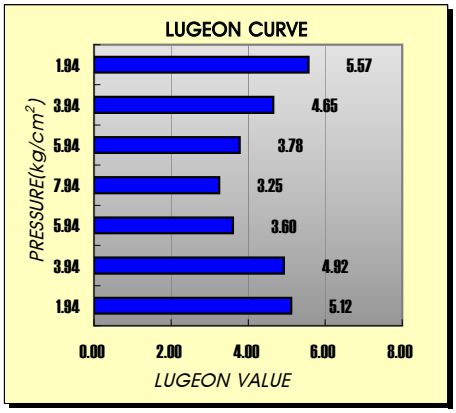
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-15	DATE	2011.03.13	HOLE LENGTH (m)	49.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	46.0	to	49.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	8.9
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	김학수	CHECKED BY	오세찬

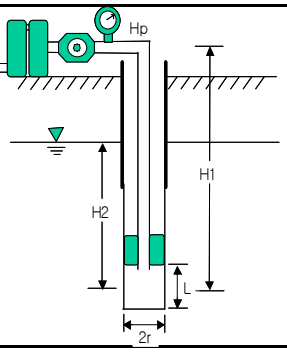
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	47.50	1940	156.3	172.5	16.2	3,240	6.44E-05
15	20	5	3.0	47.50	3940	186.5	214.0	27.5	5,500	5.39E-05
25	30	5	5.0	47.50	5940	226.5	260.2	33.7	6,740	4.38E-05
35	40	5	7.0	47.50	7940	277.5	316.2	38.7	7,740	3.76E-05
45	50	5	5.0	47.50	5940	332.4	364.5	32.1	6,420	4.17E-05
55	60	5	3.0	47.50	3940	386.2	415.3	29.1	5,820	5.70E-05
65	70	5	1.0	47.50	1940	435.5	450.4	14.9	2,980	5.93E-05
										5.11E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.94	1.08	5.57	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.94	1.83	4.65	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) (◎)
5.94	2.25	3.78	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
7.94	2.58	3.25	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
5.94	2.14	3.60	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
3.94	1.94	4.92	
1.94	0.99	5.12	
			LUGEON USED AT : Maximum Pressure
			USED VALUE 3.25





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 − H2 − H3 (H2>0), Hp + H1 −H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



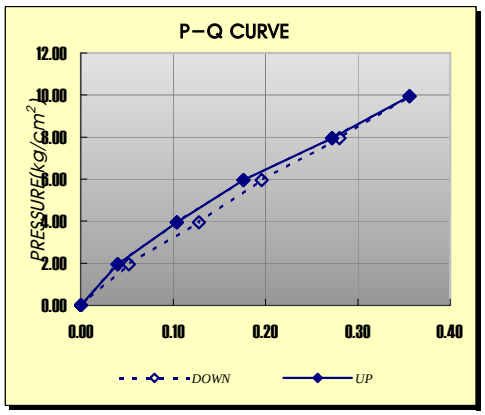
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

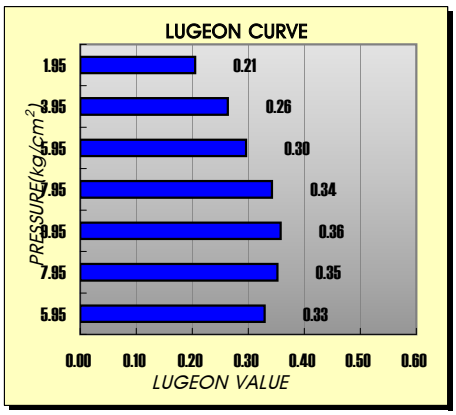
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-16	DATE	2011.03.11	HOLE LENGTH (m)	18.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	46.0	to	51.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	9.0
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	어뵹락	CHECKED BY	홍성현

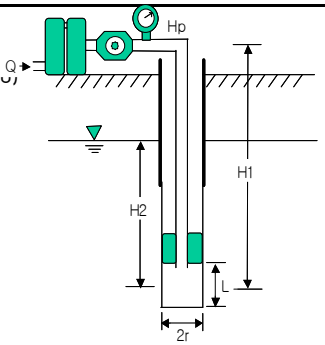
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	48.50	1950	127.0	128.0	1.0	200	2.65E-06
15	20	5	3.0	48.50	3950	128.2	130.8	2.6	520	3.40E-06
25	30	5	5.0	48.50	5950	131.0	135.4	4.4	880	3.82E-06
35	40	5	7.0	48.50	7950	136.0	142.8	6.8	1,360	4.42E-06
45	50	5	9.0	48.50	9950	143.5	152.4	8.9	1,780	4.63E-06
55	60	5	7.0	48.50	7950	153.0	160.0	7.0	1,400	4.55E-06
65	70	5	5.0	48.50	5950	160.5	165.4	4.9	980	4.26E-06
75	80	5	3.0	48.50	3950	165.5	168.7	3.2	640	4.19E-06
85	90	5	1.0	48.50	1950	168.9	170.2	1.3	260	3.45E-06
										3.93E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.95	0.04	0.21	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.95	0.10	0.26	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.95	0.18	0.30	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
7.95	0.27	0.34	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
9.95	0.36	0.36	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.95	0.28	0.35	
5.95	0.20	0.33	
3.95	0.13	0.32	LUGEON USED AT : Minimun Pressure
1.95	0.05	0.27	
			USED VALUE 0.21





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



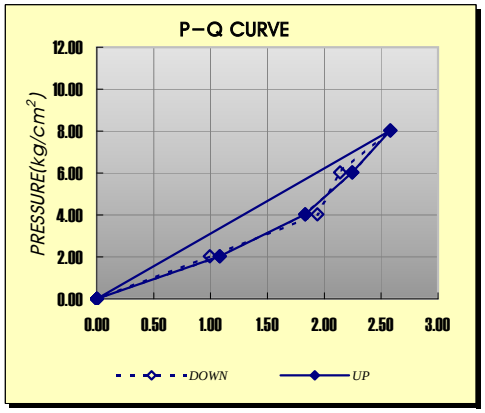
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

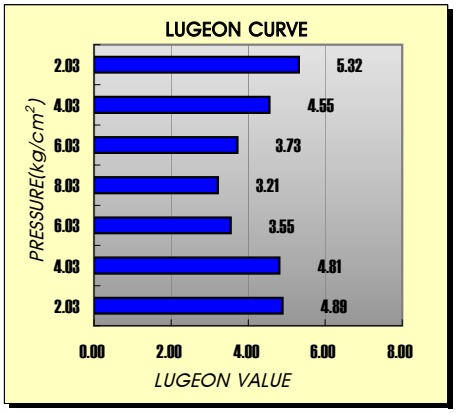
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-17	DATE	2011.02.22	HOLE LENGTH (m)	49.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	46.0	to	49.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	9.8
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	강상국	CHECKED BY	오세찬

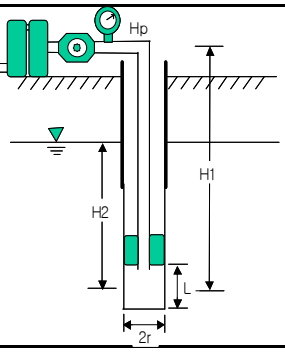
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	47.50	2030	156.3	172.5	16.2	3,240	6.16E-05
15	20	5	3.0	47.50	4030	186.5	214.0	27.5	5,500	5.27E-05
25	30	5	5.0	47.50	6030	226.5	260.2	33.7	6,740	4.31E-05
35	40	5	7.0	47.50	8030	277.5	316.2	38.7	7,740	3.72E-05
45	50	5	5.0	47.50	6030	332.4	364.5	32.1	6,420	4.11E-05
55	60	5	3.0	47.50	4030	386.2	415.3	29.1	5,820	5.57E-05
65	70	5	1.0	47.50	2030	435.5	450.4	14.9	2,980	5.66E-05
										4.97E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.03	1.08	5.32	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
4.03	1.83	4.55	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) (◎)
6.03	2.25	3.73	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
8.03	2.58	3.21	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
6.03	2.14	3.55	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
4.03	1.94	4.81	
2.03	0.99	4.89	
			LUGEON USED AT : Maximum Pressure
			USED VALUE 3.21





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 − H2 − H3 (H2>0), Hp + H1 −H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



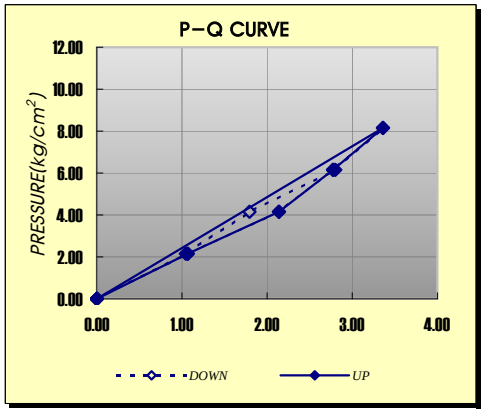
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

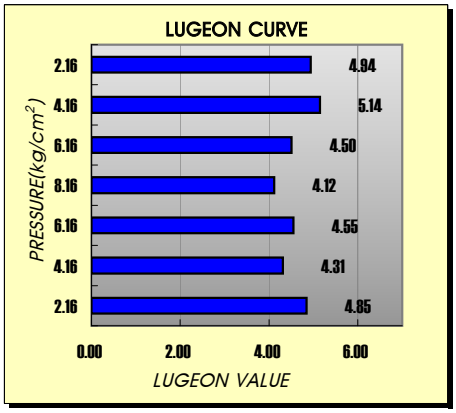
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-18	DATE	2011.02.26	HOLE LENGTH (m)	52.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	49.0	to	52.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	11.1
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	강상국	CHECKED BY	오세찬

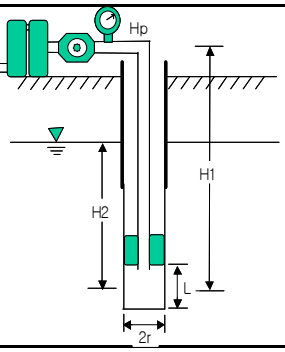
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	50.50	2160	232.5	248.5	16.0	3,200	5.72E-05
15	20	5	3.0	50.50	4160	268.4	300.5	32.1	6,420	5.95E-05
25	30	5	5.0	50.50	6160	324.2	365.8	41.6	8,320	5.21E-05
35	40	5	7.0	50.50	8160	384.1	434.5	50.4	10,080	4.77E-05
45	50	5	5.0	50.50	6160	447.5	489.5	42.0	8,400	5.26E-05
55	60	5	3.0	50.50	4160	502.5	529.4	26.9	5,380	4.99E-05
65	70	5	1.0	50.50	2160	538.5	554.2	15.7	3,140	5.61E-05
										5.36E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.16	1.07	4.94	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) (◎)
4.16	2.14	5.14	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
6.16	2.77	4.50	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
8.16	3.36	4.12	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
6.16	2.80	4.55	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
4.16	1.79	4.31	
2.16	1.05	4.85	
			LUGEON USED AT : Average Value
			USED VALUE 4.63





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 − H2 − H3 (H2>0), Hp + H1 −H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



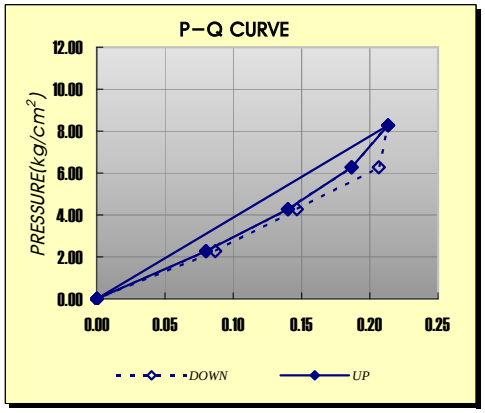
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

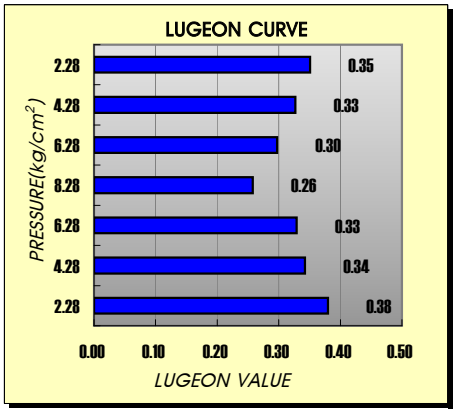
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-20	DATE	2011.02.26	HOLE LENGTH (m)	51.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	48.0	to	51.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	12.3
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	오현철	CHECKED BY	오세찬

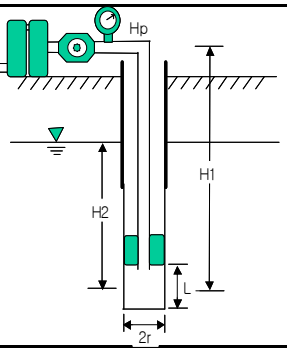
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	49.50	2280	107.5	108.7	1.2	240	4.06E-06
15	20	5	3.0	49.50	4280	109.5	111.6	2.1	420	3.79E-06
25	30	5	5.0	49.50	6280	113.0	115.8	2.8	560	3.44E-06
35	40	5	7.0	49.50	8280	117.2	120.4	3.2	640	2.98E-06
45	50	5	5.0	49.50	6280	122.8	125.9	3.1	620	3.81E-06
55	60	5	3.0	49.50	4280	128.5	130.7	2.2	440	3.97E-06
65	70	5	1.0	49.50	2280	132.2	133.5	1.3	260	4.40E-06
										3.78E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.28	0.08	0.35	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
4.28	0.14	0.33	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) (◎)
6.28	0.19	0.30	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
8.28	0.21	0.26	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
6.28	0.21	0.33	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
4.28	0.15	0.34	
2.28	0.09	0.38	
			LUGEON USED AT : Maximum Pressure
			USED VALUE 0.26





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



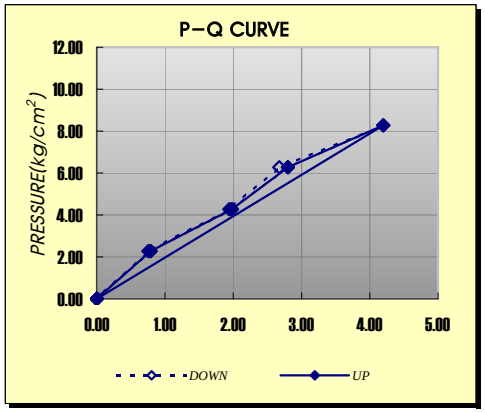
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

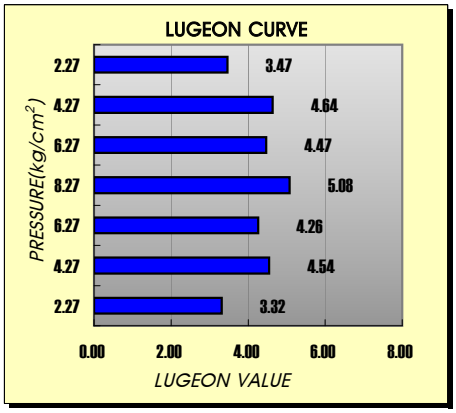
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-22	DATE	2011.03.20	HOLE LENGTH (m)	40.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	37.0	to	40.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	12.2
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	박상원	CHECKED BY	오세찬

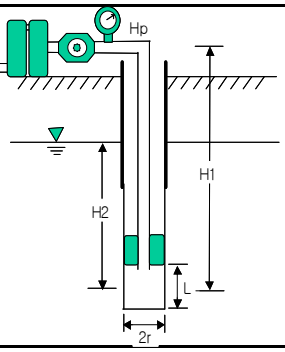
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	38.50	2270	166.5	178.3	11.8	2,360	4.01E-05
15	20	5	3.0	38.50	4270	185.4	215.1	29.7	5,940	5.37E-05
25	30	5	5.0	38.50	6270	222.5	264.5	42.0	8,400	5.17E-05
35	40	5	7.0	38.50	8270	277.5	340.5	63.0	12,600	5.88E-05
45	50	5	5.0	38.50	6270	330.4	370.5	40.1	8,020	4.94E-05
55	60	5	3.0	38.50	4270	386.2	415.3	29.1	5,820	5.26E-05
65	70	5	1.0	38.50	2270	431.5	442.8	11.3	2,260	3.84E-05
										4.92E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.27	0.79	3.47	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
4.27	1.98	4.64	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
6.27	2.80	4.47	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
8.27	4.20	5.08	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
6.27	2.67	4.26	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
4.27	1.94	4.54	
2.27	0.75	3.32	
			LUGEON USED AT : Minimun Pressure
			USED VALUE 3.32





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 − H2 − H3 (H2>0), Hp + H1 −H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



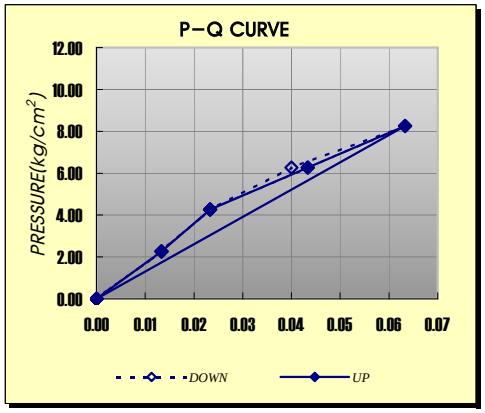
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

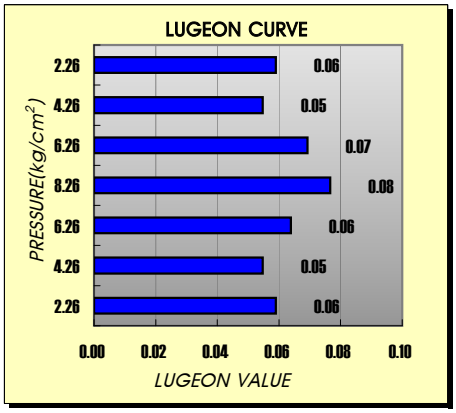
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-24	DATE	2011.02.20	HOLE LENGTH (m)	43.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	40.0	to	43.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	12.1
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	강상국	CHECKED BY	오세찬

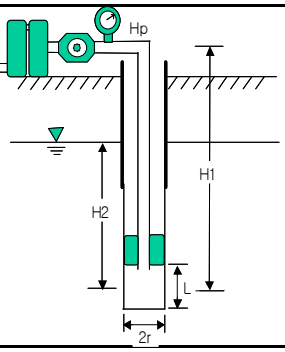
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	41.50	2260	235.5	235.7	0.2	40	6.83E-07
15	20	5	3.0	41.50	4260	238.4	238.8	0.3	70	6.34E-07
25	30	5	5.0	41.50	6260	241.3	242.0	0.6	130	8.01E-07
35	40	5	7.0	41.50	8260	243.9	244.9	0.9	190	8.88E-07
45	50	5	5.0	41.50	6260	248.9	249.5	0.6	120	7.40E-07
55	60	5	3.0	41.50	4260	253.6	254.0	0.3	70	6.34E-07
65	70	5	1.0	41.50	2260	257.8	258.0	0.2	40	6.83E-07
										7.23E-07

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.26	0.01	0.06	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
4.26	0.02	0.05	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
6.26	0.04	0.07	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
8.26	0.06	0.08	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
6.26	0.04	0.06	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
4.26	0.02	0.05	
2.26	0.01	0.06	
			LUGEON USED AT : Minimun Pressure
			USED VALUE 0.06





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



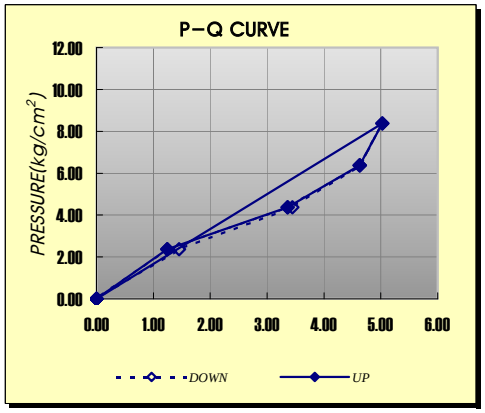
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

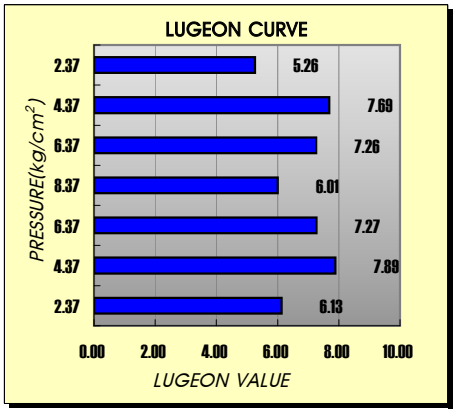
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-25	DATE	2011.02.26	HOLE LENGTH (m)	43.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	42.0	to	45.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	13.2
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	오현철	CHECKED BY	오세찬

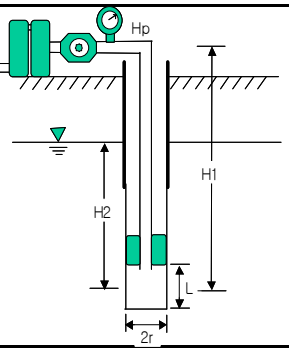
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	43.50	2370	383.0	401.7	18.7	3,740	6.09E-05
15	20	5	3.0	43.50	4370	408.4	458.8	50.4	10,080	8.90E-05
25	30	5	5.0	43.50	6370	462.2	531.6	69.4	13,880	8.41E-05
35	40	5	7.0	43.50	8370	533.6	609.0	75.4	15,080	6.95E-05
45	50	5	5.0	43.50	6370	613.4	682.9	69.5	13,900	8.42E-05
55	60	5	3.0	43.50	4370	688.6	740.3	51.7	10,340	9.13E-05
65	70	5	1.0	43.50	2370	747.8	769.6	21.8	4,360	7.10E-05
										7.86E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.37	1.25	5.26	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) (◎)
4.37	3.36	7.69	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
6.37	4.63	7.26	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
8.37	5.03	6.01	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
6.37	4.63	7.27	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
4.37	3.45	7.89	
2.37	1.45	6.13	
			LUGEON USED AT : Average Value
			USED VALUE 6.79





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



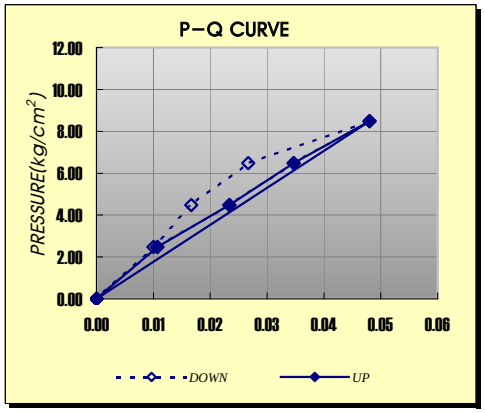
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

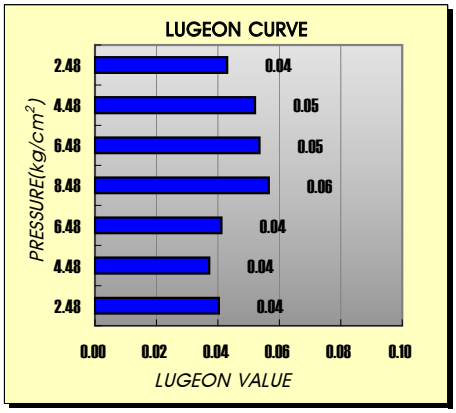
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-26	DATE	2011.02.26	HOLE LENGTH (m)	40.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	37.0	to	40.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	14.3
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	강상국	CHECKED BY	오세찬

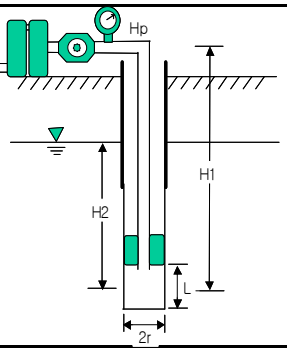
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	38.50	2480	842.5	842.7	0.2	32	4.98E-07
15	20	5	3.0	38.50	4480	854.3	854.7	0.4	70	6.03E-07
25	30	5	5.0	38.50	6480	860.5	861.0	0.5	104	6.19E-07
35	40	5	7.0	38.50	8480	863.8	864.5	0.7	144	6.55E-07
45	50	5	5.0	38.50	6480	871.3	871.7	0.4	80	4.76E-07
55	60	5	3.0	38.50	4480	878.6	878.9	0.3	50	4.31E-07
65	70	5	1.0	38.50	2480	885.6	885.8	0.1	30	4.67E-07
										5.36E-07

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.48	0.01	0.04	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
4.48	0.02	0.05	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
6.48	0.03	0.05	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
8.48	0.05	0.06	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
6.48	0.03	0.04	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
4.48	0.02	0.04	
2.48	0.01	0.04	
			LUGEON USED AT : Minimun Pressure
			USED VALUE 0.04





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



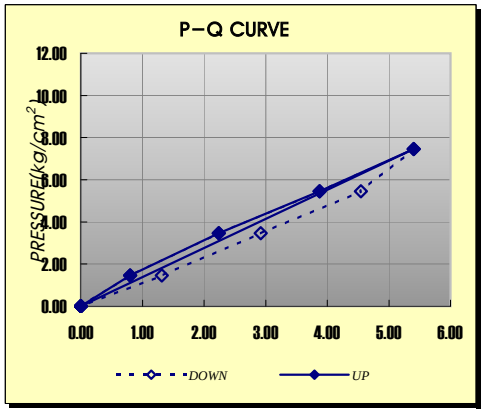
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

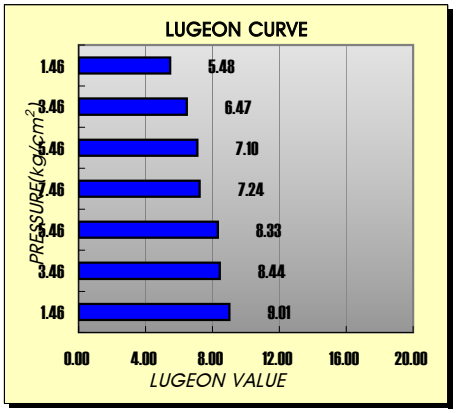
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-27	DATE	2011.03.13	HOLE LENGTH (m)	36.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	31.0	to	36.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	4.1
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	박상원	CHECKED BY	오세찬

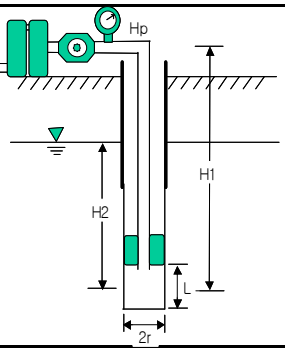
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	33.50	1460	358.5	378.5	20.0	4,000	7.08E-05
15	20	5	3.0	33.50	3460	394.5	450.5	56.0	11,200	8.37E-05
25	30	5	5.0	33.50	5460	477.6	574.5	96.9	19,380	9.18E-05
35	40	5	7.0	33.50	7460	590.2	725.2	135.0	27,000	9.36E-05
45	50	5	5.0	33.50	5460	732.5	846.2	113.7	22,740	1.08E-04
55	60	5	3.0	33.50	3460	864.5	937.5	73.0	14,600	1.09E-04
65	70	5	1.0	33.50	1460	955.6	988.5	32.9	6,580	1.17E-04
										9.62E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.46	0.80	5.48	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.46	2.24	6.47	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.46	3.88	7.10	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
7.46	5.40	7.24	D TYPE : 유실(WASH-OUT) (◎)
5.46	4.55	8.33	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
3.46	2.92	8.44	
1.46	1.32	9.01	
			LUGEON USED AT : Maximun Value
			USED VALUE 9.01





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



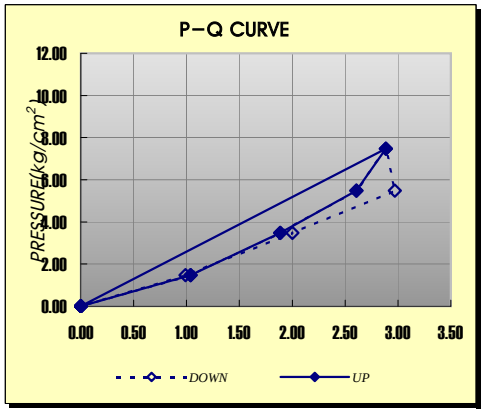
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

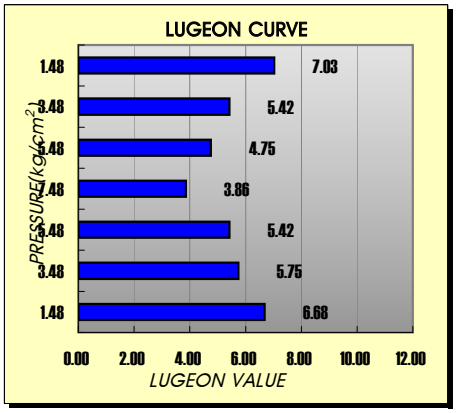
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-28	DATE	2011.03.11	HOLE LENGTH (m)	36.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	32.5	to	36.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	4.3
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.5	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	박상원	CHECKED BY	오세찬

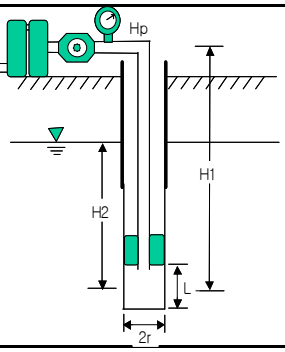
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	34.25	1480	150.3	168.5	18.2	3,640	8.42E-05
15	20	5	3.0	34.25	3480	175.5	208.5	33.0	6,600	6.49E-05
25	30	5	5.0	34.25	5480	222.6	268.2	45.6	9,120	5.70E-05
35	40	5	7.0	34.25	7480	276.7	327.2	50.5	10,100	4.62E-05
45	50	5	5.0	34.25	5480	340.5	392.5	52.0	10,400	6.50E-05
55	60	5	3.0	34.25	3480	403.4	438.4	35.0	7,000	6.89E-05
65	70	5	1.0	34.25	1480	445.2	462.5	17.3	3,460	8.00E-05
										6.66E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.48	1.04	7.03	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.48	1.89	5.42	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) (◎)
5.48	2.61	4.75	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
7.48	2.89	3.86	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
5.48	2.97	5.42	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
3.48	2.00	5.75	
1.48	0.99	6.68	
			LUGEON USED AT : Maximum Pressure
			USED VALUE 3.86





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



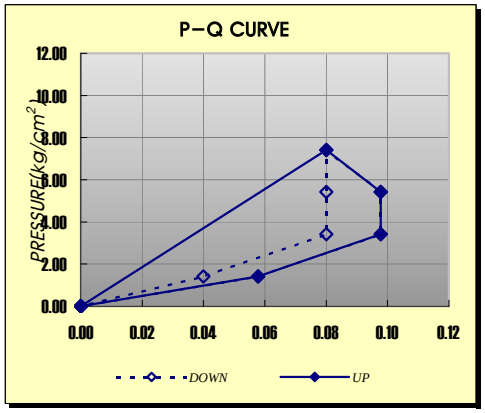
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

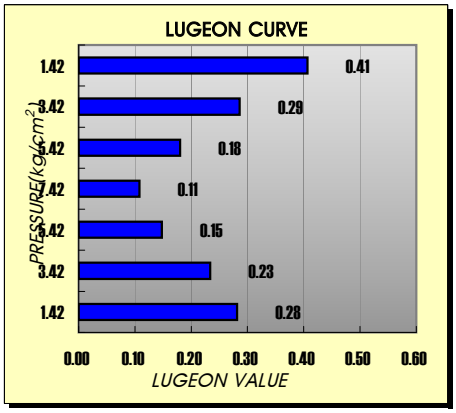
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-29	DATE	2011.03.14	HOLE LENGTH (m)	27.5	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	23.0	to	27.5 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	3.7
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	4.5	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	박상원	CHECKED BY	오세찬

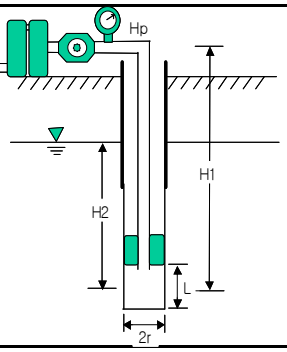
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	25.25	1420	598.0	599.3	1.3	260	5.15E-06
15	20	5	3.0	25.25	3420	600.5	602.7	2.2	440	3.62E-06
25	30	5	5.0	25.25	5420	604.0	606.2	2.2	440	2.28E-06
35	40	5	7.0	25.25	7420	607.8	609.6	1.8	360	1.36E-06
45	50	5	5.0	25.25	5420	612.2	614.0	1.8	360	1.87E-06
55	60	5	3.0	25.25	3420	615.2	617.0	1.8	360	2.96E-06
65	70	5	1.0	25.25	1420	618.5	619.4	0.9	180	3.56E-06
										2.97E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.42	0.06	0.41	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.42	0.10	0.29	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) (◎)
5.42	0.10	0.18	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
7.42	0.08	0.11	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
5.42	0.08	0.15	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
3.42	0.08	0.23	
1.42	0.04	0.28	
			LUGEON USED AT : Maximum Pressure
			USED VALUE 0.11





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 − H2 − H3 (H2>0), Hp + H1 −H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



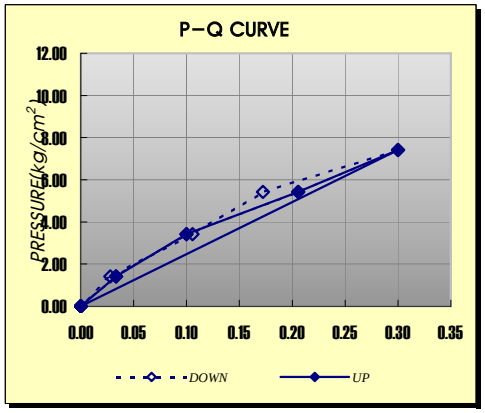
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

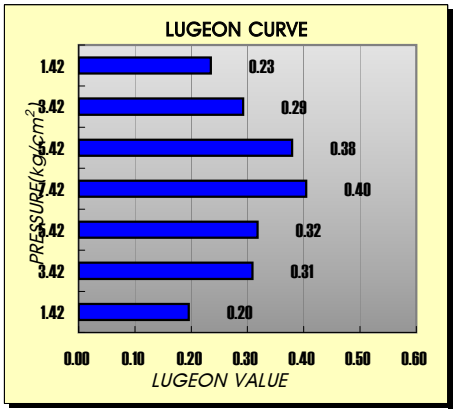
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NTB-30	DATE	2011.03.12	HOLE LENGTH (m)	34.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	30.4	to	34.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	3.7
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.6	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	박상원	CHECKED BY	오세찬

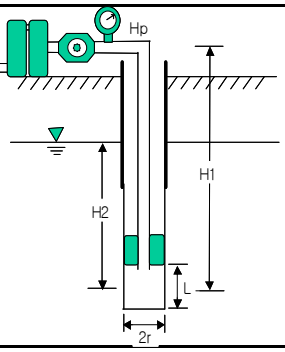
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	32.20	1420	564.0	564.6	0.6	120	2.83E-06
15	20	5	3.0	32.20	3420	565.4	567.2	1.8	360	3.53E-06
25	30	5	5.0	32.20	5420	567.5	571.2	3.7	740	4.57E-06
35	40	5	7.0	32.20	7420	571.9	577.3	5.4	1,080	4.88E-06
45	50	5	5.0	32.20	5420	583.1	586.2	3.1	620	3.83E-06
55	60	5	3.0	32.20	3420	589.3	591.2	1.9	380	3.72E-06
65	70	5	1.0	32.20	1420	593.4	593.9	0.5	100	2.36E-06
										3.67E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.42	0.03	0.23	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.42	0.10	0.29	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.42	0.21	0.38	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
7.42	0.30	0.40	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
5.42	0.17	0.32	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
3.42	0.11	0.31	
1.42	0.03	0.20	
			LUGEON USED AT : Minimun Pressure
			USED VALUE 0.20





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



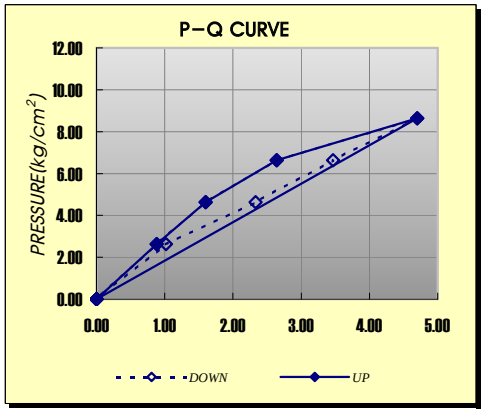
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

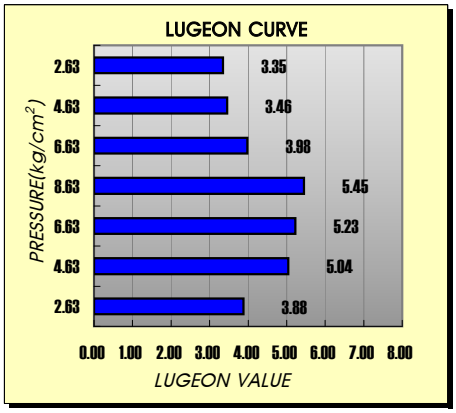
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NBB-5	DATE	2011.02.23	HOLE LENGTH (m)	30.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	27.0	to	30.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	15.8
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	오현철	CHECKED BY	오세찬

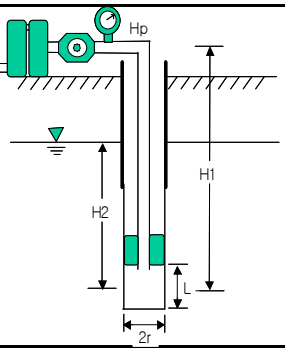
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	28.50	2630	555.3	568.5	13.2	2,640	3.87E-05
15	20	5	3.0	28.50	4630	575.5	599.5	24.0	4,800	4.00E-05
25	30	5	5.0	28.50	6630	602.6	642.2	39.6	7,920	4.61E-05
35	40	5	7.0	28.50	8630	646.7	717.2	70.5	14,100	6.30E-05
45	50	5	5.0	28.50	6630	720.5	772.5	52.0	10,400	6.05E-05
55	60	5	3.0	28.50	4630	775.4	810.4	35.0	7,000	5.83E-05
65	70	5	1.0	28.50	2630	815.2	830.5	15.3	3,060	4.49E-05
										5.02E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.63	0.88	3.35	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
4.63	1.60	3.46	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
6.63	2.64	3.98	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
8.63	4.70	5.45	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
6.63	3.47	5.23	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
4.63	2.33	5.04	
2.63	1.02	3.88	
			LUGEON USED AT : Minimun Pressure
			USED VALUE 3.35





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사 수압시험 Summary

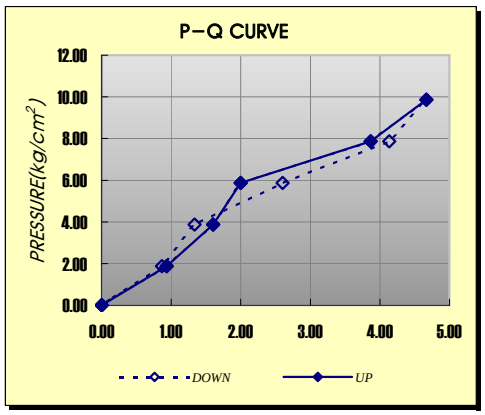
구분	공번	심도	지층	RMR Basic	투수계수	Lugeon	비고
1	ATB-2	21.0~24.0	연암	37	5.14E-05	4.44	층류
2	ATB-6	39.0~42.0	경암	72	6.84E-06	0.59	층류
3	ATB-7	54.1~57.1	경암	53	6.37E-06	0.25	팽창
4	NNTB-2	38.0~41.0	경암	66	5.21E-07	0.04	층류
5	NNTB-5	49.0~52.0	연암	41	3.61E-05	2.03	팽창
6	NNTB-6	45.1~48.1	경암	61	7.28E-06	0.63	층류
7	ATB-10	46.5~51.5	경암	66	2.77E-06	0.06	팽창
8	ATB-12	45.5~50.5	연암	41	5.15E-07	0.04	층류
9	ATB-20	33.9~38.9	연암	42	1.05E-04	4.22	팽창
10	ATB-21	31.5~37.0	경암	54	1.85E-05	1.41	층류
11	NNTB-7	67.0~72.0	경암	86	1.66E-06	0.01	팽창
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

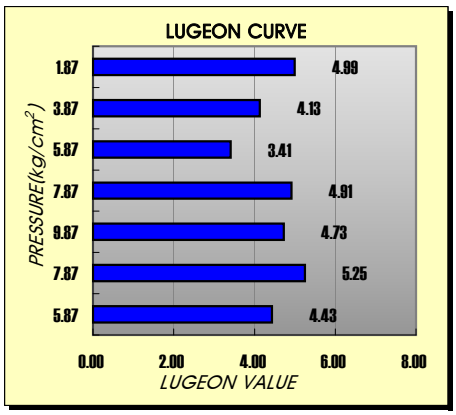
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
HOLE NO.	ATB-2	DATE	2013.03.31	HOLE LENGTH (m)	24.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	21.0	to	24.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	8.4
MANOMETER HEIGHT			0.30 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	김명철	CHECKED BY	이상민

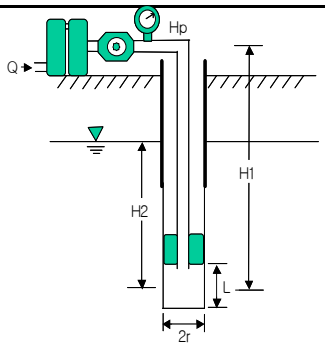
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	22.50	1870	250.0	264.0	14.0	2,800	5.78E-05
15	20	5	3.0	22.50	3870	270.0	294.0	24.0	4,800	4.79E-05
25	30	5	5.0	22.50	5870	315.0	345.0	30.0	6,000	3.94E-05
35	40	5	7.0	22.50	7870	360.0	418.0	58.0	11,600	5.69E-05
45	50	5	9.0	22.50	9870	438.0	508.0	70.0	14,000	5.47E-05
55	60	5	7.0	22.50	7870	527.0	589.0	62.0	12,400	6.08E-05
65	70	5	5.0	22.50	5870	603.0	642.0	39.0	7,800	5.13E-05
75	80	5	3.0	22.50	3870	650.0	670.0	20.0	4,000	3.99E-05
85	90	5	1.0	22.50	1870	675.0	688.0	13.0	2,600	5.36E-05
										5.14E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.87	0.93	4.99	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) (◎)
3.87	1.60	4.13	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.87	2.00	3.41	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
7.87	3.87	4.91	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
9.87	4.67	4.73	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.87	4.13	5.25	
5.87	2.60	4.43	
3.87	1.33	3.45	LUGEON USED AT : Average Value
1.87	0.87	4.63	
			USED VALUE 4.44





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



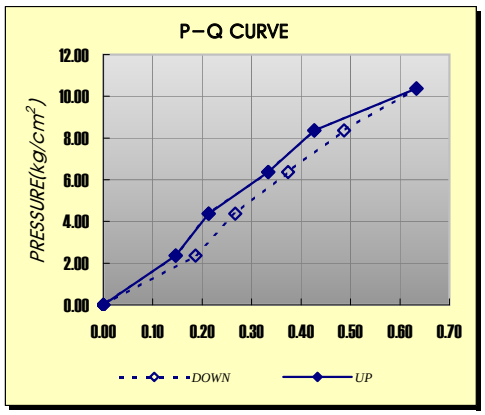
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

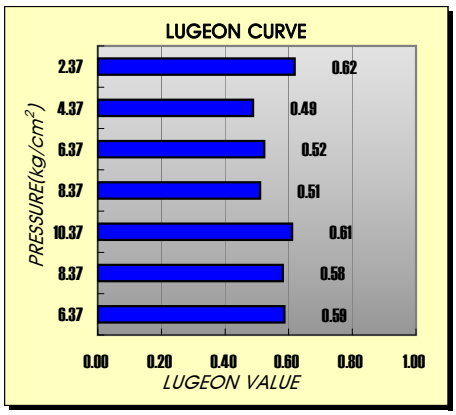
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
HOLE NO.	ATB-6	DATE	2013.03.28	HOLE LENGTH (m)	42.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	39.0	to	42.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	13.4
MANOMETER HEIGHT			0.30 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	김명철	CHECKED BY	이상민

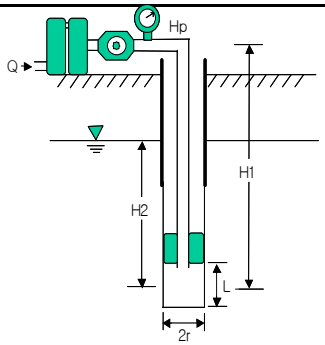
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	40.50	2370	195.0	197.2	2.2	440	7.16E-06
15	20	5	3.0	40.50	4370	198.8	202.0	3.2	640	5.65E-06
25	30	5	5.0	40.50	6370	205.5	210.5	5.0	1,000	6.06E-06
35	40	5	7.0	40.50	8370	214.0	220.4	6.4	1,280	5.90E-06
45	50	5	9.0	40.50	10370	223.0	232.5	9.5	1,900	7.07E-06
55	60	5	7.0	40.50	8370	234.2	241.5	7.3	1,460	6.73E-06
65	70	5	5.0	40.50	6370	243.0	248.6	5.6	1,120	6.78E-06
75	80	5	3.0	40.50	4370	250.0	254.0	4.0	800	7.06E-06
85	90	5	1.0	40.50	2370	255.0	257.8	2.8	560	9.12E-06
										6.84E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.37	0.15	0.62	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) (◎)
4.37	0.21	0.49	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
6.37	0.33	0.52	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
8.37	0.43	0.51	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
10.37	0.63	0.61	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
8.37	0.49	0.58	
6.37	0.37	0.59	
4.37	0.27	0.61	LUGEON USED AT : Average Value
2.37	0.19	0.79	
			USED VALUE 0.59





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



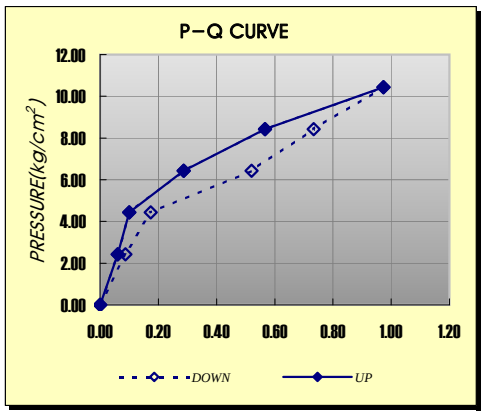
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

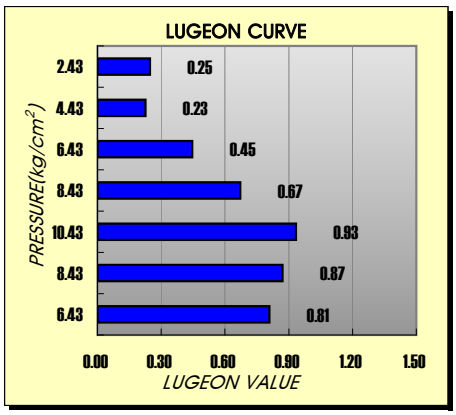
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울 제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
HOLE NO.	ATB-7	DATE	2013.02.24	HOLE LENGTH (m)	57.1	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	54.1	to	57.1 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	14.0
MANOMETER HEIGHT			0.30 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	김영섭	CHECKED BY	이상민

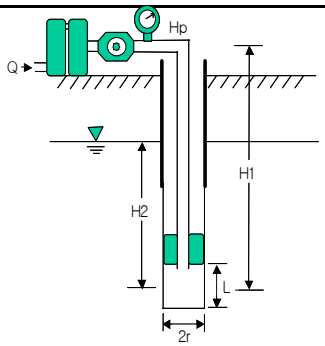
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	55.60	2430	356.0	356.9	0.9	180	2.86E-06
15	20	5	3.0	55.60	4430	357.5	359.0	1.5	300	2.61E-06
25	30	5	5.0	55.60	6430	360.2	364.5	4.3	860	5.16E-06
35	40	5	7.0	55.60	8430	366.0	374.5	8.5	1,700	7.78E-06
45	50	5	9.0	55.60	10430	376.0	390.6	14.6	2,920	1.08E-05
55	60	5	7.0	55.60	8430	392.0	403.0	11.0	2,200	1.01E-05
65	70	5	5.0	55.60	6430	404.0	411.8	7.8	1,560	9.36E-06
75	80	5	3.0	55.60	4430	413.0	415.6	2.6	520	4.53E-06
85	90	5	1.0	55.60	2430	419.2	420.5	1.3	260	4.13E-06
										6.37E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
2.43	0.06	0.25	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
4.43	0.10	0.23	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
6.43	0.29	0.45	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
8.43	0.57	0.67	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
10.43	0.97	0.93	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
8.43	0.73	0.87	
6.43	0.52	0.81	
4.43	0.17	0.39	LUGEON USED AT : Minimun Pressure
2.43	0.09	0.36	
			USED VALUE 0.25





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



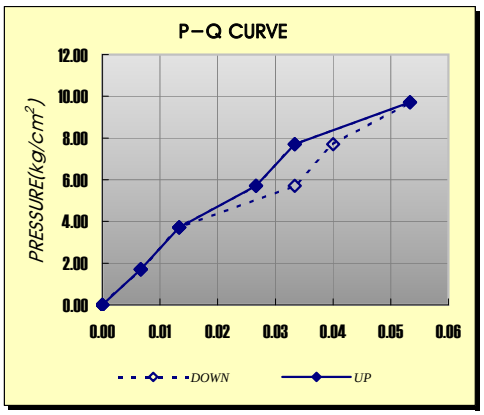
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

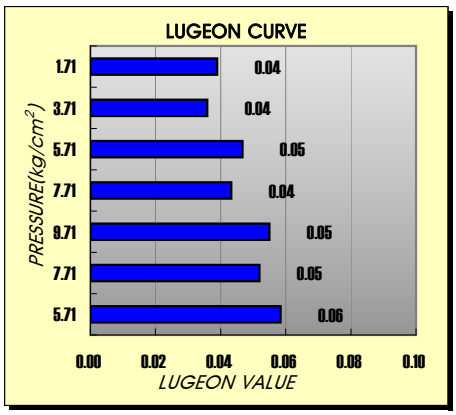
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
HOLE NO.	NNTB-2	DATE	2013.02.21	HOLE LENGTH (m)	41.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	38.0	to	41.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	6.8
MANOMETER HEIGHT			0.30 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	김영섭	CHECKED BY	이상민

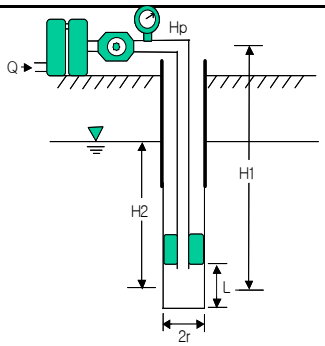
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	39.50	1710	661.7	661.8	0.1	20	4.51E-07
15	20	5	3.0	39.50	3710	661.9	662.1	0.2	40	4.16E-07
25	30	5	5.0	39.50	5710	663.0	663.4	0.4	80	5.41E-07
35	40	5	7.0	39.50	7710	664.0	664.5	0.5	100	5.00E-07
45	50	5	9.0	39.50	9710	665.0	665.8	0.8	160	6.36E-07
55	60	5	7.0	39.50	7710	666.0	666.6	0.6	120	6.01E-07
65	70	5	5.0	39.50	5710	666.8	667.3	0.5	100	6.76E-07
75	80	5	3.0	39.50	3710	667.6	667.8	0.2	40	4.16E-07
85	90	5	1.0	39.50	1710	668.0	668.1	0.1	20	4.51E-07
										5.21E-07

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.71	0.01	0.04	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) (◎)
3.71	0.01	0.04	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.71	0.03	0.05	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
7.71	0.03	0.04	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
9.71	0.05	0.05	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.71	0.04	0.05	
5.71	0.03	0.06	
3.71	0.01	0.04	LUGEON USED AT : Average Value
1.71	0.01	0.04	
			USED VALUE 0.04





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



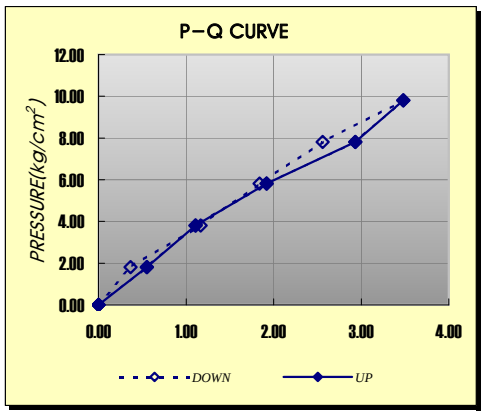
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

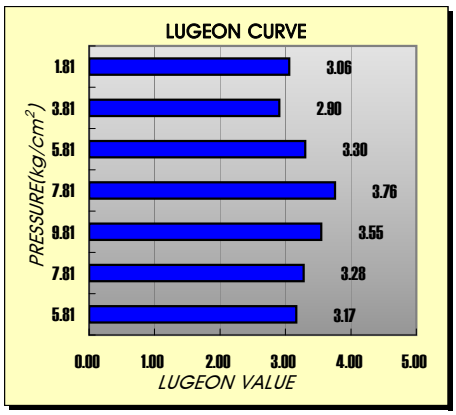
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
HOLE NO.	NNTB-5	DATE	2013.02.26	HOLE LENGTH (m)	52.0	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	49.0	to	52.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	7.8
MANOMETER HEIGHT			0.30 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			연암	TESTED BY	김명철	CHECKED BY	이상민

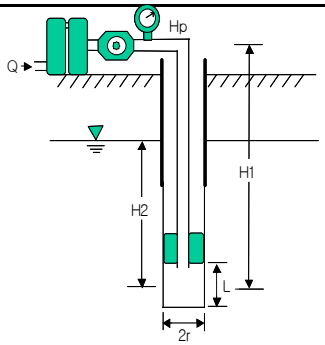
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	50.50	1810	308.0	316.3	8.3	1,660	3.54E-05
15	20	5	3.0	50.50	3810	326.0	342.6	16.6	3,320	3.36E-05
25	30	5	5.0	50.50	5810	360.0	388.8	28.8	5,760	3.83E-05
35	40	5	7.0	50.50	7810	392.0	436.0	44.0	8,800	4.35E-05
45	50	5	9.0	50.50	9810	438.0	490.2	52.2	10,440	4.11E-05
55	60	5	7.0	50.50	7810	498.0	536.4	38.4	7,680	3.79E-05
65	70	5	5.0	50.50	5810	544.0	571.6	27.6	5,520	3.67E-05
75	80	5	3.0	50.50	3810	577.0	594.5	17.5	3,500	3.54E-05
85	90	5	1.0	50.50	1810	600.0	605.5	5.5	1,100	2.34E-05
										3.61E-05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.81	0.55	3.06	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.81	1.11	2.90	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.81	1.92	3.30	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
7.81	2.93	3.76	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
9.81	3.48	3.55	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.81	2.56	3.28	
5.81	1.84	3.17	
3.81	1.17	3.06	LUGEON USED AT : Minimun Pressure
1.81	0.37	2.03	
			USED VALUE 2.03





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



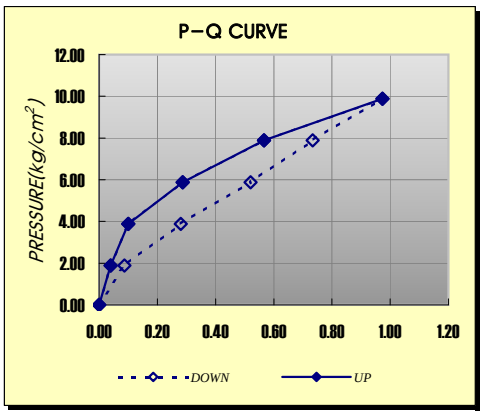
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

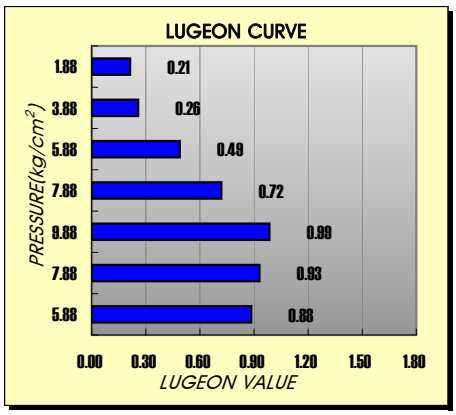
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
HOLE NO.	NNTB-6	DATE	2013.03.01	HOLE LENGTH (m)	48.1	HOLE EL. (EL.+ m)	
TEST SECTION	45.1	to	48.1 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	8.5
MANOMETER HEIGHT			0.30 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	3.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	김명철	CHECKED BY	이상민

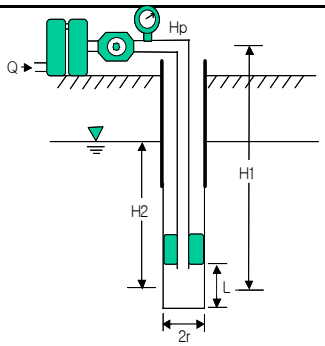
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	46.60	1880	356.0	356.6	0.6	120	2.46E-06
15	20	5	3.0	46.60	3880	357.5	359.0	1.5	300	2.98E-06
25	30	5	5.0	46.60	5880	360.2	364.5	4.3	860	5.64E-06
35	40	5	7.0	46.60	7880	366.0	374.5	8.5	1,700	8.32E-06
45	50	5	9.0	46.60	9880	376.0	390.6	14.6	2,920	1.14E-05
55	60	5	7.0	46.60	7880	392.0	403.0	11.0	2,200	1.08E-05
65	70	5	5.0	46.60	5880	404.0	411.8	7.8	1,560	1.02E-05
75	80	5	3.0	46.60	3880	413.0	417.2	4.2	840	8.35E-06
85	90	5	1.0	46.60	1880	419.2	420.5	1.3	260	5.34E-06
										7.28E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.88	0.04	0.21	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) (◎)
3.88	0.10	0.26	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.88	0.29	0.49	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
7.88	0.57	0.72	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
9.88	0.97	0.99	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.88	0.73	0.93	
5.88	0.52	0.88	
3.88	0.28	0.72	LUGEON USED AT : Average Value
1.88	0.09	0.46	
			USED VALUE 0.63





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 − H2 − H3 (H2>0), Hp + H1 −H3 (H2<0)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



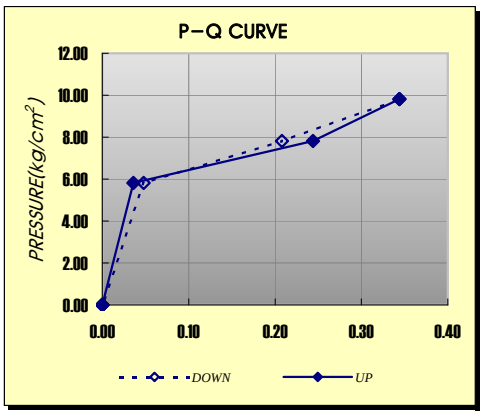
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

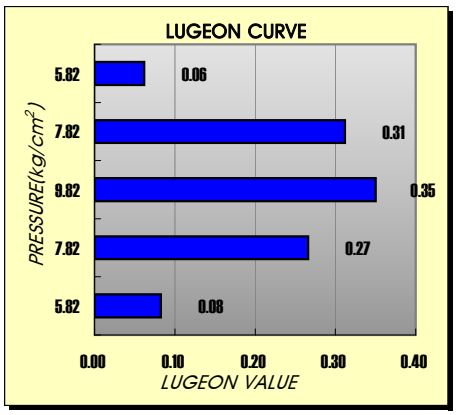
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
HOLE NO.	ATB-10	DATE	2013.02.22	HOLE LENGTH (m)	82.3	HOLE EL. (EL.+ m)	8.7
TEST SECTION	46.5	to	51.5 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	7.7
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.0	TYPE OF PACKER	Single
GEOLOGY			경암	TESTED BY	김세환	CHECKED BY	김상목

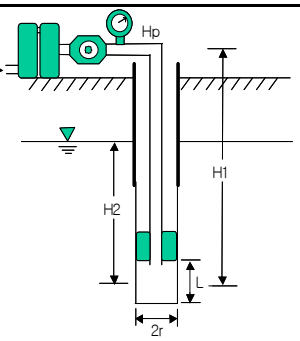
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	5.0	49.00	5820	37.0	37.9	0.9	180	8.00E-07
15	20	5	7.0	49.00	7820	39.0	45.1	6.1	1,220	4.03E-06
25	30	5	9.0	49.00	9820	48.0	56.6	8.6	1,720	4.53E-06
35	40	5	7.0	49.00	7820	53.3	58.5	5.2	1,040	3.44E-06
45	50	5	5.0	49.00	5820	54.6	55.8	1.2	240	1.07E-06
										2.77E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
5.82	0.04	0.06	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
7.82	0.24	0.31	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
9.82	0.34	0.35	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
7.82	0.21	0.27	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
5.82	0.05	0.08	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
			LUGEON USED AT : Minimun Pressure
			USED VALUE 0.06





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 - H2 - H3 (H2>0), Hp + H1 -H3 (H2<0,
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



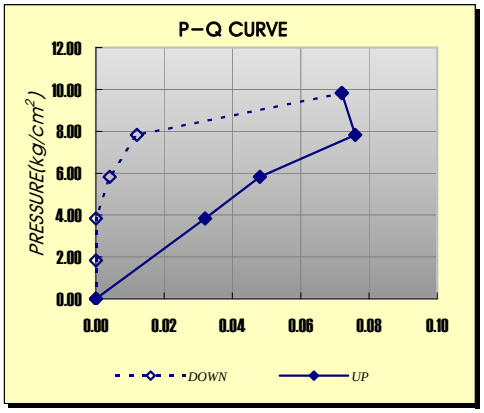
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

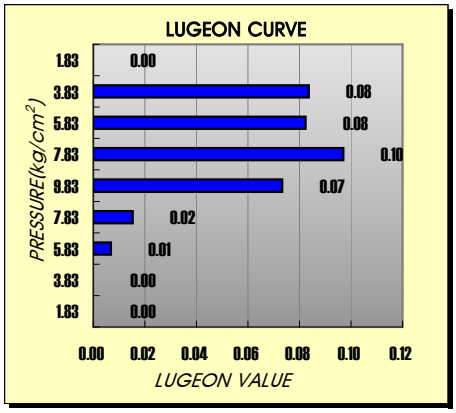
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
HOLE NO.	ATB-12	DATE	2012.02.25	HOLE LENGTH (m)	77.5	HOLE EL. (EL.+ m)	10.1
TEST SECTION	45.5	to	50.5 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	8.0
MANOMETER HEIGHT			0.30 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.0	TYPE OF PACKER	Single
GEOLOGY			연암	TESTED BY	노인석	CHECKED BY	김상록

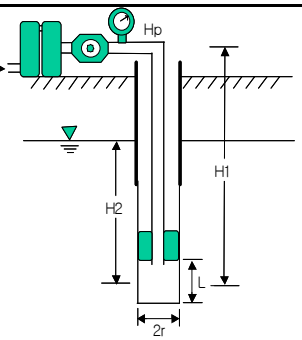
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	48.00	1830	129.1	129.1	0.0	0	0.00E+00
15	20	5	3.0	48.00	3830	130.0	130.8	0.8	160	1.08E-06
25	30	5	5.0	48.00	5830	131.4	132.6	1.2	240	1.06E-06
35	40	5	7.0	48.00	7830	132.8	134.7	1.9	380	1.25E-06
45	50	5	9.0	48.00	9830	134.9	136.7	1.8	360	9.47E-07
55	60	5	7.0	48.00	7830	136.8	137.1	0.3	60	1.98E-07
65	70	5	5.0	48.00	5830	137.3	137.4	0.1	20	8.87E-08
75	80	5	3.0	48.00	3830	137.0	137.0	0.0	0	0.00E+00
85	90	5	1.0	48.00	1830	139.9	139.9	0.0	0	0.00E+00
										5.15E-07

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.83	0.00	0.00	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) (◎)
3.83	0.03	0.08	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.83	0.05	0.08	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
7.83	0.08	0.10	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
9.83	0.07	0.07	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.83	0.01	0.02	
5.83	0.00	0.01	
3.83	0.00	0.00	LUGEON USED AT : Average Value
1.83	0.00	0.00	
			USED VALUE 0.04





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 − H2 − H3 (H2>0), Hp + H1 −H3 (H2<0,
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



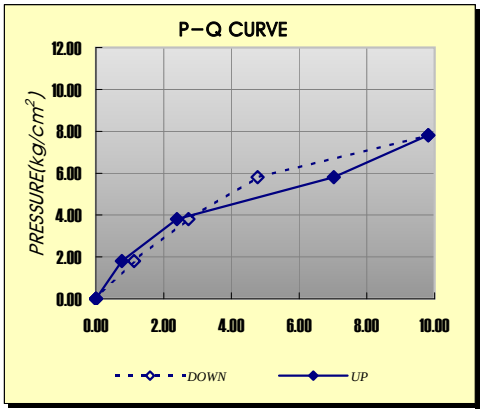
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

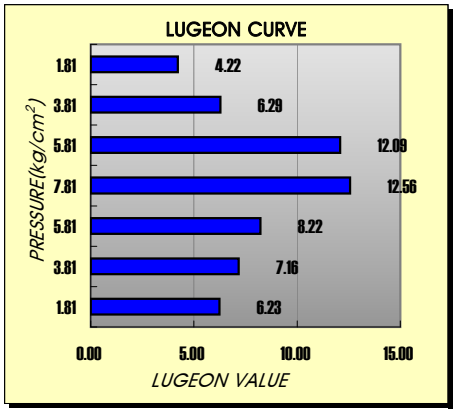
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
HOLE NO.	ATB-20	DATE	2013.03.21	HOLE LENGTH (m)	57.3	HOLE EL. (EL.+ m)	7.3
TEST SECTION	33.9	to	38.9 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	7.6
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.0	TYPE OF PACKER	Single
GEOLOGY			연암	TESTED BY	김세환	CHECKED BY	김상목

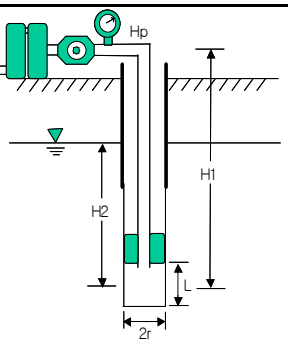
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	36.40	1810	91.0	110.1	19.1	3,820	5.46E-05
15	20	5	3.0	36.40	3810	118.0	177.9	59.9	11,980	8.13E-05
25	30	5	5.0	36.40	5810	210.0	385.6	175.6	35,120	1.56E-04
35	40	5	7.0	36.40	7810	410.0	655.2	245.2	49,040	1.62E-04
45	50	5	5.0	36.40	5810	680.0	799.4	119.4	23,880	1.06E-04
55	60	5	3.0	36.40	3810	820.0	888.2	68.2	13,640	9.26E-05
65	70	5	1.0	36.40	1810	900.0	928.2	28.2	5,640	8.06E-05
										1.05E-04

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.81	0.76	4.22	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.81	2.40	6.29	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.81	7.02	12.09	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
7.81	9.81	12.56	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
5.81	4.78	8.22	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
3.81	2.73	7.16	
1.81	1.13	6.23	
			LUGEON USED AT : Minimun Pressure
			USED VALUE 4.22





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 − H2 − H3 (H2>0), Hp + H1 −H3 (H2<0, Q)
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



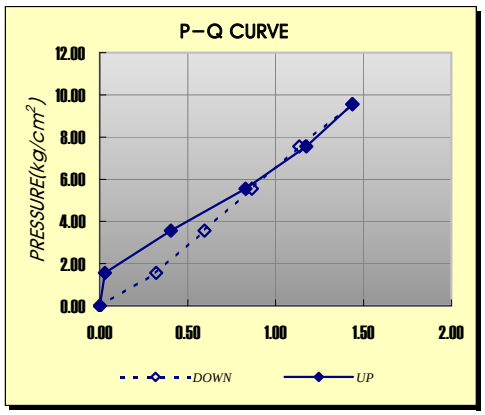
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

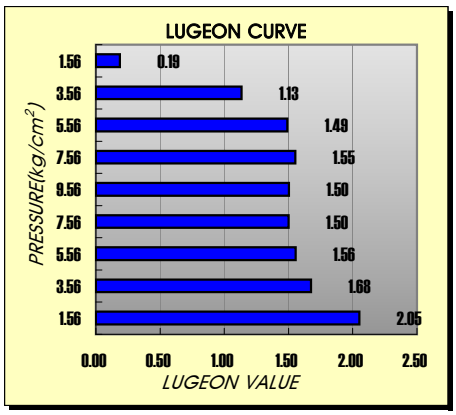
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사						
HOLE NO.	ATB−21	DATE	2013.03.19	HOLE LENGTH (m)	37.0	HOLE EL. (EL.+ m)	5.5
TEST SECTION	31.5	to	37.0 (GL.− m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.− m)	5.3
MANOMETER HEIGHT			0.30 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.5	TYPE OF PACKER	Single
GEOLOGY			경암	TESTED BY	노인석	CHECKED BY	김상록

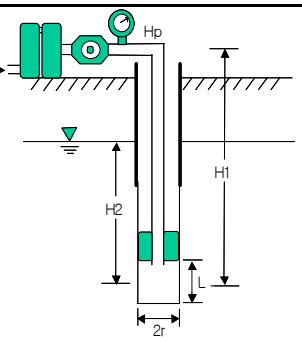
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(l)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.− m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	10	5	1.0	34.25	1560	142.7	143.5	0.8	160	2.46E−06
15	20	5	3.0	34.25	3560	149.9	161.0	11.1	2,220	1.49E−05
25	30	5	5.0	34.25	5560	165.0	187.8	22.8	4,560	1.97E−05
35	40	5	7.0	34.25	7560	200.0	232.3	32.3	6,460	2.05E−05
45	50	5	9.0	34.25	9560	239.0	278.5	39.5	7,900	1.98E−05
55	60	5	7.0	34.25	7560	285.0	316.2	31.2	6,240	1.98E−05
65	70	5	5.0	34.25	5560	320.0	343.8	23.8	4,760	2.05E−05
75	80	5	3.0	34.25	3560	346.4	362.8	16.4	3,280	2.21E−05
85	90	5	1.0	34.25	1560	364.7	373.5	8.8	1,760	2.70E−05
										1.85E−05

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.56	0.03	0.19	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) (◎)
3.56	0.40	1.13	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.56	0.83	1.49	C TYPE : 팽창(DILATION) ( )
7.56	1.17	1.55	D TYPE : 유실(WASH−OUT) ( )
9.56	1.44	1.50	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.56	1.13	1.50	
5.56	0.87	1.56	
3.56	0.60	1.68	LUGEON USED AT : Average Value
1.56	0.32	2.05	
			USED VALUE 1.41





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 − H2 − H3 (H2>0), Hp + H1 −H3 (H2<0,
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



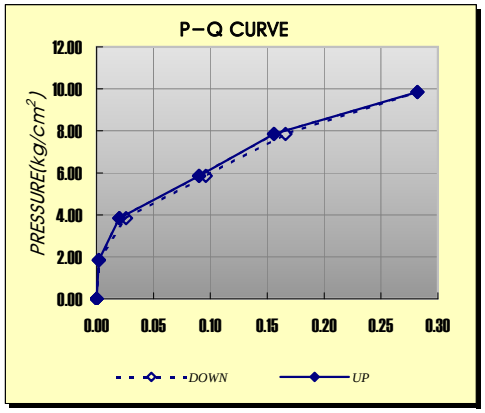
K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

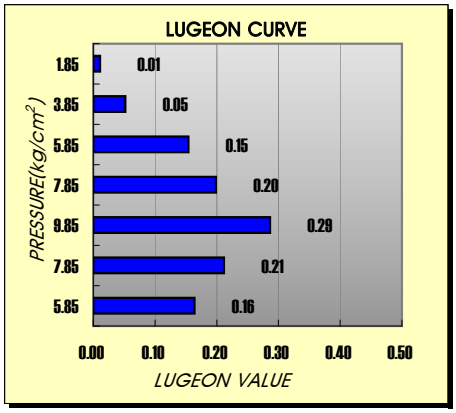
WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

PROJECT	서울제물포터널 민간투자사업 지반조사						
HOLE NO.	NNTB-7	DATE	2013.06.20	HOLE LENGTH (m)	84.5	HOLE EL. (EL.+ m)	7.2
TEST SECTION	67.0	to	72.0 (GL.- m)	HOLE SIZE	NX	G.W.L. (GL.- m)	8.0
MANOMETER HEIGHT			0.50 (GL.+ m)	TEST INTERVAL (m)	5.0	TYPE OF PACKER	20
GEOLOGY			경암	TESTED BY	안종현	CHECKED BY	강정훈

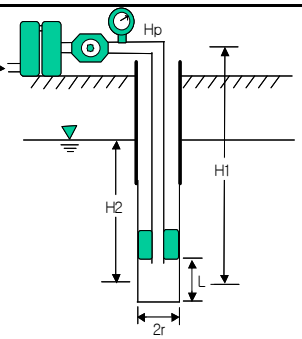
INJECTION TIME (min)			GAUGE PRESSURE	MEAN TEST DEPTH	TOTAL HEAD	FLOW METER(I)			INJECTION FLOW RATE	k(cm/sec)
from	to	time spent	(kgf/cm^2)	(GL.- m)	(cm)	from	to	Q'ty	(cm^3/min)	
5	15	10	1.0	69.50	1850	420.0	420.1	0.1	10	1.40E-07
15	25	10	3.0	69.50	3850	423.0	424.0	1.0	100	6.72E-07
25	35	10	5.0	69.50	5850	428.0	432.5	4.5	450	1.99E-06
35	45	10	7.0	69.50	7850	435.0	442.8	7.8	780	2.57E-06
45	55	10	9.0	69.50	9850	445.0	459.1	14.1	1,410	3.70E-06
55	65	10	7.0	69.50	7850	460.0	468.3	8.3	830	2.73E-06
65	75	10	5.0	69.50	5850	470.0	474.8	4.8	480	2.12E-06
75	85	10	3.0	69.50	3850	475.0	476.3	1.3	130	8.73E-07
85	95	10	1.0	69.50	1850	478.0	478.1	0.1	10	1.40E-07
										1.66E-06

PRESSURE (kg/cm^2)	INJECTED WATER (ℓ /m/min)	VALUE OF LUGEON	REMARK
1.85	0.00	0.01	A TYPE : 층류(LAMINAR FLOW) ( )
3.85	0.02	0.05	B TYPE : 난류(TURBULENT FLOW) ( )
5.85	0.09	0.15	C TYPE : 팽창(DILATION) (◎)
7.85	0.16	0.20	D TYPE : 유실(WASH-OUT) ( )
9.85	0.28	0.29	E TYPE : 공극충전(VOID FILLING) ( )
7.85	0.17	0.21	
5.85	0.10	0.16	
3.85	0.03	0.07	LUGEON USED AT : Minimun Pressure
1.85	0.00	0.01	
			USED VALUE 0.01





H : TOTAL HEAD (m)
H = Hp + H1 − H2 − H3 (H2>0), Hp + H1 −H3 (H2<0,
Hp : GAUGE PRESSURE HEAD
H1 : DISTANCE FROM GAUGE TO TEST POINT
H2 : DISTANCE FROM TEST POINT TO G.W.L.
H3 : FRICTION LOSS
Q : FLOW RATE (l/min)
L : TEST INTERVAL (m)
r : HOLE DIAMETER (m)
P : EFFECTIVE PRESSURE (kgf/cm2)



K=(Q*Ln(L/r))/(2*Pi*L*H)
Lu=(10*Q)/(P*L)
1 Lu = 1.3 x 10^{-7} m/sec

5.7 양수시험

제1장 과 업 개 요

1.1 과업 목적

- 「서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사」의 과업에 대하여 양수시험 및 회복시험, 순간충격시험을 실시함으로써 지하수 특성자료 제공
- 양수시험 및 회복시험, 순간충격시험을 실시하여 대수층의 수리상수(저류계수 S, 투수량계수 T 등) 및 대수층의 경계조건 등을 밝힘
- 지하수 유동 모델링시 초기조건 및 경계조건 설정 값으로 이용

1.2 과업 위치

- 서울특별시 양천구 목동 일원 (안양천)
- 서울특별시 영등포구 여의도동 일원 (여의도 샛강)

1.3 과업 기간

- 2011. 03. 16 ~ 2011. 04. 11

1.4 과업 항목

- 조사의 목적을 수행하기 위하여 다음과 같은 내용의 조사 및 분석을 실시함

조사항목 및 수량

구 분	항 목	수 량		비 고
현장조사 및 시험	양수시험	2 개소		투수량계수(T)
	회복시험	2 개소		저류계수(S)

제2장 조 사 내 용

2.1 양수 및 회복시험

개 요

•수위변화자료를 이용 대수층의 수리상수(수리전도도 K, 저류계수 S, 투수량계수 T 등) 및 대수층의 경계조건 등을 밝히기 위해 수행
•인위적인 충격(양수)을 지속적으로 주어서 양수정 주변의 수리특성을 파악
•지하수 유동 모델링시 초기조건 및 경계조건 설정 값으로 이용

방 법

•시험은 통상적으로 예비양수→단계양수시험→장기양수시험→회복시험의 순서로 행함
•양수량은 유량측정장치(적산유량계, 오리피스)를 이용하여 측정함
•회복시험은 양수시험이 완료한 후 즉시 수위가 회복되는 것을 측정함
•수위변화량은 시험공 내에 설치한 수위계측기(Diver)를 사용하여 측정

예비 양수 시험

•예비양수는 양수량과 지하수위의 강하량의 관계를 개략적으로 파악하여 단계양수시험의 양수량과 양수 펌프의 규모를 결정

단계 양수 시험

•단계양수시험은 일정시간(30~120분) 마다 양수량을 수 단계(4~6단계)로 변화시키며 안정수위를 측정
•단계양수시험시 구한 지하수위와 양수량과의 상관관계를 이용하여 적정채수량을 산정

장기 양수 시험

•단계양수시험에서 구한 적정채수량으로 일정하게 장시간 양수를 계속하며, 양수정 및 관측정의 지하수위를 일정 시간마다 측정하는 시험
•시험기간은 1일 이상 연속으로 함을 원칙으로 하며 양수정과 관측정에서의 수위 측정시간 간격은 다음과 같다

◦ 0~5분 : 1분 간격
◦ 5분~1시간 : 5분 간격
◦ 1시간~2시간 : 15분 간격
◦ 2시간~6시간 : 1시간 간격
◦ 6시간~종료 : 2시간 간격

회복 시험

•양수시험종료와 동시에 펌프의 작동을 중지시키고 시간에 따른 회복수위를 측정

•측정된 시간-회복수위 자료를 통해 수리상수를 결정하고 양수시험결과와 비교

작업 전경

자동수위측정기 삽입	시 험 전 경
	

분석방법

•양수정에서 일정양수를 하면서 감시정에서 양수시간대 수위강하율을 측정하고 양수종료 직후부터 수위회복율을 측정

•AQTESOLV Program을 이용하여 Theis법과 Cooper-Jacob법으로 해석

•Theis법 : $s = \frac{Q}{4\pi T} \cdot \int_{u}^{\infty} \frac{e^{-y}}{y} dy$

$u = r2S / 4Tt$, $\frac{r^2 S}{4T \cdot t}$ $s = Q/4\pi\ T \cdot W(u)$

•Cooper-Jacob법 : $s' = s - (s2 / 2b)$

s : 수위강하량(m), Q : 일정 양수량(m^3/일) T : 투수량계수(cm^2/sec),

b : 대수층두께(m) W(u) : Theis Well Function S : 저류계수

r : 양수정과 관측공들 사이의 거리(m) t : 양수 경과 시간 (min)

•수위회복시험은 Theis Recovery 법으로 해석

결과활용

•양수정 및 관측정의 자연수위, 안정수위 및 양수량 등의 초기배경값 확보

•지하수 유동해석 프로그램(Modflow)의 대수층 수리상수 입력자료로 활용

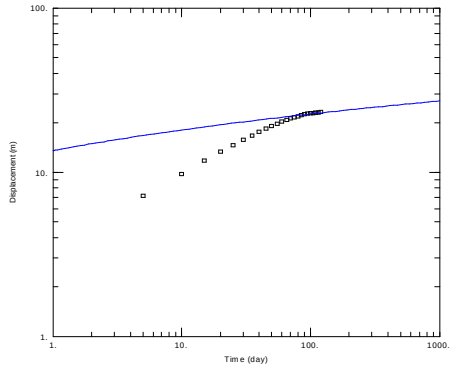
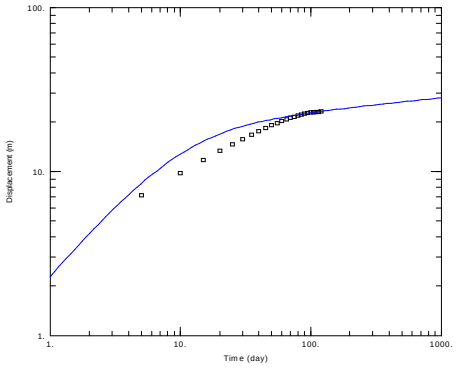
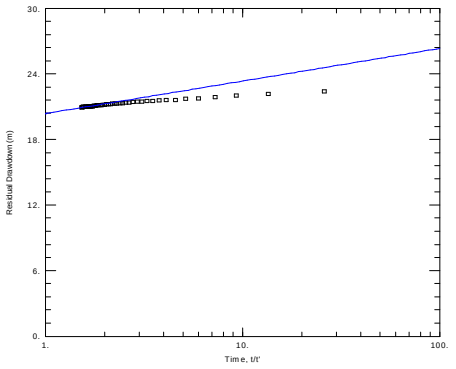
•투수시험 결과와 K값을 비교, 검토

제3장 조 사 결 과

3.1 양수 및 회복시험

AQTESOLV Program을 이용한 수리상수 산정

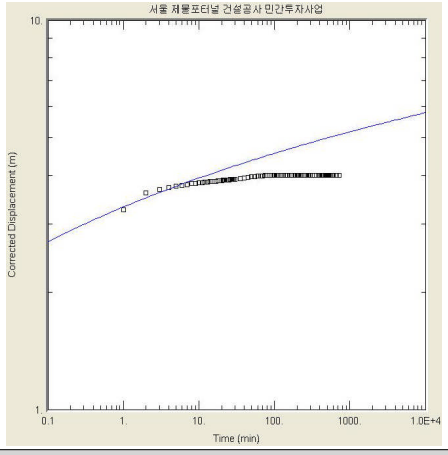
시험공	양수시험						회복시험		
	Theis 법			Cooper-Jacob 법			Theis Recovery 법		
	T (cm^2/sec)	S	K (cm/sec)	T (cm^2/sec)	S	K (cm/sec)	T (cm^2/sec)	S	K (cm/sec)
NTB-15	1.36×10^{-1}	1.172	7.98×10^{-6}	9.81×10^{-2}	0.847	8.35×10^{-6}	-	-	1.28×10^{-5}

NTB-15 양수 및 회복시험 결과		
Theis 법		
	투수량계수=T (cm2/sec)	1.36×10^{-1}
	저류계수=S	1.172
	수리전도도=K (cm/sec)	7.98×10^{-6}
Cooper-Jacob 법		
	투수량계수=T (cm^2/sec)	9.81×10^{-2}
	저류계수=S	8.47×10^{-1}
	수리전도도=K (cm/sec)	8.35×10^{-6}
Theis Recovery 법		
	투수량계수=T (cm^2/sec)	-
	수리전도도=K (cm/sec)	1.28×10^{-5}

시험공	양수시험						회복시험		
	Theis 법			Cooper-Jacob 법			Theis Recovery 법		
	T (cm^2/sec)	S	K (cm/sec)	T (cm^2/sec)	S	K (cm/sec)	T (cm^2/sec)	S	K (cm/sec)
NTB-27	0.086×10^{-1}	3.520×10^{-5}	2.369×10^{-4}	0.075×10^{-1}	1.540×10^{-4}	2.071×10^{-4}	0.181×10^{-1}	-	4.978×10^{-4}

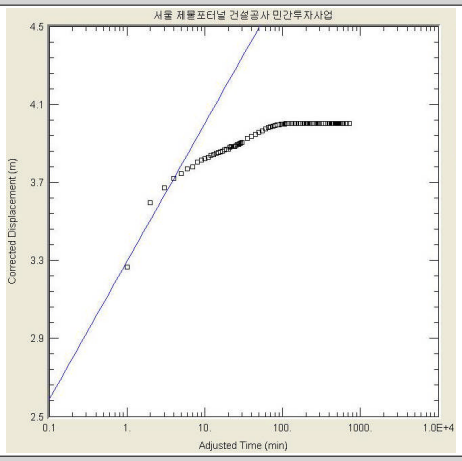
NTB-27 양수 및 회복시험 결과

Theis 법



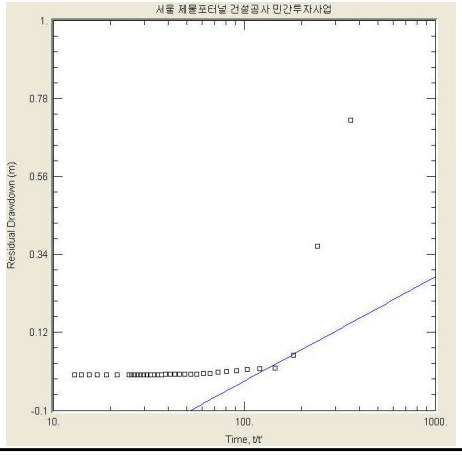
투수량계수=T (cm^2/sec)	0.086 x 10-1
저류계수=S	3.520×10^{-5}
수리전도도=K (cm/sec)	2.369×10^{-4}

Cooper-Jacob 법



투수량계수=T (cm^2/sec)	0.075×10^{-1}
저류계수=S	1.540×10^{-4}
수리전도도=K (cm/sec)	2.071×10^{-4}

Theis Recovery 법



투수량계수=T (cm^2/sec)	0.181×10^{-1}
수리전도도=K (cm/sec)	4.978×10^{-4}

5.8 순간충격시험

제1장 조 사 내 용

1.1 순간충격시험

개 요

•순간적인 수위변화를 유발시킨 후 그 회복양상을 관측함으로써 수리상수를 추정

•대수층의 수리상수 추정을 통한 모델영역의 수리전도도(K) 분포 및 대수층의 경계조건 파악을 통한 지하수 모델링의 기초 자료로 사용

내용 및 방법

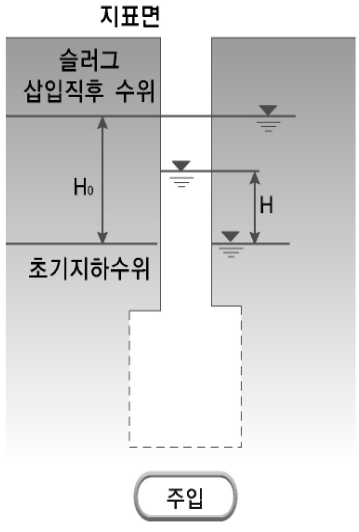
•주입 : 자연수위를 확인 후 체적을 알고 있는 물체(dummy)를 시추공 내에 순간적으로 삽입시키면 투입 물체에 해당하는 체적만큼 지하수위가 시추공 내에서 순간적으로 상승한 후 서서히 주변 대수층의 투수구간으로 배출되어 나가면서 수위는 하강함

•제거 : 주입시험 후 수위가 원상태로 회복된 순간 시추공 내에 투입시켰던 물체를 시추공 밖으로 뽑아내면 투입한 물체의 체적만큼 지하수위가 순간적으로 하강한 후 서서히 상승하여 원상태로 회복됨

•위 방법 중 주입법을 이용하여 경과시간별 수위의 변동치를 측정하여 대수성 수리상수를 구하는 방법

•시험비용이 매우 저렴하고, 단기간에 시험을 완료할 수 있어 매우 실용적인 현장 대수성시험 방법 중 하나임

순간충격시험 전경 및 모식도

시험전경	시험전경	모 식 도
		

분석방법

•AQTESOLV Program을 이용하여 Bouwer-Rice법과 Hvorslev법으로 해석

•Horvslev 법

: 피압대수층에서 부분관통(partially penetrating) 또는 완전 관통(fully penetrating)된 우물에서 시험된 자료를 해석하는 방법

: 자유면 대수층 시험자료도 해석가능

$$K = \frac{r_c^2 \ln(L_s/r_s)}{2L_s} \frac{\ln(H_1/H_2)}{t_2 - t_1}$$

•Bouwer-Rice 법

: 자유면 대수층에서 실시된 시험 자료의 해석법으로 개발

$$K = \frac{r_c^2 \ln(R_e/r_w)}{2L_s} \frac{\ln(H_1/H_2)}{t_2 - t_1}$$

r_c= 케이싱 반경 r_s= 스크린 반경 r_w= 우물 반경

L_s= 스크린 또는 나공 구간의 길이 R_e= 영향반경 또는 유효우물반경

결과활용

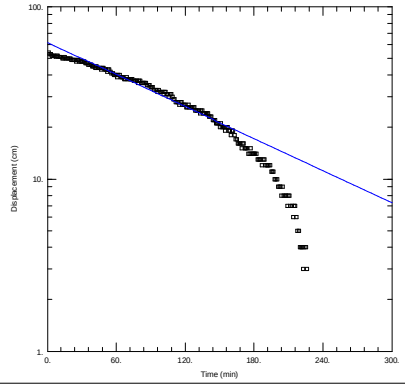
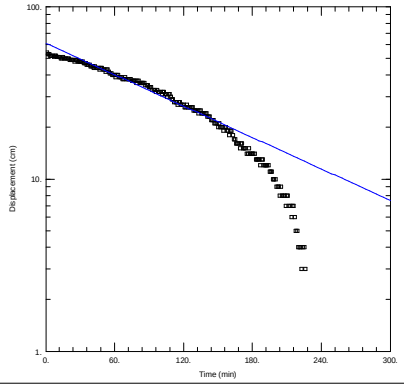
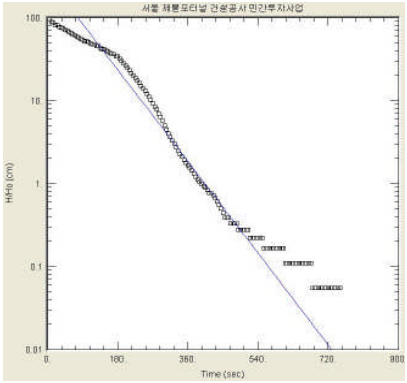
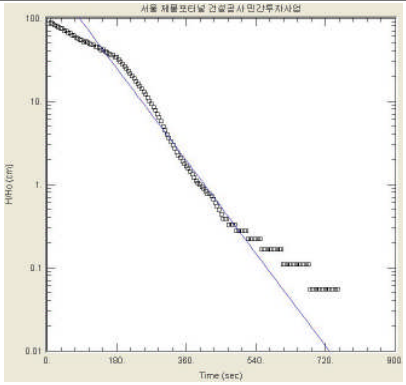
•자연수위면에 해당되는 지층의 수리전도도(K)를 산정

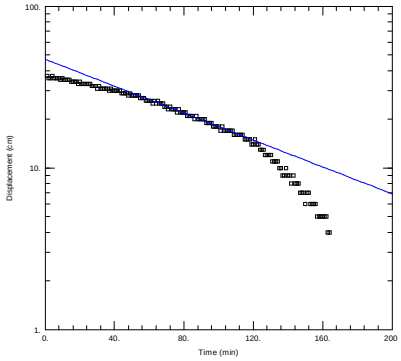
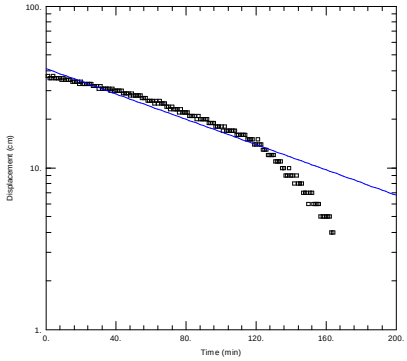
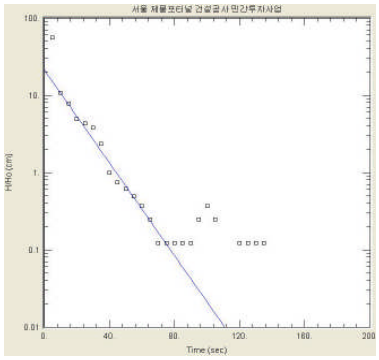
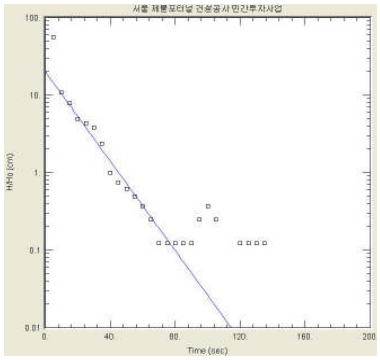
•주변 투수시험 결과와 K값을 비교, 검토

제2장 조 사 결 과

AQTESOLV Program을 이용한 수리상수 산정

구 분	공 경(mm)	심 도(GL.-m)	초기수위(GL.-m)	대수층두께(m)	수 리 상 수	
					분석방법	k(cm/sec)
NTB-10	76.0	82.0	11.85	70.15	Bouwer-Rice	$3.075X10^{-5}$
					Hvorerslev	$3.293X10^{-5}$
					평 균	$3.184X10^{-5}$
NTB-14		75.0	6.2	68.8	Bouwer-Rice	9.10×10^{-4}
					Hvorerslev	1.16×10^{-3}
					평 균	1.26×10^{-3}
NTB-15		72.0	8.6	63.4	Bouwer-Rice	1.15×10^{-6}
					Hvorerslev	1.85×10^{-6}
					평 균	1.65×10^{-6}
NTB-27		41.0	4.1	36.9	Bouwer-Rice	3.77×10^{-3}
					Hvorerslev	5.68×10^{-3}
					평 균	4.73×10^{-3}

구 분	Hvorslev 법	Bouwer & Rice 법
NTB-10		
K (cm/sec)	3.293×10^{-5}	3.075×10^{-5}
NTB-14		
K (cm/sec)	1.162×10^{-3}	9.095×10^{-4}

구 분	Hvorslev 법	Bouwer & Rice 법
NTB–15		
K (cm/sec)	1.85×10^{-6}	1.15×10^{-6}
NTB–27		
K (cm/sec)	5.681×10^{-3}	3.772×10^{-3}

5.9 지하수 유향·유속시험

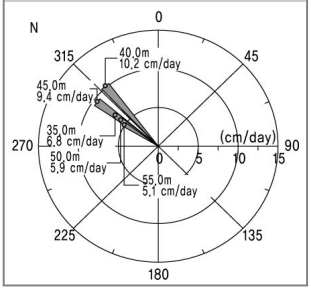
공내 유향·유속 측정결과

공 번	심 도(m)	지 층	지하수 유향(°)	지하수 유속(cm/day)	RQD(%)또는N값
NTB-15	35.0	연암층	305.8°	6.8	54%
	40.0	연암층	318.6°	10.2	27%
	45.0	연암층	305.7°	9.4	15%
	50.0	연암층	304.5°	5.9	82%
	55.0	경암층	302.7°	5.1	91%
NTB-27	15.0	퇴적층	334.0°	10.2	37/30
	22.5	풍화암	359.3°	8.5	50/3
	29.0	연암층	336.8°	4.6	23%
NBB-2	27.0	풍화암	62.5°	7.9	50/7
	30.0	풍화암	69.7°	8.8	50/5
	33.0	풍화암	55.0°	7.4	50/4
NBB-6	15.5	퇴적층	328.2°	13.7	50/19
	22.0	풍화토	6.3°	6.8	50/12
	25.0	풍화암	6.3°	5.2	50/5

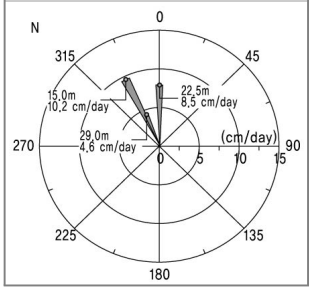
※ 장비의 측정한계범위인 1.0×10^{-5}cm/sec 이하의 유속에서는 측정불가.

공내 유향.유속 측정결과

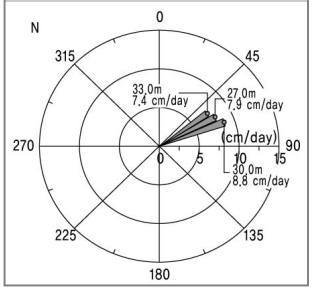
NTB-15 지하수유향



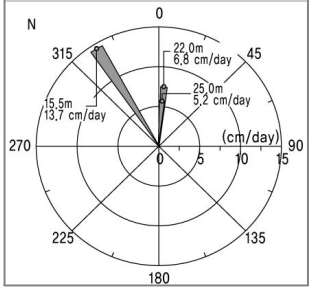
NTB-27 지하수유향



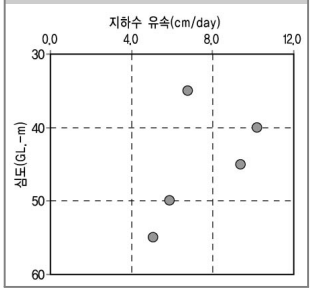
NBB-2 지하수유향



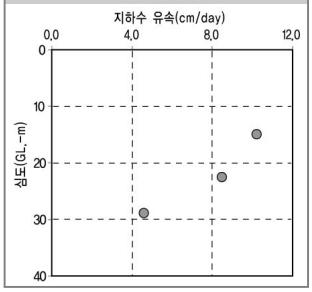
NBB-6 지하수유향



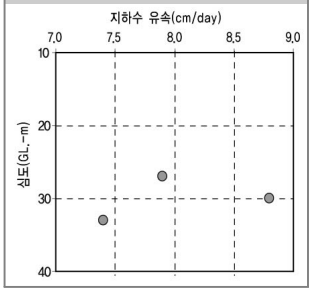
심도-유속(NTB-15)



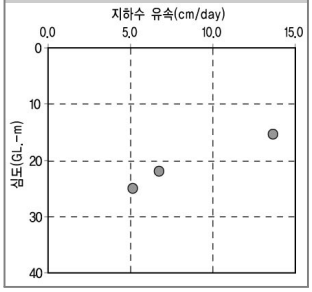
심도-유속(NTB-27)



심도-유속(NBB-2)



심도-유속(NBB-6)



5.10 현장밀도시험

현 장 밀 도 시 험

Density soil in Place By the Sand Cone Method

PROJECT : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

시 험 일 자 : 2010. 02. 23

측 정 번 호		TP - 1		TP - 2	
		자연상태	교란상태	자연상태	교란상태
전	Cone + 모래	5652	3465	8452	6582
후	Cone + 모래	3784	1452	6570	4452
사용된 모래무게		1868	2013	1882	2130
깔대기속의 모래무게		1287	1287	1287	1287
Hole의 모래 무게		581	726	595	843
Hole의 부피		409.2	511.3	419.0	593.7
Hole의 흙+Pan무게		1144	1217	1072	1130
Pan 무게		421	421	421	421
Hole의 흙 무게		723	796	651	709
함수량		9.8	9.8	8.2	8.2
흙과 모래무게 비율		12.444	10.964	10.941	8.410
모래의 단위중량		1.420	1.420	1.420	1.420
시료습윤단위중량(kN/m^3)		17.67	15.57	15.54	11.94
시료건조단위중량(kN/m^3)		16.09	14.18	14.36	11.04
비 고					

현 장 밀 도 시 험

Density soil in Place By the Sand Cone Method

PROJECT : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

시 험 일 자 : 2010. 02. 23

측 정 번 호		TP - 3		TP - 4	
		자연상태	교란상태	자연상태	교란상태
전	Cone + 모래	6650	4760	9450	7590
후	Cone + 모래	4760	2655	7575	5505
사용된 모래무게		1890	2105	1875	2085
깔대기속의 모래무게		1287	1287	1287	1287
Hole의 모래 무게		603	818	588	798
Hole의 부피		424.6	576.1	414.1	562.0
Hole의 흙+Pan무게		1171	1233	1171	1233
Pan 무게		421	421	421	421
Hole의 흙 무게		750	812	750	812
함수량		1.0	1.0	5.9	5.9
흙과 모래무게 비율		12.438	9.927	12.755	10.175
모래의 단위중량		1.420	1.420	1.420	1.420
시료습윤단위중량(kN/m^3)		17.66	14.10	18.11	14.45
시료건조단위중량(kN/m^3)		17.49	13.96	17.10	13.64
비 고					

공 번	자연상태		A다짐									흐트러진상태	
	함수비	건조밀도	100%		95%		90%		85%		C	흐트러진상태 건조밀도	L
			최적함수비	건조밀도	건조밀도	C	건조밀도	C	건조밀도	C			
TP-1	9.8	16.093	12.8	18.475	17.551	0.917	16.628	0.968	15.704	1.025	0.871	14.180	1.135
TP-2	8.2	14.359	11.2	18.554	17.626	0.815	16.699	0.860	15.771	0.910	0.774	11.038	1.301
TP-3	1.0	17.487	12.3	15.916	15.120	1.157	14.324	1.221	13.529	1.293	1.099	13.956	1.253
TP-4	5.9	17.103	11.5	17.200	16.340	1.047	15.480	1.105	14.620	1.170	0.994	13.644	1.254
평균	**6.2**	**16.3**	**12.0**	**17.5**	**16.7**	**1.0**	**15.8**	**1.0**	**14.9**	**1.1**	**0.9**	**13.2**	**1.2**

공 번	자연상태		D다짐									흐트러진상태	
	함수비	건조밀도	100%		95%		90%		85%		C	흐트러진상태 건조밀도	L
			최적함수비	건조밀도	건조밀도	C	건조밀도	C	건조밀도	C			
TP-1	9.8	16.093	10.3	19.691	18.706	0.860	17.722	0.908	16.737	0.962	0.817	14.180	1.135
TP-2	8.2	14.359	8.7	19.740	18.753	0.766	17.766	0.808	16.779	0.856	0.727	11.038	1.301
TP-3	1.0	17.487	10.1	16.847	16.005	1.093	15.162	1.153	14.320	1.221	1.038	13.956	1.253
TP-4	5.9	17.103	9.4	18.456	17.533	0.975	16.610	1.030	15.688	1.090	0.927	13.644	1.254
평균	**5.0**	**13.0**	**7.7**	**14.9**	**14.2**	**0.7**	**13.5**	**0.8**	**12.7**	**0.8**	**0.7**	**10.6**	**1.0**

현 장 밀 도 시 험

Density of soil in Place By the Sand Cone Method

PROJECT : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

시 험 번 호: _____ 시험일자: 2013. 03. 31

시 험 자: S. M. LEE

측정TP번호		NNBB-1		ATB-1			
		NTP-1 (자연상태)	NTP-1 (교란상태)	NTP-2 (자연상태)	NTP-2 (교란상태)		
측 정 심 도		1.5	-	1.5	-		
전	Cone + 모래	4152	3956	4436	4298		
후	Cone + 모래	1695	1385	1955	1885		
사용된모래무게		2457	2571	2481	2413		
Cone의모래무게		1673	1673	1673	1673		
Hole의 모래무게		784	898	808	740		
Hole의 부피		548.3	628.0	565.0	517.5		
Hole의흙+용기무게		1022	1039	1035	841		
용기 무게		12	12	12	12		
Hole의 흙 무게		1010	1027	1023	829		
함수량		8.4	8.4	9.7	9.7		
흙과 모래무게 비율		1.288	1.144	1.266	1.120		
모래의 단위중량		1.430	1.430	1.430	1.430		
시료습윤단위중량		1.842	1.635	1.811	1.602		
시료건조단위중량		1.699	1.509	1.650	1.460		
비 고							

현 장 밀 도 시 험

Density of soil in Place By the Sand Cone Method

PROJECT : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

시 험 번 호: _____ 시험일자: 2013. 03. 18

시 험 자: K. H. KO

측정TP번호		ATB-20		ATB-21		NNBB-11	
		NTP-3 (자연상태)	NTP-3 (교란상태)	NTP-4 (자연상태)	NTP-4 (교란상태)	NTP-5 (자연상태)	NTP-5 (교란상태)
측 정 심 도		2.0	-	2.0	-	2.0	-
전	Cone + 모래	4229	3882	4024	4179	3619	3553
후	Cone + 모래	2389	1872	1858	1582	1601	1253
사용된모래무게		1840	2010	2166	2597	2018	2300
Cone의모래무게		1287	1287	1287	1287	1287	1287
Hole의 모래무게		553	723	879	1310	731	1013
Hole의 부피		389.4	509.2	619.0	922.5	514.8	713.4
Hole의흙+용기무게		1127	1162	1508	1744	1317	1436
용기 무게		421	421	421	421	421	421
Hole의 흙 무게		706	741	1087	1323	896	1015
함수량		9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
흙과 모래무게 비율		1.277	1.025	1.237	1.010	1.226	1.002
모래의 단위중량		1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420
시료습윤단위중량		1.813	1.455	1.756	1.434	1.741	1.423
시료건조단위중량		1.663	1.335	1.611	1.316	1.597	1.305
비 고							

토량 환산 계수

PROJECT : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

공 번	자연상태		A다짐									흐트러진상태		U.S.C.S
	함수비	건조밀도	100%		95%		90%		85%		C	흐트러진상태 건조밀도	L	
			최적함수비	건조밀도	건조밀도	C	건조밀도	C	건조밀도	C				
NTP-1	8.4	16.99	12.1	18.13	17.2	0.987	16.3	1.042	15.4	1.103	0.937	15.09	1.126	SM
NTP-2	9.7	16.50	13.3	17.56	16.7	0.989	15.8	1.044	14.9	1.106	0.940	14.60	1.130	SM
NTP-3	9.0	16.63	12.3	17.31	16.4	1.011	15.6	1.068	14.7	1.130	0.961	13.35	1.246	SM
NTP-4	9.0	16.11	14.7	16.85	16.0	1.006	15.2	1.062	14.3	1.125	0.956	13.16	1.224	ML
NTP-5	9.0	15.97	15.4	16.76	15.9	1.003	15.1	1.059	14.2	1.121	0.953	13.05	1.223	SM
평균	**9.0**	**16.44**	**13.6**	**17.32**	**16.5**	**0.999**	**15.6**	**1.055**	**14.7**	**1.117**	**0.949**	**13.85**	**1.190**	

공 번	자연상태			D다짐								흐트러진상태		U.S.C.S
	함수비	건조밀도	100%		95%		90%		85%		C	흐트러진상태 건조밀도	L	
			최적함수비	건조밀도	건조밀도	C	건조밀도	C	건조밀도	C				
NTP-1	8.4	16.99	9.4	19.37	18.4	0.924	17.4	0.975	16.5	1.032	0.877	15.09	1.126	SM
NTP-2	9.7	16.50	10.7	18.87	17.9	0.921	17.0	0.972	16.0	1.029	0.875	14.60	1.130	SM
NTP-3	9.0	16.63	9.8	18.78	17.8	0.932	16.9	0.984	16.0	1.042	0.886	13.35	1.246	SM
NTP-4	9.0	16.11	11.8	18.33	17.4	0.925	16.5	0.977	15.6	1.034	0.879	13.16	1.224	ML
NTP-5	9.0	15.97	12.1	18.27	17.4	0.920	16.4	0.971	15.5	1.028	0.874	13.05	1.223	SM
평균	**9.0**	**16.44**	**10.8**	**18.72**	**17.8**	**0.924**	**16.9**	**0.976**	**15.9**	**1.033**	**0.878**	**13.85**	**1.190**	

5.11 수압파쇄시험

제 1 장 요 약

1.1 시험현황

1.1.1 시험공 및 수행기간

• 『서울 – 제물포 터널 민간투자사업 지반조사』 구간 중 서울특별시 양천구 목동1동에 위치하는 터널구간 시추공 NTB-10번을 대상으로 시험함.

시 험 위 치 도


구 분		시추공 정보
시추 좌표	X	188847.0695
	Y	447635.9230
지반고		EL(m) _ 7.80
굴진심도 G.L,-(m)		GL(m) _ 82.0

구 분	수행기간
시험시작	2011년 04월 18일
시험종료	2011년 04월 19일
소요기간	2일

1.1.2 시험장비

장 비 명	모델명	수 량	단 위	제작사
Packer(가압장치)	Straddle Packer	1	개	프랑스, Pertrometalic사
Strain Recorder(압력변환장치)	DC-104R	1	개	일본, Tokyo Sokki Kenkyujo사
BHTV(균열확인장치)	OBI-40	1	개	미국, alt사
공압식 수압펌프	-	1	개	-
가솔린 발전기, 와이어 윈치 등	-	1	조	-

1.1.3 시험구간

• 시추코어 확인을 통해 절리, 파쇄대, 방해석(석영)맥 등 불연속면이 없는 구간 중 100cm 이상 되는 부분을 선정하여 시험.

연 번	시험심도 (GL.-m)	시험구간 (GL.-m)	구간길이(m)
1	72.1	71.6 ~ 72.6	1.0
2	67.5	67.0 ~ 68.0	1.0
3	64.5	64.0 ~ 65.0	1.0
4	52.9	52.4 ~ 53.4	1.0
5	40.7	40.2 ~ 41.2	1.0

1.2 시험결과

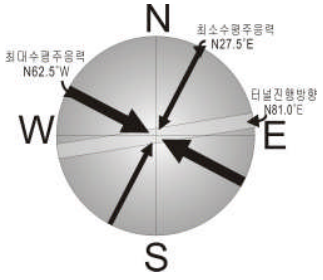
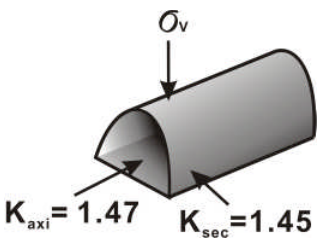
1.2.1 시험 심도별 매개변수

시추공	시험심도 (GL.-m)	P_0 (MPa)	P_b (MPa)	P_r (MPa)	$P_s(=\sigma_h)$ (MPa)	σ_H (MPa)	T (MPa)	비 고
NTB-10	72.1	0.59	8.32	4.58	2.64	2.73	3.74	P_0 : 공극수압 P_b : 초기파쇄압력 $P_s(=\sigma_h)$:균열폐쇄압력(최소 수평주응력) P_r : 균열개구(재개방)압력 σ_H : 최대 수평주응력 T : 현장암반 인장강도 $\sigma_H = 3\times\sigma_h - P_r - P_0$
	67.5	0.54	8.53	4.39	2.53	2.67	4.14	
	64.5	0.51	7.24	4.28	2.46	2.58	2.96	
	52.9	0.40	9.58	3.83	2.13	2.17	5.75	
	40.7	0.28	5.03	2.91	1.65	1.74	2.12	
	평 균	0.46	7.74	4.27	2.28	2.38	3.74	

1.2.2 심도별 • 주응력 방향별 측압계수

시추공	시험심도 (GL.-m)	σ_H (MPa)	σ_h (MPa)	σ_V (MPa)	측압계수		측압계수비	비 고
					K_h	K_H	K_H/K_h	
NTB-10	72.1	2.73	2.64	1.95	1.35	1.40	1.04	σ_H : 최대 수평주응력 σ_h : 최소 수평주응력 σ_V : 시험심도의 수직응력 K_H : 최대주응력방향 측압계수 K_h : 최소주응력방향 측압계수 K_H/K_h : 측압계수 비 $K_{H,h} = \sigma_{H,h}/\sigma_V$
	67.5	2.67	2.53	1.82	1.39	1.46	1.05	
	64.5	2.58	2.46	1.74	1.41	1.48	1.05	
	52.9	2.17	2.13	1.43	1.49	1.52	1.02	
	40.7	1.74	1.65	1.10	1.50	1.59	1.06	
	평균	2.38	2.28	1.61	1.43	1.49	1.04	

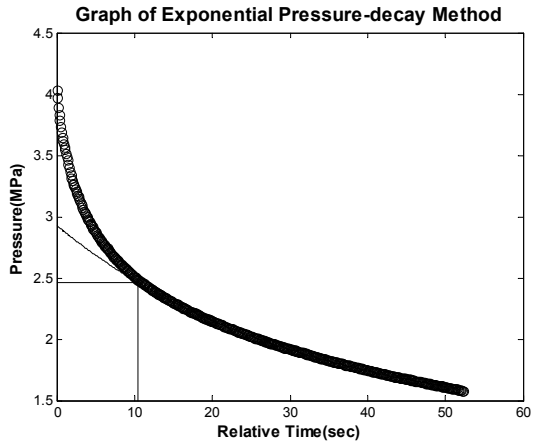
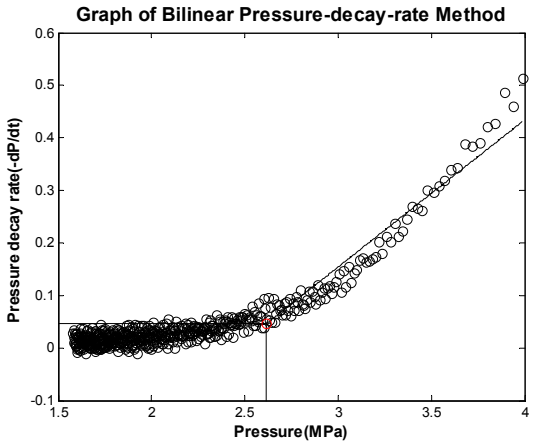
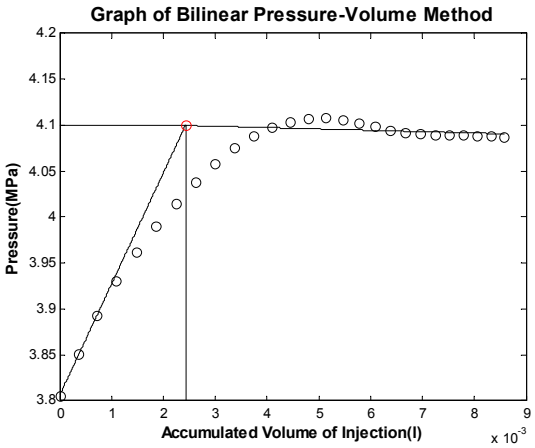
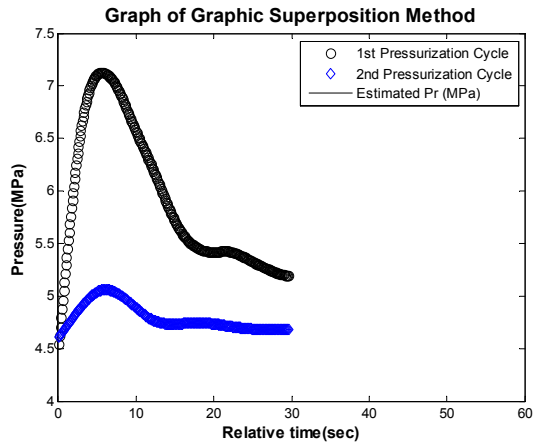
1.2.3 터널방향을 고려한 측압 계수

시추공	시험심도 (GL.-m)	σ_H 방향		터널축별 K		모 식 도	
		방향	터널과 교차각	K_{AXI}	K_{SEC}	터널과 주응력(σ_H) 교차 각	터널 축선 별 측압계수
NTB-10	72.1	121.1°	143.5°	1.39	1.37		
	67.5	120.7°		1.44	1.42		
	64.5	111.8°		1.46	1.44		
	52.9	124.7°		1.51	1.50		
	40.7	109.2°		1.56	1.53	•터널방향 : N81.0E •교 차 각 : 약 143.5°	▸터널 진행 방향 :1.47 $K_{AXI} = K_H \cdot COS^2\theta + K_h \cdot SIN^2\theta$
	평 균	117.5°		1.47	1.45		▸터널 단면 방향 : 1.45 $K_{SEC} = K_H \cdot SIN^2\theta + K_h \cdot COS^2\theta$

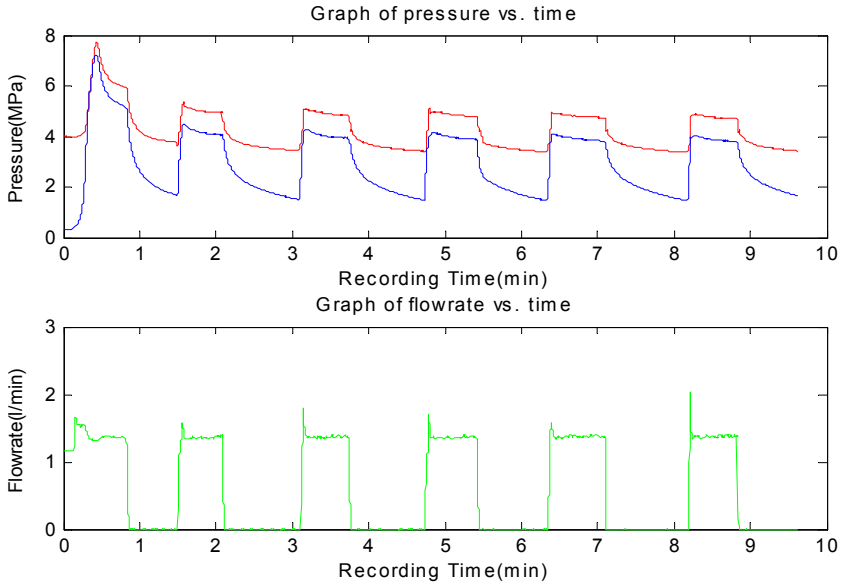
제 2 장 결과 분석

2.1 압력매개변수 및 균열방향의 결정

앞에서도 언급했듯이 균열 폐쇄압력(P_s)을 얻기 위해서 지수압력 감쇠법(exponential pres －sure decay method)과 이중선형 압력감쇠 속도법(bilinear pressure decay rate method)을 적용하였으며, 균열개구압력(P_r)의 경우는 이중선형 압력-부피법(bilinear pressure-volume method)과 도해적 중첩법(graphical superposition method)을 이용하여 얻을 수 있었다. 초기의 균열발생압력(P_b)값과 각 심도별로 P_s와 P_r의 평균값을 이용하여 심도에 따른 압력매개변수를 산정할 수 있다. 아래 〈그림 2-1, 2-2〉은 본 조사의 64.5m 구간에서 직접 얻어진 P_b, P_s, P_r값을 나타낸 그림이다.

<table>
<tr><th>지수압력 감쇠법</th><th>이중선형 압력감쇠 속도법</th></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>P_s = 2.4600 ~ 2.9270(MPa)
$F(X) = e^{(-0.032 \cdot X + 0.503)} + 1.273$</td><td>$P_s$ = 2.6162 (MPa)
$F(X) = 0.035 \cdot X - 0.045$
$F(X) = 0.280 \cdot X - 0.687$</td></tr>
<tr><th>이중선형 압력-부피법</th><th>도해적 중첩법</th></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>P_r = 4.0998(MPa)
$F(X) = 121.004 \cdot X + 3.806$
$F(X) = -1.470 \cdot X + 4.103$</td><td>$P_r$ = 4.5215 (MPa)</td></tr>
</table>

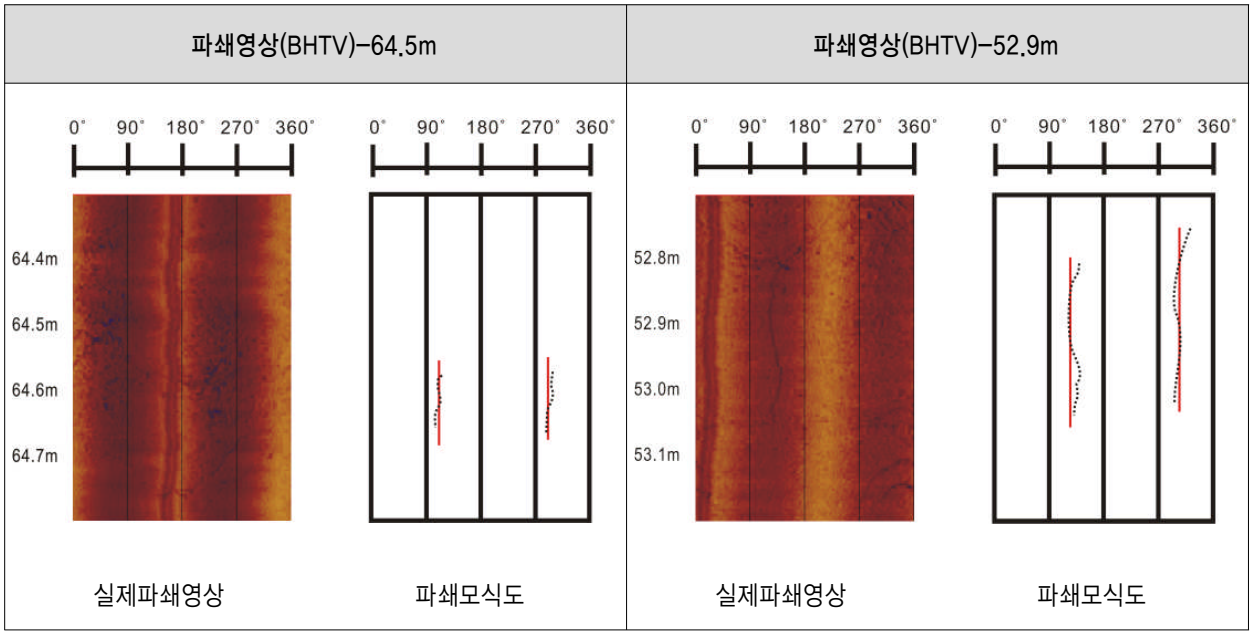
〈그림 2-1〉각각의 방법을 통해 얻어낸 P_r, P_s의 산정결과



〈그림 2-2〉시간에 따른 압력-유량 곡선(P_b= 7.2405)

또한 시험 후 균열방향을 확인하기 위하여 초음파 주사검층법(BHTV)을 이용하였다. 아래 그림은 시험구간의 파쇄영상을 모식도를 통해 균열방향을 추정한 것으로 아래 그림을 통해 각각의 균열방향을 파악하고 그것으로 평균적인 최대·최소 수평주응력방향을 알아낼 수 있다. 아래 그림은 시험구간 중64.5m와 52.9m의 파쇄영상을 모식도에 도시해 본 것으로

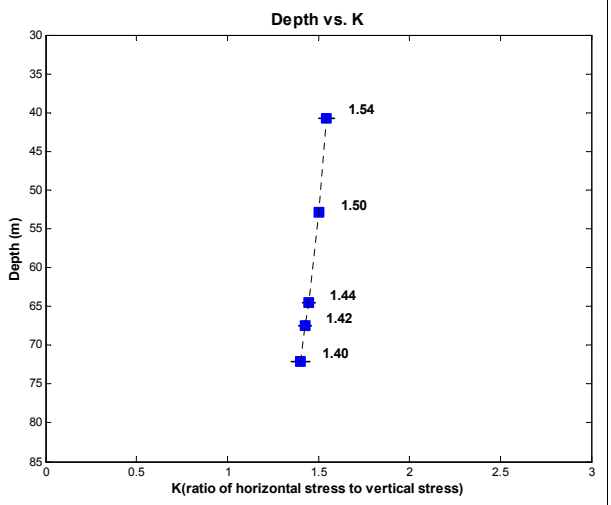
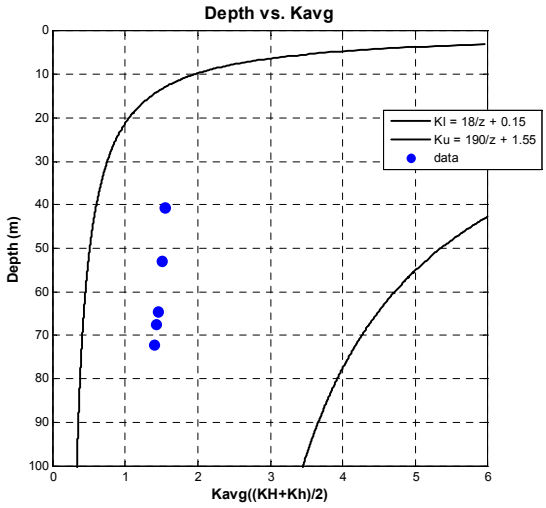
5개 구간의 평균 균열방향은 약 117.5°(자북을 진북으로 7°보정한 값), 즉 최대 수평주응력의 방향은 약 N62.5°W를 나타내는 것으로 확인되었다. 시험 시추공에서의 터널 방향은 N81.0E방향이므로 최대 수평주응력방향과의 교차각은 약 143.5°이며, 이 교차각을 이용하여 터널의 진행·수직방향에 따른 측압계수 값을 산정할 수 있다.



〈그림 2-3〉실제영상과 파쇄모식도

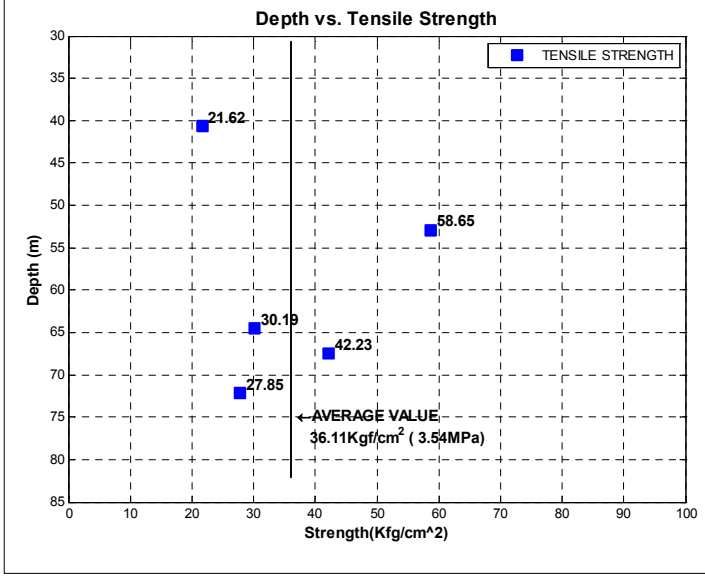
2.2 측압계수 변화양상과 분포경향

앞에서 구한 측압계수 값을 심도별로 아래와 같이 그래프 상에 도시해 보았다. 먼저 측압계수 크기 및 변화양상을 살펴보면 전체적으로 심도가 깊어질수록 약간씩 작아지는 것을 볼 수 있으며 평균 1.46정도의 값을 가진다. 그리고 5개의 구간 모두 국내의 측압계수 범위에 분포하는 것을 알 수 있다.

심도별 측압계수 크기 및 변화양상	측압계수 분포경향
	

2.3 인장강도의 변화

균열발생압력과 관련이 있는 인장강도는 심도에 따른 경향성은 보이지 않으며, 5개 구간의 평균적인 인장강도 값은 3.54MPa(36.11Kgf/cm^2)이다.

인장강도의 변화


제 3 장 결　　론

본 시험은 서울 – 제물포 터널 민간투자사업 건설공사 지반조사 NTB-10 을 대상으로 수행되었으며 수압파쇄법을 이용하여 현지암반의 초기응력을 구하고 그 외 암반해석에 필요한 자료를 획득하여 터널의 최적단면/지보재 설계 및 터널의 안정성 평가에 필요한 정보를 제공하는데 그 목적이 있다.

3.1 결 론

1) 본 시험구간은 서울특별시 양천구 목동1동 주변에 위치하는 터널구간으로 암상은 엽리가 발달한 호상 흑운모 편마암으로 이루어져있다. 수압파쇄 시험공인 NTB-10 번의 시추코어를 확인하고 공내수위(G.L-11.6m)를 고려하여 총 5개의 시험구간(72.1m, 67.5m, 64.5m, 52.9m, 40.7m)을 선정하였다. 실제 5개의 시험구간은 터널 Crown과 Crown 1를 중심으로 선정 하여 실험하였다.

2) 초음파 주사검층법(BHTV)을 이용하여 균열방향을 확인 한 결과, 최대 수평주응력방향은 N62.5°W의 방향으로 작용하고 있으며 이와 수직으로 나타나는 최소 수평주응력 방향은
N27.5°E라는 것을 알 수 있었다. 터널방향(N81.0E)과 최대 수평주응력방향의 교차각은
약 143.5°로 나타났으며 이를 이용하여 터널방향에 따른 측압계수 값을 산정하였다.

3) 각각의 해석방법을 통해 얻어진 심도별 균열폐쇄압력(P_s), 균열개구압력(P_r) 및 그 외의 파라미터를 이용하여 측압계수(K)를 구할 수 있었다. 이렇게 얻어진 측압계수를 최대 수평주응력방향과 터널방향의 교차각(143.5°)을 이용하여 터널 방향별로 산정한 결과, 터널진행방향의 측압계수(K_{AXI})는 1.39〈 1.47(AVG) 〈 1.56 터널단면방향의 측압계수(K_{SEC})는 1.37 〈 1.45AVG) 〈 1.53를 나타내었다.

1. 개 요

1.1 조사 목적

본 조사는 “서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사” 중 수압파쇄시험에 의한 암반내 초기응력 측정을 실시하고, 측정된 자료를 분석하여 암반 구조물의 안정성 해석에 필요한 초기응력장 상태에 대한 제반 정보를 제공하는데 목적이 있다.

1.2 조사 위치

그림 1.1은 본 조사를 수행하기 위한 초기응력 측정공의 위치를 보여주고 있다.



그림 1.1 수압파쇄시험 위치도

(서울 영등포구 양평동 일원 ATB-12)

1.3 조사 장비

본 조사를 위해서 그림 1.2와 같은 수압파쇄시험장비(SKID-40)와 균열조사를 위한 초음파주사검층(BHTV) 장비를 사용하였다.

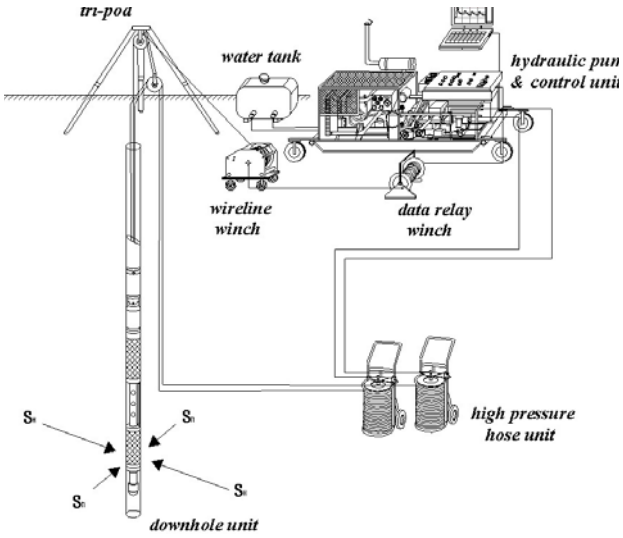
모식도	장비사진
	

그림 1.2 수압 펌프-와이어 라인 방식 시스템 모식도 및 장비현황

표 1.1 조사 장비 요약

적용 방법	수압파쇄법 (hydraulic fracturing method)
장비 기종	FracSkid/Type 40
적용 방식	와이어라인, hydraulic 방식
동력공급 모드	자체 가솔린 엔진 및 유압 모터
펌프 형태	트리플렉스 수압펌프 (triplex-high pressure water pump)
균열조사 방식	초음파 주사검층

1.4 조사 현황

본 조사지역의 터널 예정 노선상에 위치한 시추공 ATB-12 지점에서는 연암 이상의 강도를 가지는 편마암 주암종으로 나타나고 있다. 조사구간의 암반상태는 전반적으로 많은 불연속면들이 분포하고 있으며, 심도 약46m 부근 전단대가 대략 2.5m 정도의 길이로 분포하고 있어 시험 심도 선정에 다소 어려움이 있었다. 시추에 의해 회수된 코어상태, 터널시공심도 등을 고려하여 시험구간을 선정하였으며, 총 4개 지점에 대하여 시험을 수행하였다. 본 조사지점에 대한 시험 현황은 표 1.2에 나타내었으며, 선정된 총 4개 지점에서 시험을 시행하여 전구간에서 정상적인 자료 획득이 가능하였다. 그림 1.3은 수압파쇄시험 현장 전경을 보여주고 있다.

표 1.2 현장시험 개요(ATB-12)

구 분	내 용		비 고
시추공명	ATB-12	시추심도 77.5m	-
지하수위	심도 약 5.0m 이하		-
조사심도 (구간)	39.20m (38.90 ~ 39.50m)		-
	54.90m (54.60 ~ 54.90m)		
	60.90m (60.60 ~ 61.20m)		
	67.40m (67.10 ~ 67.70m)		
균열조사 방법	초음파 주사검층법		-



(a) 시험 장비 (b) 고압호스내 air 제거

(c) 현장 시험 (d) 방향성 조사

그림 1.3 수압파쇄시험 현장사진(ATB-12)

2. 초기응력 분포 특성

암반 구조물이 형성되기 전 암반 내부는 응력의 균형상태가 유지되며, 이때의 응력 상태를 초기응력(initial(virgin) stress)이라 하고, 굴착이나 외부요인에 의해 발생된 응력의 재배열 과정에서 형성된 응력을 유도응력 (induced stress)이라고 한다.

초기응력의 발생원인과 형태에 따라 다양한 응력 분포 특성을 가지지만, 일반적인 기준으로 볼 때 크게 상부 암반의 밀도특성과 지형적인 영향(topographic effect) 그리고 지각을 구성하는 매질 자체의 변형, 변성, 침식작용 등에 의해 형성된 잔류응력(residual stress) 등으로 구분된다.

세계적으로 5km 미만 심도에서 수행된 초기응력 측정 자료를 분석한 결과 심도 500m 이상으로 증가할수록 측압계수는 1에 수렴하는 양상을 나타내지만, 500m 이내 심도에서의 측압계수는 1 이하에서 6 사이의 매우 넓은 범위의 분포를 나타낸다(2010, 배성호).

2.1 국내 초기응력 분포 특성

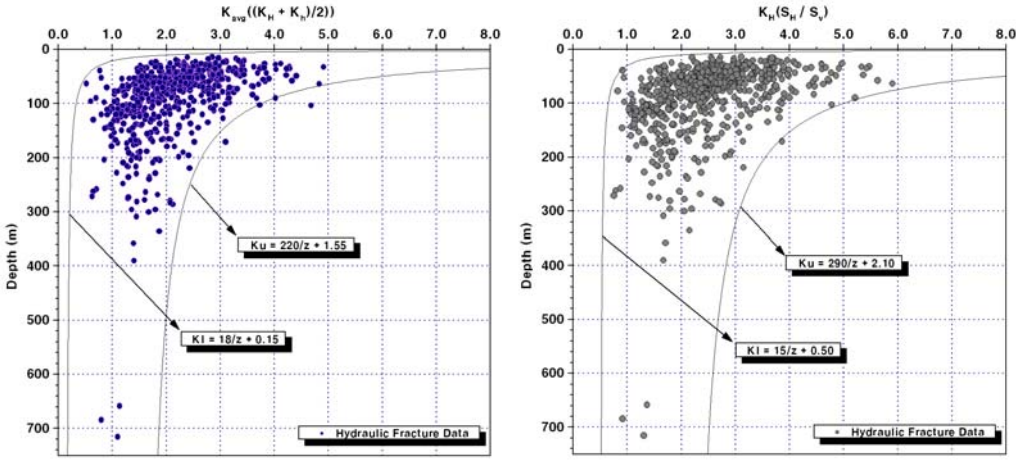
국내에서의 초기응력 측정은 1990년도 초반에 도입되어 지금 현재까지 수백회의 조사가 수행되었으며, 암반구조물 설계에서 필수 항목으로 자리 잡고 있다. 국내에서는 이정인, 임한욱 등 여러 학자들이 응력개방법에 의한 추정식이 제안하였고, 배성호 등(2010)이 국내 여러 지역에서 수압파쇄법에 의한 실측 자료를 바탕으로 초기응력 분포 특성을 나타내는 추정식들을 제안하였으며, 표 2.1에 제시하였다.

그림 2.1은 배성호 등에 의해 국내 여러 지역에서 수행된 현장시험으로부터 산정된 평균 측압계수 (ratio of average horizontal stress to vertical stress)와 최대 측압계수의 분포양상 (배성호 외(2010))을 도시한 것이며 그림 2.3은 심도별 최대, 최소 수평응력의 분포범위를 나타낸다.

표 2.1 국내에서 제안된 초기응력 상태 추정식

제 안 자	초기응력상태 추정식	측정방법 및 적용가능 심도 (m)
임한욱, 이정인 (1991)	S_{hav} = 2.78 + 0.0183·z (r = 0.86)	응력개방법 (150~800m)
최성웅, 신중호 (1998,1999)	6/z + 0.5 〈 Kavg 〈 240/z + 0.1 S_{hav} = 0.786 + 0.0342·z	수압파쇄법
배성호 등(2010)	18/z + 0.15 〈 K_{avg} 〈 220/z + 1.55 S_H = 1.532 + 0.043·z (r = 0.796) S_h = 1.406 + 0.025·z (r = 0.820)	수압파쇄법 (15~720m)

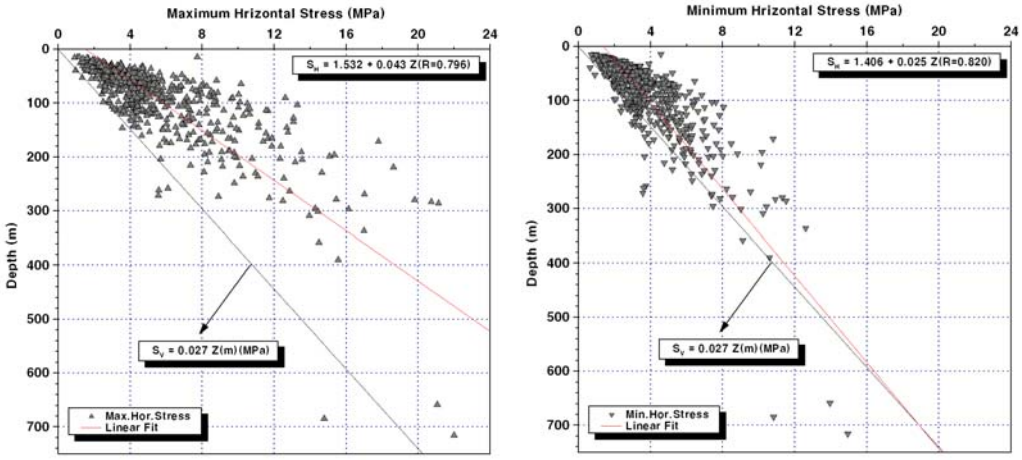
(주 : K_{avg} : 평균 측압계수, S_{hav} : 평균 수평응력(MPa), S_H(S_h): 최대(최소) 수평응력(MPa), z : 심도(m))



(A) 평균 측압계수 (B) 최대 측압계수

그림 2.1 국내 심도별 측압계수 분포양상(배성호 등, 2010)

(Modified from Bae et al. 2010(ARMS))



(A) 최대 수평응력 (B) 최소 수평응력

그림 2.2 심도별 최대, 최소 수평응력의 분포범위(배성호 등, 2010)

(Modified from Bae et al.2010(ARMS))

국내에서 측정된 초기응력측정 자료들에 의하면 그림 2.1에 나타내어진 바와 같이 전체적으로 평균 측압계수는 0.5~4.9의 범위의 값을 나타내며, 최대 측압계수는 약 0.7~5.9 범위의 값을 가지는 것으로 분석되었다.

일반적으로 측압계수는 심도가 증가함에 따라 감소하는 특성을 가지나, 측정 위치에 따른 여러 요인들에 의해 일반적인 수평응력 특성보다 큰 응력값의 분포를 가지는 과잉수평응력이 발생할 수는 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 과잉수평응력은 지체응력 외에 상부 지형, 잔류응력, 수평방향 변형 (lateral straining), 지표 침식 (surface erosion) 등 여러 요인들의 복합적인 영향에 의해

형성되며 심도가 얕을수록, 즉 지표면에 가까울수록 지체응력 이외의 요인들의 영향이 증가하는 것으로 알려져 있다. 국토의 65% 이상이 산악으로 구성된 국내의 지형조건을 고려해 볼 때 시험이 수행된 산악 지역내 일정심도구간에서 상부 지형특성이 현재의 암반내 초기응력장에 영향을 미치는 주요인들 중의 하나로 작용하며 특히 천부로 갈수록 영향이 증가하는 것으로 분석되었다(배성호, 2010).

2.2 초기응력측정 결과의 활용

초기응력 측정을 함으로써 획득되는 정보로는 최대・최소 수평응력, 인장균열 방향성, 심도에 따른 응력의 변화양상 그리고 측압계수 등을 분석하여 나타낼 수 있다. 이러한 분석결과는 암반 구조물의 안정성 해석을 위한 신뢰성 있는 매개 변수로 작용하며, 전반적인 암반 구조물 설계의 적정성을 결정하는데 활용되고 있다.

지하 암반 구조물 설계시 주변 암반의 거동과 굴착방향에 따라 작용하는 측압계수와 응력 상태는 구조물의 안정성에 크게 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로 외국 현장 경험자료에 의하면 최대 수평응력 방향에 평행하게 굴진된 경우가 직각이나 45° 방향으로 진행된 굴진에 비해 50～100%의 굴진 증대 효과를 가지는 것으로 보고되고 있다(배성호 등, 2010). 실측된 초기응력 결과의 응용분야를 정리하면 개략적으로 다음과 같다.

- 최적 굴착단면 선정 및 검토
- 암반구조물의 최적 진행/배치 방향 선정
- 최적 지보 패턴 및 발파설계 패턴 설계에 활용
- 암반구조물의 역학적 거동 및 안정성 평가에 활용
- 기존 설계의 타당성 검토
- 데이터 베이스를 통한 응력장 분포도 (regional stress field map) 도출
- 지층구조나 대규모 불연속면의 생성원인 규명시 자료로 활용

3. 현장자료 해석 및 분석 결과

3.1 시험 개요

본 조사지역은 연암 이상의 강도를 가지는 편마암이 주암종으로 분포하고 있다. 조사구간의 암반 상태는 많은 불연속면이 분포하고 있으며, 심도 46m 부근에서 대략 2.5m 길이의 전단대가 나타나고 있다. 시험구간 선정시 많은 불연속면의 분포로 다소 어려움이 있었으며, 총 4개 지점(39.20m, 54.90m, 60.90m, 67.40m)에 대하여 시험구간을 선정하였으며, 선정된 시험구간에서 수압파쇄시험을 수행하여 모든 구간에서 정상적인 자료 획득이 가능하여 이 획득된 자료를 본 조사공 하부의 초기응력장 해석에 활용하였다.

3.2 자료 처리 및 응력상태 분석 결과

현장에서 얻어진 자료에 대한 해석은 크게 도해적 방법과 통계적 방법에 의해 이루어지는데 본 자료의 처리 및 분석에는 비선형 회귀분석기법을 이용하여 수압파쇄 자료처리용으로 개발된 해석 프로그램 (***Geostress***)을 이용하였다.

본 조사 지역에서는 심도 39.0～68.0m 구간내 4개소에서 시험이 수행되어 전구간에서 정상적인 자료 획득이 가능하여 이 자료를 응력해석에 이용하였다.

응력해석은 측정된 자료의 각 사이클 구간에 대한 압력-시간 측정자료를 선택적으로 반복적인 방법으로 최적 압력 변수값들을 결정하였다. 균열 폐쇄압력의 경우 지수압력 감쇠법(exponential pressure decay method)과 이중선형 압력감쇠속도법(bilinear pressure decay rate method)을 기본적으로 적용하였다. 균열 개구압력은 압력-부피 이중선형법(P-V bilinear method)을 적용하여 결정하였다.

3.2.1 초기응력값 산정

수압파쇄법에 의한 현장조사에서 얻어진 자료에 비선형 통계적 접근법을 적용하여 최적 압력변수 값들을 산정하였으며, 각각 사이클들에서 해석하여 구해진 결과들의 평균값을 대푯값으로 적용하였다.

현장 시험에서 구해지는 균열 폐쇄압력 (Ps), 균열 개구압력 (Pr), 균열 발생압력 (P_b)에 대한 값들로부터 암반내 작용하는 최대 수평응력 (S_H, Maximum Horizontal Stress), 최소수평응력 (S_h, Minimum Horizontal Stress) 그리고 현지 암반의 인장강도값들이 산정되며 수직응력 (S_V)은 상부의 자중 즉 측정심도 (h)와 암반 단위중량 (γ)에 의해 구해진다. 응력값 산정에 이용되는 최종 결과식들을 정리하면 식 (4.1～4.4)와 같다. 본 조사에서 모든 시험이 심도 70m 상부 구간에서 이루어

졌으며 최대 수평응력의 산정시 공극수압을 고려하지 않은 기준을 적용하였다.

$$S_V = \gamma h \tag{3.1}$$

$$S_h = P_s \tag{3.2}$$

$$P_b = T + 3S_h - S_H - P_o \tag{3.3}$$

$$P_b - P_r = T$$

$$S_H = 3S_h - P_r \quad (\text{공극수압 } P_o \text{ 무시}) \tag{3.4}$$

$$S_H = 3S_h - P_r - P_o \quad (\text{공극수압 } P_o \text{고려})$$

2, 3차원 터널 안정성 해석시 적용되는 최적 측압계수들은 응력해석 과정에서 얻어진 측압계수 값, 터널노선방향과 최대 수평주응력이 이루는 각에 대한 정보로부터 구해지는데 그 값들은 탄성학의 2차원적 평면 응력상태 식에서 유도된 다음의 축변환식 (식 (4.5))으로 부터 구해진다.

$$\begin{aligned} K_{axi} &= K_H \cos^2\Theta + K_h \sin^2\Theta \\ K_{\sec} &= K_H \sin^2\Theta + K_h \cos^2\Theta \end{aligned} \tag{3.5}$$

K_{axi} : 터널 축방향 측압계수성분

K_{sec} : 터널 단면방향 측압계수성분

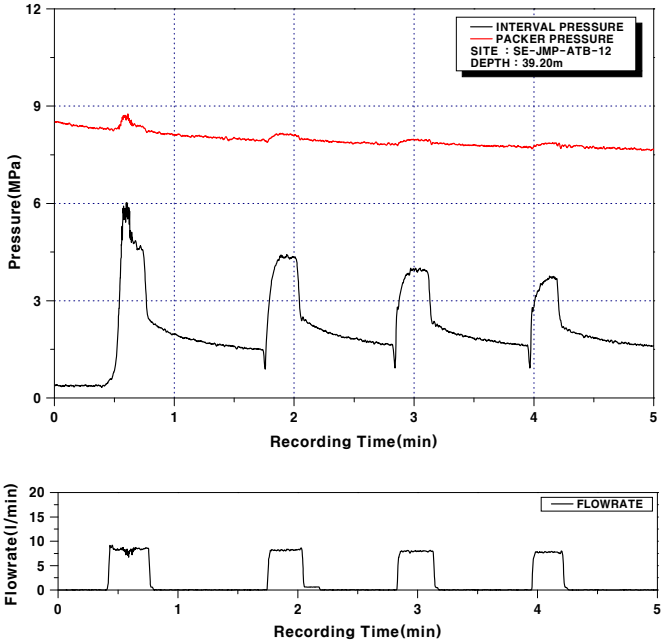
$K_{H(h)}$: 측압계수의 상한(하한)값(S_H/S_v(S_h/S_v))

θ : 노선(축)방향과 최대 수평주응력 방향이 이루는 각도(°)

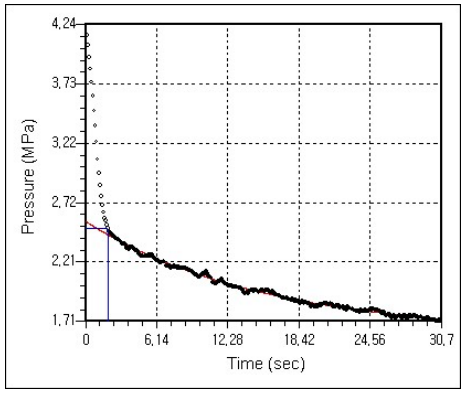
3.2.2 초기응력값 분석결과

그림 3.1~3.4는 시추공 ATB-12지점에서 얻어진 수압파쇄시험 측정심도별 현장 자료 및 분석결과들의 일부를 보여하고 있다.

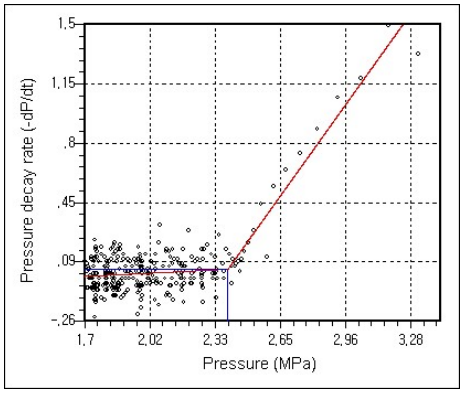
본 조사지점에서 얻어진 초기응력장 분포특성에 대한 정량적인 정보, 과업구간에 존재하는 암반의 상태 등에 대한 기존 조사 자료들을 바탕으로 터널구간의 초기응력장의 분포를 나타내었으며, 응력값 산정시 공극수압을 고려하지 않은 기준을 적용하여 분석하였다. 표 3.1은 초기응력 상태를 분석하여 요약한 결과를 보여주고 있다.



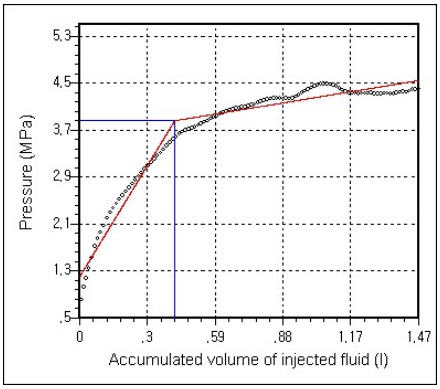
(a) 압력–유량–시간 곡선



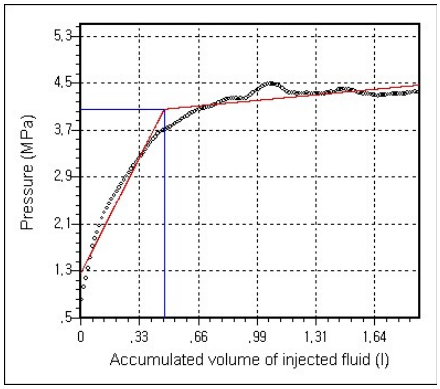
(b) Ps = 2.43~2.56MPa,
지수압력 감쇠법, 사이클 1



(c) Ps = 2.40MPa,
이중선형 압력감쇠속도법, 사이클 1

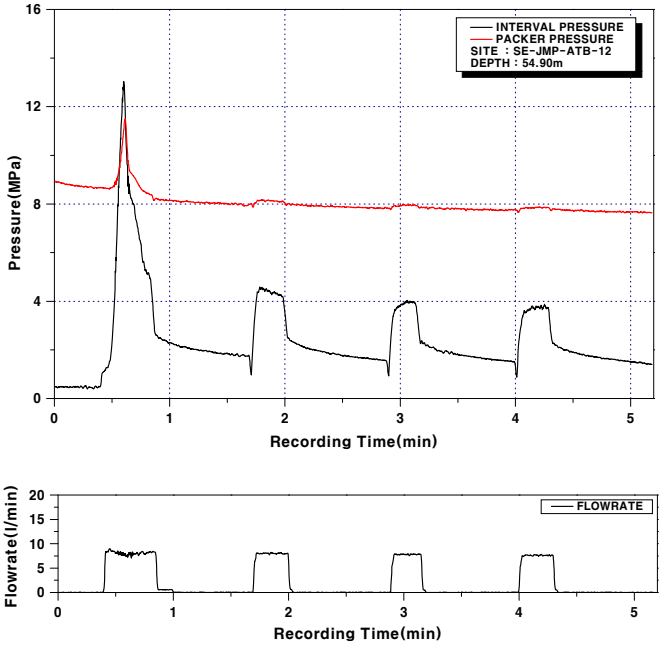


(d) Pr = 3.86MPa,
압력–부피 이중선형법, 사이클 2

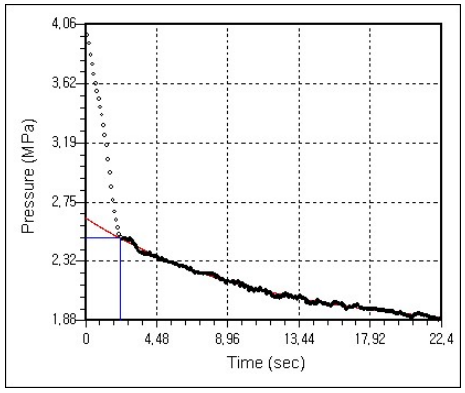


(e) Pr = 4.06MPa,
압력–부피 이중선형법, 사이클 3

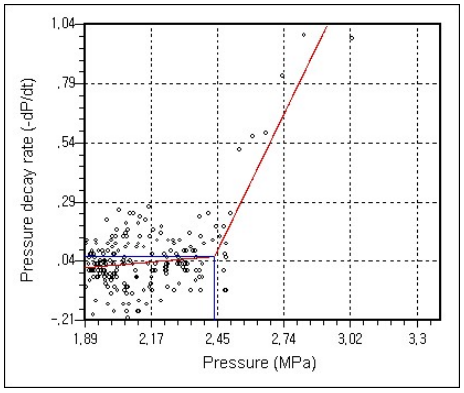
그림 3.1 현장시험 자료 및 분석 결과(심도 39.20m)



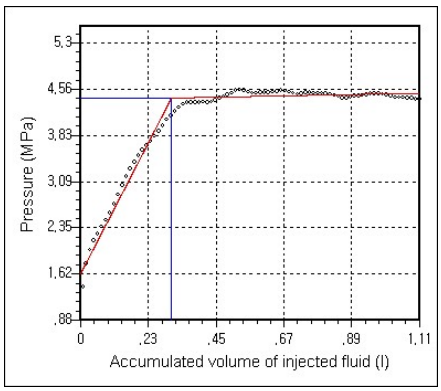
(a) 압력–유량–시간 곡선



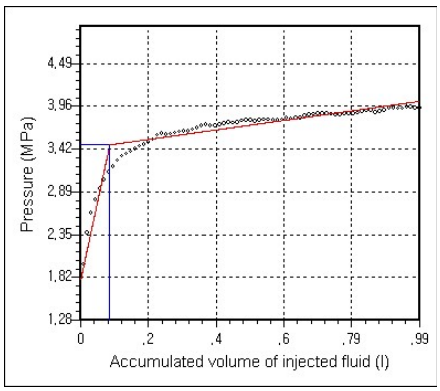
(b) Ps = 2.48~2.64MPa,
지수압력 감쇠법, 사이클 2



(c) Ps = 2.44MPa,
이중선형 압력감쇠속도법, 사이클 2

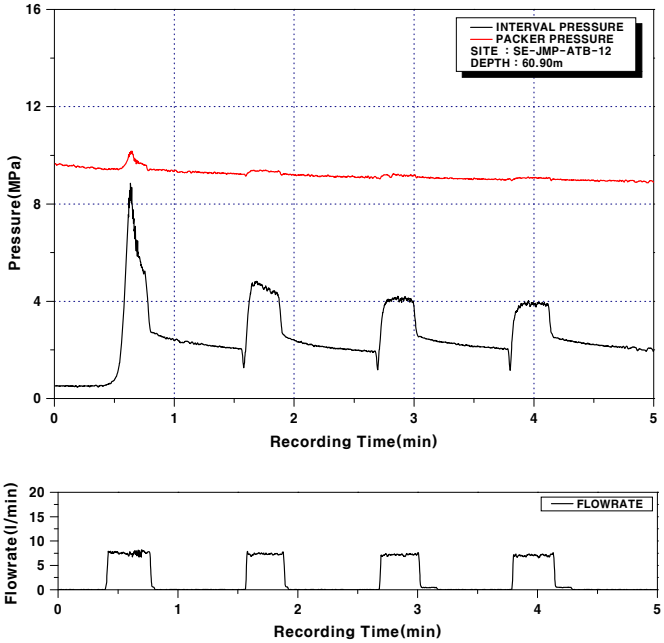


(d) Pr = 4.42MPa,
압력–부피 이중선형법, 사이클 2

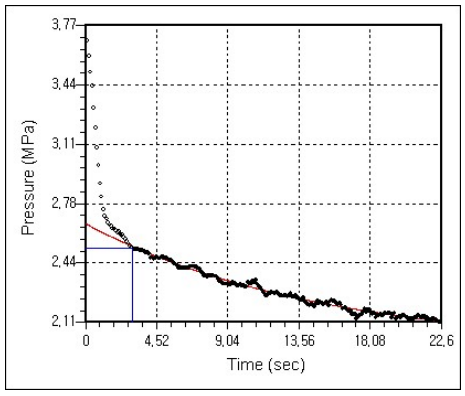


(e) Pr = 3.48MPa,
압력–부피 이중선형법, 사이클 3

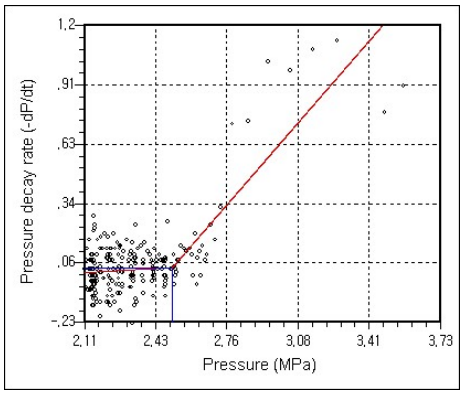
그림 3.2 현장시험 자료 및 분석 결과(심도 54.90m)



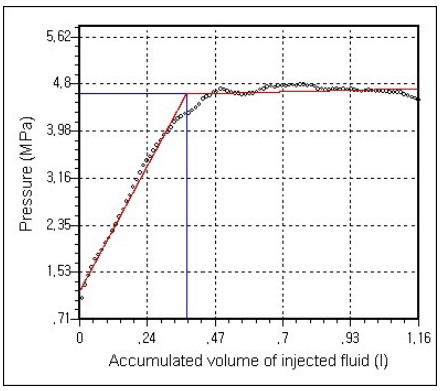
(a) 압력–유량–시간 곡선



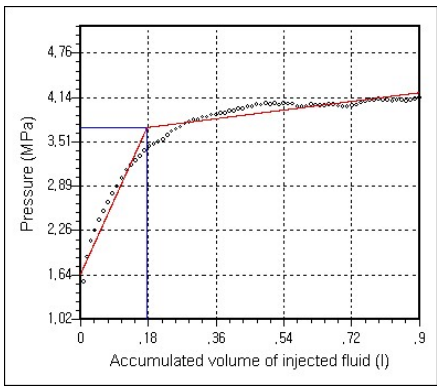
(b) Ps = 2.94~3.65MPa,
지수압력 감쇠법, 사이클 2



(c) Ps = 3.15MPa,
이중선형 압력감쇠속도법, 사이클 2

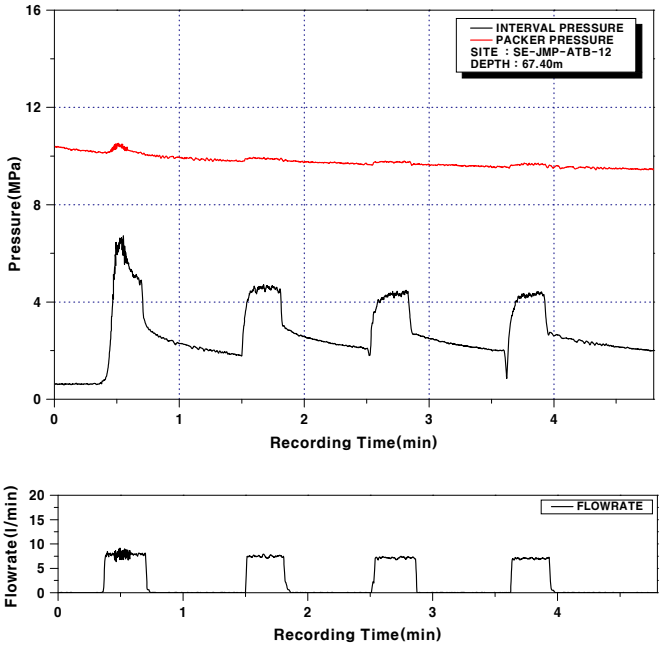


(d) Pr = 4.63MPa,
압력–부피 이중선형법, 사이클 2

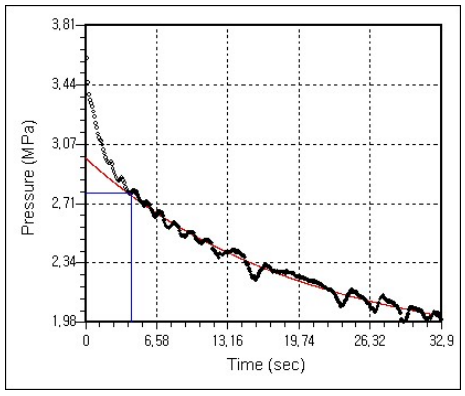


(e) Pr = 3.71MPa,
압력–부피 이중선형법, 사이클 3

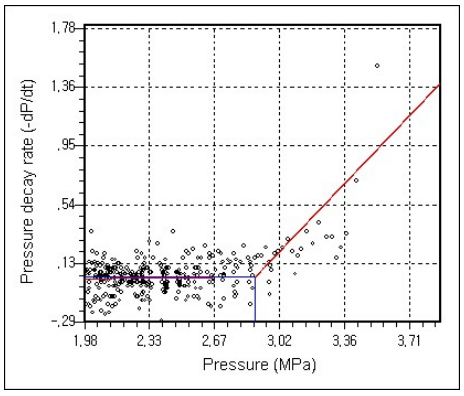
그림 3.3 현장시험 자료 및 분석 결과(심도 60.90m)



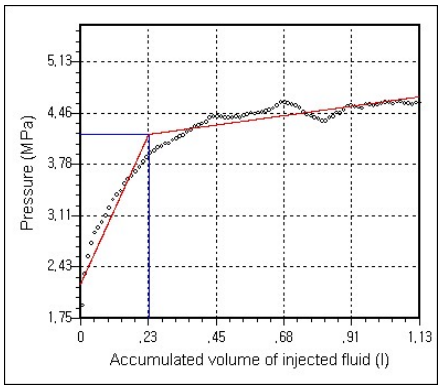
(a) 압력–유량–시간 곡선



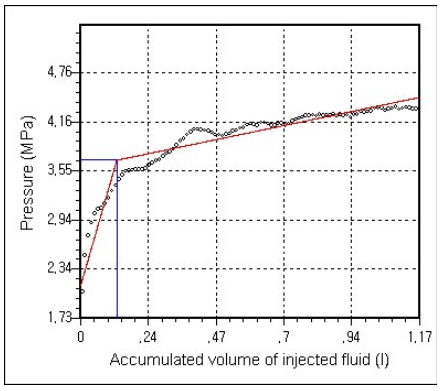
(b) Ps = 2.76~2.99MPa,
지수압력 감쇠법, 사이클 1



(c) Ps = 2.89MPa,
이중선형 압력감쇠속도법, 사이클 1



(d) Pr = 4.18MPa,
압력–부피 이중선형법, 사이클 2



(e) Pr = 3.68MPa,
압력–부피 이중선형법, 사이클 3

그림 3.4 현장시험 자료 및 분석 결과(심도 67.40m)

3.1 응력상태 산정 결과표 (ATB-12)

Depth (m)	P_b (MPa)	P_s (MPa)	P_r (MPa)	S_v (MPa)	S_h (MPa)	S_H (MPa)	$T_{in-situ}$ (MPa)	K			S_H* Direction
								K_h	K_H	K_H/K_h	
39.20	6.02	2.35	3.96	1.06	2.35	3.09	2.06	2.22	2.92	1.31	68° (N68E) (진북기준)
54.90	13.04	2.51	3.78	1.48	2.51	3.75	9.26	1.69	2.53	1.49	
60.90	8.85	2.59	3.97	1.64	2.59	3.80	4.88	1.58	2.31	1.47	
67.40	6.72	2.76	4.18	1.82	2.76	4.10	2.54	1.52	2.25	1.49	

주 - 1) S_V : 수직응력 (= 0.027 x Depth(m)(MPa))
2) P_b : 균열 발생압력 (break down pressure)
3) P_s : 균열 폐쇄압력 (shut-in pressure)
4) P_r : 균열 개구압력 (fracture re-opening pressure)
5) S_h : 최소 수평응력 (minimum horizontal stress)
6) S_H : 최대 수평응력 (maximum horizontal stress)
7) $T_{in-situ}$: 현지암반 인장강도(Pr, Pb로 산정)
8) - : 기존 균열개방에 따른 불완전 자료로 보조자료로만 활용
9) * : 조사지점에서 최대 수평응력 평균 작용방향

그림 3.5는 수압파쇄시험으로부터 결정된 균열발생압력(Pb), 균열폐쇄압력(Ps), 균열개구압력(Pr)의 심도별 분포를 보여주고 있다. 그림 3.6은 본 조사지점에서 수행한 수압파쇄시험에서 구해진 심도별 현지 암반의 인장강도 변화를 나타낸다. 균열 발생압력과 균열 개구압력값으로 구한 현지 암반의 인장강도는 2.06~9.26MPa(21.02~94.49Kg/cm^2) 범위의 값을 가지며, 평균 4.69MPa (47.86Kg/cm^2) 값을 나타낸다.

그림 3.7는 시추공 ATB-12 지점에서의 심도별 측압계수 크기 및 변화를 보여주고 있으며, 그림 3.8은 본 조사공에서의 평균 측압계수 분포범위를 보여주고 있다. 분석된 측압계수 분포 범위는 배성호 등(2010)에 의해 제시된 제안식의 범위 내에 분포하는 있는 것으로 조사되었다.

조사지점은 연암 이상의 강도를 가지는 편마암이 주암종으로 분포되어 있으며, 4개소에서 시험이 시행되어 모든 구간에서만 정상적인 자료 획득이 가능하였다. 시험구간은 심도 39.0~68.0m 구간에서 수행되었으며, 최대 및 최소 수평응력의 크기는 각각 3.09~4.10MPa과 2.35~2.76MPa의 분포를 보이는 것으로 분석되었다. 조사 구간 내에서 측압계수는 1.52~2.92 범위의 분포를 나타내었으며, 최소 수평응력에 대한 최대 수평응력의 비인 측압계수비는 1.31~1.49 범위의 값을 나타내었다.

본 조사로부터 분석된 결과들은 전체 과업구간에 대한 초기응력 산정에 다소 무리가 따르나 조사에 의해 획득된 초기응력의 심도별 변화 양상과 일반적인 초기응력 분포 특성을 바탕으로 분석해 볼 때 본 조사공에서는 일반적인 초기응력 분포 특성을 나타내며 감소하는 경향을 보이고 있

어, 측압계수는 조사심도 하부로 갈수록 감소하는 특성을 나타낼 것으로 판단된다.

본 조사지역에서 분석된 응력 분포 특성을 바탕으로 분석해 볼 때 심도 60.0m를 기준으로 상부 구간은 1.70~2.90의 측압계수를, 하부구간에서는 1.50~2.30의 측압계수를 적용하는 것이 공학적으로 합리적이라 판단된다.

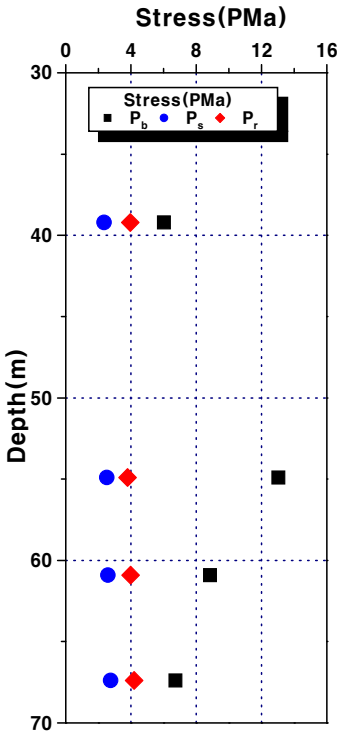


그림 3.5 수압파쇄시험 심도별 응력분포

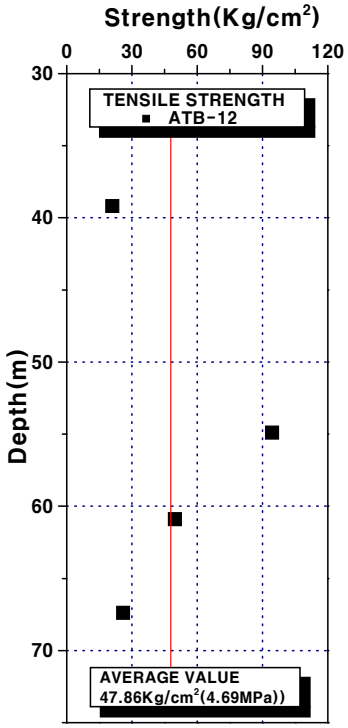


그림 3.6 심도별 인장강도 변화

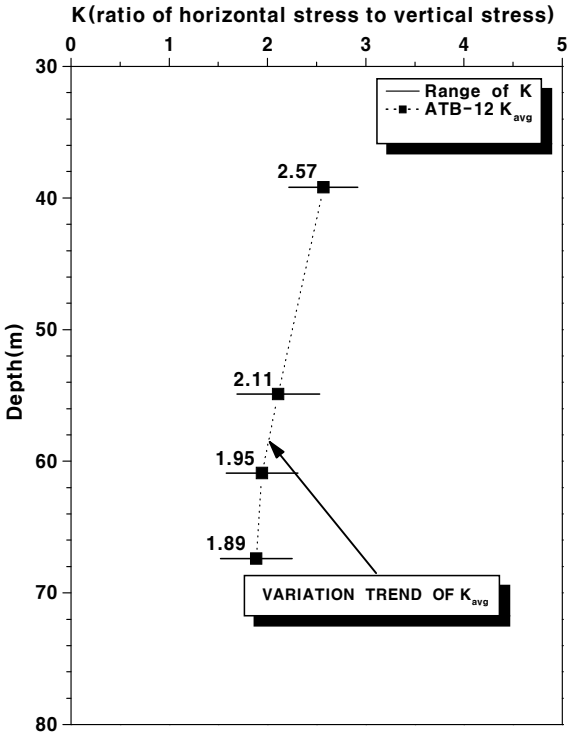


그림 3.7 심도별 측압계수 크기 및 변화 양상

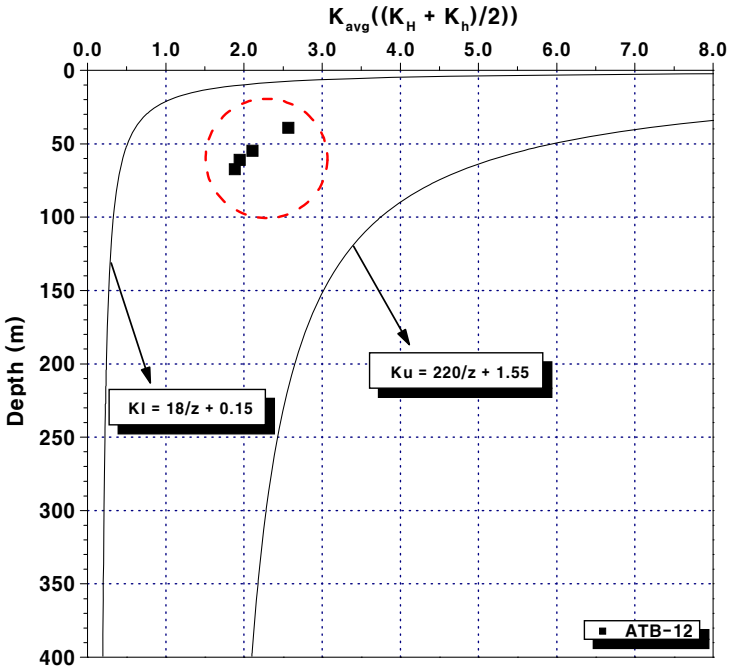


그림 3.8 과업지역의 평균 측압계수 분포 특성

(18/z + 0.15 〈 K_{avg} 〈 220/z + 1.55 (배 성호 외 (2010))

3.2.3 인장균열 방향성 분석

일반적으로 수압파쇄시험은 불연속면이 존재하지 않는 신선한 암반구간에서 이루어진다. 이러한 불연속면이 존재하지 않는 경우 초기응력 측정에 의해 발생된 인장균열은 그림3.8과 같이 공벽에 수직하게 형성된다. Haimson 등 (1996)은 발생한 균열의 경사각이 70° 이상인 경우 준수직 균열 (near vertical fracture)로 간주할 수 있는 것으로 제시하였다.

본 조사에서 수행한 수압파쇄시험에 의해 형성된 인장균열은 초음파 텔레뷰어법(or BHTV)에 의해 측정되었으며, 이 자료를 진북기준으로 보정하여 최대수평응력 작용방향의 방향성 분석에 적용하였다.

그림 3.9는 시추공 스캐닝(초음파주사검층, 시추공영상촬영) 자료에 의해 공벽에 형성된 인장균열의 방향의 형태와 균열의 방향과 경사각을 구하는 기본 원리를 보여주고 있다.

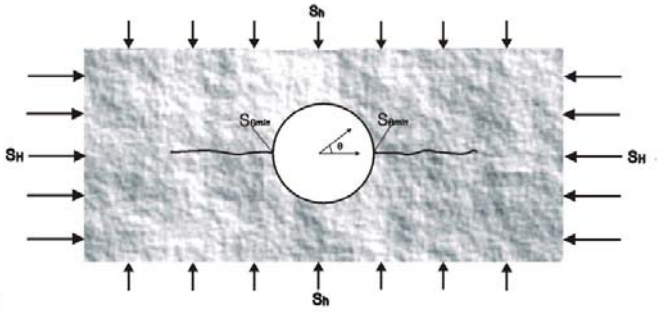


그림 3.8 주응력의 방향에 따른 균열발생의 형태

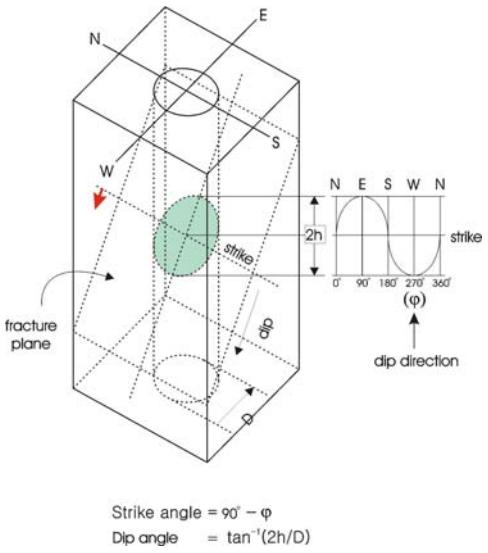
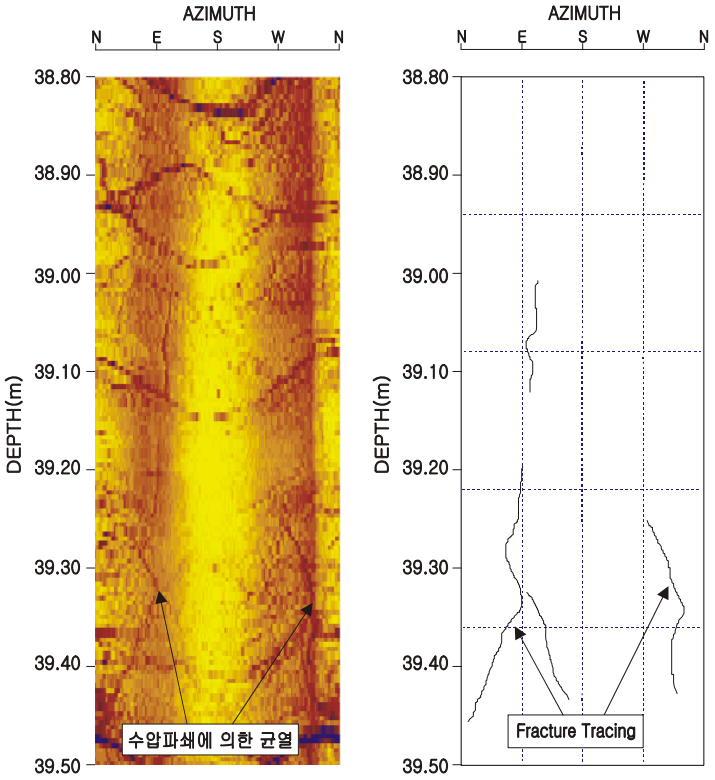


그림 3.9 균열의 방향과 경사각을 구하는 기본 원리

그림 3.10은 시험 후 공벽에 형성된 인장균열의 형태와 방향성에 대한 정보를 얻기 위해 초음파 텔레뷰어법으로 조사된 심도 39.20m에서의 결과를 나타낸다. 본 조사지역의 최대 수평응력의 평균 작용방향은 진북 기준 약 68° 와 248° (N68E)의 값으로 산정되었다.



- processed image - fracture tracing

심도 39.20m (fracture strike : 75° (진북기준))

그림 3.10 인장균열 방향성 조사결과

3.3.3 암반 구조물에 대한 응력장 분석결과

그림 3.11은 본 조사지점에서의 최대 수평응력 평균 작용방향을 도식적으로 나타낸다. 최대 수평응력 작용방향은 진북기준 N68E로 분석되었으며, 암반 구조물 예상시공 방향(N74W)과 38° 의 교차각을 가지는 것으로 분석되었다.



그림 3.11 최대 수평응력 평균 작용방향

4. 결 론

본 조사는 “서울 제물포터널 민간투자사업 실시설계용역 지반조사” 중 수압파쇄시험에 의한 암반내 초기응력 측정을 실시하고, 측정된 자료를 분석하여 암반 구조물의 안정성 해석에 필요한 초기응력장 상태에 대한 제반 정보를 제공하는데 목적이 있다.

1) 터널 예정 노선상에 위치한 시추공 ATB-12 지점에서는 연암 이상의 강도를 가지는 편마암이 주암종으로 나타나고 있다. 조사구간의 암반상태는 많은 불연속면이 분포하고 있으며, 심도 46m 부근에서 대략 2.5m 길이의 전단대가 나타나고 있다. 시험구간 선정시 많은 불연속면의 분포로 다소 어려움이 있었으며, 총 4개 지점(39.20m, 54.90m, 60.90m, 67.40m)에 대하여 시험구간을 선정하였으며, 선정된 시험구간에서 수압파쇄시험을 수행하여 모든 구간에서 정상적인 자료 획득이 가능하여 이 획득된 자료를 본 조사공 하부의 초기응력장 해석에 활용하였다.

2) 응력분포 특성

시험구간은 심도 39.0～68.0m 구간에서 수행되었으며, 최대 및 최소 수평응력의 크기는 각각 3.09～4.10MPa과 2.35～2.76MPa의 분포를 보이는 것으로 분석되었다. 조사 구간 내에서 측압계수는 1.52～2.92 범위의 분포를 나타내었으며, 최소 수평응력에 대한 최대 수평응력의 비인 측압계수비는 1.31～1.49 범위의 값을 나타내었다.

본 조사로부터 분석된 결과들은 전체 과업구간에 대한 초기응력 산정에 다소 무리가 따르나 조사에 의해 획득된 초기응력의 심도별 변화 양상과 일반적인 초기응력 분포 특성을 바탕으로 분석해 볼 때 본 조사공에서는 일반적인 초기응력 분포 특성을 나타내며 감소하는 경향을 보이고 있으며, 측압계수는 조사심도 하부로 갈수록 감소하는 특성을 나타낼 것으로 판단된다.

본 조사지역에서 분석된 응력 분포 특성을 바탕으로 분석해 볼 때 심도 60.0m를 기준으로 상부구간은 1.70～2.90의 측압계수를, 하부구간에서는 1.50～2.30의 측압계수를 적용하는 것이 공학적으로 합리적이라 판단된다.

3) 인장균열 방향성과 구조물 시공 방향에 대한 교차각

수압파쇄시험에 의해 공벽에 유도된 인장균열의 형태 및 방향성 자료를 획득하기 위하여 초음파 텔레뷰어법을 적용하였다. 조사 결과 유도된 인장균열의 방향성은 진북 기준 약 68° 와 248° (N68E)의 값을 가지는 것으로 분석되었으며, 암반구조물 예상시공방향(N74W)과 38° 의 교차각을 가지는 것으로 분석되었다.

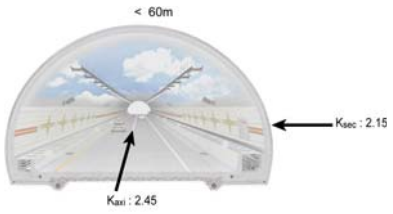
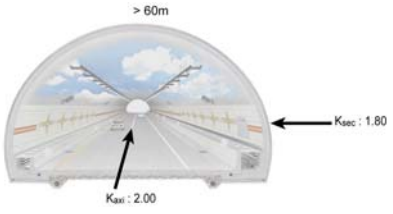
4) 터널 진행방향에 따른 축변환 측압계수

조사공으로부터 산정된 심도별 측압계수 값과 균열 조사에서 확인된 최대 수평응력의 작용방향 그리고 주 암반 구조물의 시공 축방향 값을 바탕으로 축변환식(식 3.5)에 의해 터널 안정성 해석에 적용되는 최적 측압계수 값을 산정할 수 있다. 아래 표 4.1은 터널 축방향 측압계수(Kaxi)와 단면방향 측압계수 (Ksec)를 산정하기 위해 제시한 적용 측압계수와 최대 수평응력 작용방향을 나타내고 있다.

표 4.1 적용 측압계수 결과표

심도 구간	S_h (MPa)	S_H (MPa)	K_h	K_H	적용 측압계수	최대 수평응력(S_H) 평균작용방향	터널 시공방향
상부					1.70～2.90	68° (N68E) (진북기준)	106° (진북기준)
39.20	2.35	3.09	2.22	2.92			
54.90	2.51	3.75	1.69	2.53			
60.90	2.59	3.80	1.58	2.31	1.50～2.30		
67.40	2.76	4.10	1.52	2.25			
하부							

표 4.2 축변환 측압계수 결과표

심도 구간	적용 측압계수	교차각 ATB-12	축변환 측압계수
상부	1.70～2.90	S_H와 38°	
39.20			
54.90			
60.90	1.50～2.30		
67.40			
하부			

5) 현지 암반의 인장강도 산정

수압파쇄시험에 의해 얻어진 현지 암반의 인장강도 분포는 2.06~9.26MPa(21.02~94.49Kg/cm^2) 범위의 값을 가지며, 평균 4.69MPa (47.86Kg/cm^2) 값을 가지는 것으로 분석되었다. 수압파쇄시험에서 얻어지는 현지암반의 인장강도는 그 값 자체로는 응용성이 제한적이지만 충분한 자료축적과 실내압축, 압열인장강도 시험값들과 비교/분석 (상호 상관성 도출)이 이루어질 경우 터널 안정성 해석시 주요 입력 변수인 현지암반의 인장 강도값 산정에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

5.12 시추공시험발파

제1장 발파설계

1.1 설계개요

1.1.1 기본방향

현장주변 조건과 지질조건에 적합한 발파설계를 위한 설계인자를 도출 한다.
•과업구간에 대한 현장주변의 각종 보안물건의 현황 파악 •지반조사 결과를 토대로 과업구간의 암종 및 암질을 파악하여 시험발파 계획 수립 •과업구간의 현지암반에서 천공된 지반조자용 시추공에서 시추공시험발파 수행 •시험발파 분석결과 후 주변보안물건의 현황과 지질공학적 특성에 맞는 최적의 설계인자를 도출한다.

1.1.2 배경 및 목적

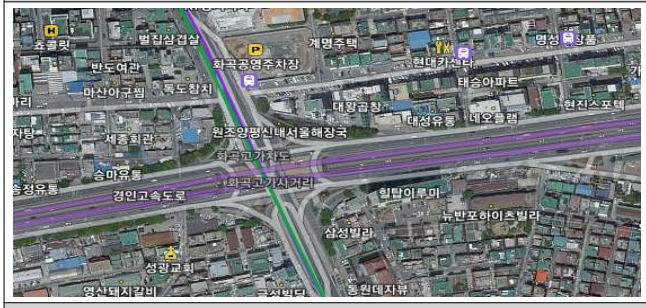
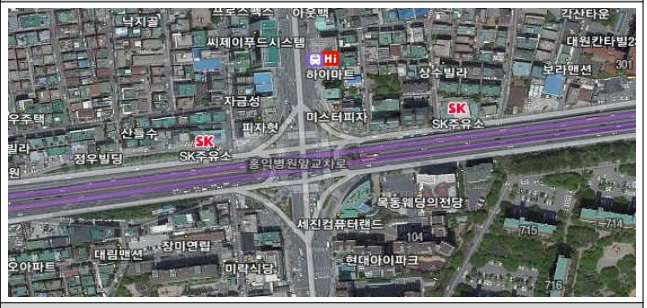
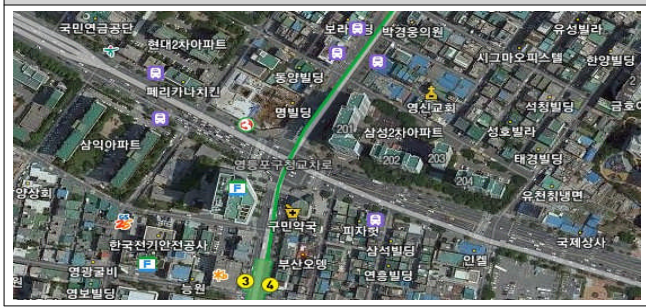
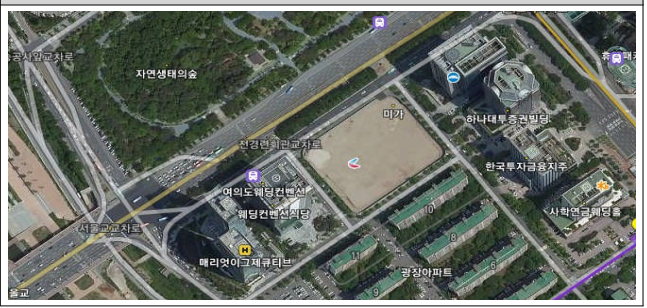
•본 과업 발파구간에서 암종별로 시험발파를 실시하여 각각의 특성이 고려된 발파설계 인자 도출
  - 과업구간에 시공된 시추공에서의 수회에 걸쳐 시험발파 실시
  - 시험발파 결과에 따른 진동추정공식에 의해 각종 보안물건에 대한 거리별지발당장약량 산출
•주변 보안물건에 미치는 발파진동 및 소음의 영향평가에 의한 발파설계자료 검토
  - 과업구간 주변에 존재하는 보안물건별 허용 진동 및 소음치 초과여부 검토
  - 보안물건에 미치는 피해를 최소화하기 위한 발파공해 영향권 범위 검토에 의한 발파공법(규모) 선정

1.2 지질개요 및 주변보안물건의 현황과 발파설계 흐름도

1.2.1 지질개요

•사업구간 일대는 선캠브리아기 호상편마암과 화강편마암을 기반암으로써 중생대 화성활동으로 형성된 화강암과 화산암류로 구성되며 호상편마암이 우세한 지역으로 편마암 내 엽리구조(우백대, 우흑대)들의 발달로 인해 기반암의 공학적 강도 변화 특성을 보임

1.2.2 과업구간 주변보안물건 현황

STA. 1+800(화곡사거리)	STA. 3+100목동사거리)
	
STA. 5+900(영등포구청)	STA. 8+400(여의도공원)
	

주변현황	•노선 주변에 주거지 및 상가 등이 분포함.

1.2.3 설계 흐름도

현장조사 및 발파영향권 검토	시험발파 및 결과분석	굴착 및 발파설계
•지반조사 결과 현황 검토 •보안물건의 현황 조사 •각종 보안물건별 허용기준 검토 •보안물건별 허용기준 설정	•설계인자 도출을 위한 시험발파 •시추공별 시험발파 결과분석 •시추공별 시험발파결과 진동추정식 비교·분석	•본 구간에 적합한 설계인자 선정 •기존시설물 및 암반특성을 고려한 발파설계 •발파 환경영향권 검토

1.3 시험발파 수행

사 용 화약류	•뇌관 : 전기뇌관(순발뇌관) •폭약 : 에멀젼폭약(직경32mm × 250g/ea × 약장 295mm)

1.3.1 발파 진동 및 소음 계측기 특성과 제원

가. 계측기 특성

•시험발파 시 진동 및 소음 측정에 사용된 계측장비는 캐나다 Instantel社의 BlastMate II의 DS-477, Minimate 077, BlastMate III를 사용하였다. 본 기기들은 발파진동 전용장비로서 지반진동을 측정함과 동시에 발파에 의해 발생되는 발파 풍압 소음도 측정 할 수 있는 계측장비이다. 기본적인 장비의 구성은 아래와 같이 폭원에서부터 진행되어 오는 진동 성분의 폭원 방향과 수직방향(Vertical), 진행방향(Longitudinal) 및 접선 방향(Transverse) 등 세 방향의 지반진동을 감지하는 삼축 변환기와 공기 중으로 전달되는 발파 풍압을 감지하는 소음계 그리고 측정을 제어하고 기록하는 모니터로 구성되어 있다. 또한 각 진동 발생에 대하여 세 방향 성분에 대한 최대입자속도, 최대입자변위, 최대입자가속도, 최대속도에서의 주파수, 최대 백터합 속도 및 최대발파풍압(dB(A) 또는 dBL, Psi단위)에 대한 정보를 프린트해 준다.

나. 계측기 제원

구 분		Blastmate series		
		Minimate 077	Blastmate II	Blastmate III
Seismic	Max. Range	127mm	254mm	254mm
	Min. Resolution	0.01(mm/sec)	0.0159(mm/sec)	0.0159(mm/sec)
	Frequency	2-250Hz	1.5-250Hz	2-300Hz
Sound	Air Linear	100-142dB	88-148dB	88-148dB
	"A" Weight	-	55-110dB(A)	50-110dB(A)
	Frequency	2-250Hz	1.5-250Hz	2-300Hz

다. 발파 기자재 및 계측장비

발파기자재	Blastmate series		
	Minimate 077	Blastmate II	Blastmate III
			

1.3.2 시추공 시험발파 수행

가. 시험발파 위치 및 수행과정

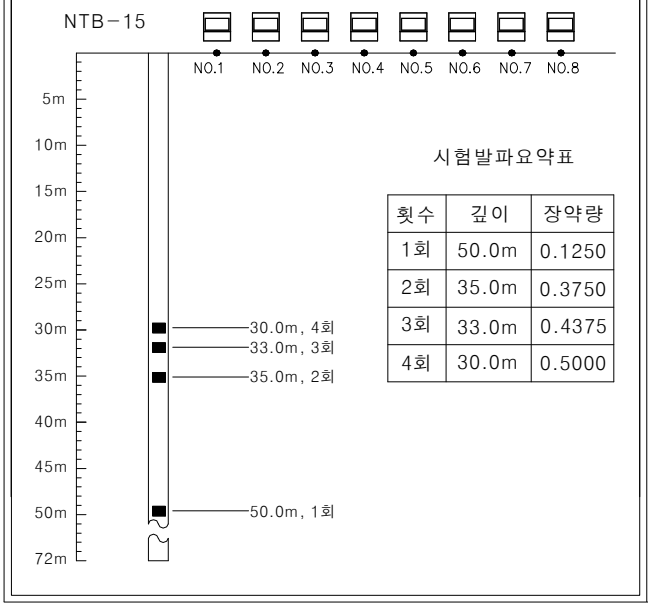
NTB-15	NTB-28
	

시험발파위치 : 지반조사용 시추공시추공 NTB-15, NTB-28

약포제작	장약작업	안전조치	계측
			

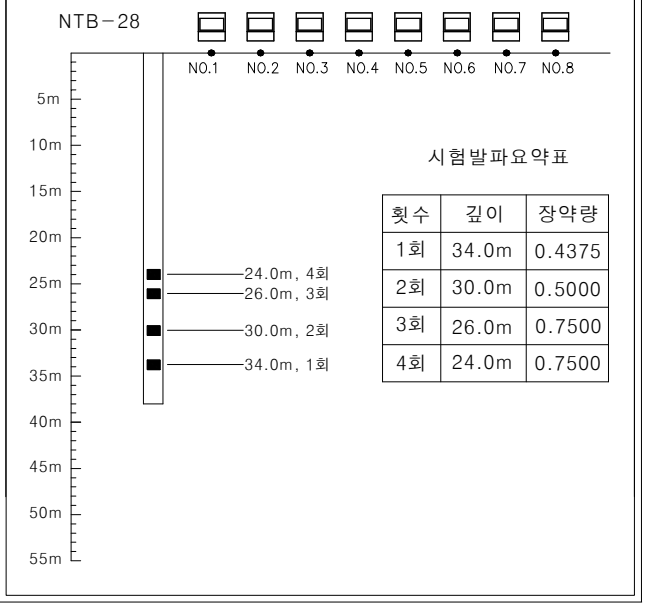
나. 시추공시험발파 패턴 및 측정결과

NTB-15	NTB-28



시험발파요약표

횟수	깊이	장약량
1회	50.0m	0.1250
2회	35.0m	0.3750
3회	33.0m	0.4375
4회	30.0m	0.5000



시험발파요약표

횟수	깊이	장약량
1회	34.0m	0.4375
2회	30.0m	0.5000
3회	26.0m	0.7500
4회	24.0m	0.7500

검토사항			Weight (kg)	Tran (cm/sec)	Vert (cm/sec)	Long (cm/sec)	PVS (cm/sec)	소음/폭음 [dB(A)] [dBL]	측정 사거리 (m)
발파위치 (시추공)	순서/ 심도	계측기							
NTB-15	1회 50m	8834	0.125	–	–	–	미측정	미측정	–
		2486		–	–	–	미측정	미측정	–
		3541		–	–	–	미측정	미측정	–
		2376		–	–	–	미측정	미측정	–
		16103		–	–	–	미측정	미측정	–
		5276		–	–	–	미측정	미측정	–
		5278		–	–	–	미측정	미측정	–
		5277		–	–	–	미측정	미측정	–
	2회 35m	8834	0.375	0.356	1.16	0.749	1.38	78.1[dB(A)]	35.2
		2486		0.432	0.864	0.381	0.972	67.6[dB(A)]	35.9
		3541		0.229	0.546	0.368	0.548	71.8[dB(A)]	37.0
		2376		0.203	0.495	0.203	0.506	69.0[dB(A)]	38.5
		16103		0.305	0.444	0.241	0.446	75.4[dB(A)]	40.3
		5276		0.159	0.406	0.222	0.408	–	42.4
		5278		0.108	0.330	0.159	0.338	–	44.8
		5277		0.197	0.298	0.216	0.318	–	47.4
	3회 33m	8834	0.4375	0.343	1.09	0.724	1.32	78.3[dB(A)]	33.2
		2486		0.470	0.876	0.330	0.964	67.4[dB(A)]	34.0
		3541		0.203	0.533	0.368	0.546	71.0[dB(A)]	35.1
		2376		0.191	0.533	0.191	0.546	69.2[dB(A)]	36.7
		16103		0.267	0.457	0.254	0.462	75.3[dB(A)]	38.6
		5276		0.146	0.445	0.216	0.448	–	40.8
		5278		0.127	0.387	0.133	0.395	–	43.3
		5277		0.0191	0.349	0.476	0.478	–	46.0
	4회 30m	8834	0.500	0.571	1.69	1.13	1.96	80.0[dB(A)]	30.3
		2486		0.546	1.26	5.21	1.37	68.2[dB(A)]	31.0
		3541		0.381	1.09	0.559	1.12	74.0[dB(A)]	32.3
		5278		0.254	1.04	0.152	1.07	–	34.0
		5277		0.254	0.889	0.610	0.892	–	36.1
		5276		0.165	0.864	0.229	0.864	–	38.4
		2376		0.216	0.851	0.267	0.864	70.2[dB(A)]	41.0
		16103		0.229	0.648	0.317	0.662	74.9[dB(A)]	43.9

검토사항			Weight (kg)	Tran (cm/sec)	Vert (cm/sec)	Long (cm/sec)	PVS (cm/sec)	소음/폭음 [dB(A)] [dBL]	측정 사거리 (m)
발파위치 (시추공)	순서/ 심도	계측기							
NTB-28	1회 34m	8834	0.4375	0.0889	0.203	0.127	0.240	69.5[dB(A)]	34.1
		2486		0.0635	0.165	0.114	0.171	–	34.5
		2376		–	–	–	미측정	미측정	–
		5278		–	–	–	미측정	미측정	–
		5276		–	–	–	미측정	미측정	–
		16103		–	–	–	미측정	미측정	–
		5277		–	–	–	미측정	미측정	–
		3541		0.0508	0.102	0.102	0.114	–	41.6
	2회 30m	8834	0.500	0.127	0.330	0.190	0.376	71.2[dB(A)]	30.1
		2486		0.152	0.267	0.152	0.308	59.4[dB(A)]	30.6
		2376		0.114	0.140	0.102	0.165	58.8[dB(A)]	31.3
		5278		0.0635	0.102	0.108	0.113	–	32.3
		5276		0.0889	0.108	0.0953	0.119	–	33.5
		16103		0.127	0.114	0.114	0.136	68.4[dB(A)]	35.0
		5277		–	–	–	–	–	–
		3541		0.0889	0.152	0.0762	0.154	66.8[dB(A)]	38.4
	3회 26m	8834	0.750	0.190	0.864	0.495	0.998	76.9[dB(A)]	26.2
		2486		0.279	0.673	0.318	0.727	66.2[dB(A)]	26.7
		2376		0.203	0.660	0.178	0.678	65.0[dB(A)]	27.5
		5278		0.152	0.578	0.0889	0.587	–	28.6
		5276		0.140	0.533	0.152	0.538	–	30.0
		16103		0.279	0.457	0.190	0.460	72.0[dB(A)]	31.6
		5277		0.191	0.451	0.375	0.460	–	33.4
		3541		0.229	0.432	0.203	0.432	72.2[dB(A)]	35.4
	4회 24m	8834	0.750	0.254	0.864	0.521	0.996	76.9[dB(A)]	24.2
		2486		0.292	0.660	0.229	0.729	62.0[dB(A)]	24.7
		2376		0.140	0.559	0.140	0.584	62.0[dB(A)]	25.6
		5278		0.140	0.533	0.0762	0.541	–	26.8
		5276		0.121	0.470	0.114	0.473	–	28.3
		16103		0.178	0.343	0.140	0.358	69.4[dB(A)]	30.0
		5277		0.127	0.394	0.381	0.416	–	31.9
		3541		0.267	0.432	0.216	0.435	72.2[dB(A)]	33.9

1.4 시험발파결과 분석 및 검토

1.4.1 진동속도의 추정식을 위한 계측자료의 분석방법

•계측자료의 실 벡터합과 환산거리와의 관계를 양대수(log-log)도면상에 나타내고 이들의 관계를 최소자승법에 의해 회귀 분석하면 중앙치에 해당하는 직선식을 도출 할 수 있다.

•진동의 크기는 화약류의 종류에 따른 화약의 특성, 장약량, 기폭방법, 전색의 상태나 화약의 장전밀도, 자유면의 수, 폭원과 측점간의 거리, 지질조건 등에 따라 다르고, 지발뇌관의 사용으로 일정한 시간간격으로 기폭하는 지발당 최대 장약량과 폭원으로부터의 거리등이 전파특성에 영향을 미치는 가장 중요한 요인이 된다.

•한편 진동의 전파특성을 이론적으로 파악하려는 노력이 많은 연구자들에 의해 계속되어져 왔다. Hendron, Devine, Oriad 등 많은 연구자들은 발파현상에 관련된 변수의 차원해석을 근거로 하여, 많은 발파진동의 측정경험을 토대로 지상구조물의 피해의 척도가 되는 지반의 진동속도를 지발당 최대장약량과 폭원으로부터의 거리를 매개변수로 하여 경험적 관계식을 나타낼 수 있음을 제시하였다. 이들의 연구와 다른 연구자들의 경험적 연구결과를 종합하면 지발당 최대장약량과 발파원으로 부터의 거리를 주요변수로 하여 식 1과 같은 형태로 표시할 수 있다. 한편 일본에서는 입지특성 환산식이라 하여 식 2. 와 같은 형태로 표시한다.

$V=\mathrm{K}\left(\frac{D}{W^b}\right)^n$ ---------- 식 1. $V=KD^nW^m$ ---------- 식 2.	V : 지반의 진동속도 (Particle Velocity, cm/sec) D : 발파원으로 부터의 거리 (m) W : 지발당 장약량(Charge per delay, Kg) K, n, m : 지질의 암반조건, 발파조건 등에 따르는 상수 b : 1/2 또는 1/3

•식 1.에서 D/W^b를 환산거리(Scaled Distance, SD)라 하며 b=1/2 이면 자승근 환산거리이고 b=1/3 이면 삼승근 환산거리라고 하며 일반적으로 가까운 거리에서는 삼승근이, 먼 거리에서는 자승근이 더욱 잘 맞는 것으로 알려져 있다. 우리나라의 경우 서울 지하철 3, 4호선 공사 시 채택된 발파진동 추정식은 식 3.과 같다.

$V=K\left[\frac{D}{W^b}\right]^{-n}$ ---------- 식 3.	n : 감쇄지수 b : 장약지수 K : 상수(발파진동상수) D : 폭원에서의 측점간거리(m) V : 발파진동속도치(cm/sec, Kine)

•이러한 발파진동 추정식을 구하기위한 과정은 다음과 같다.

•발파현장에 적합한 진동추정식을 구하기 위해서는 장약량, 감쇄지수, 발파진동상수를 알아야 한다. 이러한 값을 구하기 위해 발파현장에서 임의로 장약량, 측정거리을 달리하면서 발파를 시행하여 측정한 계측자료를 가지고 중회귀분석(Multiple Regressional Analysis)에 의해 일반식을 유도하고 자승근(Root Scaling)과 삼승근(Cube Root Scaling)에 대한 회귀선(Regression Line)을 구하여 이에 적합도가 높은 쪽을 택해서 비교·검토한다.

•즉, 진동속도식의 양변에 log를 취하여 직선형으로 바꾸어 쓰면

$$\log V=\log\left\{K\left[\frac{D}{W^b}\right]^{-n}\right\} \Rightarrow \log K-n\log\left(\frac{D}{W^b}\right)$$

$$=\log K-n(\log D-\log W^b) \Rightarrow \log K-n\log D+n\cdot b\log W$$

여기서 -n=B, nb=C로 치환하면 다음과 같이 표시할 수 있다.

$Yi=A+BXi_1+CXi_2+Ei$로 표시된다.

$\mathrm{X}i_1$: 두 독립변수, $\mathrm{X}i_2$: logD, logW의 i번째 측정치

Yi : $(\mathrm{X}i_1, \mathrm{X}i_2)$에 대한 logV의 측정치, Ei : Error Term

•위 식에서 n개의 자료를 회귀평면으로 대표시키기 위해서는

$S=\sum_{i=1}\langle Yi-(A+BXi_1+CXi_2)\rangle^2$ 를 최소로 하는 A, B, C의 값을 구하면 된다.

•이 방법을 최소자승법이라 하며 S를 최소로 하는 A, B, C의 값은 $\frac{\partial S}{\partial A}=0,\ \frac{\partial S}{\partial B}=0,\ \frac{\partial S}{\partial C}=0$ 로 되는 정규방정식의 근이며 Matrix form으로 간단히 나타내면 아래와 같다.

$$\begin{bmatrix} n & \sum \mathrm{X}i_1 & \sum \mathrm{X}i_2 \\ \sum \mathrm{X}i_1 & \sum \mathrm{X}i_1^2 & \sum \mathrm{X}i_1 \mathrm{X}i_2 \\ \sum \mathrm{X}i_2 & \sum \mathrm{X}i_1 \sum \mathrm{X}i_2 & \sum \mathrm{X}i_2^2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Yi \\ \sum \mathrm{X}iYi \\ \sum \mathrm{X}i_2 Yi \end{bmatrix}$$

•자료가 많아서 계산과정이 복잡해지면 실험 측정자료들은 컴퓨터를 이용한다.

•자승근과 삼승근의 경우 각각 다음과 같다.

$$\text{자승근 :}\ \log V = A + B\left(\log S - \frac{1}{2}\log W\right),\quad \text{삼승근 :}\ \log V = A + B\left(\log D - \frac{1}{3}\log W\right)$$

로도 표시되며 log-log좌표에서 직선(회귀선)으로 표시되고 이때 A는 절편 B는 기울기를 나타낸다. 일반적으로 이와 같은 방법으로서는 현장에 적용하기 힘드므로 log-log그래프에서 거리와 장약량의 변화에 따른 진동속도치를 표시하여 컴퓨터로서 가장 적합한 직선을 선택해 진동속도식으로 사용한다.

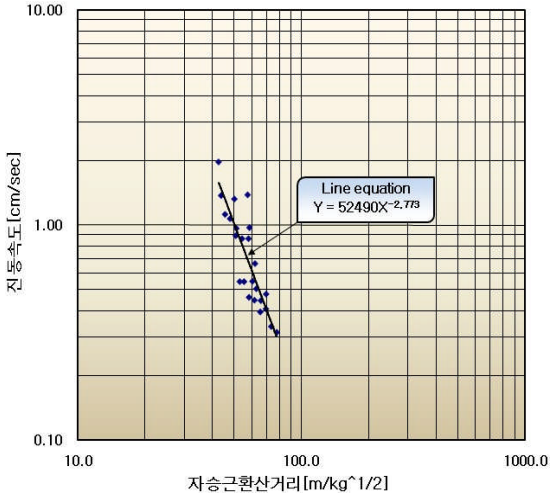
1.4.2 시험발파 분석결과

가. 발파진동식 예측을 위한 회귀분석결과

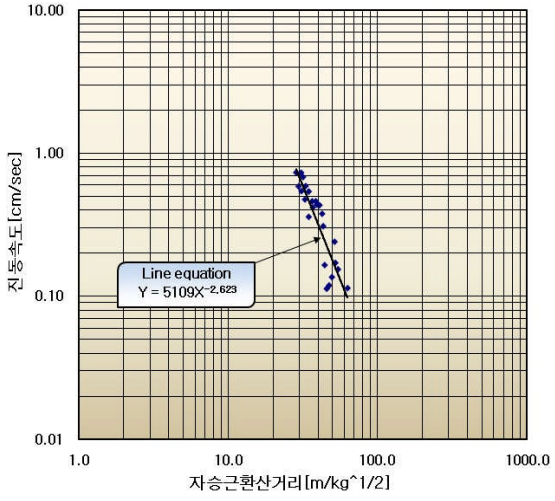
진 동 식 추정방법	•시추공 시험발파에 대한 각각의 발파진동식을 구하기 위한 분석방법은 회귀분석에 의한 방법으로 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.	
	•자승근 발파진동추정식 : $\mathrm{V}=\mathrm{K_s}\left(\frac{\mathrm{D}}{\sqrt{\mathrm{W}}}\right)^{-\mathrm{n_s}}$ •삼승근 발파진동추정식 : $\mathrm{V}=\mathrm{K_c}\left(\frac{\mathrm{D}}{\sqrt[3]{\mathrm{W}}}\right)^{-\mathrm{n_c}}$	V : 허용 진동속도(cm/sec) D : 폭원에서 보안물건까지의 거리(m) W : 허용최대 지발당 장약량(kg) Kc, Ks : 발파진동상수 1/3, 1/2 : 장약지수 n_c, n_s : 감쇠지수 이다.

구분	NTB-15		NTB-28	
	자승근	삼승근	자승근	삼승근
Ks, Kc	52490	99528	5109	17802
n_s, n_c	2.773	3.035	2.623	3.028
R^2	0.748	0.755	0.800	0.767

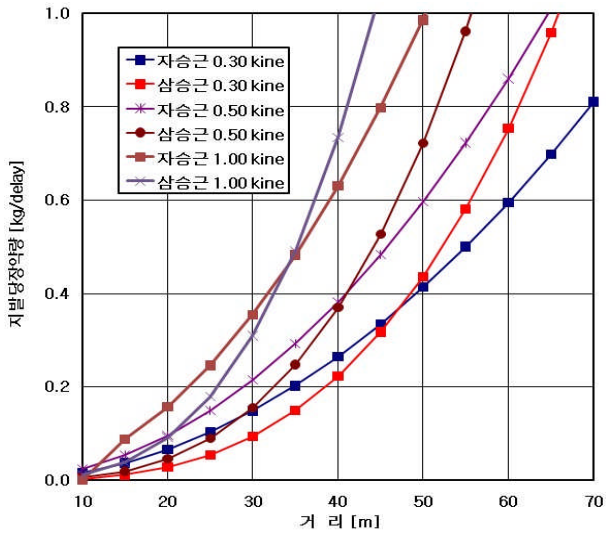
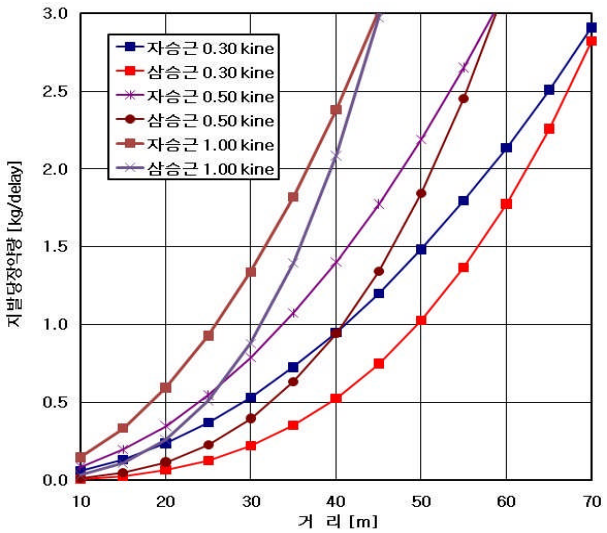
NTB-15 회귀분석결과(자승근)



NTB-28 회귀분석결과(자승근)



나. 회귀분석결과에 의한 거리별지발당장약량 그래프

NTB-15 거리별지발당장약량	NTB-28 거리별지발당장약량
	

1.5 발파로 의한 진동 및 소음 및 비산에 대한 기초이론 분석

1.5.1 발파진동 기본이론

•발파진동에 대한 주변 구조물이나 시설물의 피해는 지반을 전파하는 지반진동의 크기와 공기층을 전파하는 충격파(shock wave)인 폭풍압에 의한 피해로 구분할 수 있다.

•시험결과에 의하면 발파로 인하여 발생하는 총에너지 중에서 0.5~20%가 탄성파로 변환되어 발파진동으로 소비되는 것으로 알려지고 있다. 발파에 의하여 발생하는 이러한 탄성파가 암반 내를 전파함으로써 전면에서는 진폭과 주기를 갖는 진동으로 나타난다.

•이와 같은 지반진동은 일반적으로 변위(displacement), 입자속도(particle velocity) 및 가속도(acceleration)의 3가지 성분과 진동수(frequency)로 구분되는데, 이들 상호간의 관계는 다음 식과 같다.

$$D = \int V dt \qquad V = \frac{dD}{dt} \text{----------} 1$$

$$V = \int A dt \qquad A = \frac{dV}{dt} \text{----------} 2$$

D, V 각각 변위 및 입자속도
A, t 각각 가속도 및 시간

•이러한 지반진동은 단순조화진동(simple harmonic motion)으로 볼 경우 최대진폭에서의 변위, 속도 및 가속도 사이에는 다음 식이 성립한다.

$$D = \frac{V}{2\pi f} \qquad V = 2\pi f D \text{----------} 3$$

$$V = \frac{A}{2\pi f} \qquad A = 2\pi f V \text{----------} 4$$

$$f = \frac{1}{T} \qquad w = 2\pi f \text{----------} 5$$

f, T : 각각 진동주파수 및 진동주기
ω : 각속도$(Angular\ velocity)$

•따라서 지반진동이 단순조화진동이라는 가정하에서 각각 변위, 속도 및 가속도 등으로 표시되었을 때, 이들 식 1.~식 5. 에 의해 변환이 가능하다.

1.5.2 발파에 따른 지반진동

•발파에 의한 지반진동의 측정은 방향에 따라 수직방향(vertical), 진동원으로 부터 측점을 향하는 평면상의 파(longitudinal) 및 이 두 방향과 직각을 이루는 접선방향(transverse)의 3성분으로 이루어진다. 이들 3 성분의 크기는 대상 암반, 지형 및 발파에 의하여 생성된 탄성파 즉, P파와 S파 및 표면파들의 상호 간섭에 따라 변한다.
•발파진동의 시간영역에서의 변위, 속도, 가속도와 그에 따른 진동수 특성은 원하는 방향에 대한 값을 도출하여야 하며 이때 각 진동값의 최대치를 예측하기 위하여 이에 적당한 계측기를 사용해야 목적을 달성할 수 있다.
•발파 진동의 시간 이력 신호를 설명하는데 필요한 변수로는 최대진폭, 탁월주기 및 진동 계속시간을 들 수 있다.
•이들 변수들은 발파순서와 전달매체에 의존한다. 폭원에서 가까운 지반운동의 범위는 매우 높은 값에 달하게 되므로 일반 측정장비로써는 계측이 불가능한 경우가 있다. 그러므로 폭원과 거리 및 지발당 장약량에 따라 큰 진동을 계측할 수 있는 측정기기를 이용하여야 한다.

가. 발파진동의 특성

•발파에 의한 지반진동과 지진이나 핵폭발에 의한 지반운동의 구분은 ①발파진동은 지진이나 핵폭발로 인한 진동수보다 높고 ②짧은 지속시간의 발파진동은 지진이나 핵폭발에 비해 아주 작은 에너지가 전달되는 특징이 있다.

나. 탁월진동수

•일반적으로 발파에 의한 탁월진동수는 전달매체와 폭원으로부터의 거리에 영향을 받게 되고, 저진동수 성분을 갖는 일반 구조물에 대해서는 발파로 기인되는 저진동수 성분에 의해 손상될 수 있는 경우가 종종 발생하므로 이에 유의하여야 한다.
•Engineering value로 사용되는 최대 발파 진동치를 갖는 진동 신호는 다수의 진동수들이 동시에 영향을 주고 있고, 이는 지반 특성에 따라 그 탁월 진동수 성분이 각각 다르게 나타난다. 이때 상대적으로 큰 진동치를 나타내는 진동수들을 탁월진동수 성분으로 정의한다. 결과적으로 발파에 의한 지반진동은 3 방향이 모두 상이한 값을 가지며 지배하는 탁월진동수 성분들 역시 각각 차이가 있으므로 진동 성분 방향에 따라 그 특성을 정확히 분석하는 것이 좋다.

다. 성분의 최대치와 벡터합

•발파진동은 지반을 3차원적으로 운동하게 하는데 지반의 운동을 정의하기 위해서는 서로 직각인 3 방향(L, T, V) 의 성분을 측정한다. 발파에서 이들 3성분 중 어느 하나가 항상 주가 되는 것이 아니고 최대성분은 발파상황에 따라 변화한다. 또한 최대치는 거의 서로 다른 시각에 존재하며 진동수 특성 또한 다르게 나타난다.
•현장 계측은 시간영역에서 3방향 최대 진동량과 각 방향 입자 속도들의 Vector 합을 기록한다. 이중 각 임의의 시각에서의 Vector합들 중 가장 큰 값을 발파시 산정된 Resultant PPV(Peak Particle Velocity)라 정의하고 있으며 이는 항상 일정 진동방향 성분의 최대 속도 Vector량 이상의 값을 갖게 된다. 따라서 진동 속도에 의한 현장 지반 진동량은 상기 Resultant PPV 를 기준으로 한 자료를 근거로 발파 설계 및 계측 관리가 이루어지게 된다.

라. 지반진동을 지배하는 요소

•발파로 인하여 발생하는 지반진동의 크기는 여러 가지 인자에 의하여 결정되는 바 이들 인자 중 인위적으로 조정이 가능한 화약의 종류, 발파방법이 있으나 암반의 종류와 상태, 주변건축물 사이의 이격거리는 인위적으로 결정이 불가능하며 이들은 조작 불가능한 독립변수로 보아야 한다. 발파진동의 크기를 지배하는 요소는 첫째, 발파대상물인 암석의 물리적 특성 또는 구조물 등의 강성 특히 대상물 자체의 성질에 관한 것이고 둘째, 선택하고자 하는 화약류(폭약과 뇌관)의 종류와 기폭방법이며 셋째, 발파방법의 변화라고 할 수 있으며 다음과 같이 분류된다.

(1) 암석의 물리적 특성 : 압축강도, 인장강도 및 암반의 상태 등
(2) 화약류(폭약, 뇌관)의 선정
  · 폭약의 종류, 비중, 폭속, 가스량 등
  · 뇌관의 종류(전기, 비전기), 지연시차 등
(3) 발파공법의 선택
  · 천공경, 최소저항선, 공간격, 천공장, 천공각도 등의 천공작업의 숙련도 및 방법의 선택
  · 장약후 실시하는 전색의 종류 및 방법(정확도)
  · 발파공법의 선택 : 수평발파, 수직발파, 다단장약, 지발당장약량의 조절, 기타 여러 가지의 제어발파
    (Smooth Blasting, Cushion Blasting, Pre-splitting 등)

1.5.3 발파진동이 콘크리트 구조물에 미치는 영향

(1) 진동속도 0.2~0.3 kine
문화재 등 미진동에도 피해가 발생 할 수 있는 보안물건에 적용되는 기준으로써 취약한 건축물이나 컴퓨터 등 정밀기기에도 이상이 없다는 것이 지배적인 견해이다.
(2) 진동속도 0.5~1.0 kine
실금이 나있는 주택이나 아파트, 상가, 사무실, 공공건물 등의 구조물 자체에는 피해가 발생하지 않는다는 최저기준이다. 우리나라의 건축물의 구조는 그 형태의 취약성 등이 천차만별이므로 임의적으로 기준을 정한다는 것은 대단히 어려운 문제이다.
(3) 진동속도 2.0~5.0 kine
이 기준은 견고한 빌딩이나 철근 구조물, 공장건물 등에도 피해가 발생하지 않는다는 기준으로써 그 건물의 노후상태, 구조물의 형태, 건물의 높이 또는 지반의 형태, 기초공사의 종류 등에 따라서 그 기준치를 다르게 설정해야 하는 것이 원칙이다.

가. 국내에서 제시되고 있는 권장 진동허용기준치

•국내에서는 국로해양부, 노동부 등 또는 지방단체에서 설정한 발파진동 규제기준과 외국의 자료를 참고로 하여 서울지하철2, 3 호선 건설당시 설정한 기준과 부산지하철 건설시 적용한 기준을 권장 기준화하고 있다. 이외에도 각 주관부서에 의해 규정되고 있는 기준치들도 조건에 따라 미광무국 등의 외국 사례를 근거로 하여 설계기준을 마련하고 있으며 대체로 안전율을 높여 엄격하게 적용하고 있는 편이다.
•특히, 저진동수 영역의 진동은 건물의 고유진동수와 공진 현상을 일으켜 건물에 더욱 큰 피해를 유발할 가능성이 크므로 더욱 엄격하게 규제할 필요가 있다. 따라서 한국토지공사에서는 건물의 고유진동수가 일반적으로 30Hz 이하이므로 30Hz 를 기준으로 하여 그 이상의 진동수 영역에서는 서울지하철 공사시의 기준을 적용하고 30Hz 이하에서는 허용기준치를 감소 시켰다. 유적이나 고적 등의 문화재의 경우 0.2cm/sec(1999년 국토부개정 전)은 충분히 낮은 진동치 이므로 진동수와 관계없이 그대로 적용하였으며, 콘크리트구조물의 경우에는 일반적으로 고층건물에서 저진동수의 영향을 많이 받으므로 30Hz 이하의 진동수에서 2.0cm/sec 로 감소시켰다. 아래에 제시 되는 각각의 기준치들은 현재 설계 및 현장시공에서 적용되고 결과이다.

● 구조물 손상기준 발파진동 허용치(1999년 국토부개정)

보안물건의 종 류	문화재	재래가옥 (저층,일반가옥등)	저층양옥 연립주택등	중, 저층아파트 중소상가 및 공장	내진구조물 (고층, 대형아파트)
허용기준 (cm/sec)	0.3	1.0	2.0	3.0	5.0

● 지하철공사 및 노동부고시(1999년 개정전)

보안물건의 종 류	문화재	주택·아파트	빌 딩	상가·공장건물
허용기준 (cm/sec)	0.2	0.5	1.0	1.0~4.0

● 구『한국토지공사』(현 LH공사) 허용기준치(용인수지 2지구)

적용항목	가축에 대한 기준	건물 및 인체영향을 고려한 기준
허용기준 (cm/sec)	0.09	0.3

● 구『한국토지공사』(현 LH공사)에 적용되었던 허용 기준치

건축물의 종류	진동수영역별 기준(cm/sec)	
	30Hz 이상	30Hz 이하
유적이나 고적 등의 문화재	0.2	0.2
결함이 있는건물, 빌딩, 균열이 있는 저택	0.5	0.4
균열이 있고 결함이 없는 빌딩	1.0	0.8
회벽이 없는 공업용 콘크리트 빌딩	1.0~4.0	0.8~2.0

● 기타 지하매설관 및 구조물 기준

구분	최대진동속도(cm/sec)		
	금지범위	대책범위	안전범위
노출 가스관	3.0 이상	3.0~0.4	0.4 이내
매설 가스관	4.0 이상	4.0~1.0	1.0 이내

•철재 매설 관로는 연성 성질이 강하여 어느 정도 지반진동에 대해서는 큰 피해가 발생되지 않음. 미국 가스협회(AGA)의 후원으로 실시한 일련의 시험발파(Westine, 1987)에서도 Φ24inch 철재 가스관로는 진동속도 25.4cm/sec의 진동에서도 피해가 발생되지 않으며, 철재관로는 발파에 의한 비석과 인접 발파시 폭발가스에 의한 암반블럭의 이동이 관체에 변형을 주어 피해가 발생되지만, 발파진동에 대해서는 철재관로의 유연성 때문에 피해발생 확률이 적다고 할 수 있음.

나. 각 국의 진동허용 기준치

● 독일(진동수에 따른 진동속도가 건물에 미치는 영향)

•진동속도는 수직방향, 진행방향, 접선방향의 실 벡터합으로 표시된다. 독일의 경우 산업건물 및 콘크리트 구조물에 대하여는 진동속도를 주파수에 따라 2~5cm/sec로 규제하고 있으며, 문화재의 경우는 0.3cm/sec 까지 제한 함

1986년 개정한 DIN 4150 (정상진동)			
건물의 등급	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
건 물 의 형 식	상업 혹은 산업용건물 : 사무실, 공장건물	주거용 건물 : 연립주택, 단독주택, 아파트	진동예민 구조물 : 취약한건물, 문화재 등 중요구조물
건물의 허용진동속도 V(cm/sec)	≤ 0.5	≤ 0.5	-
※ 측정위치는 구조물 기초이며 10Hz이하의 진동에 반응하는 허용진동속도 임.			

1986년 개정한 DIN 4150(일시진동)				
건물의 등급		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
건물의 형식		상업 혹은 산업용건물 : 사무실, 공장건물	주거용 건물 : 연립주택, 단독주택, 아파트	진동예민 구조물 : 취약한건물, 문화재등 중요구조물
주파수별 허용진동속도 VR(cm/sec)	10HZ이하	2	0.5	0.3
	10HZ-50HZ	2~4	0.5~1.5	0.3~0.8
	50HZ-100HZ	4~5	1.5~2.0	0.8~1.0
	주파수 복합 (최상층부 천정)	4.0	1.5	0.8
※ 측정위치는 구조물 기초이며 10Hz이하의 진동에 반응하는 허용진동속도 임.				

●미국

Type of Construction [미국무성자료(Limiting Safe Vibration Values, After Ashley)]	Peak Paticle Velocity	
	in/sec	cm/sec
Ancient and historic monuments	0.30	0.75
Housing in poor repair	0.47	1.20
Good residential, Commercial and industrial structures	1.00	2.50
Welded gas mains, sound sewers, engineered structures	2.00	5.00

Nature of Damage [Dupont co. 자료]	Peak Particle Velocity	
	in/sec	cm/sec
Fall of rocks in unlined tunnels	12	30
50% Probability of major plaster damage	7.6	19.3
50% Probability of minor plaster damage	5.4	13.7
Thre shold of damage from close-in blasting	2.8~3.3	7.1~8.38
Safe blasting criterion for residential structures recommended by U.S.B.M	2.0	5.0

● 포르투갈[ESTEVES, 1978]

지반조건 / 건축물 종류	허용진동치 (vector sum peak particle velocity, cm/sec)		
	결집력이 없는 토양 및 자갈의 혼합	결집력이 있는 토양, 균일하고 높은 등급의 모래	결집력이 있는 토양, 암석
	P<1000 m/sec	P=1000~2000 m/sec	P>2000 m/sec
유적, 병원, 매우높은 빌딩	0.25	0.5	1.0
통상적인 건물	0.5	1.0	2.0
철근콘크리트, 내진구조물	1.5	3.0	6.0

● 스웨덴[Langefors, 1958]

•스웨덴의 Langefors(1958)등은 암반위에 세워진 스톡홀름의 빌딩 철거작업 과정에서 수많은 시험발파를 실시하여 지반진동이 빌딩에 미치는 피해영향을 연구하였다. 그에 따르면 주파수 범위 50~500cps에서의 변위(수직성분)에 대한 분석에서 7.1cm/sec 이하에서는 건물에 아무런 피해가 나타나지 않는 것으로 보고하였다.

지반조건 / 진동범위	지하수 수준 이하의 점토 모래, 자갈	희석, 슬레이트 영약한 석회석	강한석회석, 석영질 사암, 편마암, 화강암, 현무암	피해정도
종파의전파속도(m/sec)	300~1500	2,000~3,000	4,500~6,000	-
발파에의한 진동속도 (cm/sec)	0.4~1.8	3.5 이하	7.0 이하	피해없음
	0.6~3.0	5.5	11.0	무시할 수 있는 피해(피해한계)
	0.8~4.0	8.0	16.0	균열생성
	1.2~6.0	11.5 이하	23.0 이상	상당한 피해발생

다. 양생중인 콘크리트 및 암반에 대한 진동허용한계기준 검토

•Concrete 타설중에 근접된 장소에서 발파를 수행할 경우 콘크리트강도에 미치는 영향은 타설 후의 경과시간에 따라 기준이 상이하다는 것을 많은 연구 결과에서 밝혀졌다. 여러 학자들의 연구 결과에 의하여 강도저하를 가져올 수 있는 관찰된 예로는 타설 중 또는 타설 후 시간대로서 Vibratech사는 타설 후 12시간까지로, 권영웅 외, 1990, 진동이 주변구조물 및 콘크리트 경화에 미치는 영향, 대한주택공사 주택연구소 기술보고서 등은 타설 후 3~5 시간까지로, 정동호 1994, 발파진동이 양생콘크리트의 강도에 미치는 영향에 의하면 타설 후 3-12시간으로 기술하고 있다. 그러나 국내에서는 아직까지 허용기준치가 정립되어 있지는 않다. 그렇지만 콘크리트 강도의 변화는 타설 후 시간에 비례하므로 진동의 허용기준도 비례한다는 것을 당연한 귀결이라 할 수 있다. 또한, 타설시의 대기온도는 양생의 소요시간을 변화하는 요인으로 작용하므로 동절기보다는 하절기가 더욱 빠른 속도로 양생된다. 일반적으로 21℃정도의 대기온도에서 24hr 이후에는 1~4cm/sec을 안전한계치로 하는 것이 매우이상적일 수 있다. 그리고Casting 후5~10hr까지는 그 이상의 높은 진동(10cm/sec)에도 견딜 수는 있지만 15~24hr까지는 30m 이내에서는 발파를 금하는 것이 구조적 손상을 야기 시키지 않는 것으로 알려져 있다. 아래에 제시되는 표의 내용 중 미국양회학회(ASCE 보고서)에서 제안한 기준은 너무 낮은 수준으로 많은 논란이 있었기에 다른 각도에 의해서 일련의 체계적인 실험에 의해서 미국 교통국 산하 National Highway Institute 간행물에 제시된 기준은 아래표와 같으며, 국내적용사례를 보면 아직 국내기준이 없는 상황 하에서 보수적인 수준으로서, 미국 교통국에서 제시된 기준안을 적용한 예가 있다.

● ASCE 보고서 : 1970. R. Y. Whitman & H. B.Seed 의 제안

타설 후 시간	Max. Peak Particle Veolcity (cm/sec)	Remarks
0~12 시간	0.254	-
12~24 시간	1.270	-
24시간~5일	1.27~5.08	비례하여 증가
5일 이상	5.08	-
타설 중	강도 증대효과	-

☞ Explosives Technology for Construction and Mining 자료

● 미국 Stig olopsson의 제안

Hardening Time day	Maximum Permitted Vibration Velocity (cm/sec)	Remarks
2 3 7 28 90	0.8 1.1 3.5 8.0 10.0	1) +5 ° 2) 10~70hrs 사이에는 30m 이내에서 발파 불가 3) Casting 후 10hr까지는 10.0cm/sec 견딜 수 있다.

Hardening Time day	Maximum Permitted Vibration Velocity (cm/sec)	Remarks
1 2 3 7 28 90	1.4 3.0 4.0 6.0 8.5 10.0	1) +21 ° 2) 5~24hrs 사이에는 30m 이내에서 발파 불가 3) Casting 후 5hr까지는 10.0cm/sec 견딜 수 있다.

● 미국 교통국의 양생 콘크리트에 대한 허용진동 수준 지침(1991)

타설후 경과시간	Maximum Permitted Vibration Velocity (cm/sec)	Remarks
0~4시간 4~24시간 1~3일 3~7일 7~10일 10일 이상	5.08 0.63 2.54 5.08 12.7 25.4	-

● 암반균열 및 낙석과 숏크리트에 대한 진동영향검토(실험내용)

① Tart(1980) 연구

•발파공에 인접한 화강암에 정적파괴가 일어날 때 최대변형율은 약 140μ in/in로서 진동속도 28~56cm/sec에 해당함.

② 미 공병단 폭파시험(1945~1952)

•사암과 화강암에서 라이닝을 하지 않은 지하터널의 발파진동허용치(동적 안전성)를 조사하기 위해 터널 가까이에서 다수의 폭파시험 실시하였고 A.J.Hendron(1977)에 의해 요약 됨.

- 낙석 발생 진동속도 : 90cm/sec, 안전율고려 ► 46cm/sec
- 숏크리트 미세균열 발생 진동속도 : 90cm/sec
- 지하매설파이프 미세균열 발생 진동속도 : 23cm/sec
- 지하콘크리트 미세균열 발생 진동속도 : 25.4cm/sec

③ 숏크리트의 공학적 특성을 고려한 진동허용기준 고찰

•재료의 압축강도, 인장강도, 탄성계수 등의 역학적 특성치와 안전율 적용으로 이론적 추정 •압축강도 : 약 210 kgf/cm² •인장강도 : 압축강도의 약 $\frac{1}{12}\sim\frac{1}{15}$ ⇨ 14~17.5 kgf/cm² •안전율을 고려 : 허용인장력(min) : 14.0 kgf/cm²	•$\sigma = \rho \cdot V \cdot v$ ⇨ $\nu = \frac{\sigma}{\rho \cdot V}$ 여기서, - σ : 매질의 전파응력 (g/cm²) - ρ : 매질의 밀도 (2.3g/cm³) - V : 매질의 탄성파속도 (3,000cm/sec) - υ : 매질의 진동속도 (cm/sec)
•허용진동치의 조건 : σ ≤ 콘크리트라이닝의 허용인장력 (7.875kgf/cm²)이 되도록 υ 를 구하면 ⇨ $\nu \le \frac{\sigma}{\rho \cdot V} \Rightarrow \frac{14{,}000 \times 980}{2.3 \times 300{,}000} \fallingdotseq 19.9\,(\mathrm{cm/sec})$ ⇨ 19.0 cm/sec 적용	

1.5.4 발파진동이 인체에 미치는 영향

가. 발파진동에 대한 인체의 감응도 및 증상

•발파진동이 인체에 미치는 피해는 생리적인 피해와 심리적인 피해를 들 수 있는데, 일반적으로 진동에 노출된 인체는 심리적 불안감이나 불쾌감을 불러일으키고 2차적으로 생리적 피해를 초래하는 경우가 일반적임.
•인체에 피해를 주는 진동기준을 설정하는 것은 곤란하며 진동에 노출시간이 짧을수록 영향을 덜 받는 것으로 연구되고 있음.
•매우 낮은 진동수에서는 수평진동에 대한 내성이 수직진동에 대한 내성보다 낮은 것으로 나타남.
•인체에 가장 민감한 진동 주파수 대역은 수직진동에 대하여 4~8 Hz, 수평진동에 대하여 2Hz이하이며 시간이 길수록 진동에 대한 내성이 떨어지는 것으로 나타남.

나. 발파진동이 인체에 감응되는 정도

지속시간	진동수준	주파수대	인식정도	제안자
500s	0.02 mm/sec 0.5 mm/sec 50 mm/sec	3 ~ 25 Hz 30 Hz 5 Hz	겨우인식 불 편 불 편	Reiher 와 Meiser
5s	〈 25 mm/sec	2.5 ~ 25 Hz	강하게 인지	Wiss와 Parmelee
반복적	〉 5 mm/sec	교통진동	불 편	Armberg

1.5.5 생활진동 규제 기준

● 생활진동 규제기준(제20조 제3항 관련)

시간별 / 대상지역	주 간 (06:00-22:00)	심 야 (22:00-06:00)
주거지역, 녹지지역, 준 도시지역 중 취락지구 및 운동휴양지구, 자연환경보전지역, 기타 지역 안에 소재한 학교, 병원, 공공도서관	65이하	60이하
기 타 지 역	70이하	65이하

비고 1. 진동의 측정방법과 평가단위는 소음 · 진동공정 시험방법에서 정하는 바에 따른다.
2. 대상지역의 구분은 국토이용관리법(도시지역의 경우에는 도시계획법)에 의한다.
3. 규제기준치는 대상지역을 기준으로 하여 적용한다.
4. 공사장의 진동규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고 대상 기계 장비를 사용하는 작업시간이 1 일 2시간이하일 때는 +10dB을, 2시간초과 4시간이하일 때는 +5 dB을 규제기준치에 보정한다.
5. 발파진동의 경우 주간에 한하여 규제기준치에 +10dB 를 보정한다.

•발파진동의 규제는 국내외 거의 모든 연구에서 진동레벨이 아닌 진동속도로 규제 하고 있고, 생활진동규제 기준은 인체를 평가하는 기준에 가깝다. 따라서 진동레벨을 진동속도로 환산하는 식 6.을 적용하는데 이는 진동수 88Hz 이상의 연속되는 조화진동을 근거로 구한 것이다.

$$dBV = 20\ Log\ V + 71 \text{ ---------- } 6$$

•그러나 발파진동은 순간진동이며 정현진동이 아니기 때문에 발파진동에 적용하는 것은 불합리함에도 불구하고 지금까지 거의 무비판적으로 적용되고 있다. 따라서 대한화약발파공학회의 "99년 발파기술 세미나"에서 양형식 외는 실제 현장계측을 통해 진동레벨과 진동속도에 대한 환산식을 제안하였다.

$$dBV = 15\ Log\ V + 55 \text{ ---------- } 7$$

$$dBV = 15\ Log\ V + 63 \text{ ---------- } 8$$

여기서, 진동속도 V=mm/sec

● **2006년 4월 환경피해 구제기준공표(환경부담당부서: 중앙환경분쟁조정위원회)**

① 인체 피해(인체에 직접 미치는 피해정도)
- 공사장 소음 : 70데시벨(dB(A))
- 진 동 : 연속진동 73데시벨(dB(V)), 충격진동 86데시벨(dB(V))
- 도로(철도) 소음 : 65데시벨(dB(A))
- 먼 지 : 150㎍/㎥ [PM10]
- 층간소음 : 경량충격음 58데시벨(dB(A)), 중량충격음 50데시벨(dB(A))
  공기전달음 45데시벨(dB(A)), [야간 40데시벨(dB(A))]

② 건물 피해
- 진 동 : 0.2~2.0㎝/sec(건축물의 구조, 노후화 정도 등에 따라 다름)

③ 가축피해(젖소/돼지/닭/한우/개/사슴/곰/염소 등)
- 소 음 : 60데시벨(dB(A))

1.5.6 생활 및 발파소음의 이론적 고찰과 인체 및 구조물에 미치는 영향

가. 소음의 정의

•소음이란 공기의 진동에 의한 음파 가운데 가청범위(20~20000Hz)의 주파수를 갖는 것으로써 인간의 감각으로 볼 때 바람직하지 못한 음을 말하며, 크게는 듣는 사람에게 원하지 않는 소리를 총칭하여 소음으로 정의하기도 한다.

•원하는 소리인지 아니면 원하지 않는 소리인가는 사람의 주관적인 판단에 의한 경우가 많다. 이것을 객관적인 물리량으로 정확하게 정의하는 것은 불가능에 가깝다. 아름다운 음악이라도 전화를 받는 중에는 당사자에게는 소음에 불과하다. 그러나 일반적으로 소음이라고 생각되는 것에는 특히 큰 소리, 불쾌한 소리나 충격성 음, 음악이나 음성을 듣는 것을 방해하는 소리, 집중력이나 작업을 방해하는 소리 등을 예로 들 수 있으며, 단위는 dB(A)로서 주파수 크기가 달라지면 인체에 느끼는 음압의 수준에 대한 감각적 크기가 달라지기 때문에 중심 주파수를 1,000Hz 기준으로 하여 등청 감도 곡선에 의거 보정된 소음치를 의미한다.

나. 생활소음의 영향성에 대한 분류

⑴ 일시적 난청 (Temporary Threshold Shift : T.T.S)

어느 정도의 큰 소음을 들은 직후에 일시적으로 일어나는 청력저하로 수초~수일간의 휴식 후에 정상 청력으로 회복되며 영구성 청력 손실을 예측하는 근거가 된다.

⑵ 영구성 청력손실(Parmanent Threshold Shift : P.T.S)

소음성 난청이라고도 하며 소음을 들은 직후 2일~3주 정도 후에도 정상적인 회복이 되지 않는다.

⑶ 작업, 공부에 대한 방해

단순반복 작업에는 영향이 적고 복잡한 사고, 기억을 필요로 하는 작업에 방해가 된다.

⑷ 수면방해 : 주간 55dB(A), 야간 40dB(A)인 경우에도 진정이 발생한 경우가 있다.

⑸ 시달림 : 시달림의 이유와 정도는 많은 요인에 의해 좌우된다.

① 소음의 특성 - 음의 세기, 주파수, 지속시간

② 소음으로 야기되는 방해 - 정신집중 및 TV시청 등

③ 소음에 대한 개인감응 - 제3자에 의하여 발생되는 소음에 대하여는 크게 영향을 받고 20% 정도는 영향을 받지 않는다는 보고가 있다.

④ 소음원에 대한 태도 - 자신과 관계유무

⑤ 소음저감 대책 강구여부에 따라 반응도가 상이하게 나타난다.

⑹ 신체적 영향

① 순 환 계 : 혈압상승, 맥박증가, 말초혈관 수축

② 호흡기계 : 호흡횟수 증가, 심호흡 불가

③ 소화기계 : 타액분비량 증가, 위액 산도 저하, 위수축 운동의 감퇴

④ 혈　　액 : 혈당도 상승, 백혈구수 증가, 혈중 아드레나린 증가 등을 들 수 있다

다. 인체에 대한 생활소음 규제기준(제20조 제3항 관련)

(소음·진동규제법 시행규칙 제20조 제3항에 의하여 주간에 75dB(A)으로 한다)

생활소음의 규제기준(제20조 제3항 관련)　　[단위 : dB(A)]

대 상 지 역	소음원 \ 시간별		조석 05:00~08:00 18:00~22:00	주간 08:00~18:00	심야 22:00~05:00
주거지역, 녹지지역, 도시지역 중 취락지구 및 동·휴양지구, 자연환경보전지역, 기타 지역내 소재한 학교·병원·공공도서관	확성기	옥외설치	70이하	80이하	60이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	50이하	55이하	45이하
	공장·사업장		50이하	55이하	45이하
	공사장	2008년 12월까지	65이하	70이하	55이하
		2009년 01월부터	60이하	65이하	50이하
기타지역	확성기	옥외설치	70이하	80이하	60이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	60이하	65이하	55이하
	공장·사업장		60이하	65이하	55이하
	공사장	2008년 12월까지	70이하	75이하	55이하
		2009년 01월부터	65이하	70이하	50이하

비고 1. 소음의 측정 및 평가기준은 환경오염공정시험기준에서 정하는 바에 따른다.

2. 대상지역의 구분은 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따른다.

3. 규제기준치는 생활소음의 영향이 미치는 대상 지역을 기준으로 하여 적용한다.

4. 옥외에, 설치한 확성기의 사용은 1회 3분 이내로 하고, 15분 이상의 간격을 두어야 한다.

5. 공사장의 소음규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고대상 기계·장비를 사용하는 작업시간이 1일 3시간 이하일 때는 +10dB(A)을, 3시간 초과 6시간 이하일 때는 +5dB(A)을 규제기준치에 보정한다.

6. 발파소음의 경우 주간에 한하여 규제기준치(광산의 경우 사업장 규제기준)에 +10dB(A) 보정

7. 2010년 12월 31일까지는 발파작업 및 브레카, 항타기, 항발기, 천공기, 굴삭기(브레카작업에 한함)를 사용하는 공사작업이 있는 공사장에 대하여는 주간에만 규제기준치(발파소음의 경우 제6호에 따라 보정된 규제기준치)에 +3dB(A)를 보정한다.

라. 발파소음의 특성 및 영향

⑴ 발파소음의 특성

발파소음은 암반이나 구조물의 파괴에 수반하는 자체 변형으로 인하여 발생하는 **공기압력파**와 지반진동으로 인한 압력파를 들 수 있으나, 주로 공기압력파에 기인하여 발생한다. 발파소음을 표현하는 방법에는 **음압(Pa)**과 **음압레벨(dB)**이 있다. 음압은 그 크기가 너무 광범위하고 인체의 감응에 비례하지 않기 때문에 이를 지수척도로 표현한 음압레벨이 많이 사용되고 있다. 음압으로부터 음압레벨을 구하는 방법은 다음의 식 1.과 같다.

$$SPL(dB) = 20 \times \log_{10} \frac{P}{P_0} \text{--------} 1$$

여기서 SPL(Sound Pressure Level)은 음압레벨, P는 풍압(Pa), P_0는 기준압으로서 2×10^{-5}Pa으로서 사람이 인지할 수 있는 최저의 음압이다.

소음의 크기 정도를 나타내는 또 다른 방법으로서, 소리의 전파 방향에 직각인 단위면적을 통하여 단위기산에 통과하는 음파의 예너지로서 정의하기도 하는데 이를 음강도 또는 소리의 세기 수준이라고 한다.

음강도 수준으로 표시된 dB 값은 다음과 같다.

$$SIL(dB) = 10\log \frac{I}{I_0} \text{----------} 2$$

여기서, I : 측정된 음강도(Watt/m^2), I_0 : 기준음강도로서 가청 최저음강도 이다.(10^{-12}Watt/m^2)

일반적으로 대기온도 0~40℃, 1기압 하에서는 음강도 수준(SIL)과 음압수준(SPL)이 같은 값을 가지는 것으로 알려져 있다. 소음의 거리에 따른 감쇠정도는 소음원의 종류와 형태에 따라 달라지는데 일반적인 건설 기계의 경우 수 m 떨어진 곳에서는 소음원을 점의 형태로 가정할 수 있는 것으로 알려져 있다.

소음원을 점음원으로 가정한 경우 소음의 거리에 따른 감쇠정도는 다음의 식 3. 을 따른다.

$$SPL = SPL_0 - 20 \log(\frac{r}{r_0}) \text{-----} 3$$

여기서, SPL : 이격거리별 소음 예측도(dB), SPL_0 : 각 공종별 합성 소음도(dB)

r : 음원에서 예측 지점까지의 거리(m), r_0 : 음원에서 기본 지점까지의 거리(m)

압력이 주파수에 관계없이 일정하더라도 사람의 귀는 저주파일수록 둔감하기 때문에 주파수에 따른 사람의 청감에 따라 적절하게 보정된 보정회로를 사용하여 dB을 측정해야 한다. 흔히 가청소음에 대해서는 A 또는 C 보정회로를 이용하며, 구조물의 응답과 관련해서는 L보정을 사용하는 것이 일반적이다. 특히 대부분의 환경 소음에 대해서는 A보정을 이용하고 있으며, 발파나 포탄의 폭발로 인한 풍압에 의해 구조물이 손상을 입을 가능성이 있을 경우에는 L보정을 이용한다.

암반굴착을 위한 발파에서는 인간에게 불쾌감을 일으키는 소음과 구조물의 안정성에 영향을 미칠 수 있는 저주파의 풍압이 동시에 발생하게 되므로, 두 가지 모두를 발파소음으로 통합해서 이해하고 있다. 따라서 실제 발파에서는 이 두가지를 모두 고려한 계측을 통해 소음과 풍압을 관리해야 한다. 현장에서 A보정을 이용하여 계측된 음압레벨을 **dB(A)로 표기하며, 흔히 소음**이라고 부르고, L보정을 이용하여 계측된 음압레벨을 **dB(L)**로 표기하며, 흔히 **발파풍압**이라고 부른다.

⑵ 폭풍압의 기준 및 생성원인

폭약이 자유면 근처에서 폭발할 때 발파에너지의 일부는 음파에너지로 바뀌어 소음으로서 사방에 전파된다. 이 경우에 공기 중에서 발생하는 파동은 **발파원 근처에서는 충격파의 형태**를 가지나 발파원에서 어느 정도 떨어진 곳에서는 음압 180dB 이하의 **음파**로 전파한다.

일반적으로 발파풍압은 넓은 범위의 주파수를 가지고 있으며 0.1Hz에서 200Hz까지의 주파수 범위에 속한다. 이범위 중 20Hz이상의 발파풍압은 사람이 들을 수 있는 가청영역의 소음이 된다. 20Hz 이하의 저주파는 사람의

가청영역을 벗어나기 때문에 사람이 들을 수 없지만 비교적 먼 곳까지 에너지 손실 없이 전파하는 성질이 있으며, 이것은 가옥 등 구조물을 진동시켜 이로 인한 2차 소음을 발생시킨다. 이 **저주파의 발파풍압에 의해서 가옥과 구조물이 흔들리는 것을 사람들은 지반진동으로 오해하여 민원의 대상이 되기도 한다**. 굴착작업과정에서 발생하는 발파풍압의 생성 원인은 보통 다음과 같이 4 종류로 분류할 수 있다.

① 발파지점에서의 직접적인 암반의 변위로 인한 **공기압력파(Air Pressure Pulse)**

② 지반진동에 의해 공기로 전달되는 파(Rock Pressure Pulse)

③ 파쇄된 암반의 틈을 통해서 나오는 가스의 분출(Gas Telease Pulse)

④ 불완전한 전색에 의해 전색물이 분출되면서 나오는 가스의 분출(Stemming Release Pulse)

⑶ 발파풍압의 예측

일반적으로 발파에 의한 풍압(음압)을 산출하는 기본식은 아래의 식과 같다.

$$P = k \times Wm \times Dn \quad ----------4$$

여기서, P : 음압(atm), W : 지발당 장약량(kg), D : 발파지점에서의 직선거리(m)

k, m, n : 상수(고성능 폭약일 경우, k: 3, m: 0.5, n: -1.5)

윗 식으로 산출된 음압의 단위는 atm이므로 아래의 식을 이용하여 dB로 환산한다.

$$dB = 20 \log P + 194 \quad ----------5$$

또한 로베르토 폴치에 의한 폭풍압 계산식은 다음과 같다.

$$P = 2.5 (SD)^{-1.07} \quad ----------6$$

여기서 P : 폭풍압(lb/in^2), SD : 환산거리(ft/lb$^{0.5}$)

상기의 내용을 정리하면, 위에서 소음에 관련하여 dB(A)와 dB(L)의 두 종류의 단위를 사용하였는데 이러한 두 단위는 소음과 같은 가청영역을 대상으로 생각할 때는 구별할 필요가 있다. 즉, 압력의 단위는 소리의 압력 그 자체를 가리키며, 주파수에 관계없이 일정하지만 소음의 dB(A) 단위는 주파수에 따른 사람의 청감을 고려하여 보정을 적용한 단위이다. 이는 발파풍압의 측정시 측정대상의 주파수 영역에 따라 적절한 보정을 실시하는 것이 필요함을 의미한다.

마. 폭풍압의 기준

•발파 폭풍압을 기준으로 하여 주거지역인 경우와 비주거지역인 경우을 구분하여 다음과 같이 결정하며, 각각의 음압수준에 따른 인체 및 구조물의 반응을 검토하여 본다.

dB(L)	PSL	현 상
180	3	← 구조물 손상
170	0.95	← 대부분의 유리창이 깨짐
150	0.095	← 일부 유리창 깨짐
140	0.030	← 피해한계 : 기타건물기준
136		← 미광무국 허용한계치 : 사무실기준
130	9.5×10^{-3}	
125		← 미광무국 안전수준
120	3×10^{-3}	← 고통한계
115		← 불평한계(접시나 창문이 흔들림)
110	9.5×10^{-4}	
70	9.5×10^{-6}	
65		← 일상적인 대화
60	3×10^{-6}	
40	3×10^{-7}	← 병 실
20	3×10^{-8}	← 속삭임

1.5.7 비석(Fly Rock)으로 인한 피해 영향권에 대한 고찰

가. 비석발생의 원인

•폭발로 인하여 발생하는 충격압에 의해 장약공 주위의 암석은 분쇄 또는 파쇄되어 균열이 발생하고 지반층으로 전파된 응력파는 자유면에 반사되면서 Hopkinson Effect에 의해 암석을 파괴시킨다는 것이 정설로 되어 있다.

•이후 계속되는 고압의 가스압은 파쇄된 암석을 이동시키고, 발파에 의한 균열이나 암반내에 존재하고 있던 불연속면 등을 통하여 고속으로 분출된다.

•이때 가스의 압력과 분출속도에 의해 비교적 크기가 작은 암편은 초고속도로 공중으로 비산되며 비산되는 속도와 각도에 따라 상당히 먼 거리까지 날아가게 되는 것이다. 또한 터널발파 시 발생하는 비산석의 이동은 자유면 형성을 위하여 불가피하게 이루어 져야하나, 터널 내부에는 각종 장비, 근로자, 숏크리트를 포함한 기타 지보재 등의 시설물이 항시 있는 관계로 안전사고 및 기타 재해가 내포되어 있다. 따라서 발파의 효율성과 터널 내부의 각종 재해 방지를 위해서 검토 되어져야 한다.

•따라서 암편의 비산은 발파공해에 큰 비중을 차지하며 원인을 요약하면 다음과 같다.

⑴ 장약으로 인한 비산

표준이상의 과도한 장약의 경우로써 암석 파쇄에 필요한 에너지보다 초과되는 에너지는 암석을 원거리로 이동시키는 힘으로 작용하게 된다.

⑵ 천공경의 크기에 따른 비산

장진 비중이 크게 됨으로써 비산거리를 증가시키게 된다.

⑶ 암반의 상태에 따른 비산

암반내에 균열이 있거나 다른 부분보다 약한 부분이 있는 경우 이 부분으로 폭발가스가 분출되어 예상외로 비석이 발생한다.

⑷ 과소한 장약으로 인한 경우의 비산

폭력이 부족하여 저항선 방향으로 암석을 파쇄하지 못하고 공발이 되어 비산함.

⑸ 기타의 영향: 메지의 불량, 천공의 착오, 점화순서의 착오 등으로 인한 비산

나. 비산거리의 추정

•비산거리는 초기 비산속도의 함수이므로 초기속도를 구하면 속도에 의하여 비산거리를 추정할 수 있다.

•초기 비산속도에 대하여 다음과 같은 여러 견해가 있다.

⑴ Petkof의 견해

암반내의 P파 속도와 응력파에 의한 최대변형률의 함수로써 다음과 같은 식을 제창하였다.

$$V = 2C\varepsilon \quad \text{----------1}$$

C : P파의 Velocity(m/sec), ε : 응력파에 의한 최대변형율

⑵ 伊藤의 견해(日本)

파두 응력이 σ_0 인 평면 압축파가 자유면에 수직으로 입사되어 하나의 암석편으로 파쇄 되어 비산될 경우의 속도 N은 다음 식에 의해 구해진다.

$$N = (2\sigma_0 - St)/\rho \cdot C \quad \text{----------2}$$

St:암반의 인장강도, ρ :암반의 밀도, σ_0 : 파두응력, C:암석의 평면 압축파의 전파속도(P파속도)

⑶ Chieppetta의 견해

비산속도를 에너지와 최소저항선의 함수로써 다음과 같은 식을 제창하였다.

$$V = K\left(\frac{B}{E^{1/3}}\right)^b, \quad L = \frac{V^2}{g} \quad \text{--------3}$$

$$L = \frac{V^2}{g}$$ [L:최대전방 이동거리(m)], B : 최소저항선(m)

E : 화약의 에너지(Ⅰkg/cm^2), K, b : 부지상수(암석의 경우 K =40, b =-1.5)

⑷ SVEDEFO(Swedish Detonic Research Foundation)

$$L = 143W - 28 \text{----------} 4$$

W : 체적당 단위장약량(kg/m^3), L : 최대전방 이동거리(m)

⑸ DuPont 社

$$V = 34 \times (LD)^{-1/2},\ L = V \cdot (2 \cdot h/g)^{1/2} \text{--} 5$$

V : 최대비산속도(m/sec), h : 심발부 높이, D : 단위 채석 중량(tf/kgf)

그러나 응력파에 의한 비산의 경우, 최대 초기속도가 3~4m로써 큰 영향이 없다고 할 수 있으므로 비산속도에 대해서는 폭발가스압과 가스의 분출이 더 중요한 요소로 작용하게 됨을 알 수 있다. 화약류의 종류 및 발파방법 등 발파조건에 따라 편차가 있으나 보통규모의 정상적인 발파인 경우의 초기속도는 10~30m/sec로 추정한다. 伊藤의 연구결과에 따라 암편의 비산속도를 실측한 결과는 아래표와 같다.

비산파편의 초기속도의 실측예

저자	암종	화약의 종류	화약량 (kg)	발파형태	천공장 (m)	최소저항선 (m)	비산 초기속도 (m/sec)
T. Okawa	석회석	다이나마이트	0.035 0.085	MS 발파	0.34 1.20	0.60 0.75	3.6 3.5
C.H. Noren	화강편마암	다이나마이트	-	제발발파	1.80 1.80 1.80 1.80	0.18 0.23 0.28 0.54	94 77 52 34
E.M. Patterson	석탄/사암/셰일	Unigel Gelignite	0.570 0.570	Wedge cut Wedge cut	1.40 1.20	0.97~1.10 0.90	11.5 15.0

1.6 발파설계를 위한 분석결과 검토 및 설계인자 선정과 굴착공법 검토

1.6.1 주변보안물건에 대한 진동 및 소음 관리기준 설정

•본 과업구간의 보안물건에 대한 진동 및 소음 관리기준은 발파진동이 구조물에 미치는 영향에서 국내, 외의 기준을 고찰하여 보다 엄격히 적용하고 있는 국내의 기준에 따라서 과업구간의 주된 보안물건을 선정하고, 각기 적정한 관리기준을 적용하여, 능률적이고 경제적인 시공을 할 수 있는 환경 친화적인 굴착을 계획한다.

대 상 보 안 물 건	한계허용 관리기준				
	진동기준[cm/sec]		소음기준[dB(A)]		적용사유
	허용기준	관리기준	권고기준	관리기준	
문 화 재 , 병 원	0.3	0.2	75	70	•서울지하철, 국토해양부, 토지주택공사 •환경피해구제기준, 소음 · 진동규제법 •기타 국내외 허용기준 상기의 기준에서 안전하고 능률적이며, 친환경적인 굴착공사를 할 수 있는 기준선정
주 택	0.3~0.5	0.3	75	75	
상 가	0.5~1.0	0.5	80	75	
철 근 콘 크 리 트 구 조 체	1.0~5.0	1.0	-	-	
암 반 및 숏 트 (분 기 터 널)	25.4~90	19.0	-	-	

1.6.2 발파설계를 위한 진동추정식 및 소음예측식

가. 설계적용 발파진동 추정식

•NTB-15 시험발파결과 : $V_{자승근} = 52490\left(\frac{D}{\sqrt{W}}\right)^{2.773}$, $V_{삼승근} = 99528\left(\frac{D}{\sqrt[3]{W}}\right)^{3.035}$ •NTB-28 시험발파결과 : $V_{자승근} = 5109\left(\frac{D}{\sqrt{W}}\right)^{2.623}$, $V_{삼승근} = 17802\left(\frac{D}{\sqrt[3]{W}}\right)^{3.028}$	
설계적용	•시험발파 결과식 중 안전성, 경제성, 능률성 및 지반의 특성이 고려된 자승근 결과식을 적용 •NTB-28 자승근 분석결과 적용

나. 발파소음 예측식 결정

•공사중 민원 및 피해가 발생할 경우 평가기관은 관할부서 또는 환경분쟁조정위에서 수행함.
•따라서 소음예측식은 환경분쟁조정위제안식(1997)을 적용하여 평가한다.
•소음예측식: $\mathrm{dB(A)} = -16.02\log\left(\frac{D}{W^{1/3}}\right) + 117.695$ [W: 지발당최대장약량(kg/delay), D: 폭원에서 거리(m)]
방음장치를 할 경우 소음상수 조정 : 환경부 1997 : 방음벽재질에 따른 소음저감 : 18~31dB(A), ⇨ -20 적용

1.6.3 굴착공법 검토

가. 무진동 굴착공법

•무진동 굴착공법이란 기계굴착(Breaker, Dozer) 및 발파작업이 곤란한 현장에 일차적으로 천공한 다음 유압 및 팽창제 등으로 사전 균열을 유도하고, 최종적으로 Breaker를 이용하여 암반을 파쇄하는 방법이다. 이러한 무진동굴착공법은 1 차 파쇄시 진동 및 폭음 비산과 같은 공해는 없으나 2차 파쇄시 발생하는 기계소음 및 여진이 연속되기 때문에 인체에서 느끼게 되는 감도는 의외로 크게 확장될 수도 있고, 추가적으로 공사 효율성 및 공사비 증액의 요인이 될 수 있다.

나. 발파공법

● 일반발파

•발파설계를 위해서는 주변사항과 현장의 지질학적 내용을 바탕으로 사전에 발파영향권을 분석· 검토한 후 예측치를 발파설계에 반영하여 설계에 의한 계획적인 작업이 이루어져야 한다. 그러나 일반발파 공법은 상기 와 같은 발파설계가 없이 현장의 몇몇 경험만을 위주로 한 숙련공의 기량에 좌우되어 실행되고 있다. 따라서 이론적이거나 학술적으로 우수한 기술자가 발파작업에 관여되지 못하므로써 발생되는 발파공해에 대응할 수 있는 사전예측과 분석이 불가능하고 결과적으로 민원 발생은 물론 현장주변의 각종 보안물건에 대한 피해를 방지할 수 없는 것이 현실이다. 일반발파 역시 사전 예측으로 설계가 이루어지며 주변보안물건과 일정거리 이상 이격된 위치에서 적용하는 관계로, 흔히 말하는 소발파 및 제어발파가 될 수 없고 대량의 물량을 생산함으로써 경제적인 가치에 중점을 둔 것이 일반발파라 할 수 있다.

● 미진동제어발파

•선진국에서 환경문제가 사회문제로 심각하게 작용하였던 1970년대에 현재의 국내 상황과 같이 도심지 발파문제로 주민들과 건설업자간에 분쟁이 계속되어 상기와 같은 무진동 굴착공법이 개발되었다. 그러나 이들 공법은 대규모 굴착물량에 대해서는 적용키 어려우므로 주변상황에 피해를 주지 않고 굴착할 수 있는 발파공법을 추가로 연구개발하게 되었으며, 이는 첨단 계측장비와 발파공법을 접합시켜 최적의 조건을 충족시킴으로써 발파지역에 인접되어 있는 구조물의 상태 및 현황을 정확하게 파악하여 허용진동치 이내로 발파하도록 하는 공법임.

•진동제어 발파공법은 발파시마다 진동을 계측하여 분석과 검토를 거치면서 현장에 적용하여야 되는 관계로 경험과 기술이 풍부한 기술자가 현장관리를 해야 한다는 제한 조건이 있다. 또한 진동제어발파는 사면발파와 터널발파 등 현장 내에서도 계획된 굴착면을 손상 없이 얻기 위해서 많이 이용되고 있다.

㉮ Smooth Blasting : 정밀폭약 이용, 최외곽공 적용

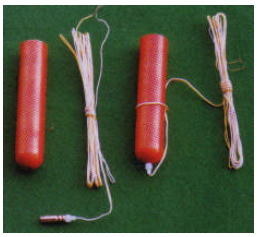
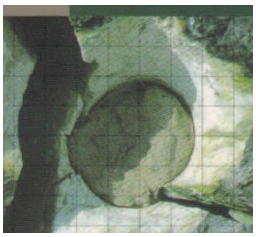
㉯ Line drilling : 공공을 이용한 진동제어 발파, 발파의 조건에 따라 필요한 위치에 적용

㉰ Pre spilliting : 굴착경계선에서 본발파전에 수행하여 암반을 사전에 절단 함

㉱ Cushion Blasting : 천공경보다 작은 폭약을 분산장약하여 나머지 부분을 모래로 전색 함

㉲ Air tube Blasting : Air tube를 장착하여 공기층을 형성하여 장약을 줄이고, 진동 및 소음제어 소할감소

다. 미진동파쇄 및 무진동 굴착공법의 종류

구분 / 내용			암파쇄		무진동굴착	
			가스압	전력충격 파암공법	화학제품(팽창력)	유압장비
제품종류 (취급회사)			•CARDOX •PIKROSE CO •CCR	•플라즈마	•비폭성파쇄제 (쌍용양회) •BENTONITE •KUBATEC(스위스) •BRISTAR •오노다시멘트(일본)	•DARDA •SRS •HRS •CRS •슈퍼웨찌(터널)
파쇄원리			CO_2 가스가 기화되는 과정에서 발생하는 가스압력 이용	고전압, 대전류의 순간적인 방전에 의한 충격력 및 팽창력 이용	석회석규산염을 주체로 한 무기화합물의 경화 팽창력 이용	급속유압에 의해 금속쐐기가 돌출하여 인장파괴 유도
개요도						
공해 정도	진동		微	微	無	無
	소음		微	微	微	無
	비석		공발 및 비산 가능	공발 및 비산 가능	공발가능	無
작업, 허가 조건			자격, 허가 불필요	자격, 허가 불필요	자격, 허가 불필요	자격, 허가 불필요
파쇄시간			즉시	즉시	12~24시간 이내	즉시
팽 창 압			C-74:1260kg/cm^2 F-57:2360kg/cm^2	-	12시간 기준 300kg/cm^2	500~ 1300kg/cm^2
시공방법			천공→장약→전색→발파보호→발파→2차파쇄	천공→충격셀삽임→전색→발파보호→파쇄→2차파쇄	천공→파쇄제주입→대기(12-24hr)→파쇄→2차파쇄	천공→장비삽입→유압작동→파쇄→2차파쇄
적용현장			도심지 중, 소규모	도심지 및 외곽 대,중,소 각종 현장	도심지 중, 소규모	도심지 중, 소규모
천공장비			크로러드릴, 인력	크로러드릴, 인력	크로러드릴, 인력	크로러드릴
천공	구경	mm	45~65	51	Ø38~75	65~105
	깊이	m	1.5~2.0	1.5~3.0	1.5~2.0	0.8~1.0
	간격	m	천공경의 30배 이내	0.6~1.0	천공경의 30배 이내	0.5~0.8

라. 발파공법의 종류 및 비교

구분 / 내용			발파공법						
			기존 적용안		최근 적용안				
			일반발파	미진동 제어발파	이완식 발 파	이분위 발 파	국토해양부 (정밀진동)	NPS	Air_tube
사용폭약류			·다이나마이트 ·에멀젼폭약류 ·분말폭약류	·에멀젼류 – 뉴마이트 – 에뮤라이트 ·정밀폭약 – 화이넥스	·에멀젼류 – 뉴마이트 – 에뮤라이트	·에멀젼류 – 뉴마이트 – 에뮤라이트	·다이나마이트 ·에멀젼폭약류 ·분말폭약류	·에멀젼류 – 뉴마이트 – 에뮤라이트(	·에멀젼류 – 뉴마이트 – 에뮤라이트
기본원리			•발파공해에 의한 영향을 고려하지 않는 중규모 이상의 발파	•소규모발파의 수준으로 천공패턴에 많은 제약을 받으며 경우에 따라서는 기타 조절발파와 병행되어 수행	•발파대상암반에균열만 발생시킬수 있는 소량의 적정약량과 비산과 폭음을 제어하기 위해서 철재매트를 이용하는 발파	•계단발파공법에서 1차발파(매개공+확장공)를 실시하면 2차발파 예정의 암반은 성곽형태로 남게 되어 자유면이 많아 적은 장약량으로 발파하므로써 발파효율 증대와 진동이 감소되는원리	•소량의 폭약으로 암반에 균열을 발생시켜 대형브레커로 2차파쇄를 실시하는 원리	•굴착경계선을 사전에 절단하여 본 발파시 진동의 일부를 차단하고 굴착경계선의 모암에 대하여 손상을 방지한다는 원리	•Deck charge의 개념으로 중규모 이상의 발파에서 폭약과 폭약사이에 Air_tube를 삽입하므로써 분산장약의 효과인 진동제어는 물론뇌관과 2차파쇄비를 감소시킨다는 원리
파쇄원리			고열, 고압에 의한 팽창력 이용	고열, 고압에 의한 팽창력 이용	고열, 고압에 의한 팽창력 이용	고열, 고압에 의한 팽창력 이용	고열, 고압에 의한 팽창력 이용	고열, 고압에 의한 팽창력 이용	고열, 고압에 의한 팽창력 이용
공해 정도	진동		大	小	小	小	微, 小, 大	微	小
	소음		大	小	小	小	微, 小, 大	微	小
	비석		有	有	無, 微, 小	無, 微, 小	有	無	無, 微, 小
작업, 허가 조건			총포·화약류 단속법 적용	총포·화약류 단속법 적용	총포·화약류 단속법 적용	총포·화약류 단속법 적용	총포·화약류 단속법 적용	총포·화약류 단속법 적용	총포·화약류 단속법 적용
파쇄시간			즉시	즉시	즉시	즉시	즉시	즉시	즉시
시공방법			천공→장약→전색→발파 보호공→발파→2차 파쇄	천공→장약→전색→발파 보호공→발파→2차 파쇄	천공→장약→전색→발파 보호공→발파→2차 파쇄	천공→장약→전색→발파 보호공→발파→2차 파쇄	천공→장약→전색→발파 보호공→발파→2차 파쇄	천공→장약→전색→발파 보호공→발파	천공→장약→전색→발파 보호공→발파→2차 파쇄
적용현장 (주 사용지)			도심지 및 외곽 대,중,소 현장	도심지 중, 소규모 현장	도심지 및 외곽, 중, 소규모 현장	도심지 및 외곽, 중, 소규모 현장	도심지 및 외곽 대,중,소 현장	도심지 및 외곽 대,중,소 현장	도심지 및 외곽 대,중,소 현장
천공장비			크로러드릴	크로러드릴	크로러드릴	크로러드릴	크로러드릴	크로러드릴	크로러드릴
천공	구경	mm	65~102	45~51	45~76	45~76	45~51	65~76	45~102
	깊이	m	3~15	1.5~3.0	1.5~3.0	1.5~3.0	1.5~2.0	3.0~12.0	3.0~15.0
	간격	m	1~5	0.6~1.5	0.6~1.0	0.6~1.0	0.6~1.0	0.2~0.3	1.0~4.0

1.7 발파설계

1.7.1 설계방향

•발파패턴 설계기준은 서로 상이한 보안물건에 대하여 위해를 미치지 않게 모두 충족시 킬 수 있어야 하므로 보안물건의 피해와 민원의 방지를 위해서 국토해양부 암발파 설계 기준안에 의거 발파패턴을 구분하여 적용 함.

가. 발파설계를 위한 진동속도별 지발당장약량 산출(NTB-28 시험식 적용)

구 분	거리(m) / 장약량(kg)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
주택 및 상가	주택: 0.3cm/sec	0.01	0.06	0.13	0.24	0.37	0.53	0.73	0.95	1.20	1.48	1.80	2.14
	상가: 0.5cm/sec	0.02	0.09	0.20	0.35	0.55	0.79	1.07	1.40	1.78	2.19	2.65	3.16

구 분	거리(m) / 장약량(kg)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
콘크리트 구조물	1.00cm/sec	0.00	0.01	0.01	0.02	0.04	0.05	0.07	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21
암반낙석 및 숏크리트 (분기터널 터널구간)	19.0cm/sec	0.01	0.06	0.13	0.22	0.35	0.51	0.69	0.90	1.14	1.40	1.70	2.02

나. 발파공법 분류「도로공사 노천발파 설계·시공 지침」[국토해양부(2006.12)]

구 분		단 위	발파 설계 결과 제원					
			TYPE 1 암 파 쇄 굴착공법	TYPE 2 정밀진동 제어발파	TYPE 3 진동제어 소 규 모	TYPE 4 진동제어 중 규 모	TYPE 5 일반발파	TYPE 6 대규모발파
①	설계 장약량	kg/ delay	0.125이하	0.125~0.50	0.50~1.60	1.60~5.00	5.0~15.0	15.0 이상
②	적용 굴착공법	–	미진동파쇄기 대형브레이커	선행이완발파 대형브레이커	제어발파	제어발파	일반발파	대규모 발파
③	천공장비	–	크롤러드릴	크롤러드릴	크롤러드릴	크롤러드릴	크롤러드릴	크롤러드릴
④	천공직경	mm	∮51mm	∮51mm	∮51mm	∮76mm	∮76mm	∮76mm
⑤	계단높이	m	1.3	2.0	2.4	3.0	4.8	10.0
⑥	천공장	m	1.5	2.0	2.7	3.4	5.7	11.5
⑦	저항선	m	0.7	0.7	1.0	1.6	2.0	2.8
⑧	천공간격	m	0.7	0.8	1.2	1.9	2.5	3.2
⑨	표준공당 장약량	kg/공	(Finecker등)	0.25 (에멀젼)	1.0 (에멀젼)	3.0 (다이나마이트/ 에멀젼)	7.5 (다이나마이트/ 초유폭약)	20.0 (다이나마이트/ 초유폭약)

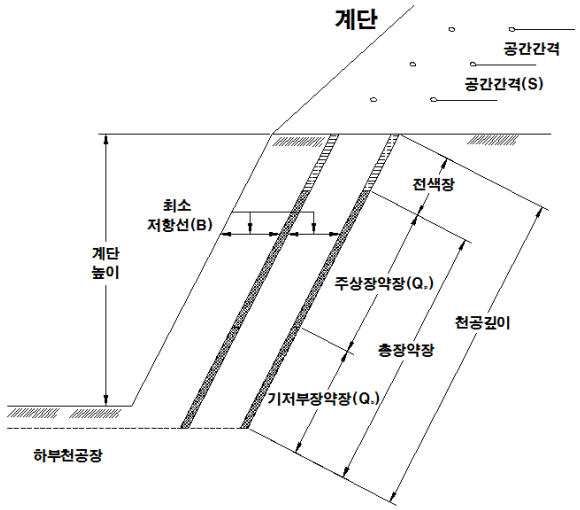
다. 시험발파 결과에 따른 과업구간에 대한 거리별장약량에 따른 발파공법 구분

TYPE	발파공법	V=0.10	V=0.20	V=0.30	V=0.50	V=1.00
Ⅰ	미진동 굴착공법	22m이내	16m이내	14m이내	11m이내	9m이내
Ⅱ	정밀진동제어발파	23~44m	17~33m	15~30m	12~23m	10~18m
Ⅲ	진동제어 소규모발파	45~78m	34~58m	31~50m	24~42m	19~32m
Ⅳ	진동제어 중규모발파	79~138m	59~107m	51~91m	43~75m	33~57m
Ⅴ	일반발파	139m이상	108m이상	92m이상	76m이상	58m이상

1.7.2 발파패턴 설계 및 발파영향권 검토

가. 발파패턴설계를 위한 설계기준 및 장약량 산출 근거

•발파설계의 기본적 이론은 현재 국내에서 벤치발파 설계시 많이 적용하고 있는 Langefors의 계산식 적용.
•Langefors의 계산식을 이용하여 설계하는 방법은 아래와 같다.

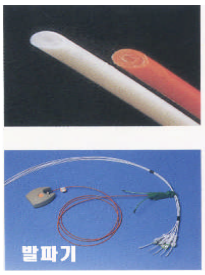
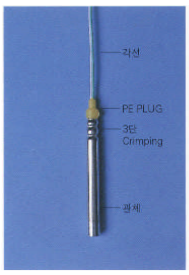


- B_{max} : 최대 저항선 길이(m)
- B_1 : 실제 저항선 길이(m)
- F : 천공오차
- S_1 : 천공간격(m), U : 여굴길이(m)
- H_0 : 천공장(m), H : 벤치높이(m)
- Q_b : 기저부장약량(kg), Q_p : 주상부장약량(kg)
- Q_{tot} :1공당장약량(kg/공), q : 체적당폭약량(kg/m^3)
- d : 천공경(mm)
- Q_{bk} : 기저부장약 밀도(kg/m)
- Q_{pk} : 주상장약 밀도(kg/m)
- h_b : 기저부 장약장(m), h_p : 주상 장약장(m)
- h_o : 전색장(m), b : m^3당 천공장(m),
- B : 1발파의 전폭(m),

[산출과정]

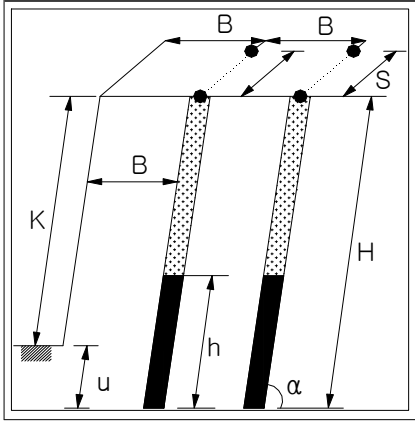
- $B_{max} = 45 \times d$
  최대 저항선 길이 = 45 × 천공경
- $U = 0.3 \times B_{max}$
  여굴 길이 = 0.3 × 최대 저항선 길이
- $H_0 = H + U + 0.05(H+U)$
  천공장 = 벤치높이 + 여굴길이 + 5cm/m
  (천공구배 3 : 1)
- $F = 0.05 + 0.03 \times H$
  천공오차 = 5cm(천공최초의 오차) + 3cm/m(천공 m당)
- $B_1 = B_{max} - F$
  저항선 길이 = 최대저항선 길이 − 천공오차
- $S_1 = 1.25 \times B_1$
  천공간격 = 1.25 최대저항선 × 저항선길이
- $Q_{bk} = d^2/1{,}000$
  기저부장약밀도 = (천공경의)^2/1,000
- $h_b = 1.3 \times B_{max}$
  기저부장약장 = 1.3 × 최대저항선 길이
- $Q_b = h_b \times Q_{bk}$
  기저부장약량 = 기저부장약장 × m당 기저부장약 밀도
- $Q_{pk} = (0.4 \sim 0.5) \times$ 기저부장약 밀도
  주상장약 밀도 = (0.4~0.5) × 기저부장약 밀도
- $Q_p = h_p \times Q_{pk}$
  주상장약량 = 주상 장약장 × 주상장약 밀도
- $h_p = H_0 - (h_b + h_0)$
  주상장약장 = 천공장 − (기저부장약장 + 전색장)
- $h_p = B_1 \Rightarrow$ 전색장 = 실제 저항선길이(경우에 따른 이론상의 저항선 길이)

나. 화약류검토 및 선정

종류	비전기 뇌관		전기 뇌관	
개요도	 		 	
점화방식	충격파		전기전류	
특징	•결선작업이 용이 함 •무한단차 적용으로 진동 제어 •누설전류등 전기적 위험에 안전	•육안에 의한 결선확인 필요	•결선확인 용이 함 •사용실적이 가장 많음 •전기적 위험에 다소 불안	•가격 저렴
적용	◉		○	
적용 사유	•비전기뇌관은 전기적 위험에 안전하며, 최근 지하철 등 터널설계에 대부분 적용됨 •결선이 용이하고, 연결뇌관에 의한 지발당장약량 조절로 진동 및 소음제어 효과 우수			

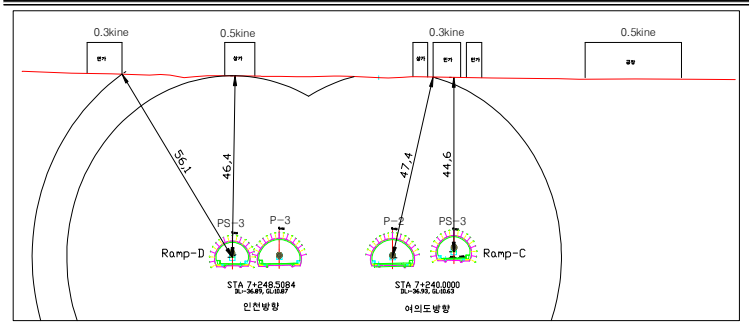
구분	주폭약(심발, 확대, 굴착선전열공, 바닥공)			설계굴착선공 폭약
	에멀젼	다이나마이트	분말폭약	정밀폭약
특징	•연암~경암 적용 •물리적외력에 안전 •내수성, 경제성 양호	•연암~경암 적용 •발파잔류공 최소화 •굴진효율 증대	•터널공장약이 어렵고 다량의 후가스 발생으로 적용곤란	•공경효과로 모암손상 방지 •굴착경계부 여굴억제 •진동제어 효과 양호
적용	◉	-	-	◉
적용 사유	•풍화정도가 심한 연약지반 및 지하수가 있는 곳은 물과 친화력이 좋은 에멀젼계열 폭약 사용 •굴착선 및 사면 주변 암반거동 · 이완영역 억제, 평활한 단면을 얻기 위해 필요시 정밀폭약 적용			

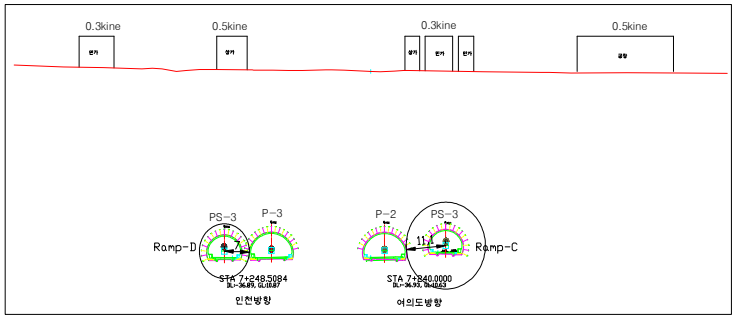
다. 발파패턴 설계결과 요약표

발파패턴도	구 분	단위	정밀진동 제어발파	진동제어발파		일반발파
				소규모	중규모	
	벤치고(K)	m	1.7	2.4	3.0	5.2
	천공장(H)	m	2.0	2.7	3.4	5.7
	공간격(S)	m	0.8	1.2	2.0	2.5
	저항선(B)	m	0.8	1.0	1.5	2.0
	장약량(h)	(kg)	0.125~0.5	0.5~1.6	1.6~5.0	5~15
	초과천공(u)	m	0.3	0.3	0.4	0.5
	천공각도(α)	도	80~90°	70~80°	70~80°	70~80°

라. 발파영향권검토(소음 · 진동 및 비산)

소음 · 진동 영향권 검토 결과

분기터널 상부구조물 검토	영향권검토
•인천방향(STA. 7+248.5) – 발파패턴: PS-3(1.625kg) ► 일반발파 – 보안물건: 민가[0.25kine, 70.8dB(A)] O.K – 보안물건: 상가[0.41kine, 72.1dB(A)] O.K •여의도방향(STA. 7+240) ①발파패턴: P-2(1.875kg) ► 일반발파 – 보안물건: 민가[0.469kine] 진동 NG ②발파패턴: P-2(1.875kg) ► 조절발파 – 보안물건: 민가[0.28kine, 72.3dB(A)] O.K	 •여의도방향 P-2발파: NG 따라서 조절발파적용(선대구경+L/D)

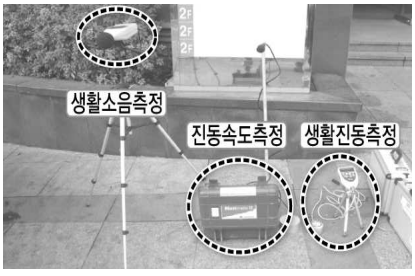
분기터널내 램프터널 발파시 본선 검토	영향권검토
•여의도방향(STA. 7+240) – 발파패턴: PS-3(1.625kg) ► 일반발파 – 보안물건: 본선터널[17.5kine] O.K •인천방향(STA. 7+248.5) ①발파패턴: PS-3(1.625kg) ► 일반발파 – 보안물건: 본선터널[58.6kine] 진동 NG ②발파패턴: PS-5(0.750kg) ► 조절발파 – 보안물건: 본선터널[18.1kine] O.K •진동허용기준(19.0kine 적용)	 •인천방향 PS-3발파: NG 따라서 조절발파적용(PS-5+L/D)

비산 영향권 검토 결과

검토방법
•비산거리예측 이론기준 : A. Persson $L = 143q - 28$, 여기서 L: 비산거리(m) q: 비작약량(kg/m^3) •A.Persson은 0.2kg/m^{3}이 비장약량이 한계이며 이 이하의 장약량으로 정상적인 발파를 하면 비석은 발생되지 않는다고 발표 함.

구분	공당장약량	비장약량	비산거리	검토결과
TYPE-2	0.50kg	0.39kg/m^3	27.8m	•검토조건은 발파 덮게를 시공하지 않은 상태이므로 발파덮게를 시공하면 비산을 제어할 수 있음
TYPE-3	1.00kg	0.33kg/m^3	19.2m	
TYPE-4	2.50kg	0.28kg/m^3	12.0m	
TYPE-5	5.60kg	0.22kg/m^3	3.50m	
TYPE-6	12.0kg	0.20kg/m^3	0.60m	

마. 발파작업시 안전사고 예방 및 환경관리

진동 및 소음 상시계측 (주된 보안물건 기초)	소음 및 비산 제어	
	철제 중량 덮게	타이어매트
		

제1장 개요

1.1 과업의 목적

이 과업의 목적은 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사를 위한 설계 중 터널 구간에 대한 시험발파를 통해 안전한 발파설계를 유도하는 것을 목적으로 하며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

① 시험발파를 통해 지반조건에 따른 지반진동의 전파특성을 파악하고, 발파진동식을 산정하여 안전발파설계 유도

② 과업구간 인근의 보안물건 현황 및 지반조건 등 제반 작업조건을 파악하여 발파작업으로 인한 영향권 분석

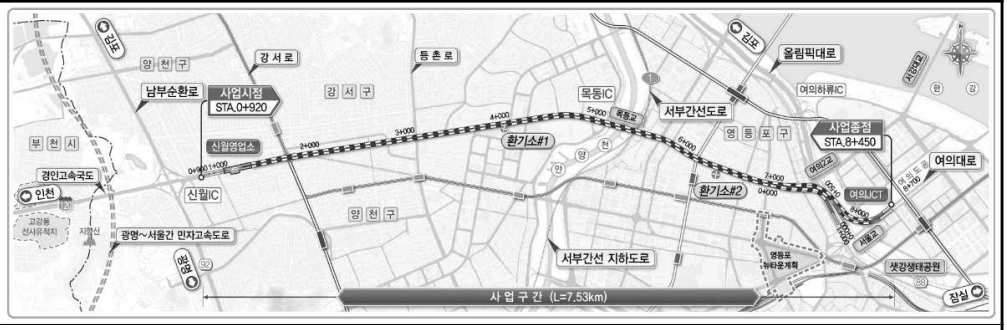
③ 터널굴착을 위한 발파시 지반진동 및 소음의 예측과 인접 구조물에 미치는 영향 파악

④ 영향권 분석에 의한 진동 및 소음 저감을 위한 대책공법 제시

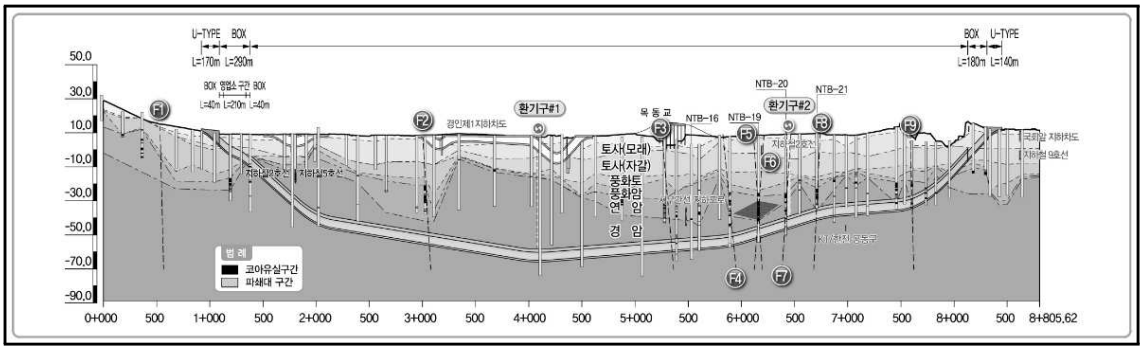
1.2 과업수행 개요

과업구간 위치 및 현황

서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사의 위치 및 구조물 현황은 다음과 같다.

위치도	
위 치	•서울특별시 양천구 신월동(신월IC) ~ 서울특별시 영등포구 여의도동(여의대로)
구조물 현 황	•연장 : 여의도방향 L : 7.53km, 인천방향 L : 7.57km •터널 규모 : 2차로 여의도방향 6,756m, 인천방향 6,730m 1차로 잠실방향 511m, 인천방향 398m •지하차도 규모 : U-TYPE 1차로 : 360m/1개소, 2차로 : 630m/4개소 BOX 1차로 :440m/2개소, 2차로 : 774m/4개소 영업소 : 210m •환기소 : 2개소 등이 계획되어 있다.

과업구간의 지반조건



암종은 호상흑운모편마암이 분포하고, 사업구간을 교차하는 단층파쇄대는 총 9개소가 분포하며 F1을 제외한 8개소 단층파쇄대는 주요 지하구조물에 영향을 주고 있는 것으로 조사되었다. 터널구간 조사결과 Ⅰ, Ⅱ등급이 70% 이상으로 우세한 것으로 조사되었다.

발파진동 및 소음 측정 장비 및 발파자재



계측기	Blastmate Ⅱ(DS-477) 4대 Blastmate Ⅲ(DS-677) 5대
폭약	에멀젼 폭약(32mm) 3.125kg
뇌관	전기뇌관 11개
전색용 메지	1식
발파기	1대
기타	모선, 테스터기, 싸이렌, 줄자 등

작업 투입 인원

화약류관리기술사 1명, 화약류관리기사 1명 외 기타 3명

과업 수행기간

① 허가서류 제출 및 현장답사 : 2013. 02. 07 ~ 2013. 03. 07

② 시추공 시험발파 : 2013. 02. 28(NNTB-5, ATB-11), 2013. 03. 14(ATB-12, ATB-19)

③ 시험발파 결과분석 및 추정식 산정 : 2013. 03. 02 ~ 2013. 05. 30

④ 시험발파 보고서 작성 : 2013. 04. 30 ~ 2013. 06. 14

1.3 발파설계 개요

시험발파를 통한 안전발파설계의 일반적인 수행절차는 다음과 같다.

현황조사

보안물건의 현황 및 인근 구조물의 노후정도, 작업지역의 지질 및 암반의 강도 등 제반 작업조건을 파악한다.

발파 영향권 분석

주변현황조사 자료를 참조하여 발파작업으로 인한 영향권을 파악하고 발파에 의한 피해를 미리 예측 분석한다.

허용기준치 설정

기존의 보고서 및 유사공사 수행사례 등을 참조하여 지반진동, 소음 등의 발파공해에 대한 허용기준치를 설정한다.

시험발파 설계

과거에 수행된 유사공사의 사례와 보고서 등을 참조하여 발파진동을 예측하는 추정식을 결정하고 설정된 허용기준치를 기준으로 시험발파의 장약량과 공간격, 천공깊이 등의 설계를 한다. 이때 발파진동식의 환산거리가 다양하게 계산될 수 있도록 장약량과 계측지점을 결정한다.

시험발파 및 진동 측정

시험발파설계에 따라 시험발파를 실시하며, 발파진동측정을 수행한다.

발파진동식 결정

측정된 발파진동의 크기와 장약량, 거리와의 관계를 정리한 후 선형회귀분석을 통해 다음과 같은 형태의 발파진동식을 산출한다.

$$V = K \left(\frac{R}{W^b} \right)^n \qquad (1.1)$$

여기서, V 는 허용진동속도(cm/sec), K 와 n 은 발파조건에 따른 상수(지반의 진동전달특성을 반영)이며, R 은 폭원으로부터의 거리(m), W 는 지발당 최대 장약량(kg)이다.

발파설계

위의 발파진동식을 이용하여 지발당 최대 장약량을 결정하고, 이와 관련하여 천공장, 천공간격, 뇌관의 기폭지연시차, 공당 장약량 등 제반 발파설계를 실시한다. 또한 발파공해에는 진동뿐만아니라 소음 및 풍압, 비석에 의한 영향 등이 있으므로 이에 대한 적절한 대비책을 마련하여 안전한 발파가 이루어지도록 한다.

제2장 발파진동 및 소음의 특성

2.1 발파진동의 특성

2.1.1 발파진동의 정의

발파작업에서 일반적으로 폭약이 암반내 장약공에 밀폐된 상태로 폭발하게되면, 그 압력은 기폭후 수 μsec 의 짧은 시간내에 수만에서 수십만 기압에 이르게 되어 강력한 폭굉압이 발생하게되며, 연소된 화약에 의한 가스압이 뒤따라 발생한다. 이때 폭발이 일어난 장약공내의 온도는 3000℃ 이상으로 추정된다. 이러한 폭굉압과 고온으로 인하여 장약공에 수mm~수십 mm 이내로 인접한 암반은 용융되거나 잘게 파쇄하여 장약공 주변에 파쇄대를 형성한다. 이러한 폭굉압은 충격파의 형태로 암반중에 전파되어 파쇄대 외부에 균열을 발생시켜 균열대를 만든다. 한편 가스압은 암석을 이동시키는데 필요한 많은 양의 에너지로 작용하게 된다(그림 2-1 참조).

폭원으로부터 암반내부로 전파되어온 충격파는 거리에 따라 현저히 감쇠되어 발파에 의한 에너지의 일부가 탄성파의 형태로 균열대 외부의 암반중에 전파된다. 이러한 탄성파는 암반중에 전파되어 가면서 지반과 지반위의 구조물에 진동을 발생시키게 되는데 이를 발파진동이라고 한다.

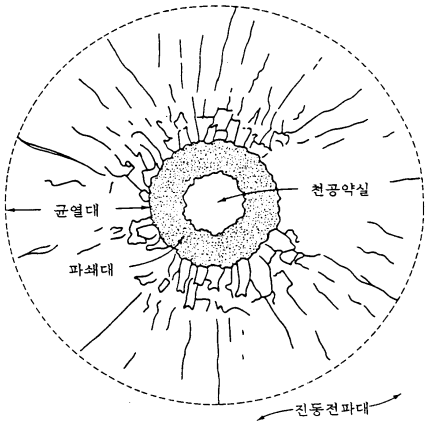


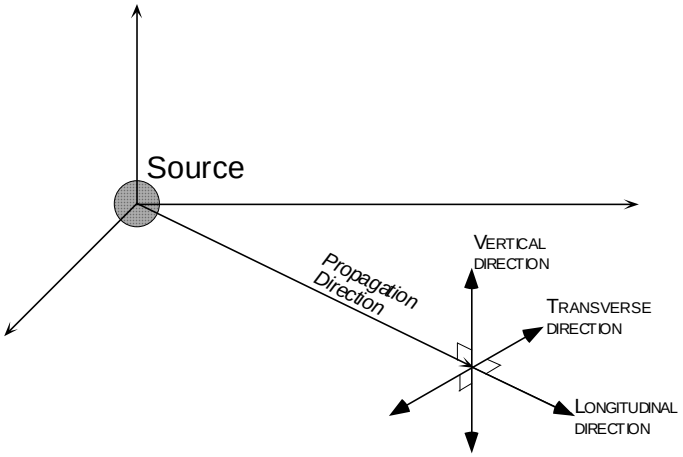
그림 2-1. 발파공 주변의 균열과 발파진동의 전파

2.1.2 발파 진동의 특성

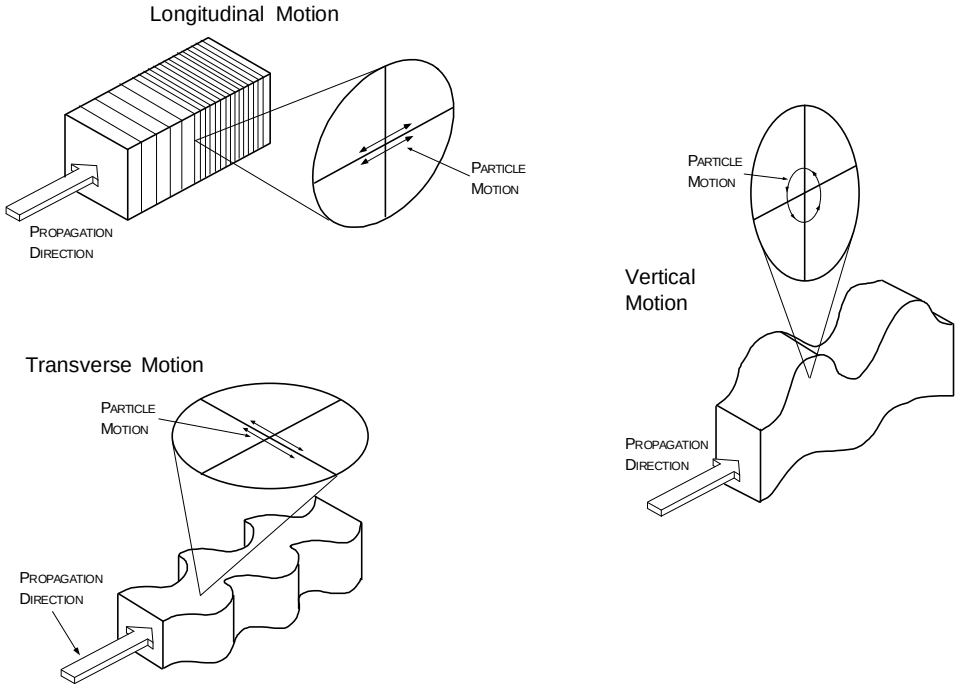
발파진동을 완전히 분석하기 위해서는 그림 2-2(a)와 같이 수직성분(Vertical, V), 진행성분(Longitudinal, L), 그리고 이 두 파의 방향과 직각을 이루는 접선성분(Transverse, T)의 세가지 직교성분을 모두 측정해야 한다. 일반적으로 진행성분에는 압축파인 P파가, 접선성분에는 전단파인 S파가, 수직성분에는 표면파인 R파가 우세한 것으로 알려져 있다. 이 세가지 성분의 상대적 크기는

암반, 지형 및 발파에 의해 발생한 탄성파들의 상호간섭에 따라 변한다.

따라서 발파진동의 해석에는 각각의 탄성파에 대한 개별적인 해석보다는 그들의 중첩에 의해 발생한 암반이나 지반의 실제 운동에 중점을 두고 이루어진다. 탄성파에 의해 지반에 발생하는 진동의 유형은 다음의 그림 2-2(b)와 같다.



(a) 발파진동의 전파형태



(b) 발파진동에 따른 지반입자의 운동 양상

그림 2-2. 발파진동의 전파형태와 지반입자의 운동 양상

지반의 운동을 하나의 주파수를 가진 정현운동으로 가정하고 진동변위의 최대진폭, 주파수, 각속도를 각각 A , f , ω ($= 2 \pi f$)라 하면, 진동을 전달하는 매질의 변위(u), 매질입자의

진동속도(v), 진동가속도(a)를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$u = A\sin(2\pi ft + \Theta_1)$$
$$v = \frac{du}{dt} = A \cdot 2\pi f\cos(2\pi ft + \Theta_2) \quad (2.1)$$
$$a = \frac{dv}{dt} = -A \cdot (2\pi f)^2\sin(2\pi ft + \Theta_3)$$

여기서 θ 는 위상차를 의미한다. 이때 지반진동의 피해여부와 관련된 상황에서는 대부분 최대값만이 중요하므로 진동변위, 속도, 가속도의 최대값 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$v_{max} = 2\pi f \cdot A \ , \quad a_{max} = A \cdot (2\pi f)^2 \quad (2.2)$$

표 2-1은 진동을 표현하는 여러 가지 표시단위를 나타내고 있다. 여기서 변위, 속도 및 가속도는 지반 매질 입자의 변위, 입자의 속도, 입자의 가속도를 의미한다.

표 2-1. 진동의 표시방법과 단위

성 분	표 시 단 위
변 위	cm, mm, inch, μ
속 도	cm/sec(kine), mm/sec, inch/sec
가 속 도	cm/sec^2(gal), G(=980gal)
주 파 수	cycle/sec(c.p.s.), Hz

진동의 크기를 표시하는 방법으로 진동레벨(dB)을 사용하기도 하는데, 이는 단순한 물리량으로 음의 경우에 음압레벨에 상당하는 값이다. 소음레벨이 청감을 참고로 종합한 주파수 보정을 통해 소음 평가에 사용되는 것과 같이 진동의 경우에도 목적에 따라서 주파수 보정을 하여 진동평가에 사용되고 있는 것이 진동레벨이다.

즉 진동레벨이란 진동가속도값을 이용하여 다음의 식 (2.3)으로부터 구해진 보정가속도 레벨의 값을 말하는 것으로 그 단위는 dB이 된다.

$$VL(dB) = 20\log_{10}\left(\frac{a}{a_0}\right) \quad (2.3)$$

(2.3)식에서 a 는 수직 및 수평진동에 대해서 주파수 레스폰스를 사용하고, 다음의 (2.4)식에 의

해 산출한다.

$$a = \left[\Sigma \; a_n^2 \cdot 10^{C_n/10} \right]^{1/2} \qquad (2.4)$$

여기서 a_n 은 주파수 n Hz의 성분인 진동가속도의 실효치(최대가속도/ $\sqrt{2}$)

C_n 은 주파수 n Hz에 있어서의 상대 레스폰스이다.

a_0 는 기준치로서 m/sec^{2}의 단위를 가지며, 주파수에 따라서 다음과 같다.

$1 \leq f \leq 4$: $a_0 = 2 \times 10^{-5} \times f$

$4 \leq f \leq 8$: $a_0 = 10^{-5}$

$8 \leq f \leq 90$: $a_0 = 0.125 \times 10^{-5} \times f$

이 경우 $C_n = 0$ (평탄특성)일 때의 진동레벨을 특히 진동가속도레벨(VAL)이라고 하며, $C_n \neq 0$ 일 때는 진동레벨(VL)로서 진동에 대한 인간의 감각을 수량화한 것이 된다.

또한 지반의 진동을 연속정현진동으로 가정하면 진동속도의 최대값과 진동레벨과의 사이에는 이론적으로 주파수 8Hz 이상에서 (2.3)식에 $a_0 = 0.125 \times 10^{-5} \times f$ 와 $a_{max} = 2 \pi f \cdot V_{max}$ 를 대입하여 다음과 같은 관계를 얻는다.

$$VL = 20 \log_{10} V + 91 \qquad (2.5)$$

여기서, V 는 입자의 최대진동속도 (cm/sec)

따라서, 지반진동에 의한 피해를 평가하는데 가장 타당하다고 알려진 진동속도의 개념을 이용하여 진동레벨을 구할 수 있게 된다. 그러나 위의 (2.5)식은 이론적으로 구해진 식임에도 불구하고, 지금까지 무비판적으로 많은 현장에서 이용되어 왔다. 이에 대해 양형식 외(1999) 는 실측결과를 이용하여 다음과 같은 식으로 적용하는 것이 타당하다는 결론을 얻었다.

$$VL = 15 \log_{10} V + 63 \qquad (2.6)$$

여기서, V 는 입자의 최대진동속도 (mm/sec)

또한, 환경부 중앙환경분쟁조정위원회(2010) 진동레벨과 진동속도의 상관성 분석 등에 관한 연구에서는 주파수를 배제한 진동레벨 환산식으로 다음과 같이 제안하였다.

$$VL = 20 \log_{10} V_v + 80 \qquad (2.7)$$

여기서, V_v 는 V방향 성분의 최대입자속도 (cm/sec)

주파수를 고려한 진동레벨 환산식으로 다음과 같이 주파수 대역별 환산식을 제안하였다.

표 2-2. 주파수를 고려한 진동레벨 환산식

주파수 대역f(Hz)	진동레벨-진동속도 관계식	비 고
10 〈 f ≤ 30	$VL = 20 \log_{10} V_v^{1.0625} + 90.49 + W_n$	W_n 은 수직진동 주파수별 인체감각에 대한 보정치
30 〈 f ≤ 60	$VL = 20 \log_{10} V_v^{1.039} + 95.22 + W_n$	
60 〈 f ≤ 90	$VL = 20 \log_{10} V_v^{0.9925} + 98.20 + W_n$	

발파진동에 대한 측정 조사와 허용진동치에 대한 연구는 성분과 관계없이 단일성분의 최대값을 기준으로 실시된다. 그러나 엄격한 의미에서 발파에 의한 지반진동의 최대값은 단일성분의 최대값이 아니라 세 성분의 벡터합(식 2.8)의 최대값으로 나타나며, 벡터합의 최대값은 단일성분의 최대값보다 약 5~10% 더 큰 값을 나타내는 것으로 알려져 있다.

$$V_{vector} = \sqrt{V_L^2 + V_V^2 + V_T^2} \qquad (2.8)$$

여기서 V_L : 진행방향성분의 진동속도, V_V : 진행방향성분의 진동속도, V_T :진행방향성분의 진동속도

2.1.3 발파 진동의 모델링

발파진동의 전파특성을 결정짓는 조건은 크게 입지조건과 발파조건으로 나눌 수 있다. 입지조건은 발파부지와 인근 구조물의 기하학적 형태, 대상암반의 지질학적 특징 및 역학적 성질 등을 말하고, 발파조건은 사용하는 폭약의 종류, 장약량, 기폭방법, 전색상태, 자유면의 수, 발파유형, 폭발원과 측점간의 거리 등이다.

이상의 요인들 모두가 발파진동의 크기와 전파특성에 상당한 영향을 미치게 되지만 암반중의 불연속면의 발달상황, 암반의 강도등과 같은 탄성파의 전파와 관계가 깊은 지반의 지질특성, 지발뇌관의 사용으로 일정한 시간간격으로 분할점화되는 지발당 최대장약량과 폭원으로부터의 거리 등이 발파진동의 크기와 전파특성에 영향을 미치는 가장 중요한 요인이 된다.

그러나 지반내의 불연속면과 지질적 구조의 복잡성으로 인하여 진동전파에 관한 이론적인 접근에는 많은 어려움이 뒤따르게 되며, 같은 암반에서도 현장의 발파조건등에 따라 전파특성이 달라지므로 경험적인 연구의 중요성이 부각되었다. Hendron, Devine, Oriad 등 많은 연구자들은 발파진동의 측정경험을 토대로 구조물 피해의 기준이 되는 최대진동속도를 지발당 최대장약량과 폭원으로부터의 거리를 주요변수로 하여 (2.9)식과 같은 경험적 관계식으로 나타낼 수 있음을 제시하였다.

$$V = K\left(\frac{R}{W^{b}}\right)^{n} \quad (2.9)$$

여기서, V : 지반의 진동속도 (particle velocity, cm/sec), R : 발파원으로 부터의 거리 (m), W : 지발당 장약량 (charge per delay, kg), K , n : 지질암반조건, 발파조건등에 따르는 상수, b : 1/2 또는 1/3이다.

(2.9)식에서 거리와 지발당 최대장약량의 비인 R/W^{b} 를 환산거리(scaled distance, SD)라 하며, b=1/2 이면 자승근 환산거리(square root scaled distance), b=1/3 이면 삼승근 환산거리(cube root scaled distance)라 한다.

(2.9)식의 발파진동식에서는 지반의 성질이나 발파조건등에 따른 진동감쇠특성이 상수 K, n 에 반영되므로 안전발파설계를 위해서는 대상지역에서 시험발파를 통해 K, n 상수값을 결정하는 것이 대단히 중요하게 된다. K, n 상수값은 측정한 자료의 회귀분석을 통하여 구한다. 이때 회귀분석에 사용되는 측정자료는 많을수록 좋으며, 진동식의 신뢰성은 회귀분석의 상관계수가 클수록 높게 나타난다. 상관계수의 값은 적어도 0.8 이상이 되어야 한다.

2.1.4 발파진동식 산정을 위한 회귀분석

시험발파에서 얻어진 자료들을 회귀분석하기위해 (2.9)식의 양변을 log화하면 식 (2.10)과 같이 되고, 이 식은 (2.11)식과 같은 단순선형회귀모형을 따르게 된다.

$$\log V = \log K + n \cdot \log\left(\frac{R}{W^{b}}\right) \quad (2.10)$$

$$Y_i = \alpha + \beta x_i + e_i \quad (i = 1, 2, \cdots, n) \quad (2.11)$$

(e_i : 오차 , n : 자료의 개수 , y_i : 자료의 y값, x_i : 자료의 x값)

위의 단순모형에서 미지의 직선관계를 나타내는 $y = \alpha + \beta x$ 를 모회귀직선(母回歸直線, population regression line)이라고 하며, 모회귀직선을 생성할 때 발생하는 오차(e_i)들의 제곱합을 최소로 하게하는 추정방법을 최소제곱법(method of least squares)이라고 한다. 이 조사에서는 이 방법을 사용하여 발파진동식을 산출한다.

최소제곱법으로 구해진 모회귀직선의 계수인 α , β 와 n, K는 (2.12)과 같은 관계를 가지게 된다.

$$n = \beta \quad , \quad K = 10^{\alpha} \tag{2.12}$$

이러한 방법으로 산출된 발파진동식에서는 자료의 50%가 진동식의 윗부분에, 나머지 50%는 진동식의 아랫 부분에 위치하게 된다. 즉, 50% 신뢰도를 가지는 진동식이 산출되어지는 것이다.

안전성과 신뢰도를 높이기 위해서는 자료의 95%를 대표할 수 있는, 즉 95%신뢰도의 발파진동식을 산출하는 것이 필요하다. 이것은 위에서 구해진 회귀직선식의 기울기(β)를 동일하게 한 상태에서 y절편(α)를 이동시켜, 새로운 y절편을 계산하면 구할 수 있다. 이 값을 산출하는 방법은 다음과 같다.

절편 α 의 표준오차(SE(α))는 (2.13)식과 같이 계산된다.

$$SE(\alpha) = \left(\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\overline{x}^{2}}{\sum x^{2} - (\sum x)^{2}}} \right) \cdot \sigma \tag{2.13}$$

위의 (2.13)식에서 σ 는 오차항의 표준편차로 (2.14)식과 같이 구해진다.

$$\sigma^{2} = \left[(\sum y^{2}) - \frac{(\sum y)^{2}}{n} - \frac{\left((\sum xy) - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n} \right)^{2}}{(\sum x^{2}) - \frac{(\sum x)^{2}}{n}} \right] \times \frac{1}{n-2} \tag{2.14}$$

이때 절편 α 는 t분포를 따르며, 95%신뢰값은 (2.15)식과 같다.

$$\alpha(95\%) = \alpha + t_{a}(n-2) \times SE(\alpha) \tag{2.15}$$

위 식에서 $t_{a}(n-2)$는 t분포표에서 자유도가 n-2이고 신뢰구간이 (100-a)%인 경우의 값을 나타낸다. 이때 구하고자 하는 신뢰값이 95%이므로, a는 5%값이 된다.

2.1.5 발파 진동의 영향

지반으로 전달된 탄성파는 공간상의 세가지 성분의 특성에 따라 그들이 통과하는 토양이나 암석 입자들의 운동형태를 다르게 만든다. 그 결과 토양 및 암석 중이나 지상에 건축한 구조물들은 각 성분의 전파에 따라 다르게 변형된다. 즉 진행성분에 의해서는 구조물에 소밀이 반복되고 수직 성분에 의해서는 상하로 운동하며, 접선성분에 의해서는 좌우로 운동하게 된다. 따라서 진동의 전파에 의해 구조물에 탄성한계 이상의 변형이 발생하게 되면 파괴가 발생할 수도 있다. 특히 대부분의 토목구조물과 건축물이 저주파수대의 자연주파수를 가지고 있으므로 저주파수에 의한 지반진동의 피해는 공진에 의해 고주파수에 의한 피해보다 상대적으로 크게 나타날 수 있다.

지반에 미치는 영향

진동은 비소성의 느슨한 흙을 조밀하게 만드는 경향이 있으므로 침하를 유발하게 된다. 이 효과가 가장 큰 경우는 흙이 느슨하고 입자가 고르지 못한 모래나 자갈인 경우이다. 느슨하고 포화된 비소성 실트나 실트질 고운 모래에 있는 기초 근처에서의 충격이나 진동은 액상화 현상에 의해 지지력의 부분적 손실을 유발할 수도 있다. 그러나 일반적으로 기초 지반의 상대밀도가 70~75% 이상이면 진동으로 인한 다짐 침하 가능성을 배제하여도 된다. 그러나 중량이 무거운 기계에 대해서는 이보다 더 큰 상대밀도 기준이 요구될 수도 있다.

느슨한 정도에서 중간 다짐 정도의 입도분포가 좋지 않은 모래에서는 말뚝의 설치로 인해 발생하는 침하가 구조물의 균열발생 한계인 5cm/sec보다 훨씬 작은 최대진동속도로부터 발생할 수도 있다. 실제로 지표에서 측정된 최대진동속도가 0.25~0.5cm/sec로 낮은 값에서도 몇몇 취약한 지역에서는 심각한 침하가 발생한 예도 있다. 이 값들은 인접도로에서 측정된 차량 진동과 비슷한 크기이다. 취약한 모래의 특성은 균등계수의 범위가 4~5 사이이며, 상대밀도가 50~55% 정도되는 경우 이었다. 다음의 그림 2-3은 18Hz 진동항타에 의해 발생한 모래지반의 침하를 기록한 것이다. 이 그림에 의하면 중밀도 모래(30〈N〈40)를 18Hz에서 0.25g(25mm/sec)로 진동시키거나 느슨한 모래(5〈N〈10)를 18Hz에서 0.05g (4.3mm/sec)로 계속 진동시키면 대략 12mm나 침하되는 것을 알 수 있다.

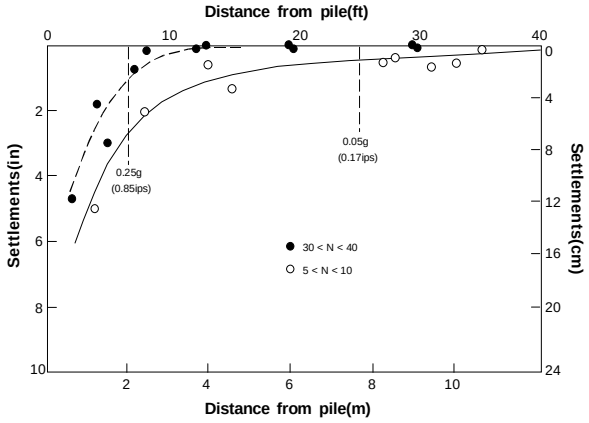


그림 2-3. 18Hz 진동항타에 의한 모래의 침하

진동에 의해 유발되는 침하의 허용한계에 대한 일반적인 기준은 없으나, 전파가속도가 중력가속도

의 1~5% 이하이면 침하발생 가능성을 무시할 만 하다고 알려져 있으며, 가속도가 중력가속도의 10%를 넘으면 침하 발생의 가능성이 있는 것으로 알려져 있다.

구조물에 미치는 영향

Langefors와 Kihlstrom은 지반의 성질과 건물의 손상 정도에 대해서 "지반상의 진동속도가 동일한 값에서 그 지반의 고유 탄성파속도가 다르게 되면 건물에 미치는 손상의 정도가 차이가 난다." 고 하였다. 즉 이러한 관계를 식으로 정리하면 다음의 (2.16)과 같다.

$$\varepsilon = \frac{V}{C} \qquad (2.16)$$

여기서, ε : 지반의 변형률, C : 지반의 탄성파속도, V : 진동속도

따라서 진동속도가 동일한 경우, 지반의 탄성파속도가 작게 되면 그 지반에 생기는 변형은 크게되므로 연약지반상에 지어져 있는 건물쪽이 그렇지 않은 경우보다 지반진동에 의한 손상을 받을 확률이 높다는 것이 된다. 이들의 연구결과에 따라 지반의 종류와 진동속도에 따라 건물에 미치는 영향을 정리한 것이 표 2-3 이다.

표 2-3. Langefors와 Kihlstrom에 의한 지반진동과 건물의 피해관계

피 해 정 도	최대진동속도(mm/sec)		
	모래, 자갈, 지하수위 아래 점토 C=1000~1500m/sec	빙퇴석, 슬레이트, 연약한 석회암 C=2000~3000m/sec	화강암, 경암의 석회암, 휘록암 C=4500~6000m/sec
균열발생 없음	18	35	70
미세균열이 발생하고 회벽이 떨어지기 시작하는 한계	30	55	100
균열이 형성	40	80	150
심각한 수준의 균열 발생	60	115	225

* C : 지반의 탄성파 전달 속도

양생중인 콘크리트에 미치는 영향

양생중인 콘트리트는 경화가 완료된 콘크리트와는 다른 범주에서 영향평가가 되어야 한다. 경화가 완료된 굳은 콘크리트의 경우에는 건축물의 종류에 따라 기존의 진동허용기준을 적용할 수 있으나 양생중인 콘크리트는 진동에 의해 설계 강도에 영향을 미칠 수 있으므로 건축물에 대한 기준과는 다른 별도의 허용 기준치가 적용되어야 한다.

화약발파를 이용한 터널공사시, 암반굴착을 위한 발파작업과 라이닝의 타설 작업이 동시에 이루어질 경우 예상되는 가장 대표적인 문제점의 하나로서, 발파진동에 의해 라이닝 콘크리트의 강도가 저하되거나 균열이 발생하는 경우를 들 수 있다. 한쪽 터널에서는 발파작업이 이루어지고, 나머지 한쪽 터널에서는 라이닝 타설 작업이 이루어지는 병렬터널현장이나, 라이닝 타설 작업이 수행되는 시기에 환기를 위한 수직갱의 발파작업이 이루어지는 터널 현장의 경우에도 검토되어야 할 문제이다. 또한 아파트 건설현장과 같이 실제 콘크리트를 타설하는 시공 인접지역에서 암굴착 작업이 수행되어야 하는 경우가 종종 발생하므로 양생중인 콘크리트에 미치는 영향 문제를 검토할 필요성이 제기된다.

콘크리트는 암석과 달리 타설된 시점부터 재령에 따라 강도, 탄성계수, 탄성파속도 등이 증가하다가 일정한 시점이 지난 후에 수렴하는 특성을 가진 재료이므로 동일한 크기의 진동에 대해서도 재령에 따라 서로 다른 영향을 보이게 되는데. 많은 연구결과에 의하면 타설 후 시간대에 따라 초기 재령에서 진동을 받은 경우가 가장 위험한 것으로 알려져 있다.

발파 또는 항타시 발생하는 진동이 양생중인 콘크리트에 미치는 영향에 대해 국내 · 외에서 수행된 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1970년까지의 연구결과들은 외부의 진동은 양생중인 콘크리트의 강도저하를 유발하지 않는 것으로 발표되고 있다. 그러나 1970년대 이후의 연구결과들을 보면, 외부진동은 콘크리트 타설후 시간대에 따라 강도를 저하시킬 수 있는 요인이 될 수 있으므로 진동수준을 제한할 필요가 있는 것으로 보고되고 있다. 1970년도에 미국양회학회에서 포틀랜드 시멘트에 대한 허용진동수준을 제안한 바 있는데 이에 의하면 가장 예민한 시간대를 타설 후 0~12시간까지로 보고 진동수준을 0.245cm/s로 하고 있다.

표 2-4. ASCE(미국양회학회)가 제안한 Portland Cement의 양생시간별 허용진동수준

타설 후 경과시간	PPV (cm/s)
0 ~ 12 시간	0.254
12 ~ 24 시간	1.27
1 ~ 5 일	1.27 ~ 5.08 타설 후 시간과 비례적으로 증가
5 일 이상	· 5.08

이러한 수치는 너무 낮은 수준으로 많은 논란이 있었으며 그 후 Seabrook Nuclear Station project와 관련하여 허용수준에 대한 검토를 위해 일련의 체계적인 실험이 수행되었다. [Hulshizer, A.J. and Desai, A.J(1984), "Shock Vibration Effects on Freshly Placed Concrete", J. Construction Engineering & Management, ASCE, Vol.110, No.2.] 콘크리트 타설 후 3~11 시간이 가장 진동에 예민한 것으로 나타났으며 연구결과 제안된 허용수준은 다음 표와 같다.

표 2-5. 양생콘크리트에 대한 진동허용수준(Source : Hulshizer & Desao, 1984)》

타설 후 경과시간	Peak Partitial Velocity (cm/s)
0 ~ 3 시간	10.16
3 ~ 11 시간	3.81
11 ~ 24 시간	5.08
24 ~ 48 시간	10.16
48 시간 이상	17.78

미국 교통국의 제안기준과 경화온도에 따라 허용 진동치를 설정하고 있는 스웨덴의 경우는 다음과 같다.

표 2-6. 미국 교통국의 양생콘크리트에 대한 허용진동수준 지침(1991)

타설 후 경과시간	Peak Partitial Velocity (cm/s)
0 ~ 4 시간	5.08
4 ~ 24 시간	0.63
1 ~ 3 일	2.54
3 ~ 7 일	5.08
7 ~ 10 일	12.7
10 일 이상	25.4

시간대에는 약간의 차이가 있지만 연구 결과들을 종합하여 보면, 콘크리트 양생시 초기진동은 수화반응을 촉진시켜 다짐효과를 주기 때문에 오히려 강도 면에서 유리하며, 어느 시간대 이후에는 응결되는 시멘트 입자간에 새로운 균열의 발생원이 될 수 있으므로 강도를 저하시킬 수 있는 것으로 해석된다.[Double and Hellawell(1977), "The Hydration of Cement", Nature, v.261]

표 2-7. Sweden의 양생 콘크리트에 대한 관리기준

경화온도	경화시간(일)	허용 진동치 (cm/s)	비 고
+ 5℃	2 3 7 28 90	0.8 1.1 3.5 80 10.0	· 형틀에 넣은 후, 10시간 이내라면 최대 10(cm/s)의 지반진동까지 견딜 수 있다. · 형틀에 넣은 후, 10~70시간이라면 30m 이내에서 발파해서는 안된다.
+ 15℃	1 2 3 7 28 90	1.4 3.0 4.0 6.0 8.5 10.0	· 형틀에 넣은 후, 5시간 이내라면 최대 10(cm/s)의 지반진동까지 견딜 수 있다. · 형틀에 넣은 후, 5~24시간이라면 30m 이내에서 발파해서는 안된다.

표 2-8. Law Engineering Test Company에서 제시한 양생콘크리트에 대한 허용진동속도

구조물의 종류	콘크리트의 재령에 따른 허용진동속도(cm/sec)		
	재령 7일 이상	타설후 12시간~7일	12시간 미만
건설중인 원자력발전소	17.8	10.2	0.25
건설중인 화력발전소	10.2	5.1	0.25
건설중인 11층 사무용빌딩	10.2	5.1	0.51
상가 또는 주차빌딩	10.2	5.1	2.5

표 2-9. 발파진동이 콘크리트 구조물의 건축에 미치는 영향평가 〈권광수, 류창하 외(1996)〉

타설 후 경과시간	PPV (cm/s)
0 ~ 3 시간	5.08
3 ~ 24 시간	0.63
1 ~ 3 일	2.54
3 ~ 7 일	5.08
7 ~ 10 일	12.7
10 일 이상	25.4

이 밖의 국내의 연구 결과는 신일재(1999년)에 의해 터널에서의 발파진동이 인접하여 시공중인 콘크리트 라이닝의 강도에 미치는 영향이 연구되었으며, 이 연구에서 밝혀진 내용은 다음과 같다.

① 시공중인 콘크리트 라이닝에 인접하여 터널내에서 발파가 이루어질 경우, 콘크리트 라이닝의 강도가 저하될 수 있는 진동수준은 3~4cm/sec인 것으로 밝혀짐

② 라이닝 콘크리트의 P파 및 S파 속도를 감소시킬 수 있는 진동수준도 3~4cm/sec로써 같게 나타냄

③ 진동에 의해 콘크리트 라이닝의 강도저하가 가장 우려되는 재령 12시간 이내에 가해진 2cm/sec 이하의 발파진동은 터널현장에 타설되는 라이닝 콘크리트의 압축강도를 저하시키지 않는 것으로 밝혀짐

인체에 미치는 영향

인간에 대한 진동의 영향에는 심리적인 요인과 생리적인 요인이 있다. 심리적인 요인에 대해서는 개인차가 크다. 예를들면 진동에 대하여 현저히 불쾌감을 가지고 있는 사람이라면 다른 사람이 마음에 두지 않는 진동이라도 불쾌하게 느낄 것이다. 한편 생리적인 요인에 대해서는 심리적인 요인만큼 개인차가 크게 나타나지 않을 것이다. Wiss는 입자의 진동속도에 따른 인체의 반응연구를 통해 다음의 표 2-9와 같은 결과를 도출하였다.

표 2-10. 진동속도에 따른 인체의 반응

진 동 속 도 (cm/sec)	인체의 반응
0.02 ~ 0.20	인지가능
0.20 ~ 0.38	확실히 인지가능
0.38 ~ 0.80	불쾌감을 가진다.
0.80 ~ 1.30	심리의 교란
1.30 ~ 2.00	참을 수 없음

또한 진동의 지속성이 인체에 미치는 영향은 충격파가 규칙적이면 정상파의 2배, 불규칙적이면 4배의 감수성을 갖게 된다고 하였다.

한편 Goldman은 진동속도값과 관련된 진동주파수에 따라 인체가 반응하는 단계를 감지할 수 있는 단계, 불쾌감을 가지기 시작하는 단계, 도저히 참을 수 없는 단계로 나누었으며, 동일한 진동속도값이라도 주파수가 높을수록 더 견디기 힘들어지고 신체 공진주파수대역인 1~10Hz의 초저주파수에서는 상당히 둔감해지는 결과를 볼 수 있다고 하였다. 그러나 이러한 인체반응의 정도도 상당히 주관적인 것이므로 인체를 대상으로 진동을 규정할 때는 통계적인 분석을 필요로 한다.

가축에 미치는 영향

소, 돼지, 닭과 같은 가축의 경우는 대체로 인제보다 진동에 더 민감하다고 인식되고 있으나, 진동수준에 따른 피해의 발생정도에 대한 연구가 아직까지 매우 부족한 실정이다. 이는 가축의 종류가 다양할 뿐만 아니라, 같은 종류의 가축이라도 품종에 따른 차이, 사육 환경에 따른 차이 등을 모두 고려할 수 있는 조사 및 연구가 매우 어렵기 때문이다.

표 2-11은 여러 사례 연구를 통해 축적한 자료를 토대로 국내에서 발표된 진동수준에 따른 가축의 축종별 피해 발생율 내용이다. 사람이 인지할 수 없는 매우 낮은 진동수준인 0.1cm/sec 이하에서도 가축의 경우 유산, 성장 지연, 번식효율 저하, 폐사율 증가 등의 측면에서 피해가 발생하는 것으로 보고하고 있다.

표 2-11. 진동수준에 따른 축종별 피해 발생율 기준표

현황	cm/sec	0.01~0.02	0.02~0.05	0.05~0.1	0.1~0.5	0.5~1	비고
젖소	유생산성저하	5~10%	10~20%	30~40%	30~40%	40%이상	
	성장지연	0~ 5%	5~10%	10~20%	10~20%	30~40%	
	유·사산	0~ 5%	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	번식효율저하	0~ 5%	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	폐사율증가		5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	
한우	유·사산	0~ 5%	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	번식효율저하		0~ 5%	5~10%	10~20%	30~40%	
	성장지연	0~ 5%	5~10%	10~20%	10~20%	30~40%	
	폐사율증가		0~ 5%	0~ 5%	10~20%	30~40%	
돼지	유·사산	5~10%	10~20%	30~40%	30~40%	40%이상	
	자돈압사·폐사	0~ 5%	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	산자수감소	0~ 5%	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	번식효율저하	5~10%	5~10%	10~20%	10~20%	30~40%	
	성장지연	5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	30~40%	
닭	산란율저하	5~10%	10~20%	30~40%	30~40%	40%이상	
	이상란율증가	5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	수정란율저하	5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	40%이상	
	성장지연	0~ 5%	5~10%	10~20%	10~20%	30~40%	
개	유·사산	0~ 5%	5~10%	10~20%	10~20%	30~40%	인과요인이 번식계절에 가해질 경우임
	자견폐사	0~ 5%	5~10%	5~10%	30~40%	40%이상	
	번식효율저하	0~ 5%	5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	
	성장지연	5~10%	5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	
	산자수감수		0~ 5%	5~10%	10~20%	30~40%	
사슴	유·사산	0~ 5%	5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	인과요인이 번식계절에 가해질 경우임
	수태율저하	0~ 5%	5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	
	성장지연	0~ 5%	5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	
	녹용생산성저하	5~10%	10~20%	30~40%	30~40%	40%이상	
	폐사율증가	0~ 5%	10~20%	10~20%	30~40%	40%이상	
염소	쌍자율감소		5~10%	5~10%	10~20%	30~40%	인과요인이 번식계절에 가해질 경우임
	수태율저하		5~10%	5~10%	10~20%	10~20%	
	성장지연		5~10%	10~20%	10~20%	10~20%	
	유·사산			0~ 5%	5~10%	10~20%	
	폐사율증가		5~10%	10~20%	10~20%	30~40%	

2.1.6 일상활동에 의한 구조물 진동 발생 검토

표 2.12는 진동원으로 부터 1~4m의 벽에 Sensor를 설치하여 계측된 자료로서 회벽 블록식의 오래된 주택을 기준으로 최대로 엄격하게 기준치를 설정하고자 하더라도 일상생활에서 빈번히 발생하는 0.3cm/sec 정도의 진동은 건축물 손상에 직접적으로 아무런 지장을 주지 않는다는 사실을 알 수 있다.

표 2-12. 구조물에 미치는 일상생활의 활동 예

진동원	진 동 속 도 (mm/sec)		
	현대식 철골 사무실	현대식 조적식 주택	오래된 주택 (회벽 블록)
정상적 걸음걸이	0.02 ~ 0.2	0.05 ~ 0.5	0.02 ~ 0.3
발 구 름	0.2 ~ 0.5	0.3 ~ 3.0	0.15 ~ 0.7
문을 밀쳐 닫기	10.0 ~ 15.0	11.0 ~ 17.0	3.0 ~ 9.0
충격식 구멍 뚫기	5.0 ~ 25.0	10.0 ~ 20.0	10.0 ~ 15.0

또한, 부산지하철에서는 발파에 대한 주민들의 민원이 빈번해지자 주민들을 설득시키기 위해 주택 및 도로변에서 계측을 실시하였다는 보고서를 참조하면 다음과 같다.

표 2-13. 부산지하철 건설시 터널주변에서 실험계측한 생활진동속도

구 분	한발을 굴렸을 때	두발을 굴렸을 때	버스나 트럭이 지나갈 때
진동속도 (cm/sec)	0.16~0.35	0.40~0.63	0.28~0.89
측정위치	방구들	방구들	도로변

2.2 발파 소음의 특성

소음의 정의

소음이란 공기의 진동에 의한 음파가운데 가청범위(20~20,000Hz)의 주파수를 갖는 것으로써 인간의 감각으로 볼 때 바람직하지 못한 음을 말하며, 크게는 듣는 사람에게 원하지 않는 소리를 총칭하여 소음으로 정의하기도 한다. 원하는 소리인지 아니면 원하지 않는 소리인가는 사람의 주관적인 판단에 의한 경우가 많다. 이것을 객관적인 물리량으로 정확하게 정의하는 것은 불가능에 가깝다. 아름다운 음악이라도 전화를 받는 중에는 당사자에게는 소음에 불과하다. 그러나 일반적으로 소음이라고 생각되는 것에는 특히 큰 소리, 불쾌한 소리나 충격성 음, 음악이나 음성을 듣는 것을 방해하는 소리, 집중력이나 작업을 방해하는 소리 등을 예로 들 수 있다.

소음의 인체에 대한 영향

소음은 사람에게 직접 또는 간접적으로 여러 가지 영향을 준다. 시끄러운 직장에서 일하는 사람이 난청이 되는 것은 가장 직접적인 영향이다. 이 경우 처음에는 일시적으로 귀가 멀어지지만 시끄러운 장소로부터 멀어지면 자연히 회복된다. 그러나 충분히 회복되지 않은 채 다시 소음의 영향을 받게 되면 영원히 회복되지 않은 채 난청이 될 수 있다. 말하자면 직업성 난청에 해당한다. 이와 같은 정도는 아니더라도 소음 때문에 대화나 텔레비전 소리를 잘 들을 수 없다거나 소음이 커서 시끄러운 느낌을 느낀다는 것은 역시 직접적인 영향이라고 말 할 수 있다.

다음으로 간접적인 영향은 소음원과 사람과의 관계 및 다른 환경 조건, 혹은 건강 상태나 정신상태 등에 의해 크게 좌우된다. 그리고, 불쾌감 등으로 표현되는 정신적 피해, 휴식, 수면 등의 방해, 작업이나 정신 집중의 방해 등이 되고, 소음이 더욱 더 누적되면 두통, 위장장애 등의 신체적인 영향이 발생하거나 사회적인 문제가 발생하게 된다. 고통스러움도 처음에는 개인적이고 산발적인 것이지만 이것이 많아지면 집단적인 행동으로 발전하게 된다.

이와같이 소음의 영향은 상당히 복잡하고 특히 간접적인 영향은 사회적인 측면을 가지고 있으며, 개인에 의한 차이 또는 지역에 의한 차이가 상당히 크므로, 예측에 신중을 기해야 한다.

다음의 표 2-14에는 소음레벨의 정도와 인간이 느끼는 정도를 표시하였다.

표 2-14. 소음레벨과 인간이 느끼는 정도

소음레벨(dB)	소음의 느낌	예
140		
130	귀에 통증이 느낀다.	
120		제관, 못 박는 작업
110		터널안의 기차의 열려진 창 1m 거리에서의 착암기 작업 소리
100	귀를 막고 싶어진다.	전철통과시 지하철의 역 통과시
90	옆사람과의 대화가 불가능 하다.	시끄러운 공장
80	거의 소리를 지르지 않으면 대화를 할 수 없다.	기차가 고가철도를 지날 때(차내)
75		(준농림지역에서 주간의 공사장 소음 한계기준)
70	의식적으로 크게 이야기 한다.	복잡한 거리, 보통의 기계공장
60	소란스럽기는 하나 대화를 할 수 있다.	바쁜 사무실 내부
50	웅성거리는 소리가 귀에서 떠나지 않는다.	사무실, 조용한 보행자 집단 내부
40	조용하지만 소리의 개방감이 없다.	귀를 기울이고 있는 청중, 일상적 회화
30	조용하게 가라앉은 느낌	방송용 스튜디오 내부, 조용한 밤
20	적막한 느낌	
10		2m 떨어진 곳에서의 속삭임
0		방음실에서의 최소 가청음

2.2.1 발파소음(풍압)의 특성

발파소음(풍압)

발파소음은 암반이나 구조물의 파괴에 수반하는 자체변형으로 인하여 발생하는 공기압력파와 지반진동으로 인한 압력파를 들 수 있으나, 주로 공기압력파에 기인하여 발생한다. 발파소음을 표현하는 방법에는 음압(Pa)과 음압레벨(dB)이 있다. 음압은 그 크기가 너무 광범위하기 때문에 이를 지수척도로 표현한 음압레벨이 많이 사용되고 있다. 음압으로부터 음압레벨을 구하는 방법은 다음의 식 (2.16)과 같다.

$$SPL(dB) = 20 \cdot \log_{10} \frac{P}{P_o} \qquad (2.16)$$

여기서 SPL (Sound Pressure Level)은 음압레벨, P 는 풍압(Pa), P_o 는 기준압으로서 2×10^{-5}Pa 으로서 사람이 인지할 수 있는 최저의 음압이다.

소음의 크기정도를 나타내는 또다른 방법으로서, 소리의 전파 방향에 직각인 단위면적을 통하여 단위시간에 통과하는 음파의 에너지로서 정의하기도 하는데 이를 음강도 또는 소리의 세기 수준이라고 한다. 음강도 수준으로 표시된 dB 값은 다음과 같다.

$$SIL(dB) = 10\log\frac{I}{I_0} \quad (2.17)$$

여기서 I : 측정된 음강도 (Watt/m^2)

I_o : 기준음강도로서 가청 최저음강도 이다. (10^{-12} Watt/m^2)

일반적으로 대기온도 0~40℃, 1기압하에서는 음강도수준(SIL)과 음압수준(SPL)이 같은 값을 가지는 것으로 알려져 있다.

소음의 거리에 따른 감쇠정도는 소음원의 종류와 형태에 따라 달라지는데, 일반적인 건설기계의 경우 수 m 떨어진 곳에서는 소음원을 점의 형태로 가정할 수 있는 것으로 알려져 있다. 소음원을 점음원으로 가정한 경우 소음의 거리에 따른 감쇠정도는 다음의 식 (2.18)을 따른다.

$$SPL = SPL_0 - 20\log(r/r_0) \quad (2.18)$$

여기서 SPL : 이격거리별 소음 예측도 (dB)

SPL_0 : 각 공종별 합성 소음도 (dB)

r : 음원에서 예측지점까지의 거리 (m)

r_0 : 음원에서 기본지점까지의 거리 (m)

압력이 주파수에 관계없이 일정하더라도 사람의 귀는 저주파일수록 둔감하기 때문에 주파수에 따른 사람의 청감에 따라 적절하게 보정된 보정회로를 사용하여 dB을 측정해야 한다. 흔히 가청소음에 대해서는 A 또는 C 보정회로를 이용하며, 구조물의 응답과 관련해서는 L 보정을 사용하는 것이 일반적이다. 특히 대부분의 환경소음에 대해서는 A 보정을 이용하고 있으며, 발파나 포탄의 폭발로 인한 풍압에 의해 구조물이 손상을 입을 가능성이 있을 경우에는 L 보정을 이용한다.

암반굴착을 위한 발파에서는 인간에게 불쾌감을 일으키는 소음과 구조물의 안정성에 영향을 미칠 수 있는 저주파의 풍압이 동시에 발생하게 되므로, 두가지 모두를 발파소음으로 통합해서 이해하고

있다. 따라서 실제 발파에서는 이 두가지를 모두 고려한 계측을 통해 소음과 풍압을 관리해야 한다.

현장에서 A 보정을 이용하여 계측된 음압레벨을 dB(A)로 표기하며, 흔히 소음이라고 부르고, L 보정을 이용하여 계측된 음압레벨을 dB(L)로 표기하며, 흔히 발파풍압이라고 부른다.

주파수 보정회로

그림 2-4는 소음을 측정할 때 사용되는 각 보정회로의 주파수별 보정치를 나타낸 것으로서 평탄회로인 L은 모든 주파수의 음압수준을 거의 그대로 인정하는 반면, C보정회로의 경우에는 100Hz이하의 주파수를 가지는 음압에 대해서 세로축에 제시되어 있는 만큼의 dB를 가하여 음압수준을 나타내는 방법이다. 한편 보정회로는 인간의 등감곡선을 바탕으로 1,000Hz이하의 주파수 성분을 가지는 음압에 대해서는 C보정회로 보다 더 큰 dB을 감하는데 10Hz의 주파수를 가지는 소음의 경우 70dB이하의 음압에 대해서는 소음 수준 계산에 포함시키지 않는 방법이다.

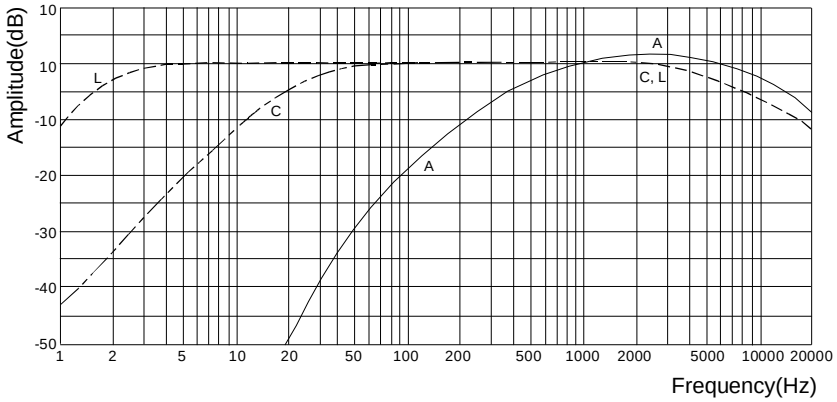


그림 2-4. 소음 측정시 사용되는 청감보정회로

평탄 보정인 L보정을 통해 측정한 소음수준을 dB(L), C보정회로를 사용하여 측정한 소음수준을 dB(C), A보정회로를 사용하여 측정한 소음수준을 dB(A)로 표시한다. 200Hz 이하의 비교적 저주파 성분이 우세하게 나타나는 발파소음의 경우는 항상 dB(L)값이 가장 크게 나타나고, dB(A)값이 가장 작게 나타난다. 발파소음의 측정시 dB(L)값과 dB(A)값과의 차이는 발파소음의 주파수 특성과 발파지점으로 부터의 거리등에 따라 달라지게 되는데, 일반적으로 저주파 성분이 우세하게 나타날수록 차이가 크게 나타나며, 소음이 공기중을 전파할 때, 저주파 성분이 고주파 성분에 비해 상대적으로 감쇠가 적게 일어나 멀리까지 전파하는 특성을 갖고 있으므로 거리가 멀어질수록 dB(A)와 dB(A)의 차이가 크게 나타난다.

2.2.2 발파소음(풍압)의 영향

발파소음(풍압)의 영향

일반적으로 발파진동보다 발파풍압이 구조물에 미치는 영향은 크지 않다. 그러나 구조물 보다 감수성이 예민한 인체의 경우에는 구조물에 영향을 미치지 않는 음압수준에서도 불쾌감을 느낄 수 있으며, 심한 경우에는 고막손상, 청력의 장애 등을 초래하기도 한다.

발파풍압의 영향은 구조물의 경우 창문에 가장 먼저 나타난다. 일본통상성에 의해 실시된 연구결과에 따르면 창문 유리가 파손되기 시작하는 발파풍압은 0.02kg/cm^2 이며, 약 160dB에 해당한다. 다른 연구결과에서는 이 보다 낮은 140dB의 음압수준에서 35,000개의 유리창중에 239개가 깨진 경우를 보여주고 있다.

이와같이 발파풍압의 영향이 일정하지 않은 것은 유리창의 파열이 발파풍압의 세기뿐만아니라 유리창의 크기, 두께, 고정정도에 의해서도 영향을 받기 때문이다. 미국의 광무국에 의해 제시된 시설물 및 구조물에 영향을 미치지 않는 발파풍압의 세기는 129dB~134dB 정도이다.

인체에 대한 발파풍압의 영향을 고려하면 음압의 허용치는 더욱 제한되어야 한다. 일본에서의 연구결과에 의하면 120dB이면 사람들이 고통을 받기 시작해서 150dB에서 고막이 손상된다고 하였으며, Dupont사에서 제안한 인체에 영향을 미치지 않는 음압수준은 115dB 정도라고 하였다. 다음의 표 2-2에는 발파풍압에 따른 구조물과 인체의 반응, 그리고 미 광무국 등에서 제안한 허용기준치가 표시되어 있다.

표 2-15. 음압수준에 따른 인체 및 구조물의 반응

dB	음압(lb/in^2)	
180	3	구조물 손상
170	0.95	대부분의 유리창 깨짐
150	0.095	일부 유리창 깨짐
140	0.030	피해 한계
		미 광무국의 허용한계치
130	9.5×10^{-3}	
		미 광무국의 안전수준
120	3×10^{-3}	고통한계
		불평한계(접시나 창문이 흔들림)
110	9.5×10^{-4}	
70	9.5×10^{-6}	
		일상적인 대화
60	3×10^{-6}	
40	3×10^{-7}	병실
20	3×10^{-8}	속삭임
0	3×10^{-9}	가청한계

일반적으로 발파현장에서 사용되고 있는 발파풍압의 기준은 115dB이며, 미국의 Dupont사에서 제시한 기준으로 볼 때 인체에 영향을 미치지 않는 음압수준이다. 이는 발파풍압으로 인해 접시나 창문이 흔들리기 시작하는 값으로서 이를 초과할 경우 주민들의 불평이 시작된다고 할 수 있다. 따라서 115dB 기준은 주민들이 불평을 호소하지 않는 상한값으로서 매우 엄격한 기준이라고 할 수 있다.

이상에서 제시된 피해사례는 인체의 반응 및 구조물의 반응만을 고려하여 판단된 것으로써 인간보다 소음에 민감한 것으로 알려진 가축에 대해서는 더 심각한 피해가 발생하는 것으로 알려져 있다.

발파소음과 같은 충격성 소음의 크기에 따른 가축의 피해 발생 여부 및 피해 수준에 대해서는 매우 제한적인 실험 연구들이 있었으나, 각 연구의 연구 방법 및 연구 결과가 많은 차이를 보이고 있다.

다음에 제시된 표 2-2는 여러 사례 연구를 통해 축적한 자료를 토대로 국내에서 발표된 소음수준에 따른 가축의 축종별 피해 발생율 내용이다. 인체에는 불쾌감 등의 피해를 발생시키지 않는 소음수준인 60dB(A) 이하에서도 가축의 경우 유-사산, 성장 지연, 번식효율 저하, 폐사율 증가 등의 측면에서 피해가 발생하는 것으로 보고하고 있다.

발파풍압의 생성

발파작업으로 인한 발파풍압의 생성원인은 다음의 4가지와 같다.

① 발파지점에서의 직접적인 암반의 변위로 인한 공기압력파(Air Pressure Pulse)

② 지반진동에 의해 공기로 전달되는 파(Rock Pressure Pulse)

③ 파쇄된 암반의 틈을 통해서 나오는 가스의 분출(Gas Release Pulse)

④ 불완전한 전색에 의해 전색물이 분출되면서 나오는 가스의 분출(Stemming Release Pulse)

발파풍압의 예측

일반적으로 발파에 의한 풍압(음압)을 산출하는 기본식은 아래의 식과 같다.

$$P = k \cdot Wm \cdot Dn \qquad (2.19)$$

여기서, P : 음압 (atm), W : 지발당 장약량(kg), D : 발파지점에서의 직선거리(m), k, m, n : 상수
(고성능 폭약일 경우, k : 3, m : 0.5, n : -1.5)

윗 식으로 산출된 음압의 단위는 atm이므로 아래의 식을 이용하여 dB로 환산한다.

$$dB = 20 \log P + 194 \qquad (2.20)$$

또한 로베르토 폴치에 의한 폭풍압 계산식은 다음과 같다.

$$P = 2.5\ (SD)-1.07 \qquad (2.21)$$

여기서, P : 폭풍압(lb/in2), SD: 환산거리(ft/lb0.5)

표 2-16. 소음수준에 따른 축종별 피해 발생율 기준표

현황 \ dB		50~60	60~70	70~80	80~90	비고
젖소	유생산성저하	5~10%	10~20%	30%이상	40%이상	
	성장지연	0~ 5%	5~10%	10~20%	30%이상	
	유·사산		5~10%	10~20%	30%이상	
	번식효율저하		5~10%	10~20%	30%이상	
	폐사율증가		5~10%	5~10%	10~20%	
한우	유·사산		0~ 5%	5~10%	10~20%	
	번식효율저하		5~10%	10~20%	30%이상	
	성장지연		5~10%	10~20%	30%이상	
	폐사율증가		0~ 5%	5~10%	10~20%	
돼지	유·사산	0~ 5%	5~10%	10~20%	30%이상	
	자돈압사·폐사	0~ 5%	5~10%	10~20%	30%이상	
	산자수감소	0~ 5%	5~10%	10~20%	30%이상	
	번식효율저하		5~10%	10~20%	30%이상	
	성장지연		5~10%	10~20%	30%이상	
	모돈폐사			5~10%	10~20%	
닭	산란율저하	5~10%	5~10%	10~20%	30%이상	기러기, 꿩 등 야생조류는 닭보다 피해율이 높음
	이상란율증가	0~ 5%	5~10%	10~20%	30%이상	
	수정란율저하	0~ 5%	5~10%	10~20%	30%이상	
	폐사율증가		5~10%	10~20%	30%이상	
	성장지연		5~10%	10~20%	30%이상	
개	유·사산		0~ 5%	5~10%	10~20%	인과요인이 번식계절에 가해질 경우임
	자견폐사		0~ 5%	5~10%	10~20%	
	번식효율저하		0~ 5%	5~10%	10~20%	
	성장지연		5~10%	10~20%	30%이상	
	산자수감수		0~ 5%	5~10%	10~20%	
사슴	유·사산		0~10%	10~20%	30%이상	인과요인이 번식계절에 가해질 경우임
	수태율저하		0~ 5%	5~10%	10~20%	
	성장지연		5~10%	10~20%	30%이상	
	녹용생산성저하		0~10%	10~20%	30%이상	
	폐사율증가		0~ 5%	5~10%	10~20%	
염소	쌍자율감소		0~ 5%	5~10%	10~20%	인과요인이 번식계절에 가해질 경우임
	수태율저하		0~ 5%	5~10%	10~20%	
	성장지연		5~10%	5~10%	10~20%	
	폐사율증가			5~10%	10~20%	

2.3 소음·진동의 허용기준

2.3.1 소음 및 진동의 법적 규제기준

1990년 8월 1일 환경법에서 “소음·진동규제법”이 분리하여 제정된 이후, 공장·건설공사장·도로·철도 등으로부터 발생하는 소음 및 진동은 “생활소음 및 생활진동”으로 일괄 규제를 받게 되었다(1997년 10월 22일 개정). 이러한 개정은 소음과 진동이 구조물 보다는 인체에 미치는 영향에 더욱 중점을 두고자 하는 것으로 해석된다. 소음·진동규제법에 의한 생활소음 규제기준 및 생활진동 규제기준은 표 2-17, 2-18와 같다.

표 2-17. 생활소음 규제기준(2010.06.30 개정)

(단위 : dB(A))

대상 지역	시간대별 / 소음원		아침, 저녁 (05:00~07:00, 18:00~22:00)	주간 (07:00~18:00)	야간 (22:00~05:00)
가. 주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구·주거개발진흥지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 그 밖의 지역에 소재한 학교·종합병원·공공도서관	확성기	옥외설치	60 이하	65 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	50 이하	55 이하	45 이하
	공 장		50 이하	55 이하	45 이하
	사업장	동일 건물	45 이하	50 이하	40 이하
		기 타	50 이하	55 이하	45 이하
	공사장		60 이하	65 이하	50 이하
나. 그 밖의 지역	확성기	옥외설치	65 이하	70 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	60 이하	65 이하	55 이하
	공 장		60 이하	65 이하	55 이하
	사업장	동일 건물	50 이하	55 이하	45 이하
		기 타	60 이하	65 이하	55 이하
	공사장		65 이하	70 이하	50 이하

비고 : 5. 발파소음의 경우 주간에만 규제기준치(광산의 경우 사업장 규제기준)에 +10dB을 보정한다.

표 2-18. 생활진동규제기준

(단위 : dB(V))

시간별 / 대상 지역	주 간 (06:00~22:00)	심 야 (22:00~06:00)
가. 주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구·주거개발진흥지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 그 밖의 지역에 소재한 학교·종합병원·공공도서관	65 이하	60 이하
나. 그 밖의 지역	70 이하	65 이하

비고 : 5. 발파진동의 경우 주간에만 규제기준치에 +10dB을 보정한다.

2.3.2 외국의 허용기준(구조물)

미국

미국의 경우는 발파진동에 대한 연구가 주로 미광무국을 중심으로 이루어졌는데, 1971년에 미광무국에서는 자체의 많은 연구결과와 여러 다른 연구자들의 연구결과를 통계적인 방법을 도입하여 발파진동과 지상구조물의 피해와의 상관관계를 해석하였다. 이 결과에 의하면 지상구조물의 피해를 진동변위로 나타내는 것보다 진동속도로 나타내는 것이 주파수의 영향을 거의 받지 않아 결국 피해의 정도는 진동속도를 기준으로 하는 것이 적합한 것으로 보고하고 있으며, 결론적으로 최대진동속도 5.0cm/sec를 안전한계(damage criterion)로 제시하였다.

이후 5.0cm/sec의 기준치는 상당히 광범위하게 적용되어 왔다. 그러나 Siskind 등은 1980년에 발표한 미광무국의 보고서에서 구조물의 응답에 대한 주파수의 영향을 고려하여, 주파수 40Hz를 기준으로 40Hz 이상의 주파수를 갖는 발파진동에 대해서는 5cm/sec를 허용치로 적용할 수 있으나, 40Hz 이하의 저주파수를 갖는 발파진동에서는 1.25cm/sec의 수준으로 허용기준치를 낮추어야 한다고 보고하고 있다.

미국의 내무부 노천광업청(Office of Surface Mining)은 노천 석탄채광작업에 대한 안전기준으로 미광무국과 유사한 기준을 제안하고 있는데, 30 Hz로 주파수 경계를 낮춘 것이 주된 차이이다.

독 일

표 2-19는 독일 DIN의 진동속도 허용치를 나타내고 있는데, 진동주파수가 10~50Hz 일때 주택 및 주거빌딩에 대해서는 진동속도를 0.5~1.5 cm/sec 로 규제하고 있으며, 상업용 또는 공업용 빌딩의 경우는 2.0~4.0 cm/sec, 유적이나 고적의 경우는 0.3~0.8 cm/sec 까지 제한하고 있다.

표 2-19. 독일의 허용진동치 (DIN 4150-Part 3)

건축물의 종류	최대허용진동속도(mm/s)			
	건축물의 기초			꼭대기층의 바닥면
	〈 10Hz	10-50Hz	50-100Hz	모든 진동수
상업용, 공업용 빌딩	20	20-40	40-50	40
주택, 주거빌딩	5	5-15	15-20	18
유적이나 고적	3	3-8	8-10	8

기 타

일본의 경우는 각 현마다 그 기준치가 다르나 일반적으로 인구가 밀집된 지역에서는 발파진동치가 0.2 cm/sec를 넘지 못하도록 규제하고 있고 특히 야간에는 그 규제치가 더욱 엄격하다. 이렇게 너무 엄격한 규제는 일본의 경우 지질특성이 표토가 두꺼워 도심부근에서의 발파작업이 거의 필요가 없는데다 구조물에 대한 피해보다는 인체의 반응에 기초한 규제로 볼 수 있다.

스위스의 경우 표 2-20에 나타난 바와 같이 건물 및 기타구조물을 종류에 따라 4단계로 나눈 후 각각에 대해 작업빈도와 진동주파수에 따른 허용기준치를 제시하고 있다. 주파수 10~60 Hz 범위에서 학교, 병원, 교회등의 건물이나 터널내부의 구조물이나 수조 등에 대한 발파진동 허용한계값으로 작업빈도가 1,000~100,000 일 경우 8mm/sec를 제시하고 있으며, 같은 주파수 범위와 작업빈도에서 지반내의 송배수 파이프나 가스관 등에 대한 발파진동 허용한계값으로는 16mm/sec(분류 3에 제시된 허용한계값의 2배)가 제시되어 있다.

표 2-20. 스위스의 허용진동치 (SN 640 312 Norm)

a) 건물 및 구조물의 4단계분류

분 류	건 물	기 타
1		보강콘크리트나 철근으로 만들어진 다리, 암반내의 터널 등
2	보강콘크리트나 철근구조의 빌딩, 공장 굴뚝, 송신탑 등	지반내의 송배수 파이프, 가스관 등
3	학교, 병원, 교회 등	터널내부의 구조물, 수조 등
4	치장 건물, 재건축된 건물, 사적물	오래된 납케이블 또는 철근파이프

b) 4단계 분류형태에 따른 허용진동속도

분 류	작업빈도	최대진동속도(벡터합, mm/s)		
1		3 경우의 3배		
2		3 경우의 2배		
3	때때로 (〈1,000) 종종 (1,000-100,000) 영구적 (〉〉100,000)	〈 30Hz 15 6 3	30 - 60Hz 20 8 4	〉 60Hz 30 12 6
4		3경우와 3경우의 1/2수준 사이에서 결정		

Esteves(1978)등에 의해 제안된 연구결과는 표 2-21 과 같이 나타난다. 이것은 지반조건과 탄성파(P파) 속도를 고려하여 진동의 허용한계를 제안한 것으로서, 지반조건이 좋지 못한 경우 유적이나 병원등 진동의 영향을 많이 받는 건물에서는 0.25 cm/sec 로 매우 엄격하게 규제하고 있으며, 지반이 결집력있는 토양이나 암석으로 이루어져 있는 경우는 통상적인 건물에 대하여 2.0 cm/sec 를 허용한계로 보고 있다.

표 2-21. 허용진동치(Esteves,1978)

지반 조건 / 건축물종류	허용진동치 (vector sum peak particle velocity)		
	결집력이 없는 토양 및 자갈의 혼합	어느 정도 결집력이 있는 토양, 균일하고 높은 등급의 모래	결집력이 있는 토양, 암석
	P 〈 1000 cm/sec	P = 1000-2000 cm/sec	P 〉 2000 cm/sec
유적, 병원, 매우 높은 빌딩	0.25 cm/sec	0.5 cm/sec	1.0 cm/sec
통상적인 건물	0.5 cm/sec	1.0 cm/sec	2.0 cm/sec
철근콘크리트, 내진구조물	1.5 cm/sec	3.0 cm/sec	6.0 cm/sec

최근에 이르러 세계 각국에서는 허용기준을 보다 엄격하게 적용하는 경향이 높다. 오스트리아에서는 5 Hz이상의 진동에 대하여 진동속도 성분의 벡터합이 1.9 cm/sec 를 넘지 않도록 하고 있으며, 영국에서는 인구조밀 지역의 터널발파시에는 1.0 cm/sec, 인구가 드문 지역에서의 터널발파시에는 2.5 cm/sec 로 진동의 허용기준치를 두고 있다. 또한 주파수 12 Hz 이하인 노천 석탄광 발파에 대해서는 진동속도 1.2 cm/sec 의 허용기준을 채택하고 있다.

2.3.3 국내의 규제기준(인체 및 구조물)

국내의 통상적인 허용기준치

표 2-22. 국내의 통상적인 발파진동 허용기준치

구 분	유적, 문화재, 컴퓨터시설물	주택, 아파트	상가	철근콘크리트 건물 및 공장
진동치 (cm/s)	0.2	0.3~0.5	1.0	1.0~5.0

터널표준시방서(2009)

표 2-23. 터널표준시방서(2009년) 발파진동 허용기준치

건물구분	문화재 및 진동예민 구조물	조적식 (벽돌, 설재 등) 벽체와 목재로 된 천장을 가진 구조물	지하기초와 콘크리트 슬래브를 갖는 조적식 건물	철근콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 중소형 건축물	철근콘크리트 또는 철골골조 및 슬래브를 갖는 대형건물
최대입자속도 (cm/sec)	0.2~0.3	1.0	2.0	3.0	5.0

국내 기관별 허용기준치

표 2-24. 국내 기관별 발파진동 허용기준치 (cm/sec)

구분	국토해양부 (도로공사 노천발파 설계·시공지침, 2006)		대한주택공사 (발파공해저감 기법, 1997)		한국토지공사 (암발파설계기법, 1996)		서울시 및 부산시 지하철공사	
지장물의 분류	가축	0.1	문화재	0.2	문화재	0.2	문화재	0.2
	문화재	0.2	주택, APT	0.5	결함있는 빌딩, 균열이 있는 주택	30Hz 이상 : 0.5 30Hz 이하 : 0.4	주택, 아파트	0.5
	주택, 아파트	0.3~0.5						
	철근콘크리트 및 공장	1.0~5.0	상가	1.0	결함이 없는 건물	1.0(30Hz 이상) 0.8(30Hz 이하)	상가	1.0
			RC건물 및 공장	1.0~4.0	RC 및 공장	1~4(30Hz 이상) 0.8~2(30Hz 이하)	RC건물 및 공장	1.0~4.0

건축물에 대한 허용기준치

표 2-25. 건축물에 대한 발파진동 허용기준(환경분쟁조정위원회, 한국자원연구소)

단위 : 진동속도, ㎝/s

건전도 등급[1]	주파수대역 / 대상 건축물	〈 10 Hz	10~40 Hz	40~100 Hz	〉100 Hz
Ⅰ	철근콘크리트조 건물	1.5	1.5~4.5	4.5~5.0	5.0
Ⅱ	콘크리트, 벽돌조 건물	1.0	1.0~2.5	2.5~3.0	3.0
Ⅲ	조적조 시멘트 블록조 건물	0.5	0.5~1.5	1.5~2.0	2.0
Ⅳ	Ⅲ의 건물을 개축한 건물. 역사적 보호건물	0.25	0.25~0.75	0.75~1.0	1.0

주1. 건전도는 건축물의 종류와 상태의 양호함을 의미하며 전문가의 평가를 요함
주2. 건축물의 기초 또는 폭원 방향 지반의 진동속도

인체에 대한 권고기준

표 2-26. 인체에 대한 권고기준(환경분쟁조정위원회, 한국자원연구소)

장 소	시간[1]	제안기준[2]		ISO 기준	
		dB(V)	cm/s	dB(V)	cm/s
병원,수술실,정밀연구소 등 특수작업장	주/야	54	0.01	54	0.01
주거·녹지 지역, 운동·휴양 지역, 자연환경 보전지역,학교·병원·공공 도서관의 부지 경계선에서 50m이내의 지역 등[3]	주간	85	0.4	83-93	0.3-0.9
	야간	60	0.02	57-80	0.01-0.2
상업·공업지역, 농림·준 농림지역, 미고시 지역 등[4]	주간	90	0.6	90-96	0.6-1.28
	야간	60	0.02		

주1. 주간(06:00-22:00), 야간(22:00-06:00)
주2. ISO의 충격진동에 대한 빌딩 내 인체의 기준에 상응하며 진동속도는 ISO 수치를 채택함
주3. ISO의 거주지 항목에 상응함
주4. ISO의 사무실, 공장 항목에 상응함

법원판례

발파공사로 주민들의 건물에 균열이 생긴 점이 인정된다" 며 공사는 계속하되 발파진동 속도 및 소음은 다음을 넘지 않는 한도에서 발파작업을 실시하라" 고 판결하였다.

표 2-27. 법원판례(서울민자지법 합의 50부 판례, 1995년)

분 류	진동	소음		비고
		주간	심야	
판 례	0.3㎝/sec	80(dB(A)	65(dB(A)	

환경분쟁조정위원회 조정사례

표 2-28. 중앙환경분쟁조정위원회 조정사례

분 류	구조물	가축	비 고
판 례	0.3㎝/sec	0.09	

환경피해 구제기준(2006)

표 2-29. 환경피해 구제기준(중앙환경분쟁조정위원회, 2006년)

분류	인체	건물	가축	비 고
진동	86dB(V)	0.2~2.0㎝/sec	-	건축물의 구조, 노후화 정도 등에 따라 다름
소음		-	60 dB(A)	

환경분쟁 피해배상액 산정기준(2008)

표 2-30. 환경분쟁 피해배상액 산정기준 조정·보완시행(2008년)

분 류	내 용
소음기준 신설 및 강화	• 건설공사장(발파)소음 기준 신설 : 80dB(A) • '09년부터 건설공사장(건설기계 및 발파) 소음기준 강화(예고) - 건설기계 70→65 dB(A), 발파 80→75 dB(A)
진동(공사장) 기준 강화	• 연속진동 73→65 dB(V), 충격진동(발파) 86→75 dB(V)
가축피해 인정기준 강화	• 소음 70→60 dB(A), 진동 57dB(V) 신설

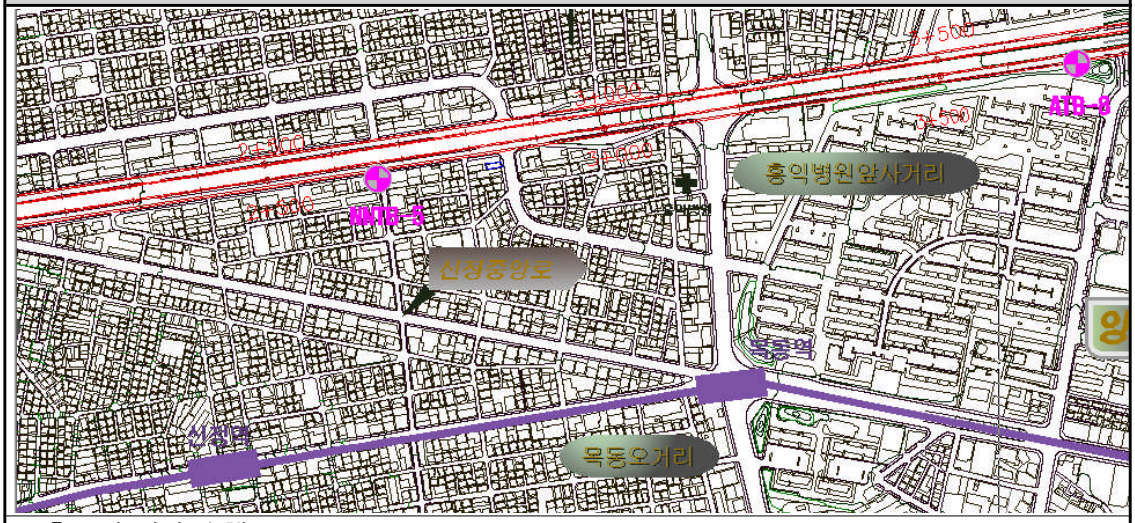
제3장 시추공시험발파 및 결과 분석

3.1 시험발파 개요

발파진동의 전파 특성을 파악하기 위해 시추공 시험발파가 이루어 졌다.

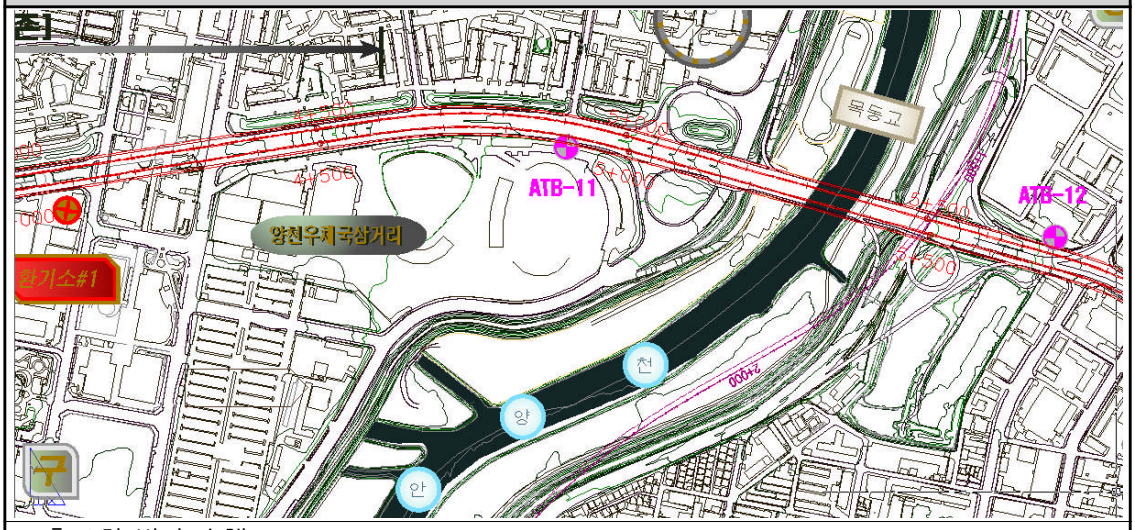
NNTB-5

표 3-1. NNTB-5 시험발파 위치

시험발파 위치

– 총 5회 발파 수행 – 장약량 : 0.25~0.375kg

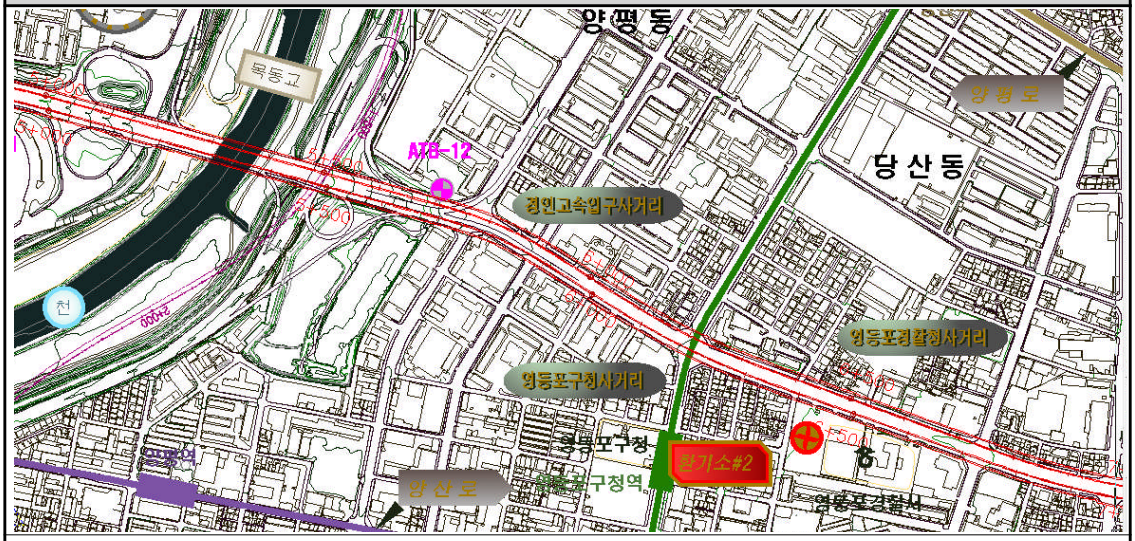
ATB-11

표 3-2. ATB-11 시험발파 위치

시험발파 위치

– 총 3회 발파 수행 – 장약량 : 0.25~0.375kg

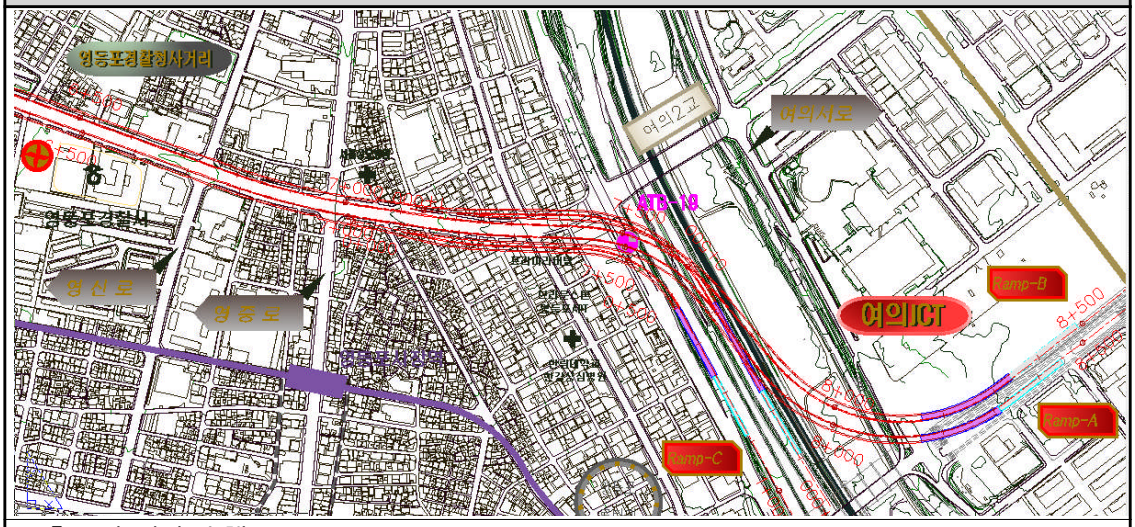
ATB-12

표 3-3. ATB-12 시험발파 위치

시험발파 위치

– 총 1회 발파 수행 – 장약량 : 0.125

ATB-19

표 3-4. ATB-19 시험발파 위치

시험발파 위치

– 총 2회 발파 수행 – 장약량 : 0.375~0.5kg

시험발파 작업 과정

1) NNTB – 5



① 시추공 확인	② 전폭약포 제작	③ 장약
④ 결선	⑤ 발파	⑥ 계측기 설치

그림 3-1. NNTB-5 시험발파 작업 과정

2) ATB – 11



① 시추공 확인	② 전폭약포 제작	③ 장약
④ 결선	⑤ 발파	⑥ 계측기 설치

그림 3-2. ATB-11 시험발파 작업 과정

3) ATB – 12



① 전폭약포 제작 | ② 장약 | ③ 결선

④ 시추공방호 | ⑤ 발파 | ⑥ 계측기 설치

그림 3-3. ATB-12 시험발파 작업 과정

4) ATB – 19



① 시추공 확인 | ② 전폭약포 제작 | ③ 장약

④ 결선 | ⑤ 발파 | ⑥ 계측기 설치

그림 3-4. ATB-19 시험발파 작업 과정

사용화약류 특성

도심지 발파설계시 많이 적용되고 있는 종류의 폭약이며, 내수성이 우수하여야 하며, 기타 외부 압력에 의해 불폭 현상이 발생하지 않는 전폭성이 우수한 폭약을 선정하였다.

표 3-5. 시험발파에 사용된 폭약 특성

구분	형태	규격	폭속 (m/sec)	가비중 (g/cc)	폭발열 (kcal/kg)	가스량 (ℓ /kg)	내수성	비고	사용화약
폭약	에멀젼 폭약	ø32×295mm 250g/EA	5,700	1.1~1.2	880	950	매우 우수	지포장	
뇌관	전기 뇌관	Hideto #0(순발), LP4, LP8, LP11, LP13							

측정장비 제원

발파진동 및 소음을 측정하기 위하여 국내에서 진동 및 소음계측의 정확도를 인정받고 있고 가장 널리 사용되고 있는 캐나다 Instantel사의 Blastmate Ⅱ(DS477) 4대, Ⅲ(DS677) 5대를 사용하여 계측을 수행하였다.

표 3-6. 시험발파에 사용된 발파진동 및 소음 계측기

구 분		내 용	사 진
Blastmate Ⅱ, Ⅲ (캐나다, Instantel 사)	진동 측정범위	• 0.0159~254mm/sec • 0.01~30g • 1024 samples/sec	
	측정성분 및 주파수	• 수직, 수평, 접선 성분 • 1.5~250Hz	
	소음측정	• dB(A) : 55~110dB • dB(L) : 88~142dB	

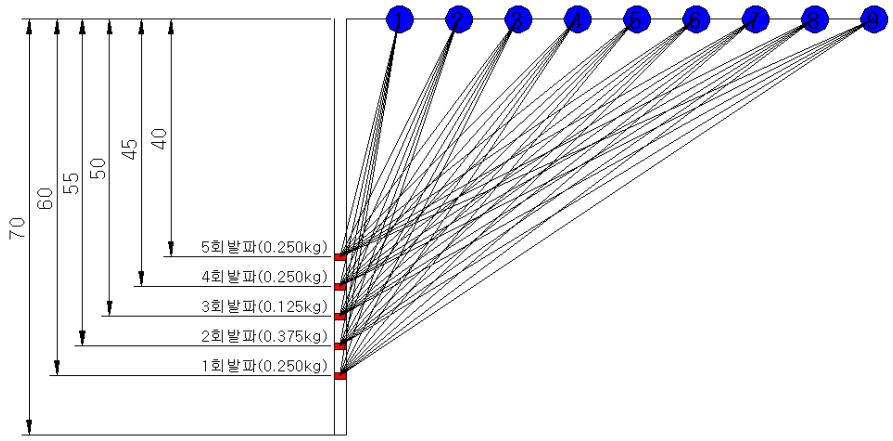
3.2 시험발파 결과

NNTB-5

총 5회 발파를 수행 하였고, 계측결과는 다음 표 3-7과 같다.

표 3-7. NNTB-5 계측기 설치도 및 진동•소음 측정결과

시추공 : NNTB-5



일련 변호	계측기 SN. (Blastmate)	발파 횟수	장약량 (kg)	사거리 (m)	PPV(mm/sec)			소음 (dB(A))
					Tran	Vert	Long	
1	2970	1	0.25	61	0.238	1.200	0.381	72
		2	0.375	56	0.111	1.360	0.444	66.7
		3	0.125	51	0.111	0.689	0.206	64.9
		4	0.25	46	0.127	0.663	0.175	62.8
		5	0.25	41	0.159	1.480	0.429	69.3
2	13887	1	0.25	63	0.143	1.130	0.508	67.8
		2	0.375	59	0.127	1.320	0.492	69.7
		3	0.125	54	0.175	0.622	0.159	68.5
		4	0.25	49	0.143	0.548	0.222	64.7
		5	0.25	45	–	–	–	–
3	18818	1	0.25	67	0.127	0.841	0.46	64.4
		2	0.375	63	0.19	0.970	0.397	68.5
		3	0.125	58	0.143	0.500	0.286	66.9
		4	0.25	54	0.143	0.411	0.19	64.9
		5	0.25	50	0.143	0.689	0.19	67.8
4	3232	1	0.25	72	0.127	0.622	0.206	67.4
		2	0.375	68	0.143	0.741	0.222	72.9
		3	0.125	64	0.0794	0.430	0.0952	61.9
		4	0.25	60	0.111	0.433	0.127	62.2
		5	0.25	57	0.127	0.722	0.286	65.3

표 3-7. NNTB-5 계측기 설치도 및 진동•소음 측정결과(계속)

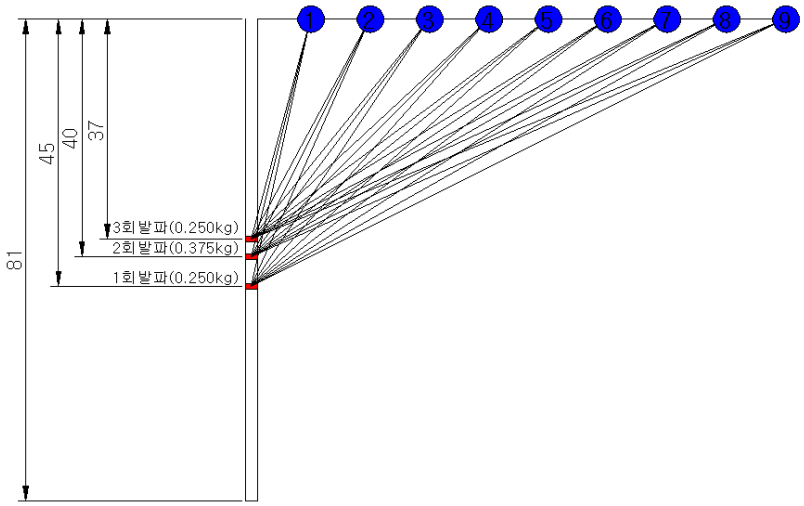
일련 변호	계측기 SN. (Blastmate)	발파 횟수	장약량 (kg)	사거리 (m)	PPV(mm/sec)			소음 (dB(A))
					Tran	Vert	Long	
5	3267	1	0.25	78	0.0952	0.481	0.222	64.9
		2	0.375	74	–	–	–	–
		3	0.125	71	0.0635	0.300	0.143	61.3
		4	0.25	67	0.0476	0.217	0.111	58.6
		5	0.25	64	–	–	–	–
6	13886	1	0.25	85	0..111	0.489	0.206	69
		2	0.375	81	0.127	0.559	0.333	72.3
		3	0.125	78	0.0635	0.276	0.111	58.3
		4	0.25	75	0.0476	0.206	0.0952	57.3
		5	0.25	72	0.0635	0.359	0.175	63.4
7	18819	1	0.25	92	0.143	0.422	0.159	66.2
		2	0.375	89	0.159	0.481	0.19	62
		3	0.125	86	0.0476	0.253	0.111	57.7
		4	0.25	83	0.0635	0.253	0.0794	62
		5	0.25	81	0.0952	0.353	0.143	58.4
8	12276	1	0.25	100	–	–	–	–
		2	0.375	97	0.111	0.393	0.0794	64.5
		3	0.125	94	0.0476	0.259	0.0952	61.1
		4	0.25	92	0.0635	0.206	0.111	60.9
		5	0.25	89	0.0794	0.259	0.111	59.4
9	3577	1	0.25	108	0.0635	0.212	0.0794	55.6
		2	0.375	105	0.0952	0.270	0.0952	58.2
		3	0.125	103	0.0476	0.129	0.0476	54.9
		4	0.25	101	0.0476	0.182	0.0476	54.2
		5	0.25	98	0.111	0.389	0.206	65.3

ATB-11

총 3회 발파를 수행 하였고, 계측결과는 다음 표 3-8과 같다.

표 3-8. ATB-11 계측기 설치도 및 진동•소음 측정결과

시추공 : ATB-11



일련 변호	계측기 SN. (Blastmate)	발파 횟수	장약량 (kg)	사거리 (m)	PPV(mm/sec)			소음 (dB(A))
					Tran	Vert	Long	
1	12276	1	0.25	46	–	–	–	
		2	0.375	41	–	–	–	
		3	0.25	38	–	–	–	
2	13887	1	0.25	49	–	–	–	
		2	0.375	45	–	–	–	
		3	0.25	42	–	–	–	
3	18818	1	0.25	54	0.27	1.430	0.381	77
		2	0.375	50	0.175	1.830	0.587	72.4
		3	0.25	48	0.175	1.130	0.46	72
4	18819	1	0.25	60	0.175	1.430	0.413	67.9
		2	0.375	57	0.206	1.670	0.365	68.2
		3	0.25	54	0.19	1.030	0.381	69
5	13886	1	0.25	67	0.27	1.550	0.333	71.3
		2	0.375	64	0.333	1.810	0.317	72.9
		3	0.25	62	0.222	1.050	0.317	72.1
6	3577	1	0.25	75	0.0952	0.611	0.286	63.9
		2	0.375	72	0.175	0.719	0.238	69.3
		3	0.25	70	0.127	0.400	0.159	62.9

ATB-12

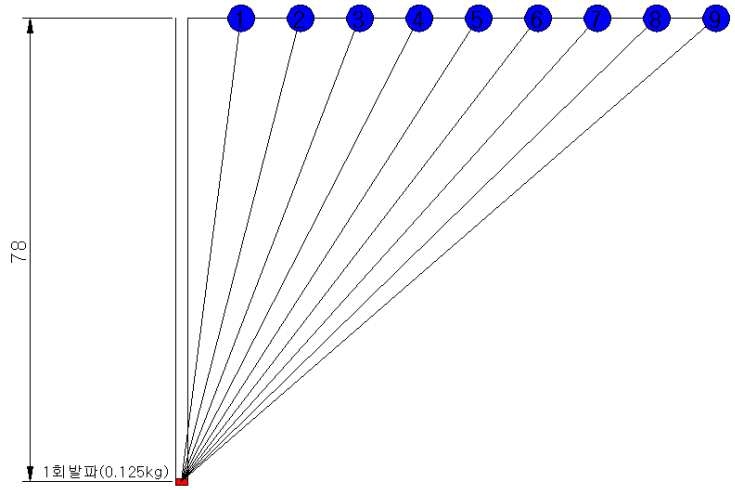
총 1회 발파를 수행 하였고, 계측결과는 다음 표 3-9와 같다.

심도 78m에서 0.125kg의 소량의 폭약량으로 1회의 발파를 수행하였으나, 모든 계측기에서 계측값이 측정되지 않았고, 이후 공벽이 붕괴되어 추가 발파를 수행하지 못하였다.

이는 소량의 폭약량과 확인할 수는 없지만 지중에 매설되어 있는 장애물의 영향인 것으로 추측된다.

표 3-9. ATB-12 계측기 설치도 및 진동•소음 측정결과

시추공 : ATB-12



일련 변호	계측기 SN. (Blastmate)	발파 횟수	장약량 (kg)	사거리 (m)	PPV(mm/sec)			소음 (dB(A))
					Tran	Vert	Long	
1	13886	1	0.125	79	–	–	–	–
2	13887	1	0.125	81	–	–	–	–
3	12276	1	0.125	84	–	–	–	–
4	2970	1	0.125	88	–	–	–	–
5	3632	1	0.125	93	–	–	–	–
6	3577	1	0.125	98	–	–	–	–
7	3267	1	0.125	105	–	–	–	–

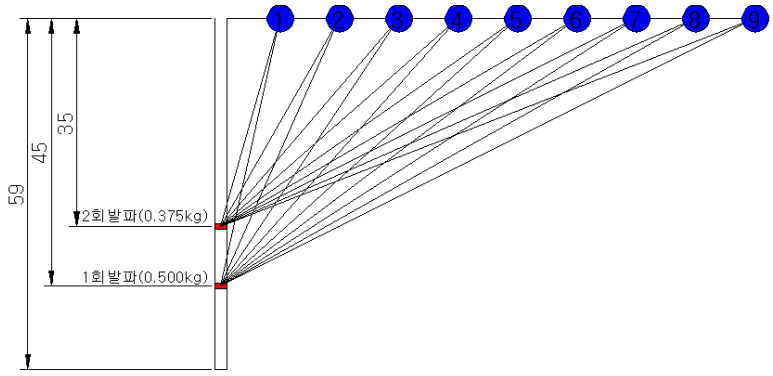
ATB-19

총 2회 발파를 수행 하였고, 계측결과는 다음 표 3-10과 같다.

총 2회의 발파를 수행하였으나, 2회 발파시의 계측 데이터는 측정되지 않았으며 2회 발파후 공벽이 붕괴되어 추가 발파를 수행하지 못하였다.

표 3-10. ATB-19 계측기 설치도 및 진동•소음 측정결과

시추공 : ATB-19



일련 변호	계측기 SN. (Blastmate)	발파 횟수	장약량 (kg)	사거리 (m)	PPV(mm/sec)			소음 (dB(A))
					Tran	Vert	Long	
1	13886	1	0.5	46	0.333	2.530	0.603	71.3
		2	0.375	36	–	–	–	–
2	13887	1	0.5	49	0.127	0.681	0.333	61.7
		2	0.375	40	–	–	–	–
3	12276	1	0.5	54	0.175	0.989	0.333	69.1
		2	0.375	46	–	–	–	–
4	2970	1	0.5	60	0.111	0.722	0.349	64.7
		2	0.375	53	–	–	–	–
5	3577	1	0.5	67	0.159	0.659	0.143	64.3
		2	0.375	61	–	–	–	–
6	3267	1	0.5	75	0.095	0.247	0.095	61.4
		2	0.375	69	–	–	–	–
7	3632	1	0.5	83	0.048	0.194	0.048	52.8
		2	0.375	78	–	–	–	–

3.3 발파진동 회귀분석 결과

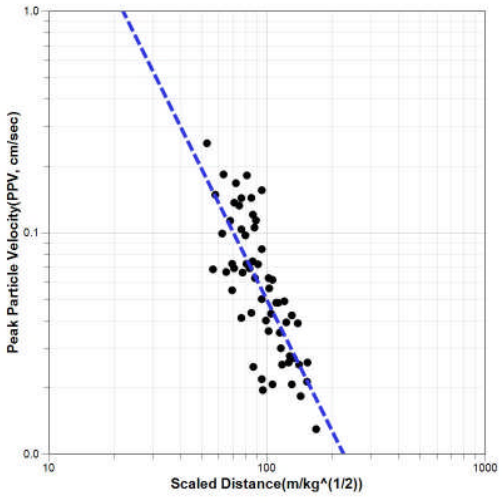
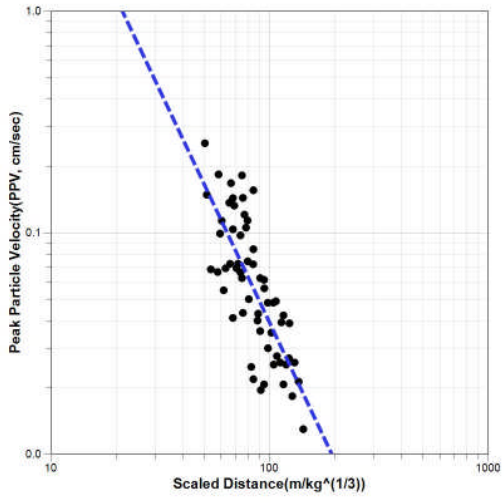
회귀분석

총 4개소에서 11회의 발파를 수행하였으나, NNTB-5를 제외하고는 회귀분석 수행을 위한 30개 이상의 충분한 데이터를 확보하지 못하였다.

따라서, 각 시추공별 진동식을 각각 도출하는 것보다 획득된 전체 계측자료를 활용하여 과업구간의 전체를 대표할 수 있는 1개의 발파진동 추정식을 도출하는 것이 통계처리 특성상 충분한 계측자료수(60개 데이터)에 의한 발파진동식의 신뢰성을 향상 시킬수 있을 것으로 사료되므로 전체 계측자료를 통합한 발파진동식을 도출하였다.

발파진동식은 진동속도(PPV)에 대해 추정하였다. 발파진동의 회귀분석 결과는 표 3-11과 같다. 회귀분석 결과 자승근, 삼승근 모두 0.76으로 비교적 높은 상관계수를 보이고 있다.

표 3-11. 발파진동의 회귀분석 결과

발파진동 추정식	
자승근	삼승근
$V_{50\%} = 446.8(\frac{D}{\sqrt{W}})^{-1.98}$ R = 0.76	$V_{50\%} = 588.3(\frac{D}{\sqrt[3]{W}})^{-2.09}$ R = 0.76
	

이상의 회귀분석 결과를 이용하여 거리와 허용진동속도에 따른 지발당 최대 허용장약량을 계산하였다(표 3-12).

표 3-12. 허용진동속도에 다른 지발당 최대 허용장약량

(단위 : kg)

진동속도 / 이격거리(m)	0.3㎝/s 기준		0.5㎝/s 기준	
	제곱근	삼승근	제곱근	삼승근
10	0.06	0.02	0.10	0.04
15	0.14	0.06	0.23	0.13
20	0.25	0.15	0.41	0.31
25	0.39	0.29	0.65	0.60
30	0.56	0.50	0.93	1.04
35	0.76	0.80	1.27	1.66
40	0.99	1.19	1.66	2.47
45	1.25	1.69	2.10	3.52
50	1.54	2.32	2.59	4.83
55	1.87	3.09	3.13	6.43
60	2.22	4.01	3.73	8.35
65	2.61	5.10	4.38	10.62
70	3.03	6.36	5.08	13.26
75	3.48	7.83	5.83	16.31
80	3.96	9.50	6.63	19.79
85	4.47	11.40	7.49	23.74
90	5.01	13.53	8.39	28.18
95	5.58	15.91	9.35	33.15
100	6.18	18.55	10.36	38.66
105	6.81	21.48	11.42	44.75
110	7.48	24.70	12.54	51.46
115	8.17	28.22	13.70	58.80
120	8.90	32.06	14.92	66.81

※ 표안에 수치가 진하게 된 부분은 자승근식과 삼승근식에서 안전율이 높은 부분으로 해석되었다.

기본설계 발파진동식 비교

기본설계시 적용된 시험발파에 의한 발파진동식은 자승근식을 적용하였다. 표 3-12와 같이 실시설계시 산출된 발파진동식의 자승근과 삼승근의 허용장약량을 비교해 보면 30m 정도에서 자승근의 안전율이 더 높은 것을 확인 할 수 있다. 본 과업구간의 터널이 대부분 30m 이상의 심도에 위치함을 고려하면 자승근식의 적용은 문제가 없을 것으로 판단된다.

따라서, 기본설계 적용된 자승근식과 실시설계시 산정된 자승근식을 비교 하였다.

표 3-13 발파진동의 회귀분석 결과

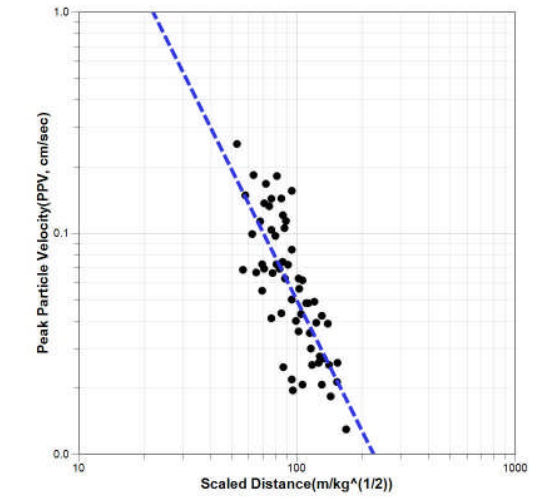
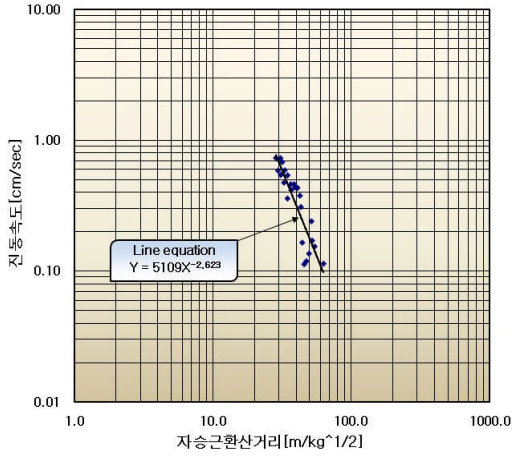
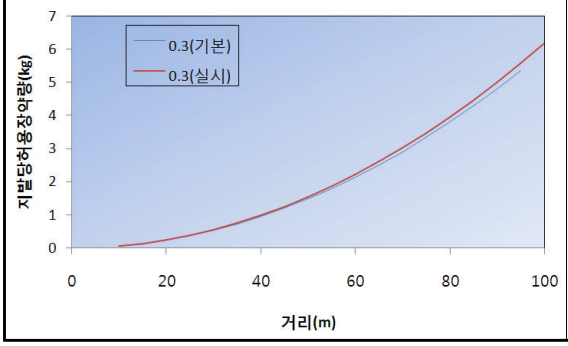
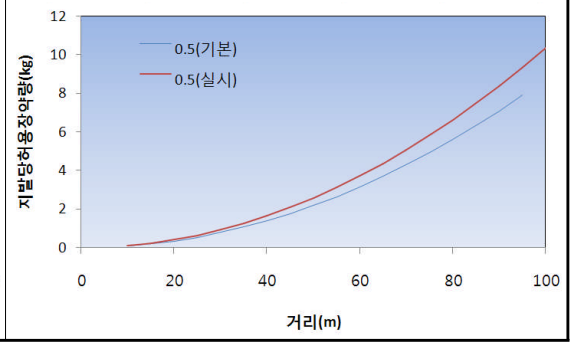
발파진동 추정식	
기본설계 적용식(자승근)	실시설계 산출식(자승근)
$V = 446.8(\frac{D}{\sqrt{W}})^{-1.98}$	$V = 5109(\frac{D}{\sqrt{W}})^{-2.623}$
	

표 3-14. 기본설계 적용식 비교검토 결과

허용기준치별 허용장약량 비교	
허용기준치 0.3cm/sec	허용기준치 0.5cm/sec
	

실시설계시 산정된 발파진동식에 의한 지발당허용장약량은 기본설계시 적용된 시험발파에 의한 발파진동식에 의한 지발당허용장약량 보다 약간 상회하는 것으로 검토되었다.

제6장 물리탐사 및 검층

6.1 고출력전기비저항탐사
6.2 상시미진동탄성파탐사
6.3 MASW탐사
6.4 탄성파토모그래피
6.5 GPR탐사
6.6 시추공영상촬영
6.7 초음파주사검층
6.8 하향식탄성파탐사
6.9 S-PS검층
6.10 공내밀도검층

6.1 고출력전기비저항탐사

고출력 전기비저항탐사

1. 서 론

전기비저항 탐사는 두 개의 전류전극을 통해 지하매질에 전류를 흘려보내 준 후, 지하매질의 전기비저항에 의해 형성된 전위분포를 두 개의 전위전극을 통해 측정하여 지하 매질의 전기비저항 단면을 구하는 물리탐사 방법이다. 전기비저항 탐사는 다른 물리탐사에 비해 탐사가 용이하며, 시추 조사와 같이 특정 지점에 대한 정보뿐만 아니라 측선 전 구간에 대한 전기비저항 단면을 제공해 주고, 전극 간격 조절을 통해 수백m에 달하는 지하 매질에 대한 정보를 줄 수 있다.

전기비저항 탐사는 광물 및 지하자원 조사, 지하수 및 지질 조사 등에 널리 사용되어 왔으며, 최근 들어서는 각종 터널과 댐, 교량 등과 같은 대규모 구조물 등에 대한 조사와 핵폐기물 처리장 후보지 선정, 오염물질 분포 현황 및 확산 경로 추정 등 환경 문제에도 널리 적용되고 있다.

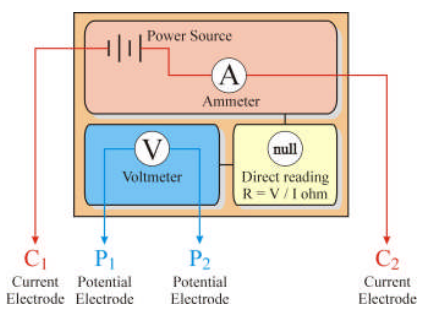
도로 및 철도 터널 등에 대한 지반조사의 일환으로 시행되는 전기비저항 탐사는 터널 전 구간에 대한 탐사를 통해 터널이 지나가는 매질의 전기비저항 값을 구하여 지보형식 결정에 크게 기여하고 있으며, 터널 심도가 낮은 터널 입·출구부에서는 전극간격을 작게 하여 보다 정밀한 전기비저항 분포단면을 획득함으로써 정확한 저비저항 이상대의 분포양상 및 지질경계면을 찾고 있다. 이외에도 터널 입·출구부 및 지질구조가 예상되는 지역에 대한 횡단탐사를 통해서 저비저항 이상대의 2차원적인 분포양상을 탐지할 수 있으며, 지질경계면의 발달 방향에 대한 정보까지 획득하고 있다.

2. 조사 목적 및 내용

(1) 조사 목적

본 조사에서는 기존 경인고속도로의 확장을 위해 신월IC부근에서 여의도까지의 예정 부지를 대상으로 지층의 전기 비저항치를 이용한 연속적인 탐사를 통하여 암반의 상태 및 주요 이상대와 연약대의 분포 양상을 파악하여, 결과를 토대로 구조대, 연약대 등을 파악하여 설계의 기초자료를 제공하고자 한다.

(2) 탐사 장비 및 해석 Software

Terrameter LS(ABEM, Sweden) –고출력 전기비저항 탐사기	탐사 장비 개략도	해석 Software
		– DIPRO for Windows V.4.0 (자원연구소) – RES2DINV (Malaysia)

(3) 탐사 측선 적용 현황

가. 대안노선 종단 측선

위 치	STA.	연 장(m)	배열방법	전극 간격(m)	비 고
인천 방향	0+000~8+500	8,500	Modified dipole-dipole	10	

(4) 고출력 탐사 적용

본 탐사 구간은 해상 구간으로서 다음과 같은 방법을 사용하여 신호의 신뢰도를 향상시켰다.

① 고출력 전탐기 사용

본 탐사에서는 기존 탐사기의 2.5~5배의 최대출력을 낼 수 있는 고출력 전탐기를 사용하여 잡음에 비해 신호의 양을 그만큼 증가시킴으로써 S/N 비를 높여 양질의 자료를 획득하였다.

② 측정시간 증가

고출력 전탐기의 경우 측정시간을 30초까지 증가시킬 수 있으며, 측정시간을 10배 이상 증가시킨 만큼 신호의 양을 증가시켜 전기적 잡음의 영향을 최소화 하여 보다 양질의 데이터를 획득하였다.

③ Roll-along 방식 수행

본 전기비저항 탐사에서는 Modified dipole-dipole 배열을 사용하였으며 가탐심도와 자료의 해상도를 고려하여 1측선 당 24개의 전극을 10m간격으로 수행하였으며, 측선의 이동시 자료의 높은 수평 coverage를 위하여 roll-along 방식을 따라 수행하였다.

3. 탐사 원리 및 방법

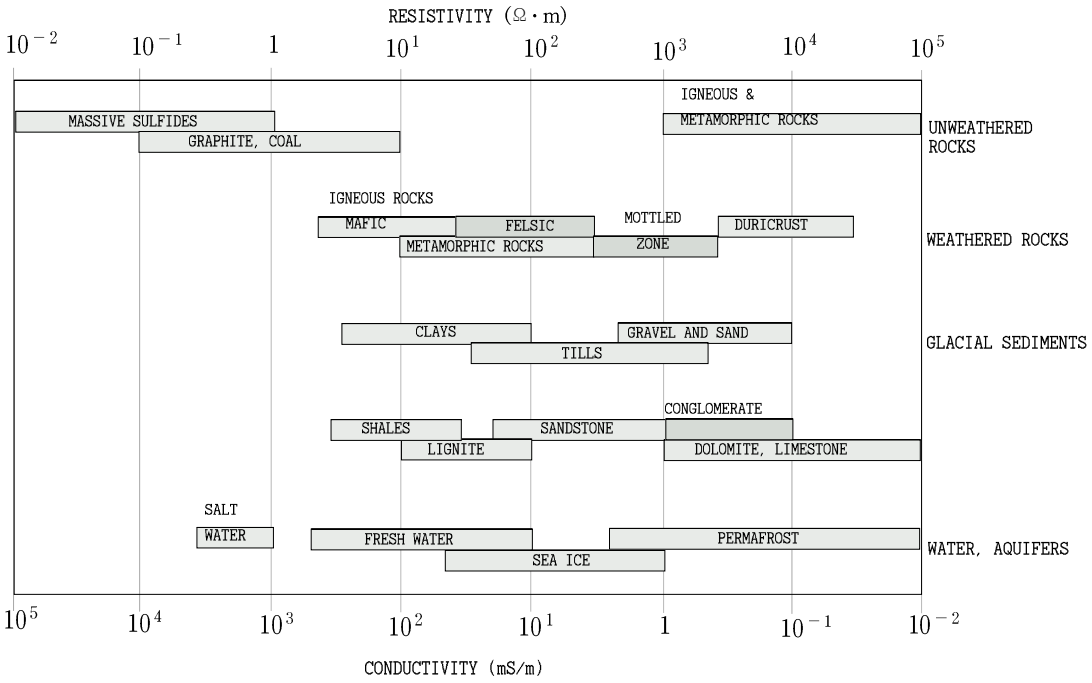
(1) 토질 및 암석의 전기비저항

지구의 내부를 이루고 있는 암석들의 전기비저항 값은 암석의 공극률(porosity), 공극내 유체의 성질 및 포화도(saturation), 조암광물의 종류, 구성 입자의 크기 및 성질, 암석의 고화도, 점토광물의 존재 여부 등 암석 자체의 성질과 파쇄대, 균열대, 단층 등의 외부적인 요인에 의해 각기 다른 값을 갖으며, 전기비저항 탐사에서는 이러한 지하의 전기비저항 분포를 알아내어 지하구조를 규명하게 된다. 전기비저항은 암석시료에 전류 I 를 흘려 보내고 시료의 양단에 걸리는 전압차를 측정하여 다음 식에 의하여 계산된다.

$$\rho = \frac{A}{L}R = \frac{A}{L}\frac{\Delta V}{I} \quad \text{(ohm-m)} \qquad (1)$$

따라서 전기비저항 ρ는 물체의 모양, 크기에는 관계없는 물체의 전기적 특성을 나타내는 것으로 단위는 ohm-m가 된다.

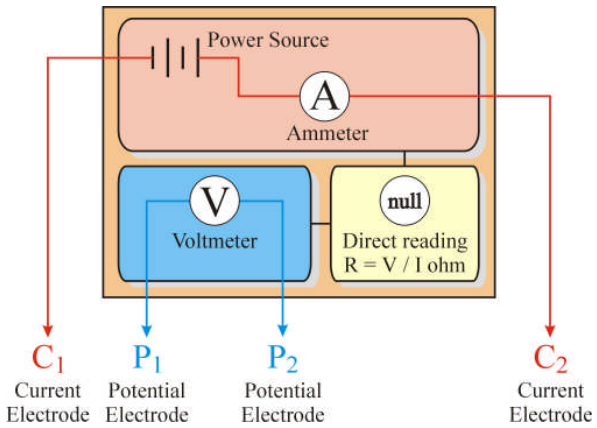
암석의 전기비저항에 영향을 주는 요소는 암석내의 유체 함량 및 공극의 연결성, 유체의 이온 농도, 유체의 온도, 점토광물의 함량 등이다. 이중 유체 함량 및 공극의 연결성은 암석의 종류 및 지질학적 변형에 크게 좌우되므로 전기비저항 탐사에서 가장 중요하게 고려되어야 할 사항이다. 〈그림 3.1〉은 암석의 종류에 따른 대략적인 전기비저항을 나타낸 것이다.



〈그림3.1〉 주요 암석의 전기비저항

(2) 이차원 전기비저항 탐사

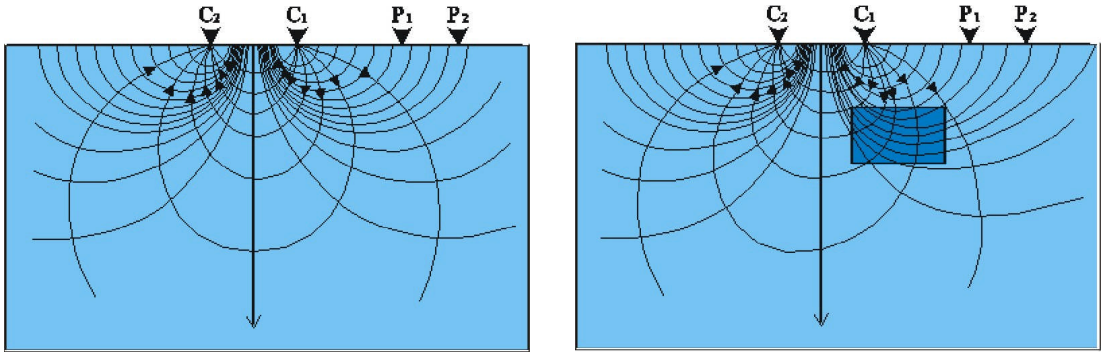
〈그림 3.2〉는 전기비저항 탐사기에 대한 개략적인 모식도이다. 전기비저항 탐사기는 전원과 연결되어 있는 전류계를 통해 두 개의 전류전극에 전원을 공급해준 후, 두 개의 전위전극과 연결되어 있는 전위계를 통해 전위차를 측정하여 저항값을 읽게 된다.



〈그림 3.2〉 전기비저항 탐사기에 대한 개략적 모식도

이를 지하매질과 연관하여 고찰하면 다음과 같다. 〈그림 3.3〉의 (a)와 같이 전기비저항이 균일한 지하매질에 전류 전극 C1과 C2를 통해 일정한 전류를 흘려주면, 이 전류 경로에 수직하게 같은 값의 전위를 갖는 등전위선이 지표면까지 형성된다. 이때 지표의 전위전극 P1과 P2 사이에 전위계를 설치하여 두 전극사이의 전위차를 측정하면, 균질한 지하 매질의 정확한 참 비저항 값을 알 수 있다. 그러나 〈그림 3.3〉의 (b)와 같이 전기비저항이 이상체가 지하에 존재하게 되면 전류는 전기비저항이 낮은 물질 쪽으로 더 많이 흐르게 되

어 결국 전류 경로에 수직인 등전위선에 변형을 일으켜 지표면에서 측정되는 전위차에도 영향을 미치게 된다. 이로부터 지표면에서 측정한 전위차를 이용하여 지하매질의 전기적인 이상대에 관한 정보를 가지고 있는 겉보기 비저항을 얻을 수 있다.



(a) (b)

〈그림 3.3〉 전류 및 등전위선 분포. (b)의 사각형으로 표시된 영역에서
저비저항 물질에 의한 왜곡이 나타나고 있다.

(3) 탐사 방법

전기비저항 탐사는 전류 전극을 통해 지하 매질에 전류를 흘려준 후 전위 전극을 통해 두 전극간의 전위차를 측정하여 지하 매질의 전기비저항 분포 단면을 영상화하는 탐사방법이다.

현장에서의 탐사방법은 다음과 같은 순서로 진행된다.

(가) 조사 지역에 대한 고찰을 통해 측선 설정

(나) 해석하고자 하는 심도에 따라 적절하게 측선별로 전극 간격 선정

(다) 현장 탐사

1) 측량 자료 및 줄자 등을 통한 측점 위치 선정
2) 측점 위치에 전극 설치
3) 전선을 각 전극에 연결하고 배전반에 연결
4) Multimeter(Tester)를 통해 각 측점의 접촉 저항 측정
5) 접촉 저항이 불량한 곳에 대해서 염수 주입 또는 측점 위치 조정
6) 배전반과 탐사기를 전선으로 연결하여 전류 전극에 전류를 보내준 후 전위 전극을 통해 전위차 측정
7) 가단면도에 측정값 기입
8) 전류 전극과 전위 전극의 위치를 달리하여 ⑦, ⑧ 과정 반복
9) 해당 측선에 대한 최종적인 가단면도 작성

(라) 자료 처리 및 해석

1) 가단면도상의 측정값을 자료처리 소프트웨어에 입력
2) 측점별로 측점 좌표 및 지형값 입력
3) 지형 보정

4) 자료의 질에 따라 적절한 역산 변수를 설정하여 역산 수행
5) 지하 매질의 전기비저항 단면도 작성
6) 정밀지표지질 조사 및 시추 자료 검토
7) 이용 가능한 모든 자료를 분석하여 종합 해석

(4) 해석 방법

전기비저항 탐사 결과로 얻어지는 자료는 지하의 참 비저항 값이 아닌 겉보기 비저항 값이다. 따라서 얻어진 겉보기 비저항 값을 이용하여 지하의 참비저항 값을 알아내기 위해서는 적절한 해석과정이 반드시 필요하다.

2-D 전기비저항 탐사 결과는 2차원 가단면도이다. 탐사 현장에서의 정성적인 해석은 이 가단면도에 의존하며, 경험이 풍부한 전문가의 경우에는 대략적인 지하 지질구조의 해석이 가능하다. 그러나 측정 자료로부터 정확한 지하 비저항 분포를 알기 위해서는 컴퓨터에 의한 해석 프로그램이 절대적으로 필요하다. 컴퓨터를 이용한 정량적 해석 방법으로는 역산(inversion)을 이용하는 방법이 널리 사용된다. 역산을 이용하는 방법은 주어진 가상 지하구조로부터 이론 자료를 계산하고, 그 이론 자료와 현장 탐사자료간의 오차로부터 그 오차를 최소화할 수 있는 지하구조를 계산하며 이러한 과정을 오차가 원하는 값 이하가 될 때까지 컴퓨터가 반복 수행한다.

(5) 지형 보정

전기비저항 탐사에서 지하에 공급된 전류에 의한 지하 매질내의 전위 분포 양상은 주로 지하 매질의 전기비저항 분포에 좌우된다. 그러나 전위 분포는 지하 매질의 물성뿐 아니라 지형구조(topography structure)에도 영향을 받게 된다. 따라서 지형이 험한 지형조건에서 획득한 탐사 자료는 지형효과를 보정하여 사용해야 한다.

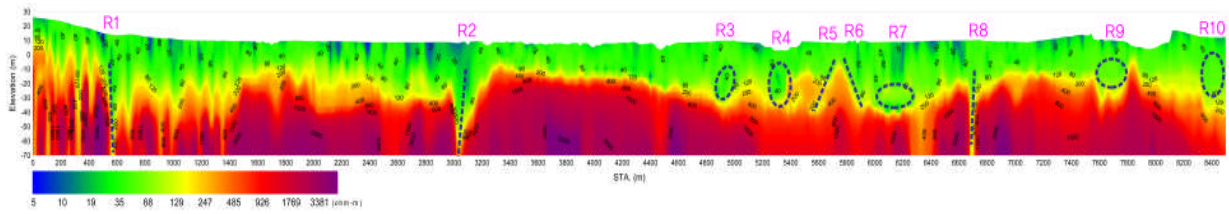
본 조사에 사용한 DIPROfWIN의 지형 보정 방법은 우선 지형효과에 의한 모형반응의 계산을 위하여 지형구조를 구현하기에 가장 용이한 유한 요소법을 이용하여 지형구조를 갖는 균질 공간에 대한 비저항을 계산한다. 여기서 계산된 값은 단지 지형효과만을 포함한 겉보기 비저항 ρ_{topo}이다. 일단 모형반응을 통하여 ρ_{topo}가 계산되면 지형 보정된 겉보기 비저항 ρ_{cor}은

$$\rho_{\mathrm{cor}} = \rho_a \frac{\rho_{\mathrm{true}}}{\rho_{\mathrm{topo}}} \tag{3}$$

에 의해 계산된다. (3)식에서 ρ_{true}는 모형반응 계산을 위한 균질 매질의 참 전기비저항이다.

4. 전기 비저항 탐사 결과

(1) 탐사결과

탐사구간 역산 단면 (STA. 0+000~8+500)


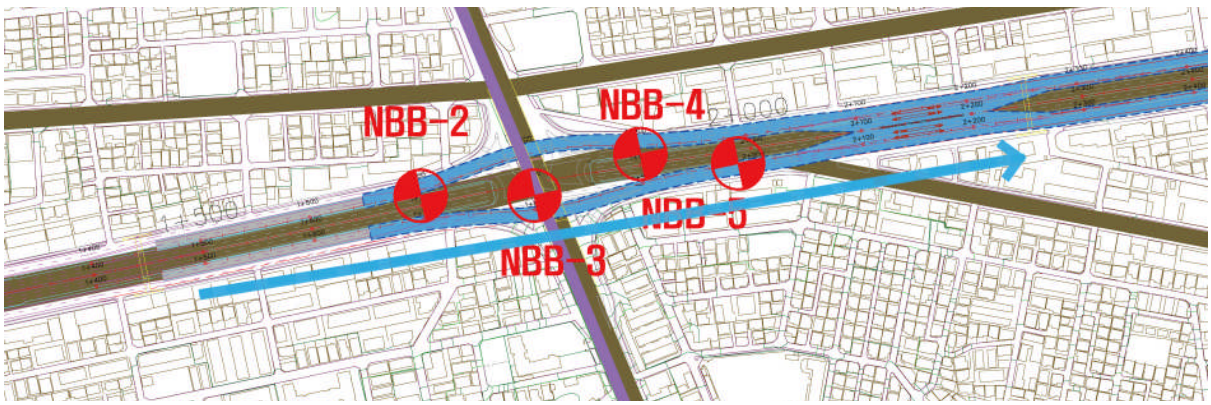
검 토 결 과	• 제물포터널 지반조사의 일환으로 노선 구간인 STA. 0+000 ~ 8+500에서 전기비저항탐사를 수행하였고 도심지 구간의 노이즈를 극복하기 위해 변형된 쌍극자 배열법(Modified dipole- dipole array)을 적용하였음 • 탐사구간의 지표지질 조사결과 기반암은 편마암으로 구성되는 것으로 판명되었으며, 전기비저항 탐사 결과 10 ~ 5,000 ohm-m의 전기비저항 구조를 가지며, 심부를 향하면서 전기비저항값이 증가하는 층상 구조의 형태를 갖는 것으로 역산되었음 • 전기비저항 탐사 결과 대략 10곳에서 주의에 비해 낮은 비저항값을 갖는 저비저항대가 관찰되어 그 위치는 R1~R10로 표현하여 결과 그림에 표시하였음 • 저비저항대의 위치는 STA. 0+550(R1), 3+050(R2), 4+920(R3), 5+300(R4), 5+650(R5), 5+850(R6), 6+150(R7), 6+700(R8), 7+700(R9), 8+420(R10)인 것으로 판단됨 • 탐사 결과 STA. 0+550(R1) 위치에서 100 ohm-m 이하의 저비저항값이 심도 50m 이하의 비교적 깊은 심도까지 연장되어 나타나는 것으로 해석되어 파쇄대나 단층대의 지질이상대에 의한 약한 암질 구간일 가능성이 있는 것으로 판단됨 • STA. 3+050(R2) 위치에서의 탐사결과 주변 1000 ohm-m 이상의 비저항값 사이에 100 ohm-m 이하의 값이 비교적 깊은 심도까지 발달해있는 저비저항대가 관찰되었으며 이 부근의 시추조사(NTB-5) 결과 심도 45.5m 까지 풍화암이 발달해 있고 이후 연암의 암질이 좋지 않은 점으로 미루어 이 부근에서 파쇄대의 발달이 예상됨 • STA. 3+400 부근의 탐사 결과 심도 15~20m 부근에서 50 ohm-m 이하이던 비저항값이 500 ohm-m 이상으로 급격하게 높아지는 경향을 보여 20m 이내에서 기반암이 분포할 것으로 판단되며 이후 STA. 4+800 부근까지 점차로 풍화대가 두꺼워지는 경향의 비저항 분포를 보임 • 목동교 부근인 STA. 5+200~5+400 위치 부근의 탐사 결과 다소 낮은 암질이 예상되며 이는 안양천을 따라 발달해 있을 가능성이 있는 지질 이상대에 의한 영향에 의한 가능성이 있으며 안양천을 따라 발달한 이상대는 주변에 소규모의 파쇄대를 수반하여 목동교 부근 STA. 4+900~6+000구간에서 관찰된 저비저항대(R3, R4, R5, R6)는 이에 의한 영향일 가능성이 있음 • STA. 6+150(R7) 위치에서의 탐사 결과 심도 50m 부근까지 80 ohm-m 이하의 저비저항값이 관찰되었으며 이 부근의 암질이 다소 낮을 것으로 판단됨 • STA. 6+700(R8) 탐사 결과 주변의 1000 ohm-m 이상의 고비저항값에 비해 낮은 100 ohm-m 이하의 비저항값이 비교적 심부인 심도 70m 하부까지 발달해 있어 지질이상대에 의한 영향일 가능성이 있으며 지표지질조사 결과 이 부근에서 F5 단층이 예상됨 • STA. 7+700(R9) 부근의 탐사 결과 타 구간에 비해 100 ohm-m 이하의 저비저항값이 약간 더 깊은 경향을 보여 상부에 국한된 파쇄대의 발달이 예상되며 STA. 8+000 이후 구간에서는 여의도로 들어서면서 점차로 상부 저비저항대의 두께가 두꺼워지는 경향을 보여 퇴적층의 점차로 두껍게 분포할 것으로 판단되며 8+420(R10)에서는 퇴적층의 두께가 30m 이상으로 두껍게 분포할 것으로 예상됨

6.2 상시미진동탄성파탐사

1. 탐사 결과

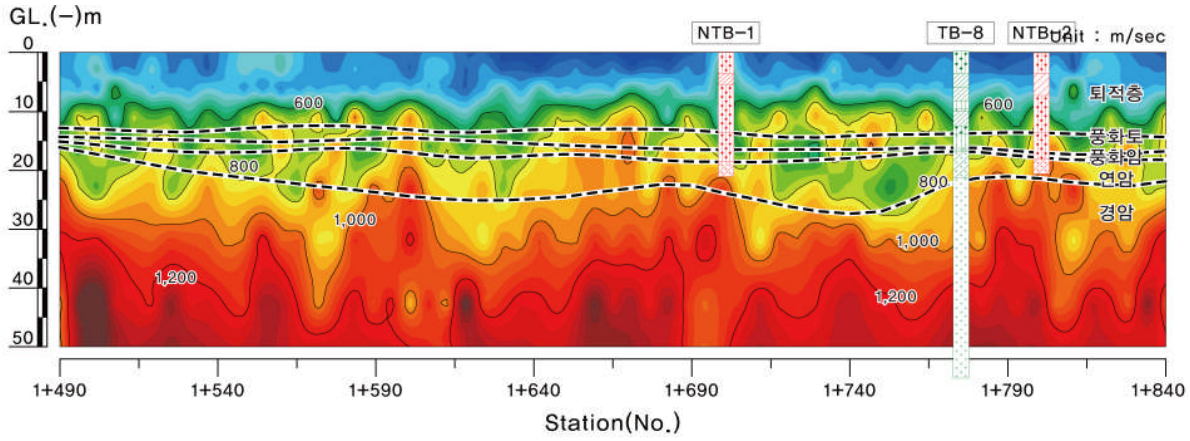
Line-1

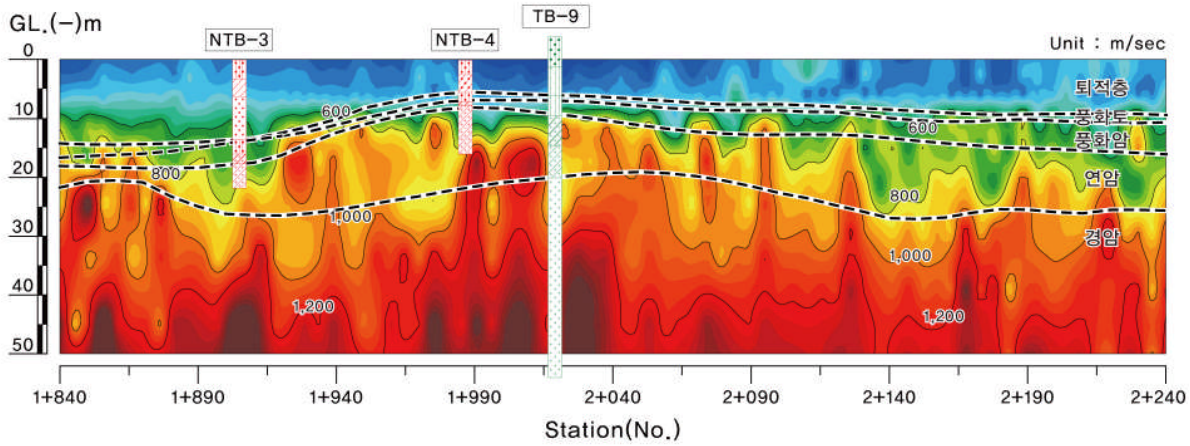
조 사 위 치



측선길이	측점간격	수신점 수	자료취득
750 m	2.0 m	20 channel	188 set

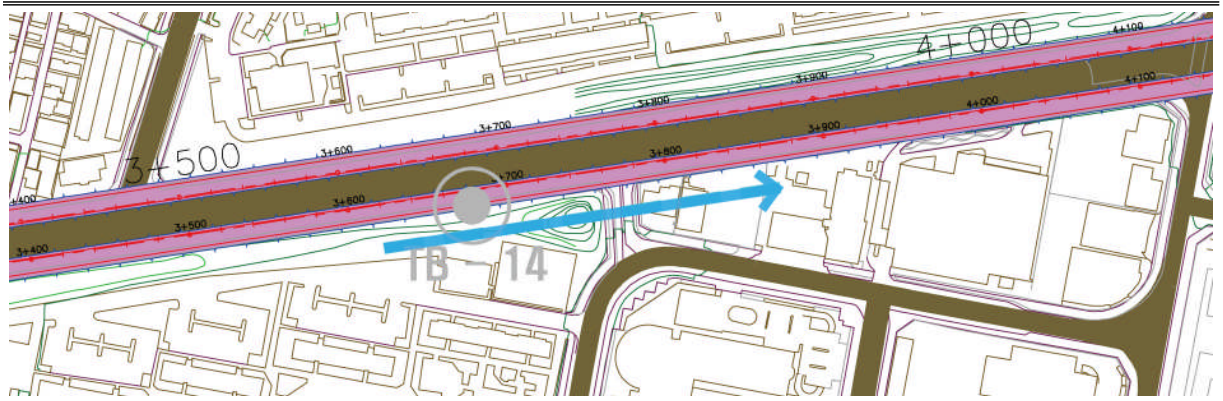
S파 속도 단면





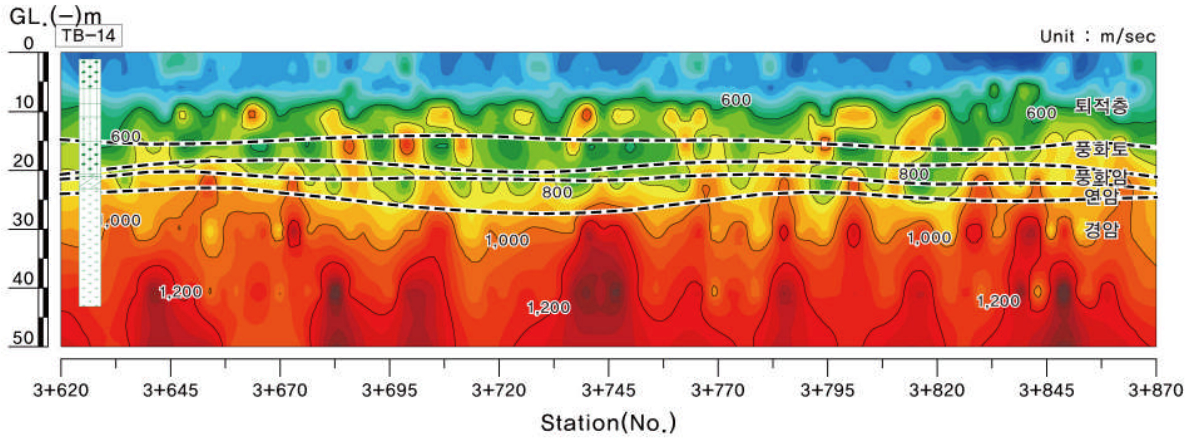
Line-2

조 사 위 치



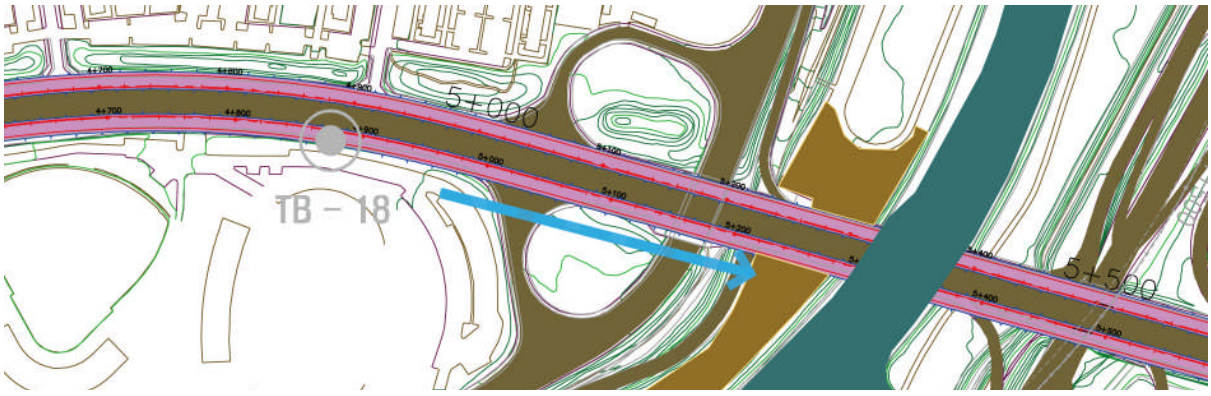
측선길이	측점간격	수신점 수	자료취득
250 m	2.0 m	20 channel	63 set

S파 속도 단면



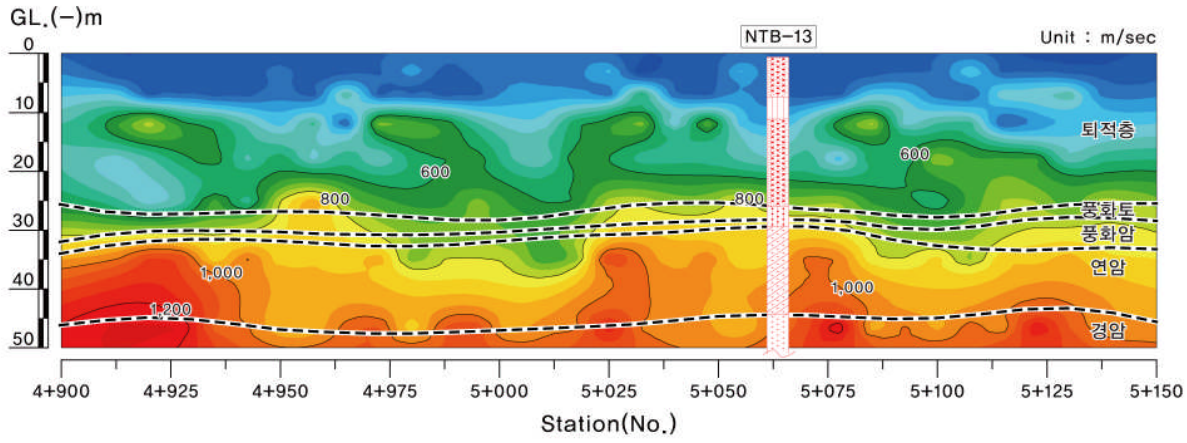
Line-3

조 사 위 치



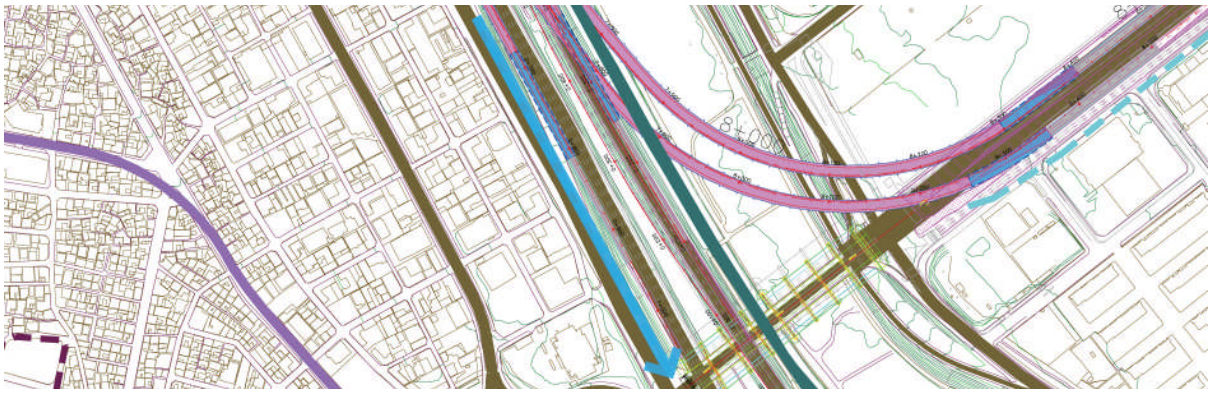
측선길이	측점간격	수신점 수	자료취득
250 m	2.0 m	20 channel	63 set

S파 속도 단면



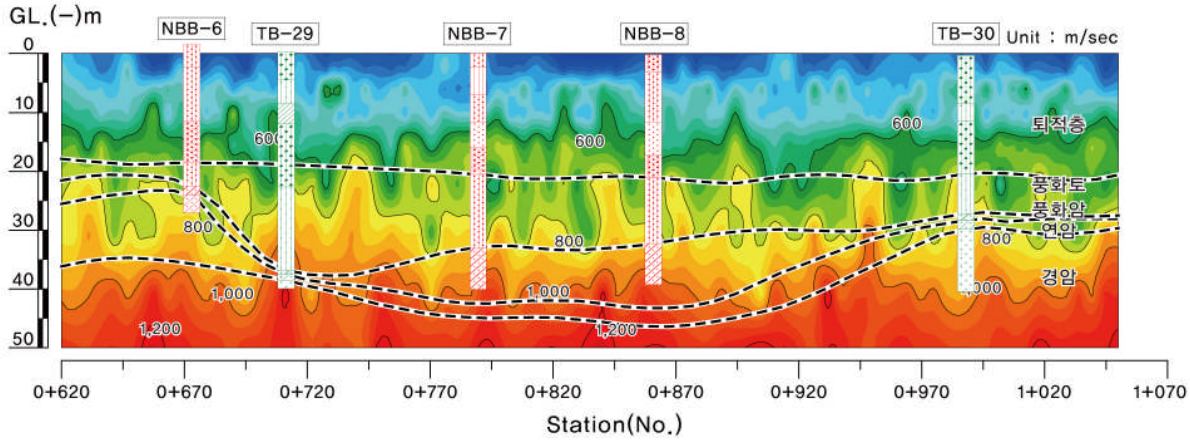
Line-4

조 사 위 치



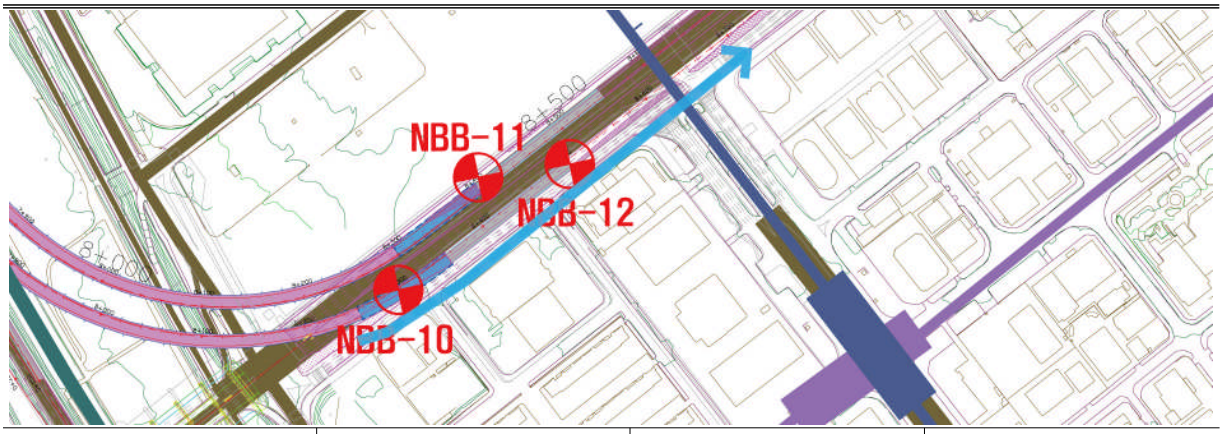
측선길이	측점간격	수신점 수	자료취득
430 m	2.0 m	20 channel	108 set

S파 속도 단면



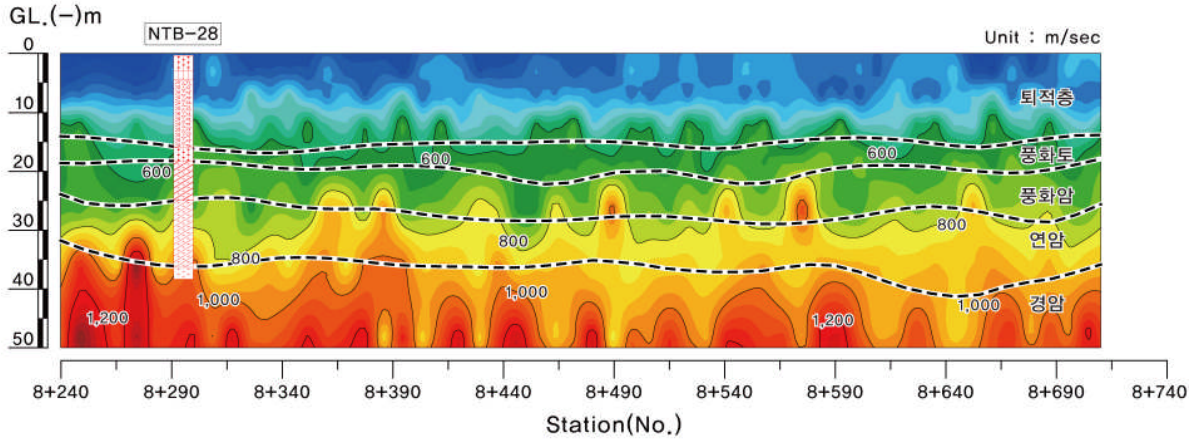
Line-5

조 사 위 치



측선길이	측점간격	수신점 수	자료취득
470 m	2.0 m	20 channel	118 set

S파 속도 단면



2. 결과분석

- 전반적으로 S파의 속도분포는 200~1,700 m/sec의 범위를 보임.
- 지층별 탄성파 속도는 토사층(매립 및 퇴적층)이 600 m/sec 이하, 풍화암층이 600~800 m/sec, 기반암층이 800 m/sec 이상의 분포를 보임.

※ 결과분석에 참고한 원제안 시추공은 탐사측선과의 이격거리(100~170m)로 인해서 추정 지층선이 시추결과와 다소 상이할 수 있습니다.

6.3 MASW탐사

1. 탐사 개요

1.1 탐사 목적

본 탐사는 다중채널분석 기법에 의한 표면파탐사(Multi Channel Analysis of Surface Waves)를 실시하여 지반의 전단파속도(Shear Wave Velocity)분포를 구하고 이를 이용하여 연속적인 지층의 구조를 파악하는데 그 목적이 있다.

1.2 탐사 위치

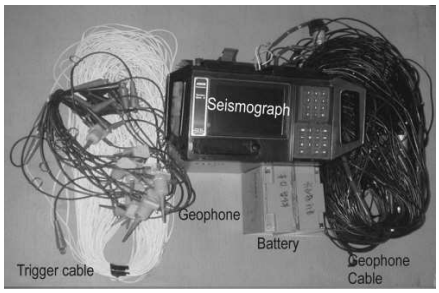
〈표1.1〉 MASW 탐사 현황표

측선명	위치	측선 길이(m)	측점 간격(m)	channel	근접시추공
Line-1	2+922.7	50	2.0	24	NTB-8
Line-2	7+947.8	50	2.0	24	NTB-30

1.3 탐사 장비

본 조사를 위해서 스웨덴 ABEM사의 TERRALOC MK6를 사용하였으며, 수진기는 4Hz 지오폰을 사용하였다. 장비 및 제원은 아래 〈표1.2〉에 나타내었다.

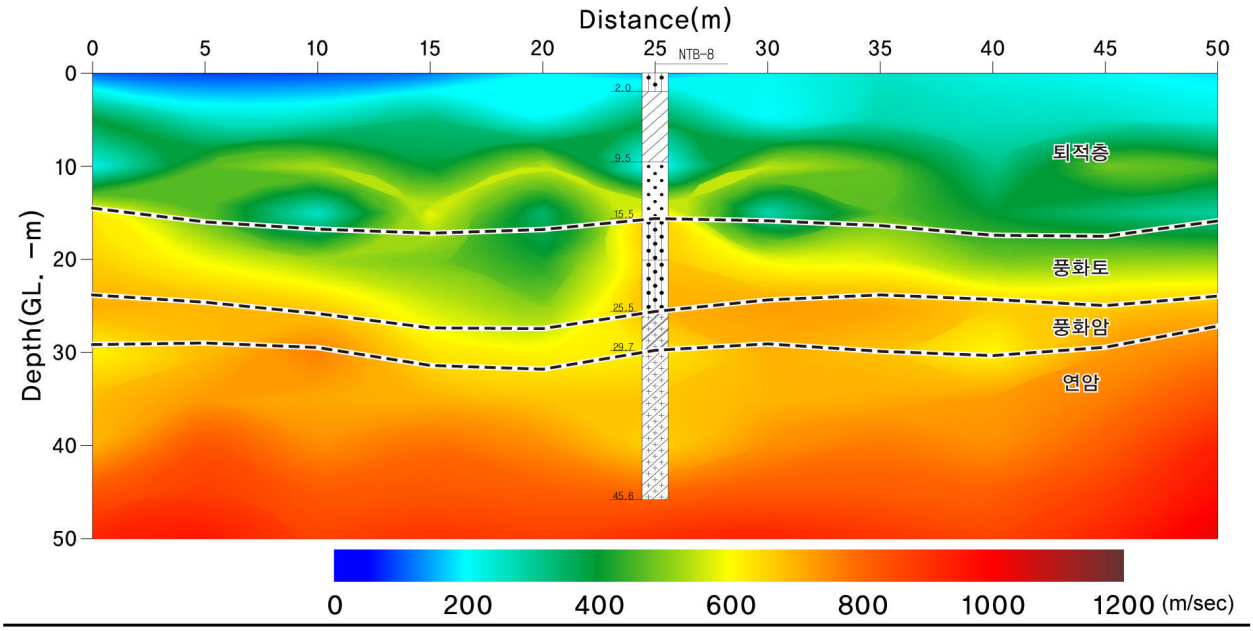
〈표1.2〉 MASW 탐사 장비 및 제원

구 분	구성 장비 규격 및 제원	장비 그림
Seismograph	· ABEM TERRALOC MK6(Abem inc., SWEDEN) · PC 586 DX 기능 내장 · Multi channel	
Geophone & Cable	· Land single vertical geophone : fo = 4Hz · Geophone cable (12channel, 24channel)	
진원장치	· Shot gun (Sissy), Dynergit, 발파기 · Sludge hammer	
기타	· Trigger cable, Steel plate외 기타 부대장비 · 자료처리 및 해석 : Surfseis	

2. 탐사 결과

MASW-1(NTB-8)

S파 속도 단면



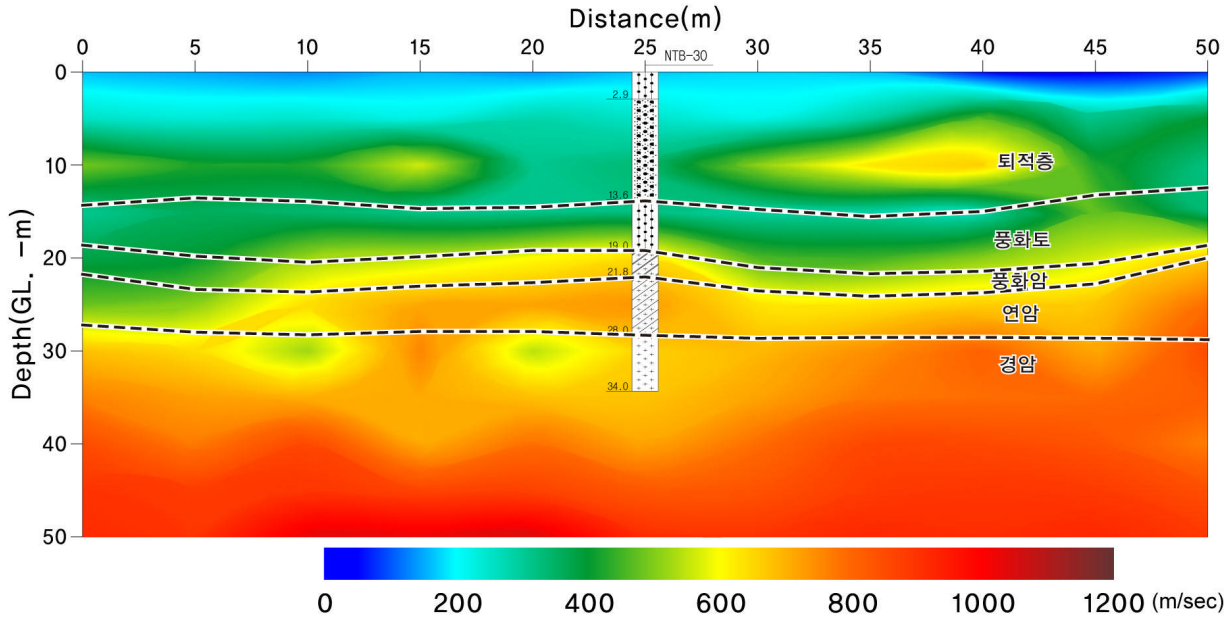
결과 분석

구분	지층별 탄성파 속도		지층별 동적 지반특성			
	Vp(m/sec)	Vs(m/sec)	Gd(MPa)	Ed(MPa)	Kd(MPa)	ν d
매립층	474	209	81	223	307	0.38
퇴적점토층	827	376	265	727	930	0.37
퇴적모래층	871	395	299	820	1,056	0.37
풍화토	1,344	628	785	2,135	2,548	0.36
풍화암	1,419	681	984	2,658	2,961	0.35
연암	1,526	785	1,490	3,935	3,645	0.32
경암	1,803	964	2,494	6,483	5,399	0.30

- 조사 구간의 S파 속도는 지층별 평균 209~964 m/sec의 분포를 보이며, NTB-3 시추공자료와 비교할 때, 매립층은 250 m/sec 이하, 퇴적점토층은 250~400 m/sec, 퇴적모래층은 300~450 m/sec, 풍화토는 550~700 m/sec, 풍화암은 600~750 m/sec, 연암은 700~850 m/sec, 경암은 850 m/sec 이상으로 예상됨.
- P파 속도는 측정된 S파 속도에 동포아송비를 가정하여 산출하였음.

MASW-2(NTB-30)

S파 속도 단면



결과 분석

구분	지층별 탄성파 속도		지층별 동적 지반특성			
	Vp(m/sec)	Vs(m/sec)	Gd(MPa)	Ed(MPa)	Kd(MPa)	ν d
매립층	424	187	65	178	246	0.38
퇴적자갈층	825	396	314	847	943	0.35
풍화토	766	358	255	694	827	0.36
풍화암	1,256	603	772	2,084	2,319	0.35
연암	1,335	687	1,141	3,013	2,788	0.32
경암	1,684	900	2,174	5,652	4,712	0.30

- 조사 구간의 S파 속도는 지층별 평균 187~900 m/sec의 분포를 보이며, NTB-28 시추공자료와 비교할 때, 매립층은 250 m/sec 이하, 퇴적자갈층은 300~500 m/sec, 풍화토는 300~500 m/sec, 풍화암은 500~700 m/sec, 연암은 600~750 m/sec, 경암은 850 m/sec 이상으로 예상됨.
- P파 속도는 측정된 S파 속도에 동포아송비를 가정하여 산출하였음.

6.4 탄성파토모그래피

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사 개요

1.1.1 조사 목적

본 조사는 “서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업” 중 탄성파토모그래피 탐사를 통해 지층 및 지반 상태를 파악, 제반자료를 제공함으로서 합리적이고 경제적인 설계·시공이 되도록 하는데 목적이 있다.

1.1.2 조사 범위

본 조사에서 수행된 탐사수량은 〈표 1-1〉과 같다.

구 분	발진공	수진공	공간거리	송수신 간격	비 고
TOMO-1	NTB-25	NTB-26	108.47m	1.0m	

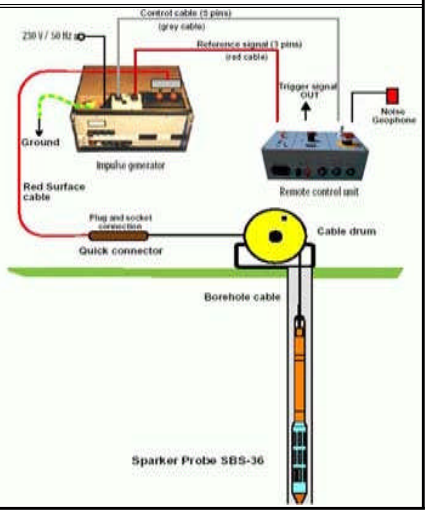
〈표 1-1〉 탄성파 토모그래피탐사 범위

1.1.3 조사 기간

- 현장 조사 및 시험 : 2011. 3. 21
- 성과분석 및 보고서 작성 : 2011. 3. 22 ~ 2011. 3. 29

1.1.4 조사 장비

본 조사에 사용된 주요장비는 〈표 1-2〉와 같다.

구 분	규 격	장비사진
탄성파 토모그래피 탐사	- Geode, Geometrics, 미국 Sample rate : 31.25~2,000 μ sec - 24ch Hydrophone - Sparker(Geotomographie, 독일) - GeoTomCG(Geotomographie, 독일)	

〈표 1-2〉 조사장비

제 2 장 조 사 방 법

2.1 탄성파 토모그래피

2.1.1 개요

탄성파 토모그래피 탐사는 시추공 사이 매질의 탄성파 속도 구조를 영상화시킴으로서 매질의 형상에 대한 정밀한 정보를 획득할 수 있다. 탄성파토모그래피 탐사는 시추공과 시추공 사이 매질의 탄성파 속도의 공간적 분포를 정확하게 파악함으로써,

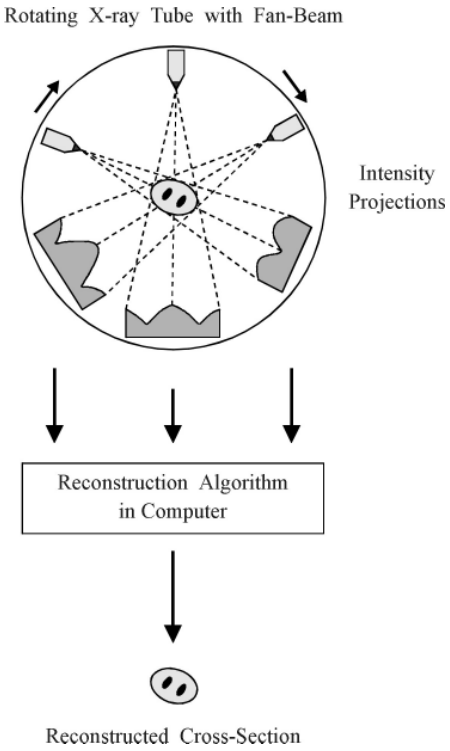
- ○ 층서 및 연약대 파악
- ○ 주요 불연속면의 위치 및 특성 파악
- ○ 심도별 탄성파 속도(P파) 분포

등의 정보를 얻을 수 있다.

본 탄성파 토모그래피 탐사는 기 시공된 방조제의 단면에 대한 정밀 규모와 형상 파악을 위한 지반조사의 일환으로 시행되었으며, 조사지역의 시추조사와 병행하여 호안 방조제 단면의 규모와 형상을 정확하게 파악하는 정밀탐사법이다.

2.1.2 탐사원리

토모그래피(tomography)는 의학분야의 X-선 컴퓨터 단층촬영법으로 대표되는 불가시(不可視) 정보를 영상화하는 일련의 기술을 총칭하는 것으로 그리스어로 보이지 않는 곳을 자른다는 뜻의 'tomos(=slice or cut)' 와 서술한다는 뜻의 'graph(=describe)' 의 합성어이다. 토모그래피는 목적대상체를 영상재구성(image reconstruction) 하는 기술로서 필연적으로 컴퓨터의 도움을 받는 까닭에 CT(Computerized Tomography) 또는 CAT(Computer Aided Tomography) 라고도 불린다. 지오토모그래피(geotomography)는 이러한 의학의 CT기법을 지하에 적용한 것이다.



〈그림 2-1〉 CT(Computerized Tomography)의 개념도

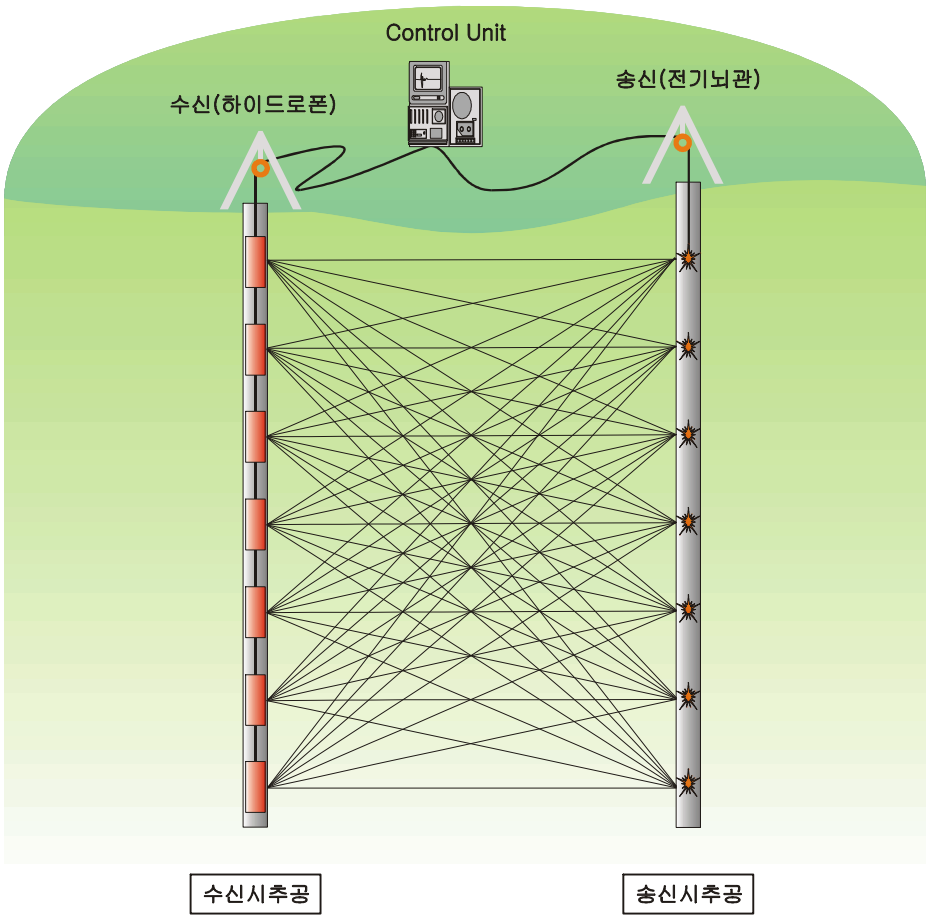
토모그래피의 수학적 기초는 1910년대에 이루어졌으며, 1970년대 초 X-선 scanner가 개발됨으로써 우리에게 본격적으로 알려진 방법이다. 그 기본원리는 〈그림 2-1〉에서 볼 수 있듯이 인체를 중심으로 X-선 방사장치와 이를 수신하는 수신장치가 360° 회전하면서 자료를 획득하여 BPT(Back Projection Technique)등과 같은 컴퓨터를 이용한 역산(inversion)을 통하여 신체의 단면을 영상 재구성하는 방법이다(1회 측정에 500~1000개의 X-선을 방사/수신하며, 360° 회전중 500~1000회 측정을 실시한다. 따라서, 한 단면의 영상재구성을 위해 105~106개의 자료가 획득된다).

이에 반해 지오토모그래피는 그 대상이 사람과 같은 유한면적을 가진 대상체가 아니므로 자료의 측정에 있어 많은 제한을 받는다. 가장 일반적인 자료획득 방법은 〈그림 2-2〉와 같이 시추공에서 신호를 발생시키고 다른 시추공에서 이 신호를 수신하여 의학에서와 유사한 컴퓨터를 이용한 수학적 자료처리를 통하여 지하구조를 영상화하는 방법이다(탐사단면의 크기에 따라 다소 다르지만 보통 한 단면에 이용되는 송신은 24~48개이며 수신도 비슷하게 사용된다. 따라서, 한 단면의 영상 재구성에 이용되는 자료는 500~2000개 내외이다). 이외에 지하터널을 이용하는 방법과 지표와 시추공을 이용하는 방법이 있으나 상기한 땅이라는 한계성을 분명하게 가지고 있다. 따라서 의학의 CT에 비해 매우 불리한 환경을 가지고 있으며 재구성된 영상의 해상력도 떨어지고 결과적으로 매우 전문적인 해석과정이 필요하다.

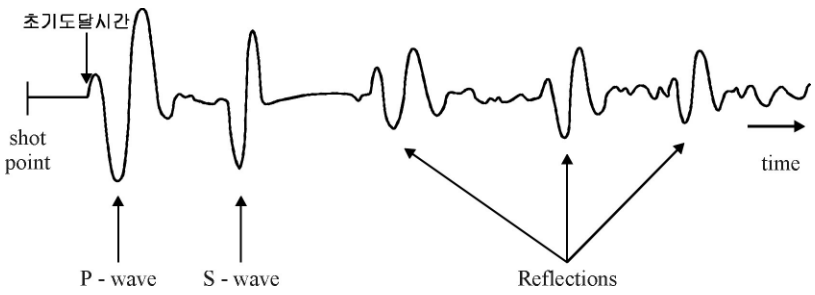
2.1.3 역산이론

본 탐사에 적용된 교차시추공(cross-borehole)을 이용한 탄성파 탐사의 결과로부터 목적대상체의 영상재구성을 위해 적용된 파선 토모그래피는 수많은 수신파들의 초기 도달시간(first arrival time ; 수신파의

시간기록에서 제일 처음 기록된 파의 주시시간, 예를 들어 탄성파의 경우는 〈그림 2-3〉과 같이 P파- 종파 -의 도달시간을 의미함)을 측정하여 이들로부터 지하단면의 속도구조를 영상으로 재구성하는 것으로, 만약 획득된 시간자료가 M개이고 얻고자 하는 단면을 N개의 속도구조를 가지는 cell로 나누었을 경우 파선 토모그래피는 다음과 같은 연립 방정식의 해를 구하는 문제로 귀착된다(〈그림 2-4〉 참조).



〈그림 2-2〉 탄성파 토모그래피의 측정 개념도



〈그림 2-3〉 탄성파 기록의 예

$$b_i = \sum_{j=1}^{N} A_{ij} x_j \quad (i = 1, 2, \cdots, M) \tag{1}$$

여기서, b_i : i 번째 파선의 도달시간(travel time)

x_j : j 번째 요소의 역속도(slowness)

A_{ij} : i 번째 파선이 j 번째 요소를 통과하는 길이

이를 행렬로 표시하면 다음과 같다.

$$\boldsymbol{B} = \boldsymbol{AX} \tag{2}$$

한 파선이 통과되는 cell의 개수는 유한함으로 행렬 A 는 sparse 행렬이 되고, 또한 이론적으로 행렬 A 는 속도구조 X 에 의해 결정된다. 따라서, 식 (2)는 비선형의 문제로 해를 직접 구하는 것은 불가능하나, 만약 파가 직진한다고 가정하면 행렬 A 는 속도구조 X 에 무관하게 결정되어지므로 식 (2)는 선형방정식이 되어 해를 구할 수 있게 되며 이를 선형 토모그래피(linear tomography)라 한다.

선형 토모그래피에 의한 영상재구성은 식 (1)과 같은 연립방정식의 해를 구하는 것으로 적용방법에 따라 반복적으로 해를 구하는 ART법(Algebraic Reconstruction Technique), SIRT법(Simultaneous Iterative Reconstruction Technique)이나 CG법(Conjugate Gradient)등이 있고, 직접 역행렬을 구하는 방법으로서 특이치 분해(SVD, Singular Value Decomposition)에 의한 일반화된 역행렬을 이용하는 방법이나 감쇠최소자승법(DLSQ, Damped Least Square Method) 등이 있다.

직접 역행렬을 구하는 방법은 이론적으로 가장 정확한 해를 구할 수 있으나 컴퓨터의 기억용량과 계산시간이 거대하여 경제적이지 못한 단점이 있다. 반면에 반복적인 방법은 기억용량과 계산시간면에서 경제적이며 개인용 컴퓨터로도 수행 가능하다. 이중 CG법은 잡음이 많이 섞인 자료의 경우 그 결과가 좋지 않은 것으로 알려져 있으며, 일반적으로 SIRT법이나, 감쇠최소자승법에서 역행렬을 반복적으로 구하는 방법이 많이 이용되고 있다.

본 조사에서 이용된 방법은 Kaczmarz(1937)가 제시한 사영법(projection method)에 기초를 둔 ART법을 변형시킨 SIRT법의 일종으로 다음과 같은 식(3)을 이용하였다.

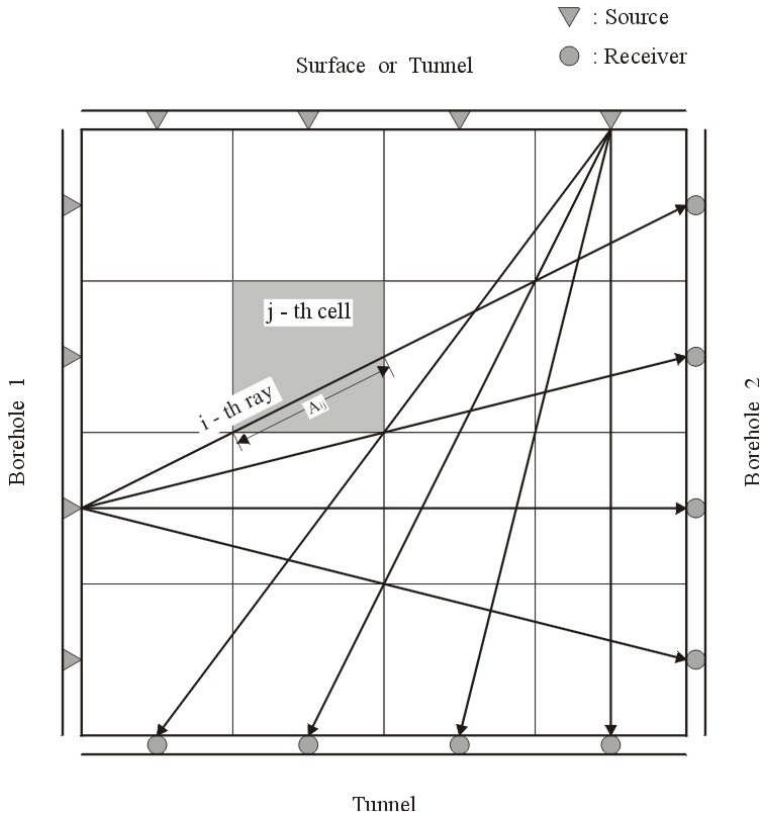
q 번째 반복에서의 j 번째 요소의 역속도를 $x_j^{(q)}$라 하면 도달시간 오차 $r_i^{(q)}$로부터 속도 값 $x_j^{(q)}$는 다음과 같다.

$$x_j^{(q)} = x_{j-1}^{(q)} + \frac{\omega}{C_j} \sum_i \frac{A_{ij}}{L_i} r_i^{(q)} \tag{3}$$

여기서, C_j : j 번째 요소를 통과하는 파선의 총 길이

L_i : i 번째 파선의 길이

$0 < \omega < 2$



〈그림 2-4〉 파선 토모그래피에 이용되는 전형적인 파선과 cell을 가진 모델의 개념도

지오토모그래피는 적용이론, 탐사방법, 송신원의 종류에 따라 다양하게 분류되며 다음과 같이 정리된다.

1 적용이론에 의한 분류

- 파선 토모그래피(ray tomography)
- 회절 토모그래피(diffraction tomography)

2 탐사방법에 의한 분류

- 투과 토모그래피(transmission tomography)
- 반사 토모그래피(reflection tomography)
- 굴절 토모그래피(refraction tomography)

3 송신원에 의한 분류

- 탄성파 토모그래피(seismic tomography)
- 전기비저항 토모그래피(electrical resistivity tomography)
- 전자파 토모그래피(EM tomography)

상기한 분류 중 국내외적으로 가장 범용적으로 널리 이용되는 방법은 탄성파 토모그래피로서, 투과되는 탄성파신호의 초동을 발췌하여 파선이론에 근거하여 영상을 재구성하는 방법이다(〈그림 2-2〉 참조). 본 조사에서도 이 방법이 응용되었다. 이외에 시추공 레이다 토모그래피와 전기비저항 토모그래피에 대한 응용도 증대되고 있다.

2.1.4 탐사방법

탄성파 토모그래피 탐사에 적용된 측정장비는 크게 송·수신부로 나누어진다. 수신부에 해당하는 하이드로폰(hydrophone)은 1m 간격의 수신 센서가 24개 달려 있다. 케이블의 길이는 약 150m로서 기록장치와 수신점 사이의 거리가 120m 이상이 되어도 측정이 가능하다. 송신부에 해당하는 Saprker는 전기충전식 송신장비로 5K Voltage의 에너지를 송신하는 방법이다.

탄성파토모그래피에서는 지반의 속도차이를 이용하여 지하를 영상화한다. 지반탐사시 토모그래피의 대상이 되는 공간범위는 10~20m 가 되는 경우가 대부분이다. 15m를 통과하는데 경과되는 시간은 2000m/sec시 7.5ms가 소요되며 4000m/sec 의 경우는 3.75ms 이다. 이상의 극단적인 경우에도 초동의 차이는 불과 4ms 이내 이다.

수신용 센서로 사용된 하이드로폰은 수중에서 진동을 감지하는 특성으로 인하여 수면 상부에서는 자료를 취득할 수 없으며, 송신용 스파커도 폭압으로 인하여 해수면 상부에서 발파를 할 수 없다. 송·수신간격은 보통 1m로 설정하는 것이 일반적이며 수신기와 송신기를 1m씩 이격시켜 전체 데이터가 1.0m 간격으로 송,수신이 이루어지도록 하였다.

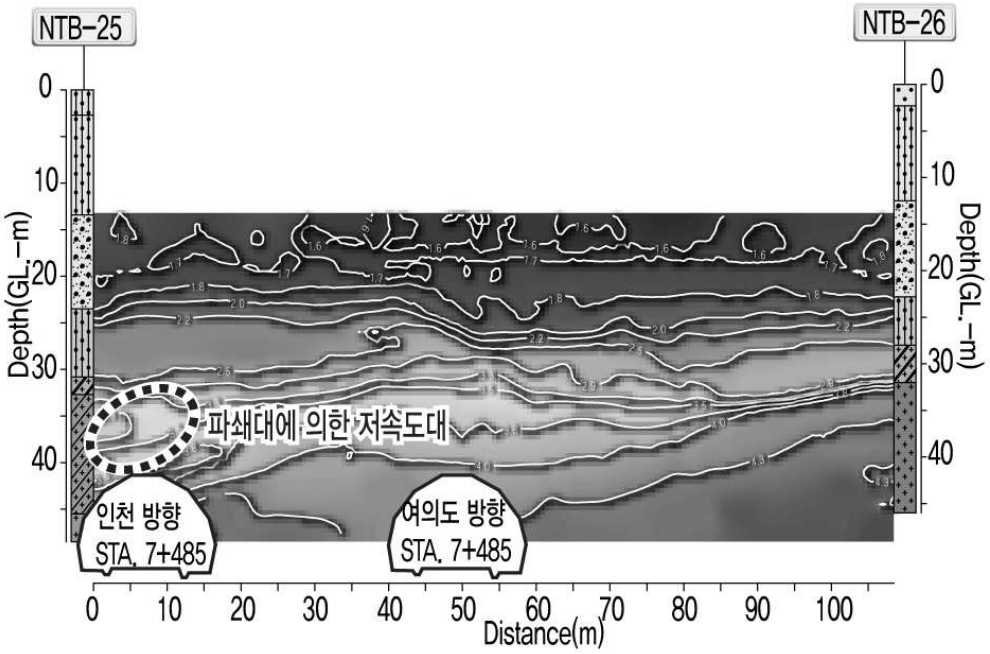
〈표 2-1〉에는 자료 취득시 설정된 변수들을 정리하였다.

단 면	TOMO-1(발진공:NTB-25, 수신공:NTB-26)
공간거리	108.47m
송,수신간격	1.0m
샘플링 간격	20.833 μs
기록 시간	100ms
pretiggering	0ms

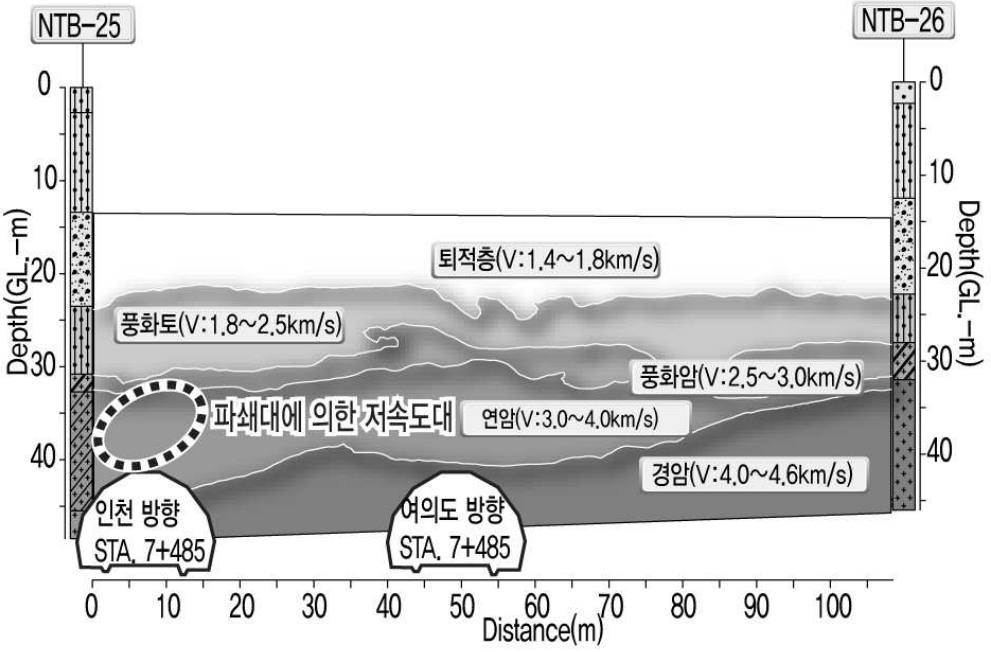
〈표 2-1〉 시추공 탄성파 탐사 자료획득변수

제 3 장 조 사 결 과

탄성파토모그램



속도분대



•전체적으로 1.4~4.6km/sec의 탄성파속도분포를 보이며 하부로 갈수록 속도가 증가하는 경향을 보이며, NTB-24 번공에서 NTB-25번공으로 갈수록 4.0km/s이상의 속도의 심도가 얕게 분포하며 이는 시추결과 NTB-25 번공의 연암이 출현하지 않는 이유인 것으로 보인다. 속도분포상 단면내에 특별한 이상대는 분포하지 않으며 높은 속도대내에 국부적으로 존재하는 낮은 속도대는 시추결과 파쇄구간에 의한 영향으로 판단된다.

•단면내에서 퇴적층은 1.4~1.8km/s, 풍화토는 1.8~2.5km/s, 풍화암은 2.5~3.0km/s, 연암은 3.0~4.0km/s, 경암은 4.0~4.6km/s의 속도분포를 보인다.

6.5 GPR탐사

제1장 조사개요

1.1 조사목적

- 본 조사는 “서울 제물포터널 민간투자사업” 중 과업지역내 매설물 현황을 확인 후 GPR 탐사를 실시하여 매설관의 방향 및 위치 등을 파악하고 이를 반영하여 설계단계 및 시공 중 발생될 수 있는 문제를 방지하는데 그 목적이 있다.

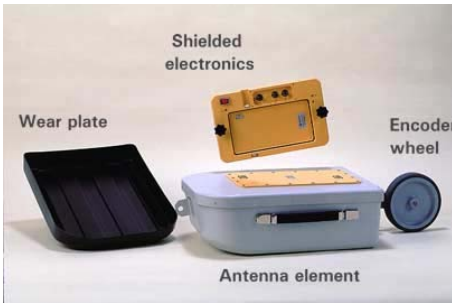
1.2 조사위치

위 치	• 서울특별시 양천구 신월동 신월IC ~ 영등포구 여의도동 여의대로 구간
대 상	• 서울 제물포터널 민간투자사업 건설공사 일대 매설물 현황시설

1.3 조사기간

현장조사	• 2011년 04월 18일 ~ 2011년 04월 20일
성과분석 보고서작성	• 2011년 04월 20일 ~ 2011년 04월 23일

1.4 조사장비

항 목	장 비 명	장 비 제 원	
GPR 탐 사	• RAMAC/GPR • 500, 250MHz shielded antenna • Notebook P/C • 해석용 S/W – Ground Vision – ReflexW2D3D • 기타 부대품	 RAMAC/GPR Electronics	 500MHz shielded antenna System

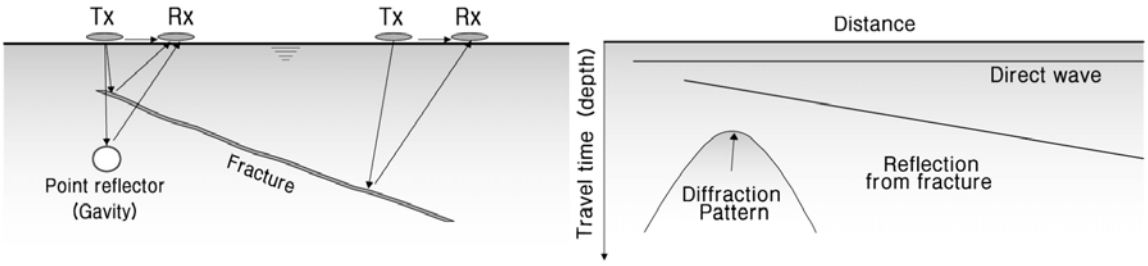
제2장 조사방법 및 분석방법

2.1 조사방법

지표레이다(Ground Penetrating Radar, GPR)란 고주파의 전자파신호를 공중에 방사시킨 후 목표물의 탐지 및 위치를 파악하는 레이다 탐사법을 지하에 적용시킨 것이다. 지표레이다 탐사법은 수MHz-수GHz 범위의 고주파 대역을 사용하는 물리탐사법의 일종으로 지하 불균질대에 대한 고분해능의 영상을 연속적으로 얻을 수 있어 구조물 내부 및 지반에 대한 정보를 신속하고 경제적으로 획득할 수 있기 때문에 그 적용 대상이 지하매설물, 배면공동, 터널의 이상대탐지 등 여러 분야로 확산되고 있으며 기존의 조사법에 비해 장비의 운용과 자료 수집 및 처리가 비교적 간단하고 결과자료의 해상도 및 정밀도가 뛰어나서 보통 10m이하의 천부 지반 탐사나 수cm-수m단위의 구조물을 대상으로 하는 조사부문에 효과적으로 이용할 수 있다. 그러나, GPR에서 제공하는 정보는 비파괴검사의 한 방법으로 정성적인 특징을 가지고 있기 때문에 시추검사공을 실시하여 탐사결과를 보완하는 것이 정보의 신뢰도를 높일 수 있다.

탐사원리

GPR 탐사법은 안테나로부터 전자파를 짧은 폭의 펄스형태로 지하에 전파시킨 후 전파 경로 중 물리적 성질이 다른 매질의 경계에서 반사해오는 전자파를 수신·분석하여 지하의 정보를 얻는 물리 탐사법의 한 방법으로 전자파가 지하 매질을 전파해 나갈 때 이질의 매질층 또는 이상매체를 이루는 재료 고유의 유전특성에 따라 변화하는 점을 이용하여 각 이질층의 두께 및 위치를 파악한다.



〈그림 1. GPR 탐사 모식도〉

GPR 탐사의 비파괴적 적용

GPR탐사법은 위의 내용과 같이 지하매설물의 분포심도를 찾아내어 시공전후의 위험 요인에 대한 매설물 파손에 대비하는 측면이 있을 뿐만 아니라 기존 구조물의 안전진단을 위해 효과적인 방법 중 비파괴 검사의 한분야로 자리잡고 있다. 일반적으로 일반주택, 토목구조물 내의 콘크리트에 존재하는 철근조사, 터널내 라이닝 두께, 보강철근, 록볼트 위치, 지보 보강 재료들의 분포양상 조사, 포장도로 상의 아스팔트 두께 조사등이 토목분야에서 활용되며, 비교적 천부에 존재하는 고고학적 유물 발굴등의 고고학유적탐사 분야에 활용되고 있다.

2.2 자료처리 방법

일반적으로 비파괴 지반조사시 실시하는 탐사는 지반의 함수비, 매질의 건조여부, 다짐도, 종류 등에 의해 유전상수가 달라지게 된다. 또한 전자파의 전파 능력은 고주파일수록 멀리 도달하지 못하나 해상도가 커지므로 일반적으로 해상도가 중요시 될 경우는 가능한 고주파를 이용하여 자료를 획득한다. 때로는 해상력보다는 멀리 도달하는 것이 중요할 경우가 있으며, 이 경우에는 저주파를 이용하여 탐사를 실시한다. 당 현장에서는 500MHz 및 250MHz 안테나를 사용하여 탐사를 실시하였다. 500MHz 안테나는 약 2~4m 심도까지, 250MHz 안테나는 약 4~8m 심도까지 레이다파가 전달되며, 현장 여건에 따라 감쇠현상으로 인하여 실제 투과심도는 감소한다. 당 현장은 아스팔트, 콘크리트이며 투과심도는 최대 4m 정도로 측정되었다. 각 매질 특성에 따라 전파속도가 다르나 상부 아스팔트, 콘크리트내의 매립층으로 구성되어 있어 각 매질에 대한 고유의 전파속도를 적용하기 어려워 당 현장에서는 평균 전파속도인 1.3mm/ns의 속도값을 적용하였다. GPR 탐사에 있어서 사용된 안테나 주파수는 해상력(resolution)에 비례하고 침투심도(penetrating depth)에는 반비례한다.

지하레이다 탐사자료의 수학적 처리는 일반적인 디지탈 신호처리 기법과 탄성파 탐사 자료처리에서 사용되는 특수기법들을 사용하는데, 자료처리의 목적과 입력자료들의 성질에 따라 선택되어지는 처리기법들이 달라질 수 있다.

지하레이다 탐사자료는 상대적 고주파의 자료로 타 탐사법에 비해 탐사심도는 낮지만 해상력이 뛰어나 일반적으로 간단한 필터들에 의한 자료처리만을 수행하나 자료의 복잡성에 따라 또는 보다 정확한 해석을 위하여 디콘볼루션(deconvolution)이나 동보정(NMO), 구조보정(migration)과 같은 전문적인 자료처리를 수행하기도 한다.

터널의 라이닝 탐사에서 얻어진 자료는 콘크리트 매질이 지반에 비해 균질하기 때문에 지반을 대상으로 하는 매설물 탐사나 지반조사에 비해 상대적으로 S/N (Signal/Noise) 비가 높아 자료처리는 비교적 간단한 필터들에 의존한다. 필터링은 크게 시간영역, 주파수영역, 공간영역에서 수행된다.

데이타 보정

자동 기록된 GPR 데이타는 반사법 탄성파 자료와 유사한데 GPR탐사와 반사법 탄성파 탐사는 파장에 있어 길이가 소스에 따라 변화하는 충격파형 신호에 의존한다. GPR탐사법은 라디오 주파수 안테나에 의하여, 반사파 지진의 경우처럼 음향소스로 지하로 보내지는데 반사는 각각 전기적, 탄성적 불연속성에 의해서 발생하며 필요한 트레이스는 진폭이 변화하는 경계에서의 반사 신호로부터 간섭과 신호감쇠에 의존하게 되고 측정점간의 거리가 짧을 때에는 지하의 2차원 영상 또는 단면을 형상화하는 트레이스가 수신된다.

전자파는 반사법 탄성파 신호와 비슷하게 형성되므로 유사한 신호처리법이 상호 데이타 처리에 적용될 수 있는데 GPR탐사에 반사탄성파 탐사신호처리법의 적용은 강력한 컴퓨터와 대용량의 자료저장 장치가 필요하다.

데이타 보정에는 통상 데이타 편집(edit), 중합(stack) 그리고 포화보정을 수행하게 되는데 이들에 대하여 기술하면 다음과 같다.

데이타 편집

데이타 편집은 현장에서 GPR 탐사를 수행할 때 불규칙한 지형 및 장애물 등에 의해 연속적인 탐사가 어려운 경우 편의에 따라 분할된 탐사지역마다 각각의 파일을 얻게 되며 장비의 기능 및 특성상 부득이하게 별도의 파일로 관리하는 경우가 발생할 수 있으므로 수집된 현장 데이타에 대하여는 데이타 분석 및 향후 탐사결과 보고서 작성 시 편의를 위하여 사전에 데이타를 재편집할 필요가 있다.

측정이 연속되므로 탐사선을 따른 속도변화는 수평 스케일의 왜곡을 초래하게 되며 깊은 도랑과 같은 장애물이 있는 곳에서는 탐사 수행이 곤란할 뿐만 아니라 이러한 경우에는 수직 스케일의 왜곡을 초래하게 된다. 자료처리에 있어 첫 번째 작업은 정지상태를 삭제하는 것과 단면을 통하여 동일시되도록 수평 스케일을 표준화하는 것이다.

신호포화 보정(Signal Saturation Correction)

탐사 신호중의 초기 시간대에는 지하매질을 전파, 반사된 신호가 아닌 공기를 통해 수신된 직접파가 기록되게 된다. 이러한 공기중을 통해온 신호는 관심의 대상이 아니므로 제거되어야 하는데 이러한 처리과정을 신호포화보정이라고 한다.

또한, 직접파와 표면파, 그리고 지표근처 반사물로 부터 나타나는 큰 에너지의 입력 때문에 이들이 수신기에서 실제의 반사신호와 합쳐지게 되어 자료의 질을 떨어뜨릴 수도 있는데 이러한 잡음들은 주로 저주파 성분들이므로 신호포화보정은 고주파통과 필터를 활용하여 수행 가능하다.

필터링(Filtering)

먼저 수집된 탐사자료에는 여러 원인에 의한 노이즈가 포함되어 있어 해석이 어려운 경우가 대부분이다. 그러므로 이러한 노이즈를 제거하고 원래의 반사신호를 강조하는 작업이 필요하다. 이를 필터링이라고 하는데 이들을 제거하는 데에는 여러 가지 필터가 적용되고 있으나 GPR 탐사에서 일반적으로 사용되는 필터링에 대해 기술하면 다음과 같다.

상관필터는 크게 자기상관필터와 상호상관 필터로 나눌 수 있는 자기상관 필터는 자료의 시간 도면에서 획득된 반사신호를 그 자신으로 컨벌루션(Convolution)시키는 과정에서 그 결과 두드러진 반사면은 더욱 강조가 되어 보기가 쉬어지고 잡음 신호는 감쇠되며 다중 반사파 등을 제거할 수 있다. 또한, 상호상관 필터는 자료의 시간 도면에서 획득된 반사 신호를 디컨벌루션(Deconvolution)시킨 후, 이것을 원래의 반사 신호와 컨벌루션시키는 과정으로 자기상관에서와 마찬가지로 다중 반사파가 아닌 실제 반사면에서의 신호를 확인하고 S/N비를 높일 수 있다. 시간영역에서 1-D 주파수 필터링은 수학적으로 컨벌루션을 말하며 식으로 표현하면 다음과 같다.

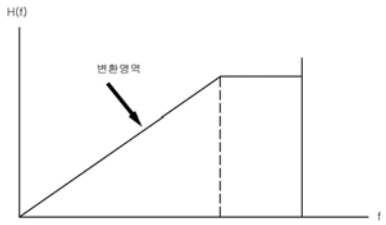
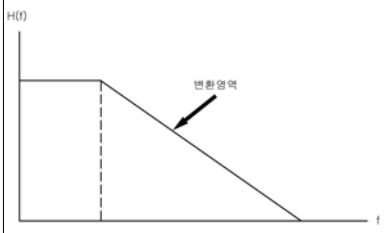
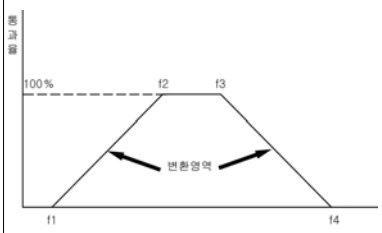
$$y(t) = h(t) * r(t)$$

여기서 h(t)는 필터이고, r(t)은 등록된 신호이며, y(t)는 필터된 신호이다.

다음으로 잡음이 많이 포함되어 있는 탐사자료로 예상되는 주파수 대역을 제거함으로서 잡음을 제거하게 되는데 여기에는 대역통과(Band Pass Filter), 고주파통과 필터(High Pass Filter) 그리고 저주파 통과 필터(Low Pass Filter)방법이 있다.

대역 통과 필터링은 저주파수 진동(진폭)과 긴 측정시간에 의한 신호왜곡에 의하여 야기된 고주파수 노이즈를 제거하는데 사용된다.

필터링 종류

고주파수 통과 필터	저주파수 통과 필터	밴드 패스 필터
		
특정 차단 주파수 (cut-off frequency)보다 주파수 대역 신호를 감쇠시키고 그보다 높은 주파수 대역의 신호를 감쇠 없이 통과함	특정 차단 주파수보다 높은 주파수대역 신호를 감쇠시키고 그보다 낮은 주파수 대역의 신호 감쇠 없이 통과함	특정 두개 차단 주파수 사이에 있는 주파수 대역 신호 감쇠없이 통과되나 이외 모든 주파수는 모두 감쇠시켜 버리는 특성임

스펙트럼 분석

시간영역의 함수를 주파수 영역의 함수로 변환하는 것으로 그 역은 역푸리에 변환이라고 하는데 푸리에 분석 및 푸리에 합성의 종합적인 형태이며 라플라스(Laplace)변환의 일반화로 볼 수 있다.

한편, 푸리에 급수는 주기함수를 주기의 역수인 기본주파수의 정수배를 갖는 정현파들의 합으로 나타낸 것이다.

자료 처리의 목적은 신호대 잡음비(S/N ratio)를 높이는데 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 자료의 주파수 성분을 확인하여 잡음대역을 알아내고 잡음의 감쇠 또는 제거를 위해 적절한 처리를 적용하는 것이 필요하다.

이를 스펙트럼분석이라고 하는데 시간 영역의 자료를 주파수 영역으로 변환하여 주파수 성분을 확인하는 스펙트럼분석은 위에서 언급한 푸리에 변환을 이용함으로서 가능하다.

이러한 스펙트럼 분석은 각 과정의 처리를 거칠 때마다 행하여 변화한 신호의 주파수 성분을 확인하는 것이 효율적인 자료 처리를 위해 필요하다.

신호의 진폭을 확인한다는 것은 기록된 반사 신호들은 시간대 진폭의 함수로 나타내어지는데 이를 주파수대 진폭의 함수로 변환시키는 것을 의미하며, 이러한 수학적 과정을 푸리에 변환이라고 하다. 즉 푸리에 변환을 통해 다음과 같은 작업을 수행한다.

시간 영역의 신호 S(t) → 주파수 영역의 신호 S(w)

푸리에 변환은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$S(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} S(t) e^{-jwt}$$

여기서, $j = \sqrt{-1}$

$w = 2\pi f$ (각 주파수)

즉, $S(w)$는 복소수 함수이며, 다음과 같이 실수부분과 허수부분으로 나눌 수 있다.

$$S(w) = S_{Re}(w) + jS_{Im}(w)$$

한편, 디콘볼루션은 자료의 수직분해능을 증가시키는데 사용되는 특별한 필터이다. 보통 지하 매질의 상황은 복잡하므로 기록된 신호에는 노이즈와 다중 반사된 신호가 섞여 있어 신호의 의미파악이 쉽지 않다. 이러한 경우 디콘볼루션은 다중 반사에 의한 신호를 감쇠 시켜 원 자료를 개선시킬 수 있다.

전자파 탐사의 경우 전자파 트레이스 $s(t)$는 지층의 반사계수 함수 $\gamma(t)$와 파형요소 $W(t)$의 콘볼루션 관계를 갖는다 하며 이는 다음 식으로 표시된다.

$$s(t) = \gamma(t) * w(t)$$

또한 다중 반사파는 매질 또는 기계에 의해 발생할 수 있는데 리벌버레이션(reverberation)과 멀티플(Multiple)로 나눌 수 있다. 리벌버레이션은 두 층사이에서 일어나는 반복적인 반사이며, 멀티플은 주요한 경계면에서 두번 이상 반사가 일어나는 것을 말한다. 또한 기계 자체에 의해서도 리벌버레이션과 같은 효과가 생길 수 있으며, 이를 링잉(ringing)이라고도 한다.

이와 같이, 원래의 신호가 위와 같이 매질과 기계에 의해 변형이 일어나는 것을 신호가 콘볼루션 되었다고 하며, 이러한 콘볼루션 현상을 제거하는 것이 디콘볼루션이다. 한편, 매질내 전자파 속도를 알 수 있다면 반사체까지의 거리를 계산할 수 있는데 지하 천부를 대상으로 하고 있는 GPR탐사에서 전자파 속도 결정은 CMP(Common Mid Point)를 통하여 이루어진다. CMP탐사로부터 속도가 결정되면 지하 매질의 깊이 구조를 조사할 수 있다.

전자파 탐사에서 시간 단면을 심도로 생각할 수 있는 것은 전자파가 전파되는 경로가 수신되는 경로와 일치한다는 가정하의 추론이다. 하지만 실제로는 송신기와 수신기가 떨어져 있으므로 파의 경로는 초기 시간에의 영상일수록 지표에서 더 멀리 떨어져 있는 것으로 보이게 된다. 이에 대한 보정을 NMO보정이라 한다.

즉, NMO는 송신부와 수신부가 같은 점에 일치하지 않아 생기게 되는 반사주시의 증가분을 말하며, 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\Delta T_{NMO} = T_X - T_O = \frac{X^2}{2TV^2}$$

여기서 T_x는 송신부와 수신부간 거리가 x일 때의 반사주시로 실측주시가 되고 T_0는 송신부와 수신부가 한 점에 일치할 때의 반사주시이다.

한편, 공기파동은 공기 중에서 빛의 속도(c=0.30 m/ns)로 항상 움직이는 수신기에 도착하는 최초의 레이다 신호이다.

$$t = \frac{\text{송·수신안테나분리거리}}{0.3m/ns}$$

그러나 지하파동은 공기 파동 후 도착하는 땅을 통하여 전달하는 직접적인 레이다 펄스이다, 그 속도는 지표면 부근의 특성에 의존한다.

고도보정

송신부와 수신부, 샘플링 간격사이의 고도차, 저속도층의 풍화 정도에 따르는 전자파의 속도변화, 지층의 두께 등에 따라 생기게 되는 반사 주시의 변화를 보정 해주는 것을 고도보정(static correction)이라 한다.

공기 파동에 의하여 GPR탐사 단면이 평탄하게 나타나면 표면 고도와 속도 고도 효과를 고려하지 않는다. 따라서 고도와 속도 보정은 표면 지형의 영향이 있는 경우에 수행하게 되는데 예로서, 건조모래에서 평균 레이다속도를 0.125m/ns라 가정하면 지형적인 상향고도보정 (Δt)는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta t = \frac{\text{고도(표고,}m)}{0.125m/ns}$$

또한, 고도보정은 지표면으로부터 반사 도착시간에 의하여 만들어질 수도 있다.

구조보정(Migration)

구조보정은 실 공간 위치에 반사를 재배치하기 위한 것으로 2차원 영상처리과정인 구조보정은 신호의 왜곡, 즉 위경사 반사신호를 개선하여 실제의 반사면을 나타내게 해주는 매우 효과적인 작업이다. 그러나, 이 과정은 GPR탐사 자료에서 완전하게 수행되지는 못한다. 즉, 쌍곡선 모양의 반사신호를 완벽하게 제거하지는 못한다는 것이다. 신호의 왜곡은 쌍곡선처럼 점과 같은 반사체에 의하여 만들어지고 실제 경사면보다 더 작은 경사각으로 표현하는 일정한 폭을 갖은 안테나에 의하여 발생한다. GPR탐사시 전자파는 원통형의 지중 매설물, 일정 목표물, 경사층 등으로부터 회절되고 이러한 회절된 전자파는 다른 관심 대상의 반사파로 오인될 수 있으며 크기와 모양의 해석에도 어려움이 따른다. 또한, 만약 반사체가 경사를 이루고 있다면 전자파가 수직으로 전파, 반사한 실제의 위치가 왜곡되게 나타나 그 경사가 실제보다 완만하게 보이며 경사가 약 60° 이상일 경우의 반사체는 탐지되지 않는다. 결국, 구조보정은 이러한 반사체의 위치를 원위치로 하고 그 경사를 진경사로 만드는 자료 처리기술이다. 탐사 단면상에 나타난 반사점이나 회절점들은 실제위치와는 다르게 나타나는데 이러한 현상을 보정하기 위한 자료처리 과정은 회절곡선상의 적분(키르히호프 구조보정), 유한차분법 이용, 파동장의 위상이동 그리고 주파수 영역보정을 통하여 실제의 위치를 나타낸다.

이득 보정(Gain Recovery)

시간변수 이득은 기록단계에서 사용되는데 동일 이득 셋팅은 각 단면에 대하여 각각 선정하여 사용한다. 이때 가장 큰 변화는 자료에 자동 수평 이득 보정 운용을 적용함에 의하여 매끄럽게 되는데 수직 이득 보정은 기록단계에서 이득 셋팅이 적절치 못한 곳에서 사용되게 될 때가 많다. 한편, 윈도우 처리는 한계가 있는데 데이타의 수가 너무 많은 경우 자료는 지나치게 매끄럽게 되는 반면에 외형 진폭레벨에 의한 반사의 분류는 불가능하게 된다. 한편 전자파 에너지는 매질 내를 전파할 때 전자파원으로부터 구형발상에 의한 진폭의 감쇠가 일어나는데 매질의 전기 전도도 등 여러 가지 요인에 의해 감쇠가 일어나 일반적으로 탐사자료의 후기 시간대 신호는 전기 시간대의 신호에 비해 대단히 미약하게 된다. 그러므로 탐사의 목적에 맞는 양질의 자료 획득을 위해 전 시간대에 걸쳐 신호의 수준을 일정하게 해주는 작업이 필요하다. 이러한 작업을 이득보정이라고 한다. 이 경우 전송파장의 구면 확산에 의하여 얼마간의 시간 경과 후 반사신호는 초기 반사신호 보다 현저하게 낮은 진폭을 보여준다. 한편 상대적으로 약한 이들 진폭을 회복하기 위하여 공간발산 또는 자동이득조절(AGC)로서 여러 가지 함수를 사용하여 조정하게 되는데 보통 다음과 같은 보정함수를 사용한다.

$$Gain(dB) = A \cdot T + B \cdot 20 \log T + C$$

여기서, A : 감쇠항 , B : 구형발산항, C : 상수항

이 경우 공간발산 이득은 20 정도의 이득상수를 사용하고 있는데 위의 함수는 시간에 따른 선형적인 항과 대수항으로 이루어져 있으며 $A \cdot B \cdot C$의 결정은 분석자가 여러 가지 값을 조합하여 자료에 적용시킨 후 신호의 수준이 가장 알맞은 값을 택한다.

결과 정리

탐사 결과의 정리는 탐사목적에 맞도록 앞에서 기술하고 있는 사항들에 대하여 수행하고 그 결과를 정리하는 단계로, 실무활용을 위한 최적의 탐사 결과 도출을 위해서 관련자료도 함께 분석하여 반영시킬 필요가 있다.

2.3 자료분석 방법

자료분석 개요

GPR 탐사자료의 해석에 대한 일반적인 사항은 다음과 같다.

- 각 단면에서 가로 방향은 측정거리(Distance)를 나타내며, 세로축은 심도(Depth)임
- 각 단면도에서 색상은 수신된 전자파의 세기를 나타낸 것이다. 보통 그레이 스케일을 많이 사용하는데 이는 구별하기가 가장 쉽기 때문임
- 매설물의 심도는 측정지표면에서 매설물의 가장 가까운 지점으로 표기함
- GPR 탐사는 조사지역 주변의 지상 구조물에 대한 주의를 요하며, 특히, 철로 만들어진 지상 구조물의 근처에서의 조사는 해석시 오류를 범할 수 있기 때문에 현장에서의 주변 환경 조 건에 대한 야장의 기록과 병행하여 수행하며 이를 해석에 반영하여함
- GPR 탐사시 매설물이나 이상대에 의한 반응은 여러 가지로 나올 수 있으므로 해석 결과시 오류를 범할 가능성은 항상 내포되어 있다. 따라서 측정자가 의심이 되는 부분이나, 반응이 약한 부분 등은 미상으로 표기하였으며, 반응결과로 매설물의 종류와 크기는 정확히 알 수 없으므로 지장물의 위치와 비교하여 표기하였음

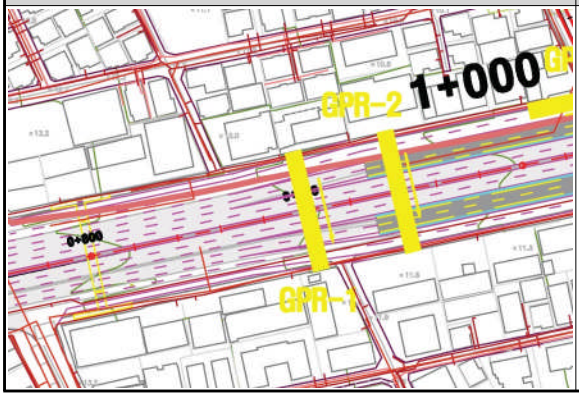
자료 분석 및 해석

본 탐사에서 취득한 GPR 자료가 명확하게는 지장물도와 일치하지 않으며, 모든 지장물은 분명하게 반응하되 지표물질의 유전율 및 투자율에 따라 결과단면상에 명확하게 나타나지 않을 수 있으며, 그 이유는 아래와 같다.

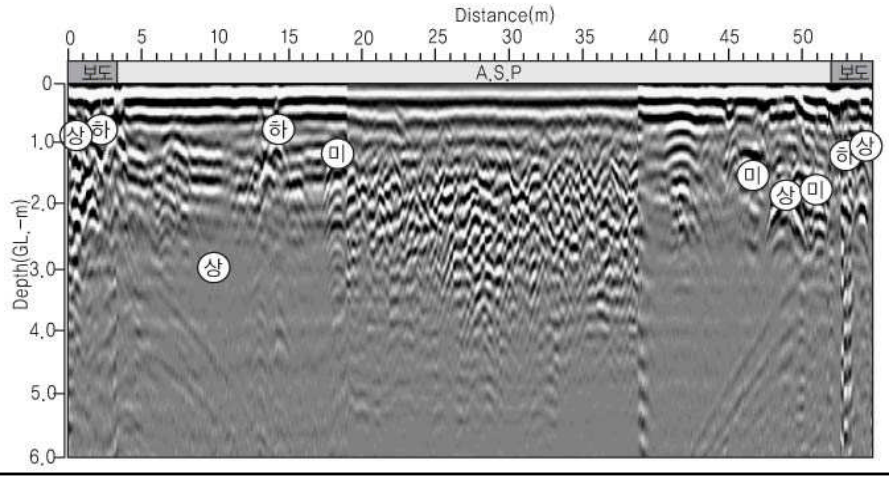
- 지반의 상태에 따라 전자파의 투과율이 각기 다르게 나타나며, 낮은 심도의 매설물이라도 에너지의 감쇠가 심할 경우 나타나지 않을 수도 있음. 즉, 매질의 유전율이 높을수록 전파속도는 느리며 탐사심도는 깊어지며, 반대로 전기전도도가 높을수록 전자파의 감쇠는 심하며 탐사심도가 낮아짐. 주로 전자파 감쇠율은 전기전도도와 장비의 중심주파수에 의해 결정되며 전자파 속도는 유전율 차이에 의해 변화함
- 매설관이 깊게 매설되어 있는 경우나, 동일한 위치에 매설물이 동시에 매설되어 있는 경우 감쇠가 심하여 나타나지 않는 경우도 발생할 수 있음
- 매설물의 크기가 탐사장비 적용 범위한계를 초과하여 작을 경우에도 나타나지 않을 수 있음
- 현장여건상 상부지표상의 매립층상의 자갈과 같이 표면의 굴곡이 있으면, 상부반응에 의하여 하부지점의 전자파 감쇄로 인하여 탐사심도가 줄어 하부 반응체의 탐사 불가능한 경우임

2.4 분석결과

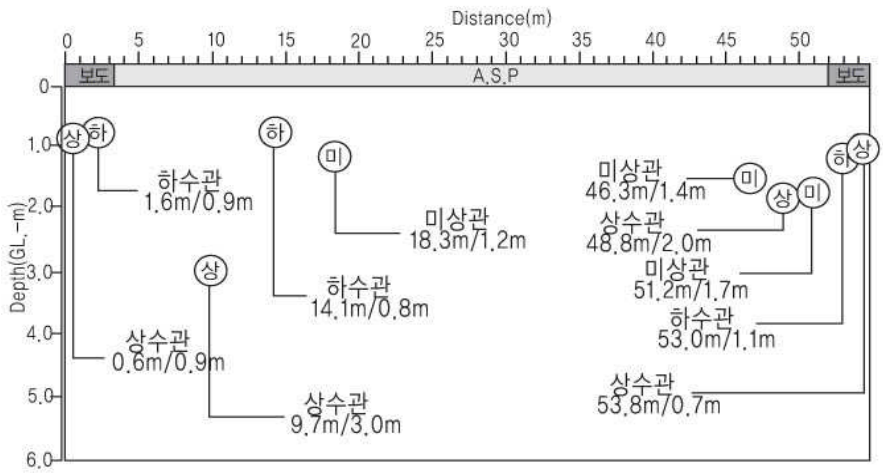
단면 GPR-1

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

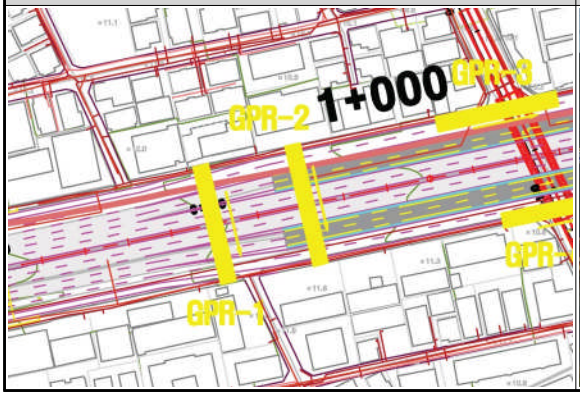


해석결과

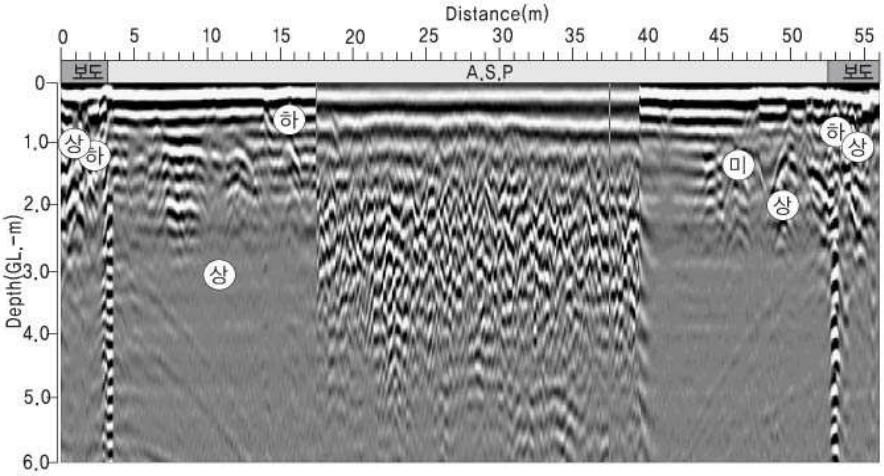


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	0.6m/0.9m 9.7m/3.0m 48.8m/2.0m 53.8m/0.7m	1.6m/0.9m 14.1m/0.8m 53.0m/1.1m	-	-	-	-	-	18.3m/1.2m 46.3m/1.4m 51.2m/1.7m

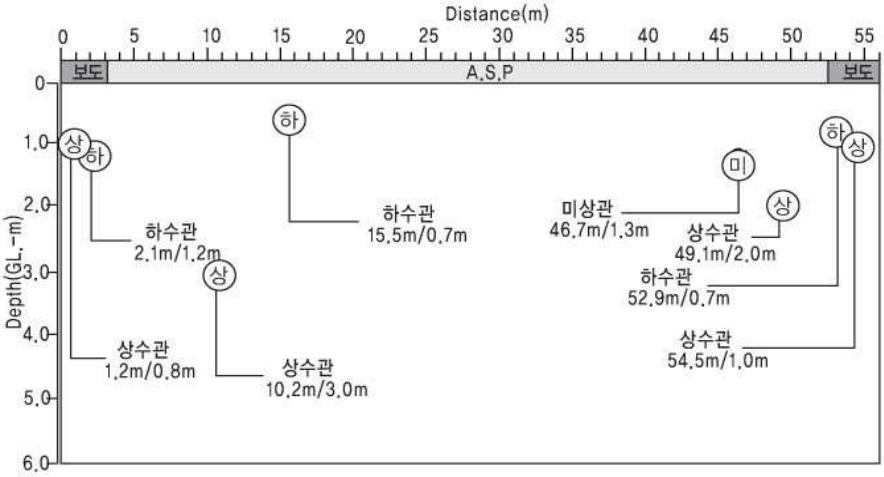
단면 GPR-2

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과



해석결과

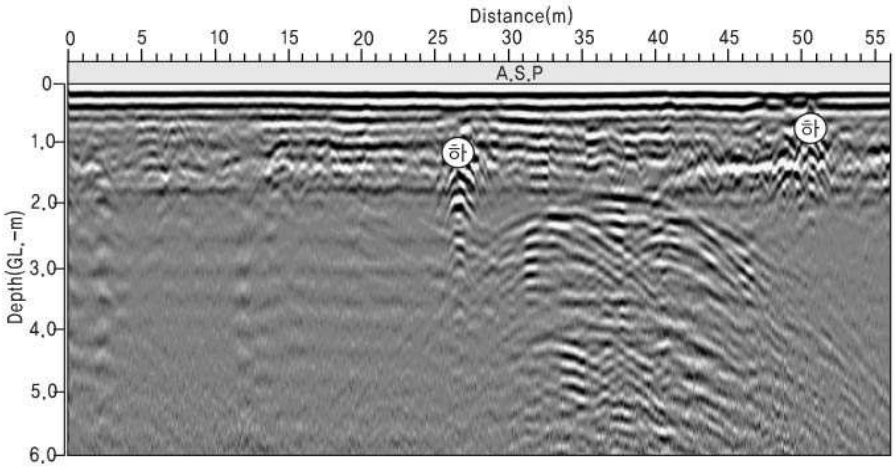


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	1.2m/0.8m 10.2m/3.0m 49.1m/2.0m 54.5m/1.0m	2.1m/1.2m 15.5m/0.7m 52.9m/0.7m	-	-	-	-	-	46.7m/1.3m

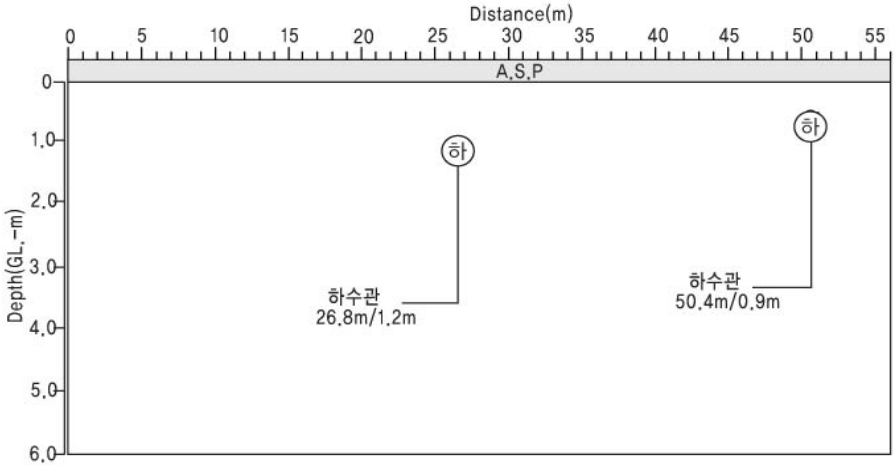
단면 GPR-3

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

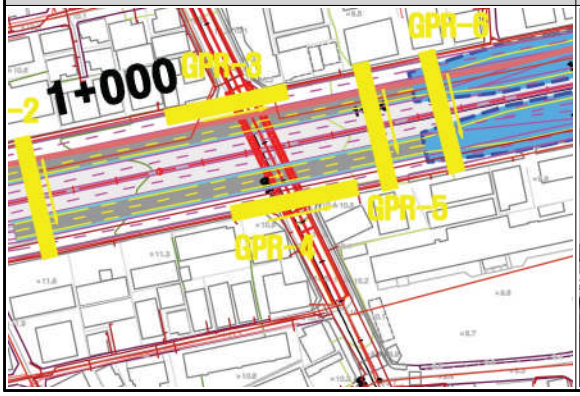


해석결과

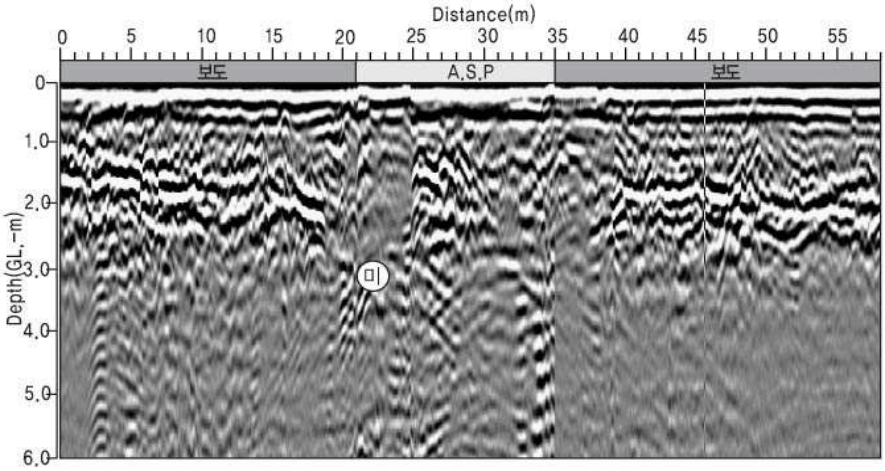


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	-	26.8m/1.2m 50.4m/0.9m	-	-	-	-	-	-

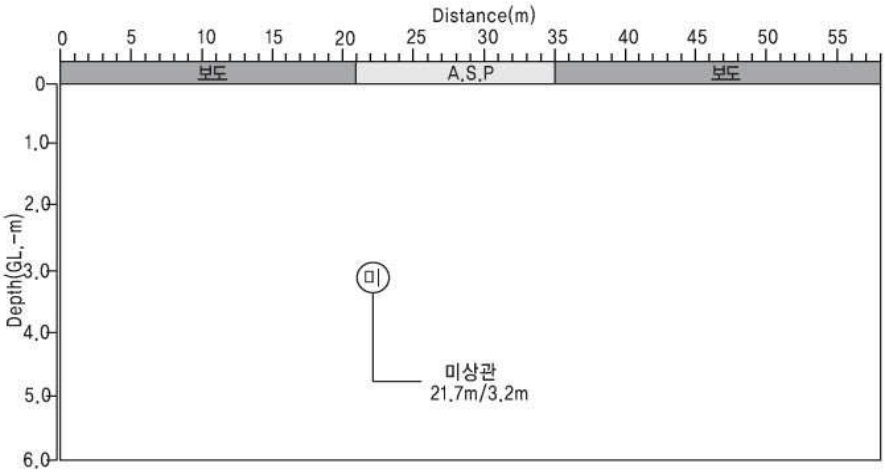
단면 GPR-4

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

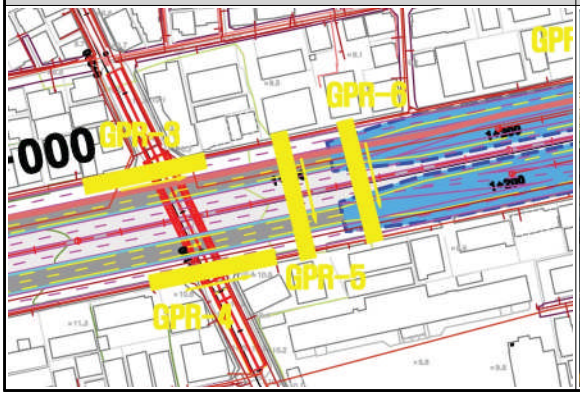


해석결과

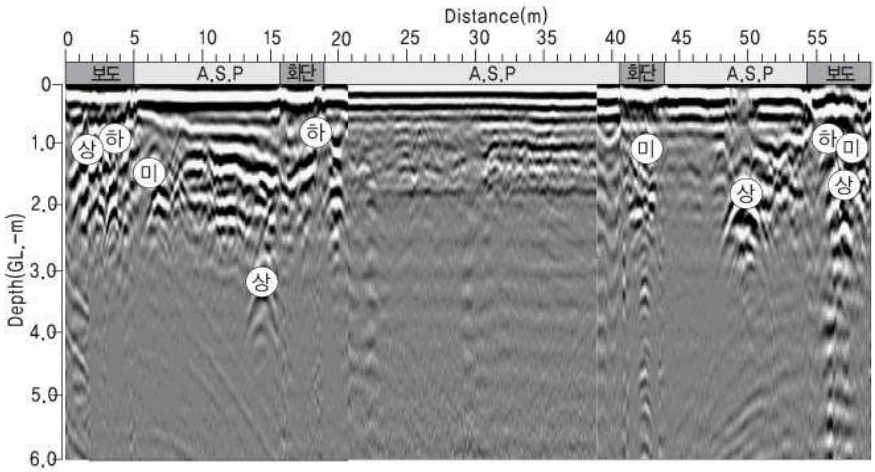


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	-	-	-	-	-	-	-	21.7m/3.2m

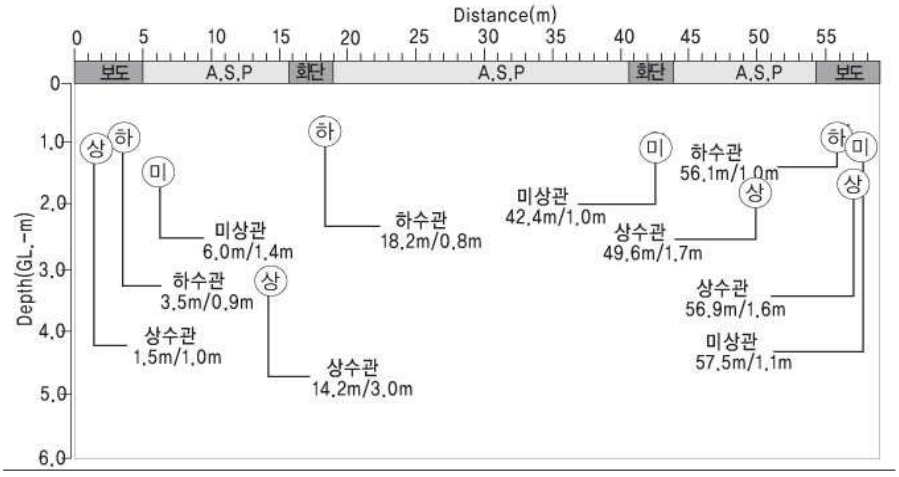
단면 GPR-5

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

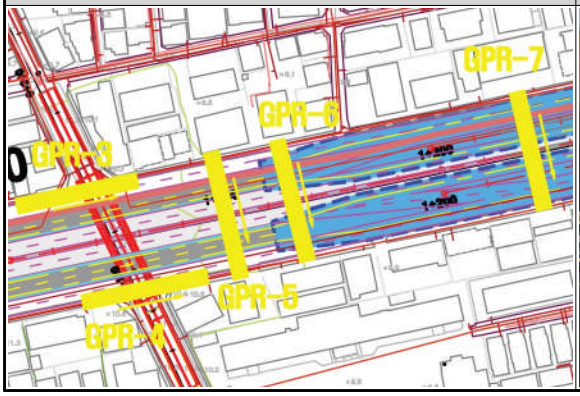


해석결과

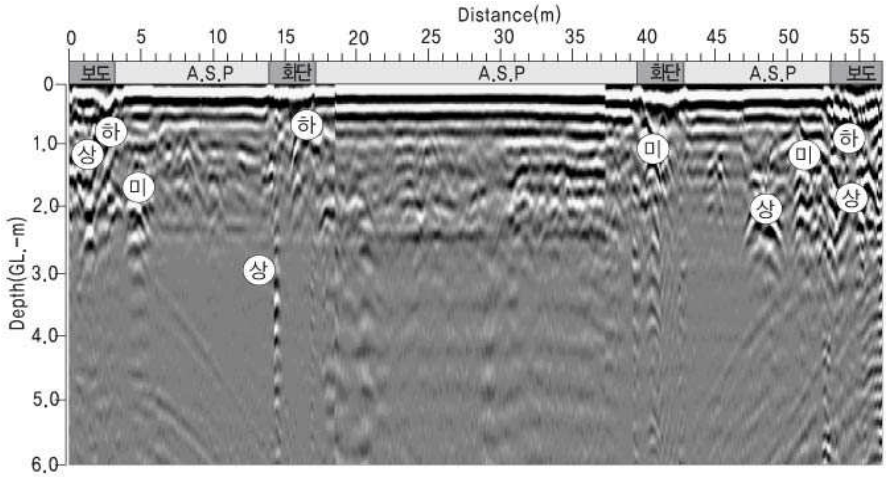


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	1.5m/1.0m 14.2m/3.0m 49.6m/1.7m 56.9m/1.6m	3.5m/0.9m 18.2m/0.8m 56.1m/1.0m	-	-	-	-	-	6.0m/1.4m 42.4m/1.0m 57.5m/1.1m

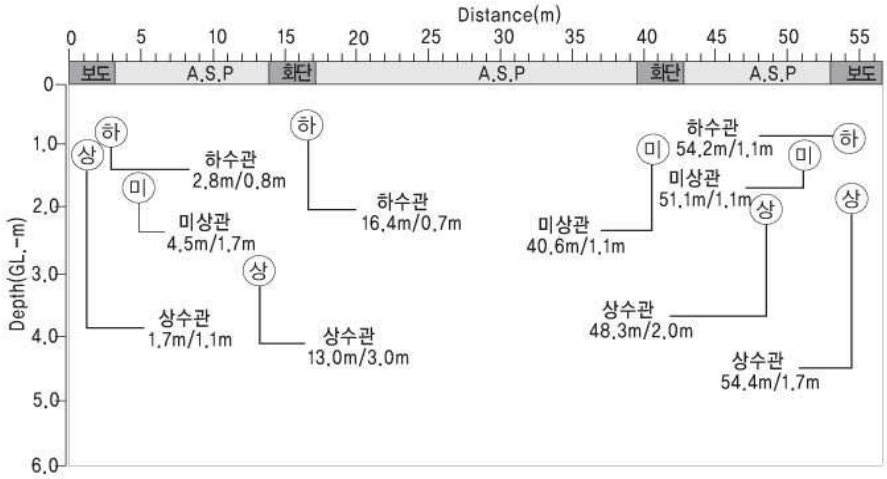
단면 GPR-6

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

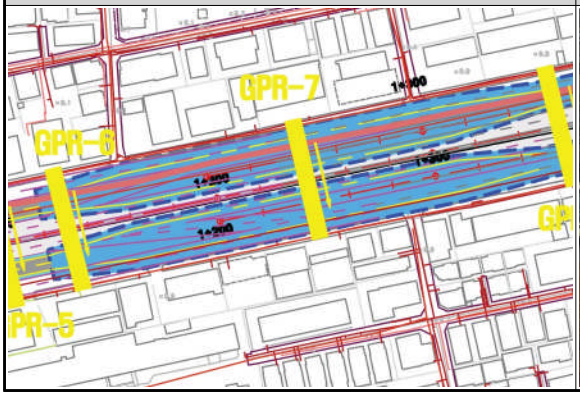


해석결과

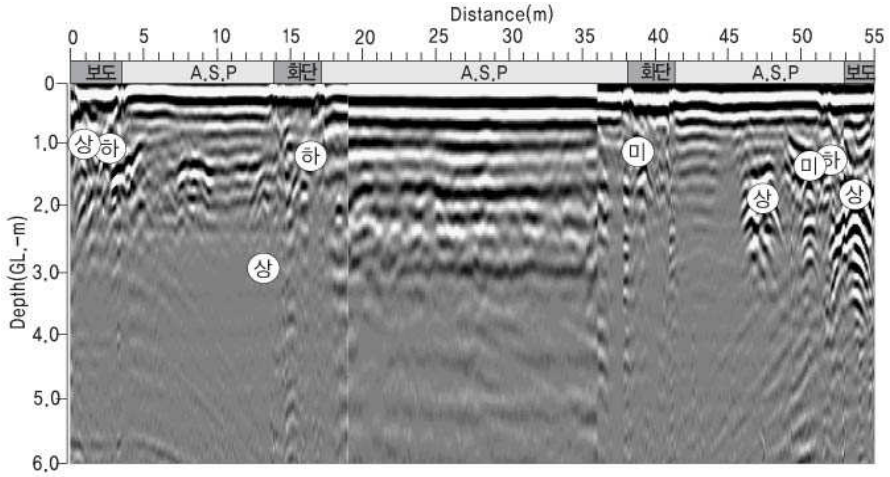


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	1.7m/1.1m 13.0m/3.0m 48.3m/2.0m 54.4m/1.7m	2.8m/0.8m 16.4m/0.7m5 4.2m/1.1m	-	-	-	-	-	4.5m/1.7m 40.6m/1.1m 51.1m/1.1m

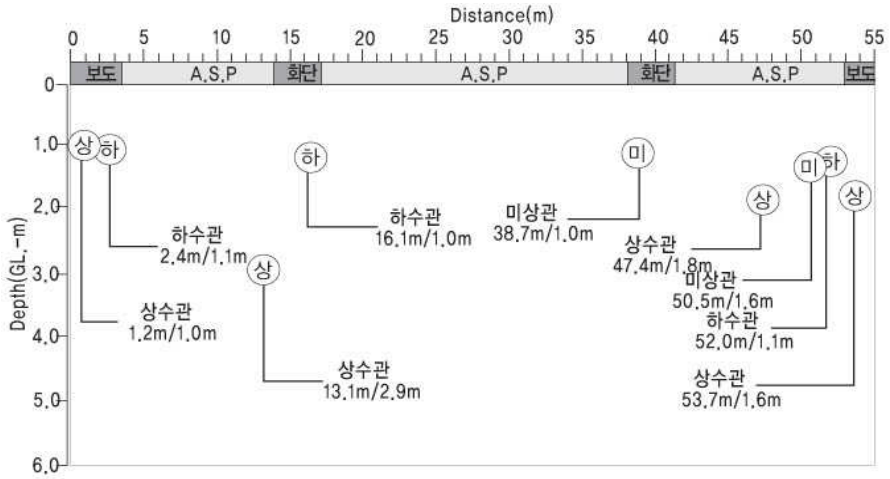
단면 GPR-7

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

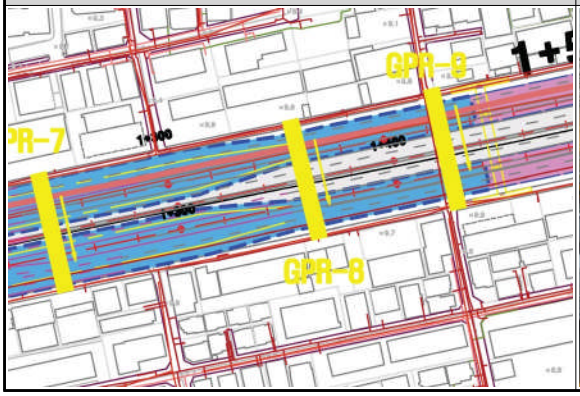


해석결과

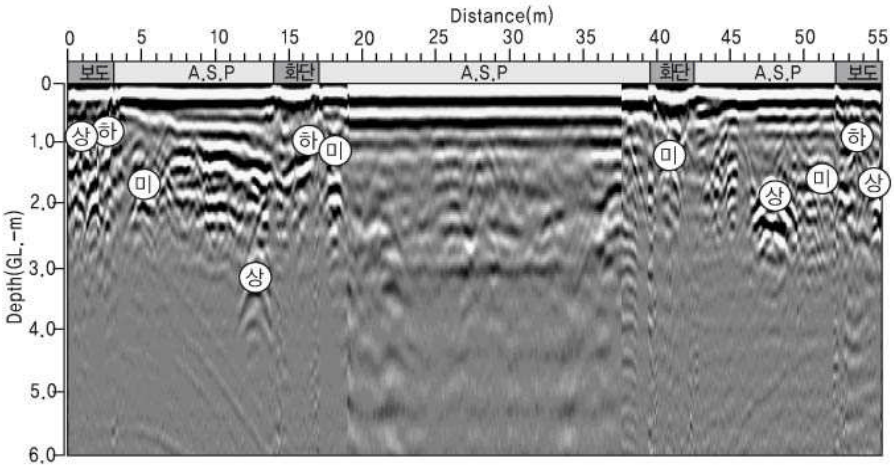


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	1.2m/1.0m 13.1m/2.9m 47.4m/1.8m 53.7m/1.6m	2.4m/1.1m 16.1m/1.0m 52.0m/1.1m	-	-	-	-	-	38.7m/1.0m 50.5m/1.6m

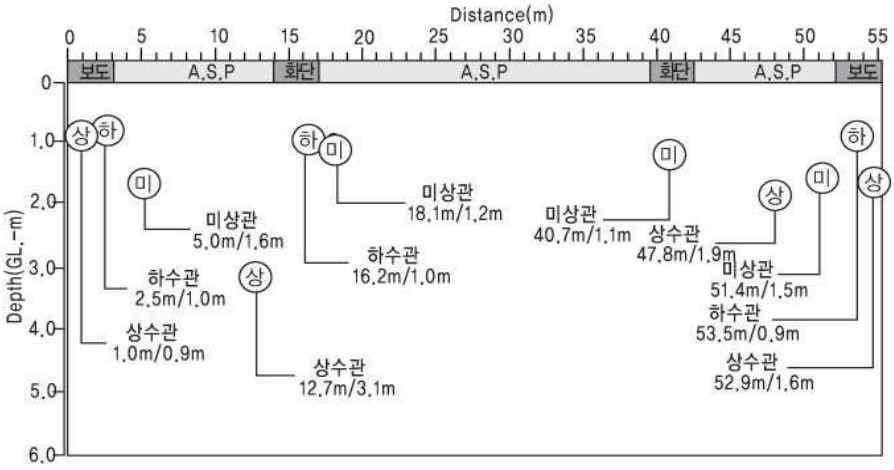
단면 GPR-8

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과



해석결과

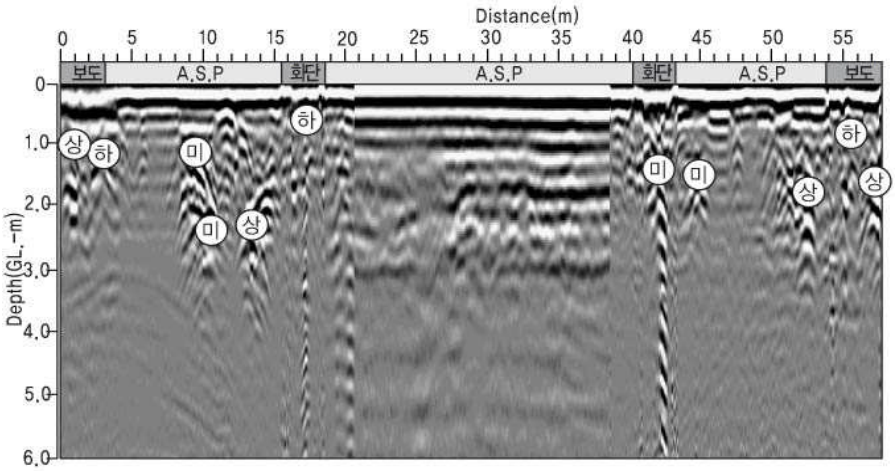


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	1.0m/0.9m 12.7m/3.1m 47.8m/1.9m 52.9m/1.6m	2.5m/1.0m 16.2m/1.0m 53.5m/0.9m	-	-	-	-	-	5.0m/1.6m 18.1m/1.2m 40.7m/1.1m 51.4m/1.5m

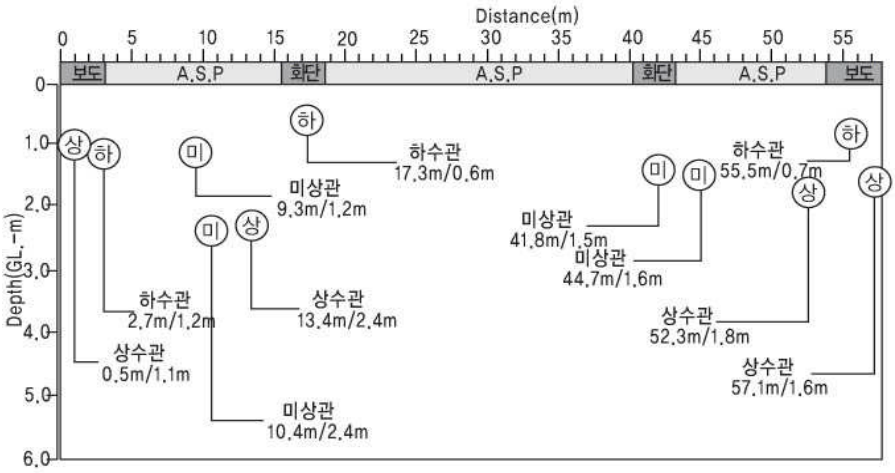
단면 GPR-9

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

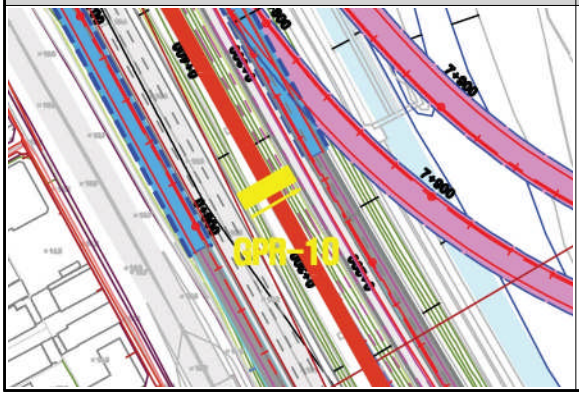


해석결과

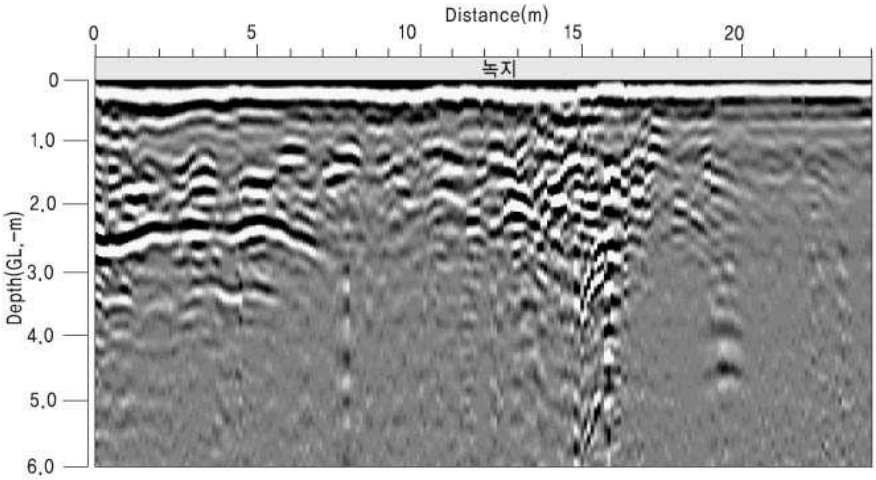


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	0.5m/1.1m 13.4m/2.4m 52.3m/1.8m 57.1m/1.6m	2.7m/1.2m 17.3m/0.6m 55.5m/0.7m	-	-	-	-	-	9.3m/1.2m 10.4m/2.4m 41.8m/1.5m 44.7m/1.6m

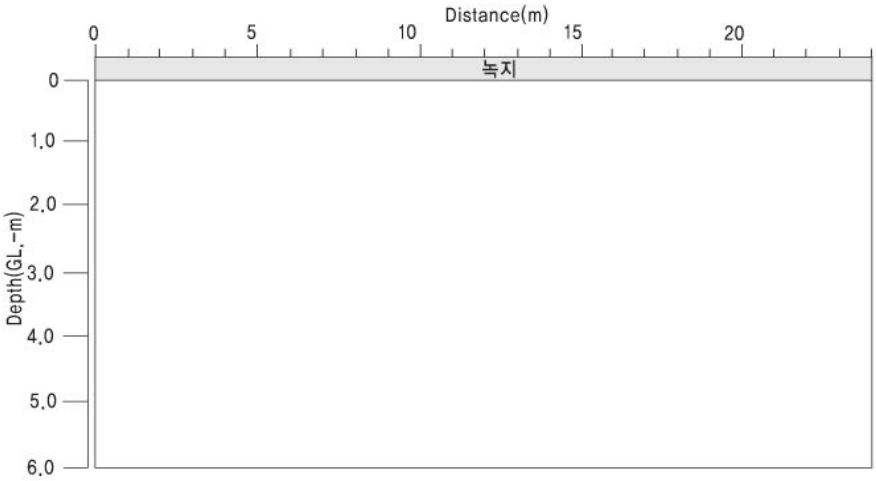
단면 GPR-10

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과



해석결과



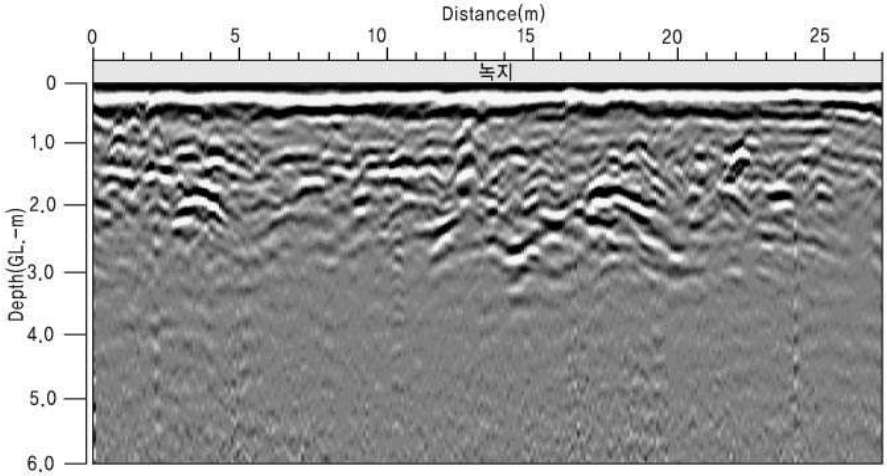
분석결과

•측선 GPR-10번은 지장물도와 현장에서 육안으로 하수BOX가 관찰되나, 탐사결과 전자기적 회절반응은 관찰되지 않음, 현장 여건상 매설물 상부 매립층의 매질특성(불균질한 매질, 자갈 등에 의한 반사, 높은 전기전도도 등)의 영향으로 전자기파의 투과심도가 3~4m 정도이며, 하수BOX로 판단되는 전자기적 반응은 나타나지 않음, 시공 시 지장물의 파손에 주의해야 할 것으로 판단됨

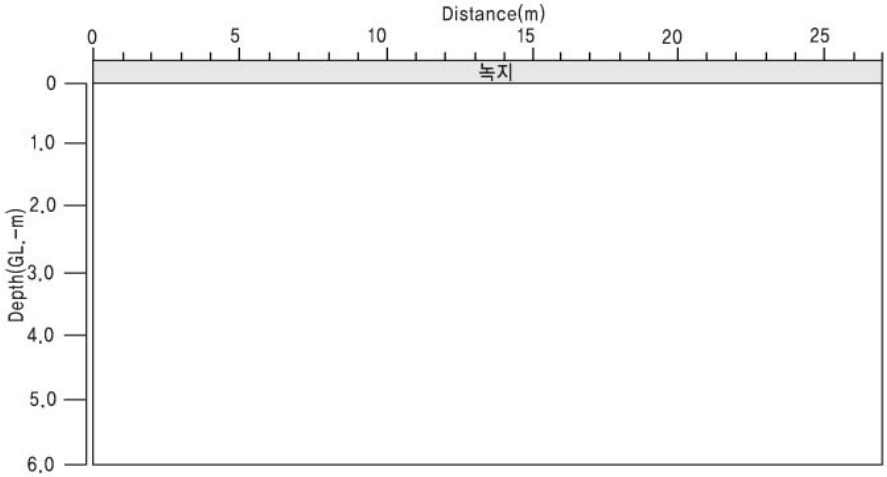
단면 GPR-11

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과



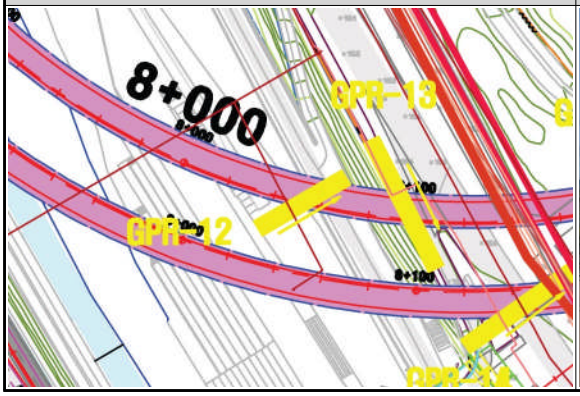
해석결과



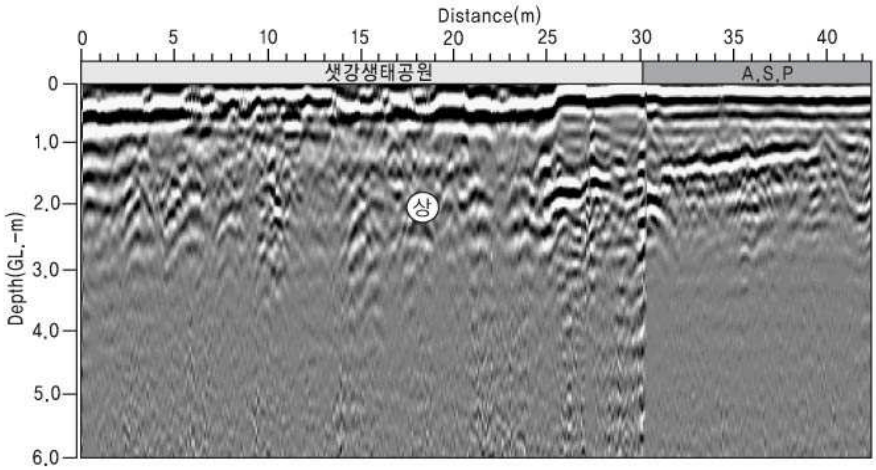
분석결과

•측선 GPR-11번은 지장물도와 현장에서 육안으로 하수BOX가 관찰되나, 탐사결과 전자기적 회절반응은 관찰되지 않음, 현장 여건상 매설물 상부 매립층의 매질특성(불균질한 매질, 자갈 등에 의한 반사, 높은 전기전도도 등)의 영향으로 전자기파의 투과심도가 3~4m 정도이며, 하수BOX로 판단되는 전자기적 반응은 나타나지 않음, 시공 시 지장물의 파손에 주의해야 할 것으로 판단됨

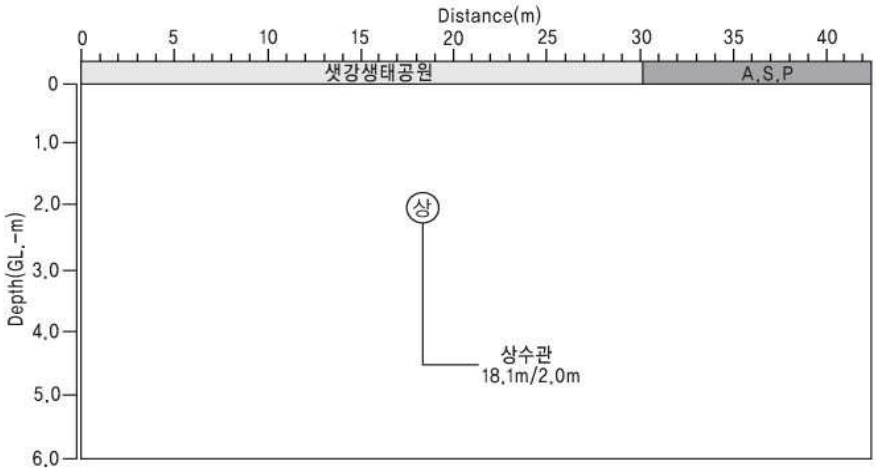
단면 GPR-12

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

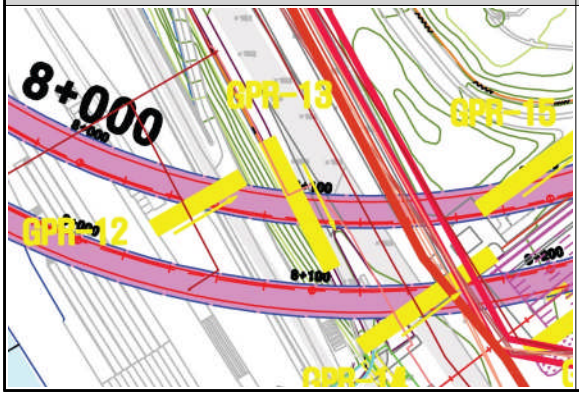


해석결과

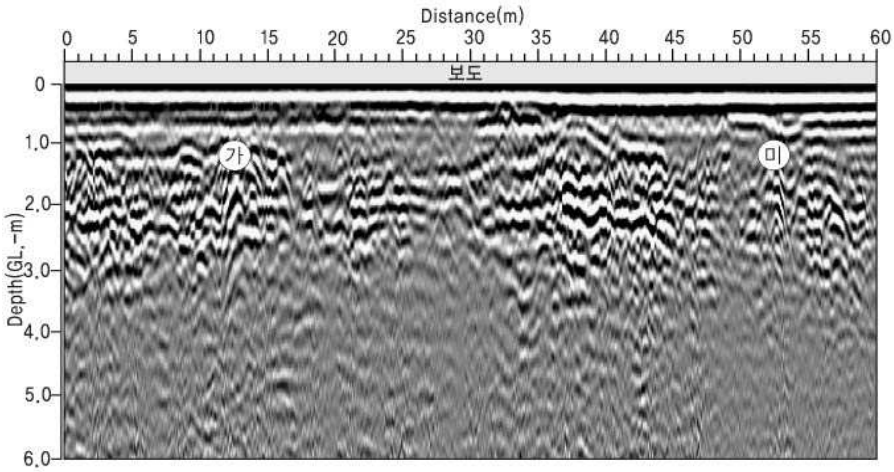


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	18.1m/2.0m	–	–	–	–	–	–	–

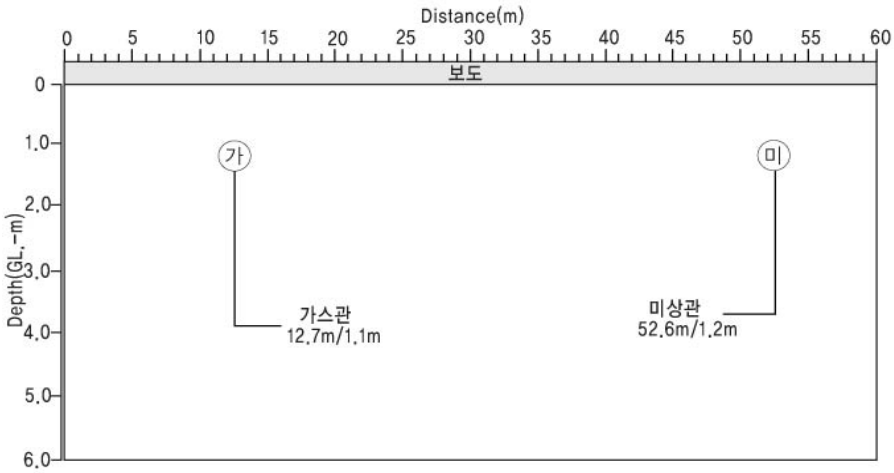
단면 GPR-13

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

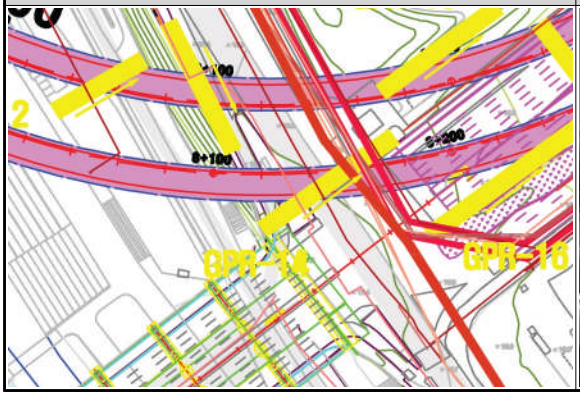


해석결과

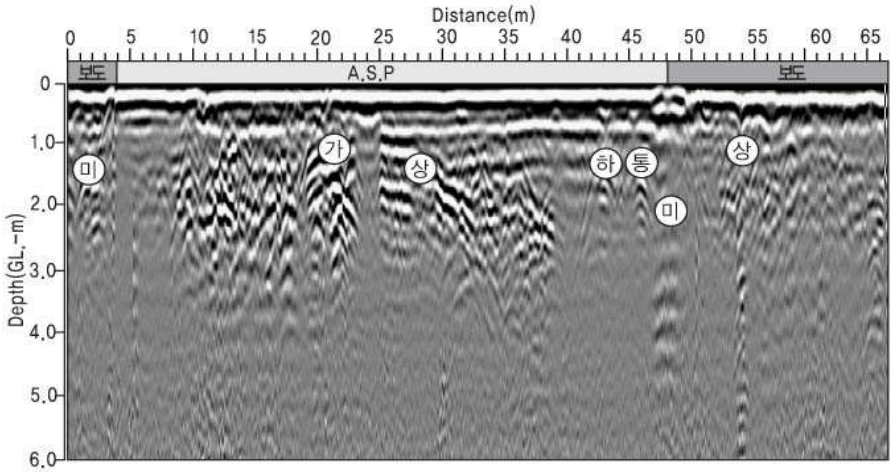


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	-	-	-	12.7m/1.1m	-	-	-	52.6m/1.2m

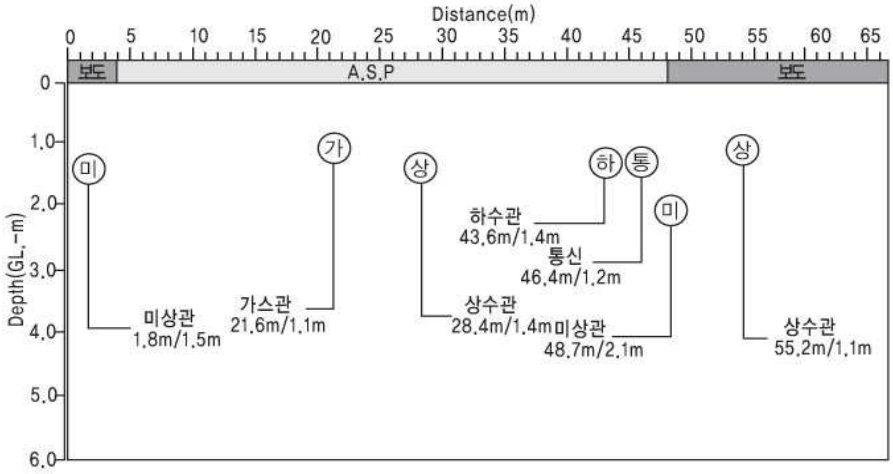
단면 GPR-14

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

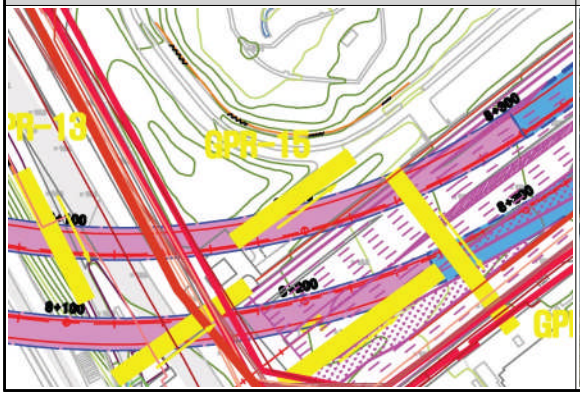


해석결과

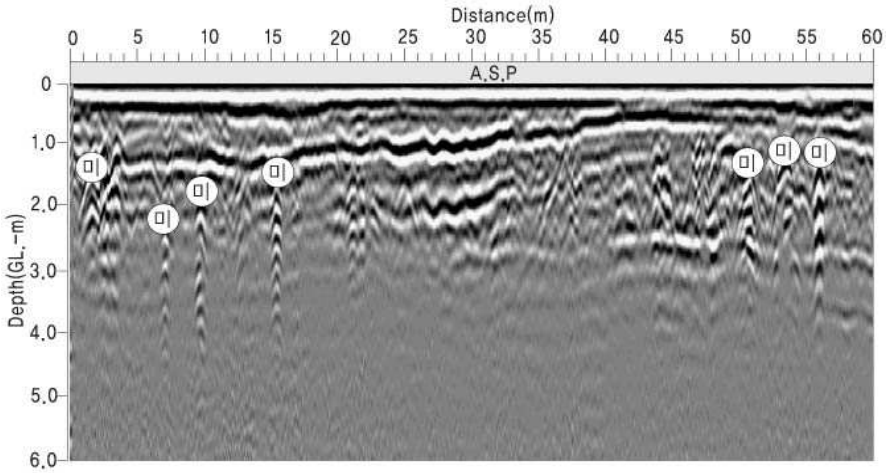


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	28.4m/1.4m 55.2m/1.1m	43.6m/1.4m	–	21.6m/1.1m	–	46.4m/1.2m	–	1.8m/1.5m 48.7m/1.2m

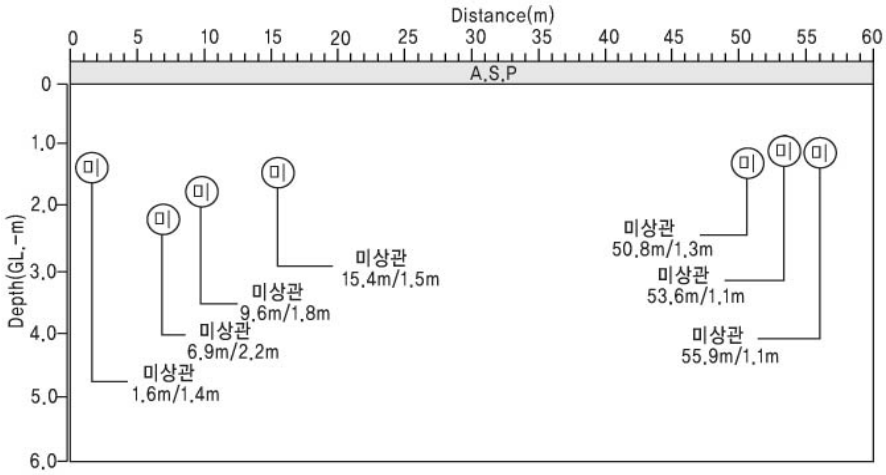
단면 GPR-15

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과



해석결과

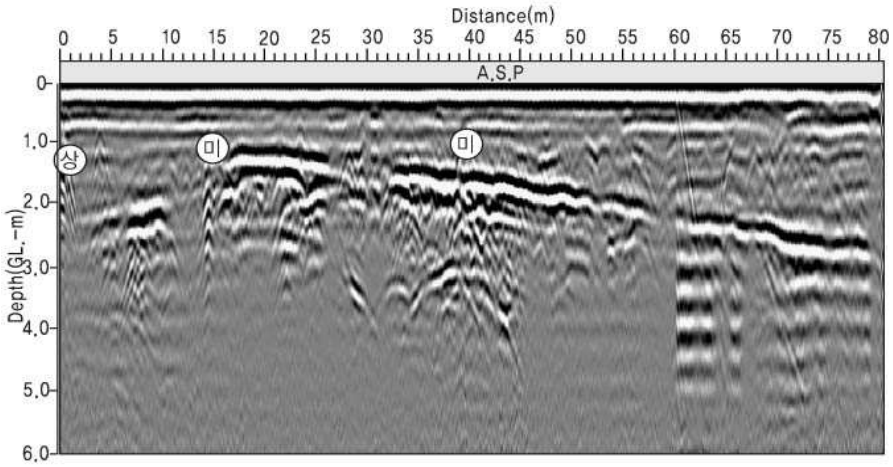


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	미상관	
지장물 요약표 (거리/심도)	-	-	-	-	-	-	1.6m/1.4m 6.9m/2.2m 9.6m/1.8m 15.4m/1.5m	50.8m/1.3m 53.6m/1.1m 55.9m/1.1m

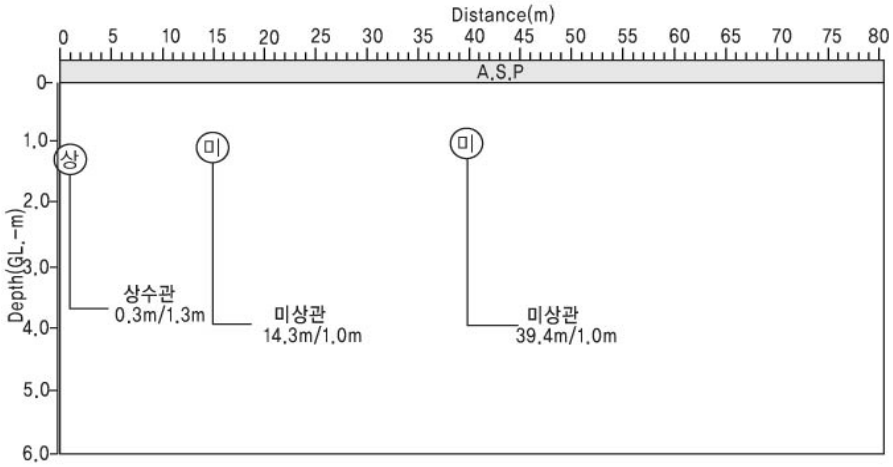
단면 GPR-16

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

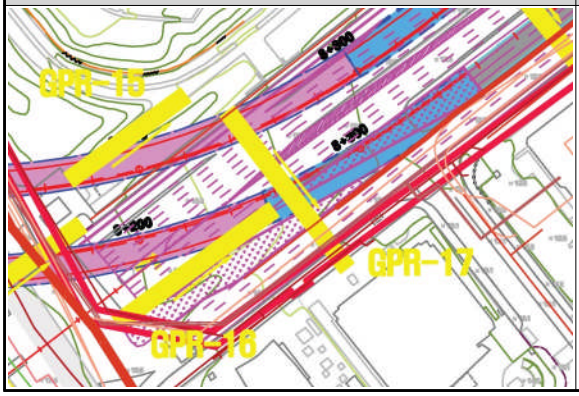


해석결과

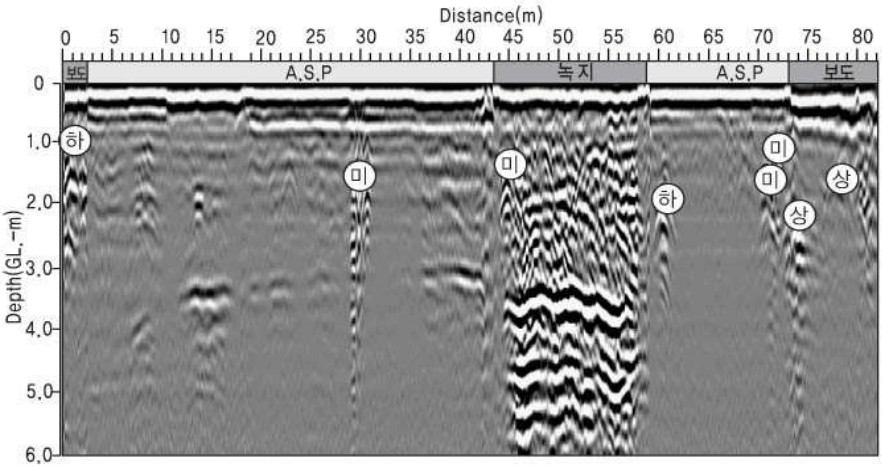


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	0.3m/1.3m	–	–	–	–	–	–	14.3m/1.0m 39.4m/1.0m

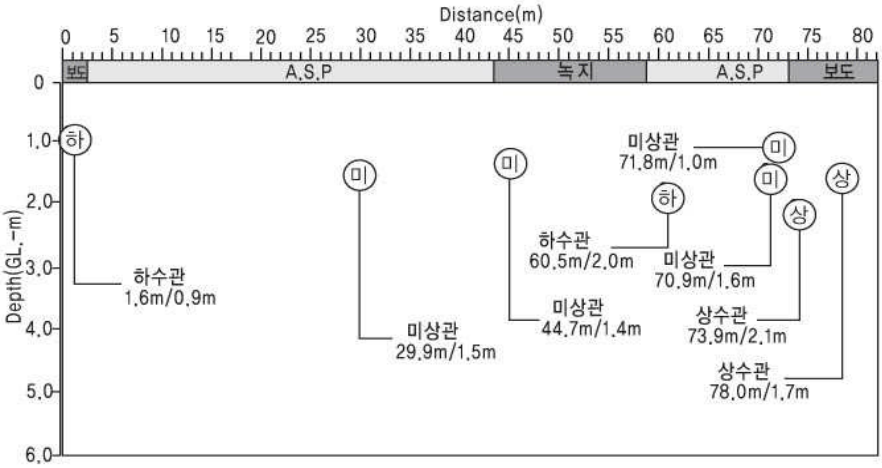
단면 GPR-17

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

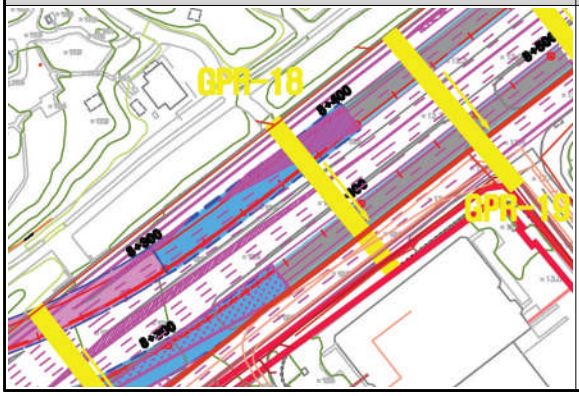


해석결과

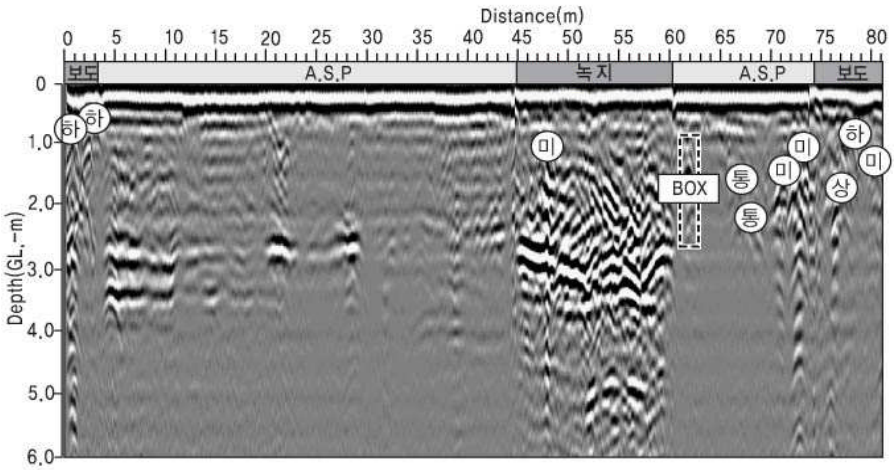


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	73.9m/2.1m 78.0m/1.7m	1.6m/0.9m 60.5m/2.0m	-	-	-	-	-	29.9m/1.5m 44.7m/1.4m 70.9m/1.6m 71.8m/1.0m

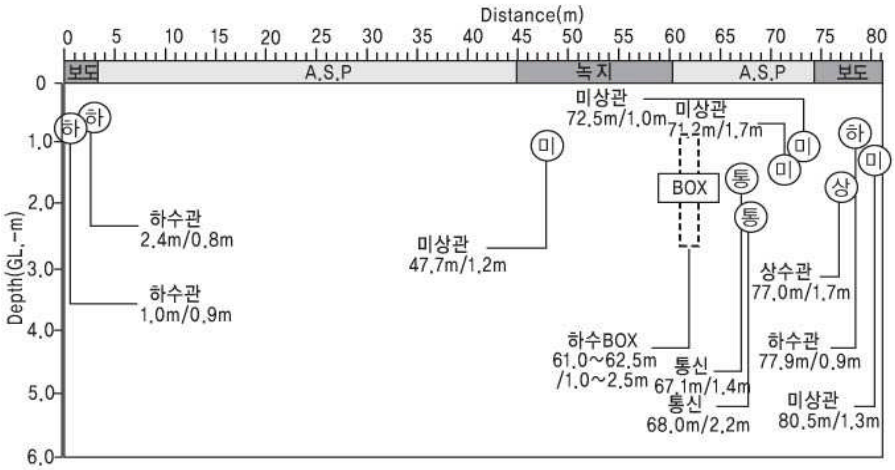
단면 GPR-18

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과



해석결과

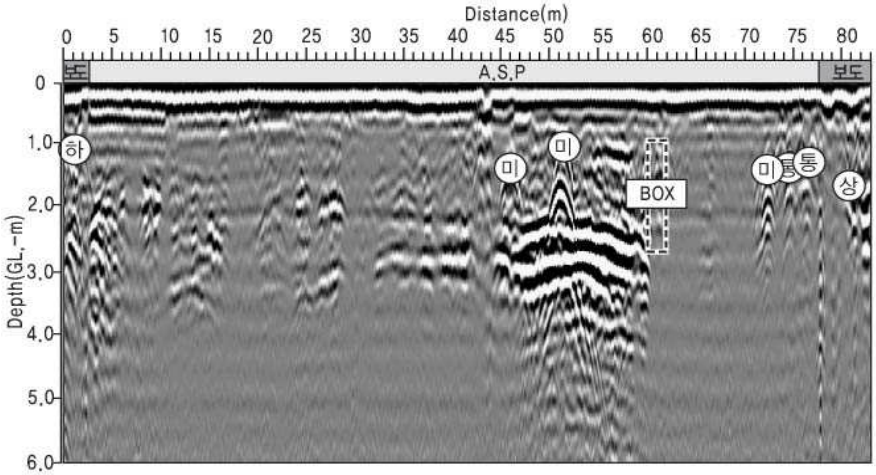


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	77.0m/1.7m	1.0m/0.8m 2.4m/0.6m 77.9m/0.9m	-	-	-	67.1m/1.4m 68.0m/2.2m	61.0~62.5m /1.0~2.5m	47.7m/1.2m 71.2m/1.7m 72.5m/1.0m 80.5m/1.3m

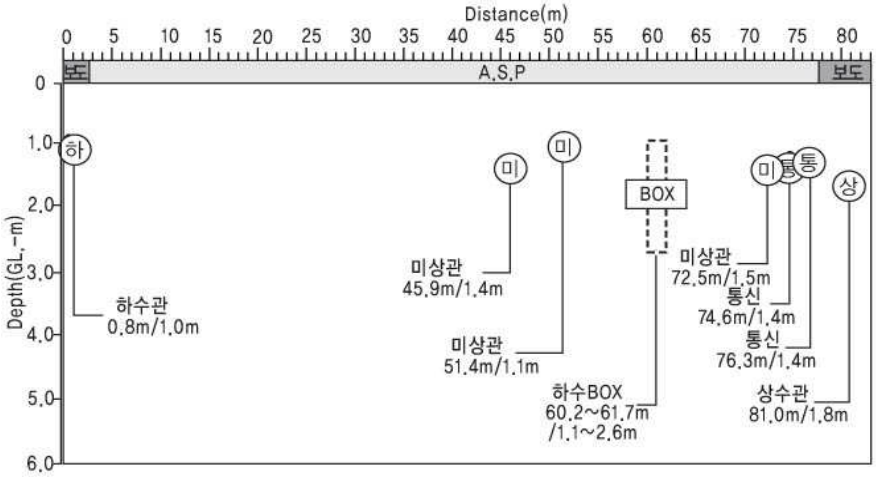
단면 GPR-19

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과

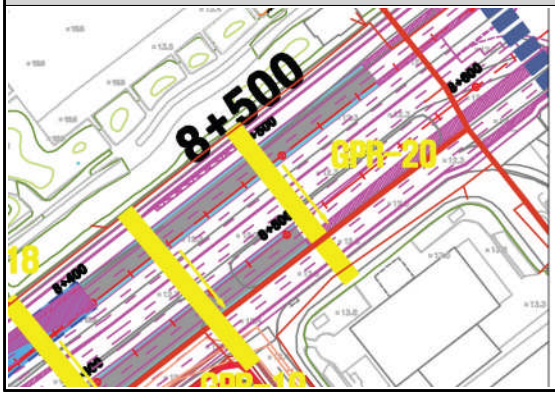


해석결과

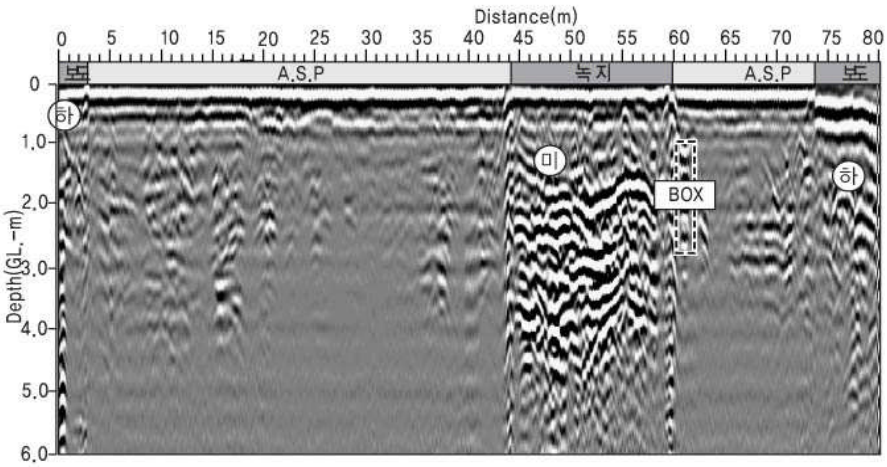


구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	81.0m/1.8m	0.8m/1.0m	-	-	-	74.6m/1.4m 76.3m/1.4m	60.2~61.7m /1.1~2.6m	45.9m/1.4m 51.4m/1.1m 72.5m/1.5m

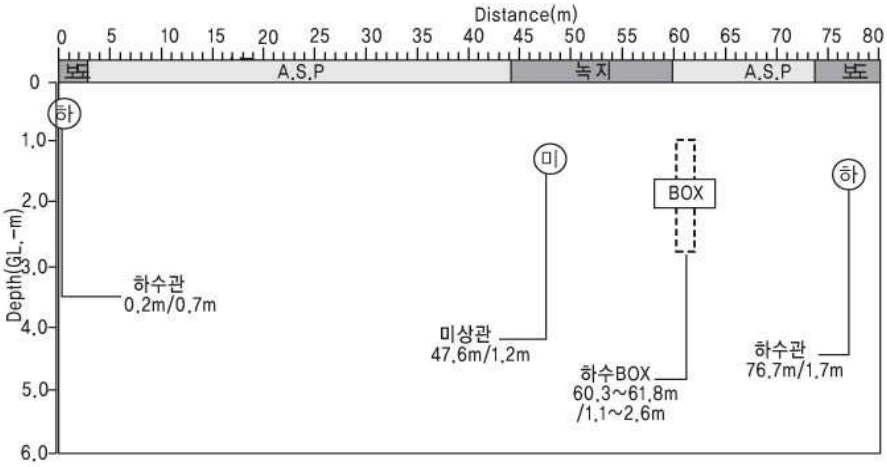
단면 GPR-20

상 세 위 치 도	현 장 전 경
	

탐사결과



해석결과



구 분	상수관	하수관	오수관	가스관	전기	통신	하수BOX	미상관
지장물 요약표 (거리/심도)	-	0.2m/0.7m 76.7m/1.7m	-	-	-	-	60.3~61.8m/ 1.1~2.6m	47.6m/1.2m

제 1 장 GPR 탐사의 목적 및 범위

1.1 탐 사 목 적

본 비파괴 지반탐사(GPR)는 "서울제물포터널 민간투자사업 실시설계" 지반조사 구간 내에 GPR을 이용한 비파괴 검사를 실시하여, 지하매설물의 위치와 심도를 조사하여 이후의 시공시의 기초 자료로서 활용하는데 그 목적이 있다.

1.2 탐 사 범 위

● 본 과업구간에 대한 GPR 탐사 수행구간의 개요 및 위치는 〈표1.1〉과 〈그림1.1〉에 나타내었다.

〈표1.1〉 GPR탐사 개요

측선번호	측선연장(m)
Line-1	59.0
Line-2	58.0
Line-3	59.0
Line-4	34.0
Line-5	28.0
Line-6	28.0
Line-7	31.0
Line-8	76.0
Line-9	80.0
합 계	**453.0**

1.3 투 입 장 비

● 본 조사를 위해서 스웨덴의 RAMAC을 사용하였으며, 중심주파수 250MHz, 유효 가탐심도 약 2.0 ~3.0m 내외의 쉴드타입 안테나를 사용하였다.

현장 측정 GPR(Ground Penetrating RADAR) 탐사장비	
RAMAC	부품 및 사용프로그램
	● 본 체 : RAMAC(sweden) ● 안테나 : Shield 250MHz ● 해석용 : RADAN(Windows Version), Prism(Windows Version) ● 부대품 : 휴대용 BATTERY 등 ● 해석용 S/W (Ground Vision ver.1.3.3) ● 기타 부대품

〈그림 1.1〉 탐사장비 사진

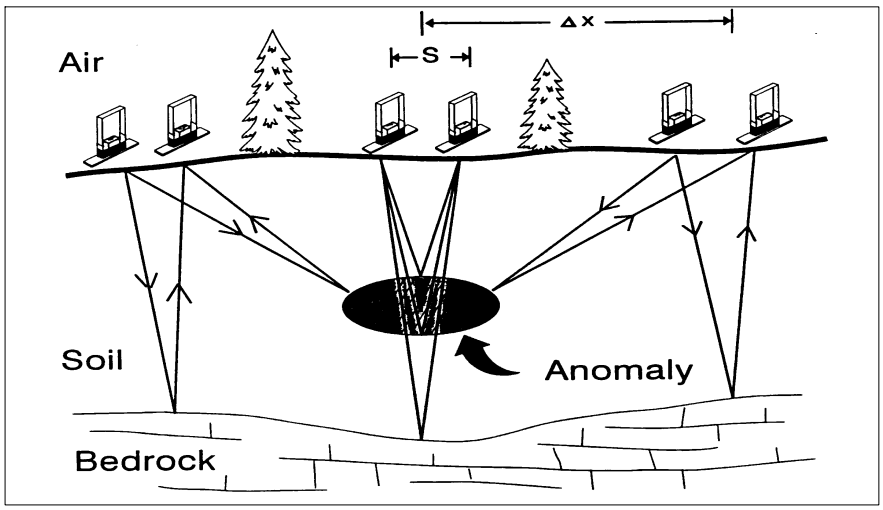
제 2 장 GPR 탐사법 소개

2.1 개 요

지오레이다(ground penetrating RADAR; GPR)란 고주파의 전자파신호를 공중에 방사시킨 후 목표물의 탐지 및 위치를 파악하는 레이다 탐사법을 지하에 적용시킨 것이다. 지오레이다 탐사법은 수MHz~수GHz 범위의 고주파 대역을 사용하는 물리탐사법의 일종으로 지하 불균질대에 대한 고분해능의 영상을 연속적으로 얻을 수 있어 구조물 내부 및 지반에 대한 정보를 신속하고 경제적으로 획득할 수 있기 때문에 그 적용 대상이 지하매설물, 배면공동, 터널의 이상대탐지 등 여러 분야로 확산되고 있으며 기존의 조사법에 비해 장비의 운용과 자료 수집 및 처리가 비교적 간단하고 결과자료의 해상도 및 정밀도가 뛰어나서 보통 10m이하의 천부 지반 탐사나 수cm~수m단위의 구조물을 대상으로 하는 조사부문에 효과적으로 이용할 수 있다. 그러나, GPR에서 제공하는 정보는 비파괴검사의 한 방법으로 정성적인 특징을 가지고 있기 때문에 시추검사공을 실시하여 탐사결과를 보완하는 것이 정보의 신뢰도를 높일 수 있다.

2.2 탐 사 원 리

GPR 탐사법은 안테나로부터 전자파를 짧은 폭의 펄스형태로 지하에 전파시킨 후 전파 경로 중 물리적 성질이 다른 매질의 경계에서 반사해오는 전자파를 수신·분석하여 지하의 정보를 얻는 물리 탐사법의 한 방법으로 전자파가 지하 매질을 전파해 나갈 때 이질의 매질층 또는 이상매체를 이루는 재료 고유의 유전특성에 따라 변화하는 점을 이용하여 각 이질층의 두께 및 위치를 파악한다.



〈그림 2.1〉 GPR 탐사 모식도

〈표 2.1〉 각 매질별 전기적 물성 및 전자파의 전파속도 값

매 질 명	유전상수(K)	전기전도도(ms/m)	전파속도(m/ns)
공 기	1	0	0.3
맑 은 물	80	0.01	0.033
흐 린 물	80	0.5	0.033
바 닷 물	80	3,000	0.01
얼 음	3 – 4	100	0.16
화 강 암	5	0.01 – 1	0.13
석 회 암	4 – 8	0.5 – 2	0.12
셰 일	5 – 15	1 – 100	0.09
실 트	5 – 30	1 – 100	0.07
점 토	5 – 40	2 – 1000	0.06
모래(포화)	20 – 30	0.1 – 1	0.06
모래(건조)	3 – 5	0.01	0.15
암 염	5 – 6	0.01 – 1	0.13
석 회 암	4 – 8	50 – 7	0.11 – 0.17
사 암	6	0.125 – 1	0.12
콘크리트	4 – 10	0.00015	0.1 – 0.11

2.3 GPR 탐사의 비파괴적 적용

GPR탐사법은 안테나로부터 전자파를 짧은 폭의 펄스형태로 지하에 전파시킨 후 전파 경로 중 물리적 성질이 다른 매질의 경계에서 반사해오는 전자파를 수신, 분석하여 지중의 정보를 얻는 물리 탐사법의 한 방법으로 이는 공기 중으로 전자파를 방사시키는 Radar와는 달리 GPR탐사에서는 전자파가 지하 매질을 전파해 나가게 되며 이때 이질의 매질층 또는 이상매체를 이루는 재료 고유의 유전특성에 따라 변화하는 점을 이용하여 각 이질층의 두께 및 위치를 파악한다.

제 3 장 GPR 탐사 해석

3.1 탐 사 방 법

일반적으로 비파괴 지반조사시 실시하는 탐사는 지반의 함수비, 매질의 건조여부, 다짐도, 종류 등에 의해 유전상수가 달라지게 된다. 또한 전자파의 전파 능력은 고주파일수록 멀리 도달하지 못하나 해상도가 커지므로 일반적으로 해상도가 중요시 될 경우는 가능한 고주파를 이용하여 자료를 획득한다. 때로는 해상력보다는 멀리 도달하는 것이 중요할 경우가 있으며, 이 경우에는 저주파를 이용하여 탐사를 실시한다. 당 현장에서는 250MHz 안테나를 사용하여 탐사를 실시하였다. 250MHz 안테나는 토양에서는 약 5m, 암반에서는 약 10m 심도까지 레이다파가 전달되나 현장 여건에 따라 감쇠현상으로 인하여 실제 투과심도는 감소한다. 당 현장에서는 보통 아스팔트 도로이고 일부 비포장 토양으로 실제 투과심도는 최대 3~5m 정도로 측정되었다. 각 매질 특성에 따라 전파속도는 아스팔트 도로에서는 1.3mm/ns, 콘크리트 도로에서는 1.2mm/ns, 비포장에서는 1.0mm/ns를 적용하였다. GPR 탐사에 있어서 사용된 안테나 주파수는 해상력(resolution)에 비례하고 침투심도(penetrating depth)에는 반비례한다.

3.2 자 료 처 리

지하레이다 탐사자료의 수학적 처리는 일반적인 디지탈 신호처리 기법과 탄성파 탐사 자료처리에서 사용되는 특수기법들을 사용하는데, 자료처리의 목적과 입력자료들의 성질에 따라 선택되어지는 처리기법들이 달라질 수 있다.

지하레이다 탐사자료는 상대적 고주파의 자료로 타 탐사법에 비해 탐사심도는 낮지만 해상력이 뛰어나 일반적으로 간단한 필터들에 의한 자료처리만을 수행하나 자료의 복잡성에 따라 또는 보다 정확한 해석을 위하여 디콘볼루션(deconvolution)이나 동보정(NMO), 구조보정(migration)과 같은 전문적인 자료처리를 수행하기도 한다.

터널의 라이닝 탐사에서 얻어진 자료는 콘크리트 매질이 지반에 비해 균질하기 때문에 지반을 대상으로 하는 매설물탐사나 지반조사에 비해 상대적으로 S/N (Signal/Noise) 비가 높아 자료처리는 비교적 간단한 필터들에 의존한다. 필터링은 크게 시간영역, 주파수영역, 공간영역에서 수행된다.

3.2.1 데이타 보정

자동 기록된 GPR 데이타는 반사탄성파 자료와 유사한데 GPR탐사와 반사 탄성파 탐사는 파장에 있어 길이가 소스에 따라 변화하는 충격파형 신호에 의존한다. GPR탐사법은 라디오 주파수 안테나에 의하여, 반사지진의 경우처럼 음향소스로 지하로 보내지는데 반사는 각각 전기적, 탄

성적 불연속성에 의해서 발생하며 필요한 트레이스는 진폭이 변화하는 경계에서의 반사신호로부터의 간섭과 신호감쇠에 의존하게 되고 측정점간의 거리가 짧은 때에는 지하의 2차원 영상 또는 단면을 형상화하는 트레이스가 수신된다.
전자파는 반사탄성파 신호와 비슷하게 형성되므로 유사한 신호처리법이 상호 데이타 처리에 적용될 수 있는데 GPR탐사에 반사탄성파 탐사신호처리법의 적용은 강력한 컴퓨터와 대용량의 자료저장 장치가 필요하다.
데이타 보정에는 통상 데이타 편집, 스태킹 그리고 포화보정을 수행하게 되는데 이들에 대하여 기술하면 다음과 같다.

3.2.2 데이타 편집

데이타 편집은 현장에서 GPR 탐사를 수행할 때 불규칙한 지형 및 장애물 등에 의해 연속적인 탐사가 어려운 경우 편의에 따라 분할된 탐사지역마다 각각의 파일을 얻게 되며 장비의 기능 및 특성상 부득이하게 별도의 파일로 관리하는 경우가 발생할 수 있으므로 수집된 현장 데이타에 대하여는 데이타 분석 및 향후 탐사결과 보고서 작성 시 편의를 위하여 사전에 데이타를 재편집할 필요가 있다.
측정이 연속되므로 탐사선을 따른 속도변화는 수평 스케일의 왜곡을 초래하게 되며 깊은 도랑과 같은 장애물이 있는 곳에서는 탐사 수행이 곤란할 뿐만 아니라 이러한 경우에는 수직 스케일의 왜곡을 초래하게 된다. 자료처리에 있어 첫 번째 작업은 정지상태를 삭제하는 것과 단면을 통하여 동일시되도록 수평 스케일을 표준화하는 것이다.

3.2.3 신호포화 보정(Signal Saturation Correction)

탐사 신호중의 초기 시간대에는 지하매질을 전파, 반사된 신호가 아닌 공기를 통해 수신된 직접파가 기록되게 된다. 이러한 공기중을 통해온 신호는 관심의 대상이 아니므로 제거되어야 하는데 이러한 처리과정을 DEWOW 또는 신호포화보정이라고 한다.
또한, 직접파와 표면파, 그리고 지표근처 반사물로부터 나타나는 큰 에너지의 입력 때문에 이들이 수신기에서 실제의 반사신호와 합쳐지게 되어 자료의 질을 떨어뜨릴 수도 있는데 이러한 잡음들은 주로 저주파 성분들이므로 신호 포화보정은 고주파통과 필터를 활용하여 수행 가능하다.

3.2.4 필터링(Filtering)

먼저 수집된 탐사자료에는 여러 원인에 의한 노이즈가 포함되어 있어 해석이 어려운 경우가 대부분이다. 그러므로 이러한 노이즈를 제거하고 원래의 반사신호를 강조하는 작업이 필요하다. 이를 필터링이라고 하는데 이들을 제거하는 데에는 여러 가지 필터가 적용되고 있으나 이 장에

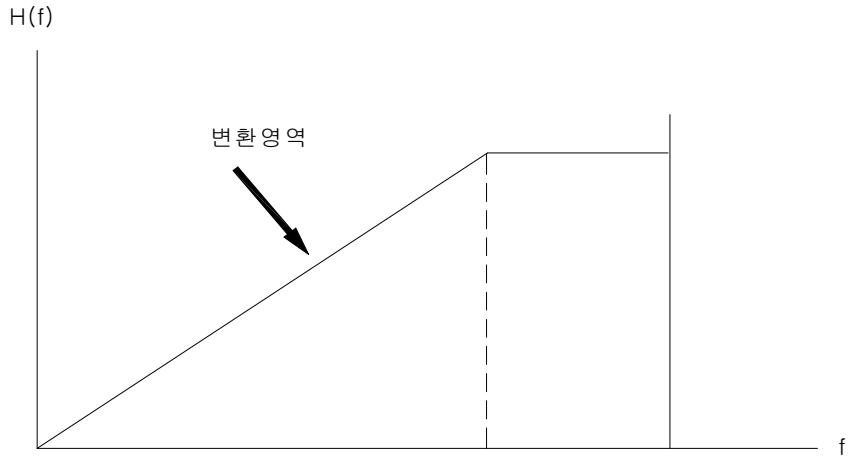
서는 GPR 탐사에서 일반적으로 사용되는 필터링에 대해 기술하고자 한다. 상관필터는 크게 자기상관필터와 상호상관 필터로 나눌 수 있는데 자기상관 필터는 자료의 시간 도면에서 획득된 반사 신호를 그 자신으로 컨벌루션(Convolution)시키는 과정에서 그 결과 두드러진 반사면은 더욱 강조가 되어 보기가 쉬어지고 잡음 신호는 감쇠되며 다중 반사파 등을 제거할 수 있다. 또한, 상호상관 필터는 자료의 시간 도면에서 획득된 반사 신호를 디컨벌루션(Deconvolution)시킨 후, 이것을 원래의 반사 신호와 컨벌루션시키는 과정으로 자기상관에서와 마찬가지로 다중 반사파가 아닌 실제 반사면에서의 신호를 확인하고 S/N비를 높일 수 있다.
시간영역에서 1-D 주파수 필터링은 수학적으로 컨벌루션을 말하며 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$y(t) = h(t) * r(t)$$

여기서 *h(t)*는 필터이고, *r(t)*은 등록된 신호이며, *y(t)*는 필터된 신호이다.
다음으로 잡음이 많이 포함되어 있는 탐사자료로 예상되는 주파수 대역을 제거함으로서 잡음을 제거하게 되는데 여기에는 대역통과(Band Pass Filter), 고주파통과 필터(High Pass Filter) 그리고 저주파 통과 필터(Low Pass Filter)방법이 있다. 대역 통과 필터링은 저주파수 진동(진폭)과 긴 측정시간에 의한 신호왜곡에 의하여 야기된 고주파수 노이즈를 제거하는데 사용된다.

3.2.4.1 고주파수 통과 필터

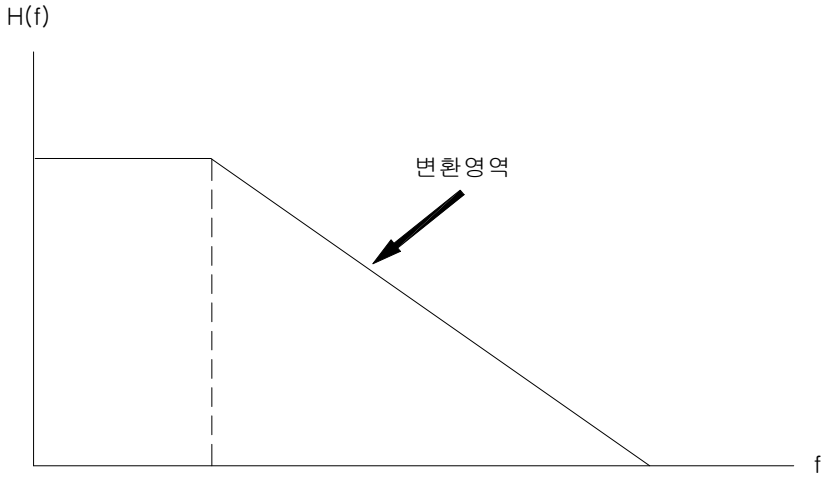
특정한 차단 주파수 (cut-off frequency)보다 주파수 대역의 신호를 감쇠시키고 그보다 높은 주파수 대역의 신호를 감쇠 없이 통과시키는 필터방법이다.



〈그림 3.1〉 고주파수 통과 필터

3.2.4.2 저주파수 통과 필터

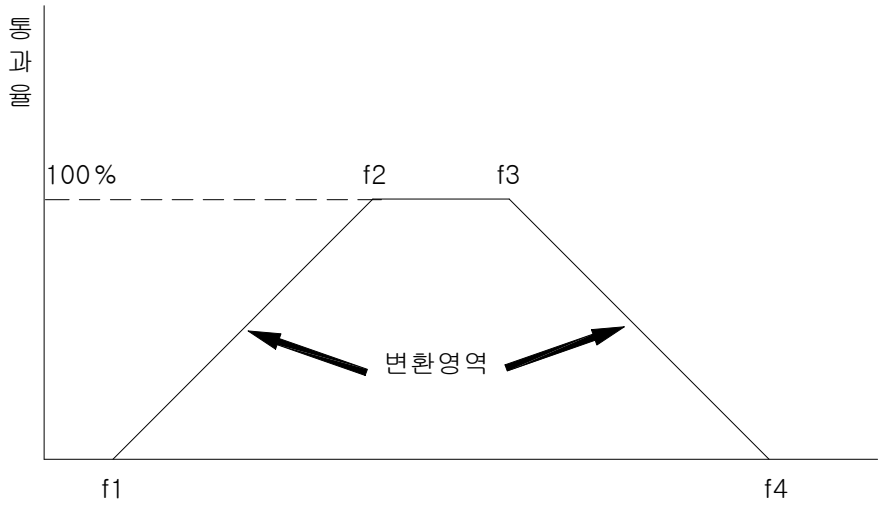
특정한 차단 주파수보다 높은 주파수 대역의 신호를 감쇠시키고 그보다 낮은 주파수 대역의 신호를 감쇠없이 통과시키는 필터방법이다.



〈그림 3.2〉 저주파수 통과 필터

3.2.4.3 밴드 패스 필터

특정한 두개의 차단 주파수 사이에 있는 주파수 대역의 신호는 감쇠없이 통과되나 그 이외의 모든 주파수는 모두 감쇠시켜 버리는 특성을 지닌 필터방법이다.



〈그림 3.3〉 밴드형 주파수 통과 필터

3.2.5 스펙트럼 분석

시간영역의 함수를 주파수 영역의 함수로 변환하는 것으로 그 역은 역푸리에 변환이라고 하는데 푸리에 분석 및 푸리에 합성의 종합적인 형태이며 라프라스(Laplace)변환의 일반화로 볼 수 있다.

한편, 푸리에 급수는 주기함수를 주기의 역수인 기본주파수의 정수배를 갖는 정현파들의 합으로 나타낸 것이다.

자료 처리의 목적은 신호대 잡음비(S/N ratio)를 높이는데 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 자료의 주파수 성분을 확인하여 잡음대역을 알아내고 잡음의 감쇠 또는 제거를 위해 적절한 처리를 적용하는 것이 필요하다.

이를 스펙트럼분석이라고 하는데 시간 영역의 자료를 주파수 영역으로 변환하여 주파수 성분을 확인하는 스펙트럼 분석은 위에서 언급한 푸리에 변환을 이용함으로서 가능하다.

이러한 스펙트럼 분석은 각 과정의 처리를 거칠 때마다 행하여 변화한 신호의 주파수 성분을 확인하는 것이 효율적인 자료 처리를 위해 필요하다.

신호의 진폭을 확인한다는 것은 기록된 반사 신호들은 시간대 진폭의 함수로 나타내어지는데 이를 주파수대 진폭의 함수로 변환시키는 것을 의미하며, 이러한 수학적 과정을 푸리에 변환이라고 하다. 즉 푸리에 변환을 통해 다음과 같은 작업을 수행한다.

시간 영역의 신호 S(t)	⟶	주파수 영역의 신호 S(w)

푸리에 변환은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$S(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} S(t) e^{-jwt}$$

여기서,

$$j = \sqrt{-1}$$

$$w = 2\pi f \quad \text{(각 주파수)}$$

즉, $S(w)$는 복소수 함수이며, 다음과 같이 실수부분과 허수부분으로 나눌 수 있다.

$$S(w) = S_{Re}(w) + jS_{Im}(w)$$

한편 디콘볼루션은 자료의 수직분해능을 증가시키는데 사용되는 특별한 필터이다. 보통 지하 매질의 상황은 복잡하므로 기록된 신호에는 노이즈와 다중 반사된 신호가 섞여 있어 신호의 의미 파악이 쉽지 않다. 이러한 경우 디콘볼루션은 다중 반사에 의한 신호를 감쇠 시켜 원 자료를 개

선시킬 수 있다.
전자파 탐사의 경우 전자파 트레이스 $s(t)$는 지층의 반사계수 함수 $\gamma(t)$와 파형요소 $W(t)$의 콘볼루션 관계를 갖는다 하며 이는 다음 식으로 표시 된다

$$s(t) = \gamma(t) * w(t)$$

또한 다중 반사파는 매질 또는 기계에 의해 발생할 수 있는데 리벌버레이션(reverberation)과 멀티플(Multiple)로 나눌 수 있다. 리벌버레이션은 두 층사이에서 일어나는 반복적인 반사이며, 멀티플은 주요한 경계면에서 두번 이상 반사가 일어나는 것을 이야기한다. 또한 기계 자체에 의해서도 리벌버레이션과 같은 효과가 생길 수 있으며, 이를 링잉(ringing)이라고도 한다.
이와 같이, 원래의 신호가 위와 같이 매질과 기계에 의해 변형이 일어나는 것을 신호가 콘볼루션 되었다고 하며, 이러한 콘볼루션 현상을 제거하는 것이 디콘볼루션이다.
한편, 매질내 전자파 속도를 알 수 있다면 반사체까지의 거리를 계산할 수 있는데 지하 천부를 대상으로 하고있는 GPR탐사에서 전자파 속도 결정은 CMP(Common Mid Point)를 통하여 이루어진다. CMP 탐사로부터 속도가 결정되면 지하 매질의 깊이 구조를 조사할 수 있다.
전자파 탐사에서 시간 단면을 심도로 생각할 수 있는 것은 전자파가 전파되는 경로가 수신되는 경로와 일치한다는 가정하의 추론이다. 하지만 실제로는 송신기와 수신기가 떨어져 있으므로 파의 경로는 초기 시간에의 영상일수록 지표에서 더 멀리 떨어져 있는 것으로 보이게 된다. 이에 대한 보정을 NMO보정이라고 한다.
즉, NMO는 송신부와 수신부가 같은 점에 일치하지 않아 생기게 되는 반사주시의 증가
분을 말하며, 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\Delta T_{NMO} = T_X - T_O = \frac{X^2}{2TV^2}$$

여기서 T_x는 송신부와 수신부간 거리가 x일때의 반사주시로 실측주시가 되고 T_0는 송신부와 수신부가 한 점에 일치할 때의 반사주시이다.
한편, 공기파동은 공기 중에서 빛의 속도(c=0.30 m/ns)로 항상 움직이는 수신기에 도착하는 최초의 레이다 신호이다.

$$t = \text{송·수신안테나분리} \frac{\text{거리}}{0.3m/ns}$$

그러나 지하파동은 공기 파동 후 도착하는 땅을 통하여 전달하는 직접적인 레이다 펄스이다, 그 속도는 지표면 부근의 특성에 의존한다.

3.2.6 고도보정

송신부와 수신부, 샘플링 간격사이의 고도차, 저속도층의 풍화 정도에 따르는 전자파의 속도변화, 지층의 두께 등에 따라 생기게 되는 반사 주시의 변화를 보정 해주는 것을 고도보정(static correction)이라 한다.
공기 파동에 의하여 GPR탐사 단면이 평탄하게 나타나면 표면 고도와 속도 고도 효과를 고려하지 않는다. 따라서 고도와 속도 보정은 표면 지형의 영향이 있는 경우에 수행하게 되는데 예로서, 건조모래에서 평균 레이다 속도를 0.125m/ns라 가정하면 지형적인 상향고도보정 (Δt)는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta t = \frac{\text{고도(표고,}m)}{0.125m/ns}$$

또한, 고도보정은 지표면으로부터 반사 도착시간에 의하여 만들어질 수도 있다.

3.2.7 구조보정(Migration)

구조보정은 실 공간 위치에 반사를 재배치하기 위한 것으로 2차원 영상처리과정인 구조보정은 신호의 왜곡, 즉 위경사 반사신호를 개선하여 실제의 반사면을 나타내게 해주는 매우 효과적인 작업이다.
그러나, 이 과정은 GPR탐사 자료에서 완전하게 수행되지는 못한다. 즉, 쌍곡선 모양의 반사신호를 완벽하게 제거하지는 못한다는 것이다. 신호의 왜곡은 쌍곡선처럼 점과 같은 반사체에 의하여 만들어지고 실제 경사면보다 더 작은 경사각으로 표현하는 일정한 폭을 갖은 안테나에 의하여 발생한다.
GPR탐사시 전자파는 원통형의 지중 매설물, 일정 목표물, 경사층 등으로부터 회절되며 이러한 회절된 전자파는 다른 관심 대상의 반사파로 오인될 수 있으며 크기와 모양의 해석에도 어려움이 따른다.
또한, 만약 반사체가 경사를 이루고 있다면 전자파가 수직으로 전파, 반사한 실제의 위치가 왜곡되게 나타나 그 경사가 실제보다 완만하게 보이며 경사가 약 60^0 이상일 경우의 반사체는 탐지되지 않는다. 결국, 구조보정은 이러한 반사체의 위치를 원위치로 하고 그 경사를 진경사로 만드는 자료 처리기술이다.
탐사 단면상에 나타난 반사점이나 회절점들은 실제위치와는 다르게 나타나는데 이러한 현상을 보정하기 위한 자료처리 과정은 회절곡선상의 적분(키르히호프 구조보정), 유한차분법 이용, 파동장의 위상이동 그리고 주파수 영역보정을 통하여 실제의 위치를 나타낸다.

3.2.8 이득 보정(Gain Recovery)

시간변수 이득은 기록단계에서 사용되는데 동일 이득 셋팅은 각 단면에 대하여 각각 선정하여 사용한다. 이때 가장 큰 변화는 자료에 자동 수평 이득 보정 운용을 적용함에 의하여 매끄럽게 되는데 수직 이득 보정은 기록단계에서 이득 셋팅이 적절치 못한 곳에서 사용되게 될 때가 많다.

한편, 윈도우 처리는 한계가 있는데 데이타의 수가 너무 많은 경우 자료는 지나치게 매끄럽게 되는 반면에 외형 진폭레벨에 의한 반사의 분류는 불가능하게 된다. 한편 전자파 에너지는 매질내를 전파할 때 전자파원으로부터 구형발상에 의한 진폭의 감쇠가 일어나는데 매질의 전기 전도도 등 여러 가지 요인에 의해 감쇠가 일어나 일반적으로 탐사자료의 후기 시간대 신호는 전기 시간대의 신호에 비해 대단히 미약하게 된다. 그러므로 탐사의 목적에 맞는 양질의 자료 획득을 위해 전시간대에 걸쳐 신호의 수준을 일정하게 해주는 작업이 필요하다. 이러한 작업을 이득보정이라고 한다. 이 경우 전송파장의 구면 확산에 의하여 얼마간의 시간 경과후 반사신호는 초기 반사신호보다 현저하게 낮은 진폭을 보여준다. 한편 상대적으로 약한 이들 진폭을 회복하기 위하여 공간발산 또는 자동이득조절(AGC)로서 여러 가지 함수를 사용하여 조정하게 되는데 보통 다음과 같은 보정함수를 사용한다.

$$Gain(dB) = A \cdot T + B \cdot 20 \log T + C$$

여기서, A : 감쇠항

B : 구형발산항

C : 상수항

이 경우 공간발산 이득은 20 정도의 이득상수를 사용하고 있는데 위의 함수는 시간에 따른 선형적인 항과 대수항으로 이루어져 있으며 $A \cdot B \cdot C$의 결정은 분석자가 여러 가지 값을 조합하여 자료에 적용시킨 후 신호의 수준이 가장 알맞은 값을 택한다.

3.2.9 결과 정리

탐사 결과의 정리는 탐사목적에 맞도록 앞에서 기술하고 있는 사항들에 대하여 수행하고 그 결과를 정리하는 단계로, 실무활용을 위한 최적의 탐사 결과 도출을 위해서 관련자료도 함께 분석하여 반영시킬 필요가 있다.

제 4 장 자료분석 및 해석

4.1 자 료 분 석

GPR 탐사자료의 해석에 대한 일반적인 사항은 다음과 같다.

① 각 단면에서 가로 방향은 측정거리를 나타내며, 세로 방향은 심도를 나타낸다.

② 각 단면도에서 색상은 수신된 전자파의 세기를 나타낸 것이다. 보통 그레이 스케일을 많이 사용하는데 이는 구별하기가 가장 쉽기 때문이다.

③ 각 단면에서의 심도는 전자파가 투과하여 반사되어진 왕복주시와 가장 일반적으로 사용되는 유전상수에 의해 계산된 속도값을 곱하여 심도가 결정되어지는데 매질에 따른 정확한 유전상수의 결정은 어렵기 때문에 약간의 오차가 동반된다.

④ 매설물의 심도는 측정지표면에서 매설물의 가장 가까운 지점으로 표기한다.

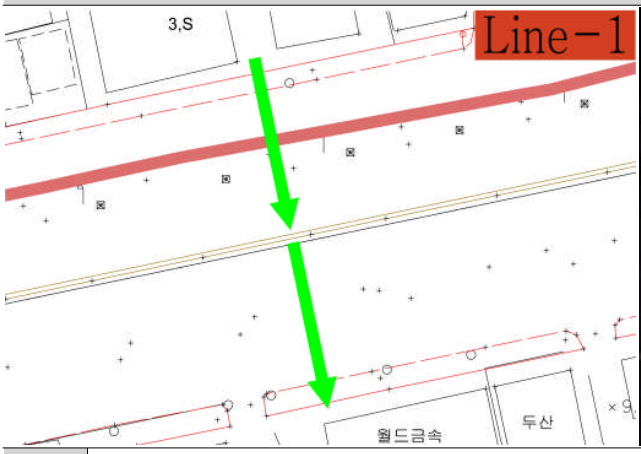
⑤ GPR 탐사는 조사지역 주변의 지상 구조물에 대한 주의를 요한다. 특히, 철로 만들어진 지상 구조물의 근처에서의 조사는 해석시 오류를 범할 수 있기 때문에 현장에서의 주변환경 조건에 대한 야장의 기록과 병행하여 해석하여야 한다.

⑥ GPR 탐사시 매설물이나 이상대에 의한 반응은 여러 가지로 나올 수 있다. 따라서 해석결과시 오류를 범할 가능성은 항상 내포되어 있다고 보겠다. 따라서 측정자가 의심이 되는 부분이나, 반응이 약한 부분 등은 미상으로 표기하였으며, 반응결과로 매설물의 종류와 크기는 정확히 알 수 없으므로 지장물의 위치와 비교하여 표기하였다.

4.2 자 료 해 석

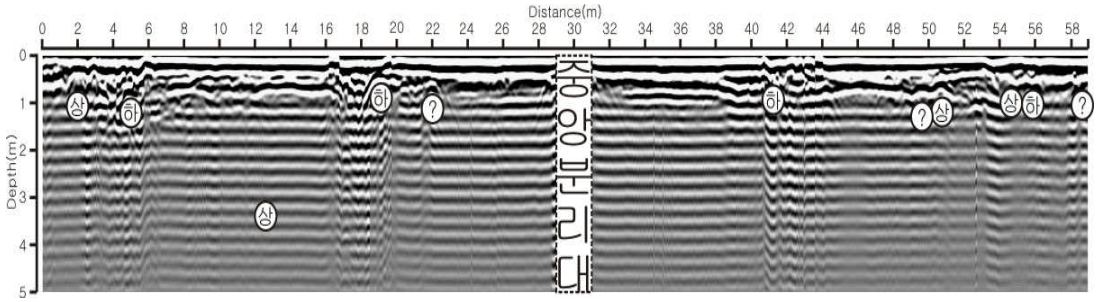
본 탐사에서 취득한 GPR 자료는 일부 명확하게 위치 정보와 일치하지는 않으며, 모두 분명하게 반응하여 결과단면에 나타나지는 않았다. 그 이유는 여러 가지가 있을 수 있다. 첫째, 지반의 상태에 따라 전자파의 투과율이 각기 나타나며, 에너지의 감쇠가 심할 경우 나타나지 않을 수도 있다. 둘째, 매설관이 깊게 매설되어 있는 경우나, 동일한 위치에 매설물이 동시에 매설되어 있는 경우 감쇠가 심하여 나타나지 않는 경우도 발생한다. 셋째, 매설물의 크기가 탐사장비의 적용 범위한계를 초과하여 작을 경우에도 나타나지 않는다. 넷째, 매설관이 과업부지 이외에 존재하고 있거나 현장여건상 탐사가 불가능한 지역에 매설관이 존재하는 경우이다.

Line-1 (59.0m)





GPR 해석 결과



범례 : 상 상수 하 하수 우 우수 가 가스 ⬚ 공동구 통 통신 열 난방 ? 미상

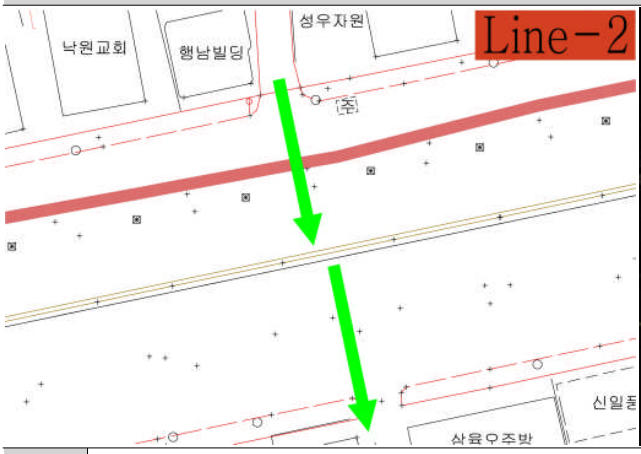
지장물 요약표

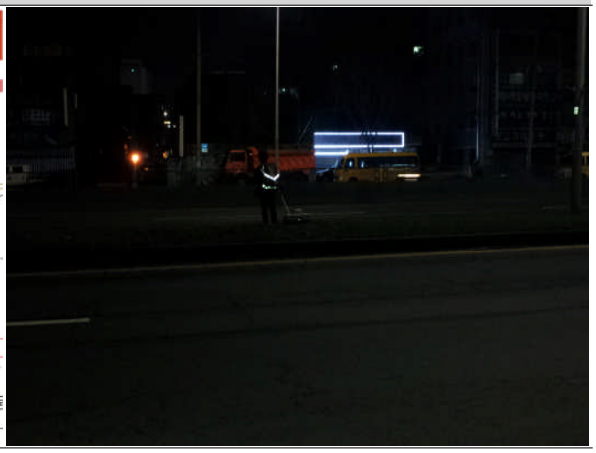
NO	종 류	위 치 (m)	심 도 (m)	비 고
1	상 수	2.0/12.7/50.7/54.7	0.7/3.1/0.9/0.6	
2	하 수	5.0/19.1/41.2/55.9	0.9/0.6/0.6/0.6	
3	우 수	–	–	
4	가 스	–	–	
5	통 신	–	–	
6	난 방	–	–	
7	공동구	–	–	
8	미 상	22.0/49.7/58.6	0.7/1.0/0.7	

해 석

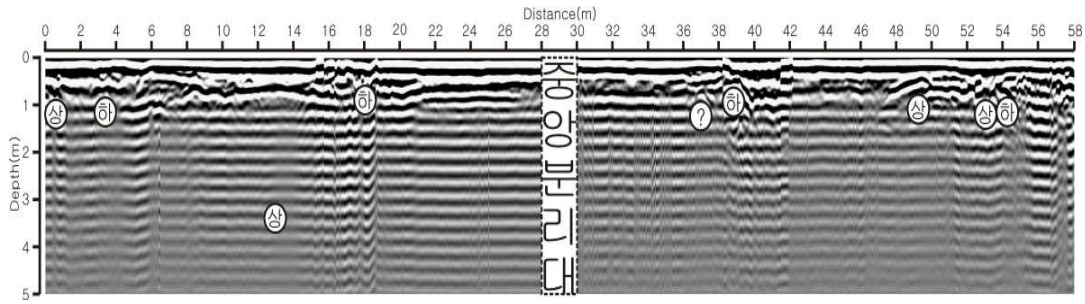
- 현장조사와 매설물도 등의 정보를 바탕으로 단면상 표현함.
- 현장여건상 중앙분리대 구간은 탐사구간에서 제외함.
- 반응(Event)이 뚜렷하나 매설물도 및 현장조사에서 확인되지 않은 것은 미상으로 표기함.

Line-2 (58.0m)





GPR 해석 결과



범례 : ㉮상수 ㉱하수 ㉲우수 ㉮가스 ⬚공동구 ㉱통신 ㉴난방 ⓘ미상

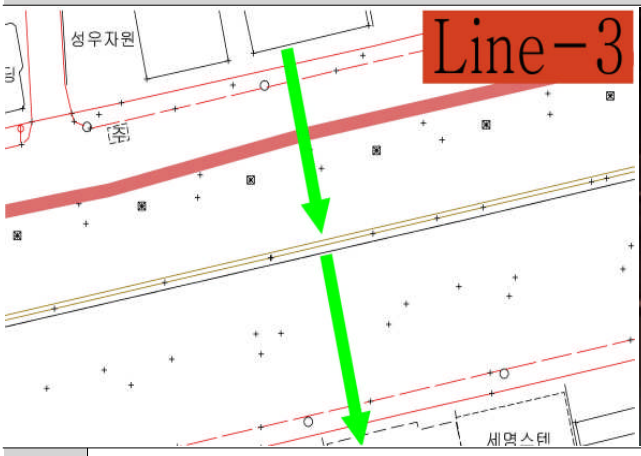
지장물 요약표

NO	종 류	위 치 (m)	심 도 (m)	비 고
1	상 수	0.7/13.0/49.2/53.0	0.9/3.1/0.7/0.9	
2	하 수	3.7/18.1/38.8/54.2	0.8/0.6/0.6/0.8	
3	우 수	-	-	
4	가 스	-	-	
5	통 신	-	-	
6	난 방	-	-	
7	공동구	-	-	
8	미 상	37.0	0.9	

해 석

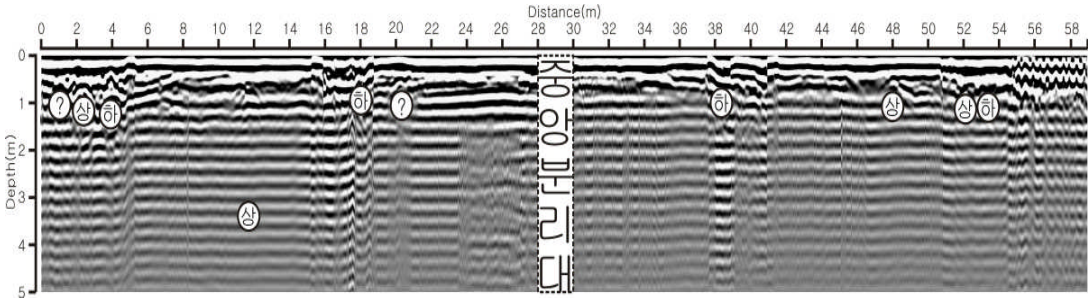
- 현장조사와 매설물도 등의 정보를 바탕으로 단면상 표현함.
- 현장여건상 중앙분리대 구간은 탐사구간에서 제외함.
- 반응(Event)이 뚜렷하나 매설물도 및 현장조사에서 확인되지 않은 것은 미상으로 표기함.

Line-3 (59.0m)





GPR 해석 결과



범례 : ㉮상수 ㉱하수 ㉲우수 ㉮가스 ⬚공동구 ㉱통신 ㉴난방 ⓘ미상

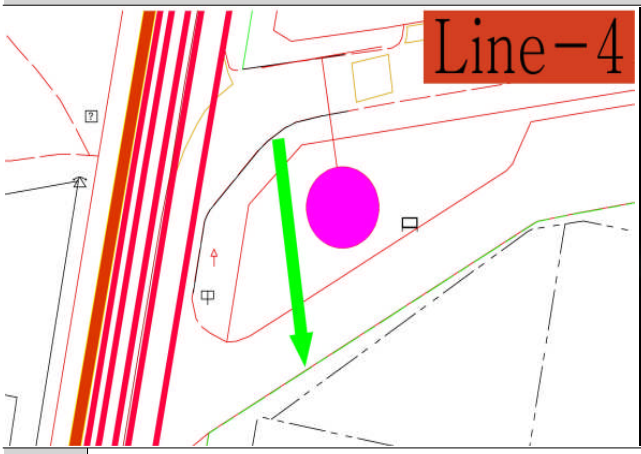
지장물 요약표

NO	종 류	위 치 (m)	심 도 (m)	비 고
1	상 수	2.4/11.7/48/52.1	0.8/3.1/0.7/0.8	
2	하 수	3.9/18/38.4/53.4	0.9/0.6/0.7/0.8	
3	우 수	1/20.4	0.7/0.7	
4	가 스	–	–	
5	통 신	–	–	
6	난 방	–	–	
7	공동구	–	–	
8	미 상	1.0 / 20.3	0.7/0.7	

해 석

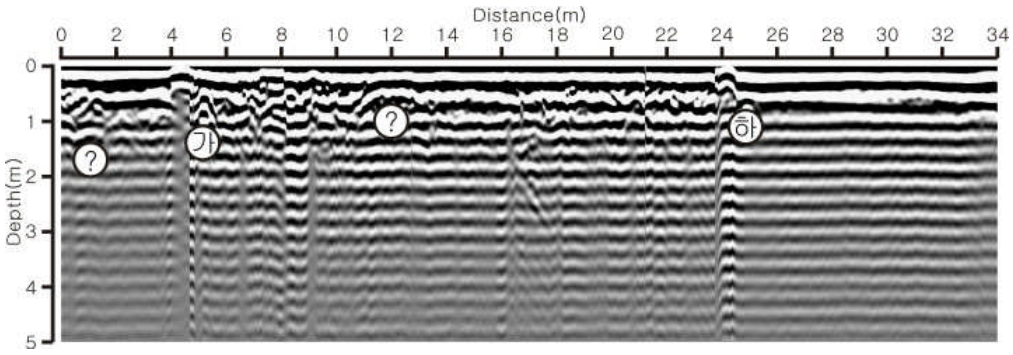
- 현장조사와 매설물도 등의 정보를 바탕으로 단면상 표현함.
- 현장여건상 중앙분리대 구간은 탐사구간에서 제외함.
- 반응(Event)이 뚜렷하나 매설물도 및 현장조사에서 확인되지 않은 것은 미상으로 표기함.
- 거리 54.0m 이후 구간은 하부에 철근 등의 반응을 보임.

Line-4 (34.0m)





GPR 해석 결과



범례 : ㉮상수 ㉱하수 ㉲우수 ㉮가스 ⬚공동구 ㉱통신 ㉴난방 ?미상

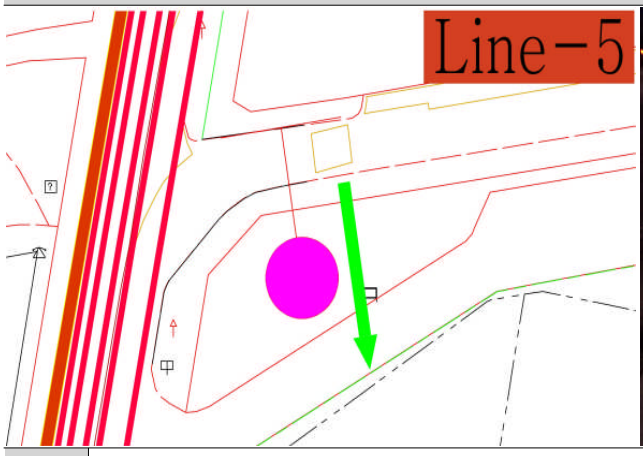
지장물 요약표

NO	종 류	위 치 (m)	심 도 (m)	비 고
1	상 수	–	–	
2	하 수	24.9	0.7	
3	우 수	–	–	
4	가 스	5.2	1.1	
5	통 신	–	–	
6	난 방	–	–	
7	공동구	–	–	
8	미 상	1.1/12.0	1.4/1.3	

해 석

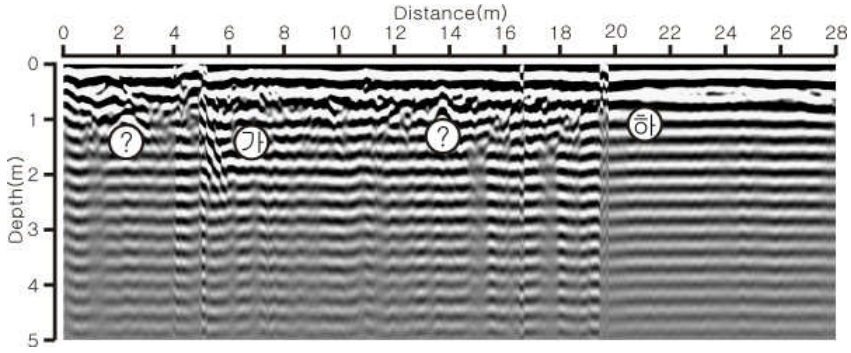
- 현장조사와 매설물도 등의 정보를 바탕으로 단면상 표현함.
- 반응(Event)이 뚜렷하나 매설물도 및 현장조사에서 확인되지 않은 것은 미상으로 표기함.
- 거리 4.0~24.0m 구간은 화단으로 안테나와 매질의 접촉이 나빠 전자파의 감쇠와 왜곡이 발생.

Line-5 (28.0m)





GPR 해석 결과



범례 : ㉿상수 ㉾하수 ㉿우수 ㉮가스 ⬚공동구 ㊙통신 ㉾난방 ? 미상

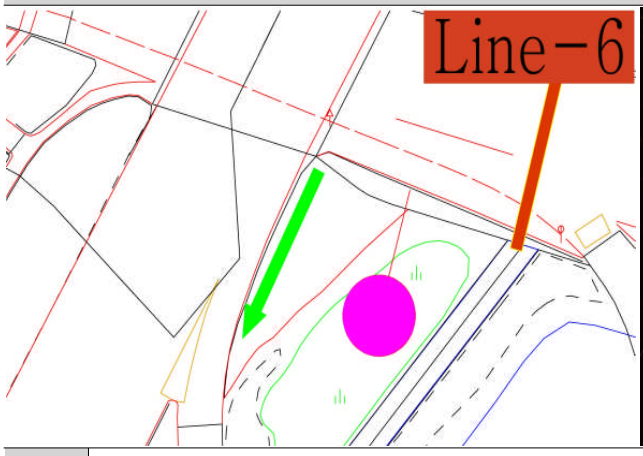
지장물 요약표

NO	종 류	위 치 (m)	심 도 (m)	비 고
1	상 수	–	–	
2	하 수	21.1	0.8	
3	우 수	–	–	
4	가 스	6.8	1.1	
5	통 신	–	–	
6	난 방	–	–	
7	공동구	–	–	
8	미 상	2.3/11.8	1.1/1.0	

해 석

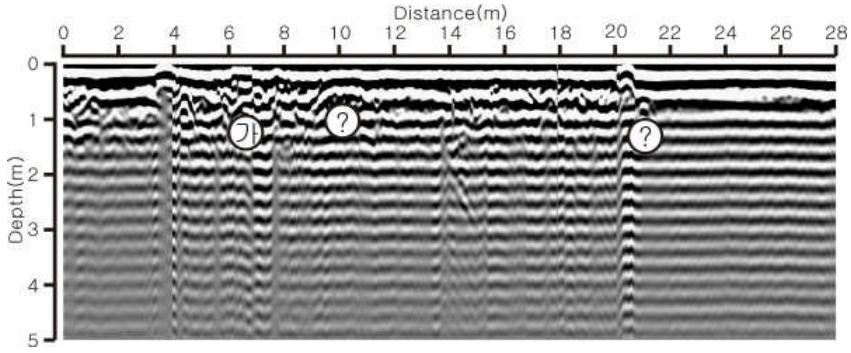
- 현장조사와 매설물도 등의 정보를 바탕으로 단면상 표현함.
- 반응(Event)이 뚜렷하나 매설물도 및 현장조사에서 확인되지 않은 것은 미상으로 표기함.
- 거리 4.0~20.0m 구간은 화단으로 안테나와 매질의 접촉이 나빠 전자파의 감쇠와 왜곡이 발생.

Line-6 (28.0m)





GPR 해석 결과



범례 : ㉿상수 ㉾하수 ㉿우수 ㉮가스 ⬚공동구 ㊙통신 ㊫난방 ⓘ미상

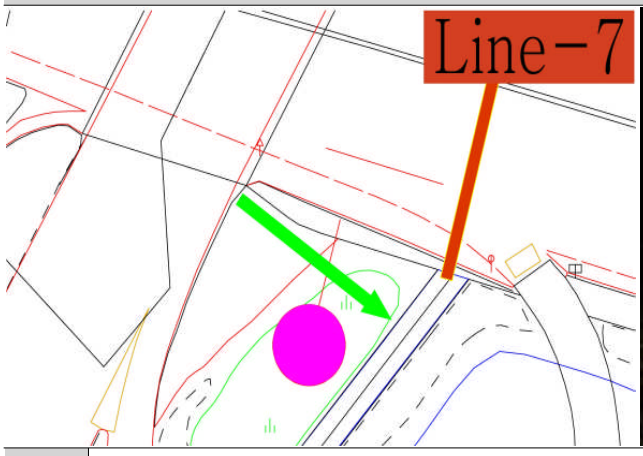
지장물 요약표

NO	종 류	위 치 (m)	심 도 (m)	비 고
1	상 수	–	–	
2	하 수	–	–	
3	우 수	–	–	
4	가 스	6.6	0.9	
5	통 신	–	–	
6	난 방	–	–	
7	공동구	–	–	
8	미 상	10.1/21.1	0.7/1.0	

해 석

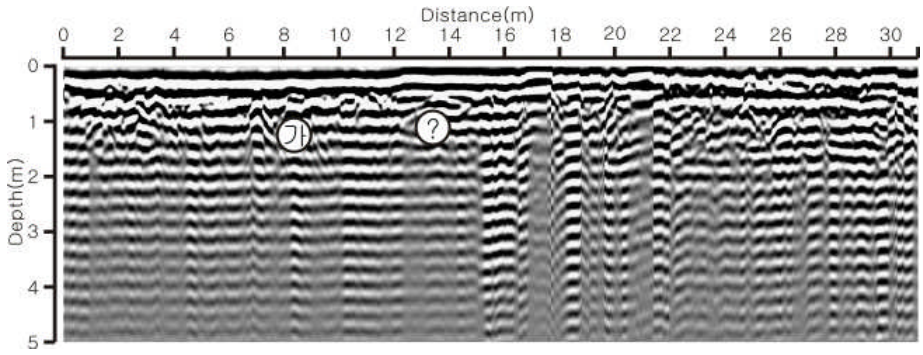
- 현장조사와 매설물도 등의 정보를 바탕으로 단면상 표현함.
- 반응(Event)이 뚜렷하나 매설물도 및 현장조사에서 확인되지 않은 것은 미상으로 표기함.
- 탐사구간이 도로 Ramp 사이의 나대지로 나무와 풀 등이 존재하여 진행 가능한 위치까지 측정함.
- 안테나와 매질의 접촉이 나빠 전자파의 감쇠와 왜곡이 발생.
- 거리 21.0m 이후 구간에 전자파의 투과가 일정하게 나타나는 양상을 보이므로 구조물 등의 여부 확인 필요할 것으로 사료됨.

Line-7 (31.0m)





GPR 해석 결과



범례 : 상 상수 하 하수 우 우수 가 가스 ⬚ 공동구 통 통신 열 난방 ? 미상

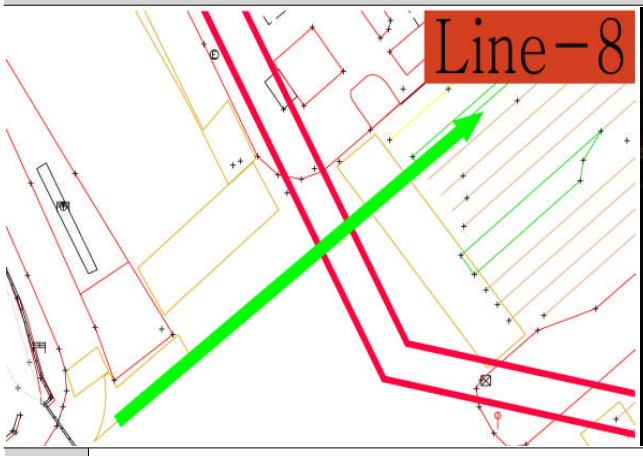
지장물 요약표

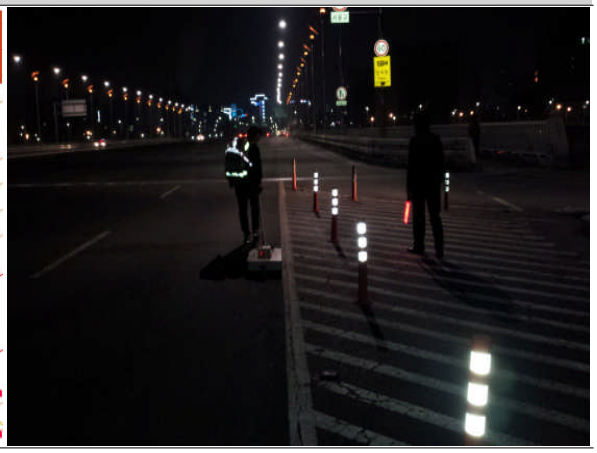
NO	종 류	위 치 (m)	심 도 (m)	비 고
1	상 수	–	–	
2	하 수	–	–	
3	우 수	–	–	
4	가 스	8.4	0.9	
5	통 신	–	–	
6	난 방	–	–	
7	공동구	–	–	
8	미 상	13.4	0.7	

해 석

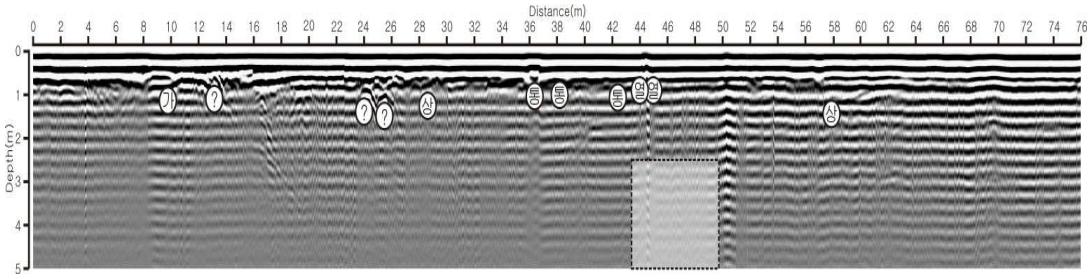
- 현장조사와 매설물도 등의 정보를 바탕으로 단면상 표현함.
- 반응(Event)이 뚜렷하나 매설물도 및 현장조사에서 확인되지 않은 것은 미상으로 표기함.
- 탐사구간이 도로 Ramp 사이의 나대지로 나무와 풀 등이 존재하여 진행 가능한 위치까지 측정함.
- 안테나와 매질의 접촉이 나빠 전자파의 감쇠와 왜곡이 발생.
- 거리 18.5m위치에 단차가 존재하는 옹벽이 있고 하부 전답 구간으로 전자파의 왜곡 심함.

Line-8 (76.0m)





GPR 해석 결과



범례 : ㉮상수 ㉱하수 ㉲우수 ㉮가스 ⬚공동구 ㉱통신 ㉳난방 ?미상

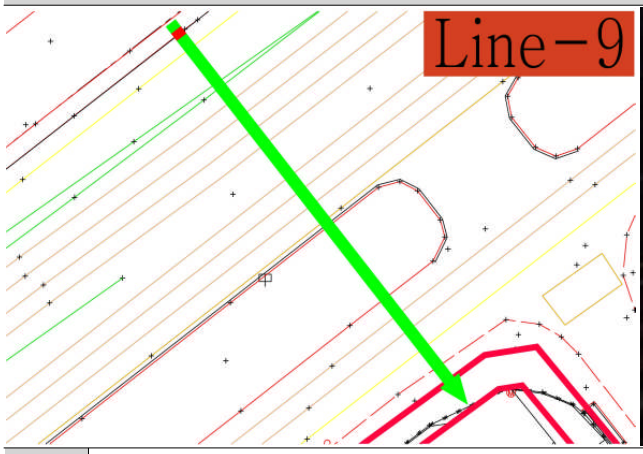
지장물 요약표

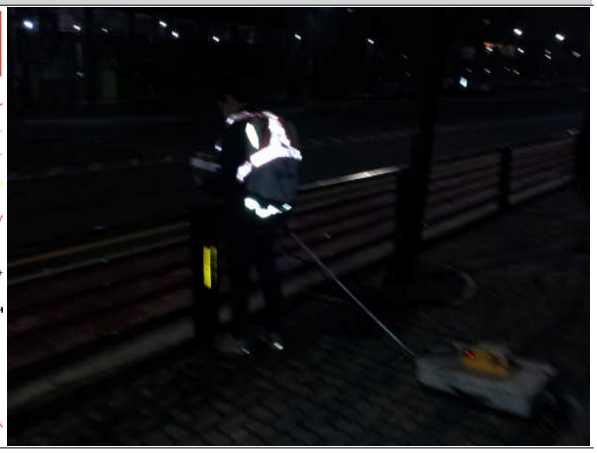
NO	종 류	위 치 (m)	심 도 (m)	비 고
1	상 수	28.6/57.9	0.9/1.1	
2	하 수	–	–	
3	우 수	–	–	
4	가 스	9.8	0.8	
5	통 신	36.4/38.2/42.3	0.6/0.6/0.7	
6	난 방	44.0/45.0	0.8/0.8	
7	공동구	44.2~50.7	2.8~5.3	
8	미 상	13.1/24.0/25.5	0.7/1.1/1.2	

해 석

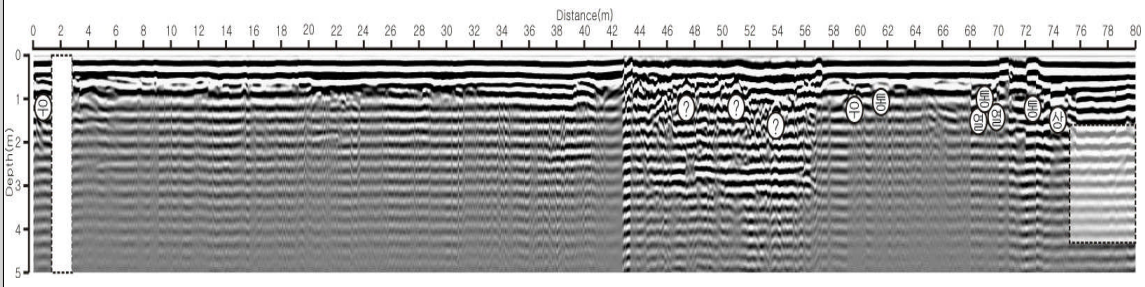
- 현장조사와 매설물도 등의 정보를 바탕으로 단면상 표현함.
- 반응(Event)이 뚜렷하나 매설물도 및 현장조사에서 확인되지 않은 것은 미상으로 표기함.
- 매설물도상에 공동구가 거리 44.4~50.7m 구간에 존재하나 결과단면을 고려하여 거리 44.0~50.0m에 표현함.
- 공동구의 심도는 2.8~5.3m 구간에 존재하나 결과단면상의 심도 범위를 벗어나므로 5.0m 까지 표현함.

Line-9 (80.0m)





GPR 해석 결과



범례 : ㉿상수 ㉱하수 ㉲우수 ㉮가스 ⬚공동구 ㉳통신 ㉴난방 ⓘ미상

지장물 요약표

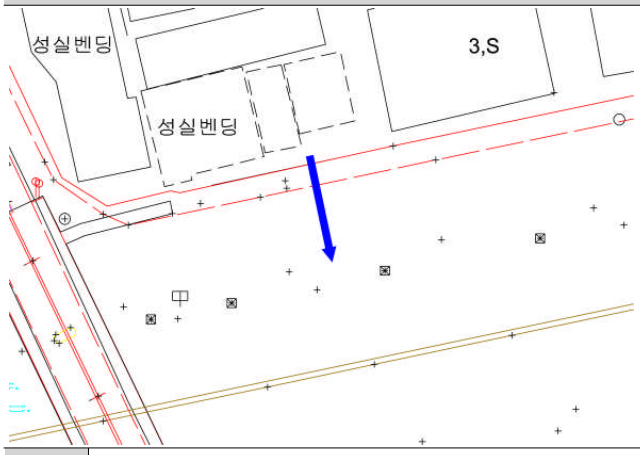
NO	종 류	위 치 (m)	심 도 (m)	비 고
1	상 수	74.4	1.2	
2	하 수	–	–	
3	우 수	0.7/57.6	0.9/0.9	
4	가 스	–	–	
5	통 신	61.5/69.0/72.5	0.7/0.7/0.9	
6	난 방	68.6/69.9	0.6/0.6	
7	공동구	75.2~80.0	1.6~4.4	
8	미 상	47.4/51.0/53.9	0.9/0.9/1.3	

해 석

- 현장조사와 매설물도 등의 정보를 바탕으로 단면상 표현함.
- 시점부 거리 1.5~3.0m 구간은 인도경계 휀스로 인하여 탐사 불가구간임.
- 반응(Event)이 뚜렷하나 매설물도 및 현장조사에서 확인되지 않은 것은 미상으로 표기함.
- 공동구의 거리는 75.2~80.0m 이상일 것으로 예상되어지나 결과단면의 범위를 벗어나므로 80.0m 까지 표현함.

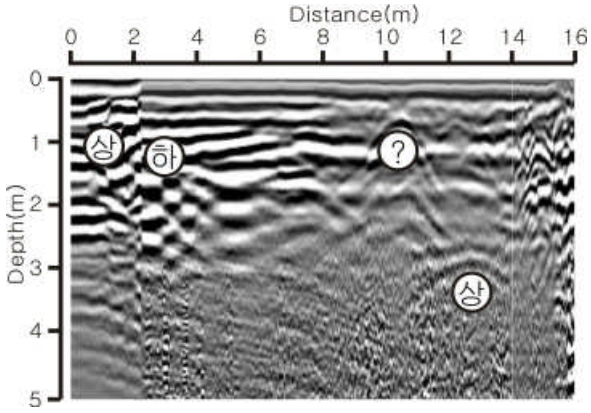
*추가조사 측선

Line-1-1 (16.0m)





GPR 해석 결과



범례 : ㉮상수 ㉯하수 ㉰우수 ㉱가스 ⬚공동구 ㉲통신 ㉳난방 ㉵미상

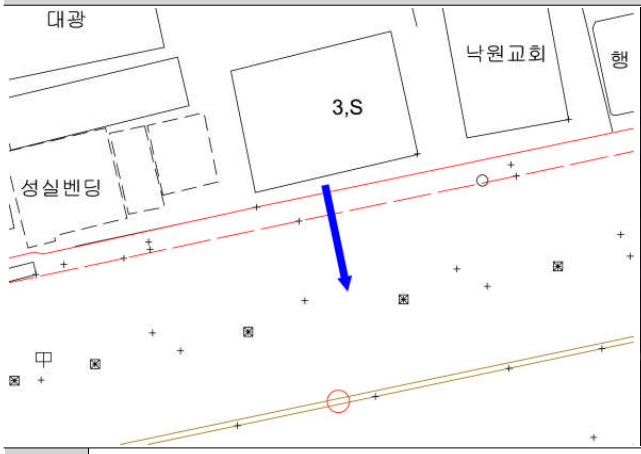
지장물 요약표

NO	종 류	위 치 (m)	심 도 (m)	비 고
1	상 수	1.1/12.8	0.8/3.1	
2	하 수	2.8	0.9	
3	우 수	-	-	
4	가 스	-	-	
5	통 신	-	-	
6	난 방	-	-	
7	공동구	-	-	
8	미 상	10.2	1.8	

해 석

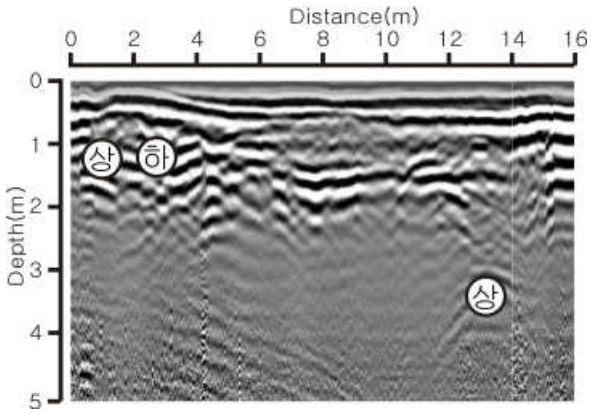
- 현장조사와 매설물도 등의 정보를 바탕으로 단면상 표현함.
- 반응(Event)이 뚜렷하나 매설물도 및 현장조사에서 확인되지 않은 것은 미상으로 표기함.

Line-1-2 (16.0m)





GPR 해석 결과



범례 : ㉿상수 ㉿하수 ㉿우수 ㉮가스 ⬚공동구 ㉿통신 ㉿난방 ⓘ미상

지장물 요약표

NO	종 류	위 치 (m)	심 도 (m)	비 고
1	상 수	1.0/13.0	0.9/3.1	
2	하 수	2.8	0.8	
3	우 수	–	–	
4	가 스	–	–	
5	통 신	–	–	
6	난 방	–	–	
7	공동구	–	–	
8	미 상	–	–	

해 석

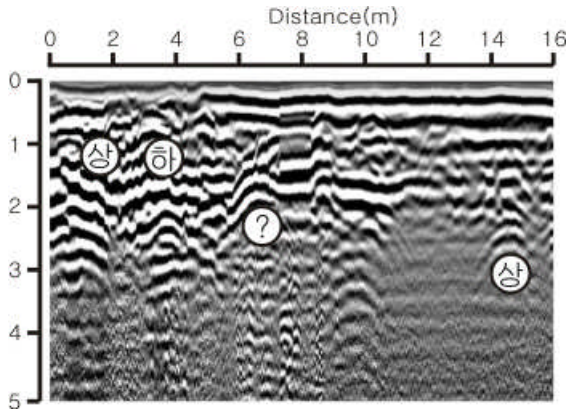
- 현장조사와 매설물도 등의 정보를 바탕으로 단면상 표현함.
- 반응(Event)이 뚜렷하나 매설물도 및 현장조사에서 확인되지 않은 것은 미상으로 표기함.

Line-3-1 (16.0m)





GPR 해석 결과



범례 : ㉿상수 ㉿하수 ㉿우수 ㉮가스 ⬚공동구 ㉿통신 ㉿난방 ?미상

지장물 요약표

NO	종 류	위 치 (m)	심 도 (m)	비 고
1	상 수	1.1/14.6	0.8/2.8	
2	하 수	3.6	0.8	
3	우 수	–	–	
4	가 스	–	–	
5	통 신	–	–	
6	난 방	–	–	
7	공동구	–	–	
8	미 상	6.8	2.0	

해 석

- 현장조사와 매설물도 등의 정보를 바탕으로 단면상 표현함.
- 반응(Event)이 뚜렷하나 매설물도 및 현장조사에서 확인되지 않은 것은 미상으로 표기함.

제 5 장 결 론

본 조사의 목적은 “서울 제물포터널 민간투자사업” 지반조사 구간에 대하여 GPR 탐사를 수행하여 조사구간 내에 존재하는 매설물의 위치, 심도 등을 파악하여 설계 및 시공시 기초자료로 활용하기 위함이다.

이를 위하여 스웨덴의 RAMAC을 이용하여 자료를 취득하였으며, 취득한 자료를 분석하여 해석단면을 얻었다.

- 본 과업구간에서 조사된 매설물의 종류는 상수, 하수, 우수, 가스, 난방, 통신, 공동구 등으로 현장조사와 지장물도에 나타나지 않는 것은 미상으로 표기하여 그 심도 및 위치를 파악하였다. 각 측선별 매설물 위치는 9장의 자료 분석 및 해석에 자세히 나타내었다.

특히, 본 과업구간은 도로상 육상에 노출된 전기적 잡음요소(전신주, 신호등, 가로등)가 일부 발생하며, 일부구간은 전답 등으로 매질이 교란되어 있는 상황이다.

따라서, 안테나의 접촉면이 고르지 않아 파의 왜곡현상이 우려 되며 일부측선에서 지장물의 심도, 관의 넓이, 지하 다짐층 여건 등 기타 현장 상황에 따라서도 파장의 간섭 및 회절 현상으로 인하여 단면이 왜곡되어 표현될 수 있다.

또한, 지장물의 방향이 측선과 직교하지 않은 경우 지장물에 대한 반응은 전형적인 관의 반사이벤트 양상으로 나타나지만 측선과 비슷한 방향으로 매설된 지장물은 hyperbola 반사이벤트가 형성되지 못하므로 지장물의 위치를 파악하기가 어렵다.

Line-1, 2, 3측선에서 광역상수 예상위치에 반응(Event)이 명확하지 않아 여러 가지 방법으로 측정하였으나, 해당 구간에서 뚜렷한 반응을 확인하지 못하였으므로 인접하여 광역상수 매설 예상위치에 대하여 다양한 셋팅으로 여러측선을 설정하여 측정한 결과 Line-1-1, Line-1-2, Line-3-1 측선에서 광역상수로 예상되는 반응(Event)을 확인하고 결과단면을 도출하였다.

Line-1, 2, 3 측선 구간에서는 상부매질의 교란 및 왜곡 등의 원인으로 하부의 광역상수관의 반응이 나타나지 않는 것으로 예상되나, Line-1-1 등의 인접측선의 결과로 볼 때 연결성이 있을 것으로 판단된다.

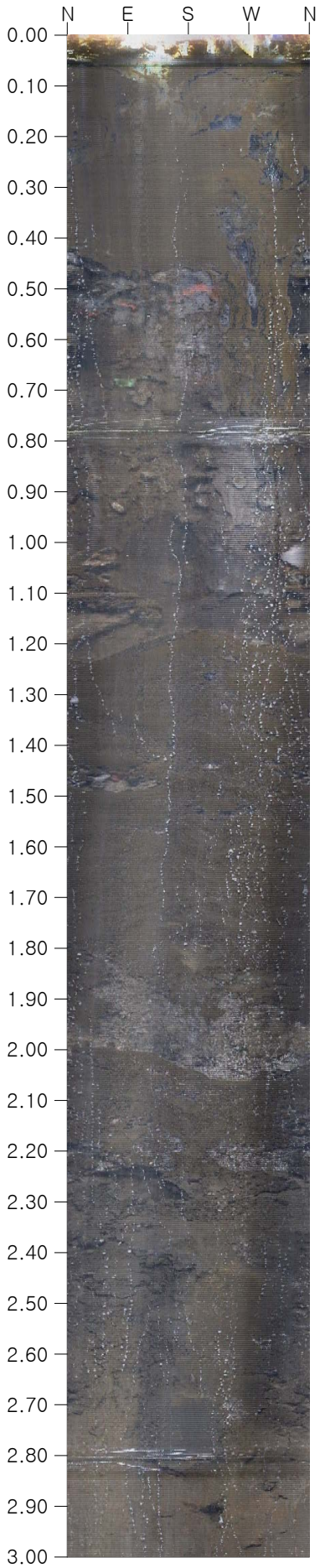
<u>지장물이 2m 이하로 깊이 매설되어 있는 경우</u> 급격한 전자파의 감쇠현상 및 주변잡음 요소로 인해 지장물의 반응이 미약하거나 지반상태에 따라 나타나지 않는 현상(masking effect)에 의한 가탐심도가 나타나지 않으므로 설계 및 시공시 터파기 등의 면밀한 주의를 요한다.

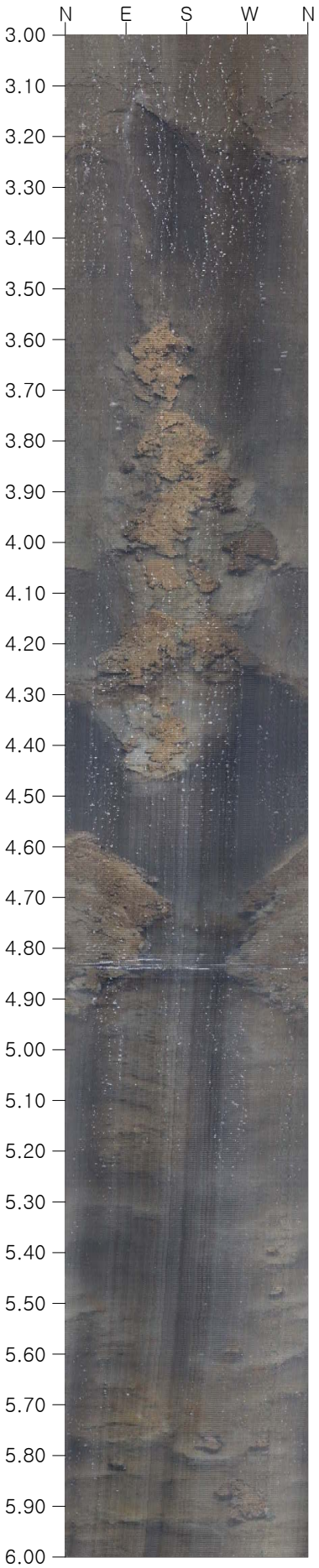
6.6 시추공영상촬영

SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 0.000 m - 6.000 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-7
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

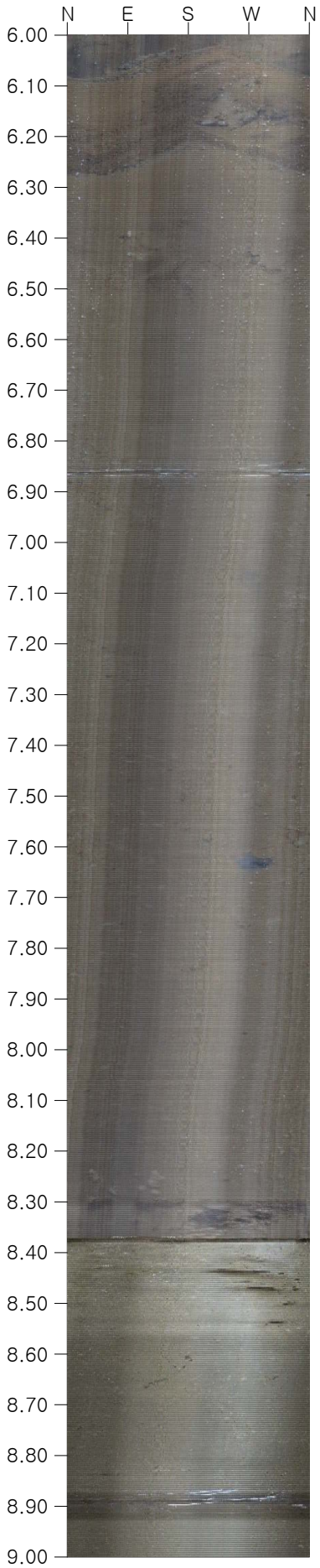


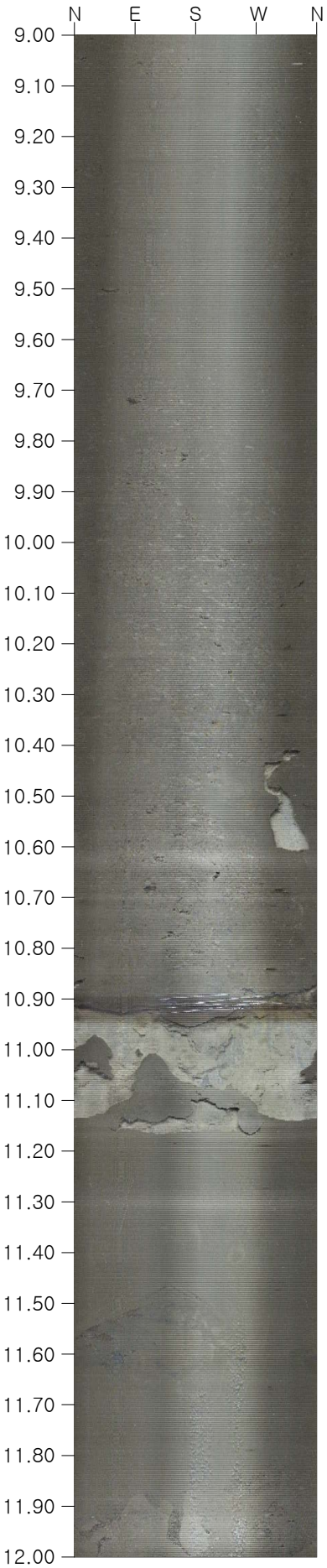


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 6.000 m - 12.000 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-7
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

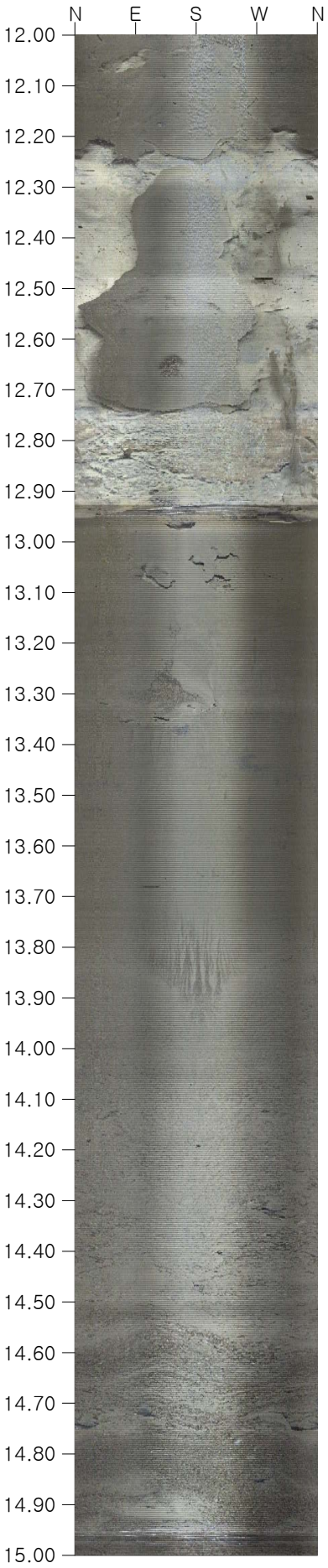


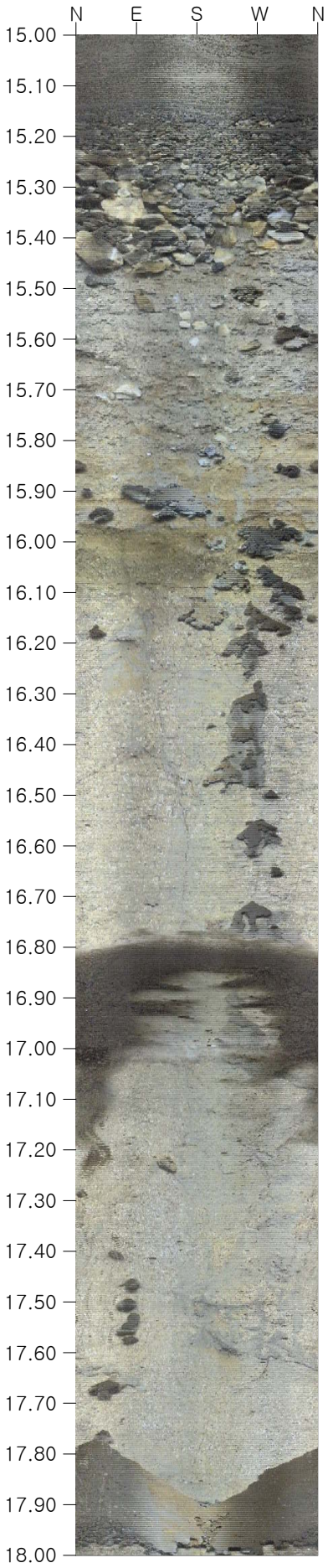


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 12.000 m - 18.000 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-7
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

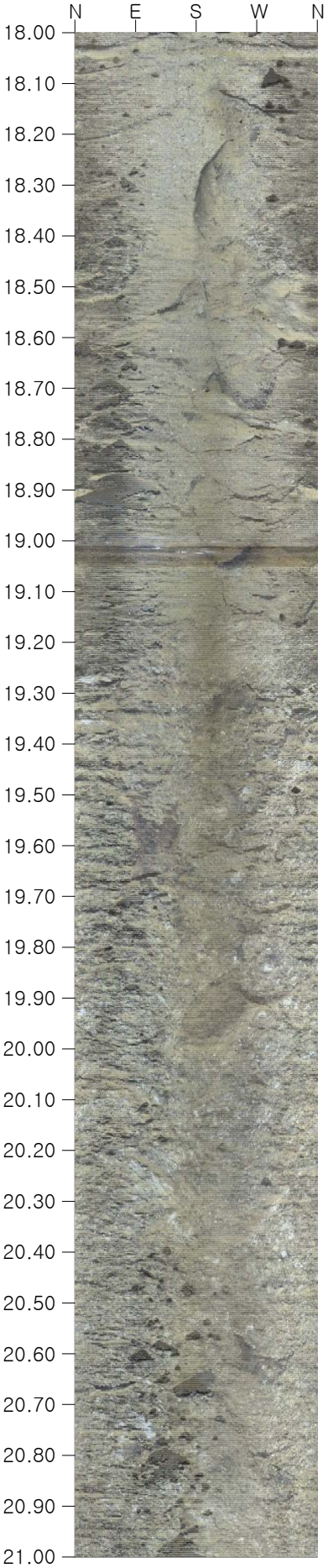


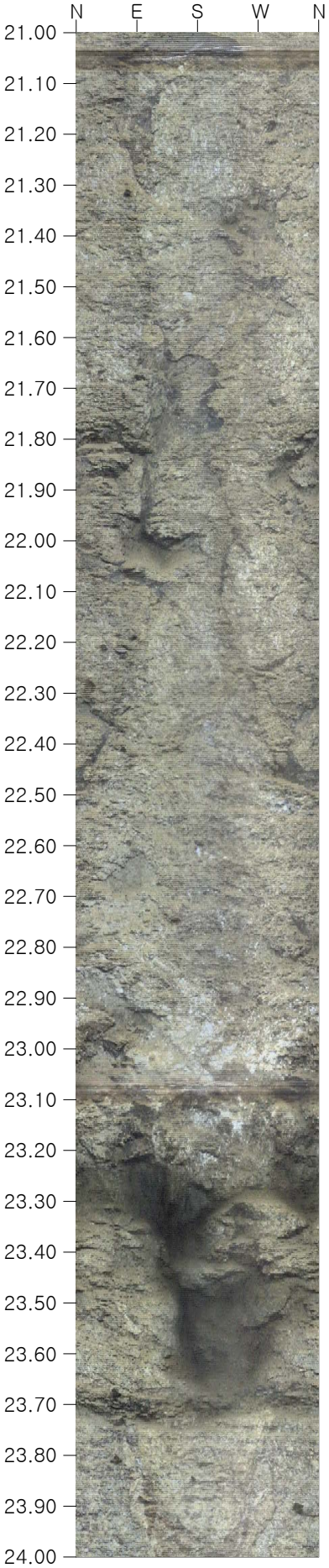


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 18.000 m - 24.000 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-7
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

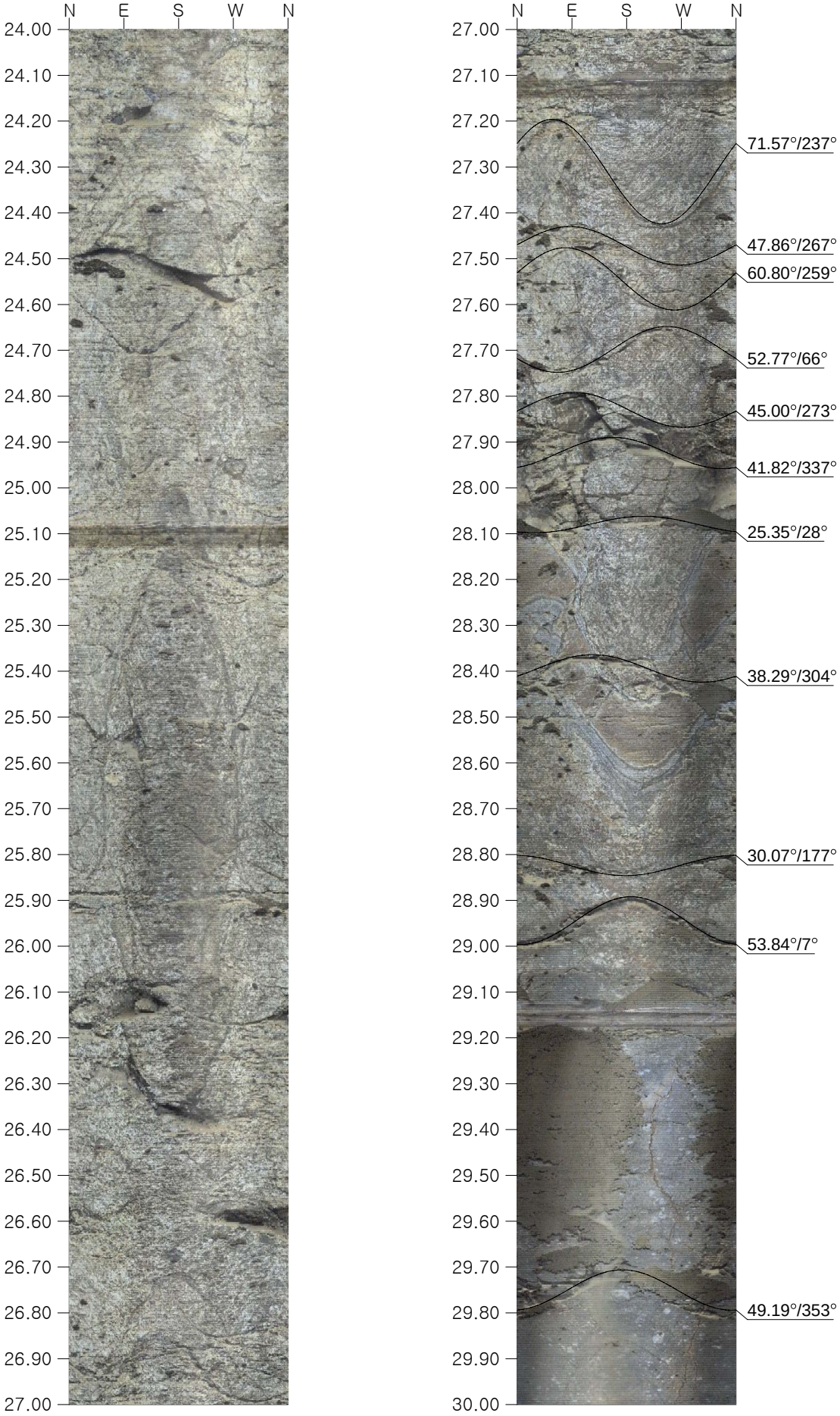




SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 24.000 m - 30.000 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-7
DIAMETER : 76 mm

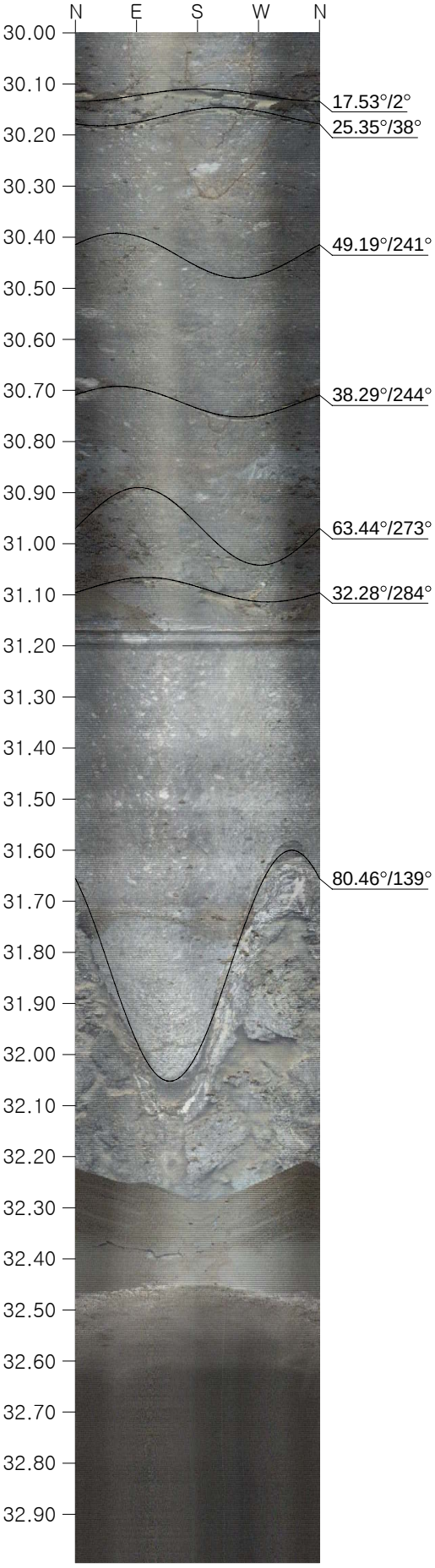
SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m



SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 30.000 m - 32.995 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-7
DIAMETER : 76 mm

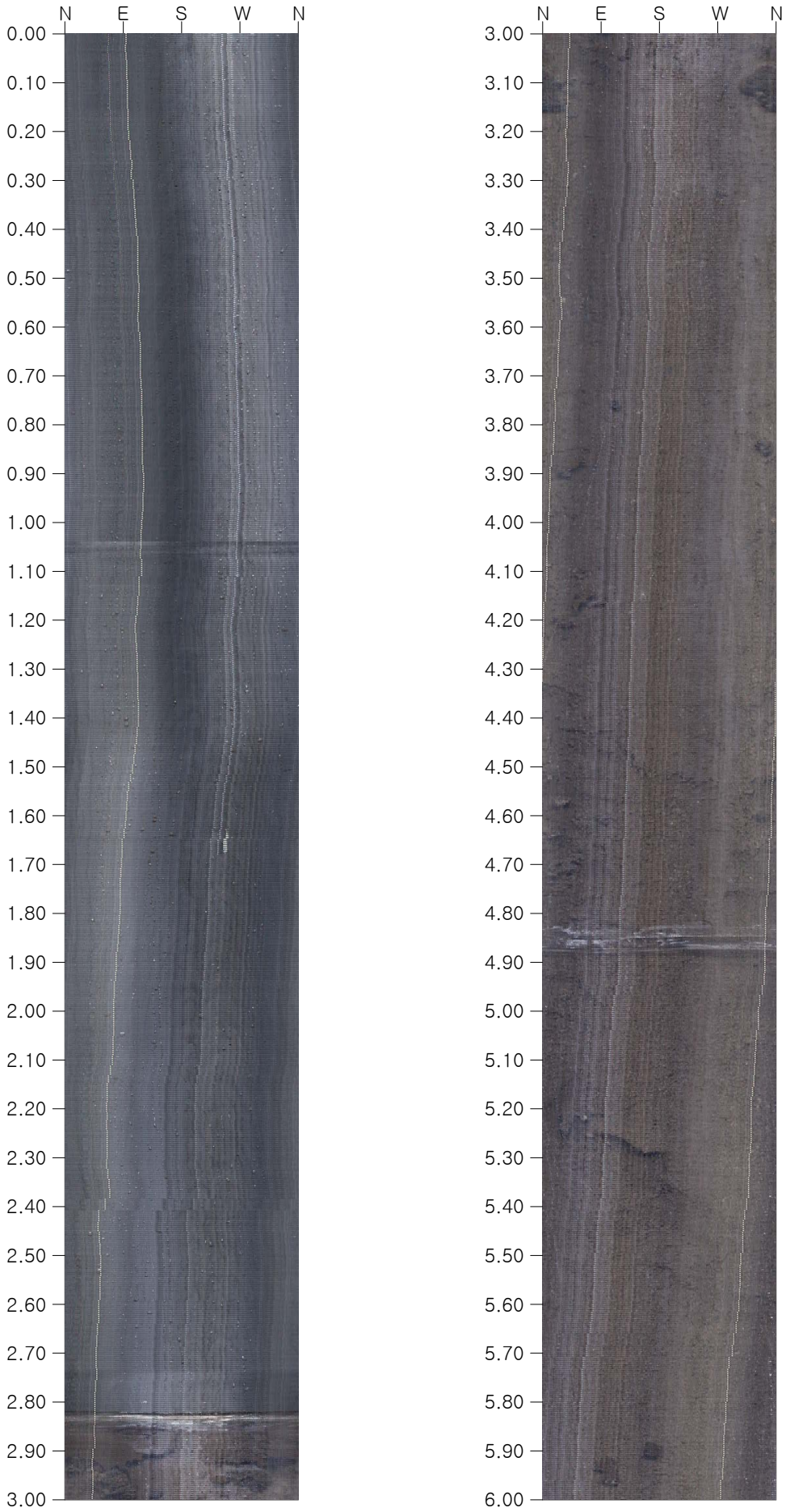
SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m



SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 0.000 m - 6.000 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-12
DIAMETER : 76 mm

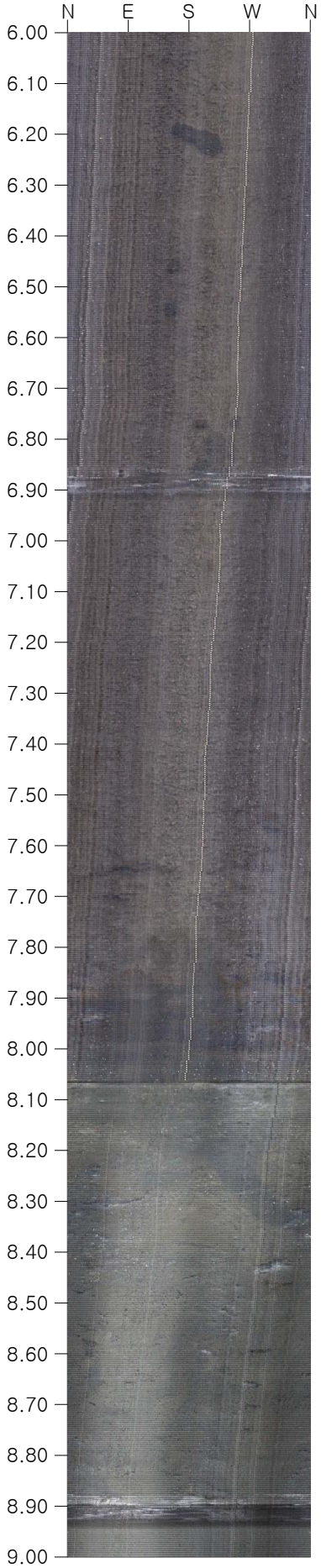
SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

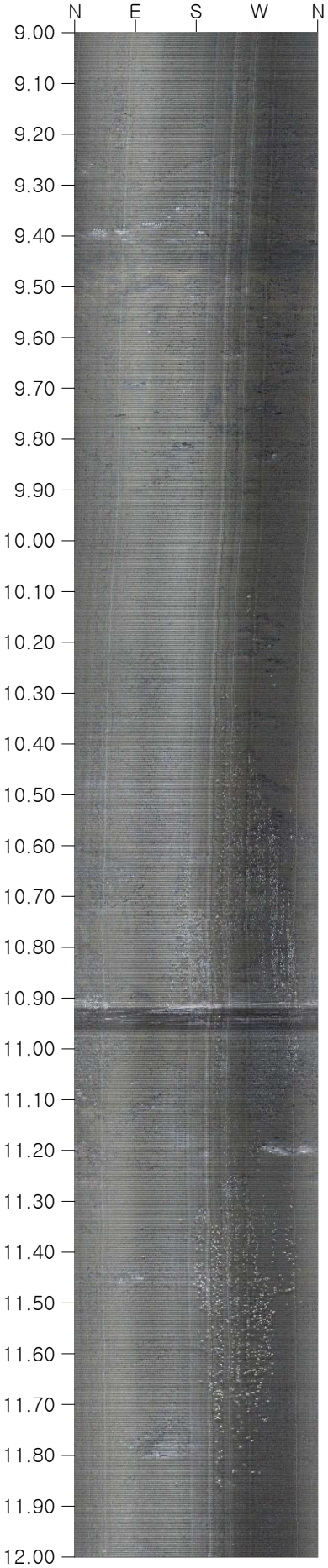


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 6.000 m - 12.000 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-12
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

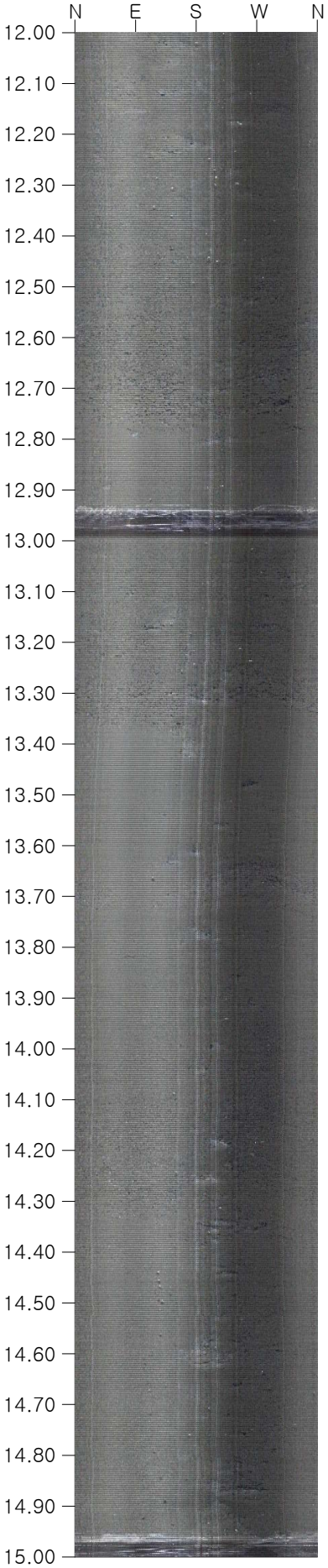


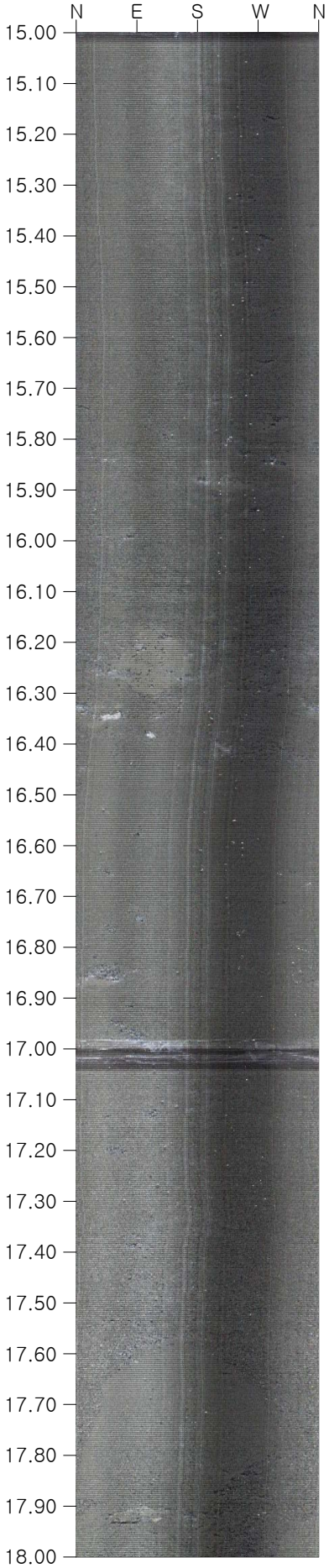


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 12.000 m - 18.000 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-12
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

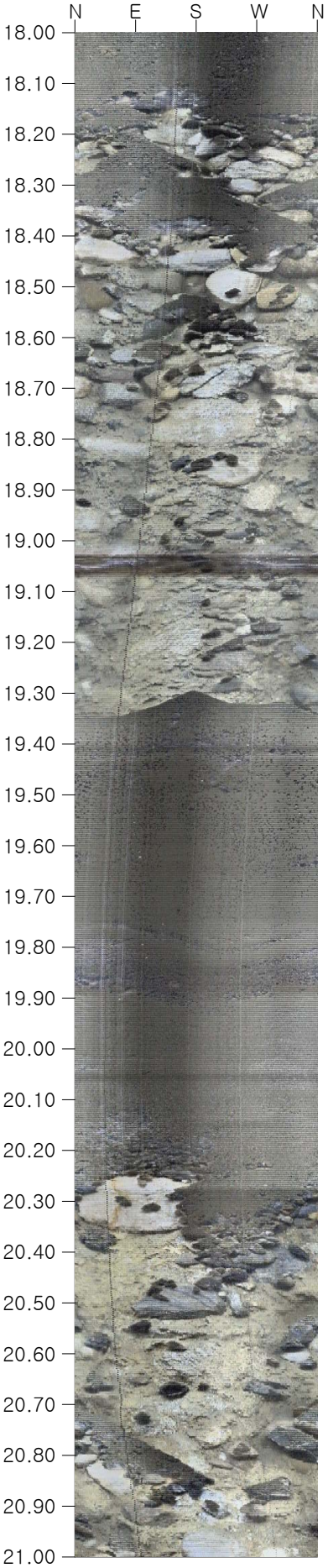


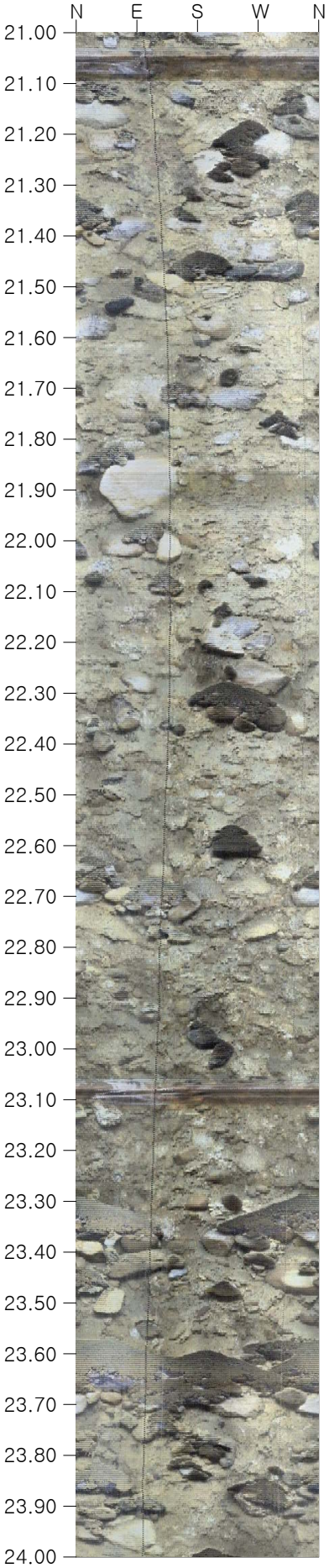


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 18.000 m - 24.000 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-12
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

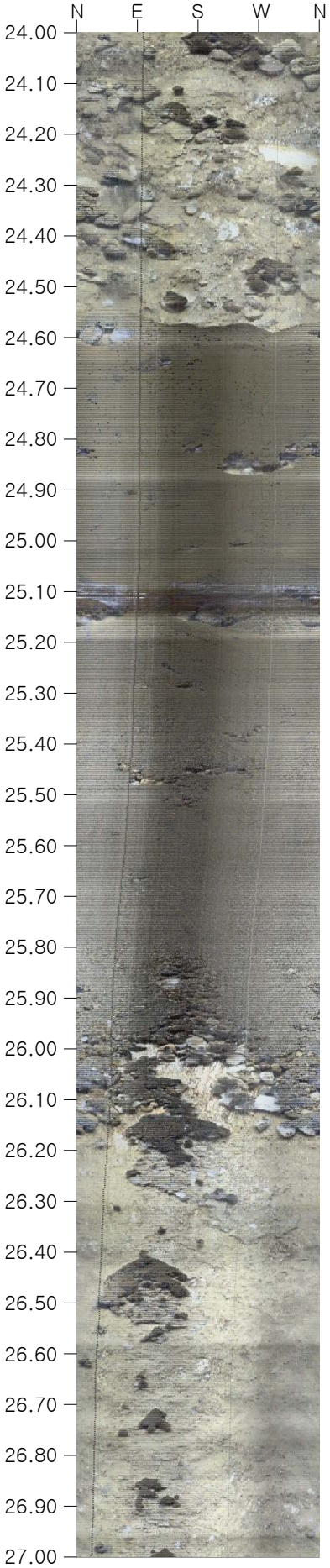


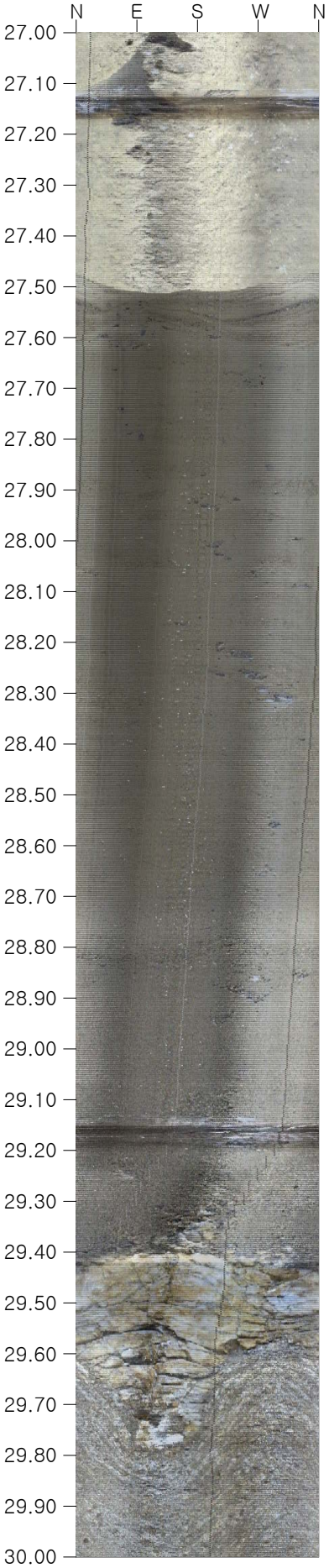


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 24.000 m - 30.000 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-12
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

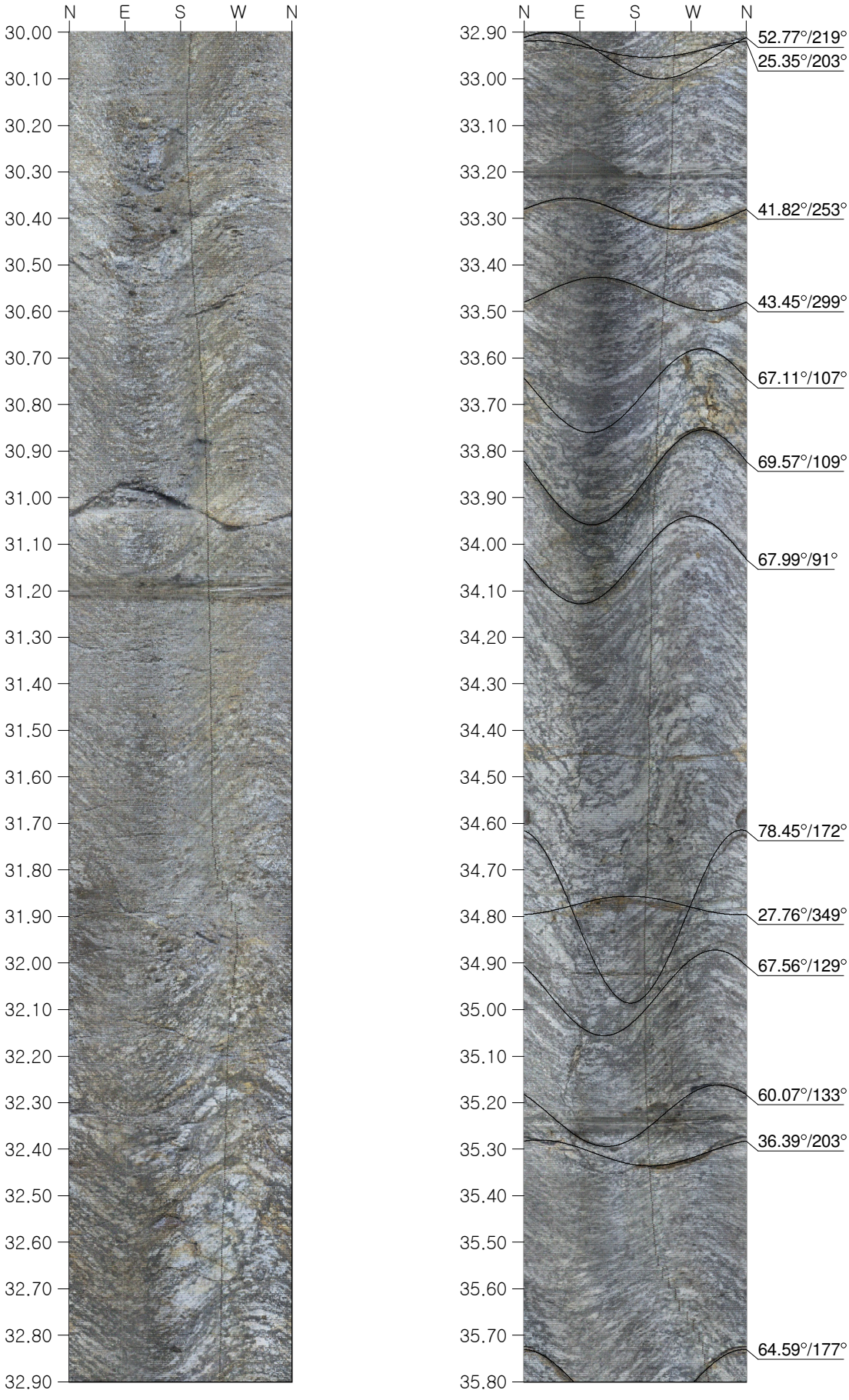




SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 30.000 m – 35.800 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-9
DIAMETER : 76 mm

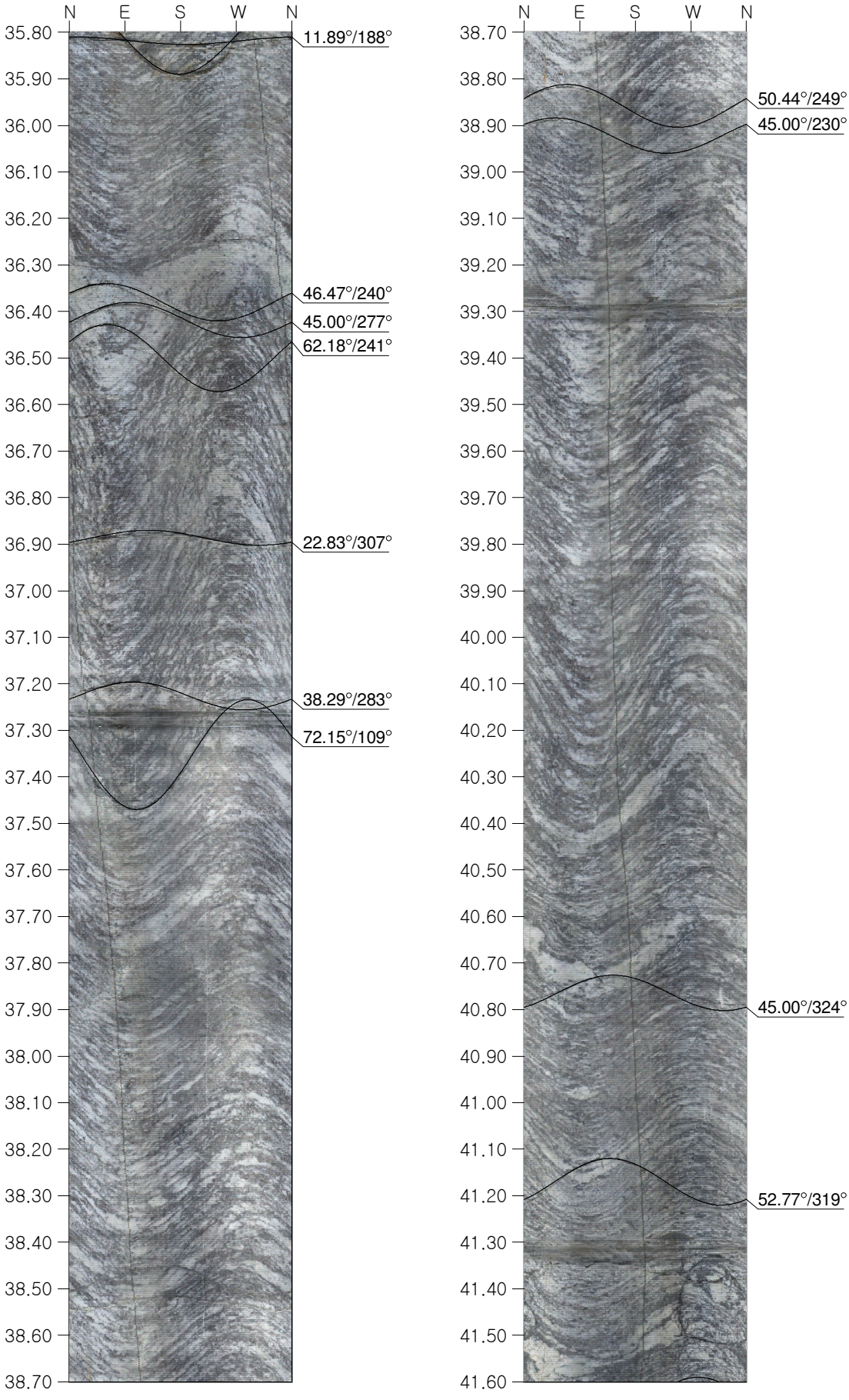
SCALE : 1/12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m



SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 35.800 m - 41.600 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-9
DIAMETER : 76 mm

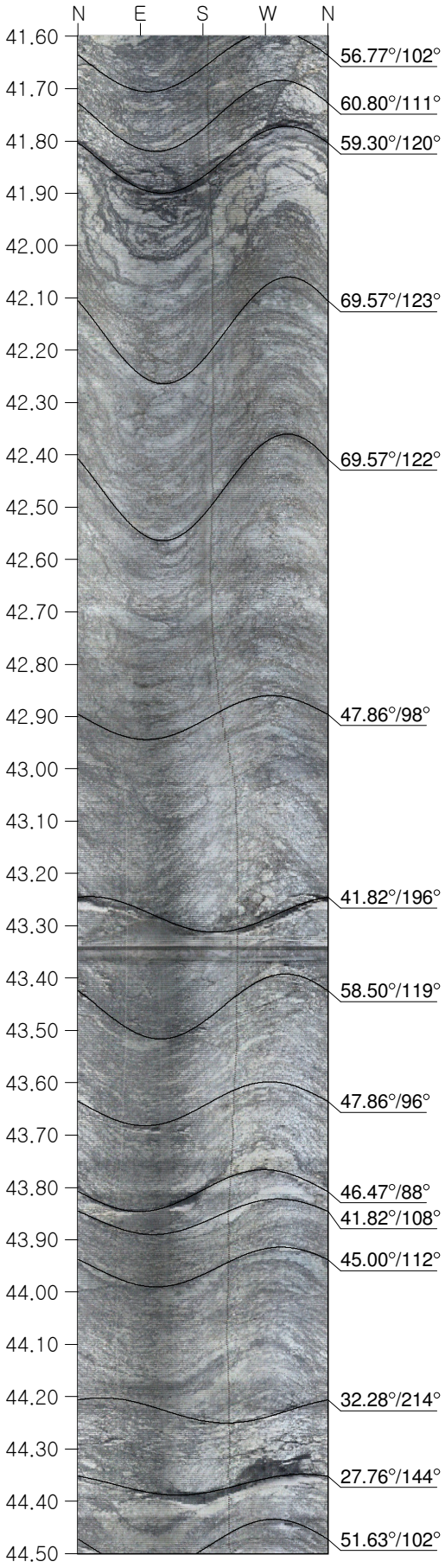
SCALE : 1/12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

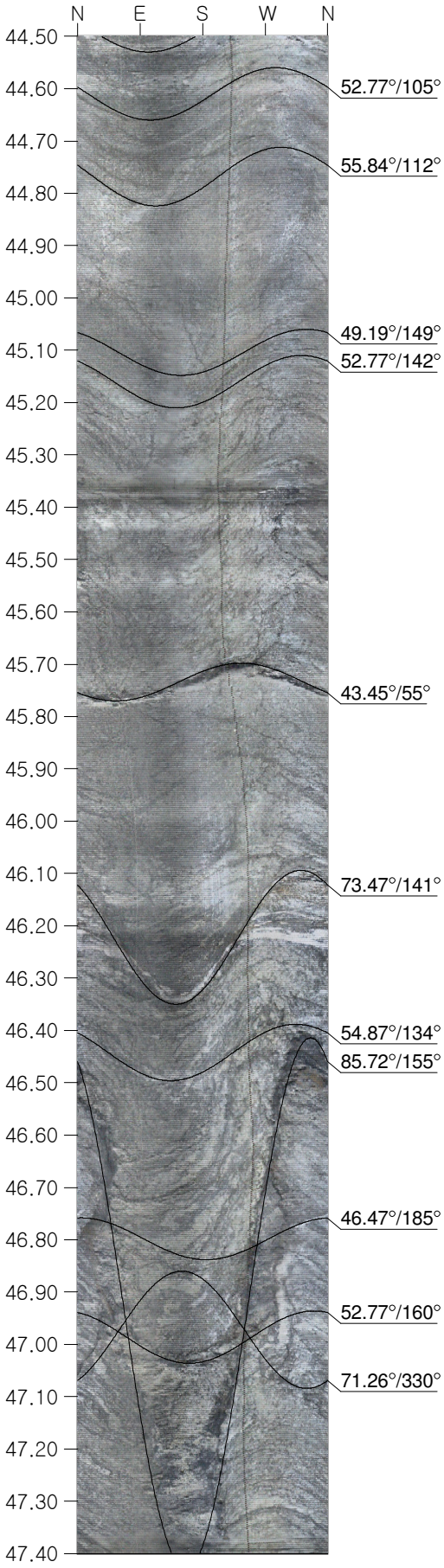


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 41.600 m - 47.400 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-9
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1/12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

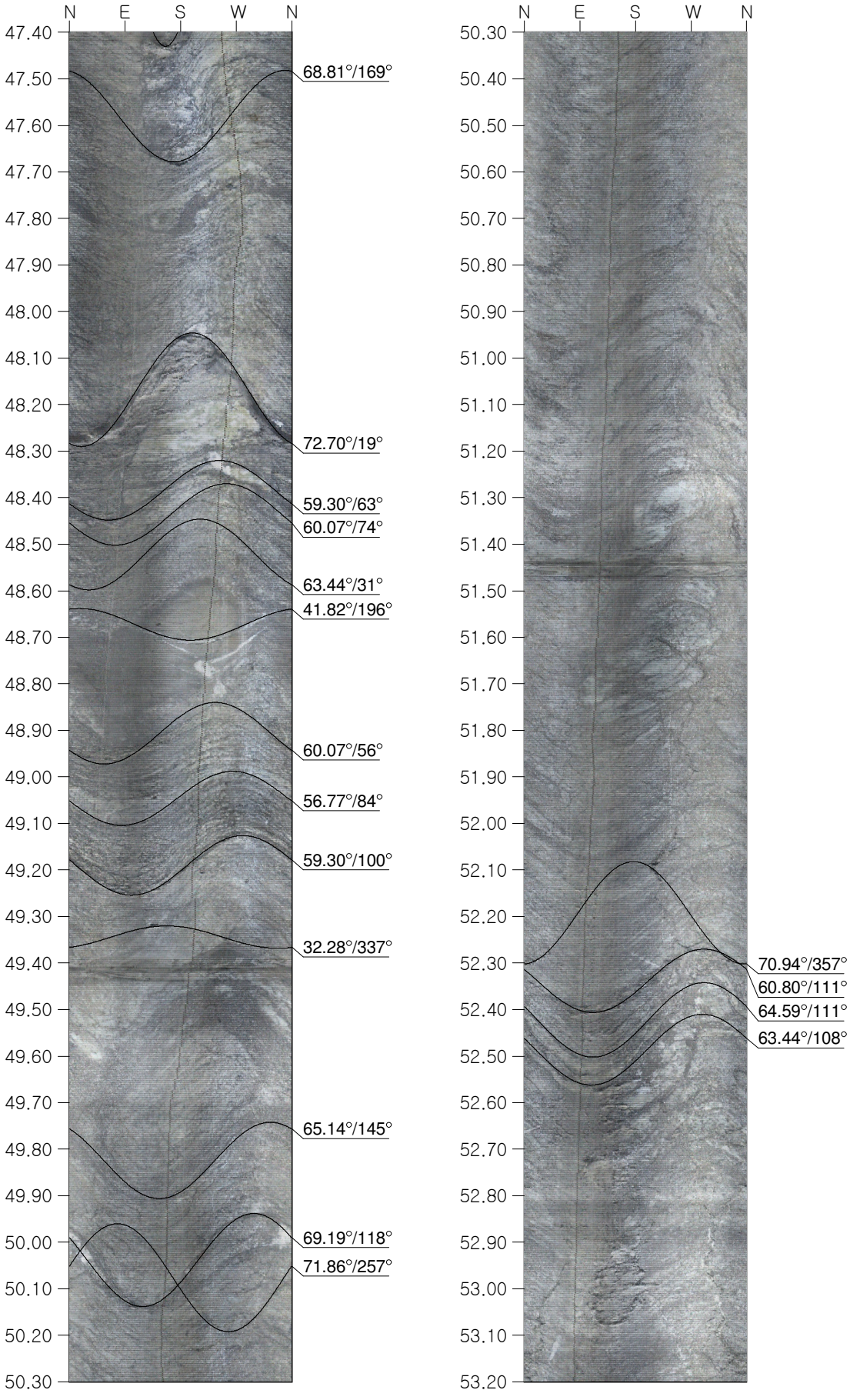




SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 47.400 m - 53.200 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-9
DIAMETER : 76 mm

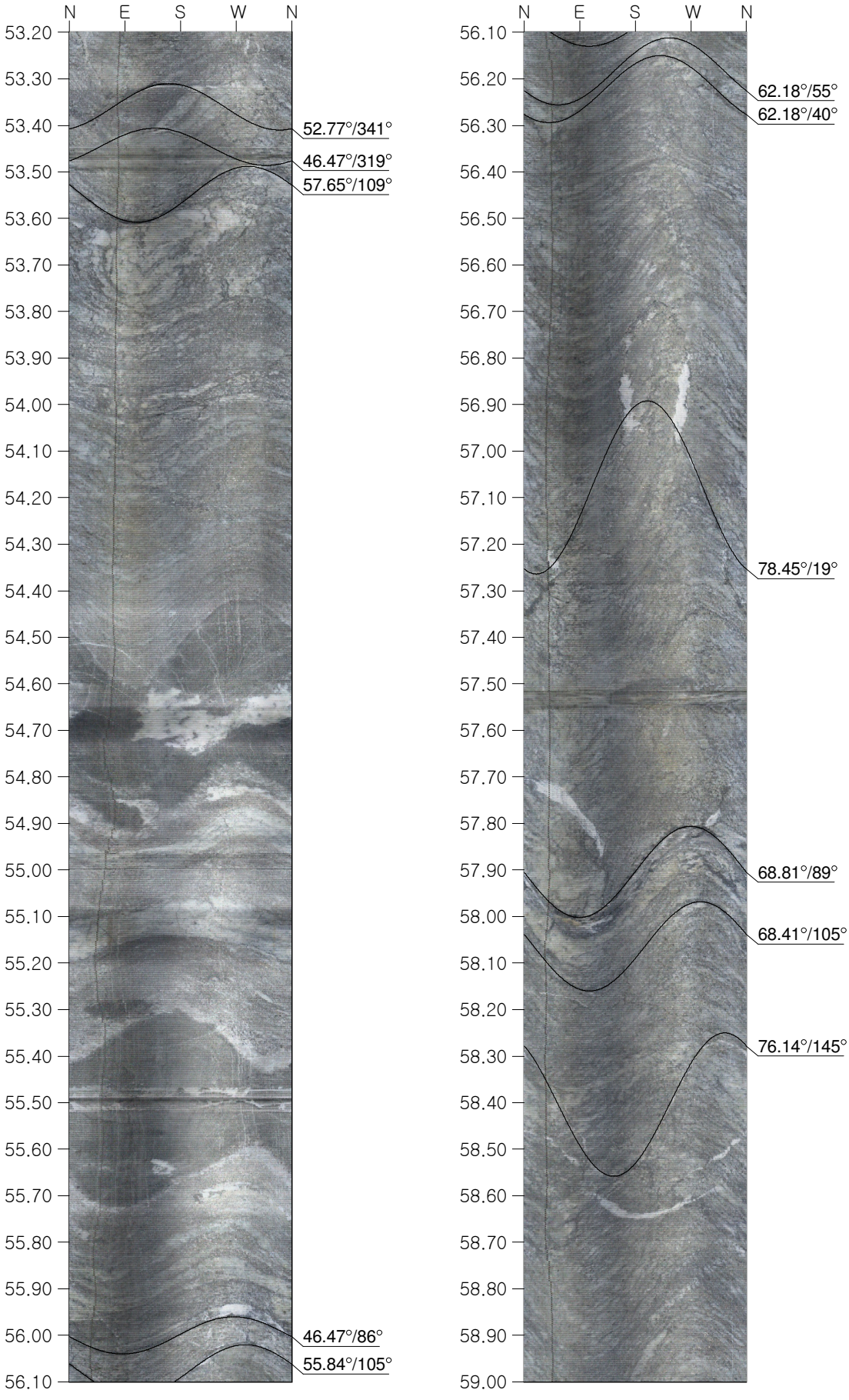
SCALE : 1/12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m



SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 53.200 m - 59.000 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-9
DIAMETER : 76 mm

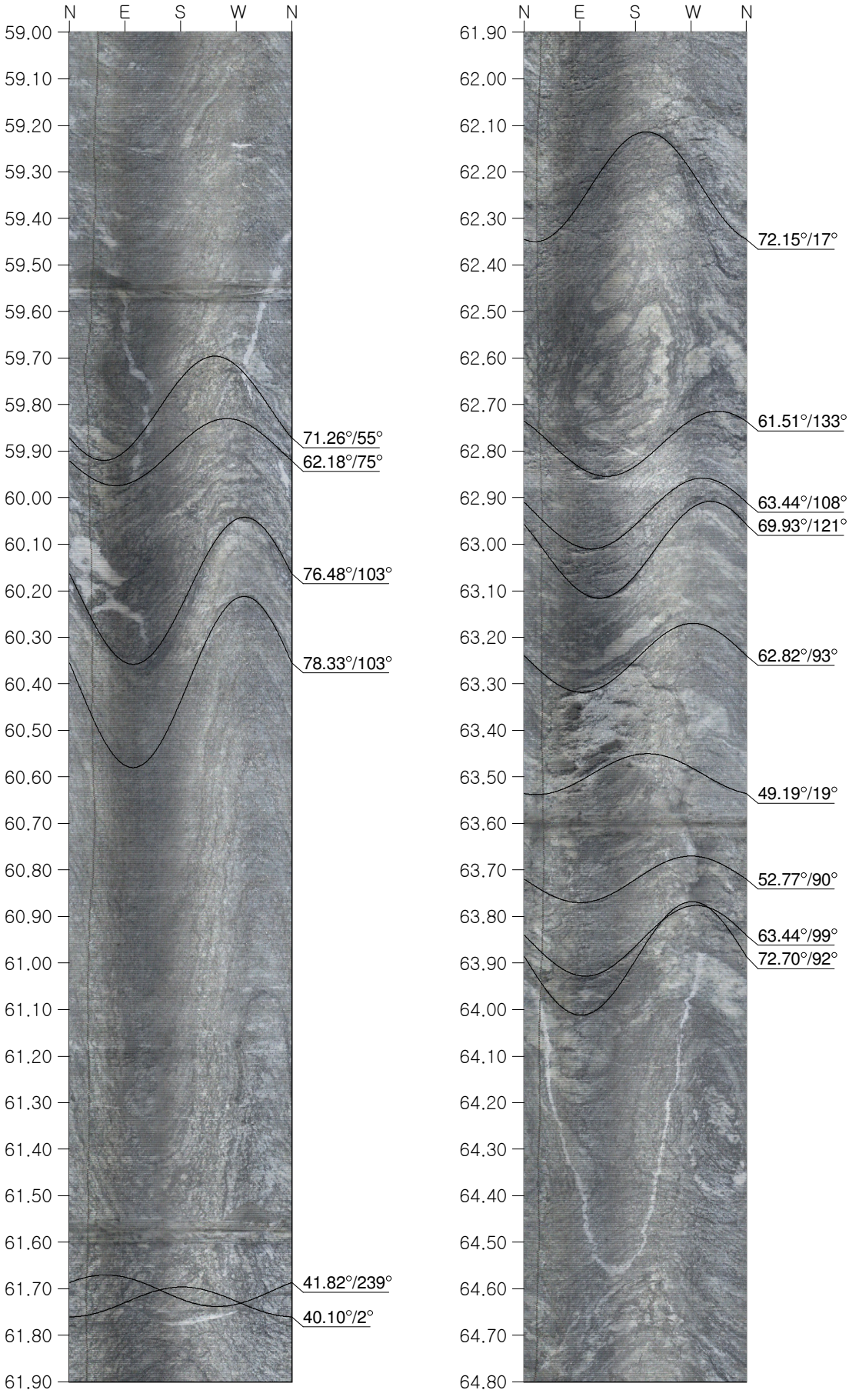
SCALE : 1/12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m



SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 59.000 m - 64.800 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-9
DIAMETER : 76 mm

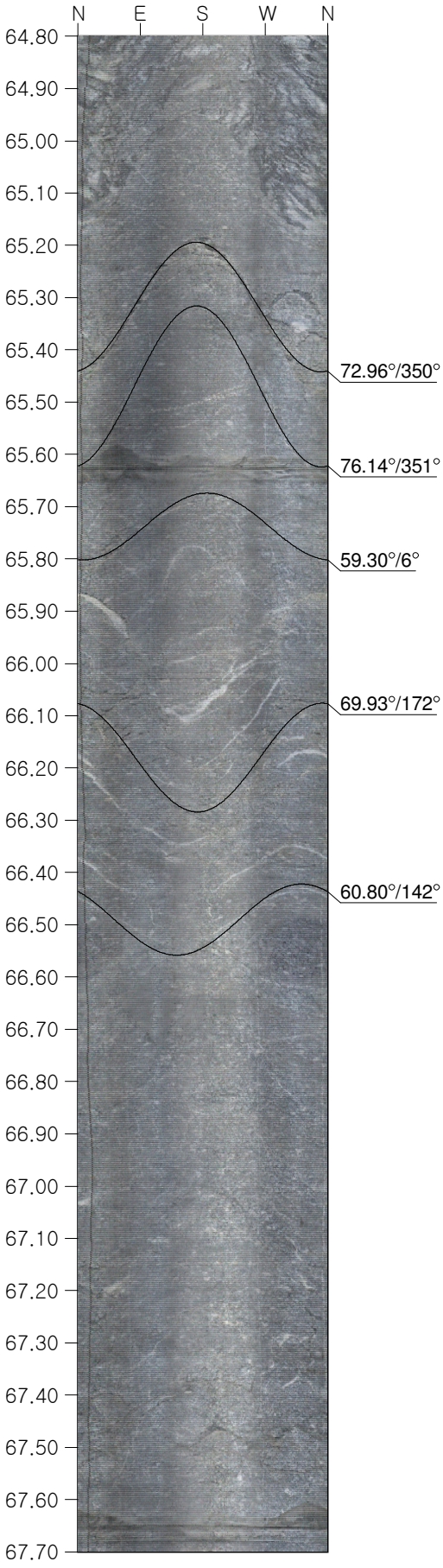
SCALE : 1/12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

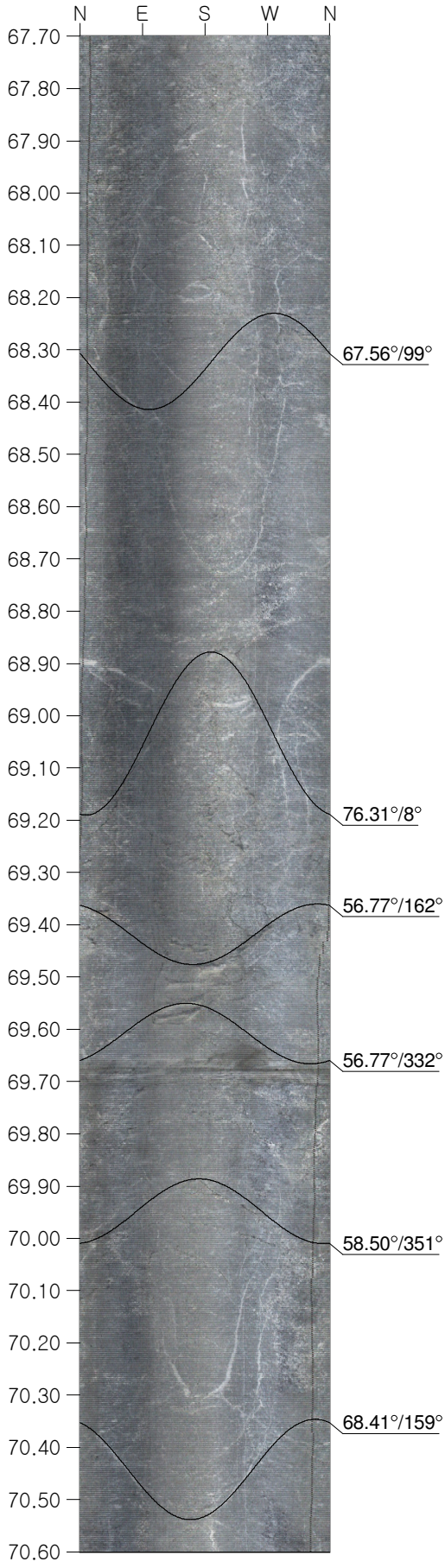


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 64.800 m - 70.600 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-9
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1/12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

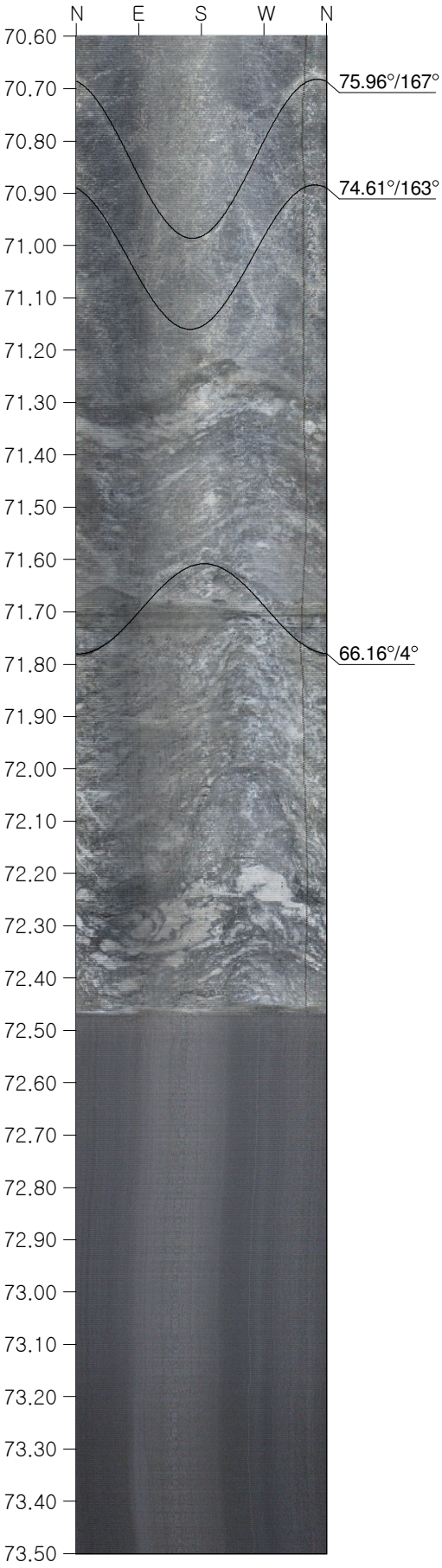


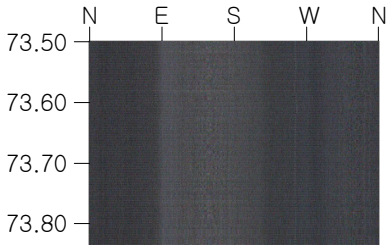


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 70.600 m - 73.834 m

DATE : 11/02/24
WELL NAME : NTB-9
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1/12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

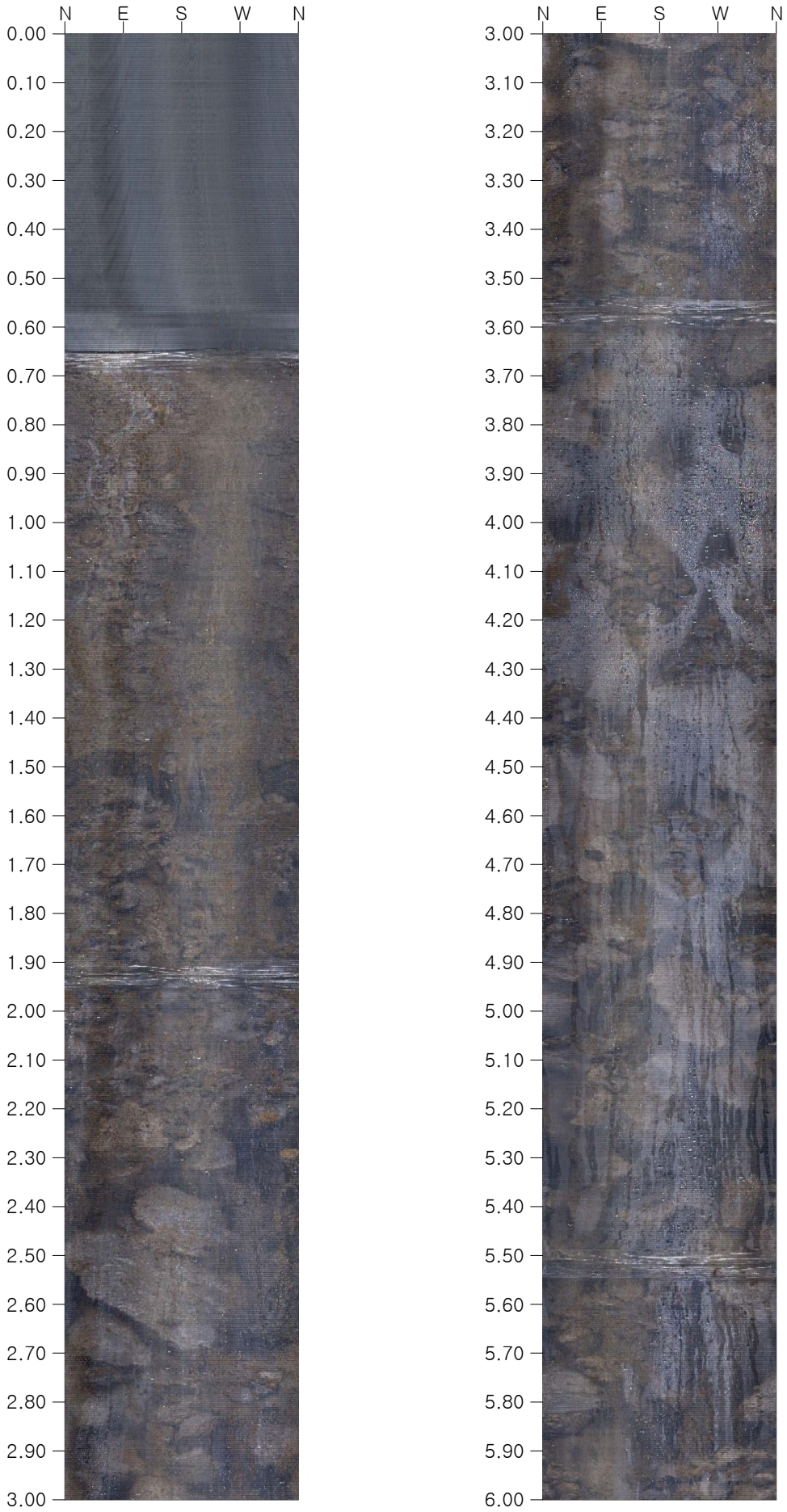




SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 0.000 m - 6.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13(1)
DIAMETER : 76 mm

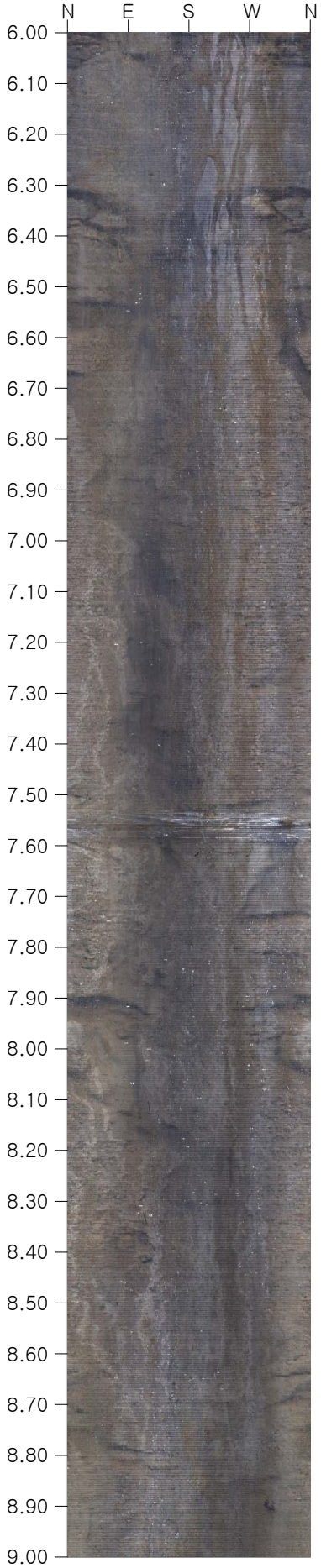
SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

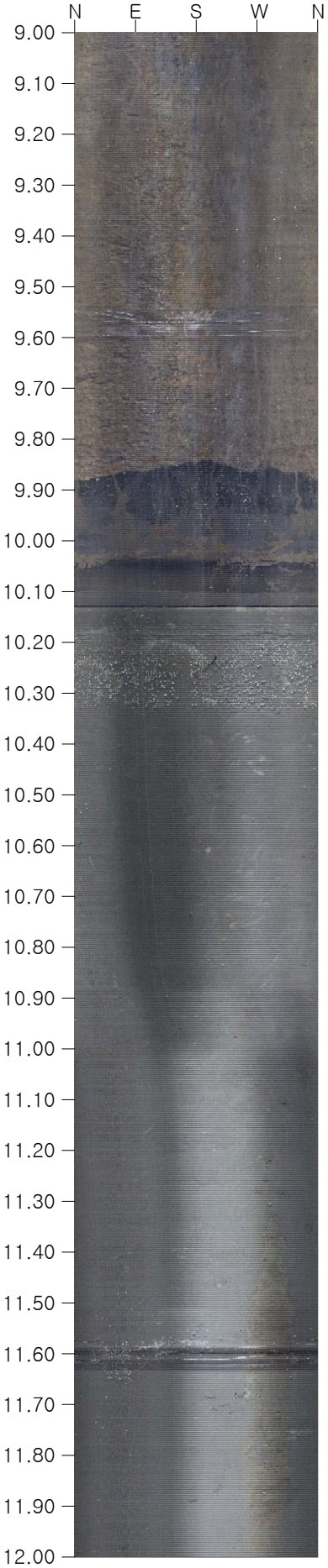


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 6.000 m - 12.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13(1)
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

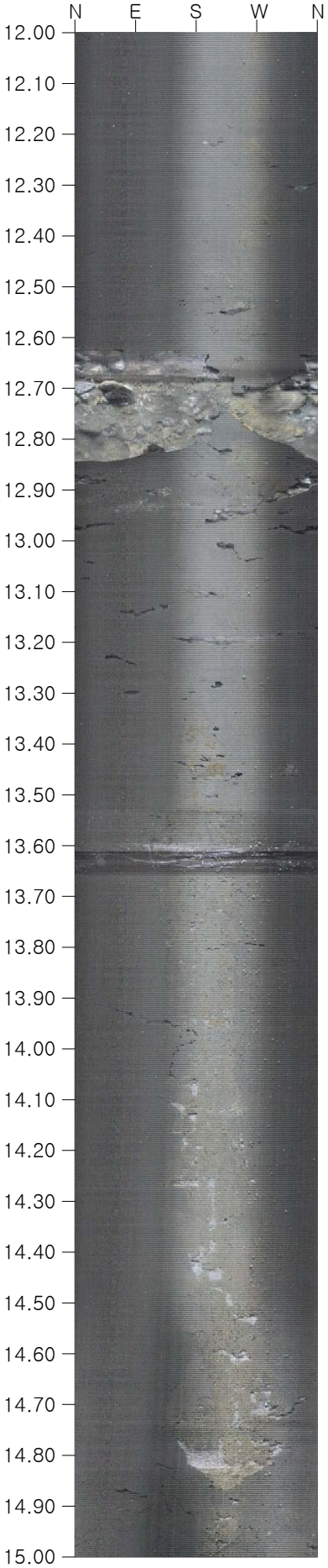


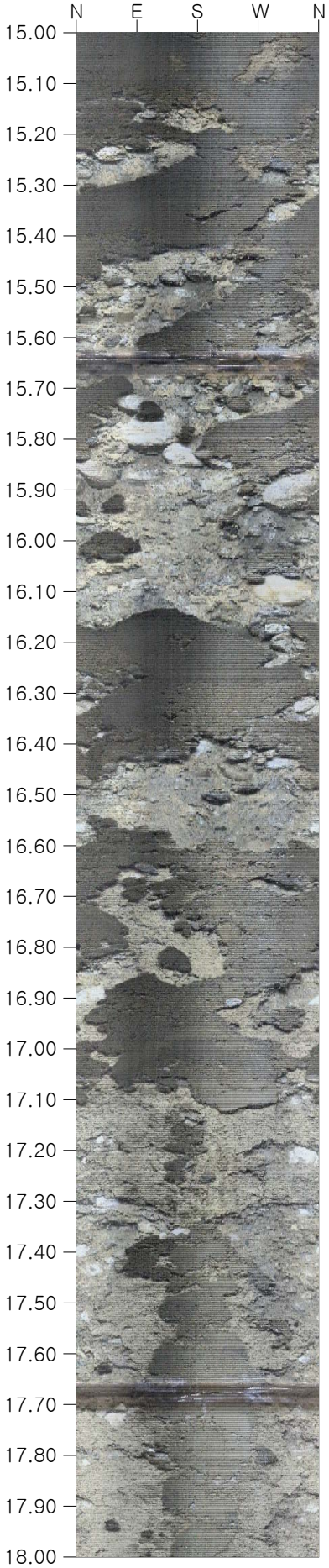


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 12.000 m - 18.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13(1)
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

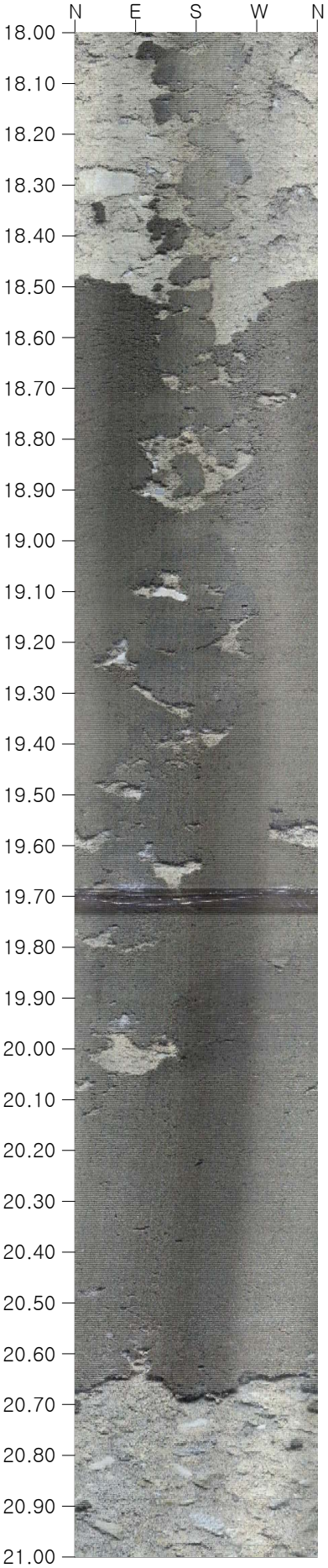


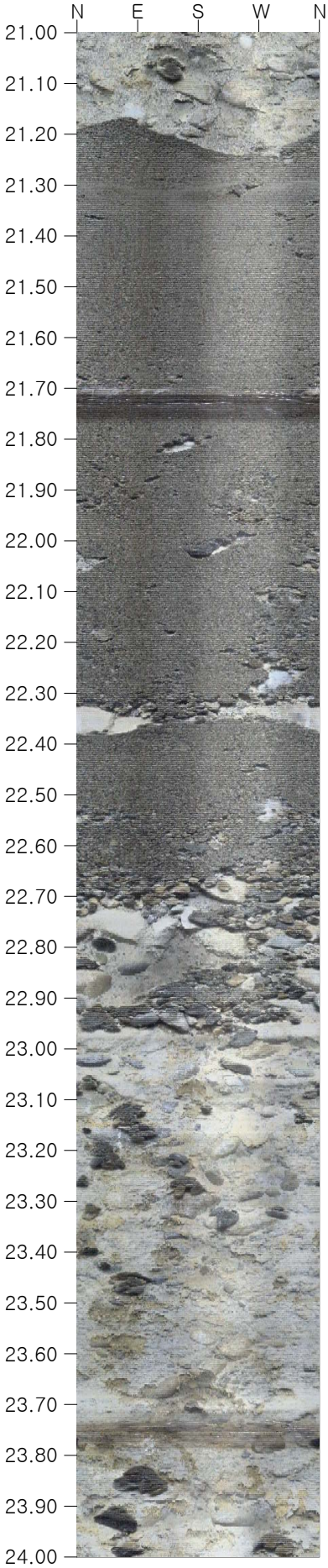


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 18.000 m - 24.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13(1)
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

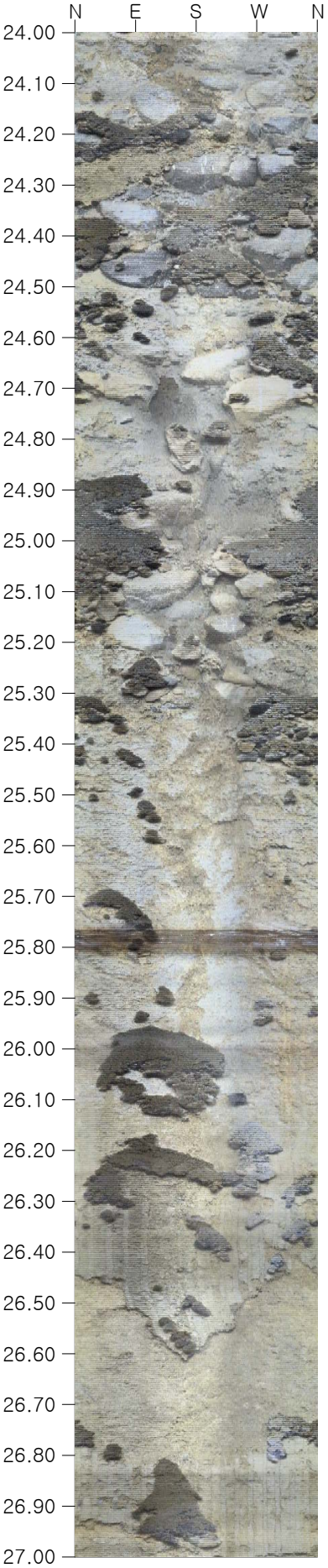


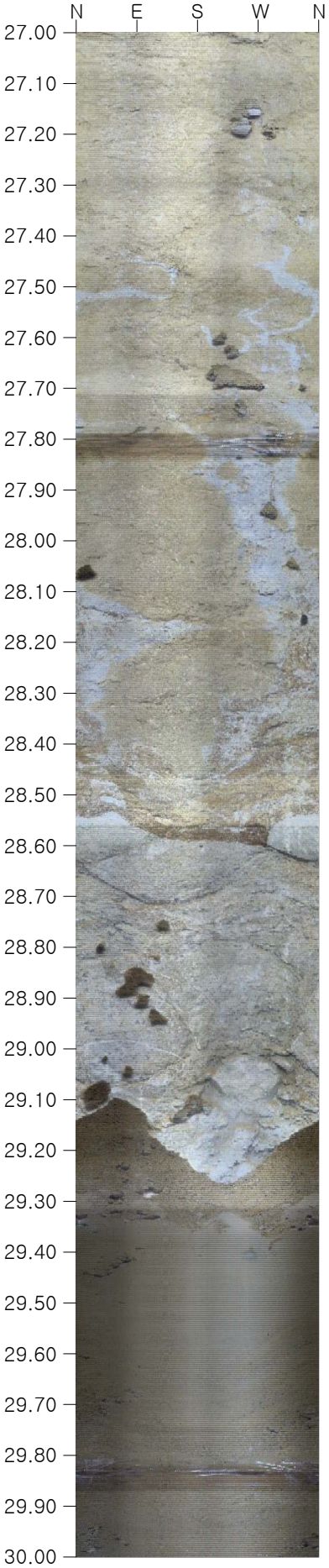


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 24.000 m - 30.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13(1)
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

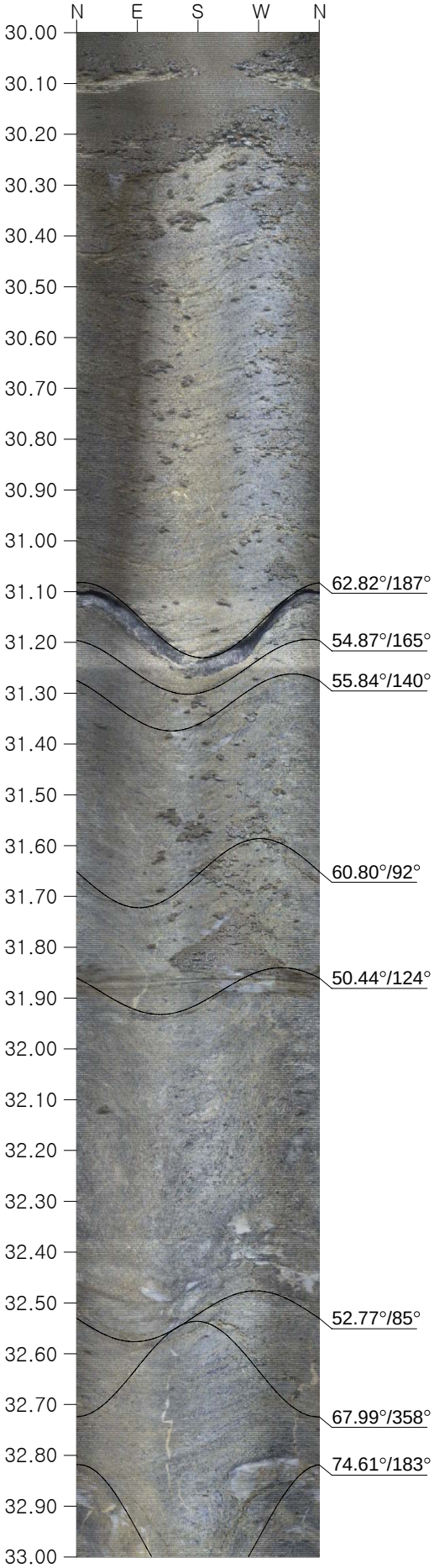


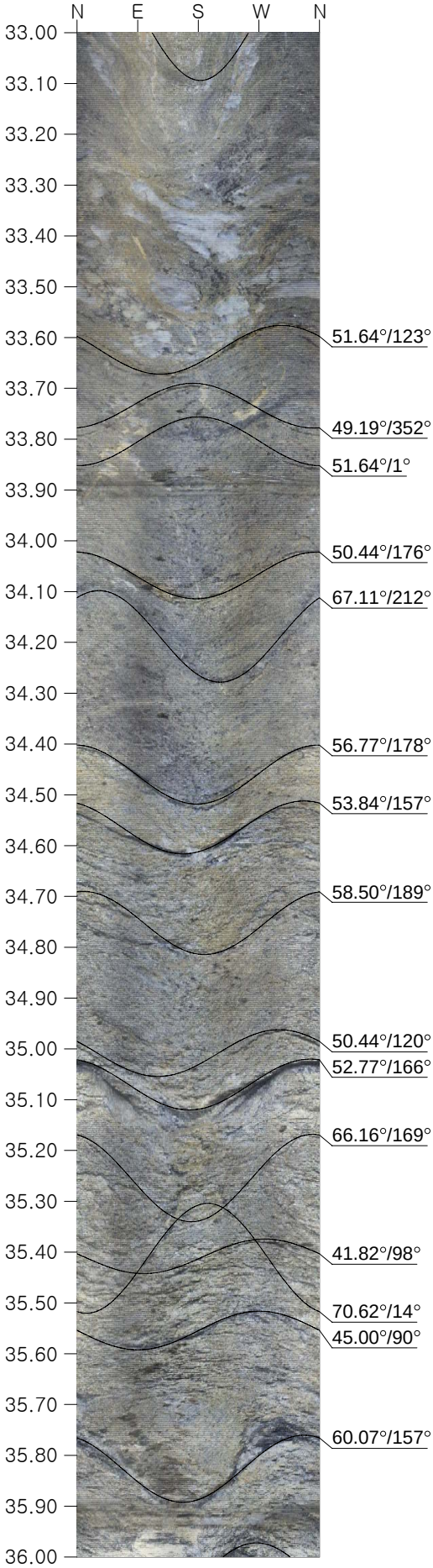


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 30.000 m - 36.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13(1)
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

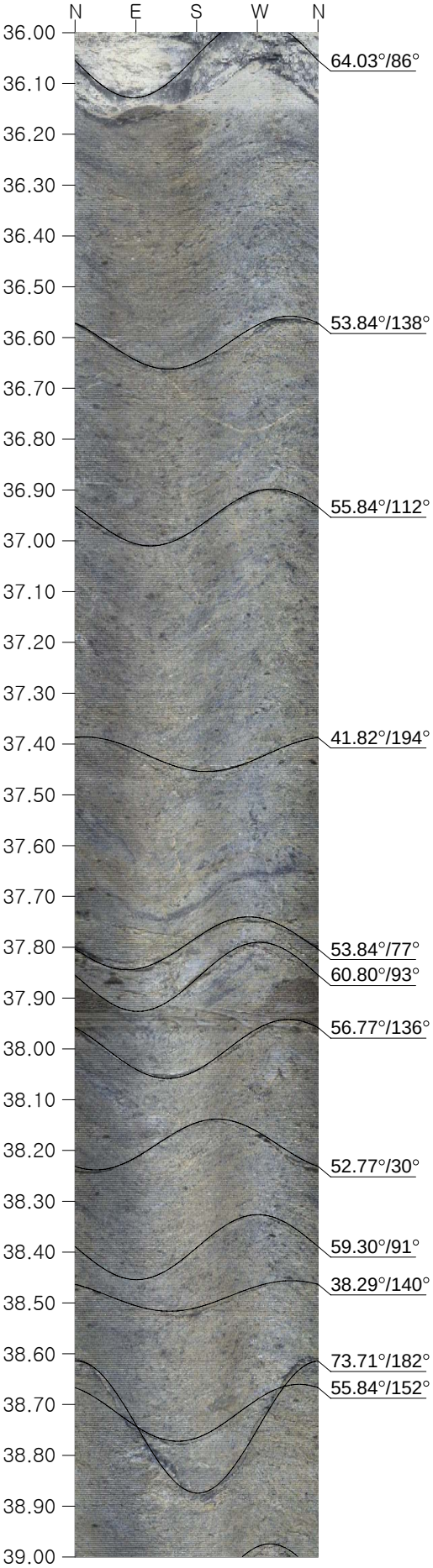


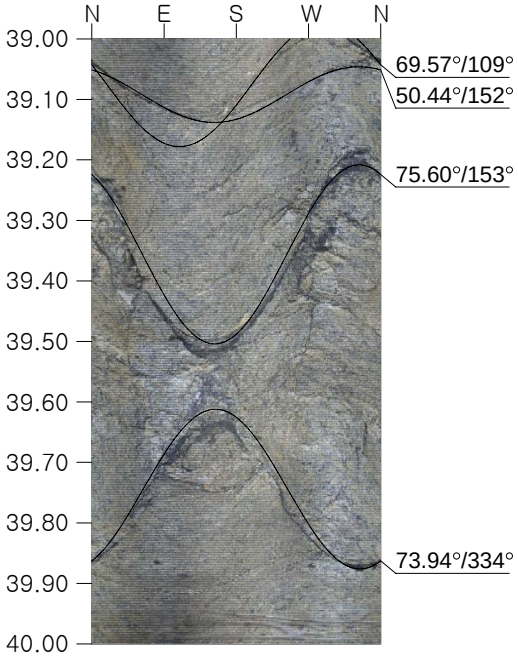


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 36.000 m - 40.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13(1)
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

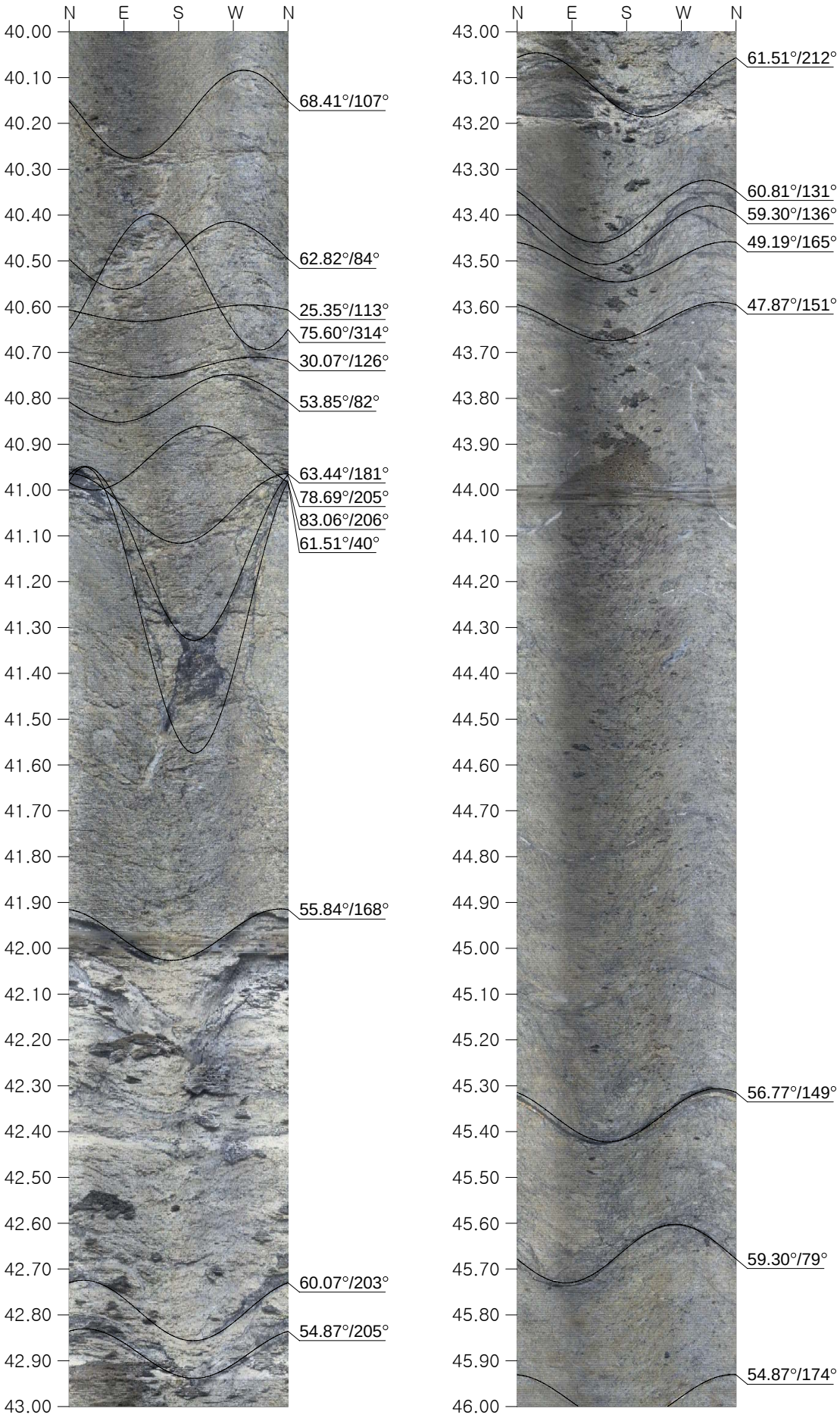




SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 40.000 m - 46.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13
DIAMETER : 76 mm

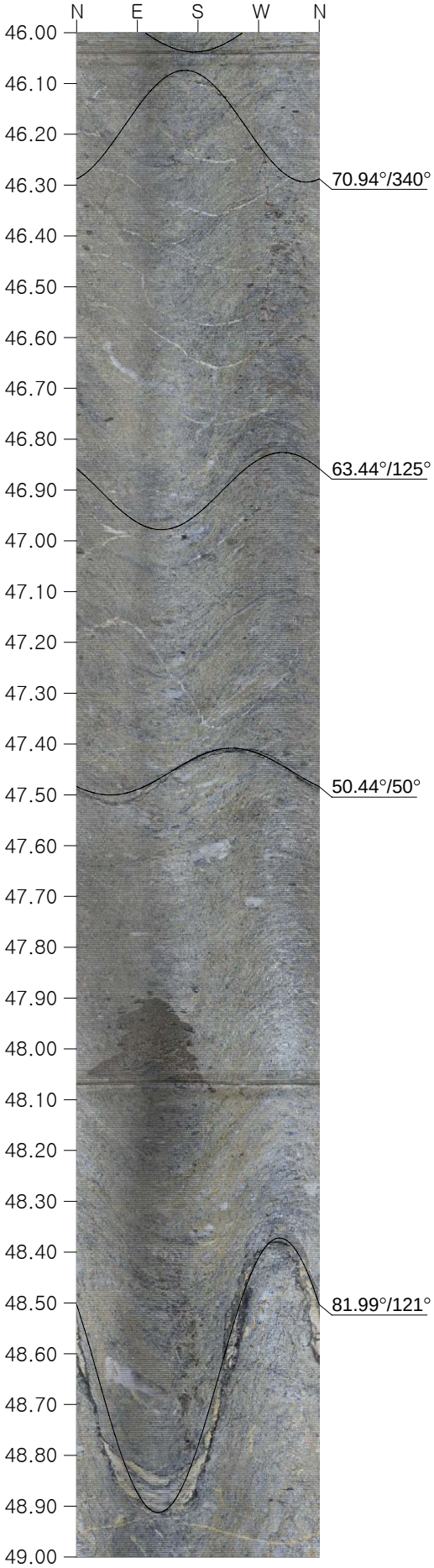
SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

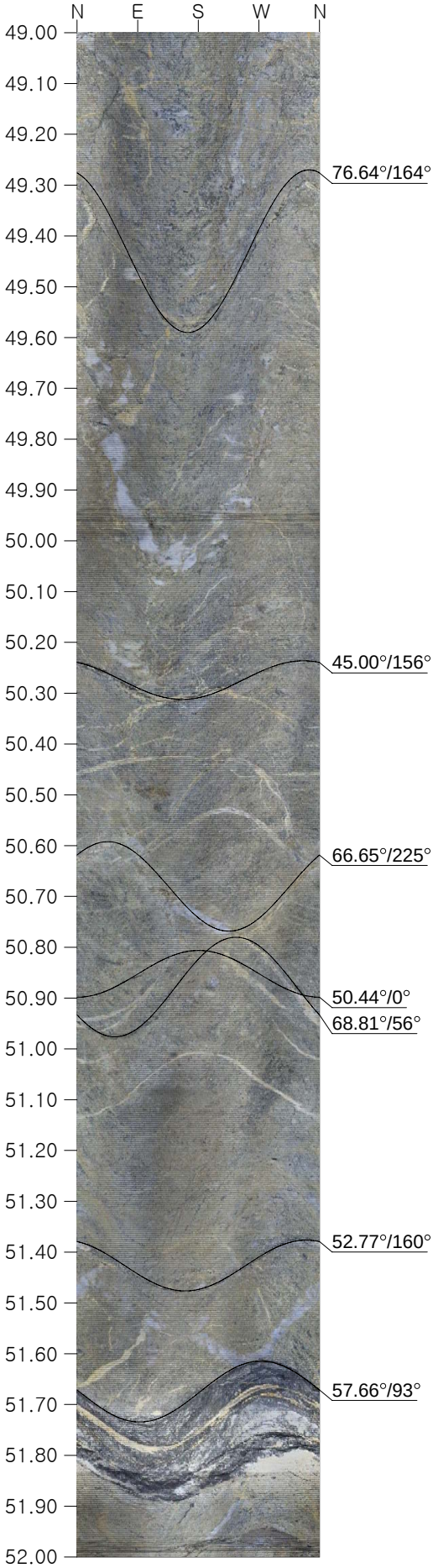


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 46.000 m - 52.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

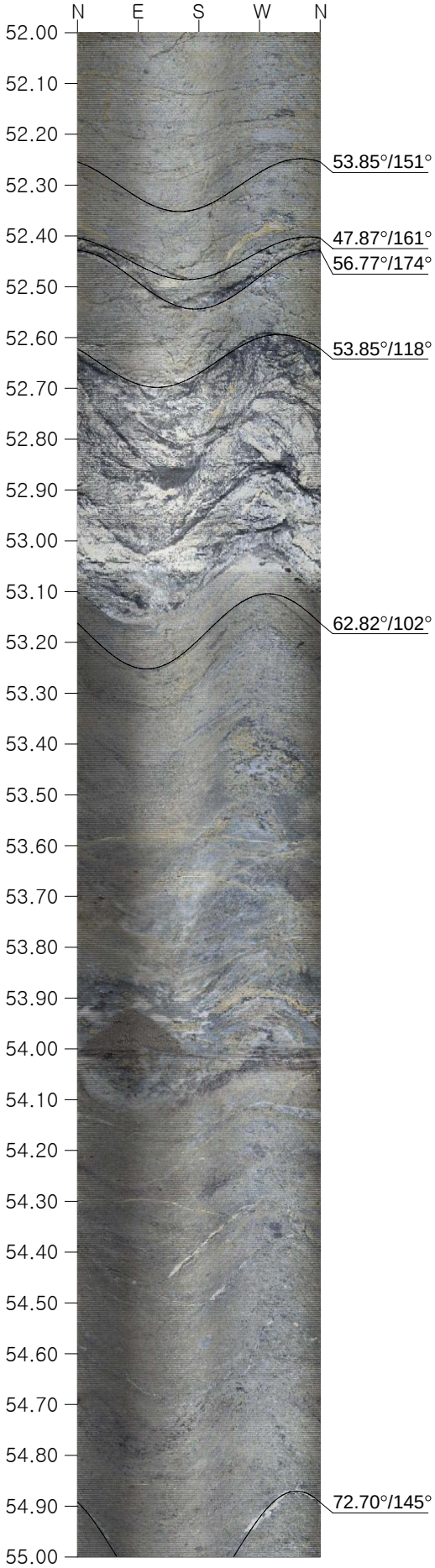


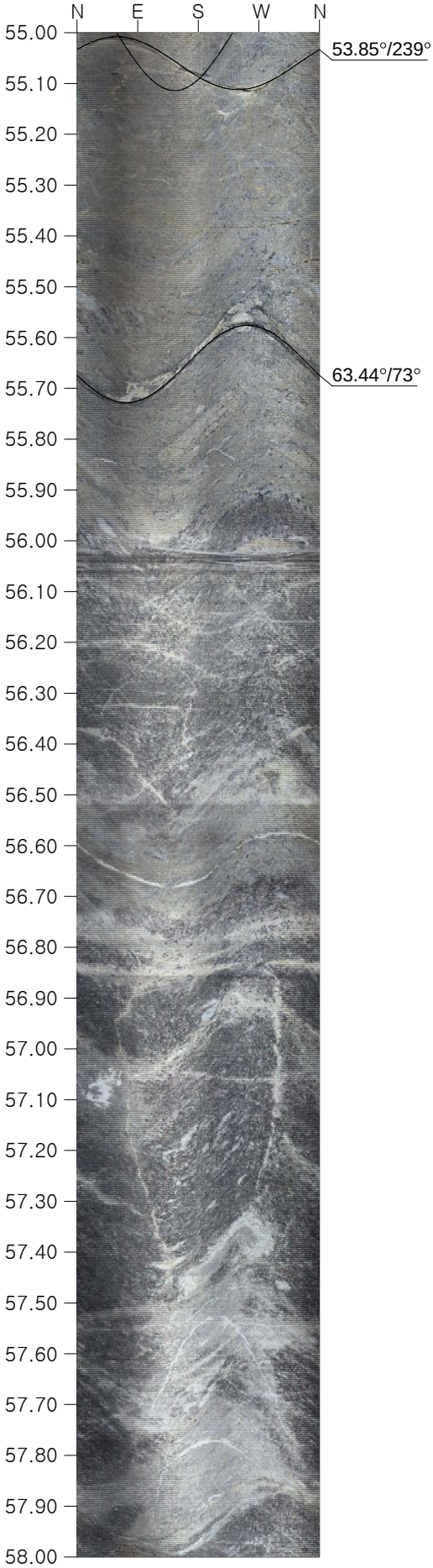


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 52.000 m - 58.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

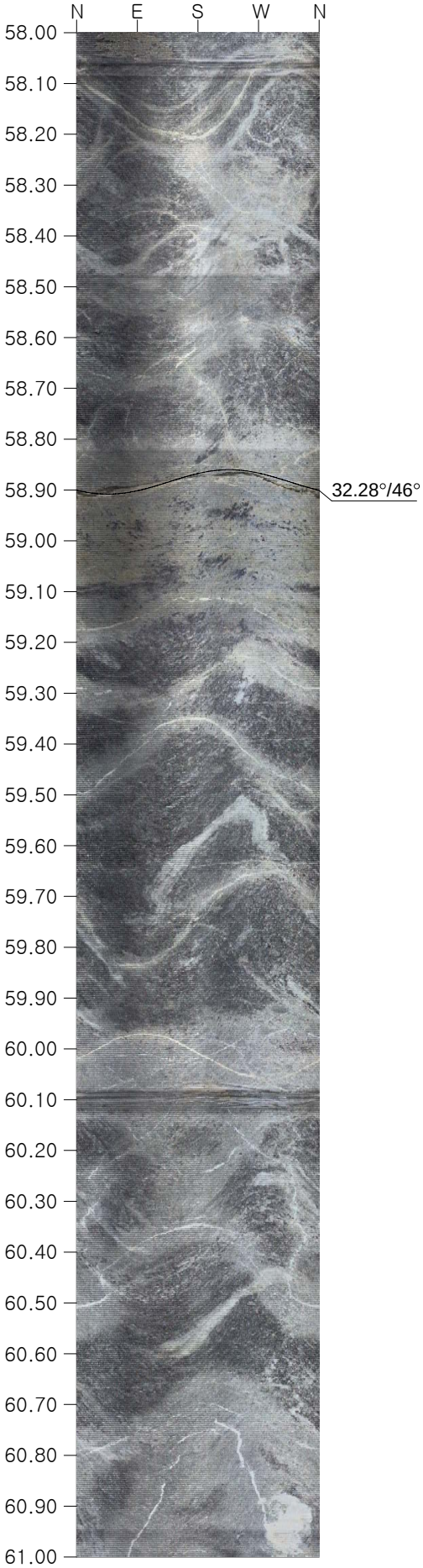


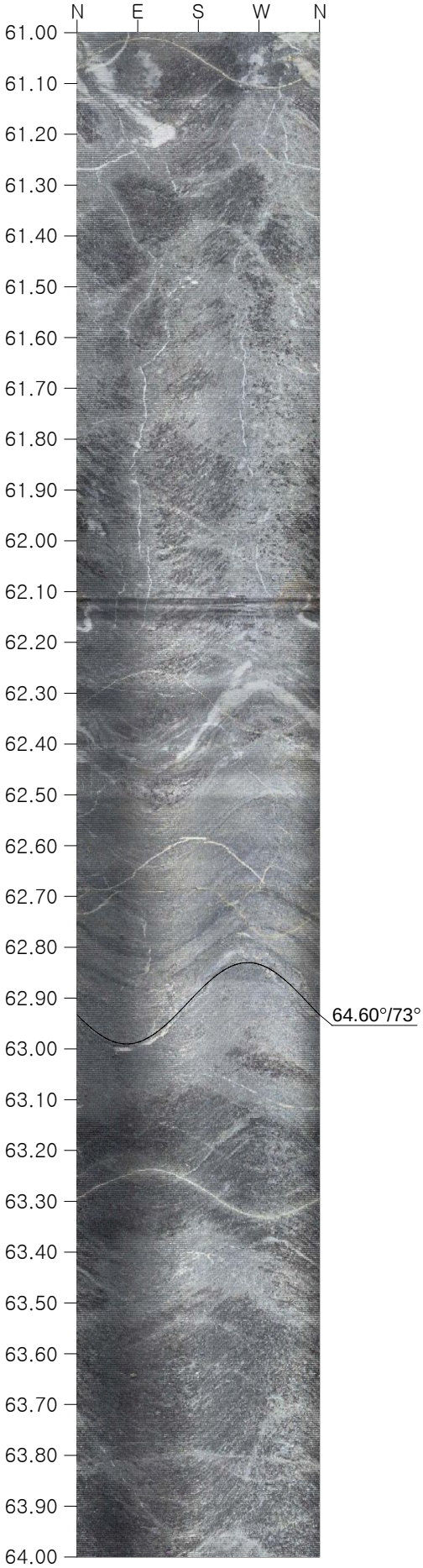


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 58.000 m - 64.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

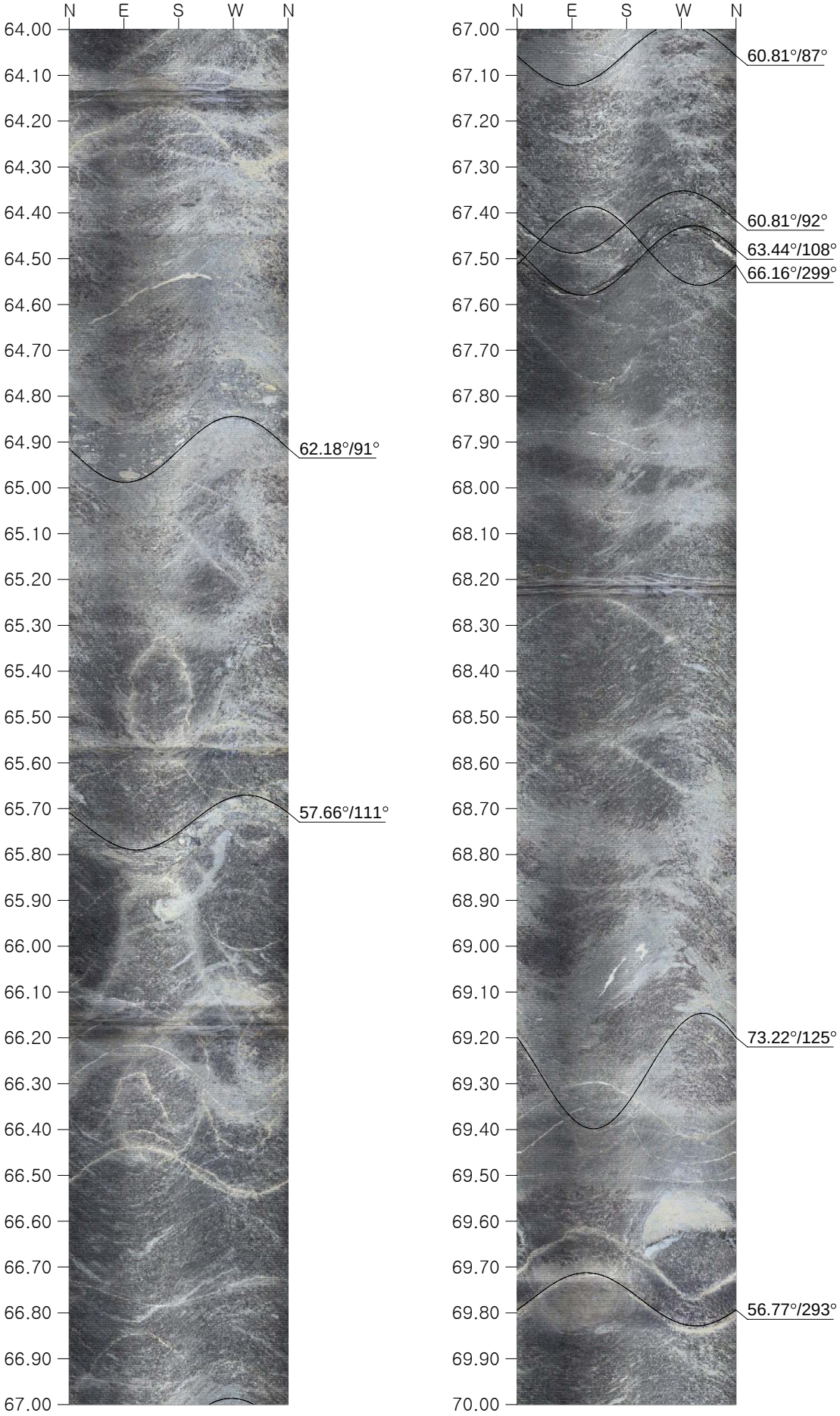




SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 64.000 m - 70.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13
DIAMETER : 76 mm

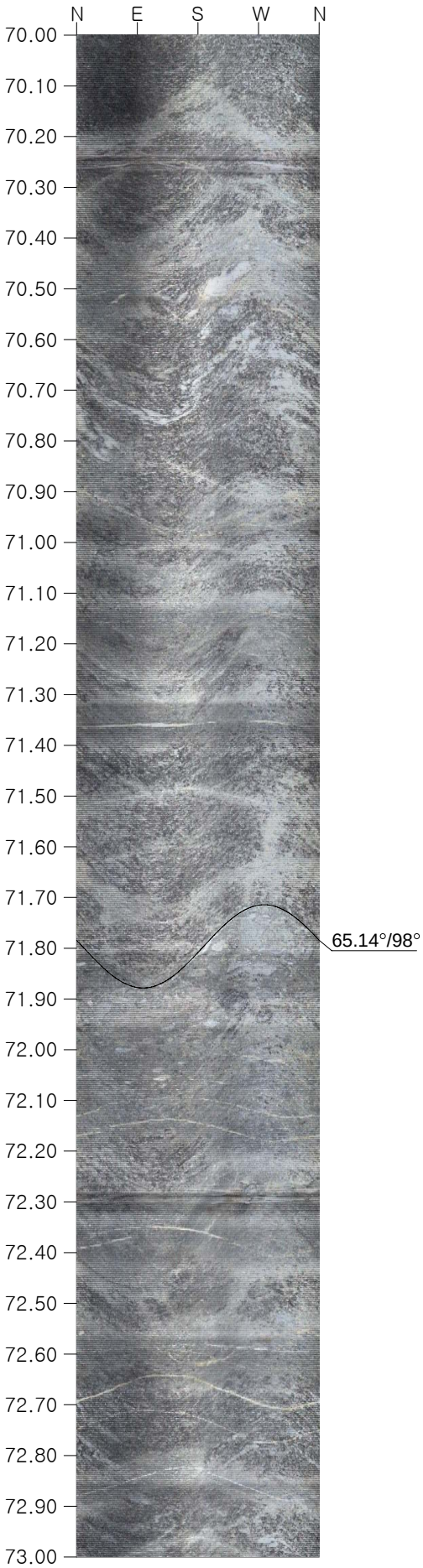
SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

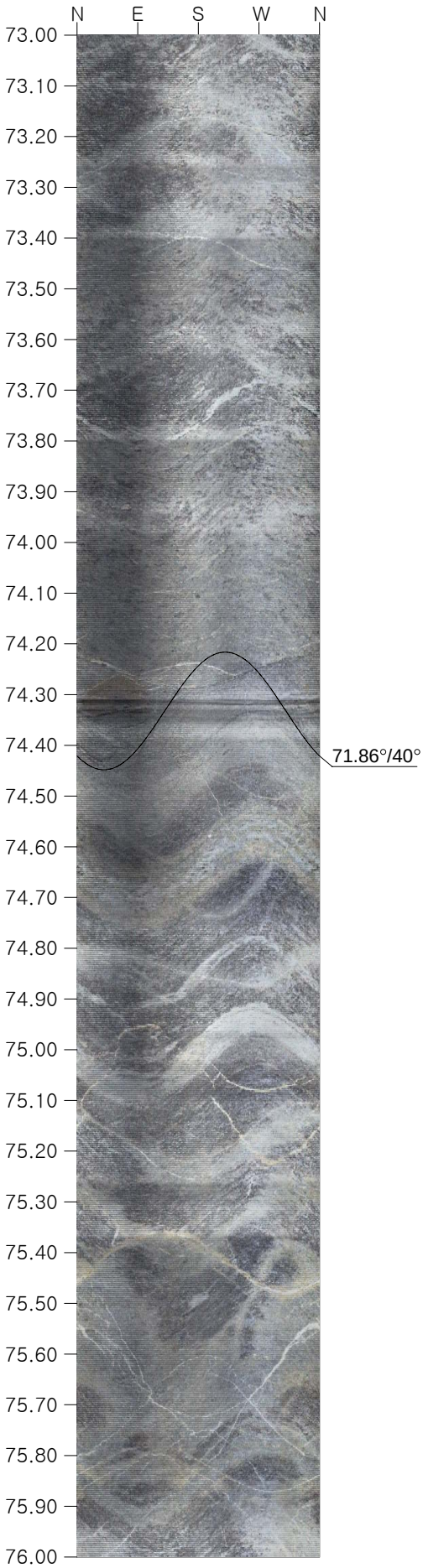


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 70.000 m - 76.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m



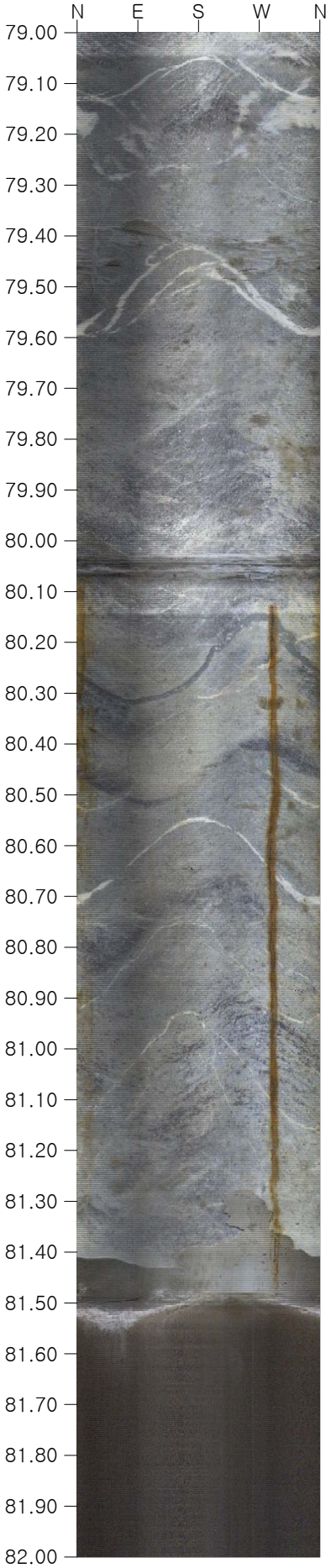


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 76.000 m - 82.000 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m





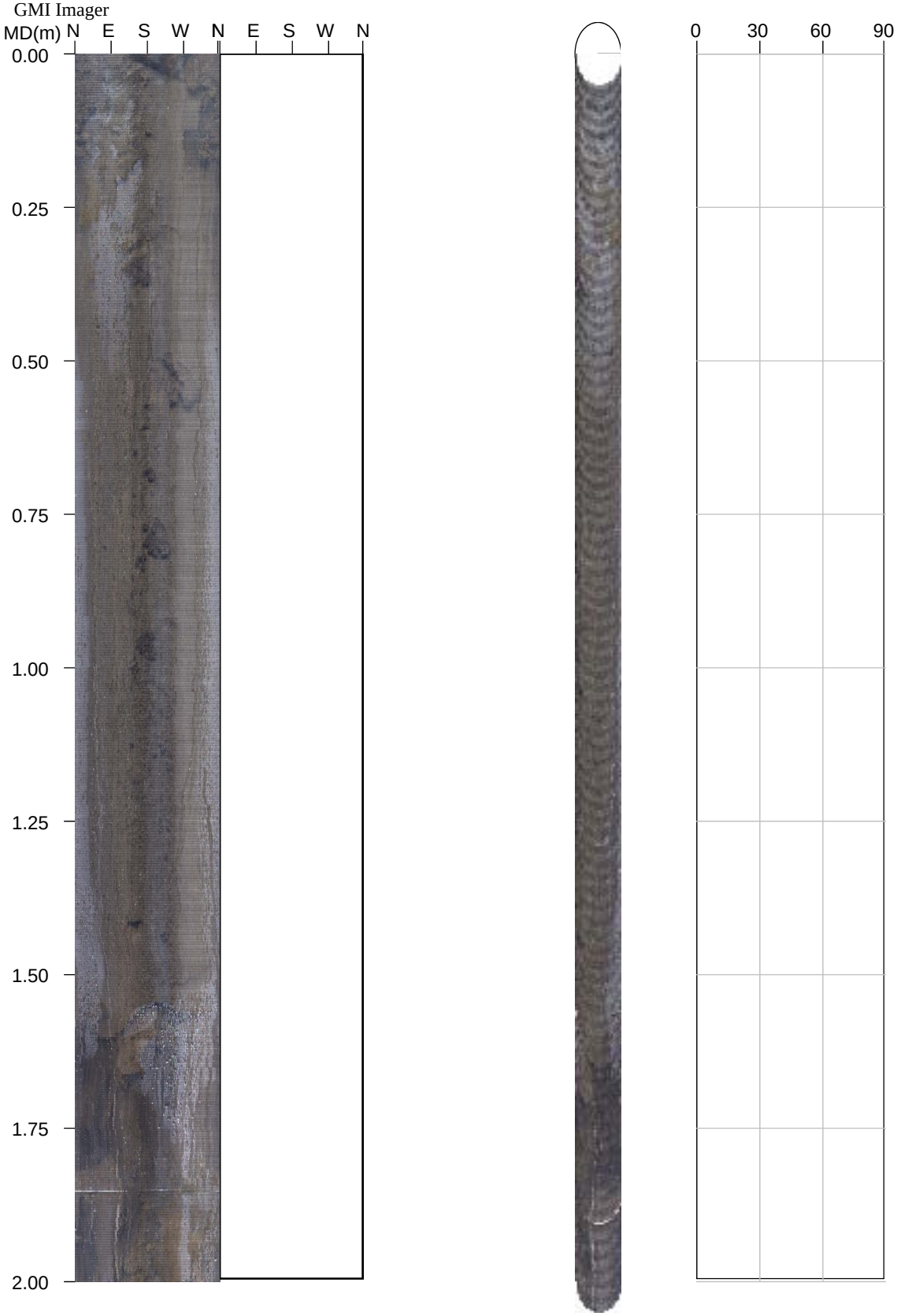
SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 82.000 m - 82.028 m

DATE : 11/04/21
WELL NAME : NTB-13
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

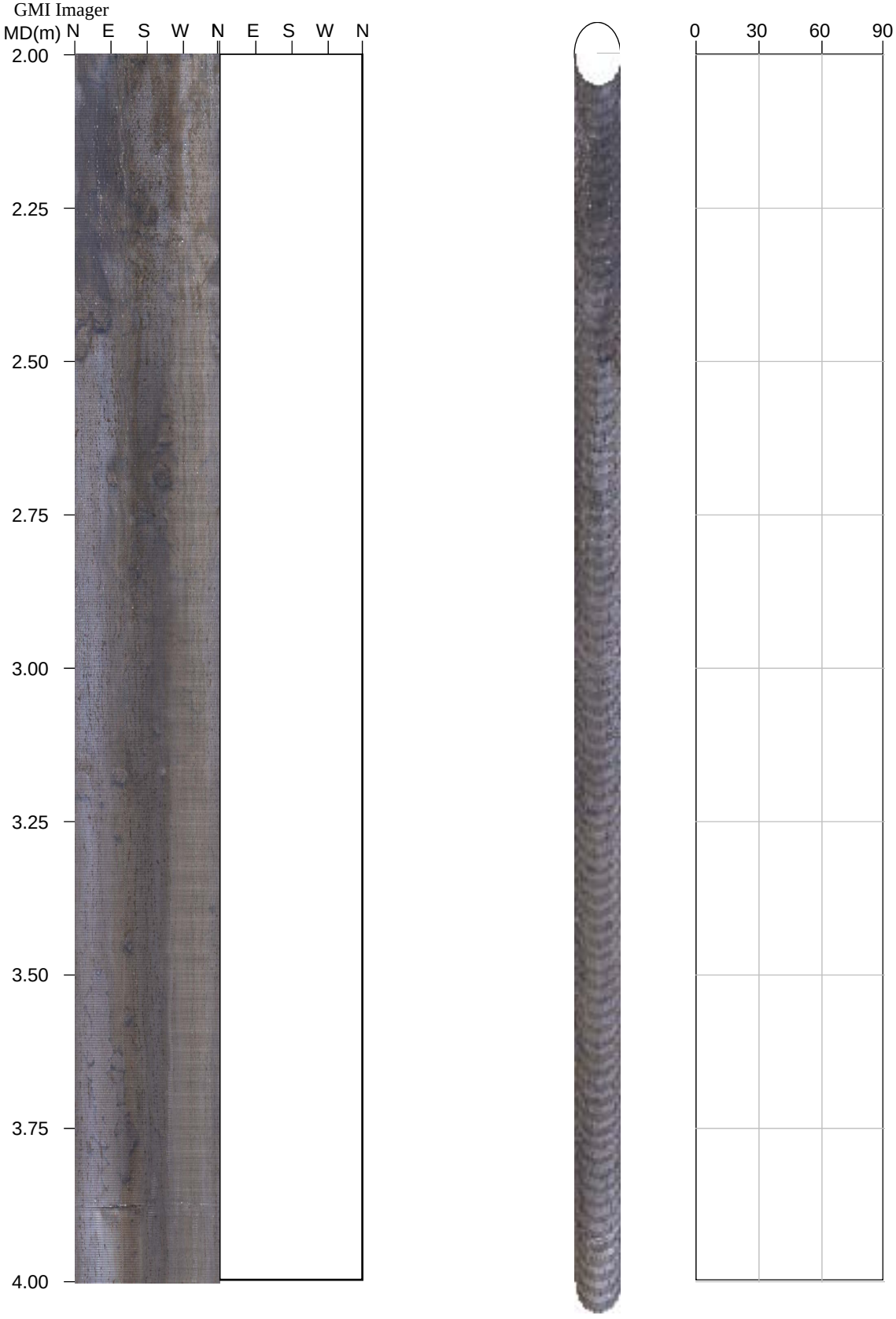


Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



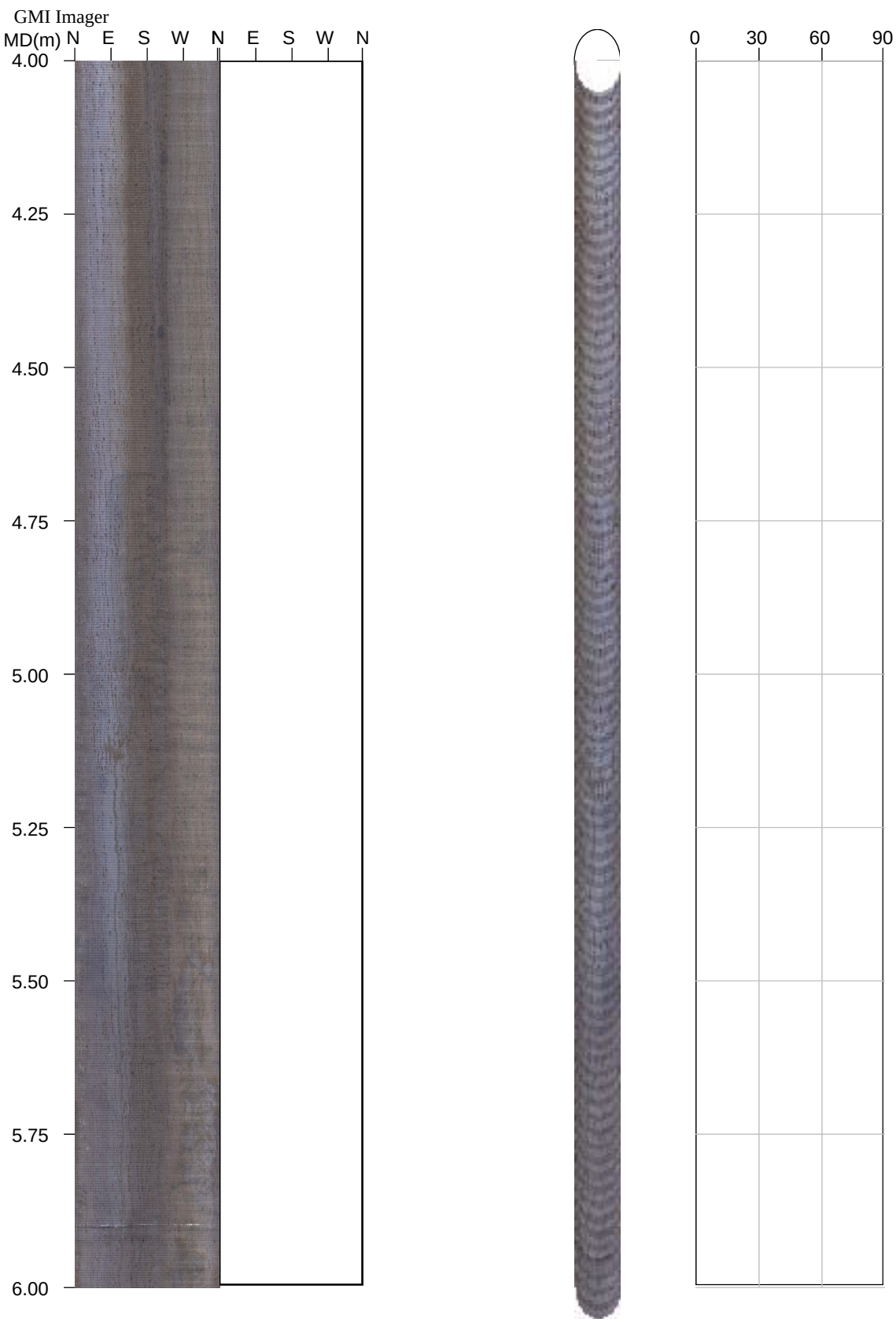
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 1/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



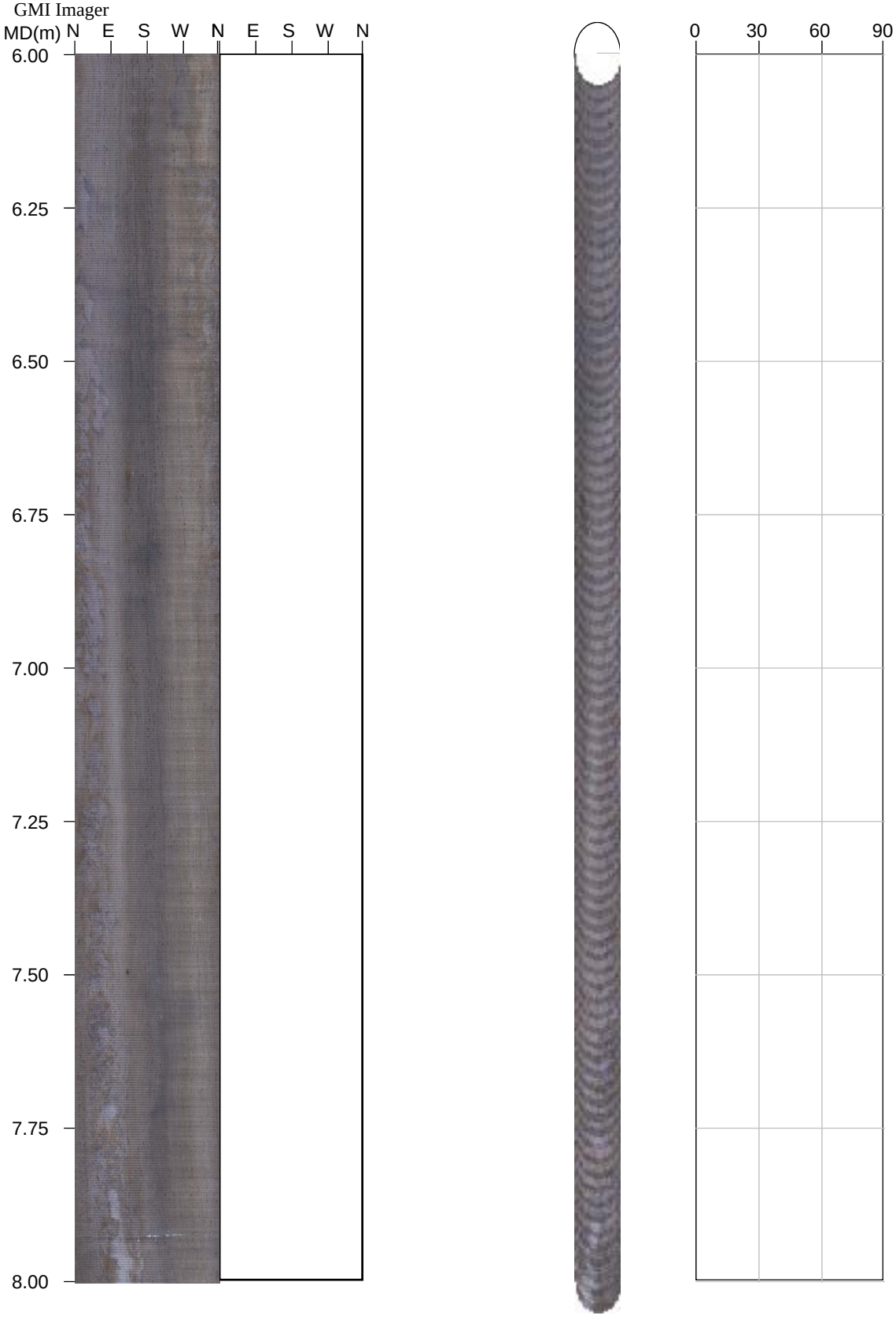
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 2/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



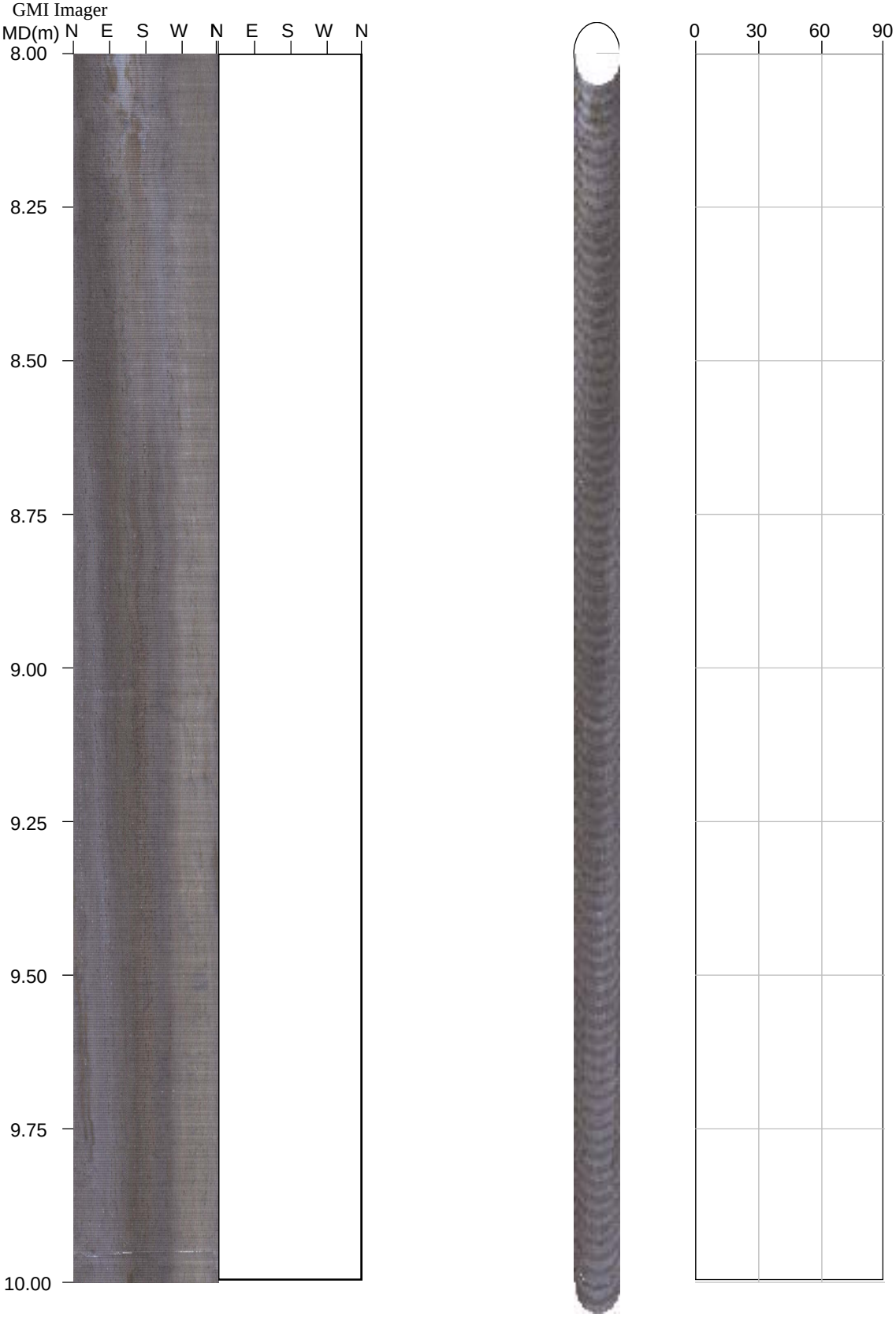
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 3/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 4/32

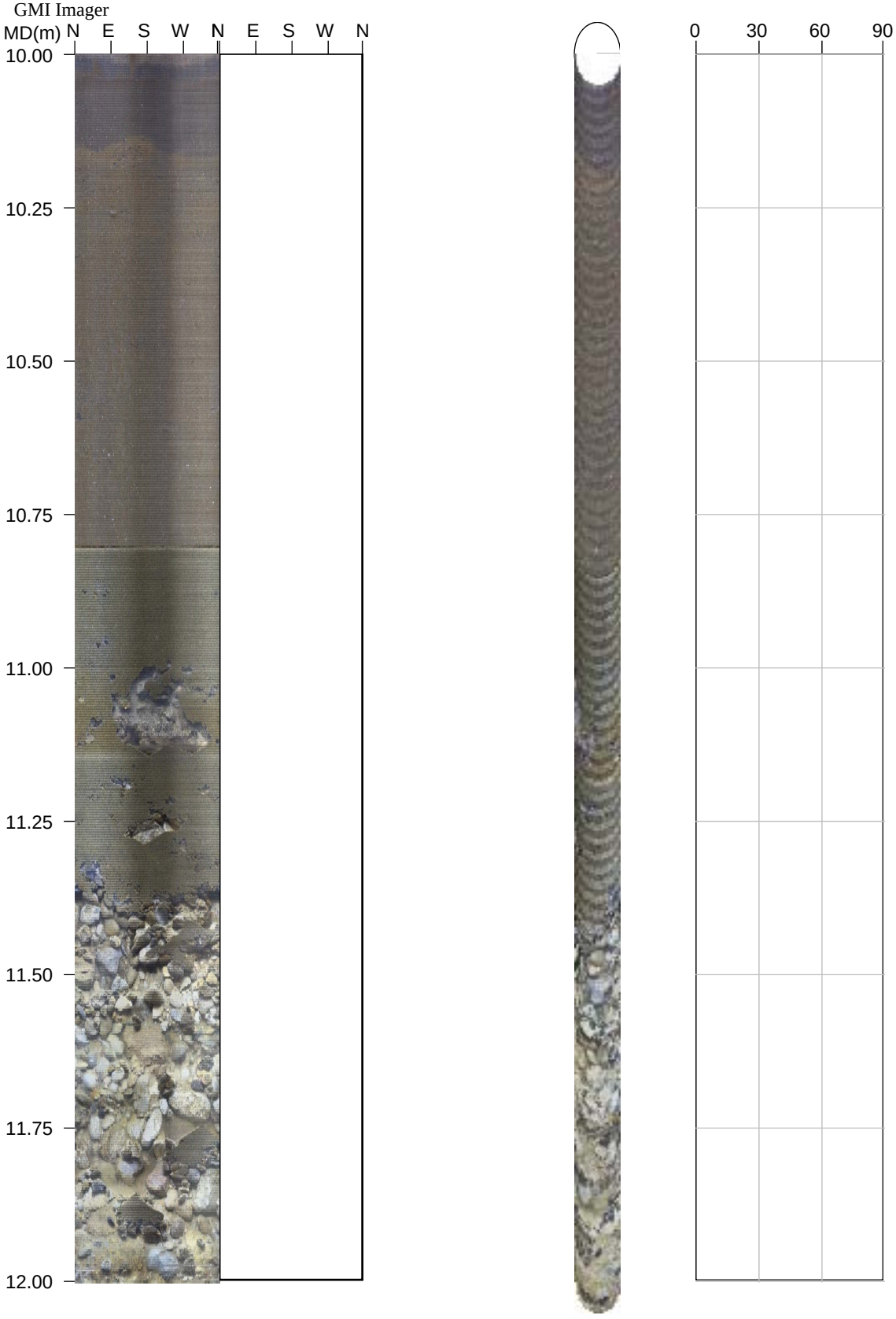
Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 5/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

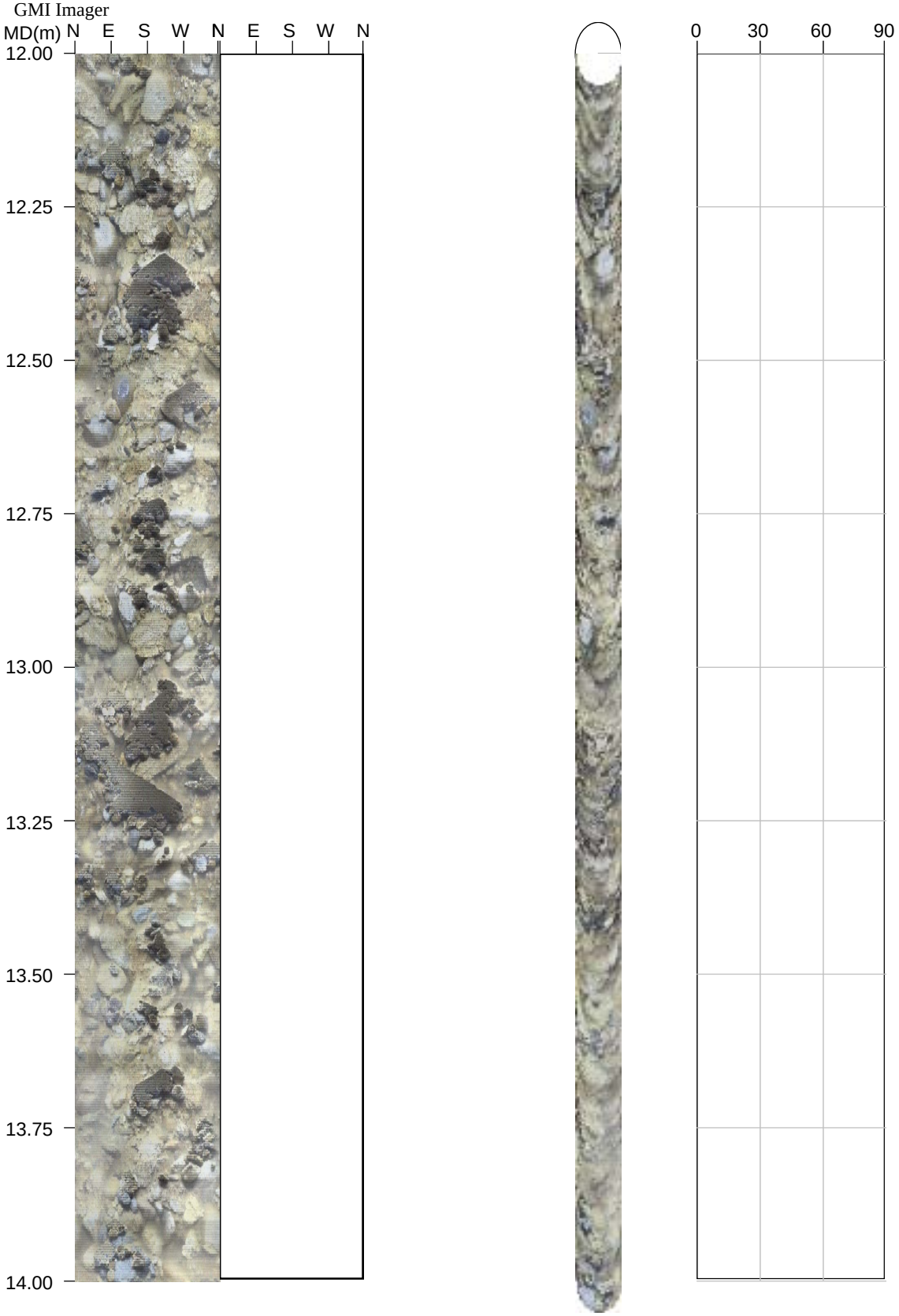
GMI Imager



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 6/32

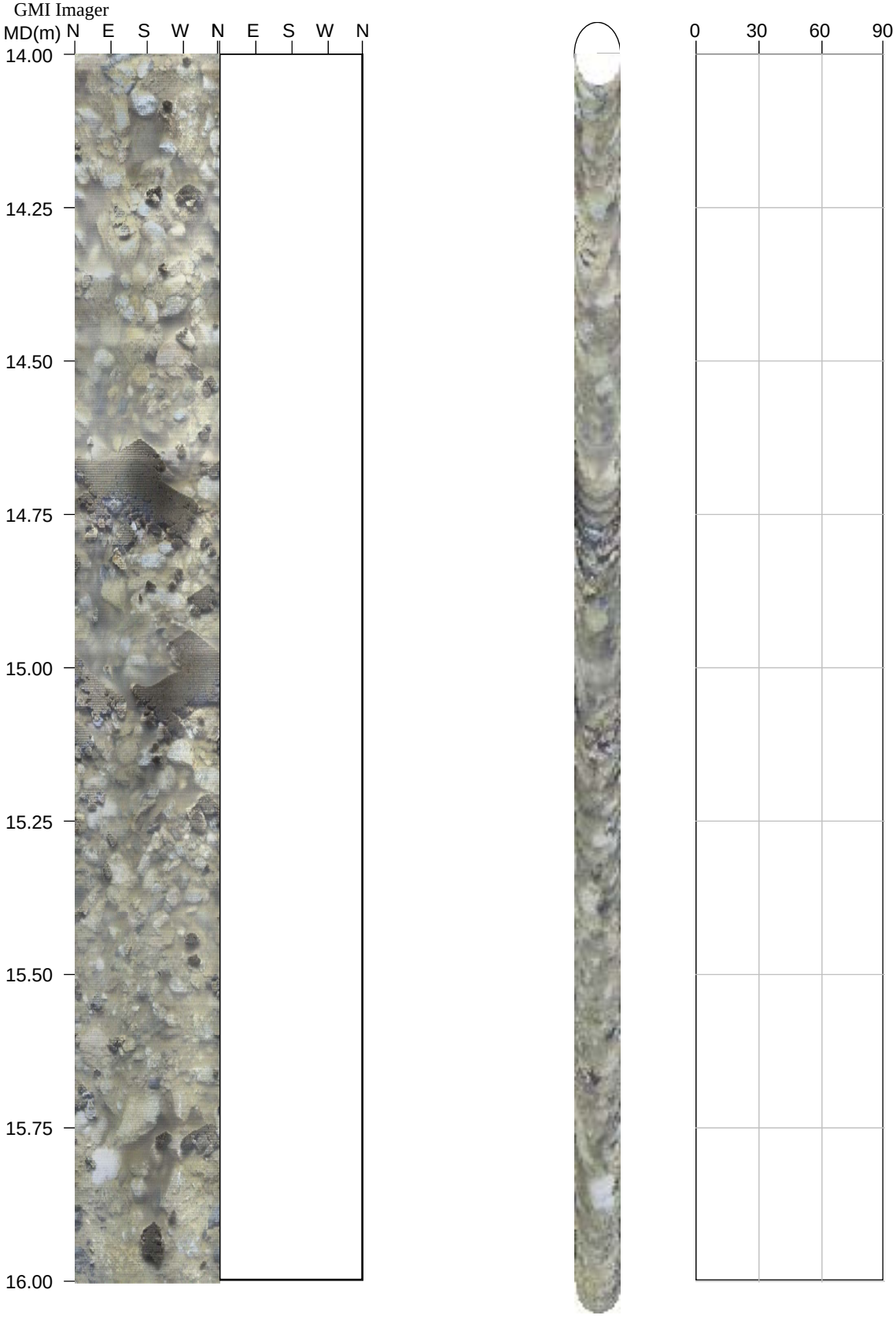
Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

GMI Imager



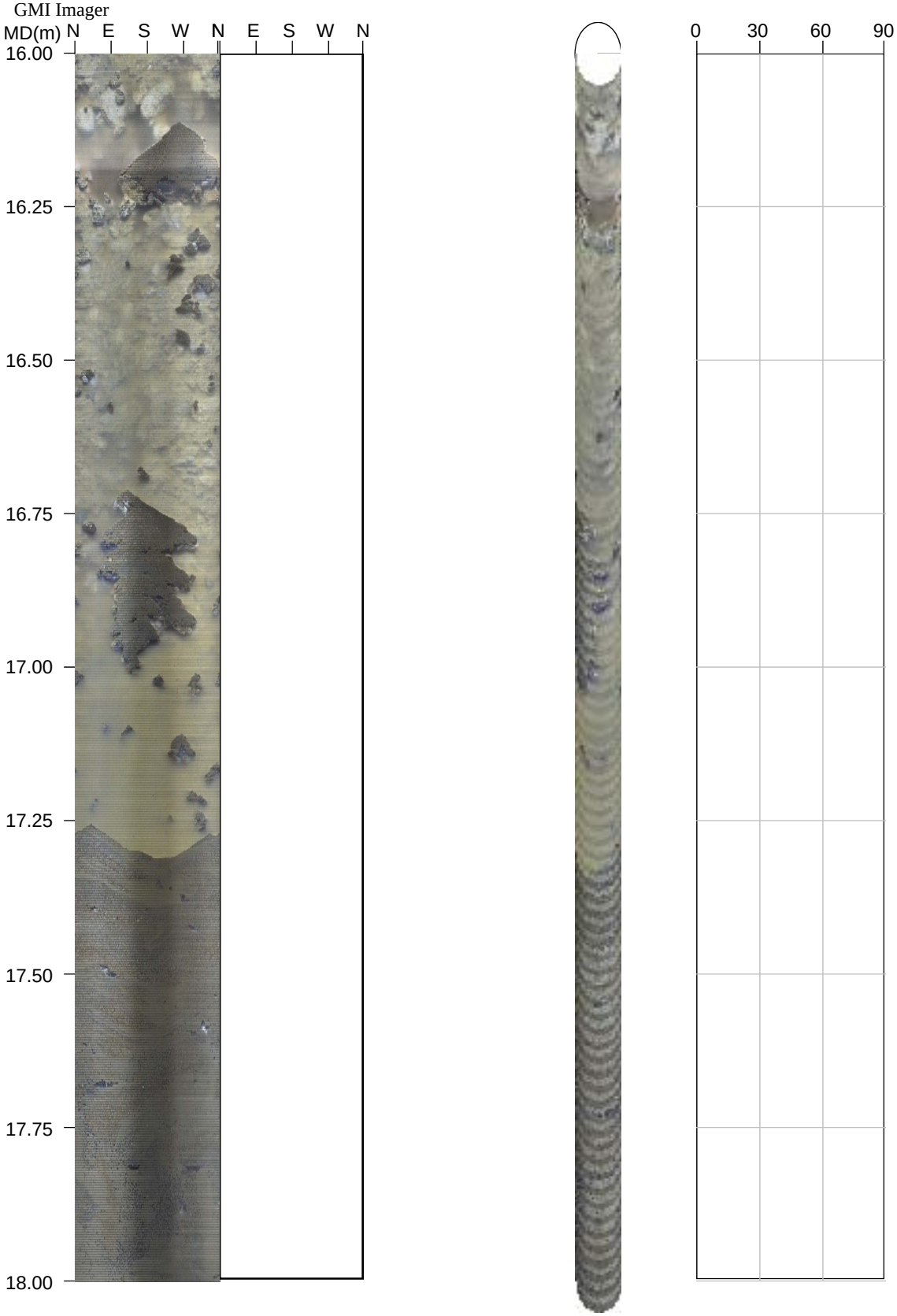
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 7/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 8/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



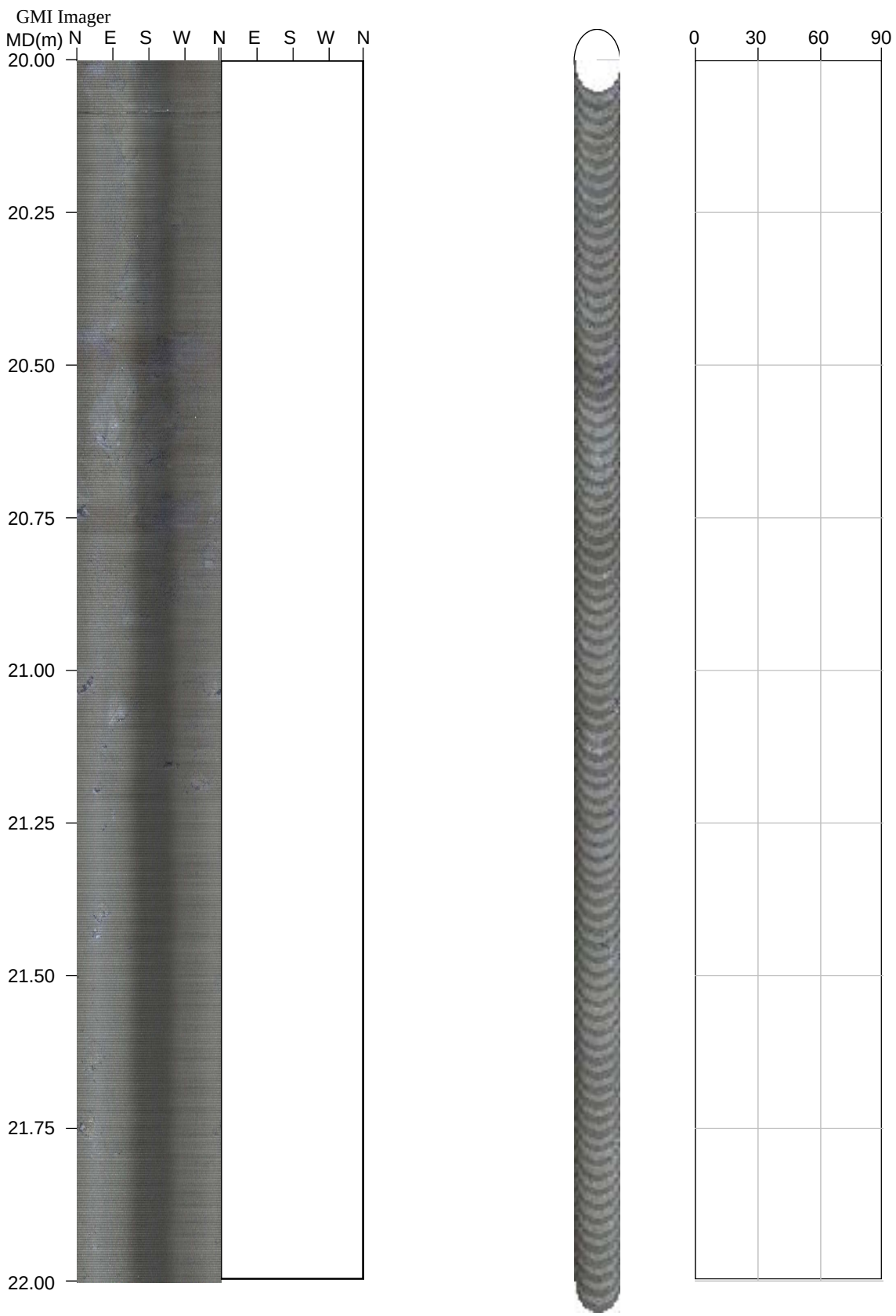
Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

GMI Imager



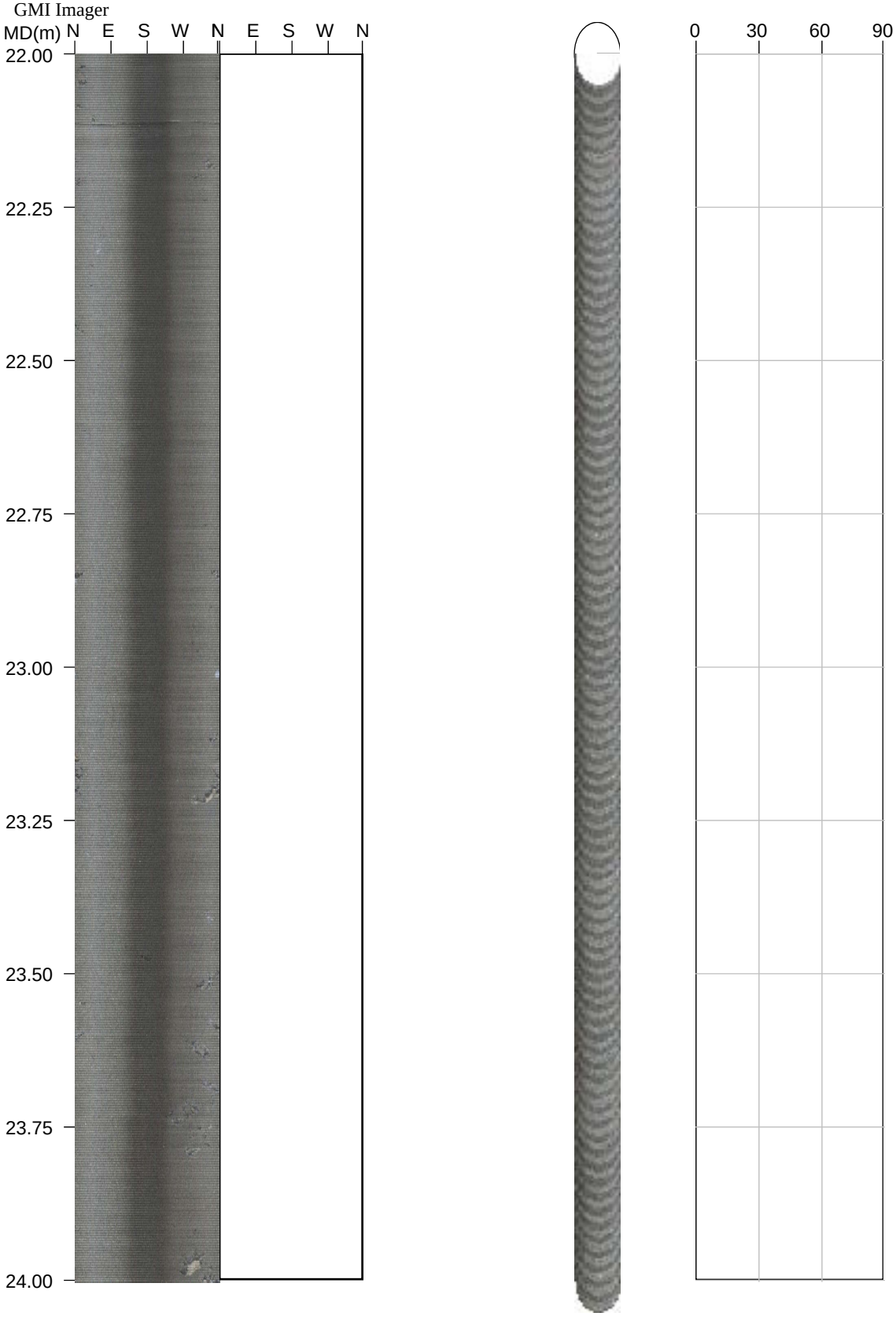
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 10/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 11/32

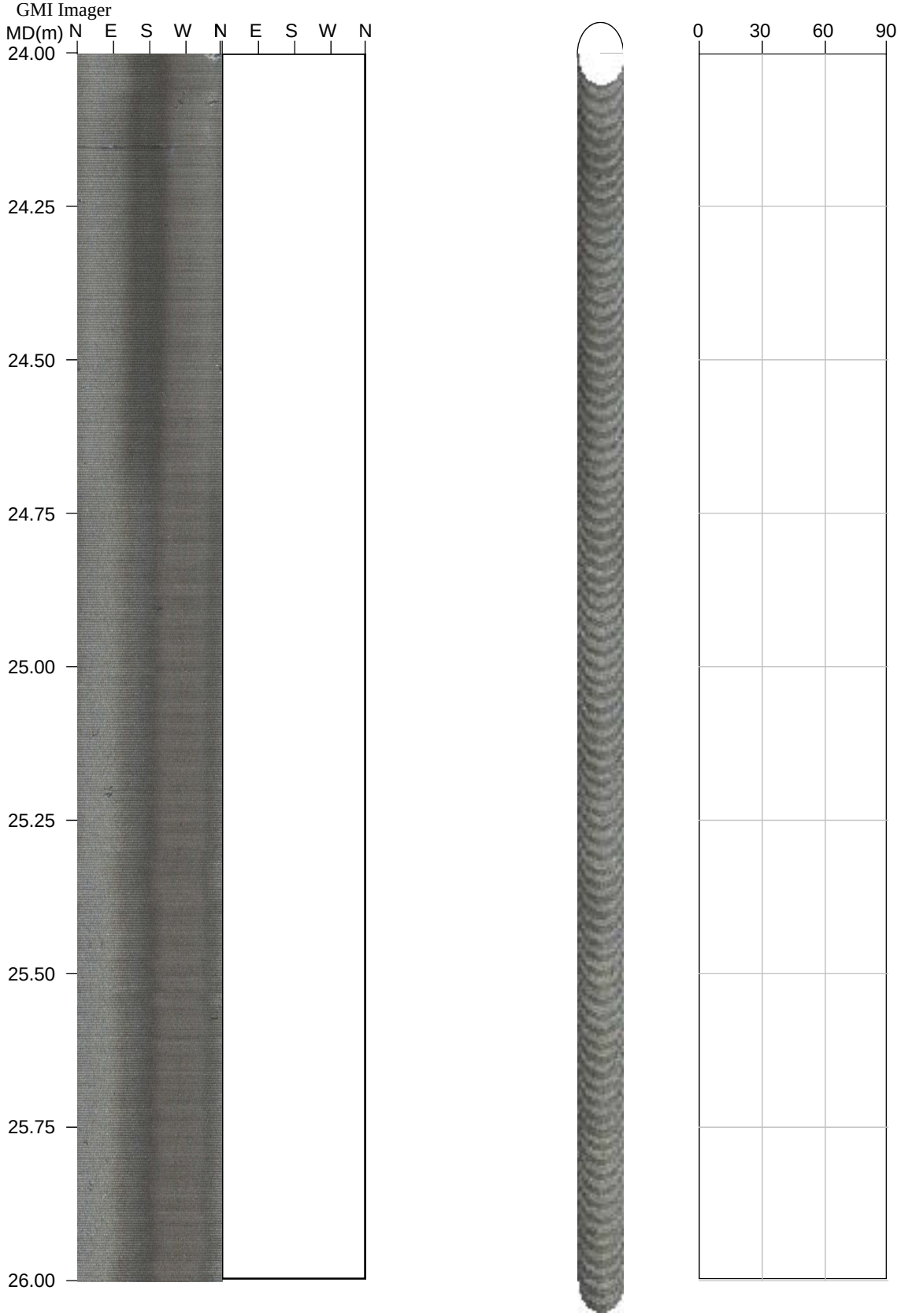
Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 12/32

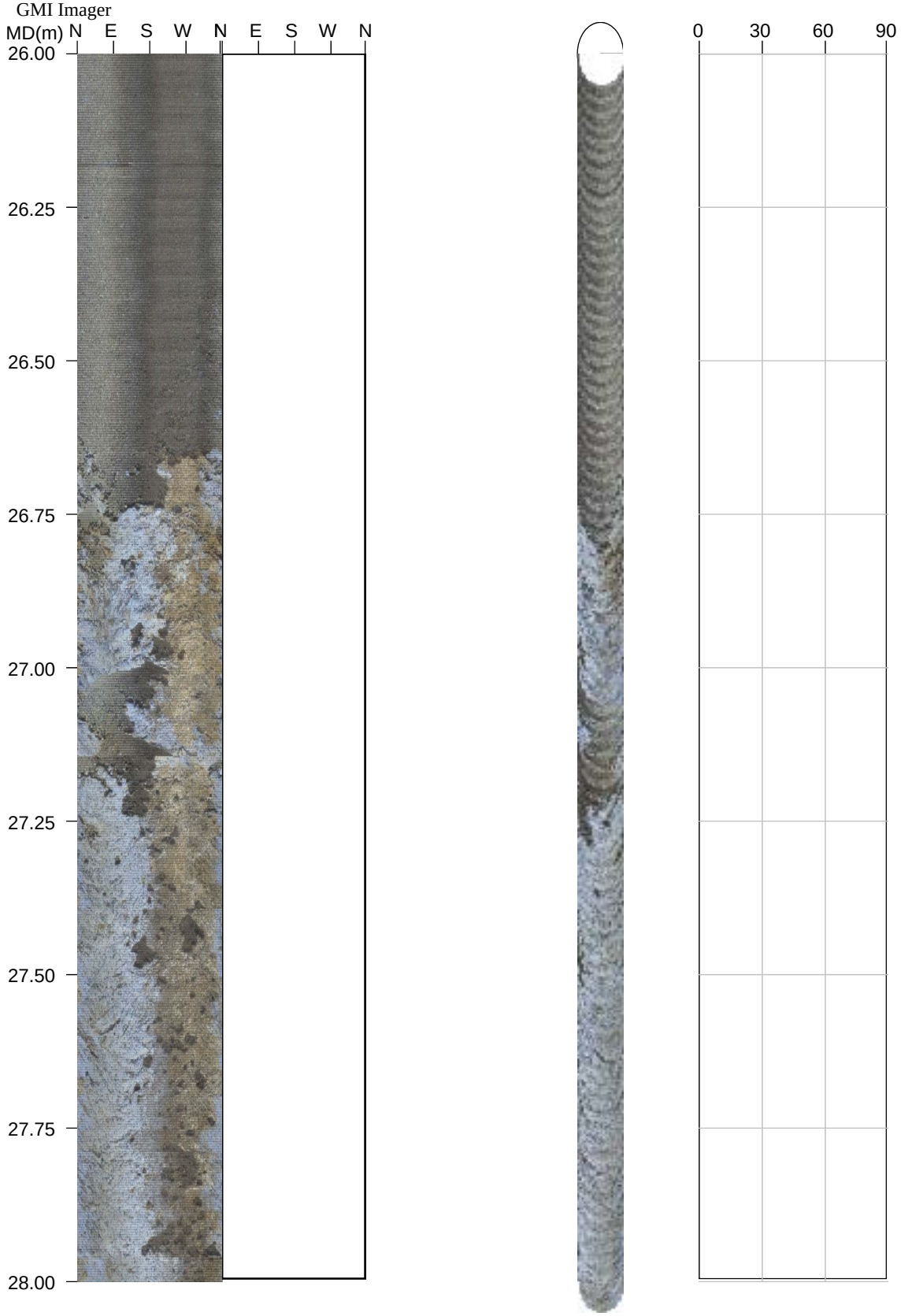
Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

GMI Imager



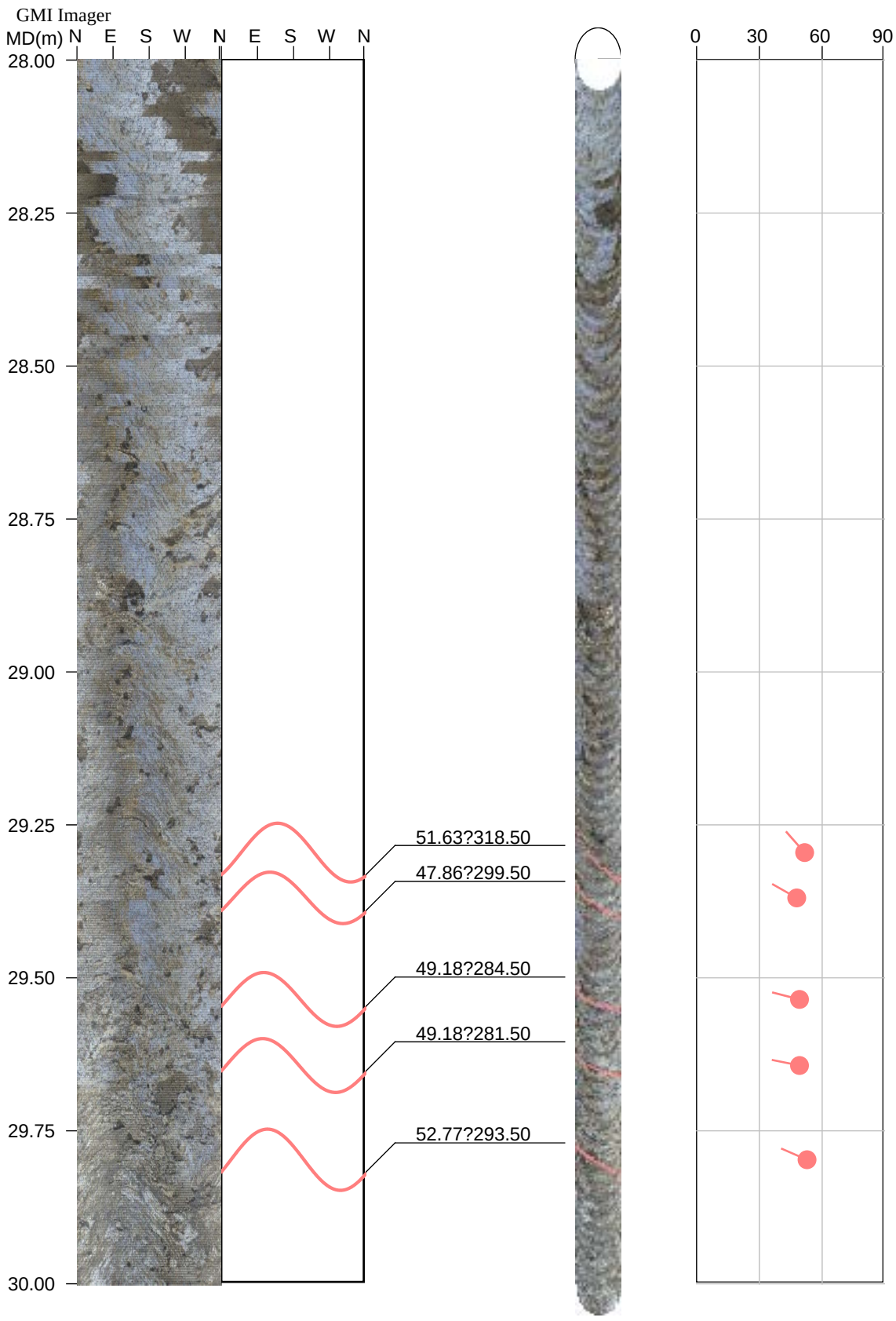
Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

GMI Imager



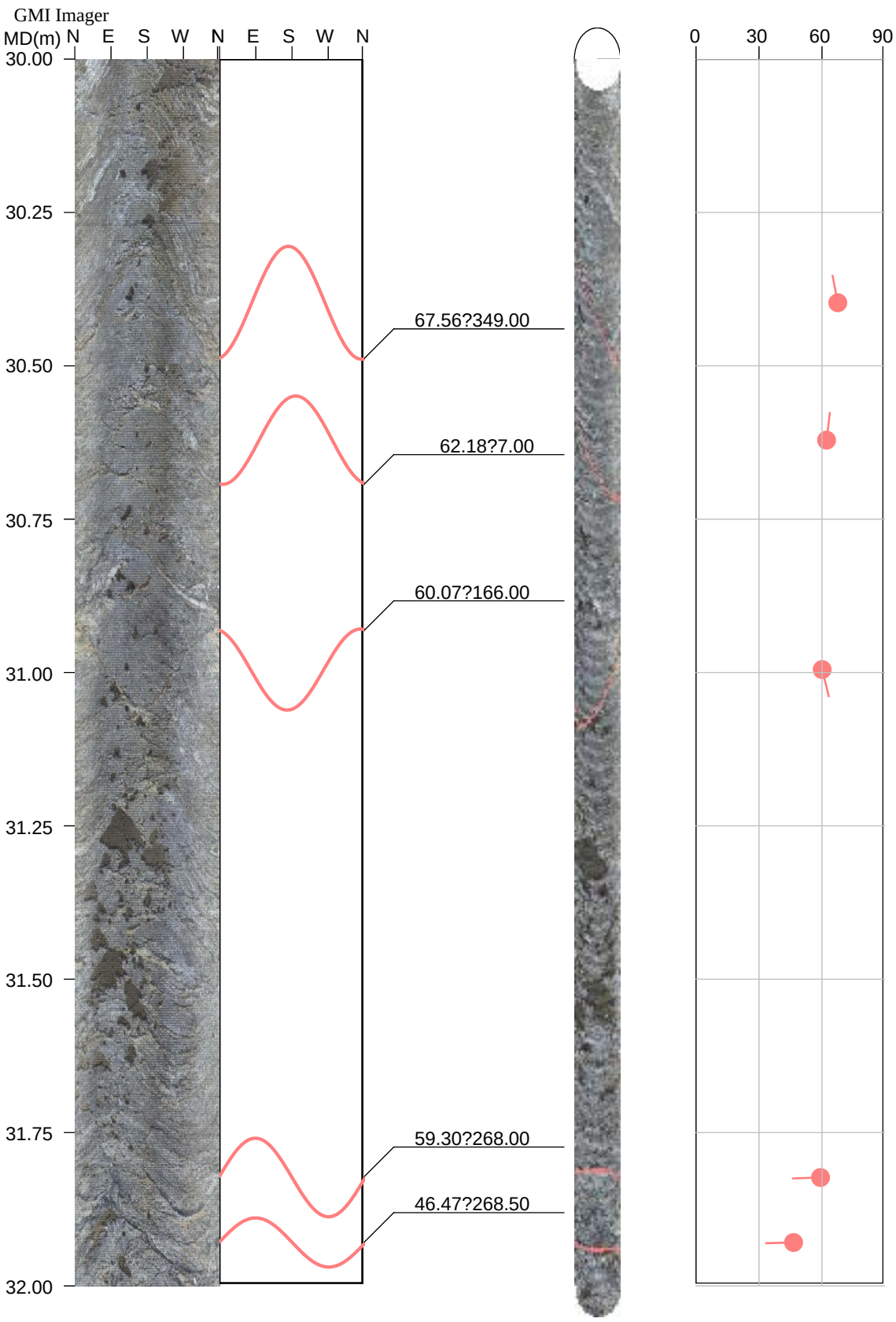
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 14/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



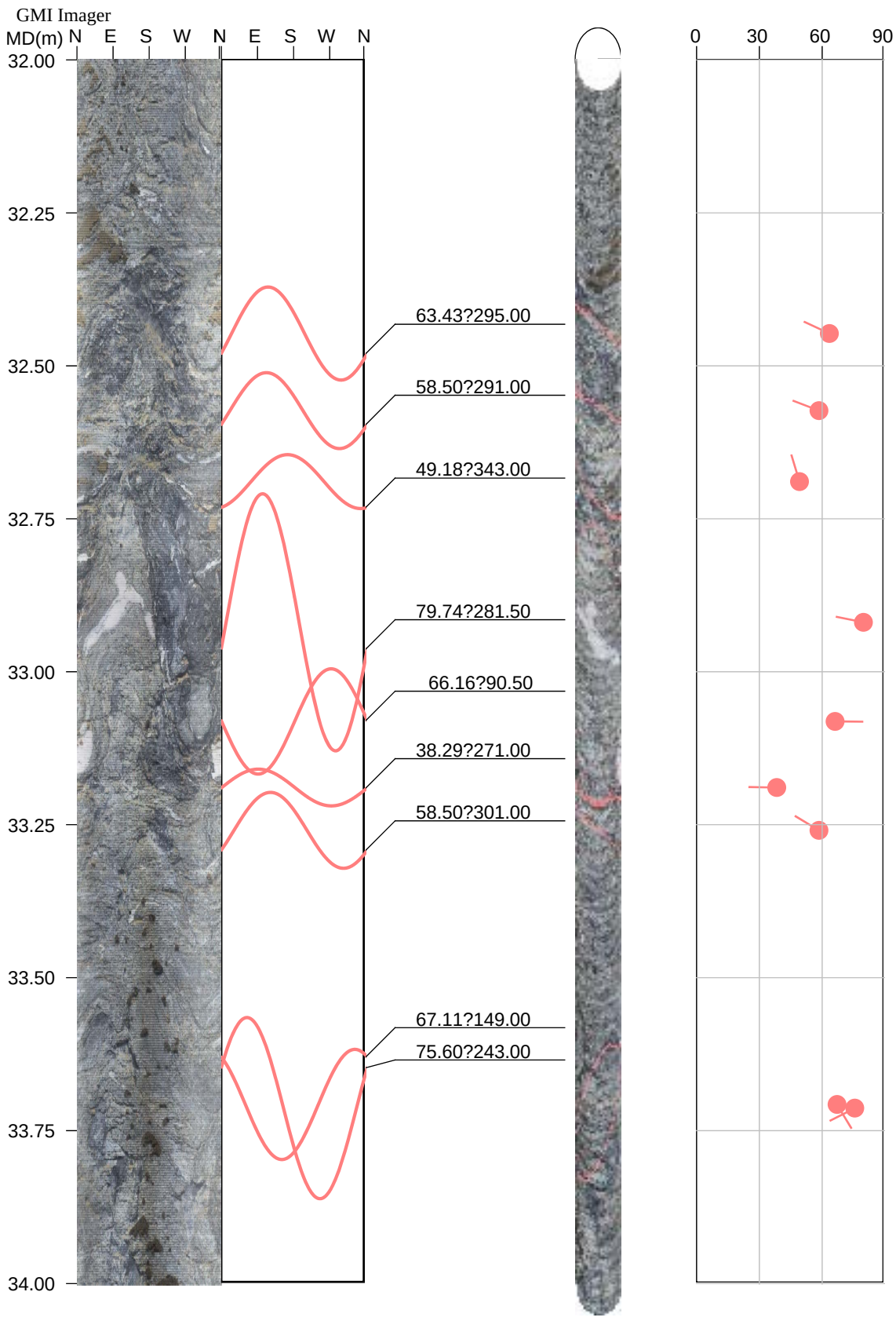
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 15/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



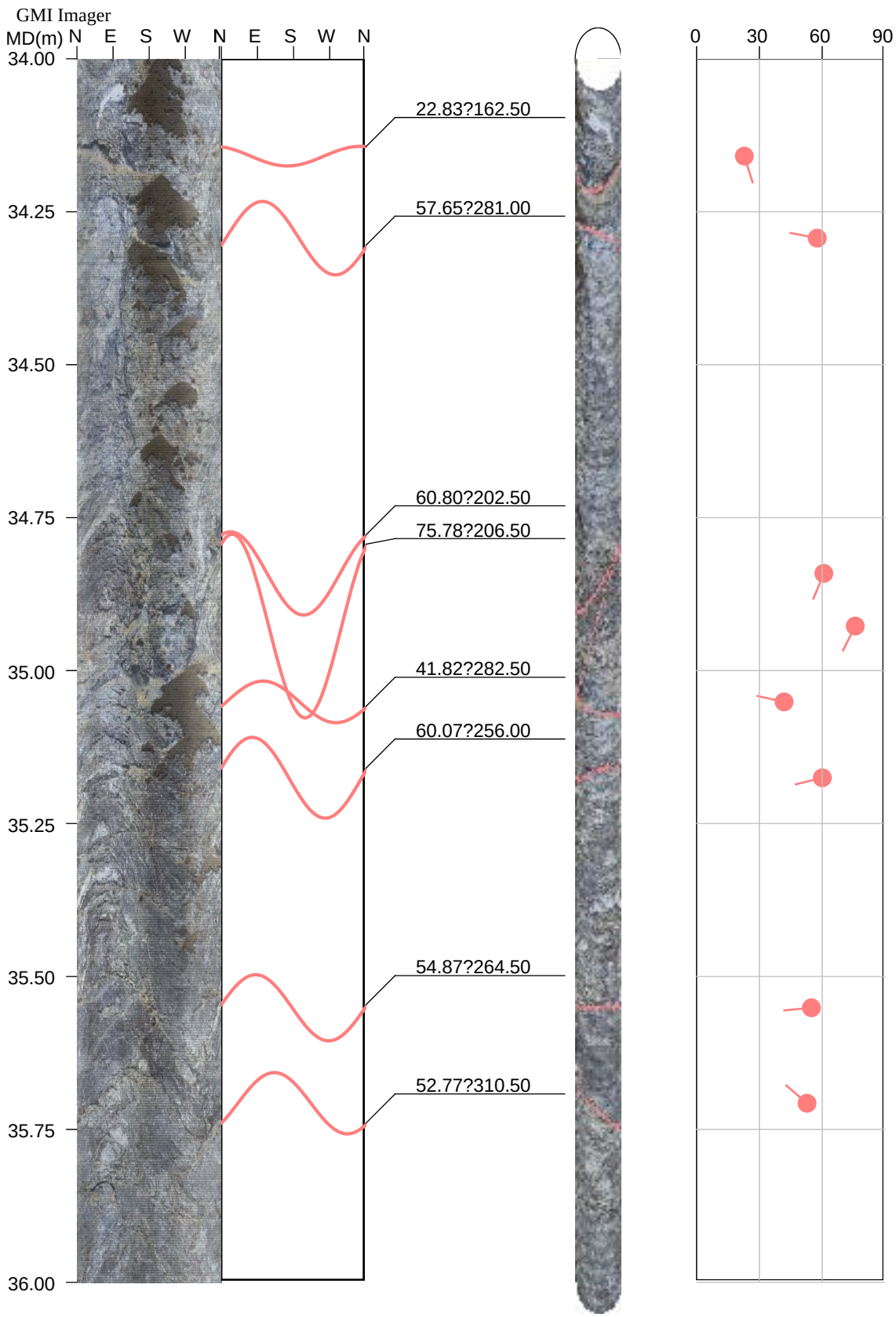
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 16/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

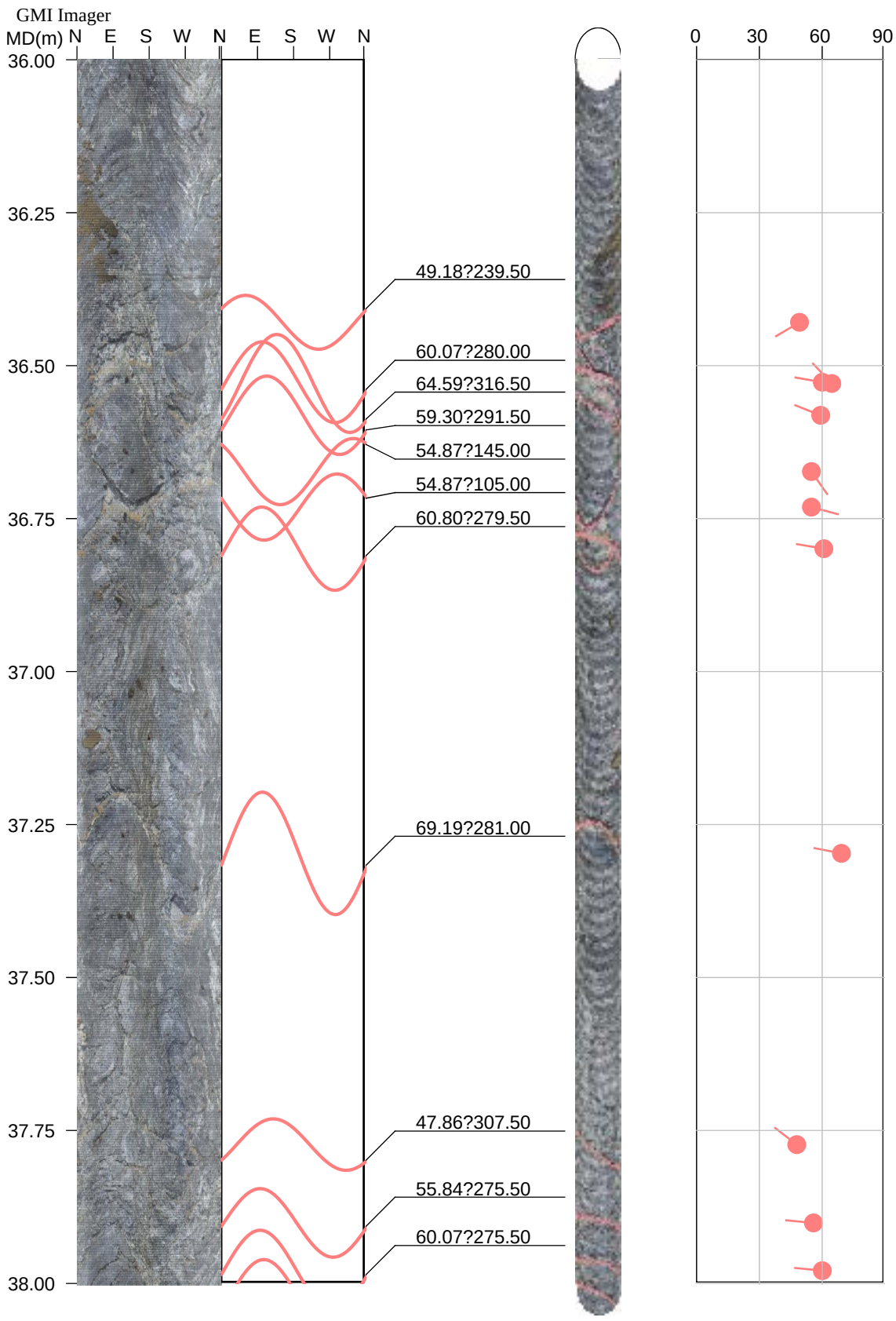


Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 17/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



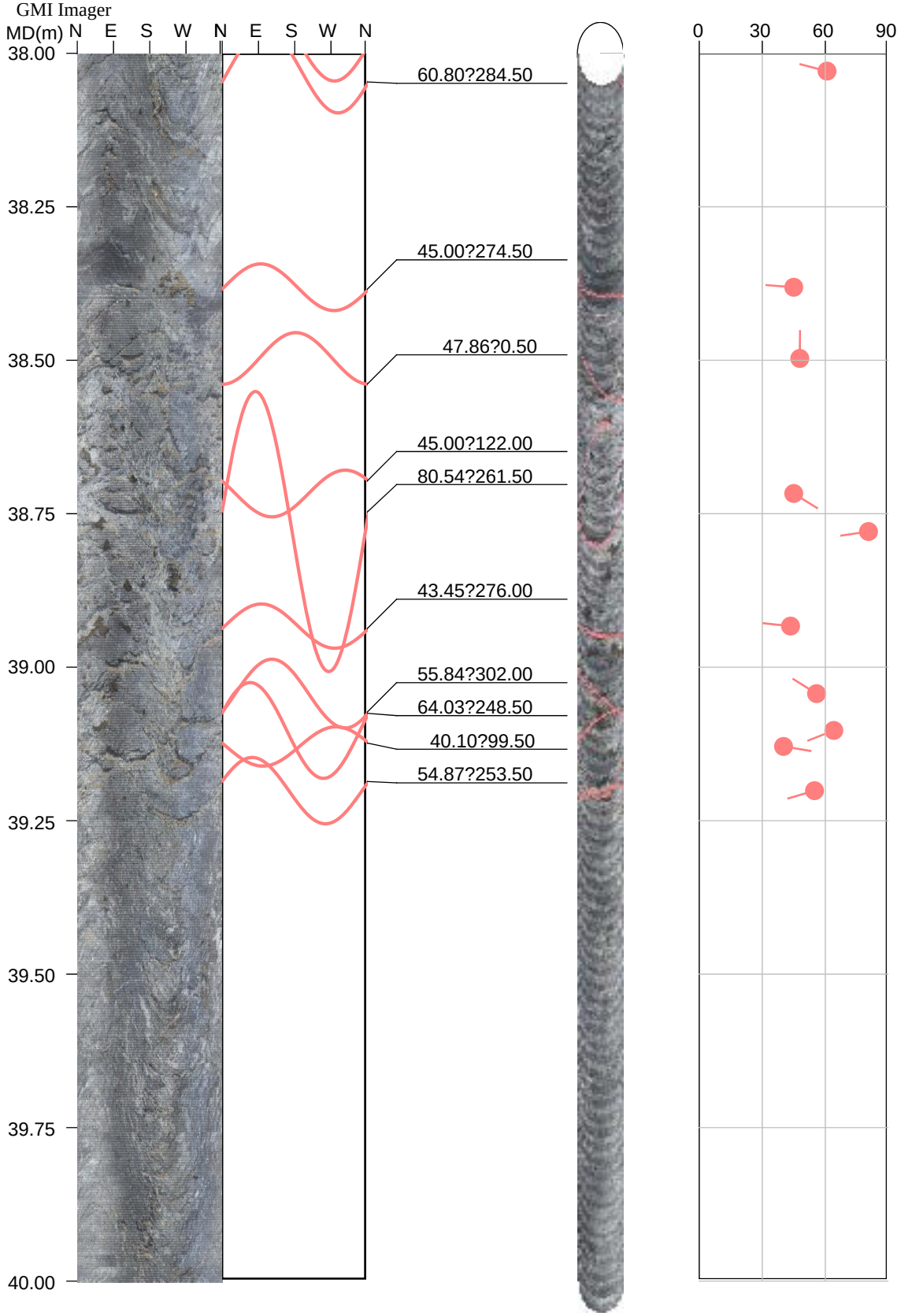
Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 19/32

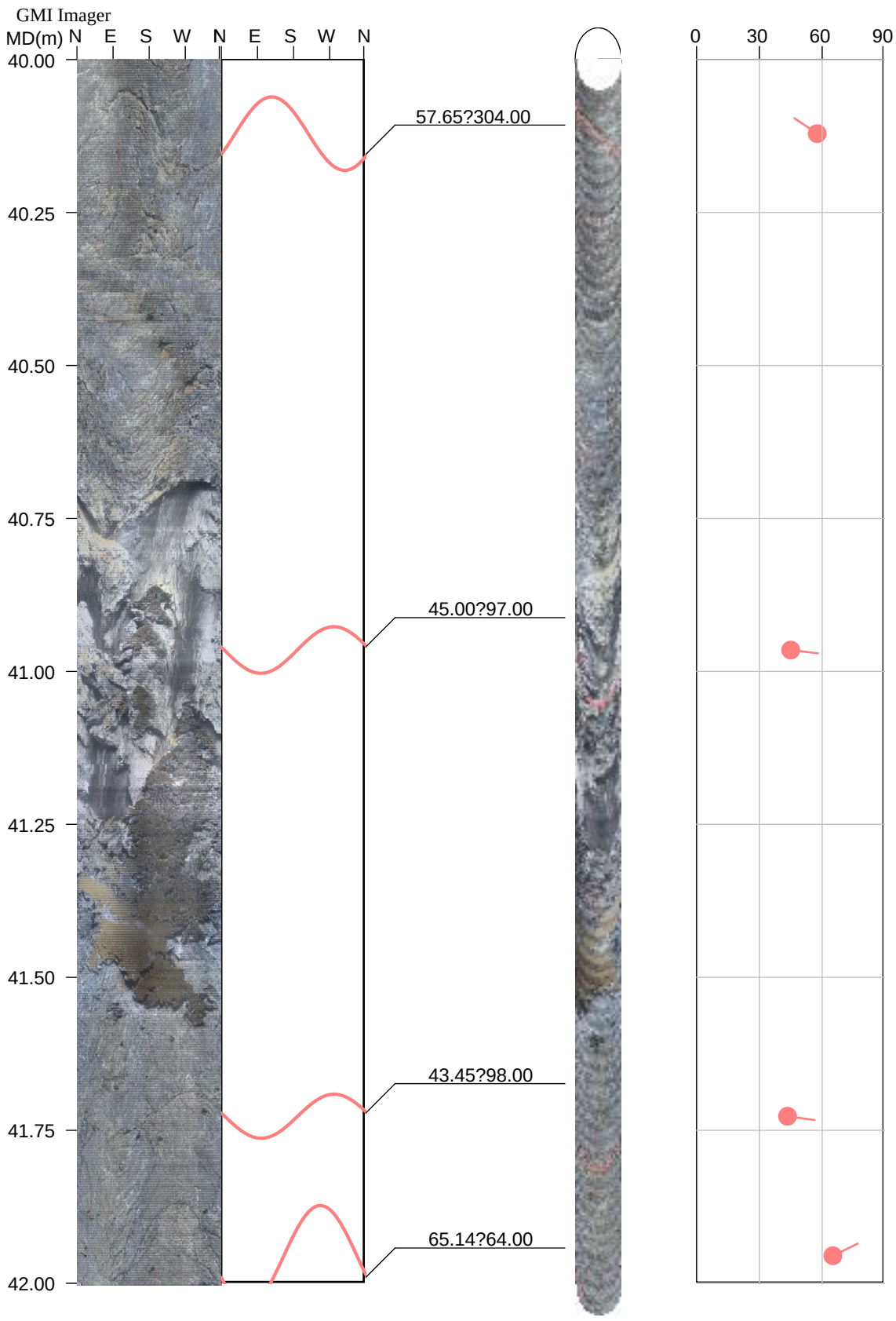
Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

GMI Imager



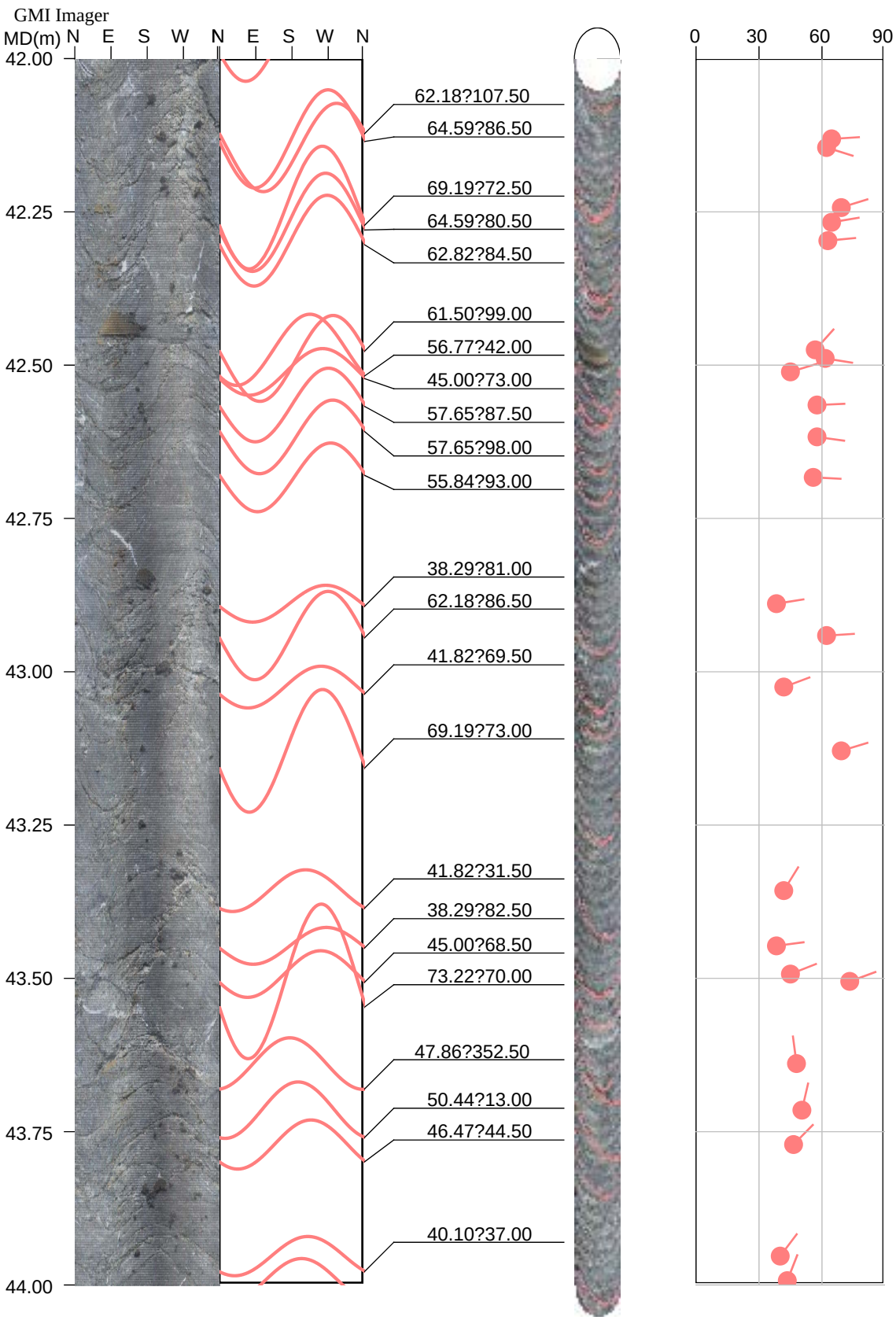
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 20/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

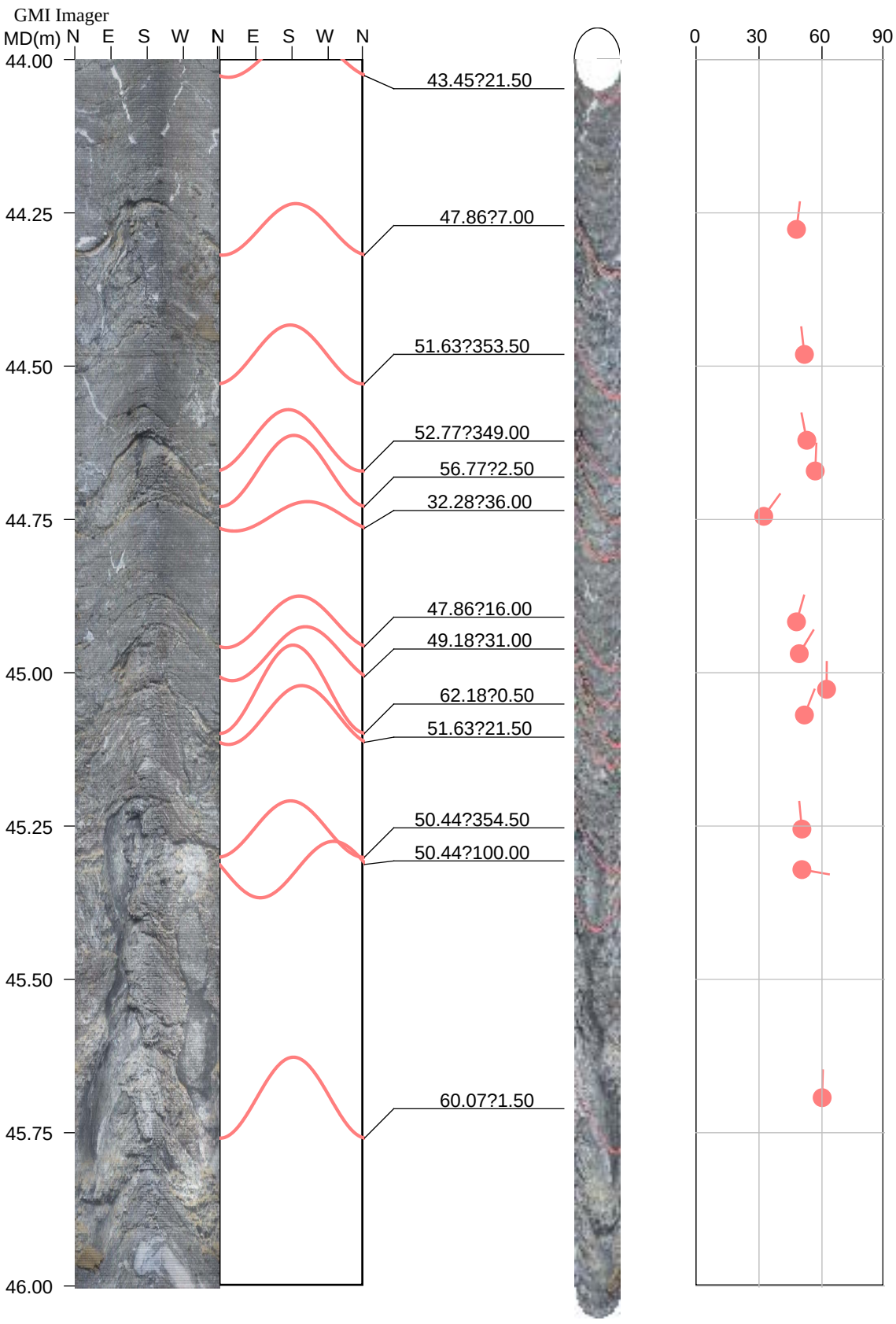


Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 21/32

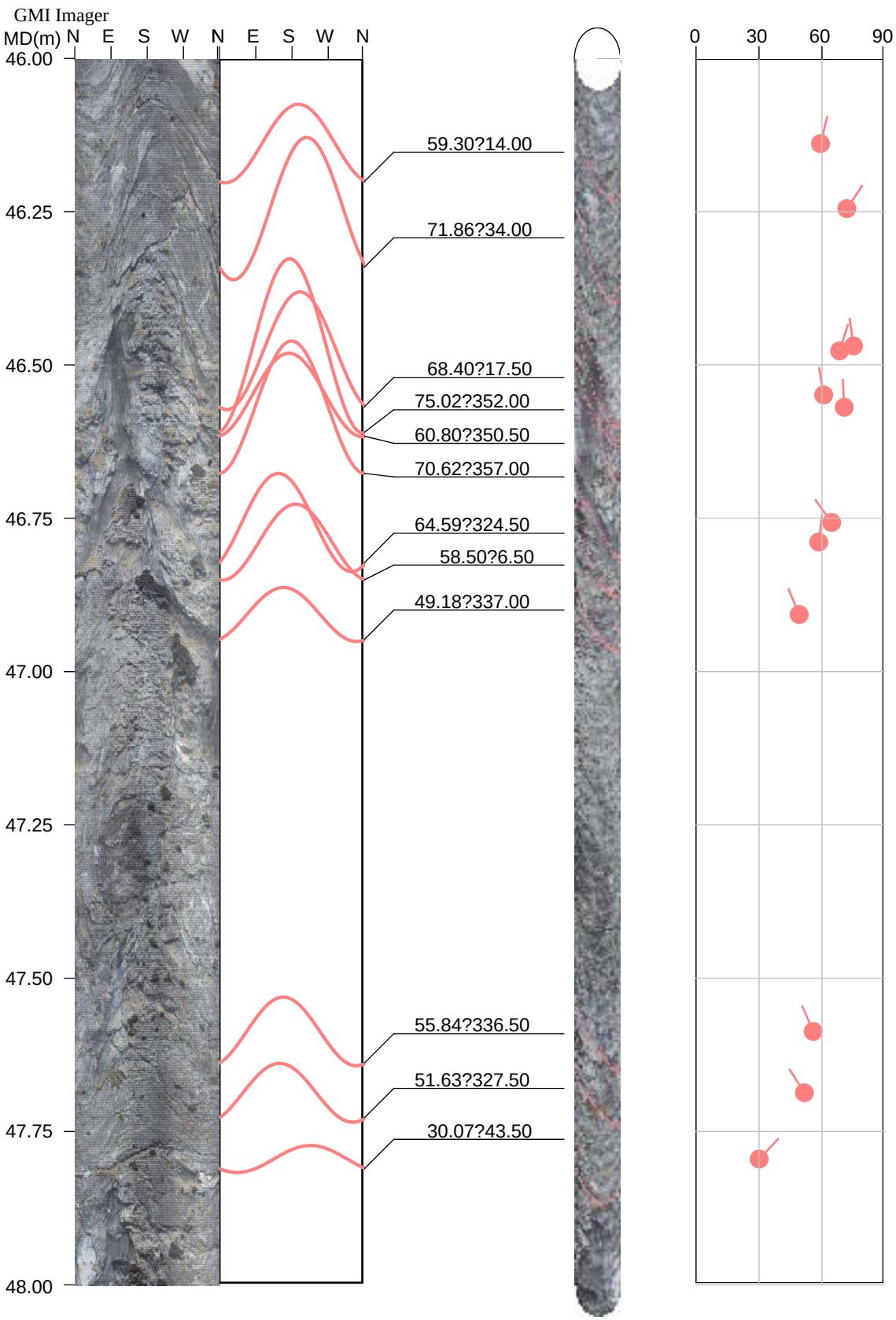
Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

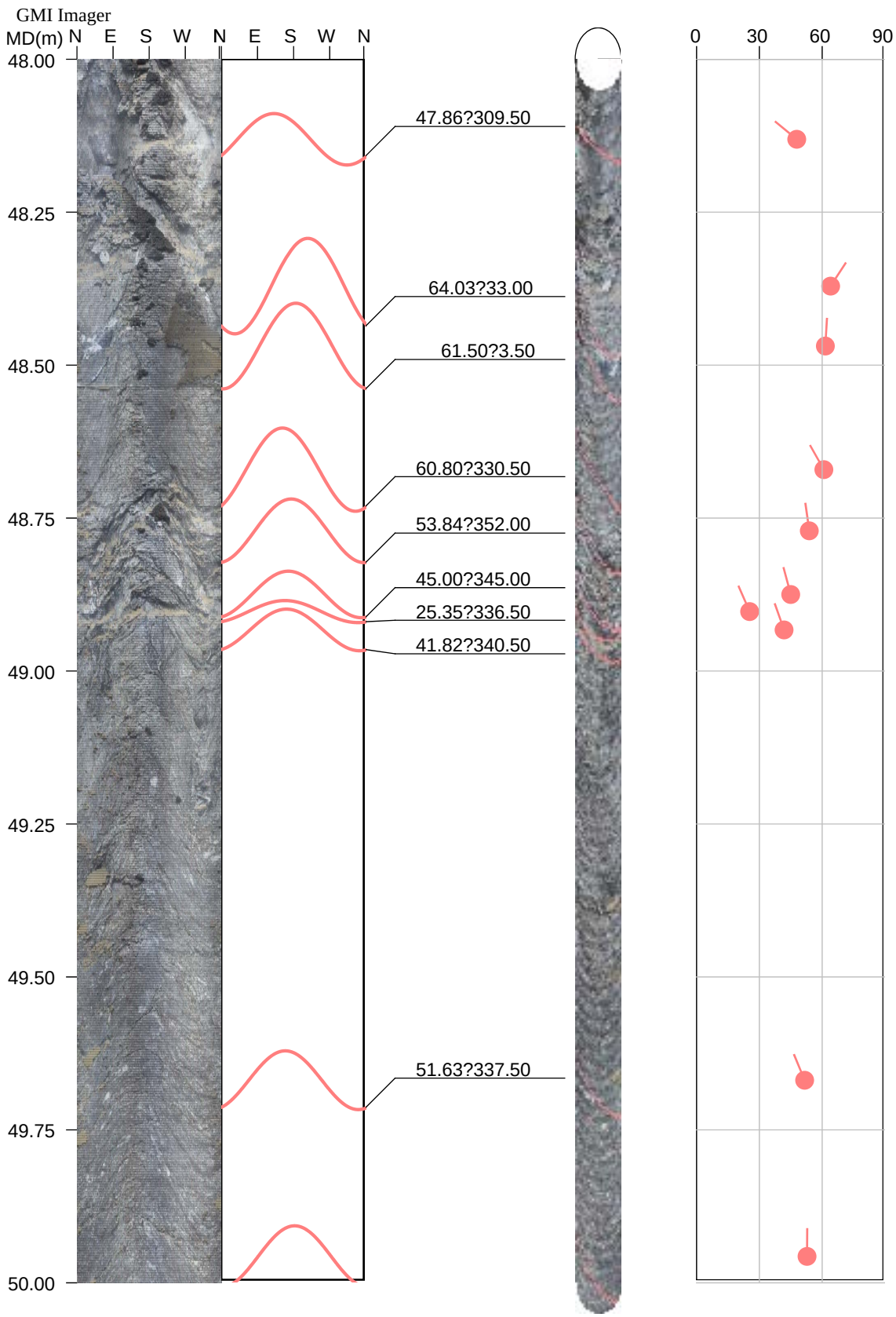


Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

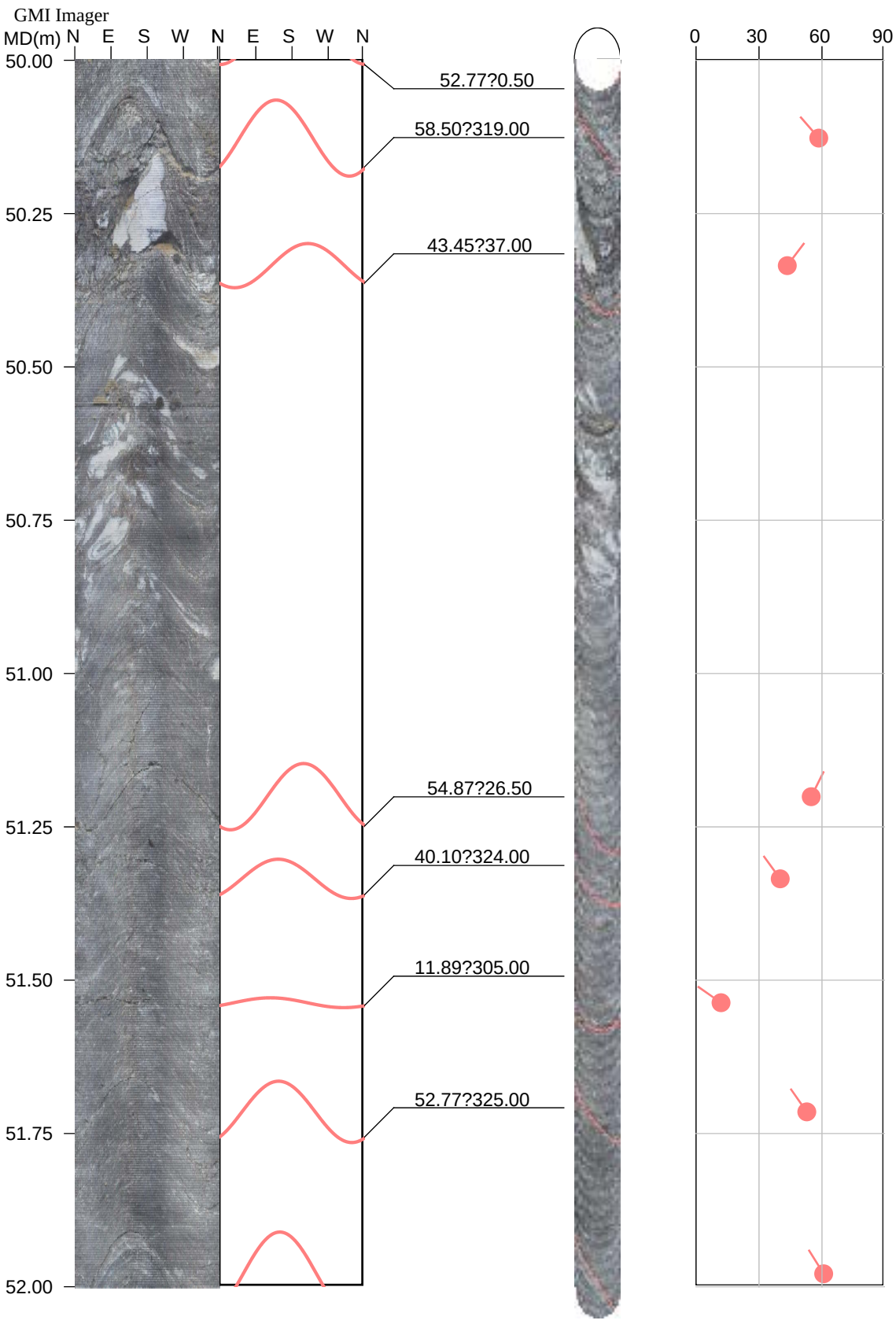


Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 24/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

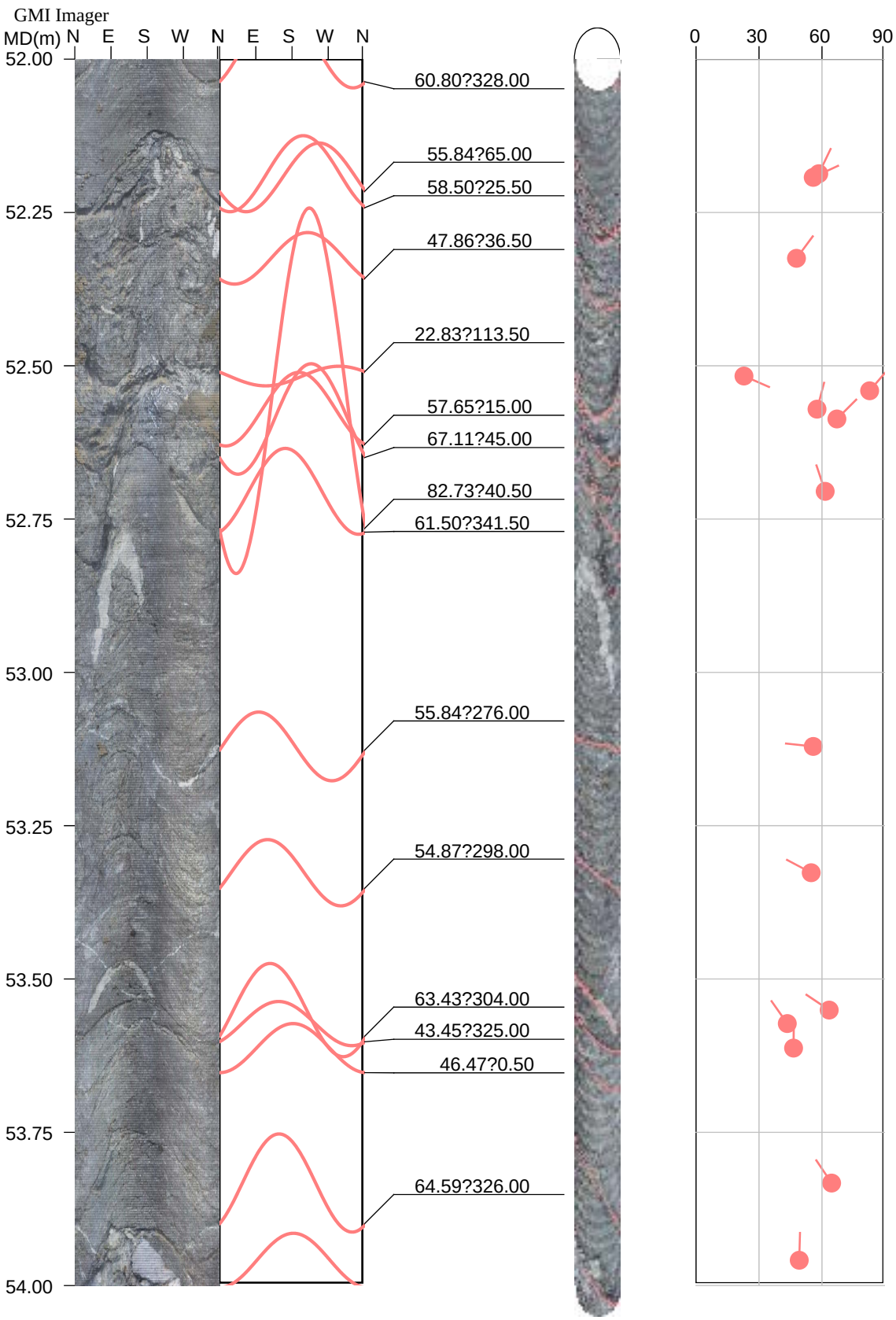


Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

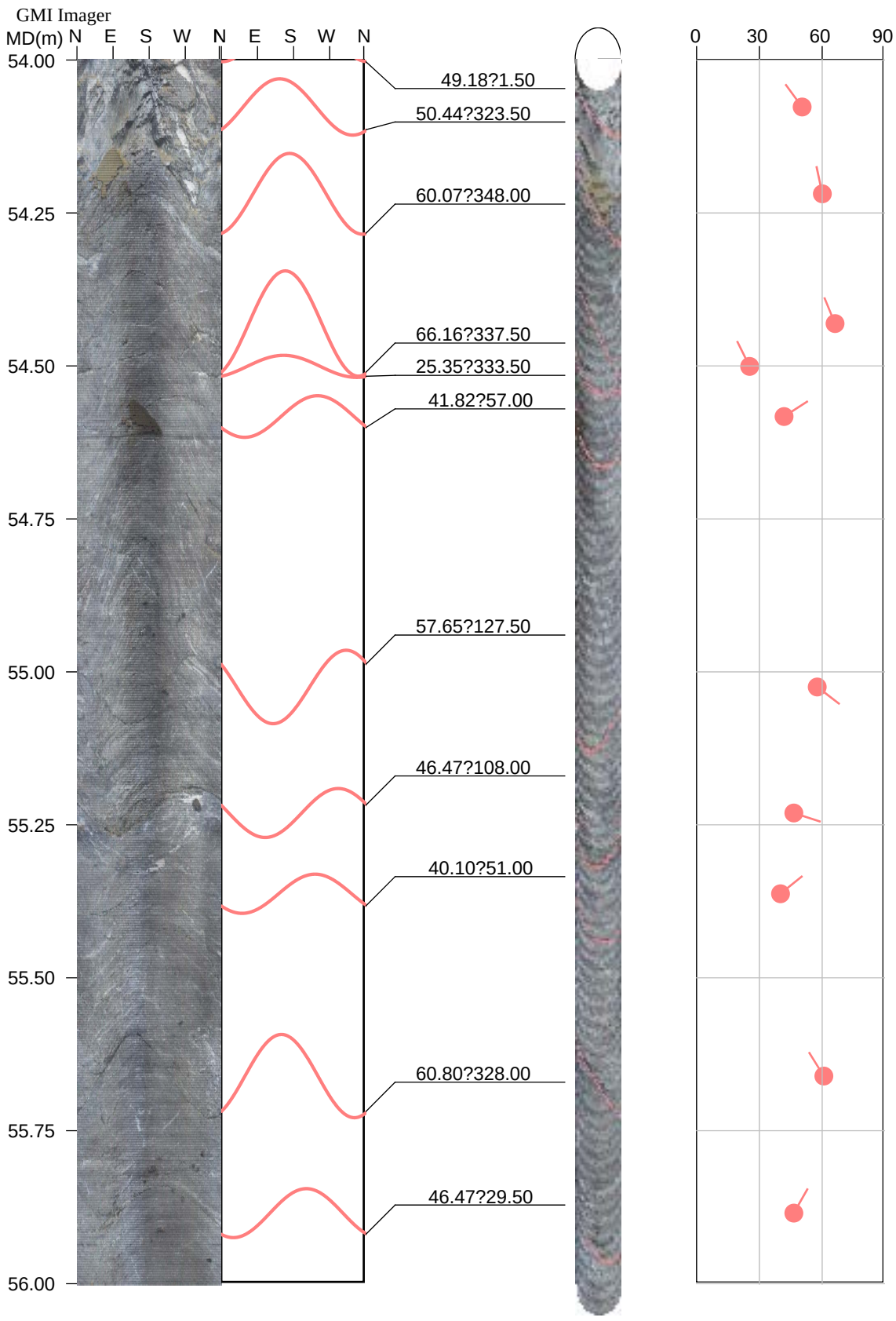


Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 26/32

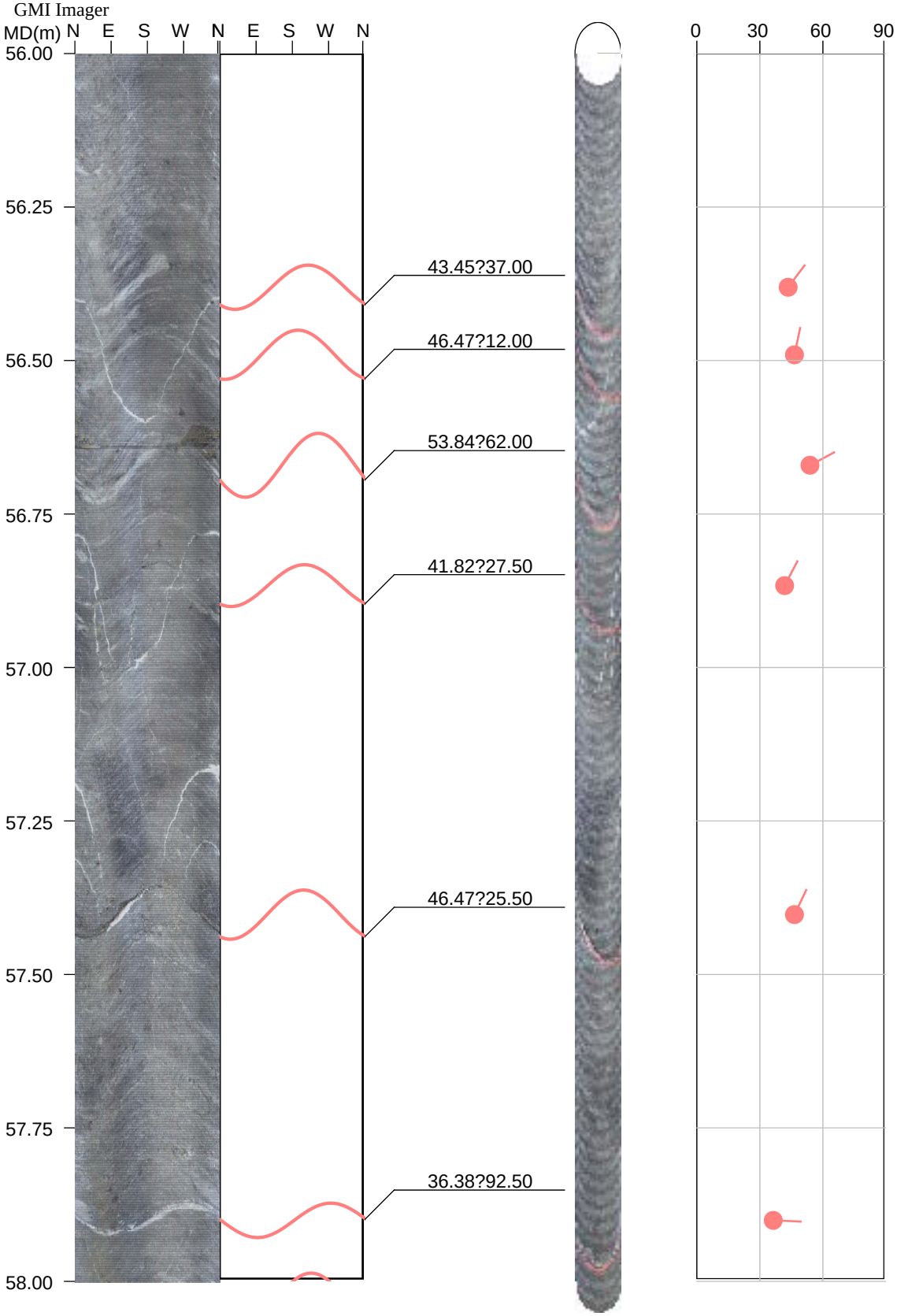
Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

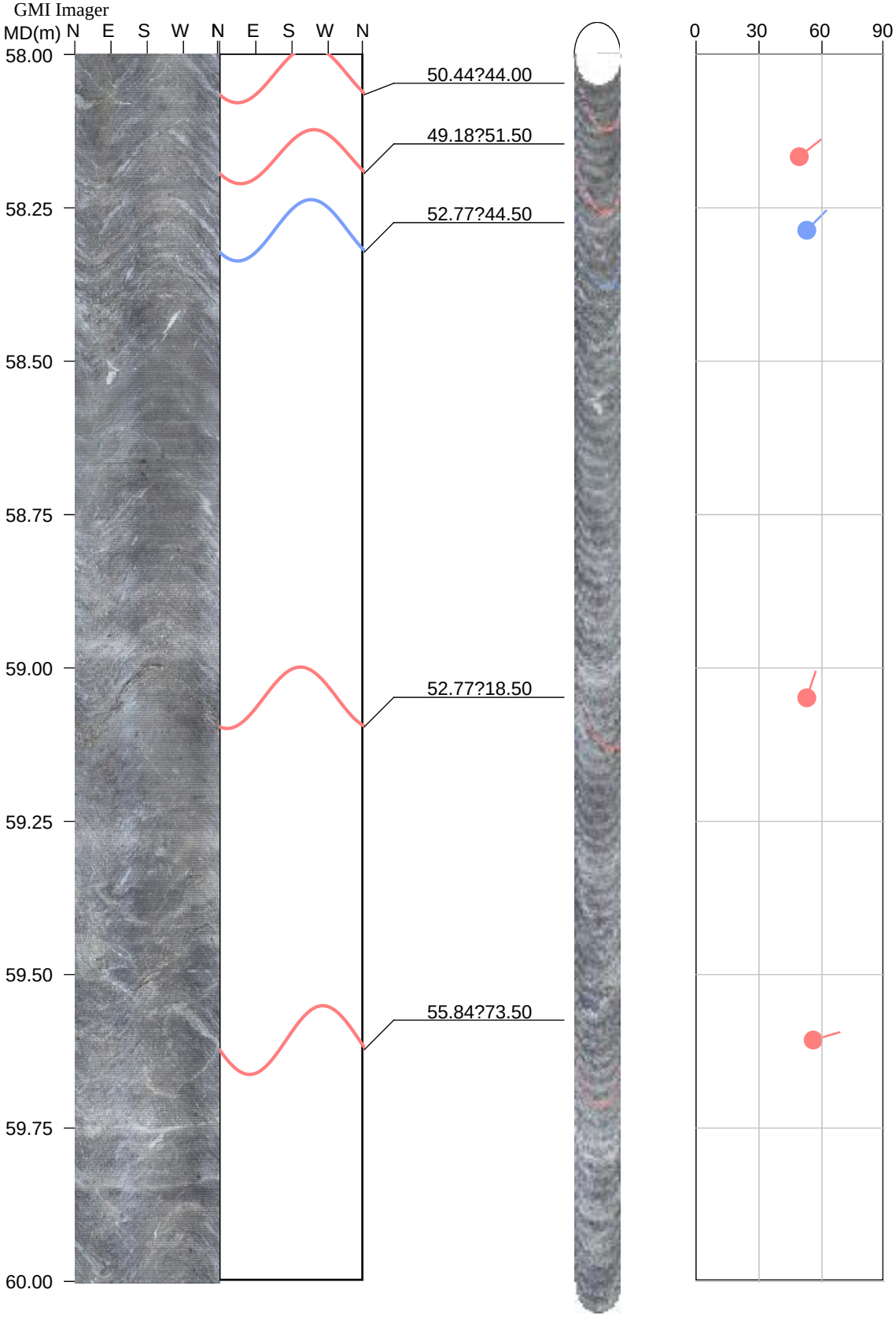


Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

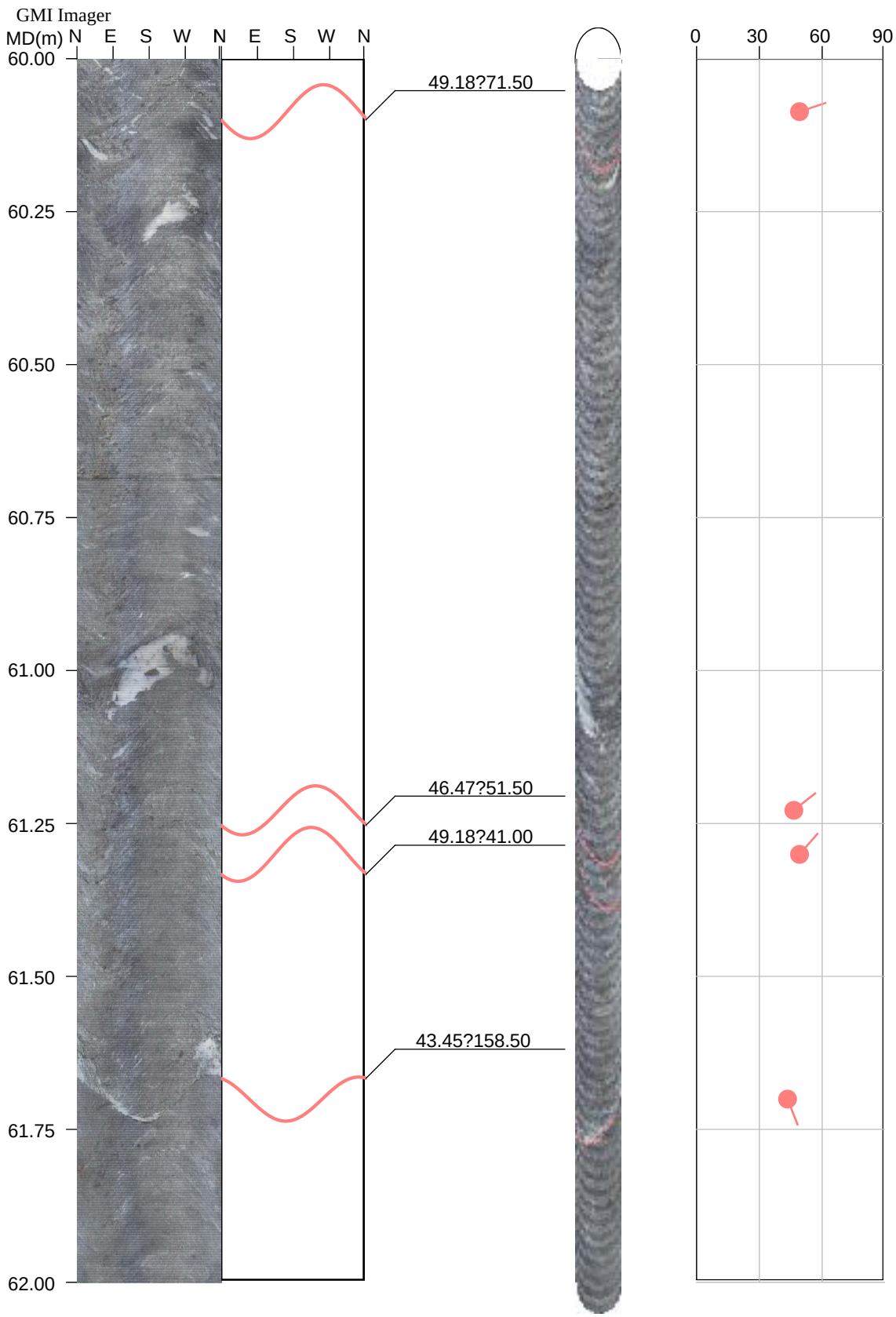


Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 29/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

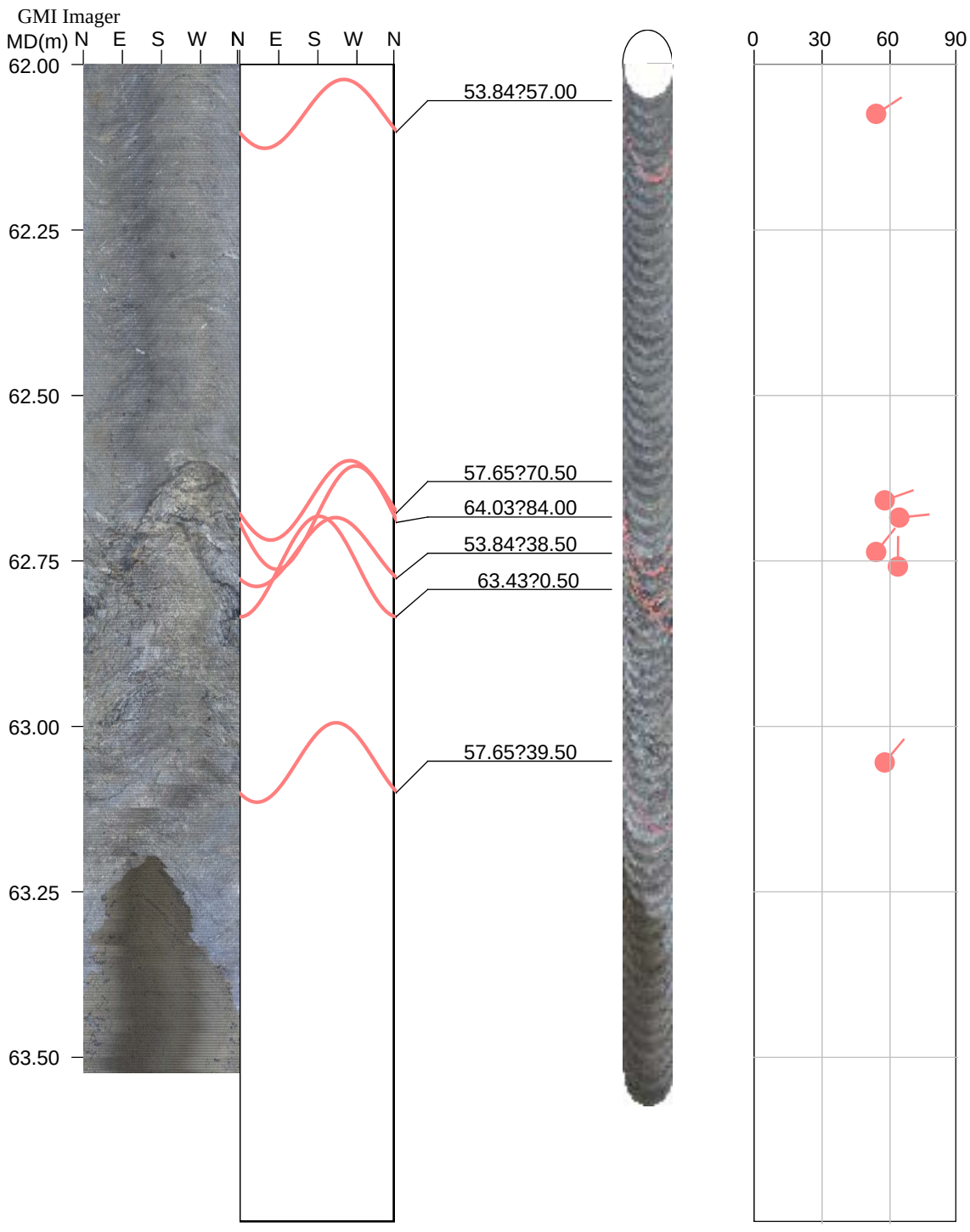


Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m

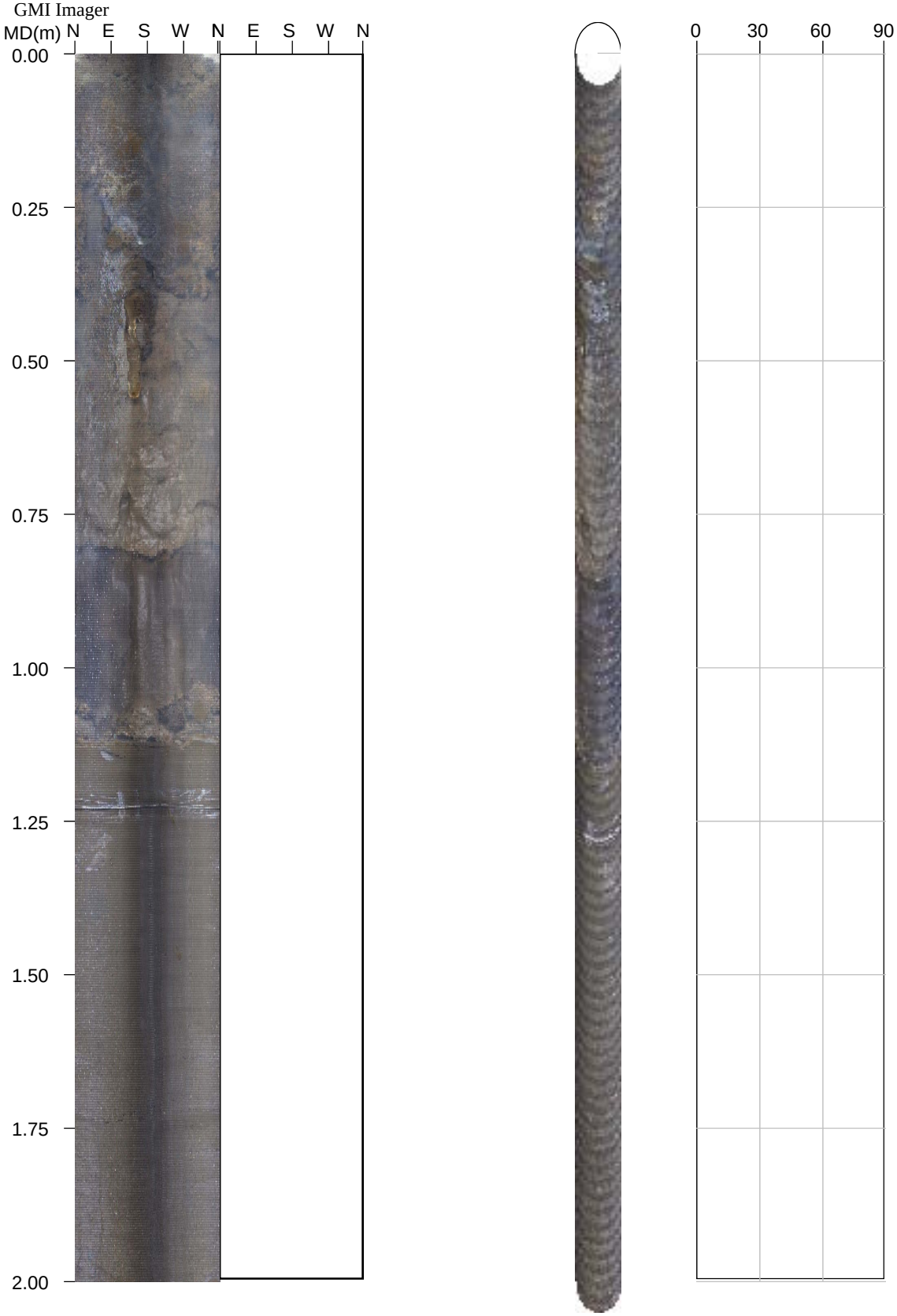


Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 31/32

Well Name:	NTB-18	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/23	Depth Range:	0.000 - 63.522 m



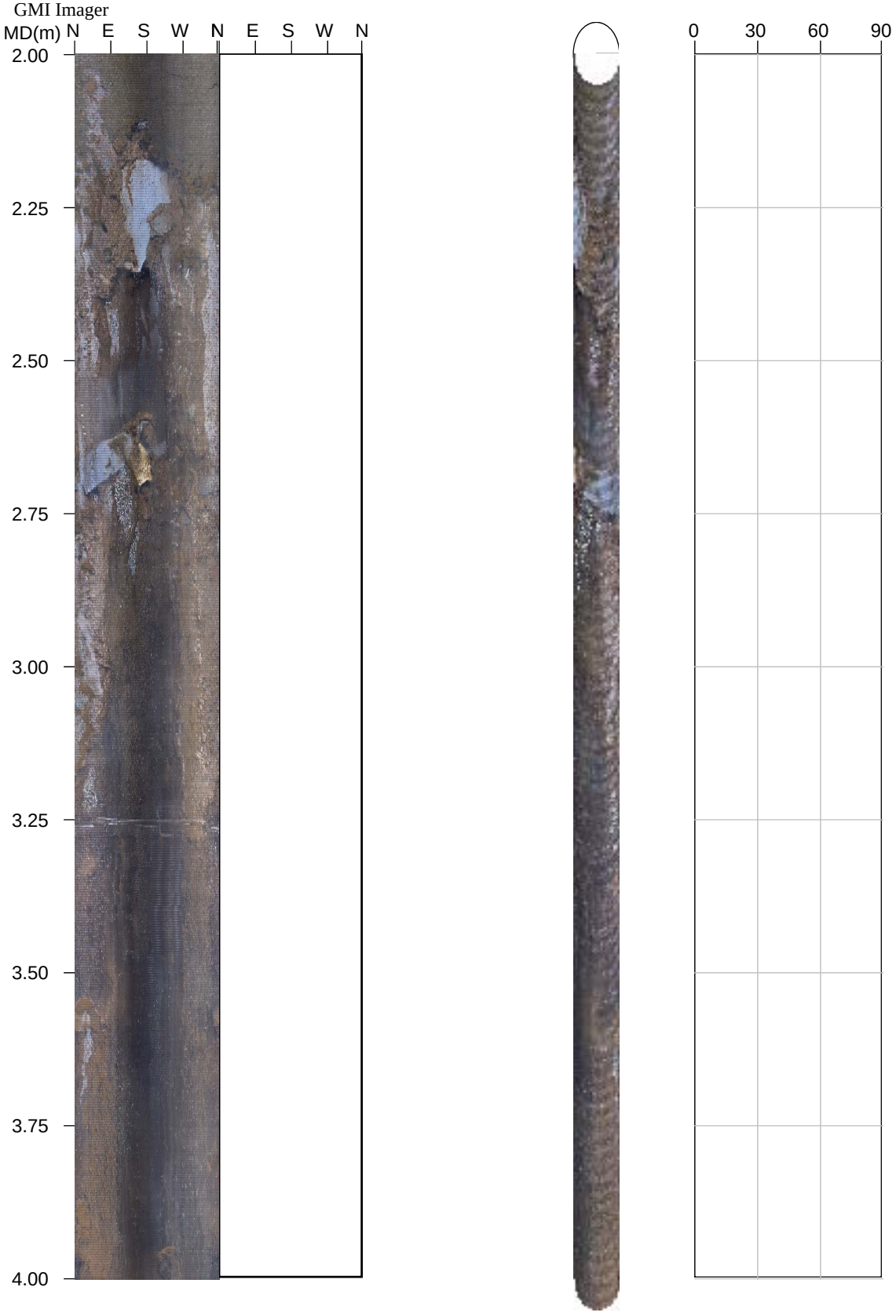
Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 1/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

GMI Imager



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 2/30

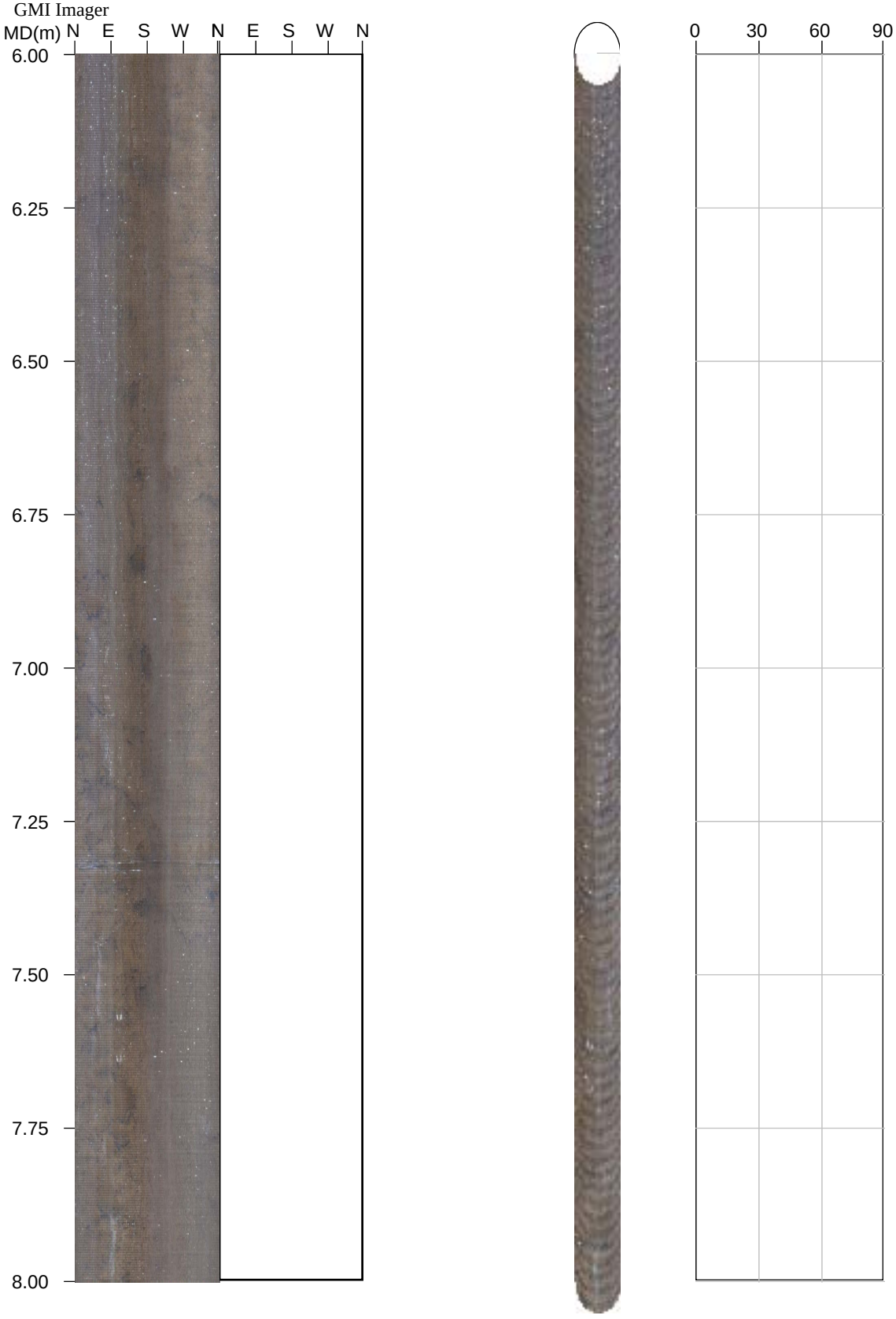
Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

GMI Imager



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 3/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



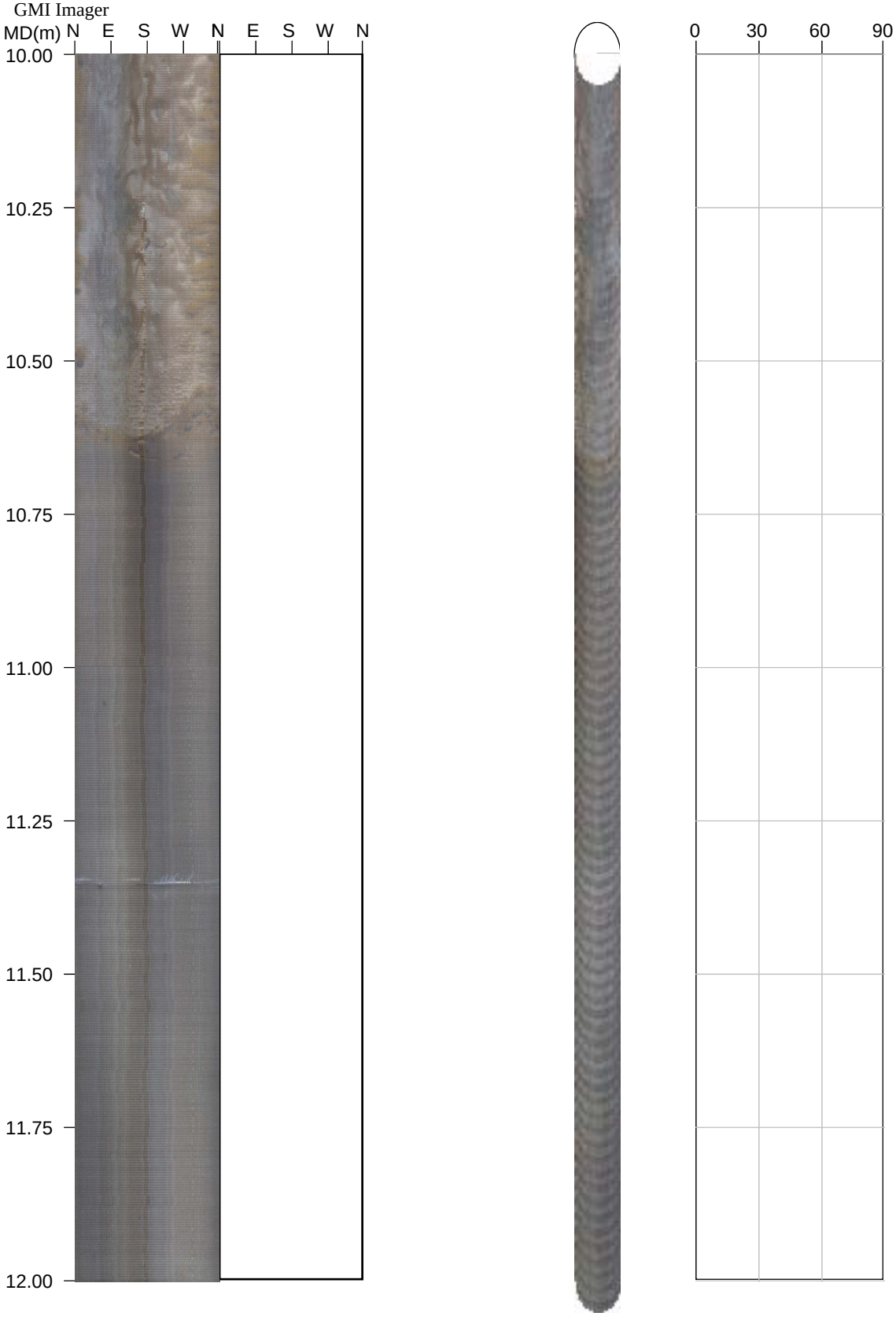
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 4/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 5/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 6/30

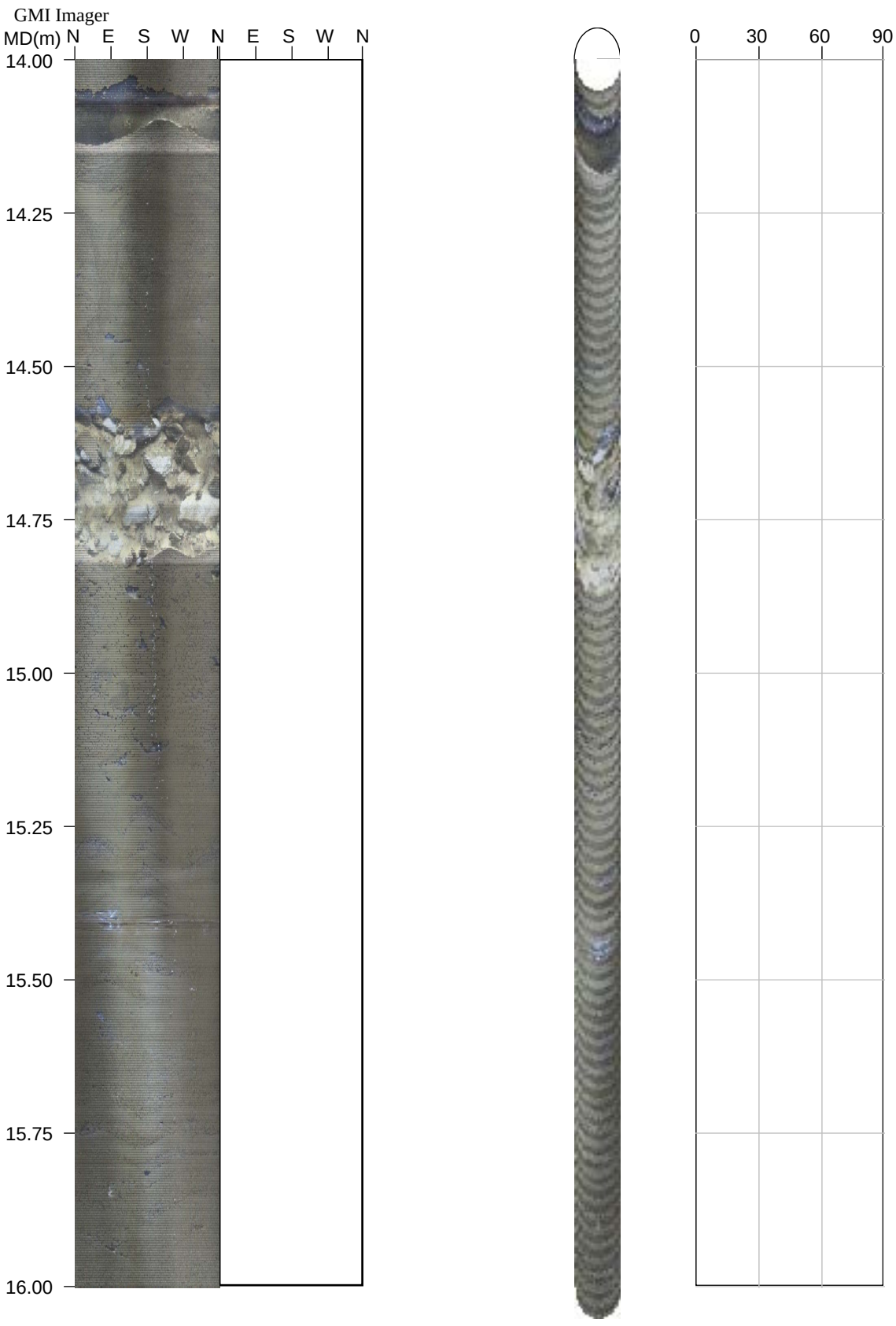
Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

GMI Imager



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 7/30

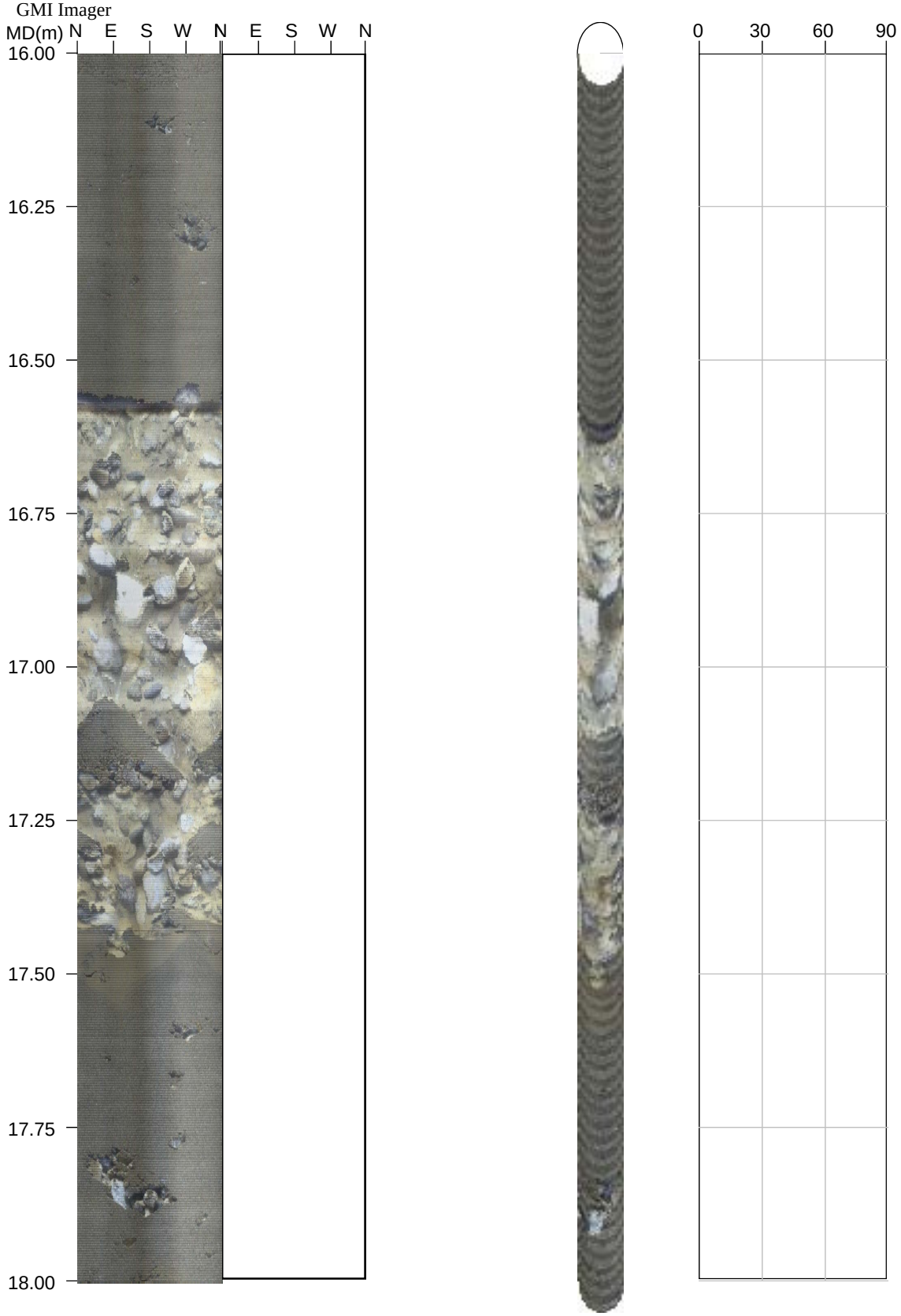
Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 8/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

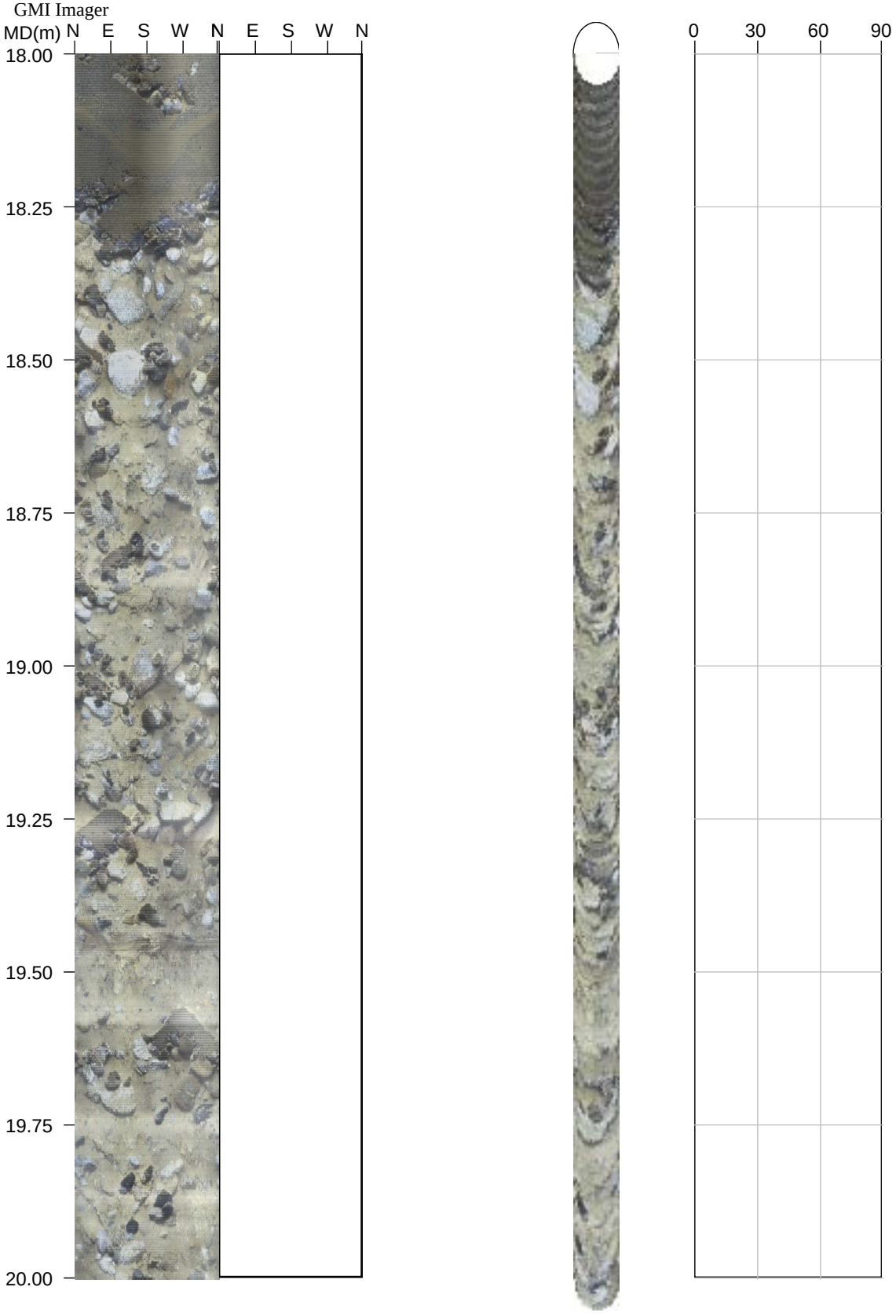
GMI Imager



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 9/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

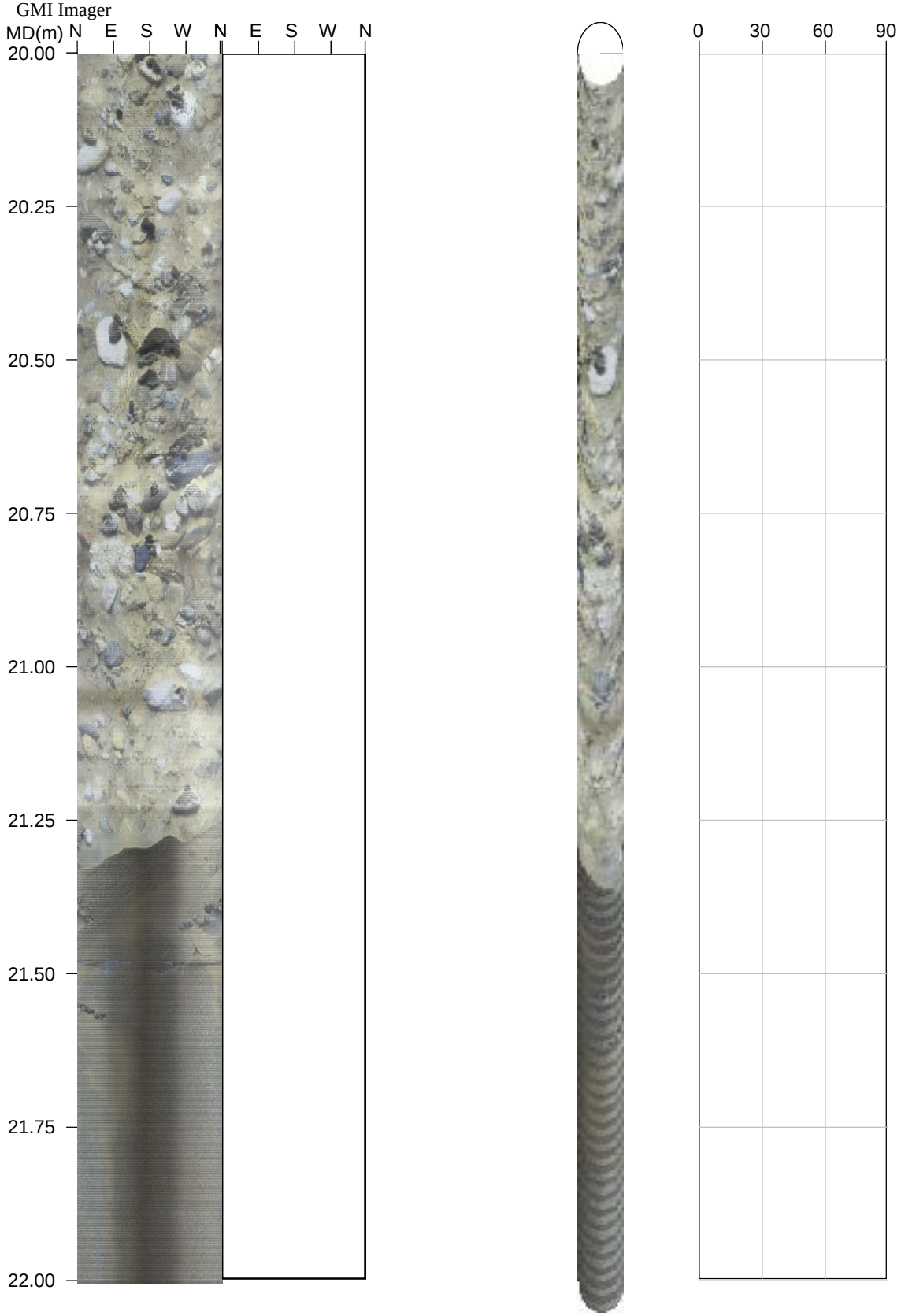
GMI Imager



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 10/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

GMI Imager



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 11/30

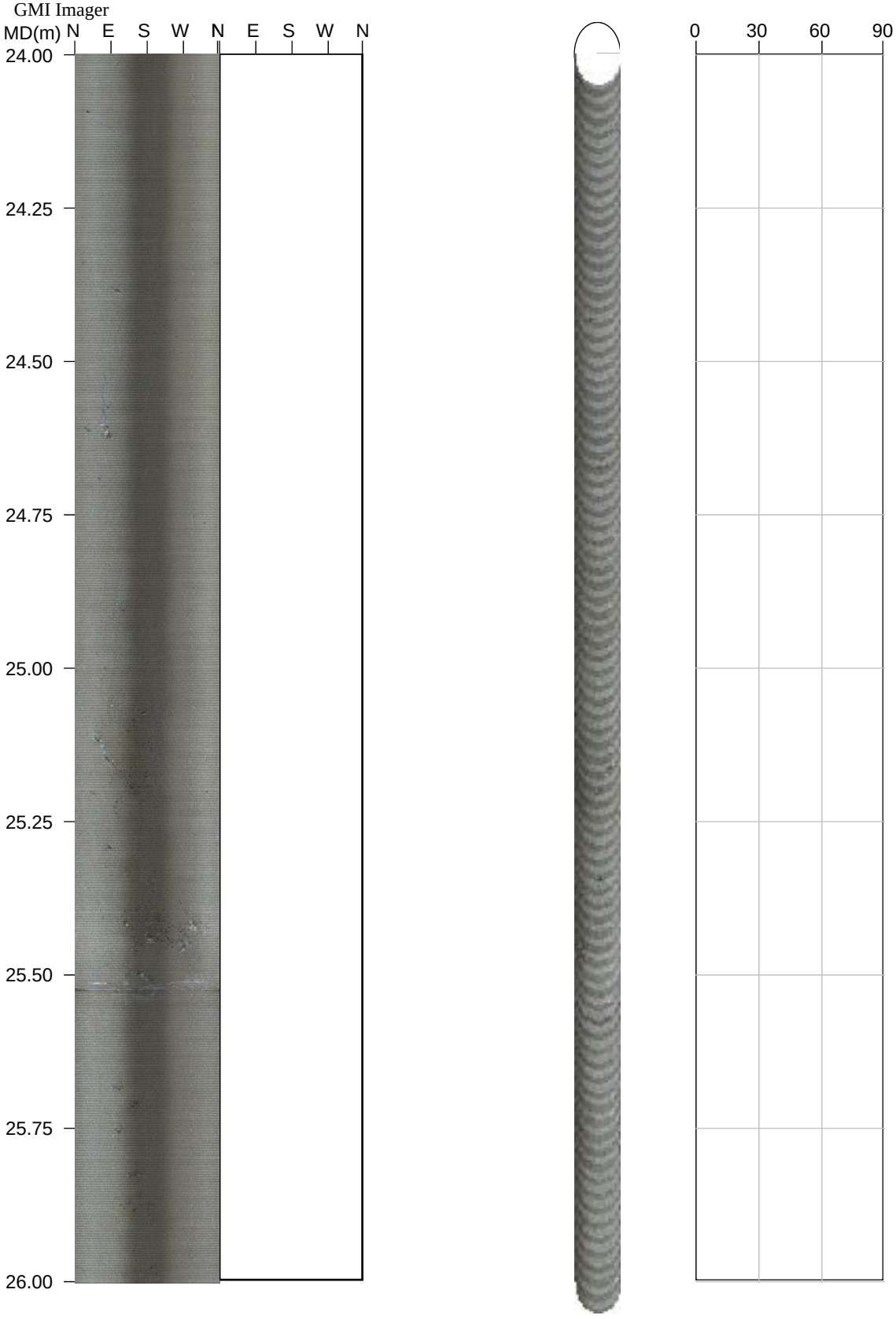
Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

GMI Imager



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 12/30

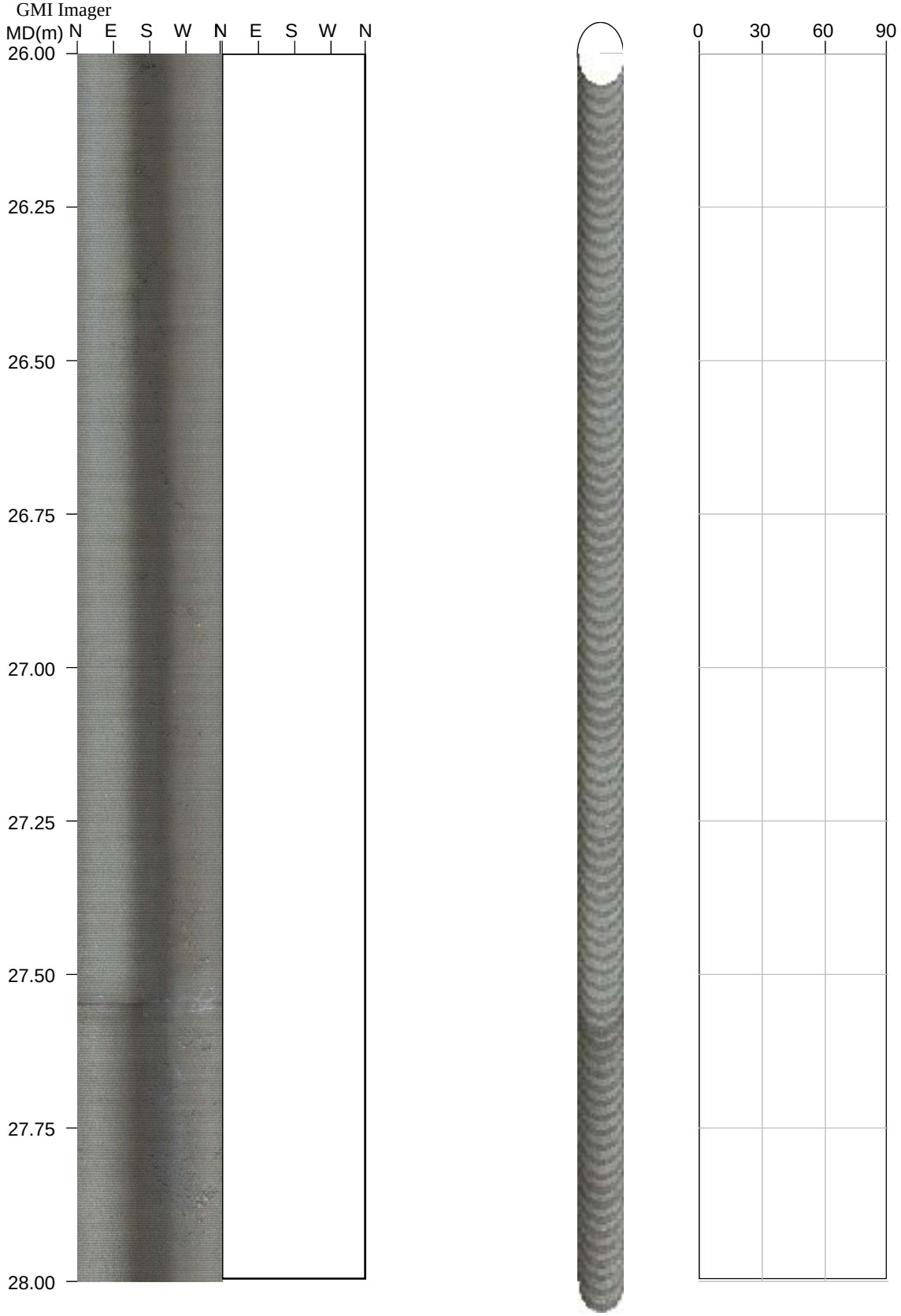
Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 13/30

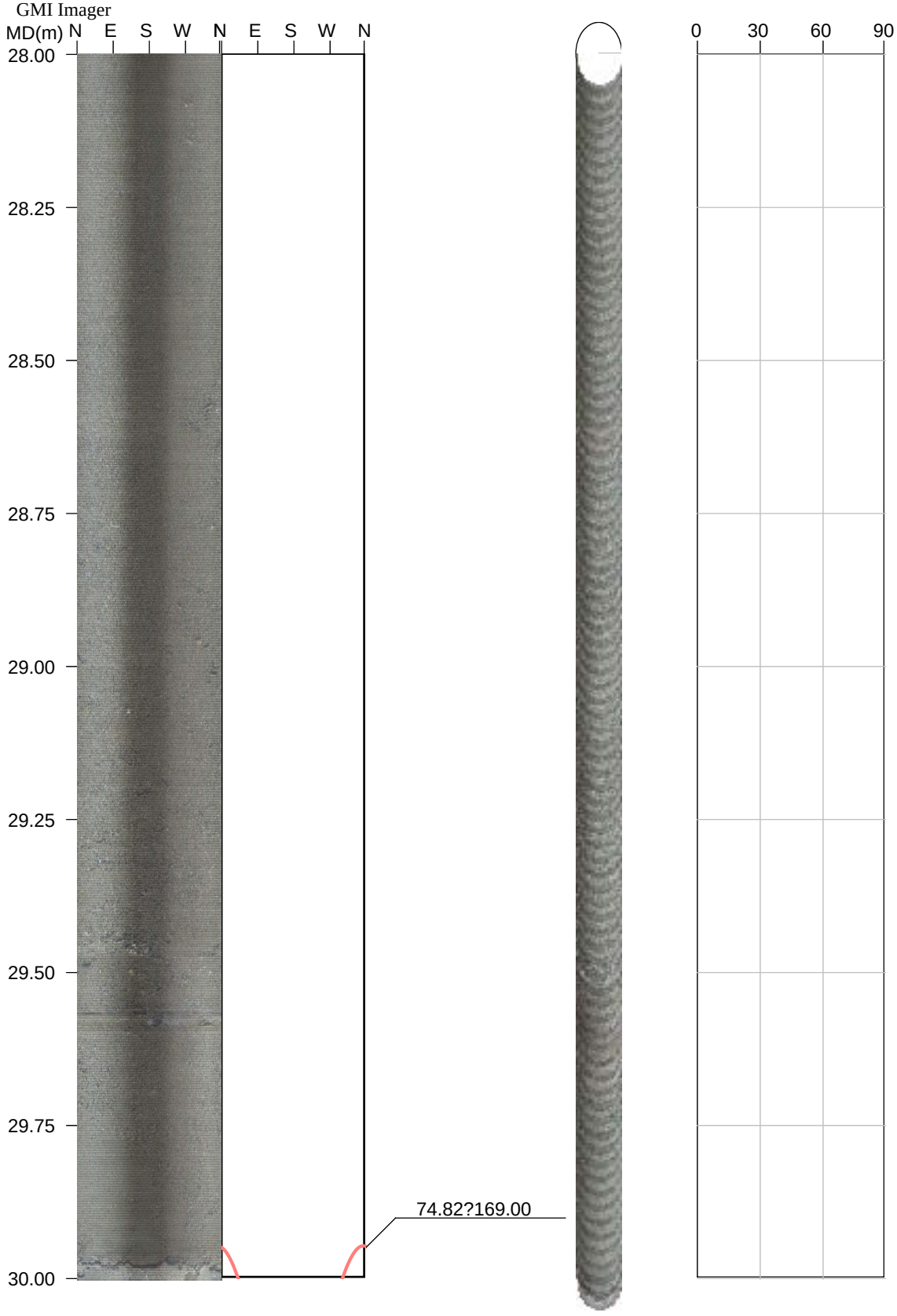
Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

GMI Imager



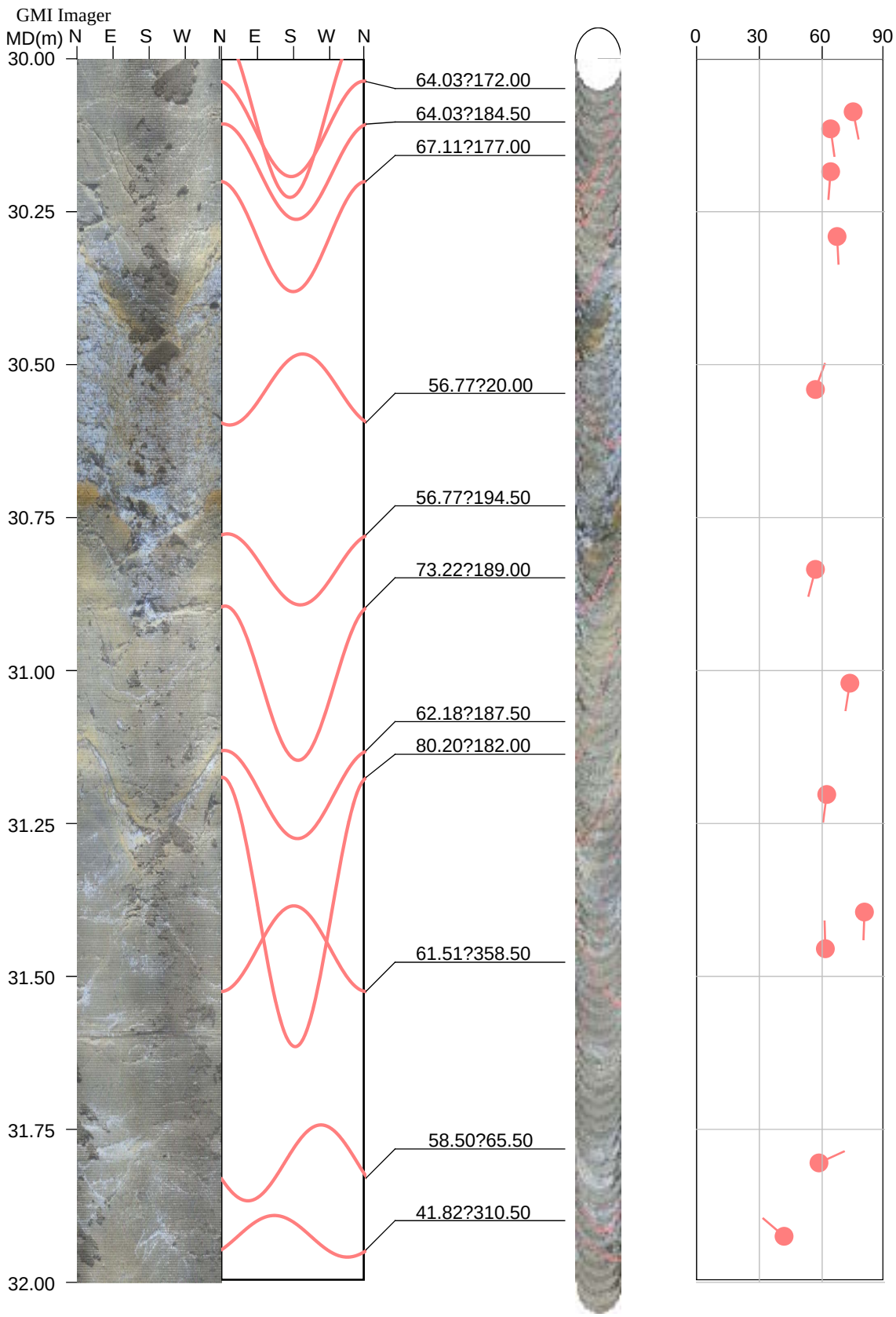
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 14/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



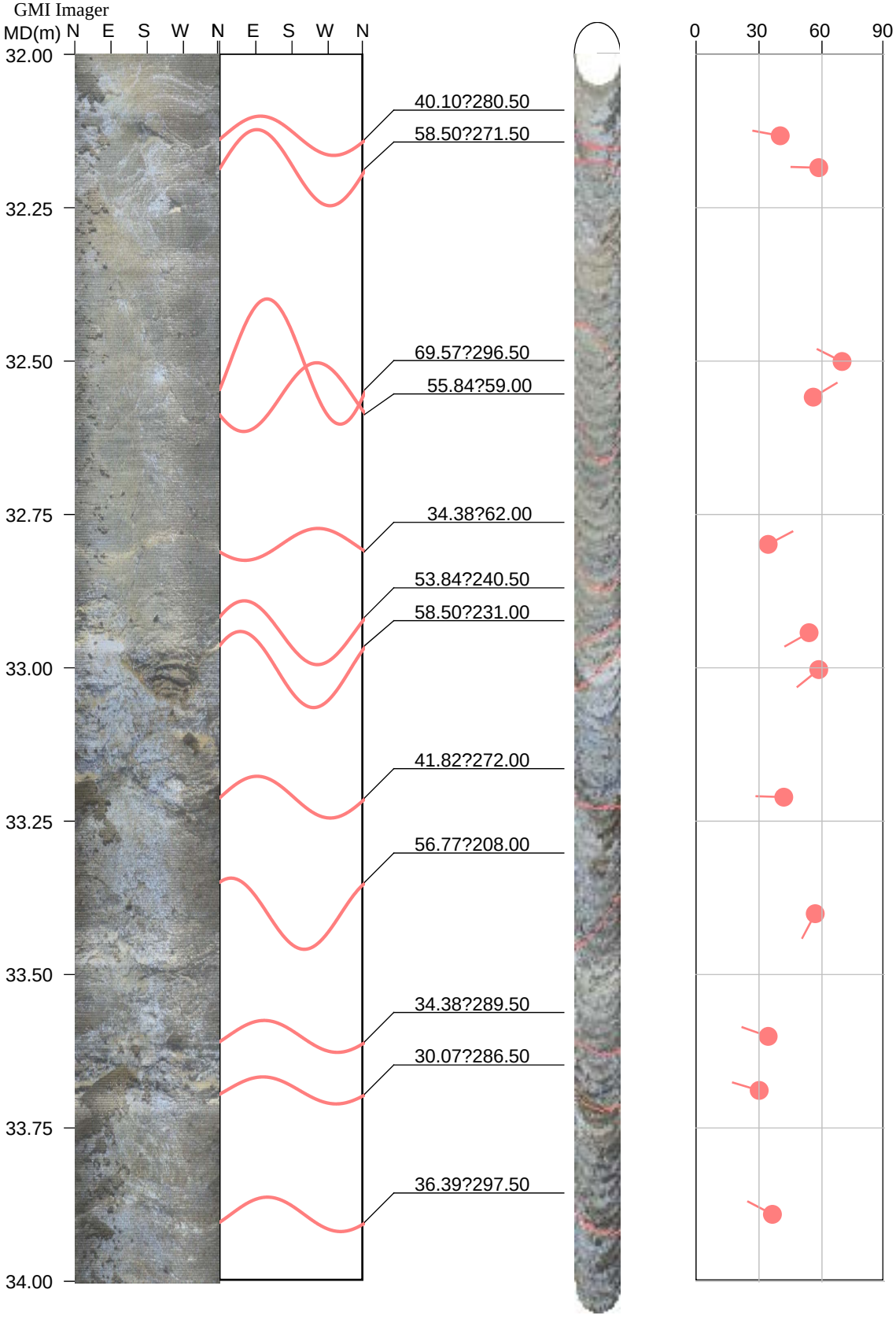
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 15/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

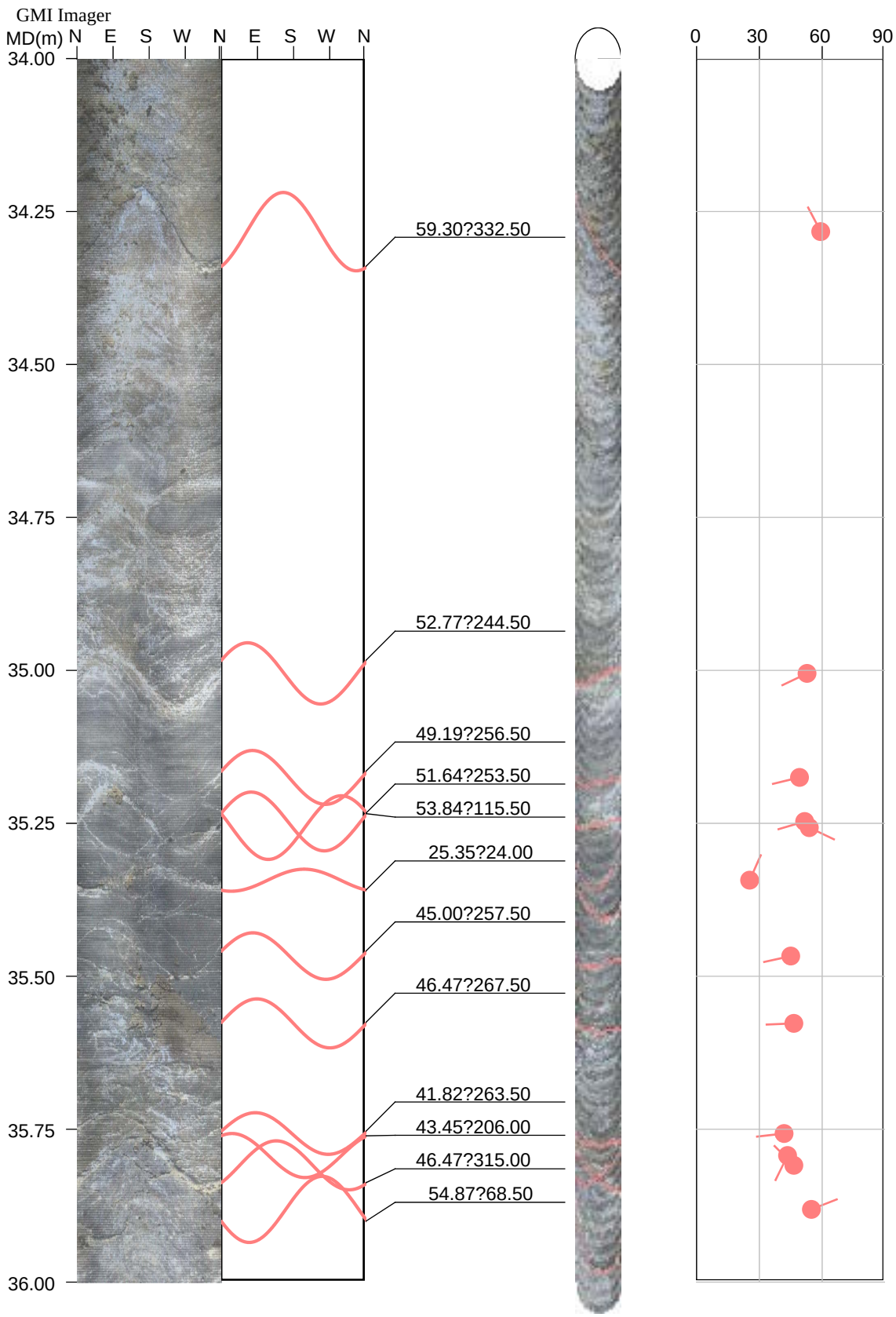


Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 16/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

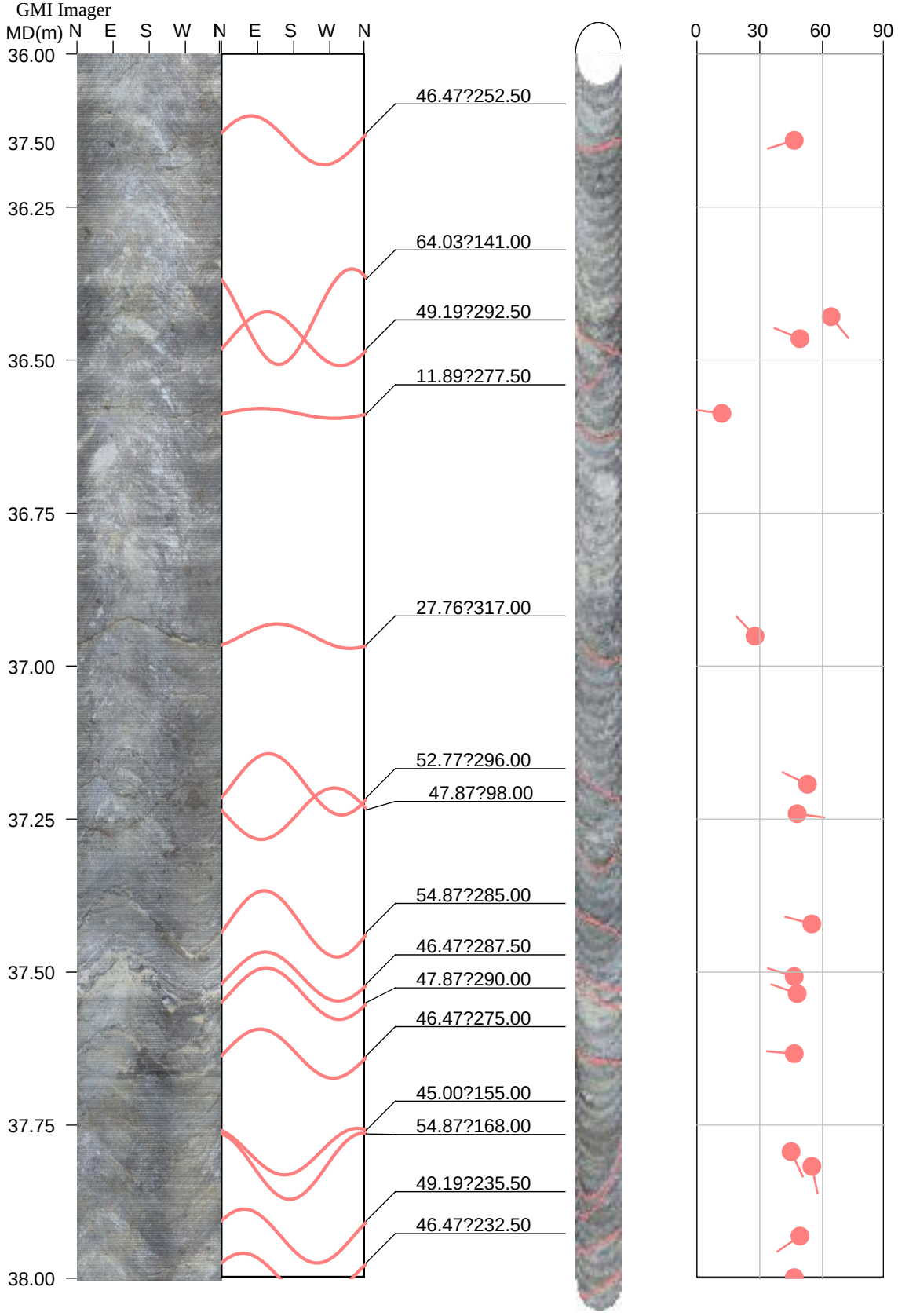


Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

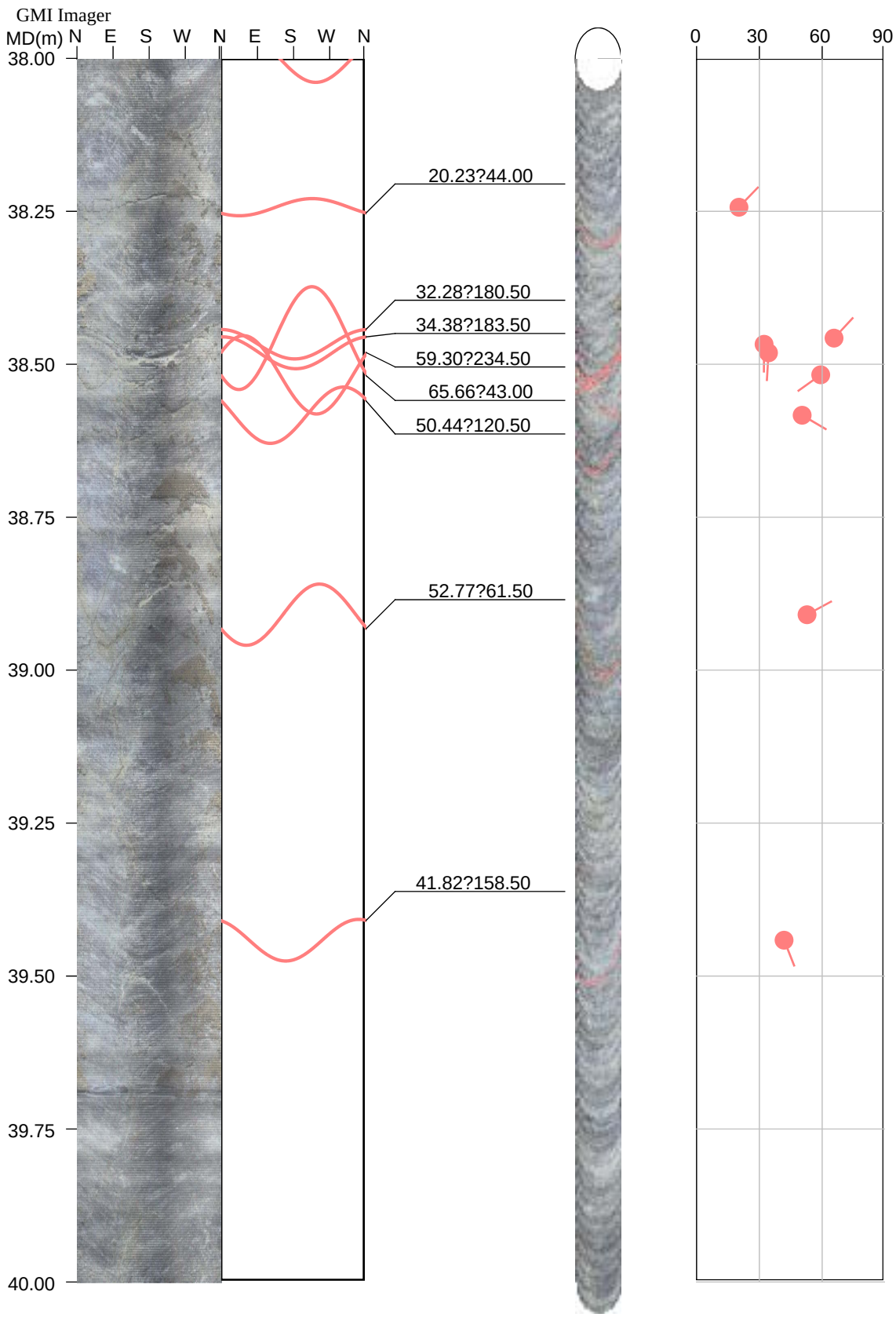


Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

GMI Imager

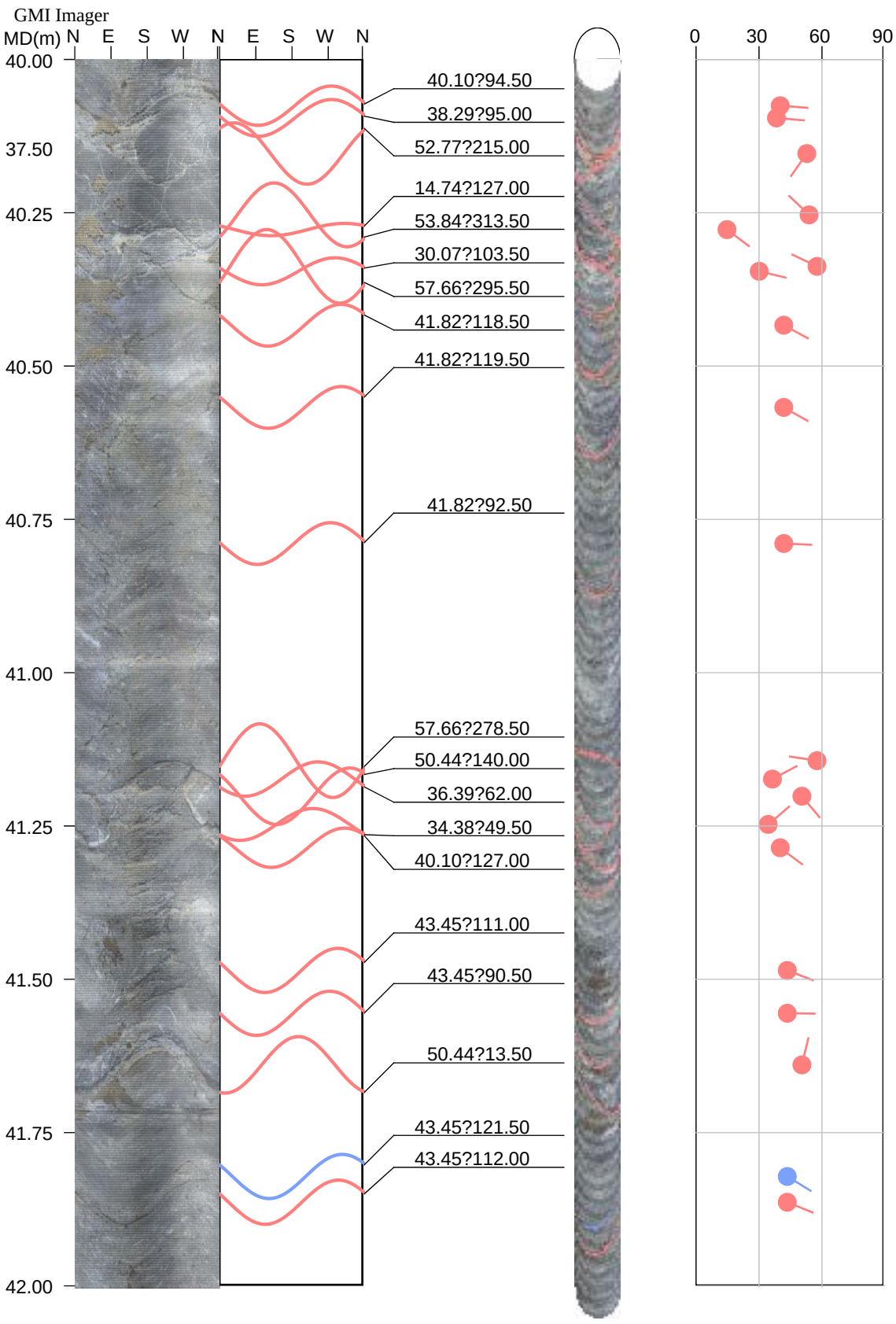


Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

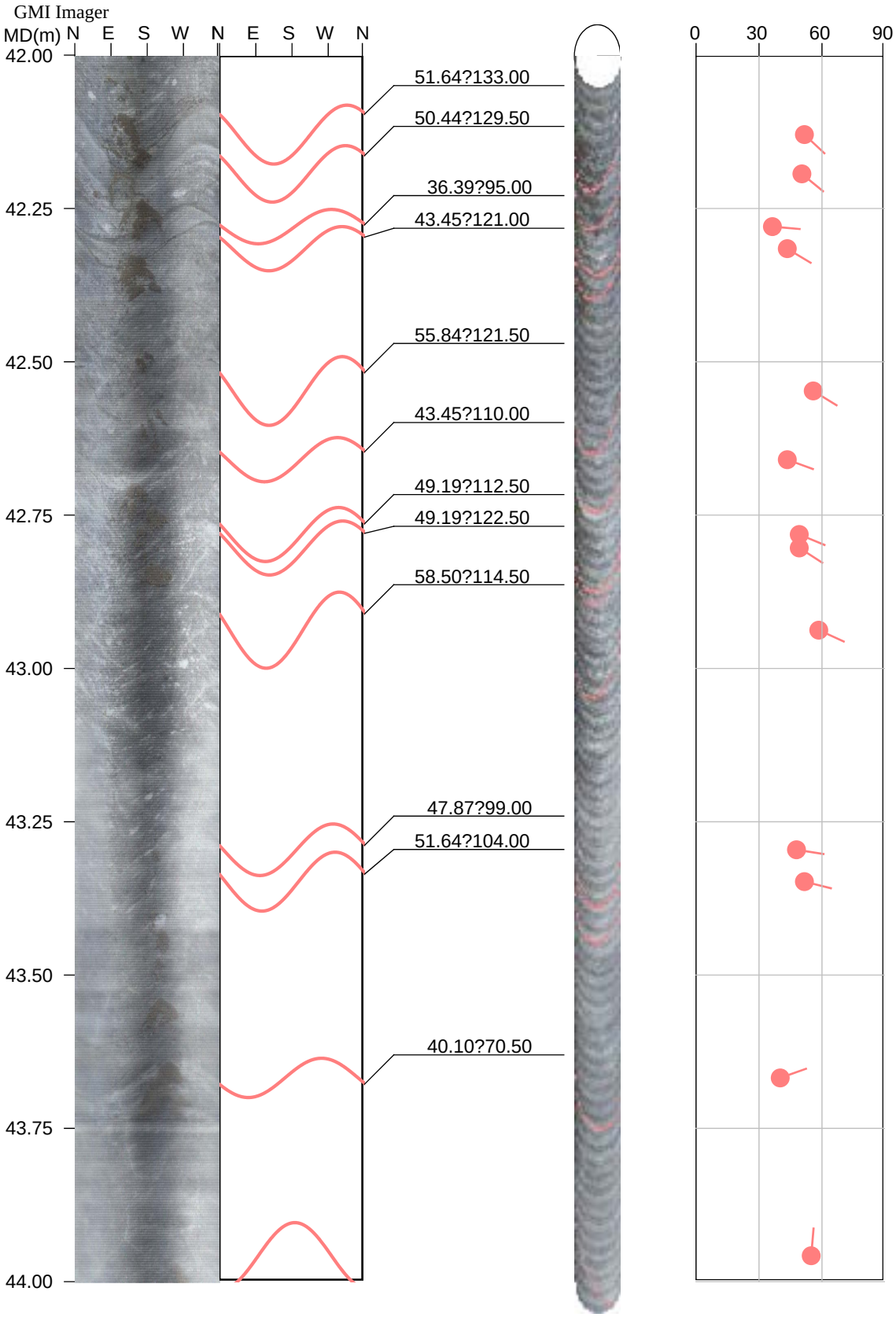


Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 20/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

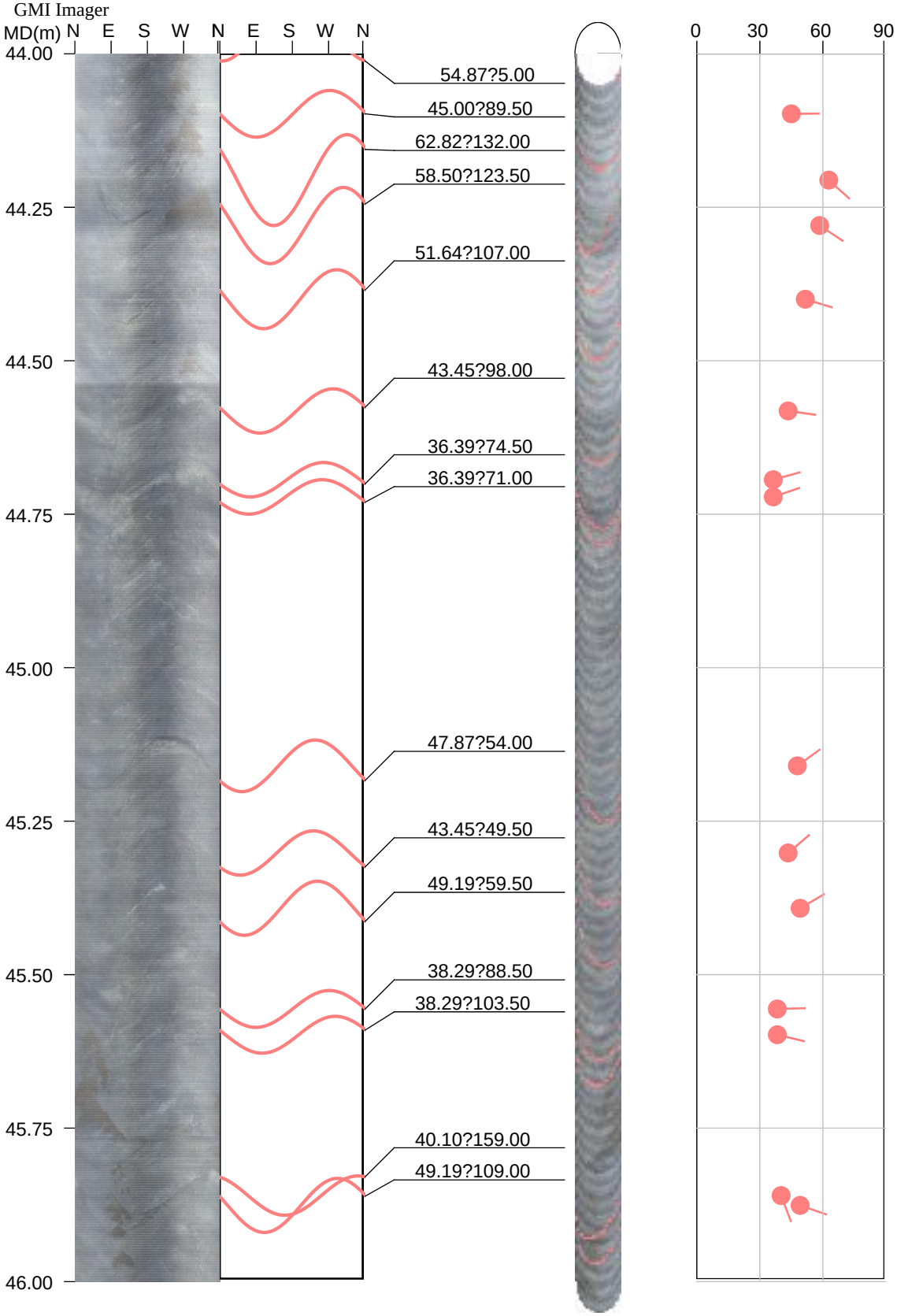


Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

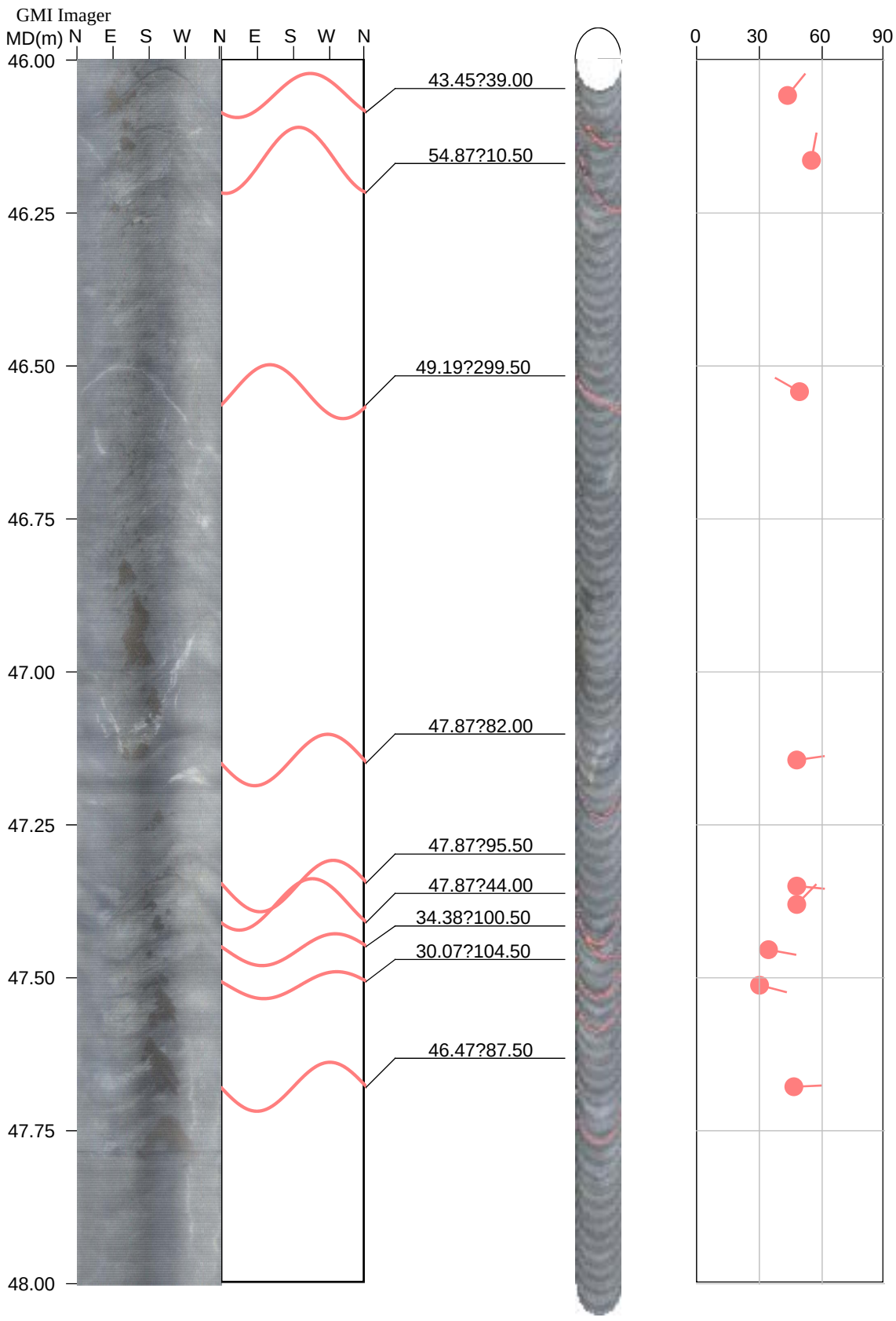


Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 22/30

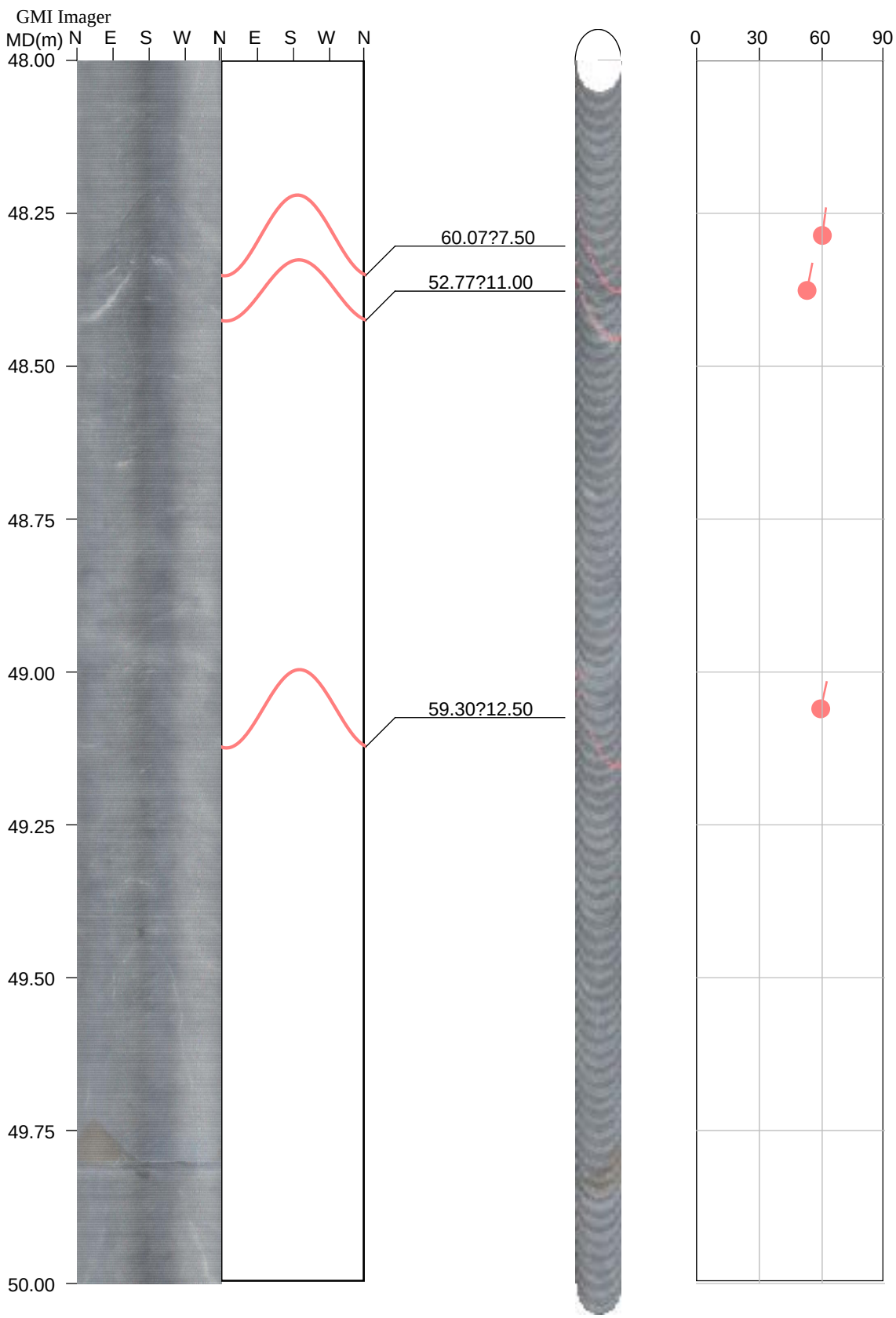
Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

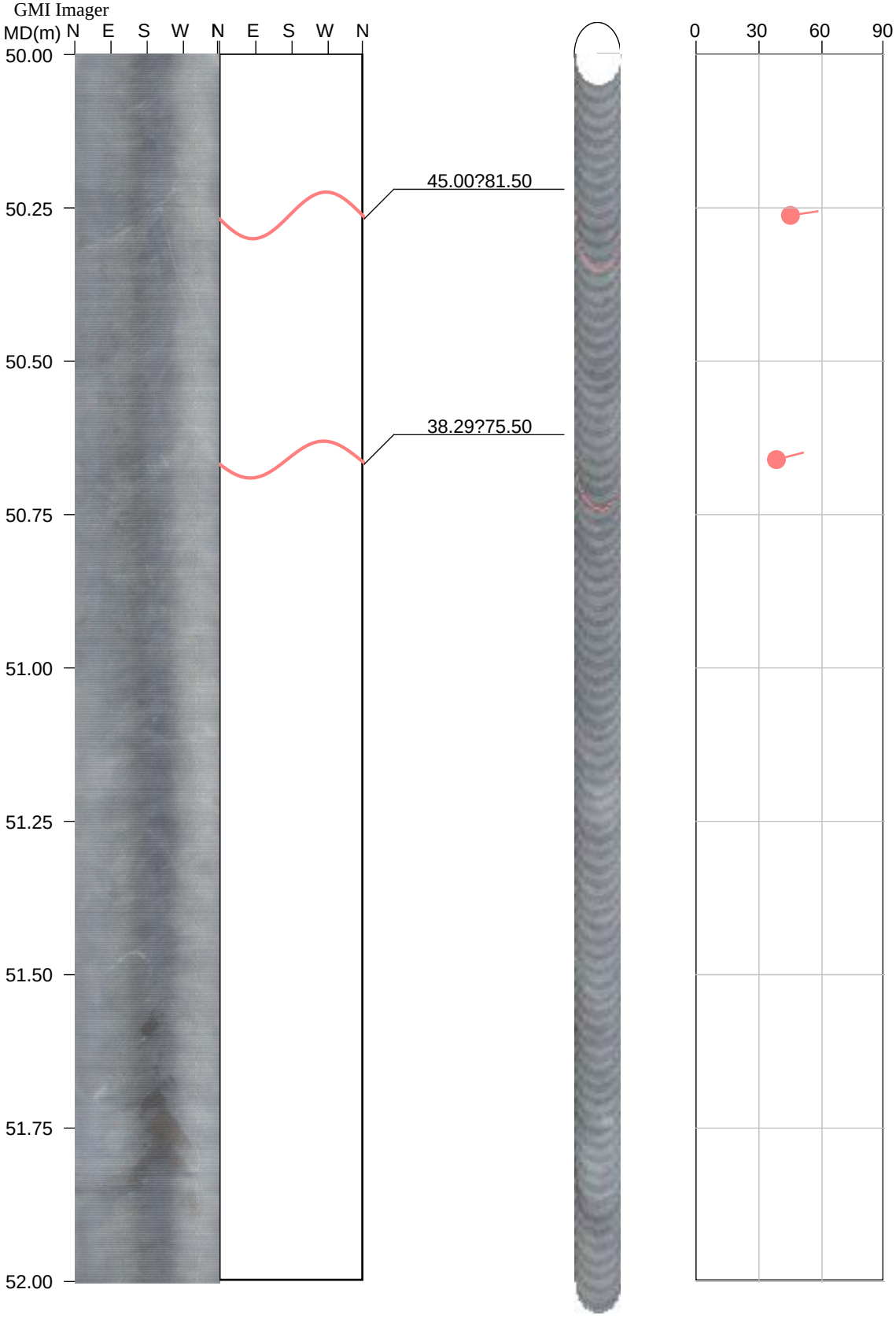


Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



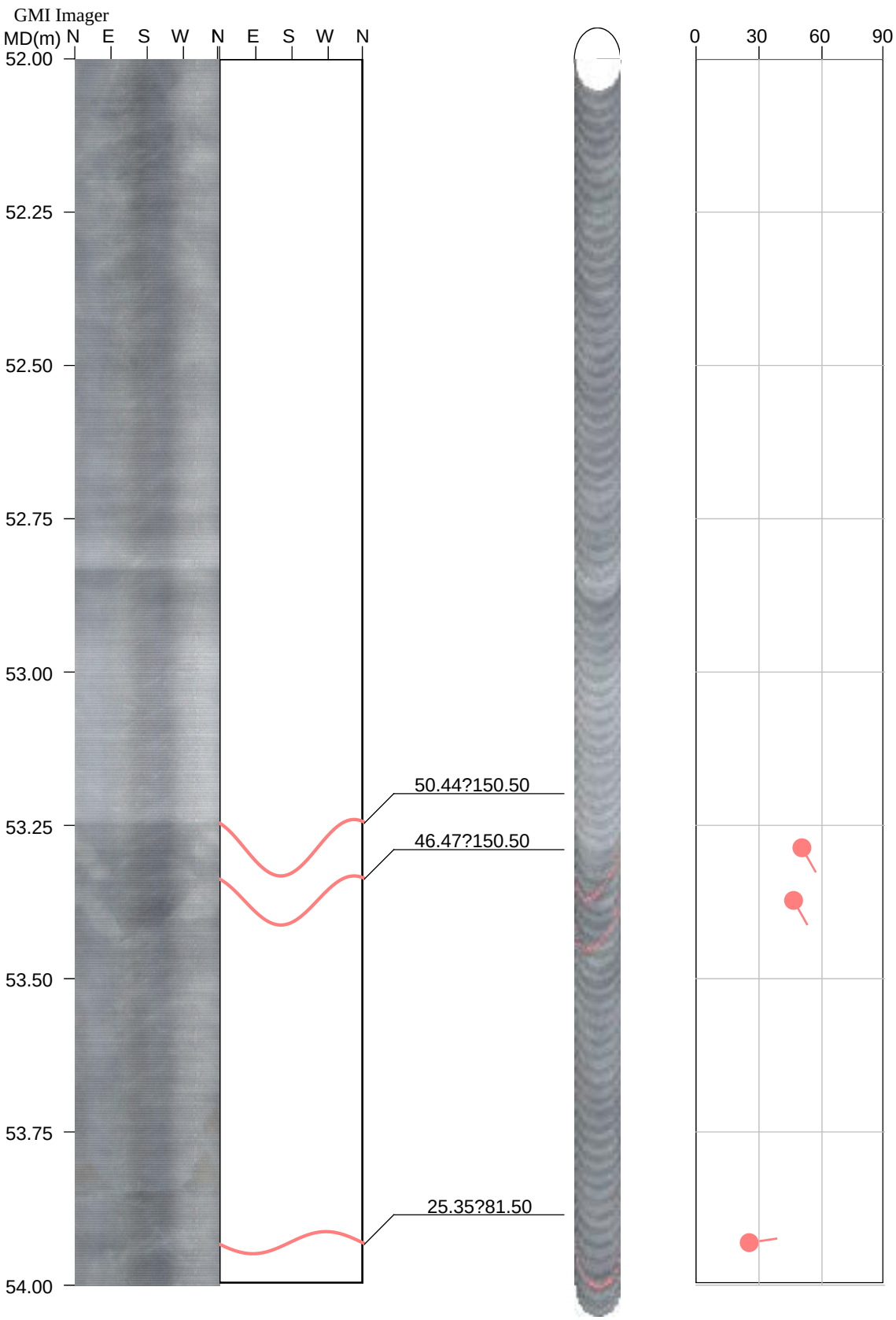
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 25/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



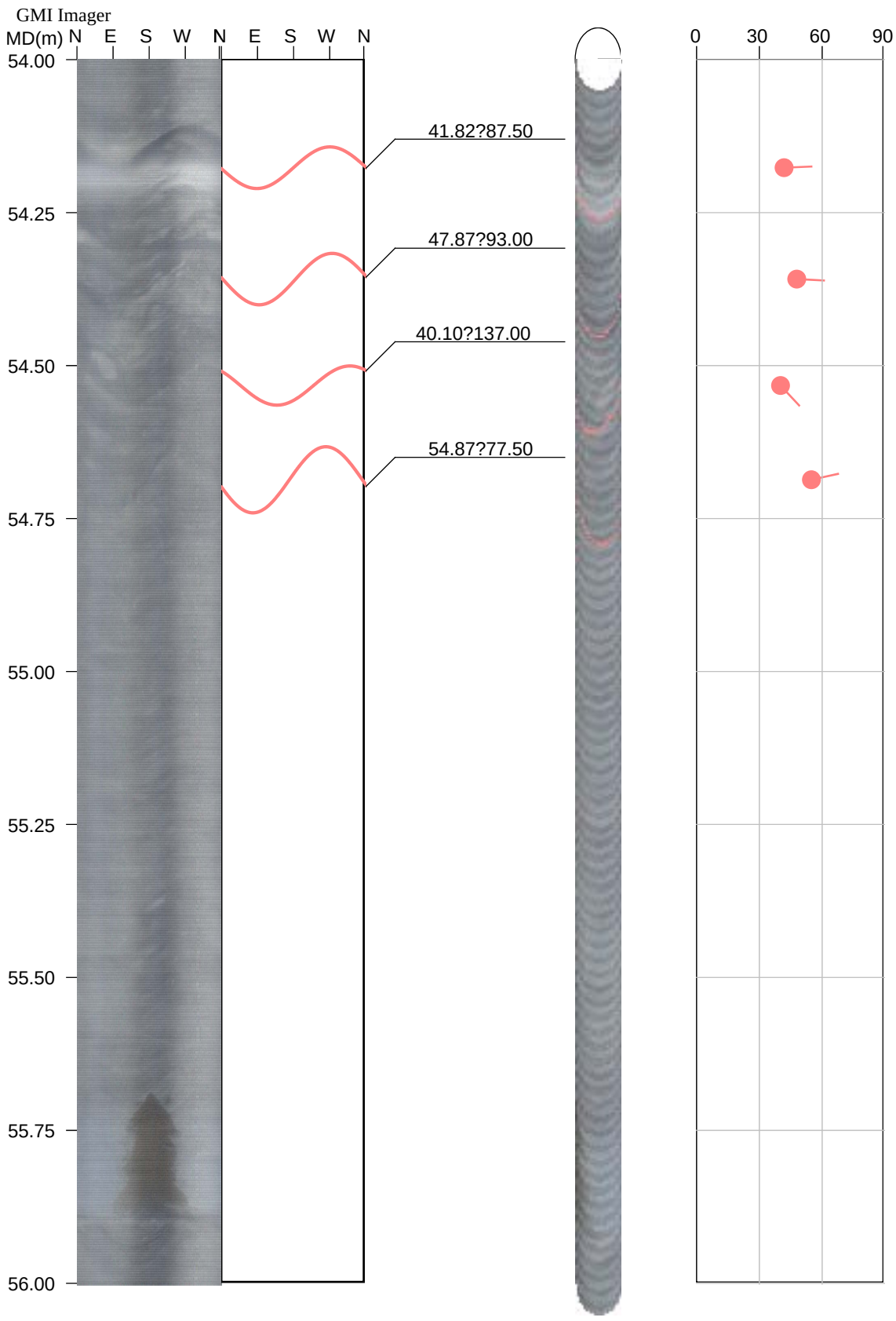
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 26/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



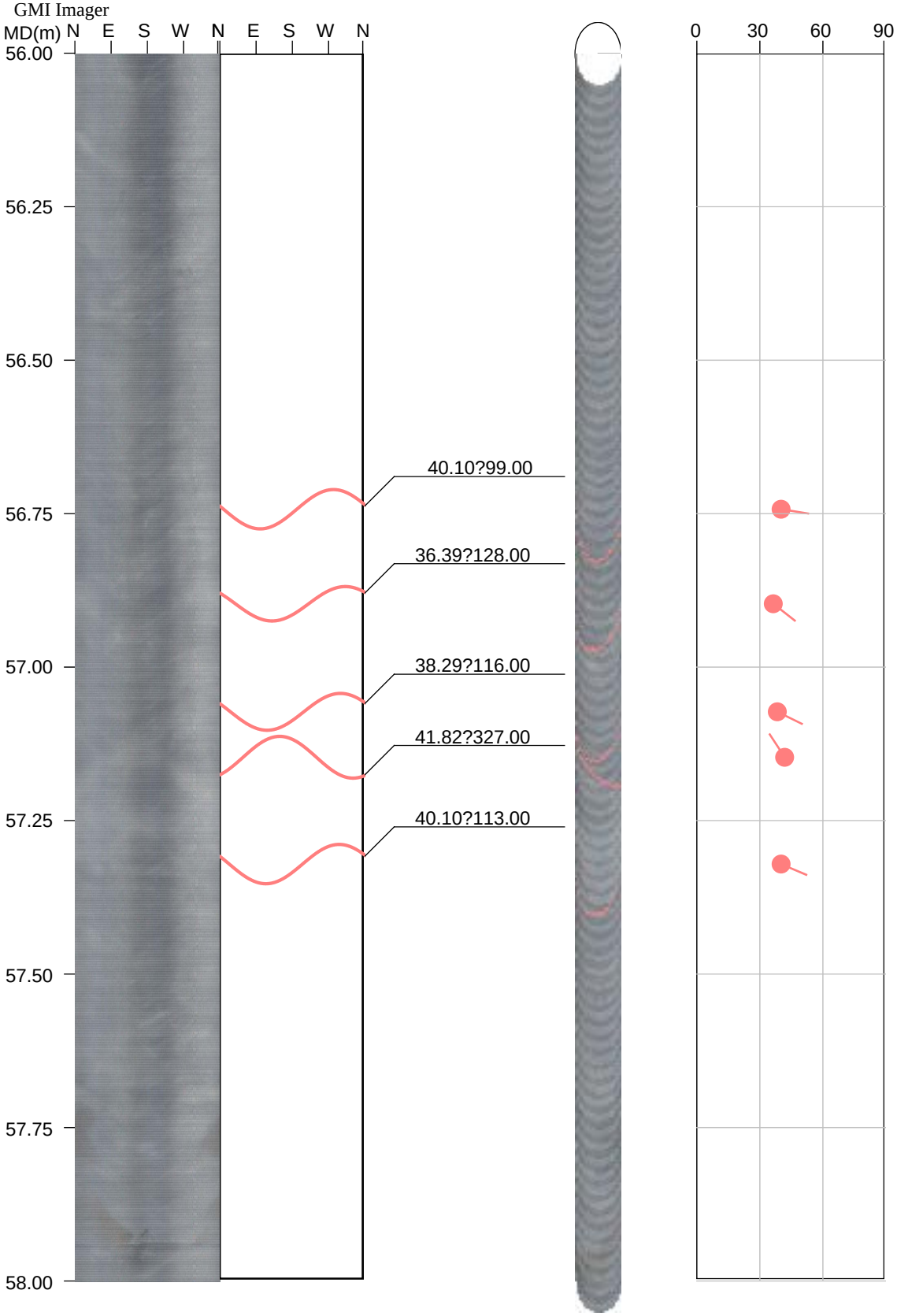
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 27/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



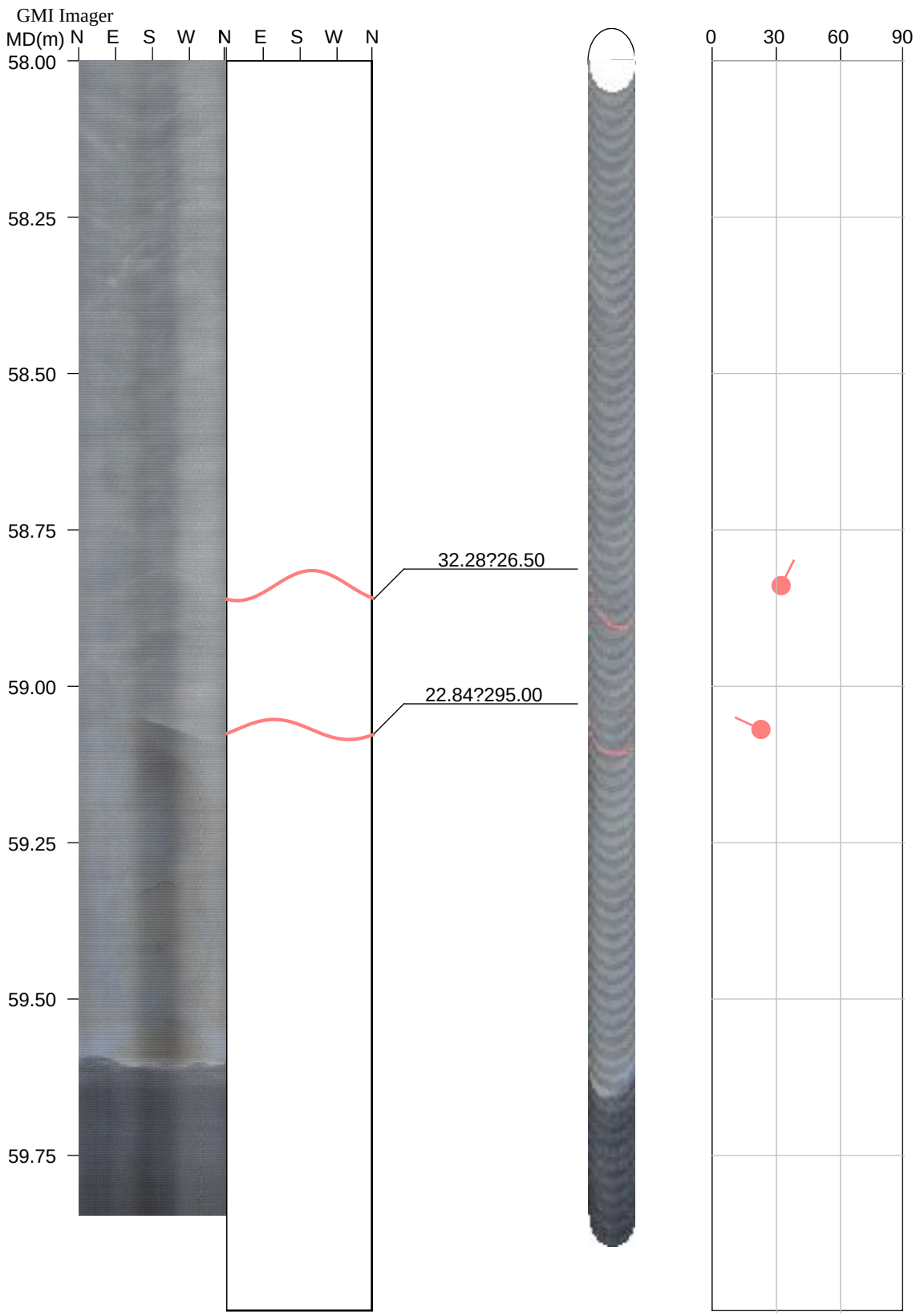
Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 28/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m



Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 29/30

Well Name:	NTB-20	Deviation dir:	0°
Well Location:	JEMULPO	Deviation deg:	0°
Log Date:	11/02/24	Depth Range:	0.000 - 59.844 m

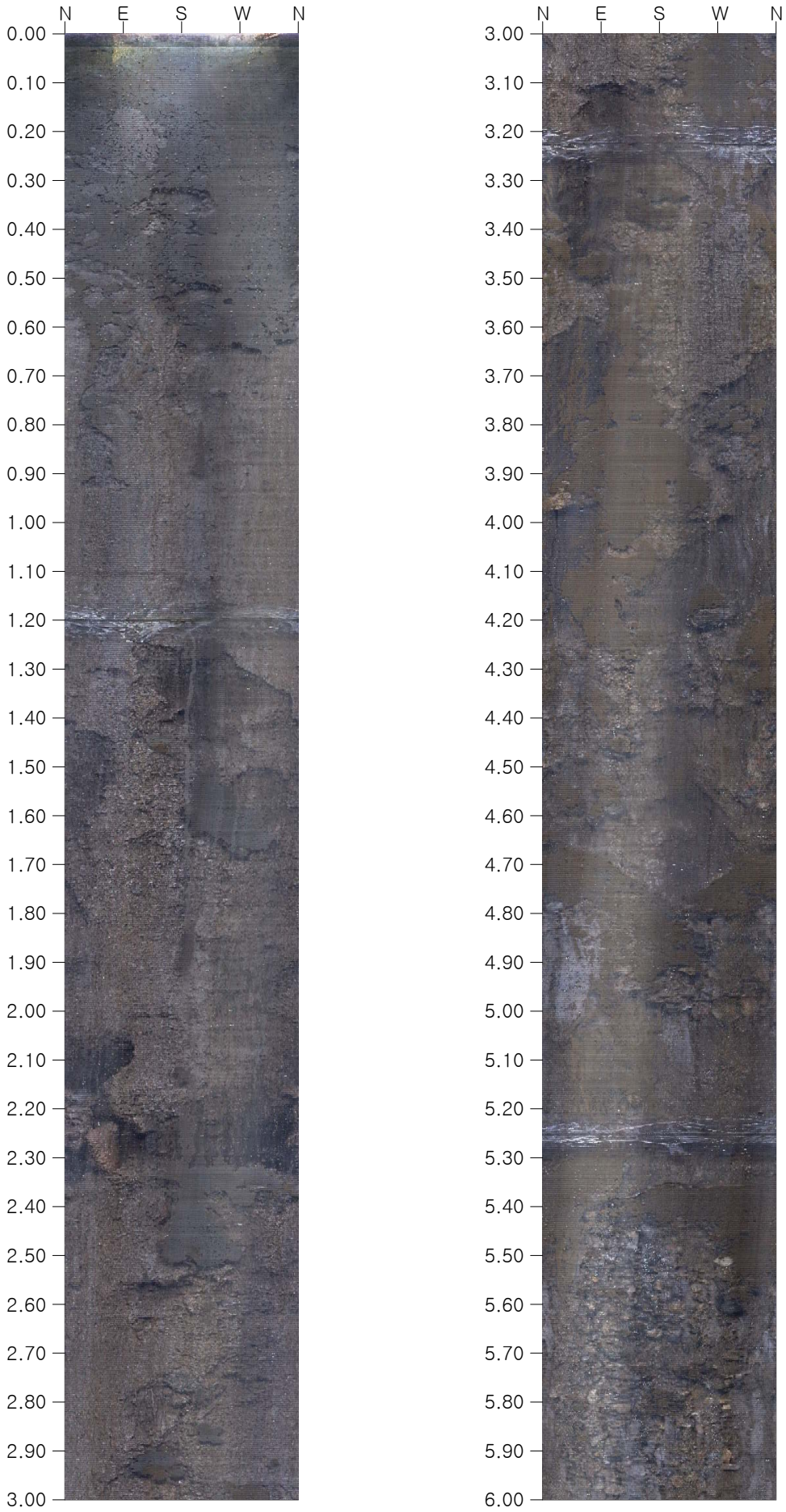


Scale: 1/9.7 Aspect Ratio: 1/1 Page: 30/30

SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 0.000 m - 6.000 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-21
DIAMETER : 76 mm

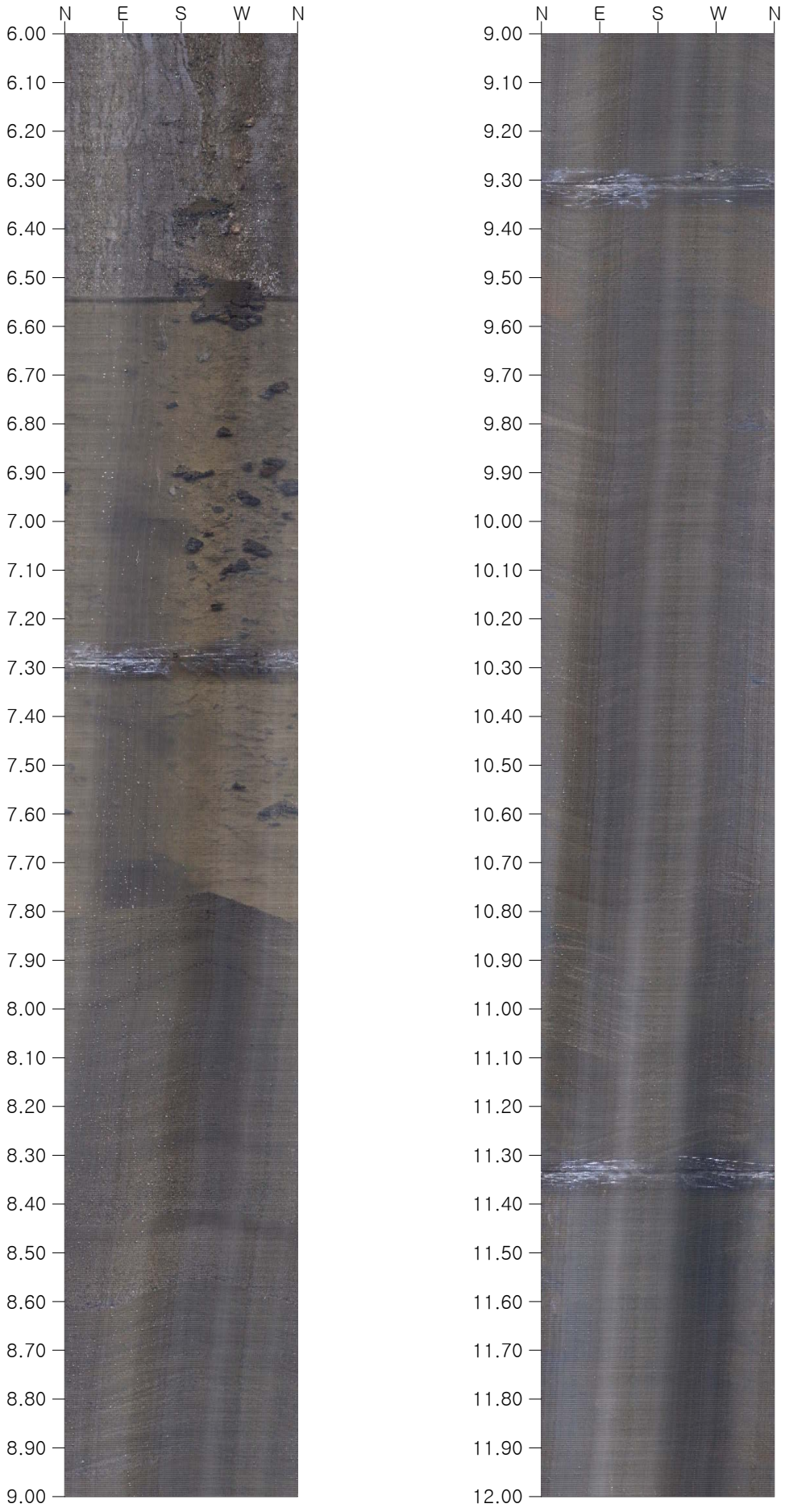
SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m



SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 6.000 m - 12.000 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-2
DIAMETER : 76 mm

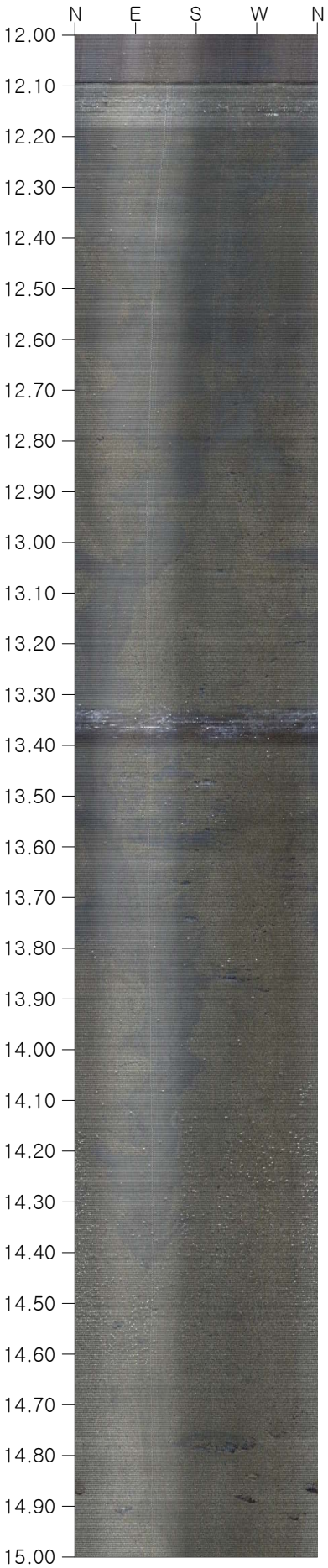
SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

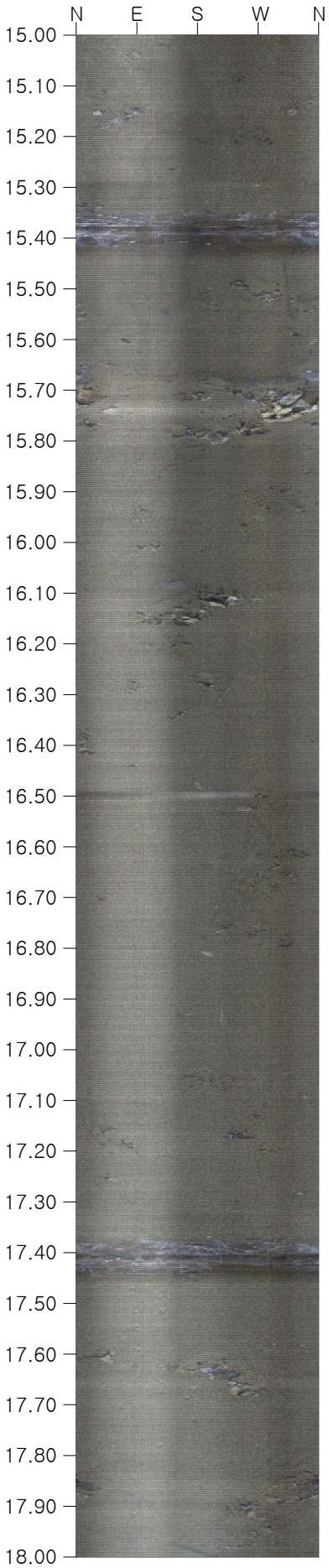


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 12.000 m - 18.000 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-21
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

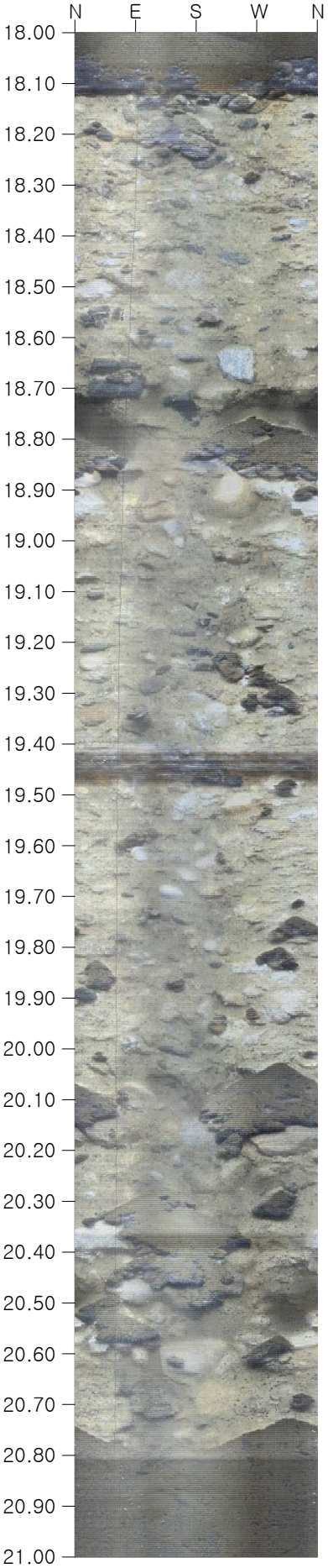


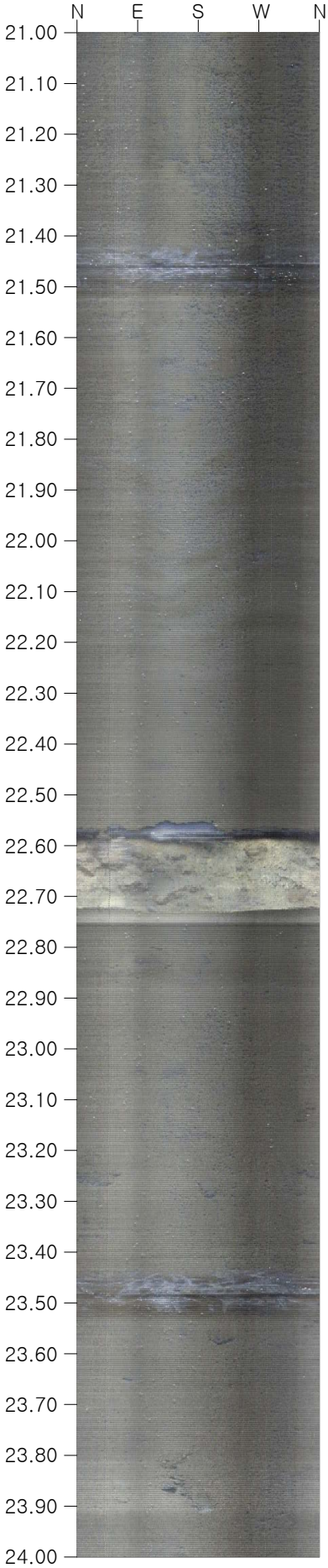


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 18.000 m - 24.000 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-2
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

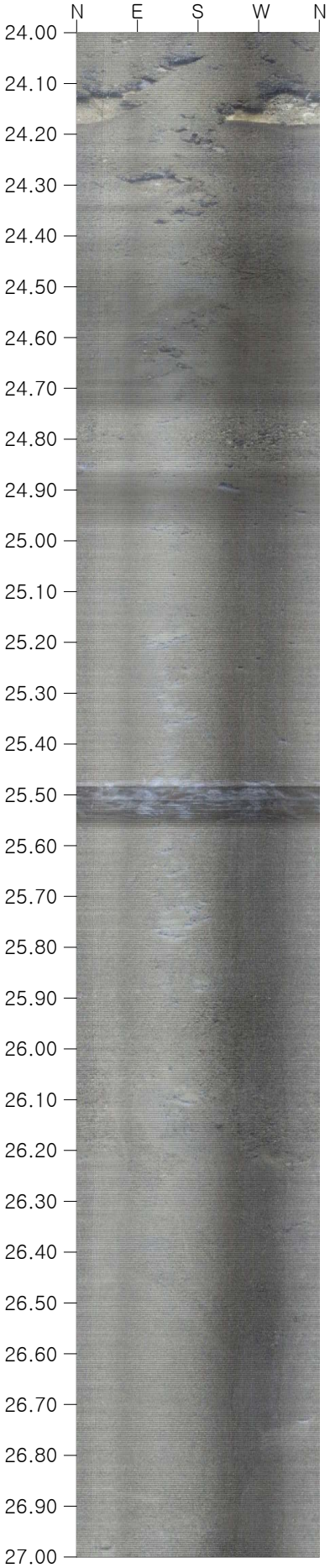


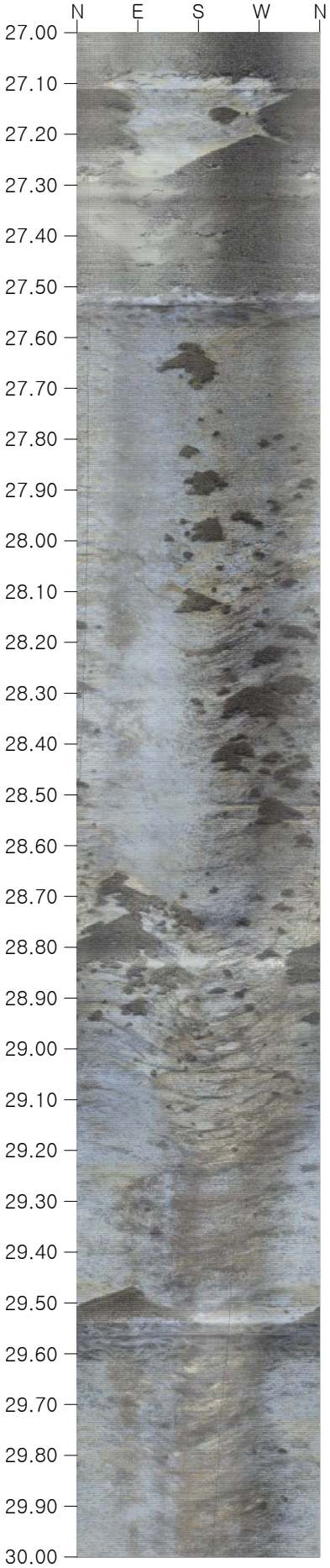


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 24.000 m - 30.000 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-21
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1 / 12.5
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

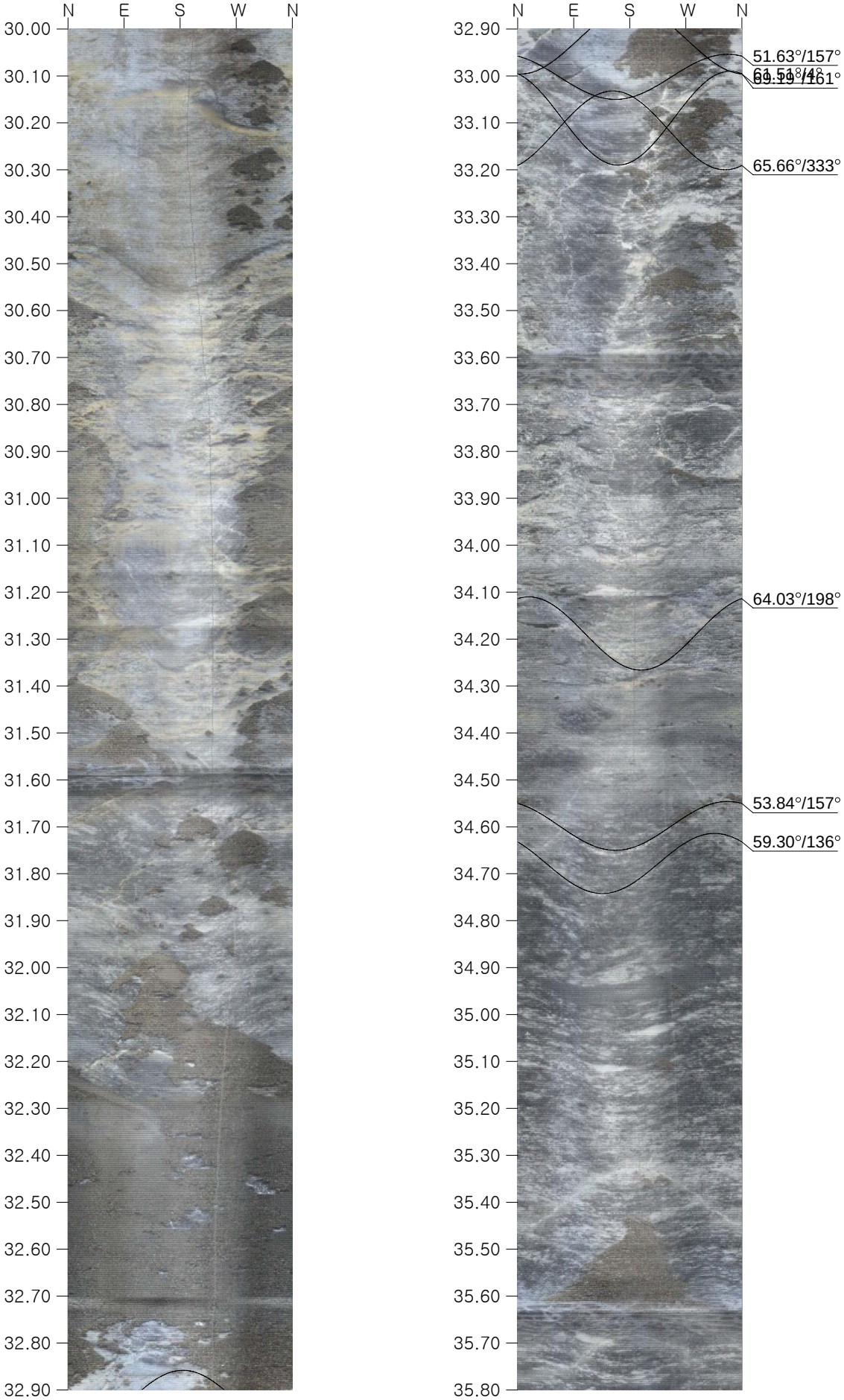




SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 30.000 m - 35.800 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-21
DIAMETER : 76 mm

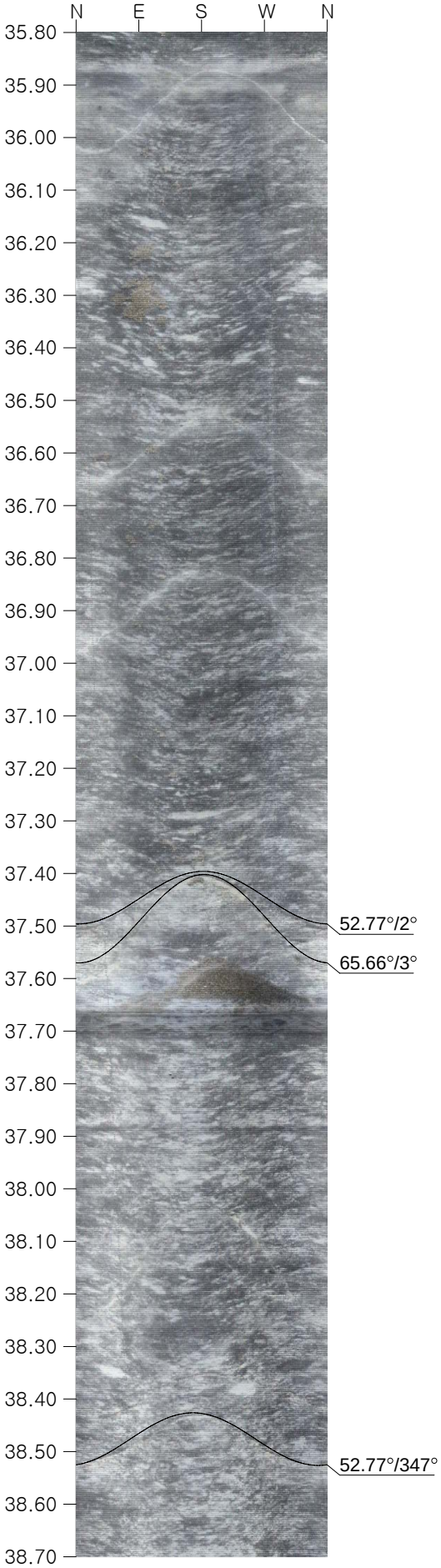
SCALE : 1/12
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

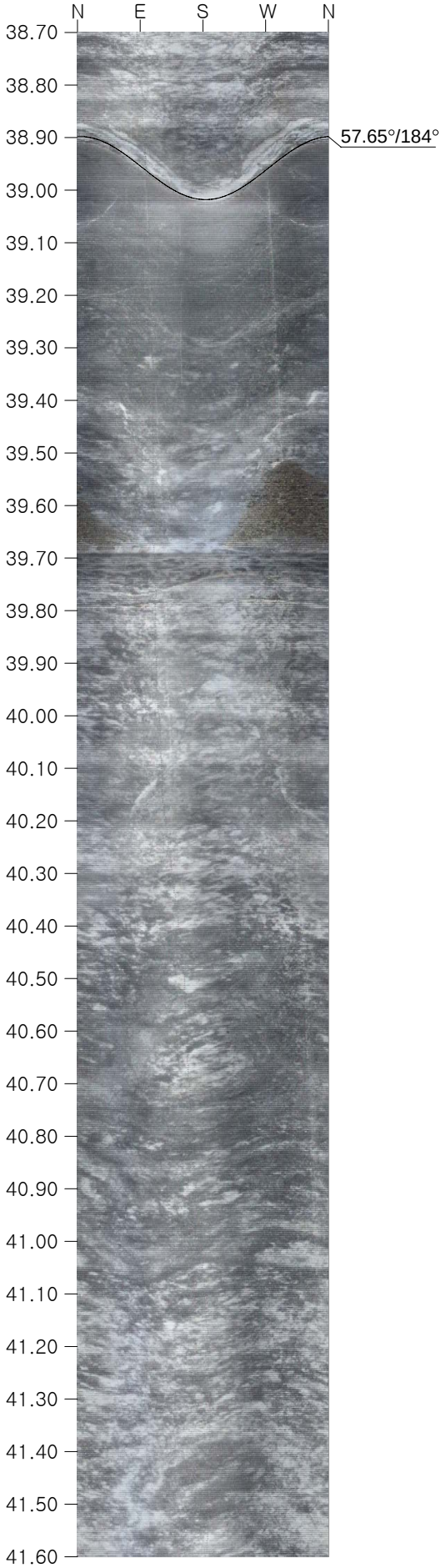


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 35.800 m - 41.600 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-21
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1/12
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

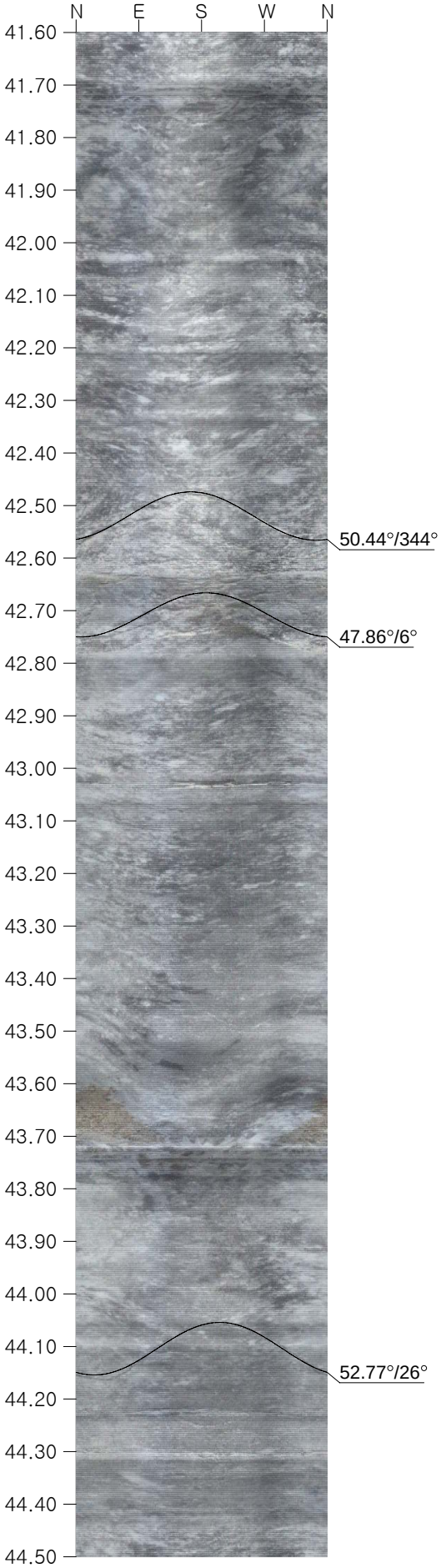


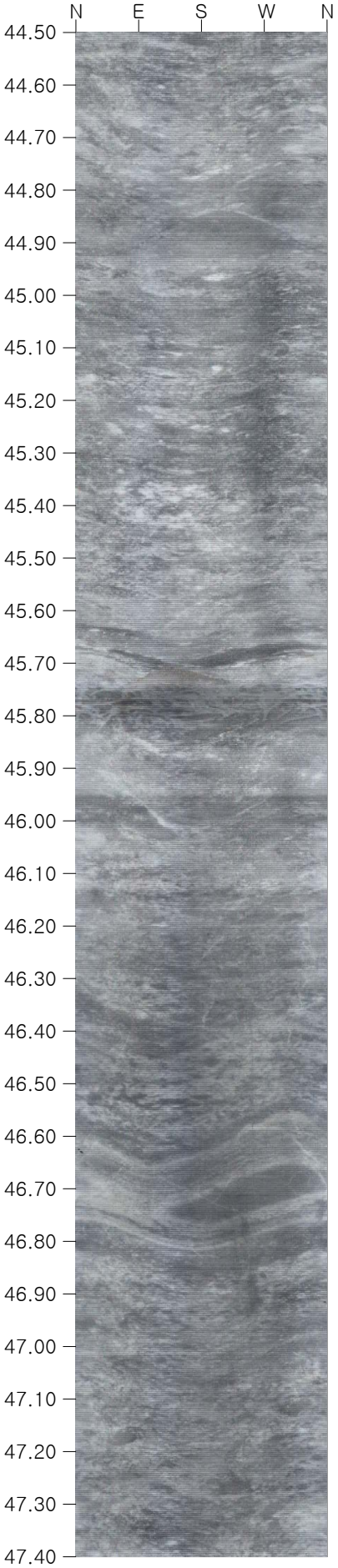


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 41.600 m - 47.400 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-21
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1/12
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

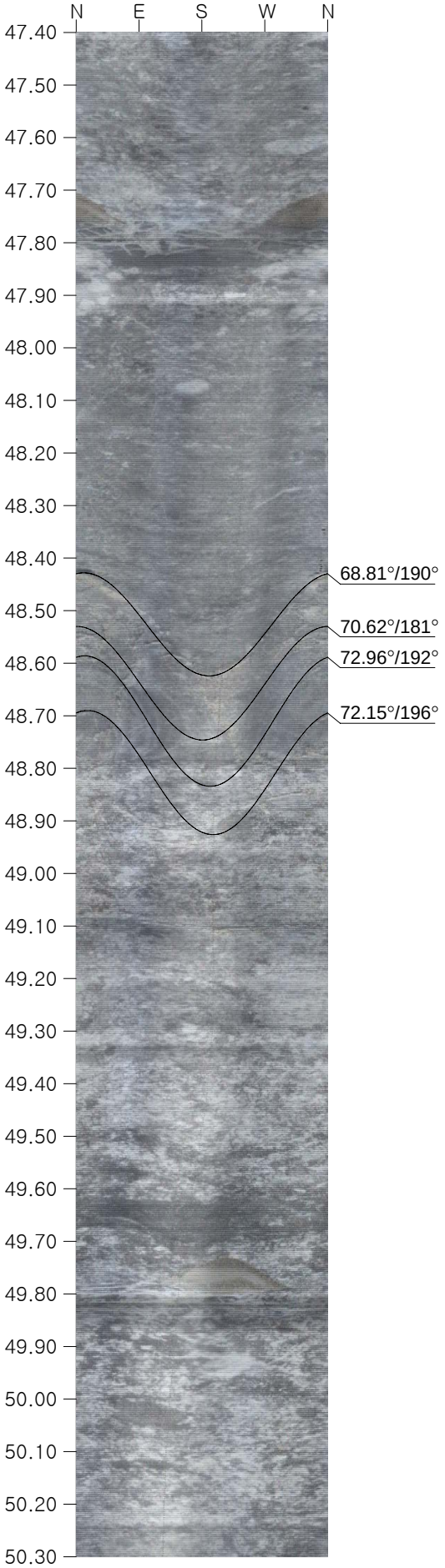


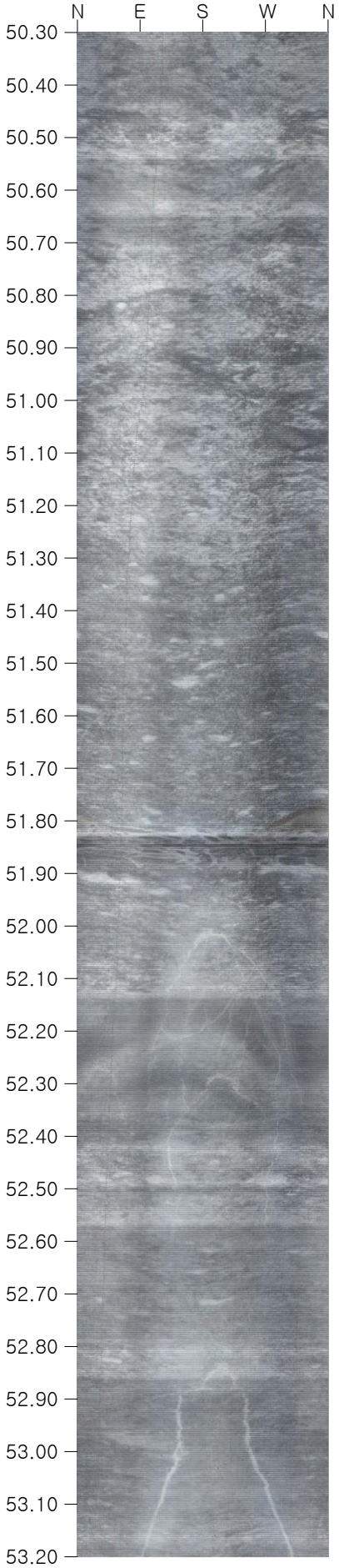


SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 47.400 m - 53.200 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-21
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1/12
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m

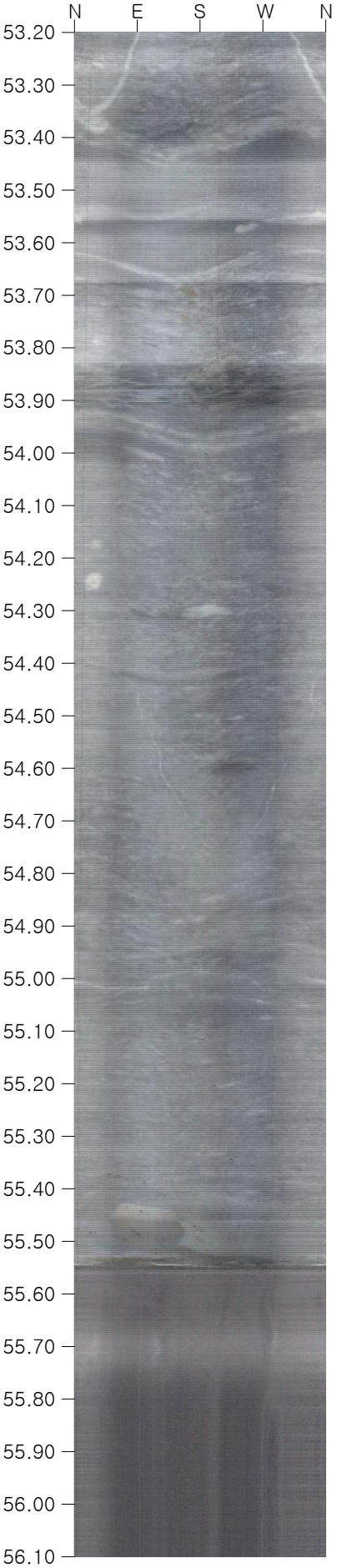




SUBJECT : NonTitle
LOCATION : SEOUL
DEPTH RANGE : 53.200 m - 56.156 m

DATE : 11/03/24
WELL NAME : NTB-21
DIAMETER : 76 mm

SCALE : 1/12
ASPECT RATIO : 2:1
TICK INTERVAL : 0.1 m





제 1 장 시 험 개 요

1.1 사업명

• 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계

1.2 탐사목적

• 지하암반에 대한 불연속면의 상태 및 방향성 확인은 일반적으로 시추코아에 의존한다. 그러나 이 같은 방법은 시추장비의 성능, 시추자의 숙련도에 따른 암질상태 및 코아 회수율 등이 달라질 수 있으므로 원지반의 암반상태를 상세히 파악하는데 어려움이 있다. 따라서 이 같은 문제를 보완하여 보다 상세한 설계자료를 얻기 위해 시추공내에 특수 Video카메라를 삽입하여 공벽을 촬영하는 TV검층으로서 시추공내에 모든 방향(360°)의 영상촬영이 가능한 소형 TV카메라를 삽입하여 시추심도 전체 구간에 대한 공벽 촬영을 수행한 후 이에 대한 영상자료를 해석함으로써 지하암반에 대한 보다 상세한 정보(균열의 크기, 방향, 충전물 성분 등)를 얻을 수 있다.
• 본 과업부지에 대한 암반의 상태를 확인하고자 시추조사공을 대상으로 공내의 암상변화 상태를 직접 영상으로 확인 할 수 있는 공내영상촬영을 실시하였다.

1.3 탐사위치

• 서울특별시 영등포구, 양천구

조사현황

공 번	굴진심도	조사심도	비 고
NNTB-3	67.0m	67.0m	
ATB-4	67.5m	67.5m	
ATB-6	78.0m	78.0m	
ATB-14	67.3m	67.3m	
ATB-18	56.0m	56.4m	
ATB-20	58.2m	58.2m	

1.4 탐사 기간

• 현 장 시 험 : 2013. 02. 24 ~ 2013. 03. 24
• 성 과 분 석 : 2013. 02. 28 ~ 2013. 03. 28
• 보고서 작성 : 2013. 03. 25 ~ 2013. 03. 28

제 2 장 공내영상촬영 방법

2.1 공내영상촬영 개요

- 시추공 내 공벽 영상촬영을 통해 지표면 하부 암반층의 파쇄대 및 불연속면의 방향, 경사, 균열정도와 같은 제반 특성자료 획득
- 비탈면 굴착시 불연속면을 고려한 파괴유형을 검토하여 설계 및 보강공법 선정

응용 범위

분 야	세부항목	자료의 이용
설 계 분 야	시추조사공	• 지하암반의 불연속면(층리, 편리, 절리, 단층, 암맥 등)의 분포상태, 균열 내 충전물의 유무, 균열의 벌어진 정도(Aperture)와 심도별 분포양상을 파악 • 시추코어를 보관하지 않고 시추공 영상자료를 Database화
	암반사면의 조사	• 비탈면의 안정성 분석 시 노두의 부족으로 불연속면에 대한 측정이 불가능할 경우 BIPS을 이용 시추공 영상촬영을 실시, 이를 분석하여 비탈면 설계에 이용 • UDEC 프로그램을 이용한 비탈면 안정성 분석 시 절리면의 간격, 절리군 등 필요한 입력치를 결정 • 절리군에 따른 시료를 채취하여 절리면의 강도정수를 구하여 안정성을 분석
	터널설계	• 터널구간의 지질 불연속면의 방향성, 간격, 충진물 등의 상태를 파악 • UDEC 프로그램에 의한 터널의 안정성 분석에 이용 • Block Theory에 의한 터널의 안정성 분석에도 이용
	암반분류시 이용	• 시추조사에 의한 코어에서 균열의 상태는 인위적인 균열이 발생하게 되어 RQD등의 왜곡이 발생 • 영상자료를 이용하여 RQD를 보정하여 줄 수 있으며, RMR 및 Q-System에 의한 암반분류 시 절리의 형태, 충진물의 종류, 균열의 벌어진 정도 등 BIPS에 의한 시추공 영상자료를 이용하여 정밀하고 객관성 있는 분류가 가능
시 공 분 야	이완영역의 파악	• 터널 및 비탈면 시공시 암반굴착 전의 지반상태와 굴착후의 지반상태를 측정하여 굴착 후에 발생한 암반의 균열을 파악, 굴착에 의한 이완영역을 추정
	그라우팅 확인	• 암반 내 그라우트의 주입 전, 후 균열의 상태(Filling material)를 측정, 그라우트의 주입효과 및 지반개량 상태를 확인
	현장타설말뚝 및 콘크리트 구조물의 골재분리현상 및 균열상태 측정	• RCD파일, 콘크리트 구조물 내에 시추공을 굴진하여 골재분리현상과 기초의 균열유무 확인

2.2 공내영상촬영 장비

구 분	장비명	규 격	제작사
Hard Ware	Geologger3 Probe Camera Winch Sheave Adaptor Box 삼각대	720Pixel 200m 1000	일본 OYO사
Soft Ware	GMI Imager		미국 GMI사

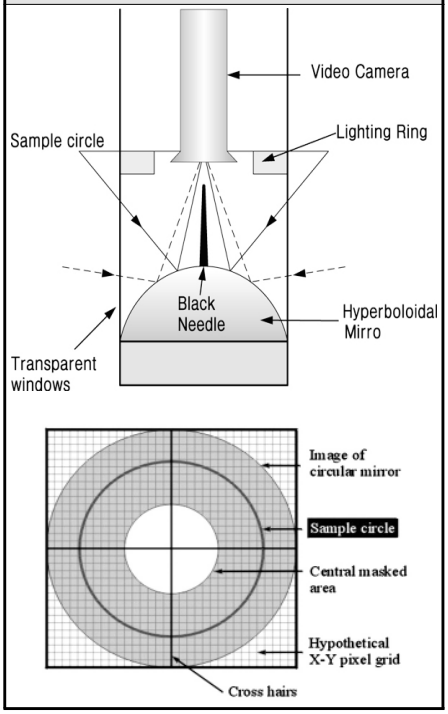
장비 사진



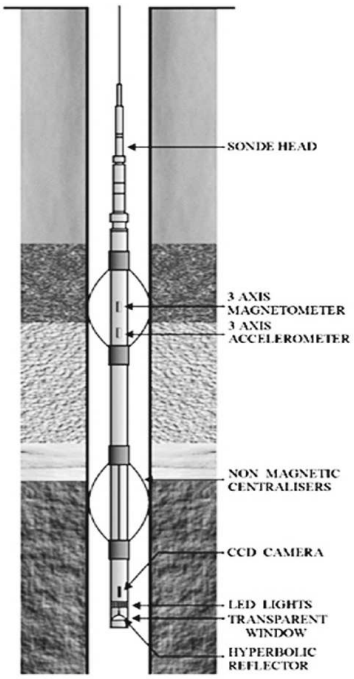
2.3 공내영상촬영 원리 및 방법

- 광학적 촬영방법으로서 광원과 Camera가 부착된 Probe를 시추공 내에 삽입한 후 Cone Mirror를 이용하여 공벽을 360° 촬영하며, 이때 자기센서가 내장되어 촬영 중 북쪽을 기준으로 촬영되며 심도 기록장치에 의해 촬영심도 기록
- 촬영된 기록은 Image Processing을 통해 처리하면 시추공벽에 나타난 지층면이나 절리면의 주향, 경사 및 균열의 간격 등 불연속면에 대한 정보를 입체적으로 파악

영상촬영 장비의 측정원리



모 식 도



영상촬영 결과



2.4 불연속면에 대한 표현방법

- 불연속면의 주향, 경사의 측정은 현장작업에서 광자기 Disk에 기록된 자료를 판독하여 실내해석 System의 Display상에 표시하고, 공벽과 접합선으로 보이는 일련의 지층면, 균열면을 마우스로 Pointing하여 불연속면의 주향, 경사가 계산됨
- 화면상에서 계산된 해당면의 주향과 경사는 Disk에 기록, 저장된다. 또한 같은 방법으로 개구폭도 2점간의 실거리로서 나타남

Aperture	Description	
〈0.1mm	Very tight	"Closed" features
0.1~0.25mm	Tight	
0.25~0.5mm	Partly open	
0.5~2.5mm	Open	"Gapped" features
2.5~10mm	Moderately wide	
〉10mm	Wide	
10~100mm	Very wide	"Open" features
100~1000mm	Extremely wide	
〉1m	Cavernous	

〈 ISRM(암반공학회) 〉

구 분	용 어	표 현	기 술
틈새 (Aperture)	Closed	Closed	1mm미만의 틈새를 가지거나 완전히 닫혀 있음
	Open	Open	1mm이상의 틈새를 가지고 있음
	Mineral Filling	Min Fil	틈새에 다른 광물질이 채워져 있음
	Weathered	Weat	틈새가 풍화되어 황갈색을 띰
불연속면의 형 성	Natural Fracture	Nat Frac	자연적인 원인으로 인하여 깨진 틈
	Induced Hydraulic Fracture	Hyd Frac	인위적 또는 수압에 의해 깨진 틈
불연속면의 분 류	Joint	Joint	암석 내에 갈라진 틈, OBI화상에서는 틈이나 선으로 나타남
	Fault	Fault	미끄러진 흔적, 단층조선이나 단층활면 등이 나타남
	Sedimentary Structure	Sed Struct	퇴적암의 층리, 화성암에서 보여지는 유동구조, 변성암의 편리구조 등
불연속면의 모 양	Undulated	Undu	불연속면이 파상의 모양을 갖는 경우
	Irregular	Irreg	불연속면이 sin곡선과 완전히 일치하지 않는 경우
충진물	Clay gouge	Clay gouge	갈라진 틈새에 점토물질이 충진되어 있는 경우
	Breccia	Brec	불연속면의 갈라진 틈 사이에 각진 암편이 포함된 경우

2.5 해석과정

전개 화상

• 측정 시추공에 관하여 공벽 전개화상 및 사진(Color Hard Copy)을 작성한다. 전개사진은, 사진의 중앙이 진북 또는 공벽의 상부를 표시한다. 양단이 남쪽 방향 또는 공벽의 하부를 보여줌

측정 자료

• 공벽 전개영상에 의해 얻어진 불연속면의 분포심도, 주향경사, 불연속면 형태의 구분, 개구정도 등의 정보를 아래와 같이 정리함

구 분	설 명
분포심도	• 각 면요소와 공벽에 나타난 균열 등 접합선의 각 심도점을 기록한다.
주향/경사	• 시추공 전개면의 50%이상 연속한 면요소에 관하여 계측을 실시하며 파쇄대 등 어느 정도 두께를 가지는 면요소에 관하여는 그 상단, 하단면의 주향경사를 계측하여 표기한다.
면요소	• 초생구조(Primary Structure) : 퇴적암의 층리, 화산암이나 심성암 등에서 보이는 유동구조, 변성암에서 보여주는 편리구조 등. • 개구균열(Open Joint) : 1.0mm이상의 개구성이 인지되고 개구폭 측정이 가능한 것. • 미세균열(Hair Crack) : 전개화상에서 나타나는 균열의 개구성이 1.0mm미만인 것. • 파쇄부(Fracture Zone) : 파쇄부(대) 또는 단층의 상부, 하부로 구분. • 광물맥(Mineral Vein) : 석영, 방해석 등으로 구성된 광물맥 또는 암맥.
개구도	• 공벽면에서 면요소와의 접합선(절단면)의 최대 경사 부분의 폭을 측정하며 요철이 보이는 것에 관하여는 수개점의 평균을 취한다.
형태 및 상태	• 면요소의 상태구분에 따라 세분류 등을 기재한다.

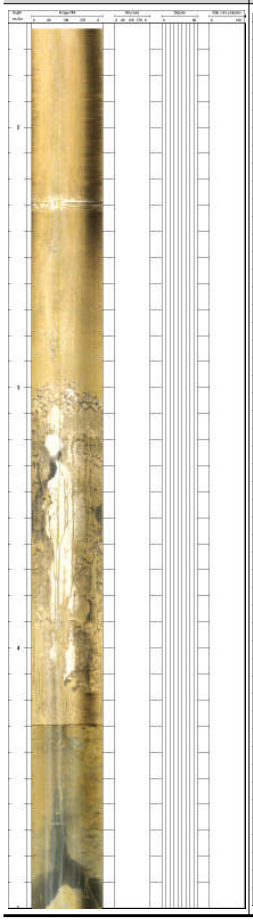
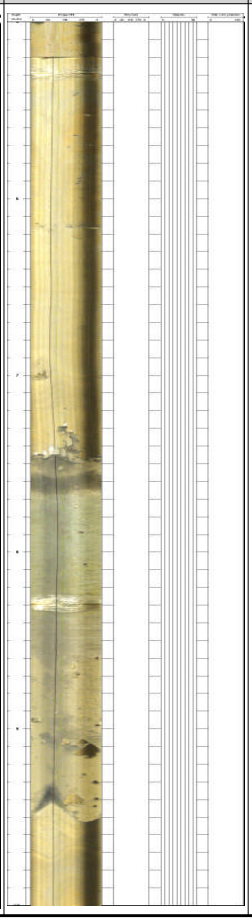
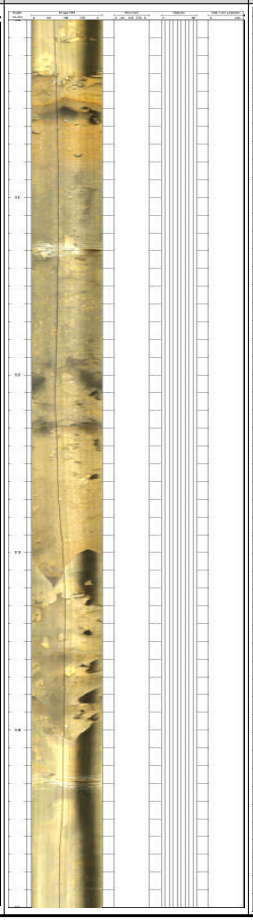
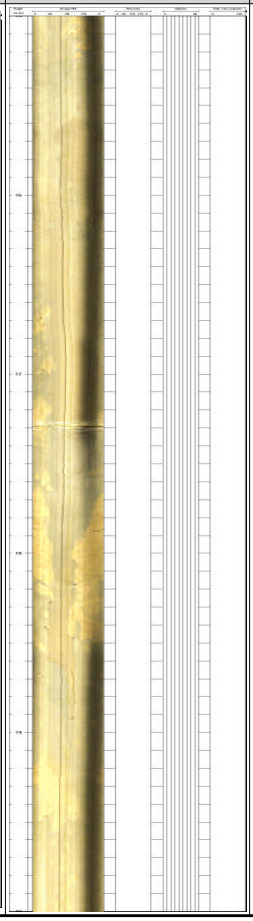
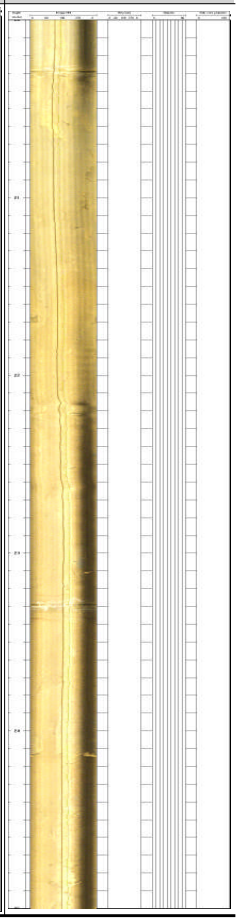
평사투영해석

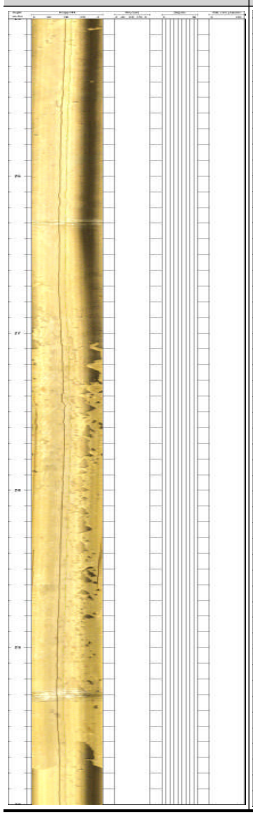
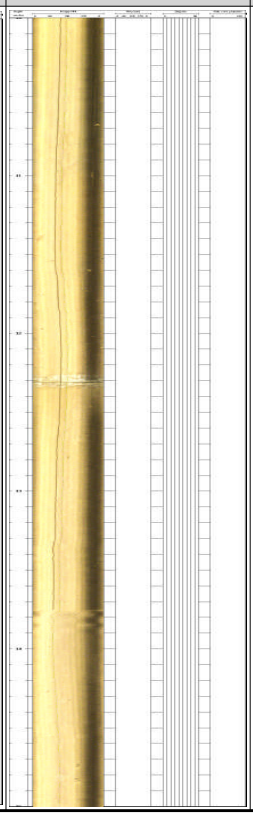
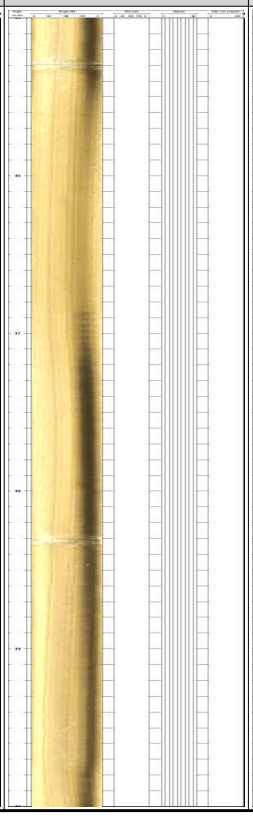
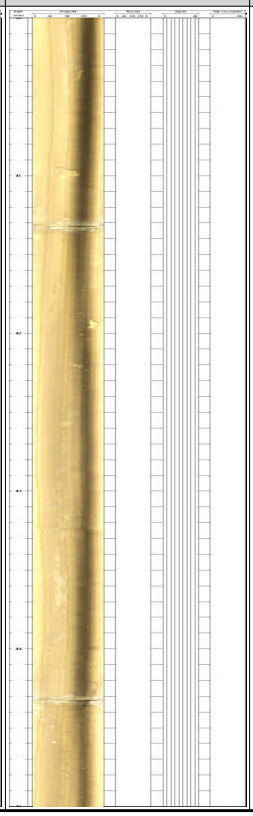
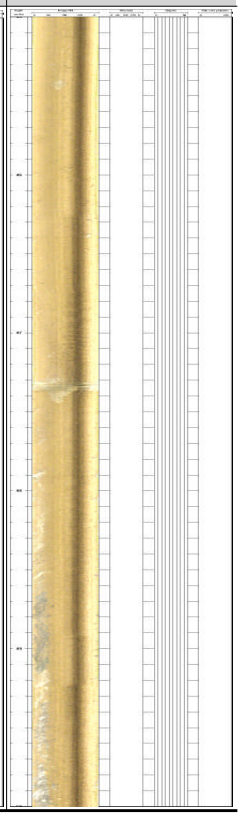
• 화상 해석결과로 저장된 자료로부터 Stereonet(Schmidt net 하반구)에 면구조를 투영, 해석함

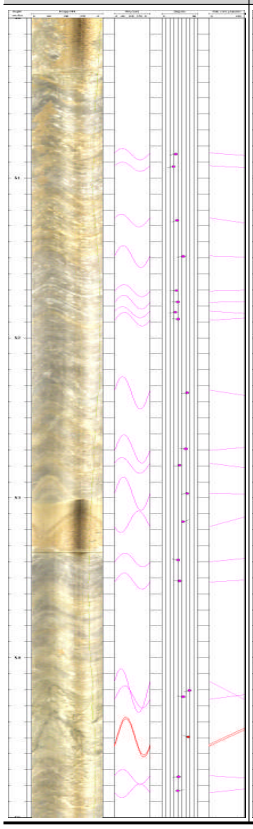
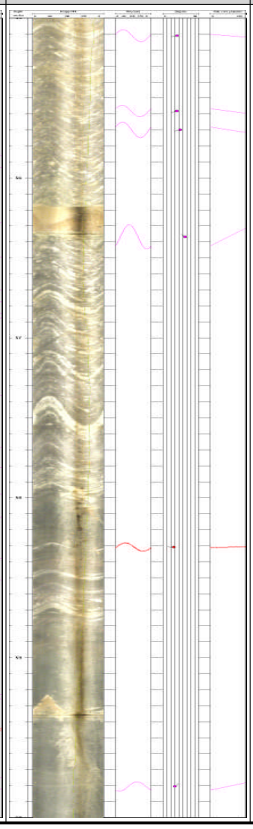
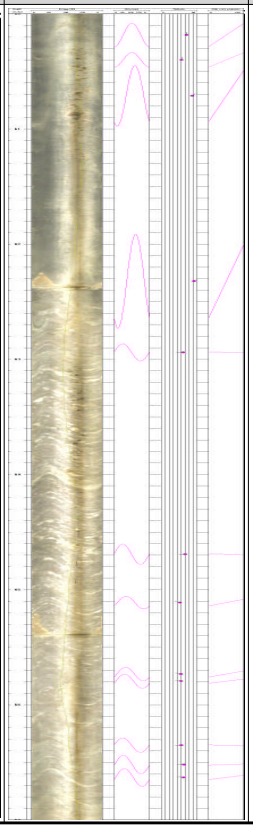
제 3 장 공내영상촬영 결과

3.1 NNTB-3

● 주요 심도별 이미지

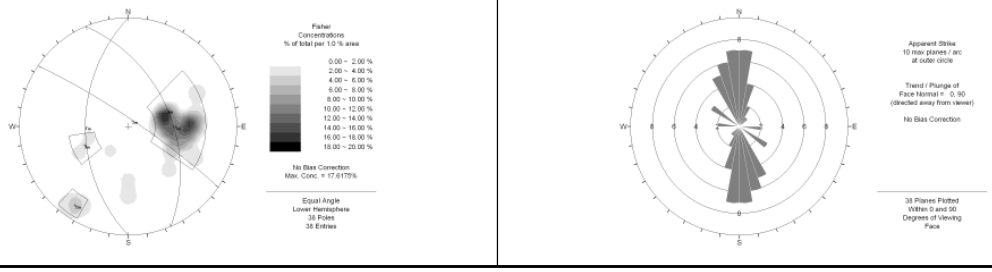
1.6~5.0m	5.0~10.0m	10.0~15.0m	15.0~20.0m	20.0~25.0m
				

25.0~30.0m	30.0~35.0m	35.0~40.0m	40.0~45.0m	45.0~50.0m
				

50.0~55.0m	55.0~60.0m	60.0~67.0m		
				

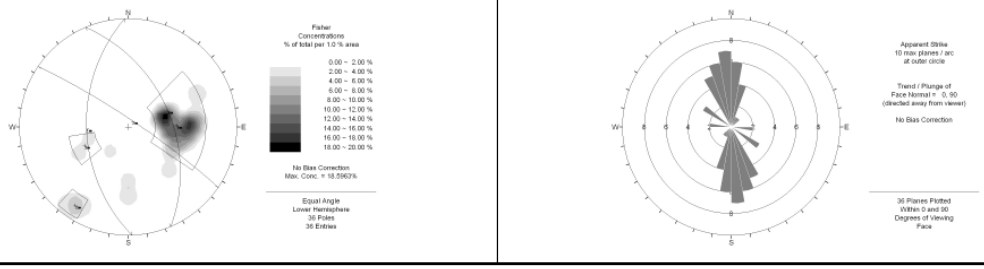
전체 절리면 분석

Set1	Set2	Set3	Set4
47/270	82/034	47/067	–



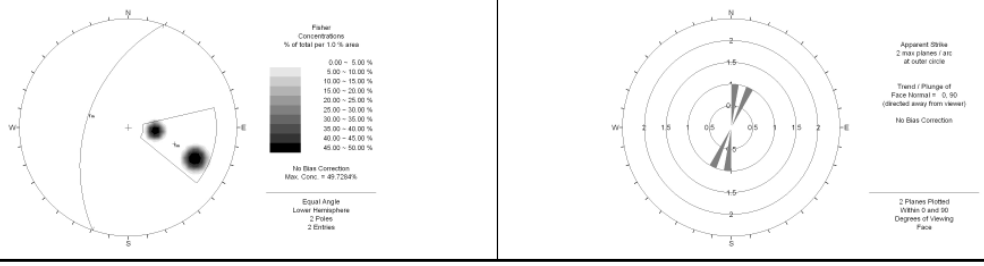
미세 절리면 분석

Set1	Set2	Set3	Set4
48/268	82/034	47/067	–



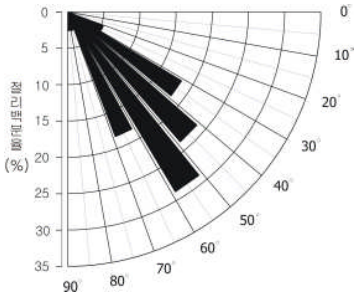
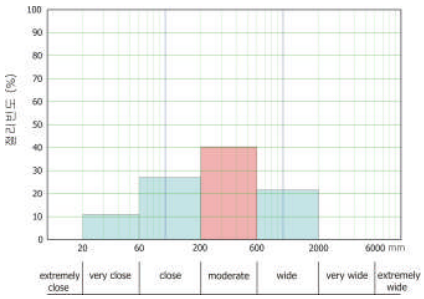
열린 절리면 분석

Set1	Set2	Set3	Set4
48/289	–	–	–

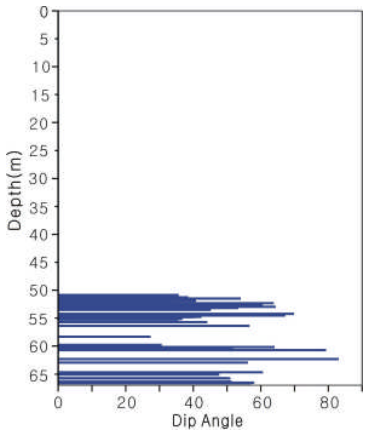
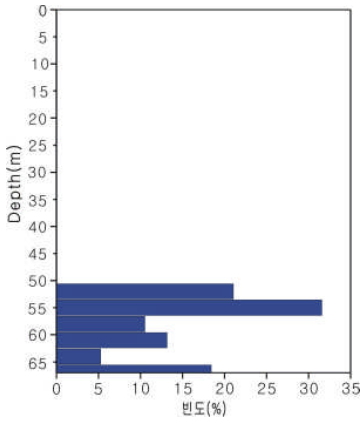


공 번	불연속면의 분석내용
NNTB-3	•전체절리면은 38개 (미세절리 36개 , 열린절리 2개)가 관찰되며 주방향성은 47/270의 양상을 보임 •미세절리면은 36개가 관찰되며 주방향성은 48/268의 양상을 보임 •열린절리는 2개가 관찰되며 주방향성은 48/289의 양상을 보임 •전체 불연속면의 경사각은 50~60° 에서 우세하게 나타남

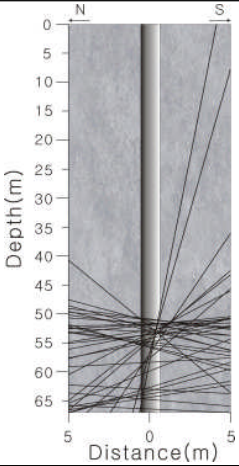
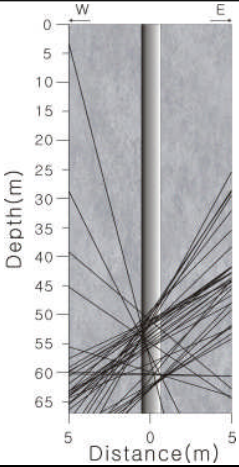
절리면 경사 및 간격분석

구 분	절리면 경사분석	절리면 간격분석
통 계 처 리 결 과		
분 석 결 과	·주경사는 50~60°	·우세간격 : 200~600mm (ISRM 표기:Moderate spacing)

심도별 절리면 경사 및 빈도 분석

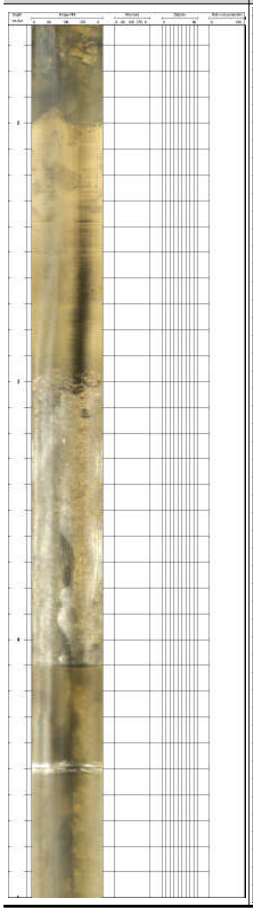
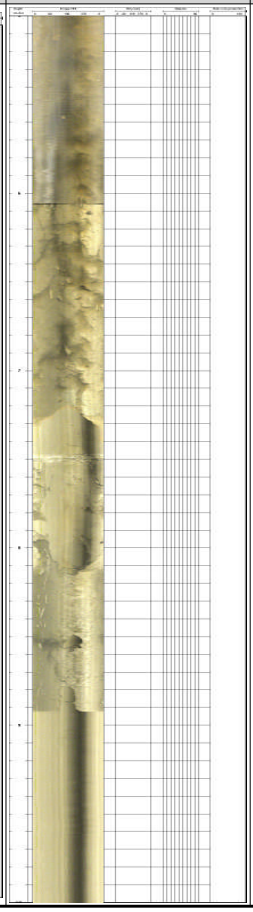
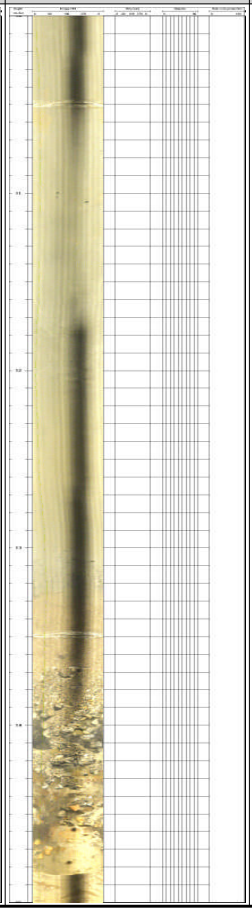
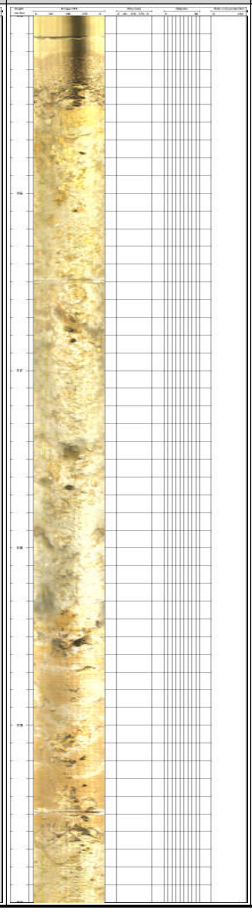
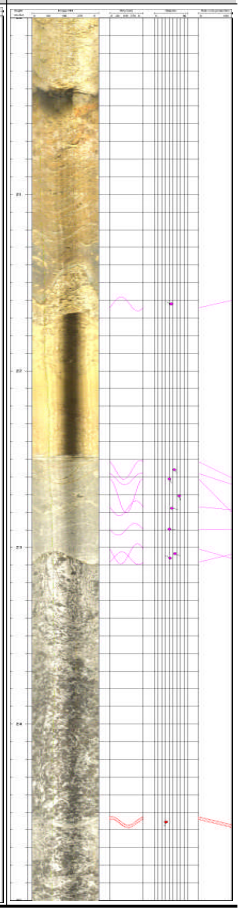
구 분	절리 경사 분포도	절리 빈도 분포도
분 석 결 과		

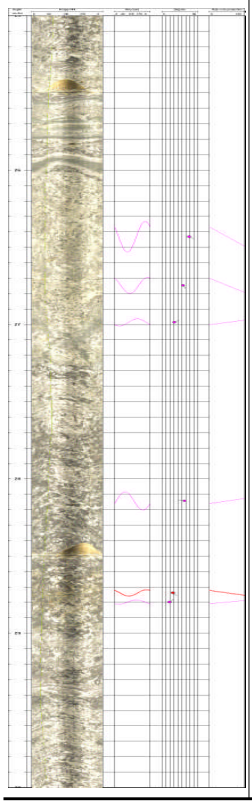
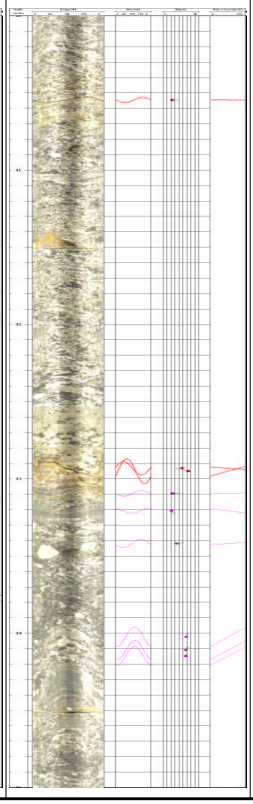
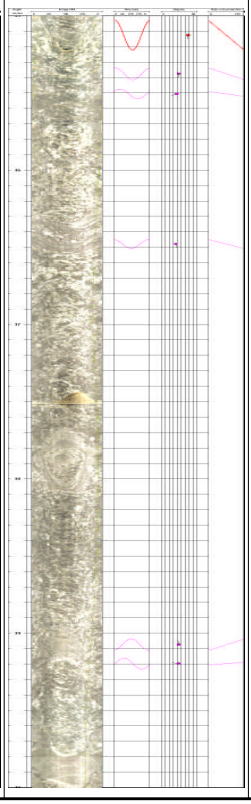
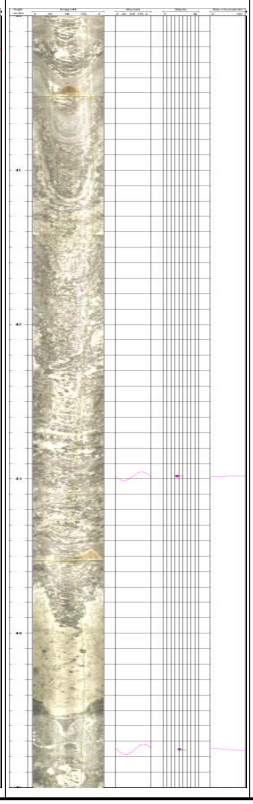
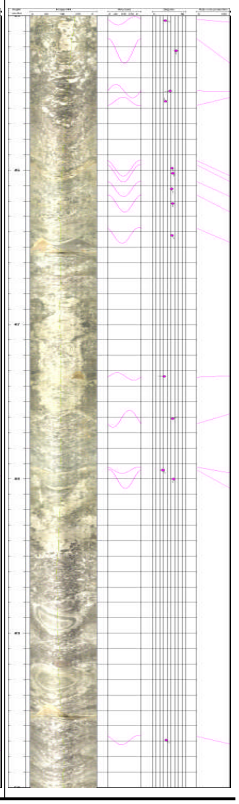
절리면 전개도 및 현장사진

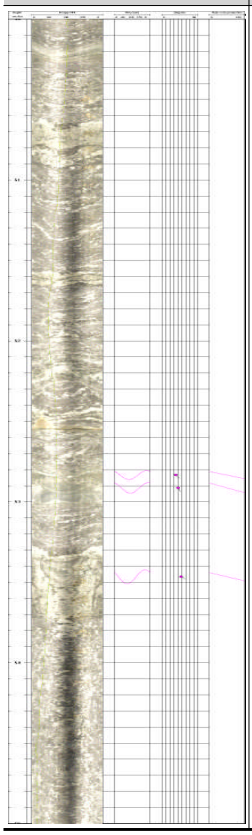
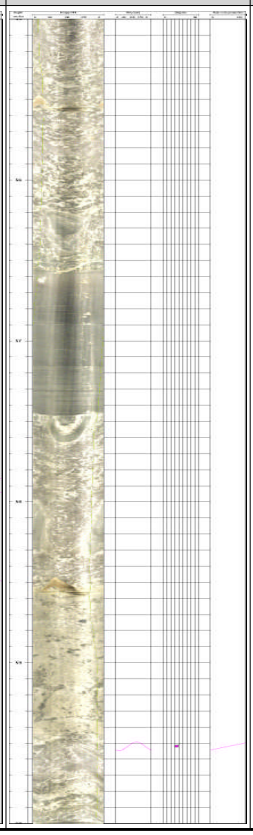
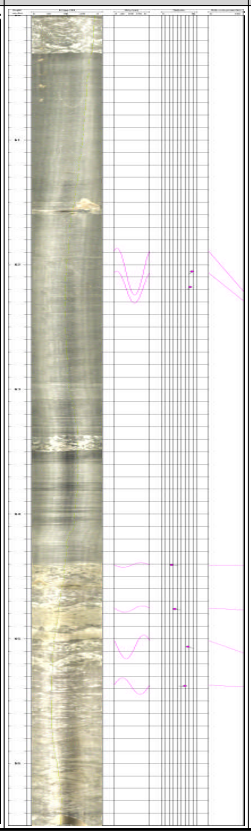
절리전개도		현장사진
N–S 방향	W–E 방향	
		

3.2 ATB-4

● 주요 심도별 이미지

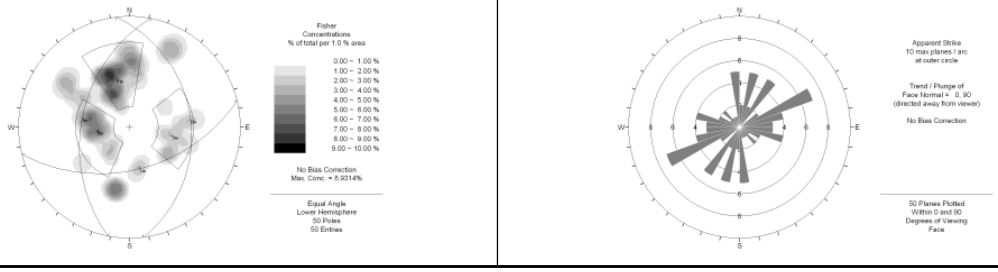
1.6~5.0m	5.0~10.0m	10.0~15.0m	15.0~20.0m	20.0~25.0m
				

25.0~30.0m	30.0~35.0m	35.0~40.0m	40.0~45.0m	45.0~50.0m
				

50.0~55.0m	55.0~60.0m	60.0~66.5m		
				

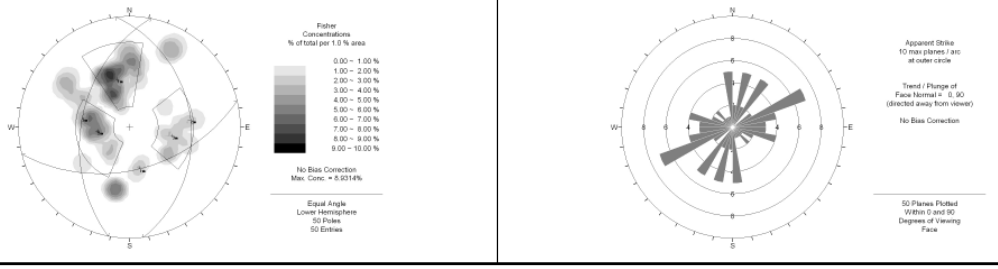
전체 절리면 분석

Set1	Set2	Set3	Set4
48/166	32/083	43/281	–



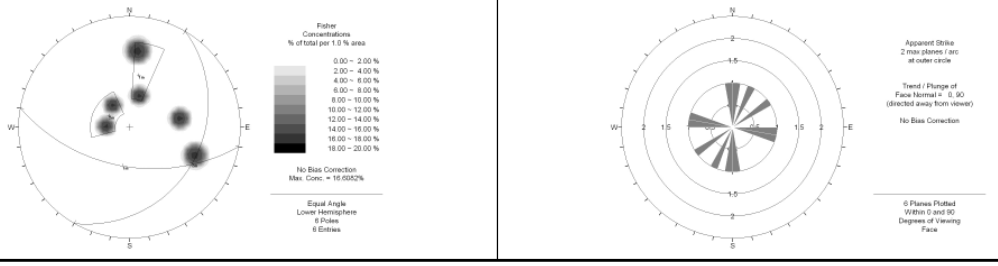
미세 절리면 분석

Set1	Set2	Set3	Set4
48/166	32/083	43/281	–



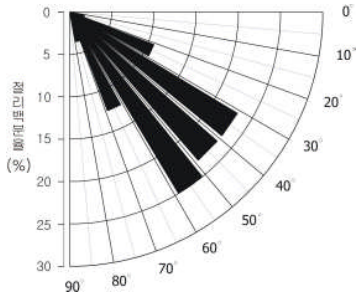
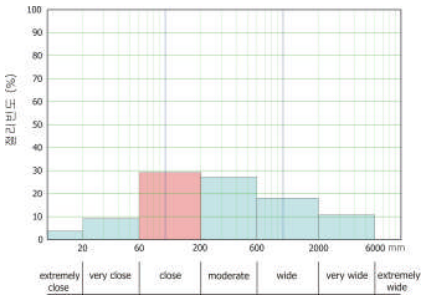
열린 절리면 분석

Set1	Set2	Set3	Set4
51/190	24/120	–	–

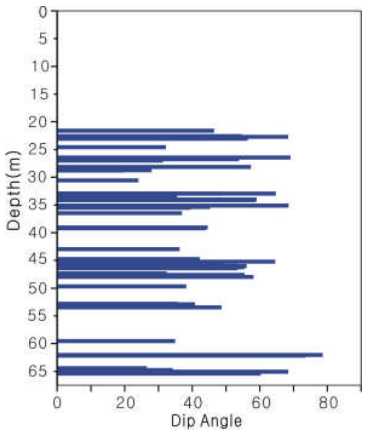
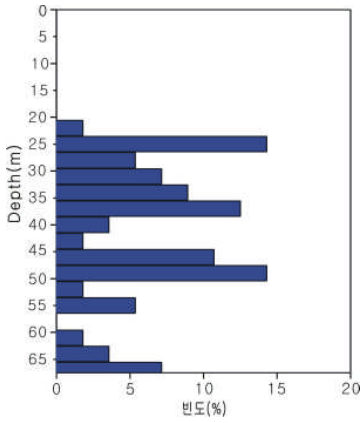


공 번	불연속면의 분석내용
ATB-4	•전체절리면은 56개 (미세절리 50개 , 열린절리 6개)가 관찰되며 주방향성은 48/166의 양상을 보임 •미세절리면은 50개가 관찰되며 주방향성은 48/166의 양상을 보임 •열린절리는 6개가 관찰되며 주방향성은 51/190의 양상을 보임 •전체 불연속면의 경사각은 30~60° 에서 우세하게 나타남

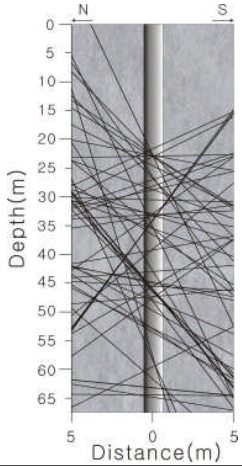
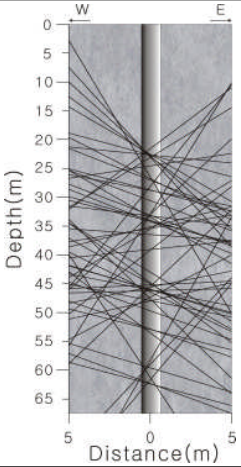
절리면 경사 및 간격분석

구 분	절리면 경사분석	절리면 간격분석
통 계 처 리 결 과		
분 석 결 과	·주경사는 30~60°	·우세간격 : 60~200mm (ISRM 표기:Close spacing)

심도별 절리면 경사 및 빈도 분석

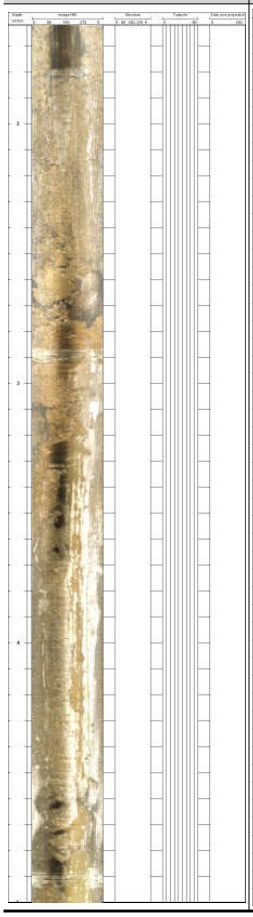
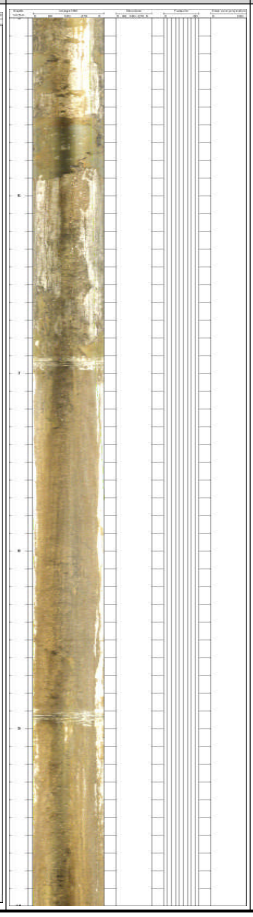
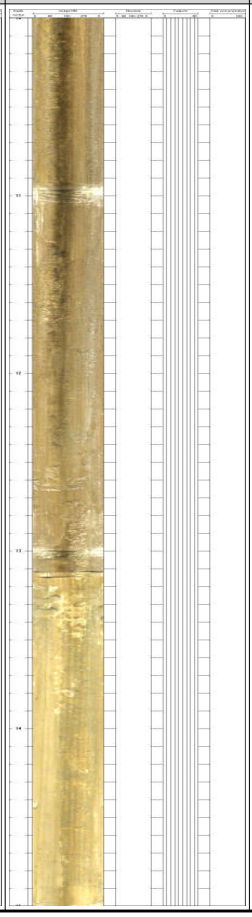
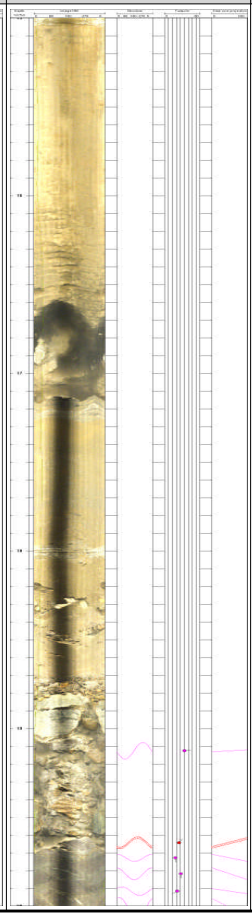
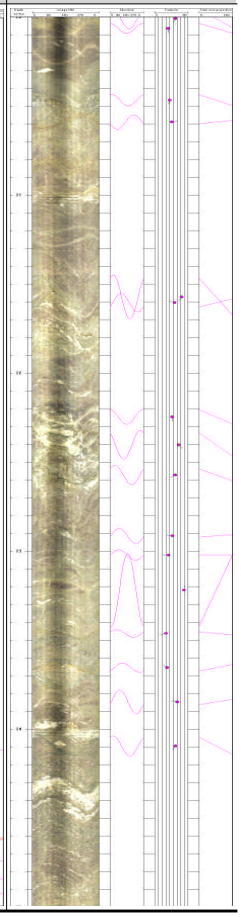
구 분	절리 경사 분포도	절리 빈도 분포도
분 석 결 과		

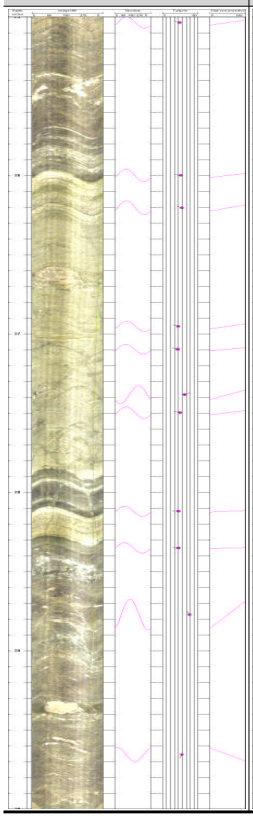
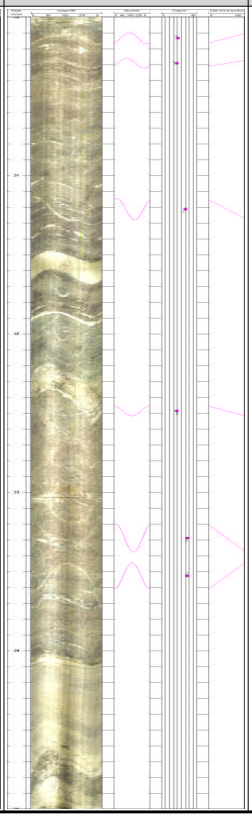
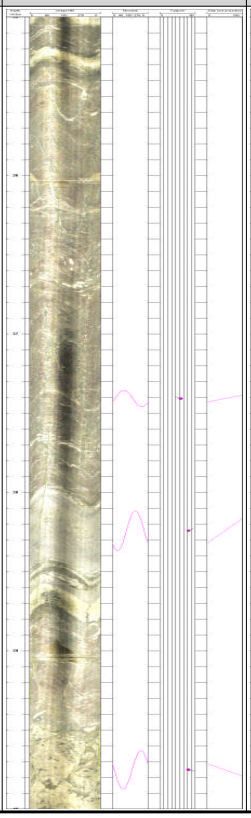
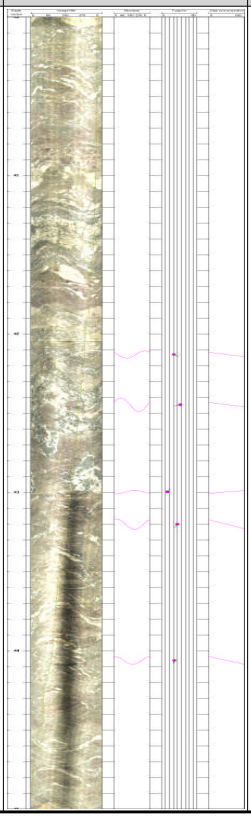
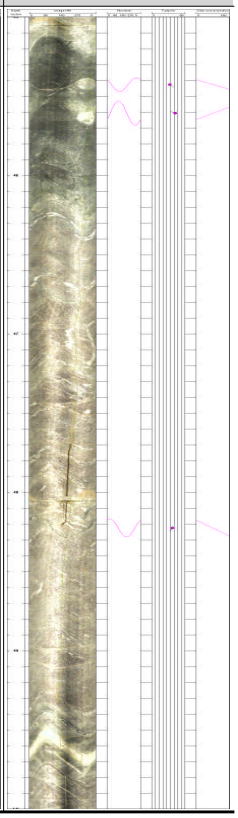
절리면 전개도 및 현장사진

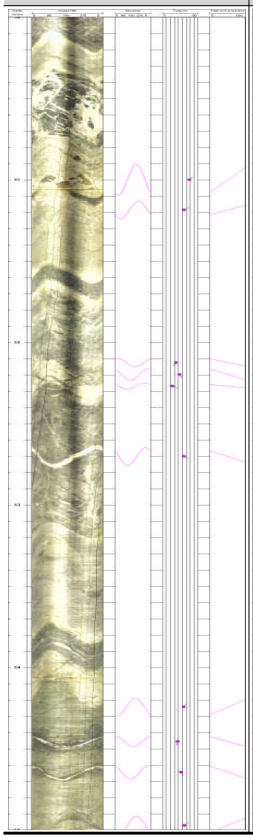
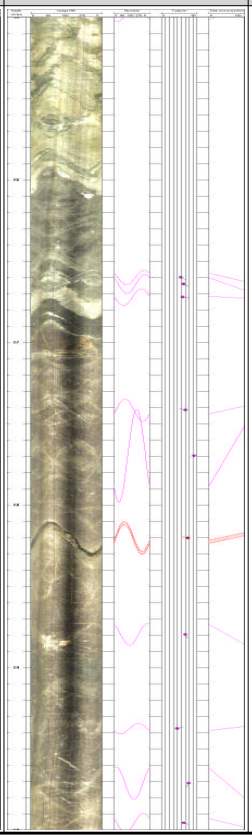
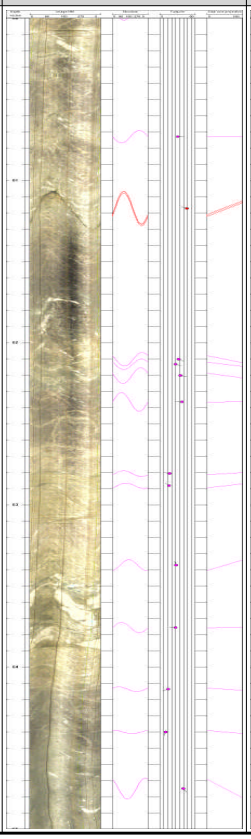
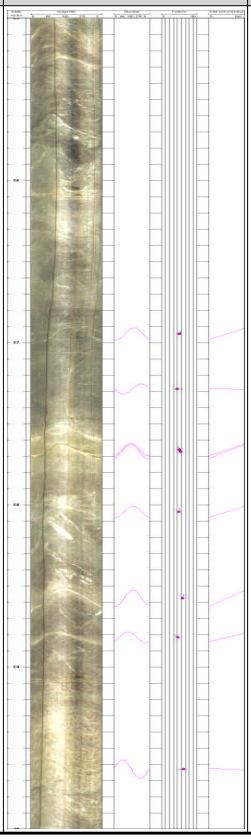
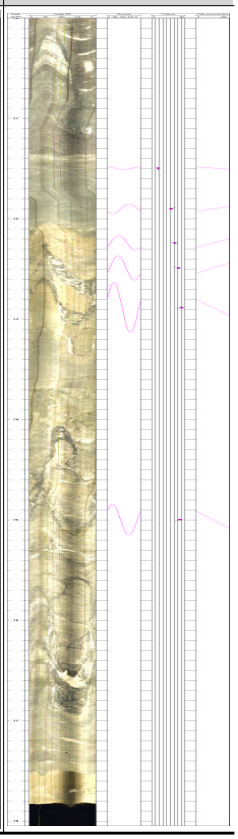
절리전개도		현장사진
N-S 방향	W-E 방향	
		

3.3 ATB-6

● 주요 심도별 이미지

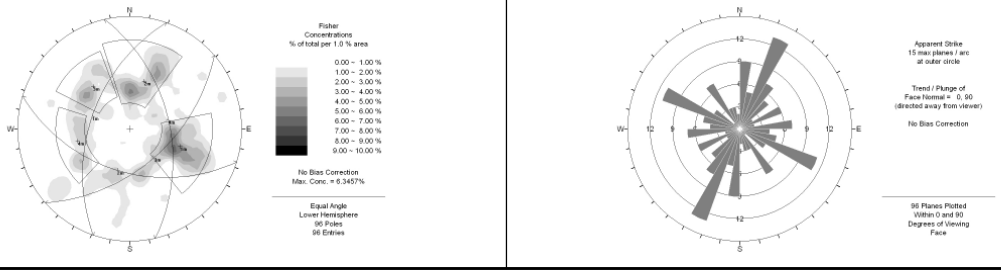
1.6~5.0m	5.0~10.0m	10.0~15.0m	15.0~20.0m	20.0~25.0m
				

25.0~30.0m	30.0~35.0m	35.0~40.0m	40.0~45.0m	45.0~50.0m
				

50.0~55.0m	55.0~60.0m	60.0~65.0m	65.0~70.0m	70.0~78.0m
				

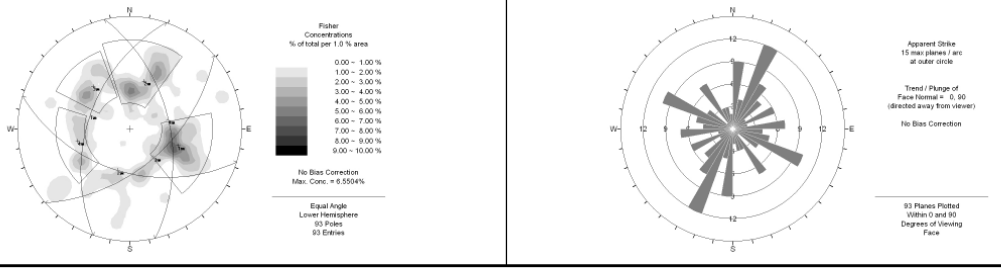
전체 절리면 분석

Set1	Set2	Set3	Set4
51/289	48/197	53/139	51/077



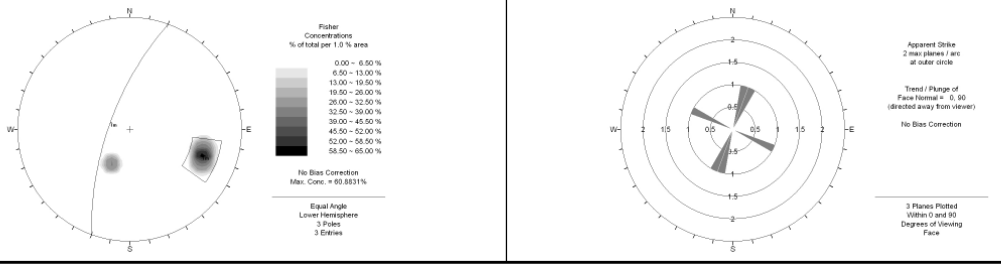
미세 절리면 분석

Set1	Set2	Set3	Set4
49/289	48/197	53/139	51/077



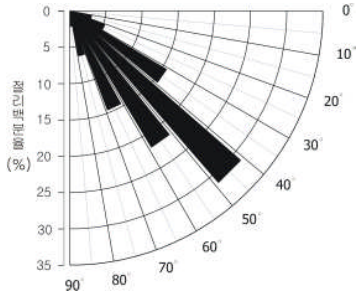
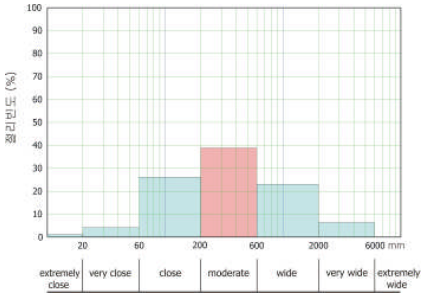
열린 절리면 분석

Set1	Set2	Set3	Set4
68/290	–	–	–

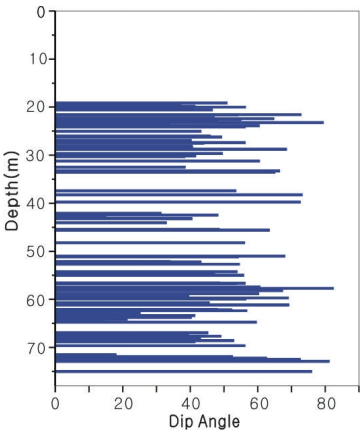
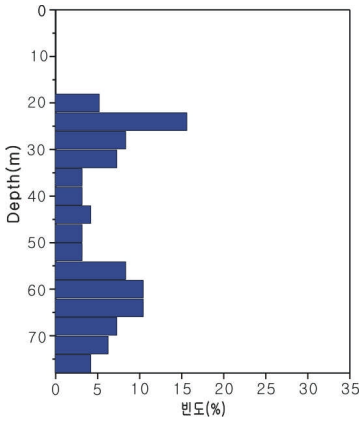


공 번	불연속면의 분석내용
ATB-6	•전체절리면은 96개 (미세절리 93개 , 열린절리 3개)가 관찰되며 주방향성은 51/289의 양상을 보임 •미세절리면은 96개가 관찰되며 주방향성은 49/289의 양상을 보임 •열린절리는 3개가 관찰되며 주방향성은 68/290의 양상을 보임 •전체 불연속면의 경사각은 40~50° 에서 우세하게 나타남

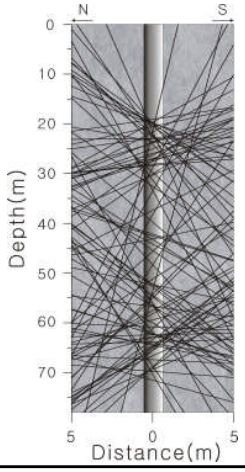
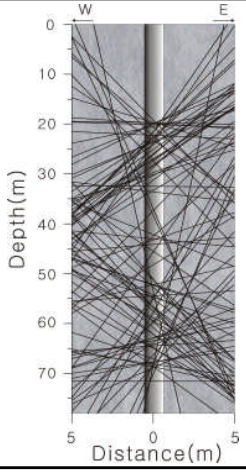
절리면 경사 및 간격분석

구 분	절리면 경사분석	절리면 간격분석
통 계 처 리 결 과		
분 석 결 과	·주경사는 40~50°	·우세간격 : 200~600mm (ISRM 표기:Moderate spacing)

심도별 절리면 경사 및 빈도 분석

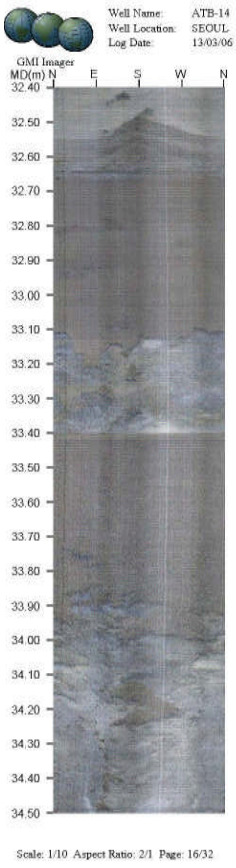
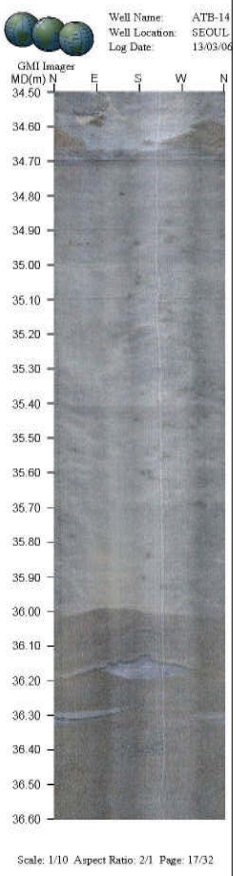
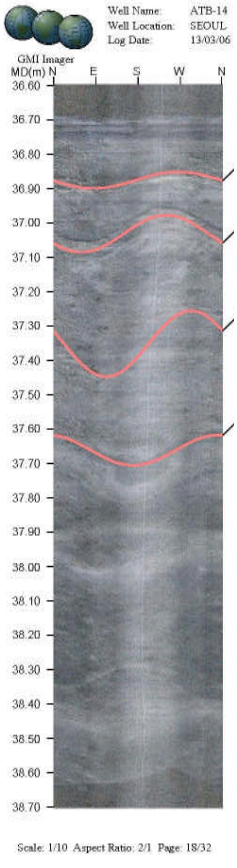
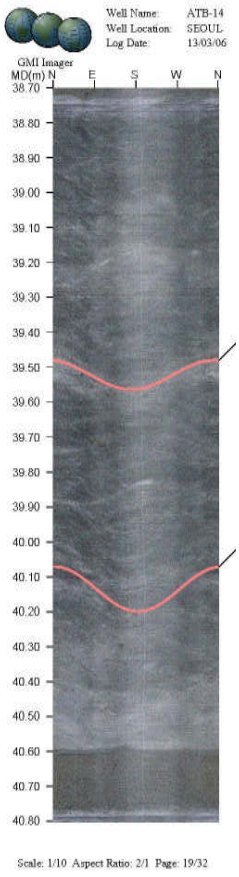
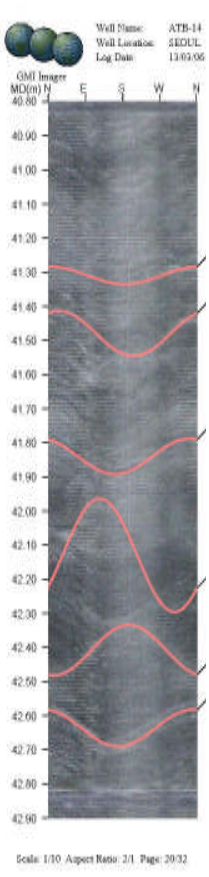
구 분	절리 경사 분포도	절리 빈도 분포도
분 석 결 과		

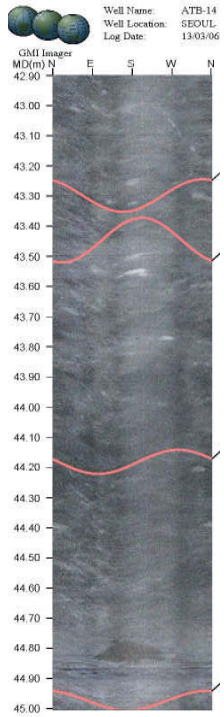
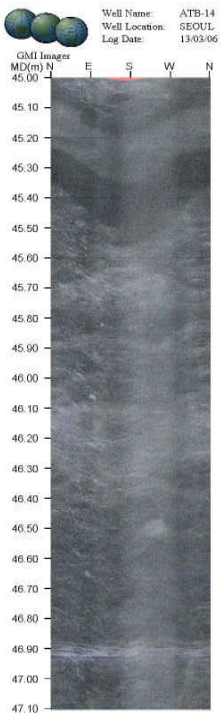
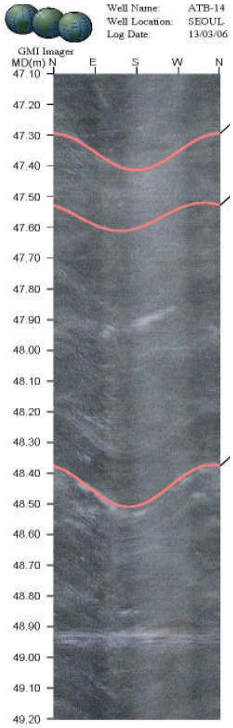
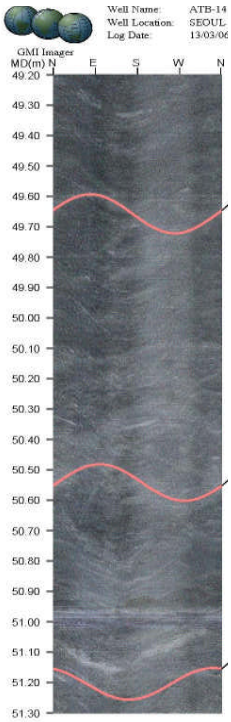
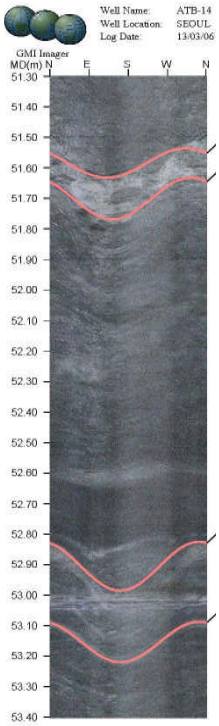
절리면 전개도 및 현장사진

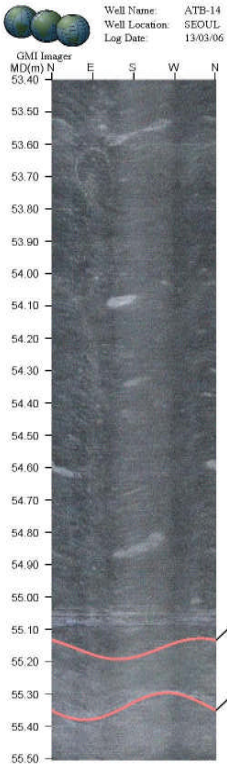
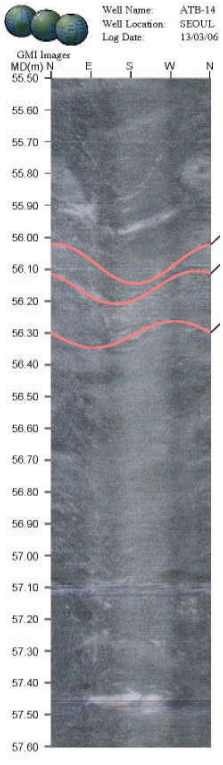
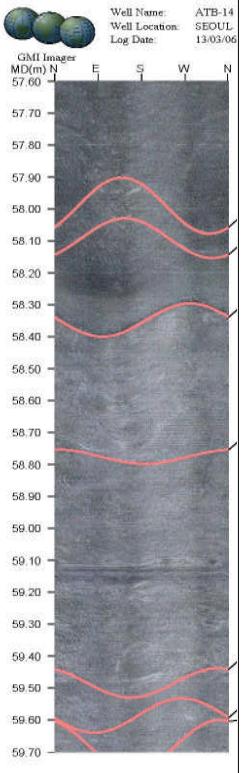
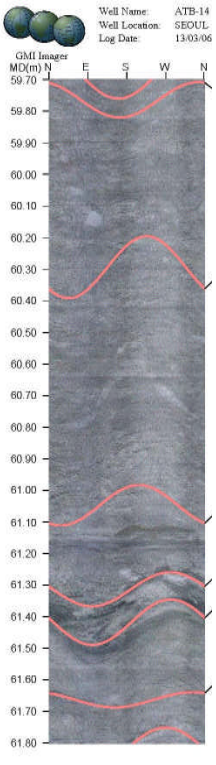
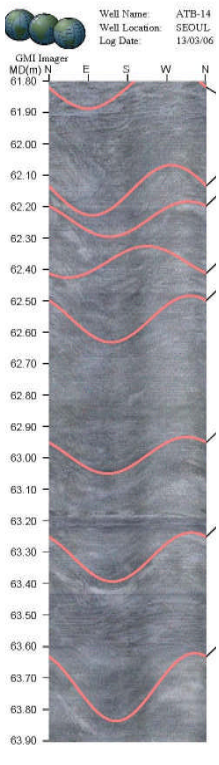
절리전개도		현장사진
N-S 방향	W-E 방향	
		

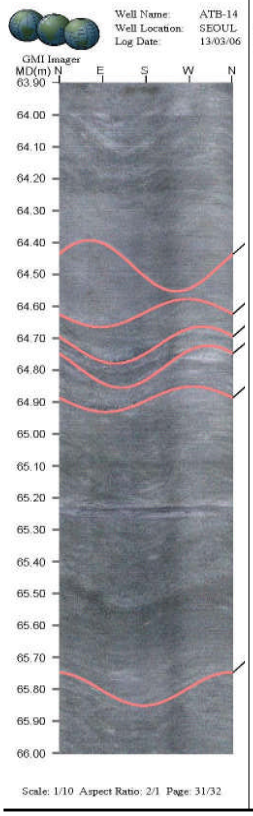
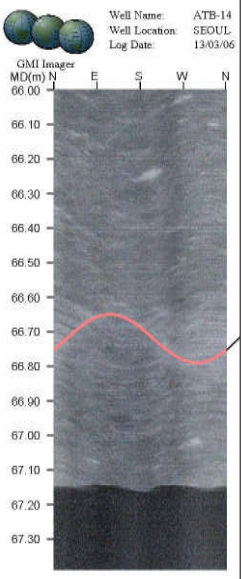
3.4 ATB-14

주요 심도별 이미지

32.4~34.5m	34.5~36.6m	36.6~38.7m	38.7~40.8m	40.8~42.9m
				
Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 16/32	Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 17/32	Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 18/32	Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 19/32	Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 20/32

42.9~45.0m	45.0~47.1m	47.1~49.2m	49.2~51.3m	51.3~53.4m
				
Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 21/32	Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 22/32	Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 23/32	Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 24/32	Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 25/32

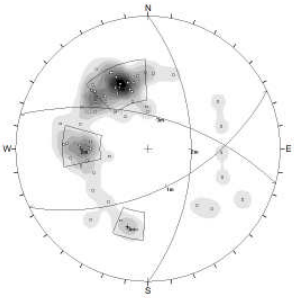
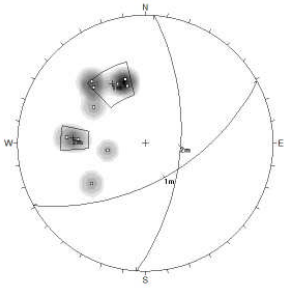
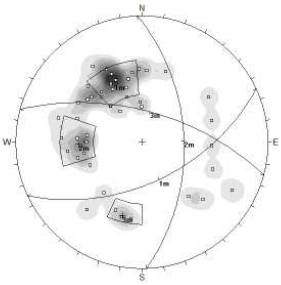
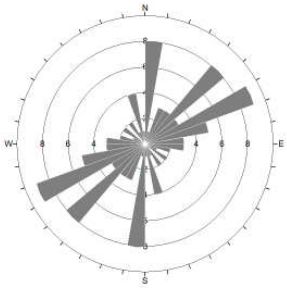
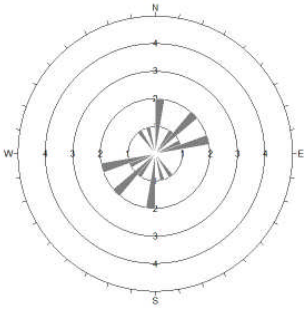
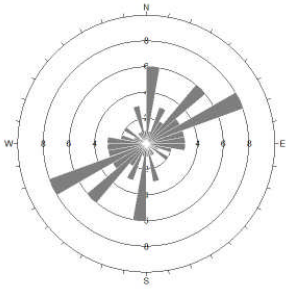
53.4~55.5m	55.5~57.6m	57.6~59.7m	59.7~61.8m	61.8~63.9m
				
Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 26/32	Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 27/32	Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 28/32	Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 29/32	Scale: 1/10 Aspect Ratio: 2/1 Page: 30/32

63.9~66.0m	66.0~67.3m			
				

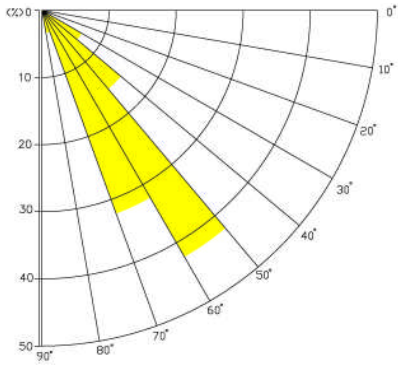
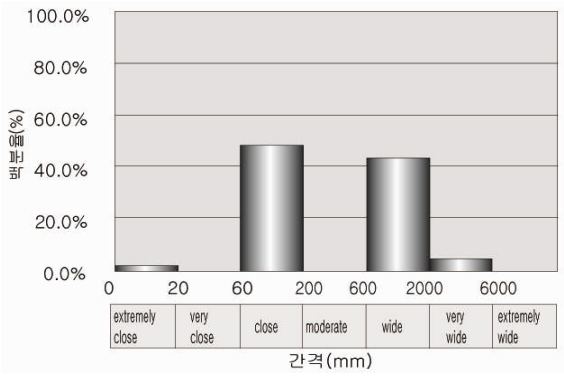
공내 영상 관찰 내용

관 찰 내 용	• 본 시추공에서는 0.00~67.3m까지 영상촬영이 시행되었다. • 지하수위는 지표하 13.3m에 위치한다. • 영상을 분석한 결과 본 공의 기반암은 편마암이다. • 각 절리군은 대체로 3방향(Set1, 2, 3)에 걸쳐 발달하고 있으며, Random한 방향은 전체 59 Pole's 중 25 Pole's로 분포한다.

불연속면 방향성 분석 결과

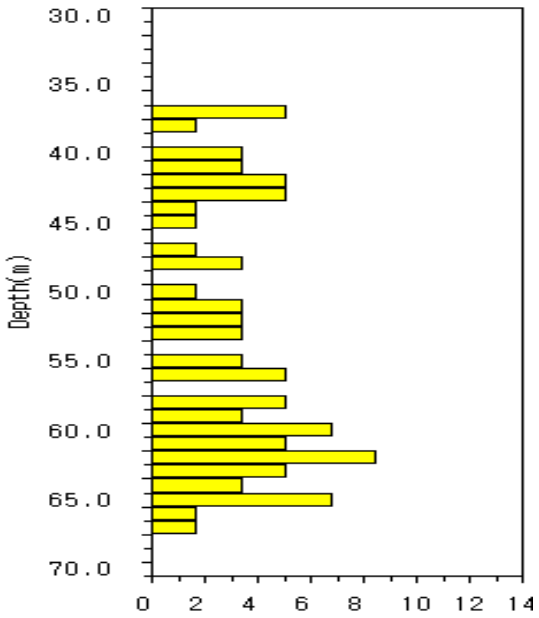
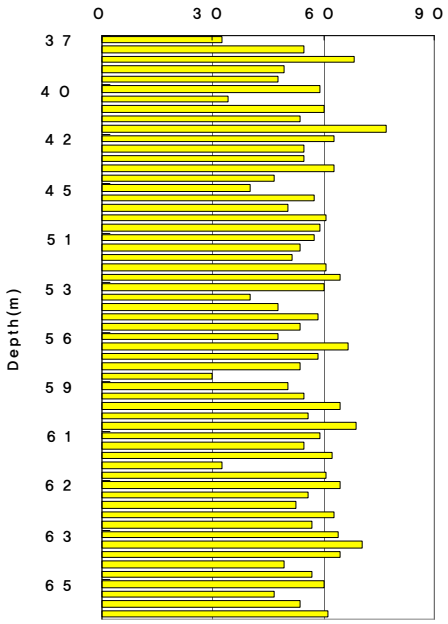
구 분	All Crack	Open Crack	Close Crack
Contour Diagram			
Rosette Diagram			
J1	55/154	56/151	54/155
J2	54/090	59/094	53/088
J3	62/15	–	62/015
불연속면 갯수	59	10	49
분 석 결 과	• 전체절리중 SET-1이 42.4%로 분포함 • 전체절리의 Fisher's K값 : SET-1(46.21), SET-2(92.38), SET-3(183.36)		

불연속면 특성

불연속면 경사분석	불연속면 간격분석
	

분 석 결 과	• 불연속면의 경사 분석결과 저각(0~30°)은 0%, 중각(30~60°)은 64.4%, 고각(60~90°)은 35.6%의 분포를 보이고, 50~60° 경사가 42.4%로 가장 우세하다. • SET1 절리간격 0.08~3.33m(평균 1.17m), SET2 절리간격 0.10~12.12m(평균 2.59m), SET3 절리간격 1.04~17.60m(평균 9.32m)

심도별 불연속면 분포특성

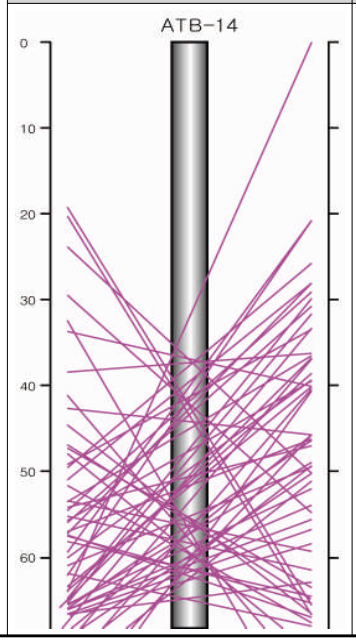
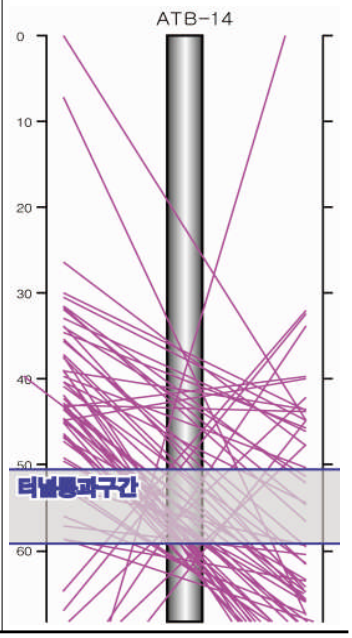
심도별 불연속면 분포	심도별 불연속면 경사분포도
	

분 석 결 과

- 심도별 불연속면 분포를 분석한 결과 심도 62.0m에서 8.47%의 가장 높은 분포를 나타낸다. 60.0~63.0m 심도에서 불연속면 분포가 집중적으로 나타나는 양상을 보인다.
- 심도별 불연속면의 경사 분포를 분석한 결과 전체적으로 50~70° 의 중·고각이 74.6%로 주를 이룬다.

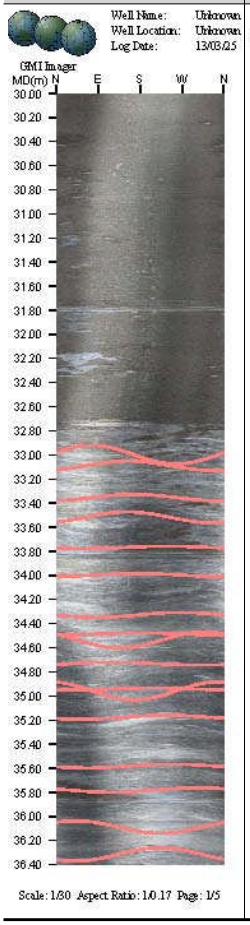
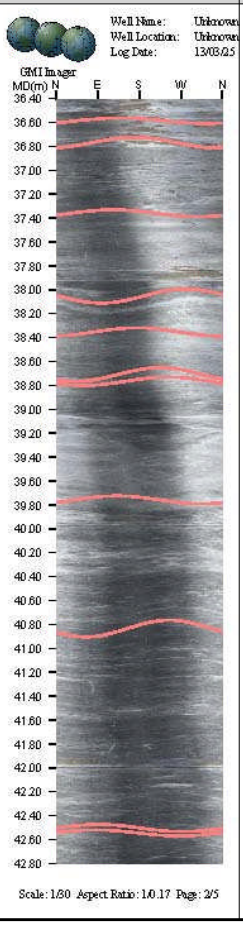
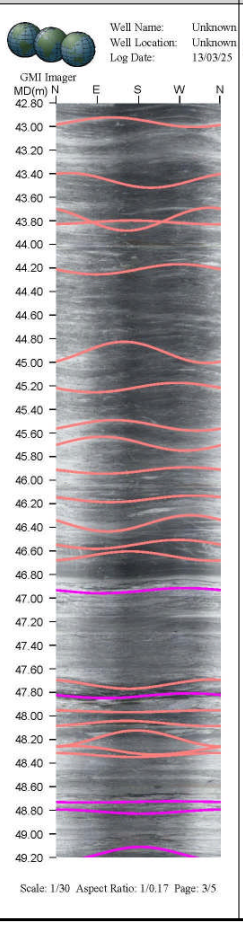
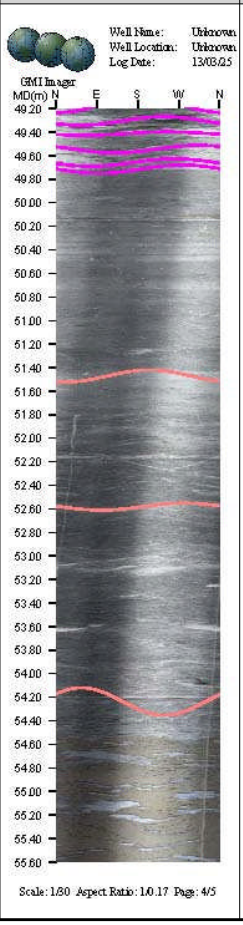
절리면 전개도

- 경사분석에서 나타난 우세 경사각 (50~70°)의 절리면들이 60.0~63.0m 구간에서 주로 분포함
- 절리면 전개도(노선진행 방향에 직교)의 투영방향은 자북방향과 20.0° 의 교차각을 이루고 있으며, 노선진행 방향에 평행한 전개도의 투영방향은 110.0° 의 교차각을 이루고 있음

절리전개도(노선에 직교)	절리전개도(노선에 평행)
	

3.5 ATB-18

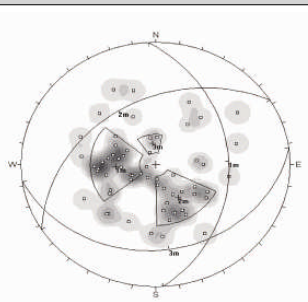
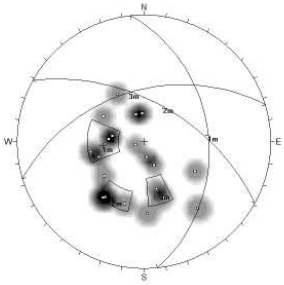
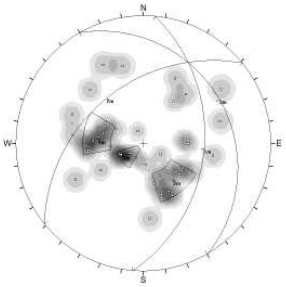
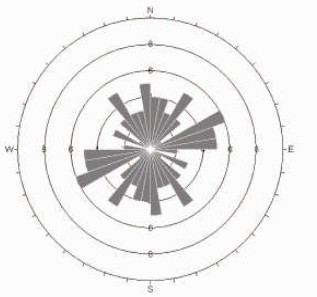
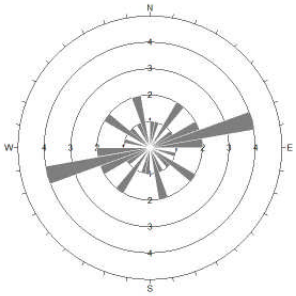
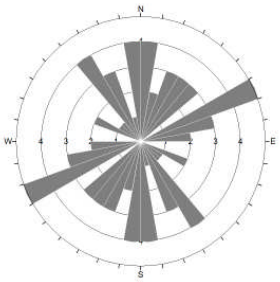
주요 심도별 이미지

30.0~36.4m	36.4~42.8m	42.8~49.2m	49.2~55.6m	55.6~56.4m
				

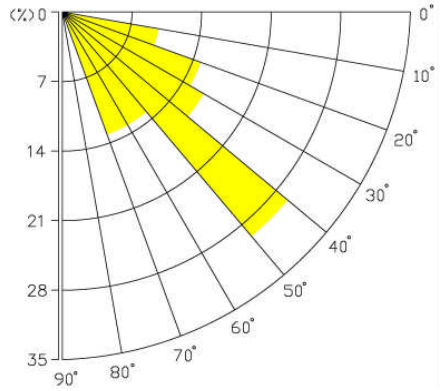
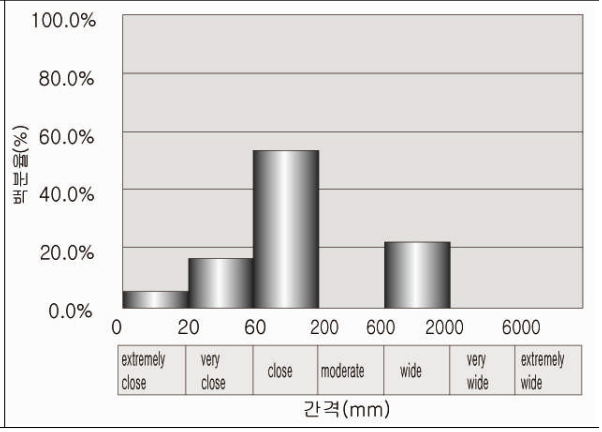
공내 영상 관찰 내용

관찰 내용	• 본 시추공에서는 0.00~56.4m까지 영상촬영이 시행되었다. • 지하수위는 지표하 14.5m에 위치한다. • 영상을 분석한 결과 본 공의 기반암은 편마암이다. • 각 절리군은 대체로 3방향(Set1, 2, 3)에 걸쳐 발달하고 있으며, Random한 방향은 전체 61 Pole's 중 23 Pole's로 분포한다.

불연속면 방향성 분석 결과

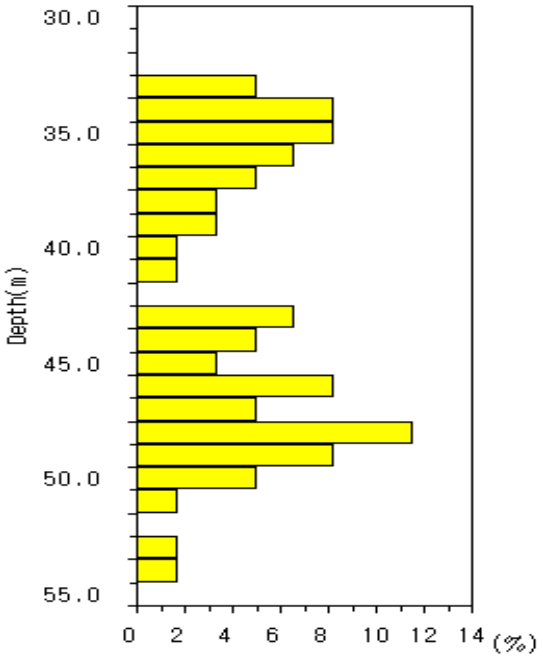
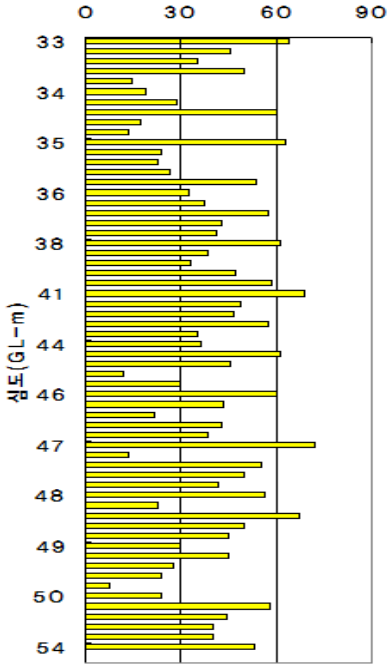
구 분	All Crack	Open Crack	Close Crack
Contour Diagram			
Rosette Diagram			
J1	37/089	36/084	39/095
J2	35/328	55/029	41/321
J3	20/172	46/343	21/060
불연속면 갯수	61	20	41
분 석 결 과	• 전체절리중 SET-1이 31.1%, SET-2이 26.2%, SET-3이 4.9%로 분포함 • 전체절리의 Fisher's K값 : SET-1(26.00), SET-2(23.74), SET-3(87.87)		

불연속면 특성

불연속면 경사분석	불연속면 간격분석
	

분 석 결 과	• 불연속면의 경사 분석결과 저각(0~30°)은 26.2%, 중각(30~60°)은 59.0%, 고각(60~90°)은 14.8%의 분포를 보이고, 40~50° 경사가 29.5%로 가장 우세하다. • SET1 절리간격 0.06~5.45m(평균 1.05m), SET2 절리간격 0.16~3.21m(평균 1.00m), SET3 절리간격 0.37~0.48m(평균 0.43m)

심도별 불연속면 분포특성

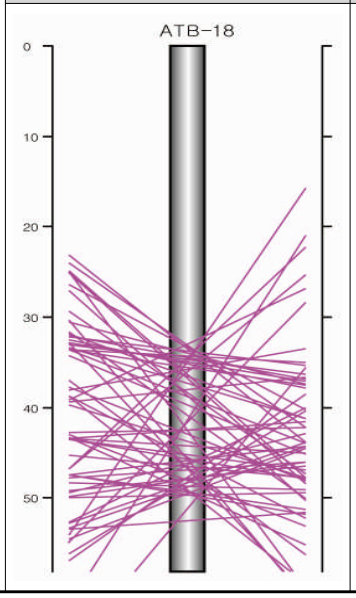
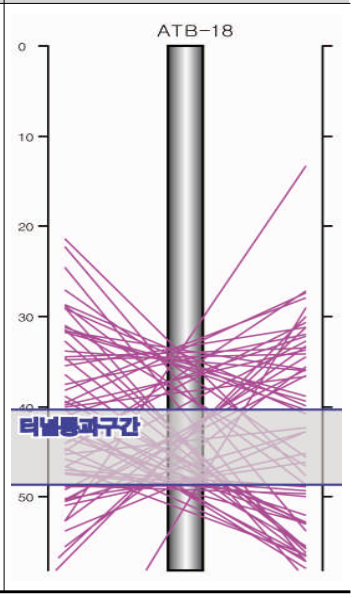
심도별 불연속면 분포	심도별 불연속면 경사분포도
	

분 석 결 과

- 심도별 불연속면 분포를 분석한 결과 심도 48.0m에서 11.48%의 가장 높은 분포를 나타낸다. 34.0~35.0m, 48.0~49.0m 심도에서 불연속면 분포가 집중적으로 나타나는 양상을 보인다.
- 심도별 불연속면의 경사 분포를 분석한 결과 전체적으로 30~50° 의 중각이 45.9%로 주를 이룬다.

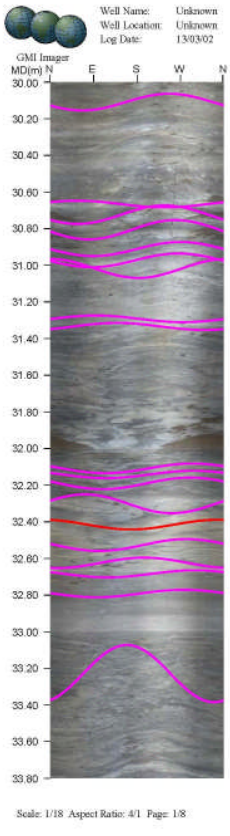
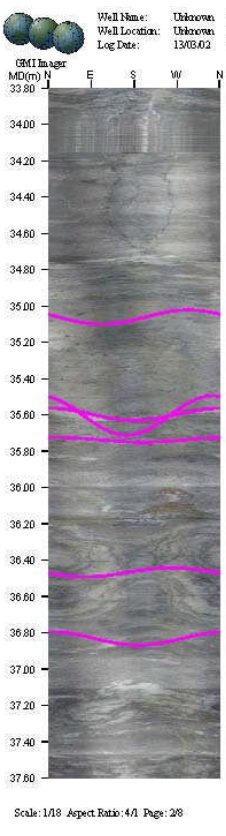
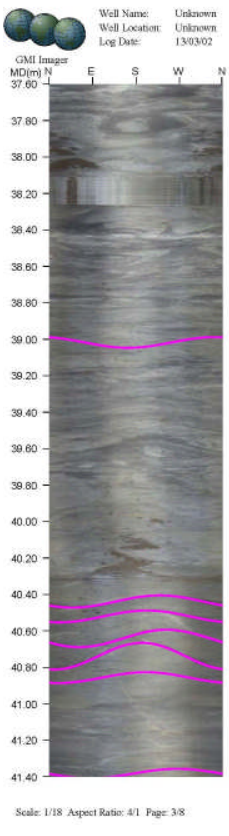
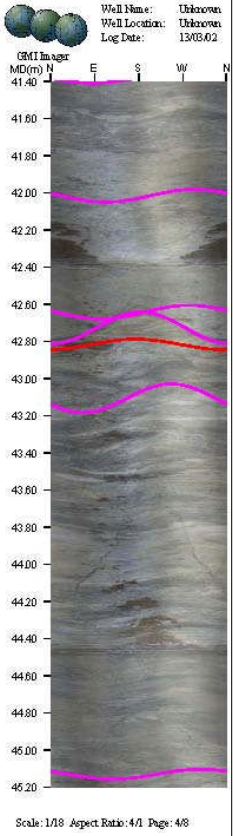
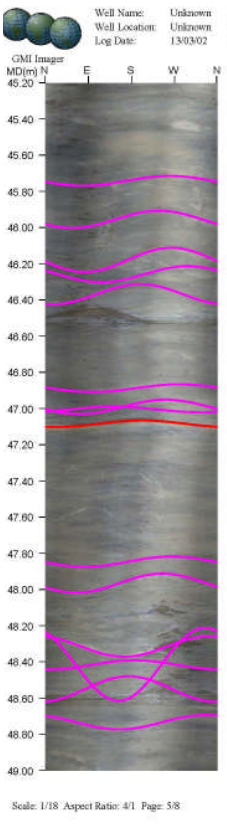
절리면 전개도

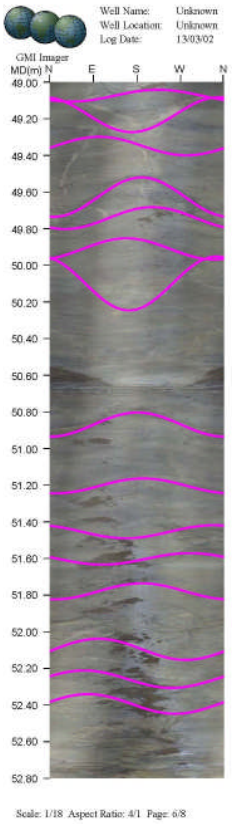
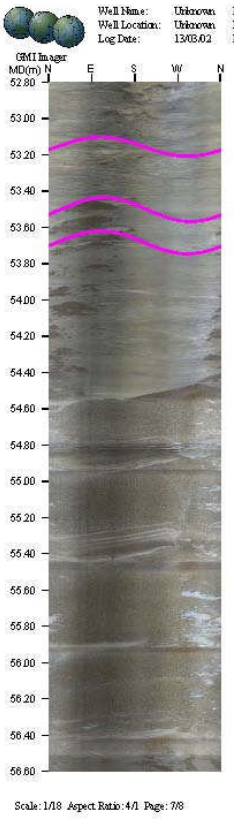
- 경사분석에서 나타난 우세 경사각 (50~70°)의 절리면들이 34.0~35.0m, 48.0~49.0m 구간에서 주로 분포함
- 절리면 전개도(노선진행 방향에 직교)의 투영방향은 자북방향과 2.0° 의 교차각을 이루고 있으며, 노선진행 방향에 평행한 전개도의 투영방향은 92.0° 의 교차각을 이루고 있음

절리전개도(노선에 직교)	절리전개도(노선에 평행)
	

3.6 ATB-20

주요 심도별 이미지

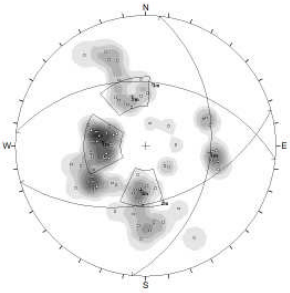
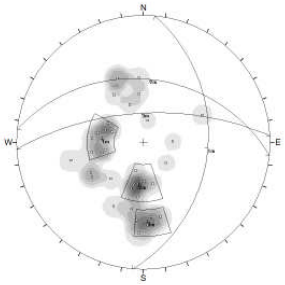
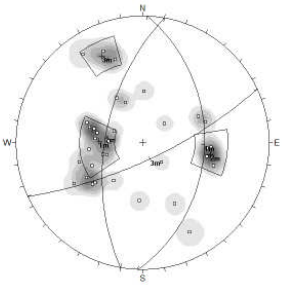
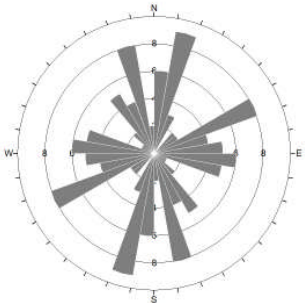
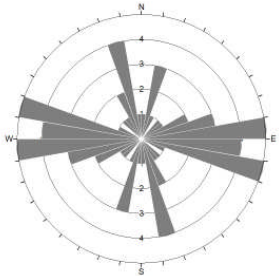
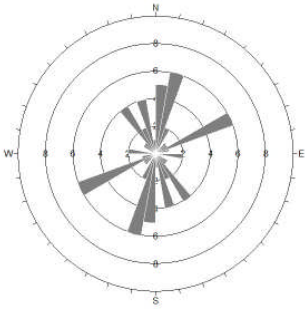
30.0~33.8m	33.8~37.6m	37.6~41.4m	41.4~45.2m	45.2~49.0m
				

49.0~52.8m	52.8~56.0m	56.0~58.4m		
				

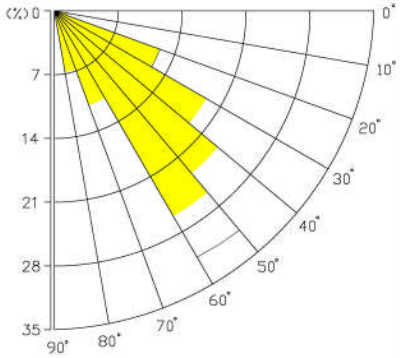
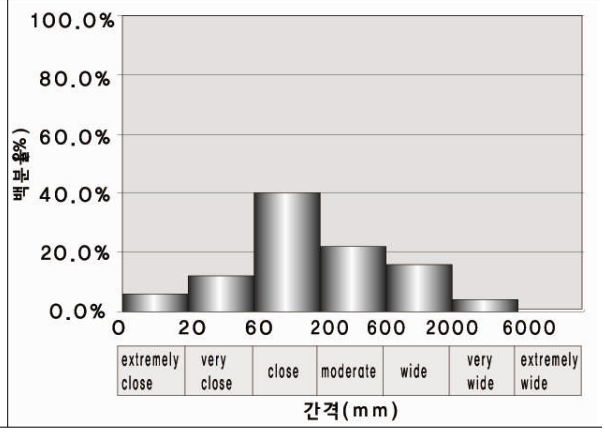
공내 영상 관찰 내용

관찰 내용	• 본 시추공에서는 0.00~58.2m까지 영상촬영이 시행되었다. • 지하수위는 지표하 7.6m에 위치한다. • 영상을 분석한 결과 본 공의 기반암은 편마암이다. • 각 절리군은 대체로 3방향(Set1, 2, 3)에 걸쳐 발달하고 있으며, Random한 방향은 전체 73 Pole's 중 39 Pole's로 다소 많게 나타난다.

불연속면 방향성 분석 결과

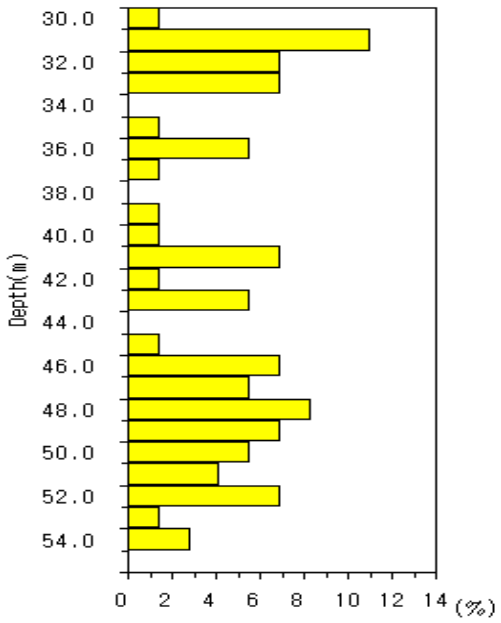
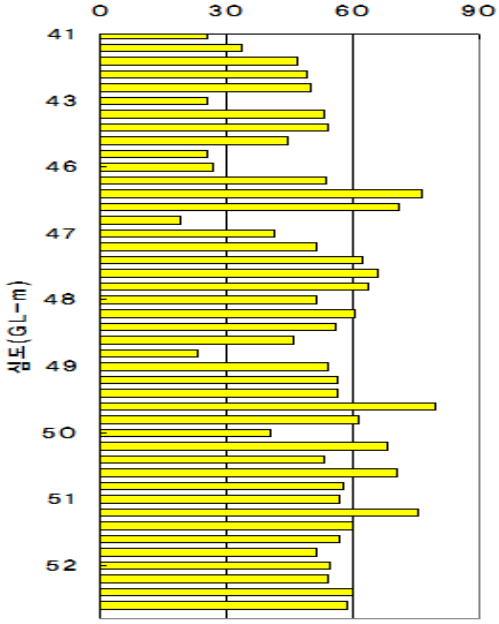
구 분	All Crack	Open Crack	Close Crack
Contour Diagram			
Rosette Diagram			
J1	39/093	35/095	38/092
J2	41/006	36/006	57/280
J3	45/168	62/359	74/155
불연속면 갯수	73	36	37
분 석 결 과	• 전체절리중 SET-1이 24.7%로 분포함 • 전체절리의 Fisher's K값 : SET-1(49.02), SET-2(73.85), SET-3(48.13)		

불연속면 특성

불연속면 경사분석	불연속면 간격분석
	

분 석 결 과	• 불연속면의 경사 분석결과 저각(0~30°)은 13.7%, 중각(30~60°)은 68.5%, 고각(60~90°)은 17.8%의 분포를 보이고, 50~60° 경사가 26.0%로 가장 우세하다. • SET1 절리간격 0.03~4.92m(평균 1.22m), SET2 절리간격 1.23~9.72m(평균 3.41m), SET3 절리간격 0.34~7.90m(평균 2.74m)

심도별 불연속면 분포특성

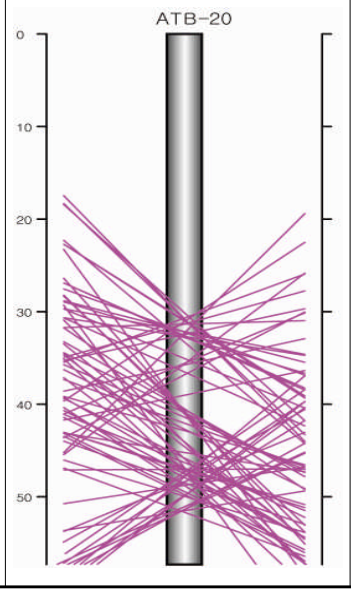
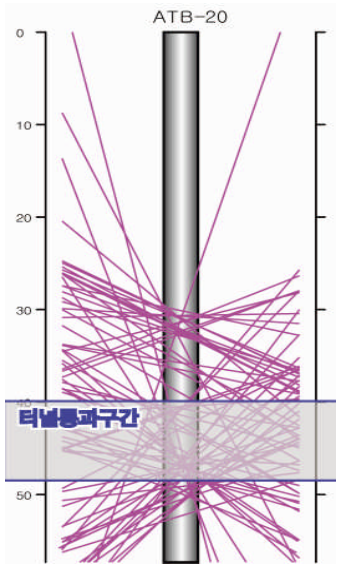
심도별 불연속면 분포	심도별 불연속면 경사분포도
	

분 석 결 과

- 심도별 불연속면 분포를 분석한 결과 심도 31.0m에서 11.1%의 가장 높은 분포를 나타낸다. 31.0~33.0m, 46.0~50.0m 심도에서 불연속면 분포가 집중적으로 나타나는 양상을 보인다.
- 심도별 불연속면의 경사 분포를 분석한 결과 전체적으로 40~60° 의 중각이 49.3%로 주를 이룬다. 49.6~51.2m에서는 60° 이상의 고경사가 관찰된다.

절리면 전개도

- 경사분석에서 나타난 우세 경사각 (40~60°)의 절리면들이 49.0~50.0m 구간에서 주로 분포함
- 절리면 전개도(노선진행 방향에 직교)의 투영방향은 자북방향과 53° 의 교차각을 이루고 있으며, 노선진행 방향에 평행한 전개도의 투영방향은 143.0° 의 교차각을 이루고 있음

절리전개도(노선에 직교)	절리전개도(노선에 평행)
	

시추공영상촬영 전경 사진

공 번	NNTB-3



공 번	ATB-4



시추공영상촬영 전경 사진

공 번	ATB-6



공 번	ATB-14



시추공영상촬영 전경 사진

공 번	ATB-18



공 번	ATB-20



6.7 초음파주사검층

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사 개요

1.1.1 조사 목적

본 조사는 “서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업” 중 앞서 수행된 시추공을 이용, 초음파 주사검층(Televiewer)을 실시하여 지층 및 지반상태를 파악, 제공함으로서 합리적이고 경제적인 설계·시공이 되도록 하는데 목적이 있다.

1.1.2 조사 범위

본 조사에서 수행된 탐사수량은 〈표 1-1〉과 같다.

공 번	굴진심도(m)	촬영심도((GL.(-)m)	casing 심도	지하수위(m)	비 고
NTB-10	82.0	1.80~81.4	24.00	11.8	
NTB-14	75.0	1.35~74.8	35.00	6.57	
NTB-15	72.00	1.55~70.94	30.00	8.90	
NTB-16	68.30	1.55~67.95	24.10	9.00	
NTB-25	48.50	1.51~47.57	31.00	13.20	
NTB-27	41.00	1.45~37.27	18.00	4.10	

〈표 1-1〉 초음파 주사검층 범위

1.1.3 조사 기간

- 현장 조사 및 시험 : 2011. 3. 15 ~ 2011. 3. 21
- 성과분석 및 보고서 작성 : 2011. 3. 21 ~ 2011. 3. 30

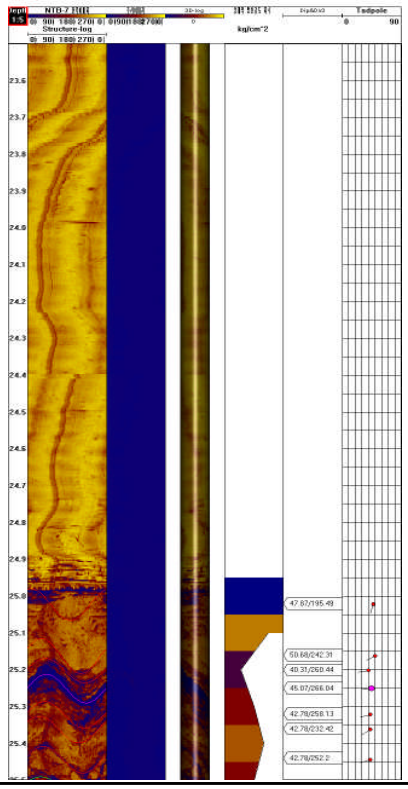
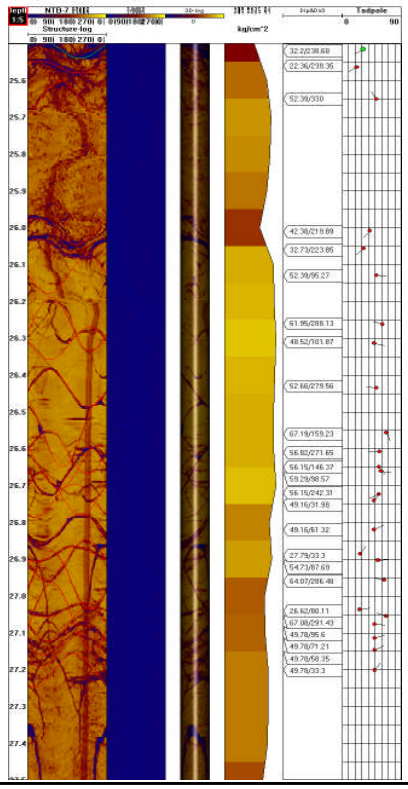
1.1.4 조사 장비

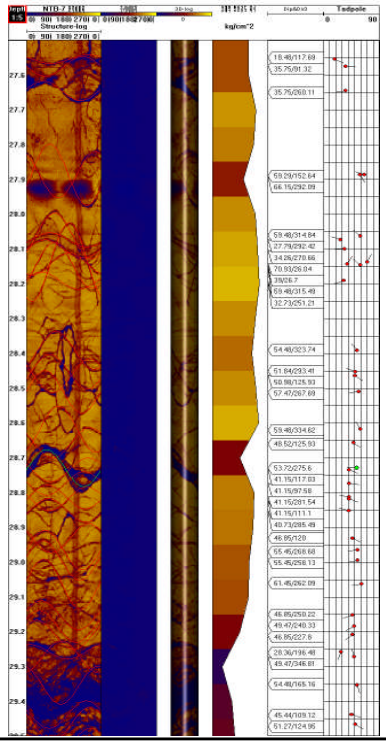
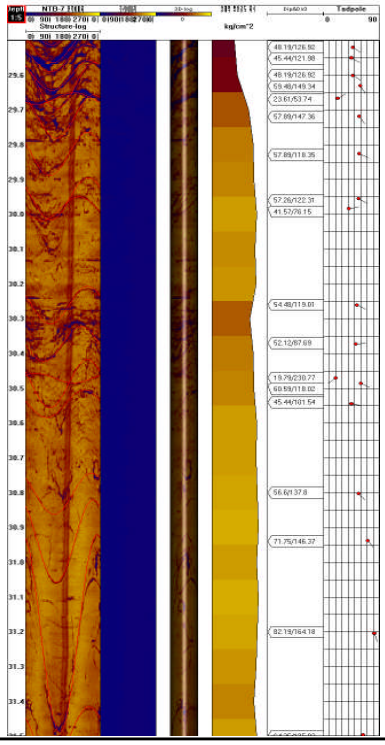
본 조사에 사용된 주요장비는 〈표 1-2〉와 같다.

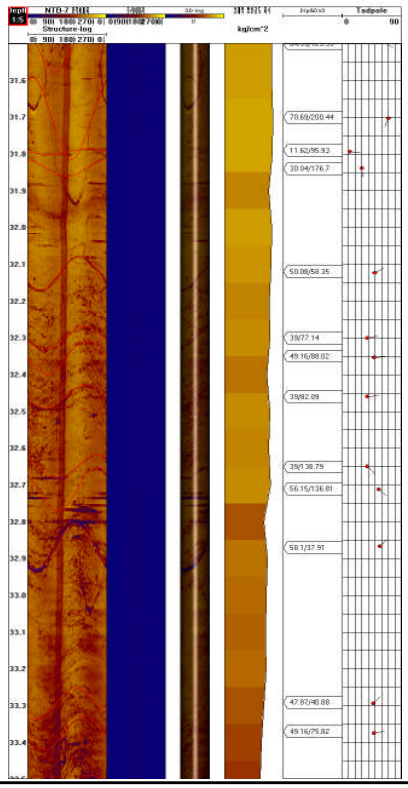
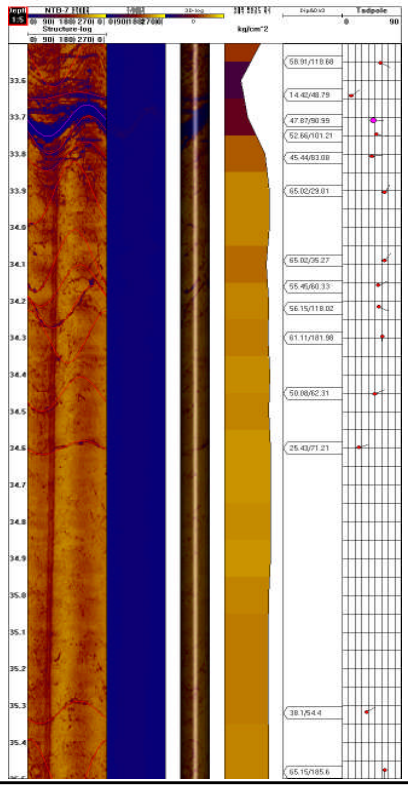
구 분	규 격	장비사진
초음파 주사검층	• 모델명 : ABI 40 • 본체 : Matrix Logger • Winch : Mini winch with 200m cable • Auto-controllability & manual • Encoder(depth counter) 내장 & 외장 • 직 경 : 40 mm , 길 이 : 1.60 m • Frequency : 1.2MHz • Orientation : 3축 자력계, 3축 경사계	

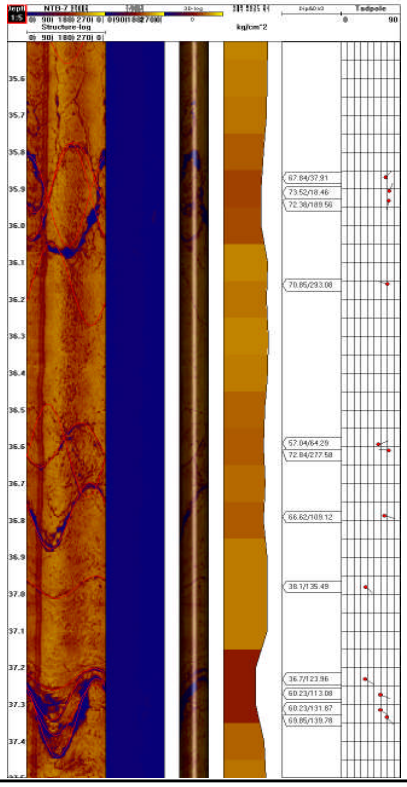
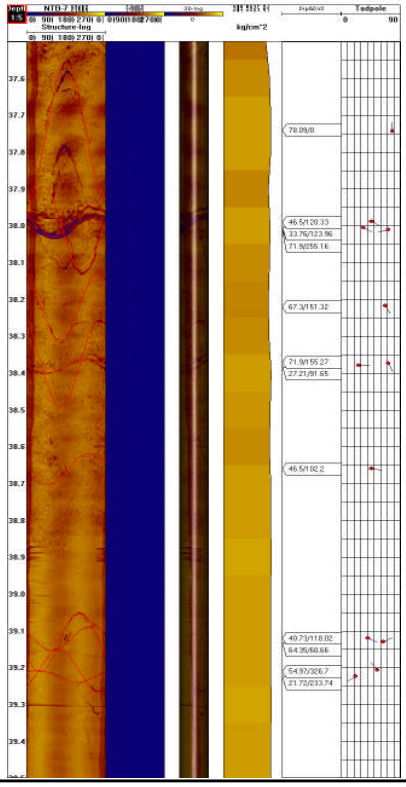
〈표 1-2〉 조사장비

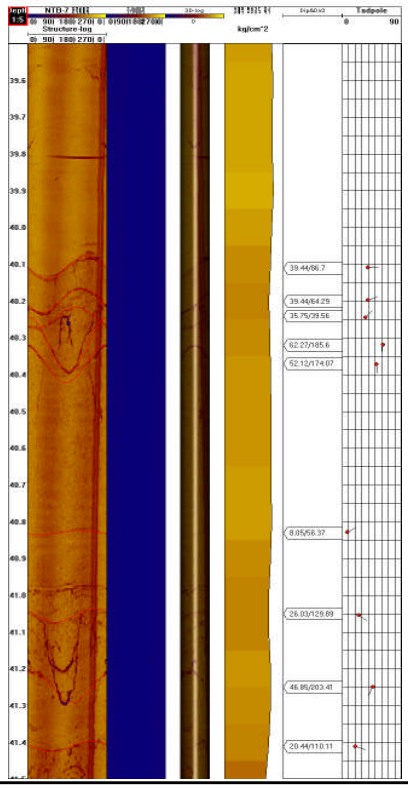
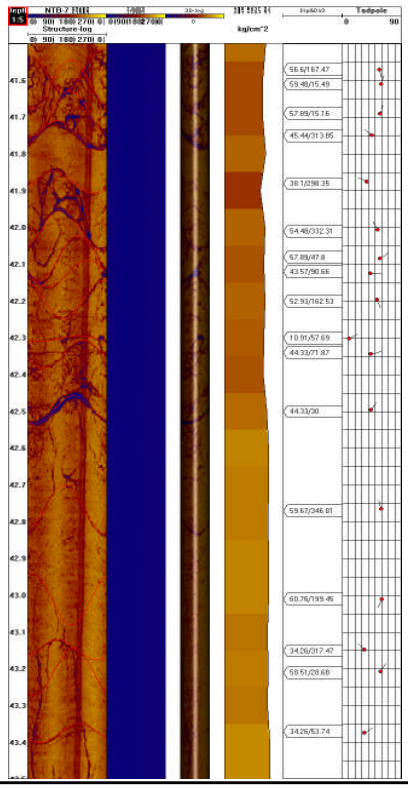
· NTB-10 검층 영상

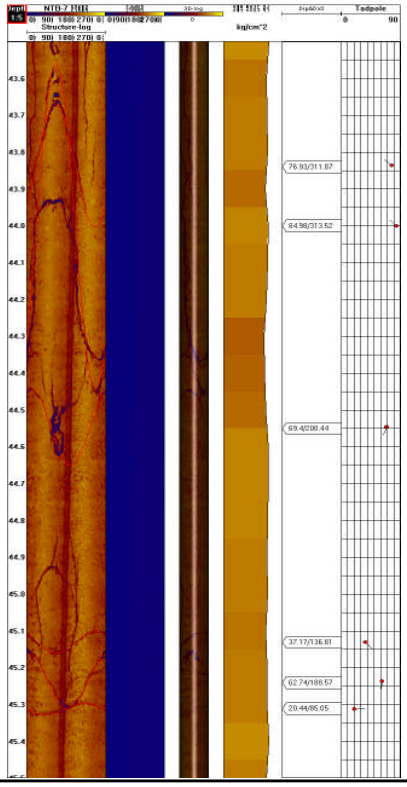
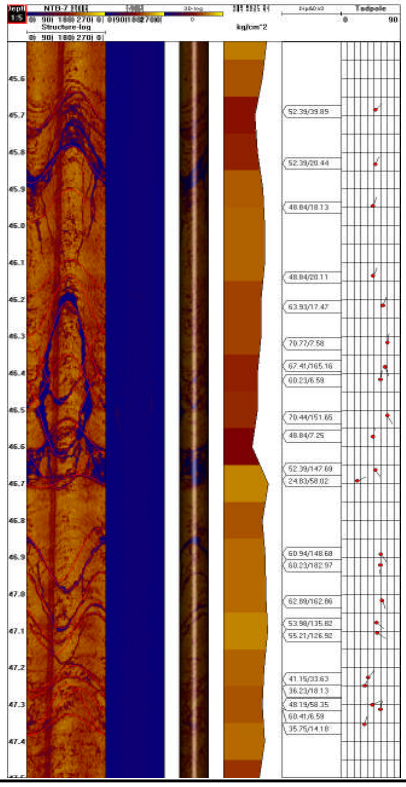
NTB-10(23.5~25.5m)	NTB-10(25.5~27.5m)
	

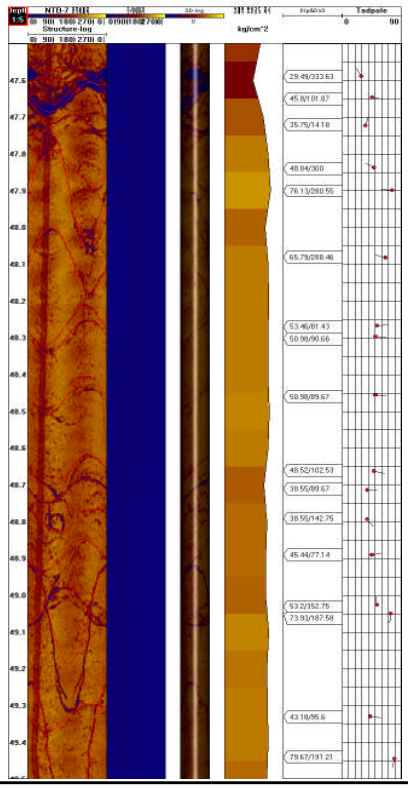
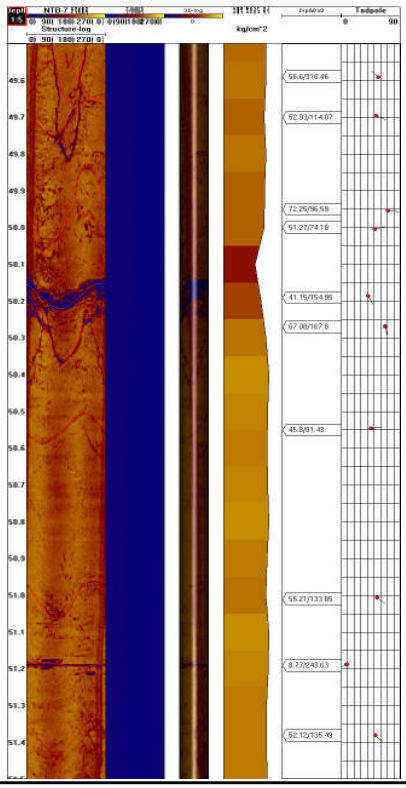
NTB-10(27.5~29.5m)	NTB-10(29.5~31.5m)
	

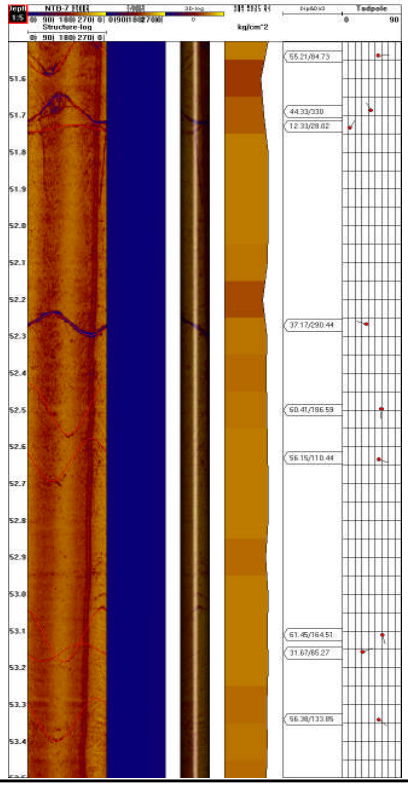
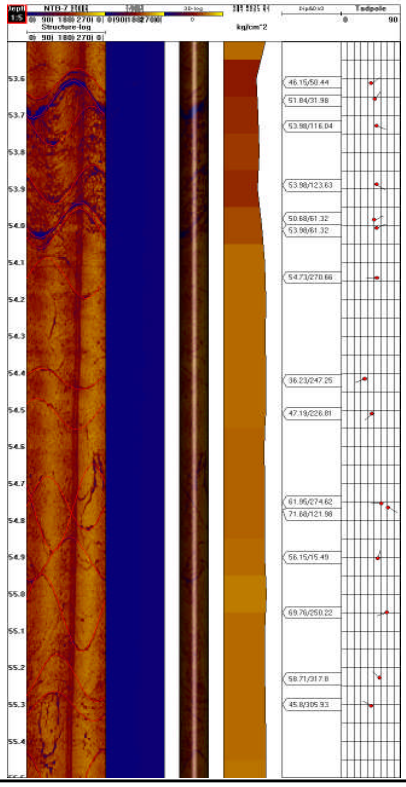
NTB-10(31.5~33.5m)	NTB-10(33.5~35.5m)
	

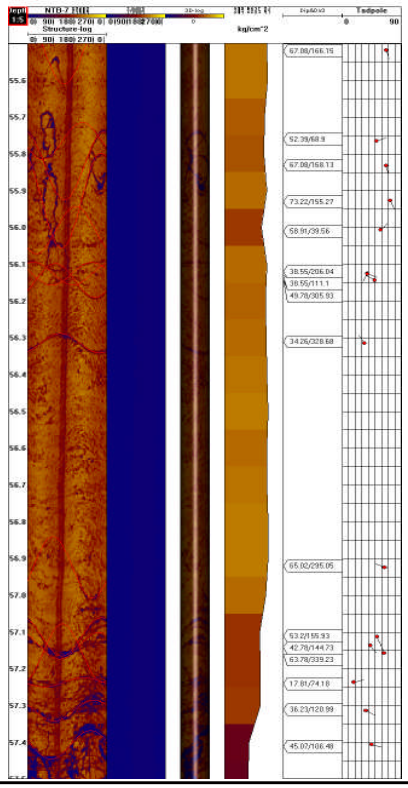
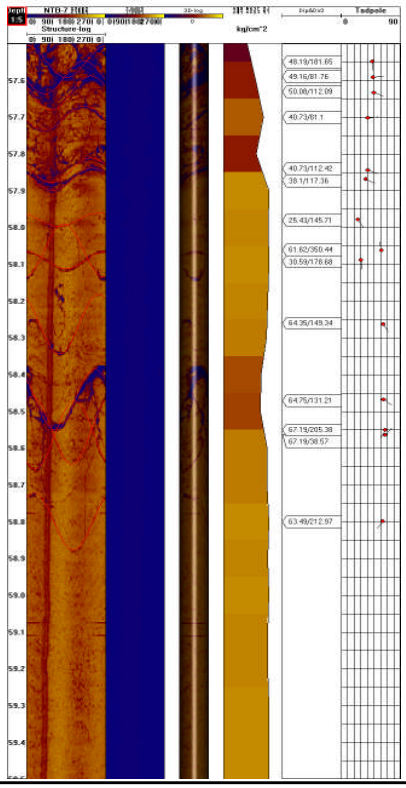
NTB-10(35.5~37.5m)	NTB-10(37.5~39.5m)
	

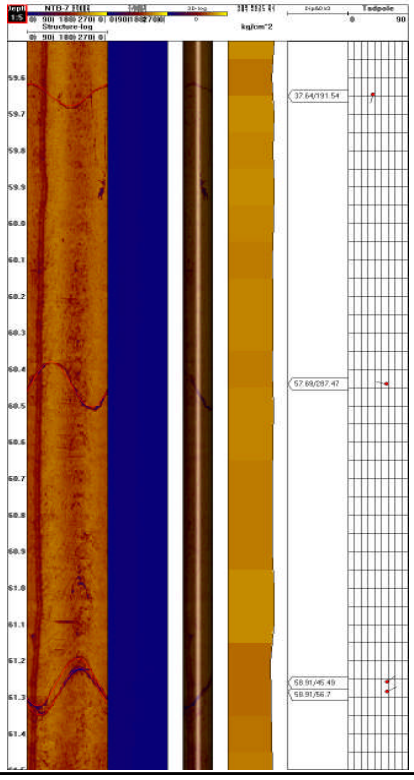
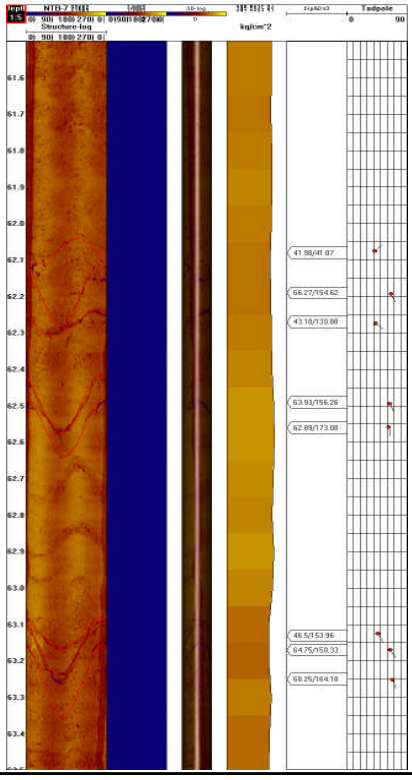
NTB-10(39.5~41.5m)	NTB-10(41.5~43.5m)
	

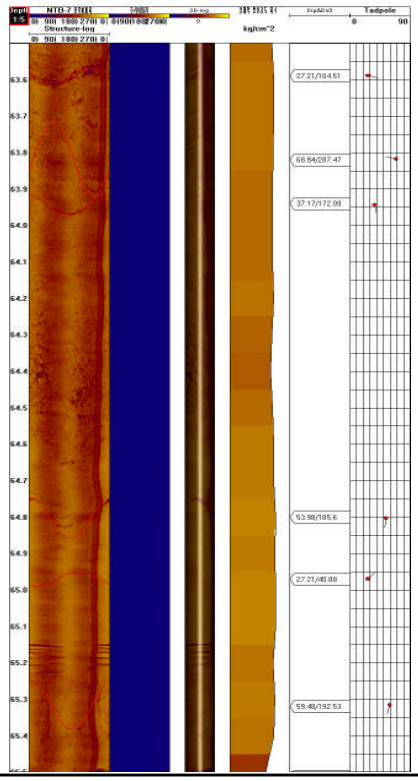
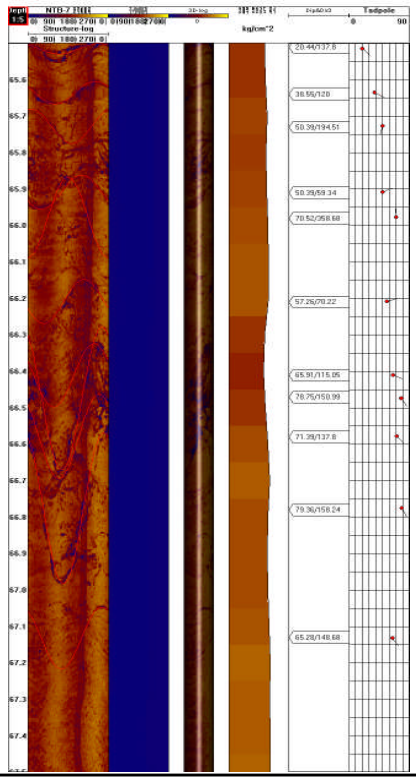
NTB-10(43.5~45.5m)	NTB-10(45.5~47.5m)
	

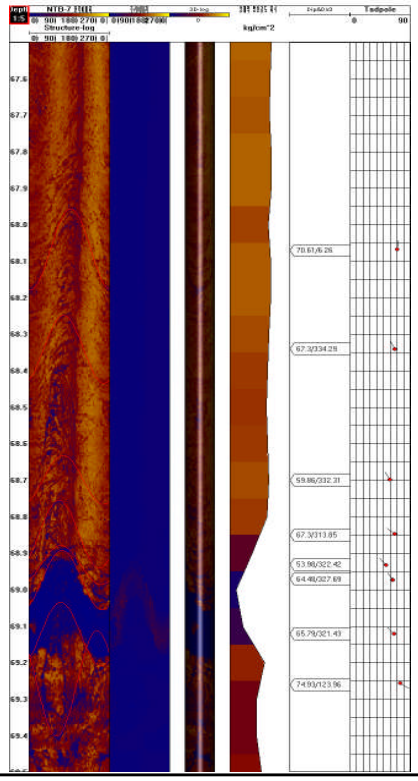
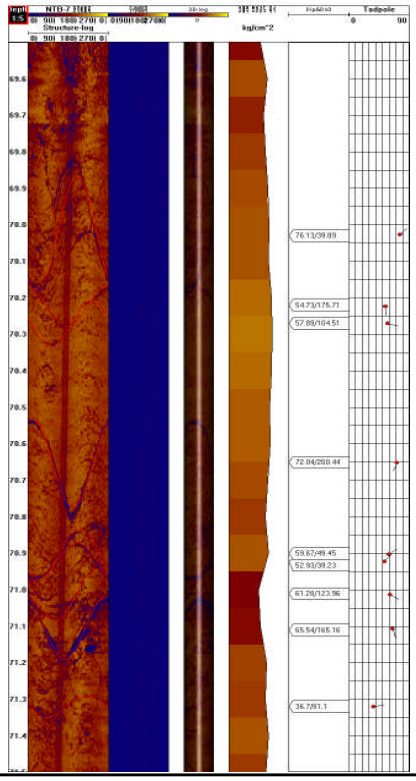
NTB-10(47.5~49.5m)	NTB-10(49.5~51.5m)
	

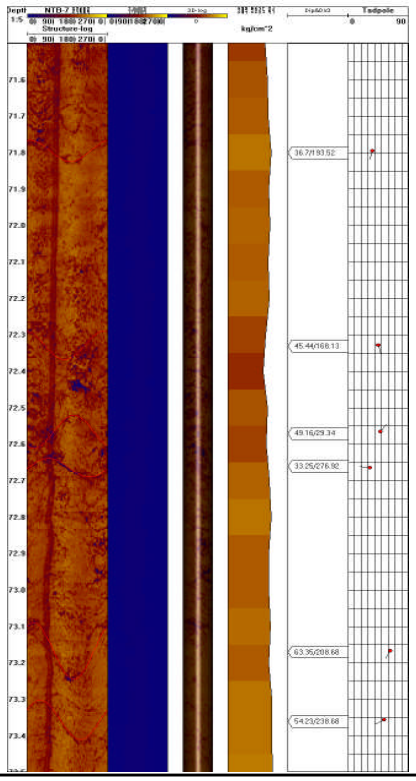
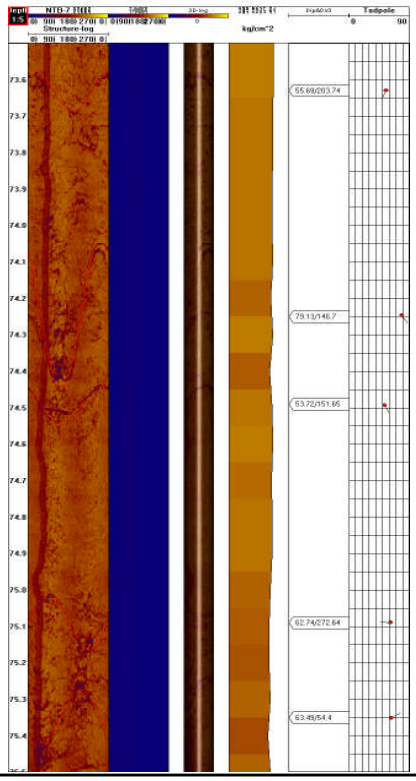
NTB-10(51.5~53.5m)	NTB-10(53.5~55.5m)
	

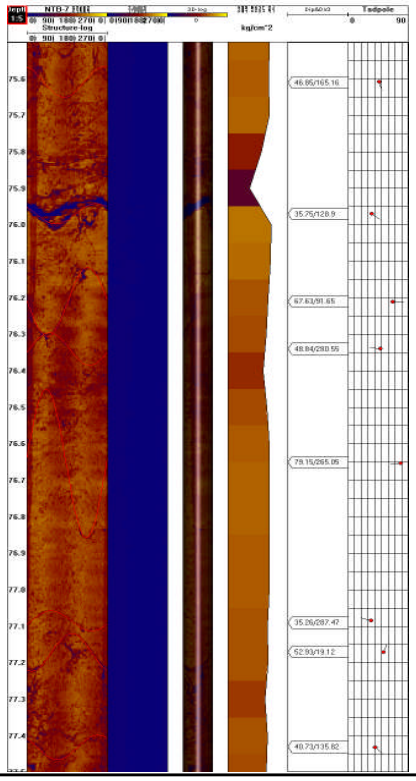
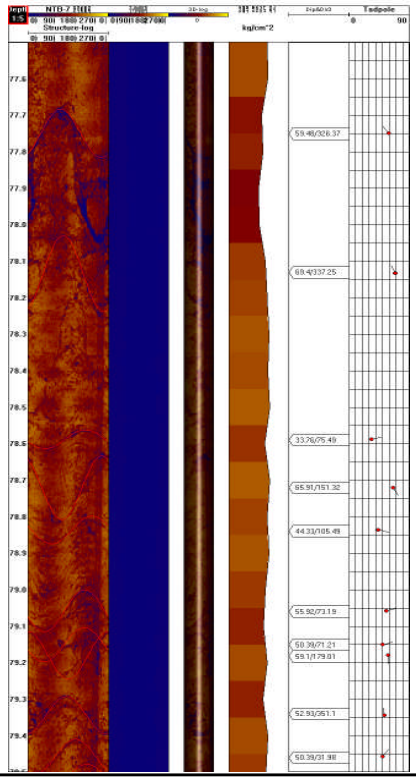
NTB-10(55.5~57.5m)	NTB-10(57.5~59.5m)
	

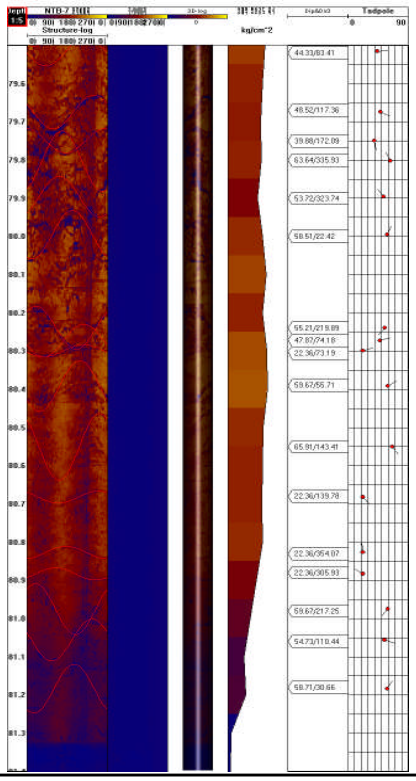
NTB-10(59.5~61.5m)	NTB-10(61.5~63.5m)
	

NTB-10(63.5~65.5m)	NTB-10(65.5~67.5m)
	

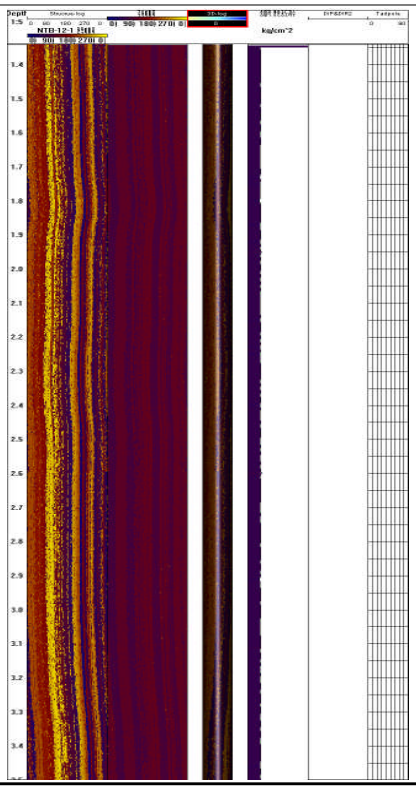
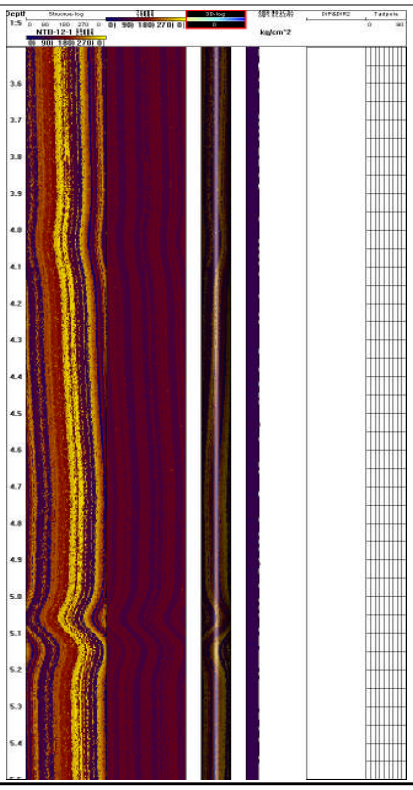
NTB-10(67.5~69.5m)	NTB-10(69.5~71.5m)
	

NTB-10(71.5~73.5m)	NTB-10(73.5~75.5m)
	

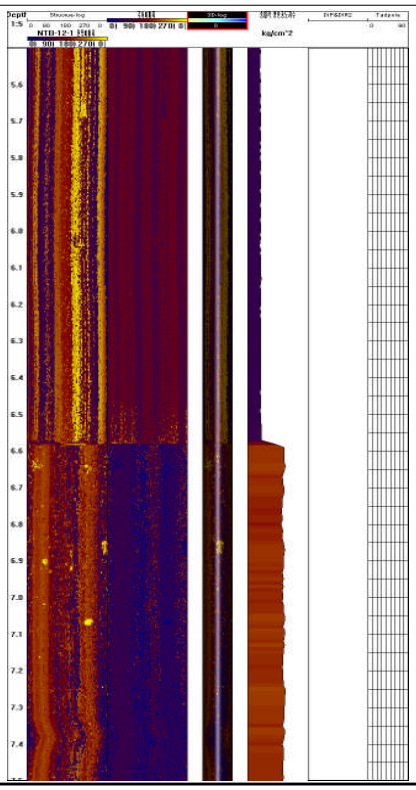
NTB-10(75.5~77.5m)	NTB-10(77.5~79.5m)
	

NTB-10(79.5~81.4m)	
	

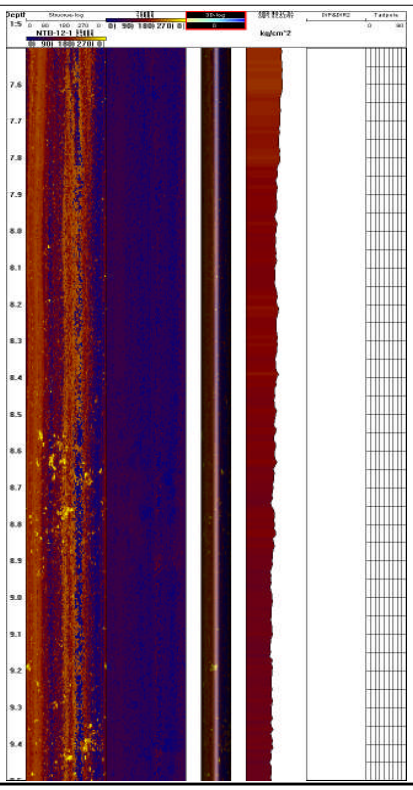
NTB-14 검층영상

NTB-14(1.35~3.5m)	NTB-14(3.5 ~ 5.5m)
	

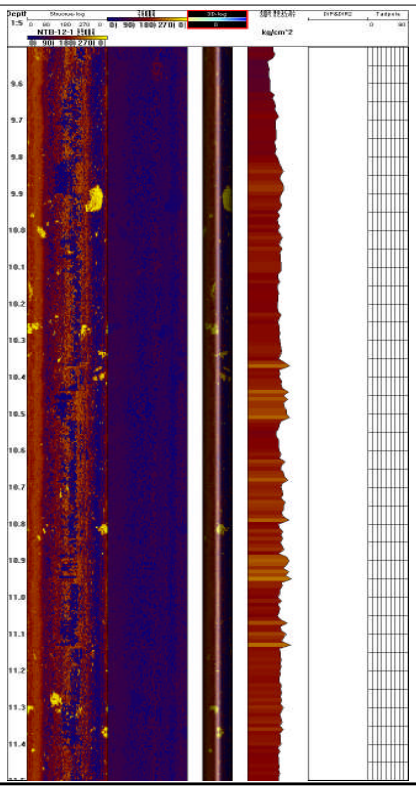
NTB-14(5.5 ~ 7.5m)



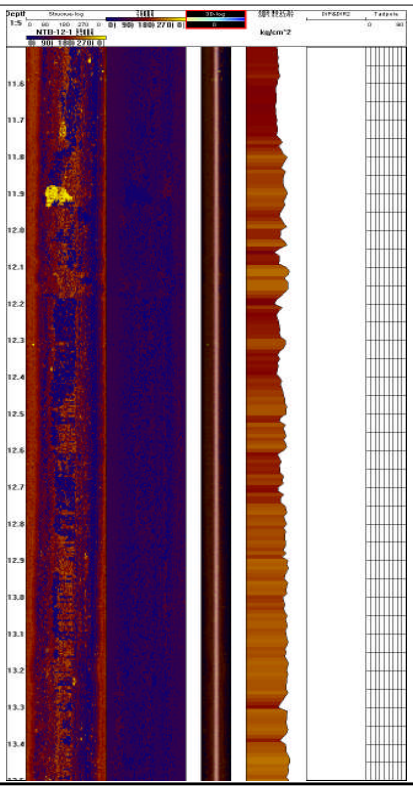
NTB-14(7.5 ~ 9.5m)



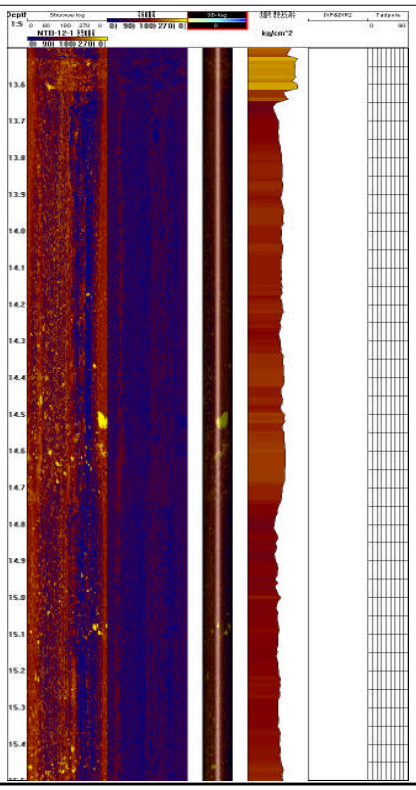
NTB-14(9.5 ~ 11.5m)



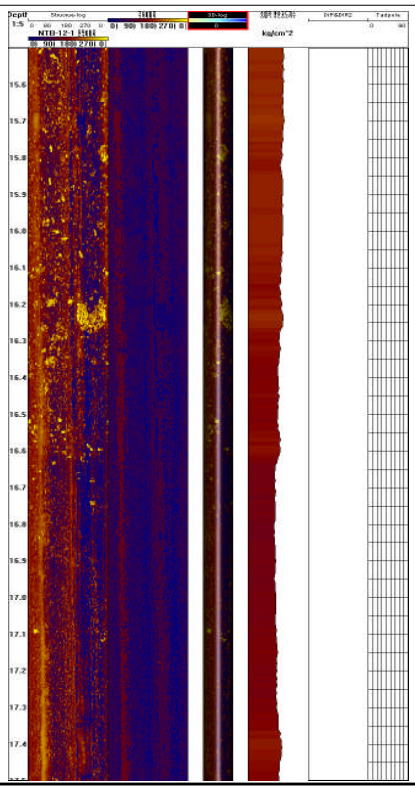
NTB-14(11.5 ~ 13.5m)



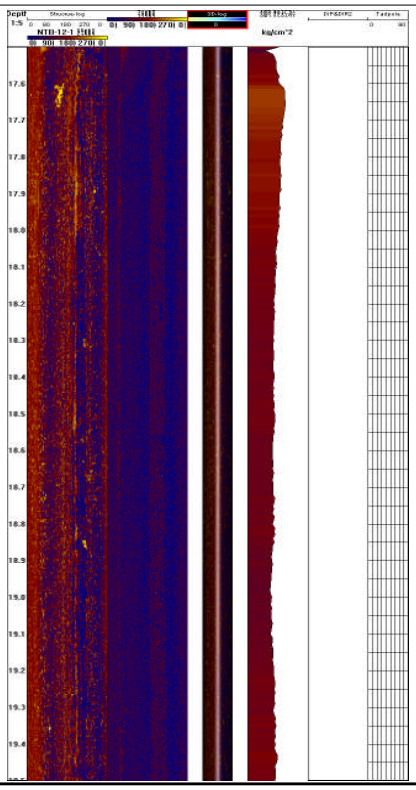
NTB-14(13.5 ~ 15.5m)



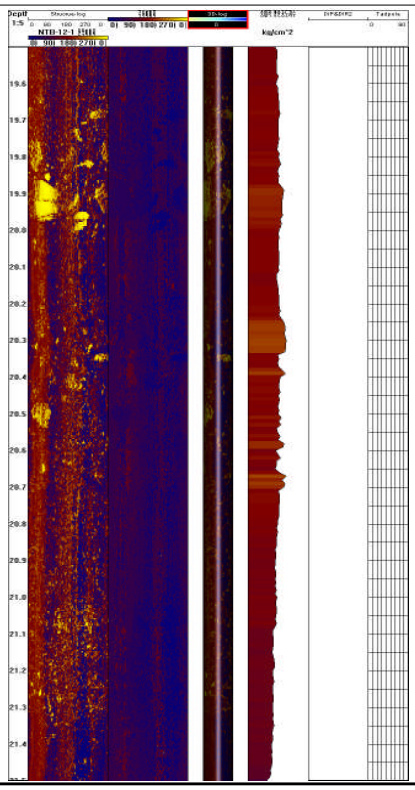
NTB-14(15.5 ~ 17.5m)



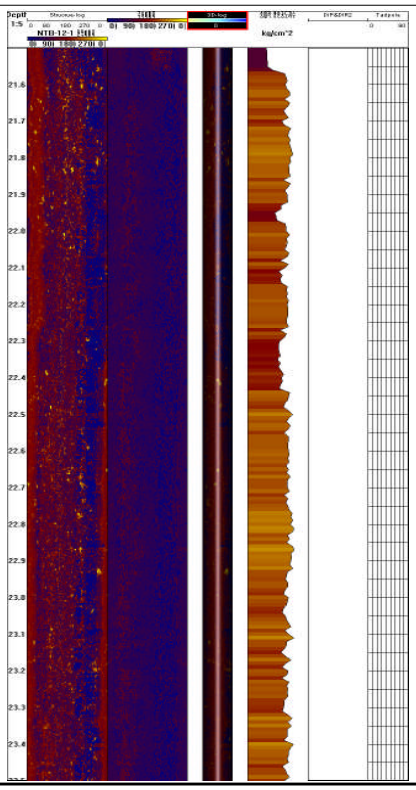
NTB-14(17.5 ~ 19.5m)



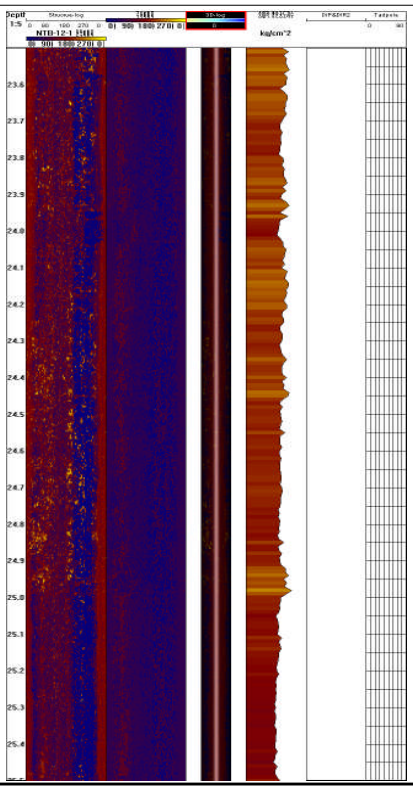
NTB-14(19.5 ~ 21.5m)



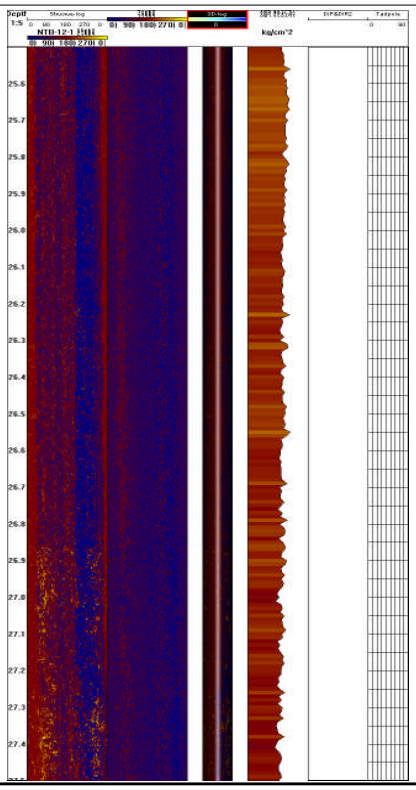
NTB-14(21.5 ~ 23.5m)



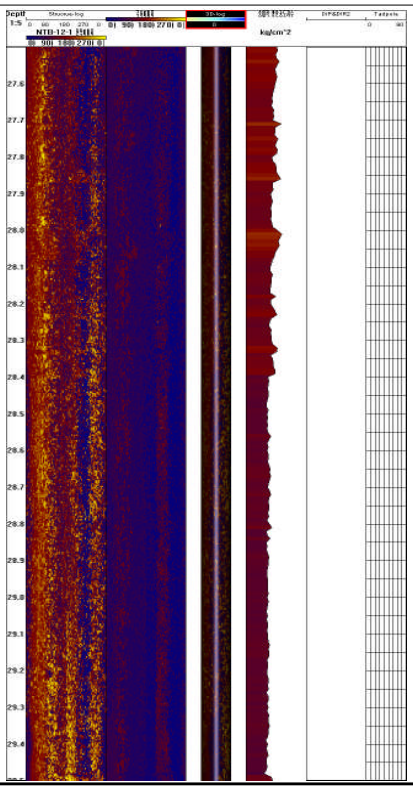
NTB-14(23.5 ~ 25.5m)



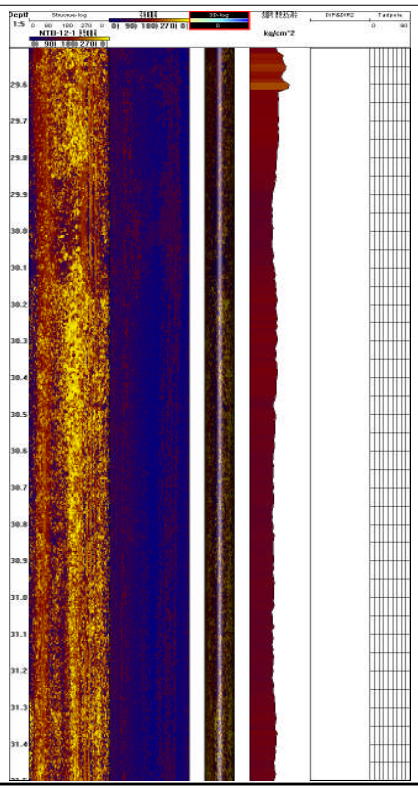
NTB-14(25.5 ~ 27.5m)



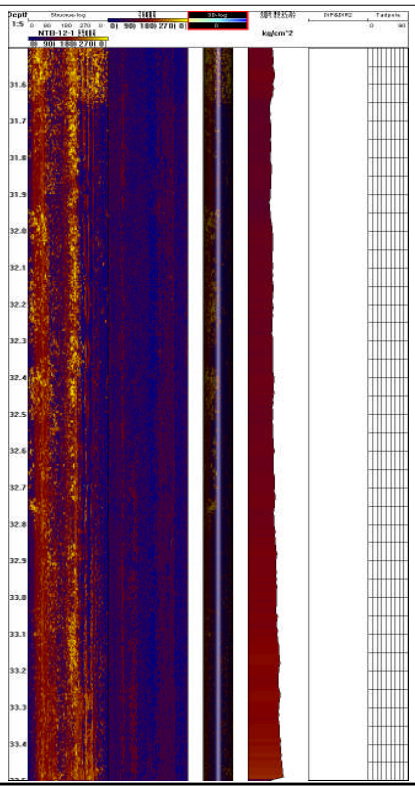
NTB-14(27.5 ~ 29.5m)



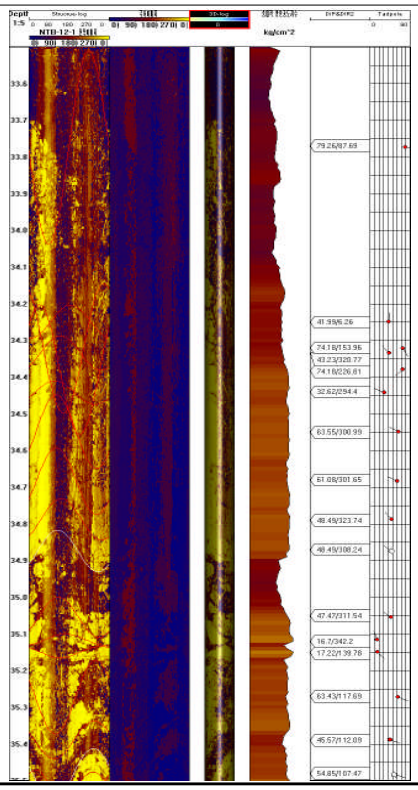
NTB-14(29.5 ~ 31.5m)



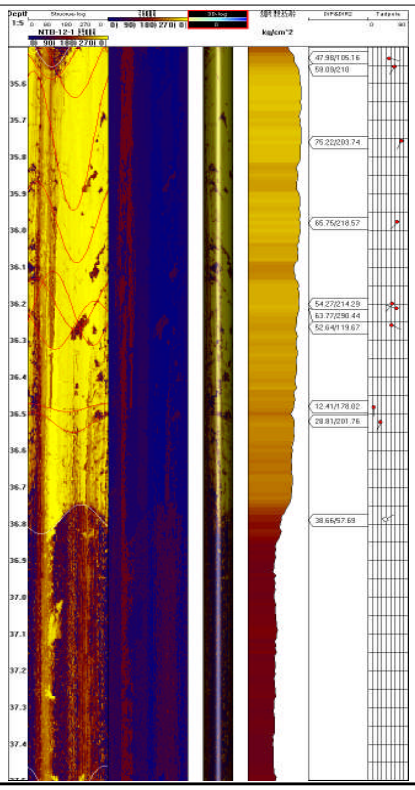
NTB-14(31.5 ~ 33.5m)



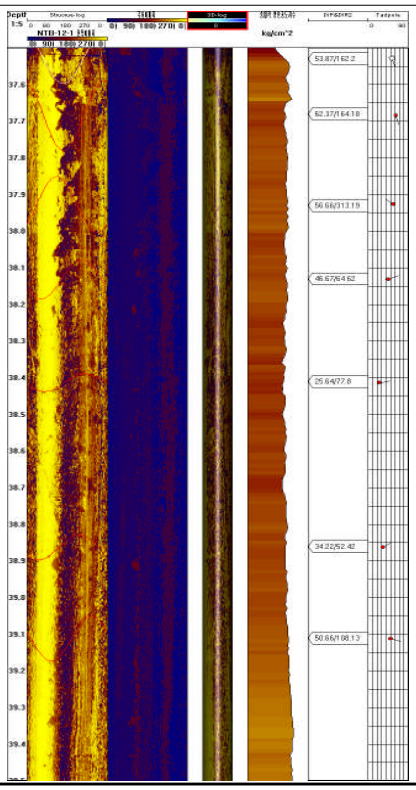
NTB-14(33.5 ~ 35.5m)



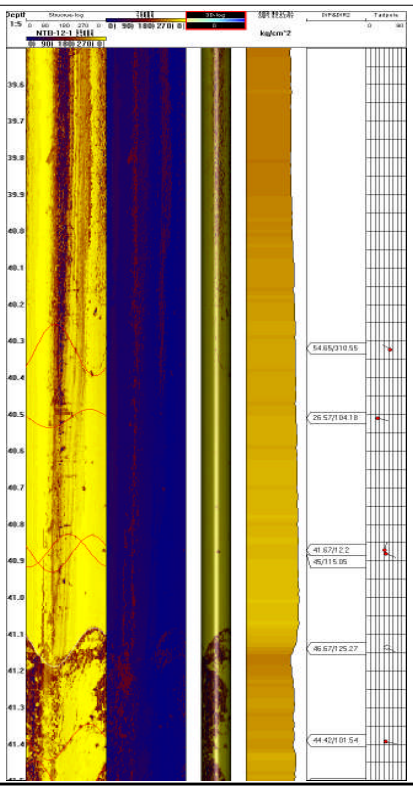
NTB-14(35.5 ~ 37.5m)



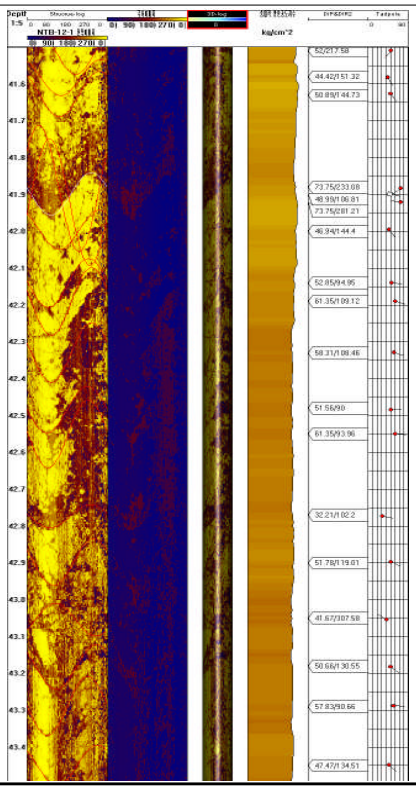
NTB-14(37.5 ~ 39.5m)



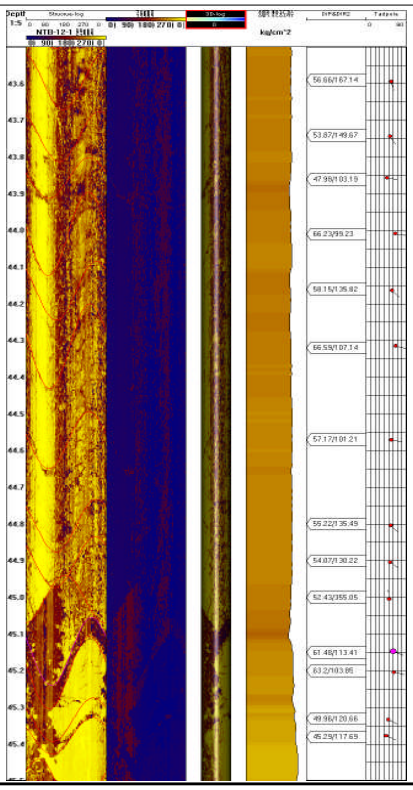
NTB-14(39.5 ~ 41.5m)



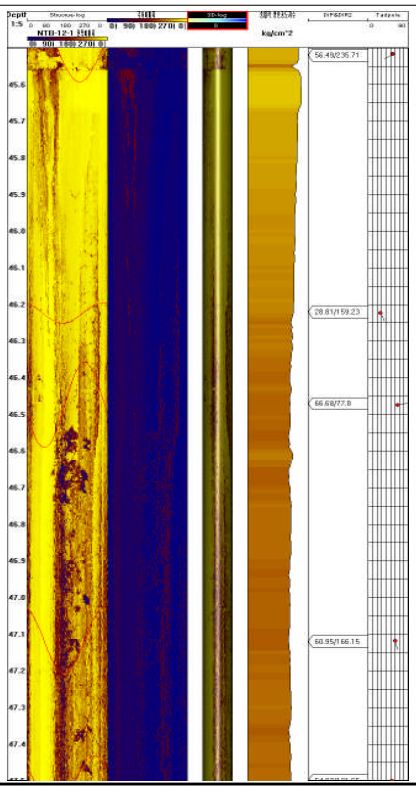
NTB-14(41.5 ~ 43.5m)



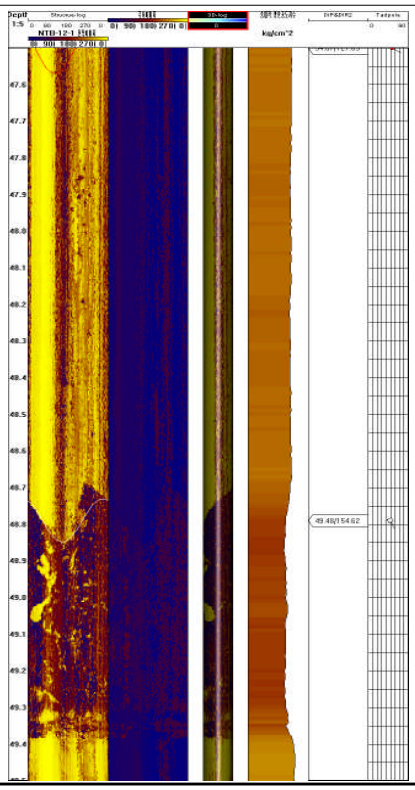
NTB-14(43.5 ~ 45.5m)



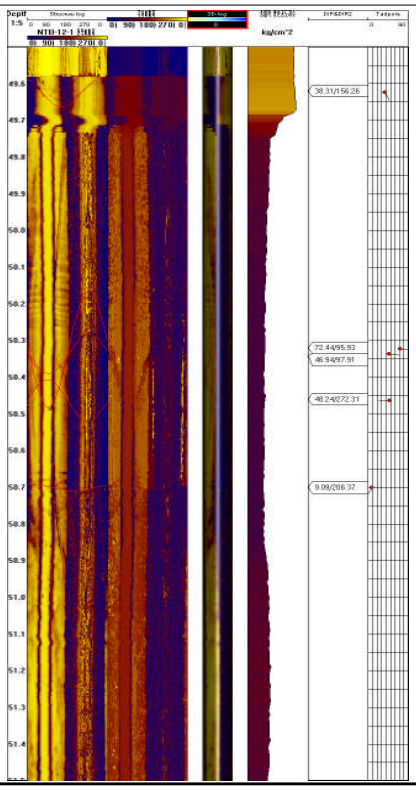
NTB-14(45.5 ~ 47.5m)



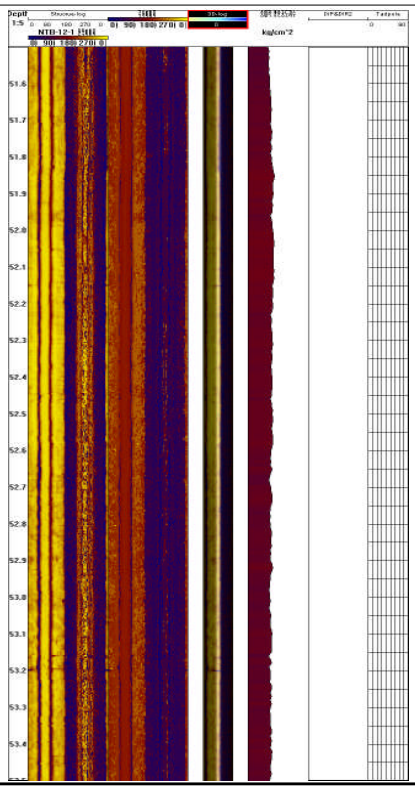
NTB-14(47.5 ~ 49.5m)



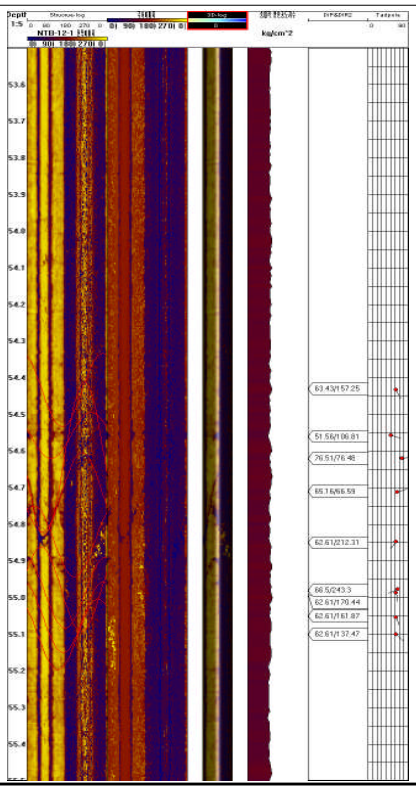
NTB-14(49.5 ~ 51.5m)



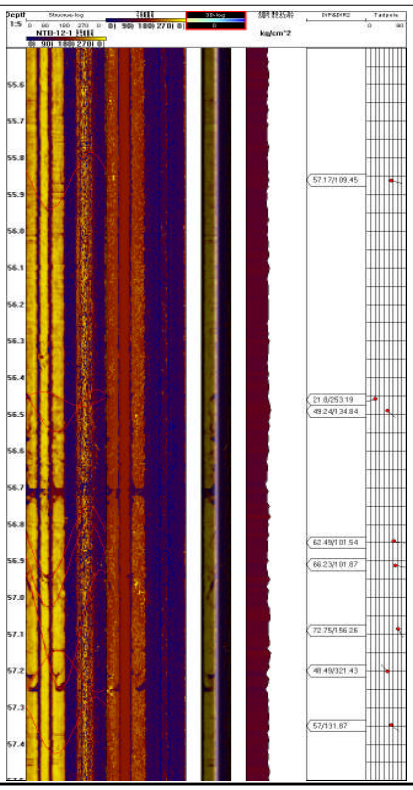
NTB-14(51.5 ~ 53.5m)



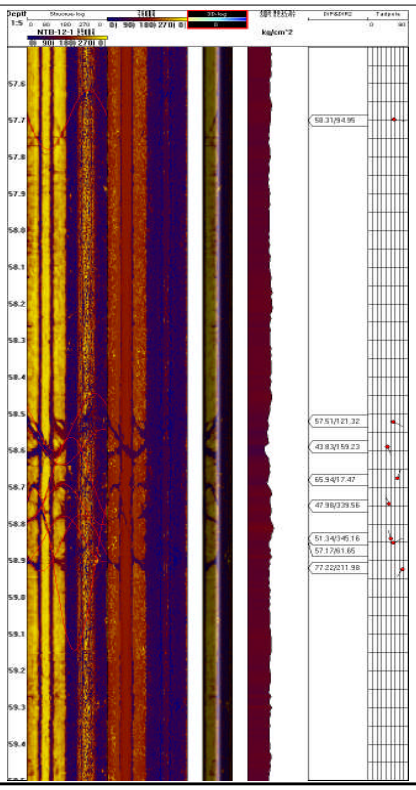
NTB-14(53.5 ~ 55.5m)



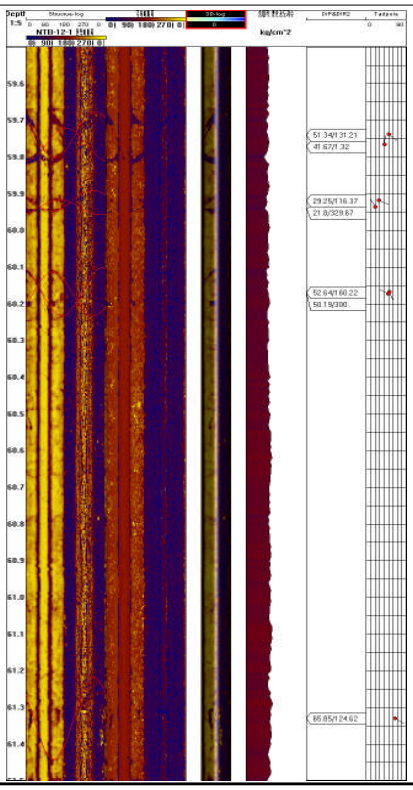
NTB-14(55.5 ~ 57.5m)



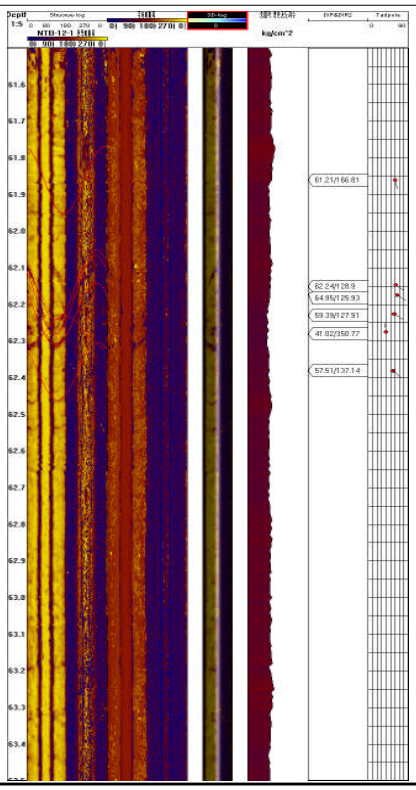
NTB-14(57.5 ~ 59.5m)



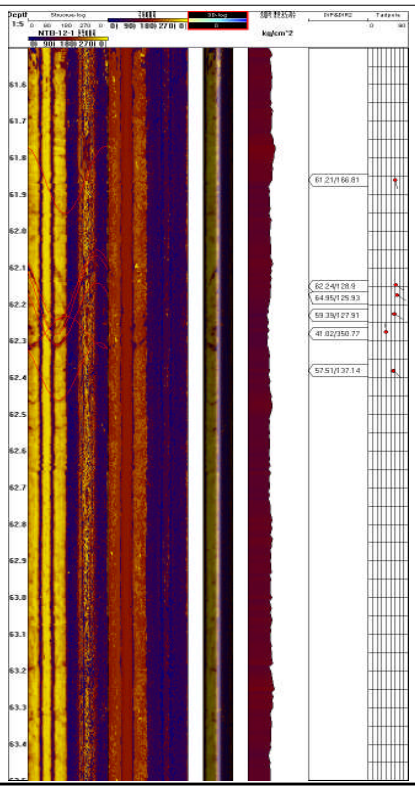
NTB-14(59.5 ~ 61.5m)



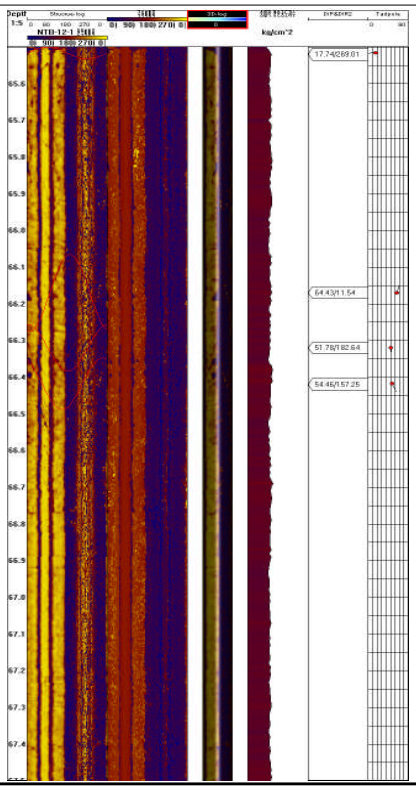
NTB-14(61.5 ~ 63.5m)



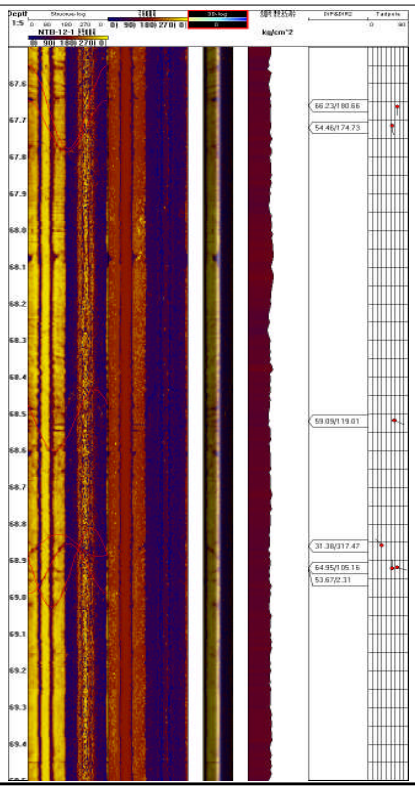
NTB-14(63.5 ~ 65.5m)

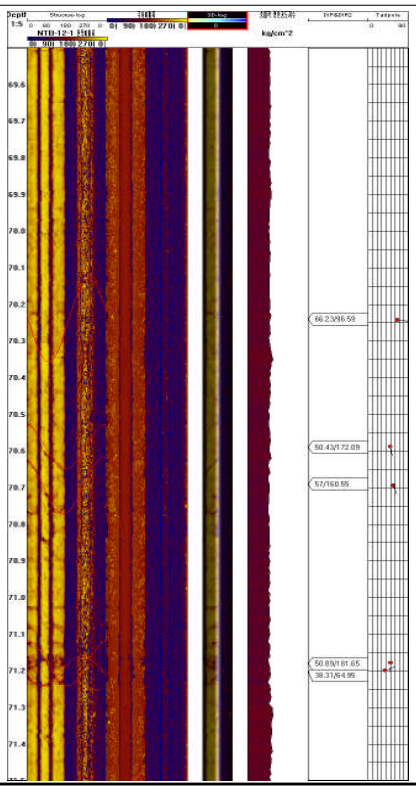
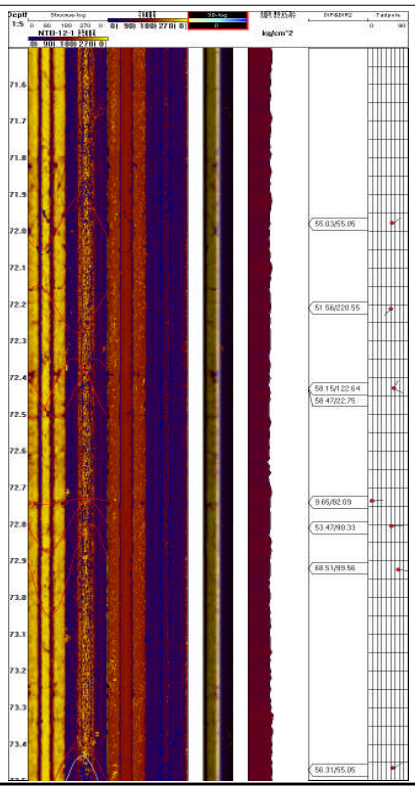


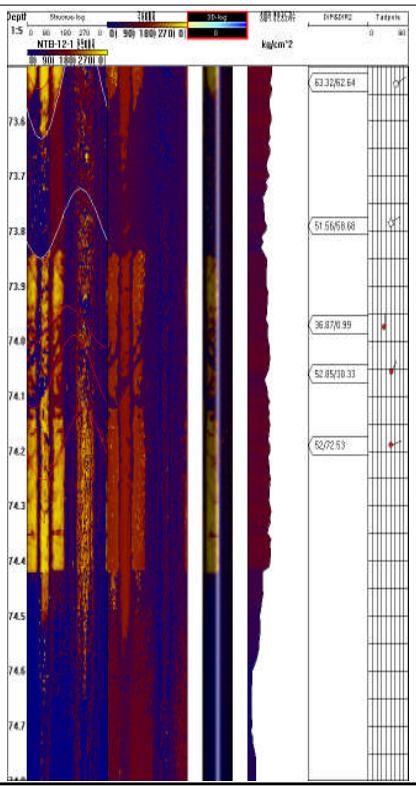
NTB-14(65.5 ~ 67.5m)



NTB-14(67.5 ~ 69.5m)

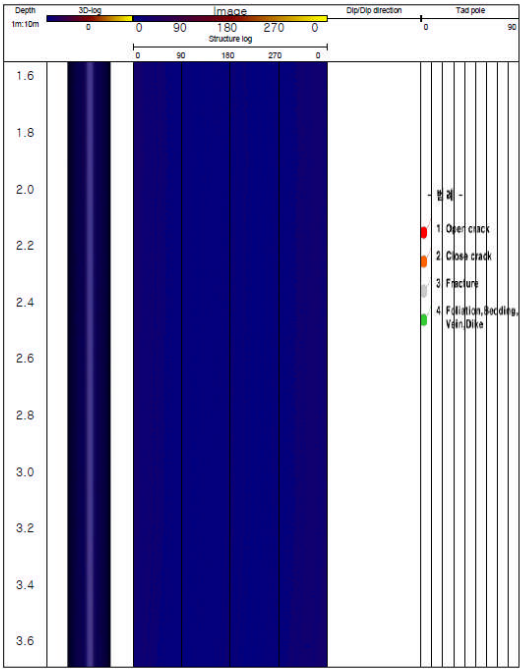


NTB-14(69.5 ~ 71.5m)	NTB-14(71.5 ~ 73.5m)
	

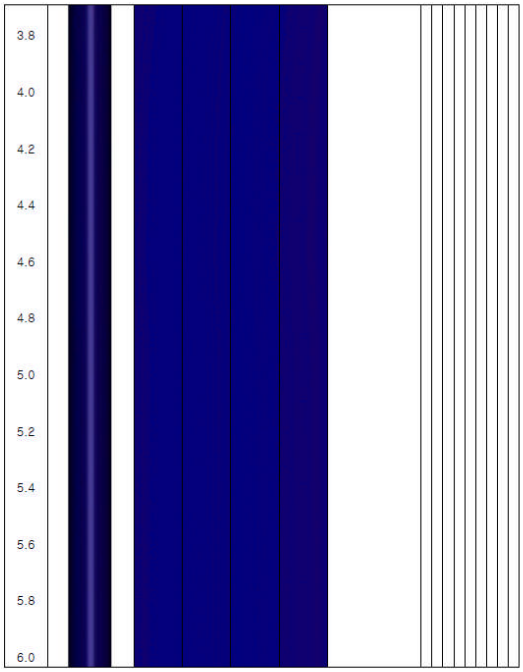
NTB-14(73.5 ~ 74.8m)	
	

· NTB-15 검층영상

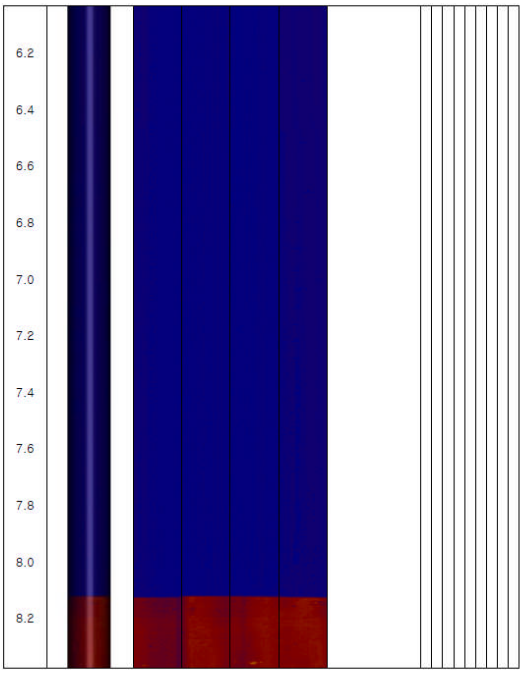
NTB-15(1.55~3.70)



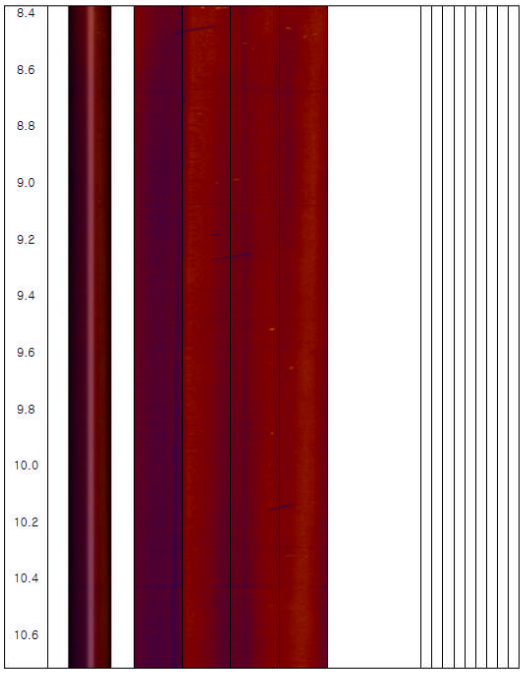
NTB-15(3.70~6.04)



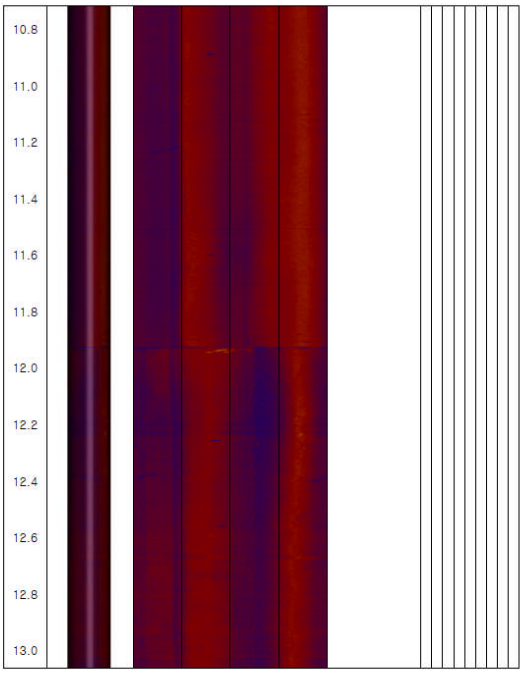
NTB-15(6.04~8.38)



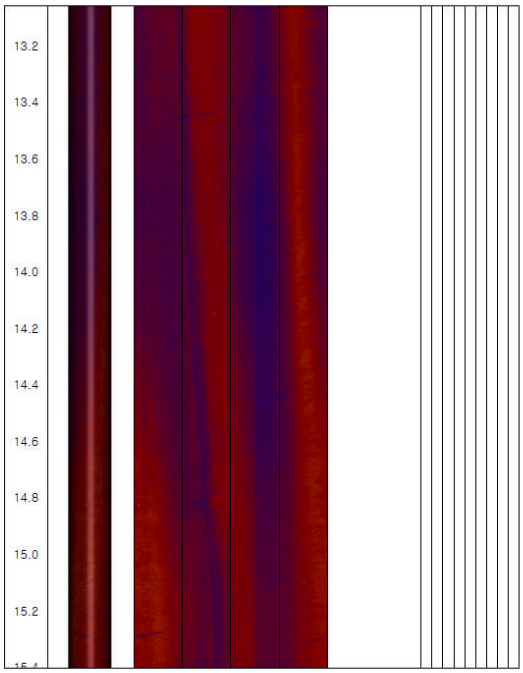
NTB-15(8.38~10.72)



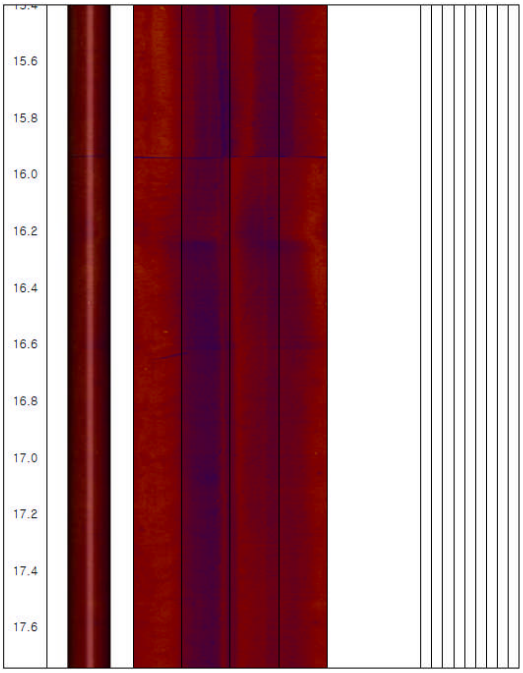
NTB-15(10.72~13.06)



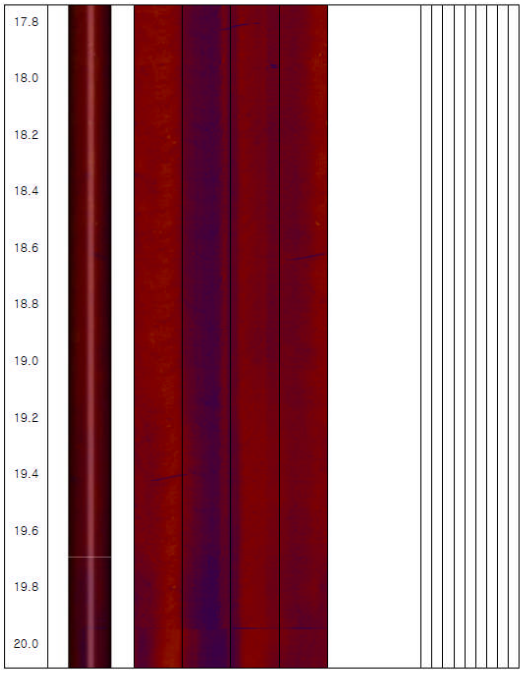
NTB-15(13.06~15.40)



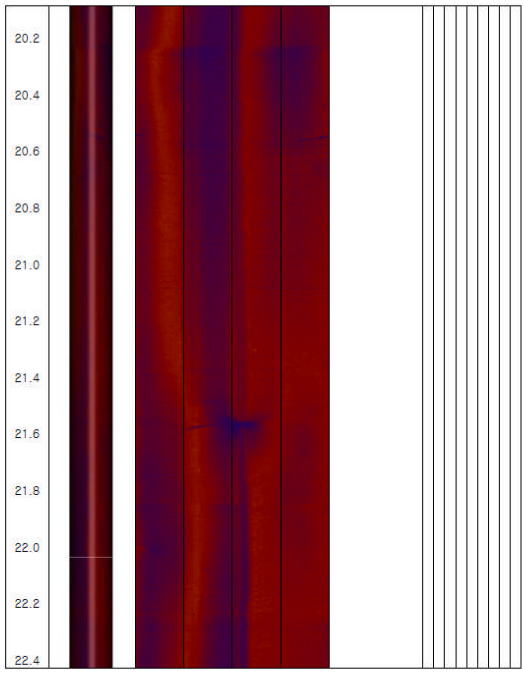
NTB-15(15.40~17.74)



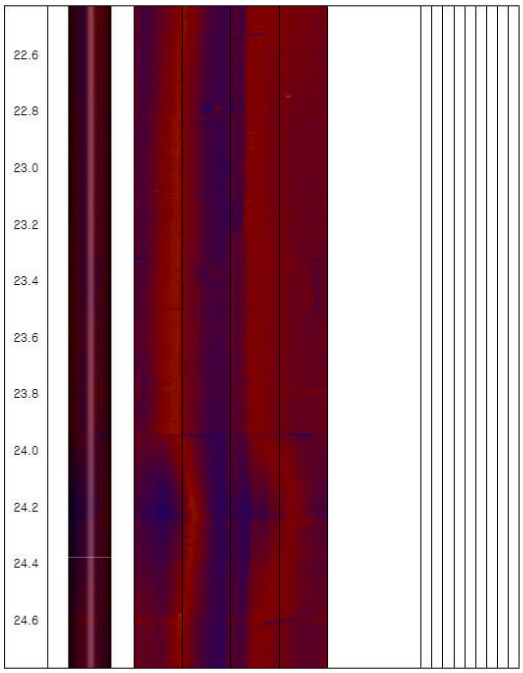
NTB-15(17.74~20.08)



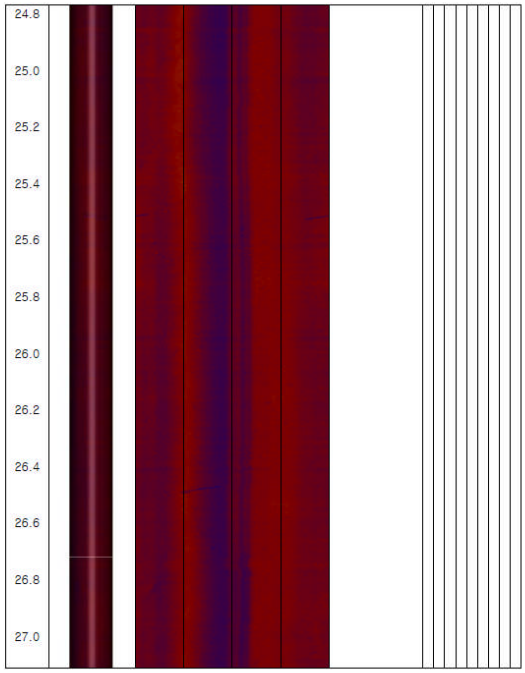
NTB-15(20.08~22.42)



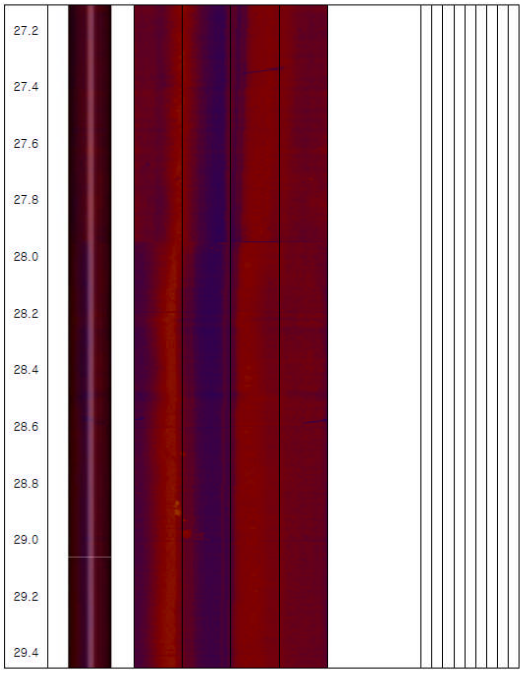
NTB-15(22.42~24.76)



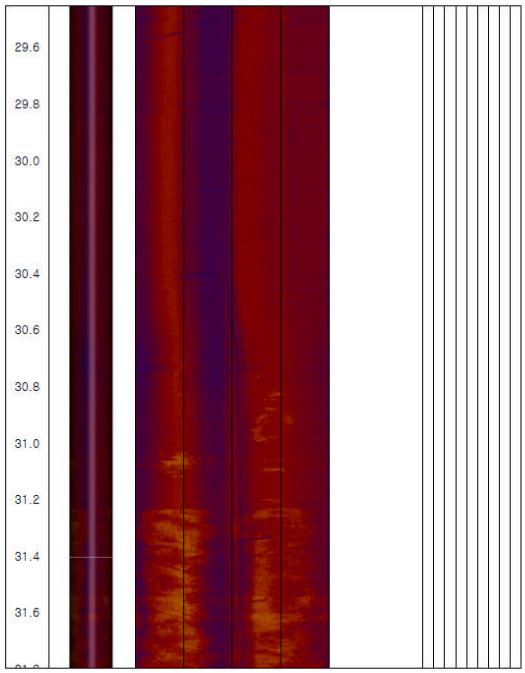
NTB-15(24.76~27.10)



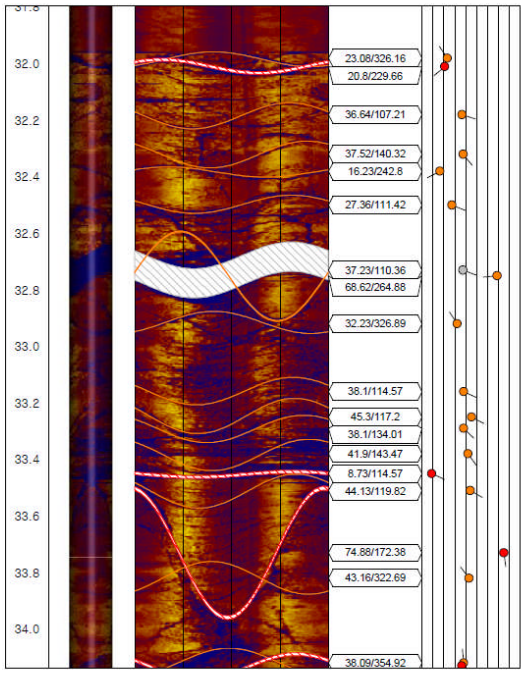
NTB-15(27.10~29.44)



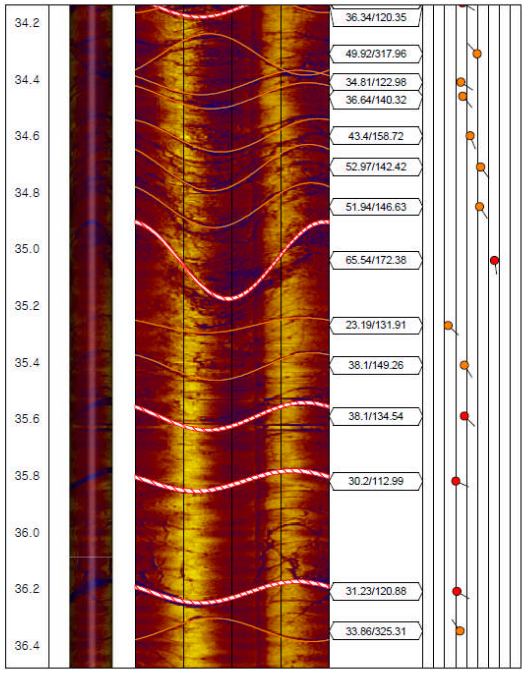
NTB-15(29.44~31.78)



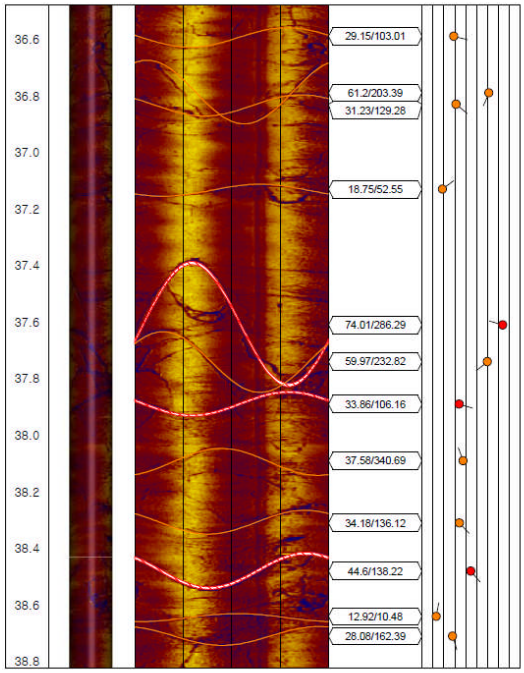
NTB-15(31.78~34.12)



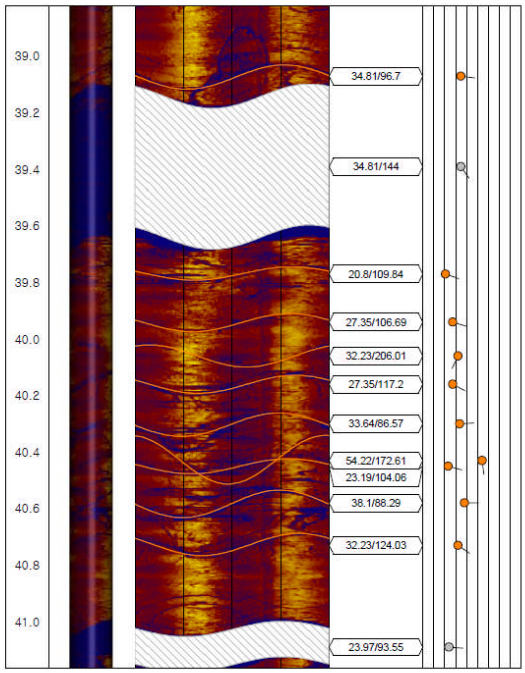
NTB-15(34.12~36.46)



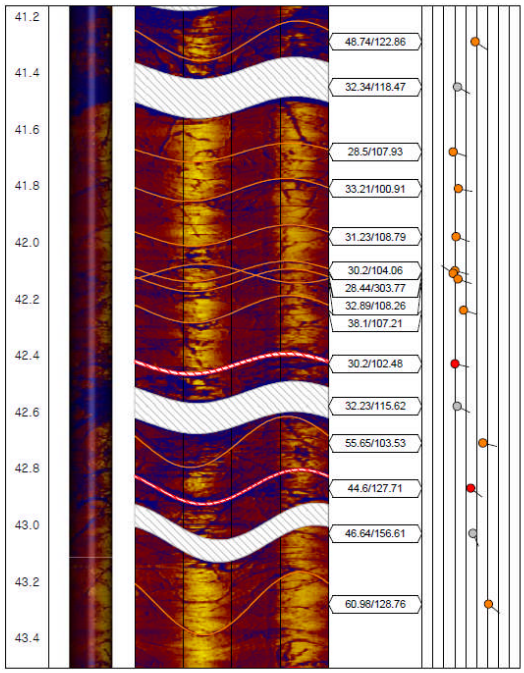
NTB-15(36.46~38.80)



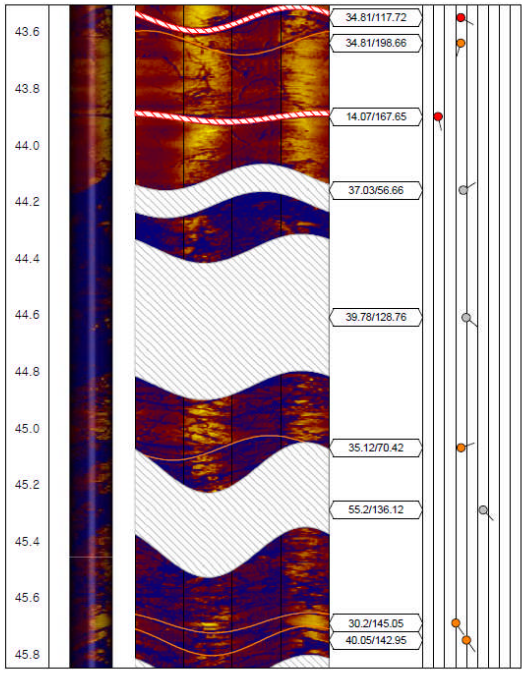
NTB-15(38.80~41.14)



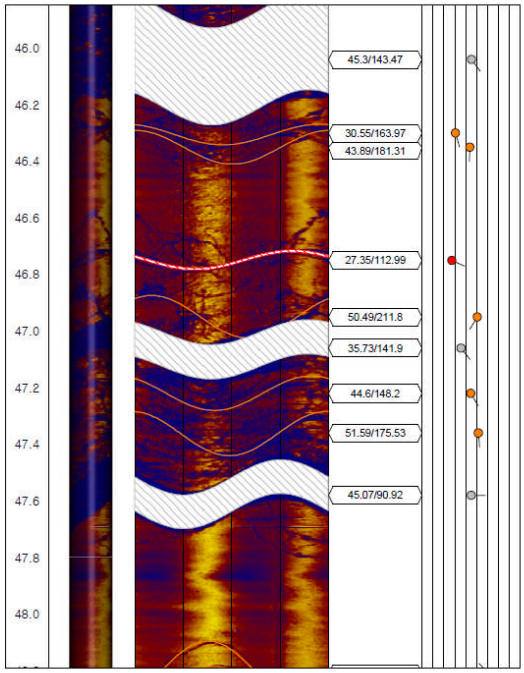
NTB-15(41.14~43.48)



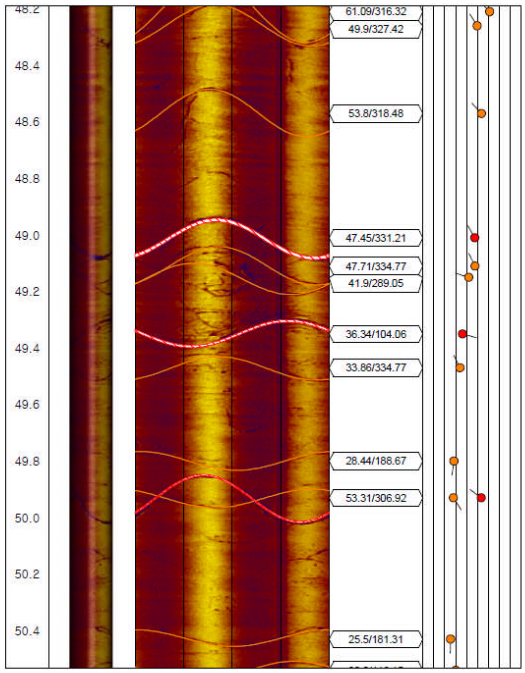
NTB-15(43.48~45.82)



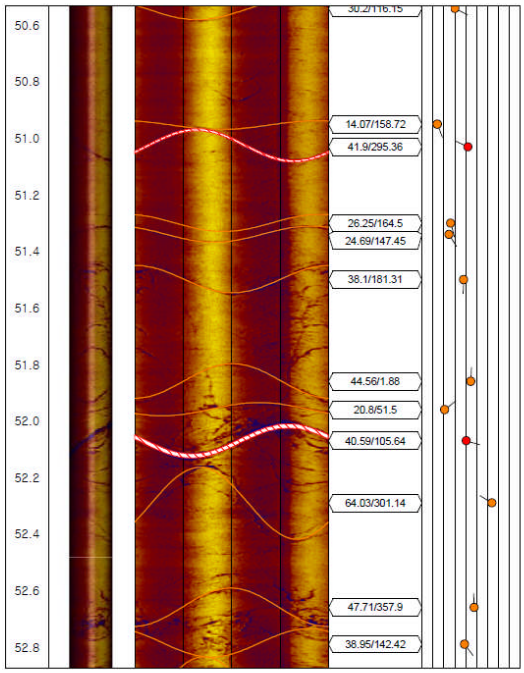
NTB-15(45.82~48.16)



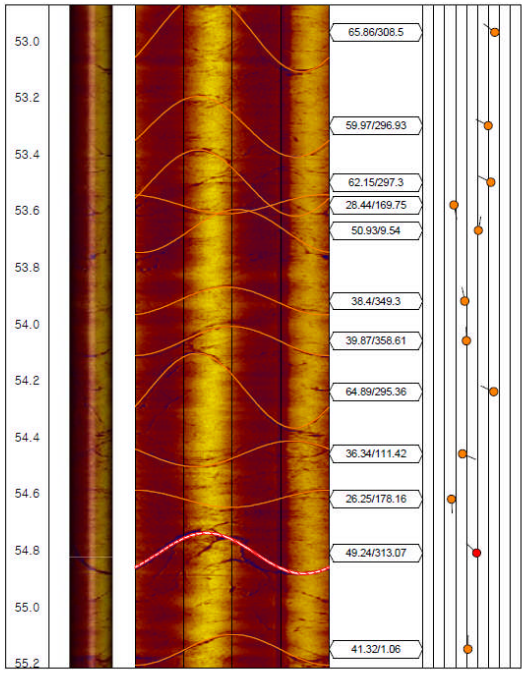
NTB-15(48.16~50.50)



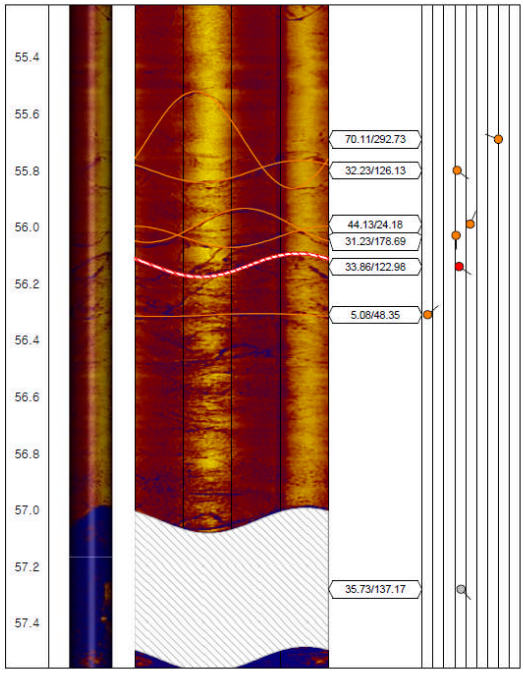
NTB-15(50.50~52.84)



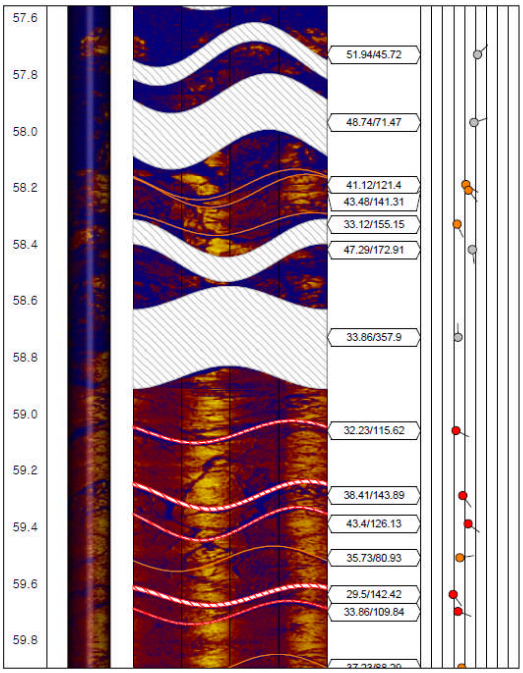
NTB-15(52.84~55.18)



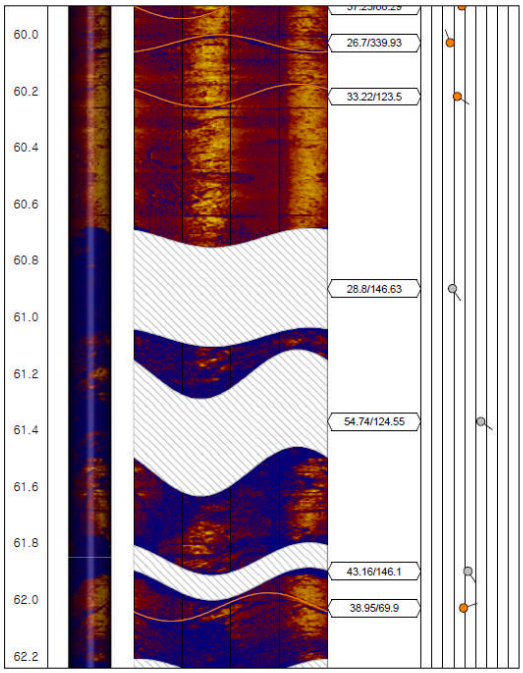
NTB-15(55.18~57.52)



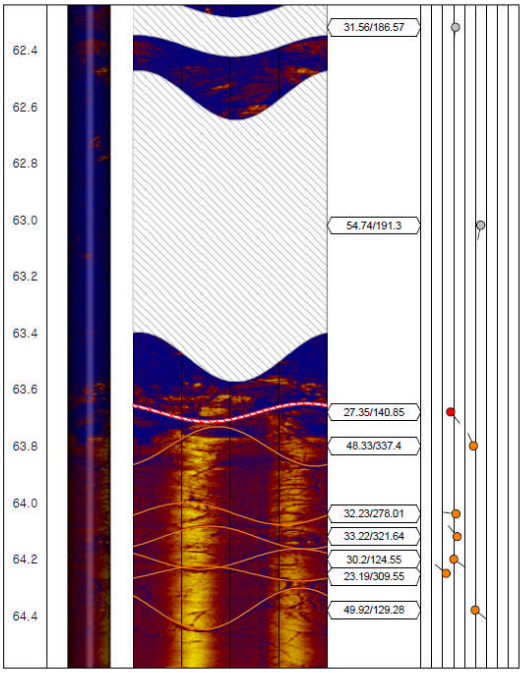
NTB-15(57.52~59.86)



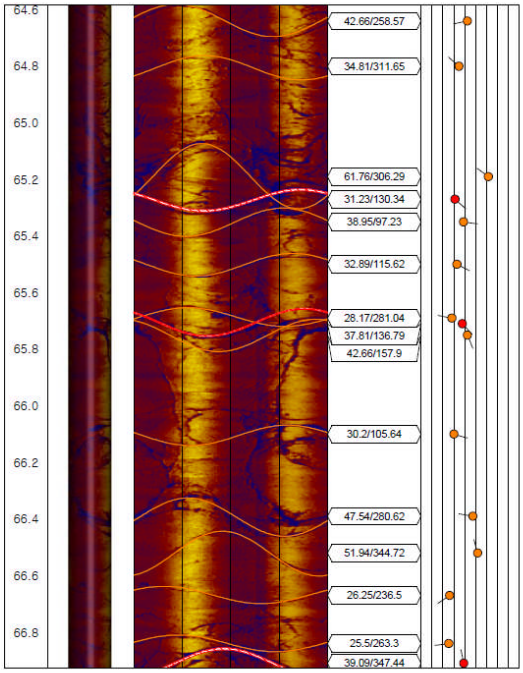
NTB-15(59.86~62.20)

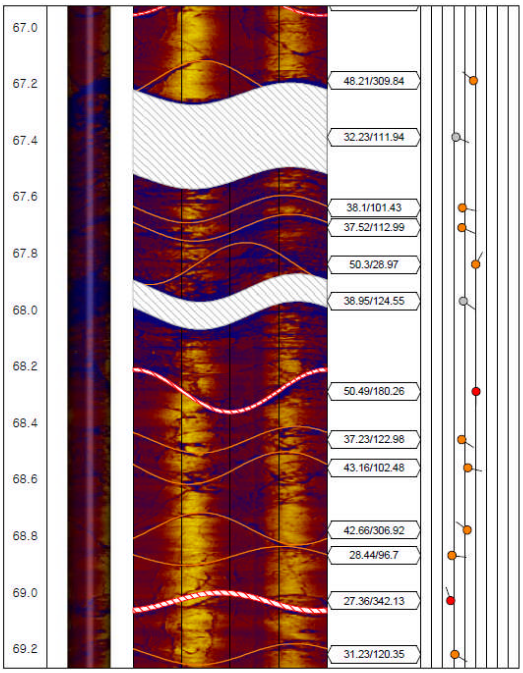
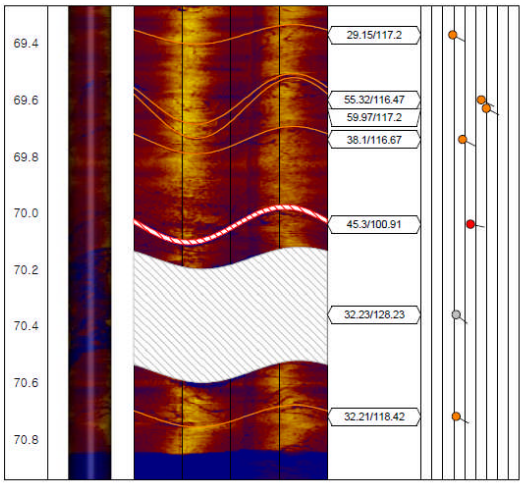


NTB-15(62.20~64.54)



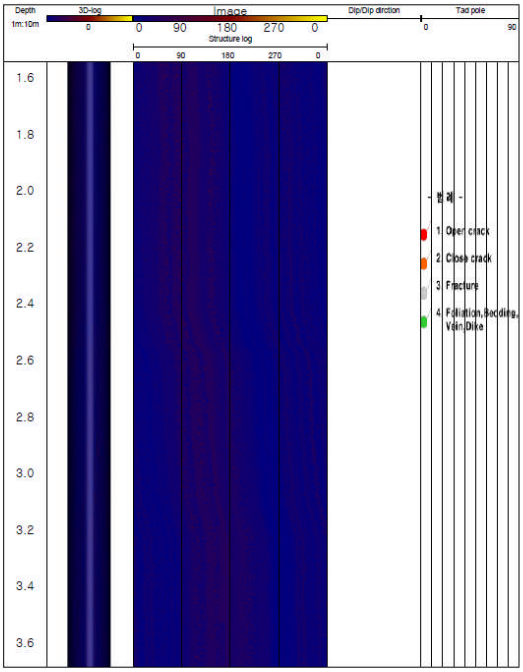
NTB-15(64.54~66.88)



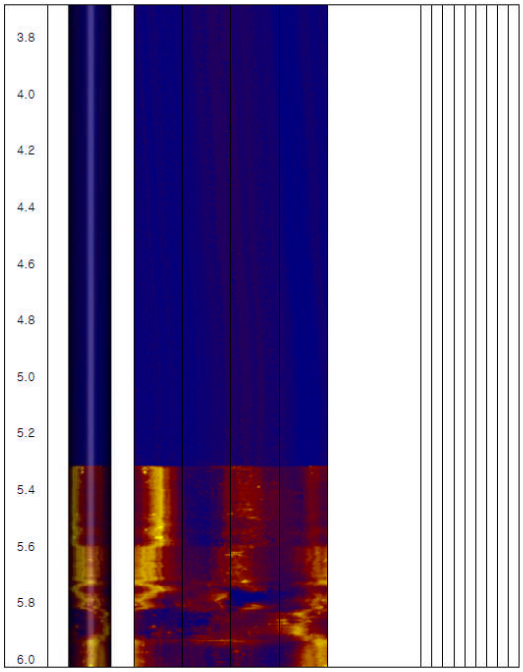
NTB-15(66.88~69.22)	NTB-15(69.22~70.94)
	

· NTB-16 검층영상

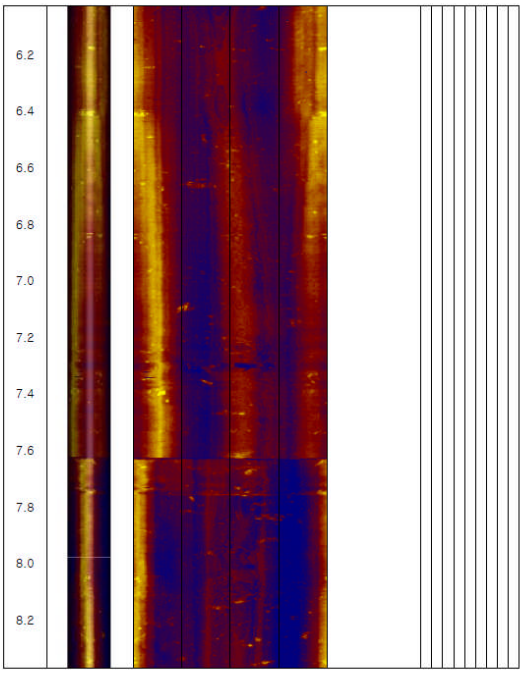
NTB-16(1.55~3.70)



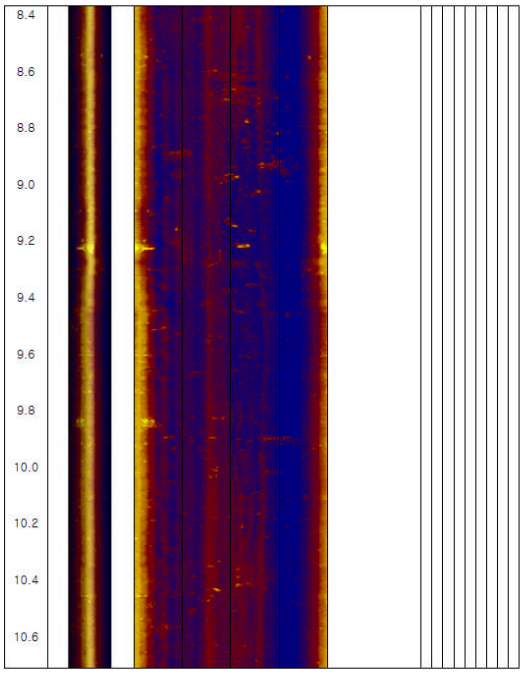
NTB-16(3.70~6.04)



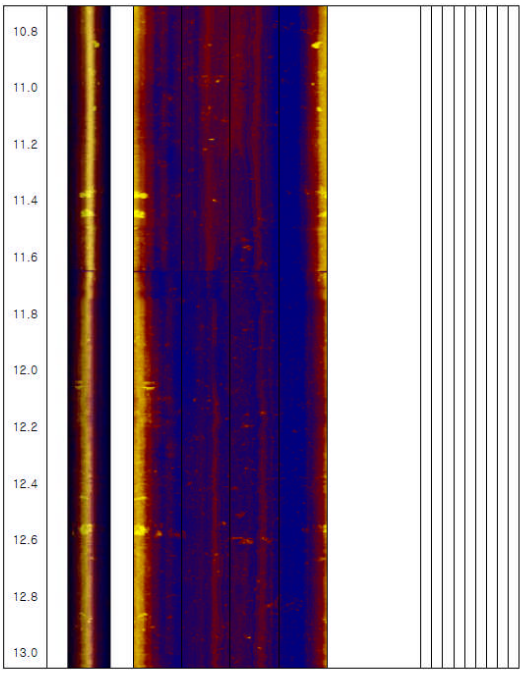
NTB-16(6.04~8.38)



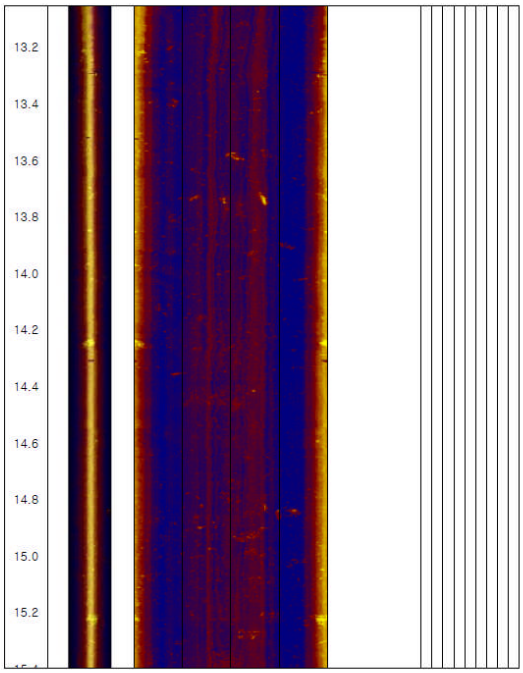
NTB-16(8.38~10.72)



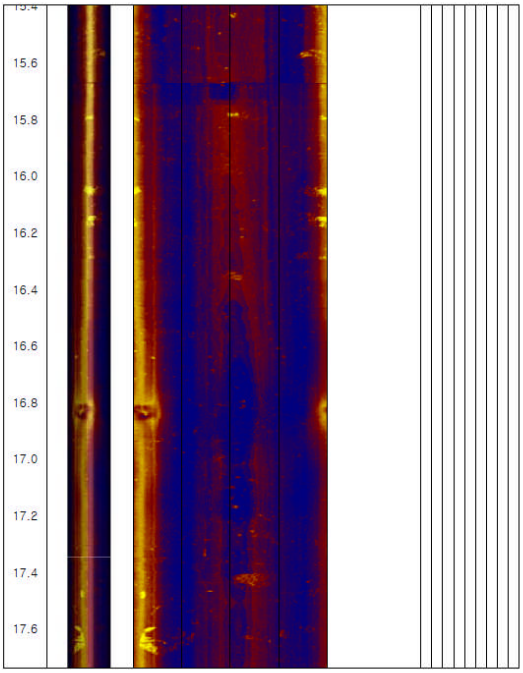
NTB-16(10.72~13.06)



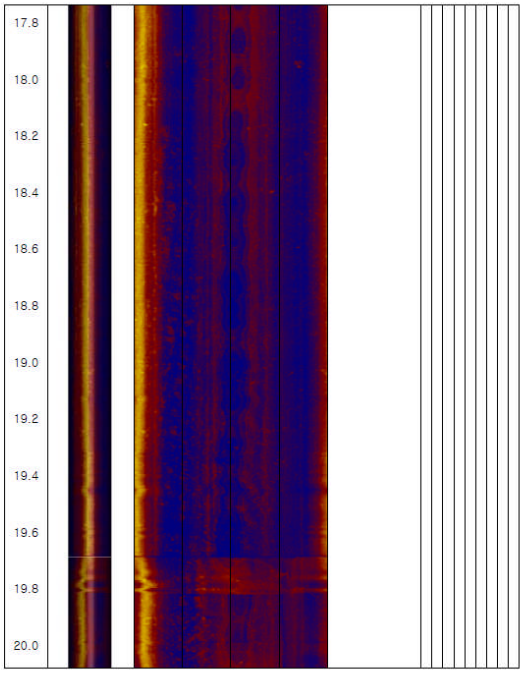
NTB-16(13.06~15.40)



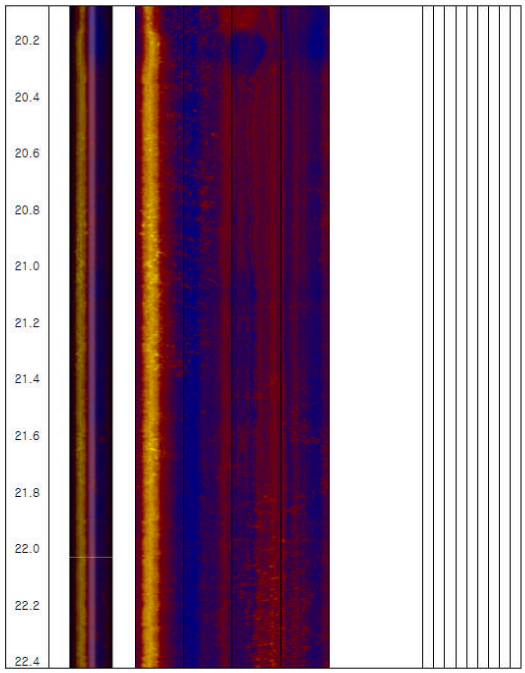
NTB-16(15.40~17.74)



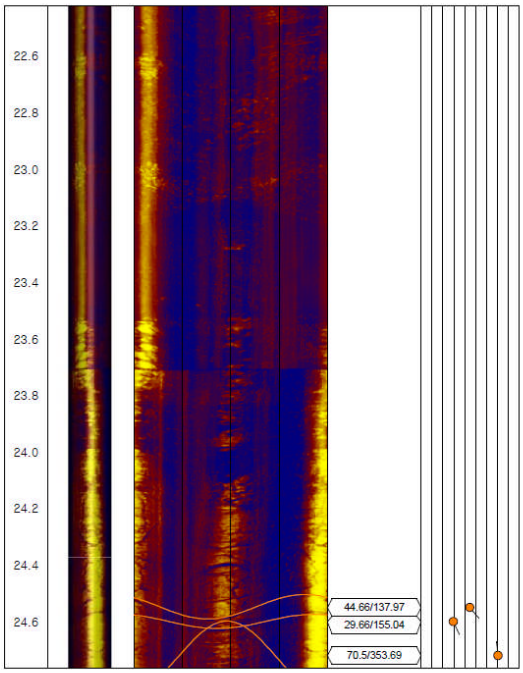
NTB-16(17.74~20.08)



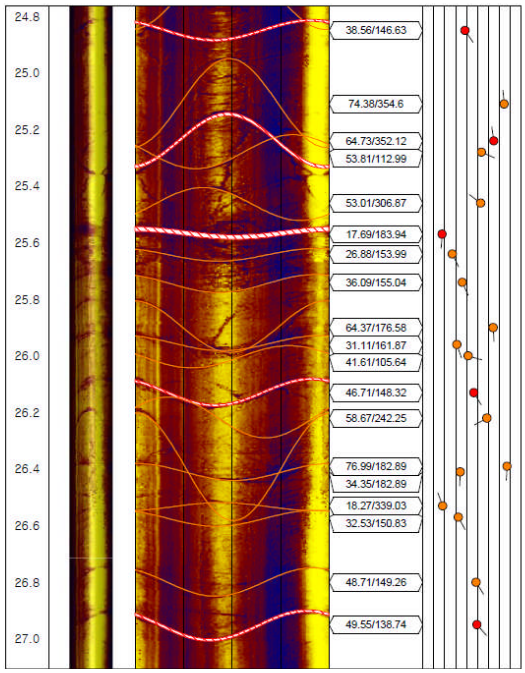
NTB-16(20.08~22.42)



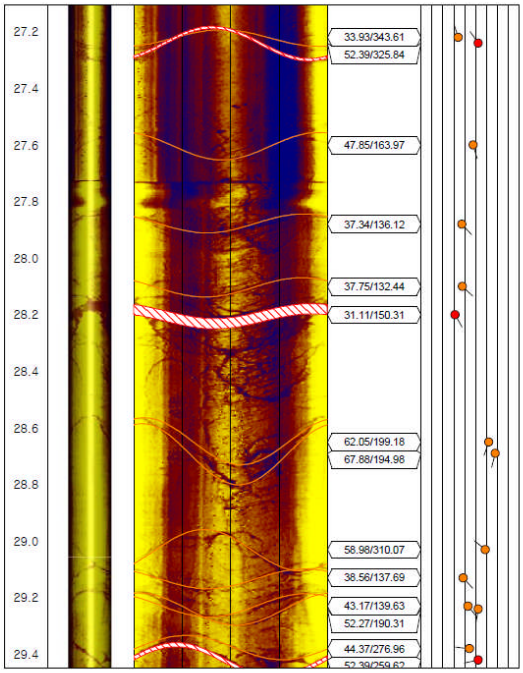
NTB-16(22.42~24.76)



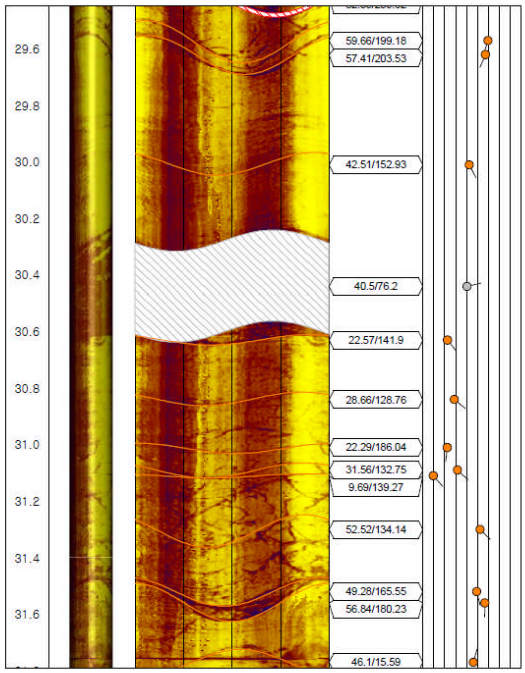
NTB-16(24.76~27.10)



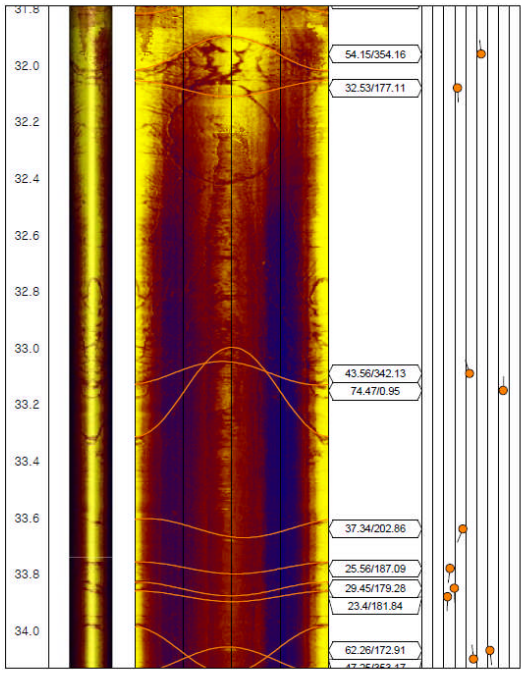
NTB-16(27.10~29.44)



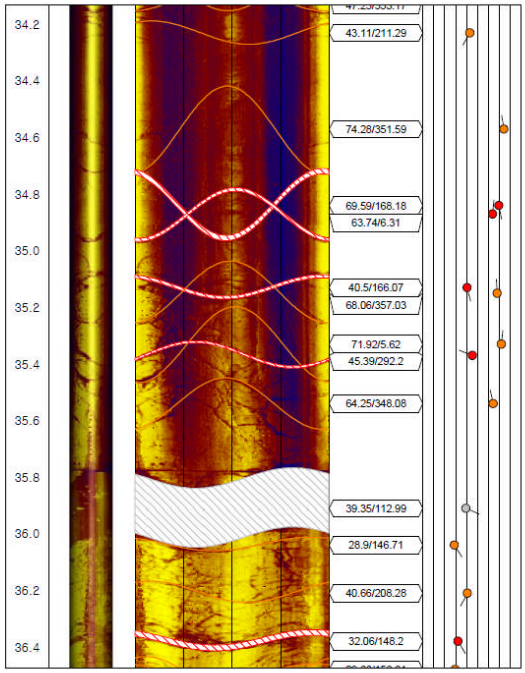
NTB-16(29.44~31.78)



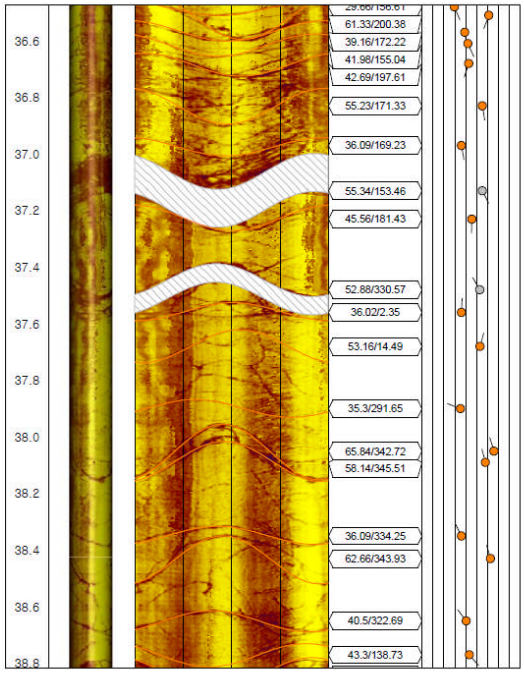
NTB-16(31.78~34.12)



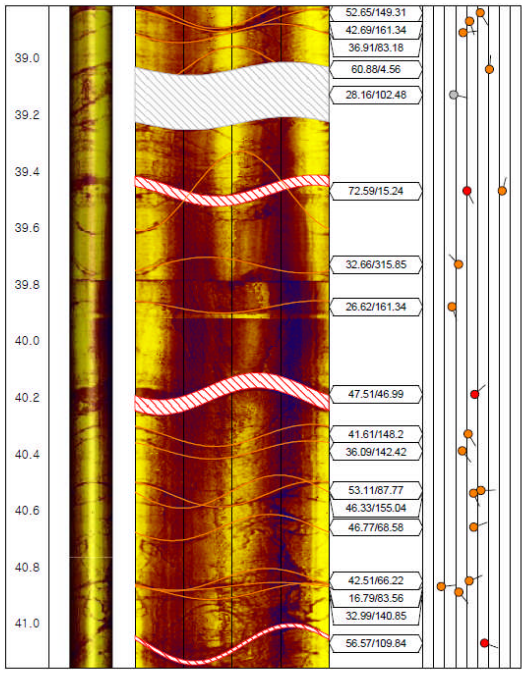
NTB-16(34.12~36.46)



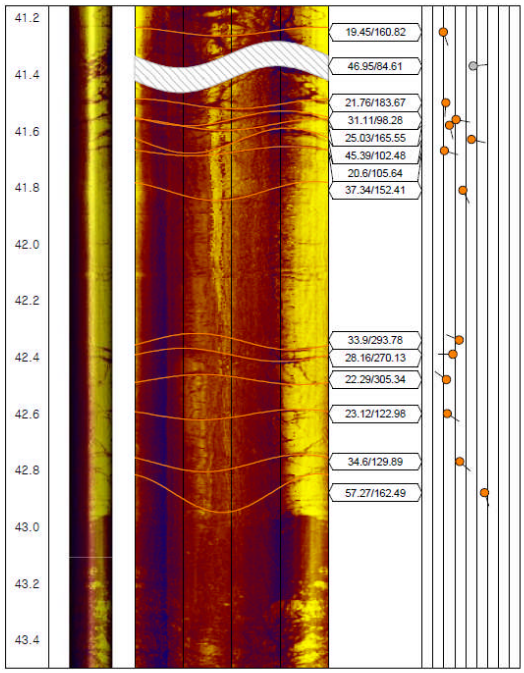
NTB-16(36.46~38.80)



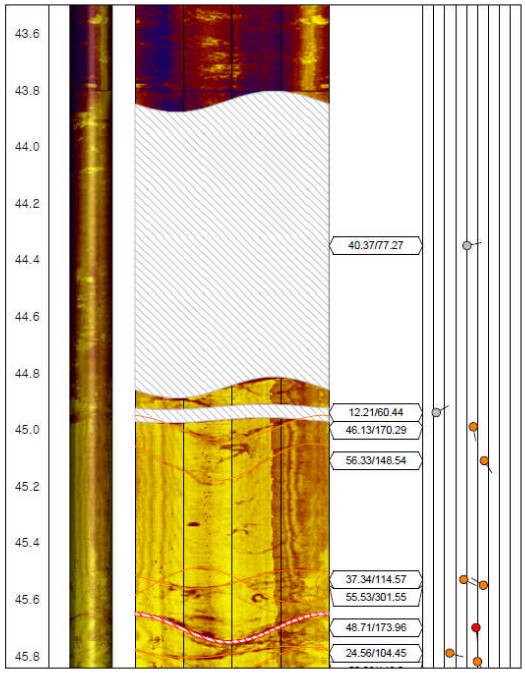
NTB-16(38.80~41.14)



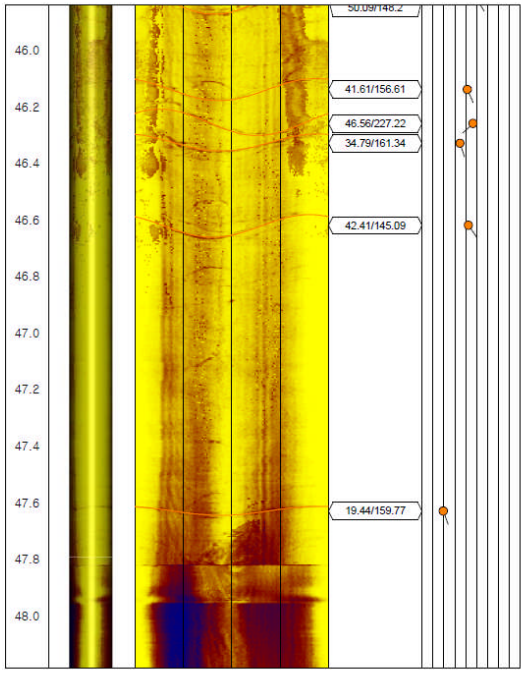
NTB-16(41.14~43.48)



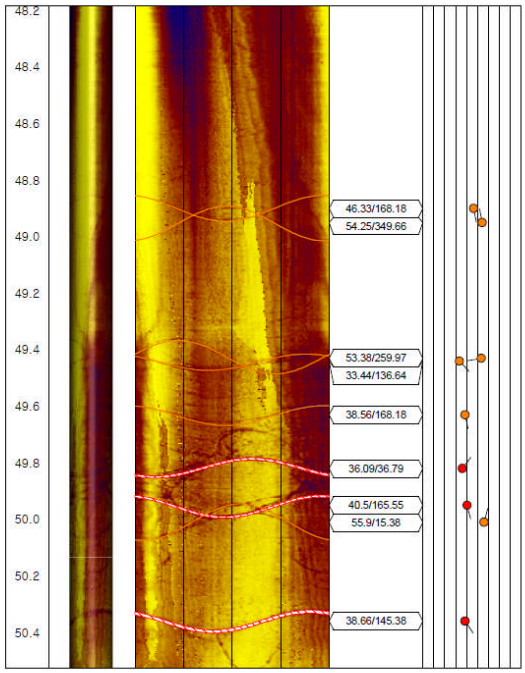
NTB-16(43.48~45.82)



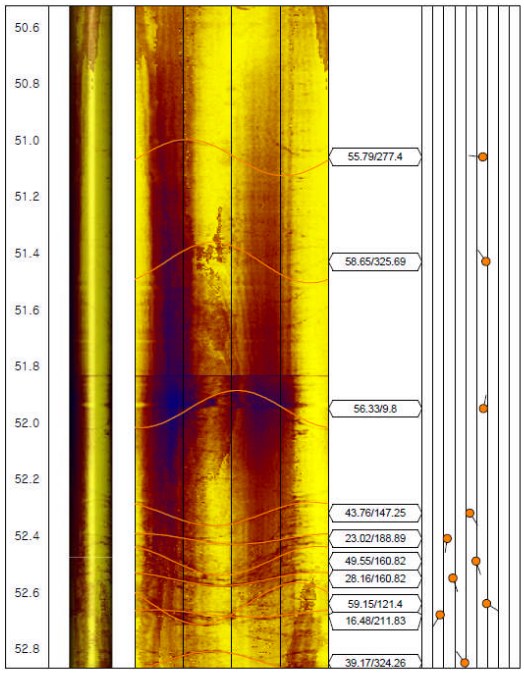
NTB-16(45.82~48.16)



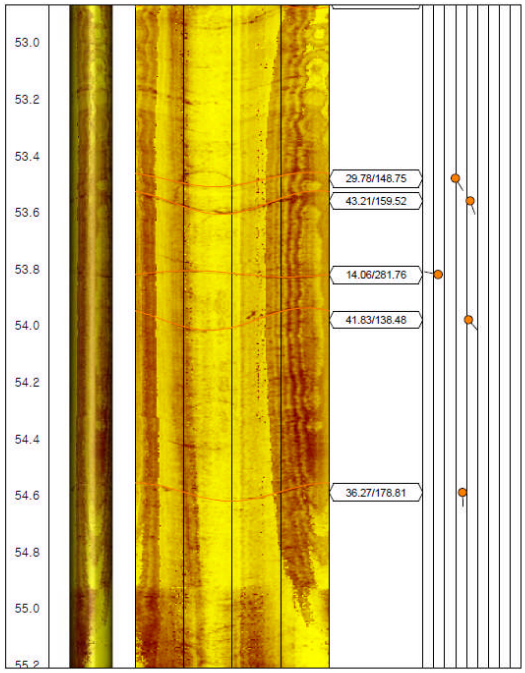
NTB-16(48.16~50.50)



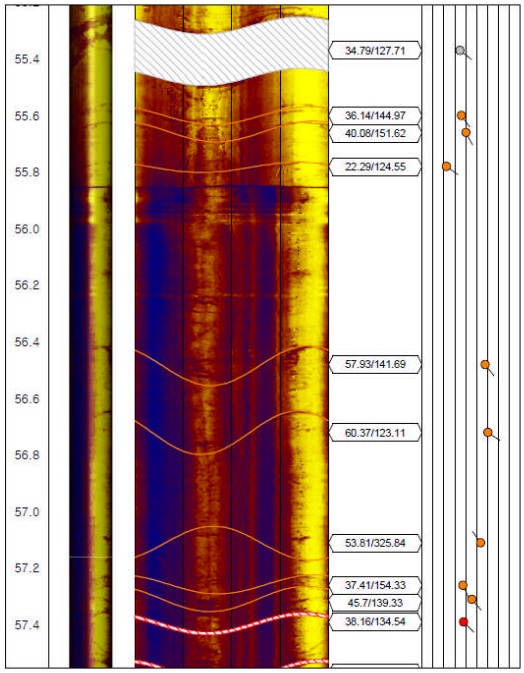
NTB-16(50.50~52.84)



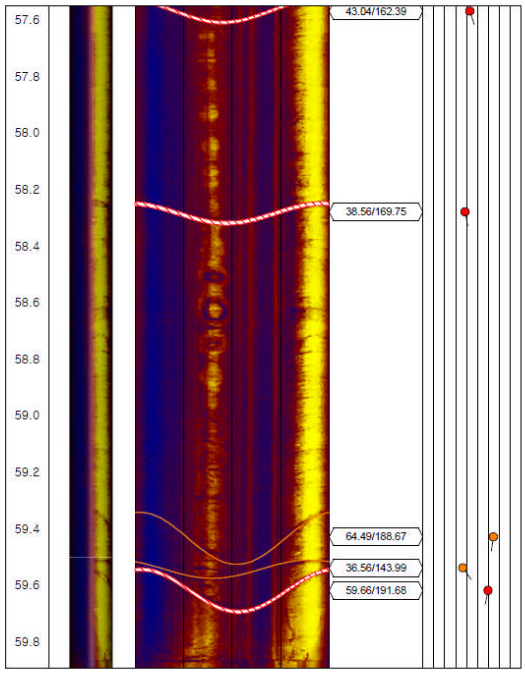
NTB-16(52.84~55.18)



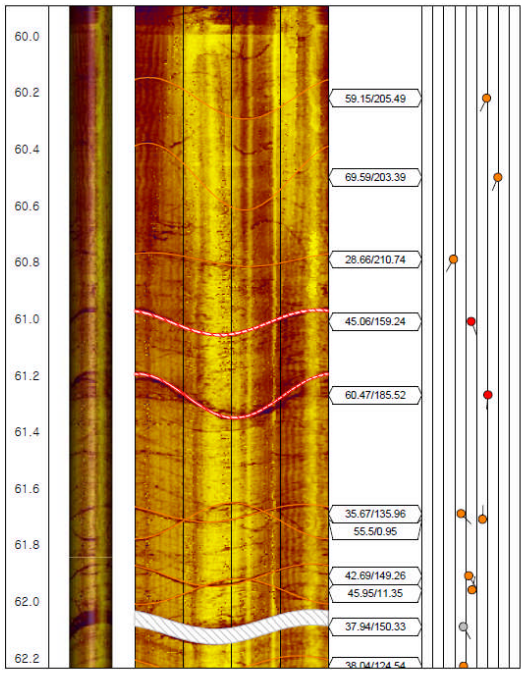
NTB-16(55.18~57.52)



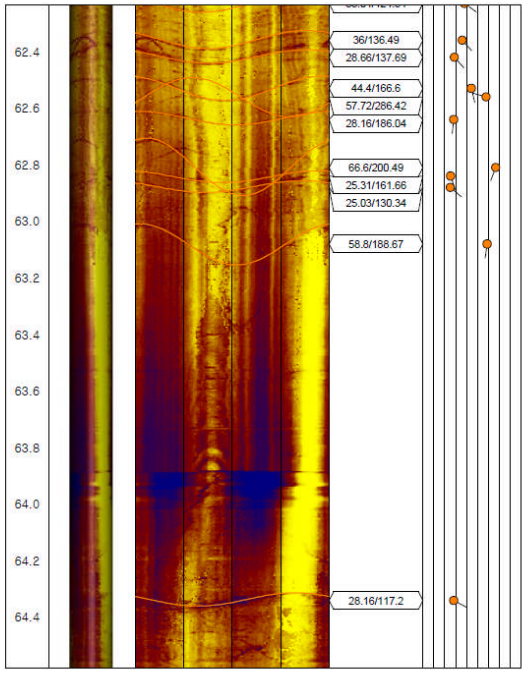
NTB-16(57.52~59.86)



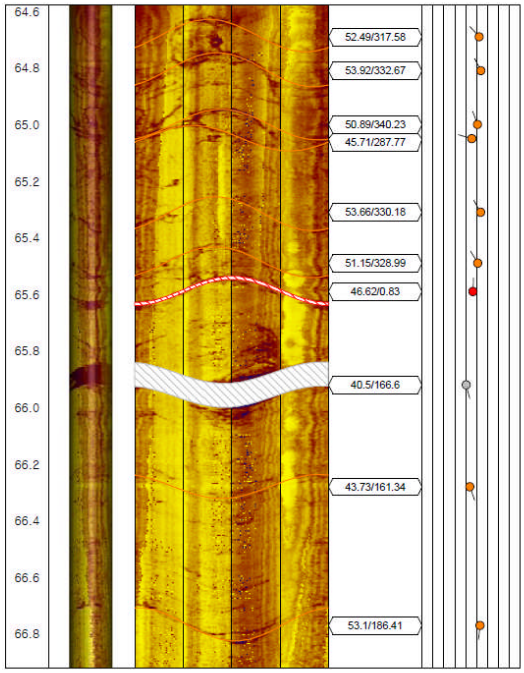
NTB-16(59.86~62.20)



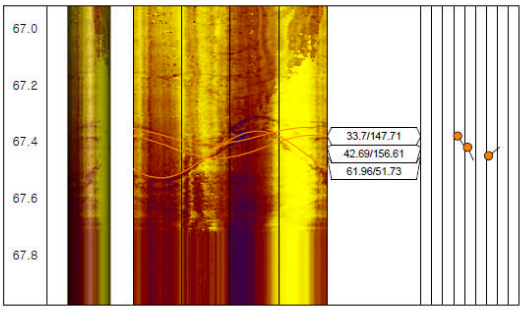
NTB-16(62.20~64.54)



NTB-16(64.54~66.88)

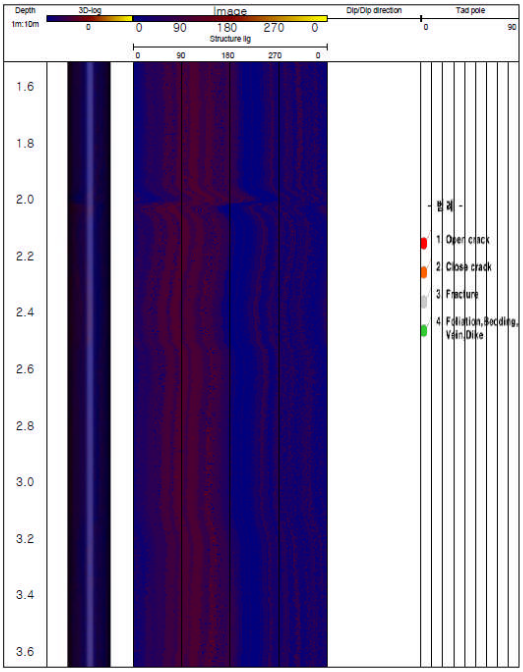


NTB-16(66.88~67.95)

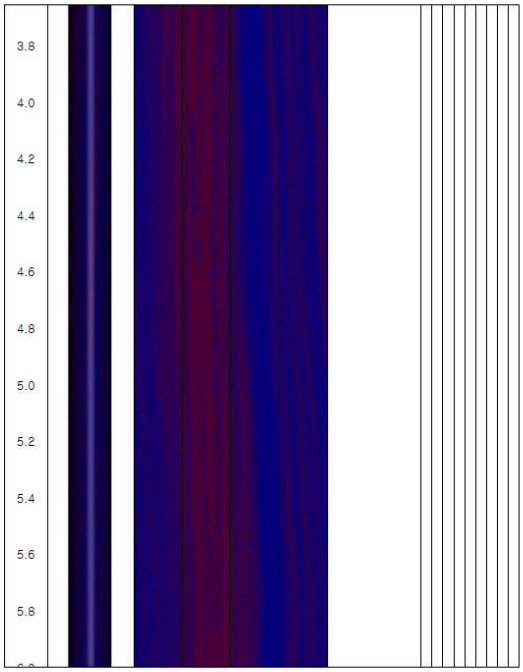


· NTB-25 검층영상

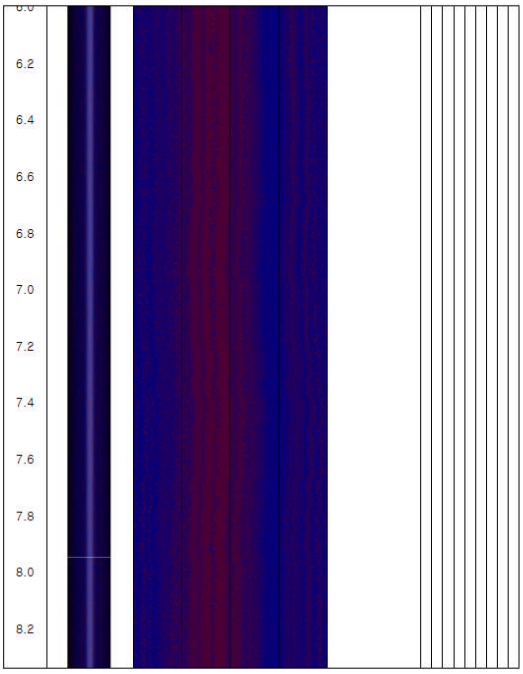
NTB-25(1.51~3.66)



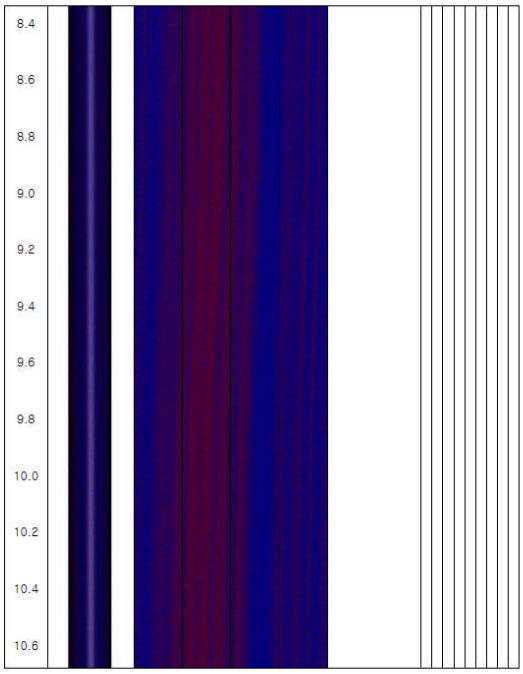
NTB-25(3.66~6.00)



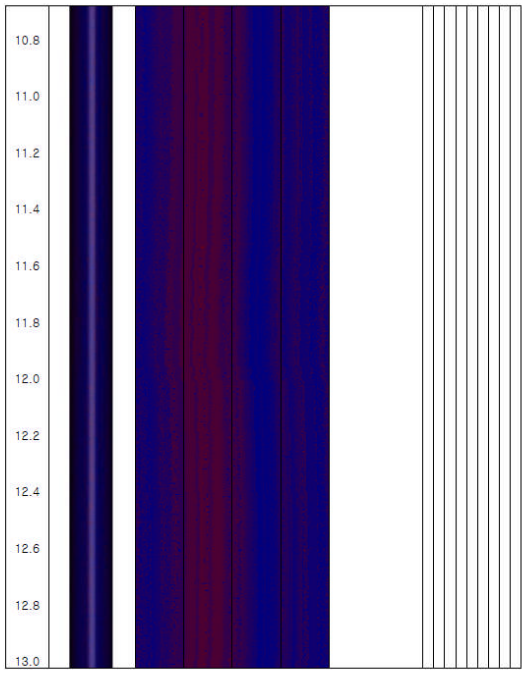
NTB-25(6.00~8.34)



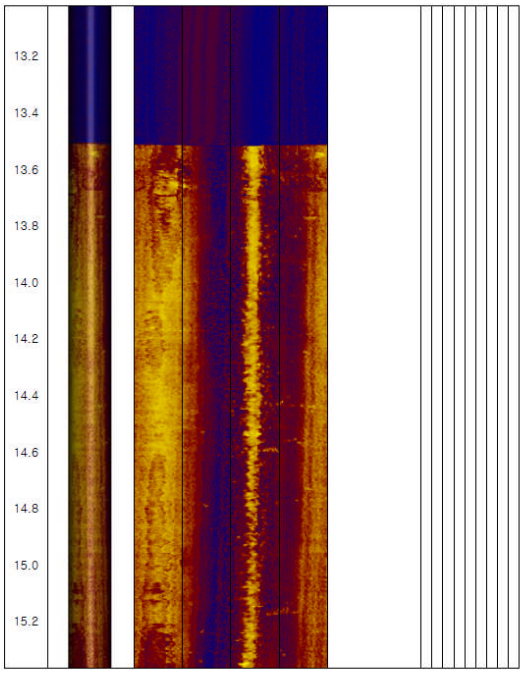
NTB-25(8.34~10.68)



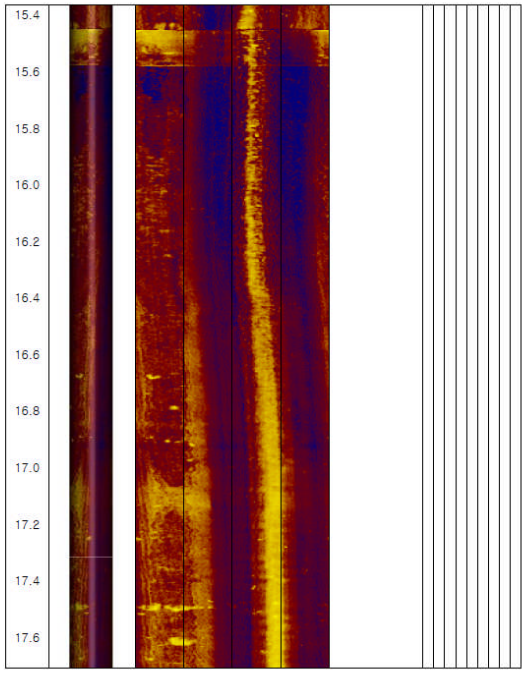
NTB-25(10.68~13.02)



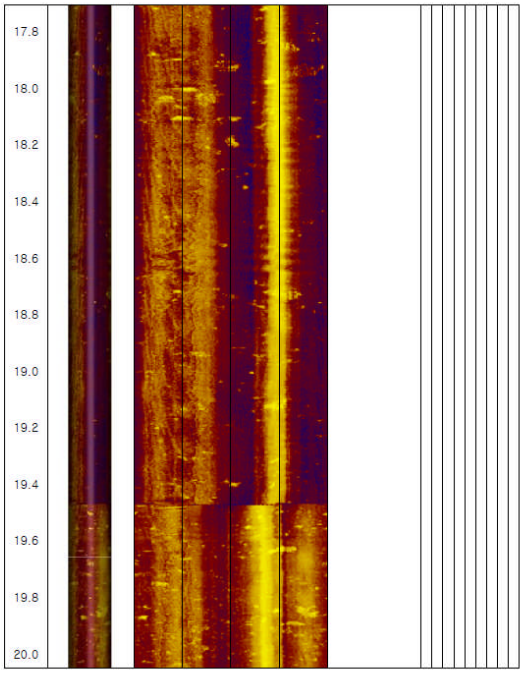
NTB-25(13.02~15.36)



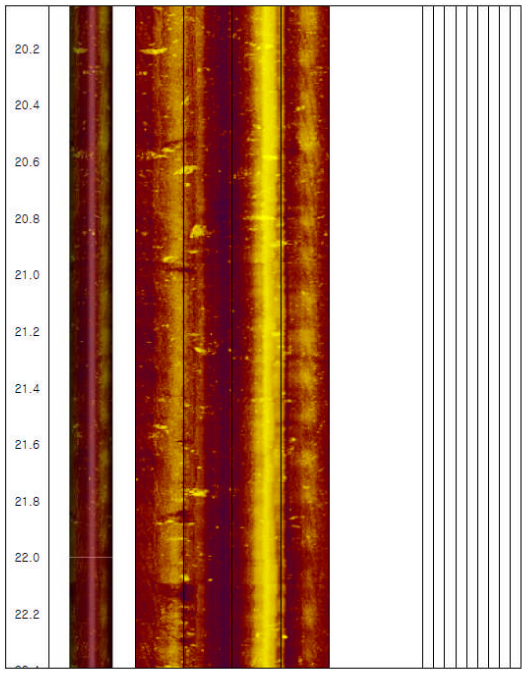
NTB-25(15.36~17.70)



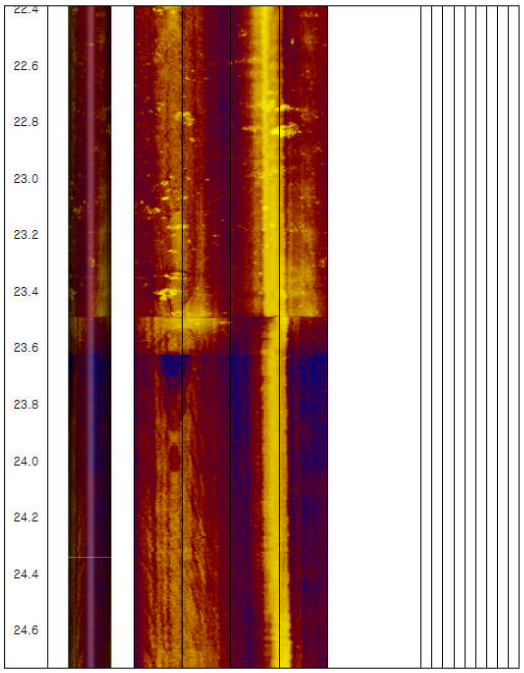
NTB-25(17.70~20.04)



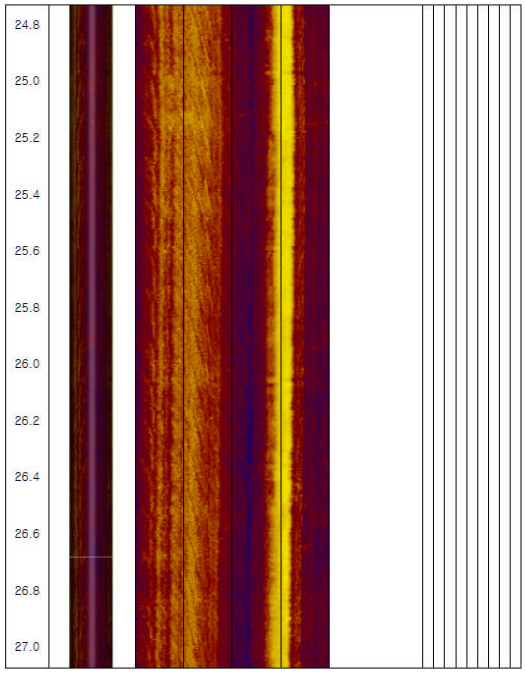
NTB-25(20.04~22.38)



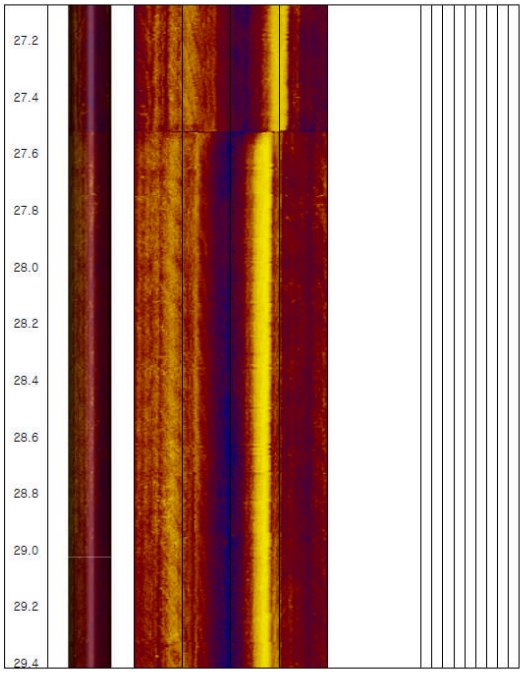
NTB-25(22.38~24.72)



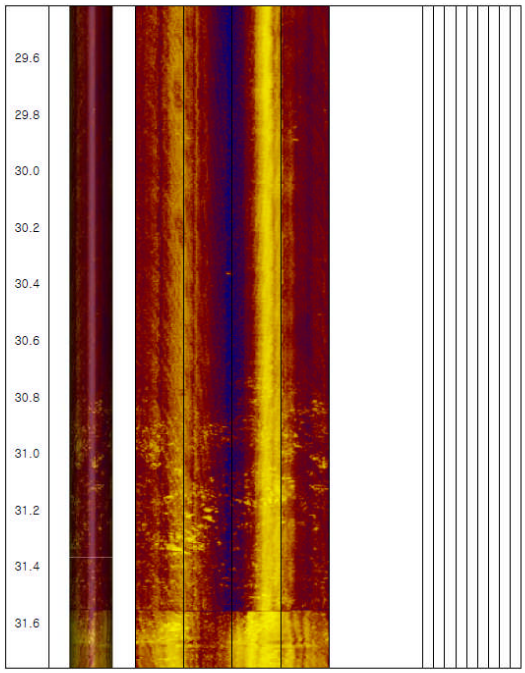
NTB-25(24.72~27.06)



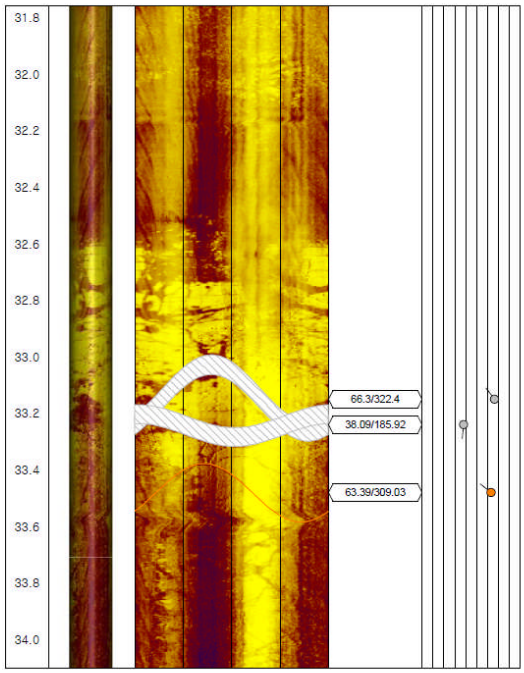
NTB-25(27.06~29.40)



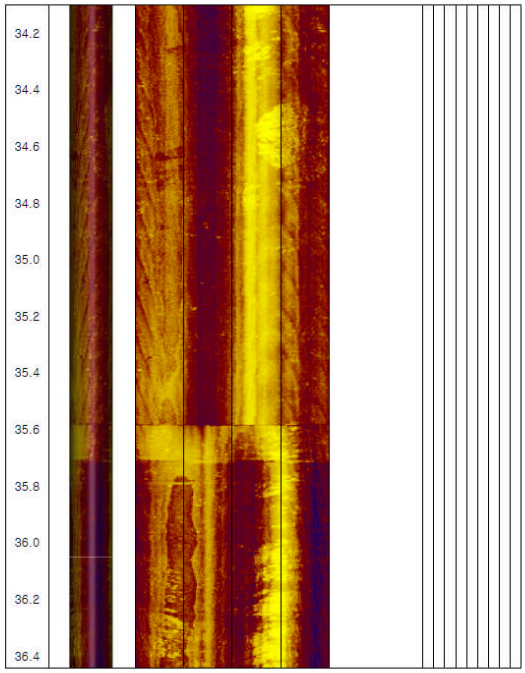
NTB-25(29.40~31.74)



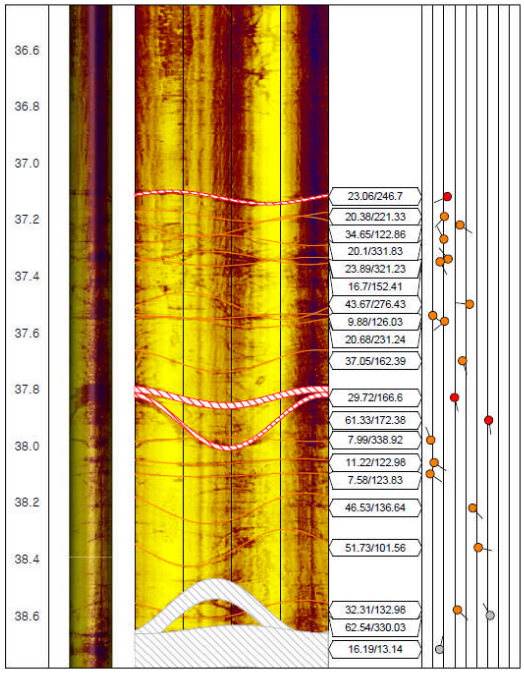
NTB-25(31.74~34.08)



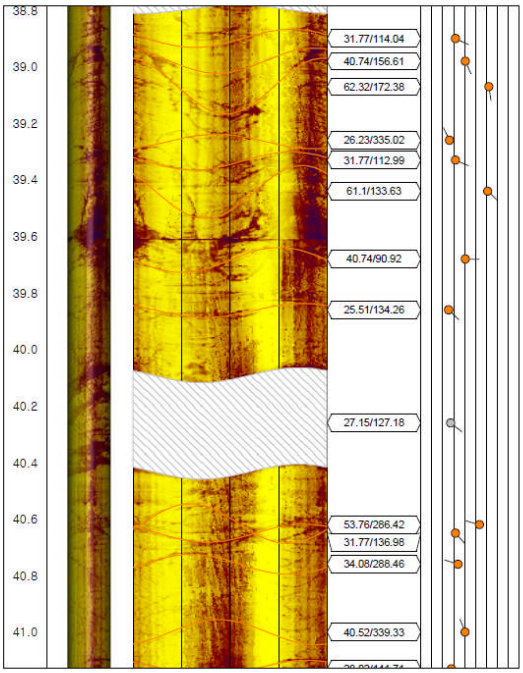
NTB-25(34.08~36.42)



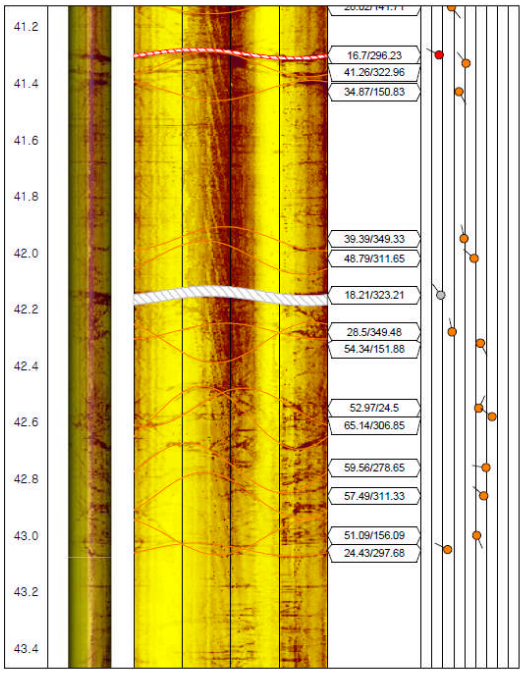
NTB-25(36.42~38.76)



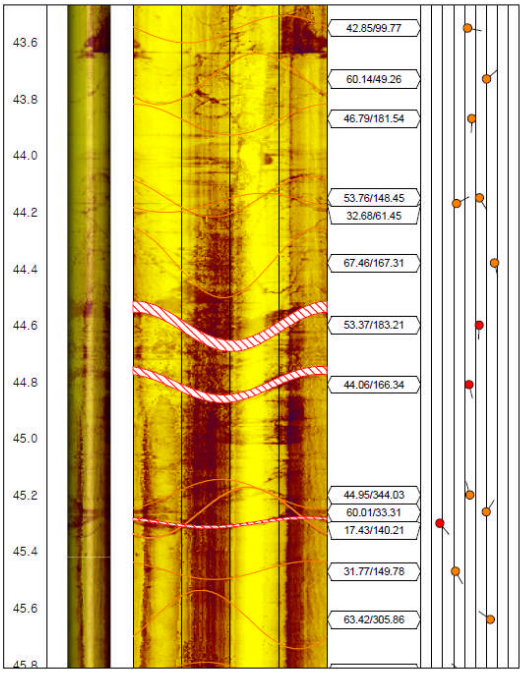
NTB-25(38.76~41.10)



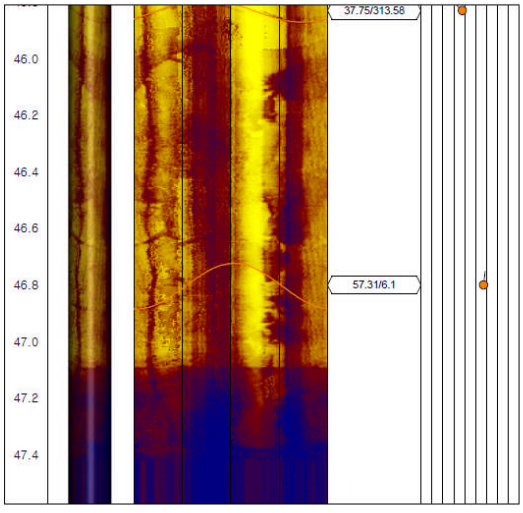
NTB-25(41.10~43.44)



NTB-25(43.44~45.78)

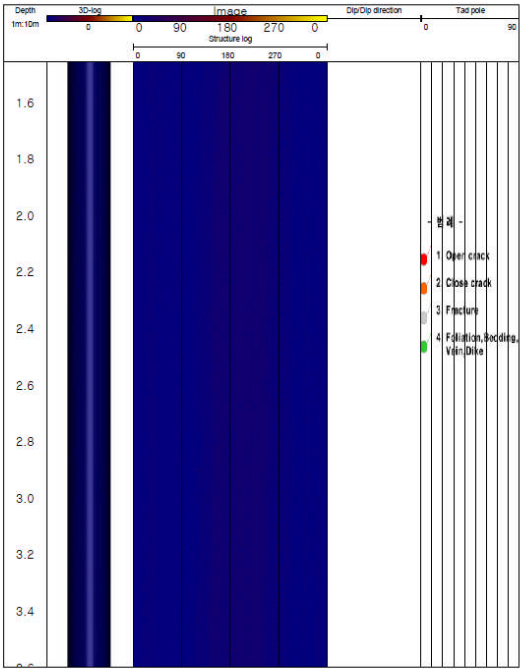


NTB-25(45.78~47.57)

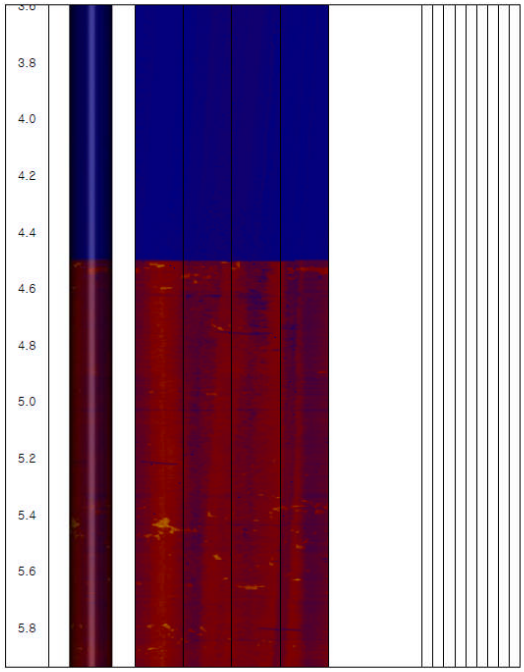


· NTB-27 검층영상

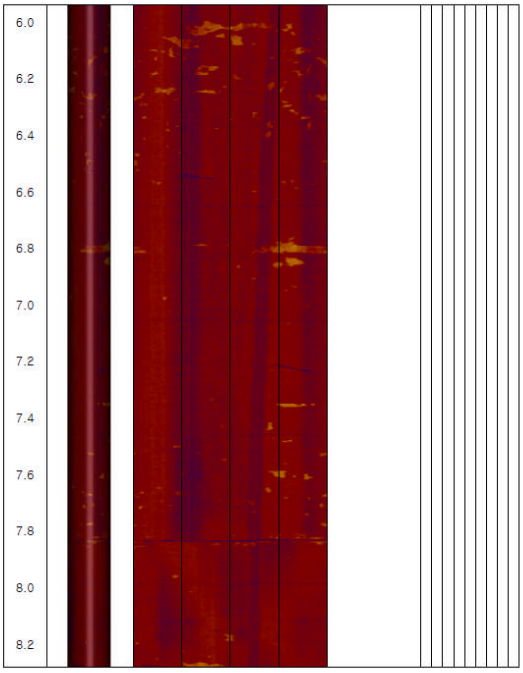
NTB-27(1.45~3.60)



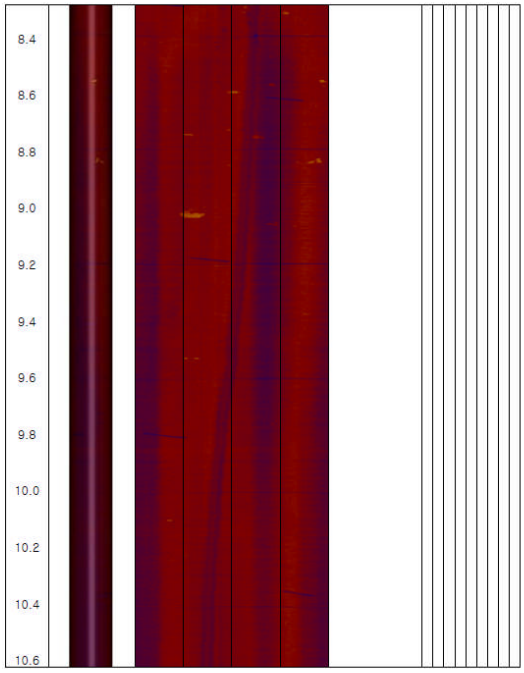
NTB-27(3.60~5.94)



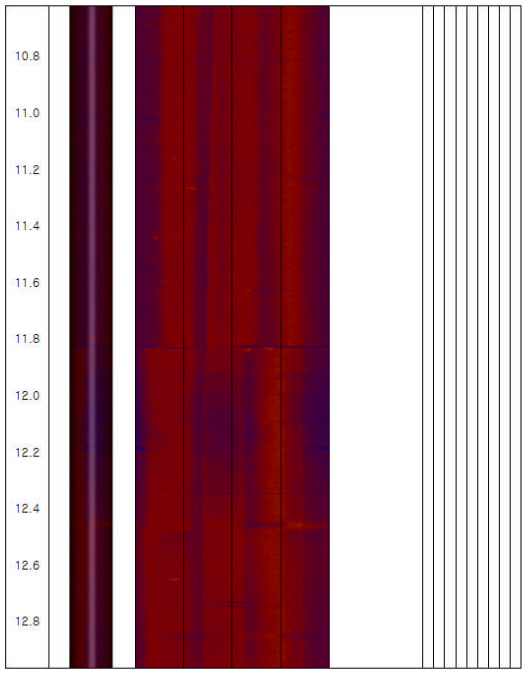
NTB-27(5.94~8.28)



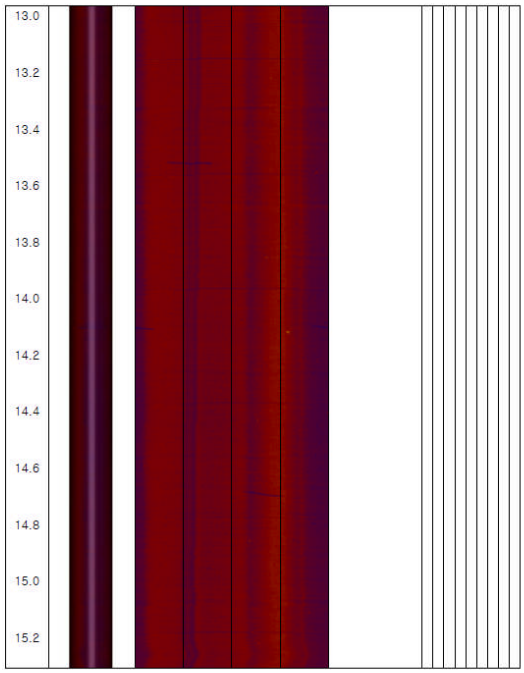
NTB-27(8.28~10.62)



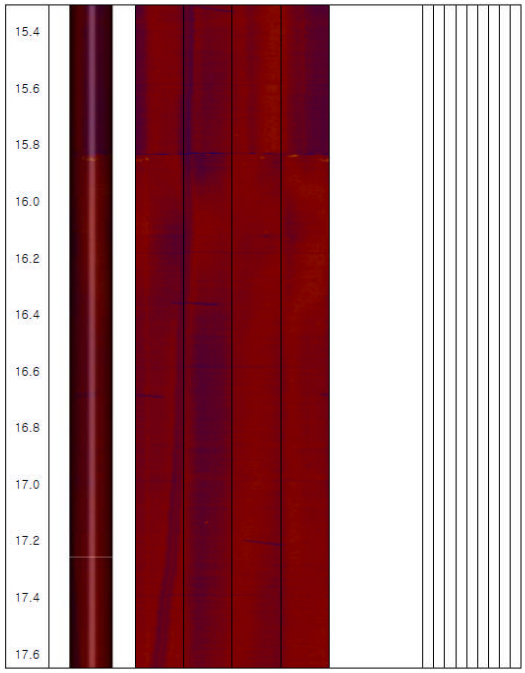
NTB-27(10.62~12.96)



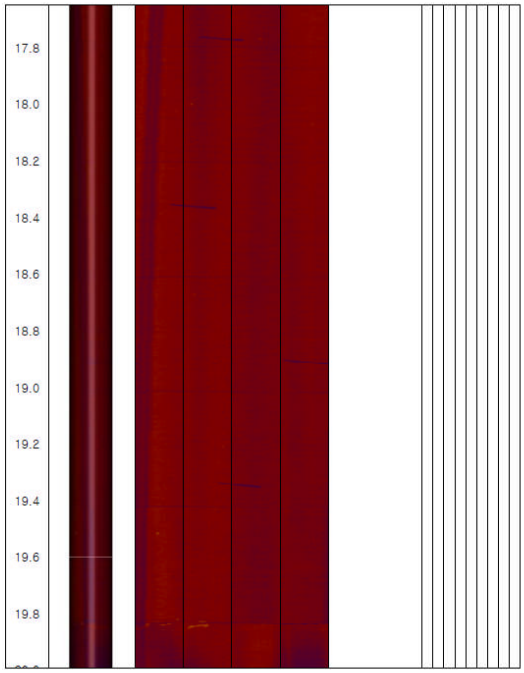
NTB-27(12.96~15.30)



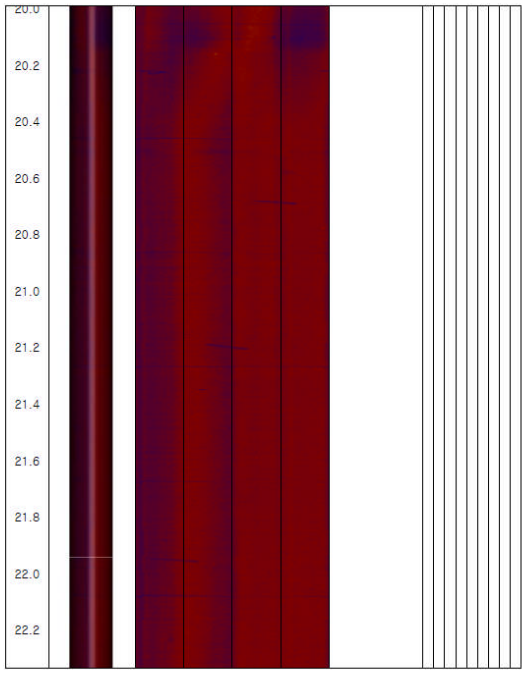
NTB-27(15.30~17.64)



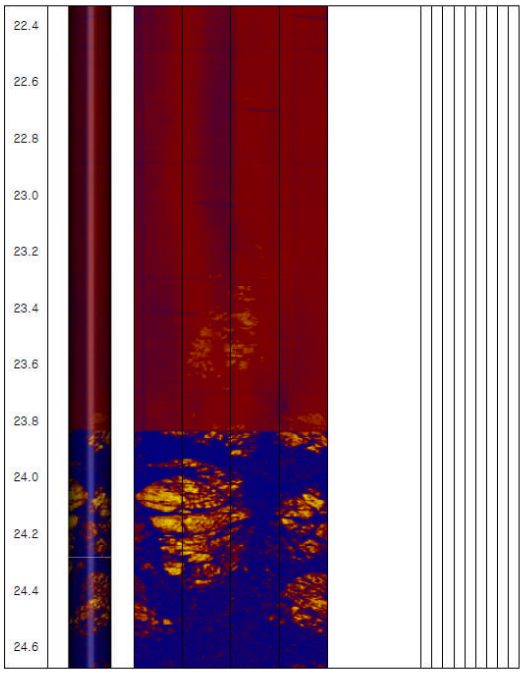
NTB-27(17.64~19.98)



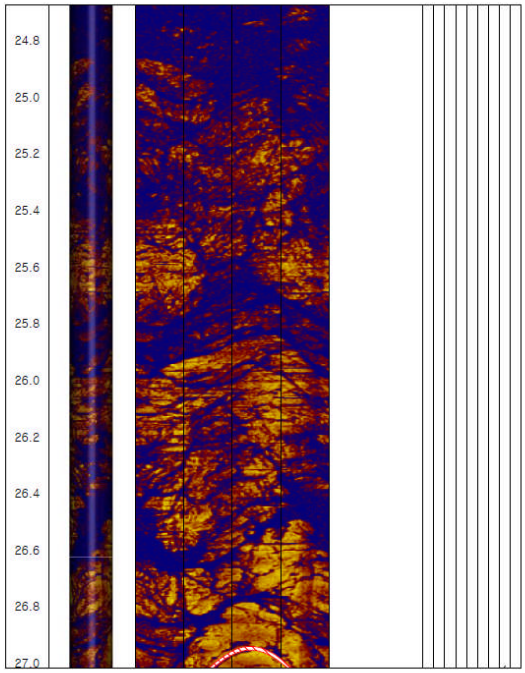
NTB-27(19.98~22.32)



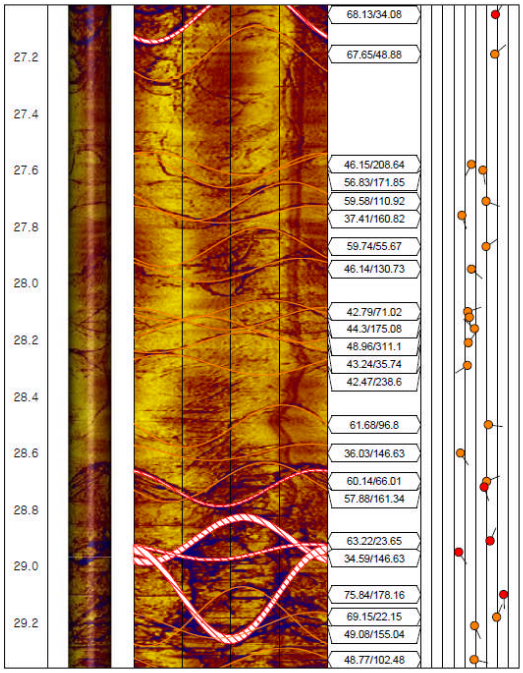
NTB-27(22.32~24.66)



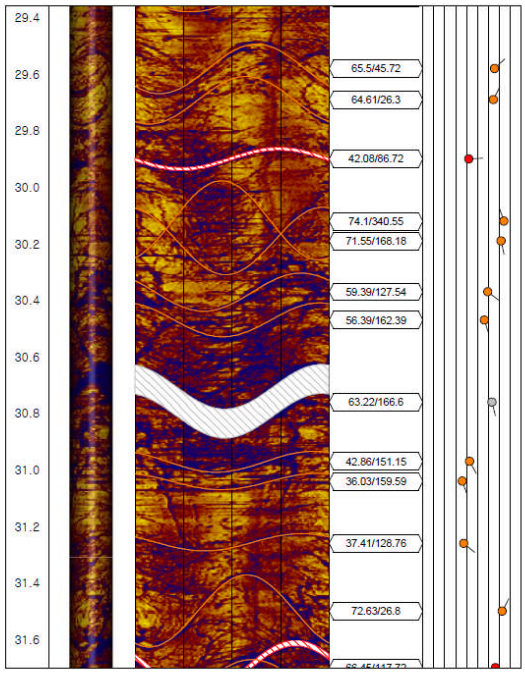
NTB-27(24.66~27.00)



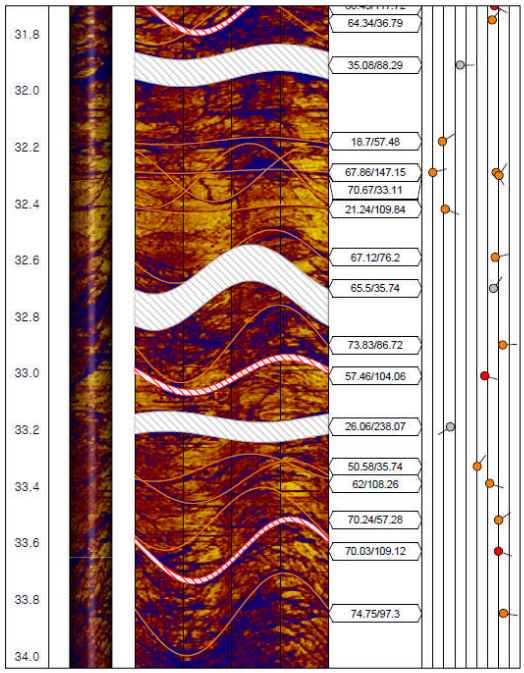
NTB-27(27.00~29.34)



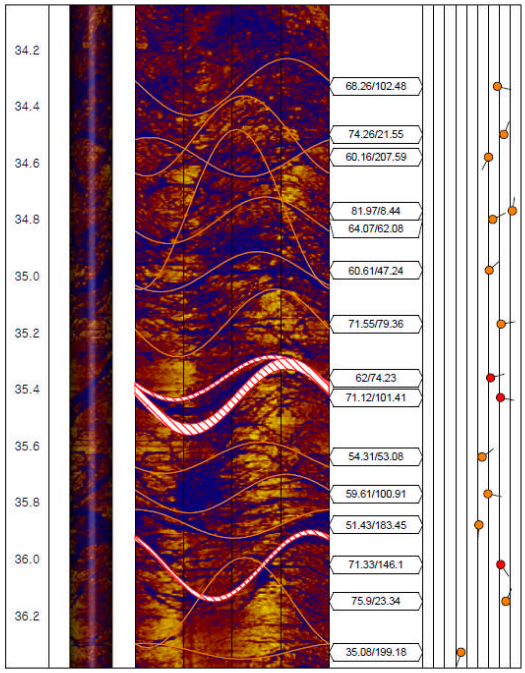
NTB-27(29.34~31.68)



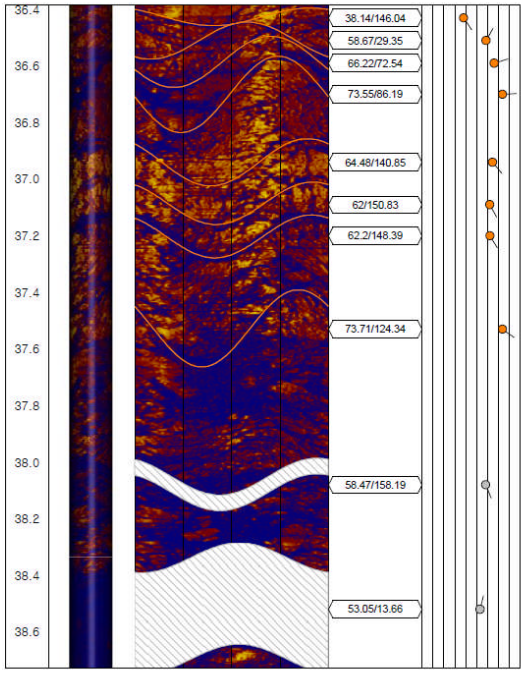
NTB-27(31.68~34.02)



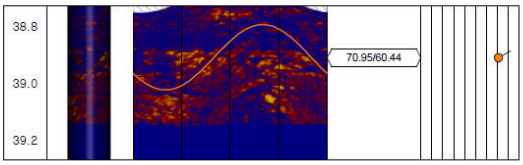
NTB-27(34.02~36.36)



NTB-27(36.36~38.70)



NTB-27(38.70~39.27)



제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사 개요

1.1.1 조사 목적

본 조사는 “서울제물포터널 민간투자사업 실시설계” 중 앞서 수행된 시추공을 이용, 초음파 주사검층(Televiewer)을 실시하여 지층 및 지반상태를 파악, 제공함으로서 합리적이고 경제적인 설계·시공이 되도록 하는데 목적이 있다.

1.1.2 조사 범위

본 조사에서 수행된 탐사수량은 〈표 1-1〉과 같다.

공 번	굴진심도(m)	촬영심도((GL.(-)m)	casing 심도	지하수위(m)	비 고
ATB-19	59.2	57.7	32.0	15.5	
NNTB-7	84.5	84.0	25.0	8.0	
ATB-2	35.5	35.2	15.05	8.75	
ATB-12	77.5	77.2	26.8	13.65	
ATB-15	62.0	61.76	29.58	14.54	
NNTB-6	75.1	74.72	24.1	11.26	

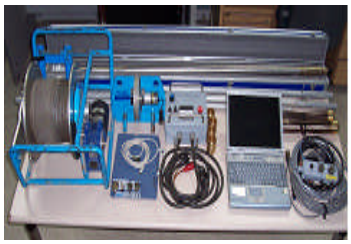
〈표 1-1〉 초음파 주사검층 범위

1.1.3 조사 기간

- 현장 조사 및 시험 : 2013. 2. ~ 2013. 6.
- 성과분석 및 보고서 작성 : 2013. 3. ~ 2013. 6.

1.1.4 조사 장비

본 조사에 사용된 주요장비는 〈표 1-2〉와 같다.

구 분	규 격			장비사진
초음파 주사검층	Probe	• Diameter : 48mm • Borehole diameter : 67~150mm • Cable : 4wire • Frequency : 1.5MHz	HIRAT	
	Winch	• Portable winch 150 • 12volt	RG	
	Field Processing	• Portable Notebook : HIRAT	HIRAT (미국)	

〈표 1-2〉 조사장비

제 2 장 조 사 방 법

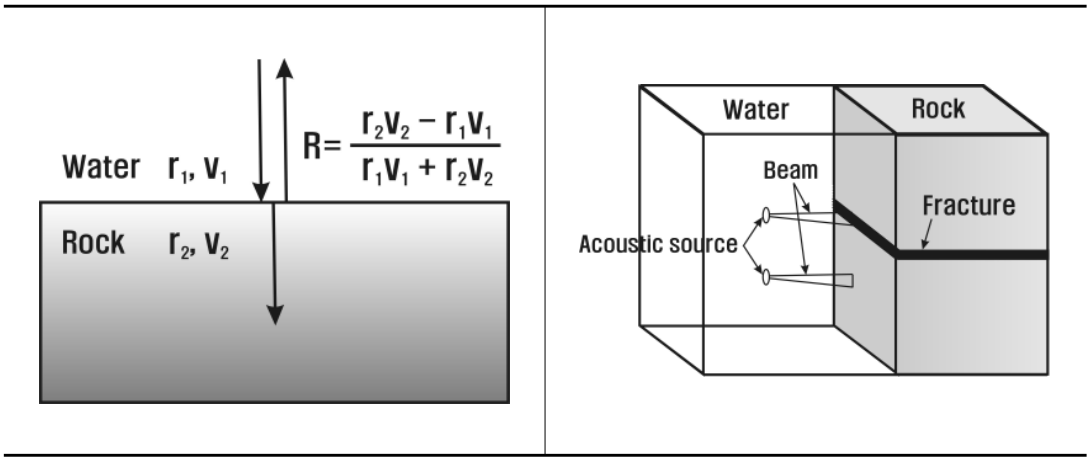
2.1 초음파 주사검층

2.1.1 시험 목적

초음파(주파수 약 1.2MHz) 빔(beam)을 시추공 내벽에 주사하여 그로부터 얻게 되는 반사파의 진폭 및 주시를 분석함으로써 암반내에 형성된 절리의 발달상태 및 불연속면의 크기, 경사방향 및 경사각, 암반의 변화 내지 암석의 물성(강도)을 정확히 규명할 수 있는 시추공 물리 검층 기술로써 터널의 설계 및 시공을 위한 바람직한 기본 자료를 제시하고자 하는데 있다.

2.1.2 시험 방법

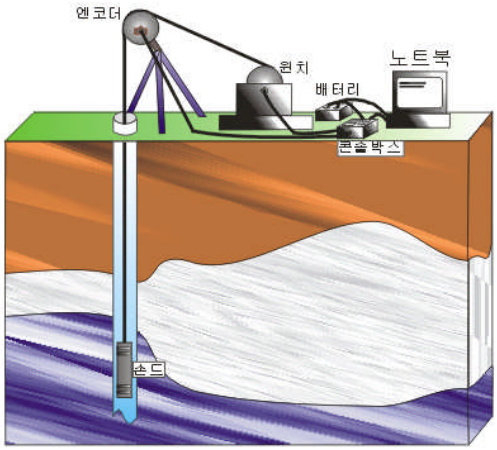
초음파가 시추공 벽면에 수직으로 입사되면 시추공 벽면에서 반사파가 발생하게 된다. 시추공 벽면으로 부터의 반사파 에너지는 반사계수에 따라서 변하는데, 반사계수 R은 밀도와 탄성파 속도의 변수로서 그림 2.1에 나타난 식과 같이 정의된다. 그림 2.1의 오른쪽은 초음파 빔이 시추공내의 지하수에서 시추공 벽면을 구성하는 암반에 연직으로 입사하는 상태를 보여주고 있다. 초음파 빔이 불연속면에 입사된다면 반사되는 에너지는 신선한 암반에 입사된 경우와 비교하여 큰 변화를 나타내게 된다. 예를 들어, 암반에 형성된 절리의 내부가 점토로 충진되어 있다면 반사파의 진폭은 물/점토간의 임피던스(밀도와 탄성파 속도의 곱) 대조, 즉 반사계수에 의해 결정될 것이다. 또한 그 절리가 열려 있는 경우에는 초음파의 산란에 의해 극히 미약한 반사파의 에너지가 관찰된다.

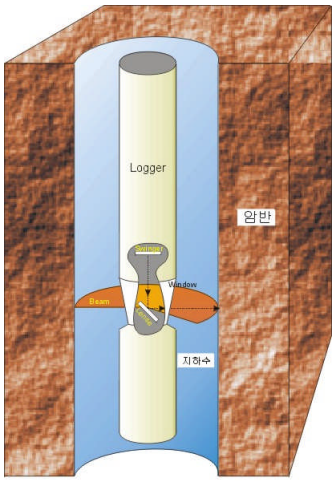


〈그림 2.1 시추공 텔레뷰어의 기본원리〉

그림 2.3는 초음파 주사 검층시 시추공 내에서 초음파 빔이 방사되는 상태를 시각적으로 보여주고 있다. 즉, 시추공 중심부에서 시추공벽으로 주사되는 초음파 빔이 중심축 상에서 선회하고 또한

시추공을 따라 상하로 이동하면서 시추공벽에 빈틈없이 방사된다.



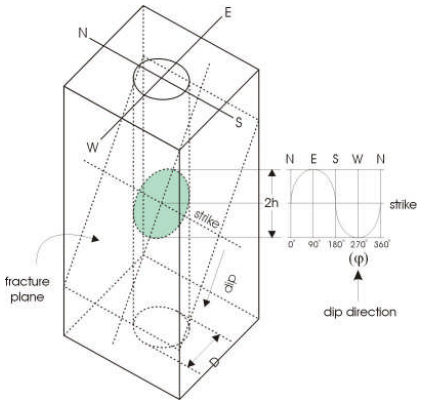


〈그림 2.2 시추공 텔레뷰어 모식도〉　　〈그림 2.3 시추공 텔레뷰어의 측정방법〉

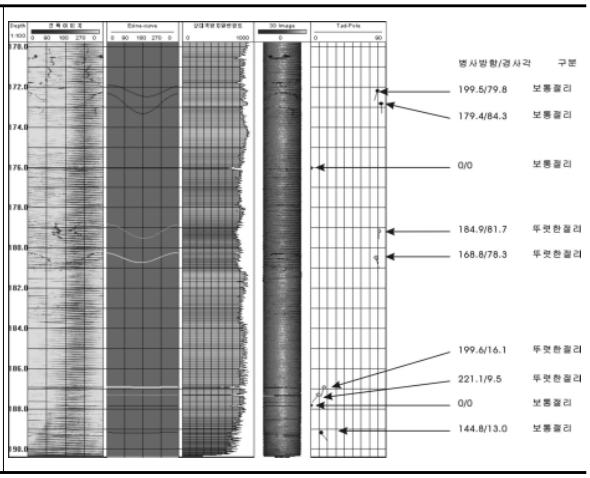
이러한 측정과정에서 만약 임의의 경사를 띈 불연속면이 존재할 경우(그림 2.3참조), 불연속면으로부터의 반사파가 측정데이터에 반영되는 모양은 sine curve(그림 2.4의 오른쪽부분)가 된다. 일반적으로 측정 데이터는 지자기 북극을 기준(N-E-S-W-N)으로 표현되며 그로부터 절리면의 경사방향(dip direction)이 결정되며, sine curve의 폭에 의해 경사각(dip angle)이 결정된다.

초음파 주사 검층시 얻게 되는 자료는 초음파 빔이 공벽에 의해 반사되는 반사파 진폭 및 주시와 센서의 위치 정보를 포함하고 있다. 여기서 반사파의 진폭은 절리 단층의 발달상태 뿐만 아니라 상대적인 암반강도에 대한 정보를 제시하며, 반사파의 주시는 측정 자료의 교정 내지 고분해능 공경검층 기능을 수행하게 된다. 또한 센서의 위치정보는 윈치(winch)에 장착된 심도 측정장치(depth counter)로부터 측정되는 깊이에 대한 정보와 센서내부에 장착된 3성분 자력계와 2성분 경사계로부터 측정되는 방위에 관한 정보가 포함되어 있다. 이러한 위치정보를 이용하여 절리 및 단층의 경사방향을 자북을 기준으로 정확하게 계산할 수 있다.

그림 2.5는 초음파 주사 검층 결과 획득된 현장 자료를 예시한 것으로써, 진폭이미지와 주시이미지로부터 절리 및 불연속면을 발췌하는 과정을 도시한 것이다. 마지막 열의 그림은 흔히 arrow plot이라 불려지며 여기서 화살머리(원형)의 크기 및 색깔에 따라 절리 및 불연속면이 구분된다. 또한 화살머리의 수평적 위치에 따라 경사각을 나타내는데 왼쪽부터 0° ~90° 까지 10° 간격으로 격자를 표시하였다. 또한 arrow의 꼬리부분의 방향이 경사방향을 나타내고 있는데 이는 그림의 상단을 기준으로 시계방향으로 0° ~360° 를 나타낸다.



〈그림 2.4 자료처리의 기본예시〉



〈그림 2.5 시추공 텔레뷰어자료〉

2.1.3 자료처리 및 해석

초음파 주사 검층으로부터 획득된 반사파의 진폭 정보를 이용하여 계산된 암반강도는 현지암반상태에서의 측정치(in-situ measurement)이기 때문에 정확한 암반강도 이기보다는 상대적인 암석의 강도를 나타낸다.

일반적으로 space modulus M은 속도검층기(sonic log)에서 얻게 되는 P파 및 S파의 초동주시 Δt_p및 Δt_s와 밀도검층으로부터 획득한 자료를 토대로 절대적인 암반의 강도를 나타낼 수 있으며 밀도에 의해 결정되는 암반 강도지수는 다음과 같이 정의 된다.

$$M = K + \frac{4}{3}\mu = \frac{\rho_b}{\Delta t_p^2} = \rho_b \cdot V_p^2 \qquad \text{(식 2.1)}$$

$$\mu = \frac{\rho_b}{\Delta t_s^2} \quad : \text{전단탄성률(shear modulus)} \qquad \text{(식 2.2)}$$

$$K = \rho_b [\frac{1}{\Delta t_p^2} - \frac{4}{3\Delta t_s^2}] \quad : \text{체적탄성률(bulk modulus)} \qquad \text{(식 2.3)}$$

여기서, ρ_b : bulk density

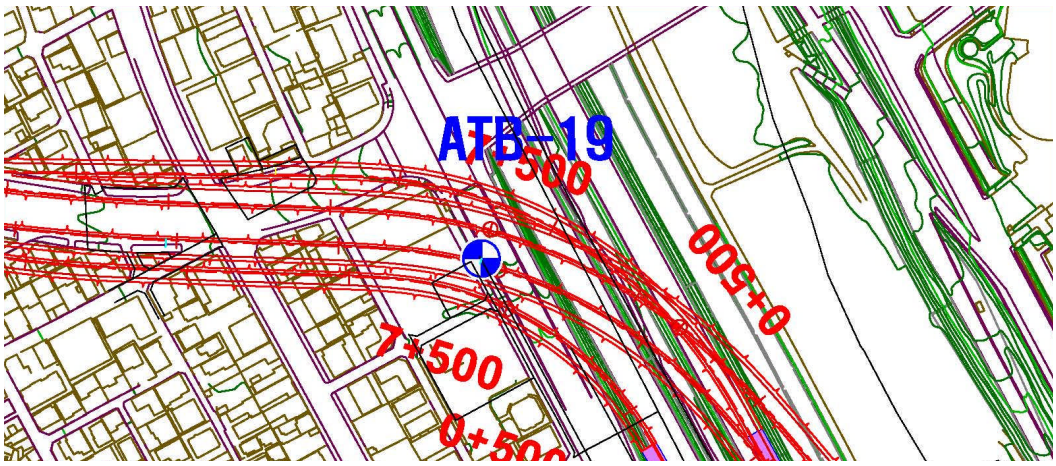
Δt_p, Δt_s : 1/P파속도(V_p), 1/S파속도(V_s)

제 3 장 조 사 결 과

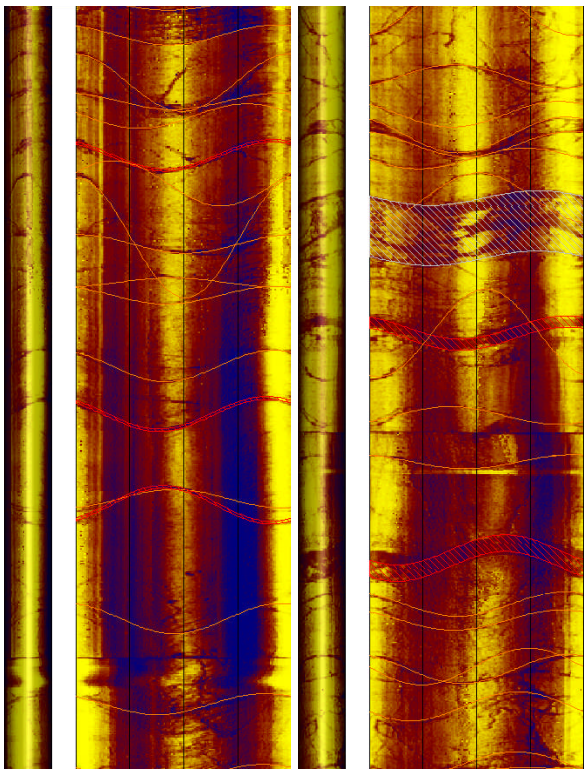
3.1 조사 결과

3.1.1 ATB-19

가. 위치도



나. 육안관찰



· ATB-19번 공은 심도 0.0~59.2m까지 촬영되었고 연암은 심도 32.0~56.2m, 경암은 심도 56.2~59.2m까지 이며 전체적으로 균열 및 절리가 발달되어 있다.

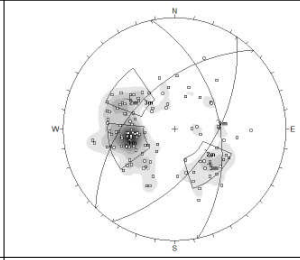
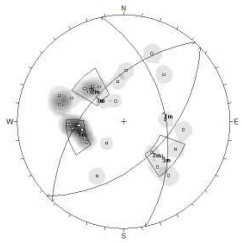
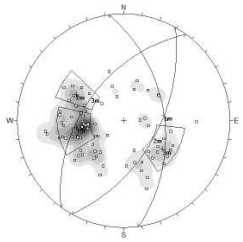
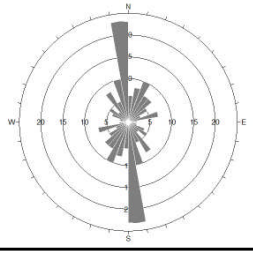
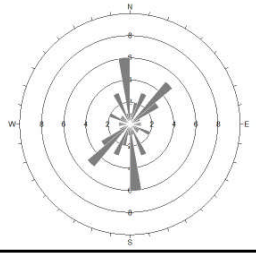
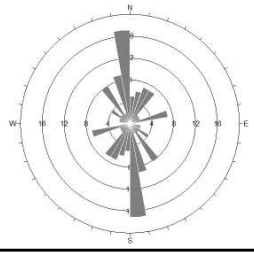
· 지하수위는 심도 15.5m에서 관측된다.

· 기반암은 호상 흑운모 편마암으로 이루어져 있으며, 담회색~암회색을 띄고 심한풍화~보통풍화 상태를 보인다.

· 기반암층 전 구간에 걸쳐 개구성 절리보다 미세 절리가 우세하게 분포한다.

· 절리는 1방향의 주절리군과 2방향의 부절리군으로 나타나며, 주절리의 방향성은 46/078 이고, 부방향성은 52/124, 48/315으로 나타나며 Set1의 빈도수가 비교적 높게 분포한다.

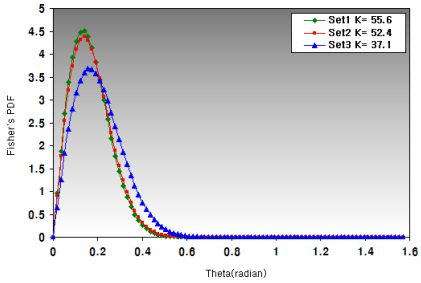
다. 평사투영

구분	All Crack	Hair Crack	Open Crack
평사투영			
장미도표			

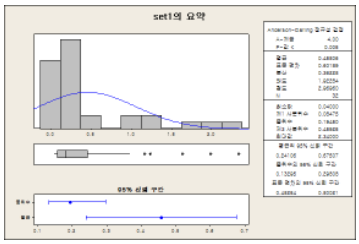
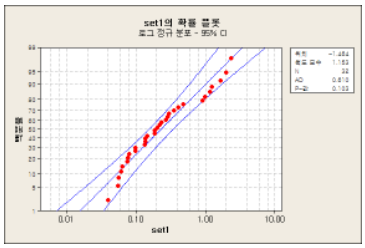
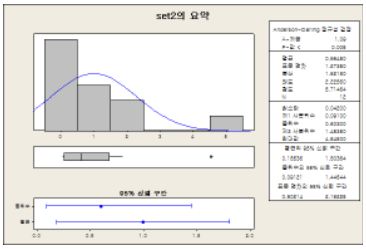
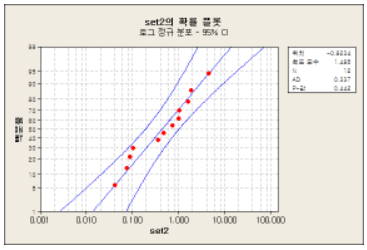
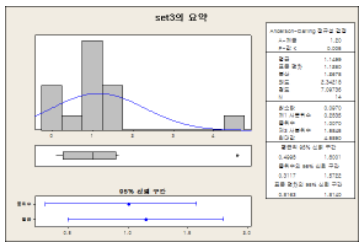
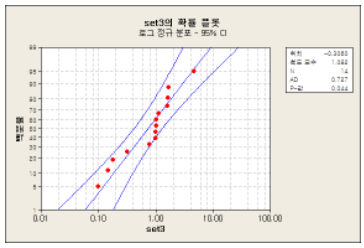
라. 절리군 통계분석

Set			1	2	3	Total(%)
Raw data	Fracture type (%)	All Open Hair Crack	33(28.4) 24(20.7) 9(7.7)	13(11.2) 7(6.0) 6(5.2)	15(12.9) 12(10.3) 3(2.6)	61(52.5) 43(37.0) 18(15.5)
	Proportion (%)		33(28.4)	3(11.2)	15(12.9)	61(52.5)
Modified Terzaghi corrected data	Mean attitude	Dip angle Dip direction	46 078	52 124	48 315	–

마. 절리방향성에 대한 확률밀도함수

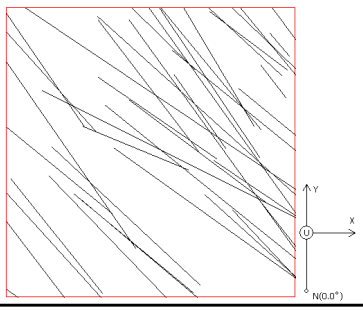
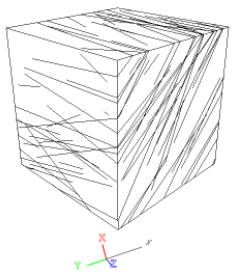
PDF	Set	1	2	3
	Dip/ Dip direction	46/078	52/124	48/315
	Fisher's K	55.59	52.38	37.10

바. 절리간격분석

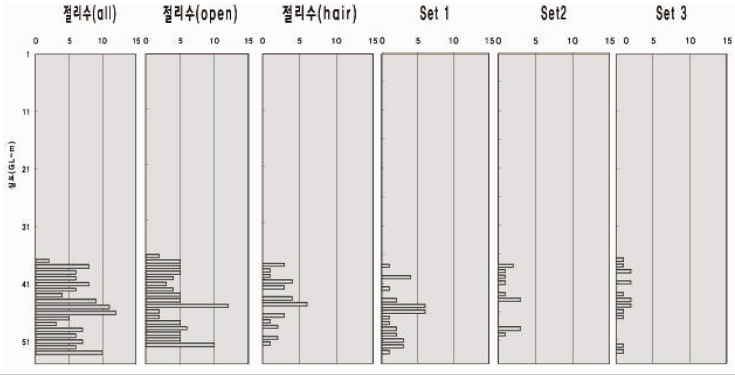
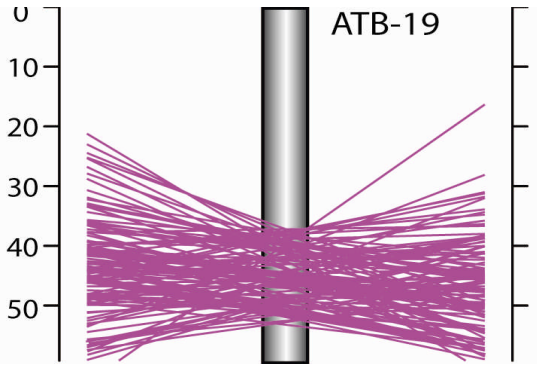
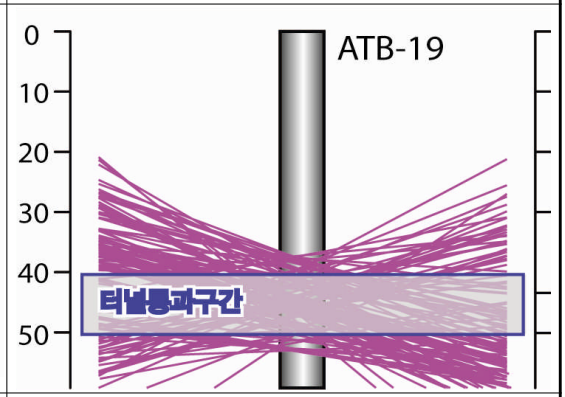
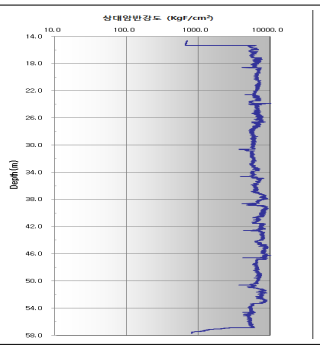
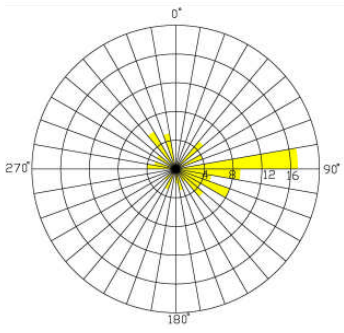
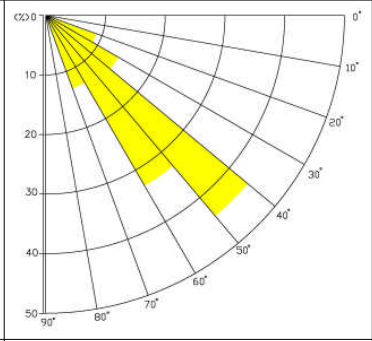
Set	Normal Distribution	Lognormal Distribution
1		
2		
3		

Spacing(m)	Set1	Set2	Set3
$\mu \pm \sigma$ of Lognormal PDF	−1.464±1.153	−0.823±1.485	−0.3060±1.082
Arithmetic Mean±SD Minimum Median Maximum	0.4580±0.6018 0.04 0.19 2.34	0.9945±1.2735 0.04 0.603 4.54	1.1499±1.1260 0.009 1.007 4.589

사. 통계분석에 의한 절리망모사

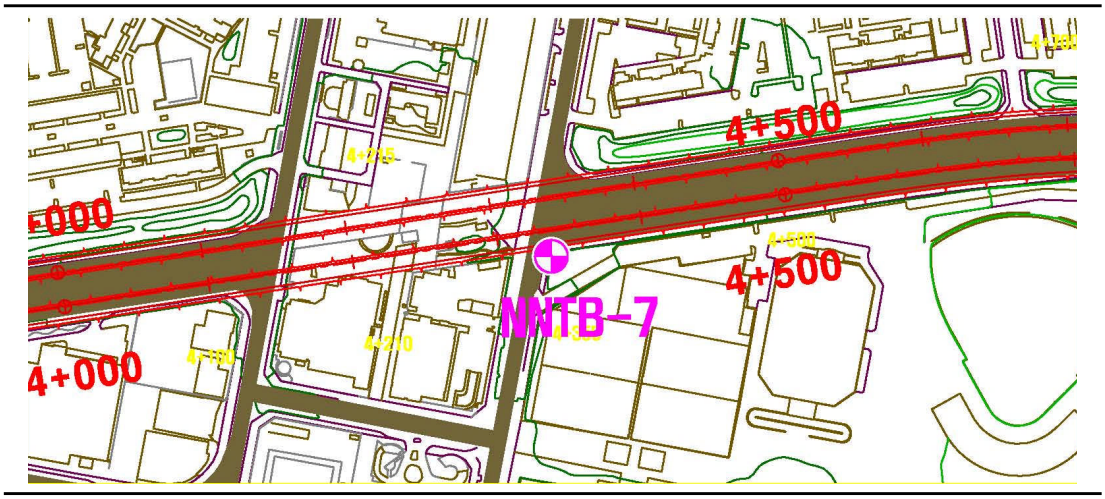
대표절리망	3차원 절리망
	

아. 절리가시화기법

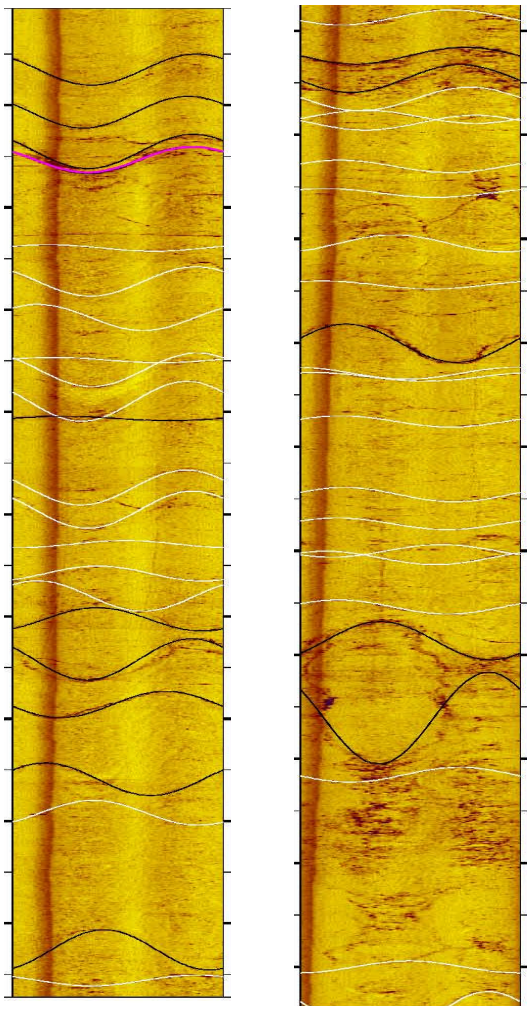
<table>
<tr><td colspan="3">시추공 불연속면 교차빈도 분석</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">· 전반적으로 Open Crack이 우세하게 분포한다. Set1의 빈도수가 가장 높으며 심도 44.0~49.0m,에서 비교적 우세하게 분포한다.</td></tr>
<tr><td colspan="2">절리전개도(노선에 직교)</td><td>절리전개도(노선에 평행)</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">· Set1의 절리군에 의해 남쪽의 절리방향을 갖는 위경사가 주로 보인다.</td><td>· Set1의 절리군에 의해 서쪽의 절리방향을 갖는 위경사가 주로 보인다.</td></tr>
<tr><td>상대적 암반강도지수</td><td>경사방향</td><td>경사각</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>· 심도 32.0~56.2m의 연암 구간은 각각 6,841.36 kgf/cm^2, 56.2~57.71m의 경암구간은 3,249.39 kgf/cm^2 로 각각 나타났다.</td><td>· 80~90° 의 경사방향을 갖는 절리가 17개로 가장 높은 빈도를 보인다.</td><td>· 40~50° 의 경사각을 갖는 절리가 44개로 가장 높은 빈도를 보인다.</td></tr>
</table>

3.1.2 NNTB-7

가. 위치도



나. 육안관찰



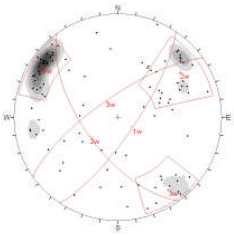
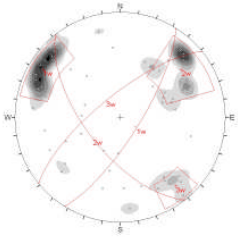
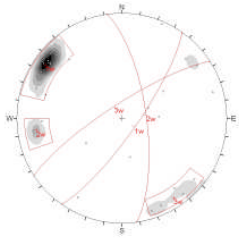
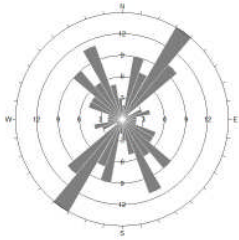
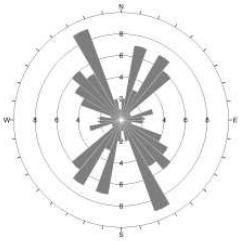
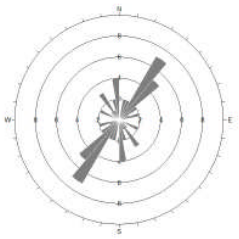
· NNTB-7번 공은 심도 22.0~84.0m 까지 촬영되었고 박층의 풍화암 분포 후 경암이 심도 25.4~84.0m까지 전체적으로 약간의 균열 및 절리가 발달되어 있다.

· 기반암은 호상 흑운모 편마암으로 이루어져 있으며, 담회색~암회색을 띄고 보통풍화~신선한 상태를 보인다.

· 기반암층 전 구간에 걸쳐 개구성 절리보다 미세 절리가 근소한 차이로 우세하게 분포한다.

· 절리는 1방향의 주절리군과 2방향의 부절리군으로 나타나며, 주절리의 방향성은 76/124이고, 부방향성은 63/234, 74/325으로 나타나며 Set1의 빈도수가 비교적 높게 분포한다.

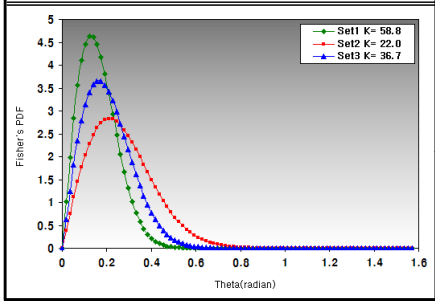
다. 평사투영

구분	All Crack	Hair Crack	Open Crack
평사투영			
장미도표			

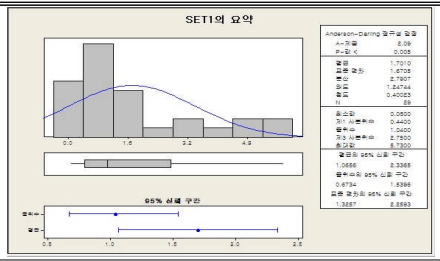
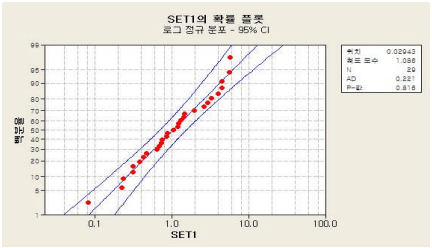
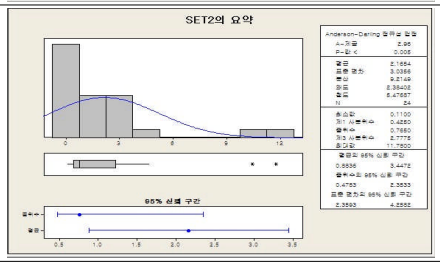
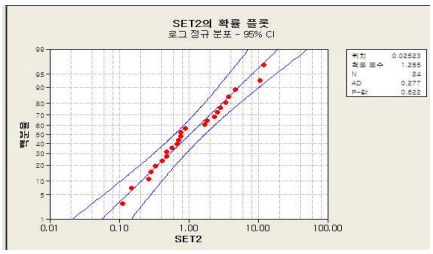
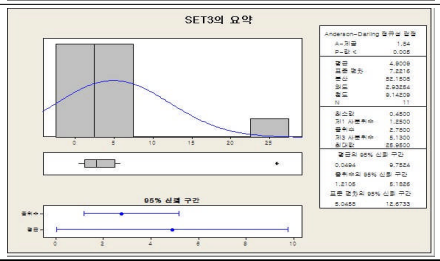
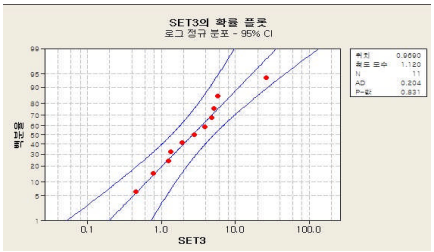
라. 절리군 통계분석

Set			1	2	3	Total(%)
Raw data	Fracture type (%)	All Open Hair Crack	30(29.7) 14(41.2) 15(22.4)	25(24.8) 4(11.8) 18(26.9)	12(11.9) 5(14.7) 5(7.5)	101(100) 34(100) 67(100)
	Proportion (%)		30(29.7)	25(24.8)	12(11.9)	101(100)
Modified Terzaghi corrected data	Corrected number (%)					
	Mean attitude	Dip angle Dip direction	76 124	63 234	74 325	–

마. 절리방향성에 대한 확률밀도함수

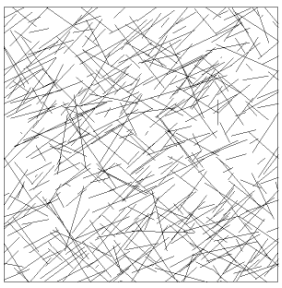
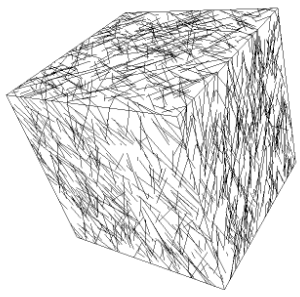
PDF	Set	1	2	3
	Dip/ Dip direction	76/124	63/234	74/325
	Fisher's K	58.837	22.049	36.727

바. 절리간격분석

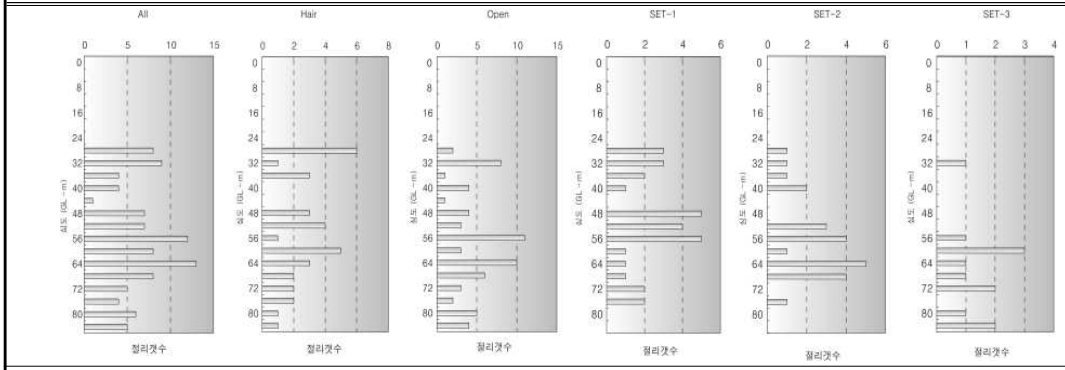
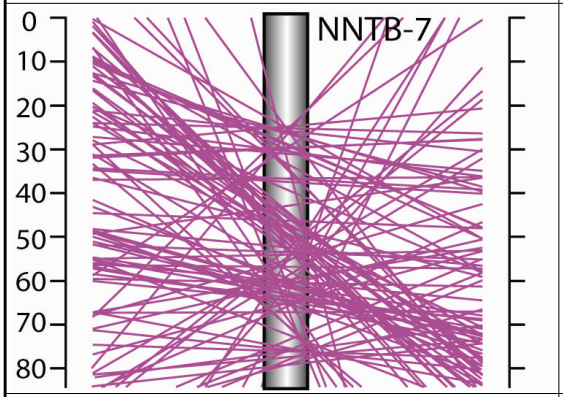
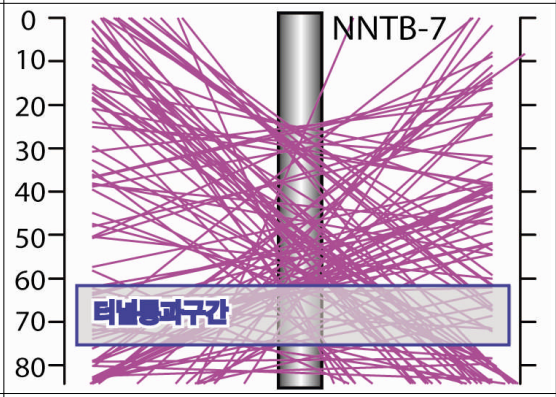
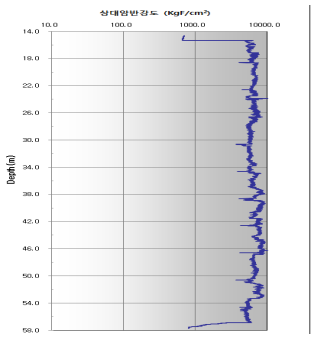
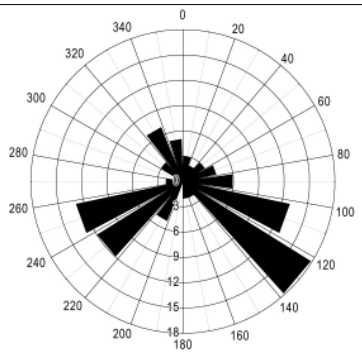
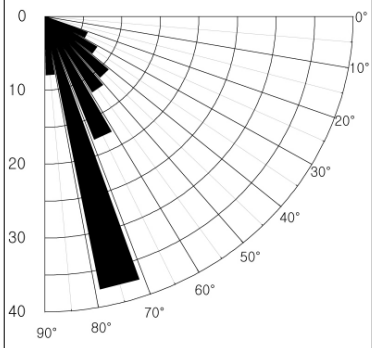
Set	Normal Distribution	Lognormal Distribution
1		
2		
3		

Spacing(m)	Set1	Set2	Set3
$\mu \pm \sigma$ of Lognormal PDF	0.2943±1.086	0.02523±1.255	0.9690±1.120
Arithmetic Mean±SD	1.7010±1.6705	2.1645±3.0356	4.9009±7.2216
Minimum	0.08	0.1100	0.4500
Median	1.04	0.7650	2.7800
Maximum	5.73	11.780	25.9500

사. 통계분석에 의한 절리망모사

대표절리망	3차원 절리망
	

아. 절리가시화기법

<table>
<tr><td colspan="3">시추공 불연속면 교차빈도 분석</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">· m당 1~10개의 절리가 분포하며 Hair Crack이 우세하게 분포한다. Set1의 빈도수가 가장 높으며 심도25.0~26.0m, 36.0~37.0m, 62.0~63.0에서 비교적 우세하게 분포한다.</td></tr>
<tr><td colspan="2">N-S방향의 위경사</td><td>E-W방향의 위경사</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">· Set1의 절리군에 의해 북쪽의 절리방향을 갖는 위경사가 주로 보인다.</td><td>· Set1의 절리군에 의해 동쪽의 절리방향을 갖는 위경사가 주로 보인다.</td></tr>
<tr><td>상대적 암반강도지수</td><td>경사방향</td><td>경사각</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>· 심도 33.0~34.0m, 43.7~44.4m는 파쇄발달로 인하여 상대적으로 암반강도지수가 낮게 분포하는 것으로 보인다.</td><td>· 120~140° 의 경사방향을 갖는 절리가 18개, 100~120°, 240~260° 의 경사방향을 갖는 절리가 각각 13개로 높은 빈도를 보인다.</td><td>· 70~80° 의 경사각을 갖는 절리가 37개로 가장 높은 빈도를 보인다.</td></tr>
</table>

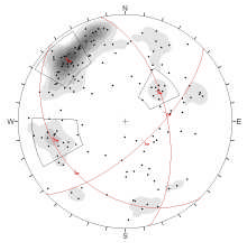
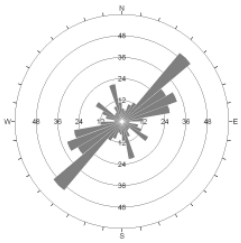
3.1.3 ATB-2

가. 위치도

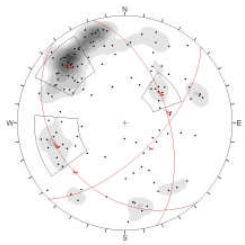
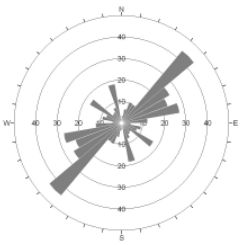


나. 절리군 방향성 분석

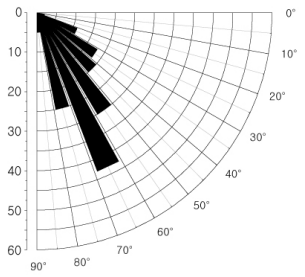
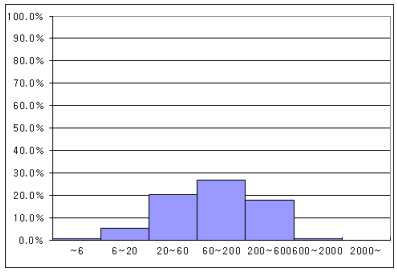
ATB-2 all의 평사투영도 및 Rose Diagram

Contour Plot	Rose Diagram	절리군	경 사	방 향	Fisher's K
		Set 1	69	137	72.909
		Set 2	58	077	47.288
		Set 3	34	226	152.440
•절리는 방향성에 따라 3개 절리군으로 분류되며, 확률밀도함수는 Fisher 분포를 따름					

ATB-2 Conductive의 평사투영도 및 Rose Diagram

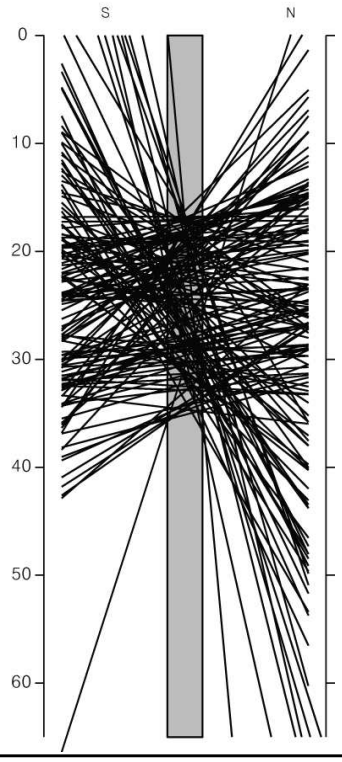
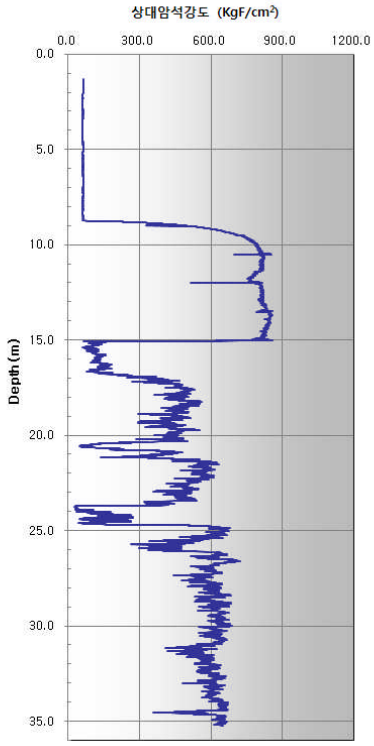
Contour Plot	Rose Diagram	절리군	경 사	방 향	Fisher's K
		Set 1	65	135	52.330
		Set 2	57	073	44.956
		Set 3	35	228	167.579
•절리는 방향성에 따라 3개 절리군으로 분류되며, 확률밀도함수는 Fisher 분포를 따름					

다. 절리 경사각 및 간격 분석

경사각	절리 간격
	

시추공 ATB-2 절리 경사각 및 간격 분석

라. 절리전개도, 상대암석강도 분석

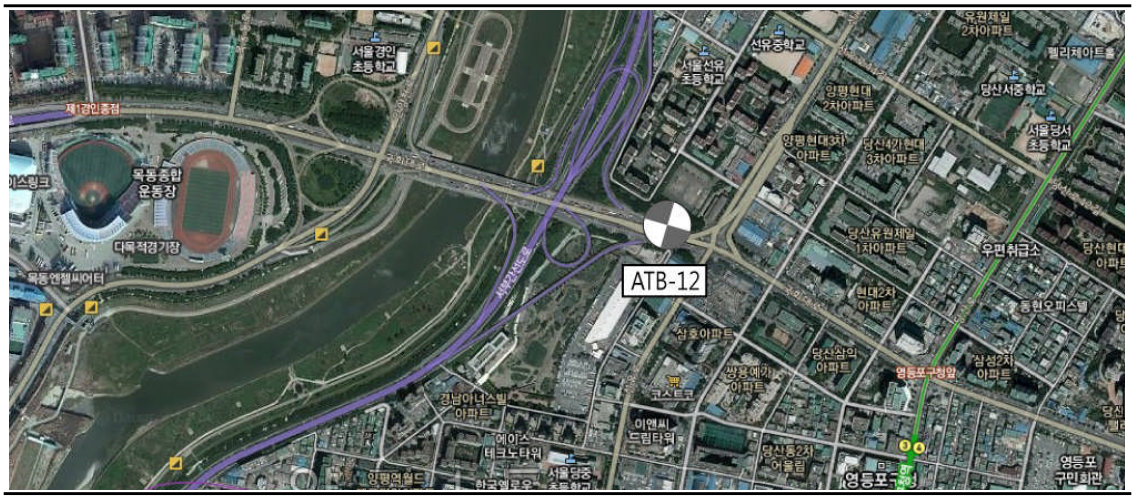
절리전개도	상대암석강도
	

마. 시추공 불연속면 자료 분포 특성

구 분		Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
ATB-2	All Joint	69/137 (N43E/69SE)	58/077 (N13W/58NE)	34/226 (N44W/34SW)	-
	conductive Joint	65/135 (N45E/65SE)	57/073 (N17W/57NE)	35/228 (N42W/35SW)	-

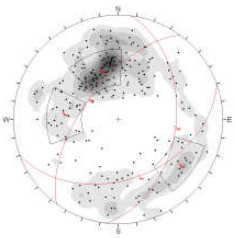
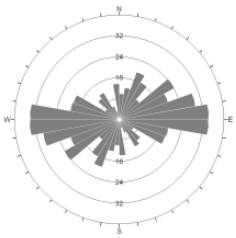
3.1.4 ATB-12

가. 위치도

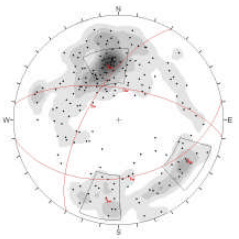
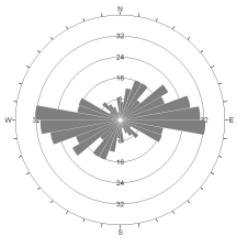


나. 절리군 방향성 분석

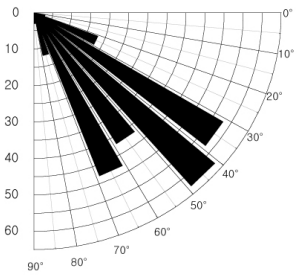
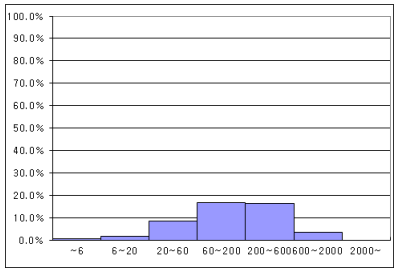
ATB-12 all의 평사투영도 및 Rose Diagram

Contour Plot	Rose Diagram	절리군	경 사	방 향	Fisher's K
		Set 1	42	160	50.573
		Set 2	62	306	48.052
		Set 3	44	097	38.252
•절리는 방향성에 따라 3개 절리군으로 분류되며, 확률밀도함수는 Fisher 분포를 따름					

ATB-12 Conductive의 평사투영도 및 Rose Diagram

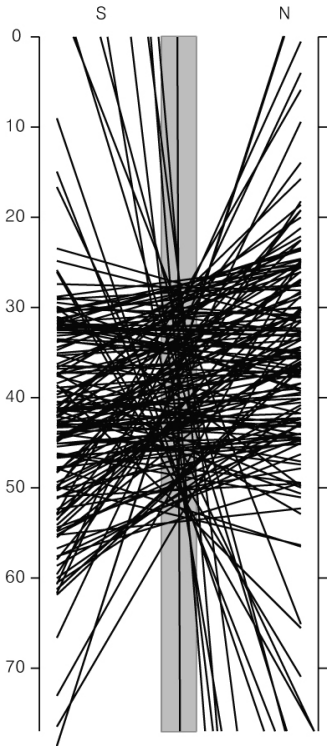
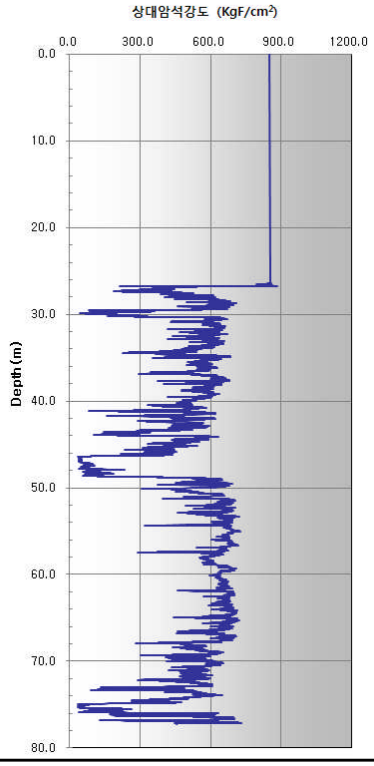
Contour Plot	Rose Diagram	절리군	경 사	방 향	Fisher's K
		Set 1	44	169	71.273
		Set 2	65	300	53.612
		Set 3	65	009	41.632
•절리는 방향성에 따라 3개 절리군으로 분류되며, 확률밀도함수는 Fisher 분포를 따름					

다. 절리 경사각 및 간격 분석

경사각	절리 간격
	

시추공 ATB-12 절리 경사각 및 간격 분석

라. 절리전개도, 상대암석강도 분석

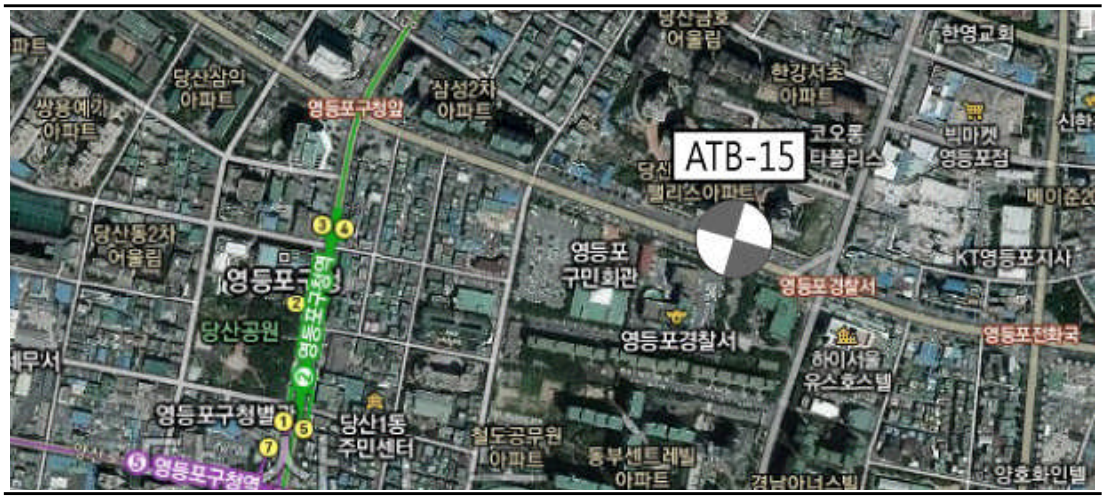
절리전개도	상대암석강도
	

마. 시추공 불연속면 자료 분포 특성

구 분		Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
ATB-12	All Joint	42/160 (N70E/42SE)	62/306 (N36E/62NW)	44/097 (N7E/44SE)	-
	conductive Joint	44/169 (N79E/44SE)	65/300 (N30E/65NW)	65/009 (N81W/65NE)	-

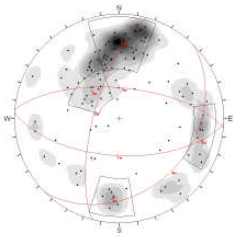
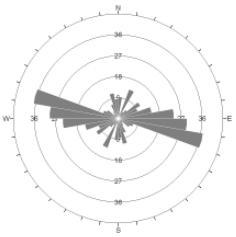
3.1.5 ATB-15

가. 위치도

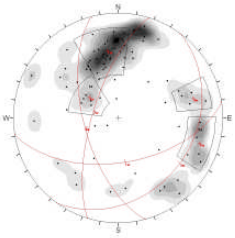
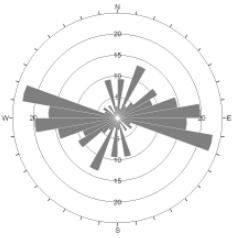


나. 절리군 방향성 분석

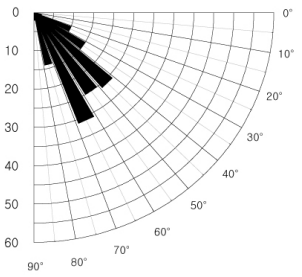
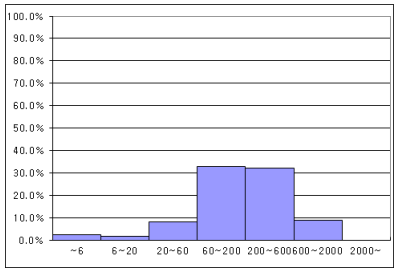
ATB-15 all의 평사투영도 및 Rose Diagram

Contour Plot	Rose Diagram	절리군	경 사	방 향	Fisher's K
		Set 1	61	183	29.715
		Set 2	70	285	45.298
		Set 3	66	005	91.189
		Set 4	30	135	59.326
•절리는 방향성에 따라 4개 절리군으로 분류되며, 확률밀도함수는 Fisher 분포를 따름					

ATB-15 Conductive의 평사투영도 및 Rose Diagram

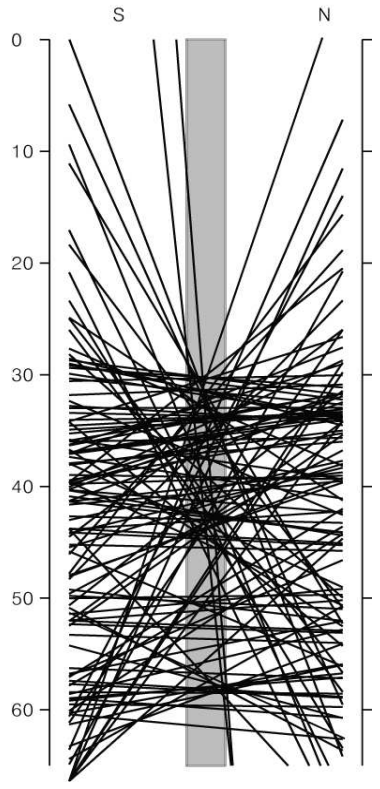
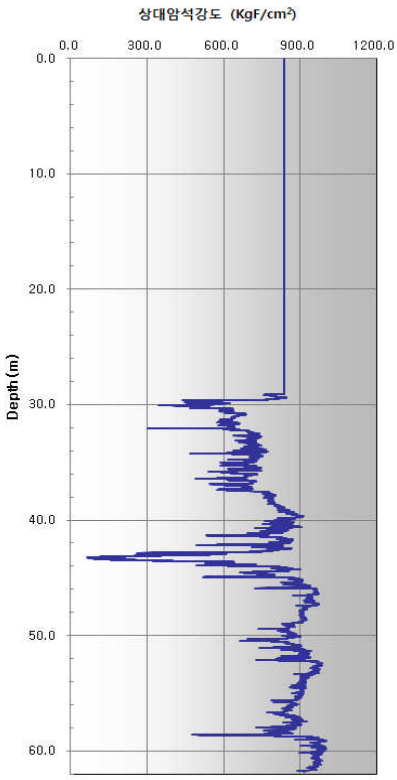
Contour Plot	Rose Diagram	절리군	경 사	방 향	Fisher's K
		Set 1	55	171	35.913
		Set 2	70	287	53.626
		Set 3	28	126	133.587
		Set 4	63	255	59.139
•절리는 방향성에 따라 4개 절리군으로 분류되며, 확률밀도함수는 Fisher 분포를 따름					

다. 절리 경사각 및 간격 분석

경사각	절리 간격
	

시추공 ATB-15 절리 경사각 및 간격 분석

라. 절리전개도, 상대암석강도 분석

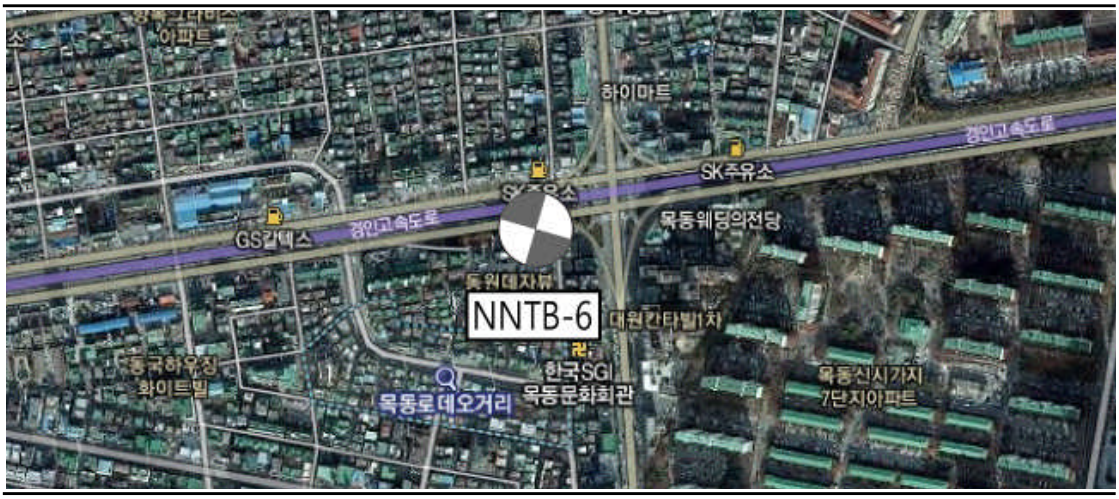
절리전개도	상대암석강도
	

마. 시추공 불연속면 자료 분포 특성

구 분		Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
ATB-15	All Joint	61/183 (N87W/61SW)	70/285 (N15E/70NW)	66/005 (N85W/66NE)	30/135 (N45E/30SE)
	conductive Joint	55/171 (N81E/55SE)	70/287 (N17E/70NW)	28/126 (N36E/28SE)	63/255 (N15W/63SW)

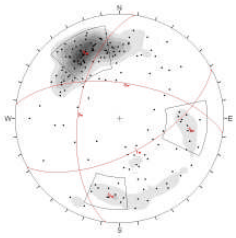
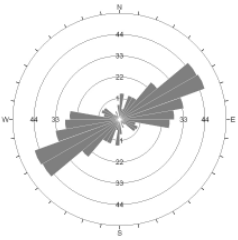
3.1.6 NNTB-6

가. 위치도

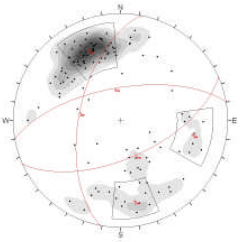
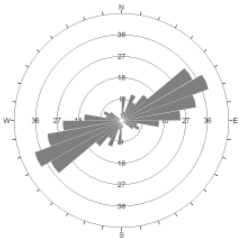


나. 절리군 방향성 분석

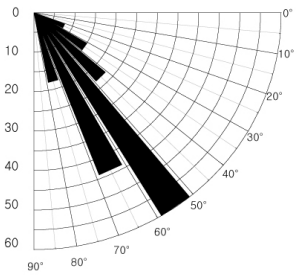
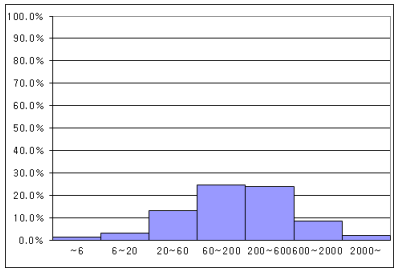
NNTB-6 all의 평사투영도 및 Rose Diagram

Contour Plot	Rose Diagram	절리군	경 사	방 향	Fisher's K
		Set 1	62	152	42.849
		Set 2	62	008	79.031
		Set 3	57	278	52.792
•절리는 방향성에 따라 3개 절리군으로 분류되며, 확률밀도함수는 Fisher 분포를 따름					

NNTB-6 Conductive의 평사투영도 및 Rose Diagram

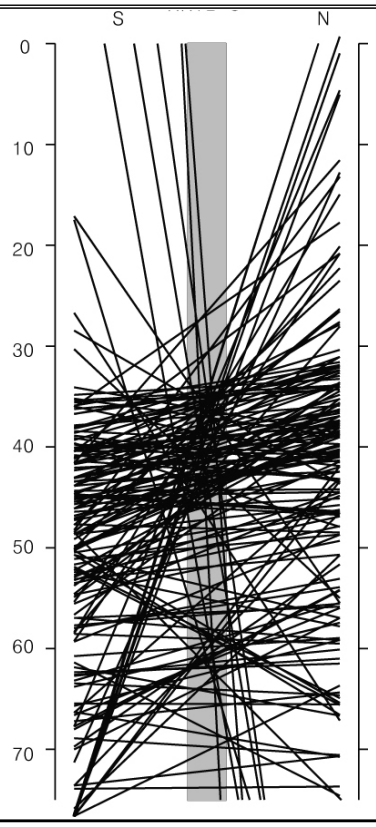
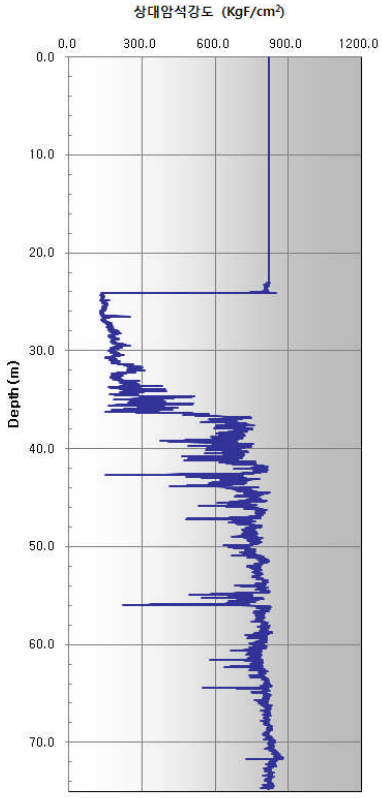
Contour Plot	Rose Diagram	절리군	경 사	방 향	Fisher's K
		Set 1	61	156	44.357
		Set 2	65	350	48.618
		Set 3	58	281	41.462
•절리는 방향성에 따라 3개 절리군으로 분류되며, 확률밀도함수는 Fisher 분포를 따름					

다. 절리 경사각 및 간격 분석

경사각	절리 간격
	

시추공 NNTB-6 절리 경사각 및 간격 분석

라. 절리전개도, 상대암석강도 분석

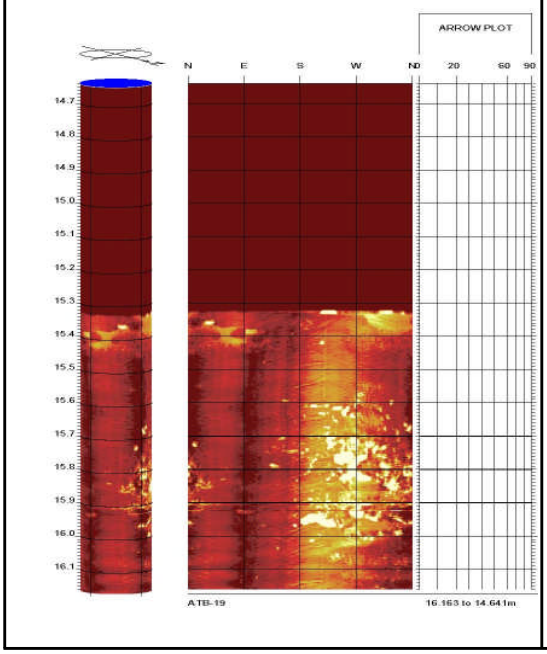
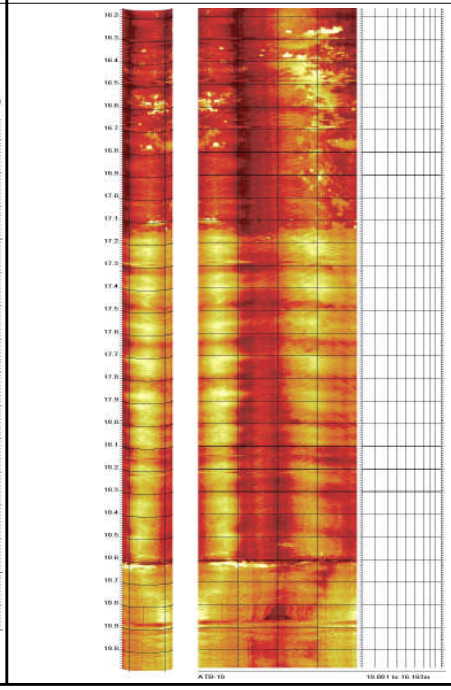
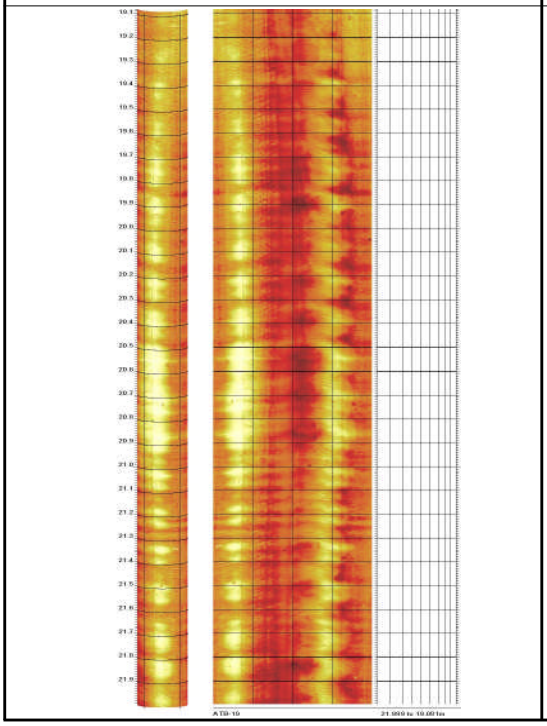
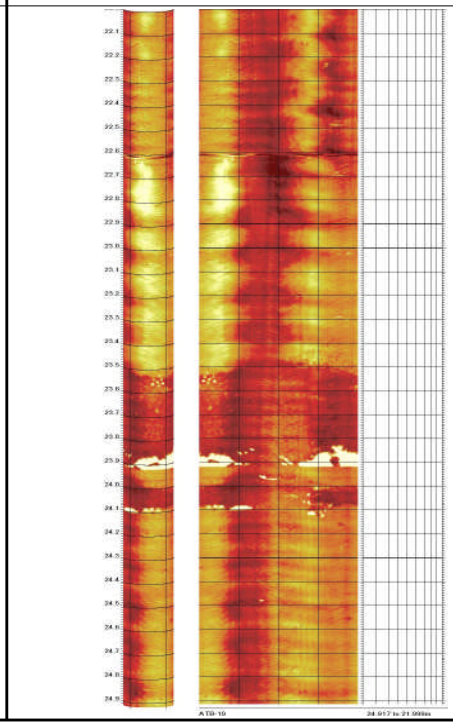
절리전개도	상대암석강도
	

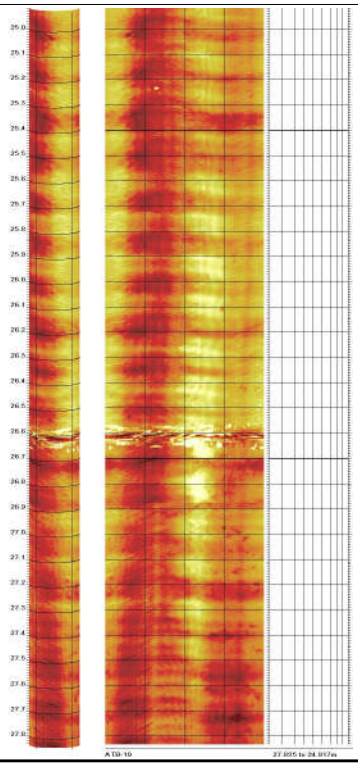
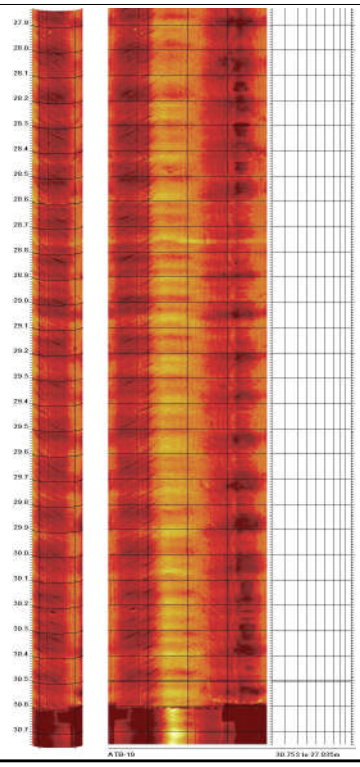
마. 시추공 불연속면 자료 분포 특성

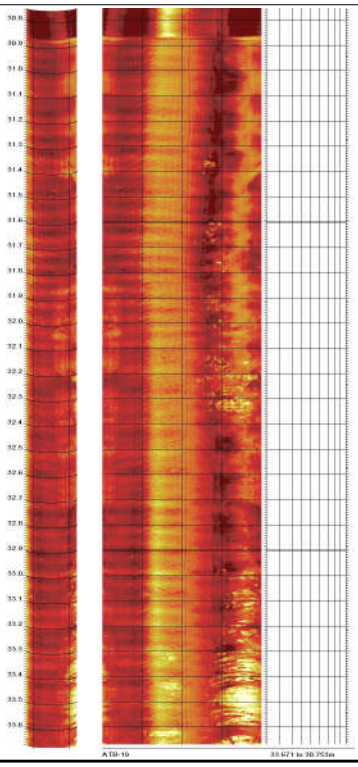
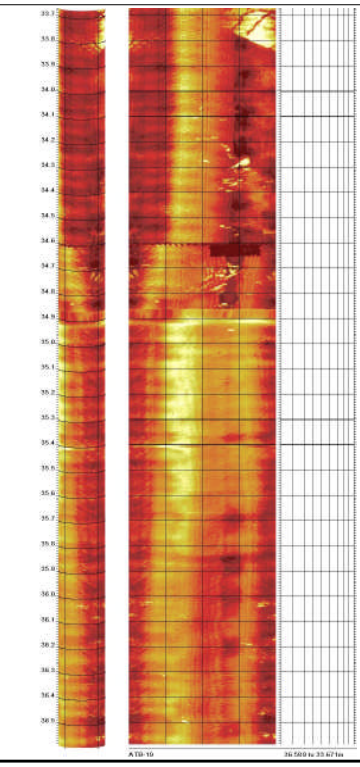
구 분		Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
NNTB-6	All Joint	62/152 (N62E/62SE)	62/008 (N82W/62NE)	57/278 (N8E/57NW)	-
	conductive Joint	61/156 (N66E/61SE)	65/350 (N80E/65NW)	58/281 (N11E/58NW)	-

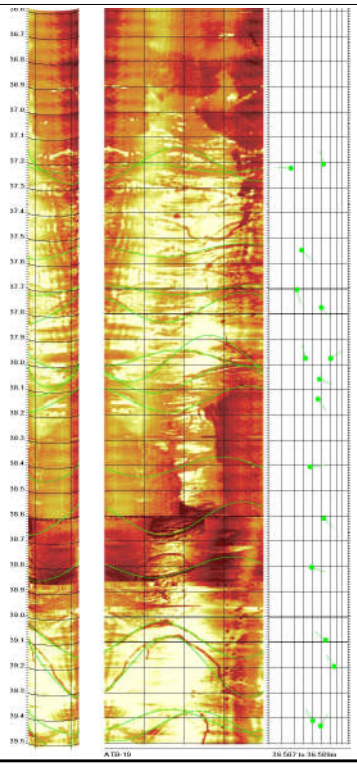
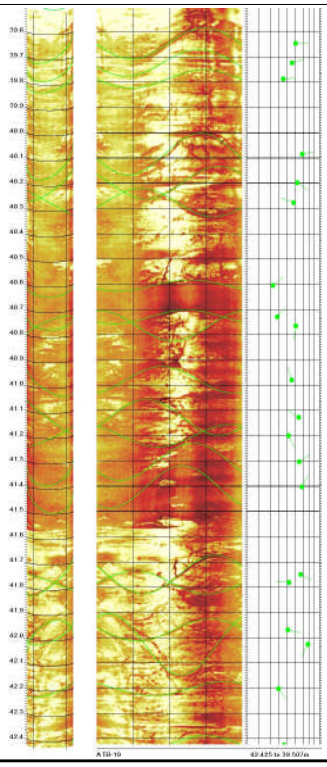
검 층 이 미 지

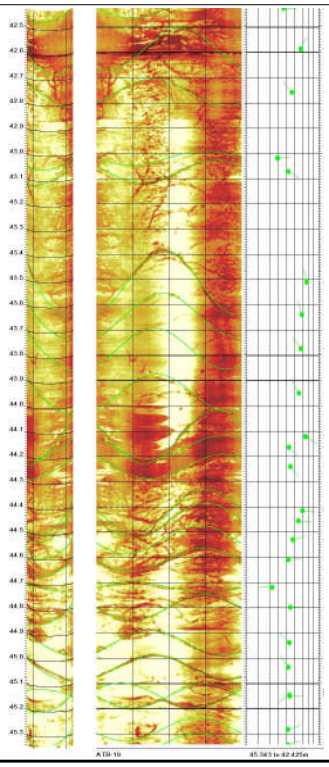
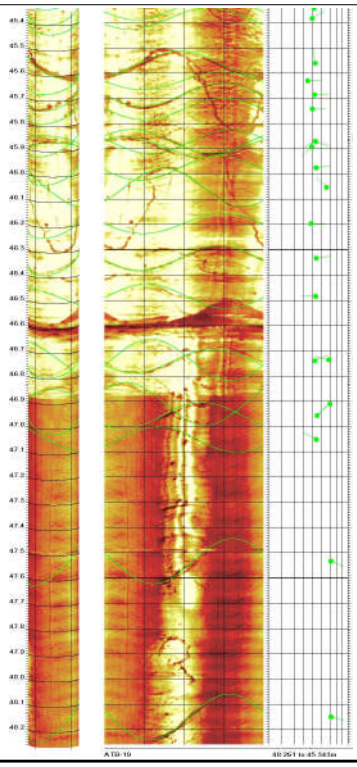
· ATB–19

ATB–19(14.6~16.7)	ATB–19(16.7~19.8)
	
ATB–19(19.8~22.9)	ATB–19(22.9~24.9)
	

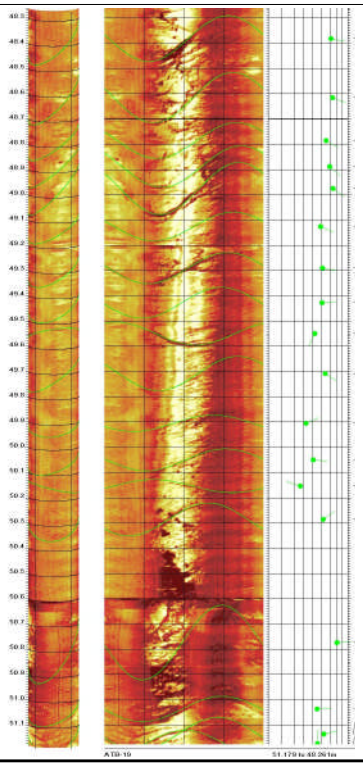
ATB-19(24.9~27.8)	ATB-19(27.8~30.7)
	

ATB-19(30.7~33.6)	ATB-19(33.6~37.5)
	

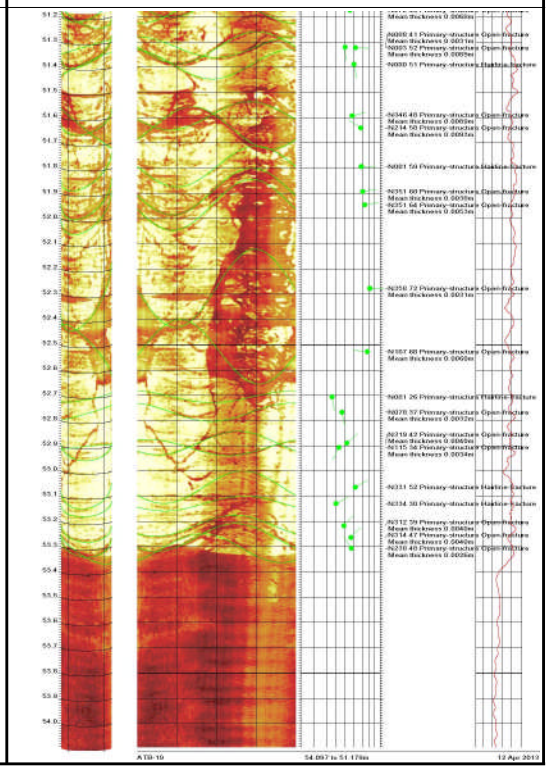
ATB-19(37.5~39.5)	ATB-19(39.5~42.4)
	

ATB-19(42.5~45.3)	ATB-19(45.3~48.2)
	

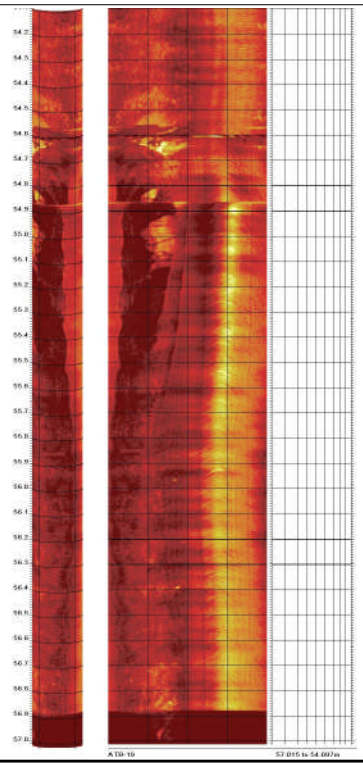
ATB-19(48.2~51.1)



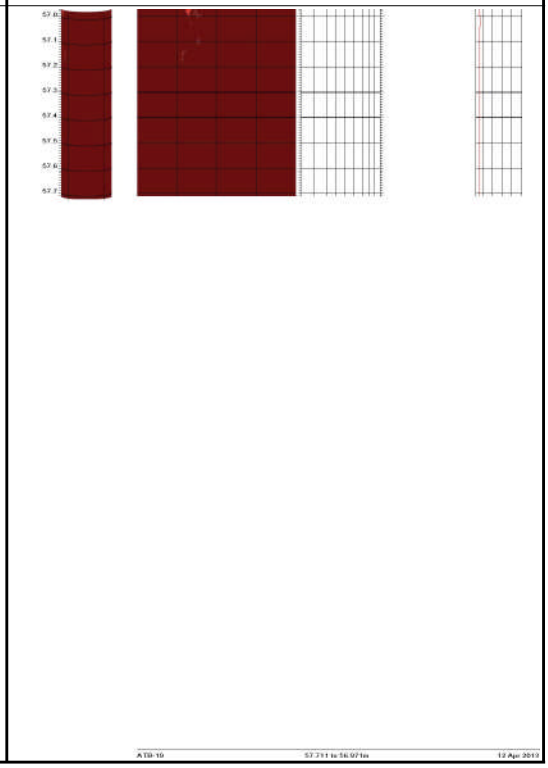
ATB-19(51.1~54.0)



ATB-19(54.0~57.0)

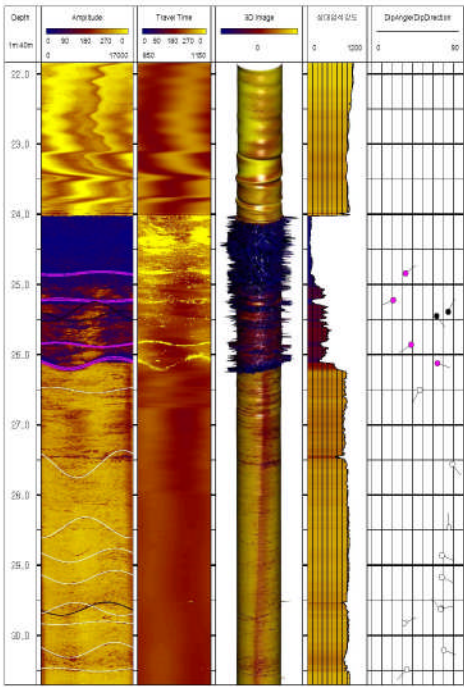


ATB-19(57.0~57.7)

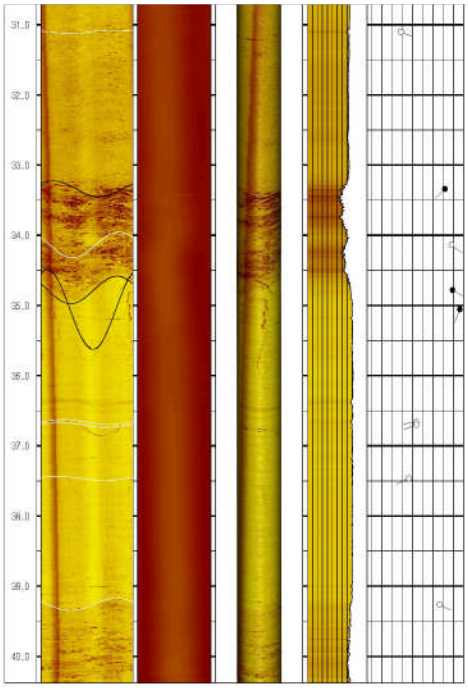


· NNTB-7

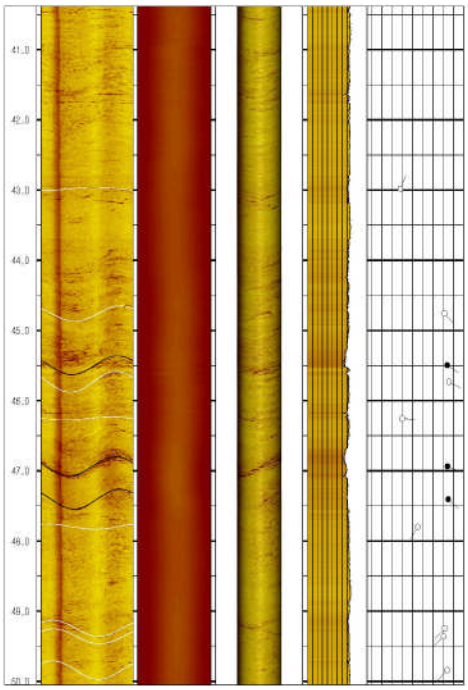
NNTB-7(22.0~30.7)



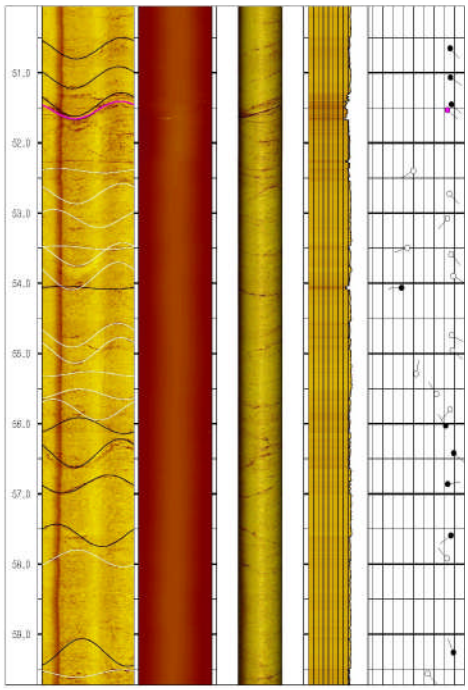
NNTB-7(30.7~40.4)

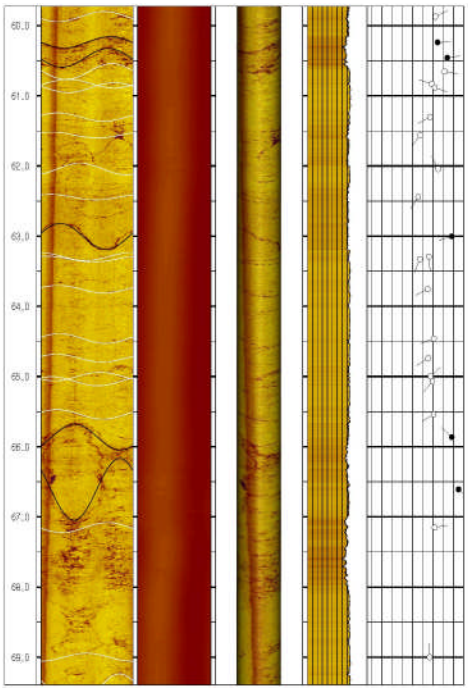
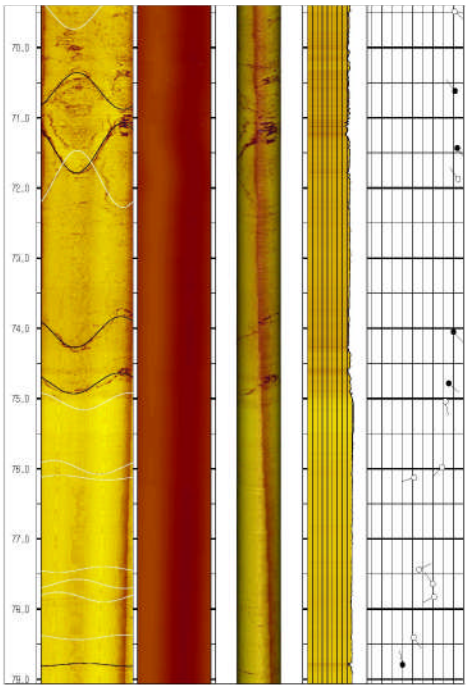


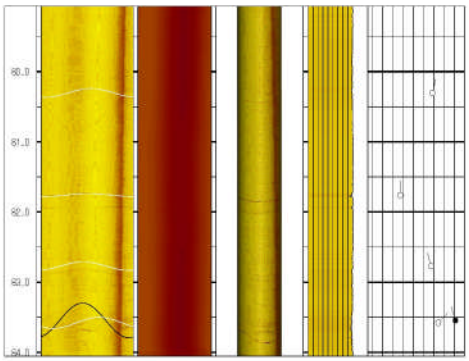
NNTB-7(40.4~50.1)



NNTB-7(50.1~59.7)

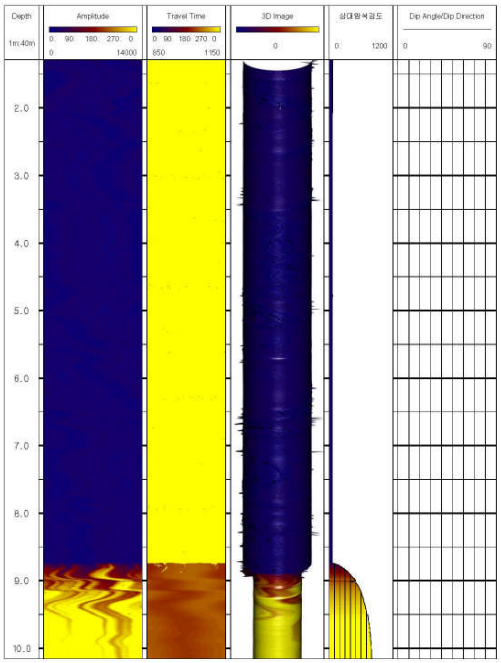


NNTB-7(59.7~69.4)	NNTB-7(69.4~79.1)
	

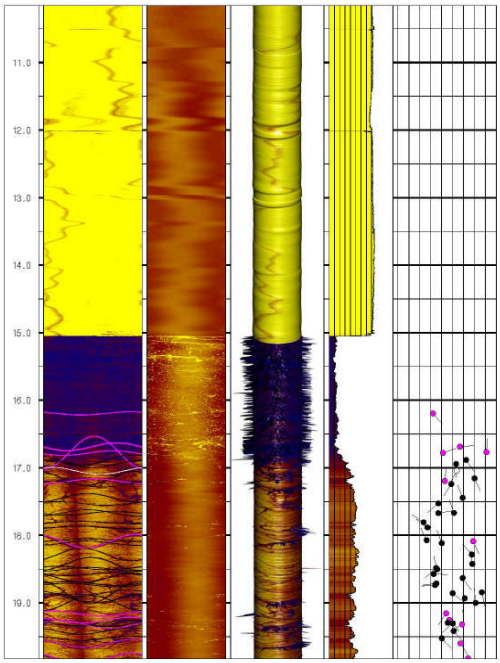
NNTB-7(79.1~84.0)	-
	-

· ATB-2

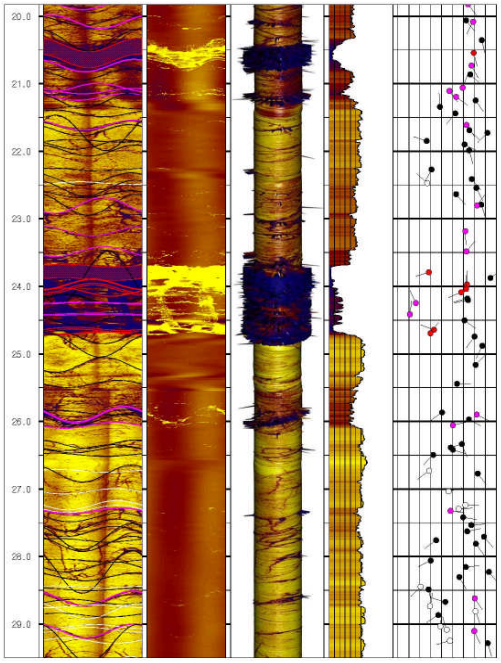
ATB-2(1.29~10.1)



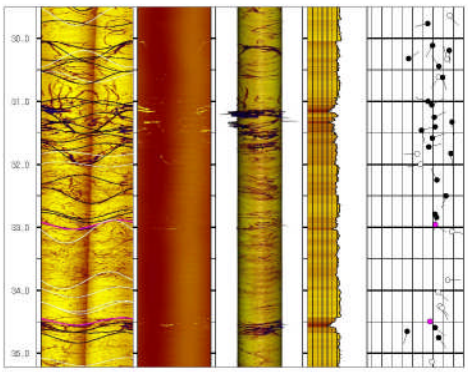
ATB-2(10.1~19.9)



ATB-2(19.9~29.5)

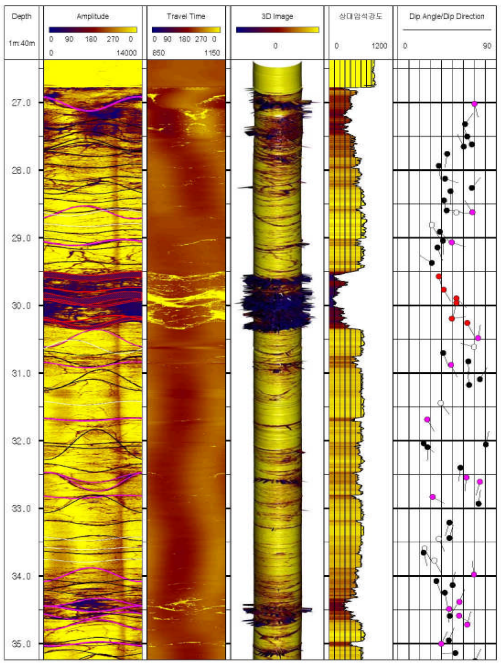


ATB-2(29.5~35.2)

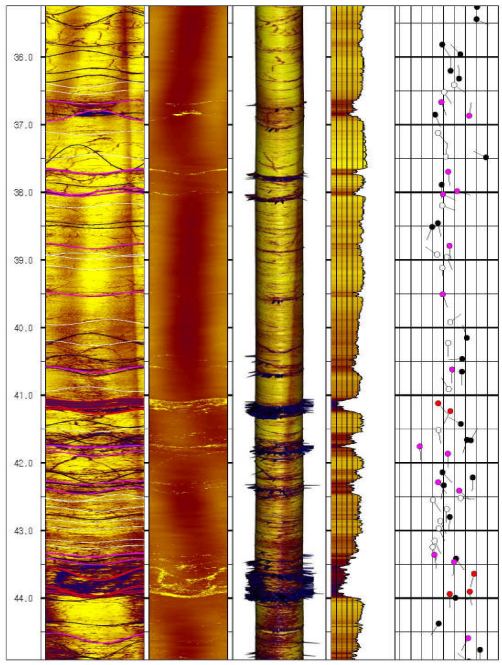


· ATB-12

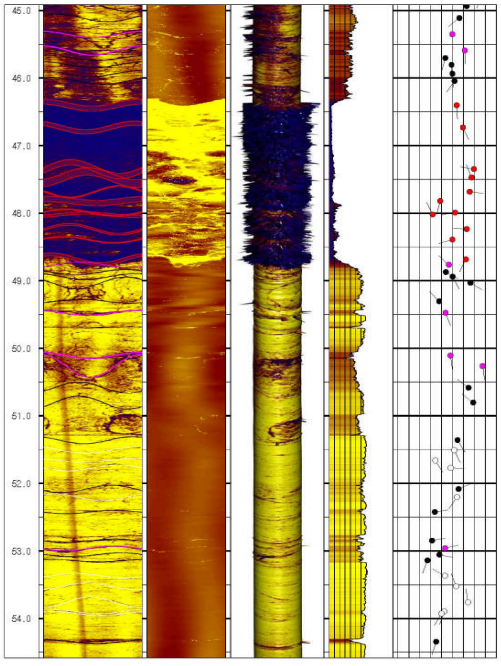
ATB-12(26.8~35.2)



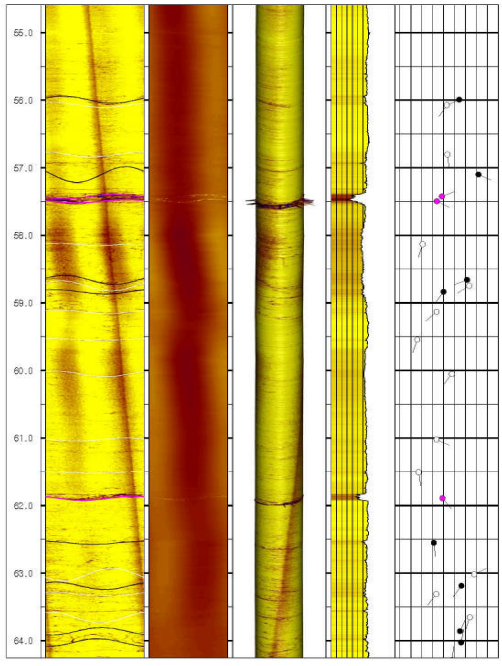
ATB-12(35.2~44.9)

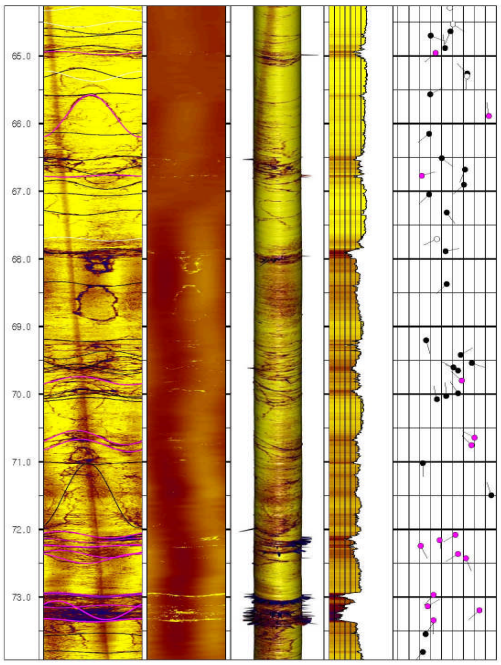
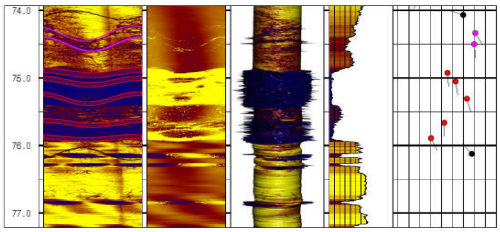


ATB-12(44.9~54.6)



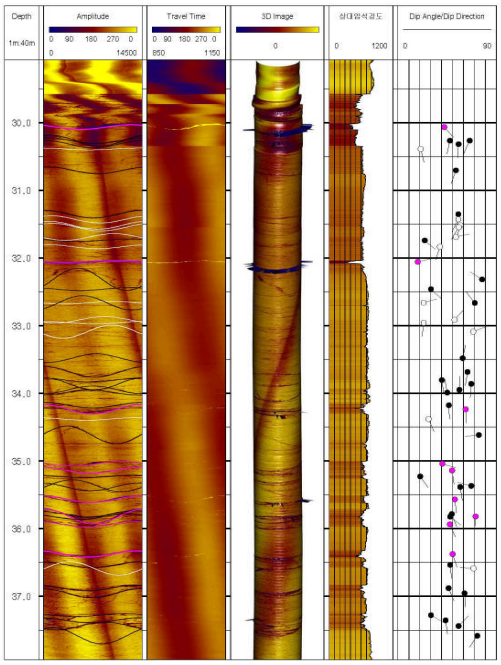
ATB-12(54.6~64.2)



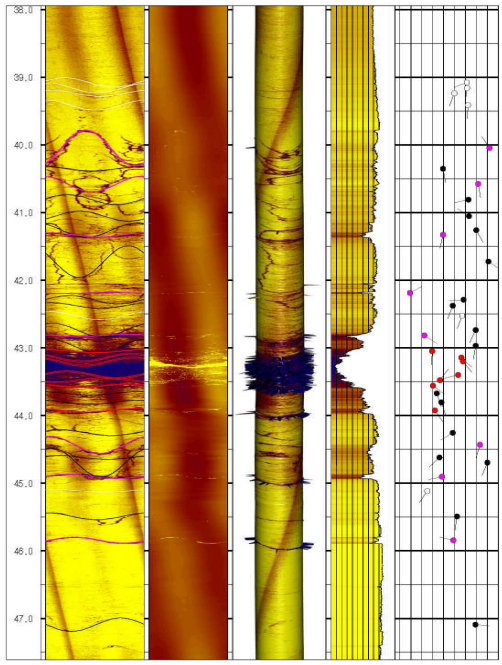
ATB-12(64.2~73.9)	ATB-12(73.9~77.2)
	

· ATB-15

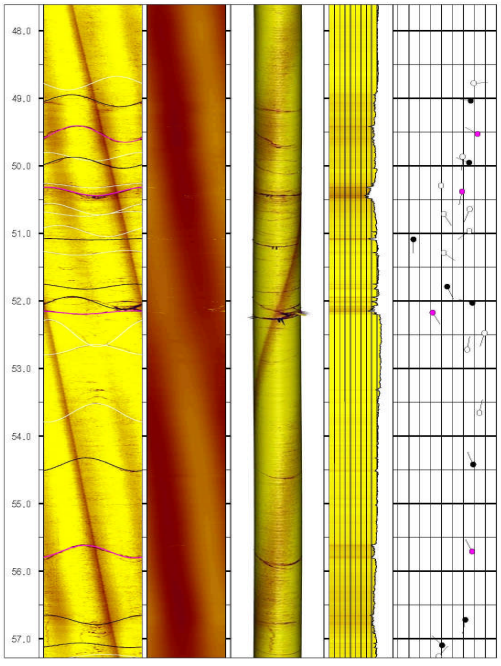
ATB-15(29.1~37.9)



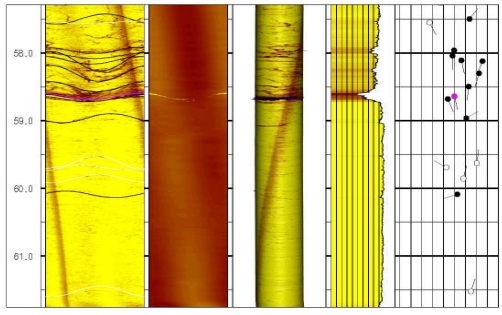
ATB-15(37.9~47.6)



ATB-15(47.6~57.2)

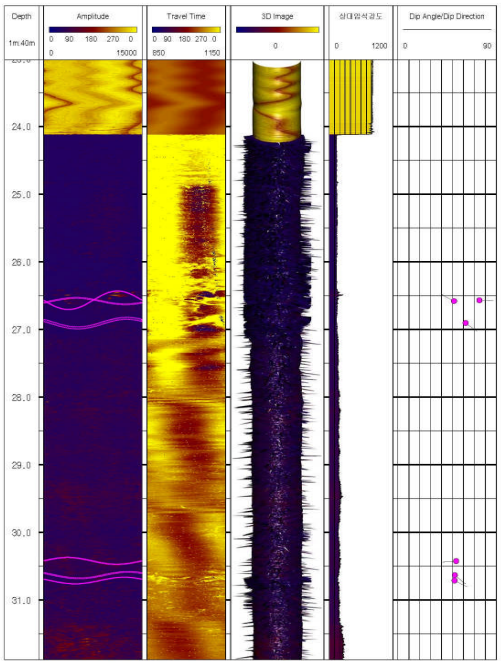


ATB-15(57.2~61.76)

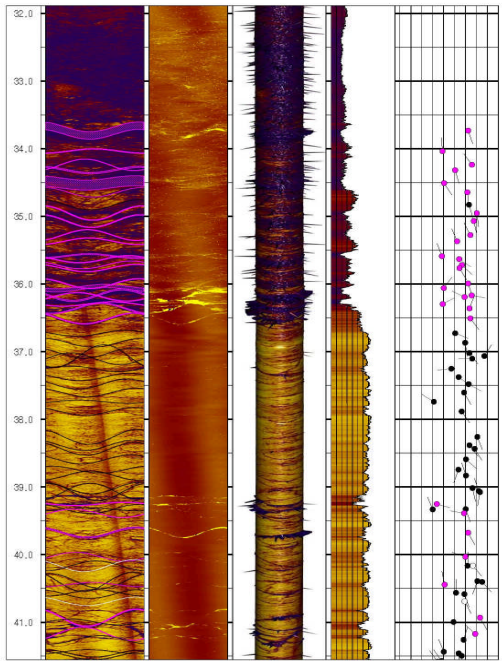


· NNTB-6

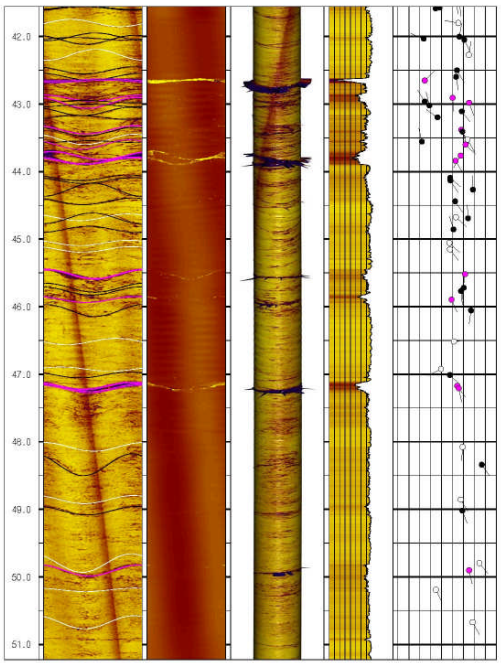
NNTB-6(23.0~31.9)



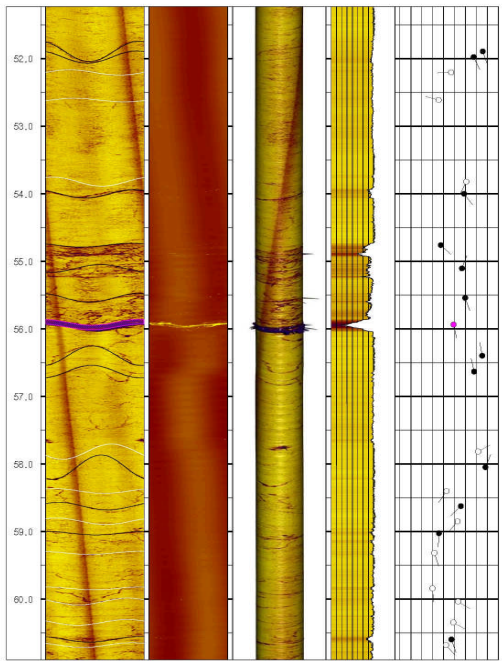
NNTB-6(31.9~41.6)

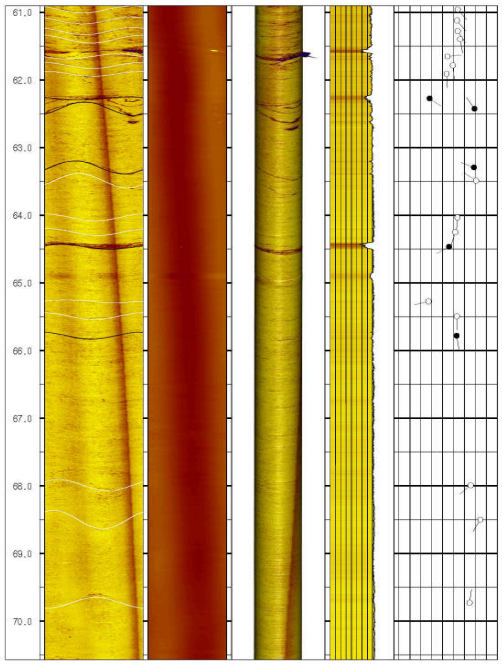
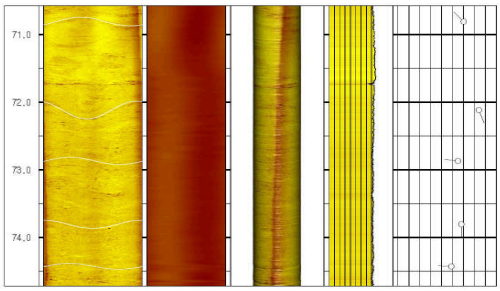


NNTB-6(41.6~51.2)



NNTB-6(51.2~60.9)



NNTB-6(60.9~70.6)	NNTB-6(70.6~74.72)
	

사 진 대 지



공 사 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계
용역내용	초음파 주사검층(ATB–19)



공 사 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계
용역내용	초음파 주사검층(NNTB–7)



공 사 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계
용역내용	초음파 주사검층(ATB–2)



공 사 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계
용역내용	초음파 주사검층(ATB–12)



공 사 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계
용역내용	초음파 주사검층(ATB-15)



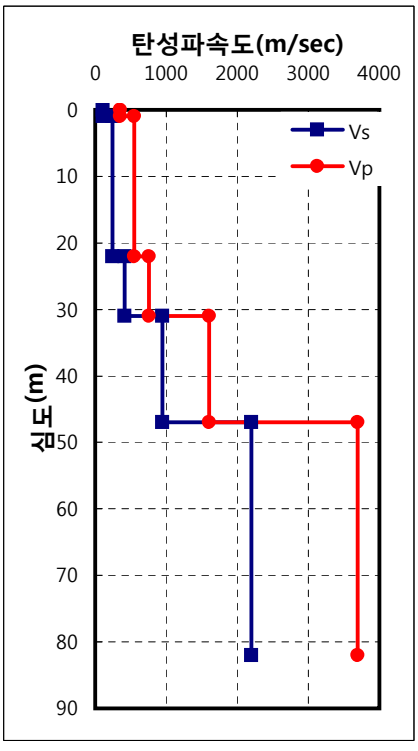
공 사 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계
용역내용	초음파 주사검층(NNTB-6)

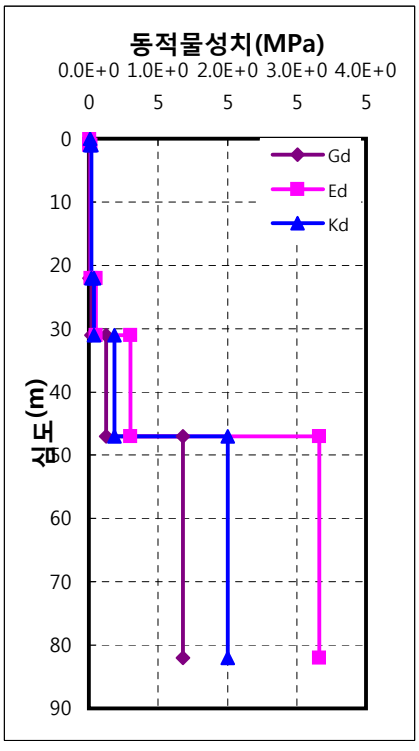
6.8 하향식탄성파탐사

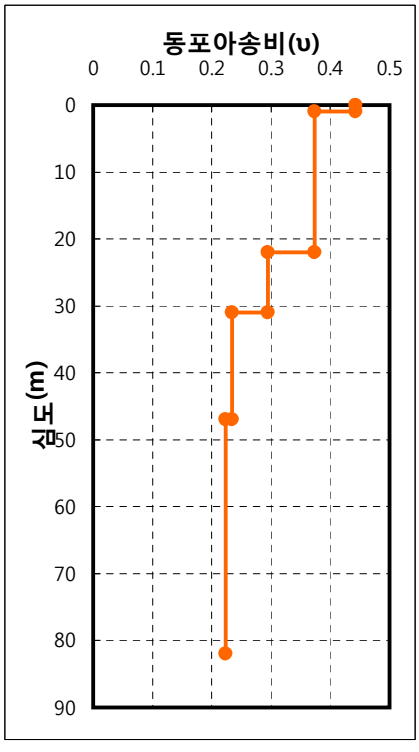
하향식 탄성파탐사
(Down Hole Test)

조 사 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사			시험일자	2011. 4.
공 번	NTB-13	굴진심도	82.30 m	지하수위	GL, - 8.60 m
시험장비	3-Geophone	시 험 자	박재은	작 성 자	문경수

지층명	심도	Vp	Vs	동포아송비	Gd	Ed	Kd	비고
매립층	0.0~1.7	349	112	0.443	238	688	1,998	
퇴적토	1.7~25.3	550	247	0.374	1,173	3,207	4,132	
풍화토	25.3~28.7	761	412	0.294	3,905	9,981	7,699	
연 암	28.7~43.5	1,607	949	0.234	24,506	60,270	37,207	
경 암	43.5~82.3	3,690	2,201	0.224	135,980	332,682	200,461	



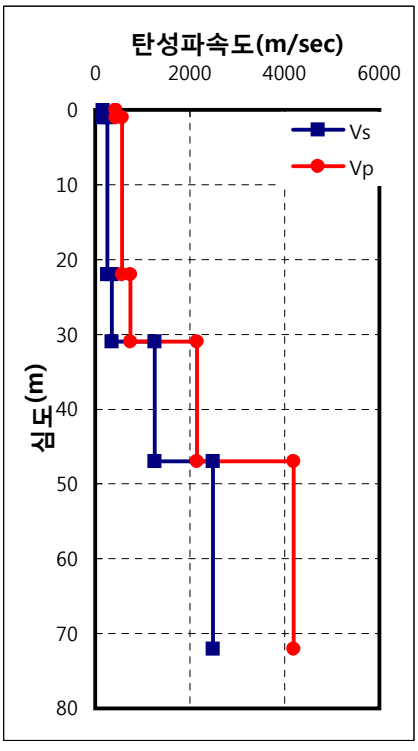


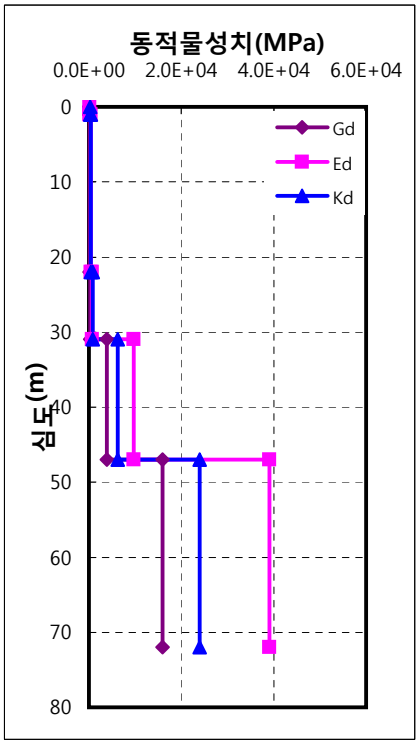


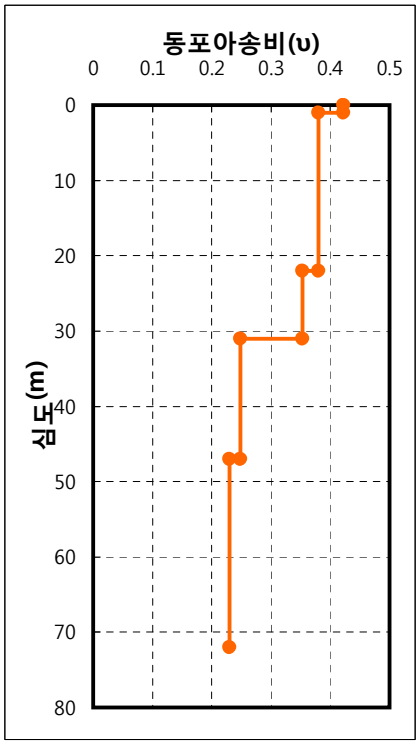
하향식 탄성파탐사
(Down Hole Test)

조 사 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사			시험일자	2011. 3.
공 번	NTB-15	굴진심도	72.00 m	지하수위	GL, - 8.60 m
시험장비	3-Geophone	시 험 자	박재은	작 성 자	박재은

지층명	심도	Vp	Vs	동포아송비	Gd	Ed	Kd	비고
매립층	0.0~1.7	431	158	0.422	47	135	290	
퇴적토	1.7~22.0	574	253	0.381	128	352	481	
풍화토	22.0~31.2	748	357	0.353	257	694	781	
연 암	31.2~47.8	2,150	1,252	0.249	3,901	9,661	6,173	
경 암	47.8~72.0	4,193	2,487	0.230	15,922	39,098	23,952	



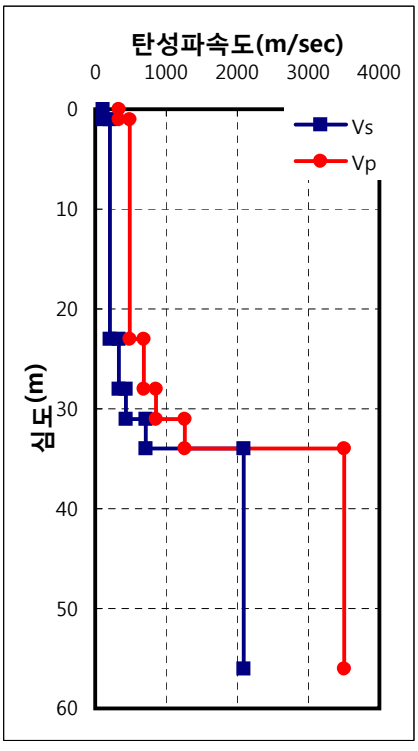


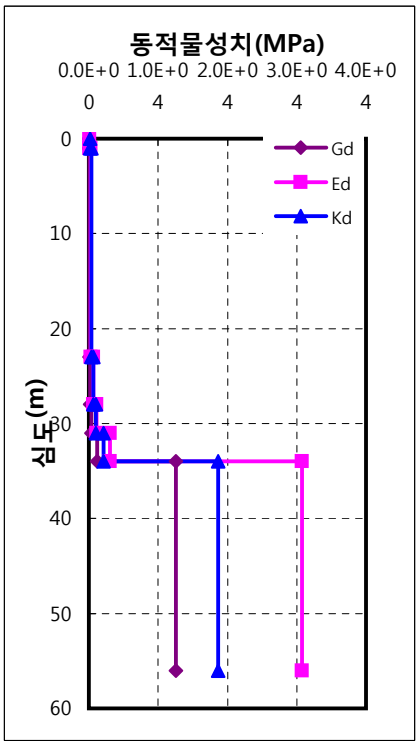


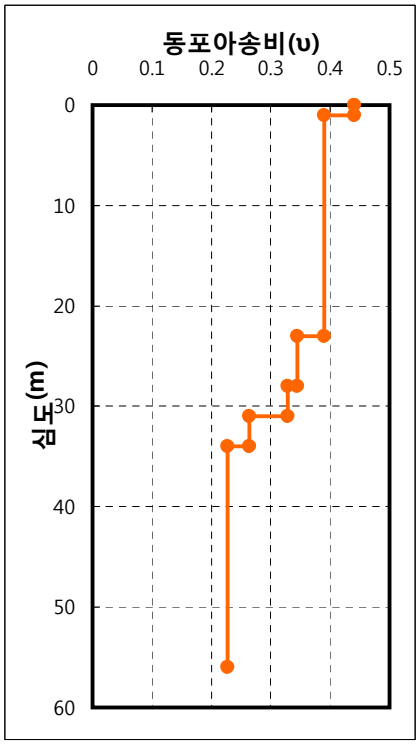
하향식 탄성파탐사
(Down Hole Test)

조 사 명	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사			시험일자	2011. 4.
공 번	NTB-21	굴진심도	56.00 m	지하수위	GL, - 8.60 m
시험장비	3-Geophone	시 험 자	박재은	작 성 자	문경수

지층명	심도	Vp	Vs	동포아송비	Gd	Ed	Kd	비고
매립층	0.0~1.7	331	108	0.440	22	64	179	
퇴적토	1.7~23.8	489	209	0.390	83	230	334	
풍화토	23.8~28.0	681	332	0.345	225	606	649	
풍화암	28.0.~31.3	855	433	0.328	407	1,080	1,039	
연 암	31.3~34.3	1,257	713	0.264	1,219	3,069	2,146	
경 암	34.3~56.0	3,507	2,087	0.227	12,561	30,770	18,645	







제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사목적

본 조사는 “서울제물포터널 민간투자사업 실시설계” 중 하향식 탄성파탐사를 실시하여 지층별 탄성파속도(P파 및 S파)를 파악함으로서 과업지역의 동역학적 특성파악 및 동적지반정수를 산출하여 구조물의 합리적인 설계를 위한 동적지반정보를 제공함에 그 목적이 있다.

1.2 조사현황

본 조사는 총 3개소의 시추공에서 실시하였으며, 현황은 다음 〈표 1.1〉 과 같다.

〈표 1.1〉 조사현황

시추 공번	시추 심도 (GL.-m)	탐사 구간 (GL.-m)	지하수위 (GL.-m)	비 고
NNTB-2	61.3	0.0~61.0	6.8	
ATB-7	80.2	0.0~80.2	14.0	
ATB-18	58.2	0.0~58.0	14.5	

1.3 조사기간

- 현장시험 : 2013. 03.
- 성과분석 및 보고서 작성 : 2013. 03. ~ 2013. 04.

1.4 조사장비

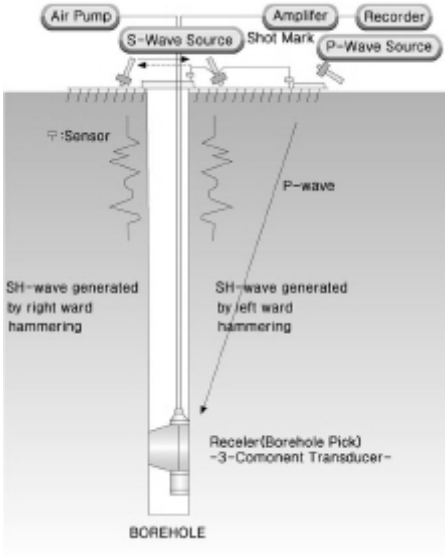
구 분	장비 제원	장비 사진
Seismograph	• McSeis Sx (OYO 사, JAPAN)	
Geophone & Cable	• New borehole pick 3040 (OYO사, JAPAN) • 18Hz 수진기 소자 (x, y, z) 방향고정	
진원장치	• sledge hammer	

제 2 장 조사원리 및 방법

2.1 조사원리 및 방법

2.1.1 조사원리

시추공에서 가까운 지표에서 탄성파를 발생시키고 시추공내에 삽입되어 있는 수신기를 통하여 지표에서 직접 전달되는 파를 기록한다. 탄성파의 발생을 위해서는 장비의 이동성이 좋고 P파 및 S파의 발생에 유리한 슬레지 햄머와 평판을 주로 사용한다. 시추공 수신기로는 횡파의 기록을 위하여 클램핑 장치가 부착된 3성분 지오폰을 주로 사용한다. 지표로부터 직접 전달되는 P파 및 S파 초동의 도달시간을 기록하고, 심도-시간 곡선으로부터 구간속도를 구하며, 이와 밀도검층(density logging)에 의한 암층별 밀도자료를 이용하여 동탄성계수 등을 구한다.



〈그림 1.1〉 탐사모식도

2.1.2 조사방법

양질의 자료로부터 좋은 탐사결과를 얻을 수 있으므로 현장자료 획득은 매우 중요하다. 현장에서의 자료획득을 위하여 고려해야할 주요 사항은 다음과 같다.

1) 시추나 기타 지반조사 자료를 참고하여 조사간격을 결정한다. 지하수위나 파쇄대의 존재, 풍화정도 등도 구간속도에 영향을 미치므로 이를 고려하여 결정한다. 대개 1~5m 정도의 조사간격을 많이 사용한다.
2) 시추공 케이싱이 되어있을 경우 이를 따라 파가 전파되므로 시추공 붕괴의 위험이 있는 부분만 최소한의 PVC 케이싱을 설치한다.
3) 발생된 탄성파 에너지의 흡수를 막기 위하여 성토층이나 표토층이 존재할 경우 되도록 이를 제거하고, 탄성파 발생을 위한 평판이 지반에 잘 밀착이 되도록 하고 타격에 의하여 움직이지 않도록 한다. 평판의 되도록 시추공 가까이에 위치시켜 에너지가 효율적으로 전달 될 수 있도록 한다.
4) 평판을 수평으로 가격하여 횡파를 발생시킬 경우 반드시 양방향으로 가격하여 180° 의 위상차(polarity)를 확인한다. 또한 신호가 미약할 시 여러번 가격하여 이를 중합(stacking) 함으로써 S/N비를 높인다.

5) 자료획득은 시추공 하부에서 상부로 이동하면서 조사하는 상향(uphole)탐사와 반대 방향의 하향(downhole) 탐사를 모두 이용할 수 있으나, 하향탐사로 초동의 도달시간을 추적하여 나가는 것이 유리하다.

6) 3성분 지오폰을 이용한 횡파 측정시 될 수 있으면 수평성분 측정방향을 햄머 가격방향과 일치하도록 조정하여 최대한의 S/N비를 얻도록 한다.

2.2 암반의 탄성파속도 및 탄성계수

2.2.1 암반의 탄성파속도

암반의 탄성파 속도는 암종, 암석의 강도, 불연속면(절리)의 발달정도, 풍화정토, 투수(지하수) 특성 등 여러 요인에 좌우된다.

다음 〈표 2.1〉은 토사층, 암석 및 기타 물질에서의 탄성파 P파 및 S파 속도, 푸와송비(Poisson's Ratio), 밀도 등을 보여주고 있다. 토사층 혹은 암반의 경우 풍화정도, 균열의 발달 정도 등 여러 가지 요인에 의해 속도변화가 크므로 일반적 기준으로만 사용하여야 할 것이다.

〈표 2.1〉 Seismic velocities of soil, rock and common materials

매 질 종 류		P파속도 (m/sec)	S파속도 (m/sec)	포와송비	밀도 (g/cm^3)
충적층	점성토 사질토 사 력	250~700 (1,500-포화토의 경우)	80~160 60~200 250~350	0.35~0.50	1.3~1.7 1.6~2.0 1.8~2.1
홍적층	점성토 사질토 사 력	1,000~2,000 (1,500-포화토의 경우)	160~250 200~350 300~600		1.4~1.8 1.7~2.1 1.8~2.2
암 석	이 암 사 암	2,000~3,000 2,000~3,500	600~1,000 700~2,000	0.30~0.40	2.2~2.6 2.5~2.7
	화강암 현무암	4,000~5,700 4,400~6,700	2,100~3,300 2,500~3,800	0.25~0.35	2.6~2.8 2.8~3.0
상 부 맨 틀		7,500~8,000	4,300~4,600	≅0.25	≅3.3
공기(건조, 0℃, 1기압)		331	–	–	0
물(증류수, 23~27℃)		1,500	–	–	1.0
얼 음		3,230	1,600	0.338	0.338
콘 크 리 트		3,100	1,960	0.167	2.3
철		5,950	3,240	0.289	7.86

2.2.2 탄성계수

암반의 탄성계수는 지반 지내력 평가, 침하량 혹은 변형률 계산, 안정성 검토, 내진설계 등 설계의 기초자료로 사용된다. 암반의 탄성계수는 암편을 채취하여 실내에서 시험하는 방법과 현장시험을 하는 방법이 있다. 또한 주로 재하시험(loading test)에 의해 응력-변형량 관계로부터 구하는 정탄성계수(Es; static elastic moduli)와 탄성파를 이용하여 측정하는 동탄성계수(Ed; dynamic elastic moduli)가 있는데, 정탄성계수는 하중에 의한 암반변형률 평가를 위하여 주로 사용되며, 동탄성계수는 내진설계 등 암반의 동적분석을 위하여 주로 사용된다. 〈표 2.2〉는 탄성계수 산출 공식 및 각종 탄성계수 사이의 관계를 나타낸 것이다.

〈표 2.2〉 Formulae for static and dynamic elastic module

구 분	정탄성계수	동탄성계수
영률	$E=\sigma/\varepsilon$	$E_d=2G(1+\mu)=\rho\frac{3V_p^2-4V_s^2}{V_p^2/V_s^2-1}$
전단계수	$G=\frac{E}{2(1+\mu)}$	$G_d=\rho\ V_s^2=\frac{E_d}{2(1+\mu)}$
체적계수	$B=\frac{E}{3(1-2\mu)}$	$K=\rho(V_p^2-\frac{4V_s^2}{3})=\frac{E_d}{3(1-2\mu)}$
구속계수	$D=\frac{E(1-\mu)}{(1+\mu)(1-2\mu)}$	
포와송비	$\mu=\varepsilon_l/\varepsilon$	$\mu=\frac{V_p^2/2V_s^2-1}{V_p^2/V_s^2-1}$
P파속도		$V_p=[(K+4G/3)/\rho]^{1/2}$
S파속도		$V_s=(G/\rho)^{1/2}$
밀도		$\rho=\gamma/g$

암반이 신선하고 단단할수록 정탄성계수와 동탄성계수는 거의 차이를 보이지 않는다.

그러나, 탄성파가 지속되는 시간이 아주 짧으며 응력의 크기가 미약하기 때문에 일반적으로 동탄성계수가 정탄성계수보다 높게 측정된다. 다음 〈표 2.3〉은 암종에 따른 정적 및 동적 탄성계수(영률)와 그 비율을 보여주고 있다. 설계에 입력자료로 사용할 동탄성계수를 결정하기 위해서는 현장시험으로 구한 동탄성계수를 다른 현장시험이나 실내시험을 실시하여 구한 동탄성계수와 대비하여 평가한다.

〈표 2.3〉 Static and dynamic Young s modulus of some rocks

암종	정탄성계수(MPa)	동탄성계수(MPa)	Ed/Es
역암	3,670～4,390	32,030	7～9
혈암-사암의 호층	420～580	6,670	12～16
사암	500～1,650	13,000～16,000	8～10
세립화강암	300～1,000	9,300～17,400 10,900～20,400	9～17 10～20
이암-사암의 호층	830～855 1,300～1,750 1,240～1,990	4,920 6,130 7,140	5.8～6 3.5～4.7 3.6～5.8
반려암	1,100	–	–
휘록암	1,990	56,000	28
세립석영섬록암	1,800	43,400	24
응회암	10,000～16,000 10,000 3,000～3,500 18,000～24,000	43,000 44,500 41,500 30,500	2.7～4.3 4.5 12～14 1.3～1.7
점판암	15,000～25,000 9,000	38,500 44,500	1.5～2.5 5
세립석영섬록암	1,840 1,280	– –	– –

2.3 건축구조 설계기준(2005)을 적용한 설계지반 등급산정

지반 고유의 특성은 전단파속도(Vs)로 대표될 수 있으며, 건축구조설계기준에서는 지반 특성 조건의 구분 지표로부터 심도 30m까지의 평균 전단파 속도(Vs)에 따라 지반을 5 종류로(Sa~Se) 분류하여 적용하고 있다. 지반의 전단파 속도(Vs)를 적용하여 지반등급을 산정하는 건축기초설계기준(2005)의 내용은 다음과 같다.

〈표 2.4〉 건축구조설계기준(2005) 지반등급 분류

지반 분류	지반종류의호칭	상부 30m에 대한 지반 특성		
		Vs (m/sec)	표준관입시험(N)	비배수전단강도(Su)
Sa	경암 지반	1,500 초과	–	–
Sb	보통암 지반	760~1,500	–	–
Sc	매우조밀한 토사 또는 연암 지반	360~760	〉50	〉100
Sd	단단한 토사 지반	180~360	15~50	50~100
Se	연약한 토사 지반	180 미만	〈15	〈50

건축구조설계기준은 Vs 외에도 심도 30m까지의 평균 N 값 및 비배수전단강도도 포함하고 있으나 그 활용성은 매우 제한적이다. Vs는 대상 지반 구성 지층의 평균적인 전단파 전달 속도를 반영하는 정량적 기준이라는 측면에서 내진 설계에 보편적으로 적용 되고 있다.

Vs는 다음의 식과 같이 결정할 수 있다.

$$V_S = 30 / \sum \frac{d_i}{V_{Si}}$$

여기서, d_i = 토층 I의 두께 (m)

V_{Si} = 토층 I의 전단파 속도 (m/sec)

Vs는 실제 지진시 전파 현상을 고려하여 결정한 심도 30m까지의 평균적인 값으로서, 우선 지하 30m 심도부터 지표면까지의 다양한 계층을 통과해 전달되는 전단파의 전파시간($\Sigma(d_i/V_{Si})$)을 계산하고, 이를 분모로 하여 분자인 전파 경로 길이 30m를 나누는 계산과정으로 결정하게 된다.

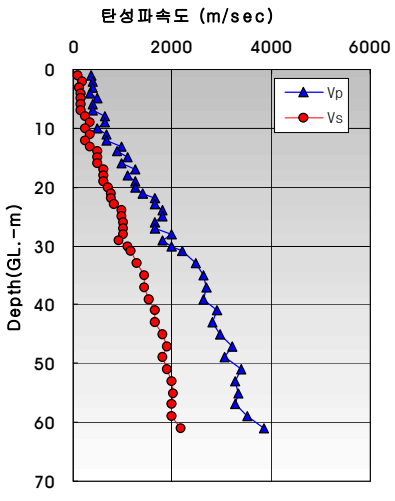
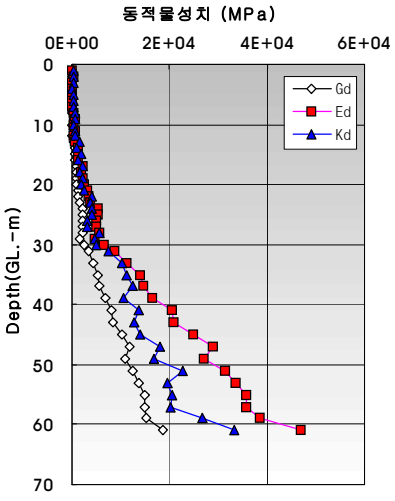
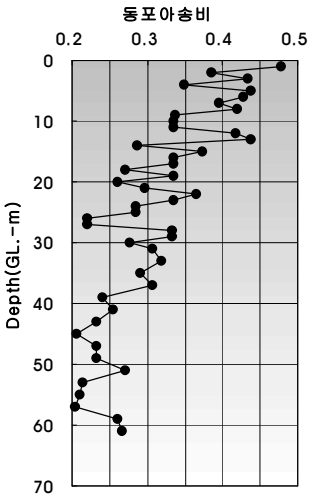
제 3 장 조 사 결 과

3.1 심도에 따른 조사결과

3.1.1 NNTB-2

구분	Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ρ (KN/m³)	Dynamic Parameter			υ d
					Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	
매립층	1.0	374	79	17.6	32	11	233	0.477
	2.0	412	178	17.6	155	56	225	0.385
퇴적층	3.0	401	137	17.7	90	31	227	0.434
	4.0	324	156	18.0	110	41	121	0.349
	5.0	482	161	18.0	124	43	330	0.438
	6.0	393	140	18.0	94	33	214	0.427
	7.0	395	164	18.0	125	45	201	0.396
풍화토	8.0	653	244	20.0	316	111	647	0.419
	9.0	657	326	20.0	528	197	541	0.337
	10.0	496	247	20.0	304	114	308	0.335
	11.0	661	329	20.0	538	201	545	0.335
	12.0	662	248	20.0	326	115	663	0.418
풍화암	13.0	990	330	21.3	615	214	1,636	0.437
	14.0	902	494	21.3	1,231	479	959	0.286
	15.0	1,102	495	21.3	1,321	481	1,742	0.374
	16.0	994	496	21.3	1,287	482	1,296	0.334
연암	17.0	1,242	619	23.4	2,108	790	2,123	0.334
	18.0	1,106	620	23.4	2,013	792	1,462	0.271
	19.0	1,244	621	23.4	2,118	794	2,128	0.334
	20.0	1,245	709	23.4	2,611	1,037	1,809	0.259
	21.0	1,422	764	23.4	3,121	1,203	2,562	0.297
	22.0	1,659	765	23.4	3,289	1,205	4,061	0.365
	23.0	1,660	829	23.4	3,774	1,415	3,788	0.334
	24.0	1,811	994	23.4	5,227	2,035	4,040	0.284
	25.0	1,812	995	23.4	5,234	2,038	4,042	0.284
	26.0	1,662	995	23.4	4,979	2,040	2,967	0.220
	27.0	1,662	996	23.4	4,983	2,042	2,968	0.220
	28.0	1,994	996	23.4	5,451	2,044	5,464	0.334
	29.0	1,814	906	23.4	4,512	1,692	4,520	0.334
	30.0	1,995	1,107	23.4	6,450	2,524	4,831	0.277

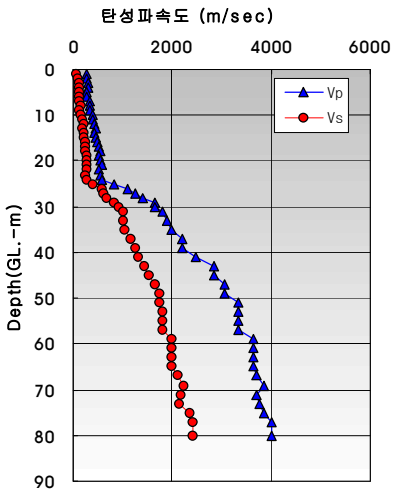
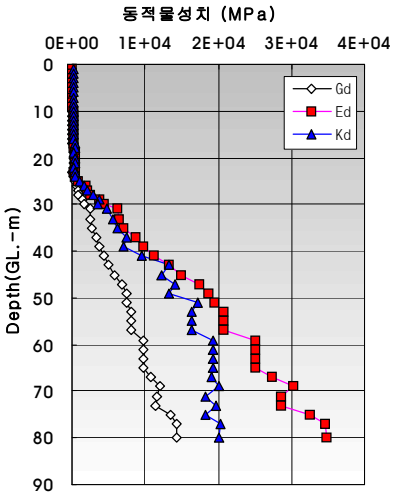
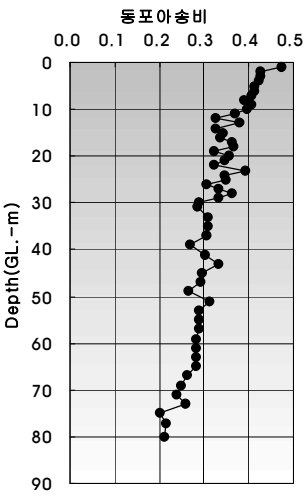
구분	Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ρ (KN/m^3)	Dynamic Parameter			υ d
					Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	
경암	31.0	2,217	1,172	25.4	8,801	3,370	7,553	0.306
	33.0	2,494	1,286	25.4	11,122	4,217	10,232	0.319
	35.0	2,626	1,424	25.4	13,871	5,370	11,093	0.292
	37.0	2,697	1,425	25.4	14,564	5,574	12,545	0.307
	39.0	2,627	1,535	25.4	16,624	6,698	10,699	0.241
	41.0	2,894	1,663	25.4	20,392	8,134	13,792	0.254
	43.0	2,813	1,663	25.4	20,709	8,410	12,843	0.231
	45.0	2,981	1,815	25.4	24,917	10,333	14,114	0.206
	47.0	3,222	1,901	25.4	28,843	11,698	17,994	0.233
	49.0	3,074	1,815	25.4	27,078	10,988	16,850	0.232
	51.0	3,386	1,902	25.4	31,527	12,417	22,802	0.270
	53.0	3,276	1,978	25.4	33,501	13,806	19,475	0.213
	55.0	3,331	2,018	25.4	35,750	14,772	20,554	0.210
	57.0	3,276	1,998	25.4	35,816	14,873	20,170	0.204
	59.0	3,506	1,998	25.4	38,461	15,268	26,661	0.260
	61.0	3,843	2,172	25.4	46,824	18,501	33,274	0.265

Vp, Vs	Gd, Ed, Kd	포 아 송 비
		

3.1.2 ATB-7

구분		Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ρ (KN/m³)	Dynamic Parameter			υ d
						Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	
매립층		1.0	272	61	17.6	20	7	122	0.473
		2.0	287	103	17.6	54	19	121	0.426
		3.0	305	109	17.6	60	21	136	0.427
퇴적층	점성토	4.0	318	117	17.7	65	23	138	0.422
		5.0	279	108	17.7	55	19	104	0.413
		6.0	281	109	17.7	56	20	106	0.412
		7.0	328	131	17.7	80	28	142	0.406
		8.0	330	141	17.7	92	33	137	0.389
		9.0	331	132	17.7	82	29	143	0.405
		10.0	396	165	17.7	126	45	202	0.396
	사질토	11.0	397	180	18.5	148	54	191	0.371
		12.0	432	220	18.5	214	81	204	0.325
		13.0	452	199	18.5	181	66	253	0.380
		14.0	433	221	18.5	215	81	204	0.324
		15.0	453	221	18.5	219	81	233	0.344
		16.0	498	249	18.5	275	103	276	0.334
		17.0	524	243	18.5	268	98	327	0.364
		18.0	554	255	18.5	297	109	366	0.365
		19.0	525	269	18.5	319	121	298	0.322
		20.0	554	262	18.5	311	115	359	0.356
		21.0	587	285	18.5	364	135	394	0.346
		22.0	525	270	18.5	320	121	299	0.321
		23.0	555	232	18.5	250	90	393	0.394
		24.0	587	285	18.5	365	135	394	0.346
풍화암		25.0	831	399	21.3	842	312	939	0.351
연암		26.0	1,107	586	23.4	1,844	706	1,584	0.306
		27.0	1,246	622	23.4	2,127	797	2,132	0.334
		28.0	1,423	664	23.4	2,470	907	2,962	0.361
		29.0	1,660	829	23.4	3,777	1,416	3,787	0.334
		30.0	1,661	905	23.4	4,344	1,685	3,432	0.289
경암		31.0	1,812	995	25.4	6,233	2,427	4,810	0.284
		33.0	1,898	996	25.4	6,368	2,430	5,595	0.310

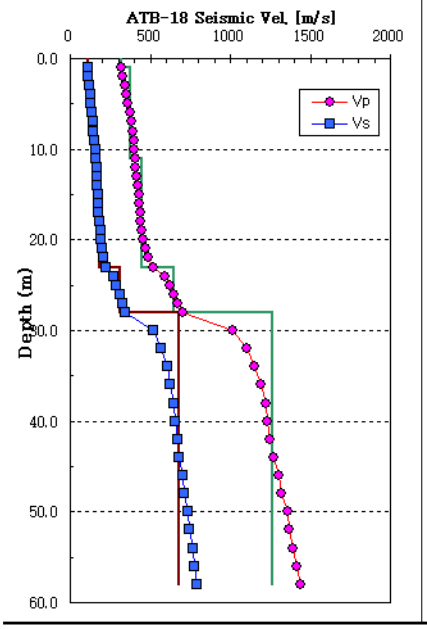
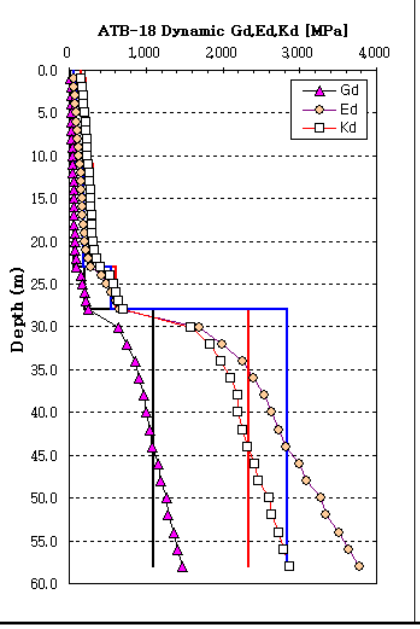
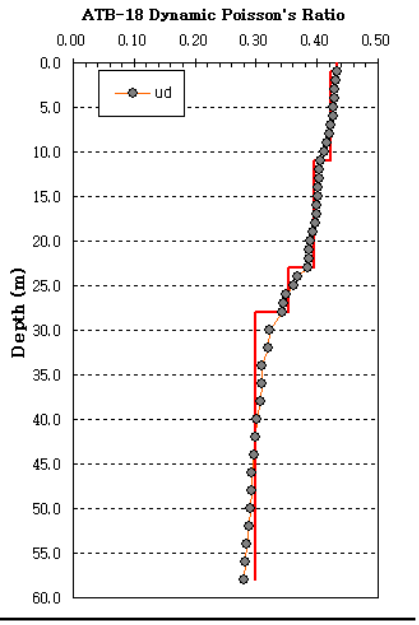
구분	Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ρ (KN/m^3)	Dynamic Parameter			υ d
					Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	
경암	35.0	1,994	1,049	25.4	7,056	2,695	6,154	0.309
	37.0	2,216	1,172	25.4	8,795	3,368	7,547	0.306
	39.0	2,217	1,246	25.4	9,657	3,804	6,975	0.269
	41.0	2,494	1,329	25.4	11,275	4,331	9,474	0.302
	43.0	2,850	1,424	25.4	13,265	4,974	13,284	0.334
	45.0	2,851	1,534	25.4	14,959	5,770	12,235	0.296
	47.0	3,071	1,662	25.4	17,513	6,773	14,085	0.293
	49.0	3,071	1,735	25.4	18,678	7,378	13,290	0.266
	51.0	3,327	1,735	25.4	19,389	7,382	17,302	0.313
	53.0	3,328	1,814	25.4	20,800	8,071	16,394	0.289
	55.0	3,329	1,815	25.4	20,808	8,074	16,398	0.289
	57.0	3,329	1,815	25.4	20,815	8,077	16,402	0.288
	59.0	3,632	1,997	25.4	25,087	9,774	19,305	0.283
	61.0	3,632	1,997	25.4	25,095	9,777	19,309	0.283
	63.0	3,633	1,997	25.4	25,101	9,779	19,312	0.283
	65.0	3,633	1,997	25.4	25,107	9,782	19,314	0.283
	67.0	3,700	2,103	25.4	27,350	10,840	19,118	0.262
	69.0	3,843	2,220	25.4	30,188	12,078	20,101	0.250
	71.0	3,701	2,172	25.4	28,614	11,562	18,164	0.237
	73.0	3,771	2,148	25.4	28,510	11,316	19,773	0.260
	75.0	3,844	2,351	25.4	32,545	13,546	18,157	0.201
	77.0	3,997	2,407	25.4	34,540	14,208	20,231	0.215
	80.0	3,998	2,417	25.4	34,720	14,326	20,079	0.212

Vp, Vs	Gd, Ed, Kd	포 아 송 비
		

3.1.3 ATB-18

구분		Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ρ (KN/m^3)	Dynamic Parameter			υ d
						Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	
매립층		1.0	318	110	18.7	23	65	159	0.432
퇴적층	모래	2.0	329	114	18.5	24	69	168	0.432
		3.0	342	120	18.5	27	76	181	0.430
		4.0	351	124	18.5	28	81	190	0.429
		5.0	360	128	18.5	30	87	199	0.428
		6.0	372	133	18.5	33	93	213	0.427
		7.0	381	140	18.5	36	103	220	0.422
		8.0	390	145	18.5	39	111	230	0.420
		9.0	398	151	18.5	42	120	237	0.416
		10.0	402	156	18.5	45	127	239	0.411
		11.0	409	163	18.5	49	138	244	0.406
	자갈	12.0	411	165	19.8	54	151	263	0.404
		13.0	414	167	19.8	55	155	266	0.403
		14.0	423	171	19.8	58	162	277	0.402
		15.0	428	174	19.8	60	168	283	0.401
		16.0	432	177	19.8	62	174	287	0.399
		17.0	437	179	19.8	63	178	294	0.399
		18.0	440	181	19.8	65	182	297	0.398
		19.0	449	189	19.8	71	197	305	0.392
		20.0	457	194	19.8	75	207	314	0.390
		21.0	472	202	19.8	81	224	334	0.388
		22.0	491	211	19.8	88	245	360	0.387
		23.0	519	224	19.8	99	275	401	0.386
풍화토		24.0	595	272	20.9	155	423	534	0.368
		25.0	624	291	20.9	177	482	578	0.361
		26.0	648	312	20.9	204	549	607	0.349

구분	Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ρ (KN/m^3)	Dynamic Parameter			υ d
					Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	
풍화토	27.0	673	328	20.9	225	605	647	0.344
	28.0	701	343	20.9	246	661	700	0.343
연암	30.0	1,019	522	23.4	638	1,687	1,581	0.322
	32.0	1,100	567	23.4	753	1,986	1,830	0.319
	34.0	1,154	606	23.4	860	2,252	1,972	0.310
	38.0	1,192	625	23.4	915	2,397	2,108	0.310
	40.0	1,221	644	23.4	971	2,539	2,196	0.307
	42.0	1,231	657	23.4	1,011	2,630	2,201	0.301
	44.0	1,250	669	23.4	1,048	2,723	2,261	0.299
	46.0	1,269	682	23.4	1,089	2,825	2,319	0.297
	48.0	1,300	704	23.4	1,161	3,000	2,410	0.293
	50.0	1,317	714	23.4	1,194	3,084	2,470	0.292
	52.0	1,356	737	23.4	1,272	3,282	2,610	0.290
	54.0	1,365	743	23.4	1,293	3,334	2,639	0.289
	56.0	1,394	764	23.4	1,367	3,514	2,728	0.285
	58.0	1,413	778	23.4	1,417	3,635	2,785	0.282

Vp, Vs	Gd, Ed, Kd	포 아 송 비
		

3.2 지층에 따른 조사결과

획득한 자료에서 초동주시를 발췌하여 이로부터 주시곡선을 작성하여 구간속도를 산출하고 이로부터 얻어진 종파(P파) 및 횡파(S파)의 구간속도와 지반동적물성치와의 상관관계로부터 동탄성계수(Ed), 동전단계수(Gd), 동체적계수(Kd) 등을 도출하였으며, 이는 원지반측정치로써 현지암반의 물성치를 대변함.

〈표 3.3〉 지층별 시험결과

공 번	지층명		탄성파속도(평균)		동적물성치(평균)			
			Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	υ d
NNTB-2	매립층		393	128	94	34	229	0.431
	퇴적층		399	152	108	39	219	0.409
	풍화토		626	279	402	148	541	0.369
	풍화암		997	454	1,113	414	1,408	0.358
	연암		1,595	851	3,991	1,546	3,340	0.296
	경암		3,016	1,735	25,550	10,277	16,916	0.253
ATB-7	매립층		288	91	44	16	126	0.442
	퇴적층	점성토	323	129	79	28	139	0.406
		사질토	505	242	268	99	299	0.349
	풍화암		831	399	842	312	939	0.351
	연암		1,419	721	2,912	1,102	2,780	0.325
	경암		3,167	1,765	20,499	8,102	14,912	0.277
ATB-18	매립층		318	110	23	65	159	0.432
	퇴적층	모래	373	137	35	101	212	0.422
		자갈	448	186	69	193	307	0.396
	풍화토		648	309	201	544	613	0.353
	연암		1,268	680	1,098	2,845	2,332	0.299

3.3 건축구조 설계기준 지반등급 산정결과

시험심도까지의 결과값으로 산정한 전단탄성파(Vs)의 평균속도 및 지반분류는 아래 표와 같다.

공 번	시험심도	전단탄성파속도 Vs (m/sec)	지반등급	비 고
NNTB-2	0.0~61.0	522.52	S_c	매우조밀한토사 또는 연암지반
ATB-7	0.0~80.2	273.21	S_d	단단한 토사 지반
ATB-18	0.0~58.0	178.65	S_E	연약한 토사 지반

하향식탄성파탐사 전경 사진

공 번	NNTB-2



하향식탄성파탐사 전경 사진

공 번	NNTB-2



하향식탄성파탐사 전경 사진

공 번	ATB-7



하향식탄성파탐사 전경 사진

공 번	ATB-7



하향식탄성파탐사 전경 사진

공 번	ATB-18



하향식탄성파탐사 전경 사진

공 번	ATB-18



6.9 S-PS검증

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사목적

•시추공을 대상으로 발진원과 수진기가 일체화된 Probe를 공내에 삽입한 후, 상향 이동하며 공내에서 발진과 수진을 실시하여 공벽 매질에 대한 탄성파속도 측정

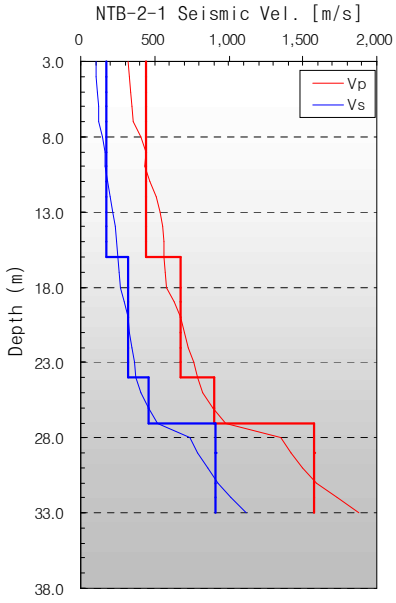
•속도검층의 결과로 구해지는 탄성파속도를 통해 내진설계에 필요한 지반의 동적특성치 산정

제 2 장 조 사 결 과

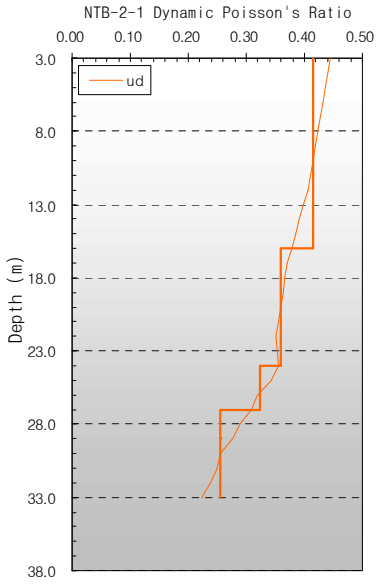
1.1 NTB-7

심도	지층	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	밀도값 (kn/m^3)	동전단계수 (MPa)	동탄성계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)	동적 포와송비
3.0-16.0	퇴적토층	440	169	18.58	579	1,627	2,962	0.415
16.0-24.0	풍화토층	680	319	19.20	1,987	5,396	6,331	0.359
24.0-27.0	풍화암층	900	460	21.10	4,518	11,933	11,162	0.323
27.0-33.0	연암층	1,580	907	24.00	20,179	50,413	33,805	0.255

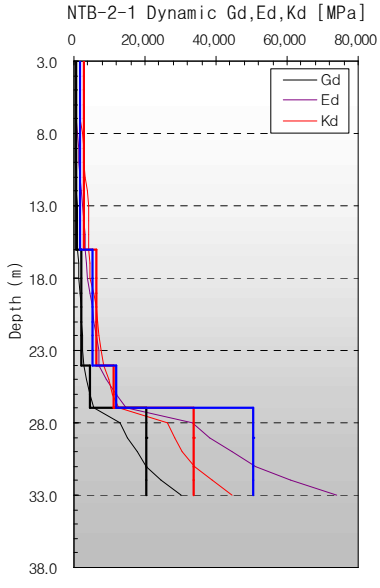
Vp, Vs 의 분포



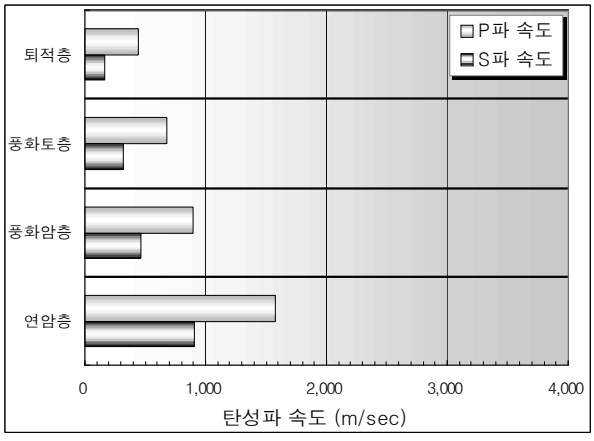
포아송비 의 분포



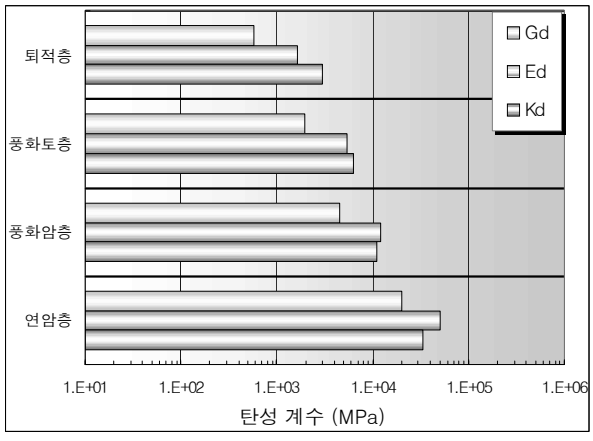
Gd, Ed, Kd 의 분포



지층별 탄성파 속도 분포



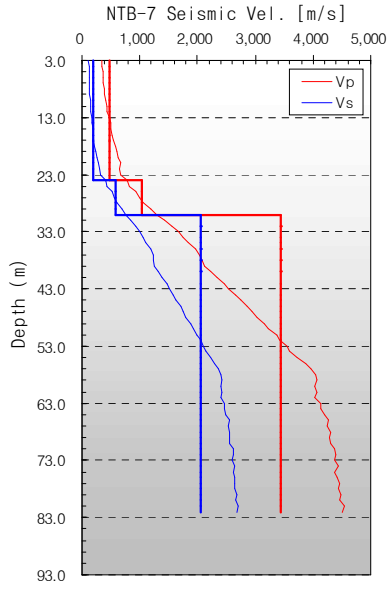
지층별 동적 물성치 비교



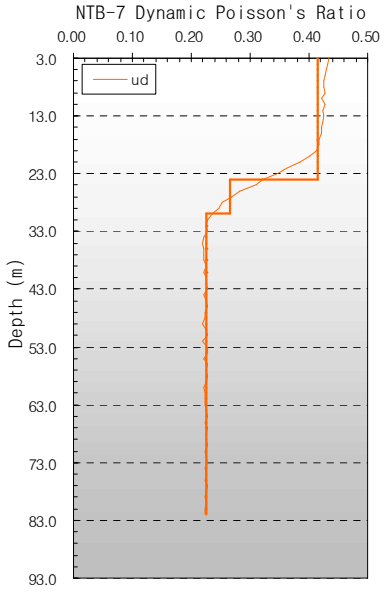
1.2 NTB-10

심도	지층	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	밀도값 (KN/m³)	동전단계수 (MPa)	동탄성계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)	동적 포와송비
3.0-24.0	퇴적토층	486	187	18.6	811	2,021	3,659	0.415
24.0-24.5	풍화토층	784	402	20.4	3,299	8,720	8,149	0.322
24.5-30.3	연암층	1,048	593	24.3	8,835	22,228	15,482	0.266
30.3-82.0	경암층	3,452	2,057	27.0	123,516	302,533	183,151	0.225

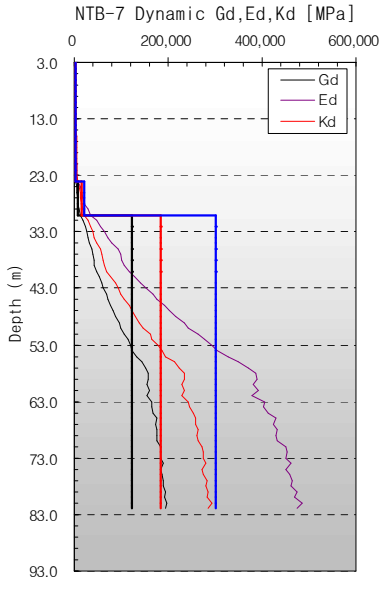
Vp, Vs 의 분포



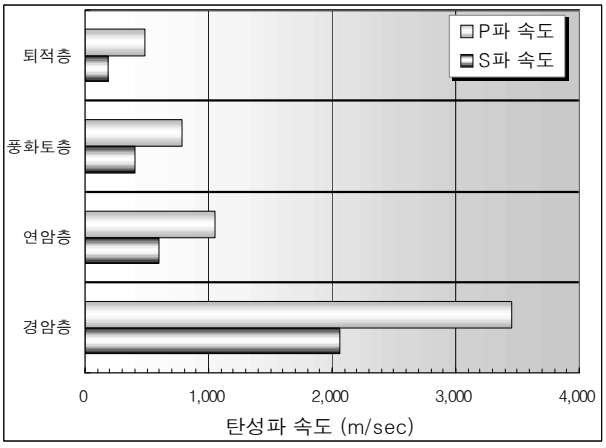
포아송비 의 분포



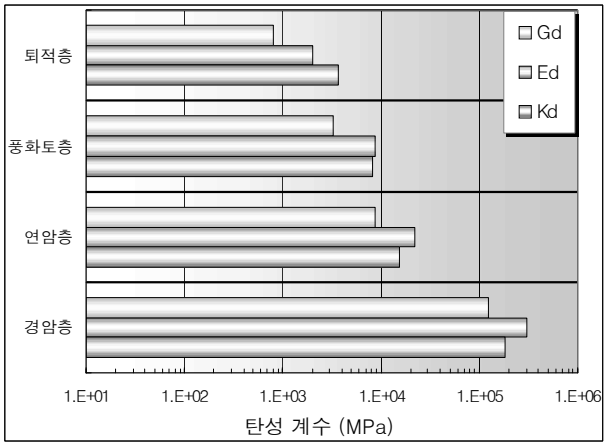
Gd, Ed, Kd 의 분포



지층별 탄성파 속도 분포



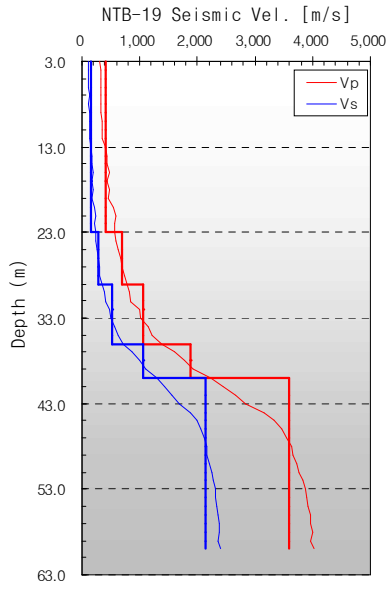
지층별 동적 물성치 비교



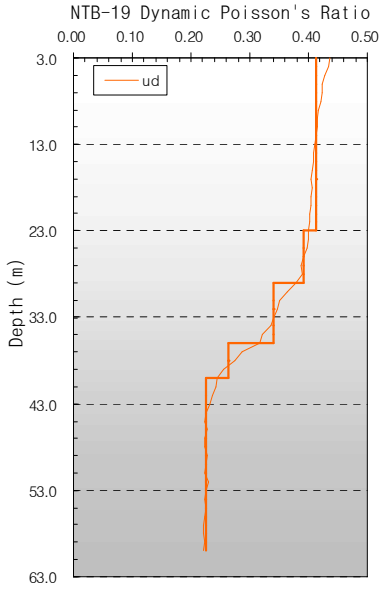
1.3 NTB-20

심도	지층	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	밀도값 (KN/m³)	동전단계수 (MPa)	동탄성계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)	동적 포와송비
3.0-23.6	퇴적토층	412	160	18.9	1,454	2,690	0.414	0.474
23.6-29.0	풍화토층	684	290	20.4	4,838	7,300	0.391	0.464
29.0-36.0	풍화암층	1,058	524	21.3	16,288	16,460	0.340	0.427
36.0-41.0	연암층	1,880	1,066	23.7	69,264	48,387	0.265	0.329
41.0-60.0	경암층	3,584	2,133	26.3	298,509	181,078	0.226	0.226

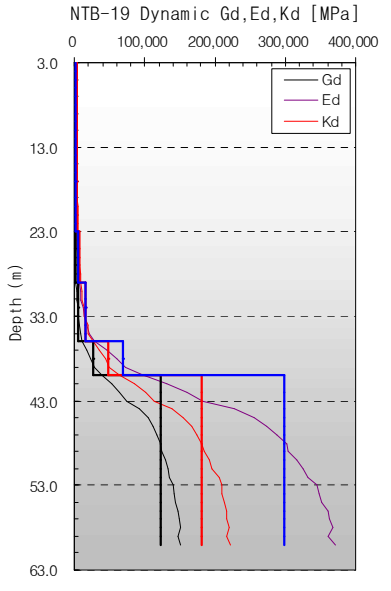
Vp, Vs 의 분포



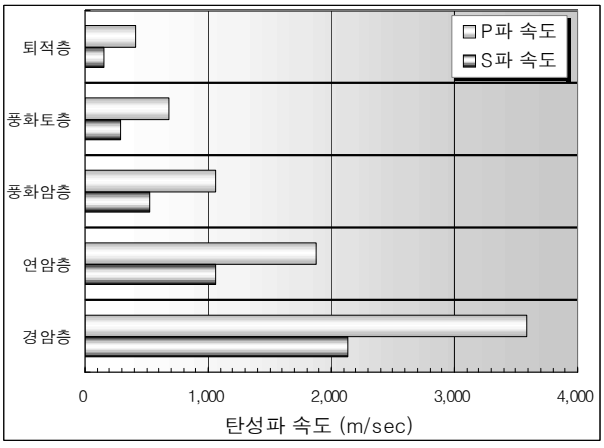
포아송비 의 분포



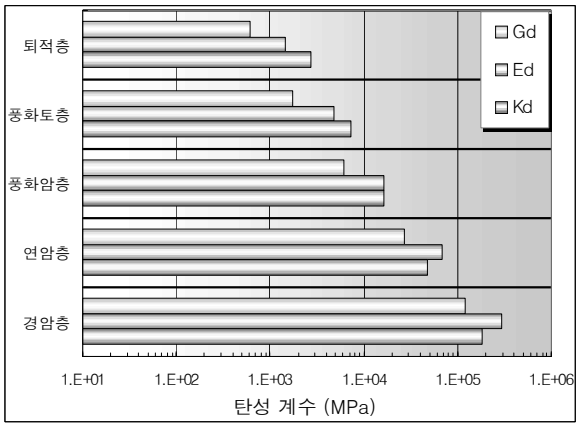
Gd, Ed, Kd 의 분포



지층별 탄성파 속도 분포



지층별 동적 물성치 비교



제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사목적

본 조사는 “서울제물포터널 민간투자사업 실시설계” 중 Suspension-PS검층을 실시하여 대상지역의 지층별 탄성파속도(P파 및 S파)를 파악하고, 동역학적 특성파악 및 동적지반정수를 산출하여 구조물의 합리적인 설계를 위한 동적지반정보를 제공함에 그 목적이 있다.

1.2 조사현황

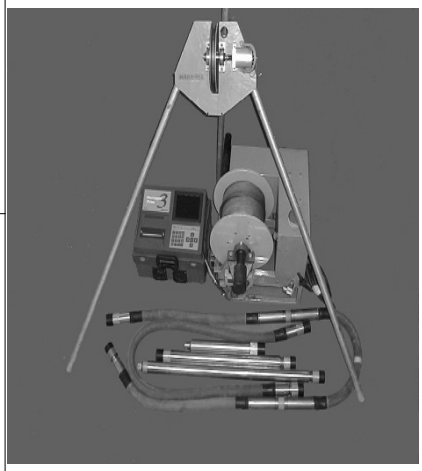
본 조사는 총 3개소의 시추공에서 실시하였으며, 현황은 다음 표와 같다.

시추 공번	시추 심도 (GL.-m)	탐사 구간 (GL.-m)	지하수위 (GL.-m)	비 고
ATB-3	68.2	3.0~66.0	2.8	
ATB-12	77.5	0.0~77.0	8.0	
ATB-20	57.3	0.0~57.0	-	

1.3 조사기간

- 현장시험 : 2013. 03.
- 성과분석 및 보고서 작성 : 2013. 03. ~ 2013. 04.

1.4 조사장비

구 분	장비 제원	장비 사진
Main body & Accessory	• Suspension PS Logger(OYO, Geologger 3) • Suspension PS Logger Probe (MODEL - 3302A) • Thermal Printer(DPU - 5000 II) • RG Logging Winch(150 meter Series)	
Probe	• Suspension Telemetry Unit(MODEL - 3403) • Geophone(Upper Geophone/ Lower Geophone) • Filter Tube(1m / 2m) • H-S Wave Source(MODEL - 3304) • Driver(MODEL - 3386A) • Weight / Battery case(MODEL - 3302W)	〈그림1.1〉 S-PS 검층장비

제 2 장 검층원리 및 방법

2.1 검층원리

- 물리검층 기법 중의 하나로 시추공 내에서 음파를 발생시키고 시추공 주변의 지층을 전파하여 다시 시추공내의 수진기에 포착되는 파동으로부터 여러 가지 유용한 정보를 추출하는 방법을 음파검층 또는 완전파형음파검층이라고 한다.
- Suspension PS 검층은 보통의 물리검층 장비가 이동하면서 측정이 가능한데 반하여 장비의 측정센서의 특성상 정지 상태에서 측정해야 하기 때문에 부유형, 즉 'Suspension' 이란 용어를 사용하며, 미고결층이나 연약지층에서 S파의 정확한 측정이 가능하다. 또한, 측정 대상 지역의 P파와 S파 모두를 이용하여 지층의 원위치 시험과 동일한 효과를 갖는 여러 물성을 파악하는 데 이용할 수 있다.

2.1.1 정적탄성상수

- 물체에 압축이나 인장 응력(σ)을 가하면 응력방향으로의 변형율(ε)이 생기는데, 이 때의 비례상수를 영률(Young's modulus, E)이라 하며, 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

- 여기서 변형율(ε)은 응력방향으로의 길이 변화로 변형된 후의 길이 l_f 와 원래의 길이 l_0 의 차(Δl)를 원래 길이로 나눈 것을 의미하며, 전단응력(σ_s)에 의하여 전단변형률(γ)이 생기는데 이 두 값의 비를 강성률(또는 전단계수, Rigidity modulus, G)이라고 한다. 이들의 관계를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$G = \frac{\sigma_s}{\gamma}$$

- 어느 등방성 매질인 물체에 세 방향에서 압력을 가하면 체적의 변화가 나타나서 원래 체적 V_0 가 V_f 가 될 것이며, 이 때 체적의 변화율 ΔV 에 대한 압력의 변화(ΔP)를 체적탄성률(Bulk modulus, K)이라 한다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$K = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

- 후크의 법칙이 성립하는 물체에 단축 압축 응력을 가하면 응력을 가한 방향으로의 변형과 동시에 이에 수직이 방향으로도 변형이 일어나는데 이 두 방향의 변형률 비를 포와송비(Poisson's ratio, ν)라고 하며

일반적으로 $\nu \leq 0.5$ 이다.

- 상기의 값들은 시추공에서 얻은 코아로부터 응력과 변형율의 관계에 의한 실내 시험을 통하여 구한 탄성계수들이고 원지반 상태가 아니므로 이를 정적 탄성계수라 한다.

2.1.2 동적 탄성상수

- 반면에 원지반 그대로의 상태에서 P파 및 S파의 속도 관계로부터 구한 여러 탄성계수를 동적 탄성계수라 한다. P파의 속도는 탄성계수들과의 관계로 나타내면 다음과 같다.

$$V_P = \sqrt{\frac{K_d + \frac{4}{3} G_d}{\rho}} = \sqrt{\frac{E_d}{\rho} \frac{(1-\nu)}{(1-2\nu)(1+\nu)}}$$

또한, S파의 속도를 탄성계수와의 관계식으로 나타내면 다음과 같다.

$$V_S = \sqrt{\frac{G_d}{\rho}} = \sqrt{\frac{E_d}{\rho} \frac{1}{2(1+\nu)}}$$

- 체적탄성률과 강성률은 항상 양의 값을 가지며, 포와송비는 0.5보다 작기 때문에 P파의 속도는 S파의 속도보다 빠르다는 것을 알 수 있다. 이 두 속도의 비를 계산하고 간단히 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{V_P}{V_S} = \sqrt{\frac{1-\nu}{\frac{1}{2}-\nu}}$$

이들 동적 탄성상수(G_d, E_d, K_d, ν)들은 상호 독립적이 아니며 다음과 같은 관계를 만족한다.

$$G_d = \frac{E_d}{2(1+\nu)}, \quad K_d = \frac{E_d}{3(1-2\nu)}$$

- S파 속도로부터 동전단계수(G_d), 동탄성계수(E_d) 및 동체적탄성률(K_d)는 각각, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$G_d = \rho V_S^2, \quad E_d = 2\rho V_S^2(1+\nu), \quad K_d = \frac{2\rho V_s^2(1+\nu)}{3(1-2\nu)}$$

여기서, $\rho = \gamma/g$, γ = 단위중량, g = 9.8m/sec

상기한 동적 탄성계수 식들을 적용하기 위해서는 탐사 지층에 대한 S파 속도(V_S, 전단파 속도)와 함께 기본 물성치로써 단위중량, 포아송비의 범위를 정리하면 〈표2.1〉과 〈표2.2〉와 같다.

〈표2.1〉 Seismic velocities of soil, rock and common materials

매 질 종 류		P파속도 (m/s)	S파속도 (m/s)	포와송비	밀도 (g/cm^3)
충적층	점성토 사질토 사 력	250~700 (1,500-포화토의 경우)	80~160 60~200 250~350	0.35~0.50	1.3~1.7 1.6~2.0 1.8~2.1
홍적층	점성토 사질토 사 력	1,000~2,000 (1,500-포화토의 경우)	160~250 200~350 300~600		1.4~1.8 1.7~2.1 1.8~2.2
암 석	이 암 사 암	2,000~3,000 2,000~3,500	600~1,000 700~2,000	0.30~0.40	2.2~2.6 2.5~2.7
	화강암 현무암	4,000~5,700 4,400~6,700	2,100~3,300 2,500~3,800	0.25~0.35	2.6~2.8 2.8~3.0
상 부 맨 틀		7,500~8,000	4,300~4,600	≅0.25	≅3.3
공기(건조, 0℃, 1기압)		331	-	-	0
물(증류수, 23~27℃)		1,500	-	-	1.0
얼 음		3,230	1,600	0.338	0.338
콘 크 리 트		3,100	1,960	0.167	2.3
철		5,950	3,240	0.289	7.86

〈표2.2〉 토질 종류 및 조성 상태별 포아송비(ν) 범위

Soil Type		Poisson's ratio(ν)	
		Range (1)	Range (2)
Soft clay		0.4 ~ 0.5	0.2 ~ 0.5
Medium clay			
Stiff clay			
Loose		0.1 ~ 0.3	-
Silt		0.3 ~ 0.35	-
Fine sand	Medium dense	0.25	-
Sand	Loose	0.2 ~ 0.35	0.2 ~ 0.4
	Medium dense	-	0.25 ~ 0.4
	Dense	0.3 ~ 0.4	0.3 ~ 0.45
Silty sand		-	0.2 ~ 0.4
Sand and gravel		-	0.15 ~ 0.35

(1) Roy E. Hunt, "Geotechnical Engineering Techniques and Practices", Mc graw Hill, P.134, 1986
(2) Braja M Das, "Principles of Foundation Engineering", Pws Pub. Co.,3rd Edition, P.179, 1995

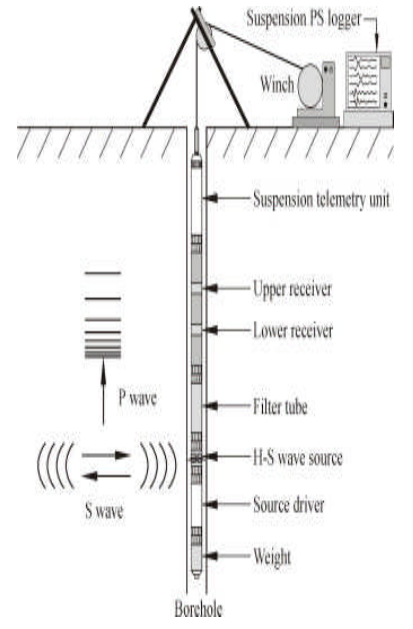
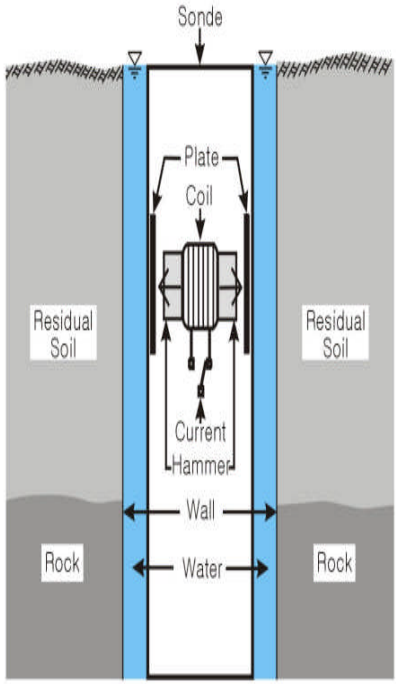
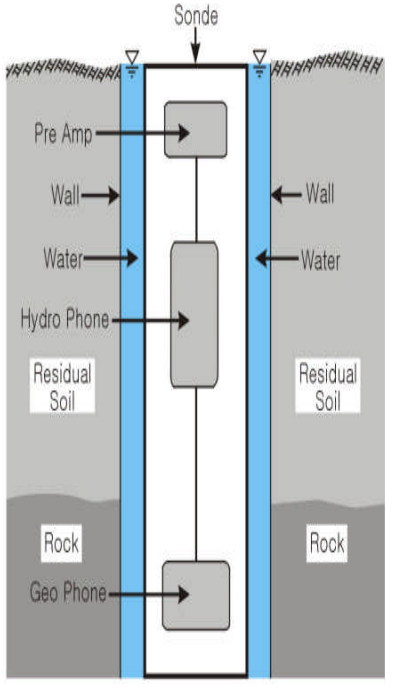
〈표2.3〉 토질 종류 및 조성 상태별 단위중량(γ) 범위

Cohesionless Soils		Cohesive and Organic Soils	
Soil	γ (t/m^3)	Soil	γ (t/m^3)
Loose gravel with low sand content	1.6 ~ 1.9	Soft plastic clay	1.6 ~ 1.9
Medium dense gravel with low sand content	1.8 ~ 2.0	Firm plastic clay	1.75 ~ 2.0
Dense to very dense gravel with low sand content	1.9 ~ 2.1	Stiff plastic clay	1.8 ~ 2.1
Loose well-graded sandy gravel	1.8 ~ 2.0	Soft Slightly plastic clay	1.7 ~ 2.0
Medium dense well-graded sandy gravel	1.9 ~ 2.1	Firm Slightly plastic clay	1.8 ~ 2.1
Dense well-graded sandy gravel	2.0 ~ 2.2	Stiff Slightly plastic clay	2.1 ~ 2.2
Loose clayey sandy gravel	1.8 ~ 2.0	Stiff to very stiff clay	2.0 ~ 2.3
Medium dense clayey sandy gravel	1.9 ~ 2.1	Organic clay	1.4 ~ 1.7
Dense to very dense clayey sand gravel	2.1 ~ 2.2	Peat	1.05 ~ 1.4
Loose coarse to fine sand	1.7 ~ 2.0		
Medium dense coarse to fine sand	2.0 ~ 2.1		
Dense to very dense coarse to fine sand	2.1 ~ 2.2		
Loose fine and silty sand	1.5 ~ 1.7		
Medium dense fine and silty sand	1.7 ~ 1.9		
Dense to very dense fine and silt sand	1.9 ~ 2.1		

(1) M. J. Tomlison, "Pile design and construction practice", A View Point Pub., 3rd edition, p.402, 1994

2.2 시험방법

- 검층기기는 일반적으로 아래에 나타낸 바와 같이 음파발생 장치와 2개의 수신장치로 구성되어 있다.
- 표준형 발진기와 수진기를 포함하는 Probe를 시추공 내의 탐사 심도에서 위치하게 한 후 두 수진기 사이(1m)의 도착시간 차이를 측정하는 방식이며, 발진기로는 Solenoid코일에 전류를 흘려서 철심이 수평으로 움직이는 전자진원을 사용하였고, 수진기는 압착이 필요 없는 수진기를 이용하여 수직(P파), 수평(S파)의 움직임을 측정하도록 되어있다.
- 발진방법은 일반적인 스피커와 같은 원리로서 Sonde에 내장된 코일을 감은 원통형 철심에 전류를 흘려보내면 전자 해머가 공축과 직교방향으로 진동하게 된다. 공내는 물로 채워져 있는데, 이때 철심에 순간적으로 전류를 흐르게 하면 전자해머가 한쪽 방향으로 움직이면서 그 방향의 물에 압력을 가하고 반대측의 물은 부의 압력을 받는 형태가 된다. 이러한 압력 분포가 주변의 지반에 전달되어 지반을 변형시킴으로써 P파와 S파를 발생시키게 된다.
- 진원에서 발생된 파는 지반을 통해 전파하게 되면 이 파는 진원의 상부에 있는 2개의 수진부에 도달하게 된다. 본 Suspension PS 검층법은 두 수진부에 도달하는 파의 시간차이를 측정함으로써 파가 전파하는 구간의 P파 및 S파의 속도를 구하게 된다. Suspension PS 검층법은 기존의 Downhole 방법과는 달리 수진기를 공벽에 밀착시키지 않는 비압착식으로 P파 및 S파를 수진할 수가 있는 방법이다.
- 아래에 나타난 바와 같이 수직으로 움직이는 파(P파)와, 수평으로 움직이는 파(S파)를 수진하는 센서는 물의 비중과 거의 같은 유체로 채워진 수진기 내에 설치되어 있다.

모식도	검층기의 발진방법	검층기의 수신방법
		

제 3 장 설계지반등급 산정

3.1 건축기초설계기준(2005)

지진에 의한 지반운동은 지반의 특성에 따라 달라지므로 지반의 특성을 반영할 수 있도록 하기 위하여 지반의 전단파속도를 적용하여 지반등급을 산정함.

설계지반등급 (지반의 분류)

지반 분류	지반종류의 호칭	상부 30m에 대한 지반 특성		
		Vs` (m/sec)	표준관입시험 (N`)	비배수전단강도 (Su), (kN/m^2)
Sa	경암지반	1,500 초과	–	–
Sb	보통암 지반	760~1,500		
Sc	매우조밀한 토사 또는 연암 지반	360~760	〉50	〉100
Sd	단단한 토사 지반	180~360	15~50	50~100
Se	연약한 토사 지반	180 미만	〈15	〈50

3.2 지반분류방법

IBC(International Building Code, 2003)에서 제안한 지반분류법에 의하면 다음 3가지 사항 중 1가지 사항을 만족해야 하며 그 내용은 다음과 같다.

구 분	수 식	용어 설명
상부 30m에 대한 V_S' 방법	$V_S' = \frac{\sum d_i}{\sum \frac{d_i}{V_{si}}}$	di ; 토층의 i의 두께, m` Vsi : 토층의 i의 전단파속도. m/sec
상부 30m에 대한 Ns' 방법	$Ns' = \frac{\sum d_i}{\sum \frac{d_i}{N_{si}}}$ $N_{CH}' = \frac{\sum d_s}{\sum \frac{d_i}{N_{si}}}$	di : 토층 I의 두께, m ds : 상부 30m에 있는 비점착성 토층의 층두께, m N_i : 공인된 표준에 따른 토층의 표준관입저항
상부 30m에 대한 S_u' 방법	$S_u' = \frac{\sum d_c}{\sum \frac{d_i}{S_{ui}}}$	dc : 상부 30m에 있는 점착성 토층의 총두께(100−ds), m Sui : 250kPa을 초과하지 않는 공인된 표준에 따른 비배수 전단강도

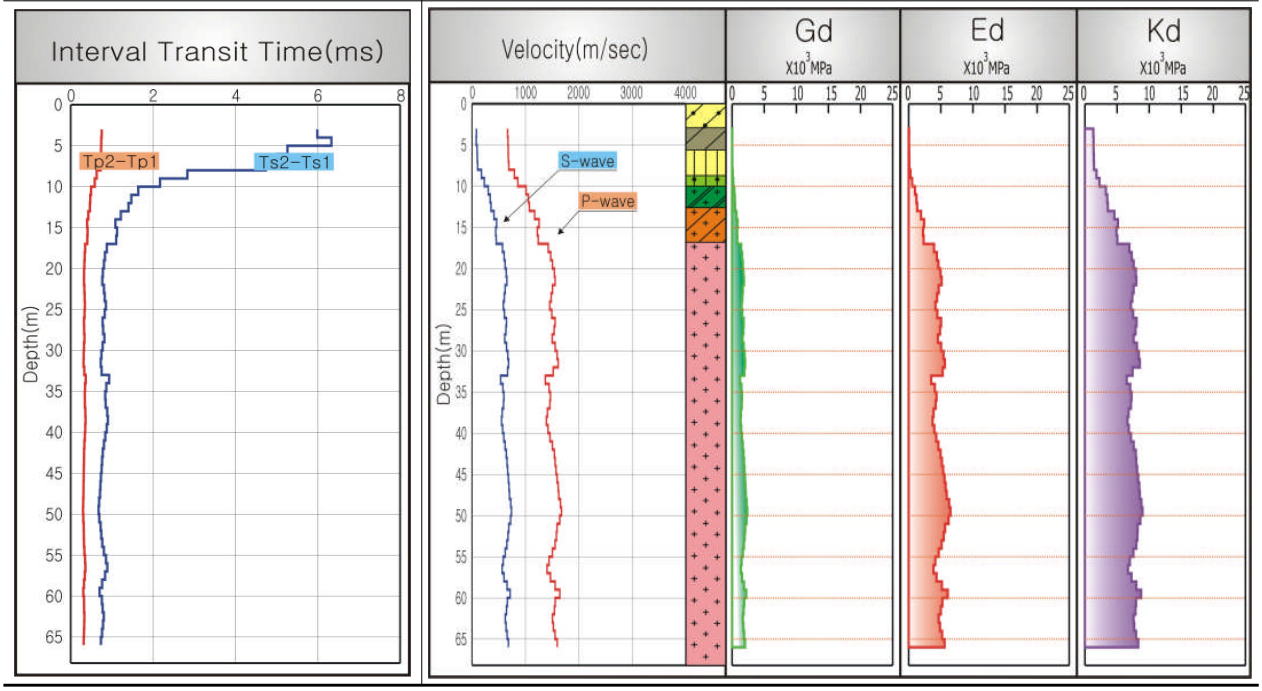
제 4 장 조 사 결 과

4.1 ATB-3

구 분		Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ρ (KN/m³)	Dynamic Parameter			υ d
						Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	
퇴적층	점토	4.0	1,332	167	17.73	51	151	3,140	0.492
		5.0	1,348	158	17.73	45	135	3,230	0.493
	실트	6.0	1,356	190	17.73	65	195	3,240	0.490
		7.0	1,362	200	18.03	74	219	3,310	0.489
		8.0	1,378	211	18.03	82	244	3,380	0.488
		9.0	1,588	353	18.03	229	676	4,330	0.474
풍화토		10.0	1,715	461	19.99	433	1,270	5,420	0.461
풍화암		11.0	2,023	610	21.31	809	2,350	7,820	0.450
		12.0	2,110	680	21.31	1,010	2,900	8,340	0.442
		13.0	2,148	713	21.31	1,110	3,180	8,560	0.438
연 암		14.0	2,345	822	23.40	1,610	4,610	11,000	0.430
		15.0	2,511	922	23.40	2,030	5,770	12,300	0.422
		16.0	2,445	888	23.40	1,880	5,360	11,800	0.424
		17.0	2,480	906	23.40	1,960	5,580	12,100	0.423
경 암		18.0	2,855	1,141	25.41	3,380	9,490	16,600	0.405
		19.0	2,945	1,202	25.41	3,750	10,500	17,500	0.400
		20.0	3,012	1,240	25.41	3,990	11,100	18,200	0.398
		21.0	3,085	1,280	25.41	4,250	11,900	19,000	0.396
		22.0	3,110	1,306	25.41	4,420	12,300	19,200	0.393
		23.0	3,014	1,241	25.41	3,990	11,200	18,200	0.398
		24.0	2,965	1,210	25.41	3,800	10,600	17,700	0.400
		25.0	2,910	1,173	25.41	3,570	10,000	17,200	0.403
		26.0	2,985	1,214	25.41	3,820	10,700	18,000	0.401
		27.0	3,112	1,291	25.41	4,320	12,100	19,300	0.396
		28.0	3,075	1,271	25.41	4,190	11,700	18,900	0.397
		29.0	3,001	1,225	25.41	3,890	10,900	18,200	0.400
		30.0	3,114	1,292	25.41	4,330	12,100	19,400	0.396
		31.0	3,185	1,342	25.41	4,670	13,000	20,100	0.392
		32.0	3,225	1,369	25.41	4,860	13,500	20,500	0.390
		33.0	3,040	1,333	25.41	4,610	12,700	17,800	0.381
		34.0	2,745	1,072	25.41	2,980	8,400	15,600	0.410

구 분	Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ρ (KN/m^3)	Dynamic Parameter			υ d
					Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	
경 암	35.0	2,885	1,158	25.41	3,480	9,760	16,900	0.404
	36.0	2,936	1,194	25.41	3,700	10,400	17,400	0.401
	37.0	2,915	1,180	25.41	3,610	10,100	17,200	0.402
	38.0	2,825	1,129	25.41	3,300	9,290	16,300	0.405
	39.0	2,784	1,107	25.41	3,180	8,940	15,900	0.406
	40.0	2,844	1,146	25.41	3,410	9,560	16,400	0.403
	41.0	2,918	1,191	25.41	3,680	10,300	17,200	0.400
	42.0	3,010	1,239	25.41	3,980	11,100	18,200	0.398
	43.0	3,084	1,285	25.41	4,280	11,900	19,000	0.395
	44.0	3,114	1,312	25.41	4,460	12,400	19,200	0.392
	45.0	3,145	1,336	25.41	4,630	12,900	19,500	0.390
	46.0	3,185	1,363	25.41	4,820	13,400	19,900	0.388
	47.0	3,225	1,385	25.41	4,970	13,800	20,300	0.387
	48.0	3,248	1,405	25.41	5,120	14,200	20,500	0.385
	49.0	3,310	1,451	25.41	5,460	15,100	21,100	0.381
	50.0	3,348	1,478	25.41	5,660	15,600	21,500	0.379
	51.0	3,284	1,445	25.41	5,410	14,900	20,700	0.380
	52.0	3,184	1,377	25.41	4,920	13,600	19,700	0.385
	53.0	3,160	1,347	25.41	4,700	13,100	19,600	0.389
	54.0	3,110	1,306	25.41	4,420	12,300	19,200	0.393
	55.0	3,010	1,244	25.41	4,010	11,200	18,100	0.397
	56.0	2,884	1,168	25.41	3,540	9,920	16,800	0.402
	57.0	2,810	1,128	25.41	3,300	9,260	16,100	0.404
	58.0	2,936	1,199	25.41	3,730	10,400	17,400	0.400
	59.0	3,114	1,312	25.41	4,460	12,400	19,200	0.392
	60.0	3,285	1,426	25.41	5,270	14,600	21,000	0.384
	61.0	3,115	1,323	25.41	4,540	12,600	19,100	0.390
	62.0	3,084	1,290	25.41	4,310	12,000	18,900	0.394
	63.0	3,012	1,245	25.41	4,020	11,200	18,200	0.397
	64.0	3,045	1,274	25.41	4,210	11,700	18,400	0.394
	65.0	3,111	1,316	25.41	4,490	12,500	19,100	0.391
	66.0	3,188	1,364	25.41	4,820	13,400	19,900	0.388

구 간 주 시	구간속도 및 심도별 동적물성치



지층별 Suspension-PS검층 결과

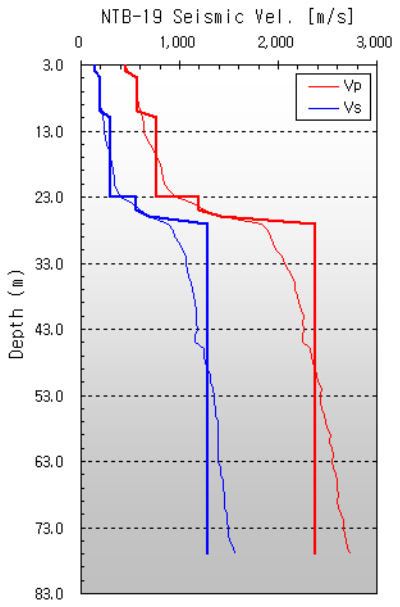
공 번	지층명		탄성파속도(평균)		동적물성치(평균)			
			Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	υ d
ATB-3	매립층		-	-	-	-	-	-
	퇴적층	점토	1,345	172	54	160	3,200	0.492
		실트	1,443	255	128	380	3,680	0.484
	풍화토		1,715	461	433	1,270	5,420	0.461
	풍화암		2,094	668	973	2,810	8,240	0.443
	연암		2,445	885	1,870	5,330	11,800	0.425
	경암		3,051	1,272	4,220	11,800	18,600	0.395

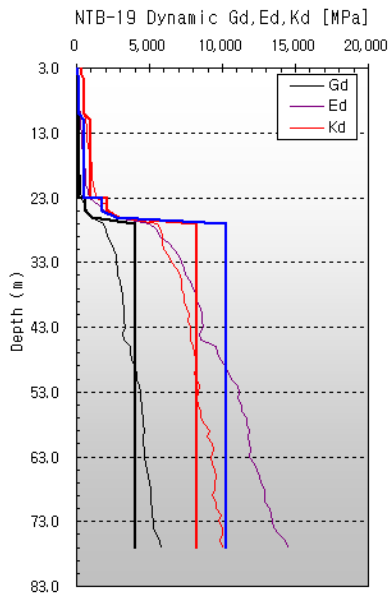
4.2 ATB-12

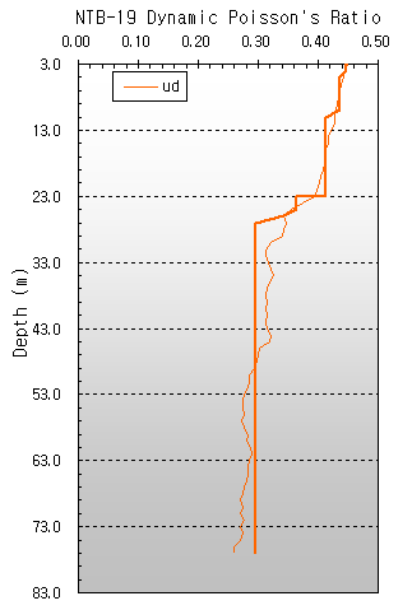
구 분		Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ρ (KN/m³)	Dynamic Parameter			υ d
						Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	
매립층		3.0	452	137	1.89	35	103	339	0.449
		4.0	465	146	1.89	40	117	355	0.445
퇴적층	모래	5.0	553	178	1.85	59	169	488	0.442
		6.0	557	184	1.85	63	180	491	0.439
		7.0	563	189	1.85	66	190	499	0.436
		8.0	569	193	1.85	69	198	507	0.435
		9.0	582	201	1.85	75	214	527	0.432
		10.0	591	208	1.85	80	229	540	0.429
	자갈	11.0	618	219	1.99	96	273	633	0.428
		12.0	640	228	1.99	104	295	676	0.427
		13.0	642	236	1.99	111	315	672	0.422
		14.0	661	248	1.99	122	347	706	0.418
		15.0	699	263	1.99	138	390	789	0.417
		16.0	739	285	1.99	162	457	872	0.413
		17.0	761	294	1.99	172	486	925	0.412
		18.0	801	311	1.99	193	544	1,022	0.411
		19.0	817	322	1.99	206	581	1,054	0.408
		20.0	832	334	1.99	222	624	1,082	0.404
		21.0	846	342	1.99	233	653	1,114	0.402
		22.0	895	367	1.99	268	750	1,238	0.399
		23.0	959	403	1.99	323	901	1,400	0.393
풍화토		24.0	1,147	514	2.06	545	1,497	1,986	0.374
		25.0	1,245	591	2.06	720	1,951	2,235	0.355
풍화암		26.0	1,419	693	2.13	1,024	2,750	2,927	0.343
연 암		27.0	1,830	885	2.38	1,865	5,027	5,489	0.347
		28.0	1,896	930	2.38	2,060	5,527	5,815	0.342
		30.0	1,917	945	2.38	2,127	5,698	5,916	0.339

구 분	Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ρ (KN/m^3)	Dynamic Parameter			υ d
					Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	
연 암	32.0	1,951	1,000	2.38	2,382	6,296	5,890	0.322
	34.0	1,977	1,030	2.38	2,527	6,639	5,940	0.314
	38.0	2,033	1,060	2.38	2,676	7,029	6,275	0.313
	40.0	2,063	1,070	2.38	2,727	7,177	6,500	0.316
	42.0	2,106	1,080	2.38	2,778	7,343	6,859	0.322
	44.0	2,137	1,087	2.38	2,814	7,460	7,124	0.325
	46.0	2,163	1,113	2.38	2,950	7,788	7,209	0.320
	48.0	2,172	1,130	2.38	3,041	7,995	7,181	0.314
	50.0	2,200	1,147	2.38	3,133	8,230	7,349	0.313
	52.0	2,208	1,150	2.38	3,150	8,277	7,411	0.314
	54.0	2,236	1,167	2.38	3,243	8,516	7,583	0.313
	56.0	2,257	1,173	2.38	3,277	8,618	7,763	0.315
	58.0	2,248	1,172	2.38	3,271	8,593	7,674	0.313
	59.0	2,264	1,177	2.38	3,299	8,676	7,808	0.315
	60.0	2,247	1,154	2.38	3,172	8,379	7,796	0.321
	61.0	2,252	1,161	2.38	3,210	8,469	7,798	0.319
	62.0	2,328	1,241	2.38	3,668	9,548	8,017	0.302
	63.0	2,335	1,249	2.38	3,715	9,657	8,031	0.300
	64.0	2,349	1,258	2.38	3,769	9,791	8,116	0.299
	65.0	2,377	1,283	2.38	3,920	10,149	8,229	0.294
	66.0	2,384	1,309	2.38	4,081	10,481	8,095	0.284
	67.0	2,400	1,317	2.38	4,131	10,613	8,210	0.285
	68.0	2,441	1,344	2.38	4,302	11,034	8,455	0.282
	69.0	2,434	1,351	2.38	4,347	11,105	8,314	0.277
	70.0	2,427	1,351	2.38	4,347	11,089	8,233	0.276
	71.0	2,448	1,366	2.38	4,444	11,323	8,347	0.274
	72.0	2,462	1,366	2.38	4,444	11,355	8,511	0.278
	73.0	2,476	1,387	2.38	4,582	11,650	8,492	0.271
	74.0	2,498	1,387	2.38	4,582	11,703	8,752	0.277
	75.0	2,533	1,394	2.38	4,628	11,873	9,110	0.283
	76.0	2,519	1,390	2.38	4,602	11,790	8,977	0.281
	77.0	2,731	1,558	2.38	5,781	14,554	10,055	0.259

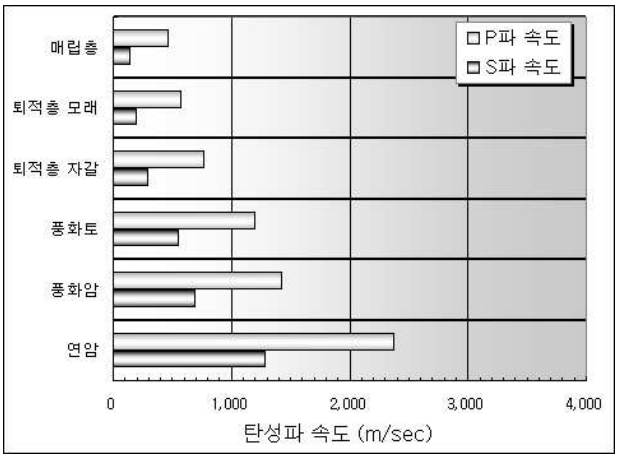
Vp, Vs	Gd, Ed, Kd	포 아 송 비

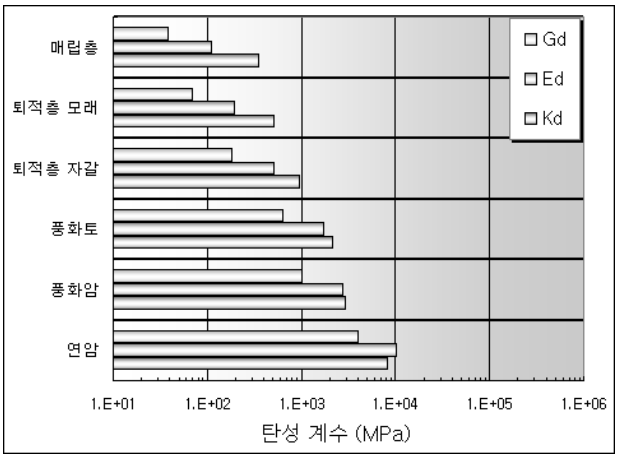






지층별 탄성파 속도 분포	지층별 동적 물성치 비교





지층별 Suspension-PS검층 결과

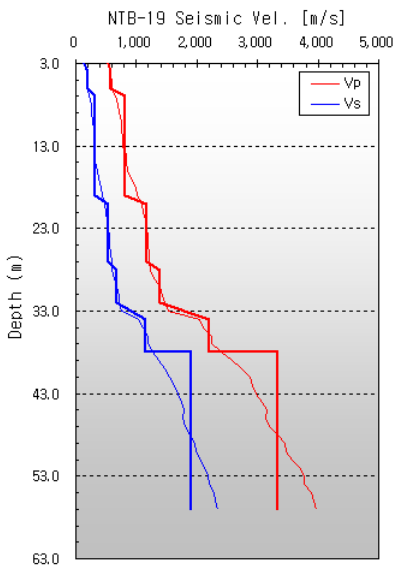
공 번	지층명		탄성파속도(평균)		동적물성치(평균)			
			Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	μ d
ATB-12	매립층		459	142	38	110	347	0.447
	퇴적층	모래	569	192	69	197	509	0.436
		자갈	762	296	181	509	937	0.412
	풍화토		1,196	553	632	1,724	2,111	0.364
	풍화암		1,419	693	1,024	2,750	2,927	0.343
	연암		2,375	1,283	3,991	10,293	8,245	0.295

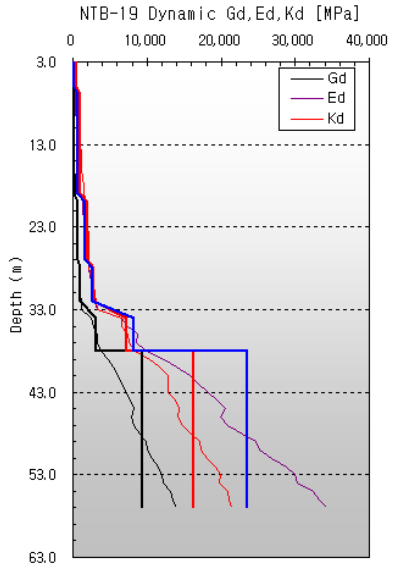
4.3 ATB-20

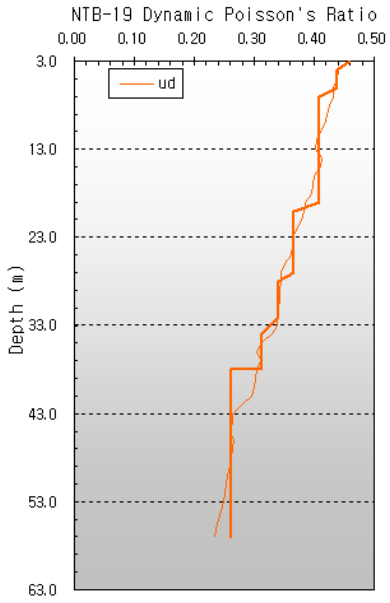
구 분		Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ρ (KN/m^3)	Dynamic Parameter			υ d
						Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	
매립층		3.0	537	148	1.87	41	120	485	0.459
퇴적층	모래	4.0	548	178	1.85	59	169	478	0.441
		5.0	589	194	1.85	70	201	549	0.439
		6.0	597	207	1.85	79	227	554	0.432
	자갈	7.0	645	224	1.98	99	285	692	0.431
		8.0	696	251	1.98	125	356	793	0.425
		9.0	718	265	1.98	139	395	836	0.421
		10.0	750	279	1.98	154	438	909	0.420
		11.0	758	295	1.98	172	487	909	0.411
		12.0	766	307	1.98	187	524	914	0.404
		13.0	771	311	1.98	192	538	922	0.403
		14.0	827	320	1.98	203	573	1,085	0.412
		15.0	830	324	1.98	208	587	1,088	0.410
		16.0	859	350	1.98	243	680	1,138	0.400
		17.0	920	380	1.98	286	799	1,296	0.397
		18.0	988	410	1.98	333	930	1,490	0.396
		19.0	1,005	435	1.98	375	1,038	1,501	0.385
풍화토		20.0	1,089	475	2.09	472	1,305	1,851	0.383
		21.0	1,116	492	2.09	506	1,397	1,930	0.379
		22.0	1,143	516	2.09	557	1,528	1,990	0.372
		23.0	1,167	539	2.09	608	1,658	2,038	0.364
		24.0	1,183	548	2.09	628	1,713	2,090	0.363
		25.0	1,195	556	2.09	647	1,761	2,125	0.362
		26.0	1,201	574	2.09	689	1,863	2,098	0.352
		27.0	1,213	589	2.09	726	1,953	2,110	0.346
풍화암		28.0	1,225	597	2.15	767	2,062	2,206	0.344
		29.0	1,296	633	2.15	862	2,316	2,464	0.343
		30.0	1,380	676	2.15	983	2,639	2,786	0.342
		31.0	1,433	705	2.15	1,069	2,867	2,992	0.340
		32.0	1,467	724	2.15	1,128	3,020	3,126	0.339
		33.0	1,520	752	2.15	1,217	3,256	3,349	0.338

구 분	Depth (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ρ (KN/m^3)	Dynamic Parameter			υ d
					Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	
연 암	34.0	2,051	1,032	2.34	2,494	6,636	6,525	0.330
	35.0	2,112	1,104	2.34	2,854	7,489	6,639	0.312
	36.0	2,248	1,192	2.34	3,327	8,680	7,397	0.304
	37.0	2,250	1,181	2.34	3,266	8,556	7,500	0.310
	38.0	2,399	1,274	2.34	3,801	9,909	8,409	0.304
경 암	39.0	2,573	1,372	2.53	4,766	12,404	10,407	0.301
	40.0	2,731	1,461	2.53	5,404	14,045	11,677	0.300
	41.0	2,884	1,555	2.53	6,122	15,856	12,895	0.295
	42.0	2,926	1,622	2.53	6,661	17,027	12,794	0.278
	43.0	2,982	1,687	2.53	7,205	18,224	12,906	0.265
	44.0	3,081	1,744	2.53	7,700	19,470	13,765	0.264
	45.0	3,154	1,795	2.53	8,157	20,564	14,308	0.260
	46.0	3,126	1,766	2.53	7,896	19,986	14,212	0.266
	47.0	3,191	1,807	2.53	8,267	20,898	14,757	0.264
	48.0	3,329	1,894	2.53	9,082	22,899	15,950	0.261
	49.0	3,452	1,967	2.53	9,795	24,678	17,115	0.260
	50.0	3,478	1,993	2.53	10,056	25,250	17,210	0.255
	51.0	3,574	2,054	2.53	10,681	26,777	18,101	0.253
	52.0	3,698	2,132	2.53	11,508	28,796	19,286	0.251
	53.0	3,767	2,178	2.53	12,010	30,000	19,921	0.249
	54.0	3,768	2,193	2.53	12,176	30,288	19,701	0.244
	55.0	3,891	2,274	2.53	13,092	32,483	20,870	0.241
	56.0	3,928	2,306	2.53	13,463	33,308	21,112	0.237
	57.0	3,976	2,344	2.53	13,910	34,320	21,476	0.234

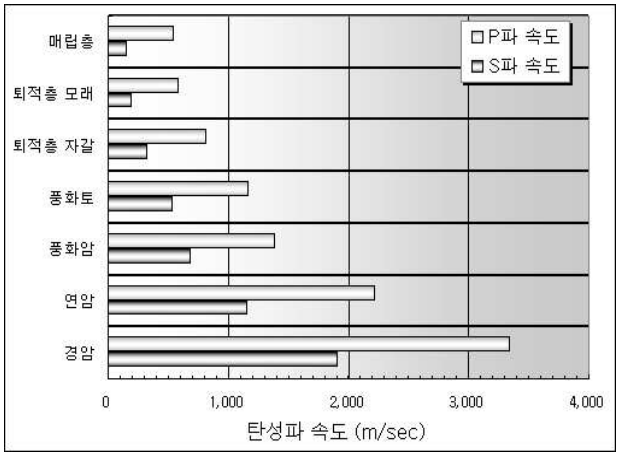
Vp, Vs	Gd, Ed, Kd	포 아 송 비

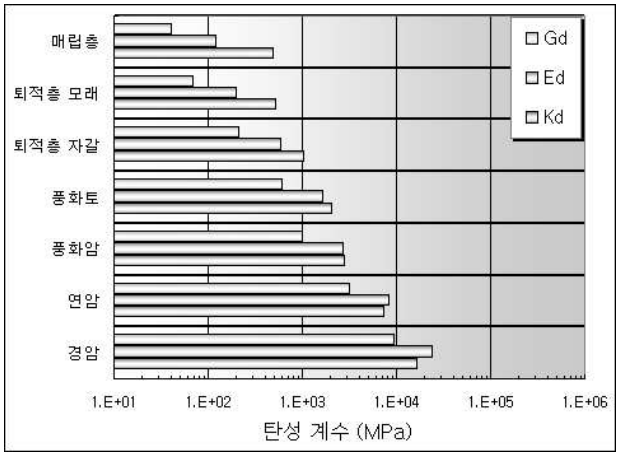






지층별 탄성파 속도 분포	지층별 동적 물성치 비교





지층별 Suspension-PS검층 결과

공 번	지층명		탄성파속도(평균)		동적물성치(평균)			
			Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Gd (MPa)	Ed (MPa)	Kd (MPa)	μ d
ATB-20	매립층		537	148	41	120	485	0.459
	퇴적층	모래	578	193	69	199	527	0.437
		자갈	810	319	209	587	1,044	0.409
	풍화토		1,163	536	604	1,647	2,029	0.365
	풍화암		1,387	681	1,004	2,693	2,821	0.341
	연 암		2,212	1,157	3,148	8,254	7,294	0.312
	경 암		3,343	1,902	9,366	23,541	16,235	0.262

S-PS검층 전경 사진

공 번	ATB-3



S-PS검층 전경 사진

공 번	ATB-3



S-PS검층 전경 사진

공 번	ATB-12



S-PS검층 전경 사진

공 번	ATB-12



S-PS검층 전경 사진

공 번	ATB-20



S-PS검층 전경 사진

공 번	ATB-20



6.10 공내밀도검층

제 1 장 조사목적

1.1 밀도검층 목적

지층의 원지반 상태 체적밀도(in-situ bulk density)를 측정함으로서 지층의 지반공학적 상수 결정에 필요한 원위치 물성치 제공에 목적이 있다.

제 2 장 검층결과

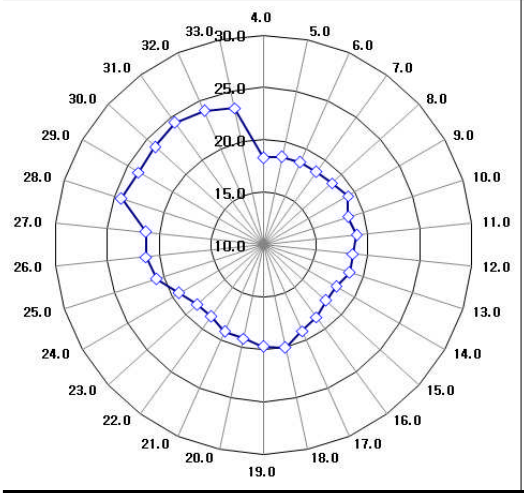
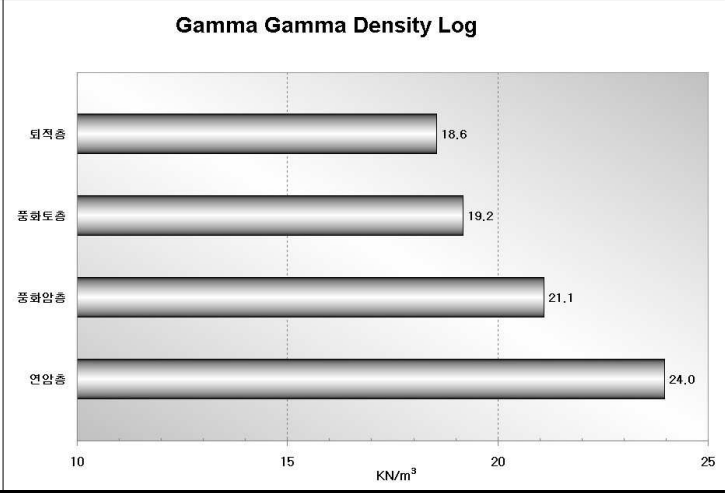
2.1 NTB-7

2.1.1 조사위치

구 분	공번	위치	심도(m)	측정심도(m)	비 고
밀도검층	NTB-7	STA. 00+000(좌 00.0m)	33.3	3.1~33.0	

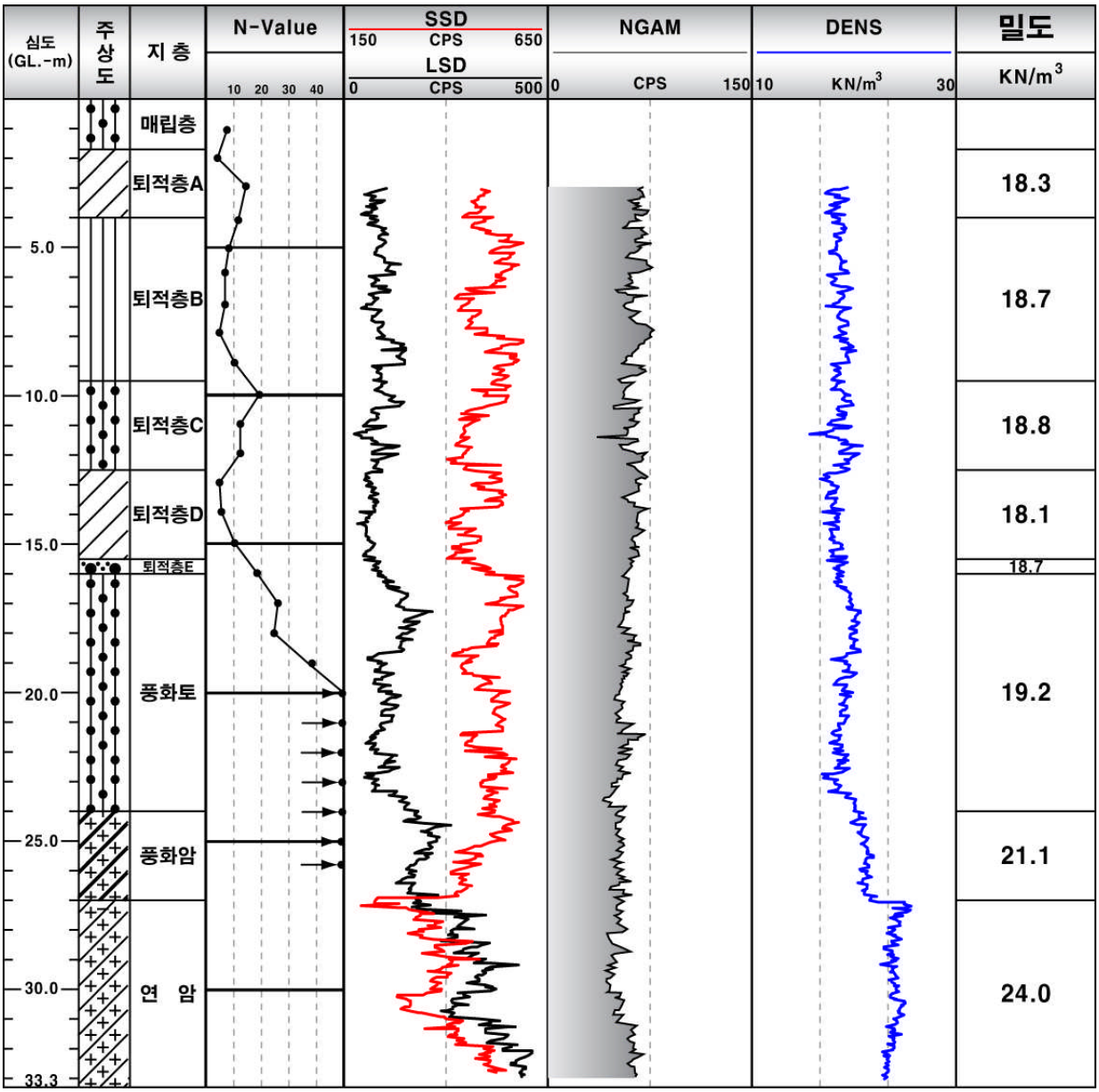
2.1.2 현장밀도 및 밀도분포

심 도(m)	지 층	평균밀도 (kN/m^3)	밀도 범위 (kN/m^3)
2.5 ~ 16.0	퇴적층	18.5	15.7 ~ 20.9
16.0 ~ 24.0	풍화토	19.2	16.9 ~ 20.7
24.0 ~ 27.0	풍화암	21.1	19.7 ~ 22.3
27.0 ~ 33.0	연 암	24.0	22.5 ~ 25.7

심도별 밀도 분포(NTB-7)	지층별 밀도 분포(NTB-7)
	

2.1.3 종합결과

NTB-7 해석 결과도



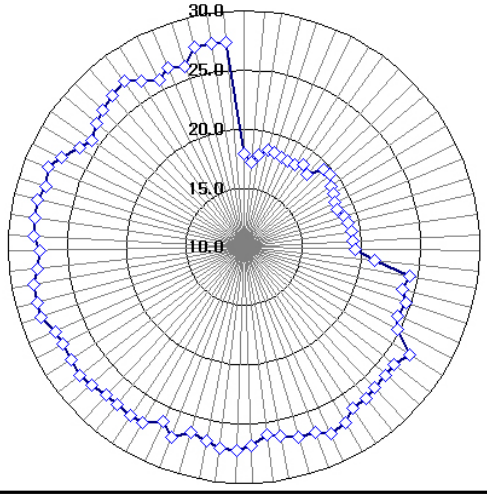
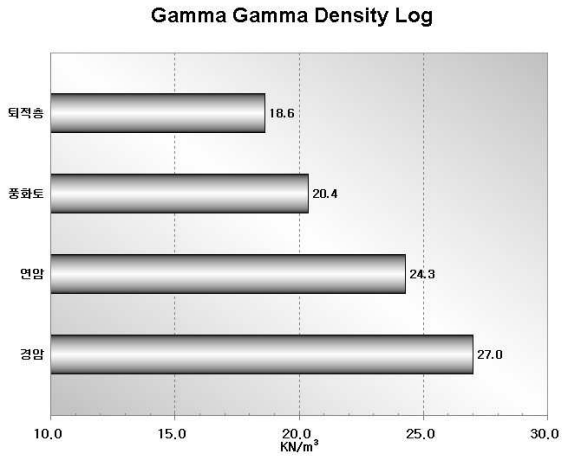
2.2 NTB-10

2.2.1 조사위치

구 분	공번	위치	심도(m)	측정심도(m)	비 고
밀도검층	NTB-10	STA. 00+000(좌 00.0m)	82.0	3.1~81.7	

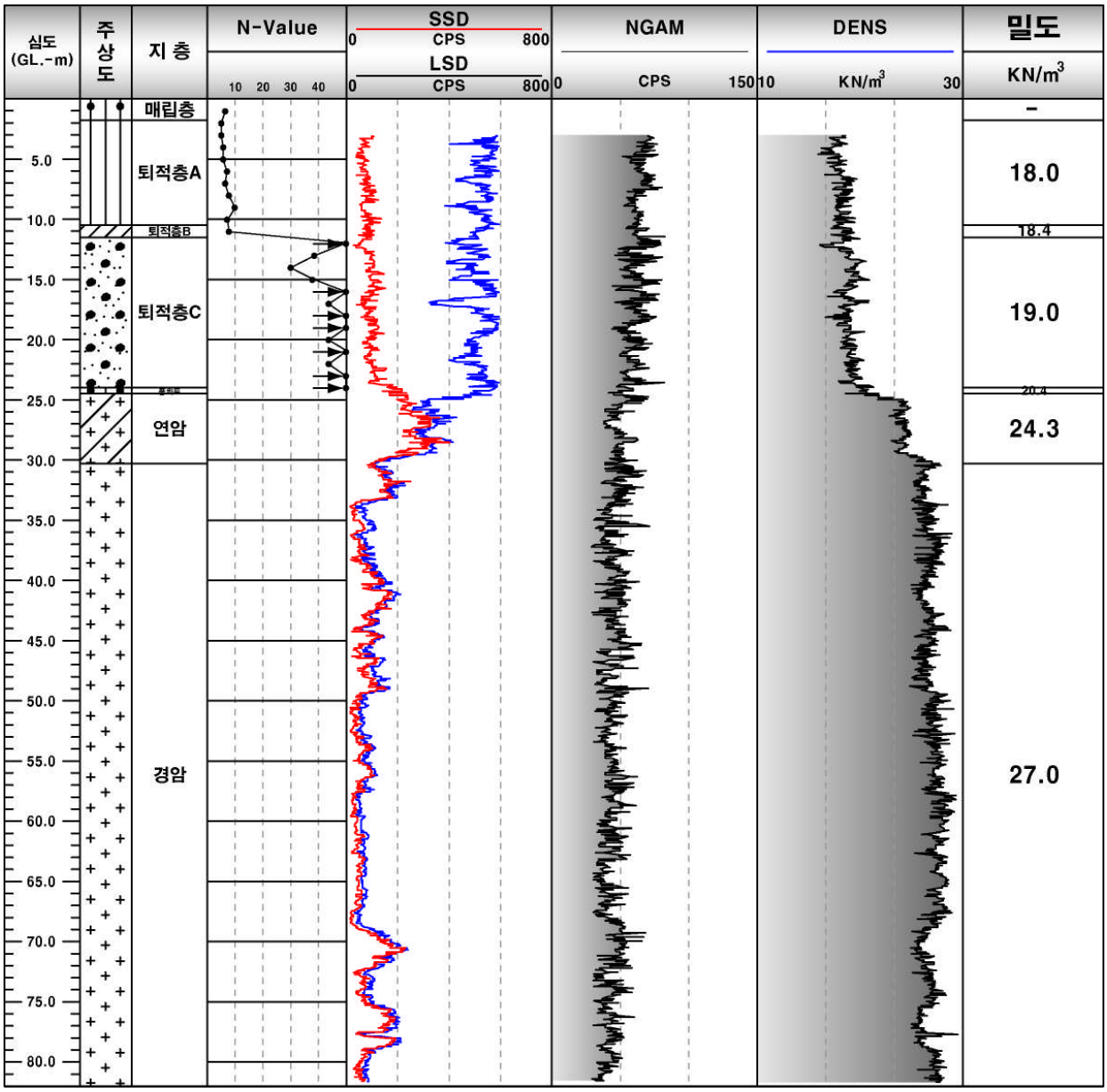
2.2.2 현장밀도 및 밀도분포

심 도(m)	지 층	평균밀도 (kN/m^3)	밀도 범위 (kN/m^3)
1.8~24.0	퇴적층	18.6	15.9 ~ 21.3
24.0~24.5	풍화토	20.4	18.6 ~ 21.8
24.5~30.3	연암	24.3	20.5 ~ 27.0
30.3~81.7	경암	27.0	24.9 ~ 29.6

심도별 밀도 분포(NTB-10)	지층별 밀도 분포(NTB-10)
	

2.2.3 종합결과

NTB-10 해석 결과도



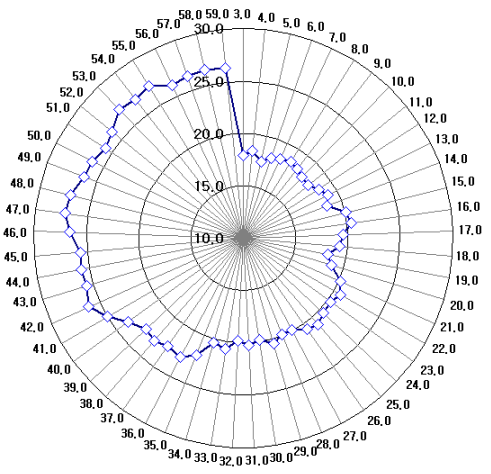
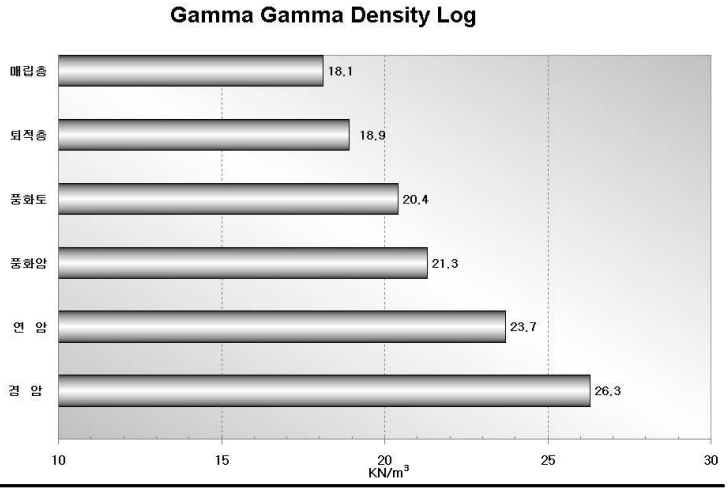
2.3 NTB-20

2.3.1 조사위치

구분	공번	위치	심도(m)	측정심도(m)	비 고
밀도검층	NTB-20	STA. 00+000(좌 00.0m)	60.0	2.4~59.6	

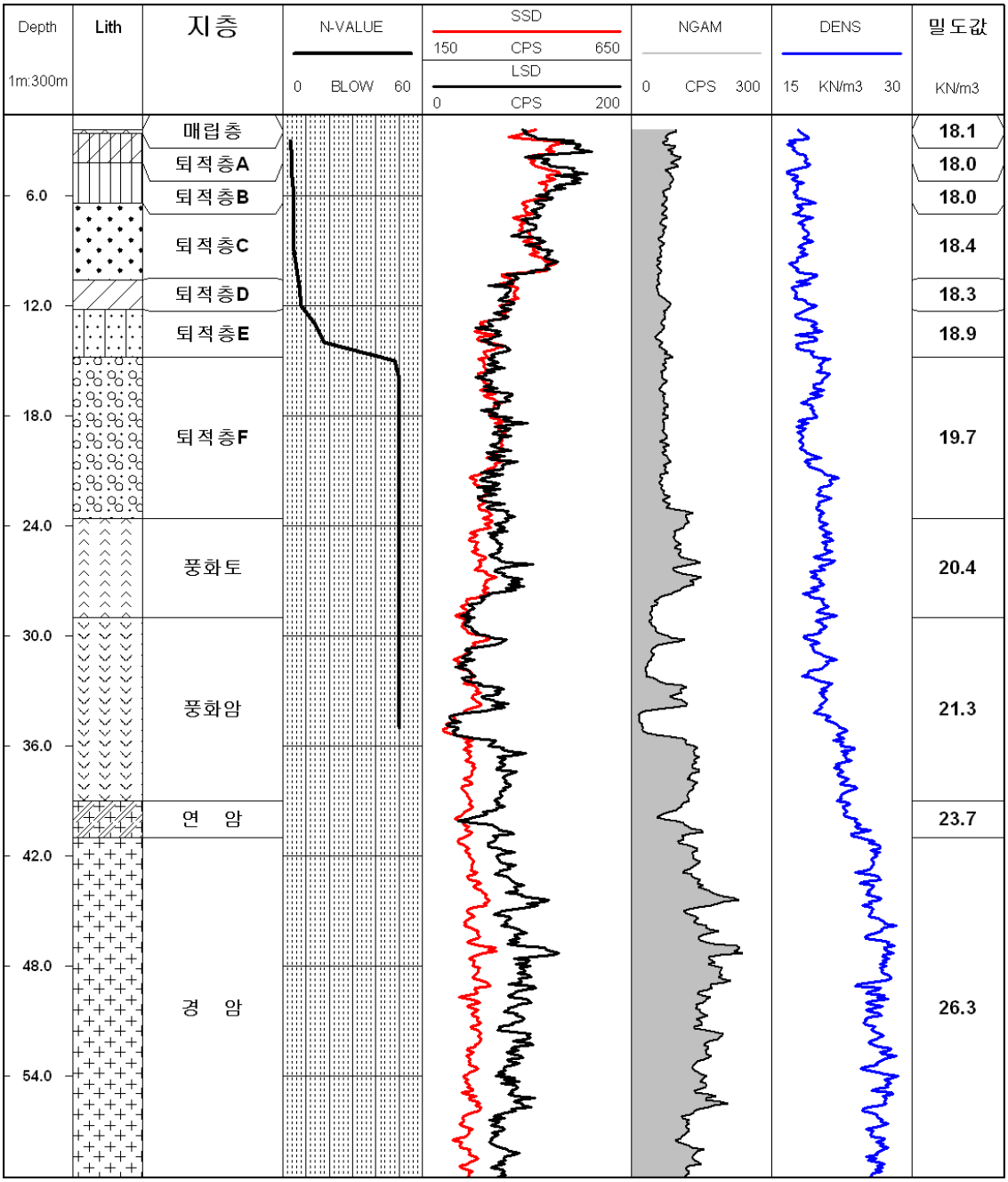
2.3.2 현장밀도 및 밀도분포

심 도(m)	지 층	평균밀도 (kN/m^3)	밀도 범위 (kN/m^3)
2.4 ~ 2.6	매립층	18.1	17.9 ~ 18.3
2.6 ~ 23.6	퇴적층	18.9	16.7 ~ 22.2
23.6 ~ 29.0	풍화토	20.4	18.4 ~ 22.0
29.0 ~ 39.0	풍화암	21.3	18.3 ~ 24.2
39.0 ~ 41.0	연 암	23.7	22.7 ~ 25.6
41.0 ~ 59.6	경 암	26.3	24.0 ~ 28.5

심도별 밀도 분포(NBH-20)	지층별 밀도 분포(NBH-20)
	

2.3.3 종합결과

NTB-20 해석 결과도



제 1 장 시 험 개 요

1.1 시험목적

지층의 원지반 상태 체적밀도(in-situ bulk density)를 측정함으로서 지층의 지반공학적 상수 결정에 필요한 원위치 물성치 제공에 목적이 있다.

1.2 시험현황

밀도검층은 감마선의 콤프턴 산란효과를 이용하여 지층의 원지반 상태 체적밀도(in-situ bulk density)를 구하는 검층 방법이다. 공극률을 구하고 암석의 지반공학적 상수 결정에 효과적일 뿐만 아니라 효과적인 지질조사 방법으로 활용될 수 있다.

일반적으로 밀도검층에서의 밀도 환산은 식 (1), (2)의 이론식(Schlumberger, 1989)을 이용하여 구해진다.

$$\gamma_{obs} = \frac{\kappa}{\rho_e} \qquad \text{(1)}$$

γ obs : 측정된 감마-감마값
ρ e : 전자밀도
κ : 상수

$$\rho_e = \rho_b\left(\frac{2\ Z}{A}\right) \qquad \text{(2)}$$

ρ b : 체적밀도
A : 원자량
Z : 원자번호

감마 신호원으로부터 방출되어 암석 속의 전자와 반응하여 콤프턴 산란을 일으킨 후 검출기까지 도달한 감마선, 즉, 측정된 감마선량(γ obs)은 암석의 전자밀도(ρ e)에 반비례한다. 암석의 전자밀도는 체적밀도(ρ b)와 비례관계를 보이므로 궁극적으로 감마선 값으로부터 체적밀도를 구하게 된다.

식 (2)를 분자량에 대하여 다시 표현하면 다음과 같다.

$$\rho_e = \rho_b\left(\frac{2\ \Sigma Z's}{Mol.\ Wt.}\right) \quad \text{————————————————} \quad (3)$$

ΣZ's : 구성하는 원자번호의 합
Mol. Wt. : 분자량

식 (1)과 식(3)으로부터 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\rho_b\left(\frac{2\ \Sigma Z's}{Mol.\ Wt.}\right) = \frac{\kappa}{\gamma_{obs}} \quad \text{————————————————} \quad (4)$$

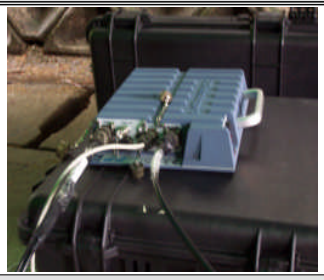
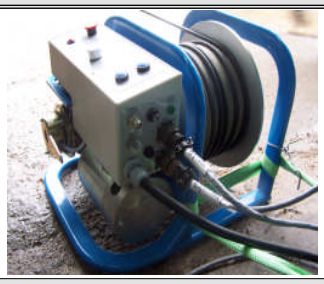
식 (4)에서 괄호 속의 값은 탄화수소를 제외한 대부분의 경우 1에 가까운 값이 되므로(Tittman and Wahl, 1965, Brock, 1983),

$$\rho_b = \frac{\kappa}{\gamma_{obs}} \quad \text{————————————————} \quad (5)$$

의 관계가 성립되며 식 (5)에 의해서 밀도검출기에서 측정된 값으로부터 지층의 체적밀도가 구해진다.

1.3 시험장비

밀도검층을 수행할 시 사용된 장비는 영국의 Robertson Geologging사에서 개발한 검층 system인 Micrologger를 사용하였으며, 그 외에 검층장비는 Sonde, Console, Encoder, Winch, battery 및 노트북 등으로 구성된다.

Sonde	
	Name : SSDS Length : 2.98m Diameter : 50mm
Micrologger	
	Data Acquisition Unit Acquisition Software : RG Winlogger Power Supply : 12 Volt DC
Encoder	
	Depth Information
Winch	
	RG Portable Winch 150 series Weight : 30 kg Power Supply : 12 Volt DC Speed : 0 ~ 20 meter/minute
Source	
	3.7 MBq Co60 small source * add-on unit for Gamma-Gamma Log

제 2 장 시 험 방 법

2.1 시험방법

감마-감마 검층방법을 이용한 밀도측정 방법으로 Co60 small source를 사용하여 공벽에 부착시키 는 sidewall방식으로 수행되었다. 밀도검층 자료의 획득에서는 3.0 m/min의 속도가 유지되었으며, 측정된 자료에 대하여 자연감마에 대한 영향이 보정되었다. 또한 PVC 케이싱과 지하수위에 대한 영향도 함께 보정하였다. 또한 일부 혹은 전 구간에 설치되어 있는 케이싱에 대한 영향도 보정하였다. 밀도검층 자료 획득에 사용된 software는 Winlogger이며 자료 처리에는 Viewlog system software가 사용되었다.

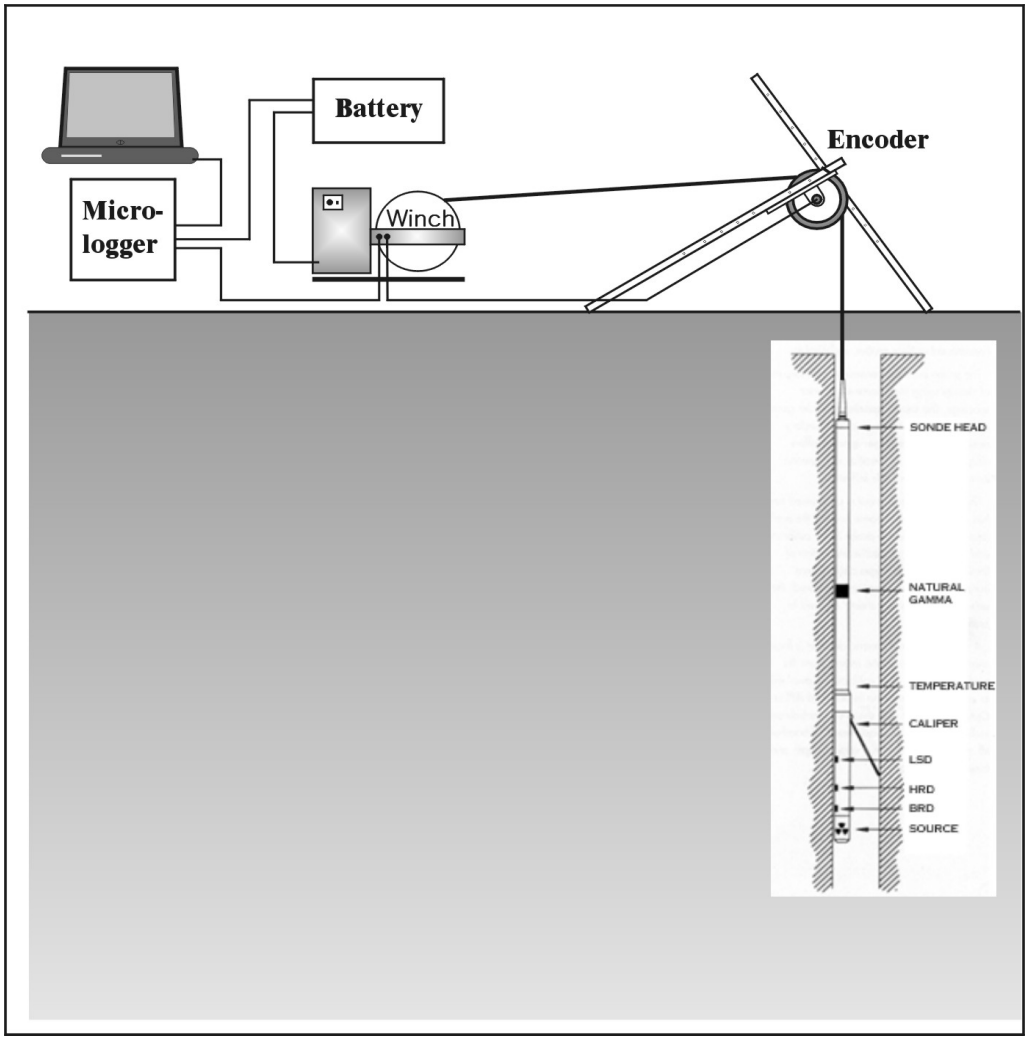


그림 1. 밀도검층 모식도

제 3 장 시 험 결 과

3.1 ATB-3

3.1.1 조사위치

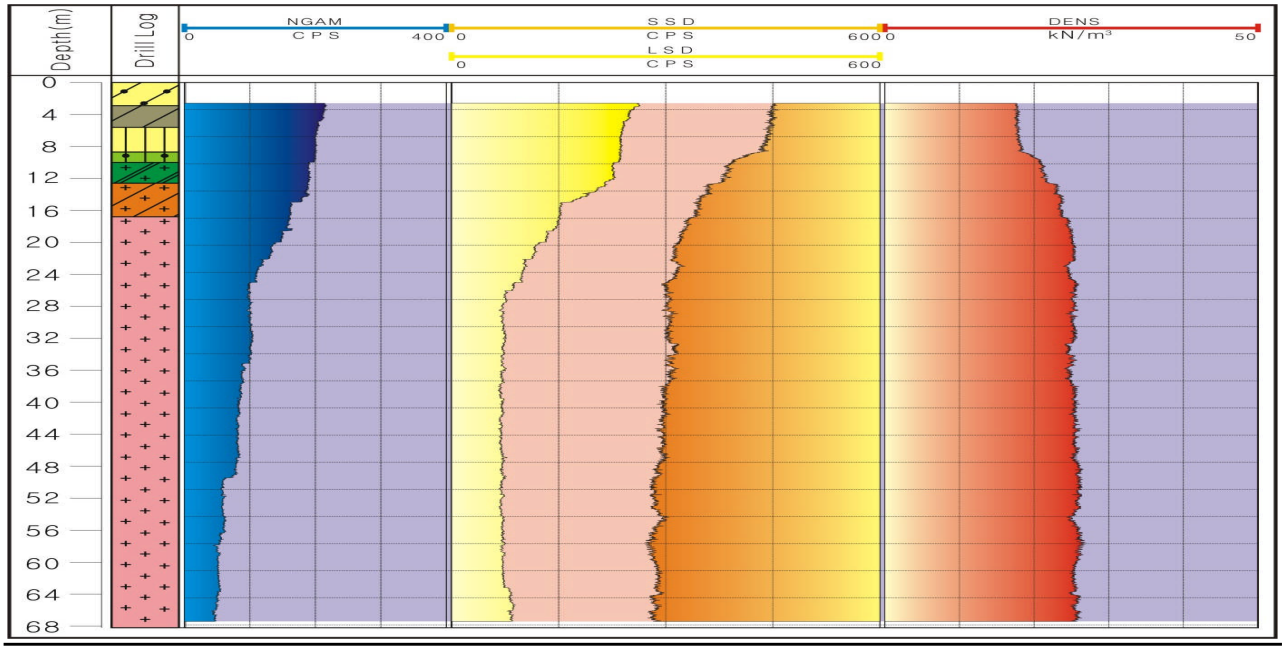
구분	공번	위치	심도(m)	측정심도(m)	비 고
밀도검층	ATB-3	-	68.2	2.6~67.4	-

3.1.2 현장밀도 및 밀도분포

심 도(m)	지 층	밀도(kN/m^3)	밀도 범위(kN/m^3)
0.00~2.90	매립층	17.62	17.43 ~ 17.77
2.90~5.60	퇴적층(점토)	17.73	17.27 ~ 18.15
5.60~8.70	퇴적층(모래)	18.03	17.50 ~ 18.58
8.70~10.00	풍화토	19.99	18.50 ~ 21.0
10.00~12.60	풍화암	21.31	20.62 ~ 21.97
12.60~16.80	연암층	23.40	22.13 ~ 24.07
16.80~68.20	경암층	25.41	23.84 ~ 26.84

3.1.3 종합결과

ATB-3 해석 결과도



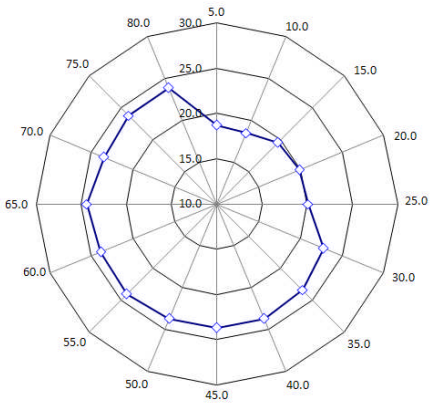
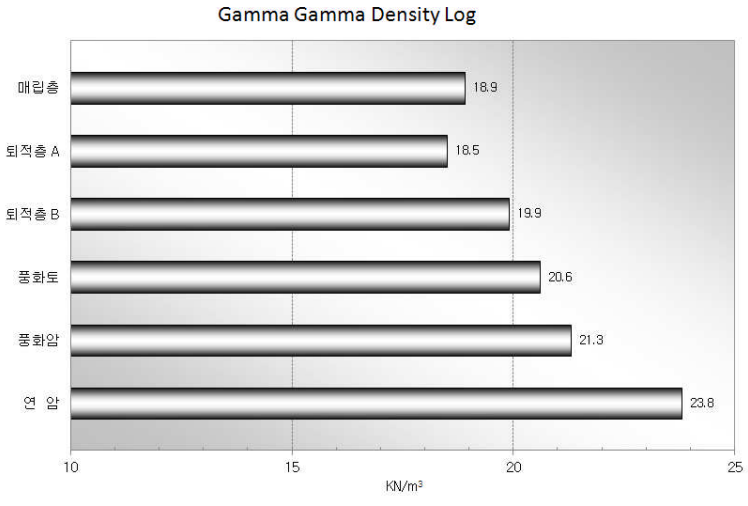
3.2 ATB-12

3.2.1 조사위치

구분	공번	위치	심도(m)	측정심도(m)	비 고
밀도검층	ATB-12	-	78.0	2.5~78.0	-

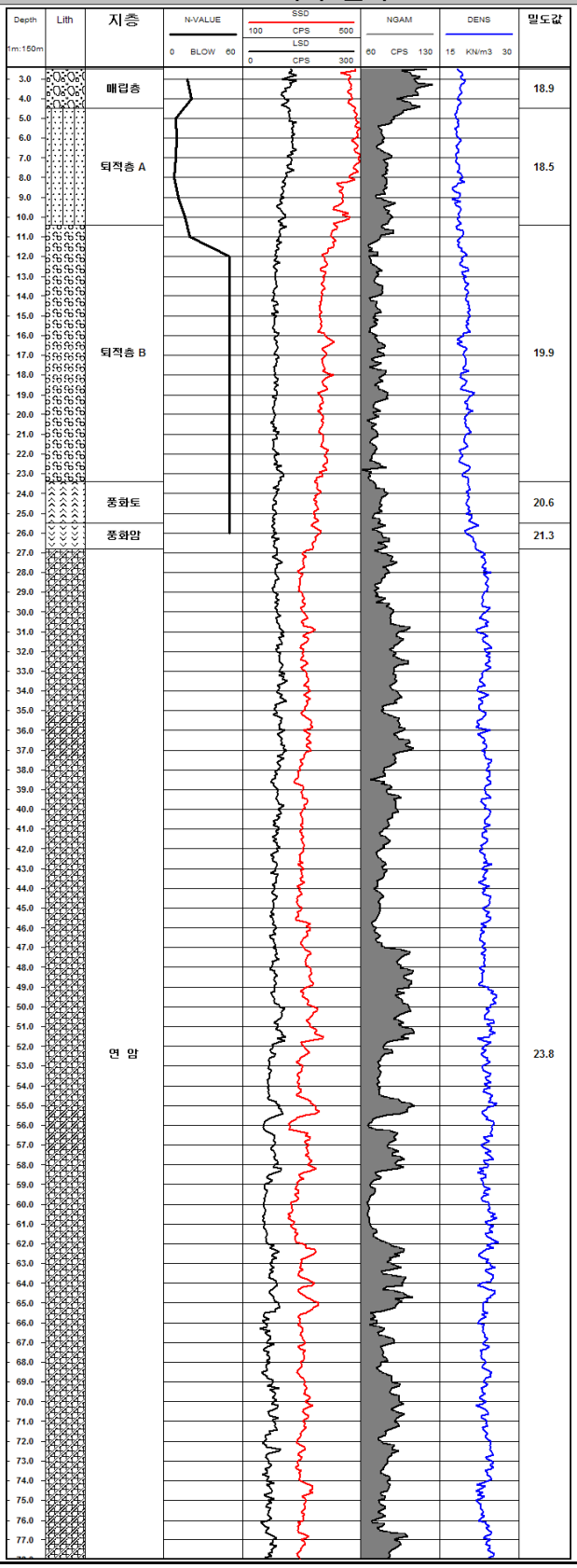
3.2.2 현장밀도 및 밀도분포

심 도(m)	지 층	밀도(kN/m^3)	밀도 범위(kN/m^3)
2.5 ~ 4.5	매립층	18.9	17.6 ~ 19.9
4.5 ~ 10.4	퇴적층(모래)	18.5	17.4 ~ 19.8
10.4 ~ 23.4	퇴적층(자갈)	19.9	18.1 ~ 21.6
23.4 ~ 25.5	풍화토	20.6	20.1 ~ 21.5
25.5 ~ 26.8	풍화암	21.3	19.8 ~ 22.4
26.8 ~ 78.0	연 암	23.8	21.9 ~ 26.1

심도별 밀도 분포(ATB-12)	지층별 밀도 분포(ATB-12)
	

3.2.3 종합결과

ATB-12 해석 결과도



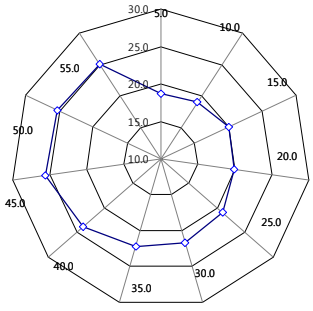
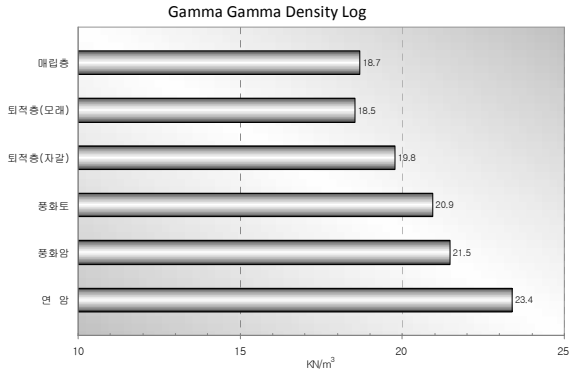
3.3 ATB-20

3.3.1 조사위치

구분	공번	위치	심도(m)	측정심도(m)	비 고
밀도검층	ATB-20	-	57.3	2.5~57.3	-

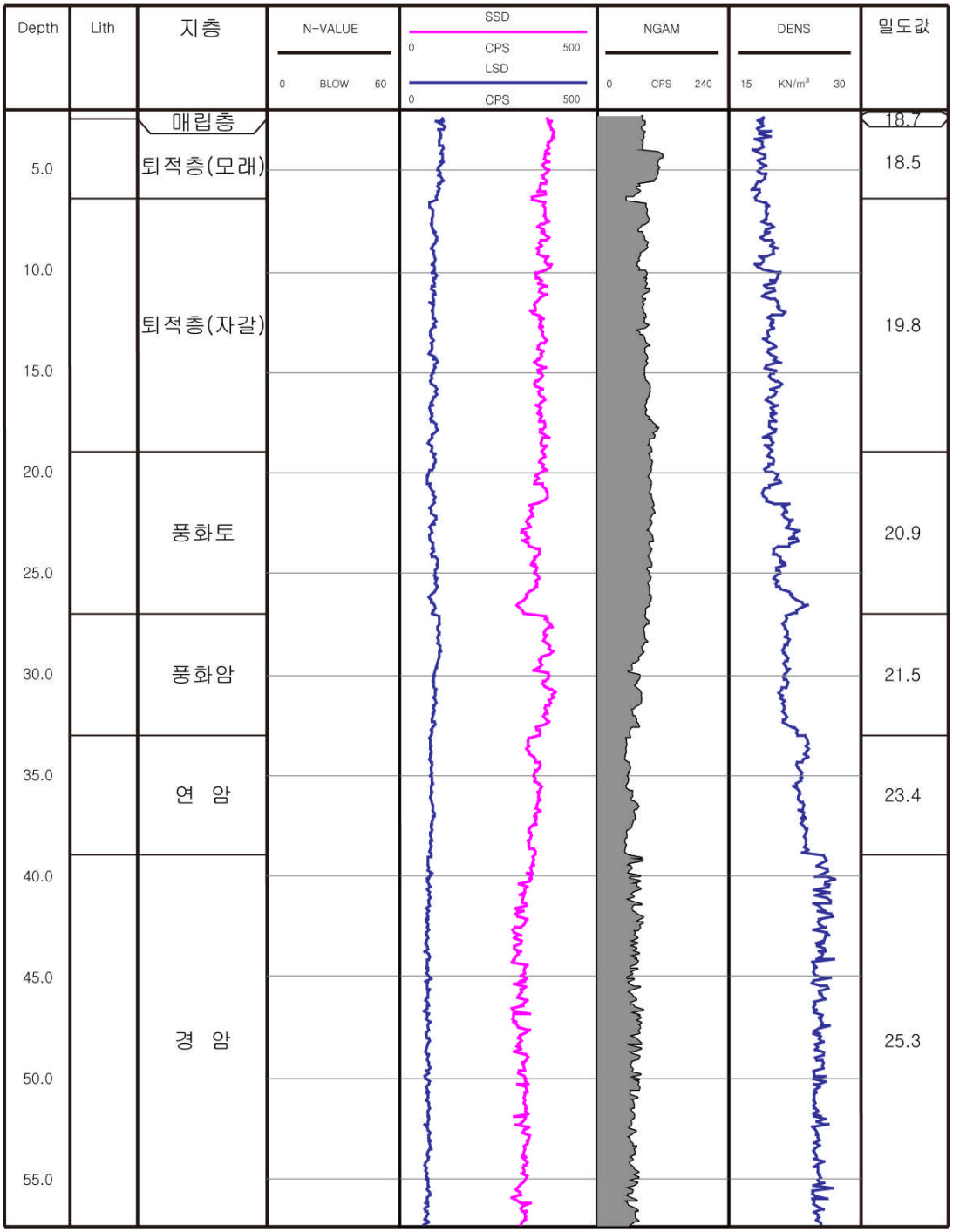
3.3.2 현장밀도 및 밀도분포

심 도(m)	지 층	밀도(kN/m^3)	밀도 범위(kN/m^3)
2.3 ~ 2.5	매립층	18.7	18.0~19.7
2.5 ~ 6.5	퇴적층(모래)	18.5	17.6~19.2
6.5 ~ 19.0	퇴적층(자갈)	19.8	18.0~21.4
19.0 ~ 27.0	풍화토	20.9	18.8~23.9
27.0 ~ 33.0	풍화암	21.5	20.6~22.8
33.0 ~ 38.9	연 암	23.4	22.3~24.0
38.9 ~ 57.3	경암	25.3	24.4~27.0

심도별 밀도 분포(ATB-20)	지층별 밀도 분포(ATB-20)
	

3.3.3 종합결과

ATB-20 해석 결과도



밀도검층 전경 사진

공 번	ATB-3



밀도검층 전경 사진

공 번	ATB-12



밀도검층 전경 사진

공 번	ATB-20



제7장 실내시험

7.1 토질시험

7.2 암석시험

7.3 암유용성 시험

7.4 지반환경 시험

7.1 토질시험

7.1.1 기본물성

7.1.2 직접전단시험

7.1.3 다짐 및 CBR시험

7.1.4 진동반복삼축시험

7.1.5 토사공진주시험

7.1.1 기본물성

RESULT OF SOIL TEST

PROJECT : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

Test No.	Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_s (g/㎤)	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than								U.S. C.S	Re-marks
					W_L (%)	W_P (%)	I_P	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		
1	NBB-2	8.0	13.3	2.658	NP	NP	NP		100.0	95.0	87.3	76.8	47.1	21.0	-	SM	
2	NBB-3	3.0	25.2	2.677	29.5	19.8	9.7				100.0	96.6	88.8	72.1	11.5	CL	
3	NBB-5	6.0	14.6	2.655	NP	NP	NP		100.0	89.6	82.3	71.4	45.1	23.4	-	SM	
4	NBB-6	16.0	7.6	2.644	NP	NP	NP		100.0	70.1	54.6	41.9	24.1	8.1	-	SP-SM	
5	NBB-7	6.0	20.4	2.670	NP	NP	NP					100.0	99.7	51.3	7.3	ML	
6		24.0	23.7	2.664	NP	NP	NP		100.0	96.5	95.9	91.3	57.1	21.4	-	SM	
7	NBB-8	9.0	17.8	2.659	NP	NP	NP					100.0	86.2	19.9	-	SM	
8	NTB-1	8.0	18.9	2.659	NP	NP	NP			100.0	99.6	95.7	54.4	15.8	-	SM	
9	NTB-2	4.0	41.2	2.688	42.2	24.5	17.7					100.0	99.6	97.7	14.1	CL	
10	NTB-3	14.0	20.2	2.663	NP	NP	NP					100.0	81.3	25.9	-	SM	
11	NTB-4	5.0	23.1	2.670	29.8	20.1	9.7		100.0	98.2	94.1	83.7	63.8	35.6	6.3	SC	
12	NTB-5	6.0	35.3	2.686	36.6	22.8	13.8					100.0	98.8	95.7	14.1	CL	
13	NTB-6	8.0	30.1	2.681	32.4	21.2	11.2					100.0	99.4	97.3	12.7	CL	
14	NTB-7	2.0	31.4	2.683	33.3	21.7	11.6					100.0	99.6	98.3	13.4	CL	
15	NTB-8	22.0	10.7	2.655	NP	NP	NP				100.0	98.9	69.7	17.1	-	SM	
16	NTB-9	6.0	26.6	2.680	32.1	20.7	11.4			100.0	99.7	96.6	86.3	64.3	11.5	CL	

RESULT OF SOIL TEST

PROJECT : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

Test No.	Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_s (g/㎤)	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than								U.S. C.S	Re-marks
					W_L (%)	W_P (%)	I_P	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		
17	NTB-10	5.0	31.5	2.677	NP	NP	NP					100.0	98.1	84.5	9.2	ML	
18	NTB-11	6.0	25.0	2.677	NP	NP	NP					100.0	99.5	96.9	9.0	ML	
19	NTB-12	6.0	24.9	2.675	NP	NP	NP					100.0	99.4	97.9	8.5	ML	
20	NTB-13	19.0	8.1	2.647	NP	NP	NP	100.0	70.3	52.4	45.4	37.3	22.3	9.8	-	GP-GM	
21	NTB-14	9.0	7.5	2.644	NP	NP	NP	100.0	65.4	47.4	36.4	30.3	14.9	6.8	-	GW-GM	
22	NTB-15	6.0	20.8	2.673	NP	NP	NP					100.0	98.0	78.7	8.8	ML	
23	NTB-16	14.0	4.0	2.642	NP	NP	NP	100.0	85.7	48.5	41.7	30.8	10.1	3.8	-	GP	
24	NTB-17	4.0	25.6	2.678	30.3	20.7	9.6			100.0	99.6	98.3	85.7	62.6	10.3	CL	
25	NTB-18	23.0	20.2	2.662	NP	NP	NP				100.0	85.9	63.1	28.3	-	SM	
26	NTB-19	1.0	35.7	2.685	36.8	23.0	13.8					100.0	98.2	86.9	13.4	CL	
27	NTB-20	7.0	27.8	2.681	32.3	21.1	11.2					100.0	95.9	65.6	10.2	CL	
28	NTB-21	7.0	18.6	2.663	NP	NP	NP				100.0	99.5	51.1	15.3	-	SM	
29	NTB-22	13.0	6.8	2.641	NP	NP	NP		100.0	49.1	36.8	29.1	17.0	6.9	-	GW-GM	
30	NTB-23	6.0	14.3	2.657	NP	NP	NP					100.0	81.8	12.3	-	SM	
31	NTB-24	13.0	7.5	2.648	NP	NP	NP		100.0	57.9	49.8	42.5	28.9	14.2	-	GM	
32	NTB-25	6.0	24.4	2.640	NP	NP	NP				100.0	99.9	39.8	3.8	-	SP	

RESULT OF SOIL TEST

PROJECT : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

Test No.	Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_s (g/㎤)	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than								U.S. C.S	Re-marks
					W_L (%)	W_P (%)	I_P	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		
33	NTB-26	23.0	25.5	2.672	29.7	19.9	9.8				100.0	97.9	68.0	37.8	7.2	SC	
34	NTB-27	11.0	9.0	2.645	NP	NP	NP		100.0	59.6	40.2	29.4	16.4	7.7	-	GW-GM	
35	NTB-28	9.0	8.2	2.642	NP	NP	NP	100.0	83.9	55.3	41.8	31.4	15.3	6.2	-	GW-GM	
36	NTB-29	8.0	12.0	2.648	NP	NP	NP		100.0	77.1	66.1	59.4	33.7	7.9	-	SP-SM	
37	NTB-30	15.0	19.1	2.662	NP	NP	NP			100.0	99.7	95.0	55.1	23.6	-	SM	

KCQT-TI-01-01(00)

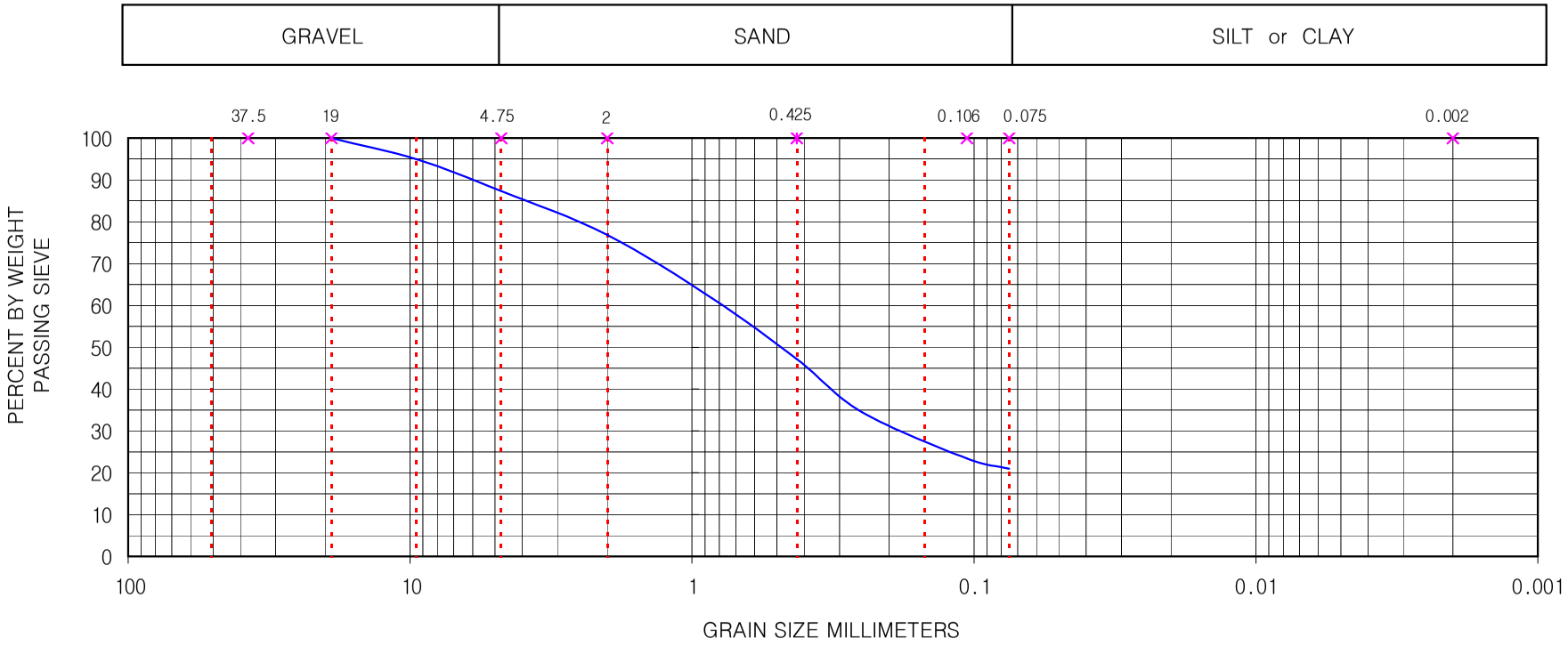
RESULT OF SOIL TEST

■ Proect : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

Test No	Description	Wn (%)	ρ_s	Atterberg Limits (%)			Grain Size Distribution % Finer Than										Compaction Test A-a		U.S.C.S	Compaction Test D-a		Direct Shear Test		C.B.R. (95% of ρ_{dmax}, %)	Remarks
				LL	PL	PI	53.0 (mm)	37.5 (mm)	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)	OMC (%)	ρ_{dmax} (g/㎤)		OMC (%)	ρ_{dmax} (g/㎤)	C (KN/㎡)	Φ (°)		
TP-1	Silty Sand	9.8	2.673	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	99.2	94.8	88.2	54.9	29.1	-	12.8	1.884	SM	10.3	2.008	17.22	34.7	21.5	
TP-2	Silty Sand	8.2	2.675	NP	NP	NP	-	-	100.0	98.0	95.3	90.5	83.9	52.6	27.2	-	11.2	1.892	SM	8.7	2.013	16.71	35.0	22.0	
TP-3	Poorly-graded Sand with Gravel	1.0	2.664	NP	NP	NP	100.0	88.2	78.8	76.0	70.4	69.3	67.7	18.0	3.2	-	12.3	1.623	SP	10.1	1.718	8.86	31.2	11.2	
TP-4	Well-graded Sand with Silt	5.9	2.668	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	96.5	93.3	88.9	34.1	9.8	-	11.5	1.794	SW-SM	9.4	1.882	10.93	32.6	13.4	

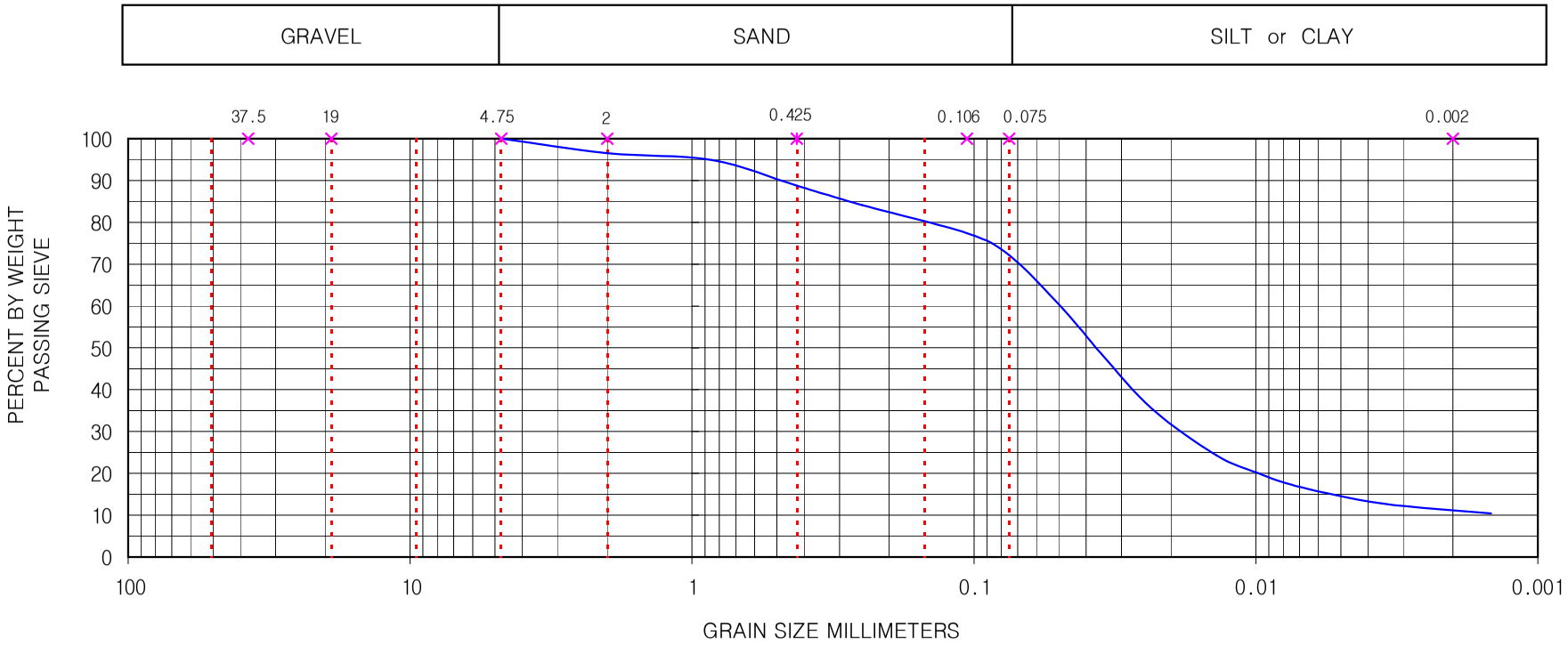
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NBB-2	Test Date	2011-04-05
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Silty Sand	13.3	2.658	NP	NP	NP	SM



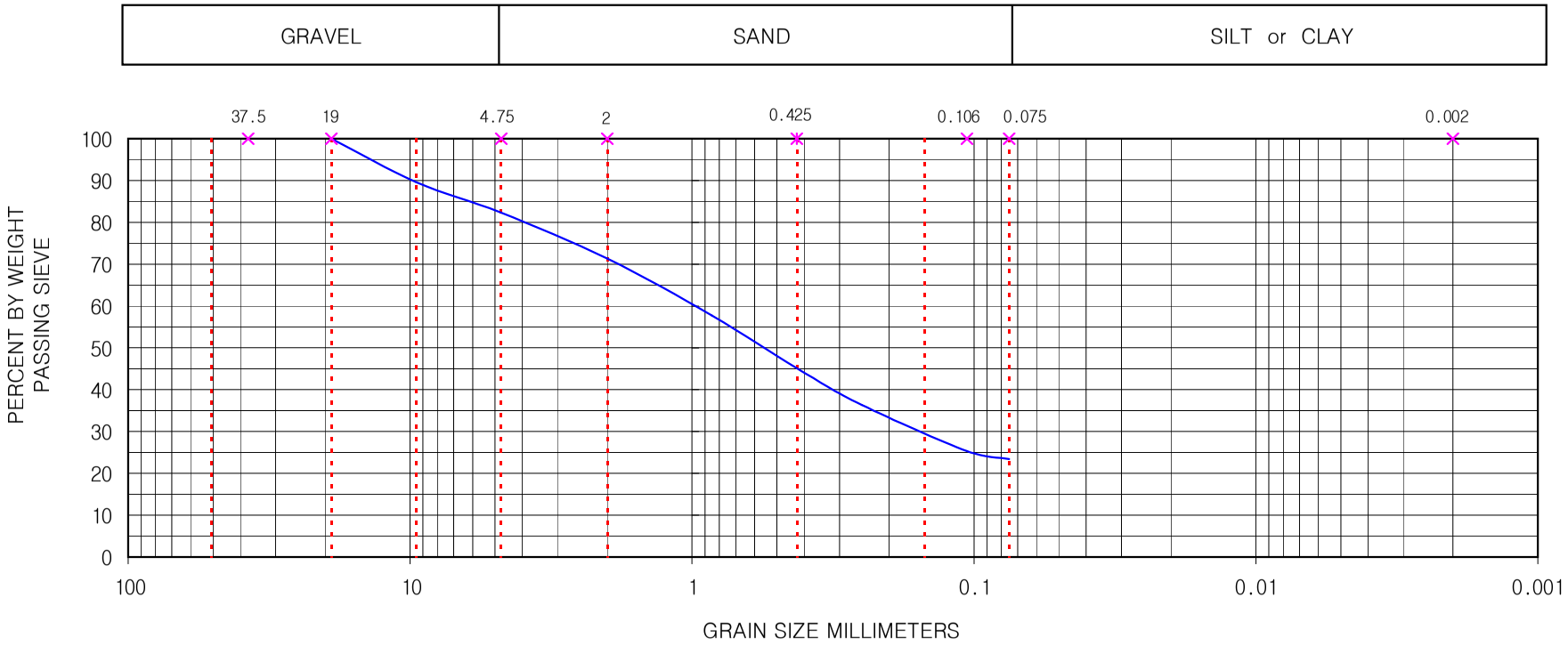
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NBB-3	Test Date	2011-04-05
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0 m	Lean Clay with Sand	25.2	2.677	29.5	19.8	9.7	CL



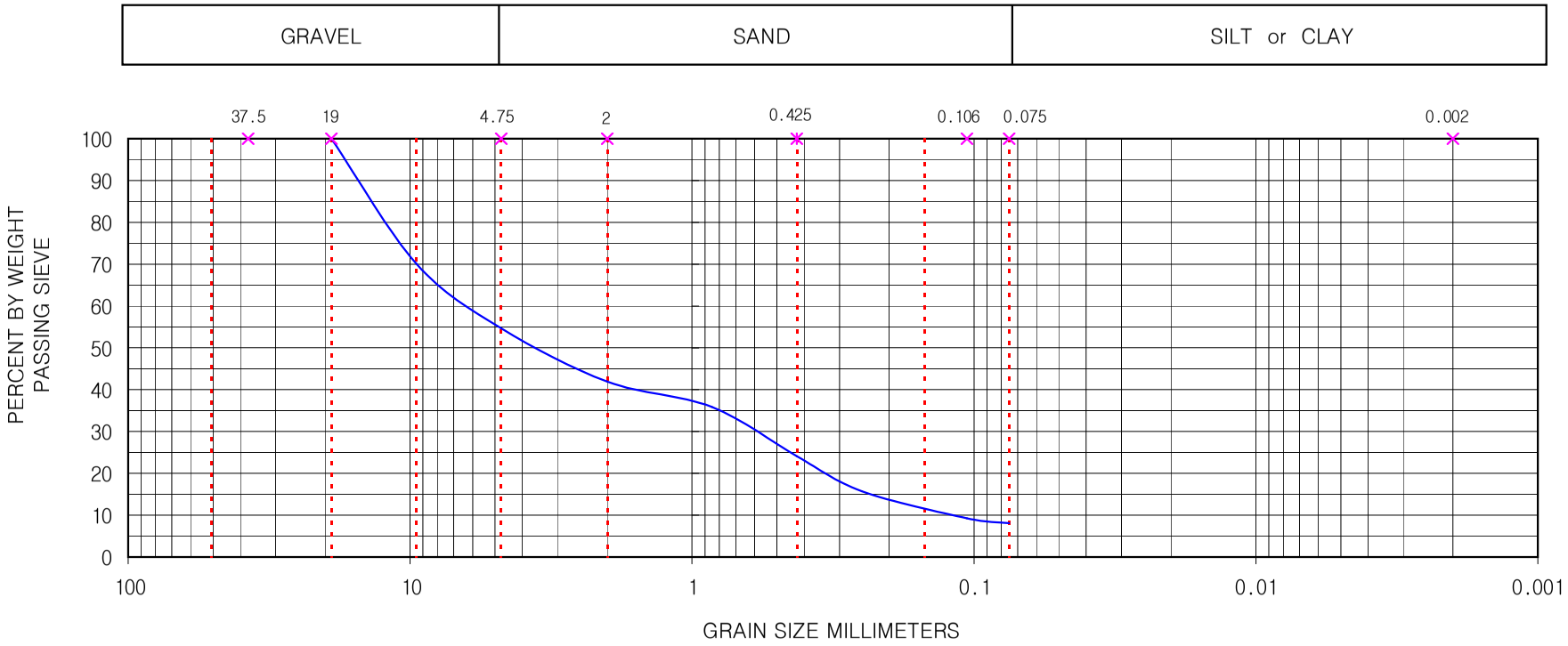
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NBB-5	Test Date	2011-03-09
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Silty Sand with Gravel	14.6	2.655	NP	NP	NP	SM



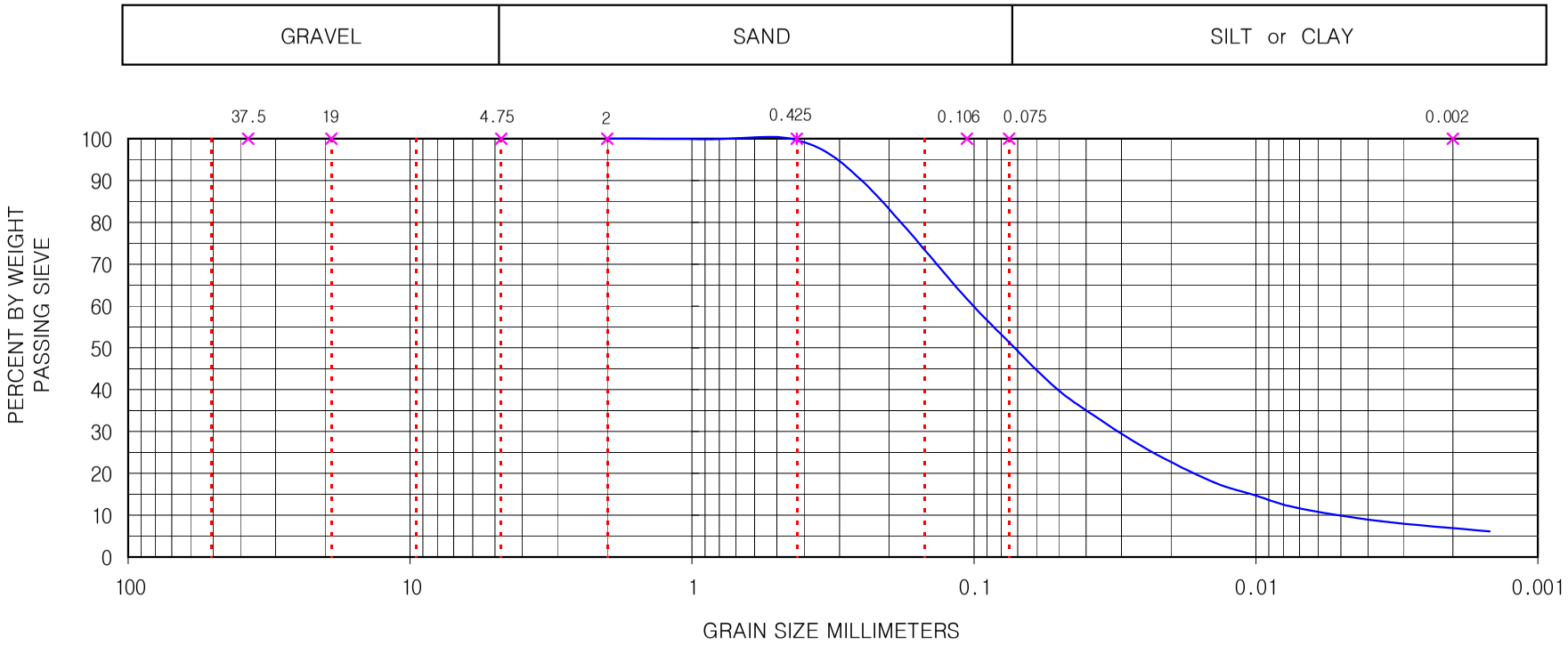
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NBB-6	Test Date	2011-03-09
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	16.0 m	Poorly-graded Sand with Silt+Gravel	7.6	2.644	NP	NP	NP	SP-SM



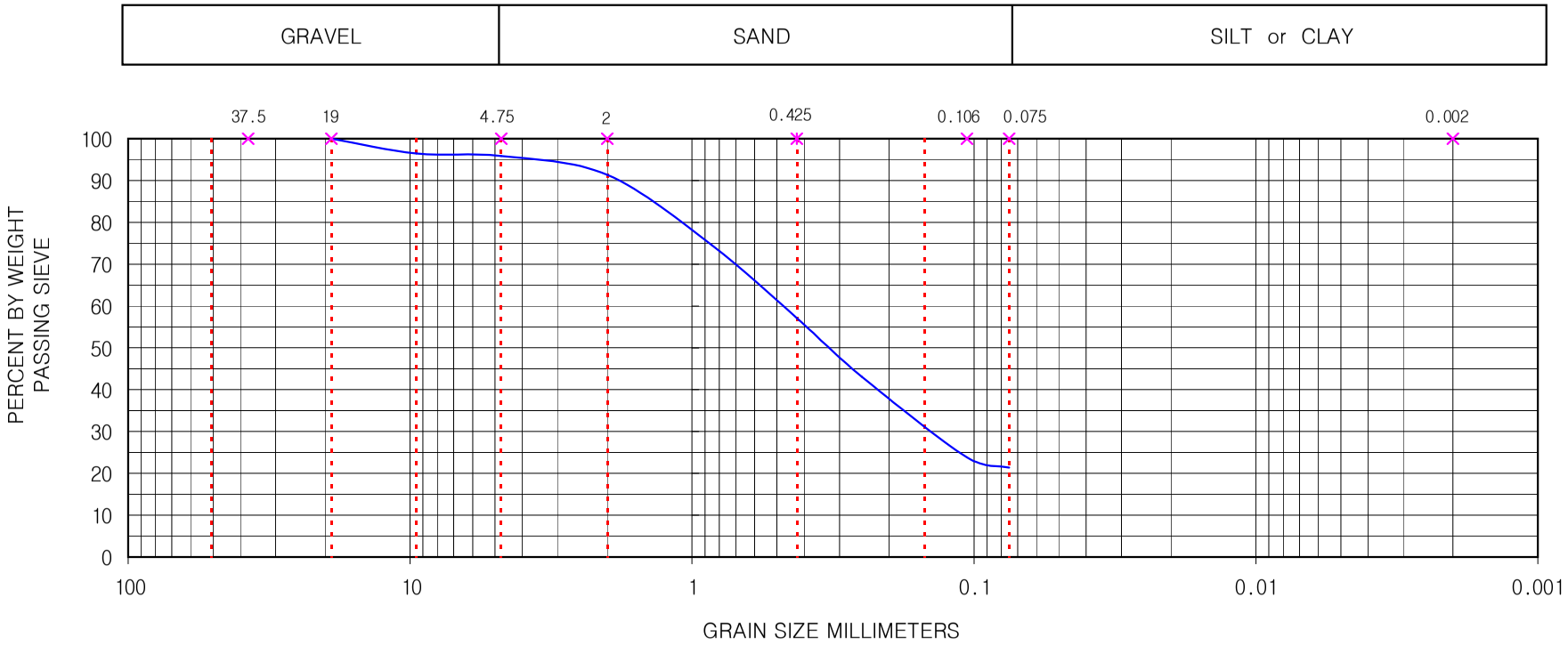
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NBB-7	Test Date	2011-03-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Sandy Silt	20.4	2.670	NP	NP	NP	ML



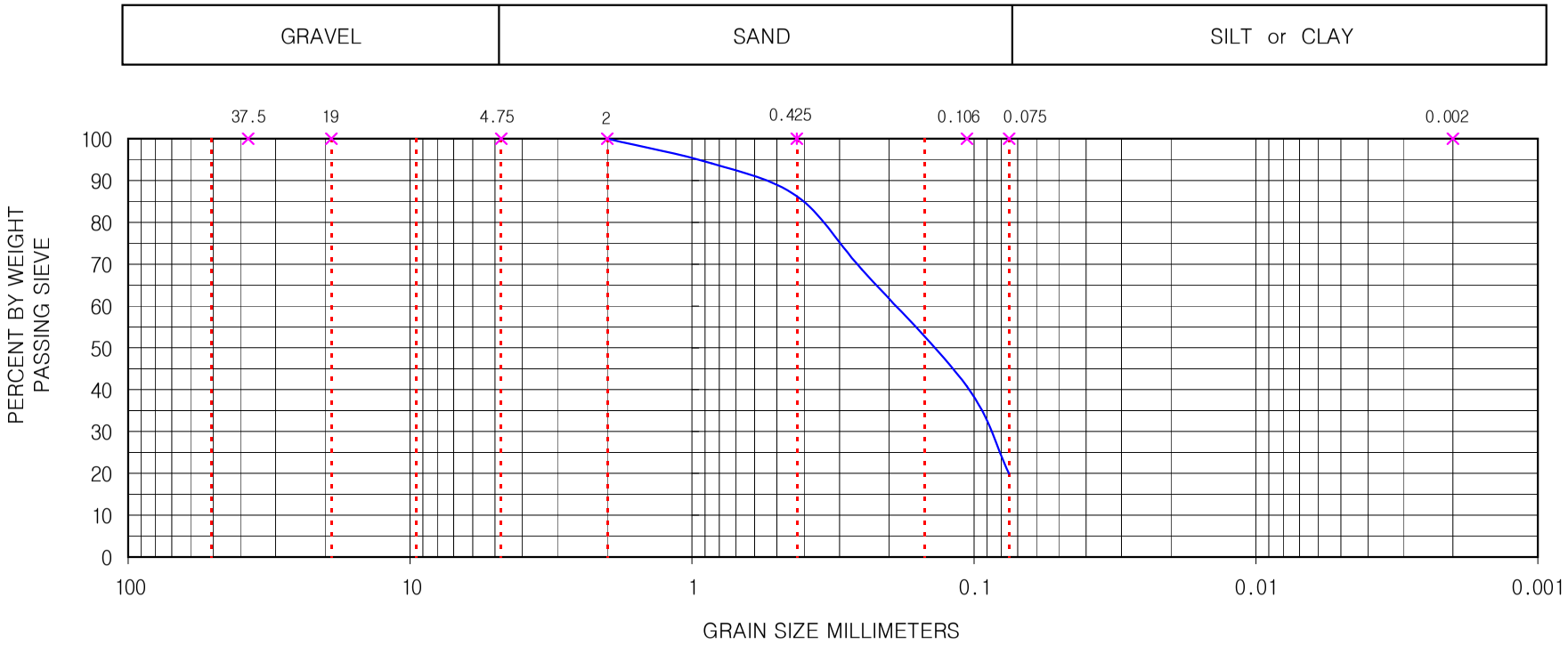
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NBB-7	Test Date	2011-03-09
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	24.0 m	Silty Sand	23.7	2.664	NP	NP	NP	SM



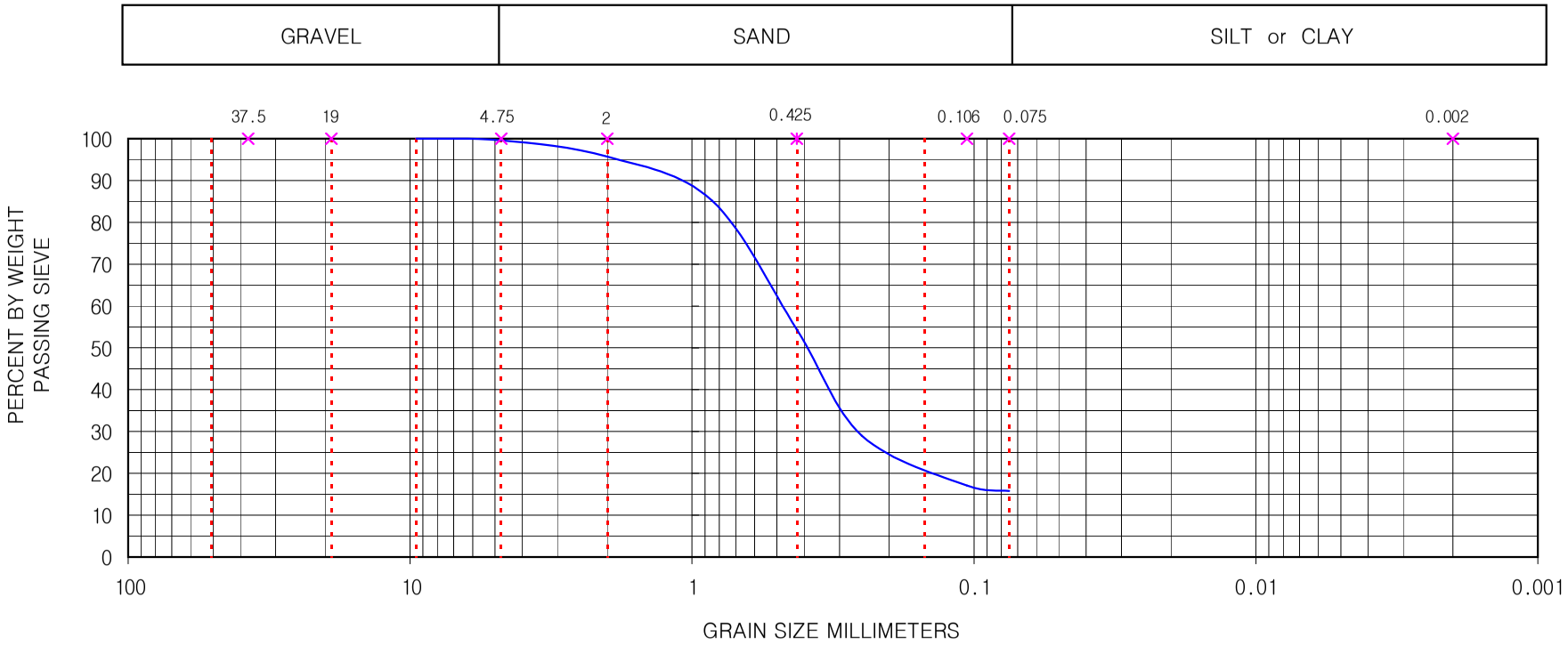
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NBB-8	Test Date	2011-03-09
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	9.0 m	Silty Sand	17.8	2.659	NP	NP	NP	SM



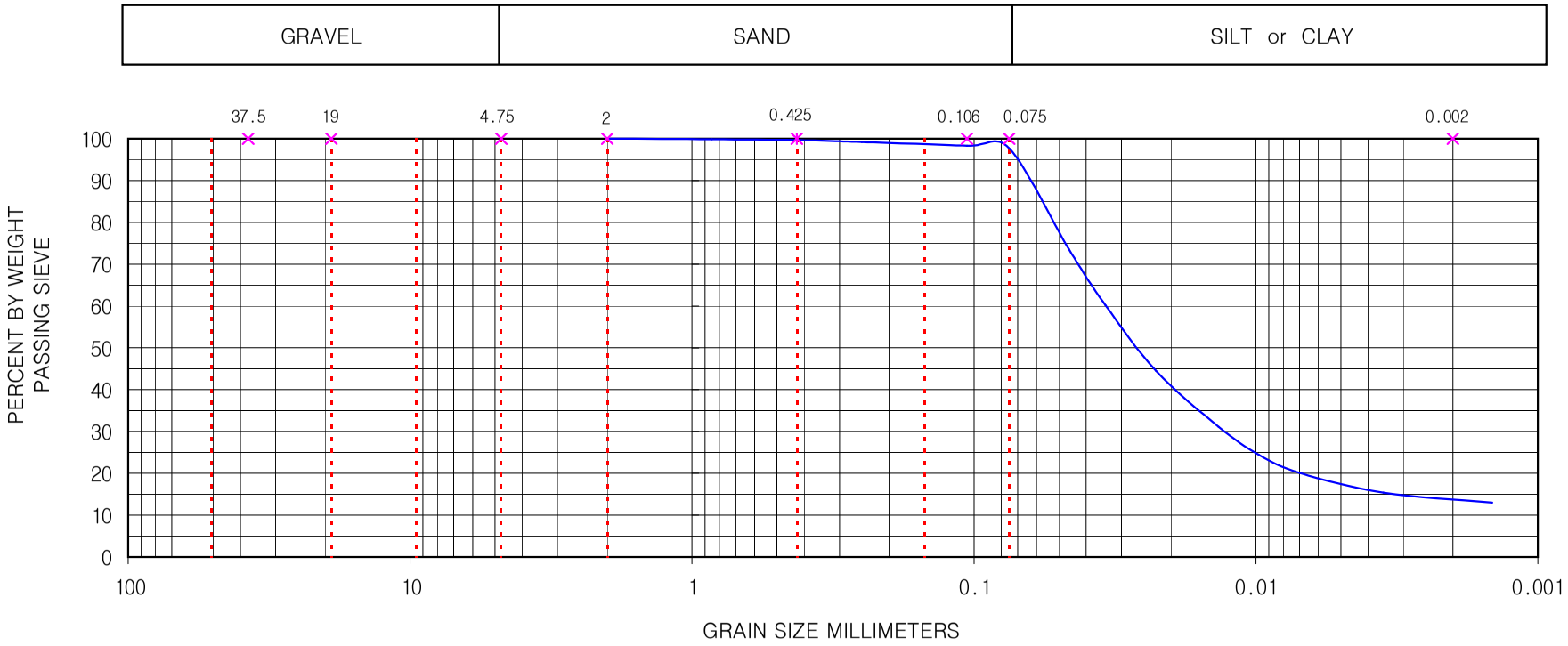
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-1	Test Date	2011-03-18
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Silty Sand	18.9	2.659	NP	NP	NP	SM



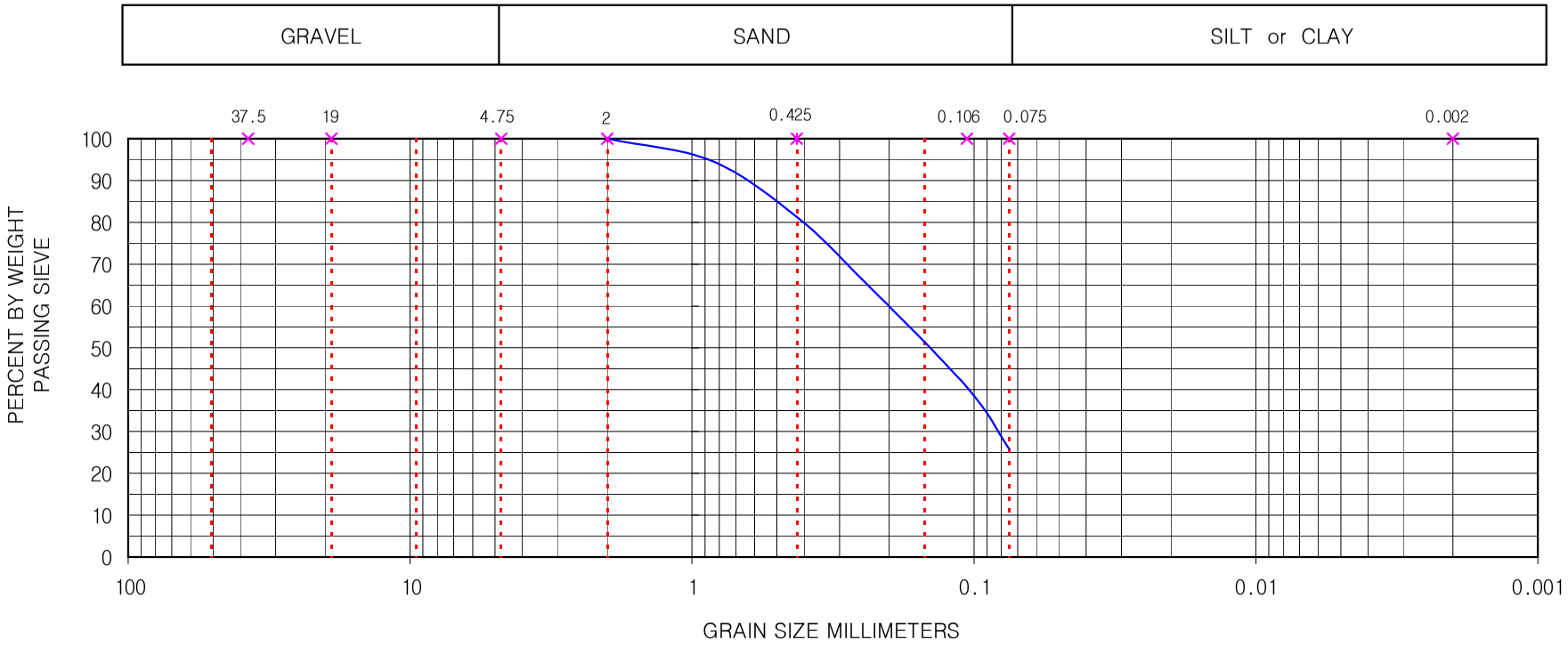
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-2	Test Date	2011-03-18
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0 m	Lean Clay	41.2	2.688	42.2	24.5	17.7	CL



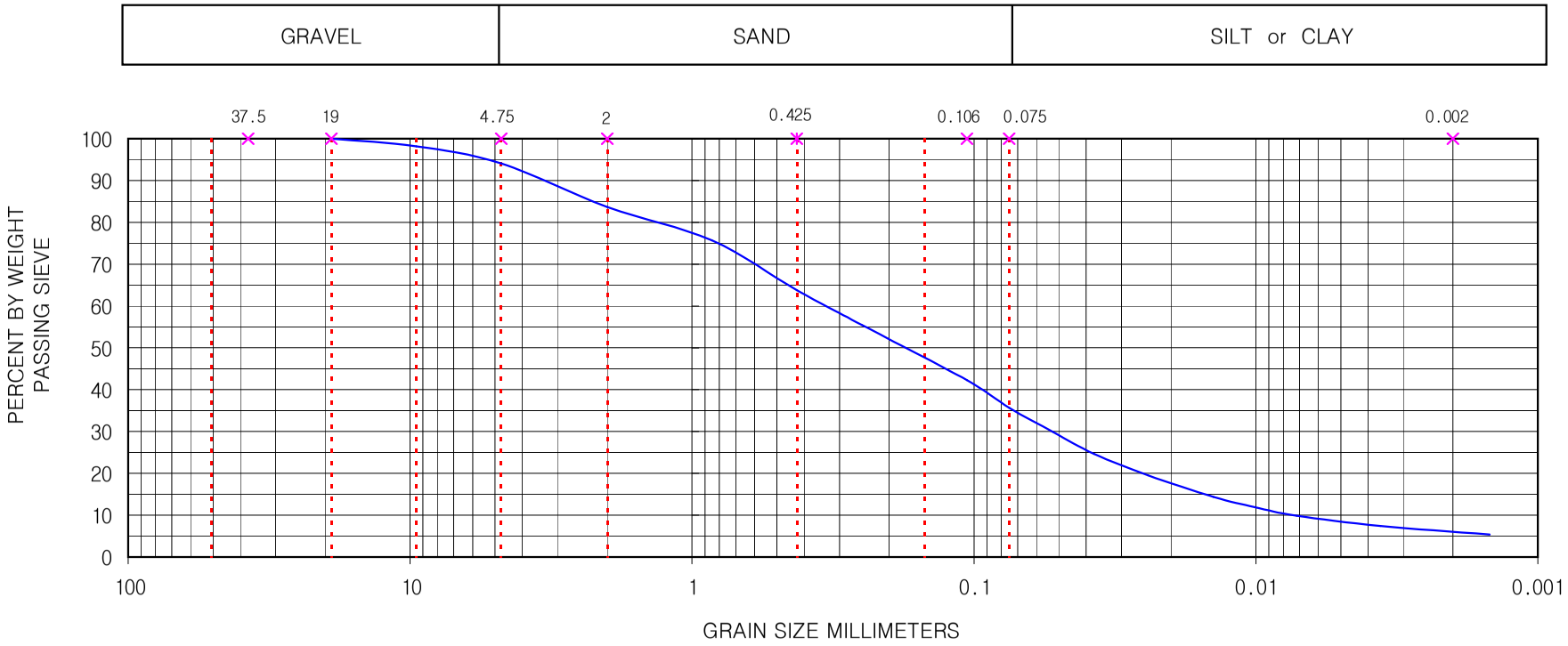
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-3	Test Date	2011-03-18
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	14.0 m	Silty Sand	20.2	2.663	NP	NP	NP	SM



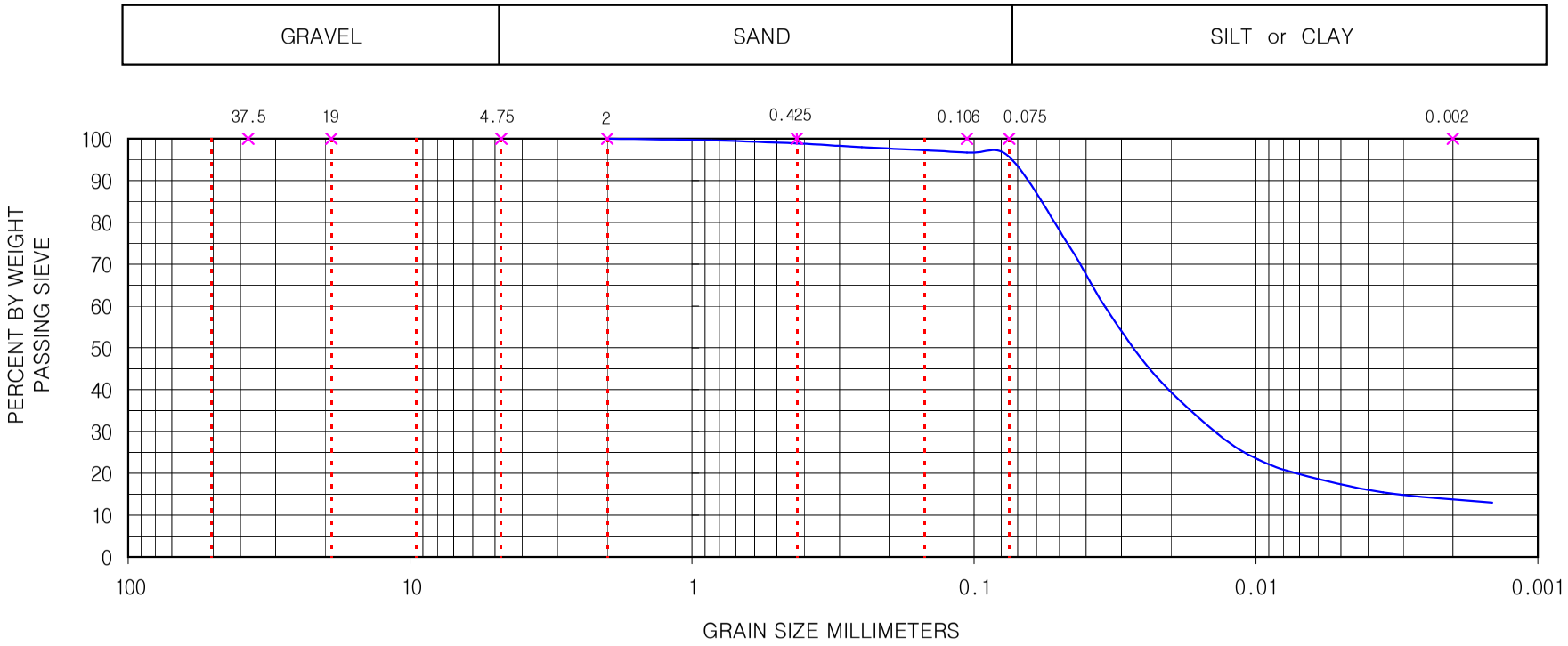
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-4	Test Date	2011-03-18
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0 m	Clayey Sand	23.1	2.670	29.8	20.1	9.7	SC



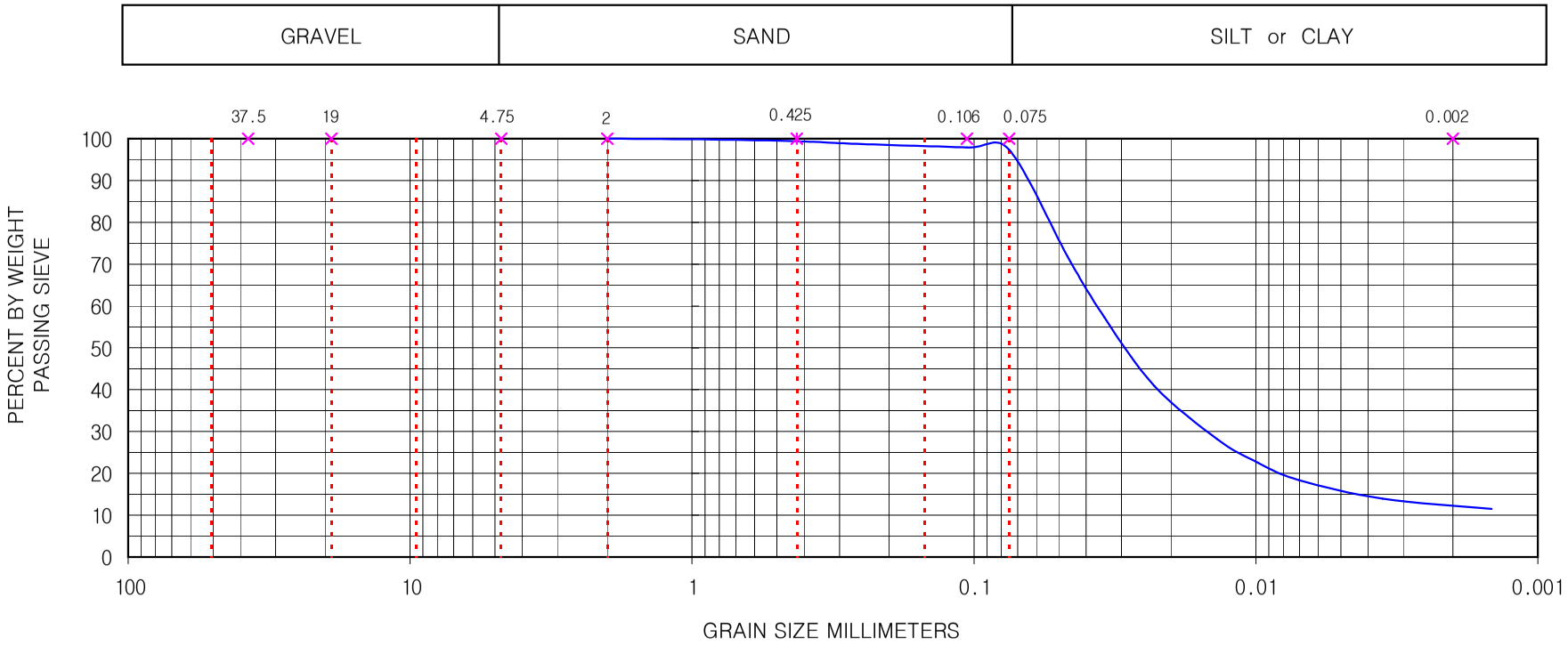
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-5	Test Date	2011-04-05
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Lean Clay	35.3	2.686	36.6	22.8	13.8	CL



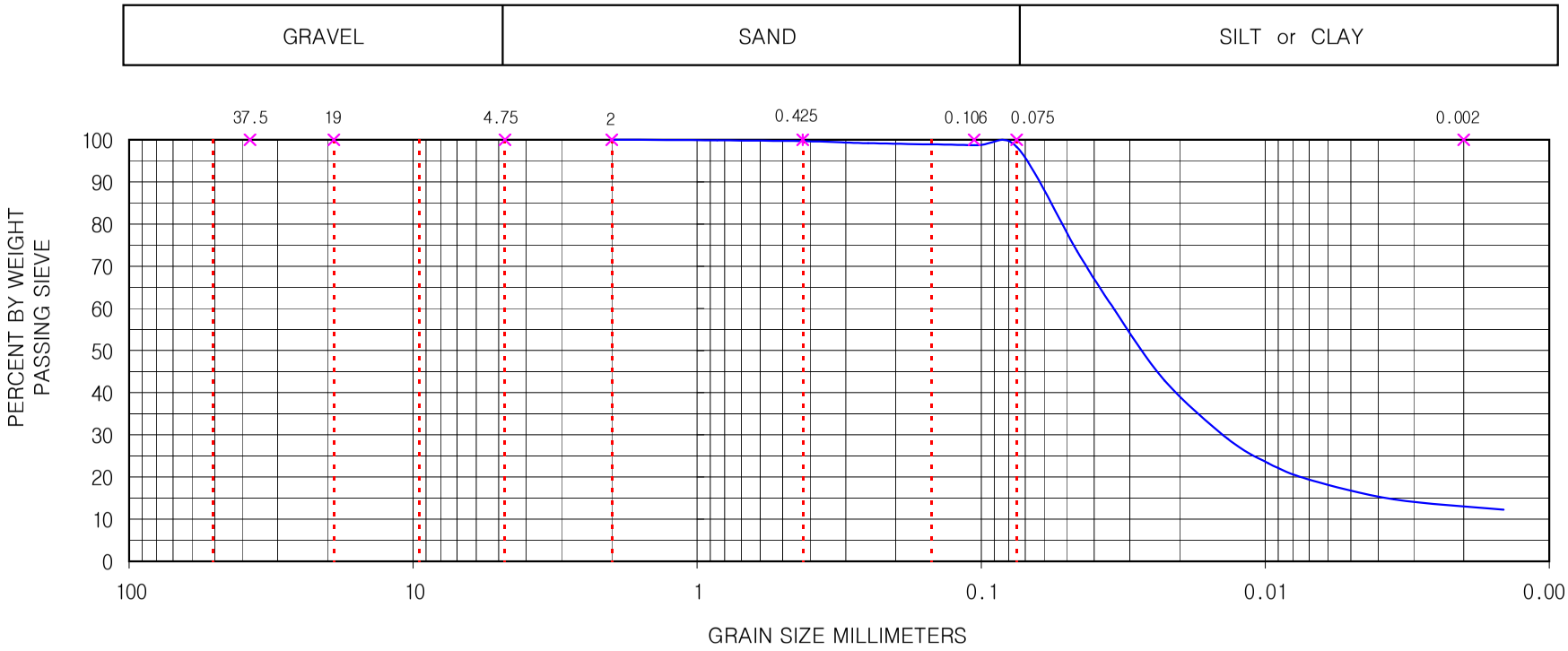
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-6	Test Date	2011-04-05
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Lean Clay	30.1	2.681	32.4	21.2	11.2	CL



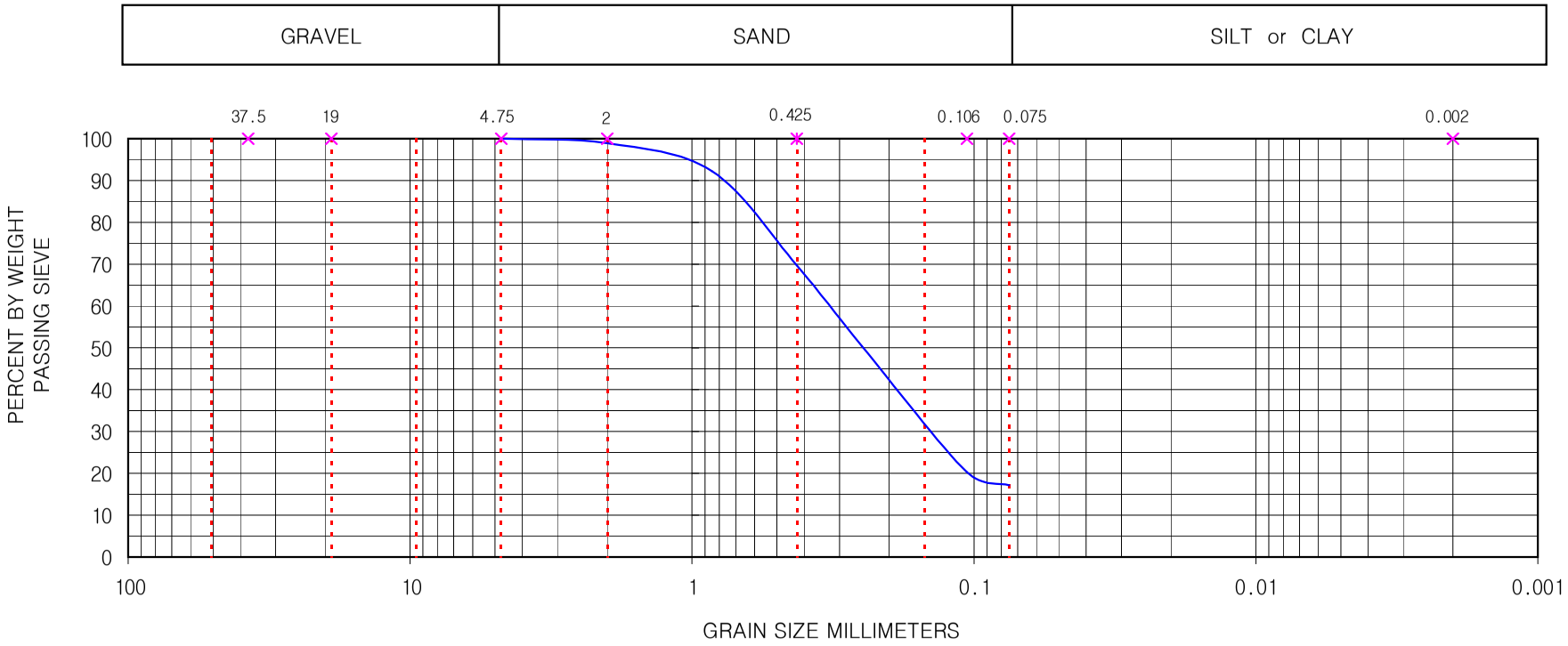
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-7	Test Date	2011-04-05
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	2.0 m	Lean Clay	31.4	2.683	33.3	21.7	11.6	CL



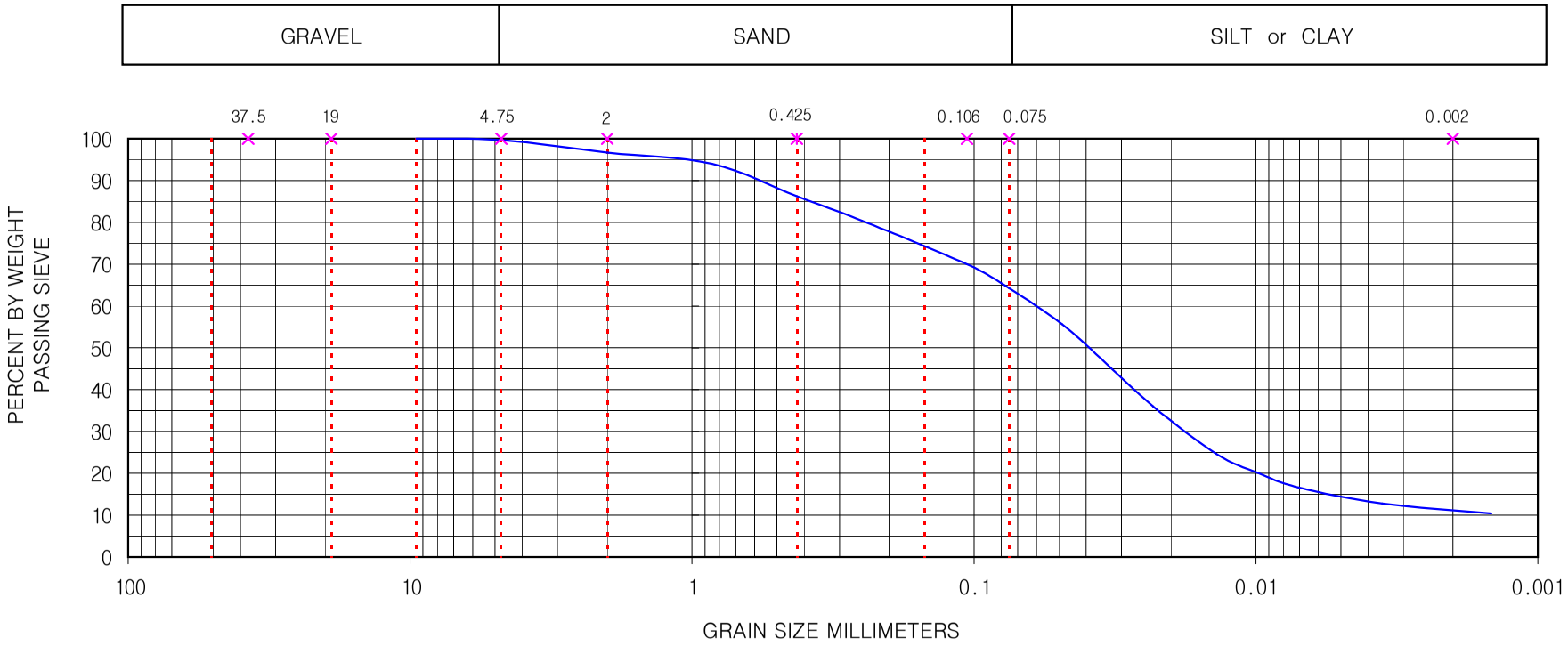
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-8	Test Date	2011-03-18
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	22.0 m	Silty Sand	10.7	2.655	NP	NP	NP	SM



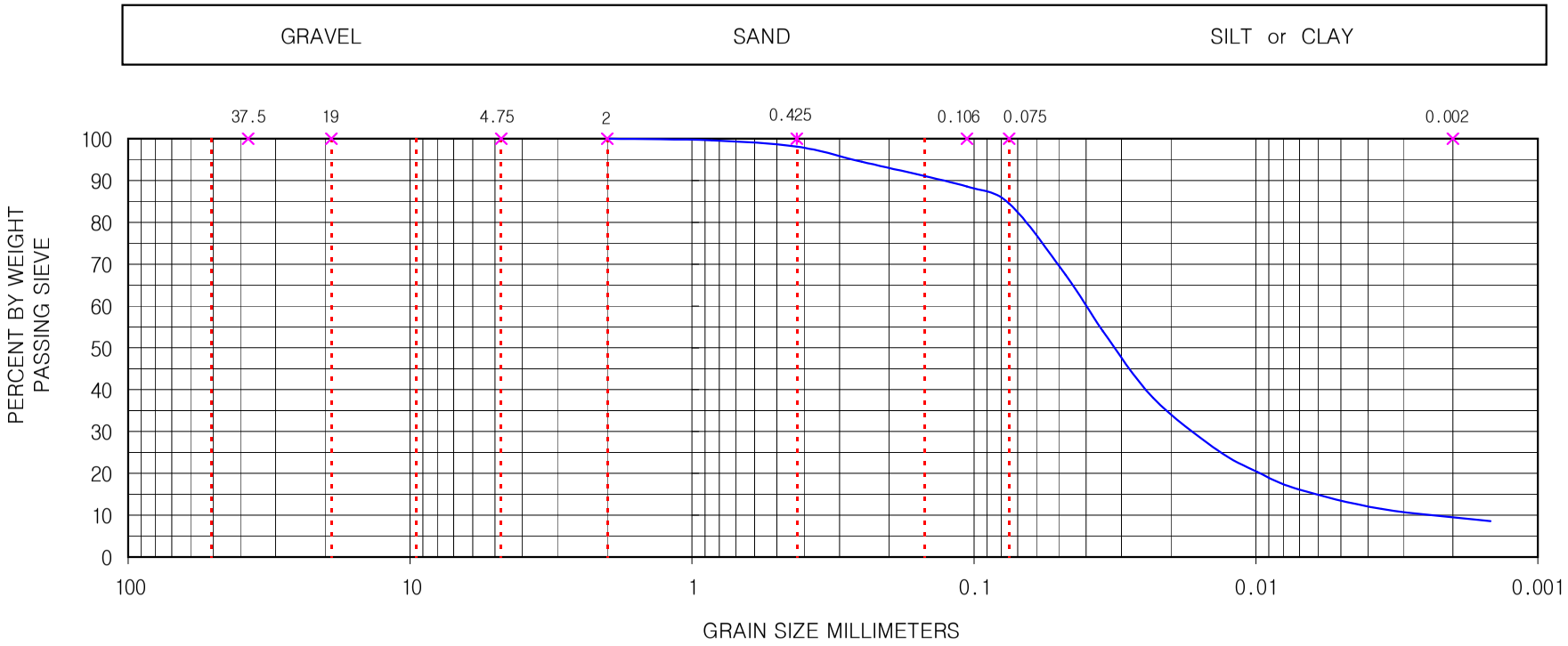
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-9	Test Date	2011-03-18
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Sandy Lean Clay	26.6	2.680	32.1	20.7	11.4	CL



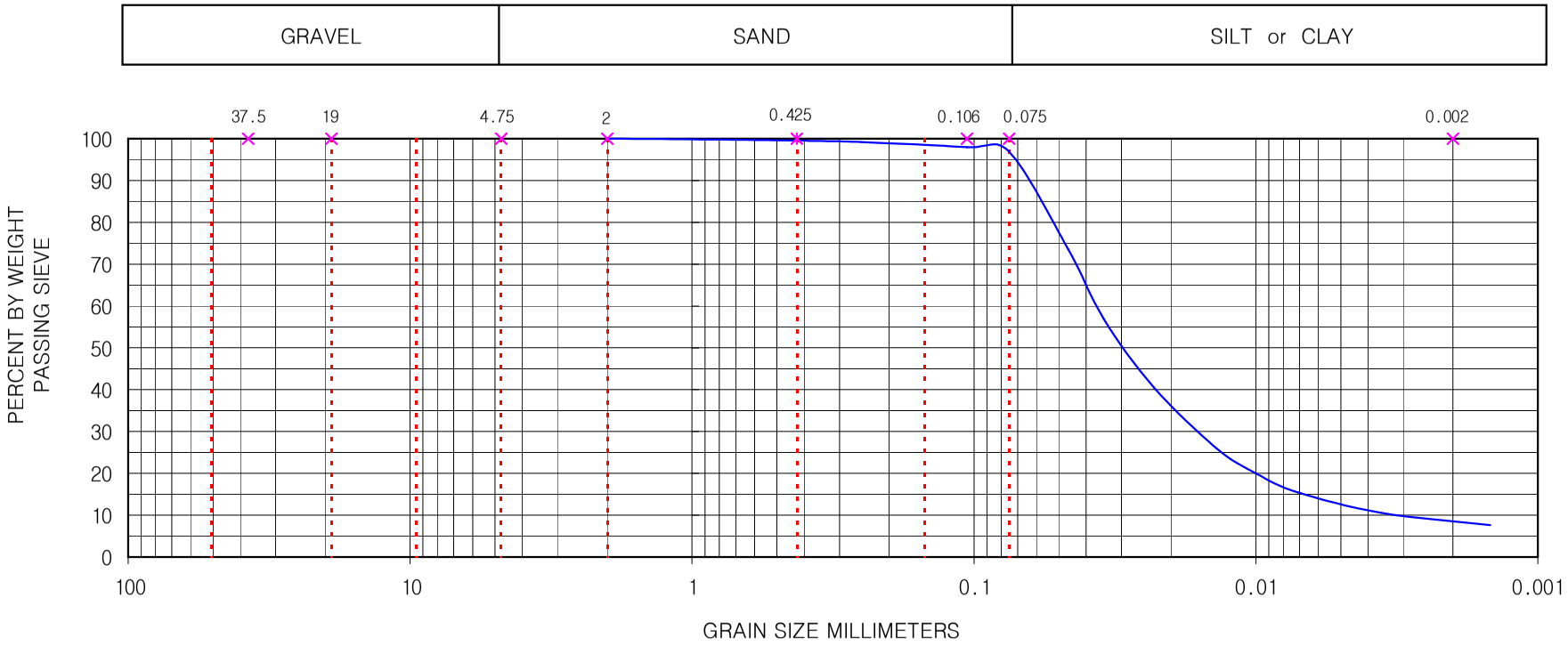
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-10	Test Date	2011-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0 m	Silt with Sand	31.5	2.677	NP	NP	NP	ML



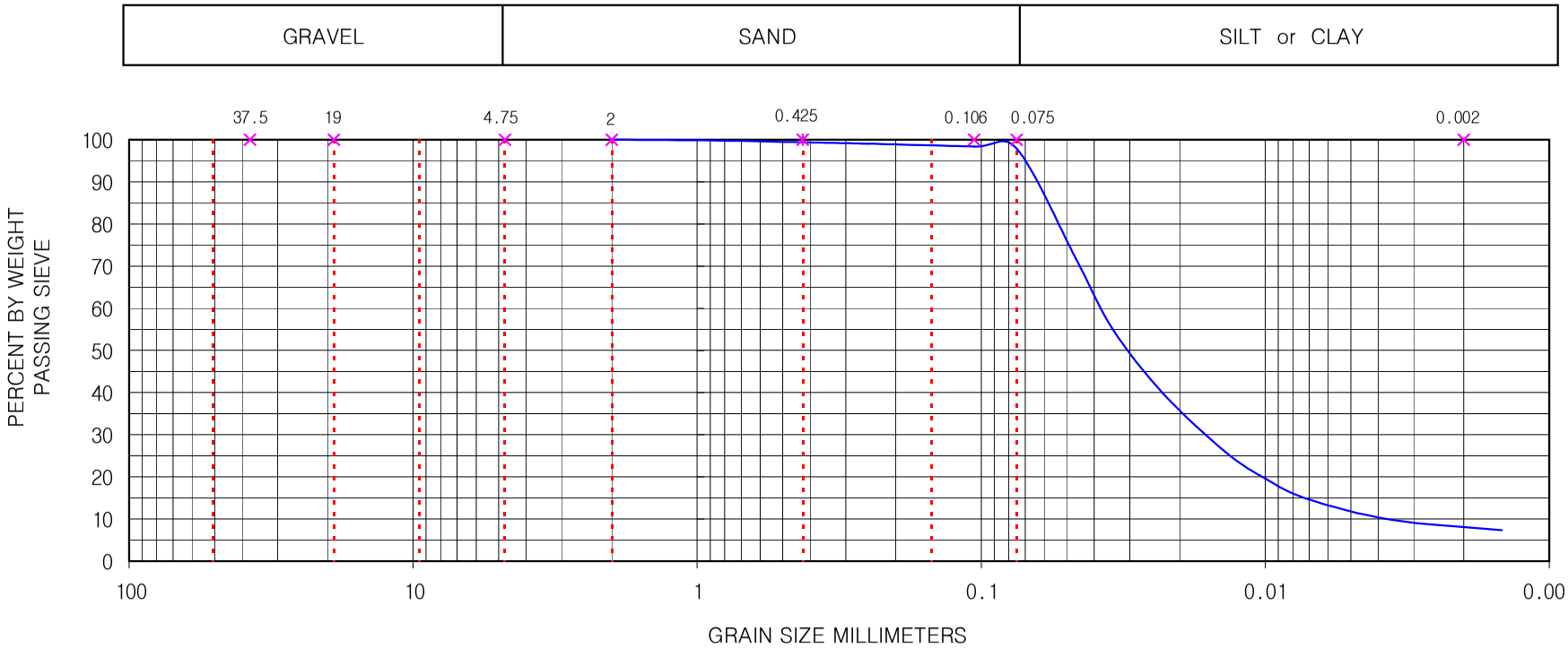
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-11	Test Date	2011-03-18
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Silt	25.0	2.677	NP	NP	NP	ML



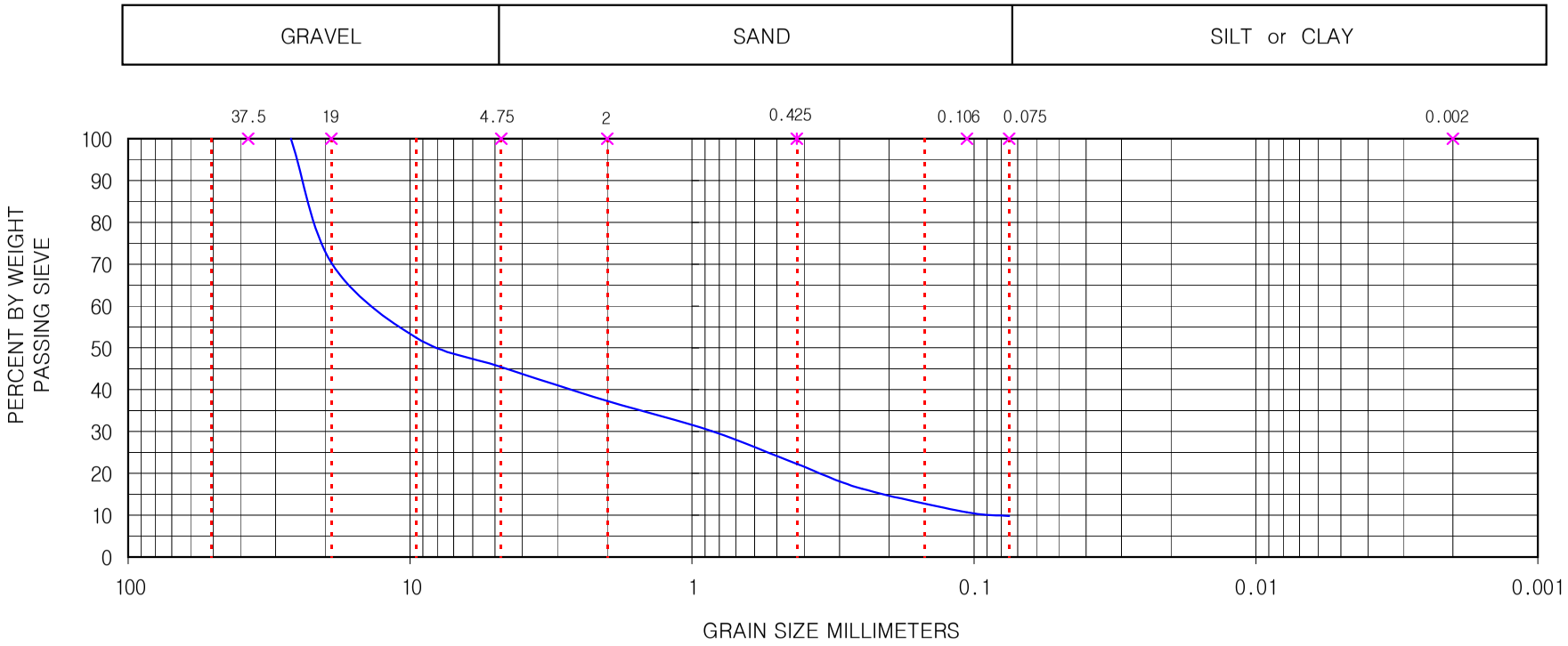
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-12	Test Date	2011-03-18
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Silt	24.9	2.675	NP	NP	NP	ML



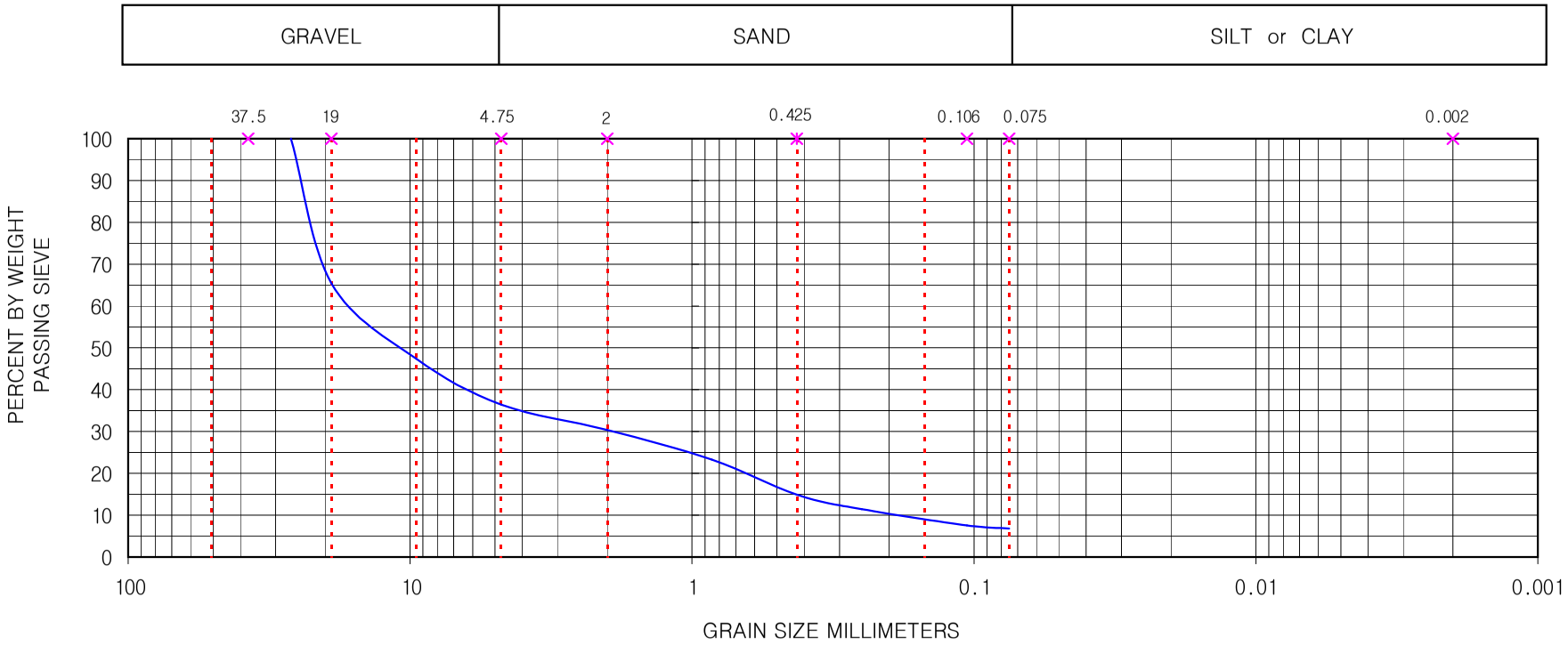
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-13	Test Date	2011-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	19.0 m	Poorly-graded Gravel with	8.1	2.647	NP	NP	NP	GP-GM



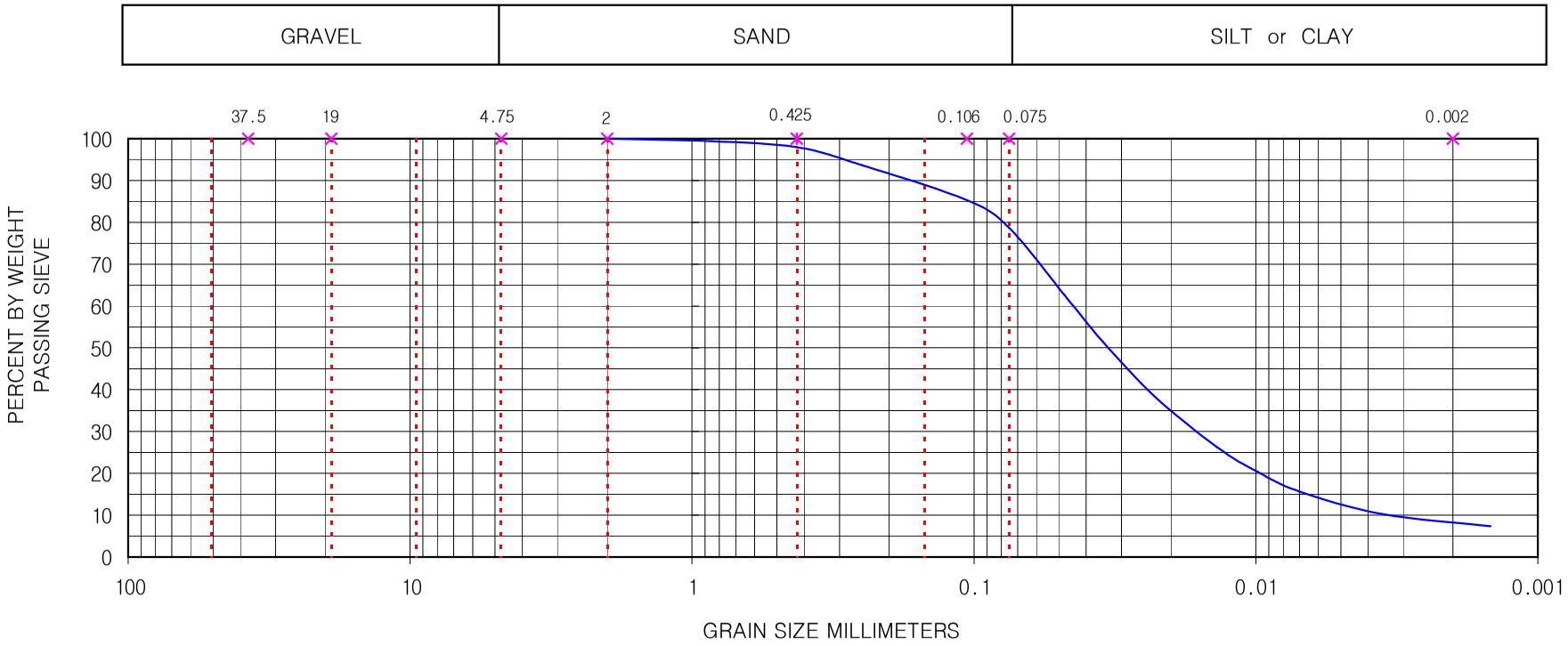
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-14	Test Date	2011-03-31
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	9.0 m	Well-graded Gravel with Silt+Sand	7.5	2.644	NP	NP	NP	GW-GM



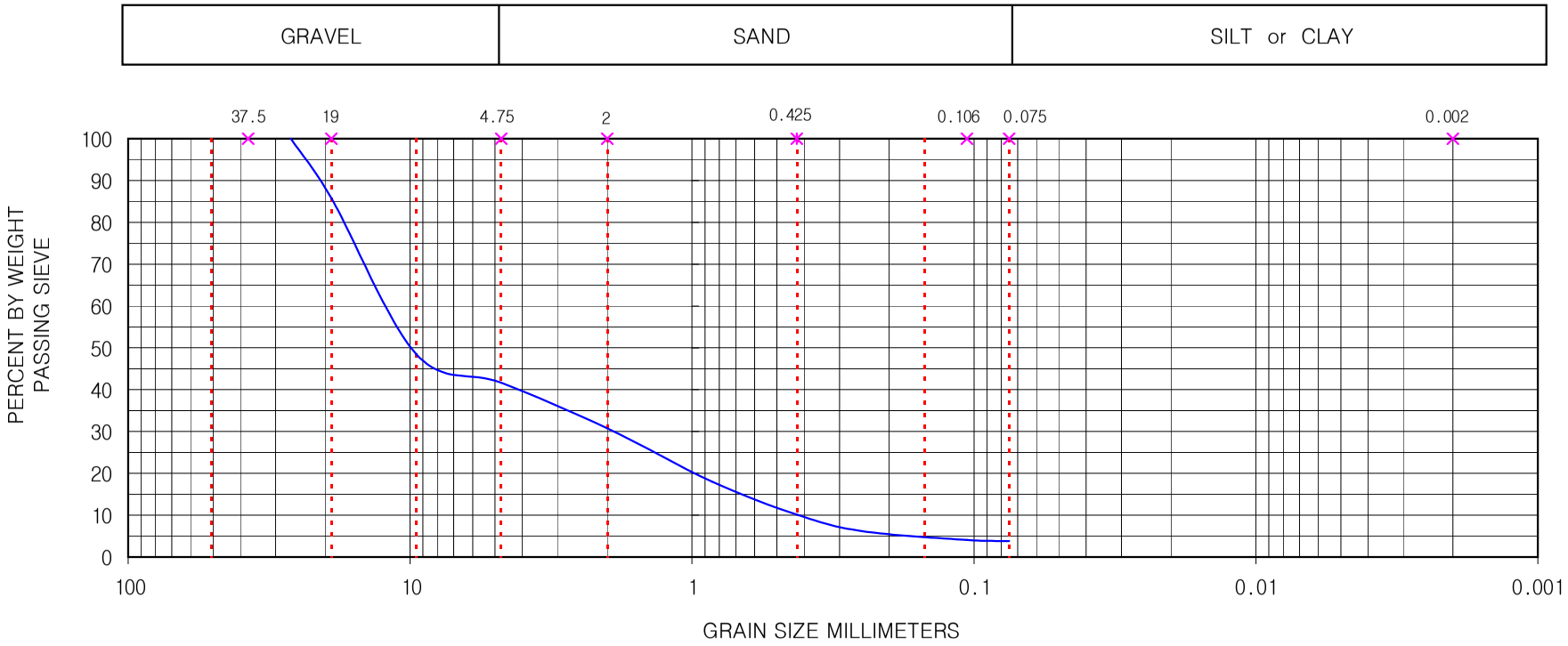
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-15	Test Date	2011-03-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Silt with Sand	20.8	2.673	NP	NP	NP	ML



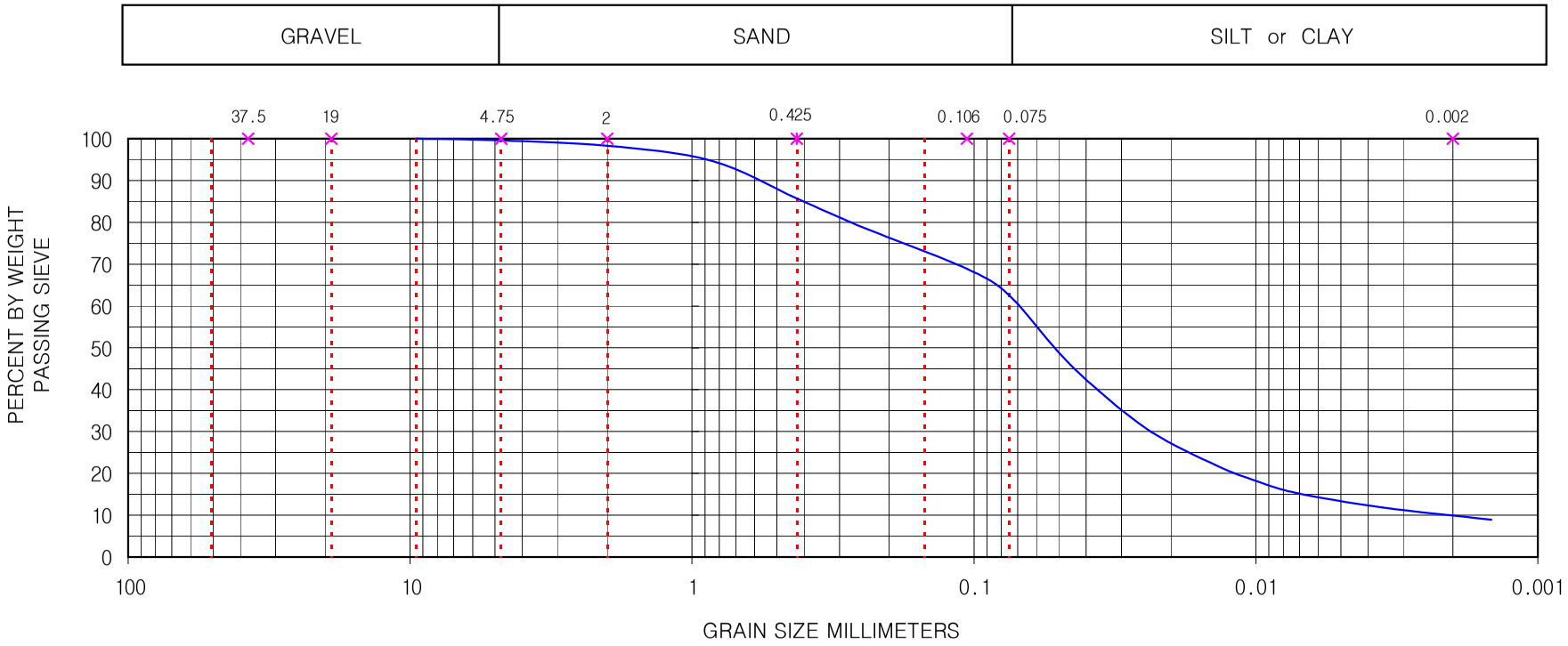
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		NTB-16	Test Date	2011-04-05
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	14.0 m	Poorly-graded Gravel with Sand	4.0	2.642	NP	NP	NP	GP



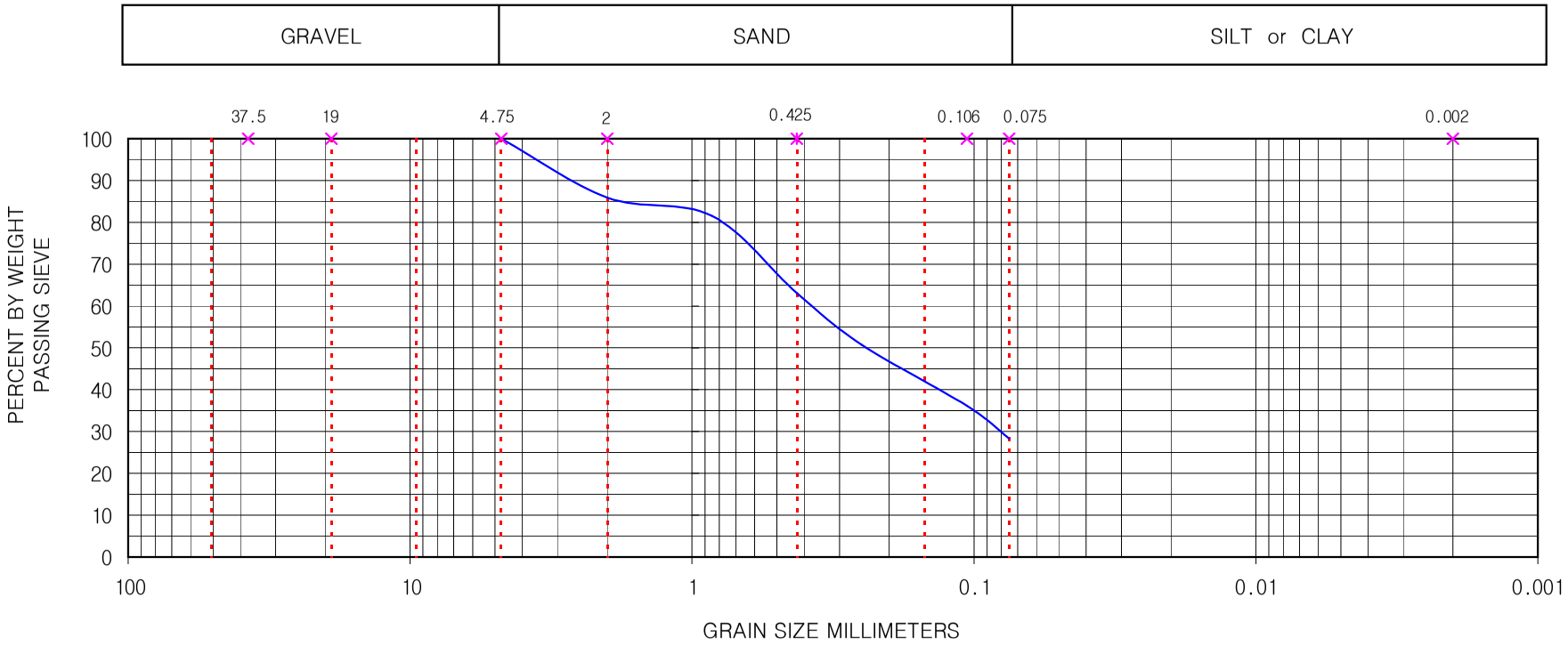
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-17	Test Date	2011-03-09
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0 m	Sandy Lean Clay	25.6	2.678	30.3	20.7	9.6	CL



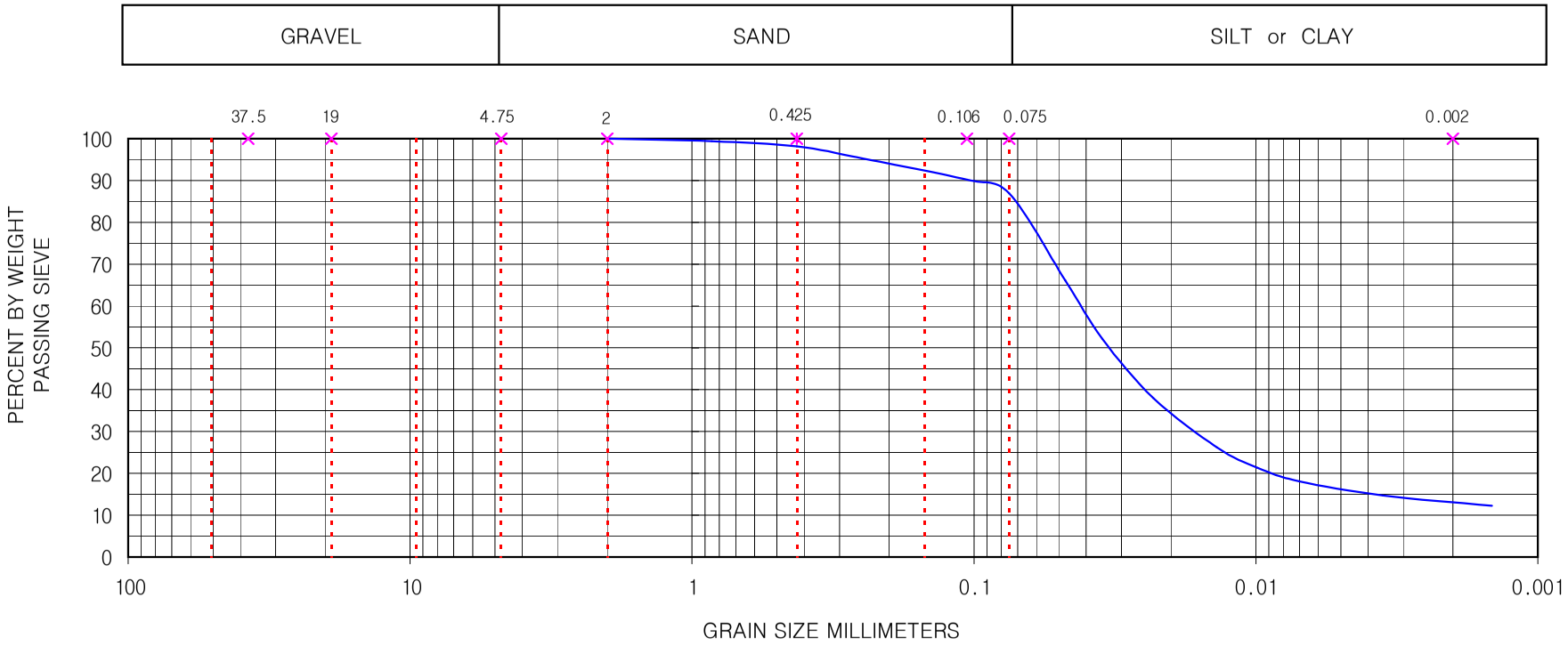
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-18	Test Date	2011-03-02
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	23.0 m	Silty Sand	20.2	2.662	NP	NP	NP	SM



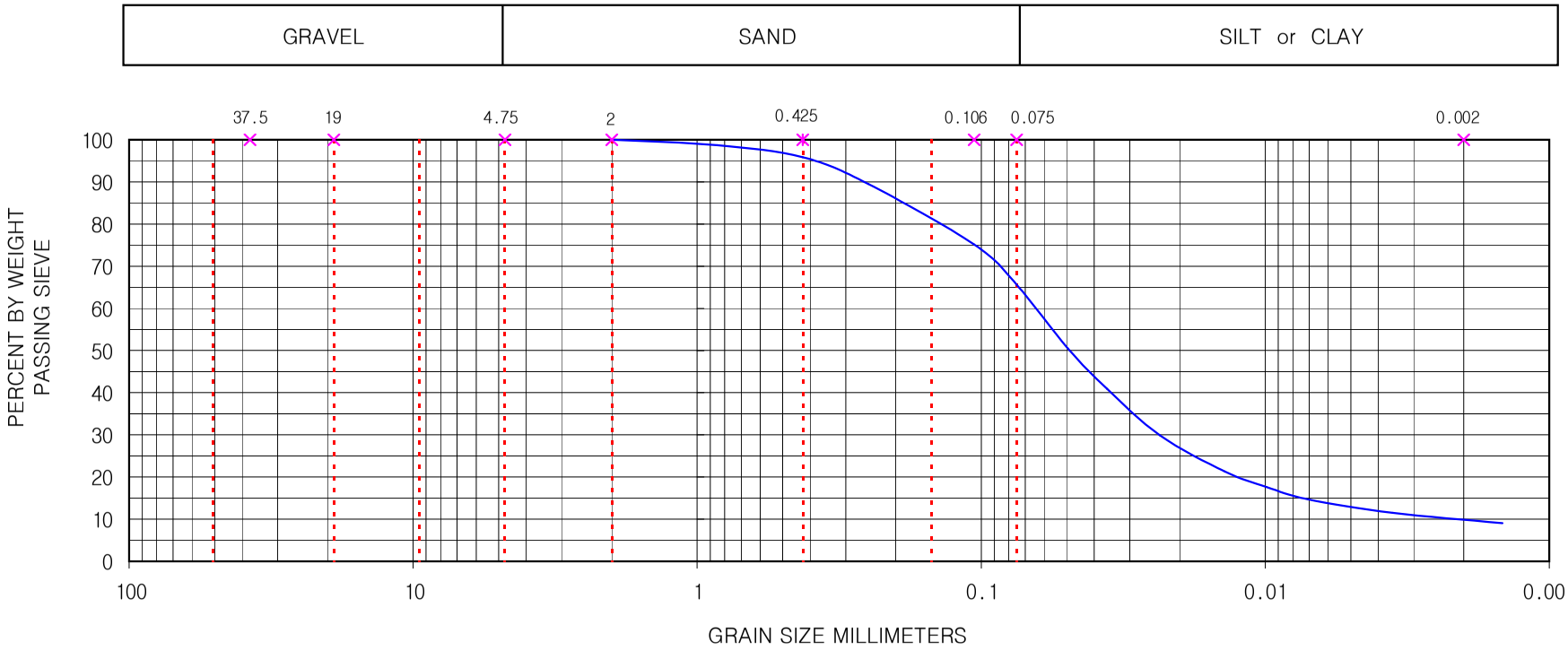
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-19	Test Date	2011-03-02
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	1.0 m	Lean Clay	35.7	2.685	36.8	23.0	13.8	CL



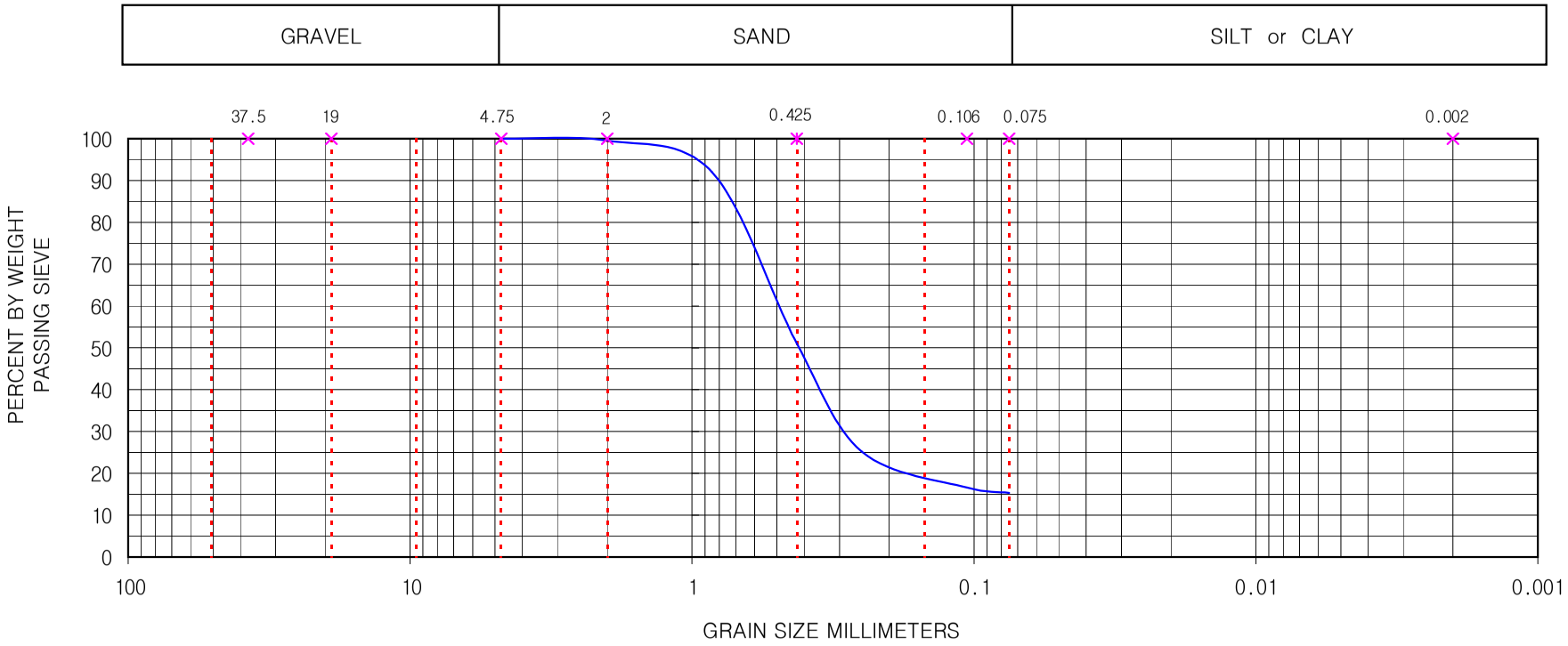
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-20	Test Date	2011-03-02
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0 m	Sandy Lean Clay	27.8	2.681	32.3	21.1	11.2	CL



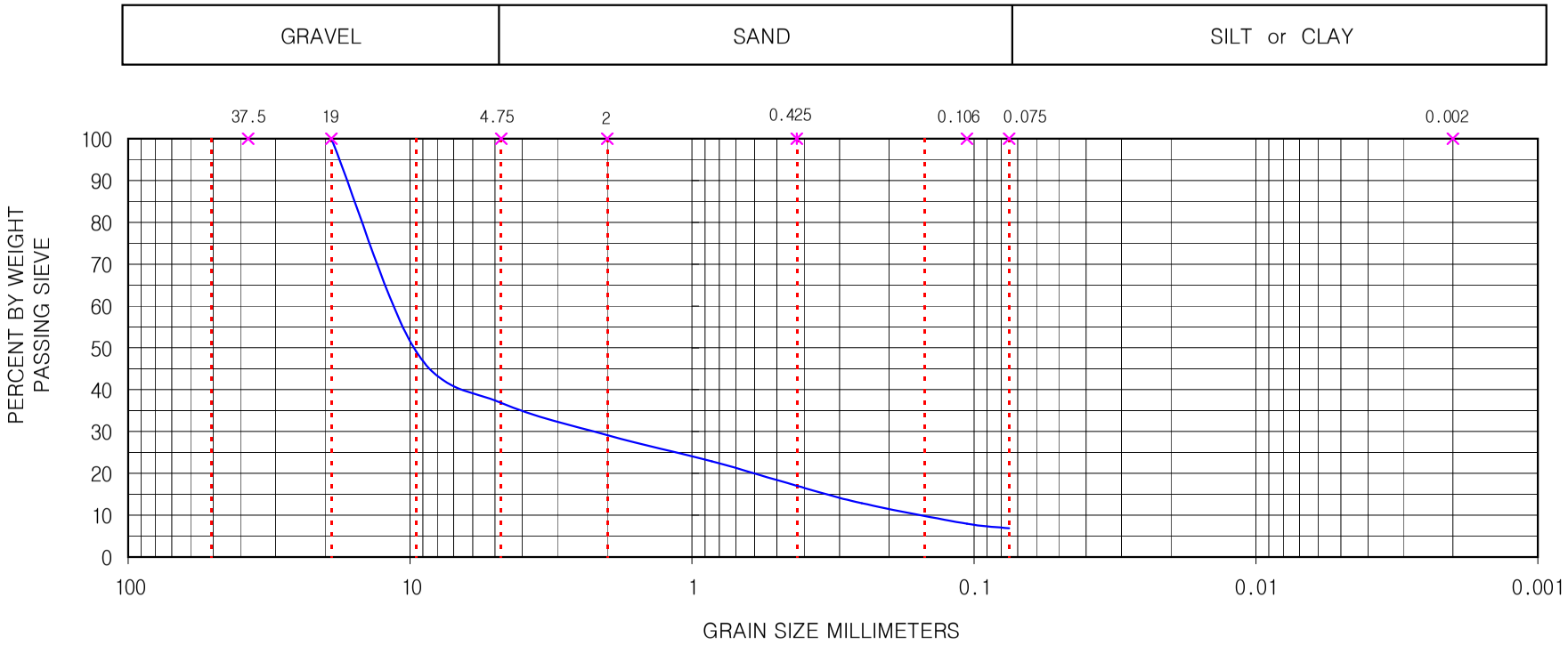
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-21	Test Date	2011-03-31
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0 m	Silty Sand	18.6	2.663	NP	NP	NP	SM



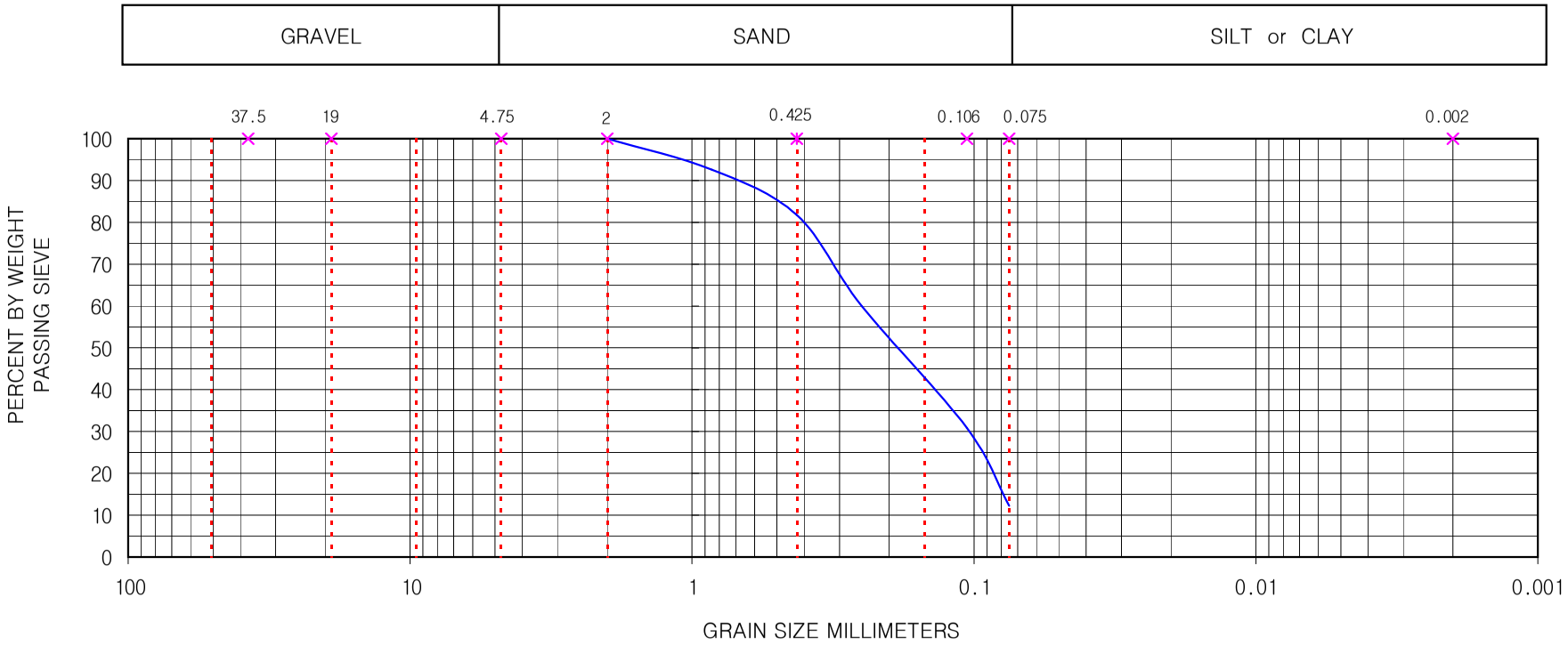
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-22	Test Date	2011-03-31
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	13.0 m	Well-graded Gravel with Silt+Sand	6.8	2.641	NP	NP	NP	GW-GM



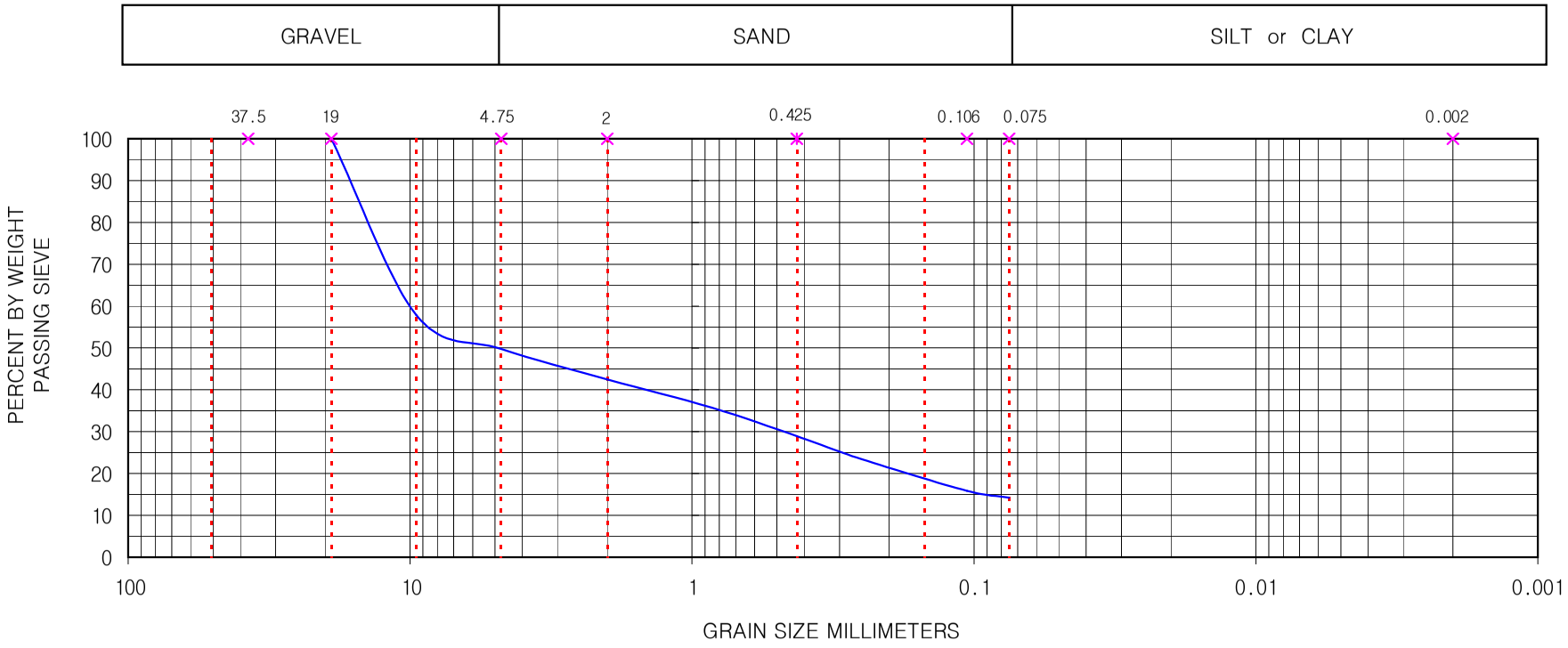
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-23	Test Date	2011-03-09
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Silty Sand	14.3	2.657	NP	NP	NP	SM



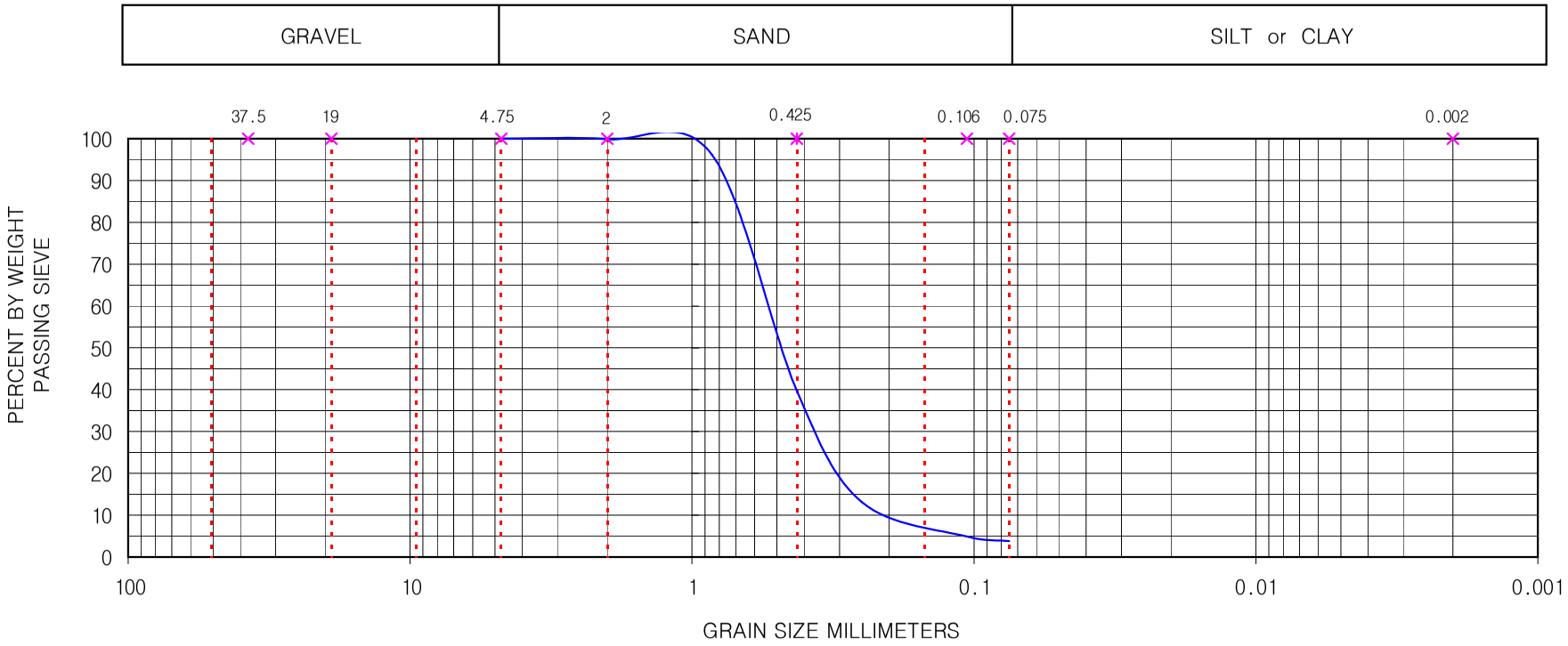
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-24	Test Date	2011-03-02
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	13.0 m	Silty Gravel with Sand	7.5	2.648	NP	NP	NP	GM



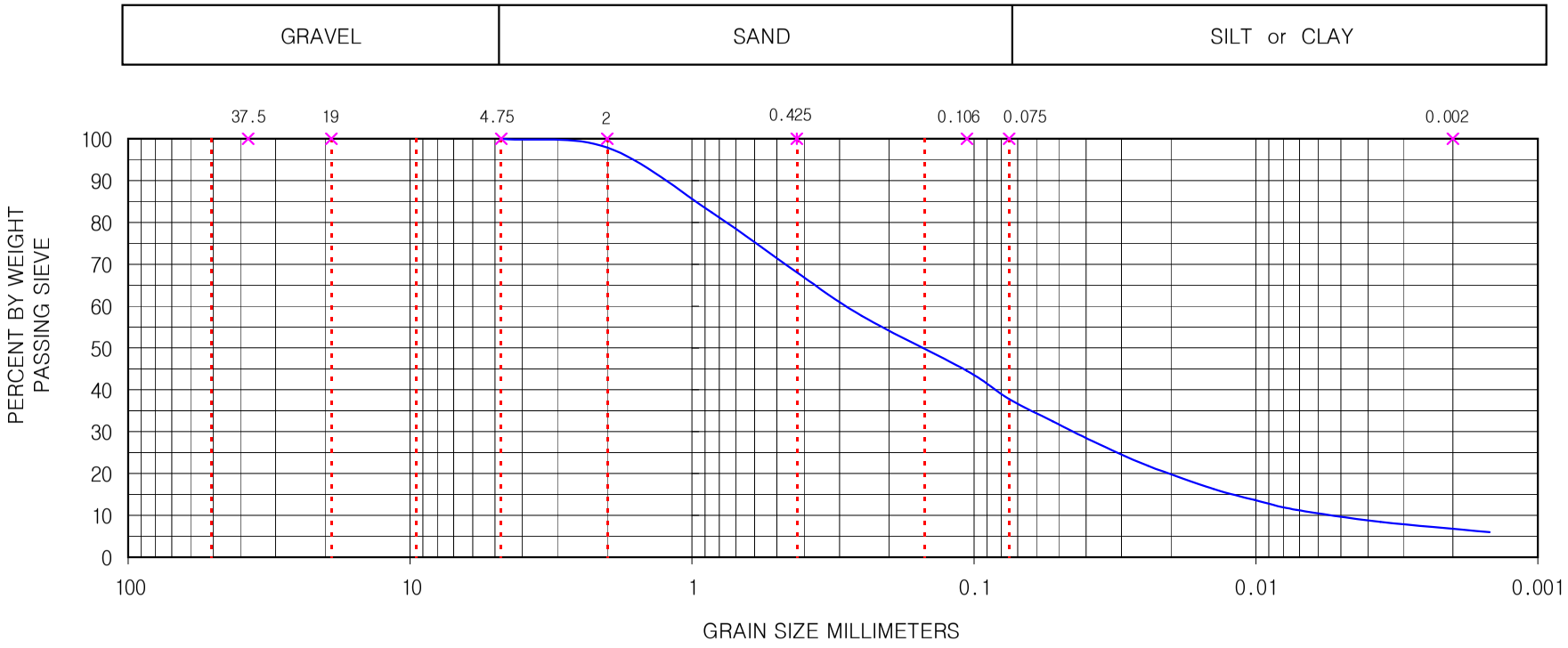
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-25	Test Date	2011-03-02
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Poorly-graded Sand	24.4	2.640	NP	NP	NP	SP



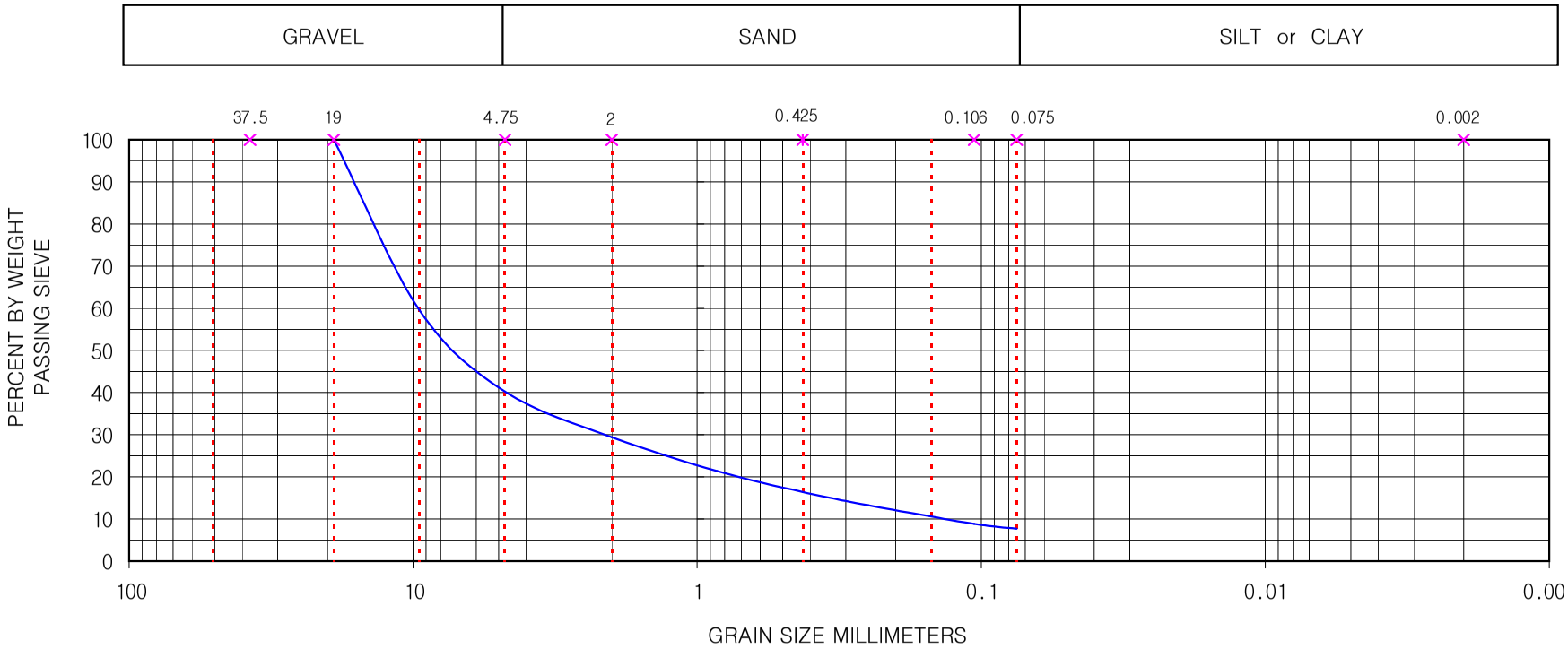
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-26	Test Date	2011-03-02
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	23.0 m	Clayey Sand	25.5	2.672	29.7	19.9	9.8	SC



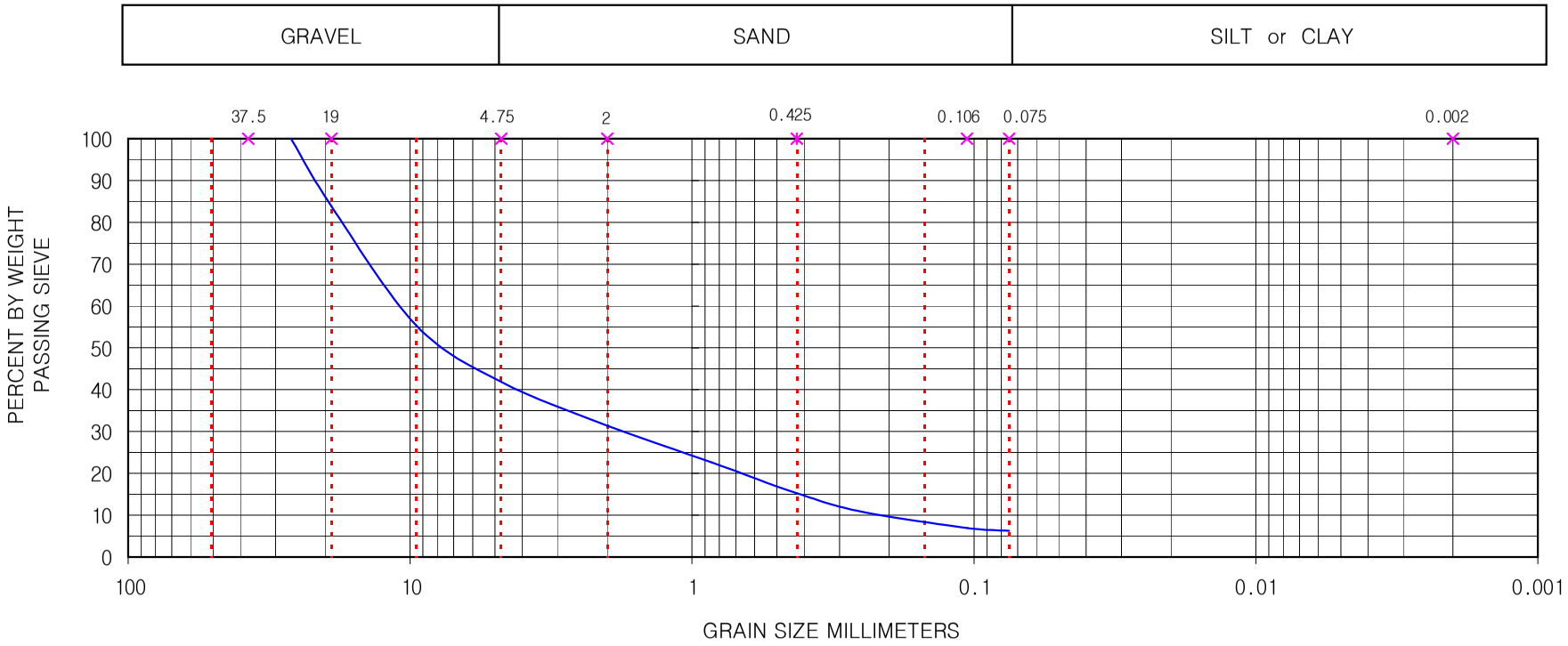
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-27	Test Date	2011-03-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	11.0 m	Well-graded Gravel with Silt+Sand	9.0	2.645	NP	NP	NP	GW-GM



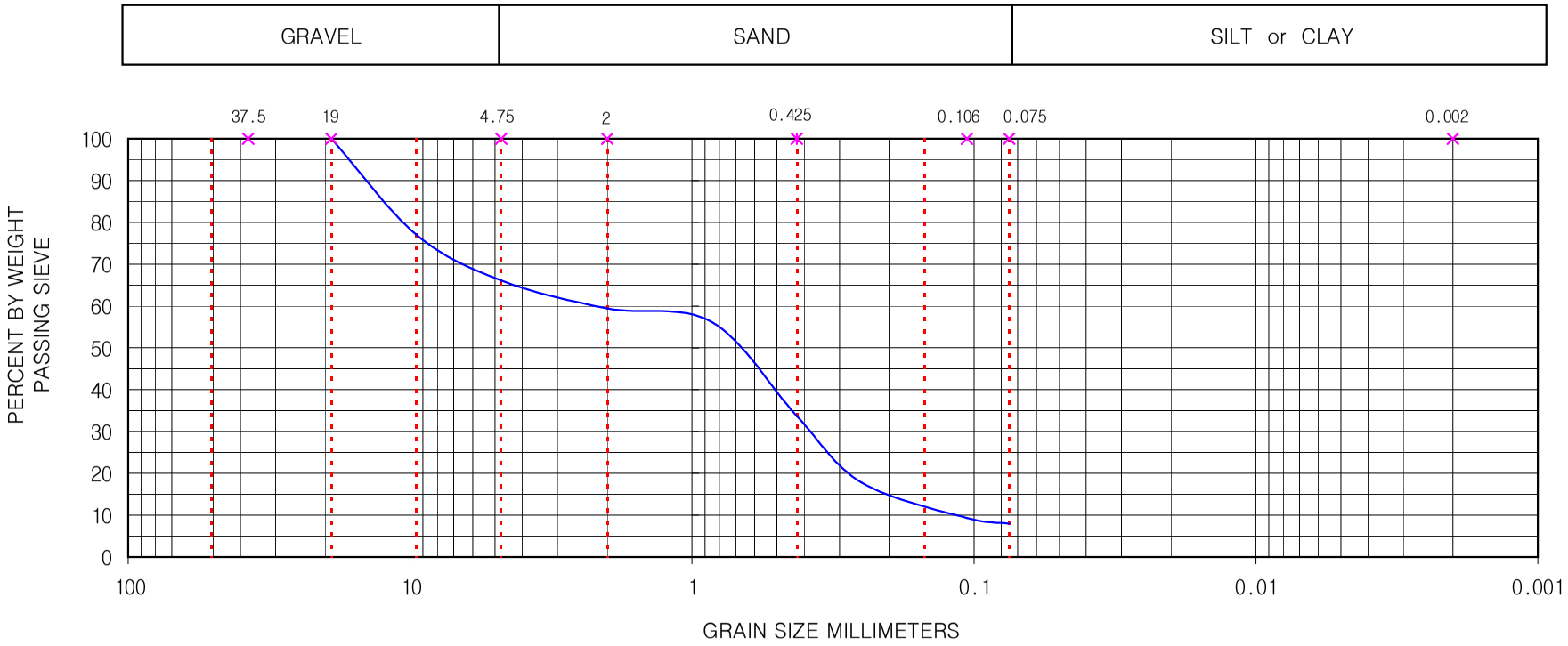
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-28	Test Date	2011-03-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	9.0 m	Well-graded Gravel with Silt+Sand	8.2	2.642	NP	NP	NP	GW-GM



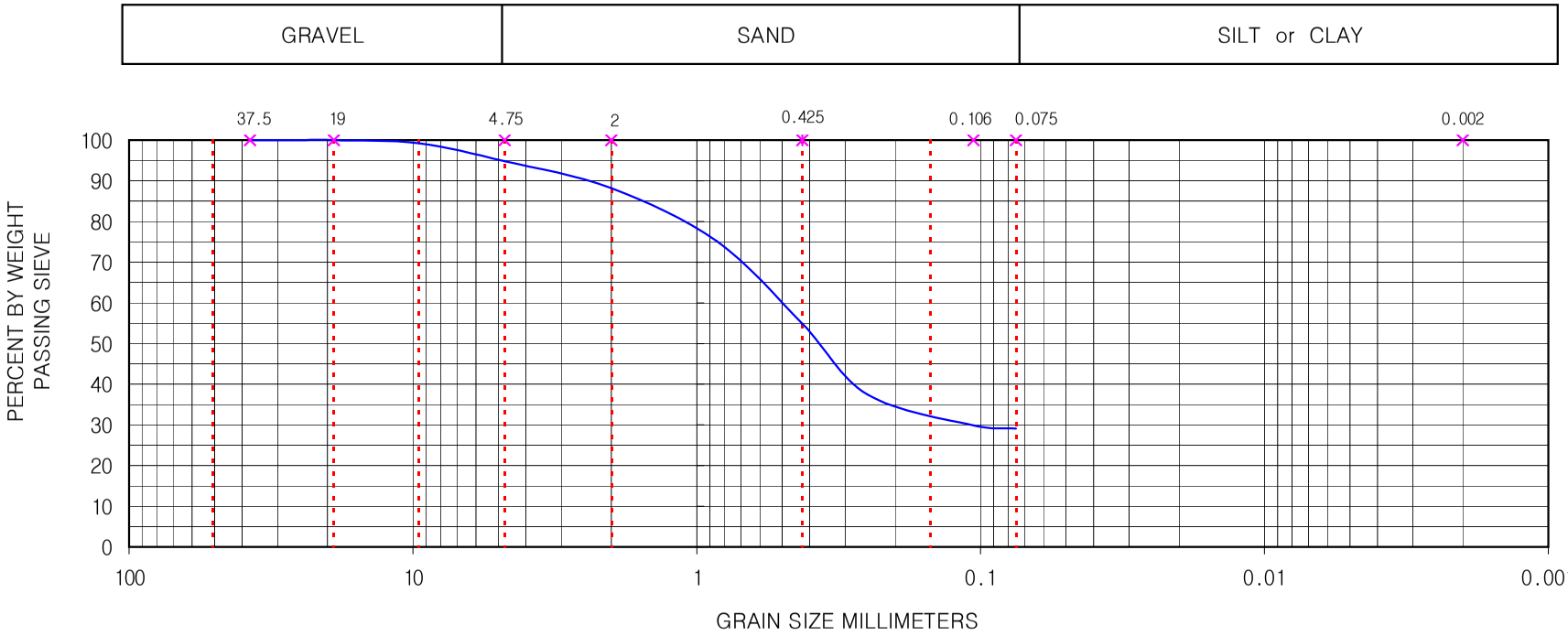
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-29	Test Date	2011-03-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Poorly-graded Sand with Silt+Gravel	12.0	2.648	NP	NP	NP	SP-SM



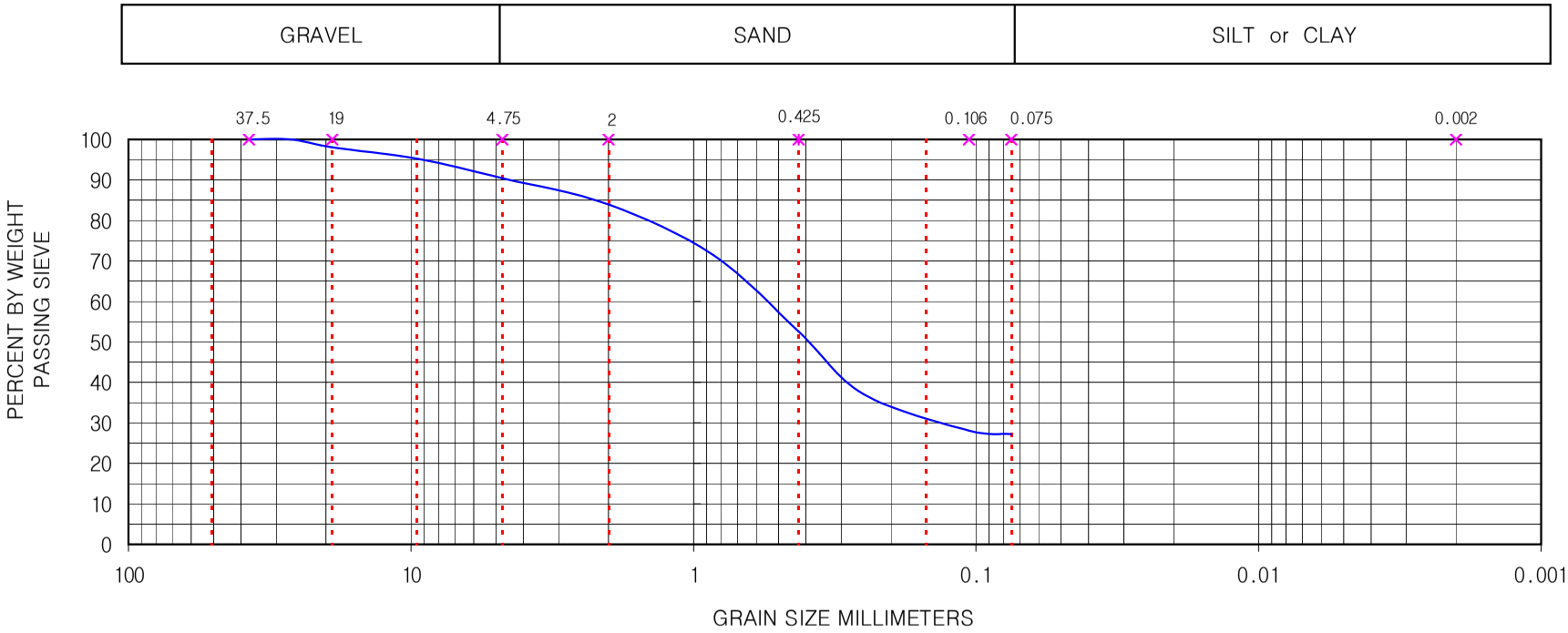
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		TP-1	Test Date	2011-04-21
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	-	Silty Sand	9.8	2.673	NP	NP	NP	SM



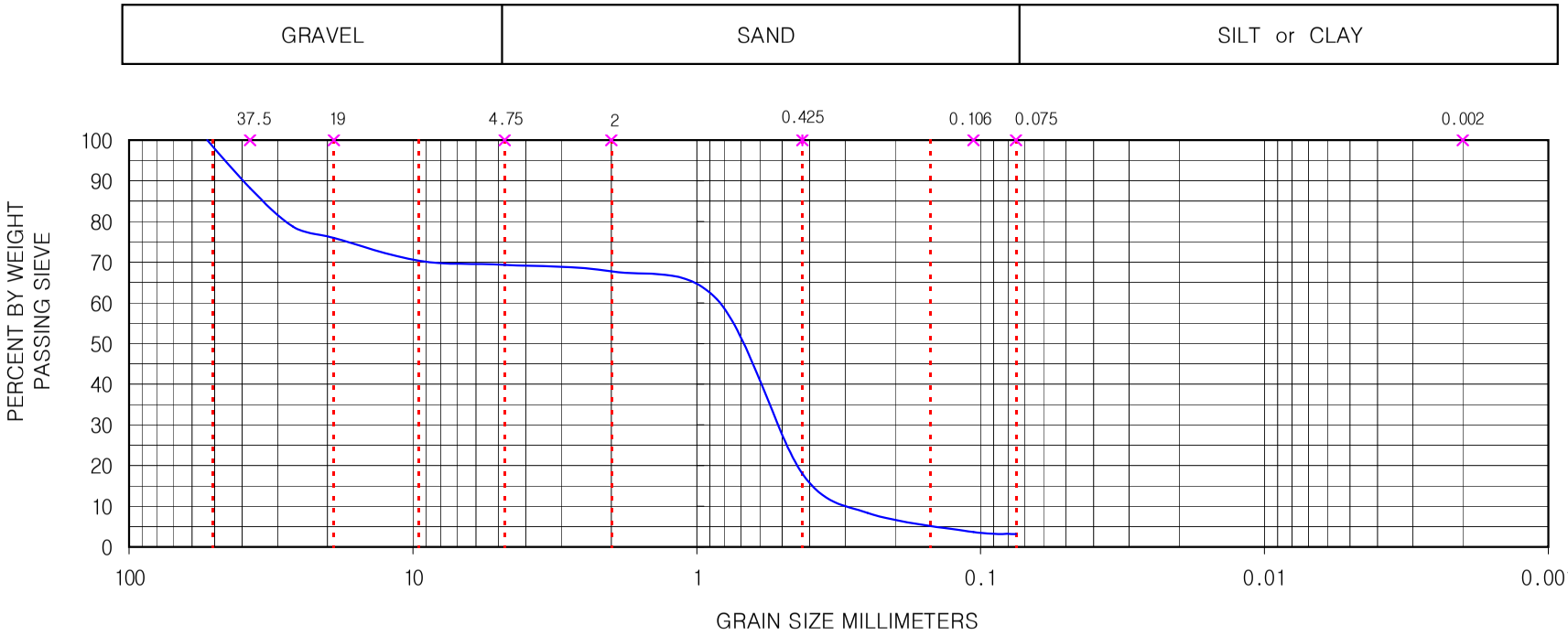
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		TP-2	Test Date	2011-04-21
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	-	Silty Sand	8.2	2.675	NP	NP	NP	SM



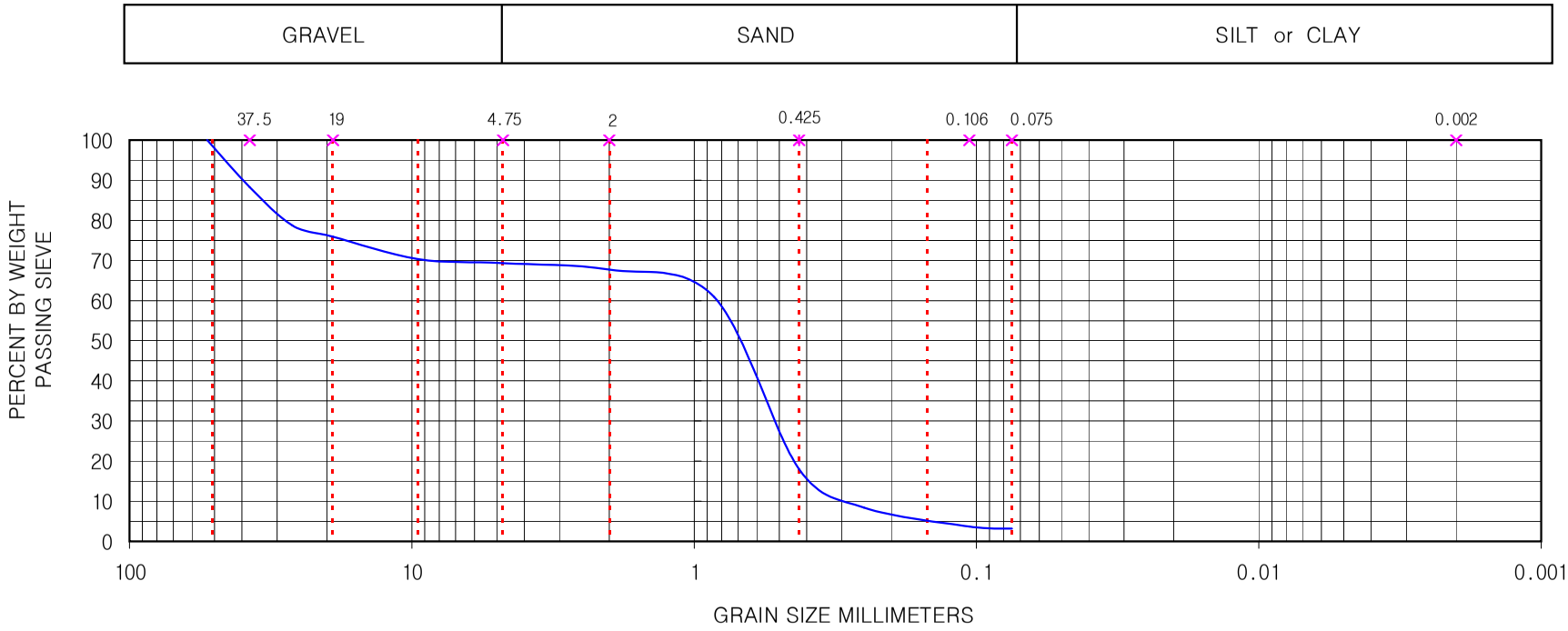
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		TP-3	Test Date	2011-04-21
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	-	Poorly-graded Sand with Gravel	1.0	2.664	NP	NP	NP	SP



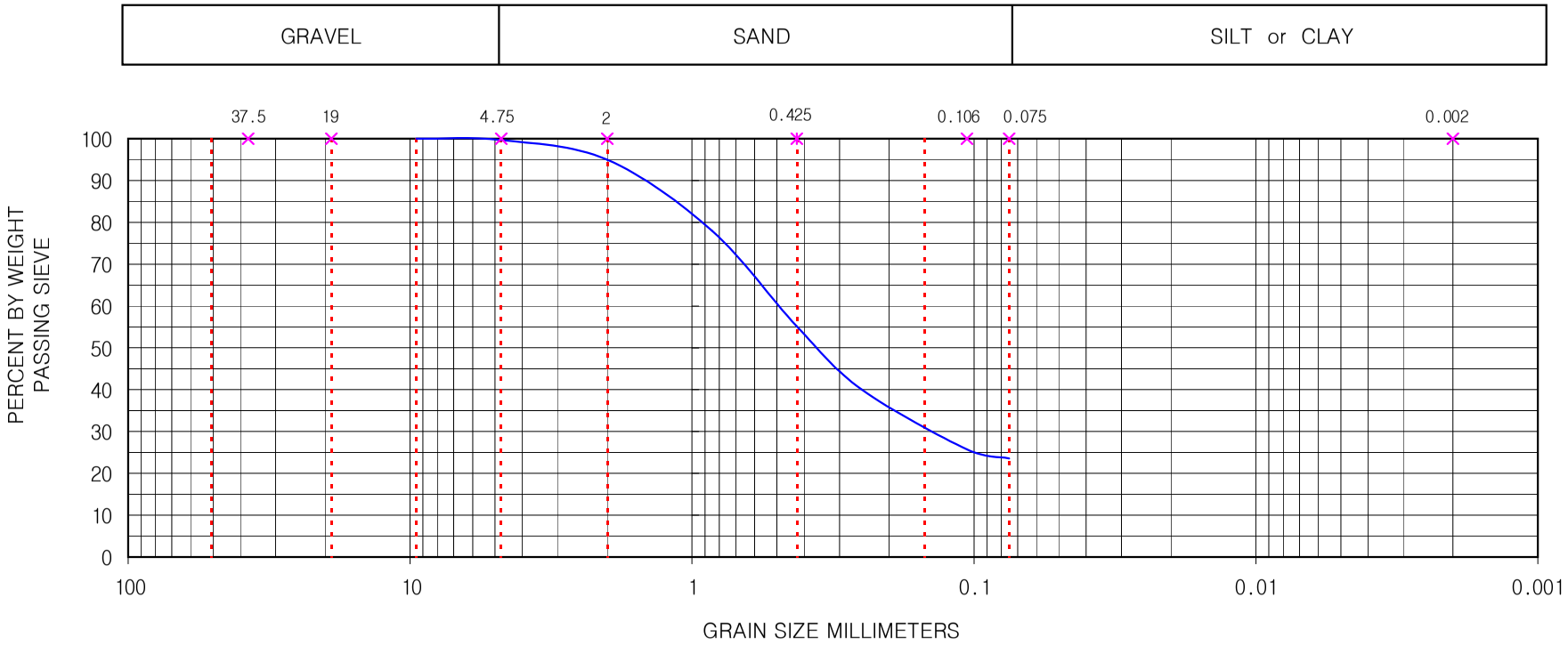
GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 민간투자사업			Boring No.		TP-4	Test Date	2011-04-21
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	-	Well-graded Sand with Silt	5.9	2.668	NP	NP	NP	SW-SM



GRADATION CURVES

Project	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업 지반조사			Boring No.		NTB-30	Test Date	2011-03-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	15.0 m	Silty Sand	19.1	2.662	NP	NP	NP	SM



RESULT OF SOIL TEST

PROJECT : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

Test No.	Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_s (g/㎤)	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than									U.S.C.S	Re-marks
					W_L (%)	W_P (%)	I_P	37.5 (mm)	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		
1	ATB-1	1.5	9.7	2.659	NP	NP	NP	-	100.0	97.7	85.2	76.2	61.1	38.1	27.8	-	SM	
2	ATB-1	11.0	16.8	2.667	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	92.9	79.6	34.3	12.2	-	SM	
3	ATB-2	11.0	14.9	2.661	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	95.1	84.1	29.9	12.3	-	SM	
4	ATB-3	8.0	54.2	2.611	59.7	26.9	32.8	-	-	-	-	-	100.0	99.9	99.4	27.4	CH	
5	ATB-4	4.0	32.7	2.709	35.9	20.7	15.2	-	-	-	-	-	-	100.0	99.9	19.5	CL	
6	ATB-5	17.0	10.7	2.709	NP	NP	NP	-	-	100.0	92.6	73.0	48.5	23.9	4.4	-	SW	
7	ATB-6	6.0	21.5	2.684	30.7	19.8	10.9	-	-	-	100.0	97.7	94.3	80.6	63.9	11.6	CL	
8	ATB-7	8.0	33.3	2.694	34.7	20.1	14.6	-	-	-	-	-	100.0	99.9	98.2	14.7	CL	
9	ATB-8	10.0	31.0	2.672	34.3	22.7	11.6	-	-	-	-	100.0	99.2	98.1	96.5	18.9	CL	
10	ATB-9	9.0	35.5	2.669	32.4	22.5	9.9	-	-	-	-	100.0	99.6	95.2	90.7	9.8	CL	
11	ATB-10	17.0	5.4	2.656	NP	NP	NP	100.0	91.8	72.2	43.7	31.9	23.3	12.0	4.5	-	GP	
12	ATB-11	24.0	12.0	2.672	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	95.1	79.4	46.2	26.2	15.1	SM	
13	ATB-12	7.0	20.3	2.664	32.9	22.7	10.2	-	-	-	-	-	-	100.0	96.6	19.1	CL	
14	ATB-13	6.0	28.4	2.652	NP	NP	NP	-	-	-	-	100.0	99.8	99.4	97.3	19.1	ML	
15	ATB-14	3.0	19.5	2.675	34.6	20.3	14.3	-	-	-	-	-	100.0	94.8	74.0	14.7	CL	
16	ATB-15	17.0	7.3	2.663	NP	NP	NP	100.0	69.0	60.8	51.7	38.7	30.8	19.3	9.6	-	GP-GM	
17	ATB-16	3.0	20.7	2.672	28.7	19.8	8.9	-	-	-	-	-	100.0	98.6	76.5	9.5	CL	

RESULT OF SOIL TEST

PROJECT : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

Test No.	Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_s (g/㎤)	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than									U.S.C.S	Re-marks
					W_L (%)	W_P (%)	I_P	37.5 (mm)	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		
18	ATB-17	8.0	17.5	2.646	NP	NP	NP	-	100.0	83.6	64.6	46.2	34.4	20.0	9.4	-	SP-SM	
19	ATB-18	26.0	13.3	2.651	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	98.9	90.3	52.6	21.0	-	SM	
20	ATB-19	23.0	15.9	2.649	NP	NP	NP	-	100.0	90.5	81.4	75.9	71.3	22.4	2.1	-	SP	
21	ATB-20	14.0	9.2	2.653	NP	NP	NP	-	100.0	90.5	74.5	51.2	34.8	17.1	7.6	-	GP-GM	
22	ATB-21	6.0	9.8	2.651	NP	NP	NP	-	100.0	87.1	63.5	49.4	40.6	25.1	6.9	-	GP-GM	
23	ATB-22	9.0	23.1	2.677	32.3	22.7	9.6	-	-	-	-	-	100.0	99.3	59.4	8.3	CL	
24	NABB-1	6.0	26.1	2.678	32.3	22.1	10.2					100.0	99.3	98.0	92.7	13.9	CL	
25	NATB-1	5.0	28.7	2.672	31.2	21.9	9.3				100.0	99.5	99.2	97.8	89.2	12.3	CL	
26	NATB-2	13.0	4.4	2.657	NP	NP	NP		100.0	76.2	78.1	40.7	36.2	31.8	14.1	-	GM	
27	NATB-3	8.0	15.7	2.654	NP	NP	NP	100.0	80.8	80.8	78.3	76.7	76.7	69.8	19.1	-	SM	
28	NATB-4	21.0	9.1	2.661	NP	NP	NP		100.0	90.3	66.6	52.6	43.3	36.0	15.6	-	GM	
29	NNBB-1	1.5	8.4	2.653	NP	NP	NP	-	100.0	96.4	84.0	70.2	59.1	35.9	17.6	-	SM	
30	NNBB-1	4.0	29.6	2.684	37.6	22.7	14.9	-	-	-	-	100.0	99.9	98.1	92.2	19.6	CL	
31	NNBB-2	9.0	11.5	2.664	NP	NP	NP	-	-	-	-	100.0	97.4	56.0	17.9	-	SM	
32	NNBB-3	8.0	20.7	2.670	32.4	20.7	11.7	-	-	-	-	100.0	98.7	90.1	70.5	14.6	CL	
33	NNBB-4	7.0	22.1	2.674	32.9	20.4	12.5	-	-	-	-	100.0	99.4	92.4	74.4	13.4	CL	
34	NNBB-5	12.0	16.7	2.654	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	98.0	91.9	65.2	27.4	-	SM	

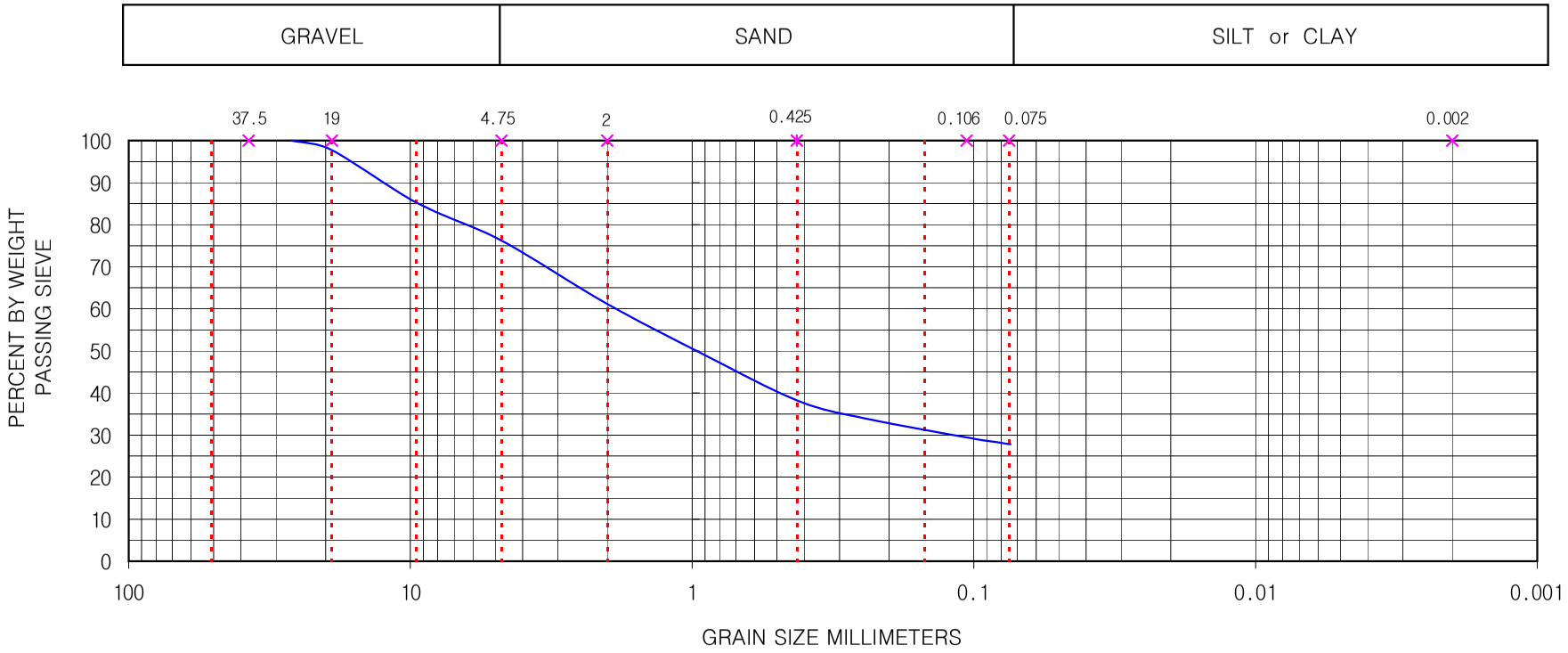
RESULT OF SOIL TEST

PROJECT : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

Test No.	Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_s (g/㎤)	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than									U.S.C.S	Re-marks
					W_L (%)	W_P (%)	I_P	37.5 (mm)	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		
35	NNBB-6	7.0	29.9	2.676	33.1	21.8	11.3	-	-	-	-	-	100.0	98.7	96.1	17.2	CL	
36	NNBB-7	5.0	32.7	2.678	34.7	21.3	13.4	-	-	-	-	100.0	100.0	99.4	96.2	18.7	CL	
37	NNTB-1	3.0	25.7	2.664	30.6	19.9	10.7	-	-	-	100.0	98.9	92.0	51.5	38.9	8.5	SC	
38	NNTB-2	7.0	13.8	2.659	NP	NP	NP	-	100.0	88.0	71.5	61.6	50.3	35.9	24.0	-	GM	
39	NNTB-3	14.0	20.8	2.658	NP	NP	NP	-	-	-	-	100.0	93.9	60.5	24.2	-	SM	
40	NNTB-4	8.0	31.7	2.686	34.3	20.6	13.7	-	-	-	-	-	100.0	99.8	99.3	14.4	CL	
41	NNTB-5	17.0	34.4	2.667	NP	NP	NP	-	-	-	-	-	100.0	88.5	68.8	8.3	ML	
42	NNTB-6	13.0	30.1	2.666	NP	NP	NP	-	-	-	-	-	100.0	94.3	81.6	9.5	ML	
43	NNTB-7	5.0	34.4	2.679	35.8	24.7	11.1						100.0	99.8	98.0	15.3	ML	
44	NNTB-8	4.0	10.8	2.651	NP	NP	NP	-	-	100.0	95.6	94.9	91.4	45.0	18.5	-	SM	
45	NNTB-9	8.0	9.1	2.656	NP	NP	NP	-	-	100.0	92.8	89.5	87.0	41.8	14.6	-	SM	
46	NNTB-10	6.0	12.8	2.651	NP	NP	NP	-	-	100.0	97.3	92.2	85.2	52.5	26.1	-	SM	
47	NNTB-11	9.0	28.3	2.651	NP	NP	NP	-	-	-	-	-	100.0	82.6	27.8	-	SM	

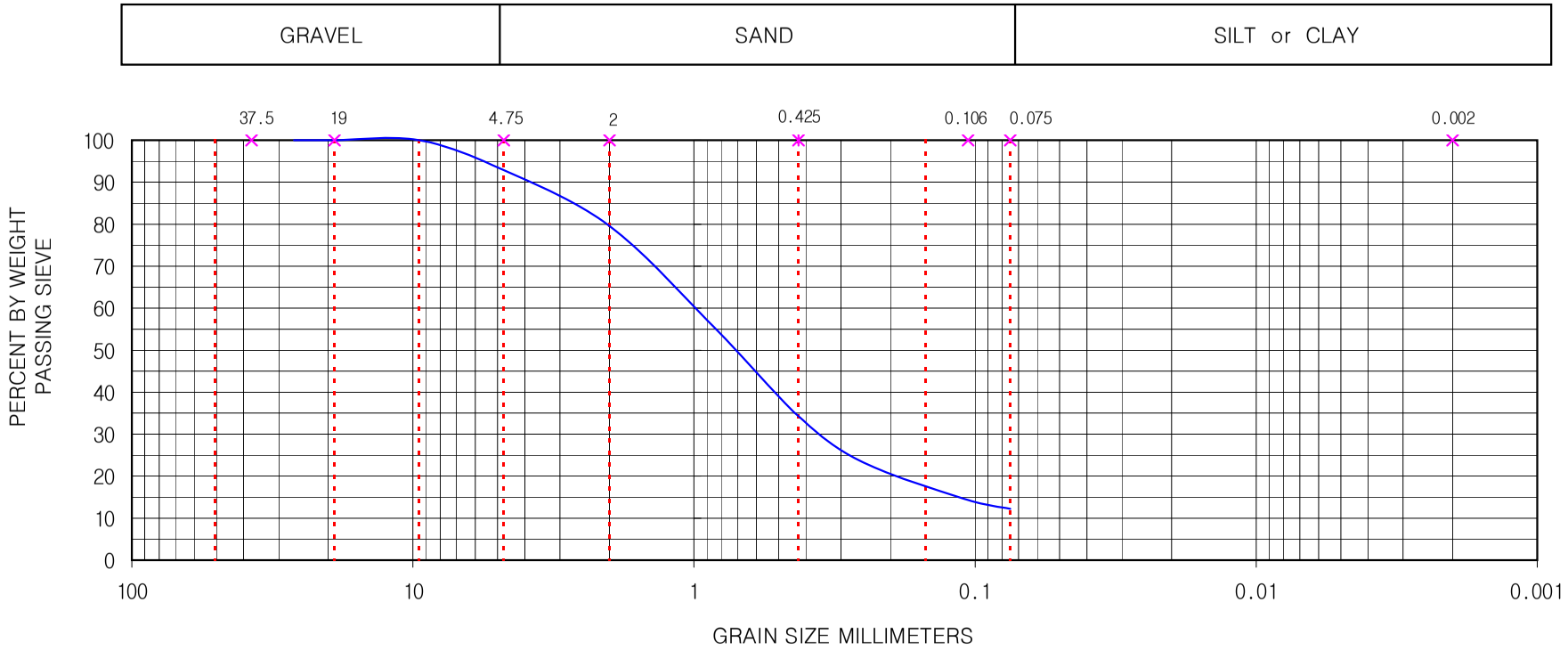
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-1	Test Date	2013-04-26
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	1.5 m	Silty Sand with Gravel	9.7	2.659	NP	NP	NP	SM



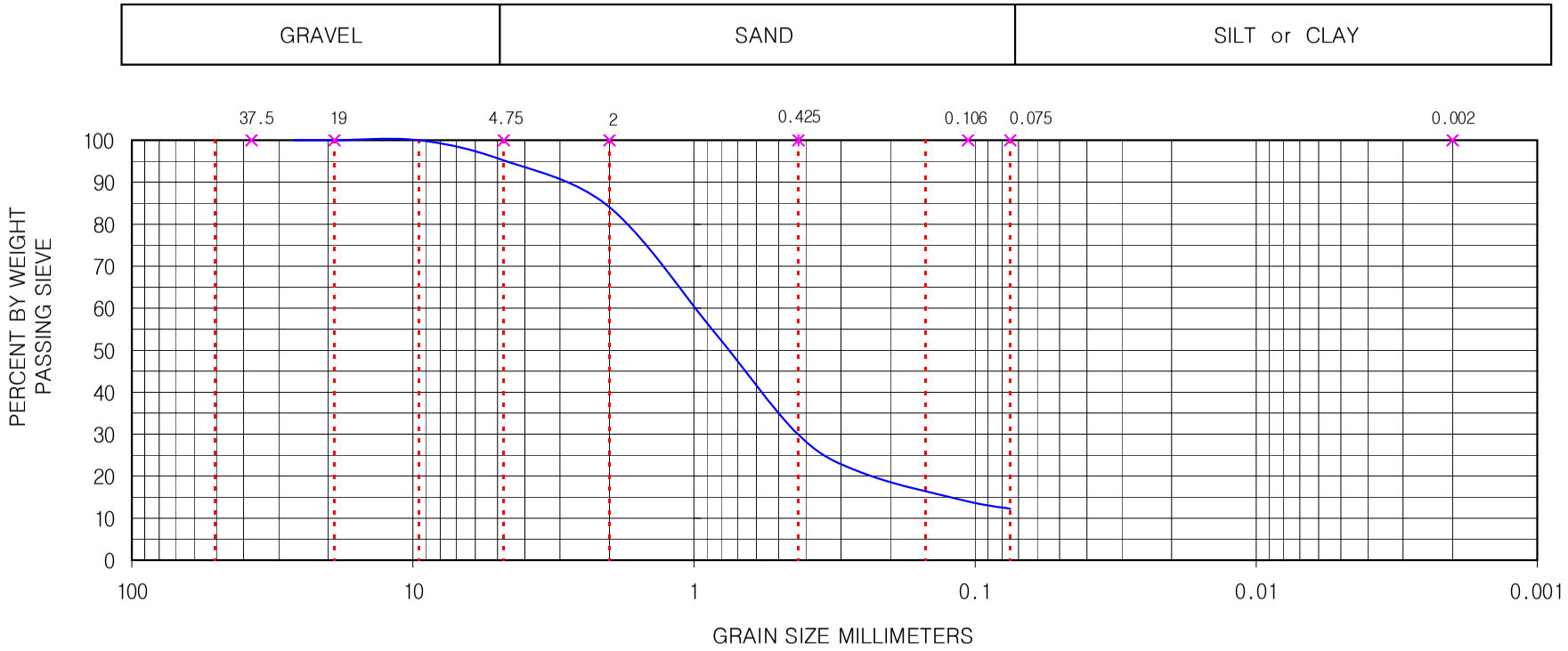
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-1	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	11.0 m	Silty Sand	16.8	2.667	NP	NP	NP	SM



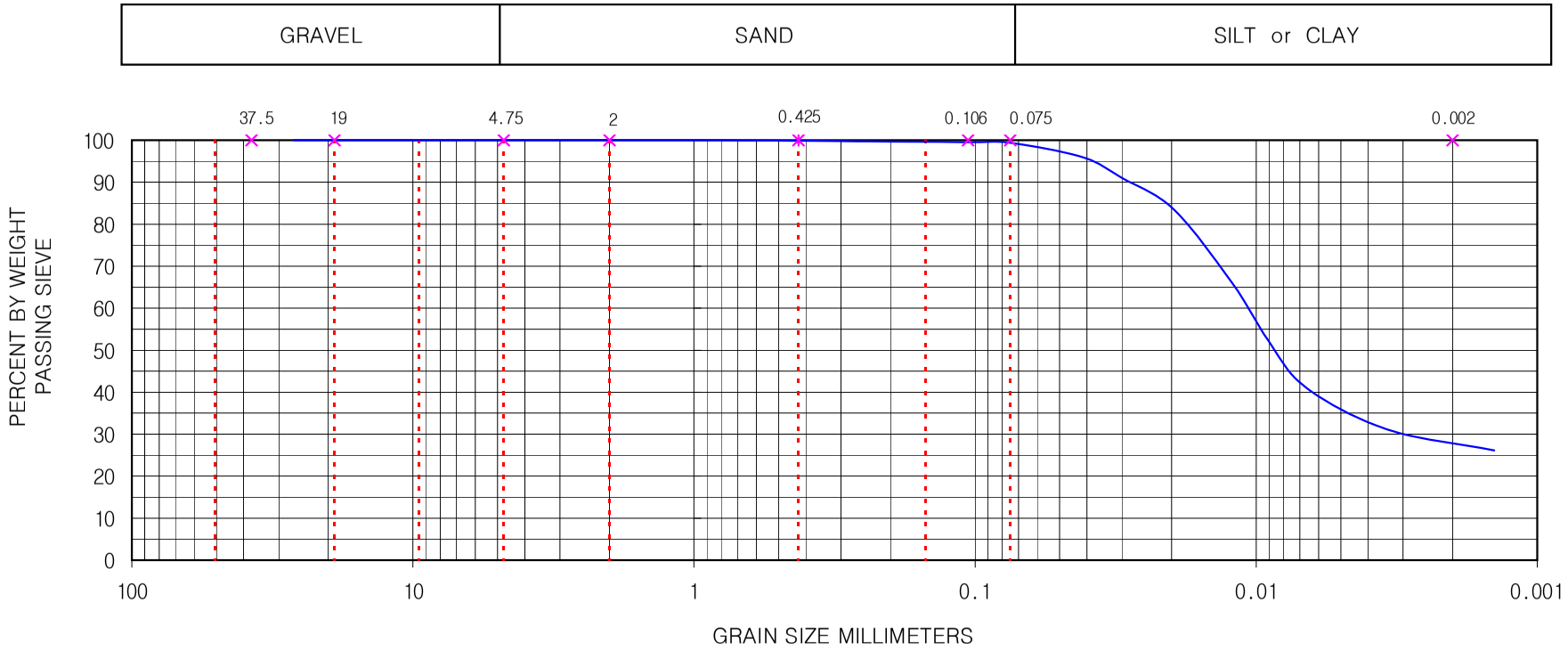
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-2	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	11.0 m	Silty Sand	14.9	2.661	NP	NP	NP	SM



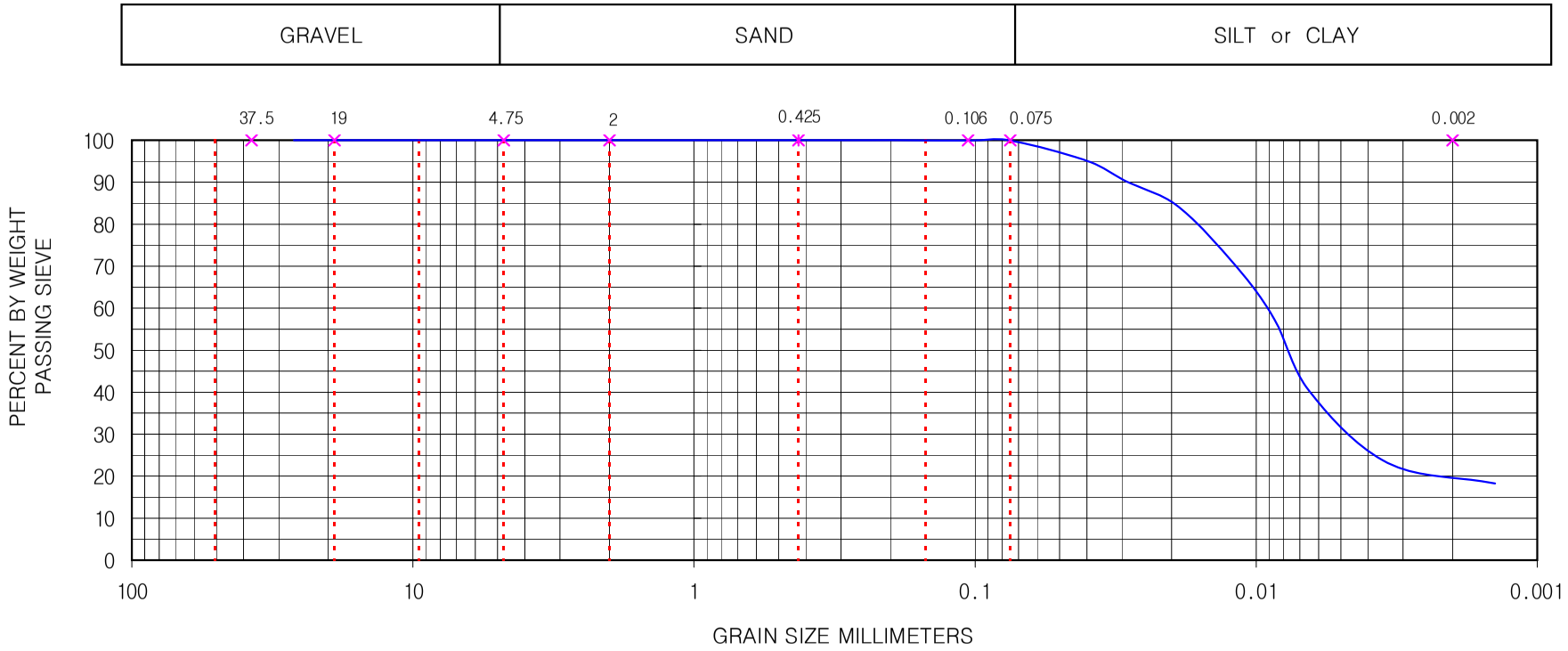
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-3	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Fat Clay	54.2	2.611	59.7	26.9	32.8	CH



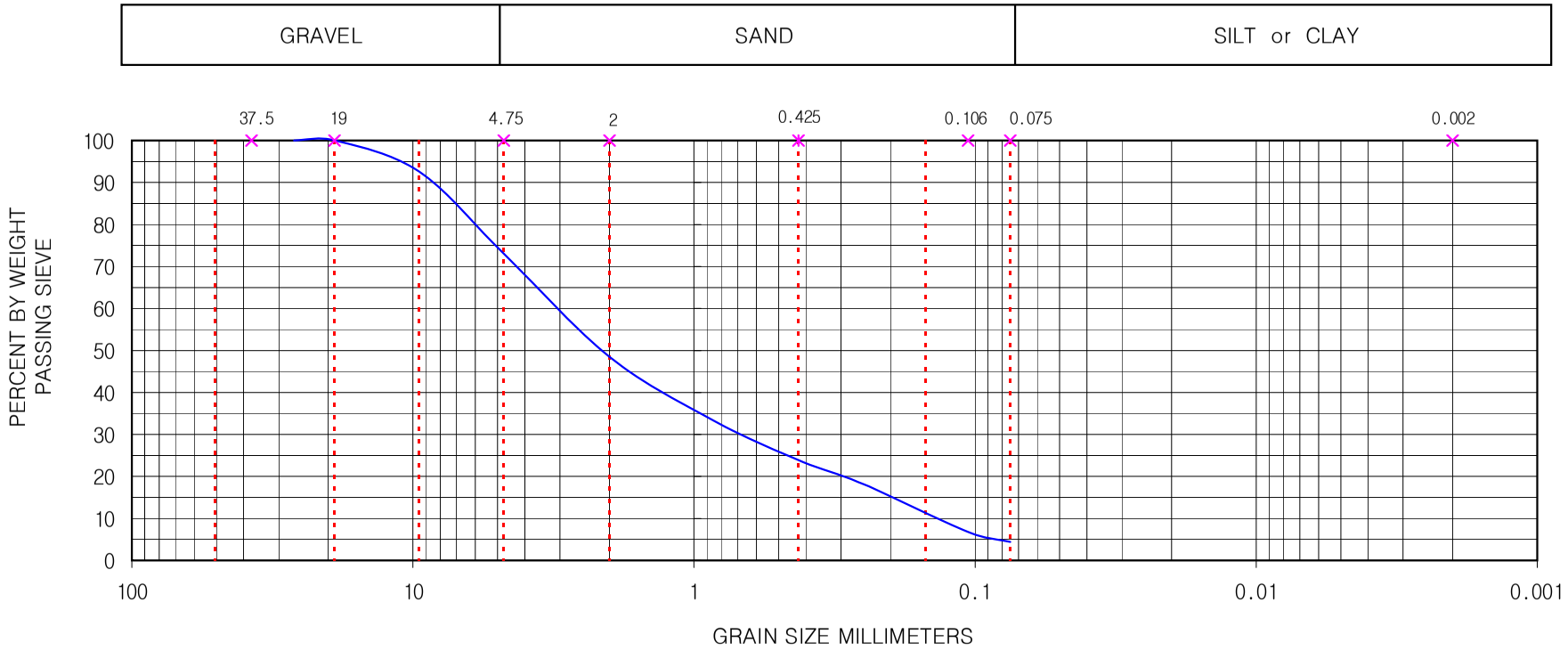
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-4	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0 m	Lean Clay	32.7	2.709	35.9	20.7	15.2	CL



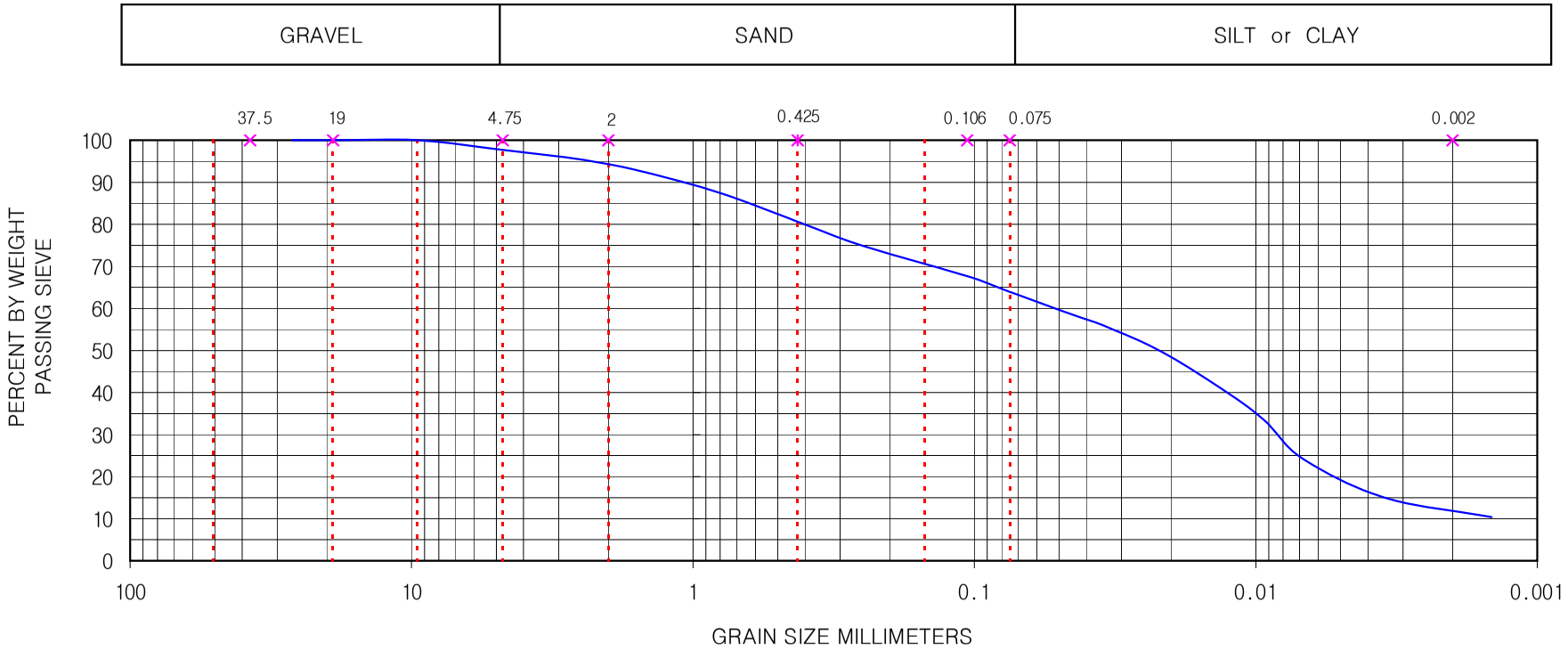
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-5	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	17.0 m	Well-graded Sand with Gravel	10.7	2.709	NP	NP	NP	SW



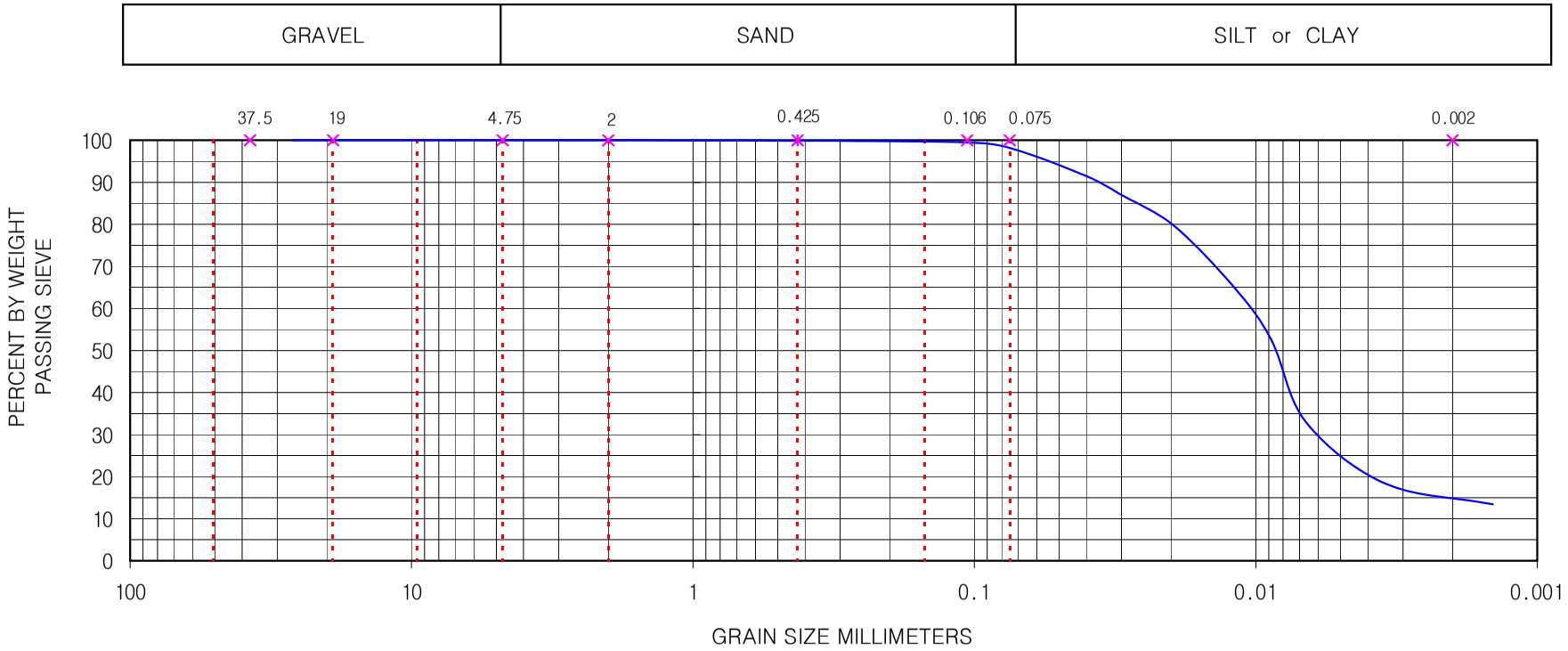
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-6	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Sandy Lean Clay	21.5	2.684	30.7	19.8	10.9	CL



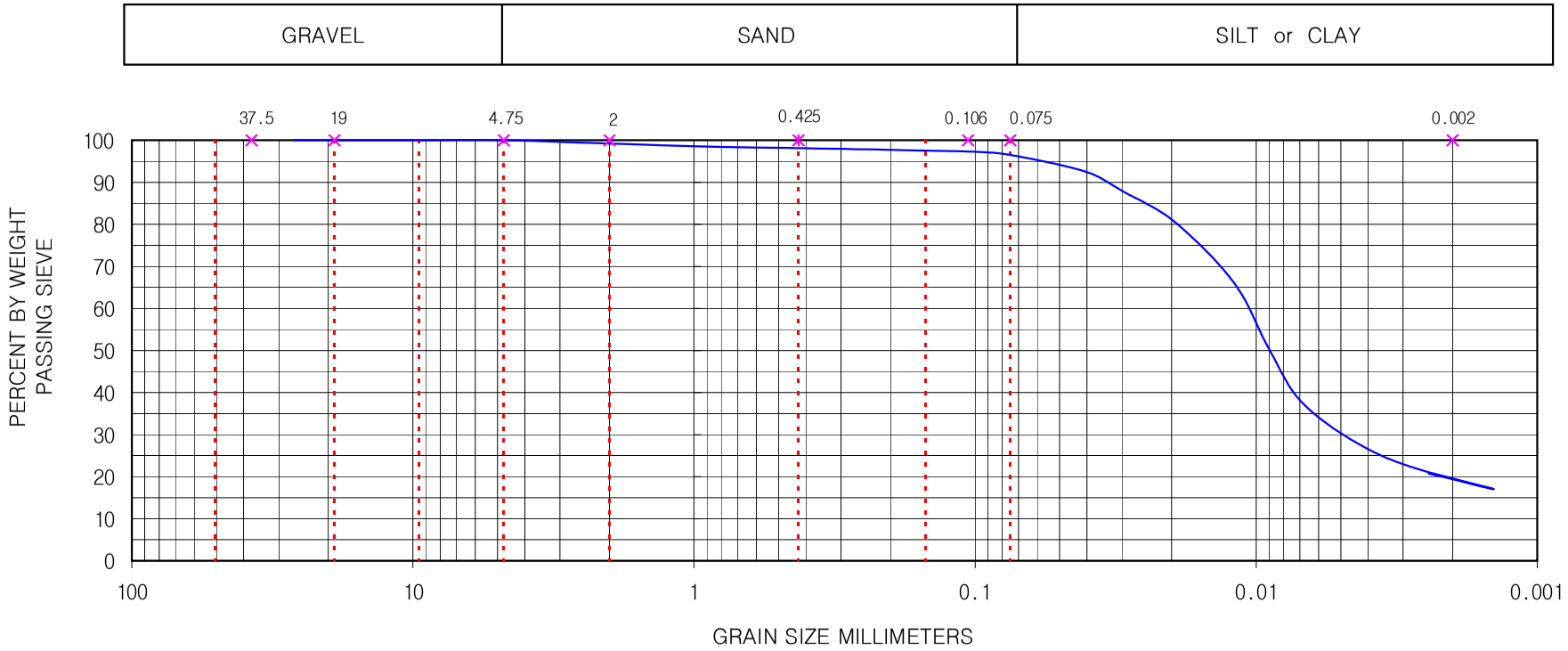
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-7	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Lean Clay	33.3	2.694	34.7	20.1	14.6	CL



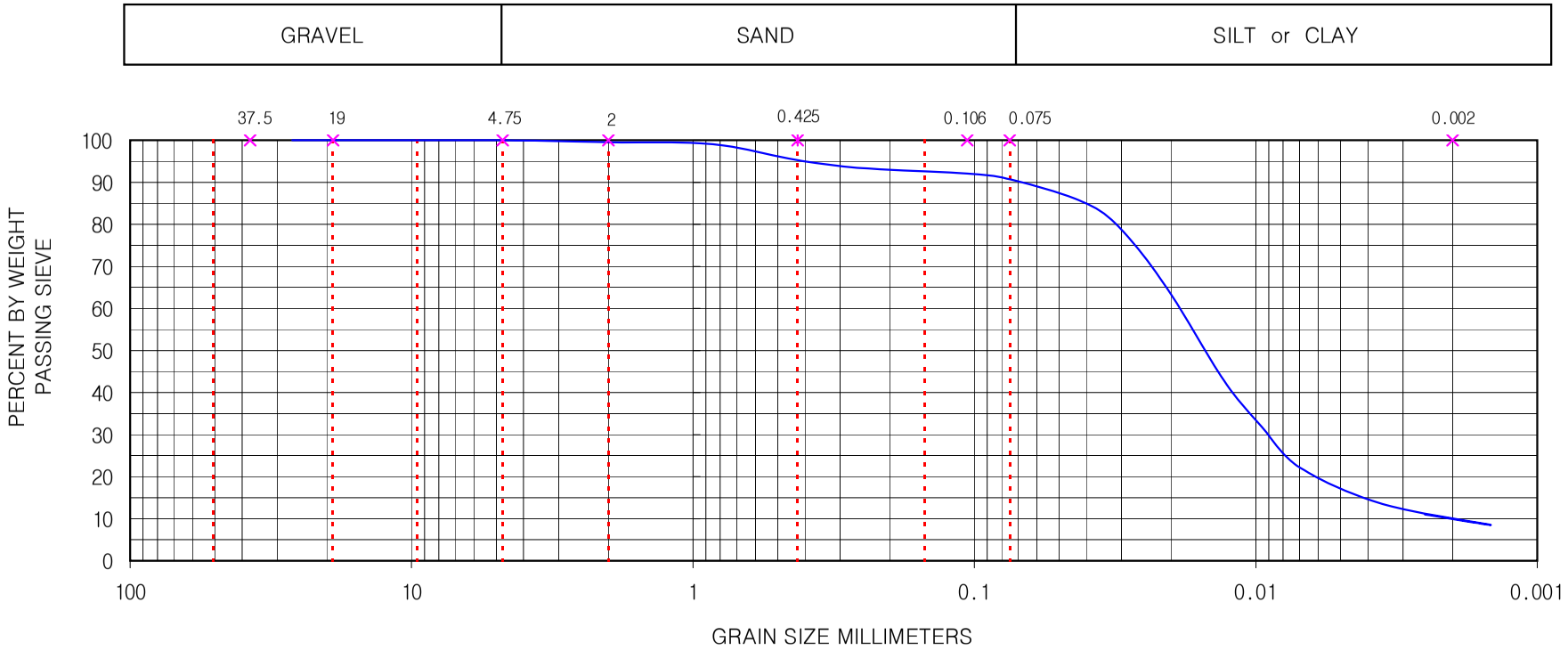
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-8	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	10.0 m	Lean Clay	31.0	2.672	34.3	22.7	11.6	CL



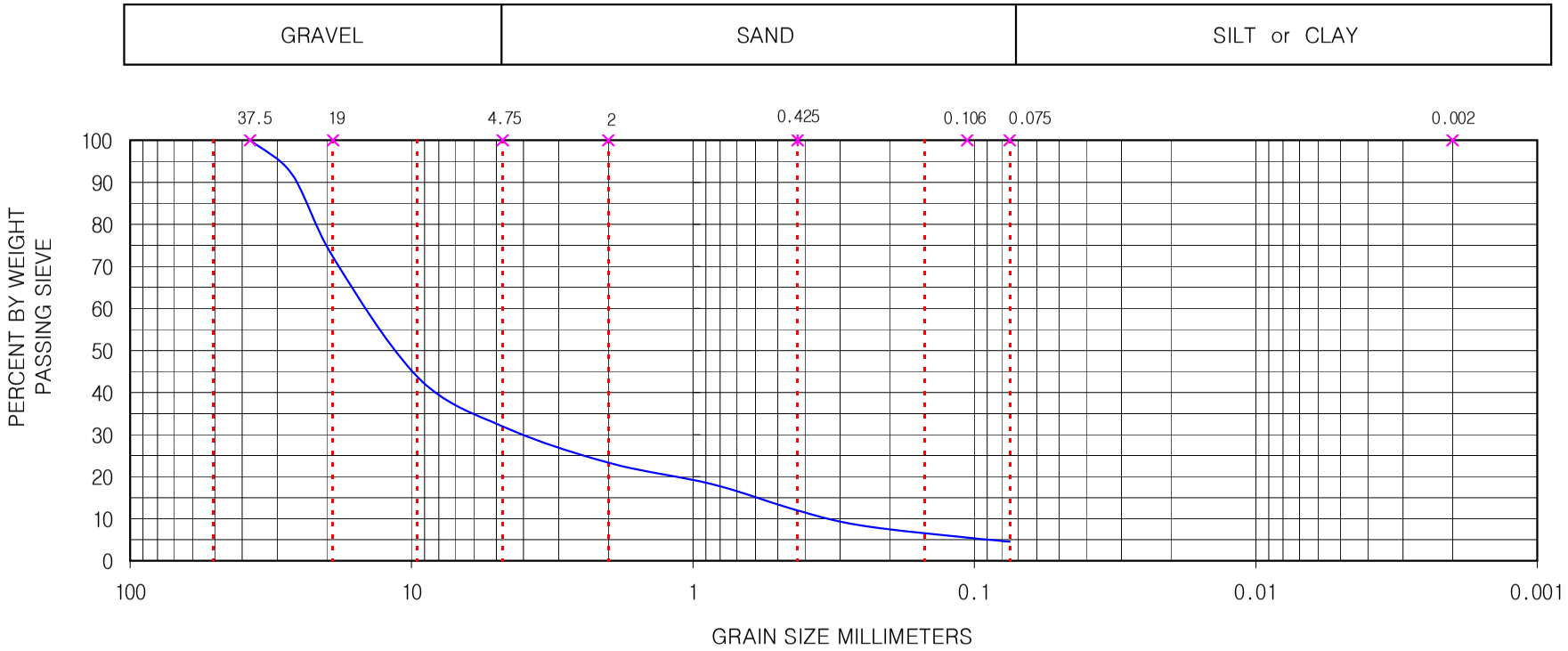
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-9	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	10.0 m	Lean Clay	35.5	2.669	32.4	22.5	9.9	CL



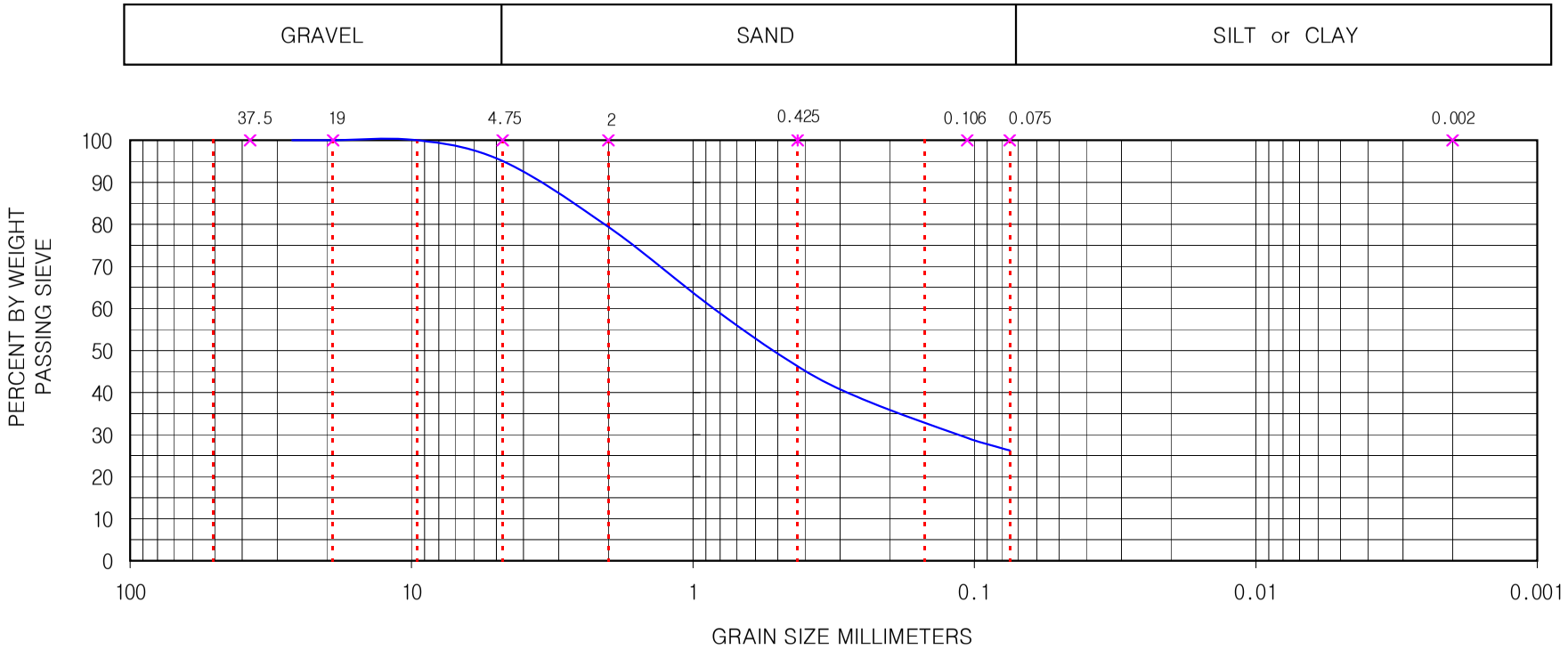
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-10	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	17.0 m	Poorly-grade Gravel with Sand	5.4	2.656	NP	NP	NP	GP



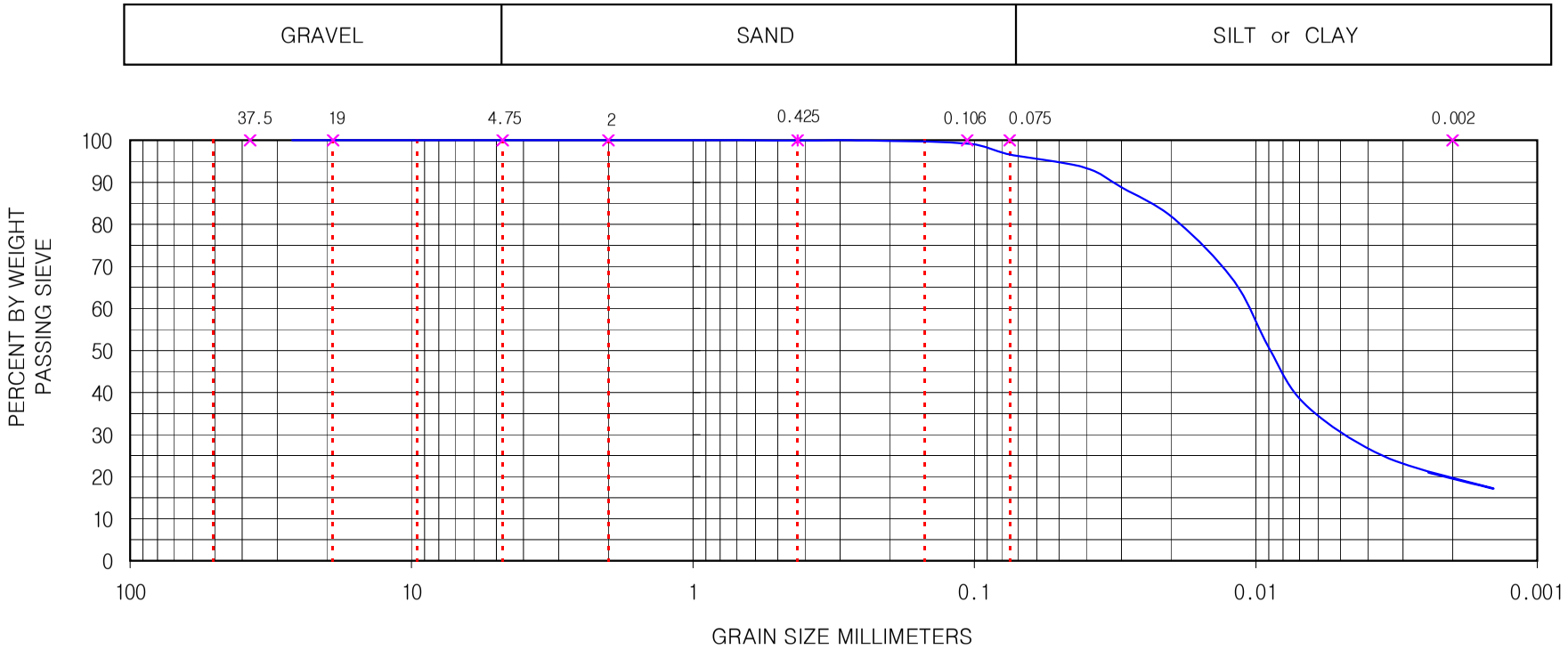
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-11	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	24.0 m	Silty Sand	12.0	2.672	NP	NP	NP	SM



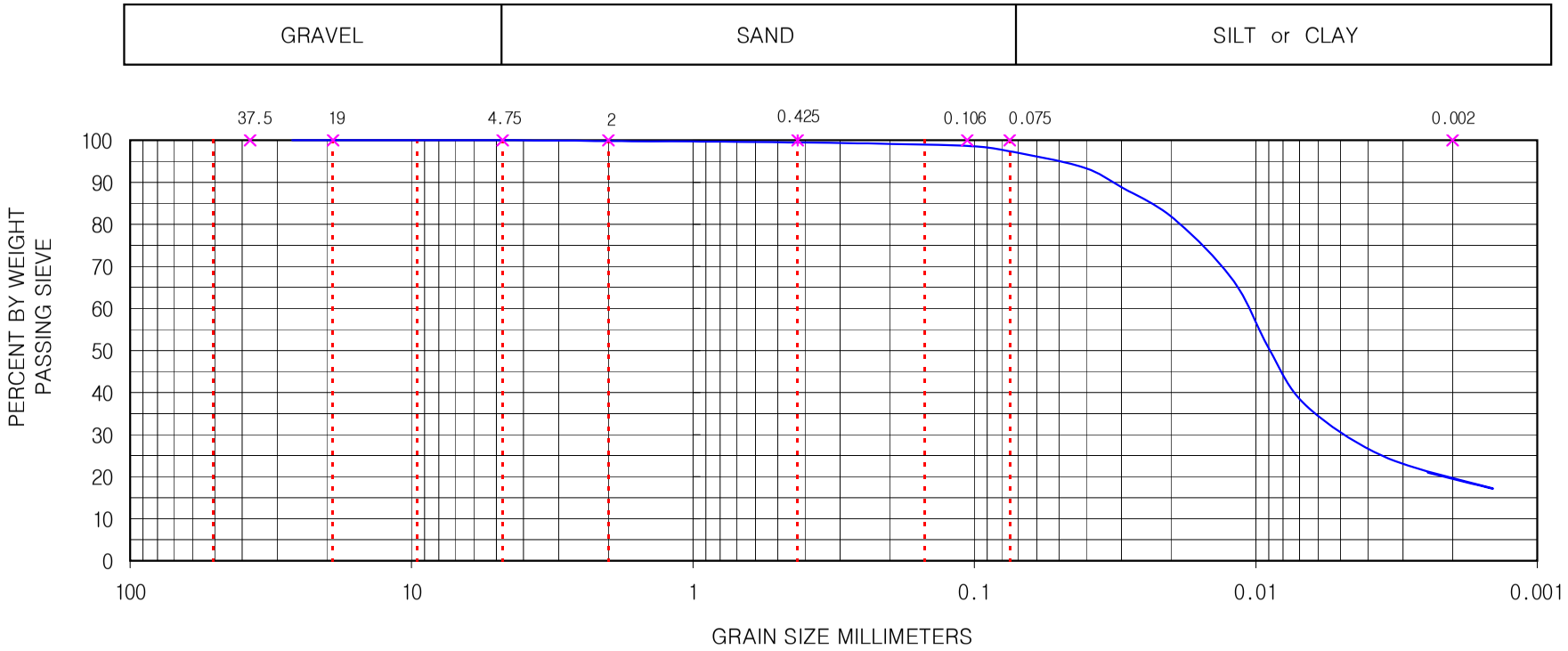
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-12	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0 m	Lean Clay	20.3	2.664	32.9	22.7	10.2	CL



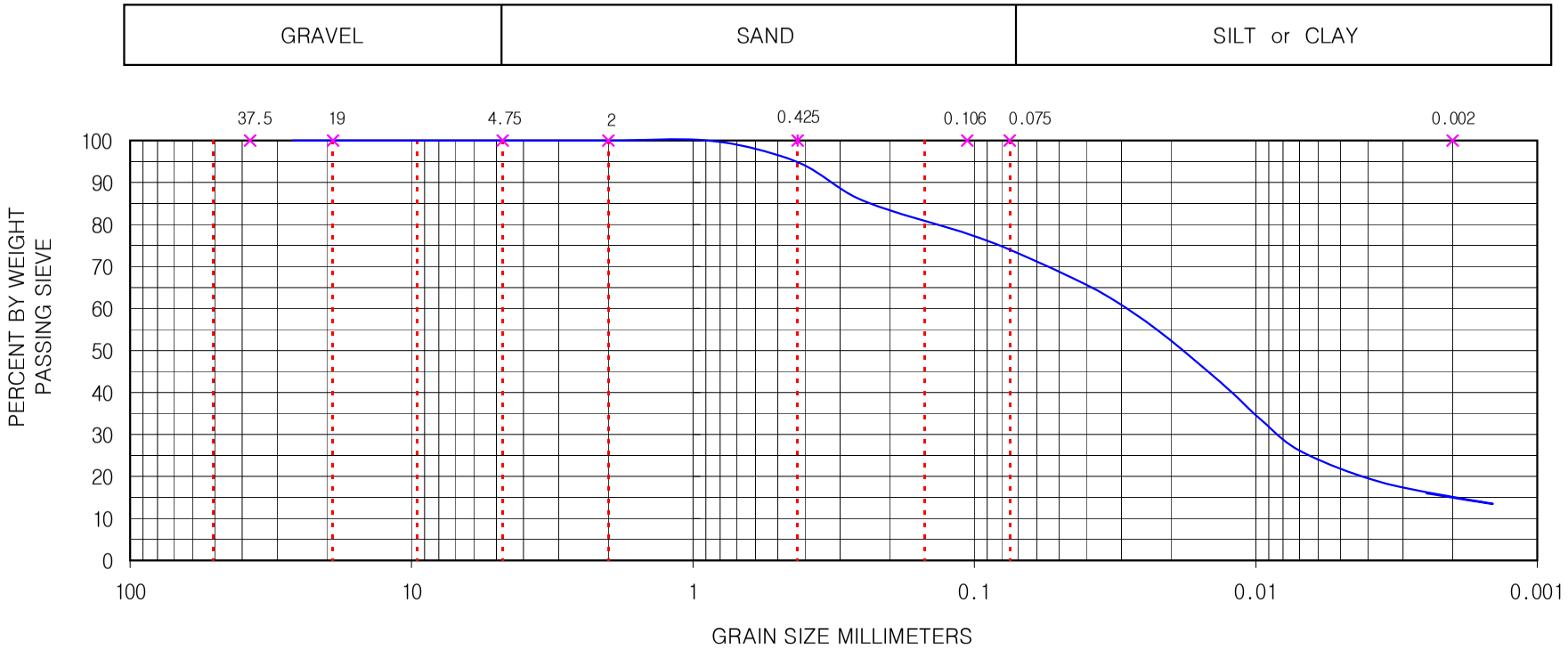
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-13	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Silt	28.4	2.652	NP	NP	NP	ML



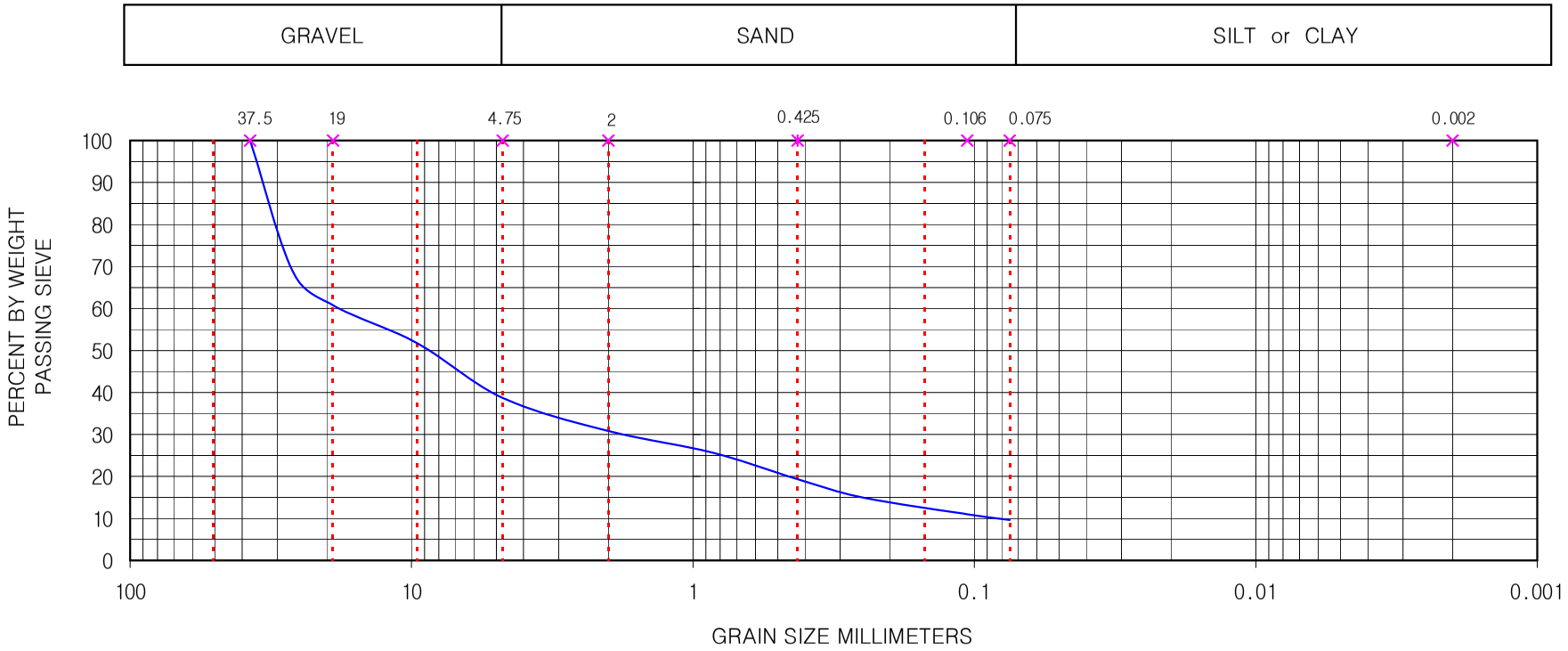
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-14	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0 m	Lean Clay with Sand	19.5	2.675	34.6	20.3	14.3	CL



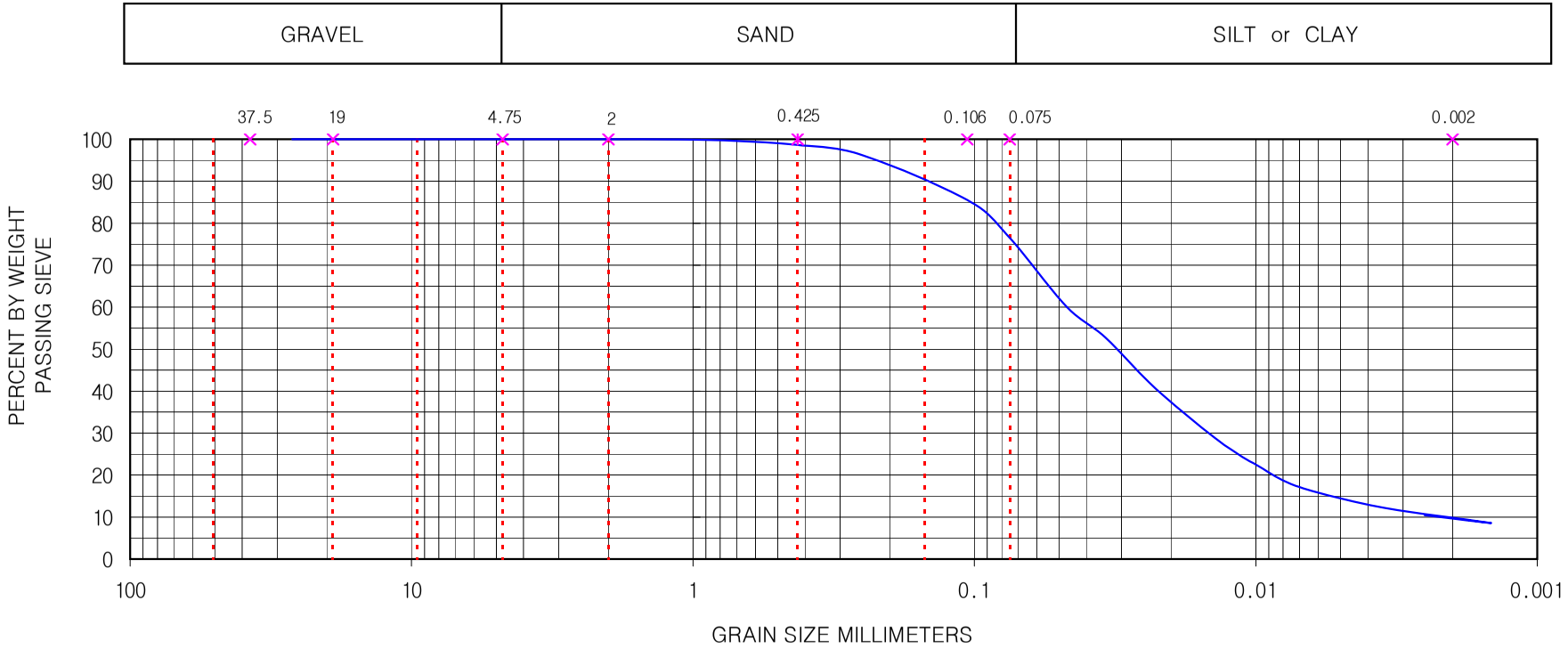
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-15	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	17.0 m	Poorly-graded Gravel with Silt +	7.3	2.663	NP	NP	NP	GP-GM



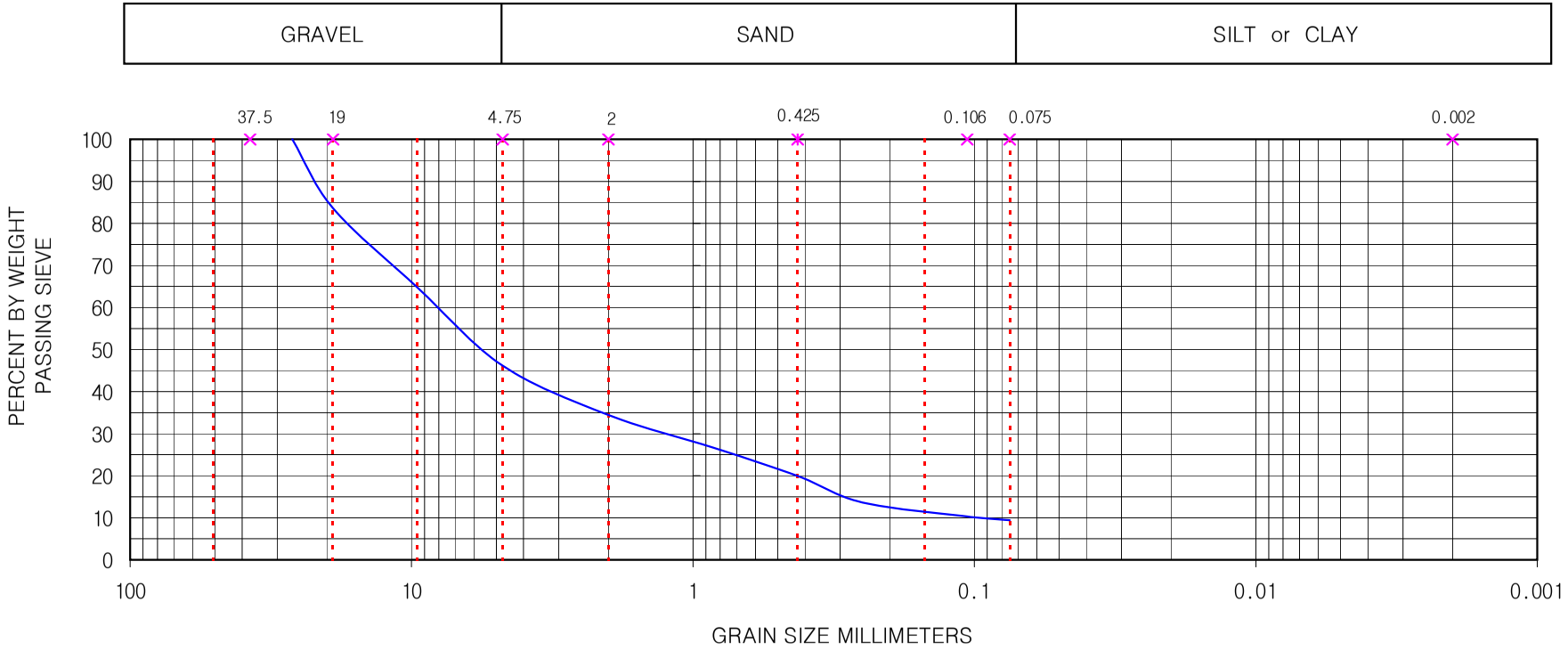
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-16	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0 m	Lean Clay with Sand	20.7	2.672	28.7	19.8	8.9	CL



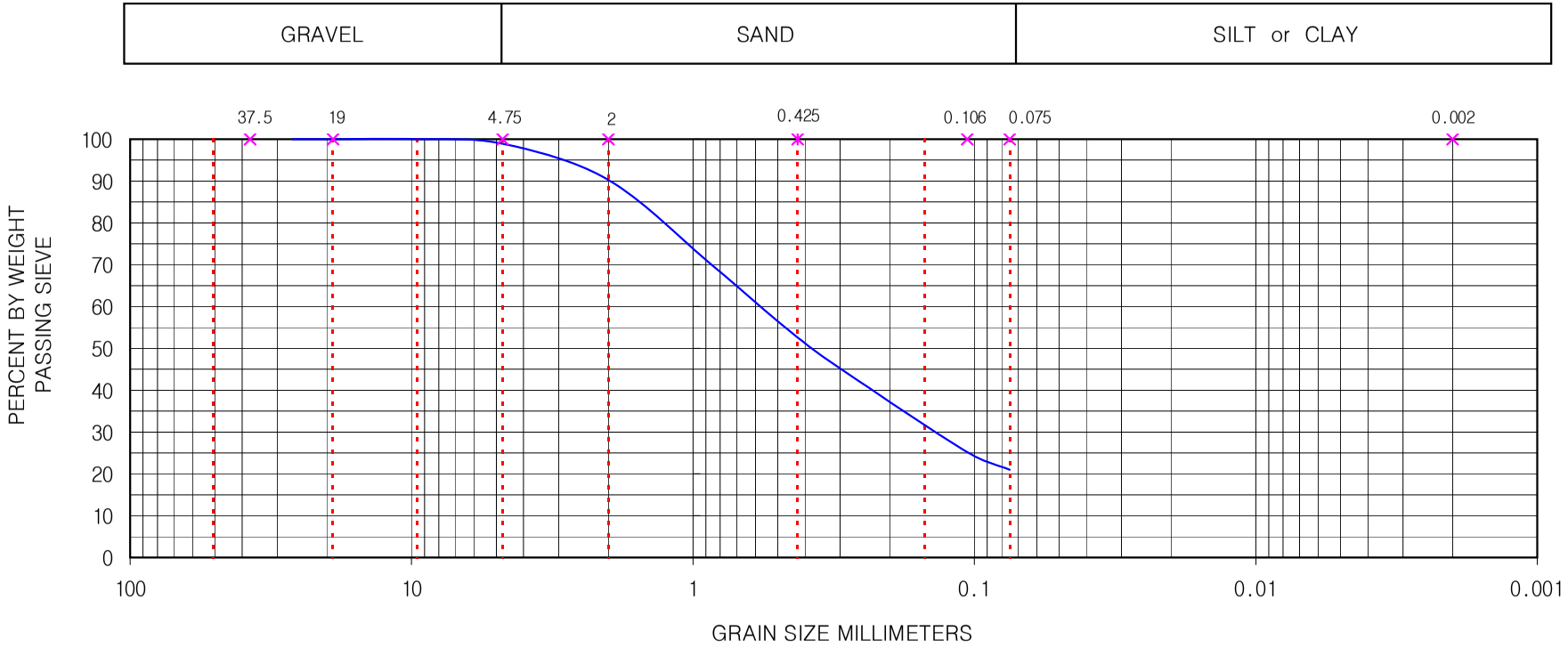
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-17	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Poorly-graded Sand with Silt + Sand	17.5	2.646	NP	NP	NP	SP-SM



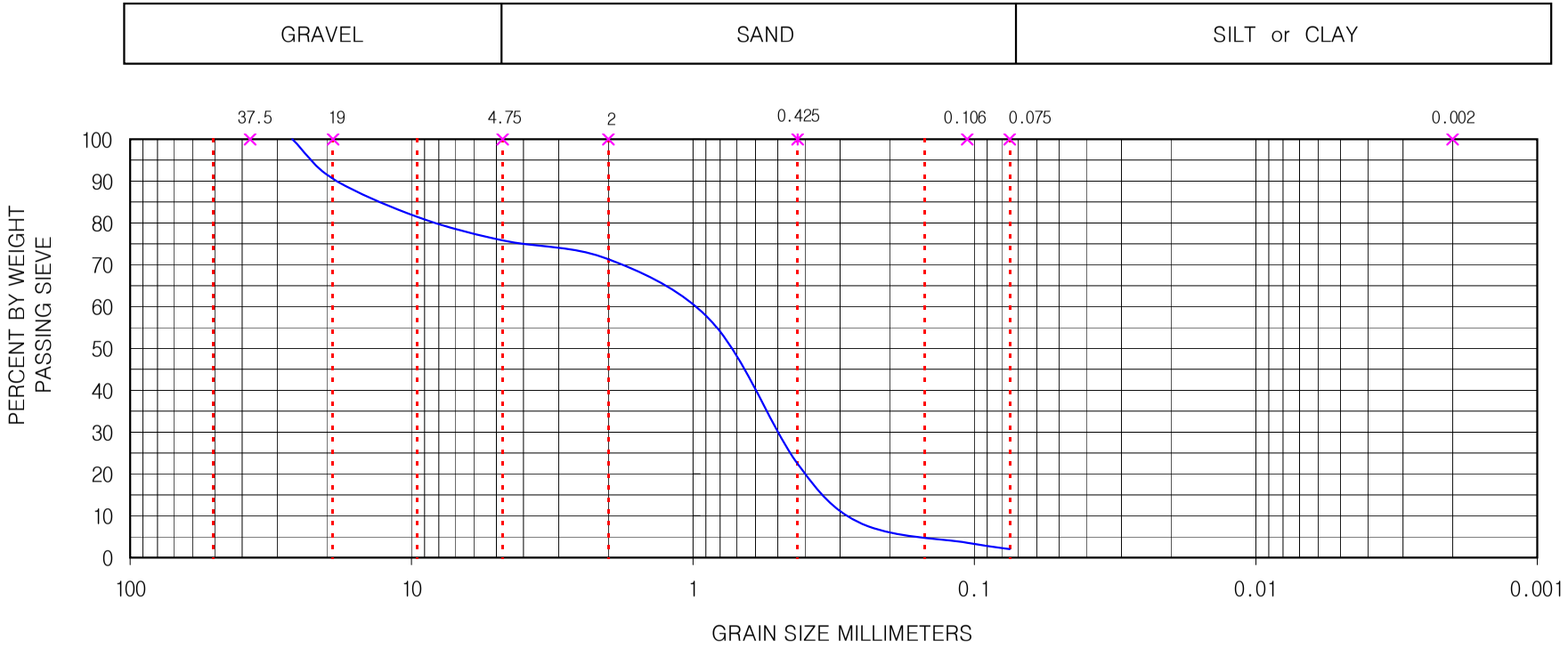
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-18	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	26.0 m	Silty Sand	13.3	2.651	NP	NP	NP	SM



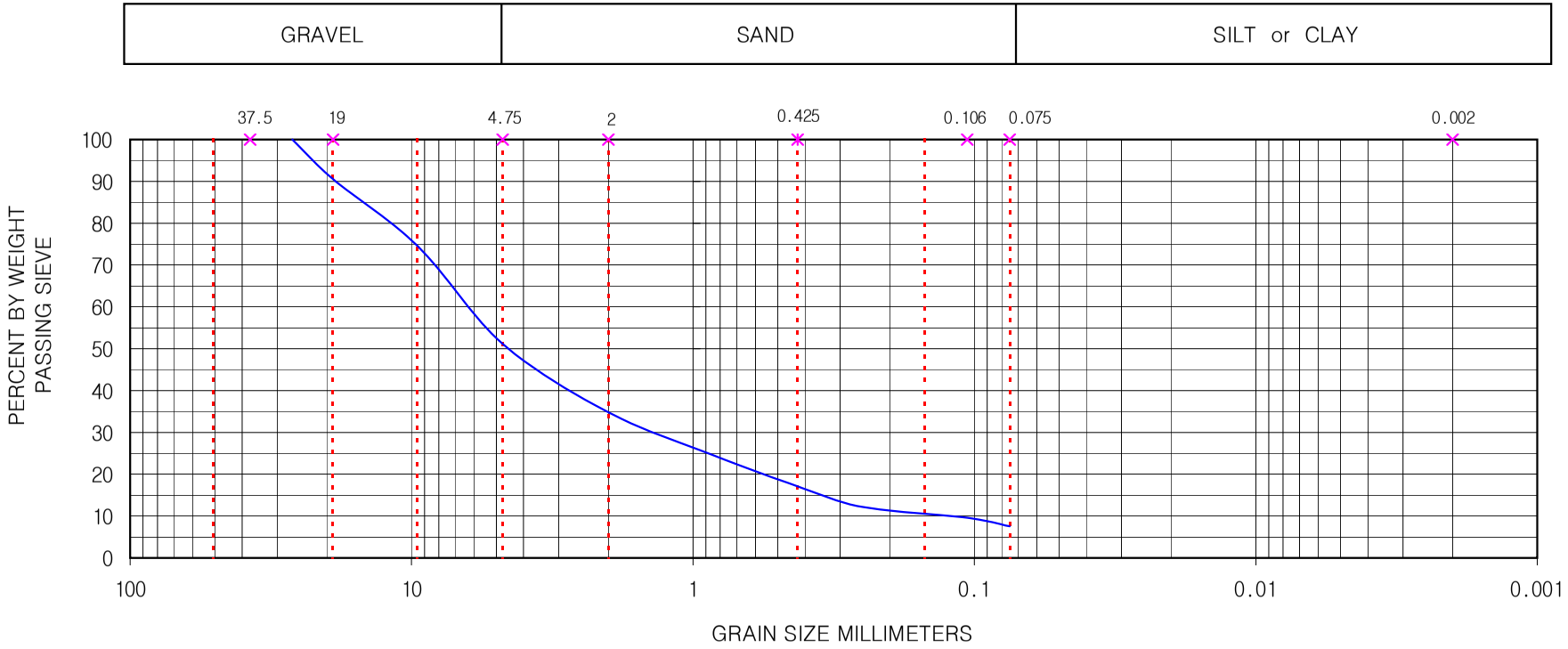
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-19	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	23.0 m	Poorly-graded Sand with Gravel	15.9	2.649	NP	NP	NP	SP



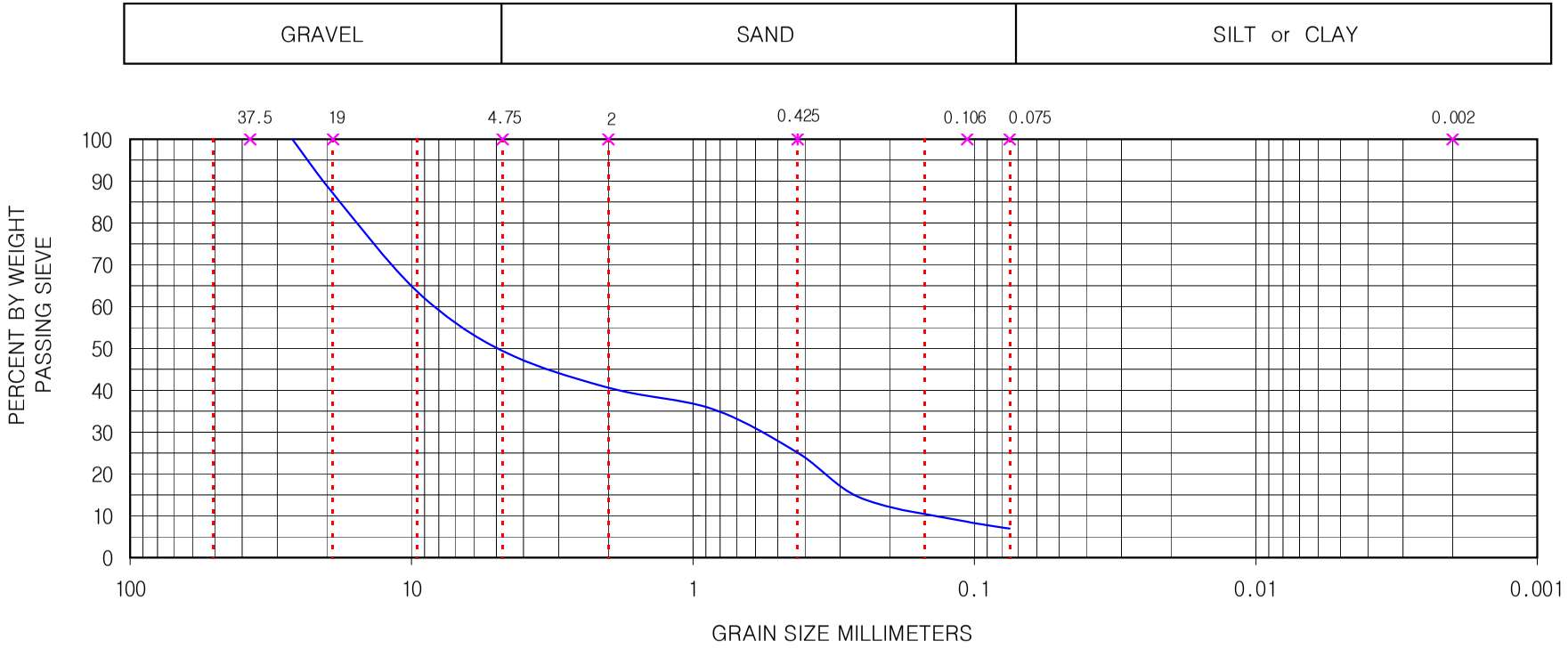
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-20	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	14.0 m	Poorly-graded Gravel with Silt +	9.2	2.653	NP	NP	NP	GP-GM



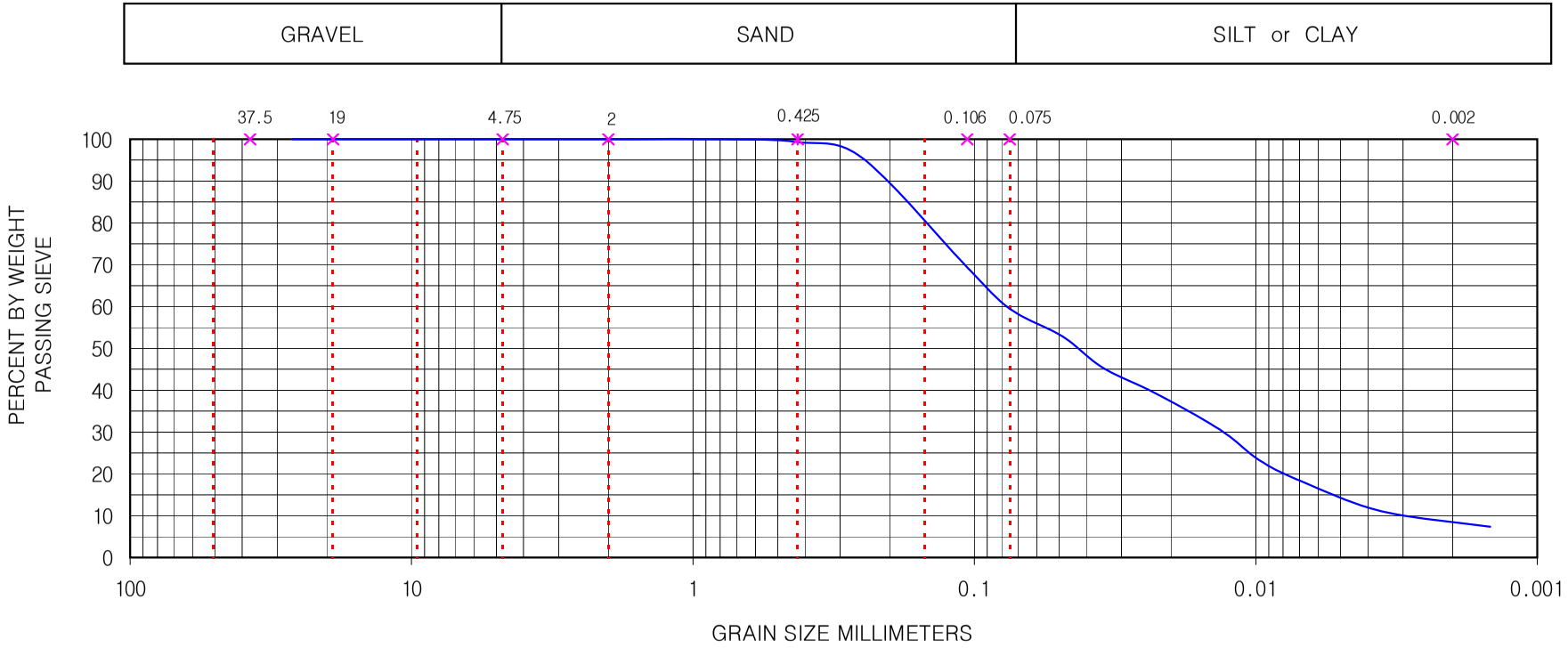
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-21	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Poorly-graded Gravel with Silt +	9.8	2.651	NP	NP	NP	GP-GM



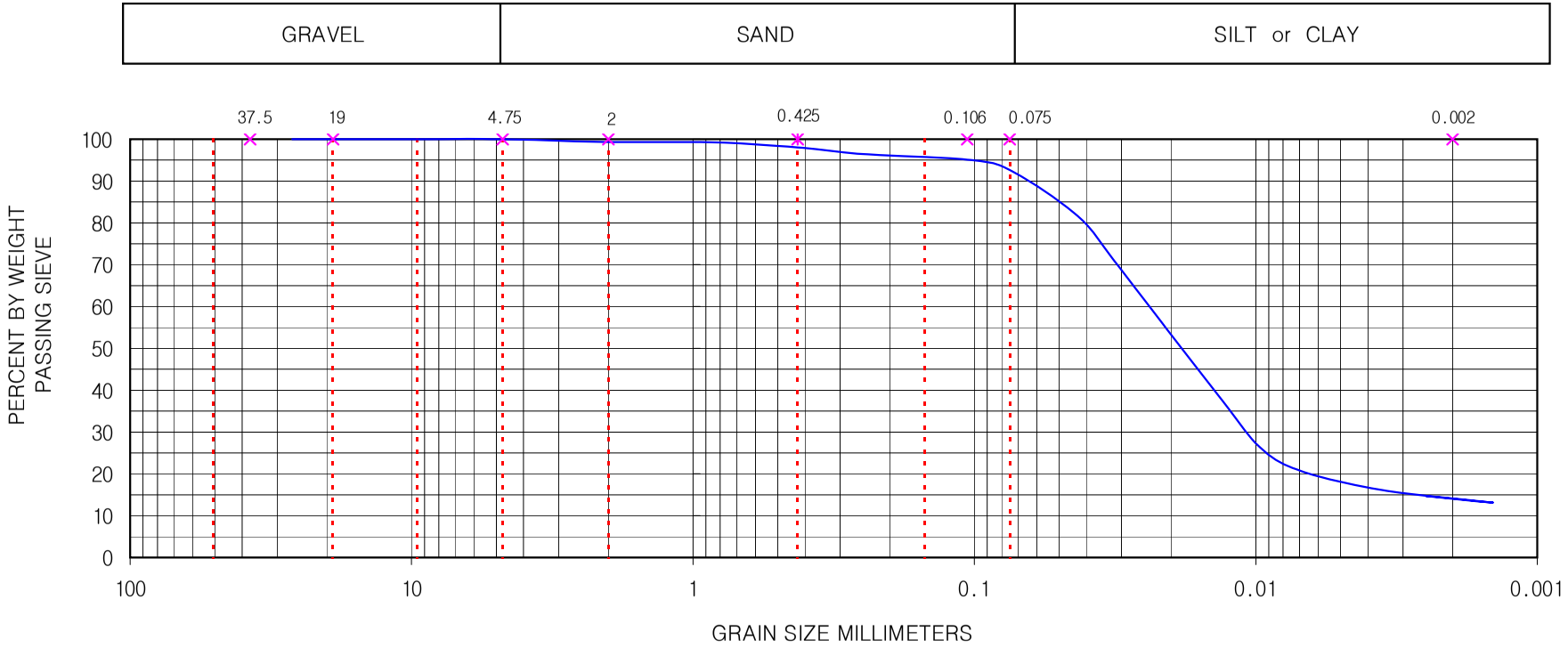
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		ATB-22	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	9.0 m	Sandy Lean Clay	23.1	2.677	32.3	22.7	9.6	CL



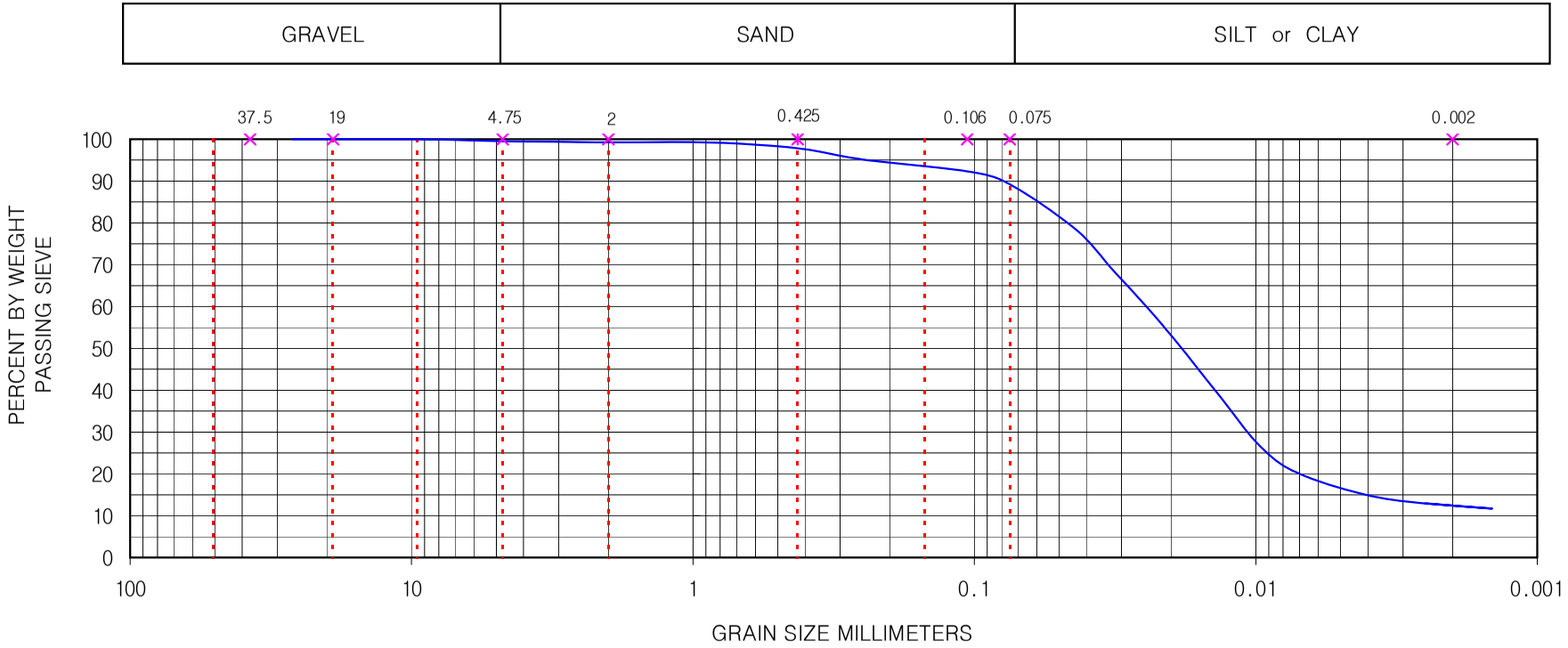
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NABB-1	Test Date	2013-07-12
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Lean Clay	26.1	2.678	32.3	22.1	10.2	CL



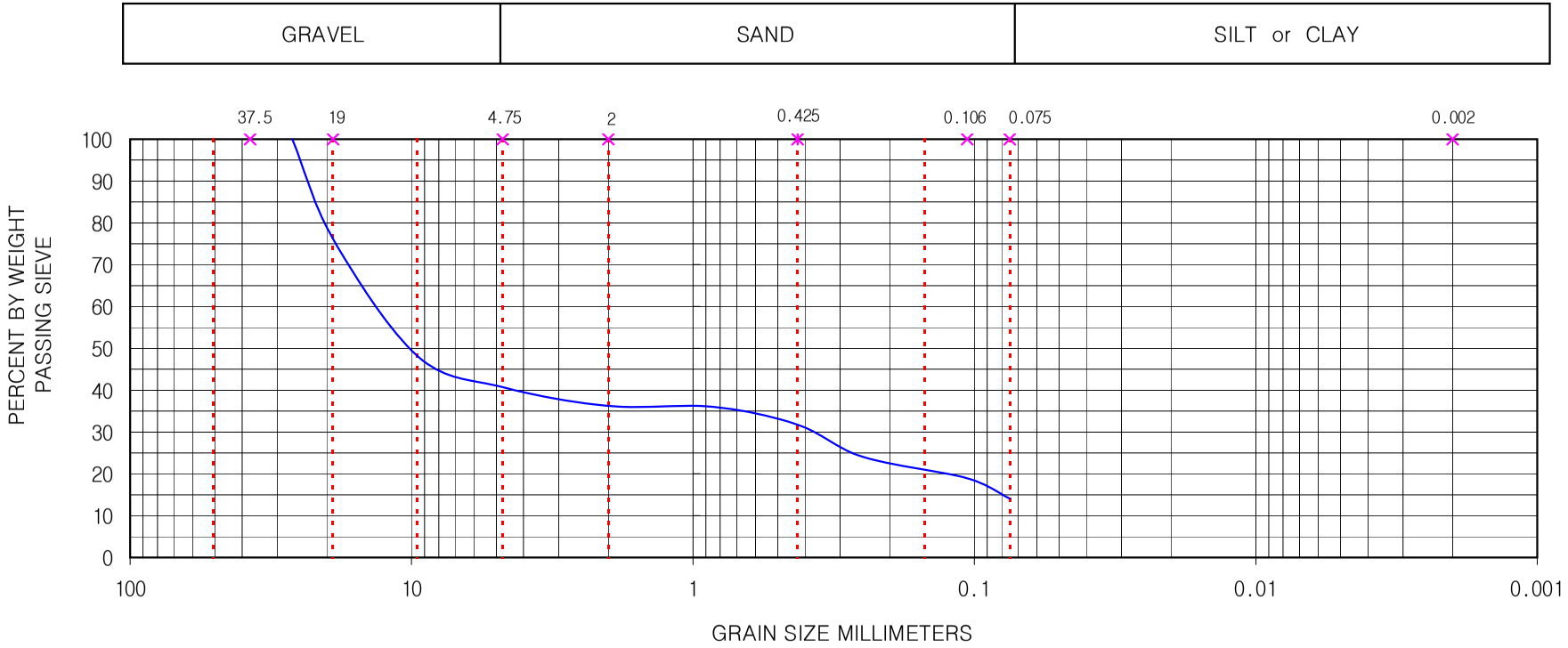
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NATB-1	Test Date	2013-07-12
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0 m	Lean Clay	28.7	2.672	31.2	21.9	9.3	CL



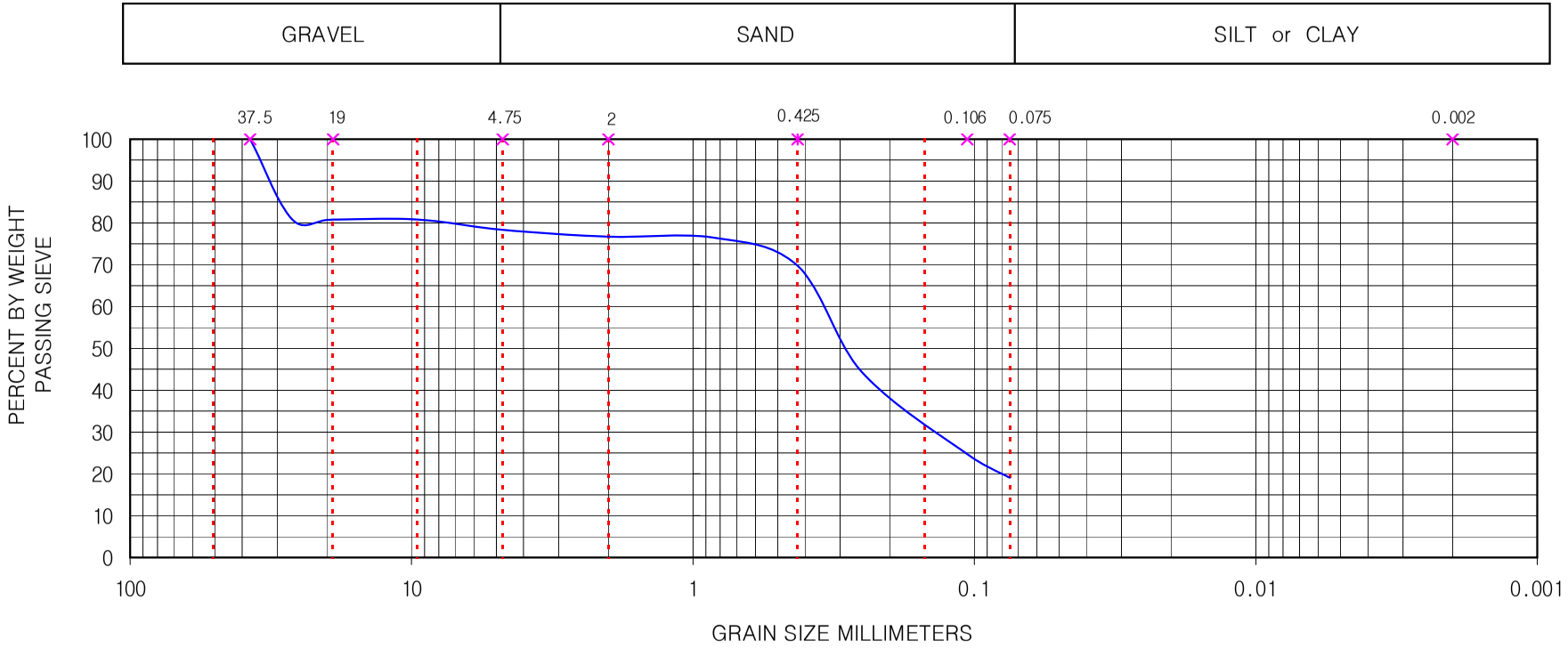
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NATB-2	Test Date	2013-07-12
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	13.0 m	Silty Gravel with Sand	4.4	2.657	NP	NP	-	GM



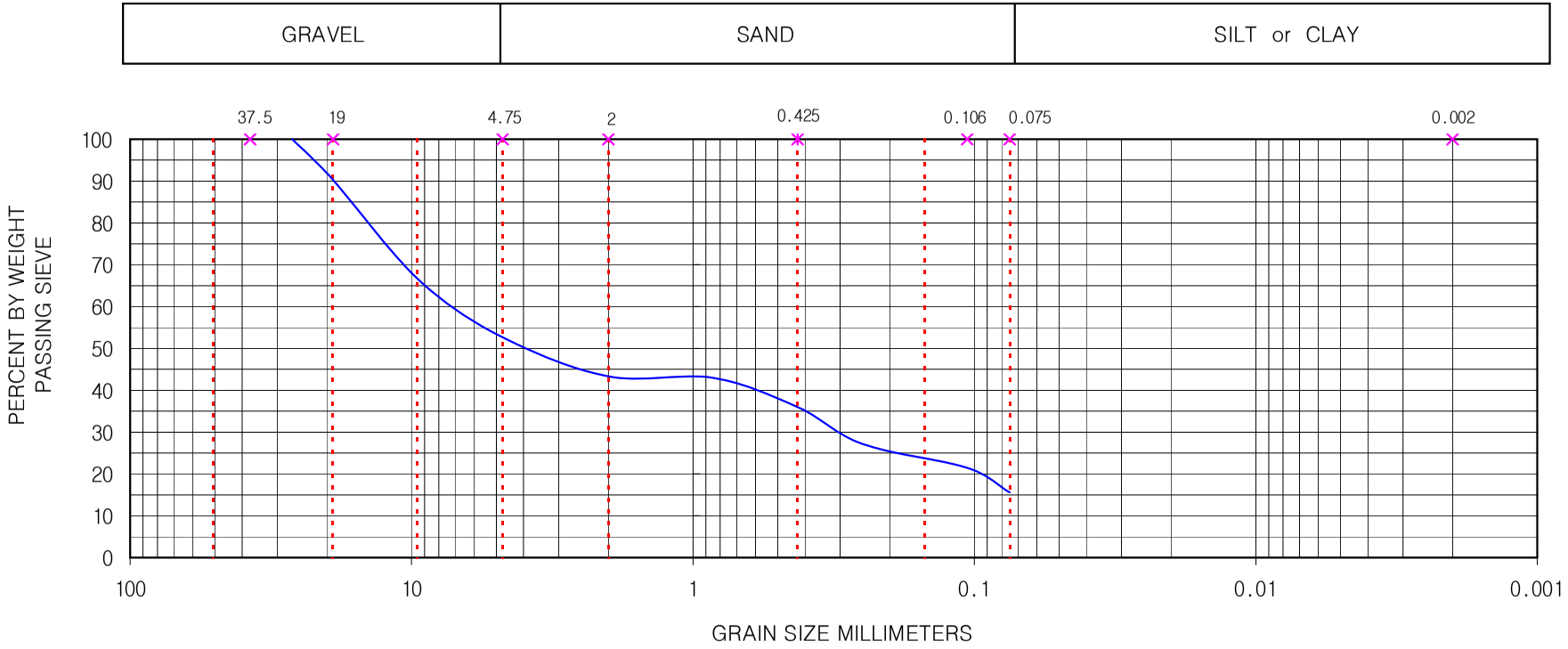
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NATB-3	Test Date	2013-07-12
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Silty Sand with Gravel	15.7	2.654	NP	NP	-	SM



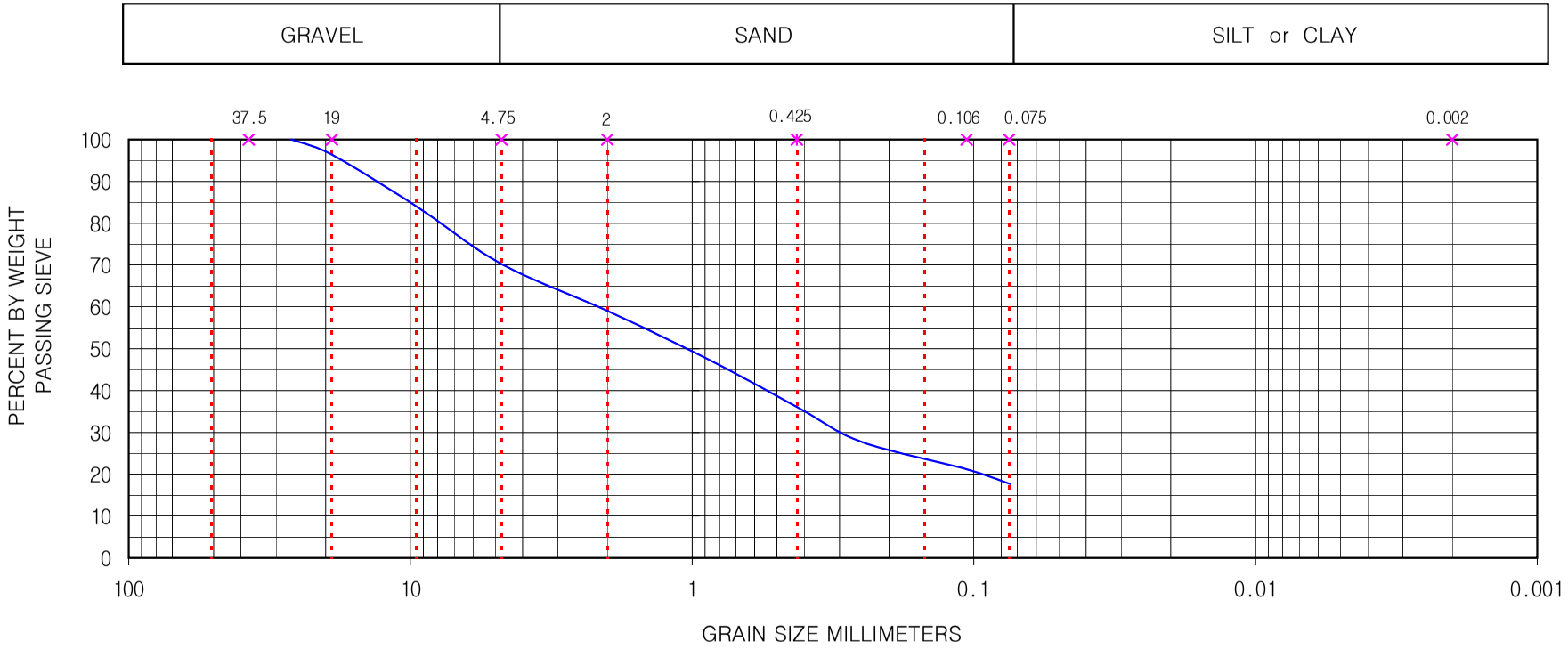
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NATB-4	Test Date	2013-07-12
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	21.0 m	Silty Gravel with Sand	9.1	2.661	NP	NP	-	GM



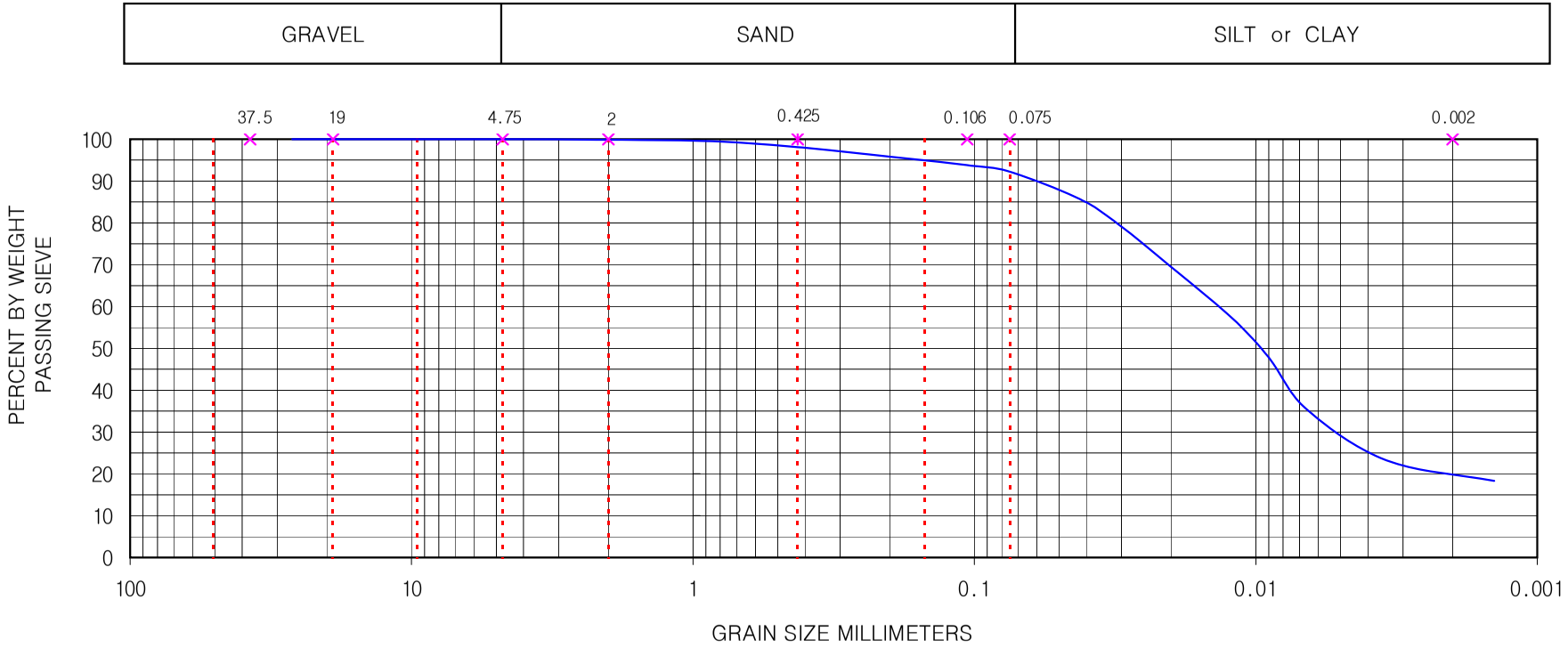
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNBB-1	Test Date	2013-04-26
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	1.5 m	Silty Sand with Gravel	8.4	2.653	NP	NP	NP	SM



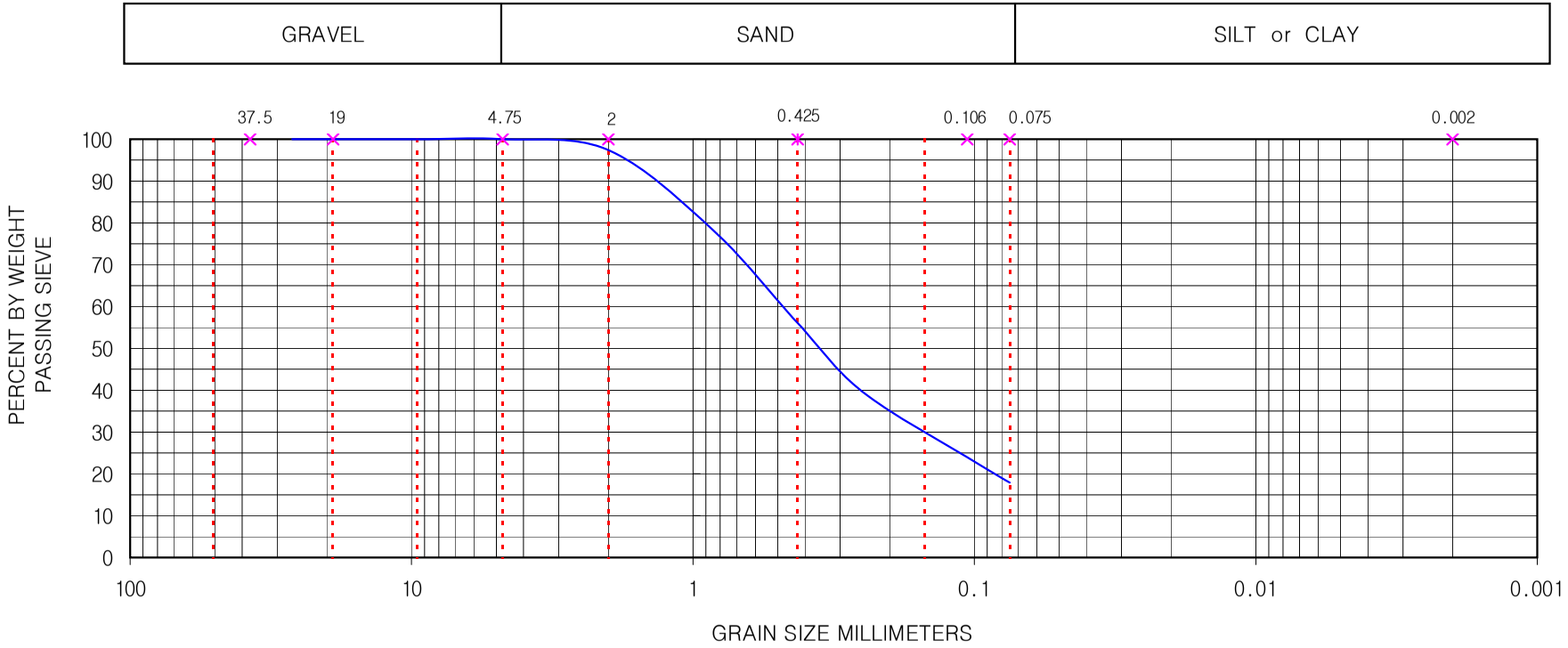
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNBB-1	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0 m	Lean Clay	29.6	2.684	37.6	22.7	14.9	CL



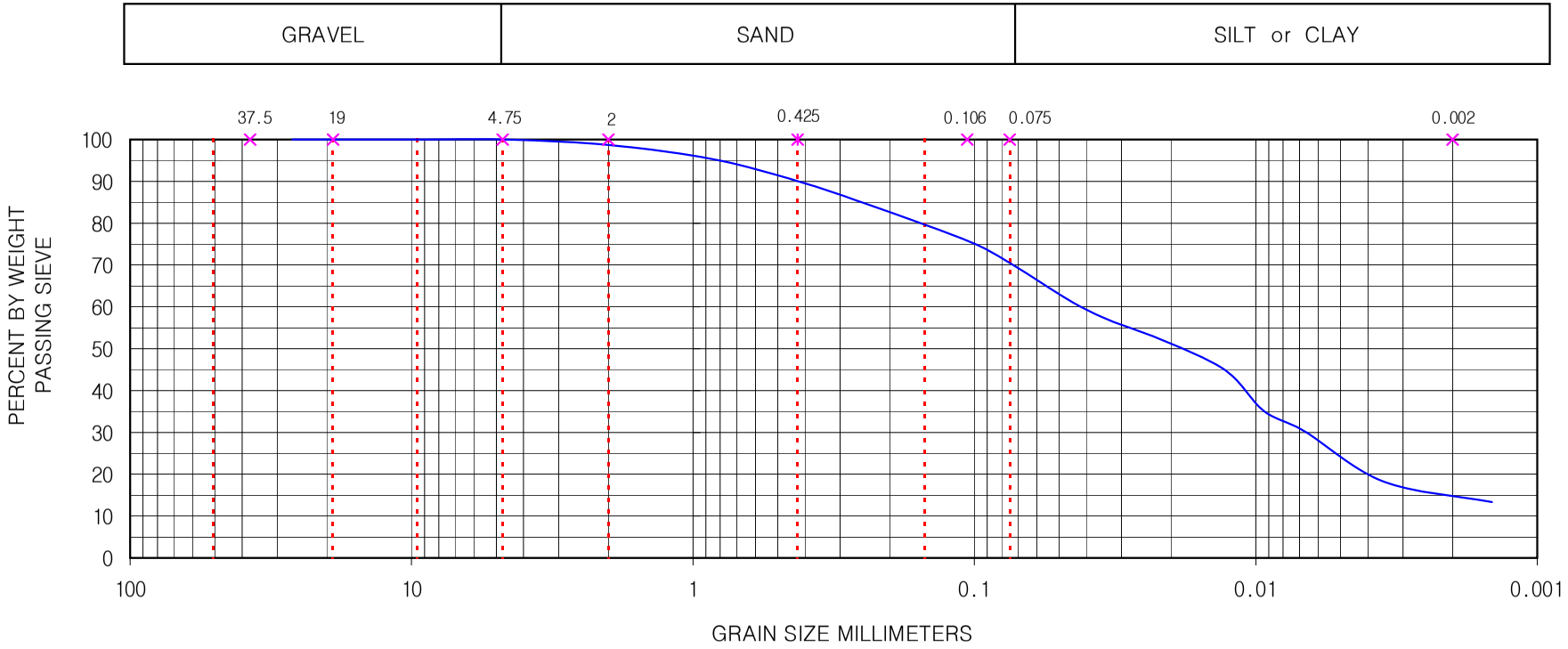
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNBB-2	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	9.0 m	Silty Sand	11.5	2.664	NP	NP	NP	SM



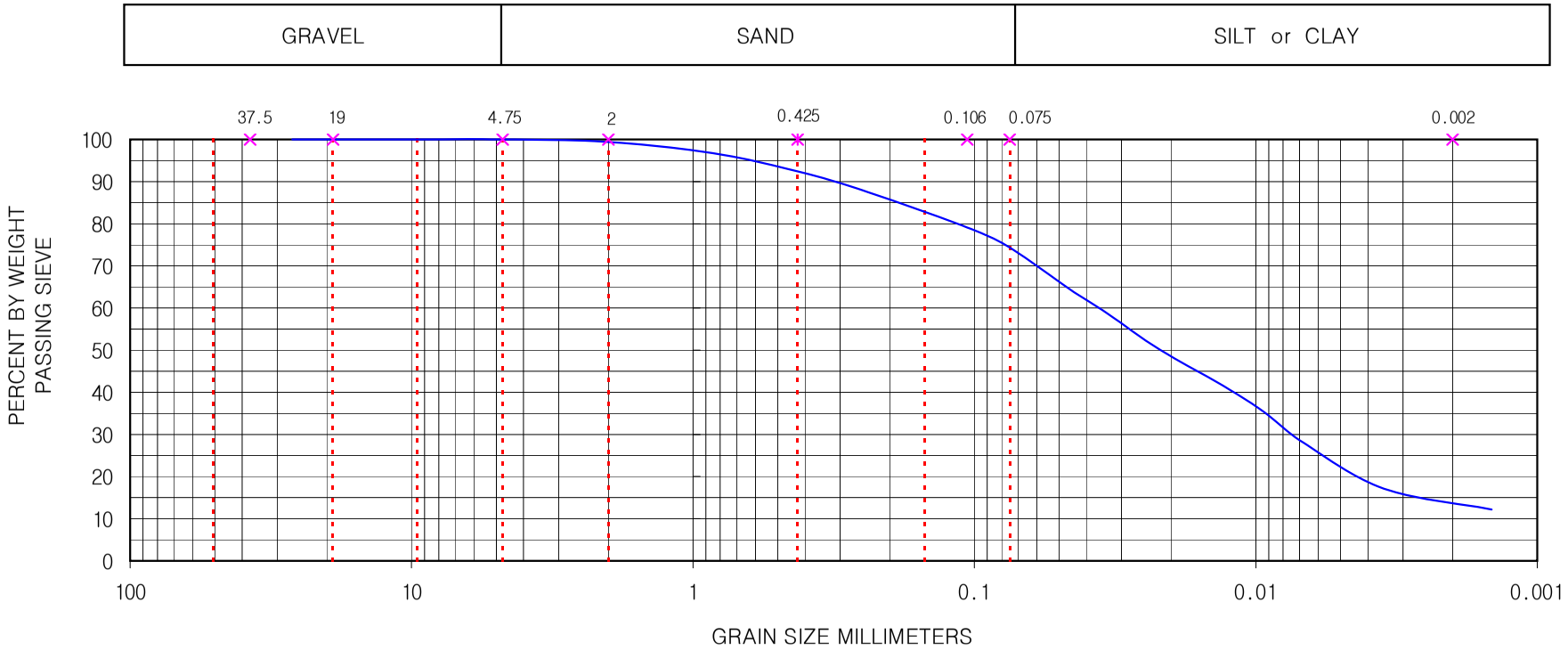
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNBB-3	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Lean Clay with Sand	20.7	2.670	32.4	20.7	11.7	CL



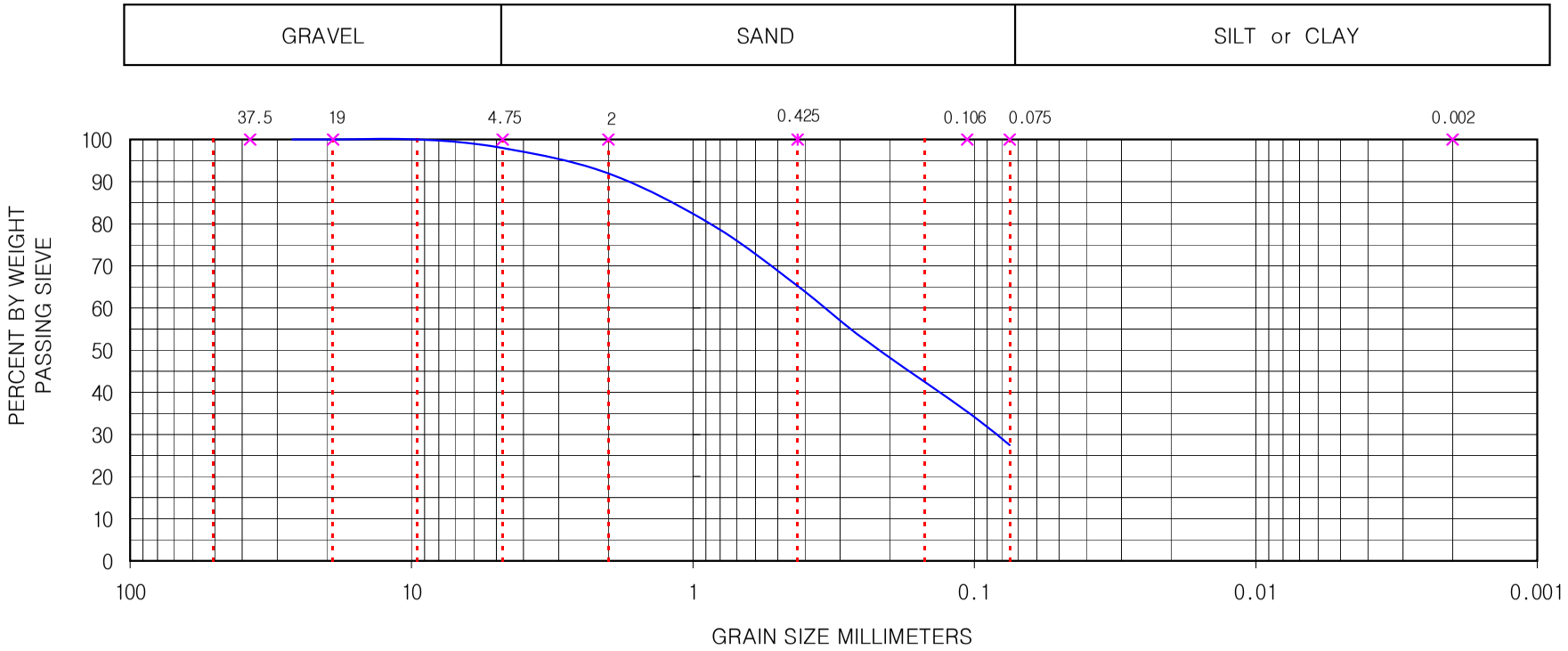
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNBB-4	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0 m	Lean Clay with Sand	22.1	2.674	32.9	20.4	12.5	CL



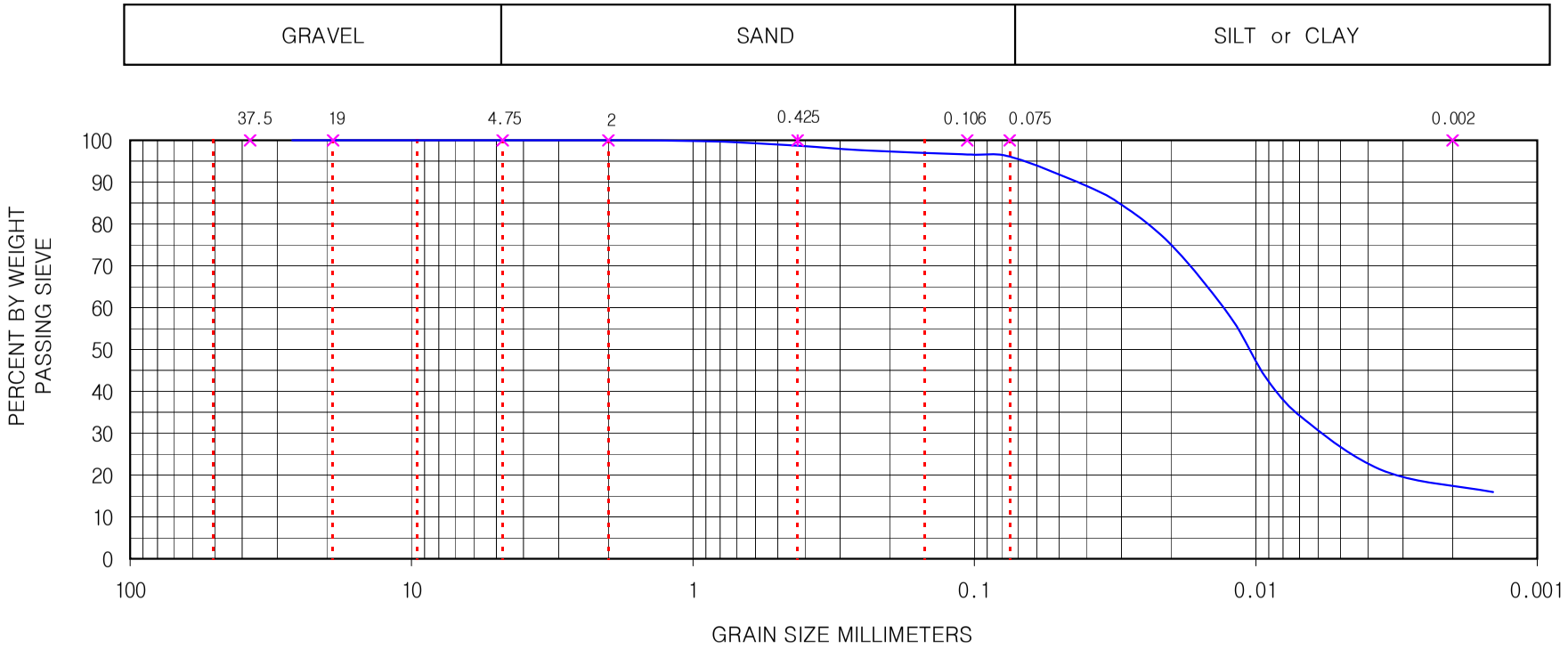
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNBB-5	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	12.0 m	Silty Sand	16.7	2.654	NP	NP	NP	SM



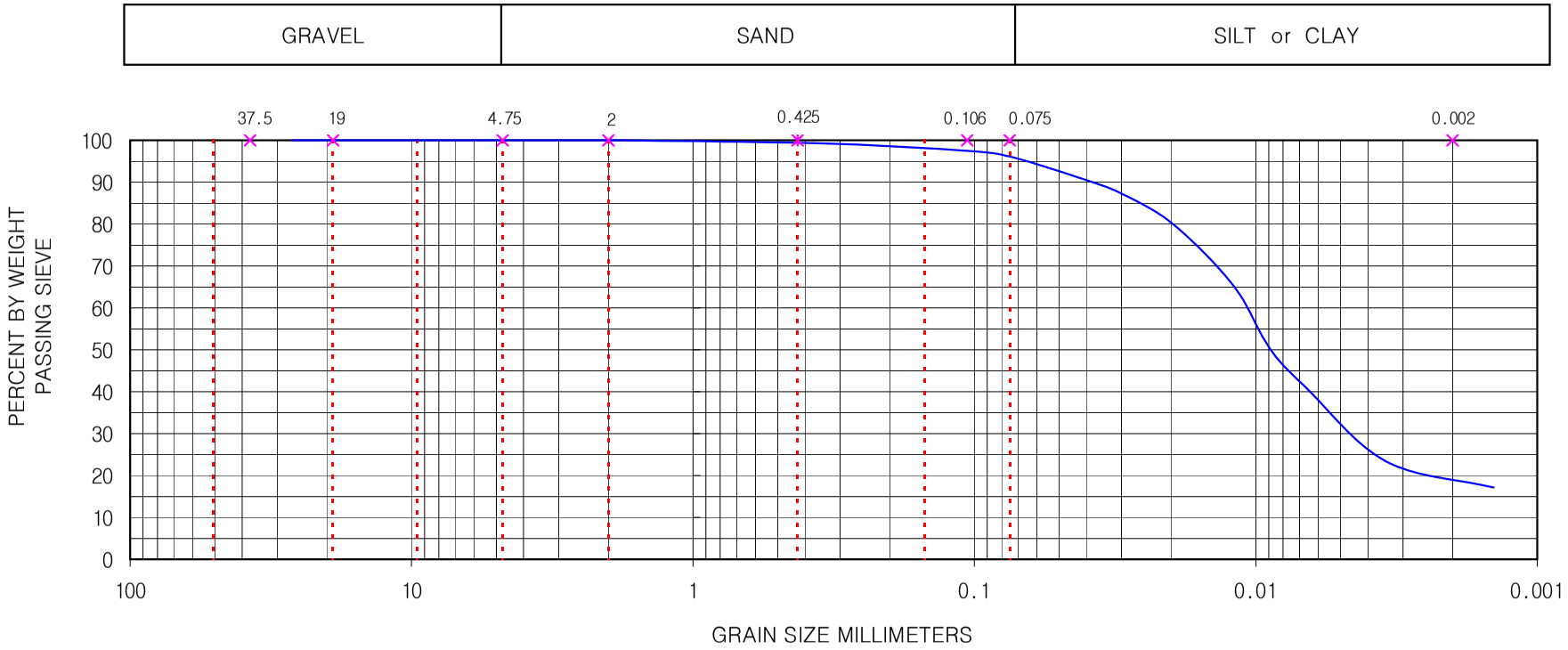
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNBB-6	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0 m	Lean Clay	29.9	2.676	33.1	21.8	11.3	CL



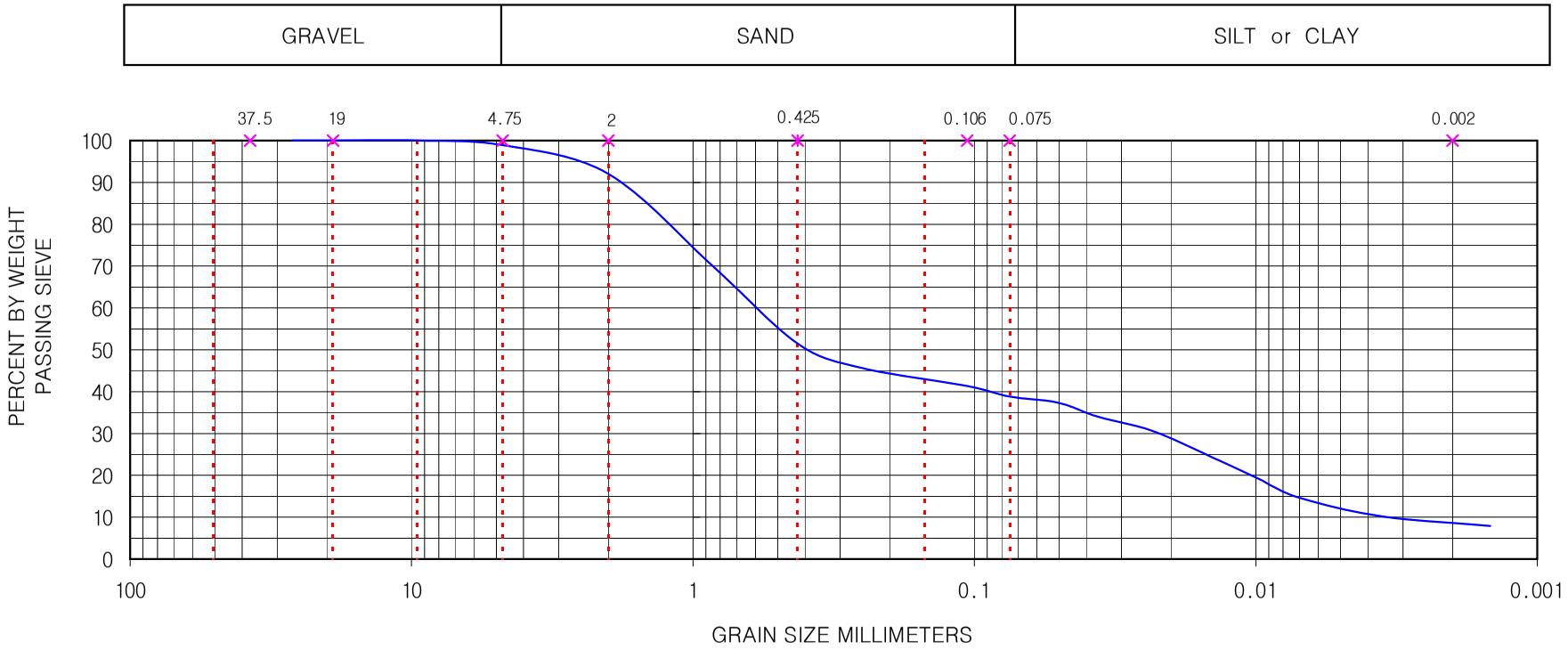
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNBB-7	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0 m	Lean Clay	32.7	2.678	34.7	21.3	13.4	CL



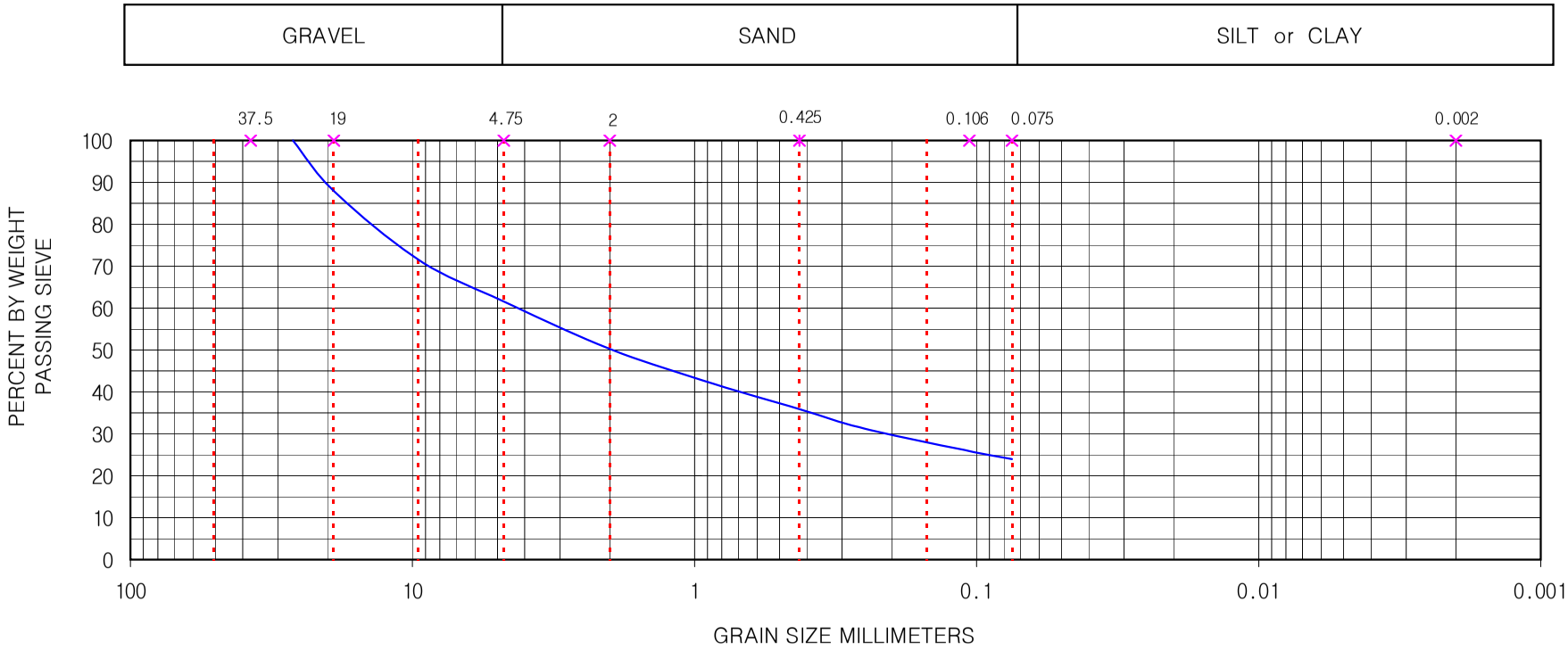
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNTB-1	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0 m	Clayey Sand	25.7	2.664	30.6	19.9	10.7	SC



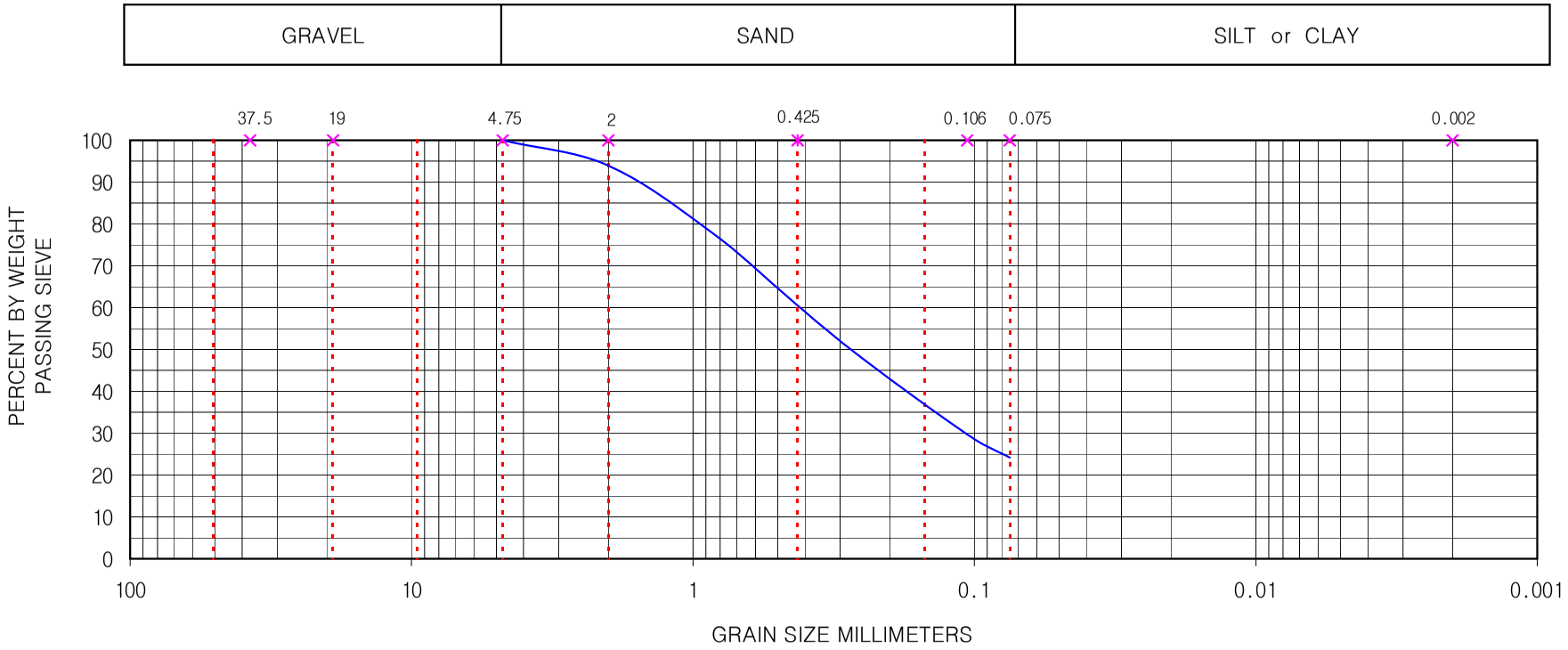
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNTB-2	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0 m	Silty Gravel with Sand	13.8	2.659	NP	NP	NP	GM



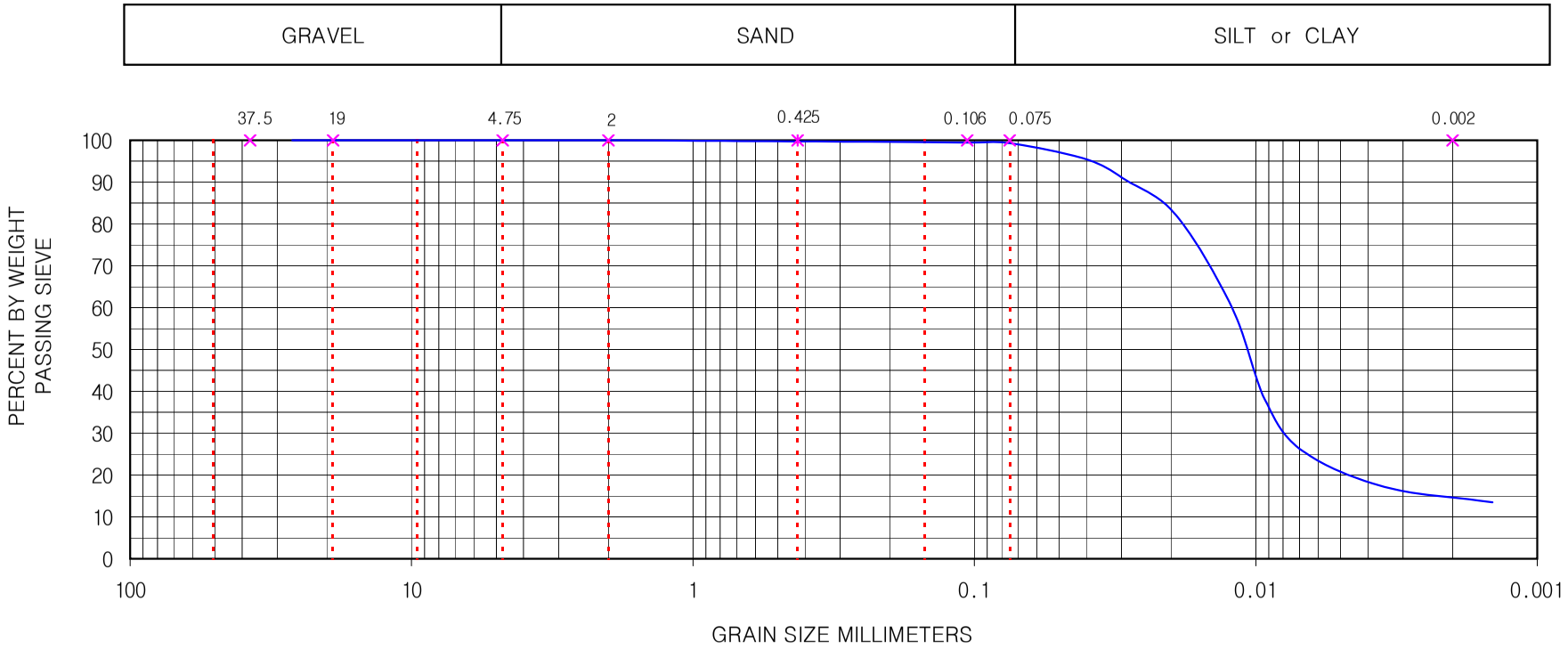
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNTB-3	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	14.0 m	Silty Sand	20.8	2.658	NP	NP	NP	SM



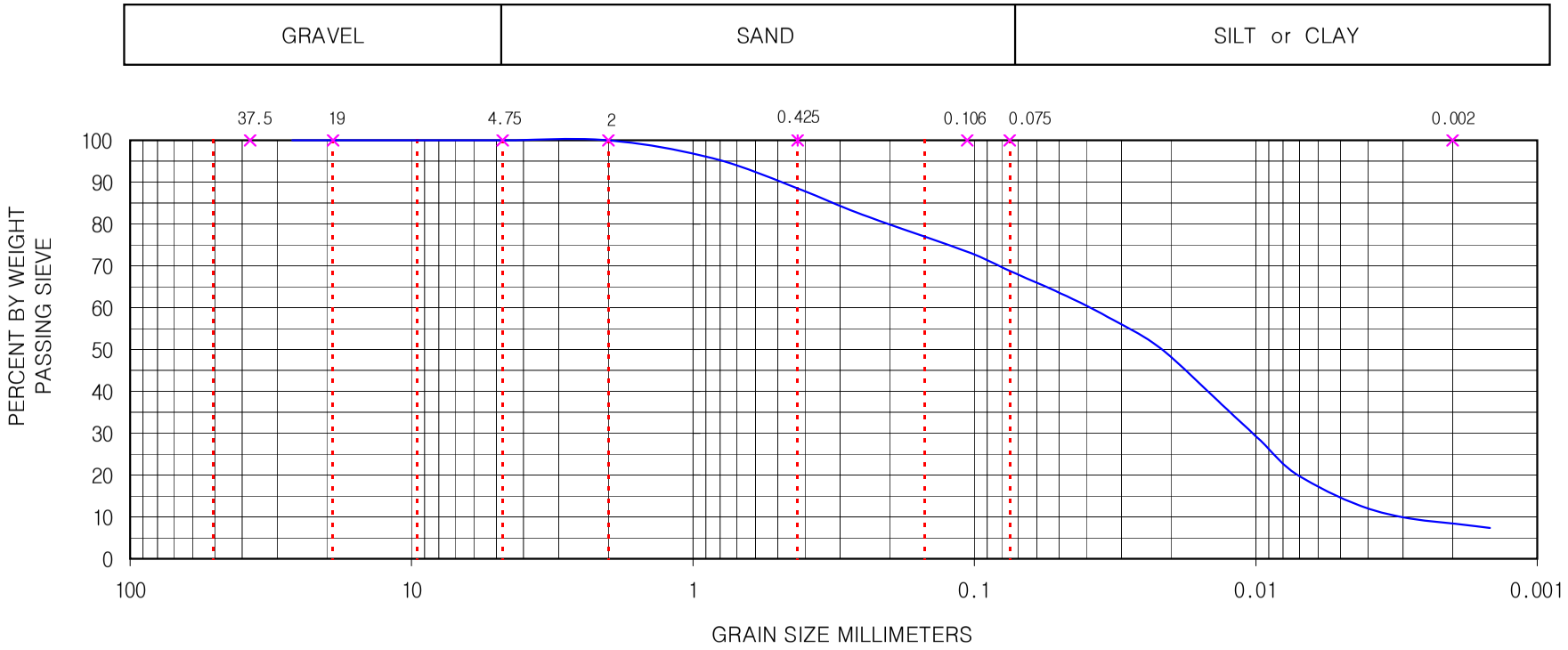
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNTB-4	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Lean Clay	31.7	2.686	34.3	20.6	13.7	CL



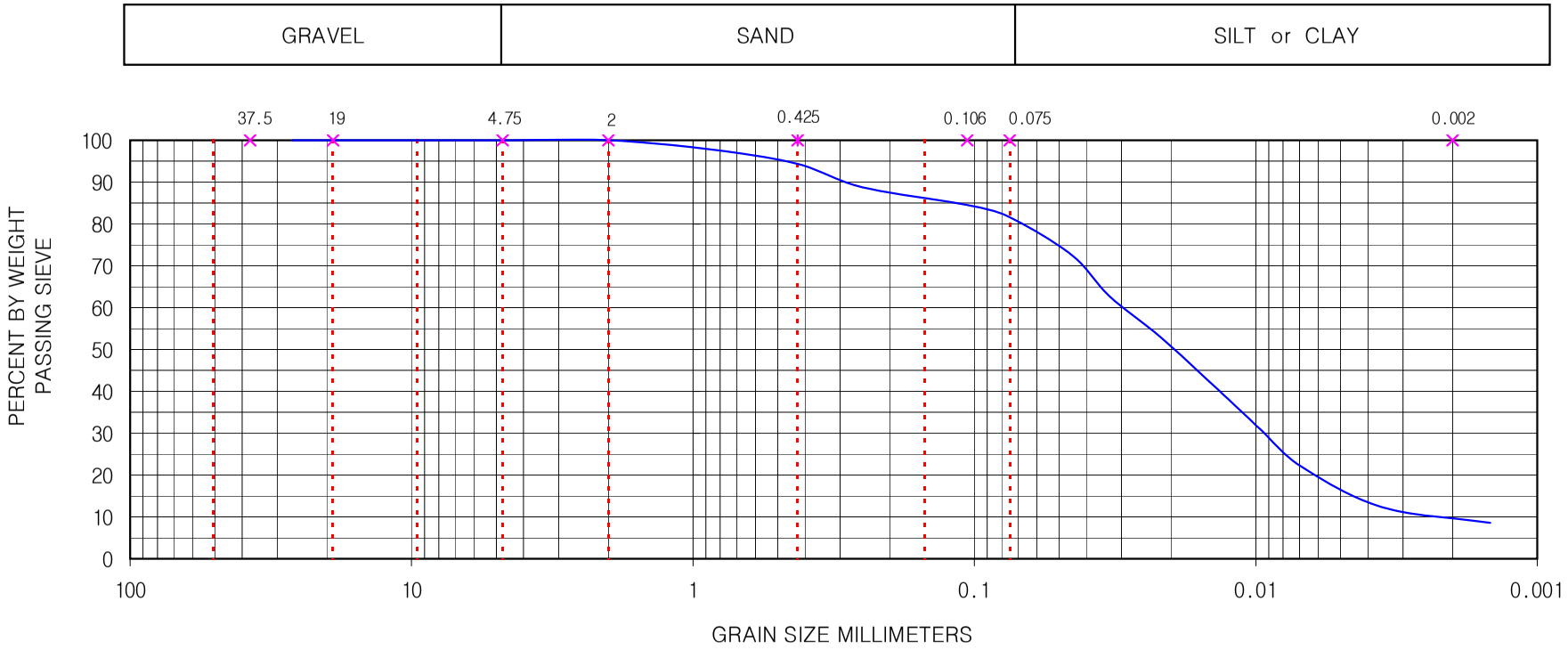
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNTB-5	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	17.0 m	Sandy Silt	34.4	2.667	NP	NP	NP	ML



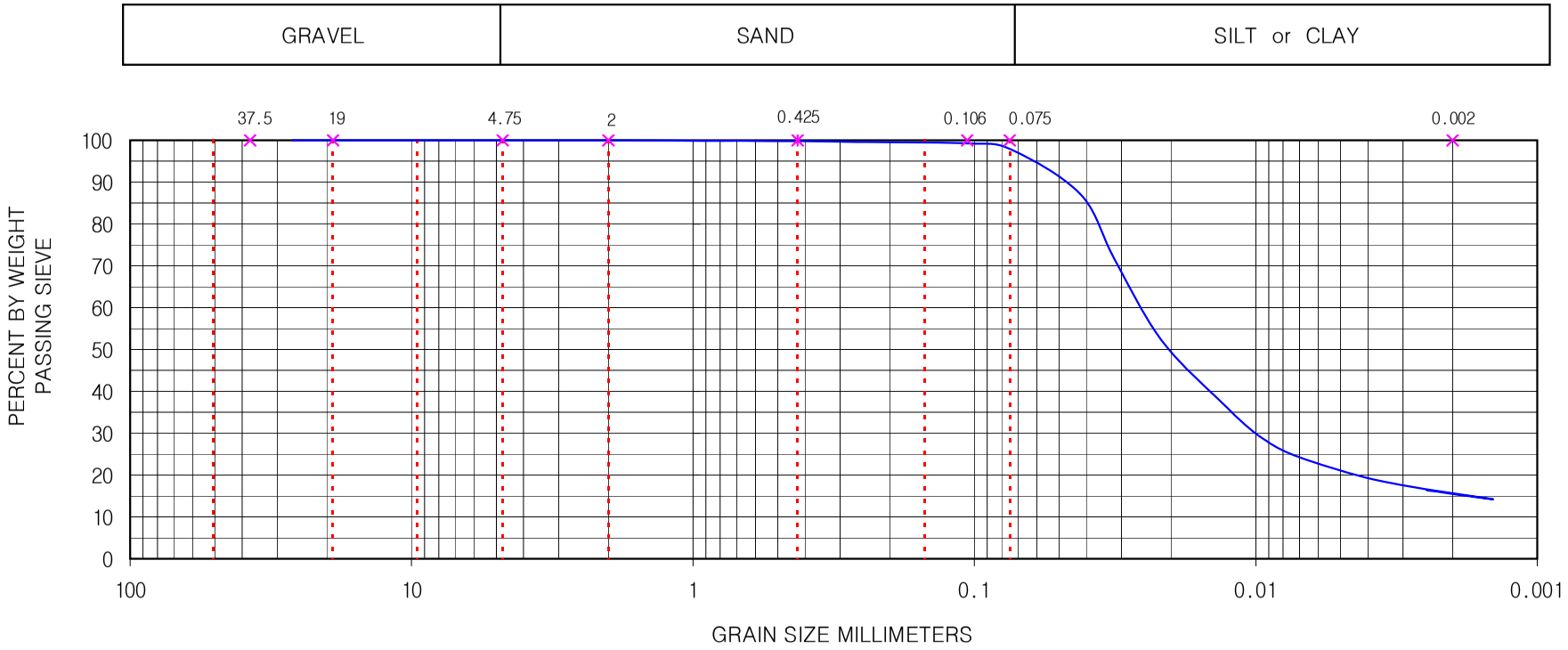
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNTB-6	Test Date	2013-04-17
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	13.0 m	Silty With Sand	30.1	2.666	NP	NP	NP	ML



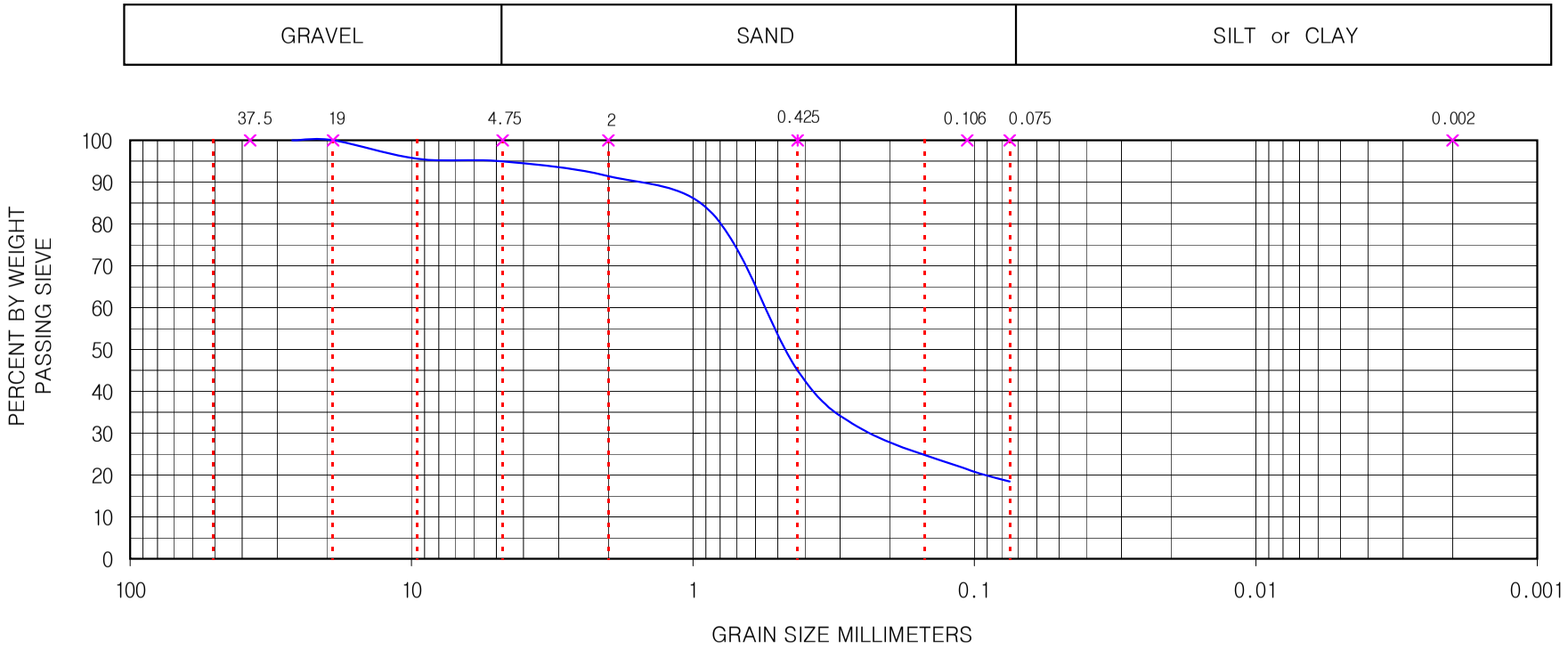
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNTB-7	Test Date	2013-07-12
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0 m	Silt	34.4	2.679	35.8	24.7	11.1	ML



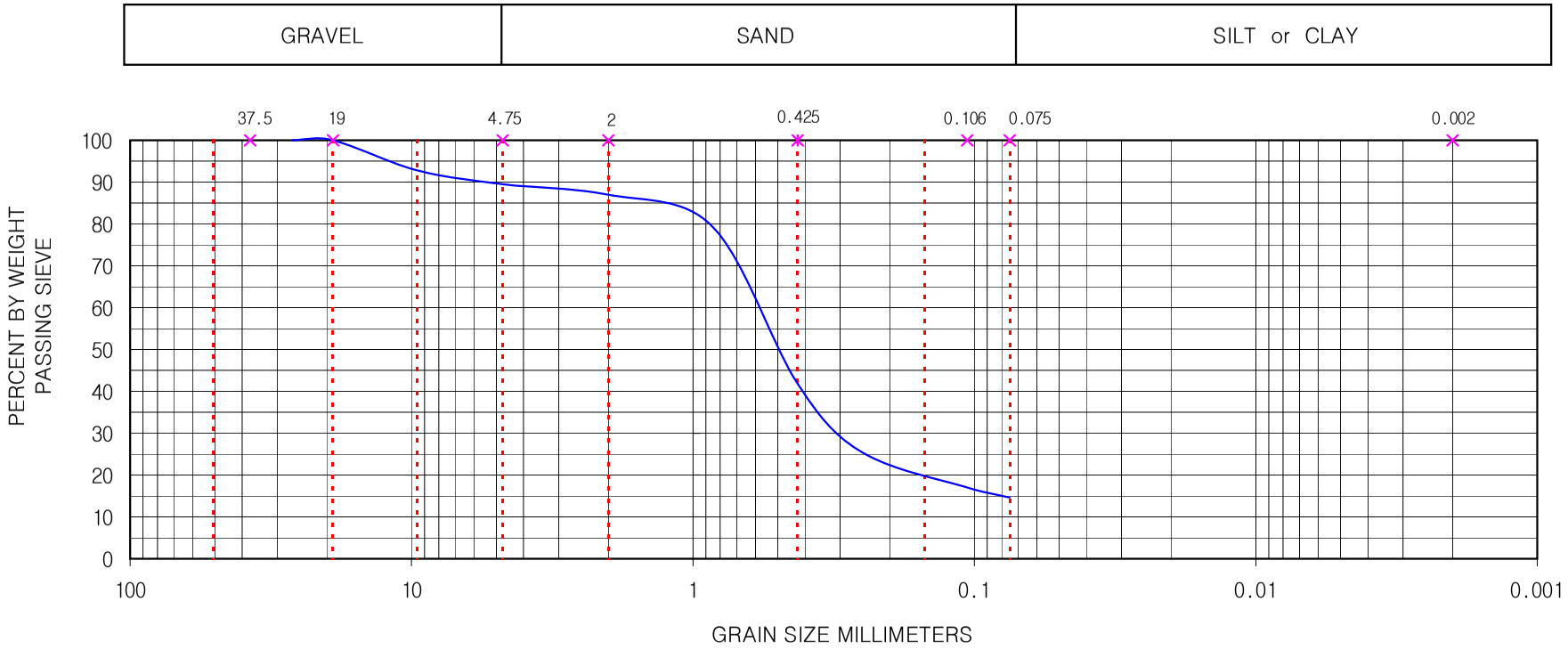
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNTB-8	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0 m	Silty Sand	10.8	2.651	NP	NP	NP	SM



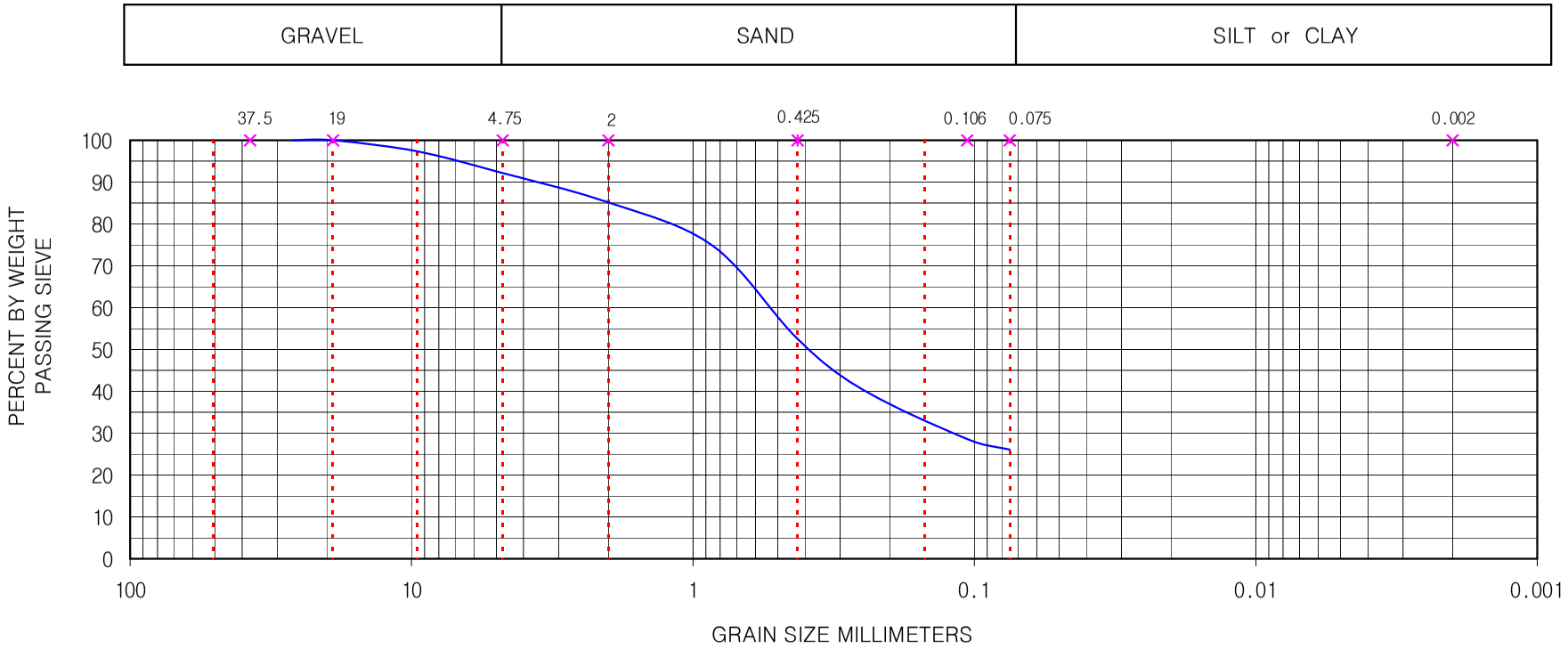
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNTB-9	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Silty Sand	9.1	2.656	NP	NP	NP	SM



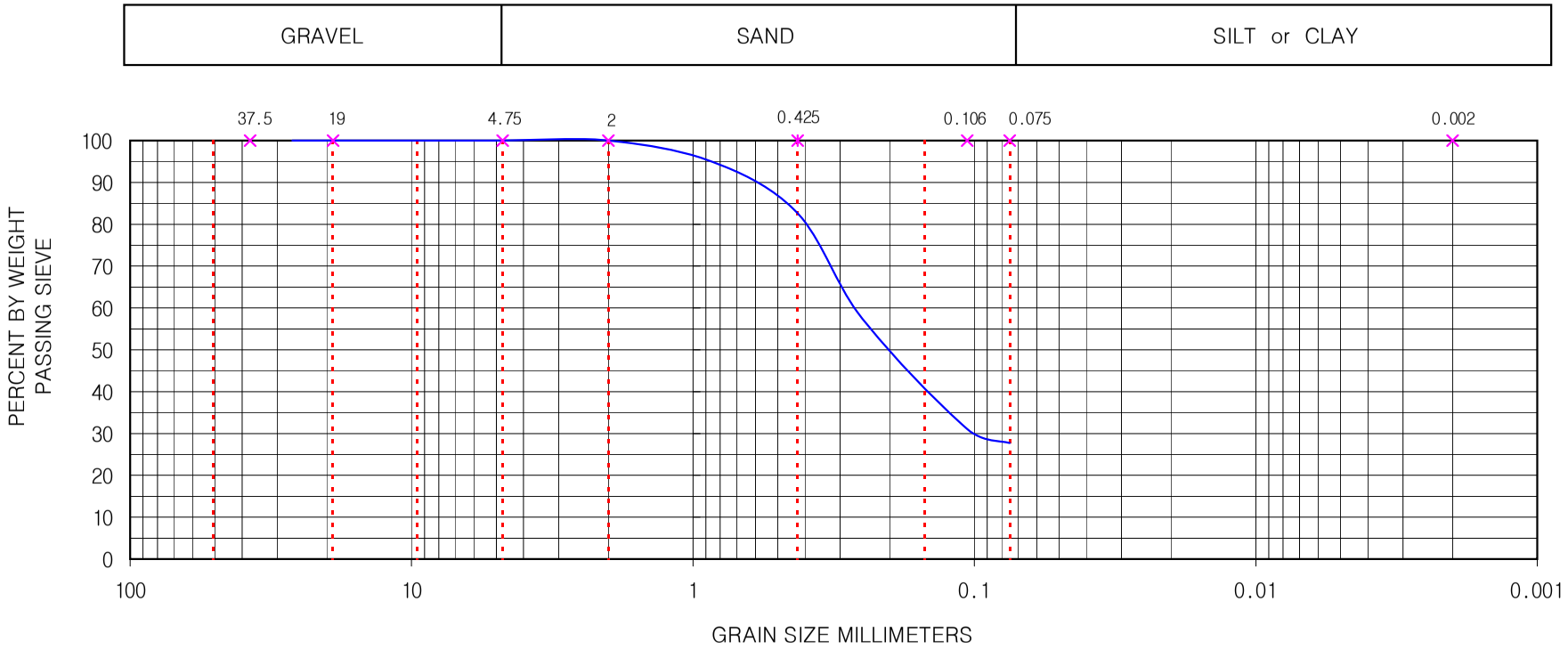
GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNTB-10	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Silty Sand	12.8	2.651	NP	NP	NP	SM



GRADATION CURVES

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			Boring No.		NNTB-11	Test Date	2013-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	9.0 m	Silty Sand	28.3	2.651	NP	NP	NP	SM



Soil Test Data

PROJECT : 서울제물포터널 민간투자사업 지반조사.

0106-GO15162

Hole	Depth	M_C	Density	Atterberg L.		Direct shear		Unconf.comp.st	Triaxial comp. str				Consolidation		Rowe	C.R.S. Cons.		Grain size analysis % finer than					USCS
			ρs	LL	PI	C	ø	Qu	C_{uu}	$C_{cu'}$	$ø_{cu'}$	K_o	P_c	C_c	C_c	P_c	C_c	#4	#10	#40	#200	2 μ	
No.	(m)	(%)	(g/cm3)	%		kPa	deg	kPa	kPa		deg		kPa			kPa							
ATBH - 1	9.00	17.1	2.66	NP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97.9	90.8	41.1	14.9	-	SM
ATBH - 2	12.00	21.5	2.68	31.5	12.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	94.4	49.5	12.0	SC
ATBH - 3	7.00	18.3	2.72	29.8	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96.0	90.1	65.7	46.2	11.5	SC
NNBH - 1	5.00	31.0	2.71	46.2	23.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	99.6	18.5	CL
									이	하	여	백											

GOI-0101-03(00)

끝.

Gradation Curves

Project	서울제물포터널 민간투자사업 지반조사.				
Hole No.	ATBH - 1	Test Method	KS F 2302 : 2002	Date	2015. 12.

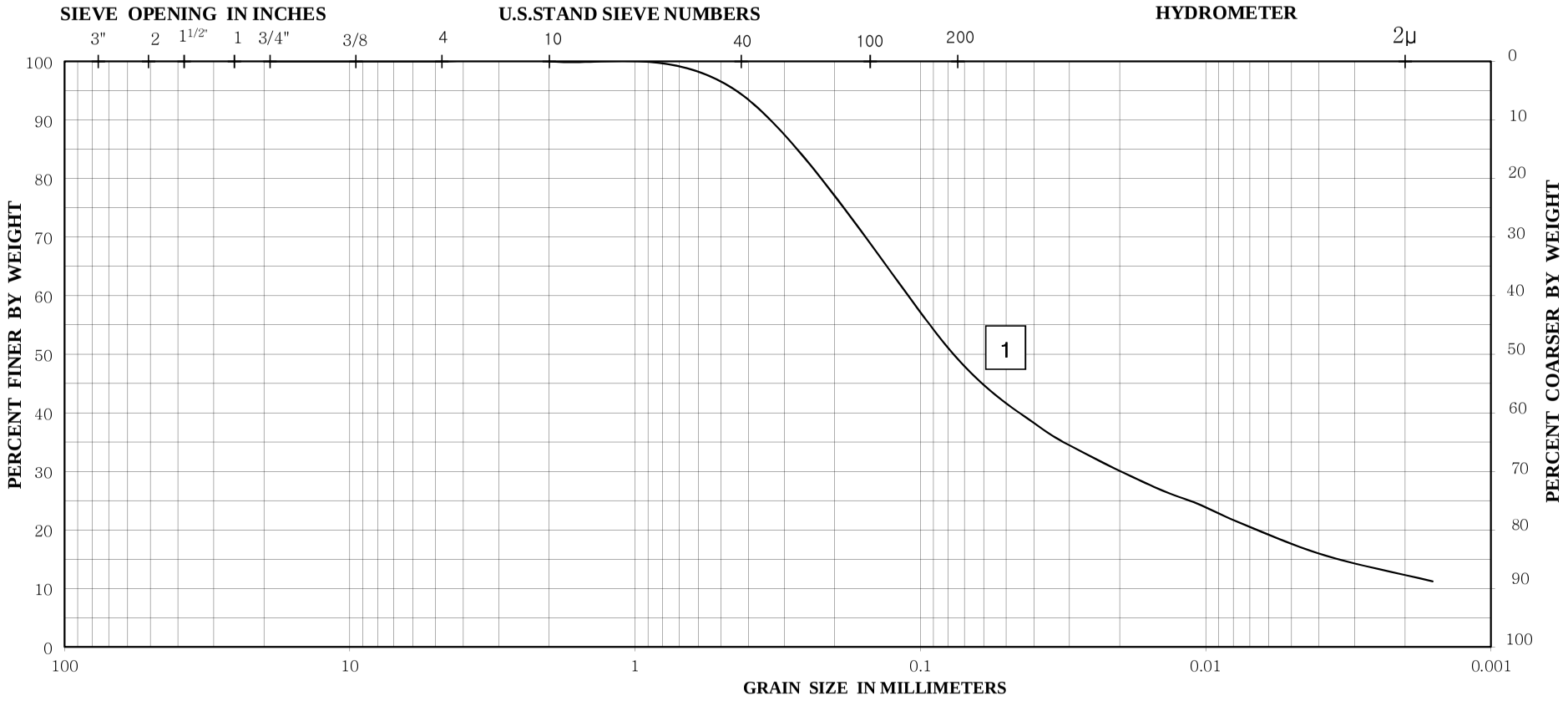


COBBLES	GRAVEL		SAND			SILT OR CLAY
	COARSE	FINE	COARSE	MEDIUM	FINE	

Sample No.	*Depth* (m)	*Classification*	*Wn* (%)	*ρs (t/m³)*	*LL* (%)	*PI*	*USCS*
1 : ATBH-1	9.00	SILTY SAND	17.1	2.66	NP	-	SM

Gradation Curves

Project	서울제물포터널 민간투자사업 지반조사.				
Hole No.	ATBH - 2	Test Method	KS F 2302 : 2002	Date	2015. 12.

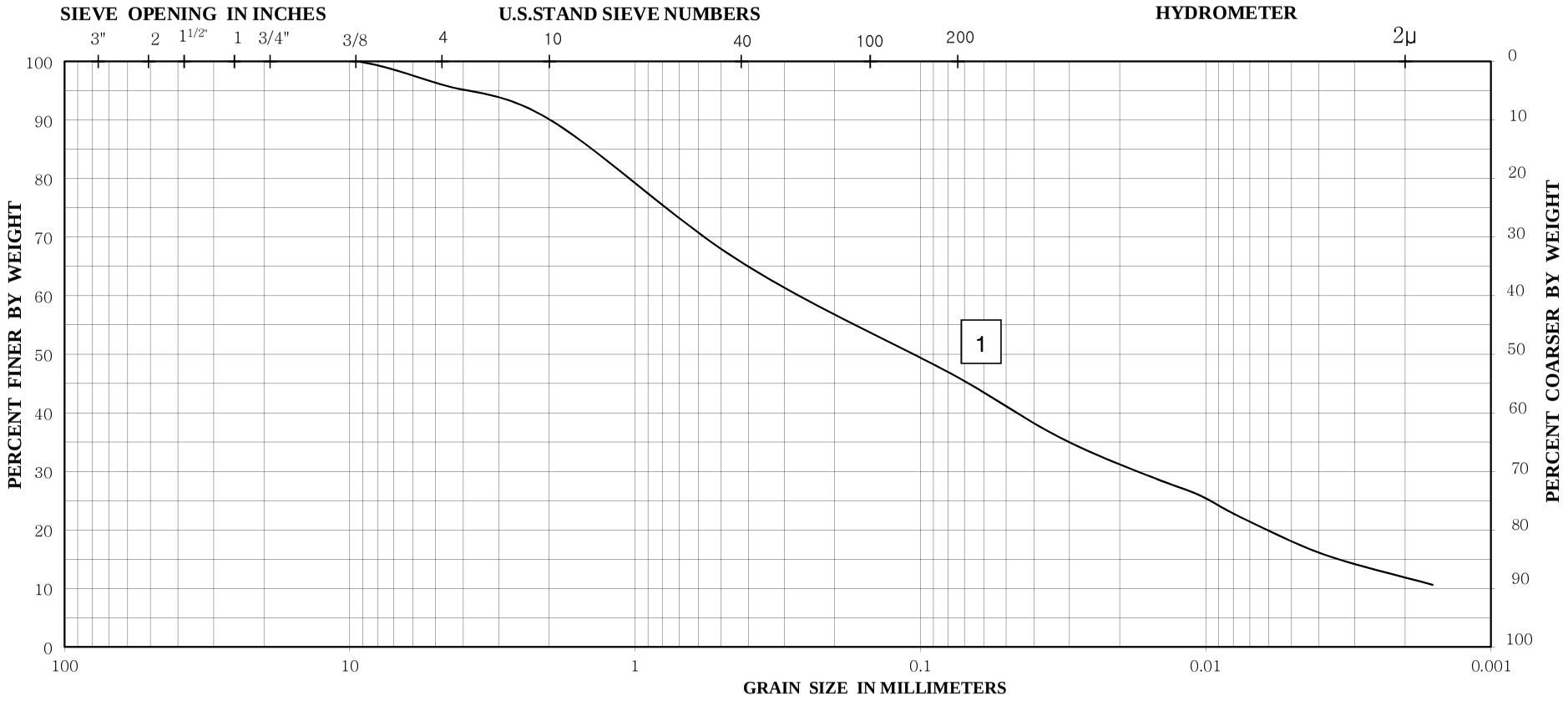


COBBLES	GRAVEL		SAND			SILT OR CLAY
	COARSE	FINE	COARSE	MEDIUM	FINE	

Sample No.	*Depth* (m)	*Classification*	*Wn* (%)	*ρs (t/m³)*	*LL* (%)	*PI*	*USCS*
1 : ATBH-2	12.00	CLAYEY SAND	21.5	2.68	31.5	12.9	SC

Gradation Curves

Project	서울제물포터널 민간투자사업 지반조사.				
Hole No.	ATBH - 3	Test Method	KS F 2302 : 2002	Date	2015. 12.

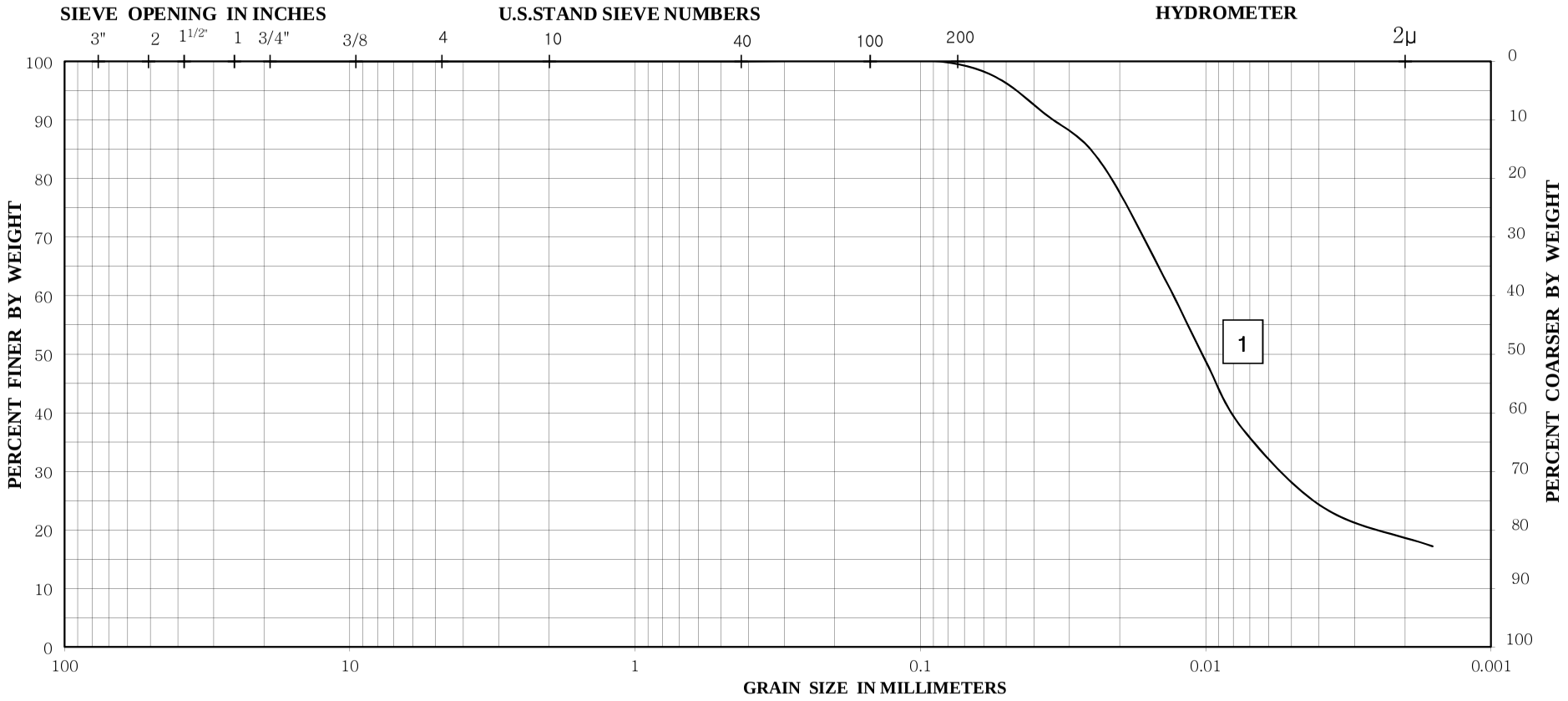


COBBLES	GRAVEL		SAND			SILT OR CLAY
	COARSE	FINE	COARSE	MEDIUM	FINE	

Sample No.	*Depth* (m)	*Classification*	*Wn* (%)	*ρs (t/m³)*	*LL* (%)	*PI*	*USCS*
1 : ATBH-3	7.00	CLAYEY SAND	18.3	2.72	29.8	10.5	SC

Gradation Curves

Project	서울제물포터널 민간투자사업 지반조사.				
Hole No.	NNBH - 1	Test Method	KS F 2302 : 2002	Date	2015. 12.



COBBLES	GRAVEL		SAND			SILT OR CLAY
	COARSE	FINE	COARSE	MEDIUM	FINE	

Sample No.	*Depth* (m)	*Classification*	*Wn* (%)	*ρs (t/m³)*	*LL* (%)	*PI*	*USCS*
1 : NNBH-4	5.00	LEAN CLAY	31.0	2.71	46.2	23.2	CL

7.1.2 직접전단시험

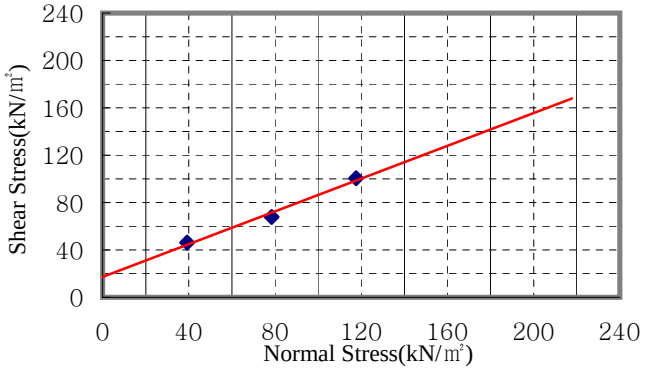
DIRECT SHEAR TEST

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업	
의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜	접수번호 :
개시일자 : 2011년 4월 20일	접수일자 : 2011년 4월 15일
완료일자 : 2011년 4월 21일	시 료 명 : TP-1
시험번호 :	공번/심도:
시 험 자 : 황 호 승	확 인 자 : 강 성 찬

Type of Test App.

Specimen Area	A 28.27 ㎠	Method of Test :	Q-Test
Specimen initial height	H 3.00 ㎝	Method of Test She	Control of Strain.
Specimen Volume	V 84.81 ㎤	Specific Gravity of Sample :	2.673

TEST No.		1	2	3	4	5
Initial	Sample Weight W (g	178.48	178.51	178.51		
	Wet Density ρt (g/㎤)	2.104	2.105	2.105		
	Water Content W (%	10.3	10.3	10.3		
	Dry Density ρd (g/㎤)	1.908	1.908	1.908		
	Void Ratio e	-	-	-		
	Saturation S %	-	-	-		
Normal Load (KN/㎡)		39.23	78.45	117.68		
Consolidate Time (min)						
Settlement (㎝)						
Final	Sample Volume V (㎤)					
	Sample Weight W (g)					
	Wet Density ρt (g/㎤)					
	Water Content W (%)					
	Dry Density ρd (g/㎤)					
	Void Ratio e					
	Saturation S (%)					
Elapsed Time (mm/min)						
Maximum Shear Stres (KN/㎡)		46.137	67.940	100.412		



Cohesin C 17.22 kN/㎡

Internal Friction

° = 34.7

Shear Strength
after consolidation

_____ kN/㎡

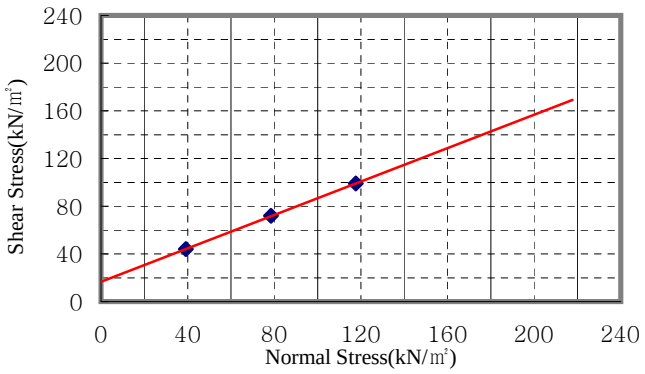
DIRECT SHEAR TEST

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업	
의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜	접수번호 :
개시일자 : 2011년 4월 20일	접수일자 : 2011년 4월 15일
완료일자 : 2011년 4월 21일	시 료 명 : TP-2
시험번호 :	공번/심도:
시 험 자 : 황 호 승	확 인 자 : 강 성 찬

Type of Test App.

Specimen Area	A 28.27 ㎠	Method of Test :	Q-Test
Specimen initial height	H 3.00 ㎝	Method of Test Shea	Control of Strain.
Specimen Volume	V 84.81 ㎤	Specific Gravity of Sample :	2.675

TEST No.		1	2	3	4	5
Initial	Sample Weight W (g	176.25	176.24	176.31		
	Wet Density ρt (g/㎤)	2.078	2.078	2.079		
	Water Content W (%	8.7	8.7	8.7		
	Dry Density ρd (g/㎤)	1.912	1.912	1.912		
	Void Ratio e	–	–	–		
	Saturation S %	–	–	–		
Normal Load (KN/㎡)		39.23	78.45	117.68		
Consolidate Time (min)						
Settlement (㎝)						
Final	Sample Volume V (㎤)					
	Sample Weight W (g)					
	Wet Density ρt (g/㎤)					
	Water Content W (%)					
	Dry Density ρd (g/㎤)					
	Void Ratio e					
	Saturation S (%)					
Elapsed Time (mm/min)						
Maximum Shear Stres (KN/㎡)		44.061	71.958	99.032		



Cohesin C 16.71 kN/㎡

Internal Friction

° = 35.0

Shear Strength
after consolidation

_____ kN/㎡

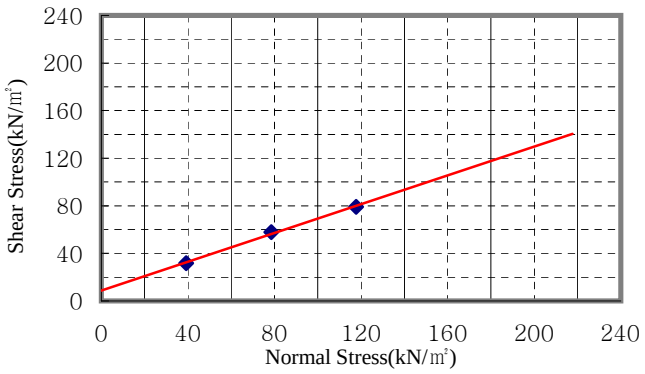
DIRECT SHEAR TEST

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	
의뢰기관 : 씨지이앤씨㈜	접수번호 :
개시일자 : 2011년 3월 8일	접수일자 : 2011년 3월 3일
완료일자 : 2011년 3월 9일	시 료 명 : TP-3
시험번호 :	공번/심도: -
시 험 자 : 황 호 승	확 인 자 : 강 성 찬

Type of Test App.

Specimen Area	A 28.27 ㎠	Method of Test :	Q-Test
Specimen initial height	H 3.00 ㎝	Method of Test Shea	Control of Strain.
Specimen Volume	V 84.81 ㎤	Specific Gravity of Sample :	2.664

TEST No.		1	2	3	4	5
Initial	Sample Weight W (g	152.38	152.40	152.38		
	Wet Density ρt (g/㎤)	1.797	1.797	1.797		
	Water Content W (%	10.1	10.1	10.1		
	Dry Density ρd (g/㎤)	1.632	1.632	1.632		
	Void Ratio e	-	-	-		
	Saturation S %	-	-	-		
Normal Load (KN/㎡)		39.23	78.45	117.68		
Consolidate Time (min)						
Settlement (㎝)						
Final	Sample Volume V (㎤)					
	Sample Weight W (g)					
	Wet Density ρt (g/㎤)					
	Water Content W (%)					
	Dry Density ρd (g/㎤)					
	Void Ratio e					
	Saturation S (%)					
Elapsed Time (mm/min)						
Maximum Shear Stres (KN/㎡)		31.741	57.954	79.163		



Cohesin C 8.86 kN/㎡

Internal Friction

° = 31.2

Shear Strength
after consolidation

_____ kN/㎡

DIRECT SHEAR TEST

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	
의뢰기관 : 씨지이앤씨㈜	접수번호 :
개시일자 : 2011년 3월 8일	접수일자 : 2011년 3월 3일
완료일자 : 2011년 3월 9일	시 료 명 : TP-4
시험번호 :	공번/심도: -
시 험 자 : 황 호 승	확 인 자 : 강 성 찬

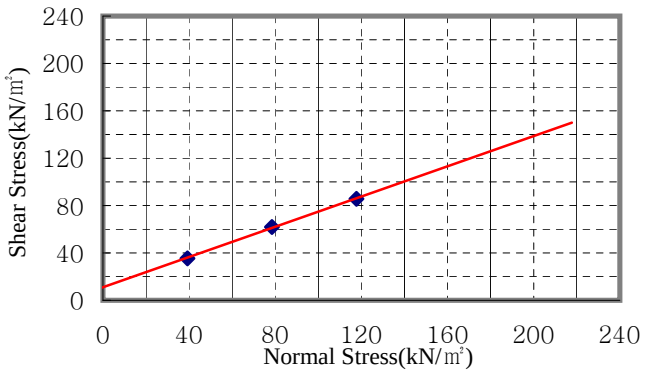
Type of Test App.

Specimen Area A 28.27 ㎠ Method of Test : Q-Test

Specimen initial height H 3.00 ㎝ Method of Test Shea Control of Strain.

Specimen Volume V 84.81 ㎤ Specific Gravity of Sample : 2.668

TEST No.		1	2	3	4	5
Initial	Sample Weight W (g	165.91	165.91	165.91		
	Wet Density ρt (g/㎤)	1.956	1.956	1.956		
	Water Content W (%	9.4	9.4	9.4		
	Dry Density ρd (g/㎤)	1.788	1.788	1.788		
	Void Ratio e	-	-	-		
	Saturation S %	-	-	-		
Normal Load (KN/㎡)		39.23	78.45	117.68		
Consolidate Time (min)						
Settlement (㎝)						
Final	Sample Volume V (㎤)					
	Sample Weight W (g)					
	Wet Density ρt (g/㎤)					
	Water Content W (%)					
	Dry Density ρd (g/㎤)					
	Void Ratio e					
	Saturation S (%)					
Elapsed Time (mm/min)						
Maximum Shear Stres (KN/㎡)		35.516	61.973	85.620		



Cohesin C 10.93 kN/㎡

Internal Friction

° = 32.6

Shear Strength
after consolidation

_____ kN/㎡

7.1.3 다짐 및 CBR시험

LABORATORY CBR TEST RESULT

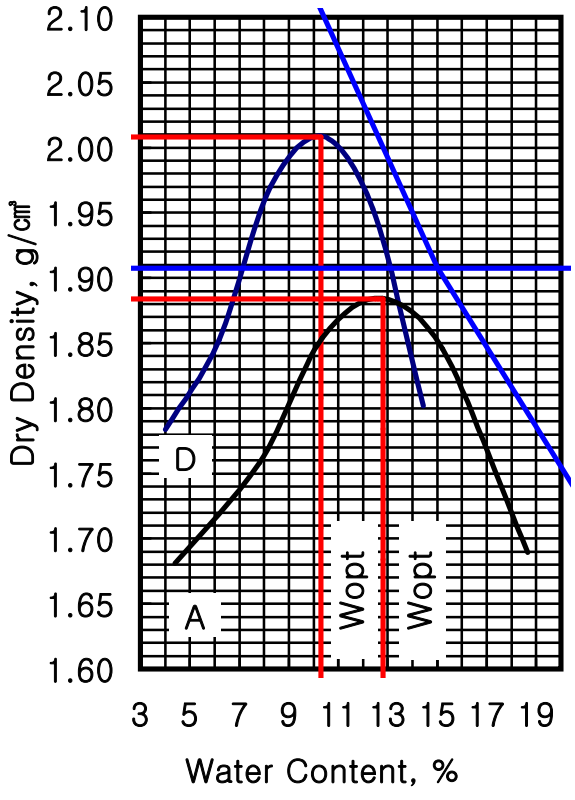
공 사 명:	서울 제물포터널 민간투자사업		
의뢰기관:	지케이엔지니어링㈜	접수번호:	
개시일자:	2011년 4월 18일	접수일자:	2011년 4월 15일
완료일자:	2011년 4월 27일	시 료 명:	TP-1
시험번호:		공번/심도:	-
시 험 자:	황 호 승	확 인 자:	강 성 찬

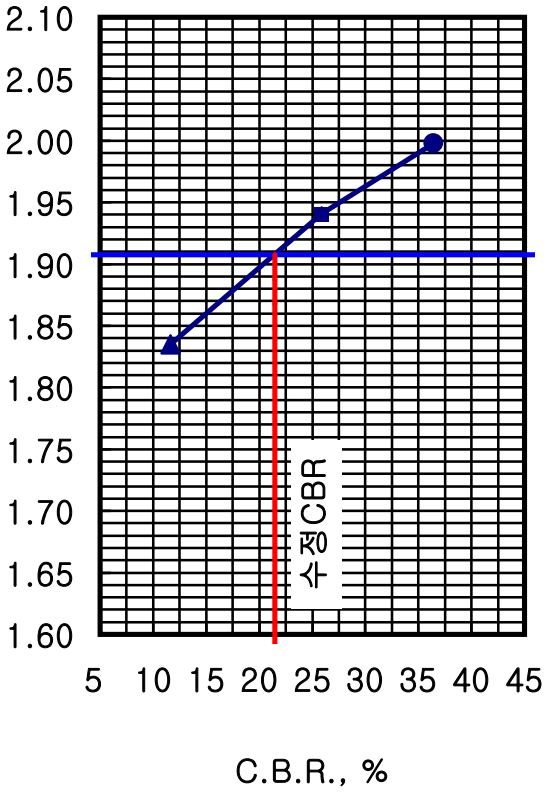
PROCTOR MODIFIED

Max. Dry Density :	2.008 g/㎤	Opt. Moisture Content :	10.30 %

C . B . R .

No. of Blows per Layer	After Dry Density (g/㎤)	Water Content (% Before Soaking	Water Content (% After Soaking	Expansion (%)	Soaked C. B. R.	Remarks
55	1.998	10.3	11.0	0.41	36.4	●
25	1.941	10.3	12.3	0.52	25.9	■
10	1.835	10.3	13.6	0.63	11.7	▲





95 % of Max. Dry Density 1.908 g/㎤

C.B.R. at 95 % of Max. Dry Density 21.5 %

LABORATORY CBR TEST RESULT

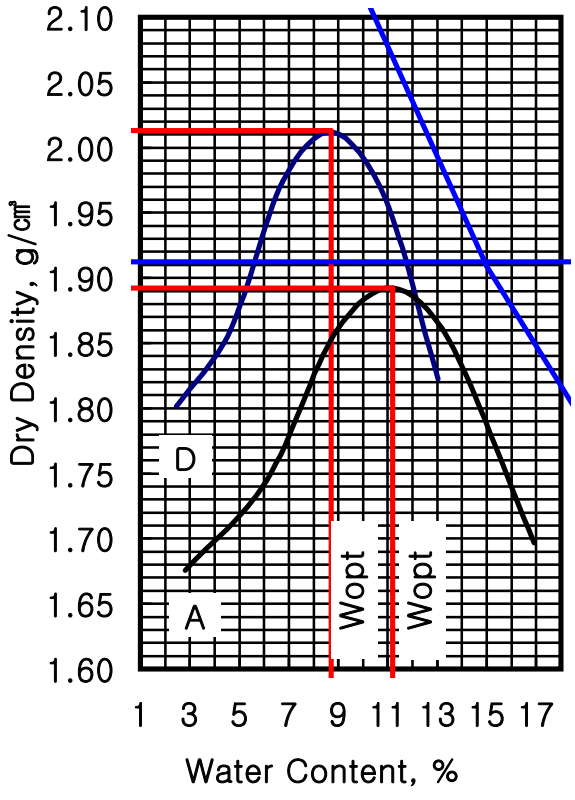
공 사 명:	서울 제물포터널 민간투자사업		
의뢰기관:	지케이엔지니어링㈜	접수번호:	
개시일자:	2011년 4월 18일	접수일자:	2011년 4월 15일
완료일자:	2011년 4월 27일	시 료 명:	TP-2
시험번호:		공번/심도:	-
시 험 자:	황 호 승	확 인 자:	강 성 찬

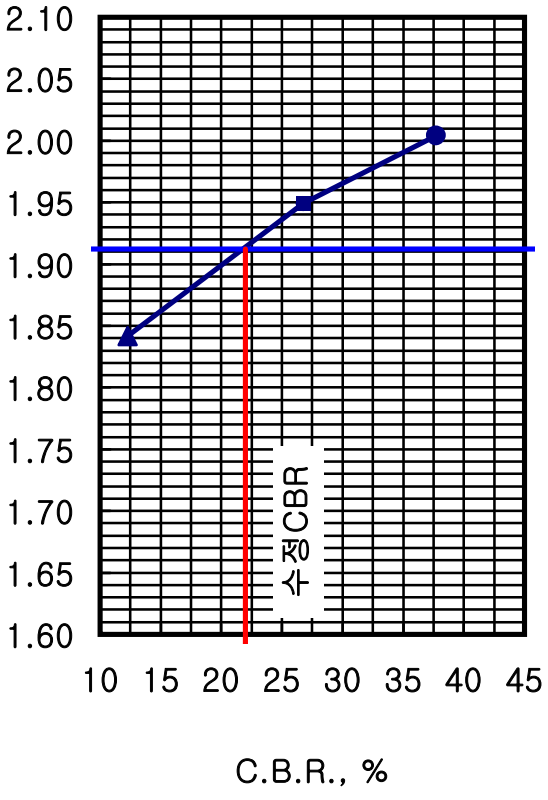
PROCTOR MODIFIED

Max. Dry Density :	2.013 g/㎤	Opt. Moisture Content :	8.70 %

C . B . R .

No. of Blows per Layer	After Dry Density (g/㎤)	Water Content (% Before Soaking	Water Content (% After Soaking	Expansion (%)	Soaked C. B. R.	Remarks
55	2.004	8.7	9.3	0.36	37.7	●
25	1.949	8.7	10.8	0.45	26.7	■
10	1.842	8.7	12.0	0.51	12.2	▲





95 % of Max. Dry Density 1.912 g/㎤

C.B.R. at 95 % of Max. Dry Density 22.0 %

LABORATORY CBR TEST RESULT

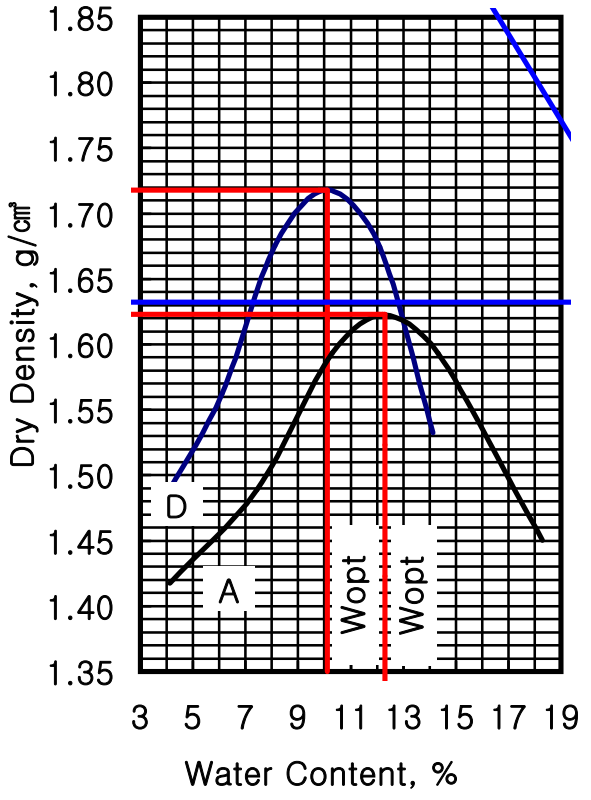
공 사 명:	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		
의뢰기관:	씨지이앤씨㈜	접수번호:	
개시일자:	2011년 3월 6일	접수일자:	2011년 3월 3일
완료일자:	2011년 3월 15일	시 료 명:	TP-3
시험번호:		공번/심도:	-
시 험 자:	황 호 승	확 인 자:	강 성 찬

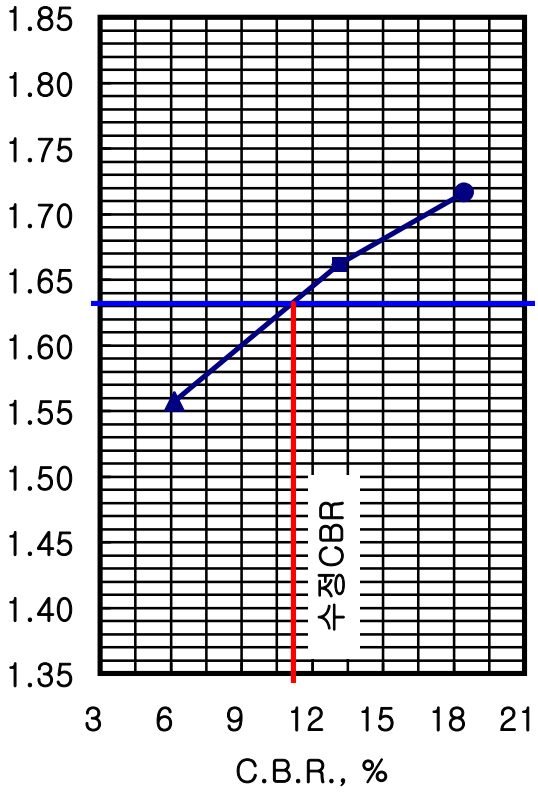
PROCTOR MODIFIED

Max. Dry Density :	1.718 g/㎤	Opt. Moisture Content :	10.10 %

C . B . R .

No. of Blows per Layer	After Dry Density (g/㎤)	Water Content (% Before Soaking	Water Content (% After Soaking	Expansion (%)	Soaked C. B. R.	Remarks
55	1.717	10.1	11.2	0.00	18.4	●
25	1.661	10.1	12.5	0.00	13.1	■
10	1.558	10.1	14.2	0.00	6.2	▲





95 % of Max. Dry Density 1.632 g/㎤

C.B.R. at 95 % of Max. Dry Density 11.2 %

LABORATORY CBR TEST RESULT

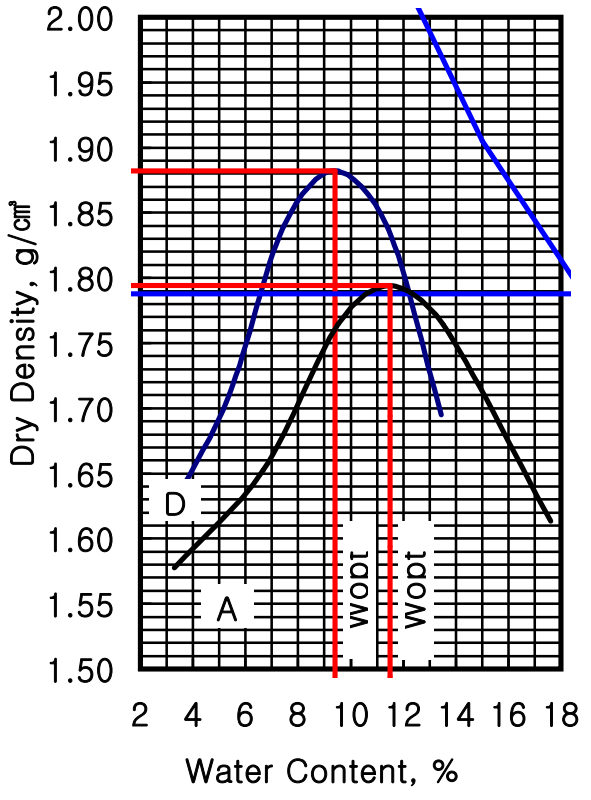
공 사 명:	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		
의뢰기관:	씨지이앤씨㈜	접수번호:	
개시일자:	2011년 3월 6일	접수일자:	2011년 3월 3일
완료일자:	2011년 3월 15일	시 료 명:	TP-4
시험번호:		공번/심도:	-
시 험 자:	황 호 승	확 인 자:	강 성 찬

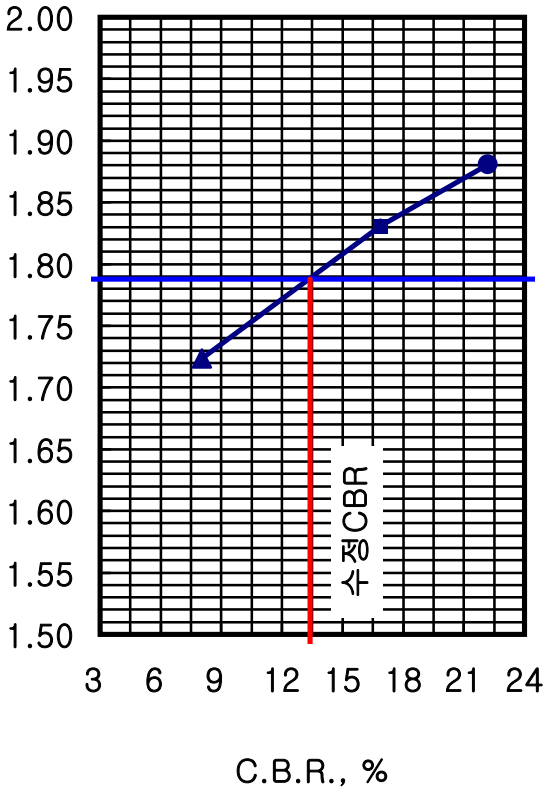
PROCTOR MODIFIED

Max. Dry Density :	1.882 g/㎤	Opt. Moisture Content :	9.40 %

C . B . R .

No. of Blows per Layer	After Dry Density (g/㎤)	Water Content (% Before Soaking	Water Content (% After Soaking	Expansion (%)	Soaked C. B. R.	Remarks
55	1.881	9.4	10.5	0.00	22.2	●
25	1.831	9.4	12.0	0.00	16.9	■
10	1.723	9.4	13.5	0.00	8.0	▲





95 % of Max. Dry Density 1.788 g/㎤

C.B.R. at 95 % of Max. Dry Density 13.4 %

LABORATORY CBR TEST RESULT

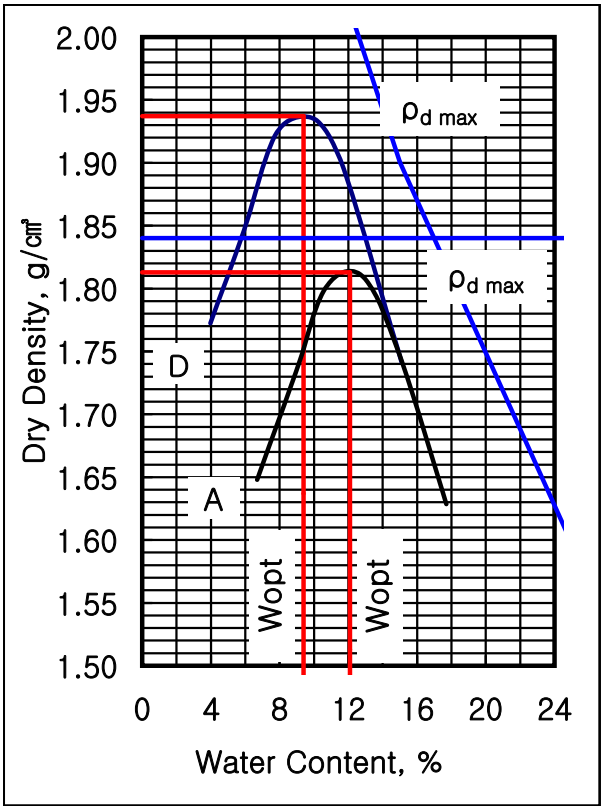
공 사 명:	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관:	대림산업	접수번호:	
개시일자:	2013년 4월 8일	접수일자:	2013년 4월 8일
완료일자:	2013년 4월 26일	시 료 명:	NTP-1
시험번호:	교란시료	공번/심도:	1.5 m
시 험 자:	조태규	확 인 자:	임용혁

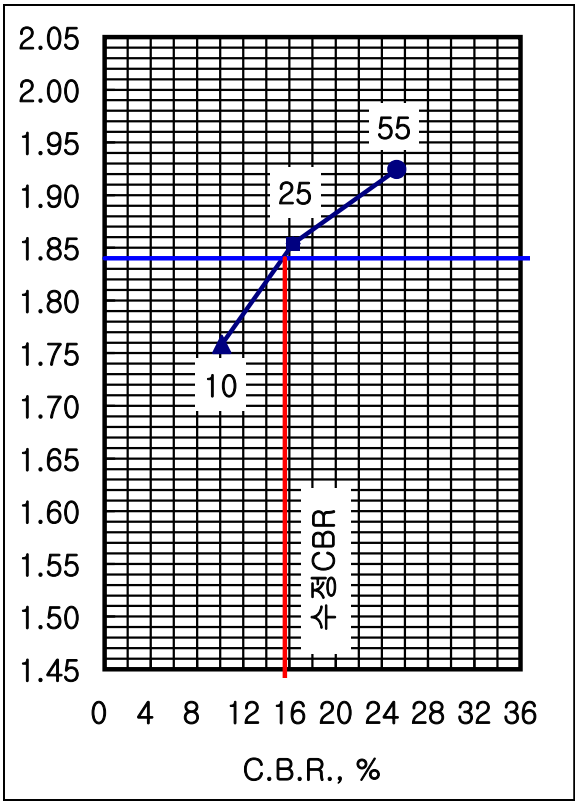
PROCTOR MODIFIED

Max. Dry Density(A) :	1.813 g/㎤	Opt. Moisture Content :	12.1 %
Max. Dry Density(D) :	1.937 g/㎤	Opt. Moisture Content :	9.4 %

C . B . R .

No. of Blows per Layer	After Dry Density (g/㎤)	Water Content (%)		Expansion (%)	Soaked C. B. R.	Remarks
		Before Soaking	After Soaking			
55	1.924	9.4	11.4	0.65	25.3	●
25	1.854	9.4	13.6	0.81	16.3	■
10	1.758	9.4	15.4	0.97	10.1	▲





95 % of Max. Dry Density 1.840 g/㎤ C.B.R. at 95 % of Max. Dry Density 15.6 %

※.사용장비명:압축시험기/전기식지시저울(21 000 g)/전기식지시저울(4 000 g)/CBR몰드/자동다짐시험기/다이알게이
1)기기번호:2S-0710/13014978/14633876

LABORATORY CBR TEST RESULT

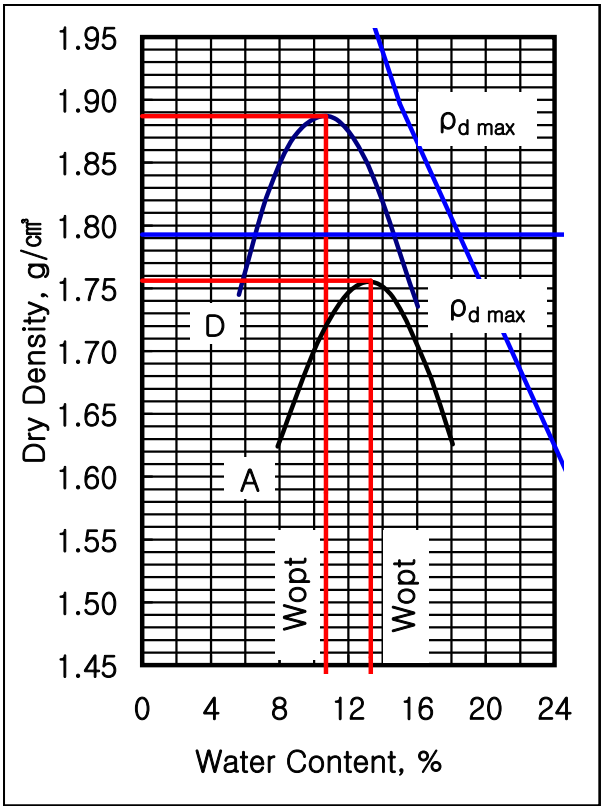
공 사 명:	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관:	대림산업	접수번호:	
개시일자:	2013년 4월 8일	접수일자:	2013년 4월 8일
완료일자:	2013년 4월 26일	시 료 명:	NTP-2
시험번호:	교란시료	공번/심도:	1.0 m
시 험 자:	조태규	확 인 자:	임용혁

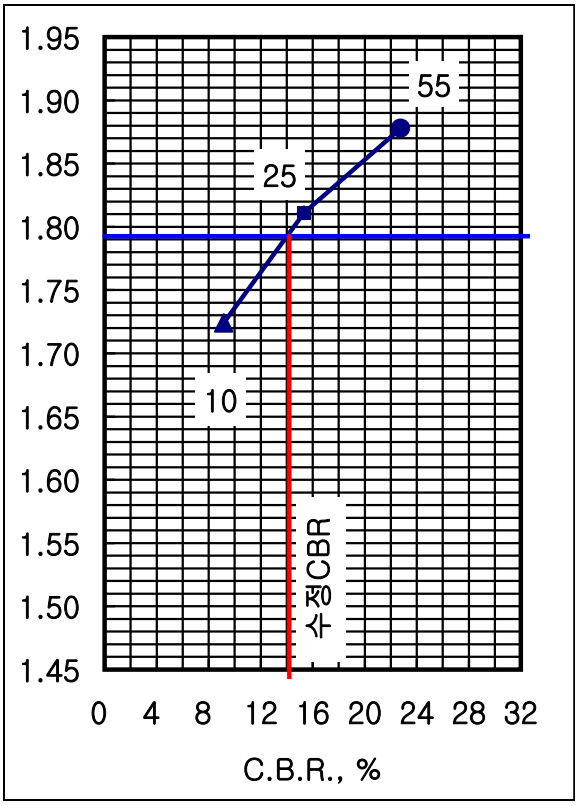
PROCTOR MODIFIED

Max. Dry Density(A) :	1.756 g/㎤	Opt. Moisture Content :	13.3 %
Max. Dry Density(D) :	1.887 g/㎤	Opt. Moisture Content :	10.7 %

C . B . R .

No. of Blows per Layer	After Dry Density (g/㎤)	Water Content (%) Before Soaking	Water Content (%) After Soaking	Expansion (%)	Soaked C. B. R.	Remarks
55	1.878	10.7	12.5	0.49	22.8	●
25	1.811	10.7	13.8	0.63	15.3	■
10	1.724	10.7	15.0	0.89	9.2	▲





95 % of Max. Dry Density 1.793 g/㎤ C.B.R. at 95 % of Max. Dry Density 14.2 %

※.사용장비명:압축시험기/전기식지시저울(21 000 g)/전기식지시저울(4 000 g)/CBR몰드/자동다짐시험기/다이알게이
1)기기번호:2S-0710/13014978/14633876

LABORATORY CBR TEST RESULT

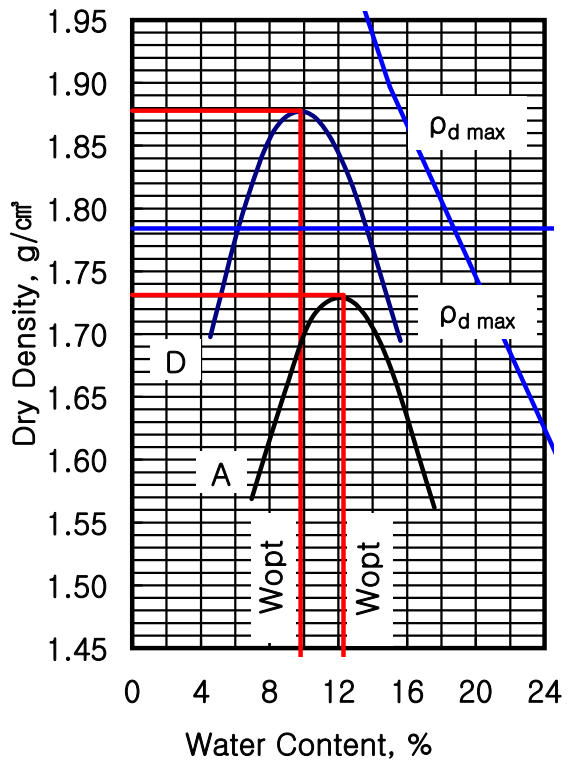
공 사 명:	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관:	대림산업	접수번호:	
개시일자:	2013년 4월 8일	접수일자:	2013년 4월 8일
완료일자:	2013년 4월 26일	시 료 명:	NTP-3
시험번호:	교란시료	공번/심도:	1.5~2.0 m
시 험 자:	조태규	확 인 자:	임용혁

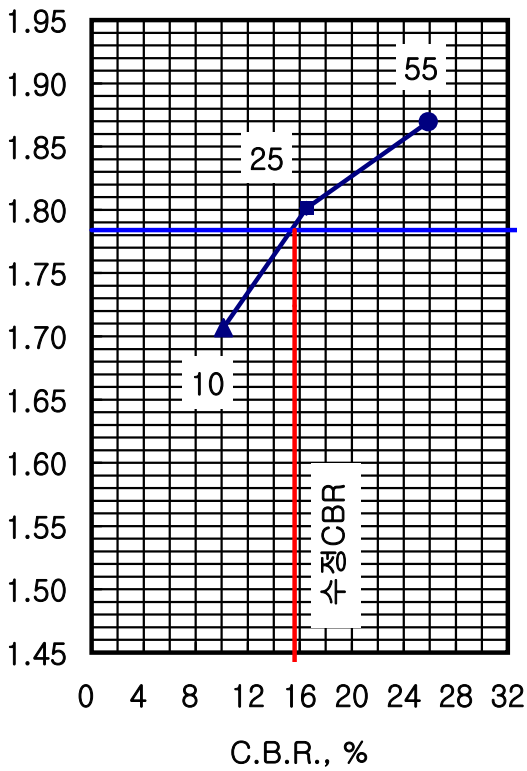
PROCTOR MODIFIED

Max. Dry Density(A) :	1.731 g/㎤	Opt. Moisture Content :	12.3 %
Max. Dry Density(D) :	1.878 g/㎤	Opt. Moisture Content :	9.8 %

C . B . R .

No. of Blows per Layer	After Dry Density (g/㎤)	Water Content (%) Before Soaking	Water Content (%) After Soaking	Expansion (%)	Soaked C. B. R.	Remarks
55	1.870	9.8	11.9	0.45	25.9	●
25	1.801	9.8	13.5	0.61	16.5	■
10	1.707	9.8	15.3	0.82	10.1	▲





95 % of Max. Dry Density 1.784 g/㎤ C.B.R. at 95 % of Max. Dry Density 15.6 %

※.사용장비명:압축시험기/전기식지시저울(21 000 g)/전기식지시저울(4 000 g)/CBR몰드/자동다짐시험기/다이알게이
1)기기번호:2S-0710/13014978/14633876

LABORATORY CBR TEST RESULT

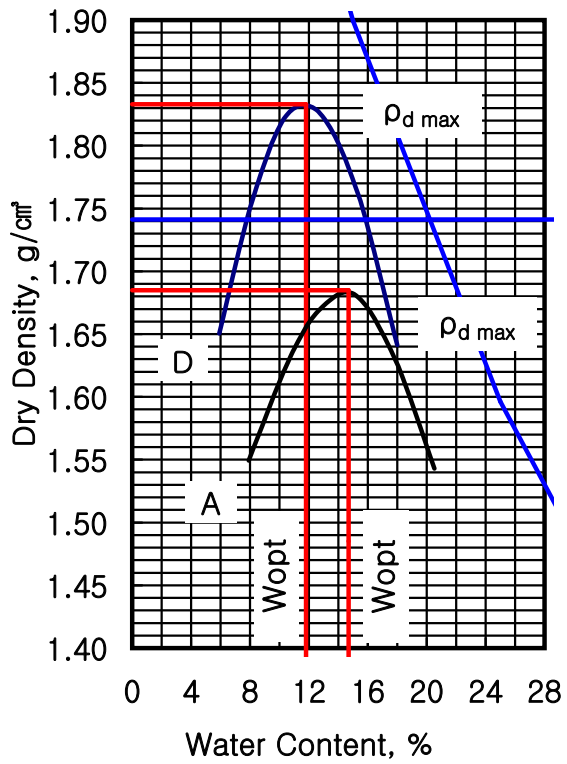
공 사 명:	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관:	대림산업	접수번호:	
개시일자:	2013년 4월 8일	접수일자:	2013년 4월 8일
완료일자:	2013년 4월 26일	시 료 명:	NTP-4
시험번호:	교란시료	공번/심도:	1.5~2.0 m
시 험 자:	조태규	확 인 자:	임용혁

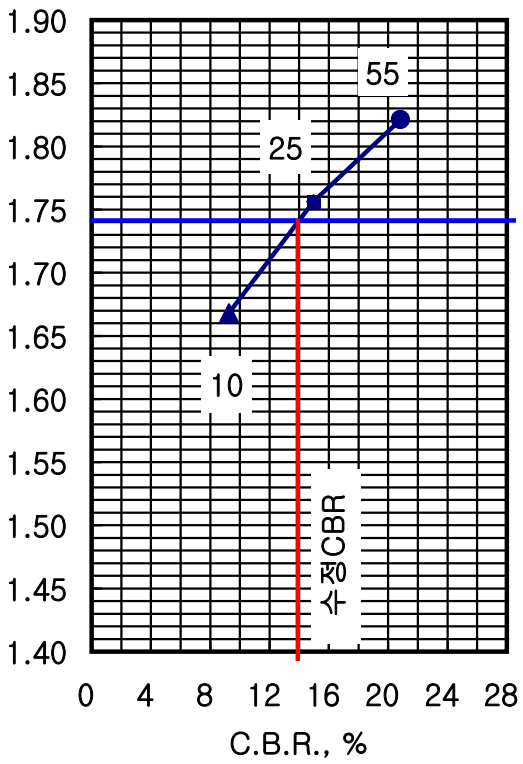
PROCTOR MODIFIED

Max. Dry Density(A) :	1.685 g/㎤	Opt. Moisture Content :	14.7 %
Max. Dry Density(D) :	1.833 g/㎤	Opt. Moisture Content :	11.8 %

C . B . R .

No. of Blows per Layer	After Dry Density (g/㎤)	Water Content (%)		Expansion (%)	Soaked C. B. R.	Remarks
		Before Soaking	After Soaking			
55	1.821	11.8	14.1	0.62	20.8	●
25	1.756	11.8	15.9	0.73	15.0	■
10	1.668	11.8	17.6	0.90	9.3	▲





95 % of Max. Dry Density 1.741 g/㎤ C.B.R. at 95 % of Max. Dry Density 13.9 %

※.사용장비명:압축시험기/전기식지시저울(21 000 g)/전기식지시저울(4 000 g)/CBR몰드/자동다짐시험기/다이알게이
1)기기번호:2S-0710/13014978/14633876

LABORATORY CBR TEST RESULT

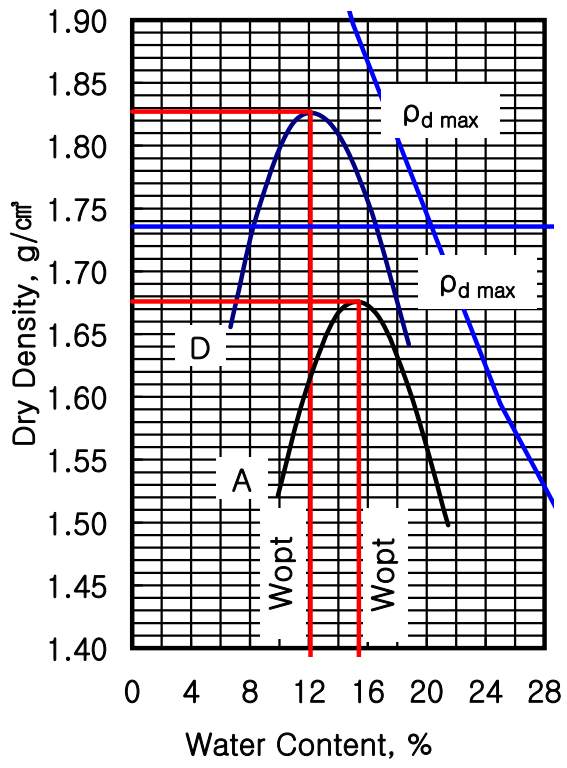
공 사 명:	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관:	대림산업	접수번호:	
개시일자:	2013년 4월 8일	접수일자:	2013년 4월 8일
완료일자:	2013년 4월 26일	시 료 명:	NTP-5
시험번호:	교란시료	공번/심도:	1.5~2.0 m
시 험 자:	조태규	확 인 자:	임용혁

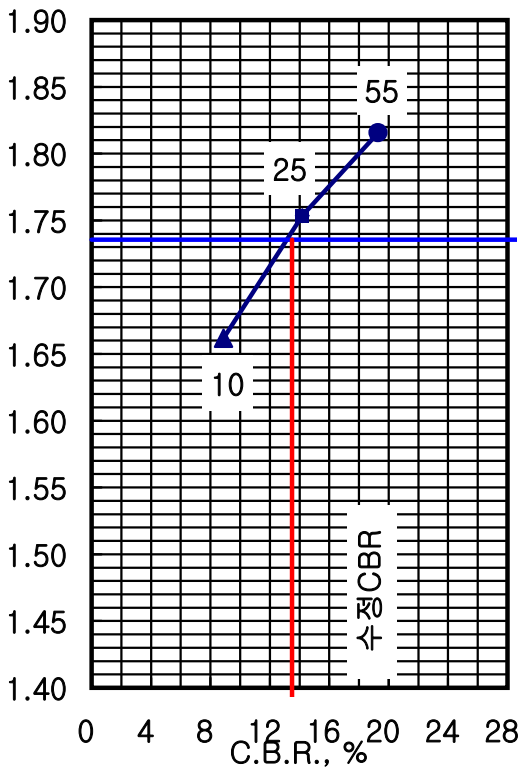
PROCTOR MODIFIED

Max. Dry Density(A) :	1.676 g/㎤	Opt. Moisture Content :	15.4 %
Max. Dry Density(D) :	1.827 g/㎤	Opt. Moisture Content :	12.1 %

C . B . R .

No. of Blows per Layer	After Dry Density (g/㎤)	Water Content (%) Before Soaking	Water Content (%) After Soaking	Expansion (%)	Soaked C. B. R.	Remarks
55	1.816	12.1	14.2	0.66	19.3	●
25	1.754	12.1	16.0	0.74	14.2	■
10	1.662	12.1	18.3	0.95	8.9	▲





95 % of Max. Dry Density 1.736 g/㎤ C.B.R. at 95 % of Max. Dry Density 13.5 %

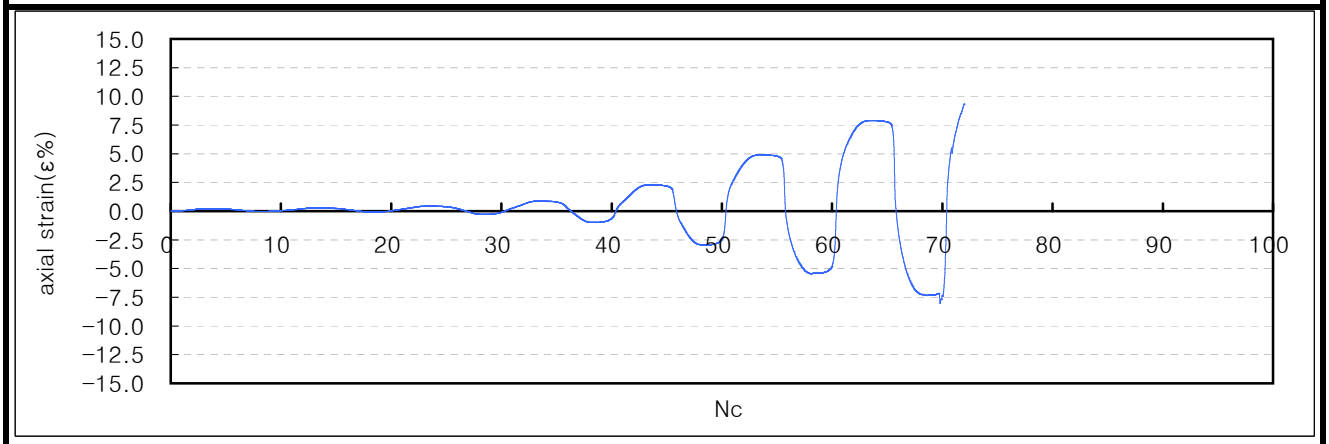
※.사용장비명:압축시험기/전기식지시저울(21 000 g)/전기식지시저울(4 000 g)/CBR몰드/자동다짐시험기/다이알게이
1)기기번호:2S-0710/13014978/14633876

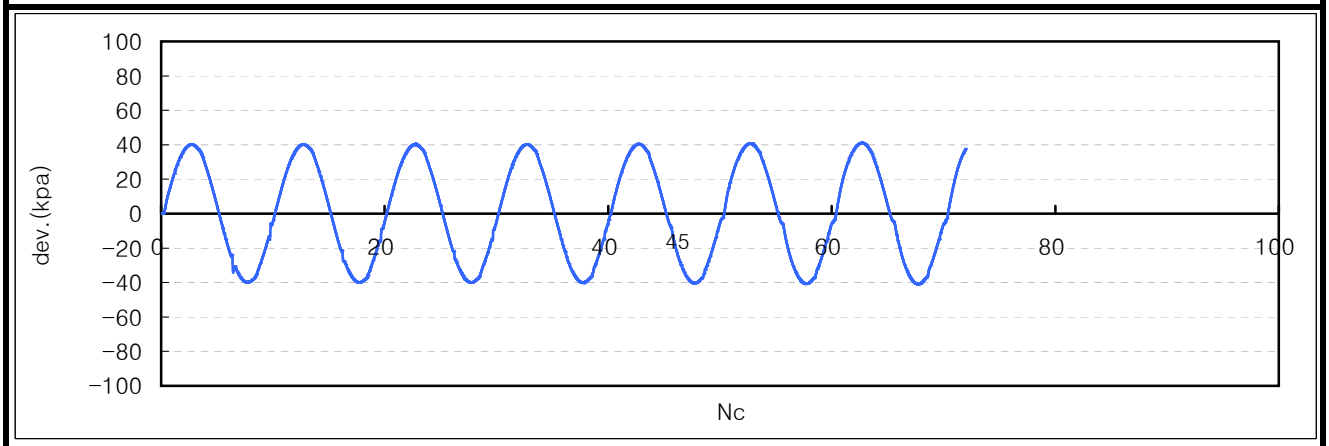
7.1.4 진동반복삼축시험

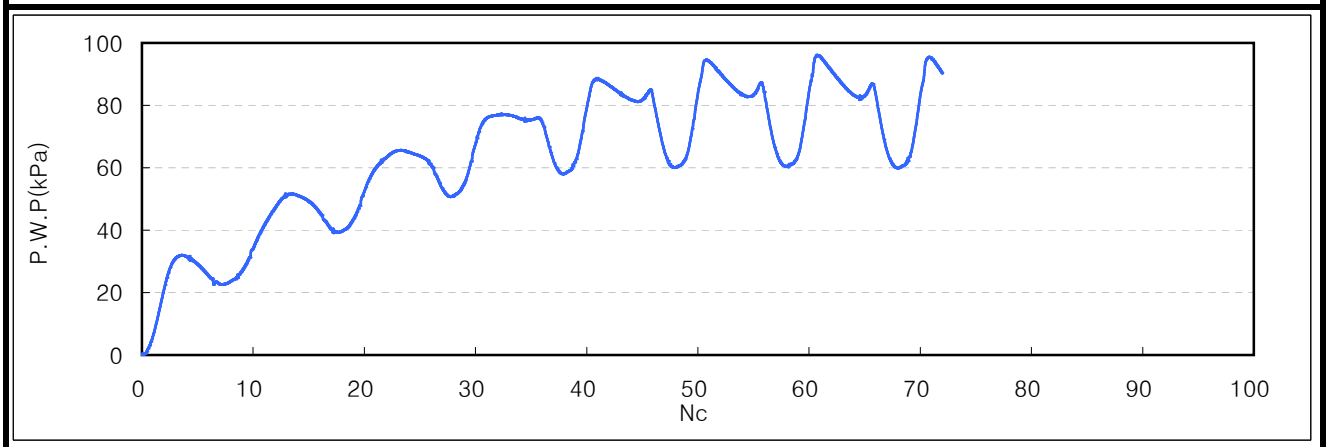
TRIAXIAL CYCLIC TEST(1)

Project :	서울 제물포터널 민간투자사업	Test Date :	2011 년 4 월 29 일
B/H :	NTB-13	Depth (m) :	10.0~11.0m
Tested By :	Kwon, Bong-Geun	Checked By :	Kim, Jong-Kook

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	8.0	Saturation(%)	97.5
ρ_t(g/㎤)	1.798	ρ_d(g/㎤)	1.665
f(Hz)	0.1	σ_c'(kPa)	100
축차응력(kPa)	50	응력비(CSR)	0.250





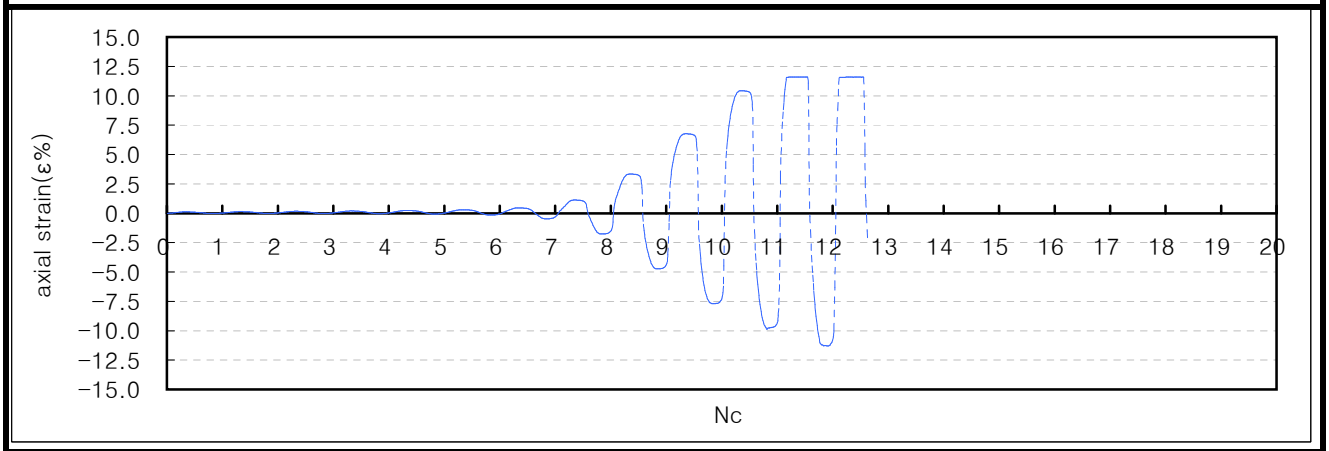


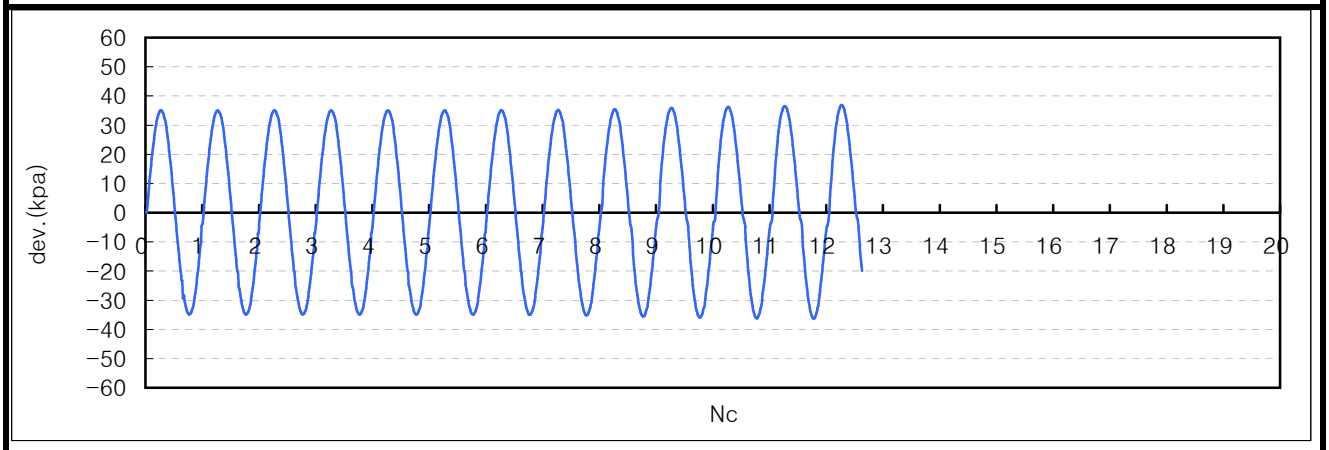
Remarks :

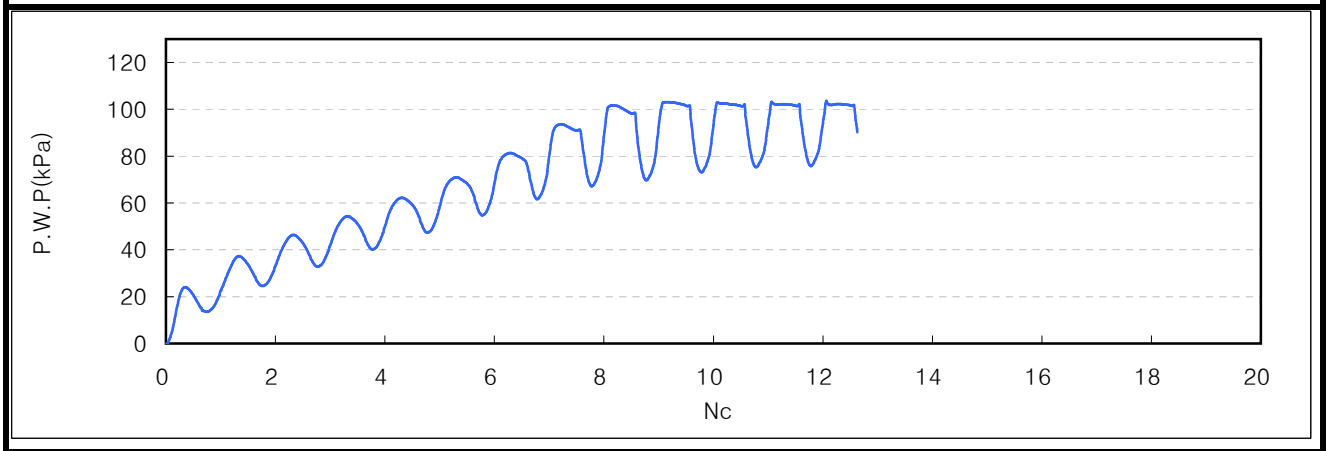
TRIAXIAL CYCLIC TEST(2)

Project :	서울 제물포터널 민간투자사업	Test Date :	2011년 4월 29일
B/H :	NTB-13	Depth (m) :	10.0~11.0m
Tested By :	Kwon, Bong-Geun	Checked By :	Kim, Jong-Kook

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	8.0	Saturation(%)	97.5
ρ_t(g/㎤)	1.797	ρ_d(g/㎤)	1.664
f(Hz)	0.1	σ_c'(kPa)	100
축차응력(kPa)	45	응력비(CSR)	0.225





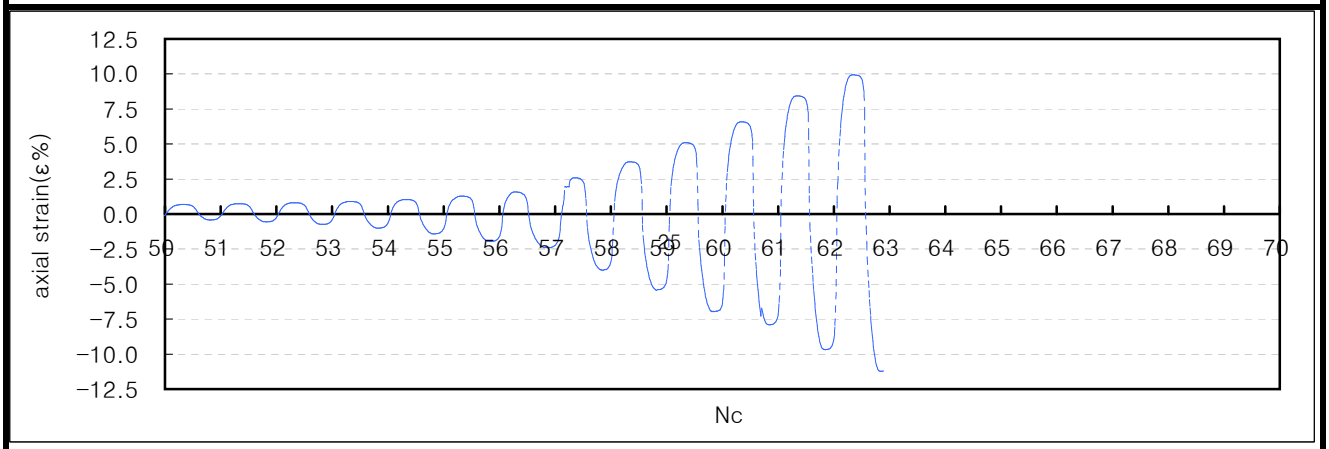


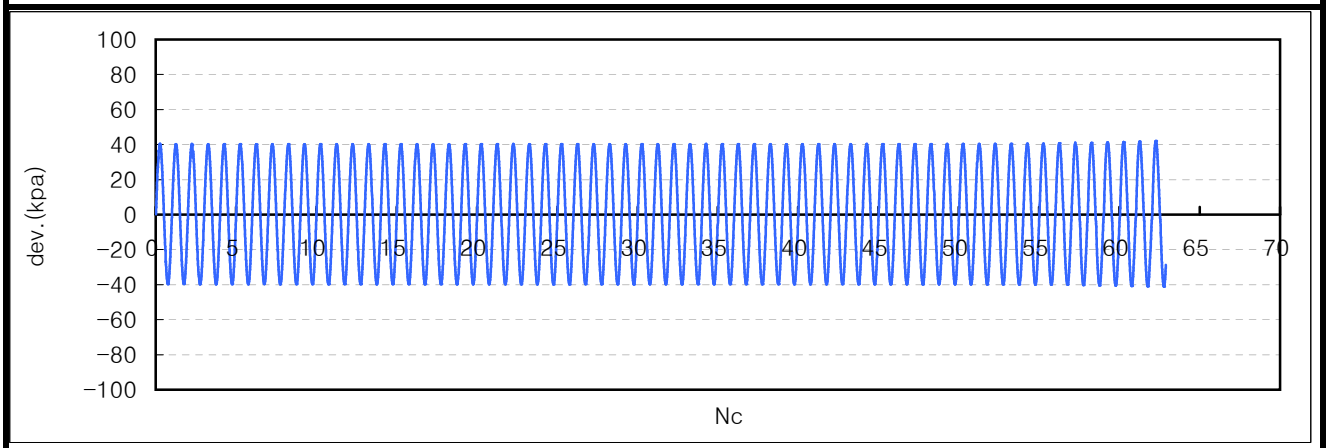
Remarks :

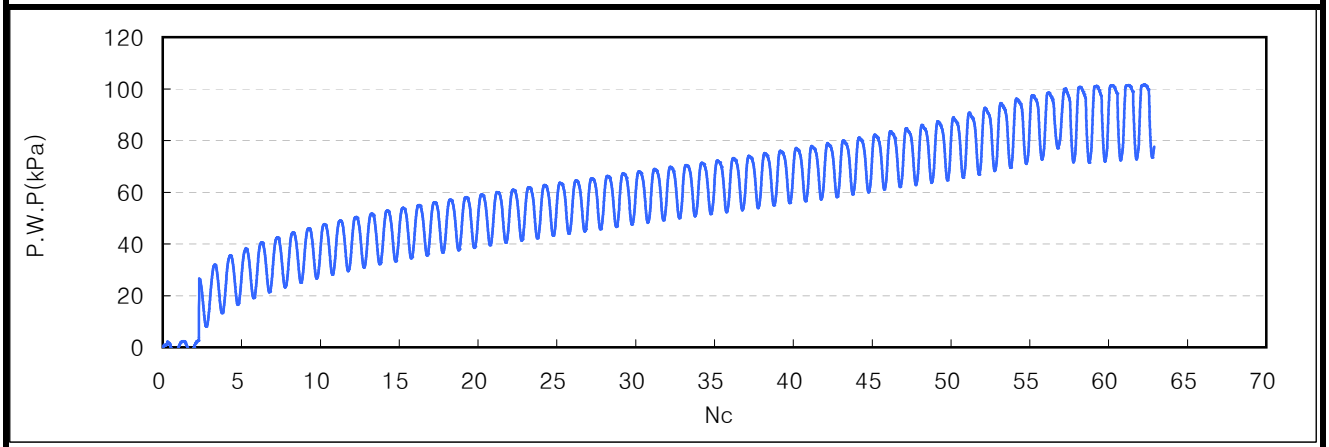
TRIAXIAL CYCLIC TEST(3)

Project :	서울 제물포터널 민간투자사업	Test Date :	2011년 4월 29일
B/H :	NTB-13	Depth (m) :	10.0~11.0m
Tested By :	Kwon, Bong-Geun	Checked By :	Kim, Jong-Kook

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	8.0	Saturation (%)	97.6
ρ_t (g/㎤)	1.799	ρ_d (g/㎤)	1.666
f (Hz)	0.1	σ_c' (kPa)	100
축차응력 (kPa)	35	응력비 (CSR)	0.175







Remarks :

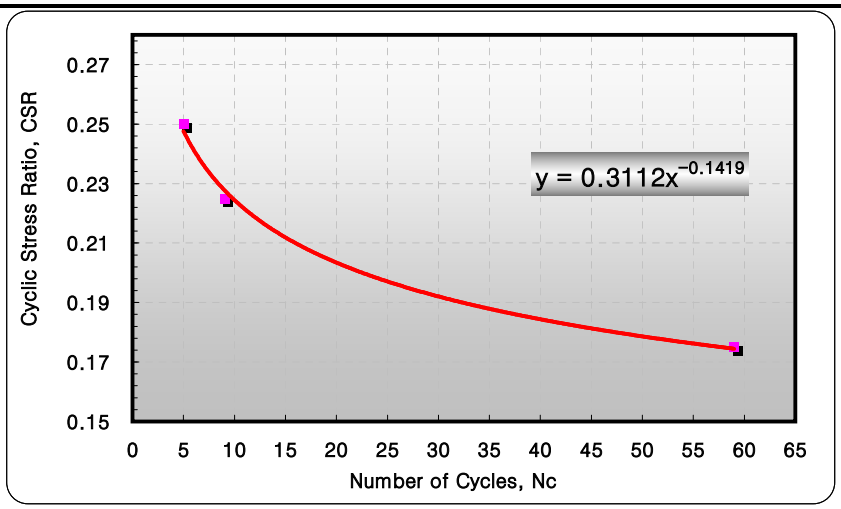
Project : 서울 제물포터널 민간투자사업

B/H : NTB-13

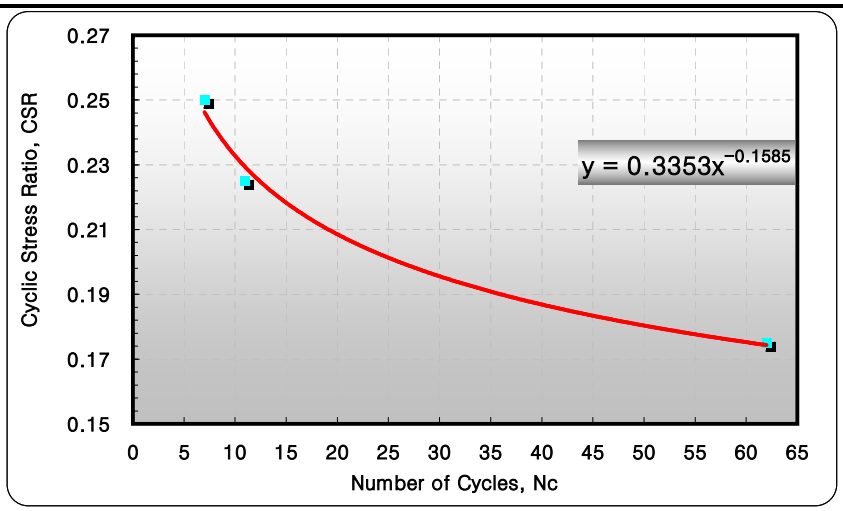
Depth(m) : 10.0~11.0m

양단변형(%)	DA : 5%			DA : 10%		
축차응력(kPa)	50	45	35	50	45	35
횟수, Nc	5	9	59	7	11	62
압밀압력(kPa)	100			100		
반복전단응력비 (CSR)	0.250	0.225	0.175	0.250	0.225	0.175
Nc_{10}	0.224			0.233		
Nc_{20}	0.203			0.209		

N-CSR,(5%)



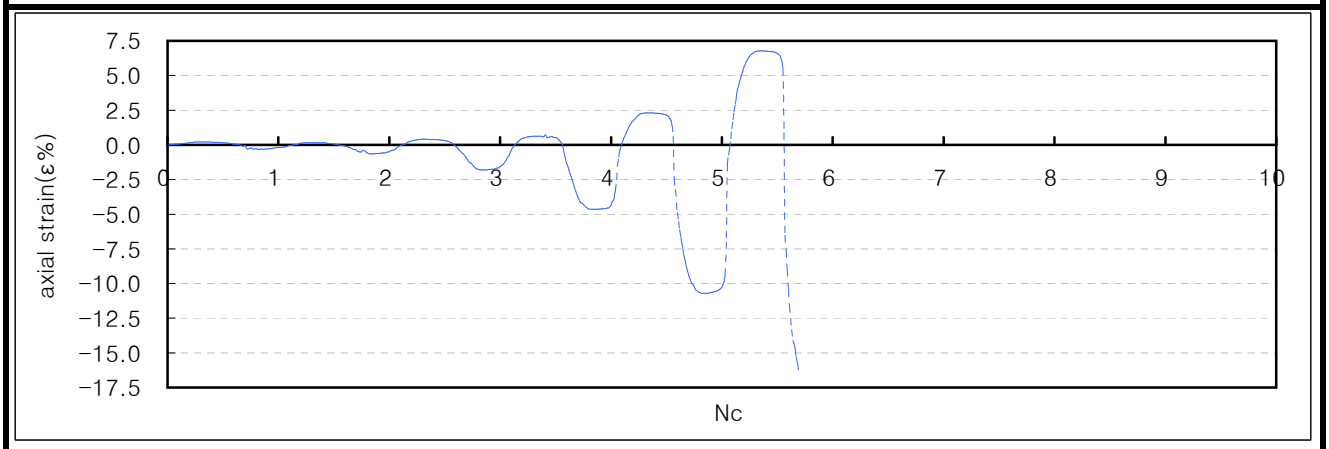
N-CSR,(10%)

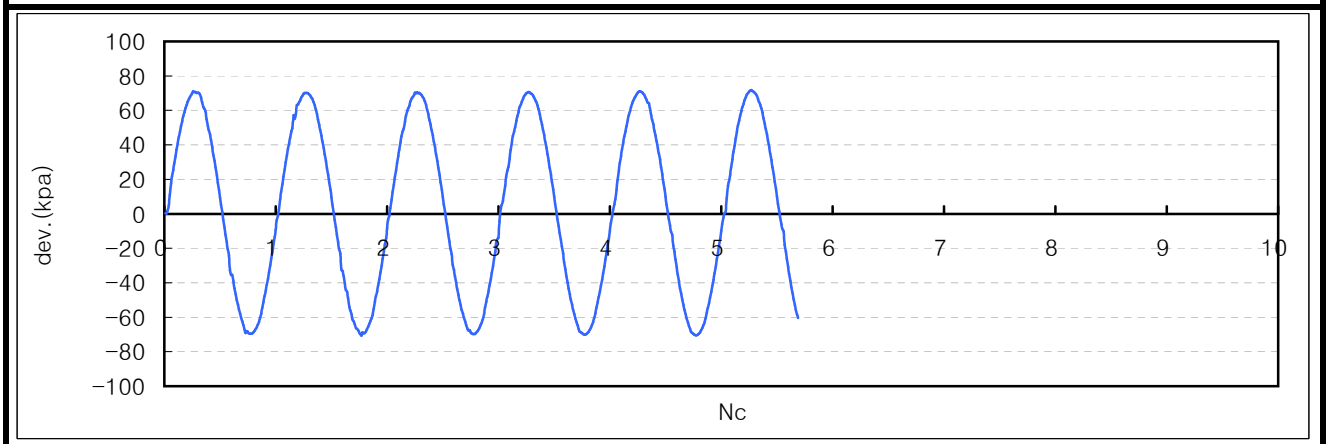


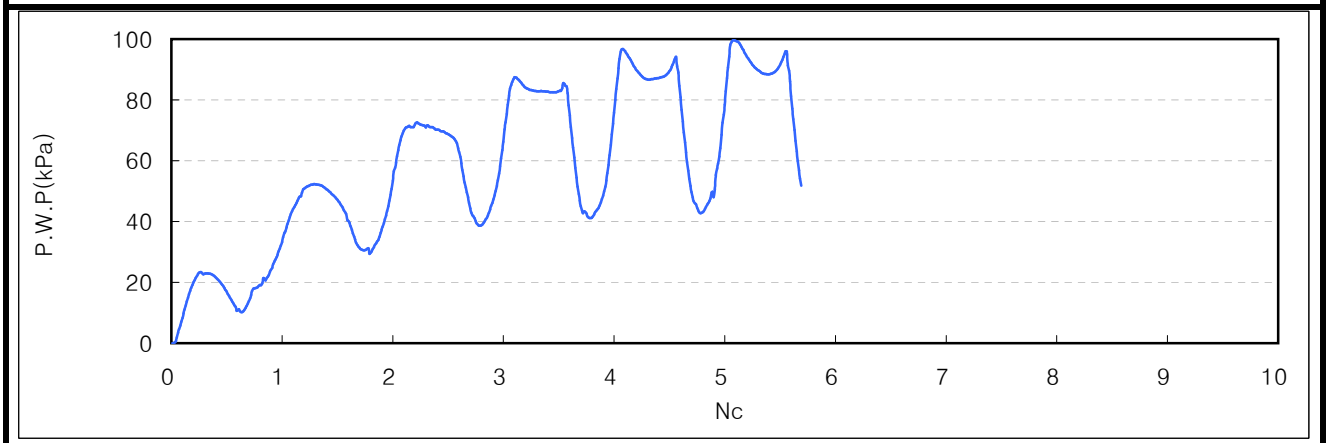
TRIAXIAL CYCLIC TEST(1)

Project :	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	Test Date :	2011 년 3 월 11 일
B/H :	NBB-7	Depth (m) :	(6.0) m
Tested By :	Kwon, Bong-Geun	Checked By :	Kim, Jong-Kook

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	13.5	Saturation(%)	97.3
ρ_t(g/㎤)	1.801	ρ_d(g/㎤)	1.587
f(Hz)	0.1	σ_c'(kPa)	100
축차응력(kPa)	70	응력비(CSR)	0.350





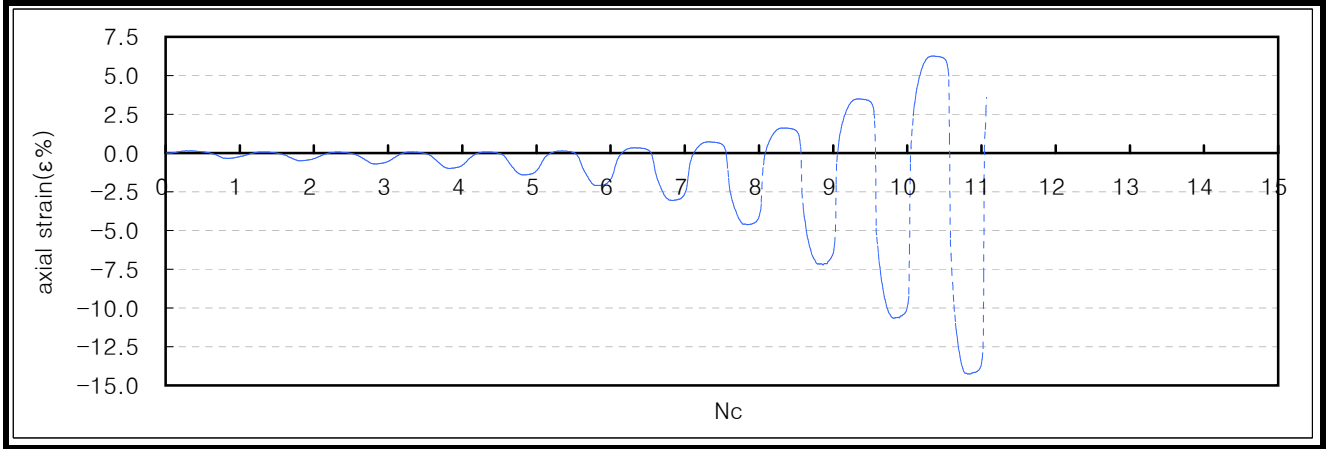


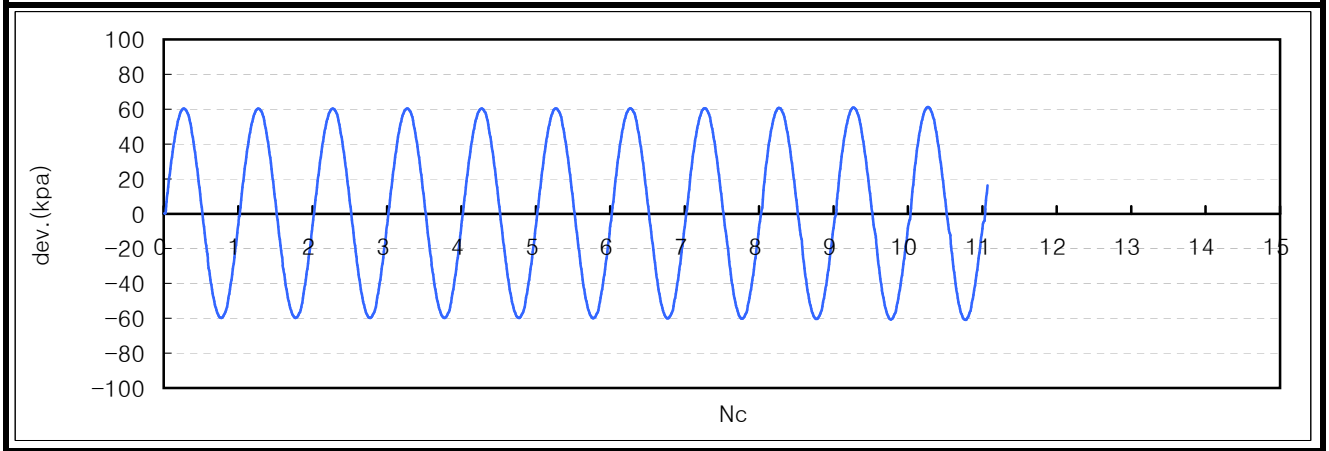
Remarks :

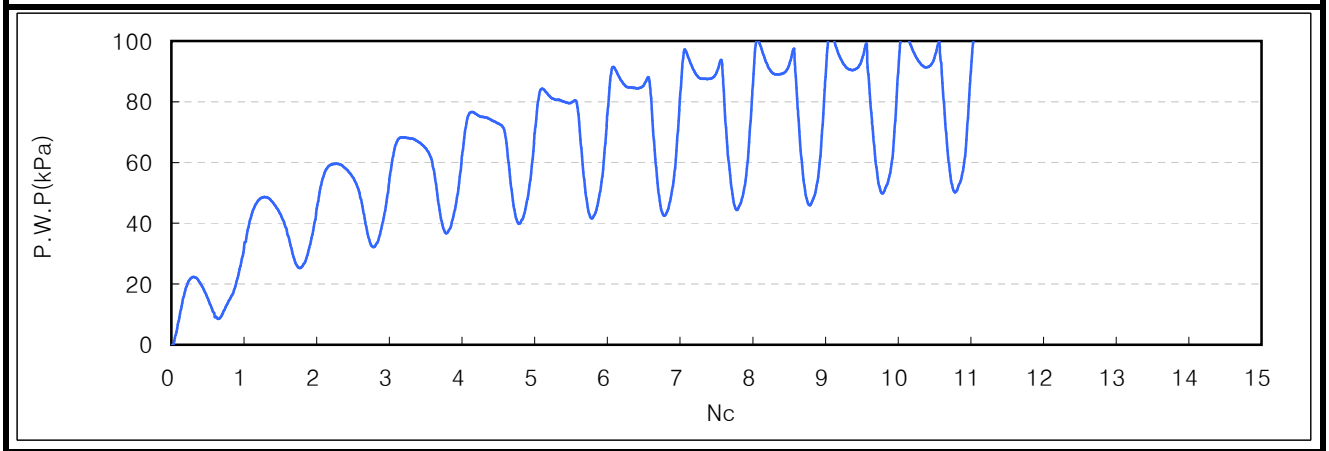
TRIAXIAL CYCLIC TEST(2)

Project :	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	Test Date :	2011년 3월 11일
B/H :	NBB-7	Depth (m) :	(6.0) m
Tested By :	Kwon, Bong-Geun	Checked By :	Kim, Jong-Kook

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	13.5	Saturation(%)	97.6
ρ_t(g/㎤)	1.799	ρ_d(g/㎤)	1.585
f(Hz)	0.1	σ_c'(kPa)	100
축차응력(kPa)	60	응력비(CSR)	0.300





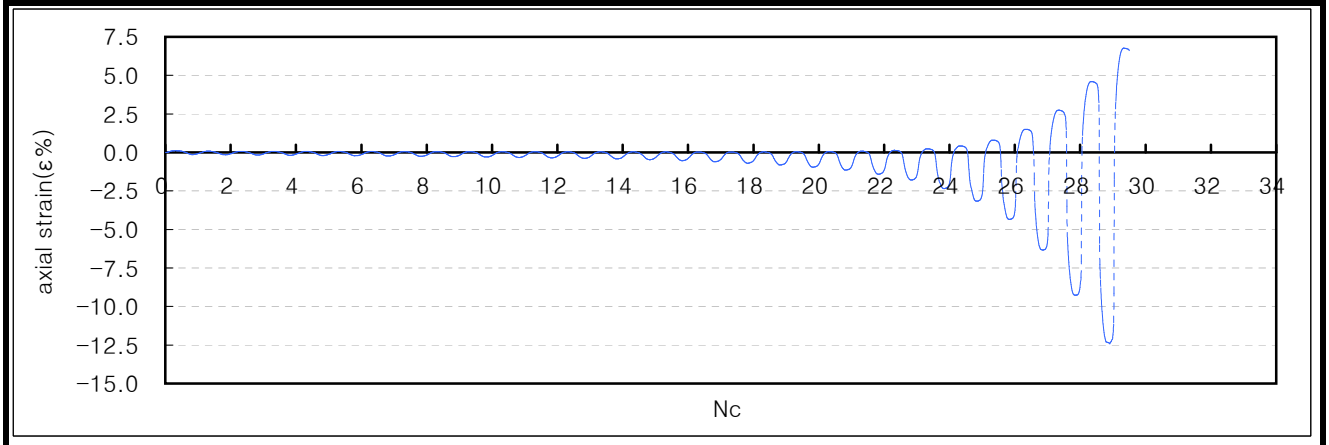


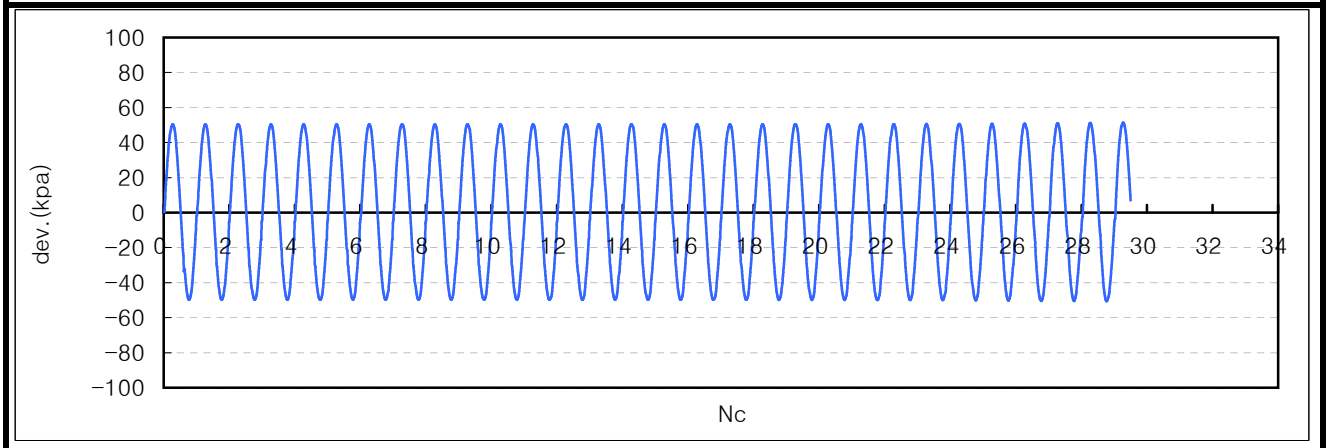
Remarks :

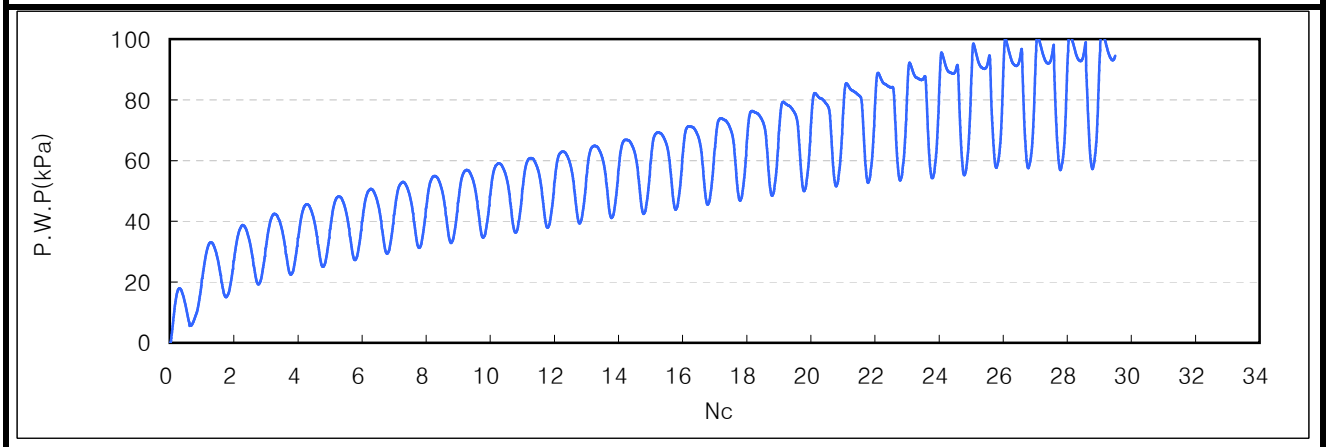
TRIAXIAL CYCLIC TEST(3)

Project :	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	Test Date :	2011년 3월 11일
B/H :	NBB-7	Depth (m) :	(6.0) m
Tested By :	Kwon, Bong-Geun	Checked By :	Kim, Jong-Kook

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	13.5	Saturation(%)	97.8
ρ_t(g/㎤)	1.798	ρ_d(g/㎤)	1.584
f(Hz)	0.1	σ_c'(kPa)	100
축차응력(kPa)	50	응력비(CSR)	0.250







Remarks :

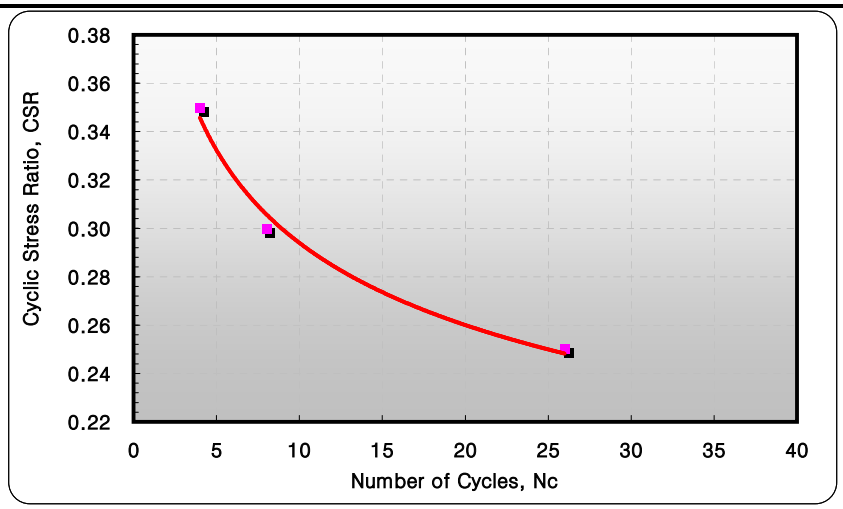
Project : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

B/H : NBB-7

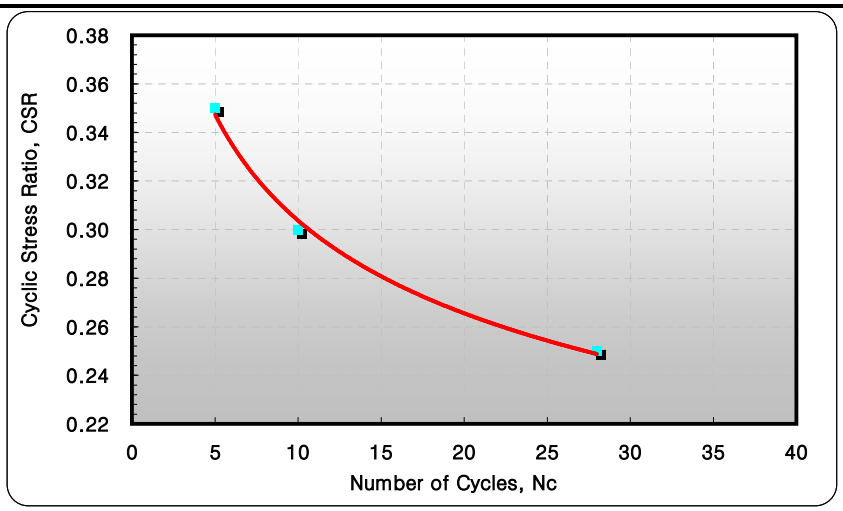
Depth(m) : (6.0) m

양단변형(%)	DA : 5%			DA : 10%		
축차응력(kPa)	70	60	50	70	60	50
횟수, Nc	4	8	26	5	10	28
압밀압력(kPa)	100			100		
반복전단응력비 (CSR)	0.350	0.300	0.250	0.350	0.300	0.250
Nc_{10}	0.294			0.304		
Nc_{20}	0.260			0.266		

N-CSR,(5%)



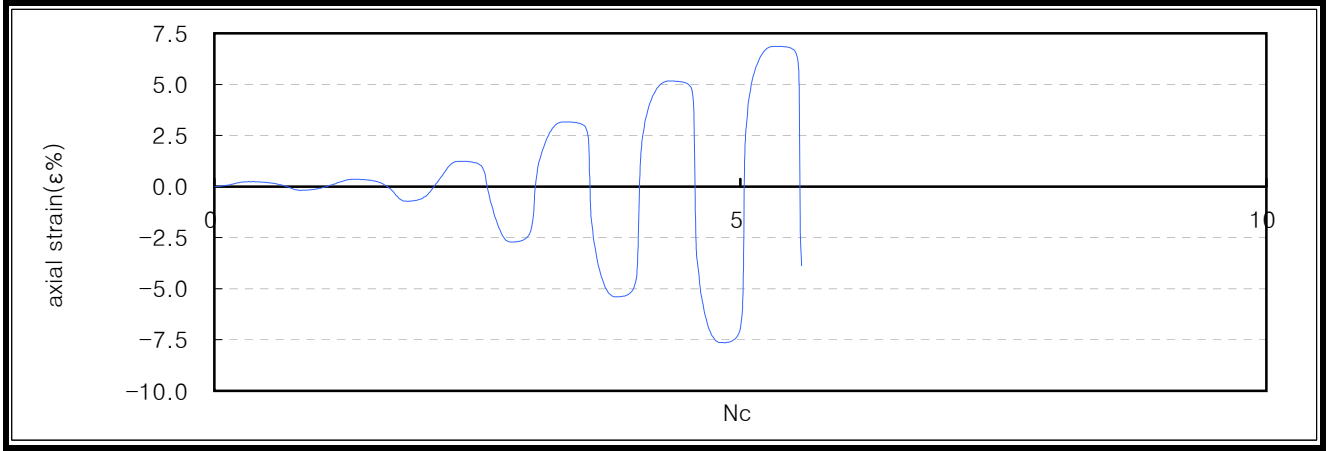
N-CSR,(10%)

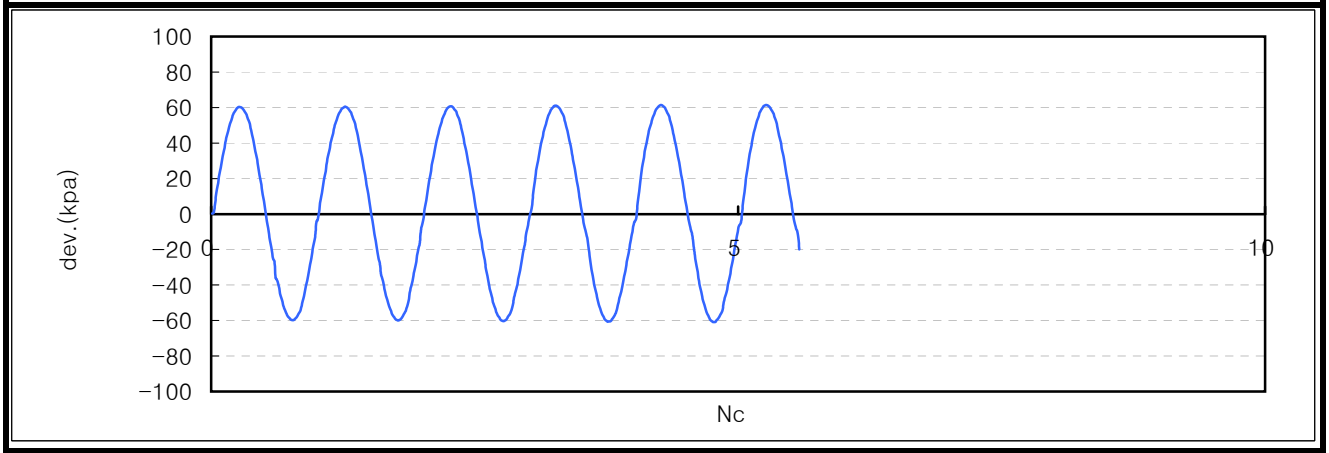


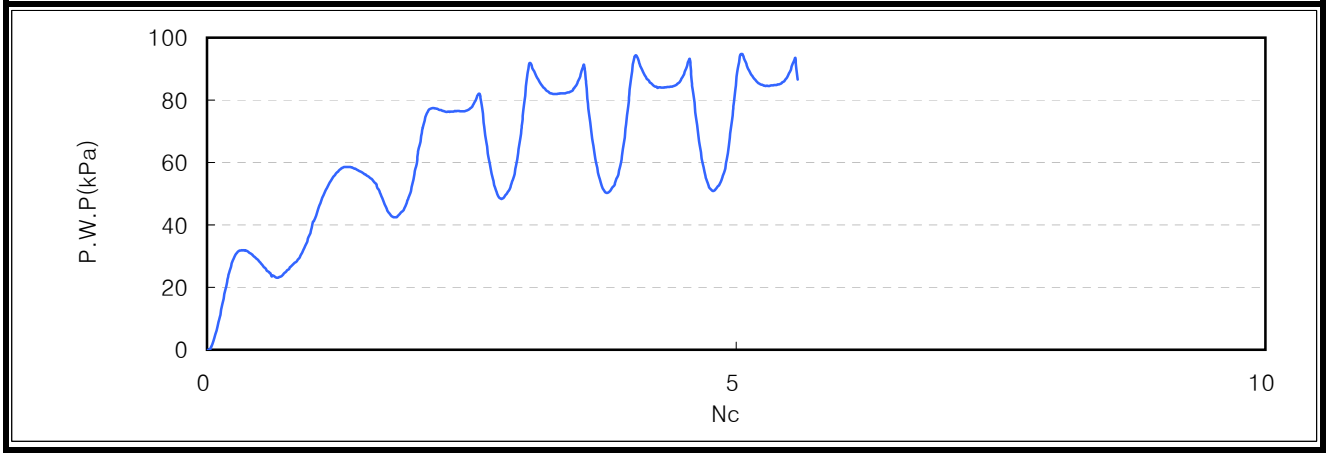
TRIAXIAL CYCLIC TEST(1)

Project :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	Test Date :	2013 년 4 월 29 일
B/H :	ATB-1	Depth (m) :	(1.0) m
Tested By :	Cho, Tae-Gyu	Checked By :	Kwon, Bong-Geun

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	9.3	Saturation(%)	95.1
ρ_t(g/㎤)	1.850	ρ_d(g/㎤)	1.693
f(Hz)	0.1	σ_c'(kPa)	100
축차응력(kPa)	60	응력비(CSR)	0.300





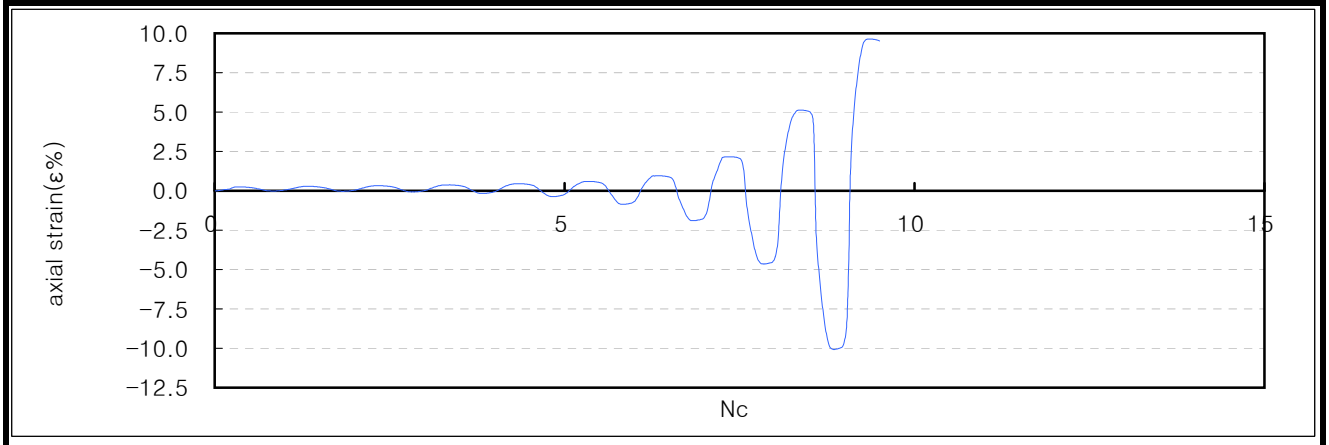


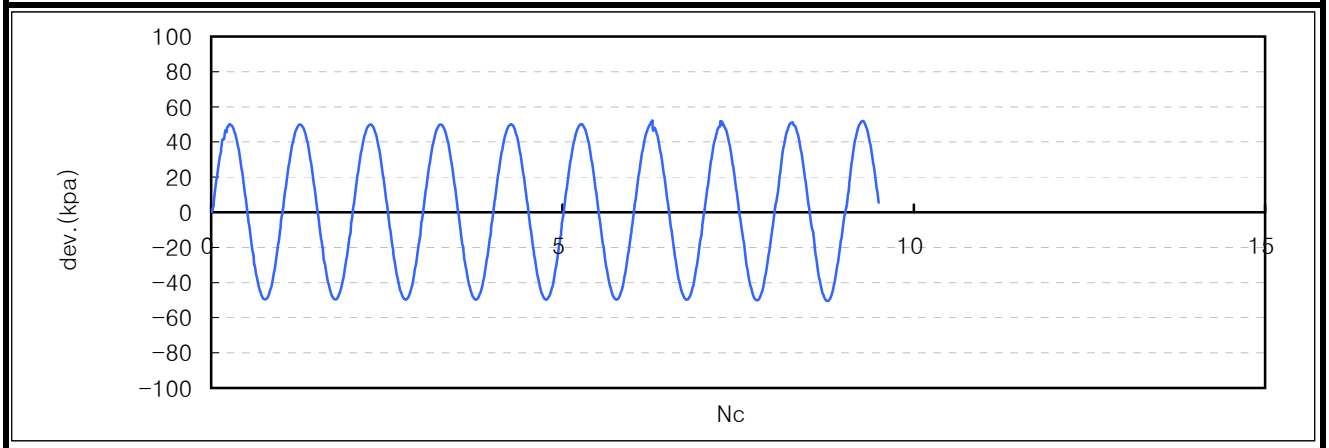
Remarks :

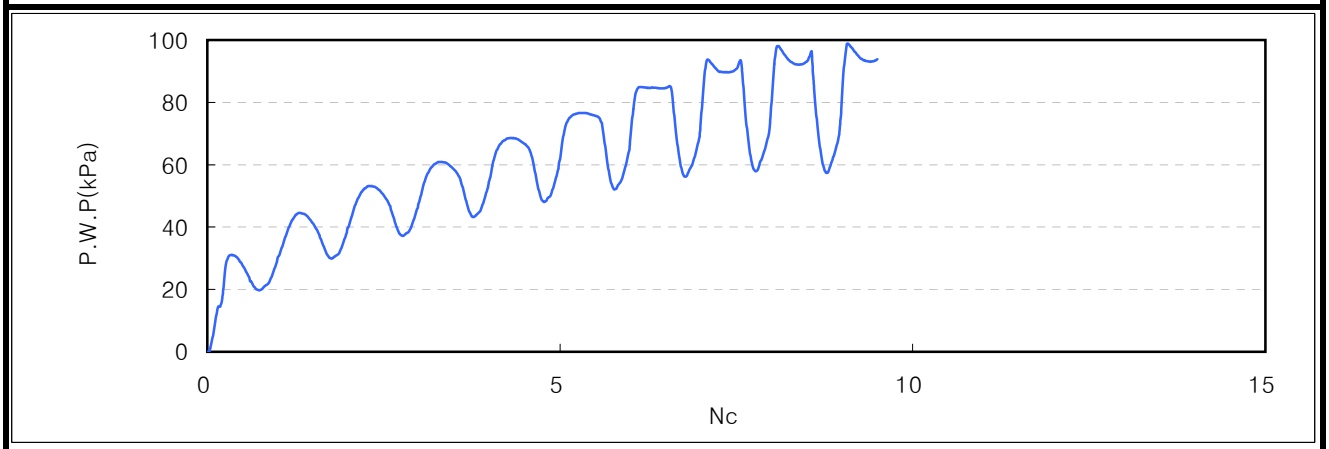
TRIAXIAL CYCLIC TEST(2)

Project :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	Test Date :	2013년 4월 29일
B/H :	ATB-1	Depth (m) :	(1.0) m
Tested By :	Kwon, Bong-Geun	Checked By :	Kim, Jong-Kook

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	9.3	Saturation(%)	96.3
ρ_t(g/㎤)	1.850	ρ_d(g/㎤)	1.693
f(Hz)	0.1	σ_c'(kPa)	100
축차응력(kPa)	50	응력비(CSR)	0.250





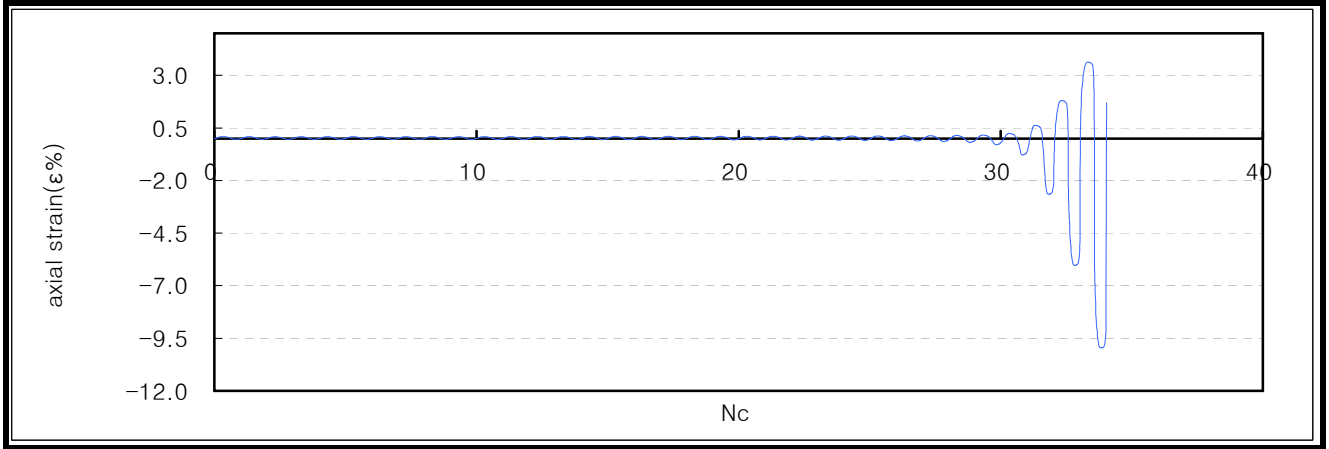


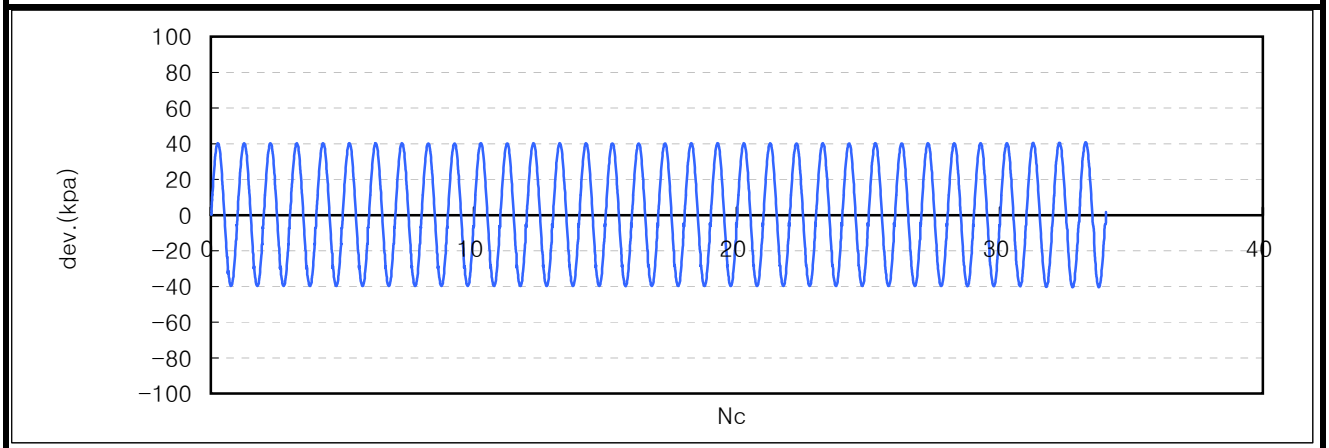
Remarks :

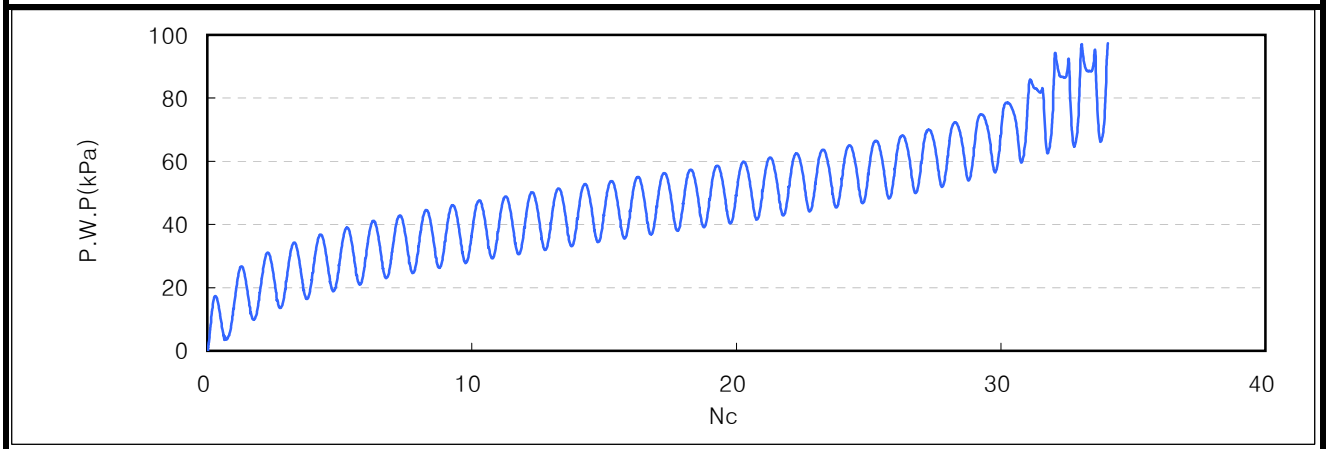
TRIAXIAL CYCLIC TEST(3)

Project :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	Test Date :	2013년 4월 29일
B/H :	ATB-1	Depth (m) :	(1.0) m
Tested By :	Cho, Tae-Gyu	Checked By :	Kwon, Bong-Geun

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	9.3	Saturation (%)	96.2
ρ_t (g/㎤)	1.850	ρ_d (g/㎤)	1.693
f (Hz)	0.1	σ_c' (kPa)	100
축차응력 (kPa)	40	응력비 (CSR)	0.200







Remarks :

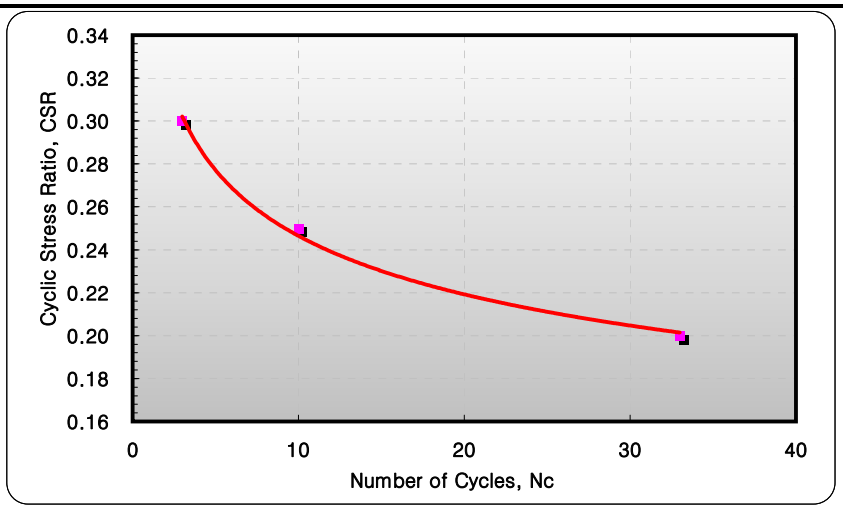
Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

B/H : ATB-1

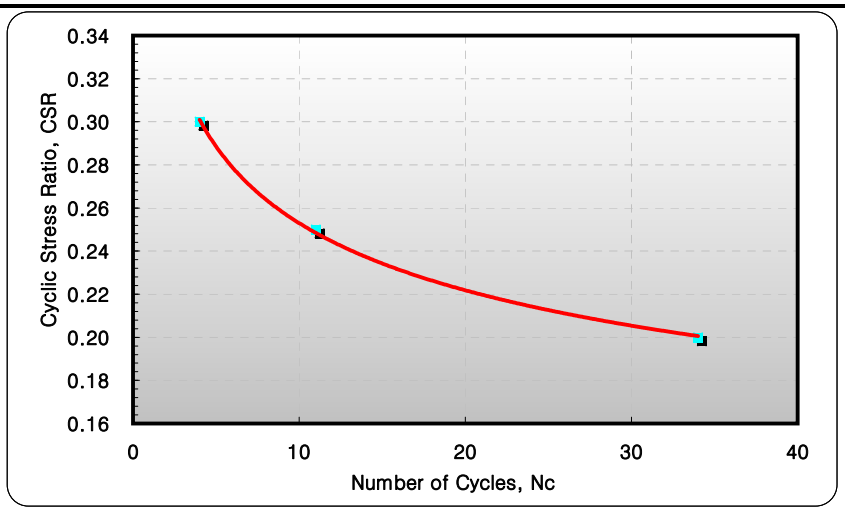
Depth(m) : (1.0) m

양단변형(%)	DA : 5%			DA : 10%		
축차응력(kPa)	60	50	40	60	50	40
횟수, Nc	3	10	33	4	11	34
압밀압력(kPa)	100			100		
반복전단응력비 (CSR)	0.300	0.250	0.200	0.300	0.250	0.200
Nc_{10}	0.242			0.253		
Nc_{20}	0.215			0.222		

N-CSR,(5%)



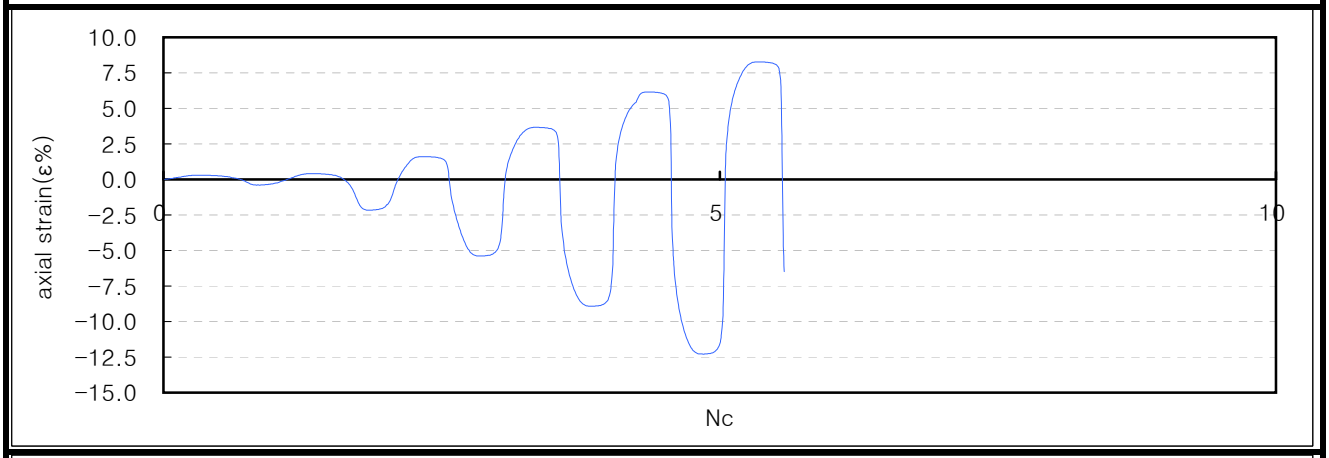
N-CSR,(10%)

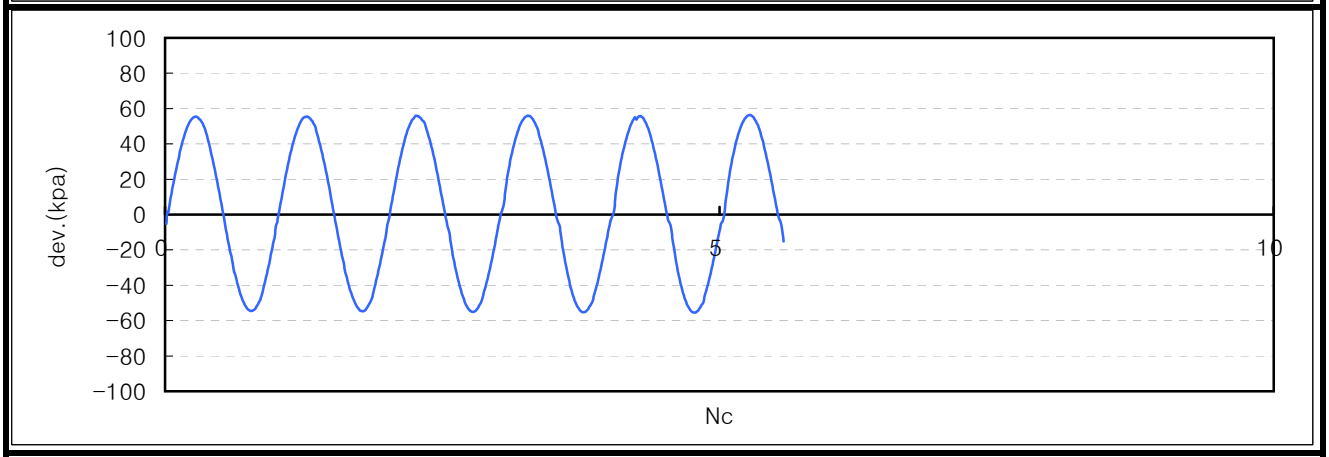


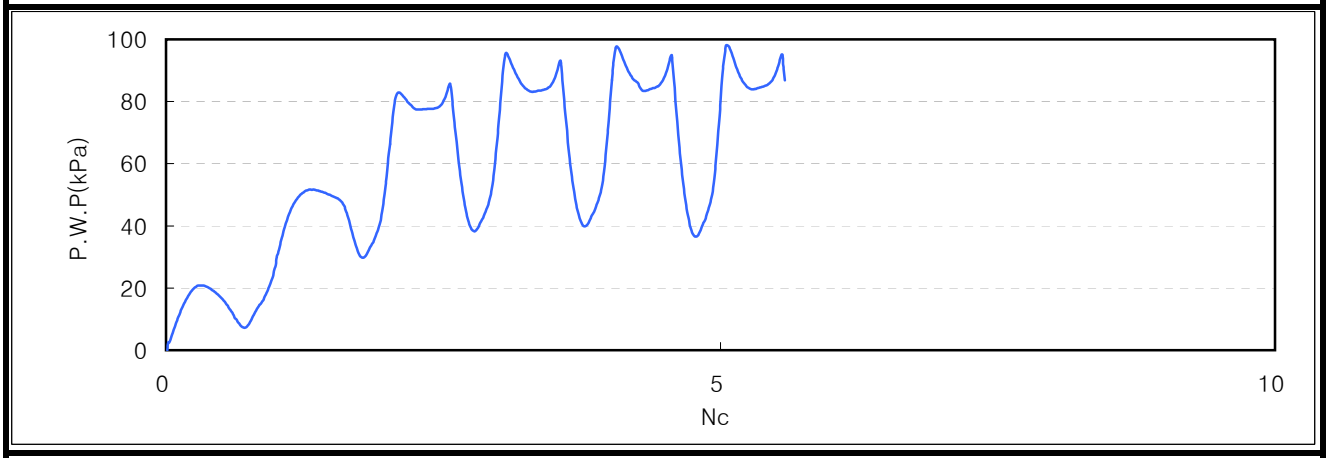
TRIAXIAL CYCLIC TEST(1)

Project :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	Test Date :	2013 년 4 월 29 일
B/H :	NNBB-8	Depth (m) :	(6.0) m
Tested By :	Cho, Tae-Gyu	Checked By :	Kwon, Bong-Geun

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	13.4	Saturation(%)	95.6
ρ_t(g/㎤)	1.850	ρ_d(g/㎤)	1.632
f(Hz)	0.1	σ_c'(kPa)	100
축차응력(kPa)	55	응력비(CSR)	0.275





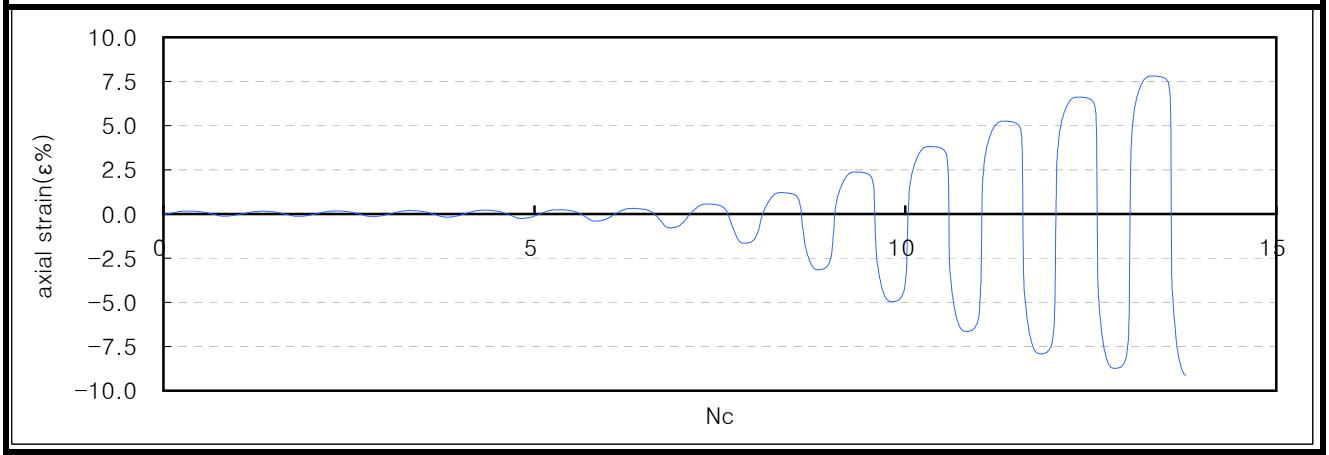


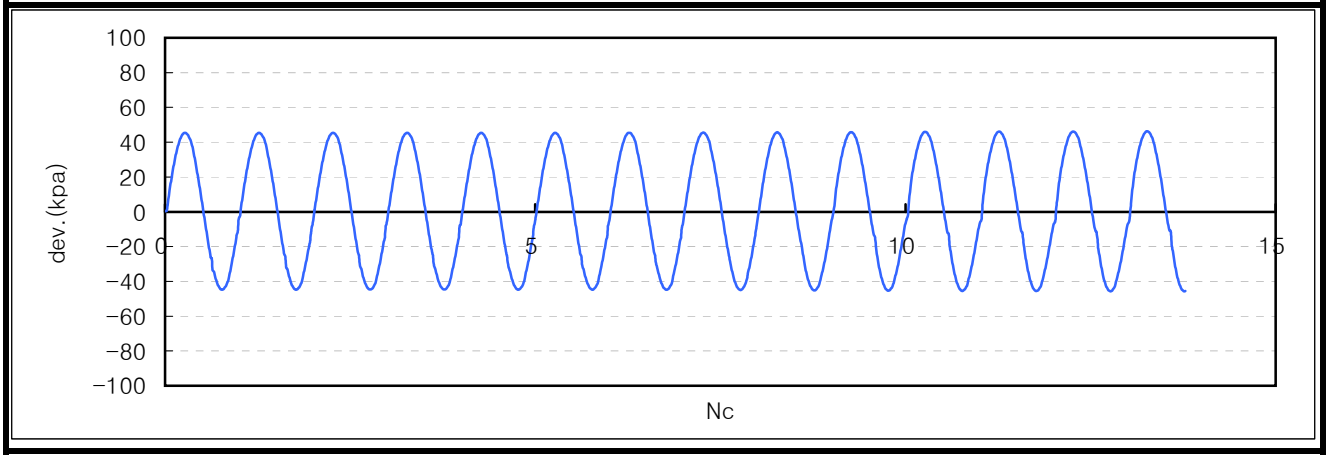
Remarks :

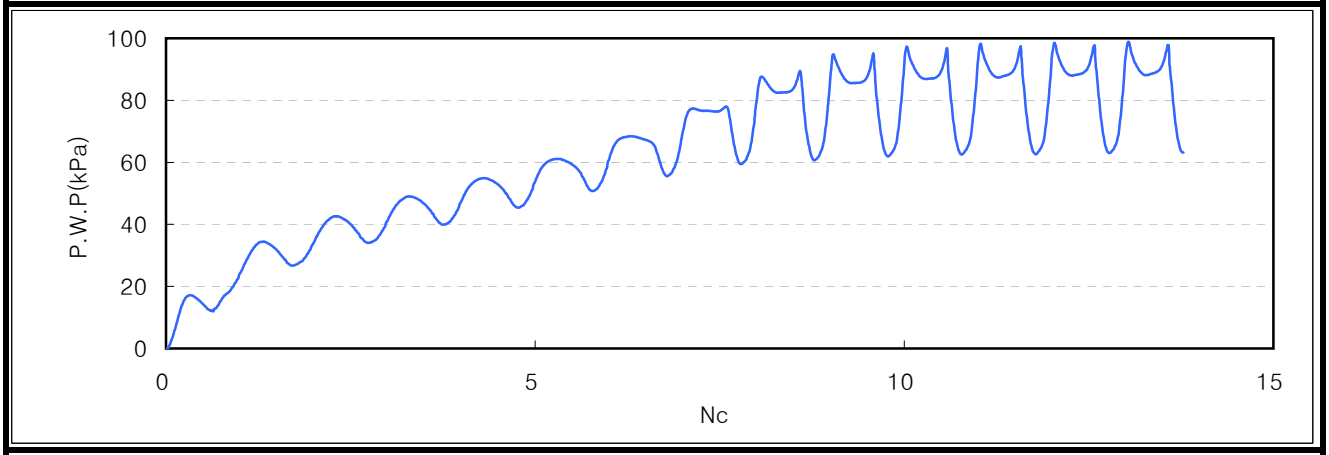
TRIAXIAL CYCLIC TEST(2)

Project :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	Test Date :	2013년 4월 29일
B/H :	NNBB-8	Depth (m) :	(6.0) m
Tested By :	Kwon, Bong-Geun	Checked By :	Kim, Jong-Kook

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	13.4	Saturation(%)	96.1
ρ_t(g/㎤)	1.850	ρ_d(g/㎤)	1.632
f(Hz)	0.1	σ_c'(kPa)	100
축차응력(kPa)	45	응력비(CSR)	0.225





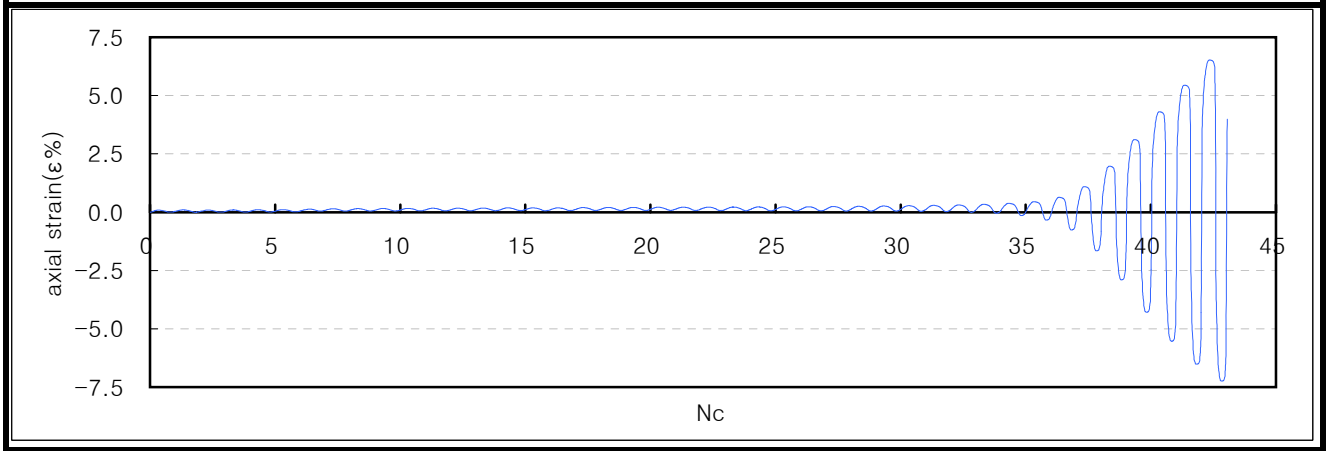


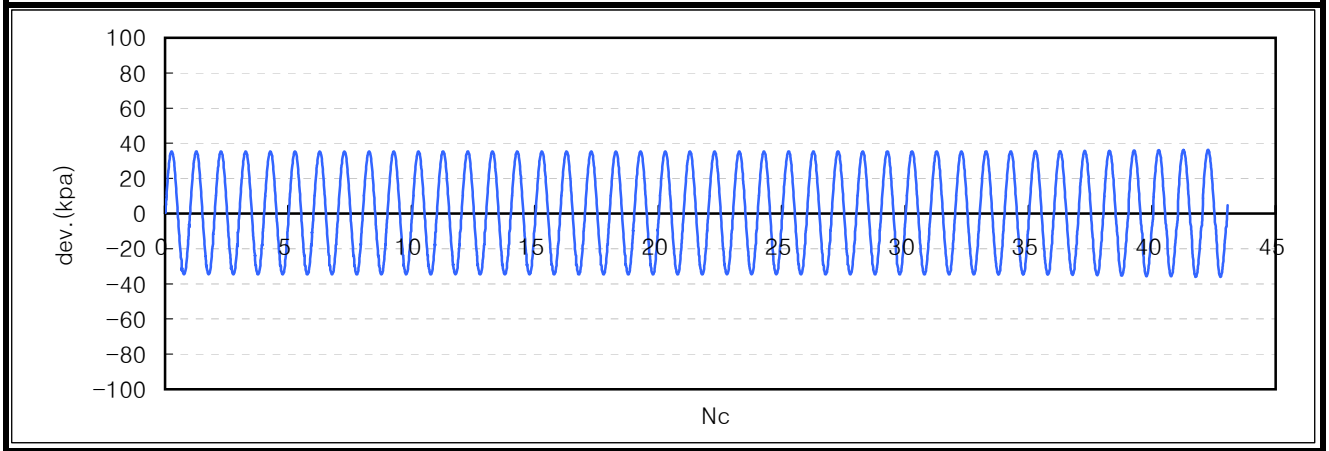
Remarks :

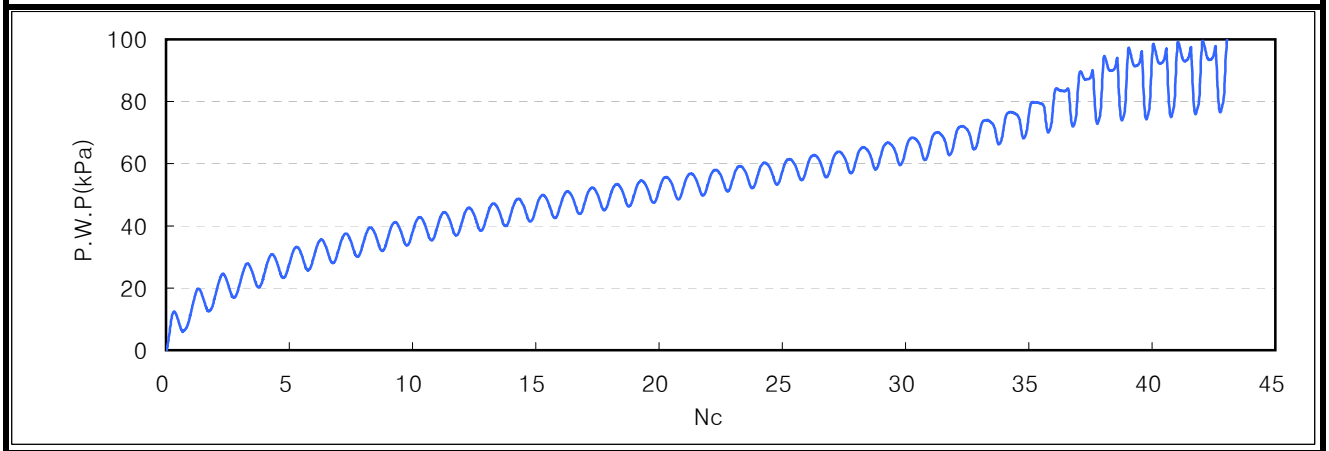
TRIAXIAL CYCLIC TEST(3)

Project :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	Test Date :	2013년 4월 29일
B/H :	NNBB-8	Depth (m) :	(6.0) m
Tested By :	Cho, Tae-Gyu	Checked By :	Kwon, Bong-Geun

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	13.4	Saturation (%)	96.7
ρ_t (g/㎤)	1.850	ρ_d (g/㎤)	1.632
f (Hz)	0.1	σ_c' (kPa)	100
축차응력 (kPa)	35	응력비 (CSR)	0.175







Remarks :

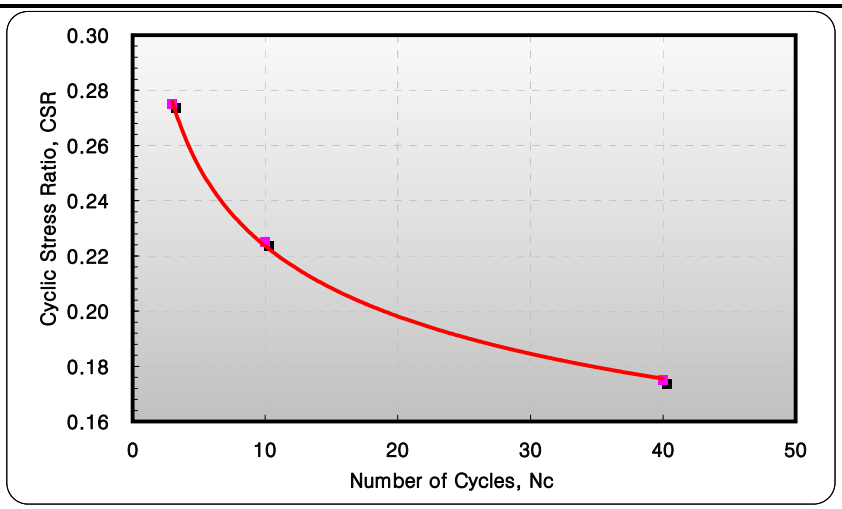
Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

B/H : NNBB-8

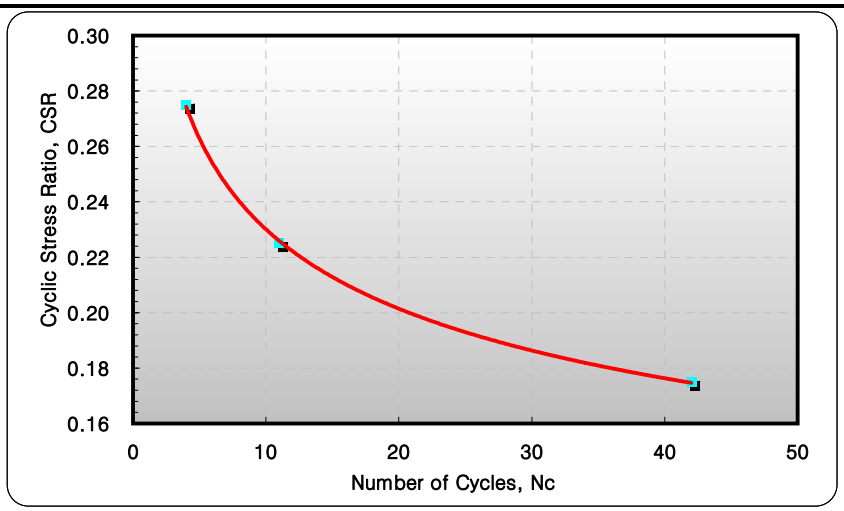
Depth(m) : (6.0) m

양단변형(%)	DA : 5%			DA : 10%		
축차응력(kPa)	55	45	35	55	45	35
횟수, Nc	3	10	40	4	11	42
압밀압력(kPa)	100			100		
반복전단응력비 (CSR)	0.275	0.225	0.175	0.275	0.225	0.175
Nc_{10}	0.224			0.230		
Nc_{20}	0.198			0.201		

N-CSR,(5%)



N-CSR,(10%)



7.1.5 토사공진주시험

Resonant Column Test Results(1/4)

Project	서울 제물포터널 민간투자사업		
Location		Test Date	2011년 04월 29일
Bore Hore No.	NTB-13	Depth(m)	10.0~11.0 m

1. Physical Properties of Soils

Water Content (%)	Unit Weight, ρt(g/㎤)	Mean Effective Pressure (kPa)	Soil Type
8.0	1.798	50kPa	-

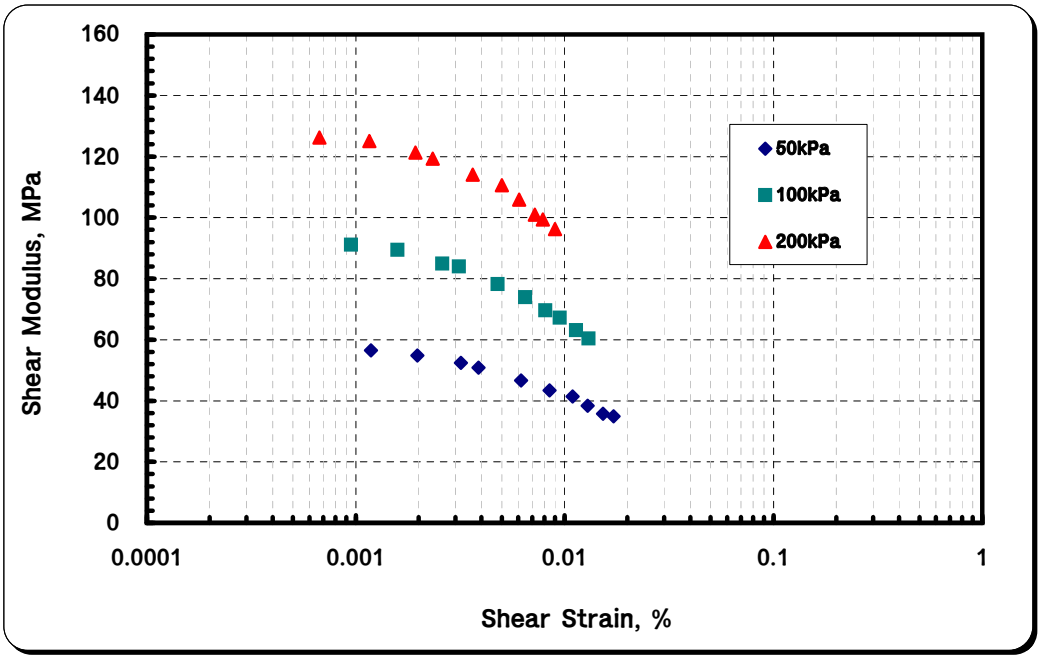
2. Resonant Column Test Results

Confining Pressure	Shear Strain(%)	Shear Modulus(Mpa)	S/Wave Velocity(Vs,m/s)	G/Gmax	Damping Ratio(%)
50kPa	1.18E-03	56.50	177.27	1.000	1.12
	1.98E-03	54.88	174.71	0.971	1.35
	3.19E-03	52.42	170.75	0.928	1.72
	3.87E-03	50.84	168.15	0.900	2.06
	6.19E-03	46.61	161.01	0.825	2.67
	8.47E-03	43.43	155.43	0.769	3.34
	1.09E-02	41.43	151.79	0.733	3.65
	1.29E-02	38.37	146.08	0.679	3.92
	1.53E-02	35.75	141.01	0.633	4.18
	1.71E-02	34.97	139.45	0.619	4.45
100kPa	9.51E-04	91.14	225.14	1.000	0.86
	1.58E-03	89.44	223.04	0.981	1.06
	2.60E-03	84.95	217.36	0.932	1.41
	3.12E-03	83.96	216.09	0.921	1.52
	4.79E-03	78.18	208.52	0.858	2.20
	6.48E-03	73.90	202.74	0.811	2.49
	8.08E-03	69.65	196.82	0.764	2.88
	9.48E-03	67.24	193.38	0.738	3.10
	1.13E-02	63.09	187.32	0.692	3.29
	1.30E-02	60.43	183.33	0.663	3.50
200kPa	6.70E-04	126.19	264.92	1.000	0.75
	1.16E-03	125.04	263.72	0.991	0.86
	1.93E-03	121.35	259.79	0.962	1.09
	2.34E-03	119.32	257.61	0.946	1.19
	3.63E-03	114.09	251.90	0.904	1.48
	5.01E-03	110.59	248.01	0.876	1.86
	6.07E-03	105.89	242.68	0.839	2.14
	7.21E-03	100.97	236.97	0.800	2.37
	7.87E-03	99.42	235.15	0.788	2.53
	9.01E-03	96.26	231.39	0.763	2.75

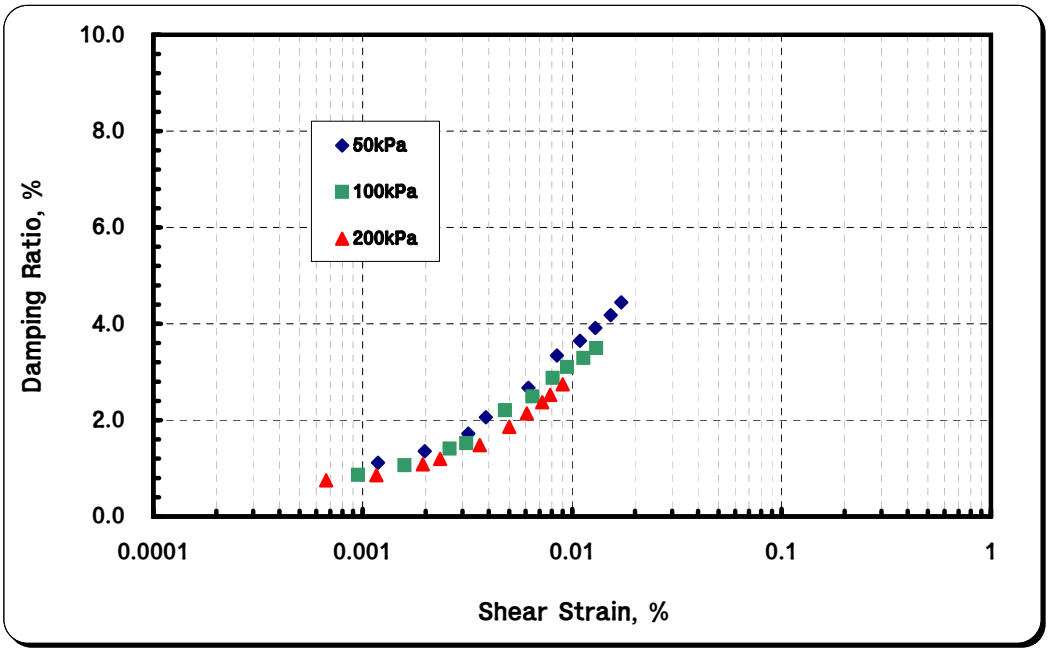
Resonant Column Test Results(2/4)

Project	서울 제물포터널 민간투자사업		
Location		Test Date	2011년 04월 29일
Bore Hore No.	NTB-13	Depth(m)	10.0~11.0 m

3. Shear Modulus & Shear Strain (Effective Confining Pressure)



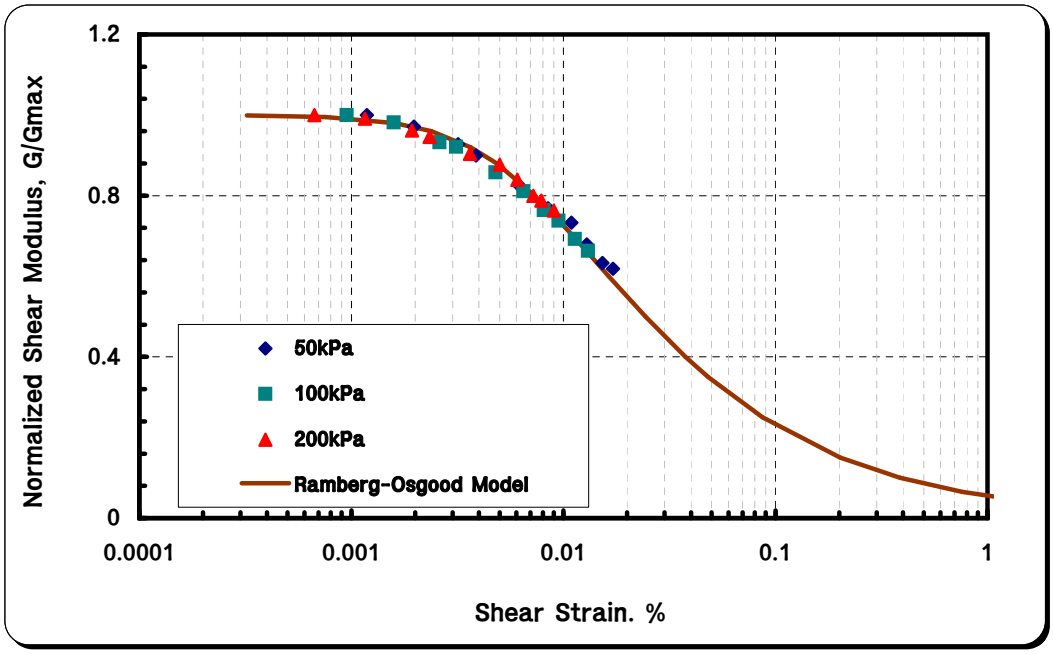
4. Material Damping Ratio & Shear Strain (Determined by Frequency-Phase Method)



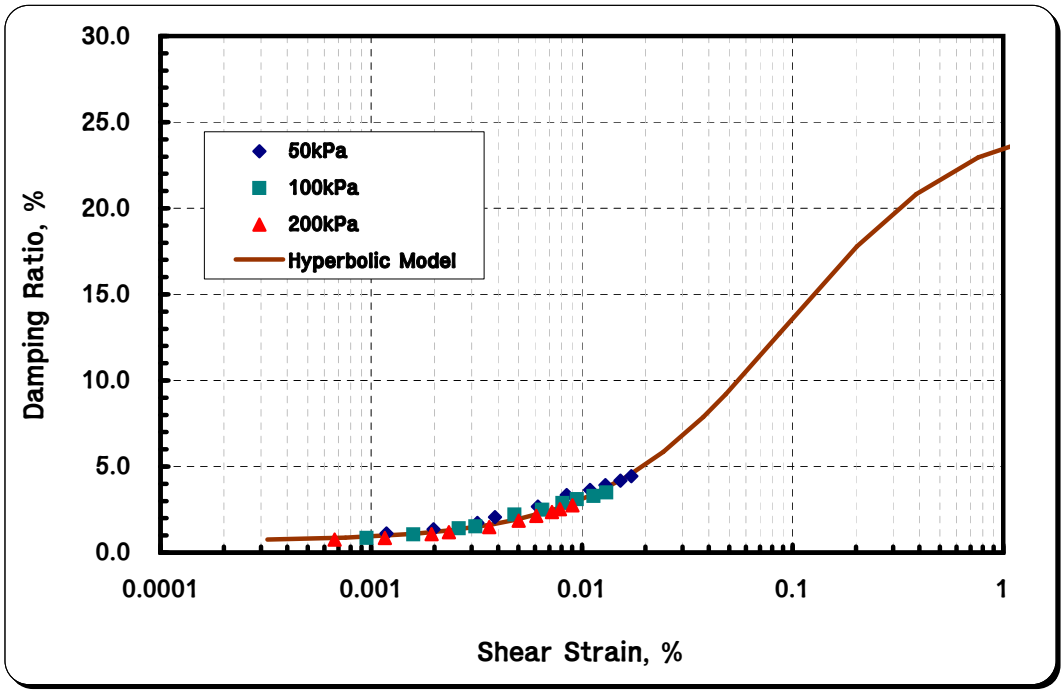
Resonant Column Test Results(3/4)

Project	서울 제물포터널 민간투자사업		
Location		Test Date	2011년 04월 29일
Bore Hore No.	NTB-13	Depth(m)	10.0~11.0 m

5. Normalized Shear Modulus & Shear Strain



6. Material Damping Ratio & Shear Strain



Resonant Column Test Results(4/4)

Project	서울 제물포터널 민간투자사업		
Location		Test Date	2011년 04월 29일
Bore Hore No.	NTB-13	Depth(m)	10.0~11.0 m

Normalized Shear Modui Evaluated by Ramberg-Osgood Model and Representative Material Damping Ratios : NTB-14(10.0~11.0 m)

Shear Strain (%)	G/Gmax Ramberg-Osgood Model	Damping Ratio(%) Hyperbolic Model
0.0003	0.999	0.756
0.0008	0.995	0.871
0.0016	0.980	1.094
0.0024	0.960	1.294
0.0037	0.920	1.617
0.0048	0.880	1.909
0.0073	0.800	2.498
0.0111	0.700	3.342
0.0164	0.600	4.415
0.0243	0.500	5.855
0.0377	0.400	7.875
0.0481	0.350	9.198
0.0867	0.250	12.735
0.2020	0.150	17.789
0.3865	0.100	20.822
0.7610	0.065	22.948
1.6188	0.040	24.312
1.9902	0.035	24.554

Resonant Column Test Results(1/4)

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		
Location		Test Date	2011년 03월 11일
Bore Hore No.	NBB-7	Depth(m)	6.0 m

1. Physical Properties of Soils

Water Content (%)	Unit Weight, ρt(g/㎤)	Mean Effective Pressure (kPa)	Soil Type
13.5	1.798	50kPa	-

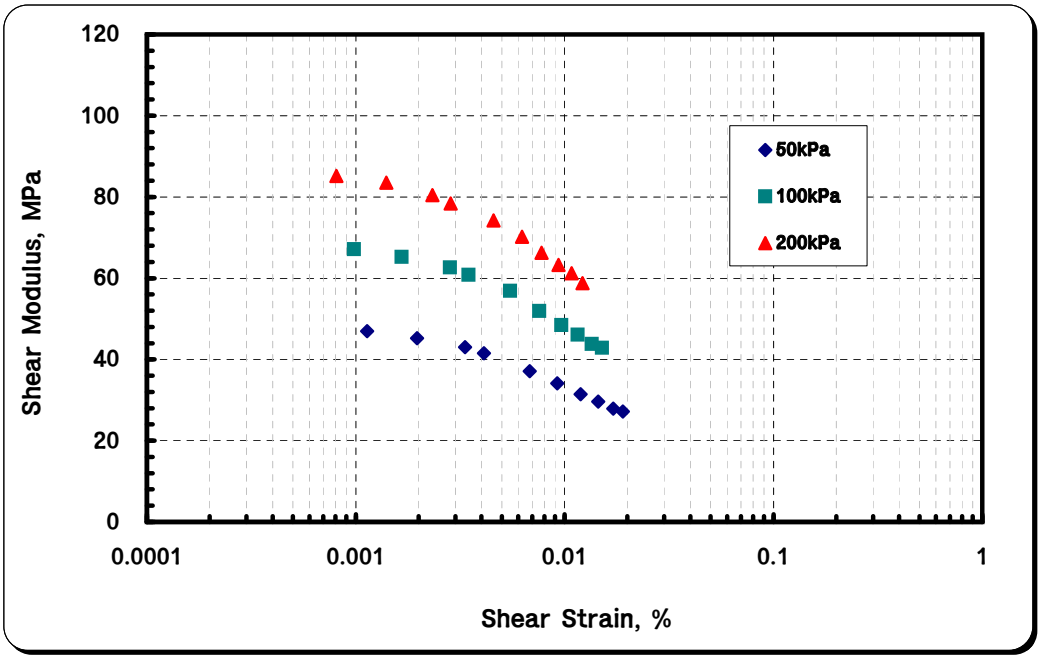
2. Resonant Column Test Results

Confining Pressure	Shear Strain(%)	Shear Modulus(Mpa)	S/Wave Velocity(Vs,m/s)	G/Gmax	Damping Ratio(%)
50kPa	1.13E-03	46.99	161.66	1.000	1.69
	1.97E-03	45.25	158.64	0.963	1.99
	3.33E-03	43.00	154.65	0.915	2.57
	4.10E-03	41.54	151.99	0.884	2.94
	6.80E-03	37.11	143.67	0.790	3.67
	9.23E-03	34.08	137.68	0.725	4.25
	1.19E-02	31.44	132.23	0.669	4.73
	1.45E-02	29.63	128.37	0.631	5.10
	1.71E-02	27.88	124.51	0.593	5.44
	1.90E-02	27.17	122.92	0.578	5.60
100kPa	9.80E-04	67.10	193.18	1.000	1.38
	1.66E-03	65.21	190.44	0.972	1.60
	2.82E-03	62.66	186.68	0.934	2.11
	3.47E-03	60.79	183.87	0.906	2.29
	5.49E-03	56.86	177.84	0.847	2.96
	7.56E-03	51.92	169.94	0.774	3.45
	9.64E-03	48.46	164.18	0.722	3.75
	1.16E-02	46.09	160.11	0.687	4.13
	1.35E-02	43.77	156.03	0.652	4.38
	1.51E-02	42.83	154.35	0.638	4.63
200kPa	8.07E-04	85.13	217.60	1.000	1.10
	1.40E-03	83.55	215.57	0.981	1.28
	2.33E-03	80.44	211.51	0.945	1.59
	2.85E-03	78.43	208.85	0.921	1.79
	4.56E-03	74.19	203.13	0.871	2.37
	6.25E-03	70.17	197.55	0.824	2.78
	7.77E-03	66.25	191.95	0.778	3.06
	9.36E-03	63.25	187.56	0.743	3.38
	1.08E-02	61.21	184.50	0.719	3.54
	1.22E-02	58.80	180.84	0.691	3.77

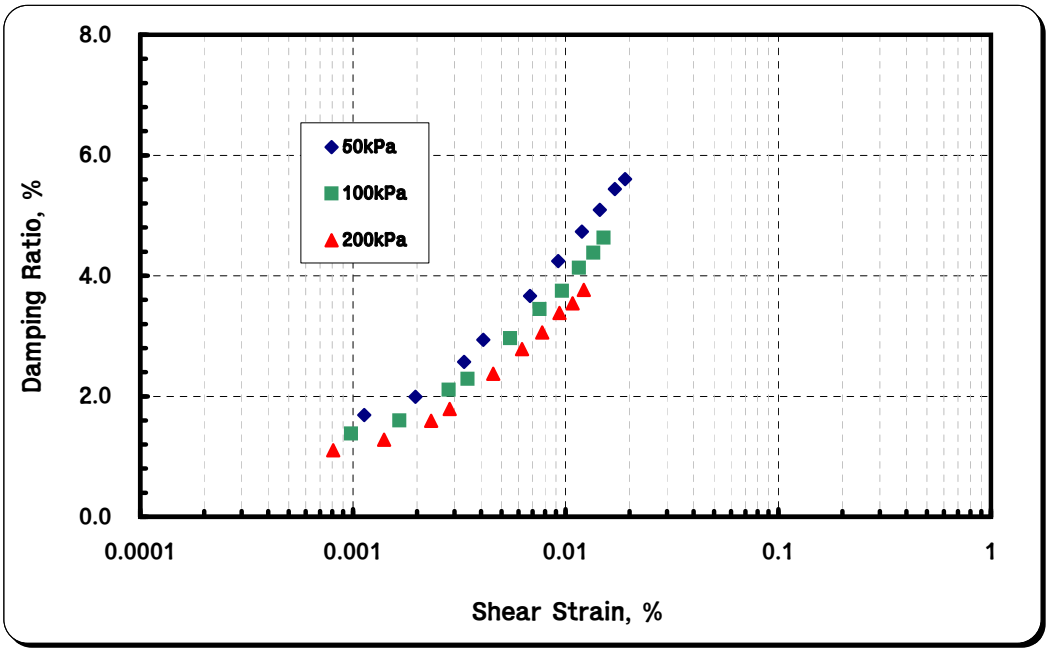
Resonant Column Test Results(2/4)

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		
Location		Test Date	2011년 03월 11일
Bore Hore No.	NBB-7	Depth(m)	6.0 m

3. Shear Modulus & Shear Strain (Effective Confining Pressure)



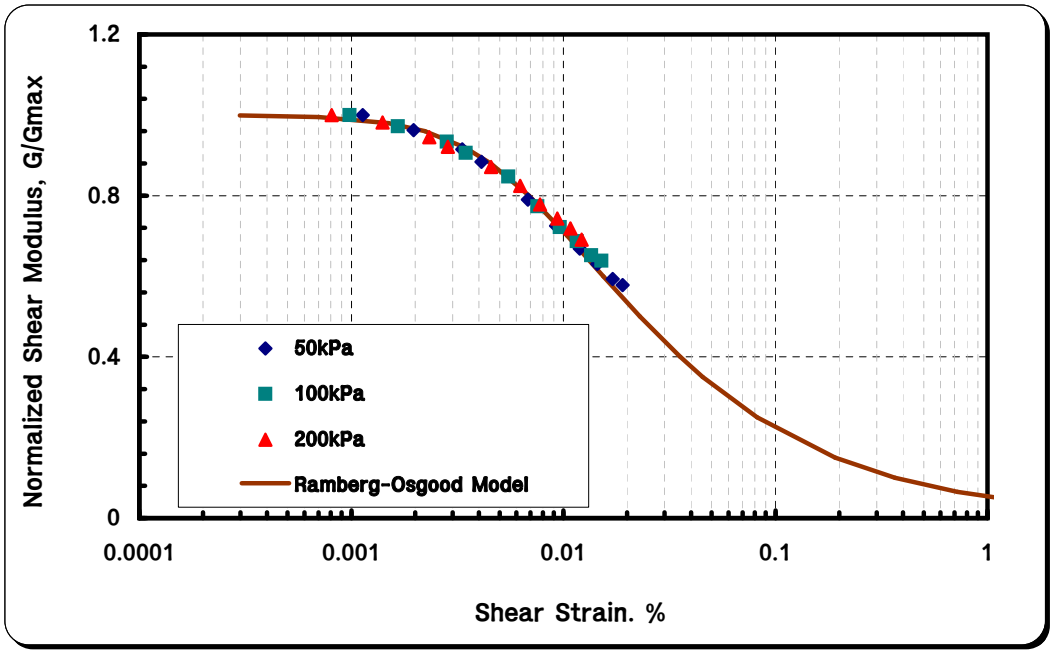
4. Material Damping Ratio & Shear Strain (Determined by Frequency-Phase Method)



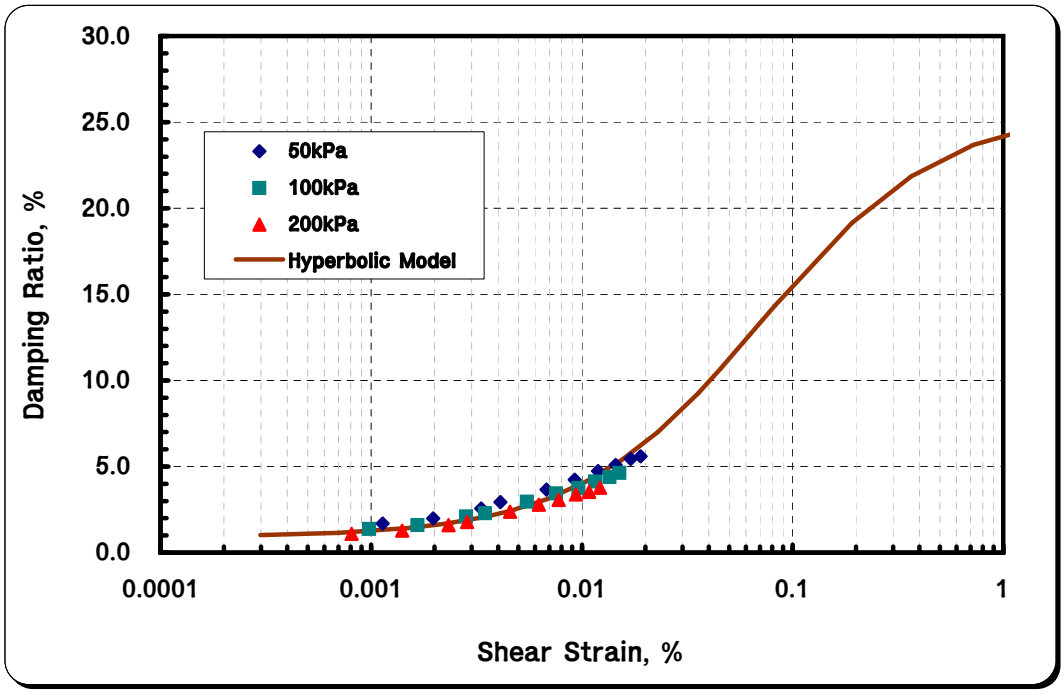
Resonant Column Test Results(3/4)

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		
Location		Test Date	2011년 03월 11일
Bore Hore No.	NBB-7	Depth(m)	6.0 m

5. Normalized Shear Modulus & Shear Strain



6. Material Damping Ratio & Shear Strain



Resonant Column Test Results(4/4)

Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		
Location		Test Date	2011년 03월 11일
Bore Hore No.	NBB-7	Depth(m)	6.0 m

Normalized Shear Modui Evaluated by Ramberg-Osgood Model and Representative Material Damping Ratios : NBB-7(6.0m)

Shear Strain (%)	G/Gmax Ramberg-Osgood Model	Damping Ratio(%) Hyperbolic Model
0.0003	0.999	1.014
0.0007	0.995	1.154
0.0015	0.980	1.425
0.0022	0.960	1.669
0.0034	0.920	2.060
0.0045	0.880	2.413
0.0069	0.800	3.119
0.0105	0.700	4.120
0.0154	0.600	5.370
0.0229	0.500	7.011
0.0355	0.400	9.244
0.0454	0.350	10.665
0.0820	0.250	14.306
0.1912	0.150	19.141
0.3663	0.100	21.851
0.7222	0.065	23.672
1.5383	0.040	24.807
1.8919	0.035	25.006

Resonant Column Test Results(1/4)

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
Location		Test Date	2013년 04월 29일
Bore Hore No.	ATB-1	Depth(m)	(1.0)m

1. Physical Properties of Soils

Water Content (%)	Unit Weight, ρt(kN/㎥)	Mean Effective Pressure (kPa)	Soil Type
9.3	1.850	100kPa	-

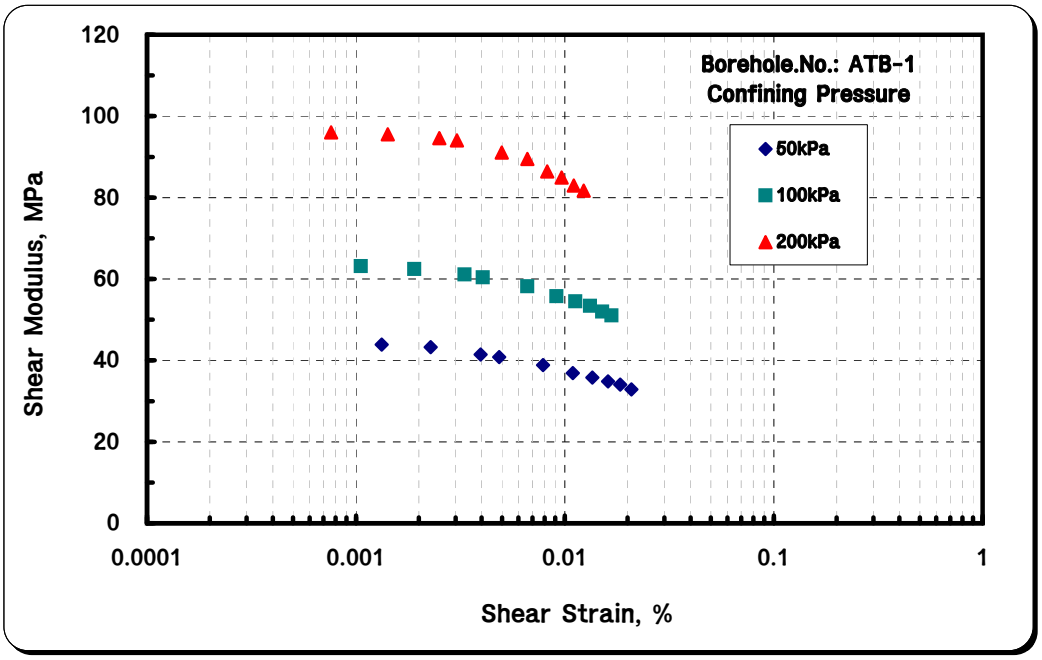
2. Resonant Column Test Results

Confining Pressure	Shear Strain(%)	Shear Modulus(Mpa)	S/Wave Velocity(Vs,m/s)	G/Gmax	Damping Ratio(%)
50kPa	1.33E-03	43.86	163.53	1.000	1.15
	2.28E-03	43.23	162.36	0.986	1.23
	3.96E-03	41.41	158.89	0.944	1.59
	4.85E-03	40.80	157.71	0.930	1.71
	7.87E-03	38.86	153.92	0.886	2.27
	1.09E-02	36.90	150.00	0.841	2.74
	1.36E-02	35.82	147.77	0.817	3.09
	1.61E-02	34.87	145.81	0.795	3.27
	1.84E-02	34.06	144.11	0.777	3.52
	2.08E-02	32.84	141.50	0.749	3.80
100kPa	1.06E-03	63.15	196.23	1.000	0.89
	1.90E-03	62.40	195.05	0.988	1.04
	3.32E-03	61.09	192.99	0.967	1.22
	4.05E-03	60.37	191.84	0.956	1.17
	6.63E-03	58.16	188.31	0.921	1.73
	9.11E-03	55.77	184.39	0.883	2.09
	1.13E-02	54.51	182.30	0.863	2.33
	1.32E-02	53.42	180.47	0.846	2.56
	1.51E-02	51.96	177.98	0.823	2.78
	1.67E-02	51.05	176.41	0.808	3.03
200kPa	7.61E-04	96.05	242.00	1.000	0.96
	1.42E-03	95.53	241.34	0.995	0.88
	2.51E-03	94.60	240.17	0.985	1.06
	3.05E-03	94.04	239.45	0.979	1.08
	4.98E-03	91.08	235.65	0.948	1.38
	6.61E-03	89.47	233.56	0.932	1.59
	8.23E-03	86.39	229.51	0.899	1.84
	9.67E-03	84.92	227.55	0.884	2.01
	1.11E-02	82.98	224.93	0.864	2.21
	1.23E-02	81.73	223.23	0.851	2.35

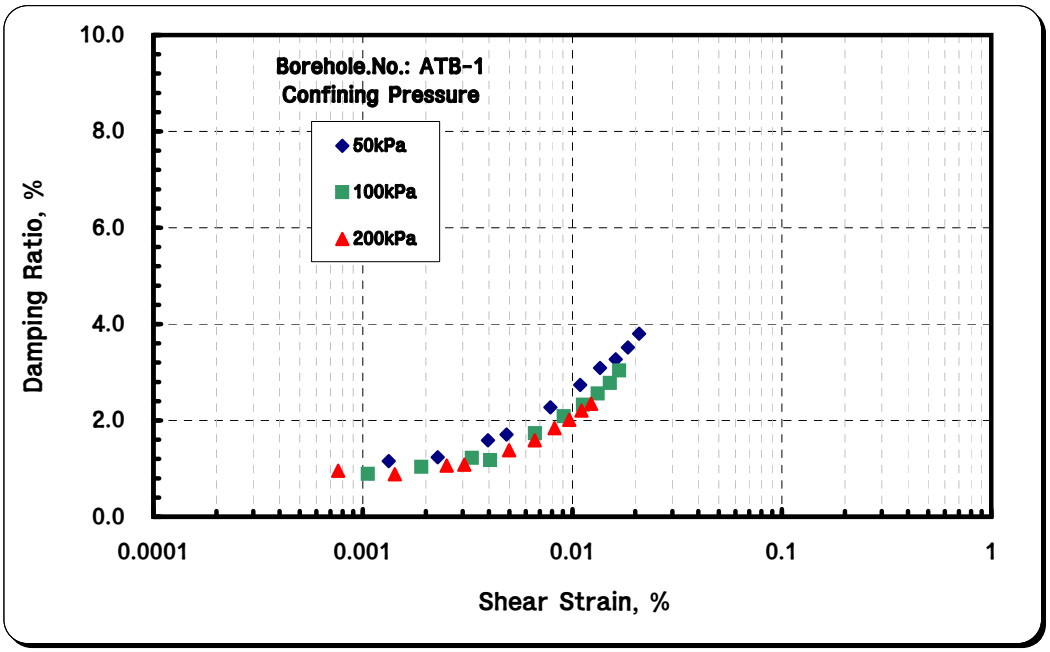
Resonant Column Test Results(2/4)

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
Location		Test Date	2013년 04월 29일
Bore Hore No.	ATB-1	Depth(m)	(1.0)m

3. Shear Modulus & Shear Strain (Effective Confining Pressure)



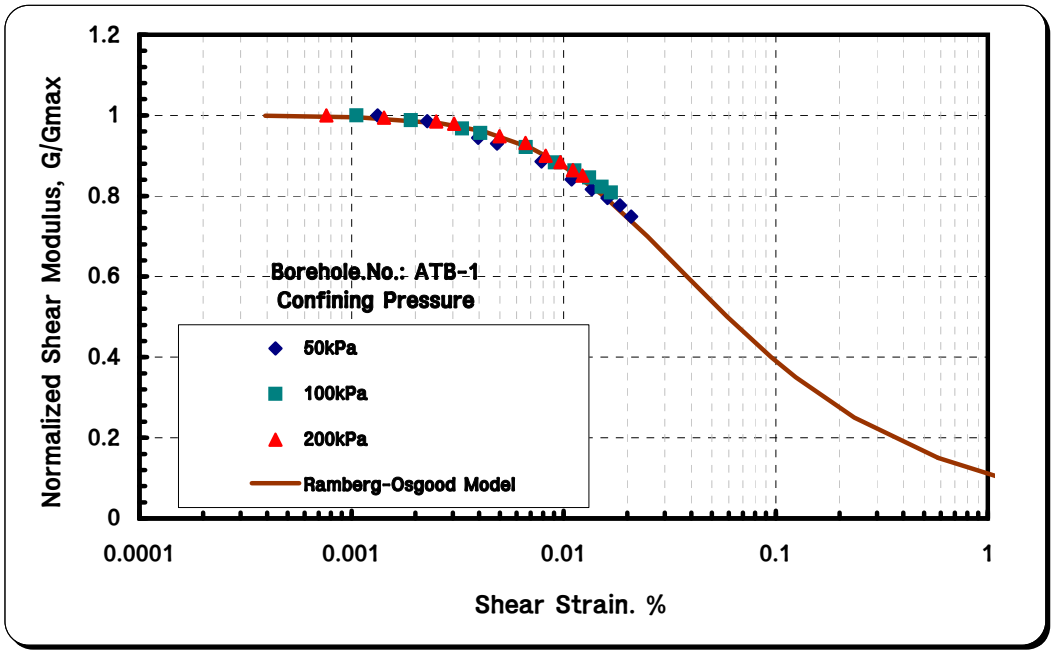
4. Material Damping Ratio & Shear Strain (Determined by Frequency-Phase Method)



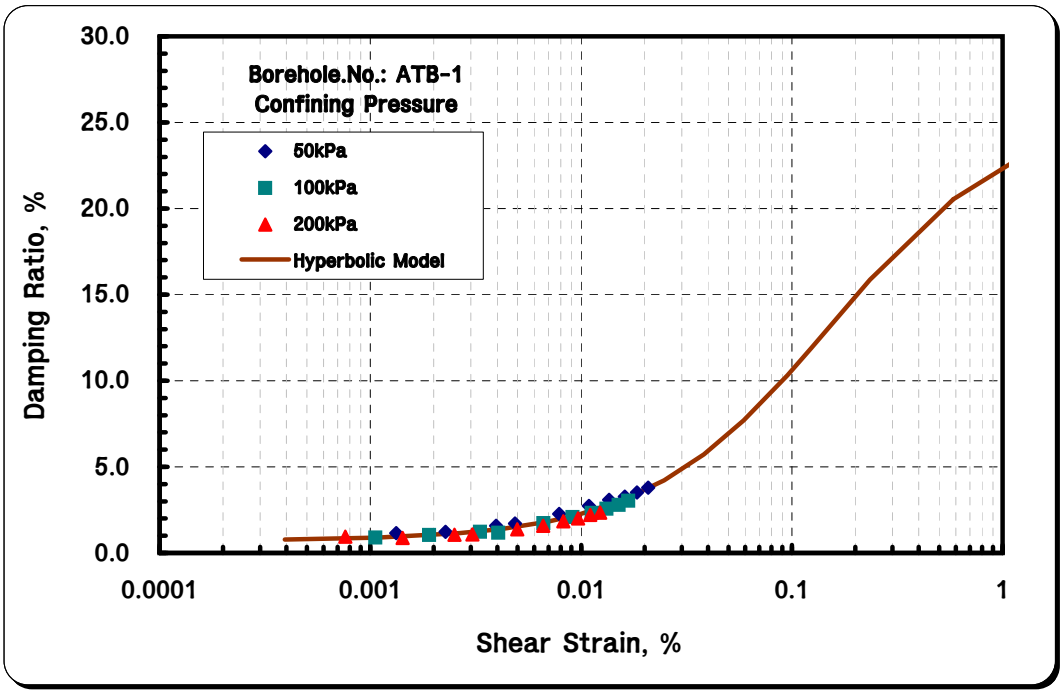
Resonant Column Test Results(3/4)

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
Location		Test Date	2013년 04월 29일
Bore Hore No.	ATB-1	Depth(m)	(1.0)m

5. Normalized Shear Modulus & Shear Strain



6. Material Damping Ratio & Shear Strain



Resonant Column Test Results(4/4)

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
Location		Test Date	2013년 04월 29일
Bore Hore No.	ATB-1	Depth(m)	(1.0)m

Normalized Shear Modui Evaluated by Ramberg-Osgood Model and Representative Material Damping Ratios : ATB-1(1.0)m

Shear Strain (%)	G/Gmax Ramberg-Osgood Model	Damping Ratio(%) Hyperbolic Model
0.0004	0.999	0.790
0.0011	0.995	0.901
0.0026	0.980	1.150
0.0042	0.960	1.396
0.0070	0.920	1.814
0.0096	0.880	2.209
0.0155	0.800	3.027
0.0248	0.700	4.218
0.0382	0.600	5.722
0.0591	0.500	7.692
0.0952	0.400	10.316
0.1243	0.350	11.936
0.2349	0.250	15.870
0.5830	0.150	20.531
1.1681	0.100	22.832
2.4101	0.065	24.234
5.3955	0.040	25.037
6.7256	0.035	25.170

Resonant Column Test Results(1/4)

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
Location		Test Date	2013년 04월 29일
Bore Hore No.	NNBB-8	Depth(m)	(6.0)m

1. Physical Properties of Soils

Water Content (%)	Unit Weight, ρt(kN/㎥)	Mean Effective Pressure (kPa)	Soil Type
13.2	1.850	100kPa	-

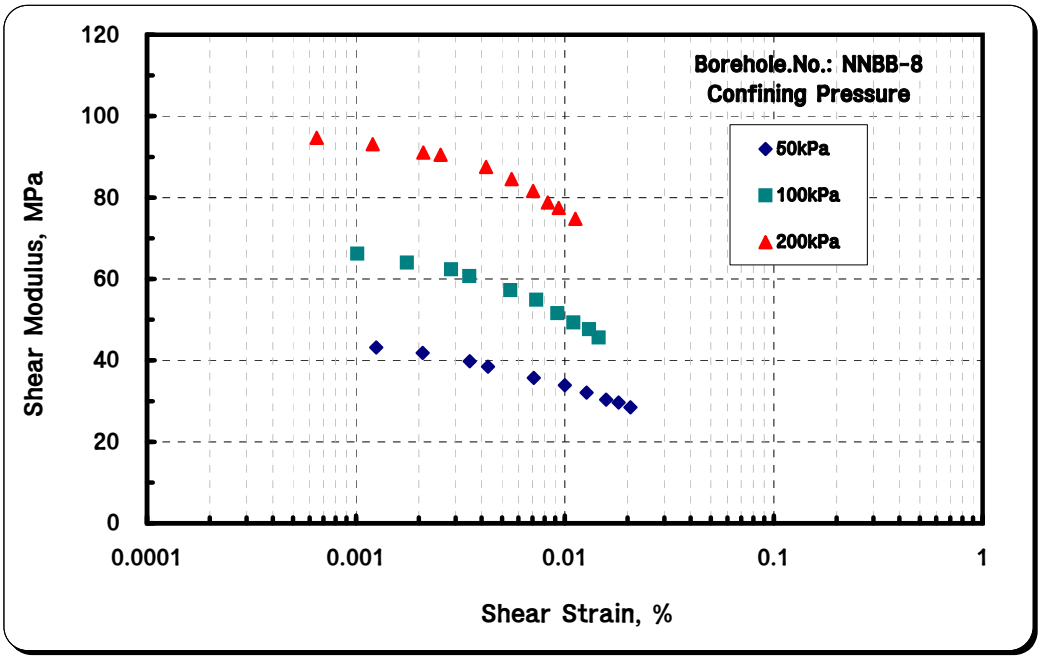
2. Resonant Column Test Results

Confining Pressure	Shear Strain(%)	Shear Modulus(Mpa)	S/Wave Velocity(Vs,m/s)	G/Gmax	Damping Ratio(%)
50kPa	1.25E-03	43.21	162.19	1.000	0.97
	2.08E-03	41.84	159.61	0.968	1.27
	3.51E-03	39.78	155.62	0.921	1.61
	4.28E-03	38.45	153.00	0.890	1.90
	7.10E-03	35.68	147.38	0.826	2.50
	1.00E-02	33.86	143.59	0.784	3.28
	1.27E-02	32.10	139.80	0.743	3.52
	1.58E-02	30.38	136.00	0.703	4.23
	1.81E-02	29.63	134.30	0.686	4.57
	2.06E-02	28.48	131.69	0.659	4.88
100kPa	1.02E-03	66.25	200.84	1.000	1.13
	1.75E-03	64.04	197.47	0.967	1.06
	2.86E-03	62.36	194.85	0.941	1.24
	3.50E-03	60.70	192.24	0.916	1.48
	5.49E-03	57.28	186.74	0.865	2.06
	7.31E-03	54.90	182.82	0.829	2.41
	9.23E-03	51.57	177.20	0.778	2.75
	1.10E-02	49.31	173.27	0.744	3.08
	1.31E-02	47.62	170.27	0.719	3.98
	1.45E-02	45.59	166.61	0.688	4.88
200kPa	6.50E-04	94.66	240.07	1.000	1.05
	1.21E-03	93.09	238.07	0.983	1.12
	2.10E-03	91.08	235.49	0.962	1.32
	2.55E-03	90.50	234.74	0.956	1.40
	4.20E-03	87.50	230.82	0.924	1.51
	5.56E-03	84.55	226.89	0.893	1.84
	7.05E-03	81.65	222.97	0.863	2.26
	8.30E-03	78.81	219.05	0.833	2.86
	9.36E-03	77.49	217.21	0.819	3.32
	1.12E-02	74.81	213.42	0.790	4.05

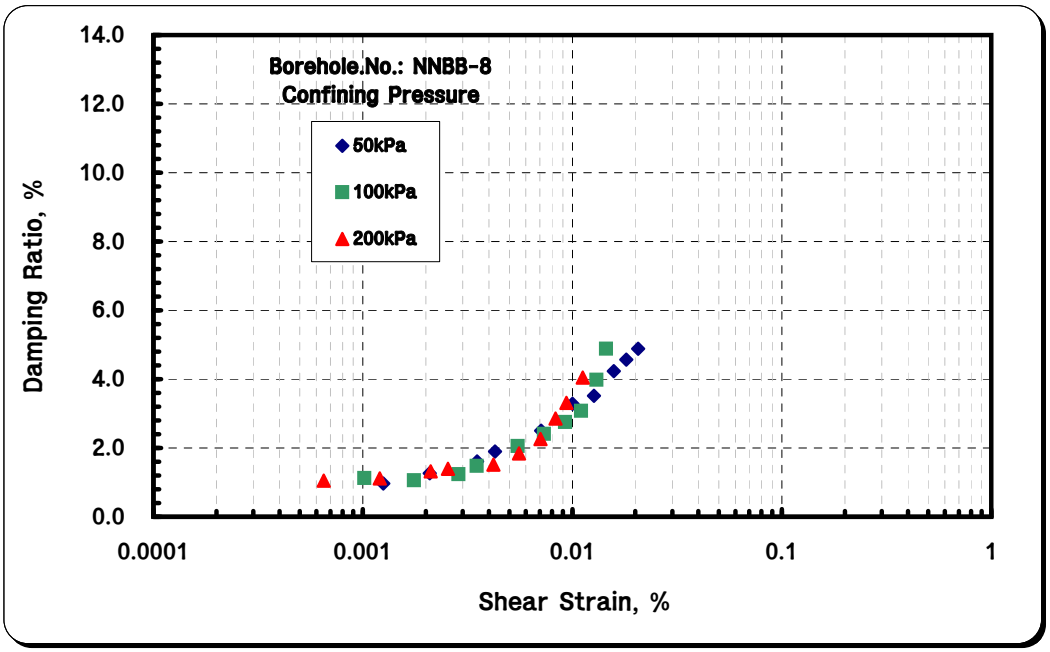
Resonant Column Test Results(2/4)

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
Location		Test Date	2013년 04월 29일
Bore Hore No.	NNBB-8	Depth(m)	(6.0)m

3. Shear Modulus & Shear Strain (Effective Confining Pressure)



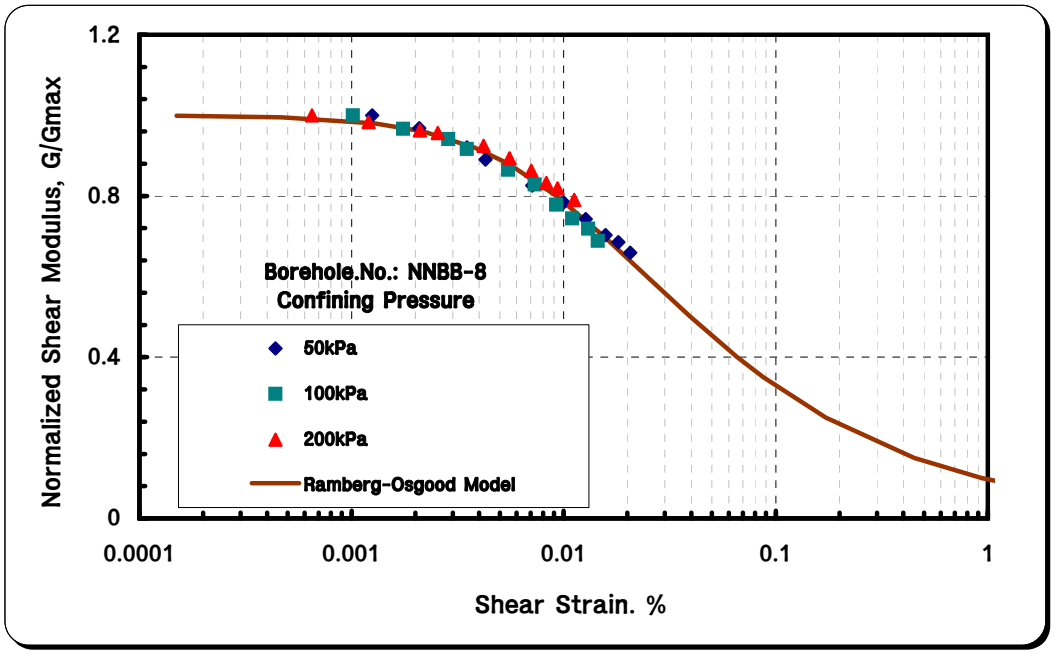
4. Material Damping Ratio & Shear Strain (Determined by Frequency-Phase Method)



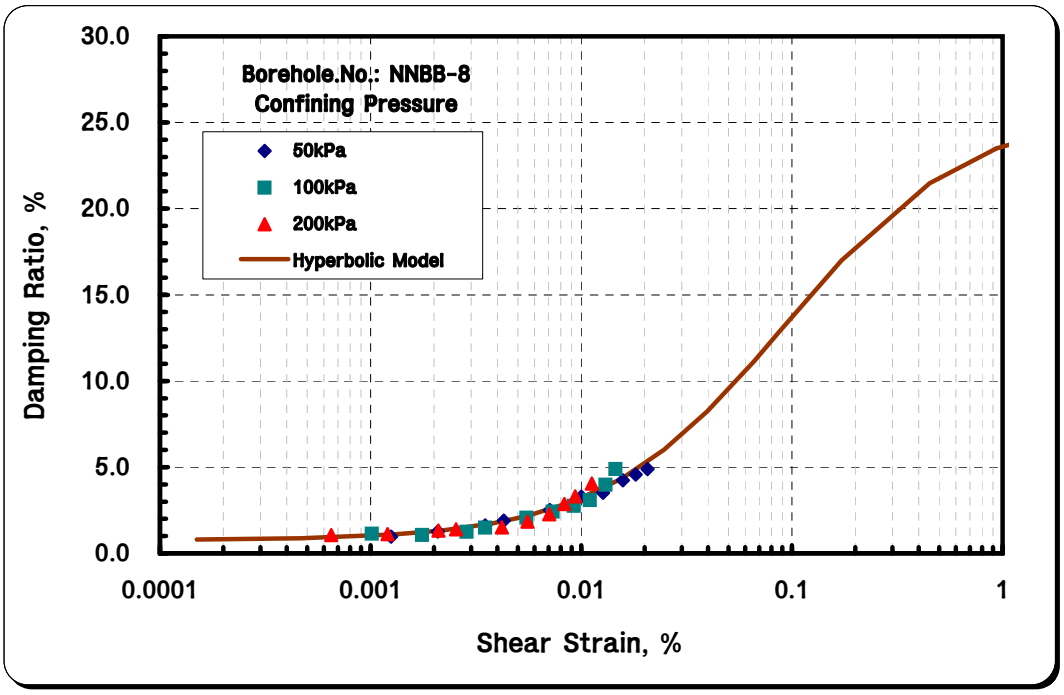
Resonant Column Test Results(3/4)

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
Location		Test Date	2013년 04월 29일
Bore Hore No.	NNBB-8	Depth(m)	(6.0)m

5. Normalized Shear Modulus & Shear Strain



6. Material Damping Ratio & Shear Strain



Resonant Column Test Results(4/4)

Project	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
Location		Test Date	2013년 04월 29일
Bore Hore No.	NNBB-8	Depth(m)	(6.0)m

Normalized Shear Modui Evaluated by Ramberg-Osgood Model and Representative Material Damping Ratios : NNBB-8(13.0~13.8)m

Shear Strain (%)	G/Gmax Ramberg-Osgood Model	Damping Ratio(%) Hyperbolic Model
0.0001	0.999	0.796
0.0005	0.995	0.882
0.0013	0.980	1.097
0.0022	0.960	1.328
0.0038	0.920	1.743
0.0055	0.880	2.151
0.0093	0.800	3.025
0.0155	0.700	4.333
0.0247	0.600	6.014
0.0396	0.500	8.221
0.0659	0.400	11.127
0.0875	0.350	12.885
0.1721	0.250	16.990
0.4497	0.150	21.475
0.9356	0.100	23.498
2.0056	0.065	24.649
4.6810	0.040	25.269
5.9012	0.035	25.368

7.2 암석시험

7.2.1 기본물성 및 일축압축강도시험

7.2.2 점하중강도시험

7.2.3 삼축압축 및 인장강도시험

7.2.4 절리면 전단시험

7.2.5 기본마찰각시험

7.2.6 3D JRC측정

7.2.7 암석이방성 시험

7.2.8 Swelling/Slaking 시험

7.2.9 Creep시험

7.2.10 암석공진주시험

7.2.11 AE/DRA시험

7.2.12 편광현미경관찰 및 XRD분석

7.2.1 기본물성 및 일축압축강도시험

ROCK CORE TEST DATA

Project : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

Hole No.	Depth (m)	Bulk Density (kN/㎥)	Sp./G	Absorption Ratio (%)	Comp. Strength (MPa)	Possion's Ratio	Young's Modulus (GPa)	Wave Velocity		Tensile Strength (MPa)	Triaxial comp. Str		Point Load Index $I_{s(50)}$ (MPa)	Note
								P-Wave (m/sec)	S-Wave (m/sec)		Cohesion (MPa)	Friction Angle (deg)		
NBB-3	26.5-26.7	25.30	2.604	0.63	70.6	0.26	25.30	2951	1823					절리
NTB-1	19.7-19.8	27.55	2.833	0.23	60.1	0.24	15.46	4710	2834					절리
NTB-2	18.6-18.7	25.38	2.621	1.48	26.1	0.27	8.86	2539	1562					절리
NTB-3	18.4-18.5	24.31	2.492	4.51	23.1	0.30	5.44	1956	1032					
NTB-4	13.0-13.2	26.07	2.668	1.47	43.3	0.25	11.70	2932	1776					절리
NTB-7	31.2-31.4	26.74	2.734	0.38	44.9	0.22	26.66	4553	2871					절리
NTB-8	37.3-37.4	26.34	2.691	0.36	61.2	0.24	14.93	3907	2231					절리
NTB-9	46.6-46.7	25.67	2.638	1.11	35.4	0.25	12.89	3077	1928					절리
NTB-10	52.0-52.1	26.85	2.713	0.10	97.8	0.23	37.81	5317	3196					
	59.0-59.7									8.0	11.9	53.1		
	59.7-60.0	27.09	2.758	0.07	99.5	0.20	40.19	5402	3315					
NTB-11	28.8-29.0	27.51	2.838	0.23	110.0	0.20	37.53	4081	2600					
	30.8-30.9	27.16	2.779	0.25	82.4	0.22	19.18	3898	2504					절리
	48.3-48.5	27.02	2.772	0.12	79.7	0.23	20.91	4643	3043					절리
NTB-12	41.2-41.3	26.83	2.748	0.16	89.4	0.23	23.79	4421	2894					절리
	50.2-51.0									7.2	9.3	39.4		
NTB-13	57.3-57.4	27.05	2.753	0.27	32.1	0.22	16.45	5165	3003					절리
	60.5-60.9									9.2	12.1	46.0		
	65.4-65.5	26.97	2.720	0.23	49.9	0.23	19.13	5360	3052					절리

ROCK CORE TEST DATA

Project : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

Hole No.	Depth (m)	Bulk Density (kN/㎥)	Sp./G	Absorption Ratio (%)	Comp. Strength (MPa)	Possion's Ratio	Young's Modulus (GPa)	Wave Velocity		Tensile Strength (MPa)	Triaxial comp. Str		Point Load Index $I_{s(50)}$ (MPa)	Note
								P-Wave (m/sec)	S-Wave (m/sec)		Cohesion (MPa)	Friction Angle (deg)		
NTB-14	56.6-56.8	26.25	2.705	0.48	41.0	0.25	18.52	4610	3034					절리
NTB-15	54.6-54.75	25.92	2.680	0.26	40.4	0.28	13.95	4147	2598					절리
NTB-17	62.6-62.8	26.49	2.717	0.35	80.2	0.25	17.83	4378	2805					
NTB-18	59.1-59.25	26.57	2.720	0.13	80.4	0.26	17.03	4270	2598					
NTB-19	38.6-39.0	26.64	2.731	0.27	87.0	0.24	15.91	3965	2442					
	60.0-60.7									9.6	13.7	50.4		
NTB-20	56.0-56.2	26.59	2.724	0.18	93.9	0.24	38.41	4911	3401					
NTB-21	37.4-37.5	26.79	2.748	0.16	96.9	0.21	29.51	4723	3014					
NTB-22	40.5-40.7	25.75	2.664	0.59	41.3	0.27	12.29	4124	2539					절리
NTB-23	30.0-30.3	26.32	2.700	0.45	65.2	0.23	19.31	4611	2870					절리
	35.3-36.0									9.0	12.4	45.8		
NTB-24	31.6-32.2									8.9	12.2	46.5		
	41.2-41.45	26.28	2.698	0.22	74.9	0.26	13.51	4027	2394					
NTB-25	42.3-42.5	26.21	2.697	0.19	53.8	0.28	12.97	4141	2520					절리
NTB-26	35.25-32.4	25.97	2.657	0.71	44.1	0.28	11.23	3889	2296					절리
	38.0-38.8									9.4	12.7	47.7		
NTB-27	40.0-40.2	26.17	2.699	0.34	74.4	0.26	17.21	4452	2934					
NTB-28	36.75-37.0	26.75	2.739	0.24	79.9	0.25	23.73	4196	2534					
NTB-29	18.3-18.4	26.45	2.728	0.17	89.5	0.23	24.18	4655	2934					

ROCK CORE TEST DATA

Project : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

Hole No.	Depth (m)	Bulk Density (kN/㎥)	Sp./G	Absorption Ratio (%)	Comp. Strength (MPa)	Possion's Ratio	Young's Modulus (GPa)	Wave Velocity		Tensile Strength (MPa)	Triaxial comp. Str		Point Load Index $I_{s(50)}$ (MPa)	Note
								P-Wave (m/sec)	S-Wave (m/sec)		Cohesion (MPa)	Friction Angle (deg)		
NTB-30	29.8-30.0	26.22	2.687	0.28	78.3	0.24	18.89	4618	3069					

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

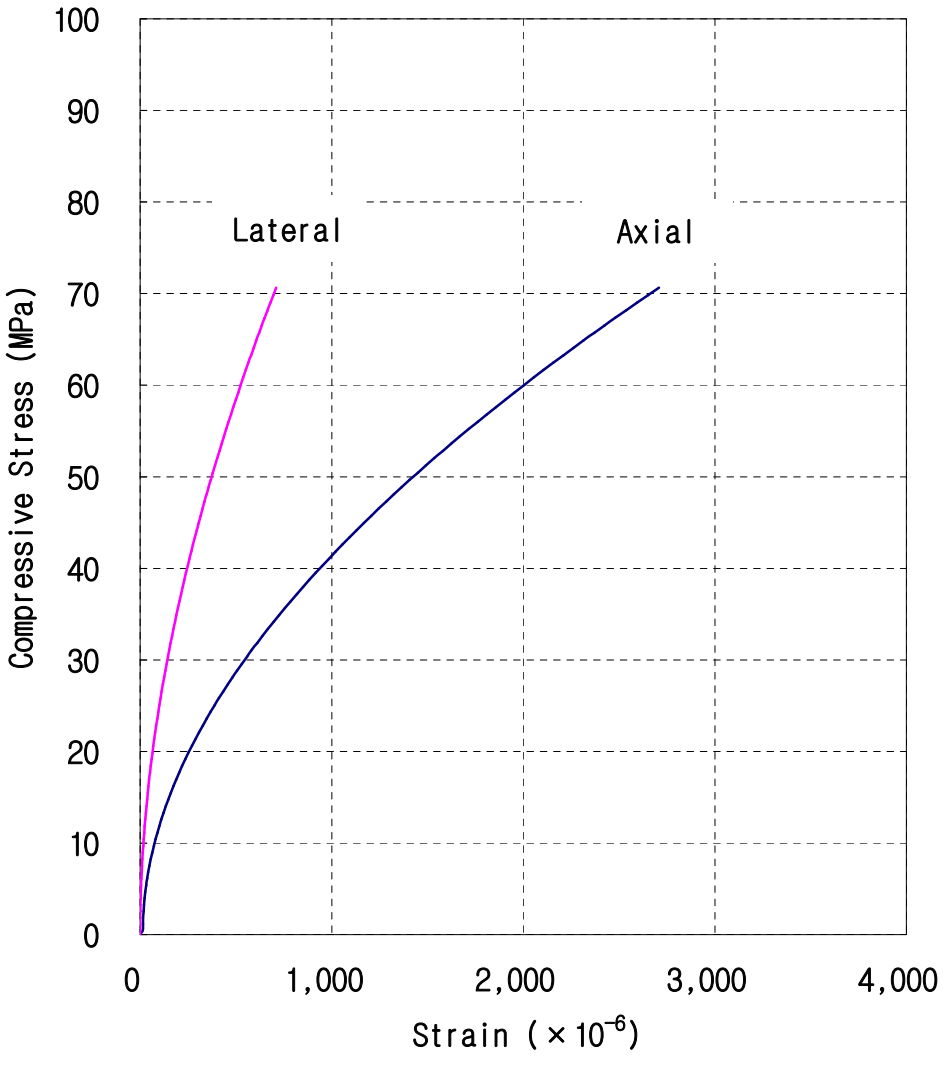
개시일자 : 2011년 3월 29일 접수일자 : 2011년 3월 28일

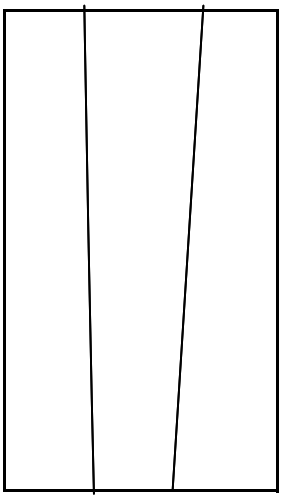
완료일자 : 2011년 4월 4일 시험공번 : NBB-3

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 26.5 m - 26.7 m

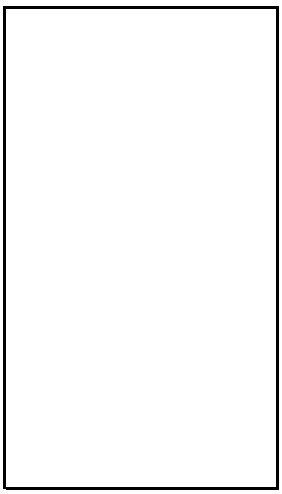
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.00	
Specimen Height (㎜)	107.40	
Specimen Weight (g)	588.40	
Bulk Density (kN/㎥)	25.30	
Comp. Strength (MPa)	70.6	절리발달
Young's Modulus (GPa)	25.30	
Poisson's Ratio	0.26	
Elastic Wave Velocity (m/s)	2951	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

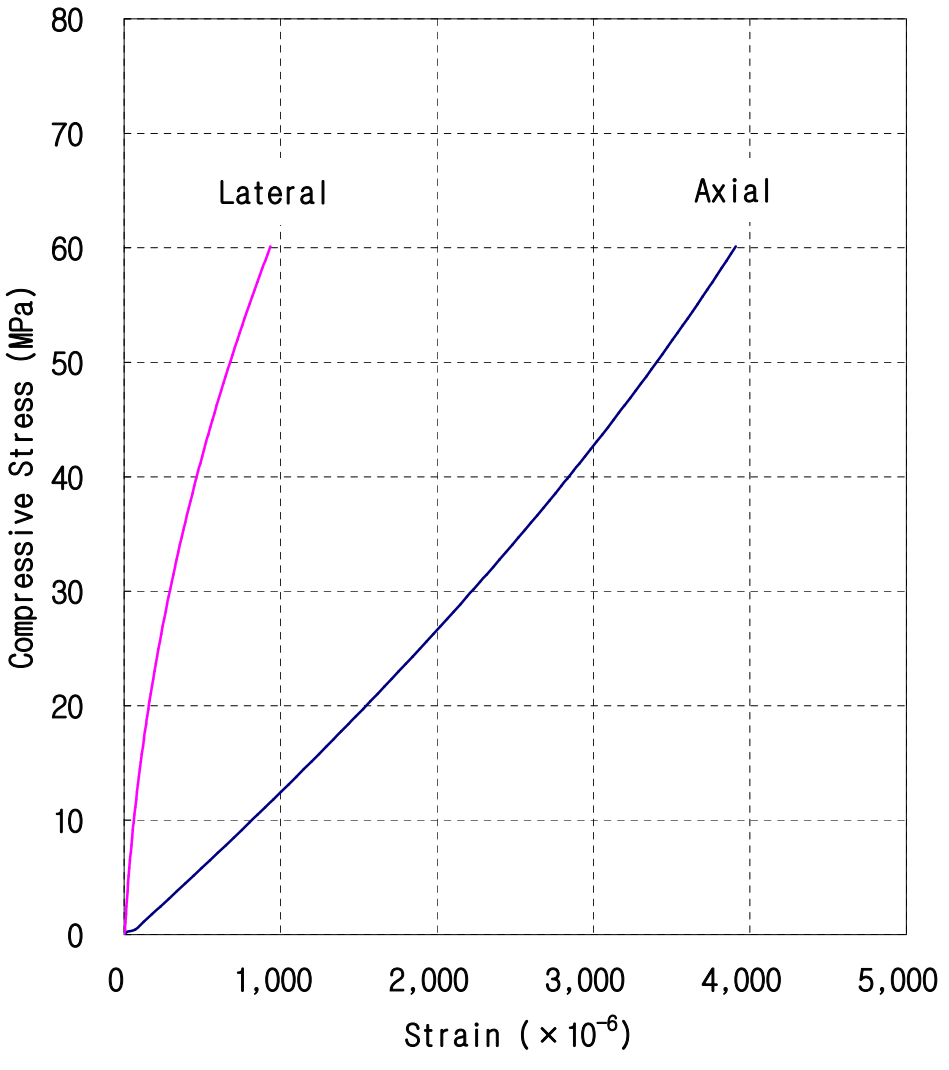
개시일자 : 2011년 3월 10일 접수일자 : 2011년 3월 9일

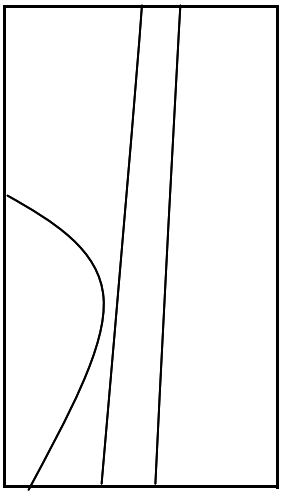
완료일자 : 2011년 3월 23일 시험공번 : NTB-1

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 19.7 m - 19.8 m

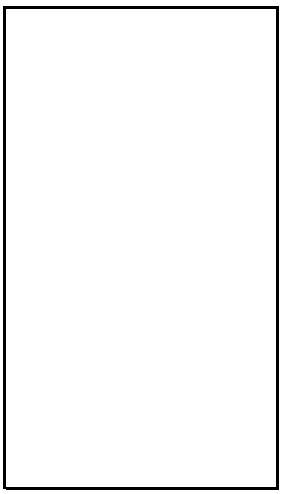
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.50	
Specimen Height (㎜)	98.90	
Specimen Weight (g)	601.50	
Bulk Density (kN/㎥)	27.55	
Comp. Strength (MPa)	60.1	절리발달
Young's Modulus (GPa)	15.46	
Poisson's Ratio	0.24	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4710	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

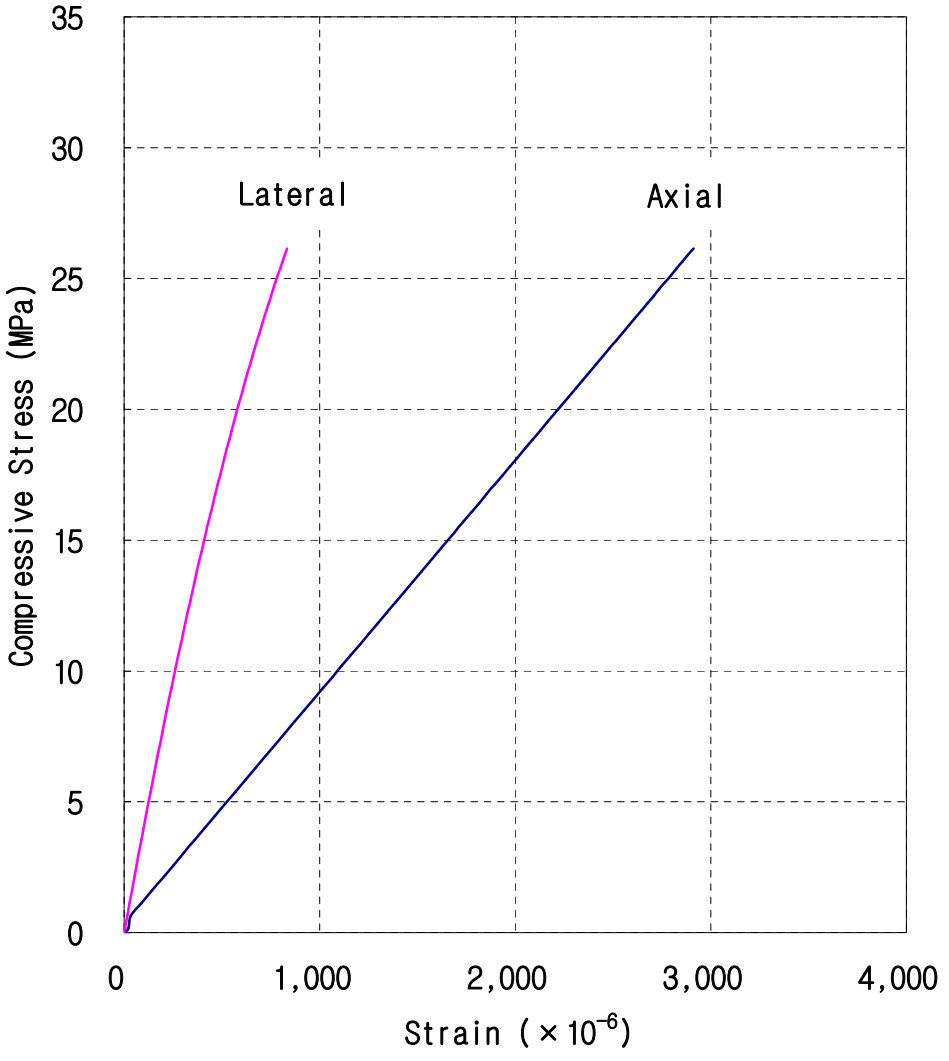
개시일자 : 2011년 3월 10일 접수일자 : 2011년 3월 9일

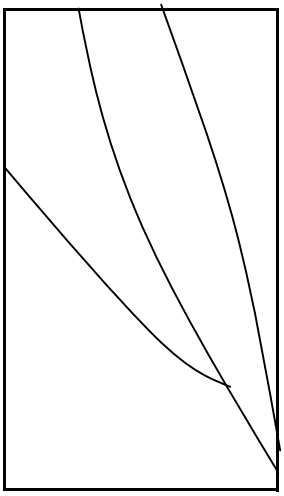
완료일자 : 2011년 3월 23일 시험공번 : NTB-2

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 18.6 m - 18.7 m

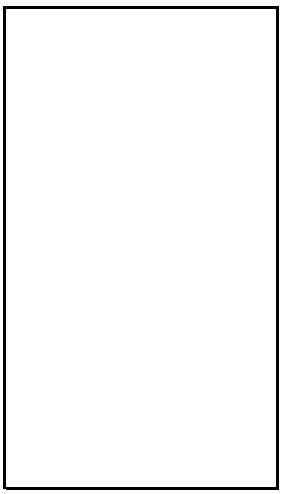
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.40	
Specimen Height (㎜)	106.40	
Specimen Weight (g)	593.90	
Bulk Density (kN/㎥)	25.38	
Comp. Strength (MPa)	26.1	절리발달
Young's Modulus (GPa)	8.86	
Poisson's Ratio	0.27	
Elastic Wave Velocity (m/s)	2539	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

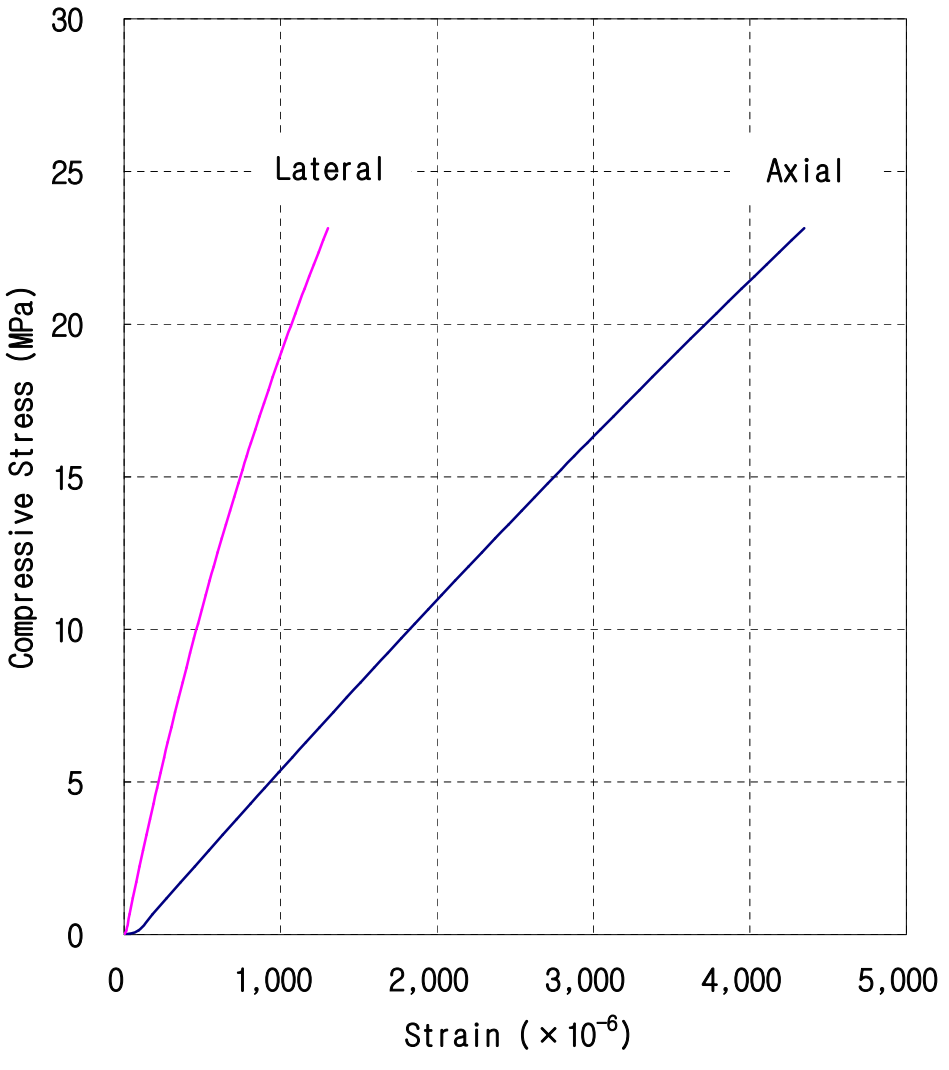
개시일자 : 2011년 3월 10일 접수일자 : 2011년 3월 9일

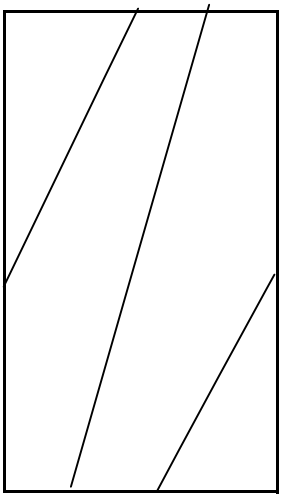
완료일자 : 2011년 3월 23일 시험공번 : NTB-3

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 18.1 m - 18.2 m

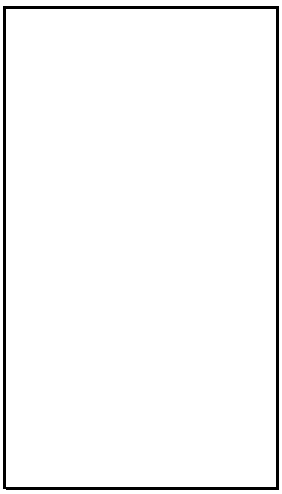
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.30	
Specimen Height (㎜)	101.70	
Specimen Weight (g)	541.60	
Bulk Density (kN/㎥)	24.31	
Comp. Strength (MPa)	23.1	
Young's Modulus (GPa)	5.44	
Poisson's Ratio	0.30	
Elastic Wave Velocity (m/s)	1956	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

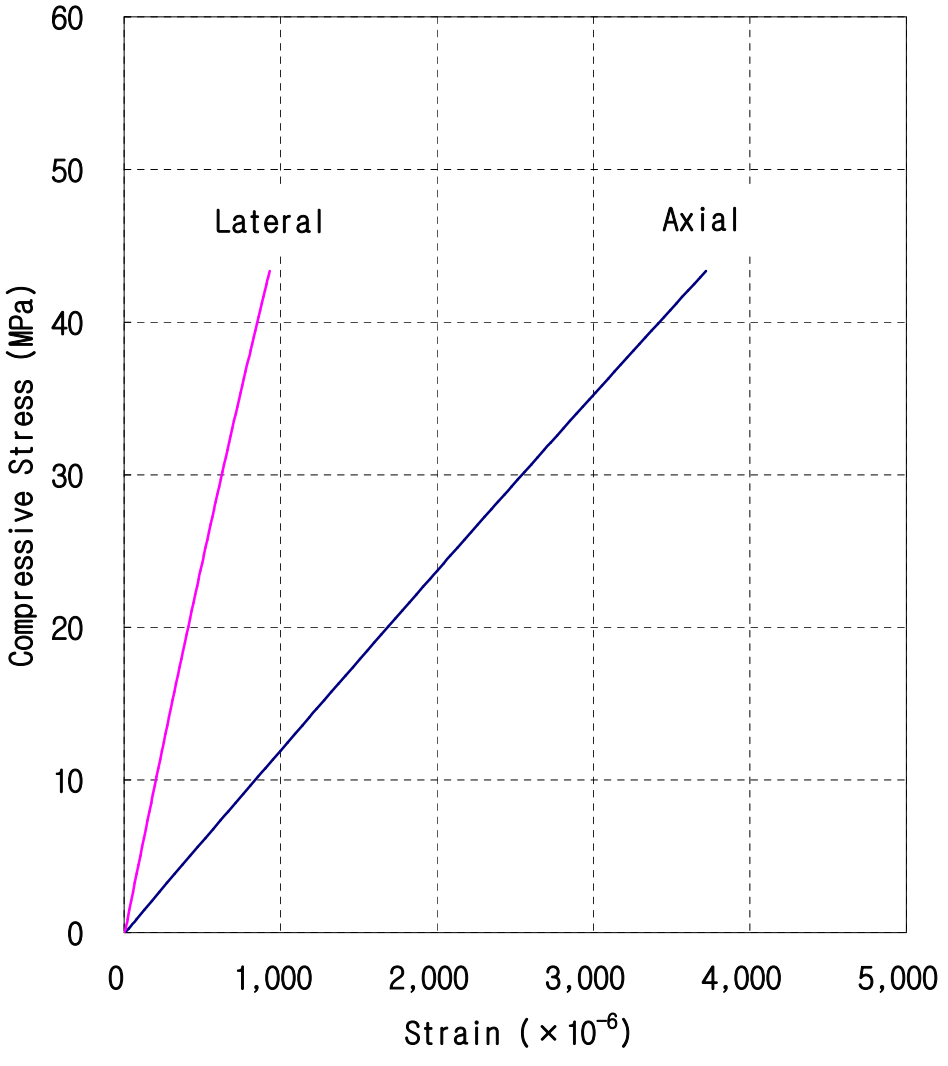
개시일자 : 2011년 3월 10일 접수일자 : 2011년 3월 9일

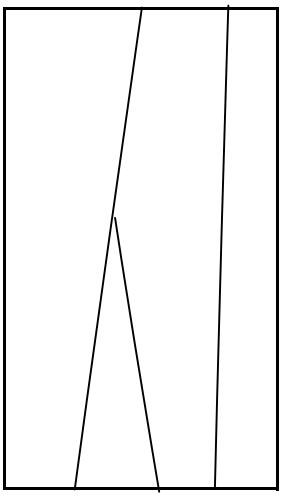
완료일자 : 2011년 3월 23일 시험공번 : NTB-4

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 13.0 m - 13.2 m

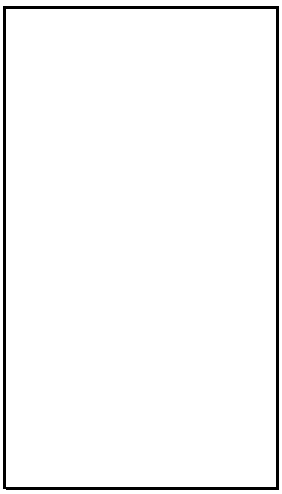
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.20	
Specimen Height (㎜)	104.10	
Specimen Weight (g)	592.30	
Bulk Density (kN/㎥)	26.07	
Comp. Strength (MPa)	43.3	절리발달
Young's Modulus (GPa)	11.70	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	2932	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

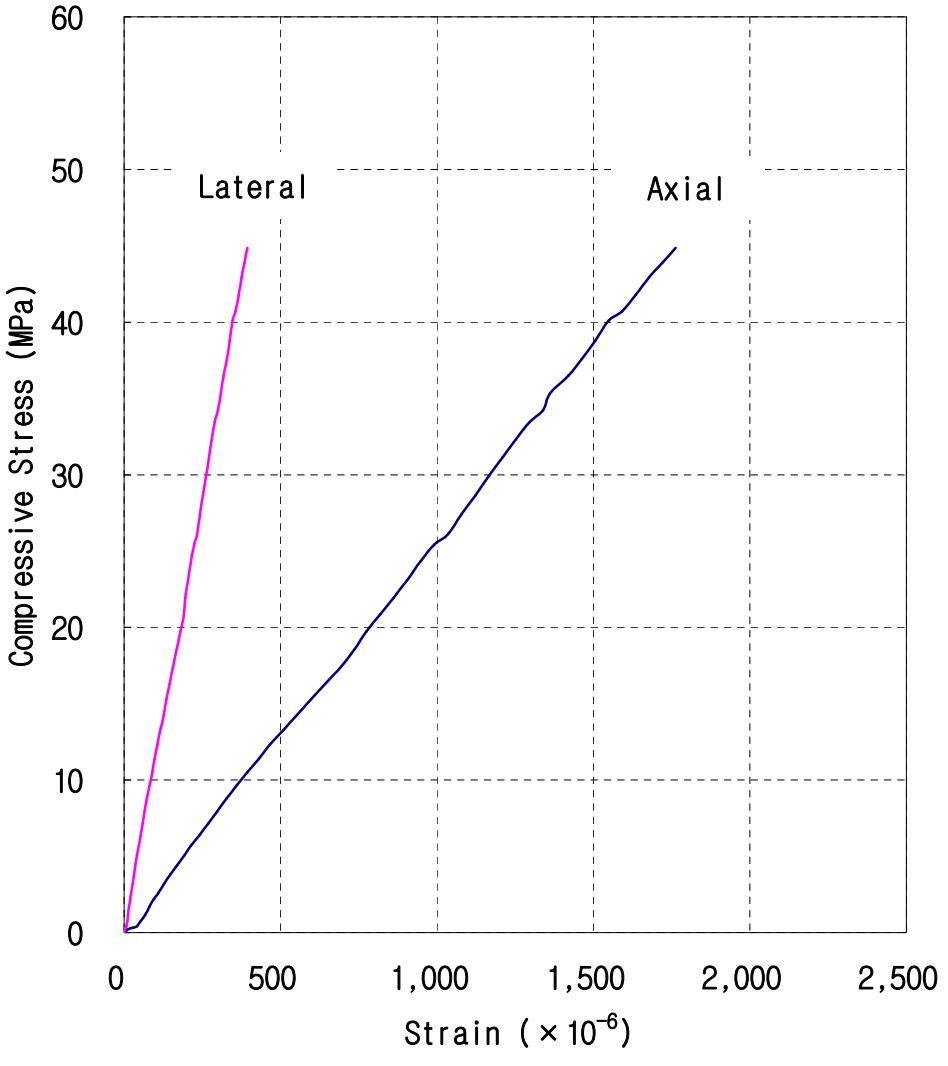
개시일자 : 2011년 3월 29일 접수일자 : 2011년 3월 28일

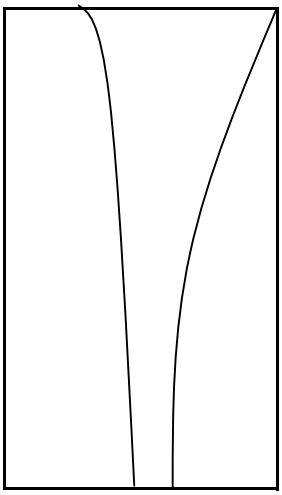
완료일자 : 2011년 4월 4일 시험공번 : NTB-7

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 31.2 m - 31.4 m

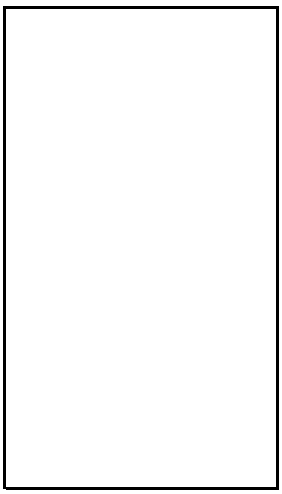
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.30	
Specimen Height (㎜)	97.90	
Specimen Weight (g)	573.50	
Bulk Density (kN/㎥)	26.74	
Comp. Strength (MPa)	44.9	절리발달
Young's Modulus (GPa)	26.66	
Poisson's Ratio	0.22	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4553	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

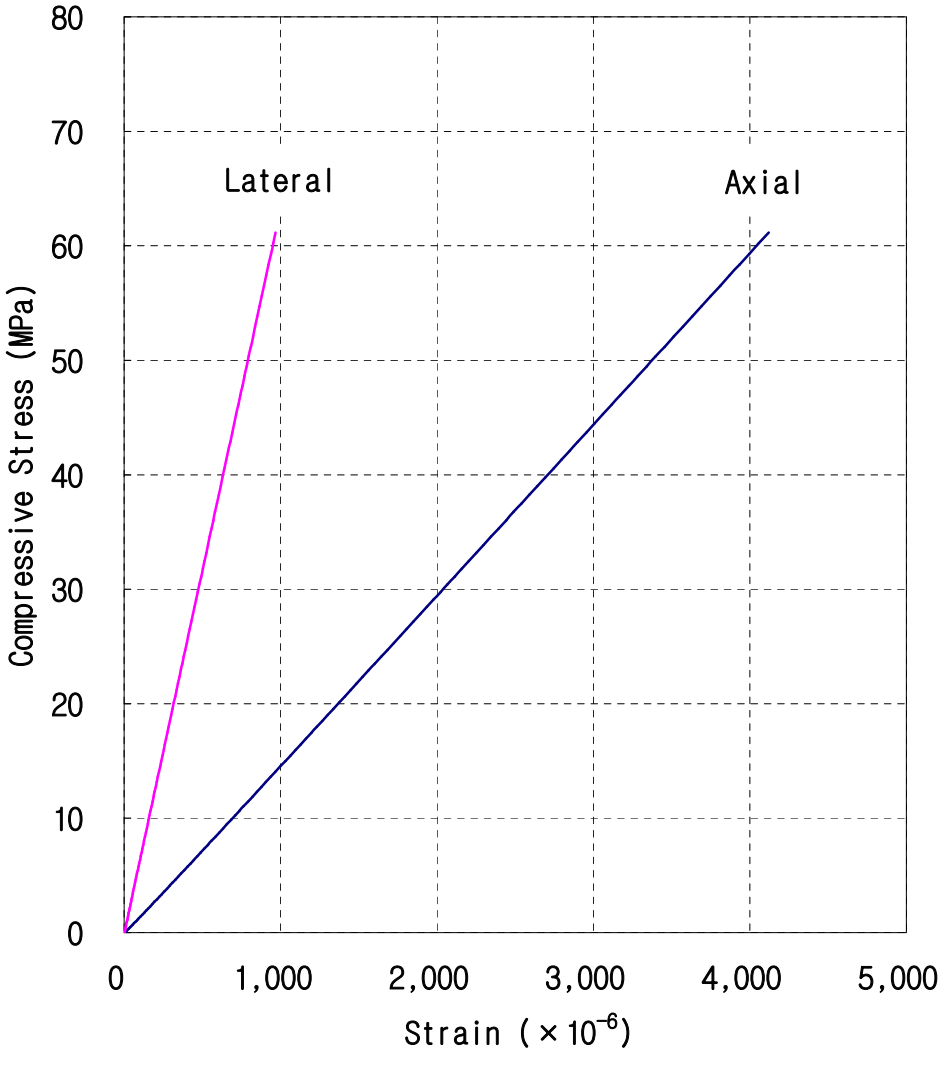
개시일자 : 2011년 3월 10일 접수일자 : 2011년 3월 9일

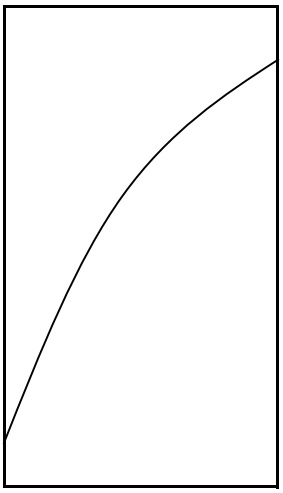
완료일자 : 2011년 3월 23일 시험공번 : NTB-8

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 37.3 m - 37.4 m

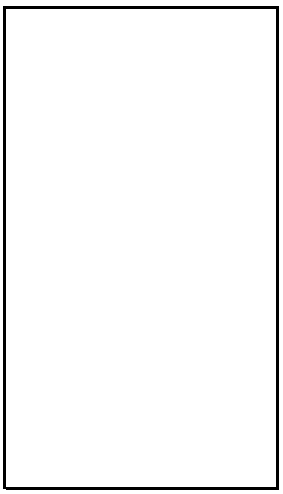
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.40	
Specimen Height (㎜)	105.10	
Specimen Weight (g)	608.80	
Bulk Density (kN/㎥)	26.34	
Comp. Strength (MPa)	61.2	절리발달
Young's Modulus (GPa)	14.93	
Poisson's Ratio	0.24	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3907	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

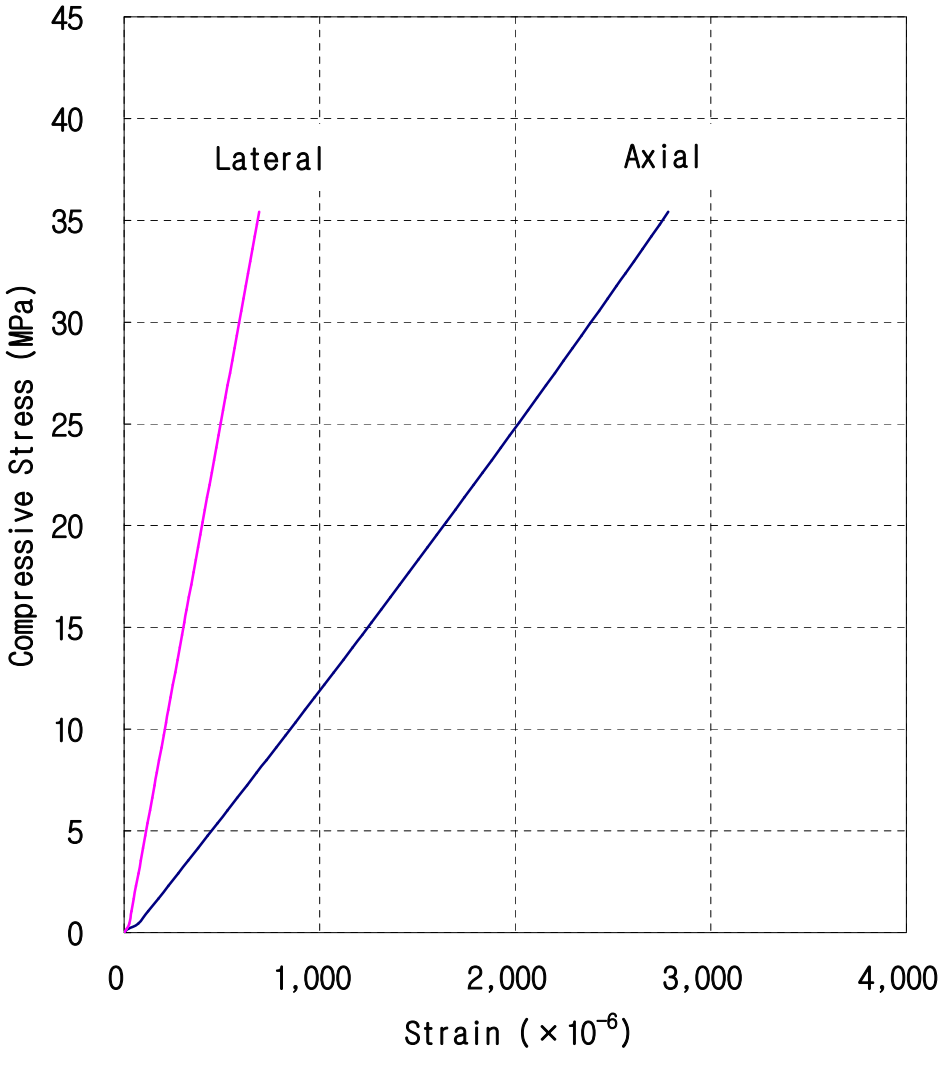
개시일자 : 2011년 3월 10일 접수일자 : 2011년 3월 9일

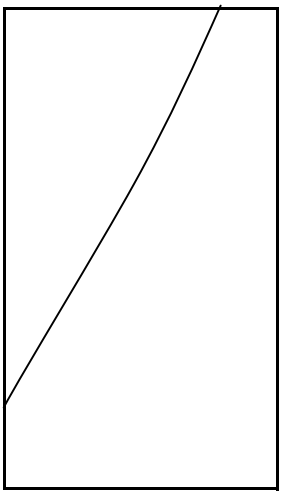
완료일자 : 2011년 3월 23일 시험공번 : NTB-9

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 46.6 m - 46.7 m

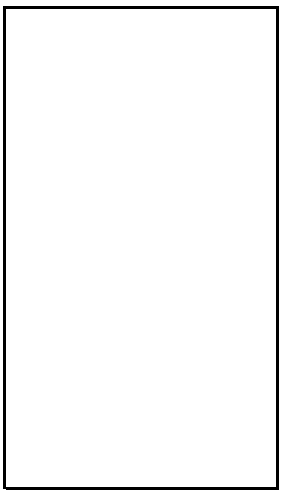
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.20	
Specimen Height (㎜)	104.30	
Specimen Weight (g)	584.30	
Bulk Density (kN/㎥)	25.67	
Comp. Strength (MPa)	35.4	절리발달
Young's Modulus (GPa)	12.89	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3077	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

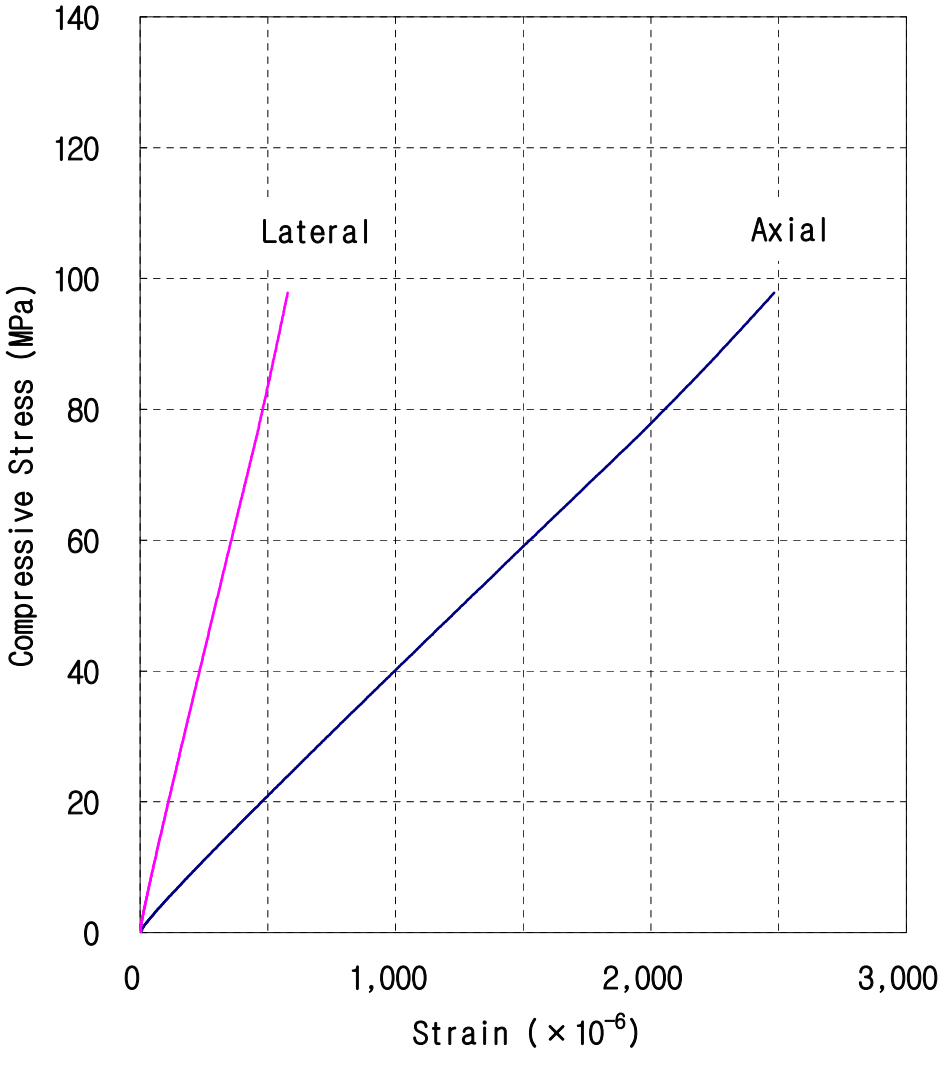
개시일자 : 2011년 4월 20일 접수일자 : 2011년 4월 19일

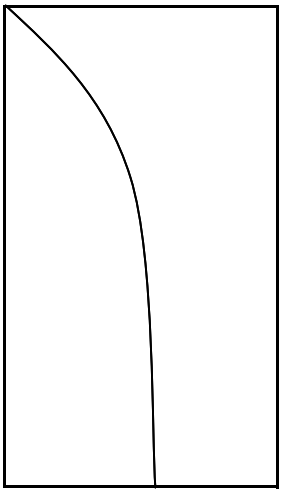
완료일자 : 2011년 4월 29일 시험공번 : NTB-10

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 52.0 m - 52.1 m

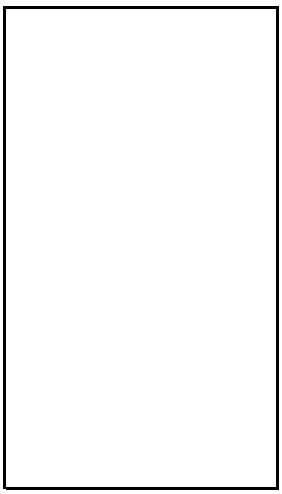
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.50	
Specimen Height (㎜)	105.80	
Specimen Weight (g)	580.10	
Bulk Density (kN/㎥)	26.85	
Comp. Strength (MPa)	97.8	
Young's Modulus (GPa)	37.81	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	5317	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

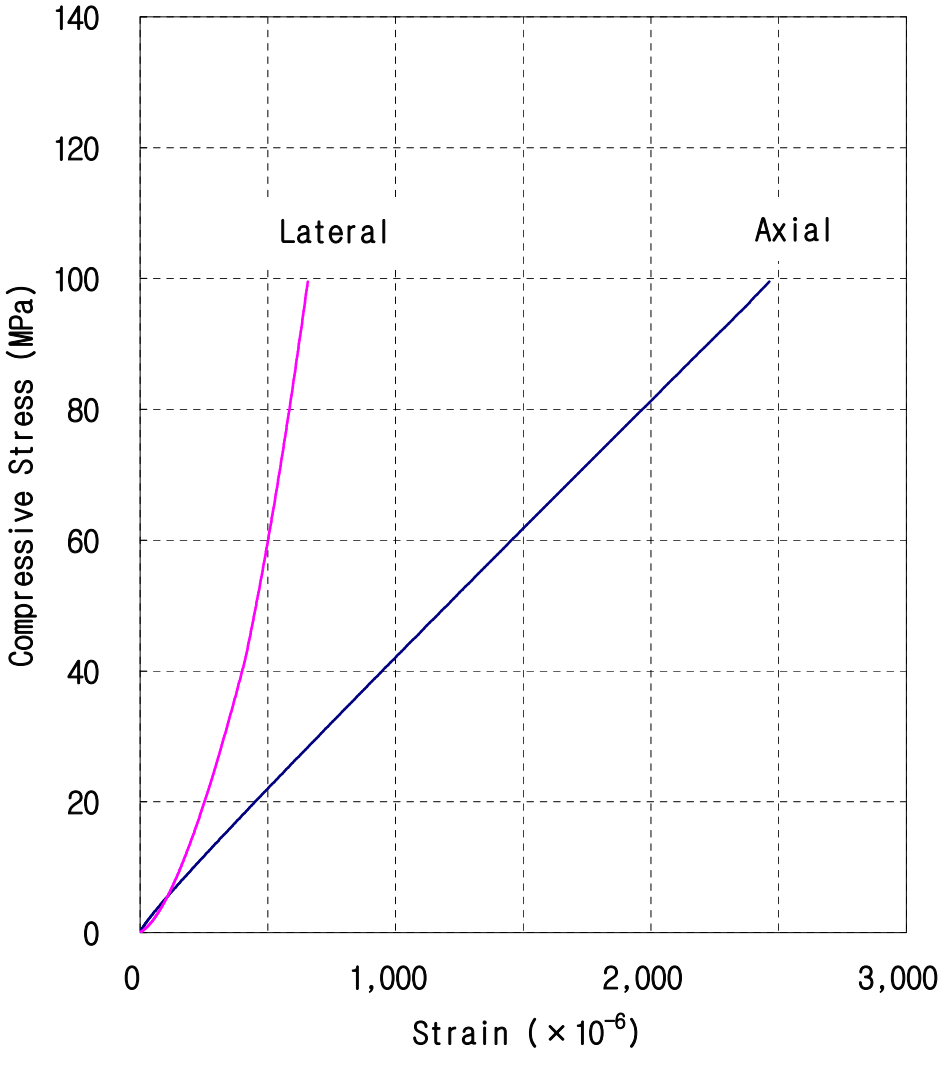
개시일자 : 2011년 4월 20일 접수일자 : 2011년 4월 19일

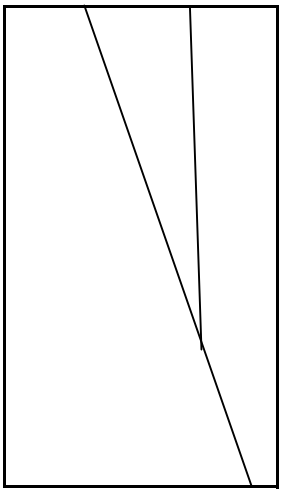
완료일자 : 2011년 4월 29일 시험공번 : NTB-10

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 59.7 m - 60.0 m

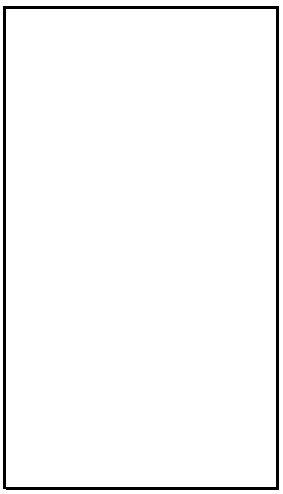
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.20	
Specimen Height (㎜)	102.10	
Specimen Weight (g)	558.20	
Bulk Density (kN/㎥)	27.09	
Comp. Strength (MPa)	99.5	
Young's Modulus (GPa)	40.19	
Poisson's Ratio	0.20	
Elastic Wave Velocity (m/s)	5402	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

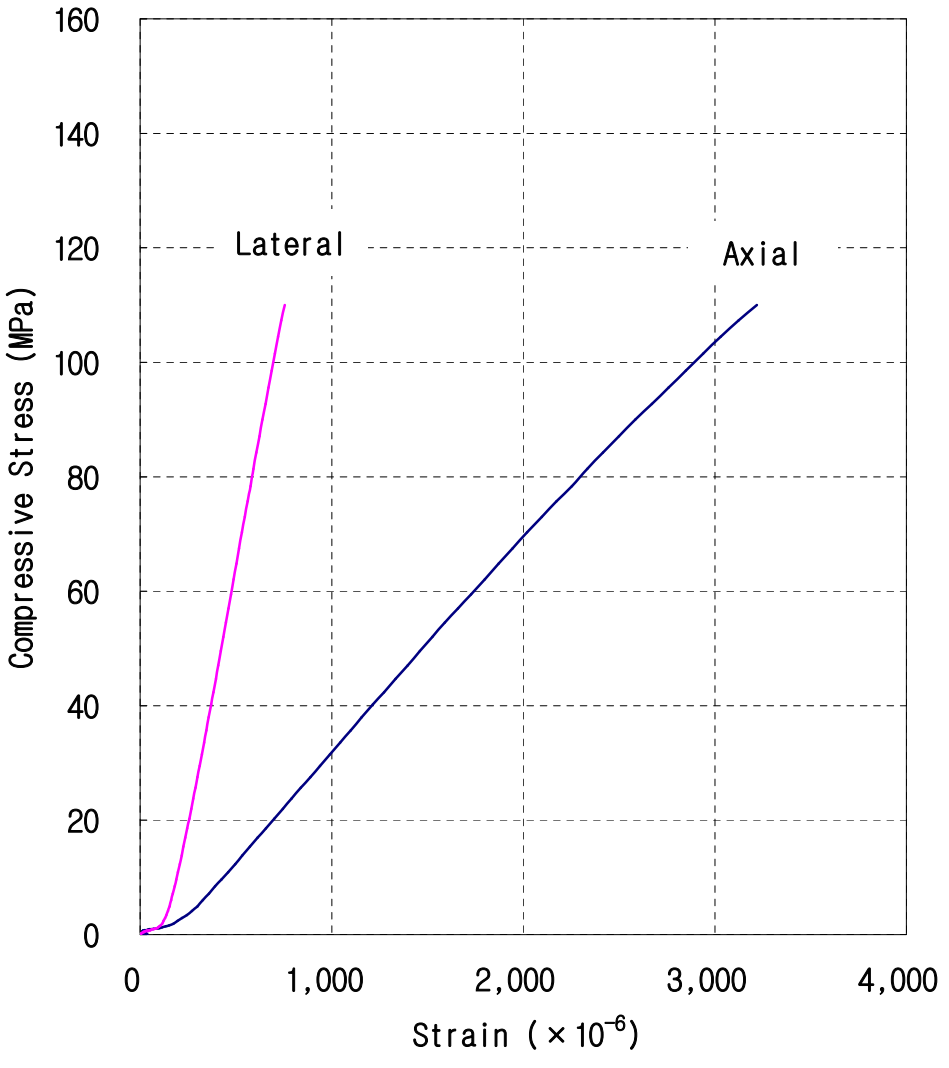
개시일자 : 2011년 3월 29일 접수일자 : 2011년 3월 28일

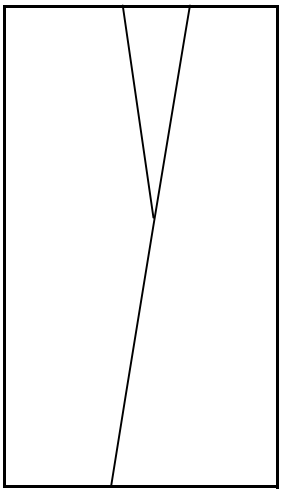
완료일자 : 2011년 4월 4일 시험공번 : NTB-11

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 28.8 m - 29.0 m

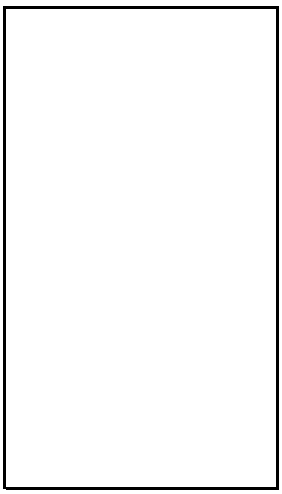
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.60	
Specimen Height (㎜)	106.10	
Specimen Weight (g)	598.50	
Bulk Density (kN/㎥)	27.51	
Comp. Strength (MPa)	110.0	
Young's Modulus (GPa)	37.53	
Poisson's Ratio	0.20	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4081	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

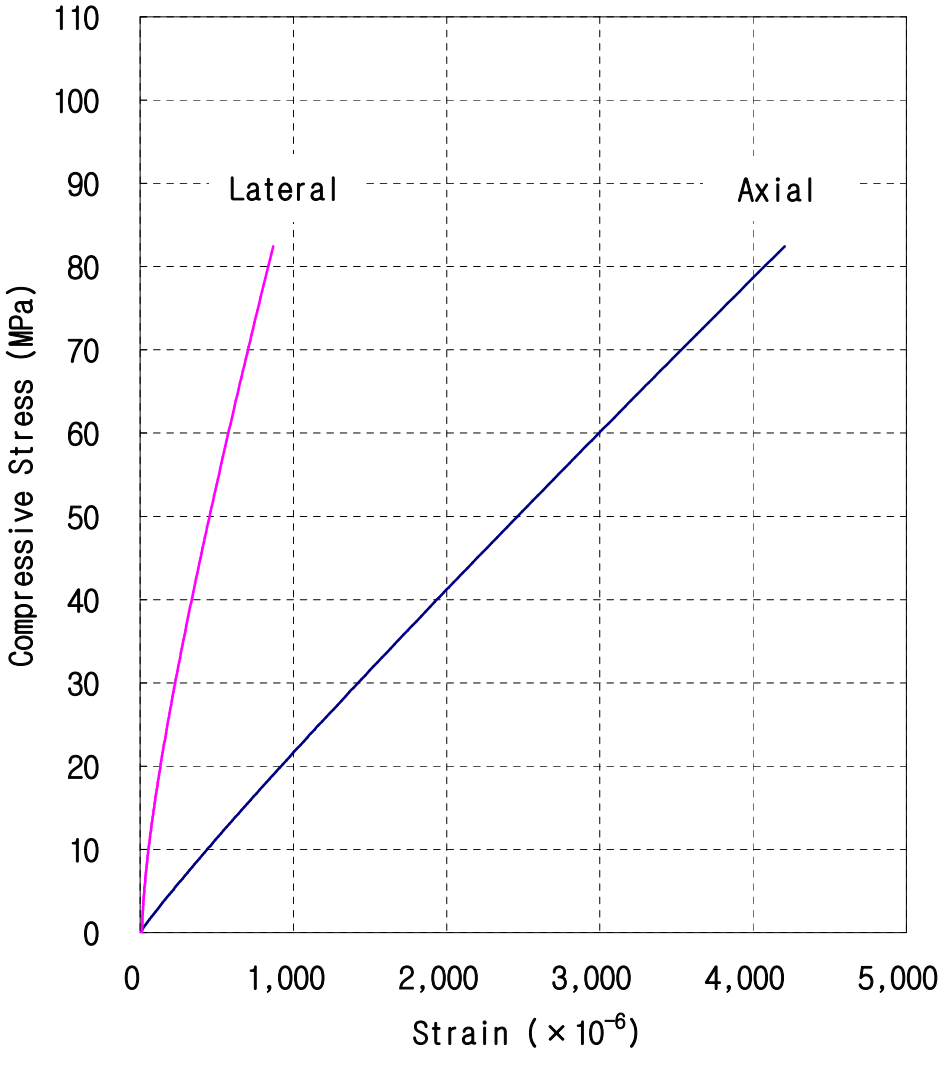
개시일자 : 2011년 3월 10일 접수일자 : 2011년 3월 9일

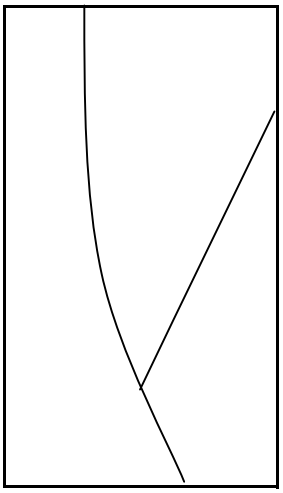
완료일자 : 2011년 3월 23일 시험공번 : NTB-11

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 30.8 m - 30.9 m

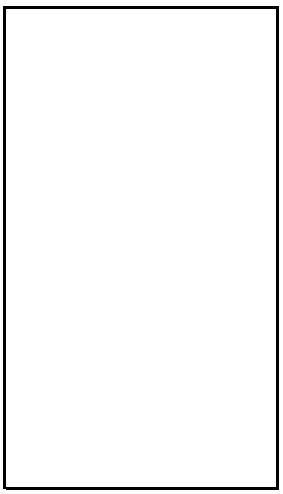
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.50	
Specimen Height (㎜)	102.90	
Specimen Weight (g)	570.80	
Bulk Density (kN/㎥)	27.16	
Comp. Strength (MPa)	82.4	절리발달
Young's Modulus (GPa)	19.18	
Poisson's Ratio	0.22	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3898	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

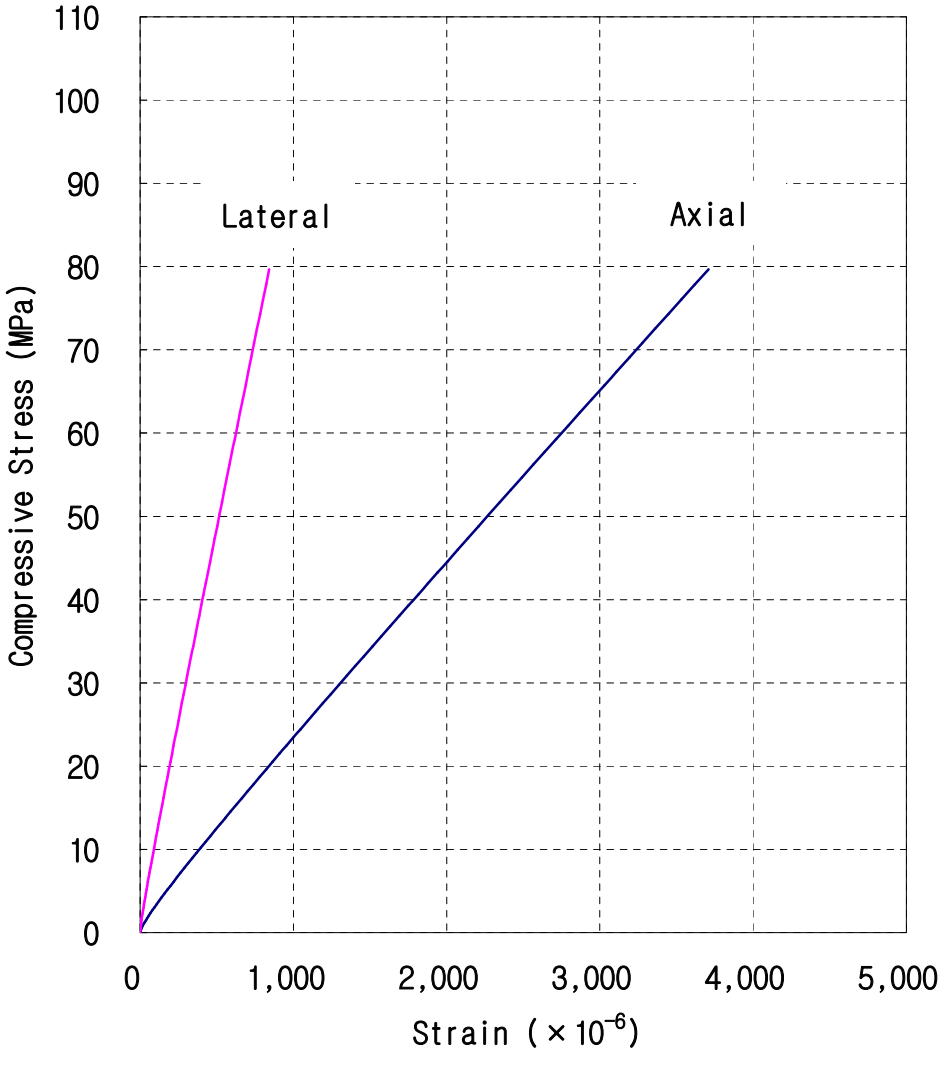
개시일자 : 2011년 3월 29일 접수일자 : 2011년 3월 28일

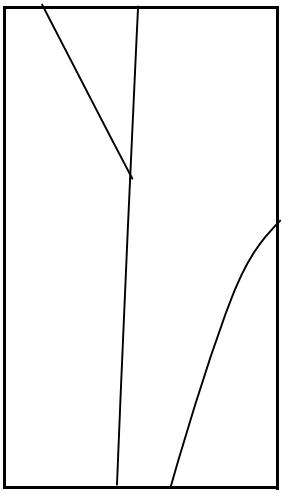
완료일자 : 2011년 4월 4일 시험공번 : NTB-11

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 48.3 m - 48.5 m

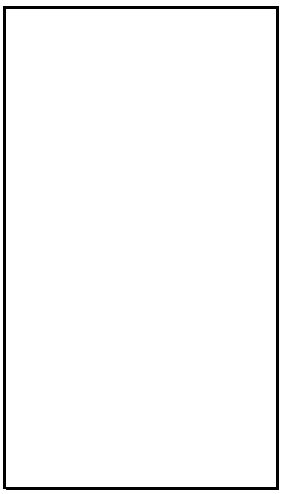
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.30	
Specimen Height (㎜)	106.80	
Specimen Weight (g)	584.80	
Bulk Density (kN/㎥)	27.02	
Comp. Strength (MPa)	79.7	절리발달
Young's Modulus (GPa)	20.91	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4643	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

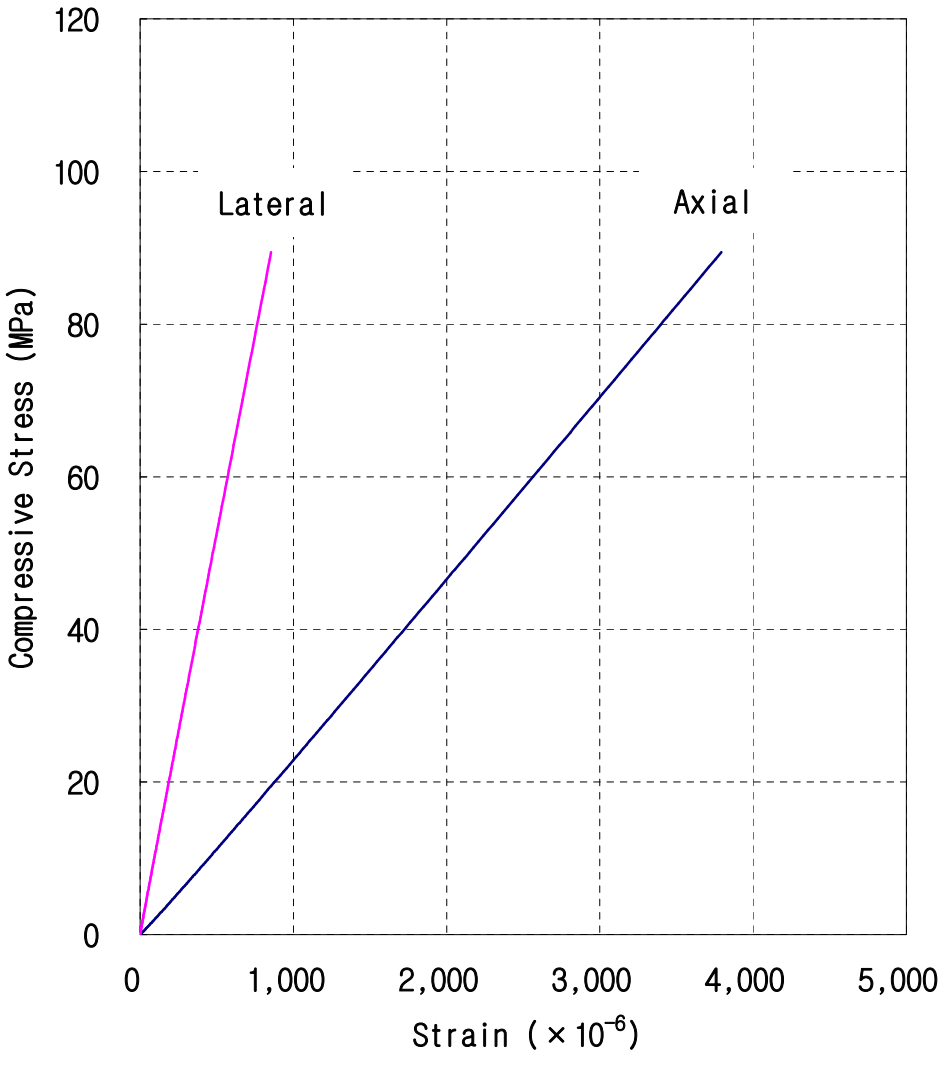
개시일자 : 2011년 3월 10일 접수일자 : 2011년 3월 9일

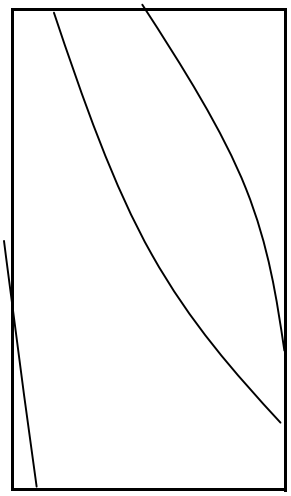
완료일자 : 2011년 3월 23일 시험공번 : NTB-12

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 41.2 m - 41.3 m

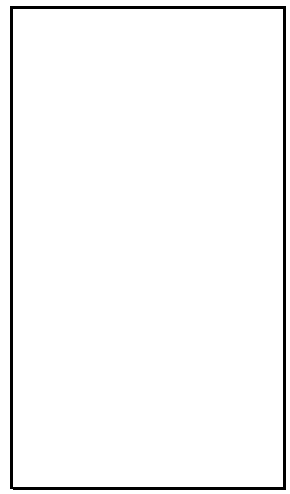
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.60	
Specimen Height (㎜)	103.90	
Specimen Weight (g)	571.60	
Bulk Density (kN/㎥)	26.83	
Comp. Strength (MPa)	89.4	절리발달
Young's Modulus (GPa)	23.79	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4421	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

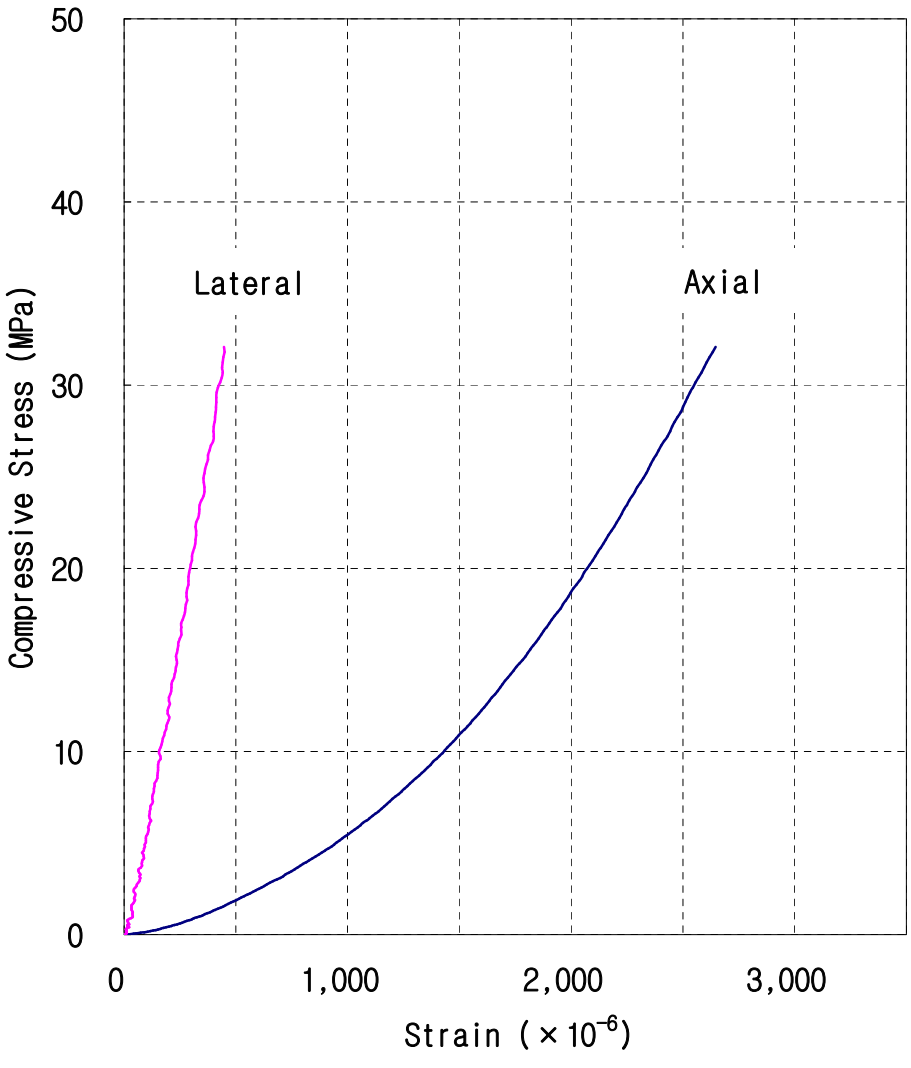
개시일자 : 2011년 4월 20일 접수일자 : 2011년 4월 19일

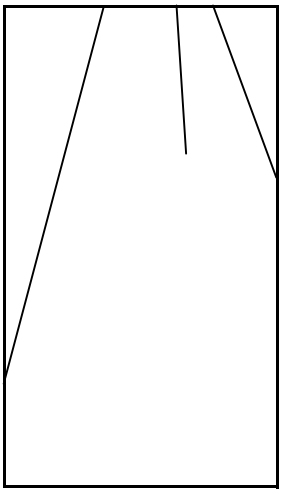
완료일자 : 2011년 4월 29일 시험공번 : NTB-13

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 57.3 m - 57.4 m

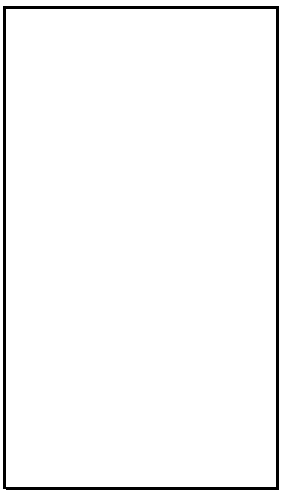
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.00	
Specimen Height (㎜)	103.30	
Specimen Weight (g)	559.50	
Bulk Density (kN/㎥)	27.05	
Comp. Strength (MPa)	32.1	절리발달
Young's Modulus (GPa)	16.45	
Poisson's Ratio	0.22	
Elastic Wave Velocity (m/s)	5165	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

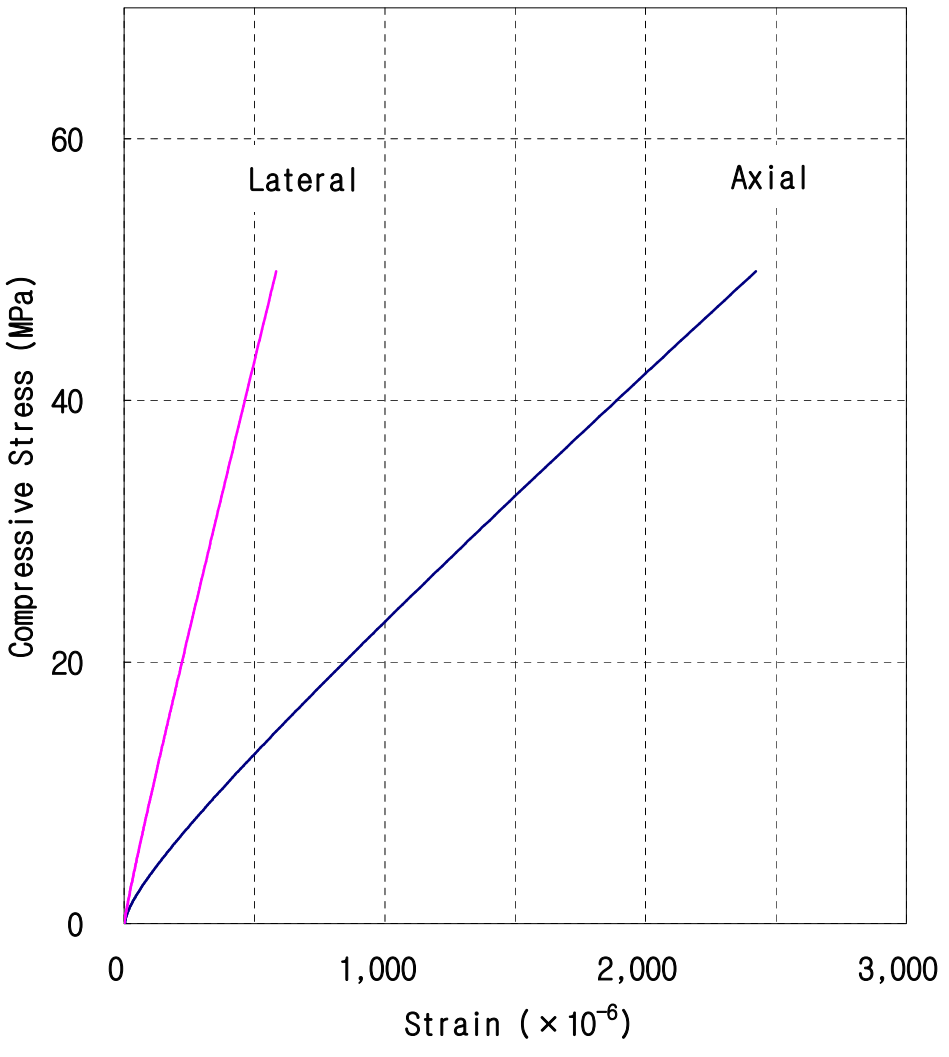
개시일자 : 2011년 4월 20일 접수일자 : 2011년 4월 19일

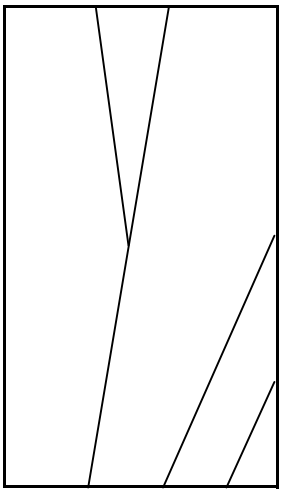
완료일자 : 2011년 4월 29일 시험공번 : NTB-13

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 65.4 m - 65.5 m

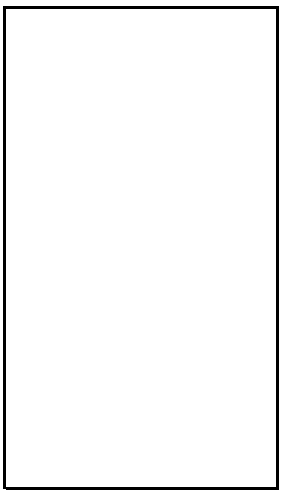
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.00	
Specimen Height (㎜)	87.90	
Specimen Weight (g)	474.60	
Bulk Density (kN/㎥)	26.97	
Comp. Strength (MPa)	49.9	절리발달
Young's Modulus (GPa)	19.13	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	5360	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

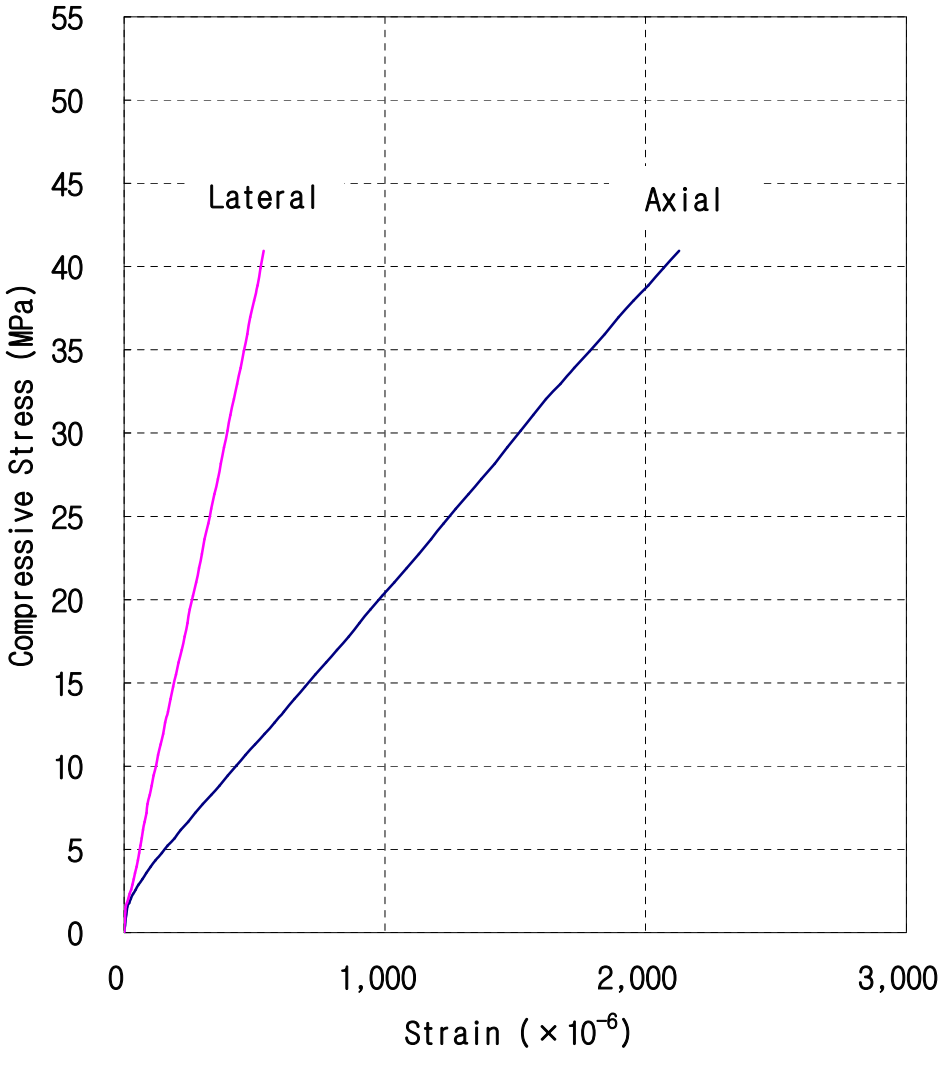
개시일자 : 2011년 3월 26일 | 접수일자 : 2011년 3월 25일

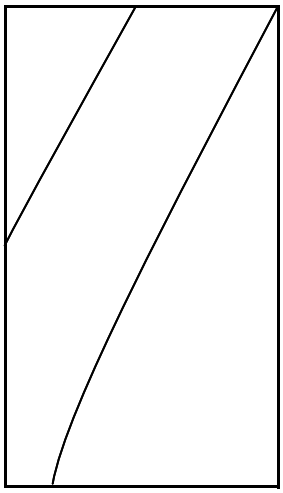
완료일자 : 2011년 4월 4일 | 시험공번 : NTB-14

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 56.6 m - 56.8 m

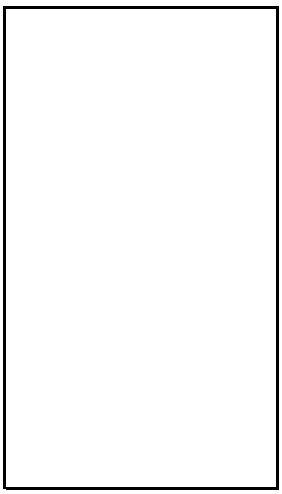
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.20	
Specimen Height (㎜)	106.50	
Specimen Weight (g)	564.20	
Bulk Density (kN/㎥)	26.25	
Comp. Strength (MPa)	41.0	절리발달
Young's Modulus (GPa)	18.52	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4610	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

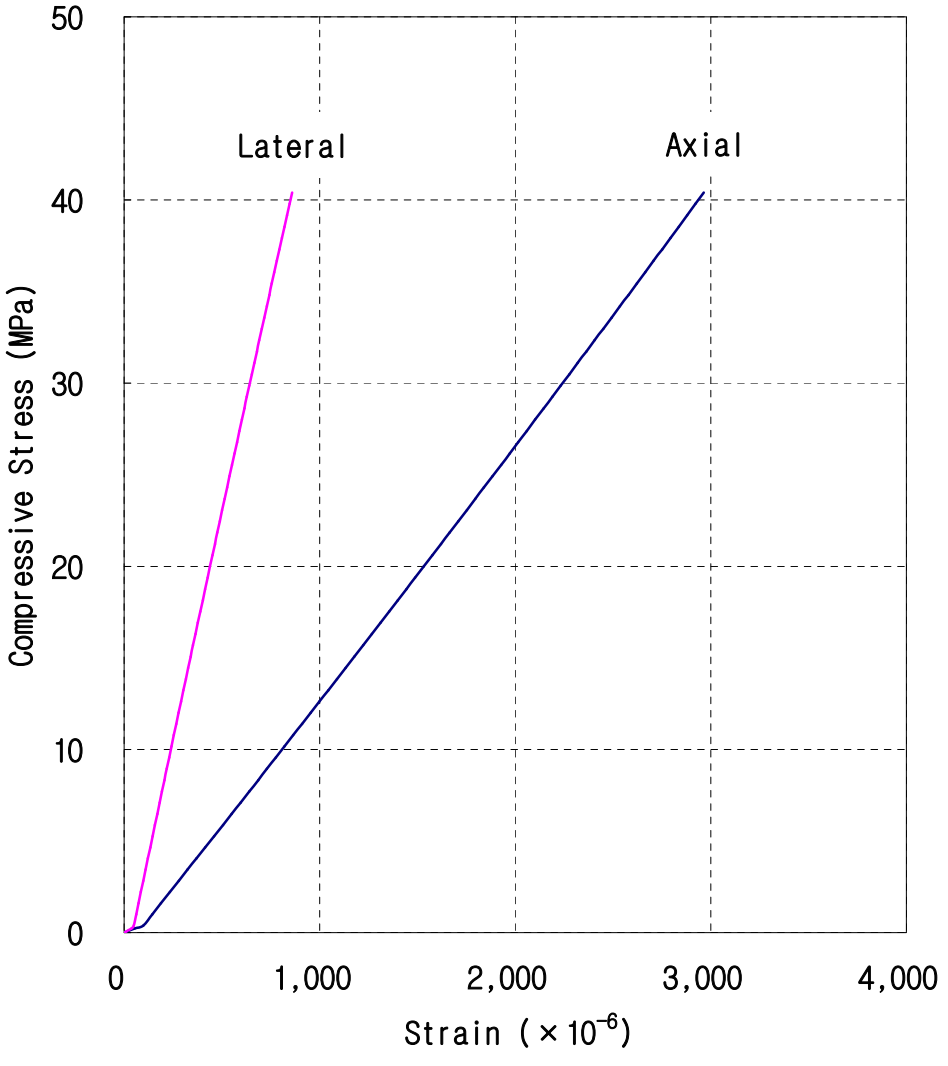
개시일자 : 2011년 3월 17일 | 접수일자 : 2011년 3월 16일

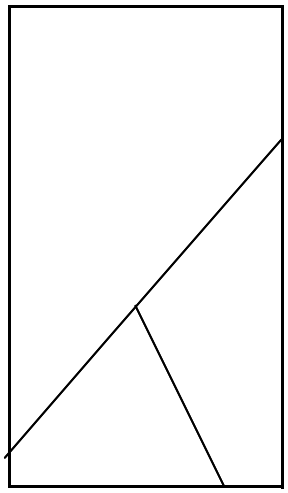
완료일자 : 2011년 3월 24일 | 시험공번 : NTB-15

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 54.6 m - 54.75 m

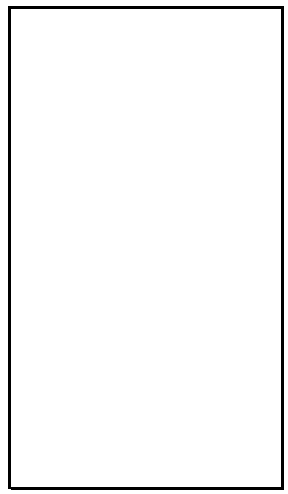
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.50	
Specimen Height (㎜)	101.60	
Specimen Weight (g)	537.90	
Bulk Density (kN/㎥)	25.92	
Comp. Strength (MPa)	40.4	절리발달
Young's Modulus (GPa)	13.95	
Poisson's Ratio	0.28	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4147	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

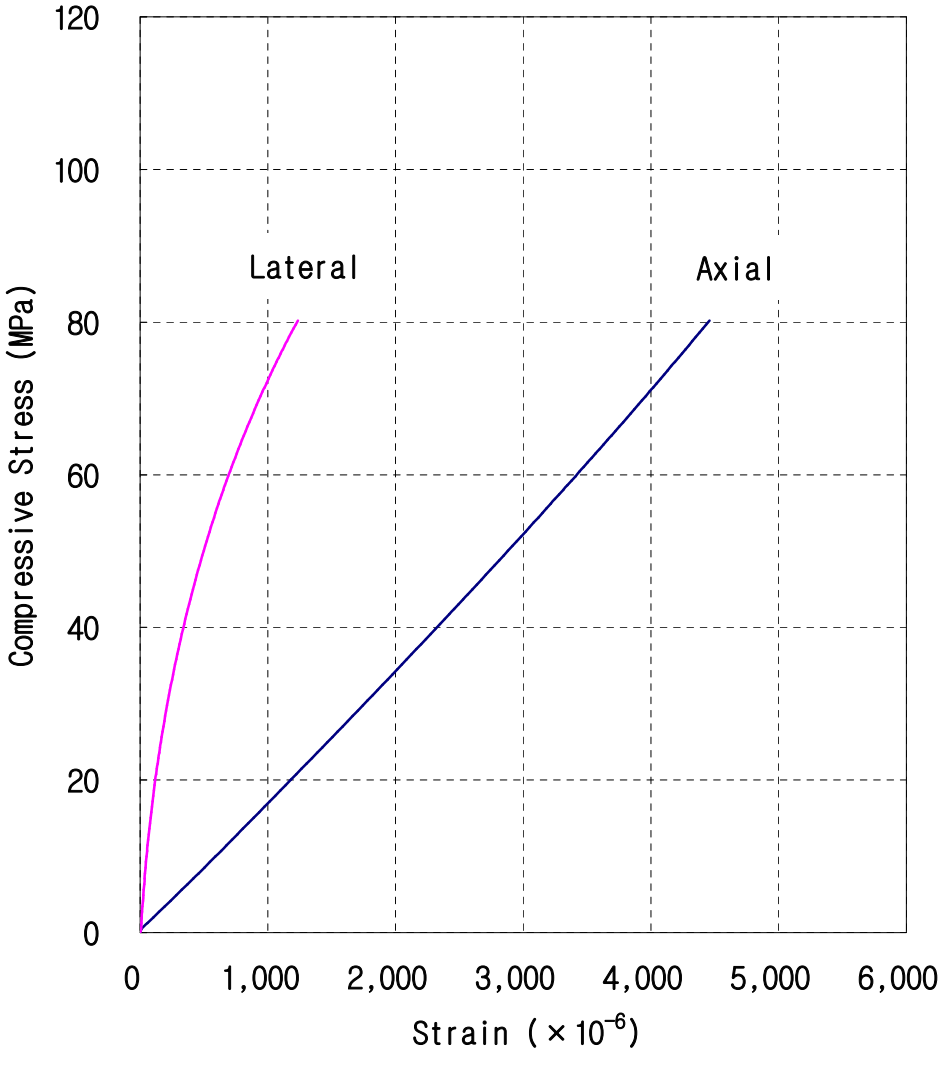
개시일자 : 2011년 3월 3일 | 접수일자 : 2011년 3월 2일

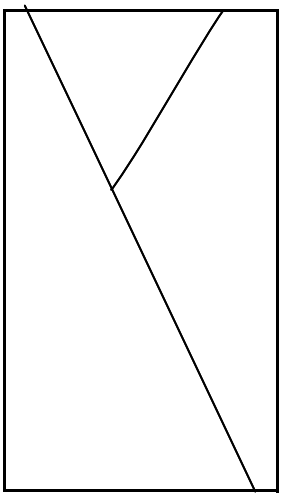
완료일자 : 2011년 3월 14일 | 시험공번 : NTB-17

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 62.6 m - 62.8 m

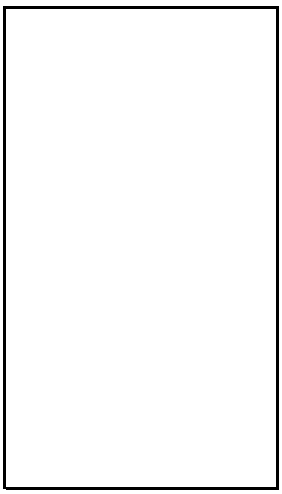
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.30	
Specimen Height (㎜)	107.70	
Specimen Weight (g)	578.10	
Bulk Density (kN/㎥)	26.49	
Comp. Strength (MPa)	80.2	
Young's Modulus (GPa)	17.83	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4378	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

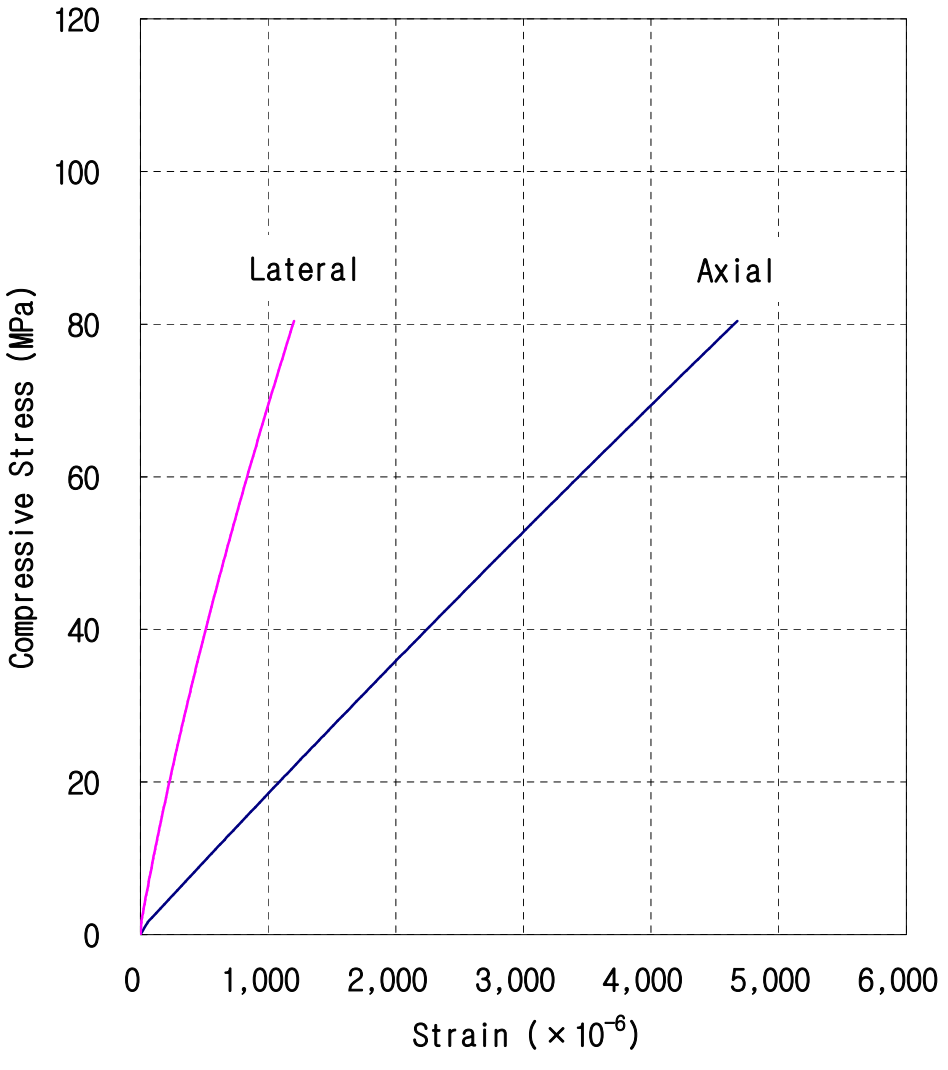
개시일자 : 2011년 2월 24일 | 접수일자 : 2011년 2월 23일

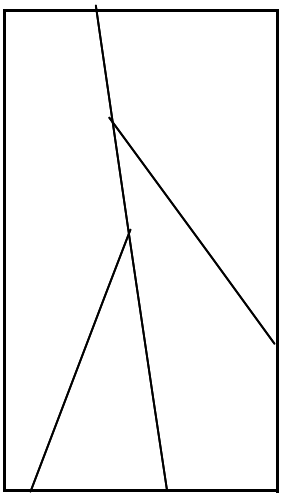
완료일자 : 2011년 3월 7일 | 시험공번 : NTB-18

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 59.1 m - 59.25 m

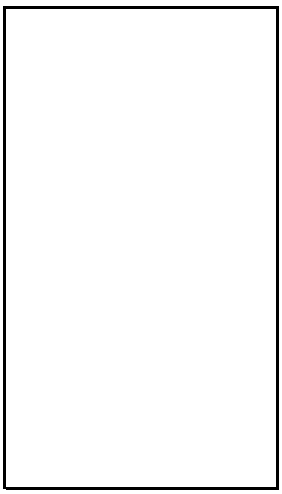
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.10	
Specimen Height (㎜)	102.90	
Specimen Weight (g)	549.70	
Bulk Density (kN/㎥)	26.57	
Comp. Strength (MPa)	80.4	
Young's Modulus (GPa)	17.03	
Poisson's Ratio	0.26	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4270	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

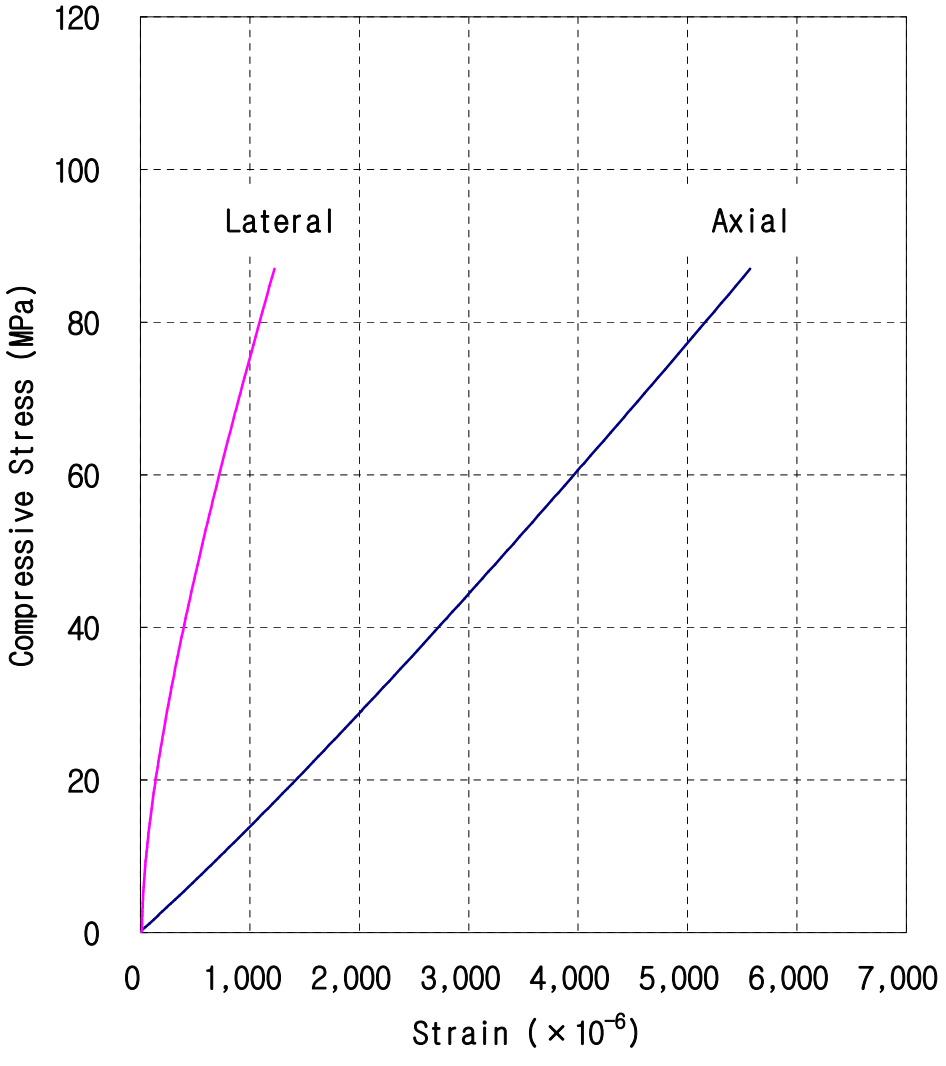
개시일자 : 2011년 2월 24일 | 접수일자 : 2011년 2월 23일

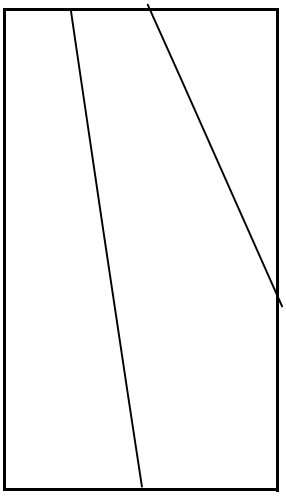
완료일자 : 2011년 3월 7일 | 시험공번 : NTB-19

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 38.6 m - 39.0 m

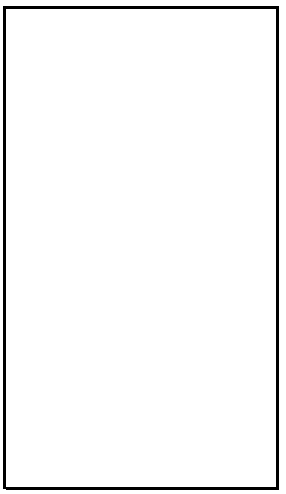
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.30	
Specimen Height (mm)	102.30	
Specimen Weight (g)	552.20	
Bulk Density (kN/㎥)	26.64	
Comp. Strength (MPa)	87.0	
Young's Modulus (GPa)	15.91	
Poisson's Ratio	0.24	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3965	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

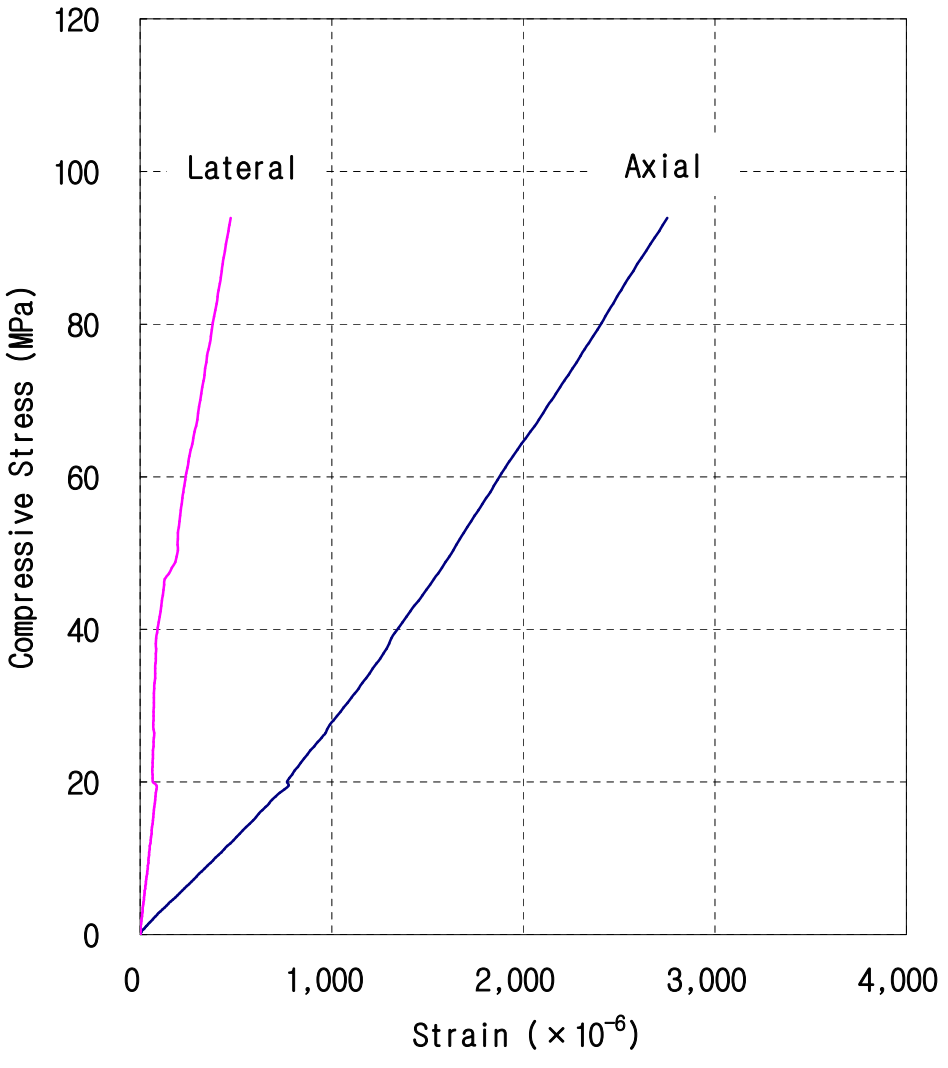
개시일자 : 2011년 3월 26일 | 접수일자 : 2011년 3월 25일

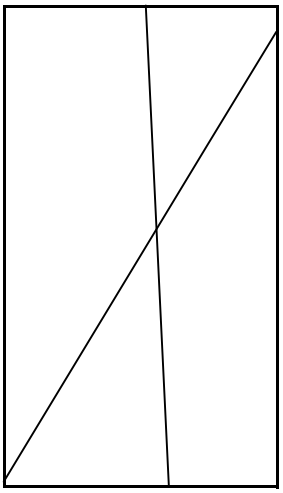
완료일자 : 2011년 4월 4일 | 시험공번 : NTB-20

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 56.0 m - 56.2 m

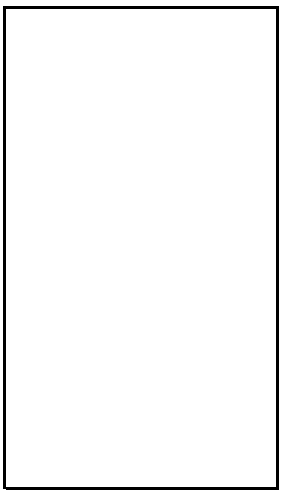
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.40	
Specimen Height (㎜)	105.10	
Specimen Weight (g)	568.60	
Bulk Density (kN/㎥)	26.59	
Comp. Strength (MPa)	93.9	
Young's Modulus (GPa)	38.41	
Poisson's Ratio	0.24	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4911	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

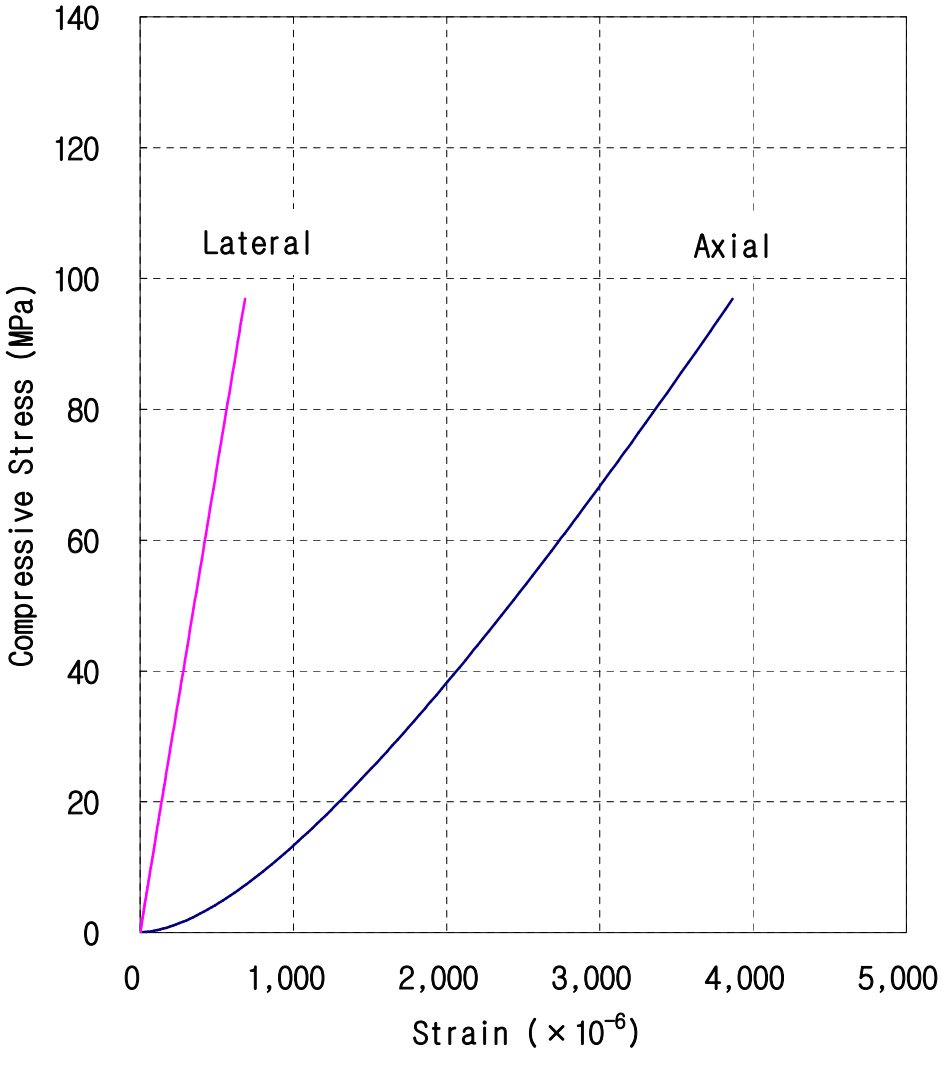
개시일자 : 2011년 3월 26일 | 접수일자 : 2011년 3월 25일

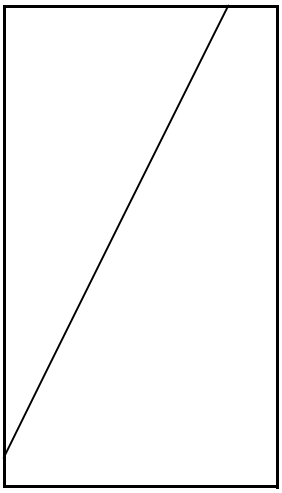
완료일자 : 2011년 4월 4일 | 시험공번 : NTB-21

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 37.4 m - 37.5 m

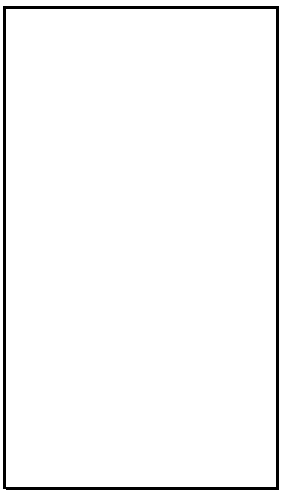
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.20	
Specimen Height (㎜)	105.80	
Specimen Weight (g)	618.60	
Bulk Density (kN/㎥)	26.79	
Comp. Strength (MPa)	96.9	
Young's Modulus (GPa)	29.51	
Poisson's Ratio	0.21	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4723	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

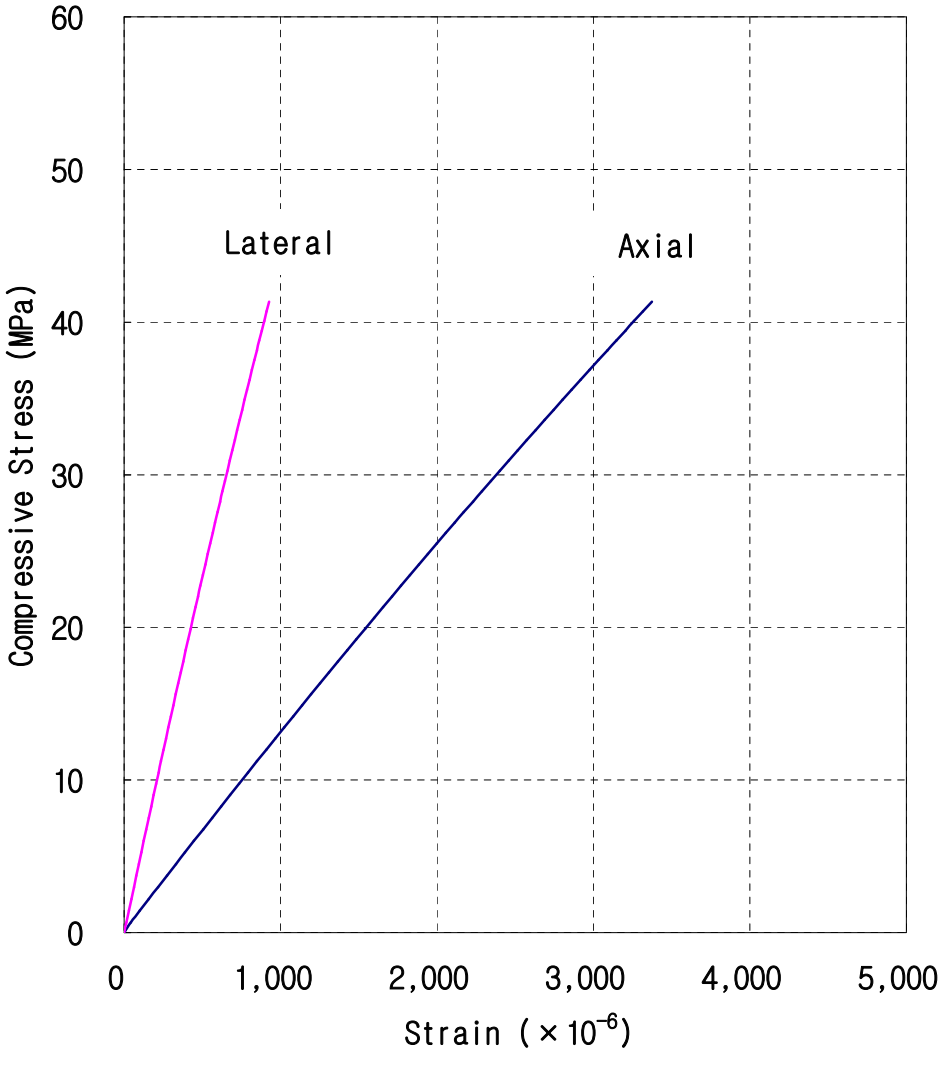
개시일자 : 2011년 3월 26일 | 접수일자 : 2011년 3월 25일

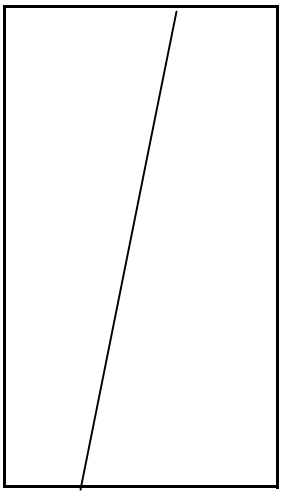
완료일자 : 2011년 4월 4일 | 시험공번 : NTB-22

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 40.5 m - 40.7 m

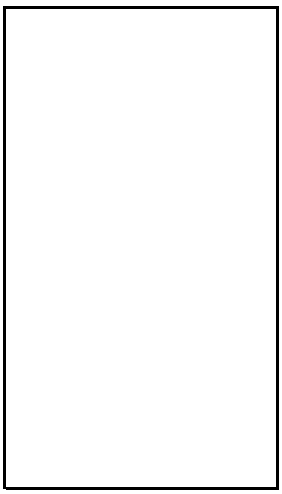
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.90	
Specimen Height (㎜)	106.40	
Specimen Weight (g)	614.00	
Bulk Density (kN/㎥)	25.75	
Comp. Strength (MPa)	41.3	절리발달
Young's Modulus (GPa)	12.29	
Poisson's Ratio	0.27	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4124	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

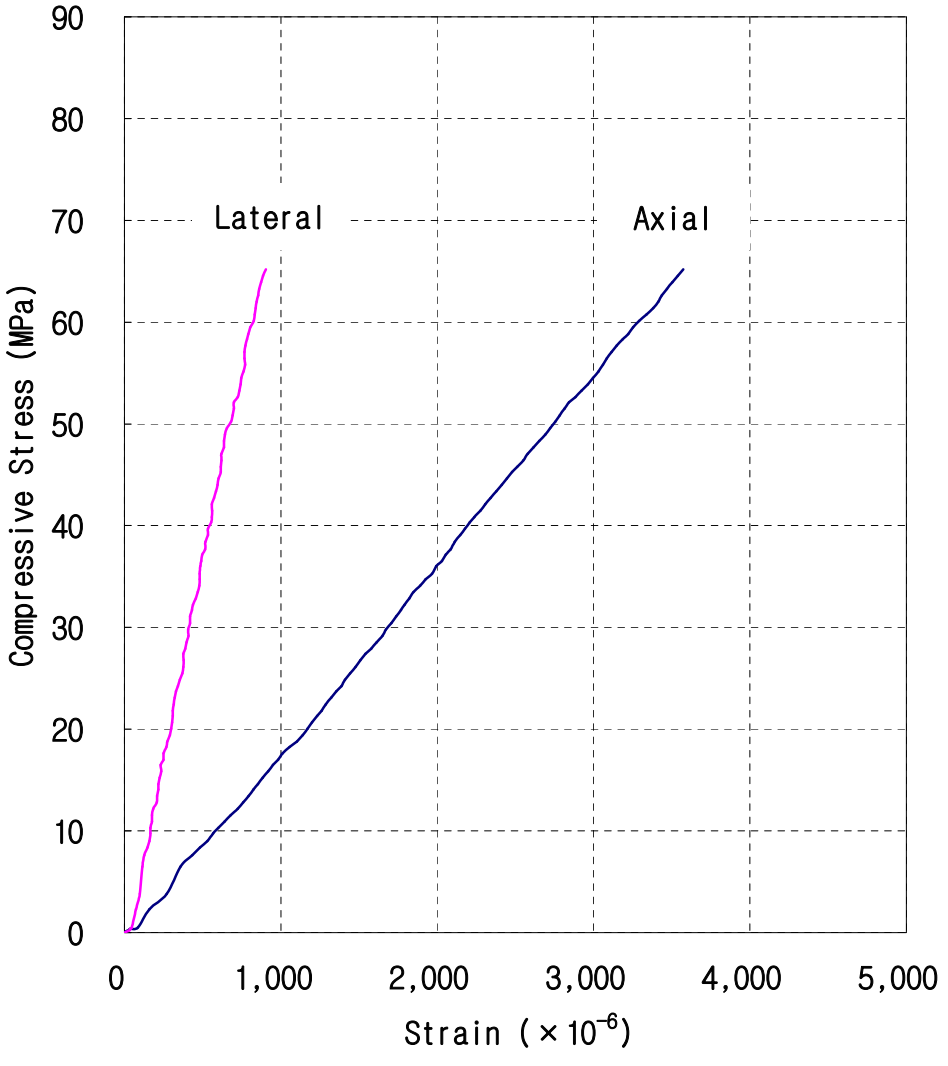
개시일자 : 2011년 3월 3일 | 접수일자 : 2011년 3월 2일

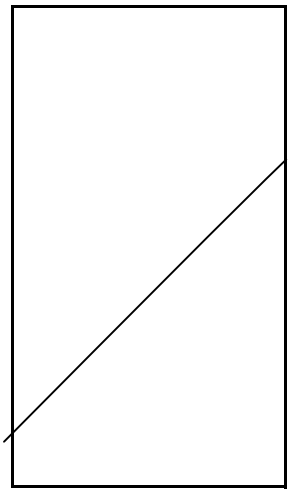
완료일자 : 2011년 3월 14일 | 시험공번 : NTB-23

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 30.0 m - 30.3 m

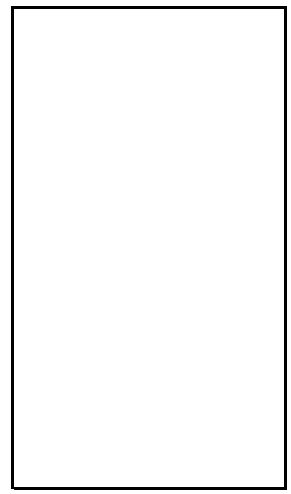
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.70	
Specimen Height (㎜)	105.60	
Specimen Weight (g)	572.20	
Bulk Density (kN/㎥)	26.32	
Comp. Strength (MPa)	65.2	절리발달
Young's Modulus (GPa)	19.31	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4611	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

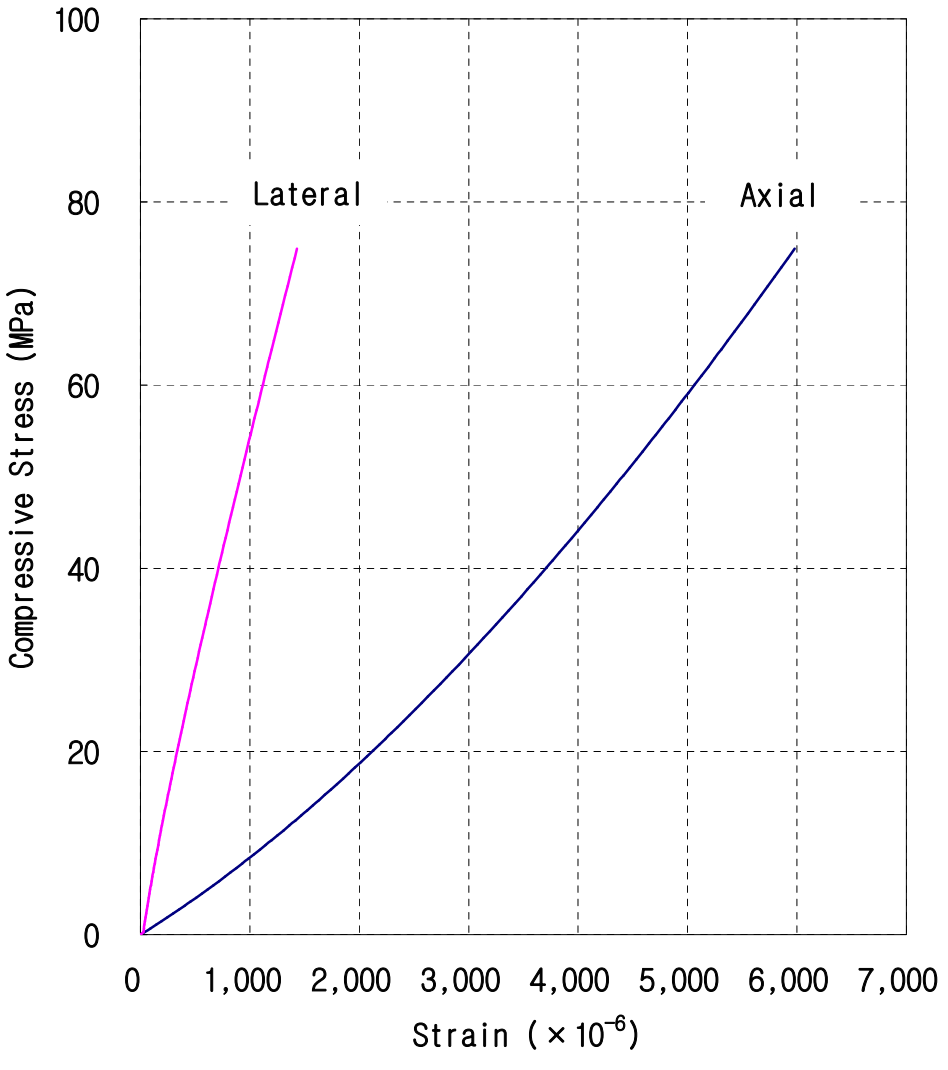
개시일자 : 2011년 2월 24일 | 접수일자 : 2011년 2월 23일

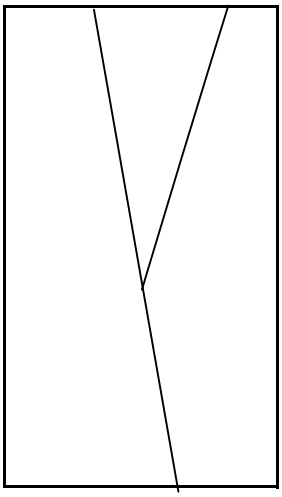
완료일자 : 2011년 3월 7일 | 시험공번 : NTB-24

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 41.2 m - 41.45 m

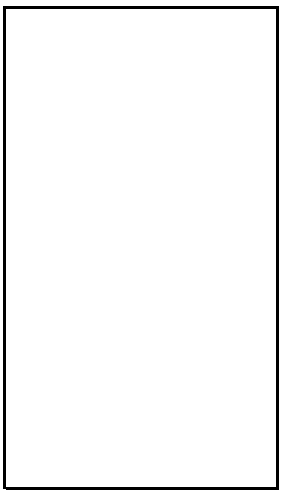
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.20	
Specimen Height (㎜)	102.70	
Specimen Weight (g)	544.80	
Bulk Density (kN/㎥)	26.28	
Comp. Strength (MPa)	74.9	
Young's Modulus (GPa)	13.51	
Poisson's Ratio	0.26	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4027	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

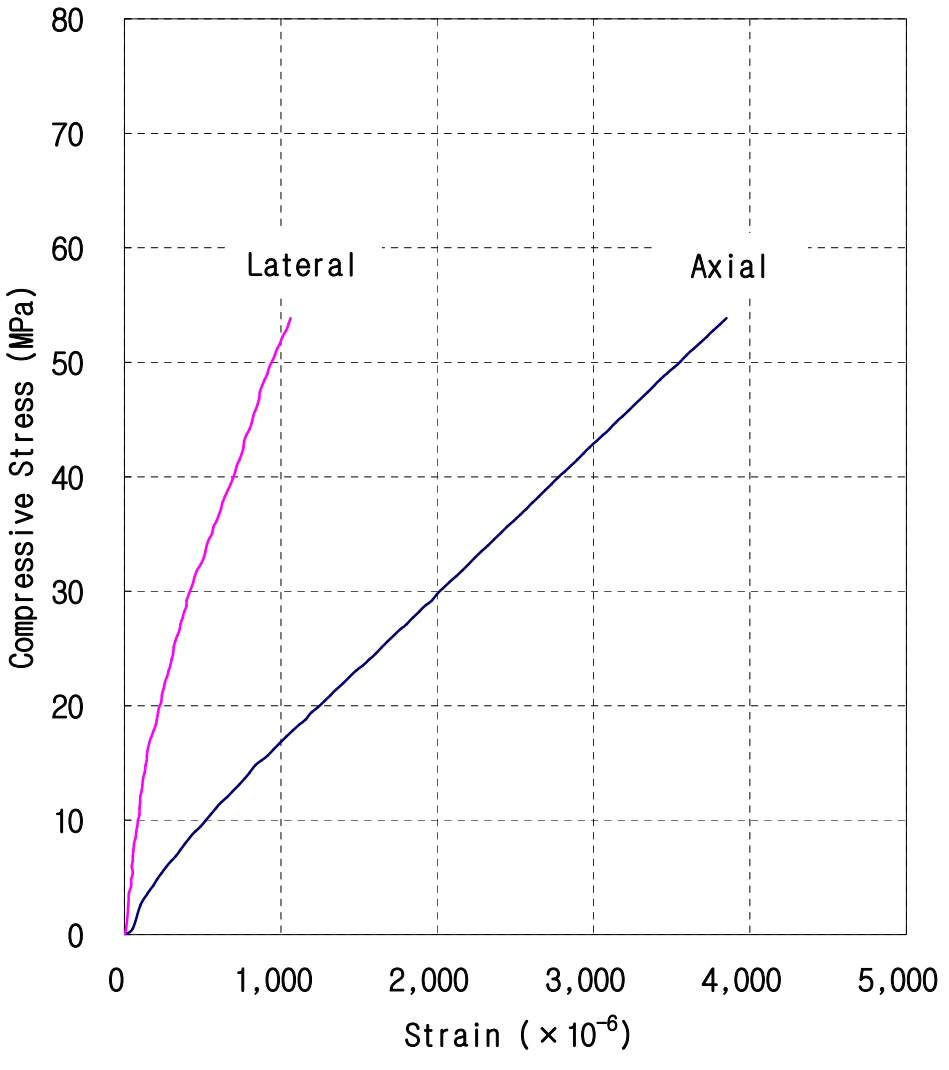
개시일자 : 2011년 2월 24일 | 접수일자 : 2011년 2월 23일

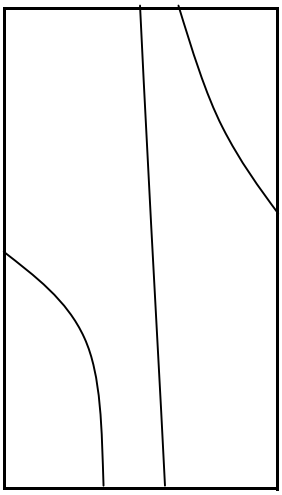
완료일자 : 2011년 3월 7일 | 시험공번 : NTB-25

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 42.3 m - 42.5 m

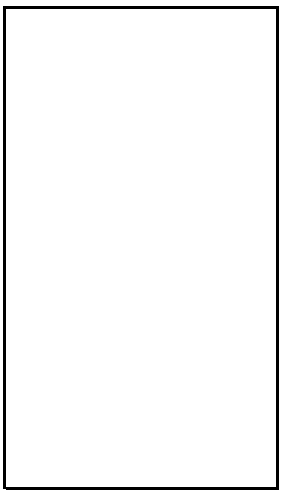
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.70	
Specimen Height (㎜)	105.60	
Specimen Weight (g)	569.70	
Bulk Density (kN/㎥)	26.21	
Comp. Strength (MPa)	53.8	절리발달
Young's Modulus (GPa)	12.97	
Poisson's Ratio	0.28	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4141	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

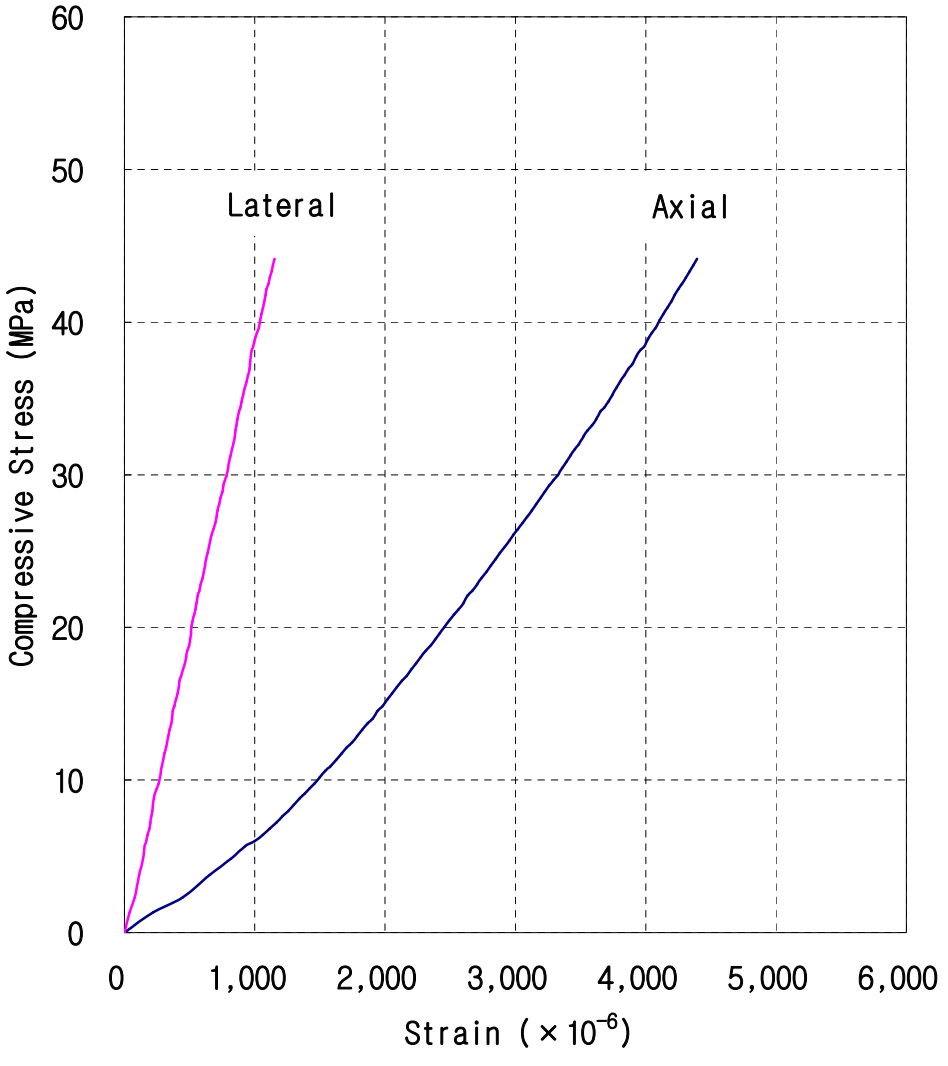
개시일자 : 2011년 2월 24일 | 접수일자 : 2011년 2월 23일

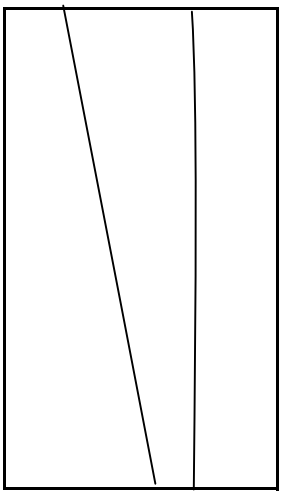
완료일자 : 2011년 3월 7일 | 시험공번 : NTB-26

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 35.25 m - 35.4 m

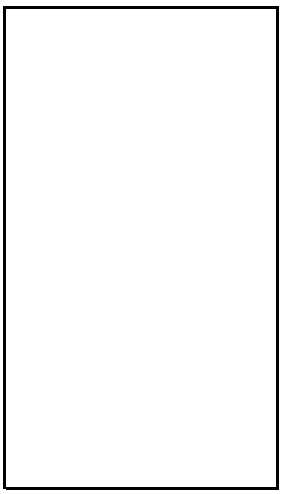
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.10	
Specimen Height (㎜)	105.40	
Specimen Weight (g)	550.30	
Bulk Density (kN/㎥)	25.97	
Comp. Strength (MPa)	44.1	절리발달
Young's Modulus (GPa)	11.23	
Poisson's Ratio	0.28	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3889	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

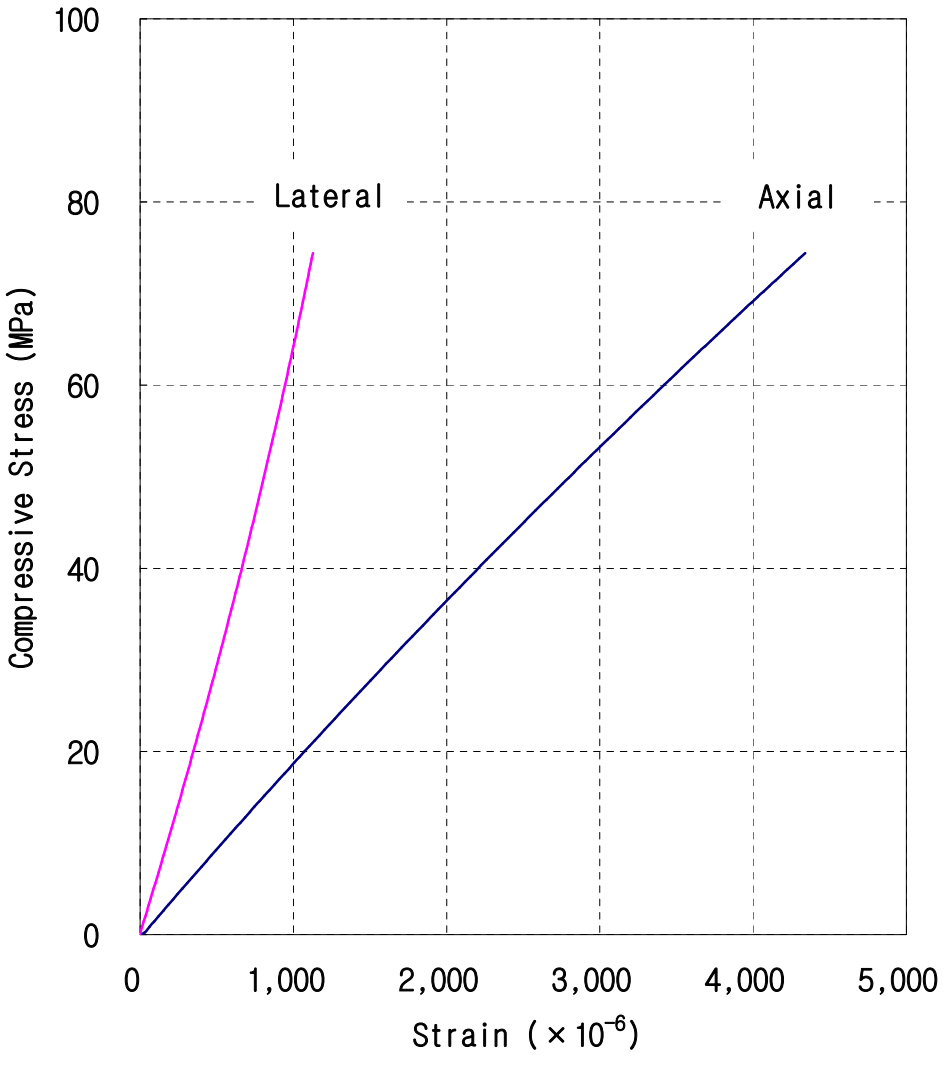
개시일자 : 2011년 3월 17일 | 접수일자 : 2011년 3월 16일

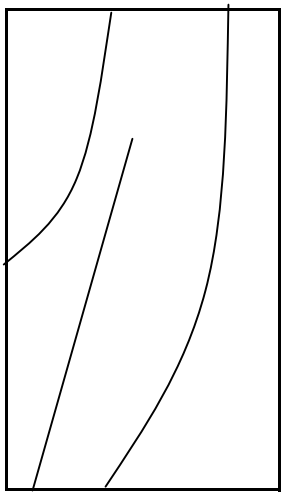
완료일자 : 2011년 3월 24일 | 시험공번 : NTB-27

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 40.0 m - 40.2 m

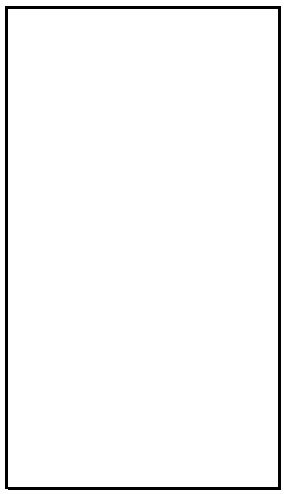
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.00	
Specimen Height (㎜)	102.40	
Specimen Weight (g)	580.30	
Bulk Density (kN/㎥)	26.17	
Comp. Strength (MPa)	74.4	
Young's Modulus (GPa)	17.21	
Poisson's Ratio	0.26	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4452	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

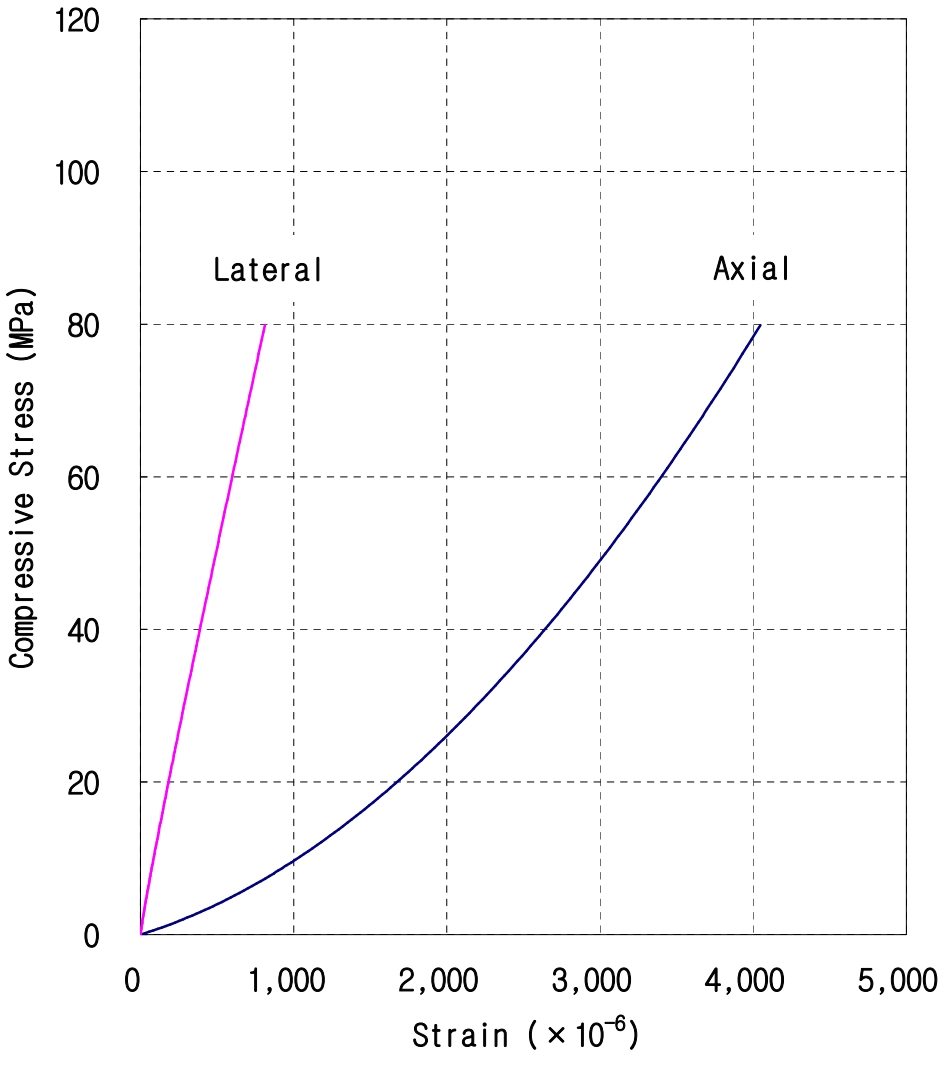
개시일자 : 2011년 3월 17일 | 접수일자 : 2011년 3월 16일

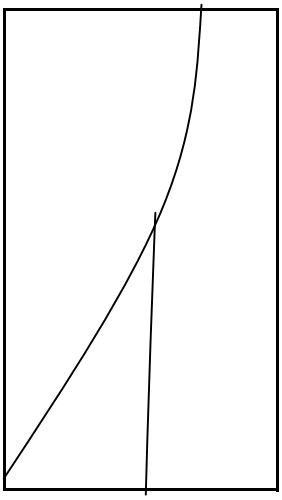
완료일자 : 2011년 3월 24일 | 시험공번 : NTB-28

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 36.75 m - 37.0 m

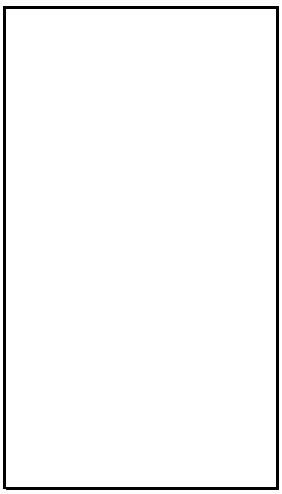
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	52.20	
Specimen Height (mm)	104.90	
Specimen Weight (g)	612.40	
Bulk Density (kN/㎥)	26.75	
Comp. Strength (MPa)	79.9	
Young's Modulus (GPa)	23.73	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4196	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

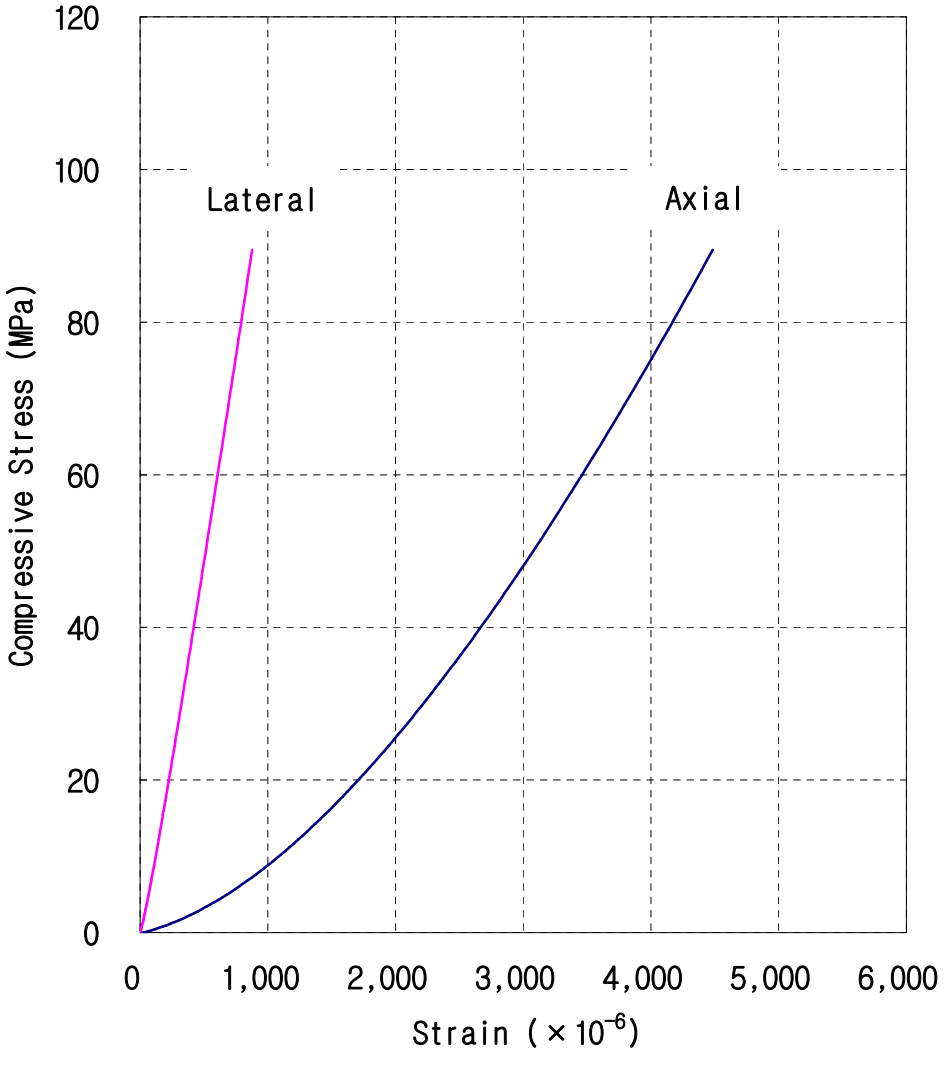
개시일자 : 2011년 3월 17일 | 접수일자 : 2011년 3월 16일

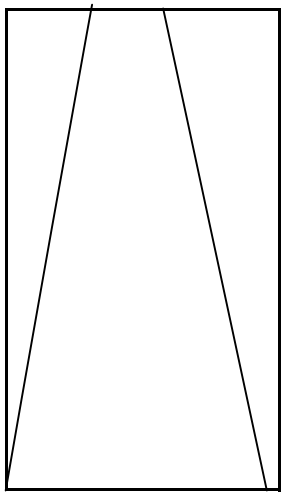
완료일자 : 2011년 3월 24일 | 시험공번 : NTB-29

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 18.3 m - 18.4 m

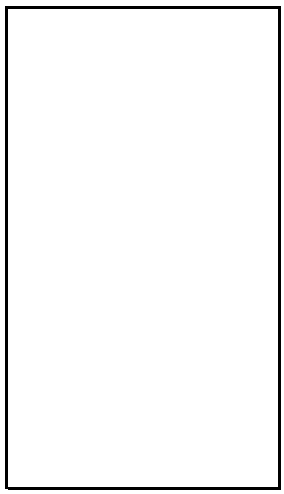
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	52.30	
Specimen Height (mm)	102.40	
Specimen Weight (g)	593.40	
Bulk Density (kN/㎥)	26.45	
Comp. Strength (MPa)	89.5	
Young's Modulus (GPa)	24.18	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4655	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

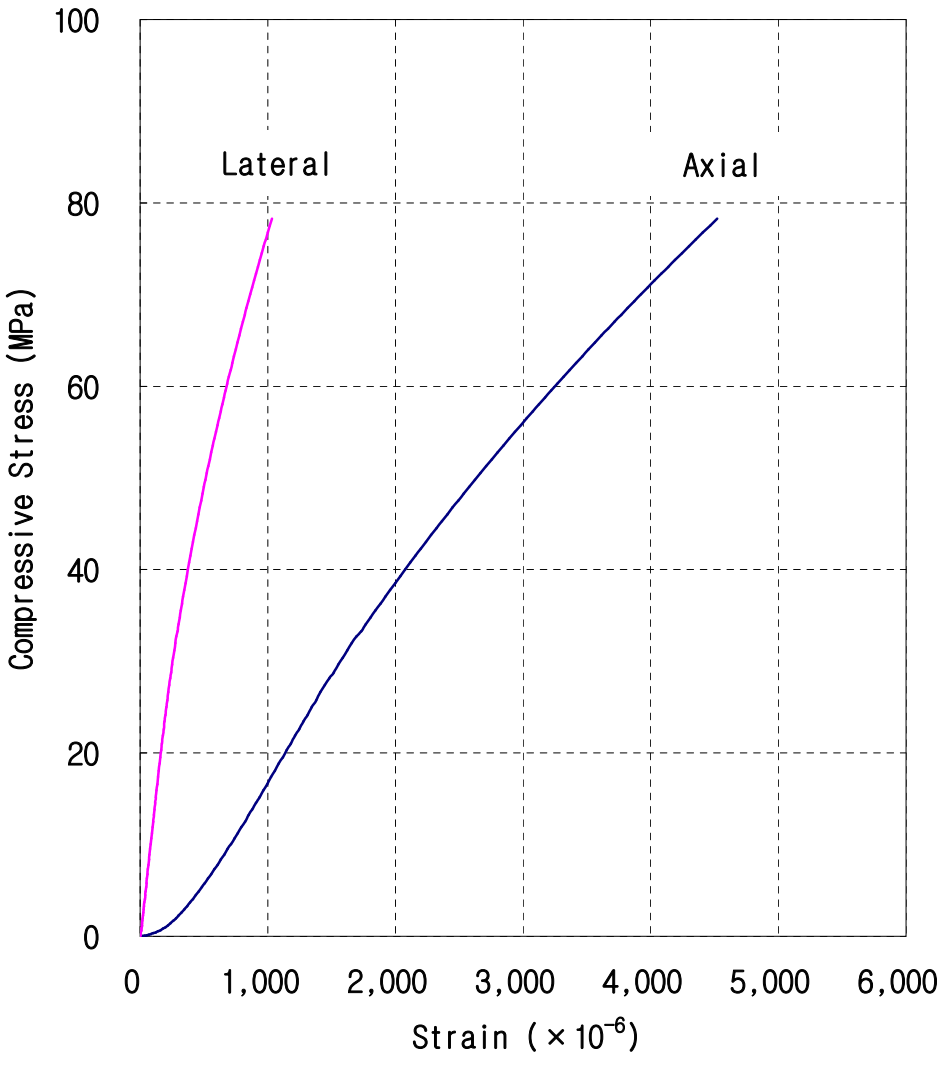
개시일자 : 2011년 3월 17일 | 접수일자 : 2011년 3월 16일

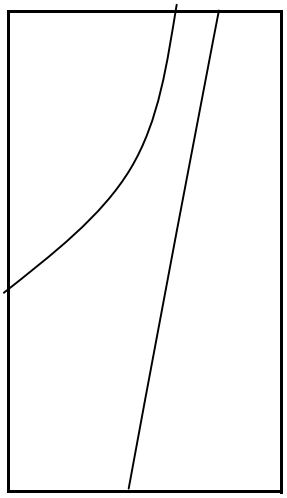
완료일자 : 2011년 3월 24일 | 시험공번 : NTB-30

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 29.8 m - 30.0 m

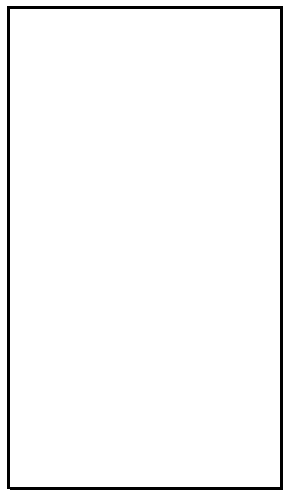
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.20	
Specimen Height (㎜)	101.60	
Specimen Weight (g)	581.40	
Bulk Density (kN/㎥)	26.22	
Comp. Strength (MPa)	78.3	
Young's Modulus (GPa)	18.89	
Poisson's Ratio	0.24	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4618	





Sample No.1



Sample No.2

ROCK CORE TEST DATA

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

Hole No.	Depth (m)	Bulk Density (kN/㎥)	Sp./G	Absorption Ratio (%)	Comp. Strength (MPa)	Possion's Ratio	Young's Modulus (GPa)	Wave Velocity		Tensile Strength (MPa)	Triaxial comp. Str		Note
								P-Wave (m/sec)	S-Wave (m/sec)		Cohesion (MPa)	Friction Angle (deg)	
ATB-1	15.1-15.2	25.68	2.636	0.21	87.7	0.26	30.92	3966	2441				
ATB-2	17.9-18.0	24.59	2.522	1.42	22.4	0.28	7.50	2576	1520				
ATB-2	19.9-20.0									6.3			
ATB-2	29.7-30.0										9.3	38.9	
ATB-3	48.1-48.3	26.41	2.710	0.11	166.8	0.22	48.83	4976	3270				
ATB-4	24.5-24.6	27.78	2.848	0.14	117.9	0.24	40.95	5079	3182				
ATB-4	39.2-39.6										10.5	42.3	
ATB-4	44.1-44.3									6.4			
ATB-5	21.6-21.8	26.10	2.683	0.63	41.8	0.22	22.64	4216	2502				
ATB-5	48.1-48.4										15.3	43.4	
ATB-5	53.0-53.2									12.3			
ATB-6	50.8-51.0									10.3			
ATB-6	54.3-54.7										14.7	44.0	
ATB-6	62.4-62.6	27.24	2.793	0.09	76.7	0.23	32.94	4046	2501				
ATB-7	41.3-41.5	26.18	2.703	0.13	66.3	0.27	23.81	4485	2616				
ATB-8	62.5-62.7	26.91	2.751	0.09	80.4	0.24	30.68	4890	3095				
ATB-9	55.7-56.4										12.3	42.9	
ATB-9	56.4-56.6									9.1			
ATB-9	64.6-64.9	26.85	2.757	0.12	63.8	0.28	21.61	4277	2623				
ATB-10	62.7-62.9	26.77	2.746	0.14	69.4	0.22	22.78	4403	2572				
ATB-11	71.0-71.2	26.77	2.751	0.17	59.7	0.22	24.25	4407	2780				
ATB-12	58.6-58.8	26.99	2.770	0.17	111.1	0.20	32.76	4780	2969				

ROCK CORE TEST DATA

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

Hole No.	Depth (m)	Bulk Density (kN/㎥)	Sp./G	Absorption Ratio (%)	Comp. Strength (MPa)	Possion's Ratio	Young's Modulus (GPa)	Wave Velocity		Tensile Strength (MPa)	Triaxial comp. Str		Note
								P-Wave (m/sec)	S-Wave (m/sec)		Cohesion (MPa)	Friction Angle (deg)	
ATB-12	59.8-60.2										17.2	45.4	
ATB-12	61.4-61.7									12.0			
ATB-13	57.0-57.3	27.15	2.788	0.12	64.0	0.21	21.24	4577	2775				
ATB-14	49.9-50.2	26.66	2.741	0.14	70.2	0.25	17.12	4540	2672				
ATB-15	44.1-44.3	26.32	2.647	0.38	62.0	0.28	23.24	4342	2633				
ATB-16	40.8-41.1	26.59	2.735	0.12	72.7	0.22	24.25	4766	3025				
ATB-17	45.8-46.1	26.67	2.737	0.25	72.5	0.19	20.77	4220	2538				
ATB-18	38.5-38.7	25.78	2.643	0.27	40.6	0.23	18.14	3424	1994				
ATB-19	40.2-40.35	27.32	2.805	0.19	54.0	0.19	23.09	4719	2905				
ATB-20	39.8-39.9	26.84	2.755	0.11	94.0	0.24	32.08	4419	2795				
ATB-20	39.9-40.2										10.3	41.8	
ATB-20	40.2-40.4									6.8			
ATB-21	28.9-29.0	26.68	2.747	0.09	98.6	0.26	34.38	4785	3066				
NATB-1	62.3-62.5									12.2			
NATB-1	62.5-62.85										17.3	51.4	
NATB-1	62.85-63.05	26.73	2.729	0.22	100.4	0.23	37.14	4462	2760				
NATB-2	68.0-68.1	25.66	2.647	1.01	22.2	0.32	7.63	3009	1896				
NATB-3	62.8-62.9	25.74	2.657	0.62	26.5	0.27	9.95	2995	1754				
NATB-4	37.5-37.8										17.8	41.1	
NATB-4	37.9-38.0	27.12	2.786	0.16	58.4	0.26	20.74	3421	2051				
NATB-4	38.0-38.1									15.5			
NNBB-6	16.8-16.9	24.16	2.499	1.81	4.6	-	-	2049	1189				

ROCK CORE TEST DATA

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

Hole No.	Depth (m)	Bulk Density (kN/㎥)	Sp./G	Absorption Ratio (%)	Comp. Strength (MPa)	Possion's Ratio	Young's Modulus (GPa)	Wave Velocity		Tensile Strength (MPa)	Triaxial comp. Str		Note
								P-Wave (m/sec)	S-Wave (m/sec)		Cohesion (MPa)	Friction Angle (deg)	
NNTB-1	25.9-26.1	25.45	2.621	2.88	30.5	0.28	8.32	3125	1866				
NNTB-2	29.0-29.1	26.40	2.705	0.20	65.6	0.23	23.25	4682	2952				
NNTB-2	33.0-33.2									8.1			
NNTB-2	36.4-36.7										13.7	47.4	
NNTB-3	44.6-44.7	26.49	2.718	0.74	34.3	0.30	10.11	3226	1938				
NNTB-4	41.2-41.4	26.42	2.710	0.41	102.2	0.20	31.64	4976	3291				
NNTB-5	48.4-48.5	27.25	2.792	0.32	75.0	0.26	29.37	5270	3298				
NNTB-6	55.5-55.6	25.94	2.667	0.43	29.6	0.30	7.62	2989	1781				
NNTB-7	62.2-62.3	26.48	2.736	0.20	39.5	0.25	14.66	3289	1968				

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

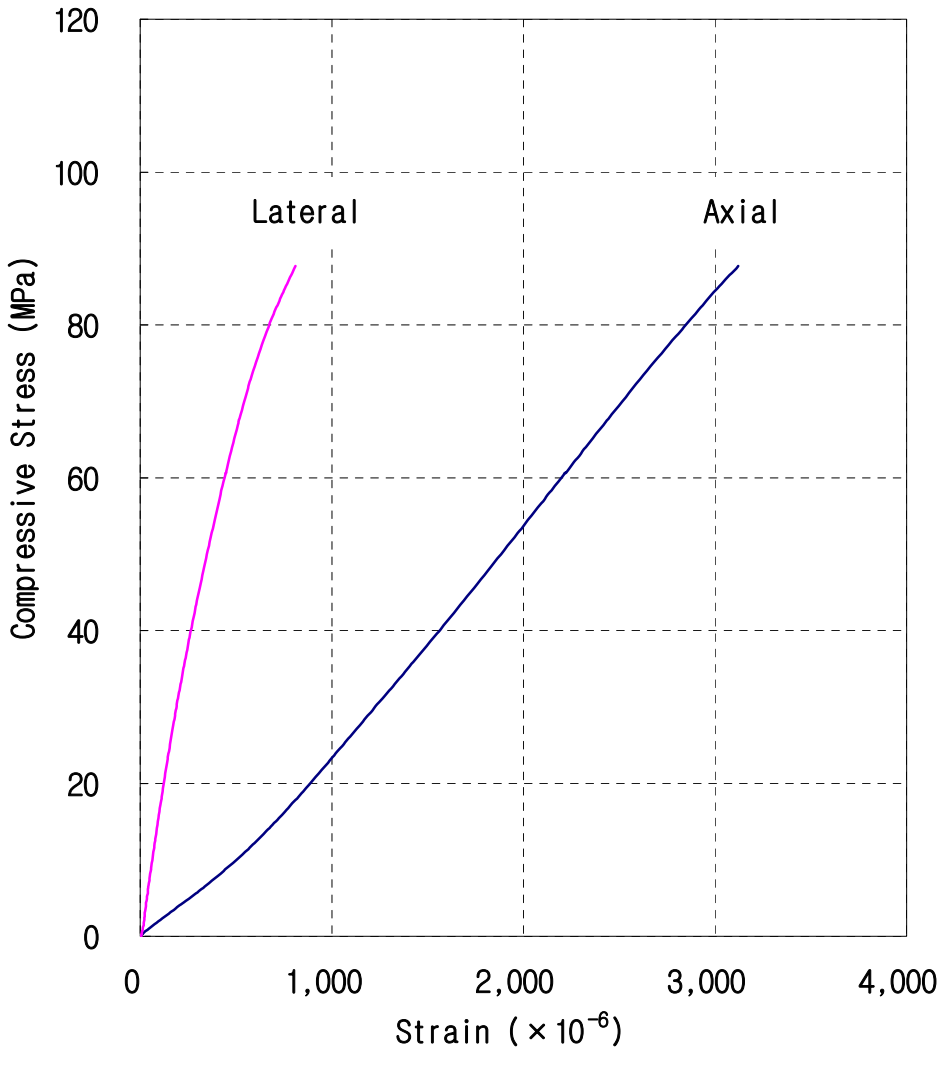
개시일자 : 2013년 4월 3일 접수일자 : 2013년 4월 2일

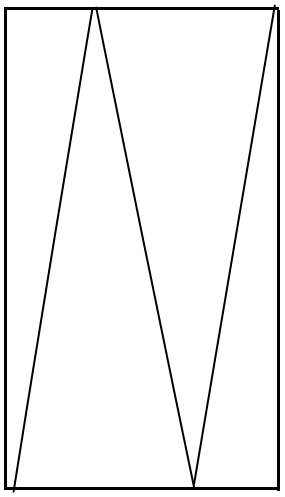
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-1

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 15.1 m - 15.2 m

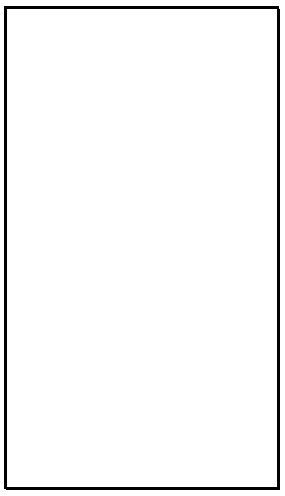
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.23	
Specimen Height (㎜)	10.35	
Specimen Weight (g)	582.20	
Bulk Density (kN/㎥)	25.68	
Comp. Strength (MPa)	87.7	
Young's Modulus (GPa)	30.92	
Poisson's Ratio	0.26	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3966	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 | 접수번호 :

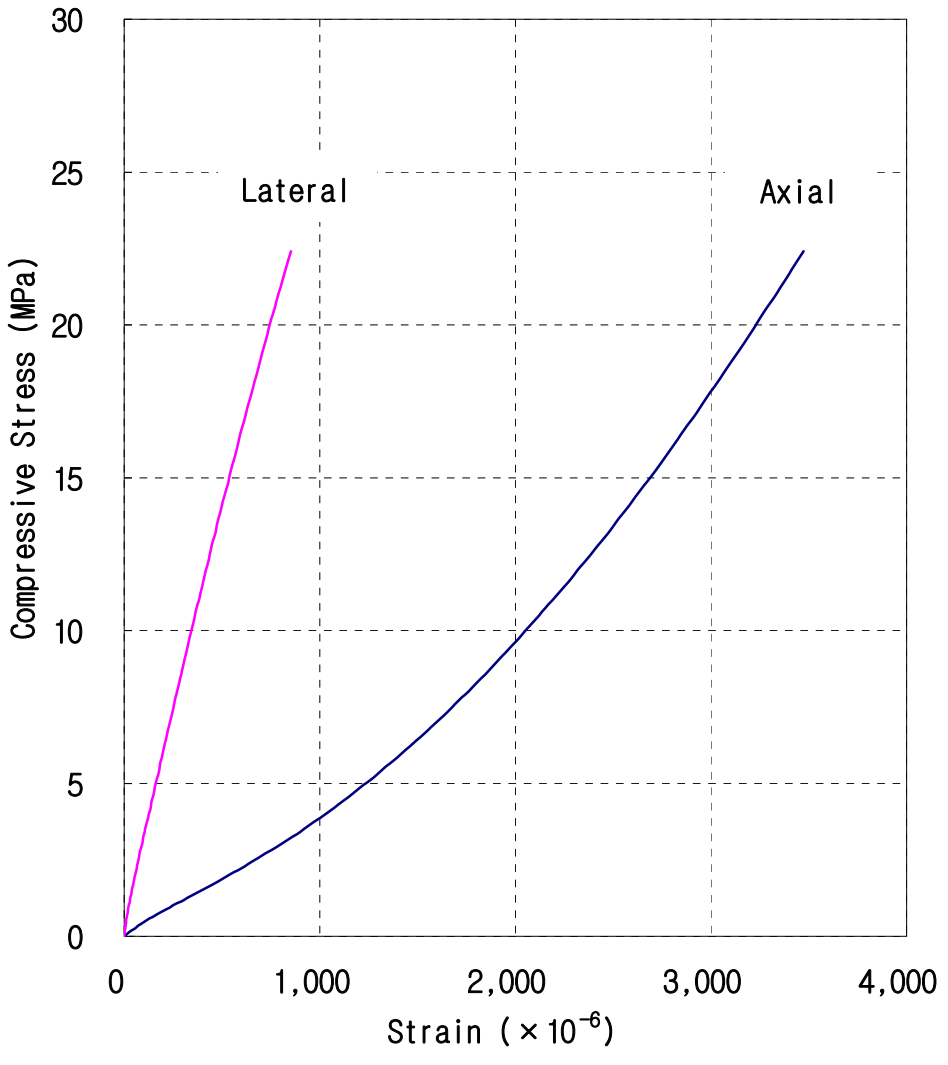
개시일자 : 2013년 4월 3일 | 접수일자 : 2013년 4월 2일

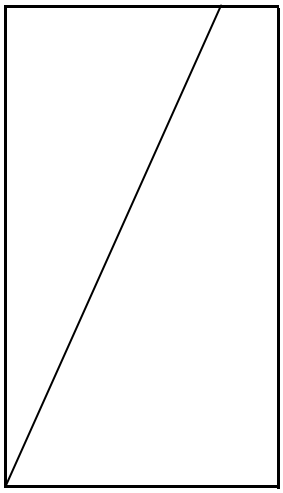
완료일자 : 2013년 4월 12일 | 시험공번 : ATB-2

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 17.9 m - 18.0 m

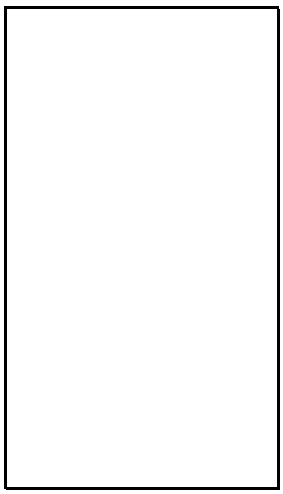
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.04	
Specimen Height (㎜)	10.38	
Specimen Weight (g)	519.30	
Bulk Density (kN/㎥)	24.59	
Comp. Strength (MPa)	22.4	
Young's Modulus (GPa)	7.50	
Poisson's Ratio	0.28	
Elastic Wave Velocity (m/s)	2576	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

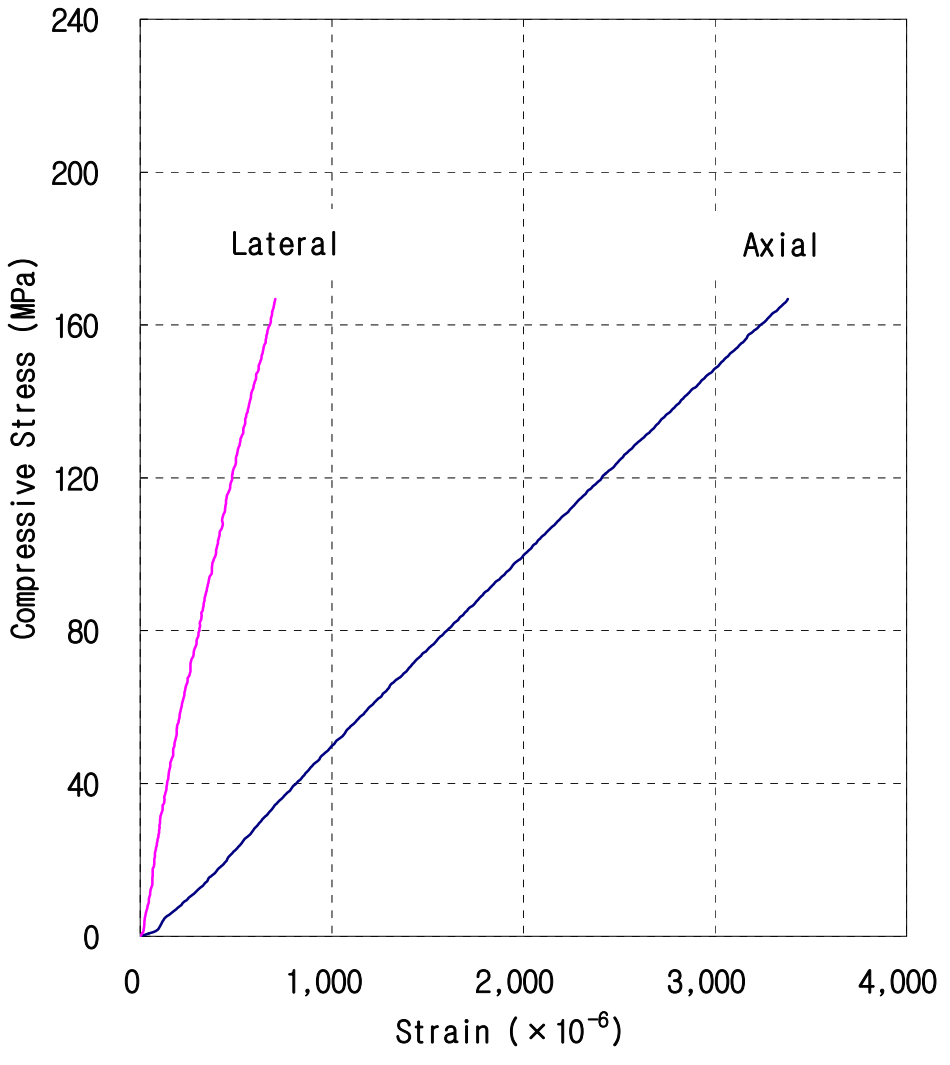
개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

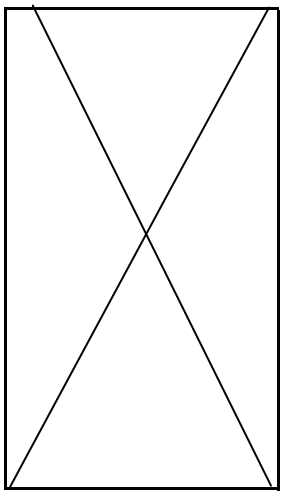
완료일자 : 2013년 4월 2일 시험공번 : ATB-3

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 48.1 m - 48.3 m

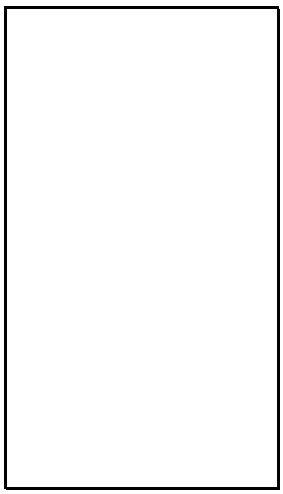
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.07	
Specimen Height (㎜)	10.40	
Specimen Weight (g)	565.50	
Bulk Density (kN/㎥)	26.41	
Comp. Strength (MPa)	166.8	
Young's Modulus (GPa)	48.83	
Poisson's Ratio	0.22	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4976	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

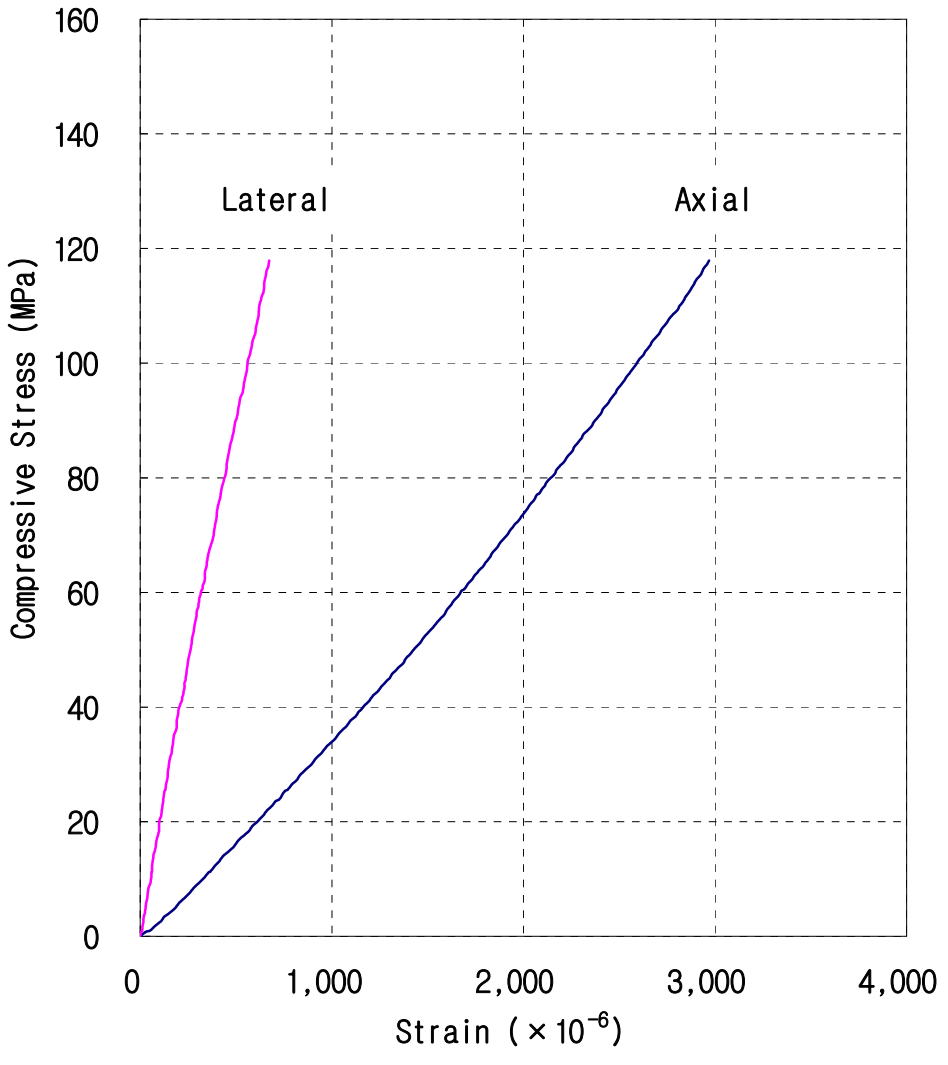
개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

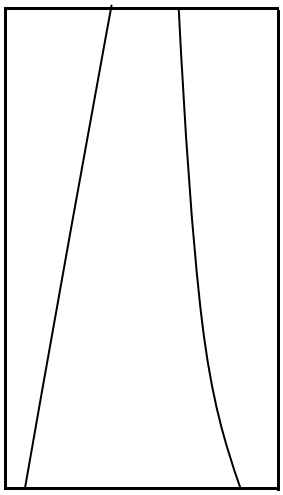
완료일자 : 2013년 4월 2일 시험공번 : ATB-4

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 24.5 m - 24.6 m

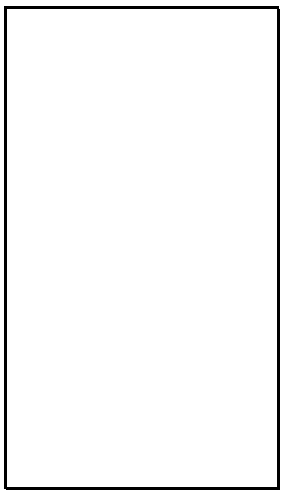
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	5.08	
Specimen Height (mm)	10.31	
Specimen Weight (g)	591.90	
Bulk Density (kN/㎥)	27.78	
Comp. Strength (MPa)	117.9	
Young's Modulus (GPa)	40.95	
Poisson's Ratio	0.24	
Elastic Wave Velocity (m/s)	5079	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

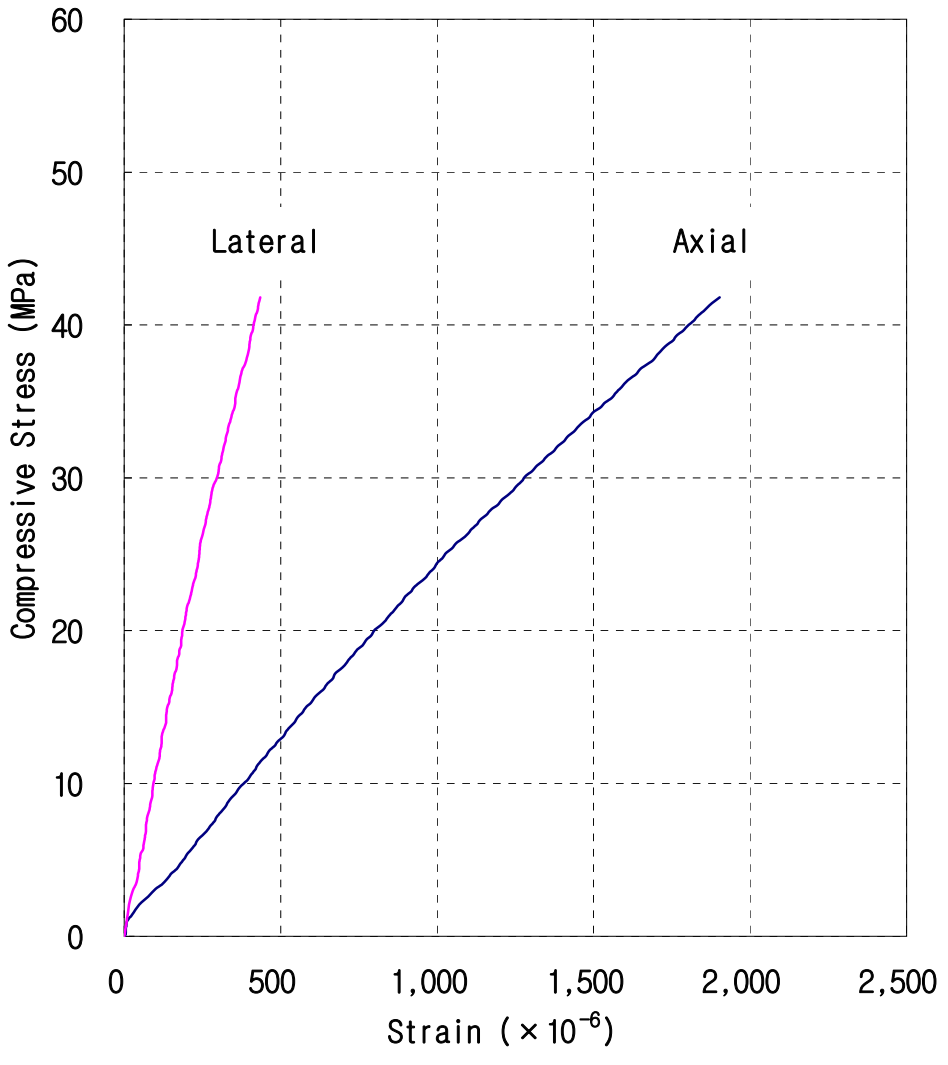
개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

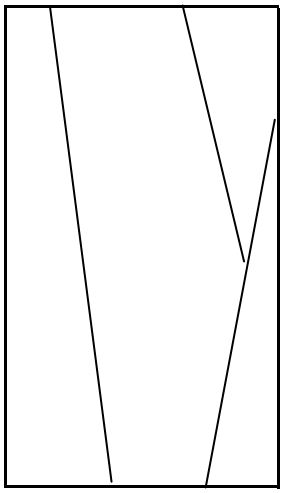
완료일자 : 2013년 4월 2일 시험공번 : ATB-5

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 21.6 m - 21.8 m

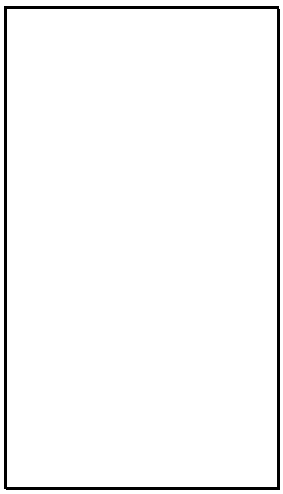
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.04	
Specimen Height (㎜)	10.16	
Specimen Weight (g)	539.50	
Bulk Density (kN/㎥)	26.10	
Comp. Strength (MPa)	41.8	
Young's Modulus (GPa)	22.64	
Poisson's Ratio	0.22	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4216	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

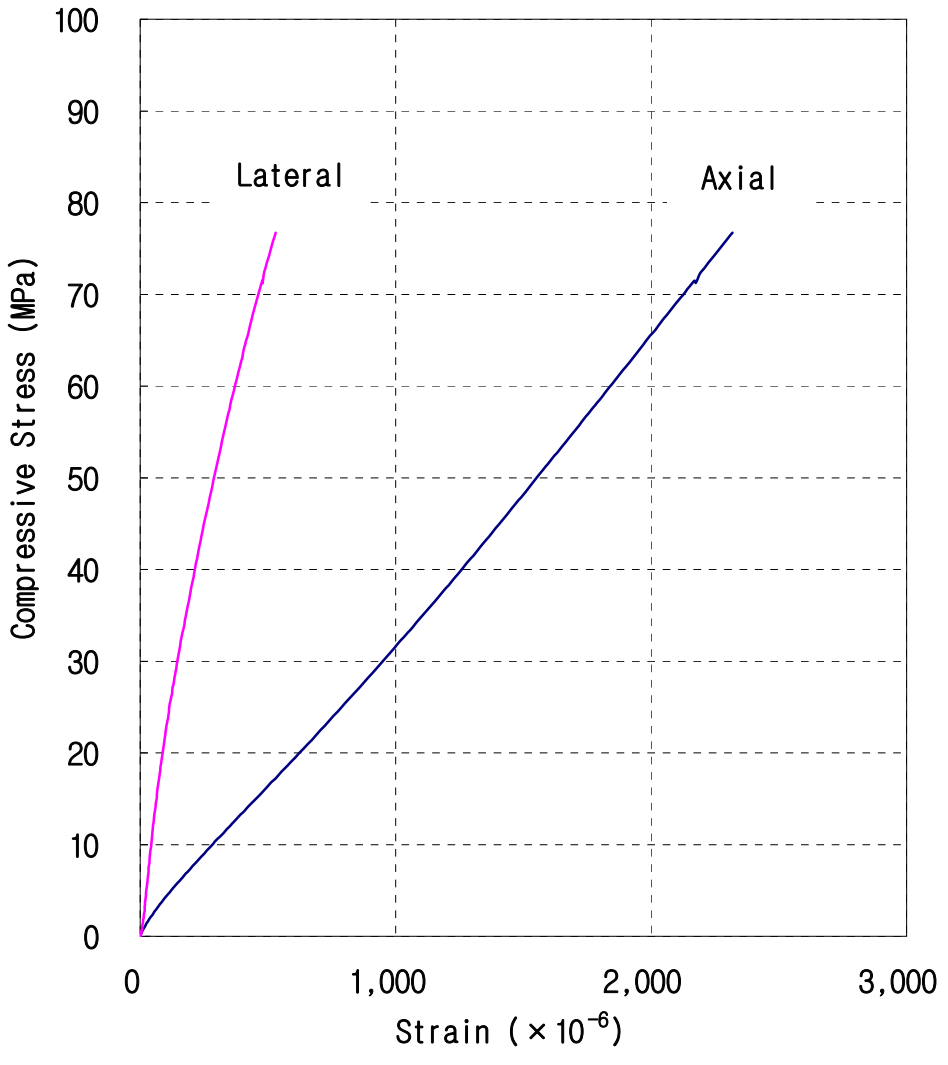
개시일자 : 2013년 4월 3일 접수일자 : 2013년 4월 2일

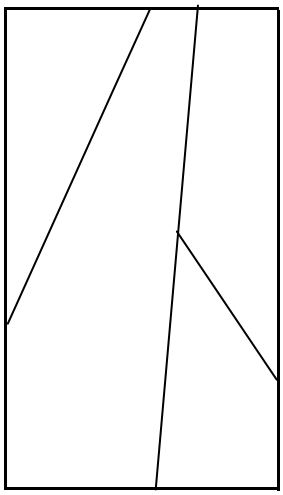
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-6

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 62.4 m - 62.6 m

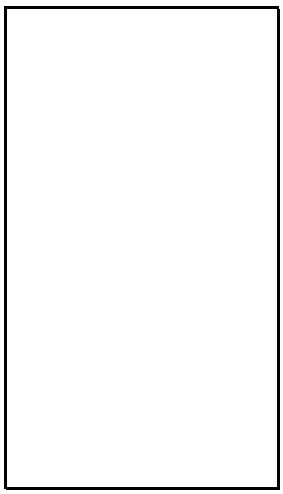
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.05	
Specimen Height (㎜)	10.48	
Specimen Weight (g)	583.10	
Bulk Density (kN/㎥)	27.24	
Comp. Strength (MPa)	76.7	
Young's Modulus (GPa)	32.94	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4046	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

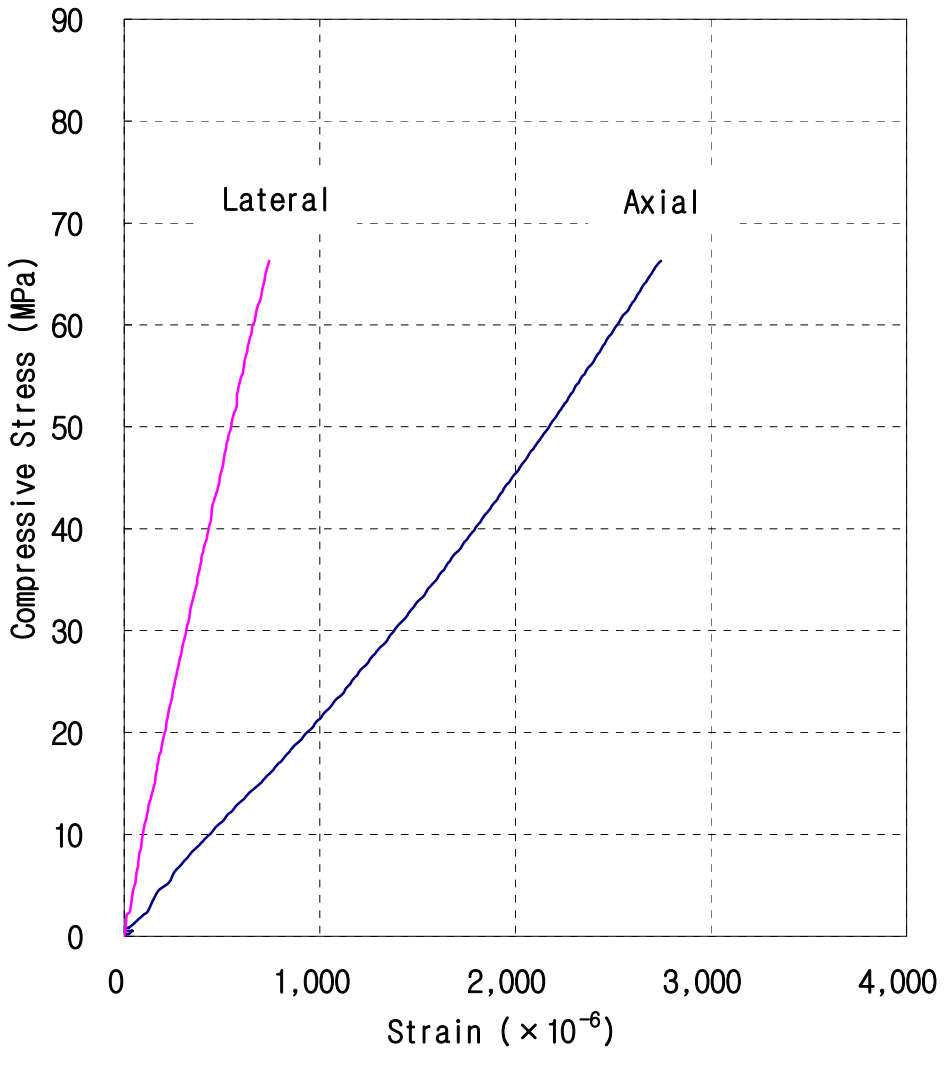
개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

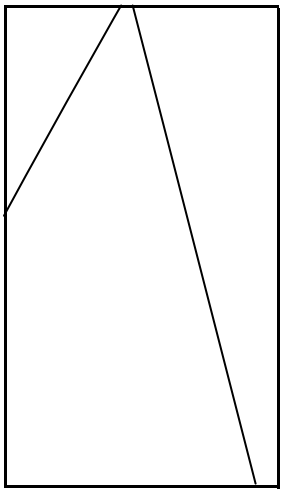
완료일자 : 2013년 4월 2일 시험공번 : ATB-7

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 41.3 m - 41.5 m

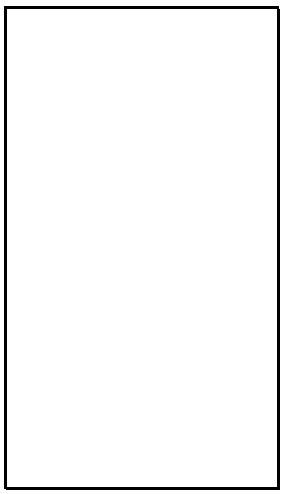
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.07	
Specimen Height (㎜)	10.36	
Specimen Weight (g)	558.40	
Bulk Density (kN/㎥)	26.18	
Comp. Strength (MPa)	66.3	
Young's Modulus (GPa)	23.81	
Poisson's Ratio	0.27	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4485	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

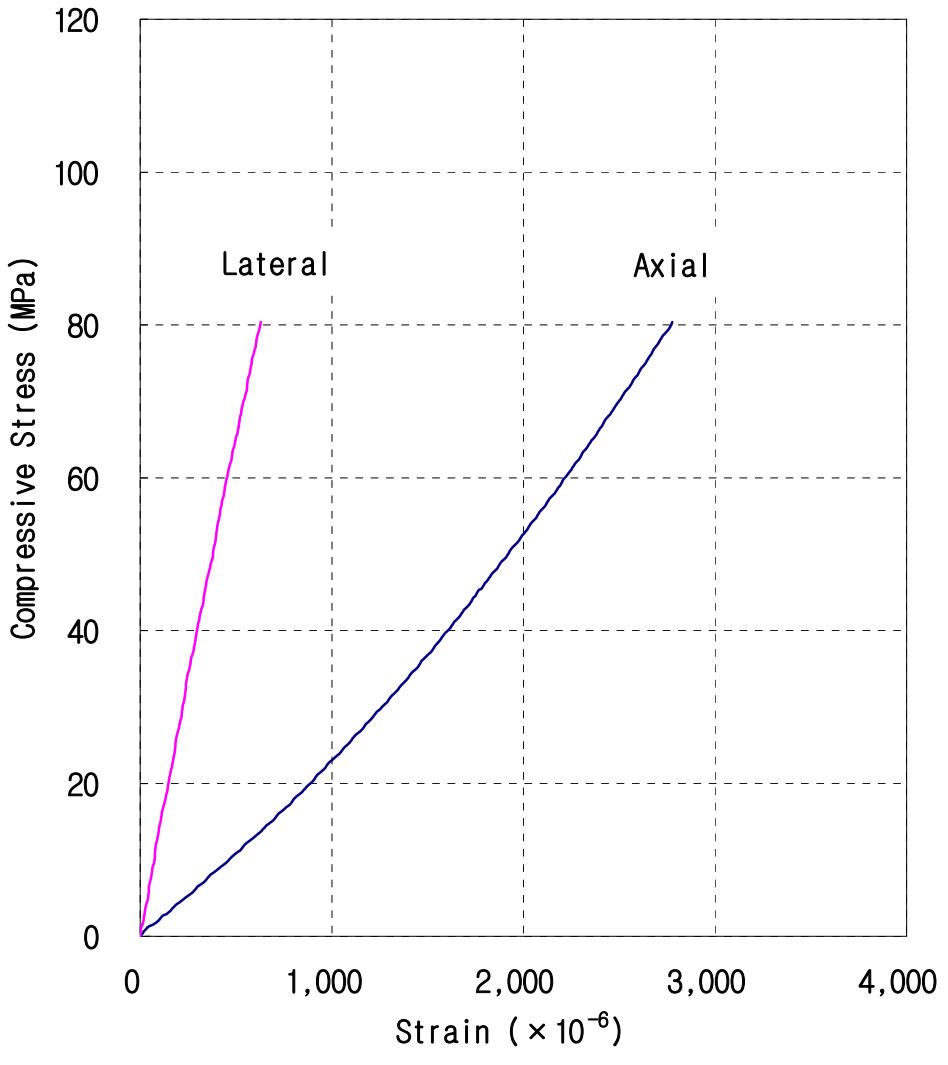
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

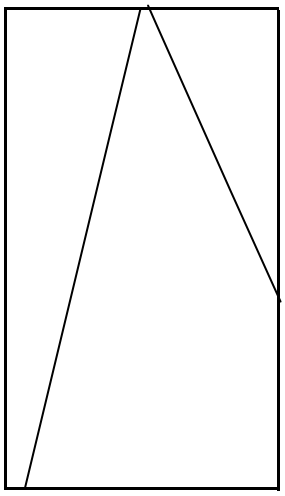
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-8

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 62.5 m - 62.7 m

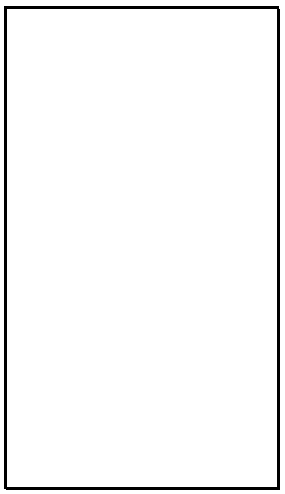
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	4.97	
Specimen Height (㎜)	10.71	
Specimen Weight (g)	570.20	
Bulk Density (kN/㎥)	26.91	
Comp. Strength (MPa)	80.4	
Young's Modulus (GPa)	30.68	
Poisson's Ratio	0.24	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4890	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

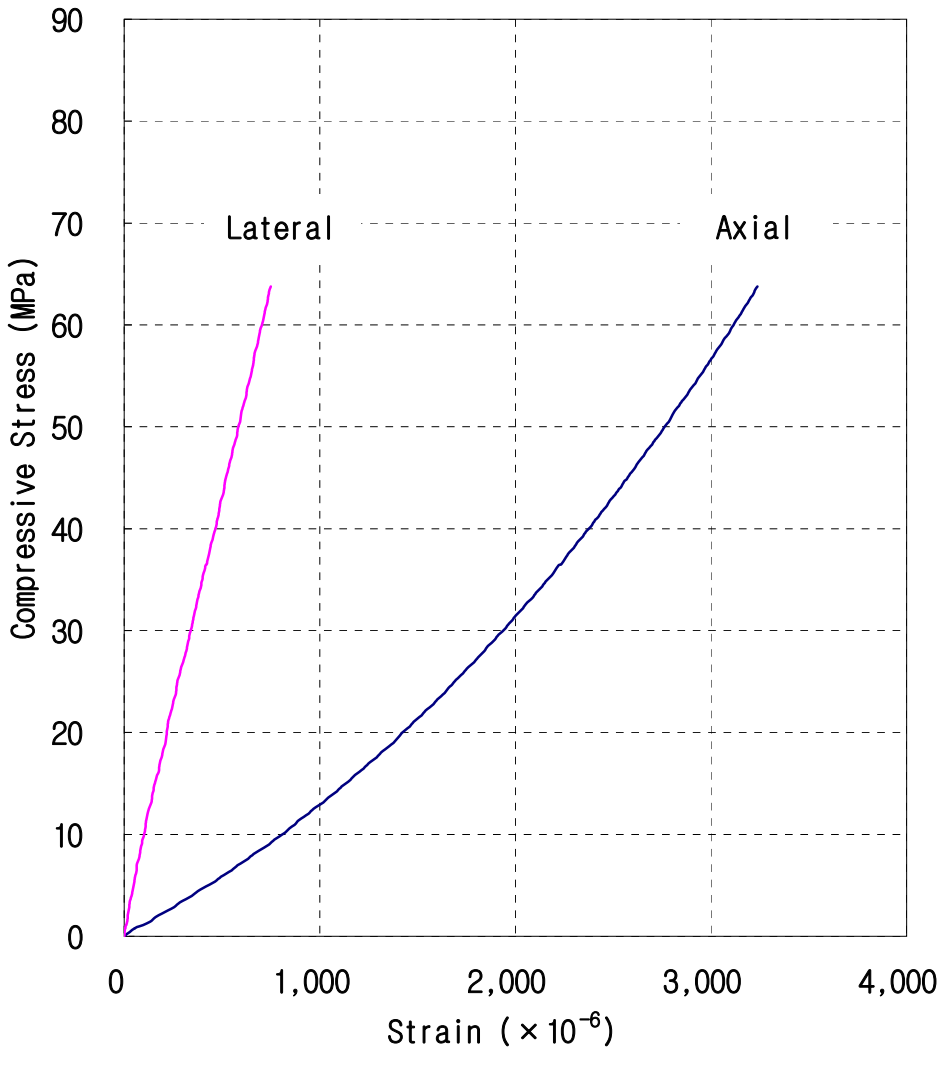
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

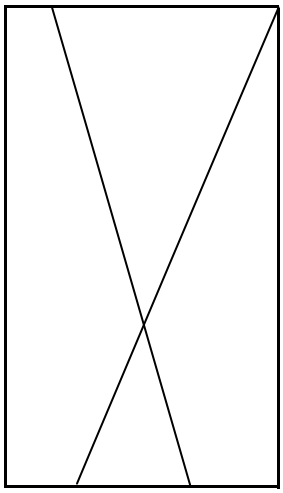
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-9

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 64.6 m - 64.9 m

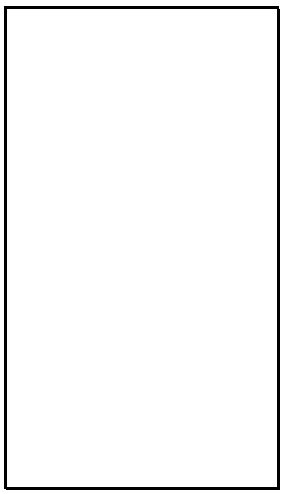
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.04	
Specimen Height (㎜)	10.65	
Specimen Weight (g)	581.80	
Bulk Density (kN/㎥)	26.85	
Comp. Strength (MPa)	63.8	
Young's Modulus (GPa)	21.61	
Poisson's Ratio	0.28	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4277	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

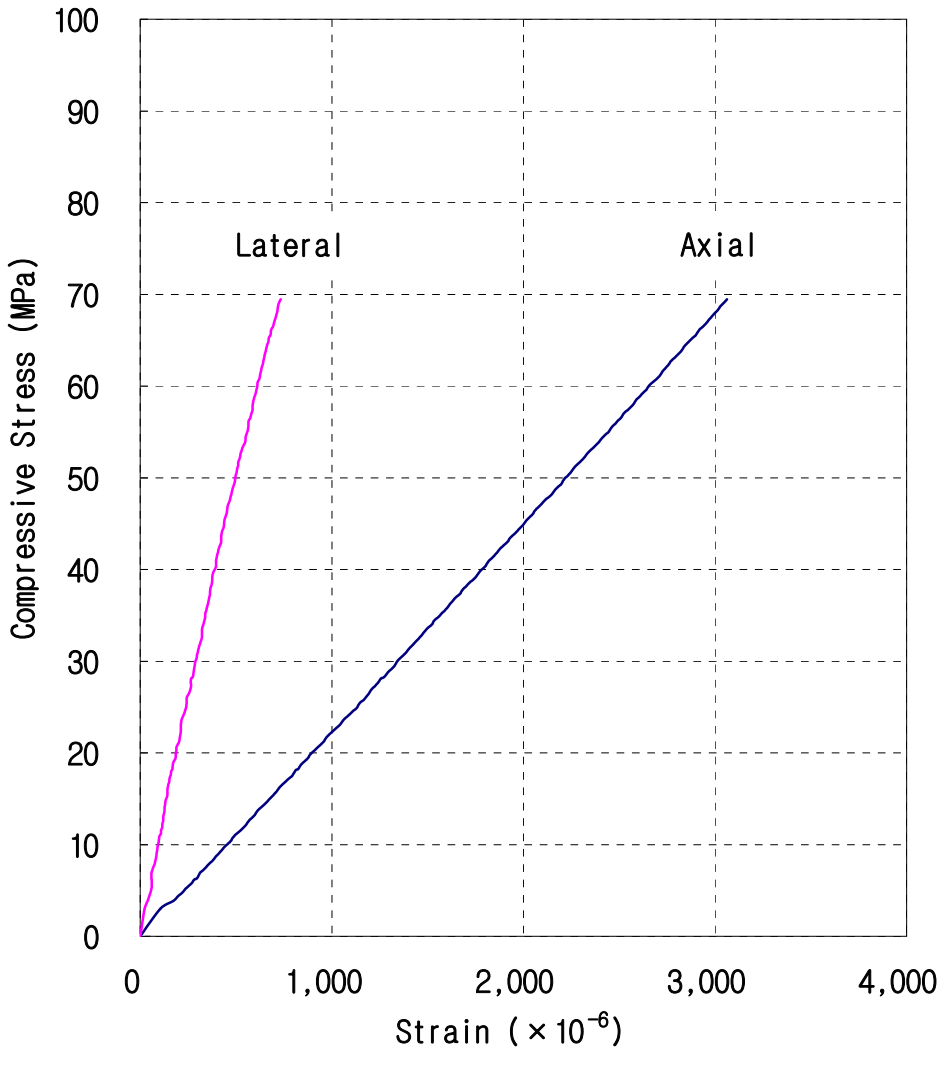
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

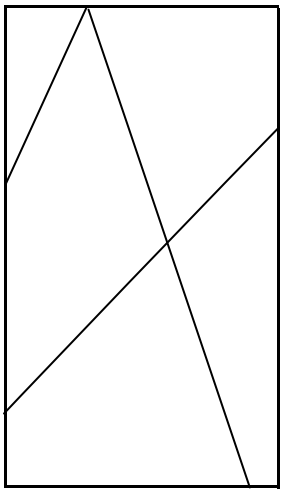
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-10

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 62.7 m - 62.9 m

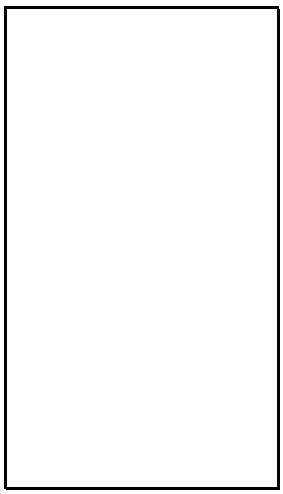
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.05	
Specimen Height (㎜)	10.70	
Specimen Weight (g)	585.10	
Bulk Density (kN/㎥)	26.77	
Comp. Strength (MPa)	69.4	
Young's Modulus (GPa)	22.78	
Poisson's Ratio	0.22	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4403	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

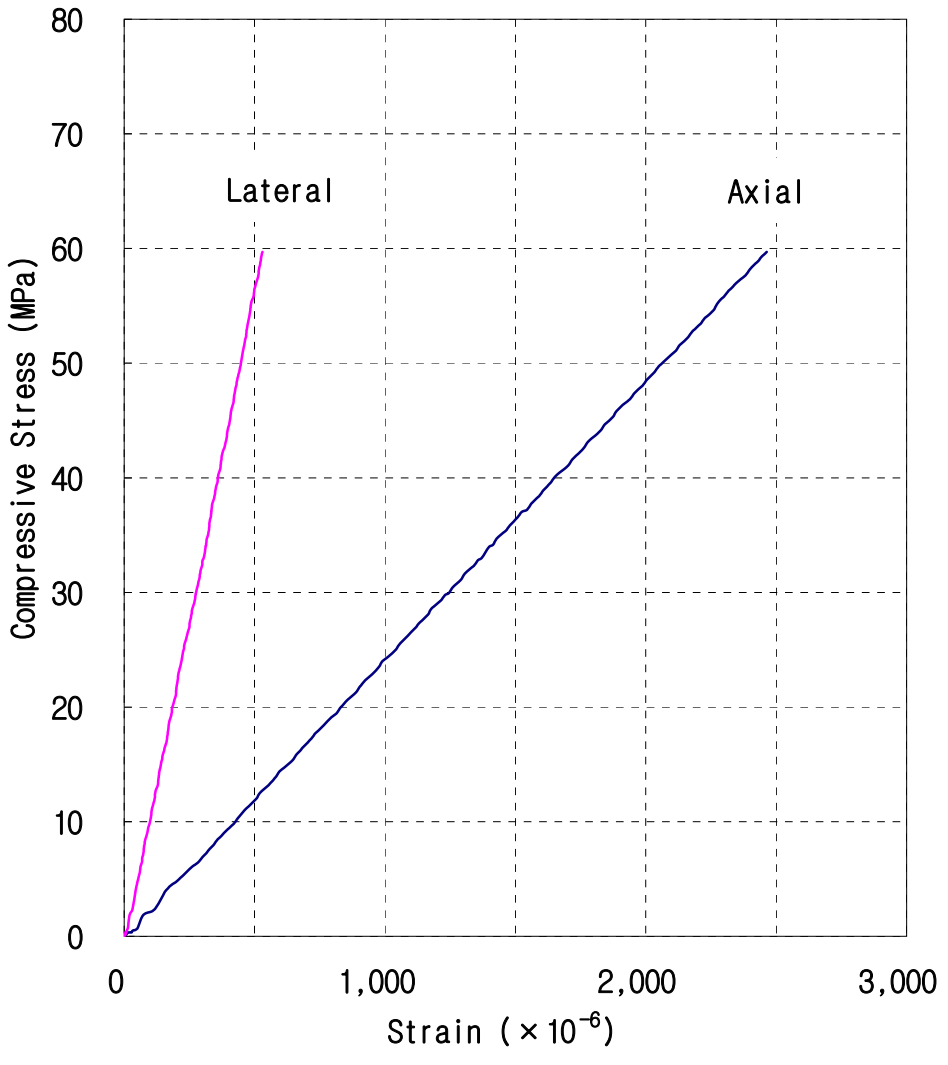
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

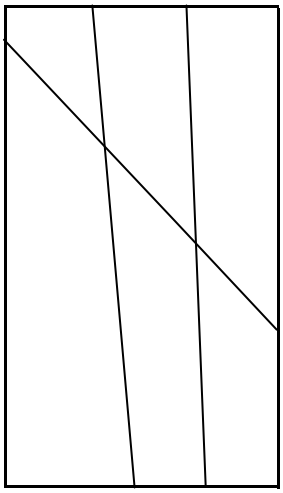
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-11

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 71.0 m - 71.2 m

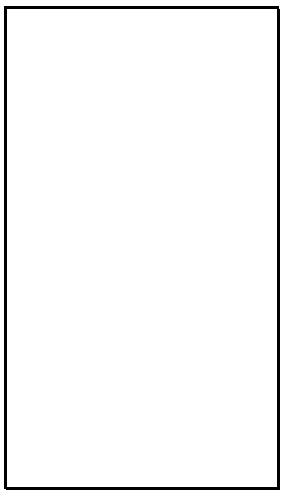
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.04	
Specimen Height (㎜)	10.62	
Specimen Weight (g)	578.50	
Bulk Density (kN/㎥)	26.77	
Comp. Strength (MPa)	59.7	
Young's Modulus (GPa)	24.25	
Poisson's Ratio	0.22	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4407	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

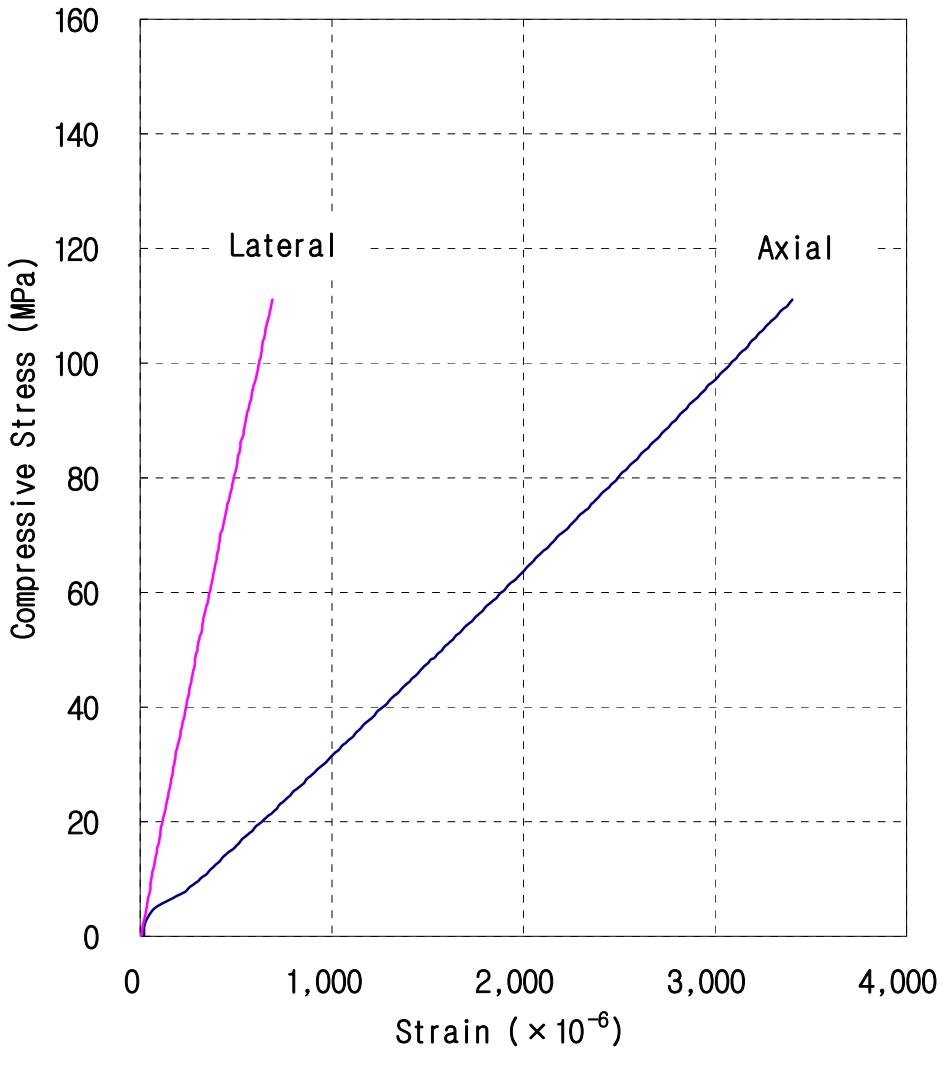
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

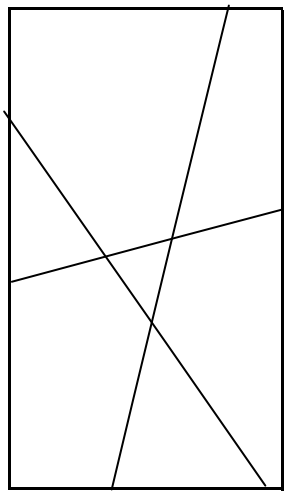
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-12

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 58.6 m - 58.8 m

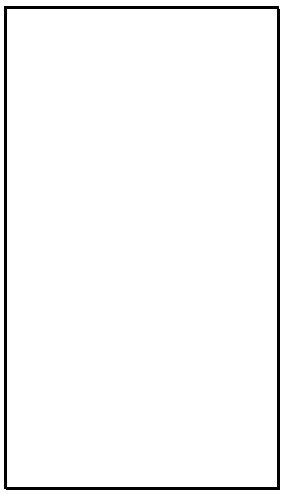
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	5.02	
Specimen Height (mm)	10.66	
Specimen Weight (g)	580.80	
Bulk Density (kN/㎥)	26.99	
Comp. Strength (MPa)	111.1	
Young's Modulus (GPa)	32.76	
Poisson's Ratio	0.20	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4780	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

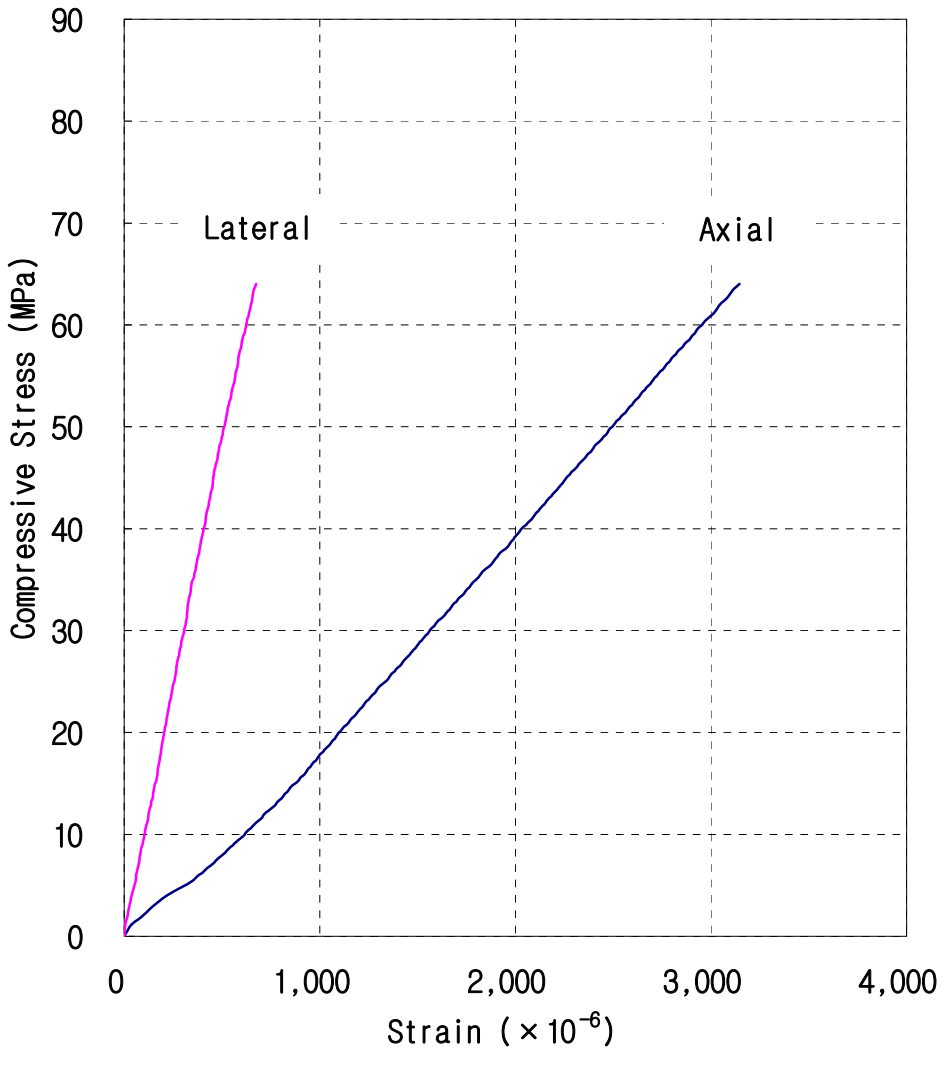
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

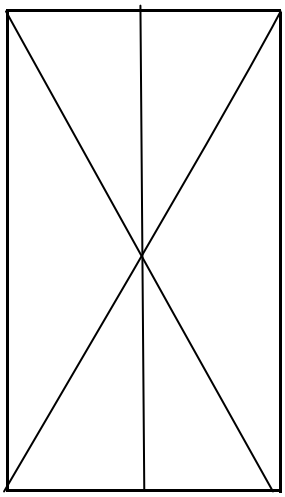
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-13

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 57.0 m - 57.3 m

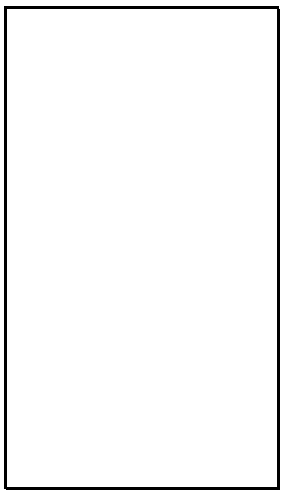
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.01	
Specimen Height (㎜)	10.71	
Specimen Weight (g)	584.60	
Bulk Density (kN/㎥)	27.15	
Comp. Strength (MPa)	64.0	
Young's Modulus (GPa)	21.24	
Poisson's Ratio	0.21	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4577	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

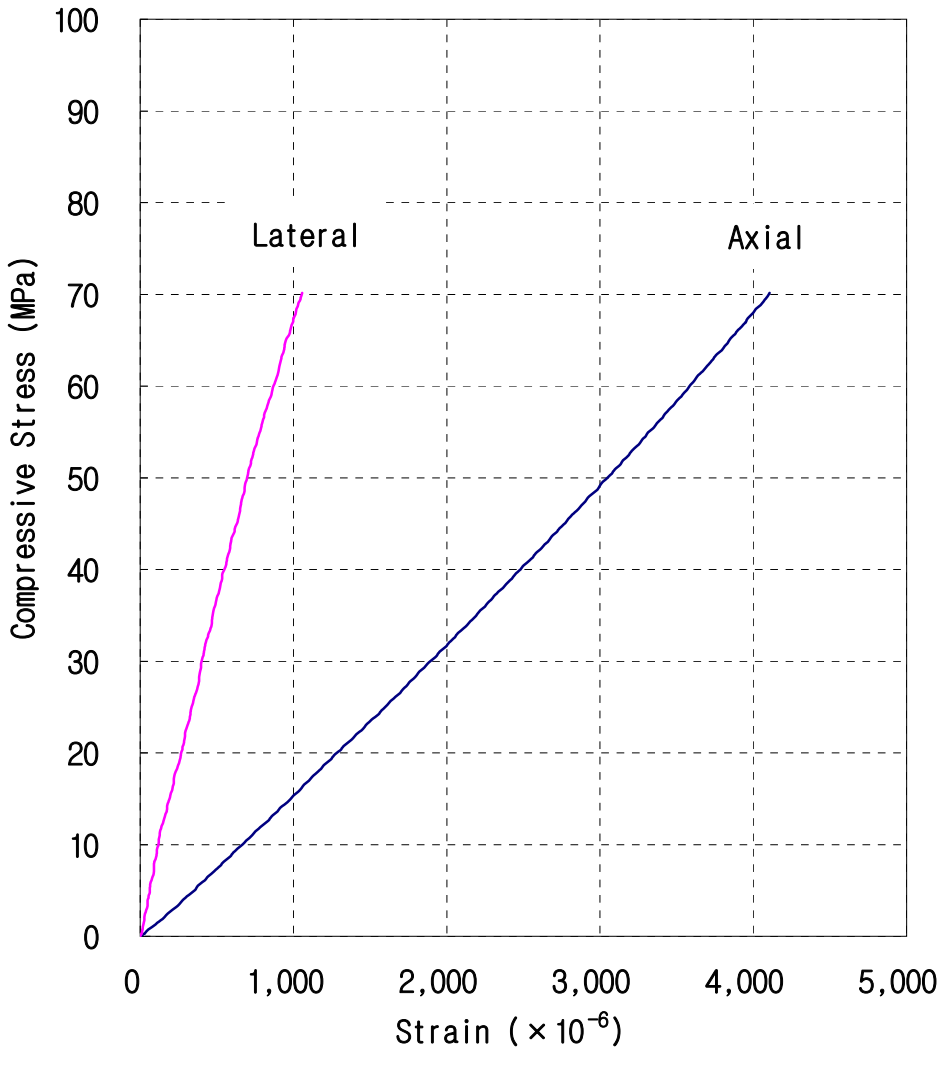
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

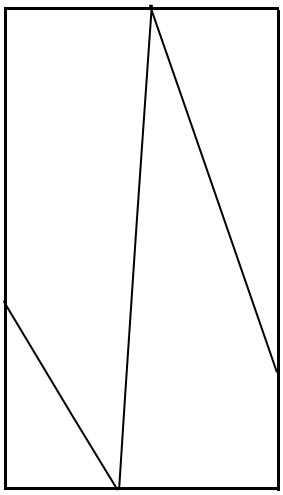
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-14

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 49.9 m - 50.2 m

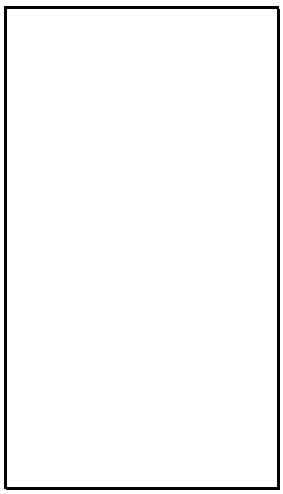
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.03	
Specimen Height (㎜)	10.85	
Specimen Weight (g)	586.10	
Bulk Density (kN/㎥)	26.66	
Comp. Strength (MPa)	70.2	
Young's Modulus (GPa)	17.12	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4540	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

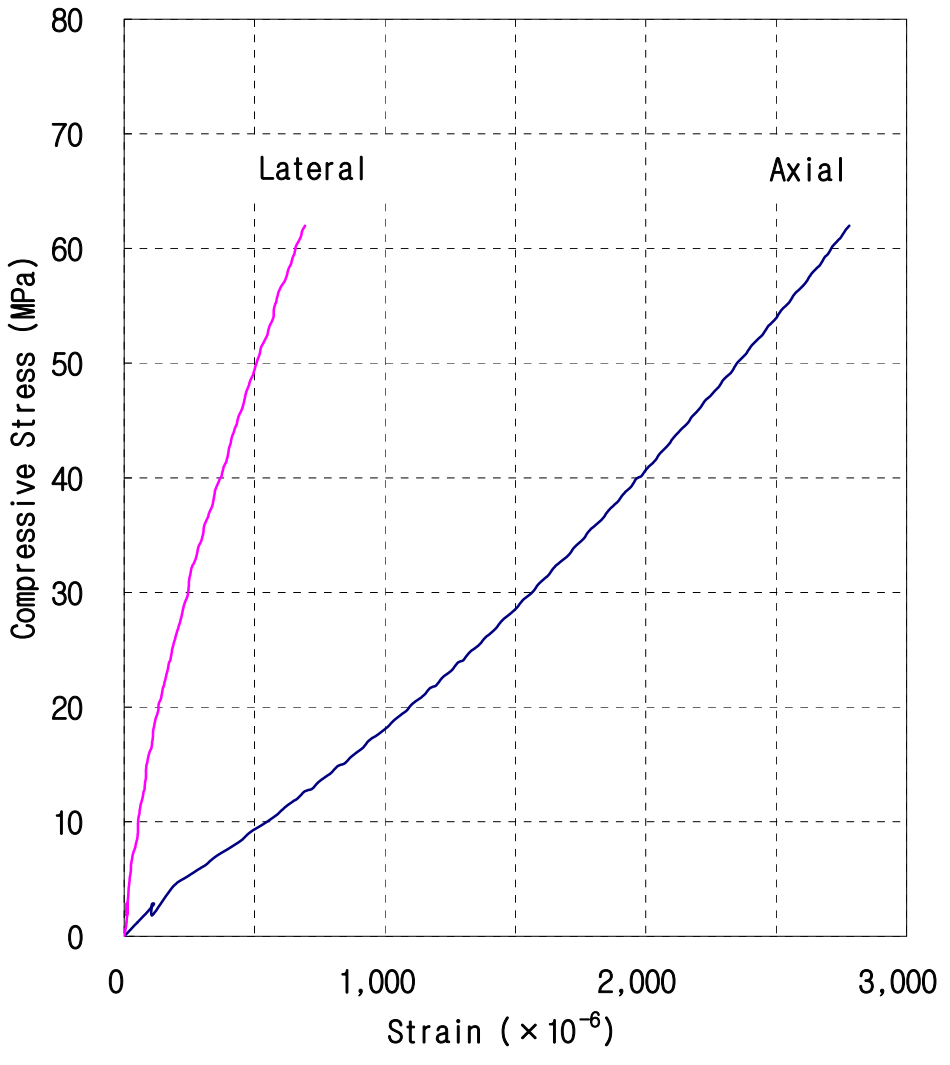
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

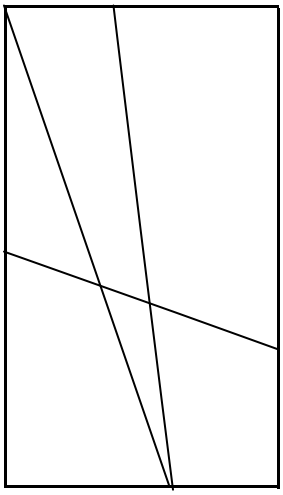
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-15

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 44.1 m - 44.3 m

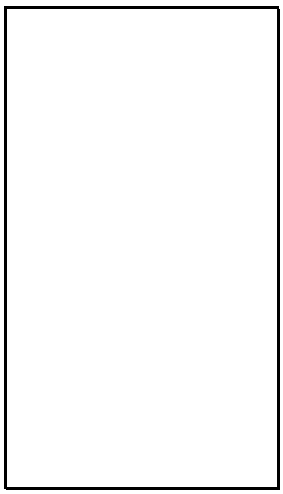
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	5.02	
Specimen Height (mm)	10.03	
Specimen Weight (g)	532.90	
Bulk Density (kN/㎥)	26.32	
Comp. Strength (MPa)	62.0	
Young's Modulus (GPa)	23.24	
Poisson's Ratio	0.28	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4342	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

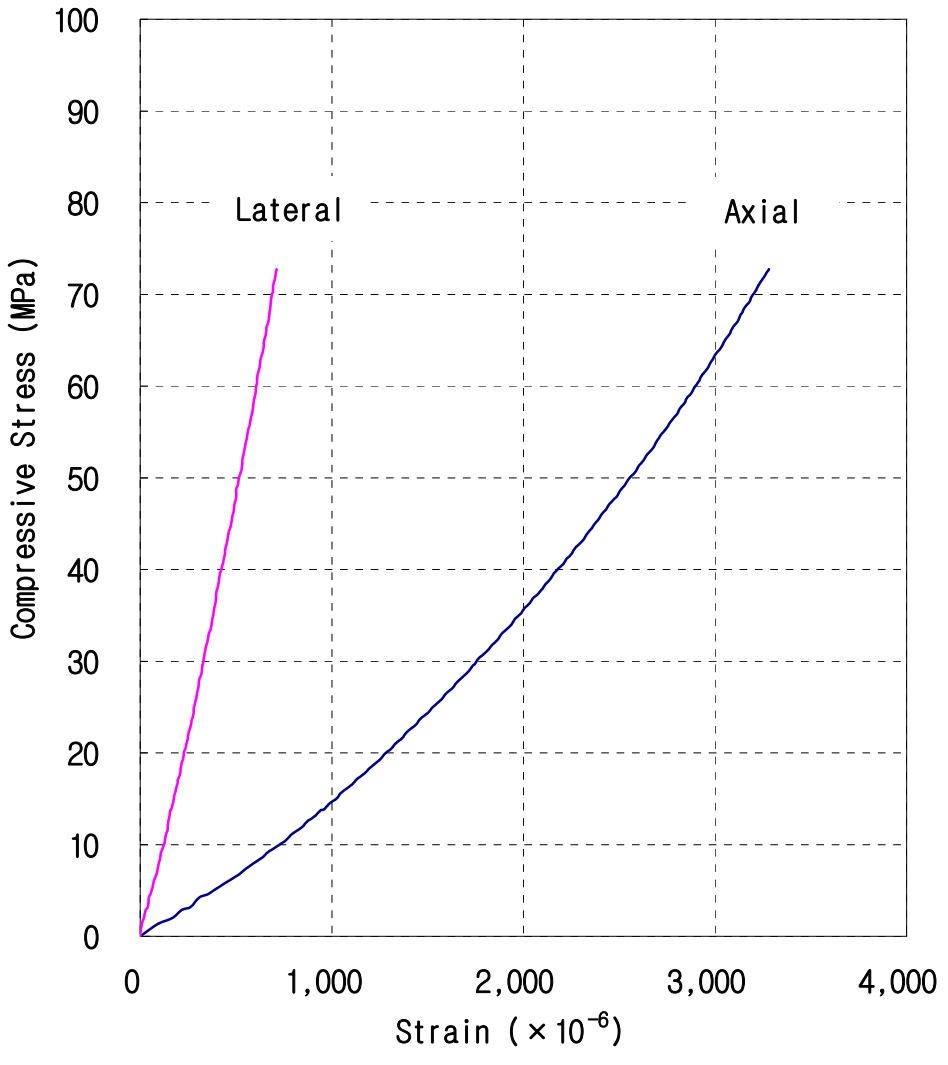
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

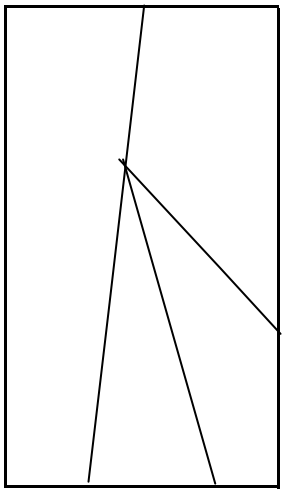
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-16

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 40.8 m - 41.1 m

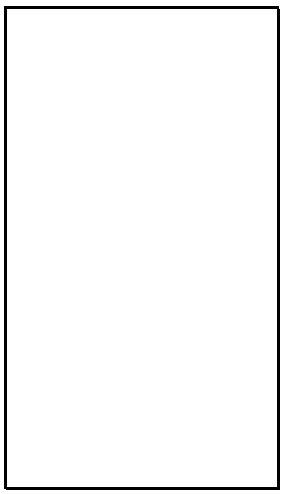
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.01	
Specimen Height (㎜)	11.01	
Specimen Weight (g)	588.60	
Bulk Density (kN/㎥)	26.59	
Comp. Strength (MPa)	72.7	
Young's Modulus (GPa)	24.25	
Poisson's Ratio	0.22	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4766	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 | 접수번호 :

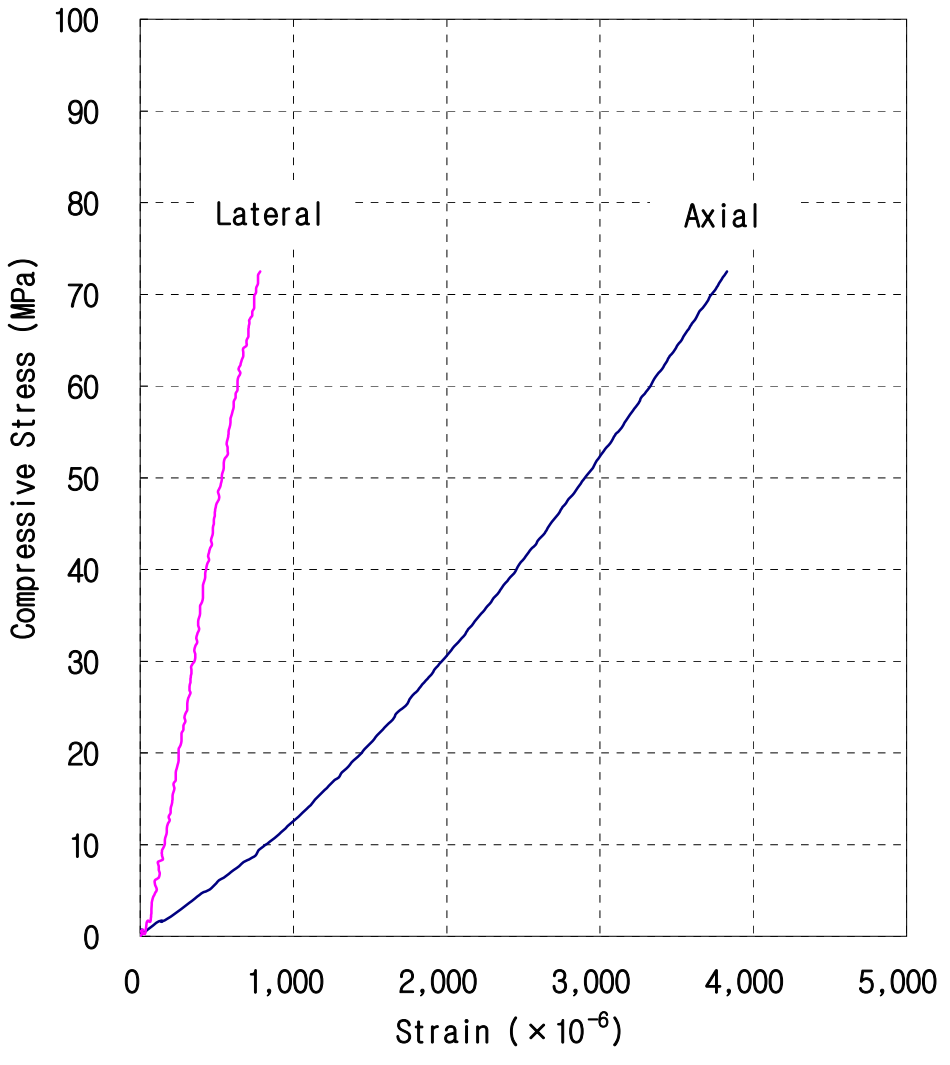
개시일자 : 2013년 4월 8일 | 접수일자 : 2013년 4월 8일

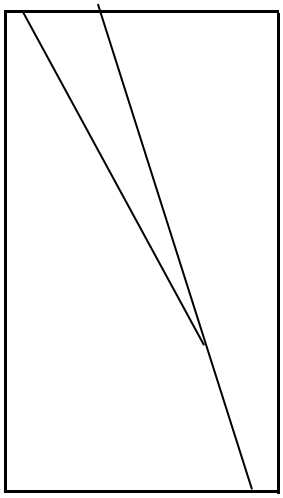
완료일자 : 2013년 4월 12일 | 시험공번 : ATB-17

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 45.8 m - 46.1 m

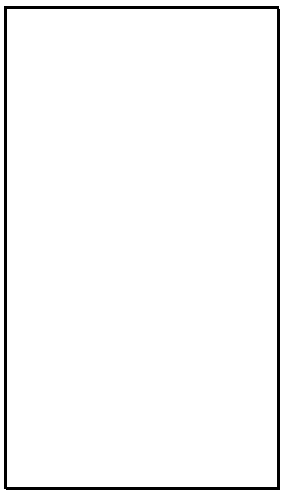
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.01	
Specimen Height (㎜)	10.38	
Specimen Weight (g)	556.50	
Bulk Density (kN/㎥)	26.67	
Comp. Strength (MPa)	72.5	
Young's Modulus (GPa)	20.77	
Poisson's Ratio	0.19	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4220	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 | 접수번호 :

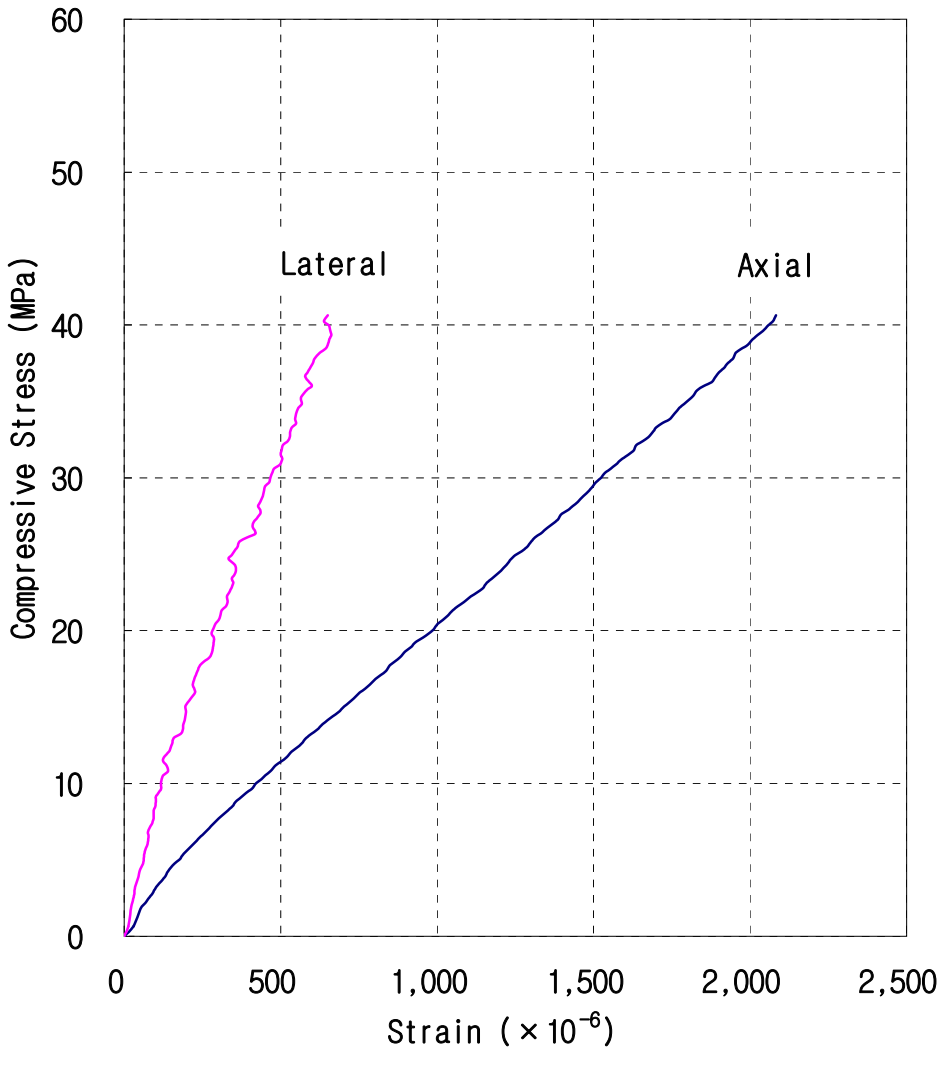
개시일자 : 2013년 4월 8일 | 접수일자 : 2013년 4월 8일

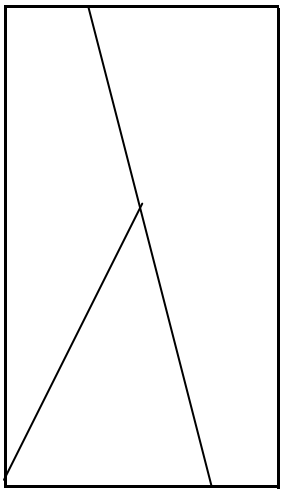
완료일자 : 2013년 4월 12일 | 시험공번 : ATB-18

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 38.5 m - 38.7 m

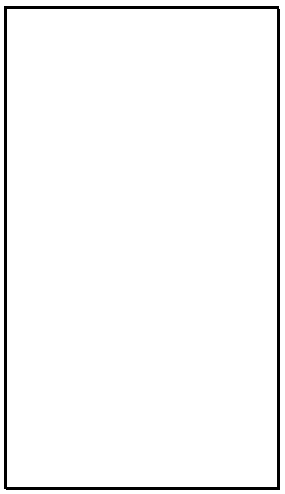
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.02	
Specimen Height (㎜)	10.75	
Specimen Weight (g)	559.30	
Bulk Density (kN/㎥)	25.78	
Comp. Strength (MPa)	40.6	
Young's Modulus (GPa)	18.14	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3424	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

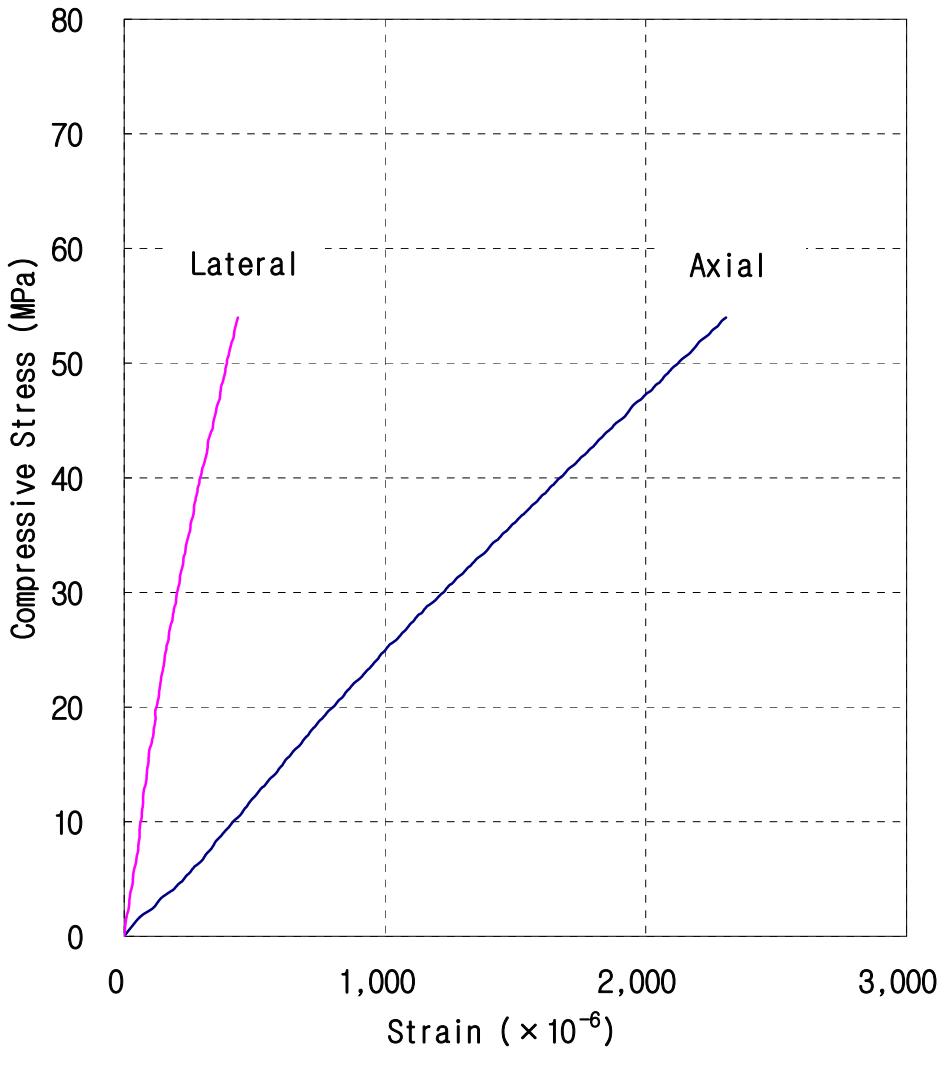
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

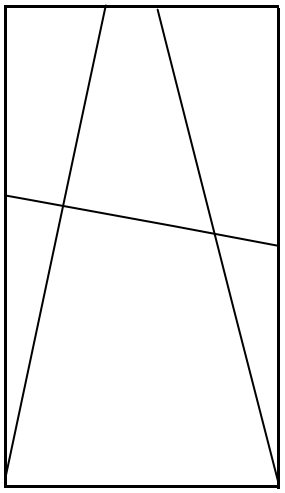
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-19

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 40.2 m - 40.35 m

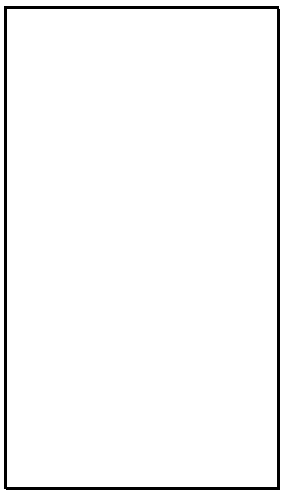
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.05	
Specimen Height (㎜)	10.43	
Specimen Weight (g)	582.10	
Bulk Density (kN/㎥)	27.32	
Comp. Strength (MPa)	54.0	
Young's Modulus (GPa)	23.09	
Poisson's Ratio	0.19	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4719	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

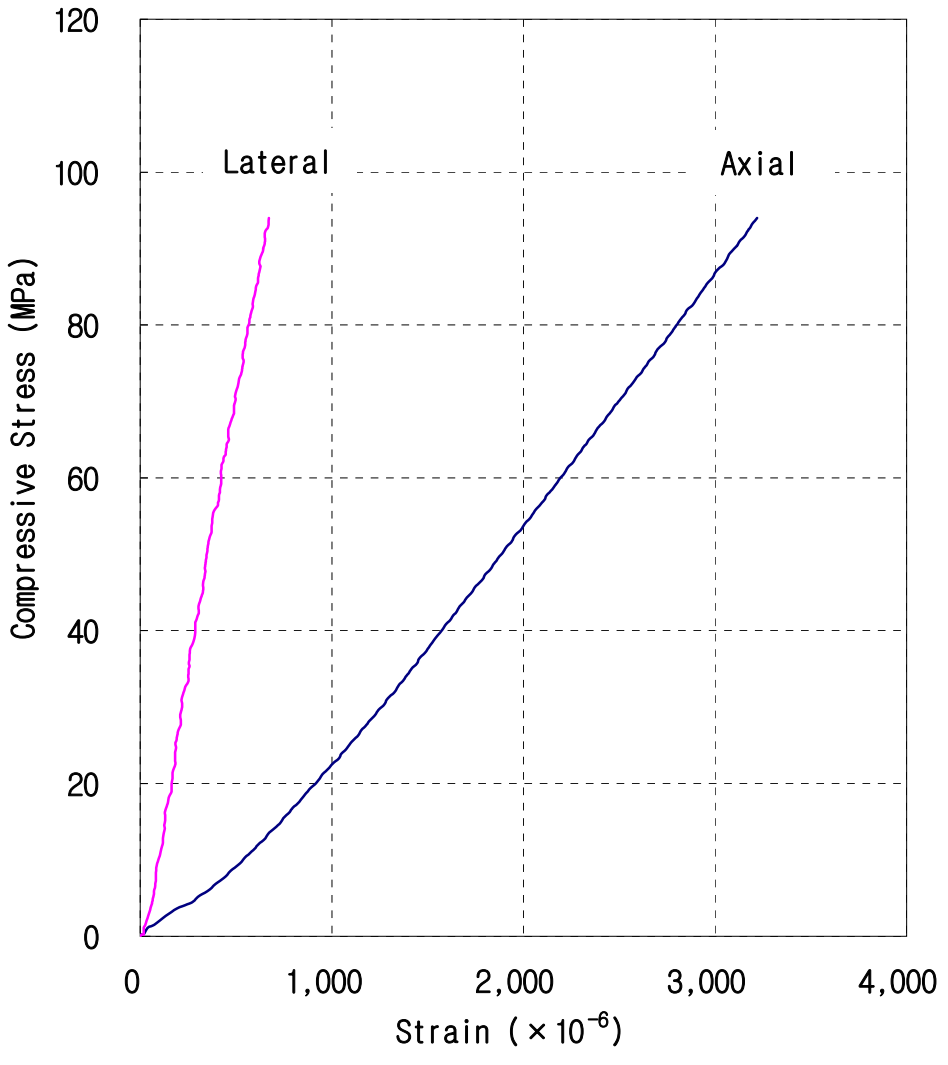
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

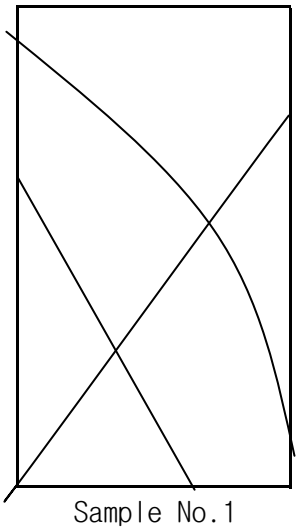
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-20

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 39.8 m - 39.9 m

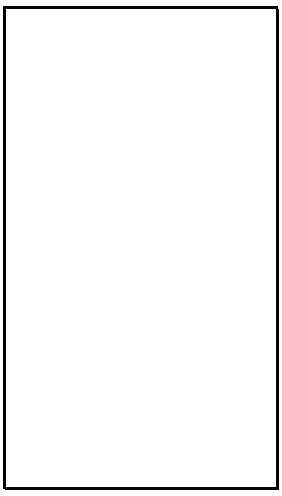
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	4.99	
Specimen Height (㎜)	10.65	
Specimen Weight (g)	570.10	
Bulk Density (kN/㎥)	26.84	
Comp. Strength (MPa)	94.0	
Young's Modulus (GPa)	32.08	
Poisson's Ratio	0.24	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4419	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

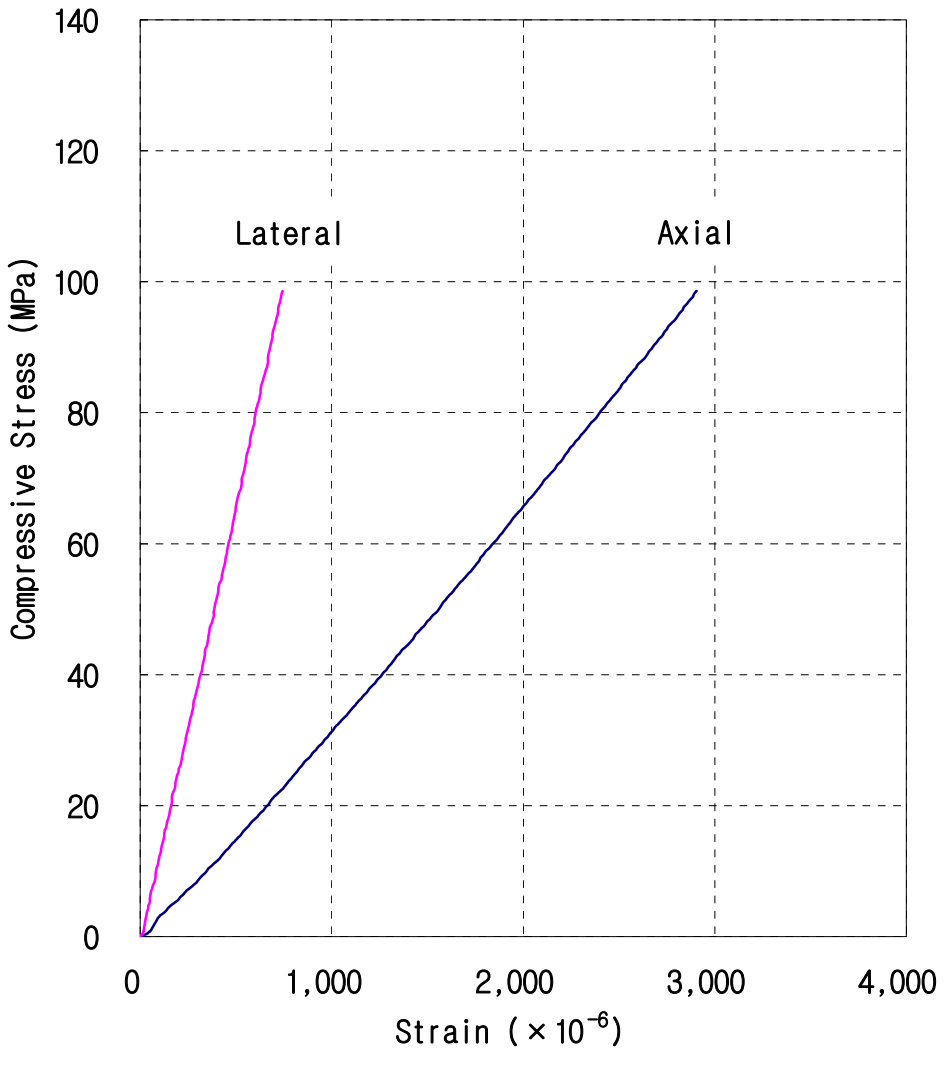
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

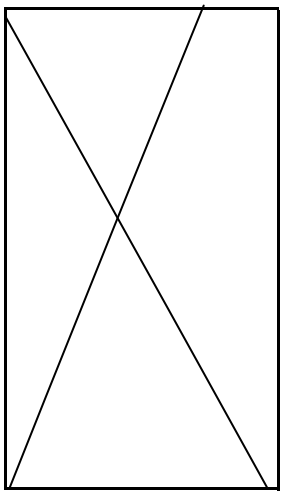
완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : ATB-21

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 28.9 m - 29.0 m

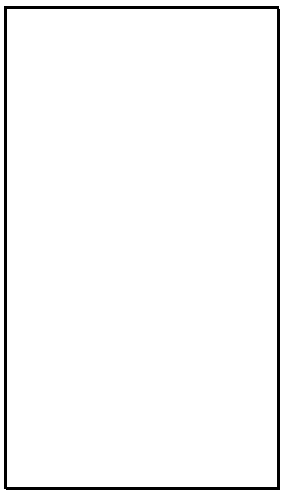
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.03	
Specimen Height (㎜)	10.24	
Specimen Weight (g)	553.60	
Bulk Density (kN/㎥)	26.68	
Comp. Strength (MPa)	98.6	
Young's Modulus (GPa)	34.38	
Poisson's Ratio	0.26	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4785	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

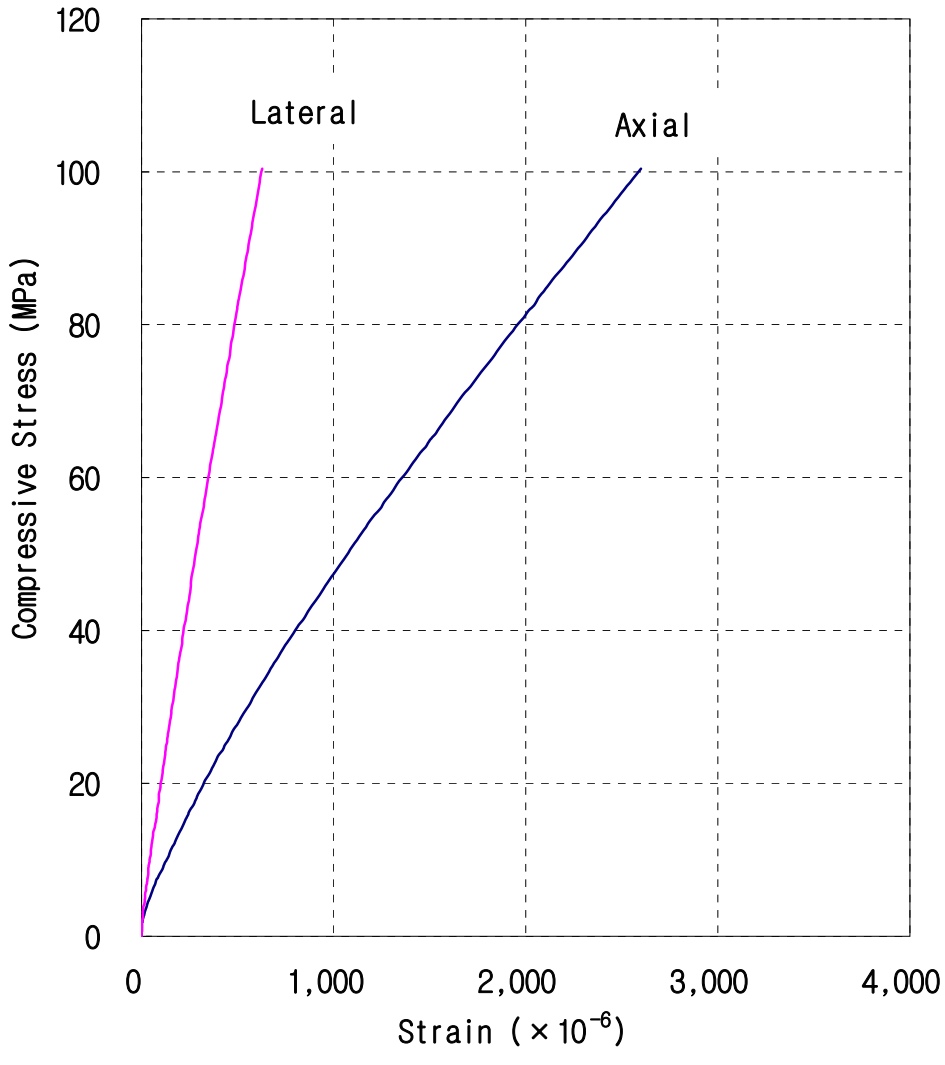
개시일자 : 2013년 7월 5일 접수일자 : 2013년 7월 5일

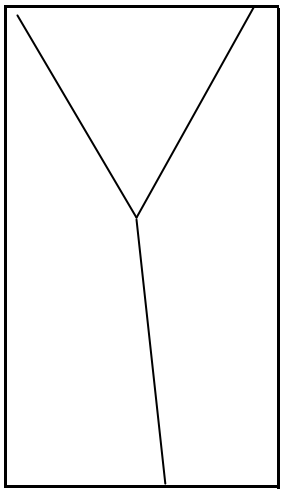
완료일자 : 2013년 7월 16일 시험공번 : NATB-1

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 62.85 m - 63.05 m

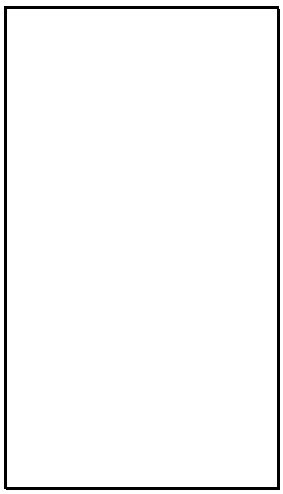
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.05	
Specimen Height (㎜)	10.13	
Specimen Weight (g)	552.40	
Bulk Density (kN/㎥)	26.73	
Comp. Strength (MPa)	100.4	
Young's Modulus (GPa)	37.14	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4462	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 | 접수번호 :

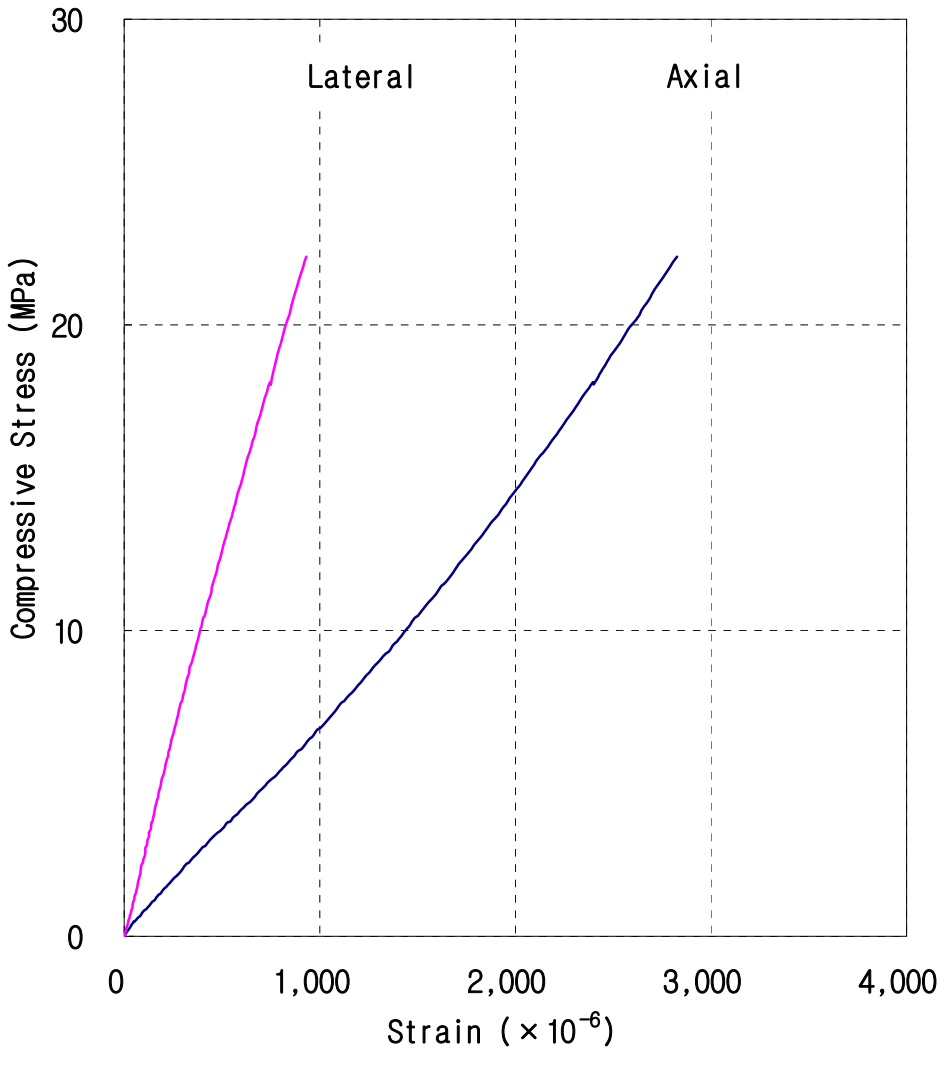
개시일자 : 2013년 7월 5일 | 접수일자 : 2013년 7월 5일

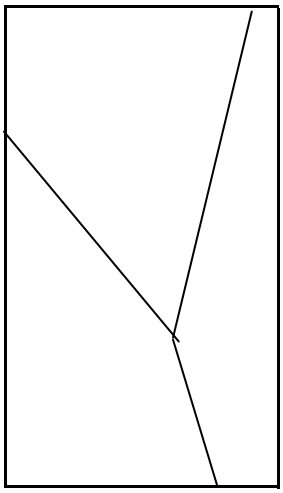
완료일자 : 2013년 7월 16일 | 시험공번 : NATB-2

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 68.0 m - 68.1 m

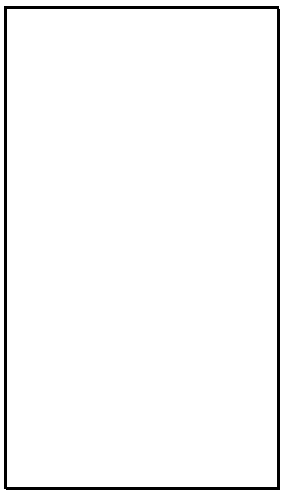
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.04	
Specimen Height (㎜)	9.90	
Specimen Weight (g)	517.20	
Bulk Density (kN/㎥)	25.66	
Comp. Strength (MPa)	22.2	
Young's Modulus (GPa)	7.63	
Poisson's Ratio	0.32	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3009	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

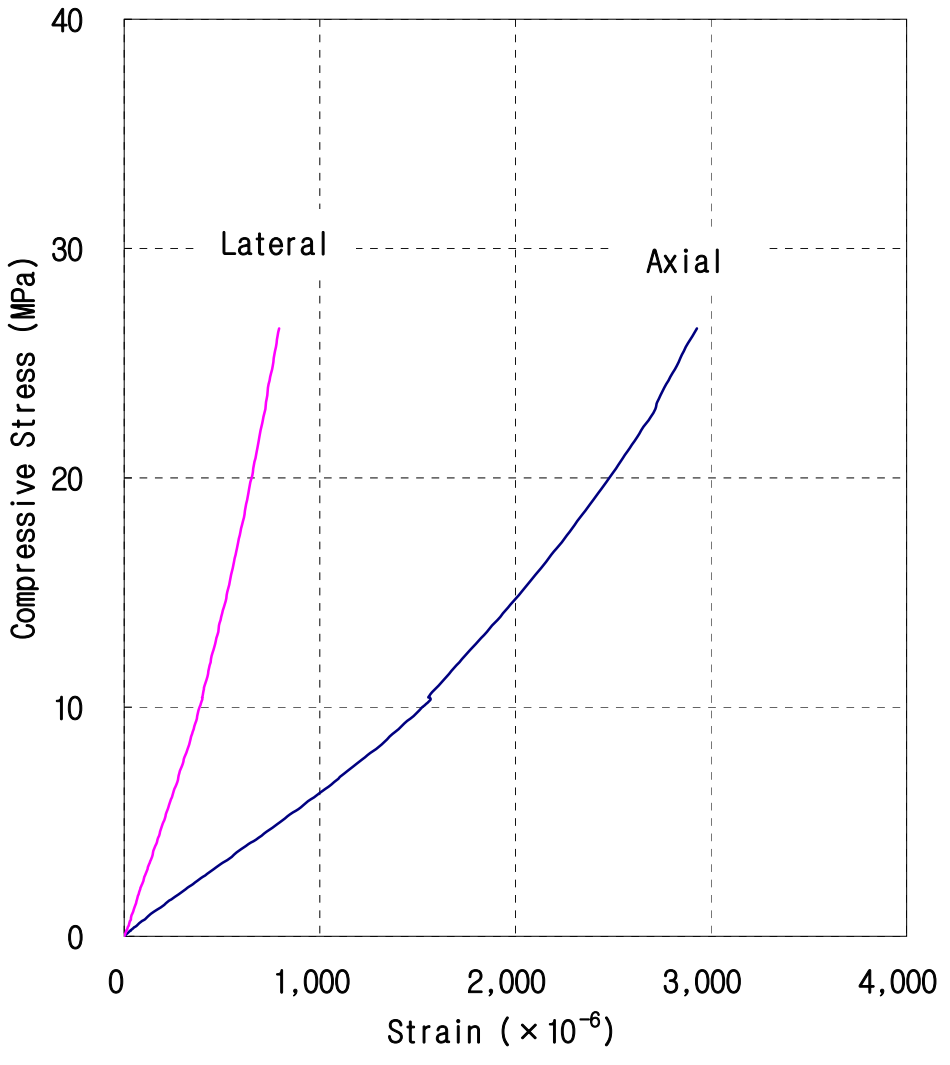
개시일자 : 2013년 7월 5일 접수일자 : 2013년 7월 5일

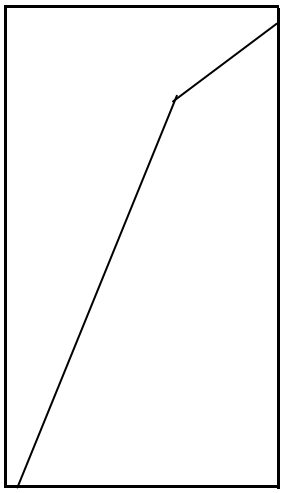
완료일자 : 2013년 7월 16일 시험공번 : NATB-3

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 62.8 m - 62.9 m

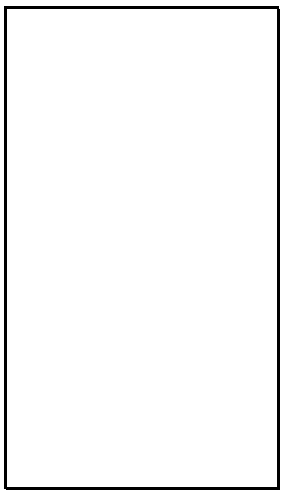
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	5.09	
Specimen Height (mm)	10.24	
Specimen Weight (g)	547.00	
Bulk Density (kN/㎥)	25.74	
Comp. Strength (MPa)	26.5	
Young's Modulus (GPa)	9.95	
Poisson's Ratio	0.27	
Elastic Wave Velocity (m/s)	2995	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

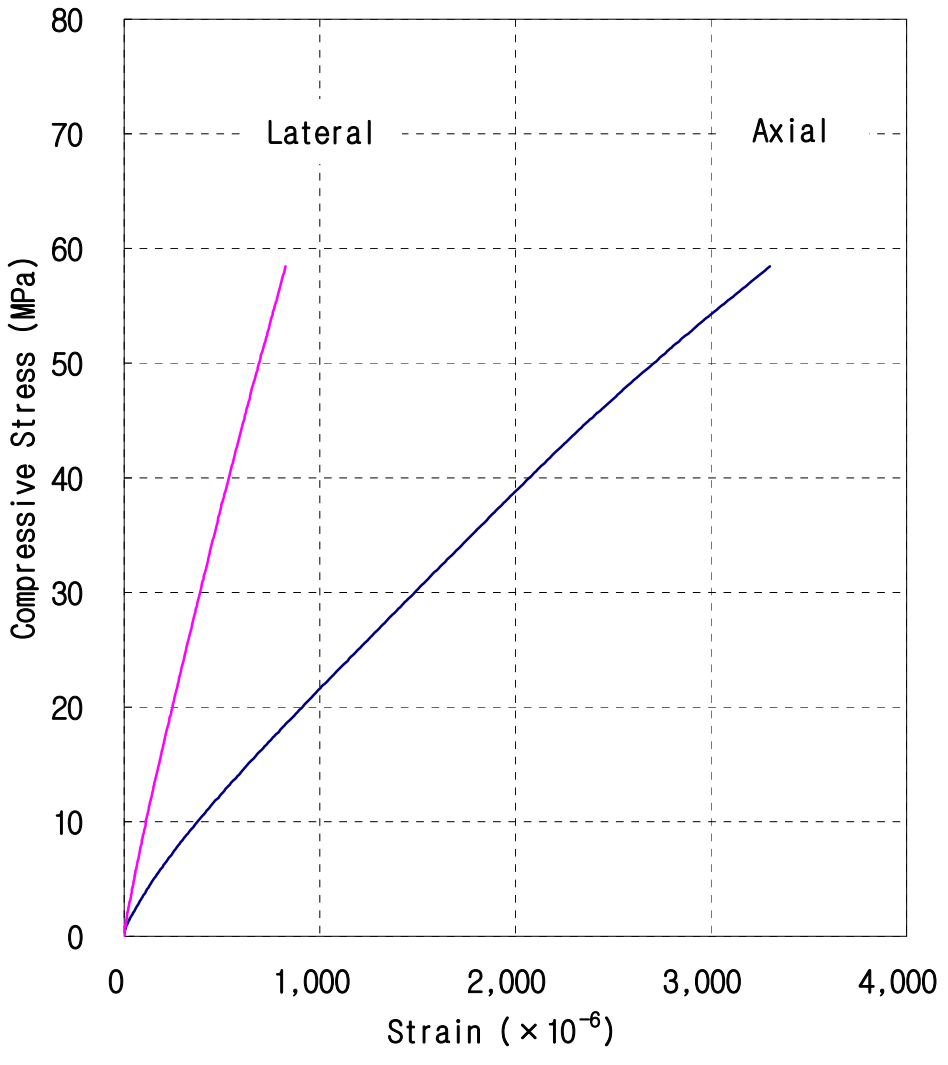
개시일자 : 2013년 7월 5일 접수일자 : 2013년 7월 5일

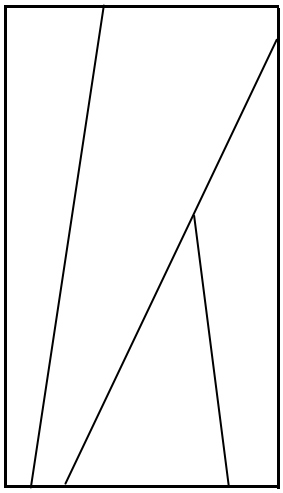
완료일자 : 2013년 7월 16일 시험공번 : NATB-4

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 37.9 m - 38.0 m

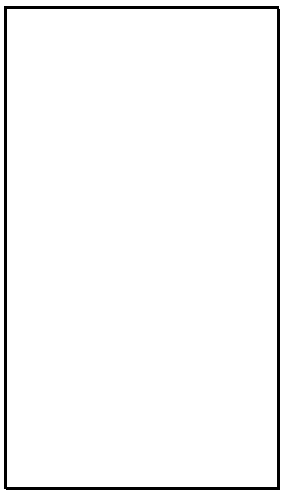
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.04	
Specimen Height (㎜)	10.20	
Specimen Weight (g)	562.40	
Bulk Density (kN/㎥)	27.12	
Comp. Strength (MPa)	58.4	
Young's Modulus (GPa)	20.74	
Poisson's Ratio	0.26	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3421	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 | 접수번호 :

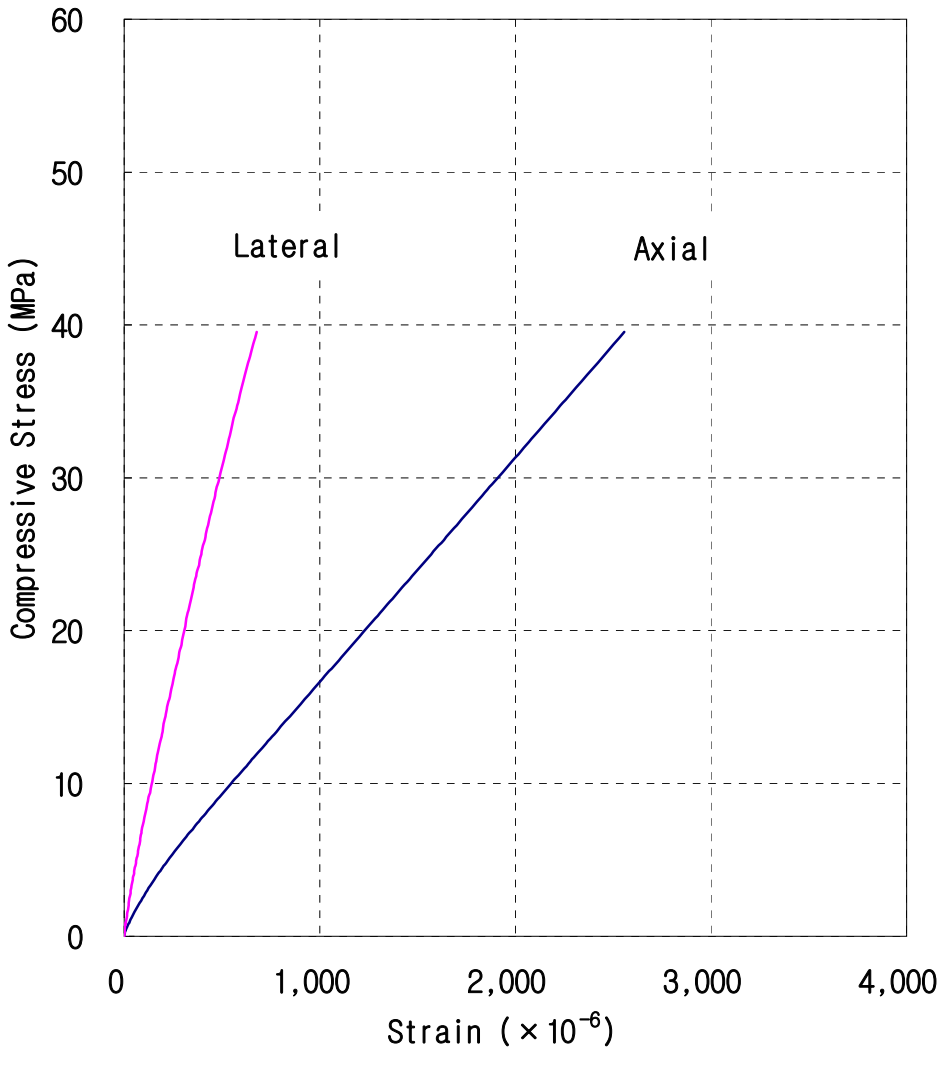
개시일자 : 2013년 7월 5일 | 접수일자 : 2013년 7월 5일

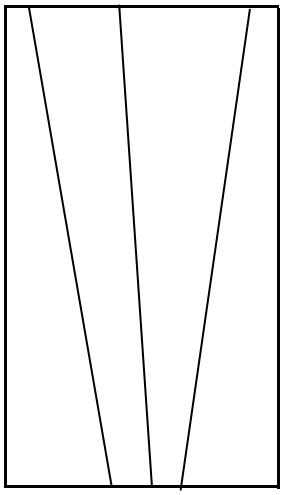
완료일자 : 2013년 7월 16일 | 시험공번 : NATB-7

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 62.2 m - 62.3 m

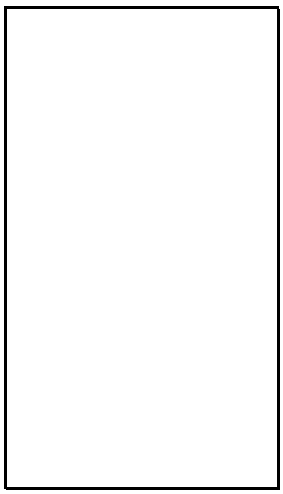
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.06	
Specimen Height (㎜)	10.10	
Specimen Weight (g)	547.20	
Bulk Density (kN/㎥)	26.48	
Comp. Strength (MPa)	39.5	
Young's Modulus (GPa)	14.66	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3289	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

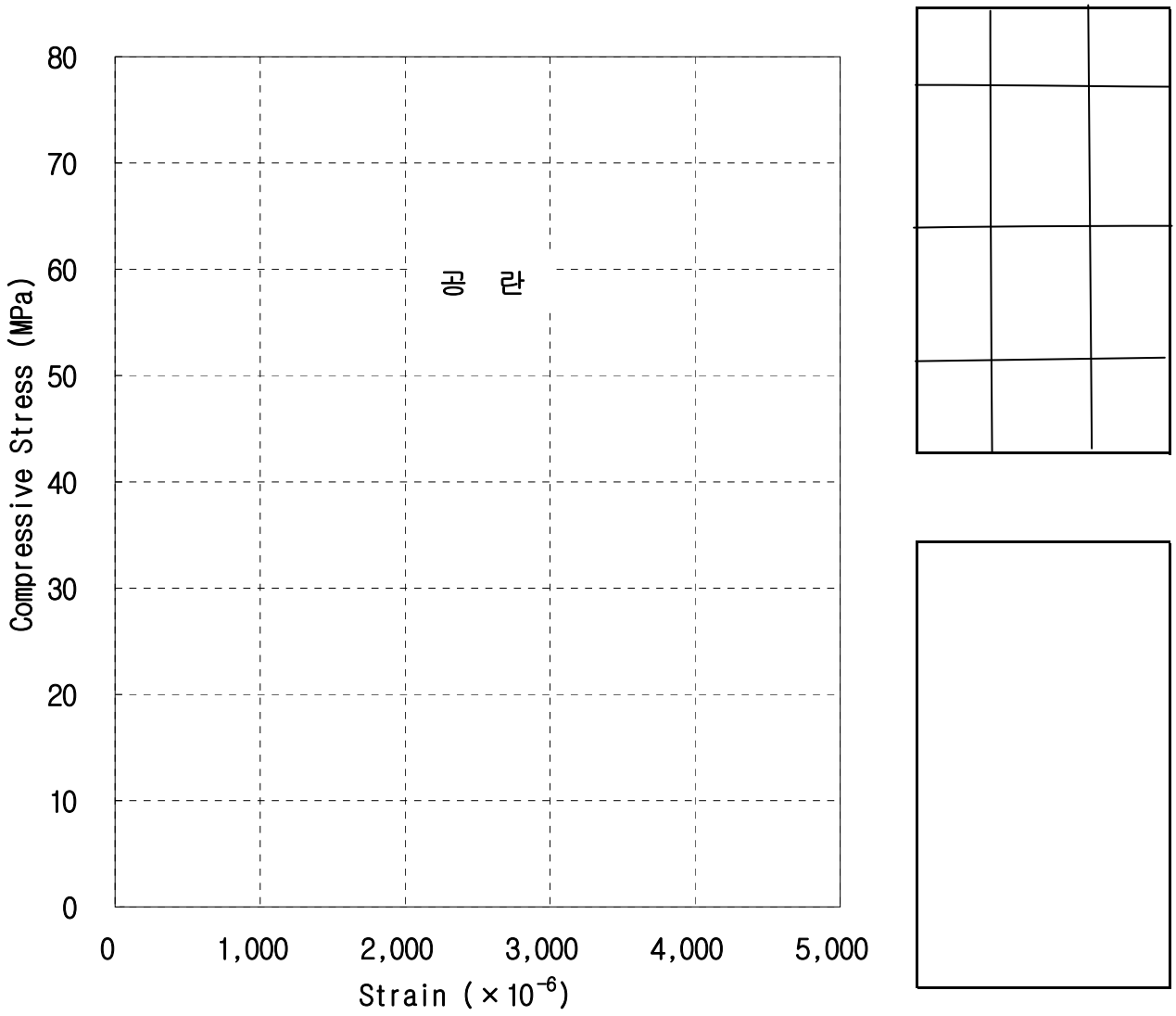
개시일자 : 2013년 4월 3일 접수일자 : 2013년 4월 2일

완료일자 : 2013년 4월 12일 시험공번 : NNBB-6

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 16.8 m - 16.9 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.05	
Specimen Height (㎜)	10.51	
Specimen Weight (g)	518.60	
Bulk Density (kN/㎥)	24.16	
Comp. Strength (MPa)	4.6	
Young's Modulus (GPa)	-	
Poisson's Ratio	-	
Elastic Wave Velocity (m/s)	2049	



UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

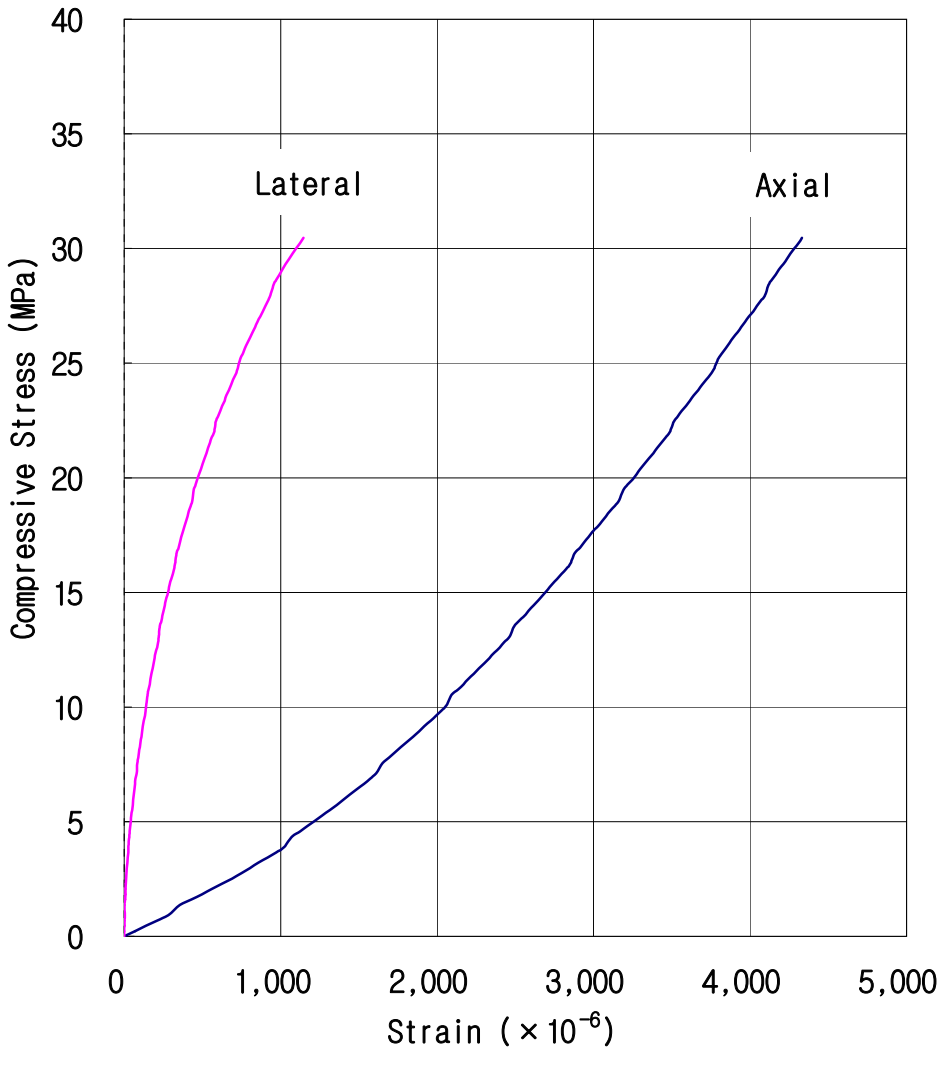
개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

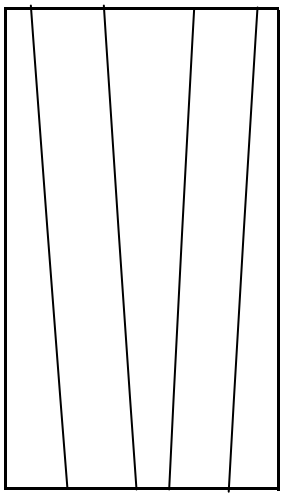
완료일자 : 2013년 4월 2일 시험공번 : NNTB-1

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 25.9 m - 26.1 m

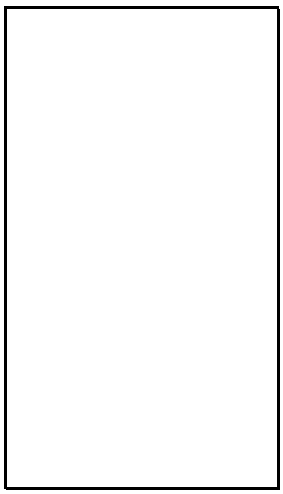
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	5.07	
Specimen Height (mm)	10.28	
Specimen Weight (g)	538.60	
Bulk Density (kN/㎥)	25.45	
Comp. Strength (MPa)	30.5	
Young's Modulus (GPa)	8.32	
Poisson's Ratio	0.28	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3125	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

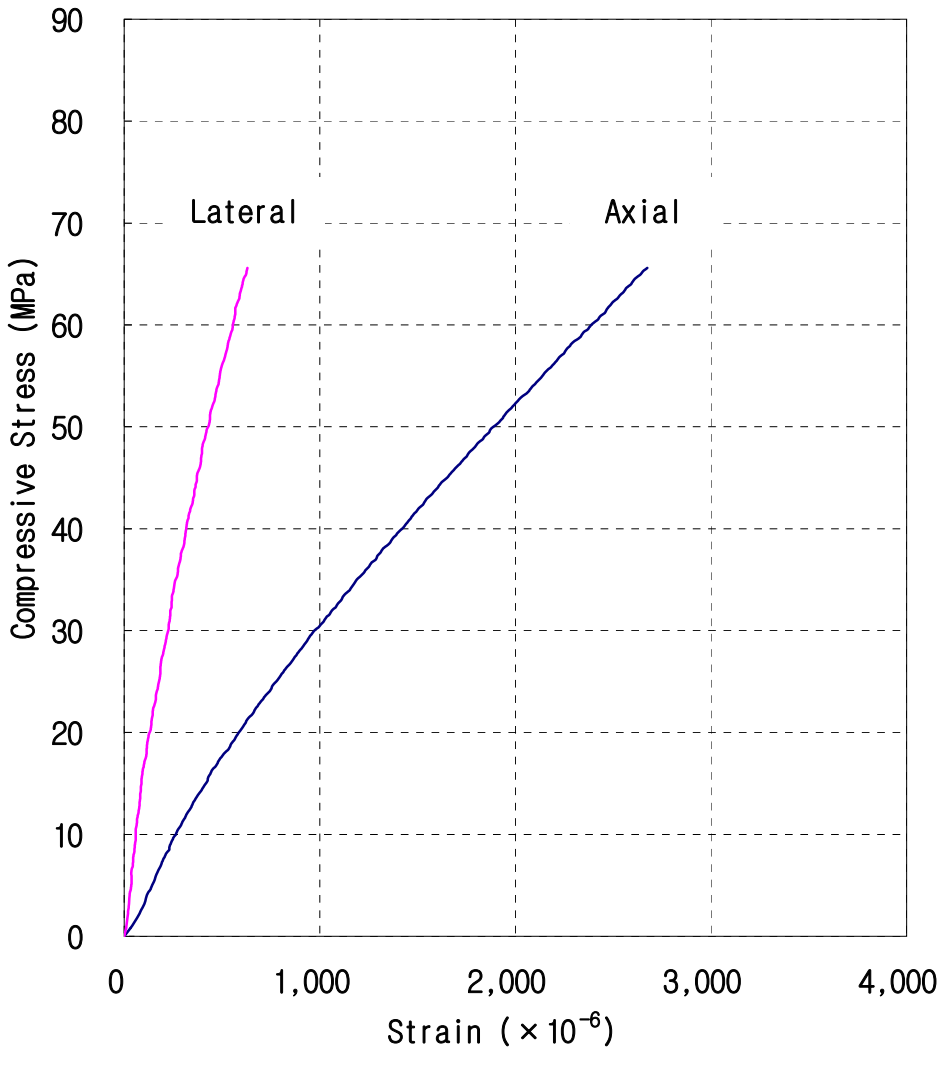
개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

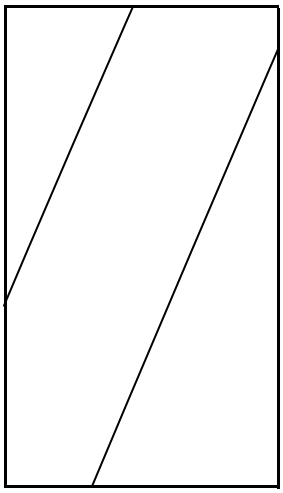
완료일자 : 2013년 4월 2일 시험공번 : NNTB-2

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 29.0 m - 29.1 m

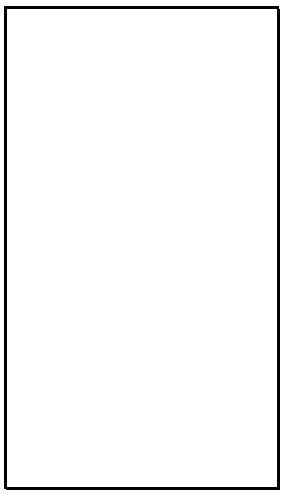
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.05	
Specimen Height (㎜)	9.27	
Specimen Weight (g)	499.90	
Bulk Density (kN/㎥)	26.40	
Comp. Strength (MPa)	65.6	
Young's Modulus (GPa)	23.25	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4682	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

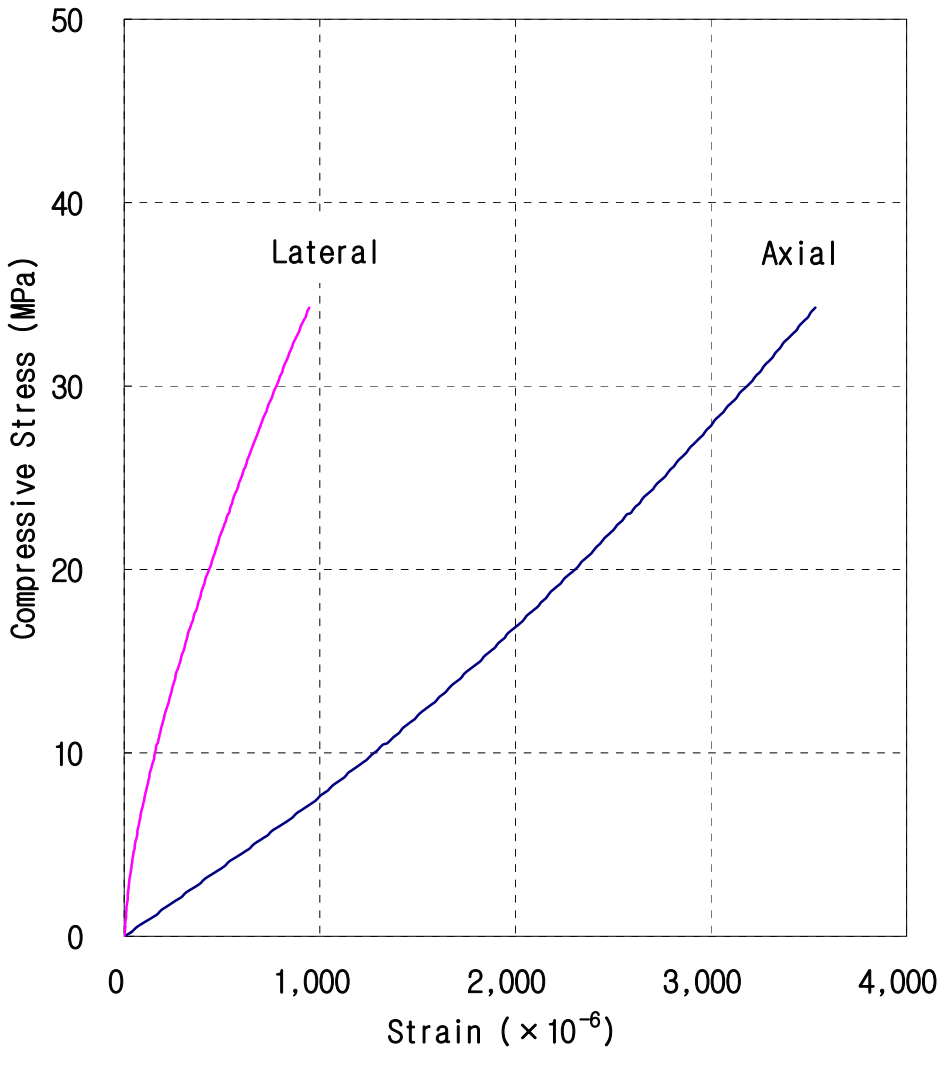
개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

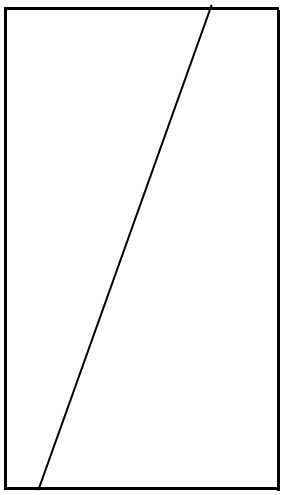
완료일자 : 2013년 4월 2일 시험공번 : NNTB-3

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 44.6 m - 44.7 m

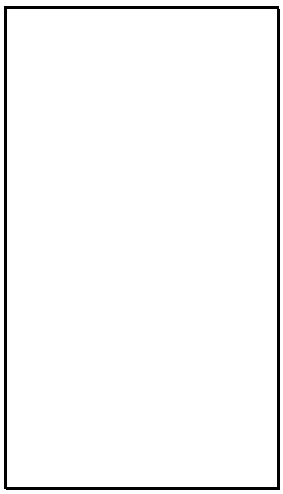
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.03	
Specimen Height (㎜)	10.29	
Specimen Weight (g)	552.30	
Bulk Density (kN/㎥)	26.49	
Comp. Strength (MPa)	34.3	
Young's Modulus (GPa)	10.11	
Poisson's Ratio	0.30	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3226	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

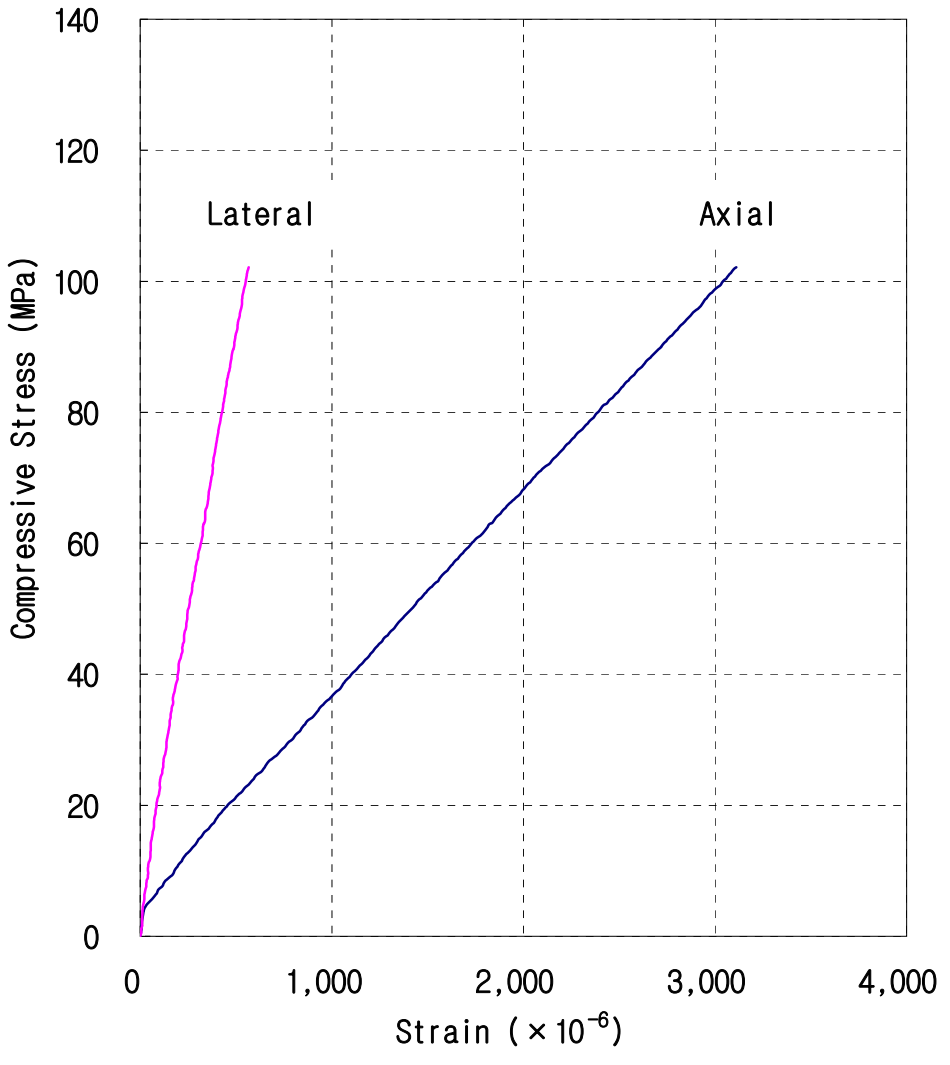
개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

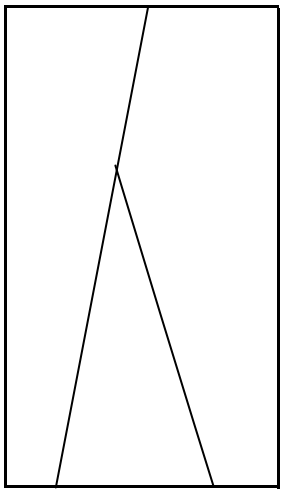
완료일자 : 2013년 4월 2일 시험공번 : NNTB-4

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 41.2 m - 41.4 m

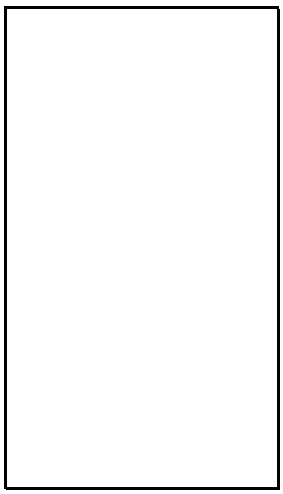
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.04	
Specimen Height (㎜)	10.40	
Specimen Weight (g)	559.00	
Bulk Density (kN/㎥)	26.42	
Comp. Strength (MPa)	102.2	
Young's Modulus (GPa)	31.64	
Poisson's Ratio	0.20	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4976	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

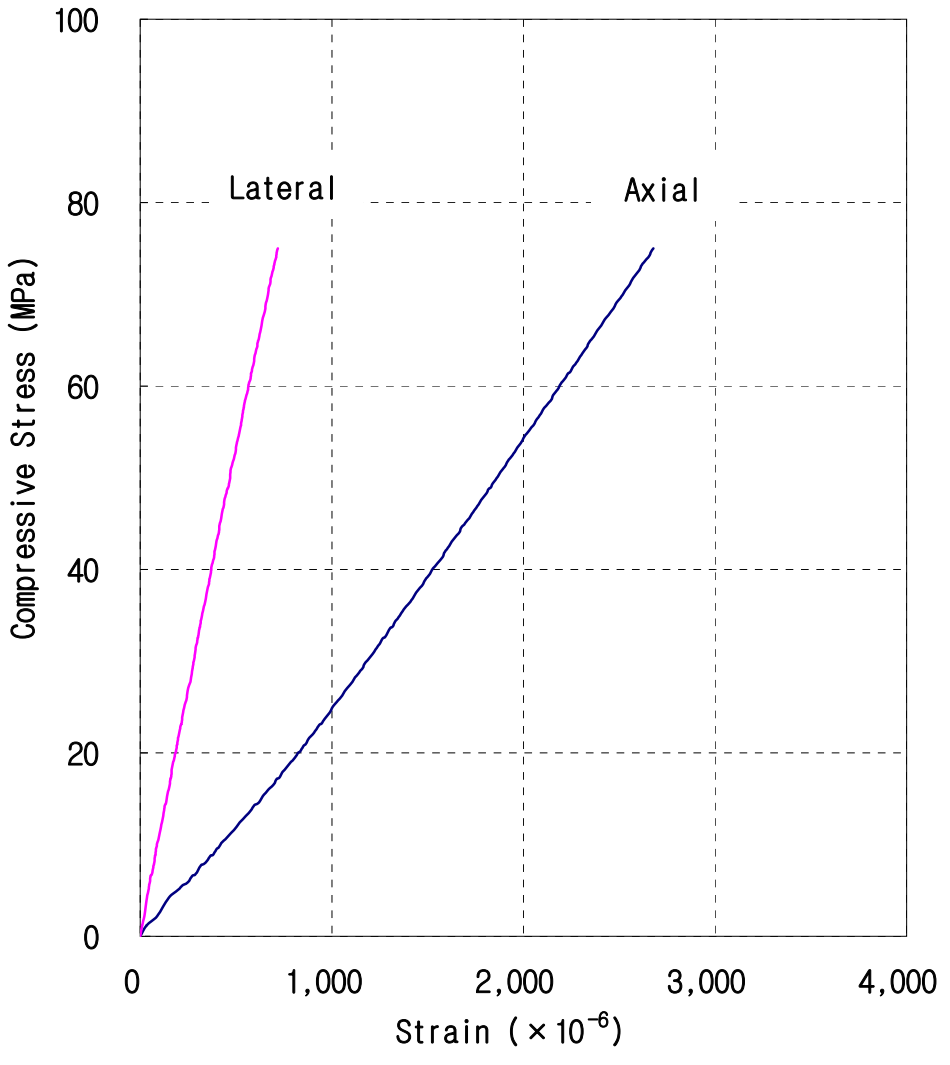
개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

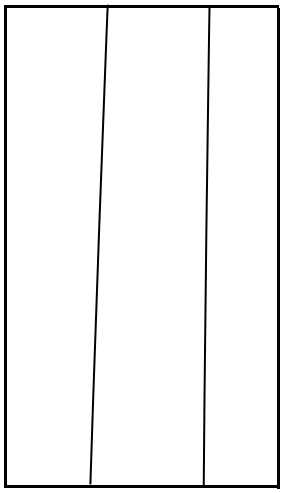
완료일자 : 2013년 4월 2일 시험공번 : NNTB-5

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 48.4 m - 48.5 m

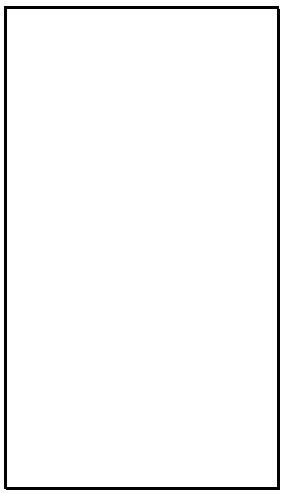
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.07	
Specimen Height (㎜)	10.75	
Specimen Weight (g)	603.10	
Bulk Density (kN/㎥)	27.25	
Comp. Strength (MPa)	75.0	
Young's Modulus (GPa)	29.37	
Poisson's Ratio	0.26	
Elastic Wave Velocity (m/s)	5270	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

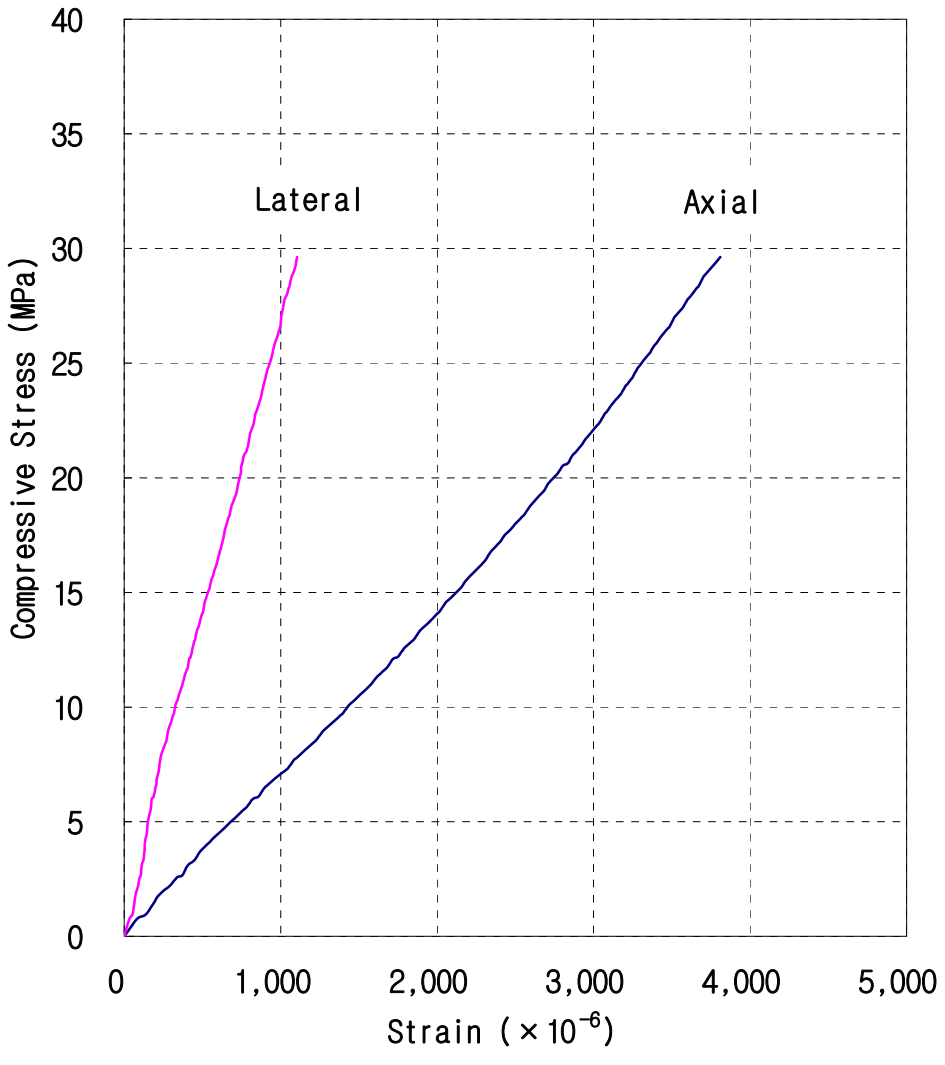
개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

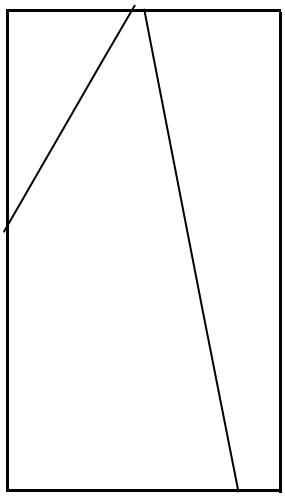
완료일자 : 2013년 4월 2일 시험공번 : NNTB-6

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 55.5 m - 55.6 m

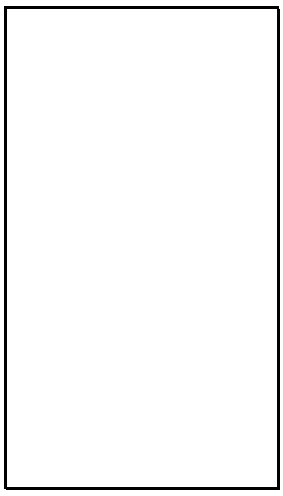
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	5.07	
Specimen Height (㎜)	10.49	
Specimen Weight (g)	560.30	
Bulk Density (kN/㎥)	25.94	
Comp. Strength (MPa)	29.6	
Young's Modulus (GPa)	7.62	
Poisson's Ratio	0.30	
Elastic Wave Velocity (m/s)	2989	





Sample No.1



Sample No.2

Rock Core Test Data

PROJECT : 서울제물포터널 민간투자사업 지반조사.

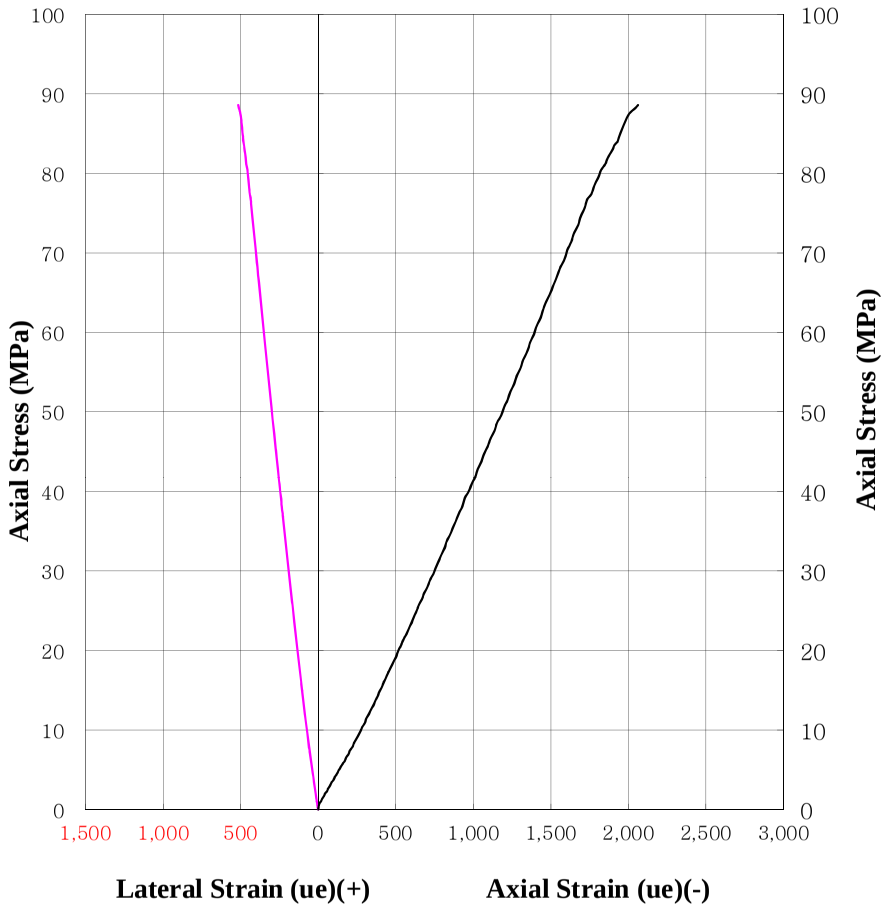
0106-GO15162

Hole	Depth	Unit Weight	Sp./G	Absorption Ratio	Wave Velocity		Point Load Strength	Tensile Strength	Comp. Strength	Poisson's Ratio	Young's Modulus	Triaxial comp. Str		Rock Joint Shear	
					P-Wave	S-Wave						Cohesion	Friction Angle	Cohesion	Friction Angle
No.	m	g/cm^3		%	m/sec	m/sec	MPa	MPa	MPa		GPa	MPa	deg	MPa	deg
ATBH - 2	42.3-42.4	2.926	2.93	0.03	5813.3	3629.2	-	-	88.6	0.25	45.9	-	-	-	-
ATBH - 3	39.6-39.7	2.761	2.78	0.11	4867.7	3023.2	-	-	62.8	0.25	36.9	-	-	-	-
						이	하	여	백						

끝.

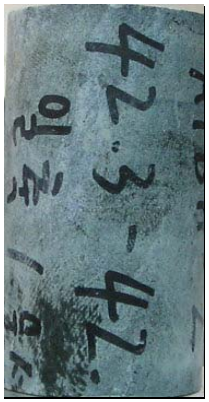
Unconfined Compression Test For Rock Core

Project	서울제물포터널 민간투자사업 지반조사.			Hole No :	ATBH - 2	Depth :	42.3-42.4 m
Test Method	ASTM D 7012-07	Date	2015. 12.				

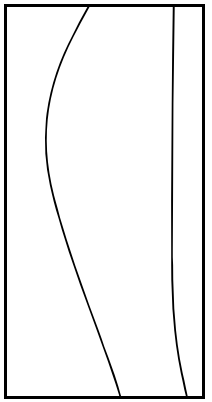


	1	2
***Specimen Diameter* (cm)**	5.04	
***Specimen Height* (cm)**	10.06	
***Specimen Weight* (g)**	587.26	
***Unit Weight* (g/cm^3)**	2.926	
***Comp. Strength* (MPa)**	88.6	
***Tangent Young's Modulus* (GPa)**	45.9	
Poisson's Ratio	0.25	
***Elastic Wave Velocity* (m/s)**	5813.3	

Remark :



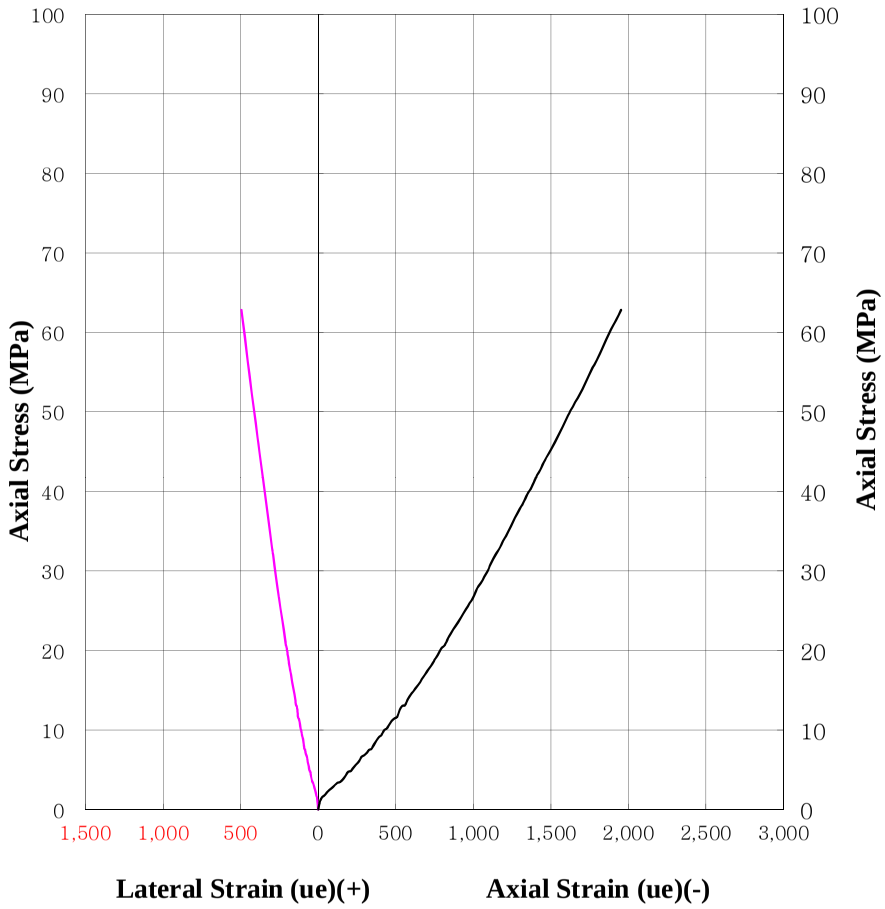
Before



After

Unconfined Compression Test For Rock Core

Project	서울제물포터널 민간투자사업 지반조사.			Hole No :	ATBH - 3	Depth :	39.6-39.7 m
Test Method	ASTM D 7012-07	Date	2015. 12.				

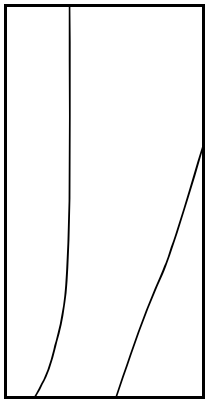


	1	2
***Specimen Diameter* (cm)**	5.06	
***Specimen Height* (cm)**	10.21	
***Specimen Weight* (g)**	566.41	
***Unit Weight* (g/cm^3)**	2.761	
***Comp. Strength* (MPa)**	62.8	
***Tangent Young's Modulus* (GPa)**	36.9	
Poisson's Ratio	0.25	
***Elastic Wave Velocity* (m/s)**	4867.7	

Remark :



Before



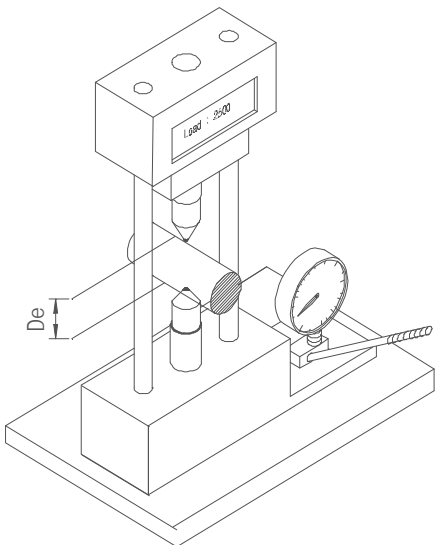
After

7.2.2 점하중강도시험

점 하 중 강 도 시 험(Point Load Test)

용 역 명	서울 제물포터널 민간투자사업			공 번		코어 규격	NX
시험기기	Point Load (Korea)	환산계수	23.0	시 험 자	홍성현	시험일자	2011.3.9

시 험 모 식 도	해 석 및 결 과 정 리



<점하중 시험 해석방법>

암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 D=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- Core : De2 = D2(D는 코어의 직경)
- 불규칙 : De2 = 4W · D/π

1. Is = P/De2
2. Is(50) = Is · (De/50)0.45
3. Qu = 20.0 · Is(50) (MPa)

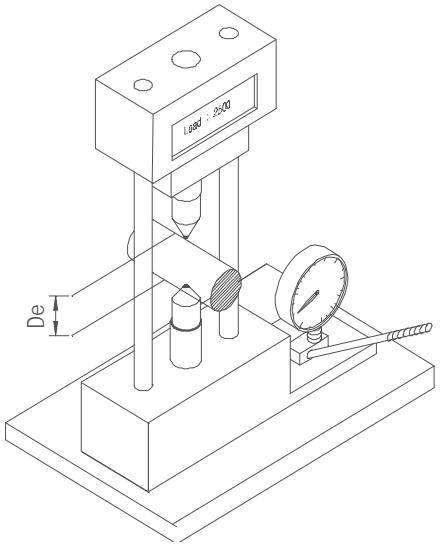
여기서 De2 : 환산된 등가 면적

공 번	암 석 명	심 도 (GL.(-) m)	직 경 (cm)	파괴하중 (kN)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$	일축압축강도 (MPa)	비 고
NBB-1-1	편마암	26.1	5.20	6.0	2.219	2.258	51.9	
NBB-2	편마암	20.0	5.20	5.9	2.182	2.221	51.1	
NBB-3	편마암	20.3	5.20	3.0	1.109	1.129	26.0	
NBB-4	편마암	18.2	5.20	2.0	0.740	0.753	17.3	
NBB-5	편마암	13.2	5.20	6.2	2.293	2.334	53.7	

점 하 중 강 도 시 험(Point Load Test)

용 역 명	서울 제물포터널 민간투자사업			공 번		코어 규격	NX
시험기기	Point Load (Korea)	환산계수	23.0	시 험 자	홍성현	시험일자	2011.3.9

시 험 모 식 도	해 석 및 결 과 정 리



<점하중 시험 해석방법>

암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 D=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- Core : De2 = D2(D는 코어의 직경)
- 불규칙 : De2 = 4W · D/π

1. Is = P/De2
2. Is(50) = Is · (De/50)0.45
3. Qu = 20.0 · Is(50) (MPa)

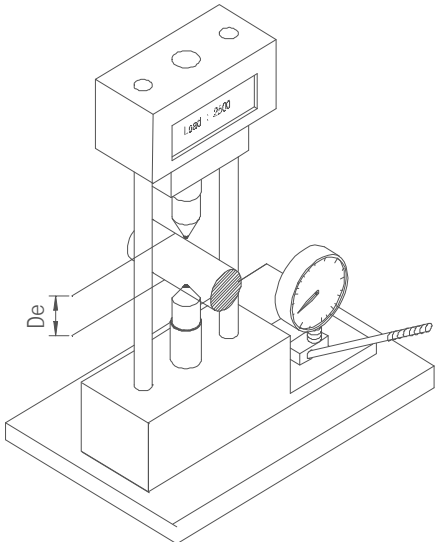
여기서 De2 : 환산된 등가 면적

공 번	암 석 명	심 도 (GL.(-) m)	직 경 (cm)	파괴하중 (kN)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$	일축압축강도 (MPa)	비 고
NTB-2-1	편마암	30.8	5.24	2.4	0.881	0.900	20.7	
NTB-2-1	편마암	31.1	5.23	4.6	1.667	1.701	39.1	
NTB-3	편마암	31.6	5.20	5.0	1.849	1.882	43.3	
NTB-3	편마암	34.4	5.20	10.0	3.698	3.764	86.6	
NTB-3	편마암	37.7	5.20	6.6	2.448	2.492	57.3	
NTB-3	편마암	40.5	5.20	26.0	9.615	9.787	225.1	
NTB-3	편마암	44.6	5.20	30.0	11.095	11.292	259.7	
NTB-5	편마암	46.2	5.20	3.0	1.109	1.129	26.0	

점 하 중 강 도 시 험(Point Load Test)

용 역 명	서울 제물포터널 민간투자사업			공 번		코어 규격	NX
시험기기	Point Load (Korea)	환산계수	23.0	시 험 자	홍성현	시험일자	2011.3.9

시 험 모 식 도	해 석 및 결 과 정 리



<점하중 시험 해석방법>

암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 D=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- Core : De2 = D2(D는 코어의 직경)
- 불규칙 : De2 = 4W · D/π

1. Is = P/De2
2. Is(50) = Is · (De/50)0.45
3. Qu = 20.0 · Is(50) (MPa)

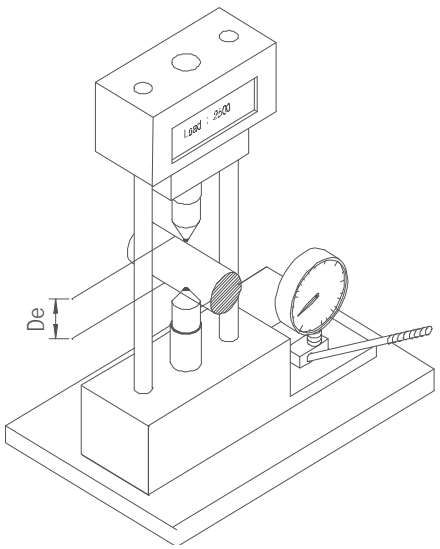
여기서 De2 : 환산된 등가 면적

공 번	암 석 명	심 도 (GL.(-) m)	직 경 (cm)	파괴하중 (kN)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$	일축압축강도 (MPa)	비 고
NTB-8	편마암	26.5	5.04	2.0	0.787	0.790	18.2	
NTB-8	편마암	28.9	5.04	12.1	4.763	4.781	110.0	
NTB-8	편마암	30.8	5.04	10.5	4.114	4.129	95.0	
NTB-8	편마암	35.6	5.04	19.0	7.480	7.507	172.7	
NTB-8	편마암	38.4	5.04	18.0	7.086	7.112	163.6	
NTB-8	편마암	39.5	5.04	25.0	9.842	9.877	227.2	
NTB-8	편마암	43.9	5.04	24.0	9.448	9.482	218.1	
NTB-8	편마암	46.5	5.04	13.0	5.118	5.136	118.1	
NTB-8	편마암	48.5	5.04	7.8	3.059	3.070	70.6	
NTB-8	편마암	48.8	5.04	25.0	9.842	9.877	227.2	
NTB-8	편마암	54.4	5.04	21.0	8.267	8.297	190.8	

점 하 중 강 도 시 험(Point Load Test)

용 역 명	서울 제물포터널 민간투자사업			공 번		코어 규격	NX
시험기기	Point Load (Korea)	환산계수	23.0	시 험 자	홍성현	시험일자	2011.3.9

시 험 모 식 도	해 석 및 결 과 정 리



<점하중 시험 해석방법>

암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 D=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- Core : De2 = D2(D는 코어의 직경)
- 불규칙 : De2 = 4W · D/π

1. Is = P/De2
2. Is(50) = Is · (De/50)0.45
3. Qu = 20.0 · Is(50) (MPa)

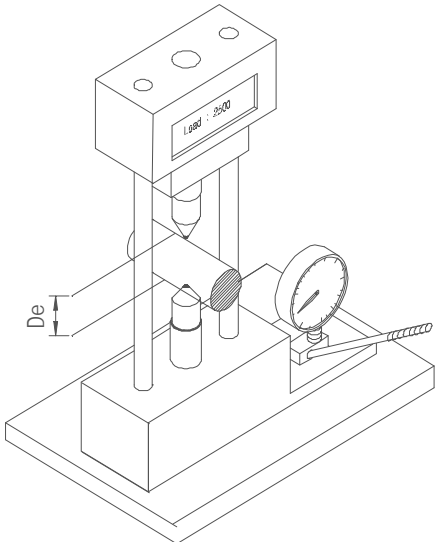
여기서 De2 : 환산된 등가 면적

공 번	암 석 명	심 도 (GL.(-) m)	직 경 (cm)	파괴하중 (kN)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$	일축압축강도 (MPa)	비 고
NTB-9	편마암	33.0	5.07	3.0	1.167	1.174	27.0	
NTB-9	편마암	33.6	5.07	10.0	3.890	3.915	90.0	
NTB-9	편마암	41.1	5.05	11.0	4.313	4.333	99.7	
NTB-9	편마암	45.3	5.05	4.0	1.568	1.576	36.2	
NTB-9	편마암	55.1	5.05	22.0	8.627	8.665	199.3	
NTB-9	편마암	65.4	5.05	12.0	4.705	4.727	108.7	
NTB-9	편마암	70.8	5.05	21.0	8.234	8.271	190.2	

점 하 중 강 도 시 험(Point Load Test)

용 역 명	서울 제물포터널 민간투자사업			공 번		코어 규격	NX
시험기기	Point Load (Korea)	환산계수	23.0	시 험 자	홍성현	시험일자	2011.3.9

시 험 모 식 도	해 석 및 결 과 정 리



<점하중 시험 해석방법>

암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 D=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- Core : De2 = D2(D는 코어의 직경)
- 불규칙 : De2 = 4W · D/π

1. Is = P/De2
2. Is(50) = Is · (De/50)0.45
3. Qu = 20.0 · Is(50) (MPa)

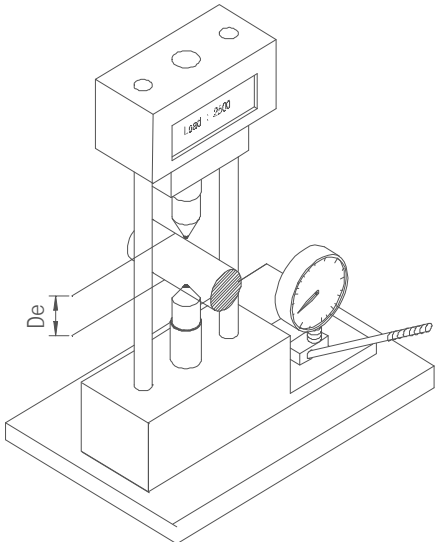
여기서 De2 : 환산된 등가 면적

공 번	암 석 명	심 도 (GL.(-) m)	직 경 (cm)	파괴하중 (kN)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$	일축압축강도 (MPa)	비 고
NTB-12	편마암	27.0	5.04	10.0	3.937	3.951	90.9	
NTB-12	편마암	30.0	5.04	10.0	3.937	3.951	90.9	
NTB-12	편마암	35.0	5.04	12.0	4.724	4.741	109.0	
NTB-12	편마암	40.0	5.04	13.0	5.118	5.136	118.1	
NTB-12	편마암	59.0	5.04	10.0	3.937	3.951	90.9	
NTB-12	편마암	61.0	5.04	10.0	3.937	3.951	90.9	
NTB-12	편마암	64.8	5.04	13.0	5.118	5.136	118.1	
NTB-12	편마암	67.8	5.04	5.0	1.968	1.975	45.4	

점 하 중 강 도 시 험(Point Load Test)

용 역 명	서울 제물포터널 민간투자사업			공 번		코어 규격	NX
시험기기	Point Load (Korea)	환산계수	23.0	시 험 자	오세찬	시험일자	2011.3.24

시 험 모 식 도	해 석 및 결 과 정 리



<점하중 시험 해석방법>

암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 D=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- Core : De2 = D2(D는 코어의 직경)
- 불규칙 : De2 = 4W · D/π

1. Is = P/De2
2. Is(50) = Is · (De/50)0.45
3. Qu = 20.0 · Is(50) (MPa)

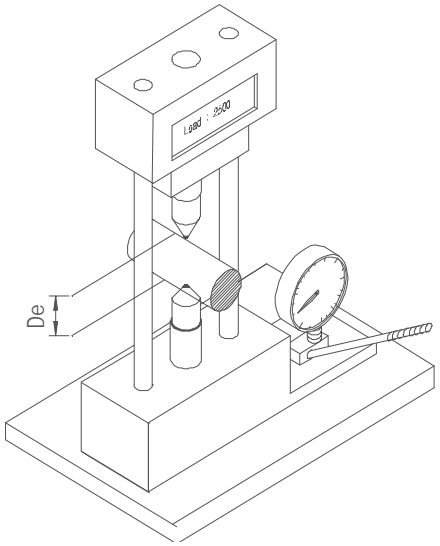
여기서 De2 : 환산된 등가 면적

공 번	암 석 명	심 도 (GL.(-) m)	직 경 (cm)	파괴하중 (kN)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$	일축압축강도 (MPa)	비 고
NTB-12-1	편마암	38.8	5.20	8.0	2.959	3.011	69.3	
NTB-12-1	편마암	61.8	5.20	2.7	1.002	1.020	23.5	
NTB-13	편마암	38.5	5.19	15.0	5.569	5.663	130.2	
NTB-13	편마암	61.6	5.20	5.8	2.152	2.191	50.4	
NTB-15	편마암	28.2	5.20	11.0	4.068	4.140	95.2	
NTB-15	편마암	50.0	5.20	7.0	2.589	2.635	60.6	
NTB-17	편마암	42.3	5.19	8.0	2.970	3.020	69.5	
NTB-17	편마암	57.6	5.19	10.0	3.712	3.775	86.8	
NTB-18	편마암	33.3	5.20	9.0	3.328	3.388	77.9	
NTB-18	편마암	57.9	5.20	12.0	4.438	4.517	103.9	
NTB-19	편마암	42.4	5.20	5.0	1.849	1.882	43.3	
NTB-19	편마암	50.0	5.20	12.6	4.675	4.758	109.4	
NTB-20	편마암	32.5	5.19	12.2	4.522	4.598	105.8	

점 하 중 강 도 시 험(Point Load Test)

용 역 명	서울 제물포터널 민간투자사업			공 번		코어 규격	NX
시험기기	Point Load (Korea)	환산계수	23.0	시 험 자	오세찬	시험일자	2011.3.24

시 험 모 식 도	해 석 및 결 과 정 리



<점하중 시험 해석방법>

암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 D=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- Core : De2 = D2(D는 코어의 직경)
- 불규칙 : De2 = 4W · D/ π

1. Is = P/De2
2. Is(50) = Is · (De/50)0.45
3. Qu = 20.0 · Is(50) (MPa)

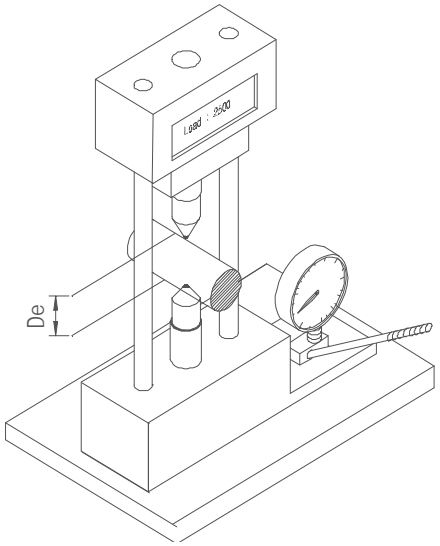
여기서 De2 : 환산된 등가 면적

공 번	암 석 명	심 도 (GL.(-) m)	직 경 (cm)	파괴하중 (kN)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$	일축압축강도 (MPa)	비 고
NTB-20	편마암	50.4	5.19	13.0	4.826	4.908	112.9	
NTB-21	편마암	31.8	5.20	6.0	2.219	2.258	51.9	
NTB-21	편마암	43.3	5.20	8.0	2.959	3.011	69.3	
NTB-22	편마암	24.4	5.19	5.0	1.856	1.888	43.4	
NTB-22	편마암	35.9	5.19	9.0	3.341	3.398	78.1	
NTB-23	편마암	32.1	5.20	7.0	2.589	2.635	60.6	
NTB-23	편마암	43.8	5.20	9.0	3.328	3.388	77.9	
NTB-24	편마암	38.2	5.20	7.0	2.589	2.635	60.6	
NTB-24	편마암	46.4	5.20	5.3	1.953	1.987	45.7	
NTB-25	편마암	32.8	5.19	4.0	1.485	1.510	34.7	
NTB-25	편마암	42.4	5.19	6.0	2.227	2.265	52.1	
NTB-26	편마암	28.0	5.20	9.0	3.328	3.388	77.9	
NTB-26	편마암	37.3	5.20	7.6	2.818	2.868	66.0	

점 하 중 강 도 시 험(Point Load Test)

용 역 명	서울 제물포터널 민간투자사업			공 번		코어 규격	NX
시험기기	Point Load (Korea)	환산계수	23.0	시 험 자	오세찬	시험일자	2011.3.24

시 험 모 식 도	해 석 및 결 과 정 리



<점하중 시험 해석방법>

암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 D=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- Core : De2 = D2(D는 코어의 직경)
- 불규칙 : De2 = 4W · D/ π

1. Is = P/De2
2. Is(50) = Is · (De/50)0.45
3. Qu = 20.0 · Is(50) (MPa)

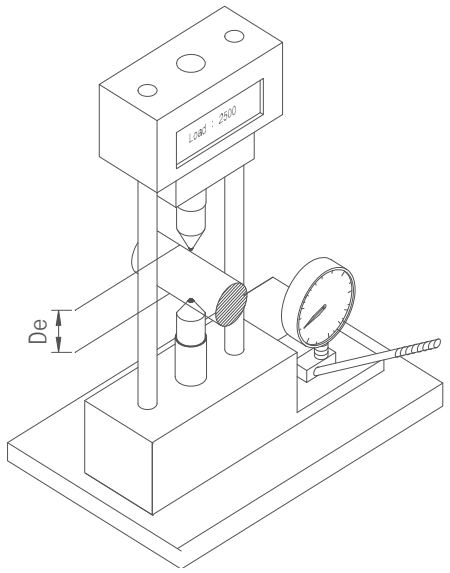
여기서 De2 : 환산된 등가 면적

공 번	암 석 명	심 도 (GL.(-) m)	직 경 (cm)	파괴하중 (kN)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$	일축압축강도 (MPa)	비 고
NTB-27	편마암	30.9	5.20	10.0	3.698	3.764	86.6	
NTB-27	편마암	35.2	5.20	10.2	3.772	3.839	88.3	
NTB-28	편마암	26.2	5.19	5.6	2.083	2.118	48.7	
NTB-28	편마암	33.3	5.19	8.0	2.970	3.020	69.5	
NTB-29	편마암	29.5	5.20	8.0	2.959	3.011	69.3	
NBB-8	편마암	15.8	5.21	10.0	3.684	3.753	86.3	
NBB-8	편마암	22.4	5.20	12.0	4.438	4.517	103.9	
NBB-8	편마암	26.7	5.20	8.0	2.959	3.011	69.3	

점 하 중 강 도 시 험(Point Load Test)

용 역 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번		코어 규격	NX
시험기기	Point Load (Korea)	환산계수	21.1	시 험 자	김상목	시험일자	2013.5.1

시 험 모 식 도	해 석 및 결 과 정 리



<점하중 시험 해석방법>

암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 D=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- Core : De2 = D2(D는 코어의 직경)
- 불규칙 : De2 = 4W · D/π

1. Is = P/De2
2. Is(50) = Is · (De/50)0.45
3. Qu = 20.0 · Is(50) (MPa)

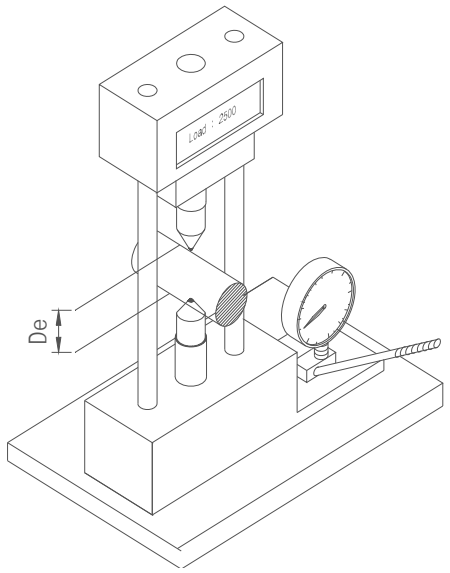
여기서 De2 : 환산된 등가 면적

공 번	암 석 명	심 도 (GL.(-) m)	직 경 (cm)	파괴하중 (kN)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$	일축압축강도 (MPa)	비 고
ATB-8	편마암	33.7	5.80	10.5	3.121	3.337	70.4	
ATB-8	편마암	45.7	5.60	22.5	7.175	7.550	159.3	
ATB-8	편마암	66.7	5.70	13.0	4.001	4.244	89.6	
ATB-9	편마암	24.7	5.50	9.5	3.140	3.278	69.2	
ATB-9	편마암	39.7	5.80	15.0	4.459	4.767	100.6	
ATB-9	편마암	54.7	5.60	13.0	4.145	4.362	92.0	
ATB-9	편마암	69.7	5.70	15.0	4.617	4.897	103.3	
ATB-10	편마암	30.7	5.70	3.0	0.923	0.979	20.7	
ATB-10	편마암	36.5	5.50	11.0	3.636	3.796	80.1	
ATB-10	편마암	51.5	5.60	10.5	3.348	3.523	74.3	
ATB-10	편마암	66.5	5.60	10.0	3.189	3.356	70.8	
ATB-11	편마암	74.9	5.90	7.0	2.011	2.166	45.7	
ATB-12	편마암	28.1	5.70	4.5	1.385	1.469	31.0	

점 하 중 강 도 시 험(Point Load Test)

용 역 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번		코어 규격	NX
시험기기	Point Load (Korea)	환산계수	21.1	시 험 자	김상목	시험일자	2013.5.1

시 험 모 식 도	해 석 및 결 과 정 리



<점하중 시험 해석방법>

암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 D=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- Core : De2 = D2(D는 코어의 직경)
- 불규칙 : De2 = 4W · D/π

1. Is = P/De2
2. Is(50) = Is · (De/50)0.45
3. Qu = 20.0 · Is(50) (MPa)

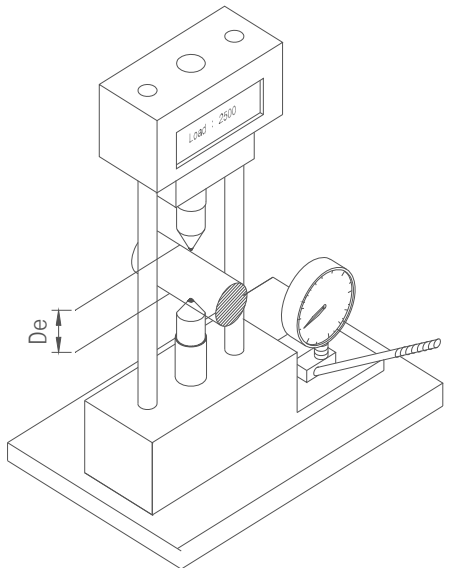
여기서 De2 : 환산된 등가 면적

공 번	암 석 명	심 도 (GL.(-) m)	직 경 (cm)	파괴하중 (kN)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$	일축압축강도 (MPa)	비 고
ATB-12	편마암	36.5	5.60	4.0	1.276	1.342	28.3	
ATB-12	편마암	45.1	5.80	6.0	1.784	1.907	40.2	
ATB-12	편마암	68.7	5.70	13.0	4.001	4.244	89.6	
ATB-13	편마암	39.6	5.50	3.5	1.157	1.208	25.5	
ATB-13	편마암	45.8	5.60	10.0	3.189	3.356	70.8	
ATB-13	편마암	59.5	5.70	9.0	2.770	2.938	62.0	
ATB-14	편마암	38.1	5.80	9.0	2.675	2.860	60.3	
ATB-14	편마암	52.3	5.70	11.0	3.386	3.591	75.8	
ATB-14	편마암	60.8	5.80	4.5	1.338	1.430	30.2	
ATB-15	편마암	30.0	5.50	7.0	2.314	2.415	51.0	
ATB-15	편마암	38.8	5.60	8.5	2.710	2.852	60.2	
ATB-15	편마암	53.0	5.50	11.0	3.636	3.796	80.1	
ATB-16	편마암	24.5	5.70	6.5	2.001	2.122	44.8	

점 하 중 강 도 시 험(Point Load Test)

용 역 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번		코어 규격	NX
시험기기	Point Load (Korea)	환산계수	21.1	시 험 자	김상목	시험일자	2013.5.1

시 험 모 식 도	해 석 및 결 과 정 리



<점하중 시험 해석방법>

암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 D=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- Core : De2 = D2(D는 코어의 직경)
- 불규칙 : De2 = 4W · D/π

1. Is = P/De2
2. Is(50) = Is · (De/50)0.45
3. Qu = 20.0 · Is(50) (MPa)

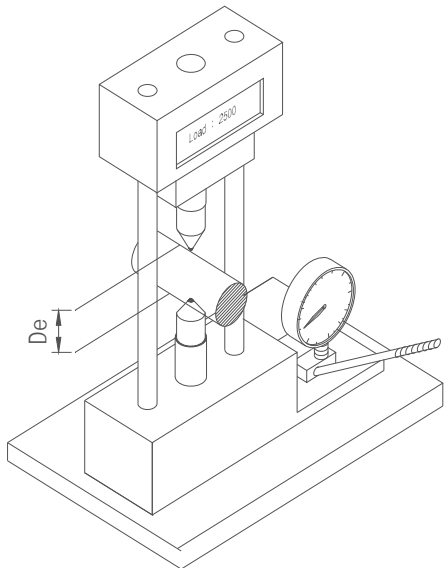
여기서 De2 : 환산된 등가 면적

공 번	암 석 명	심 도 (GL.(-) m)	직 경 (cm)	파괴하중 (kN)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$	일축압축강도 (MPa)	비 고
ATB-16	편마암	45.2	5.70	9.5	2.924	3.102	65.4	
ATB-17	편마암	32.6	5.70	4.5	1.385	1.469	31.0	
ATB-17	편마암	48.4	5.60	10.0	3.189	3.356	70.8	
ATB-18	편마암	30.0	5.50	4.0	1.322	1.380	29.1	
ATB-18	편마암	42.6	5.90	7.0	2.011	2.166	45.7	
ATB-18	편마암	47.4	5.60	6.5	2.073	2.181	46.0	
ATB-19	편마암	33.7	5.50	3.5	1.157	1.208	25.5	
ATB-19	편마암	47.7	5.50	9.0	2.975	3.106	65.5	
ATB-20	편마암	33.0	5.40	4.0	1.372	1.420	30.0	
ATB-20	편마암	45.8	5.50	13.0	4.298	4.486	94.7	
ATB-20	편마암	49.9	5.70	13.0	4.001	4.244	89.6	
ATB-21	편마암	23.3	5.80	16.5	4.905	5.244	110.6	
ATB-21	편마암	33.5	5.80	9.5	2.824	3.019	63.7	

점 하 중 강 도 시 험(Point Load Test)

용 역 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번		코어 규격	NX
시험기기	Point Load (Korea)	환산계수	21.1	시 험 자	김상목	시험일자	2013.5.1

시 험 모 식 도	해 석 및 결 과 정 리



<점하중 시험 해석방법>

암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 D=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- Core : De2 = D2(D는 코어의 직경)
- 불규칙 : De2 = 4W · D/π

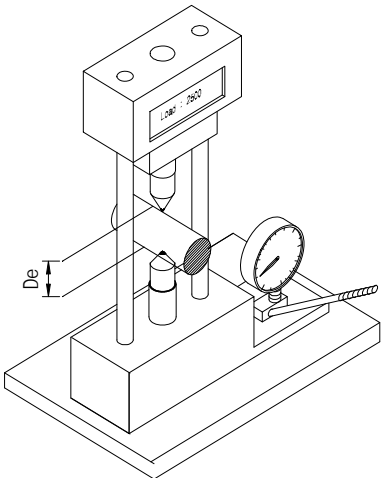
1. Is = P/De2
2. Is(50) = Is · (De/50)0.45
3. Qu = 20.0 · Is(50) (MPa)

여기서 De2 : 환산된 등가 면적

공 번	암 석 명	심 도 (GL.(-) m)	직 경 (cm)	파괴하중 (kN)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$	일축압축강도 (MPa)	비 고
ATB-22	편마암	32.0	5.60	3.0	0.957	1.007	21.2	
NNBB-8	편마암	26.1	5.70	6.0	1.847	1.959	41.3	
NNBB-8	편마암	30.7	5.60	8.0	2.551	2.684	56.6	
NNBB-9	편마암	18.2	5.90	6.0	1.724	1.857	39.2	
NNBB-9	편마암	26.1	5.90	5.5	1.580	1.702	35.9	
NNBB-10	편마암	20.0	5.80	12.0	3.567	3.814	80.5	

점하중 시험(Point Load Test)

사업명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			시험일자	2013. 5.
위 치		시 험 기	Point Load Tester	시 험 자	S. M. LEE



<점하중 강도의 이론>
암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 d=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- 직경방향 : $D_e^2 = D^2$(D는 코어의 직경)
- 축방향 : $D_e^2 = 4W \cdot D/\pi$

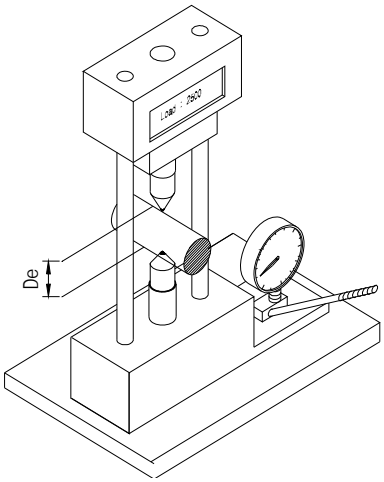
1. $Is = P/D_e^2$
2. $Is_{(50)} = Is \cdot (D_e/50)^{0.45}$
3. $Qu = 24 \cdot Is_{(50)}$ kg/cm^2 (Bieniawaski)

여기서 D_e^2 : 환산된 등가 면적 W, D,

공 번	구 간(m)	재하 방향	직 경(cm)		파괴하중 (P,kgf)	수정계수 (F)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$ (MPa)	일축강도 (MPa)	암질분류 (한국도로공사)
			D	W						
ATB-1	15.5 ~ 15.6	직경	5.12		3000	1.01	11.22	11.34	272.1	극경암
ATB-1	16.5 ~ 16.6	직경	5.11		700	1.01	2.63	2.65	63.7	연 암
ATB-1	21.8 ~ 21.9	직경	5.11		1150	1.01	4.32	4.36	104.6	보통암
ATB-1	24.3 ~ 24.4	직경	5.11		1200	1.01	4.50	4.55	109.2	보통암
ATB-1	25.9 ~ 26.0	직경	5.11		1600	1.01	6.00	6.06	145.5	경 암
ATB-1	27.1 ~ 27.2	직경	5.12		400	1.01	1.50	1.51	36.3	풍화암
ATB-2	18.0 ~ 18.1	직경	5.12		250	1.01	0.93	0.94	22.7	풍화암
ATB-2	21.9 ~ 22.0	직경	5.11		800	1.01	3.00	3.03	72.8	연 암
ATB-2	26.8 ~ 26.9	직경	5.12		950	1.01	3.55	3.59	86.2	연 암
ATB-2	28.1 ~ 28.2	직경	5.11		800	1.01	3.00	3.03	72.8	연 암
ATB-2	28.5 ~ 28.6	직경	5.11		2550	1.01	9.57	9.66	231.9	극경암
ATB-2	32.7 ~ 32.8	직경	5.11		750	1.01	2.81	2.84	68.2	연 암
ATB-2	34.2 ~ 34.3	직경	5.10		1200	1.01	4.52	4.56	109.5	보통암
ATB-3	22.4 ~ 22.5	직경	5.11		1350	1.01	5.07	5.12	122.80	보통암
ATB-3	31.2 ~ 31.3	직경	5.20		1600	1.02	5.80	5.90	141.65	경 암
ATB-3	36.3 ~ 36.4	직경	5.12		1200	1.01	4.49	4.53	108.82	보통암
ATB-3	41.8 ~ 41.9	직경	5.11		1850	1.01	6.94	7.01	168.28	경 암
ATB-3	50.1 ~ 50.2	직경	5.11		1750	1.01	6.57	6.63	159.18	경 암
ATB-3	54.9 ~ 55.0	직경	5.11		1500	1.01	5.63	5.68	136.44	경 암
ATB-4	22.2 ~ 22.3	직경	5.10		900	1.01	3.39	3.42	82.11	연 암
ATB-4	29.7 ~ 29.8	직경	5.10		1250	1.01	4.71	4.75	114.05	보통암
ATB-4	39.0 ~ 39.1	직경	5.10		1550	1.01	5.84	5.89	141.42	경 암
ATB-4	45.4 ~ 45.5	직경	5.11		1650	1.01	6.19	6.25	150.08	경 암
ATB-4	57.5 ~ 57.6	직경	5.11		1300	1.01	4.88	4.93	118.25	보통암
ATB-5	21.5 ~ 21.6	직경	5.12		650	1.01	2.43	2.46	58.94	연 암

점하중 시험(Point Load Test)

사업명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			시험일자	2013. 5.
위 치		시 험 기	Point Load Tester	시 험 자	S. M. LEE



<점하중 강도의 이론>
암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 d=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- 직경방향 : $D_e^2 = D^2$(D는 코어의 직경)
- 축방향 : $D_e^2 = 4W \cdot D/\pi$

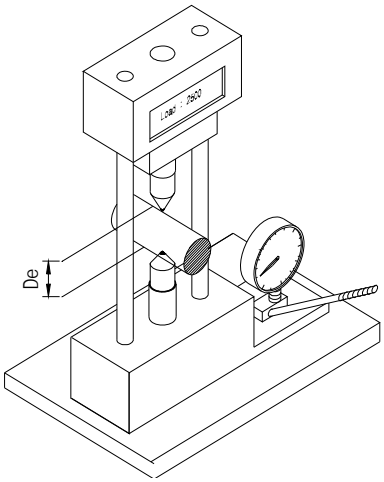
1. $Is = P/D_e^2$
2. $Is_{(50)} = Is \cdot (D_e/50)^{0.45}$
3. $Qu = 24 \cdot Is_{(50)}$ kg/cm^2 (Bieniawaski)

여기서 D_e^2 : 환산된 등가 면적 W, D,

공 번	구 간(m)	재하 방향	직 경(cm)		파괴하중 (P,kgf)	수정계수 (F)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$ (MPa)	일축강도 (MPa)	암질분류 (한국도로공사)
			D	W						
ATB-5	31.9 ~ 32.0	직경	5.12		900	1.01	3.36	3.40	81.62	연 암
ATB-5	41.8 ~ 41.9	직경	5.12		1300	1.01	4.86	4.91	117.89	보통암
ATB-5	47.8 ~ 47.9	직경	5.11		1550	1.01	5.82	5.87	140.99	경 암
ATB-5	59.8 ~ 59.9	직경	5.11		1100	1.01	4.13	4.17	100.06	보통암
ATB-5	62.0 62.1	직경	5.11		1250	1.01	4.69	4.74	113.70	보통암
ATB-6	24.8 ~ 24.9	직경	5.11		1350	1.01	5.07	5.12	122.80	보통암
ATB-6	33.2 ~ 33.3	직경	5.12		1400	1.01	5.23	5.29	126.96	보통암
ATB-6	41.9 ~ 42.0	직경	5.12		1600	1.01	5.98	6.05	145.09	경 암
ATB-6	53.2 ~ 53.3	직경	5.11		1300	1.01	4.88	4.93	118.25	보통암
ATB-6	61.7 ~ 61.8	직경	5.11		950	1.01	3.57	3.60	86.41	연 암
ATB-6	69.3 69.4	직경	5.11		1450	1.01	5.44	5.50	131.89	보통암
ATB-7	36.4 ~ 36.5	직경	5.11		800	1.01	3.00	3.03	72.77	연 암
ATB-7	41.5 ~ 41.6	직경	5.10		1150	1.01	4.33	4.37	104.92	보통암
ATB-7	47.7 ~ 47.8	직경	5.10		1000	1.01	3.77	3.80	91.24	보통암
ATB-7	54.2 ~ 54.3	직경	5.10		950	1.01	3.58	3.61	86.67	연 암
ATB-7	66.1 ~ 66.2	직경	5.10		1750	1.01	6.59	6.65	159.66	경 암
ATB-7	69.8 69.9	직경	5.11		2050	1.01	7.69	7.77	186.47	경 암
NNBB-4	39.4 ~ 39.5	직경	5.10		400	1.01	1.51	1.52	36.49	풍화암
NNBB-6	18.7 ~ 18.8	직경	5.10		700	1.01	2.64	2.66	63.87	연 암
NNTB-1	23.4 ~ 23.5	직경	5.09		500	1.01	1.89	1.91	45.8	연 암
NNTB-1	26.1 ~ 26.2	직경	5.09		450	1.01	1.70	1.72	41.2	풍화암
NNTB-1	30.0 ~ 30.1	직경	5.09		700	1.01	2.65	2.67	64.1	연 암
NNTB-1	34.6 ~ 34.7	직경	5.10		500	1.01	1.88	1.90	45.6	연 암
NNTB-1	38.7 ~ 38.8	직경	5.10		500	1.01	1.88	1.90	45.6	연 암
NNTB-1	42.0 ~ 42.1	직경	5.10		300	1.01	1.13	1.14	27.4	풍화암

점하중 시험(Point Load Test)

사업명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			시험일자	2013. 5.
위 치		시 험 기	Point Load Tester	시 험 자	S. M. LEE



<점하중 강도의 이론>
암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 d=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- 직경방향 : $D_e^2 = D^2$(D는 코어의 직경)
- 축방향 : $D_e^2 = 4W \cdot D/\pi$

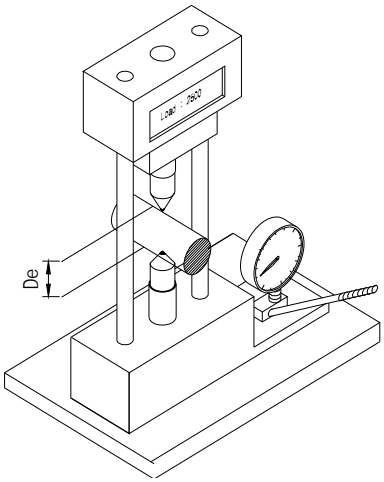
1. $Is = P/D_e^2$
2. $Is_{(50)} = Is \cdot (D_e/50)^{0.45}$
3. $Qu = 24 \cdot Is_{(50)}$ kg/cm^2 (Bieniawaski)

여기서 D_e^2 : 환산된 등가 면적 W, D,

공 번	구 간(m)	재하 방향	직 경(cm)		파괴하중 (P,kgf)	수정계수 (F)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$ (MPa)	일축강도 (MPa)	암질분류 (한국도로공사)
			D	W						
NNTB-1	44.5 ~ 44.6	직경	5.11		350	1.01	1.31	1.33	31.8	풍화암
NNTB-2	23.5 ~ 23.6	직경	5.11		600	1.01	2.25	2.27	54.58	연 암
NNTB-2	34.2 ~ 34.3	직경	5.11		1250	1.01	4.69	4.74	113.70	보통암
NNTB-2	38.8 ~ 38.9	직경	5.11		1050	1.01	3.94	3.98	95.51	보통암
NNTB-2	44.0 ~ 44.1	직경	5.12		1350	1.01	5.05	5.10	122.42	보통암
NNTB-2	49.9 ~ 50.0	직경	5.12		1500	1.01	5.61	5.67	136.03	경 암
NNTB-2	55.5 ~ 55.6	직경	5.12		1400	1.01	5.23	5.29	126.96	보통암
NNTB-3	45.0 ~ 45.1	직경	5.11		550	1.01	2.06	2.08	50.03	연 암
NNTB-3	50.8 ~ 50.9	직경	5.11		800	1.01	3.00	3.03	72.77	연 암
NNTB-3	55.7 ~ 55.8	직경	5.12		1050	1.01	3.93	3.97	95.22	보통암
NNTB-3	61.5 ~ 61.6	직경	5.11		1400	1.01	5.25	5.31	127.34	보통암
NNTB-3	64.6 ~ 64.7	직경	5.11		1650	1.01	6.19	6.25	150.08	경 암
NNTB-4	41.5 ~ 41.6	직경	5.10		1000	1.01	3.77	3.80	91.24	보통암
NNTB-4	49.3 ~ 49.4	직경	5.11		1250	1.01	4.69	4.74	113.70	보통암
NNTB-4	52.6 ~ 52.7	직경	5.10		1050	1.01	3.96	3.99	95.80	보통암
NNTB-4	54.6 ~ 54.7	직경	5.11		1200	1.01	4.50	4.55	109.15	보통암
NNTB-4	57.9 ~ 58.0	직경	5.11		1400	1.01	5.25	5.31	127.34	보통암
NNTB-5	37.2 ~ 37.3	직경	5.10		550	1.01	2.07	2.09	50.2	연 암
NNTB-5	39.1 ~ 39.2	직경	5.11		900	1.01	3.38	3.41	81.9	연 암
NNTB-5	45.5 ~ 45.6	직경	5.11		1600	1.01	6.00	6.06	145.5	경 암
NNTB-5	48.0 ~ 48.1	직경	5.12		950	1.01	3.55	3.59	86.2	연 암
NNTB-5	57.4 ~ 57.5	직경	5.12		750	1.01	2.80	2.83	68.01	연 암
NNTB-5	58.6 ~ 58.7	직경	5.12		1150	1.01	4.30	4.35	104.29	보통암
NNTB-6	47.0 ~ 47.1	직경	5.11		650	1.01	2.44	2.46	59.12	연 암
NNTB-6	51.6 ~ 51.7	직경	5.11		1600	1.01	6.00	6.06	145.54	경 암

점하중 시험(Point Load Test)

사업명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사			시험일자	2013. 5.
위 치		시 험 기	Point Load Tester	시 험 자	S. M. LEE



<점하중 강도의 이론>
암괴형상과 크기에 따라 다르게 적용하며, 규칙적인 형상이라도 d=50mm Core인 강도로 보정하여 일축압축강도를 추정함.

- 직경방향 : $D_e^2 = D^2$(D는 코어의 직경)
- 축방향 : $D_e^2 = 4W \cdot D/\pi$

1. $Is = P/D_e^2$
2. $Is_{(50)} = Is \cdot (D_e/50)^{0.45}$
3. $Qu = 24 \cdot Is_{(50)}$ kg/cm^2 (Bieniawaski)

여기서 D_e^2 : 환산된 등가 면적 W, D,

공 번	구 간(m)	재하 방향	직 경(cm)		파괴하중 (P,kgf)	수정계수 (F)	Is (MPa)	$Is_{(50)}$ (MPa)	일축강도 (MPa)	암질분류 (한국도로공사)
			D	W						
NNTB-6	55.6 ~ 55.7	직경	5.12		550	1.01	2.06	2.08	49.88	연 암
NNTB-6	63.8 ~ 63.9	직경	5.12		1200	1.01	4.49	4.53	108.82	보통암
NNTB-6	68.7 ~ 68.8	직경	5.12		2300	1.01	8.60	8.69	208.57	경 암
NNTB-6	71.1 ~ 71.2	직경	5.11		1500	1.01	5.63	5.68	136.44	경 암
NNTB-6	74.5 ~ 74.6	직경	5.11		1600	1.01	6.00	6.06	145.54	경 암

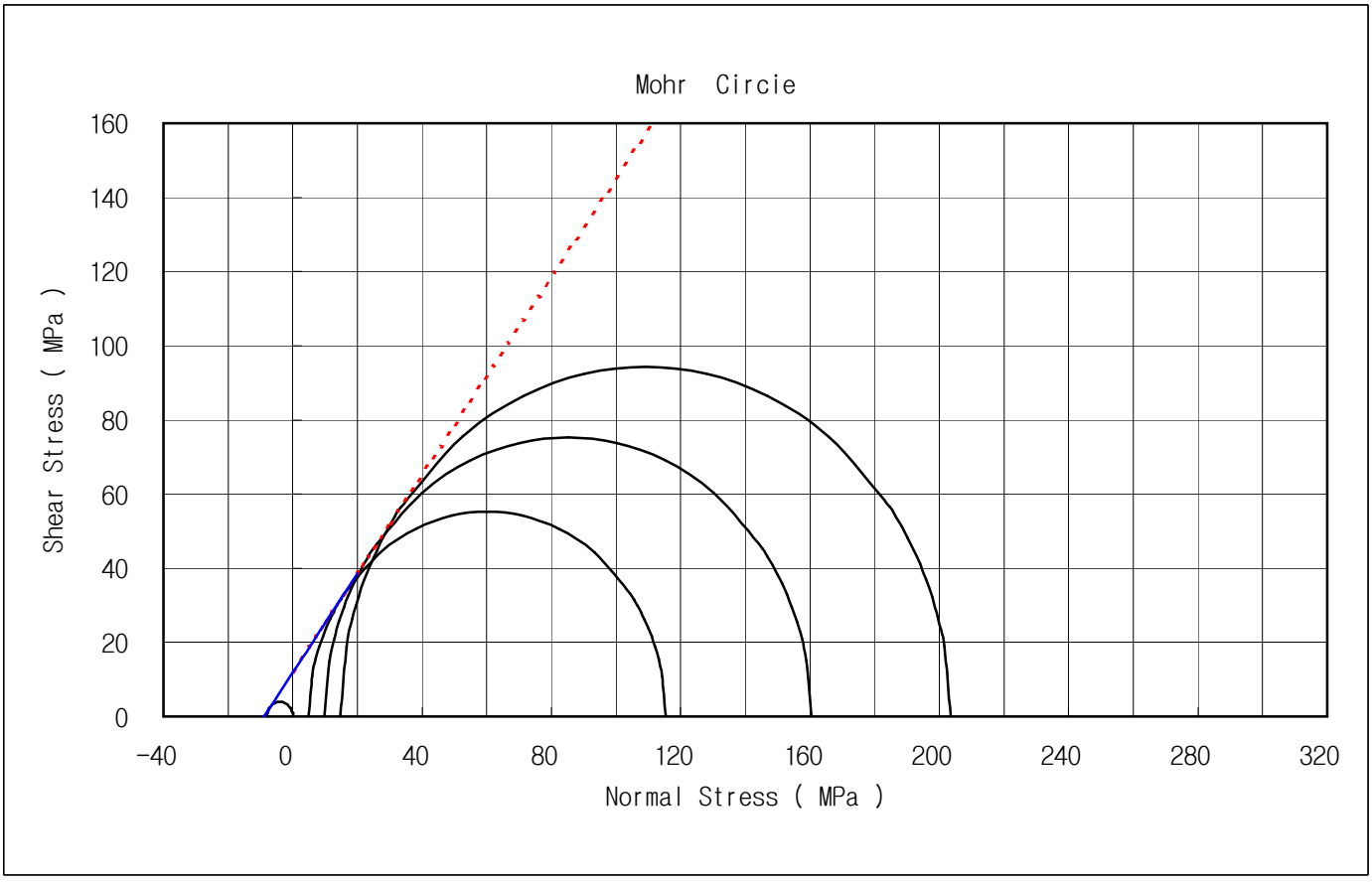
7.2.3 삼축압축 및 인장강도시험

ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울 제물포터널 민간투자사업		
의뢰기관 :	지케이엔지니어링㈜	접수번호 :	
개시일자 :	2011년 4월 20일	접수일자 :	2011년 4월 19일
완료일자 :	2011년 4월 29일	시험공번 :	NTB-10
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	59.0 m - 59.7 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kim, Jong Kook

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (㎜)	D_0	50.4	50.4	50.4	50.4	
Initial Height (㎜)	H_0	44.9	102.3	101.6	103.1	
Initial Weight (g)	W_0	244.2	555.2	552.2	561.0	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.726	2.720	2.724	2.727	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-8.0	110.5	150.7	188.7	

C=11.9Mpa	Φ= 53.1°	tanΦ=1.331

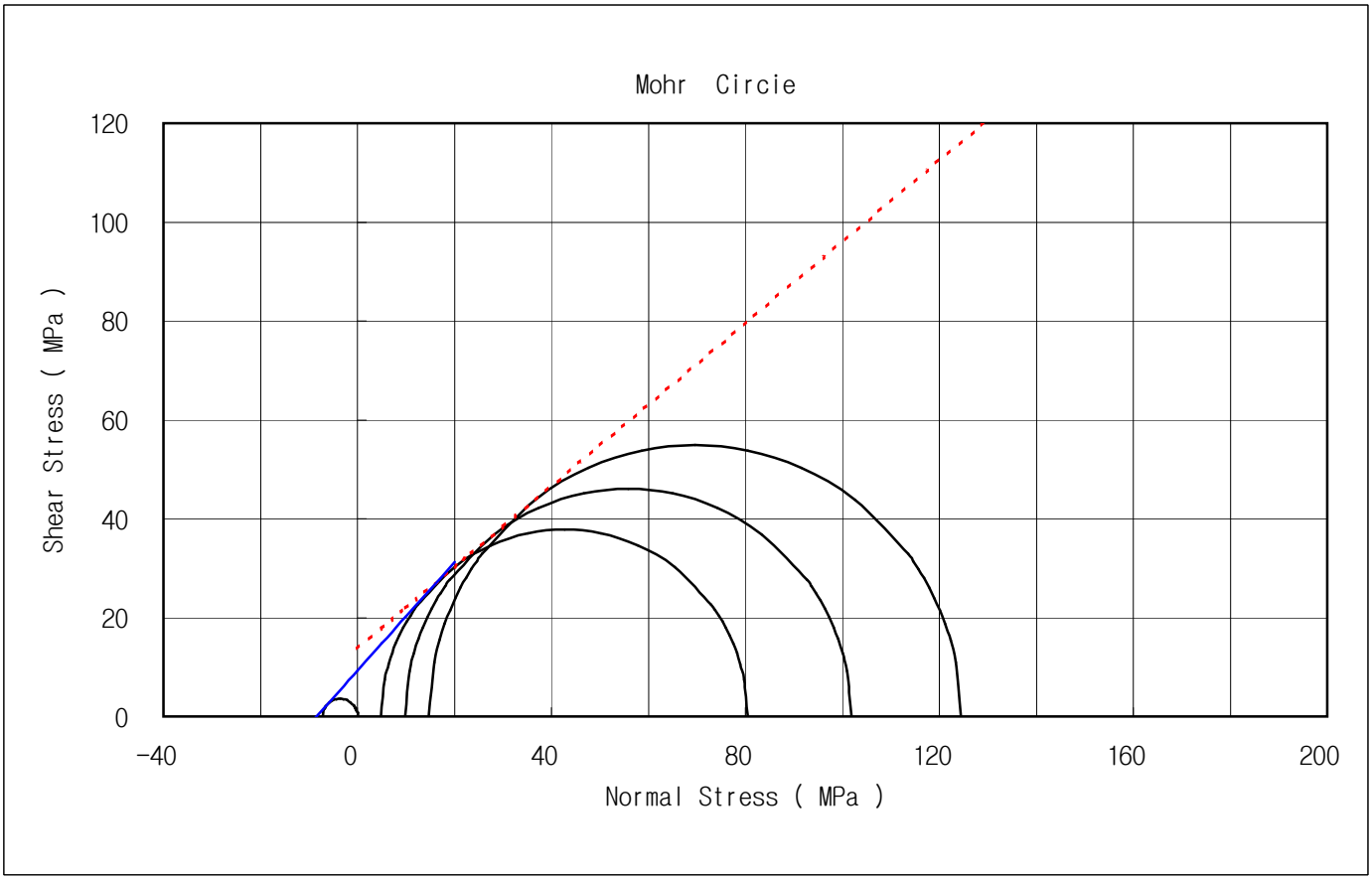


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울 제물포터널 민간투자사업		
의뢰기관 :	지케이엔지니어링㈜	접수번호 :	
개시일자 :	2011년 4월 20일	접수일자 :	2011년 4월 19일
완료일자 :	2011년 4월 29일	시험공번 :	NTB-12
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	50.2 m - 51.0 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kim, Jong Kook

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (㎜)	D_0	50.7	50.7	50.7	50.7	
Initial Height (㎜)	H_0	47.3	100.4	106.3	102.5	
Initial Weight (g)	W_0	259.7	550.2	585.0	564.7	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.720	2.714	2.726	2.729	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-7.2	75.6	92.1	109.8	

C=9.3Mpa	Φ= 39.4°	tanΦ=0.823

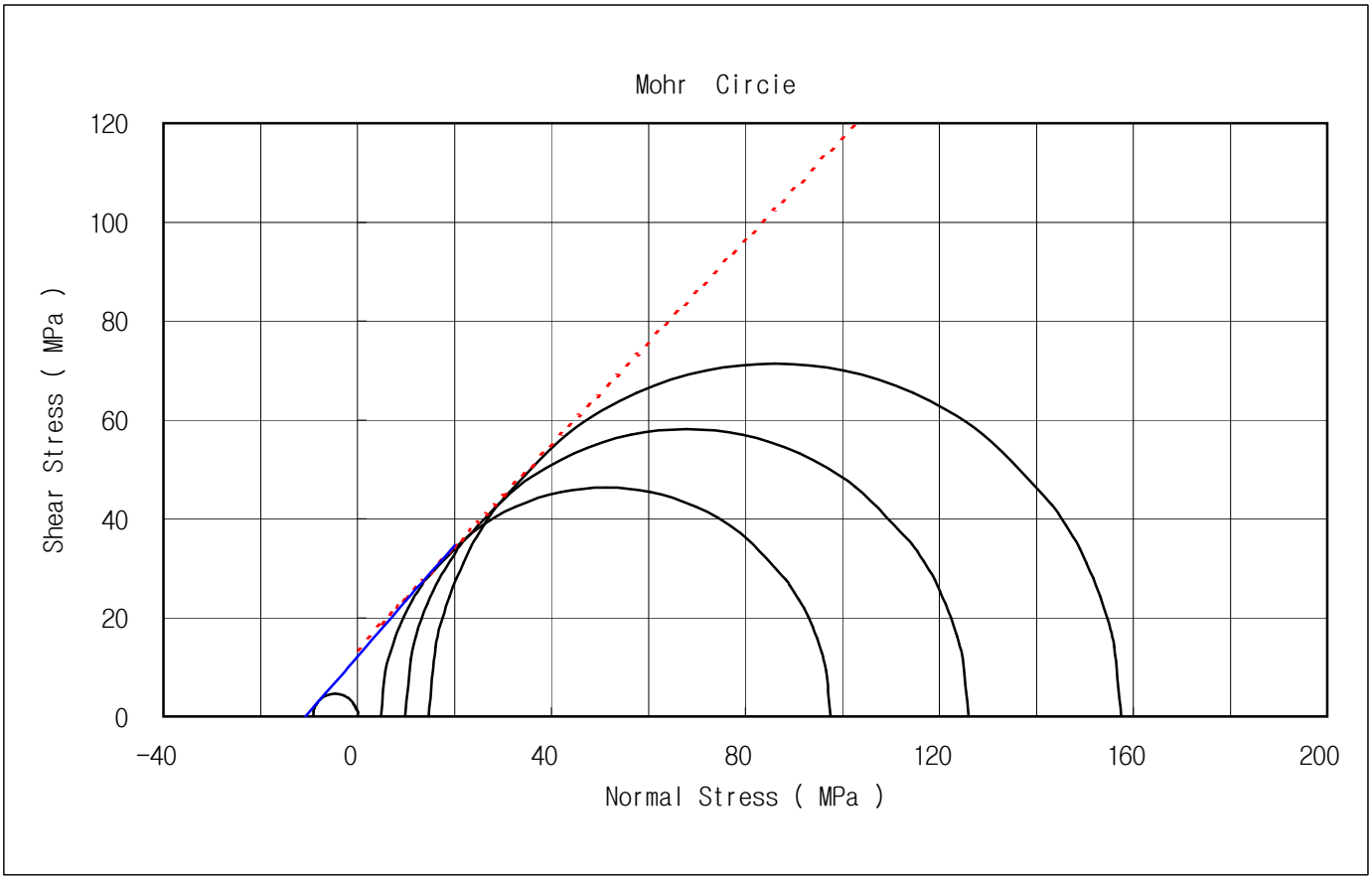


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울 제물포터널 민간투자사업		
의뢰기관 :	지케이엔지니어링㈜	접수번호 :	
개시일자 :	2011년 4월 20일	접수일자 :	2011년 4월 19일
완료일자 :	2011년 4월 29일	시험공번 :	NTB-13
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	60.5 m - 60.9 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kim, Jong Kook

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.1	50.1	50.1	50.1	
Initial Height (mm)	H_0	49.9	103.1	102.4	107.2	
Initial Weight (g)	W_0	268.6	556.3	550.8	577.1	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.730	2.737	2.729	2.731	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-9.2	92.7	116.2	142.8	

C=12.1Mpa	Φ= 46.0°	tanΦ=1.034

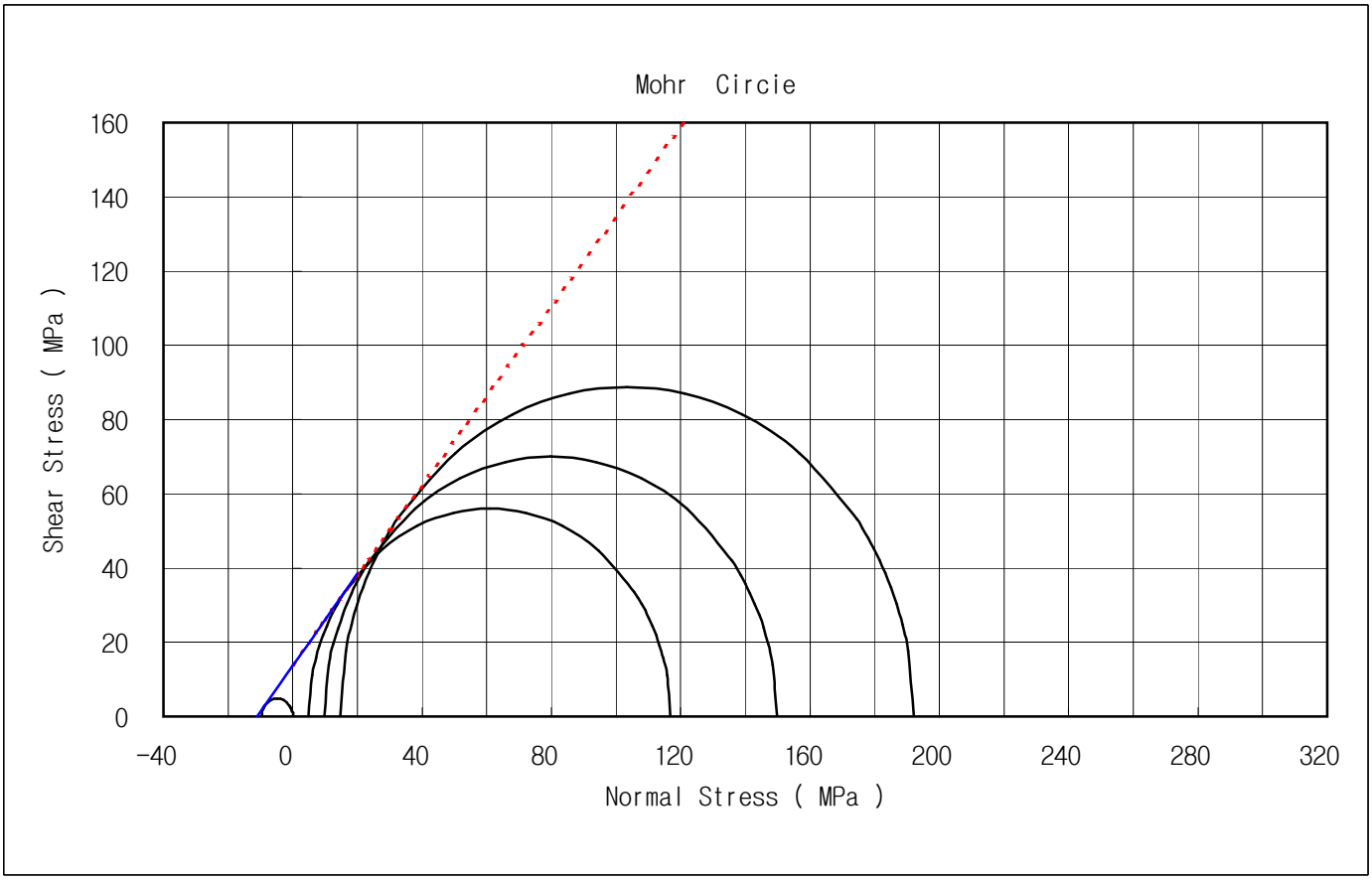


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		
의뢰기관 :	㈜쓰리텍	접수번호 :	
개시일자 :	2011년 2월 24일	접수일자 :	2011년 2월 23일
완료일자 :	2011년 3월 7일	시험공번 :	NTB-19
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	60.0 m - 60.7 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kim, Jong Kook

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (㎜)	D_0	50.8	50.8	50.8	50.8	
Initial Height (㎜)	H_0	50.4	102.5	101.2	105.9	
Initial Weight (g)	W_0	276.4	560.6	554.8	580.4	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.706	2.698	2.705	2.704	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-9.6	112.0	140.0	177.5	

C=13.7Mpa	Φ= 50.4°	tanΦ=1.209

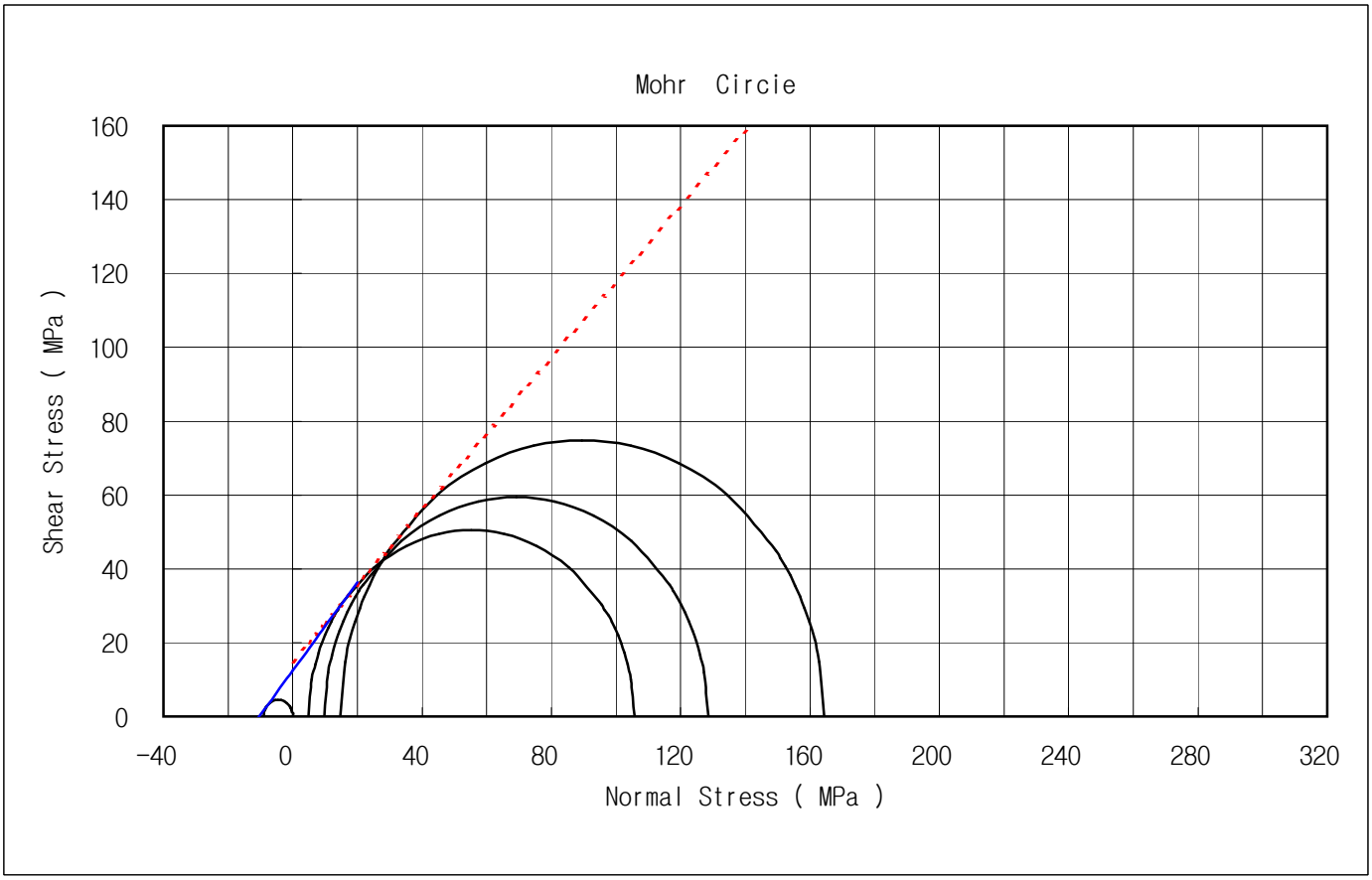


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		
의뢰기관 :	㈜쓰리텍	접수번호 :	
개시일자 :	2011년 3월 3일	접수일자 :	2011년 3월 2일
완료일자 :	2011년 3월 14일	시험공번 :	NTB-23
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	35.3 m - 36.0 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kim, Jong Kook

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.8	50.8	50.8	50.8	
Initial Height (mm)	H_0	49.1	103.6	104.4	105.0	
Initial Weight (g)	W_0	267.8	576.5	581.9	576.7	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.691	2.746	2.750	2.710	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-9.0	100.8	118.7	149.7	

C=12.4Mpa	Φ= 45.8°	tanΦ=1.029

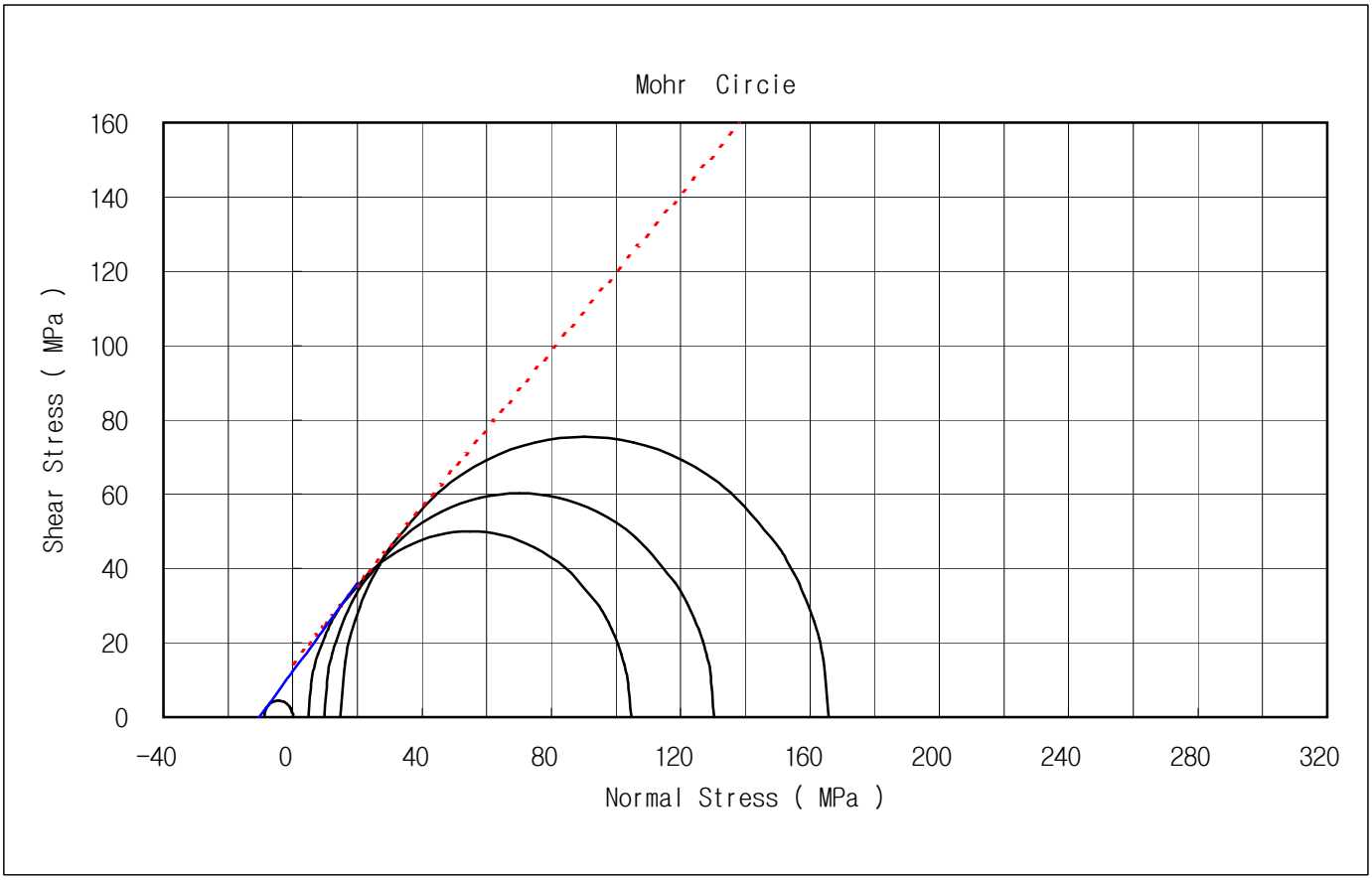


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		
의뢰기관 :	㈜쓰리텍	접수번호 :	
개시일자 :	2011년 2월 24일	접수일자 :	2011년 2월 23일
완료일자 :	2011년 3월 7일	시험공번 :	NTB-24
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	31.6 m - 32.1 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kim, Jong Kook

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.0	50.0	50.0	50.0	
Initial Height (mm)	H_0	47.5	102.0	102.0	102.3	
Initial Weight (g)	W_0	254.1	537.6	543.6	542.9	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.724	2.684	2.714	2.703	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-8.9	99.8	120.6	151.0	

C=12.2Mpa	Φ= 46.5°	tanΦ=1.052

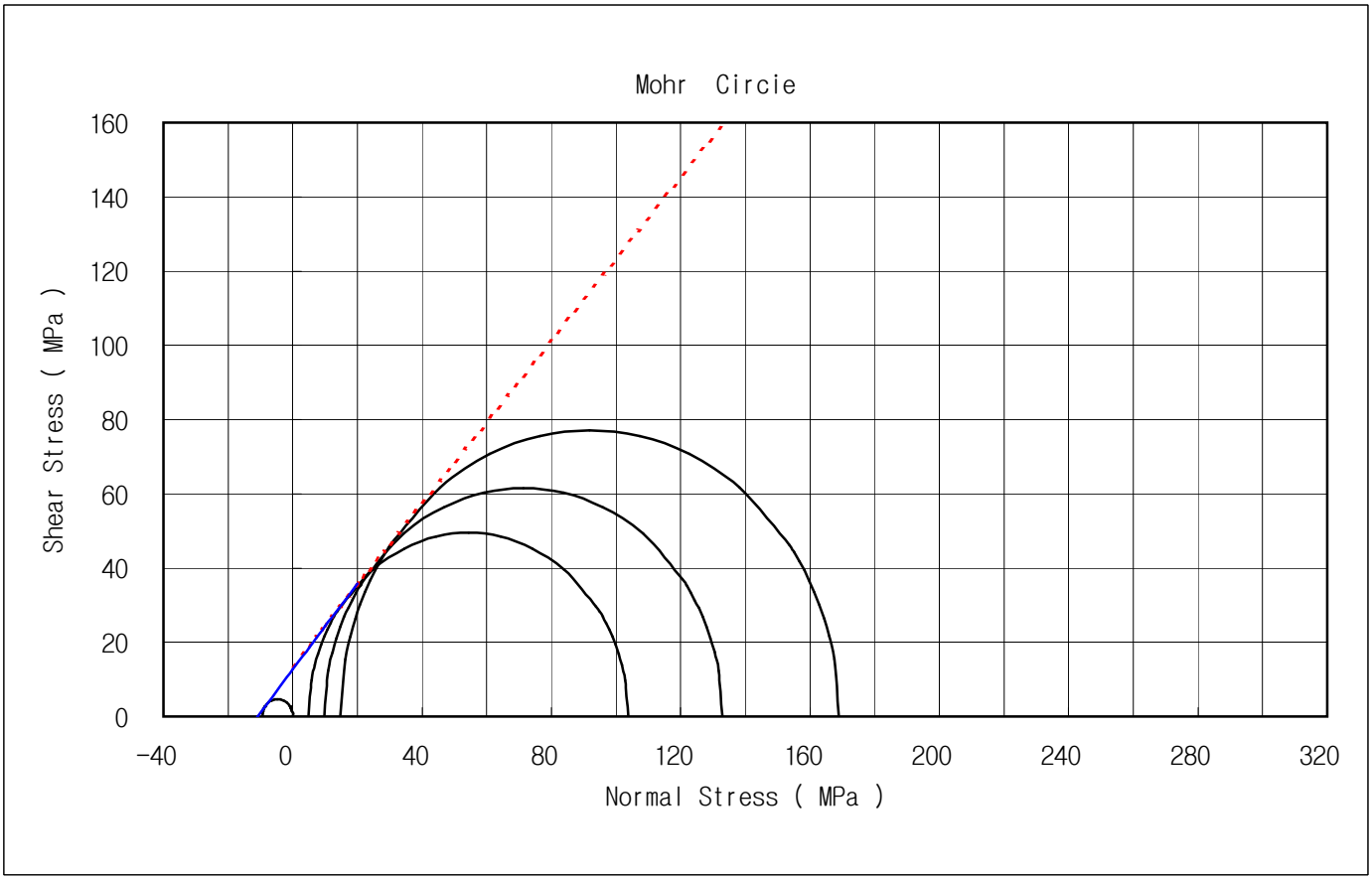


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		
의뢰기관 :	㈜쓰리텍	접수번호 :	
개시일자 :	2011년 2월 24일	접수일자 :	2011년 2월 23일
완료일자 :	2011년 3월 7일	시험공번 :	NTB-26
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	38.0 m - 38.8 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kim, Jong Kook

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.2	50.2	50.2	50.2	
Initial Height (mm)	H_0	49.1	100.8	101.0	104.7	
Initial Weight (g)	W_0	259.6	535.9	538.1	562.1	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.671	2.686	2.692	2.713	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-9.4	98.8	123.1	154.3	

C=12.7Mpa	Φ= 47.7°	tanΦ=1.098

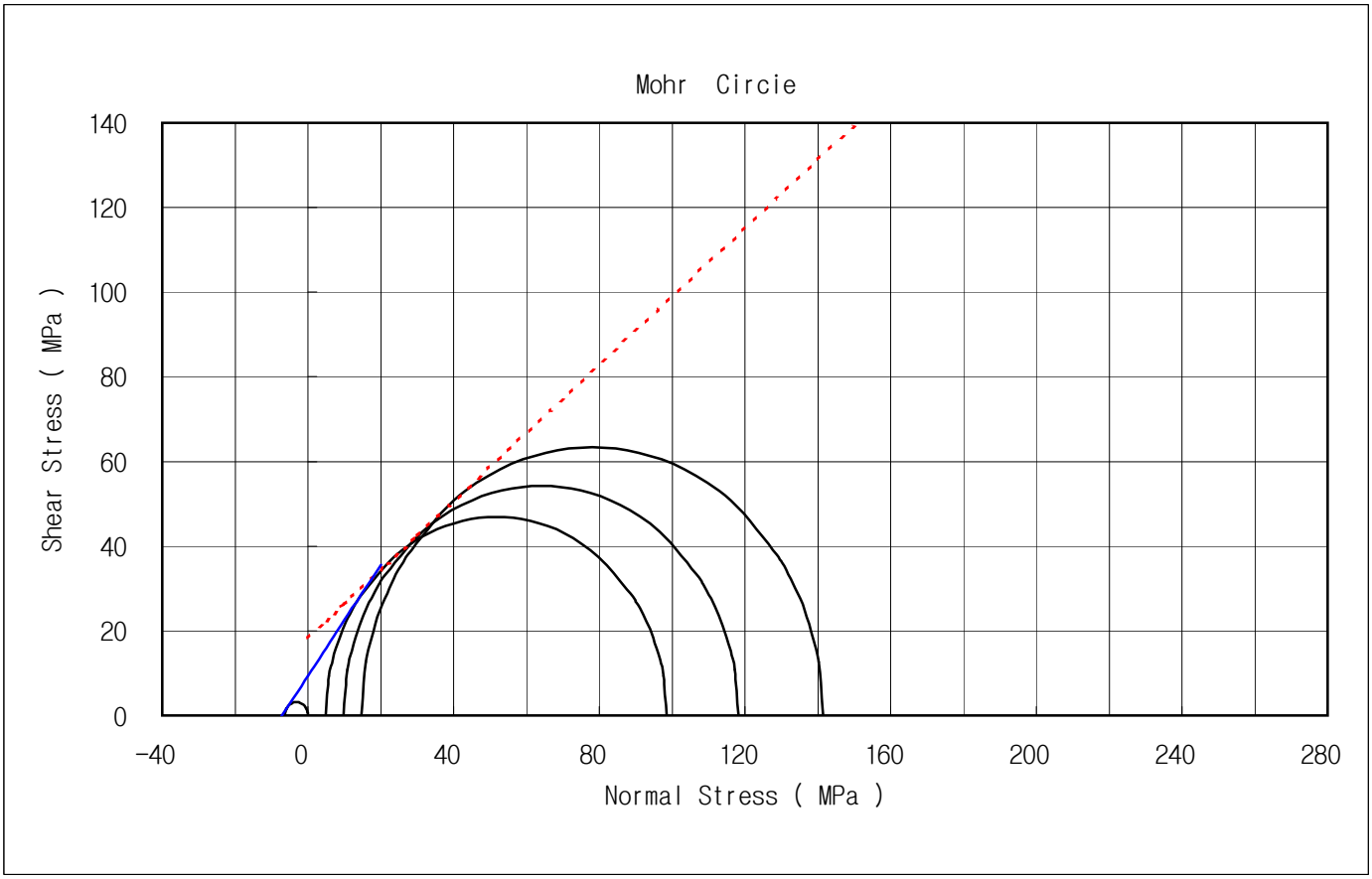


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 4월 3일	접수일자 :	2013년 4월 2일
완료일자 :	2013년 4월 12일	시험공번 :	ATB-2
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	29.7 m - 30.0 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (㎜)	D_0	50.5	50.6	50.6	50.6	
Initial Height (㎜)	H_0	47.3	103.0	104.1	101.9	
Initial Weight (g)	W_0	246.9	545.4	553.9	540.1	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.606	2.633	2.646	2.636	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-6.3	93.7	108.5	126.8	

C=9.3Mpa	Φ=38.9°	tanΦ=0.808

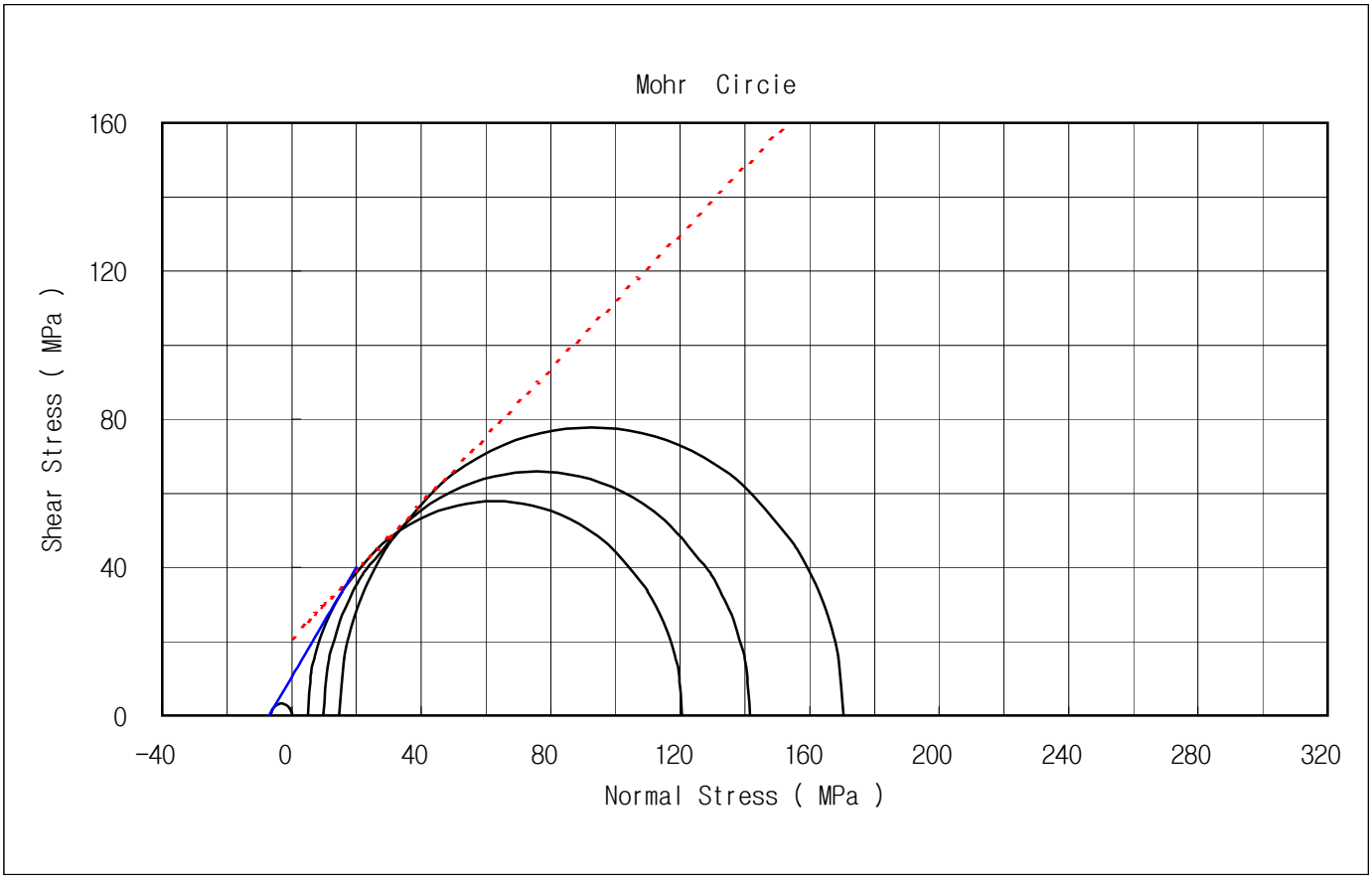


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 3월 20일	접수일자 :	2013년 3월 19일
완료일자 :	2013년 4월 2일	시험공번 :	ATB-4
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	39.2 m - 39.6 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (㎜)	D_0	50.4	50.5	50.5	50.5	
Initial Height (㎜)	H_0	45.2	104.1	102.7	102.5	
Initial Weight (g)	W_0	241.8	584.8	582.9	582.9	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.681	2.805	2.834	2.839	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-6.4	115.7	131.9	155.7	

C=10.5Mpa	Φ=42.3°	tanΦ=0.909

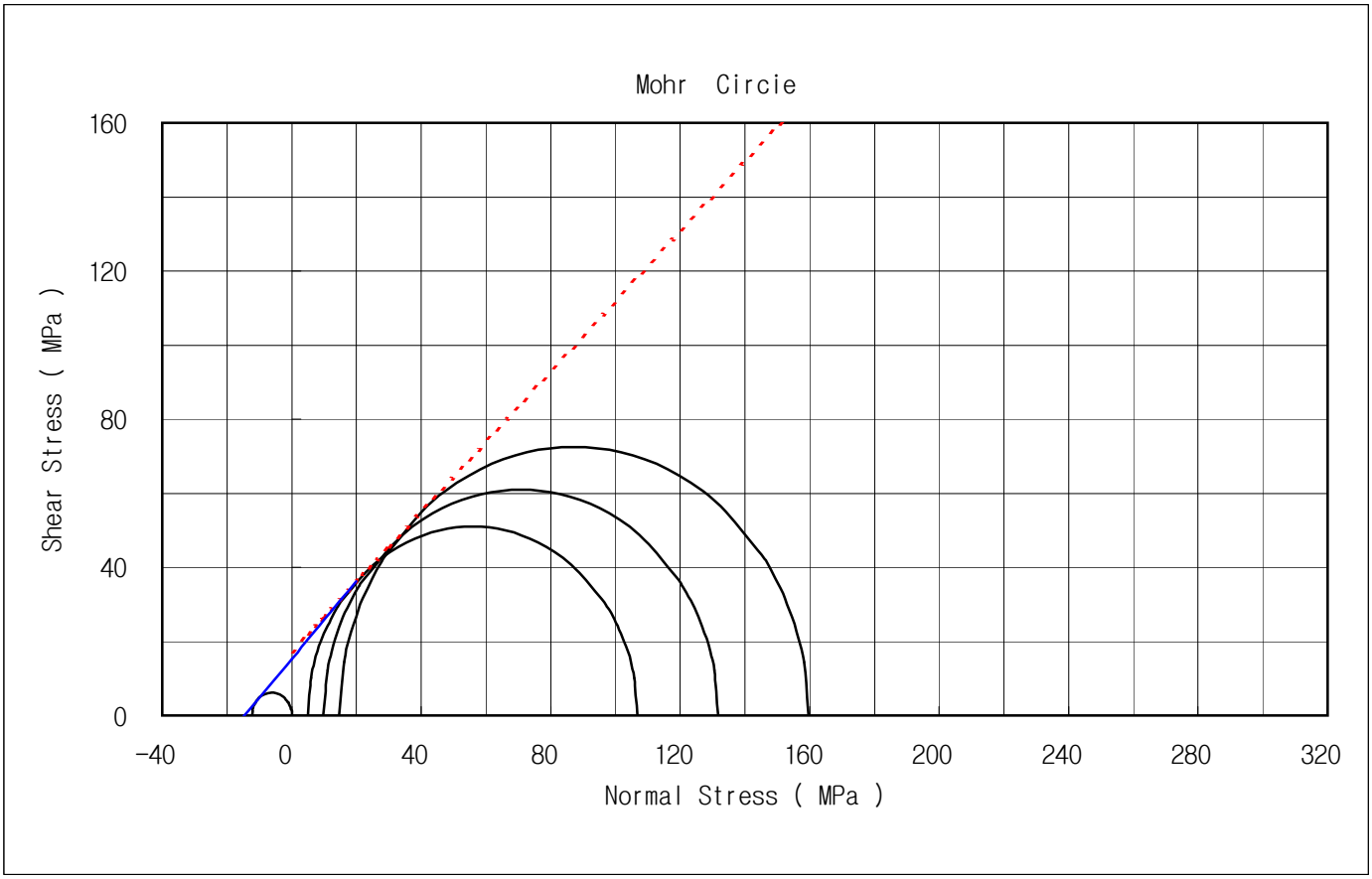


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 3월 20일	접수일자 :	2013년 3월 19일
완료일자 :	2013년 4월 2일	시험공번 :	ATB-5
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	48.1 m - 48.4 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.6	50.5	50.5	50.5	
Initial Height (mm)	H_0	47.2	100.8	103.0	102.6	
Initial Weight (g)	W_0	256.1	548.1	556.7	554.9	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.698	2.715	2.698	2.700	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-12.3	101.9	122.0	144.9	

C=15.3Mpa	Φ=43.4°	tanΦ=0.946

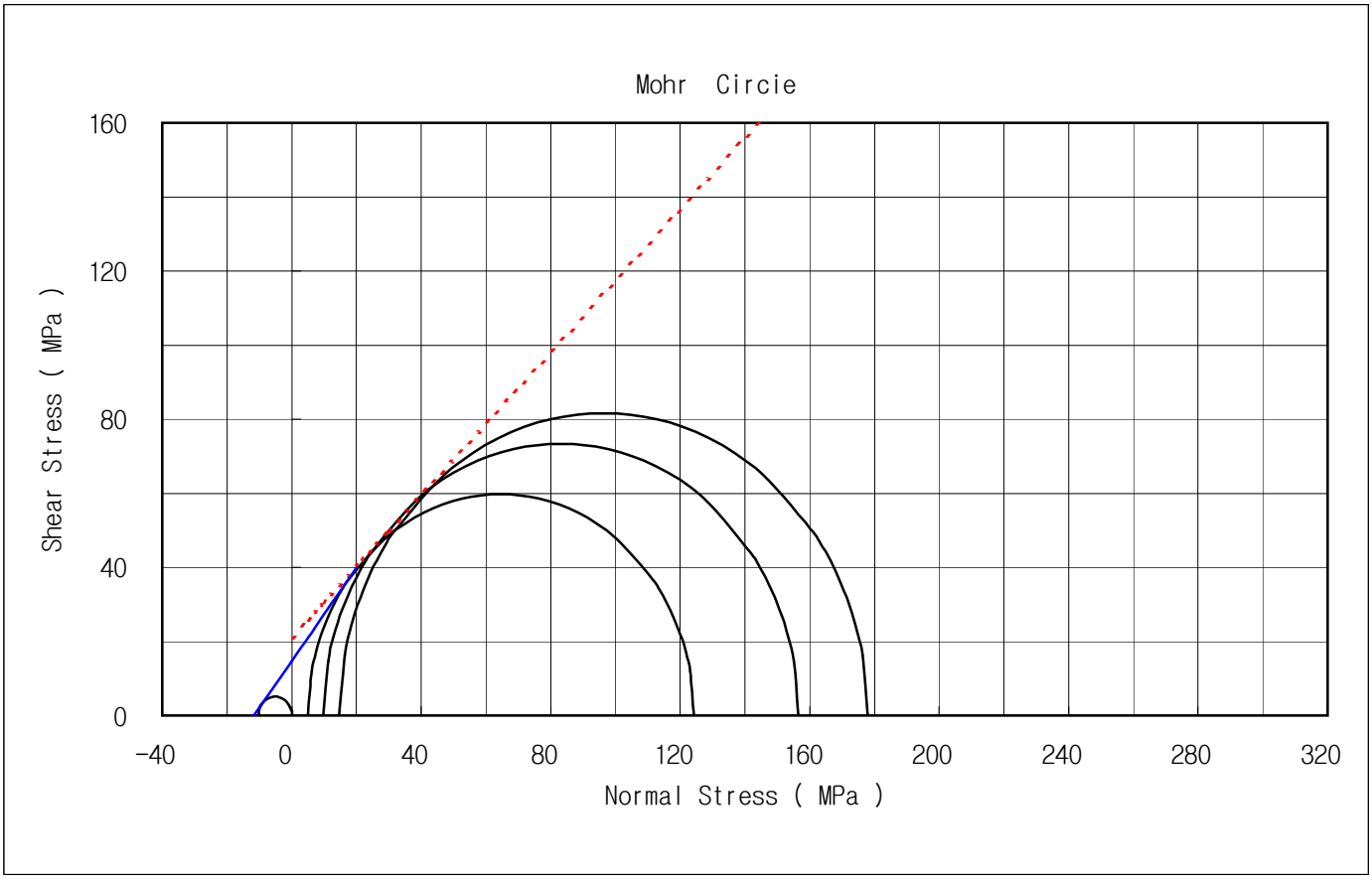


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 4월 3일	접수일자 :	2013년 4월 2일
완료일자 :	2013년 4월 12일	시험공번 :	ATB-6
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	54.3 m - 54.7 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.3	50.0	50.0	50.5	
Initial Height (mm)	H_0	45.8	105.4	104.6	102.5	
Initial Weight (g)	W_0	253.9	571.4	576.1	582.9	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.790	2.761	2.805	2.839	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-10.3	119.3	146.7	163.2	

C=14.7Mpa	Φ=44.0°	tanΦ=0.964

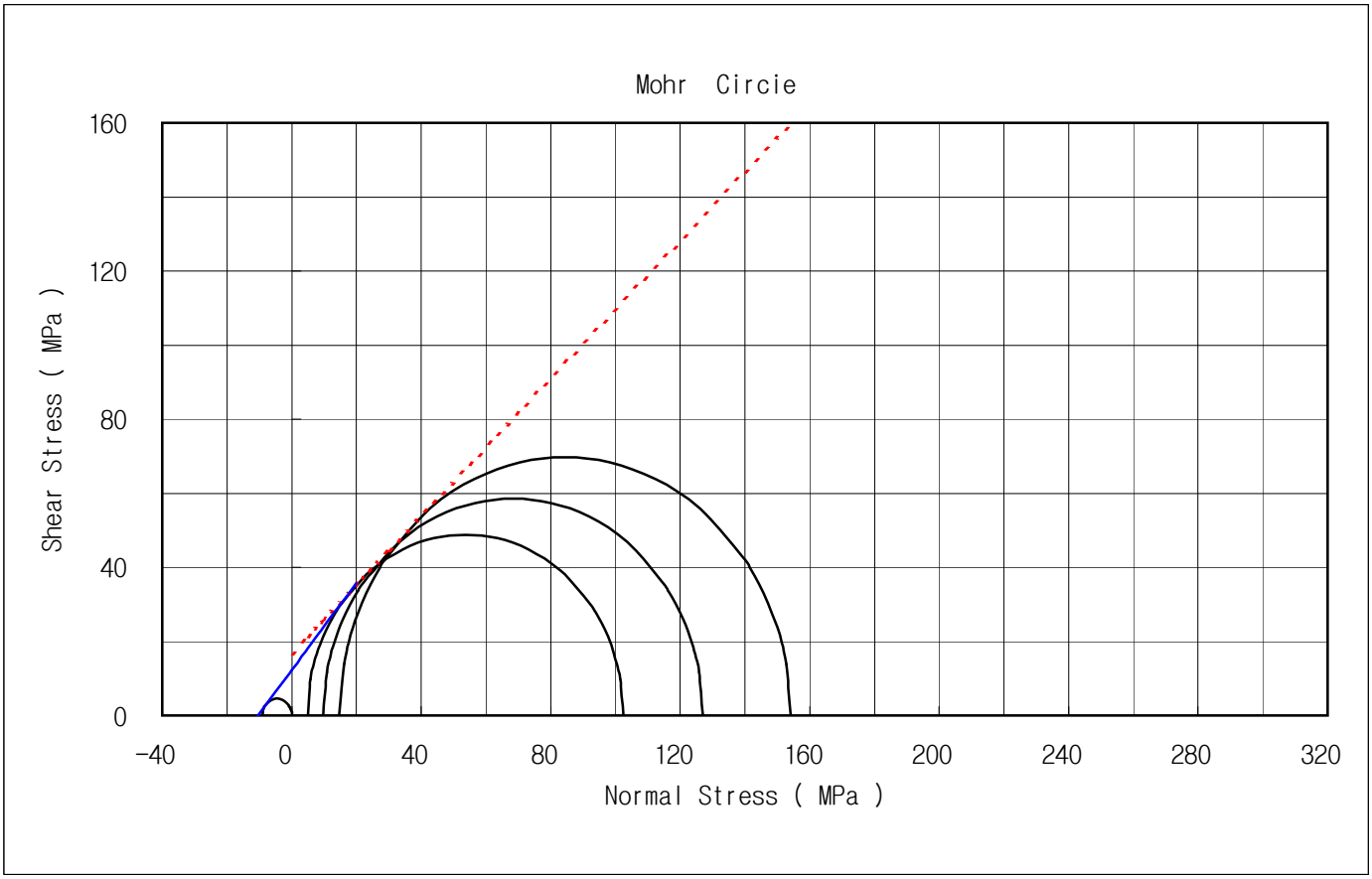


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 4월 8일	접수일자 :	2013년 4월 8일
완료일자 :	2013년 4월 15일	시험공번 :	ATB-9
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	55.7 m - 56.4 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (㎜)	D_0	50.4	50.4	50.4	50.4	
Initial Height (㎜)	H_0	45.0	106.4	106.4	103.8	
Initial Weight (g)	W_0	242.9	584.1	581.4	567.4	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.706	2.752	2.739	2.740	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma 1-\sigma 3$)		-9.1	97.6	117.2	139.4	

C=12.3Mpa	Φ=42.9。	tanΦ=0.929

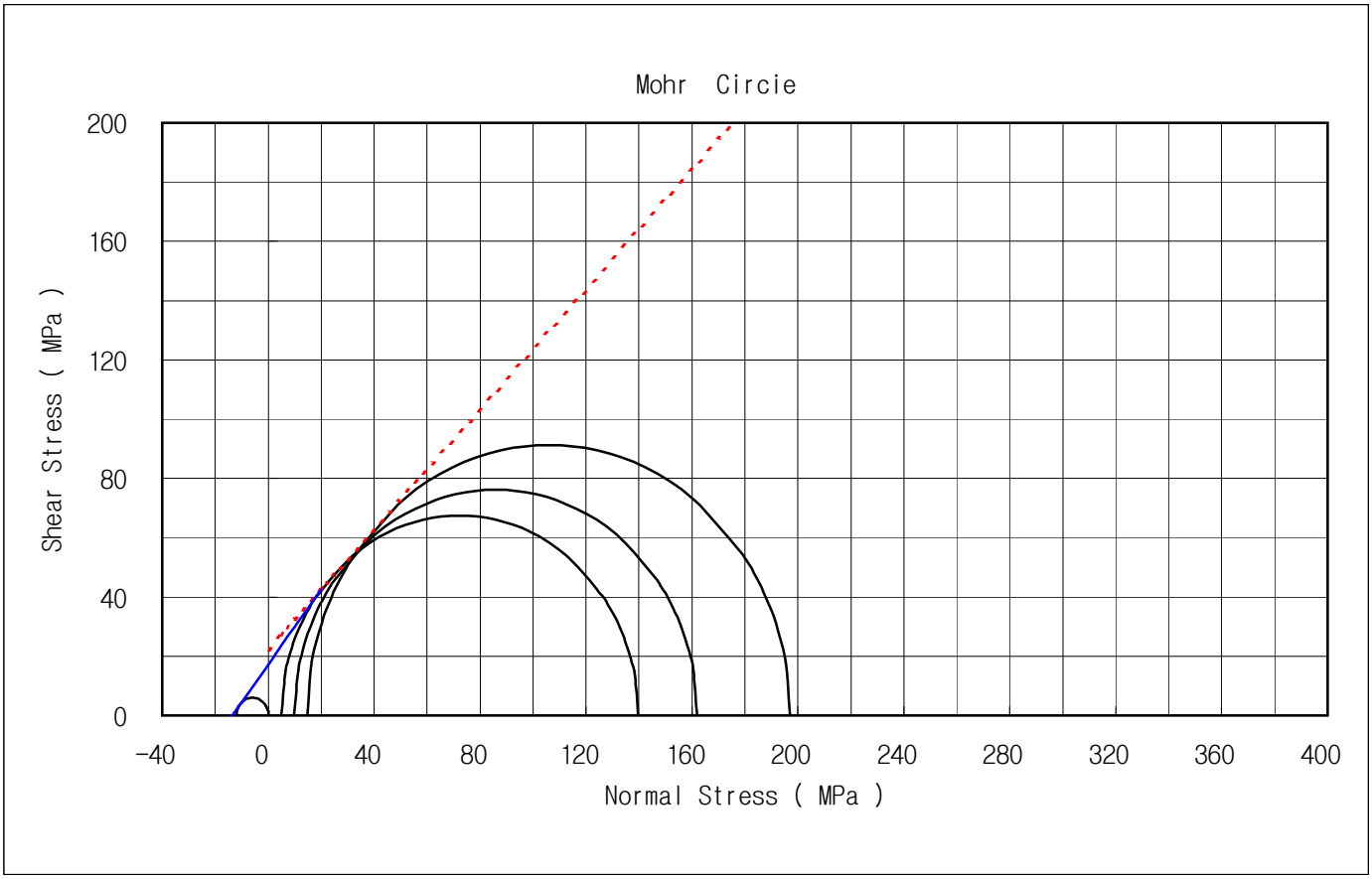


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 4월 8일	접수일자 :	2013년 4월 8일
완료일자 :	2013년 4월 15일	시험공번 :	ATB-12
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	59.8 m - 60.2 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (㎜)	D_0	50.3	50.2	50.2	50.2	
Initial Height (㎜)	H_0	48.1	107.9	108.7	106.0	
Initial Weight (g)	W_0	264.0	592.9	591.4	578.4	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.762	2.776	2.749	2.757	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma 1-\sigma 3$)		-12.0	134.8	152.3	182.4	

C=17.2Mpa	Φ=45.4。	tanΦ=1.013

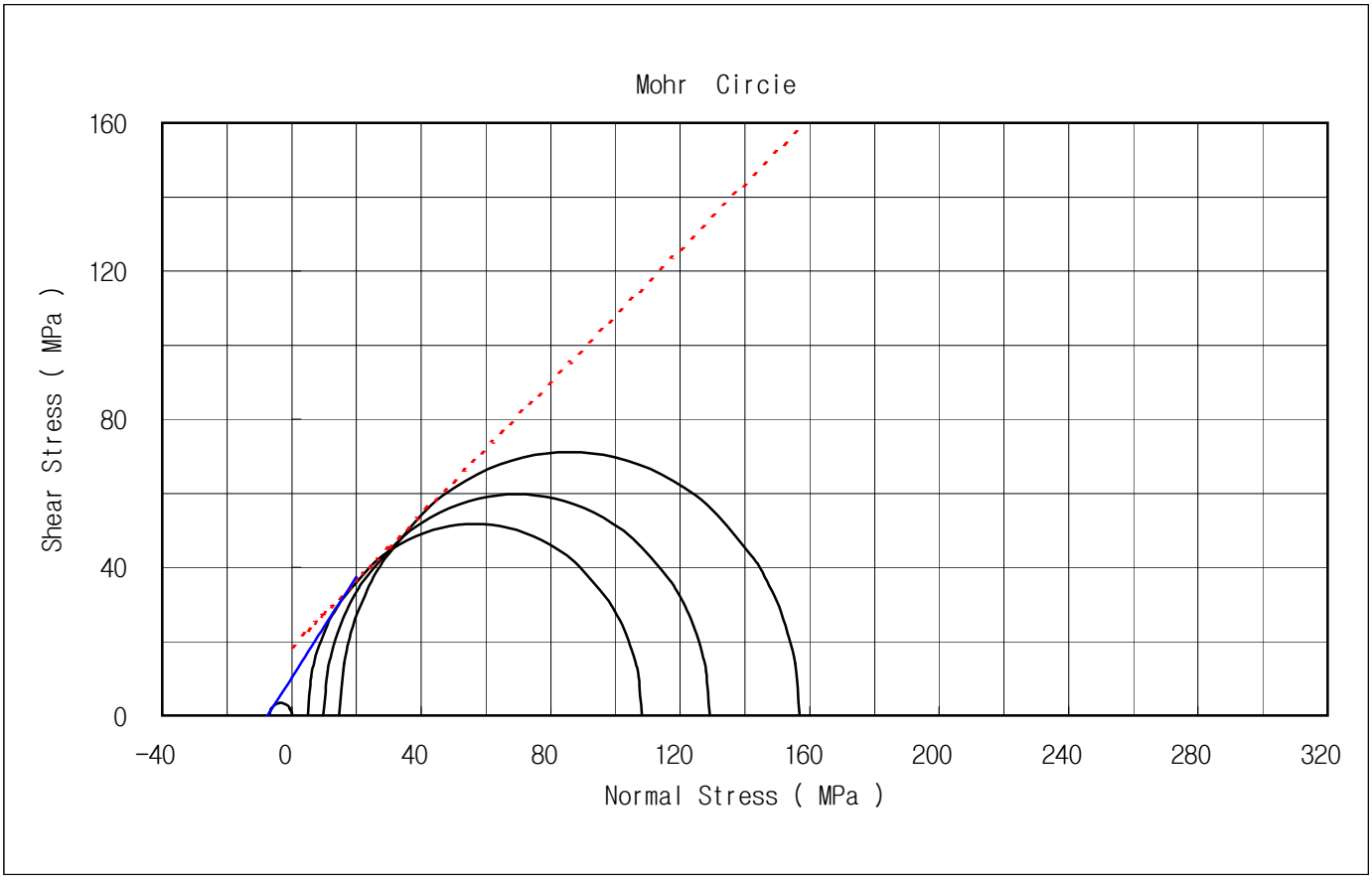


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 4월 8일	접수일자 :	2013년 4월 8일
완료일자 :	2013년 4월 15일	시험공번 :	ATB-20
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	39.9 m - 40.2 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.0	50.0	50.0	50.0	
Initial Height (mm)	H_0	47.7	105.5	106.3	107.2	
Initial Weight (g)	W_0	252.8	568.0	569.1	573.1	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.699	2.742	2.727	2.723	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma 1-\sigma 3$)		-6.8	103.3	119.5	142.1	

C=10.3Mpa	Φ=41.8。	tanΦ=0.893

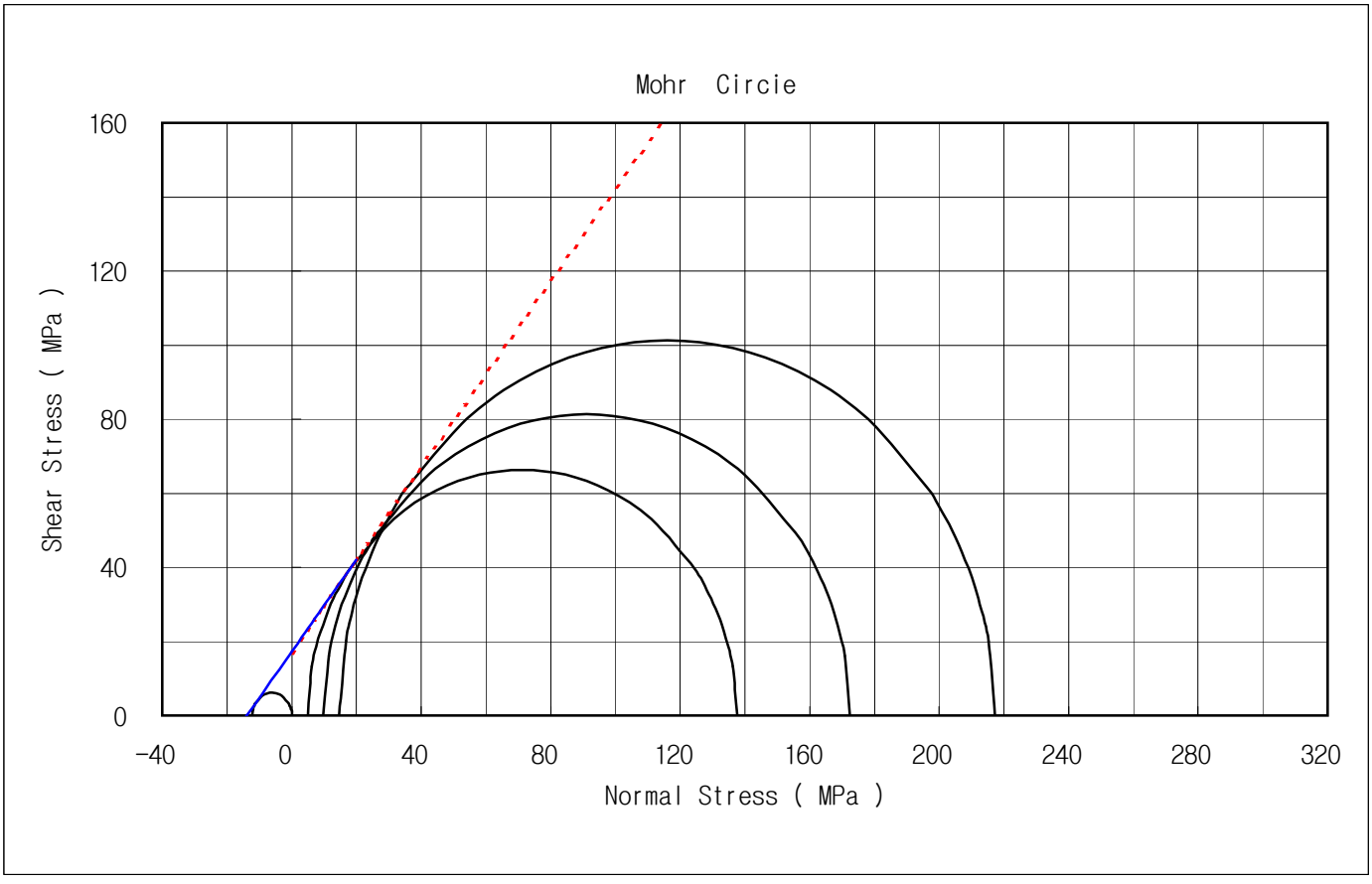


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 4월 8일	접수일자 :	2013년 7월 5일
완료일자 :	2013년 4월 15일	시험공번 :	NATB-1
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	62.5 m - 62.85 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.7	50.7	50.6	50.8	
Initial Height (mm)	H_0	39.7	98.5	100.1	103.3	
Initial Weight (g)	W_0	216.2	537.2	550.3	563.9	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.705	2.700	2.733	2.690	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma 1-\sigma 3$)		-12.2	132.7	162.6	202.5	

C=17.3Mpa	Φ=51.4。	tanΦ=1.253

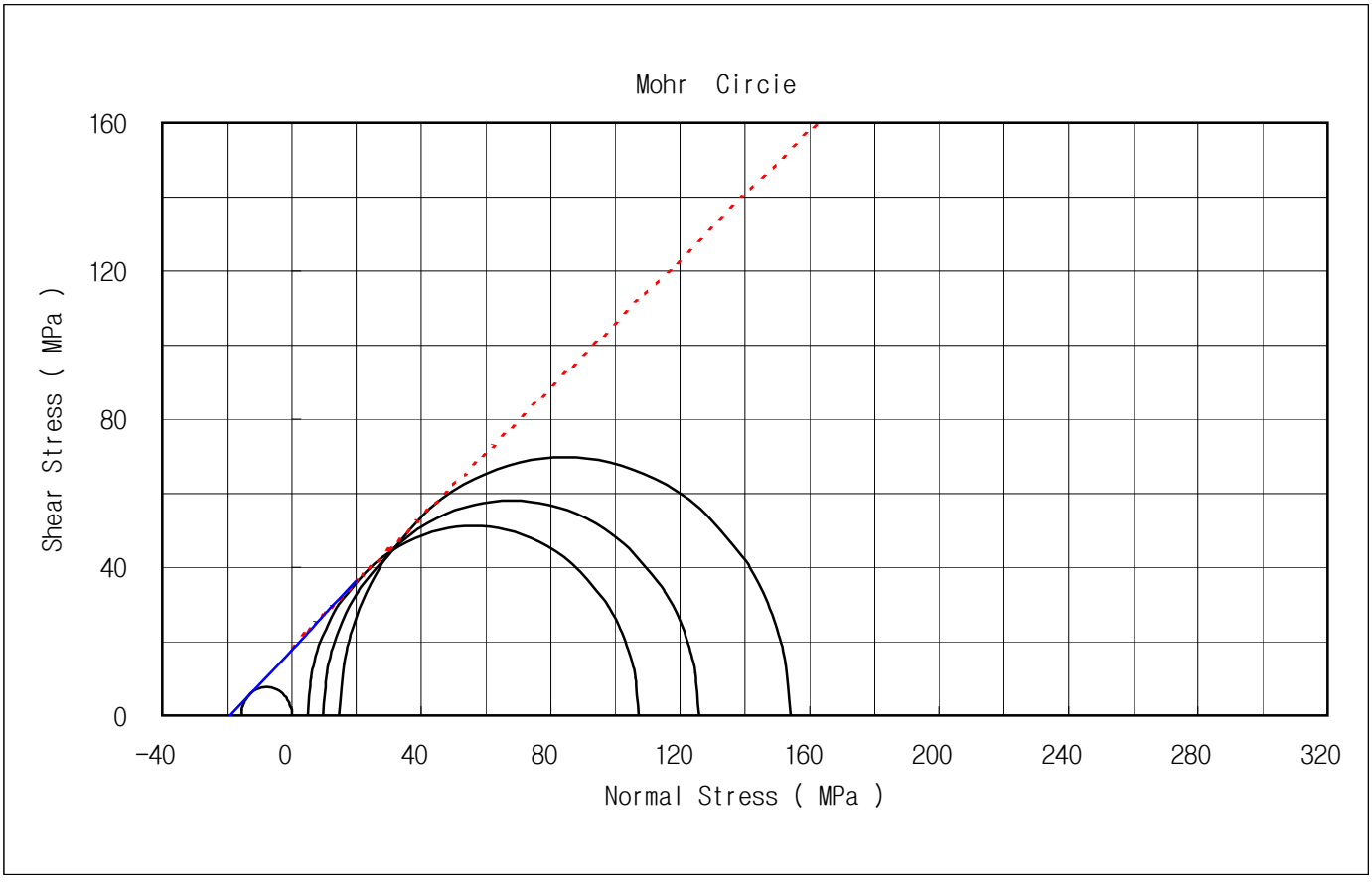


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 4월 8일	접수일자 :	2013년 7월 5일
완료일자 :	2013년 4월 15일	시험공번 :	NATB-4
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	37.5 m - 37.8 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (㎜)	D_0	50.4	50.5	50.5	50.7	
Initial Height (㎜)	H_0	43.3	101.3	102.0	98.5	
Initial Weight (g)	W_0	235.3	557.0	564.1	546.2	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.723	2.741	2.759	2.747	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma 1-\sigma 3$)		-15.5	102.3	116.1	139.4	

C=17.8Mpa	Φ=41.1。	tanΦ=0.872

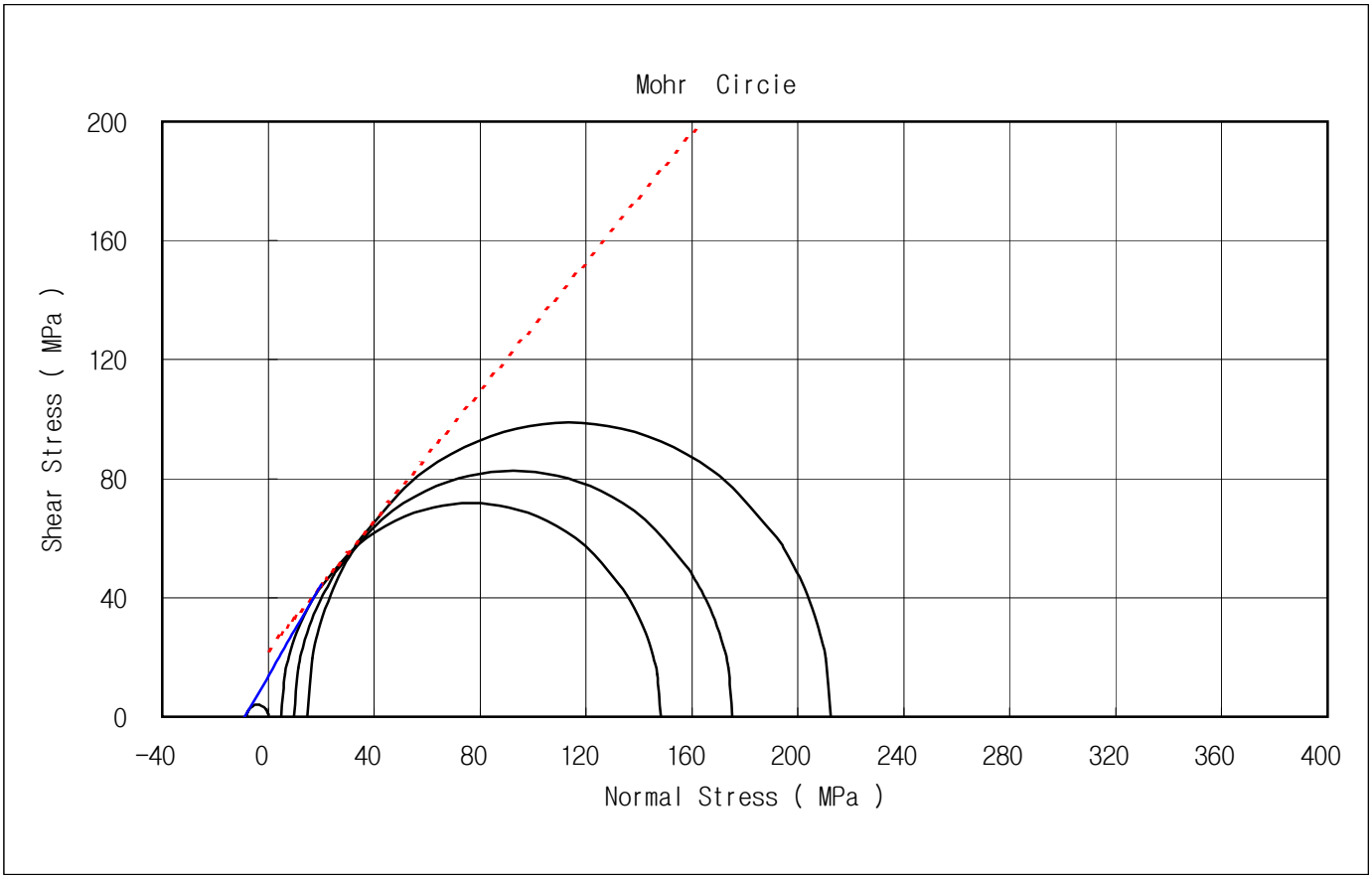


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 3월 20일	접수일자 :	2013년 3월 19일
완료일자 :	2013년 4월 2일	시험공번 :	NNTB-2
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	36.4 m - 36.7 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (㎜)	D_0	50.7	50.7	50.7	50.7	
Initial Height (㎜)	H_0	40.2	103.9	102.2	103.5	
Initial Weight (g)	W_0	220.8	579.1	564.8	579.1	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.721	2.761	2.737	2.771	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-8.1	143.4	165.5	197.7	

C=13.7Mpa	Φ=47.4°	tanΦ=1.088



TEST FOR TENSILE STRENGTH OF ROCK CORE

PROJECT :	서울 제물포터널 민간투자사업	DATE :	2011년 4월 29일
LOCATION :		BORING No.:	NTB-10
TEST No.:	BCT-S3-001	SAMPLING DEPTH:	59.0 m - 59.7 m
TESTED BY :	Kim, Jong Bo	CHECKED BY:	Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.40	
Specimen Height (㎜)	44.90	
Specimen Weight (g)	244.20	
Bulk Density (kN/㎥)	26.72	
Max Failure. Load (N)	28244	
Tensile. Strength (MPa)	7.95	

TEST FOR TENSILE STRENGTH OF ROCK CORE

PROJECT :	서울 제물포터널 민간투자사업	DATE :	2011년 4월 29일
LOCATION :		BORING No.:	NTB-12
TEST No.:	BCT-S3-002	SAMPLING DEPTH:	50.2 m - 51.0 m
TESTED BY :	Kim, Jong Bo	CHECKED BY:	Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.70	
Specimen Height (mm)	47.30	
Specimen Weight (g)	259.70	
Bulk Density (kN/㎥)	26.65	
Max Failure. Load (N)	17248	
Tensile. Strength (MPa)	4.58	

TEST FOR TENSILE STRENGTH OF ROCK CORE

PROJECT :	서울 제물포터널 민간투자사업	DATE :	2011년 4월 29일
LOCATION :		BORING No.:	NTB-13
TEST No.:	BCT-S3-003	SAMPLING DEPTH:	60.5 m - 60.9 m
TESTED BY :	Kim, Jong Bo	CHECKED BY:	Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.10	
Specimen Height (㎜)	49.90	
Specimen Weight (g)	268.60	
Bulk Density (kN/㎥)	26.76	
Max Failure. Load (N)	36133	
Tensile. Strength (MPa)	9.20	

TEST FOR TENSILE STRENGTH OF ROCK CORE

PROJECT :	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	DATE :	2011년 3월 4일
LOCATION :		BORING No.:	NTB-19
TEST No.:	BCT-S-001	SAMPLING DEPTH:	60.0 m - 60.7 m
TESTED BY :	Kim, Jong Bo	CHECKED BY:	Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.80	
Specimen Height (㎜)	50.40	
Specimen Weight (g)	276.40	
Bulk Density (kN/㎥)	26.52	
Max Failure. Load (N)	38739	
Tensile. Strength (MPa)	9.63	

TEST FOR TENSILE STRENGTH OF ROCK CORE

PROJECT :	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	DATE :	2011년 3월 4일
LOCATION :		BORING No.:	NTB-23
TEST No.:	BCT-S2-001	SAMPLING DEPTH:	35.3 m - 36.0 m
TESTED BY :	Kim, Jong Bo	CHECKED BY:	Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.80	
Specimen Height (㎜)	49.10	
Specimen Weight (g)	267.80	
Bulk Density (kN/㎥)	26.37	
Max Failure. Load (N)	35427	
Tensile. Strength (MPa)	9.04	

TEST FOR TENSILE STRENGTH OF ROCK CORE

PROJECT :	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	DATE :	2011년 3월 4일
LOCATION :		BORING No.:	NTB-24
TEST No.:	BCT-S-002	SAMPLING DEPTH:	31.6 m - 32.1 m
TESTED BY :	Kim, Jong Bo	CHECKED BY:	Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.00	
Specimen Height (mm)	47.50	
Specimen Weight (g)	254.10	
Bulk Density (kN/㎥)	26.70	
Max Failure. Load (N)	33124	
Tensile. Strength (MPa)	8.88	

TEST FOR TENSILE STRENGTH OF ROCK CORE

PROJECT :	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사	DATE :	2011년 3월 4일
LOCATION :		BORING No.:	NTB-26
TEST No.:	BCT-S-003	SAMPLING DEPTH:	38.0 m - 38.8 m
TESTED BY :	Kim, Jong Bo	CHECKED BY:	Kim, Jong Kook

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.20	
Specimen Height (mm)	49.10	
Specimen Weight (g)	259.60	
Bulk Density (kN/㎥)	26.18	
Max Failure. Load (N)	36397	
Tensile. Strength (MPa)	9.40	

TEST FOR TENSILE STRENGTH OF ROCK CORE

Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

Client 대림산업
Date In 2013-03-19
Date Out 2013-07-16

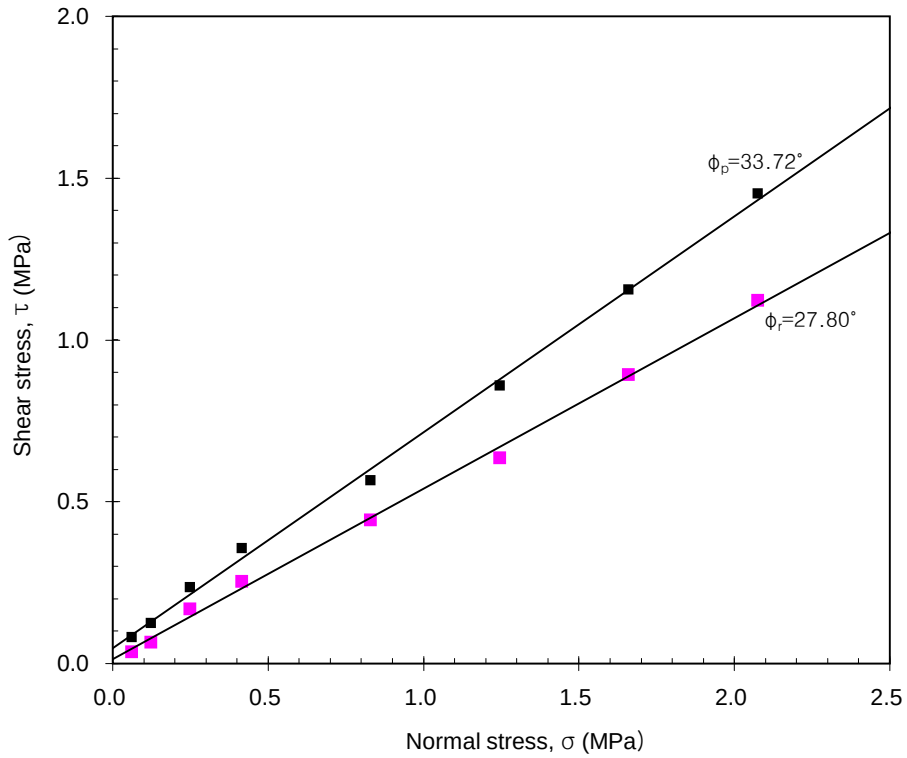
Hole No.	Depth (m)	Specimen Diameter (㎜)	Specimen Height (㎜)	Max Failure. Load (N)	Tensile. Strength (MPa)	Remark
ATB-2	19.9-20.0	50.5	47.3	23614	6.3	
ATB-4	44.1-44.3	50.4	45.2	22997	6.4	
ATB-5	53.0-53.2	50.6	47.2	46121	12.3	
ATB-6	50.8-51.0	50.3	45.8	37099	10.3	
ATB-9	56.4-56.6	50.4	45.0	32254	9.1	
ATB-12	61.4-61.7	50.3	48.1	45601	12.0	
ATB-20	40.2-40.4	50.0	47.7	25497	6.8	
NATB-1	62.3-62.57	50.7	39.7	38491	12.2	
NATB-4	38.0-38.1	50.4	43.3	53132	15.5	
NNTB-2	33.0-33.2	50.7	40.2	25811	8.1	

7.2.4 절리면 전단시험

Direct Shear Test for Joint

Specimen			Normal Stress (MPa)	Shear Stress (MPa)	Re.Shear Stress (Mpa)	Shear Stiffness (MPa/㎜)
Sample ID	NTB-10					
Depth	59.7~60.0 m		0.06	0.081	0.036	0.460
Long Axis	61.3 mm		0.12	0.124	0.065	0.718
Short Axis	50.1 mm		0.25	0.236	0.168	0.965
Project	서울 제물포터널 민간투자사업		0.42	0.356	0.254	1.007
Test result			0.83	0.565	0.443	1.016
Cohesion	Peak	0.0476 MPa	1.25	0.858	0.635	1.112
	Residual	0.0127 MPa	1.66	1.156	0.892	1.127
Fri. Angle (°)	Peak	33.72 °	2.08	1.452	1.121	1.541
	Residual	27.80 °				
Inclination Angle		5.84 °				
Joint Compressive Strength		15.8 MPa				
Joint Roughness Coefficient		4~6				
Kn		13.80 MPa/㎜				
Shear stiffness at sampling depth		1.23 MPa/㎜				
Test Date		2011. 04.				

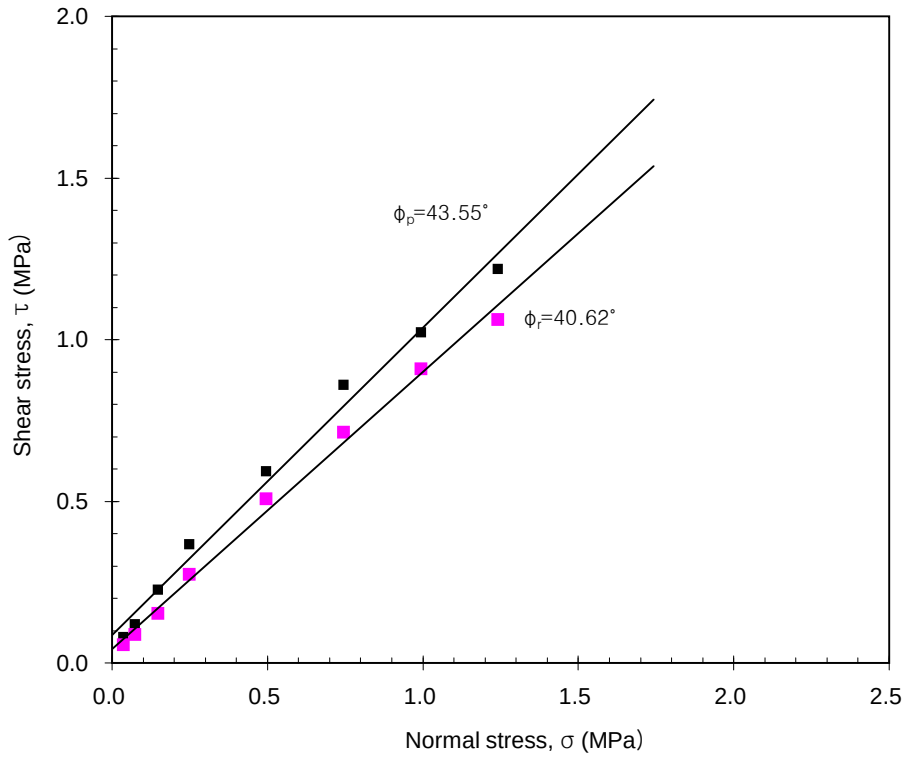
.Remark



Direct Shear Test for Joint

Specimen			Normal Stress (MPa)	Shear Stress (MPa)	Re.Shear Stress (Mpa)	Shear Stiffness (MPa/㎜)
Sample ID	NTB-12		0.04	0.079	0.055	0.198
Depth	51.0~51.3 m		0.07	0.120	0.087	0.580
Long Axis	103.8 mm		0.15	0.225	0.152	0.329
Short Axis	49.4 mm		0.25	0.367	0.274	0.398
Project	서울 제물포터널 민간투자사업		0.50	0.592	0.507	0.420
Test result			0.75	0.859	0.713	0.441
Cohesion	Peak	0.0862 MPa	0.99	1.022	0.910	0.505
	Residual	0.0424 MPa	1.24	1.218	1.062	0.916
Fri. Angle (°)	Peak	43.55 °				
	Residual	40.62 °				
Inclination Angle	2.01 °					
Joint Compressive Strength	13.6 MPa					
Joint Roughness Coefficient	14~16					
Kn	11.34 MPa/㎜					
Shear stiffness at sampling depth	0.92 MPa/㎜					
Test Date	2011. 04.					

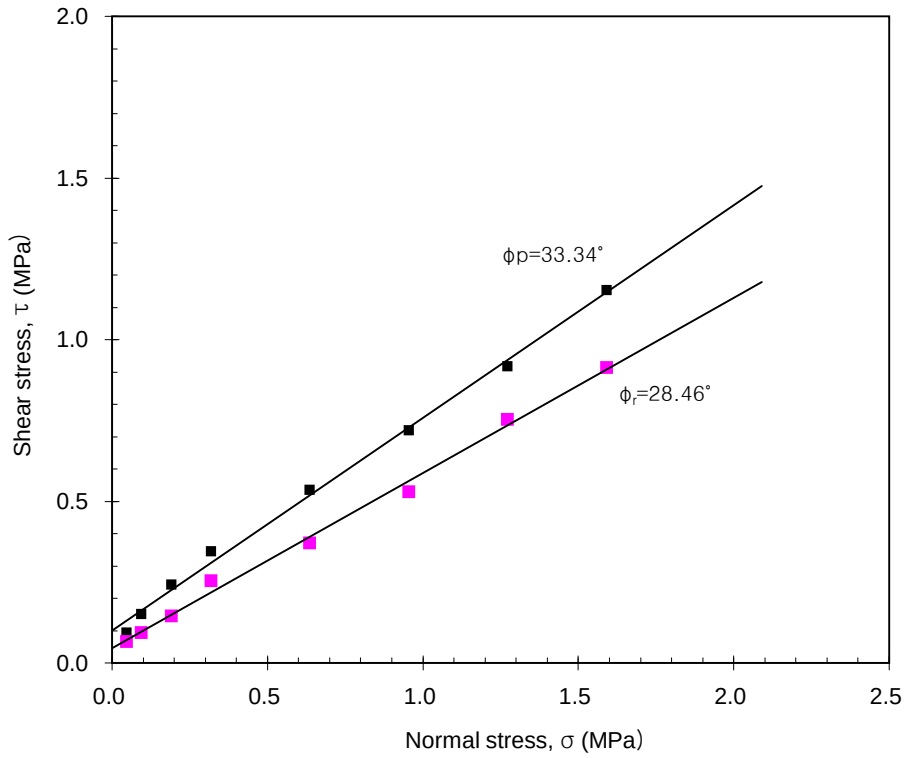
.Remark



Direct Shear Test for Joint

Specimen			Normal Stress (MPa)	Shear Stress (MPa)	Re.Shear Stress (Mpa)	Shear Stiffness (MPa/㎜)
Sample ID	NTB-13					
Depth	68.1~68.5 m		0.05	0.093	0.066	0.301
Long Axis	79.6 mm		0.10	0.150	0.094	0.692
Short Axis	50.3 mm		0.19	0.242	0.145	0.268
Project	서울 제물포터널 민간투자사업		0.32	0.345	0.254	0.649
Test result			0.64	0.534	0.370	0.756
Cohesion	Peak	0.0992 MPa	0.95	0.719	0.529	1.034
	Residual	0.0443 MPa	1.27	0.917	0.753	1.110
Fri. Angle (°)	Peak	33.34 °	1.59	1.152	0.913	1.123
	Residual	28.46 °				
Inclination Angle		0.98 °				
Joint Compressive Strength		14.5 MPa				
Joint Roughness Coefficient		6~8				
Kn		12.43 MPa/㎜				
Shear stiffness at sampling depth		1.18 MPa/㎜				
Test Date		2011. 04.				

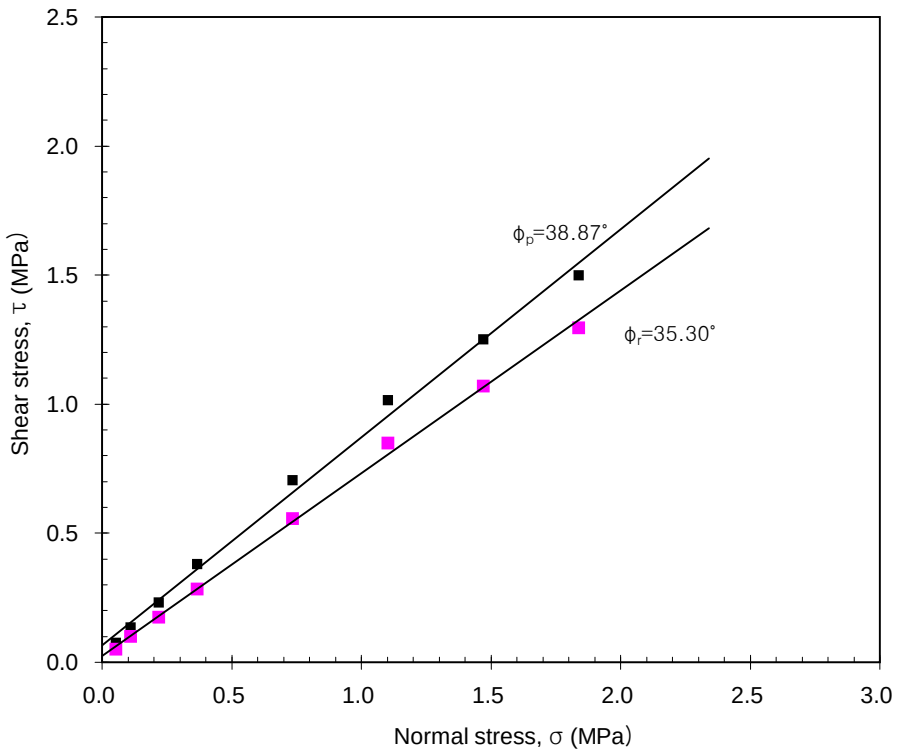
.Remark



Direct Shear Test for Joint

Specimen			Normal Stress (MPa)	Shear Stress (MPa)	Re.Shear Stress (Mpa)	Shear Stiffness (MPa/㎜)
Sample ID		NTB-19				
Depth		52.0~52.4 m	0.06	0.076	0.050	0.285
Long Axis		68.4 mm	0.11	0.133	0.098	0.162
Short Axis		50.6 mm	0.22	0.230	0.173	0.282
Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		0.37	0.380	0.284	0.342
Test result			0.74	0.704	0.555	0.445
Cohesion	Peak	0.0652 MPa	1.10	1.014	0.849	0.591
	Residual	0.0239 MPa	1.47	1.250	1.070	0.743
Fri. Angle (°)	Peak	38.87 °	1.84	1.497	1.296	0.714
	Residual	35.30 °				
Inclination Angle		12.16 °				
Joint Compressive Strength		14.75 MPa				
Joint Roughness Coefficient		10~12				
Kn		12.73 MPa/㎜				
Shear stiffness at sampling depth		0.70 MPa/㎜				
Test Date		2011. 03.				

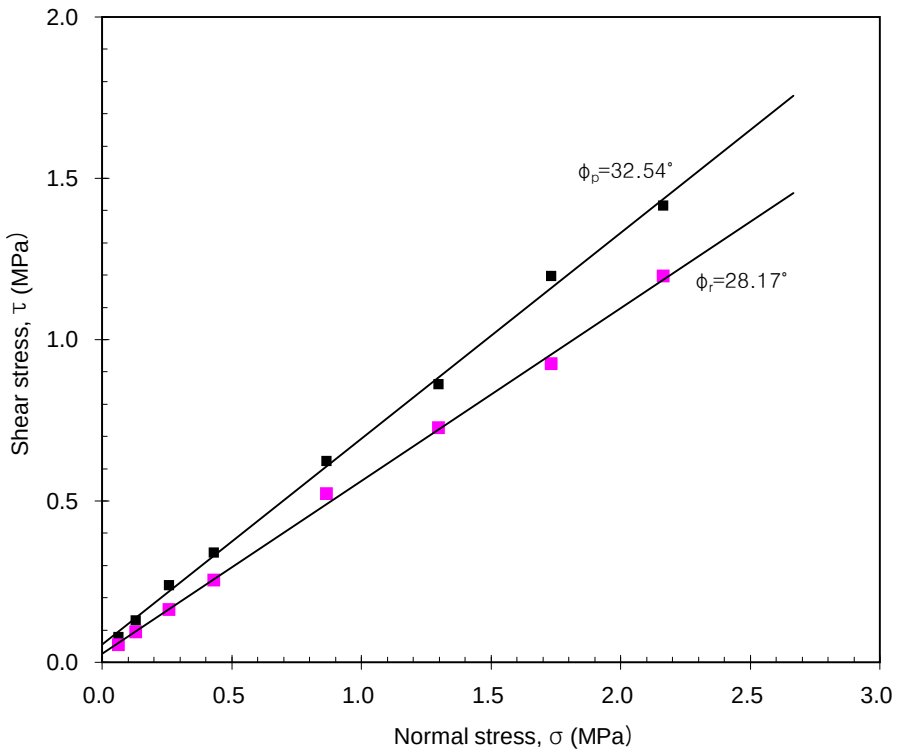
.Remark



Direct Shear Test for Joint

Specimen			Normal Stress (MPa)	Shear Stress (MPa)	Re.Shear Stress (Mpa)	Shear Stiffness (MPa/㎜)
Sample ID		NTB-20				
Depth		54.1~54.4 m	0.06	0.077	0.054	0.361
Long Axis		57.7 mm	0.13	0.129	0.094	0.464
Short Axis		51.0 mm	0.26	0.238	0.164	0.640
Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		0.43	0.340	0.255	0.787
Test result			0.87	0.624	0.521	1.352
Cohesion	Peak	0.0553 MPa	1.30	0.862	0.725	1.132
	Residual	0.0264 MPa	1.73	1.197	0.925	1.431
Fri. Angle (°)	Peak	32.54 °	2.17	1.414	1.197	1.657
	Residual	28.17 °				
Inclination Angle		4.63 °				
Joint Compressive Strength		16.7 MPa				
Joint Roughness Coefficient		10~12				
Kn		12.9 MPa/㎜				
Shear stiffness at sampling depth		1.20 MPa/㎜				
Test Date		2011. 03.				

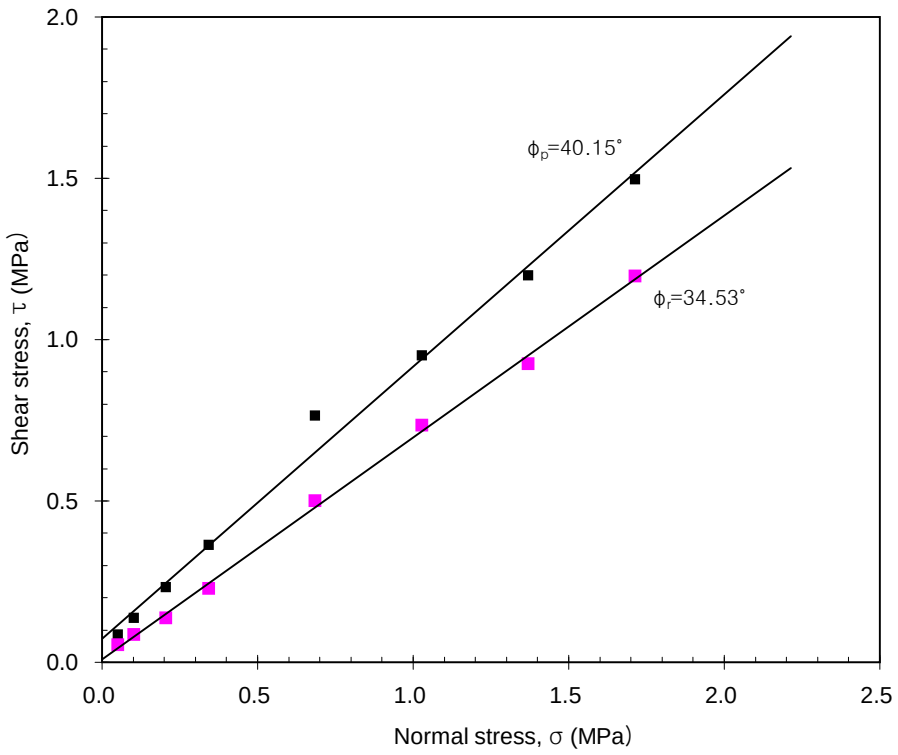
.Remark



Direct Shear Test for Joint

Specimen			Normal Stress (MPa)	Shear Stress (MPa)	Re.Shear Stress (Mpa)	Shear Stiffness (MPa/㎜)
Sample ID		NTB-25				
Depth		46.6~47.0 m	0.05	0.085	0.053	0.674
Long Axis		73.4 mm	0.10	0.137	0.086	0.618
Short Axis		50.7 mm	0.21	0.232	0.137	0.601
Project	서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사		0.34	0.363	0.229	1.759
Test result			0.69	0.764	0.500	1.566
Cohesion	Peak	0.0734 MPa	1.03	0.951	0.735	1.634
	Residual	0.0096 MPa	1.37	1.199	0.925	1.843
Fri. Angle (°)	Peak	40.15 °	1.71	1.496	1.197	1.824
	Residual	34.53 °				
Inclination Angle		1.16 °				
Joint Compressive Strength		16.6 MPa				
Joint Roughness Coefficient		14~16				
Kn		13.03 MPa/㎜				
Shear stiffness at sampling depth		1.78 MPa/㎜				
Test Date		2011. 03.				

.Remark

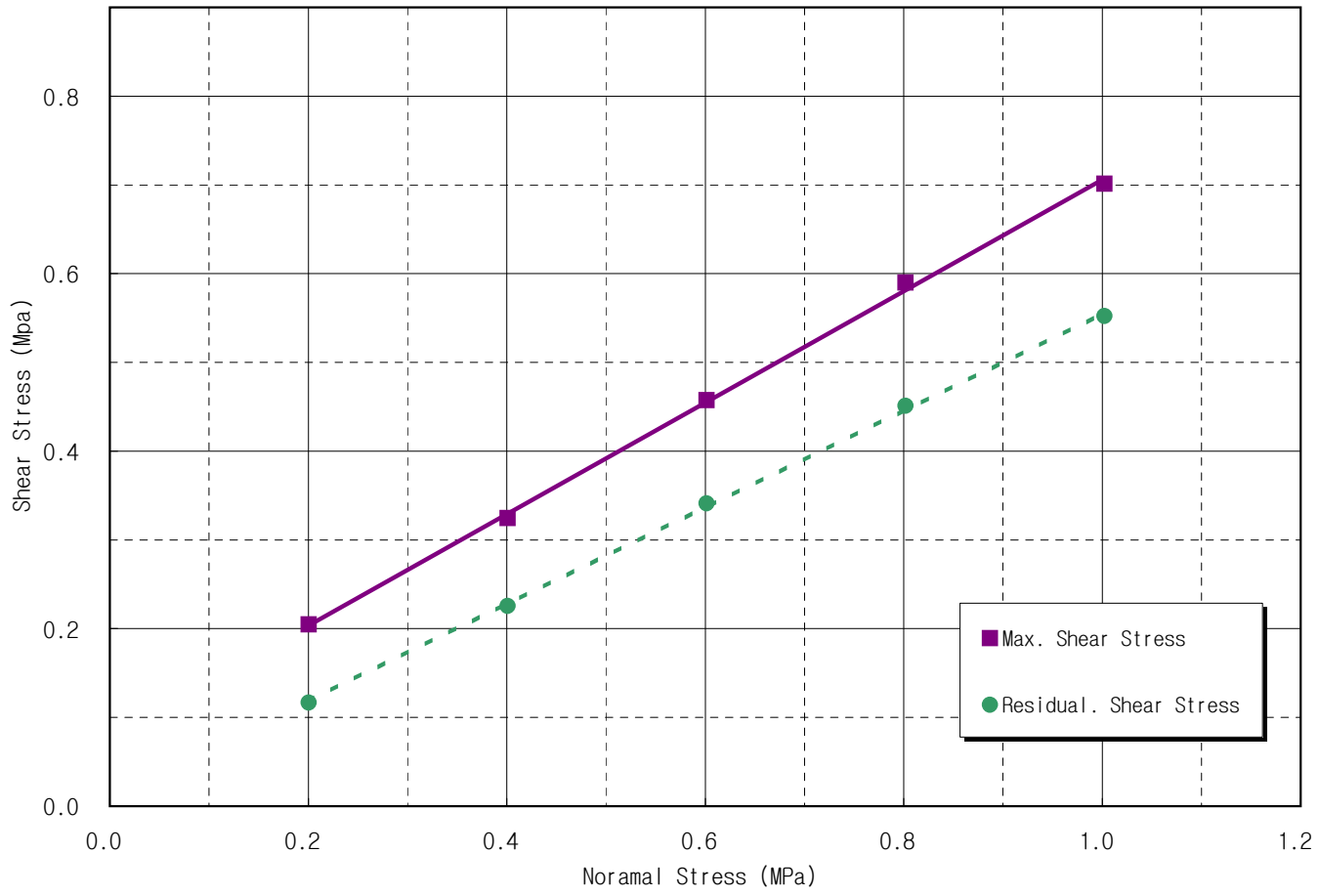


ROCK JOINT SHEAR TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 4월 3일	접수일자 :	2013년 4월 2일
완료일자 :	2013년 4월 18일	시험공번 :	ATB-2
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	26.4 m - 26.7 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

TEST No.	1	2	3	4	5		
Normal Stress, (MPa)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00		
Max. Shear Stress, (MPa)	0.205	0.324	0.457	0.590	0.701		
Resiual Shear Stress (MPa)	0.117	0.226	0.341	0.451	0.552		

Cohesion :	0.08	MPa	Friction Angle :	32.1 °
			Residual Friction Angle :	28.7 °



Sample Area(A)	22.01	㎠	JCS	43.67	MPa
Joint Lengt	55.80	mm	Kn	18.19	GPa/m
JRC Value	4.9		Ks	1.36	GPa/m

ROCK JOINT SHEAR TEST

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

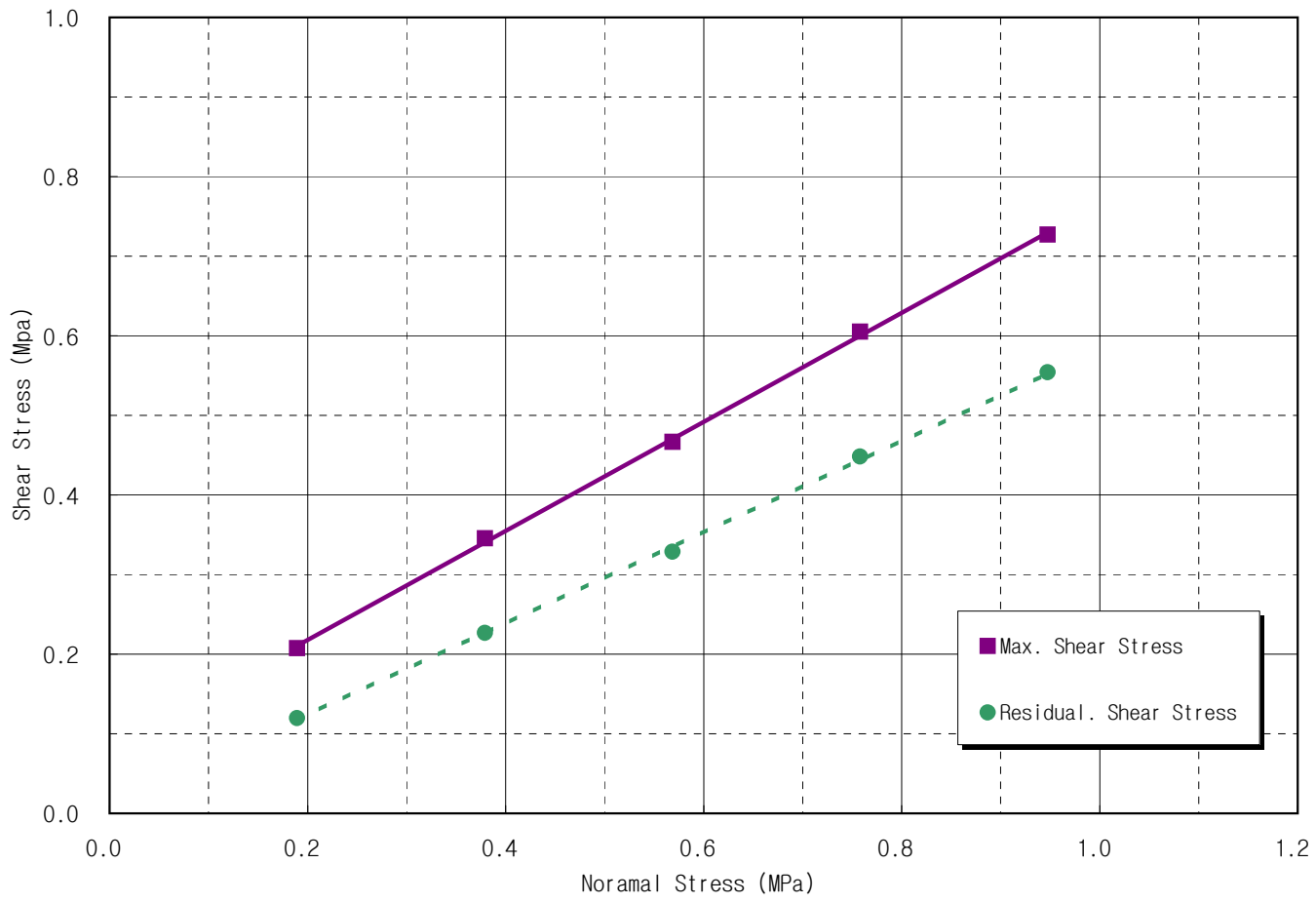
완료일자 : 2013년 4월 8일 시험공번 : ATB-7

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 33.1 m - 33.4 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

TEST No.	1	2	3	4	5		
Normal Stress, (MPa)	0.19	0.38	0.57	0.76	0.95		
Max. Shear Stress, (MPa)	0.208	0.346	0.467	0.605	0.727		
Resiual Shear Stress (MPa)	0.120	0.227	0.329	0.448	0.554		

Cohesion :	0.08 MPa	Friction Angle :	34.4 °
		Residual Friction Angle :	29.9 °



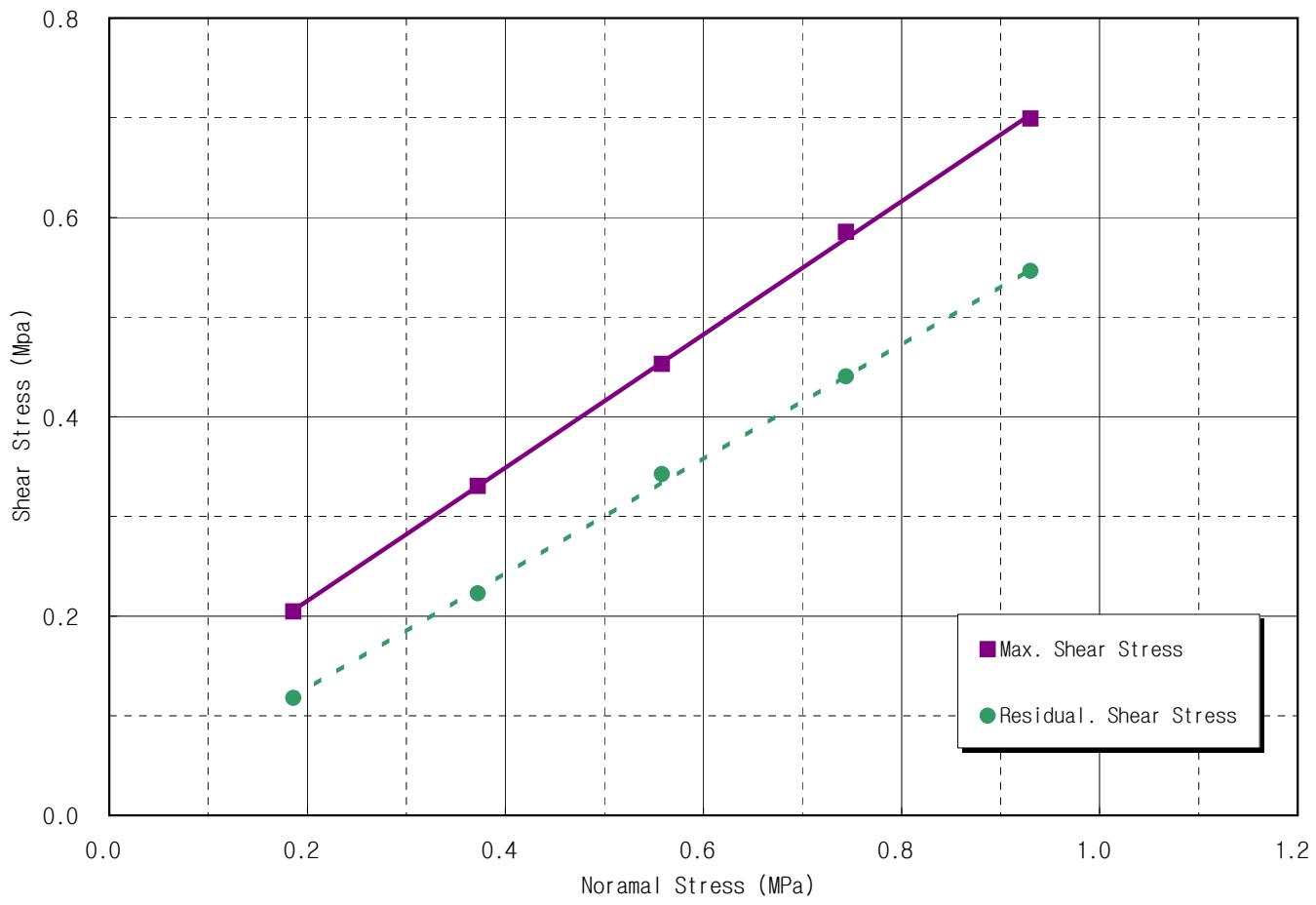
Sample Area(A)	28.46	㎠	JCS	49.47	MPa
Joint Lengt	71.80	mm	Kn	17.97	GPa/m
JRC Value	12.2		Ks	1.45	GPa/m

ROCK JOINT SHEAR TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 4월 8일	접수일자 :	2013년 4월 8일
완료일자 :	2013년 4월 22일	시험공번 :	ATB-20
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	41.4 m - 41.8 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

TEST No.	1	2	3	4	5		
Normal Stress, (MPa)	0.19	0.37	0.56	0.74	0.93		
Max. Shear Stress, (MPa)	0.204	0.331	0.453	0.585	0.699		
Resiual Shear Stress (MPa)	0.118	0.223	0.342	0.440	0.546		

Cohesion :	0.08 MPa	Friction Angle :	33.8 °
		Residual Friction Angle :	30.0 °



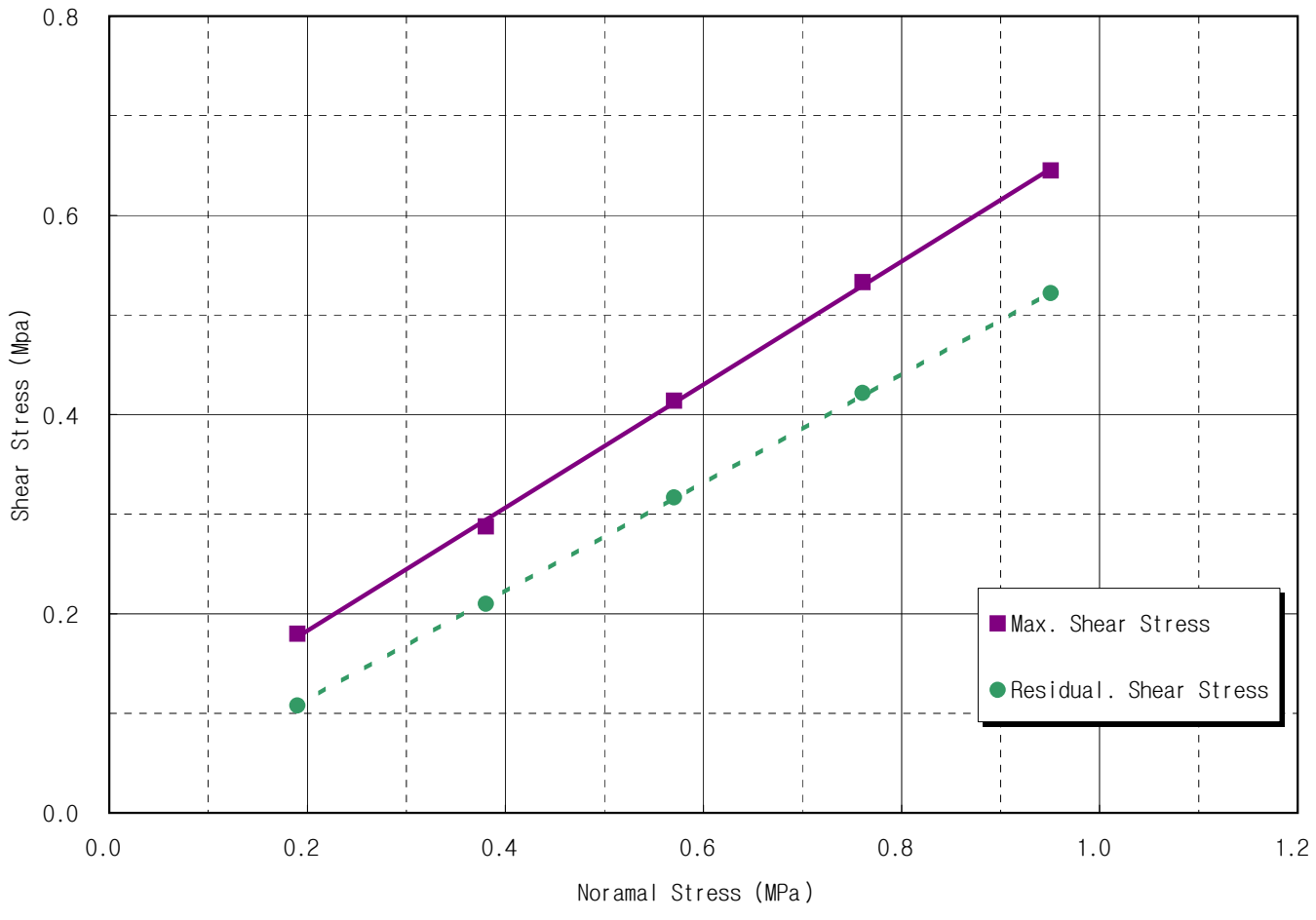
Sample Area(A)	31.63	㎠	JCS	41.97	MPa
Joint Lengt	80.80	mm	Kn	16.67	GPa/m
JRC Value	8.6		Ks	1.23	GPa/m

ROCK JOINT SHEAR TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 3월 20일	접수일자 :	2013년 3월 19일
완료일자 :	2013년 4월 8일	시험공번 :	NNTB-3
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	50.0 m - 50.3 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

TEST No.	1	2	3	4	5		
Normal Stress, (MPa)	0.19	0.38	0.57	0.76	0.95		
Max. Shear Stress, (MPa)	0.180	0.288	0.414	0.533	0.645		
Resiual Shear Stress (MPa)	0.108	0.210	0.317	0.422	0.522		

Cohesion :	0.06 MPa	Friction Angle :	31.7 °
		Residual Friction Angle :	28.7 °



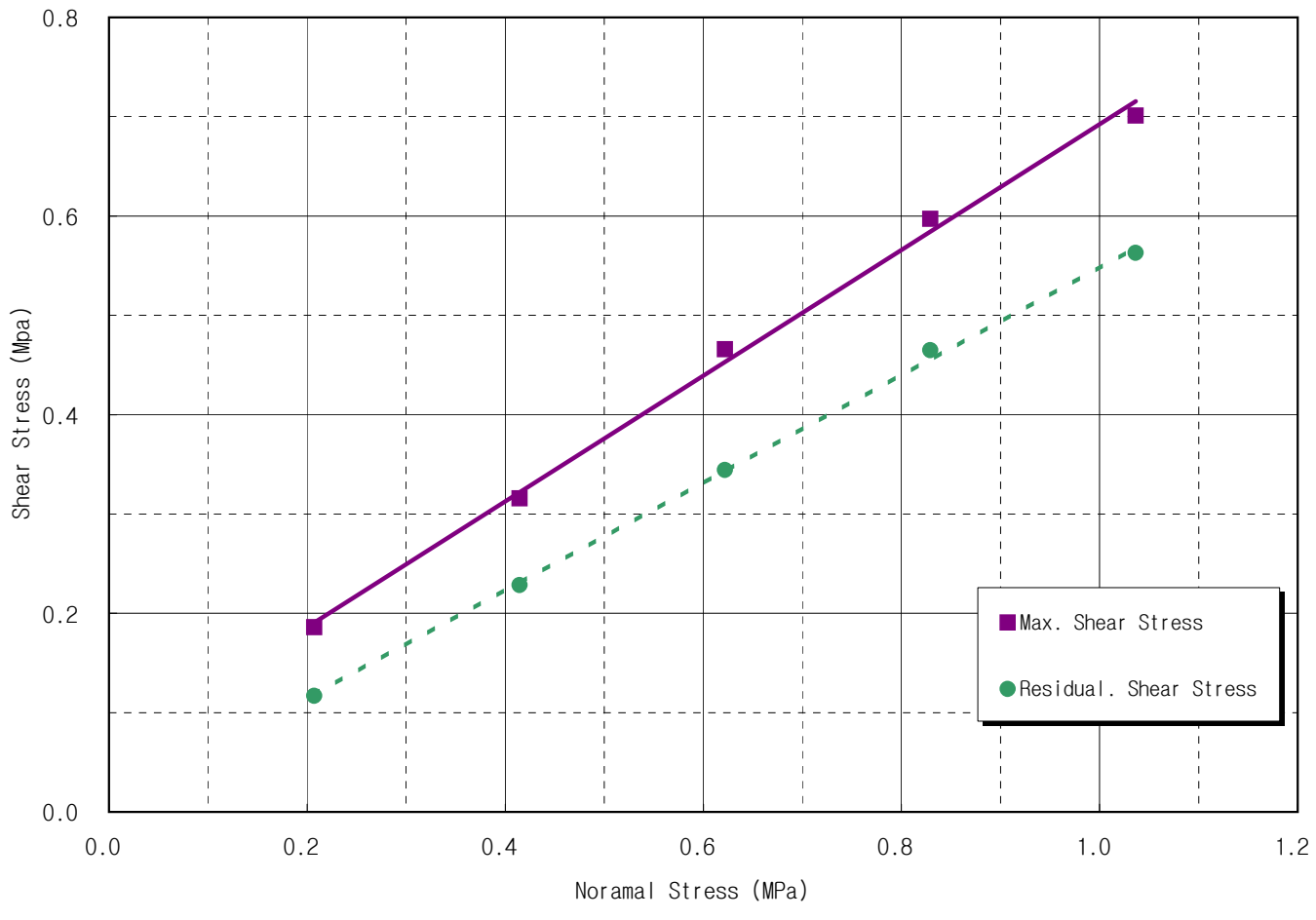
Sample Area(A)	28.37	㎠	JCS	34.74	MPa
Joint Lengt	71.60	mm	Kn	14.68	GPa/m
JRC Value	12.8		Ks	1.23	GPa/m

ROCK JOINT SHEAR TEST

공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 7월 5일	접수일자 :	2013년 7월 5일
완료일자 :	2013년 7월 18일	시험공번 :	NNTB-7
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	61.5 m - 61.8 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

TEST No.	1	2	3	4	5		
Normal Stress, (MPa)	0.21	0.41	0.62	0.83	1.04		
Max. Shear Stress, (MPa)	0.186	0.316	0.466	0.597	0.701		
Resiual Shear Stress (MPa)	0.117	0.228	0.344	0.465	0.563		

Cohesion :	0.06 MPa	Friction Angle :	32.3 °
		Residual Friction Angle :	28.6 °



Sample Area(A)	23.65	㎠	JCS	33.07	MPa
Joint Lengt	59.70	mm	Kn	14.42	GPa/m
JRC Value	-		Ks	1.26	GPa/m

7.2.5 기본마찰각시험

TILT TABLE TEST ON ROCK JOINT(Saw-Cut)

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

개시일자 : 2011년 4월 20일 접수일자 : 2011년 4월 19일

완료일자 : 2011년 4월 29일 시험공번 : NTB-10

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 59.7 m - 60.0 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)	30.2	31.1
Basic Friction Angle (°)	31.2	29.7
Basic Friction Angle (°)	29.9	31.0
Averge (°)	30.5	

Sample Description	Cutting plane	
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Averge (°)		

Remarks

TILT TABLE TEST ON ROCK JOINT(Saw-Cut)

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

개시일자 : 2011년 4월 20일 접수일자 : 2011년 4월 19일

완료일자 : 2011년 4월 29일 시험공번 : NTB-12

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 51.0 m - 51.3 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)	38.2	38.5
Basic Friction Angle (°)	38.5	38.6
Basic Friction Angle (°)	38.7	38.9
Averge (°)	38.6	

Sample Description	Cutting plane	
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Averge (°)		

Remarks

TILT TABLE TEST ON ROCK JOINT(Saw-Cut)

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 :

개시일자 : 2011년 4월 20일 접수일자 : 2011년 4월 19일

완료일자 : 2011년 4월 29일 시험공번 : NTB-13

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 68.1 m - 68.5 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)	29.7	30.5
Basic Friction Angle (°)	32.3	29.5
Basic Friction Angle (°)	31.0	31.5
Averge (°)	30.8	

Sample Description	Cutting plane	
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Averge (°)		

Remarks

TILT TABLE TEST ON ROCK JOINT(Saw-Cut)

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

개시일자 : 2011년 2월 24일 | 접수일자 : 2011년 2월 23일

완료일자 : 2011년 3월 10일 | 시험공번 : NTB-19

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 52.0 m - 52.4 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)	34.1	34.3
Basic Friction Angle (°)	34.0	33.9
Basic Friction Angle (°)	34.6	34.3
Averge (°)	34.2	

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Averge (°)		

Remarks

TILT TABLE TEST ON ROCK JOINT(Saw-Cut)

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 접수번호 :

개시일자 : 2011년 2월 24일 접수일자 : 2011년 2월 23일

완료일자 : 2011년 3월 10일 시험공번 : NTB-20

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 54.1~54.4m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)	29.2	29.4
Basic Friction Angle (°)	29.6	29.9
Basic Friction Angle (°)	29.5	29.7
Averge (°)	29.6	

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Averge (°)		

Remarks

TILT TABLE TEST ON ROCK JOINT(Saw-Cut)

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 | 접수번호 :

개시일자 : 2011년 2월 24일 | 접수일자 : 2011년 2월 23일

완료일자 : 2011년 3월 10일 | 시험공번 : NTB-25

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 46.6 m - 47.0 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kim, Jong Kook

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)	37.6	37.5
Basic Friction Angle (°)	37.4	37.1
Basic Friction Angle (°)	36.9	37.0
Averge (°)	37.3	

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Averge (°)		

Remarks

TILT TABLE TEST ON ROCK JOINT(Saw-Cut)

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

개시일자 : 2013년 4월 3일 접수일자 : 2013년 4월 2일

완료일자 : 2013년 4월 18일 시험공번 : ATB-2

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 22.3 m - 22.5 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

Sample Description	Cutting plane	
Basic Friction Angle (°)	31.9	32.0
Basic Friction Angle (°)	31.9	31.9
Basic Friction Angle (°)	31.8	31.8
Averge (°)	31.9	

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Averge (°)		

Remarks

TILT TABLE TEST ON ROCK JOINT(Saw-Cut)

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

완료일자 : 2013년 4월 2일 시험공번 : ATB-7

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 61.4 m - 61.6 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

Sample Description	Cutting plane	
Basic Friction Angle (°)	31.1	31.3
Basic Friction Angle (°)	31.4	31.0
Basic Friction Angle (°)	31.1	31.2
Averge (°)	31.2	

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Averge (°)		

Remarks

TILT TABLE TEST ON ROCK JOINT(Saw-Cut)

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

완료일자 : 2013년 4월 22일 시험공번 : ATB-20

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 41.4 m - 41.8 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

Sample Description	Cutting plane	
Basic Friction Angle (°)	31.1	30.8
Basic Friction Angle (°)	31.0	31.0
Basic Friction Angle (°)	31.0	30.9
Averge (°)	31.0	

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Averge (°)		

Remarks

TILT TABLE TEST ON ROCK JOINT(Saw-Cut)

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

완료일자 : 2013년 4월 2일 시험공번 : NNTB-3

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 46.7 m - 46.9 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

Sample Description	Cutting plane	
Basic Friction Angle (°)	32.3	32.1
Basic Friction Angle (°)	32.1	32.0
Basic Friction Angle (°)	32.0	32.0
Averge (°)	32.1	

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Averge (°)		

Remarks

TILT TABLE TEST ON ROCK JOINT(Saw-Cut)

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

개시일자 : 2013년 7월 5일 접수일자 : 2013년 7월 5일

완료일자 : 2013년 7월 18일 시험공번 : NNTB-7

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 61.5 m - 61.8 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

Sample Description	Cutting plane	
Basic Friction Angle (°)	29.5	29.6
Basic Friction Angle (°)	29.5	29.6
Basic Friction Angle (°)	29.7	29.5
Averge (°)	29.6	

Sample Description	Joint plane	
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Basic Friction Angle (°)		
Averge (°)		

Remarks

7.2.6 3D JRC측정

시 험 성 적 서

지오메카닉스 GEO MECHANICS
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

성적서 번호 : 2011-051

1. 의 뢰 자

- 기 관 명 : 지케이엔지니어링㈜
- 주 소 : 경기도 안양시 동안구 호계1동 1027 안양IT밸리 605호
- 의뢰 일자 : 2011년 04월 21일

2. 시험성적서의 용도

서울 제물포터널 민간투자사업

3. 시험대상품목/물질/시료명

시추코어 암석

4. 시험기간

2011년 4월 21일 ~ 2011년 4월 27일

5. 시험항목 및 방법

절리면 3차원 프로파일

6. 시험환경

온도 : (21 ± 2) ℃ , 상대습도 : (50 ± 5) % R.H.

7. 시험결과

시험 결과표 참조

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	시험기관	기술책임자
	성명 : 성 숙 경 (서명)	성명 : 장 현 식 (서명)

2011년 04월 28일

㈜ 지오메카닉스 대표이사 (인)

GEO MECHANICS 지오메카닉스
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

절리면 3차원 프로파일

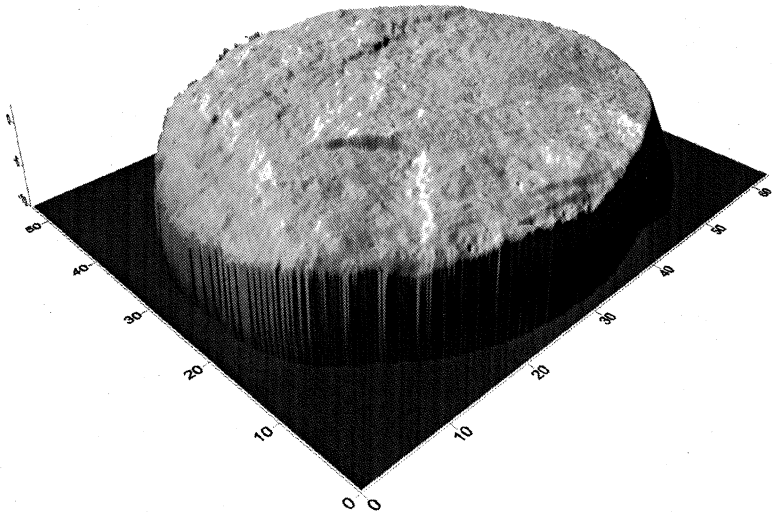
시험결과 (Test Result)

2011-051

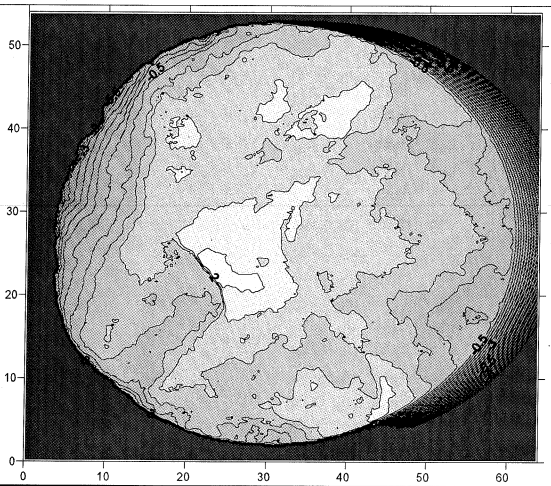
Specimen				Test Condition	
Borehole ID	NTB-10			Client	지케이엔지니어링㈜
Depth	56.3-56.5		m	Test Date	2011. 4. 25.
Lithology				Testing Machine	RP-205 (AceOne)
Size	Long axis	5.79	cm	Measurement speed	10 ㎜/sec
	Short axis	5.04	cm	Joint Roughness Coefficient	**10.0**

Test Result

3D Surface



Contour Map



Remark	Affirmation	
	Tested by	성 숙 경
	Technical Manager	장 현 식

3D Profile of the Rock Joint

GEO MECHANICS 지오메카닉스
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

절리면 3차원 프로파일

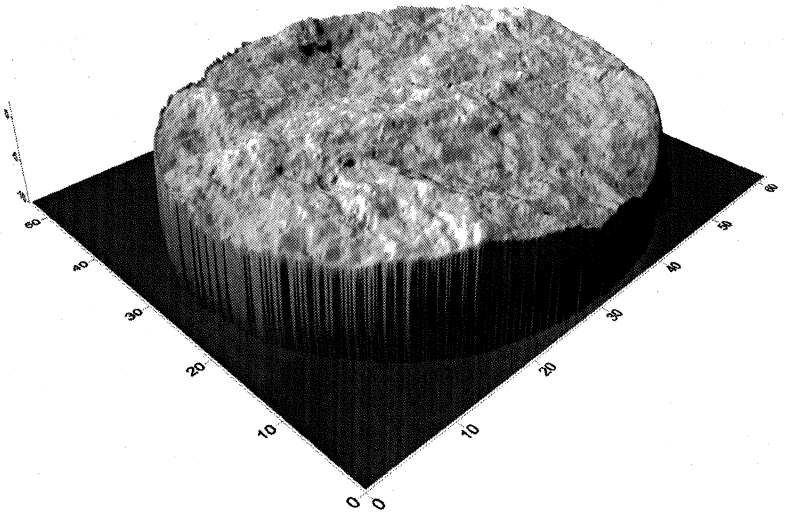
시험결과 (Test Result)

2011-051

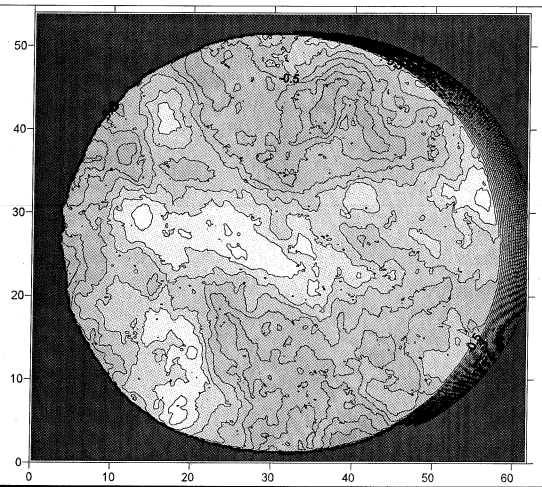
Specimen				Test Condition	
Borehole ID	NTB-13			Client	지케이엔지니어링㈜
Depth	61.8-62.0		m	Test Date	2011. 4. 25.
Lithology				Testing Machine	RP-205 (AceOne)
Size	Long axis	5.44	cm	Measurement speed	10 mm/sec
	Short axis	5.00	cm	Joint Roughness Coefficient	**14.8**

Test Result

3D Surface



Contour Map



Remark	Affirmation	
	Tested by	성 숙 경
	Technical Manager	장 현 식

GEO MECHANICS 지오메카닉스
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

절리면 3차원 프로파일

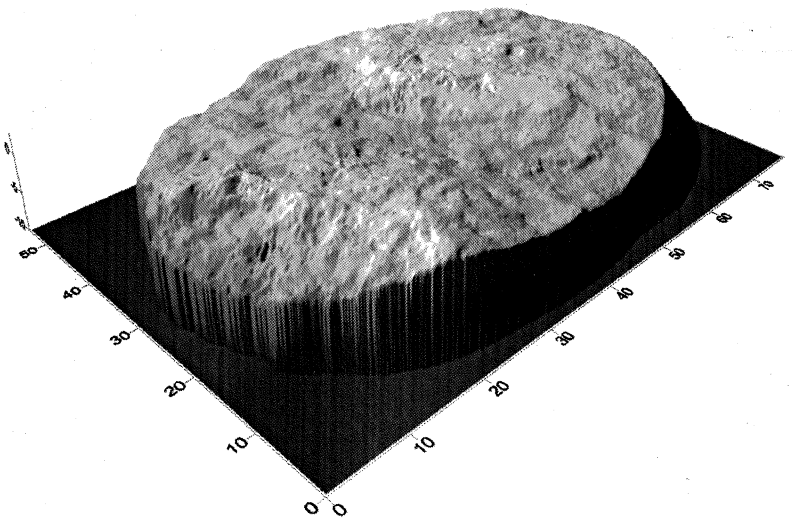
시험결과 (Test Result)

2010-029

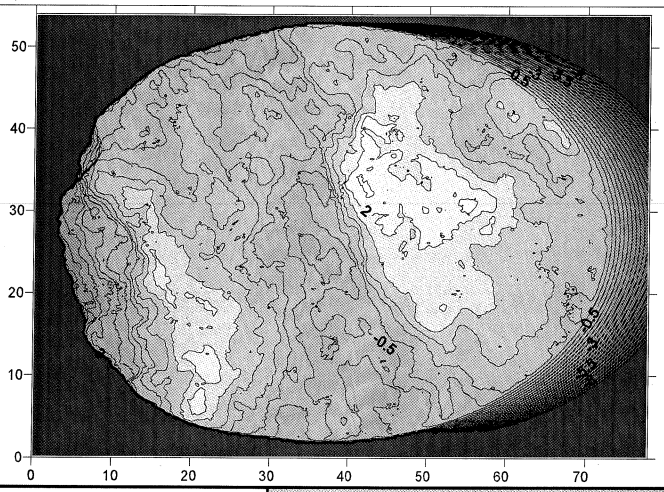
Specimen				Test Condition	
Borehole ID	NTB-19			Client	㈜ 쓰리텍
Depth	52.0-52.4		m	Test Date	2011. 3. 17.
Lithology				Testing Machine	RP-205 (AceOne)
Size	Long axis	7.85	cm	Measurement speed	10 mm/sec
	Short axis	5.08	cm	Joint Roughness Coefficient	16.8

Test Result

3D Surface



Contour Map



Remark	Affirmation	
	Tested by	성 숙 경
	Technical Manager	장 현 식

3D Profile of the Rock Joint

GEO MECHANICS 지오메카닉스
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

절리면 3차원 프로파일

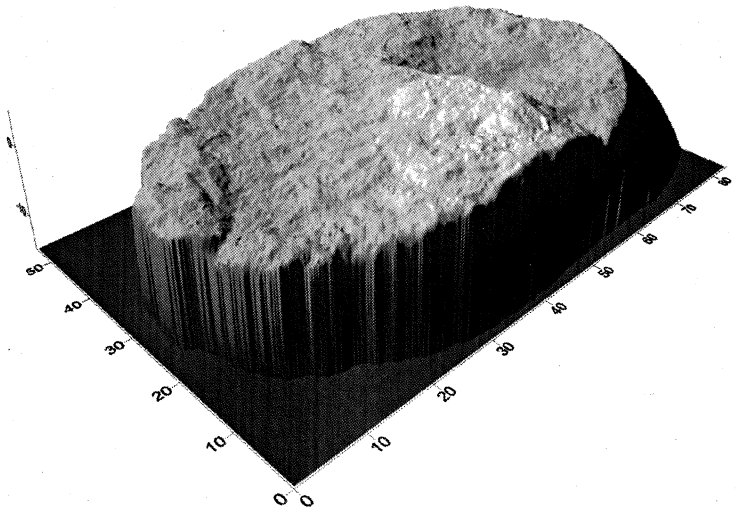
시험결과 (Test Result)

2010-029

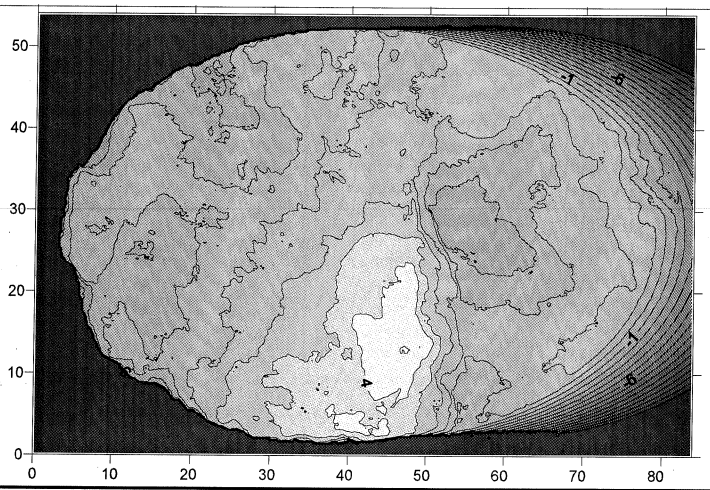
Specimen				Test Condition	
Borehole ID	NTB-25			Client	㈜ 쓰리텍
Depth	46.6-47.0		m	Test Date	2011. 3. 17.
Lithology				Testing Machine	RP-205 (AceOne)
Size	Long axis	7.08	cm	Measurement speed	10 mm/sec
	Short axis	5.10	cm	Joint Roughness Coefficient	**18.6**

Test Result

3D Surface



Contour Map



Remark	Affirmation	
	Tested by	성 숙 경
	Technical Manager	장 현 식

3D Profile of the Rock Joint

시 험 성 적 서

지/오/메/카/닉/스
KOLAS II Rock Mechanics Laboratories
우200-701 강원도 춘천시 강원대학길1
305 (강원대학교 자연대학3호관)
(TEL: 033 244 9275, FAX: 033 244 9276)

성적서번호 : 2013-050-JR

KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

1. 의 뢰 자
- 기 관 명 : 대림산업
- 주 소 : -
- 의뢰 일자 : 2013년 04월 15일

2. 시험성적서의 용도
서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

3. 시험대상품목 / 규격
시추코어 암석 / NX

4. 시험기간
2013년 4월 15일~2013년 4월 17일

5. 시험항목 및 방법
절리면 3차원 프로파일 구성 및 평균 JRC 측정

6. 시험환경
온도 : (21 ± 2) ℃ , 상대습도 : (50 ± 5) % R.H.

7. 시험결과
참조1. 시험결과 (절리면 3차원 프로파일)
참조2. 시험분석 (절리면 3차원 프로파일)

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	실무자	기술책임자
	성명 : 풍 보 현 서명	성명 : 장 현 식 서명

2013년 04월 17일

강원대학교 실험실벤처기업 ㈜지오메카닉스 대표이사 (인)

시 험 결 과
(절리면 3차원 프로파일)

성적서번호 : **2013-050-JR**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

1. 시험조건 (Test Condition)

시험일자 (Test date) 2013년 4월 15일~2013년 4월 17일

시험기기 (Testing machine) 3차원 레이저 스캐너 (AceOne/RP-205)
디지탈캘리퍼스 (Mitutoyo / 08274628)

측정간격 (Sampling interval) 0.2 mm (x, y)

JRC 측정 방법 (Measuring method of JRC)
- 거칠기 정량화 파라미터 : Z_2 (거칠기 기울기에 대한 제곱평균자승근)
- JRC 환산식 : $32.2+32.47\log(Z_2)$ (Tse and Cruden,1979)
- 3차원 표면자료로부터 축출된 1차원 거칠기 프로파일의 수 : 100 개

2. 시험결과 요약표 (Summary of Test Result)

시추공명 Borehole I.D.	시추심도 Depth m	시료상태 Condition	시료크기 Size (장경 / 단경) cm	평균 JRC Ave. JRC	비 고 Remark
ATB-20	41.4-41.8	Good	7.95 / 5.01	**8.6**	
---------- 이하 여백 (End of Document) ----------					

확 인	실무자 **풍 보 현** 서명	기술책임자 **장 현 식** 서명

시 험 분 석
(절리면 3차원 프로파일)

성적서번호 : **2013-050-JR**

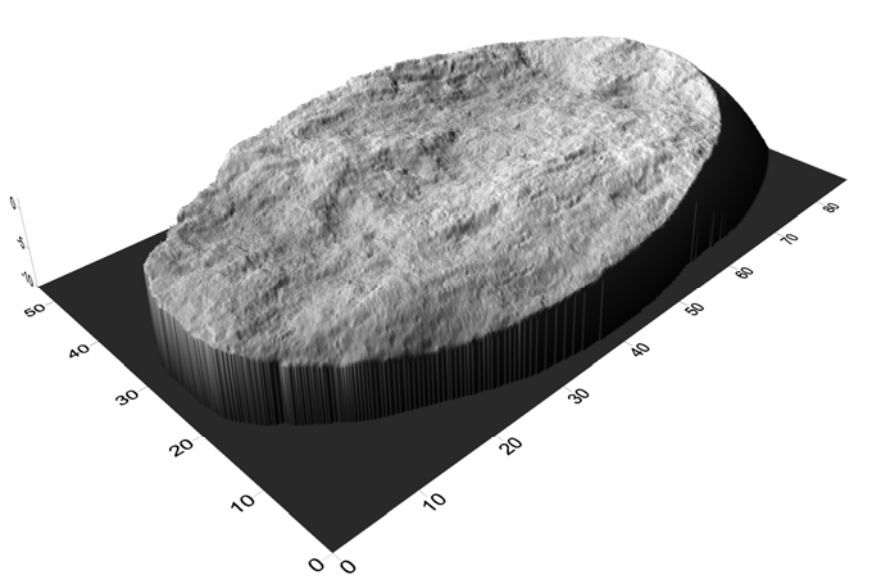
지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	ATB-20	시추심도	41.4-41.8 m
암 종		시료상태	Good
시험일자	2013-04-16		

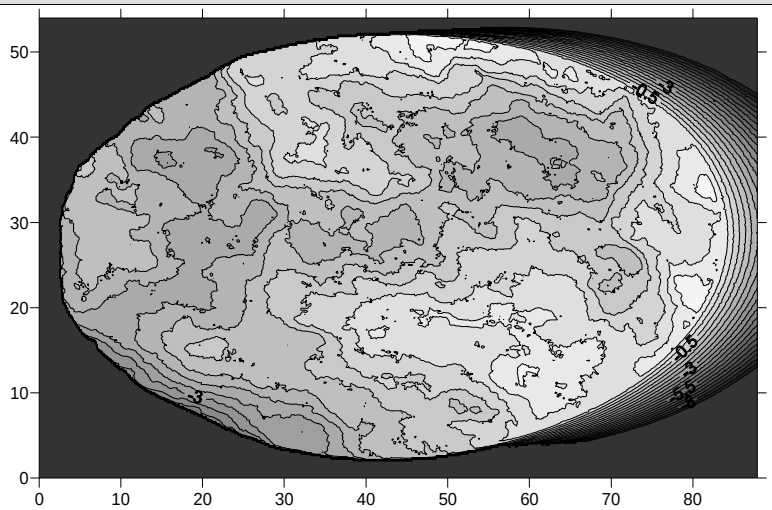
측정 및 분석결과

시료크기	장경	7.95 cm	평균 JRC	**8.6**
	단경	5.01 cm		

3차원 표면 형상 (3D surface model)



등고선도



확 인	실무자 **풍 보 현** 서명	기술책임자 **장 현 식** 서명

시 험 성 적 서

지/오/메/카/닉/스
KOLAS II Rock Mechanics Laboratories
우200-701 강원도 춘천시 강원대학길1
305 (강원대학교 자연대학3호관)
(TEL: 033 244 9275, FAX: 033 244 9276)

성적서번호 : 2013-029-JR

KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

1. 의 뢰 자
- 기 관 명 : 대림산업
- 주 소 : -
- 의뢰 일자 : 2013년 3월 25일, 4월 4일

2. 시험성적서의 용도
서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

3. 시험대상품목 / 규격
시추코어 암석 / NX

4. 시험기간
2013년 3월 25일~2013년 4월 5일

5. 시험항목 및 방법
절리면 3차원 프로파일 구성 및 평균 JRC 측정

6. 시험환경
온도 : (18 ± 2) ℃ , 상대습도 : (50 ± 5) % R.H.

7. 시험결과
참조1. 시험결과 (절리면 3차원 프로파일)
참조2. 시험분석 (절리면 3차원 프로파일)

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	실무자	기술책임자
	성명 : 풍 보 현 서명	성명 : 장 현 식 서명

2013년 04월 08일

강원대학교 실험실벤처기업 ㈜지오메카닉스 대표이사 (인)

시 험 결 과
(절리면 3차원 프로파일)

성적서번호 : **2013-029-JR**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

1. 시험조건 (Test Condition)

시험일자 (Test date) 2013년 3월 25일~2013년 4월 5일

시험기기 (Testing machine) 3차원 레이저 스캐너 (AceOne/RP-205)
디지탈캘리퍼스 (Mitutoyo / 08274628)

측정간격 (Sampling interval) 0.2 mm (x, y)

JRC 측정 방법 (Measuring method of JRC)
- 거칠기 정량화 파라미터 : Z_2 (거칠기 기울기에 대한 제곱평균자승근)
- JRC 환산식 : $32.2+32.47\log(Z_2)$ (Tse and Cruden,1979)
- 3차원 표면자료로부터 축출된 1차원 거칠기 프로파일의 수 : 100 개

2. 시험결과 요약표 (Summary of Test Result)

시추공명 Borehole I.D.	시추심도 Depth m	시료상태 Condition	시료크기 Size (장경 / 단경) cm	평균 JRC Ave. JRC	비 고 Remark
ATB-2	26.4-26.7	Good	5.57 / 5.04	**4.9**	
ATB-7	33.1-33.4	Good	7.08 / 5.06	**12.2**	
NNTB-3	50.0-50.3	Good	7.08 / 5.06	**12.8**	

---------- 이하 여백 (End of Document) ----------

확 인	실무자 **풍 보 현** 서명	기술책임자 **장 현 식** 서명

시 험 분 석
(절리면 3차원 프로파일)

성적서번호 : **2013-029-JR**

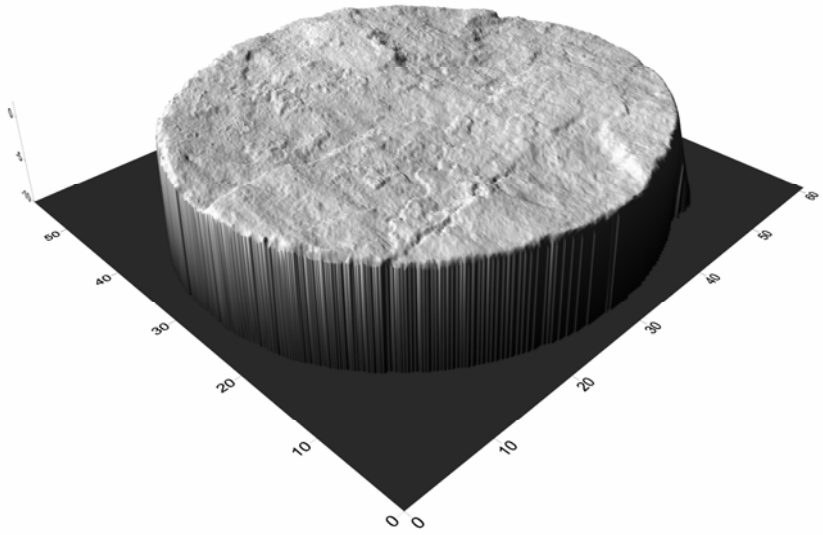
지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	ATB-2	시추심도	26.4-26.7 m
암 종		시료상태	Good
시험일자	2013-04-05		

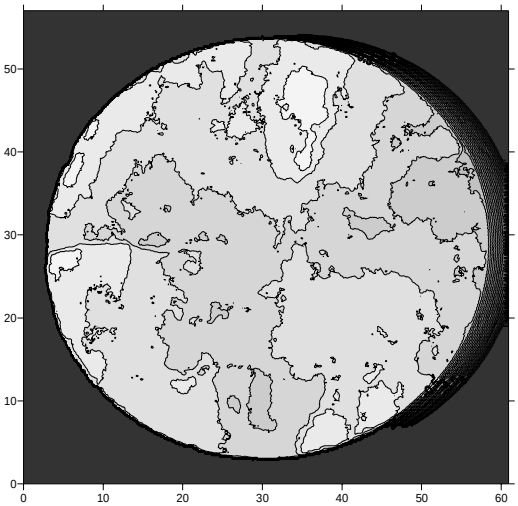
측정 및 분석결과

시료크기	장경	5.57 cm	평균 JRC	**4.9**
	단경	5.04 cm		

3차원 표면 형상 (3D surface model)



등고선도



확 인	실무자	**풍 보 현**	서명	기술책임자	**장 현 식**	서명

시 험 분 석
(절리면 3차원 프로파일)

성적서번호 : **2013-029-JR**

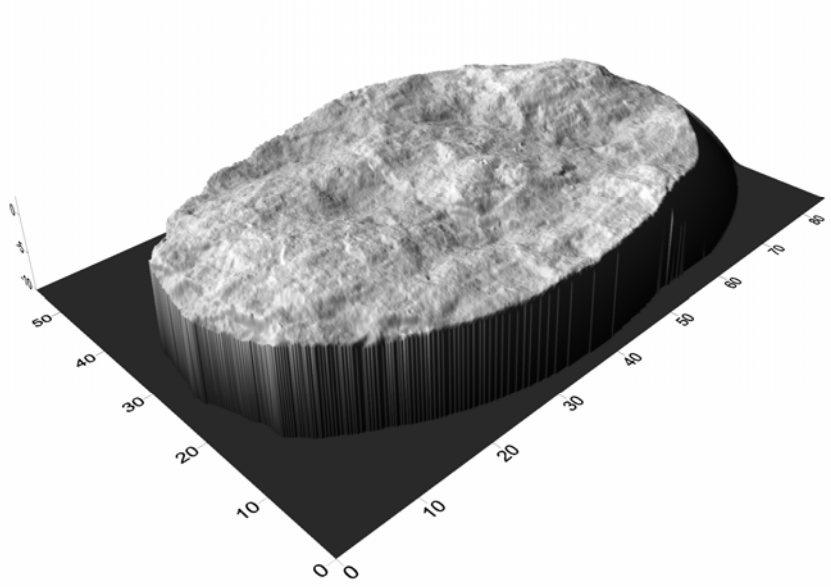
지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	ATB-7	시추심도	33.1-33.4 m
암 종		시료상태	Good
시험일자	2013-03-26		

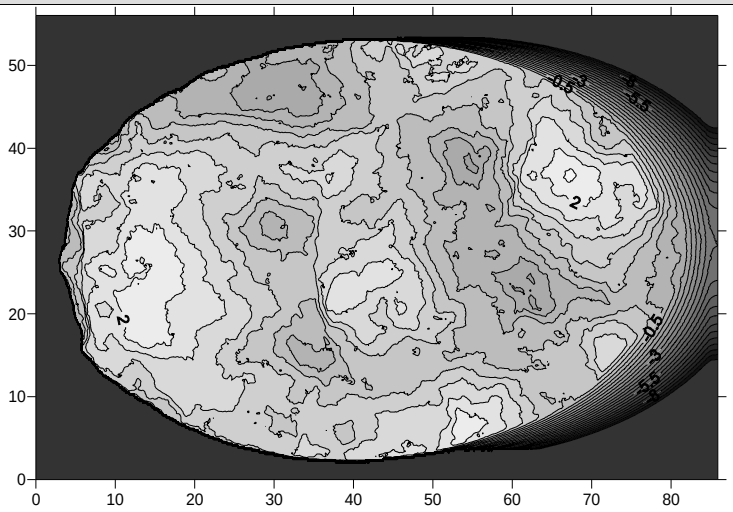
측정 및 분석결과

시료크기	장경	7.08 cm	평균 JRC	**12.2**
	단경	5.06 cm		

3차원 표면 형상 (3D surface model)



등고선도



확 인	실무자	**풍 보 현**	서명	기술책임자	**장 현 식**	서명

시 험 분 석
(절리면 3차원 프로파일)

성적서번호 : **2013-029-JR**

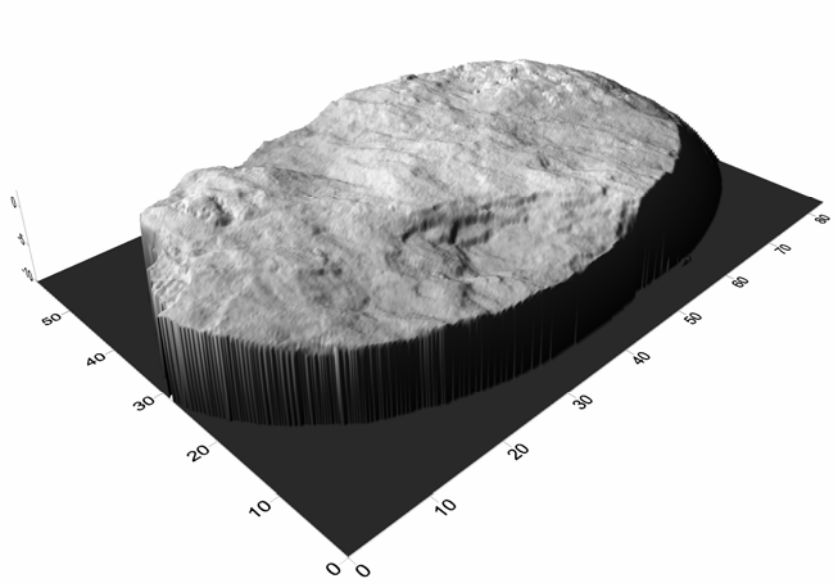
지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	NNTB-3	시추심도	50.0-50.3 m
암 종		시료상태	Good
시험일자	2013-03-26		

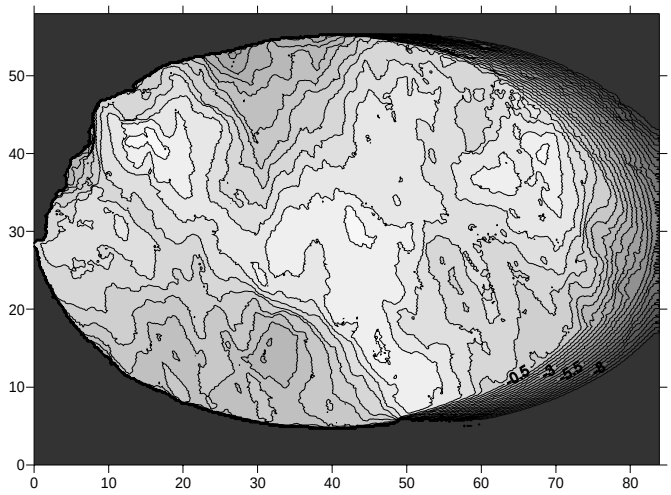
측정 및 분석결과

시료크기	장경	7.08 cm	평균 JRC	**12.8**
	단경	5.06 cm		

3차원 표면 형상 (3D surface model)



등고선도



확 인	실무자	**풍 보 현**	서명	기술책임자	**장 현 식**	서명

시 험 성 적 서

지/오/메/카/닉/스
KOLAS II Rock Mechanics Laboratories
우200-701 강원도 춘천시 강원대학길1
305 (강원대학교 자연대학3호관)
(TEL: 033 244 9275, FAX: 033 244 9276)

성적서번호 : 2013-050-JR

KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

1. 의 뢰 자
- 기 관 명 : 대림산업
- 주 소 : -
- 의뢰 일자 : 2013년 07월 12일

2. 시험성적서의 용도
서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

3. 시험대상품목 / 규격
시추코어 암석 / NX

4. 시험기간
2013년 7월 12일~2013년 7월 15일

5. 시험항목 및 방법
절리면 3차원 프로파일 구성 및 평균 JRC 측정

6. 시험환경
온도 : (25 ± 0.2) ℃ , 상대습도 : (52 ± 3) % R.H.

7. 시험결과
참조1. 시험결과 (절리면 3차원 프로파일)
참조2. 시험분석 (절리면 3차원 프로파일)

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	실무자	기술책임자
	성명 : 풍 보 현 서명	성명 : 장 현 식 서명

2013년 07월 16일

강원대학교 실험실벤처기업 ㈜지오메카닉스 대표이사 (인)

시 험 결 과
(절리면 3차원 프로파일)

성적서번호 : **2013-050-JR**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

1. 시험조건 (Test Condition)

시험일자 (Test date) 2013년 7월 12일~2013년 7월 15일

시험기기 (Testing machine) 3차원 레이저 스캐너 (AceOne/RP-205)
디지탈캘리퍼스 (Mitutoyo / 08274628)

측정간격 (Sampling interval) 0.2 mm (x, y)

JRC 측정 방법 (Measuring method of JRC)
- 거칠기 정량화 파라미터 : Z_2 (거칠기 기울기에 대한 제곱평균자승근)
- JRC 환산식 : $32.2+32.47\log(Z_2)$ (Tse and Cruden,1979)
- 3차원 표면자료로부터 축출된 1차원 거칠기 프로파일의 수 : 100 개

2. 시험결과 요약표 (Summary of Test Result)

시추공명 Borehole I.D.	시추심도 Depth m	시료상태 Condition	시료크기 Size (장경 / 단경) cm	평균 JRC Ave. JRC	비 고 Remark
NNTB-7	61.5-61.8	Good	6.20 / 5.10	**12.2**	
---------- 이하 여백 (End of Document) ----------					

확 인	실무자 **풍 보 현** 서명	기술책임자 **장 현 식** 서명

시 험 분 석
(절리면 3차원 프로파일)

성적서번호 : **2013-050-JR**

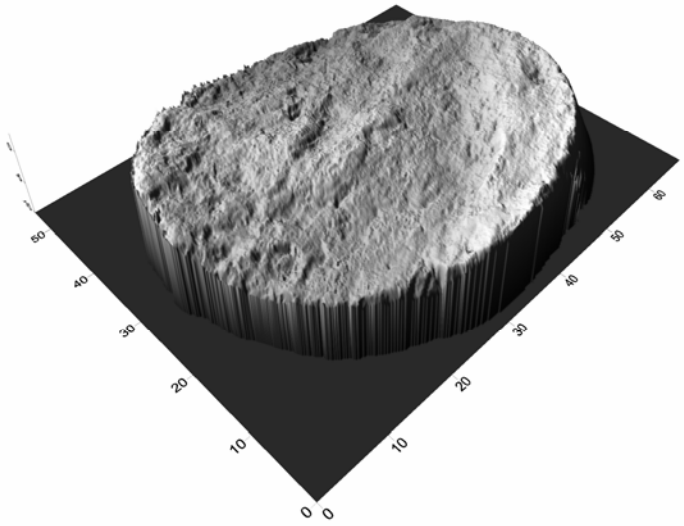
지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	NNTB-7	시추심도	61.5-61.8 m
암 종		시료상태	Good
시험일자	2013-07-15		

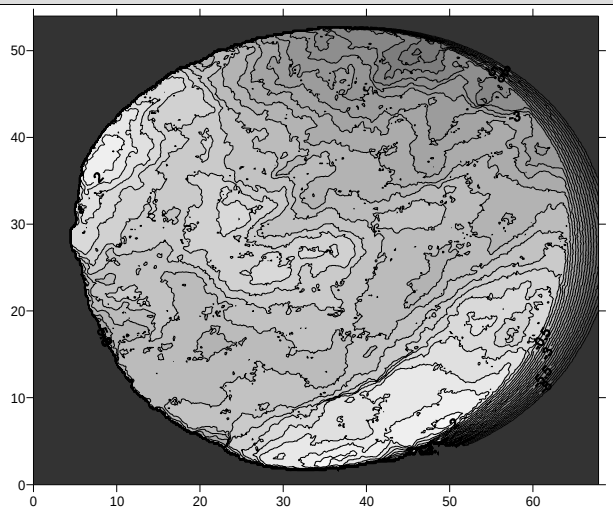
측정 및 분석결과

시료크기	장경 6.20 cm	평균 JRC	**12.2**
	단경 5.10 cm		

3차원 표면 형상 (3D surface model)



등고선도



확 인	실무자 **풍 보 현** 서명	기술책임자 **장 현 식** 서명

7.2.7 암석이방성 시험

Rock Deformability Test

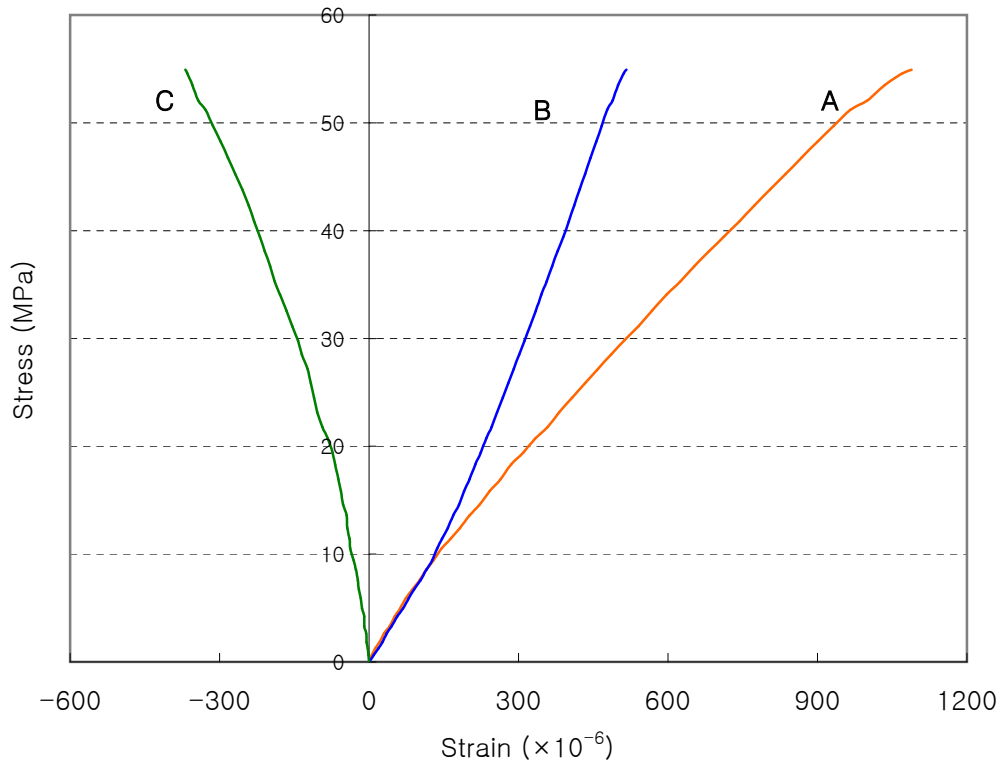
Project : 서울 제물포터널 민간투자사업

1. 접수번호 : -	
2. 시 험 일 : 2011-04-26	
3. 의 뢰 자 : 지케이엔지니어링㈜	
4. 시 험 자 : 김 종 보	

Specimen	
시 료 명	NTB-10
심 도	56.0 ~ 56.3
지 름	5.05 ㎝
높 이	10.52 ㎝

Test Result		
Angle of Anisotropy		47.0 °
압축강도 (Uni. Comp. Strength)		54.9 (MPa)
Young's Modulus	E1	86.44 (GPa)
	E2	48.65 (GPa)
Shear Modulus		17.84 (GPa)
Anisotropy coefficient (E1/E2)		1.78 (E1/E2)
포아송비 (Poisson's Ratio)		0.24

Stress-Strain Curve



Pictures of Sample



Remarks :

Rock Deformability Test

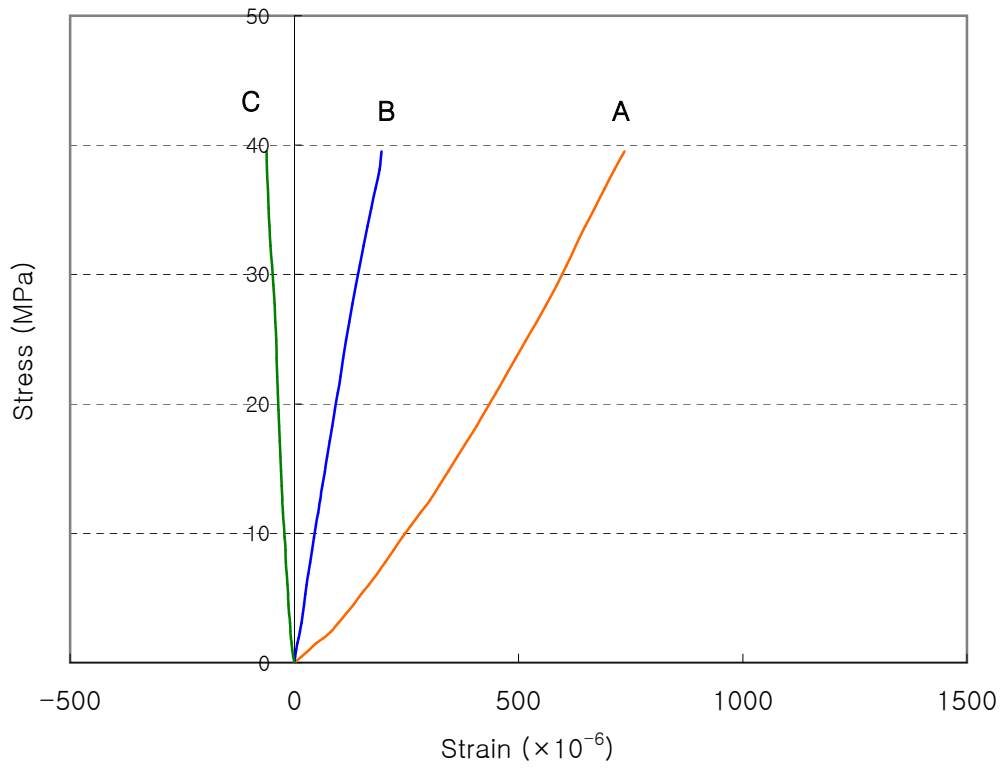
Project : 서울 제물포터널 민간투자사업

1. 접수번호 : -	
2. 시 험 일 : 2011-04-26	
3. 의 뢰 자 : 지케이엔지니어링㈜	
4. 시 험 자 : 김 종 보	

Specimen		
시 료 명	NTB-13	
심 도	61.5~61.8	
지 름	4.99	㎝
높 이	10.05	㎝

Test Result		
Angle of Anisotropy		57.0 °
압축강도	(Uni. Comp. Strength)	39.5 (MPa)
Young's Modulus	E1	56.02 (GPa)
	E2	37.47 (GPa)
Shear Modulus		25.19 (GPa)
Anisotropy coefficient (E1/E2)		1.50 (E1/E2)
포아송비	(Poisson's Ratio)	0.25

Stress-Strain Curve



Pictures of Sample



Remarks :

Rock Deformability Test

1. 접수번호 : -	
2. 시 험 일 : 2011-3-11	
3. 의 뢰 자 : ㈜쓰리텍	
4. 시 험 자 : 김 종 보	

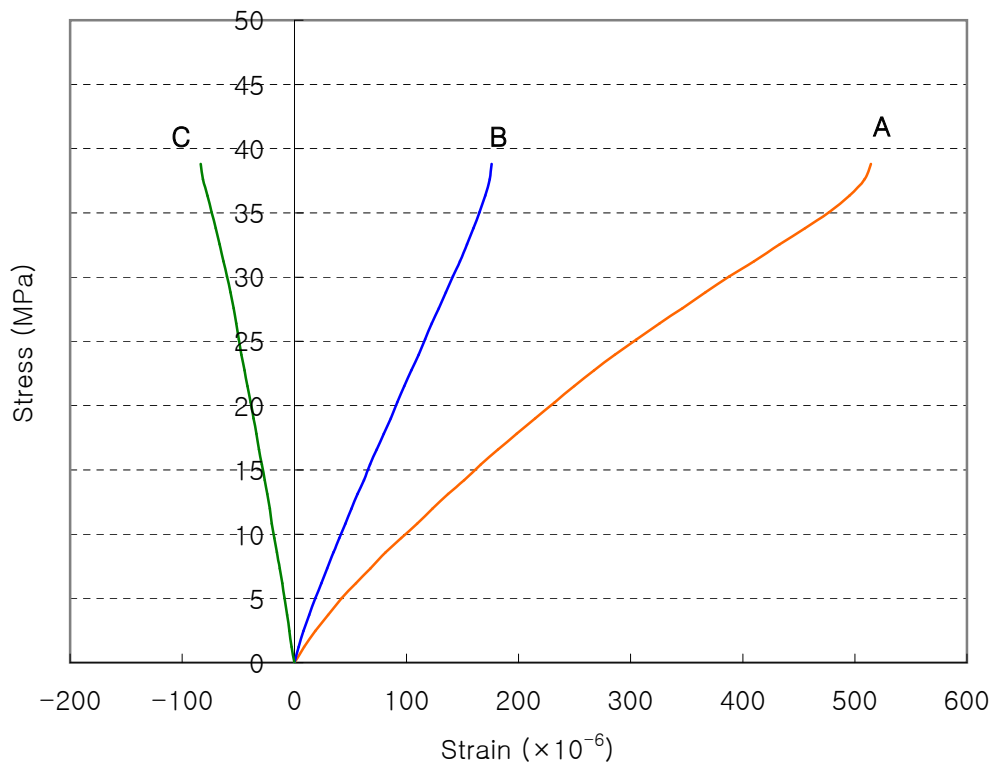
Test Result

Angle of Anisotropy		62.5 °
압축강도 (Uni. Comp. Strength)		38.8 (MPa)
Young's Modulus	E1	85.21 (GPa)
	E2	29.38 (GPa)
Shear Modulus		22.90 (GPa)
Anisotropy coefficient (E1/E2)		2.90 (E1/E2)
포아송비 (Poisson's Ratio)		0.24

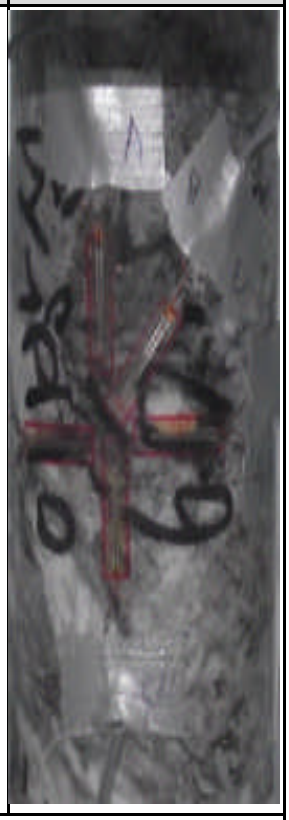
Specimen

시 료 명	NTB-19	
심 도	60.7-60.85	
지 름	5.09	cm
높 이	10.30	cm

Stress-Strain Curve



Pictures of Sample



Remarks

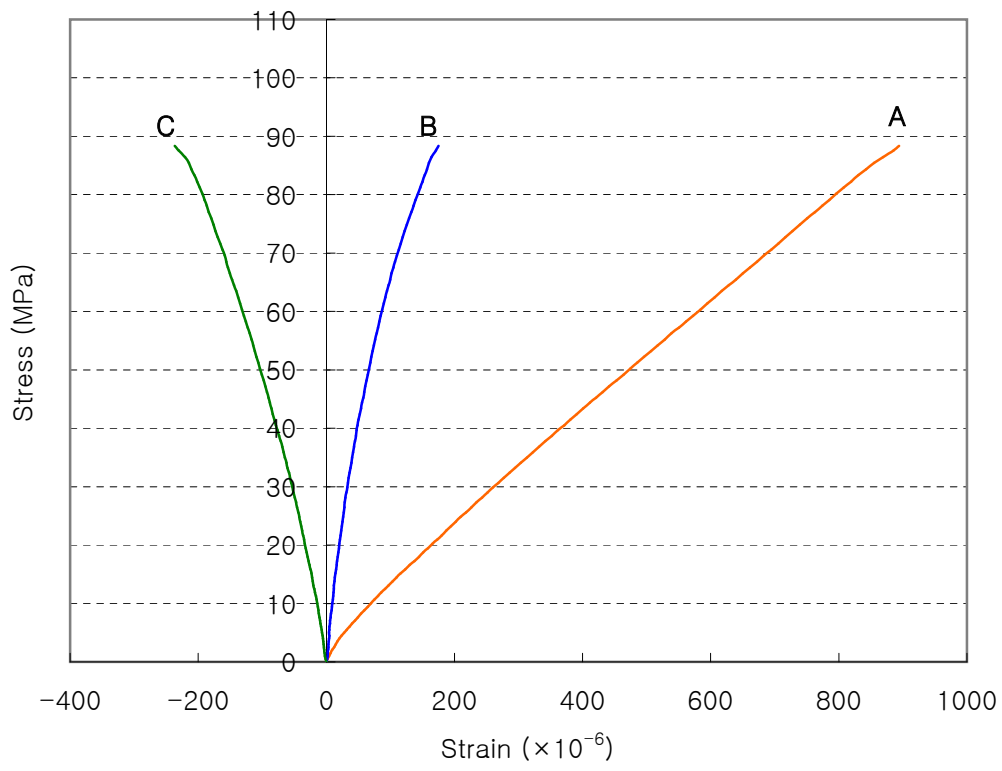
Rock Deformability Test

1. 접수번호 : -	Test Result
2. 시 험 일 : 2011-3-11	
3. 의 뢰 자 : ㈜쓰리텍	
4. 시 험 자 : 김 종 보	

Specimen		
시 료 명	NTB-25	
심 도	47.1-47.4	
지 름	5.07	cm
높 이	10.22	cm

Angle of Anisotropy		68.3 °
압축강도 (Uni. Comp. Strength)		88.3 (MPa)
Young's Modulus	E1	137.33 (GPa)
	E2	40.92 (GPa)
Shear Modulus		25.58 (GPa)
Anisotropy coefficient (E1/E2)		3.36 (E1/E2)
포아송비 (Poisson's Ratio)		0.22

Stress-Strain Curve



Pictures of Sample



Remarks

Rock Deformability Test

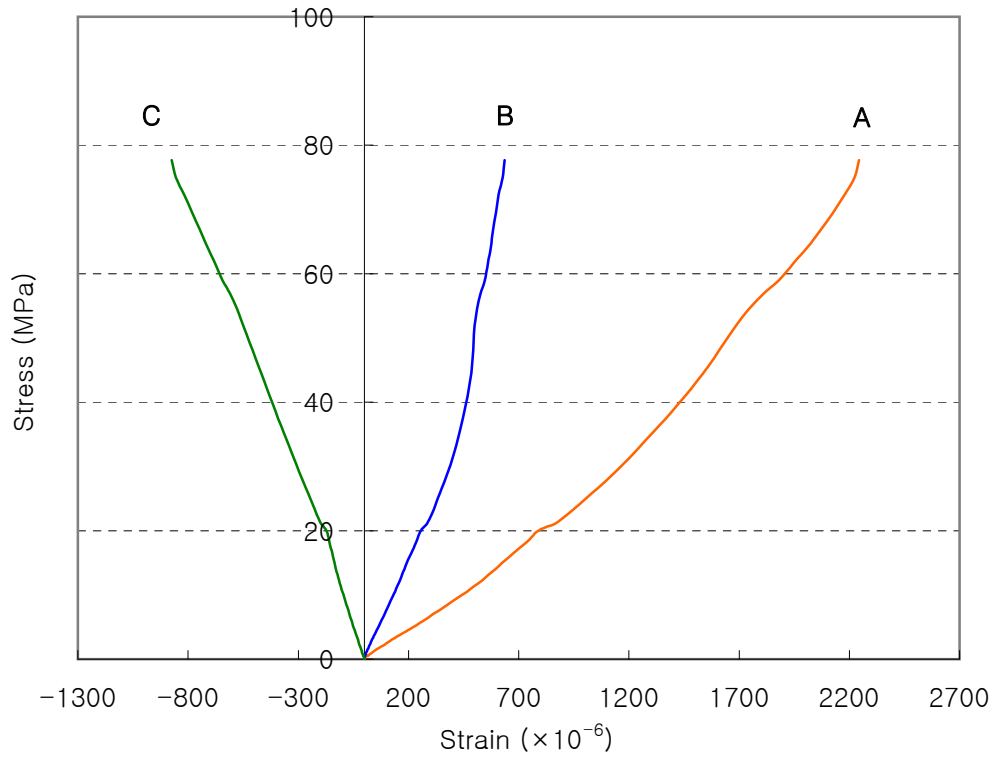
서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

1. 접수번호 : -	
2. 시 험 일 : 2013-4-22	
3. 의 뢰 자 : 대림산업	
4. 시 험 자 : 김 종 보	

Specimen		
시 료 명	ATB-7	
심 도	47.9-48.1 m	
지 름	5.05	cm
높 이	10.49	cm

Test Result		
Angle of Anisotropy		49.0 °
압축강도	(Uni. Comp. Strength)	77.7 (MPa)
Young's Modulus	E1	43.05 (GPa)
	E2	28.22 (GPa)
Shear Modulus		10.92 (GPa)
Anisotropy coefficient (E1/E2)		1.53 (E1/E2)
포아송비	(Poisson's Ratio)	0.26

Stress-Strain Curve



Pictures of Sample



Remarks

Rock Deformability Test

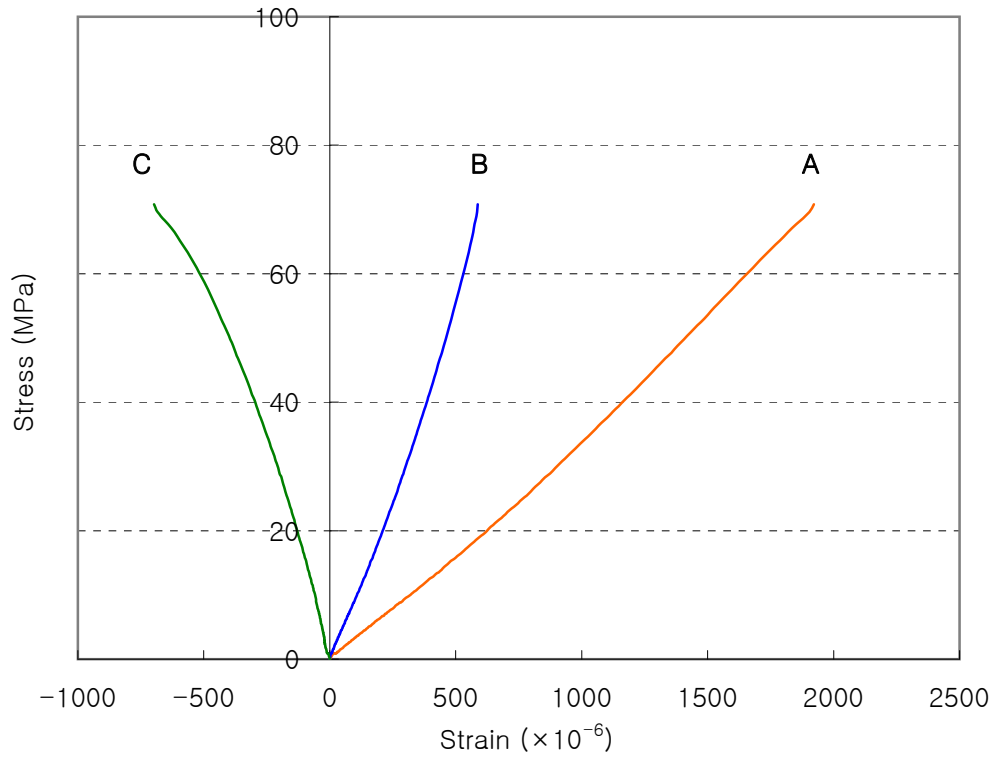
서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

1. 접수번호 : -	
2. 시 험 일 : 2013-4-22	
3. 의 뢰 자 : 대림산업	
4. 시 험 자 : 김 종 보	

Specimen		
시 료 명	ATB-10	
심 도	61.6-61.8 m	
지 름	5.04	cm
높 이	10.65	cm

Test Result		
Angle of Anisotropy		52.0 °
압축강도 (Uni. Comp. Strength)		70.8 (MPa)
Young's Modulus	E1	44.41 (GPa)
	E2	28.30 (GPa)
Shear Modulus		13.37 (GPa)
Anisotropy coefficient (E1/E2)		1.57 (E1/E2)
포아송비 (Poisson's Ratio)		0.28

Stress-Strain Curve



Pictures of Sample



Remarks

Rock Deformability Test

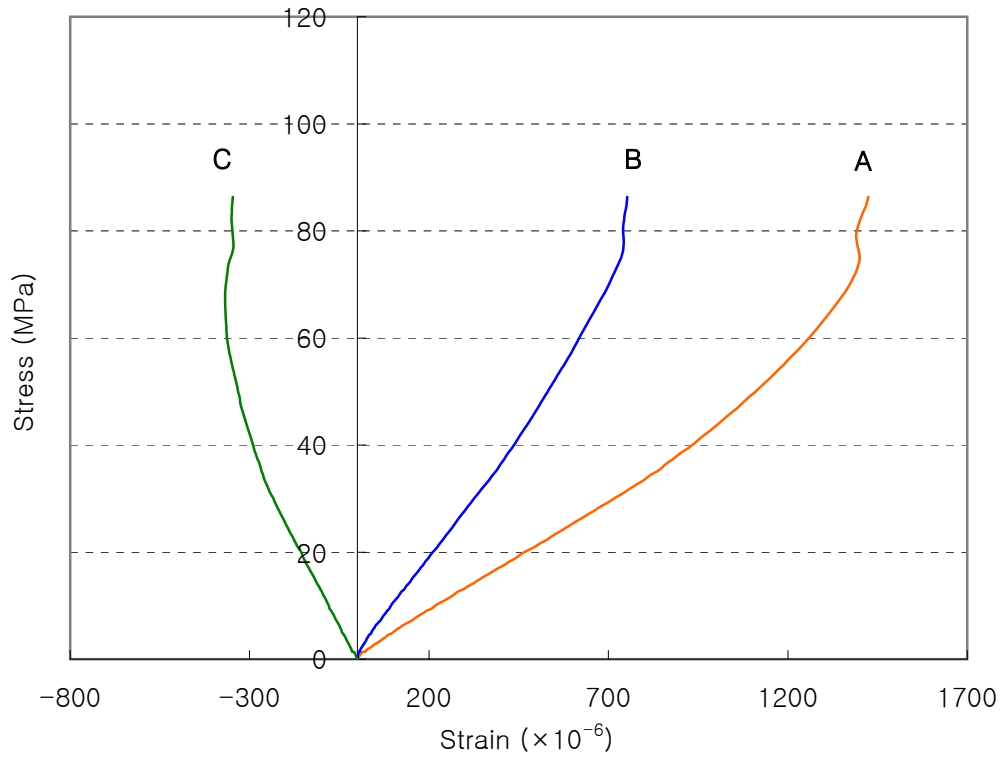
서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

1. 접수번호 : -	Test Result
2. 시 험 일 : 2013-4-22	
3. 의 뢰 자 : 대림산업	
4. 시 험 자 : 김 종 보	

Test Result		
Angle of Anisotropy		40.0 °
압축강도 (Uni. Comp. Strength)		86.4 (MPa)
Young's Modulus	E1	56.19 (GPa)
	E2	47.60 (GPa)
Shear Modulus		19.14 (GPa)
Anisotropy coefficient (E1/E2)		1.18 (E1/E2)
포아송비 (Poisson's Ratio)		0.22

Specimen		
시 료 명	ATB-12	
심 도	62.5-62.7 m	
지 름	5.02	cm
높 이	10.79	cm

Stress-Strain Curve



Pictures of Sample



Remarks

Rock Deformability Test

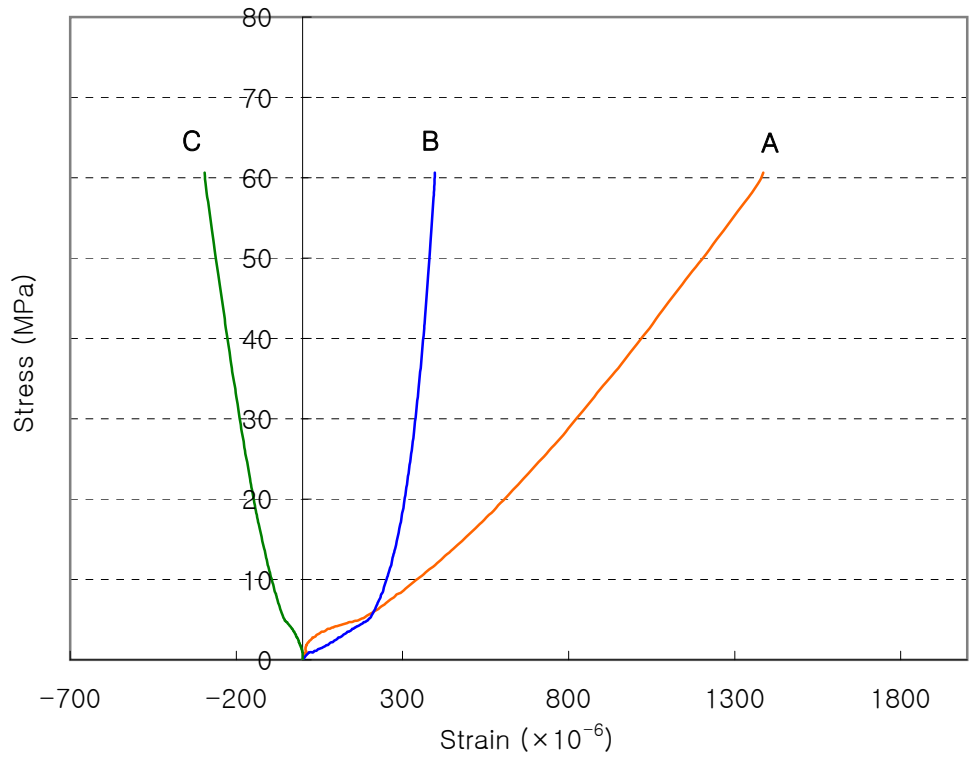
서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

1. 접수번호 : -	
2. 시 험 일 : 2013-4-22	
3. 의 뢰 자 : 대림산업	
4. 시 험 자 : 김 종 보	

Specimen		
시 료 명	ATB-15	
심 도	38.9-39.1 m	
지 름	5.01	cm
높 이	10.90	cm

Test Result		
Angle of Anisotropy		58.0 °
압축강도 (Uni. Comp. Strength)		60.6 (MPa)
Young's Modulus	E1	43.97 (GPa)
	E2	33.52 (GPa)
Shear Modulus		15.58 (GPa)
Anisotropy coefficient (E1/E2)		1.31 (E1/E2)
포아송비 (Poisson's Ratio)		0.24

Stress-Strain Curve



Pictures of Sample



Remarks

Rock Deformability Test

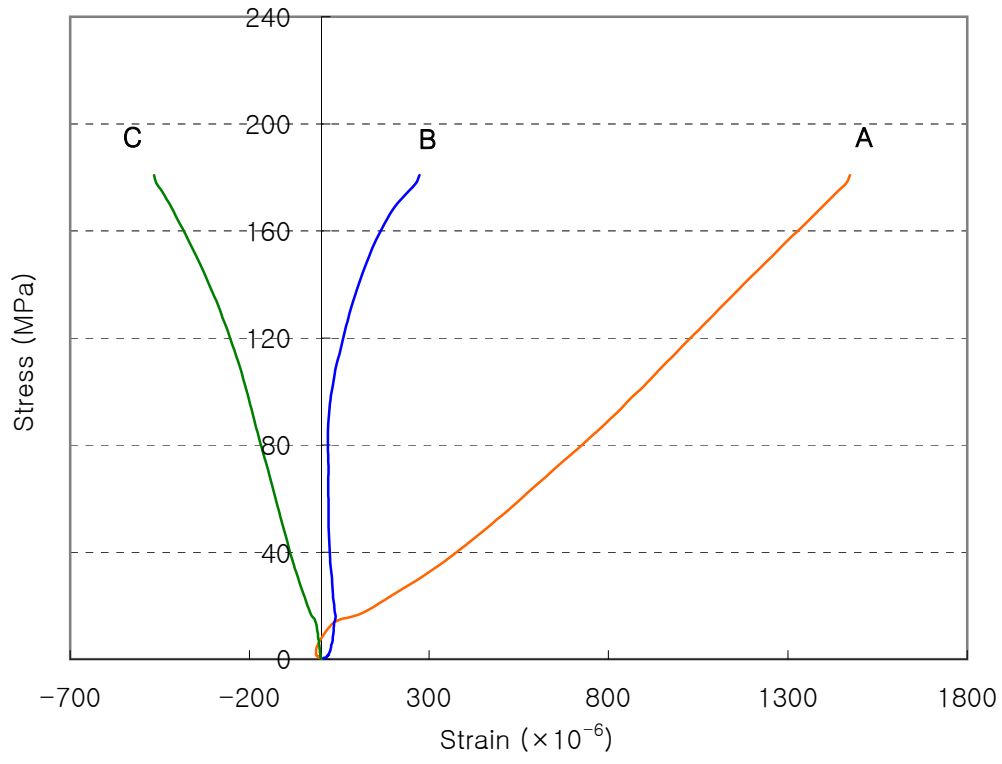
서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

1. 접수번호 : -	
2. 시 험 일 : 2013-4-22	
3. 의 뢰 자 : 대림산업	
4. 시 험 자 : 김 종 보	

Specimen		
시 료 명	NNTB-3	
심 도	59.6-59.8 m	
지 름	5.06	cm
높 이	10.30	cm

Test Result		
Angle of Anisotropy		60.0 °
압축강도	(Uni. Comp. Strength)	180.9 (MPa)
Young's Modulus	E1	129.12 (GPa)
	E2	119.89 (GPa)
Shear Modulus		39.80 (GPa)
Anisotropy coefficient (E1/E2)		1.08 (E1/E2)
포아송비	(Poisson's Ratio)	0.20

Stress-Strain Curve



Pictures of Sample



Remarks

7.2.8 Swelling/Slaking 시험

SWELLING TEST

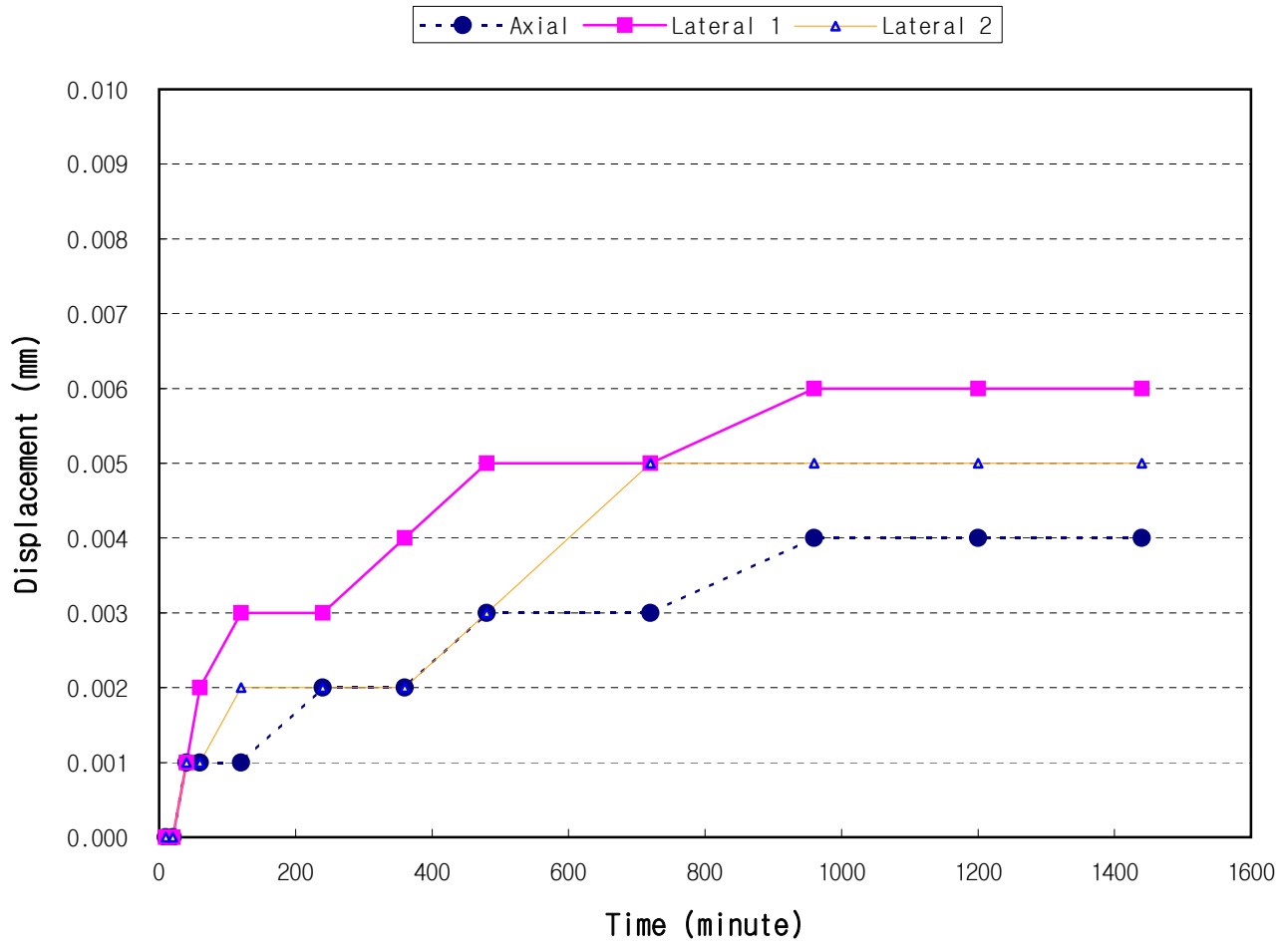
공 사 명 :	서울 제물포터널 민간투자사업		
의뢰기관 :	지케이엔지니어링㈜	접수번호 :	
개시일자 :	2011년 4월 20일	접수일자 :	2011년 4월 19일
완료일자 :	2011년 4월 29일	시험공번 :	NTB-13
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	59.2 m - 59.5 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kim, Jong Kook

SPECIMEN ID

Diameter (mm)	50.15	height (mm)	99.75

TEST RESULTS

ITEM	Displacement (mm)												Swelling strain index (%)
	10 min	20 min	40 min	1 hr	2 hr	4 hr	6 hr	8 hr	12 hr	16 hr	20 hr	24 hr	
Axial	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	**0.004**
Lateral 1	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	**0.012**
Lateral 2	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.005	0.005	0.005	0.005	**0.010**



Remarks

SWELLING TEST

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 접수번호 :

개시일자 : 2011년 3월 17일 접수일자 : 2011년 3월 16일

완료일자 : 2011년 3월 24일 시험공번 : NTB-30

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 31.2 m - 31.9 m

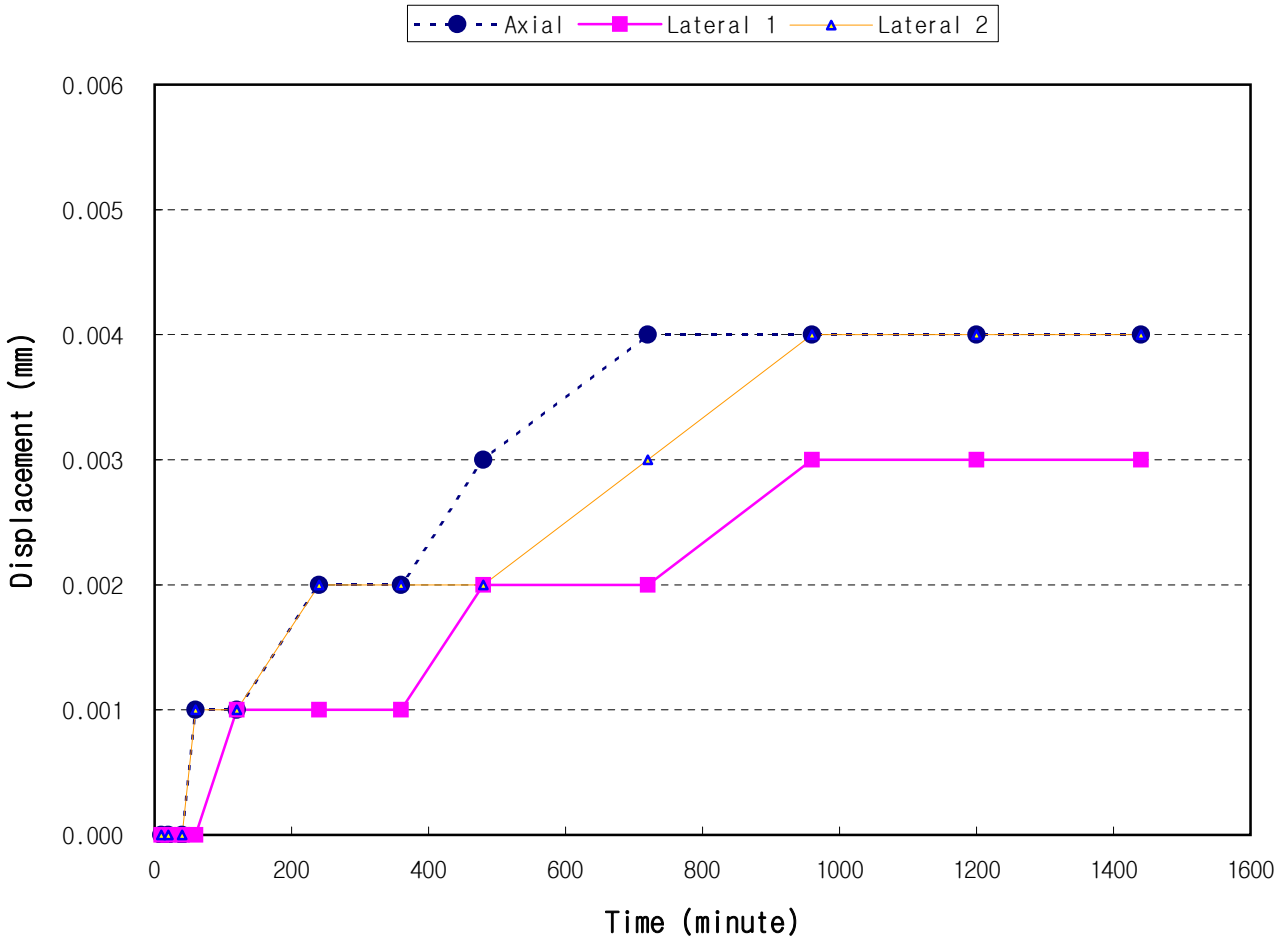
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

SPECIMEN ID

Diameter (mm)	52.2	height (mm)	101.6

TEST RESULTS

ITEM	Displacement (mm)												Swelling strain index (%)
	10 min	20 min	40 min	1 hr	2 hr	4 hr	6 hr	8 hr	12 hr	16 hr	20 hr	24 hr	
Axial	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	**0.004**
Lateral 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	**0.006**
Lateral 2	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004	**0.008**



Remarks

SWELLING TEST

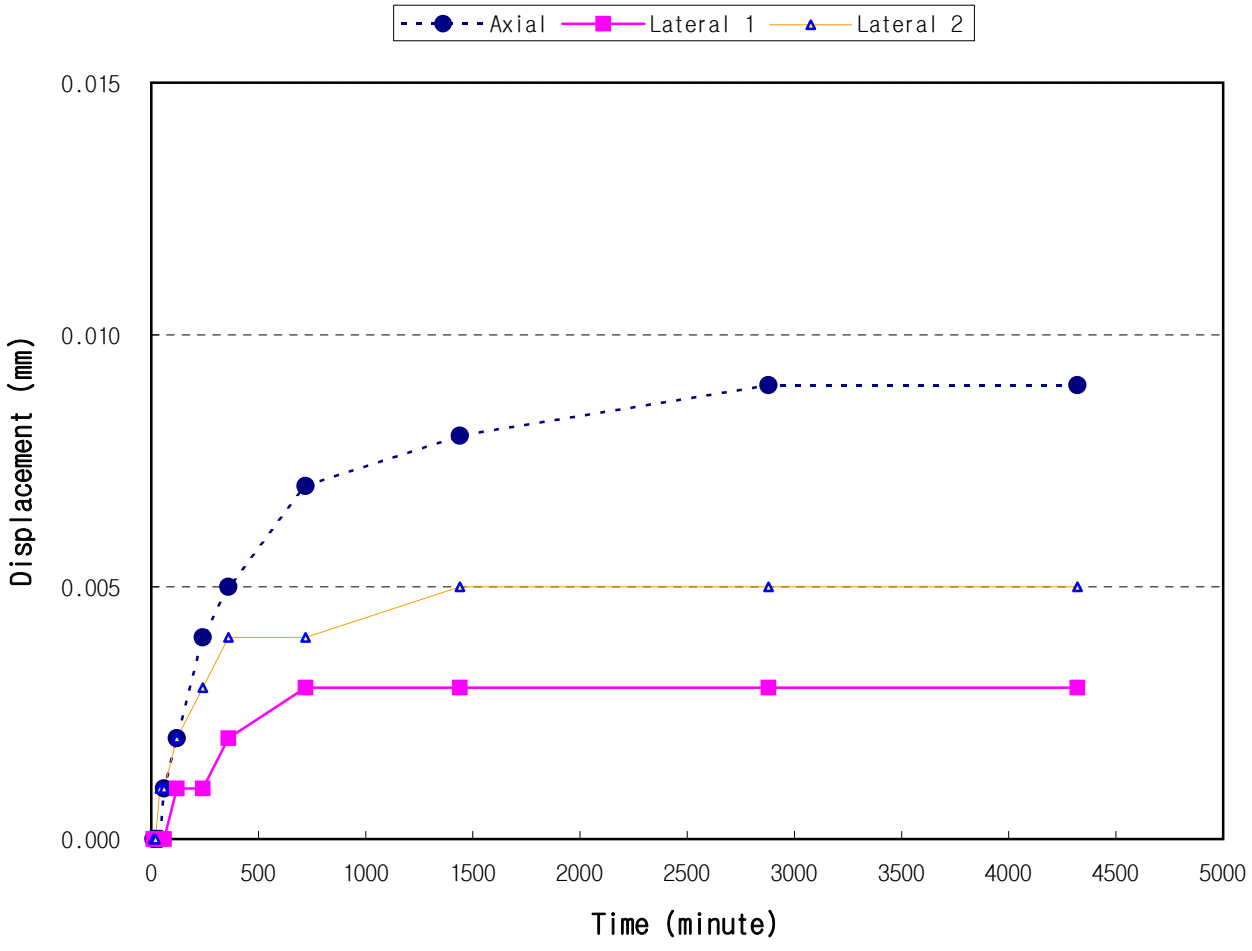
공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 3월 20일	접수일자 :	2013년 3월 19일
완료일자 :	2013년 4월 8일	시험공번 :	ATB-7
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	28.9 m - 29.0 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

SPECIMEN ID

Diameter (mm)	50.8	height (mm)	100.9

TEST RESULTS

ITEM	Displacement (mm)											Swelling strain index (%)
	10 min	20 min	40 min	1 hr	2 hr	4 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48 hr	72 hr	
Axial	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.005	0.007	0.008	0.009	0.009	**0.009**
Lateral 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	**0.006**
Lateral 2	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	**0.010**



Remarks

SWELLING TEST

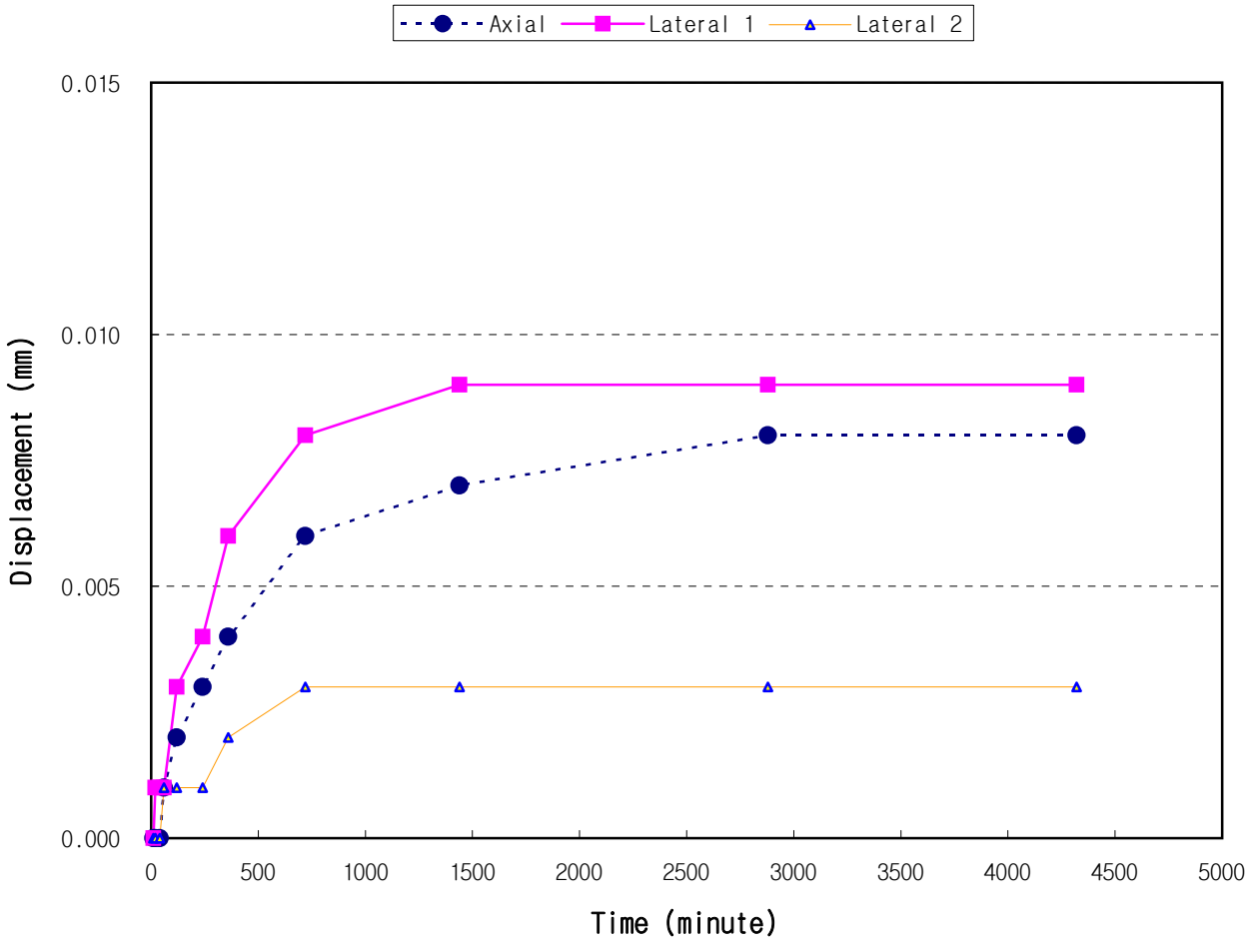
공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 4월 8일	접수일자 :	2013년 4월 8일
완료일자 :	2013년 4월 22일	시험공번 :	ATB-10
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	67.3 m - 67.5 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

SPECIMEN ID

Diameter (mm)	50.8	height (mm)	100.9

TEST RESULTS

ITEM	Displacement (mm)											Swelling strain index (%)
	10 min	20 min	40 min	1 hr	2 hr	4 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48 hr	72 hr	
Axial	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.008	0.008	**0.008**
Lateral 1	0.000	0.001	0.001	0.001	0.003	0.004	0.006	0.008	0.009	0.009	0.009	**0.018**
Lateral 2	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	**0.006**



Remarks

SWELLING TEST

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

완료일자 : 2013년 4월 22일 시험공번 : ATB-12

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 55.5 m - 55.7 m

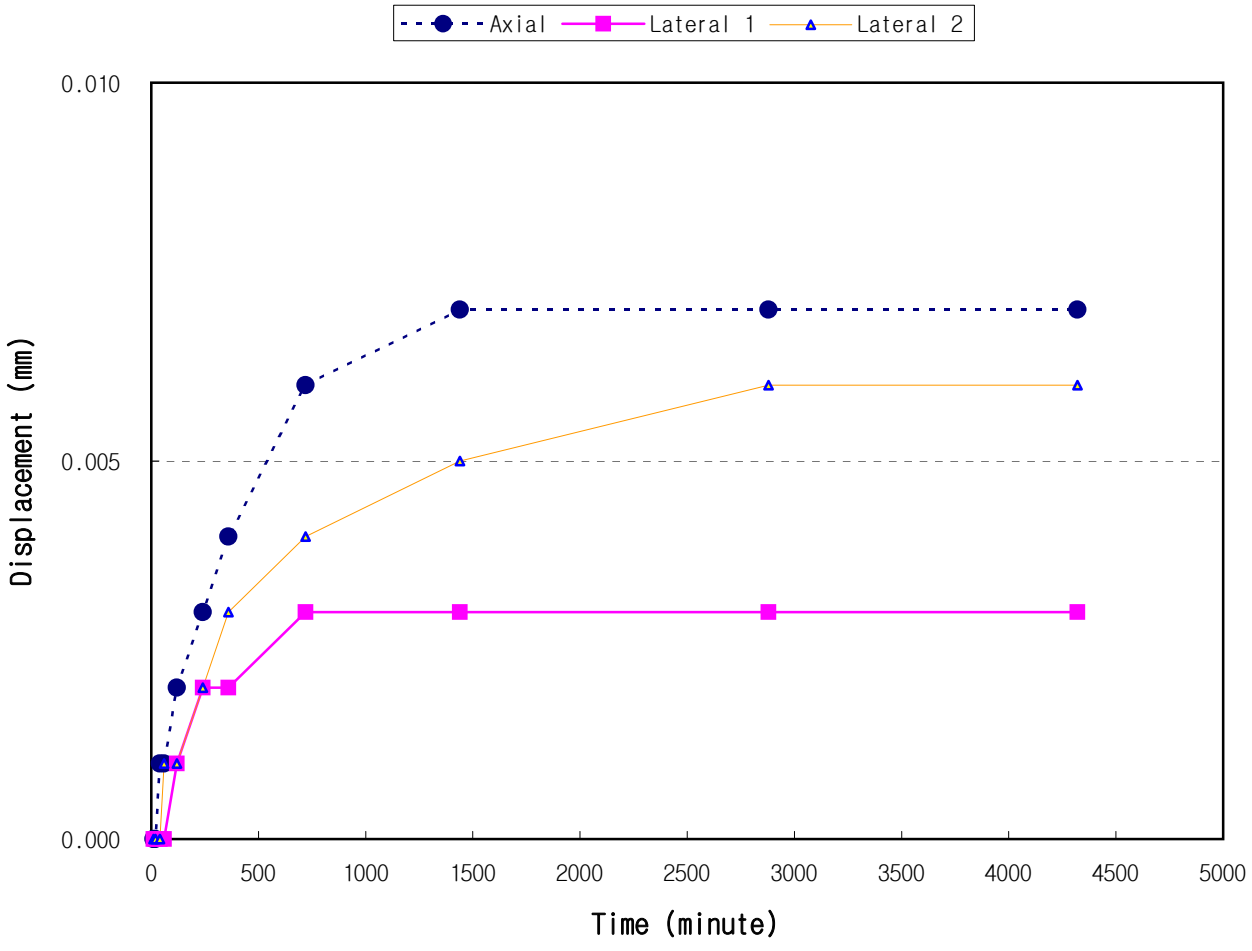
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

SPECIMEN ID

Diameter (mm)	50.3	height (mm)	100.7

TEST RESULTS

ITEM	Displacement (mm)											Swelling strain index (%)
	10 min	20 min	40 min	1 hr	2 hr	4 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48 hr	72 hr	
Axial	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.007	0.007	**0.007**
Lateral 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	**0.006**
Lateral 2	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.006	**0.012**



Remarks

SWELLING TEST

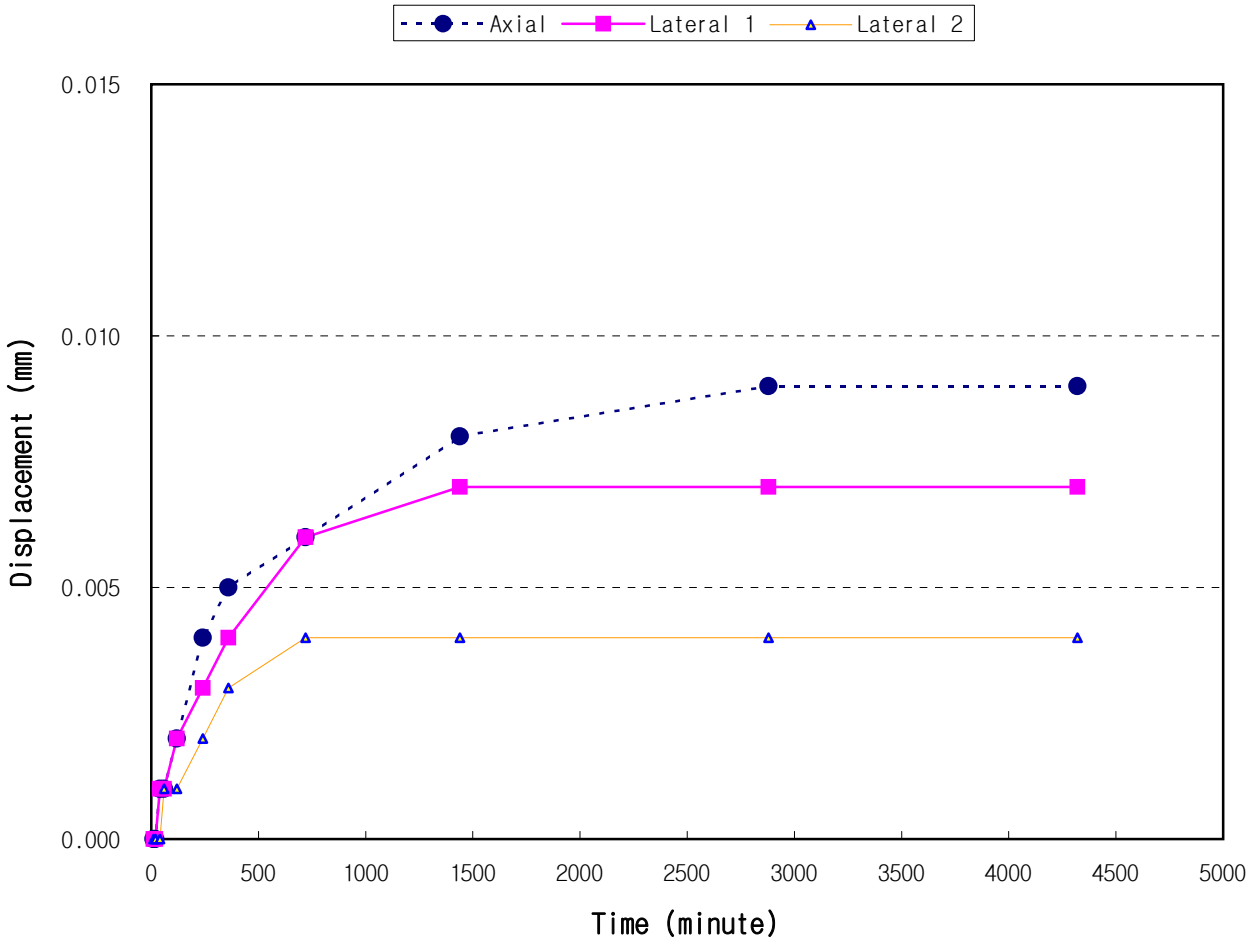
공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 4월 8일	접수일자 :	2013년 4월 8일
완료일자 :	2013년 4월 22일	시험공번 :	ATB-15
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	38.1 m - 38.5 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

SPECIMEN ID

Diameter (mm)	50.5	height (mm)	102.3

TEST RESULTS

ITEM	Displacement (mm)											Swelling strain index (%)
	10 min	20 min	40 min	1 hr	2 hr	4 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48 hr	72 hr	
Axial	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.005	0.006	0.008	0.009	0.009	**0.009**
Lateral 1	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.007	0.007	**0.014**
Lateral 2	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	**0.008**



Remarks

SWELLING TEST

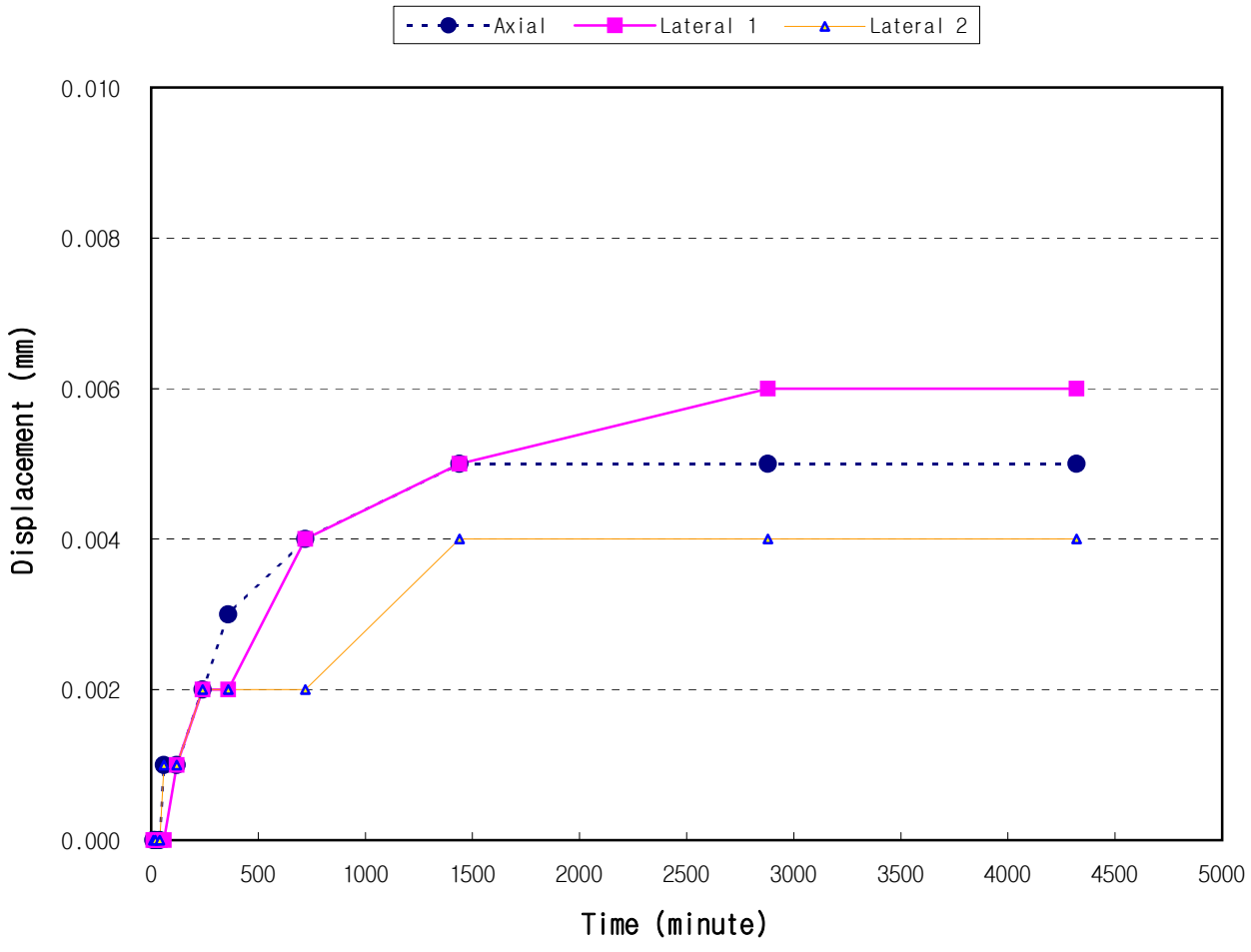
공 사 명 :	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사		
의뢰기관 :	대림산업	접수번호 :	
개시일자 :	2013년 3월 20일	접수일자 :	2013년 3월 19일
완료일자 :	2013년 4월 8일	시험공번 :	NNTB-3
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	57.6 m - 57.8 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

SPECIMEN ID

Diameter (mm)	50.7	height (mm)	99.8

TEST RESULTS

ITEM	Displacement (mm)											Swelling strain index (%)
	10 min	20 min	40 min	1 hr	2 hr	4 hr	6 hr	12 hr	24 hr	48 hr	72 hr	
Axial	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.005	0.005	**0.005**
Lateral 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.005	0.006	0.006	**0.012**
Lateral 2	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.004	0.004	0.004	**0.008**



Remarks

SLAKE DURABILITY TEST

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업

의뢰기관 : 지케이엔지니어링㈜ 접수번호 : -

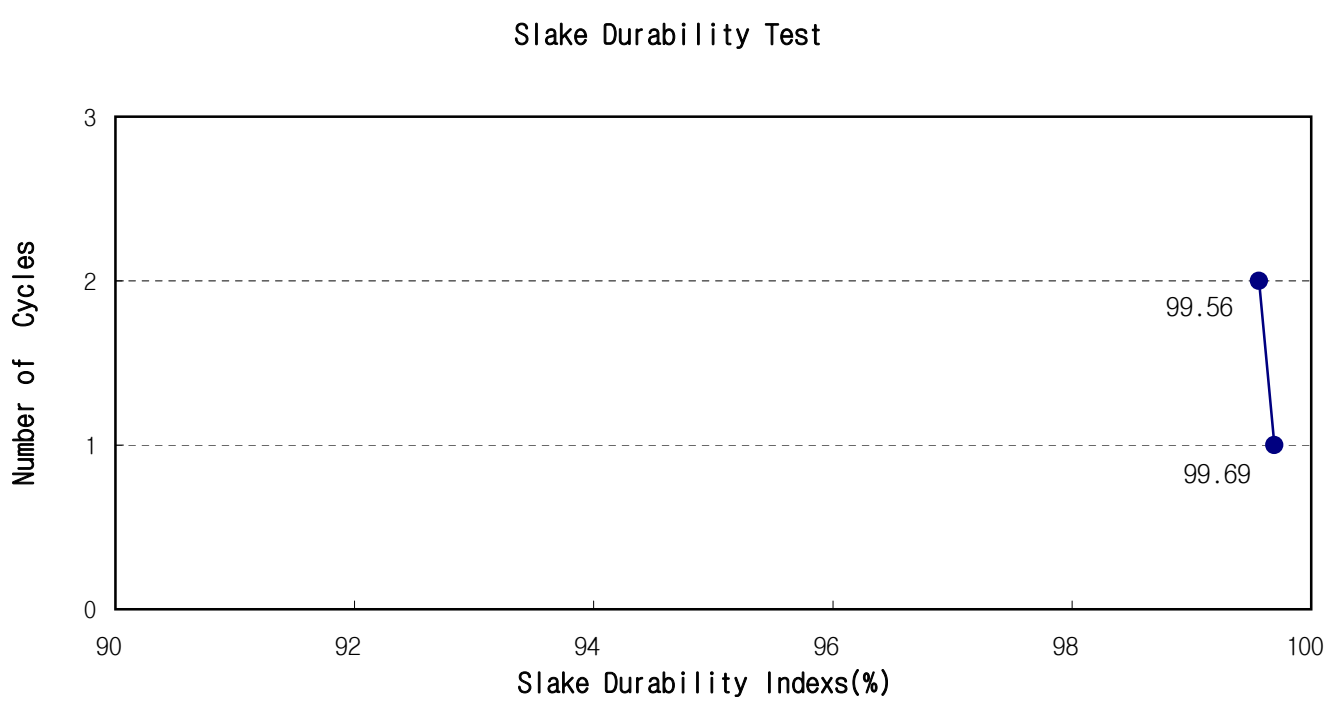
개시일자 : 2011년 4월 20일 접수일자 : 2011년 4월 19일

완료일자 : 2011년 4월 29일 시험공번 : NTB-13

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 59.2 m - 59.5 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

Initial Weight(g)	514.89	Number of Cycles	2
TEST RESULTS	Cycle	After Weight(g)	Slake Durability(%), Retained
	1	513.31	99.69
	2	512.64	99.56
Slake Durability Indexs(%)	Id2	99.56	



Remarks : ISRM Suggested Methods for Determination of the Slake-Durability Index

Slake Durability Index (Id) = B / A × 100(%)

A : Initial Weight(g)

B : Weight after cycle(g)

SLAKE DURABILITY TEST

공 사 명 : 서울 제물포터널 민간투자사업 지반조사

의뢰기관 : ㈜쓰리텍 접수번호 : -

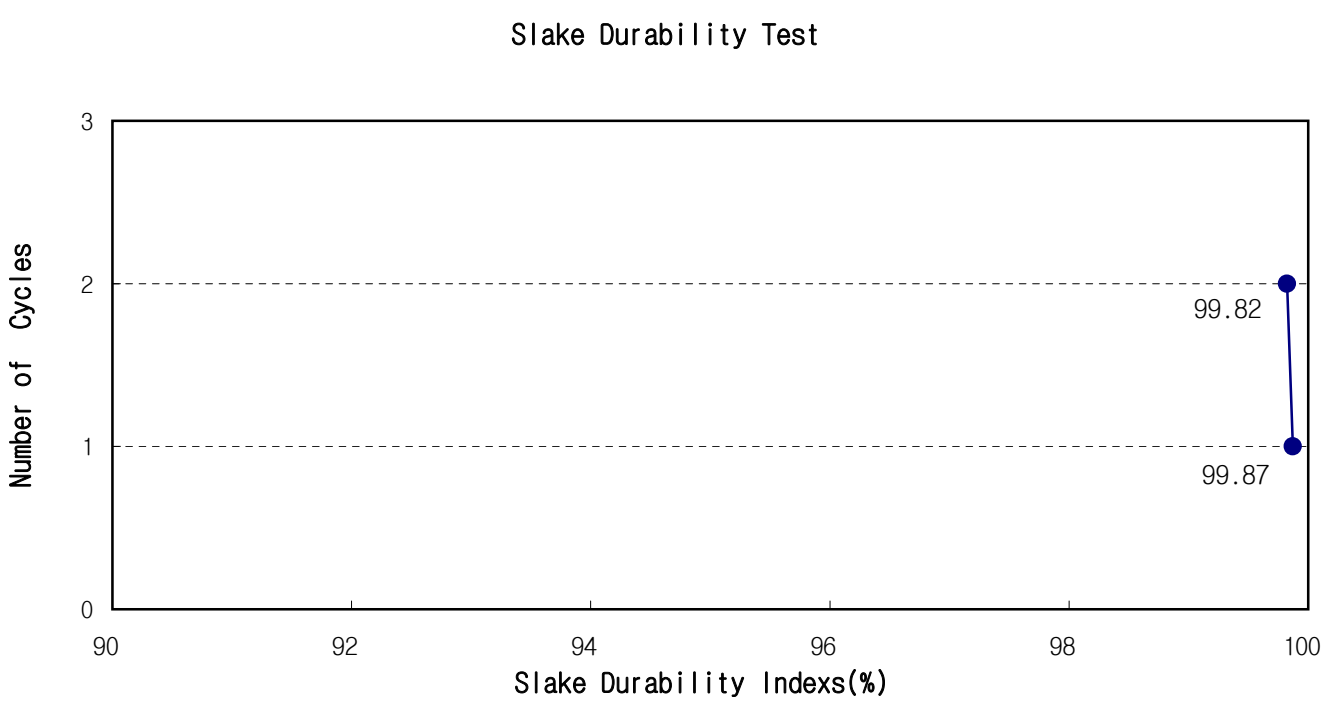
개시일자 : 2011년 3월 17일 접수일자 : 2011년 3월 16일

완료일자 : 2011년 3월 24일 시험공번 : NTB-30

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 31.2 m - 31.9 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kim, Jong Kook

Initial Weight(g)	524.23	Number of Cycles	2
TEST RESULTS	Cycle	After Weight(g)	Slake Durability(%), Retained
	1	523.56	99.87
	2	523.31	99.82
Slake Durability Indexs(%)	Id_2	99.82	



Remarks : ISRM Suggested Methods for Determination of the Slake-Durability Index

Slake Durability Index (Id) = B / A × 100(%)

A : Initial Weight(g)

B : Weight after cycle(g)

SLAKE DURABILITY TEST

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

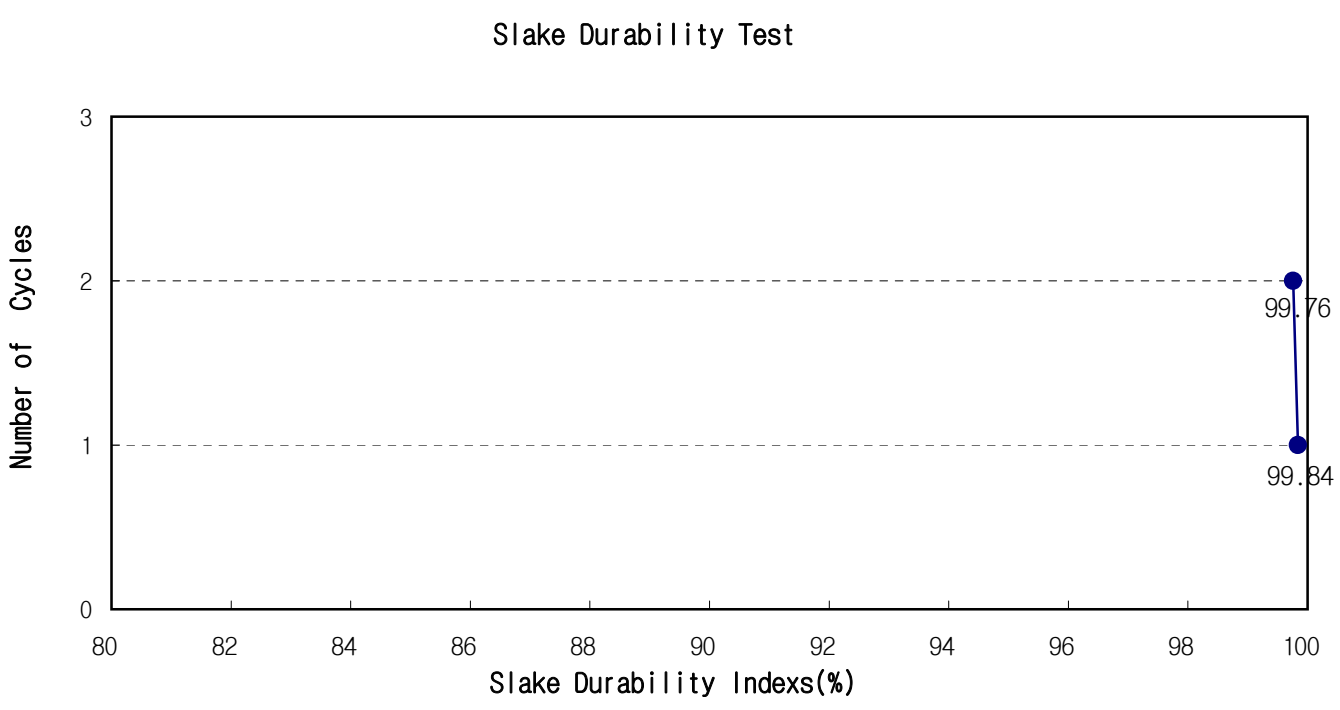
개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

완료일자 : 2013년 4월 8일 시험공번 : ATB-7

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 28.9 m - 29.0 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

Initial Weight(g)	509.96	Number of Cycles	2
TEST RESULTS	Cycle	After Weight(g)	Slake Durability(%), Retained
	1	509.14	99.84
	2	508.74	99.76
Slake Durability Indexs(%)	Id_2	99.76	



Remarks : ISRM Suggested Methods for Determination of the Slake-Durability Index

Slake Durability Index (Id) = B / A × 100(%)

A : Initial Weight(g)

B : Weight after cycle(g)

SLAKE DURABILITY TEST

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

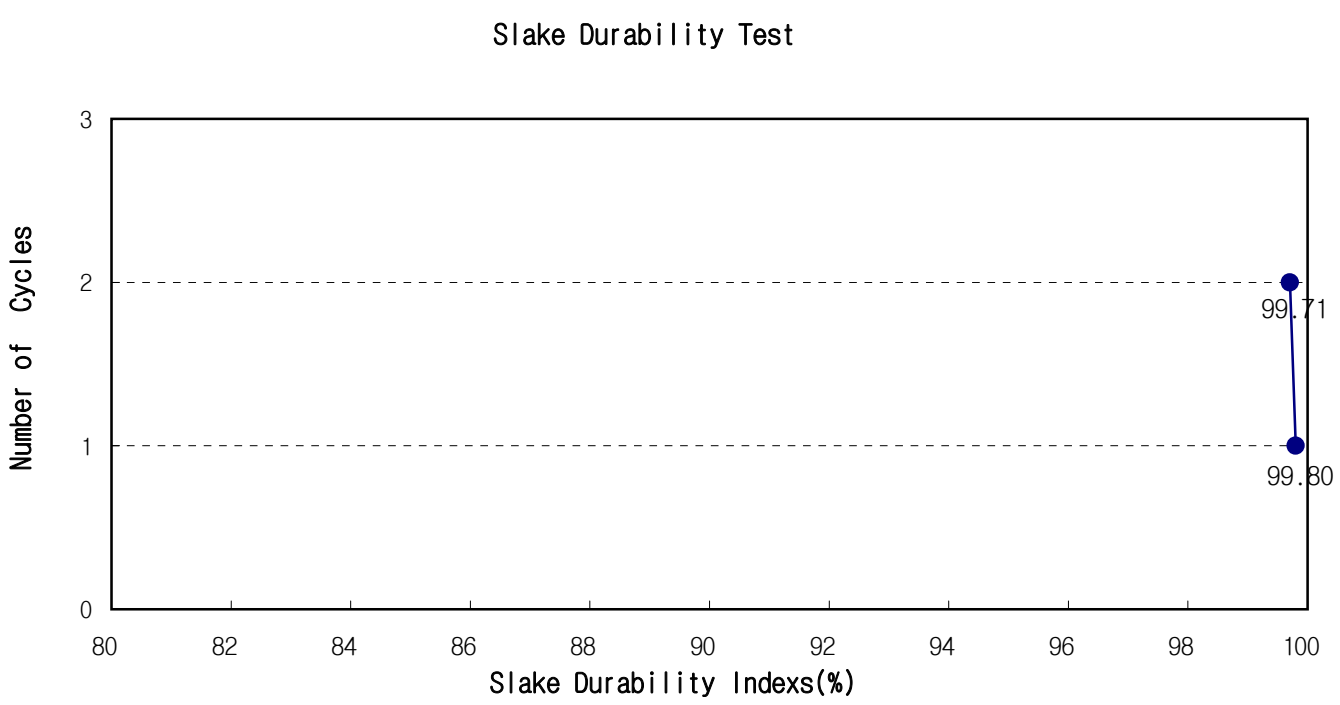
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

완료일자 : 2013년 4월 22일 시험공번 : ATB-10

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 67.5 m - 67.9 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

Initial Weight(g)	534.81	Number of Cycles	2
TEST RESULTS	Cycle	After Weight(g)	Slake Durability(%), Retained
	1	533.76	99.80
	2	533.24	99.71
Slake Durability Indexs(%)	Id2	99.71	



Remarks : ISRM Suggested Methods for Determination of the Slake-Durability Index

Slake Durability Index (Id) = B / A × 100(%)

A : Initial Weight(g)

B : Weight after cycle(g)

SLAKE DURABILITY TEST

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

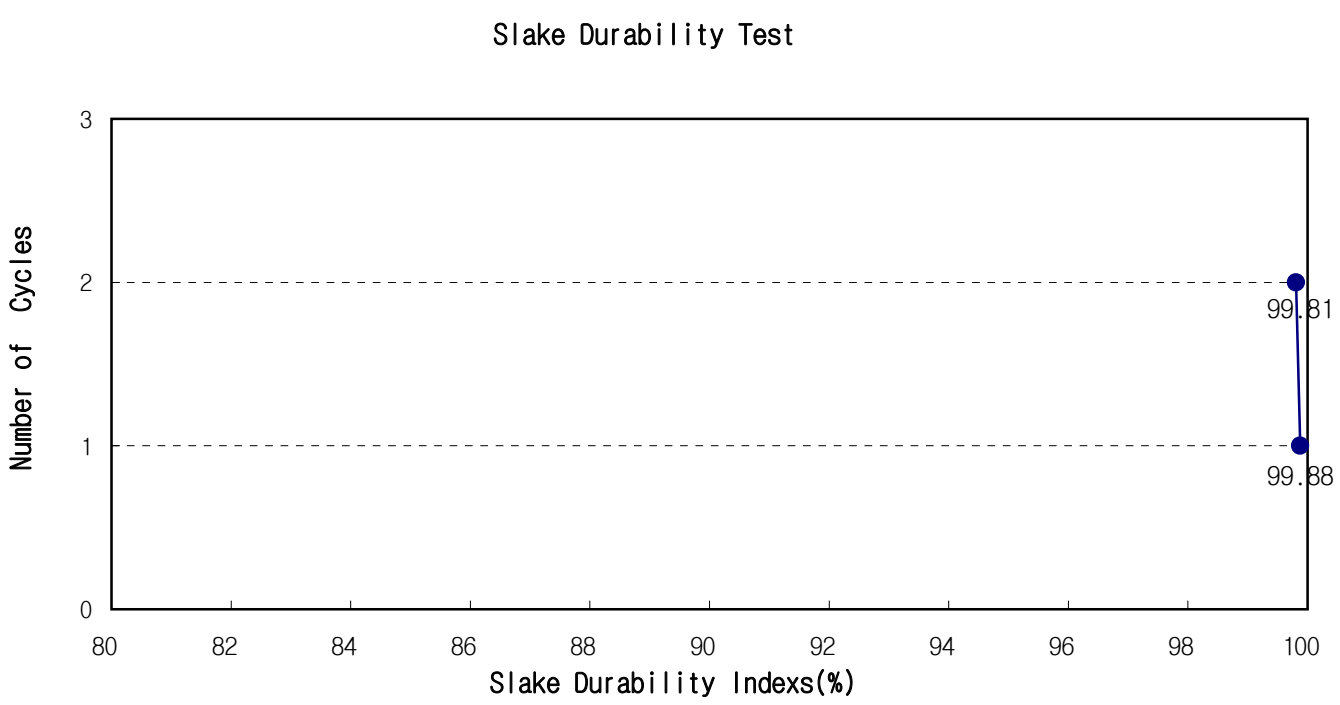
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

완료일자 : 2013년 4월 22일 시험공번 : ATB-12

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 55.7 m - 56.0 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

Initial Weight(g)	520.53	Number of Cycles	2
TEST RESULTS	Cycle	After Weight(g)	Slake Durability(%), Retained
	1	519.88	99.88
	2	519.54	99.81
Slake Durability Indexs(%)	Id2	99.81	



Remarks : ISRM Suggested Methods for Determination of the Slake-Durability Index

Slake Durability Index (Id) = B / A × 100(%)

A : Initial Weight(g)

B : Weight after cycle(g)

SLAKE DURABILITY TEST

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

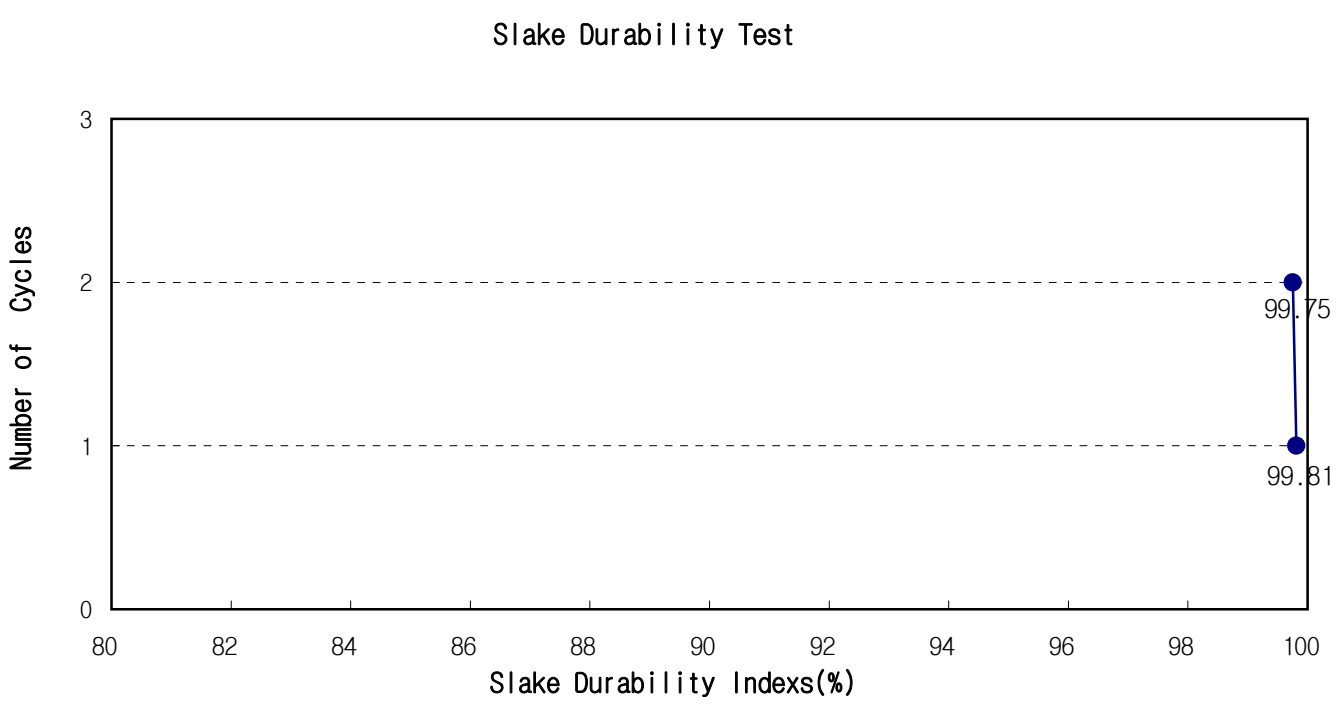
개시일자 : 2013년 4월 8일 접수일자 : 2013년 4월 8일

완료일자 : 2013년 4월 22일 시험공번 : ATB-15

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 38.5 m - 38.8 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

Initial Weight(g)	569.91	Number of Cycles	2
TEST RESULTS	Cycle	After Weight(g)	Slake Durability(%), Retained
	1	568.84	99.81
	2	568.51	99.75
Slake Durability Indexs(%)	Id2	99.75	



Remarks : ISRM Suggested Methods for Determination of the Slake-Durability Index

Slake Durability Index (Id) = B / A × 100(%)

A : Initial Weight(g)

B : Weight after cycle(g)

SLAKE DURABILITY TEST

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

의뢰기관 : 대림산업 접수번호 :

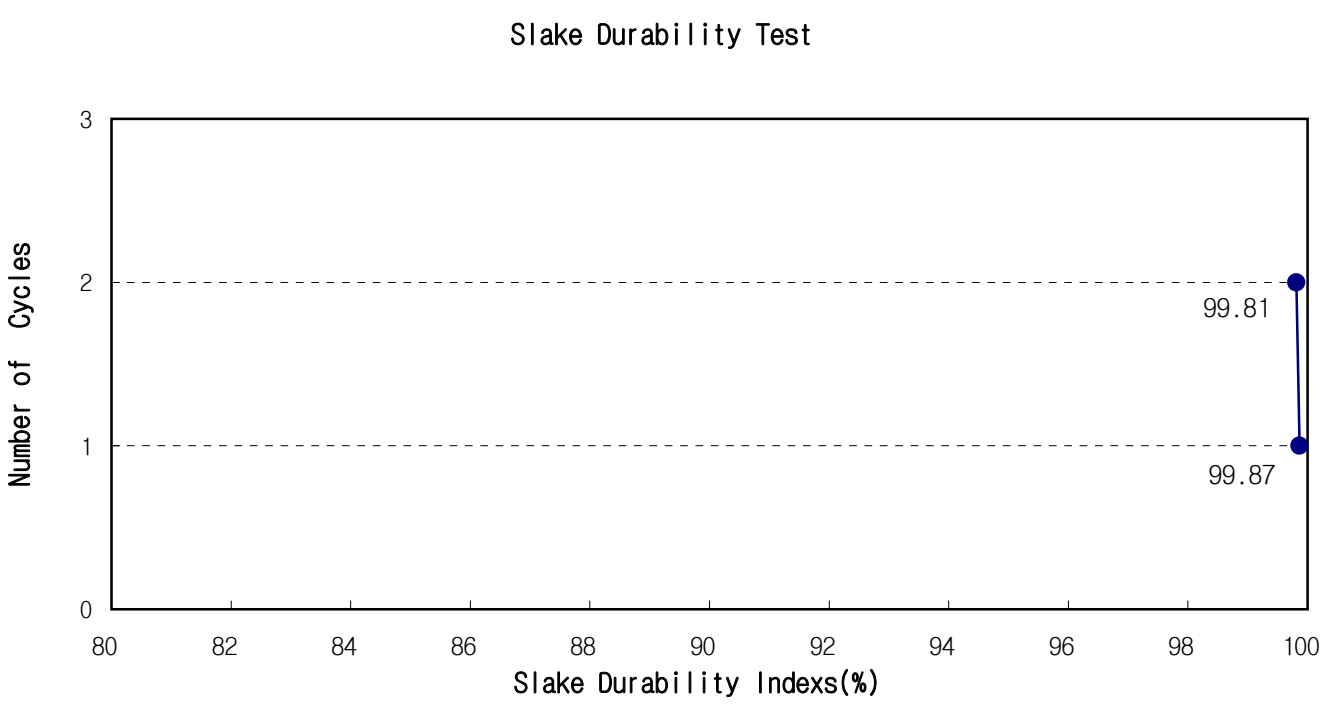
개시일자 : 2013년 3월 20일 접수일자 : 2013년 3월 19일

완료일자 : 2013년 4월 8일 시험공번 : NNTB-3

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 57.6 m - 57.8 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

Initial Weight(g)	539.93	Number of Cycles	2
TEST RESULTS	Cycle	After Weight(g)	Slake Durability(%), Retained
	1	539.21	99.87
	2	538.91	99.81
Slake Durability Indexs(%)	Id_2	99.81	



Remarks : ISRM Suggested Methods for Determination of the Slake-Durability Index

Slake Durability Index (Id) = B / A × 100(%)

A : Initial Weight(g)

B : Weight after cycle(g)

7.2.9 Creep시험

지오메카닉스 GEO MECHANICS
KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

Creep Test

시험결과 (Test Result)

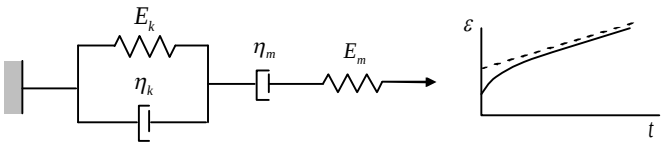
#REF!

Specimen		Test Condition / Method	
Borehole ID	NTB-13	Test Machine	Creep test machine (30ton)
Depth	59.2-59.5 m	Test Date	2011. 4. 27.
Size Diameter / Length	2.48 / 4.34 cm	Test Method	ASTM D 4341-03
Lithology		Loading time	12 hr
Condition	Normal	Failure strength	97.4 MPa

Test Result

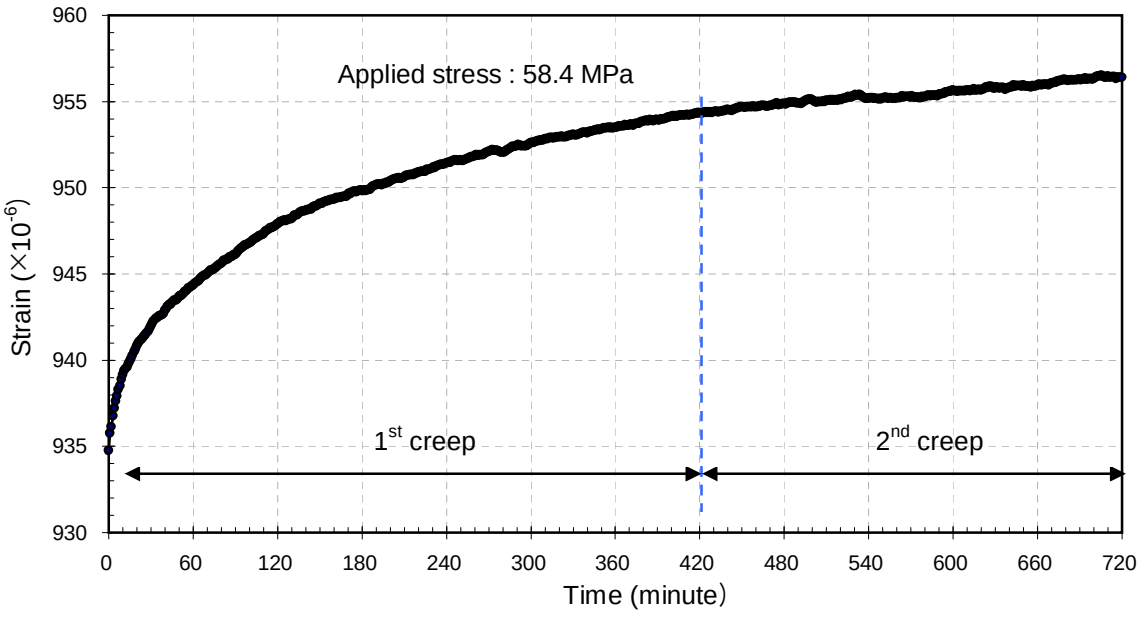
Applied Stress (MPa)	Stress Ratio (%)	Creep Rate ($\times 10^{-6}$/hr)		Maxwell Unit		Kelvin-Voight Unit	
		1st creep	2nd creep	E_m (GPa)	η_m (GPa·min)	E_k (GPa)	η_k (GPa·min)
58.4	60.0	2.799	0.400	62.5	8.75E+06	3 466	3.06E+05

Burgers body
(Maxwall body + Kelvin-Voight body)



$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{1000}\left[\frac{1}{E_m} + \frac{t}{\eta_m} + \frac{1}{E_k}\left\{1 - \exp\left(-\frac{E_k}{\eta_k}t\right)\right\}\right] \quad (Unit: \mu e)$$

σ_0 : Applied stress (MPa) t : creep time (minute)
E_m : Elasitic modulus of Maxwell body (GPa)
η_m : Viscosity of Maxwell body (GPa·min)
E_k : Elasitic modulus of Kelvin-Voight body (GPa)
η_k : Viscosity of Kelvin-Voight body (GPa·min)



Remark

Affirmation	
Tested by	풍 보 현
Technical Manager	장 현 식

지오메카닉스 GEO MECHANICS
KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

Creep Test

시험결과 (Test Result)

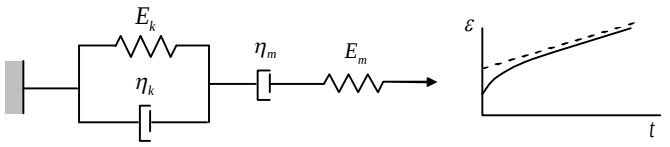
#REF!

Specimen		Test Condition / Method	
Borehole ID	NTB-24	Test Machine	Creep test machine (30ton)
Depth	36.7-37.0 m	Test Date	2011. 3. 5.
Size Diameter / Length	2.49 / 4.30 cm	Test Method	ASTM D 4341-03
Lithology		Loading time	12 hr
Condition	Normal	Failure strength	95.2 MPa

Test Result

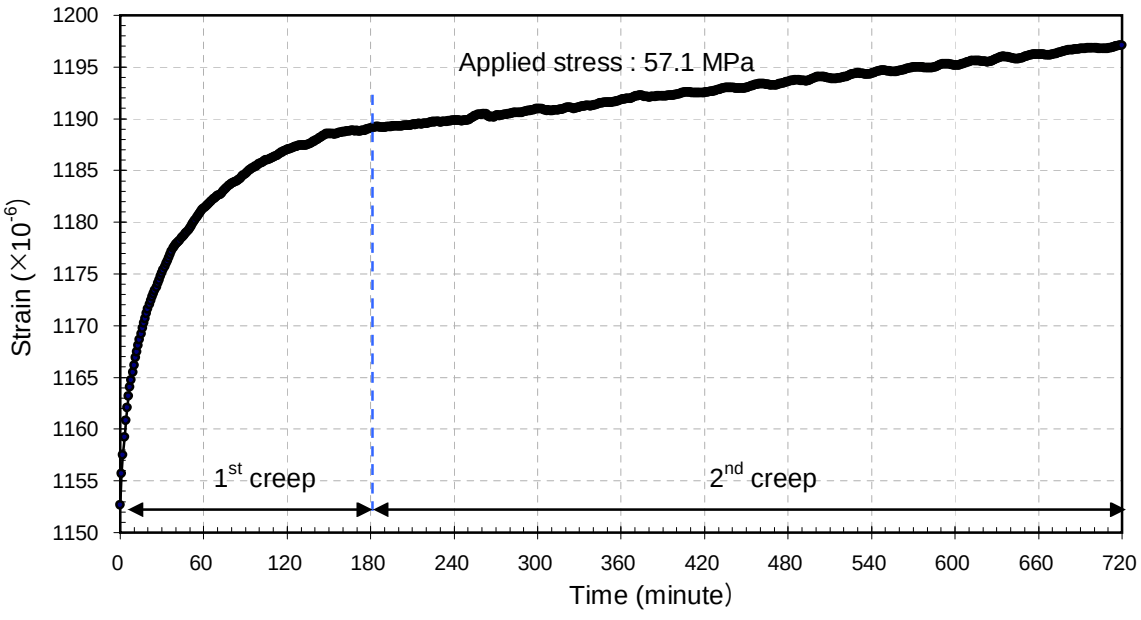
Applied Stress (MPa)	Stress Ratio (%)	Creep Rate ($\times 10^{-6}$/hr)		Maxwell Unit		Kelvin-Voight Unit	
		1st creep	2nd creep	E_m (GPa)	η_m (GPa·min)	E_k (GPa)	η_k (GPa·min)
57.1	60.0	12.143	0.899	49.6	3.81E+06	1 696	5.17E+04

Burgers body
(Maxwall body + Kelvin-Voight body)



$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{1000}\left[\frac{1}{E_m} + \frac{t}{\eta_m} + \frac{1}{E_k}\left\{1 - \exp\left(-\frac{E_k}{\eta_k}t\right)\right\}\right] \quad (Unit: \mu e)$$

σ_0 : Applied stress (MPa) t : creep time (minute)
E_m : Elasitic modulus of Maxwell body (GPa)
η_m : Viscosity of Maxwell body (GPa·min)
E_k : Elasitic modulus of Kelvin-Voight body (GPa)
η_k : Viscosity of Kelvin-Voight body (GPa·min)



Remark	Affirmation	
	Tested by	풍 보 현
	Technical Manager	장 현 식

시 험 성 적 서

지/오/메/카/닉/스
KOLAS // Rock Mechanics Laboratories
우200-701 강원도 춘천시 강원대학길1
305 (강원대학교 자연대학3호관)
(TEL: 033 244 9275, FAX: 033 244 9276)

성적서번호 : 2013-029-CR

KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

1. 의 뢰 자
- 기 관 명 : 대림산업
- 주 소 : -
- 의뢰 일자 : 2013년 3월 25일, 4월 2일

2. 시험성적서의 용도
서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

3. 시험대상품목 / 규격
시추코어 암석 / 1인치

4. 시험기간
2013년 3월 25일~2013년 4월 4일

5. 시험항목 및 방법
크립시험 : ASTM D7070-08 Standard Test Methods for Creep of Rock Core Under Constant Stress and Temperature

6. 시험환경
온도 : (20 ± 2) ℃ , 상대습도 : (50 ± 5) % R.H.

7. 시험결과
참조1. 시험결과 (크립시험)
참조2. 시험분석 (크립시험)

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	실무자	기술책임자
	성명 : 풍 보 현 서명	성명 : 장 현 식 서명

2013년 04월 08일

강원대학교 실험실벤처기업 ㈜지오메카닉스 대표이사 (인)

시 험 결 과
(크립시험)

성적서번호 : **2013-029-CR**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

1. 시험조건 (Test Condition)

시험일자 (Test date)	2013년 3월 25일~2013년 4월 4일
시험기기 (Testing machine)	크립시험기 (제일정밀 / JI-867)
	디지탈캘리퍼스 (Mitutoyo / 08274628)
	자료수집장치 (KYOWA / PCD-300)
	변형율 게이지 (CAS / AP-11-S50N-120-EC)
가압시간 (Loading time)	12시간

2. 시험결과 (Test Result)

시추공명 Borehole I.D.	시추심도 Depth m	강도 U.C.S. MPa	적용응력 Applied Stress (stress ratio) MPa	Maxwell Uint		Kelvin-Voight Unit	
				E_m GPa	η_m GPa·min	E_k GPa	η_k GPa·min
ATB-4	47.0-47.2	66.6	40.0 (60%)	**33.73**	**2.71E+07**	**2 026**	**8.30E+04**
NNTB-6	54.1-54.3	89.0	53.4 (60%)	**48.96**	**3.78E+07**	**814**	**6.44E+04**

---------- 이하 여백 (End of Document) ----------

확 인	시험원 **풍 보 현** 서명	기술책임자 **장 현 식** 서명

시 험 분 석
(크립시험)

성적서번호 : **2013-029-CR**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

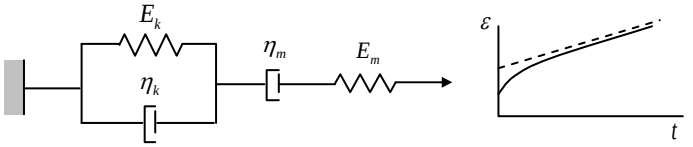
시추공명	ATB-4	시추심도	47.0-47.2 m
암 종		시료상태	Normal
시험일자	2013-04-02		

측정 및 분석결과

시료크기	직경 2.49 cm	비고	
	길이 5.23 cm		

강도 U.C.S. MPa	적용응력 Applied Stress (stress ratio) (MPa)	크립율 (×10^{-6}/hr)		Maxwell Unit		Kelvin-Voight Unit	
		1차 크립	2차 크립	E_m GPa	η_m GPa·min	E_k GPa	η_k GPa·min
66.6	40.0 (60%)	3.369	0.089	**33.7**	**2.71E+07**	**2 026**	**8.30E+04**

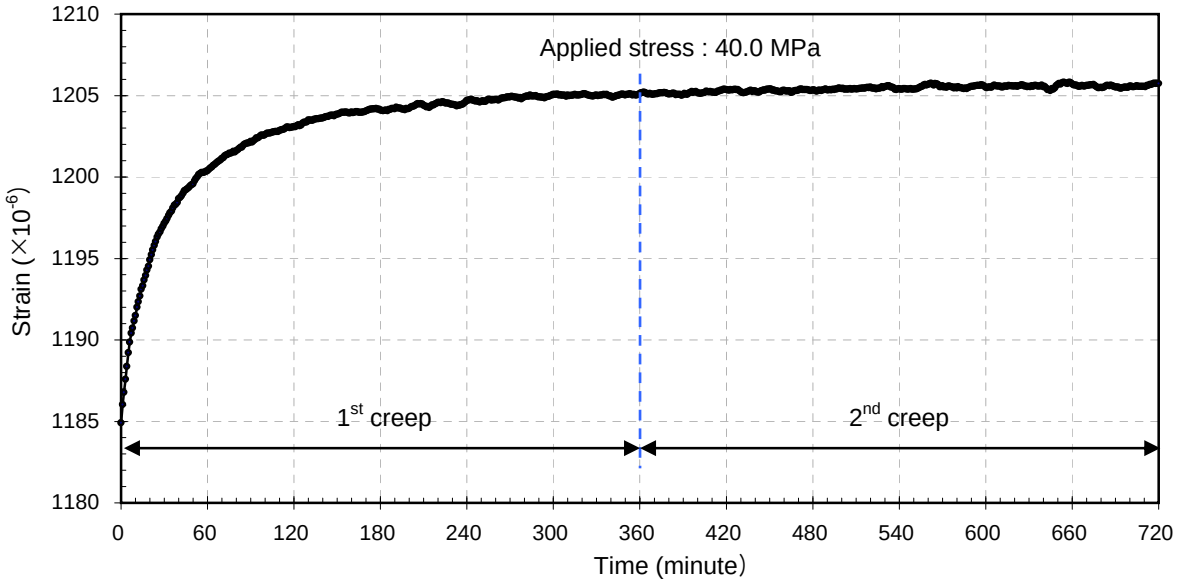
Burgers body
(Maxwall body + Kelvin-Voight body)



$$\varepsilon(t)=\frac{\sigma_0}{1000}\left[\frac{1}{E_m}+\frac{t}{\eta_m}+\frac{1}{E_k}\left\{1-\exp\left(-\frac{E_k}{\eta_k}t\right)\right\}\right]$$

σ_0 : Applied stress (MPa) : creep time (minute)
E_m : Elasitic modulus of Maxwell body (GPa)
η_m : Viscosity of Maxwell body (GPa·min)
E_k : Elasitic modulus of Kelvin-Voight body (GPa)
η_k : Viscosity of Kelvin-Voight body (GPa·min)

시간-변형률 곡선 (Time-Strain Curve)



확 인	실무자 풍 보 현 서명	기술책임자 장 현 식 서명

시 험 분 석
(크립시험)

성적서번호 : **2013-029-CR**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

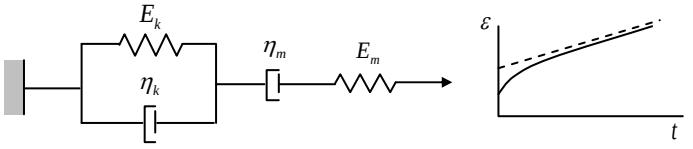
시추공명	NNTB-6	시추심도	54.1-54.3 m
암 종		시료상태	Normal
시험일자	2013-04-04		

측정 및 분석결과

시료크기	직경 2.49 cm	비고	
	길이 5.63 cm		

강도 U.C.S. MPa	적용응력 Applied Stress (stress ratio) (MPa)	크립율 ($\times 10^{-6}$/hr) 1차 크립	2차 크립	Maxwell Unit E_m GPa	η_m GPa·min	Kelvin-Voight Unit E_k GPa	η_k GPa·min
89.0	53.4 (60%)	9.418	0.085	**49.0**	**3.78E+07**	**0 814**	**6.44E+04**

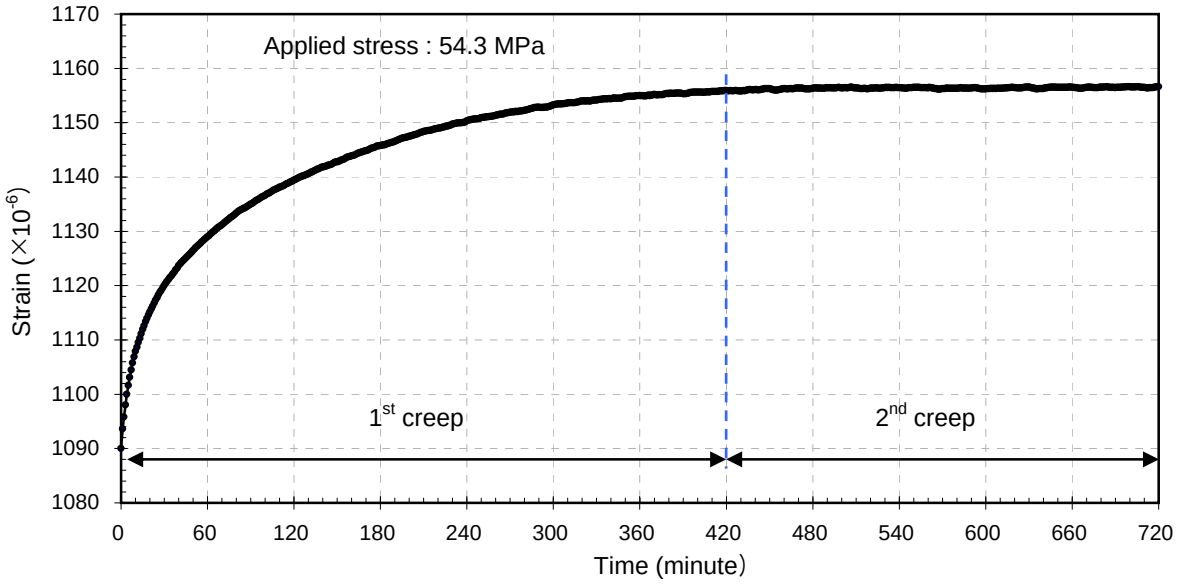
Burgers body
(Maxwall body + Kelvin-Voight body)



$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{1000}\left[\frac{1}{E_m} + \frac{t}{\eta_m} + \frac{1}{E_k}\left\{1 - \exp\left(-\frac{E_k}{\eta_k}t\right)\right\}\right]$$

σ_0 : Applied stress (MPa) : creep time (minute)
E_m : Elasitic modulus of Maxwell body (GPa)
η_m : Viscosity of Maxwell body (GPa·min)
E_k : Elasitic modulus of Kelvin-Voight body (GPa)
η_k : Viscosity of Kelvin-Voight body (GPa·min)

시간-변형률 곡선 (Time-Strain Curve)



확 인	실무자 **풍 보 현** 서명	기술책임자 **장 현 식** 서명

7.2.10 암석공진주시험

1. 시험결과

각 시편 압축파 및 전단파 유발시 측정된 주파수반응곡선은 부록에 정리하였다. 각 시편의 최대 Young계수, 최대전단탄성계수, 감쇠비는 표 1에 정리하였다.

Table 1 암석 공진주 시료 물성

Boring	Depth (m)	직경 (cm)	길이 (cm)	질량(g)	단위중량 (kN/㎥)
NTB-13	60.1~60.4	5.01	10.88	586.5	26.8
NTB-24	36.4~36.7	5.02	10.6	567.08	26.49

Table 2 암석 공진주 시험 결과

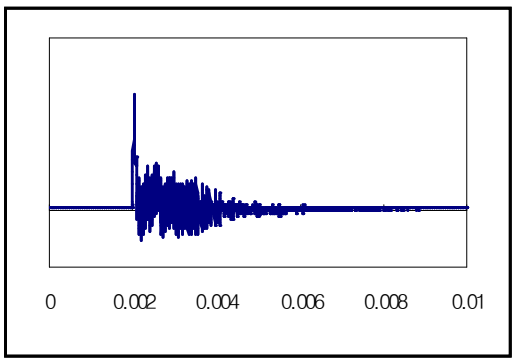
Sample		NO.	Compression Wave			
Boring	Depth (m)		f_r (Hz)	V_c (m/sec)	E (GPa)	D (%)
NTB-13	60.1~60.4	1	22,071.84	4,802.83	63.08	0.63
		2	22,064.21	4,801.17	63.03	0.64
		3	22,079.47	4,804.49	63.12	0.62
		평균	22,071.84	4,802.83	63.08	0.63
NTB-24	36.4~36.7	1	21,034.24	4,459.26	53.75	0.69
		2	21,072.39	4,467.35	53.94	0.71
		3	21,049.50	4,462.49	53.83	0.69
		평균	21,052.04	4,463.03	53.84	0.70

Sample		NO.	Shear Wave			
Boring	Depth (m)		f_r (Hz)	V_s (m/sec)	G (GPa)	D (%)
NTB-13	60.1~60.4	1	12,748.72	2,774.12	21.04	0.52
		2	12,763.98	2,777.44	21.09	0.51
		3	12,741.09	2,772.46	21.02	0.53
		평균	12,751.26	2,774.67	21.05	0.52
NTB-24	36.4~36.7	1	12,771.61	2,707.58	19.82	0.38
		2	12,779.24	2,709.20	19.84	0.38
		3	12,763.98	2,705.96	19.79	0.37
		평균	12,771.61	2,707.58	19.82	0.38

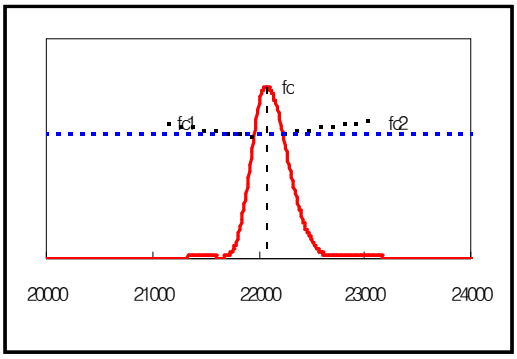
표 1, 2 에 나타낸 시험결과는 채취된 암시편 요소(element)에 대한 것으로, 실제 암반의 물성치를 적용시에는 RQD, 균열 등을 고려하여 대표적인 값을 결정하는 것이 효과적일 것으로 생각된다.

2. Compression Wave

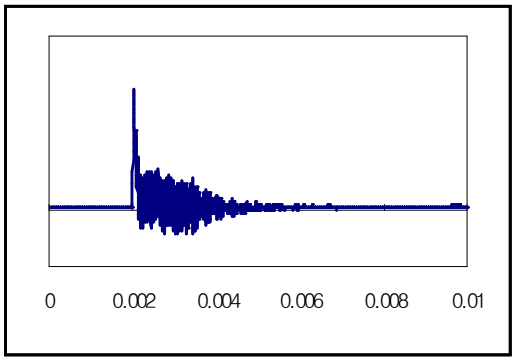
(NTB-13, 60.1~60.4m)



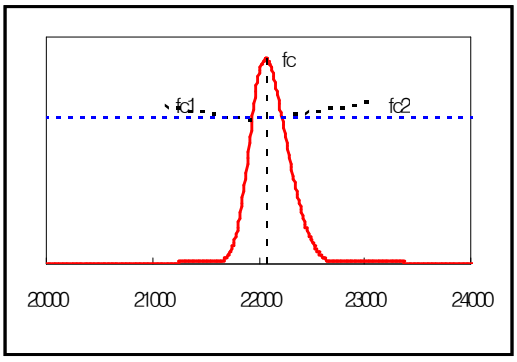
Time Domain(1)



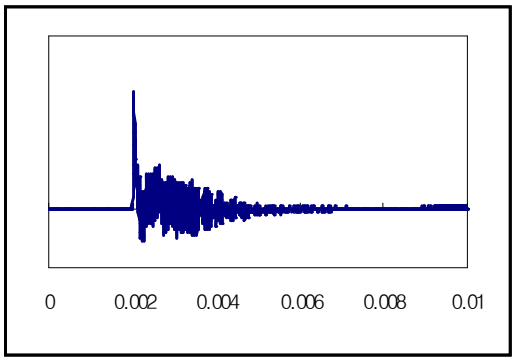
Freguency domain(1)



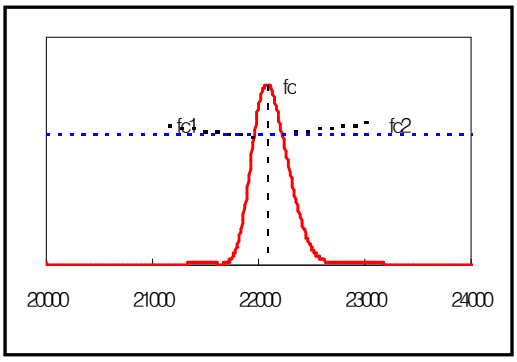
Time Domain(2)



Freguency domain(2)

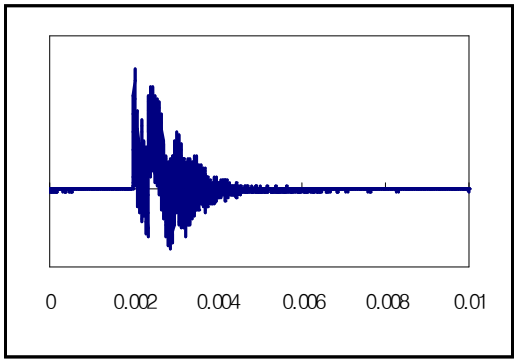


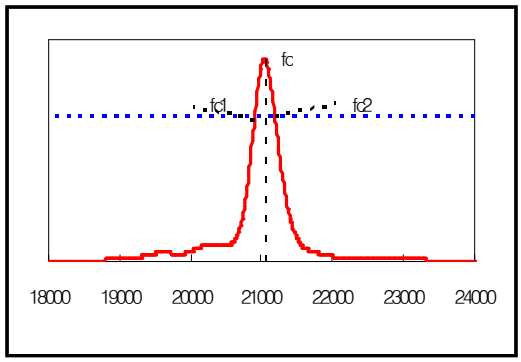
Time Domain(3)



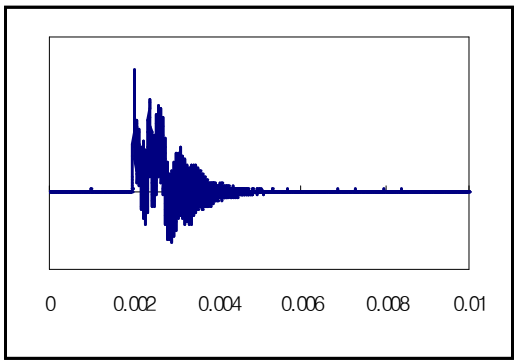
Freguency domain(3)

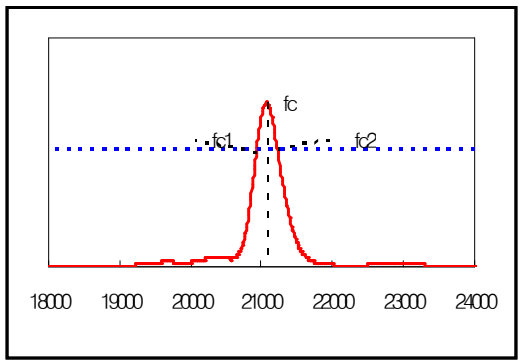
(NTB-24, 36.4~36.7m)



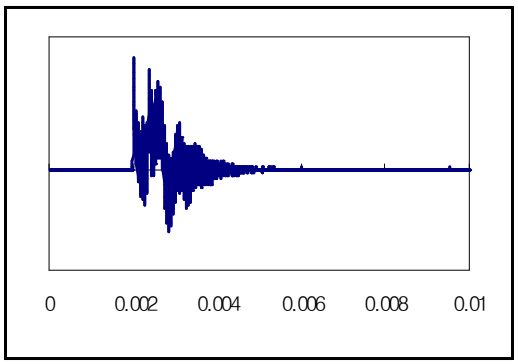


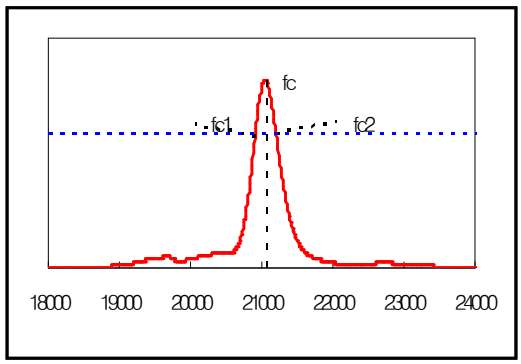
Time Domain(1) | Freguency domain(1)





Time Domain(2) | Freguency domain(2)

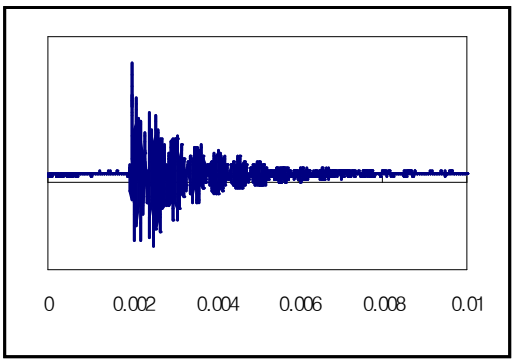




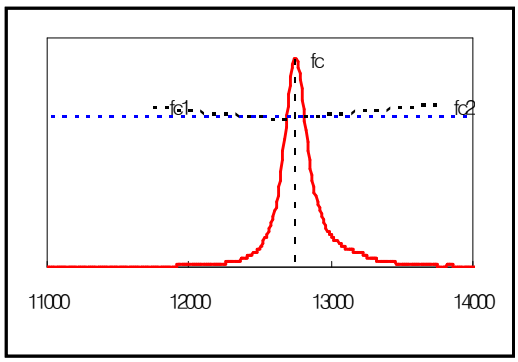
Time Domain(3) | Freguency domain(3)

3. Shear Wave

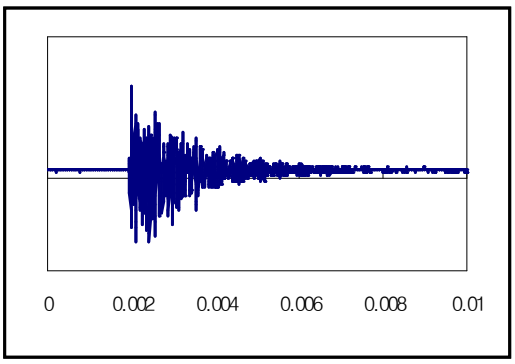
(NTB-13, 60.1~60.4m)



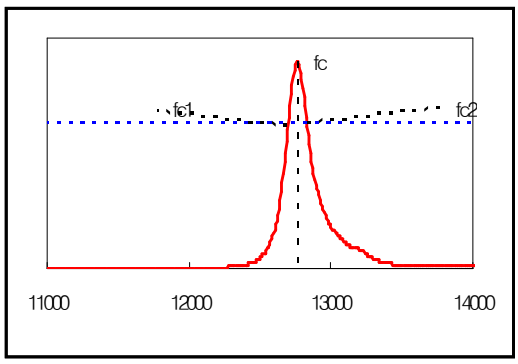
Time Domain(1)



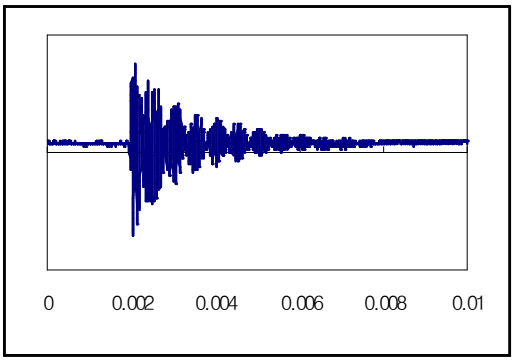
Freguency domain(1)



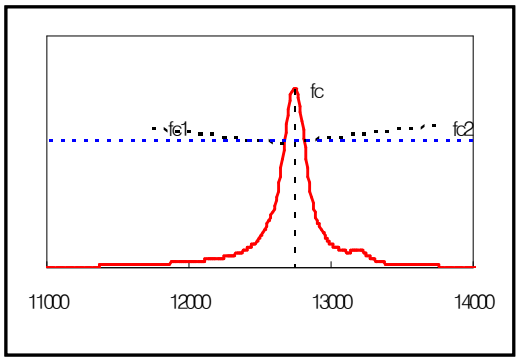
Time Domain(2)



Freguency domain(2)

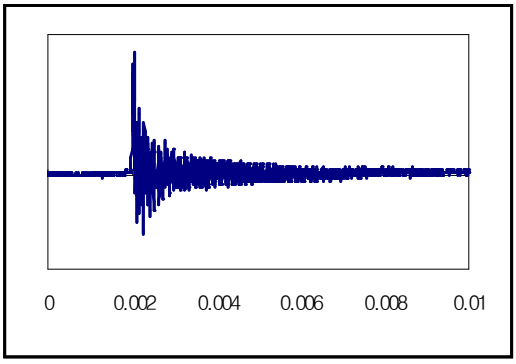


Time Domain(3)

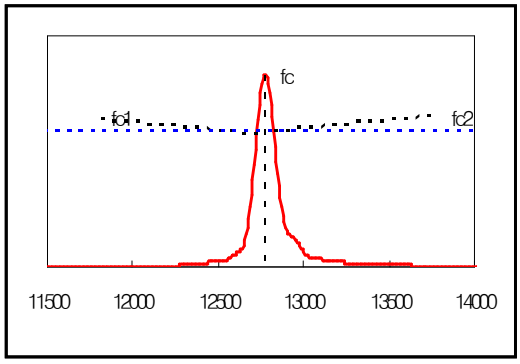


Freguency domain(3)

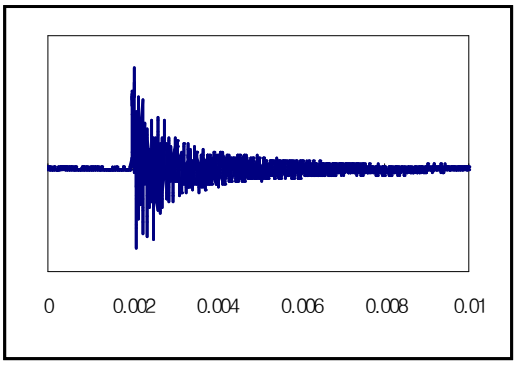
(NTB-24, 36.4~36.7m)



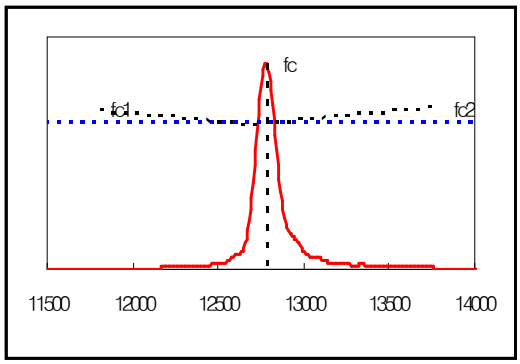
Time Domain(1)



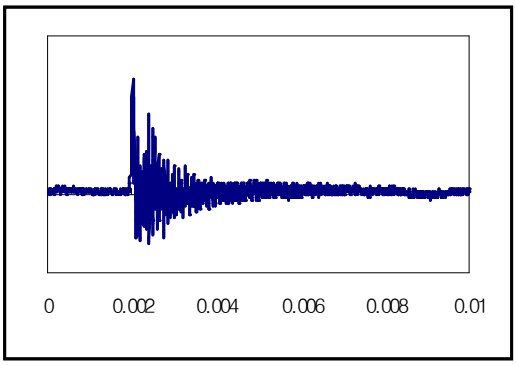
Freguency domain(1)



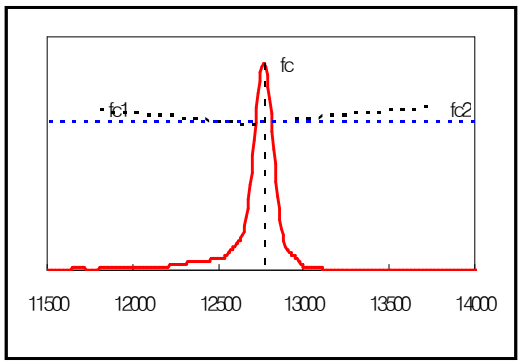
Time Domain(2)



Freguency domain(2)



Time Domain(3)



Freguency domain(3)

1. 시험장치 및 시험절차

자유단공진주시험(Free-Free Resonant Column : FF-RC)은 탄성파전달이론에 근거하여 미소변형율영역(탄성영역)에서의 Young 계수, 전단탄성계수, 감쇠비를 결정하는데 사용된다(Vaghela et al., 1995). 시편은 그림 1과 같이 두 개의 끈으로 공기 중에 매달아 양단자유 경계조건을 형성한다.

자유단공진주시험 장치는 가진장치, 가속도계(accelerometer) 및 동적신호측정기로 구성된다. 시편의 한쪽을 가진하면 이때의 반응을 다른 편에 설치된 가속도계를 사용하여 측정한다. 압축파는 입력파의 특성이 안정적인 쇠구슬을 사용하였고, 가속계는 시험이 수행되는 하중주파수 영역에 합당한 PCB Model 353B15를 사용하였다.

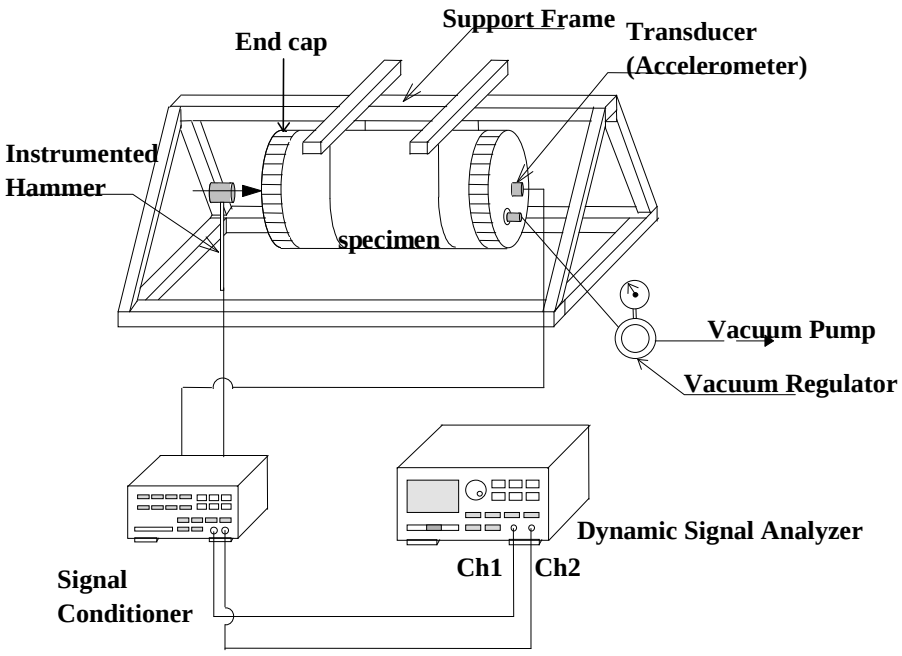


그림 1 자유단공진주시험 장치 개요도

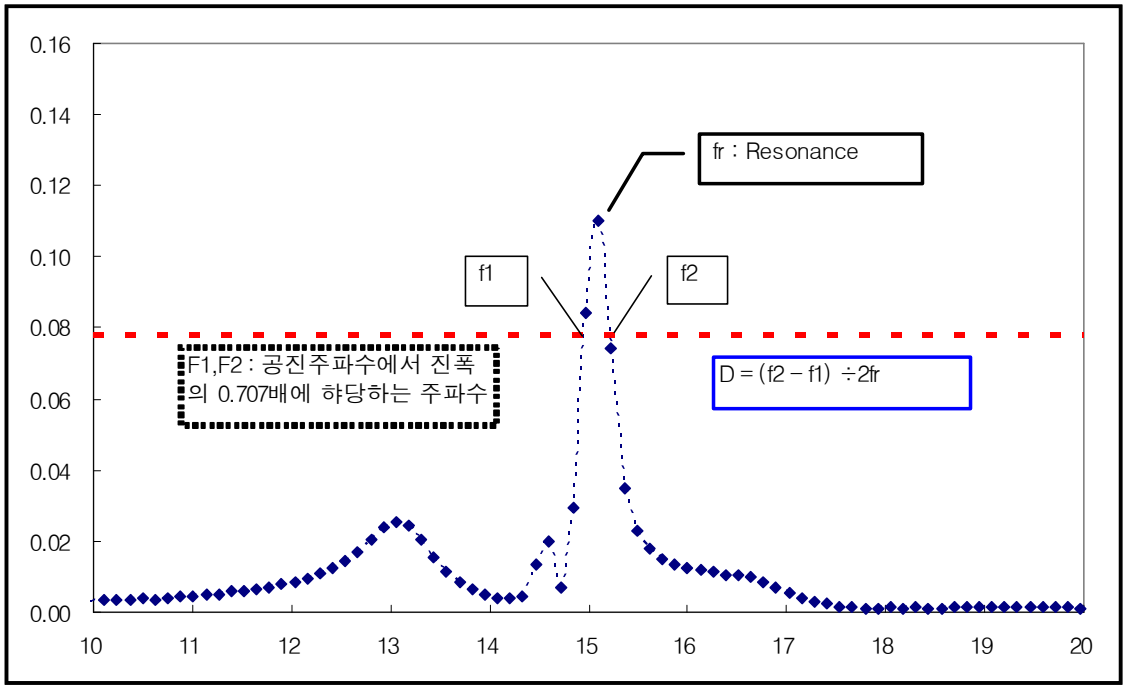


그림 2.주파수영역에서의 신호

그림 2에 나타낸 주파수영역에서의 신호기록 일례와 같이 공진주파수를 측정하여 탄성계수를 계산한다. 공진주파수로부터 시편의 압축파속도는 다음과 같이 계산된다.

$$V_c = f_1 \cdot \lambda \tag{1}$$

여기서 f_1 은 1차모드 공진주파수이고, λ (2 x 시편길이)는 1차모드 파장길이 이다.

압축파속도가 결정되면 Young계수는 다음과 같이 계산한다.

$$E = \rho \cdot V_c^{\,2} \tag{2}$$

여기서 ρ 는 시편의 단위중량이다.

전단탄성계수(G)는 Young 계수 결정 절차와 유사하며 전단파속도를 결정하고, 결정된 전단파속도와 시편의 단위중량으로부터 아래와 같이 계산한다.

$$V_s = f_1 \cdot \lambda \tag{3}$$

$$G = \rho \cdot V_s^{\,2} \tag{4}$$

시편의 재료적 감쇠비는 주파수반응곡선에서 half-power bandwidth method를 이용하여 결정한다. 감쇠비를 결정하는 수식은 다음과 같다.

$$D = \frac{1}{2}\,\frac{f_2 - f_1}{f_m} \tag{5}$$

여기서, D = 감쇠비

f_m = 1차모드 공진주파수

f_1, f_2 = 공진주파수에서 진폭의 0.707배에 해당하는 주파수

모든 암석시편은 구속압을 재하하지 않은 상태에서 시험을 수행하였다. 시편을 공기중에 양단자유조건이 되도록 끈으로 매달아놓고, 압축파 및 전단파 유발시의 주파수반응곡선을 획득하여 공진주파수를 측정하였다.

2. 시험결과

각 시편 압축파 및 전단파 유발시 측정된 주파수반응곡선은 부록에 정리하였다. 각 시편의 최대 Young계수, 최대전단탄성계수, 감쇠비는 표 1에 정리하였다.

Table 1 암석 공진주 시료 물성

Boring	Depth (m)	직경 (cm)	길이 (cm)	질량(g)	단위중량 (kN/㎥)
ATB-4	48.4~48.6	5.03	10.59	567.8	26.44
NNTB-6	50.3~50.5	5.07	10.54	580.9	26.75

Table 2 암석 공진주 시험 결과

Sample		NO.	Compression Wave			
Boring	Depth (m)		f_r (Hz)	V_c (m/sec)	E (GPa)	D (%)
ATB-4	48.4~48.6	1	21,812.44	4,619.87	57.59	0.51
		2	21,667.48	4,589.17	56.83	0.49
		3	21,652.22	4,585.94	56.75	0.55
		평균	21,710.71	4,598.33	57.05	0.52

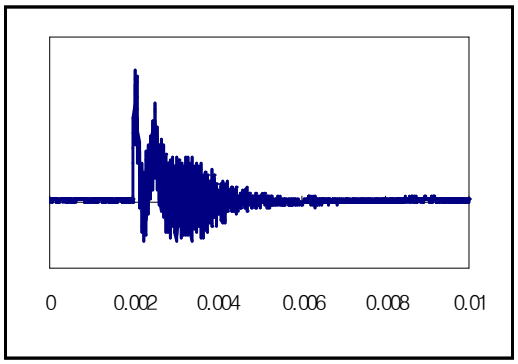
Sample		NO.	Compression Wave			
Boring	Depth (m)		f_r (Hz)	V_c (m/sec)	E (GPa)	D (%)
NNTB-6	50.3~50.5	1	23,536.68	4,961.53	67.20	0.39
		2	23,544.31	4,963.14	67.25	0.37
		3	23,521.42	4,958.32	67.12	0.39
		평균	23,534.14	4,961.00	67.19	0.38

Sample		NO.	Shear Wave			
Boring	Depth (m)		f_r (Hz)	V_s (m/sec)	G (GPa)	D (%)
ATB-4	48.4~48.6	1	13,320.92	2,821.37	21.48	0.34
		2	13,328.55	2,822.99	21.50	0.34
		3	13,336.18	2,824.60	21.53	0.35
		평균	13,328.55	2,822.99	21.50	0.34

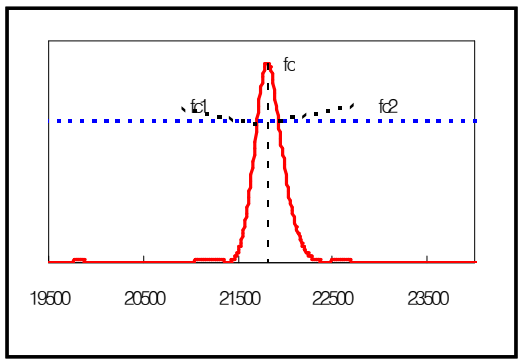
Sample		NO.	Shear Wave			
Boring	Depth (m)		f_r (Hz)	V_s (m/sec)	G (GPa)	D (%)
NNTB-6	50.3~50.5	1	14,450.07	3,046.08	25.33	0.32
		2	14,434.81	3,042.86	25.28	0.32
		3	14,427.19	3,041.25	25.25	0.31
		평균	14,437.36	3,043.39	25.29	0.31

표 1, 2 에 나타낸 시험결과는 채취된 암시편 요소(element)에 대한 것으로, 실제 암반의 물성치를 적용시에는 RQD, 균열 등을 고려하여 대표적인 값을 결정하는 것이 효과적일 것으로 생각된다.

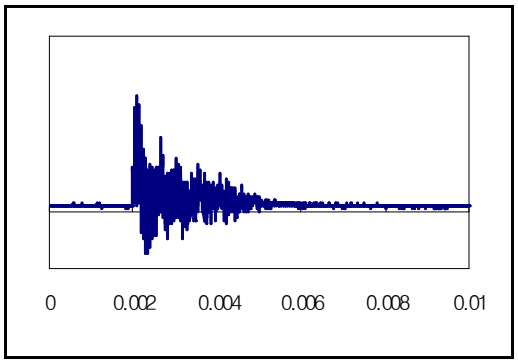
3. Compression Wave(ATB-4, 48.4~48.6m)



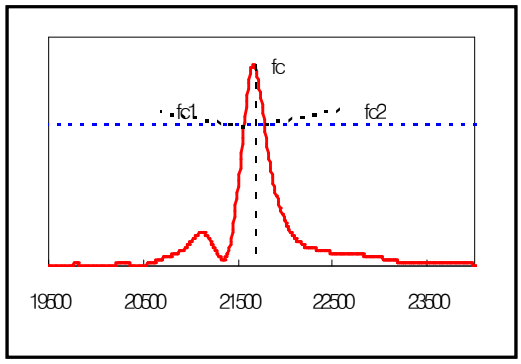
Time Domain(1)



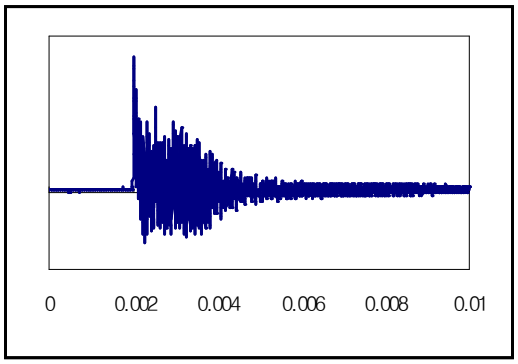
Freguency domain(1)



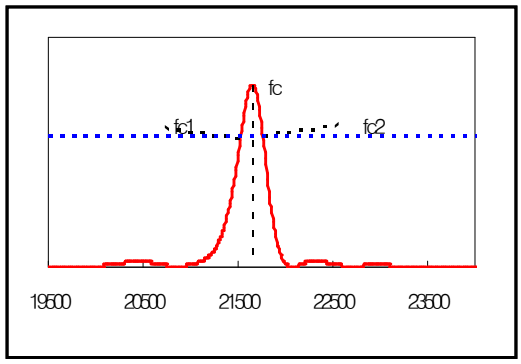
Time Domain(2)



Freguency domain(2)

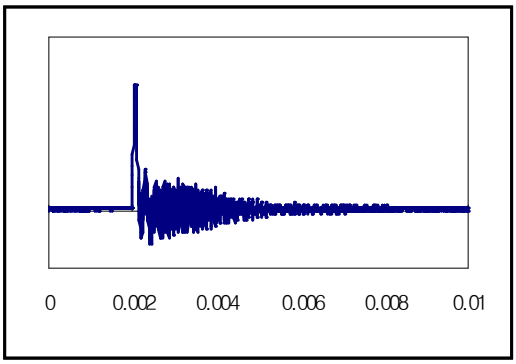


Time Domain(3)

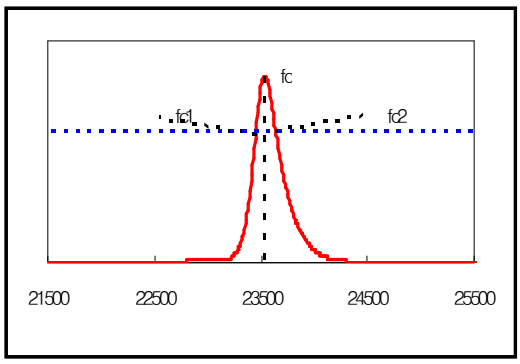


Freguency domain(3)

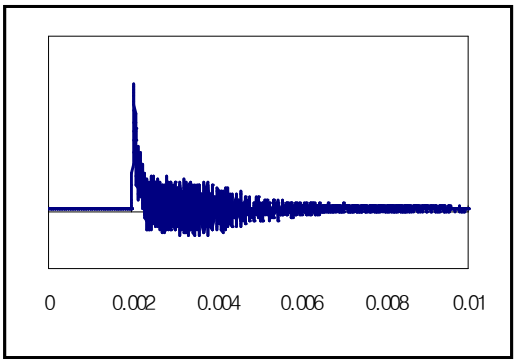
4. Compression Wave(NNTB-6, 50.3~50.5m)



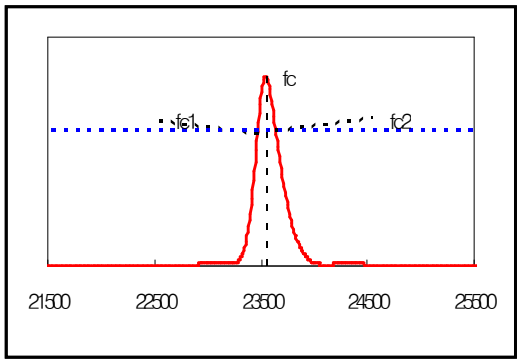
Time Domain(1)



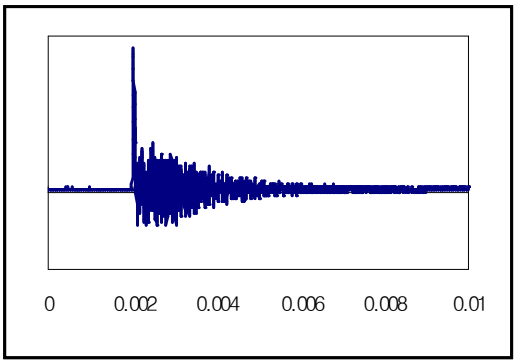
Freguency domain(1)



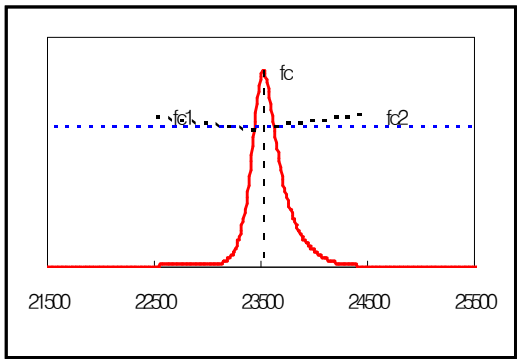
Time Domain(2)



Freguency domain(2)

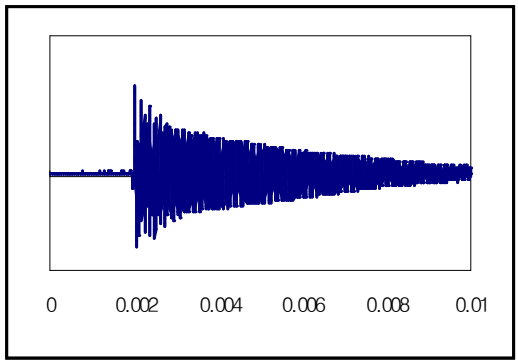


Time Domain(3)

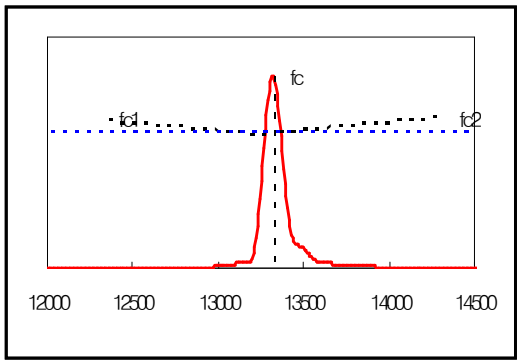


Freguency domain(3)

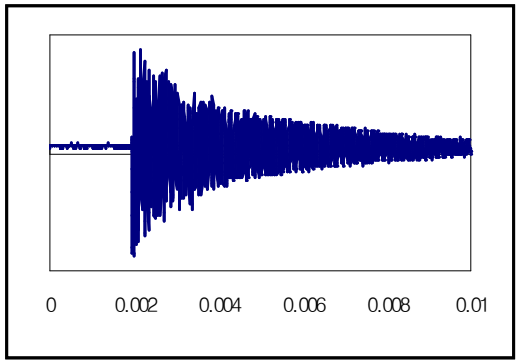
5. Shear Wave(ATB-4, 48.4~48.6m)



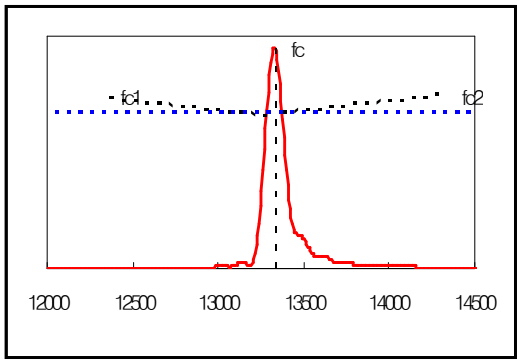
Time Domain(1)



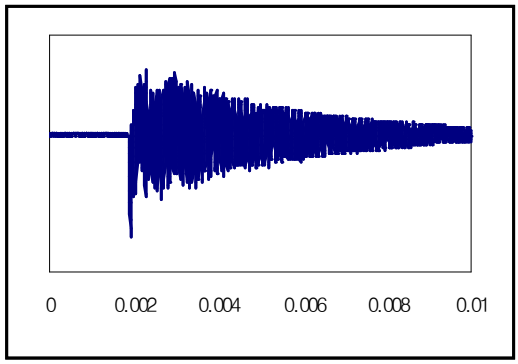
Freguency domain(1)



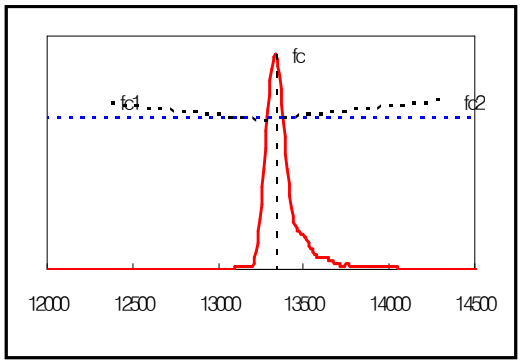
Time Domain(2)



Freguency domain(2)

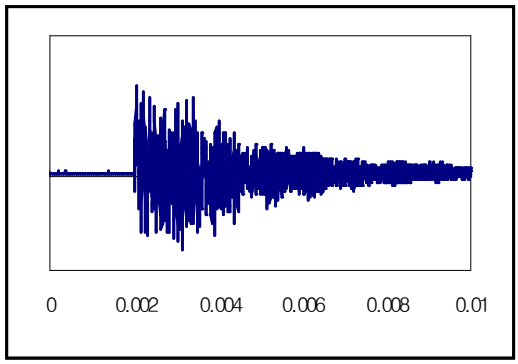


Time Domain(3)

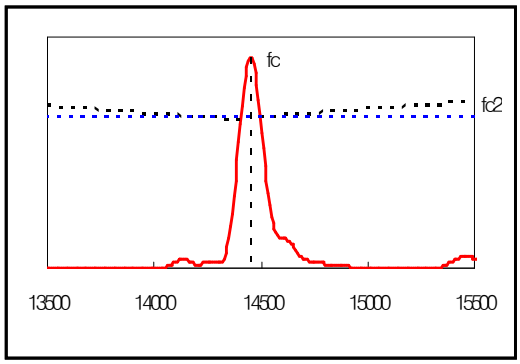


Freguency domain(3)

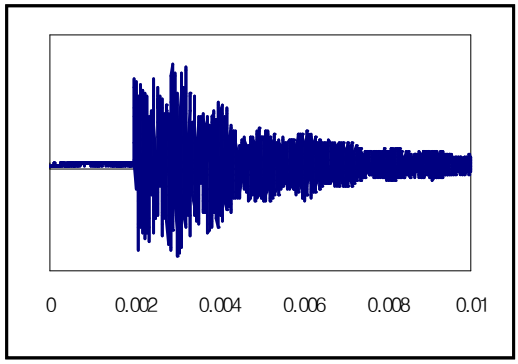
6. Shear Wave(NNTB-6, 50.3~50.5m)



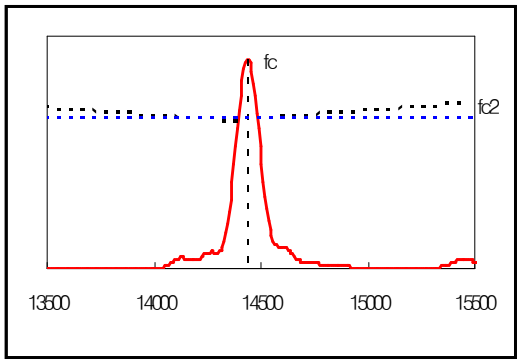
Time Domain(1)



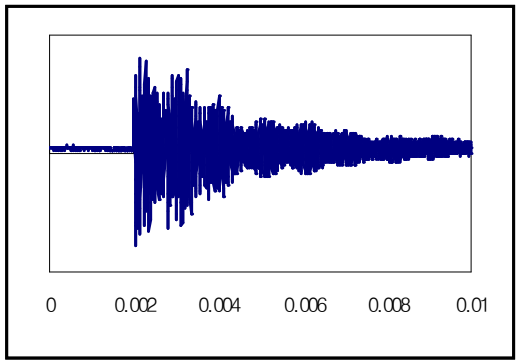
Freguency domain(1)



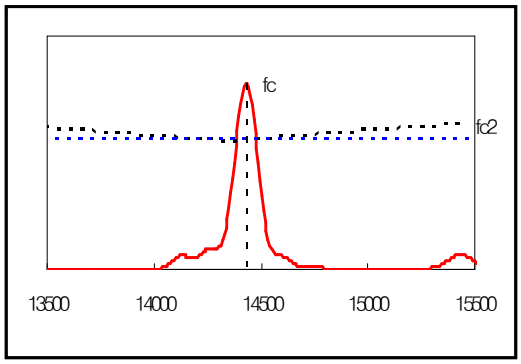
Time Domain(2)



Freguency domain(2)



Time Domain(3)



Freguency domain(3)

7.2.11 AE/DRA시험

시 험 성 적 서

지오메카닉스 GEO MECHANICS
KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

성적서 번호 : 2011-051

1. 의 뢰 자

- 기 관 명 : 지케이엔지니어링㈜
- 주 소 : 경기도 안양시 동안구 호계1동 1027 안양IT밸리 605호
- 의뢰 일자 : 2011년 04월 21일

2. 시험성적서의 용도

서울 제물포터널 민간투자사업

3. 시험대상품목/물질/시료명

시추코어 암석

4. 시험기간

2011년 4월 21일 ~ 2011년 4월 28일

5. 시험항목 및 방법

AE : Villaescusa, E., Seto, M., Baird, G., 2002, Stress measurements from oriented core. International Journal of Rock Mechanics, Mining Science and Geo. Abst., V39, pp.603-615.
DRA : Seto, M., Nag, D. K. and Vutukuri, V. S., 1999, In situ rock stress mearsurement from rock cores using the acoustic emission method and deformation rate analysis, Geothechnical and geological Engineering, pp.1-26.

6. 시험환경

온도 : (21 ± 2) ℃ , 상대습도 : (50 ± 5) % R.H.

7. 시험결과

시험 결과표 참조

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	시험원	기술책임자
	성명 : 성 숙 경 (서명)	성명 : 장 현 식 (서명)

2011년 04월 28일

㈜ 지오메카닉스 대표이사 (인)

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교 자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

AE/DRA 시험결과 요약표 (SUMMARY TABLE) 2011-051

시료 (Specimen)				시험결과 (Test Result)				
시추공번 Borehole I.D.	심도 Depth (m)	방향 Direction	상태 Condition	현장 응력 추정값 in-situ stress level (MPa)		측압계수(K) $K = (\sigma_{h1}+\sigma_{h2})/2\sigma_v$ (MPa)		신뢰도 Reliability
				AE	DRA	AE	DRA	
NTB-10	67.6-67.8	Vertical	Good	1.75	1.76	1.89	1.86	Medium
		Horizontal-1	Good	3.61	3.56			
		Horizontal-2	Good	3.02	2.97			
	제출 시료에 한함			이 하 여 백				

Client	지케이엔지니어링㈜	Affirmation			
Test Date	2011년 4월 21일 ~ 2011년 4월 28일	Tested by	성 숙 경	Technical Manager	장 현 식

지오메카닉스 GEO MECHANICS
KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

AE

시험결과 (Test Result)

2011-051

Specimen				Test Condition	
Borehole ID	NTB-10			Test Date	2011. 4. 27.
Depth	67.6-67.8 m			Testing Machine	3 ton Loading machine
Lithology					μDisp system (PAC)
Size (㎝)	Direction	Diameter/Length	Condition		2 miniature AE sensor
	vertical	2.49 / 4.75	Good	Frequency Range	125~750 kHz
	Horizontal(h1)	2.49 / 4.27	Good	Threshold	45 dB
	Horizontal(h2)	2.49 / 4.32	Good	Stress Rate	10 MPa/min

Test Method

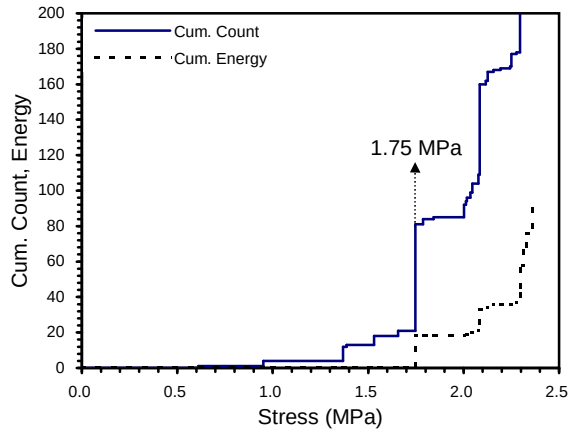
Seto, M., Nag, D. K. and Vutukuri, V. S., **1999**, In situ rock stress mearsurement from rock cores using the acoustic emission method and deformation rate analysis, Geothechnical and geological Engineering, pp.1-26.

Villaescusa, E., Seto, M., Baird, G., **2002**, Stress measurements from oriented core. International Journal of Rock Mechanics, Mining Science and Geo. Abst., V39, pp.603-615.

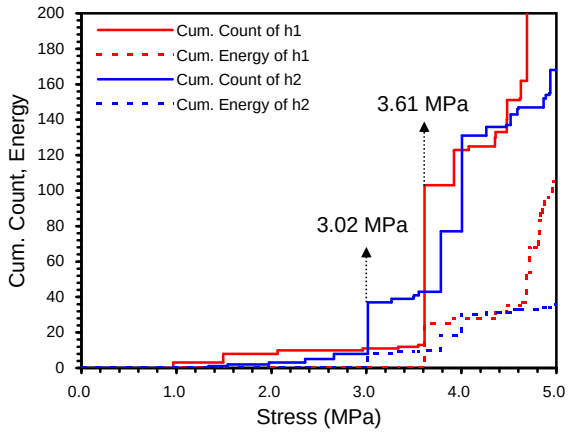
Test Result

Direction	In-situ stress level	K ($(\sigma_{h1}+\sigma_{h2})/2\sigma_v$)	Reliability
vertical	1.75 MPa	**1.89**	Medium
Horizontal (h1)	3.61 MPa		
Horizontal (h2)	3.02 MPa		

Cumulative AE Count & Energy vs. Stress Curve



Vertical direction



Horizontal direction

Remark	Affirmation	
	Tested by	성 숙 경
	Technical Manager	장 현 식

지오메카닉스 GEO MECHANICS
KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

DRA

시험결과 (Test Result)

2011-051

Specimen				Test Condition	
Borehole ID	NTB-10			Test Date	2011. 4. 27.
Depth	67.6-67.8 m			Testing Machine	3 ton Loading machine
Lithology					Uniaxial strain gage (5mm)
Size (㎝)	Direction	Diameter/Length	Condition		2300 Amplifier system
	vertical	2.49 / 4.75	Good	Sample rate	300 Hz
	Horizontal(h1)	2.49 / 4.27	Good	Resolution	0.1 με
	Horizontal(h2)	2.49 / 4.32	Good	Stress Rate	10 MPa/min

Test Method

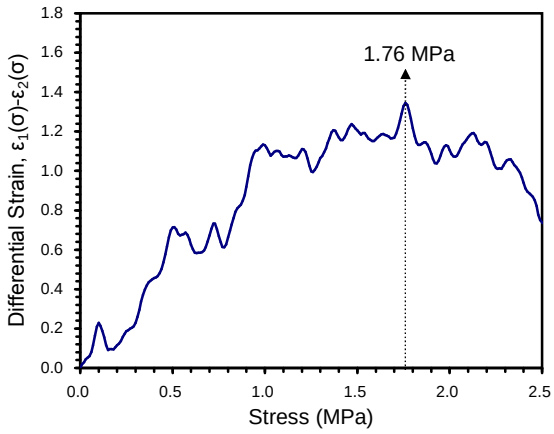
Seto, M., Nag, D. K. and Vutukuri, V. S., **1999**, In situ rock stress mearsurement from rock cores using the acoustic emission method and deformation rate analysis, Geothechnical and geological Engineering, pp.1-26.

Villaescusa, E., Seto, M., Baird, G., **2002**, Stress measurements from oriented core. International Journal of Rock Mechanics, Mining Science and Geo. Abst., V39, pp.603-615.

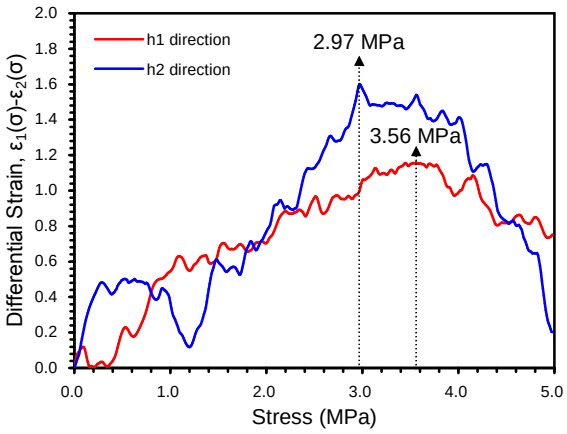
Test Result

Direction	In-situ stress level	K ($(\sigma_{h1}+\sigma_{h2})/2\sigma_v$)	Reliability
vertical	1.76 MPa	**1.86**	Medium
Horizontal (h1)	3.56 MPa		
Horizontal (h2)	2.97 MPa		

Differential Strain vs. Stress Curve



Vertical direction



Horizontal direction

Remark

Affirmation

Tested by	성 숙 경
Technical Manager	장 현 식

시 험 성 적 서

지오메카닉스 GEO MECHANICS
KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

성적서 번호 : 2011-029

1. 의 뢰 자

- 기 관 명 : ㈜ 쓰리텍
- 주 소 : 경기도 성남시 분당구 정자동 159-1번지 백궁프라자1-501호
- 의뢰 일자 : 2011년 02월 28일

2. 시험성적서의 용도

서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업

3. 시험대상품목/물질/시료명

시추코어 암석

4. 시험기간

2011년 2월 28일 ~ 2011년 3월 7일

5. 시험항목 및 방법

AE : Villaescusa, E., Seto, M., Baird, G., 2002, Stress measurements from oriented core. International Journal of Rock Mechanics, Mining Science and Geo. Abst., V39, pp.603-615.
DRA : Seto, M., Nag, D. K. and Vutukuri, V. S., 1999, In situ rock stress mearsurement from rock cores using the acoustic emission method and deformation rate analysis, Geothechnical and geological Engineering, pp.1-26.

6. 시험환경

온도 : (21 ± 2) ℃ , 상대습도 : (50 ± 5) % R.H.

7. 시험결과

시험 결과표 참조

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	시험원	기술책임자
	성명 : 성 숙 경 (서명)	성명 : 장 현 식 (서명)

2011년 03월 08일

㈜ 지오메카닉스 대표이사 (인)

지오메카닉스 GEO MECHANICS
KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교 자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

AE/DRA 시험결과 요약표 (SUMMARY TABLE) 2011-029

시료 (Specimen)				시험결과 (Test Result)				
시추공번 Borehole I.D.	심도 Depth (m)	방향 Direction	상태 Condition	현장 응력 추정값 in-situ stress level (MPa)		측압계수(K) $K = (\sigma_{h1}+\sigma_{h2})/2\sigma_v$ (MPa)		신뢰도 Reliability
				AE	DRA	AE	DRA	
NTB-24	30.0-31.1	Vertical	Good	0.70	0.67	2.23	2.36	Medium
		Horizontal-1	Good	1.41	1.42			
		Horizontal-2	Good	1.71	1.74			
	제출 시료에 한함					이 하 여 백		

Client	㈜ 쓰리텍	Affirmation			
Test Date	2011년 2월 28일 ~ 2011년 3월 7일	Tested by	성 숙 경	Technical Manager	장 현 식

지오메카닉스 GEO MECHANICS
KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

AE

시험결과 (Test Result)

2011-029

Specimen				Test Condition	
Borehole ID	NTB-24			Test Date	2011. 3. 4.
Depth	30.0-31.1 m			Testing Machine	3 ton Loading machine
Lithology					μDisp system (PAC)
Size (㎝)	Direction	Diameter/Length	Condition		2 miniature AE sensor
	vertical	2.49 / 5.33	Good	Frequency Range	125~750 kHz
	Horizontal(h1)	2.49 / 4.38	Good	Threshold	45 dB
	Horizontal(h2)	2.49 / 3.85	Good	Stress Rate	10 MPa/min

Test Method

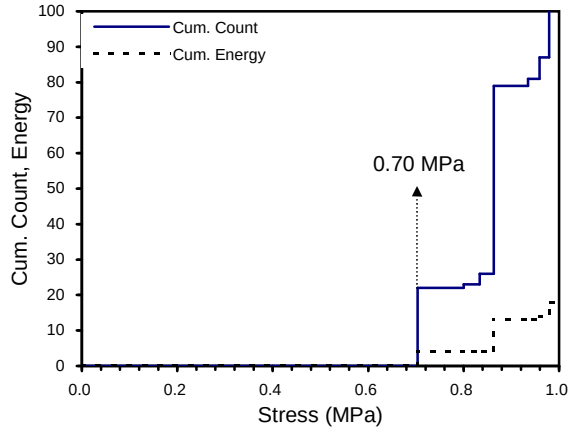
Seto, M., Nag, D. K. and Vutukuri, V. S., **1999**, In situ rock stress mearsurement from rock cores using the acoustic emission method and deformation rate analysis, Geothechnical and geological Engineering, pp.1-26.

Villaescusa, E., Seto, M., Baird, G., **2002**, Stress measurements from oriented core. International Journal of Rock Mechanics, Mining Science and Geo. Abst., V39, pp.603-615.

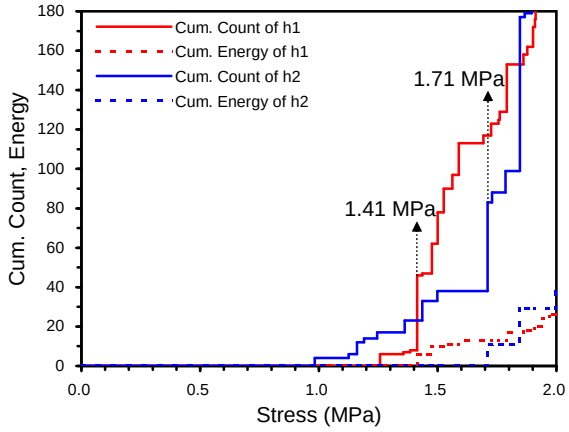
Test Result

Direction	In-situ stress level	K ($(\sigma_{h1}+\sigma_{h2})/2\sigma_v$)	Reliability
vertical	0.70 MPa	**2.23**	Medium
Horizontal (h1)	1.41 MPa		
Horizontal (h2)	1.71 MPa		

Cumulative AE Count & Energy vs. Stress Curve



Vertical direction



Horizontal direction

Remark	Affirmation	
	Tested by	성 숙 경
	Technical Manager	장 현 식

지오메카닉스 GEO MECHANICS
KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

DRA

시험결과 (Test Result)

2011-029

Specimen				Test Condition	
Borehole ID	NTB-24			Test Date	2011. 3. 4.
Depth	30.0-31.1 m			Testing Machine	3 ton Loading machine
Lithology					Uniaxial strain gage (5mm)
Size (㎝)	Direction	Diameter/Length	Condition		2300 Amplifier system
	vertical	2.49 / 5.33	Good	Sample rate	300 Hz
	Horizontal(h1)	2.49 / 4.38	Good	Resolution	0.1 με
	Horizontal(h2)	2.49 / 3.85	Good	Stress Rate	10 MPa/min

Test Method

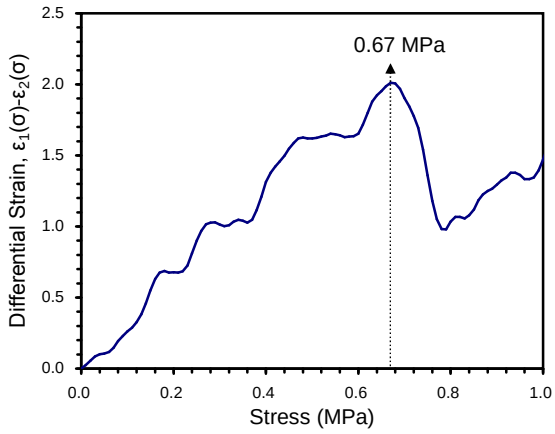
Seto, M., Nag, D. K. and Vutukuri, V. S., **1999**, In situ rock stress mearsurement from rock cores using the acoustic emission method and deformation rate analysis, Geothechnical and geological Engineering, pp.1-26.

Villaescusa, E., Seto, M., Baird, G., **2002**, Stress measurements from oriented core. International Journal of Rock Mechanics, Mining Science and Geo. Abst., V39, pp.603-615.

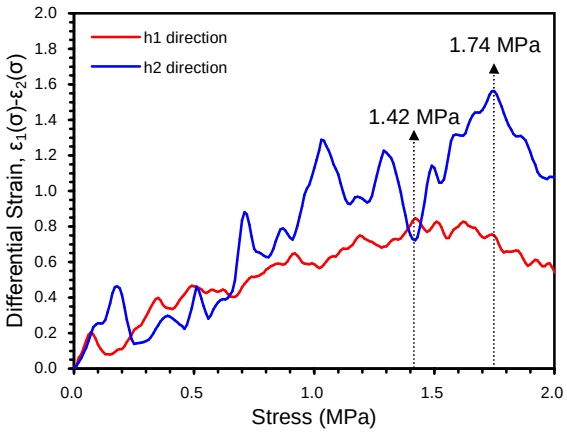
Test Result

Direction	In-situ stress level	K ($(\sigma_{h1}+\sigma_{h2})/2\sigma_v$)	Reliability
vertical	0.67 MPa	**2.36**	Medium
Horizontal (h1)	1.42 MPa		
Horizontal (h2)	1.74 MPa		

Differential Strain vs. Stress Curve



Vertical direction



Horizontal direction

Remark

Affirmation

Tested by	성 숙 경
Technical Manager	장 현 식

시 험 성 적 서

지/오/메/카/닉/스
KOLAS II Rock Mechanics Laboratories
우200-701 강원도 춘천시 강원대학길1
305 (강원대학교 자연대학3호관)
(TEL: 033 244 9275, FAX: 033 244 9276)

성적서번호 : 2013-050-AD

KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

1. 의 뢰 자

- 기 관 명 : 대림산업
- 주 소 : -
- 의뢰 일자 : 2013년 04월 15일

2. 시험성적서의 용도

서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

3. 시험대상품목

시추코어 암석

4. 시험기간

2013년 4월 15일~2013년 4월 19일

5. 시험항목 및 방법

AE : Villaescusa, E., Seto, M., Baird, G., 2002 , Stress measurements from oriented core. International Journal of Rock Mechanics, Mining Science and Geo. Abst., 39, 603-615.
DRA : Seto, M., Nag, D. K. and Vutukuri, V. S., 1999 , In situ rock stress mearsurement from rock cores using the acoustic emission method and deformation rate analysis, Geothechnical and Geological Engineering, 17, 241-266.

6. 시험환경

온도 : (21 ± 2) ℃ , 상대습도 : (56 ± 5) % R.H.

7. 시험결과

참조1. 시험결과 (AE/DRA)
참조2. 시험분석 (AE/DRA)

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	실무자	기술책임자
	성명 : 지 훈 서명	성명 : 장 현 식 서명

2013년 12월 19일

강원대학교 실험실벤처기업 ㈜지오메카닉스 대표이사 (인)

시 험 결 과
(AE / DRA)

성적서번호 : **2013-050-AD**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

1. 시험조건 (Test Condition)

시험일자 (Test date) 2013년 4월 15일~2013년 4월 19일

시험기기 (Testing machine) 압축시험기 (CAS / 29.4 kN)
디지탈캘리퍼스 (Mitutoyo / 08274628)
AE-system AE 센서 (PAC / NANO 30)
AE 수집장치 (PAC / μDisp system)
DRA-system 변형율 게이지 (CAS / AP-11-S50N-120-EC)
자료수집장치 (2300 system, NI DAQ)

가압속도 (Stress rate)	0.1~0.2 MPa/s
AE 주파수 범위 (Operating freq. range)	125 ~750 kHz
AE 수집 문턱값 (Threshold)	45 dB
변형률 측정속도 (Sampling rate)	100 Hz
변형률 해상도 (Resolution)	0.1 με

2. 시험결과 (Test Result)

시추공명 Borehole I.D.	시추심도 Depth m	방 향 Direction	현장응력 추정 값 In-situ stress level MPa		평균 측압계수 (K) $K = (\sigma_{h1}+\sigma_{h2})/2\sigma_v$		비 고 Remark
			AE	DRA	AE	DRA	
ATB-10	60.7-60.9	수직 (σ_v)	1.59	1.59	2.83	2.81	
		수평1 (σ_{h1})	4.37	4.40			
		수평2 (σ_{h2})	4.63	4.52			
ATB-14	55.4-55.6	수직 (σ_v)	1.45	1.44	2.86	2.84	
		수평1 (σ_{h1})	3.97	3.77			
		수평2 (σ_{h2})	4.32	4.40			
ATB-17	46.1-46.3	수직 (σ_v)	1.20	1.23	2.89	2.85	
		수평1 (σ_{h1})	3.43	3.47			
		수평2 (σ_{h2})	3.51	3.55			
---------- 이하 여백 (End of Document) ----------							

확 인	실무자 **지 훈** 서명	기술책임자 **장 현 식** 서명

시 험 분 석
(AE / DRA)

성적서번호 : **2013-050-AD**

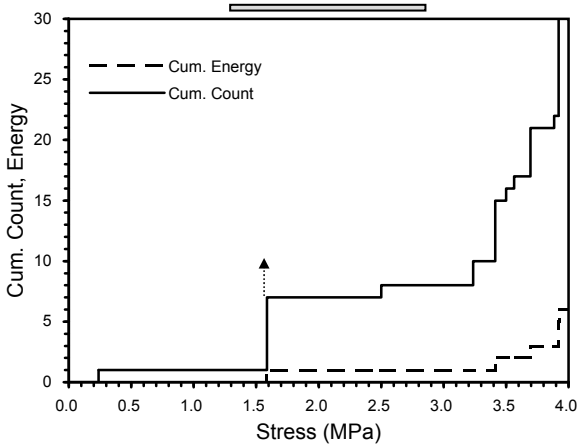
지오메카닉스 GEO MECHANICS

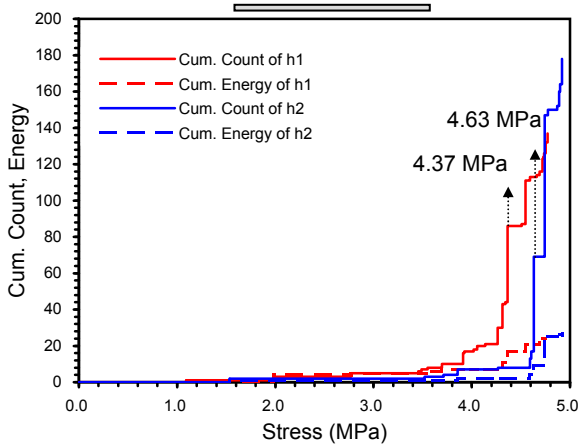
시추공명	ATB-10	시료 크기	방향	지름	높이	상태
시추심도	60.7-60.9 m		수직 (v)	2.48 cm	5.22 cm	Normal
암 종			수평 (h1)	2.48 cm	4.34 cm	Normal
시험일자	2013-04-18		수평 (h2)	2.48 cm	4.37 cm	Normal

측정 및 분석결과

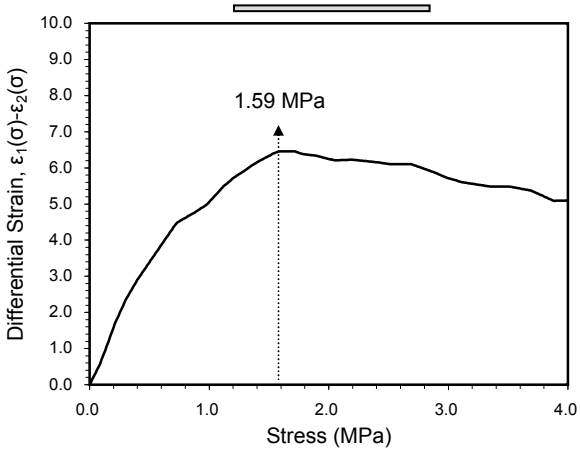
방 향	AE 파라미터 분석결과		DRA 분석결과		비고
	현장응력	측압계수(K)	현장응력	측압계수(K)	
수직(σ_v)	1.59 MPa		1.59 MPa		
수평1(σ_{h1})	4.37 MPa	**2.83**	4.40 MPa	**2.81**	
수평2(σ_{h2})	4.63 MPa		4.52 MPa		

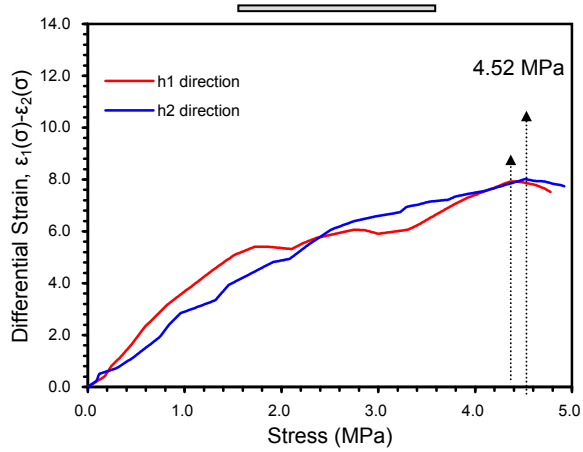
누적 AE 계수 및 에너지 – 응력 곡선 (Cumulative AE Count & Energy vs. Stress Curve)





변형률 차 함수 – 응력 곡선 (Differential Strain vs. Stress Curve)





확 인	실무자 지 훈 서명	기술책임자 장 현 식 서명

시 험 분 석
(AE / DRA)

성적서번호 : **2013-050-AD**

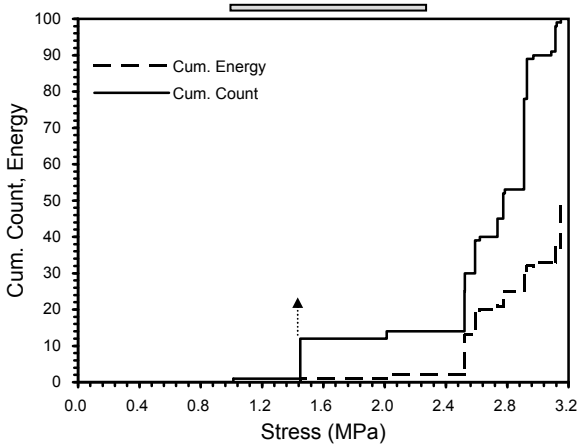
지오메카닉스 GEO MECHANICS

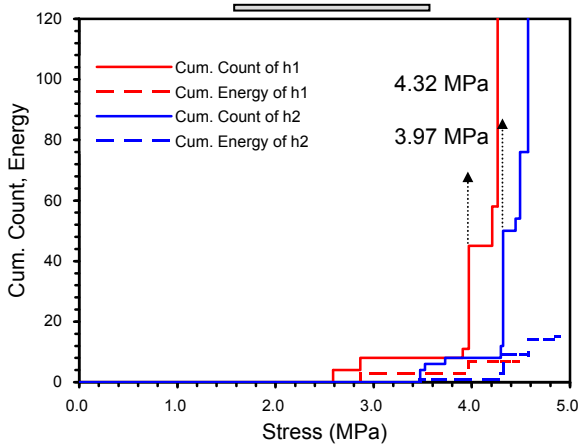
시추공명	ATB-14	시료 크기	방향	지름	높이	상태
시추심도	55.4-55.6 m		수직 (v)	2.48 cm	5.22 cm	Normal
암 종			수평 (h1)	2.48 cm	4.29 cm	Normal
시험일자	2013-04-18		수평 (h2)	2.48 cm	4.28 cm	Normal

측정 및 분석결과

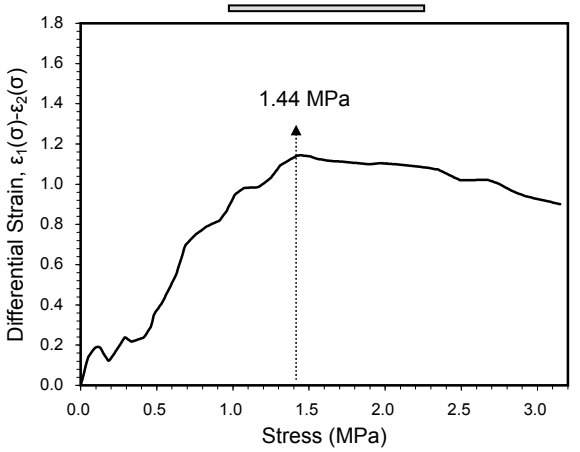
방 향	AE 파라미터 분석결과		DRA 분석결과		비고
	현장응력	측압계수(K)	현장응력	측압계수(K)	
수직(σ_v)	1.45 MPa		1.44 MPa		
수평1(σ_{h1})	3.97 MPa	**2.86**	3.77 MPa	**2.84**	
수평2(σ_{h2})	4.32 MPa		4.40 MPa		

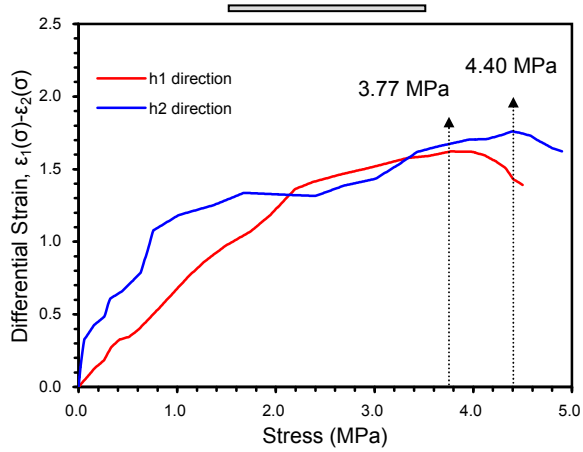
누적 AE 계수 및 에너지 – 응력 곡선 (Cumulative AE Count & Energy vs. Stress Curve)





변형률 차 함수 – 응력 곡선 (Differential Strain vs. Stress Curve)





확 인	실무자 지 훈 서명	기술책임자 장 현 식 서명

시 험 분 석
(AE / DRA)

성적서번호 : **2013-050-AD**

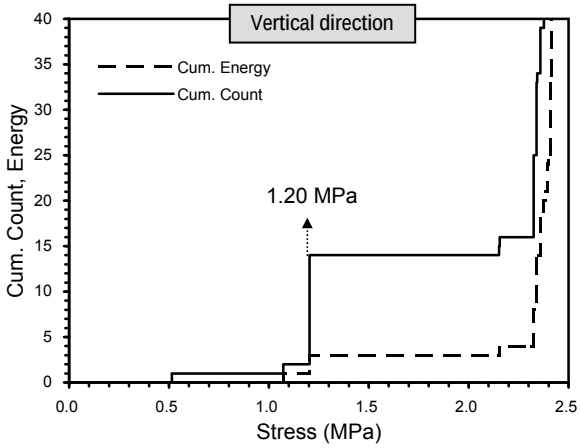
지오메카닉스 GEO MECHANICS

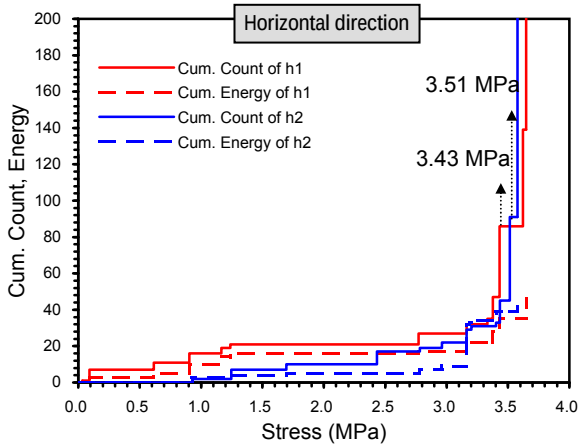
시추공명	ATB-17	시료 크기	방향	지름	높이	상태
시추심도	46.1-46.3 m		수직 (v)	2.48 cm	4.36 cm	Normal
암 종			수평 (h1)	2.48 cm	4.32 cm	Normal
시험일자	2013-04-18		수평 (h2)	2.48 cm	3.05 cm	Normal

측정 및 분석결과

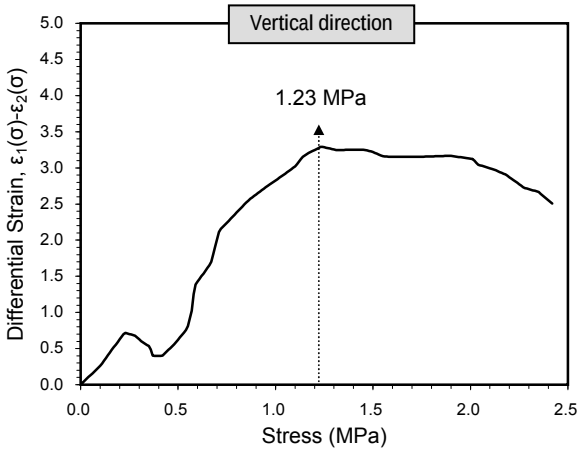
방 향	AE 파라미터 분석결과		DRA 분석결과		비고
	현장응력	측압계수(K)	현장응력	측압계수(K)	
수직(σ_v)	1.20 MPa		1.23 MPa		
수평1(σ_{h1})	3.43 MPa	**2.89**	3.47 MPa	**2.85**	
수평2(σ_{h2})	3.51 MPa		3.55 MPa		

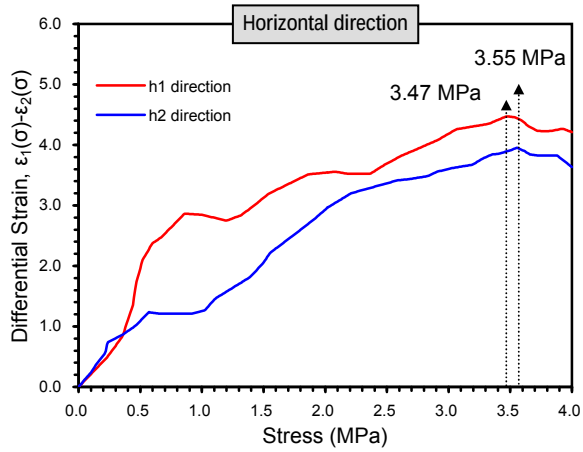
누적 AE 계수 및 에너지 – 응력 곡선 (Cumulative AE Count & Energy vs. Stress Curve)





변형률 차 함수 – 응력 곡선 (Differential Strain vs. Stress Curve)





확 인	실무자 **지 훈** 서명	기술책임자 **장 현 식** 서명

시 험 성 적 서

지/오/메/카/닉/스
KOLAS II Rock Mechanics Laboratories
우200-701 강원도 춘천시 강원대학길1
305 (강원대학교 자연대학3호관)
(TEL: 033 244 9275, FAX: 033 244 9276)

성적서번호 : 2013-029-AD

KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

1. 의 뢰 자

- 기 관 명 : 대림산업
- 주 소 : -
- 의뢰 일자 : 2013년 03월 25일

2. 시험성적서의 용도

서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

3. 시험대상품목

시추코어 암석

4. 시험기간

2013년 3월 25일~2013년 3월 28일 (4일간)

5. 시험항목 및 방법

AE : Villaescusa, E., Seto, M., Baird, G., 2002 , Stress measurements from oriented core. International Journal of Rock Mechanics, Mining Science and Geo. Abst., 39, 603-615.
DRA : Seto, M., Nag, D. K. and Vutukuri, V. S., 1999 , In situ rock stress mearsurement from rock cores using the acoustic emission method and deformation rate analysis, Geothechnical and Geological Engineering, 17, 241-266.

6. 시험환경

온도 : (21 ± 2) ℃ , 상대습도 : (56 ± 5) % R.H.

7. 시험결과

참조1. 시험결과 (AE/DRA)
참조2. 시험분석 (AE/DRA)

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	실무자	기술책임자
	성명 : 지 훈 서명	성명 : 장 현 식 서명

2013년 03월 29일

강원대학교 실험실벤처기업 ㈜지오메카닉스 대표이사 (인)

시 험 결 과
(AE / DRA)

성적서번호 : **2013-029-AD**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

1. 시험조건 (Test Condition)

시험일자 (Test date) 2013년 3월 25일~2013년 3월 28일 (4일간)

시험기기 (Testing machine) 압축시험기 (CAS / 29.4 kN)
디지탈캘리퍼스 (Mitutoyo / 08274628)
AE-system AE 센서 (PAC / NANO 30)
AE 수집장치 (PAC / μDisp system)
DRA-system 변형율 게이지 (CAS / AP-11-S50N-120-EC)
자료수집장치 (2300 system, NI DAQ)

가압속도 (Stress rate)	0.1~0.2 MPa/s
AE 주파수 범위 (Operating freq. range)	125 ~750 kHz
AE 수집 문턱값 (Threshold)	45 dB
변형률 측정속도 (Sampling rate)	100 Hz
변형률 해상도 (Resolution)	0.1 με

2. 시험결과 (Test Result)

시추공명 Borehole I.D.	시추심도 Depth m	방 향 Direction	현장응력 추정 값 In-situ stress level MPa		평균 측압계수 (K) $K = (\sigma_{h1}+\sigma_{h2})/2\sigma_v$		비 고 Remark
			AE	DRA	AE	DRA	
ATB-5	45.0-45.2	수직 (σ_v)	1.20	1.21	2.51	2.54	
		수평1 (σ_{h1})	2.82	3.01			
		수평2 (σ_{h2})	3.20	3.14			
ATB-7	51.5-51.7	수직 (σ_v)	1.36	1.35	2.45	2.43	
		수평1 (σ_{h1})	3.22	3.06			
		수평2 (σ_{h2})	3.45	3.51			
---------- 이하 여백 (End of Document) ----------							

확 인	실무자 **지 훈** 서명	기술책임자 **장 현 식** 서명

시 험 분 석
(AE / DRA)

성적서번호 : **2013-029-AD**

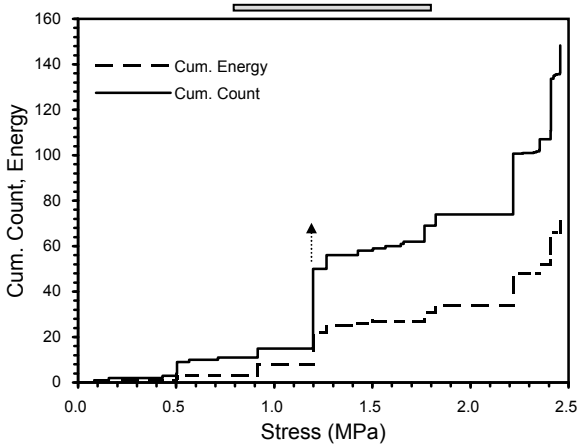
지오메카닉스 GEO MECHANICS

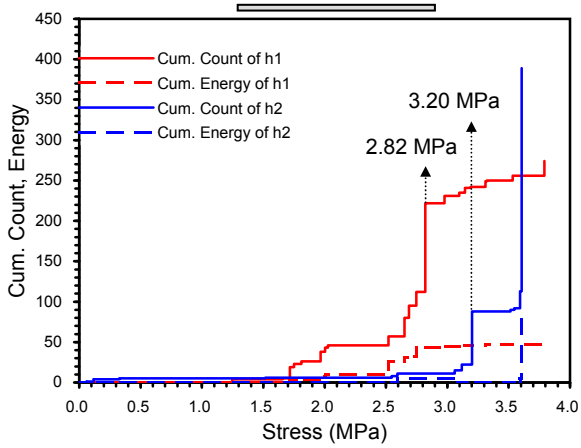
시추공명	ATB-5	시료 크기	방향	지름	높이	상태
시추심도	45.0-45.2 m		수직 (v)	2.48 cm	4.71 cm	Normal
암 종			수평 (h1)	2.48 cm	4.28 cm	Normal
시험일자	2013-03-27		수평 (h2)	2.48 cm	4.45 cm	Normal

측정 및 분석결과

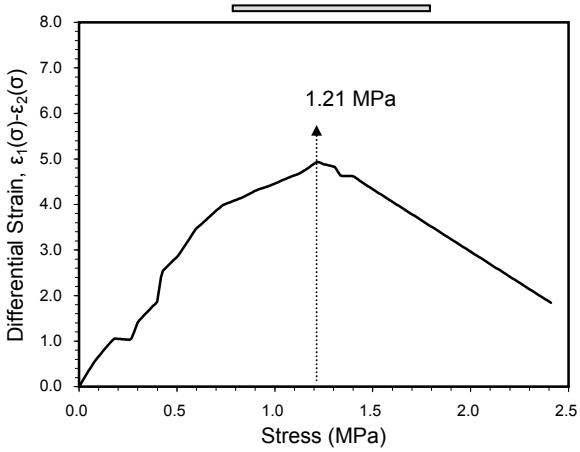
방 향	AE 파라미터 분석결과		DRA 분석결과		비고
	현장응력	측압계수(K)	현장응력	측압계수(K)	
수직(σ_v)	1.20 MPa		1.21 MPa		
수평1(σ_{h1})	2.82 MPa	**2.51**	3.01 MPa	**2.54**	
수평2(σ_{h2})	3.20 MPa		3.14 MPa		

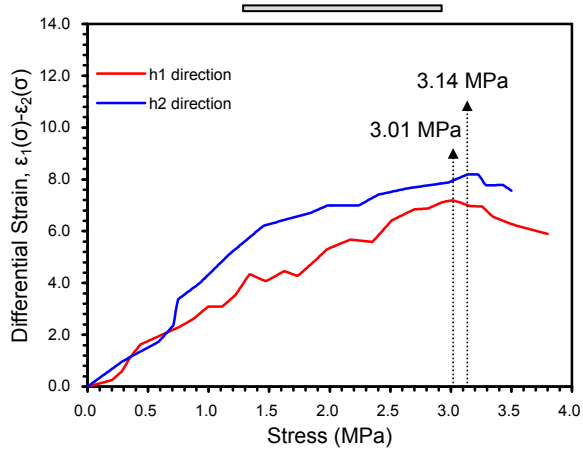
누적 AE 계수 및 에너지 – 응력 곡선 (Cumulative AE Count & Energy vs. Stress Curve)





변형률 차 함수 – 응력 곡선 (Differential Strain vs. Stress Curve)





확 인	실무자 지 훈 서명	기술책임자 장 현 식 서명

시 험 분 석
(AE / DRA)

성적서번호 : **2013-029-AD**

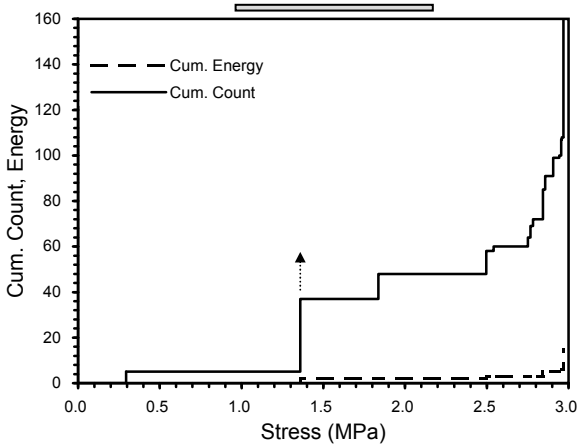
지오메카닉스 GEO MECHANICS

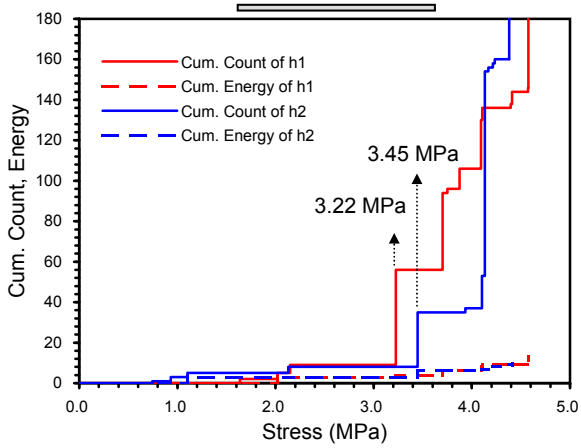
시추공명	ATB-7	시료 크기	방향	지름	높이	상태
시추심도	51.5-51.7 m		수직 (v)	2.48 cm	4.64 cm	Normal
암 종			수평 (h1)	2.48 cm	4.28 cm	Normal
시험일자	2013-03-27		수평 (h2)	2.48 cm	4.40 cm	Normal

측정 및 분석결과

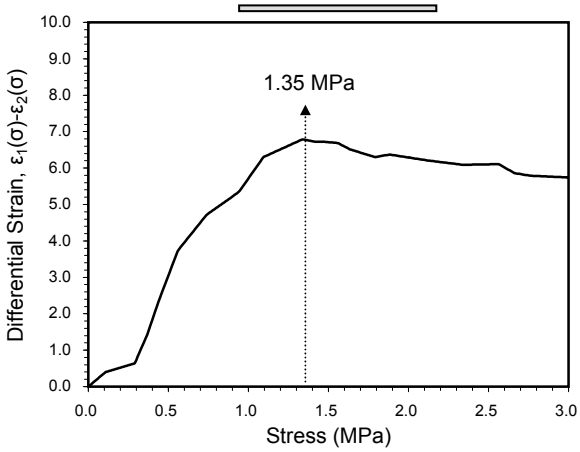
방 향	AE 파라미터 분석결과		DRA 분석결과		비고
	현장응력	측압계수(K)	현장응력	측압계수(K)	
수직(σ_v)	1.36 MPa		1.35 MPa		
수평1(σ_{h1})	3.22 MPa	**2.45**	3.06 MPa	**2.43**	
수평2(σ_{h2})	3.45 MPa		3.51 MPa		

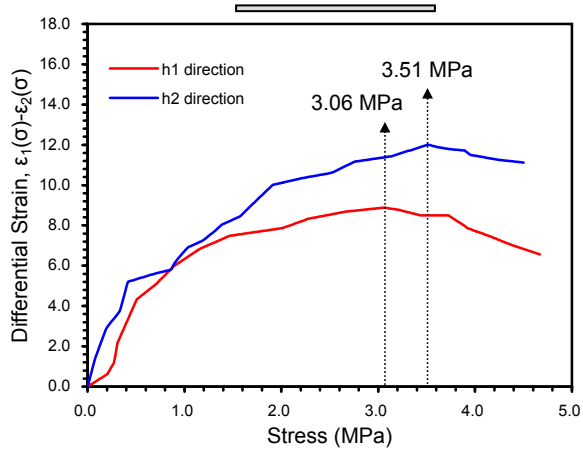
누적 AE 계수 및 에너지 – 응력 곡선 (Cumulative AE Count & Energy vs. Stress Curve)





변형률 차 함수 – 응력 곡선 (Differential Strain vs. Stress Curve)





확 인	실무자 지 훈 서명	기술책임자 장 현 식 서명

7.2.12 편광현미경관찰 및 XRD분석

시 험 성 적 서

지오메카닉스 GEO MECHANICS
KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr

성적서 번호 : 2011-029

KNU 강원대학교

1. 의 뢰 자

- 기 관 명 : ㈜ 쓰리텍
- 주 소 : 경기도 성남시 분당구 정자동 159-1번지 백궁프라자1-501호
- 의뢰 일자 : 2011년 04월 21일

2. 시험성적서의 용도

서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업

3. 시험대상품목/물질/시료명

시추코어 암석

4. 시험기간

2011년 4월 21일 ~ 2011년 4월 28일

5. 시험항목 및 방법

암석 박편현미경 관찰 및 모달 분석

6. 시험환경

온도 : (21 ± 2) ℃ , 상대습도 : (50 ± 5) % R.H.

7. 시험결과

시험 결과표 참조

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	시험원	기술책임자
	성명 : 성 숙 경 (서명)	성명 : 장 현 식 (서명)

2011년 04월 28일

㈜ 지오메카닉스 대표이사 (인)

지오메카닉스 GEO MECHANICS
KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

박편현미경분석

시험결과 (Test Result)

2011-029

Specimen

Borehole ID NTB-13	Lithology 호상흑운모편마암
Components 석영, 사장석, 흑운모, 미사장석, 백운모, 견운모, 녹니석, 석류석, 규선석, 불투명광물	

Modal analysis

Components	석영	사장석	미사장석	흑운모	백운모	견운모	녹니석	석류석	규선석	불투명광물		Total
vol %	32.3	15.1	6.2	17.5	4.6	8.5	7.4	4.3	2.6	1.5		100.0

Remark

① 주 구성광물은 석영, 사장석, 흑운모이며 부 구성광물은 미사장석, 백운모, 견운모, 녹니석, 석류석, 규선석, 불투명광물임.
② 석영은 중립 내지 조립의 결정으로 또는 재결정된 세립의 결정으로 산출됨. 재결정작용을 받은 것이 있으며 대부분 파동소광을 보이며 봉합상조직을 보여줌.
③ 흑운모는 담갈색-갈색의 다색성을 보임. 벽개면이 잘 발달된 1차 흑운모와 잘 발달되지 않은 2차 흑운모가 발달하여 있음. 일부에서 흑운모가 변질 또는 풍화에 의해 녹니석화 과정을 겪어 녹니석화 한 것이 관찰됨.
④ 백운모는 2차광물로 나타나며 흑운모와 사장석 내에 생성된 것도 관찰할 수 있음.
⑤ 사장석은 대부분 칼스바드-알바이트 쌍정을 나타내며 견운모작용에 의해 사장석 내에 세립의 견운모나 일부 백운모가 발달된 것이 관찰되기도 함.
⑥ 미사장석은 격자상 쌍정이 잘 발달하여 있으며, 견운모작용에 의해 미사장석 내에 세립의 견운모나 일부 백운모가 발달된 것이 관찰됨.
⑦ 석류석과 규선석은 중-고변성작용에 의해 생성되는 변성광물임.

Photomicrograph

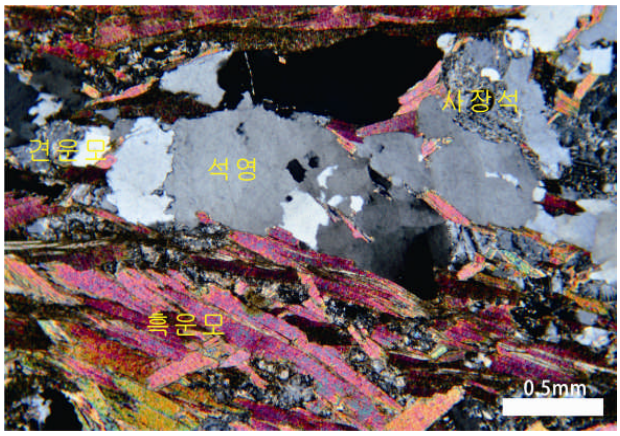


Fig. 1. Photomicrograph for sample, PPL, x40

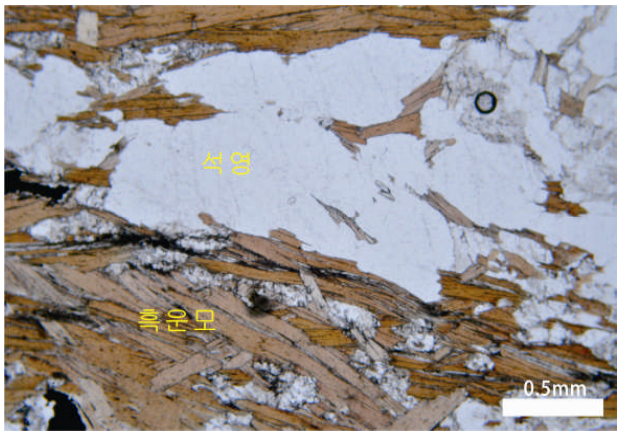


Fig. 2. Photomicrograph for sample, XPL, x40

Affirmation

Tested by 성 숙 경	Technical Manager 장 현 식

지오메카닉스 GEO MECHANICS
KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

박편현미경분석

시험결과 (Test Result)

2011-029

Specimen

Borehole ID NTB-19	Lithology 호상흑운모편마암
Components 석영, 사장석, 흑운모, 미사장석, 퍼사이트, 견운모, 백운모, 녹염석, 석류석, 불투명광물	

Modal analysis

Components	석영	사장석	흑운모	백운모	견운모	미사장석	퍼사이트	녹염석	석류석	불투명광물		Total
vol %	33.1	18.7	17.2	5.1	12.3	6.4	1.3	1.0	3.2	1.7		100.0

Remark

① 주 구성광물은 석영, 사장석, 흑운모이며 부 구성광물은 미사장석, 퍼사이트, 견운모, 백운모, 녹염석, 석류석, 불투명광물

② 석영은 중립 내지 조립의 결정으로 또는 재결정된 중립의 결정으로 산출됨. 재결정작용을 받은 것이 있으며 부분적으로 큰 결정을 이루면서 나타나는 경우도 있음. 석영은 대부분 파동소광을 보이며 봉합상조직을 보여줌

③ 흑운모는 담갈색에서 갈색의 다색성을 보인다. 대부분 한 방향의 벽개를 잘 나타내며 부분적으로 벽개면이 잘 발달되지 않은 것도 산출됨. 사장석의 변질방향이 흑운모의 발달방향과 일치함. 즉, 엽리면의 발달방향으로 풍화가 진행된 것으로 보임.

④ 백운모는 2차광물로 나타나며 사장석 내에 생성된 것도 관찰할 수 있음.

⑤ 사장석은 대부분 칼스바드-알바이트 쌍정을 나타내며, 견운모작용에 의해 사장석 내에 세립의 견운모나 일부 백운모가 발달된 것이 관찰되기도 함.

⑥ 미사장석과 퍼사이트는 세립 내지 중립의 결정으로 발달됨. 뚜렷한 격자상 쌍정을 보이며 변질의 정도는 미약함.

⑦ 녹염석은 변성작용시 용해된 Ca성분에서 유래되어 생성된 것으로 판단됨

Photomicrograph

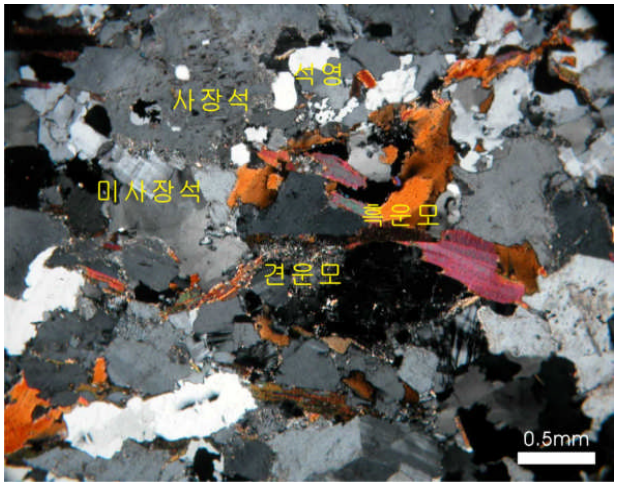


Fig. 1. Photomicrograph for sample, PPL, x40

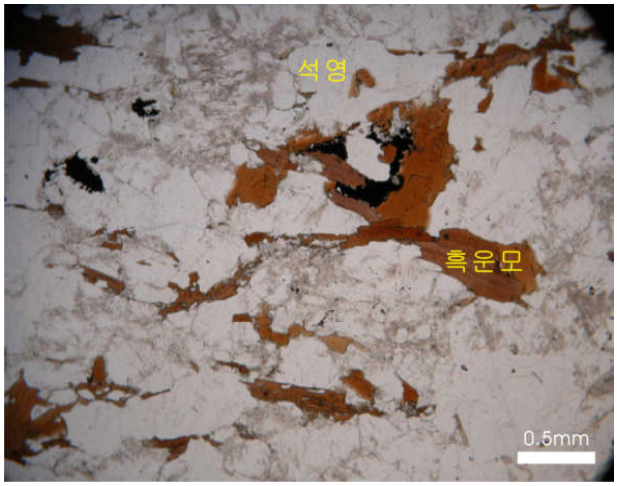


Fig. 2. Photomicrograph for sample, XPL, x40

Affirmation

Tested by 강원대학교 지질학과	Technical Manager 장 현 식

지오메카닉스
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

XRD

시험결과 (Test Result)

#REF!

Specimen

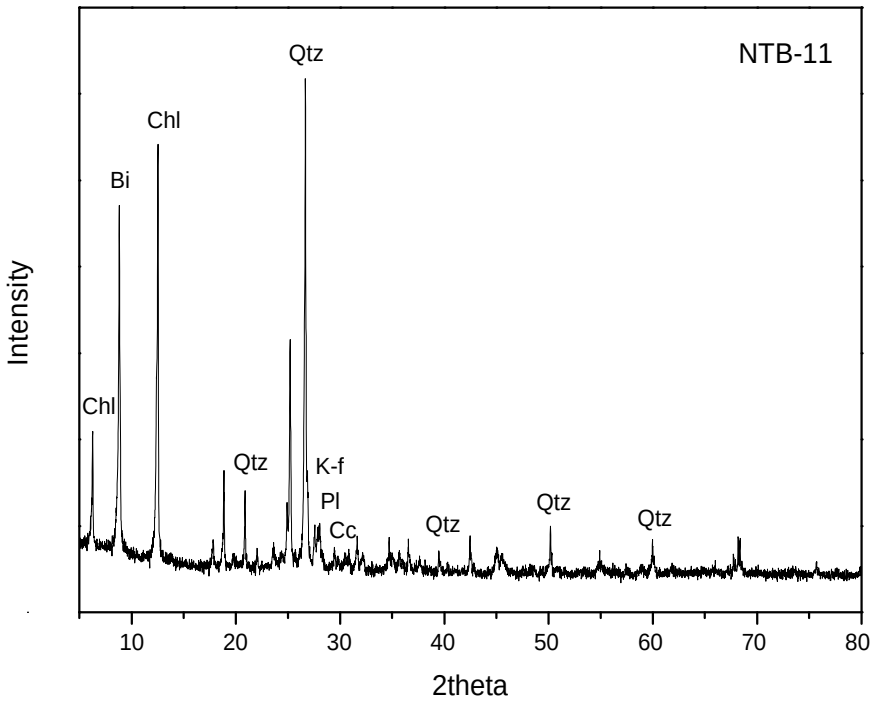
Borehole ID	NTB-13	Lithology	
Depth	65.5-65.7 m	Condition	normal

Test Condition / Method

Test Date	#REF!	Experimenter	
Target	CuKa	Method	Step-Scan
Acceleration Valtage	30kV	Scanning Interval	0.02°(2θ) (1 min)
Current	20mA	Scanning Range	5° ~ 80°
Testing Machine	XPERT-PRO		

Test Result

Components	Qtz	Pl	K-f	Bi	Chl	Cc					Total
wt%	34.8	12.0	8.7	22.6	20.3	1.6					100.0



Qtz Quartz **Pl** Plagioclase **K-f** K-feldspar **Bi** Biotite
Chl Chlorite **Cc** Calcite

Remark

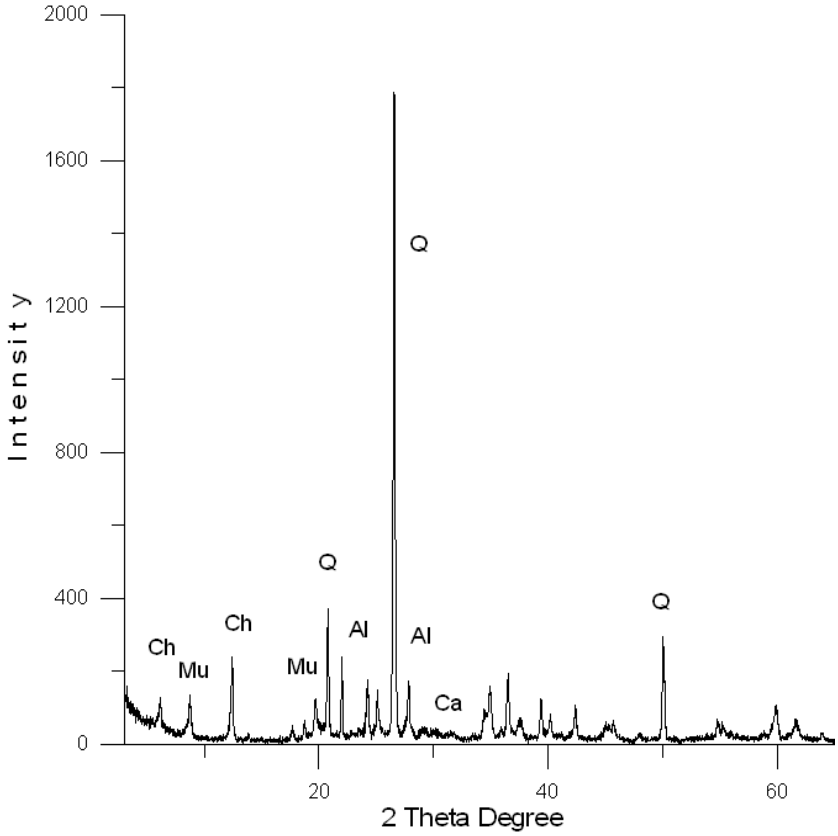
Affirmation

Tested by	성 숙 경
Technical Manager	장 현 식

X-RAY DIFFRACTOMETRY

Data Sheet - 1

Project Name	서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업			
Results of test	No. of specimens	NTB-18	Rock type	--
	Depth(m)	41.80~42.00		



Composition Desciption

Q : Quartz(석영), Al : Albite(조장석), Mu : Muscovite(백운모), Ch : Chlorite(녹니석), Ca : Calcite(방해석)

NTB-18 41.80~42.00m 정량분석 결과

#	ID	Phase	Weight %
1	1	Quartz	41.2
5	82	Muscovite	22
2	20	Albite	18
3	84	Chlorite	17.5
4	10	Calcite 1	1.4

시 험 성 적 서

지/오/메/카/닉/스
KOLAS // Rock Mechanics Laboratories
우200-701 강원도 춘천시 강원대학길1
305 (강원대학교 자연대학3호관)
(TEL: 033 244 9275, FAX: 033 244 9276)

성적서번호 : 2013-029-M

KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

1. 의 뢰 자
- 기 관 명 : 대림산업
- 주 소 : -
- 의뢰 일자 : 2013년 03월 25일

2. 시험성적서의 용도
서울 제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

3. 시험대상품목
시추코어 암석

4. 시험기간
2013년 3월 25일~2013년 4월 1일 (8일간)

5. 시험항목 및 방법
암석 박편현미경 관찰 및 모달 분석

6. 시험환경
온도 : (21 ± 2) ℃ , 상대습도 : (56 ± 5) % R.H.

7. 시험결과
참조1. 시험결과 (박편현미경분석)
참조2. 시험분석 (박편현미경분석)

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	이학박사	양 주 석	서명

2013년 04월 01일

강원대학교 실험실벤처기업 ㈜지오메카닉스 대표이사 (인)

시 험 결 과
(박편현미경분석)

성적서번호 : **2013-029-M**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

1. 시험조건 (Test Condition)

시험일자 (Test date) 2013년 3월 25일~2013년 4월 1일 (8일간)

시험기기 (Testing machine) LABOPHOT2-POL (NiKon)
MODEL F (Swift)

2. 시험결과 (Test Result)

시추공명 Borehole I.D.	시추심도 Depth m	암종 Lithology	구성성분 Components Vol. %				
ATB-7	56.3-56.5	각섬석편마암	석영	사장석	각섬석	흑운모	견운모
			27.1	32.2	13.8	5.3	10.9
			녹니석	불투명 광물			Total
			7.1	3.6			100
NNTB-2	56.2-56.3	흑운모호상편마암	석영	사장석	흑운모	백운모	견운모
			39.2	17.6	8.3	4.8	10.7
			녹니석	불투명 광물			Total
			15.9	3.5			100

---------- 이하 여백 (End of Document) ----------

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 분 석
(박편현미경분석)

성적서번호 : **2013-029-M**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	ATB-7	시추심도	56.3-56.5 m
암 종	각섬석편마암	시험일자	2013-03-27
구성광물	석영, 사장석, 각섬석, 흑운모, 견운모, 녹니석, 불투명광물		

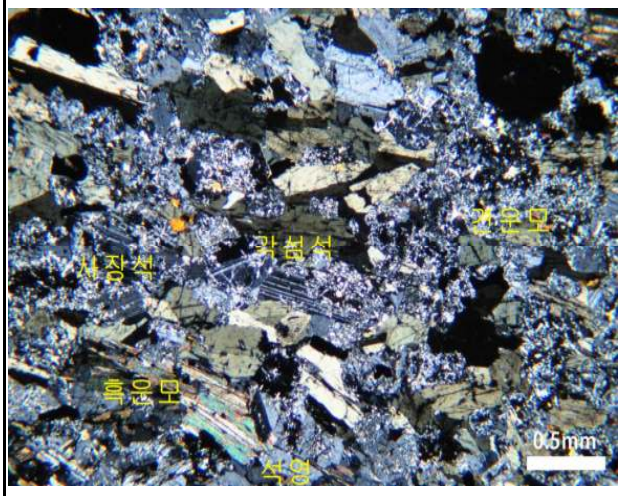
모달 분석 결과

구성광물	석영	사장석	각섬석	흑운모	견운모	녹니석	불투명광물			Total
Vol. %	27.1	32.2	13.8	5.3	10.9	7.1	3.6			100

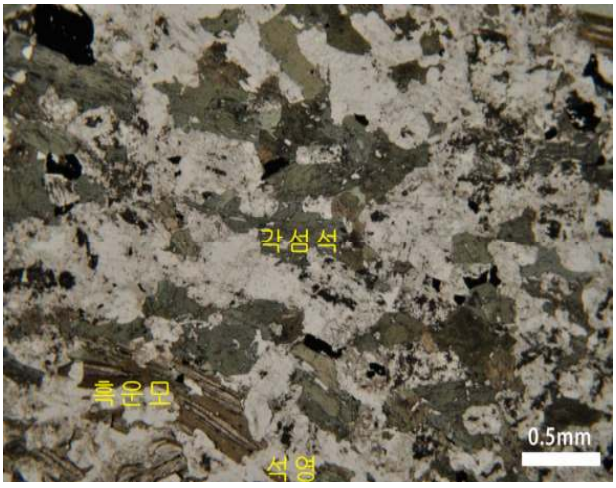
박편현미경 관찰 기술

① 구성광물은 석영, 사장석, 각섬석, 흑운모, 견운모, 녹니석, 불투명광물
② 석영과 사장석, 각섬석, 흑운모로 이루어져 있으며, 이들 광물이 엽리를 형성하고 있음
③ 석영은 세립 내지 중립의 결정으로 또는 재결정된 세립의 결정으로 산출됨. 재결정작용을 받은 것이 있음.
④ 흑운모는 세립 내지 중립의 결정으로 발달해 있으며, 녹니석화작용으로 인해 녹니석으로 치환된 것이 관찰됨.
⑤ 사장석은 대부분 칼스바드-알바이트 쌍정을 나타내며, 견운모작용에 의해 사장석 내에 세립의 견운모가 발달된 것이 관찰되기도 함. 사장석의 견운모화작용이 심함.
⑥ 석각섬석은 두방향의 벽개가 잘 관찰되며, 일부에서 한방향의 벽개와 simple twin을 보여주는 결정이 관찰됨.
⑦ 녹니석은 변질광물로서 흑운모와 각섬석의 변질 산물로 산출됨.

현미경 사진



Photomicrograph for sample, PPL, x40



Photomicrograph for sample, XPL, x40

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 분 석
(박편현미경분석)

성적서번호 : **2013-029-M**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	NNTB-2	시추심도	56.2-56.3 m
암 종	흑운모호상편마암	시험일자	2013-03-27
구성광물	석영, 사장석, 흑운모, 백운모, 견운모, 녹니석, 불투명광물		

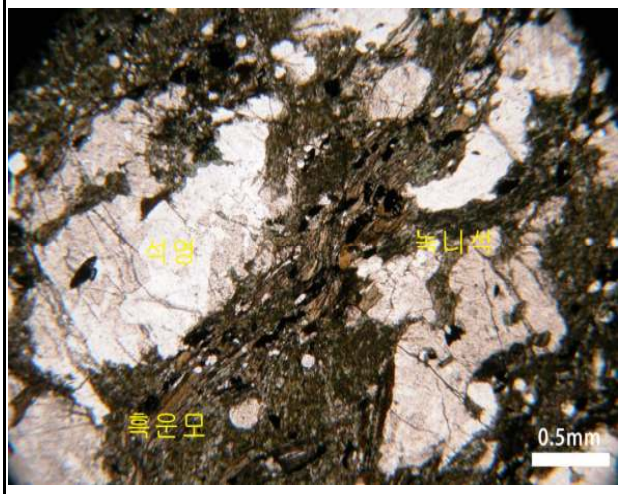
모달 분석 결과

구성광물	석영	사장석	흑운모	백운모	견운모	녹니석	불투명광물			Total
Vol. %	39.2	17.6	8.3	4.8	10.7	15.9	3.5			100

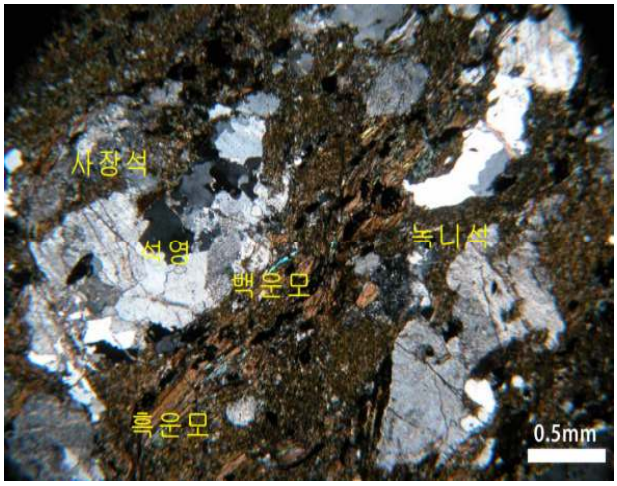
박편현미경 관찰 기술

① 구성광물은 석영, 사장석, 흑운모, 백운모, 견운모, 녹니석, 불투명광물
② 석영과 사장석, 흑운모로 이루어져 있으며, 이들 광물이 엽리를 형성하고 있음.
③ 석영은 세립 내지 중립의 결정으로 또는 재결정된 세립의 결정으로 산출됨. 재결정작용을 받은 것이 있음.
④ 흑운모는 세립 내지 중립의 결정으로 발달해 있으며, 녹니석화작용으로 인해 녹니석으로 치환된 것이 많음.
⑤ 사장석은 세립의 결정으로 산출되며, 대부분 칼스바드-알바이트 쌍정을 나타내며, 견운모작용에 의해 사장석 내에 세립의 백운모 및 견운모가 발달된 것이 관찰되기도 함. 사장석의 견운모화작용이 관찰됨.
⑥ 녹니석은 변질광물로서 흑운모의 변질 산물로 산출됨.

현미경 사진



Photomicrograph for sample, PPL, x40



Photomicrograph for sample, XPL, x40

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 성 적 서

지/오/메/카/닉/스
KOLAS // Rock Mechanics Laboratories
우200-701 강원도 춘천시 강원대학길1
305 (강원대학교 자연대학3호관)
(TEL: 033 244 9275, FAX: 033 244 9276)

성적서번호 : 2013-050-XRD

KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

1. 의 뢰 자

- 기 관 명 : 대림산업
- 주 소 : -
- 의뢰 일자 : 2013년 04월 15일

2. 시험성적서의 용도

서울 제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

3. 시험대상품목

시추코어 암석

4. 시험기간

2013년 4월 15일~2013년 4월 22일

5. 시험항목 및 방법

X-선 회절 분석 (XRD)

6. 시험환경

온도 : (21 ± 2) ℃ , 상대습도 : (56 ± 5) % R.H.

7. 시험결과

참조1. 시험결과 (XRD)
참조2. 시험분석 (XRD)

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	이학박사	양 주 석	서명

2013년 04월 22일

강원대학교 실험실벤처기업 ㈜지오메카닉스 대표이사 (인)

시 험 결 과
(X-선 회절 분석)

성적서번호 : **2013-050-XRD**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

1. 시험조건 (Test Condition)

시험일자 (Test date) 2013년 4월 15일~2013년 4월 22일

시험기기 (Testing machine) XPERT-PRO

- Target : CuKa
- Method : Step-Scan
- Acceleration Valtage : 30 kV / Current : 20 mA
- Scanning interval : 0.02°(2θ) (1 min)
- Scanning Range : 5° ~ 80°

2. 시험결과 (Test Result)

시추공명 Borehole I.D.	시추심도 Depth m	성분및 함량 Components wt%								
ATB-10	51.6-51.8	Qtz	Pl	K-f	Mu	Chl	Cc			
		9.2	52.8	5.4	-	21.7	10.9			
ATB-12	63.0-63.3	Qtz	Pl	K-f	Mu	Chl	Cc			
		23.2	22.9	-	14.5	34.1	5.3			
ATB-15	43.4-43.6	Qtz	Pl	K-f	Mu	Chl	Cc			
		64.8	9.7	-	18.5	7.0	-			

---------- 이하 여백 (End of Document) ----------

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 분 석
(X-선 회절 분석)

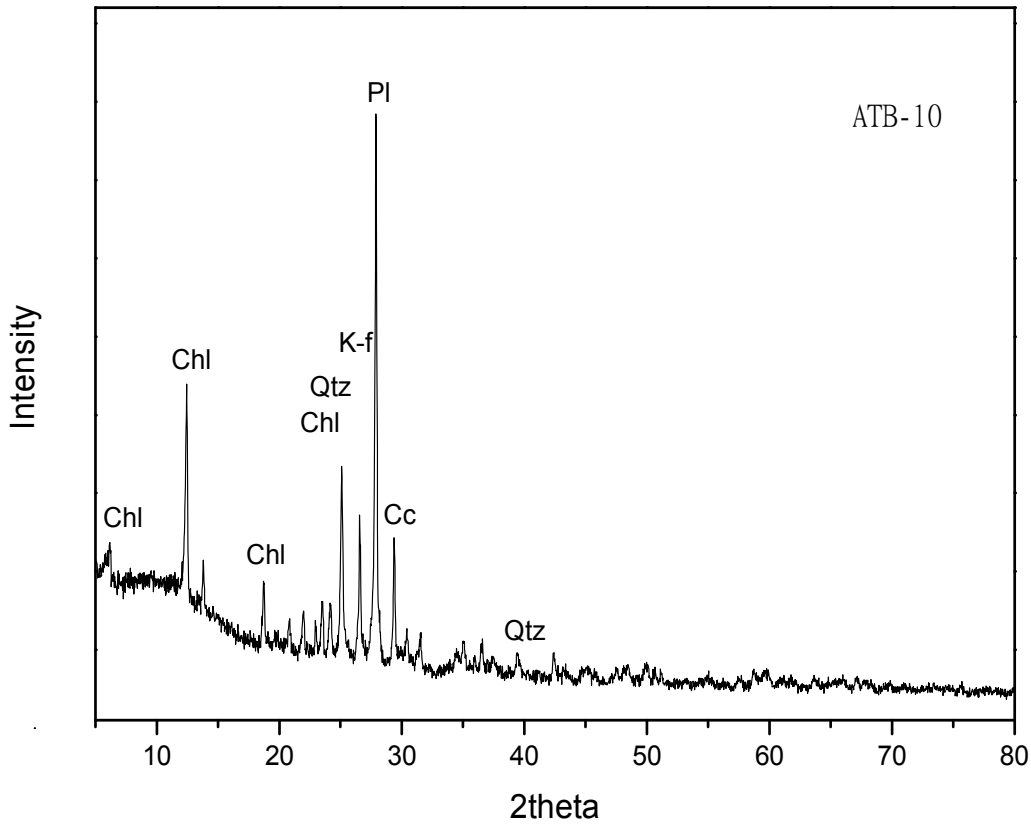
성적서번호 : **2013-050-XRD**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	ATB-10	시추심도	51.6-51.8 m
암 종		시험일자	2013-04-18

측정 및 분석결과

성 분	Qtz	Pl	K-f	Mu	Chl	Cc				Total
wt%	9.2	52.8	5.4	-	21.7	10.9				100.0



Qtz	Quartz	Pl	Plagioclase	K-f	K-feldspar
Mu	Muscovite	Chl	Chlorite	Cc	Calcite

비 고

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 분 석
(X-선 회절 분석)

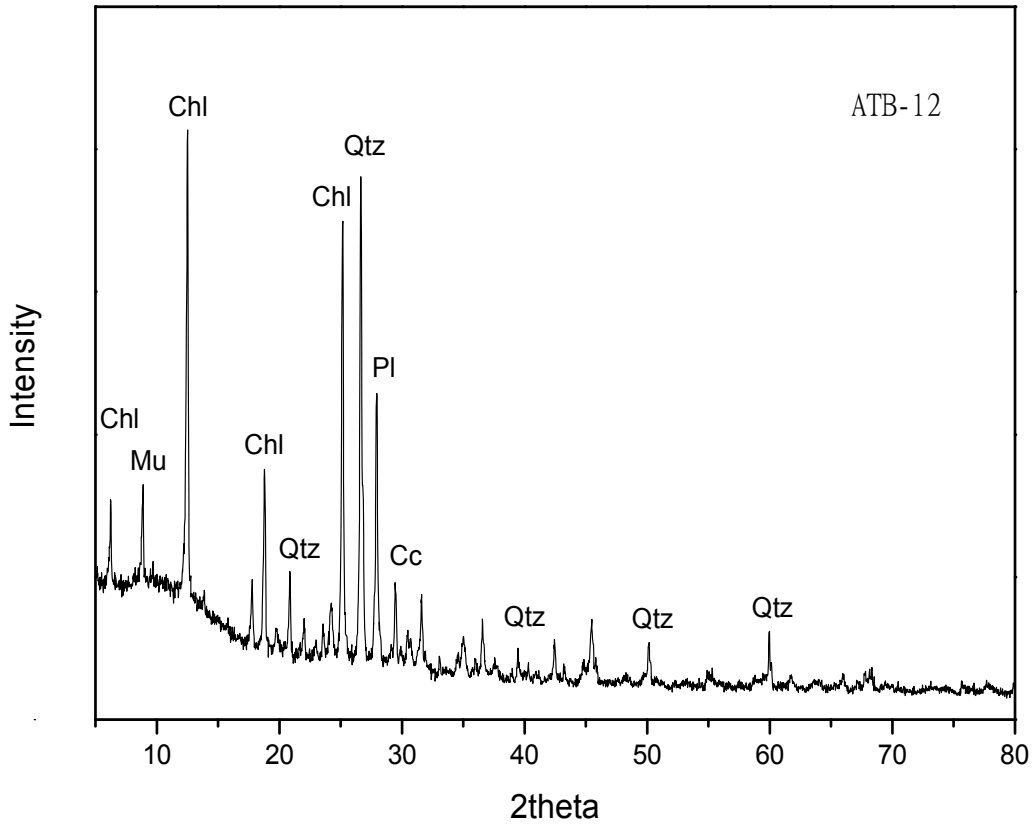
성적서번호 : **2013-050-XRD**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	ATB-12	시추심도	63.0-63.3 m
암 종		시험일자	2013-04-18

측정 및 분석결과

성 분	Qtz	Pl	K-f	Mu	Chl	Cc				Total
wt%	23.2	22.9	-	14.5	34.1	5.3				100.0



Qtz	Quartz	Pl	Plagioclase	K-f	K-feldspar
Mu	Muscovite	Chl	Chlorite	Cc	Calcite

비 고

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 분 석
(X-선 회절 분석)

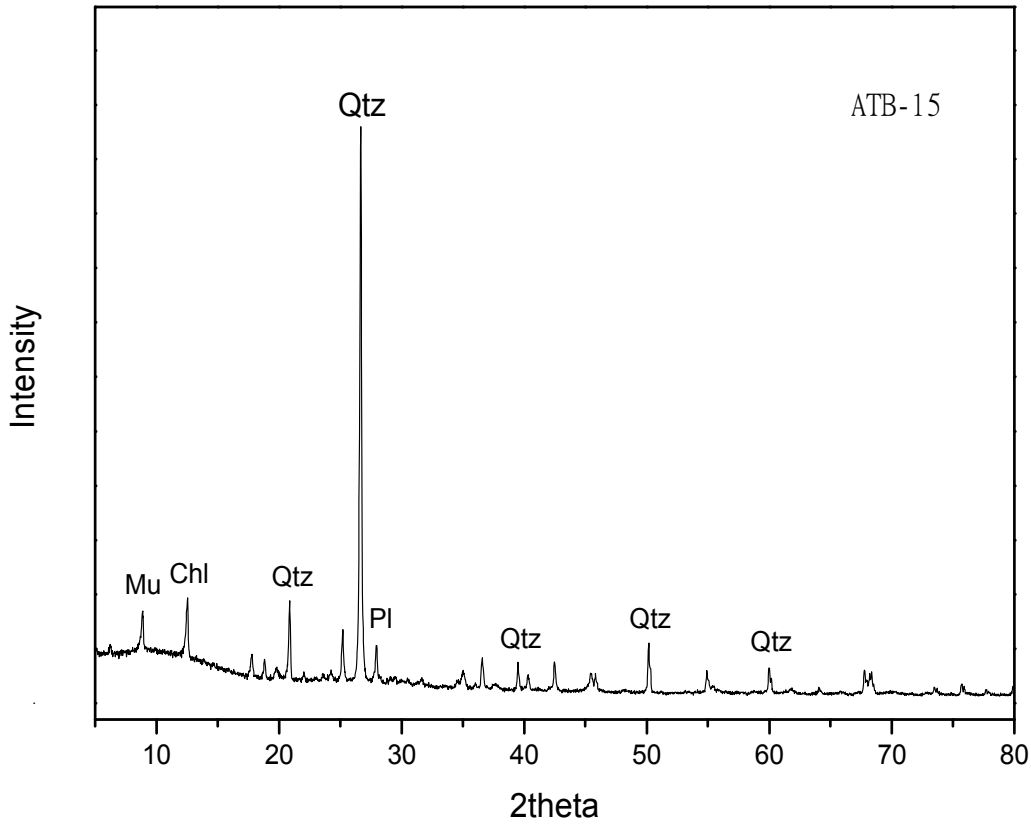
성적서번호 : **2013-050-XRD**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	ATB-15	시추심도	43.4-43.6 m
암 종		시험일자	2013-04-18

측정 및 분석결과

성 분	Qtz	Pl	K-f	Mu	Chl	Cc				Total
wt%	64.8	9.7	-	18.5	7.0	-				100.0



Qtz	Quartz	Pl	Plagioclase	K-f	K-feldspar
Mu	Muscovite	Chl	Chlorite	Cc	Calcite

비 고

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 성 적 서

지/오/메/카/닉/스
KOLAS // Rock Mechanics Laboratories
우200-701 강원도 춘천시 강원대학길1
305 (강원대학교 자연대학3호관)
(TEL: 033 244 9275, FAX: 033 244 9276)

성적서번호 : 2013-029-XRD

KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

1. 의 뢰 자
- 기 관 명 : 대림산업
- 주 소 : -
- 의뢰 일자 : 2013년 03월 25일

2. 시험성적서의 용도
서울 제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

3. 시험대상품목
시추코어 암석

4. 시험기간
2013년 3월 25일~2013년 4월 1일 (8일간)

5. 시험항목 및 방법
X-선 회절 분석 (XRD)

6. 시험환경
온도 : (21 ± 2) ℃ , 상대습도 : (56 ± 5) % R.H.

7. 시험결과
참조1. 시험결과 (XRD)
참조2. 시험분석 (XRD)

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	이학박사	양 주 석	서명

2013년 04월 01일

강원대학교 실험실벤처기업 ㈜지오메카닉스 대표이사 (인)

시 험 결 과
(X-선 회절 분석)

성적서번호 : **2013-029-XRD**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

1. 시험조건 (Test Condition)

시험일자 (Test date) 2013년 3월 25일~2013년 4월 1일 (8일간)

시험기기 (Testing machine) XPERT-PRO

- Target : CuKa
- Method : Step-Scan
- Acceleration Valtage : 30 kV / Current : 20 mA
- Scanning interval : 0.02°(2θ) (1 min)
- Scanning Range : 5° ~ 80°

2. 시험결과 (Test Result)

시추공명 Borehole I.D.	시추심도 Depth m	성분및 함량 Components wt%								
ATB-7	49.5-49.6	Qtz	Pl	K-f	Bi	Chl	Hbl			
		32.3	34.8	15.0	-	2.7	15.2			
NNTB-2	66.0-66.2	Qtz	Pl	K-f	Bi	Chl	Hbl			
		62.5	16.0	-	5.1	16.4	-			
---------- 이하 여백 (End of Document) ----------										

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 분 석
(X-선 회절 분석)

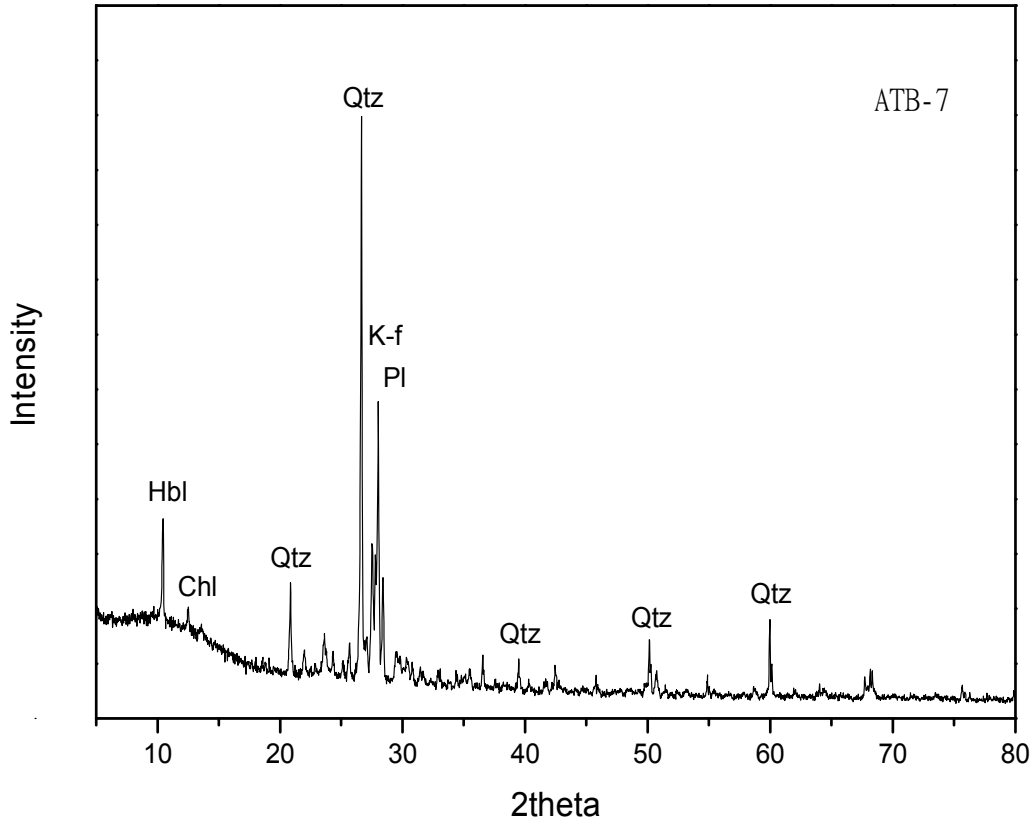
성적서번호 : **2013-029-XRD**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	ATB-7	시추심도	49.5-49.6 m
암 종		시험일자	2013-03-29

측정 및 분석결과

성 분	Qtz	Pl	K-f	Bi	Chl	Hbl				Total
wt%	32.3	34.8	15.0	-	2.7	15.2				100.0



Qtz	Quartz	Pl	Plagioclase	K-f	K-feldspar
Bi	Biotite	Chl	Chlorite	Hbl	Hornblende

비 고

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 분 석
(X-선 회절 분석)

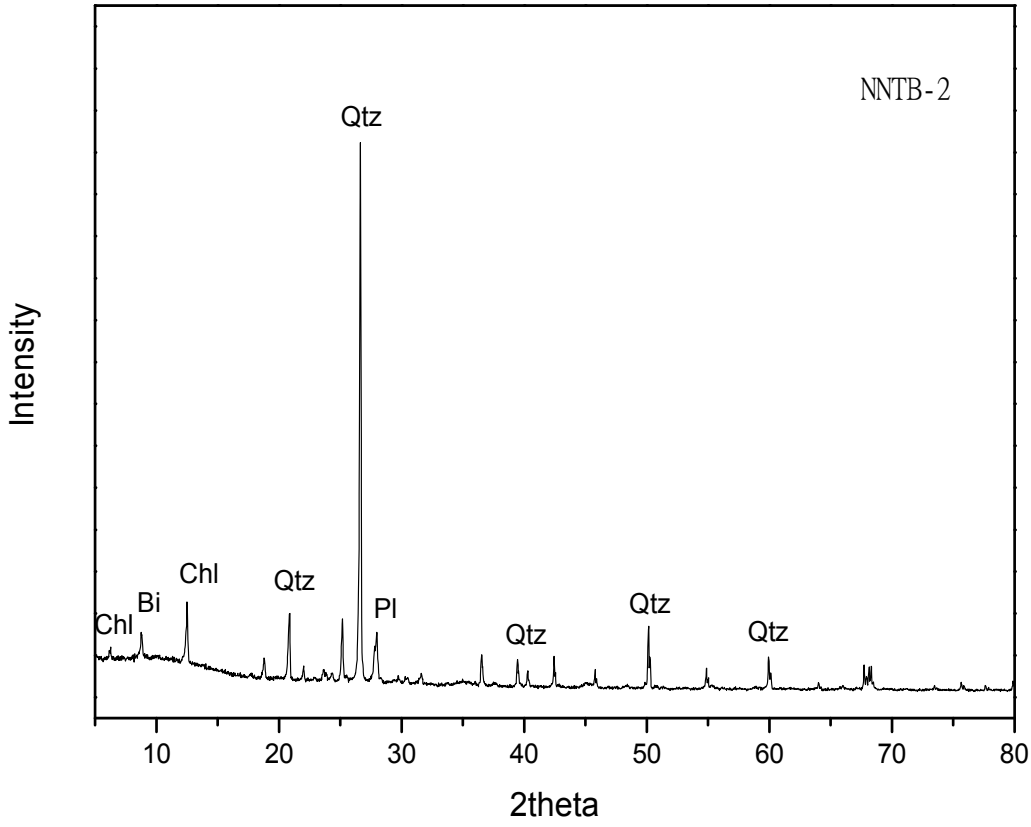
성적서번호 : **2013-029-XRD**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	NNTB-2	시추심도	66.0-66.2 m
암 종		시험일자	2013-03-29

측정 및 분석결과

성 분	Qtz	Pl	K-f	Bi	Chl	Hbl				Total
wt%	62.5	16.0	-	5.1	16.4	-				100.0



Qtz	Quartz	Pl	Plagioclase	K-f	K-feldspar
Bi	Biotite	Chl	Chlorite	Hbl	Hornblende

비 고

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 성 적 서

지/오/메/카/닉/스
KOLAS // Rock Mechanics Laboratories
우200-701 강원도 춘천시 강원대학길1
305 (강원대학교 자연대학3호관)
(TEL: 033 244 9275, FAX: 033 244 9276)

성적서번호 : 2013-050-M

KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

1. 의 뢰 자
- 기 관 명 : 대림산업
- 주 소 : -
- 의뢰 일자 : 2013년 04월 15일

2. 시험성적서의 용도
서울 제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

3. 시험대상품목
시추코어 암석

4. 시험기간
2013년 4월 15일~2013년 4월 22일

5. 시험항목 및 방법
암석 박편현미경 관찰 및 모달 분석

6. 시험환경
온도 : (21 ± 2) ℃ , 상대습도 : (56 ± 5) % R.H.

7. 시험결과
참조1. 시험결과 (박편현미경분석)
참조2. 시험분석 (박편현미경분석)

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

확인	이학박사	양 주 석	서명

2013년 04월 22일

강원대학교 실험실벤처기업 ㈜지오메카닉스 대표이사 (인)

시 험 결 과
(박편현미경분석)

성적서번호 : **2013-050-M**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

1. 시험조건 (Test Condition)

시험일자 (Test date) 2013년 4월 15일~2013년 4월 22일

시험기기 (Testing machine) LABOPHOT2-POL (NiKon)
MODEL F (Swift)

2. 시험결과 (Test Result)

시추공명 Borehole I.D.	시추심도 Depth m	암종 Lithology	구성성분 Components Vol. %				
ATB-9	66.7-66.8	호상흑운모 편마암	석영	사장석	흑운모	백운모	견운모
			39.7	25.5	15.8	5.2	7.9
			스핀	불투명 광물			Total
			2.3	3.6			100
ATB-13	56.3-56.4	호상흑운모 편마암	석영	사장석	흑운모	견운모	불투명 광물
			42.3	28.8	17.4	7.6	3.9
			0.00	0.00			Total
			0.0	0.0			100
ATB-16	45.2-45.3	편마암	석영	사장석	흑운모	백운모	견운모
			34.5	18.3	6.8	9.2	7.6
			녹니석	방해석	불투명 광물		Total
			12.5	7.4	3.7		100
---------- 이하 여백 (End of Document) ----------							

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 분 석
(박편현미경분석)

성적서번호 : **2013-050-M**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	ATB-9	시추심도	66.7-66.8 m
암 종	호상흑운모편마암	시험일자	2013-04-18
구성광물	석영, 사장석, 흑운모, 백운모, 견운모, 스핀, 불투명광물		

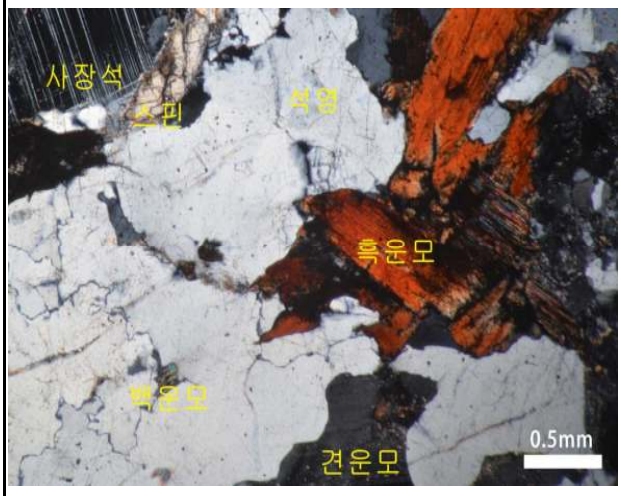
모달 분석 결과

구성광물	석영	사장석	흑운모	백운모	견운모	스핀	불투명광물			Total
Vol. %	39.7	25.5	15.8	5.2	7.9	2.3	3.6			100

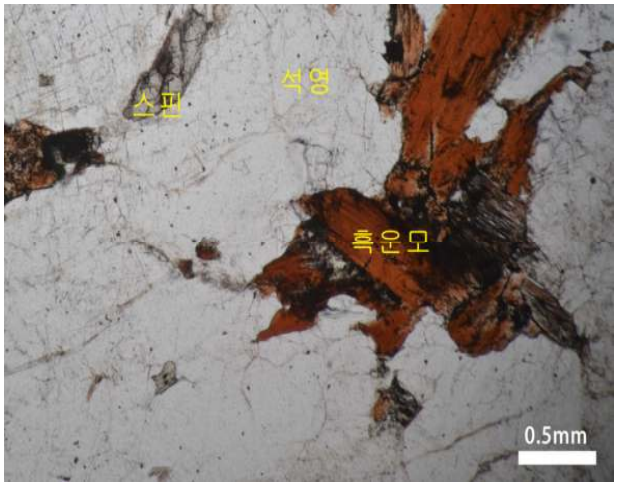
박편현미경 관찰 기술

① 구성광물은 석영, 사장석, 흑운모, 백운모, 견운모, 스핀, 불투명광물
② 석영과 사장석, 흑운모로 이루어져 있으며, 이들 광물이 엽리를 형성하고 있음
③ 석영은 중립 내지 조립의 결정으로 또는 재결정된 세립의 결정으로 산출됨. 재결정작용을 받은 것이 있음.
④ 흑운모는 세립 내지 중립의 결정으로 발달해 있으며, 백운모와 함께 벽개면을 따라 교호하며 발달해 있음.
⑤ 사장석은 대부분 칼스바드-알바이트 쌍정을 나타내며, 견운모작용에 의해 사장석 내에 세립의 견운모가 발달된 것이 관찰되기도 함.
⑥ 백운모는 2차광물로 흑운모의 벽개면을 따라 발달해 있음.
⑦ 스핀은 변성광물로 Ca 성분의 유입으로 인해 생성된 것으로 판단됨.

현미경 사진



Photomicrograph for sample, PPL, x40



Photomicrograph for sample, XPL, x40

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 분 석
(박편현미경분석)

성적서번호 : **2013-050-M**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	ATB-13	시추심도	56.3-56.4 m
암 종	호상흑운모편마암	시험일자	2013-04-18
구성광물	석영, 사장석, 흑운모, 견운모, 불투명광물		

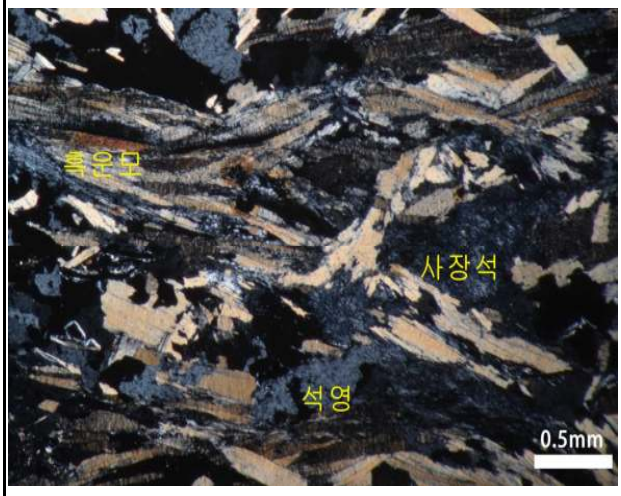
모달 분석 결과

구성광물	석영	사장석	흑운모	견운모	불투명광물					Total
Vol. %	42.3	28.8	17.4	7.6	3.9					100

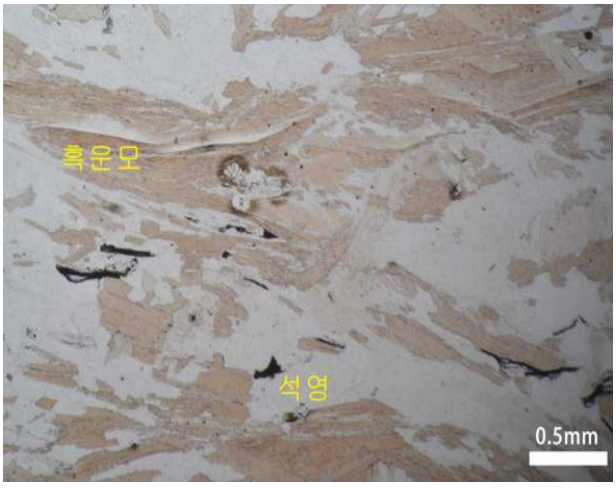
박편현미경 관찰 기술

① 구성광물은 석영, 사장석, 흑운모, 견운모, 불투명광물
② 석영과 사장석, 흑운모로 이루어져 있으며, 이들 광물이 엽리를 형성하고 있음.
③ 석영은 세립 내지 중립의 결정으로 또는 재결정된 세립의 결정으로 산출됨. 재결정작용을 받은 것이 있음.
④ 흑운모는 세립 내지 중립의 결정으로 발달해 있으며, 벽개면의 발달이 뚜렷한 1차흑운모와 벽개면의 발달이 미약한 2차 흑운모가 함께 발달해 있음.
⑤ 사장석은 세립의 결정으로 산출되며, 대부분 칼스바드-알바이트 쌍정을 나타내며, 견운모작용에 의해 사장석 내에 세립의 견운모가 발달된 것이 관찰되기도 함.

현미경 사진



Photomicrograph for sample, PPL, x40



Photomicrograph for sample, XPL, x40

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 분 석
(박편현미경분석)

성적서번호 : **2013-050-M**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

시추공명	ATB-16	시추심도	45.2-45.3 m
암 종	편마암	시험일자	2013-04-18
구성광물	석영, 사장석, 백운모, 흑운모, 견운모, 녹니석, 방해석, 불투명광물		

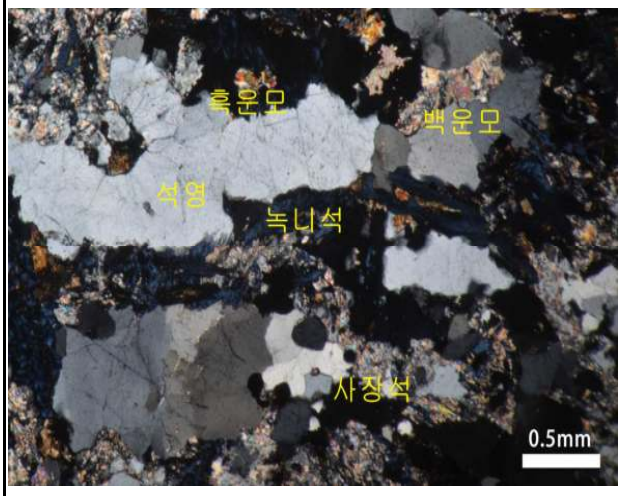
모달 분석 결과

구성광물	석영	사장석	흑운모	백운모	견운모	녹니석	방해석	불투명광물		Total
Vol. %	34.5	18.3	6.8	9.2	7.6	12.5	7.4	3.7		100

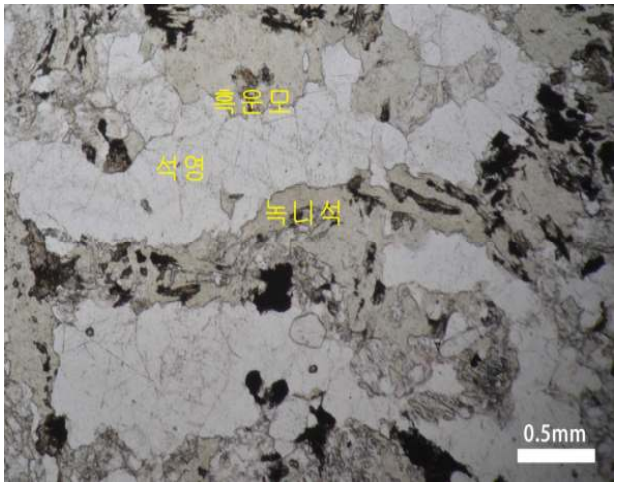
박편현미경 관찰 기술

① 주 구성광물은 석영, 사장석, 백운모이며 부 구성광물은 흑운모, 견운모, 녹니석, 방해석, 불투명광물임
② 운모의 선택배향에 의한 엽리의 형성
③ 석영은 세립 내지 중립의 결정으로 또는 재결정된 세립의 결정으로 산출됨. 재결정작용을 받은 것이 있으며 부분적으로 큰 결정을 이루면서 나타나는 경우도 있음. 석영은 대부분 파동소광을 보이며 봉합상 조직을 보여줌
④ 흑운모는 갈색에서 녹색의 다색성을 보임. 대부분 한 방향의 벽개를 잘 나타내며 부분적으로 벽개면이 잘 발달되지 않은 것도 산출됨. 대부분 녹니석이 흑운모의 벽개면을 따라 변질된 양상으로 관찰됨.
⑤ 사장석은 대부분 칼스바드-알바이트 쌍정을 나타내며, 견운모작용에 의해 사장석 내에 세립의 견운모나 백운모가 발달된 것이 관찰되기도 함.
⑥ 녹니석은 대부분 흑운모와 서로 교호하며 흑운모의 벽개면을 따라 배열한 양상을 가지고 있음.
⑦ 백운모는 2차광물로 나타남.
⑧ 방해석은 2차광물로 외부에서 유입된 Ca 성분으로 인해 발달한 것으로 판단됨

현미경 사진



Photomicrograph for sample, PPL, x40



Photomicrograph for sample, XPL, x40

확 인	이학박사	양 주 석	서명

시 험 성 적 서

지/오/메/카/닉/스
KOLAS // Rock Mechanics Laboratories
우200-701 강원도 춘천시 강원대학길1
305 (강원대학교 자연대학3호관)
(TEL: 033 244 9275, FAX: 033 244 9276)

성적서번호 : 2013-029-XRF

KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

1. 의 뢰 자

- 기 관 명 : 대림산업
- 주 소 : -
- 의뢰 일자 : 2013년 03월 25일

2. 시험성적서의 용도

서울 제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

3. 시험대상품목

시추코어 암석

4. 시험기간

2013년 3월 25일~2013년 4월 1일 (8일간)

5. 시험항목 및 방법

X-선 형광 분석 (XRF)

6. 시험환경

온도 : (21 ± 2) ℃ , 상대습도 : (56 ± 5) % R.H.

7. 시험결과

참조1. 시험결과 (XRF)

이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도이외의 사용을 금합니다.

외부 분석기관	기초과학지원연구소 (대구분소)	확인	이학박사 양 주 석 서명

2013년 04월 01일

강원대학교 실험실벤처기업 ㈜지오메카닉스 대표이사 (인)

시 험 결 과
(X-선 형광 분석)

성적서번호 : **2013-029-XRF**

지오메카닉스 GEO MECHANICS KOLAS 인정기관 | 강원대학교 실험실 벤처기업

1. 시험조건 (Test Condition)

시험일자 (Test date) 2013년 3월 25일~2013년 4월 1일 (8일간)

시험기기 (Testing machine) PW2400 X-ray Fluorescence Spectrometer (PHILIPS)

- Software : SUPER-Q
- Acceleration Valtage : 24~40 kV / Current : 50~80 mA

2. 시험결과 (Test Result)

시추공명 Borehole I.D.	시추심도 Depth m	강열감량 Loss on Ignition %	성분 및 함량 Components %						
ATB-7	49.5-49.6	0.6	Al_2O_3	CaO	Cr_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	MgO	MnO
			9.73	1.91	0.01	4.36	2.54	2.20	0.02
			Na_2O	P_2O_5	SiO_2	TiO_2			Total
			4.12	0.02	74.48	0.01			100
NNTB-2	66.0-66.2	1.25	Al_2O_3	CaO	Cr_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	MgO	MnO
			5.13	0.03	0.01	6.07	0.68	4.56	0.02
			Na_2O	P_2O_5	SiO_2	TiO_2			Total
			1.89	0.02	80.32	0.02			100

---------- 이하 여백 (End of Document) ----------

외주 분석기관	기초과학지원연구소 (대구분소)	확인	이학박사 **양 주 석** 서명

7.3 암유용성 시험

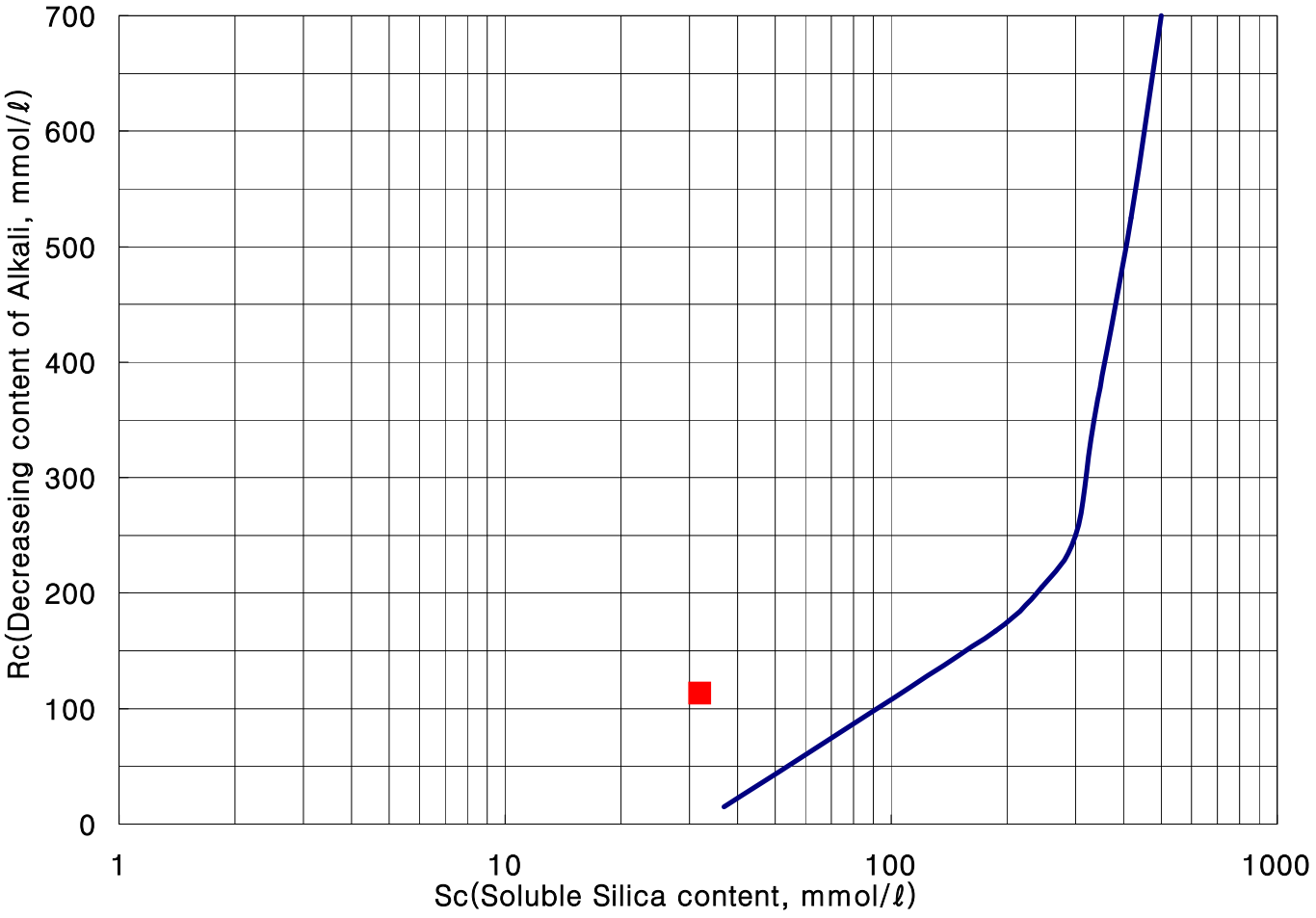
■ Proect : 서울 제물포터널 민간투자사업

sta.	심도(m)	표건밀도(g/㎤)	절건밀도(g/㎤)	흡수율(%)	마모(%)	안정성(%)	알칼리농도감소량:Rc(mmol/ℓ)	용해한실리카:Sc (mmol/ℓ)	비고
NTB-13	69.0-74.7	2.69	2.67	0.85	20.5	4.2	113.3	32.0	
NTB-23	33.0-39.0	2.69	2.67	0.84	19.6	4.4	133.3	31.0	-

POTENTIAL REACTIVITY OF AGGREGATES
(chemical method)

시 료 명 : NTB-13	

Decreaseing content of Alkali(mmol/ℓ)	113.3	Soluble Silica content(mmol/ℓ)		32.0

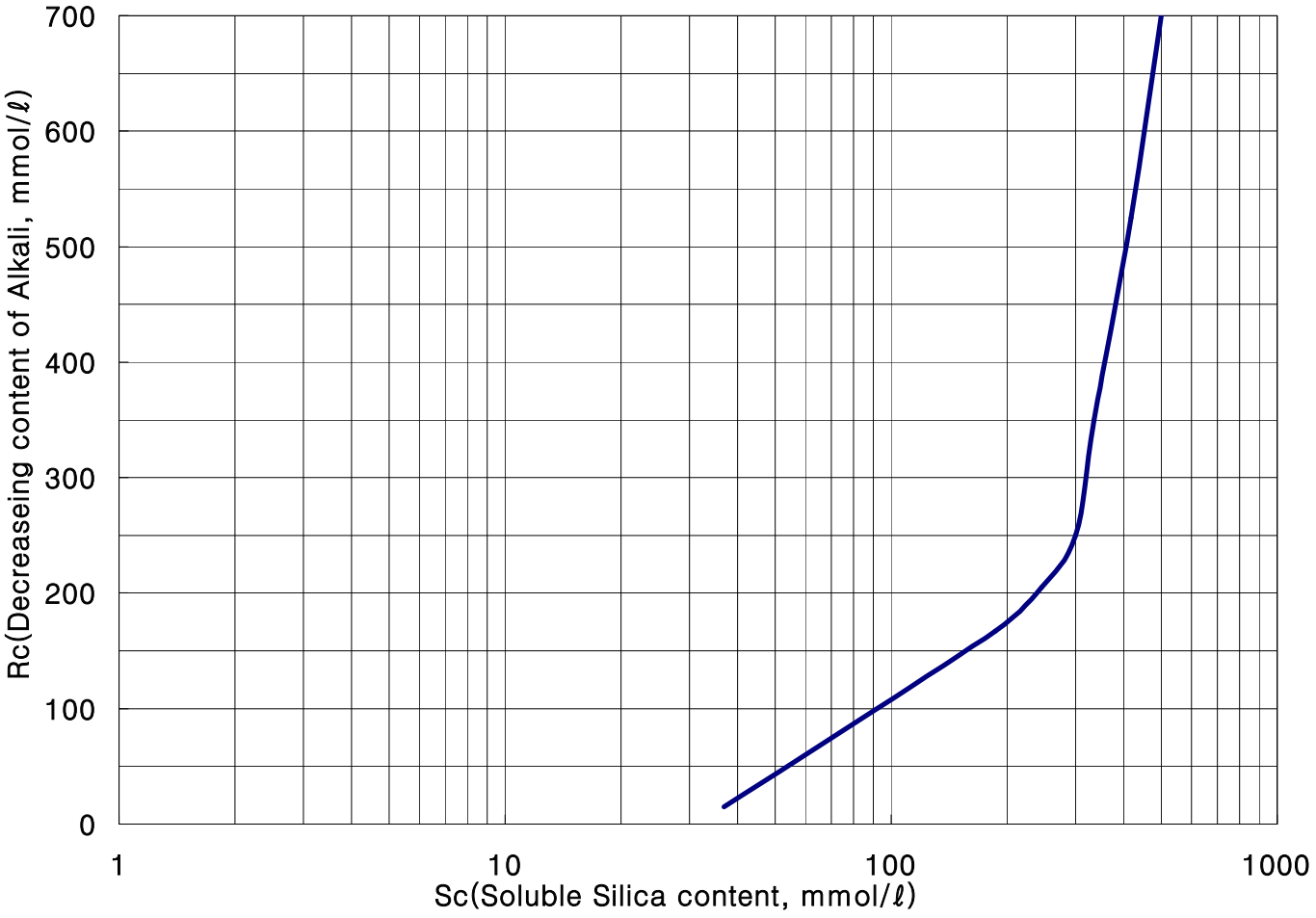


KCQT

POTENTIAL REACTIVITY OF AGGREGATES
(chemical method)

시 료 명 : NTB-23	

Decreaseing content of Alkali(mmol/ℓ)	133.3	Soluble Silica content(mmol/ℓ)		31.0



KCQT

ROCK CORE TEST DATA

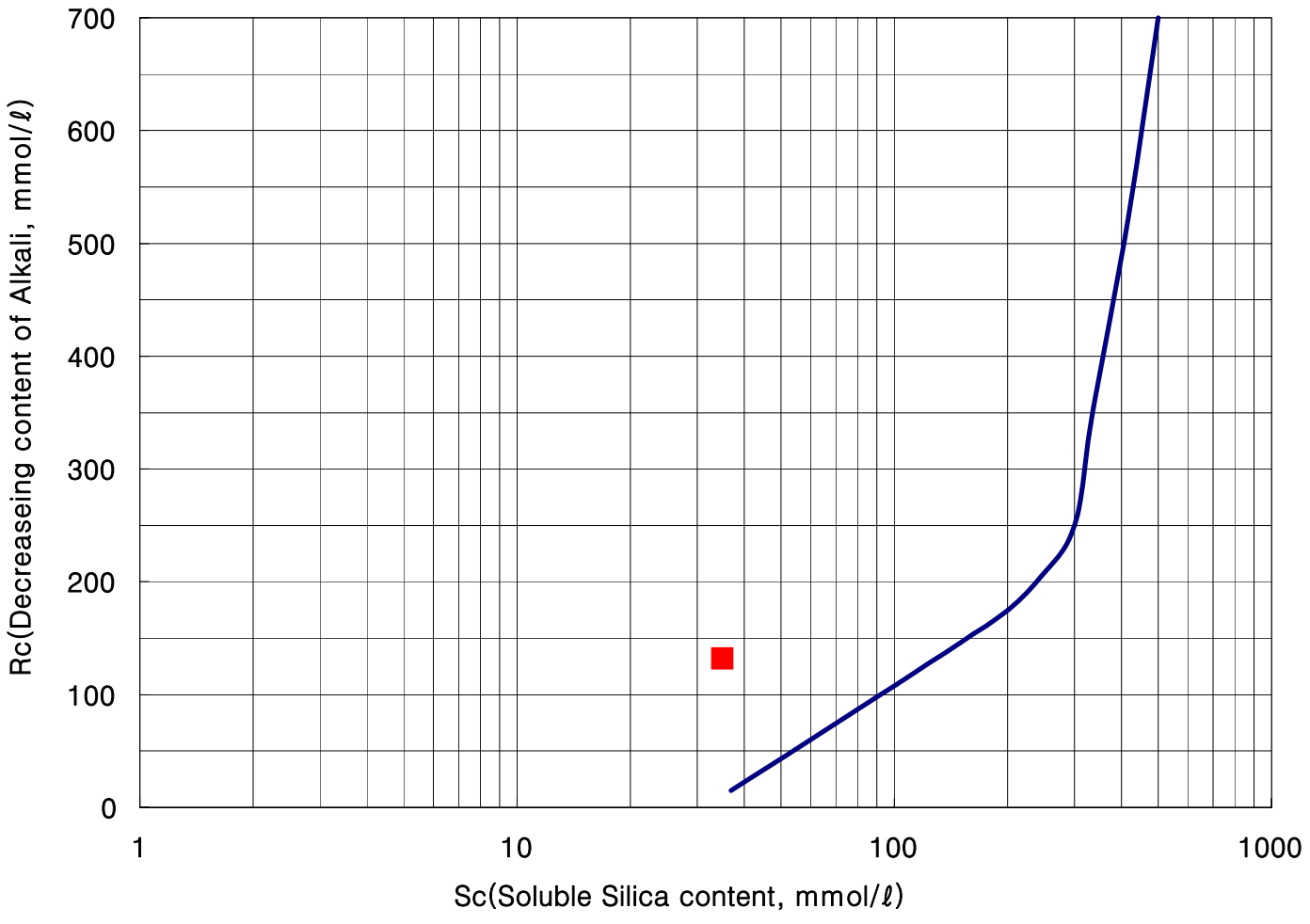
Project : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사

Hole No.	Depth (m)	표건밀도 (g/㎤)	절건밀도 (g/㎤)	흡수율 (%)	마모감량 (B방법) (%)	안정성 (Na_2SO_4) (%)	알칼리농도감소량:Rc(mmol/ℓ)	용해한실리카:Sc(mmol/ℓ)	Note
ATB-6	62.3-67.9	2.69	2.68	0.63	26.2	5.8	131.8	35.1	
ATB-9	57.9-64.4	2.65	2.64	0.51	18.3	4.5	138.9	28.1	
ATB-13	48.6-55.2	2.67	2.65	0.88	23.7	5.2	124.9	31.8	
ATB-18	42.8-48.8	2.62	2.58	1.58	32.8	7.8	108.6	41.4	
NNTB-2	38.7-44.2	2.76	2.75	0.48	15.4	3.9	129.6	18.4	

POTENTIAL REACTIVITY OF AGGREGATES
(chemical method)

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	
시 료 명 : 유용암	시험일자 : 2013.4.
공 번 : ATB-6	심 도 : 62.3 m - 67.9 m

Decreaseing content of Alkali(mmol/ℓ)	131.8	Soluble Silica content(mmol/ℓ)		35.1

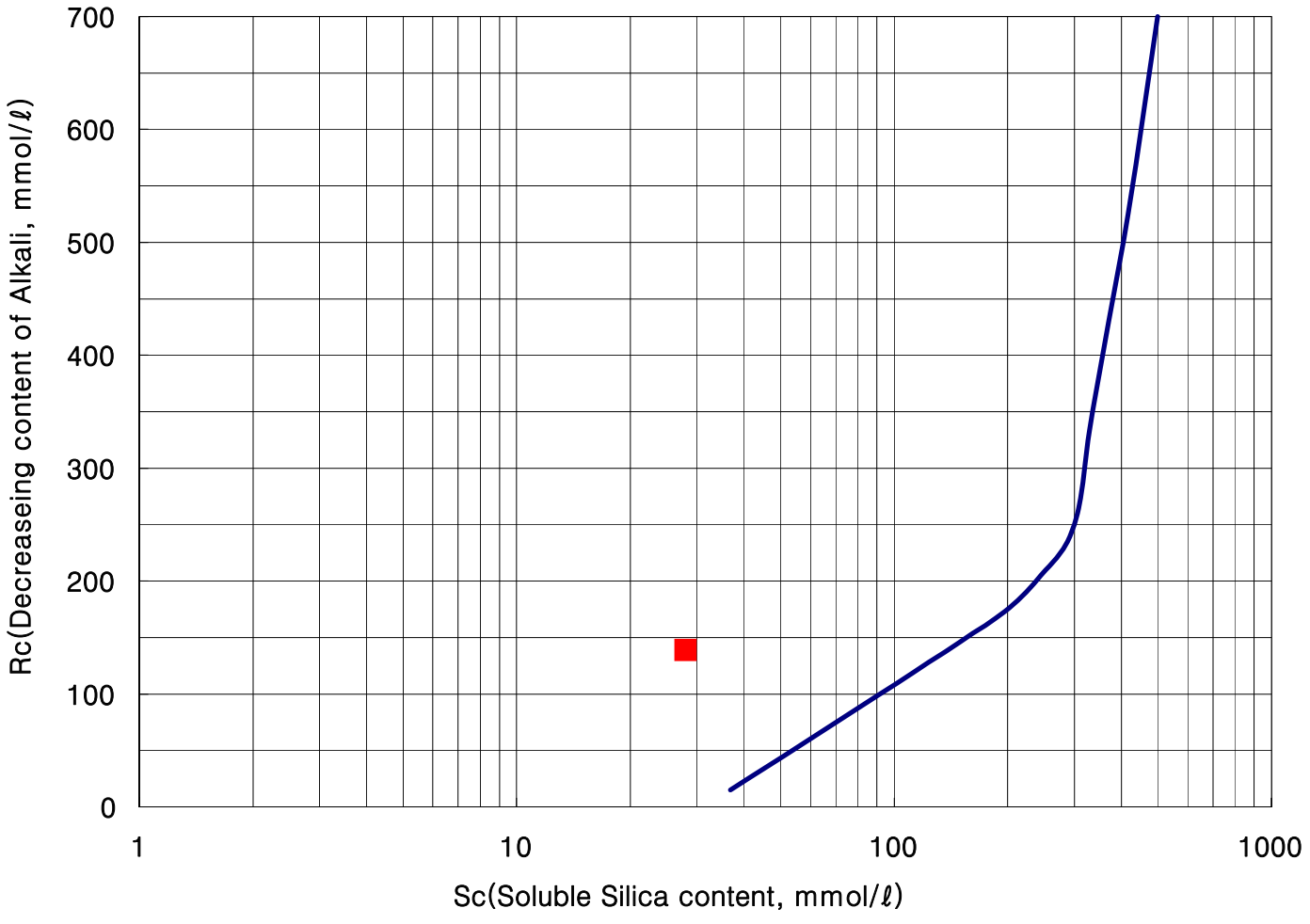


KCQT

POTENTIAL REACTIVITY OF AGGREGATES
(chemical method)

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	
시 료 명 : 유용암	시험일자 : 2013.4.
공 번 : ATB-9	심 도 : 57.9 m - 64.4 m

Decreaseing content of Alkali(mmol/ℓ)	138.9	Soluble Silica content(mmol/ℓ)		28.1

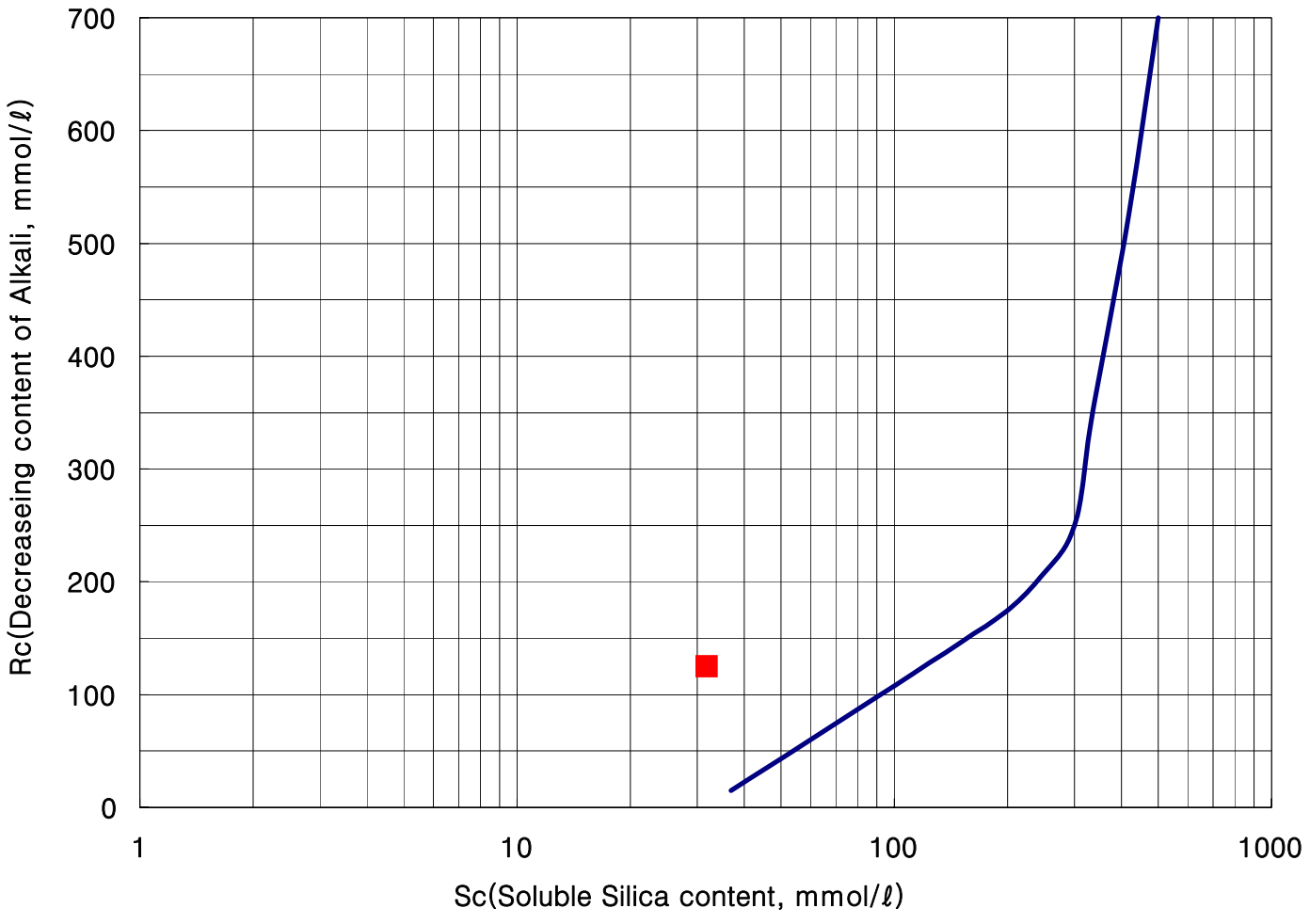


KCQT

POTENTIAL REACTIVITY OF AGGREGATES
(chemical method)

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	
시 료 명 : 유용암	시험일자 : 2013.4.
공 번 : ATB-13	심 도 : 48.6 m - 55.2 m

Decreaseing content of Alkali(mmol/ℓ)	124.9	Soluble Silica content(mmol/ℓ)		31.8

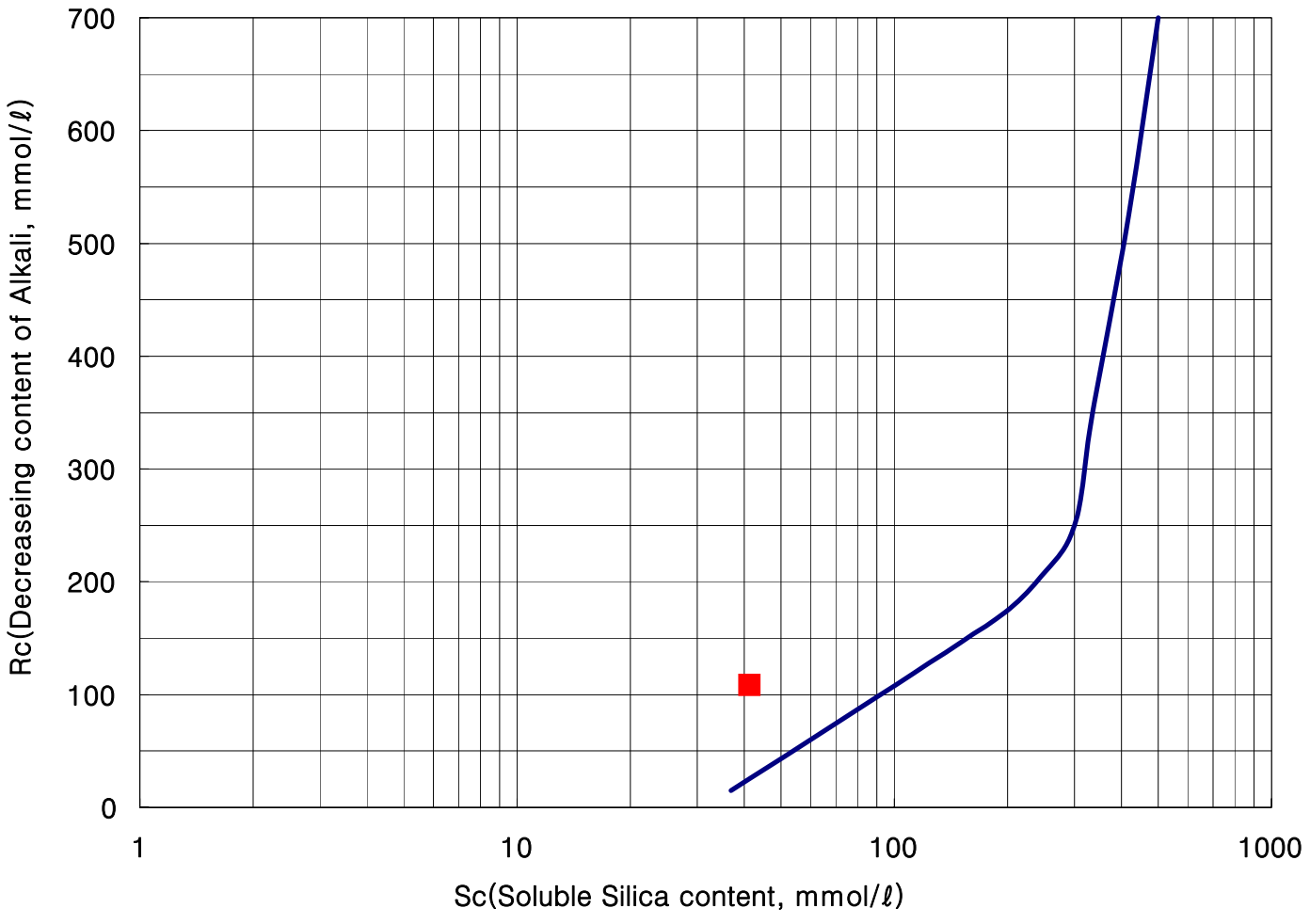


KCQT

POTENTIAL REACTIVITY OF AGGREGATES
(chemical method)

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	
시 료 명 : 유용암	시험일자 : 2013.4.
공 번 : ATB-18	심 도 : 42.8 m - 48.8 m

Decreaseing content of Alkali(mmol/ℓ)	108.6	Soluble Silica content(mmol/ℓ)		41.4

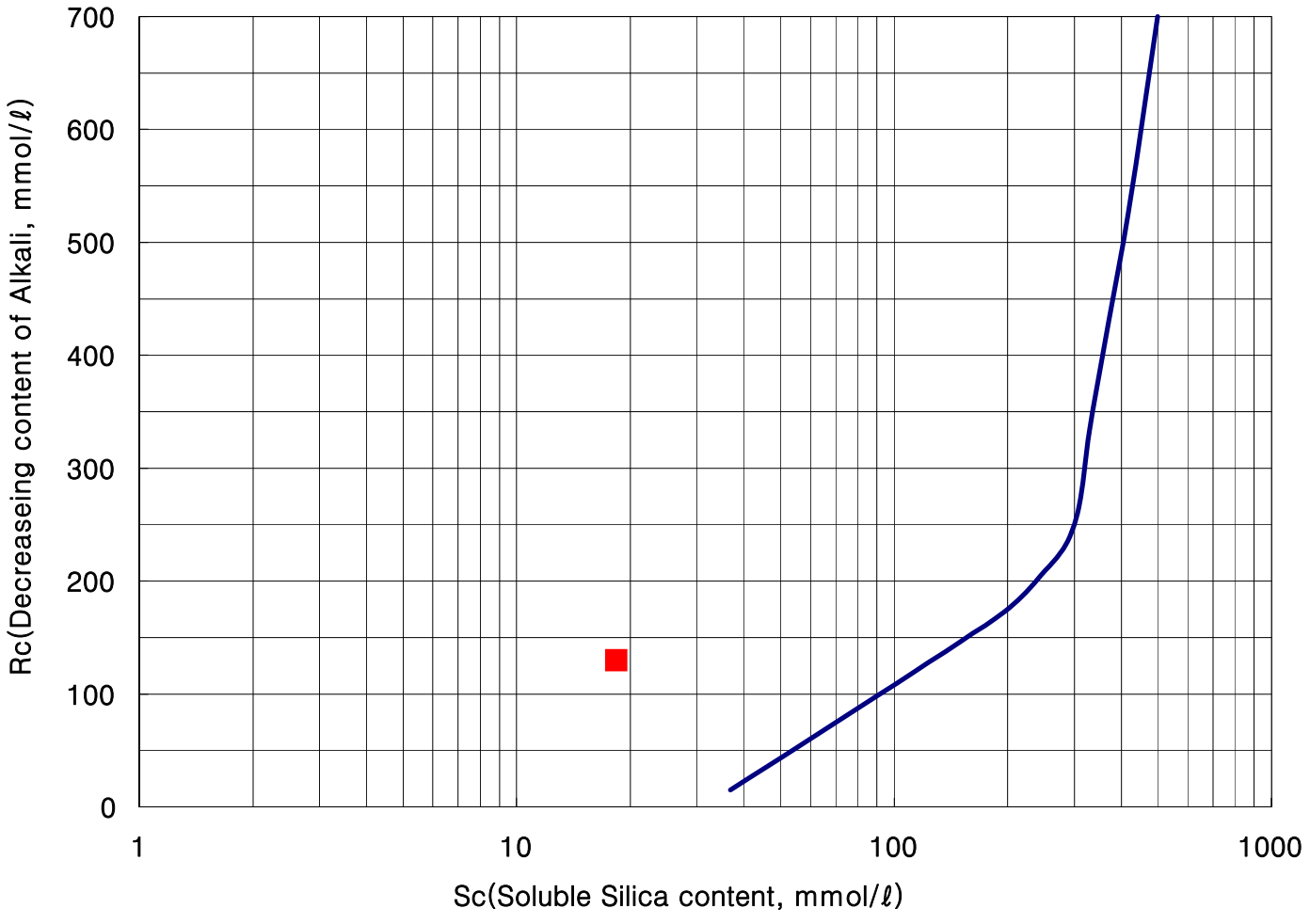


KCQT

POTENTIAL REACTIVITY OF AGGREGATES
(chemical method)

공 사 명 : 서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	
시 료 명 : 유용암	시험일자 : 2013.4.
공 번 : NNTB-2	심 도 : 38.7 m - 44.2 m

Decreaseing content of Alkali(mmol/ℓ)	129.6	Soluble Silica content(mmol/ℓ)		18.4



KCQT

7.4 지반환경 시험

7.4.1 라돈농도 측정

7.4.2 수질 및 토양시험

7.4.1 라돈농도 측정

지하터널 라돈농도 예측을 위한 사전평가 결과표

측 정 결 과

1. 라돈농도 (pCi/ℓ)

측 정 지 점	시 추 공 가 스[1]				지 하 수	토양가스
	상 부		하 부			
	농도	깊이(m)	농도	깊이(m)		
NTB－10	24	2.0	20	8.0	116	235
NTB－13	41	2.0	80	8.0	432	400
NTB－20	35	2.0	29	8.0	111	1,222

1) 시추공가스 라돈농도는 비교목적의 참고자료를 확보하기 위한 것임

2. 라돈방출율 (pCi/kg·hr)

측 정 지 점	토 사 시 료		암 반 시 료	
	방출율	채취지점(m)	방출율	채취지점(m)
NTB－10	0.814	23.0~27.0	0.107	49.0~49.2
NTB－13	0.856	21.0~25.0	0.425	66.7~67.0
NTB－20	0.701	21.0~24.0	0.228	64.5~64.7

평 가 결 과

1. 관련수식

$$C_{Rn}(pCi/L) = \frac{C_1 Q_1 + C_2 Q_2}{\lambda_{Rn} + Q_1 + Q_2} + \frac{E_1 A_1 + E_2 A_2}{V_T\,(\lambda_{Rn} + Q_1 + Q_2)}$$

C_{Rn} : 지하철승강장·터널 라돈농도	V_T : 인접터널 공간부피(ℓ)	C_1 : 외부공기 라돈농도(pCi/ℓ)
C_2 : 인접터널 라돈농도(pCi/ℓ)	Q_1, Q_2 : 환기횟수(h^{-1})	E_1, E_2 : 라돈방출율(pCi/㎡ · hr)

2. 비교자료 (서울시지하철 측정데이터 등 인용)

측 정 구 분		단 위	농도분포	측 정 구 분		단 위	농도분포
라돈농도	지하 터널	pCi/ℓ	1 ~ 20	라돈방출율	옹벽 표면	pCi/㎡·hr	10 ~ 50
	지 하 수	〃	5 ~ 3,000		지 하 수	〃	10 ~ 1,500
	토양 가스	〃	260 ~ 4,000		일반 토사	pCi/kg·hr	0.5 ~ 3.5

3. 평가의견

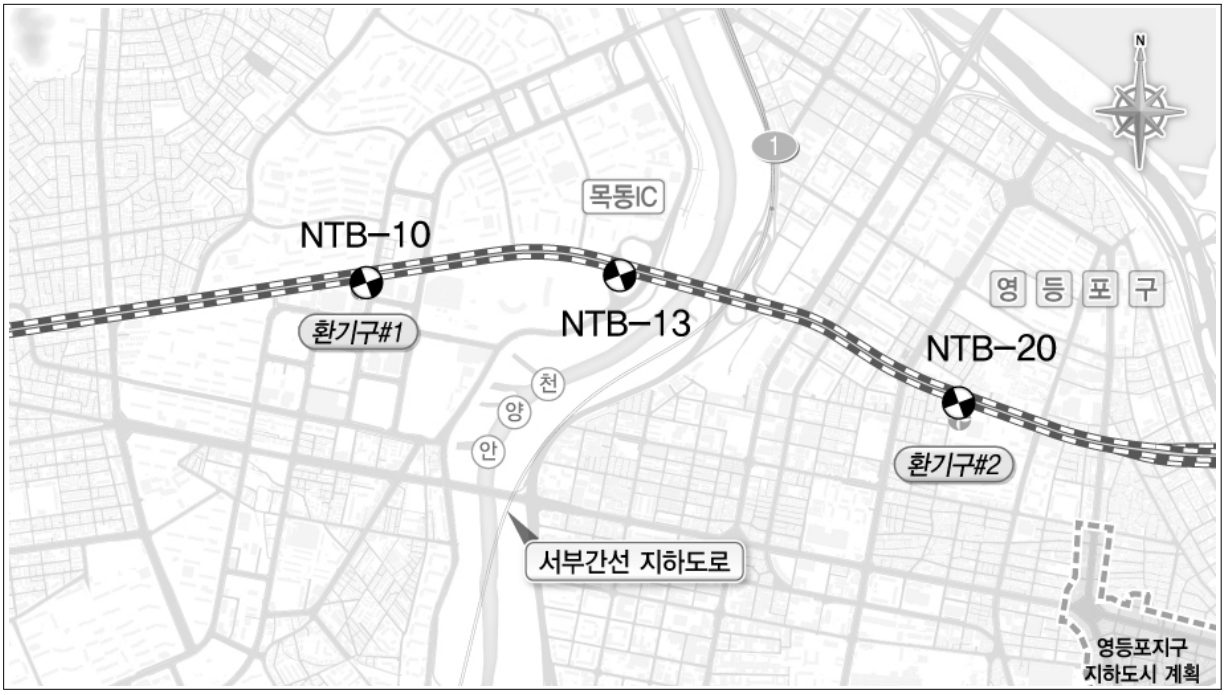
① 측정결과에 의하면 지하터널 완공 후 터널 내부 해당 지점에서의 라돈농도를 결정하는 주요 원인제공자는 토양가스에 존재하는 라돈이 될 것임.

② 시추공 NTB-19 주변 토양가스의 라돈 농도 측정값으로부터 예측한 지하터널 완공 후 해당 지점에서의 라돈농도는 약 8.36pCi/ℓ 가 될 것이며, 0.0083회/hr 이상이 되도록 환기장치를 설치·가동한다면 4pCi/ℓ 이하로 유지할 수 있을 것임.

평가결과 분석자료

□ 조사기간 : 2011. 4. 20 ~ 2011. 5. 2

□ 조사지점



□ 측정방법

1. 알파트랙을 이용한 시추공 내부 및 토양가스 라돈농도 측정

공기 중에 존재하는 라돈의 농도를 측정하기 위한 방법은 다음과 같이 '시간적분측정법', '회분식 측정법' 및 '연속모니터링법'으로 구분할 수 있다.

Table 1. 공기를 측정대상으로 하는 라돈농도 측정법의 비교

구 분	시간적분측정법	회분식측정법	연속모니터링법
측정항목	시간평균라돈농도	라돈 및 라돈자핵종농도	실시간라돈농도
소요시간	1주 내지 1년	약 3시간	매시간
측정장비	α -track	RDA-200	iERMS
	Radtrak		RM-1027
	E-perm		RAD-7
	charcoal canister		PRM-2000

시추공 내부 및 토양가스의 라돈농도 측정에 있어서, '회분식측정법' 또는 '연속모니터링법'은 대기압과 풍속 등 주변 환경변화에 따라 시시각각 변화하는 라돈농도 특성 및 시료채취 중에 시추공 내부로 외부공기의 유입에 따르는 희석효과 등으로 인하여 대표성이 있는 라돈농도 측정값을 얻기가 곤란한 방법에 해당하지만, '시간적분측정법'을 이용하면 평균라돈농도 및 대표성이 있는 측정값을 얻을 수 있다. 본 용역에 사용한 알파트랙에 의한 시추공 내부 및 토양가스의 라돈농도 측정요령을 단계별로 설명하면 다음과 같다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>ⅰ 알파트랙을 실에 연결하여 시추공에 넣는다.</td><td>ⅱ 알파트랙에 연결된 실의 다른 끝 부분을 시추공 위에 고정시킨다.</td><td>ⅲ 밀봉 한 후 약 7일 정도 방치한 다음 수거하여 라돈농도를 분석한다.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Fig 1. 시추공 내부 라돈농도 측정요령</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>ⅰ 약 50cm 깊이로 구덩이를 판다.</td><td>ⅱ 알파트랙을 플라스틱 재질의 일회용 컵 내부에 고정한 후 바닥에 놓는다.</td><td>ⅲ 흙을 덮은 후 약 7일 정도 방치한 다음 수거하여 라돈농도를 분석한다.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Fig 2. 토양가스 라돈농도 측정요령</td></tr>
</table>

일정시간 방치한 후 수거한 알파트랙 내부의 고체비적검출기를 에칭 및 판독한 다음 아래의 환산식에 대입하여 라돈농도를 계산한다.

$$Rn_{air}\ (pCi/L) = K * \frac{T}{D}$$

K : 환산인자

T : 단위면적당 비적수

D : 측정기간

2. 알파트랙을 이용한 지하수 라돈농도 측정

지하수에 녹아있는 라돈의 농도를 측정하기 위해서는 RDA-200(SCINTREX)을 이용한 '기포포집법', 액체섬광계수기(LSC)를 이용한 '액체섬광계수법' 및 간이측정법에 해당하는 '시간적분법' 중에서 선택하여 사용할 수 있으며, 사용이 간편하고 경제적인 알파트랙을 이용한 시간적분법에 의한 측정요령을 단계별로 설명하면 다음과 같다.



ⅰ 시료채취기를 사용하여 시추공 하부에 위치한 지하수를 채취한다.



ⅱ 채취한 일정량의 지하수를 용기에 붓는다.



ⅲ 밀봉한 후 25℃ 온도에서 약 7일 정도 방치한 다음 라돈농도를 분석한다.

Fig 3. 지하수 라돈농도 측정요령

용기 내부의 라돈농도(Rn_{air})를 다음의 환산식에 대입하여 수중 라돈농도(Rn_{water})로 환산한다.

$$Rn_{water}\ (pCi/L) = Rn_{air} * (\frac{V_a}{V_w} + 0.2593)$$

V_a : 용기부피-물의부피

V_w : 물의부피

3. 라돈방출율 측정

토사 및 암반시료에서의 라돈방출율은 챔버법(THREE CHAMBER)을 이용하여 측정하며, 챔버의 구조와 시료의 형태 및 측정값으로부터 라돈방출율을 계산하기 위한 환산식은 다음과 같다.



라돈방출율 측정에 사용한 챔버



시추공에서 채취한 암반시료



시추공에서 채취한 토사시료

Fig 4. 챔버의 구조 및 시료의 형태

$$E(pCi/kg.hr) = \frac{C_{Rn}}{W} * N * V$$

E : 단위질량당 라돈방출율

C_{Rn} : 평형시점에서의 라돈농도(pCi/ℓ)

W : 시료량(kg)

N : 라돈붕괴상수(hr^{-1})

V : 챔버부피(ℓ)

위 식에서, 시료의 양(kg)을 시료의 표면적(㎡)으로 치환하면 단위면적당 라돈방출율(pCi/㎡·hr)을 계산할 수 있다.

□ 측정결과도

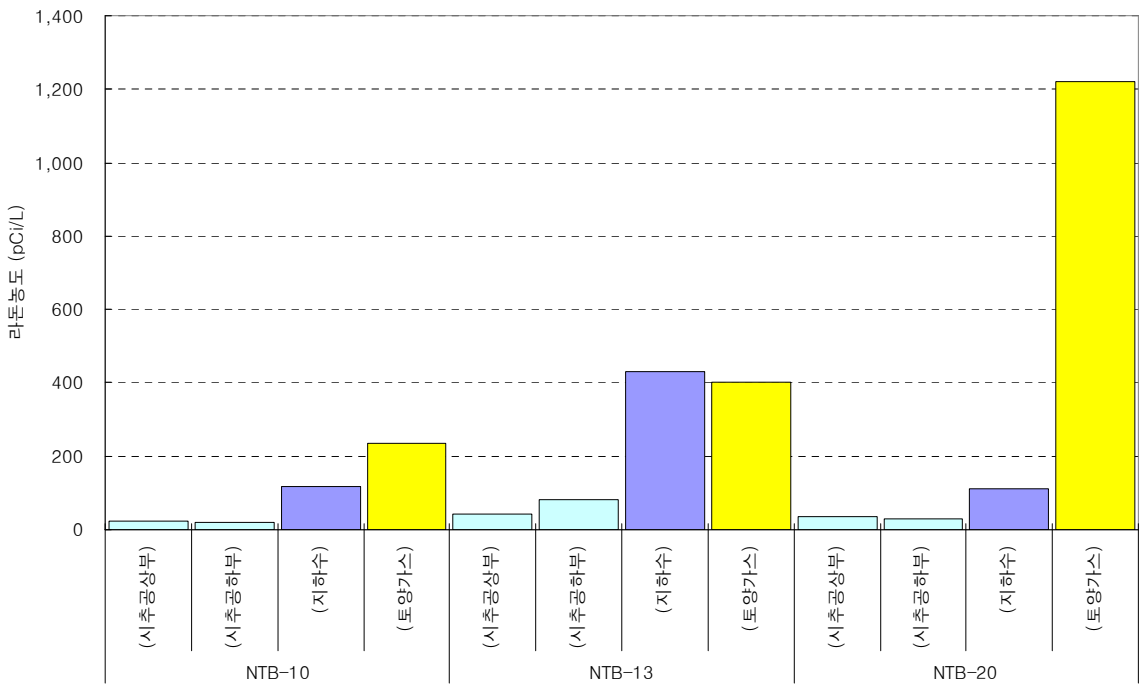


Fig 5. 시추공가스, 지하수 및 토양가스의 라돈농도 측정결과도

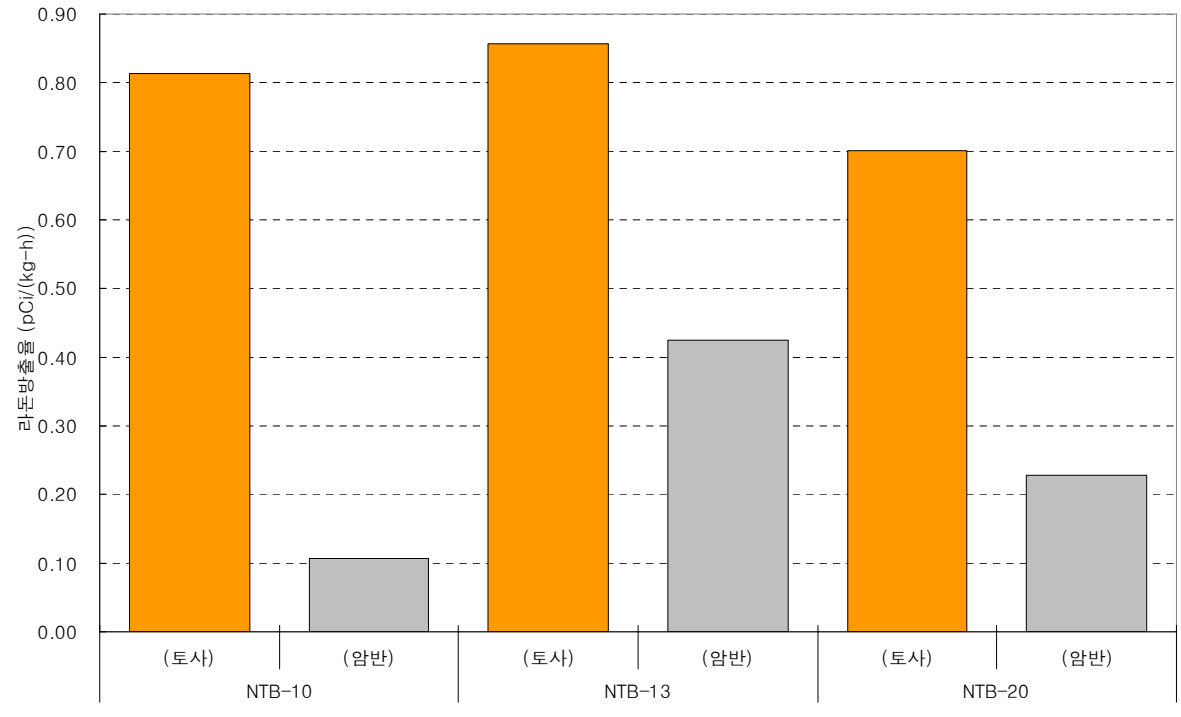


Fig 6. 시추공 토사 및 지하암반으로부터의 라돈방출율 측정결과도

ㅁ 결과분석

1. 본 조사구간 시추공에서 채취한 토사시료에서의 라돈방출율은 최대 0.86pCi/kg·hr 최소 0.70pCi/kg·hr의 분포를 나타냈으며, 최댓값을 보인 'NTB-11' 지점에서의 터널내부 라돈농도 예측결과는 약 3.79pCi/ℓ 로써 관리기준치 이하임.
2. 암반으로부터의 라돈방출율은 최대 0.43pCi/kg·hr 최소 0.11pCi/kg·hr의 분포를 나타냈으며, 최댓값을 보인 'NTB-11' 지점에서의 터널내부 라돈농도 예측치는 약 1.88pCi/ℓ 로써 관리기준치 이하임.
3. 토양가스의 라돈농도는 최대 1,222pCi/ℓ 최소 235pCi/ℓ 의 분포를 나타냈으며, 최댓값을 보인 'NTB-19' 지점에서의 터널내부 라돈농도 예측치는 약 8.36pCi/ℓ 로써 관리기준치를 약 2.1배 초과하는 값이지만 시간당 약 0.0083회 이상의 환기를 유지할 수 있다면 관리기준치 이하로 낮출 수 있을 것임.
4. 시추공에서 채취한 지하수의 라돈농도는 최대 432pCi/ℓ 최소 111pCi/ℓ 였으며, 다른 지역에 비해 높지 않은 것으로 확인되었으므로 지하수 유입에 따르는 터널내부 라돈 증가는 고려하지 않아도 될 것임.
5. 본 보고서에서의 라돈농도 예측결과는 옹벽에 의한 라돈차단효과를 무시하고 지름 10m의 터널이라고 가정한 상태에서 계산한 값으로써, 설계완료 후 상세규격 및 시공 상태에 따라 실제 값은 다소 차이가 있을 수 있음.

※ '다중이용시설 등의 실내공기질관리법' (법률 제10312호)에서 정한 실내공기질 권고기준인 4pCi/ℓ 를 관리기준치로 설정하였음. 국외의 일부국가에서 산발적으로 사용하고 있는 토양가스 및 지하수에 대한 라돈농도 관리권고치는 각각 지상의 건축물 및 식수를 대상으로 한 것이므로 본 용역의 목적에 적합하지 않는 수치라고 할 수 있음.

□ 가상의 지하구조물에서의 라돈농도 예측을 위해 인용된 수식에 대한 보충설명

$$C_{Rn}(pCi/L) = \frac{C_1 Q_1 + C_2 Q_2}{\lambda_{Rn} + Q_1 + Q_2} + \frac{E_1 A_1 + E_2 A_2}{V_T (\lambda_{Rn} + Q_1 + Q_2)}$$

본 보고서에서 인용한 위 식은 지하철 승강장·터널에서의 라돈농도를 예측하기 위한 것이며, C_1과 Q_1은 환기장치 가동을 통하여 지하철 승강장으로 유입되는 외부공기의 라돈농도(pCi/ℓ) 및 환기횟수(h^{-1}), C_2와 Q_2는 지하철의 왕복으로 인하여 지하철 승강장으로 유입되는 지하터널 내부 공기의 라돈농도(pCi/ℓ) 및 공기 유동으로 인한 환기 효과를 환기횟수(hr^{-1})로 표현한 것이며, E_1과 A_1은 승강장 또는 승강장과 승강장을 연결하고 있는 지하터널 내부의 '옹벽'으로부터 방출되는 단위면적당 라돈방출율(pCi/㎡ · hr) 및 해당되는 '옹벽'의 표면적(㎡), E_2와 A_2는 승강장 또는 승강장과 승강장을 연결하고 있는 지하터널 내부 집수로의 '지하수' 표면으로부터의 단위면적당 라돈방출율(pCi/㎡ · hr) 및 해당되는 '지하수'의 집수로 표면적(㎡), V_T는 승강장 또는 승강장과 승강장을 연결하고 있는 지하터널 내부의 공간부피(ℓ), 그리고 λ_{Rn}은 라돈의 붕괴상수(hr^{-1})에 해당한다.

□ 측정결과로부터 유도한 준공 예정의 지하터널 해당 지점에 대한 라돈농도 예측치

(단위: pCi/ℓ)

지 점	라돈방출율로부터예측한값		라돈농도로부터예측한값
	암반시료	토사시료	토양가스
NTB-07	0.47	3.61	1.67
NTB-11	1.88	3.79	2.74
NTB-19	1.01	3.11	8.36

지하터널 라돈농도 예측을 위한 사전평가 결과표

측 정 결 과

1. 라돈농도 (pCi/ℓ)

측 정 지 점	시 추 공 가 스[1]				지 하 수	토양가스
	상 부		하 부			
	농도	깊이(m)	농도	깊이(m)		
NNTB-02	12.9	1	17.7	10	58	108
ATB-07	9.34	1	17.7	4	58	361
ATB-19	35.5	1	45.1	10	22	738

1) 시추공가스 라돈농도는 비교목적의 참고자료를 확보하기 위한 것임

2. 라돈방출율 (pCi/kg·hr)

측 정 지 점	토 사 시 료		암 반 시 료	
	방출율	채취지점(m)	방출율	채취지점(m)
NNTB-02	0.987	8~12	0.019	19.3~19.5
ATB-07	0.749	20~24	0.008	26.7~26.9
ATB-19	0.744	26~30	0.118	39.7~40.0

평 가 결 과

1. 관련수식

$$C_B = \frac{1{,}000 * V_t * C_o * Q_a + A_t * (k_1 * E_r * r + k_2 * E_s * s) + k_3 * 1{,}000 * C_w * Q_w}{V_t * (\lambda_{Rn} + Q_a) * 1{,}000}$$

C_B : 터널농도(pCi/ℓ)	V_t : 터널부피(m^3)	C_o : 외기 농도(pCi/ℓ)	Q_a : 환기량(h^{-1})
A_t : 터널내부면적(m^2)	E_r, E_s : 라돈방출율	C_w : 지하수 농도(pCi/ℓ)	Q_w : 지하수유입량(m^3/h)

2. 비교자료 (서울시지하철 측정데이터 등 인용)

측 정 구 분		단 위	농도분포	측 정 구 분		단 위	농도분포
라돈농도	지하 터널	pCi/ℓ	1 ~ 20	라돈방출율	옹벽 표면	pCi/m^2·hr	10 ~ 50
	지 하 수	〃	5 ~ 3,000		지 하 수	〃	10 ~ 1,500
	토양 가스	〃	260 ~ 4,000		일반 토사	pCi/kg·hr	0.5 ~ 3.5

3. 평가의견

① 조사구간 터널갱구부의 경우 라돈농도를 결정하는 주요 원인제공자는 토사시료로부터의 라돈방출율과 토양가스에 존재하는 라돈이지만, 크게 우려하지 않아도 될 수준이라고 평가됨.

② 암반시료의 라돈방출율은 매우 낮으므로 지하터널 완공 후 터널 내부가 대부분 암반구간에 위치한다면 조사구간 터널갱부의 라돈 농도는 관리기준치 이하가 될 것임.

③ NNTB-02에서 출토된 토사를 지하터널 내부의 시공재료로 이용할 경우 해당 구간의 라돈농도는 5.26pCi/ℓ로 예측되어 관리기준치를 약간 상회할 수 있지만 전 구간에서 채취한 암반시료의 라돈방출율은 매우 낮으므로 토사적용면적을 75% 이내로 제한한다면 별도의 환기장치 가동 없이 터널 내부의 라돈농도를 관리기준치 이하로 유지할 수 있을 것임.

2013년 3월 25일 방사선관리기술사 박 영 웅 인

평가결과 분석자료

□ 조사기간 : 2013. 3. 8 ~ 2013. 3. 25

□ 조사지점



□ 측정방법

1. 알파트랙을 이용한 시추공 내부 및 토양가스 라돈농도 측정

공기 중에 존재하는 라돈의 농도를 측정하기 위한 방법은 다음과 같이 '시간적분측정법', '회분식측정법' 및 '연속모니터링법'으로 구분할 수 있다.

Table 1. 공기를 측정대상으로 하는 라돈농도 측정법의 비교

구 분	시간적분측정법	회분식측정법	연속모니터링법
측정항목	시간평균라돈농도	라돈 및 라돈자핵종농도	실시간라돈농도
소요시간	1주 내지 1년	약 3시간	매시간
측정장비	α-track	RDA-200	iERMS
	Radtrak		RM-1027
	E-perm		RAD-7
	charcoal canister		PRM-2000

시추공 내부 및 토양가스의 라돈농도 측정에 있어서, '회분식측정법' 또는 '연속모니터링법'은 대기압과 풍속 등 주변 환경변화에 따라 시시각각 변화하는 라돈농도 특성 및 시료채취 중

에 시추공 내부로 외부공기의 유입에 따르는 희석효과 등으로 인하여 대표성이 있는 라돈농도 측정값을 얻기가 곤란한 방법에 해당하지만, '시간적분측정법'을 이용하면 평균라돈농도 및 대표성이 있는 측정값을 얻을 수 있다. 본 용역에 사용한 알파트랙에 의한 시추공 내부 및 토양가스의 라돈농도 측정요령을 단계별로 설명하면 다음과 같다.

		
i 알파트랙을 실에 연결하여 시추공에 넣는다.	ii알파트랙에 연결된 실의 다른 끝 부분을 시추공 위에 고정시킨다.	iii밀봉 한 후 약 7일 정도 방치한 다음 수거하여 라돈농도를 분석한다.

Fig 1. 시추공 내부 라돈농도 측정요령

		
i 약 50cm 깊이로 구덩이를 판다.	ii알파트랙을 플라스틱 재질의 일회용 컵 내부에 고정한 후 바닥에 놓는다.	iii흙을 덮은 후 약 7일 정도 방치한 다음 수거하여 라돈농도를 분석한다.

Fig 2. 토양가스 라돈농도 측정요령

일정시간 방치한 후 수거한 알파트랙 내부의 고체비적검출기를 에칭 및 판독한 다음 아래의 환산식에 대입하여 라돈농도를 계산한다.

$$Rn_{air}\ (pCi/L) = K * \frac{T}{D}$$

K: 환산인자

T: 단위면적당 비적수

D: 측정기간

2. 알파트랙을 이용한 지하수 라돈농도 측정

지하수에 녹아있는 라돈의 농도를 측정하기 위해서는 RDA-200(SCINTREX)을 이용한 '기포포집법', 액체섬광계수기(LSC)를 이용한 '액체섬광계수법' 및 간이측정법에 해당하는 '시간적분법' 중에서 선택하여 사용할 수 있으며, 사용이 간편하고 경제적인 알파트랙을 이용한 시간적분법에 의한 측정요령을 단계별로 설명하면 다음과 같다.



i 시료채취기를 사용하여 시추공 하부에 위치한 지하수를 채취한다.



ii채취한 일정량의 지하수를 용기에 붓는다.



iii밀봉한 후 25℃ 온도에서 약 7일 정도 방치한 다음 라돈농도를 분석한다.

Fig 3. 지하수 라돈농도 측정요령

용기 내부의 라돈농도(Rn_{air})를 다음의 환산식에 대입하여 수중 라돈농도(Rn_{water})로 환산한다.

$$Rn_{water}\ (pCi/L) = Rn_{air} * (\frac{V_a}{V_w} + 0.2593)$$

V_a : 용기부피-물의부피

V_w : 물의부피

3. 라돈방출율 측정

토사 및 암반시료에서의 라돈방출율은 챔버법(THREE CHAMBER)을 이용하여 측정하며, 챔버의 구조와 시료의 형태 및 측정값으로부터 라돈방출율을 계산하기 위한 환산식은 다음과 같다.



라돈방출율 측정에 사용한 챔버



시추공에서 채취한 암반시료



시추공에서 채취한 토사시료

Fig 4. 챔버의 구조 및 시료의 형태

$$E(pCi/kg.hr) = \frac{C_{Rn}}{W} * N * V$$

E: 단위질량당 라돈방출율

C_{Rn} : 평형시점에서의 라돈농도(pCi/ℓ)

W: 시료량(kg)

N: 라돈붕괴상수(hr^{-1})

V: 챔버부피(ℓ)

위 식에서, 시료의 양(kg)을 시료의 표면적(㎡)으로 치환하면 단위면적당 라돈방출율(pCi/㎡·hr)을 계산할 수 있다.

□ 측정결과도

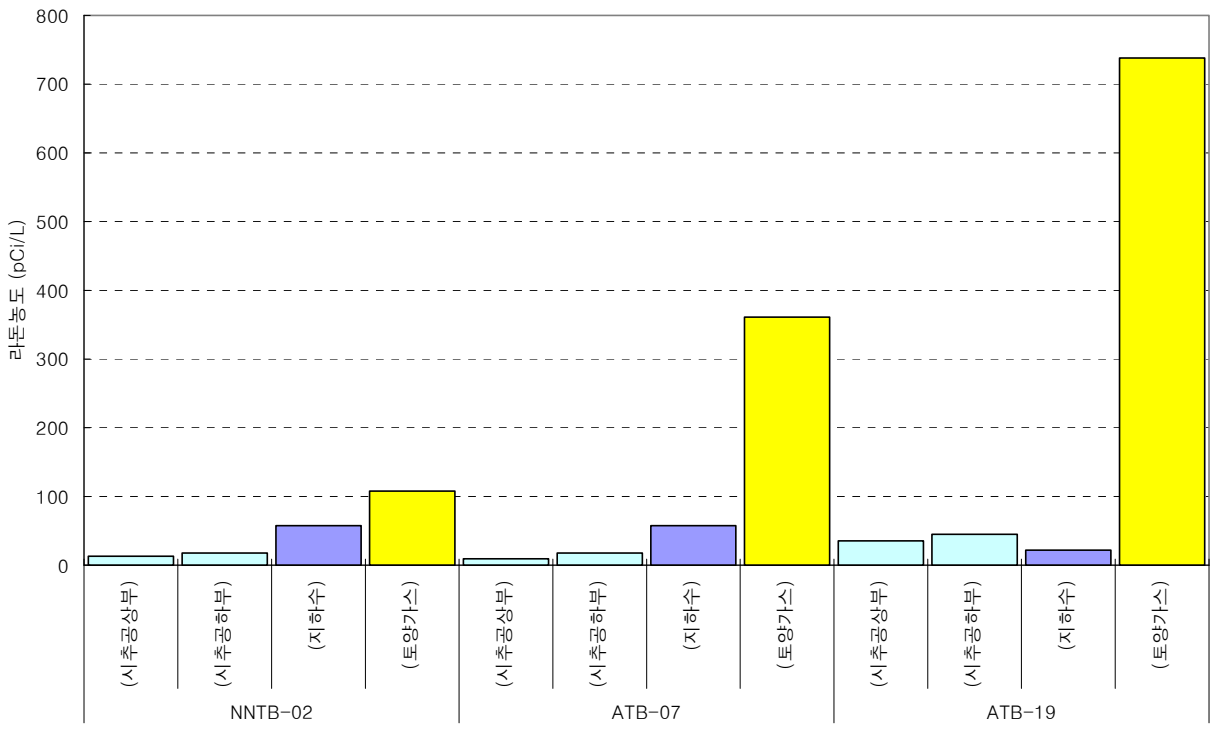


Fig 5. 시추공가스, 지하수 및 토양가스의 라돈농도 측정결과도

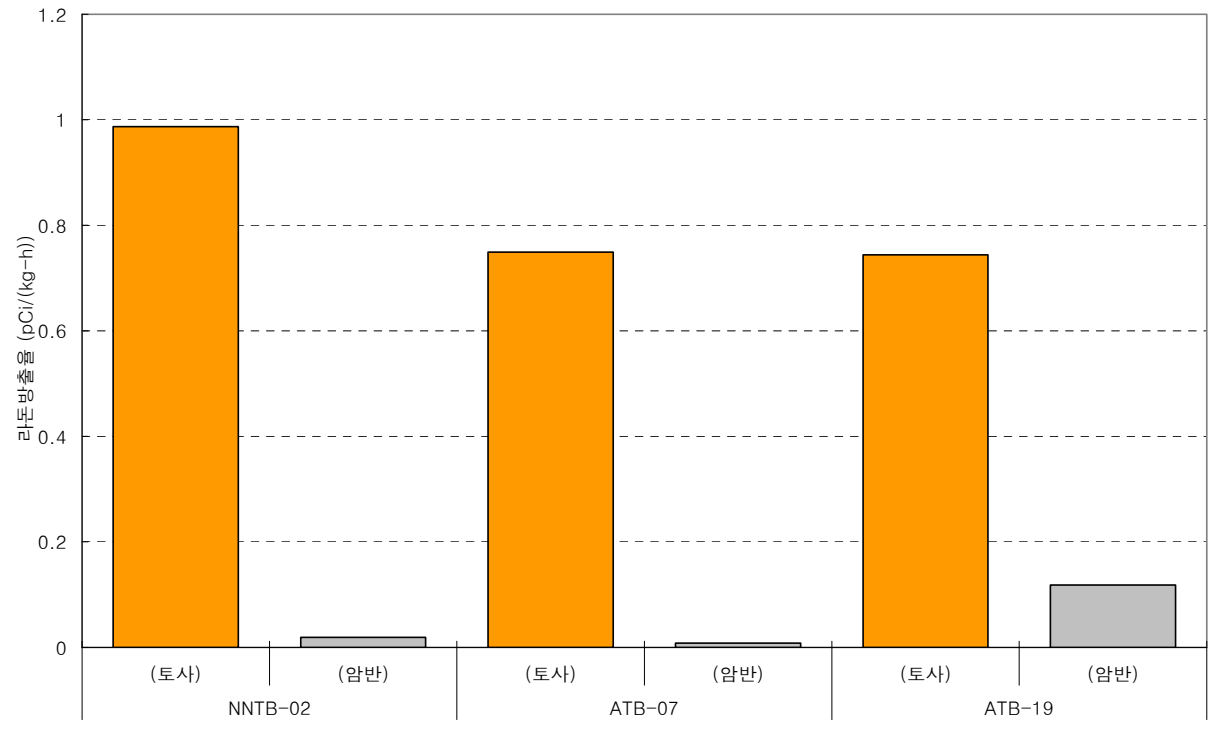


Fig 6. 시추공 토사 및 지하암반으로부터의 라돈방출율 측정결과도

□ 결과분석

1. 조사구간에서 채취한 토사시료에서의 라돈방출율은 최대 0.987pCi/kg·hr 최소 0.744pCi/kg·hr의 분포를 나타냈으며, 최댓값을 보인 'NNTB-02' 지점에서의 터널내부 라돈농도 예측치는 약 5.26pCi/ℓ로써 관리기준치 4pCi/ℓ를 약 1.32배 초과하는 값에 해당하지만 시간당 약 0.0026회 정도 환기가 이루어진다면 관리기준치 이하가 될 것임.
2. 토양가스의 라돈농도는 최대 738pCi/ℓ 최소 108pCi/ℓ의 분포를 나타냈으며, 최댓값을 보인 'ATB-19' 지점에서의 터널내부 라돈농도 예측치는 약 5.05pCi/ℓ로써 관리기준치를 약 1.2배 초과하는 값에 해당함.
3. 암반으로부터의 라돈방출율은 최대 0.118pCi/kg·hr 최소 0.008pCi/kg·hr의 분포를 나타냈으며, 지하터널 내면이 암반으로만 구성될 경우 최댓값을 보인 'ATB-19' 지점에서의 터널내부 라돈농도 예측치는 약 0.41pCi/ℓ로써 관리기준치 이하임.
4. 시추공에서 채취한 지하수의 라돈농도는 최대 58pCi/ℓ 최소 22pCi/ℓ로 매우 낮은 농도에 해당하므로, 지하수 유입에 따르는 터널내부 라돈 증가는 고려하지 않아도 될 것임.
5. 본 보고서에서의 라돈농도 예측결과는 옹벽에 의한 라돈차단효과를 무시하고 지름 10m의 터널이라고 가정한 상태에서 계산한 값으로써, 설계완료 후 상세규격 및 시공 상태에 따라 실제 값은 다소 차이가 있을 수 있음.

※ '다중이용시설 등의 실내공기질관리법' (법률 제10312호)에서 정한 실내공기질 권고기준인 4pCi/ℓ를 관리기준치로 설정하였음. 국외의 일부국가에서 산발적으로 사용하고 있는 토양가스 및 지하수에 대한 라돈농도 관리권고치는 각각 지상의 건축물 및 식수를 대상으로 한 것이므로 본 용역의 목적에 적합하지 않는 수치라고 할 수 있음.

□ 건설 예정 지하구조물에서의 라돈농도 예측을 위해 인용된 수식에 대한 보충설명

$$C_B = \frac{1{,}000 * V_t * C_o * Q_a + A_t * (k_1 * E_r * r + k_2 * E_s * s) + k_3 * 1{,}000 * C_w * Q_w}{V_t * (\lambda_{Rn} + Q_a) * 1{,}000}$$

본 보고서에서 인용한 위 식은 시추공에서 채취한 시료를 활용하여 건설 예정인 지하구조물의 라돈 농도를 미리 예측하기 위한 것이며, C_B는 건설 예정인 지하구조물에서의 유도라돈농도(pCi/ℓ), V_t는 지하구조물의 내부용적(㎥), C_o는 환기장치 가동시 외부로부터 유입되는 공기의 라돈 농도(pCi/ℓ), Q_a는 환기량(회/h), A_t는 지하구조물의 내부면적(㎡), E_r 및 E_s는 각각 시추공에서 채취한 암반시료 및 토사시료로부터의 라돈방출률(pCi/kg·hr or pCi/㎡·hr), r과 s는 각각 지하구조물의 내부면적에서 암반과 토사가 차지하는 면적 비, C_w는 지하수의 라돈농도(pCi/ℓ), Q_w는 건설 예정인 지하구조물 내부로 들어오는 단위시간당 지하수 유입량(㎥/h), λ_{Rn}은 라돈의 붕괴상수(h-1)에 해당한다.

□ 측정결과로부터 유도한 준공 예정의 지하터널 해당 지점에 대한 라돈농도 예측치

(단위: pCi/ℓ)

지 점	라돈방출율로부터예측한값		라돈농도로부터예측한값
	암반시료	토사시료	토양가스
NNTB-02	0.07	5.26	0.74
ATB-07	0.03	3.99	2.47
ATB-19	0.41	3.96	5.05

라돈측정 현장 및 시료 사진

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>시추공가스 NNTB-02</td><td>토양가스 NNTB-02</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>암반시료 NNTB-02</td><td>토사시료 NNTB-02</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>시추공가스 ATB-07</td><td>토양가스 ATB-07</td></tr>
</table>

Continued..

<table>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>암반시료 ATB-07</td><td>토사시료 ATB-07</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>시추공가스 ATB-19</td><td>토양가스 ATB-19</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>암반시료 ATB-19</td><td>토사시료 ATB-19</td></tr>
</table>

7.4.2 수질 및 토양시험

시 험 성 적 서

(주) 산업공해연구소
서울시 금천구 가산동 345-30 남성프라자 (에이스 9차) 10층
Tel : 02-2026-1250 Fax :02-2026-1268
http://www.iipc.co.kr

성적서번호: 711040808

1. 의 뢰 자

O 기 관 명: (주)쓰리텍

O 주 소: 서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업

O 의뢰일자: 2011. 04. 08.

2. 시료 종류 및 채취 구분: 수질 (□분석기관, □방문, □우편, ■인계)

3. 시료명: NTB-20

4. 시험기간: 2011. 04. 08. ~ 2011. 04. 19.

5. 시험환경

o 온도 (25 ± 2) ℃ , 상대습도 : (35 ± 2) % R.H.

6. 시험결과

수 : 수질오염공정시험기준, 먹 : 먹는물수질공정시험기준

시 험 항 목	단 위	시 험 결 과	시 험 방 법
수소이온농도	-	6.2	수 제4장 3항
마그네슘	mg/L	9.746	ICP
황산이온	mg/L	97	먹 ES 05356.1
질산성질소	mg/L	1.9	수 제4장 13항
염소이온	mg/L	27	수 제4장 10항
카드뮴	mg/L	불검출	수 제4장 26항-3
비소	mg/L	불검출	수 제4장 29항-3
시안	mg/L	불검출	수 제4장 10항
수은	mg/L	불검출	수 제4장 33항-1
유기인	mg/L	불검출	수 제4장 35항
페놀	mg/L	불검출	수 제4장 19항
납	mg/L	불검출	수 제4장 27항-3
6가크롬	mg/L	불검출	수 제4장 23항-3

확 인	시험자 성 명 : 한 상 신 서 은 주	기술책임자 성 명 : 송 찬 희

1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 시험성적서 재발급 신청은 기술책임자의 승인 후 가능하며 발급 수수료가 있습니다.
3. 본 성적서는 참고용 이외의 경우에는 사용할 수 없습니다.

2011. 04. 19.

(주) 산 업 공 해 연 구 소 대표이사 (인)

시 험 성 적 서

(주) 산업공해연구소
서울시 금천구 가산동 345-30 남성프라자 (에이스 9차) 10층
Tel : 02-2026-1250 Fax :02-2026-1268
http://www.iipc.co.kr

성적서번호: 711040808

1. 의 뢰 자

O 기 관 명: (주)쓰리텍

O 주 소: 서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업

O 의뢰일자: 2011. 04. 08.

2. 시료 종류 및 채취 구분: 수질 (□분석기관, □방문, □우편, ■인계)

3. 시료명: NTB-20

4. 시험기간: 2011. 04. 08. ~ 2011. 04. 19.

5. 시험환경

o 온도 (25 ± 2) ℃ , 상대습도 : (35 ± 2) % R.H.

6. 시험결과

수 : 수질오염공정시험기준

시 험 항 목	단 위	시 험 결 과	시 험 방 법
트리클로로에틸렌	mg/L	불검출	수 제4장 38항-1
테트라클로로에틸렌	mg/L	불검출	수 제4장 38항-1
1,1,1-트리클로로에탄	mg/L	불검출	수 제4장 38항-1
벤젠	mg/L	불검출	수 제4장 38항-2
톨루엔	mg/L	불검출	수 제4장 38항-2
에틸벤젠	mg/L	불검출	수 제4장 38항-2
크실렌	mg/L	불검출	수 제4장 38항-2

끝

확 인	시험자 성 명 : 한 상 신 서 은 주	기술책임자 성 명 : 송 찬 희

1. 시험성적서 재발급 신청은 기술책임자의 승인 후 가능하며 발급 수수료가 있습니다.
2. 본 성적서는 참고용 이외의 경우에는 사용할 수 없습니다.

2011. 04. 19.

(주) 산 업 공 해 연 구 소 대표이사 (인)

시 험 성 적 서

(주) 산업공해연구소
서울시 금천구 가산동 345-30 남성프라자 (에이스 9차) 10층
Tel : 02-2026-1250 Fax :02-2026-1268
http://www.iipc.co.kr

성적서번호: 71104117

1. 의 뢰 자

O 기 관 명: (주)쓰리텍

O 주 소: 서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업

O 의뢰일자: 2011. 04. 11.

2. 시료 종류 및 채취 구분: 수질 (□분석기관, □방문, □우편, ■인계)

3. 시료명: NTB-5

4. 시험기간: 2011. 04. 11. ~ 2011. 04. 20.

5. 시험환경

o 온도 (25 ± 2) ℃ , 상대습도 : (35 ± 2) % R.H.

6. 시험결과

수 : 수질오염공정시험기준, 먹 : 먹는물수질공정시험기준

시 험 항 목	단 위	시 험 결 과	시 험 방 법
수소이온농도	-	7.1	수 제4장 3항
마그네슘	mg/L	8.818	ICP
황산이온	mg/L	24	먹 ES 05356.1
질산성질소	mg/L	0.13	수 제4장 13항
염소이온	mg/L	48	수 제4장 10항
카드뮴	mg/L	0.005	수 제4장 26항-3
비소	mg/L	불검출	수 제4장 29항-3
시안	mg/L	불검출	수 제4장 10항
수은	mg/L	불검출	수 제4장 33항-1
유기인	mg/L	불검출	수 제4장 35항
페놀	mg/L	불검출	수 제4장 19항
납	mg/L	불검출	수 제4장 27항-3
6가크롬	mg/L	불검출	수 제4장 23항-3

확 인	시험자 성 명 : 한 상 신 서 은 주	기술책임자 성 명 : 송 찬 희

1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 시험성적서 재발급 신청은 기술책임자의 승인 후 가능하며 발급 수수료가 있습니다.
3. 본 성적서는 참고용 이외의 경우에는 사용할 수 없습니다.

2011. 04. 20.

(주) 산 업 공 해 연 구 소 대표이사 (인)

시 험 성 적 서

(주) 산업공해연구소
서울시 금천구 가산동 345-30 남성프라자 (에이스 9차) 10층
Tel : 02-2026-1250 Fax :02-2026-1268
http://www.iipc.co.kr

성적서번호: 71104117

1. 의 뢰 자

O 기 관 명: (주)쓰리텍

O 주 소: 서울 제물포터널 건설공사 민간투자사업

O 의뢰일자: 2011. 04. 11.

2. 시료 종류 및 채취 구분: 수질 (□분석기관, □방문, □우편, ■인계)

3. 시료명: NTB-5

4. 시험기간: 2011. 04. 11. ~ 2011. 04. 20.

5. 시험환경

o 온도 (25 ± 2) ℃ , 상대습도 : (35 ± 2) % R.H.

6. 시험결과

수 : 수질오염공정시험기준

시 험 항 목	단 위	시 험 결 과	시 험 방 법
트리클로로에틸렌	mg/L	불검출	수 제4장 38항-1
테트라클로로에틸렌	mg/L	불검출	수 제4장 38항-1
1,1,1-트리클로로에탄	mg/L	불검출	수 제4장 38항-1
벤젠	mg/L	불검출	수 제4장 38항-2
톨루엔	mg/L	불검출	수 제4장 38항-2
에틸벤젠	mg/L	불검출	수 제4장 38항-2
크실렌	mg/L	불검출	수 제4장 38항-2

끝

확 인	시험자 성 명 : 한 상 신 서 은 주	기술책임자 성 명 : 송 찬 희

1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 시험성적서 재발급 신청은 기술책임자의 승인 후 가능하며 발급 수수료가 있습니다.
3. 본 성적서는 참고용 이외의 경우에는 사용할 수 없습니다.

2011. 04. 20.

(주) 산 업 공 해 연 구 소 대표이사 (인)

시 험 성 적 서

(주) 산업공해연구소
서울시 금천구 가산동 345-30 남성프라자 (에이스 9차) 10층
Tel : 02-2026-1250 Fax :02-2026-1268
http://www.iipc.co.kr

성적서번호: 711041107
페이지 (1)/(총 1)

1. 의 뢰 자

O 기 관 명: 지케이엔지니어링(주)
O 주 소: 경기도 안양시 동안구 호계1동 1027 안양IT밸리 605호
O 의뢰일자: 2011. 04. 11.

2. 시료 종류 및 채취 구분: 토양 (□분석기관, □방문, □우편, ■인계)

3. 시료명: 토양

4. 시험기간: 2011. 04. 11. ~ 2011. 04. 22

5. 시험환경

o 온도 (25 ± 2) ℃ , 상대습도 : (35 ± 2) % R.H.

6. 시험결과

토 : 토양오염공정시험기준

시 험 항 목	단 위	NBB-6	NTB-2	시 험 방 법
카드뮴	mg/kg	1.041	5.076	토 ES 07407.2
구리	mg/kg	5.685	37.985	토 ES 07401.2
비소	mg/kg	2.961	불검출	토 ES 07404.2
수은	mg/kg	불검출	불검출	토 ES 07405.1
납	mg/kg	5.445	116.70	토 ES 07402.2
6가크롬	mg/kg	불검출	불검출	토 ES 07408.1
아연	mg/kg	26.182	126.41	토 ES 07406.2
니켈	mg/kg	8.886	30.674	토 ES 07403.2
페놀	mg/kg	불검출	불검출	토 ES 07553.1
벤젠	mg/kg	불검출	불검출	토 ES 07600.1
톨루엔	mg/kg	불검출	불검출	토 ES 07600.1
에틸벤젠	mg/kg	불검출	불검출	토 ES 07600.1
pH	-	6.8	6.4	토 ES 07302.1

확 인	시험자 성 명 : 한 상 신 서 은 주	기술책임자 성 명 : 송 찬 희

1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 시험성적서 재발급 신청은 기술책임자의 승인 후 가능하며 발급 수수료가 있습니다.
3. 본 성적서는 참고용 이외의 경우에는 사용할 수 없습니다.

2011. 04. 22.

(주) 산 업 공 해 연 구 소 대표이사 (인)

시 험 성 적 서

성적서 번호 : IO1304029

1. 의 뢰 자
   O 기 관 명: 원진이앤씨(주)
   O 주　　소: -
   O 의뢰일자: 2013. 04. 09.
2. 시료 종류 및 채취 구분: 수질 (□분석기관, □방문, □우편, ■인계)
3. 시료명: ATB-11
4. 시험기간: 2013. 04. 09. ~ 2013. 04. 25.
5. 시험환경
   O 온도 (25 ± 2) ℃ , 상대습도 : (30 ± 2) % R.H.
6. 시험결과

시 험 항 목	단 위	시 험 결 과	시 험 방 법
pH	-	7.1	수질오염공정시험기준.2011
NO_3-N	mg/L	4.1	수질오염공정시험기준.2011
SO_4^{2-}	mg/L	16.9	수질오염공정시험기준.2011
Cl^-	mg/L	28.3	수질오염공정시험기준.2011
Mg	mg/L	3.330	수질오염공정시험기준.2011
Cd	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011
As	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011
CN	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011
Hg	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011
유기인화합물	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011

계속

확 인	시험자 성 명 : 김 정 훈　　김 영 환	책임자 성 명 : 송 찬 희 (서명)

* 용 도 : 자체참고용
* 비 고 : 1.본 성적서는 시험의뢰 목적 이외의 광고, 상업적인 용도나 법적인 해결의 용도로 사용할 수 없습니다.
  2.이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.

2013. 04. 25.

창의력과 사명감으로 정성을 다하는

(주)산업공해연구소 대표이사

Institute of Industrial Pollution Co.,Ltd.

[서울본사] 153-782 서울시 금천구 가산동 345-30 남성프라자B/D 10F Tel (02)2026-1250 Fax (02)2026-1268
[충청법인] 361-842 충청북도 청주시 흥덕구 운천동 1702 축복B/D 5F Tel (043)267-0250 Fax (043)266-5084
http://www.iipc.co.kr

시 험 성 적 서

성적서 번호 : IO1304029

1. 의 뢰 자
   O 기 관 명: 원진이앤씨(주)
   O 주　　소: -
   O 의뢰일자: 2013. 04. 09.
2. 시료 종류 및 채취 구분: 수질 (□분석기관, □방문, □우편, ■인계)
3. 시료명: ATB-11
4. 시험기간: 2013. 04. 09. ~ 2013. 04. 25.
5. 시험환경
   O 온도 (25 ± 2) ℃ , 상대습도 : (30 ± 2) % R.H.
6. 시험결과

시 험 항 목	단 위	시 험 결 과	시 험 방 법
Phenols	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011
Pb	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011
Cr	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011
TCE	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011
PCE	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011
1.1.1-트리클로로에탄	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011
벤젠	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011
톨루엔	mg/L	0.013	수질오염공정시험기준.2011
에틸벤젠	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011
자일렌	mg/L	불검출	수질오염공정시험기준.2011

끝

확 인	시험자 성 명 : 김 정 훈　　김 영 환	책임자 성 명 : 송 찬 희 (서명)

* 용 도 : 자체참고용
* 비 고 : 1.본 성적서는 시험의뢰 목적 이외의 광고, 상업적인 용도나 법적인 해결의 용도로 사용할 수 없습니다.
2.이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.

2013. 04. 25.

창의력과 사명감으로 정성을 다하는

(주)산업공해연구소 대표이사

Institute of Industrial Pollution Co.,Ltd.

[서울본사] 153-782 서울시 금천구 가산동 345-30 남성프라자B/D 10F Tel (02)2026-1250 Fax (02)2026-1268
[충청법인] 361-842 충청북도 청주시 흥덕구 운천동 1702 축복B/D 5F Tel (043)267-0250 Fax (043)266-5084
http://www.iipc.co.kr

시 험 성 적 서

성적서 번호 : IO1304019

1. 의 뢰 자
   O 기 관 명: 지케이엔지니어링(주)
   O 주　　소: -
   O 의뢰일자: 2013. 04. 08.
2. 시료 종류 및 채취 구분: 수질 (□분석기관, □방문, □우편, ■인계)
3. 시료명: 수질
4. 시험기간: 2013. 04. 09. ~ 2013. 04. 25.
5. 시험환경
   O 온도 (25 ± 2) ℃ , 상대습도 : (30 ± 2) % R.H.
6. 시험결과

시 험 항 목	단 위	ATB-9	ATB-11	ATB-20	시 험 방 법
pH	-	6.9	7.1	6.9	수질오염공정시험기준.2011
NO_3-N	mg/L	불검출	1.0	1.7	수질오염공정시험기준.2011
SO_4^{2-}	mg/L	40.7	13.2	11.1	수질오염공정시험기준.2011
Cl^-	mg/L	49.3	19.9	13.1	수질오염공정시험기준.2011
Mg	mg/L	25.016	12.784	5.269	수질오염공정시험기준.2011
Cd	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011
As	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011
CN	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011
Hg	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011
유기인화합물	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011

게속

확 인	시험자 성 명 : 김 정 훈　　김 영 환	책임자 성 명 : 송 찬 희 (서명)

* 용 도 : 자체참고용
* 비 고 : 1.본 성적서는 시험의뢰 목적 이외의 광고, 상업적인 용도나 법적인 해결의 용도로 사용할 수 없습니다.
  2.이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.

2013. 04. 25.

창의력과 사명감으로 정성을 다하는

(주)산업공해연구소 대표이사

Institute of Industrial Pollution Co.,Ltd.

[서울본사] 153-782 서울시 금천구 가산동 345-30 남성프라자B/D 10F Tel (02)2026-1250 Fax (02)2026-1268
[충청법인] 361-842 충청북도 청주시 흥덕구 운천동 1702 축복B/D 5F Tel (043)267-0250 Fax (043)266-5084
http://www.iipc.co.kr

시 험 성 적 서

성적서 번호 : IO1304019

1. 의 뢰 자
   O 기 관 명: 지케이엔지니어링(주)
   O 주　　소: -
   O 의뢰일자: 2013. 04. 08.
2. 시료 종류 및 채취 구분: 수질 (□분석기관, □방문, □우편, ■인계)
3. 시료명: 수질
4. 시험기간: 2013. 04. 09. ~ 2013. 04. 25.
5. 시험환경
   O 온도 (25 ± 2) ℃ , 상대습도 : (30 ± 2) % R.H.
6. 시험결과

시 험 항 목	단 위	ATB-9	ATB-11	ATB-20	시 험 방 법
Phenols	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011
Pb	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011
Cr	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011
TCE	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011
PCE	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011
1.1.1-트리클로로에탄	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011
벤젠	mg/L	불검출	0.002	불검출	수질오염공정시험기준.2011
톨루엔	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011
에틸벤젠	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011
자일렌	mg/L	불검출	불검출	불검출	수질오염공정시험기준.2011

끝

확 인	시험자 성 명 : 김 정 훈　　김 영 환	책임자 성 명 : 송 찬 희 (서명)

* 용 도 : 자체참고용
* 비 고 : 1.본 성적서는 시험의뢰 목적 이외의 광고, 상업적인 용도나 법적인 해결의 용도로 사용할 수 없습니다.
  2.이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.

2013. 04. 25.

창의력과 사명감으로 정성을 다하는

(주)산업공해연구소 대표이사

Institute of Industrial Pollution Co.,Ltd.

[서울본사] 153-782 서울시 금천구 가산동 345-30 남성프라자B/D 10F Tel (02)2026-1250 Fax (02)2026-1268
[충청법인] 361-842 충청북도 청주시 흥덕구 운천동 1702 축복B/D 5F Tel (043)267-0250 Fax (043)266-5084
http://www.iipc.co.kr

시 험 성 적 서

성적서 번호 : IO1304030

1. 의 뢰 자
   O 기 관 명: 원진이앤씨(주)
   O 주　　소: -
   O 의뢰일자: 2013. 04. 09.
2. 시료 종류 및 채취 구분: 토양 (□분석기관, □방문, □우편, ■인계)
3. 시료명: ATB-11(0.3M)
4. 시험기간: 2013. 04. 09. ~ 2013. 04. 25.
5. 시험환경
   O 온도 (25 ± 2) ℃ , 상대습도 : (30 ± 2) % R.H.
6. 시험결과

시 험 항 목	단 위	시 험 결 과	시 험 방 법
pH	-	6.8	토양오염공정시험기준.2009
Cd	mg/kg	1.176	토양오염공정시험기준.2009
Cu	mg/kg	31.455	토양오염공정시험기준.2009
As	mg/kg	불검출	토양오염공정시험기준.2009
Hg	mg/kg	0.05	토양오염공정시험기준.2009
Pb	mg/kg	22.936	토양오염공정시험기준.2009
Cr^{6+}	mg/kg	불검출	토양오염공정시험기준.2009
Zn	mg/kg	78.813	토양오염공정시험기준.2009
Ni	mg/kg	22.328	토양오염공정시험기준.2009
Phenols	mg/kg	불검출	토양오염공정시험기준.2009
벤젠	mg/kg	불검출	토양오염공정시험기준.2009
톨루엔	mg/kg	불검출	토양오염공정시험기준.2009
에틸벤젠	mg/kg	불검출	토양오염공정시험기준.2009

끝

확 인	시험자 성 명 : 김 정 훈　　김 영 환	책임자 성 명 : 송 찬 희 (서명)

* 용 도 : 자체참고용
* 비 고 : 1.본 성적서는 시험의뢰 목적 이외의 광고, 상업적인 용도나 법적인 해결의 용도로 사용할 수 없습니다.
  2.이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.

2013. 04. 25.

창의력과 사명감으로 정성을 다하는

(주)산업공해연구소 대표이사

Institute of Industrial Pollution Co.,Ltd.

[서울본사] 153-782 서울시 금천구 가산동 345-30 남성프라자B/D 10F Tel (02)2026-1250 Fax (02)2026-1268
[충청법인] 361-842 충청북도 청주시 흥덕구 운천동 1702 축복B/D 5F Tel (043)267-0250 Fax (043)266-5084
http://www.iipc.co.kr

시 험 성 적 서

성적서 번호 : IO1304020

1. 의 뢰 자
   - O 기 관 명: 지케이엔지니어링(주)
   - O 주　　소: -
   - O 의뢰일자: 2013. 04. 08.
2. 시료 종류 및 채취 구분: 토양 (□분석기관, □방문, □우편, ■인계)
3. 시료명: 토양
4. 시험기간: 2013. 04. 08. ~ 2013. 04. 25.
5. 시험환경
   - O 온도 (25 ± 2) ℃ , 상대습도 : (30 ± 2) % R.H.
6. 시험결과

시 험 항 목	단 위	NNBB-8(6.0M)	NNBB-10(10.0M)	시 험 방 법
pH	-	6.8	7.0	토양오염공정시험기준.2009
Cd	mg/kg	0.332	0.201	토양오염공정시험기준.2009
Cu	mg/kg	18.998	7.820	토양오염공정시험기준.2009
As	mg/kg	불검출	불검출	토양오염공정시험기준.2009
Hg	mg/kg	0.03	불검출	토양오염공정시험기준.2009
Pb	mg/kg	4.922	7.140	토양오염공정시험기준.2009
Cr^{6+}	mg/kg	불검출	불검출	토양오염공정시험기준.2009
Zn	mg/kg	29.558	15.844	토양오염공정시험기준.2009
Ni	mg/kg	4.846	3.504	토양오염공정시험기준.2009
Phenols	mg/kg	불검출	불검출	토양오염공정시험기준.2009
벤젠	mg/kg	불검출	불검출	토양오염공정시험기준.2009
톨루엔	mg/kg	불검출	불검출	토양오염공정시험기준.2009
에틸벤젠	mg/kg	불검출	불검출	토양오염공정시험기준.2009

끝

확 인	시험자 성 명 : 김 정 훈　　김 영 환	책임자 성 명 : 송 찬 희

* 용 도 : 자체참고용
* 비 고 : 1.본 성적서는 시험의뢰 목적 이외의 광고, 상업적인 용도나 법적인 해결의 용도로 사용할 수 없습니다.
  2.이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.

2013. 04. 25.

창의력과 사명감으로 정성을 다하는

(주)산업공해연구소 대표이사

Institute of Industrial Pollution Co.,Ltd.

[서울본사] 153-782 서울시 금천구 가산동 345-30 남성프라자B/D 10F Tel (02)2026-1250 Fax (02)2026-1268
[충청법인] 361-842 충청북도 청주시 흥덕구 운천동 1702 축복B/D 5F Tel (043)267-0250 Fax (043)266-5084
http://www.iipc.co.kr

제8장 RMR-Q 분류결과

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(㎏/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
NTB-01	연암	18.5	~	21.0	(400)	4	28	8	7	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DM	10	유리	-5	45	III
NTB-02	연암	18.0	~	20.5	(400)	4	28	8	6	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DM	10	유리	-5	45	III
NTB-03	연암	17.7	~	20.3	(400)	4	23	3	8	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DM	10	유리	-5	40	III
NTB-03	연암	20.3	~	21.8	(400)	4	20	3	5	5	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DM	10	유리	-5	37	IV
NTB-04	연암	7.8	~	10.0	(400)	4	9	3	2	5	3-10	2	1-5	1	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	15	DM	10	유리	-5	32	IV
NTB-04	연암	10.0	~	13.0	(400)	4	5	3	5	5	3-10	2	1-5	1	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	15	DM	10	유리	-5	32	IV
NTB-04	연암	13.0	~	16.0	(400)	4	13	3	5	5	3-10	2	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	17	DM	10	유리	-5	34	IV
NTB-07	연암	27.0	~	28.6	(200)	2	12	3	4	5	>20	0	>5	0	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	CW	0	3	DM	10	상태	-5	18	V
NTB-07	연암	28.6	~	31.0	(400)	4	2	3	3	5	>20	0	>5	0	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	HW	1	6	DM	10	상태	-5	23	IV
NTB-07	연암	31.0	~	33.3	(400)	4	21	3	0	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	HW	1	3	DM	10	상태	-5	20	IV
NTB-08	연암	29.7	~	32.6	(400)	4	13	3	5	5	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	16	DM	10	유리	-5	33	IV
NTB-08	연암	32.6	~	34.9	(400)	4	30	8	5	5	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DM	10	유리	-5	42	III
NTB-08	연암	34.9	~	37.1	400	4	9	3	5	5	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DM	10	유리	-5	37	IV
NTB-08	연암	37.1	~	40.0	(400)	4	55	13	10	8	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	22	DM	10	유리	-5	52	III
NTB-08	연암	40.0	~	42.6	(400)	4	38	8	10	8	1-3	4	0.1-1.0	4	아주거침	6	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	21	DM	10	유리	-5	46	III
NTB-08	경암	42.6	~	45.6	(800)	7	80	17	20	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	27	DM	10	유리	-5	66	II
NTB-09	연암	45.5	~	48.5	400	4	16	3	5	5	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	18	DM	10	유리	-5	35	IV
NTB-10	연암	24.5	~	28.5	800	7	35	8	5	5	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	DM	10	유리	-5	48	III
NTB-10	연암	28.5	~	30.3	800	7	22	3	5	5	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	DM	10	유리	-5	43	III
NTB-10	경암	30.3	~	33.3	1,000	12	66	13	30	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	70	II
NTB-10	경암	33.3	~	36.3	1,000	12	90	20	50	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	77	II
NTB-10	경암	36.3	~	39.3	1,000	12	93	20	30	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	77	II
NTB-10	경암	39.3	~	42.3	1,000	12	66	13	30	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	70	II
NTB-10	경암	42.3	~	45.3	2,500	15	75	17	60	15	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-10	경암	45.3	~	48.3	2,500	15	60	13	10	8	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	71	II
NTB-10	경암	48.3	~	51.0	2,500	15	81	17	20	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	77	II
NTB-10	경암	51.0	~	54.0	2,500	15	83	17	60	15	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-10	경암	54.0	~	57.5	2,500	15	83	17	60	15	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-10	경암	57.5	~	60.5	2,500	15	83	17	60	15	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-10	경암	60.5		63.5	2,500	15	95	20	60	15	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	85	I
NTB-10	경암	63.5		66.5	2,500	15	95	20	50	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	80	I

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(㎏/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
NTB-10	경암	66.5		69.5	2,500	15	90	20	30	10	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	80	I
NTB-10	경암	69.5		72.5	2,500	15	66	13	20	10	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	73	II
NTB-10	경암	72.5		75.5	2,500	15	83	17	60	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-10	경암	75.5		78.5	2,500	15	66	13	10	8	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	71	II
NTB-10	경암	78.5		82.0	2,500	15	71	13	20	10	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	73	II
NTB-11	연암	26.0	~	27.5	(400)	4	66	13	30	10	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DM	10	유리	-5	52	III
NTB-11	경암	27.5	~	30.5	800	7	93	20	20	10	<1	6	없음	6	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	27	DM	10	유리	-5	69	II
NTB-11	경암	30.5	~	33.5	(800)	7	66	13	20	10	1-3	4	<0.1	5	아주거침	6	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	24	DM	10	유리	-5	59	III
NTB-11	경암	33.5	~	36.5	(800)	7	40	8	60	15	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없음	6	MW	3	26	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-11	경암	36.5	~	39.5	(800)	7	90	20	100	15	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	유리	-5	76	II
NTB-11	경암	39.5	~	42.5	(800)	7	100	20	100	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	77	II
NTB-11	경암	42.5	~	45.5	(800)	7	100	20	200	20	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-11	경암	45.5	~	48.5	(1000)	12	100	20	100	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-11	경암	48.5	~	51.5	(1000)	12	100	20	100	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-11	경암	51.5	~	54.5	(1000)	12	100	20	150	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-11	경암	54.5	~	57.5	(1000)	12	100	20	150	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-11	경암	57.5	~	60.5	1,000	12	100	20	100	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-11	경암	60.5	~	63.5	(1000)	12	100	20	100	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-11	경암	63.5	~	64.5	(1000)	12	100	20	100	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-12	연암	32.5	~	33.5	(400)	4	0	3	20	10	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DM	10	유리	-5	42	III
NTB-12	경암	33.5	~	36.3	800	7	64	13	23	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	26	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-12	경암	36.3	~	39.3	800	7	77	17	20	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없음	6	F	6	29	DM	10	유리	-5	68	II
NTB-12	경암	39.3	~	42.3	800	7	78	17	23	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없음	6	F	6	29	DM	10	유리	-5	68	II
NTB-12	경암	42.3	~	45.3	800	7	73	13	18	8	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	단단한충전물,<5mm	4	F	6	27	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-12	경암	45.3	~	47.0	800	7	67	13	8	8	<1	6	없음	6	아주거침	6	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	27	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-12	경암	47.0	~	48.5	1,000	12	32	8	26	10	1-3	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	SW	5	29	DM	10	유리	-5	64	II
NTB-12	경암	48.5	~	51.5	800	7	78	17	20	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	단단한충전물,<5mm	4	F	6	27	DM	10	유리	-5	66	II
NTB-12	경암	51.5	~	53.8	800	7	61	13	50	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없음	6	SW	5	28	DM	10	유리	-5	63	II
NTB-12	경암	53.8	~	55.3	800	7	86	17	35	10	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	69	II
NTB-12	경암	55.3	~	57.5	800	7	77	17	60	15	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없음	6	F	6	29	DM	10	유리	-5	73	II
NTB-12	경암	57.5	~	60.5	800	7	90	20	50	10	<1	6	없음	6	아주거침	6	단단한충전물,<5mm	4	F	6	28	DM	10	유리	-5	70	II

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
NTB-12	경암	60.5	~	62.0	800	7	100	20	6	8	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	SW	5	29	DM	10	유리	-5	69	II
NTB-12	경암	62.0	~	64.1	1,000	12	28	8	18	8	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	SW	5	28	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-12	경암	64.1	~	66.4	1,000	12	65	13	10	8	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	SW	5	28	DM	10	유리	-5	66	II
NTB-12	경암	66.4	~	69.5	1,000	12	46	8	12	8	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	SW	5	28	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-12	경암	69.5	~	72.3	1,000	12	48	8	14	8	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	SW	5	28	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-12	경암	72.3	~	74.0	800	7	51	13	7	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	없슴	6	SW	5	27	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-13	연암	28.8	~	31.1	800	7	41	8	10	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	21	DM	10	유리	-5	49	III
NTB-13	연암	31.1	~	33.1	800	7	70	13	15	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	21	DM	10	유리	-5	54	III
NTB-13	연암	33.1	~	36.3	800	7	28	8	5	5	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	21	DM	10	유리	-5	46	III
NTB-13	연암	36.3	~	38.7	800	7	33	8	5	5	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	21	DM	10	유리	-5	46	III
NTB-13	연암	38.7	~	41.3	800	7	17	3	5	5	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	21	DM	10	유리	-5	41	III
NTB-13	연암	41.3	~	43.5	800	7	27	8	5	5	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	21	DM	10	유리	-5	46	III
NTB-13	경암	43.5	~	45.5	1,000	12	90	20	5	5	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	72	II
NTB-13	경암	45.5	~	48.5	1,000	12	53	13	30	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	70	II
NTB-13	경암	48.5	~	51.4	1,000	12	44	8	15	8	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	63	II
NTB-13	경암	51.4	~	54.4	1,000	12	33	8	10	8	<1	6	없슴	6	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	24	DM	10	유리	-5	57	III
NTB-13	경암	54.4	~	56.5	1,000	12	47	8	10	8	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	63	II
NTB-13	경암	56.5	~	59.5	2,500	15	80	17	60	15	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-13	경암	59.5	~	62.5	2,500	15	93	20	30	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	80	I
NTB-13	경암	62.5	~	65.5	2,500	15	83	17	60	15	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-13	경암	65.5	~	68.0	2,500	15	76	17	30	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	77	II
NTB-13	경암	68.0	~	69.6	2,500	15	68	13	15	8	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	71	II
NTB-13	경암	69.6	~	72.6	2,500	15	96	20	30	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	80	I
NTB-13	경암	72.6	~	75.6	2,500	15	93	20	20	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	80	I
NTB-13	경암	75.6	~	78.6	2,500	15	83	17	60	15	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-13	경암	78.6	~	82.3	2,500	15	100	20	50	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	80	I
NTB-14	연암	34.5	~	35.5	400	4	0	3	2	5	10-20	1	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	12	DM	10	유리	-5	29	IV
NTB-14	연암	35.5	~	37.5	400	4	30	8	7	8	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	16	DM	10	유리	-5	41	III
NTB-14	경암	37.5	~	40.5	800	7	74	13	10	8	1-3	4	<0.1	5	부드러움	0	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	18	DM	10	유리	-5	51	III
NTB-14	경암	40.5	~	43.2	800	7	24	3	7	8	3-10	2	0.1-1.0	4	부드러움	0	단단한충전물,>5mm	2	SW	5	13	DM	10	유리	-5	36	IV
NTB-14	경암	43.2	~	45.5	800	7	0	3	2	5	10-20	1	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	SW	5	9	DM	10	유리	-5	29	IV

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
NTB-14	경암	45.5	~	46.5	800	7	52	13	8	8	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,>5mm	2	SW	5	18	DM	10	유리	-5	51	III
NTB-14	경암	46.5	~	49.5	800	7	66	13	15	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	DM	10	유리	-5	56	III
NTB-14	경암	49.5	~	52.5	800	7	82	17	26	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	25	DM	10	유리	-5	64	II
NTB-14	경암	52.5	~	53.1	800	7	100	20	15	8	<1	6	없슴	6	거침	5	없슴	6	SW	5	28	DM	10	유리	-5	68	II
NTB-14	경암	53.1	~	56.0	800	7	82	17	28	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	25	DM	10	유리	-5	64	II
NTB-14	경암	56.0	~	59.0	800	7	68	13	18	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,>5mm	2	SW	5	20	DM	10	유리	-5	53	III
NTB-14	경암	59.0	~	60.0	800	7	84	17	15	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	25	DM	10	유리	-5	62	II
NTB-14	경암	60.0	~	62.0	800	7	72	13	21	10	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,>5mm	2	SW	5	20	DM	10	유리	-5	55	III
NTB-14	경암	62.0	~	65.0	800	7	83	17	28	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	25	DM	10	유리	-5	64	II
NTB-14	경암	65.0	~	68.0	800	7	73	13	27	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	25	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-14	경암	68.0	~	71.0	800	7	84	17	31	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	25	DM	10	유리	-5	64	II
NTB-14	경암	71.0	~	74.0	800	7	75	17	30	10	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	22	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-14	경암	74.0	~	75.0	800	7	80	17	13	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	25	DM	10	유리	-5	62	II
NTB-15	연암	31.2	~	33.5	800	7	52	13	9	8	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	19	DM	10	유리	-5	52	III
NTB-15	연암	33.5	~	35.6	800	7	54	13	8	8	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	19	DM	10	유리	-5	52	III
NTB-15	연암	35.6	~	38.6	1,000	12	71	13	20	10	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-15	연암	38.6	~	39.1	1,000	12	80	17	24	10	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DM	10	유리	-5	65	II
NTB-15	연암	39.1	~	40.6	400	4	23	3	2	5	10-20	1	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	MW	3	7	DM	10	유리	-5	24	IV
NTB-15	연암	40.6	~	43.1	400	4	27	8	4	5	10-20	1	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	MW	3	7	DM	10	유리	-5	29	IV
NTB-15	연암	43.1	~	46.1	400	4	15	3	3	5	10-20	1	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	MW	3	7	DM	10	유리	-5	24	IV
NTB-15	연암	46.1	~	47.8	400	4	29	8	5	5	10-20	1	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	MW	3	7	DM	10	유리	-5	29	IV
NTB-15	경암	47.8	~	50.8	800	7	82	17	14	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-15	경암	50.8	~	53.8	1,000	12	61	13	14	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-15	경암	53.8	~	56.8	800	7	91	20	16	8	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-15	경암	56.8	~	58.9	400	4	12	3	3	5	10-20	1	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	MW	3	7	DM	10	유리	-5	24	IV
NTB-15	경암	58.9	~	61.9	400	4	43	8	8	8	10-20	1	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	17	DM	10	유리	-5	42	III
NTB-15	경암	61.9	~	63.4	400	4	18	3	2	5	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	DM	10	유리	-5	40	III
NTB-15	경암	63.4	~	65.4	400	4	22	3	6	8	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DM	10	유리	-5	41	III
NTB-15	경암	65.4	~	68.1	400	4	44	8	5	5	10-20	1	0.1-1.0	4	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	MW	3	10	DM	10	유리	-5	32	IV
NTB-15	경암	68.1	~	71.1	800	7	70	13	10	8	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	19	DM	10	유리	-5	52	III
NTB-15	경암	71.1	~	72.0	800	7	66	13	20	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	25	DM	10	유리	-5	60	II

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
NTB-16	연암	24.1	~	28.0	(600)	7	28	8	5	5	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	22	DM	10	유리	-5	47	III
NTB-16	연암	28.0	~	31.0	(1000)	12	53	13	15	8	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	SW	5	28	DM	10	유리	-5	66	II
NTB-16	연암	31.0	~	34.0	(400)	4	40	8	7	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	22	DM	10	유리	-5	47	III
NTB-16	연암	34.0	~	37.0	800	7	23	3	5	5	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	DM	10	유리	-5	40	III
NTB-16	연암	37.0	~	40.0	(400)	4	33	8	10	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DM	10	유리	-5	45	III
NTB-16	연암	40.0	~	43.0	(800)	7	26	8	3	3	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DM	10	유리	-5	43	III
NTB-16	연암	43.0	~	46.0	(800)	7	20	3	3	5	1-3	4	1-5	1	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	17	DM	10	유리	-5	37	IV
NTB-16	경암	46.0	~	49.0	(800)	7	95	20	40	10	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	26	DM	10	유리	-5	68	II
NTB-16	경암	49.0	~	52.0	800	7	83	17	20	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	유리	-5	68	II
NTB-16	경암	52.0	~	55.0	(800)	7	86	17	20	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	유리	-5	68	II
NTB-16	경암	55.0	~	58.0	(800)	7	86	17	20	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	유리	-5	68	II
NTB-16	경암	58.0	~	61.0	(800)	7	86	17	10	8	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	유리	-5	66	II
NTB-16	경암	61.0	~	64.0	(800)	7	76	17	10	8	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	유리	-5	66	II
NTB-16	경암	64.0	~	67.0	800	7	66	13	20	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	유리	-5	64	II
NTB-16	경암	67.0	~	68.3	800	7	100	20	30	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	유리	-5	71	II
NTB-17	연암	22.5	~	25.0	400	4	34	8	14	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	MW	3	23	WT	7	유리	-5	45	III
NTB-17	연암	25.0	~	28.0	400	4	36	8	8	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	24	DM	10	유리	-5	49	III
NTB-17	연암	28.0	~	31.0	800	7	30	8	10	8	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,>5mm	0	SW	5	13	DM	10	유리	-5	41	III
NTB-17	연암	31.0	~	34.0	1,000	12	21	3	9	8	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	SW	5	15	DM	10	유리	-5	43	III
NTB-17	연암	34.0	~	37.0	400	4	27	8	8	8	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	SW	5	10	DM	10	유리	-5	35	IV
NTB-17	연암	37.0	~	40.0	400	4	5	3	4	5	<1	6	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	SW	5	12	DM	10	유리	-5	29	IV
NTB-17	연암	40.0	~	43.0	400	4	4	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	SW	5	10	DM	10	유리	-5	27	IV
NTB-17	연암	43.0	~	46.0	800	7	19	3	7	8	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	연한충전물,>5mm	0	SW	5	18	DM	10	유리	-5	41	III
NTB-17	연암	46.0	~	49.0	800	7	23	3	8	8	3-10	2	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	18	DM	10	유리	-5	41	III
NTB-17	경암	49.0	~	52.0	800	7	57	13	20	10	1-3	4	<0.1	5	아주거침	6	없음	6	SW	5	26	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-17	경암	52.0	~	55.0	800	7	43	8	11	8	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,>5mm	0	SW	5	13	DM	10	유리	-5	41	III
NTB-17	경암	55.0	~	57.0	1,000	12	28	8	10	8	<1	6	없음	6	아주거침	6	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	27	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-17	경암	57.0	~	60.0	1,000	12	42	8	15	8	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	SW	5	29	DM	10	유리	-5	62	II
NTB-17	경암	60.0	~	63.0	800	7	62	13	16	8	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	SW	5	29	DM	10	유리	-5	62	II
NTB-18	연암	33.0		33.5	400	4	0	3	0	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	HW	1	3	DM	10	유리	-5	20	IV
NTB-18	연암	33.5		34.0	400	4	0	3	0	5	>20	0	>5	0	매끄러움	1	연한충전물,>5mm	0	CW	0	1	DM	10	유리	-5	18	V

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
NTB-18	연암	34.0		37.0	400	4	0	3	5	5	>20	0	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	MW	3	7	DM	10	유리	-5	24	IV
NTB-18	연암	37.0		40.0	400	4	5	3	5	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	6	DM	10	유리	-5	23	IV
NTB-18	연암	40.0		42.0	400	4	21	3	5	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	6	DM	10	유리	-5	23	IV
NTB-18	연암	42.0		44.3	400	4	37	8	10	8	10-20	1	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	SW	5	15	DM	10	유리	-5	40	III
NTB-18	연암	44.3	~	46.0	400	4	21	3	6	8	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	SW	5	10	DM	10	유리	-5	30	IV
NTB-18	연암	46.0	~	47.0	500	7	30	8	8	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	SW	5	18	DM	10	유리	-5	46	III
NTB-18	연암	47.0	~	49.0	400	4	30	8	8	8	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	SW	5	10	DM	10	유리	-5	35	IV
NTB-18	연암	49.0	~	52.0	600	7	33	8	8	8	1-3	4	0.1-1.0	4	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	SW	5	13	DM	10	유리	-5	41	III
NTB-18	연암	52.0	~	55.0	400	4	0	3	0	5	<1	6	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	SW	5	12	DM	10	유리	-5	29	IV
NTB-18	경암	55.0	~	58.0	1,000	12	43	8	11	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	없슴	6	SW	5	27	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-18	경암	58.0	~	61.0	1,000	12	87	17	13	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	24	DM	10	유리	-5	66	II
NTB-18	경암	61.0	~	63.2	1,000	12	55	13	8	8	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	22	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-18	경암	63.2	~	64.0	1,000	12	44	8	11	8	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	SW	5	10	DM	10	유리	-5	43	III
NTB-18	경암	64.0	~	66.0	1,000	12	31	8	12	8	<1	6	없슴	6	아주거침	6	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	27	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-19	연암	33.0	~	36.0	(400)	4	43	8	20	10	>20	0	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	SW	5	14	DM	10	유리	-5	41	III
NTB-19	연암	36.0	~	39.0	(400)	4	33	8	14	8	10-20	1	0.1-1.0	4	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	HW	1	11	DM	10	유리	-5	36	IV
NTB-19	연암	39.0	~	42.0	(400)	4	0	3	0	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	0	DM	10	유리	-5	17	V
NTB-19	연암	42.0		48.0	(400)	4	0	3	0	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	0	DM	10	유리	-5	17	V
NTB-19	연암	48.0	~	51.0	(400)	4	10	3	5	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	0	DM	10	유리	-5	17	V
NTB-19	경암	51.0	~	54.0	(1000)	12	53	13	14	8	1-3	4	<0.1	5	아주거침	6	단단한충전물,<5mm	4	F	6	25	DM	10	유리	-5	63	II
NTB-19	경암	54.0	~	55.0	(1000)	12	70	13	18	8	1-3	4	<0.1	5	아주거침	6	단단한충전물,<5mm	4	F	6	25	DM	10	유리	-5	63	II
NTB-19	경암	55.0	~	58.0	(800)	7	79	17	25	10	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없슴	6	SW	5	25	DM	10	유리	-5	64	II
NTB-19	경암	58.0	~	61.0	(1000)	12	98	20	48	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DR	15	유리	-5	82	I
NTB-19	경암	61.0	~	63.5	(1000)	12	100	20	20	10	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DR	15	유리	-5	82	I
NTB-20	연암	36.0	~	39.0	400	4	4	3	6	8	10-20	1	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	15	DM	10	유리	-5	35	IV
NTB-20	연암	39.0	~	41.0	400	4	15	3	15	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DM	10	유리	-5	40	III
NTB-20	경암	41.0	~	43.5	800	7	45	8	45	10	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	연한충전물,<5mm	2	SW	5	18	DM	10	유리	-5	48	III
NTB-20	경암	43.5	~	45.0	800	7	34	8	34	10	1-3	4	0.1-1.0	4	부드러움	0	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	17	DM	10	유리	-5	47	III
NTB-20	경암	45.0	~	48.0	800	7	33	8	33	10	1-3	4	0.1-1.0	4	부드러움	0	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	17	DM	10	유리	-5	47	III
NTB-20	경암	48.0	~	50.0	800	7	45	8	45	10	1-3	4	<0.1	5	부드러움	0	없슴	6	SW	5	20	DM	10	유리	-5	50	III
NTB-20	경암	50.0	~	51.5	800	7	35	8	35	10	<1	6	0.1-1.0	4	부드러움	0	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	19	DM	10	유리	-5	49	III

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
NTB-20	경암	51.5	~	54.5	800	7	54	13	54	10	1-3	4	0.1-1.0	4	부드러움	0	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	17	DM	10	유리	-5	52	III
NTB-20	경암	54.5	~	57.0	800	7	34	8	34	10	1-3	4	0.1-1.0	4	부드러움	0	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	17	DM	10	유리	-5	47	III
NTB-20	경암	57.0	~	60.0	800	7	42	8	42	10	3-10	2	0.1-1.0	4	부드러움	0	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	15	DM	10	유리	-5	45	III
NTB-21	연암	31.3	~	34.3	400	4	15	3	7	8	3-10	2	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	14	DM	10	유리	-5	34	IV
NTB-21	경암	34.3	~	35.5	1,000	12	45	8	25	10	1-3	4	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	28	DM	10	유리	-5	63	II
NTB-21	경암	35.5	~	38.5	900	7	64	13	25	10	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	26	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-21	경암	38.5	~	41.5	900	7	74	13	24	10	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	26	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-21	경암	41.5	~	44.5	900	7	60	13	22	10	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	26	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-21	경암	44.5	~	47.5	800	7	77	17	35	10	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	F	6	22	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-21	경암	47.5	~	50.3	800	7	70	13	50	10	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	26	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-21	경암	50.3	~	53.3	800	7	84	17	54	10	1-3	4	없음	6	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	F	6	23	DM	10	유리	-5	62	II
NTB-21	경암	53.3	~	56.0	800	7	83	17	33	10	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	F	6	22	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-22	연암	25.4	~	28.0	400	4	5	3	3	5	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	SW	5	15	DM	10	유리	-5	32	IV
NTB-22	연암	28.0	~	31.0	400	4	4	3	3	5	3-10	2	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	F	6	11	DM	10	유리	-5	28	IV
NTB-22	연암	31.0	~	34.0	400	4	10	3	3	5	3-10	2	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	F	6	11	DM	10	유리	-5	28	IV
NTB-22	연암	34.0	~	37.0	400	4	0	3	2	5	3-10	2	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	F	6	11	DM	10	유리	-5	28	IV
NTB-22	연암	37.0	~	40.0	500	7	20	3	7	8	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	F	6	22	DM	10	유리	-5	45	III
NTB-22	연암	40.0	~	43.0	500	7	40	8	15	8	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	F	6	22	DM	10	유리	-5	50	III
NTB-22	연암	43.0	~	46.0	500	7	12	3	8	8	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	F	6	22	DM	10	유리	-5	45	III
NTB-22	연암	46.0	~	49.0	500	7	7	3	5	5	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	F	6	22	DM	10	유리	-5	42	III
NTB-22	연암	49.0	~	52.0	500	7	13	3	5	5	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	F	6	22	DM	10	유리	-5	42	III
NTB-23	연암	21.5	~	24.0	(400)	4	28	8	12	8	1-3	4	0.1-1.0	4	부드러움	0	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	15	WT	7	유리	-5	37	IV
NTB-23	연암	24.0	~	27.0	(400)	4	38	8	11	8	1-3	4	0.1-1.0	4	부드러움	0	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	17	DM	10	유리	-5	42	III
NTB-23	연암	27.0	~	30.0	(400)	4	25	8	7	8	1-3	4	0.1-1.0	4	부드러움	0	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	17	DM	10	유리	-5	42	III
NTB-23	경암	30.0	~	33.0	(800)	7	67	13	17	8	1-3	4	0.1-1.0	4	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	SW	5	13	DM	10	유리	-5	46	III
NTB-23	경암	33.0	~	36.0	(800)	7	66	13	20	10	<1	6	0.1-1.0	4	부드러움	0	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	19	DM	10	유리	-5	54	III
NTB-23	경암	36.0	~	39.0	(1000)	12	63	13	19	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-23	경암	39.0	~	42.0	(1000)	12	62	13	21	10	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-23	경암	42.0	~	45.0	(1000)	12	58	13	12	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	DM	10	유리	-5	58	III
NTB-23	경암	45.0	~	47.0	(1000)	12	66	13	14	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-23	경암	47.0	~	49.0	(1000)	12	50	13	12	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	DM	10	유리	-5	61	II

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
NTB-24	경암	26.6	~	28.0	(1000)	12	50	13	11	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	DM	10	유리	-5	61	II
NTB-24	경암	28.0	~	31.0	(1000)	12	77	17	18	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	26	DM	10	유리	-5	68	II
NTB-24	경암	31.0	~	34.0	(1000)	12	69	13	16	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	24	DM	10	유리	-5	62	II
NTB-24	경암	34.0	~	37.0	(800)	7	48	8	9	8	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	연한충전물,>5mm	0	SW	5	17	DM	10	유리	-5	45	III
NTB-24	경암	37.0	~	40.0	(800)	7	80	17	26	10	1-3	4	<0.1	5	부드러움	0	없음	6	F	6	21	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-24	경암	40.0	~	43.0	(800)	7	65	13	14	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	23	DM	10	유리	-5	56	III
NTB-24	경암	43.0	~	46.0	(800)	7	57	13	12	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	25	DM	10	유리	-5	58	III
NTB-24	경암	46.0	~	49.0	(800)	7	78	17	17	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	DM	10	유리	-5	65	II
NTB-25	연암	32.7	~	34.0	(400)	4	38	8	10	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	MW	3	25	DM	10	유리	-5	50	III
NTB-25	연암	34.0	~	36.5	(400)	4	5	3	3	5	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	MW	3	23	DM	10	유리	-5	40	III
NTB-25	연암	36.5	~	39.5	(400)	4	10	3	12	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	SW	5	25	DM	10	유리	-5	45	III
NTB-25	연암	39.5	~	42.5	(600)	7	10	3	5	5	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DM	10	유리	-5	41	III
NTB-25	연암	42.5	~	45.5	(400)	4	20	3	9	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	22	DM	10	유리	-5	42	III
NTB-25	경암	45.5	~	48.5	(1000)	12	60	13	12	8	1-3	4	<0.1	5	아주거침	6	없음	6	F	6	27	DM	10	유리	-5	65	II
NTB-26	경암	32.0	~	34.0	(800)	7	55	13	10	8	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	MW	3	10	DM	10	유리	-5	43	III
NTB-26	경암	34.0	~	37.0	(800)	7	82	17	20	10	3-10	2	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	MW	3	9	DM	10	유리	-5	48	III
NTB-26	경암	37.0	~	40.0	(800)	7	83	17	40	10	3-10	2	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-26	경암	40.0	~	43.0	(800)	7	80	17	20	10	3-10	2	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-26	경암	43.0	~	46.0	(800)	7	87	17	40	10	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	24	DM	10	유리	-5	63	II
NTB-27	연암	24.0		27.0	(400)	4	0	3	0	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	0	DM	10	유리	-5	17	V
NTB-27	연암	27.0	~	30.0	(400)	4	23	3	6	8	3-10	2	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	11	WT	7	유리	-5	28	IV
NTB-27	연암	30.0	~	31.5	(400)	4	35	8	7	8	3-10	2	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	11	DM	10	유리	-5	36	IV
NTB-27	연암	31.5	~	34.0	(400)	4	17	3	8	8	3-10	2	1-5	1	부드러움	0	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	8	DM	10	유리	-5	28	IV
NTB-27	연암	34.0	~	36.5	(400)	4	15	3	5	5	3-10	2	1-5	1	부드러움	0	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	8	DM	10	유리	-5	25	IV
NTB-27	연암	36.5	~	39.2	(400)	4	23	3	7	8	3-10	2	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	MW	3	8	DM	10	유리	-5	28	IV
NTB-27	경암	39.2	~	41.0	(800)	7	57	13	10	8	1-3	4	0.1-1.0	4	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	SW	5	15	DM	10	유리	-5	48	III
NTB-28	연암	24.6	~	25.0	(400)	4	50	13	6	8	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	18	WT	7	유리	-5	45	III
NTB-28	연암	25.0	~	28.0	(400)	4	17	3	8	8	3-10	2	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	MW	3	8	WT	7	유리	-5	25	IV
NTB-28	연암	28.0	~	31.0	(400)	4	19	3	9	8	3-10	2	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	11	WT	7	유리	-5	28	IV
NTB-28	연암	31.0	~	34.0	(400)	4	25	8	11	8	3-10	2	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	11	WT	7	유리	-5	33	IV
NTB-28	연암	34.0	~	36.0	(400)	4	41	8	10	8	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	16	WT	7	유리	-5	38	IV

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

RMR 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
NTB-28	경암	36.0	~	38.0	(800)	7	84	17	16	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	WT	7	유리	-5	57	III
NTB-29	경암	15.2	~	18.0	(1000)	12	36	8	8	8	3-10	2	1-5	1	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	17	DM	10	유리	-5	50	III
NTB-29	경암	18.0	~	20.3	(1000)	12	41	8	10	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	22	DM	10	유리	-5	55	III
NTB-29	경암	20.3	~	22.8	(1000)	12	68	13	20	10	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	22	DM	10	유리	-5	62	II
NTB-29	경암	22.8	~	25.0	(1000)	12	61	13	15	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	22	DM	10	유리	-5	60	II
NTB-29	경암	25.0	~	28.0	(1000)	12	87	17	25	10	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	23	DM	10	유리	-5	67	II
NTB-29	경암	28.0	~	31.0	(1000)	12	13	3	7	8	3-10	2	1-5	1	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	18	DM	10	유리	-5	46	III
NTB-29	경암	31.0	~	34.0	(1000)	12	63	13	10	8	1-3	4	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	27	DM	10	유리	-5	65	II
NTB-29	경암	34.0	~	37.0	(1000)	12	97	20	90	15	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-29	경암	37.0	~	38.0	(1000)	12	100	20	100	15	<1	6	없슴	6	아주거침	6	없슴	6	F	6	30	DM	10	유리	-5	82	I
NTB-30	연암	21.8	~	23.0	(400)	4	60	13	10	8	3-10	2	0.1-1.0	4	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	MW	3	12	WT	7	유리	-5	39	IV
NTB-30	연암	23.0	~	25.0	(400)	4	23	3	3	5	3-10	2	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	MW	3	9	WT	7	유리	-5	23	IV
NTB-30	연암	25.0	~	28.0	(400)	4	25	8	7	8	3-10	2	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	13	WT	7	유리	-5	35	IV
NTB-30	경암	28.0	~	31.0	(800)	7	66	13	16	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	DM	10	유리	-5	53	III
NTB-30	경암	31.0	~	34.0	(800)	7	51	13	12	8	1-3	4	0.1-1.0	4	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	SW	5	15	DM	10	유리	-5	48	III
NBB-03	연암	23.7	~	26.7	(400)	4	48	8	20	10	3~10	0	1-5	1	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	13	DM	10	유리	-5	40	III
NBB-04	연암	21.4	~	24.0	(400)	4	8	3	2	5	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	15	WT	7	유리	-5	29	IV
NBB-05	연암	27.0	~	30.0	(400)	4	8	3	4	5	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	WT	7	유리	-5	34	IV
NBB-06	연암	25.5	~	28.5	(400)	4	3	3	3	5	<1	6	1-5	1	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	19	WT	7	유리	-5	33	IV

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr			Ja			Jw			SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NTB-01	연암	18.5	~	21.0	28	28	2	D	4	1	B	3	23	D	3	2	B	0.66	H	2.5	1.848	IV	49.53
NTB-02	연암	18.0	~	20.5	28	28	1+	C	3	1	B	3	23	D	3	2	B	0.66	H	2.5	2.464	IV	52.12
NTB-03	연암	17.7	~	20.3	23	23	2	D	4	1	B	3	23	D	3	2	B	0.66	H	2.5	1.518	IV	47.76
NTB-03	연암	20.3	~	21.8	20	20	1+	C	3	1	B	3	23	D	3	2	B	0.66	H	2.5	1.760	IV	49.09
NTB-04	연암	7.8	~	10.0	9	10	2+	E	6	1	B	3	23	D	3	2	B	0.66	H	2.5	0.440	V	36.61
NTB-04	연암	10.0	~	13.0	5	10	2+	E	6	1	B	3	23	D	3	2	B	0.66	H	2.5	0.440	V	36.61
NTB-04	연암	13.0	~	16.0	13	13	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	3.432	IV	55.10
NTB-07	연암	27.0	~	28.6	12	12	1+	C	3	2	C	2	14	F	4	2	B	0.66	H	2.5	0.528	V	38.25
NTB-07	연암	28.6	~	31.0	2	10	1	B	2	1	B	3	25	J	10	2	B	0.66	H	2.5	0.396	V	35.66
NTB-07	연암	31.0	~	33.3	21	21	2+	E	6	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	1.386	IV	46.94
NTB-08	연암	29.7	~	32.6	13	13	2	D	4	1	B	3	33	F	4	2	B	0.66	H	2.5	0.644	V	40.03
NTB-08	연암	32.6	~	34.9	30	30	2	D	4	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	2.970	IV	53.80
NTB-08	연암	34.9	~	37.1	9	10	2	D	4	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	0.990	V	43.91
NTB-08	연암	37.1	~	40.0	55	55	1+	C	3	2	C	2	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	4.840	III	58.19
NTB-08	연암	40.0	~	42.6	38	38	2	D	4	0	A	4	23	D	3	2	B	0.66	J	1.25	6.688	III	61.10
NTB-08	경암	42.6	~	45.6	80	80	2+	E	6	0	A	4	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	14.080	II	67.80
NTB-09	연암	45.5	~	48.5	16	16	3+	G	12	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	1.056	IV	44.49
NTB-10	연암	24.5	~	28.5	35	35	1+	C	3	1	B	3	21	C	2	2	B	0.66	H	2.5	4.620	III	57.77
NTB-10	연암	28.5	~	30.3	22	22	1+	C	3	1	B	3	21	C	2	2	B	0.66	H	2.5	2.904	IV	53.59
NTB-10	경암	30.3	~	33.3	66	66	2+	E	6	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	8.712	III	63.48
NTB-10	경암	33.3	~	36.3	90	90	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	23.760	II	72.51
NTB-10	경암	36.3	~	39.3	93	93	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	24.552	II	72.81
NTB-10	경암	39.3	~	42.3	66	66	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	17.424	II	69.72
NTB-10	경암	42.3	~	45.3	75	75	2+	E	6	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	19.800	II	70.87
NTB-10	경암	45.3	~	48.3	60	60	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	31.680	II	75.10
NTB-10	경암	48.3	~	51.0	81	81	2+	E	6	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	21.384	II	71.56
NTB-10	경암	51.0	~	54.0	83	83	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	43.824	I	78.02
NTB-10	경암	54.0	~	57.5	83	83	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	43.824	I	78.02
NTB-10	경암	57.5	~	60.5	83	83	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	43.824	I	78.02
NTB-10	경암	60.5		63.5	95	95	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	50.160	I	79.24
NTB-10	경암	63.5		66.5	95	95	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	50.160	I	79.24

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

Q-system

공번	지층	암반분류 심 도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr			Ja			Jw			SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NTB-10	경암	66.5		69.5	90	90	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	47.520	I	78.75
NTB-10	경암	69.5		72.5	66	66	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	34.848	II	75.96
NTB-10	경암	72.5		75.5	83	83	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	43.824	I	78.02
NTB-10	경암	75.5		78.5	66	66	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	34.848	II	75.96
NTB-10	경암	78.5		82.0	71	71	1+	C	3	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	J	1.25	37.488	II	76.62
NTB-11	연암	26.0	~	27.5	10	66	1+	C	3	2	C	2	23	D	3	2	B	0.66	H	2.5	3.872	IV	56.18
NTB-11	경암	27.5	~	30.5	93	93	1+	C	3	1	B	3	21	C	2	2	B	0.66	H	2.5	12.276	II	66.57
NTB-11	경암	30.5	~	33.5	66	66	1+	C	3	0	A	4	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	11.616	II	66.07
NTB-11	경암	33.5	~	36.5	40	40	1	B	2	0	A	4	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	21.120	II	71.45
NTB-11	경암	36.5	~	39.5	90	90	1	B	2	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	H	2.5	47.520	I	78.75
NTB-11	경암	39.5	~	42.5	100	100	1	B	2	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	H	2.5	70.400	I	82.29
NTB-11	경암	42.5	~	45.5	100	100	1	B	2	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	140.800	I	88.53
NTB-11	경암	45.5	~	48.5	100	100	1	B	2	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	140.800	I	88.53
NTB-11	경암	48.5	~	51.5	100	100	1	B	2	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	140.800	I	88.53
NTB-11	경암	51.5	~	54.5	100	100	1	B	2	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	140.800	I	88.53
NTB-11	경암	54.5	~	57.5	100	100	1	B	2	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	140.800	I	88.53
NTB-11	경암	57.5	~	60.5	100	100	1	B	2	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	140.800	I	88.53
NTB-11	경암	60.5	~	63.5	100	100	1	B	2	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	140.800	I	88.53
NTB-11	경암	63.5	~	64.5	100	100	1	B	2	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	140.800	I	88.53
NTB-12	연암	32.5	~	33.5	0	10	2	D	4	1	B	3	23	D	3	2	B	0.66	H	2.5	0.660	V	40.26
NTB-12	경암	33.5	~	36.3	64	64	2	D	4	0	A	4	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	8.448	III	63.21
NTB-12	경암	36.3	~	39.3	77	77	1	B	2	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	H	2.5	54.208	I	79.94
NTB-12	경암	39.3	~	42.3	78	78	2	D	4	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	H	2.5	27.456	II	73.81
NTB-12	경암	42.3	~	45.3	73	73	2	D	4	0	A	4	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	19.272	II	70.63
NTB-12	경암	45.3	~	47.0	67	67	2	D	4	0	A	4	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	17.688	II	69.86
NTB-12	경암	47.0	~	48.5	32	32	1	B	2	0	A	4	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	33.792	II	75.68
NTB-12	경암	48.5	~	51.5	78	78	1	B	2	0	A	4	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	41.184	I	77.46
NTB-12	경암	51.5	~	53.8	61	61	2	D	4	0	A	4	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	32.208	II	75.25
NTB-12	경암	53.8	~	55.3	86	86	1	B	2	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	121.088	I	87.17
NTB-12	경암	55.3	~	57.5	77	77	1	B	2	0	A	4	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	108.416	I	86.17
NTB-12	경암	57.5	~	60.5	90	90	1	B	2	0	A	4	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	47.520	I	78.75

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

Q-system

공번	지층	암반분류 심 도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr			Ja			Jw			SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NTB-12	경암	60.5	~	62.0	100	100	1+	C	3	0	A	4	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	70.400	I	82.29
NTB-12	경암	62.0	~	64.1	28	28	2+	E	6	0	A	4	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	9.856	III	64.59
NTB-12	경암	64.1	~	66.4	65	65	1+	C	3	0	A	4	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	45.760	I	78.41
NTB-12	경암	66.4	~	69.5	46	46	2	D	4	0	A	4	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	24.288	II	72.71
NTB-12	경암	69.5	~	72.3	48	48	2	D	4	0	A	4	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	25.344	II	73.09
NTB-12	경암	72.3	~	74.0	51	51	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	13.464	II	67.40
NTB-13	연암	28.8	~	31.1	41	41	1+	C	3	1	B	3	14	F	4	2	B	0.66	H	2.5	2.706	IV	52.96
NTB-13	연암	31.1	~	33.1	70	70	1+	C	3	1	B	3	14	F	4	2	B	0.66	H	2.5	4.620	III	57.77
NTB-13	연암	33.1	~	36.3	28	28	1+	C	3	1	B	3	14	F	4	2	B	0.66	H	2.5	1.848	IV	49.53
NTB-13	연암	36.3	~	38.7	33	33	2+	E	6	1	B	3	14	F	4	2	B	0.66	H	2.5	1.089	IV	44.77
NTB-13	연암	38.7	~	41.3	17	17	1+	C	3	1	B	3	14	F	4	2	B	0.66	H	2.5	1.122	IV	45.04
NTB-13	연암	41.3	~	43.5	27	27	1+	C	3	1	B	3	14	F	4	2	B	0.66	J	1.25	3.564	IV	55.44
NTB-13	경암	43.5	~	45.5	90	90	1+	C	3	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	47.520	I	78.75
NTB-13	경암	45.5	~	48.5	53	53	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	13.992	II	67.75
NTB-13	경암	48.5	~	51.4	44	44	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	11.616	II	66.07
NTB-13	경암	51.4	~	54.4	33	33	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	8.712	III	63.48
NTB-13	경암	54.4	~	56.5	47	47	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	12.408	II	66.67
NTB-13	경암	56.5	~	59.5	80	80	1+	C	3	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	42.240	I	77.69
NTB-13	경암	59.5	~	62.5	93	93	1+	C	3	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	49.104	I	79.05
NTB-13	경암	62.5	~	65.5	83	83	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	21.912	II	71.78
NTB-13	경암	65.5	~	68.0	76	76	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	20.064	II	70.99
NTB-13	경암	68.0	~	69.6	68	68	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	17.952	II	69.99
NTB-13	경암	69.6	~	72.6	96	96	1+	C	3	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	50.688	I	79.33
NTB-13	경암	72.6	~	75.6	93	93	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	24.552	II	72.81
NTB-13	경암	75.6	~	78.6	83	83	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	21.912	II	71.78
NTB-13	경암	78.6	~	82.3	100	100	1+	C	3	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	52.800	I	79.70
NTB-14	연암	34.5	~	35.5	0	10	2+	D	4	1	B	3	43	H	8	2	B	0.66	H	2.5	0.248	V	31.43
NTB-14	연암	35.5	~	37.5	30	30	2+	D	4	1	B	3	33	F	4	2	B	0.66	H	2.5	1.485	IV	47.56
NTB-14	경암	37.5	~	40.5	74	74	2+	D	4	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	2.442	IV	52.04
NTB-14	경암	40.5	~	43.2	24	24	2+	F	9	6	H	1	32	B	1	2	B	0.66	J	1.25	1.408	IV	47.08
NTB-14	경암	43.2	~	45.5	0	10	2+	B	2	6	H	1	42	E	4	2	B	0.66	J	1.25	0.660	V	40.26

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr			Ja			Jw			SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NTB-14	경암	45.5	~	46.5	52	52	2+	D	4	1	B	3	32	B	1	2	B	0.66	J	1.25	20.592	II	71.22
NTB-14	경암	46.5	~	49.5	66	66	2+	D	4	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	13.068	II	67.13
NTB-14	경암	49.5	~	52.5	82	82	2+	D	4	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	16.236	II	69.09
NTB-14	경암	52.5	~	53.1	100	100	2+	D	4	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	39.600	II	77.11
NTB-14	경암	53.1	~	56.0	82	82	2+	F	9	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	7.216	III	61.79
NTB-14	경암	56.0	~	59.0	68	68	2+	D	4	1	B	3	32	B	1	2	B	0.66	J	1.25	26.928	II	73.64
NTB-14	경암	59.0	~	60.0	84	84	2+	D	4	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	16.632	II	69.30
NTB-14	경암	60.0	~	62.0	72	72	2+	F	9	1	B	3	32	B	1	2	B	0.66	J	1.25	12.672	II	66.85
NTB-14	경암	62.0	~	65.0	83	83	2+	D	4	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	16.434	II	69.19
NTB-14	경암	65.0	~	68.0	73	73	2+	D	4	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	14.454	II	68.04
NTB-14	경암	68.0	~	71.0	84	84	2+	D	4	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	16.632	II	69.30
NTB-14	경암	71.0	~	74.0	75	75	2+	B	2	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	29.700	II	74.52
NTB-14	경암	74.0	~	75.0	80	80	2+	D	4	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	15.840	II	68.86
NTB-15	연암	31.2	~	33.5	52	52	2+	E	6	3	D	1.5	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	1.716	IV	48.86
NTB-15	연암	33.5	~	35.6	54	54	2+	E	6	3	D	1.5	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	1.782	IV	49.20
NTB-15	연암	35.6	~	38.6	71	71	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	j	1.25	18.744	II	70.38
NTB-15	연암	38.6	~	39.1	80	80	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	H	2.5	10.560	II	65.21
NTB-15	연암	39.1	~	40.6	23	23	2+	E	6	6	H	1	43	H	8	2	B	0.66	H	2.5	0.127	V	25.39
NTB-15	연암	40.6	~	43.1	27	27	2+	E	6	6	H	1	43	H	8	2	B	0.66	J	1.25	0.297	V	33.07
NTB-15	연암	43.1	~	46.1	15	15	2+	E	6	6	H	1	43	H	8	2	B	0.66	J	1.25	0.165	V	27.78
NTB-15	연암	46.1	~	47.8	29	29	2+	E	6	6	H	1	43	H	8	2	B	0.66	J	1.25	0.319	V	33.72
NTB-15	경암	47.8	~	50.8	82	82	2+	E	6	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	10.824	II	65.44
NTB-15	경암	50.8	~	53.8	61	61	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	16.104	II	69.01
NTB-15	경암	53.8	~	56.8	91	91	2+	E	6	2	C	2	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	8.008	III	62.72
NTB-15	경암	56.8	~	58.9	12	12	2+	E	6	6	H	1	43	H	8	2	B	0.66	J	1.25	0.132	V	25.78
NTB-15	경암	58.9	~	61.9	43	43	2+	E	6	2	C	2	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	3.784	IV	55.98
NTB-15	경암	61.9	~	63.4	18	18	2+	E	6	2	C	2	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	3.168	IV	54.38
NTB-15	경암	63.4	~	65.4	22	22	2+	E	6	2	C	2	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	3.872	IV	56.18
NTB-15	경암	65.4	~	68.1	44	44	2+	E	6	6	H	1	43	H	8	2	B	0.66	J	1.25	0.484	V	37.47
NTB-15	경암	68.1	~	71.1	70	70	2+	E	6	3	D	1.5	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	4.620	III	57.77
NTB-15	경암	71.1	~	72.0	66	66	2+	E	6	2	C	2	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	11.616	II	66.07

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

Q-system

공번	지층	암반분류 심 도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr			Ja			Jw			SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NTB-16	연암	24.1	~	28.0	28	28	1+	C	3	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	3.696	IV	55.77
NTB-16	연암	28.0	~	31.0	53	53	2+	E	6	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	H	2.5	6.996	III	61.51
NTB-16	연암	31.0	~	34.0	40	40	2+	E	6	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	2.640	IV	52.74
NTB-16	연암	34.0	~	37.0	23	23	2+	E	6	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	1.518	IV	47.76
NTB-16	연암	37.0	~	40.0	33	33	1+	C	3	1	B	3	23	D	3	2	B	0.66	H	2.5	2.904	IV	53.59
NTB-16	연암	40.0	~	43.0	26	26	1+	C	3	1	B	3	23	D	3	2	B	0.66	J	1.25	4.576	III	57.69
NTB-16	연암	43.0	~	46.0	20	20	1+	C	3	1	B	3	23	D	3	2	B	0.66	J	1.25	3.520	IV	55.33
NTB-16	경암	46.0	~	49.0	95	95	1+	C	3	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	66.880	I	81.83
NTB-16	경암	49.0	~	52.0	83	83	1+	C	3	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	58.432	I	80.61
NTB-16	경암	52.0	~	55.0	86	86	1+	C	3	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	60.544	I	80.93
NTB-16	경암	55.0	~	58.0	86	86	1+	C	3	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	60.544	I	80.93
NTB-16	경암	58.0	~	61.0	86	86	1+	C	3	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	60.544	I	80.93
NTB-16	경암	61.0	~	64.0	76	76	1+	C	3	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	53.504	I	79.82
NTB-16	경암	64.0	~	67.0	66	66	1+	C	3	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	46.464	I	78.55
NTB-16	경암	67.0	~	68.3	100	100	1+	C	3	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	70.400	I	82.29
NTB-17	연암	22.5	~	25.0	34	34	2+	E	6	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	4.488	III	57.51
NTB-17	연암	25.0	~	28.0	36	36	1+	C	3	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	4.752	III	58.03
NTB-17	연암	28.0	~	31.0	30	30	1+	C	3	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	H	2.5	0.440	V	36.61
NTB-17	연암	31.0	~	34.0	21	21	1+	C	3	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	H	2.5	0.308	V	33.40
NTB-17	연암	34.0	~	37.0	27	27	2+	E	6	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	H	2.5	0.198	V	29.42
NTB-17	연암	37.0	~	40.0	5	10	1	B	2	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	H	2.5	0.220	V	30.37
NTB-17	연암	40.0	~	43.0	4	10	2+	E	6	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	J	1.25	0.147	V	26.72
NTB-17	연암	43.0	~	46.0	19	19	2	D	4	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	J	1.25	0.418	V	36.15
NTB-17	연암	46.0	~	49.0	23	23	2	D	4	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	1.518	IV	47.76
NTB-17	경암	49.0	~	52.0	57	57	2	D	4	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	3.762	IV	55.92
NTB-17	경암	52.0	~	55.0	43	43	2	D	4	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	J	1.25	0.946	V	43.50
NTB-17	경암	55.0	~	57.0	28	28	3	F	9	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	J	1.25	0.274	V	32.34
NTB-17	경암	57.0	~	60.0	42	42	1+	C	3	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	3.696	IV	55.77
NTB-17	경암	60.0	~	63.0	62	62	1+	C	3	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	J	1.25	1.819	IV	49.38
NTB-18	연암	33.0		33.5	0	10	2+	E	6	5	G	0.5	21	C	2	3	C	0.5	H	2.5	0.083	V	21.64
NTB-18	연암	33.5		34.0	0	10	2+	E	6	4	F	1	21	C	2	3	C	0.5	H	2.5	0.167	V	27.87

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr			Ja			Jw			SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NTB-18	연암	34.0		37.0	0	10	2+	E	6	4	F	1	21	C	2	3	C	0.5	H	2.5	0.167	V	27.87
NTB-18	연암	37.0		40.0	5	10	2+	E	6	4	F	1	21	C	2	3	C	0.5	H	2.5	0.167	V	27.87
NTB-18	연암	40.0		42.0	21	21	2+	E	6	4	F	1	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	0.924	V	43.29
NTB-18	연암	42.0		44.3	37	37	2+	E	6	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	J	1.25	0.543	V	38.50
NTB-18	연암	44.3	~	46.0	21	21	2	D	4	5	G	0.5	52	G	6	2	B	0.66	J	1.25	0.231	V	30.81
NTB-18	연암	46.0	~	47.0	30	30	2	D	4	3	D	1.5	52	G	6	2	B	0.66	J	1.25	0.990	V	43.91
NTB-18	연암	47.0	~	49.0	30	30	2	D	4	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	J	1.25	0.660	V	40.26
NTB-18	연암	49.0	~	52.0	33	33	1	B	2	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	26.136	II	73.37
NTB-18	연암	52.0	~	55.0	0	10	3+	G	12	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	0.660	V	40.26
NTB-18	경암	55.0	~	58.0	43	43	3+	G	12	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	0.946	V	43.50
NTB-18	경암	58.0	~	61.0	87	87	3+	G	12	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	J	1.25	0.638	V	39.96
NTB-18	경암	61.0	~	63.2	55	55	1+	C	3	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	4.840	III	58.19
NTB-18	경암	63.2	~	64.0	44	44	2+	E	6	5	G	0.5	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	0.968	V	43.71
NTB-18	경암	64.0	~	66.0	31	31	2+	E	6	1	B	3	15	J	10	2	B	0.66	J	1.25	0.818	V	42.20
NTB-19	연암	33.0	~	36.0	43	43	2+	E	6	3	D	1.5	15	J	10	2	B	0.66	H	2.5	0.284	V	32.66
NTB-19	연암	36.0	~	39.0	33	33	2+	E	6	3	D	1.5	21	C	2	2	B	0.66	H	2.5	1.089	IV	44.77
NTB-19	연암	39.0	~	42.0	0	10	2+	E	6	5	G	0.5	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	0.110	V	24.13
NTB-19	연암	42.0		48.0	0	10	2+	E	6	5	G	0.5	24	D	3	2	B	0.66	J	1.25	0.147	V	26.72
NTB-19	연암	48.0	~	51.0	10	10	2+	E	6	5	G	0.5	44	I	10	3	C	0.5	J	1.25	0.033	V	13.39
NTB-19	경암	51.0	~	54.0	53	53	3+	G	12	1	B	3	23	D	3	3	C	0.5	J	1.25	1.767	IV	49.12
NTB-19	경암	54.0	~	55.0	70	70	2	D	4	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	13.860	II	67.66
NTB-19	경암	55.0	~	58.0	79	79	3+	G	12	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	10.428	II	65.10
NTB-19	경암	58.0	~	61.0	98	98	3+	G	12	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	12.936	II	67.04
NTB-19	경암	61.0	~	63.5	100	100	2	D	4	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	39.600	II	77.11
NTB-20	연암	36.0	~	39.0	15	10	2	D	4	1	B	3	23	D	3	3	C	0.5	H	2.5	0.500	V	37.76
NTB-20	연암	39.0	~	41.0	15	15	2	D	4	1	B	3	23	D	3	3	C	0.5	H	2.5	0.750	V	41.41
NTB-20	경암	41.0	~	43.5	45	45	1+	C	3	1	B	3	42	E	4	2	B	0.66	J	1.25	5.940	III	60.04
NTB-20	경암	43.5	~	45.0	34	34	1+	C	3	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	2.992	IV	53.86
NTB-20	경암	45.0	~	48.0	33	33	1+	C	3	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	2.904	IV	53.59
NTB-20	경암	48.0	~	50.0	45	45	1+	C	3	6	H	1	12	B	1	2	B	0.66	J	1.25	7.920	III	62.62
NTB-20	경암	50.0	~	51.5	35	35	1+	C	3	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	3.080	IV	54.12

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

Q-system

공번	지층	암반분류 심 도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr			Ja			Jw			SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NTB-20	경암	51.5	~	54.5	54	54	1+	C	3	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	4.752	III	58.03
NTB-20	경암	54.5	~	57.0	34	34	1+	C	3	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	2.992	IV	53.86
NTB-20	경암	57.0	~	60.0	42	42	2+	E	6	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	1.848	IV	49.53
NTB-21	연암	31.3	~	34.3	15	15	2+	C	3	1	B	3	18	J	10	2	B	0.66	H	2.5	0.396	V	35.66
NTB-21	경암	34.3	~	35.5	45	45	2+	C	3	0	A	4	12	B	1	2	B	0.66	H	2.5	15.840	II	68.86
NTB-21	경암	35.5	~	38.5	64	64	2+	C	3	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	H	2.5	22.528	II	72.03
NTB-21	경암	38.5	~	41.5	74	74	2+	C	3	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	H	2.5	26.048	II	73.34
NTB-21	경암	41.5	~	44.5	60	60	2+	C	3	3	D	1.5	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	21.120	II	71.45
NTB-21	경암	44.5	~	47.5	77	77	2+	C	3	2	C	2	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	13.552	II	67.46
NTB-21	경암	47.5	~	50.3	70	70	2+	C	3	3	D	1.5	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	24.640	II	72.84
NTB-21	경암	50.3	~	53.3	84	84	2+	C	3	2	C	2	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	14.784	II	68.24
NTB-21	경암	53.3	~	56.0	83	83	2+	C	3	2	C	2	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	14.608	II	68.13
NTB-22	연암	25.4	~	28.0	5	10	2+	C	3	2	C	2	11	A	0.75	2	B	0.66	H	2.5	2.347	IV	51.68
NTB-22	연암	28.0	~	31.0	4	10	2+	C	3	3	D	1.5	21	C	2	2	B	0.66	H	2.5	0.660	V	40.26
NTB-22	연암	31.0	~	34.0	10	10	2+	C	3	3	D	1.5	21	C	2	2	B	0.66	H	2.5	0.660	V	40.26
NTB-22	연암	34.0	~	37.0	0	10	2+	C	3	3	D	1.5	21	C	2	2	B	0.66	H	2.5	0.660	V	40.26
NTB-22	연암	37.0	~	40.0	20	20	2+	C	3	2	C	2	21	C	2	2	B	0.66	H	2.5	1.760	IV	49.09
NTB-22	연암	40.0	~	43.0	40	40	2+	C	3	2	C	2	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	7.040	III	61.56
NTB-22	연암	43.0	~	46.0	12	12	2+	B	2	2	C	2	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	3.168	IV	54.38
NTB-22	연암	46.0	~	49.0	7	10	2+	B	2	2	C	2	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	2.640	IV	52.74
NTB-22	연암	49.0	~	52.0	13	13	2+	B	2	2	C	2	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	3.432	IV	55.10
NTB-23	연암	21.5	~	24.0	28	28	2+	E	6	6	H	1	23	D	3	3	C	0.5	H	2.5	0.311	V	33.49
NTB-23	연암	24.0	~	27.0	38	38	2+	E	6	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	0.836	V	42.39
NTB-23	연암	27.0	~	30.0	25	25	2+	E	6	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	0.550	V	38.62
NTB-23	경암	30.0	~	33.0	67	67	2+	E	6	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	H	2.5	0.491	V	37.60
NTB-23	경암	33.0	~	36.0	66	66	2+	E	6	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	1.452	IV	47.36
NTB-23	경암	36.0	~	39.0	63	63	3+	G	12	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	2.079	IV	50.59
NTB-23	경암	39.0	~	42.0	62	62	3+	G	12	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	0.682	V	40.56
NTB-23	경암	42.0	~	45.0	58	58	3+	G	12	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	1.276	IV	46.19
NTB-23	경암	45.0	~	47.0	66	66	3+	G	12	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	1.452	IV	47.36
NTB-23	경암	47.0	~	49.0	50	50	3+	G	12	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	1.100	IV	44.86

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

Q-system

공번	지층	암반분류 심 도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr			Ja			Jw			SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NTB-24	경암	26.6	~	28.0	50	50	2	D	4	6	H	1	23	D	3	3	C	0.5	H	2.5	0.833	V	42.36
NTB-24	경암	28.0	~	31.0	77	77	1+	C	3	6	H	1	21	C	2	2	B	0.66	H	2.5	3.388	IV	54.98
NTB-24	경암	31.0	~	34.0	69	69	2+	E	6	1	B	3	21	C	2	2	B	0.66	H	2.5	4.554	III	57.64
NTB-24	경암	34.0	~	37.0	48	48	2+	E	6	6	H	1	52	G	6	2	B	0.66	H	2.5	0.352	V	34.60
NTB-24	경암	37.0	~	40.0	80	80	3+	G	12	6	H	1	11	A	0.75	2	B	0.66	H	2.5	2.347	IV	51.68
NTB-24	경암	40.0	~	43.0	65	65	2+	E	6	1	B	3	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	8.580	III	63.34
NTB-24	경암	43.0	~	46.0	57	57	1	B	2	1	B	3	21	C	2	2	B	0.66	J	1.25	22.572	II	72.05
NTB-24	경암	46.0	~	49.0	78	78	2	D	4	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	41.184	I	77.46
NTB-25	연암	32.7	~	34.0	38	38	1	I	20	1	B	3	13	B	1	3	C	0.5	H	2.5	1.140	IV	45.18
NTB-25	연암	34.0	~	36.5	5	10	3	F	9	1	B	3	13	B	1	3	C	0.5	H	2.5	0.667	V	40.35
NTB-25	연암	36.5	~	39.5	10	10	3+	G	12	1	B	3	12	B	1	2	B	0.66	H	2.5	0.660	V	40.26
NTB-25	연암	39.5	~	42.5	10	10	3+	G	12	6	H	1	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	0.110	V	24.13
NTB-25	연암	42.5	~	45.5	20	20	3+	G	12	1	B	3	22	C	2	2	B	0.66	J	1.25	1.320	IV	46.50
NTB-25	경암	45.5	~	48.5	60	60	3+	G	12	1	B	3	11	A	0.75	2	B	0.66	J	1.25	10.560	II	65.21
NTB-26	경암	32.0	~	34.0	55	55	3+	G	12	6	H	1	43	H	8	3	C	0.5	H	2.5	0.115	V	24.50
NTB-26	경암	34.0	~	37.0	82	82	3+	G	12	3	D	1.5	43	H	8	3	C	0.5	H	2.5	0.256	V	31.75
NTB-26	경암	37.0	~	40.0	83	83	3+	G	12	1	B	3	42	E	4	2	B	0.66	H	2.5	1.370	IV	46.83
NTB-26	경암	40.0	~	43.0	80	80	3+	G	12	6	H	1	42	E	4	3	C	0.5	J	1.25	0.667	V	40.35
NTB-26	경암	43.0	~	46.0	87	87	2	D	4	1	B	3	22	C	2	3	C	0.5	J	1.25	13.050	II	67.12
NTB-27	연암	24.0		27.0	0	10	3	F	9	2	C	2	23	D	3	4	D	0.33	H	2.5	0.098	V	23.07
NTB-27	연암	27.0	~	30.0	23	23	2	D	4	2	C	2	33	F	4	3	C	0.5	H	2.5	0.575	V	39.02
NTB-27	연암	30.0	~	31.5	35	35	2	D	4	2	C	2	33	F	4	2	B	0.66	H	2.5	1.155	IV	45.30
NTB-27	연암	31.5	~	34.0	17	17	2	D	4	6	H	1	33	F	4	2	B	0.66	H	2.5	0.281	V	32.56
NTB-27	연암	34.0	~	36.5	15	15	2	D	4	6	H	1	33	F	4	2	B	0.66	H	2.5	0.248	V	31.43
NTB-27	연암	36.5	~	39.2	23	23	2	D	4	6	H	1	43	H	8	2	B	0.66	H	2.5	0.190	V	29.04
NTB-27	경암	39.2	~	41.0	57	57	2	D	4	6	H	1	42	E	4	2	B	0.66	H	2.5	0.941	V	43.45
NTB-28	연암	24.6	~	25.0	50	50	2	D	4	1	B	3	23	D	3	3	C	0.5	H	2.5	2.500	IV	52.25
NTB-28	연암	25.0	~	28.0	17	17	2	D	4	6	H	1	43	H	8	3	C	0.5	H	2.5	0.106	V	23.82
NTB-28	연암	28.0	~	31.0	19	19	2	D	4	2	C	2	43	H	8	3	C	0.5	H	2.5	0.238	V	31.06
NTB-28	연암	31.0	~	34.0	25	25	2	D	4	2	C	2	43	H	8	3	C	0.5	H	2.5	0.313	V	33.53
NTB-28	연암	34.0	~	36.0	41	41	2	D	4	3	D	1.5	23	D	3	3	C	0.5	H	2.5	1.025	IV	44.22

서울시제물포터널
민간투자사업 지반조사

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr			Ja			Jw			SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NTB-28	경암	36.0	~	38.0	84	84	2	D	4	1	B	3	22	C	2	3	C	0.5	H	2.5	6.300	III	60.56
NTB-29	경암	15.2	~	18.0	36	36	2	D	4	1	B	3	15	J	10	2	B	0.66	H	2.5	0.713	V	40.95
NTB-29	경암	18.0	~	20.3	41	41	2	D	4	2	C	2	15	J	10	2	B	0.66	H	2.5	0.541	V	38.47
NTB-29	경암	20.3	~	22.8	68	68	1	B	2	2	C	2	15	J	10	2	B	0.66	H	2.5	1.795	IV	49.27
NTB-29	경암	22.8	~	25.0	61	61	2	D	4	2	C	2	15	J	10	2	B	0.66	H	2.5	0.805	V	42.05
NTB-29	경암	25.0	~	28.0	87	87	1	B	2	2	C	2	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	22.968	II	72.21
NTB-29	경암	28.0	~	31.0	13	13	2	D	4	2	C	2	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	1.716	IV	48.86
NTB-29	경암	31.0	~	34.0	63	63	2	D	4	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	12.474	II	66.71
NTB-29	경암	34.0	~	37.0	97	97	1	B	2	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	38.412	II	76.84
NTB-29	경암	37.0	~	38.0	100	100	1	B	2	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	39.600	II	77.11
NTB-30	연암	21.8	~	23.0	60	60	3	F	9	2	C	2	23	D	3	4	D	0.33	H	2.5	0.587	V	39.20
NTB-30	연암	23.0	~	25.0	23	23	2	D	4	3	D	1.5	43	H	8	3	C	0.5	H	2.5	0.216	V	30.19
NTB-30	연암	25.0	~	28.0	25	25	2	D	4	2	C	2	23	D	3	3	C	0.5	H	2.5	0.833	V	42.36
NTB-30	경암	28.0	~	31.0	66	66	2	D	4	2	C	2	22	C	2	2	B	0.66	H	2.5	4.356	III	57.24
NTB-30	경암	31.0	~	34.0	51	51	2	D	4	6	H	1	42	E	4	2	B	0.66	H	2.5	0.842	V	42.45
NBB-03	연암	23.7	~	26.7	48	48	1+	C	3	1	B	3	23	D	3	3	C	0.5	J	1.25	6.400	III	60.71
NBB-04	연암	21.4	~	24.0	100	10	2	G	12	1	B	3	13	B	1	2	B	0.66	H	2.5	0.660	V	40.26
NBB-05	연암	27.0	~	30.0	8	10	2	D	4	1	B	3	23	D	3	3	C	0.5	H	2.5	0.500	V	37.76
NBB-06	연암	25.5	~	28.5	3	10	2	D	4	1	B	3	23	D	3	3	C	0.5	H	2.5	0.500	V	37.76

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계		상 태		방 향 성		평점	**암반**
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	**등급**
NNTB-1	연암	20.2	~	21.0	228.4	2	0	3	3	5	<1	6	>5	0	거침	5	없슴	6	HW	1	18	DP	4	양호	-5	27	**Ⅳ**
NNTB-1	연암	21.0	~	24.0	335.0	4	21	3	8	8	3-10	2	>5	0	거침	5	없슴	6	MW	3	16	DP	4	양호	-5	30	**Ⅳ**
NNTB-1	연암	24.0	~	27.0	311.0	4	13	3	7	8	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	13	DP	4	양호	-5	27	**Ⅳ**
NNTB-1	연암	27.0	~	30.0	335.0	4	20	3	11	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	16	DP	4	양호	-5	30	**Ⅳ**
NNTB-1	연암	30.0	~	33.0	350.0	4	26	8	9	8	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	13	DP	4	양호	-5	32	**Ⅳ**
NNTB-1	연암	33.0	~	36.0	311.0	4	13	3	10	8	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	17	DP	4	양호	-5	31	**Ⅳ**
NNTB-1	연암	36.0	~	39.0	470.0	4	48	8	13	8	<1	6	>5	0	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	14	WT	7	양호	-5	36	**Ⅳ**
NNTB-1	연암	39.0	~	42.0	311.0	4	15	3	7	8	<1	6	>5	0	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	16	DP	4	양호	-5	30	**Ⅳ**
NNTB-1	연암	42.0	~	45.0	335.0	4	30	8	10	8	<1	6	>5	0	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	14	DP	4	양호	-5	33	**Ⅳ**
NNTB-1	연암	45.0	~	48.0	335.0	4	34	8	12	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	없슴	6	MW	3	19	DP	4	양호	-5	38	**Ⅳ**
NNTB-2	연암	16.1	~	17.8	228.4	2	12	3	8	8	<1	6	>5	0	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	16	DP	4	양호	-5	28	**Ⅳ**
NNTB-2	연암	17.8	~	19.5	228.4	2	15	3	8	8	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	17	DP	4	양호	-5	29	**Ⅳ**
NNTB-2	연암	19.5	~	22.5	311.0	4	49	8	18	8	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	17	WT	7	양호	-5	39	**Ⅳ**
NNTB-2	연암	22.5	~	24.0	311.0	4	15	3	7	8	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	17	DP	4	양호	-5	31	**Ⅳ**
NNTB-2	연암	24.0	~	25.8	311.0	4	8	3	6	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	20	DP	4	양호	-5	34	**Ⅳ**
NNTB-2	연암	25.8	~	27.1	668.9	7	10	3	6	8	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	18	DP	4	양호	-5	35	**Ⅳ**
NNTB-2	연암	27.1	~	30.0	668.9	7	23	3	10	8	<1	6	0.1-1.0	4	매끄러움	1	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	16	DP	4	양호	-5	33	**Ⅳ**
NNTB-2	경암	30.0	~	33.0	950.0	7	90	20	35	10	<1	6	<0.1	5	매끄러움	1	없슴	6	F	6	24	DM	10	양호	-5	66	**Ⅱ**
NNTB-2	경암	33.0	~	36.0	740.0	7	69	13	40	10	<1	6	없슴	6	매끄러움	1	없슴	6	F	6	25	DM	10	양호	-5	60	**Ⅱ**
NNTB-2	경암	36.0	~	38.0	750.0	7	75	17	50	10	<1	6	<0.1	5	매끄러움	1	없슴	6	F	6	24	DM	10	양호	-5	63	**Ⅱ**
NNTB-2	경암	38.0	~	41.0	750.0	7	79	17	48	10	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	없슴	6	F	6	22	DM	10	양호	-5	61	**Ⅱ**
NNTB-2	경암	41.0	~	44.0	710.0	7	71	13	55	10	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	없슴	6	F	6	22	DR	15	양호	-5	62	**Ⅱ**
NNTB-2	경암	44.0	~	47.0	750.0	7	77	17	52	10	<1	6	없슴	6	매끄러움	1	없슴	6	F	6	25	DM	10	양호	-5	64	**Ⅱ**
NNTB-2	경암	47.0	~	50.0	1600.0	12	100	20	65	15	<1	6	없슴	6	매끄러움	1	없슴	6	F	6	25	DR	15	양호	-5	82	**Ⅰ**

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계		상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
NNTB-2	경암	50.0	~	53.0	950.0	7	92	20	100	15	<1	6	없음	6	매끄러움	1	없음	6	F	6	25	DR	15	양호	-5	77	II
NNTB-2	경암	53.0	~	55.5	1800.0	12	100	20	124	15	>20	0	없음	6	매끄러움	1	없음	6	F	6	19	DR	15	양호	-5	76	II
NNTB-2	경암	55.5	~	58.5	900.0	7	83	17	55	10	10-20	1	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	F	6	19	DR	15	양호	-5	63	II
NNTB-2	경암	58.5	~	61.3	1200.0	12	94	20	60	15	>20	0	없음	6	매끄러움	1	없음	6	F	6	19	DR	15	양호	-5	76	II
NNTB-3	연암	43.0	~	46.0	349.8	4	38	8	10	8	3-10	2	>5	0	거침	5	없음	6	MW	3	16	DP	4	양호	-5	35	IV
NNTB-3	연암	46.0	~	48.5	400.0	4	46	8	12	8	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	20	WT	7	양호	-5	42	III
NNTB-3	연암	48.5	~	50.9	350.0	4	39	8	15	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	22	DP	4	양호	-5	41	III
NNTB-3	연암	50.9	~	53.0	310.0	4	24	3	8	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	없음	6	MW	3	20	DP	4	양호	-5	34	IV
NNTB-3	연암	53.0	~	55.7	310.0	4	24	3	13	8	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	없음	6	MW	3	17	DP	4	양호	-5	31	IV
NNTB-3	경암	55.7	~	58.7	710.0	7	78	17	23	10	10-20	1	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없음	6	F	6	18	DR	15	양호	-5	62	II
NNTB-3	경암	58.7	~	61.7	710.0	7	70	13	30	10	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없음	6	SW	5	20	DR	15	양호	-5	60	II
NNTB-3	경암	61.7	~	64.7	750.0	7	70	13	35	10	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없음	6	F	6	21	DR	15	양호	-5	61	II
NNTB-3	경암	64.7	~	67.0	750.0	7	74	13	22	10	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없음	6	SW	5	20	DR	15	양호	-5	60	II
NNTB-4	연암	31.6	~	32.6	228.4	2	0	3	3	5	<1	6	>5	0	아주거침	6	연한충전물,>5mm	0	HW	1	13	DP	4	양호	-5	22	IV
NNTB-4	연암	32.6	~	35.5	228.4	2	11	3	5	5	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,>5mm	0	MW	3	15	DP	4	양호	-5	24	IV
NNTB-4	연암	35.5	~	37.8	310.0	4	49	8	11	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,>5mm	0	MW	3	13	WT	7	양호	-5	35	IV
NNTB-4	연암	37.8	~	39.4	750.0	7	23	3	7	8	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	17	DP	4	양호	-5	34	IV
NNTB-4	연암	39.4	~	42.0	1042.1	12	29	8	13	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	DP	4	양호	-5	42	III
NNTB-4	연암	42.0	~	44.5	750.0	7	10	3	7	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,>5mm	0	MW	3	13	DP	4	양호	-5	30	IV
NNTB-4	연암	44.5	~	47.5	200.0	2	10	3	6	8	3-10	2	>5	0	거침	5	연한충전물,>5mm	0	MW	3	10	DP	4	양호	-5	22	IV
NNTB-4	연암	47.5	~	49.0	100.0	2	0	3	2	5	3-10	2	<0.1	5	약간거침	3	연한충전물,>5mm	0	HW	1	11	DP	4	양호	-5	20	IV
NNTB-4	경암	49.0	~	50.7	700.0	7	44	8	12	8	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	SW	5	21	DM	10	양호	-5	49	III
NNTB-4	경암	50.7	~	52.6	800.0	7	55	13	16	8	<1	6	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	SW	5	23	DR	15	양호	-5	61	II
NNTB-4	경암	52.6	~	55.6	1200.0	12	91	20	23	10	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없음	6	F	6	21	DR	15	양호	-5	73	II

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계		상 태		방 향 성		평점	**암반**
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	**등급**
NNTB-4	경암	55.6	~	58.0	560.0	7	17	3	7	8	<1	6	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없음	6	MW	3	20	DP	4	양호	-5	37	**Ⅳ**
NNTB-4	경암	58.0	~	61.0	770.0	7	47	8	17	8	<1	6	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없음	6	SW	5	22	WT	7	양호	-5	47	**Ⅲ**
NNTB-4	경암	61.0	~	64.0	900.0	7	77	17	28	10	10-20	1	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없음	6	F	6	18	DR	15	양호	-5	62	**Ⅱ**
NNTB-4	경암	64.0	~	66.8	800.0	7	58	13	21	10	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	SW	5	21	DR	15	양호	-5	61	**Ⅱ**
NNTB-4	경암	66.8	~	68.6	720.0	7	39	8	16	8	<1	6	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	SW	5	23	DR	15	양호	-5	56	**Ⅲ**
NNTB-4	경암	68.6	~	70.0	700.0	7	11	3	8	8	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	없음	6	MW	3	22	DP	4	양호	-5	39	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	30.9	~	31.5	228.1	2	0	3	2	5	<1	6	>5	0	거침	5	없음	6	HW	1	18	DP	4	양호	-5	27	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	31.5	~	32.6	228.1	2	0	3	4	5	<1	6	>5	0	거침	5	없음	6	HW	1	18	DP	4	양호	-5	27	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	32.6	~	33.2	228.1	2	18	3	8	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	없음	6	MW	3	19	DP	4	양호	-5	31	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	33.2	~	36.2	250.0	4	26	8	12	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	DP	4	양호	-5	34	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	36.2	~	39.2	510.0	7	28	8	10	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	DP	4	양호	-5	37	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	39.2	~	42.2	300.0	4	54	13	17	8	1-3	4	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,>5mm	0	MW	3	9	WT	7	양호	-5	36	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	42.2	~	45.2	340.0	4	26	8	13	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,>5mm	0	MW	3	13	DP	4	양호	-5	32	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	45.2	~	48.2	1300.0	12	66	13	20	10	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	SW	5	10	WT	7	양호	-5	47	**Ⅲ**
NNTB-5	연암	48.2	~	49.0	764.8	7	16	3	6	8	10-20	1	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	10	DP	4	양호	-5	27	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	49.0	~	52.0	1100.0	12	23	3	15	8	10-20	1	<0.1	5	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	14	DP	4	양호	-5	36	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	52.0	~	55.0	1200.0	12	54	13	18	8	3-10	2	0.1-1.0	4	약간거침	3	연한충전물,>5mm	0	MW	3	12	WT	7	양호	-5	47	**Ⅲ**
NNTB-5	연암	55.0	~	58.0	1100.0	12	40	8	11	8	3-10	2	0.1-1.0	4	약간거침	3	연한충전물,>5mm	0	MW	3	12	DP	4	양호	-5	39	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	58.0	~	61.0	1150.0	12	47	8	15	8	3-10	2	0.1-1.0	4	약간거침	3	없음	6	MW	3	18	WT	7	양호	-5	48	**Ⅲ**
NNTB-5	연암	61.0	~	64.0	150.0	2	3	3	7	8	10-20	1	1-5	1	거침	5	연한충전물,>5mm	0	MW	3	10	DP	4	양호	-5	22	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	64.0	~	67.0	150.0	2	0	3	4	5	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,>5mm	0	HW	1	13	DP	4	양호	-5	22	**Ⅳ**
NNTB-5	연암	67.0	~	70.0	150.0	2	0	3	3	5	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,>5mm	0	HW	1	13	DP	4	양호	-5	22	**Ⅳ**
NNTB-6	연암	36.1	~	39.1	800.0	7	13	3	10	8	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DP	4	양호	-5	37	**Ⅳ**
NNTB-6	연암	39.1	~	42.1	764.8	7	35	8	8	8	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DP	4	양호	-5	42	**Ⅲ**

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

RMR 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										계	지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도			상 태		방 향 성		평점	**암반**
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	**등급**
NNTB-6	연암	42.1	~	45.1	900.0	7	18	3	9	8	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	21	DP	4	양호	-5	38	**IV**
NNTB-6	경암	45.1	~	48.1	900.0	7	49	8	18	8	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	없슴	6	MW	3	23	DR	15	양호	-5	56	**III**
NNTB-6	경암	48.1	~	51.1	900.0	7	70	13	23	10	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	없슴	6	SW	5	25	DM	10	양호	-5	60	**II**
NNTB-6	경암	51.1	~	54.1	1000.0	12	83	17	37	10	<1	6	<0.1	5	매끄러움	1	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DM	10	양호	-5	65	**II**
NNTB-6	경암	54.1	~	57.1	301.8	4	62	13	21	10	<1	6	없슴	6	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	24	DR	15	양호	-5	61	**II**
NNTB-6	경암	57.1	~	60.1	1000.0	12	83	17	25	10	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	DM	10	양호	-5	67	**II**
NNTB-6	경암	60.1	~	63.1	390.0	4	49	8	28	10	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	WT	7	양호	-5	47	**III**
NNTB-6	경암	63.1	~	66.1	450.0	4	69	13	25	10	<1	6	없슴	6	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	24	DR	15	양호	-5	61	**II**
NNTB-6	경암	66.1	~	69.1	1700.0	12	92	20	35	10	>20	0	<0.1	5	매끄러움	1	없슴	6	SW	5	17	DR	15	양호	-5	69	**II**
NNTB-6	경암	69.1	~	72.1	1800.0	12	90	20	100	15	10-20	1	<0.1	5	매끄러움	1	없슴	6	F	6	19	DM	10	양호	-5	71	**II**
NNTB-6	경암	72.1	~	75.1	1800.0	12	93	20	75	15	>20	0	<0.1	5	매끄러움	1	없슴	6	F	6	18	DR	15	양호	-5	75	**II**
ATB-01	연암	14.0	~	16.5	894.3	7	14	3	6	8	3-10	2	>5	0	매끄러움	1	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	8	DP	4	양호	-5	25	**IV**
ATB-01	연암	16.5	~	19.0	700.0	7	9	3	8	8	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	15	DP	4	양호	-5	32	**IV**
ATB-01	연암	19.0	~	21.8	800.0	7	11	3	9	8	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	13	DP	4	양호	-5	30	**IV**
ATB-01	연암	21.8	~	23.5	700.0	7	6	3	7	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	17	DP	4	양호	-5	34	**IV**
ATB-01	연암	23.5	~	25.3	800.0	7	12	3	7	8	<1	6	1-5	1	매끄러움	1	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	13	DP	4	양호	-5	30	**IV**
ATB-01	연암	25.3	~	27.0	700.0	7	24	3	10	8	<1	6	1-5	1	매끄러움	1	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	13	DP	4	양호	-5	30	**IV**
ATB-01	연암	27.0	~	30.0	700.0	7	20	3	11	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	15	DP	4	양호	-5	32	**IV**
ATB-02	연암	16.5	~	18.0	228.4	2	39	8	11	8	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	21	DP	4	양호	-5	38	**IV**
ATB-02	연암	18.0	~	21.0	100.0	2	7	3	7	8	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	18	DP	4	양호	-5	30	**IV**
ATB-02	연암	21.0	~	24.0	200.0	2	29	8	10	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	DP	4	양호	-5	32	**IV**
ATB-02	연암	24.0	~	27.0	230.0	2	41	8	14	8	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	18	WT	7	양호	-5	38	**IV**
ATB-02	연암	27.0	~	30.0	300.0	4	29	8	16	8	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	21	DP	4	양호	-5	40	**III**
ATB-02	연암	30.0	~	33.0	320.0	4	17	3	10	8	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	DP	4	양호	-5	34	**IV**

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										계	지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도			상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
ATB-02	경암	33.0	~	35.5	800.0	7	51	13	19	8	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	F	6	22	DR	15	양호	-5	60	II
ATB-03	연암	12.6	~	15.1	764.0	7	31	8	13	8	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	17	DP	4	양호	-5	39	IV
ATB-03	연암	15.1	~	16.8	764.0	7	21	3	11	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	DP	4	양호	-5	32	IV
ATB-03	경암	16.8	~	19.8	1600.0	12	63	13	21	10	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	16	DR	15	양호	-5	61	II
ATB-03	경암	19.8	~	22.5	1700.9	12	74	13	30	10	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	SW	5	16	DR	15	양호	-5	61	II
ATB-03	경암	22.5	~	25.5	1700.9	12	59	13	20	10	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	SW	5	17	DR	15	양호	-5	62	II
ATB-03	경암	25.5	~	27.2	1700.9	12	79	17	35	10	1-3	4	없음	6	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	SW	5	18	DR	15	양호	-5	67	II
ATB-03	경암	27.2	~	30.1	1700.9	12	68	13	22	10	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	DR	15	양호	-5	65	II
ATB-03	경암	30.1	~	32.6	1700.9	12	73	13	35	10	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DM	10	양호	-5	61	II
ATB-03	경암	32.6	~	34.1	1700.9	12	23	3	8	8	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	WT	7	양호	-5	45	III
ATB-03	경암	34.1	~	36.1	1700.9	12	59	13	20	10	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	없음	6	SW	5	23	WT	7	양호	-5	60	II
ATB-03	경암	36.1	~	39.1	1700.9	12	48	8	22	10	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	없음	6	SW	5	25	WT	7	양호	-5	57	III
ATB-03	경암	39.1	~	42.1	1600.0	12	65	13	23	10	1-3	4	없음	6	약간거침	3	없음	6	SW	5	24	WT	7	양호	-5	61	II
ATB-03	경암	42.1	~	45.1	1700.9	12	73	13	35	10	1-3	4	없음	6	매끄러움	1	없음	6	SW	5	22	DM	10	양호	-5	62	II
ATB-03	경암	45.1	~	48.1	1700.9	12	80	17	48	10	<1	6	없음	6	매끄러움	1	없음	6	SW	5	24	DM	10	양호	-5	68	II
ATB-03	경암	48.1	~	51.1	1700.9	12	93	20	70	15	>20	0	없음	6	매끄러움	1	없음	6	F	6	19	DR	15	양호	-5	76	II
ATB-03	경암	51.1	~	54.1	1700.9	12	88	17	80	15	<1	6	없음	6	매끄러움	1	없음	6	F	6	25	DM	10	양호	-5	74	II
ATB-03	경암	54.1	~	57.1	1500.0	12	60	13	32	10	<1	6	없음	6	매끄러움	1	없음	6	F	6	25	WT	7	양호	-5	62	II
ATB-03	경암	57.1	~	60.1	1700.9	12	90	20	105	15	10-20	1	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	SW	5	18	DM	10	양호	-5	70	II
ATB-03	경암	60.1	~	63.1	1700.9	12	68	13	60	15	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	F	6	22	WT	7	양호	-5	64	II
ATB-03	경암	63.1	~	65.5	1700.9	12	70	13	35	10	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	SW	5	21	DM	10	양호	-5	61	II
ATB-03	경암	65.5	~	68.2	1700.9	12	73	13	30	10	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	SW	5	21	DM	10	양호	-5	61	II
ATB-04	연암	21.7	~	22.1	800.0	7	0	3	3	5	<1	6	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	17	DP	4	양호	-5	31	IV
ATB-04	경암	22.1	~	24.1	1202.2	12	67	13	40	10	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없음	6	SW	5	20	DM	10	양호	-5	60	II

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계		상 태		방 향 성		평점	**암반**
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	**등급**
ATB-04	경암	24.1	~	27.1	1202.2	12	97	20	45	10	>20	0	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	F	6	18	DR	15	양호	-5	70	II
ATB-04	경암	27.1	~	30.1	1202.2	12	96	20	35	10	>20	0	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	F	6	18	DR	15	양호	-5	70	II
ATB-04	경암	30.1	~	33.1	1202.2	12	93	20	42	10	>20	0	<0.1	5	약간거침	3	없음	6	F	6	20	DR	15	양호	-5	72	II
ATB-04	경암	33.1	~	36.1	1202.2	12	85	17	38	10	10-20	1	<0.1	5	약간거침	3	없음	6	F	6	21	DM	10	양호	-5	65	II
ATB-04	경암	36.1	~	39.1	1202.2	12	97	20	55	10	>20	0	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	F	6	18	DR	15	양호	-5	70	II
ATB-04	경암	39.1	~	42.1	1202.2	12	87	17	75	15	10-20	1	없음	6	매끄러움	1	없음	6	F	6	20	DM	10	양호	-5	69	II
ATB-04	경암	42.1	~	45.1	1202.2	12	97	20	32	10	>20	0	없음	6	매끄러움	1	없음	6	SW	5	18	DR	15	양호	-5	70	II
ATB-04	경암	45.1	~	47.2	900.0	7	52	13	18	8	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	SW	5	28	DM	10	양호	-5	61	II
ATB-04	경암	47.2	~	49.6	1000.0	12	69	13	20	10	1-3	4	없음	6	약간거침	3	없음	6	SW	5	24	WT	7	양호	-5	61	II
ATB-04	경암	49.6	~	52.6	1202.2	12	98	20	70	3	1-3	4	없음	6	매끄러움	1	없음	6	F	6	23	DR	15	양호	-5	68	II
ATB-04	경암	52.6	~	55.6	1202.2	12	100	20	150	15	1-3	4	없음	6	매끄러움	1	없음	6	F	6	23	DR	15	양호	-5	80	I
ATB-04	경암	55.6	~	58.6	1202.2	12	91	20	58	10	3-10	2	없음	6	매끄러움	1	없음	6	F	6	21	DR	15	양호	-5	73	II
ATB-04	경암	58.6	~	61.6	1700.9	12	90	20	42	10	10-20	1	없음	6	매끄러움	1	없음	6	F	6	20	DM	10	양호	-5	67	II
ATB-04	경암	61.6	~	64.6	1700.9	12	97	20	100	15	>20	0	없음	6	매끄러움	1	없음	6	F	6	19	DR	15	양호	-5	76	II
ATB-04	경암	64.6	~	67.5	1700.9	12	78	17	38	10	10-20	1	없음	6	약간거침	3	없음	6	F	6	22	DM	10	양호	-5	66	II
ATB-05	연암	19.5	~	22.0	426.2	4	16	3	6	8	<1	6	>5	0	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	16	DP	4	양호	-5	30	IV
ATB-05	연암	22.0	~	23.5	200.0	2	12	3	7	8	<1	6	>5	0	거침	5	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	16	DP	4	양호	-5	28	IV
ATB-05	연암	23.5	~	26.0	200.0	2	7	3	5	5	<1	6	>5	0	거침	5	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	16	DP	4	양호	-5	25	IV
ATB-05	연암	26.0	~	29.0	200.0	2	5	3	6	8	<1	6	>5	0	거침	5	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	16	DP	4	양호	-5	28	IV
ATB-05	연암	29.0	~	32.0	200.0	2	12	3	6	8	<1	6	>5	0	거침	5	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	16	WT	7	양호	-5	31	IV
ATB-05	연암	32.0	~	35.0	200.0	2	0	3	5	5	<1	6	>5	0	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	18	DP	4	양호	-5	27	IV
ATB-05	연암	35.0	~	38.0	200.0	2	21	3	8	8	<1	6	1-5	1	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	19	DP	4	양호	-5	31	IV
ATB-05	연암	38.0	~	41.0	426.0	4	6	3	5	5	<1	6	1-5	1	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	19	DP	4	양호	-5	30	IV
ATB-05	연암	41.0	~	42.0	426.0	4	14	3	5	5	<1	6	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	15	DP	4	양호	-5	26	IV

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	**암반**
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	**등급**
ATB-05	경암	42.0	~	44.1	700.0	7	81	17	32	10	3-10	2	<0.1	5	매끄러움	1	단단한충전물,>5mm	2	F	6	16	DR	15	양호	-5	60	II
ATB-05	경암	44.1	~	47.1	700.0	7	85	17	36	10	3-10	2	<0.1	5	매끄러움	1	단단한충전물,>5mm	2	F	6	16	DR	15	양호	-5	60	II
ATB-05	경암	47.1	~	50.0	700.0	7	67	13	30	10	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	단단한충전물,<5mm	4	F	6	20	DR	15	양호	-5	60	II
ATB-05	경암	50.0	~	53.0	700.0	7	73	13	25	10	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	단단한충전물,<5mm	4	F	6	20	DR	15	양호	-5	60	II
ATB-05	경암	53.0	~	56.0	700.0	7	79	17	38	10	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	없슴	6	F	6	22	DR	15	양호	-5	66	II
ATB-05	경암	56.0	~	59.0	700.0	7	78	17	47	10	<1	6	<0.1	5	매끄러움	1	연한충전물,>5mm	0	F	6	18	DR	15	양호	-5	62	II
ATB-05	경암	59.0	~	62.0	700.0	7	57	13	23	10	<1	6	없슴	6	매끄러움	1	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	22	DR	15	양호	-5	62	II
ATB-05	경암	62.0	~	65.0	700.0	7	42	8	22	10	<1	6	없슴	6	거침	5	없슴	6	SW	5	28	DR	15	양호	-5	63	II
ATB-05	경암	65.0	~	66.0	700.0	7	10	3	5	5	<1	6	없슴	6	약간거침	3	없슴	6	MW	3	24	DP	4	양호	-5	38	IV
ATB-05	경암	66.0	~	69.0	700.0	7	18	3	7	8	<1	6	없슴	6	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	20	DP	4	양호	-5	37	IV
ATB-05	경암	69.0	~	72.0	700.0	7	54	13	18	8	<1	6	없슴	6	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	SW	5	22	DR	15	양호	-5	60	II
ATB-05	경암	72.0	~	73.0	700.0	7	87	17	32	10	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	없슴	6	F	6	23	DR	15	양호	-5	67	II
ATB-06	연암	18.8	~	21.3	800.0	7	36	8	15	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	DP	4	양호	-5	37	IV
ATB-06	연암	21.3	~	24.0	800.0	7	32	8	10	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	DP	4	양호	-5	37	IV
ATB-06	경암	24.0	~	27.0	1200.0	12	68	13	32	10	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없슴	6	SW	5	20	DM	10	양호	-5	60	II
ATB-06	경암	27.0	~	30.0	1700.9	12	65	13	21	10	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	없슴	6	SW	5	22	DM	10	양호	-5	62	II
ATB-06	경암	30.0	~	33.0	1700.9	12	67	13	20	10	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없슴	6	SW	5	20	DM	10	양호	-5	60	II
ATB-06	경암	33.0	~	36.0	1700.9	12	73	13	28	10	1-3	4	1-5	1	매끄러움	1	없슴	6	SW	5	17	DR	15	양호	-5	62	II
ATB-06	경암	36.0	~	39.0	1700.9	12	67	13	30	10	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없슴	6	SW	5	20	DM	10	양호	-5	60	II
ATB-06	경암	39.0	~	42.0	1700.9	12	64	13	25	10	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	없슴	6	SW	5	22	DR	15	양호	-5	67	II
ATB-06	경암	42.0	~	45.0	1700.9	12	46	8	17	8	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	없슴	6	SW	5	25	DR	15	양호	-5	63	II
ATB-06	경암	45.0	~	48.0	1700.9	12	48	8	35	10	<1	6	0.1-1.0	4	약간거침	3	없슴	6	SW	5	24	DR	15	양호	-5	64	II
ATB-06	경암	48.0	~	51.0	1700.9	12	70	13	40	10	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없슴	6	SW	5	20	DR	15	양호	-5	65	II
ATB-06	경암	51.0	~	54.0	1700.9	12	75	17	30	10	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	없슴	6	SW	5	22	DM	10	양호	-5	66	II

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										계	지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도			상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
ATB-06	경암	54.0	~	57.0	900.0	7	63	13	21	10	1-3	4	없슴	6	매끄러움	1	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	DR	15	양호	-5	60	II
ATB-06	경암	57.0	~	60.0	782.1	7	30	8	12	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	15	DP	4	양호	-5	37	IV
ATB-06	경암	60.0	~	63.0	782.1	7	28	8	10	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	17	DP	4	양호	-5	39	IV
ATB-06	경암	63.0	~	66.0	900.0	7	70	13	25	10	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	DR	15	양호	-5	60	II
ATB-06	경암	66.0	~	69.0	900.0	7	77	17	30	10	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	DM	10	양호	-5	62	II
ATB-06	경암	69.0	~	72.0	900.0	7	57	13	20	10	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DR	15	양호	-5	61	II
ATB-06	경암	72.0	~	75.0	1200.0	12	47	8	20	10	<1	6	<0.1	5	매끄러움	1	없슴	6	SW	5	23	DR	15	양호	-5	63	II
ATB-06	경암	75.0	~	78.0	1200.0	12	50	13	23	10	<1	6	<0.1	5	매끄러움	1	없슴	6	SW	5	23	WT	7	양호	-5	60	II
ATB-07	연암	25.4	~	27.1	400.0	4	13	3	7	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	23	DP	4	양호	-5	37	IV
ATB-07	연암	27.1	~	30.1	500.0	7	47	8	15	8	<1	6	없슴	6	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	22	WT	7	양호	-5	47	III
ATB-07	경암	30.1	~	33.1	676.1	7	75	17	32	10	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	18	DR	15	양호	-5	62	II
ATB-07	경암	33.1	~	36.1	676.1	7	72	13	21	10	1-3	4	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없슴	6	SW	5	20	DR	15	양호	-5	60	II
ATB-07	경암	36.1	~	38.5	676.1	7	63	13	25	10	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	없슴	6	SW	5	22	DR	15	양호	-5	62	II
ATB-07	경암	38.5	~	40.5	676.1	7	47	8	28	10	<1	6	1-5	1	매끄러움	1	없슴	6	SW	5	19	DR	15	양호	-5	54	III
ATB-07	경암	40.5	~	43.5	676.1	7	80	17	38	10	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	SW	5	24	DM	10	양호	-5	63	II
ATB-07	경암	43.5	~	45.1	676.1	7	29	8	11	8	<1	6	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없슴	6	MW	3	20	DP	4	양호	-5	42	III
ATB-07	경암	45.1	~	48.1	676.1	7	55	13	23	10	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	없슴	6	SW	5	23	DR	15	양호	-5	63	II
ATB-07	경암	48.1	~	51.1	676.1	7	85	17	45	10	10-20	1	<0.1	5	매끄러움	1	없슴	6	F	6	19	DR	15	양호	-5	63	II
ATB-07	경암	51.1	~	54.1	676.1	7	63	13	30	10	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	없슴	6	SW	5	23	DR	15	양호	-5	63	II
ATB-07	경암	54.1	~	57.1	600.0	7	47	8	18	8	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	WT	7	양호	-5	48	III
ATB-07	경암	57.1	~	60.1	650.0	7	62	13	20	10	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DR	15	양호	-5	61	II
ATB-07	경암	60.1	~	63.1	676.1	7	73	13	37	10	1-3	4	<0.1	5	매끄러움	1	없슴	6	SW	5	21	DR	15	양호	-5	61	II
ATB-07	경암	63.1	~	66.1	676.1	7	66	13	28	10	<1	6	<0.1	5	매끄러움	1	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	DR	15	양호	-5	61	II
ATB-07	경암	66.1	~	69.1	676.1	7	77	17	22	10	<1	6	없슴	6	매끄러움	1	없슴	6	SW	5	24	DM	10	양호	-5	63	II

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태											지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
ATB-07	경암	69.1	~	72.0	676.1	7	79	17	42	10	3-10	2	<0.1	5	매끄러움	1	없음	6	F	6	20	DR	15	양호	-5	64	II
ATB-07	경암	72.0	~	75.0	676.1	7	80	17	55	10	3-10	2	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없음	6	F	6	19	DR	15	양호	-5	63	II
ATB-07	경암	75.0	~	78.0	676.1	7	77	17	40	10	10-20	1	0.1-1.0	4	매끄러움	1	없음	6	F	6	18	DR	15	양호	-5	62	II
ATB-07	경암	78.0	~	80.2	676.1	7	45	8	20	10	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	없음	6	SW	5	25	DR	15	양호	-5	60	II
ATB-08	경암	28.0	~	30.7	704	7	67	13	27	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	SW	5	27	WT	7	양호	-5	59	III
ATB-08	경암	30.7	~	33.7	704	7	48	8	14	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	MW	3	25	WT	7	양호	-5	50	III
ATB-08	경암	33.7	~	36.7	704	7	98	20	43	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	67	II
ATB-08	경암	36.7	~	39.7	704	7	81	17	12	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	62	II
ATB-08	경암	39.7	~	42.7	1,593	12	100	20	75	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	유리	-2	82	I
ATB-08	경암	42.7	~	45.7	1,593	12	100	20	150	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	유리	-2	82	I
ATB-08	경암	45.7	~	48.7	1,593	12	100	20	150	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	유리	-2	82	I
ATB-08	경암	48.7	~	51.7	1,593	12	100	20	100	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	유리	-2	82	I
ATB-08	경암	51.7	~	54.7	804	7	96	20	50	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	67	II
ATB-08	경암	54.7	~	57.7	804	7	92	20	30	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	67	II
ATB-08	경암	57.7	~	60.7	804	7	93	20	20	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	67	II
ATB-08	경암	60.7	~	63.7	804	7	84	17	36	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	64	II
ATB-08	경암	63.7	~	66.7	804	7	79	17	36	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	64	II
ATB-08	경암	66.7	~	69.7	896	7	86	17	28	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	64	II
ATB-08	경암	69.7	~	72.7	896	7	84	17	34	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	64	II
ATB-08	경암	72.7	~	75.7	896	7	92	20	40	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	67	II
ATB-08	경암	75.7	~	78.7	896	7	97	20	50	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	67	II
ATB-08	경암	78.7	~	81.2	896	7	98	20	18	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	65	II
ATB-09	연암	21.3	~	22.8	400	4	13	3	10	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	30	IV
ATB-09	경암	22.8	~	24.7	692	7	97	20	95	15	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	73	II

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	**암반**
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	**등급**
ATB-09	경암	24.7	~	27.7	692	7	100	20	150	15	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	73	II
ATB-09	경암	27.7	~	30.7	692	7	86	17	35	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	64	II
ATB-09	경암	30.7	~	33.7	692	7	84	17	36	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	64	II
ATB-09	경암	33.7	~	36.7	692	7	92	20	45	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	68	II
ATB-09	경암	36.7	~	39.7	692	7	97	20	60	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	양호	-5	74	II
ATB-09	경암	39.7	~	42.7	1,006	12	98	20	75	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	유리	-2	82	I
ATB-09	경암	42.7	~	45.7	1,006	12	99	20	100	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	유리	-2	82	I
ATB-09	경암	45.7	~	48.7	1,006	12	96	20	75	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	유리	-2	82	I
ATB-09	경암	48.7	~	51.7	1,006	12	89	17	43	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	69	II
ATB-09	경암	51.7	~	54.7	1,006	12	86	17	50	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	69	II
ATB-09	경암	54.7	~	57.7	920	7	91	20	40	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	68	II
ATB-09	경암	57.7	~	60.7	920	7	94	20	40	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	68	II
ATB-09	경암	60.7	~	63.7	920	7	100	20	300	20	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	유리	-2	81	I
ATB-09	경암	63.7	~	66.7	638	7	98	20	75	15	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	73	II
ATB-09	경암	66.7	~	69.7	638	7	86	17	35	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	65	II
ATB-09	경암	69.7	~	72.7	1,033	12	95	20	60	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	유리	-2	82	I
ATB-09	경암	72.7	~	75.7	1,033	12	99	20	150	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	유리	-2	82	I
ATB-09	경암	75.7	~	78.7	1,033	12	100	20	150	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	유리	-2	82	I
ATB-09	경암	78.7	~	81.2	1,033	12	98	20	60	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	유리	-2	82	I
ATB-09	경암	81.2	~	83.2	1,033	12	100	20	66	15	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	유리	-2	82	I
ATB-10	연암	30.7	~	33.7	207	2	38	8	18	8	1-3	4	1-5	1	매끄러움	1	없음	6	MW	3	15	WT	7	양호	-5	35	IV
ATB-10	경암	33.7	~	36.5	801	7	61	13	35	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	61	II
ATB-10	경암	36.5	~	39.5	801	7	93	20	75	15	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	73	II
ATB-10	경암	39.5	~	42.5	801	7	65	13	28	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	61	II

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	**암반**
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	**등급**
ATB-10	경암	42.5	~	45.5	801	7	62	13	20	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	61	II
ATB-10	경암	45.5	~	48.5	801	7	84	17	50	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	65	II
ATB-10	경암	48.5	~	51.5	743	7	65	13	45	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	61	II
ATB-10	경암	51.5	~	54.5	743	7	58	13	34	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	61	II
ATB-10	경암	54.5	~	57.5	743	7	84	17	36	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	65	II
ATB-10	경암	57.5	~	60.5	743	7	82	17	38	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	65	II
ATB-10	경암	60.5	~	63.5	694	7	94	20	32	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	68	II
ATB-10	경암	63.5	~	66.5	694	7	89	17	30	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	65	II
ATB-10	경암	66.5	~	69.0	708	7	94	20	24	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	68	II
ATB-10	경암	69.0	~	72.7	708	7	67	13	16	8	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	59	III
ATB-10	경암	72.7	~	75.7	708	7	90	20	40	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	WT	7	양호	-5	68	II
ATB-10	경암	75.7	~	78.7	708	7	78	17	30	10	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	SW	5	29	WT	7	양호	-5	65	II
ATB-10	경암	78.7	~	82.3	708	7	80	17	38	10	<1	6	없음	6	아주거침	6	없음	6	F	6	30	WT	7	양호	-5	66	II
ATB-11	연암	30.3	~	32.7	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V
ATB-11	연암	32.7	~	35.5	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V
ATB-11	연암	35.5	~	38.5	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V
ATB-11	연암	38.5	~	41.5	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V
ATB-11	연암	41.5	~	42.6	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V
ATB-11	연암	42.6	~	45.5	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V
ATB-11	연암	45.5	~	48.5	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V
ATB-11	연암	48.5	~	51.5	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V
ATB-11	연암	51.5	~	54.5	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V
ATB-11	연암	54.5	~	57.5	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V
ATB-11	연암	57.5	~	60.5	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										계	지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도			상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
ATB-11	연암	60.5	~	63.5	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V
ATB-11	연암	63.5	~	68.0	5	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	5	WT	7	양호	-5	17	V
ATB-11	연암	68.0	~	71.0	597	7	88	17	100	15	<1	6	<0.1	5	거침	5	없슴	6	SW	5	27	WT	7	양호	-5	68	II
ATB-11	연암	71.0	~	73.0	597	7	86	17	12	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	없슴	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	62	II
ATB-11	연암	73.0	~	74.9	597	7	28	8	8	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	49	III
ATB-11	연암	74.9	~	76.7	457	4	31	8	4	5	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	43	III
ATB-11	연암	76.7	~	78.3	457	4	20	3	3	5	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	38	IV
ATB-11	연암	78.3	~	81.0	457	4	43	8	6	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	CW	0	21	WT	7	양호	-5	43	III
ATB-12	연암	26.8	~	28.1	310	4	10	3	8	8	3-10	2	1-5	1	약간거침	3	없슴	6	MW	3	15	WT	7	양호	-5	32	IV
ATB-12	연암	28.1	~	30.1	310	4	11	3	22	10	3-10	2	1-5	1	약간거침	3	없슴	6	MW	3	15	WT	7	양호	-5	34	IV
ATB-12	연암	30.1	~	33.1	310	4	36	8	14	8	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	없슴	6	MW	3	17	WT	7	양호	-5	39	IV
ATB-12	연암	33.1	~	34.7	310	4	53	13	8	8	3-10	2	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	17	WT	7	양호	-5	44	III
ATB-12	연암	34.7	~	36.5	310	4	39	8	12	8	3-10	2	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	17	WT	7	양호	-5	39	IV
ATB-12	연암	36.5	~	39.5	283	4	49	8	18	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	없슴	6	MW	3	20	WT	7	양호	-5	42	III
ATB-12	연암	39.5	~	41.4	283	4	36	8	12	8	3-10	2	0.1-1.0	4	약간거침	3	없슴	6	MW	3	18	WT	7	양호	-5	40	III
ATB-12	연암	41.4	~	43.4	402	4	21	3	4	5	3-10	2	1-5	1	약간거침	3	없슴	6	MW	3	15	WT	7	양호	-5	29	IV
ATB-12	연암	43.4	~	45.1	402	4	8	3	6	8	3-10	2	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	17	WT	7	양호	-5	34	IV
ATB-12	연암	45.1	~	47.4	402	4	25	8	12	8	3-10	2	1-5	1	약간거침	3	없슴	6	MW	3	15	WT	7	양호	-5	37	IV
ATB-12	연암	47.4	~	50.7	402	4	19	3	6	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	36	IV
ATB-12	연암	50.7	~	53.7	402	4	37	8	24	10	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	없슴	6	MW	3	17	WT	7	양호	-5	41	III
ATB-12	경암	53.7	~	56.7	1,111	12	81	17	28	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	67	II
ATB-12	경암	56.7	~	59.7	1,111	12	86	17	30	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	67	II
ATB-12	경암	59.7	~	62.7	1,111	12	89	17	45	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	68	II
ATB-12	경암	62.7	~	65.7	1,111	12	86	17	34	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	68	II

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										계	지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도			상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
ATB-12	경암	65.7	~	68.7	1,111	12	76	17	28	10	<1	6	1-5	1	거침	5	없음	6	F	6	24	WT	7	양호	-5	65	II
ATB-12	경암	68.7	~	71.1	896	7	34	8	8	8	<1	6	1-5	1	거침	5	없음	6	MW	3	21	WT	7	양호	-5	46	III
ATB-12	경암	71.1	~	73.3	896	7	32	8	24	10	<1	6	1-5	1	거침	5	없음	6	SW	5	23	WT	7	양호	-5	50	III
ATB-12	경암	73.3	~	75.3	896	7	18	3	12	8	<1	6	1-5	1	거침	5	없음	6	MW	3	21	WT	7	양호	-5	41	III
ATB-12	경암	75.3	~	77.5	896	7	19	3	22	10	<1	6	1-5	1	거침	5	없음	6	MW	3	21	WT	7	양호	-5	43	III
ATB-13	연암	36.5	~	39.6	255	4	43	8	16	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	WT	7	양호	-5	37	IV
ATB-13	연암	39.6	~	42.6	255	4	62	13	26	10	<1	6	1-5	1	약간거침	3	없음	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	48	III
ATB-13	연암	42.6	~	44.6	255	4	40	8	14	8	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	없음	6	MW	3	17	WT	7	양호	-5	39	IV
ATB-13	연암	44.6	~	45.8	255	4	8	3	6	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	없음	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	36	IV
ATB-13	경암	45.8	~	48.2	708	7	57	13	24	10	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	24	WT	7	양호	-5	56	III
ATB-13	경암	48.2	~	50.4	708	7	67	13	22	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	58	III
ATB-13	경암	50.4	~	52.9	708	7	94	20	31	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	65	II
ATB-13	경암	52.9	~	55.0	708	7	7	3	4	5	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	18	WT	7	양호	-5	35	IV
ATB-13	경암	55.0	~	57.4	640	7	86	17	36	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	60	II
ATB-13	경암	57.4	~	59.5	640	7	78	17	24	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	62	II
ATB-13	경암	59.5	~	62.6	640	7	95	20	36	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	65	II
ATB-13	경암	62.6	~	64.5	620	7	87	17	16	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	60	II
ATB-13	경암	64.5	~	66.5	620	7	79	17	14	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	60	II
ATB-13	경암	66.5	~	69.5	620	7	98	20	25	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	66	II
ATB-13	경암	69.5	~	73.0	620	7	90	20	26	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	66	II
ATB-14	연암	33.4	~	35.2	603	7	24	3	30	10	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	35	IV
ATB-14	연암	35.2	~	38.1	603	7	15	3	6	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	22	WT	7	양호	-5	42	III
ATB-14	연암	38.1	~	41.3	603	7	46	8	24	10	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	22	WT	7	양호	-5	49	III
ATB-14	연암	41.3	~	42.6	603	7	40	8	10	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	22	WT	7	양호	-5	47	III

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	**암반**
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	**등급**
ATB-14	연암	42.6	~	45.5	603	7	42	8	14	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	22	WT	7	양호	-5	47	III
ATB-14	경암	45.5	~	48.0	603	7	66	13	24	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	58	III
ATB-14	경암	48.0	~	50.9	702	7	94	20	26	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	66	II
ATB-14	경암	50.9	~	52.3	702	7	51	13	6	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	57	III
ATB-14	경암	52.3	~	54.5	758	7	91	20	44	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	66	II
ATB-14	경암	54.5	~	56.7	758	7	78	17	12	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	61	II
ATB-14	경암	56.7	~	59.8	758	7	62	13	38	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	20	WT	7	양호	-5	52	III
ATB-14	경암	59.8	~	60.8	302	4	0	3	4	5	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	15	WT	7	양호	-5	29	IV
ATB-14	경암	60.8	~	62.3	302	4	7	3	2	5	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	15	WT	7	양호	-5	29	IV
ATB-14	경암	62.3	~	64.8	302	4	31	8	8	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	46	III
ATB-14	경암	64.8	~	66.3	302	4	90	20	18	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	60	II
ATB-14	경암	66.3	~	68.3	302	4	96	20	30	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	63	II
ATB-15	연암	28.0	~	30.0	510	7	31	8	2	5	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	MW	3	13	WT	7	양호	-5	35	IV
ATB-15	경암	30.0	~	33.5	510	7	53	13	25	3	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	49	III
ATB-15	경암	33.5	~	35.9	510	7	59	13	24	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	56	III
ATB-15	연암	35.9	~	38.8	510	7	82	17	36	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	62	II
ATB-15	경암	38.8	~	40.7	602	7	71	13	24	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	58	III
ATB-15	경암	40.7	~	42.5	602	7	23	3	14	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	46	III
ATB-15	경암	42.5	~	44.0	602	7	13	3	4	5	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	41	III
ATB-15	경암	44.0	~	48.5	620	7	94	20	50	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	66	II
ATB-15	경암	48.5	~	51.5	620	7	75	17	25	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	63	II
ATB-15	경암	51.5	~	53.0	620	7	50	13	12	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	57	III
ATB-15	경암	53.0	~	55.1	801	7	100	20	53	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	67	II
ATB-15	경암	55.1	~	57.5	801	7	98	20	48	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	67	II

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
ATB-15	경암	57.5	~	60.5	801	7	94	20	38	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	67	II
ATB-15	경암	60.5	~	62.5	801	7	100	20	200	20	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	77	II
ATB-16	연암	21.3	~	24.5	448	4	38	8	17	8	<1	6	1-5	1	약간거침	3	없음	6	HW	1	17	WT	7	양호	-5	39	IV
ATB-16	연암	24.5	~	26.0	448	4	15	3	10	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	30	IV
ATB-16	연암	26.0	~	27.0	448	4	39	8	13	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	없음	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	41	III
ATB-16	연암	27.0	~	30.7	448	4	34	8	8	8	<1	6	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	17	WT	7	양호	-5	39	IV
ATB-16	연암	30.7	~	33.3	448	4	38	8	20	10	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	WT	7	양호	-5	39	IV
ATB-16	경암	33.3	~	36.2	448	4	50	13	12	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	53	III
ATB-16	경암	36.2	~	39.2	448	4	85	17	50	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	59	III
ATB-16	경암	39.2	~	42.2	727	7	56	13	18	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	56	III
ATB-16	경암	42.2	~	45.2	727	7	46	8	20	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	54	III
ATB-16	경암	45.2	~	48.2	654	7	55	13	21	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	59	III
ATB-16	경암	48.2	~	51.2	654	7	44	8	8	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	51	III
ATB-16	경암	51.2	~	53.2	654	7	42	8	4	5	<1	6	1-5	1	거침	5	없음	6	MW	3	21	WT	7	양호	-5	43	III
ATB-16	경암	53.2	~	55.5	654	7	51	13	19	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	57	III
ATB-16	경암	55.5	~	58.2	654	7	50	13	15	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	56	III
ATB-17	연암	25.4	~	27.2	310	4	0	3	4	5	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	27	IV
ATB-17	연암	27.2	~	28.7	310	4	0	3	6	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	30	IV
ATB-17	연암	28.7	~	30.3	310	4	0	3	7	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	30	IV
ATB-17	연암	30.3	~	32.6	310	4	11	3	12	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	30	IV
ATB-17	연암	32.6	~	34.6	310	4	12	3	23	10	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	32	IV
ATB-17	연암	34.6	~	36.2	310	4	8	3	12	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	30	IV
ATB-17	연암	36.2	~	37.4	310	4	12	3	14	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	30	IV
ATB-17	연암	37.4	~	39.4	310	4	6	3	12	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	30	IV

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
ATB-17	연암	39.4	~	41.9	310	4	16	3	6	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	30	Ⅳ
ATB-17	연암	41.9	~	44.8	310	4	11	3	6	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	30	Ⅳ
ATB-17	연암	44.8	~	47.2	725	7	35	8	2	5	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	35	Ⅳ
ATB-17	연암	47.2	~	48.4	725	7	12	3	6	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	WT	7	양호	-5	35	Ⅳ
ATB-17	연암	48.4	~	51.4	708	7	40	8	16	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	MW	3	22	WT	7	양호	-5	47	Ⅲ
ATB-17	연암	51.4	~	54.4	708	7	69	13	30	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	58	Ⅲ
ATB-17	연암	54.4	~	57.0	708	7	31	8	24	10	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	SW	5	24	WT	7	양호	-5	51	Ⅲ
ATB-17	연암	57.0	~	59.1	708	7	25	8	12	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	MW	3	22	WT	7	양호	-5	47	Ⅲ
ATB-18	연암	28.5	~	30.0	291	4	10	3	10	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	30	Ⅳ
ATB-18	연암	30.0	~	32.5	291	4	41	8	24	10	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	43	Ⅲ
ATB-18	연암	32.5	~	35.5	291	4	51	13	19	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	SW	5	21	WT	7	양호	-5	48	Ⅲ
ATB-18	연암	35.5	~	38.5	291	4	64	13	24	10	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	F	6	22	WT	7	양호	-5	51	Ⅲ
ATB-18	연암	38.5	~	40.3	406	4	64	13	6	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	F	6	22	WT	7	양호	-5	49	Ⅲ
ATB-18	연암	40.3	~	42.6	406	4	27	8	6	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	SW	5	21	WT	7	양호	-5	43	Ⅲ
ATB-18	연암	42.6	~	44.8	457	4	32	8	14	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	41	Ⅲ
ATB-18	연암	44.8	~	47.4	457	4	16	3	8	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	36	Ⅳ
ATB-18	연암	47.4	~	49.5	460	4	10	3	4	5	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	WT	7	양호	-5	29	Ⅳ
ATB-18	연암	49.5	~	52.1	460	4	5	3	10	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	WT	7	양호	-5	32	Ⅳ
ATB-18	연암	52.1	~	54.5	460	4	29	8	10	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	WT	7	양호	-5	37	Ⅳ
ATB-18	연암	54.5	~	55.8	460	4	31	8	11	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	41	Ⅲ
ATB-18	연암	55.8	~	58.2	460	4	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	CW	0	12	WT	7	양호	-5	26	Ⅳ
ATB-19	연암	32.0	~	33.7	255	4	0	3	9	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	30	Ⅳ
ATB-19	연암	33.7	~	36.7	255	4	27	8	14	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	WT	7	양호	-5	37	Ⅳ
ATB-19	연암	36.7	~	39.7	255	4	24	3	14	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	WT	7	양호	-5	32	Ⅳ

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
ATB-19	연암	39.7	~	42.1	540	7	30	8	15	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	WT	7	양호	-5	40	III
ATB-19	연암	42.1	~	44.7	540	7	56	13	22	10	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	51	III
ATB-19	연암	44.7	~	47.7	540	7	36	8	15	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	44	III
ATB-19	연암	47.7	~	49.8	655	7	46	8	17	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	44	III
ATB-19	연암	49.8	~	52.1	655	7	40	8	18	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	WT	7	양호	-5	40	III
ATB-19	연암	52.1	~	53.2	655	7	16	3	4	5	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	WT	7	양호	-5	32	IV
ATB-19	연암	53.2	~	56.2	655	7	22	3	21	10	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	41	III
ATB-19	경암	56.2	~	59.2	655	7	91	20	38	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없슴	6	F	6	28	WT	7	양호	-5	67	II
ATB-20	연암	33.0	~	36.5	300	4	35	8	7	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	MW	3	15	WT	7	양호	-5	37	IV
ATB-20	연암	36.5	~	37.6	300	4	0	3	3	5	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	27	IV
ATB-20	연암	37.6	~	38.9	300	4	34	8	7	8	1-3	4	1-5	1	거침	5	없슴	6	MW	3	19	WT	7	양호	-5	41	III
ATB-20	경암	38.9	~	42.8	940	7	96	20	49	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	66	II
ATB-20	경암	42.8	~	45.8	940	7	93	20	27	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	66	II
ATB-20	경암	45.8	~	47.0	947	7	41	8	7	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	49	III
ATB-20	경암	47.0	~	49.9	947	7	6	3	6	8	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	15	WT	7	양호	-5	35	IV
ATB-20	경암	49.9	~	51.3	896	7	95	20	35	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	65	II
ATB-20	경암	51.3	~	54.3	896	7	86	17	21	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	63	II
ATB-20	경암	54.3	~	57.3	896	7	84	17	23	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	F	6	27	WT	7	양호	-5	63	II
ATB-21	연암	17.8	~	20.3	400	4	31	8	25	10	1-3	4	1-5	1	거침	5	연한충전물,<5mm	2	HW	1	13	WT	7	양호	-5	37	IV
ATB-21	경암	20.3	~	23.3	1,106	12	69	13	45	10	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	SW	5	26	WT	7	양호	-5	63	II
ATB-21	경암	23.3	~	25.3	1,106	12	50	13	16	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	59	III
ATB-21	경암	25.3	~	28.0	1,106	12	16	3	8	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	49	III
ATB-21	경암	28.0	~	30.6	986	7	75	17	26	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	없슴	6	SW	5	27	WT	7	양호	-5	63	II
ATB-21	경암	30.6	~	33.5	986	7	47	8	16	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없슴	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	49	III

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
ATB-21	경암	33.5	~	35.5	637	7	43	8	6	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	49	III
ATB-21	경암	35.5	~	37.0	637	7	35	8	6	8	<1	6	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	24	WT	7	양호	-5	49	III
ATB-22	연암	32.0	~	34.2	212	2	0	3	0	5	1-3	4	1-5	1	약간거침	3	연한충전물,<5mm	2	CW	0	10	WT	7	양호	-5	22	IV
NNBB-4	연암	38.9	~	41.9	372.1	4	0	3	1	5	10-20	1	없음	6	약간거침	3	없음	6	HW	1	17	DP	4	양호	-5	28	IV
NNBB-6	연암	15.7	~	18.0	651.3	7	5	3	2	5	10-20	1	없음	6	거침	5	없음	6	HW	1	19	DP	4	양호	-5	33	IV
NNBB-7	연암	18.0	~	19.0	651.3	7	0	3	1	5	10-20	1	없음	6	거침	5	없음	6	HW	1	19	DP	4	양호	-5	33	IV
NNBB-08	연암	20.9	~	22.4	400	4	0	3	4	5	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	22	WT	7	양호	-5	36	IV
NNBB-08	연암	22.4	~	23.7	400	4	0	3	6	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	22	WT	7	양호	-5	39	IV
NNBB-08	연암	23.7	~	26.1	400	4	22	3	22	10	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	22	WT	7	양호	-5	41	III
NNBB-08	연암	26.1	~	27.7	413	4	45	8	8	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	22	WT	7	양호	-5	44	III
NNBB-08	연암	27.7	~	30.7	413	4	48	8	12	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	22	WT	7	양호	-5	44	III
NNBB-08	연암	30.7	~	33.7	566	7	46	8	8	8	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	MW	3	22	WT	7	양호	-5	47	III
NNBB-08	연암	33.7	~	37.0	566	7	32	8	0	5	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	20	WT	7	양호	-5	42	III
NNBB-09	연암	17.0	~	18.2	392	4	13	3	10	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	MW	3	23	WT	7	양호	-5	40	III
NNBB-09	연암	18.2	~	20.3	392	4	21	3	11	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	MW	3	23	WT	7	양호	-5	40	III
NNBB-09	연암	20.3	~	22.7	392	4	34	8	17	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	MW	3	23	WT	7	양호	-5	45	III
NNBB-09	연암	22.7	~	24.0	392	4	31	8	11	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	MW	3	23	WT	7	양호	-5	45	III
NNBB-09	연암	24.0	~	26.1	392	4	22	3	16	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	MW	3	23	WT	7	양호	-5	40	III
NNBB-09	연암	26.1	~	27.6	359	4	28	8	12	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	MW	3	23	WT	7	양호	-5	45	III
NNBB-09	연암	27.6	~	30.4	359	4	48	8	19	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	SW	5	25	WT	7	양호	-5	47	III
NNBB-09	경암	30.4	~	33.1	392	4	84	17	75	15	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	SW	5	28	WT	7	양호	-5	66	II
NNBB-10	연암	14.5	~	17.1	400	4	15	3	6	8	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	MW	3	26	WT	7	양호	-5	43	III
NNBB-10	경암	17.1	~	20.0	805	7	54	13	19	8	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	MW	3	26	WT	7	양호	-5	56	III
NNBB-10	경암	20.0	~	21.8	805	7	61	13	16	8	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	MW	3	26	WT	7	양호	-5	56	III

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
NNBB-10	경암	21.8	~	24.0	805	7	48	8	8	8	<1	6	없슴	6	거침	5	없슴	6	MW	3	26	WT	7	양호	-5	51	III
NNBB-10	경암	24.0	~	27.0	805	7	73	13	38	10	<1	6	없슴	6	거침	5	없슴	6	SW	5	28	WT	7	양호	-5	60	II
NATB-01	연암	42.0	~	42.5	10	2	0	3	1	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	단단한충전물,>5mm	2	HW	1	6	DP	4	양호	-5	15	V
NATB-01	연암	42.5	~	45.5	10	2	4	3	5	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	8	DP	4	양호	-5	17	V
NATB-01	연암	45.5	~	48.5	10	2	0	3	1	5	>20	0	>5	0	매끄러움	1	단단한충전물,>5mm	2	HW	1	4	DP	4	양호	-5	13	V
NATB-01	경암	48.5	~	51.5	265	4	63	13	11	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	WT	7	양호	-5	47	III
NATB-01	경암	51.5	~	54.5	265	4	40	8	10	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	SW	5	18	WT	7	양호	-5	40	III
NATB-01	경암	54.5	~	57.5	584	7	63	13	11	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	WT	7	양호	-5	50	III
NATB-01	경암	57.5	~	60.5	1,004	12	87	17	17	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	26	WT	7	양호	-5	65	II
NATB-01	경암	60.5	~	63.5	1,004	12	78	17	28	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	26	WT	7	양호	-5	67	II
NATB-01	경암	63.5	~	66.5	1,004	12	94	20	31	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	26	WT	7	양호	-5	70	II
NATB-01	경암	66.5	~	69.5	1,004	12	100	20	50	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	26	WT	7	양호	-5	70	II
NATB-01	경암	69.5	~	72.5	1,004	12	88	17	32	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	26	WT	7	양호	-5	67	II
NATB-01	경암	72.5	~	75.5	1,004	12	77	17	21	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	26	WT	7	양호	-5	67	II
NATB-01	경암	75.5	~	77.5	584	7	63	13	24	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	26	WT	7	양호	-5	58	III
NATB-02	연암	28.1	~	30.0	222	2	32	8	3	5	3-10	2	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	MW	3	9	DP	4	양호	-5	23	IV
NATB-02	연암	30.0	~	33.0	222	2	46	8	10	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	16	WT	7	양호	-5	36	IV
NATB-02	연암	33.0	~	34.7	222	2	9	3	4	5	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	16	WT	7	양호	-5	28	IV
NATB-02	연암	34.7	~	35.8	222	2	16	3	1	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,>5mm	0	HW	1	4	WT	7	양호	-5	16	V
NATB-02	연암	35.8	~	38.4	222	2	9	3	4	5	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	16	WT	7	양호	-5	28	IV
NATB-02	연암	38.4	~	40.1	50	2	12	3	1	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,>5mm	0	MW	3	6	WT	7	양호	-5	18	V
NATB-02	연암	40.1	~	42.3	50	2	17	3	1	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,>5mm	0	MW	3	6	DP	4	양호	-5	15	V
NATB-02	연암	42.3	~	44.1	10	2	0	3	1	5	10-20	1	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	HW	1	2	DP	4	양호	-5	11	V
NATB-02	연암	44.1	~	47.1	222	2	37	8	11	8	3-10	2	0.1-1.0	4	매끄러움	1	연한충전물,>5mm	0	MW	3	10	WT	7	양호	-5	30	IV

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계		상 태		방 향 성		평점	**암반**
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	**등급**
NATB-02	연암	47.1	~	48.9	222	2	16	3	7	8	3-10	2	0.1-1.0	4	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	MW	3	12	DP	4	양호	-5	24	**IV**
NATB-02	연암	48.9	~	51.6	222	2	11	3	4	5	3-10	2	0.1-1.0	4	매끄러움	1	연한충전물,>5mm	0	MW	3	10	DP	4	양호	-5	19	**V**
NATB-02	연암	51.6	~	54.6	222	2	25	8	4	5	3-10	2	0.1-1.0	4	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	MW	3	12	WT	7	양호	-5	29	**IV**
NATB-02	연암	54.6	~	55.9	10	2	0	3	1	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	HW	1	1	DP	4	양호	-5	10	**V**
NATB-02	연암	55.9	~	57.5	222	2	6	3	1	5	3-10	2	0.1-1.0	4	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	MW	3	12	DP	4	양호	-5	21	**IV**
NATB-02	연암	57.5	~	60.0	10	2	0	3	1	5	10-20	1	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	HW	1	3	DP	4	양호	-5	12	**V**
NATB-02	연암	60.0	~	63.0	10	2	6	3	1	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	6	DP	4	양호	-5	15	**V**
NATB-02	연암	63.0	~	66.0	222	2	9	3	7	8	3-10	2	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	7	DP	4	양호	-5	19	**V**
NATB-02	연암	66.0	~	68.0	222	2	11	3	6	8	3-10	2	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	7	WT	7	양호	-5	22	**IV**
NATB-02	연암	68.0	~	71.0	222	2	33	8	9	8	1-3	4	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	9	WT	7	양호	-5	29	**IV**
NATB-02	연암	71.0	~	73.0	222	2	7	3	6	8	3-10	2	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	7	WT	7	양호	-5	22	**IV**
NATB-02	연암	73.0	~	74.9	222	2	5	3	6	8	3-10	2	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	7	WT	7	양호	-5	22	**IV**
NATB-02	연암	74.9	~	77.0	222	2	17	3	8	8	3-10	2	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	7	WT	7	양호	-5	22	**IV**
NATB-02	연암	77.0	~	78.8	222	2	29	8	8	8	3-10	2	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	7	WT	7	양호	-5	27	**IV**
NATB-02	연암	78.8	~	81.2	222	2	30	8	9	8	1-3	4	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	9	WT	7	양호	-5	29	**IV**
NATB-02	연암	81.2	~	82.2	222	2	13	3	4	5	3-10	2	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	7	WT	7	양호	-5	19	**V**
NATB-03	연암	28.5	~	30.8	265	4	5	3	0	5	10-20	1	0.1-1.0	4	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	MW	3	11	WT	7	양호	-5	25	**IV**
NATB-03	연암	30.8	~	33.8	265	4	12	3	0	5	10-20	1	0.1-1.0	4	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	MW	3	11	WT	7	양호	-5	25	**IV**
NATB-03	연암	33.8	~	36.8	10	2	0	3	0	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	0	DP	4	양호	-5	9	**V**
NATB-03	연암	36.8	~	39.8	50	2	14	3	0	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	0	DP	4	양호	-5	9	**V**
NATB-03	연암	39.8	~	42.8	10	2	0	3	0	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	0	DP	4	양호	-5	9	**V**
NATB-03	연암	42.8	~	45.8	10	2	0	3	0	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	0	DP	4	양호	-5	9	**V**
NATB-03	연암	45.8	~	48.8	10	2	0	3	0	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	0	DP	4	양호	-5	9	**V**
NATB-03	연암	48.8	~	51.8	10	2	0	3	0	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	0	DP	4	양호	-5	9	**V**

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

R M R 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										계	지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도			상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
NATB-03	연암	51.8	~	54.8	10	2	3	3	0	5	>20	0	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	HW	1	4	DP	4	양호	-5	13	V
NATB-03	연암	54.8	~	57.8	265	4	41	8	0	5	>20	0	1-5	1	부드러움	0	연한충전물,<5mm	2	HW	1	4	DP	4	양호	-5	20	IV
NATB-03	연암	57.8	~	60.8	10	2	0	3	0	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	6	WT	7	양호	-5	18	V
NATB-03	연암	60.8	~	63.8	50	2	17	3	0	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	6	WT	7	양호	-5	18	V
NATB-03	연암	63.8	~	66.8	10	2	7	3	0	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	6	WT	7	양호	-5	18	V
NATB-03	연암	66.8	~	69.8	10	2	8	3	0	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	6	WT	7	양호	-5	18	V
NATB-03	연암	69.8	~	72.8	50	2	13	3	0	5	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	6	WT	7	양호	-5	18	V
NATB-03	연암	72.8	~	75.8	50	2	14	3	0	5	10-20	1	0.1-1.0	4	매끄러움	1	연한충전물,<5mm	2	HW	1	9	WT	7	양호	-5	21	IV
NATB-03	연암	75.8	~	79.0	10	2	0	3	0	5	>20	0	>5	0	부드러움	0	연한충전물,>5mm	0	CW	0	0	WT	7	양호	-5	12	V
NATB-04	연암	31.0	~	33.8	10	2	9	3	0	5	3-10	2	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	11	WT	7	양호	-5	23	IV
NATB-04	경암	33.8	~	36.8	584	7	53	13	11	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	WT	7	양호	-5	50	III
NATB-04	경암	36.8	~	39.8	584	7	69	13	21	10	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	WT	7	양호	-5	52	III
NATB-04	경암	39.8	~	42.8	584	7	40	8	16	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	WT	7	양호	-5	45	III
NATB-04	경암	42.8	~	45.8	584	7	83	17	13	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	WT	7	양호	-5	54	III
NATB-04	경암	45.8	~	48.8	584	7	47	8	12	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	WT	7	양호	-5	45	III
NATB-04	경암	48.8	~	51.8	584	7	87	17	21	10	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	WT	7	양호	-5	59	III
NATB-04	경암	51.8	~	54.8	584	7	87	17	36	10	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	WT	7	양호	-5	59	III
NATB-04	경암	54.8	~	57.8	584	7	98	20	62	15	<1	6	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	23	WT	7	양호	-5	67	II
NATB-04	경암	57.8	~	60.7	584	7	60	13	50	10	1-3	4	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	22	WT	7	양호	-5	54	III
NATB-04	경암	60.7	~	62.3	584	7	63	13	14	8	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	WT	7	양호	-5	50	III
NNTB-07	경암	25.4	~	27.5	395	4	70	13	24	10	1-3	4	0.1-1.0	4	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	WT	7	양호	-5	49	III
NNTB-07	경암	27.5	~	30.5	395	4	100	20	30	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	25	WT	7	양호	-5	61	II
NNTB-07	경암	30.5	~	33.5	395	4	100	20	23	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	26	DM	10	양호	-5	65	II
NNTB-07	경암	33.5	~	36.5	395	4	99	20	25	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	26	DM	10	양호	-5	65	II

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

RMR 분 류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	**암반**
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	**등급**
NNTB-07	경암	36.5	~	39.5	395	4	98	20	30	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	26	DM	10	양호	-5	65	II
NNTB-07	경암	39.5	~	42.5	395	4	98	20	52	10	<1	6	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	26	DM	10	양호	-5	65	II
NNTB-07	경암	42.5	~	45.5	1,100	12	98	20	50	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	76	II
NNTB-07	경암	45.5	~	48.5	1,100	12	100	20	70	15	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	81	I
NNTB-07	경암	48.5	~	51.5	1,100	12	100	20	79	15	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	81	I
NNTB-07	경암	51.5	~	54.5	1,100	12	97	20	60	15	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	81	I
NNTB-07	경암	54.5	~	57.5	1,100	12	100	20	27	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	76	II
NNTB-07	경암	57.5	~	60.5	1,100	12	90	20	25	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	76	II
NNTB-07	경암	60.5	~	62.5	1,100	12	75	17	30	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	73	II
NNTB-07	경암	62.5	~	63.4	1,100	12	83	17	18	8	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	71	II
NNTB-07	경암	63.4	~	66.5	1,100	12	89	17	27	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	73	II
NNTB-07	경암	66.5	~	69.5	1,100	12	97	20	23	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	76	II
NNTB-07	경암	69.5	~	72.5	1,100	12	100	20	60	15	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	81	I
NNTB-07	경암	72.5	~	75.5	1,100	12	100	20	60	15	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	81	I
NNTB-07	경암	75.5	~	78.5	1,100	12	100	20	30	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	76	II
NNTB-07	경암	78.5	~	81.5	1,100	12	98	20	31	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	76	II
NNTB-07	경암	81.5	~	84.5	1,100	12	98	20	35	10	<1	6	<0.1	5	아주거침	6	없슴	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	76	II
NABB-01	연암	33.3	~	36.3	10	2	0	3	1	5	10-20	1	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	HW	1	8	WT	7	양호	-5	20	IV

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NNTB-1	연암	20.2	~	21.0	0	10	2	D	4	B	3	D	3	B	0.66	H	2.5	0.660	V	40.26
NNTB-1	연암	21.0	~	24.0	21	21	1+	C	3	B	3	D	3	B	0.66	H	2.5	1.848	IV	49.53
NNTB-1	연암	24.0	~	27.0	13	13	2	D	4	B	3	D	3	B	0.66	H	2.5	0.858	V	42.62
NNTB-1	연암	27.0	~	30.0	20	20	1+	C	3	B	3	D	3	B	0.66	H	2.5	1.760	IV	49.09
NNTB-1	연암	30.0	~	33.0	26	26	2+	E	6	B	3	D	3	B	0.66	H	2.5	1.144	IV	45.21
NNTB-1	연암	33.0	~	36.0	13	13	2+	E	6	B	3	D	3	B	0.66	H	2.5	0.572	V	38.97
NNTB-1	연암	36.0	~	39.0	48	48	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	12.672	II	66.85
NNTB-1	연암	39.0	~	42.0	15	15	1+	C	3	C	2	F	4	B	0.66	H	2.5	0.660	V	40.26
NNTB-1	연암	42.0	~	45.0	30	30	1	B	2	B	3	J	10	B	0.66	J	1.25	2.376	IV	51.79
NNTB-1	연암	45.0	~	48.0	34	34	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	J	1.25	4.488	III	57.51
NNTB-2	연암	16.1	~	17.8	12	12	2	D	4	B	3	F	4	B	0.66	H	2.5	0.594	V	39.31
NNTB-2	연암	17.8	~	19.5	15	15	2	D	4	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	1.485	IV	47.56
NNTB-2	연암	19.5	~	22.5	49	49	2	D	4	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	4.851	III	58.21
NNTB-2	연암	22.5	~	24.0	15	15	1+	C	3	C	2	C	2	B	0.66	H	2.5	1.320	IV	46.50
NNTB-2	연암	24.0	~	25.8	8	10	2	D	4	A	4	D	3	B	0.66	H	2.5	0.880	V	42.85
NNTB-2	연암	25.8	~	27.1	10	10	2+	E	6	A	4	C	2	B	0.66	H	2.5	0.880	V	42.85
NNTB-2	연암	27.1	~	30.0	23	23	3+	G	12	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	0.759	V	41.52
NNTB-2	경암	30.0	~	33.0	90	90	1+	C	3	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	11.880	II	66.27
NNTB-2	경암	33.0	~	36.0	69	69	1+	C	3	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	9.108	III	63.88
NNTB-2	경암	36.0	~	38.0	75	75	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	9.900	III	64.63
NNTB-2	경암	38.0	~	41.0	79	79	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	20.856	II	71.34
NNTB-2	경암	41.0	~	44.0	71	71	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	37.488	II	76.62
NNTB-2	경암	44.0	~	47.0	77	77	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	40.656	I	77.35
NNTB-2	경암	47.0	~	50.0	100	100	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	26.400	II	73.46

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NNTB-2	경암	50.0	~	53.0	92	92	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	48.576	I	78.95
NNTB-2	경암	53.0	~	55.5	100	100	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	26.400	II	73.46
NNTB-2	경암	55.5	~	58.5	83	83	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	43.824	I	78.02
NNTB-2	경암	58.5	~	61.3	94	94	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	49.632	I	79.14
NNTB-3	연암	43.0	~	46.0	38	38	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	20.064	II	70.99
NNTB-3	연암	46.0	~	48.5	46	46	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	24.288	II	72.71
NNTB-3	연암	48.5	~	50.9	39	39	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	20.592	II	71.22
NNTB-3	연암	50.9	~	53.0	24	24	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	12.672	II	66.85
NNTB-3	연암	53.0	~	55.7	24	24	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	12.672	II	66.85
NNTB-3	경암	55.7	~	58.7	78	78	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	41.184	I	77.46
NNTB-3	경암	58.7	~	61.7	70	70	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	36.960	II	76.49
NNTB-3	경암	61.7	~	64.7	70	70	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	36.960	II	76.49
NNTB-3	경암	64.7	~	67.0	74	74	1+	C	3	C	2	D	3	B	0.66	J	1.25	8.683	III	63.45
NNTB-4	연암	31.6	~	32.6	0	10	1+	C	3	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	1.320	IV	46.50
NNTB-4	연암	32.6	~	35.5	11	11	1+	C	3	A	4	C	2	B	0.66	H	2.5	1.936	IV	49.95
NNTB-4	연암	35.5	~	37.8	49	49	1	B	2	A	4	B	1	B	0.66	H	2.5	25.872	II	73.28
NNTB-4	연암	37.8	~	39.4	23	23	1	B	2	B	3	A	0.75	B	0.66	H	2.5	12.144	II	66.47
NNTB-4	연암	39.4	~	42.0	29	29	1	B	2	A	4	A	0.75	B	0.66	H	2.5	20.416	II	71.15
NNTB-4	연암	42.0	~	44.5	10	10	1	B	2	A	4	A	0.75	B	0.66	J	1.25	14.080	II	67.80
NNTB-4	연암	44.5	~	47.5	10	10	1	B	2	A	4	A	0.75	B	0.66	J	1.25	14.080	II	67.80
NNTB-4	연암	47.5	~	49.0	0	10	1	B	2	A	4	A	0.75	B	0.66	J	1.25	14.080	II	67.80
NNTB-4	경암	49.0	~	50.7	44	44	1	B	2	A	4	A	0.75	B	0.66	J	1.25	61.952	I	81.14
NNTB-4	경암	50.7	~	52.6	55	55	1	B	2	A	4	A	0.75	B	0.66	J	1.25	77.440	I	83.15
NNTB-4	경암	52.6	~	55.6	91	91	1	B	2	A	4	A	0.75	B	0.66	J	1.25	128.128	I	87.68

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NNTB-4	경암	55.6	~	58.0	17	17	1	B	2	A	4	A	0.75	B	0.66	J	1.25	23.936	II	72.58
NNTB-4	경암	58.0	~	61.0	47	47	1	B	2	A	4	A	0.75	B	0.66	J	1.25	66.176	I	81.73
NNTB-4	경암	61.0	~	64.0	77	77	2	D	4	B	3	D	3	B	0.66	J	1.25	10.164	II	64.87
NNTB-4	경암	64.0	~	66.8	58	58	2	D	4	A	4	C	2	B	0.66	J	1.25	15.312	II	68.56
NNTB-4	경암	66.8	~	68.6	39	39	1	B	2	A	4	A	0.75	B	0.66	J	1.25	54.912	I	80.05
NNTB-4	경암	68.6	~	70.0	11	11	2	D	4	A	4	A	0.75	B	0.66	J	1.25	7.744	III	62.42
NNTB-5	연암	30.9	~	31.5	0	10	2	D	4	A	4	C	2	B	0.66	H	2.5	1.320	IV	46.50
NNTB-5	연암	31.5	~	32.6	0	10	2	D	4	A	4	C	2	B	0.66	H	2.5	1.320	IV	46.50
NNTB-5	연암	32.6	~	33.2	18	18	1	B	2	A	4	B	1	B	0.66	H	2.5	9.504	III	64.27
NNTB-5	연암	33.2	~	36.2	26	26	1	B	2	A	4	C	2	B	0.66	H	2.5	6.864	III	61.34
NNTB-5	연암	36.2	~	39.2	28	28	2	D	4	A	4	B	1	B	0.66	H	2.5	7.392	III	62.00
NNTB-5	연암	39.2	~	42.2	54	54	1	B	2	A	4	A	0.75	B	0.66	H	2.5	38.016	II	76.74
NNTB-5	연암	42.2	~	45.2	26	26	1	B	2	A	4	A	0.75	B	0.66	J	1.25	36.608	II	76.40
NNTB-5	연암	45.2	~	48.2	66	66	1	B	2	A	4	C	2	B	0.66	J	1.25	34.848	II	75.96
NNTB-5	연암	48.2	~	49.0	16	16	1+	C	3	A	4	B	1	B	0.66	J	1.25	11.264	II	65.79
NNTB-5	연암	49.0	~	52.0	23	23	2+	E	6	A	4	B	1	B	0.66	J	1.25	8.096	III	62.82
NNTB-5	연암	52.0	~	55.0	54	54	1+	C	3	A	4	B	1	B	0.66	J	1.25	38.016	II	76.74
NNTB-5	연암	55.0	~	58.0	40	40	2	D	4	A	4	B	1	B	0.66	J	1.25	21.120	II	71.45
NNTB-5	연암	58.0	~	61.0	47	47	2	D	4	A	4	B	1	B	0.66	J	1.25	24.816	II	72.90
NNTB-5	연암	61.0	~	64.0	3	10	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	2.640	IV	52.74
NNTB-5	연암	64.0	~	67.0	0	10	1+	C	3	B	3	F	4	B	0.66	J	1.25	1.320	IV	46.50
NNTB-5	연암	67.0	~	70.0	0	10	1+	C	3	B	3	F	4	B	0.66	J	1.25	1.320	IV	46.50
NNTB-6	연암	36.1	~	39.1	13	13	1+	C	3	B	3	F	4	B	0.66	H	2.5	0.858	V	42.62
NNTB-6	연암	39.1	~	42.1	35	35	2+	E	6	B	3	F	4	B	0.66	H	2.5	1.155	IV	45.30

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NNTB-6	연암	42.1	~	45.1	18	18	1+	C	3	B	3	F	4	B	0.66	J	1.25	2.376	IV	51.79
NNTB-6	경암	45.1	~	48.1	49	49	1+	C	3	B	3	F	4	B	0.66	J	1.25	6.468	III	60.80
NNTB-6	경암	48.1	~	51.1	70	70	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	36.960	II	76.49
NNTB-6	경암	51.1	~	54.1	83	83	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	21.912	II	71.78
NNTB-6	경암	54.1	~	57.1	62	62	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	16.368	II	69.16
NNTB-6	경암	57.1	~	60.1	83	83	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	21.912	II	71.78
NNTB-6	경암	60.1	~	63.1	49	49	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	12.936	II	67.04
NNTB-6	경암	63.1	~	66.1	69	69	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	36.432	II	76.36
NNTB-6	경암	66.1	~	69.1	92	92	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	48.576	I	78.95
NNTB-6	경암	69.1	~	72.1	90	90	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	23.760	II	72.51
NNTB-6	경암	72.1	~	75.1	93	93	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	24.552	II	72.81
ATB-01	연암	14.0	~	16.5	14	14	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	1.848	IV	49.53
ATB-01	연암	16.5	~	19.0	9	10	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	2.640	IV	52.74
ATB-01	연암	19.0	~	21.8	11	11	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	1.452	IV	47.36
ATB-01	연암	21.8	~	23.5	6	10	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	1.320	IV	46.50
ATB-01	연암	23.5	~	25.3	12	12	1+	C	3	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	3.168	IV	54.38
ATB-01	연암	25.3	~	27.0	24	24	2+	E	6	B	3	H	8	B	0.66	H	2.5	0.396	V	35.66
ATB-01	연암	27.0	~	30.0	20	20	2+	E	6	B	3	F	4	B	0.66	H	2.5	0.660	V	40.26
ATB-02	연암	16.5	~	18.0	39	39	2+	E	6	H	1	C	2	B	0.66	H	2.5	0.858	V	42.62
ATB-02	연암	18.0	~	21.0	7	10	2+	E	6	H	1	B	1	B	0.66	H	2.5	0.440	V	36.61
ATB-02	연암	21.0	~	24.0	29	29	2+	E	6	H	1	E	4	B	0.66	H	2.5	0.319	V	33.72
ATB-02	연암	24.0	~	27.0	41	41	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	5.412	III	59.20
ATB-02	연암	27.0	~	30.0	29	29	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	1.914	IV	49.84
ATB-02	연암	30.0	~	33.0	17	17	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	1.122	IV	45.04

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-02	경암	33.0	~	35.5	51	51	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	6.732	III	61.16
ATB-03	연암	12.6	~	15.1	31	31	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	2.046	IV	50.44
ATB-03	연암	15.1	~	16.8	21	21	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	2.772	IV	53.18
ATB-03	경암	16.8	~	19.8	63	63	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	4.158	III	56.83
ATB-03	경암	19.8	~	22.5	74	74	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	9.768	III	64.51
ATB-03	경암	22.5	~	25.5	59	59	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	3.894	IV	56.23
ATB-03	경암	25.5	~	27.2	79	79	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	5.214	III	58.86
ATB-03	경암	27.2	~	30.1	68	68	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	4.488	III	57.51
ATB-03	경암	30.1	~	32.6	73	73	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	4.818	III	58.15
ATB-03	경암	32.6	~	34.1	23	23	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	1.518	IV	47.76
ATB-03	경암	34.1	~	36.1	59	59	2+	E	6	D	1.5	C	2	B	0.66	H	2.5	1.947	IV	50.00
ATB-03	경암	36.1	~	39.1	48	48	2+	E	6	D	1.5	C	2	B	0.66	H	2.5	1.584	IV	48.14
ATB-03	경암	39.1	~	42.1	65	65	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	j	1.25	17.160	II	69.58
ATB-03	경암	42.1	~	45.1	73	73	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	19.272	II	70.63
ATB-03	경암	45.1	~	48.1	80	80	2+	E	6	H	1	H	8	B	0.66	J	1.25	0.880	V	42.85
ATB-03	경암	48.1	~	51.1	93	93	2+	E	6	H	1	H	8	B	0.66	J	1.25	1.023	IV	44.20
ATB-03	경암	51.1	~	54.1	88	88	2+	E	6	H	1	H	8	B	0.66	J	1.25	0.968	V	43.71
ATB-03	경암	54.1	~	57.1	60	60	2+	E	6	H	1	H	8	B	0.66	J	1.25	0.660	V	40.26
ATB-03	경암	57.1	~	60.1	90	90	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	J	1.25	11.880	II	66.27
ATB-03	경암	60.1	~	63.1	68	68	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	J	1.25	17.952	II	69.99
ATB-03	경암	63.1	~	65.5	70	70	2+	E	6	C	2	C	2	B	0.66	J	1.25	6.160	III	60.36
ATB-03	경암	65.5	~	68.2	73	73	2+	E	6	H	1	H	8	B	0.66	J	1.25	0.803	V	42.03
ATB-04	연암	21.7	~	22.1	0	10	2+	E	6	C	2	C	2	B	0.66	H	2.5	0.440	V	36.61
ATB-04	경암	22.1	~	24.1	67	67	2+	E	6	C	2	B	1	B	0.66	H	2.5	5.896	III	59.97

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-04	경암	24.1	~	27.1	97	97	2+	E	6	C	2	B	1	B	0.66	H	2.5	8.536	III	63.30
ATB-04	경암	27.1	~	30.1	96	96	2+	E	6	H	1	H	8	B	0.66	H	2.5	0.528	V	38.25
ATB-04	경암	30.1	~	33.1	93	93	2+	E	6	D	1.5	C	2	B	0.66	H	2.5	3.069	IV	54.09
ATB-04	경암	33.1	~	36.1	85	85	2+	E	6	C	2	B	1	B	0.66	H	2.5	7.480	III	62.11
ATB-04	경암	36.1	~	39.1	97	97	1+	C	3	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	12.804	II	66.95
ATB-04	경암	39.1	~	42.1	87	87	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	11.484	II	65.97
ATB-04	경암	42.1	~	45.1	97	97	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	J	1.25	12.804	II	66.95
ATB-04	경암	45.1	~	47.2	52	52	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	J	1.25	6.864	III	61.34
ATB-04	경암	47.2	~	49.6	69	69	1+	C	3	B	3	D	3	B	0.66	J	1.25	12.144	II	66.47
ATB-04	경암	49.6	~	52.6	98	98	1+	C	3	B	3	D	3	B	0.66	J	1.25	17.248	II	69.63
ATB-04	경암	52.6	~	55.6	100	100	1+	C	3	B	3	D	3	B	0.66	J	1.25	17.600	II	69.81
ATB-04	경암	55.6	~	58.6	91	91	1+	C	3	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	64.064	I	81.44
ATB-04	경암	58.6	~	61.6	90	90	1+	C	3	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	63.360	I	81.34
ATB-04	경암	61.6	~	64.6	97	97	1+	C	3	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	68.288	I	82.01
ATB-04	경암	64.6	~	67.5	78	78	1+	C	3	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	54.912	I	80.05
ATB-05	연암	19.5	~	22.0	16	16	1+	C	3	B	3	A	0.75	B	0.66	H	2.5	5.632	III	59.56
ATB-05	연암	22.0	~	23.5	12	12	1+	C	3	B	3	A	0.75	B	0.66	H	2.5	4.224	III	56.97
ATB-05	연암	23.5	~	26.0	7	10	1+	C	3	B	3	A	0.75	B	0.66	H	2.5	3.520	IV	55.33
ATB-05	연암	26.0	~	29.0	5	10	1+	C	3	B	3	A	0.75	B	0.66	H	2.5	3.520	IV	55.33
ATB-05	연암	29.0	~	32.0	12	12	2+	E	6	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	1.584	IV	48.14
ATB-05	연암	32.0	~	35.0	0	10	1+	C	3	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	1.320	IV	46.50
ATB-05	연암	35.0	~	38.0	21	21	1+	C	3	H	1	G	6	B	0.66	H	2.5	0.308	V	33.40
ATB-05	연암	38.0	~	41.0	6	10	1+	C	3	H	1	G	6	B	0.66	H	2.5	0.147	V	26.72
ATB-05	연암	41.0	~	42.0	14	14	2+	E	6	H	1	G	6	B	0.66	J	1.25	0.205	V	29.75

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-05	경암	42.0	~	44.1	81	81	1	B	2	H	1	G	6	B	0.66	J	1.25	3.564	IV	55.44
ATB-05	경암	44.1	~	47.1	85	85	2+	E	6	H	1	G	6	B	0.66	J	1.25	1.247	IV	45.98
ATB-05	경암	47.1	~	50.0	67	67	2	D	4	H	1	G	6	B	0.66	J	1.25	1.474	IV	47.49
ATB-05	경암	50.0	~	53.0	73	73	2	D	4	H	1	C	2	B	0.66	J	1.25	4.818	III	58.15
ATB-05	경암	53.0	~	56.0	79	79	2	D	4	H	1	C	2	B	0.66	J	1.25	5.214	III	58.86
ATB-05	경암	56.0	~	59.0	78	78	2	D	4	H	1	G	6	B	0.66	J	1.25	1.716	IV	48.86
ATB-05	경암	59.0	~	62.0	57	57	3	F	9	H	1	G	6	B	0.66	J	1.25	0.557	V	38.74
ATB-05	경암	62.0	~	65.0	42	42	1+	C	3	H	1	C	2	B	0.66	J	1.25	3.696	IV	55.77
ATB-05	경암	65.0	~	66.0	10	10	1+	C	3	H	1	G	6	B	0.66	J	1.25	0.293	V	32.96
ATB-05	경암	66.0	~	69.0	18	18	2+	E	6	G	0.5	C	2	C	0.5	J	1.25	0.300	V	33.16
ATB-05	경암	69.0	~	72.0	54	54	2+	E	6	F	1	C	2	C	0.5	J	1.25	1.800	IV	49.29
ATB-05	경암	72.0	~	73.0	87	87	2+	E	6	F	1	C	2	C	0.5	J	1.25	2.900	IV	53.58
ATB-06	연암	18.8	~	21.3	36	36	2+	E	6	F	1	C	2	C	0.5	H	2.5	0.600	V	39.40
ATB-06	연암	21.3	~	24.0	32	32	2+	E	6	F	1	C	2	B	0.66	H	2.5	0.704	V	40.84
ATB-06	경암	24.0	~	27.0	68	68	2+	E	6	H	1	G	6	B	0.66	H	2.5	0.499	V	37.74
ATB-06	경암	27.0	~	30.0	65	65	2	D	4	G	0.5	G	6	B	0.66	H	2.5	0.358	V	34.74
ATB-06	경암	30.0	~	33.0	67	67	2	D	4	D	1.5	G	6	B	0.66	H	2.5	1.106	IV	44.90
ATB-06	경암	33.0	~	36.0	73	73	2	D	4	H	1	G	6	B	0.66	H	2.5	0.803	V	42.03
ATB-06	경암	36.0	~	39.0	67	67	1	B	2	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	26.532	II	73.51
ATB-06	경암	39.0	~	42.0	64	64	3+	G	12	B	3	C	2	B	0.66	H	2.5	2.112	IV	50.73
ATB-06	경암	42.0	~	45.0	46	46	3+	G	12	H	1	C	2	B	0.66	J	1.25	1.012	IV	44.11
ATB-06	경암	45.0	~	48.0	48	48	3+	G	12	H	1	G	6	B	0.66	J	1.25	0.352	V	34.60
ATB-06	경암	48.0	~	51.0	70	70	1+	C	3	H	1	C	2	B	0.66	J	1.25	6.160	III	60.36
ATB-06	경암	51.0	~	54.0	75	75	2+	E	6	G	0.5	C	2	B	0.66	J	1.25	1.650	IV	48.51

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-06	경암	54.0	~	57.0	63	63	2+	E	6	B	3	J	10	B	0.66	J	1.25	1.663	IV	48.58
ATB-06	경암	57.0	~	60.0	30	30	2+	E	6	D	1.5	J	10	B	0.66	J	1.25	0.396	V	35.66
ATB-06	경암	60.0	~	63.0	28	28	2+	E	6	D	1.5	C	2	B	0.66	J	1.25	1.848	IV	49.53
ATB-06	경암	63.0	~	66.0	70	70	2+	E	6	G	0.5	C	2	B	0.66	J	1.25	1.540	IV	47.89
ATB-06	경암	66.0	~	69.0	77	77	2+	E	6	G	0.5	D	3	B	0.66	J	1.25	1.129	IV	45.09
ATB-06	경암	69.0	~	72.0	57	57	2+	E	6	G	0.5	I	10	C	0.5	J	1.25	0.190	V	29.05
ATB-06	경암	72.0	~	75.0	47	47	3+	G	12	B	3	D	3	C	0.5	J	1.25	1.567	IV	48.04
ATB-06	경암	75.0	~	78.0	50	50	2	D	4	B	3	C	2	B	0.66	J	1.25	9.900	III	64.63
ATB-07	연암	25.4	~	27.1	13	13	3+	G	12	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	0.858	V	42.62
ATB-07	연암	27.1	~	30.1	47	47	3+	G	12	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	3.102	IV	54.19
ATB-07	경암	30.1	~	33.1	75	75	2	D	4	B	3	B	1	B	0.66	H	2.5	14.850	II	68.28
ATB-07	경암	33.1	~	36.1	72	72	2	D	4	B	3	D	3	C	0.5	H	2.5	3.600	IV	55.53
ATB-07	경암	36.1	~	38.5	63	63	2	D	4	B	3	D	3	C	0.5	H	2.5	3.150	IV	54.33
ATB-07	경암	38.5	~	40.5	47	47	1+	C	3	B	3	E	4	B	0.66	H	2.5	3.102	IV	54.19
ATB-07	경암	40.5	~	43.5	80	80	1+	C	3	H	1	C	2	B	0.66	J	1.25	7.040	III	61.56
ATB-07	경암	43.5	~	45.1	29	29	1+	C	3	H	1	C	2	B	0.66	J	1.25	2.552	IV	52.43
ATB-07	경암	45.1	~	48.1	55	55	1+	C	3	H	1	B	1	B	0.66	J	1.25	9.680	III	64.43
ATB-07	경암	48.1	~	51.1	85	85	1+	C	3	H	1	C	2	B	0.66	J	1.25	7.480	III	62.11
ATB-07	경암	51.1	~	54.1	63	63	1+	C	3	H	1	C	2	B	0.66	J	1.25	5.544	III	59.41
ATB-07	경암	54.1	~	57.1	47	47	1+	C	3	H	1	C	2	B	0.66	J	1.25	4.136	III	56.78
ATB-07	경암	57.1	~	60.1	62	62	2+	E	6	H	1	C	2	B	0.66	J	1.25	2.728	IV	53.03
ATB-07	경암	60.1	~	63.1	73	73	2+	E	6	B	3	J	10	B	0.66	J	1.25	1.927	IV	49.90
ATB-07	경암	63.1	~	66.1	66	66	2+	E	6	A	4	B	1	B	0.66	J	1.25	23.232	II	72.31
ATB-07	경암	66.1	~	69.1	77	77	2+	E	6	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	27.104	II	73.70

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-07	경암	69.1	~	72.0	79	79	2+	E	6	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	27.808	II	73.93
ATB-07	경암	72.0	~	75.0	80	80	2+	E	6	D	1.5	A	0.75	B	0.66	J	1.25	14.080	II	67.80
ATB-07	경암	75.0	~	78.0	77	77	2+	E	6	C	2	C	2	B	0.66	J	1.25	6.776	III	61.22
ATB-07	경암	78.0	~	80.2	45	45	2+	E	6	D	1.5	A	0.75	B	0.66	J	1.25	7.920	III	62.62
ATB-08	경암	28.0	~	30.7	67	67	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	6.700	III	61.12
ATB-08	경암	30.7	~	33.7	48	48	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	4.800	III	58.12
ATB-08	경암	33.7	~	36.7	98	98	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	9.800	III	64.54
ATB-08	경암	36.7	~	39.7	81	81	2	D	4	C	2	C	2	C	0.5	H	2.5	4.050	III	56.59
ATB-08	경암	39.7	~	42.7	100	100	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	13.333	II	67.31
ATB-08	경암	42.7	~	45.7	100	100	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	40.000	I	77.20
ATB-08	경암	45.7	~	48.7	100	100	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	53.333	I	79.79
ATB-08	경암	48.7	~	51.7	100	100	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	53.333	I	79.79
ATB-08	경암	51.7	~	54.7	96	96	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	25.600	II	73.18
ATB-08	경암	54.7	~	57.7	92	92	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	18.400	II	70.21
ATB-08	경암	57.7	~	60.7	93	93	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	24.800	II	72.90
ATB-08	경암	60.7	~	63.7	84	84	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	22.400	II	71.98
ATB-08	경암	63.7	~	66.7	79	79	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	21.067	II	71.43
ATB-08	경암	66.7	~	69.7	86	86	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	34.400	II	75.84
ATB-08	경암	69.7	~	72.7	84	84	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	16.800	II	69.39
ATB-08	경암	72.7	~	75.7	92	92	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	18.400	II	70.21
ATB-08	경암	75.7	~	78.7	97	97	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	25.867	II	73.28
ATB-08	경암	78.7	~	81.2	98	98	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	26.133	II	73.37
ATB-09	연암	21.3	~	22.8	13	13	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	2.600	IV	52.60
ATB-09	경암	22.8	~	24.7	97	97	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	19.400	II	70.69

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-09	경암	24.7	~	27.7	100	100	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	13.333	II	67.31
ATB-09	경암	27.7	~	30.7	86	86	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	17.200	II	69.60
ATB-09	경암	30.7	~	33.7	84	84	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	16.800	II	69.39
ATB-09	경암	33.7	~	36.7	92	92	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	24.533	II	72.80
ATB-09	경암	36.7	~	39.7	97	97	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	12.933	II	67.04
ATB-09	경암	39.7	~	42.7	98	98	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	13.067	II	67.13
ATB-09	경암	42.7	~	45.7	99	99	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	19.800	II	70.87
ATB-09	경암	45.7	~	48.7	96	96	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	38.400	II	76.83
ATB-09	경암	48.7	~	51.7	89	89	2+	E	6	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	11.867	II	66.26
ATB-09	경암	51.7	~	54.7	86	86	1+	C	3	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	30.578	II	74.78
ATB-09	경암	54.7	~	57.7	91	91	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	48.533	I	78.94
ATB-09	경암	57.7	~	60.7	94	94	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	50.133	I	79.23
ATB-09	경암	60.7	~	63.7	100	100	0	A	0.75	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	142.222	I	88.62
ATB-09	경암	63.7	~	66.7	98	98	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	52.267	I	79.61
ATB-09	경암	66.7	~	69.7	86	86	1+	C	3	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	30.578	II	74.78
ATB-09	경암	69.7	~	72.7	95	95	1+	C	3	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	25.333	II	73.09
ATB-09	경암	72.7	~	75.7	99	99	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	52.800	I	79.70
ATB-09	경암	75.7	~	78.7	100	100	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	53.333	I	79.79
ATB-09	경암	78.7	~	81.2	98	98	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	39.200	II	77.02
ATB-09	경암	81.2	~	83.2	100	100	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	53.333	I	79.79
ATB-10	연암	30.7	~	33.7	38	38	1	B	2	F	1	A	0.75	C	0.5	H	2.5	5.067	III	58.60
ATB-10	경암	33.7	~	36.5	61	61	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	6.100	III	60.27
ATB-10	경암	36.5	~	39.5	93	93	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	24.800	II	72.90
ATB-10	경암	39.5	~	42.5	65	65	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	17.333	II	69.67

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-10	경암	42.5	~	45.5	62	62	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	16.533	II	69.25
ATB-10	경암	45.5	~	48.5	84	84	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	44.800	I	78.22
ATB-10	경암	48.5	~	51.5	65	65	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	34.667	II	75.91
ATB-10	경암	51.5	~	54.5	58	58	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	30.933	II	74.89
ATB-10	경암	54.5	~	57.5	84	84	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	22.400	II	71.98
ATB-10	경암	57.5	~	60.5	82	82	1+	C	3	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	21.867	II	71.76
ATB-10	경암	60.5	~	63.5	94	94	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	37.600	II	76.64
ATB-10	경암	63.5	~	66.5	89	89	1+	C	3	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	23.733	II	72.50
ATB-10	경암	66.5	~	69.0	94	94	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	50.133	I	79.23
ATB-10	경암	69.0	~	72.7	67	67	3	F	9	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	5.956	III	60.06
ATB-10	경암	72.7	~	75.7	90	90	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	48.000	I	78.84
ATB-10	경암	75.7	~	78.7	78	78	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	20.800	II	71.31
ATB-10	경암	78.7	~	82.3	80	80	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	32.000	II	75.19
ATB-11	연암	30.3	~	32.7	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	H	2.5	0.010	V	2.55
ATB-11	연암	32.7	~	35.5	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	H	2.5	0.010	V	2.55
ATB-11	연암	35.5	~	38.5	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	H	2.5	0.010	V	2.55
ATB-11	연암	38.5	~	41.5	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	H	2.5	0.010	V	2.55
ATB-11	연암	41.5	~	42.6	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	J	1.25	0.020	V	8.79
ATB-11	연암	42.6	~	45.5	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	J	1.25	0.020	V	8.79
ATB-11	연암	45.5	~	48.5	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	J	1.25	0.020	V	8.79
ATB-11	연암	48.5	~	51.5	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	J	1.25	0.020	V	8.79
ATB-11	연암	51.5	~	54.5	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	J	1.25	0.020	V	8.79
ATB-11	연암	54.5	~	57.5	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	J	1.25	0.020	V	8.79
ATB-11	연암	57.5	~	60.5	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	J	1.25	0.020	V	8.79

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-11	연암	60.5	~	63.5	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	J	1.25	0.020	V	8.79
ATB-11	연암	63.5	~	68.0	0	10	파쇄	I	20	H	1	J	10	C	0.5	J	1.25	0.020	V	8.79
ATB-11	연암	68.0	~	71.0	88	88	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	46.933	I	78.64
ATB-11	연암	71.0	~	73.0	86	86	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	45.867	I	78.43
ATB-11	연암	73.0	~	74.9	28	28	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	14.933	II	68.33
ATB-11	연암	74.9	~	76.7	31	31	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	16.533	II	69.25
ATB-11	연암	76.7	~	78.3	20	20	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	5.333	III	59.07
ATB-11	연암	78.3	~	81.0	43	43	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	11.467	II	65.95
ATB-12	연암	26.8	~	28.1	10	10	2	D	4	D	1.5	A	0.75	C	0.5	H	2.5	1.000	IV	44.00
ATB-12	연암	28.1	~	30.1	11	11	1	B	2	D	1.5	A	0.75	C	0.5	H	2.5	2.200	IV	51.10
ATB-12	연암	30.1	~	33.1	36	36	2	D	4	D	1.5	A	0.75	C	0.5	H	2.5	3.600	IV	55.53
ATB-12	연암	33.1	~	34.7	53	53	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	7.067	III	61.60
ATB-12	연암	34.7	~	36.5	39	39	1+	C	3	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	6.933	III	61.43
ATB-12	연암	36.5	~	39.5	49	49	3	F	9	D	1.5	A	0.75	C	0.5	H	2.5	2.178	IV	51.00
ATB-12	연암	39.5	~	41.4	36	36	1+	C	3	D	1.5	A	0.75	C	0.5	H	2.5	4.800	III	58.12
ATB-12	연암	41.4	~	43.4	21	21	1	B	2	D	1.5	B	1	C	0.5	J	1.25	6.300	III	60.56
ATB-12	연암	43.4	~	45.1	8	10	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	2.667	IV	52.83
ATB-12	연암	45.1	~	47.4	25	25	1	B	2	D	1.5	A	0.75	C	0.5	J	1.25	10.000	II	64.72
ATB-12	연암	47.4	~	50.7	19	19	3	F	9	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	1.689	IV	48.72
ATB-12	연암	50.7	~	53.7	37	37	2	D	4	D	1.5	A	0.75	C	0.5	J	1.25	7.400	III	62.01
ATB-12	경암	53.7	~	56.7	81	81	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	43.200	I	77.89
ATB-12	경암	56.7	~	59.7	86	86	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	22.933	II	72.19
ATB-12	경암	59.7	~	62.7	89	89	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	35.600	II	76.15
ATB-12	경암	62.7	~	65.7	86	86	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	45.867	I	78.43

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-12	경암	65.7	~	68.7	76	76	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	20.267	II	71.08
ATB-12	경암	68.7	~	71.1	34	34	2+	E	6	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	6.044	III	60.19
ATB-12	경암	71.1	~	73.3	32	32	3	F	9	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	2.844	IV	53.41
ATB-12	경암	73.3	~	75.3	18	18	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	4.800	III	58.12
ATB-12	경암	75.3	~	77.5	19	19	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	5.067	III	58.60
ATB-13	연암	36.5	~	39.6	43	43	1+	C	3	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	5.733	III	59.72
ATB-13	연암	39.6	~	42.6	62	62	2	D	4	D	1.5	B	1	C	0.5	H	2.5	4.650	III	57.83
ATB-13	연암	42.6	~	44.6	40	40	2	D	4	D	1.5	B	1	C	0.5	J	1.25	6.000	III	60.13
ATB-13	연암	44.6	~	45.8	8	10	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	2.667	IV	52.83
ATB-13	경암	45.8	~	48.2	57	57	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	15.200	II	68.49
ATB-13	경암	48.2	~	50.4	67	67	1+	C	3	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	23.822	II	72.54
ATB-13	경암	50.4	~	52.9	94	94	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	18.800	II	70.40
ATB-13	경암	52.9	~	55.0	7	10	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	5.333	III	59.07
ATB-13	경암	55.0	~	57.4	86	86	1+	C	3	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	30.578	II	74.78
ATB-13	경암	57.4	~	59.5	78	78	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	41.600	I	77.55
ATB-13	경암	59.5	~	62.6	95	95	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	25.333	II	73.09
ATB-13	경암	62.6	~	64.5	87	87	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	j	1.25	46.400	I	78.54
ATB-13	경암	64.5	~	66.5	79	79	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	21.067	II	71.43
ATB-13	경암	66.5	~	69.5	98	98	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	52.267	I	79.61
ATB-13	경암	69.5	~	73.0	90	90	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	24.000	II	72.60
ATB-14	연암	33.4	~	35.2	24	24	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	2.400	IV	51.88
ATB-14	연암	35.2	~	38.1	15	15	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	2.000	IV	50.24
ATB-14	연암	38.1	~	41.3	46	46	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	6.133	III	60.32
ATB-14	연암	41.3	~	42.6	40	40	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	10.667	II	65.30

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심 도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-14	연암	42.6	~	45.5	42	42	2+	E	6	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	7.467	III	62.09
ATB-14	경암	45.5	~	48.0	66	66	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	17.600	II	69.81
ATB-14	경암	48.0	~	50.9	94	94	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	50.133	I	79.23
ATB-14	경암	50.9	~	52.3	51	51	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	13.600	II	67.49
ATB-14	경암	52.3	~	54.5	91	91	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	24.267	II	72.70
ATB-14	경암	54.5	~	56.7	78	78	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	41.600	I	77.55
ATB-14	경암	56.7	~	59.8	62	62	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	12.400	II	66.66
ATB-14	경암	59.8	~	60.8	0	10	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	1.185	IV	45.53
ATB-14	경암	60.8	~	62.3	7	10	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	1.185	IV	45.53
ATB-14	경암	62.3	~	64.8	31	31	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	8.267	III	63.01
ATB-14	경암	64.8	~	66.3	90	90	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	36.000	II	76.25
ATB-14	경암	66.3	~	68.3	96	96	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	51.200	I	79.42
ATB-15	연암	28.0	~	30.0	31	31	2	D	4	D	1.5	A	0.75	C	0.5	H	2.5	3.100	IV	54.18
ATB-15	경암	30.0	~	33.5	53	53	1+	C	3	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	9.422	III	64.19
ATB-15	경암	33.5	~	35.9	59	59	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	7.867	III	62.56
ATB-15	연암	35.9	~	38.8	82	82	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	21.867	II	71.76
ATB-15	경암	38.8	~	40.7	71	71	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	9.467	III	64.23
ATB-15	경암	40.7	~	42.5	23	23	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	2.726	IV	53.03
ATB-15	경암	42.5	~	44.0	13	13	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	6.933	III	61.43
ATB-15	경암	44.0	~	48.5	94	94	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	11.141	II	65.70
ATB-15	경암	48.5	~	51.5	75	75	1+	C	3	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	26.667	II	73.55
ATB-15	경암	51.5	~	53.0	50	50	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	13.333	II	67.31
ATB-15	경암	53.0	~	55.1	100	100	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	53.333	I	79.79
ATB-15	경암	55.1	~	57.5	98	98	1+	C	3	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	34.844	II	75.96

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-15	경암	57.5	~	60.5	94	94	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	50.133	I	79.23
ATB-15	경암	60.5	~	62.5	100	100	0	A	0.75	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	142.222	I	88.62
ATB-16	연암	21.3	~	24.5	38	38	2	D	4	D	1.5	B	1	C	0.5	H	2.5	2.850	IV	53.43
ATB-16	연암	24.5	~	26.0	15	15	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	2.000	IV	50.24
ATB-16	연암	26.0	~	27.0	39	39	2+	E	6	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	3.467	IV	55.19
ATB-16	연암	27.0	~	30.7	34	34	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	2.015	IV	50.30
ATB-16	연암	30.7	~	33.3	38	38	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	5.067	III	58.60
ATB-16	경암	33.3	~	36.2	50	50	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	6.667	III	61.07
ATB-16	경암	36.2	~	39.2	85	85	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	11.333	II	65.85
ATB-16	경암	39.2	~	42.2	56	56	3	F	9	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	2.489	IV	52.21
ATB-16	경암	42.2	~	45.2	46	46	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	9.200	III	63.97
ATB-16	경암	45.2	~	48.2	55	55	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	11.000	II	65.58
ATB-16	경암	48.2	~	51.2	44	44	2+	E	6	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	5.867	III	59.92
ATB-16	경암	51.2	~	53.2	42	42	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	4.978	III	58.44
ATB-16	경암	53.2	~	55.5	51	51	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	13.600	II	67.49
ATB-16	경암	55.5	~	58.2	50	50	1+	C	3	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	17.778	II	69.90
ATB-17	연암	25.4	~	27.2	0	10	2	D	4	C	2	J	10	C	0.5	H	2.5	0.100	V	23.28
ATB-17	연암	27.2	~	28.7	0	10	1	B	2	C	2	J	10	C	0.5	H	2.5	0.200	V	29.52
ATB-17	연암	28.7	~	30.3	0	10	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	2.667	IV	52.83
ATB-17	연암	30.3	~	32.6	11	11	2+	E	6	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	0.733	V	41.21
ATB-17	연암	32.6	~	34.6	12	12	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	3.200	IV	54.47
ATB-17	연암	34.6	~	36.2	8	10	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	2.000	IV	50.24
ATB-17	연암	36.2	~	37.4	12	12	2	D	4	C	2	J	10	C	0.5	H	2.5	0.120	V	24.92
ATB-17	연암	37.4	~	39.4	6	10	2	D	4	C	2	J	10	C	0.5	H	2.5	0.100	V	23.28

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-17	연암	39.4	~	41.9	16	16	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	4.267	III	57.06
ATB-17	연암	41.9	~	44.8	11	11	2+	E	6	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	1.467	IV	47.45
ATB-17	연암	44.8	~	47.2	35	35	1+	C	3	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	12.444	II	66.69
ATB-17	연암	47.2	~	48.4	12	12	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	6.400	III	60.71
ATB-17	연암	48.4	~	51.4	40	40	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	8.000	III	62.71
ATB-17	연암	51.4	~	54.4	69	69	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	27.600	II	73.86
ATB-17	연암	54.4	~	57.0	31	31	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	8.267	III	63.01
ATB-17	연암	57.0	~	59.1	25	25	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	6.667	III	61.07
ATB-18	연암	28.5	~	30.0	10	10	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	1.000	IV	44.00
ATB-18	연암	30.0	~	32.5	41	41	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	4.100	III	56.70
ATB-18	연암	32.5	~	35.5	51	51	2+	E	6	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	3.400	IV	55.01
ATB-18	연암	35.5	~	38.5	64	64	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	8.533	III	63.30
ATB-18	연암	38.5	~	40.3	64	64	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	12.800	II	66.95
ATB-18	연암	40.3	~	42.6	27	27	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	5.400	III	59.18
ATB-18	연암	42.6	~	44.8	32	32	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	12.800	II	66.95
ATB-18	연암	44.8	~	47.4	16	16	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	1.896	IV	49.76
ATB-18	연암	47.4	~	49.5	10	10	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	5.333	III	59.07
ATB-18	연암	49.5	~	52.1	5	10	2+	E	6	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	1.333	IV	46.59
ATB-18	연암	52.1	~	54.5	29	29	1+	C	3	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	7.733	III	62.41
ATB-18	연암	54.5	~	55.8	31	31	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	16.533	II	69.25
ATB-18	연암	55.8	~	58.2	0	10	1	B	2	C	2	J	10	C	0.5	J	1.25	0.400	V	35.75
ATB-19	연암	32.0	~	33.7	0	10	1+	C	3	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	1.333	IV	46.59
ATB-19	연암	33.7	~	36.7	27	27	1	B	2	C	2	J	10	C	0.5	H	2.5	0.540	V	38.45
ATB-19	연암	36.7	~	39.7	24	24	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	3.200	IV	54.47

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-19	연암	39.7	~	42.1	30	30	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	4.000	III	56.48
ATB-19	연암	42.1	~	44.7	56	56	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	29.867	II	74.57
ATB-19	연암	44.7	~	47.7	36	36	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	9.600	III	64.36
ATB-19	연암	47.7	~	49.8	46	46	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	9.200	III	63.97
ATB-19	연암	49.8	~	52.1	40	40	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	10.667	II	65.30
ATB-19	연암	52.1	~	53.2	16	16	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	4.267	III	57.06
ATB-19	연암	53.2	~	56.2	22	22	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	5.867	III	59.92
ATB-19	경암	56.2	~	59.2	91	91	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	48.533	I	78.94
ATB-20	연암	33.0	~	36.5	35	35	3	F	9	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	1.556	IV	47.98
ATB-20	연암	36.5	~	37.6	0	10	3+	G	12	C	2	J	10	C	0.5	H	2.5	0.033	V	13.39
ATB-20	연암	37.6	~	38.9	34	34	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	2.015	IV	50.30
ATB-20	경암	38.9	~	42.8	96	96	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	12.800	II	66.95
ATB-20	경암	42.8	~	45.8	93	93	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	24.800	II	72.90
ATB-20	경암	45.8	~	47.0	41	41	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	4.859	III	58.23
ATB-20	경암	47.0	~	49.9	6	10	3+	G	12	D	1.5	J	10	C	0.5	J	1.25	0.050	V	17.04
ATB-20	경암	49.9	~	51.3	95	95	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	J	1.25	11.259	II	65.79
ATB-20	경암	51.3	~	54.3	86	86	3	F	9	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	7.644	III	62.31
ATB-20	경암	54.3	~	57.3	84	84	3	F	9	C	2	B	1	C	0.5	J	1.25	7.467	III	62.09
ATB-21	연암	17.8	~	20.3	31	31	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	3.100	IV	54.18
ATB-21	경암	20.3	~	23.3	69	69	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	9.200	III	63.97
ATB-21	경암	23.3	~	25.3	50	50	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	5.000	III	58.48
ATB-21	경암	25.3	~	28.0	16	16	3	F	9	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	0.711	V	40.93
ATB-21	경암	28.0	~	30.6	75	75	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	20.000	II	70.96
ATB-21	경암	30.6	~	33.5	47	47	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	9.400	III	64.17

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATB-21	경암	33.5	~	35.5	43	43	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	5.733	III	59.72
ATB-21	경암	35.5	~	37.0	35	35	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	7.000	III	61.51
ATB-22	연암	32.0	~	34.2	0	10	2	D	4	D	1.5	J	10	C	0.5	H	2.5	0.075	V	20.69
NNBB-4	연암	38.9	~	41.9	0	10	3+	G	12	D	1.5	A	0.75	A	1	H	2.5	0.667	V	40.35
NNBB-6	연암	15.7	~	18.0	5	10	3	F	9	D	1.5	A	0.75	A	1	H	2.5	0.889	V	42.94
NNBB-7	연암	18.0	~	19.0	0	10	2+	E	6	D	1.5	A	0.75	A	1	H	2.5	1.333	IV	46.59
NNBB-08	연암	20.9	~	22.4	0	10	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	1.000	IV	44.00
NNBB-08	연암	22.4	~	23.7	0	10	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	1.333	IV	46.59
NNBB-08	연암	23.7	~	26.1	22	22	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	5.867	III	59.92
NNBB-08	연암	26.1	~	27.7	45	45	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	12.000	II	66.36
NNBB-08	연암	27.7	~	30.7	48	48	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	2.844	IV	53.41
NNBB-08	연암	30.7	~	33.7	46	46	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	2.726	IV	53.03
NNBB-08	연암	33.7	~	37.0	32	32	2	D	4	C	2	J	10	C	0.5	H	2.5	0.320	V	33.75
NNBB-09	연암	17.0	~	18.2	13	13	1	B	2	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	2.600	IV	52.60
NNBB-09	연암	18.2	~	20.3	21	21	2+	E	6	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	1.400	IV	47.03
NNBB-09	연암	20.3	~	22.7	34	34	2+	E	6	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	2.267	IV	51.36
NNBB-09	연암	22.7	~	24.0	31	31	1+	C	3	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	5.511	III	59.36
NNBB-09	연암	24.0	~	26.1	22	22	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	5.867	III	59.92
NNBB-09	연암	26.1	~	27.6	28	28	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	3.733	IV	55.86
NNBB-09	연암	27.6	~	30.4	48	48	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	2.844	IV	53.41
NNBB-09	경암	30.4	~	33.1	84	84	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	22.400	II	71.98
NNBB-10	연암	14.5	~	17.1	15	15	2	D	4	C	2	B	1	C	0.5	H	2.5	1.500	IV	47.65
NNBB-10	경암	17.1	~	20.0	54	54	3	F	9	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	3.200	IV	54.47
NNBB-10	경암	20.0	~	21.8	61	61	1	B	2	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	16.267	II	69.10

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NNBB-10	경암	21.8	~	24.0	48	48	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	6.400	III	60.71
NNBB-10	경암	24.0	~	27.0	73	73	2	D	4	C	2	A	0.75	C	0.5	H	2.5	9.733	III	64.48
NATB-01	연암	42.0	~	42.5	0	10	1	B	2	D	1.5	B	1	B	0.66	J	1.25	3.960	IV	56.39
NATB-01	연암	42.5	~	45.5	4	10	2	D	4	F	1	B	1	B	0.66	J	1.25	1.320	IV	46.50
NATB-01	연암	45.5	~	48.5	0	10	2	D	4	F	1	B	1	B	0.66	J	1.25	1.320	IV	46.50
NATB-01	경암	48.5	~	51.5	63	63	3	F	9	D	1.5	B	1	B	0.66	J	1.25	5.544	III	59.41
NATB-01	경암	51.5	~	54.5	40	40	2	D	4	D	1.5	B	1	B	0.66	J	1.25	7.920	III	62.62
NATB-01	경암	54.5	~	57.5	63	63	2	D	4	D	1.5	B	1	B	0.66	J	1.25	12.474	II	66.71
NATB-01	경암	57.5	~	60.5	87	87	2	D	4	C	2	A	0.75	B	0.66	J	1.25	30.624	II	74.80
NATB-01	경암	60.5	~	63.5	78	78	2	D	4	C	2	A	0.75	B	0.66	J	1.25	27.456	II	73.81
NATB-01	경암	63.5	~	66.5	94	94	2	D	4	C	2	A	0.75	B	0.66	J	1.25	33.088	II	75.49
NATB-01	경암	66.5	~	69.5	100	100	3	F	9	C	2	A	0.75	B	0.66	J	1.25	15.644	II	68.75
NATB-01	경암	69.5	~	72.5	88	88	3	F	9	C	2	A	0.75	B	0.66	J	1.25	13.767	II	67.60
NATB-01	경암	72.5	~	75.5	77	77	2	D	4	C	2	A	0.75	B	0.66	J	1.25	27.104	II	73.70
NATB-01	경암	75.5	~	77.5	63	63	2	D	4	C	2	A	0.75	B	0.66	J	1.25	22.176	II	71.89
NATB-02	연암	28.1	~	30.0	32	32	3	F	9	F	1	C	2	B	0.66	A	10	0.117	V	24.72
NATB-02	연암	30.0	~	33.0	46	46	3	F	9	D	1.5	J	10	B	0.66	A	10	0.051	V	17.15
NATB-02	연암	33.0	~	34.7	9	10	3	F	9	D	1.5	J	10	B	0.66	A	10	0.011	V	3.41
NATB-02	연암	34.7	~	35.8	16	16	3	F	9	F	1	C	2	B	0.66	A	10	0.059	V	18.48
NATB-02	연암	35.8	~	38.4	9	10	3	F	9	D	1.5	J	10	B	0.66	A	10	0.011	V	3.41
NATB-02	연암	38.4	~	40.1	12	12	2	D	4	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.020	V	8.70
NATB-02	연암	40.1	~	42.3	17	17	3	F	9	F	1	C	2	B	0.66	A	10	0.062	V	19.02
NATB-02	연암	42.3	~	44.1	0	10	3	F	9	H	1	C	2	B	0.66	A	10	0.037	V	14.25
NATB-02	연암	44.1	~	47.1	37	37	3	F	9	F	1	C	2	B	0.66	A	10	0.136	V	26.02

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NATB-02	연암	47.1	~	48.9	16	16	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.012	V	3.99
NATB-02	연암	48.9	~	51.6	11	11	3	F	9	F	1	C	2	B	0.66	A	10	0.040	V	15.10
NATB-02	연암	51.6	~	54.6	25	25	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.018	V	8.01
NATB-02	연암	54.6	~	55.9	0	10	2	D	4	H	1	C	2	B	0.66	A	10	0.083	V	21.55
NATB-02	연암	55.9	~	57.5	6	10	3	F	9	F	1	C	2	B	0.66	A	10	0.037	V	14.25
NATB-02	연암	57.5	~	60.0	0	10	3	F	9	H	1	C	2	B	0.66	A	10	0.037	V	14.25
NATB-02	연암	60.0	~	63.0	6	10	3	F	9	F	1	C	2	B	0.66	A	10	0.037	V	14.25
NATB-02	연암	63.0	~	66.0	9	10	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.007	V	-0.24
NATB-02	연암	66.0	~	68.0	11	11	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.008	V	0.62
NATB-02	연암	68.0	~	71.0	33	33	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.024	V	10.51
NATB-02	연암	71.0	~	73.0	7	10	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.007	V	-0.24
NATB-02	연암	73.0	~	74.9	5	10	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.007	V	-0.24
NATB-02	연암	74.9	~	77.0	17	17	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.012	V	4.54
NATB-02	연암	77.0	~	78.8	29	29	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.021	V	9.34
NATB-02	연암	78.8	~	81.2	30	30	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.022	V	9.65
NATB-02	연암	81.2	~	82.2	13	13	2	D	4	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.021	V	9.42
NATB-03	연암	28.5	~	30.8	5	10	2	D	4	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.017	V	7.06
NATB-03	연암	30.8	~	33.8	12	12	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.009	V	1.40
NATB-03	연암	33.8	~	36.8	0	10	2	D	4	H	1	D	3	B	0.66	A	10	0.055	V	17.90
NATB-03	연암	36.8	~	39.8	14	14	2	D	4	H	1	D	3	B	0.66	A	10	0.077	V	20.92
NATB-03	연암	39.8	~	42.8	0	10	3	F	9	H	1	D	3	B	0.66	A	10	0.024	V	10.60
NATB-03	연암	42.8	~	45.8	0	10	1	B	2	H	1	D	3	B	0.66	A	10	0.110	V	24.13
NATB-03	연암	45.8	~	48.8	0	10	2	D	4	H	1	D	3	B	0.66	A	10	0.055	V	17.90
NATB-03	연암	48.8	~	51.8	0	10	2	D	4	H	1	D	3	B	0.66	A	10	0.055	V	17.90

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NATB-03	연암	51.8	~	54.8	3	10	3	F	9	H	1	D	3	B	0.66	A	10	0.024	V	10.60
NATB-03	연암	54.8	~	57.8	41	41	2	D	4	H	1	D	3	B	0.66	A	10	0.226	V	30.60
NATB-03	연암	57.8	~	60.8	0	10	2	D	4	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.017	V	7.06
NATB-03	연암	60.8	~	63.8	17	17	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.012	V	4.54
NATB-03	연암	63.8	~	66.8	7	10	1	B	2	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.033	V	13.30
NATB-03	연암	66.8	~	69.8	8	10	3	F	9	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.007	V	-0.24
NATB-03	연암	69.8	~	72.8	13	13	2	D	4	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.021	V	9.42
NATB-03	연암	72.8	~	75.8	14	14	2	D	4	F	1	J	10	B	0.66	A	10	0.023	V	10.09
NATB-03	연암	75.8	~	79.0	0	10	파쇄	I	20	H	1	D	3	C	0.5	A	10	0.008	V	0.91
NATB-04	연암	31.0	~	33.8	9	10	3	F	9	D	1.5	B	1	B	0.66	H	2.5	0.440	V	36.61
NATB-04	경암	33.8	~	36.8	53	53	3	F	9	D	1.5	A	0.75	B	0.66	H	2.5	3.109	IV	54.21
NATB-04	경암	36.8	~	39.8	69	69	3	F	9	D	1.5	B	1	B	0.66	H	2.5	3.036	IV	53.99
NATB-04	경암	39.8	~	42.8	40	40	2	D	4	D	1.5	B	1	B	0.66	J	1.25	7.920	III	62.62
NATB-04	경암	42.8	~	45.8	83	83	3	F	9	D	1.5	A	0.75	B	0.66	J	1.25	9.739	III	64.48
NATB-04	경암	45.8	~	48.8	47	47	3	F	9	D	1.5	B	1	B	0.66	J	1.25	4.136	III	56.78
NATB-04	경암	48.8	~	51.8	87	87	2	D	4	D	1.5	A	0.75	B	0.66	J	1.25	22.968	II	72.21
NATB-04	경암	51.8	~	54.8	87	87	3	F	9	D	1.5	A	0.75	B	0.66	J	1.25	10.208	II	64.91
NATB-04	경암	54.8	~	57.8	98	98	2	D	4	D	1.5	A	0.75	B	0.66	J	1.25	25.872	II	73.28
NATB-04	경암	57.8	~	60.7	60	60	3	F	9	C	2	B	1	B	0.66	J	1.25	7.040	III	61.56
NATB-04	경암	60.7	~	62.3	63	63	3	F	9	D	1.5	B	1	B	0.66	J	1.25	5.544	III	59.41
NNTB-07	경암	25.4	~	27.5	70	70	3	F	9	D	1.5	B	1	B	0.66	H	2.5	3.080	IV	54.12
NNTB-07	경암	27.5	~	30.5	100	100	2	D	4	C	2	A	0.75	B	0.66	H	2.5	17.600	II	69.81
NNTB-07	경암	30.5	~	33.5	100	100	3	F	9	C	2	A	0.75	B	0.66	H	2.5	7.822	III	62.51
NNTB-07	경암	33.5	~	36.5	99	99	3	F	9	C	2	A	0.75	B	0.66	H	2.5	7.744	III	62.42

서울시제물포터널
민간투자사업 실시설계

Q-system

공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
NNTB-07	경암	36.5	~	39.5	98	98	2	D	4	C	2	A	0.75	B	0.66	H	2.5	17.248	II	69.63
NNTB-07	경암	39.5	~	42.5	98	98	1	B	2	C	2	A	0.75	B	0.66	J	1.25	68.992	I	82.11
NNTB-07	경암	42.5	~	45.5	98	98	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	51.744	I	79.52
NNTB-07	경암	45.5	~	48.5	100	100	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	52.800	I	79.70
NNTB-07	경암	48.5	~	51.5	100	100	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	52.800	I	79.70
NNTB-07	경암	51.5	~	54.5	97	97	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	51.216	I	79.42
NNTB-07	경암	54.5	~	57.5	100	100	3	F	9	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	23.467	II	72.40
NNTB-07	경암	57.5	~	60.5	90	90	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	47.520	I	78.75
NNTB-07	경암	60.5	~	62.5	75	75	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	39.600	II	77.11
NNTB-07	경암	62.5	~	63.4	83	83	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	43.824	I	78.02
NNTB-07	경암	63.4	~	66.5	89	89	3	F	9	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	20.885	II	71.35
NNTB-07	경암	66.5	~	69.5	97	97	3	F	9	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	22.763	II	72.13
NNTB-07	경암	69.5	~	72.5	100	100	3	F	9	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	23.467	II	72.40
NNTB-07	경암	72.5	~	75.5	100	100	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	52.800	I	79.70
NNTB-07	경암	75.5	~	78.5	100	100	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	52.800	I	79.70
NNTB-07	경암	78.5	~	81.5	98	98	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	51.744	I	79.52
NNTB-07	경암	81.5	~	84.5	98	98	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	51.744	I	79.52
NABB-01	연암	33.3	~	36.3	0	10	3	F	9	D	1.5	B	1	B	0.66	H	2.5	0.440	V	36.61

서울시제물포터널
민간투자사업

RMR분류

공번	지층	암반분류			일축압축강도		R.Q.D		불연속면		불연속면의 상태										지하수		불연속면		TOTAL RMR	
		심 도			(kg/㎠)		(%)		간격(cm)		연속성(m)		간 극(mm)		거칠기		충전물		풍화정도		계	상 태		방 향 성		평점	암반
		(GL,m)			상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점		상태	점수	상태	점수	합계	등급
ATBH-1	연암	19.8	~	21.0	0.0	2	0	3	3	5	10-20	1	>5	0	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	9	WT	7	양호	-5	21	IV
ATBH-1	연암	21.0	~	23.0	244.0	2	21	3	4	5	10-20	1	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	10	WT	7	양호	-5	22	IV
ATBH-1	연암	23.0	~	25.6	348.6	4	30	8	8	8	10-20	1	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	10	WT	7	양호	-5	32	IV
ATBH-1	연암	25.6	~	27.3	0.0	2	0	3	5	5	10-20	1	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	MW	3	10	WT	7	양호	-5	22	IV
ATBH-2	연암	21.0	~	24.0	81.3	2	7	3	4	5	10-20	1	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	HW	1	8	WT	7	양호	-5	20	IV
ATBH-2	연암	24.0	~	27.0	674.0	7	58	13	10	8	3-10	2	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	HW	1	9	WT	7	양호	-5	39	IV
ATBH-2	연암	27.0	~	30.0	627.5	7	54	13	10	8	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	WT	7	양호	-5	50	III
ATBH-2	연암	30.0	~	32.6	441.6	4	38	8	14	8	10-20	1	1-5	1	매끄러움	1	연한충전물,>5mm	0	HW	1	4	WT	7	양호	-5	26	IV
ATBH-2	연암	32.6	~	34.0	615.9	7	53	13	10	8	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	19	WT	7	양호	-5	49	III
ATBH-2	연암	34.0	~	37.0	581.0	7	50	13	20	10	1-3	4	<0.1	5	약간거침	3	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	21	WT	7	양호	-5	53	III
ATBH-2	연암	37.0	~	40.0	464.8	4	40	8	12	8	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	WT	7	양호	-5	42	III
ATBH-2	경암	40.0	~	43.0	848.3	7	73	13	20	10	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	F	6	24	DM	10	양호	-5	59	III
ATBH-2	경암	43.0	~	46.0	886.0	7	81	17	25	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	68	II
ATBH-2	경암	46.0	~	49.0	1010.9	12	87	17	40	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	73	II
ATBH-2	경암	49.0	~	53.0	964.5	7	83	17	20	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	68	II
ATBH-3	연암	19.0	~	21.0	81.3	2	7	3	5	5	10-20	1	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	HW	1	8	WT	7	양호	-5	20	IV
ATBH-3	연암	21.0	~	24.0	46.5	2	4	3	4	5	10-20	1	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	HW	1	8	WT	7	양호	-5	20	IV
ATBH-3	연암	24.0	~	27.0	476.4	4	41	8	6	8	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	연한충전물,>5mm	0	HW	1	12	WT	7	양호	-5	34	IV
ATBH-3	연암	27.0	~	30.0	534.5	7	46	8	7	8	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	SW	5	20	WT	7	양호	-5	45	III
ATBH-3	연암	30.0	~	31.0	732.1	7	63	13	9	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	21	WT	7	양호	-5	51	III
ATBH-3	연암	31.0	~	34.0	557.8	7	48	8	8	8	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	22	WT	7	양호	-5	47	III
ATBH-3	연암	34.0	~	37.0	546.1	7	47	8	10	8	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	22	WT	7	양호	-5	47	III
ATBH-3	경암	37.0	~	40.0	628.0	7	78	17	12	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	26	DM	10	양호	-5	63	II
ATBH-3	경암	40.0	~	42.5	418.3	4	36	8	9	8	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	26	DM	10	양호	-5	51	III
ATBH-3	경암	42.5	~	45.2	615.9	7	53	13	8	8	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	62	II
ATBH-3	경암	45.2	~	47.7	232.4	2	20	3	5	5	3-10	2	<0.1	5	거침	5	단단한충전물,<5mm	4	MW	3	19	DM	10	양호	-5	34	IV
ATBH-3	경암	47.7	~	49.5	209.2	2	18	3	6	8	3-10	2	0.1-1.0	4	거침	5	없음	6	SW	5	22	DM	10	양호	-5	40	III
ATBH-3	경암	49.5	~	52.5	674.0	7	58	13	11	8	<1	6	<0.1	5	거침	5	없음	6	F	6	28	DM	10	양호	-5	61	II
ATBH-3	경암	52.5	~	55.5	929.6	7	80	17	20	10	<1	6	없음	6	거침	5	없음	6	F	6	29	DM	10	양호	-5	68	II
ATBH-3	경암	55.5	~	57.5	604.2	7	52	13	4	5	1-3	4	<0.1	5	거침	5	없음	6	SW	5	25	DM	10	양호	-5	55	III
NNBH-1	연암	15.8	~	17.5	69.7	2	6	3	4	5	10-20	1	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	HW	1	8	WT	7	양호	-5	20	IV
NNBH-1	연암	17.5	~	20.5	69.7	2	6	3	7	8	10-20	1	1-5	1	약간거침	3	단단한충전물,>5mm	2	HW	1	8	WT	7	양호	-5	23	IV

서울시제물포터널
민간투자사업

Q-system

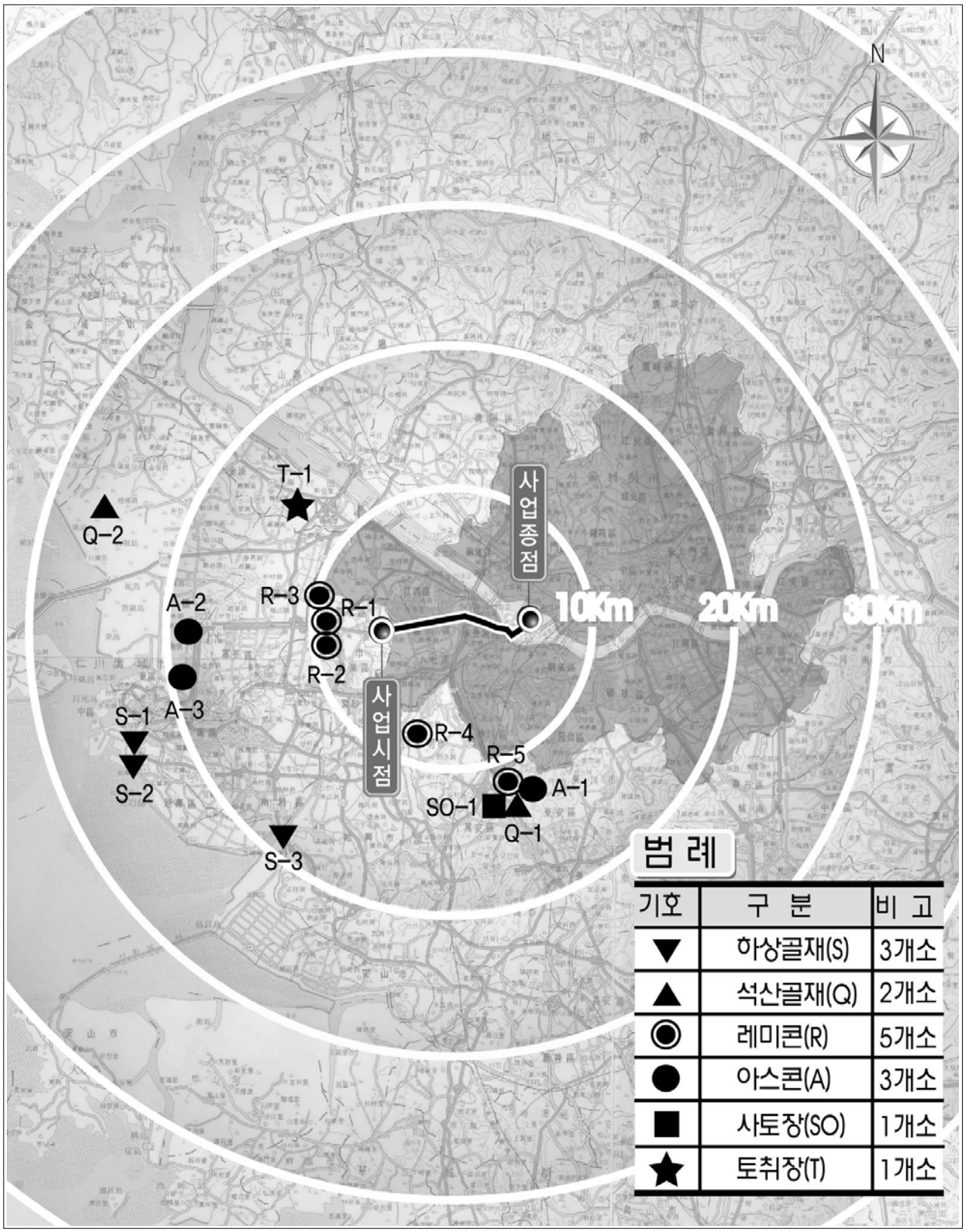
공번	지층	암반분류 심도 (GL,m)			R.Q.D (%)		Jn			Jr		Ja		Jw		SRF		Q Value		Q Value 환산 RMR
					상태	평점	입력	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	상태	평점	점수	평가	
ATBH-1	연암	19.8	~	21.0	0	10	2+	E	6	C	2	C	2	C	0.5	H	2.5	0.333	V	34.11
ATBH-1	연암	21.0	~	23.0	21	21	1+	C	3	C	2	C	2	C	0.5	H	2.5	1.400	IV	47.03
ATBH-1	연암	23.0	~	25.6	30	30	2+	E	6	C	2	C	2	C	0.5	H	2.5	1.000	IV	44.00
ATBH-1	연암	25.6	~	27.3	0	10	2+	E	6	C	2	C	2	C	0.5	H	2.5	0.333	V	34.11
ATBH-2	연암	21.0	~	24.0	7	10	2+	E	6	C	2	D	3	C	0.5	H	2.5	0.222	V	30.46
ATBH-2	연암	24.0	~	27.0	58	58	2	D	4	C	2	D	3	C	0.5	H	2.5	1.933	IV	49.93
ATBH-2	연암	27.0	~	30.0	54	54	3	F	9	B	3	E	4	C	0.5	H	2.5	0.900	V	43.05
ATBH-2	연암	30.0	~	32.6	38	38	2+	E	6	F	1	D	3	C	0.5	H	2.5	0.422	V	36.24
ATBH-2	연암	32.6	~	34.0	53	53	2	D	4	C	2	C	2	C	0.5	H	2.5	2.650	IV	52.77
ATBH-2	연암	34.0	~	37.0	50	50	2+	E	6	C	2	E	4	C	0.5	H	2.5	0.833	V	42.36
ATBH-2	연암	37.0	~	40.0	40	40	2	D	4	B	3	E	4	C	0.5	H	2.5	1.500	IV	47.65
ATBH-2	경암	40.0	~	43.0	73	73	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	38.544	II	76.87
ATBH-2	경암	43.0	~	46.0	81	81	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	42.768	I	77.80
ATBH-2	경암	46.0	~	49.0	87	87	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	45.936	I	78.45
ATBH-2	경암	49.0	~	53.0	83	83	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	43.824	I	78.02
ATBH-3	연암	19.0	~	21.0	7	10	2+	E	6	C	2	D	3	C	0.5	H	2.5	0.222	V	30.46
ATBH-3	연암	21.0	~	24.0	4	10	2+	E	6	C	2	D	3	C	0.5	H	2.5	0.222	V	30.46
ATBH-3	연암	24.0	~	27.0	41	41	2+	E	6	B	3	D	3	C	0.5	H	2.5	1.367	IV	46.81
ATBH-3	연암	27.0	~	30.0	46	46	3+	G	12	B	3	E	4	C	0.5	H	2.5	0.575	V	39.02
ATBH-3	연암	30.0	~	31.0	63	63	2+	E	6	B	3	C	2	C	0.5	H	2.5	3.150	IV	54.33
ATBH-3	연암	31.0	~	34.0	48	48	2+	E	6	B	3	E	4	C	0.5	H	2.5	1.200	IV	45.64
ATBH-3	연암	34.0	~	37.0	47	47	2	D	4	B	3	E	4	C	0.5	H	2.5	1.763	IV	49.10
ATBH-3	경암	37.0	~	40.0	78	78	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	H	2.5	20.592	II	71.22
ATBH-3	경암	40.0	~	42.5	36	36	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	19.008	II	70.50
ATBH-3	경암	42.5	~	45.2	53	53	2+	E	6	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	18.656	II	70.34
ATBH-3	경암	45.2	~	47.7	20	20	2+	E	6	B	3	C	2	B	0.66	J	1.25	2.640	IV	52.74
ATBH-3	경암	47.7	~	49.5	18	18	3	F	9	B	3	E	4	B	0.66	J	1.25	0.792	V	41.90
ATBH-3	경암	49.5	~	52.5	58	58	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	30.624	II	74.80
ATBH-3	경암	52.5	~	55.5	80	80	2	D	4	B	3	A	0.75	B	0.66	J	1.25	42.240	I	77.69
ATBH-3	경암	55.5	~	57.5	52	52	2+	E	6	B	3	E	4	B	0.66	J	1.25	3.432	IV	55.10
NNBH-1	연암	15.8	~	17.5	6	10	3+	G	12	C	2	D	3	C	0.5	H	2.5	0.111	V	24.22
NNBH-1	연암	17.5	~	20.5	6	10	3+	G	12	C	2	D	3	C	0.5	H	2.5	0.111	V	24.22

제9장 재료원 조사

재료원 조사

1 재료원조사

1.1 재료원 위치도



1.2 재료원 총괄표

(1) 레미콘 및 아스콘

구분	업체명	위 치	운반거리 (Km)	생산량 (m^3/일)	연락처
R-1	유진레미콘(주)	경기도 부천시 오정구 삼정동 52-6	11.1	420	032-677-5111
R-2	(주)부국레미콘	경기도 부천시 오정구 삼정동 24-6	11.1	360	032-673-6287
R-3	쌍용양회(주)	경기도 부천시 오정구 삼정도 60-9	11.2	360	032-677-4254
R-4	아주레미콘(주)	경기도 광명시 옥길동 410-5	11.6	360	02-853-3161
R-5	한일레미콘(주)	경기도 안양시 석수동 477-10	15.4	420	02-857-5015
A-1	(주)제일산업개발	경기도 안양시 석수동 477-10	15.4	360	031-472-7351
A-2	인천아스콘(주)	인천광역시 서구 신현동 284-19	20.3	360	032-573-3664
A-3	한밭산업(주)	인천광역시 서구 가좌동 574-1	23.8	360	032-582-6044

(2) 골재원

구분	업체명	위 치	운반거리 (Km)	생산량 (m^3/년)	연락처
Q-1	제일산업개발(주)	경기도 안양시 석수2동 477-10	15.4	1,000,000	031-472-7351
Q-2	(주)인광기업	인천과역시 서구 오류동 1536	33.3	800,000	010-7756-5114
S-1	(주)영진공사	인천광역시 중구 항동7가 92-1	31.8	5,000,000	032-885-8550
S-2	세원산업(주)	인천광역시 남동구 고잔동 971	32.2	1,000,000	032-811-2310
S-3	한아해운(주)	인천광역시 중구 항동7가 112-10	32.8	2,000,000	010-9188-3060

(3) 토취장 및 사토장

구분	업체명	위 치	운반거리 (Km)	비고	연락처
SO-1	(주)제일산업개발	경기도 안양시 석수2동 477-10	15.4	암버럭	031-472-7351
T-1	-	경기도 김포시 고촌읍 태리 산82	18.2	토사	-

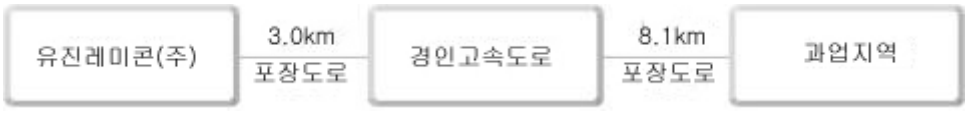
1.3 조사결과

(1) 레미콘

① 유진레미콘(주)

조 사 번 호	R-1 유진레미콘(주)	비 고
조사위치	경기도 부천시 오정구 삼정동 52-26	T. 032-677-5111
일일생산량	4,200 m^3/일	
플랜트규모	210 m^3/h B/P - 2기	
페우로우더	2대	
현장고찰	- 2010년 생산량 : 1,250,000m^3 - 허가여부 : 사업자등록 - 운반로 상태 : 양호	
단가	-	

운 반 거 리

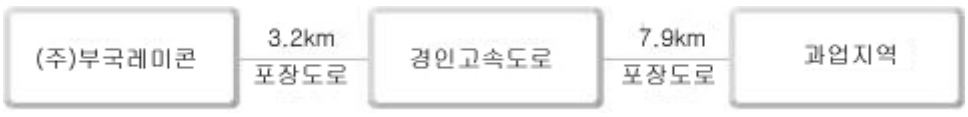


※ 전체운반거리 : 11.1km

② (주)부국레미콘

조 사 번 호	R-2 (주)부국레미콘	비 고
조사위치	경기도 부천시 오정구 삼정동 24-6	T. 032-673-6287
일일생산량	3,600 m^3/일	
플랜트규모	210 m^3/h B/P – 2기	
페우로우더	2대	
현장고찰	– 2010년 생산량 : 925,000m^3 – 허가여부 : 사업자등록 – 운반로 상태 : 양호	
단가	-	

운 반 거 리

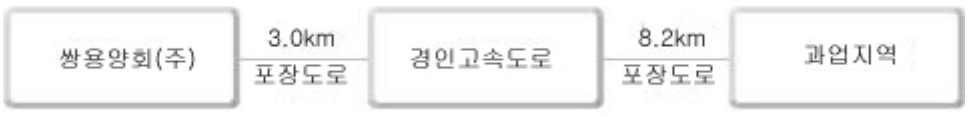


※ 전체운반거리 : 11.1km

③ 쌍용양회(주)

조 사 번 호	R-3 쌍용양회(주)	비 고
조사위치	경기도 부천시 오정구 삼정동 60-9	T. 032-677-4254
일일생산량	3,600 m^3/일	
플랜트규모	210 m^3/h B/P – 2기	
페우로우더	2대	
현장고찰	– 2010년 생산량 : 1,005,000m^3 – 허가여부 : 사업자등록 – 운반로 상태 : 양호	
단가	-	

운 반 거 리



※ 전체운반거리 : 11.2km

④ 아주레미콘(주)

조 사 번 호	R-4 아주레미콘(주)	비 고
조사위치	경기도 광명시 옥길동 410-5	T. 02-853-3161
일일생산량	3,600 m^3/일	
플랜트규모	210 m^3/h B/P – 2기	
페우로우더	2대	
현장고찰	– 2010년 생산량 : 1,019,000m^3 – 허가여부 : 사업자등록 – 운반로 상태 : 양호	
단가	-	

운 반 거 리

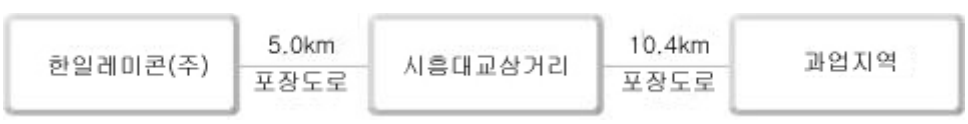


※ 전체운반거리 : 11.6km

⑤ 한일레미콘(주)

조 사 번 호	R-3 한일레미콘(주)	비 고
조사위치	경기도 부천시 오정구 삼정동 60-9	T. 02-857-5015
일일생산량	4,200 m^3/일	
플랜트규모	210 m^3/h B/P – 2기	
페우로우더	2대	
현장고찰	– 2010년 생산량 : 1,310,000m^3 – 허가여부 : 사업자등록 – 운반로 상태 : 양호	
단가	-	

운 반 거 리



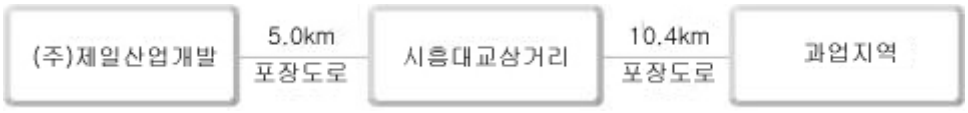
※ 전체운반거리 : 15.4km

(2)아스콘

① (주)제일산업개발

조 사 번 호	A-1 제일산업개발(주)	비 고
조사위치	경기도 안양시 석수동 477-10	T. 031-472-7351
일일생산량	9,000 ton/일	
골재반입처	제일산업개발(주) , (주)동원	
페우로우더	2대	
현장고찰	- 허가여부 : 사업자등록 - 운반로 상태 : 양호	
단가	-	

운 반 거 리

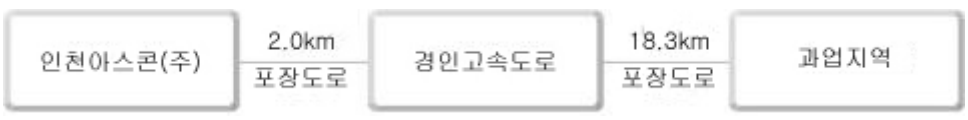


※ 전체운반거리 :15.4km

② 인천아스콘

조 사 번 호	A-2 인천아스콘	비 고
조사위치	인천광역시 서구 신현동 284-19	T. 032-579-1052
일일생산량	1,600 ton/일	
골재반입처	부흥골재	
페우로우더	1대	
현장고찰	- 허가여부 : 사업자등록 - 운반로 상태 : 양호	
단가	-	

운 반 거 리

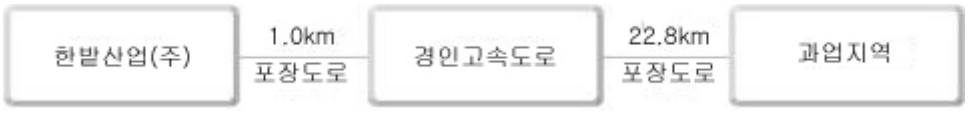


※ 전체운반거리 : 20.3km

③ 한밭산업(주)

조 사 번 호	A-1 한밭산업(주)	비 고
조사위치	인천광역시 서구 가좌동 574-1	T. 032-582-6044
일일생산량	9,000 ton/일	
골재반입처	세진산업, 진보자원개발	
페우로우더	2대	
현장고찰	- 허가여부 : 사업자등록 - 운반로 상태 : 양호	
단가	-	

운 반 거 리



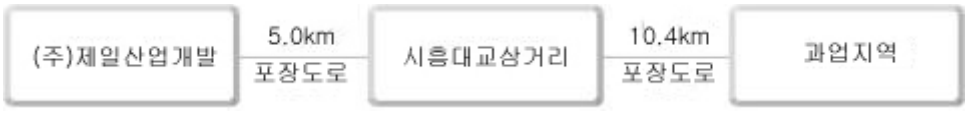
※ 전체운반거리 : 23.8km

(3) 조골재

① 제일산업개발(주)

조 사 번 호	Q-1 제일산업개발(주)	비 고
조사위치	경기도 안양시 석수2동 477-10	031-472-7351
년간생산량	1,000,000 m^3/년	
골재반입처	석산	
골재구성비	콘크리트용(40mm, 25mm)	
현장고찰	- 허가여부 : 사업자등록 - 운반로 상태 : 양호	
단가	-	

운 반 거 리



※ 전체운반거리 : 15.4km

② (주)인광기업

조 사 번 호	Q-2 (주)인광기업	비 고
조사위치	인천광역시 서구 오류동 1536	010-7756-5114
년간생산량	800,000 m^3/년	
골재반입첩	석산	
골재구성비	콘크리트용(40mm, 25mm)	
현장고찰	- 허가여부 : 사업자등록 - 운반로 상태 : 양호	
단가		

운 반 거 리



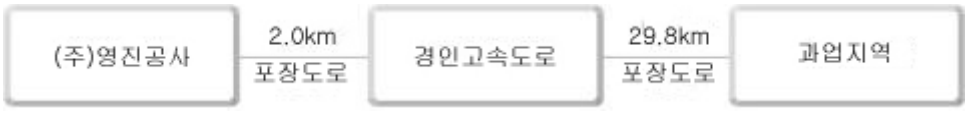
※ 전체운반거리 : 33.3km

(4)세골재

① (주)영진공사

조 사 번 호	S-1 (주)영진공사	비 고
조사위치	인천광역시 중구 항동7가 92-1	T. 032-885-8550
년간생산량	1,000,000 m^3/년	
골재반입처	옹진, 태안, 북한산(해주)	
골재구성비	해사(세사, 중사, 왕사)	
현장고찰	- 허가여부 : 사업자등록 - 운반로 상태 : 양호	
단가	-	

운 반 거 리

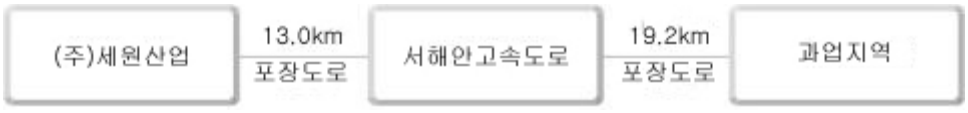


※ 전체운반거리 : 31.8km

② 세원산업(주)

조 사 번 호	S-2 세원산업(주)	비 고
조사위치	인천광역시 남동구 고잔동 971	T. 032-811-2310
년간생산량	1,000,000 m^3/년	
골재반입처	태안, 북한산(해주)	
골재구성비	해사(세사, 중사, 왕사)	
현장고찰	- 허가여부 : 사업자등록 - 운반로 상태 : 양호	
단가	-	

운 반 거 리

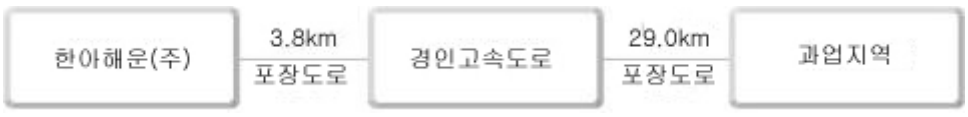


※ 전체운반거리 : 32.2km

③ 한아해운(주)

조 사 번 호	S-3 한아해운(주)	비 고
조사위치	인천광역시 중구 항동7가 112-10	T. 010-9188-3060
년간생산량	2,000,000 m^3/년	
골재반입처	옹진, 태안, 북한산(해주)	
골재구성비	해사(세사, 중사, 왕사)	
현장고찰	- 허가여부 : 사업자등록 - 운반로 상태 : 양호	
단가	-	

운 반 거 리



※ 전체운반거리 : 32.8km

the way to trust KCL

시 험 성 적 서

TEST REPORT

접 수 번 호: ICR1100922
신 청 인: 제일산업개발(주) 김재홍
주 소 : 경기 안양시 만안구 석수2동 477-10
시 료 명: 아스팔트 혼합물용 굵은 골재 67

접 수 일 자: 2011년 01월 04일

시 험 결 과

시험항목	단위	구분	결과	시험방법
입도(체를 통과하는 것의 질량 백분율) 25 mm	%	1	100	KS F 2502 : 2005
입도(체를 통과하는 것의 질량 백분율) 20 mm	%	1	100	KS F 2502 : 2005
입도(체를 통과하는 것의 질량 백분율) 10 mm	%	1	26	KS F 2502 : 2005
입도(체를 통과하는 것의 질량 백분율) 5 mm	%	1	1	KS F 2502 : 2005
입도(체를 통과하는 것의 질량 백분율) 2.5 mm	%	1	1	KS F 2502 : 2005
조립률	-	1	6.71	KS F 2526 : 2007
안정성(Na_2SO_4)	%	1	4.3	KS F 2507 : 2007
편장석 함유량	%	1	7	KS F 2575 : 2008
진밀도	g/cm^3	1	2.74	KS F 2503 : 2007
절대 건조 상태의 밀도	g/cm^3	1	2.70	KS F 2503 : 2007
흡수율	%	1	0.51	KS F 2503 : 2007
마모율(입도구분 : C)	%	1	19.8	KS F 2508 : 2007
단위용적질량(다짐봉시험)	kg/L	1	1.620	KS F 2505 : 2002
부순 굵은 골재의 파쇄면	%	1	100	KS F 2357 : 2004
피막박리	%	1	피복 면적 95 % 이상	KS F 2355 : 2007

※ 시험성적서 이용목적 :품질관리

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과이며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 한국건설생활환경시험연구원의 사전 서면동의없이 홍보선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없습니다.

담 당 자: 최수민(032-472-9001)

2011년 01월 24일

한국건설생활환경시험연구원장

한국건설생활환경시험연구원장인 업무전용20

(경기서남지원, 주소: 인천광역시 남동구 만수동1011-1번지, 전화번호: 032-472-9001, www.kcl.re.kr)

원본대조필

880A03F8-C872-4BCD-ACA9-C0959142

시 험 성 적 서

TEST REPORT

접 수 일 자: 2011년 01월 03일

접 수 번 호: ICR1100516

시 료 명: 콘크리트용 부순 굵은 골재 57

시 험 결 과

시험항목	단위	수량	결과	시험방법
입도(체를 통과하는 것의 질량 백분율) 40 mm	%	1	100	KS F 2502 : 2005
입도(체를 통과하는 것의 질량 백분율) 25 mm	%	1	100	KS F 2502 : 2005
입도(체를 통과하는 것의 질량 백분율) 13 mm	%	1	38	KS F 2502 : 2005
입도(체를 통과하는 것의 질량 백분율) 5 mm	%	1	2	KS F 2502 : 2005
입도(체를 통과하는 것의 질량 백분율) 2.5 mm	%	1	0	KS F 2502 : 2005
조립률	-	1	6.91	KS F 2526 : 2007
안정성(Na_2SO_4)	%	1	4.5	KS F 2507 : 2007
표면 건조 포화 상태의 밀도	g/cm^3	1	2.62	KS F 2503 : 2007
절대 건조 상태의 밀도	g/cm^3	1	2.60	KS F 2503 : 2007
흡수율	%	1	0.63	KS F 2503 : 2007
0.08 mm 체 통과량	%	1	0.4	KS F 2511 : 2007
마모율(입도구분 : B)	%	1	21.5	KS F 2508 : 2007
단위용적질량(다짐봉시험)	kg/L	1	1.557	KS F 2505 : 2002
실적률	%	1	59.8	KS F 2505 : 2002
입자모양판정실적률	%	1	57	KS F 2527 : 2007

※ 시험성적서 이용목적 :품질관리

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과이며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 한국건설생활환경시험연구원의 사전 서면동의없이 홍보선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없습니다.

담 당 자: 최수빈(032-472-9001)

2011년 01월 27일

한국건설생활환경시험연구원

(경기서남지원, 주소: 인천광역시 남동구 만수동1011-1번지, 전화번호: 032-472-9001, www.kcl.re.kr)

DDAA60B8-F5B6-4ECB-B1F2-26535[illegible]12B7

YOUR PARTNER FOR THE BEST QUALITY

TEST REPORT

우 404-817 인천광역시 서구 가좌3동 539-8 TEL (032)5709-700 FAX (032)575-5613

성적서번호 : TAS-003871
대 표 자 : 김기만, 안대식
업 체 명 : 세원산업(주)
주 소 : 인천시 남동구 고잔동 971-1

접 수 일 자 : 2011년 01월 27일
시험완료일자 : 2011년 02월 09일

시 료 명 : 잔골재 (샌드매트 및 SCP용)

시 험 결 과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
체가름(통과율):10mm	%		100	KS F 2502 : 2005
체가름(통과율):5mm	%		99	KS F 2502 : 2005
체가름(통과율):2.5mm	%		93	KS F 2502 : 2005
체가름(통과율):1.2mm	%		79	KS F 2502 : 2005
체가름(통과율):0.6mm	%		60	KS F 2502 : 2005
체가름(통과율):0.3mm	%		14	KS F 2502 : 2005
체가름(통과율):0.15mm	%		1	KS F 2502 : 2005
염화물함유량	%		0.009	KS F 2515 : 2002
투수계수	cm/s		4.1×10^{-2}	KS F 2322 : 2000(*)
흡수율	%		1.06	KS F 2502 : 2005
조립율	%		260	KS F 2502 : 2005
안정성	%		5.2	KS F 2515 : 2002
비중	-		265	KS F 2322 : 2000(*)
유기불순물	-		표준색보다 연함	KS F 2322 : 2000(*)

(*) 습윤밀도=1.751g/㎤에서 시험한 결과임.

용 도 : 품질관리용

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

Lee seong gyu

Eon-Ryu Park

기술책임자 : 박언규
E-mail : ukp@ktr.or.kr

2011년 02월 09일

KTR 한국화학융합시험연구원장

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

YOUR PARTNER FOR THE BEST QUALITY

TEST REPORT

우 404-817 인천광역시 서구 가좌3동 539-8 TEL (032)5709-700 FAX (032)575-5613

성적서번호 : TAS-006945
대 표 자 : 정길수
업 체 명 : (주)한아해운
주 소 : 인천 중구 항동7가 112-10

접 수 일 자 : 2011년 02월 21일
시험완료일자 : 2011년 03월 04일

시 료 명 : 바다모래 (세척사)

시 험 결 과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
절건밀도	g/㎤		2.60	KS F 2504 : 2007
흡수율	%		0.79	KS F 2504 : 2007
비 중	-		2.61	KS F 2512 : 2007
안정성	%		3.19	KS F 2511 : 2007
유기불순물	-		표준색보다 연함	KS F 2510 : 2002
염화물함유량	%		0.013	KS F 2515 : 2002
체가름(통과율): 10mm	%		100	KS F 2502 : 2005
체가름(통과율): 5mm	%		99	KS F 2502 : 2005
체가름(통과율): 2.5mm	%		93	KS F 2502 : 2005
체가름(통과율): 1.2mm	%		80	KS F 2502 : 2005
체가름(통과율): 0.6mm	%		49	KS F 2502 : 2005
체가름(통과율): 0.3mm	%		12	KS F 2502 : 2005
체가름(통과율): 0.15mm	%		2	KS F 2502 : 2005
조립률	-		2.65	KS F 2502 : 2005

용 도 : 품질관리용

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

Lee seong gyu
시험원 : 이성규
Tel : lsg@ktr.or.kr

Eon-Kyu Park
기술책임자 : 박언규
E-mail : ukp@ktr.or.kr

2011년 03월 04일

KTR 한국화학융합시험연구원장

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

제10장 사 진 첩

10.1 시추조사 사진첩
10.2 현장조사 사진첩
10.3 시료상자 사진첩
10.4 폐공 사진첩

10.1 시추조사 사진첩

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNTB-1 시추원경



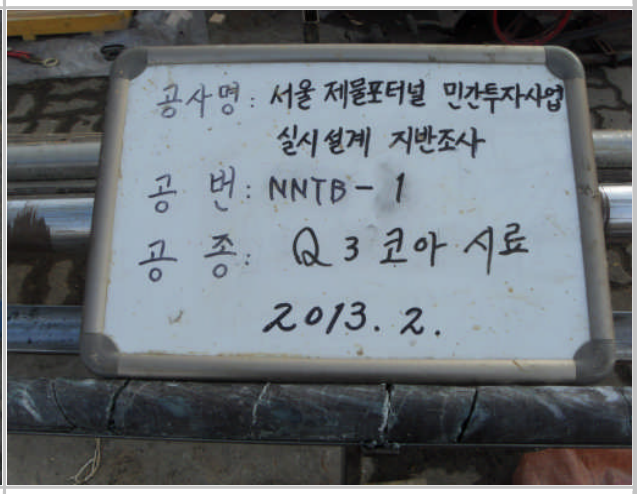
NNTB-1 SPT타격



NNTB-1 SPT시료



NNTB-1 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

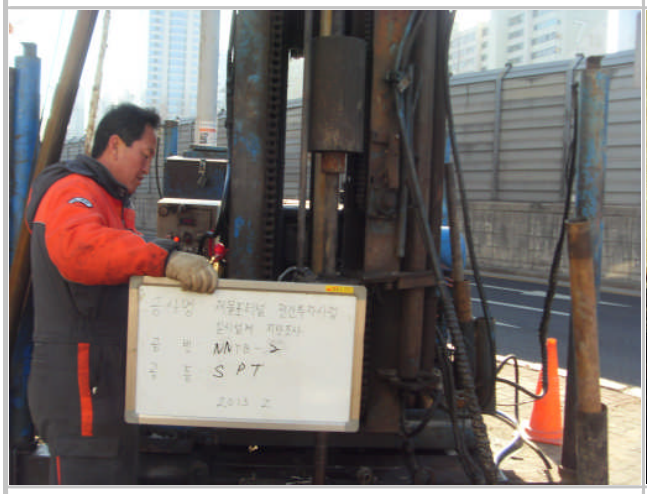
NNTB-2 시추원경



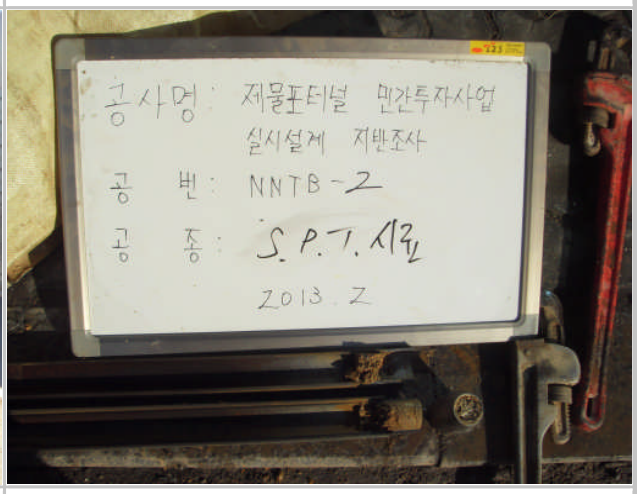
NNTB-2 시추근경



NNTB-2 SPT타격



NNTB-2 SPT시료



NNTB-2 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNTB-3 시추원경



NNTB-3 시추근경



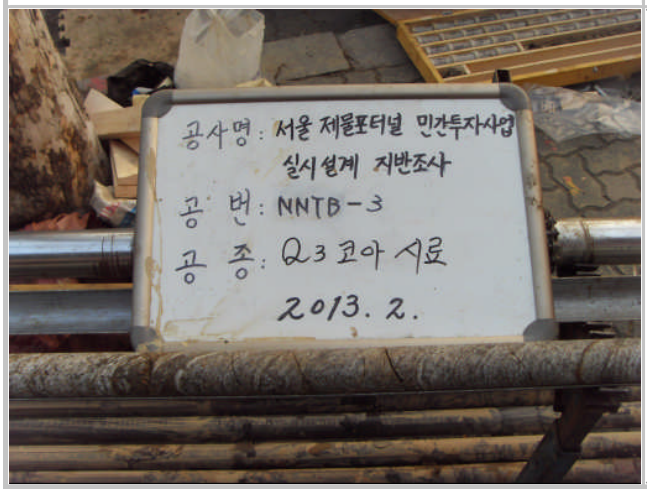
NNTB-3 SPT타격



NNTB-3 SPT시료



NNTB-3 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNTB-4 시추원경



NNTB-4 시추근경



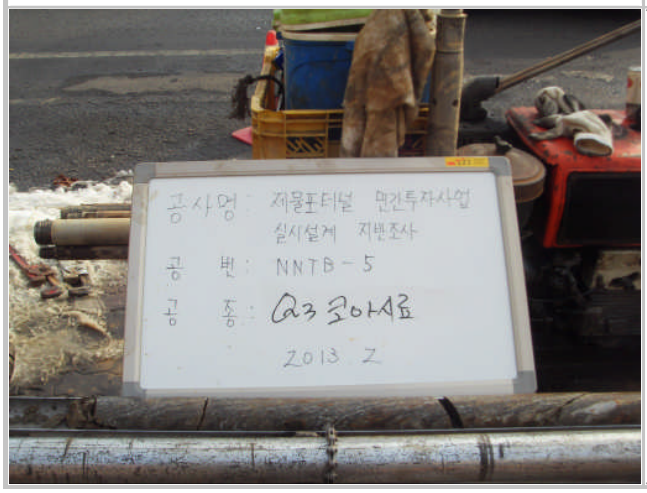
NNTB-4 SPT타격



NNTB-4 SPT시료



NNTB-4 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

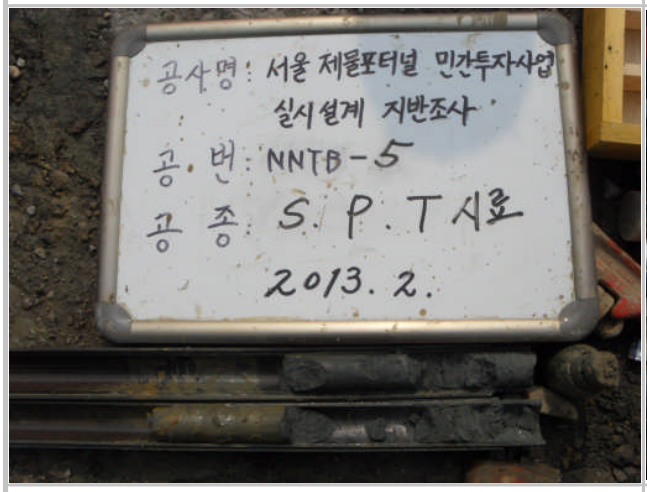
NNTB-5 시추원경



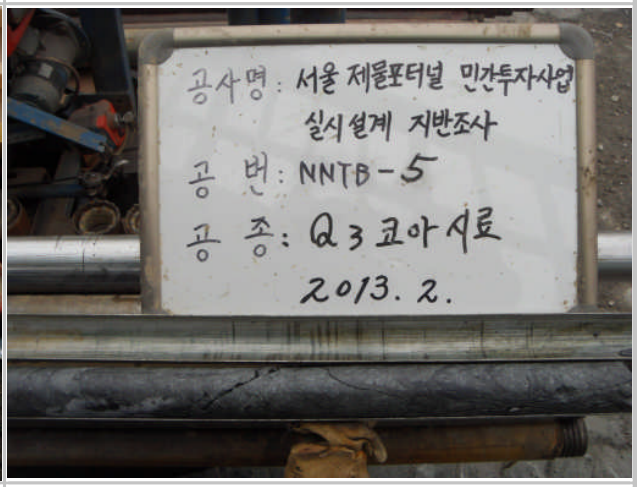
NNTB-5 SPT타격



NNTB-5 SPT시료



NNTB-5 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNTB-6 시추원경



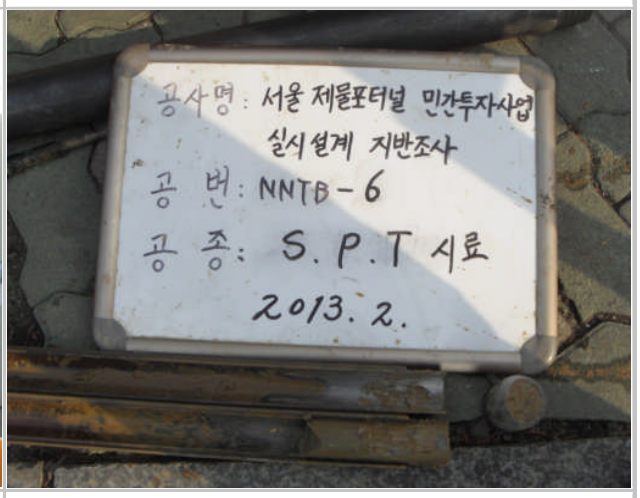
NNTB-6 시추근경



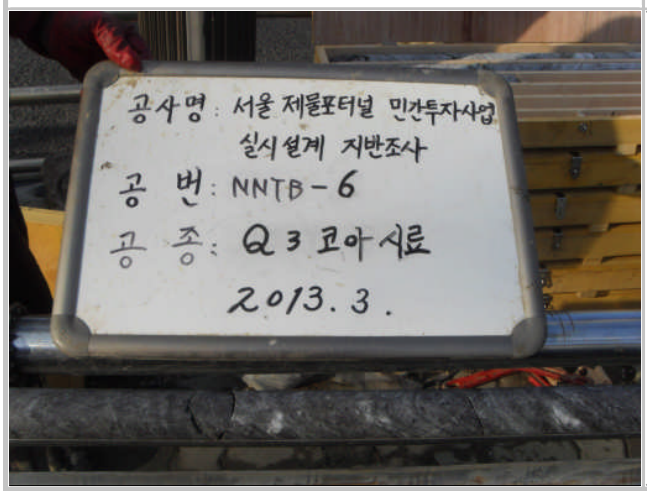
NNTB-6 SPT타격



NNTB-6 SPT시료



NNTB-6 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNTB-7 시추원경



NNTB-7 시추근경



NNTB-7 SPT타격



NNTB-7 SPT시료



NNTB-7 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-1 시추원경



ATB-1 시추근경



ATB-1 SPT타격



ATB-1 SPT시료



ATB-1 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-2 시추원경



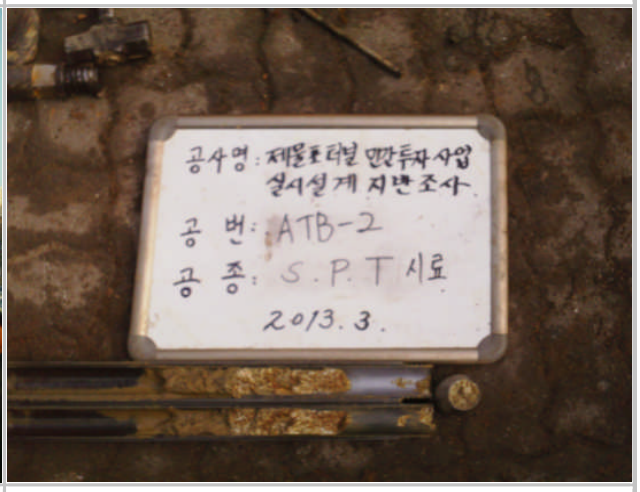
ATB-2 시추근경



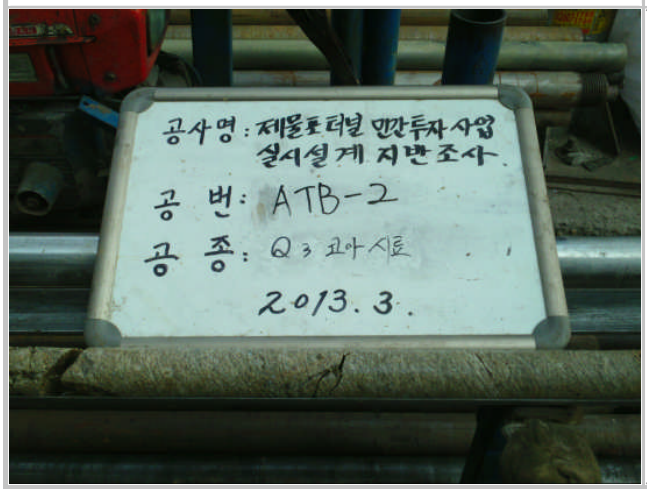
ATB-2 SPT타격



ATB-2 SPT시료



ATB-2 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-3 시추원경



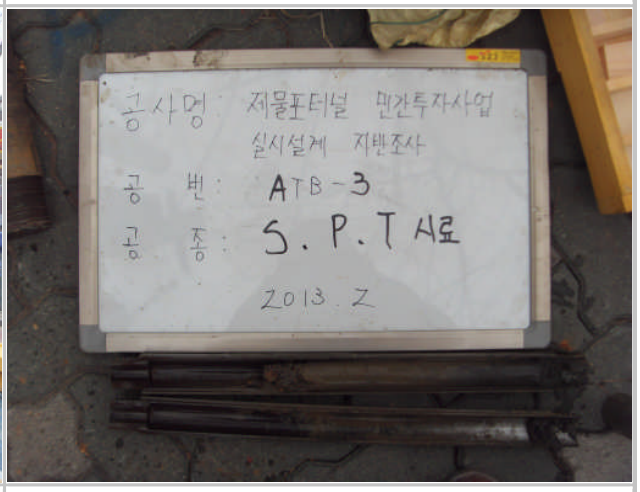
ATB-3 시추근경



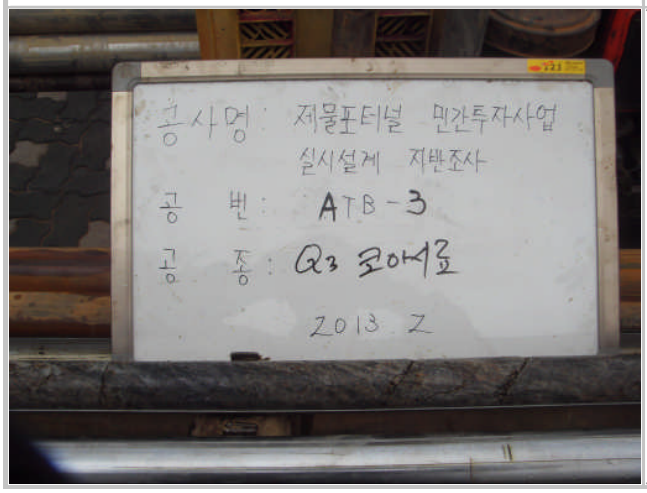
ATB-3 SPT타격



ATB-3 SPT시료



ATB-3 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-4 시추원경



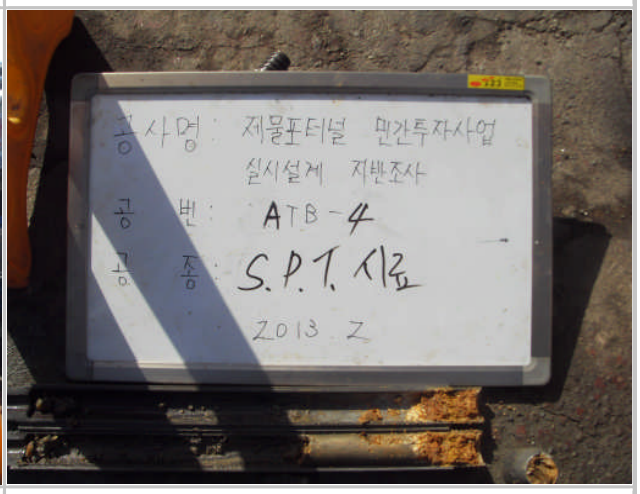
ATB-4 시추근경



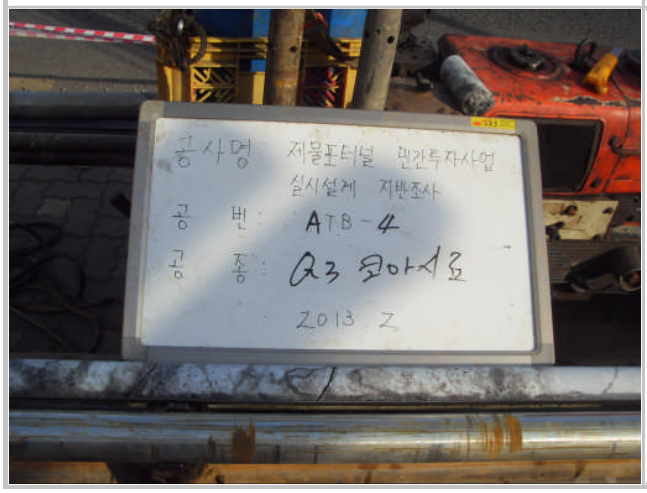
ATB-4 SPT타격



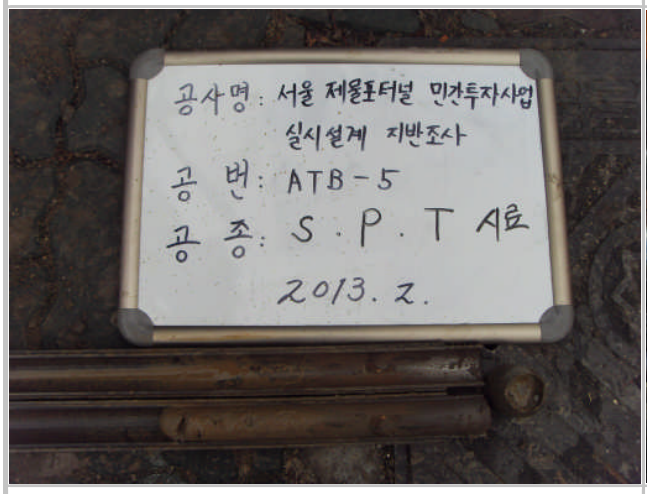
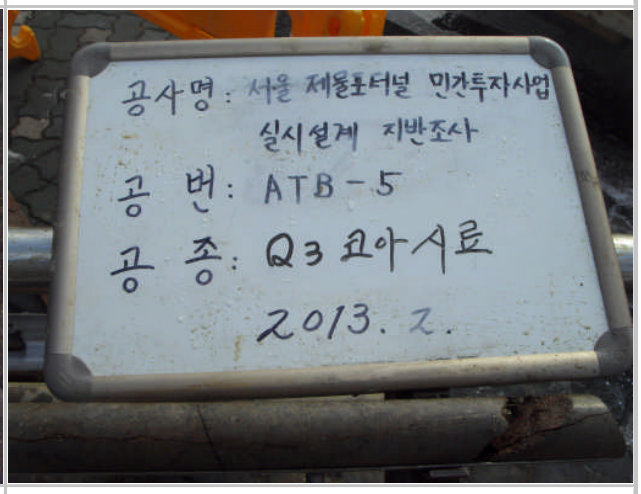
ATB-4 SPT시료



ATB-4 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-5 시추근경	ATB-5 SPT타격
	
ATB-5 SPT시료	ATB-5 Q3코아채취
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-6 시추원경



ATB-6 시추근경



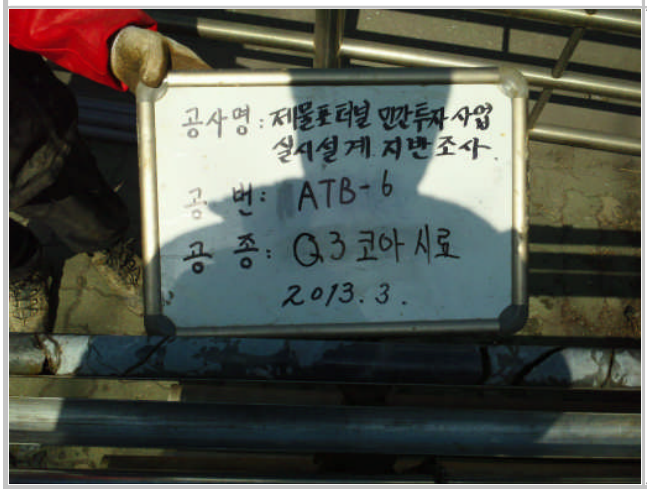
ATB-6 SPT타격



ATB-6 SPT시료



ATB-6 Q3코아채취

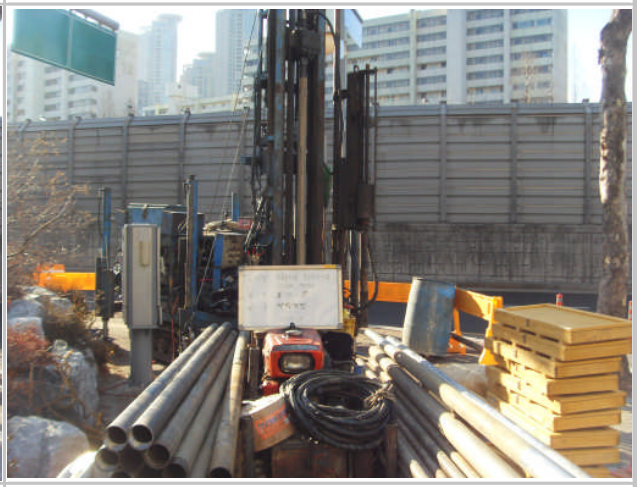


과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-7 시추원경



ATB-7 시추근경



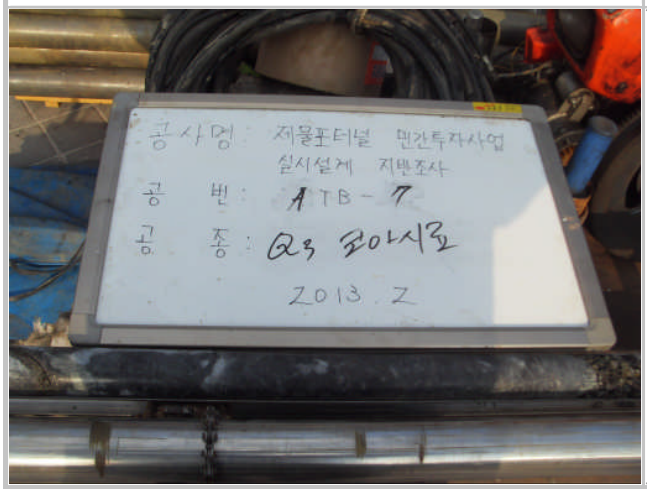
ATB-7 SPT타격



ATB-7 SPT시료



ATB-7 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-8 시추원경



ATB-8 시추근경



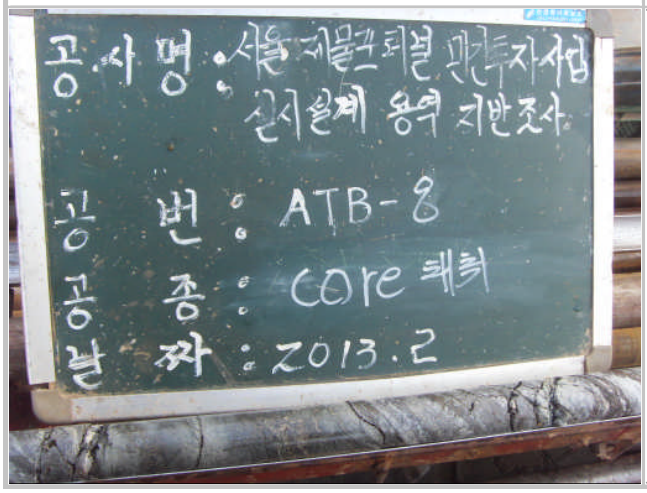
ATB-8 SPT타격



ATB-8 SPT시료



ATB-8 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-9 시추원경



ATB-9 시추근경



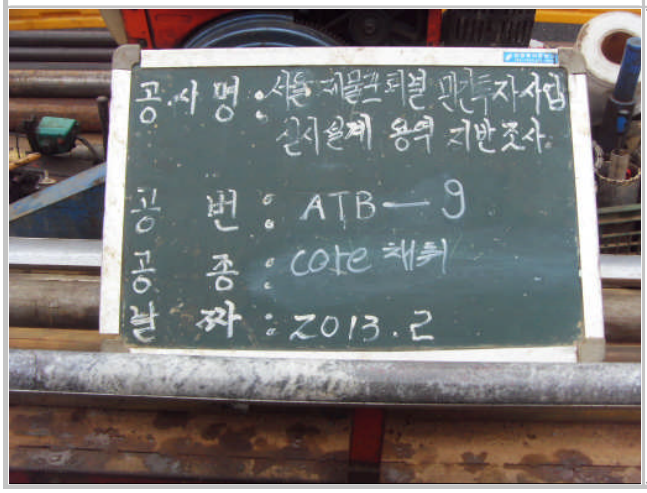
ATB-9 SPT타격



ATB-9 SPT시료



ATB-9 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-10 시추원경



ATB-10 시추근경



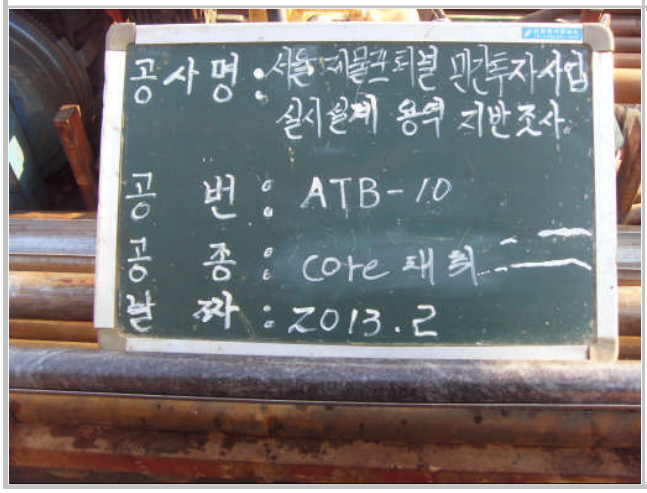
ATB-10 SPT타격



ATB-10 SPT시료



ATB-10 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-11 시추원경



ATB-11 시추근경



ATB-11 SPT타격



ATB-11 SPT시료



ATB-11 D3코아채취

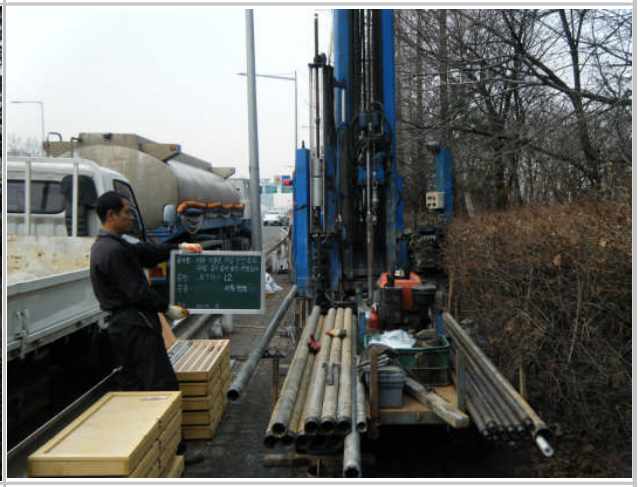


과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-12 시추원경



ATB-12 시추근경



ATB-12 SPT타격



ATB-12 SPT시료



ATB-12 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-13 시추원경



ATB-13 시추근경



ATB-13 SPT타격



ATB-13 SPT시료



ATB-13 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-14 시추원경



ATB-14 시추근경



ATB-14 SPT타격



ATB-14 SPT시료



ATB-14 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

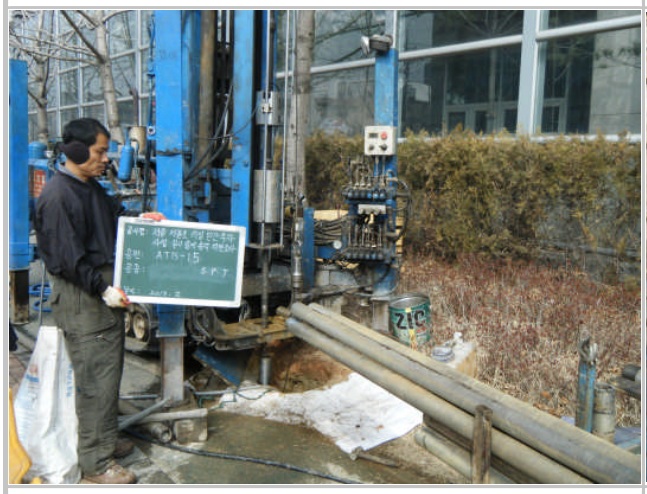
ATB-15 시추원경



ATB-15 시추근경



ATB-15 SPT타격



ATB-15 SPT시료



ATB-15 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-16 시추원경



ATB-16 시추근경



ATB-16 SPT타격



ATB-16 SPT시료

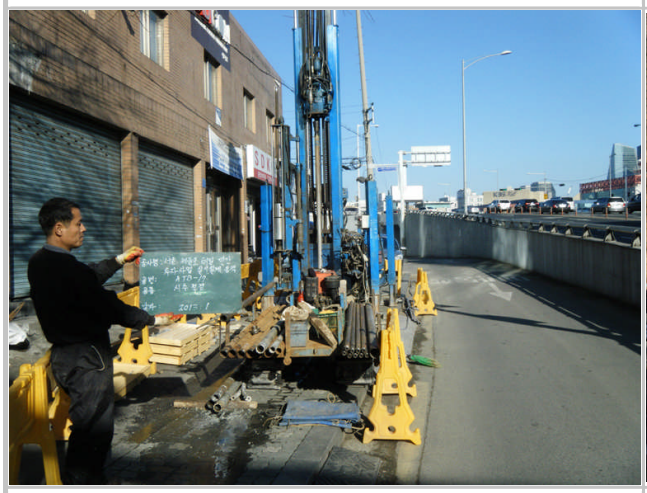


ATB-16 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-17 시추원경



ATB-17 시추근경



ATB-17 SPT타격



ATB-17 SPT시료



ATB-17 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-18 시추원경



ATB-18 시추근경



ATB-18 SPT타격



ATB-18 SPT시료



ATB-18 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-19 시추원경



ATB-19 시추근경



ATB-19 SPT타격



ATB-19 SPT시료



ATB-19 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-20 시추원경



ATB-20 시추근경



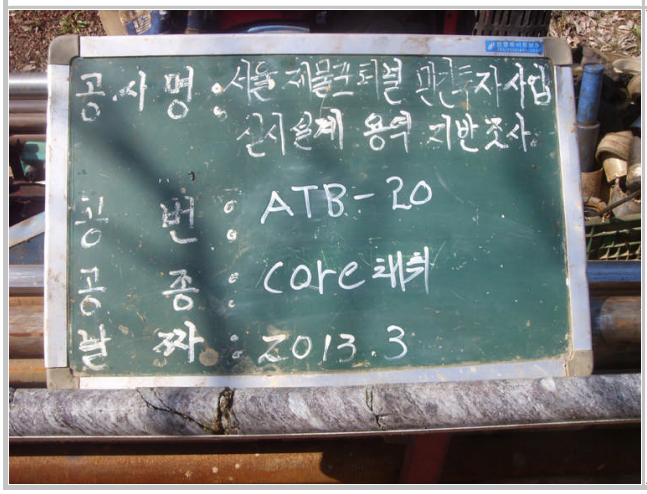
ATB-20 SPT타격



ATB-20 SPT시료

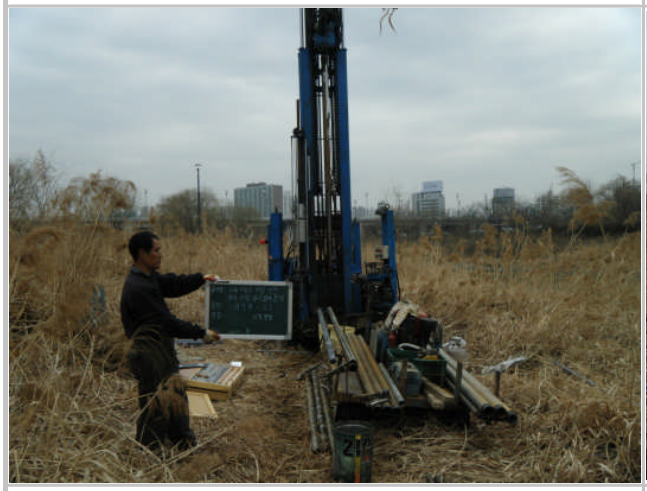


ATB-20 D3코아채취

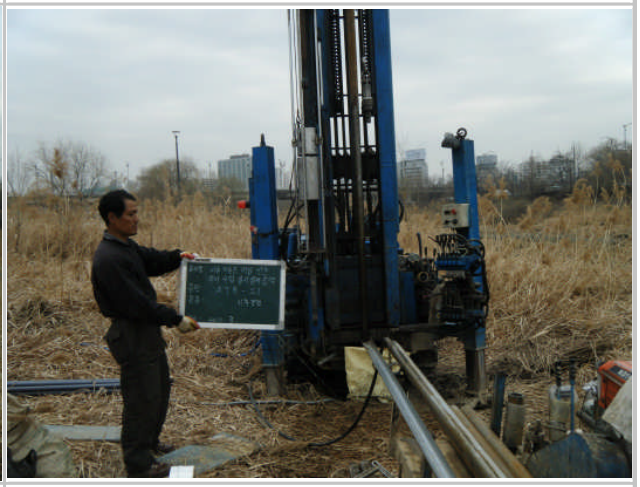


과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-21 시추원경



ATB-21 시추근경



ATB-21 SPT타격



ATB-21 SPT시료



ATB-21 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATB-22 시추원경



ATB-22 시추근경



ATB-22 SPT타격



ATB-22 SPT시료



ATB-22 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NATB-1 시추원경



NATB-1 시추근경



NATB-1 SPT타격



NATB-1 SPT시료



NATB-1 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NATB-2 시추원경



NATB-2 시추근경



NATB-2 SPT타격



NATB-2 SPT시료



NATB-2 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NATB-3 시추원경



NATB-3 시추근경



NATB-3 SPT타격



NATB-3 SPT시료



NATB-3 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NATB-4 시추원경



NATB-4 시추근경



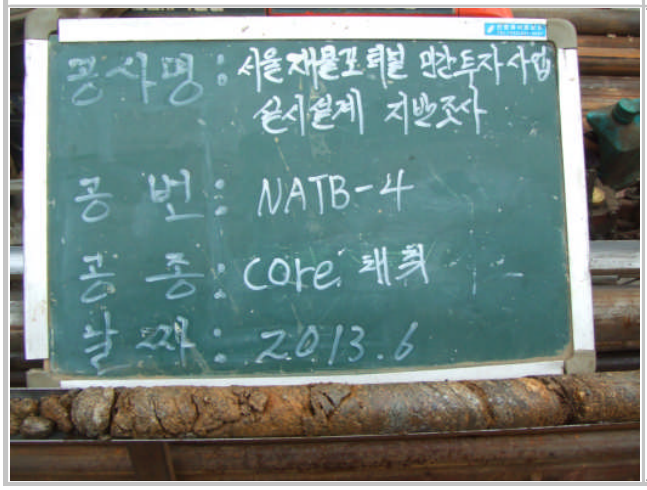
NATB-4 SPT타격



NATB-4 SPT시료

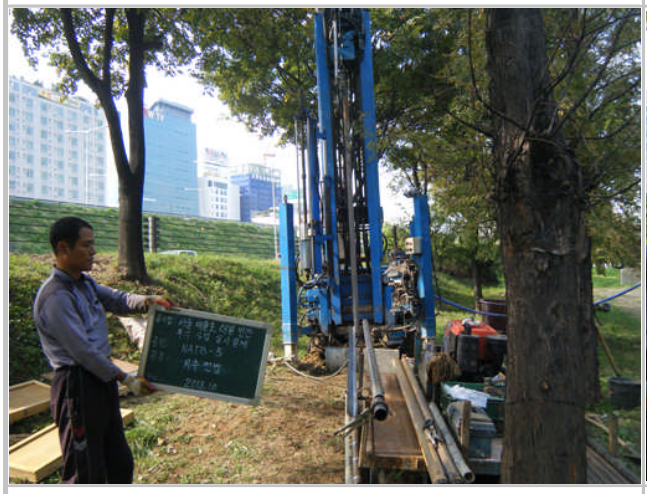


NATB-4 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NATB-5 시추원경



NATB-5 시추근경



NATB-5 SPT타격



NATB-5 SPT시료



NATB-5 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NATB-6 시추원경



NATB-6 시추근경



NATB-6 SPT타격



NATB-6 SPT시료



NATB-6 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NATB-7 시추원경



NATB-7 시추근경



NATB-7 SPT타격



NATB-7 SPT시료



NATB-7 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNBB-1 시추원경



NNBB-1 시추근경



NNBB-1 SPT타격



NNBB-1 SPT시료



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNBB-2 시추원경	NNBB-2 시추근경
	
NNBB-2 SPT타격	NNBB-2 SPT시료
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNBB-3 시추원경



NNBB-3 시추근경



NNBB-3 SPT타격



NNBB-3 SPT시료



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNBB-4 시추원경



NNBB-4 SPT타격



NNBB-4 SPT시료



NNBB-4 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNBB-5 시추원경



NNBB-5 시추근경



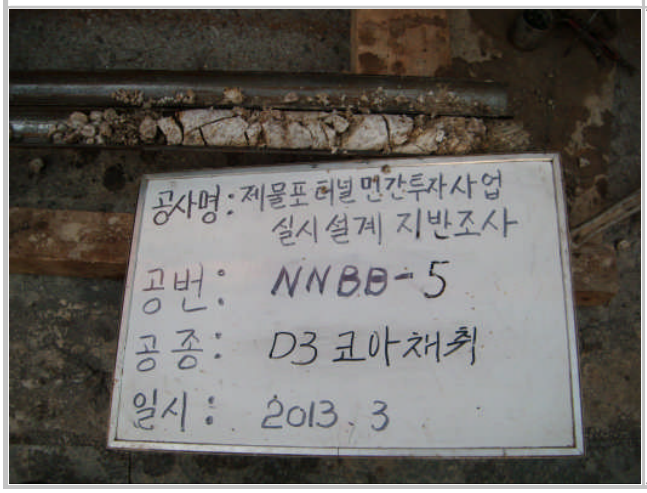
NNBB-5 SPT타격



NNBB-5 SPT시료



NNBB-5 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNBB-6 시추원경



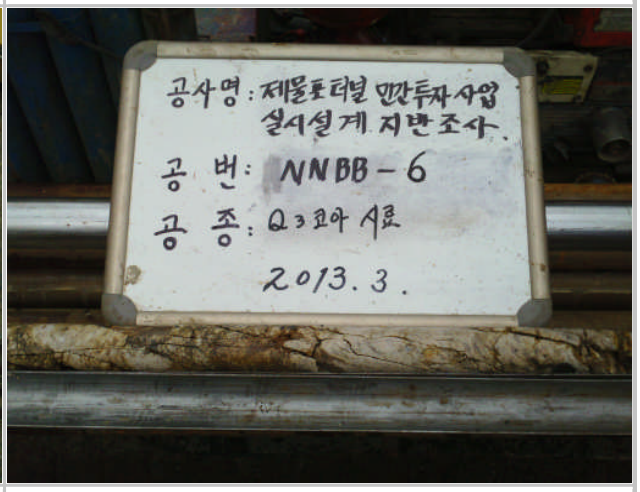
NNBB-6 SPT타격



NNBB-6 SPT시료



NNBB-6 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNBB-7 시추원경



NNBB-7 SPT타격



NNBB-7 SPT시료



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNBB-8 시추원경



NNBB-8 시추근경



NNBB-8 SPT타격



NNBB-8 SPT시료



NNBB-8 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNBB-9 시추원경



NNBB-9 시추근경



NNBB-9 SPT타격



NNBB-9 SPT시료



NNBB-9 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNBB-10 시추원경



NNBB-10 시추근경



NNBB-10 SPT타격



NNBB-10 SPT시료

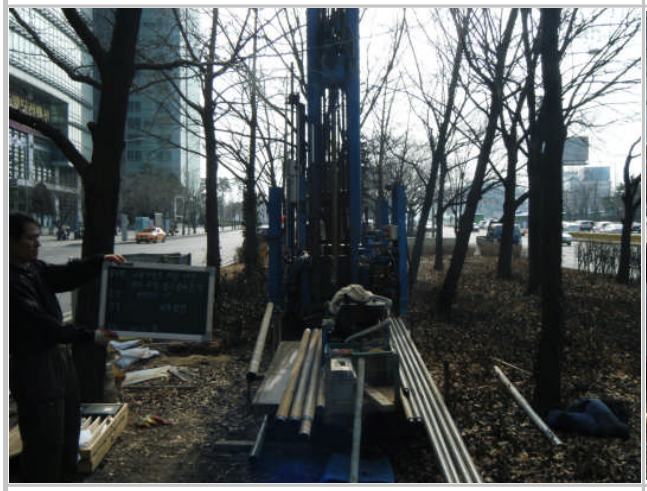


NNBB-10 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNBB-11 시추원경



NNBB-11 시추근경



NNBB-11 SPT타격



NNBB-11 SPT시료



NNBB-11 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NABB-1 시추원경



NABB-1 시추근경



NABB-1 SPT타격



NABB-1 SPT시료



NABB-1 D3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATBH-1 시추원경



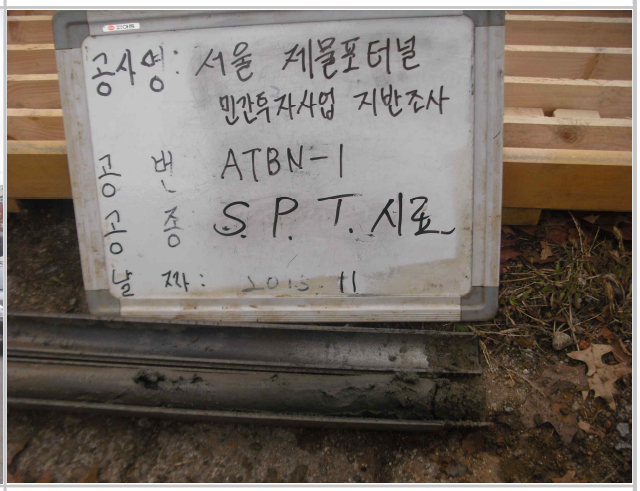
ATBH-1 시추근경



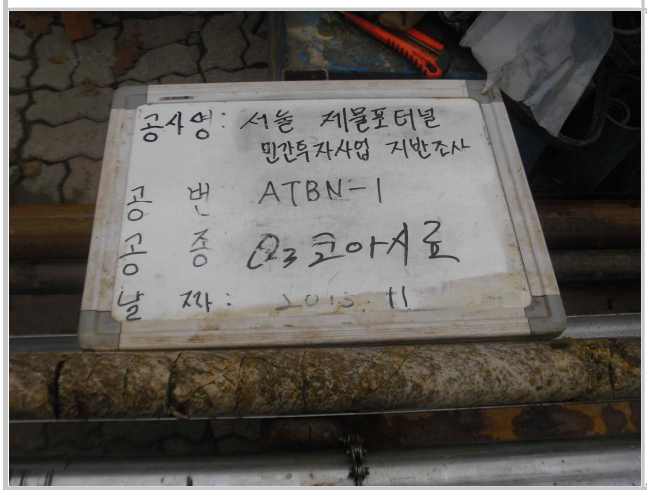
ATBH-1 SPT타격



ATBH-1 SPT시료

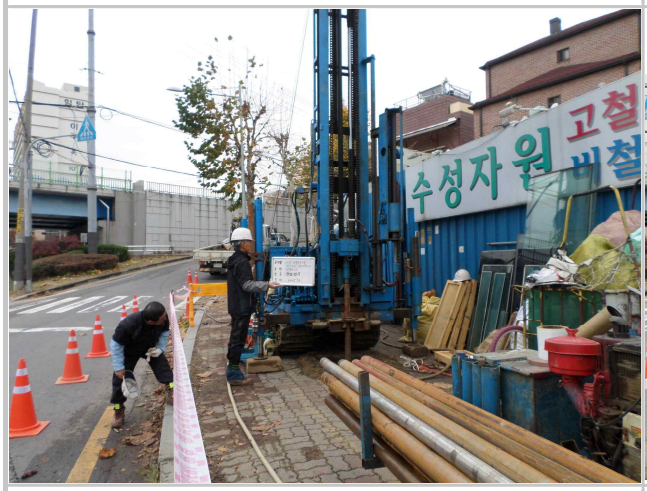


ATBH-1 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATBH-2 시추전경



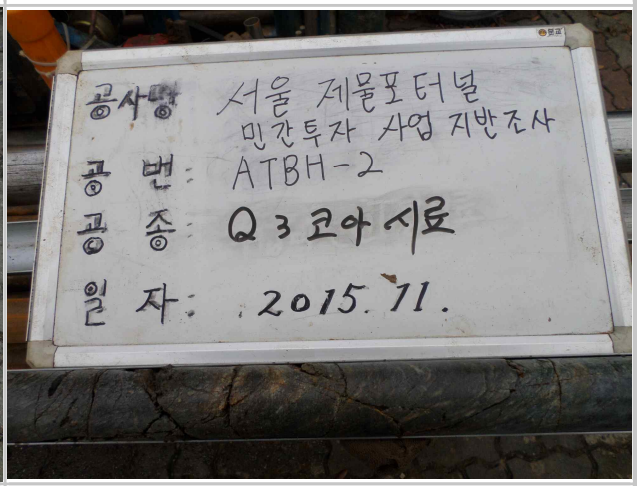
ATBH-2 SPT타격



ATBH-2 SPT시료



ATBH-2 Q3코아채취



ATBH-2 공내재하시험



ATBH-2 공내전단시험



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

ATBH-3 시추원경



ATBH-3 시추근경



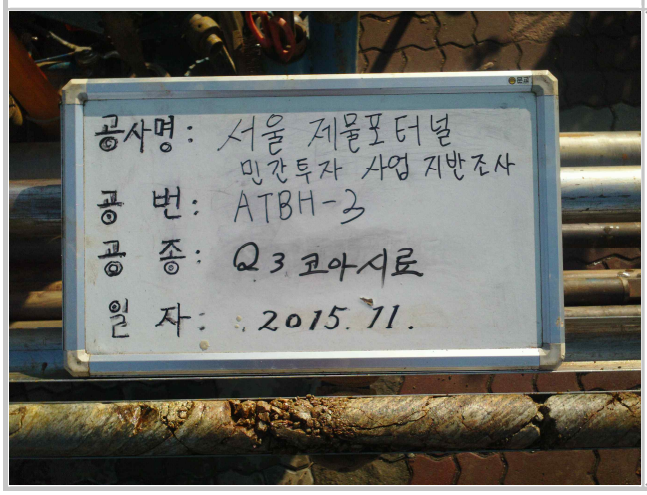
ATBH-3 SPT타격



ATBH-3 SPT시료



ATBH-3 Q3코아채취



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	시추조사

NNBH-1 시추원경



NNBH-1 시추근경



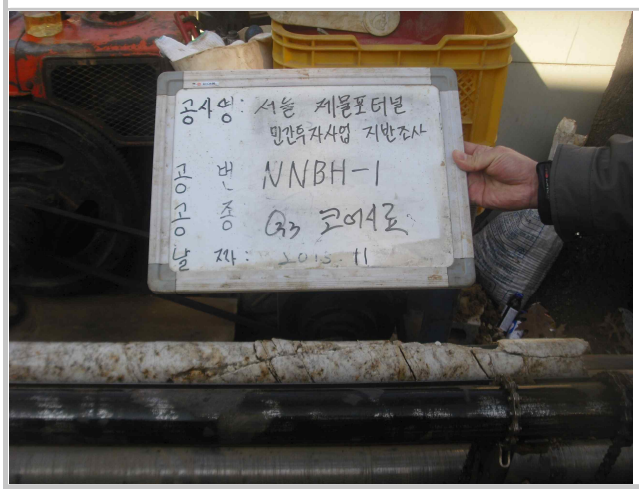
NNBH-1 SPT타격



NNBH-1 SPT시료



NNBH-1 Q3코아채취

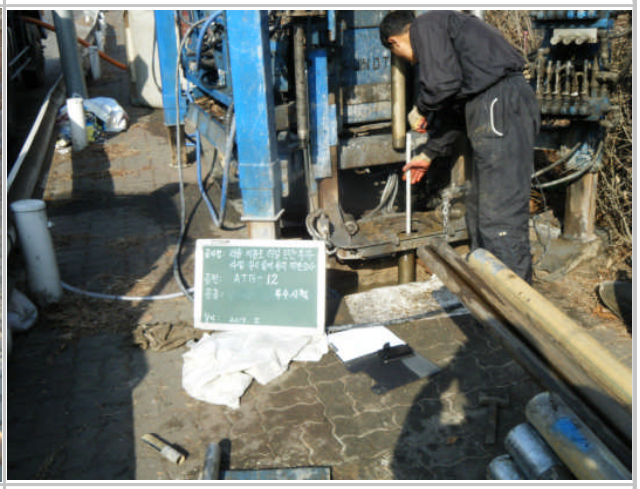


10.2 현장조사 사진첩

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	현장투수시험

NNTB-1	NNTB-2
	
NNTB-6	**ATB-1**
	
ATB-2	**ATB-3**
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	현장투수시험

ATB-9	ATB-10
	
ATB-11	ATB-12
	
ATB-13	ATB-16
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	현장투수시험

ATB-17



ATB-18



ATB-19



ATB-20



ATB-21



NNBB-4



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	현장투수시험

NNBB-7



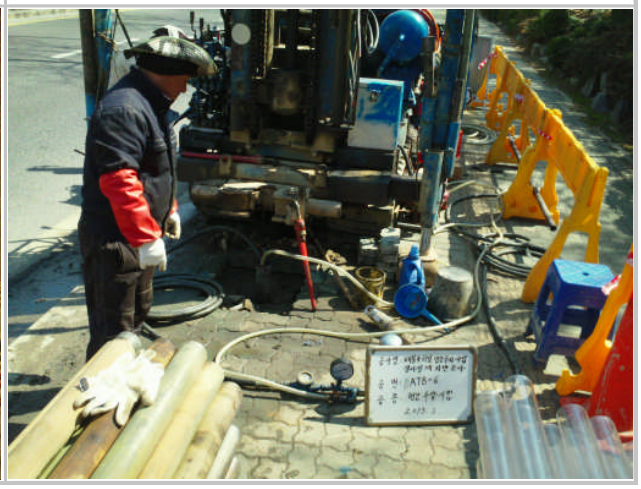
NNBB-9



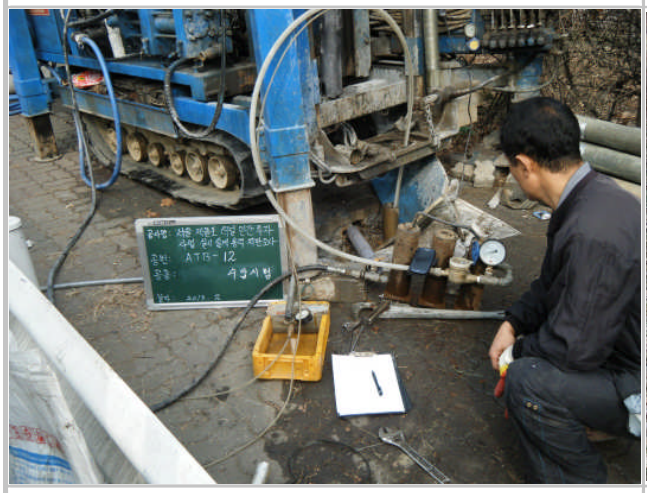
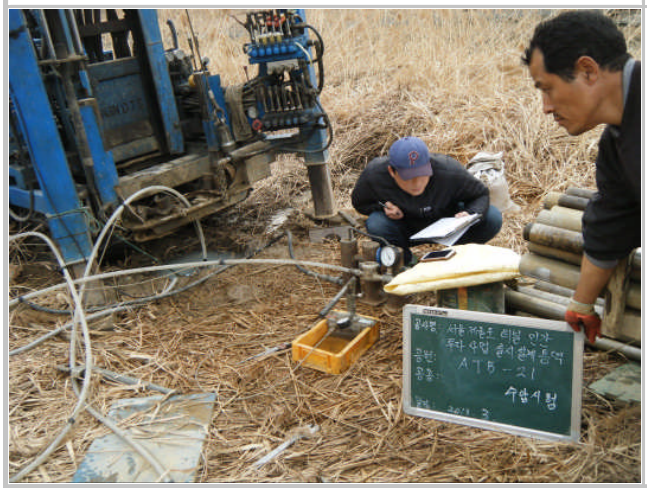
NNBB-11



과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	암반수압시험

NNTB-2	NNTB-5
	
NNTB-6	NNTB-7
	
ATB-2	ATB-6
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	암반수압시험

ATB-7	ATB-10
	
ATB-12	ATB-20
	
ATB-21	
	

10.3 시료상자 사진첩

NTB-1 시료상자

공 번	NTB-1 (1/1)	심 도	0.0~21.0m	구 분	



NTB-2 시료상자

공 번	NTB-2 (1/1)	심 도	0.0~20.5m	구 분	



NTB-3 시료상자

공 번	NTB-3 (1/1)	심 도	0.0~21.8m	구 분	



NTB-4 시료상자

공 번	NTB-4 (1/2)	심 도	0.0~15.7m	구 분	



NTB-4 시료상자

공 번	NTB-4 (2/2)	심 도	15.7~16.0m	구 분	



NTB-5 시료상자

공 번	NTB-5 (1/1)	심 도	0.0~18.0m	구 분	



NTB-6 시료상자

공 번	NTB-6 (1/1)	심 도	0.0~20.0m	구 분	



NTB-7 시료상자

공 번	NTB-7 (1/2)	심 도	0.0~29.9m	구 분	



NTB-7 시료상자

공 번	NTB-7 (2/2)	심 도	29.9~33.3m	구 분	



NTB-8 시료상자

공 번	NTB-8 (1/4)	심 도	0.0~32.9m	구 분	



NTB-8 시료상자

공 번	NTB-8 (2/4)	심 도	32.9~38.9m	구 분	



NTB-8 시료상자

공 번	NTB-8 (3/4)	심 도	38.9~44.8m	구 분	



NTB-8 시료상자

공 번	NTB-8 (4/4)	심 도	44.8~45.6m	구 분	



NTB-9 시료상자

공 번	NTB-9 (1/2)	심 도	0.0~47.3m	구 분	



NTB-9 시료상자

공 번	NTB-9 (2/2)	심 도	47.3~48.5m	구 분	



NTB-10 시료상자

공 번	NTB-10 (1/11)	심 도	0.0~27.5m	구 분	



NTB-10 시료상자

공 번	NTB-10 (2/11)	심 도	27.5~33.5m	구 분	



NTB-10 시료상자

공 번	NTB-10 (3/11)	심 도	33.5~39.0m	구 분	



NTB-10 시료상자

공 번	NTB-10 (4/11)	심 도	39.0~44.7m	구 분	



NTB-10 시료상자

공 번	NTB-10 (5/11)	심 도	44.7~50.2m	구 분	



NTB-10 시료상자

공 번	NTB-10 (6/11)	심 도	50.2~56.0m	구 분	



NTB-10 시료상자

공 번	NTB-10 (7/11)	심 도	56.0~62.0m	구 분	



NTB-10 시료상자

공 번	NTB-10 (8/11)	심 도	62.0~67.6m	구 분	



NTB-10 시료상자

공 번	NTB-10 (9/11)	심 도	67.6~73.3m	구 분	



NTB-10 시료상자

공 번	NTB-10 (10/11)	심 도	73.3~79.0m	구 분	



NTB-10 시료상자

공 번	NTB-10 (11/11)	심 도	79.0~82.0m	구 분	



NTB-11 시료상자

공 번	NTB-11 (1/8)	심 도	0.0~28.5m	구 분	



NTB-11 시료상자

공 번	NTB-11 (2/8)	심 도	28.5~34.6m	구 분	



NTB-11 시료상자

공 번	NTB-11 (3/8)	심 도	34.6~40.4m	구 분	



NTB-11 시료상자

공 번	NTB-11 (4/8)	심 도	40.4~46.0m	구 분	



NTB-11 시료상자

공 번	NTB-11 (5/8)	심 도	46.0~51.6m	구 분	



NTB-11 시료상자

공 번	NTB-11 (6/8)	심 도	51.6~57.5m	구 분	



NTB-11 시료상자

공 번	NTB-11 (7/8)	심 도	57.5~63.3m	구 분	



NTB-11 시료상자

공 번	NTB-11 (8/8)	심 도	63.3~64.5m	구 분	



NTB-12 시료상자

공 번	NTB-12 (1/9)	심 도	0.0~33.3m	구 분	



NTB-12 시료상자

공 번	NTB-12 (2/9)	심 도	33.3~39.2m	구 분	



NTB-12 시료상자

공 번	NTB-12 (3/9)	심 도	39.2~44.7m	구 분	



NTB-12 시료상자

공 번	NTB-12 (4/9)	심 도	44.7~50.2m	구 분	



NTB-12 시료상자

공 번	NTB-12 (5/4)	심 도	50.2~56.0m	구 분	



NTB-12 시료상자

공 번	NTB-12 (6/9)	심 도	56.0~61.5m	구 분	



NTB-12 시료상자

공 번	NTB-12 (7/9)	심 도	61.5~67.0m	구 분	



NTB-12 시료상자

공 번	NTB-12 (8/9)	심 도	67.0~73.0m	구 분	



NTB-12 시료상자

공 번	NTB-12 (9/9)	심 도	73.0~74.0m	구 분	



NTB-13 시료상자

공 번	NTB-13 (1/11)	심 도	0.0~27.6m	구 분	



NTB-13 시료상자

공 번	NTB-13 (2/11)	심 도	27.6~33.6m	구 분	



NTB-13 시료상자

공 번	NTB-13 (3/11)	심 도	33.6~39.8m	구 분	



NTB-13 시료상자

공 번	NTB-13 (4/11)	심 도	39.8~45.7m	구 분	



NTB-13 시료상자

공 번	NTB-13 (5/11)	심 도	45.7~51.4m	구 분	



NTB-13 시료상자

공 번	NTB-13 (6/11)	심 도	51.4~57.5m	구 분	



NTB-13 시료상자

공 번	NTB-13 (7/11)	심 도	57.5~63.3m	구 분	



NTB-13 시료상자

공 번	NTB-13 (8/11)	심 도	63.3~69.0m	구 분	



NTB-13 시료상자

공 번	NTB-13 (9/11)	심 도	69.0~74.7m	구 분	



NTB-13 시료상자

공 번	NTB-13 (10/11)	심 도	74.7~80.3m	구 분	



NTB-13 시료상자

공 번	NTB-13 (11/11)	심 도	80.3~82.3m	구 분	



NTB-14 시추코아

공 번	NTB-14 (1/8)	심 도	0.0~36.7m	구 분	



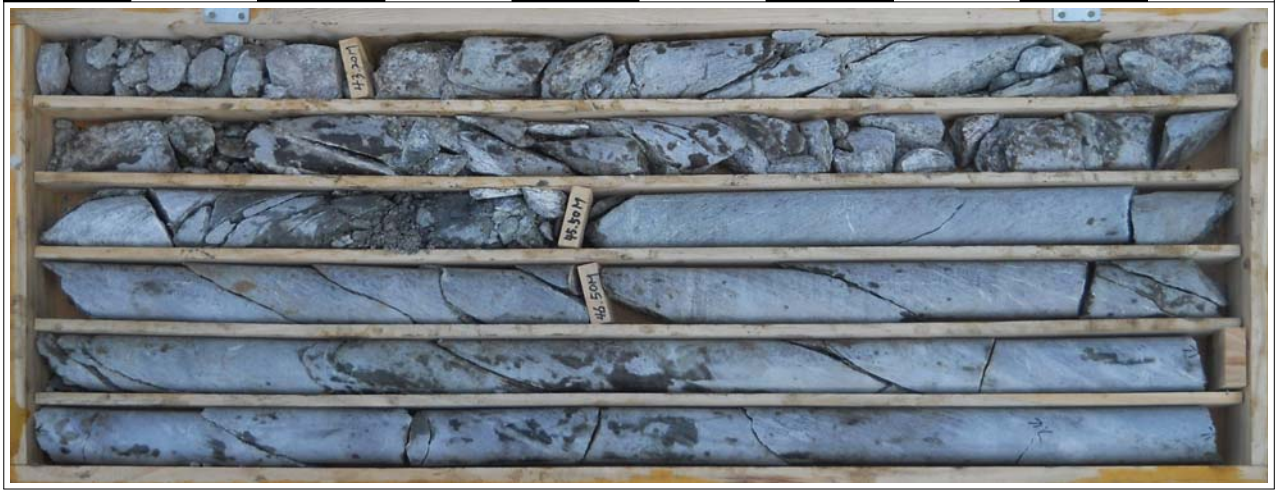
NTB-14 시추코아

공 번	NTB-14 (2/8)	심 도	36.7~42.3m	구 분	



NTB-14 시추코아

공 번	NTB-14 (3/8)	심 도	42.3~48.8m	구 분	



NTB-14 시추코아

공 번	NTB-14 (4/8)	심 도	48.8~54.4m	구 분	



NTB-14 시추코아

공 번	NTB-14 (5/8)	심 도	54.4~60.0m	구 분	



NTB-14 시추코아

공 번	NTB-14 (6/8)	심 도	60.0~65.7m	구 분	



NTB-14 시추코아

공 번	NTB-14 (7/8)	심 도	65.7~71.0m	구 분	



NTB-14 시추코아

공 번	NTB-14 (8/8)	심 도	71.0~75.0m	구 분	



NTB-15 시추코아

공 번	NTB-15 (1/8)	심 도	0.0~33.2m	구 분	



NTB-15 시추코아

공 번	NTB-15 (2/8)	심 도	33.2~38.6m	구 분	



NTB-15 시추코아

공 번	NTB-15 (3/8)	심 도	38.6~46.8m	구 분	



NTB-15 시추코아

공 번	NTB-15 (4/8)	심 도	46.8~52.4m	구 분	



NTB-15 시추코아

공 번	NTB-15 (5/8)	심 도	52.4~58.0m	구 분	



NTB-15 시추코아

공 번	NTB-15 (6/8)	심 도	58.0~64.7m	구 분	



NTB-15 시추코아

공 번	NTB-15 (7/8)	심 도	64.7~70.5m	구 분	



NTB-15 시추코아

공 번	NTB-15 (8/8)	심 도	70.5~72.0m	구 분	



NTB-16 시료상자

공 번	NTB-16 (1/8)	심 도	0.0~27.7m	구 분	



NTB-16 시료상자

공 번	NTB-16 (2/8)	심 도	27.7~33.6m	구 분	



NTB-16 시료상자

공 번	NTB-16 (3/8)	심 도	33.6~39.6m	구 분	



NTB-16 시료상자

공 번	NTB-16 (4/8)	심 도	39.6~46.2m	구 분	



NTB-16 시료상자

공 번	NTB-16 (5/8)	심 도	46.2~52.0m	구 분	



NTB-16 시료상자

공 번	NTB-16 (6/8)	심 도	52.0~57.7m	구 분	



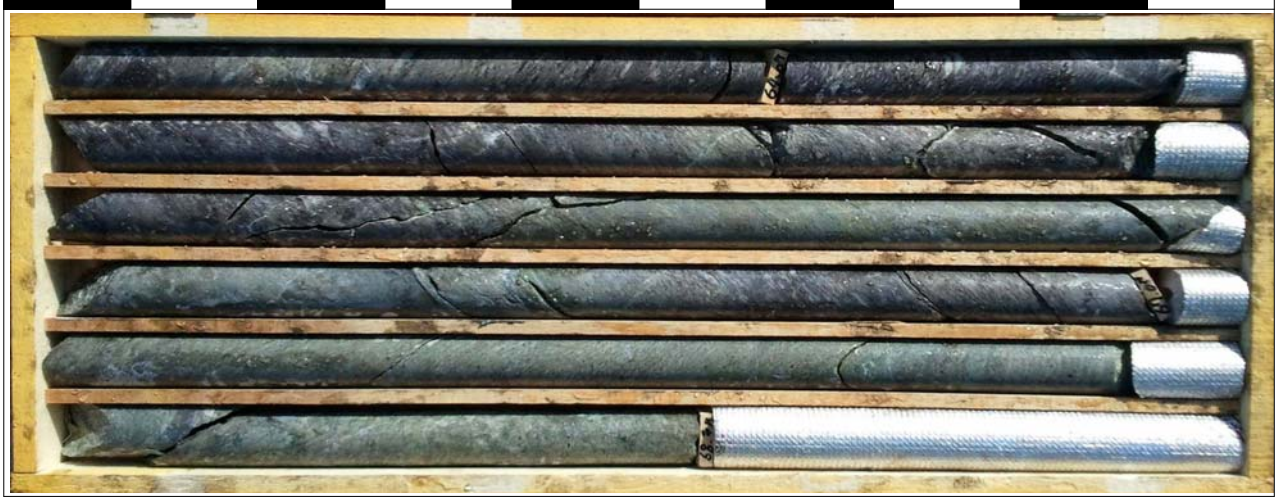
NTB-16 시료상자

공 번	NTB-16 (7/8)	심 도	57.7~63.6m	구 분	



NTB-16 시료상자

공 번	NTB-16 (8/8)	심 도	63.6~68.3m	구 분	



NTB-17 시료상자

공 번	NTB-17 (1/7)	심 도	0.0~25.3m	구 분	



NTB-17 시료상자

공 번	NTB-17 (2/7)	심 도	25.3~31.8m	구 분	



NTB-17 시료상자

공 번	NTB-17 (3/7)	심 도	31.8~40.6m	구 분	



NTB-17 시료상자

공 번	NTB-17 (4/7)	심 도	40.6~48.6m	구 분	



NTB-17 시료상자

공 번	NTB-17 (5/7)	심 도	48.6~54.4m	구 분	



NTB-17 시료상자

공 번	NTB-17 (6/7)	심 도	54.4~61.0m	구 분	



NTB-17 시료상자

공 번	NTB-17 (7/7)	심 도	61.0~63.0m	구 분	



NTB-18 시료상자

공 번	NTB-18 (1/6)	심 도	0.0~37.0m	구 분	



NTB-18 시료상자

공 번	NTB-18 (2/6)	심 도	37.0~43.0m	구 분	



NTB-18 시료상자

공 번	NTB-18 (3/6)	심 도	43.0~49.0m	구 분	



NTB-18 시료상자

공 번	NTB-18 (4/6)	심 도	49.0~57.3m	구 분	



NTB-18 시료상자

공 번	NTB-18 (5/6)	심 도	57.3~63.0m	구 분	



NTB-18 시료상자

공 번	NTB-18 (6/6)	심 도	63.0~66.0m	구 분	



NTB-19 시료상자

공 번	NTB-19 (1/4)	심 도	0.0~38.7m	구 분	



NTB-19 시료상자

공 번	NTB-19 (2/4)	심 도	38.7~54.5m	구 분	



NTB-19 시료상자

공 번	NTB-19 (3/4)	심 도	54.5~60.7m	구 분	



NTB-19 시료상자

공 번	NTB-19 (4/4)	심 도	60.7~63.5m	구 분	



NTB-20 시료상자

공 번	NTB-20 (1/5)	심 도	0.0~38.0m	구 분	



NTB-20 시료상자

공 번	NTB-20 (2/5)	심 도	38.0~45.0m	구 분	



NTB-20 시료상자

공 번	NTB-20 (3/5)	심 도	45.0~52.5m	구 분	



NTB-20 시료상자

공 번	NTB-20 (4/5)	심 도	52.5~58.3m	구 분	



NTB-20 시료상자

공 번	NTB-20 (5/5)	심 도	58.3~60.0m	구 분	



NTB-21 시추코아

공 번	NTB-21 (1/5)	심 도	0.0~34.6m	구 분	



NTB-21 시추코아

공 번	NTB-21 (2/5)	심 도	34.6~40.2m	구 분	



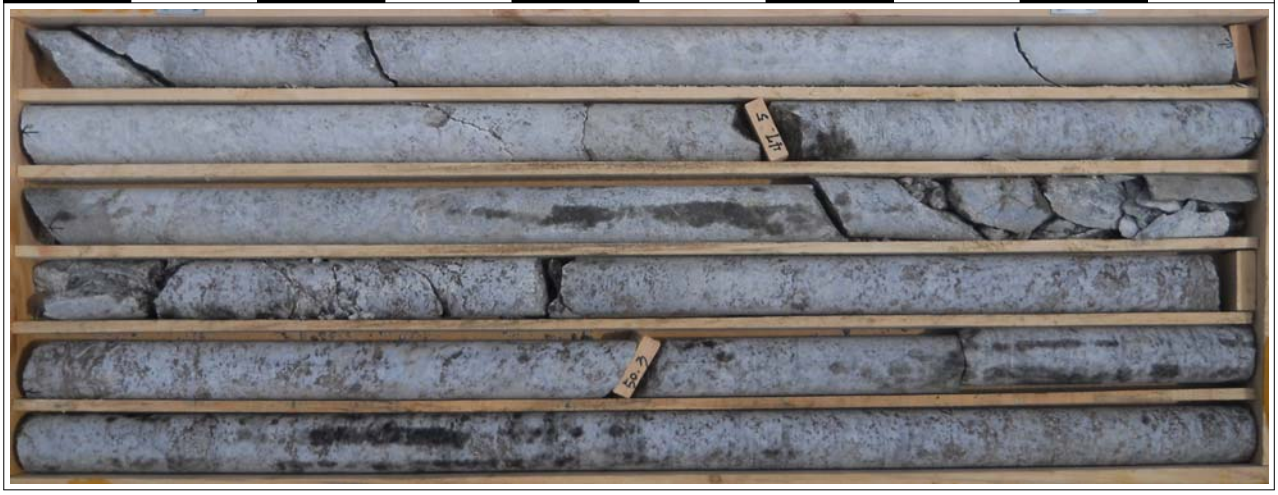
NTB-21 시추코아

공 번	NTB-21 (3/5)	심 도	40.2~46.0m	구 분	



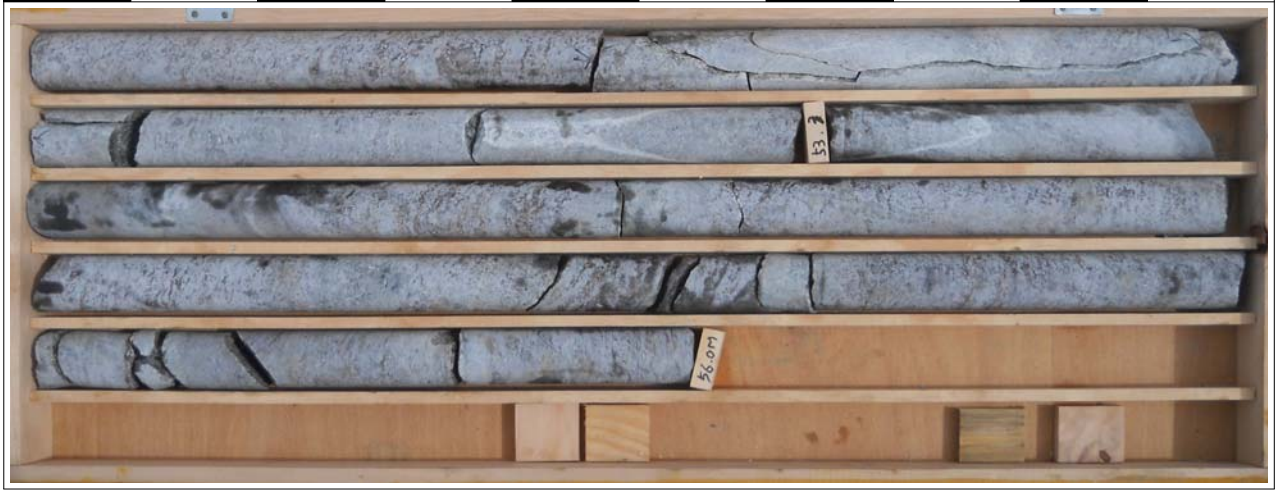
NTB-21 시추코아

공 번	NTB-21 (4/5)	심 도	46.0~50.8m	구 분	



NTB-21 시추코아

공 번	NTB-21 (5/5)	심 도	50.8~56.0m	구 분	



NTB-22 시추코아

공 번	NTB-22 (1/4)	심 도	0.0~30.3m	구 분	



NTB-22 시추코아

공 번	NTB-22 (2/4)	심 도	30.3~38.3m	구 분	



NTB-22 시추코아

공 번	NTB-22 (3/4)	심 도	38.3~44.6m	구 분	



NTB-22 시추코아

공 번	NTB-22 (4/4)	심 도	44.6~52.0m	구 분	



NTB-23 시료상자

공 번	NTB-23 (1/5)	심 도	0.0~26.0m	구 분	



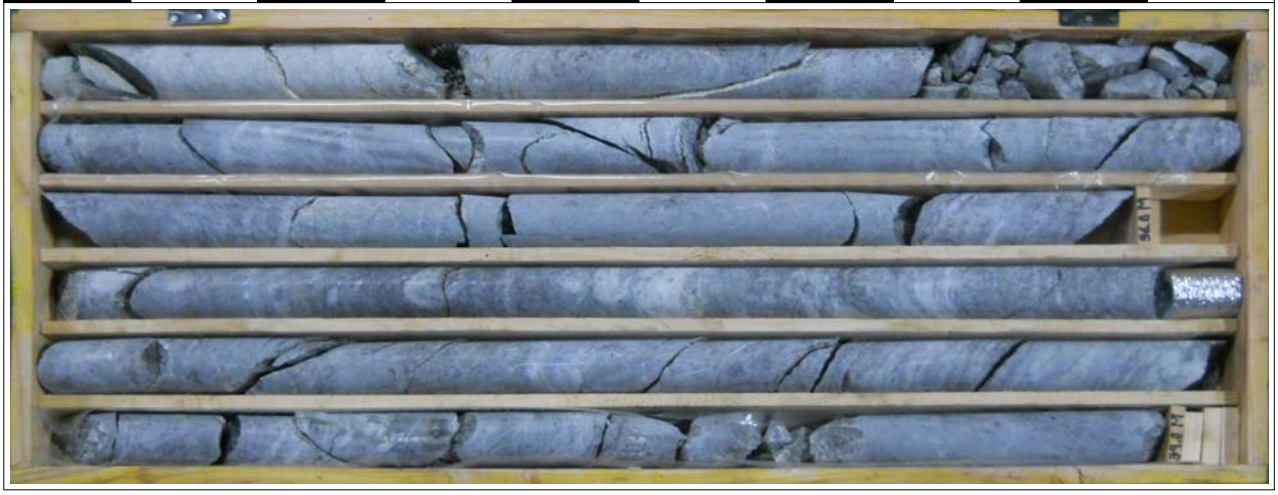
NTB-23 시료상자

공 번	NTB-23 (2/5)	심 도	26.0~33.2m	구 분	



NTB-23 시료상자

공 번	NTB-23 (3/5)	심 도	33.2~39.0m	구 분	



NTB-23 시료상자

공 번	NTB-23 (4/5)	심 도	39.0~45.0m	구 분	



NTB-23 시료상자

공 번	NTB-23 (5/5)	심 도	45.0~49.0m	구 분	



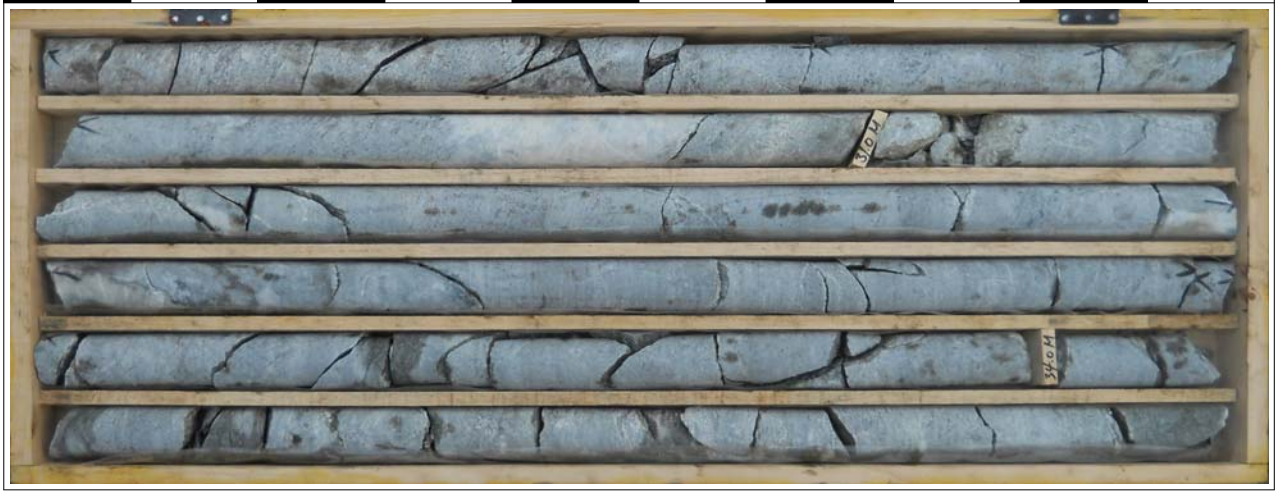
NTB-24 시료상자

공 번	NTB-24 (1/5)	심 도	0.0~29.4m	구 분	



NTB-24 시료상자

공 번	NTB-24 (2/5)	심 도	29.4~35.1m	구 분	



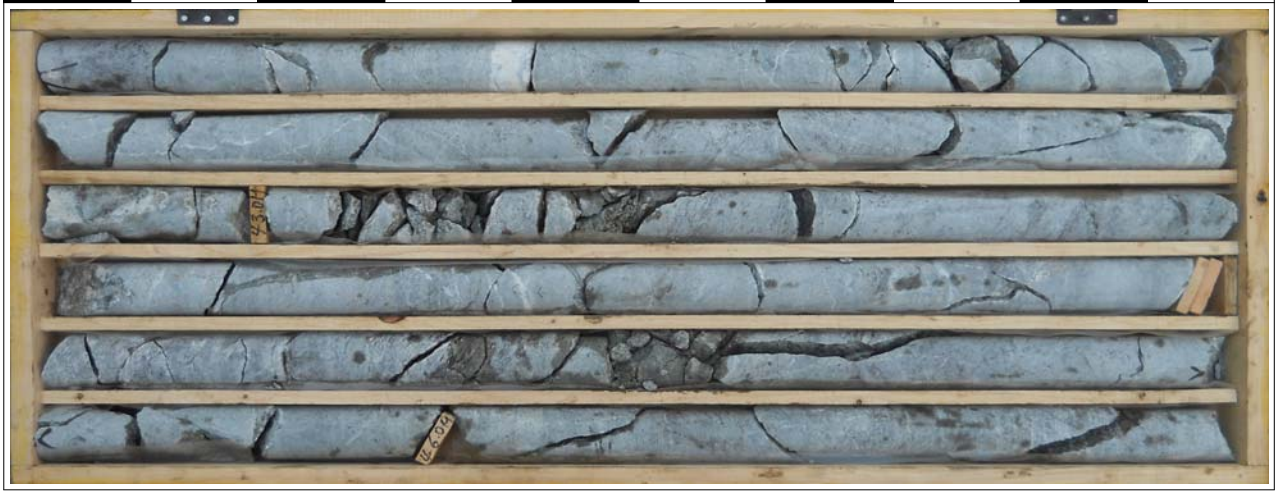
NTB-24 시료상자

공 번	NTB-24 (3/5)	심 도	35.1~41.0m	구 분	



NTB-24 시료상자

공 번	NTB-24 (4/5)	심 도	41.0~46.6m	구 분	



NTB-24 시료상자

공 번	NTB-24 (5/5)	심 도	46.6~49.0m	구 분	



NTB-25 시료상자

공 번	NTB-25 (1/3)	심 도	0.0~37.8m	구 분	



NTB-25 시료상자

공 번	NTB-25 (2/3)	심 도	37.8~45.2m	구 분	



NTB-25 시료상자

공 번	NTB-25 (3/3)	심 도	45.2~48.5m	구 분	



NTB-26 시료상자

공 번	NTB-26 (1/4)	심 도	0.0~34.0m	구 분	



NTB-26 시료상자

공 번	NTB-26 (2/4)	심 도	34.0~39.8m	구 분	



NTB-26 시료상자

공 번	NTB-26 (3/4)	심 도	39.8~45.4m	구 분	



NTB-26 시료상자

공 번	NTB-26 (4/4)	심 도	45.4~46.0m	구 분	



NTB-27 시추코아

공 번	NTB-27 (1/3)	심 도	0.0~29.4m	구 분	



NTB-27 시추코아

공 번	NTB-27 (2/3)	심 도	29.4~37.4m	구 분	



NTB-27 시추코아

공 번	NTB-27 (3/3)	심 도	37.4~41.0m	구 분	



NTB-28 시추코아

공 번	NTB-28 (1/3)	심 도	0.0~29.6m	구 분	



NTB-28 시추코아

공 번	NTB-28 (2/3)	심 도	29.6~36.3m	구 분	



NTB-28 시추코아

공 번	NTB-28 (3/3)	심 도	36.3~38.0m	구 분	



NTB-29 시추코아

공 번	NTB-29 (1/5)	심 도	0.0~19.5m	구 분	



NTB-29 시추코아

공 번	NTB-29 (2/5)	심 도	19.5~25.0m	구 분	



NTB-29 시추코아

공 번	NTB-29 (3/5)	심 도	25.0~31.3m	구 분	



NTB-29 시추코아

공 번	NTB-29 (4/5)	심 도	31.3~36.8m	구 분	



NTB-29 시추코아

공 번	NTB-29 (5/5)	심 도	36.8~38.0m	구 분	



NTB-30 시추코아

공 번	NTB-30 (1/3)	심 도	0.0~22.4m	구 분	



NTB-30 시추코아

공 번	NTB-30 (2/3)	심 도	22.4~28.1m	구 분	



NTB-30 시추코아

공 번	NTB-30 (3/3)	심 도	28.1~34.0m	구 분	



NBB-1 시료상자

공 번	NBB-1 (1/1)	심 도	0.0~23.0m	구 분	



NBB-2 시료상자

공 번	NBB-2 (1/1)	심 도	0.0~34.0m	구 분	



NBB-3 시료상자

공 번	NBB-3 (1/1)	심 도	0.0~26.7m	구 분	



NBB-4 시료상자

공 번	NBB-4 (1/2)	심 도	0.0~21.8m	구 분	



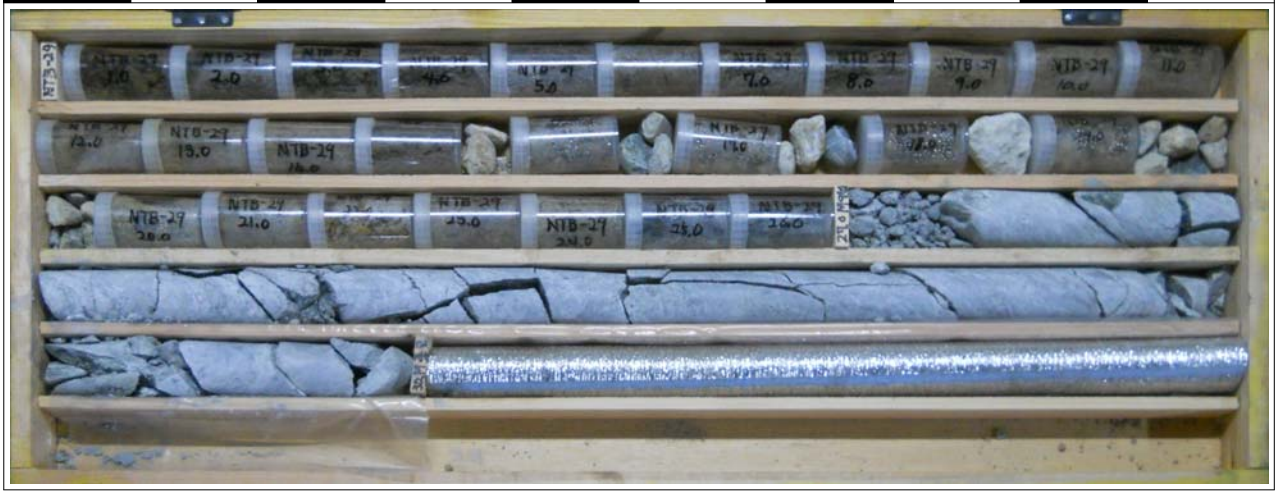
NBB-4 시료상자

공 번	NBB-4 (2/2)	심 도	21.8~24.0m	구 분	



NBB-5 시료상자

공 번	NBB-5 (1/1)	심 도	0.0~30.0m	구 분	



NBB-6 시료상자

공 번	NBB-6 (1/1)	심 도	0.0~28.5m	구 분	



NBB-7 시료상자

공 번	NBB-7 (1/1)	심 도	0.0~40.0m	구 분	



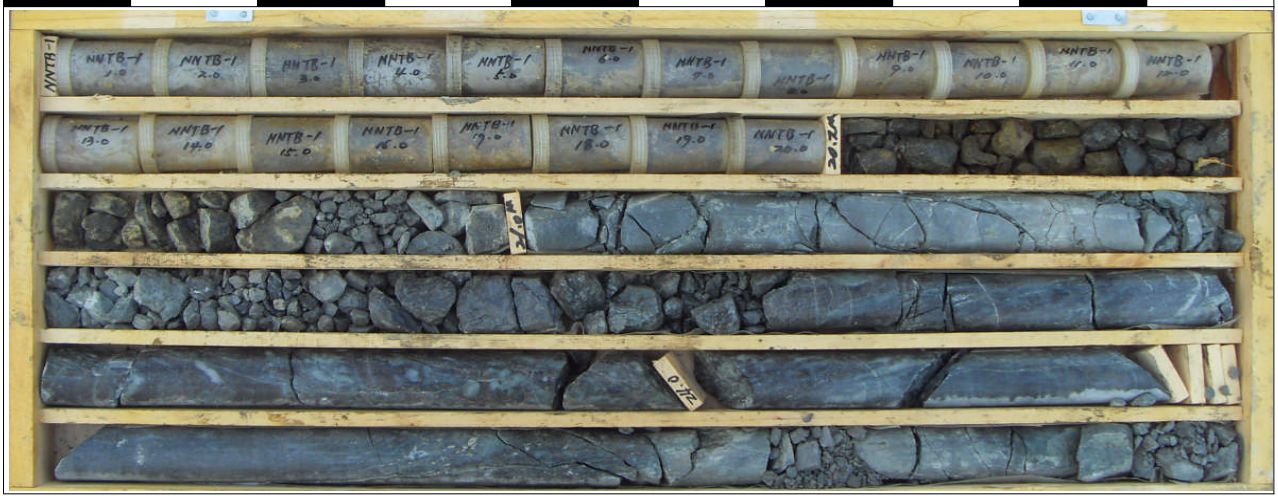
NBB-8 시료상자

공 번	NBB-8 (1/1)	심 도	0.0~39.0m	구 분	



NNTB-1 시료상자

공 번	NNTB-1 (1/5)	심 도	0.0~25.3m	구 분	



NNTB-1 시료상자

공 번	NNTB-1 (2/5)	심 도	25.3~31.3m	구 분	



NNTB-1 시료상자

공 번	NNTB-1 (3/5)	심 도	31.3~37.0m	구 분	



NNTB-1 시료상자

공 번	NNTB-1 (4/5)	심 도	37.0~42.6m	구 분	



NNTB-1 시료상자

공 번	NNTB-1 (5/5)	심 도	42.6~48.0m	구 분	



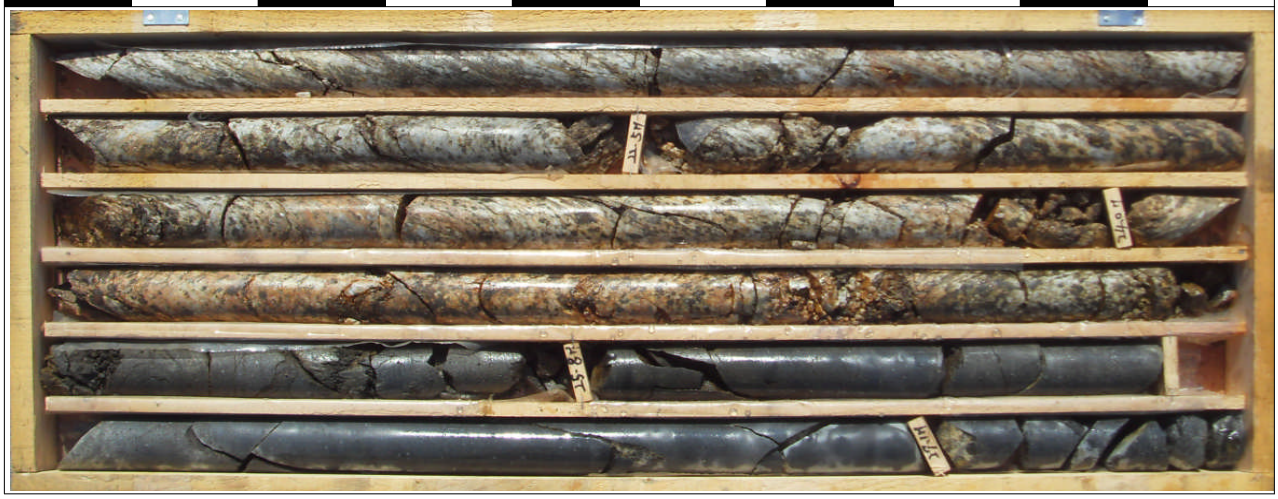
NNTB-2 시료상자

공 번	NNTB-2 (1/8)	심 도	0.0~21.3m	구 분	



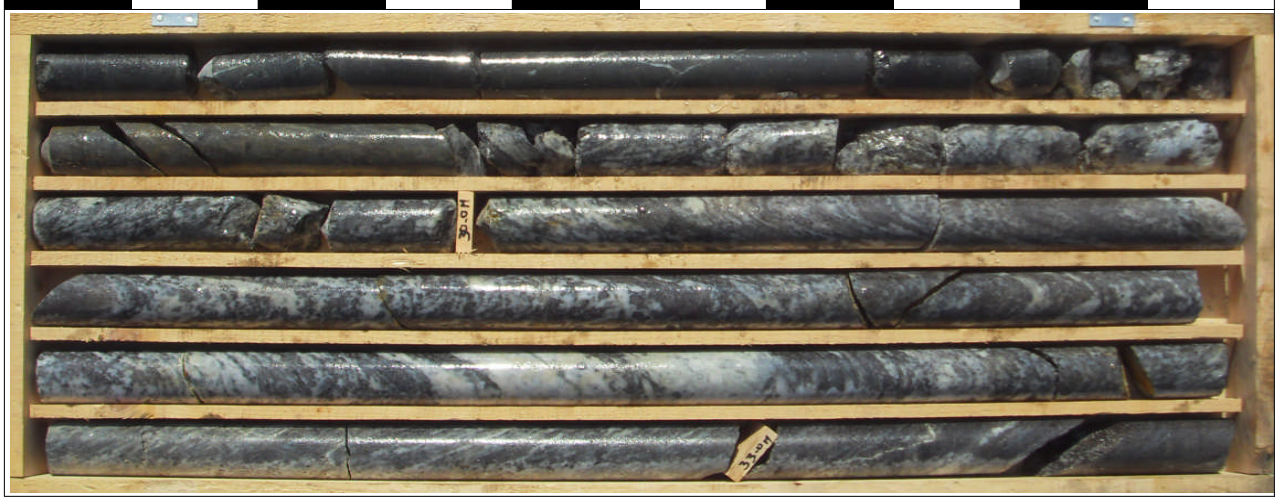
NNTB-2 시료상자

공 번	NNTB-2 (2/8)	심 도	21.3~27.3m	구 분	



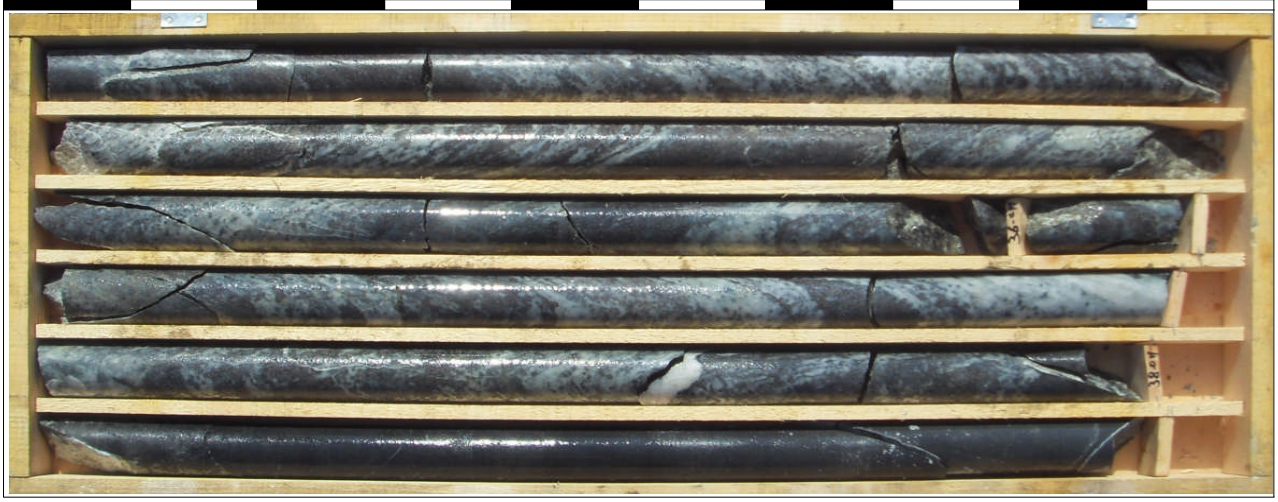
NNTB-2 시료상자

공 번	NNTB-2 (3/8)	심 도	27.3~33.3m	구 분	



NNTB-2 시료상자

공 번	NNTB-2 (4/8)	심 도	33.3~38.9m	구 분	



NNTB-2 시료상자

공 번	NNTB-2 (5/8)	심 도	38.9~44.3m	구 분	



NNTB-2 시료상자

공 번	NNTB-2 (6/8)	심 도	44.3~49.8m	구 분	



NNTB-2 시료상자

공 번	NNTB-2 (7/8)	심 도	49.8~55.7m	구 분	



NNTB-2 시료상자

공 번	NNTB-2 (8/8)	심 도	55.7~61.3m	구 분	



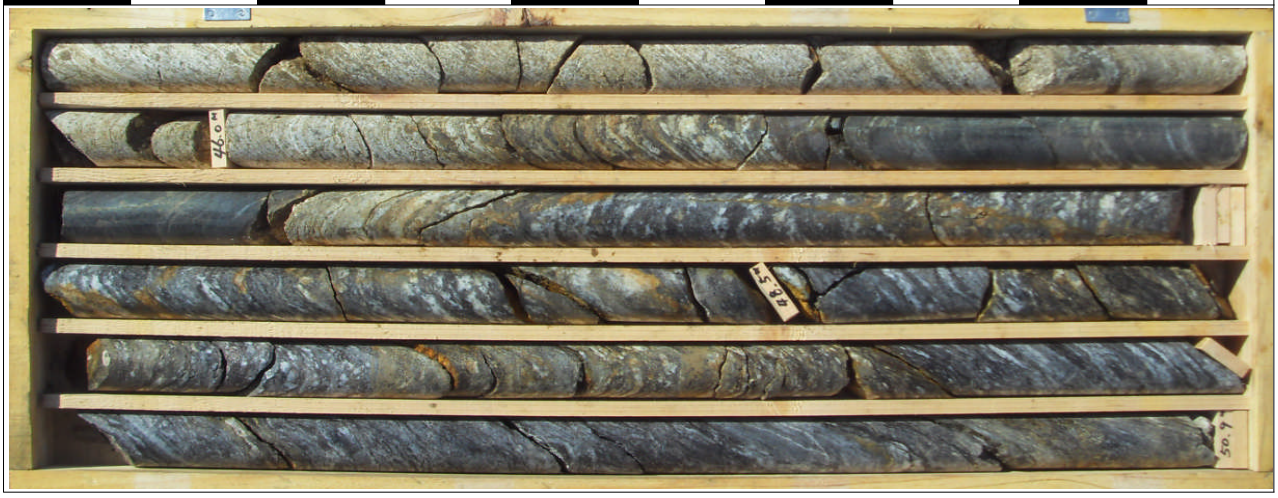
NNTB-3 시료상자

공 번	NNTB-3 (1/5)	심 도	0.0~44.9m	구 분	



NNTB-3 시료상자

공 번	NNTB-3 (2/5)	심 도	44.9~50.9m	구 분	



NNTB-3 시료상자

공 번	NNTB-3 (3/5)	심 도	50.9~56.9m	구 분	



NNTB-3 시료상자

공 번	NNTB-3 (4/5)	심 도	56.9~62.7m	구 분	



NNTB-3 시료상자

공 번	NNTB-3 (5/5)	심 도	62.7~67.0m	구 분	



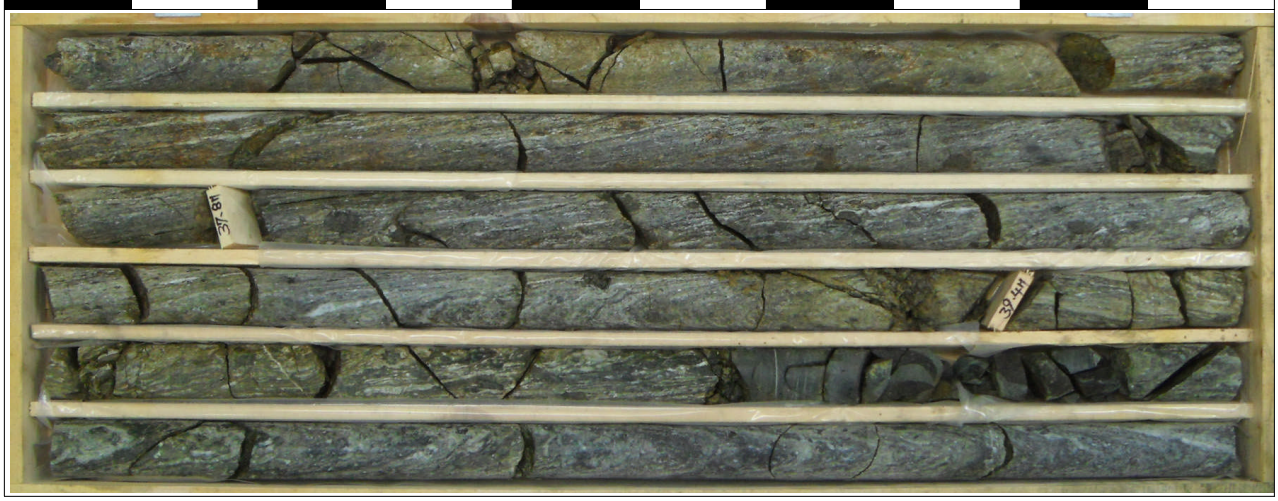
NNTB-4 시료상자

공 번	NNTB-4 (1/7)	심 도	0.0~35.8m	구 분	



NNTB-4 시료상자

공 번	NNTB-4 (2/7)	심 도	35.8~41.5m	구 분	



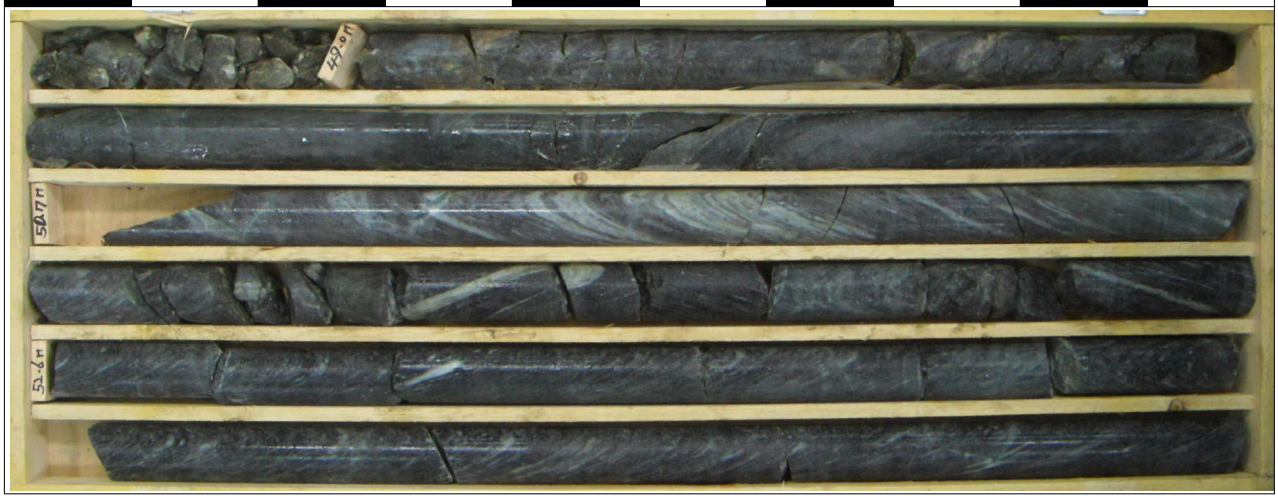
NNTB-4 시료상자

공 번	NNTB-4 (3/7)	심 도	41.5~47.8m	구 분	



NNTB-4 시료상자

공 번	NNTB-4 (4/7)	심 도	47.8~54.6m	구 분	



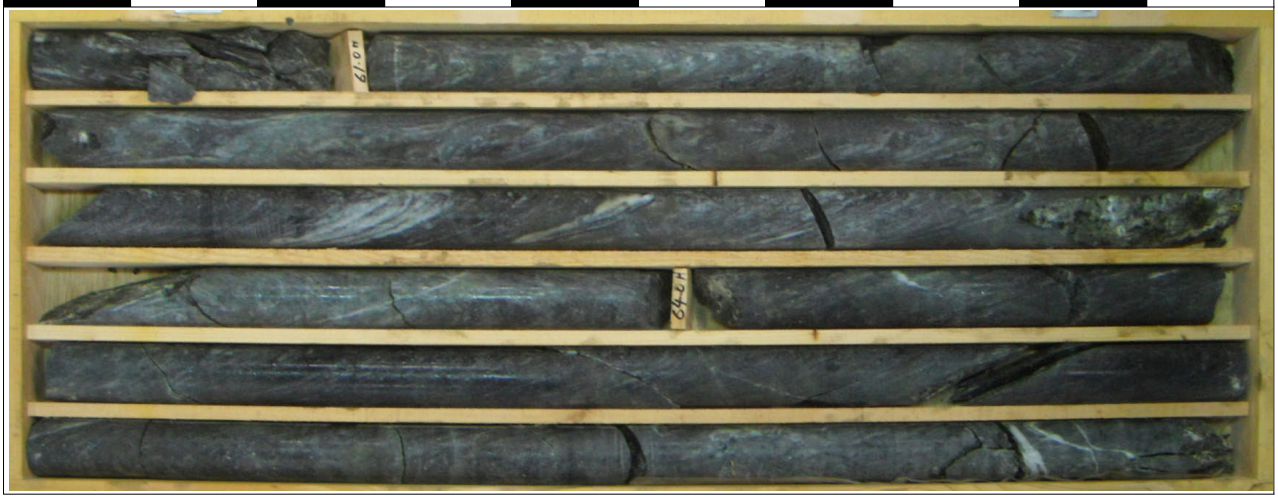
NNTB-4 시료상자

공 번	NNTB-4 (5/7)	심 도	54.6~60.8m	구 분	



NNTB-4 시료상자

공 번	NNTB-4 (6/7)	심 도	60.8~66.3m	구 분	



NNTB-4 시료상자

공 번	NNTB-4 (7/7)	심 도	66.3~70.0m	구 분	



NNTB-5 시료상자

공 번	NNTB-5 (1/7)	심 도	0.0~35.0m	구 분	



NNTB-5 시료상자

공 번	NNTB-5 (2/7)	심 도	35.0~41.0m	구 분	



NNTB-5 시료상자

공 번	NNTB-5 (3/7)	심 도	41.0~46.8m	구 분	



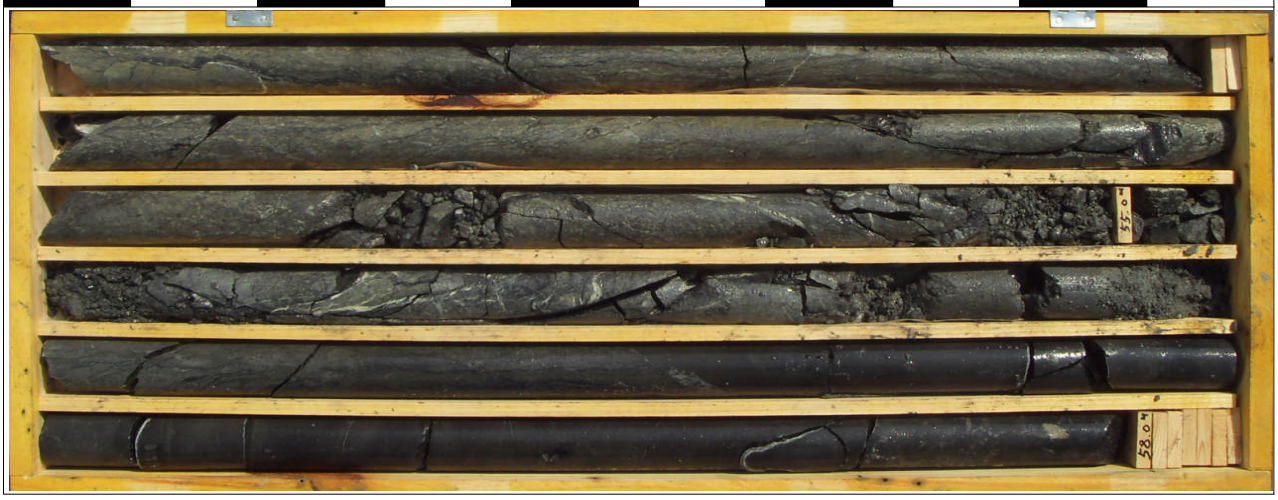
NNTB-5 시료상자

공 번	NNTB-5 (4/7)	심 도	46.8~52.3m	구 분	



NNTB-5 시료상자

공 번	NNTB-5 (5/7)	심 도	52.3~58.0m	구 분	



NNTB-5 시료상자

공 번	NNTB-5 (6/7)	심 도	58.0~66.0m	구 분	



NNTB-5 시료상자

공 번	NNTB-5 (7/7)	심 도	66.0~70.0m	구 분	



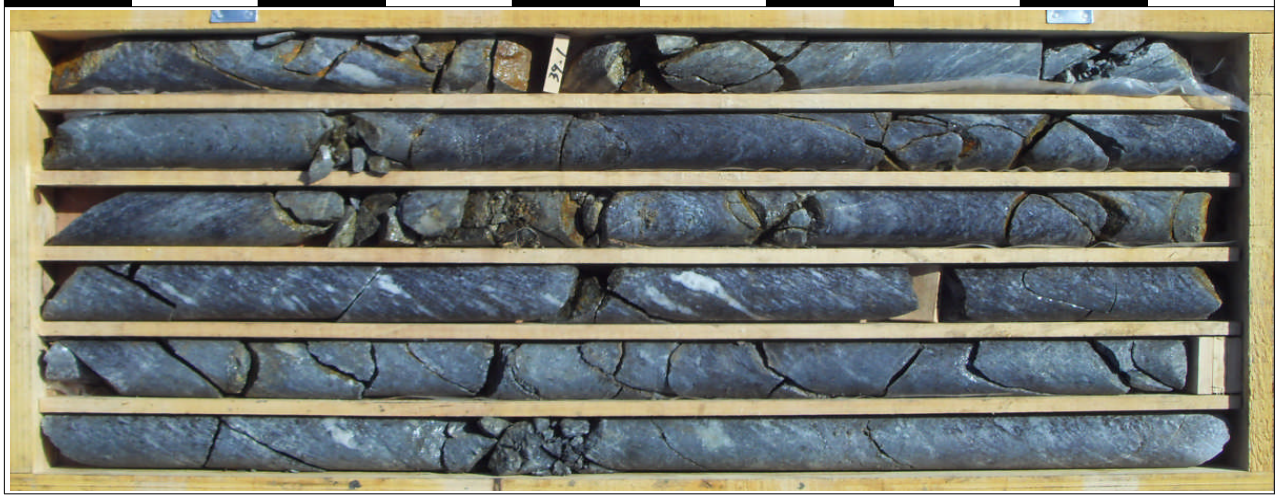
NNTB-6 시료상자

공 번	NNTB-6 (1/8)	심 도	0.0~38.7m	구 분	



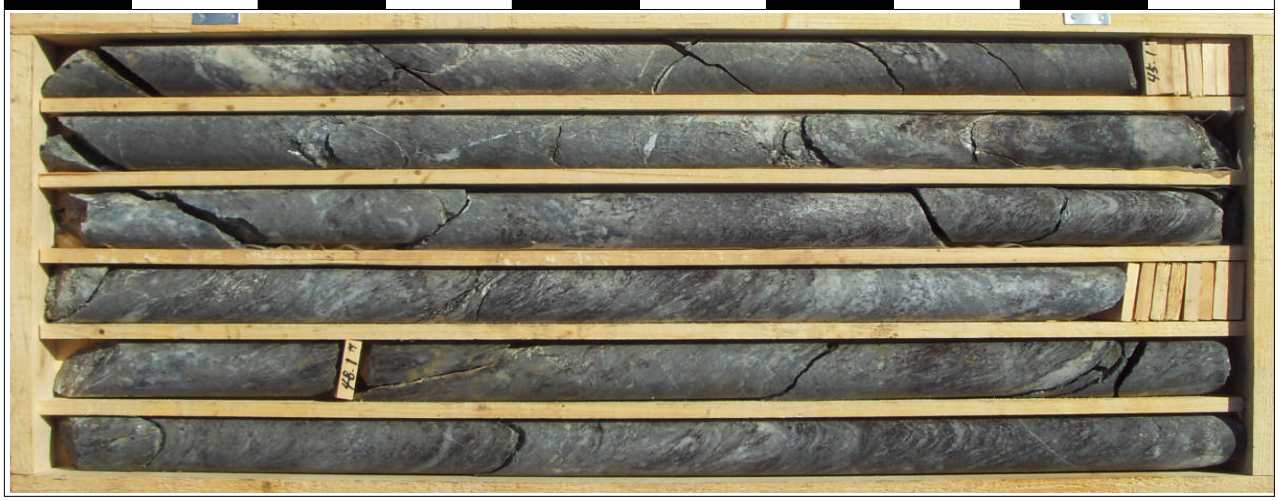
NNTB-6 시료상자

공 번	NNTB-6 (2/8)	심 도	38.7~44.2m	구 분	



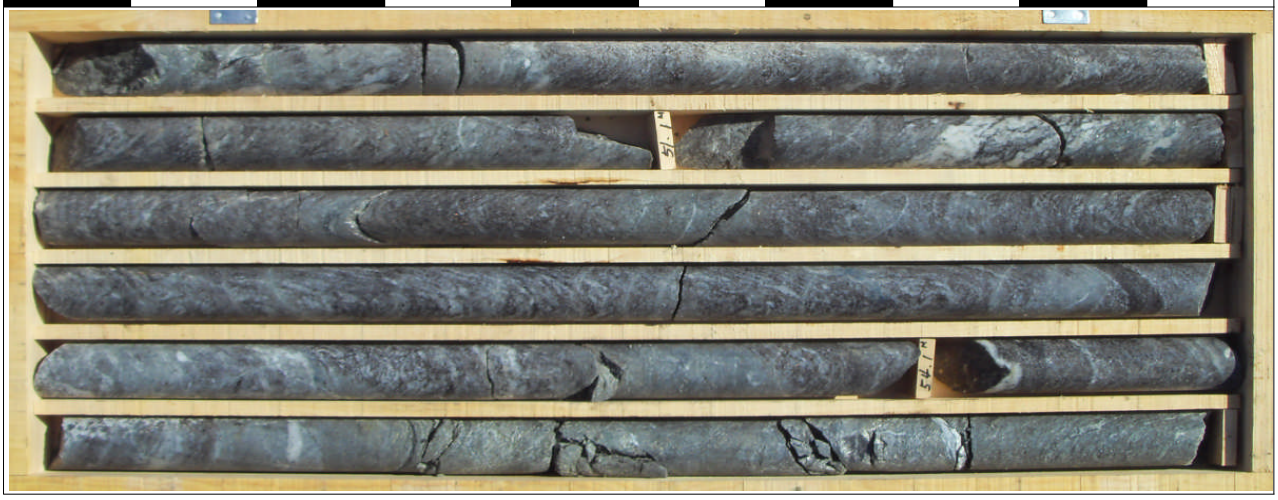
NNTB-6 시료상자

공 번	NNTB-6 (3/8)	심 도	44.2~49.9m	구 분	



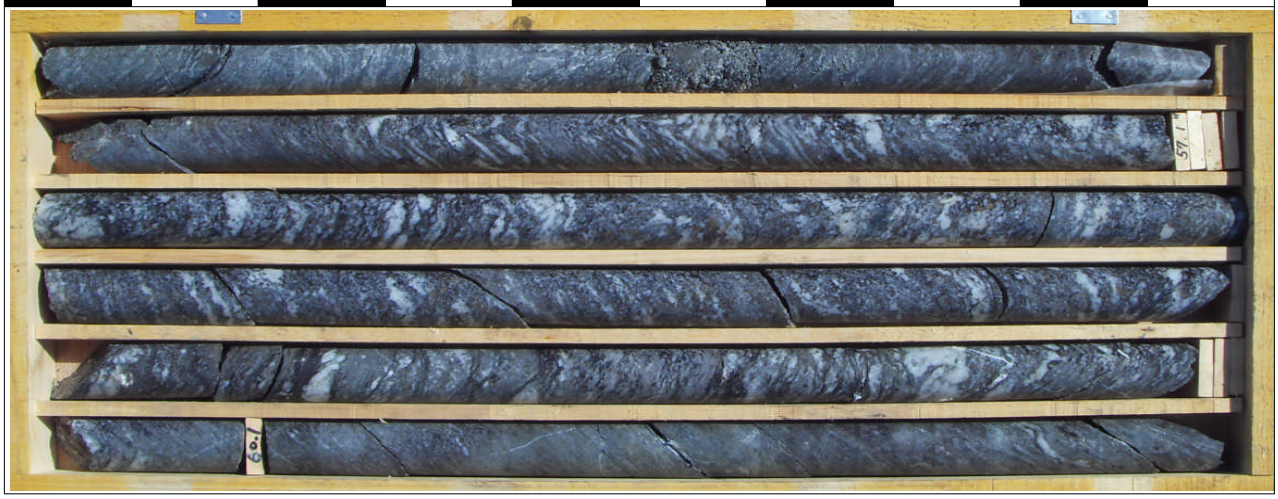
NNTB-6 시료상자

공 번	NNTB-6 (4/8)	심 도	49.9~55.2m	구 분	



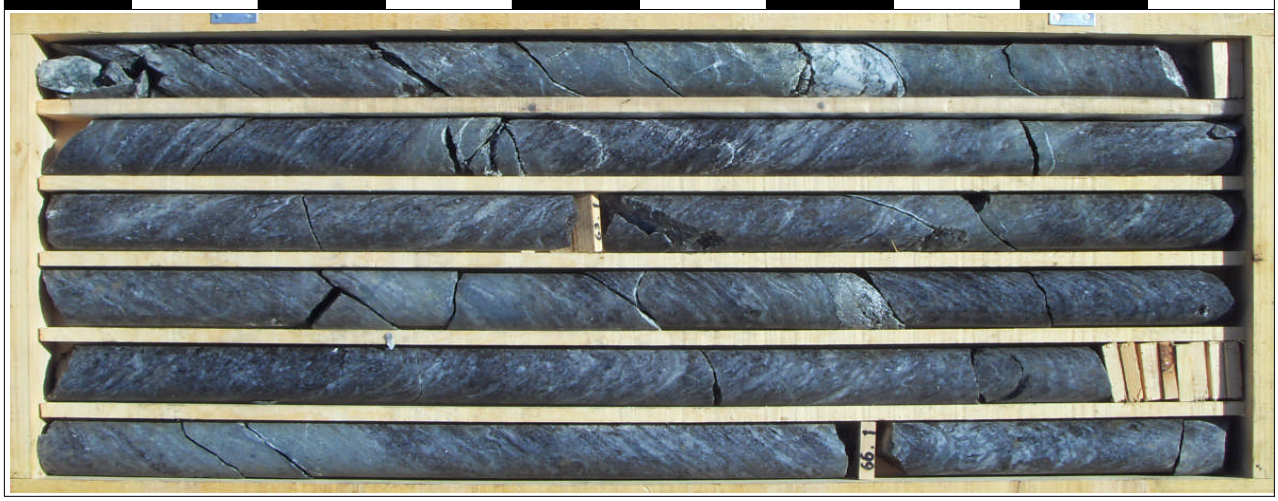
NNTB-6 시료상자

공 번	NNTB-6 (5/8)	심 도	55.2~60.9m	구 분	



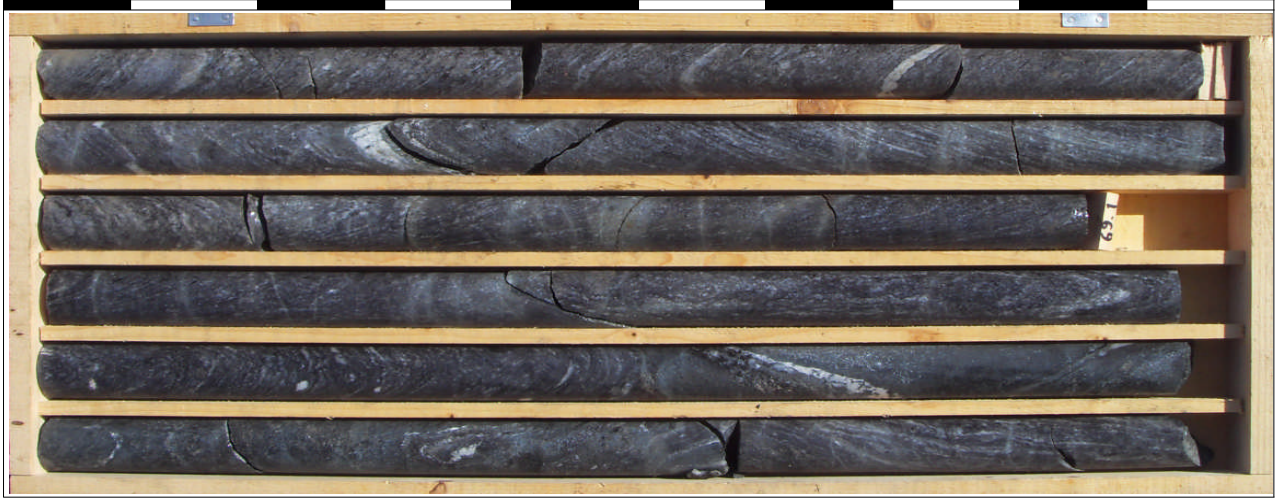
NNTB-6 시료상자

공 번	NNTB-6 (6/8)	심 도	60.9~66.4m	구 분	



NNTB-6 시료상자

공 번	NNTB-6 (7/8)	심 도	66.4~72.0m	구 분	



NNTB-6 시료상자

공 번	NNTB-6 (8/8)	심 도	72.0~75.1m	구 분	



NNTB-7 시료상자

공 번	NNTB-7 (1/11)	심 도	0.0~28.7m	구 분	



NNTB-7 시료상자

공 번	NNTB-11 (2/11)	심 도	28.7~34.3m	구 분	



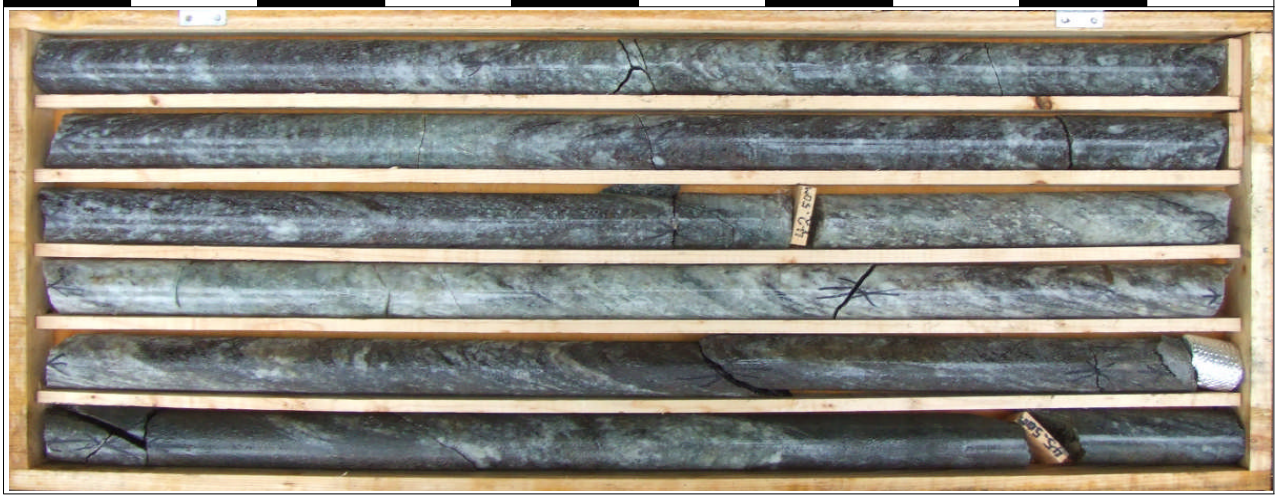
NNTB-7 시료상자

공 번	NNTB-7 (3/11)	심 도	34.3~40.0m	구 분	



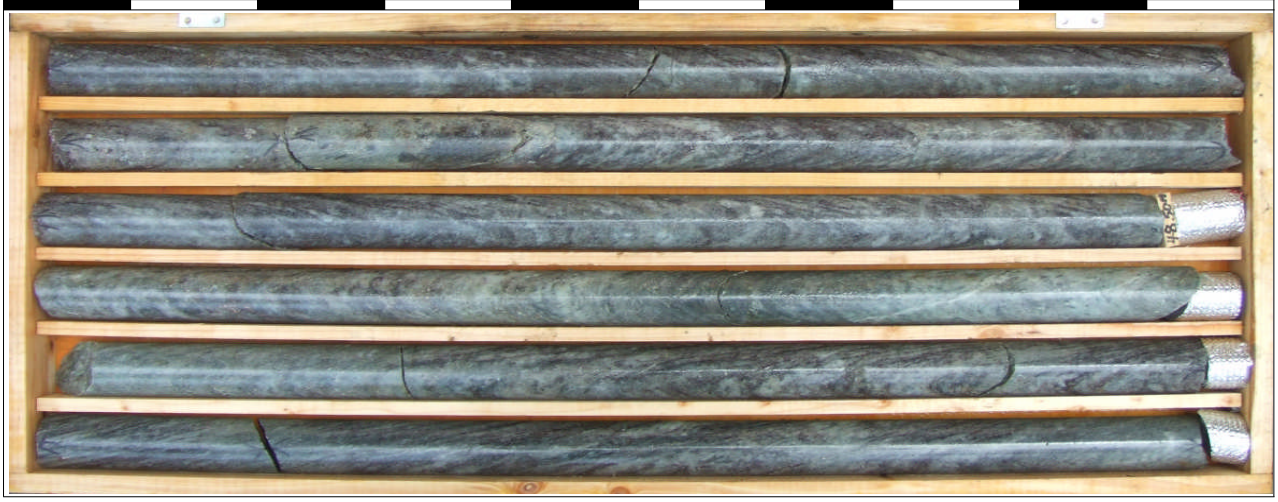
NNTB-7 시료상자

공 번	NNTB-7 (4/11)	심 도	40.0~45.6m	구 분	



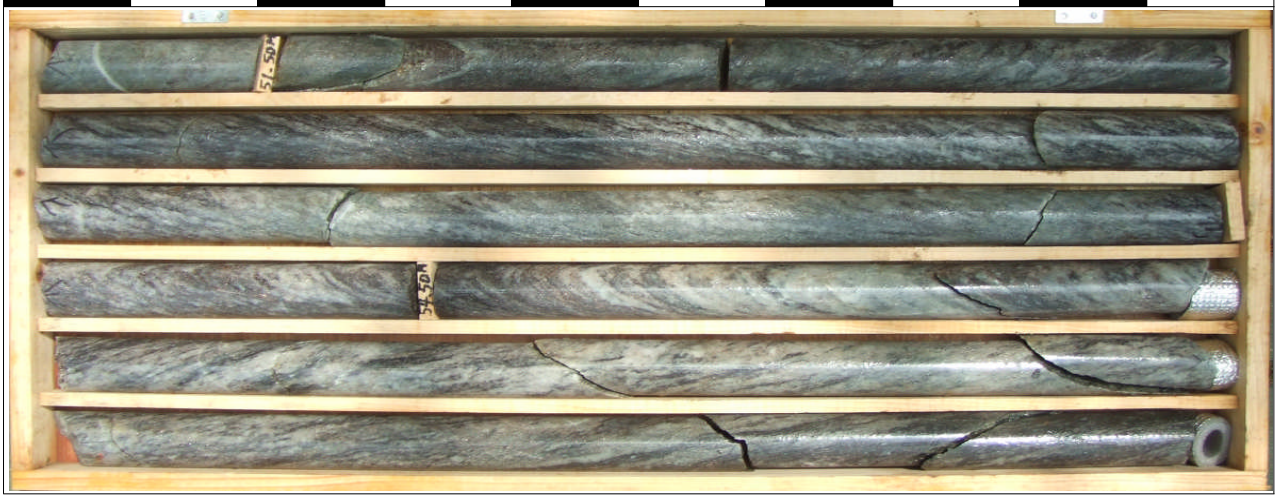
NNTB-7 시료상자

공 번	NNTB-7 (5/11)	심 도	45.6~51.35m	구 분	



NNTB-7 시료상자

공 번	NNTB-7 (6/11)	심 도	51.35~57.0m	구 분	



NNTB-7 시료상자

공 번	NNTB-7 (7/11)	심 도	57.0~62.5m	구 분	



NNTB-7 시료상자

공 번	NNTB-7 (8/11)	심 도	62.5~68.2m	구 분	



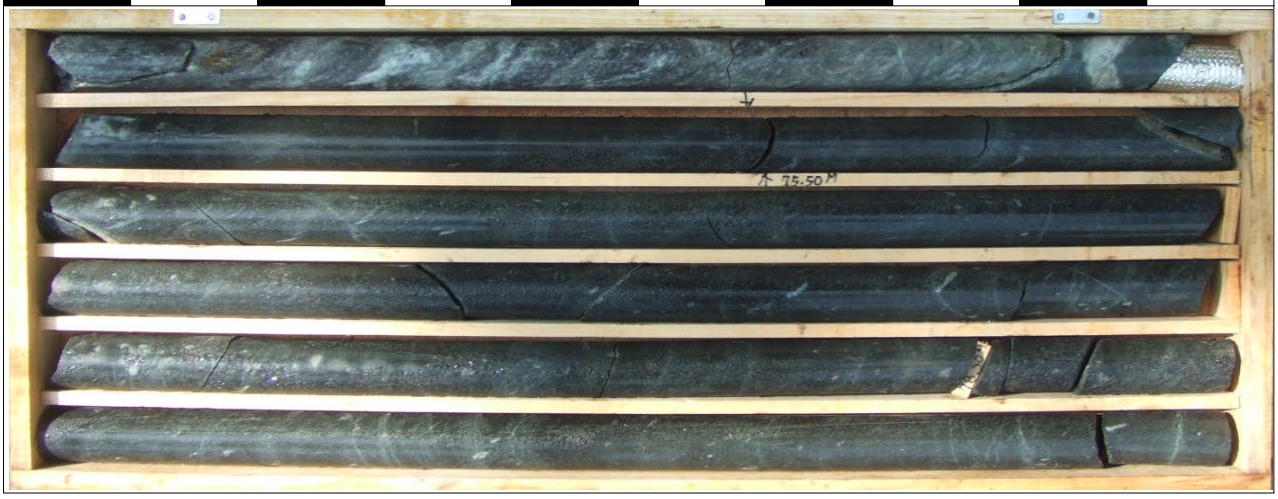
NNTB-7 시료상자

공 번	NNTB-7 (9/11)	심 도	68.2~74.0m	구 분	



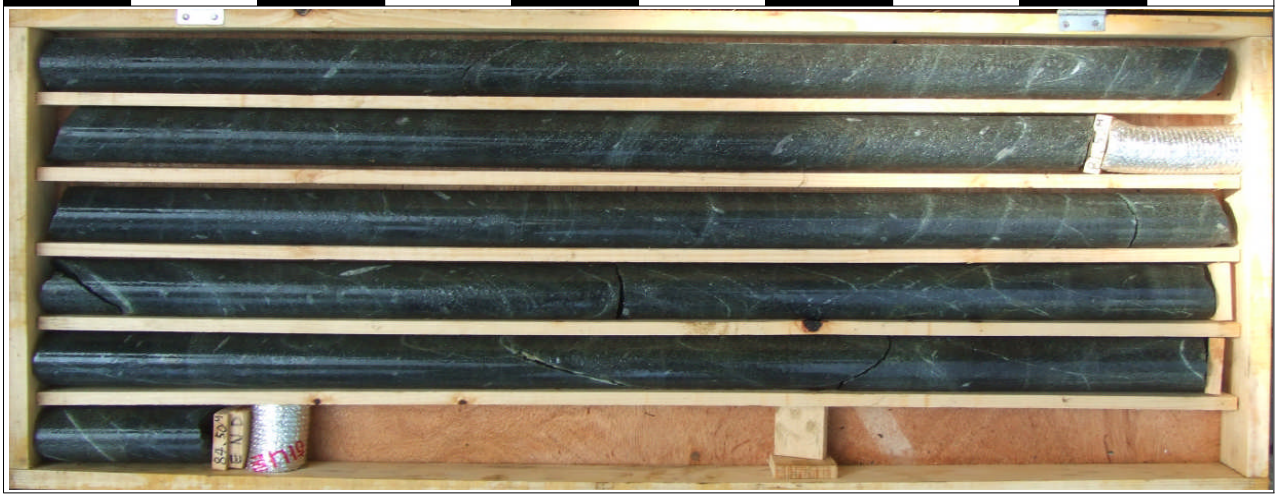
NNTB-7 시료상자

공 번	NNTB-7 (10/11)	심 도	74.0~79.6m	구 분	



NNTB-7 시료상자

공 번	NNTB-7 (11/11)	심 도	79.6~84.5m	구 분	



ATB-1 시료상자

공 번	ATB-1 (1/3)	심 도	0.0~19.3m	구 분	



ATB-1 시료상자

공 번	ATB-1 (2/3)	심 도	19.3~25.6m	구 분	



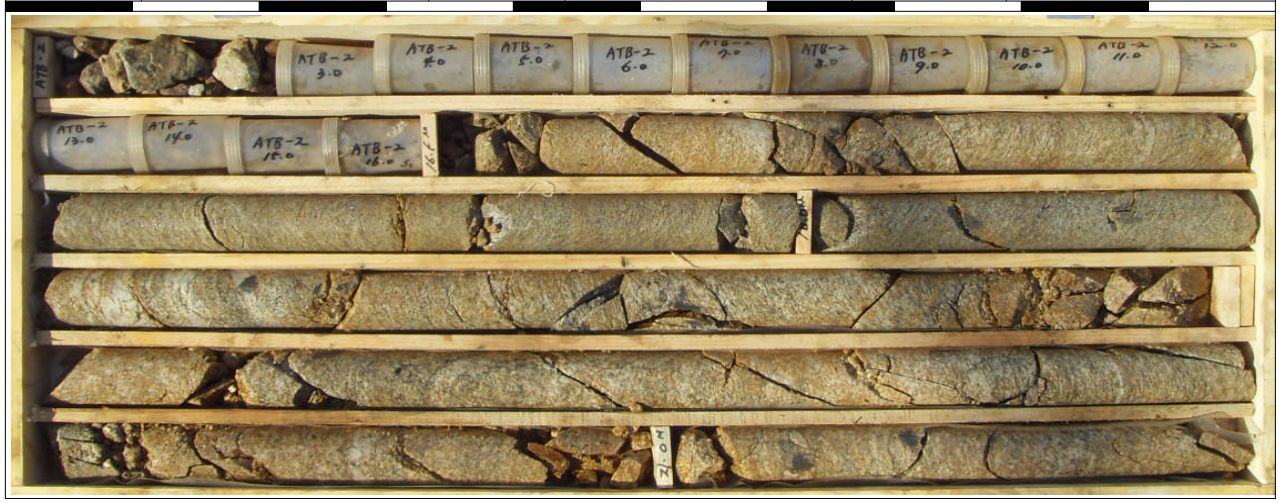
ATB-1 시료상자

공 번	ATB-1 (3/3)	심 도	25.6~30.0m	구 분	



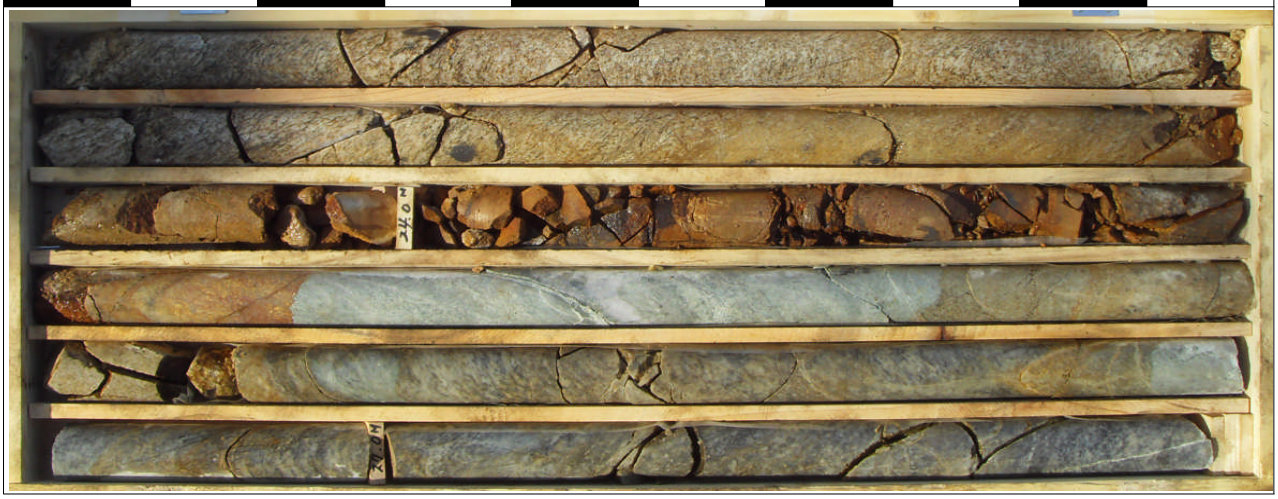
ATB-2 시료상자

공 번	ATB-2 (1/4)	심 도	0.0~21.5m	구 분	



ATB-2 시료상자

공 번	ATB-2 (2/4)	심 도	21.5~27.7m	구 분	



ATB-2 시료상자

공 번	ATB-2 (3/4)	심 도	27.7~33.2m	구 분	



ATB-2 시료상자

공 번	ATB-2 (4/4)	심 도	33.2~35.5m	구 분	



ATB-3 시료상자

공 번	ATB-3 (1/10)	심 도	0.0~17.6m	구 분	



ATB-3 시료상자

공 번	ATB-3 (2/10)	심 도	17.6~23.3m	구 분	



ATB-3 시료상자

공 번	ATB-3 (3/10)	심 도	23.3~28.9m	구 분	



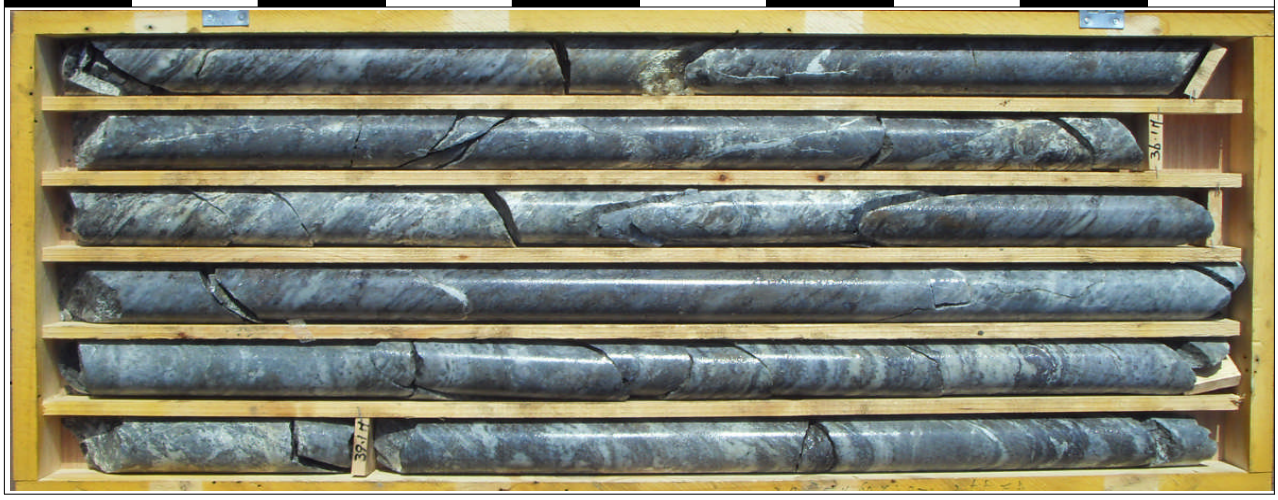
ATB-3 시료상자

공 번	ATB-3 (4/10)	심 도	28.9~34.3m	구 분	



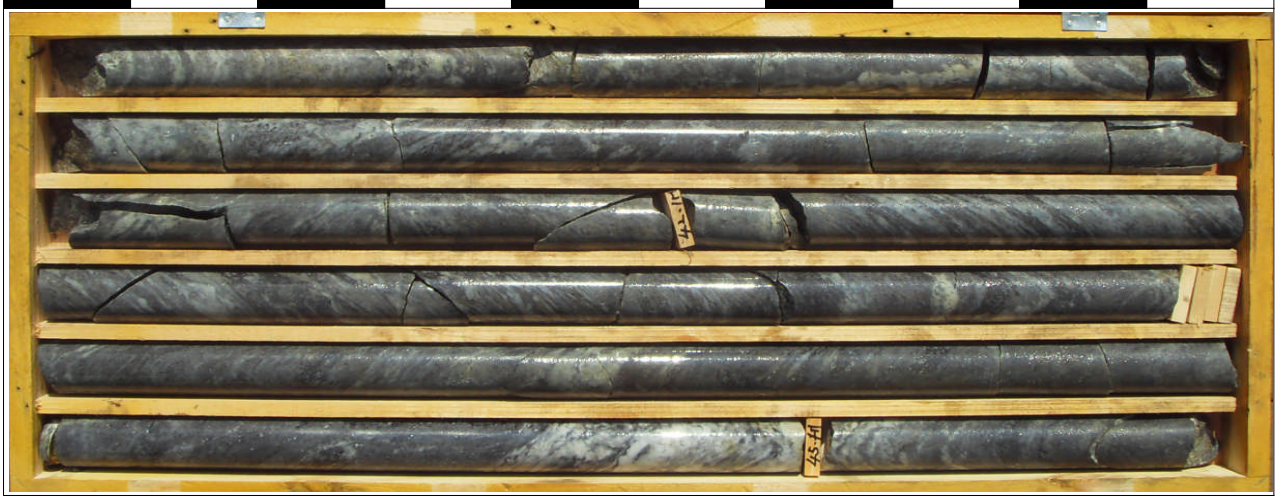
ATB-3 시료상자

공 번	ATB-3 (5/10)	심 도	34.3~39.9m	구 분	



ATB-3 시료상자

공 번	ATB-3 (6/10)	심 도	39.9~45.4m	구 분	



ATB-3 시료상자

공 번	ATB-3 (7/10)	심 도	45.4~51.1m	구 분	



ATB-3 시료상자

공 번	ATB-3 (8/10)	심 도	51.1~57.0m	구 분	



ATB-3 시료상자

공 번	ATB-3 (9/10)	심 도	57.0~62.8m	구 분	



ATB-3 시료상자

공 번	ATB-3 (10/10)	심 도	62.8~68.2m	구 분	



ATB-4 시료상자

공 번	ATB-4 (1/9)	심 도	0.0~25.5m	구 분	



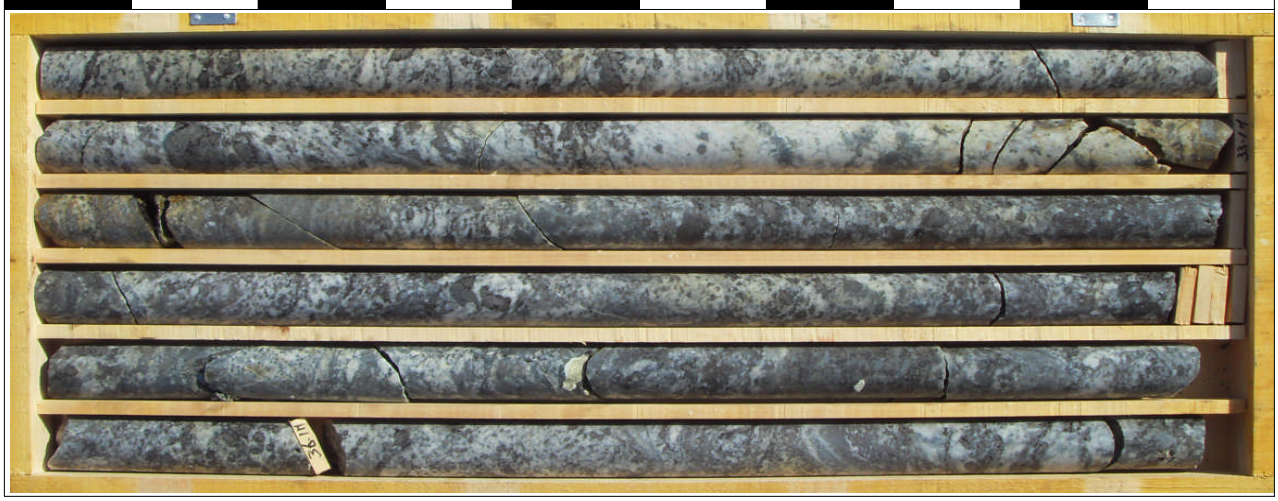
ATB-4 시료상자

공 번	ATB-4 (2/9)	심 도	25.5~31.1m	구 분	



ATB-4 시료상자

공 번	ATB-4 (3/9)	심 도	31.1~36.7m	구 분	



ATB-4 시료상자

공 번	ATB-4 (4/9)	심 도	36.7~42.6m	구 분	



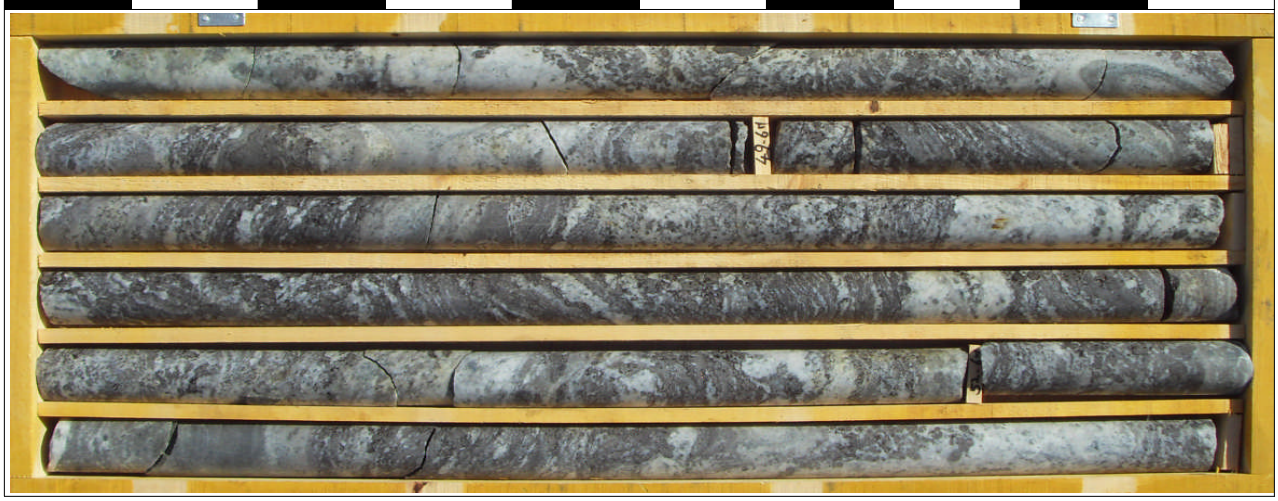
ATB-4 시료상자

공 번	ATB-4 (5/9)	심 도	42.6~48.2m	구 분	



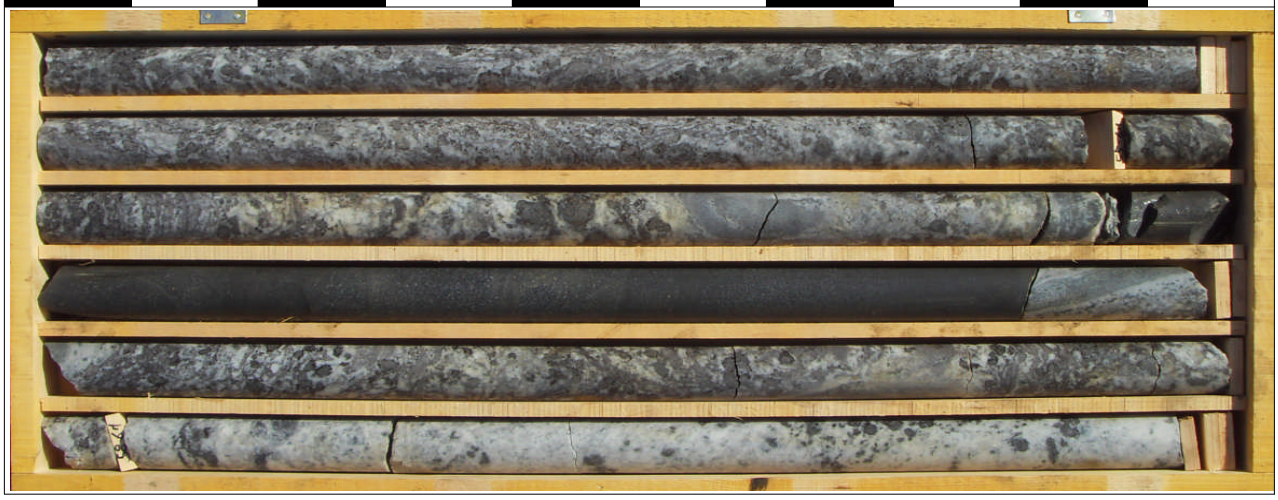
ATB-4 시료상자

공 번	ATB-4 (6/9)	심 도	48.2~53.8m	구 분	



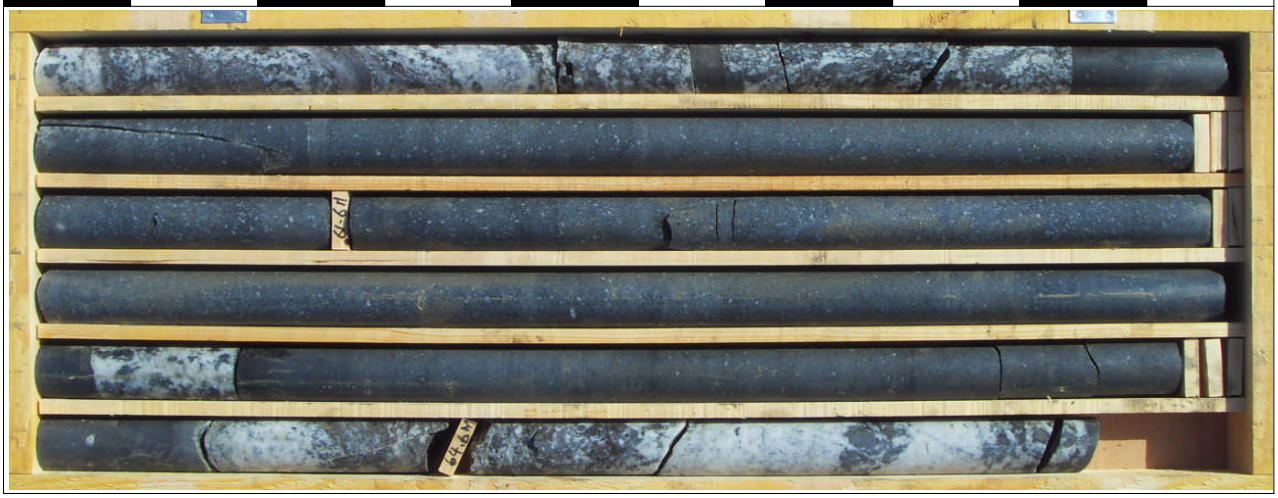
ATB-4 시료상자

공 번	ATB-4 (7/9)	심 도	53.8~59.5m	구 분	



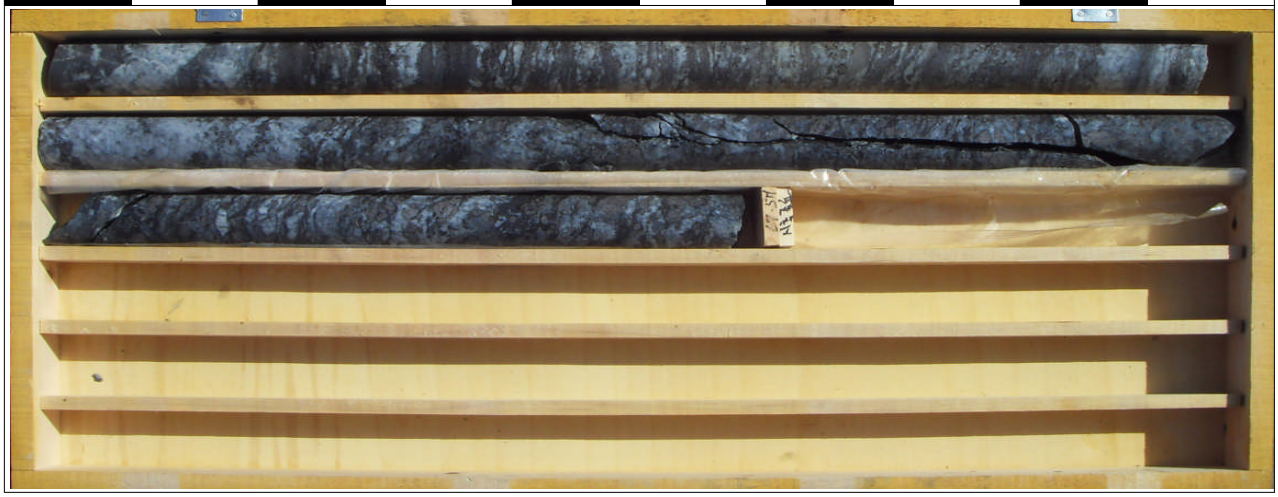
ATB-4 시료상자

공 번	ATB-4 (8/9)	심 도	59.5~65.2m	구 분	



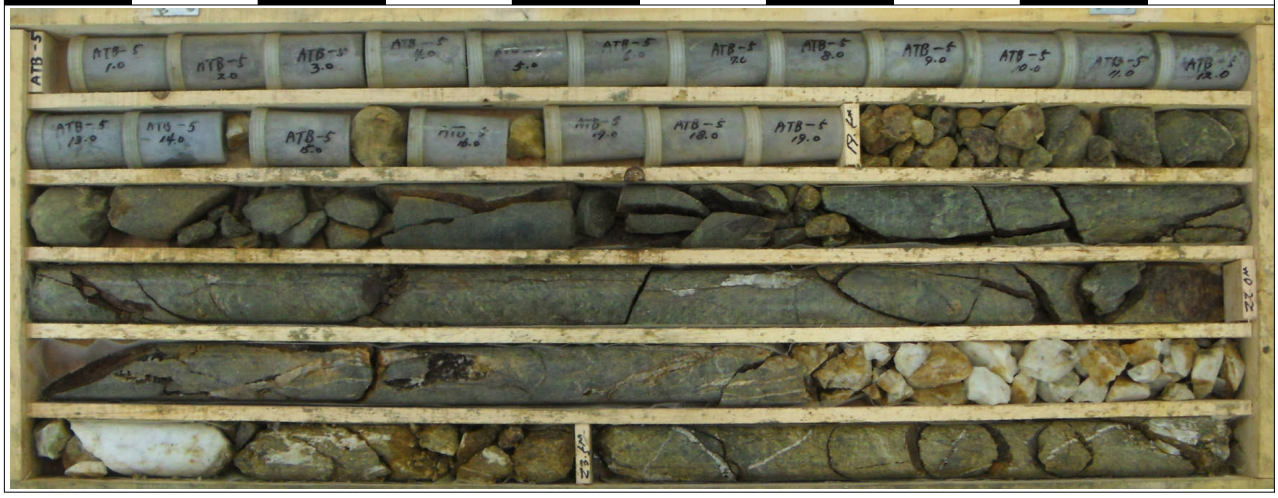
ATB-4 시료상자

공 번	ATB-4 (9/9)	심 도	65.2~67.5m	구 분	



ATB-5 시료상자

공 번	ATB-5 (1/10)	심 도	0.0~24.0m	구 분	



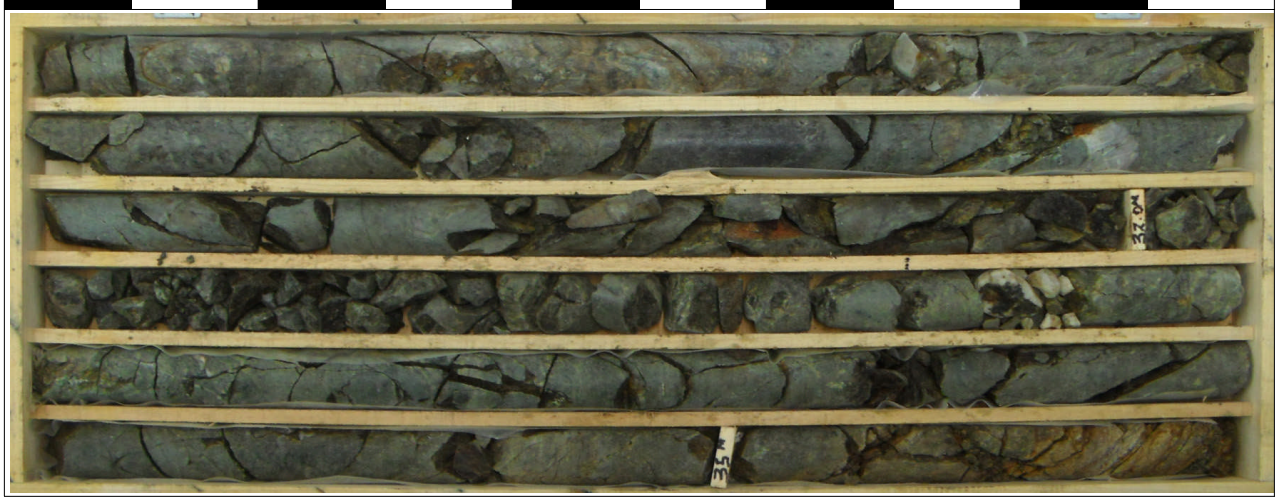
ATB-5 시료상자

공 번	ATB-5 (2/10)	심 도	24.0~29.2m	구 분	



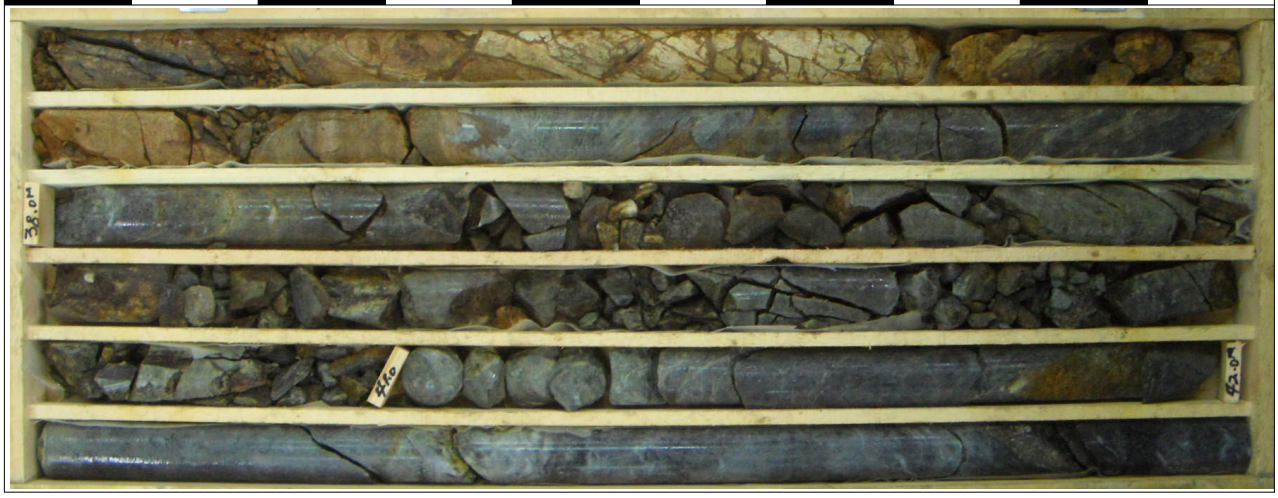
ATB-5 시료상자

공 번	ATB-5 (3/10)	심 도	29.2~35.5m	구 분	



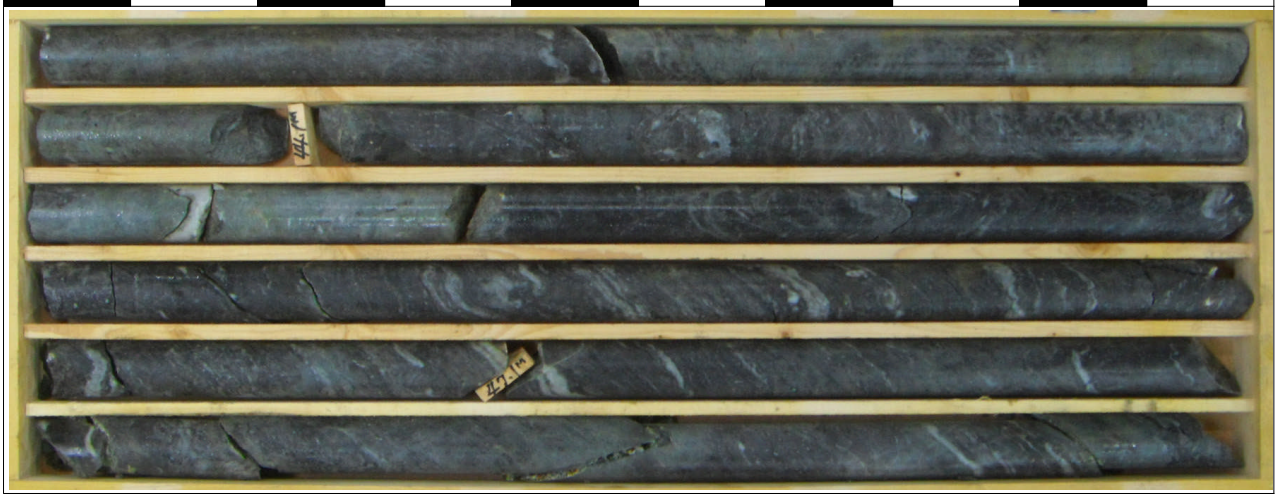
ATB-5 시료상자

공 번	ATB-5 (4/10)	심 도	35.8~43.0m	구 분	



ATB-5 시료상자

공 번	ATB-5 (5/10)	심 도	43.0~48.6m	구 분	



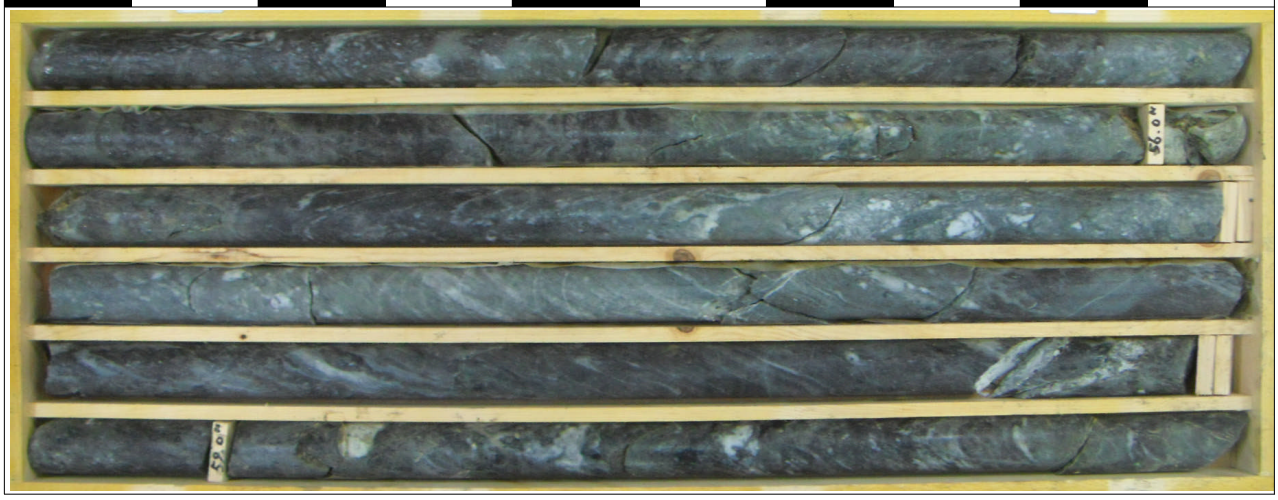
ATB-5 시료상자

공 번	ATB-5 (6/10)	심 도	48.6~54.2m	구 분	



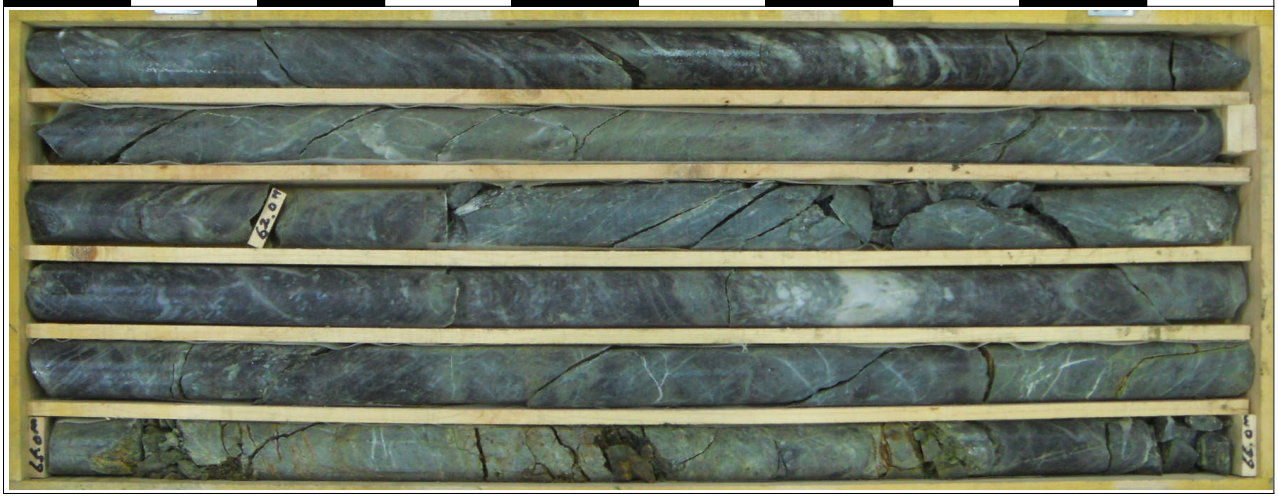
ATB-5 시료상자

공 번	ATB-5 (7/10)	심 도	54.2~59.9m	구 분	



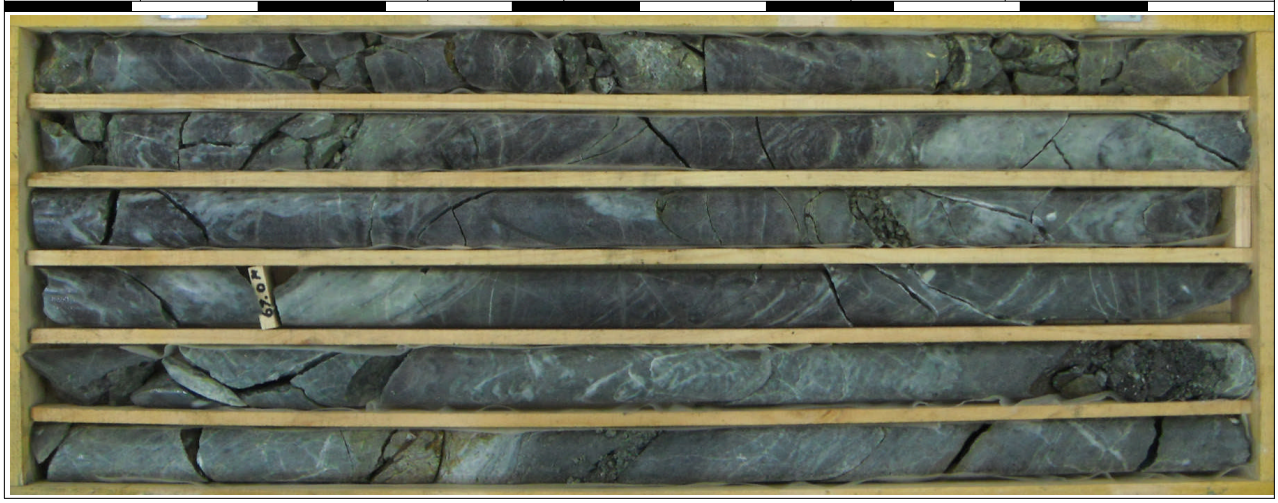
ATB-5 시료상자

공 번	ATB-5 (8/10)	심 도	59.9~66.0m	구 분	



ATB-5 시료상자

공 번	ATB-5 (9/10)	심 도	66.0~71.8m	구 분	



ATB-5 시료상자

공 번	ATB-5 (10/10)	심 도	71.8~73.0m	구 분	



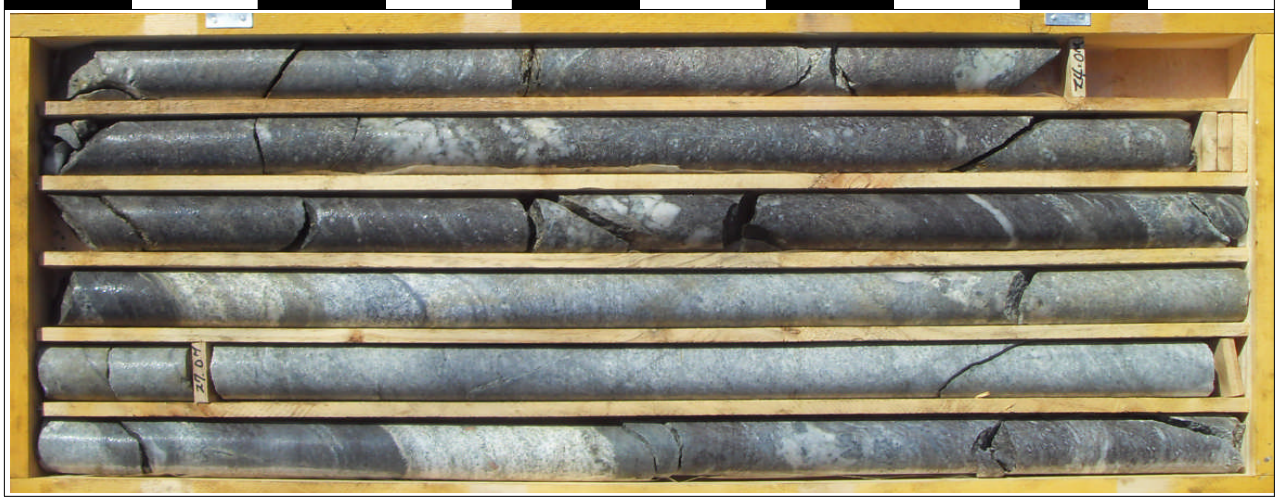
ATB-6 시료상자

공 번	ATB-6 (1/11)	심 도	0.0~23.1m	구 분	



ATB-6 시료상자

공 번	ATB-6 (2/11)	심 도	23.1~28.8m	구 분	



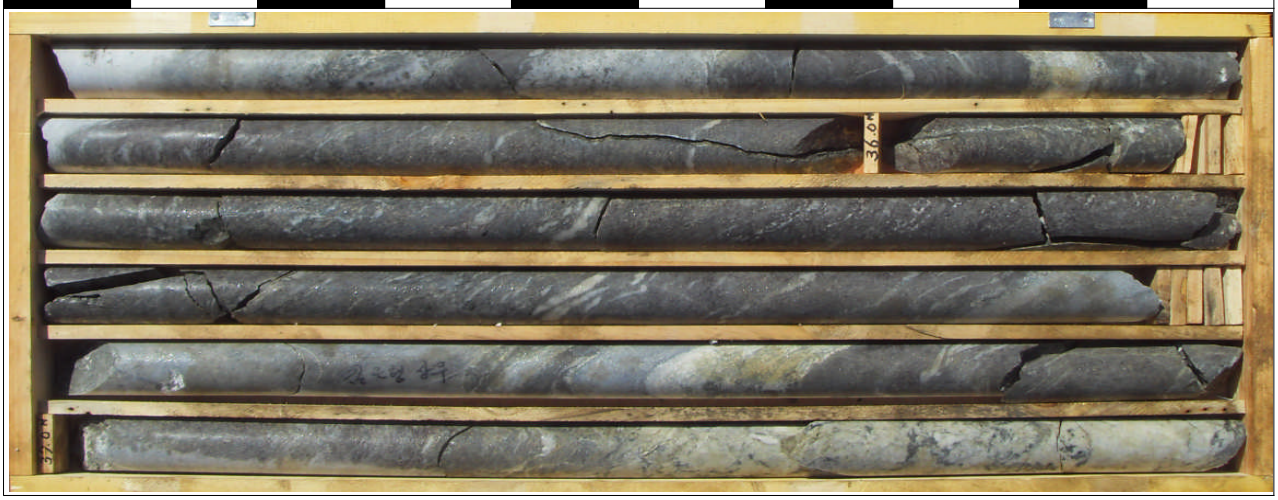
ATB-6 시료상자

공 번	ATB-6 (3/11)	심 도	28.8~34.4m	구 분	



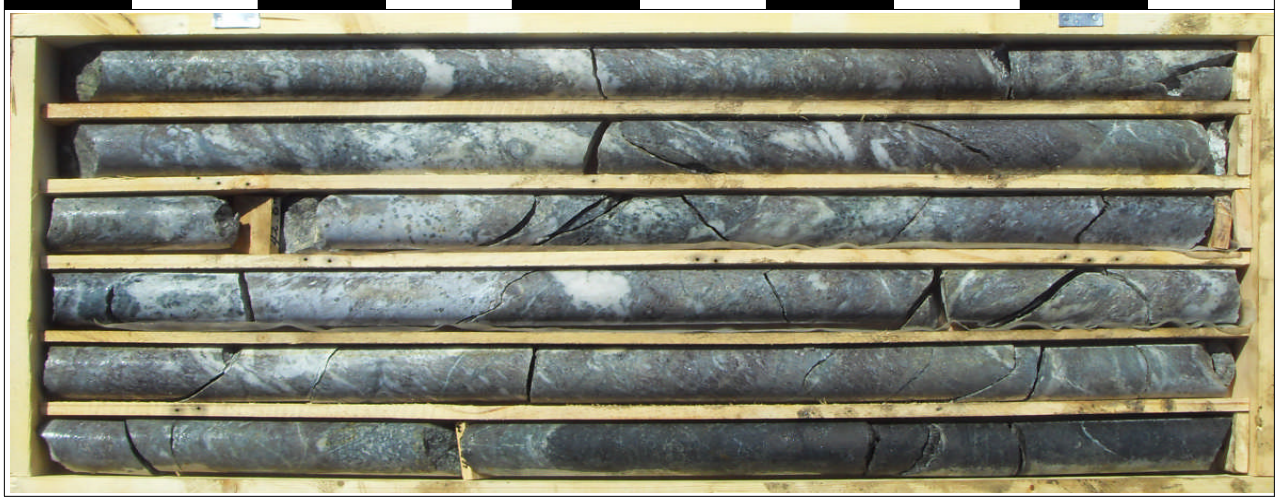
ATB-6 시료상자

공 번	ATB-6 (4/11)	심 도	34.4~40.0m	구 분	



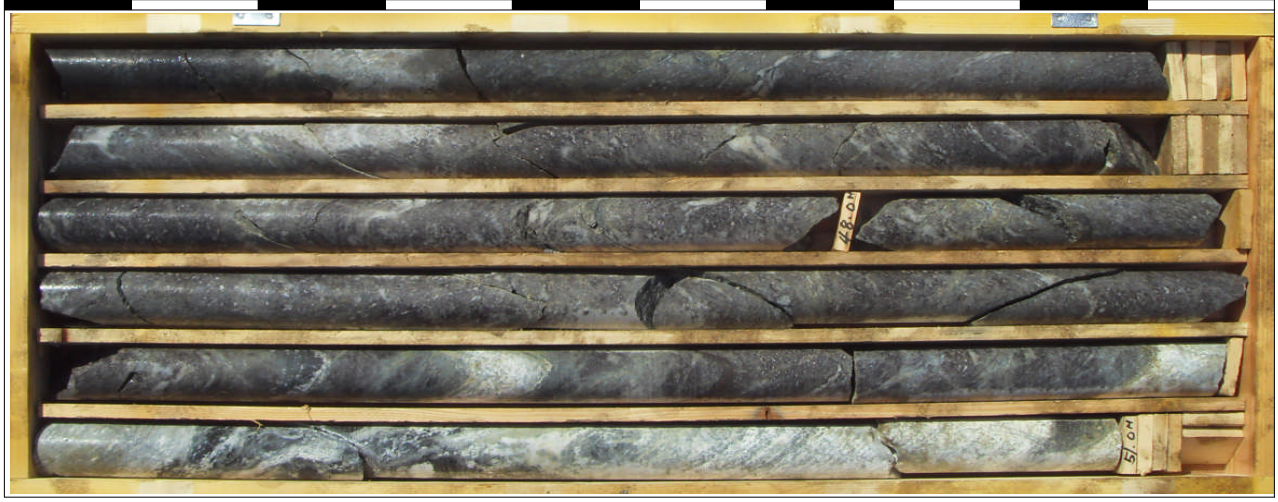
ATB-6 시료상자

공 번	ATB-6 (5/11)	심 도	40.0~45.7m	구 분	



ATB-6 시료상자

공 번	ATB-6 (6/11)	심 도	45.7~51.0m	구 분	



ATB-6 시료상자

공 번	ATB-6 (7/11)	심 도	51.0~56.9m	구 분	



ATB-6 시료상자

공 번	ATB-6 (8/11)	심 도	56.9~62.3m	구 분	



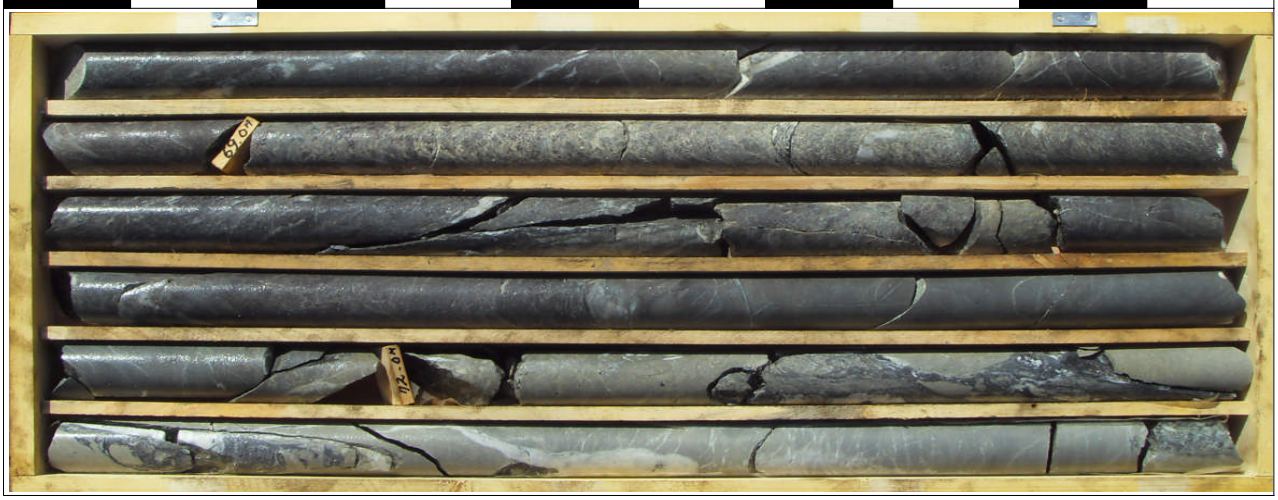
ATB-6 시료상자

공 번	ATB-6 (9/11)	심 도	62.3~67.9m	구 분	



ATB-6 시료상자

공 번	ATB-6 (10/11)	심 도	67.9~73.7m	구 분	



ATB-6 시료상자

공 번	ATB-6 (11/11)	심 도	73.7~78.0m	구 분	



ATB-7 시료상자

공 번	ATB-7 (1/11)	심 도	0.0~29.1m	구 분	



ATB-7 시료상자

공 번	ATB-7 (2/11)	심 도	29.1~34.9m	구 분	



ATB-7 시료상자

공 번	ATB-7 (3/11)	심 도	34.9~40.5m	구 분	



ATB-7 시료상자

공 번	ATB-7 (4/11)	심 도	40.5~46.0m	구 분	



ATB-7 시료상자

공 번	ATB-7 (5/11)	심 도	46.0~51.5m	구 분	



ATB-7 시료상자

공 번	ATB-7 (6/11)	심 도	51.5~57.1m	구 분	



ATB-7 시료상자

공 번	ATB-7 (7/11)	심 도	57.1~62.6m	구 분	



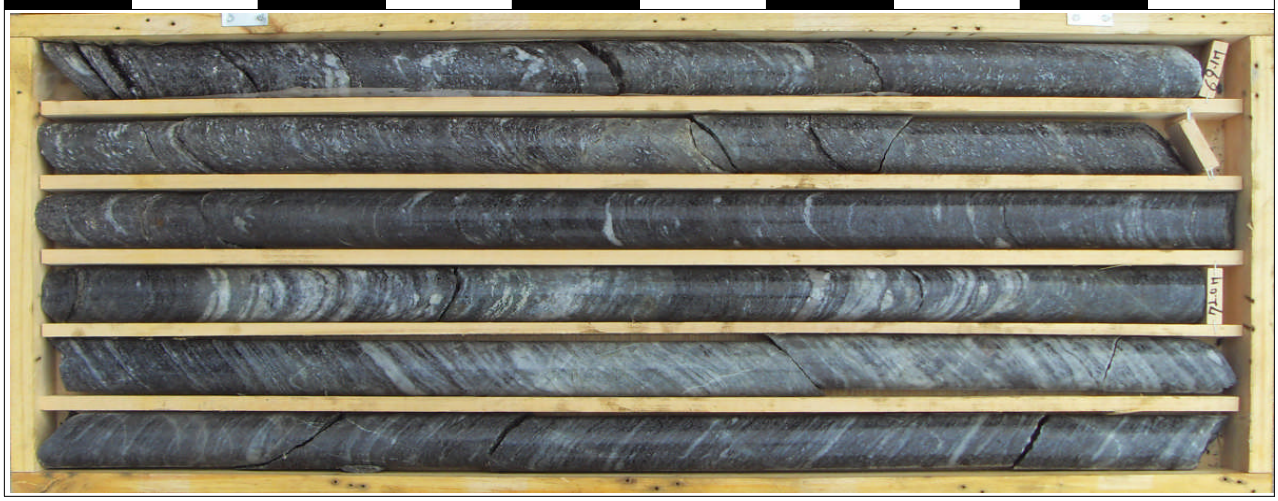
ATB-7 시료상자

공 번	ATB-7 (8/11)	심 도	62.6~68.1m	구 분	



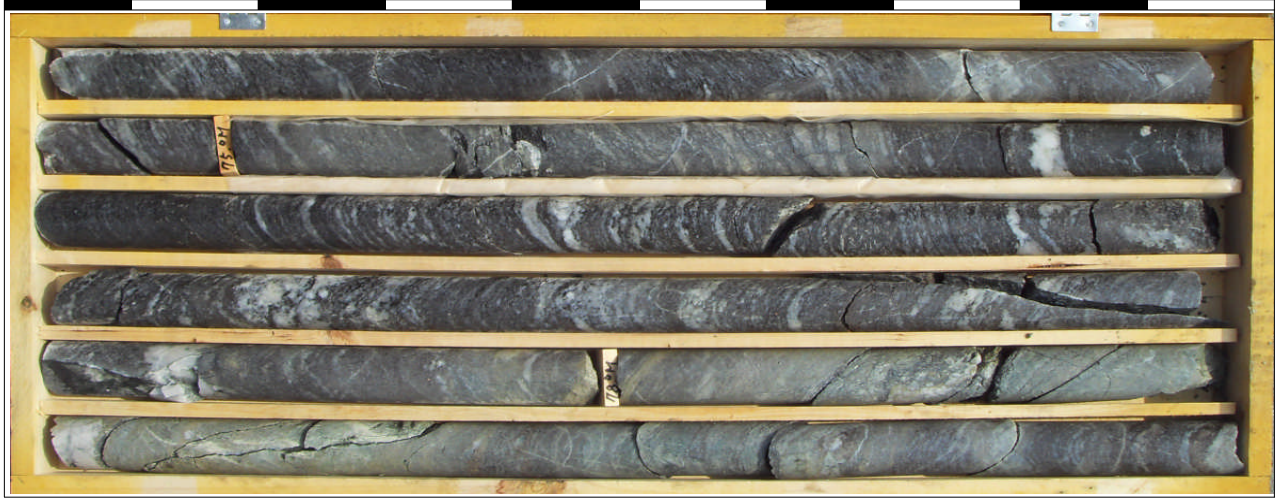
ATB-7 시료상자

공 번	ATB-7 (9/11)	심 도	68.1~73.9m	구 분	



ATB-7 시료상자

공 번	ATB-7 (10/11)	심 도	73.9~79.5m	구 분	



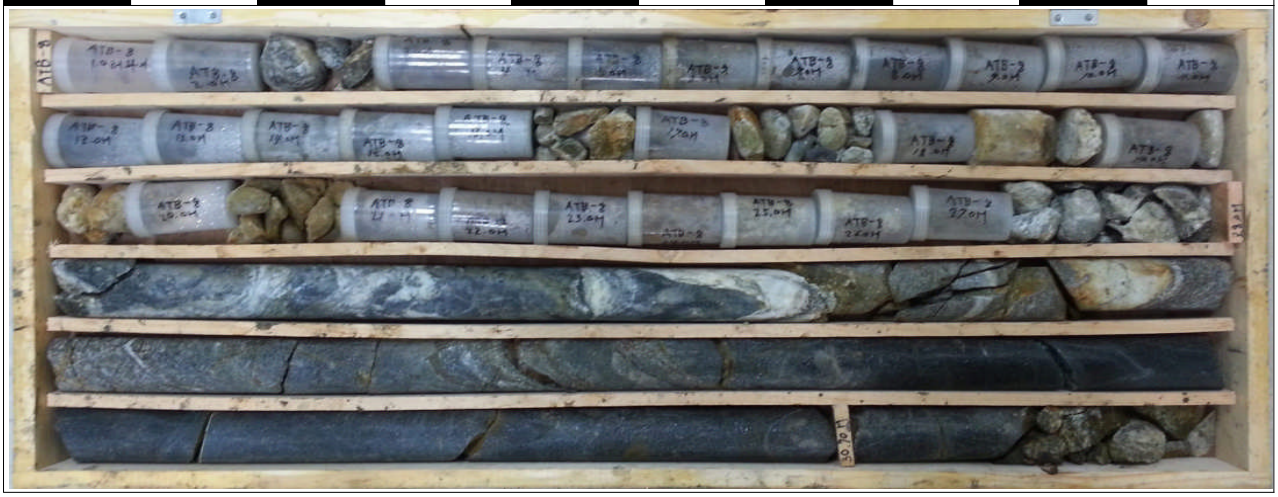
ATB-7 시료상자

공 번	ATB-7 (11/11)	심 도	79.5~80.2m	구 분	



ATB-8 시료상자

공 번	ATB-8 (1/10)	심 도	0.0~30.9m	구 분	



ATB-8 시료상자

공 번	ATB-8 (2/10)	심 도	30.9~36.7m	구 분	



ATB-8 시료상자

공 번	ATB-8 (3/10)	심 도	36.7~42.5m	구 분	



ATB-8 시료상자

공 번	ATB-8 (4/10)	심 도	42.5~48.0m	구 분	



ATB-8 시료상자

공 번	ATB-8 (5/10)	심 도	48.0~54.0m	구 분	



ATB-8 시료상자

공 번	ATB-8 (6/10)	심 도	54.0~59.4m	구 분	



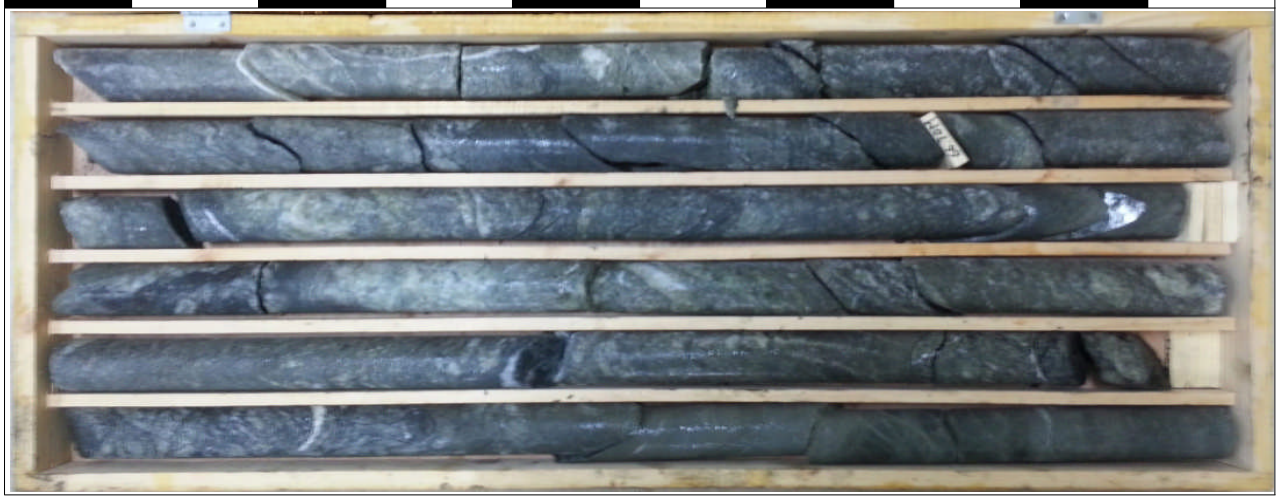
ATB-8 시료상자

공 번	ATB-8 (7/10)	심 도	59.7~65.0m	구 분	



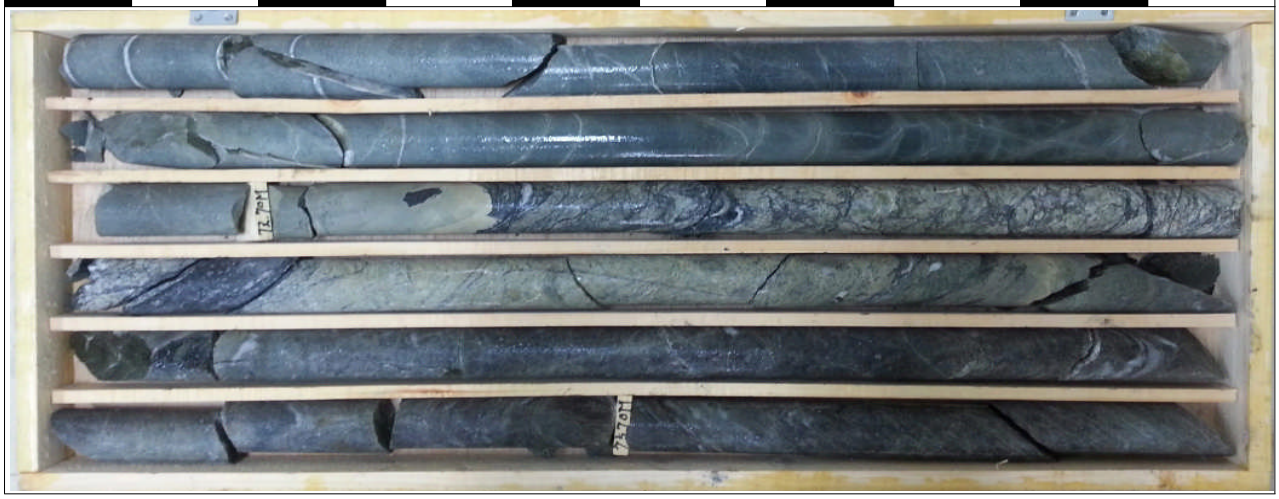
ATB-8 시료상자

공 번	ATB-8 (8/10)	심 도	65.0~70.6m	구 분	



ATB-8 시료상자

공 번	ATB-8 (9/10)	심 도	70.6~76.2m	구 분	



ATB-8 시료상자

공 번	ATB-8 (10/10)	심 도	76.2~81.2m	구 분	



ATB-9 시료상자

공 번	ATB-9 (1/12)	심 도	0.0~24.6m	구 분	



ATB-9 시료상자

공 번	ATB-9 (2/12)	심 도	24.6~30.4m	구 분	



ATB-9 시료상자

공 번	ATB-9 (3/12)	심 도	30.4~36.0m	구 분	



ATB-9 시료상자

공 번	ATB-9 (4/12)	심 도	36.0~41.7m	구 분	



ATB-9 시료상자

공 번	ATB-9 (5/12)	심 도	41.7~47.4m	구 분	



ATB-9 시료상자

공 번	ATB-9 (6/12)	심 도	47.4~52.4m	구 분	



ATB-9 시료상자

공 번	ATB-9 (7/12)	심 도	52.4~57.9m	구 분	



ATB-9 시료상자

공 번	ATB-9 (8/12)	심 도	57.9~64.4m	구 분	



ATB-9 시료상자

공 번	ATB-9 (9/12)	심 도	64.4~70.0m	구 분	



ATB-9 시료상자

공 번	ATB-9 (10/12)	심 도	70.0~75.7m	구 분	



ATB-9 시료상자

공 번	ATB-9 (11/12)	심 도	75.7~81.4m	구 분	



ATB-9 시료상자

공 번	ATB-9 (12/12)	심 도	81.4~83.2m	구 분	



ATB-10 시료상자

공 번	ATB-10 (1/10)	심 도	0.0~33.7m	구 분	



ATB-10 시료상자

공 번	ATB-10 (2/10)	심 도	33.7~39.7m	구 분	



ATB-10 시료상자

공 번	ATB-10 (3/10)	심 도	39.7~45.5m	구 분	



ATB-10 시료상자

공 번	ATB-10 (4/10)	심 도	45.5~51.2m	구 분	



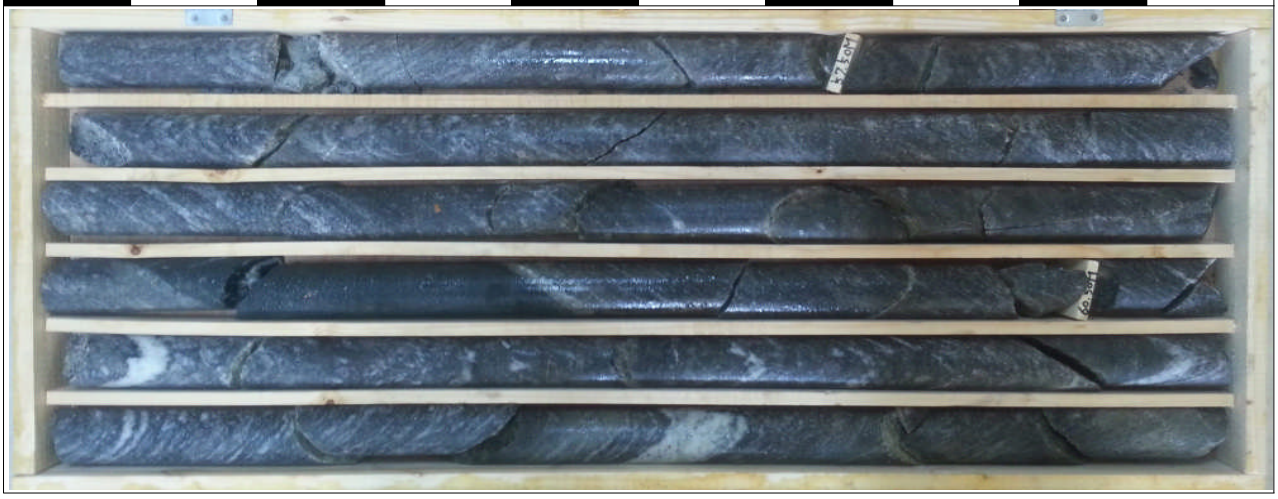
ATB-10 시료상자

공 번	ATB-10 (5/10)	심 도	51.2~56.8m	구 분	



ATB-10 시료상자

공 번	ATB-10 (6/10)	심 도	56.8~62.5m	구 분	



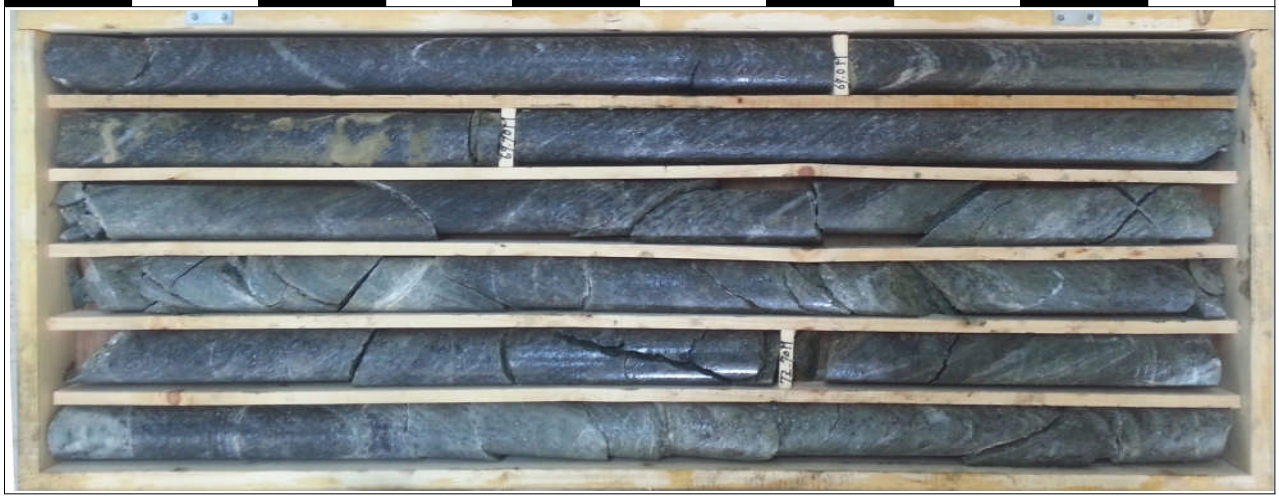
ATB-10 시료상자

공 번	ATB-10 (7/10)	심 도	62.5~68.3m	구 분	



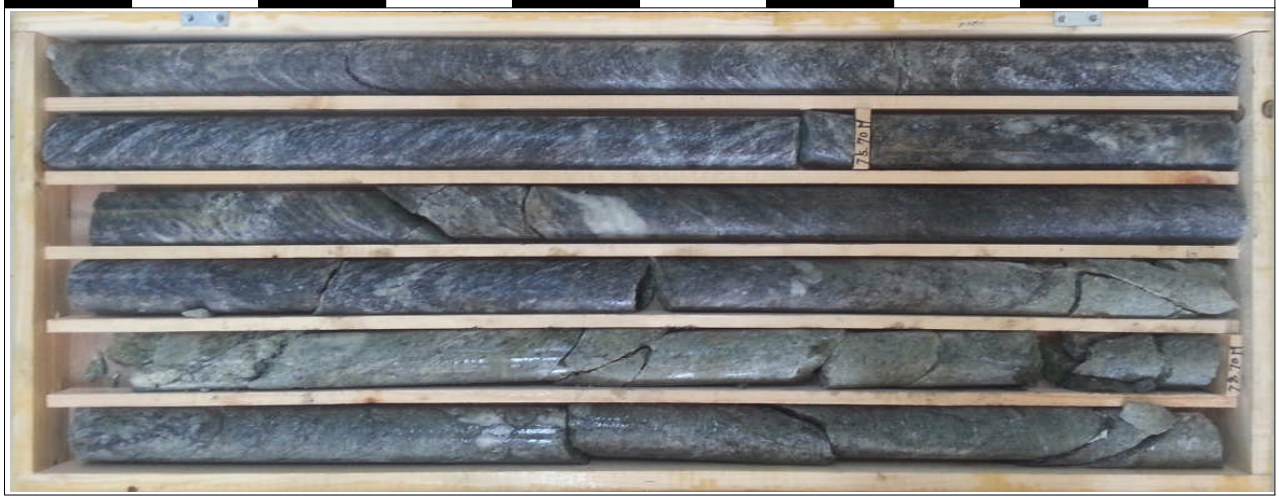
ATB-10 시료상자

공 번	ATB-10 (8/10)	심 도	68.3~74.1m	구 분	



ATB-10 시료상자

공 번	ATB-10 (9/10)	심 도	74.1~79.7m	구 분	



ATB-10 시료상자

공 번	ATB-10 (10/10)	심 도	79.7~82.2m	구 분	



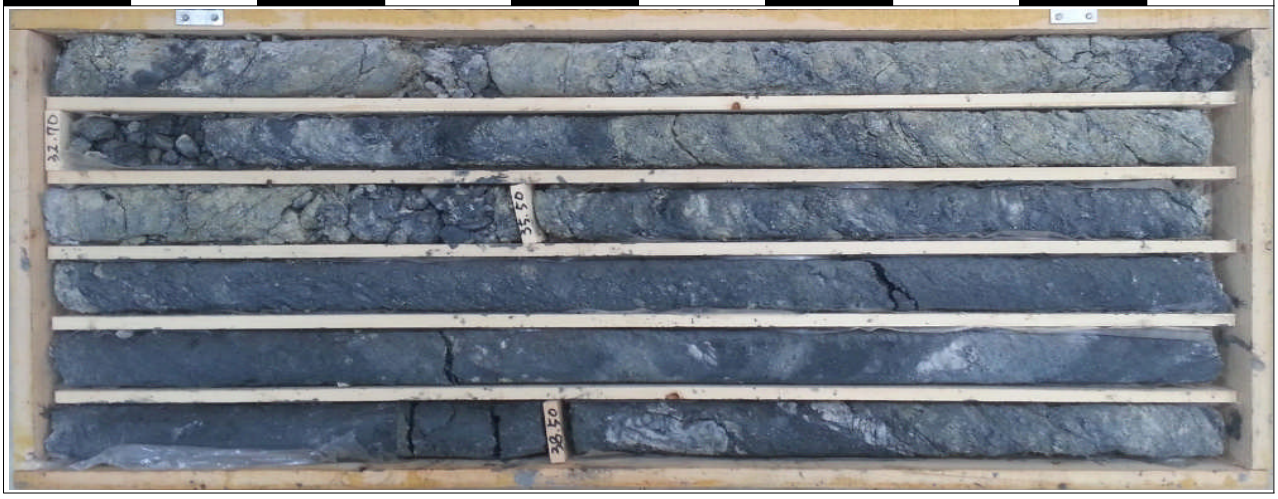
ATB-11 시료상자

공 번	ATB-11 (1/8)	심 도	0.0~30.6m	구 분	



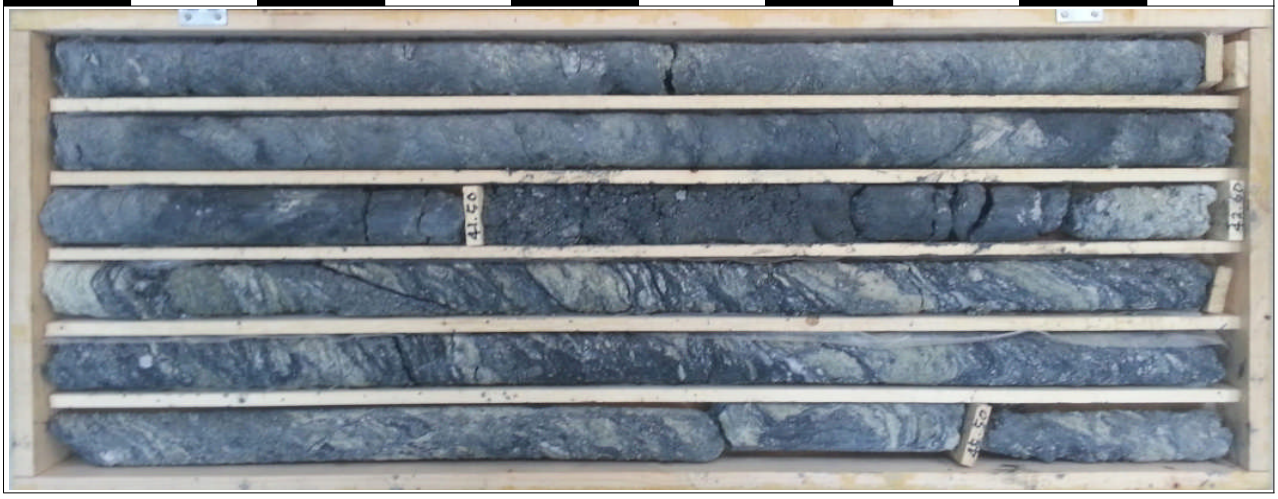
ATB-11 시료상자

공 번	ATB-11 (2/8)	심 도	30.6~39.1m	구 분	



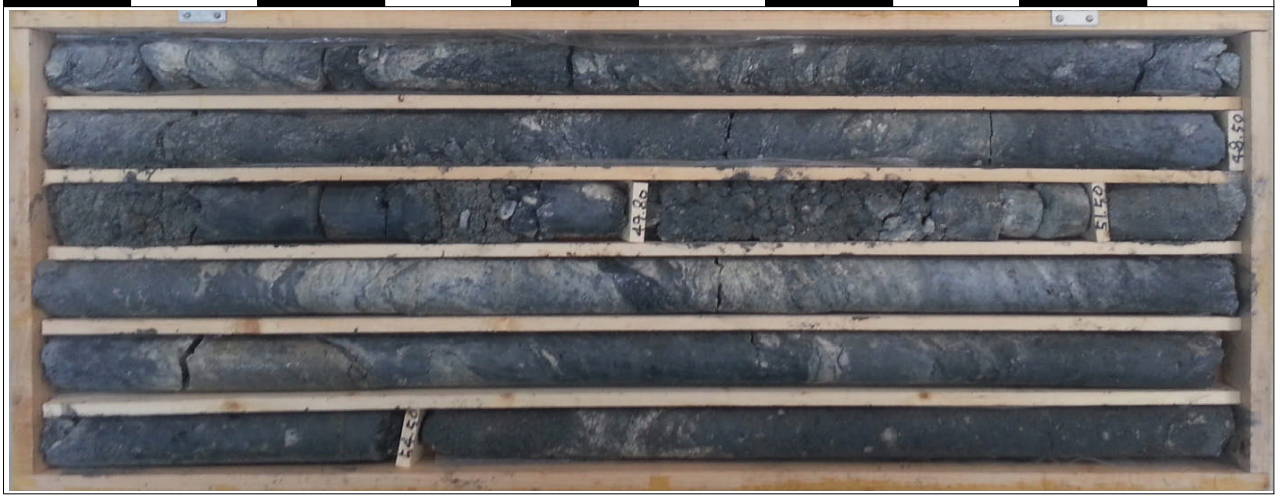
ATB-11 시료상자

공 번	ATB-11 (3/8)	심 도	39.1~45.7m	구 분	



ATB-11 시료상자

공 번	ATB-11 (4/8)	심 도	45.7~55.2m	구 분	



ATB-11 시료상자

공 번	ATB-11 (5/8)	심 도	55.2~60.9m	구 분	



ATB-11 시료상자

공 번	ATB-11 (6/8)	심 도	60.9~69.0m	구 분	



ATB-11 시료상자

공 번	ATB-11 (7/8)	심 도	69.0~74.9m	구 분	



ATB-11 시료상자

공 번	ATB-11 (8/8)	심 도	74.9~81.0m	구 분	



ATB-12 시료상자

공 번	ATB-12 (1/10)	심 도	0.0~28.6m	구 분	



ATB-12 시료상자

공 번	ATB-12 (2/10)	심 도	28.6~34.9m	구 분	



ATB-12 시료상자

공 번	ATB-12 (3/10)	심 도	34.9~40.7m	구 분	



ATB-12 시료상자

공 번	ATB-12 (4/10)	심 도	40.7~46.9m	구 분	



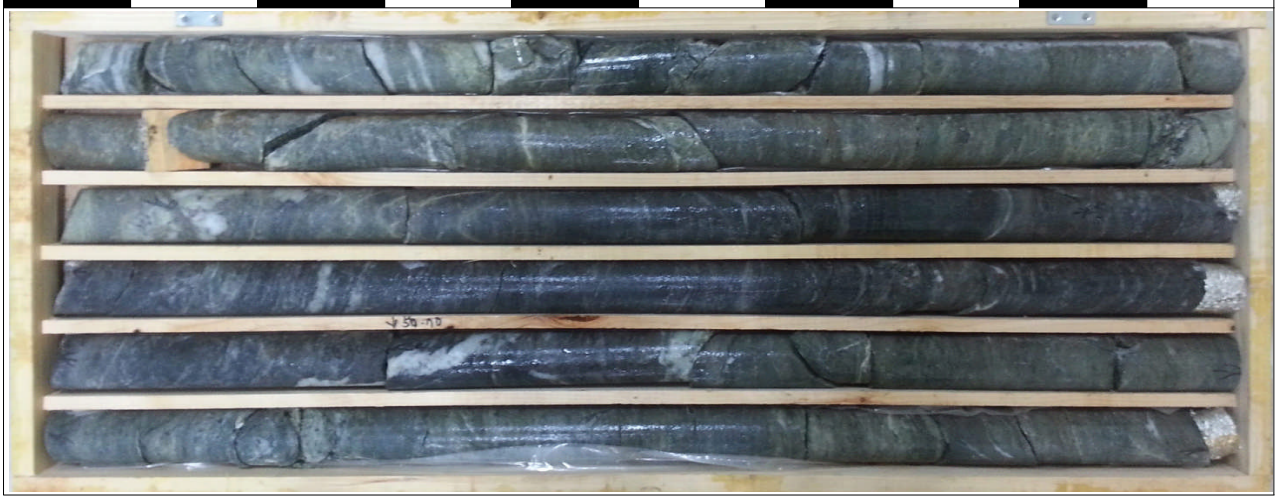
ATB-12 시료상자

공 번	ATB-12 (5/10)	심 도	46.9~52.7m	구 분	



ATB-12 시료상자

공 번	ATB-12 (6/10)	심 도	52.7~58.5m	구 분	



ATB-12 시료상자

공 번	ATB-12 (7/10)	심 도	58.5~64.2m	구 분	



ATB-12 시료상자

공 번	ATB-12 (8/10)	심 도	64.2~70.1m	구 분	



ATB-12 시료상자

공 번	ATB-12 (9/10)	심 도	70.1~76.5m	구 분	



ATB-12 시료상자

공 번	ATB-12 (10/10)	심 도	76.5~77.5m	구 분	



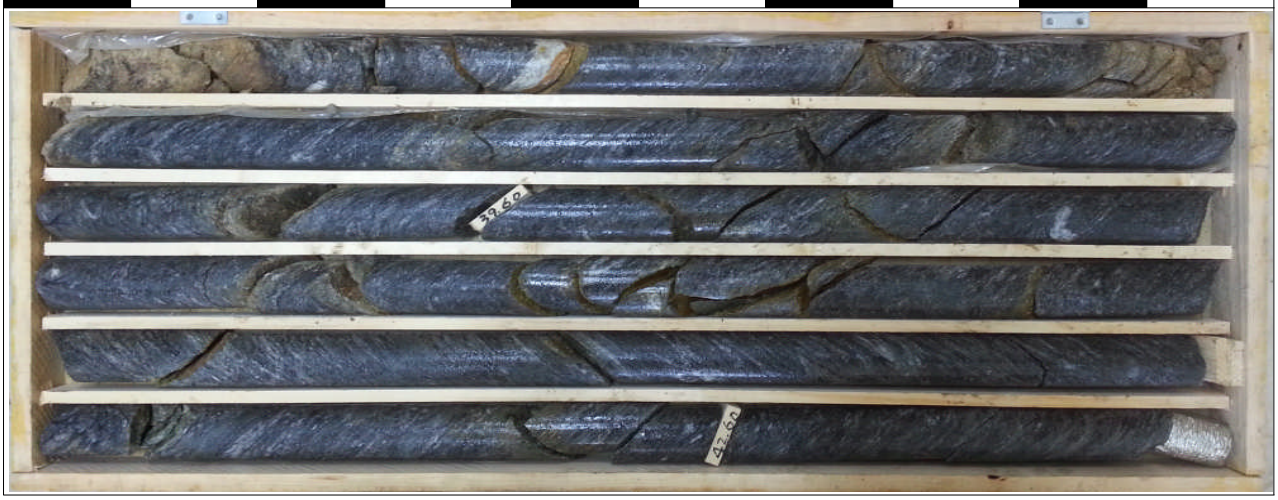
ATB-13 시료상자

공 번	ATB-13 (1/8)	심 도	0.0~36.9m	구 분	



ATB-13 시료상자

공 번	ATB-13 (2/8)	심 도	36.9~43.0m	구 분	



ATB-13 시료상자

공 번	ATB-13 (3/8)	심 도	43.0~48.6m	구 분	



ATB-13 시료상자

공 번	ATB-13 (4/8)	심 도	48.6~55.2m	구 분	



ATB-13 시료상자

공 번	ATB-13 (5/8)	심 도	55.2~61.2m	구 분	



ATB-13 시료상자

공 번	ATB-13 (6/8)	심 도	61.2~67.0m	구 분	



ATB-13 시료상자

공 번	ATB-13 (7/8)	심 도	67.0~72.6m	구 분	



ATB-13 시료상자

공 번	ATB-13 (8/8)	심 도	72.6~73.0m	구 분	



ATB-14 시료상자

공 번	ATB-14 (1/7)	심 도	0.0~35.4m	구 분	



ATB-14 시료상자

공 번	ATB-14 (2/7)	심 도	35.4~41.3m	구 분	



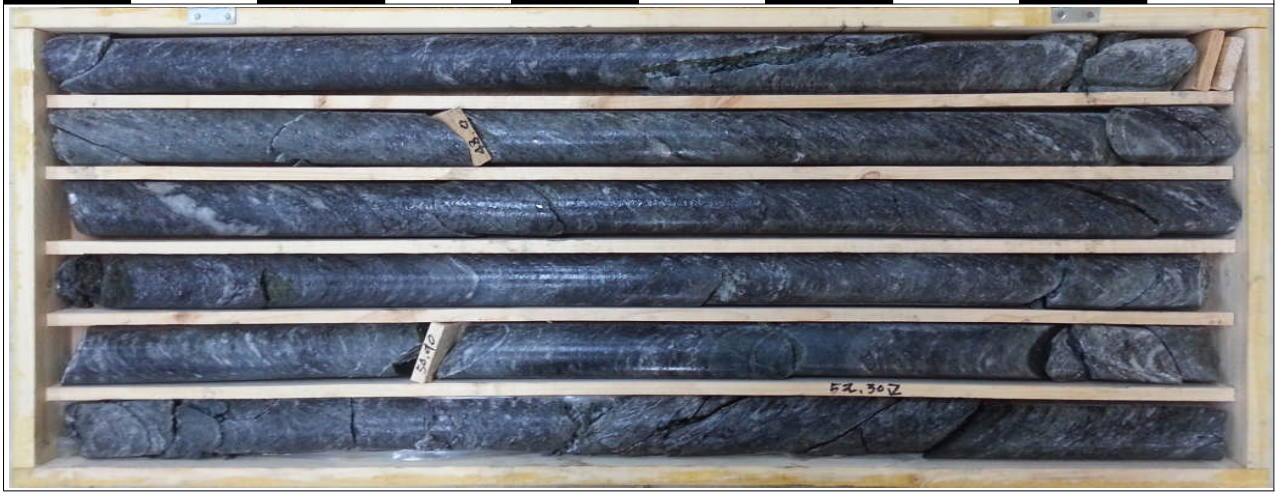
ATB-14 시료상자

공 번	ATB-14 (3/7)	심 도	41.3~47.0m	구 분	



ATB-14 시료상자

공 번	ATB-14 (4/7)	심 도	47.0~52.5m	구 분	



ATB-14 시료상자

공 번	ATB-14 (5/7)	심 도	52.5~58.6m	구 분	



ATB-14 시료상자

공 번	ATB-14 (6/7)	심 도	58.6~64.9m	구 분	



ATB-14 시료상자

공 번	ATB-14 (7/7)	심 도	64.9~68.3m	구 분	



ATB-15 시료상자

공 번	ATB-15 (1/7)	심 도	0.0~30.4m	구 분	



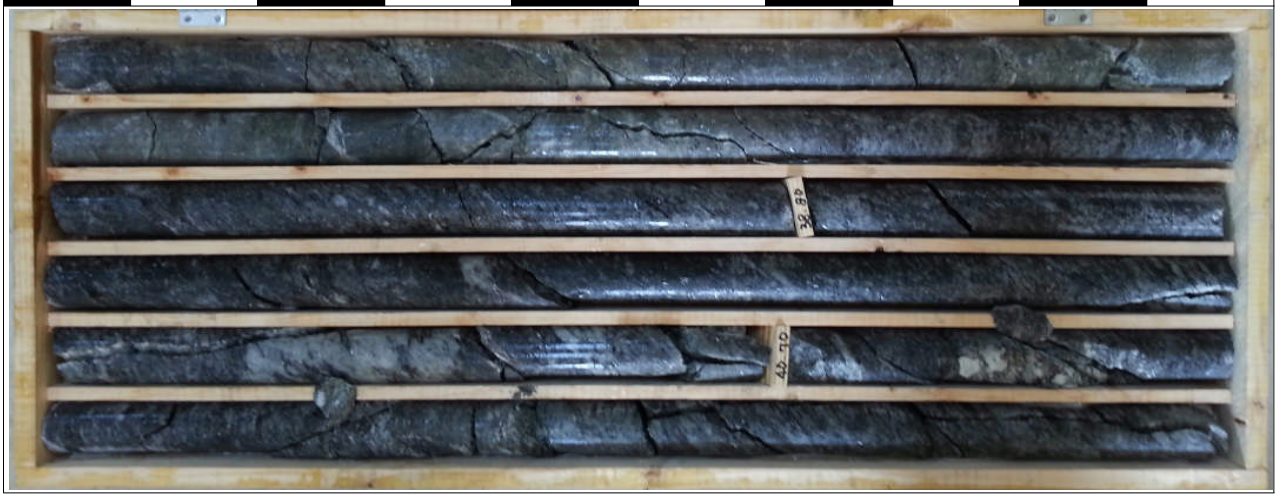
ATB-15 시료상자

공 번	ATB-15 (2/7)	심 도	30.4~36.2m	구 분	



ATB-15 시료상자

공 번	ATB-15 (3/7)	심 도	36.2~42.1m	구 분	



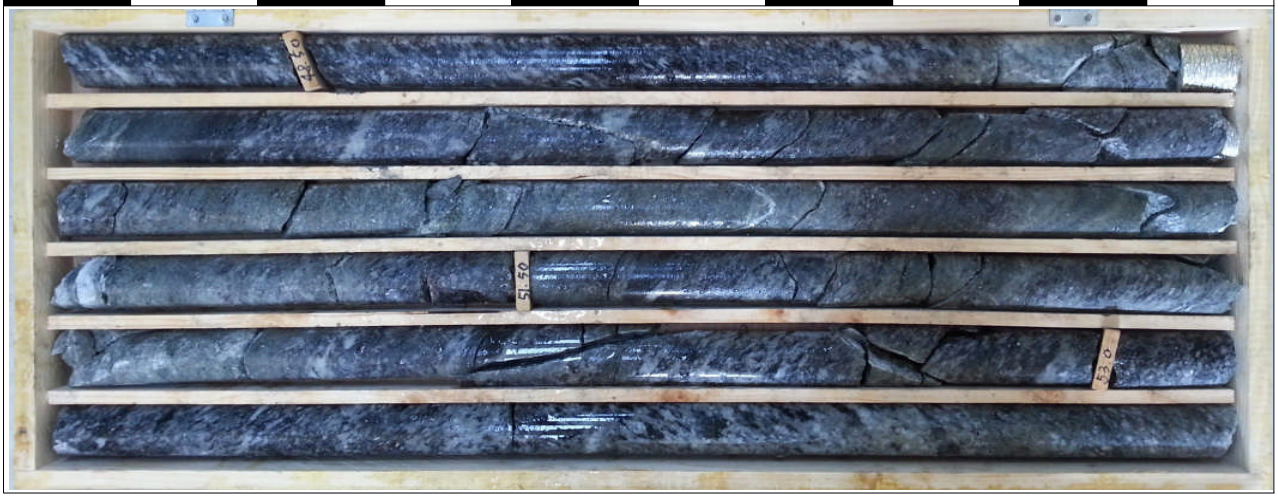
ATB-15 시료상자

공 번	ATB-15 (4/7)	심 도	42.1~48.4m	구 분	



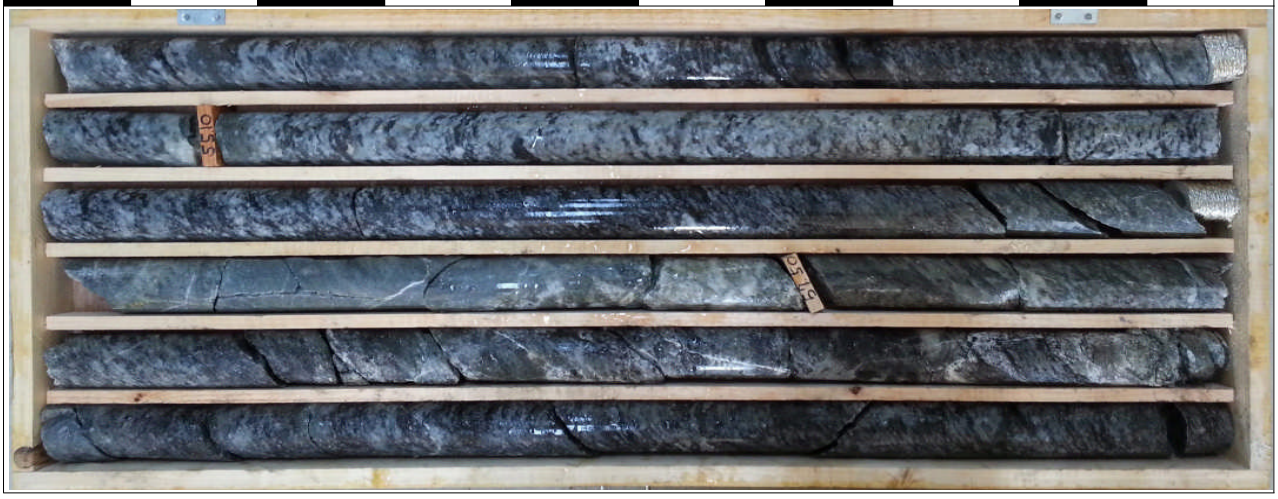
ATB-15 시료상자

공 번	ATB-15 (5/7)	심 도	48.4~54.1m	구 분	



ATB-15 시료상자

공 번	ATB-15 (6/7)	심 도	54.1~59.8m	구 분	



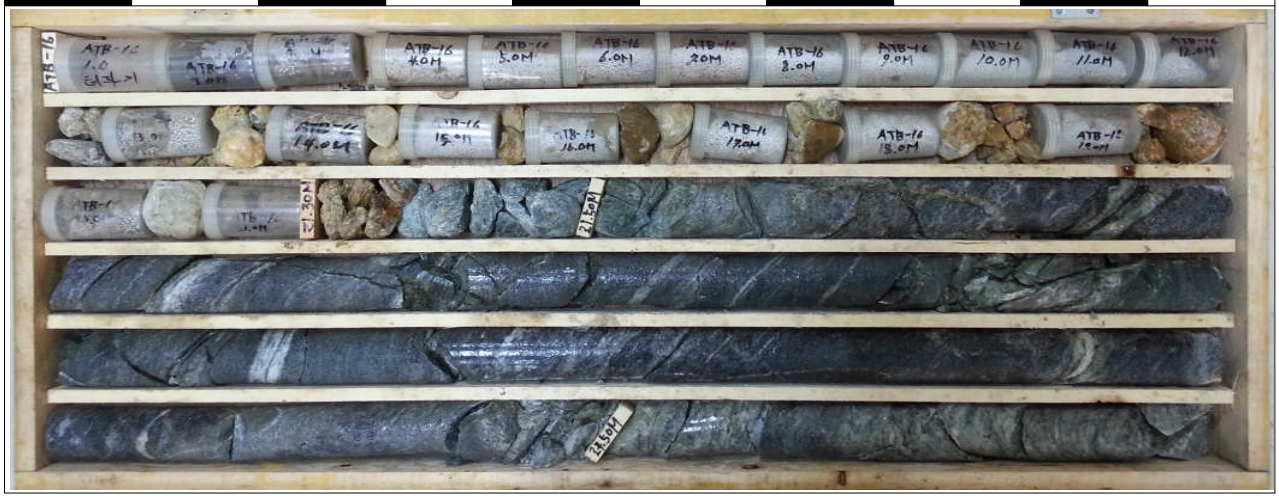
ATB-15 시료상자

공 번	ATB-15 (7/7)	심 도	59.8~62.5m	구 분	



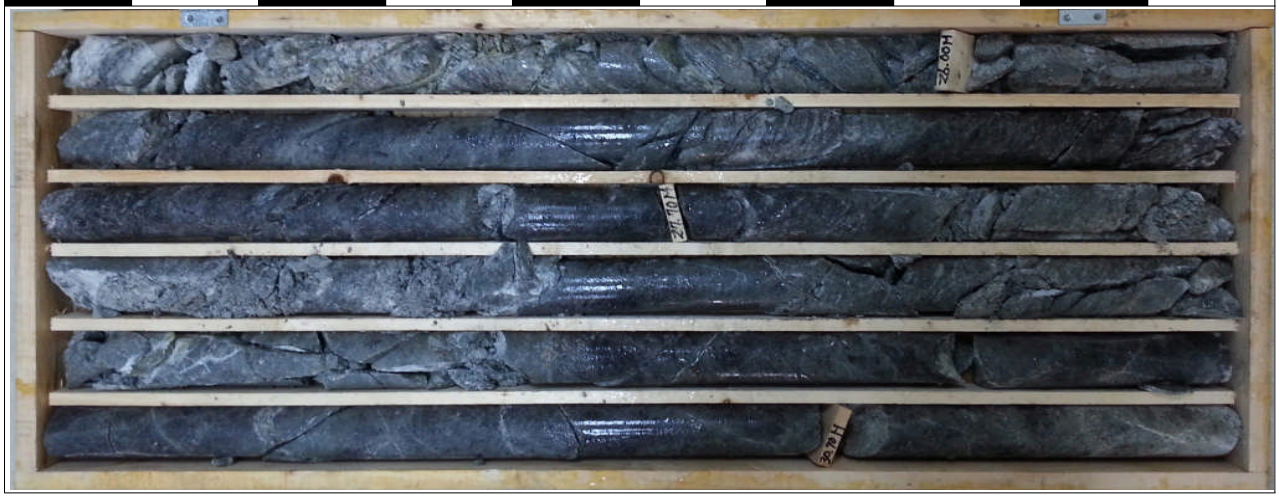
ATB-16 시료상자

공 번	ATB-16 (1/7)	심 도	0.0~24.9m	구 분	



ATB-16 시료상자

공 번	ATB-16 (2/7)	심 도	24.9~31.0m	구 분	



ATB-16 시료상자

공 번	ATB-16 (3/7)	심 도	31.0~36.9m	구 분	



ATB-16 시료상자

공 번	ATB-16 (4/7)	심 도	36.9~42.5m	구 분	



ATB-16 시료상자

공 번	ATB-16 (5/7)	심 도	42.5~48.2m	구 분	



ATB-16 시료상자

공 번	ATB-16 (6/7)	심 도	48.2~53.8m	구 분	



ATB-16 시료상자

공 번	ATB-16 (7/7)	심 도	53.8~58.2m	구 분	



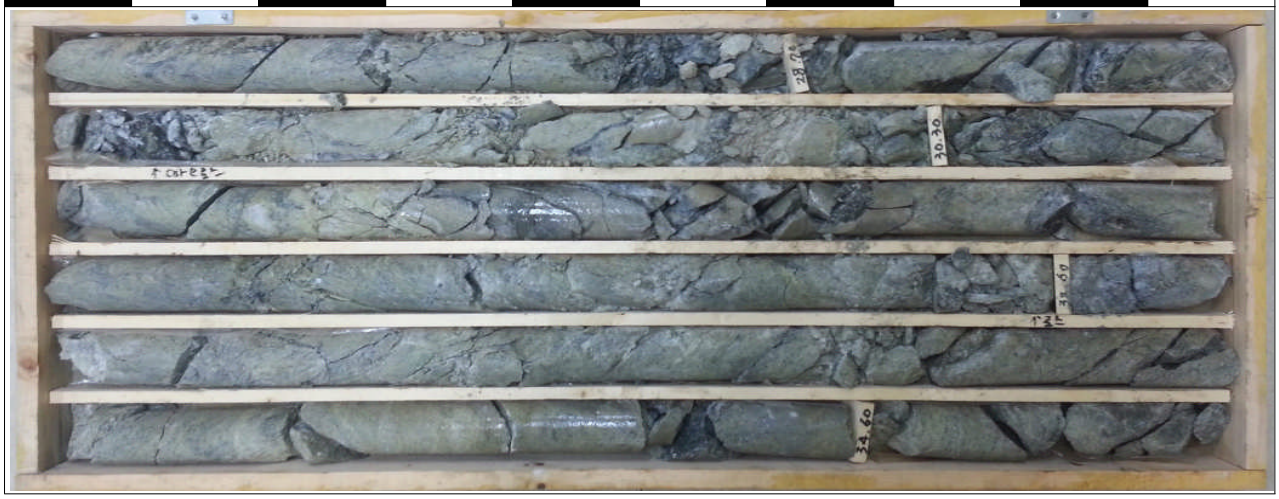
ATB-17 시료상자

공 번	ATB-17 (1/6)	심 도	0.0~28.0m	구 분	



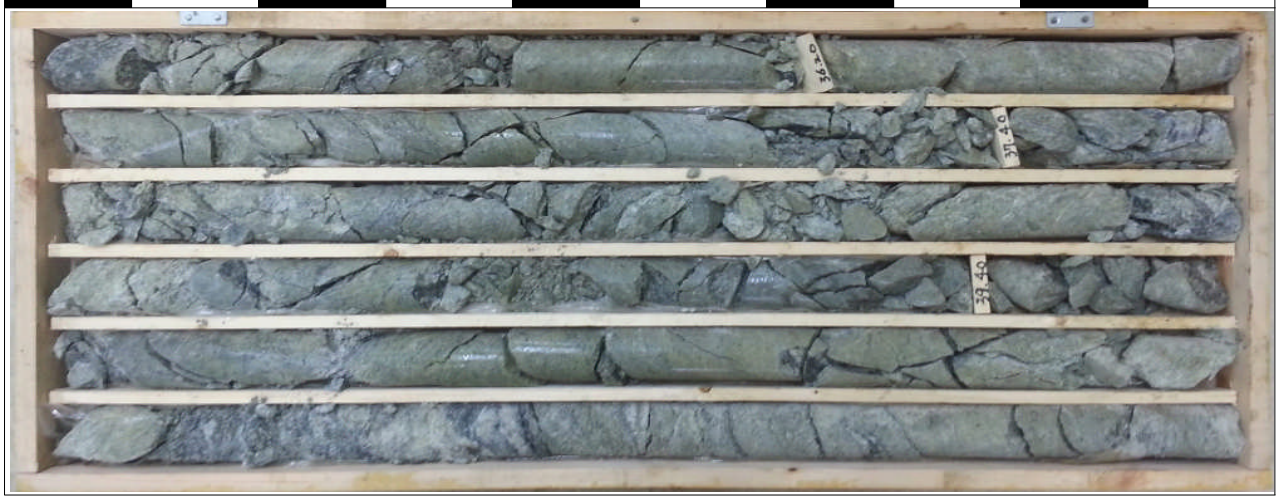
ATB-17 시료상자

공 번	ATB-17 (2/6)	심 도	28.0~34.9m	구 분	



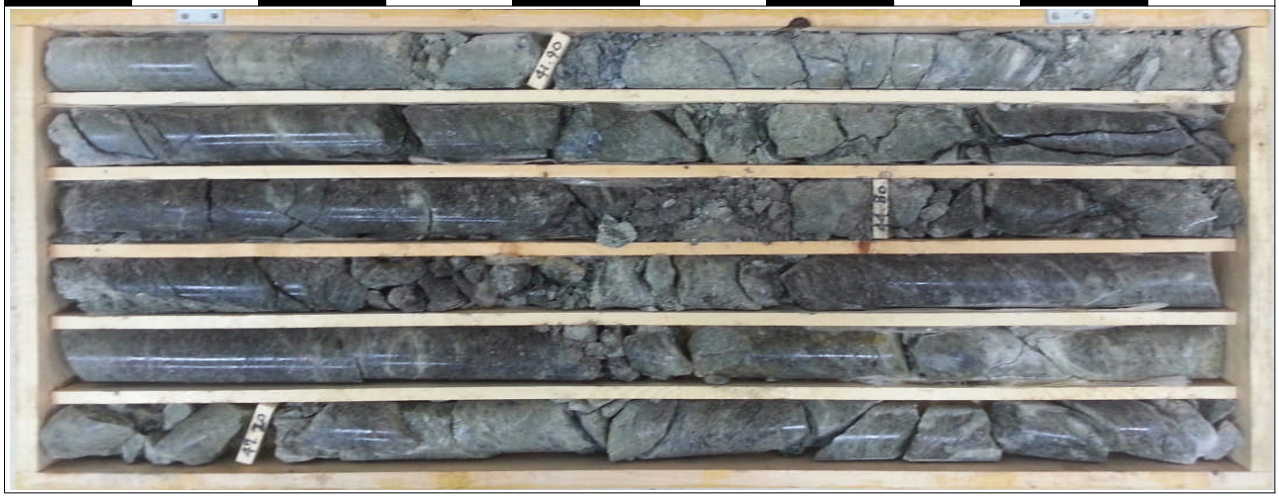
ATB-17 시료상자

공 번	ATB-17 (3/6)	심 도	34.9~41.6m	구 분	



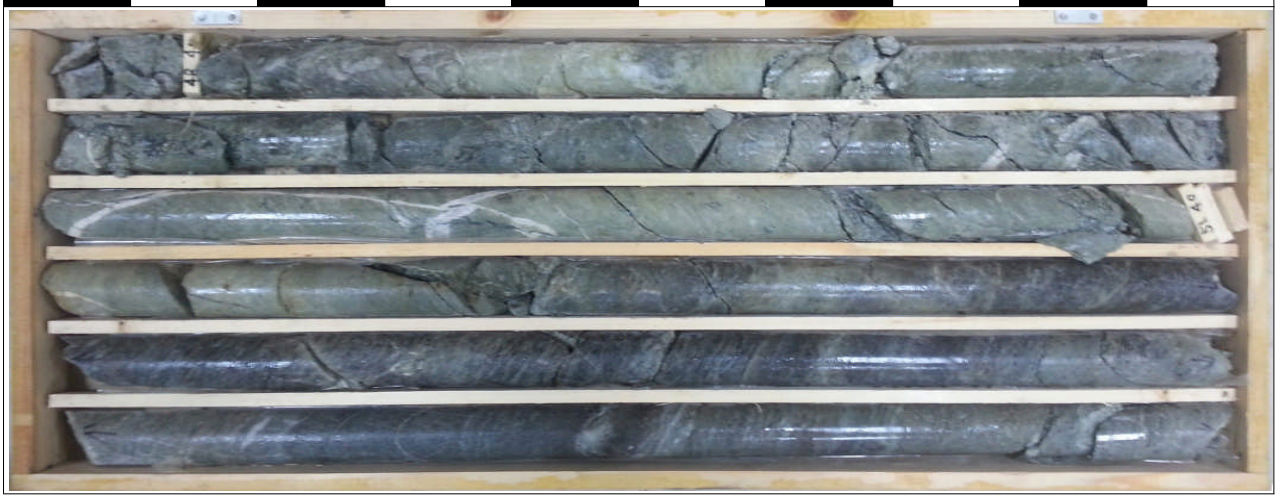
ATB-17 시료상자

공 번	ATB-17 (4/6)	심 도	41.6~48.3m	구 분	



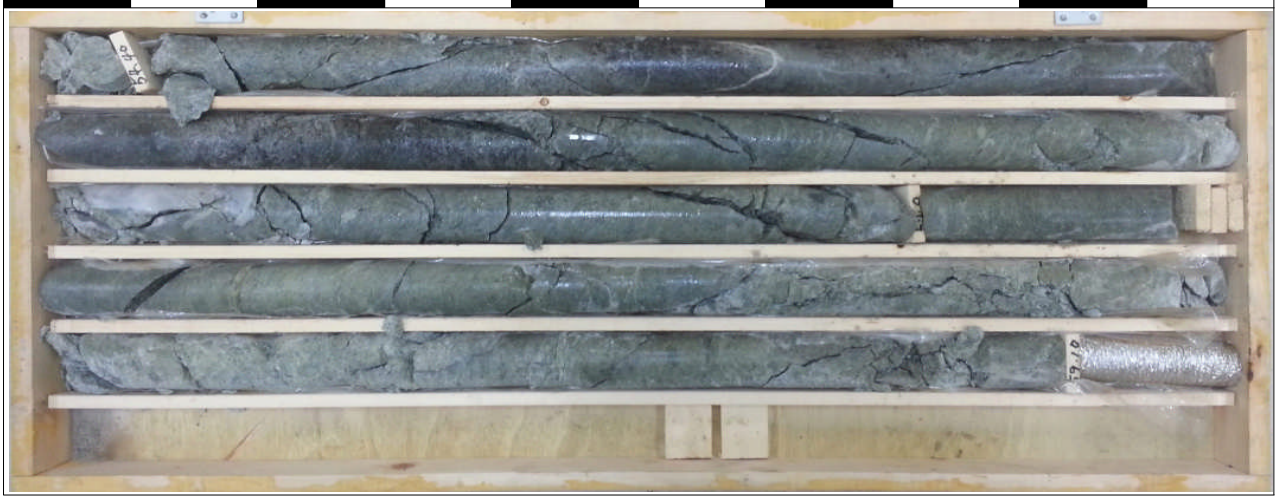
ATB-17 시료상자

공 번	ATB-17 (5/6)	심 도	48.3~54.4m	구 분	



ATB-17 시료상자

공 번	ATB-17 (6/6)	심 도	54.4~59.1m	구 분	



ATB-18 시료상자

공 번	ATB-18 (1/6)	심 도	0.0~30.2m	구 분	



ATB-18 시료상자

공 번	ATB-18 (2/6)	심 도	31.2~37.2m	구 분	



ATB-18 시료상자

공 번	ATB-18 (3/6)	심 도	37.2~42.8m	구 분	



ATB-18 시료상자

공 번	ATB-18 (4/6)	심 도	42.8~48.8m	구 분	



ATB-18 시료상자

공 번	ATB-18 (5/6)	심 도	48.8~55.6m	구 분	



ATB-18 시료상자

공 번	ATB-18 (6/6)	심 도	55.6~58.2m	구 분	



ATB-19 시료상자

공 번	ATB-19 (1/5)	심 도	0.0~34.9m	구 분	



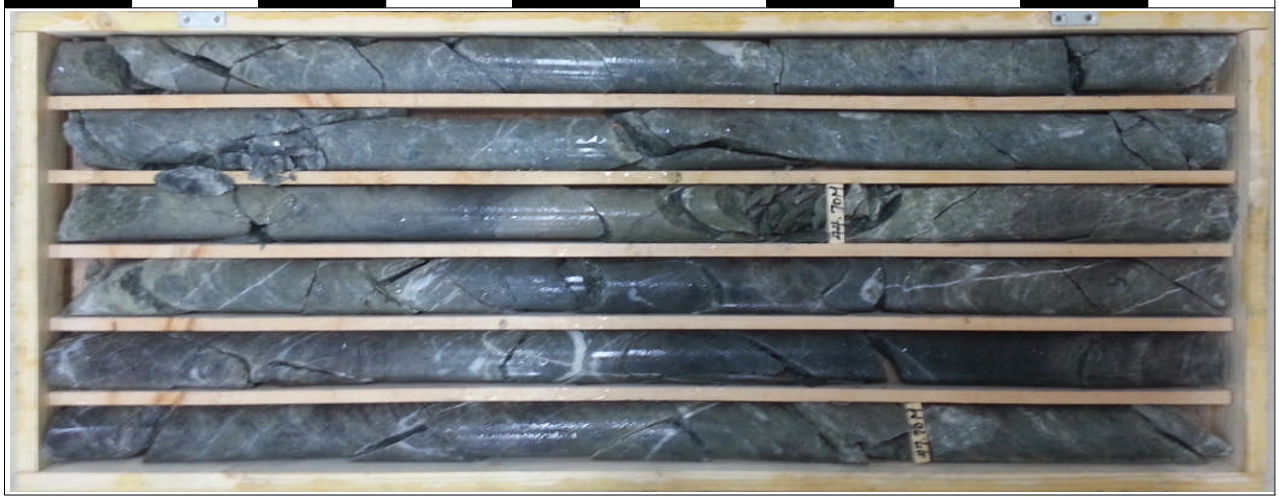
ATB-19 시료상자

공 번	ATB-19 (2/5)	심 도	34.9~42.1m	구 분	



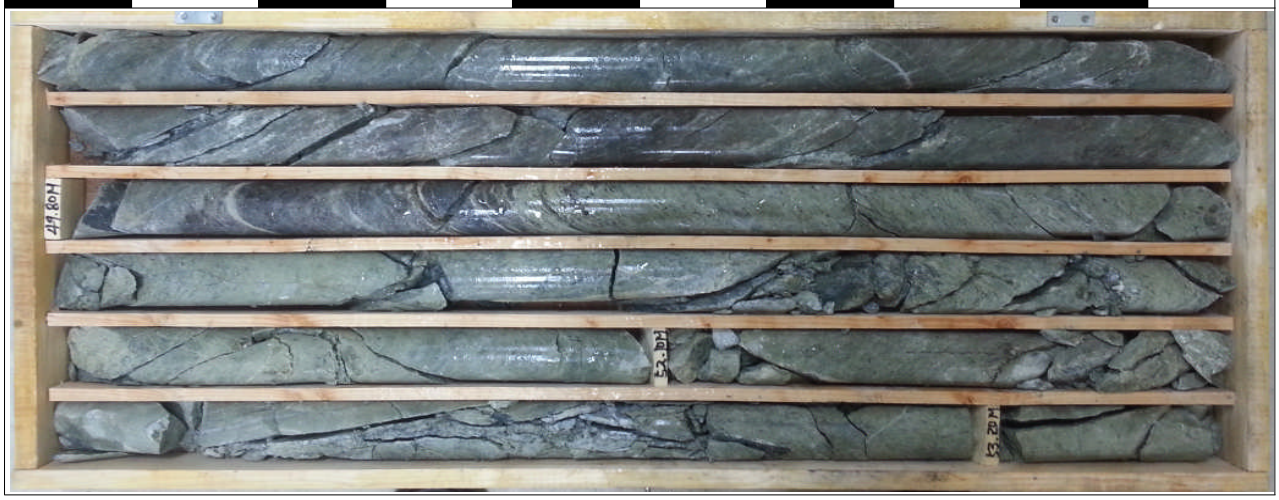
ATB-19 시료상자

공 번	ATB-19 (3/5)	심 도	42.1~47.9m	구 분	



ATB-19 시료상자

공 번	ATB-19 (4/5)	심 도	47.9~53.3m	구 분	



ATB-19 시료상자

공 번	ATB-19 (5/5)	심 도	53.3~59.2m	구 분	



ATB-20 시료상자

공 번	ATB-20 (1/5)	심 도	0.0~34.4m	구 분	



ATB-20 시료상자

공 번	ATB-20 (2/5)	심 도	34.4~40.7m	구 분	



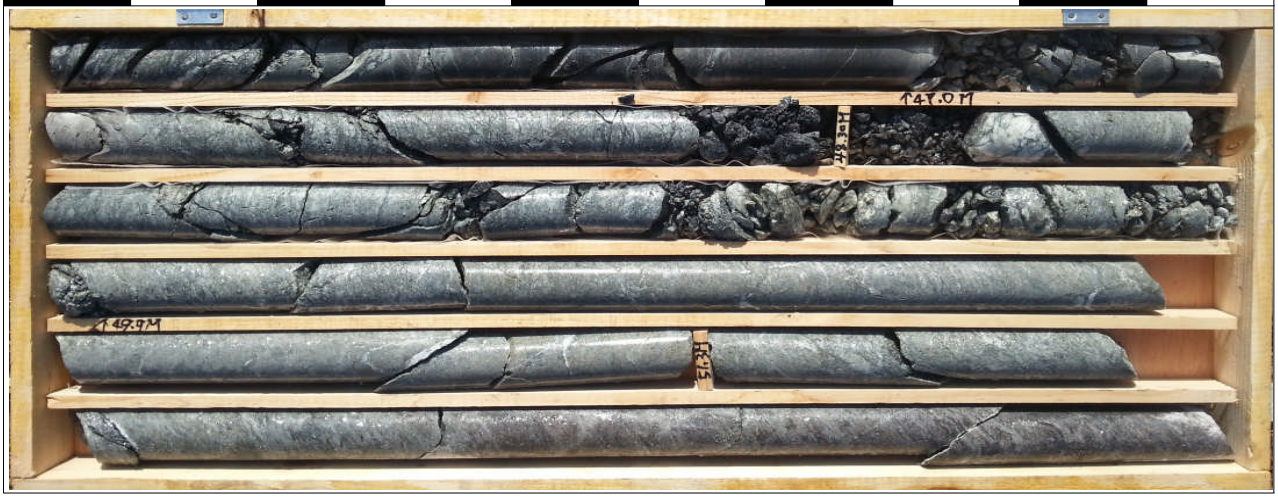
ATB-20 시료상자

공 번	ATB-20 (3/5)	심 도	40.7~46.4m	구 분	



ATB-20 시료상자

공 번	ATB-20 (4/5)	심 도	46.4~52.6m	구 분	



ATB-20 시료상자

공 번	ATB-20 (5/5)	심 도	52.6~57.3m	구 분	



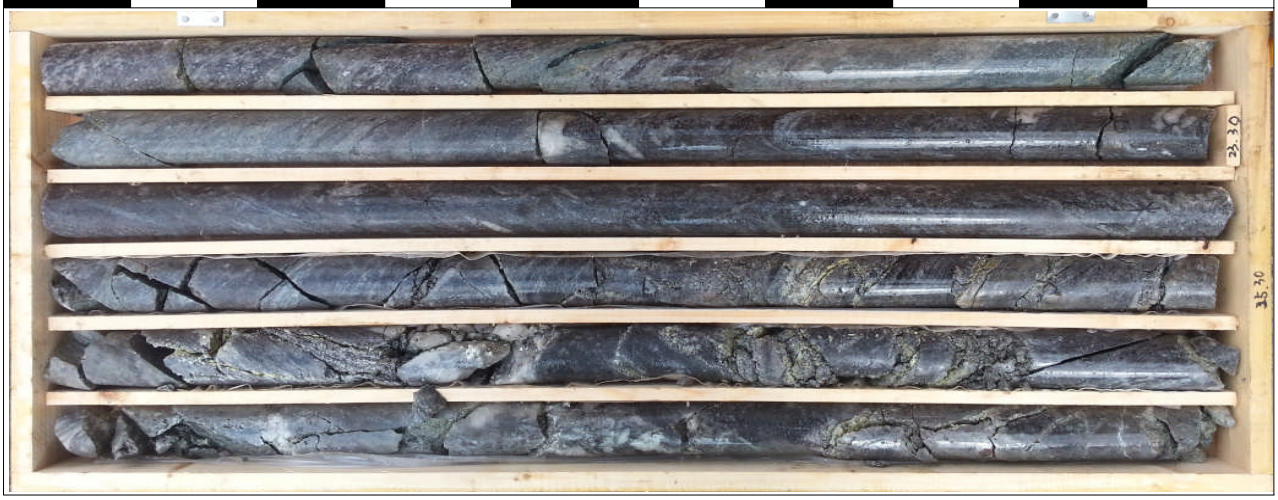
ATB-21 시료상자

공 번	ATB-21 (1/4)	심 도	0.0~21.3m	구 분	



ATB-21 시료상자

공 번	ATB-21 (2/4)	심 도	21.3~27.3m	구 분	



ATB-21 시료상자

공 번	ATB-21 (3/4)	심 도	27.3~33.5m	구 분	



ATB-21 시료상자

공 번	ATB-21 (4/4)	심 도	33.5~37.0m	구 분	



ATB-22 시료상자

공 번	ATB-22 (1/1)	심 도	0.0~34.2m	구 분	



NATB-1 시료상자

공 번	NATB-1 (1/7)	심 도	0.0~44.9m	구 분	



NATB-1 시료상자

공 번	NATB-1 (2/7)	심 도	44.9~51.8m	구 분	



NATB-1 시료상자

공 번	NATB-1 (3/7)	심 도	51.8~57.5m	구 분	



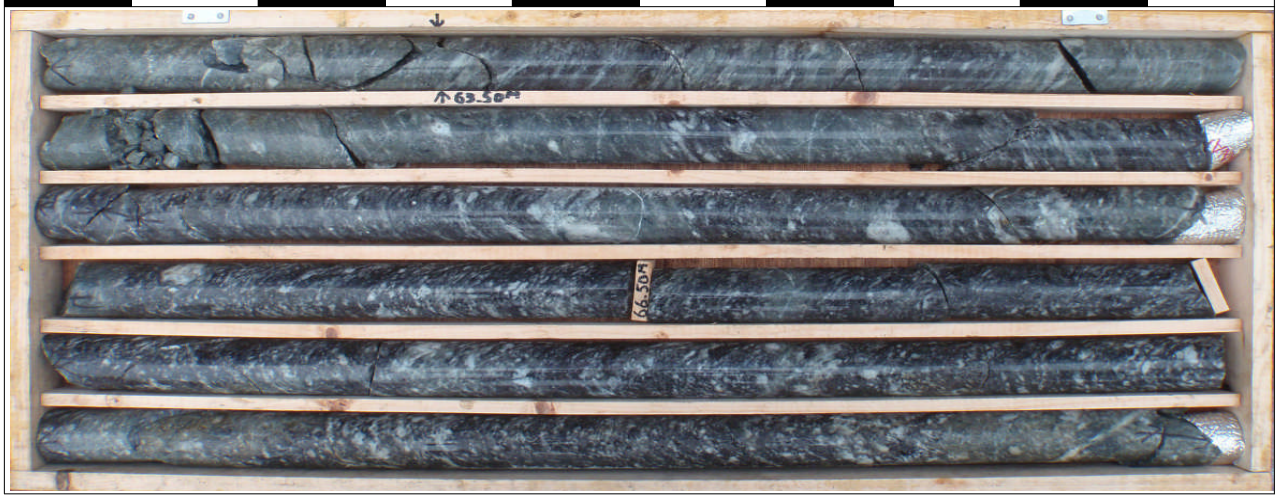
NATB-1 시료상자

공 번	NATB-1 (4/7)	심 도	57.5~63.1m	구 분	



NATB-1 시료상자

공 번	NATB-1 (5/7)	심 도	63.1~69.0m	구 분	



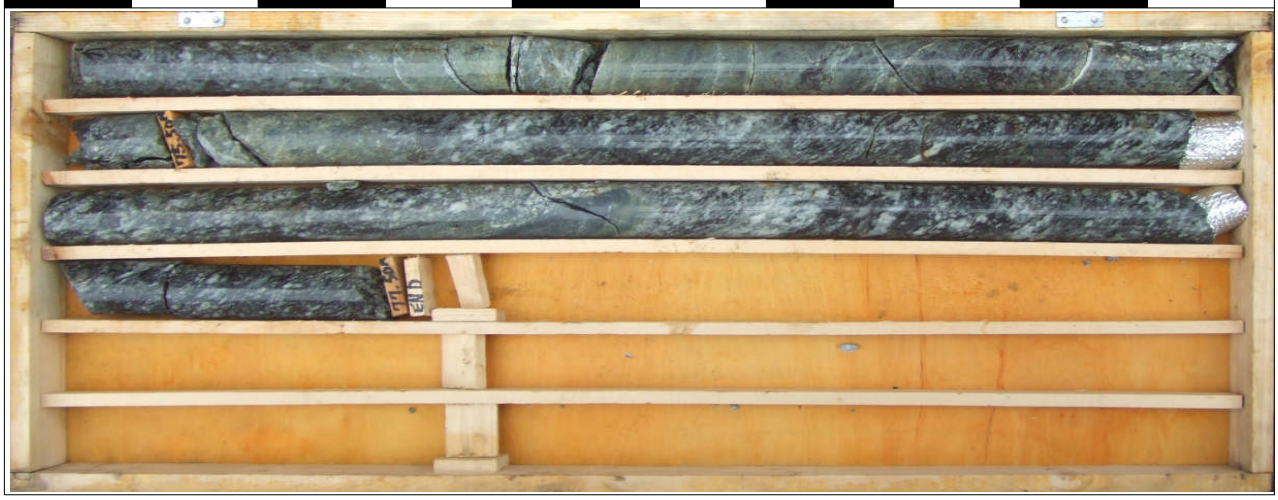
NATB-1 시료상자

공 번	NATB-1 (6/7)	심 도	69.0~74.5m	구 분	



NATB-1 시료상자

공 번	NATB-1 (7/7)	심 도	74.5~77.5m	구 분	



NATB-2 시료상자

공 번	NATB-2 (1/10)	심 도	0.0~29.5m	구 분	



NATB-2 시료상자

공 번	NATB-2 (2/10)	심 도	29.5~35.5m	구 분	



NATB-2 시료상자

공 번	NATB-2 (3/10)	심 도	35.5~41.7m	구 분	



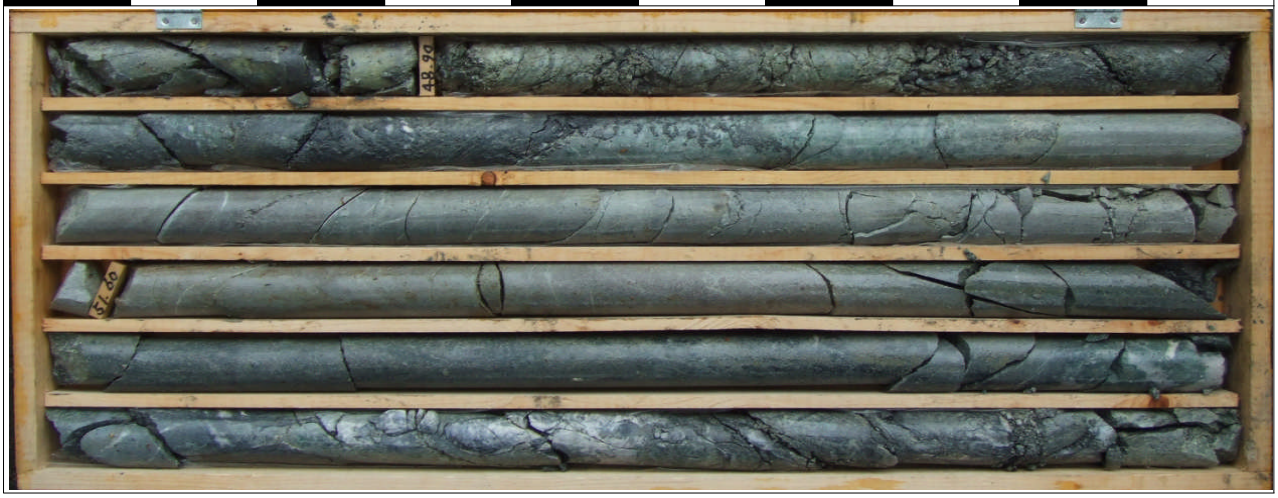
NATB-2 시료상자

공 번	NATB-2 (4/10)	심 도	41.7~48.6m	구 분	



NATB-2 시료상자

공 번	NATB-2 (5/10)	심 도	48.6~54.5m	구 분	



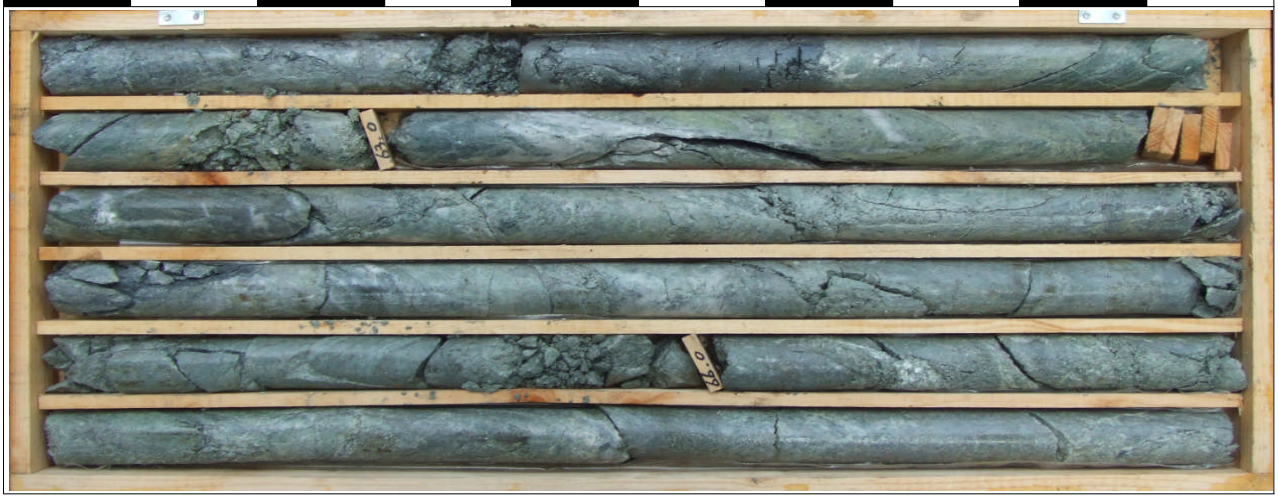
NATB-2 시료상자

공 번	NATB-2 (6/10)	심 도	54.5~61.55m	구 분	



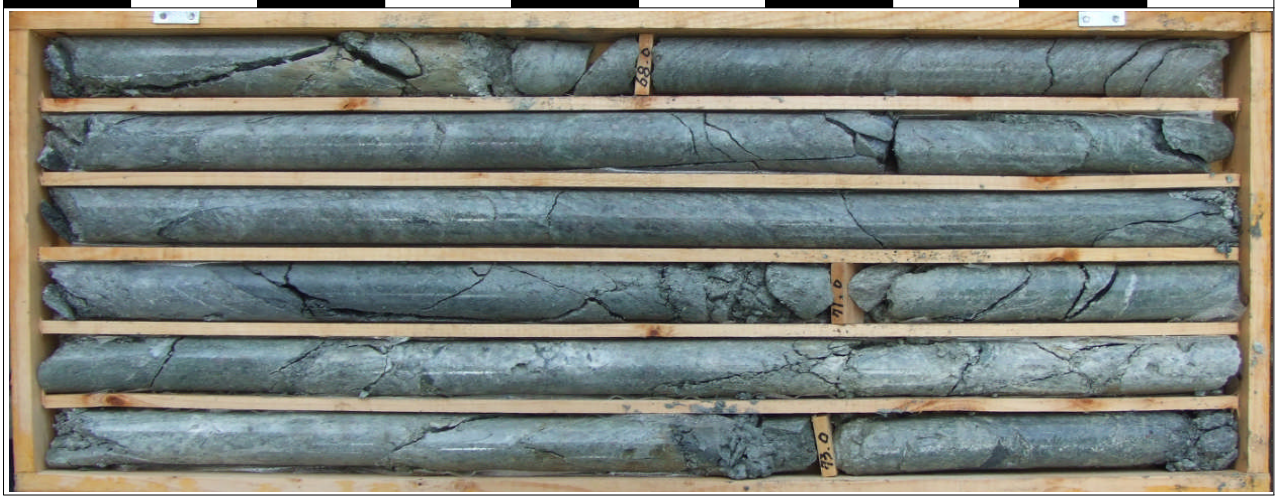
NATB-2 시료상자

공 번	NATB-2 (7/10)	심 도	61.55~67.5m	구 분	



NATB-2 시료상자

공 번	NATB-2 (8/10)	심 도	67.5~73.3m	구 분	



NATB-2 시료상자

공 번	NATB-2 (9/10)	심 도	73.3~79.3m	구 분	



NATB-2 시료상자

공 번	NATB-2 (10/10)	심 도	79.3~82.2m	구 분	



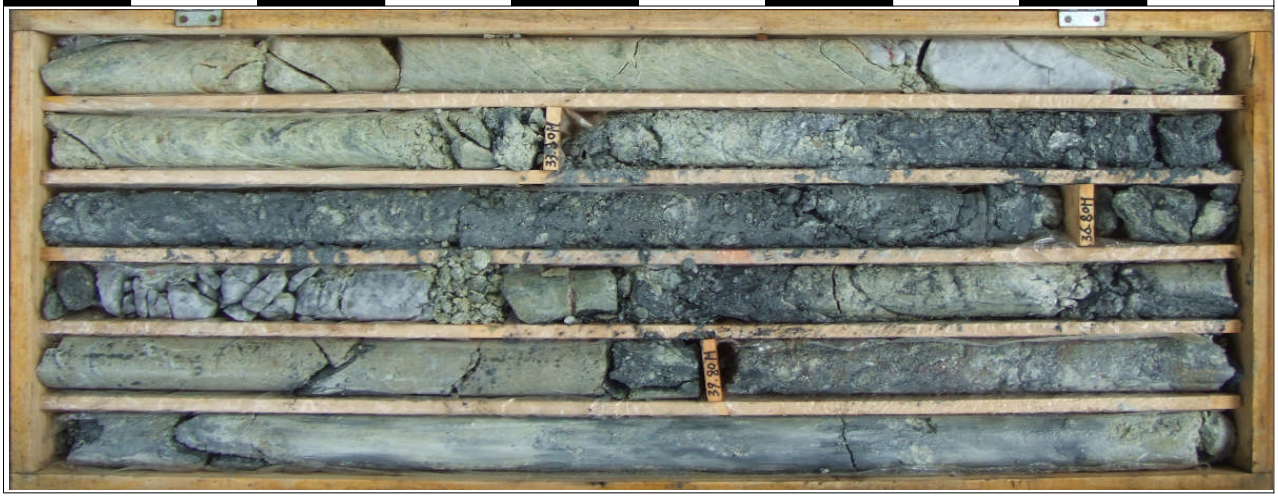
NATB-3 시료상자

공 번	NATB-3 (1/7)	심 도	0.0~32.4m	구 분	



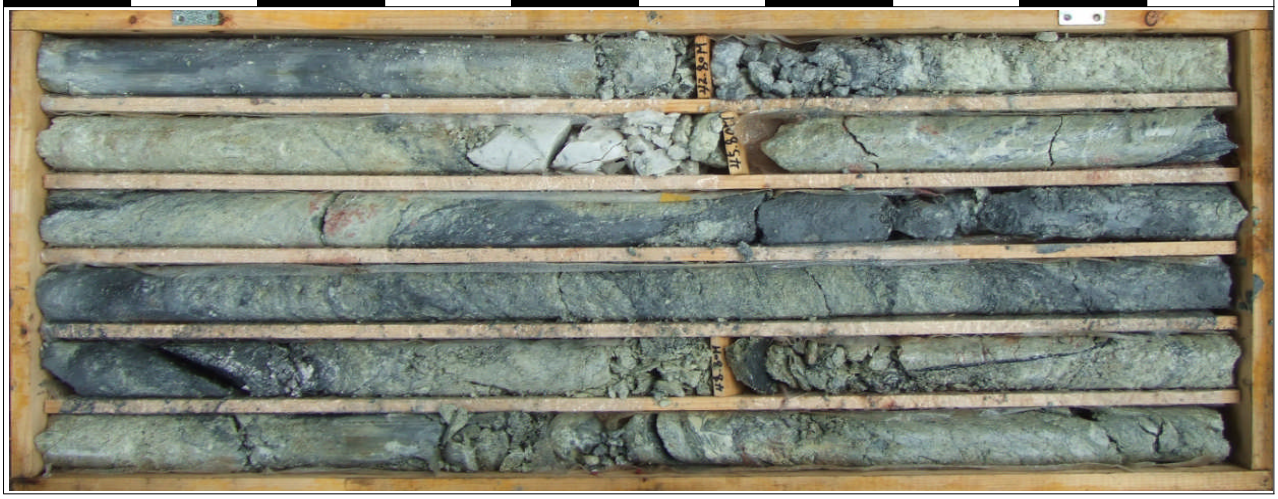
NATB-3 시료상자

공 번	NATB-3 (2/7)	심 도	32.4~41.2m	구 분	



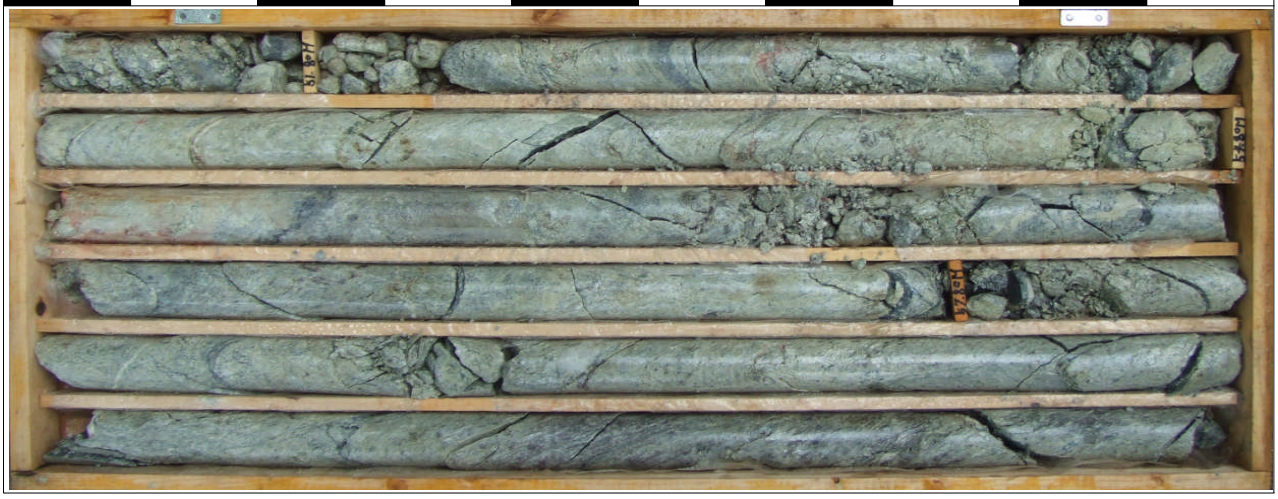
NATB-3 시료상자

공 번	NATB-3 (3/7)	심 도	41.2~50.2m	구 분	



NATB-3 시료상자

공 번	NATB-3 (4/7)	심 도	50.2~59.9m	구 분	



NATB-3 시료상자

공 번	NATB-3 (5/7)	심 도	59.9~68.7m	구 분	



NATB-3 시료상자

공 번	NATB-3 (6/7)	심 도	68.7~75.2m	구 분	



NATB-3 시료상자

공 번	NATB-3 (7/7)	심 도	75.2~79.0m	구 분	



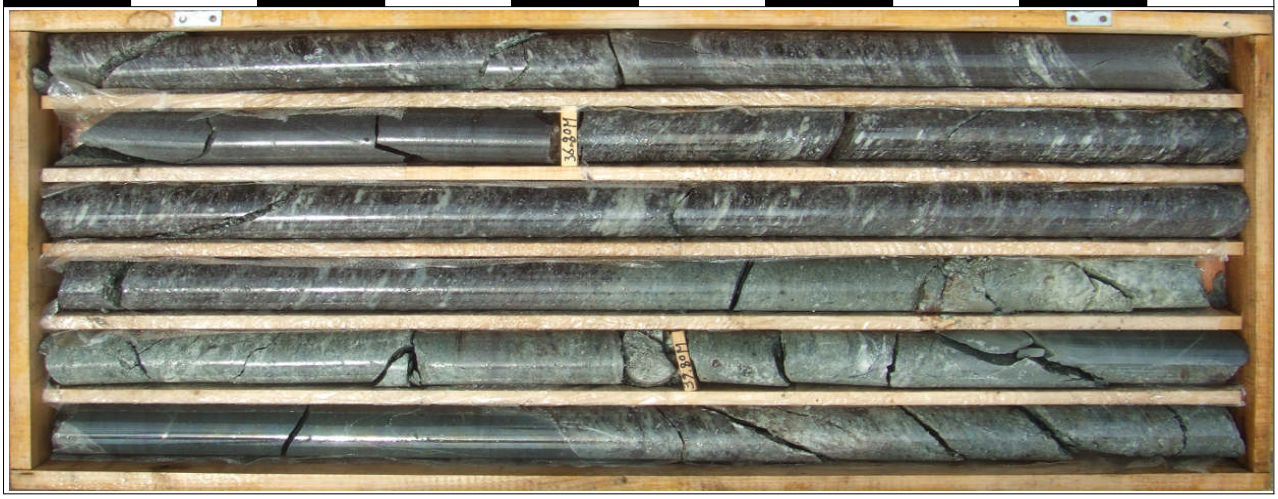
NATB-4 시료상자

공 번	NATB-4 (1/6)	심 도	0.0~35.3m	구 분	



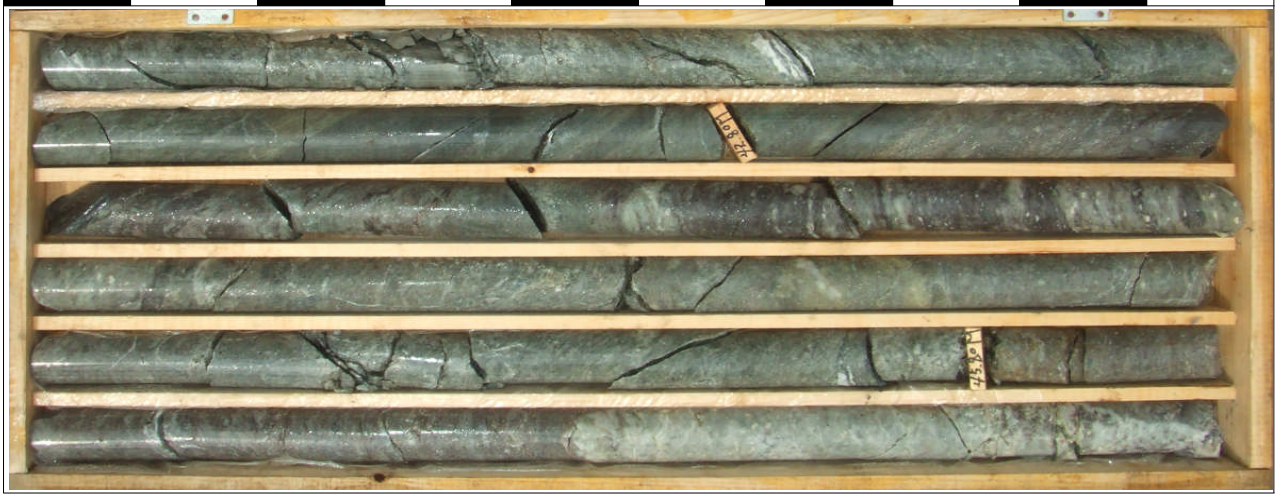
NATB-4 시료상자

공 번	NATB-4 (2/6)	심 도	35.3~41.3m	구 분	



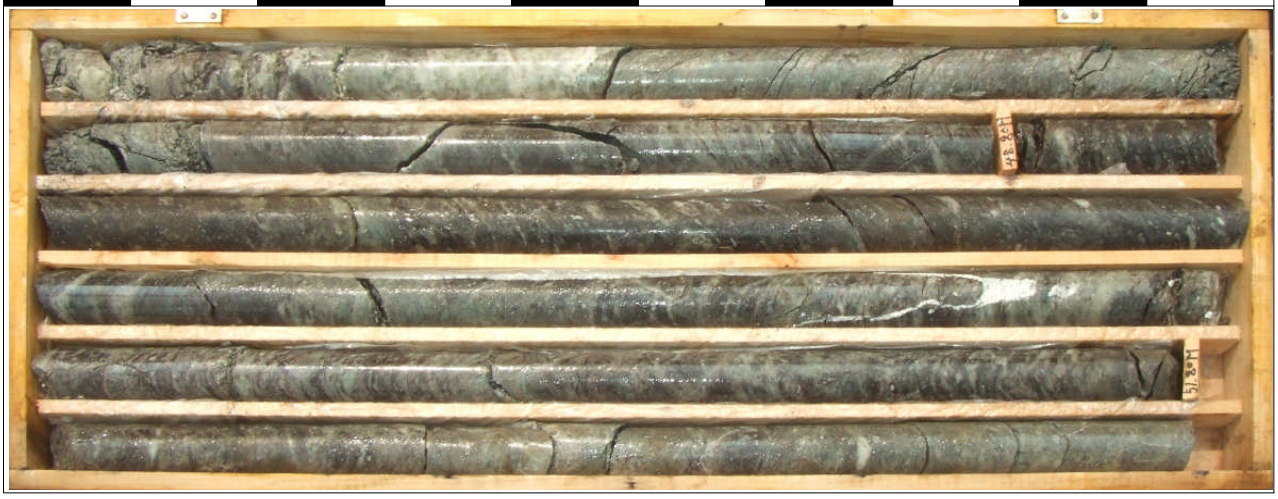
NATB-4 시료상자

공 번	NATB-4 (3/6)	심 도	41.3~46.9m	구 분	



NATB-4 시료상자

공 번	NATB-4 (4/6)	심 도	46.9~52.8m	구 분	



NATB-4 시료상자

공 번	NATB-4 (5/6)	심 도	52.8~58.5m	구 분	



NATB-4 시료상자

공 번	NATB-4 (6/6)	심 도	58.5~62.3m	구 분	



NATB-5 시료상자

공 번	NATB-5 (1/4)	심 도	0.0~30.5m	구 분	



NATB-5 시료상자

공 번	NATB-5 (2/4)	심 도	30.5~62.3m	구 분	



NATB-5 시료상자

공 번	NATB-5 (3/4)	심 도	37.5~43.7m	구 분	



NATB-5 시료상자

공 번	NATB-5 (4/4)	심 도	43.7~46.1m	구 분	



NATB-6 시료상자

공 번	NATB-6 (1/5)	심 도	0.0~25.3m	구 분	



NATB-6 시료상자

공 번	NATB-6 (2/5)	심 도	25.3~31.5m	구 분	



NATB-6 시료상자

공 번	NATB-6 (3/5)	심 도	31.5~38.0m	구 분	



NATB-6 시료상자

공 번	NATB-6 (4/5)	심 도	38.0~43.9m	구 분	



NATB-6 시료상자

공 번	NATB-6 (5/5)	심 도	43.9~45.1m	구 분	



NATB-7 시료상자

공 번	NATB-7 (1/4)	심 도	0.0~29.0m	구 분	



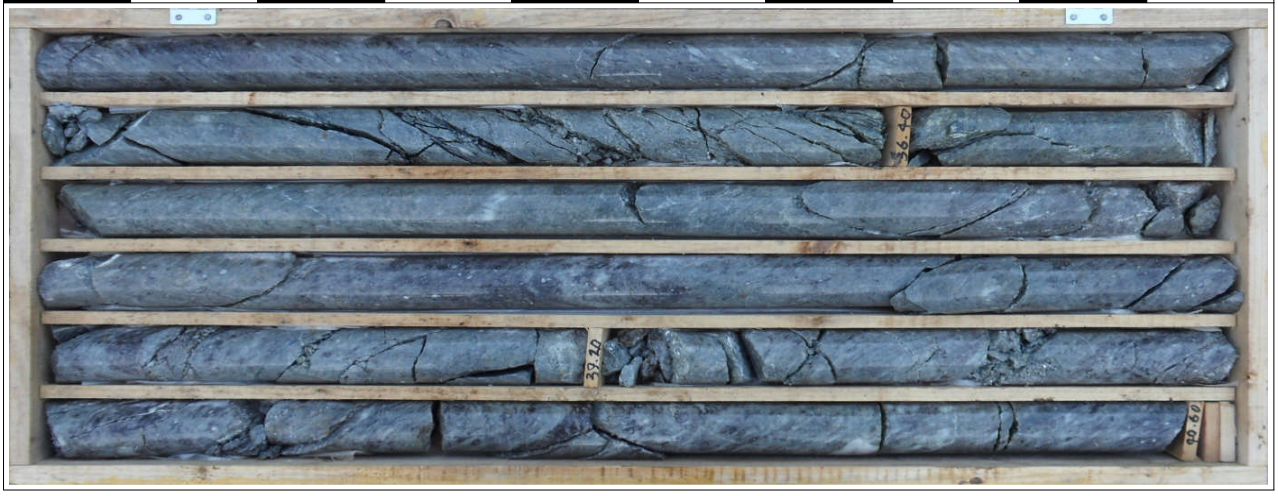
NATB-7 시료상자

공 번	NATB-7 (2/4)	심 도	29.0~34.8m	구 분	



NATB-7 시료상자

공 번	NATB-7 (3/4)	심 도	34.8~40.6m	구 분	



NATB-7 시료상자

공 번	NATB-7 (4/4)	심 도	40.6~46.0m	구 분	



NNBB-1 시료상자

공 번	NNBB-1 (1/1)	심 도	0.0~25.0m	구 분	



NNBB-2 시료상자

공 번	NNBB-2 (1/1)	심 도	0.0~28.0m	구 분	



NNBB-3 시료상자

공 번	NNBB-3 (1/1)	심 도	0.0~35.0m	구 분	



NNBB-4 시료상자

공 번	NNBB-4 (1/1)	심 도	0.0~41.9m	구 분	



NNBB-5 시료상자

공 번	NNBB-5 (1/1)	심 도	0.0~30.0m	구 분	



NNBB-6 시료상자

공 번	NNBB-6 (1/1)	심 도	0.0~19.0m	구 분	



NNBB-7 시료상자

공 번	NNBB-7 (1/1)	심 도	0.0~21.0m	구 분	



NNBB-8 시료상자

공 번	NNBB-8 (1/3)	심 도	0.0~24.7m	구 분	



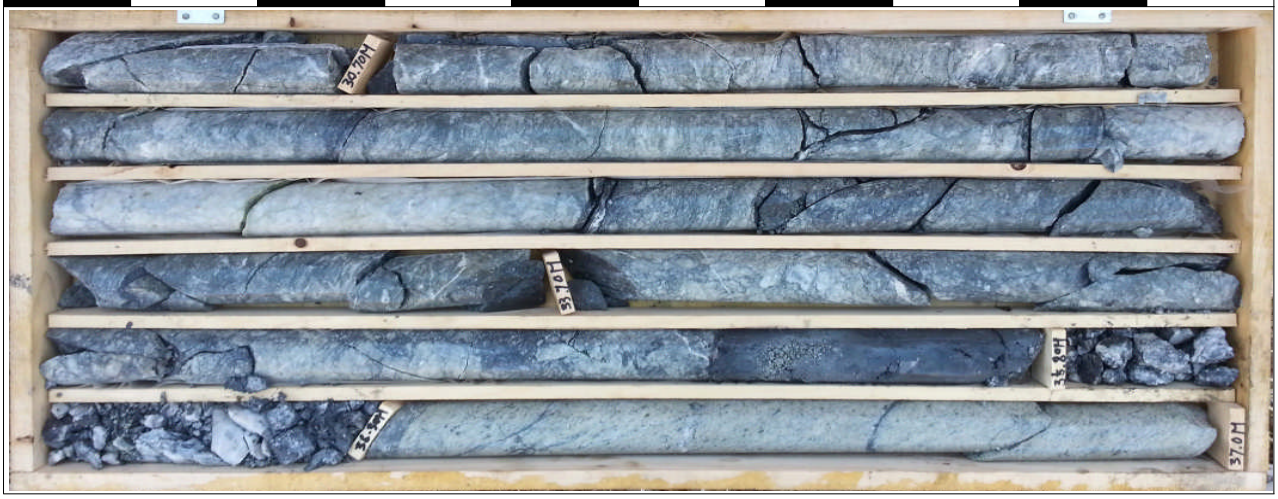
NNBB-8 시료상자

공 번	NNBB-8 (2/3)	심 도	24.7~30.5m	구 분	



NNBB-8 시료상자

공 번	NNBB-8 (3/3)	심 도	30.5~37.0m	구 분	



NNBB-9 시료상자

공 번	NNBB-9 (1/4)	심 도	0.0~21.0m	구 분	



NNBB-9 시료상자

공 번	NNBB-9 (2/4)	심 도	21.0~26.6m	구 분	



NNBB-9 시료상자

공 번	NNBB-9 (3/4)	심 도	26.6~32.4m	구 분	



NNBB-9 시료상자

공 번	NNBB-9 (4/4)	심 도	32.4~33.1m	구 분	



NNBB-10 시료상자

공 번	NNBB-10 (1/3)	심 도	0.0~18.1m	구 분	



NNBB-10 시료상자

공 번	NNBB-10 (2/3)	심 도	18.1~23.8m	구 분	



NNBB-10 시료상자

공 번	NNBB-10 (3/3)	심 도	23.8~27.0m	구 분	



NNBB-11 시료상자

공 번	NNBB-11 (1/1)	심 도	0.0~30.0m	구 분	



NABB-1 시료상자

공 번	NABB-1 (1/1)	심 도	0.0~36.3m	구 분	



ATBH-1 시료상자

공 번	ATBH-1 (1/2)	심 도	0.0~24.0m	구 분	



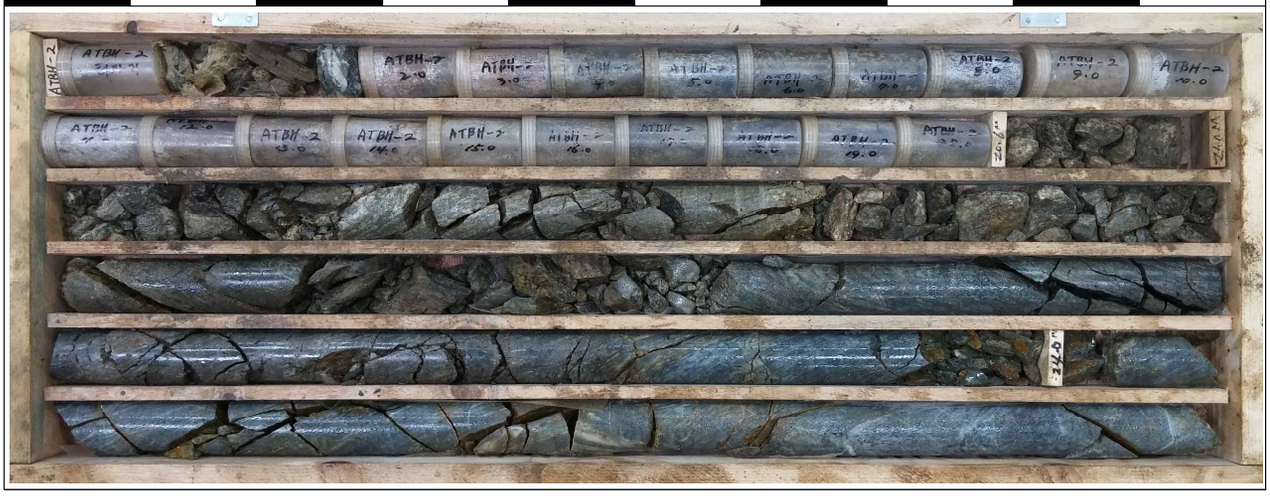
ATBH-1 시료상자

공 번	ATBH-1 (2/2)	심 도	24.0~27.3m	구 분	



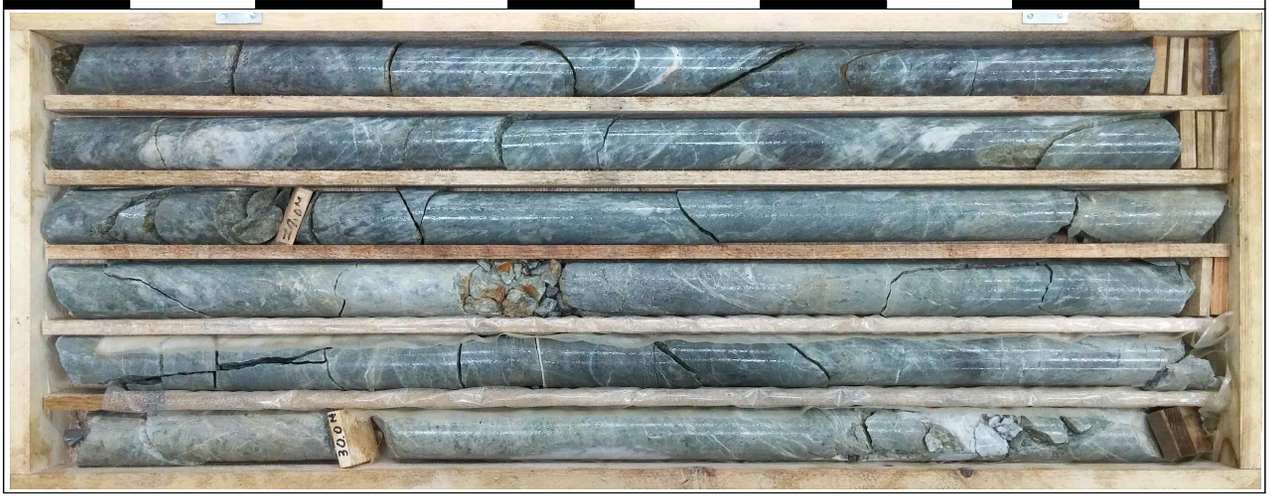
ATBH-2 시료상자

공 번	ATBH-2 (1/6)	심 도	0.0~25.1m	구 분	



ATBH-2 시료상자

공 번	ATBH-2 (2/6)	심 도	25.1~30.8m	구 분	



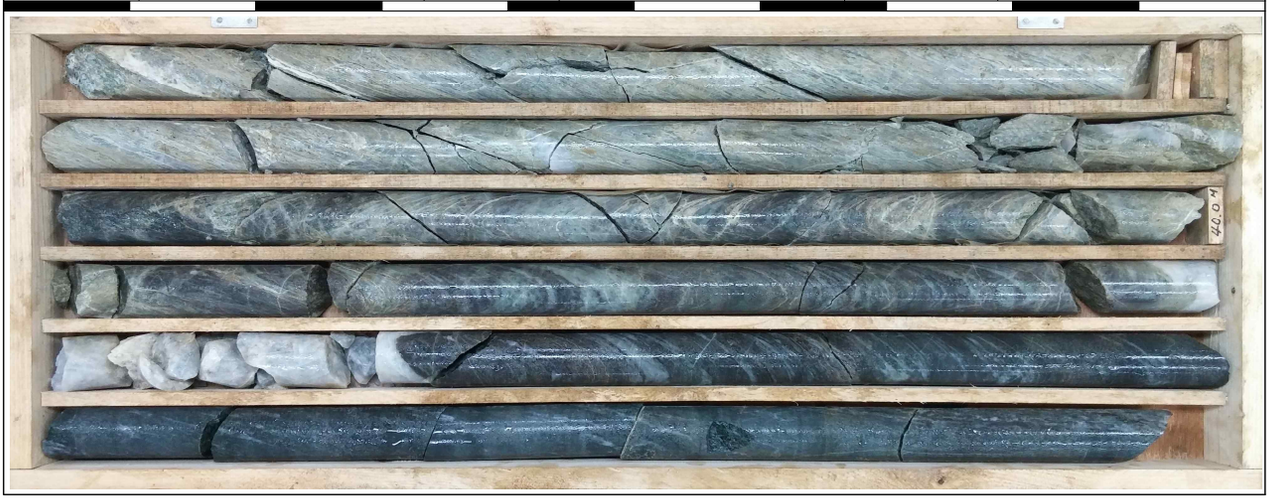
ATBH-2 시료상자

공 번	ATBH-2 (3/6)	심 도	30.8~37.0m	구 분	



ATBH-2 시료상자

공 번	ATBH-2 (4/6)	심 도	37.0~43.0m	구 분	



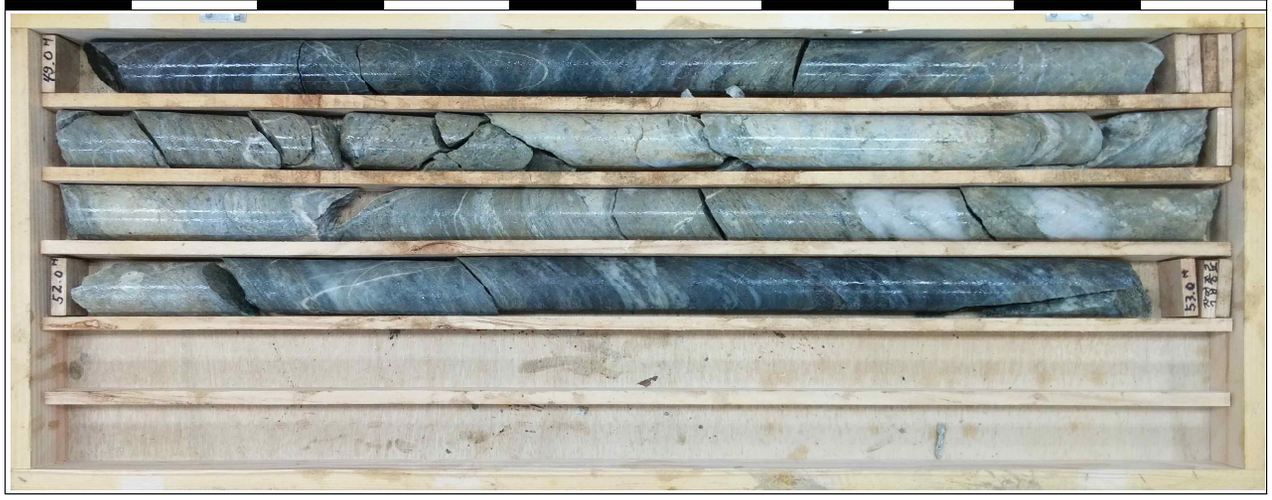
ATBH-2 시료상자

공 번	ATBH-2 (5/6)	심 도	43.0~49.0m	구 분	



ATBH-2 시료상자

공 번	ATBH-2 (6/6)	심 도	49.0~53.0m	구 분	



ATBH-3 시료상자

공 번	ATBH-3 (1/7)	심 도	0.0~24.1m	구 분	



ATBH-3 시료상자

공 번	ATBH-3 (2/7)	심 도	24.1~30.2m	구 분	



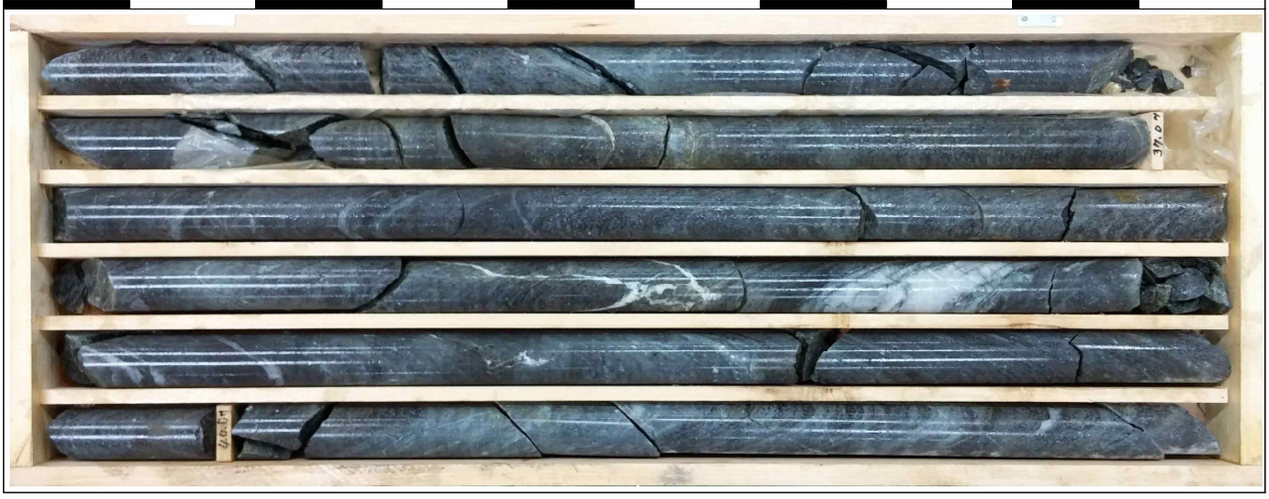
ATBH-3 시료상자

공 번	ATBH-3 (3/7)	심 도	30.2~35.3m	구 분	



ATBH-3 시료상자

공 번	ATBH-3 (4/7)	심 도	35.3~40.7m	구 분	



ATBH-3 시료상자

공 번	ATBH-3 (5/7)	심 도	40.7~47.0m	구 분	



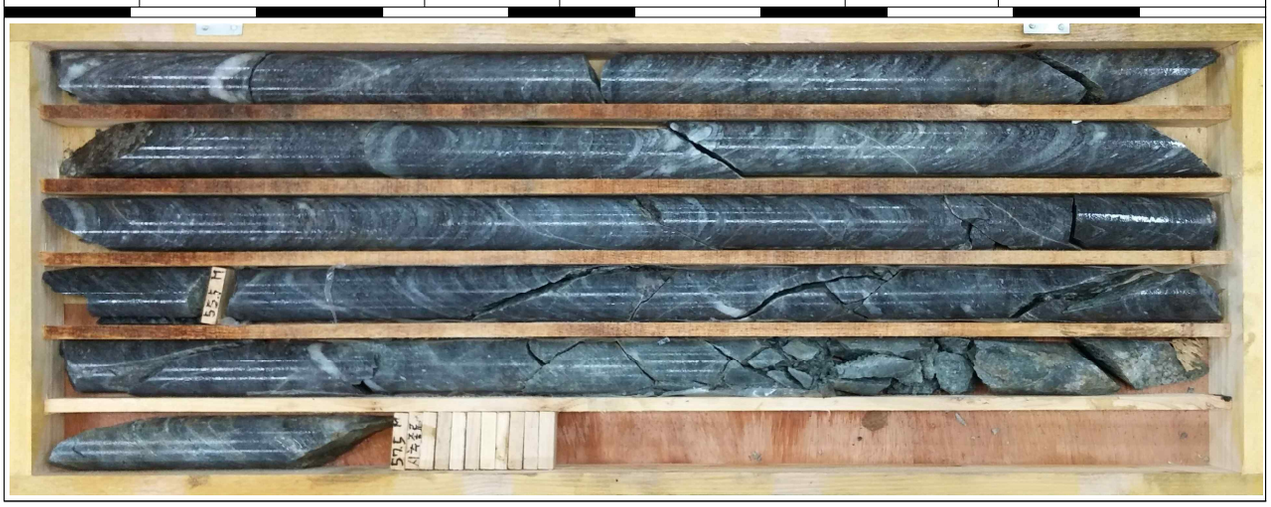
ATBH-3 시료상자

공 번	ATBH-3 (6/7)	심 도	47.0~52.6m	구 분	



ATBH-3 시료상자

공 번	ATBH-3 (7/7)	심 도	52.6~57.5m	구 분	



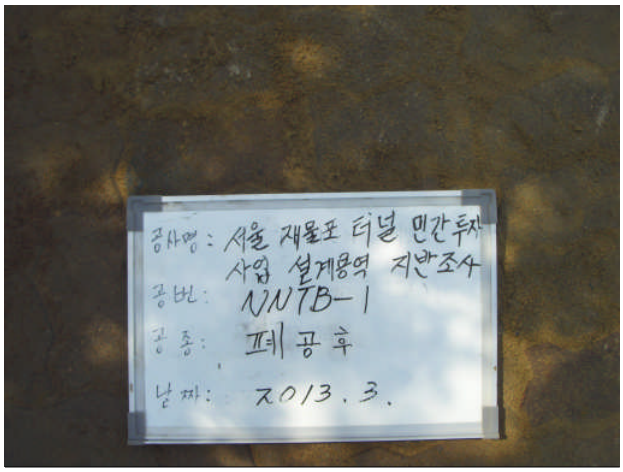
NNBH-1 시료상자

공 번	NNBH-1	심 도	0.0~20.5m	구 분	



10.4 폐공 사진첩

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-1

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

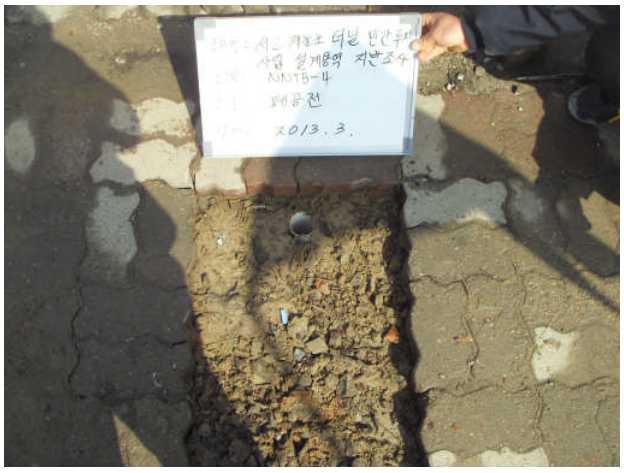
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-2

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

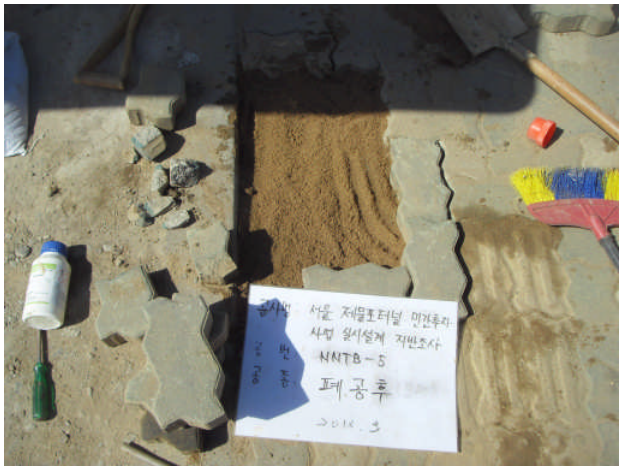
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-3

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

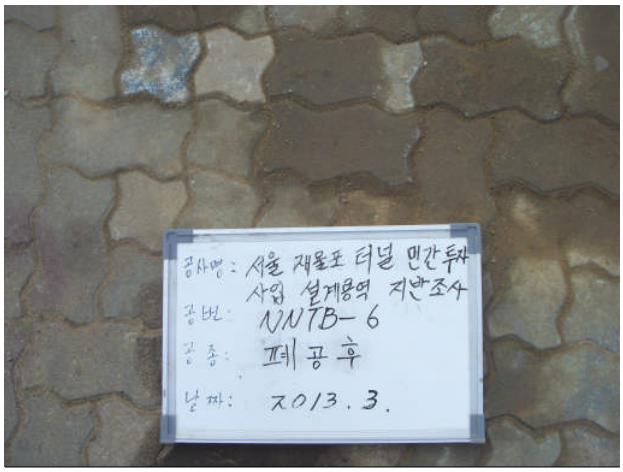
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-4

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-5

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	**폐공후**
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-6

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNTB-7

폐공전	PVC 인발
	-
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

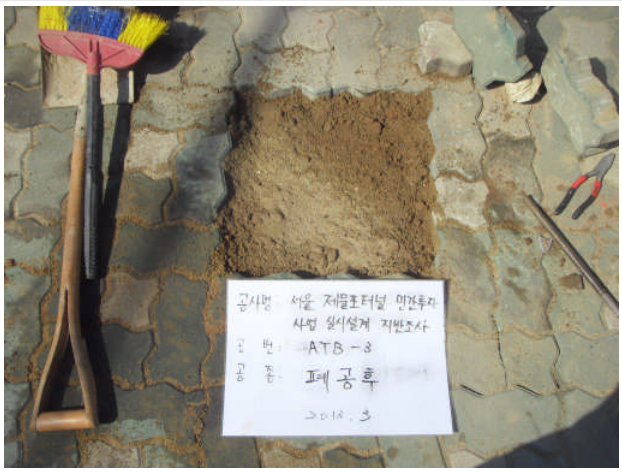
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-1

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-2

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-3

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-4

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

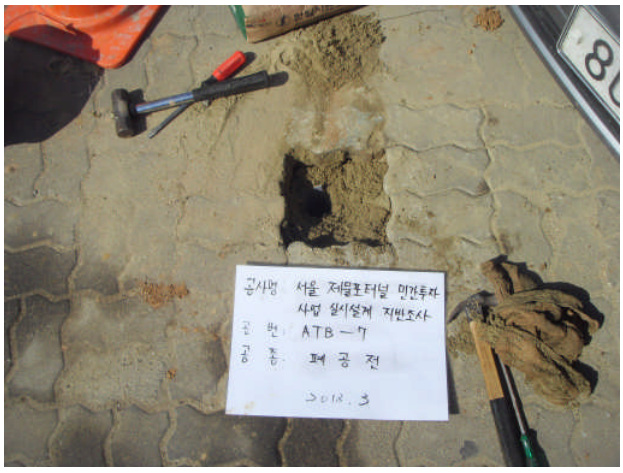
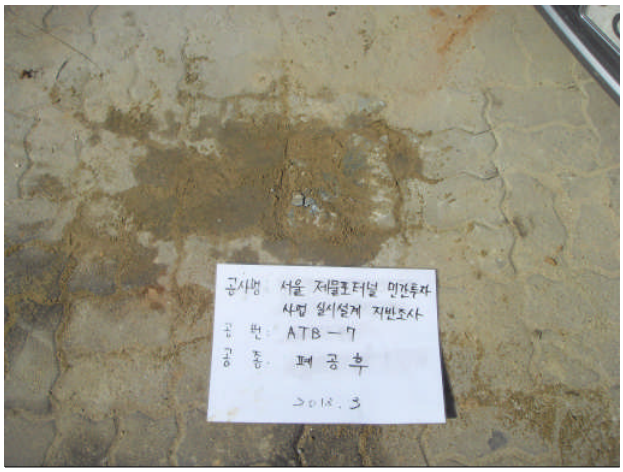
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-5

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-6

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-7

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-8

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-9

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-10

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-11

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-12

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

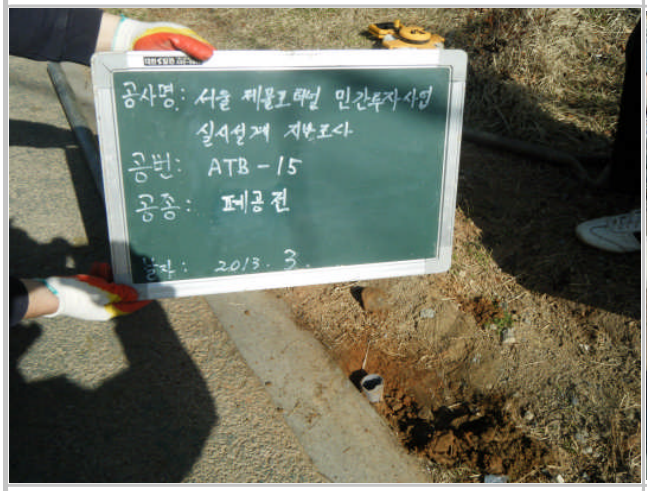
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-13

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

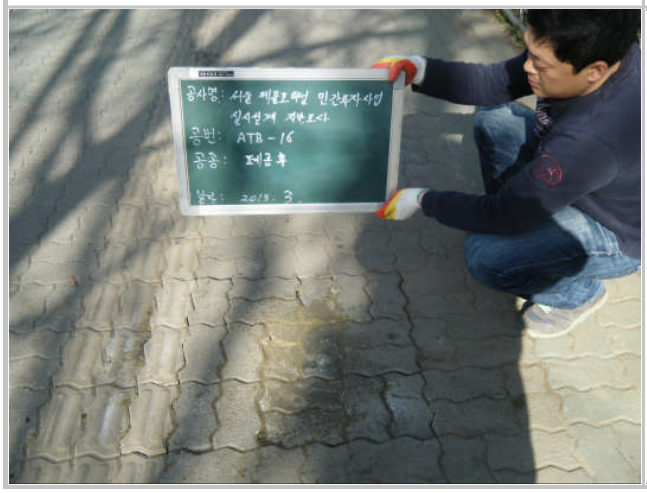
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-14

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-15

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-16

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-17

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-18

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-19

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

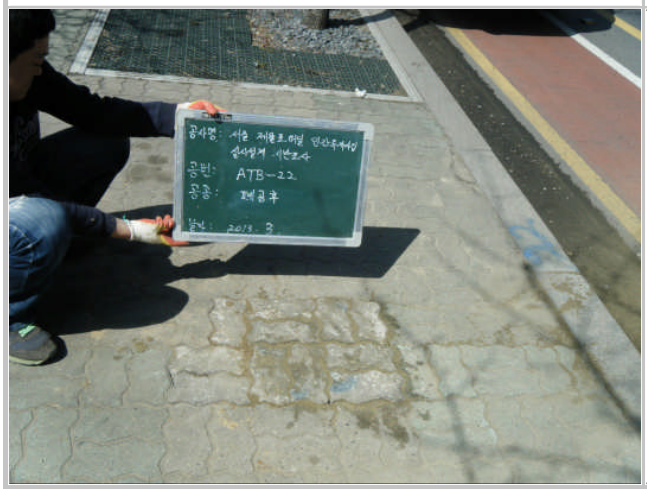
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-20

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-21

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATB-22

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-1

폐공전	PVC 인발
	-
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-2

폐공전	PVC 인발
	-
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-3

폐공전	PVC 인발
	-
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-4

폐공전	PVC 인발
	-
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-5

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	**폐공중(불투수성 재료)**
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-6

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NATB-7

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-1

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공후	**폐공후**
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-2

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공후	**폐공후**
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-3

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-4

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	폐공후
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-5

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	**폐공후**
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-6

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	**폐공후**
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-7

폐공전	폐공중(투수성 재료)
	
폐공중(불투수성 재료)	**폐공후**
	
폐공후	
	

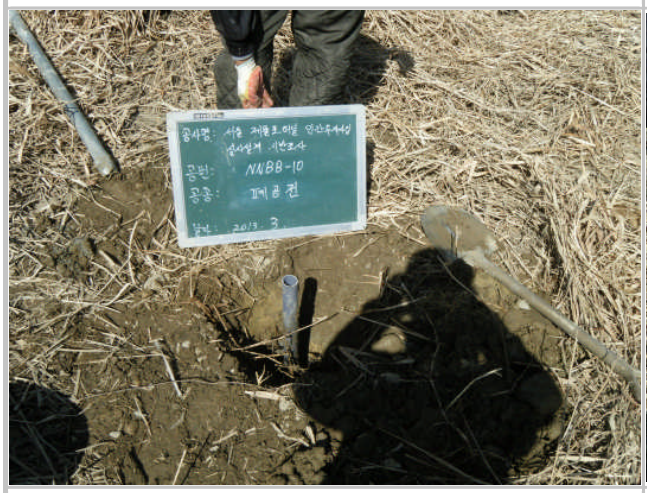
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-8

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

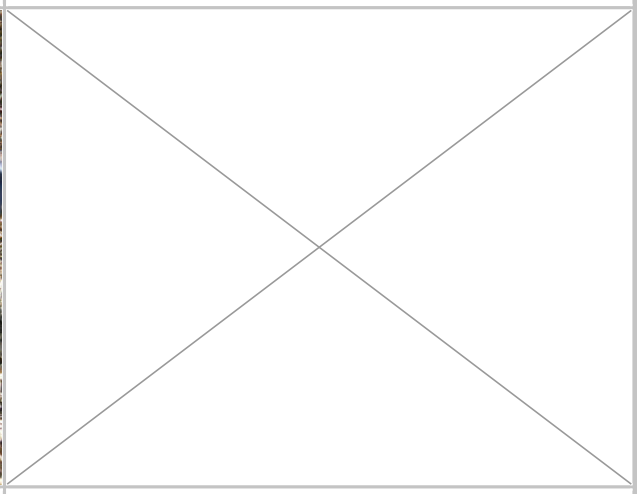
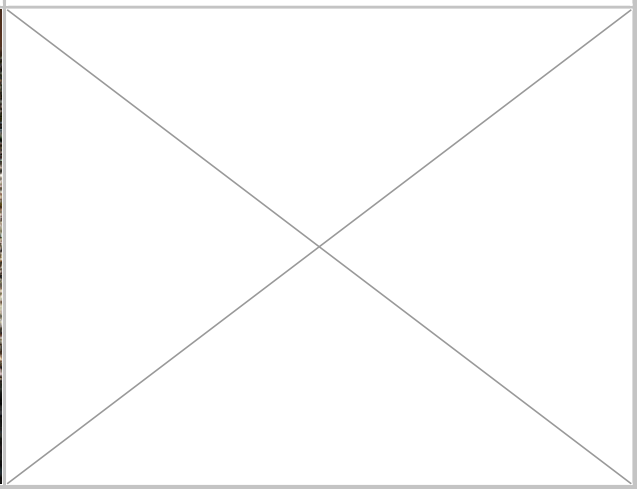
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-9

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-10

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	**폐공중(불투수성 재료)**
	
폐공후	
	

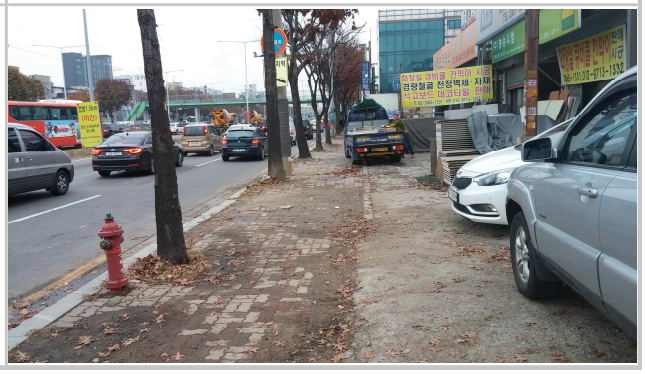
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBB-11

폐공전	PVC 인발
	
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

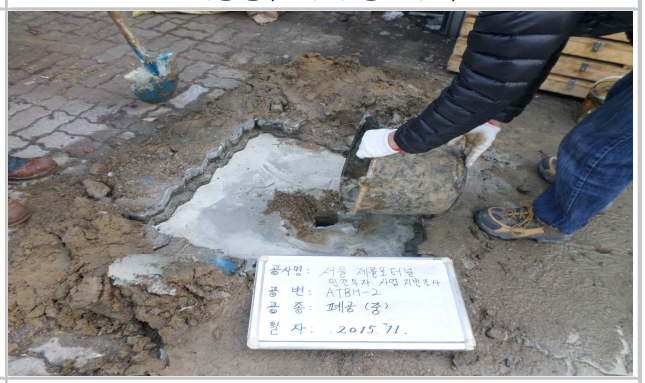
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NABB-1

폐공전	PVC 인발
	-
폐공중(투수성 재료)	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공후	
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATBH-1

폐공전	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공중(투수성 재료)	폐공후
	

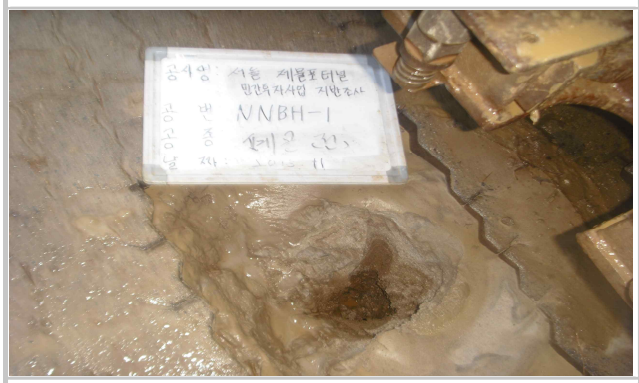
과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATBH-2

폐공전	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공중(투수성 재료)	폐공후
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	ATBH-3

폐공전	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공중(투수성 재료)	폐공후
	

과 업 명	서울제물포터널 민간투자사업 실시설계 지반조사	시추공번	NNBH-1

폐공전	폐공중(불투수성 재료)
	
폐공중(투수성 재료)	폐공후
	

제11장 구조물 기초 안정성 검토

11.1 얕은기초

11.2 말뚝기초

11.1 얕은기초

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(여의도방향) U1 (0+905)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 340.187 + 733.277$$

$$= 1073.46 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 357.8 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi \tan 2(45+\Phi/2)}$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.090	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.230	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.115	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.030	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.047	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.024	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 323.905 + 739.860$$

$$= 1063.765$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 354.6 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 17.8 \times (Kd) \times \left(\frac{9.0 + 0.3}{9.0} \right)^2$$

$$= 239.312 \ (kN/m^2)$$

$$= 239.3 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	0.83 m	20.8 kN/m^2	170.8 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(여의도방향) U2 (0+925)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 521.791 + 733.277$$

$$= 1255.07 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 418.4 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.090	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.230	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.115	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.045	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.073	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.036	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 502.638 + 748.531$$

$$= 1251.169$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 417.1 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 20.4 \times (Kd) \times \left(\frac{9.0 + 0.3}{9.0} \right)^2$$

$$= 281.142 \ (kN/m^2)$$

$$= 281.1 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	1.54 m	38.5 kN/m^2	188.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(여의도방향) U3 (0+945)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 759.667 + 733.277$$

$$= 1492.94 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 497.6 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi \tan 2(45+\Phi/2)}$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.090	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.230	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.115	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.066	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.106	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.053	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 743.790 + 760.814$$

$$= 1504.604$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 501.5 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 21.2 \times (Kd) \times \left(\frac{9.0 + 0.3}{9.0} \right)^2$$

$$= 301.523 \ (kN/m^2)$$

$$= 301.5 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	2.47 m	61.8 kN/m^2	211.8 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(여의도방향) U4 (0+965)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 1007.773 + 725.306$$

$$= 1733.08 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 577.7 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi \tan 2(45+\Phi/2)}$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.091	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.233	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.117	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.087	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.139	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.069	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 1003.501 + 782.357$$

$$= 1785.858$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 595.3 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 21.2 \times (Kd) \times \left(\frac{9.1 + 0.3}{9.1} \right)^2$$

$$= 310.626 \ (kN/m^2)$$

$$= 310.6 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	3.44 m	86.0 kN/m^2	236.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(여의도방향) U5 (0+985)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 1618.929 + 1009.827$$

$$= 2628.76 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 876.3 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.091	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.252	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.126	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.111	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.185	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.092	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 1645.253 + 1126.873$$

$$= 2772.126$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 924.0 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 26.2 \times (Kd) \times \left(\frac{9.1 + 0.3}{9.1} \right)^2$$

$$= 397.527 \ (kN/m^2)$$

$$= 397.5 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	4.55 m	227.5 kN/m^2	527.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 200.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ 시점측(여의도방향) U6 (1+005)

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	15	12.86	4.45	1.52	30	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	16	13.68	4.92	1.82	31	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	17	14.60	5.45	2.18	32	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	18	15.12	6.04	2.59	33	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	19	16.56	6.70	3.07	34	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	20	17.69	7.44	3.64	35	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	21	18.92	8.26	4.31	36	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	22	20.27	9.19	5.09	37	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	23	21.75	10.23	6.00	38	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	24	23.36	11.40	7.08	39	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	25	25.13	12.72	8.34	40	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	26	27.09	14.21	9.84	41	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	27	29.24	15.90	11.60	42	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	28	31.61	17.81	13.70	43	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	29	34.24	19.98	16.18	44	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 1813.414 + 468.540$$

$$= 2281.95 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 760.7 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.095	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.263	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.132	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.130	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.217	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.108	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 1879.867 + 533.335$$

$$= 2413.202$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 804.4 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 29.8 \times (Kd) \times \left(\frac{9.5 + 0.3}{9.5} \right)^2$$

$$= 463.193 \ (kN/m^2)$$

$$= 463.2 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	5.69 m	284.5 kN/m^2	584.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 200.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(여의도방향) BOX1 (1+025)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 2240.142 + 549.918$$

$$= 2790.06 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 930.0 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.093	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.257	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.129	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.133	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.221	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.111	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 2322.349 + 625.998$$

$$= 2948.347$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 982.8 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 39 \times (Kd) \times \left(\frac{11.2 + 0.3}{11.2}\right)^2$$

$$= 602.850 \ (kN/m^2)$$

$$= 602.9 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	6.91 m	345.5 kN/m^2	645.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(여의도방향) BOX2 (1+049)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 2465.260 + 562.138$$

$$= 3027.40 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1009.1 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.074	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.206	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.103	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.160	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.267	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.133	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 2546.315 + 623.692$$

$$= 3170.007$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1056.7 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 36.4 \times (Kd) \times \left(\frac{11.2 + 0.3}{11.2} \right)^2$$

$$= 583.729 \ (kN/m^2)$$

$$= 583.7 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	8.44 m	422.0 kN/m^2	722.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(여의도방향) BOX3 (1+079)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.09 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 970.362 + 3614.382 + 908.750$$

$$= 5493.49 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1831.2 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi \tan 2(45+\Phi/2)}$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.060	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.172	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.086	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.194	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.329	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.164	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 1128.254 + 3759.440 + 1000.020$$

$$= 5887.715$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1962.6 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 44 \times (Kd) \times \left(\frac{12.0 + 0.3}{12.0} \right)^2$$

$$= 733.910 \ (kN/m^2)$$

$$= 733.9 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
700.00 kN/m^2	11.07 m	1291.5 kN/m^2	1991.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(여의도방향) BOX4 (1+119)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.09 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 970.362 + 4053.942 + 908.750$$

$$= 5933.05 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1977.7 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.060	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.172	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.086	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.232	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.394	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.197	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 1183.436 + 4336.185 + 1028.371$$

$$= 6547.993$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 2182.7 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 44 \times (Kd) \times \left(\frac{12.0 + 0.3}{12.0} \right)^2$$

$$= 721.296 \ (kN/m^2)$$

$$= 721.3 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
700.00 kN/m^2	13.37 m	1559.8 kN/m^2	2259.8 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(여의도방향) BOX5 (1+159)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.09 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 970.362 + 4519.476 + 908.750$$

$$= 6398.59 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 2132.9 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.060	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.172	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.086	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.272	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.461	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.231	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 1240.316 + 4971.441 + 1057.581$$

$$= 7269.338$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 2423.1 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 44 \times (Kd) \times \left(\frac{12.0 + 0.3}{12.0} \right)^2$$

$$= 721.296 \ (kN/m^2)$$

$$= 721.3 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
700.00 kN/m^2	15.73 m	1835.2 kN/m^2	2535.2 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ 시점측(여의도방향) BOX6 (1+199)

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	15	12.86	4.45	1.52	30	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	16	13.68	4.92	1.82	31	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	17	14.60	5.45	2.18	32	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	18	15.12	6.04	2.59	33	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	19	16.56	6.70	3.07	34	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	20	17.69	7.44	3.64	35	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	21	18.92	8.26	4.31	36	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	22	20.27	9.19	5.09	37	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	23	21.75	10.23	6.00	38	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	24	23.36	11.40	7.08	39	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	25	25.13	12.72	8.34	40	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	26	27.09	14.21	9.84	41	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	27	29.24	15.90	11.60	42	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	28	31.61	17.81	13.70	43	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	29	34.24	19.98	16.18	44	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 988.166 + 5082.912 + 1045.713$$

$$= 7116.79 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 2372.3 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi \tan 2(45+\Phi/2)}$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.070	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.202	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.101	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.270	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.458	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.229	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 1269.452 + 5659.240 + 1258.559$$

$$= 8187.251$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 2729.1 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{14.1 + 0.3}{14.1} \right)^2$$

$$= 813.665 \ (kN/m^2)$$

$$= 813.7 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
700.00 kN/m^2	18.44 m	2151.3 kN/m^2	2851.3 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(여의도방향) BOX7 (1+239)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 988.166 + 5552.442 + 1045.713$$

$$= 7586.32 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 2528.8 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.070	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.202	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.101	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.303	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.515	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.257	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 1319.081 + 6322.851 + 1287.232$$

$$= 8929.165$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 2976.4 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{14.1 + 0.3}{14.1}\right)^2$$

$$= 813.665 \ (kN/m^2)$$

$$= 813.7 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
700.00 kN/m^2	20.81 m	2427.8 kN/m^2	3127.8 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(여의도방향) BOX8 (1+279)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 33 (deg) 일 경우

N_c = 48.09 , N_q = 32.23 , N_r = 31.94

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 1601.397 + 10546.945 + 2270.710$$

$$= 14419.05 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 4806.4 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 38.64

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 26.09

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 26.17

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.070	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.238	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.119	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.338	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.622	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.311	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 2327.715 + 12524.870 + 2966.713$$

$$= 17819.299$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 5939.8 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{14.1 + 0.3}{14.1} \right)^2$$

$$= 813.665 \ (kN/m^2)$$

$$= 813.7 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
1050.00 kN/m^2	23.24 m	4067.0 kN/m^2	5117.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **집수정(여의도방향) (1+231.4)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 33 (deg) 일 경우

N_c = 48.09 , N_q = 32.23 , N_r = 31.94

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.89 , β = 0.20

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 2726.703 + 8852.098 + 1352.659$$

$$= 12931.46 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 4310.5 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 38.64

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 26.09

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 26.17

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.592	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	3.009	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	2.005	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.198	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.364	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.182	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 4757.677 + 16982.118 + 6566.425$$

$$= 28306.220$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 9435.4 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{19.3 + 0.3}{19.3} \right)^2$$

$$= 822.708 \ (kN/m^2)$$

$$= 822.7 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
1050.00 kN/m^2	18.52 m	3241.7 kN/m^2	4291.7 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) U1 (0+905)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.18 , β = 0.44

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 340.187 + 701.395$$

$$= 1041.58 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 347.2 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.120	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.307	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.154	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.030	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.047	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.024	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 335.234 + 765.739$$

$$= 1100.973$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 367.0 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 19.3 \times (Kd) \times \left(\frac{9.0 + 0.3}{9.0}\right)^2$$

$$= 259.927 \ (kN/m^2)$$

$$= 259.9 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	0.83 m	20.8 kN/m^2	170.8 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) U2 (0+925)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.18 , β = 0.44

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 514.118 + 701.395$$

$$= 1215.51 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 405.2 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.120	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.307	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.154	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.045	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.071	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.036	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 512.569 + 774.713$$

$$= 1287.282$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 429.1 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 19.3 \times (Kd) \times \left(\frac{9.0 + 0.3}{9.0}\right)^2$$

$$= 266.166 \ (kN/m^2)$$

$$= 266.2 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	1.51 m	37.8 kN/m^2	187.8 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) U3 (0+945)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 736.646 + 733.277$$

$$= 1469.92 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 490.0 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.090	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.230	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.115	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.064	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.102	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.051	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 719.881 + 759.369$$

$$= 1479.250$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 493.1 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 19.3 \times (Kd) \times \left(\frac{9.0 + 0.3}{9.0}\right)^2$$

$$= 274.148 \ (kN/m^2)$$

$$= 274.1 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	2.38 m	59.5 kN/m^2	209.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) U4 (0+965)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 982.195 + 725.306$$

$$= 1707.50 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 569.2 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.091	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.233	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.117	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.084	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.135	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.068	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 977.117 + 781.625$$

$$= 1758.742$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 586.2 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 19 \times (Kd) \times \left(\frac{9.1 + 0.3}{9.1}\right)^2$$

$$= 277.500 \ (kN/m^2)$$

$$= 277.5 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	3.34 m	167.0 kN/m^2	467.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) U5 (0+985)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 15 (deg) 일 경우

N_c = 12.86 , N_q = 4.45 , N_r = 1.52

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 293.208 + 374.468 + 105.815$$

$$= 773.49 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 257.8 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 10.98

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 3.94

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 1.13

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.091	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.155	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.077	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.109	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.142	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.071	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 289.655 + 382.433 + 100.819$$

$$= 772.907$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 257.6 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 26.3 \times (Kd) \times \left(\frac{9.1 + 0.3}{9.1}\right)^2$$

$$= 397.055 \ (kN/m^2)$$

$$= 397.1 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	4.45 m	222.5 kN/m^2	522.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 200.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) U6 (1+005)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 15 (deg) 일 경우

N_c = 12.86 , N_q = 4.45 , N_r = 1.52

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 293.208 + 462.978 + 110.466$$

$$= 866.65 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 288.9 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 10.98

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 3.94

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 1.13

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.095	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.161	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.081	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.129	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.168	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.084	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 297.788 + 480.343 + 106.924$$

$$= 885.055$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 295.0 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 26.3 \times (Kd) \times \left(\frac{9.5 + 0.3}{9.5}\right)^2$$

$$= 407.191 \ (kN/m^2)$$

$$= 407.2 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	5.62 m	281.0 kN/m^2	581.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 200.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ 시점측(인천방향) BOX1 (1+025)

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	15	12.86	4.45	1.52	30	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	16	13.68	4.92	1.82	31	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	17	14.60	5.45	2.18	32	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	18	15.12	6.04	2.59	33	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	19	16.56	6.70	3.07	34	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	20	17.69	7.44	3.64	35	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	21	18.92	8.26	4.31	36	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	22	20.27	9.19	5.09	37	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	23	21.75	10.23	6.00	38	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	24	23.36	11.40	7.08	39	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	25	25.13	12.72	8.34	40	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	26	27.09	14.21	9.84	41	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	27	29.24	15.90	11.60	42	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	28	31.61	17.81	13.70	43	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	29	34.24	19.98	16.18	44	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 15 (deg) 일 경우

N_c = 12.86 , N_q = 4.45 , N_r = 1.52

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 293.208 + 540.097 + 53.386$$

$$= 886.69 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 295.6 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 10.98

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 3.94

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 1.13

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.093	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.158	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.079	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.133	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.173	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.087	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 298.290 + 560.865 + 51.722$$

$$= 910.877$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 303.6 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 26.3 \times (Kd) \times \left(\frac{11.2 + 0.3}{11.2}\right)^2$$

$$= 405.764 \ (kN/m^2)$$

$$= 405.8 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	6.91 m	345.5 kN/m^2	645.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) BOX2 (1+049)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 2465.260 + 562.138$$

$$= 3027.40 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1009.1 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.074	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.206	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.103	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.160	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.267	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.133	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 2546.315 + 623.692$$

$$= 3170.007$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1056.7 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 32.7 \times (Kd) \times \left(\frac{11.2 + 0.3}{11.2}\right)^2$$

$$= 523.859 \ (kN/m^2)$$

$$= 523.9 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	8.44 m	703.3 kN/m^2	1203.3 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) BOX3 (1+079)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.09 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 970.362 + 3654.342 + 908.750$$

$$= 5533.45 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1844.5 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.060	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.172	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.086	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.195	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.332	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.166	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 1130.801 + 3807.535 + 1001.738$$

$$= 5940.074$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1980.0 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 45 \times (Kd) \times \left(\frac{12.0 + 0.3}{12.0}\right)^2$$

$$= 752.172 \ (kN/m^2)$$

$$= 752.2 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
700.00 kN/m^2	11.17 m	1303.2 kN/m^2	2003.2 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) BOX4 (1+119)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.09 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 970.362 + 4089.906 + 908.750$$

$$= 5969.02 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1989.7 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.060	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.172	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.086	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.234	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.397	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.198	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 1185.983 + 4378.308 + 1029.230$$

$$= 6593.521$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 2197.8 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 45 \times (Kd) \times \left(\frac{12.0 + 0.3}{12.0}\right)^2$$

$$= 737.689 \ (kN/m^2)$$

$$= 737.7 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
700.00 kN/m^2	13.46 m	1570.3 kN/m^2	2270.3 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) BOX5 (1+159)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.09 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 970.362 + 4639.356 + 908.750$$

$$= 6518.47 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 2172.8 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.060	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.172	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.086	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.277	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.470	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.235	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 1247.956 + 5119.892 + 1061.018$$

$$= 7428.866$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 2476.3 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 45 \times (Kd) \times \left(\frac{12.0 + 0.3}{12.0}\right)^2$$

$$= 737.689 \ (kN/m^2)$$

$$= 737.7 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
700.00 kN/m^2	16.03 m	1870.2 kN/m^2	2570.2 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) BOX6 (1+199)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 988.166 + 5198.796 + 1045.713$$

$$= 7232.68 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 2410.9 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.070	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.202	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.101	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.274	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.465	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.232	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 1275.547 + 5802.393 + 1261.631$$

$$= 8339.571$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 2779.9 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{14.1 + 0.3}{14.1}\right)^2$$

$$= 813.665 \ (kN/m^2)$$

$$= 813.7 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
1050.00 kN/m^2	18.73 m	3277.8 kN/m^2	4327.8 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) BOX7 (1+239)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 33 (deg) 일 경우

N_c = 48.09 , N_q = 32.23 , N_r = 31.94

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 1601.397 + 9731.526 + 2270.710$$

$$= 13603.63 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 4534.5 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 38.64

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 26.09

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 26.17

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.070	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.238	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.119	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.305	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.562	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.281	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 2241.610 + 11292.080 + 2898.825$$

$$= 16432.515$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 5477.5 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{14.1 + 0.3}{14.1}\right)^2$$

$$= 813.665 \ (kN/m^2)$$

$$= 813.7 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
1050.00 kN/m^2	20.94 m	3664.5 kN/m^2	4714.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **시점측(인천방향) BOX8 (1+279)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 33 (deg) 일 경우

N_c = 48.09 , N_q = 32.23 , N_r = 31.94

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 1601.397 + 10540.177 + 2270.710$$

$$= 14412.28 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 4804.1 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 38.64

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 26.09

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 26.17

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.070	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.238	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.119	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.338	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.622	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.311	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 2327.715 + 12516.833 + 2966.713$$

$$= 17811.261$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 5937.1 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{14.1 + 0.3}{14.1}\right)^2$$

$$= 813.665 \ (kN/m^2)$$

$$= 813.7 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
1050.00 kN/m^2	23.23 m	4065.3 kN/m^2	5115.3 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **집수정(인천방향) (1+231.4)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 33 (deg) 일 경우

N_c = 48.09 , N_q = 32.23 , N_r = 31.94

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.89 , β = 0.20

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 2726.703 + 9015.214 + 1352.659$$

$$= 13094.58 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 4364.9 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 38.64

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 26.09

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 26.17

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.592	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	3.009	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	2.005	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.200	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.369	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.184	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 4775.117 + 17324.309 + 6577.536$$

$$= 28676.962$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 9559.0 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{19.3 + 0.3}{19.3}\right)^2$$

$$= 804.501 \ (kN/m^2)$$

$$= 804.5 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
1050.00 kN/m^2	18.77 m	3283.9 kN/m^2	4333.9 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp A U1 (8+310)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.20 , β = 0.44

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 2343.440 + 1410.552$$

$$= 3753.99 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1251.3 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.130	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.360	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.180	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.112	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.187	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.094	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 2500.328 + 1690.111$$

$$= 4190.439$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1396.8 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 39.2 \times (Kd) \times \left(\frac{13.0 + 0.3}{13.0}\right)^2$$

$$= 584.647 \ (kN/m^2)$$

$$= 584.6 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	6.81 m	340.5 kN/m^2	640.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp A U2 (8+330)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.22 , β = 0.43

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 1711.577 + 1532.249$$

$$= 3243.83 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1081.3 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.145	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.400	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.200	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.074	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.123	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.061	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 1801.096 + 1852.836$$

$$= 3653.932$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1218.0 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 27.8 \times (Kd) \times \left(\frac{14.5 + 0.3}{14.5}\right)^2$$

$$= 390.406 \ (kN/m^2)$$

$$= 390.4 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	4.84 m	242.0 kN/m^2	542.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp A U3 (8+350)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.20 , β = 0.43

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 1303.158 + 1405.004$$

$$= 2708.16 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 902.7 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.133	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.367	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.184	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.061	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.102	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.051	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 1340.279 + 1660.515$$

$$= 3000.795$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1000.3 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 27.8 \times (Kd) \times \left(\frac{13.3 + 0.3}{13.3}\right)^2$$

$$= 384.555 \ (kN/m^2)$$

$$= 384.6 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	3.57 m	178.3 kN/m^2	478.3 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp A U4 (8+370)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.19 , β = 0.44

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 913.012 + 1394.276$$

$$= 2307.29 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 769.1 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.129	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.356	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.178	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.044	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.074	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.037	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 921.816 + 1580.883$$

$$= 2502.699$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 834.2 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 23.6 \times (Kd) \times \left(\frac{12.9 + 0.3}{12.9}\right)^2$$

$$= 318.488 \ (kN/m^2)$$

$$= 318.5 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	2.35 m	117.4 kN/m^2	417.4 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp A U5 (8+390)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.19 , β = 0.44

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 503.375 + 993.643$$

$$= 1497.02 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 499.0 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.128	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.327	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.163	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.031	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.049	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.025	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 500.403 + 1094.325$$

$$= 1594.727$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 531.6 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 28.2 \times (Kd) \times \left(\frac{12.8 + 0.3}{12.8}\right)^2$$

$$= 372.752 \ (kN/m^2)$$

$$= 372.8 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	1.47 m	36.7 kN/m^2	186.7 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp A U6 (8+410)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.19 , β = 0.44

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 362.952 + 993.643$$

$$= 1356.60 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 452.2 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.128	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.327	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.163	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.022	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.036	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.018	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 358.345 + 1086.851$$

$$= 1445.196$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 481.7 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 28.2 \times (Kd) \times \left(\frac{12.8 + 0.3}{12.8}\right)^2$$

$$= 367.664 \ (kN/m^2)$$

$$= 367.7 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	0.92 m	23.0 kN/m^2	173.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp A U7 (8+430)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.19 , β = 0.44

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 265.755 + 993.643$$

$$= 1259.40 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 419.8 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.128	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.327	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.163	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.016	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.026	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.013	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 261.093 + 1081.513$$

$$= 1342.606$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 447.5 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 28.2 \times (Kd) \times \left(\frac{12.8 + 0.3}{12.8}\right)^2$$

$$= 364.142 \ (kN/m^2)$$

$$= 364.1 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	0.54 m	13.5 kN/m^2	163.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp A BOX-1 (8+136)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.16 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 1032.678 + 7932.460 + 946.530$$

$$= 9911.67 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 3303.9 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.108	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.312	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.156	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.363	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.616	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.308	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 1535.782 + 9869.151 + 1301.269$$

$$= 12706.201$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 4235.4 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{13.0 + 0.3}{13.0}\right)^2$$

$$= 816.415 \ (kN/m^2)$$

$$= 816.4 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
700.00 kN/m^2	23.08 m	2692.3 kN/m^2	3392.3 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp A BOX-2 (8+160)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 35 (deg) 일 경우

N_c = 57.75 , N_q = 41.44 , N_r = 45.41

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.10 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 15605.061 + 2731.866$$

$$= 18336.93 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 6112.3 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 46.12

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 33.30

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 37.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.064	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.236	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.118	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.339	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.652	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.326	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 18589.824 + 3524.716$$

$$= 22114.540$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 7371.5 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{12.8 + 0.3}{12.8}\right)^2$$

$$= 816.991 \ (kN/m^2)$$

$$= 817.0 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	21.22 m	1768.3 kN/m^2	2268.3 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp A BOX-3 (8+200)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 35 (deg) 일 경우

N_c = 57.75 , N_q = 41.44 , N_r = 45.41

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.10 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 13708.766 + 2731.866$$

$$= 16440.63 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 5480.2 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 46.12

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 33.30

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 37.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.064	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.236	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.118	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.282	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.541	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.271	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 15653.455 + 3378.517$$

$$= 19031.973$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 6344.0 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{12.8 + 0.3}{12.8}\right)^2$$

$$= 816.991 \ (kN/m^2)$$

$$= 817.0 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	17.54 m	1461.5 kN/m^2	1961.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp A BOX-4 (8+240)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 35 (deg) 일 경우

N_c = 57.75 , N_q = 41.44 , N_r = 45.41

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.09 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 11635.523 + 5292.990$$

$$= 16928.51 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 5642.8 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 46.12

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 33.30

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 37.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.062	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.229	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.114	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.226	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.435	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.217	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 12676.115 + 6245.343$$

$$= 18921.458$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 6307.2 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 45.8 \times (Kd) \times \left(\frac{12.4 + 0.3}{12.4}\right)^2$$

$$= 749.470 \ (kN/m^2)$$

$$= 749.5 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	13.54 m	1128.3 kN/m^2	1628.3 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp A BOX-5 (8+280)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.12 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 3262.543 + 1361.232$$

$$= 4623.77 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1541.3 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.080	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.222	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.111	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.170	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.282	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.141	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 3418.218 + 1531.982$$

$$= 4950.200$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1650.1 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 43.2 \times (Kd) \times \left(\frac{12.0 + 0.3}{12.0}\right)^2$$

$$= 698.612 \ (kN/m^2)$$

$$= 698.6 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	9.68 m	483.9 kN/m^2	783.9 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **집수정 (8+261)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 35 (deg) 일 경우

N_c = 57.75 , N_q = 41.44 , N_r = 45.41

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.80 , β = 0.23

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 13263.286 + 1817.308$$

$$= 15080.59 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 5026.9 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 46.12

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 33.30

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 37.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.535	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	2.976	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.988	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.209	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.401	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.201	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 25446.908 + 7716.804$$

$$= 33163.712$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 11054.6 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 45.8 \times (Kd) \times \left(\frac{17.4 + 0.3}{17.4}\right)^2$$

$$= 739.330 \ (kN/m^2)$$

$$= 739.3 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	17.68 m	1473.6 kN/m^2	1973.6 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B U1 (8+340)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.18 , β = 0.44

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 2403.388 + 1280.347$$

$$= 3683.74 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1227.9 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.118	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.327	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.163	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.127	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.211	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.106	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 2555.069 + 1528.584$$

$$= 4083.654$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1361.2 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 32.8 \times (Kd) \times \left(\frac{11.8 + 0.3}{11.8}\right)^2$$

$$= 501.517 \ (kN/m^2)$$

$$= 501.5 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	7.00 m	349.9 kN/m^2	649.9 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B U2 (8+360)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.17 , β = 0.44

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 1879.561 + 1215.245$$

$$= 3094.81 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1031.6 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.112	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.310	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.155	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.105	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.174	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.087	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 1950.346 + 1416.127$$

$$= 3366.473$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1122.2 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 32.8 \times (Kd) \times \left(\frac{11.2 + 0.3}{11.2}\right)^2$$

$$= 487.378 \ (kN/m^2)$$

$$= 487.4 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	5.36 m	268.2 kN/m^2	568.2 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B U3 (8+380)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.16 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 1442.289 + 1154.088$$

$$= 2596.38 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 865.5 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.104	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.288	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.144	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.087	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.144	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.072	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 1461.898 + 1284.478$$

$$= 2746.376$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 915.5 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 29.4 \times (Kd) \times \left(\frac{10.4 + 0.3}{10.4}\right)^2$$

$$= 427.298 \ (kN/m^2)$$

$$= 427.3 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	4.00 m	200.0 kN/m^2	500.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B U4 (8+400)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 1018.483 + 1065.312$$

$$= 2083.79 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 694.6 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.096	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.266	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.133	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.066	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.110	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.055	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 1006.190 + 1155.650$$

$$= 2161.839$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 720.6 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 29.4 \times (Kd) \times \left(\frac{9.6 + 0.3}{9.6}\right)^2$$

$$= 416.583 \ (kN/m^2)$$

$$= 416.6 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	2.68 m	133.9 kN/m^2	433.9 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B U5 (8+420)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 733.487 + 1054.215$$

$$= 1787.70 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 595.9 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.095	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.263	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.132	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.048	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.080	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.040	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 713.701 + 1126.357$$

$$= 1840.057$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 613.4 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 29 \times (Kd) \times \left(\frac{9.5 + 0.3}{9.5}\right)^2$$

$$= 400.056 \ (kN/m^2)$$

$$= 400.1 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	1.79 m	89.4 kN/m^2	389.4 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B U6 (8+440)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 474.138 + 1054.215$$

$$= 1528.35 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 509.5 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.095	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.263	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.132	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.031	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.052	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.026	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 455.137 + 1111.194$$

$$= 1566.331$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 522.1 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 29 \times (Kd) \times \left(\frac{9.5 + 0.3}{9.5}\right)^2$$

$$= 389.544 \ (kN/m^2)$$

$$= 389.5 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	0.98 m	49.0 kN/m^2	349.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B U7 (8+460)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.14 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 254.245 + 757.188$$

$$= 1011.43 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 337.1 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.095	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.243	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.122	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.021	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.033	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.017	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 241.931 + 780.495$$

$$= 1022.425$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 340.8 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 25.6 \times (Kd) \times \left(\frac{9.5 + 0.3}{9.5}\right)^2$$

$$= 338.310 \ (kN/m^2)$$

$$= 338.3 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	0.49 m	12.4 kN/m^2	162.4 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B U8 (8+475)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.19 , β = 0.44

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 198.485 + 740.362$$

$$= 938.85 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 312.9 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.127	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.324	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.162	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.016	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.026	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.013	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 194.836 + 805.141$$

$$= 999.976$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 333.3 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 25.6 \times (Kd) \times \left(\frac{9.5 + 0.3}{9.5}\right)^2$$

$$= 335.810 \ (kN/m^2)$$

$$= 335.8 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	0.28 m	6.9 kN/m^2	156.9 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B BOX-1 (8+110)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 33 (deg) 일 경우

N_c = 48.09 , N_q = 32.23 , N_r = 31.94

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.13 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 1630.251 + 15307.961 + 2165.660$$

$$= 19103.87 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 6368.0 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 38.64

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 26.09

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 26.17

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.089	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.303	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.152	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.427	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.787	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.394	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 2699.152 + 19899.693 + 3097.323$$

$$= 25696.167$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 8565.4 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{13.4 + 0.3}{13.4}\right)^2$$

$$= 815.316 \ (kN/m^2)$$

$$= 815.3 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
1050.00 kN/m^2	28.13 m	4922.8 kN/m^2	5972.8 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B BOX-2 (8+140)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 33 (deg) 일 경우

N_c = 48.09 , N_q = 32.23 , N_r = 31.94

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.10 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 1586.970 + 14429.468 + 2212.739$$

$$= 18229.18 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 6076.4 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 38.64

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 26.09

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 26.17

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.067	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.227	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.114	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.393	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.724	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.362	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 2452.111 + 17722.557 + 2926.399$$

$$= 23101.067$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 7700.4 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{13.4 + 0.3}{13.4}\right)^2$$

$$= 815.316 \ (kN/m^2)$$

$$= 815.3 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
1050.00 kN/m^2	25.84 m	4522.5 kN/m^2	5572.5 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B BOX-3 (8+180)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.10 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 979.264 + 7809.183 + 988.598$$

$$= 9777.05 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 3259.0 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.065	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.187	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.094	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.359	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.609	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.305	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 1383.443 + 9173.599 + 1228.653$$

$$= 11785.695$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 3928.6 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{13.0 + 0.3}{13.0}\right)^2$$

$$= 816.415 \ (kN/m^2)$$

$$= 816.4 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값		할증을 고려하는 깊이		지지력 할증치		할증을 고려한 지지력	
700.00	kN/m^2	22.83	m	2663.9	kN/m^2	3363.9	kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B BOX-4 (8+220)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 35 (deg) 일 경우

N_c = 57.75 , N_q = 41.44 , N_r = 45.41

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.10 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 13715.811 + 2731.866$$

$$= 16447.68 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 5482.6 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 46.12

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 33.30

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 37.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.064	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.236	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.118	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.295	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.567	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.284	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 15821.688 + 3413.073$$

$$= 19234.761$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 6411.6 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{12.8 + 0.3}{12.8} \right)^2$$

$$= 816.991 \ (kN/m^2)$$

$$= 817.0 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	18.41 m	1533.8 kN/m^2	2033.8 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B BOX-5 (8+260)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 35 (deg) 일 경우

N_c = 57.75 , N_q = 41.44 , N_r = 45.41

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.09 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 11654.171 + 2646.495$$

$$= 14300.67 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 4766.9 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 46.12

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 33.30

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 37.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.062	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.229	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.114	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.238	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.456	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.228	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 12811.189 + 3150.896$$

$$= 15962.085$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 5320.7 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{12.4 + 0.3}{12.4}\right)^2$$

$$= 818.198 \ (kN/m^2)$$

$$= 818.2 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	14.23 m	1186.1 kN/m^2	1686.1 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp B BOX-6 (8+300)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.09 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 3538.241 + 1390.824$$

$$= 4929.07 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1643.0 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.060	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.166	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.083	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.184	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.306	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.153	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 3651.650 + 1509.078$$

$$= 5160.728$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1720.2 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 45.8 \times (Kd) \times \left(\frac{12.0 + 0.3}{12.0}\right)^2$$

$$= 754.452 \ (kN/m^2)$$

$$= 754.5 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	10.54 m	526.9 kN/m^2	826.9 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ 집수정 (8+241)

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	15	12.86	4.45	1.52	30	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	16	13.68	4.92	1.82	31	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	17	14.60	5.45	2.18	32	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	18	15.12	6.04	2.59	33	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	19	16.56	6.70	3.07	34	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	20	17.69	7.44	3.64	35	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	21	18.92	8.26	4.31	36	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	22	20.27	9.19	5.09	37	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	23	21.75	10.23	6.00	38	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	24	23.36	11.40	7.08	39	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	25	25.13	12.72	8.34	40	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	26	27.09	14.21	9.84	41	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	27	29.24	15.90	11.60	42	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	28	31.61	17.81	13.70	43	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	29	34.24	19.98	16.18	44	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.78 , β = 0.24

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 1584.627 + 7202.390 + 698.976$$

$$= 9485.99 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 3162.0 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.522	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	2.504	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.752	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.250	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.425	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.212	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 2584.661 + 12584.029 + 2530.272$$

$$= 17698.962$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 5899.7 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{18.0 + 0.3}{18.0}\right)^2$$

$$= 806.217 \ (kN/m^2)$$

$$= 806.2 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2003, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값		할증을 고려하는 깊이		지지력 할증치		할증을 고려한 지지력	
700.00	kN/m^2	22.03	m	2569.6	kN/m^2	3269.6	kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp C U1 (0+765)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.12 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 1652.595 + 676.244$$

$$= 2328.84 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 776.3 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.083	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.213	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.106	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.156	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.249	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.125	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 1714.740 + 743.564$$

$$= 2458.304$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 819.4 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 27.6 \times (Kd) \times \left(\frac{8.3 + 0.3}{8.3}\right)^2$$

$$= 447.839 \ (kN/m^2)$$

$$= 447.8 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	5.96 m	149.0 kN/m^2	299.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp C U2 (0+785)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.12 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 1296.805 + 676.244$$

$$= 1973.05 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 657.7 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.083	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.213	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.106	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.122	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.196	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.098	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 1313.277 + 725.718$$

$$= 2038.995$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 679.7 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 24.8 \times (Kd) \times \left(\frac{8.3 + 0.3}{8.3}\right)^2$$

$$= 384.557 \ (kN/m^2)$$

$$= 384.6 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	4.57 m	114.3 kN/m^2	264.3 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp C U3 (0+805)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.12 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 903.671 + 639.580$$

$$= 1543.25 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 514.4 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.079	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.201	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.101	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.090	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.144	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.072	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 889.440 + 667.090$$

$$= 1556.530$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 518.8 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 24.8 \times (Kd) \times \left(\frac{7.9 + 0.3}{7.9}\right)^2$$

$$= 368.905 \ (kN/m^2)$$

$$= 368.9 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	3.03 m	75.8 kN/m^2	225.8 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp C U4 (0+825)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.12 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 651.216 + 639.580$$

$$= 1290.80 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 430.3 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.079	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.201	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.101	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.065	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.104	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.052	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 629.002 + 654.644$$

$$= 1283.646$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 427.9 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 24.8 \times (Kd) \times \left(\frac{7.9 + 0.3}{7.9}\right)^2$$

$$= 355.461 \ (kN/m^2)$$

$$= 355.5 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	2.05 m	51.2 kN/m^2	201.2 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp C U5 (0+845)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 434.570 + 623.285$$

$$= 1057.86 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 352.6 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.077	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.196	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.098	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.044	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.071	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.036	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 412.236 + 626.550$$

$$= 1038.787$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 346.3 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 24.8 \times (Kd) \times \left(\frac{7.7 + 0.3}{7.7}\right)^2$$

$$= 345.192 \ (kN/m^2)$$

$$= 345.2 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	1.20 m	30.0 kN/m^2	180.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp C U6 (0+865)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 26 (deg) 일 경우

N_c = 27.09 , N_q = 14.21 , N_r = 9.84

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 277.010 + 623.285$$

$$= 900.30 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 300.1 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 22.25

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 11.85

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 8.00

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.077	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.196	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.098	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.028	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.045	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.023	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 259.476 + 618.688$$

$$= 878.164$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 292.7 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 24.8 \times (Kd) \times \left(\frac{7.7 + 0.3}{7.7}\right)^2$$

$$= 336.566 \ (kN/m^2)$$

$$= 336.6 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	0.58 m	14.6 kN/m^2	164.6 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp C BOX-1 (0+635)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 35 (deg) 일 경우

N_c = 57.75 , N_q = 41.44 , N_r = 45.41

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 10024.750 + 2214.192$$

$$= 12238.94 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 4079.6 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 46.12

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 33.30

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 37.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.071	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.261	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.130	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.292	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.561	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.280	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 11651.624 + 2847.889$$

$$= 14499.513$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 4833.2 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 50 \times (Kd) \times \left(\frac{10.6 + 0.3}{10.6}\right)^2$$

$$= 824.776 \ (kN/m^2)$$

$$= 824.8 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	14.97 m	1247.8 kN/m^2	1747.8 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp C BOX-2 (0+665)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 35 (deg) 일 경우

N_c = 57.75 , N_q = 41.44 , N_r = 45.41

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.08 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 9286.704 + 2219.641$$

$$= 11506.34 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 3835.4 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 46.12

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 33.30

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 37.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.052	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.192	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.096	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.255	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.491	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.245	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 10182.771 + 2635.980$$

$$= 12818.751$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 4272.9 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 32.6 \times (Kd) \times \left(\frac{10.4 + 0.3}{10.4}\right)^2$$

$$= 538.323 \ (kN/m^2)$$

$$= 538.3 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	12.78 m	1065.3 kN/m^2	1565.3 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp C BOX-3 (0+705)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 35 (deg) 일 경우

N_c = 57.75 , N_q = 41.44 , N_r = 45.41

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.08 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 8320.738 + 2347.697$$

$$= 10668.43 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 3556.1 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 46.12

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 33.30

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 37.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.055	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.203	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.101	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.188	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.360	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.180	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 8686.716 + 2654.550$$

$$= 11341.266$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 3780.4 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 40.2 \times (Kd) \times \left(\frac{11.0 + 0.3}{11.0}\right)^2$$

$$= 668.241 \ (kN/m^2)$$

$$= 668.2 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	9.82 m	818.2 kN/m^2	1318.2 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp C BOX-4 (0+745)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 28 (deg) 일 경우

N_c = 31.61 , N_q = 17.81 , N_r = 13.70

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.08 , β = 0.48

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 2357.225 + 1183.680$$

$$= 3540.90 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1180.3 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 25.80

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 14.72

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 11.19

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.050	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.138	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.069	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.147	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.245	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.122	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 2336.767 + 1207.934$$

$$= 3544.701$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1181.6 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 32.2 \times (Kd) \times \left(\frac{10.0 + 0.3}{10.0}\right)^2$$

$$= 510.406 \ (kN/m^2)$$

$$= 510.4 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
300.00 kN/m^2	6.85 m	342.7 kN/m^2	642.7 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **집수정 (0+733)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 35 (deg) 일 경우

N_c = 57.75 , N_q = 41.44 , N_r = 45.41

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.69 , β = 0.27

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 9518.354 + 1728.759$$

$$= 11247.11 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 3749.0 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 46.12

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 33.30

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 37.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.462	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	2.706	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.853	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.189	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.364	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.182	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 16752.484 + 5736.419$$

$$= 22488.903$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 7496.3 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 45 \times (Kd) \times \left(\frac{14.1 + 0.3}{14.1}\right)^2$$

$$= 740.911 \ (kN/m^2)$$

$$= 740.9 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	12.85 m	1070.4 kN/m^2	1570.4 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp D U1 (0+142)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 34 (deg) 일 경우

N_c = 52.64 , N_q = 36.50 , N_r = 38.04

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 3597.732 + 2267.793$$

$$= 5865.52 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1955.2 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 42.16

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 29.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 31.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.072	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.255	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.127	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.152	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.286	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.143	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 3738.040 + 2600.179$$

$$= 6338.218$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 2112.7 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 30.5 \times (Kd) \times \left(\frac{7.2 + 0.3}{7.2}\right)^2$$

$$= 497.817 \ (kN/m^2)$$

$$= 497.8 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	4.98 m	124.4 kN/m^2	274.4 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp D U2 (0+162)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 34 (deg) 일 경우

N_c = 52.64 , N_q = 36.50 , N_r = 38.04

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 3564.816 + 2267.793$$

$$= 5832.61 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1944.2 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 42.16

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 29.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 31.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.072	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.255	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.127	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.151	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.283	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.142	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 3700.600 + 2597.904$$

$$= 6298.504$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 2099.5 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 30.5 \times (Kd) \times \left(\frac{7.2 + 0.3}{7.2} \right)^2$$

$$= 496.895 \ (kN/m^2)$$

$$= 496.9 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	4.93 m	123.1 kN/m^2	273.1 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp D U3 (0+182)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 34 (deg) 일 경우

N_c = 52.64 , N_q = 36.50 , N_r = 38.04

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 2903.283 + 2267.793$$

$$= 5171.08 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1723.7 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 42.16

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 29.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 31.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.072	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.255	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.127	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.123	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.231	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.115	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 2942.613 + 2536.482$$

$$= 5479.095$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1826.4 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 30.5 \times (Kd) \times \left(\frac{7.2 + 0.3}{7.2} \right)^2$$

$$= 478.383 \ (kN/m^2)$$

$$= 478.4 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	3.92 m	98.0 kN/m^2	248.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp D U4 (0+202)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 34 (deg) 일 경우

N_c = 52.64 , N_q = 36.50 , N_r = 38.04

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 3672.433 + 2330.787$$

$$= 6003.22 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 2001.1 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 42.16

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 29.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 31.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.074	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.262	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.131	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.151	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.284	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.142	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 3825.846 + 2679.545$$

$$= 6505.391$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 2168.5 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 35.6 \times (Kd) \times \left(\frac{7.4 + 0.3}{7.4}\right)^2$$

$$= 579.354 \ (kN/m^2)$$

$$= 579.4 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	5.09 m	127.2 kN/m^2	277.2 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp D U5 (0+222)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 34 (deg) 일 경우

N_c = 52.64 , N_q = 36.50 , N_r = 38.04

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.11 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 3566.853 + 2330.787$$

$$= 5897.64 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1965.9 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 42.16

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 29.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 31.15

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.074	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.262	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.131	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.147	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.276	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.138	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 3702.841 + 2670.159$$

$$= 6373.000$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 2124.3 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 35.6 \times (Kd) \times \left(\frac{7.4 + 0.3}{7.4} \right)^2$$

$$= 576.004 \ (kN/m^2)$$

$$= 576.0 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	4.93 m	123.2 kN/m^2	273.2 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp D BOX-1 (0+242)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.16 , β = 0.45

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 1590.688 + 1258.157$$

$$= 2848.84 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 949.6 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.107	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.307	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.154	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.092	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.156	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.078	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 1628.230 + 1423.070$$

$$= 3051.300$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1017.1 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 27.8 \times (Kd) \times \left(\frac{9.6 + 0.3}{9.6}\right)^2$$

$$= 408.586 \ (kN/m^2)$$

$$= 408.6 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
150.00 kN/m^2	3.92 m	98.1 kN/m^2	248.1 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 400.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp D BOX-2 (0+260)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 29 (deg) 일 경우

N_c = 34.24 , N_q = 19.98 , N_r = 16.18

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.10 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 1966.619 + 1368.828$$

$$= 3335.45 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 1111.8 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 27.86

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 16.44

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 13.24

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.067	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.192	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.096	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.109	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.186	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.093	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 1938.462 + 1427.451$$

$$= 3365.913$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 1122.0 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 31.4 \times (Kd) \times \left(\frac{10.0 + 0.3}{10.0}\right)^2$$

$$= 472.542 \ (kN/m^2)$$

$$= 472.5 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	4.97 m	414.0 kN/m^2	914.0 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp D BOX-3 (0+290)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 39 (deg) 일 경우

N_c = 85.97 , N_q = 70.61 , N_r = 95.03

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.08 , β = 0.48

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 10775.792 + 9122.880$$

$$= 19898.67 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 6632.9 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 67.87

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 55.96

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 77.33

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.050	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.220	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.110	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.153	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.320	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.160	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 10996.176 + 9957.011$$

$$= 20953.186$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 6984.4 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m²) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m²) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 39.2 \times (Kd) \times \left(\frac{10.0 + 0.3}{10.0}\right)^2$$

$$= 625.677 \ (kN/m^2)$$

$$= 625.7 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	7.13 m	594.2 kN/m^2	1094.2 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp D BOX-4 (0+330)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 39 (deg) 일 경우

N_c = 85.97 , N_q = 70.61 , N_r = 95.03

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.08 , β = 0.47

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 13816.682 + 4913.051$$

$$= 18729.73 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 6243.2 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 67.87

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 55.96

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 77.33

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.055	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.242	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.121	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.192	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.403	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.201	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 14742.254 + 5726.105$$

$$= 20468.359$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 6822.8 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 46.5 \times (Kd) \times \left(\frac{11.0 + 0.3}{11.0}\right)^2$$

$$= 778.220 \ (kN/m^2)$$

$$= 778.2 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	10.07 m	839.2 kN/m^2	1339.2 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp D BOX-5 (0+370)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 38 (deg) 일 경우

N_c = 77.50 , N_q = 61.55 , N_r = 78.61

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.06 , β = 0.48

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 13310.311 + 3094.090$$

$$= 16404.40 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 5468.1 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 61.35

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 48.93

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 64.07

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.041	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.172	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.086	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.325	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.667	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.334	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 15329.253 + 3805.610$$

$$= 19134.863$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 6378.3 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 41.3 \times (Kd) \times \left(\frac{8.2 + 0.3}{8.2} \right)^2$$

$$= 691.856 \ (kN/m^2)$$

$$= 691.9 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값		할증을 고려하는 깊이		지지력 할증치		할증을 고려한 지지력	
500.00	kN/m^2	12.84	m	1069.9	kN/m^2	1569.9	kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **Ramp D BOX-6 (0+410)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 38 (deg) 일 경우

N_c = 77.50 , N_q = 61.55 , N_r = 78.61

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.06 , β = 0.48

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 15225.931 + 3094.090$$

$$= 18320.02 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 6106.7 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 61.35

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 48.93

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 64.07

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.042	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.177	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.088	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.386	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.791	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.396	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 18384.225 + 3989.816$$

$$= 22374.042$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 7458.0 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 40.4 \times (Kd) \times \left(\frac{8.2 + 0.3}{8.2}\right)^2$$

$$= 676.626 \ (kN/m^2)$$

$$= 676.6 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	15.32 m	1276.6 kN/m^2	1776.6 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Terzaghi의 지지력 공식

☞ **집수정 (0+363.9)**

(Ref : Braja M.Das, 기초공학원론, p105)

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

◎ 지지력 계수

Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r	Φ	N_c	N_q	N_r
0	5.70	1.00	0.00	**15**	12.86	4.45	1.52	**30**	37.16	22.46	19.13
1	6.00	1.10	0.01	**16**	13.68	4.92	1.82	**31**	40.41	25.28	22.65
2	6.30	1.22	0.04	**17**	14.60	5.45	2.18	**32**	44.04	28.52	26.87
3	6.62	1.35	0.06	**18**	15.12	6.04	2.59	**33**	48.09	32.23	31.94
4	6.97	1.49	0.10	**19**	16.56	6.70	3.07	**34**	52.64	36.50	38.04
5	7.34	1.64	0.14	**20**	17.69	7.44	3.64	**35**	57.75	41.44	45.41
6	7.73	1.81	0.20	**21**	18.92	8.26	4.31	**36**	63.53	47.16	54.36
7	8.15	2.00	0.27	**22**	20.27	9.19	5.09	**37**	70.01	53.80	65.27
8	8.60	2.21	0.35	**23**	21.75	10.23	6.00	**38**	77.50	61.55	78.61
9	9.09	2.44	0.44	**24**	23.36	11.40	7.08	**39**	85.97	70.61	95.03
10	9.61	2.69	0.56	**25**	25.13	12.72	8.34	**40**	95.66	81.27	115.31
11	10.16	2.98	0.69	**26**	27.09	14.21	9.84	**41**	106.81	93.85	140.51
12	10.76	3.29	0.85	**27**	29.24	15.90	11.60	**42**	119.67	108.75	171.99
13	11.41	3.63	1.04	**28**	31.61	17.81	13.70	**43**	134.58	126.50	211.56
14	12.11	4.02	1.26	**29**	34.24	19.98	16.18	**44**	151.95	147.74	261.60

여기서, Φ = 40 (deg) 일 경우

N_c = 95.66 , N_q = 81.27 , N_r = #####

형상계수	기초저면의 형상			
	줄기초	정사각형	직사각형	원형
α	1	1.3	1+0.3 B/L	1.3
β	0.5	0.4	0.5−0.1 B/L	0.3

적용형상계수 α = 1.13 , β = 0.46

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \beta \cdot r \cdot B \cdot N_r$$

$$= 0.000 + 21321.103 + 3235.599$$

$$= 24556.70 \ kN/m^2)$$

$$q_a = \frac{q_u}{3} = 8185.6 \ (kN/m^2)$$

▣ Meyerhof의 지지력 공식

(Ref : Principle of Foundation Engineering P142,Third Edition, BRAJA M.DAS)

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

지지력 계수

$N_c = (N_q - 1) \cot \Phi$ = 75.31

$N_q = e^{\pi \tan\Phi} \tan^2(45+\Phi/2)$ = 64.20

$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4\,\Phi)$ = 93.69

◎ 형상계수

계수	연산식	계산결과	비 고
모양	$F_{cs}=1+0.2(B/L)$	1.087	(Φ=0)
	$F_{qs}=F_{rs}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cs}=1+0.2K_p(B/L)$	1.398	(Φ>10)
	$F_{qs}=F_{rs}=1+0.1K_p(B/L)$	1.199	(Φ>10)
깊이	$F_{cd}=1+0.2(D_f/B)$	1.584	(Φ=0)
	$F_{qd}=F_{rd}=1$	1.000	(Φ=0)
	$F_{cd}=1+0.2\sqrt{K_p}(D_f/B)$	2.253	(Φ>10)
	$F_{qd}=F_{rd}=1+0.1\sqrt{K_p}(D_f/B)$	1.627	(Φ>10)
경사	$F_{ci}=F_{qi}=(1-\beta/90)^2$	1	any Φ
	$F_{ri}=(1-\beta/\Phi)^2$	1	any Φ

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{r \cdot B \cdot N_r \cdot F_{rs} \cdot F_{rd} \cdot F_{ri}}{2}$$

$$= 0.000 + 32856.491 + 5574.422$$

$$= 38430.912$$

$$q_a = \frac{q_{ult}}{3} = 12810.3 \ (kN/m^2)$$

▣ 수정 Meyerhof 방법(1965)

(Ref : '구조물 기초 설계기준', (사)한국지반공학회, 2003, p215)

$q_a = 19 \cdot N' \cdot K_d$ (kpa≒0.102tf/m^2) B < 1.2m인 경우

$q_a = 12 \cdot N' \cdot Kd \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2$ (kpa≒0.102tf/m^2) B ≥ 1.2m인 경우

여기서, $K_d = 1 + \frac{D_f}{3B}$, (D ≤ B 인 경우) $K_d = 1.3$, (D > B 인 경우)

$$q_a = 12 \times 48.9 \times (Kd) \times \left(\frac{6.1 + 0.3}{6.1} \right)^2$$

$$= 840.507 \ (kN/m^2)$$

$$= 840.5 \ (kN/m^2)$$

▣ NAVFAC DM-7.2에 의한 방법

(Ref : (구조물 기초설계기준 해설, 2009, p208))

* 암종 및 풍화특성에 따라 구분한 기준

지지층의 종류	현장연경도 상태	허용지지력(kN/m^2)	
		범 위	추 천 값
입도분포가 양호한 세립토 모래자갈의 혼합물 : 빙하퇴적물, 하드팬(hardpan),점성토 섞인 자갈 (GW-GC, GC, SC)	매우 조밀함	850 ~ 1300	1050
자갈, 자갈-모래 혼합물, 호박돌-자갈 혼합물 (GW, GP, SW, SP)	매우 조밀함	650 ~ 1050	750
	중간정도 조밀	400 ~ 750	500
	느슨함	200 ~ 650	300
입자가 굵거나 중간정도의 모래, 자갈이 약간 섞인 모래 (SW, SP)	매우 조밀함	400 ~ 650	400
	중간정도 조밀	200 ~ 400	300
	느슨함	100 ~ 300	150
가는 모래, 실트질이나 점토질 중간정도 입도나 굵은 모래(SW, SM, SC)	매우 조밀함	300 ~ 500	300
	중간정도 조밀	200 ~ 400	250
	느슨함	100 ~ 300	150
균질한 점토, 모래질이나 실트질, 점토	굳음	300 ~ 600	400
	중간정도 굳음	100 ~ 300	200
	느슨함	50 ~ 100	50
실트, 모래질 실트, 점토질 실트, 교호된(varved) 실트-점토-세사층	매우 굳음	200 ~ 400	300
	중간정도 굳음	100 ~ 300	150
	연함	50~ 100	50

허용지지력 추천값	할증을 고려하는 깊이	지지력 할증치	할증을 고려한 지지력
500.00 kN/m^2	17.32 m	1443.7 kN/m^2	1943.7 kN/m^2

㈜ 연한 암반이나 사질토 지반에서는 최소 근입 깊이(0.5m)로부터 근입깊이가 0.3m 증가할 때마다 공칭 경험값의 5%를 할증하여 사용한다.

▣ 도로교 설계기준 해설 하부구조편 (2001, p129)

* 기초의 과대한 침하를 피하기 위해 특히 평상시에 있어서만 최대 지반반력을 아래 값 정도로 한정한다.
* 기초의 침하량 및 설계의 실정 등을 고려하여 양질의 지지층에 있어서 최대 지반반력의 상한값을 나타낸 것

지반의 종류	최대지반반력(kN/m^2)
자갈지반	700
모래지반	400
점성토 지반	200

q_a = 700.00 kN/m^2

▣ Schmertmann방법

☞ **시점측(여의도방향) U1 (0+905)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로, 이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 23.94 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 53.68 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 29.74 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 2.22 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.26 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.56 I_{zt} = 0.11

Z_{max} = 20.33 m , Z_p = 5.00 m

σ_{vp}' = 112.18 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.27 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.597

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
매립	1.33 ~ 2.00	0.67	9000.0	0.142	0.000011
점토	2.00 ~ 3.80	1.80	5000.0	0.256	0.000092
모래	3.80 ~ 9.00	5.20	28000.0	0.490	0.000091
풍화토	9.00 ~ 21.66	12.66	60000.0	0.237	0.000050
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = 0.00519\ (m) = 5.191\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{45262.46}{9(1-0.32\text{^}2)} = 5602.9 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.005307 \ (m) = 5.31 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

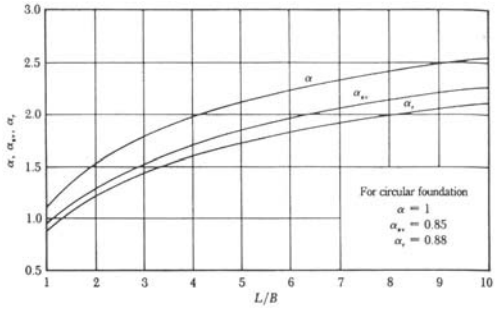
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 29.735 \times 9 \frac{(1-0.32\text{^}2)}{45262.5} 1.16 = 6.13 \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.57

E : 기초지반의 변형계수 = 45262.46 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.32

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00835\ (m) = 8.35\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **시점측(여의도방향) BOX1 (1+025)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로, 이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 120.37 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 157.91 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 37.54 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 2.15 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.24 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.55 I_{zt} = 0.11

Z_{max} = 25.01 m , Z_p = 6.16 m

σ_{vp}' = 173.00 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.22 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
점토	7.41 ~ 9.80	2.39	5000.0	0.199	0.000095
모래	9.80 ~ 10.70	0.90	28000.0	0.322	0.000010
풍화토	10.70 ~ 21.80	11.10	60000.0	0.451	0.000083
풍화암	21.80 ~ 32.42	10.62	300000.0	0.161	0.000006
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00439}\ (m) = \mathbf{4.386}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{155500.62}{11.15(1-0.33\text{^}2)} = 15429.0 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.002433 \ (m) = 2.43 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

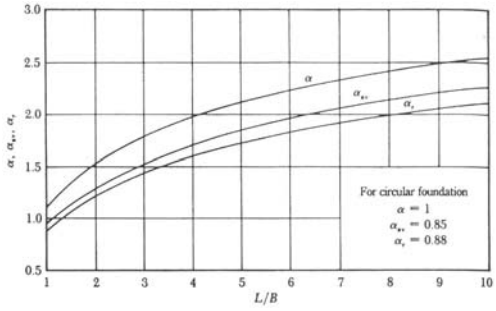
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 37.543 \times 11.1 \frac{(1-0.33\text{^}2)}{155500.6} 1.14 = 2.75 \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.55

E : 기초지반의 변형계수 = 155500.62 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.33

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00373\ (m) = 3.73\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **시점측(여의도방향) BOX8 (1+279)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로, 이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 305.82 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 423.32 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 117.50 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 2.85 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.40 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.59 I_{zt} = 0.12

Z_{max} = 33.69 m , Z_p = 8.26 m

σ_{vp}' = 413.20 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.28 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
연암	23.74 ~ 57.43	33.69	2000000.0	0.301	0.000005
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = 0.00036\ (m) = 0.358\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{2000000.00}{14.05(1-0.27\text{^}2)} = 153542.0 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.000765 \ (m) = \mathbf{0.77} \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

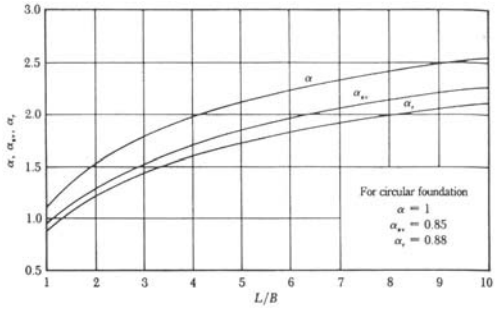
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 17.503 \times 14.0 \frac{(1-0.27\text{^}2)}{2000000.0} 1.26 = \mathbf{0.96} \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.73

E : 기초지반의 변형계수 = 2000000.00 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.27

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00132\ (m) = 1.32\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **시점측(인천방향) U1 (0+905)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로, 이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{Iz}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 23.94 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 53.68 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 29.74 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 2.22 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.26 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.56 I_{zt} = 0.11

Z_{max} = 20.33 m , Z_p = 5.00 m

σ_{vp}' = 109.65 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.27 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.597

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
매립	1.33 ~ 2.00	0.67	9000.0	0.142	0.000011
점토	2.00 ~ 9.00	7.00	5000.0	0.430	0.000602
풍화토	9.00 ~ 21.66	12.66	60000.0	0.237	0.000050
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{Iz}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.01412}\ (m) = \mathbf{14.124}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{39378.66}{9(1-0.32\text{^}2)} = 4874.6 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.006100 \ (m) = 6.10 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

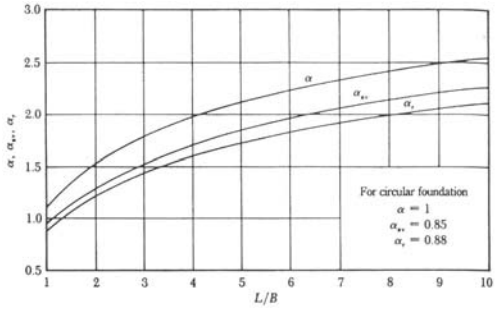
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 29.735 \times 9 \frac{(1-0.32\text{^}2)}{39378.7} 1.16 = 7.05 \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.57

E : 기초지반의 변형계수 = 39378.66 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.32

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00960\ (m) = 9.60\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **시점측(인천방향) BOX1 (1+025)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로, 이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 123.17 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 157.91 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 34.74 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 2.15 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.24 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.55 I_{zt} = 0.11

Z_{max} = 25.01 m , Z_p = 6.16 m

σ_{vp}' = 177.20 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.20 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
점토	7.41 ~ 9.00	1.59	5000.0	0.169	0.000054
모래	9.00 ~ 10.40	1.40	28000.0	0.281	0.000014
풍화토	10.40 ~ 32.42	22.02	60000.0	0.309	0.000113
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = 0.00378\ (m) = 3.779\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{54712.00}{11.15(1-0.33\text{^}2)} = 5466.7 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.006355 \ (m) = 6.36 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

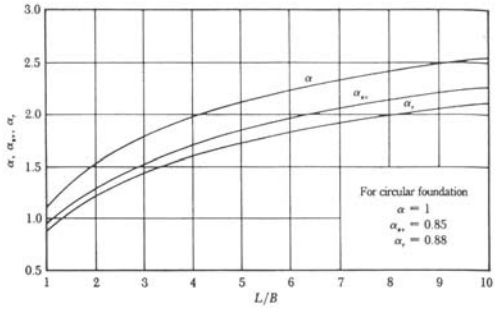
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 34.743 \times 11.1 \frac{(1-0.33\text{^}2)}{54712.0} 1.14 = 7.22 \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.55

E : 기초지반의 변형계수 = 54712.00 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.33

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00980\ (m) = 9.80\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **시점측(인천방향) BOX8 (1+279)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로, 이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{Iz}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 304.99 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 423.32 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 118.33 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 2.85 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.40 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.59 I_{zt} = 0.12

Z_{max} = 33.69 m , Z_p = 8.26 m

σ_{vp}' = 412.37 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.29 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
연암	23.73 ~ 57.42	33.69	2000000.0	0.301	0.000005
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{Iz}{E} \cdot \Delta_z = 0.00036\ (m) = 0.360\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{2000000.00}{14.05(1-0.27\text{^}2)} = 153542.0 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.000771 \ (m) = \mathbf{0.77} \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

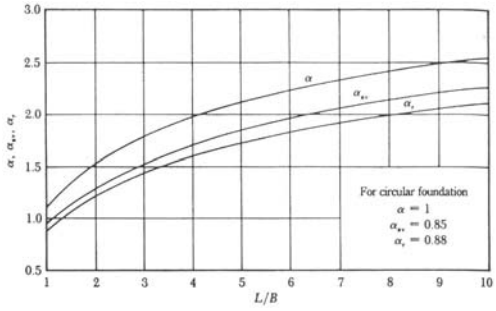
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 18.333 \times 14.0 \frac{(1-0.27\text{^}2)}{2000000.0} \ 1.26 = \mathbf{0.97} \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.73

E : 기초지반의 변형계수 = 2000000.00 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.27

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00133\ (m) = 1.33\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **Ramp A U7 (8+430)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로,
이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 18.90 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 52.02 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 33.12 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 2.11 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.23 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.55 I_{zt} = 0.11

Z_{max} = 21.21 m , Z_p = 5.23 m

σ_{vp}' = 112.98 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.29 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.715

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
매립	1.05 ~ 2.35	1.30	9000.0	0.167	0.000024
모래	2.35 ~ 11.60	9.25	28000.0	0.445	0.000147
자갈	11.60 ~ 20.43	8.83	50000.0	0.224	0.000040
풍화토	20.43 ~ 22.26	1.83	60000.0	0.033	0.000001
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00601}\ (m) = \mathbf{6.014}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{38753.80}{9.5(1-0.32\text{^}2)} = 4482.8 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.007389 \ (m) = 7.39 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

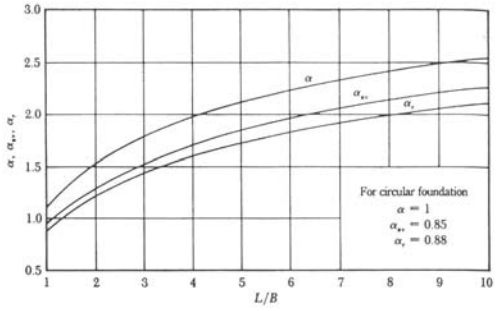
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 33.123 \times 9.5 \frac{(1-0.32\text{^}2)}{38753.8} \ 1.14 = 8.29 \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.54

E : 기초지반의 변형계수 = 38753.80 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.32

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.01122\ (m) = 11.22\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **Ramp A BOX-4 (8+240)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로, 이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{Iz}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 179.46 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 252.63 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 73.17 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 3.23 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.48 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.61 I_{zt} = 0.12

Z_{max} = 30.78 m , Z_p = 7.55 m

σ_{vp}' = 249.94 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.29 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
모래	9.97 ~ 13.41	3.44	28000.0	0.224	0.000028
자갈	13.41 ~ 17.19	3.78	50000.0	0.441	0.000033
풍화토	17.19 ~ 23.42	6.23	60000.0	0.504	0.000052
풍화암	23.42 ~ 40.75	17.33	300000.0	0.214	0.000012
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{Iz}{E} \cdot \Delta_z = 0.00551\ (m) = 5.514\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{190326.56}{12.4(1-0.32\text{^}2)} = 16866.9 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.004338 \ (m) = 4.34 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

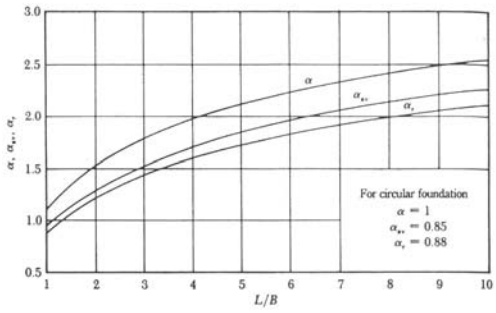
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 73.172 \times 12.4 \frac{(1-0.32\text{^}2)}{190326.6} 1.32 = 5.63 \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.81

E : 기초지반의 변형계수 = 190326.56 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.32

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00775\ (m) = 7.75\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **Ramp A BOX-1 (8+136)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로, 이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 243.20 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 278.92 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 35.72 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 2.31 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.28 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.56 I_{zt} = 0.11

Z_{max} = 29.61 m , Z_p = 7.28 m

σ_{vp}' = 320.09 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.11 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
풍화토	24.32 ~ 27.52	3.20	60000.0	0.211	0.000011
풍화암	27.52 ~ 53.93	26.41	300000.0	0.307	0.000027
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00082}\ (m) = \mathbf{0.822}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{274061.94}{13(1-0.32\text{^}2)} = 23166.7 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.001542 \ (m) = 1.54 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

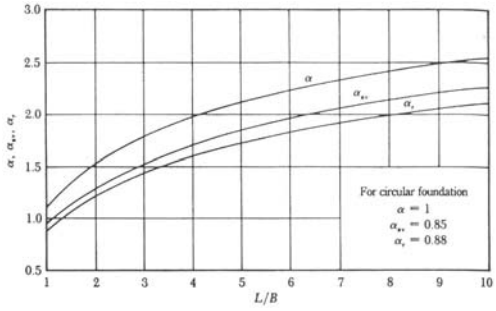
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 35.722 \times 13 \frac{(1-0.32\text{^}2)}{274061.9} \ 1.17 = 1.78 \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.60

E : 기초지반의 변형계수 = 274061.94 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.32

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00243\ (m) = 2.43\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **Ramp B U8 (8+475)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로,
이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max}	Z_p	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
	B	B		$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 13.32 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 51.93 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 38.61 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 1.58 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.12 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.53 I_{zt} = 0.10

Z_{max} = 20.09 m , Z_p = 5.00 m

σ_{vp}' = 103.27 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.37 tf/㎡ I_{zp} = 0.58

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.828

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
매립	0.74 ~ 2.23	1.49	9000.0	0.175	0.000029
모래	2.23 ~ 16.50	14.27	28000.0	0.381	0.000194
자갈	16.50 ~ 20.37	3.87	50000.0	0.092	0.000007
풍화토	20.37 ~ 20.83	0.46	60000.0	0.009	0.000000
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00884}\ (m) = \mathbf{8.836}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{31566.43}{9.5(1-0.32\text{^}2)} = 3676.1 \ (kN/m^3)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.010503 \ (m) = 10.50 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

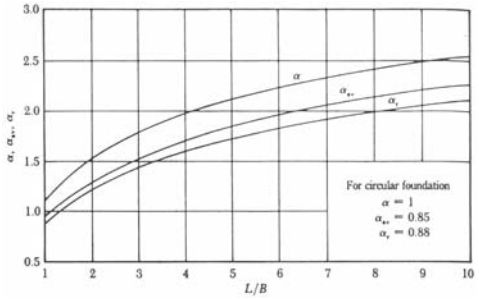
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 38.61 \times 9.5 \frac{(1-0.32\text{^}2)}{31566.4} 1.02 = \mathbf{10.63} \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.36

E : 기초지반의 변형계수 = 31566.43 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.32

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.01415\ (m) = 14.15\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **Ramp B BOX-1 (8+110)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로,
이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max}	Z_p	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
	B	B		$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 412.30 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 511.14 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 98.84 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 2.24 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.26 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.56 I_{zt} = 0.11

Z_{max} = 30.31 m , Z_p = 7.46 m

σ_{vp}' = 494.35 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.20 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
풍화암	28.12 ~ 58.43	30.31	300000.0	0.299	0.000030
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00179}\ (m) = \mathbf{1.790}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{300000.00}{13.4(1-0.3\text{^}2)} = 24602.3 \ (kN/m^3)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.004018 \ (m) = 4.02 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

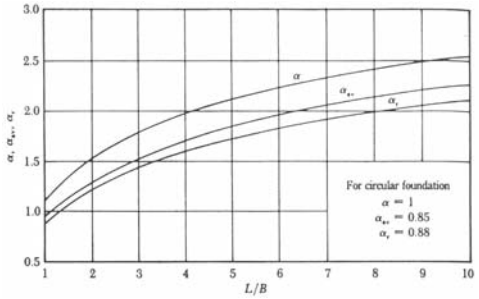
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 98.84 \times 13.4 \frac{(1-0.3\text{^}2)}{300000.0} 1.16 = \mathbf{4.65} \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.58

E : 기초지반의 변형계수 = 300000.00 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.30

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00634\ (m) = 6.34\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **Ramp B BOX-5 (8+260)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로,
이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max}	Z_p	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
	B	B		$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 257.42 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 267.36 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 9.94 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 3.23 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.48 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.61 I_{zt} = 0.12

Z_{max} = 30.78 m , Z_p = 7.55 m

σ_{vp}' = 332.88 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.03 tf/㎡ I_{zp} = 0.56

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
자갈	14.89 ~ 19.57	4.68	50000.0	0.258	0.000024
풍화토	19.57 ~ 23.04	3.47	60000.0	0.493	0.000028
풍화암	23.04 ~ 45.67	22.63	300000.0	0.274	0.000021
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00044}\ (m) = \mathbf{0.437}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{234934.31}{12.4(1-0.28\text{^}2)} = 20686.0 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.000481 \ (m) = \mathbf{0.48} \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

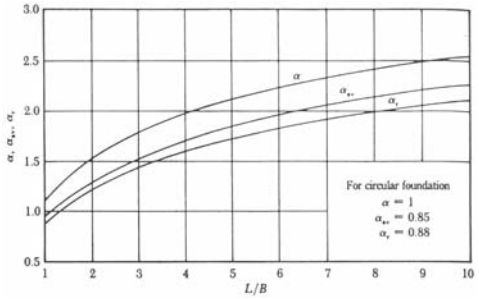
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 9.94 \times 12.4 \frac{(1-0.28\text{^}2)}{234934.3} 1.32 = \mathbf{0.64} \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.81

E : 기초지반의 변형계수 = 234934.31 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.28

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00088\ (m) = 0.88\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **집수정 (8+241)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로,
이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max}	Z_p	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
	B	B		$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 337.94 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 349.49 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 11.55 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 0.47 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 1.87 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.48 I_{zt} = 0.10

Z_{max} = 29.88 m , Z_p = 7.74 m

σ_{vp}' = 422.53 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.03 tf/㎡ I_{zp} = 0.56

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
풍화토	22.48 ~ 23.06	0.58	60000.0	0.114	0.000001
풍화암	23.06 ~ 52.36	29.30	300000.0	0.298	0.000029
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00021}\ (m) = \mathbf{0.209}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{295341.44}{16(1-0.32\text{^}2)} = 20284.4 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.000569 \ (m) = \mathbf{0.57} \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

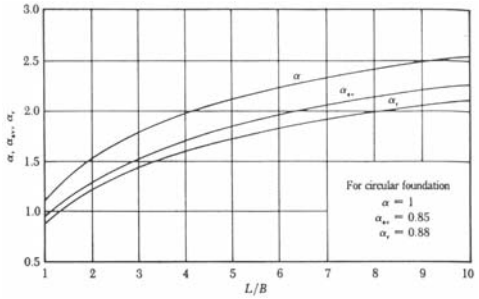
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 11.55 \times 16 \frac{(1-0.32\text{^}2)}{295341.4} 0.75 = \mathbf{0.42} \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 0.60

E : 기초지반의 변형계수 = 295341.44 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.32

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00034\ (m) = 0.34\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **Ramp C U6 (0+865)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로,
이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max}	Z_p	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
	B	B		$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 19.44 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 57.09 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 37.65 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 2.61 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.35 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.58 I_{zt} = 0.11

Z_{max} = 17.95 m , Z_p = 4.40 m

σ_{vp}' = 98.70 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.38 tf/㎡ I_{zp} = 0.58

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.742

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
매립	1.08 ~ 8.52	7.44	9000.0	0.414	0.000342
모래	8.52 ~ 10.12	1.60	28000.0	0.414	0.000024
자갈	10.12 ~ 17.22	7.10	50000.0	0.228	0.000032
풍화토	17.22 ~ 19.03	1.81	60000.0	0.039	0.000001
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.01339}\ (m) = \mathbf{13.389}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{32048.73}{7.65(1-0.32\text{^}2)} = 4603.7 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.008178 \ (m) = 8.18 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

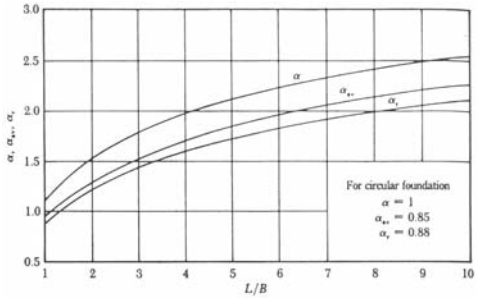
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 37.65 \times 7.65 \frac{(1-0.32\text{^}2)}{32048.7} 1.22 = 9.83 \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.68

E : 기초지반의 변형계수 = 32048.73 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.32

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.01353\ (m) = 13.53\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **Ramp C BOX-1 (0+635)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로,
이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max}	Z_p	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
	B	B		$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 248.46 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 266.39 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 17.93 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 3.77 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.60 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.64 I_{zt} = 0.13

Z_{max} = 27.61 m , Z_p = 6.78 m

σ_{vp}' = 316.29 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.06 tf/㎡ I_{zp} = 0.56

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
자갈	16.28 ~ 21.24	4.96	50000.0	0.287	0.000028
풍화토	21.24 ~ 28.46	7.22	60000.0	0.495	0.000060
풍화암	28.46 ~ 43.89	15.43	300000.0	0.209	0.000011
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00106}\ (m) = \mathbf{1.062}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{192320.29}{10.6(1-0.28\text{^}2)} = 19937.8 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.000899 \ (m) = \mathbf{0.90} \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

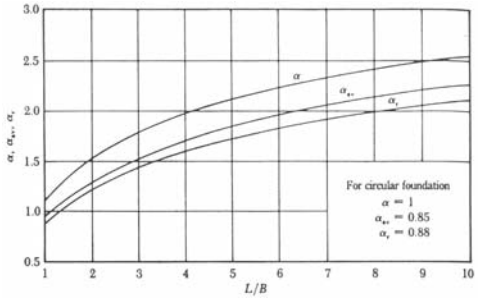
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 999999999 \frac{(1-0.28\text{^}2)}{192320.3} \ 1.40 = \mathbf{1.28} \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.91

E : 기초지반의 변형계수 = 192320.29 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.28

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00174\ (m) = 1.74\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **Ramp C BOX-4 (0+745)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로,
이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max}	Z_p	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
	B	B		$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 136.26 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 161.82 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 25.56 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 1.79 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.16 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.54 I_{zt} = 0.11

Z_{max} = 24.21 m , Z_p = 5.99 m

σ_{vp}' = 213.74 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.12 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
모래	7.57 ~ 9.80	2.23	28000.0	0.192	0.000015
자갈	9.80 ~ 18.59	8.79	50000.0	0.460	0.000081
풍화토	18.59 ~ 23.90	5.31	60000.0	0.328	0.000029
풍화암	23.90 ~ 31.78	7.88	300000.0	0.123	0.000003
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00197}\ (m) = \mathbf{1.970}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{131507.59}{11.2(1-0.32\text{^}2)} = 12819.9 \ (kN/m^3)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.001994 \ (m) = 1.99 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

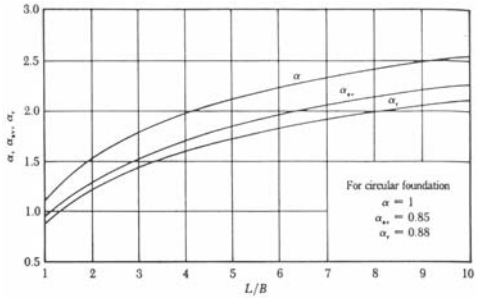
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 25.56 \times 11.2 \frac{(1-0.32\text{^}2)}{131507.6} 1.07 = \mathbf{2.09} \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.43

E : 기초지반의 변형계수 = 131507.59 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.32

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-\upsilon^2)}{E} = \mathbf{0.00280\ (m) = 2.80\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **Ramp D U1 (0+142)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로,
이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 61.28 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 141.78 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 80.50 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 2.78 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.38 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.58 I_{zt} = 0.12

Z_{max} = 17.15 m , Z_p = 4.21 m

σ_{vp}' = 124.64 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.65 tf/㎡ I_{zp} = 0.59

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.619

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
자갈	3.34 ~ 13.38	10.04	50000.0	0.412	0.000083
풍화토	13.38 ~ 18.78	5.40	60000.0	0.200	0.000018
풍화암	18.78 ~ 20.49	1.71	300000.0	0.039	0.000000
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00604}\ (m) = \mathbf{6.043}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{78093.23}{7.2(1-0.28\text{^}2)} = 11842.2 \ (kN/m^3)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.006798 \ (m) = 6.80 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

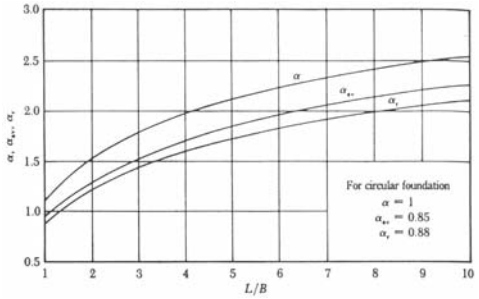
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 80.498 \times 7.2 \frac{(1-0.28\text{^}2)}{78093.2} 1.24 = 8.51 \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-u^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.72

E : 기초지반의 변형계수 = 78093.23 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.28

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-u^2)}{E} = \mathbf{0.01173\ (m) = 11.73\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **Ramp D BOX-1 (0+242)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로,
이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{Iz}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 79.56 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 155.87 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 76.31 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 1.88 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.18 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.54 I_{zt} = 0.11

Z_{max} = 20.94 m , Z_p = 5.18 m

σ_{vp}' = 173.97 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.44 tf/㎡ I_{zp} = 0.58

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
치환	4.42 ~ 5.42	1.00	15320.0	0.153	0.000010
매립	5.42 ~ 7.92	2.50	9000.0	0.312	0.000087
모래	7.92 ~ 9.36	1.44	28000.0	0.492	0.000025
자갈	9.36 ~ 25.36	16.00	50000.0	0.294	0.000094
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{Iz}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00989}\ (m) = \mathbf{9.893}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{41941.59}{9.6(1-0.32\text{^}2)} = 4867.3 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.015678 \ (m) = 15.68 \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

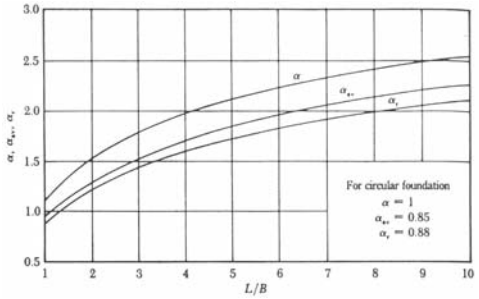
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 76.31 \times 9.6 \frac{(1-0.32\text{^}2)}{41941.6} 1.09 = \mathbf{17.09} \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-u^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.47

E : 기초지반의 변형계수 = 41941.59 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.32

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-u^2)}{E} = \mathbf{0.02298\ (m) = 22.98\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **Ramp D BOX-6 (0+410)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로,
이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 247.40 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 320.11 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 72.71 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 4.76 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.82 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.70 I_{zt} = 0.14

Z_{max} = 23.15 m , Z_p = 5.73 m

σ_{vp}' = 304.73 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.24 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
자갈	15.82 ~ 20.48	4.66	50000.0	0.315	0.000029
풍화토	20.48 ~ 27.74	7.26	60000.0	0.479	0.000058
풍화암	27.74 ~ 38.97	11.23	300000.0	0.184	0.000007
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00411}\ (m) = \mathbf{4.110}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{174429.89}{8.2(1-0.28\text{^}2)} = 23375.8 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.003110 \ (m) = \mathbf{3.11} \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

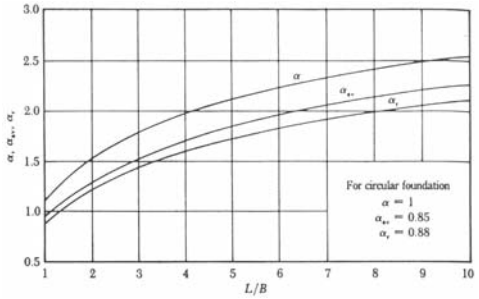
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 72.709 \times 8.2 \frac{(1-0.28\text{^}2)}{174429.9} 1.56 = \mathbf{4.92} \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-u^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 2.06

E : 기초지반의 변형계수 = 174429.89 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.28

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-u^2)}{E} = \mathbf{0.00648\ (m) = 6.48\ (mm)}$$

▣ Schmertmann방법

☞ **집수정 (0+363.9)**

(Ref : Manual for Design of Bridge Foundation , TRB, 1991)

* 지반내 연직응력 분포 형태와 유사하게 변형분포를 경험적으로 근사화시킨것으로,
이 방법은 지층별로 영향계수를 적용하여 그 침하량을 산정 불균질 지반에 적용

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z$$

I_z : 변형영향계수

C_p : 기초의 근입깊이에대한보정계수 ⇒ $C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$

C_t : 모래의 Creep에 대한 보정계수 ⇒ $C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년

E : 탄성계수

σ_{vo}' : 기초바닥부분의 초기 연직응력 (tf/㎡)

Δp : 기초에 작용하는 순 연직응력 증가 (tf/㎡)

σ_{vp}' : 최대영향계수를 나타내는 깊이에서의 연직응력 (tf/㎡)

L/B	Z_{max} / B	Z_p / B	I_{zt}	I_{zp} 의 최대값			
				$\Delta p / \sigma_{vp}' = 1$	2	4	10
1	2.00	0.50	0.10	0.60	0.64	0.70	0.82
2	2.20	0.55	0.11	0.60	0.64	0.70	0.82
4	2.65	0.65	0.13	0.60	0.64	0.70	0.82
8	3.55	0.90	0.18	0.60	0.64	0.70	0.82
≥10	4.00	1.00	0.20	0.60	0.64	0.70	0.82

σ_{vo}' = 245.78 tf/㎡ : 기초 바닥부분 초기 연직응력

p = 274.43 tf/㎡ : 기초 상부 작용력

Δp = 28.65 tf/㎡ : 기초 바닥부분 순 연직응력 증가

$\frac{L}{B}$ = 2.31 $\frac{Z_{max}}{B}$ = 2.28 $\frac{Z_p}{B}$ = 0.56 I_{zt} = 0.11

Z_{max} = 13.90 m , Z_p = 3.42 m

σ_{vp}' = 279.96 tf/㎡ $\Delta p/\sigma_{vp}'$ = 0.10 tf/㎡ I_{zp} = 0.57

$C_p = 1-0.5\ (\sigma_{vo}'/\Delta p)$ = 0.500

$C_t = 1+0.2\ \log_{10}\ (t/0.1)$, t = 년 = 1.200

지층	심도(m)	Δz	E(tf/m²)	평균 Iz	Iz×Δz / Ez
자갈	17.83 ~ 18.95	1.12	50000.0	0.186	0.000004
풍화토	18.95 ~ 22.28	3.33	60000.0	0.452	0.000025
풍화암	22.28 ~ 31.73	9.45	300000.0	0.255	0.000008
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-
-	0.00 ~ 0.00	0.00	0.0	-	-

$$S_i = C_p \cdot C_t \cdot \Delta P \cdot \sum \frac{I_z}{E} \cdot \Delta_z = \mathbf{0.00064}\ (m) = \mathbf{0.641}\ (mm)$$

▣ Vesic(1961) 제안식(지반계수법)

* 접지압과 침하량의 관계가 서로 비례한다고 가정한 식에 근거한 방법
* 지반반력계수 산정시 Vesic의 제안식 적용

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

K_s : 지반 반력계수, (kN/㎥) ⇒ $K_s = \dfrac{E}{B(1-\upsilon^2)}$

q : 기초상부 연직응력, (kN/㎡)

B : 기초 폭, (m)

E : 기초지반의 변형계수, (kN/㎡)

υ : 포와송비

$$K_s = \frac{222395.06}{6.1(1-0.28\text{^}2)} = 40064.0 \ (kN/㎥)$$

$$S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q$$

$$= 0.000715 \ (m) = \mathbf{0.72} \ (mm)$$

▣ 탄성이론에 의한 침하량 산정(Harr, 1966)

(Ref:구조물 기초 설계기준 해설 236p, Principles of Foundation Engineering, 175p)

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r$$

q : 기초상부 작용응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 (m)

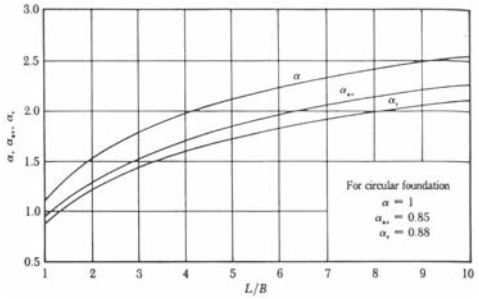
E : 지반변형계수 (kN/㎡)

υ : 포와송비

α_r : 탄성침하의 영향계수, (구조물기초설계 표이용 또는 Harr 도표이용)

구 분		강성기초
원형기초		0.785
정방형기초		0.880
구형기초	L/B=2	1.120
	L/B=5	1.600
	L/B=10	2.000

<구조물기초 설계기준>



<Harr의 제안도표>

$$S_i = q \cdot B \frac{(1-\upsilon^2)}{E} \alpha_r = 28.6464 \times 6.1 \frac{(1-0.28\text{^}2)}{222395.1} 1.17 = \mathbf{0.85} \ (mm)$$

▣ Schleicher 방법

(Ref : Foundations on Rock, Wyllie, 1992, p155)

* 탄성론에 의거한 방법으로 대상지반을 homogeneous, isotrophic한 탄성체로 가정

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-u^2)}{E}$$

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수

q : 기초상부 연직응력 (kN/㎡)

B : 기초폭 , (m)

E : 기초지반의 변형계수 , (kN/㎡)

υ : 포와송비

* 기초형상 및 강성에 따른 Cd 값

길이/폭	중심	모서리	단변의 중심	장변의 중심	평균
Circle	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Circle(rigid)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Square	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Square(rigid)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

C_d : 기초저면 형상과 강성에 따라 결정하는 침하계수 = 1.60

E : 기초지반의 변형계수 = 222395.06 (kN/㎡)

υ : 포와송비 = 0.28

$$S_i = \frac{C_d \cdot q \cdot B \cdot (1-u^2)}{E} = \mathbf{0.00116\ (m) = 1.16\ (mm)}$$

11.2 말뚝기초

▣ 도로교설계기준

☞ **신강고가차도교 A1**

(Ref : 도로교설계기준 해설(하부구조 편),2001,p232)

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right) \quad (kN/ea)$$

1) 선단지지력

$$Q_d = m \cdot N \cdot A_p \quad (kN/ea)$$

$= 250 \quad 40 \quad 0.196$

$= 1963.5 \quad (kN/ea)$

공법종류	m	비 고
타격공법	300	토사층 N치 40상한
시멘트밀크분출 교반방법	150	모래층 ($q_d \leq 7500kN/m^2$)
	200	모래자갈층 ($q_d \leq 10000kN/m^2$)
선굴착고결공법	250	일본건설성 고시
선굴착최종타격	300	
선굴착최종경타	250	

2) 주면마찰력

$$Q_s = U \sum fi \cdot li \quad (kN/ea)$$

도로교설계기준 해설 856P

지반종류	타입공법	현장타설	내부굴착
점성토	1c* 또는 10N(≤150	1c* 또는 10N(≤150)	0.8c* 또는 8N(≤100)
사질토	2N(≤100)	5N(≤200)	2N(≤100)

지층명		평균 N치	U	fi	li	U · fi · li
2	퇴적 점토	8	1.571	8.0	7.1	89.2
3	퇴적 모래	14	1.571	14.0	1.4	29.8
4	풍화토	41	1.571	41.0	17.6	1132.2
5	풍화암	50	1.571	50.0	1.0	76.3
–	–	–	–	–	–	–
				합	27.0	1327.5

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right)$$

$$= \frac{1}{3} \quad 1963.5 \quad + \quad 1327.5 \quad = \quad 1097.0 \quad (kN/ea) \quad (상시)$$

$$= \frac{1}{2} \quad 1963.5 \quad + \quad 1327.5 \quad = \quad 1645.5 \quad (kN/ea) \quad (지진시)$$

▣ 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

(Ref : 구조물 기초설계기준 해설,2009)

1) 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

■ 말뚝재료의 허용압축하중

$Q_a = (1 - (\mu_1 + \mu_2) / 100) \times \sigma_{as}$ = (1 - (0 + 0.10))x 16383 x 0.106

= 1556 kN

μ_1 : 세장비에 대한 저감율 σ_{as} : 말뚝재료의 허용압축응 (kPa)

μ_2 : 현장용접이음 저감율 A : 말뚝의 유효순단면적 (m2)

① 말뚝 장경비에 의한 저감(μ_1)

$\mu_1(\%) = (L/D - n)$ = 0 %

L : 말뚝길이(m) 27.0 m

D : 말뚝의지름(m) 0.5 m

n : 허용응력을 감소하지 않아도 되는 L/D의 상한 값 = 85

말뚝종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC말뚝	강관말뚝	현장타설말뚝
n	70	80	85	100	60
장경비의 상한계	90	105	110	130	80

* 세장비에 의한 말뚝재료의 허용응력감소를 감안하더라도, 세장비의 상한계 이상의 긴 말뚝은 설계하지 않는 것이 좋다

② 말뚝이음에 의한 저감(μ_2)

$\mu_2(\%)$ = 2 개소 X 5% X 1/2 = 10 %

* 선굴착후 시공된 말뚝의 경우에는 타격에 의한 이음부의 손상이 없으므로 표에 나타낸 감소율의 1/2만 사용 - 도로교설계기준 p.223 참조

이음방법	용접이음	볼트식이음	충전식이음
감소율(%)	5/개소	10/개소	최초2개소 : 20/개소
			3개소이상 : 30/개소

■ 허용연직지지력 Q_a = 1556 kN

▣ 도로교설계기준

☞ **신강고가차도교 P1**

(Ref : 도로교설계기준 해설(하부구조 편),2001,p232)

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right) \quad (kN/ea)$$

1) 선단지지력

$Q_d = m \cdot N \cdot A_p$ (kN/ea)

$= 250 \quad 40 \quad 0.196$

$= 1963.5$ (kN/ea)

공법종류	m	비 고
타격공법	300	토사층 N치 40상한
시멘트밀크분출 교반방법	150	모래층 ($q_d \leq 7500kN/m^2$)
	200	모래자갈층 ($q_d \leq 10000kN/m^2$)
선굴착고결공법	250	일본건설성 고시
선굴착최종타격	300	
선굴착최종경타	250	

2) 주면마찰력

$Q_s = U \sum fi \cdot li$ (kN/ea)

도로교설계기준 해설 856P

지반종류	타입공법	현장타설	내부굴착
점성토	1c* 또는 10N(≤150	1c* 또는 10N(≤150)	0.8c* 또는 8N(≤100)
사질토	2N(≤100)	5N(≤200)	2N(≤100)

지층명		평균 N치	U	fi	li	U · fi · li
2	퇴적 점토	8	1.571	8.0	5.1	64.1
3	퇴적 모래	14	1.571	14.0	2.5	55.0
4	풍화토	41	1.571	41.0	16.5	1062.6
5	풍화암	50	1.571	50.0	0.9	70.7
–	–	–	–	–	–	–
				합	25.0	1252.4

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right)$$

$= \frac{1}{3} \quad 1963.5 \quad + \quad 1252.4 \quad = \quad 1072.0 \quad (kN/ea) \quad (상시)$

$= \frac{1}{2} \quad 1963.5 \quad + \quad 1252.4 \quad = \quad 1607.9 \quad (kN/ea) \quad (지진시)$

▣ 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

(Ref : 구조물 기초설계기준 해설,2009)

1) 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

■ 말뚝재료의 허용압축하중

Q_a = (1 − (μ_1 + μ_2) / 100) x σ_{as} = (1 − (0 + 0.10))x 16383 x 0.106

= 1556 kN

μ_1 : 세장비에 대한 저감율 σ_{as} : 말뚝재료의 허용압축응 (kPa)

μ_2 : 현장용접이음 저감율 A : 말뚝의 유효순단면적 (m2)

① 말뚝 장경비에 의한 저감(μ_1)

μ_1(%) = (L/D − n) = 0 %

L : 말뚝길이(m) 25.0 m

D : 말뚝의지름(m) 0.5 m

n : 허용응력을 감소하지 않아도 되는 L/D의 상한 값 = 85

말뚝종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC말뚝	강관말뚝	현장타설말뚝
n	70	80	85	100	60
장경비의 상한계	90	105	110	130	80

* 세장비에 의한 말뚝재료의 허용응력감소를 감안하더라도, 세장비의 상한계 이상의 긴 말뚝은 설계하지 않는 것이 좋다

② 말뚝이음에 의한 저감(μ_2)

μ_2(%) = 2 개소 X 5% X 1/2 = 10 %

* 선굴착후 시공된 말뚝의 경우에는 타격에 의한 이음부의 손상이 없으므로 표에 나타낸 감소율의 1/2만 사용 – 도로교설계기준 p.223 참조

이음방법	용접이음	볼트식이음	충전식이음
감소율(%)	5/개소	10/개소	최초2개소 : 20/개소
			3개소이상 : 30/개소

■ 허용연직지지력 Q_a = 1556 kN

▣ 도로교설계기준

☞ 신강고가차도교 P2

(Ref : 도로교설계기준 해설(하부구조 편),2001,p232)

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right) \quad (kN/ea)$$

1) 선단지지력

$$Q_d = m \cdot N \cdot A_p \quad (kN/ea)$$

$$= 250 \quad 40 \quad 0.196$$

$$= 1963.5 \quad (kN/ea)$$

공법종류	m	비 고
타격공법	300	토사층 N치 40상한
시멘트밀크분출 교반방법	150	모래층 ($q_d \leq 7500kN/m^2$)
	200	모래자갈층 ($q_d \leq 10000kN/m^2$)
선굴착고결공법	250	일본건설성 고시
선굴착최종타격	300	
선굴착최종경타	250	

2) 주면마찰력

$$Q_s = U \sum fi \cdot li \quad (kN/ea)$$

도로교설계기준 해설 856P

지반종류	타입공법	현장타설	내부굴착
점성토	1c* 또는 10N(≤150	1c* 또는 10N(≤150)	0.8c* 또는 8N(≤100)
사질토	2N(≤100)	5N(≤200)	2N(≤100)

지층명		평균 N치	U	fi	li	U · fi · li
1	매립층	6	1.571	6.0	0.5	4.7
2	퇴적 점토	8	1.571	8.0	6.6	83.4
3	퇴적 모래	14	1.571	14.0	1.5	31.9
4	풍화토	41	1.571	41.0	15.1	970.0
5	풍화암	50	1.571	50.0	0.8	66.7
				합	24.5	1156.7

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right)$$

$$= \frac{1}{3} \quad 1963.5 \quad + \quad 1156.7 \quad = \quad 1040.1 \quad (kN/ea) \quad (상시)$$

$$= \frac{1}{2} \quad 1963.5 \quad + \quad 1156.7 \quad = \quad 1560.1 \quad (kN/ea) \quad (지진시)$$

▣ 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

(Ref : 구조물 기초설계기준 해설,2009)

1) 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

■ 말뚝재료의 허용압축하중

$Q_a = (1 - (\mu_1 + \mu_2) / 100) \times \sigma_{as}$ = (1 - (0 + 0.10))x 16383 x 0.106

= 1556 kN

μ_1 : 세장비에 대한 저감율 σ_{as} : 말뚝재료의 허용압축응 (kPa)

μ_2 : 현장용접이음 저감율 A : 말뚝의 유효순단면적 (m2)

① 말뚝 장경비에 의한 저감(μ_1)

$\mu_1(\%) = (L/D - n)$ = 0 %

L : 말뚝길이(m) 24.5 m

D : 말뚝의지름(m) 0.5 m

n : 허용응력을 감소하지 않아도 되는 L/D의 상한 값 = 85

말뚝종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC말뚝	강관말뚝	현장타설말뚝
n	70	80	85	100	60
장경비의 상한계	90	105	110	130	80

* 세장비에 의한 말뚝재료의 허용응력감소를 감안하더라도, 세장비의 상한계 이상의 긴 말뚝은 설계하지 않는 것이 좋다

② 말뚝이음에 의한 저감(μ_2)

$\mu_2(\%)$ = 2 개소 X 5% X 1/2 = 10 %

* 선굴착후 시공된 말뚝의 경우에는 타격에 의한 이음부의 손상이 없으므로 표에 나타낸 감소율의 1/2만 사용 - 도로교설계기준 p.223 참조

이음방법	용접이음	볼트식이음	충전식이음
감소율(%)	5/개소	10/개소	최초2개소 : 20/개소
			3개소이상 : 30/개소

■ 허용연직지지력 Q_a = 1556 kN

▣ 도로교설계기준

☞ **신강고가차도교 P3**

(Ref : 도로교설계기준 해설(하부구조 편),2001,p232)

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right) \quad (kN/ea)$$

1) 선단지지력

$$Q_d = m \cdot N \cdot A_p \quad (kN/ea)$$

$$= 250 \quad 40 \quad 0.196$$

$$= 1963.5 \quad (kN/ea)$$

공법종류	m	비 고
타격공법	300	토사층 N치 40상한
시멘트밀크분출 교반방법	150	모래층 ($q_d \leq 7500kN/m^2$)
	200	모래자갈층 ($q_d \leq 10000kN/m^2$)
선굴착고결공법	250	일본건설성 고시
선굴착최종타격	300	
선굴착최종경타	250	

2) 주면마찰력

$$Q_s = U \sum fi \cdot li \quad (kN/ea)$$

도로교설계기준 해설 856P

지반종류	타입공법	현장타설	내부굴착
점성토	1c* 또는 10N(≤150	1c* 또는 10N(≤150)	0.8c* 또는 8N(≤100)
사질토	2N(≤100)	5N(≤200)	2N(≤100)

지층명		평균 N치	U	fi	li	U · fi · li
1	매립층	6	1.571	6.0	0.3	3.0
2	퇴적 점토	8	1.571	8.0	8.0	100.3
3	퇴적 자갈	14	1.571	14.0	0.9	20.1
4	풍화토	41	1.571	41.0	12.2	785.5
5	연암	50	1.571	50.0	1.1	85.5
				합	22.5	994.4

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right)$$

$$= \frac{1}{3} \quad 1963.5 \quad + \quad 994.4 \quad = \quad 986.0 \quad (kN/ea) \quad (상시)$$

$$= \frac{1}{2} \quad 1963.5 \quad + \quad 994.4 \quad = \quad 1478.9 \quad (kN/ea) \quad (지진시)$$

▣ 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

(Ref : 구조물 기초설계기준 해설,2009)

1) 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

■ 말뚝재료의 허용압축하중

Q_a = (1 − (μ_1 + μ_2) / 100) x σ_{as} = (1 − (0 + 0.10))x 16383 x 0.106

= 1556 kN

μ_1 : 세장비에 대한 저감율 σ_{as} : 말뚝재료의 허용압축응 (kPa)

μ_2 : 현장용접이음 저감율 A : 말뚝의 유효순단면적 (m2)

① 말뚝 장경비에 의한 저감(μ_1)

μ_1(%) = (L/D − n) = 0 %

L : 말뚝길이(m) 22.5 m

D : 말뚝의지름(m) 0.5 m

n : 허용응력을 감소하지 않아도 되는 L/D의 상한 값 = 85

말뚝종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC말뚝	강관말뚝	현장타설말뚝
n	70	80	85	100	60
장경비의 상한계	90	105	110	130	80

* 세장비에 의한 말뚝재료의 허용응력감소를 감안하더라도, 세장비의 상한계 이상의 긴 말뚝은 설계하지 않는 것이 좋다

② 말뚝이음에 의한 저감(μ_2)

μ_2(%) = 2 개소 X 5% X 1/2 = 10 %

* 선굴착후 시공된 말뚝의 경우에는 타격에 의한 이음부의 손상이 없으므로 표에 나타낸 감소율의 1/2만 사용 − 도로교설계기준 p.223 참조

이음방법	용접이음	볼트식이음	충전식이음
감소율(%)	5/개소	10/개소	최초2개소 : 20/개소
			3개소이상 : 30/개소

■ 허용연직지지력 Q_a = 1556 kN

▣ 도로교설계기준

☞ **신강고가차도교 A2**

(Ref : 도로교설계기준 해설(하부구조 편),2001,p232)

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right) \quad (kN/ea)$$

1) 선단지지력

$$Q_d = m \cdot N \cdot A_p \quad (kN/ea)$$

$$= 250 \quad 40 \quad 0.196$$

$$= 1963.5 \quad (kN/ea)$$

공법종류	m	비 고
타격공법	300	토사층 N치 40상한
시멘트밀크분출 교반방법	150	모래층 ($q_d \leq 7500kN/m^2$)
	200	모래자갈층 ($q_d \leq 10000kN/m^2$)
선굴착고결공법	250	일본건설성 고시
선굴착최종타격	300	
선굴착최종경타	250	

2) 주면마찰력

$$Q_s = U \sum fi \cdot li \quad (kN/ea)$$

도로교설계기준 해설 856P

지반종류	타입공법	현장타설	내부굴착
점성토	1c* 또는 10N(≤150	1c* 또는 10N(≤150)	0.8c* 또는 8N(≤100)
사질토	2N(≤100)	5N(≤200)	2N(≤100)

지층명		평균 N치	U	fi	li	U · fi · li
1	매립층	6	1.571	6.0	0.2	1.6
2	퇴적 점토	8	1.571	8.0	7.8	98.5
3	퇴적 자갈	14	1.571	14.0	0.9	19.9
4	풍화토	41	1.571	41.0	11.3	730.1
5	연암	50	1.571	50.0	0.8	59.1
				합	21.0	909.2

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right)$$

$$= \frac{1}{3} \quad 1963.5 \quad + \quad 909.2 \quad = \quad 957.6 \quad (kN/ea) \quad (상시)$$

$$= \frac{1}{2} \quad 1963.5 \quad + \quad 909.2 \quad = \quad 1436.4 \quad (kN/ea) \quad (지진시)$$

▣ 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

(Ref : 구조물 기초설계기준 해설,2009)

1) 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

■ 말뚝재료의 허용압축하중

$Q_a = (1 - (\mu_1 + \mu_2) / 100) \times \sigma_{as}$ = (1 - (0 + 0.10))x 16383 x 0.106

= 1556 kN

μ_1 : 세장비에 대한 저감율 σ_{as} : 말뚝재료의 허용압축응 (kPa)

μ_2 : 현장용접이음 저감율 A : 말뚝의 유효순단면적 (m2)

① 말뚝 장경비에 의한 저감(μ_1)

$\mu_1(\%) = (L/D - n)$ = 0 %

L : 말뚝길이(m) 21.0 m

D : 말뚝의지름(m) 0.5 m

n : 허용응력을 감소하지 않아도 되는 L/D의 상한 값 = 85

말뚝종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC말뚝	강관말뚝	현장타설말뚝
n	70	80	85	100	60
장경비의 상한계	90	105	110	130	80

* 세장비에 의한 말뚝재료의 허용응력감소를 감안하더라도, 세장비의 상한계 이상의 긴 말뚝은 설계하지 않는 것이 좋다

② 말뚝이음에 의한 저감(μ_2)

$\mu_2(\%)$ = 2 개소 X 5% X 1/2 = 10 %

* 선굴착후 시공된 말뚝의 경우에는 타격에 의한 이음부의 손상이 없으므로 표에 나타낸 감소율의 1/2만 사용 - 도로교설계기준 p.223 참조

이음방법	용접이음	볼트식이음	충전식이음
감소율(%)	5/개소	10/개소	최초2개소 : 20/개소
			3개소이상 : 30/개소

■ 허용연직지지력 Q_a = 1556 kN

▣ 도로교설계기준

☞ 계단

(Ref : 도로교설계기준 해설(하부구조 편),2001,p232)

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right) \quad (kN/ea)$$

1) 선단지지력

$$Q_d = m \cdot N \cdot A_p \quad (kN/ea)$$

$$= 250 \quad 40 \quad 0.283$$

$$= 2827.4 \quad (kN/ea)$$

공법종류	m	비 고
타격공법	300	토사층 N치 40상한
시멘트밀크분출 교반방법	150	모래층 ($q_d \leq 7500kN/m^2$)
	200	모래자갈층 ($q_d \leq 10000kN/m^2$)
선굴착고결공법	250	일본건설성 고시
선굴착최종타격	300	
선굴착최종경타	250	

2) 주면마찰력

$$Q_s = U \sum fi \cdot li \quad (kN/ea)$$

도로교설계기준 해설 856P

지반종류	타입공법	현장타설	내부굴착
점성토	1c* 또는 10N(≤150	1c* 또는 10N(≤150)	0.8c* 또는 8N(≤100)
사질토	2N(≤100)	5N(≤200)	2N(≤100)

지층명		평균 N치	U	fi	li	U · fi · li
2	퇴적 점토	8	1.885	8.0	7.1	107.0
3	퇴적 모래	14	1.885	14.0	1.4	35.7
4	풍화토	41	1.885	41.0	14.4	1109.2
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–
				합	22.8	1251.9

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right)$$

$$= \frac{1}{3} \quad 2827.4 \quad + \quad 1251.9 \quad = \quad 1359.8 \quad (kN/ea) \quad (상시)$$

$$= \frac{1}{2} \quad 2827.4 \quad + \quad 1251.9 \quad = \quad 2039.6 \quad (kN/ea) \quad (지진시)$$

▣ 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

(Ref : 구조물 기초설계기준 해설,2009)

1) 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

■ 말뚝재료의 허용압축하중

$Q_a = (1 - (\mu_1 + \mu_2) / 100) \times \sigma_{as}$ = (1 - (0 + 0.10))x 16383 x 0.144

= 2126 kN

μ_1 : 세장비에 대한 저감율 σ_{as} : 말뚝재료의 허용압축응 (kPa)

μ_2 : 현장용접이음 저감율 A : 말뚝의 유효순단면적 (m2)

① 말뚝 장경비에 의한 저감(μ_1)

$\mu_1(\%) = (L/D - n)$ = 0 %

L : 말뚝길이(m) 22.8 m

D : 말뚝의지름(m) 0.6 m

n : 허용응력을 감소하지 않아도 되는 L/D의 상한 값 = 85

말뚝종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC말뚝	강관말뚝	현장타설말뚝
n	70	80	85	100	60
장경비의 상한계	90	105	110	130	80

* 세장비에 의한 말뚝재료의 허용응력감소를 감안하더라도, 세장비의 상한계 이상의 긴 말뚝은 설계하지 않는 것이 좋다

② 말뚝이음에 의한 저감(μ_2)

$\mu_2(\%)$ = 2 개소 X 5% X 1/2 = 10 %

* 선굴착후 시공된 말뚝의 경우에는 타격에 의한 이음부의 손상이 없으므로 표에 나타낸 감소율의 1/2만 사용 - 도로교설계기준 p.223 참조

이음방법	용접이음	볼트식이음	충전식이음
감소율(%)	5/개소	10/개소	최초2개소 : 20/개소
			3개소이상 : 30/개소

■ 허용연직지지력 Q_a = 2126 kN

▣ 도로교설계기준

☞ **신당보도육교 P1**

(Ref : 도로교설계기준 해설(하부구조 편),2001,p232)

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right) \quad (kN/ea)$$

1) 선단지지력

$$Q_d = m \cdot N \cdot A_p \quad (kN/ea)$$

$= 250 \quad 40 \quad 0.126$

$= 1,257 \quad (kN/ea)$

공법종류	m	비 고
타격공법	300	토사층 N치 40상한
시멘트밀크분출 교반방법	150	모래층 ($q_d \leq 7500kN/m^2$)
	200	모래자갈층 ($q_d \leq 10000kN/m^2$)
선굴착고결공법	250	일본건설성 고시
선굴착최종타격	300	
선굴착최종경타	250	

2) 주면마찰력

$$Q_s = U \sum fi \cdot li \quad (kN/ea)$$

도로교설계기준 해설 856P

지반종류	타입공법	현장타설	내부굴착
점성토	1c* 또는 10N(≤150)	1c* 또는 10N(≤150)	0.8c* 또는 8N(≤100)
사질토	2N(≤100)	5N(≤200)	2N(≤100)

지층명		평균 N치	U	fi	li	U · fi · li
1	매립층	6	1.257	12.0	1.5	22.5
2	점토	6	1.257	48.0	2.4	144.8
3	퇴적 자갈	18	1.257	36.0	2.5	113.1
4	풍화토	43	1.257	86.0	10.1	1091.4
5	풍화암	50	1.257	50.0	0.9	57.0
					합	1,428.8

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right)$$

$= \frac{1}{3} \quad 1,257 \quad + \quad 1,429 \quad = \quad 895 \quad (kN/ea) \quad (상시)$

$= \frac{1}{2} \quad 1,257 \quad + \quad 1,429 \quad = \quad 1,343 \quad (kN/ea) \quad (지진시)$

▣ 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

(Ref : 구조물 기초설계기준 해설,2009)

1) 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

■ 말뚝재료의 허용압축하중

$Q_a = (1 - (\mu_1 + \mu_2) / 100) \times \sigma_{as}$ = (1 - (0 + 0.05))x 16,374 x 0.068

= 1,064 kN

μ_1 : 세장비에 대한 저감율 σ_{as} : 말뚝재료의 허용압축응 (kPa)

μ_2 : 현장용접이음 저감율 A : 말뚝의 유효순단면적 (m2)

① 말뚝 장경비에 의한 저감(μ_1)

μ_1(%) = (L/D - n) = 0 %

L : 말뚝길이(m) 17.4 m

D : 말뚝의지름(m) 0.4 m

n : 허용응력을 감소하지 않아도 되는 L/D의 상한 값 = 85

말뚝종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC	강관말뚝	현장타설말뚝
n	70	80	85	100	60
장경비의 상한계	90	105	110	130	80

* 세장비에 의한 말뚝재료의 허용응력감소를 감안하더라도, 세장비의 상한계 이상의 긴 말뚝은 설계하지 않는 것이 좋다

② 말뚝이음에 의한 저감(μ_2)

μ_2(%) = 1 개소 X 5% X 1/2 = 5 %

* 선굴착후 시공된 말뚝의 경우에는 타격에 의한 이음부의 손상이 없으므로 표에 나타낸 감소율의 1/2만 사용 - 도로교설계기준 p.223 참조

이음방법	용접이음	볼트식이음	충전식이음
감소율(%)	5/개소	10/개소	최초2개소 : 20/개소
			3개소이상 : 30/개소

■ 허용연직지지력 Q_a = 1,064 kN

▣ 도로교설계기준

☞ 신당보도육교 P2

(Ref : 도로교설계기준 해설(하부구조 편),2001,p232)

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right) \quad (kN/ea)$$

1) 선단지지력

$$Q_d = m \cdot N \cdot A_p \quad (kN/ea)$$

$$= 250 \quad 40 \quad 0.126$$

$$= 1,257 \quad (kN/ea)$$

공법종류	m	비 고
타격공법	300	토사층 N치 40상한
시멘트밀크분출 교반방법	150	모래층 ($q_d \leq 7500kN/m^2$)
	200	모래자갈층 ($q_d \leq 10000kN/m^2$)
선굴착고결공법	250	일본건설성 고시
선굴착최종타격	300	
선굴착최종경타	250	

2) 주면마찰력

$$Q_s = U \sum fi \cdot li \quad (kN/ea)$$

도로교설계기준 해설 856P

지반종류	타입공법	현장타설	내부굴착
점성토	1c* 또는 10N(≤150)	1c* 또는 10N(≤150)	0.8c* 또는 8N(≤100)
사질토	2N(≤100)	5N(≤200)	2N(≤100)

지층명		평균 N치	U	fi	li	U · fi · li
1	매립층	6	1.257	12.0	0.9	13.5
2	점토	9	1.257	72.0	2.0	181.1
3	퇴적 자갈	10	1.257	20.0	4.0	100.3
4	풍화토	41	1.257	82.0	12.3	1265.9
5	풍화암	50	1.257	50.0	1.1	67.8
					합	1,628.7

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right)$$

$$= \frac{1}{3} \quad 1,257 \quad + \quad 1,629 \quad = \quad 962 \quad (kN/ea) \quad (상시)$$

$$= \frac{1}{2} \quad 1,257 \quad + \quad 1,629 \quad = \quad 1,443 \quad (kN/ea) \quad (지진시)$$

▣ 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

(Ref : 구조물 기초설계기준 해설,2009)

1) 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

■ 말뚝재료의 허용압축하중

$Q_a = (1 - (\mu_1 + \mu_2) / 100) \times \sigma_{as}$ = (1 - (0 + 0.05))x 16,374 x 0.068

= 1,064 kN

μ_1 : 세장비에 대한 저감율 σ_{as} : 말뚝재료의 허용압축응 (kPa)

μ_2 : 현장용접이음 저감율 A : 말뚝의 유효순단면적 (m2)

① 말뚝 장경비에 의한 저감(μ_1)

μ_1(%) = (L/D - n) = 0 %

L : 말뚝길이(m) 20.9 m

D : 말뚝의지름(m) 0.4 m

n : 허용응력을 감소하지 않아도 되는 L/D의 상한 값 = 85

말뚝종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC	강관말뚝	현장타설말뚝
n	70	80	85	100	60
장경비의 상한계	90	105	110	130	80

* 세장비에 의한 말뚝재료의 허용응력감소를 감안하더라도, 세장비의 상한계 이상의 긴 말뚝은 설계하지 않는 것이 좋다

② 말뚝이음에 의한 저감(μ_2)

μ_2(%) = 1 개소 X 5% X 1/2 = 5 %

* 선굴착후 시공된 말뚝의 경우에는 타격에 의한 이음부의 손상이 없으므로 표에 나타낸 감소율의 1/2만 사용 - 도로교설계기준 p.223 참조

이음방법	용접이음	볼트식이음	충전식이음
감소율(%)	5/개소	10/개소	최초2개소 : 20/개소
			3개소이상 : 30/개소

■ 허용연직지지력 Q_a = 1,064 kN

▣ 도로교설계기준

☞ **신당보도 육교 E/V1**

(Ref : 도로교설계기준 해설(하부구조 편),2001,p232)

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right) \quad (kN/ea)$$

1) 선단지지력

$$Q_d = m \cdot N \cdot A_p \quad (kN/ea)$$

$$= 250 \quad 40 \quad 0.196$$

$$= 1,964 \quad (kN/ea)$$

공법종류	m	비 고
타격공법	300	토사층 N치 40상한
시멘트밀크분출 교반방법	150	모래층 ($q_d \leq 7500kN/m^2$)
	200	모래자갈층 ($q_d \leq 10000kN/m^2$)
선굴착고결공법	250	일본건설성 고시
선굴착최종타격	300	
선굴착최종경타	250	

2) 주면마찰력

$$Q_s = U \sum fi \cdot li \quad (kN/ea)$$

도로교설계기준 해설 856P

지반종류	타입공법	현장타설	내부굴착
점성토	1c* 또는 10N(≤150)	1c* 또는 10N(≤150)	0.8c* 또는 8N(≤100)
사질토	2N(≤100)	5N(≤200)	2N(≤100)

지층명		평균 N치	U	fi	li	U · fi · li
1	매립층	6	1.571	12.0	1.5	28.2
2	점토	6	1.571	48.0	2.4	181.0
3	퇴적 자갈	18	1.571	36.0	2.5	141.4
4	풍화토	43	1.571	86.0	9.2	1242.7
5	풍화암	50	1.571	50.0	0.9	71.2
					합	1,664.4

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right)$$

$$= \frac{1}{3} \quad 1,964 \quad + \quad 1,664 \quad = \quad 1,209 \quad (kN/ea) \quad (상시)$$

$$= \frac{1}{2} \quad 1,964 \quad + \quad 1,664 \quad = \quad 1,814 \quad (kN/ea) \quad (지진시)$$

▣ 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

(Ref : 구조물 기초설계기준 해설,2009)

1) 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

■ 말뚝재료의 허용압축하중

$Q_a = (1 - (\mu_1 + \mu_2) / 100) \times \sigma_{as}$ = (1 - (0 + 0.05))x 16,374 x 0.106

= 1,642 kN

μ_1 : 세장비에 대한 저감율 σ_{as} : 말뚝재료의 허용압축응 (kPa)

μ_2 : 현장용접이음 저감율 A : 말뚝의 유효순단면적 (m2)

① 말뚝 장경비에 의한 저감(μ_1)

μ_1(%) = (L/D - n) = 0 %

L : 말뚝길이(m) 16.5 m

D : 말뚝의지름(m) 0.5 m

n : 허용응력을 감소하지 않아도 되는 L/D의 상한 값 = 85

말뚝종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC	강관말뚝	현장타설말뚝
n	70	80	85	100	60
장경비의 상한계	90	105	110	130	80

* 세장비에 의한 말뚝재료의 허용응력감소를 감안하더라도, 세장비의 상한계 이상의 긴 말뚝은 설계하지 않는 것이 좋다

② 말뚝이음에 의한 저감(μ_2)

μ_2(%) = 1 개소 X 5% X 1/2 = 5 %

* 선굴착후 시공된 말뚝의 경우에는 타격에 의한 이음부의 손상이 없으므로 표에 나타낸 감소율의 1/2만 사용 - 도로교설계기준 p.223 참조

이음방법	용접이음	볼트식이음	충전식이음
감소율(%)	5/개소	10/개소	최초2개소 : 20/개소
			3개소이상 : 30/개소

■ 허용연직지지력 Q_a = 1,642 kN

▣ 도로교설계기준

☞ **신당보도 육교 E/V2**

(Ref : 도로교설계기준 해설(하부구조 편),2001,p232)

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right) \quad (kN/ea)$$

1) 선단지지력

$Q_d = m \cdot N \cdot A_p$ (kN/ea)

$= 250 \quad 40 \quad 0.196$

$= 1,964$ (kN/ea)

공법종류	m	비 고
타격공법	300	토사층 N치 40상한
시멘트밀크분출 교반방법	150	모래층 (q_d≤7500kN/㎡)
	200	모래자갈층 (q_d≤10000kN/㎡)
선굴착고결공법	250	일본건설성 고시
선굴착최종타격	300	
선굴착최종경타	250	

2) 주면마찰력

$Q_s = U \sum fi \cdot li$ (kN/ea)

도로교설계기준 해설 856P

지반종류	타입공법	현장타설	내부굴착
점성토	1c* 또는 10N(≤150)	1c* 또는 10N(≤150)	0.8c* 또는 8N(≤100)
사질토	2N(≤100)	5N(≤200)	2N(≤100)

지층명		평균 N치	U	fi	li	U · fi · li
1	매립층	6	1.571	12.0	0.9	16.9
2	점토	9	1.571	72.0	2.0	226.4
3	퇴적 자갈	10	1.571	20.0	4.0	125.3
4	풍화토	41	1.571	82.0	10.4	1337.6
5	풍화암	50	1.571	50.0	1.0	75.6
				합		1,781.9

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right)$$

$= \frac{1}{3} \quad 1,964 \quad + \quad 1,782 \quad = \quad 1,248$ (kN/ea) (상시)

$= \frac{1}{2} \quad 1,964 \quad + \quad 1,782 \quad = \quad 1,873$ (kN/ea) (지진시)

▣ 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

(Ref : 구조물 기초설계기준 해설,2009)

1) 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

■ 말뚝재료의 허용압축하중

$Q_a = (1 - (\mu_1 + \mu_2) / 100) \times \sigma_{as}$ = (1 - (0 + 0.05))x 16,374 x 0.106

= 1,642 kN

μ_1 : 세장비에 대한 저감율 σ_{as} : 말뚝재료의 허용압축응 (kPa)

μ_2 : 현장용접이음 저감율 A : 말뚝의 유효순단면적 (m2)

① 말뚝 장경비에 의한 저감(μ_1)

μ_1(%) = (L/D - n) = 0 %

L : 말뚝길이(m) 19.0 m

D : 말뚝의지름(m) 0.5 m

n : 허용응력을 감소하지 않아도 되는 L/D의 상한 값 = 85

말뚝종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC	강관말뚝	현장타설말뚝
n	70	80	85	100	60
장경비의 상한계	90	105	110	130	80

* 세장비에 의한 말뚝재료의 허용응력감소를 감안하더라도, 세장비의 상한계 이상의 긴 말뚝은 설계하지 않는 것이 좋다

② 말뚝이음에 의한 저감(μ_2)

μ_2(%) = 1 개소 X 5% X 1/2 = 5 %

* 선굴착후 시공된 말뚝의 경우에는 타격에 의한 이음부의 손상이 없으므로 표에 나타낸 감소율의 1/2만 사용 - 도로교설계기준 p.223 참조

이음방법	용접이음	볼트식이음	충전식이음
감소율(%)	5/개소	10/개소	최초2개소 : 20/개소
			3개소이상 : 30/개소

■ 허용연직지지력 Q_a = 1,642 kN

▣ 도로교설계기준

☞ 신당보도 육교 계단

(Ref : 도로교설계기준 해설(하부구조 편),2001,p232)

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right) \quad (kN/ea)$$

1) 선단지지력

$$Q_d = m \cdot N \cdot A_p \quad (kN/ea)$$

$$= 250 \quad 40 \quad 0.200$$

$$= 1,995 \quad (kN/ea)$$

공법종류	m	비 고
타격공법	300	토사층 N치 40상한
시멘트밀크분출 교반방법	150	모래층 ($q_d \leq 7500kN/m^2$)
	200	모래자갈층 ($q_d \leq 10000kN/m^2$)
선굴착고결공법	250	일본건설성 고시
선굴착최종타격	300	
선굴착최종경타	250	

2) 주면마찰력

$$Q_s = U \sum fi \cdot li \quad (kN/ea)$$

도로교설계기준 해설 856P

지반종류	타입공법	현장타설	내부굴착
점성토	1c* 또는 10N(≤150)	1c* 또는 10N(≤150)	0.8c* 또는 8N(≤100)
사질토	2N(≤100)	5N(≤200)	2N(≤100)

지층명		평균 N치	U	fi	li	U · fi · li
1	매립층	6	1.583	12.0	0.9	17.1
2	점토	9	1.583	72.0	2.0	228.2
3	퇴적 자갈	10	1.583	20.0	4.0	126.4
4	풍화토	41	1.583	82.0	12.4	1608.0
5	풍화암	50	1.583	50.0	1.0	76.2
				합		2,055.8

$$Q_a = \frac{1}{F_s}\left(q_d \cdot A_p + U\sum f_i \cdot l_i \right)$$

$$= \frac{1}{3} \quad 1,995 \quad + \quad 2,056 \quad = \quad 1,350 \quad (kN/ea) \quad (상시)$$

$$= \frac{1}{2} \quad 1,995 \quad + \quad 2,056 \quad = \quad 2,025 \quad (kN/ea) \quad (지진시)$$

▣ 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

(Ref : 구조물 기초설계기준 해설,2009)

1) 말뚝재료에 의한 허용지지력 산정

■ 말뚝재료의 허용압축하중

$Q_a = (1 - (\mu_1 + \mu_2) / 100) \times \sigma_{as}$ = (1 - (0 + 0.05))x 140,000 x 0.016

= 2,064 kN

μ_1 : 세장비에 대한 저감율 σ_{as} : 말뚝재료의 허용압축응 (kPa)

μ_2 : 현장용접이음 저감율 A : 말뚝의 유효순단면적 (m2)

① 말뚝 장경비에 의한 저감(μ_1)

μ_1(%) = (L/D - n) = 0 %

L : 말뚝길이(m) 21.0 m

D : 말뚝의지름(m) 0.504 m

n : 허용응력을 감소하지 않아도 되는 L/D의 상한 값 = 100

말뚝종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC	강관말뚝	현장타설말뚝
n	70	80	85	100	60
장경비의 상한계	90	105	110	130	80

* 세장비에 의한 말뚝재료의 허용응력감소를 감안하더라도, 세장비의 상한계 이상의 긴 말뚝은 설계하지 않는 것이 좋다

② 말뚝이음에 의한 저감(μ_2)

μ_2(%) = 1 개소 X 5% X 1/2 = 5 %

* 선굴착후 시공된 말뚝의 경우에는 타격에 의한 이음부의 손상이 없으므로 표에 나타낸 감소율의 1/2만 사용 - 도로교설계기준 p.223 참조

이음방법	용접이음	볼트식이음	충전식이음
감소율(%)	5/개소	10/개소	최초2개소 : 20/개소
			3개소이상 : 30/개소

■ 허용연직지지력 Q_a = 2,064 kN

■ 말뚝기초의 연직침하량 : 신강고가차도 A1 매입공법

1. 구조물 기초 설계기준에 의한 방법

$St = Ss + Sp + Sps = 2.485 + 4.37 + 0.115 =$ **6.970** mm

여기서, S_s : 말뚝자체의 길이방향 변형
S_p : 말뚝선단부에 가해지는 하중에 의한 침하량
S_{ps} : 주면마찰력에 의하여 지반에 전달된 하중에 의한 침하량

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fs}) \cdot \frac{L}{A \cdot E}$$

$$= Q_{pa} \cdot \left(\frac{Ls}{As \cdot Es} + \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right) + \left(\alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Ls}{As \cdot Es} + \alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right)$$

강관말뚝부 PHC말뚝부 주면강관 말뚝부 주면PHC 말뚝부

$$= 242.8 \times \left(\frac{3.20}{0.0108 \times 210000000} + \frac{23.80}{0.1056 \times 40000000}\right) + \left(0.67 \times 164.1 \times \frac{3.20}{0.0108 \times 210000000}\right.$$

$$\left. + 0.67 \times 164.1 \times \frac{23.80}{0.1056 \times 40000000}\right) = \mathbf{2.485} \text{ mm}$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중
= 242.77 kN

Q_{fs} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중
= 164.13 kN

L : 전체 말뚝의 길이 27.00 m
L_S : 강관말뚝 길이 3.2 m , L_p : PHC말뚝 길이 23.8 m

As : 강관말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.011 m²
Ap : PHC말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.106 m²

Es : 강관말뚝의 탄성계수 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의 탄성계수 40,000,000 kN/m²

α_s : 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수 = 0.67
⇒ 구조물 기초설계기준에 의하면 α_s값은 전체침하량에 큰 영향을 미치지 않으며 따라서 N치를 이용하여 개략적인 주면마찰력 분포를 추정하면 N치가 상부보다 하부에서 크므로 삼각형분포의 값인 0.67 사용.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{B \cdot q_b} = \frac{0.09 \times 242.77}{0.5 \times 10{,}000.00} = \mathbf{4.370} \text{ mm}$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수 = **0.090**

흙의 종류	타 입 말 뚝	굴 착 말 뚝
모래 (조밀~느슨)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
점토 (굳은~연약)	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
실트 (조밀~느슨)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

B : 말뚝의 폭 또는 직경 = 0.5 m

q_b : 말뚝의 단위면적당 극한 지지력 10,000 kN /본

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fs}}{L_b \cdot q_b} = \frac{0.1895 \times 164.13}{27 \times 10000} = 0.115 \text{ mm}$$

여기서, $Cs = (0.93 + 0.16 \sqrt{(Lb / B)}) \cdot Cp = (0.93 + 0.16 \sqrt{(27 / 0.5)}) \times 0.09$
$= 0.1895$

L_b : 땅속에 묻힌 말뚝길이 = 27.00 m

2. 경험방법에 의한 침하량(강관말뚝 설계와 시공, 1994)

$$S_t = \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot L}{A \cdot E_p}$$

$$= \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot Ls}{As \cdot Es} + \frac{Q_{va} \cdot Lp}{Ap \cdot Ep}$$

$$= \frac{0.5}{100} + \frac{406.9 \times 3.2}{0.0108 \times 210000000} + \frac{406.9 \times 23.8}{0.1056 \times 40000000} = 7.867 \text{ mm}$$

.

여기서, S_t : 말뚝의 침하량 (cm)

B : 말뚝직경 = 0.50 m

Qva : 작용하중 = 406.9 kN

Ls : 강관말뚝의길(= 3.2 m
Lp : PHC말뚝의길(= 23.8 m

As : 강관말뚝의단면적 = 0.0108 m²
Ap : PHC말뚝의단면적 = 0.1056 m²

Es : 강관말뚝의탄성계 = 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의탄성계 = 40,000,000 kN/m²

3. 말뚝기초의 침하량 산정결과

단위 : mm

구 분	구조물 기초 설 계 기 준	경험 방법에 의한 침하량
침 하 량	7.0	7.9

■ 말뚝기초의 연직침하량 : 신강고가차도 P1 매입공법

1. 구조물 기초 설계기준에 의한 방법

$St = Ss + Sp + Sps = 2.89 + 5.581 + 0.147 =$ **8.618** mm

여기서, S_s : 말뚝자체의 길이방향 변형
S_p : 말뚝선단부에 가해지는 하중에 의한 침하량
S_{ps} : 주면마찰력에 의하여 지반에 전달된 하중에 의한 침하량

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fs}) \cdot \frac{L}{A \cdot E}$$

$$= Q_{pa} \cdot \left(\frac{Ls}{As \cdot Es} + \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right) + \left(\alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Ls}{As \cdot Es} + \alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right)$$

강관말뚝부 PHC말뚝부 주면강관 말뚝부 주면PHC 말뚝부

$$= 310.0 \times \left(\frac{3.00}{0.0108 \times 210000000} + \frac{22.00}{0.1056 \times 40000000}\right) + \left(0.67 \times 197.8 \times \frac{3.00}{0.0108 \times 210000000}\right.$$

$$\left. + 0.67 \times 197.8 \times \frac{22.00}{0.1056 \times 40000000}\right) = 2.89 \text{ mm}$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중
= 310.04 kN

Q_{fs} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중
= 197.76 kN

L : 전체 말뚝의 길이 25.00 m
L_S : 강관말뚝 길이 3 m , L_p : PHC말뚝 길이 22.0 m

As : 강관말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.011 m^2
Ap : PHC말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.106 m^2

Es : 강관말뚝의 탄성계수 210,000,000 kN/m^2
Ep : PHC말뚝의 탄성계수 40,000,000 kN/m^2

α_s : 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수 = 0.67
⇒ 구조물 기초설계기준에 의하면 α_s값은 전체침하량에 큰 영향을 미치지 않으며 따라서 N치를 이용하여 개략적인 주면마찰력 분포를 추정하면 N치가 상부보다 하부에서 크므로 삼각형분포의 값인 0.67 사용.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{B \cdot q_b} = \frac{0.09 \times 310.04}{0.5 \times 10{,}000.00} = 5.581 \text{ mm}$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수 = 0.090

흙의 종류	타 입 말 뚝	굴 착 말 뚝
모래 (조밀~느슨)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
점토 (굳은~연약)	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
실트 (조밀~느슨)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

B : 말뚝의 폭 또는 직경 = 0.5 m

q_b : 말뚝의 단위면적당 극한 지지력 10,000 kN /본

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fs}}{L_b \cdot q_b} = \frac{0.1855 \times 197.76}{25 \times 10000} = 0.147 \text{ mm}$$

여기서, $Cs = (0.93 + 0.16 \sqrt{(Lb / B)}) \cdot Cp = (0.93 + 0.16 \sqrt{(25 / 0.5)}) \times 0.09$
$= 0.1855$

L_b : 땅속에 묻힌 말뚝길이 = 25.00 m

2. 경험방법에 의한 침하량(강관말뚝 설계와 시공, 1994)

$$S_t = \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot L}{A \cdot E_p}$$

$$= \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot Ls}{As \cdot Es} + \frac{Q_{va} \cdot Lp}{Ap \cdot Ep}$$

$$= \frac{0.5}{100} + \frac{507.8 \times 3}{0.0108 \times 210000000} + \frac{507.8 \times 22}{0.1056 \times 40000000} = 8.316 \text{ mm}$$

.

여기서, S_t : 말뚝의 침하량 (cm)

B : 말뚝직경 = 0.50 m

Qva : 작용하중 = 507.8 kN

Ls : 강관말뚝의길이 = 3.0 m
Lp : PHC말뚝의길이 = 22.0 m

As : 강관말뚝의단면적 = 0.0108 m²
Ap : PHC말뚝의단면적 = 0.1056 m²

Es : 강관말뚝의탄성계수 = 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의탄성계 = 40,000,000 kN/m²

3. 말뚝기초의 침하량 산정결과

단위 : mm

구 분	구조물 기초 설 계 기 준	경험 방법에 의한 침하량
침 하 량	8.6	8.3

■ 말뚝기초의 연직침하량 : 신강고가차도 P2 매입공법

1. 구조물 기초 설계기준에 의한 방법

$St = Ss + Sp + Sps = 4.893 + 9.848 + 0.243 =$ **14.984** mm

여기서, S_s : 말뚝자체의 길이방향 변형
S_p : 말뚝선단부에 가해지는 하중에 의한 침하량
S_{ps} : 주면마찰력에 의하여 지반에 전달된 하중에 의한 침하량

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fs}) \cdot \frac{L}{A \cdot E}$$

$$= Q_{pa} \cdot \left(\frac{Ls}{As \cdot Es} + \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right) + \left(\alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Ls}{As \cdot Es} + \alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right)$$

강관말뚝부 PHC말뚝부 주면강관 말뚝부 주면PHC 말뚝부

$$= 547.1 \times \left(\frac{3.00}{0.0108 \times 210000000} + \frac{21.50}{0.1056 \times 40000000}\right) + \left(0.67 \times 322.3 \times \frac{3.00}{0.0108 \times 210000000}\right.$$

$$\left. + 0.67 \times 322.3 \times \frac{21.50}{0.1056 \times 40000000}\right) = \mathbf{4.893} \text{ mm}$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중
= 547.10 kN

Q_{fs} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중
= 322.30 kN

L : 전체 말뚝의 길이 24.50 m
L_S : 강관말뚝 길이 3 m , L_p : PHC말뚝 길이 21.5 m

As : 강관말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.011 m²
Ap : PHC말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.106 m²

Es : 강관말뚝의 탄성계수 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의 탄성계수 40,000,000 kN/m²

α_s : 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수 = 0.67
⇒ 구조물 기초설계기준에 의하면 α_s값은 전체침하량에 큰 영향을 미치지 않으며 따라서 N치를 이용하여 개략적인 주면마찰력 분포를 추정하면 N치가 상부보다 하부에서 크므로 삼각형분포의 값인 0.67 사용.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{B \cdot q_b} = \frac{0.09 \times 547.10}{0.5 \times 10{,}000.00} = \mathbf{9.848} \text{ mm}$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수 = **0.090**

흙의 종류	타 입 말 뚝	굴 착 말 뚝
모래 (조밀~느슨)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
점토 (굳은~연약)	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
실트 (조밀~느슨)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

B : 말뚝의 폭 또는 직경 = 0.5 m

q_b : 말뚝의 단위면적당 극한 지지력 10,000 kN /본

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fs}}{L_b \cdot q_b} = \frac{0.1845 \times 322.3}{24.5 \times 10000} = \mathbf{0.243}\ \text{mm}$$

여기서, $C_s = (0.93 + 0.16 \sqrt{(L_b / B)}) \cdot C_p = (0.93 + 0.16 \sqrt{(24.5 / 0.5)}) \times 0.0$
$= 0.1845$

L_b : 땅속에 묻힌 말뚝길이 = 24.50 m

2. 경험방법에 의한 침하량(강관말뚝 설계와 시공, 1994)

$$S_t = \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot L}{A \cdot E_p}$$

$$= \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot Ls}{As \cdot Es} + \frac{Q_{va} \cdot Lp}{Ap \cdot Ep}$$

$$= \frac{0.5}{100} + \frac{869.4 \times 3}{0.0108 \times 210000000} + \frac{869.4 \times 21.5}{0.1056 \times 40000000} = \mathbf{10.575}\ \text{mm}$$

.

여기서, S_t : 말뚝의 침하량 (cm)

B : 말뚝직경 = 0.50 m

Qva : 작용하중 = 869.4 kN

Ls : 강관말뚝의길(= 3.0 m
Lp : PHC말뚝의길(= 21.5 m

As : 강관말뚝의단면적 = 0.0108 m²
Ap : PHC말뚝의단면적 = 0.1056 m²

Es : 강관말뚝의탄성계 = 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의탄성계 = 40,000,000 kN/m²

3. 말뚝기초의 침하량 산정결과

단위 : mm

구 분	구조물 기초 설 계 기 준	경험 방법에 의한 침하량
침 하 량	15.0	10.6

■ 말뚝기초의 연직침하량 : 신강고가차도 P3 매입공법

1. 구조물 기초 설계기준에 의한 방법

$St = Ss + Sp + Sps = 2.605 + 5.895 + 0.133 =$ **8.633** mm

여기서, S_s : 말뚝자체의 길이방향 변형
S_p : 말뚝선단부에 가해지는 하중에 의한 침하량
S_{ps} : 주면마찰력에 의하여 지반에 전달된 하중에 의한 침하량

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fs}) \cdot \frac{L}{A \cdot E}$$

$$= Q_{pa} \cdot \left(\frac{Ls}{As \cdot Es} + \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right) + \left(\alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Ls}{As \cdot Es} + \alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right)$$

강관말뚝부 PHC말뚝부 주면강관 말뚝부 주면PHC 말뚝부

$$= 327.5 \times \left(\frac{3.00}{0.0108 \times 210000000} + \frac{19.50}{0.1056 \times 40000000}\right) + \left(0.67 \times 165.9 \times \frac{3.00}{0.0108 \times 210000000}\right.$$

$$\left. + 0.67 \times 165.9 \times \frac{19.50}{0.1056 \times 40000000}\right) = 2.605 \text{ mm}$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중
= 327.53 kN

Q_{fs} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중
= 165.87 kN

L : 전체 말뚝의 길이 22.50 m
L_S : 강관말뚝 길이 3 m , L_p : PHC말뚝 길이 19.5 m

As : 강관말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.011 m²
Ap : PHC말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.106 m²

Es : 강관말뚝의 탄성계수 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의 탄성계수 40,000,000 kN/m²

α_s : 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수 = 0.67
⇒ 구조물 기초설계기준에 의하면 α_s값은 전체침하량에 큰 영향을 미치지 않으며 따라서 N치를 이용하여 개략적인 주면마찰력 분포를 추정하면 N치가 상부보다 하부에서 크므로 삼각형분포의 값인 0.67 사용.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{B \cdot q_b} = \frac{0.09 \times 327.53}{0.5 \times 10{,}000.00} = 5.895 \text{ mm}$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수 = 0.090

흙의 종류	타 입 말 뚝	굴 착 말 뚝
모래 (조밀~느슨)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
점토 (굳은~연약)	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
실트 (조밀~느슨)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

B : 말뚝의 폭 또는 직경 = 0.5 m

q_b : 말뚝의 단위면적당 극한 지지력 10,000 kN /본

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fs}}{L_b \cdot q_b} = \frac{0.1803 \times 165.87}{22.5 \times 10000} = 0.133 \text{ mm}$$

여기서, $C_s = (0.93 + 0.16\sqrt{(L_b / B)}) \cdot C_p = (0.93 + 0.16\sqrt{(22.5 / 0.5)}) \times 0.0$
$= 0.1803$

L_b : 땅속에 묻힌 말뚝길이 = 22.50 m

2. 경험방법에 의한 침하량(강관말뚝 설계와 시공, 1994)

$$S_t = \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot L}{A \cdot E_p}$$

$$= \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot Ls}{As \cdot Es} + \frac{Q_{va} \cdot Lp}{Ap \cdot Ep}$$

$$= \frac{0.5}{100} + \frac{493.4 \times 3}{0.0108 \times 210000000} + \frac{493.4 \times 19.5}{0.1056 \times 40000000} = 7.930 \text{ mm}$$

.

여기서, S_t : 말뚝의 침하량 (cm)

B : 말뚝직경 = 0.50 m

Qva : 작용하중 = 493.4 kN

Ls : 강관말뚝의길(= 3.0 m
Lp : PHC말뚝의길(= 19.5 m

As : 강관말뚝의단면적 = 0.0108 m²
Ap : PHC말뚝의단면적 = 0.1056 m²

Es : 강관말뚝의탄성계 = 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의탄성계 = 40,000,000 kN/m²

3. 말뚝기초의 침하량 산정결과

단위 : mm

구 분	구조물 기초 설 계 기 준	경험 방법에 의한 침하량
침 하 량	8.6	7.9

■ 말뚝기초의 연직침하량 : 신강고가차도 A2 매입공법

1. 구조물 기초 설계기준에 의한 방법

$St = Ss + Sp + Sps = 2.041 + 4.985 + 0.108 =$ **7.134** mm

여기서, S_s : 말뚝자체의 길이방향 변형
S_p : 말뚝선단부에 가해지는 하중에 의한 침하량
S_{ps} : 주면마찰력에 의하여 지반에 전달된 하중에 의한 침하량

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fs}) \cdot \frac{L}{A \cdot E}$$

$$= Q_{pa} \cdot \left(\frac{Ls}{As \cdot Es} + \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right) + \left(\alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Ls}{As \cdot Es} + \alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right)$$

강관말뚝부 PHC말뚝부 주면강관 말뚝부 주면PHC 말뚝부

$$= 277.0 \times \left(\frac{3.20}{0.0108 \times 210000000} + \frac{17.80}{0.1056 \times 40000000}\right) + \left(0.67 \times 128.2 \times \frac{3.20}{0.0108 \times 210000000}\right.$$

$$\left. + 0.67 \times 128.2 \times \frac{17.80}{0.1056 \times 40000000}\right) = \mathbf{2.041} \text{ mm}$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중
= 276.96 kN

Q_{fs} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중
= 128.24 kN

L : 전체 말뚝의 길이 21.00 m
L_S : 강관말뚝 길이 3.2 m , L_p : PHC말뚝 길이 17.8 m

As : 강관말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.011 m²
Ap : PHC말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.106 m²

Es : 강관말뚝의 탄성계수 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의 탄성계수 40,000,000 kN/m²

α_s : 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수 = 0.67
⇒ 구조물 기초설계기준에 의하면 α_s값은 전체침하량에 큰 영향을 미치지 않으며 따라서 N치를 이용하여 개략적인 주면마찰력 분포를 추정하면 N치가 상부보다 하부에서 크므로 삼각형분포의 값인 0.67 사용.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{B \cdot q_b} = \frac{0.09 \times 276.96}{0.5 \times 10{,}000.00} = \mathbf{4.985} \text{ mm}$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수 = **0.090**

흙의 종류	타 입 말 뚝	굴 착 말 뚝
모래 (조밀~느슨)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
점토 (굳은~연약)	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
실트 (조밀~느슨)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

B : 말뚝의 폭 또는 직경 = 0.5 m

q_b : 말뚝의 단위면적당 극한 지지력 10,000 kN /본

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fs}}{L_b \cdot q_b} = \frac{0.177 \times 128.24}{21 \times 10000} = 0.108 \text{ mm}$$

여기서, $Cs = (0.93 + 0.16 \sqrt{(Lb / B)}) \cdot Cp = (0.93 + 0.16 \sqrt{(21 / 0.5)}) \times 0.09$
$= 0.177$

L_b : 땅속에 묻힌 말뚝길이 = 21.00 m

2. 경험방법에 의한 침하량(강관말뚝 설계와 시공, 1994)

$$S_t = \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot L}{A \cdot E_p}$$

$$= \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot Ls}{As \cdot Es} + \frac{Q_{va} \cdot Lp}{Ap \cdot Ep}$$

$$= \frac{0.5}{100} + \frac{405.2 \times 3.2}{0.0108 \times 210000000} + \frac{405.2 \times 17.8}{0.1056 \times 40000000} = 7.279 \text{ mm}$$

.

여기서, S_t : 말뚝의 침하량 (cm)

B : 말뚝직경 = 0.50 m

Qva : 작용하중 = 405.2 kN

Ls : 강관말뚝의길(= 3.2 m
Lp : PHC말뚝의길(= 17.8 m

As : 강관말뚝의단면적 = 0.0108 m²
Ap : PHC말뚝의단면적 = 0.1056 m²

Es : 강관말뚝의탄성계 = 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의탄성계 = 40,000,000 kN/m²

3. 말뚝기초의 침하량 산정결과

단위 : mm

구 분	구조물 기초 설 계 기 준	경험 방법에 의한 침하량
침 하 량	7.1	7.3

■ 말뚝기초의 연직침하량 : 신강고가차도 계단 매입공법

1. 구조물 기초 설계기준에 의한 방법

$St = Ss + Sp + Sps = 0.81 + 2.159 + 0.05 =$ **3.019** mm

여기서, S_s : 말뚝자체의 길이방향 변형
S_p : 말뚝선단부에 가해지는 하중에 의한 침하량
S_{ps} : 주면마찰력에 의하여 지반에 전달된 하중에 의한 침하량

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fs}) \cdot \frac{L}{A \cdot E}$$

$$= Q_{pa} \cdot \left(\frac{Ls}{As \cdot Es} + \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right) + \left(\alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Ls}{As \cdot Es} + \alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right)$$

강관말뚝부 PHC말뚝부 주면강관 말뚝부 주면PHC 말뚝부

$$= 143.9 \times \left(\frac{4.00}{0.0184 \times 210000000} + \frac{18.80}{0.1442 \times 40000000}\right) + \left(0.67 \times 66.7 \times \frac{4.00}{0.0184 \times 210000000}\right.$$

$$\left. + 0.67 \times 66.7 \times \frac{18.80}{0.1442 \times 40000000}\right) = \mathbf{0.81} \text{ mm}$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중
= 143.95 kN

Q_{fs} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중
= 66.65 kN

L : 전체 말뚝의 길이 22.80 m
L_S : 강관말뚝 길이 4 m , L_p : PHC말뚝 길이 18.8 m

As : 강관말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.018 m²
Ap : PHC말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.144 m²

Es : 강관말뚝의 탄성계수 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의 탄성계수 40,000,000 kN/m²

α_s : 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수 = 0.67
⇒ 구조물 기초설계기준에 의하면 α_s값은 전체침하량에 큰 영향을 미치지 않으며 따라서 N치를 이용하여 개략적인 주면마찰력 분포를 추정하면 N치가 상부보다 하부에서 크므로 삼각형분포의 값인 0.67 사용.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{B \cdot q_b} = \frac{0.09 \times 143.95}{0.6 \times 10{,}000.00} = \mathbf{2.159} \text{ mm}$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수 = **0.090**

흙의 종류	타 입 말 뚝	굴 착 말 뚝
모래 (조밀~느슨)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
점토 (굳은~연약)	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
실트 (조밀~느슨)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

B : 말뚝의 폭 또는 직경 = 0.6 m

q_b : 말뚝의 단위면적당 극한 지지력 10,000 kN /본

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fs}}{L_b \cdot q_b} = \frac{0.1725 \times 66.65}{22.8 \times 10000} = 0.050 \text{ mm}$$

여기서, $C_s = (0.93 + 0.16\sqrt{(L_b / B)}) \cdot C_p = (0.93 + 0.16\sqrt{(22.8 / 0.6)}) \times 0.0$
$= 0.1725$

L_b : 땅속에 묻힌 말뚝길이 = 22.80 m

2. 경험방법에 의한 침하량(강관말뚝 설계와 시공, 1994)

$$S_t = \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot L}{A \cdot E_p}$$

$$= \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot Ls}{As \cdot Es} + \frac{Q_{va} \cdot Lp}{Ap \cdot Ep}$$

$$= \frac{0.6}{100} + \frac{210.6 \times 4}{0.0184 \times 210000000} + \frac{210.6 \times 18.8}{0.1442 \times 40000000} = 6.904 \text{ mm}$$

.

여기서, S_t : 말뚝의 침하량 (cm)

B : 말뚝직경 = 0.60 m

Qva : 작용하중 = 210.6 kN

Ls : 강관말뚝의길(= 4.0 m
Lp : PHC말뚝의길(= 18.8 m

As : 강관말뚝의단면적 = 0.0184 m²
Ap : PHC말뚝의단면적 = 0.1442 m²

Es : 강관말뚝의탄성계 = 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의탄성계 = 40,000,000 kN/m²

3. 말뚝기초의 침하량 산정결과

단위 : mm

구 분	구조물 기초 설 계 기 준	경험 방법에 의한 침하량
침 하 량	3.0	6.9

■ 말뚝기초의 연직침하량 : 신당보도육교 P1 매입공법

1. 구조물 기초 설계기준에 의한 방법

$St = Ss + Sp + Sps = 2.854 + 2.231 + 0.163 =$ **5.248** mm

여기서, S_s : 말뚝자체의 길이방향 변형
S_p : 말뚝선단부에 가해지는 하중에 의한 침하량
S_{ps} : 주면마찰력에 의하여 지반에 전달된 하중에 의한 침하량

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fs}) \cdot \frac{L}{A \cdot E}$$

$$= Q_{pa} \cdot \left(\frac{Ls}{As \cdot Es} + \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right) + \left(\alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Ls}{As \cdot Es} + \alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right)$$

강관말뚝부 PHC말뚝부 주면강관 말뚝부 주면PHC 말뚝부

$$= 211.8 \times \left(\frac{5.40}{0.0121 \times 210000000} + \frac{12.00}{0.0684 \times 40000000}\right) + \left(0.67 \times 338.2 \times \frac{5.40}{0.0121 \times 210000000}\right.$$

$$\left. + 0.67 \times 338.2 \times \frac{12.00}{0.0684 \times 40000000}\right) = \mathbf{2.854} \text{ mm}$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중
= 211.82 kN

Q_{fs} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중
= 338.15 kN

L : 전체 말뚝의 길이 17.40 m
L_S : 강관말뚝 길이 5.4 m , L_p : PHC말뚝 길이 12.0 m

As : 강관말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.012 m²
Ap : PHC말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.068 m²

Es : 강관말뚝의 탄성계수 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의 탄성계수 40,000,000 kN/m²

α_s : 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수 = 0.67
⇒ 구조물 기초설계기준에 의하면 α_s값은 전체침하량에 큰 영향을 미치지 않으며 따라서 N치를 이용하여 개략적인 주면마찰력 분포를 추정하면 N치가 상부보다 하부에서 크므로 삼각형분포의 값인 0.67 사용.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{B \cdot q_b} = \frac{0.09 \times 211.82}{0.4 \times 21{,}360.38} = \mathbf{2.231} \text{ mm}$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수 = **0.090**

흙의 종류	타 입 말 뚝	굴 착 말 뚝
모래 (조밀~느슨)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
점토 (굳은~연약)	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
실트 (조밀~느슨)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

B : 말뚝의 폭 또는 직경 = 0.4 m

q_b : 말뚝의 단위면적당 극한 지지력 21,360 kN/m²/본

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fs}}{L_b \cdot q_b} = \frac{0.1787 \times 338.15}{17.4 \times 21360} = 0.163 \text{ mm}$$

여기서, $C_s = (0.93 + 0.16\sqrt{(L_b / B)}) \cdot C_p = (0.93 + 0.16\sqrt{(17.4 / 0.4)}) \times 0.0$
$= 0.1787$

L_b : 땅속에 묻힌 말뚝길이 = 17.40 m

2. 경험방법에 의한 침하량(강관말뚝 설계와 시공, 1994)

$$S_t = \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot L}{A \cdot E_p}$$

$$= \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot Ls}{As \cdot Es} + \frac{Q_{va} \cdot Lp}{Ap \cdot Ep}$$

$$= \frac{0.4}{100} + \frac{549.97 \times 5.4}{0.0121 \times 210000000} + \frac{549.97 \times 12}{0.0684 \times 40000000} = 7.581 \text{ mm}$$

.

여기서, S_t : 말뚝의 침하량 (cm)

B : 말뚝직경 = 0.40 m

Qva : 작용하중 = 550.0 kN

Ls : 강관말뚝의길이 = 5.4 m
Lp : PHC말뚝의길이 = 12.0 m

As : 강관말뚝의단면적 = 0.0121 m²
Ap : PHC말뚝의단면적 = 0.0684 m²

Es : 강관말뚝의탄성계수 = 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의탄성계 = 40,000,000 kN/m²

3. 말뚝기초의 침하량 산정결과

단위 : mm

구 분	구조물 기초 설 계 기 준	경험 방법에 의한 침하량
침 하 량	5.2	7.6

■ 말뚝기초의 연직침하량 : 신당보도육교 P2 매입공법

1. 구조물 기초 설계기준에 의한 방법

$St = Ss + Sp + Sps = 2.364 + 1.391 + 0.094 =$ **3.849** mm

여기서, S_s : 말뚝자체의 길이방향 변형
S_p : 말뚝선단부에 가해지는 하중에 의한 침하량
S_{ps} : 주면마찰력에 의하여 지반에 전달된 하중에 의한 침하량

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fs}) \cdot \frac{L}{A \cdot E}$$

$$= Q_{pa} \cdot \left(\frac{Ls}{As \cdot Es} + \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right) + \left(\alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Ls}{As \cdot Es} + \alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right)$$

강관말뚝부 PHC말뚝부 주면강관 말뚝부 주면PHC 말뚝부

$$= 141.9 \times \left(\frac{5.90}{0.0121 \times 210000000} + \frac{15.00}{0.0684 \times 40000000}\right) + \left(0.67 \times 240.3 \times \frac{5.90}{0.0121 \times 210000000}\right.$$

$$\left. + 0.67 \times 240.3 \times \frac{15.00}{0.0684 \times 40000000}\right) = \mathbf{2.364} \text{ mm}$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중
= 141.95 kN

Q_{fs} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중
= 240.33 kN

L : 전체 말뚝의 길이 20.90 m
L_S : 강관말뚝 길이 5.9 m , L_p : PHC말뚝 길이 15.0 m

As : 강관말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.012 m²
Ap : PHC말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.068 m²

Es : 강관말뚝의 탄성계수 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의 탄성계수 40,000,000 kN/m²

α_s : 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수 = 0.67
⇒ 구조물 기초설계기준에 의하면 α_s값은 전체침하량에 큰 영향을 미치지 않으며 따라서 N치를 이용하여 개략적인 주면마찰력 분포를 추정하면 N치가 상부보다 하부에서 크므로 삼각형분포의 값인 0.67 사용.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{B \cdot q_b} = \frac{0.09 \times 141.95}{0.4 \times 22{,}959.43} = \mathbf{1.391} \text{ mm}$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수 = **0.090**

흙의 종류	타 입 말 뚝	굴 착 말 뚝
모래 (조밀~느슨)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
점토 (굳은~연약)	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
실트 (조밀~느슨)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

B : 말뚝의 폭 또는 직경 = 0.4 m

q_b : 말뚝의 단위면적당 극한 지지력 22,959 kN/m²/본

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fs}}{L_b \cdot q_b} = \frac{0.1878 \times 240.33}{20.9 \times 22959} = 0.094 \text{ mm}$$

여기서, $C_s = (0.93 + 0.16\sqrt{(L_b / B)}) \cdot C_p = (0.93 + 0.16\sqrt{(20.9 / 0.4)}) \times 0.0$
$= 0.1878$

L_b : 땅속에 묻힌 말뚝길이 = 20.90 m

2. 경험방법에 의한 침하량(강관말뚝 설계와 시공, 1994)

$$S_t = \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot L}{A \cdot E_p}$$

$$= \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot Ls}{As \cdot Es} + \frac{Q_{va} \cdot Lp}{Ap \cdot Ep}$$

$$= \frac{0.4}{100} + \frac{382.28 \times 5.9}{0.0121 \times 210000000} + \frac{382.28 \times 15}{0.0684 \times 40000000} = 6.983 \text{ mm}$$

.

여기서, S_t : 말뚝의 침하량 (cm)

B : 말뚝직경 = 0.40 m

Qva : 작용하중 = 382.3 kN

Ls : 강관말뚝의길(= 5.9 m
Lp : PHC말뚝의길(= 15.0 m

As : 강관말뚝의단면적 = 0.0121 m²
Ap : PHC말뚝의단면적 = 0.0684 m²

Es : 강관말뚝의탄성계 = 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의탄성계 = 40,000,000 kN/m²

3. 말뚝기초의 침하량 산정결과

단위 : mm

구 분	구조물 기초 설 계 기 준	경험 방법에 의한 침하량
침 하 량	3.8	7.0

■ 말뚝기초의 연직침하량 : 신당보도육교 E/V1 매입공법

1. 구조물 기초 설계기준에 의한 방법

$St = Ss + Sp + Sps = 1.674 + 1.934 + 0.149 =$ **3.757** mm

여기서, S_s : 말뚝자체의 길이방향 변형
S_p : 말뚝선단부에 가해지는 하중에 의한 침하량
S_{ps} : 주면마찰력에 의하여 지반에 전달된 하중에 의한 침하량

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fs}) \cdot \frac{L}{A \cdot E}$$

$$= Q_{pa} \cdot \left(\frac{Ls}{As \cdot Es} + \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right) + \left(\alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Ls}{As \cdot Es} + \alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right)$$

강관말뚝부 PHC말뚝부 주면강관 말뚝부 주면PHC 말뚝부

$$= 198.4 \times \left(\frac{6.50}{0.0153 \times 210000000} + \frac{10.00}{0.1056 \times 40000000}\right) + \left(0.67 \times 273.1 \times \frac{6.50}{0.0153 \times 210000000}\right.$$

$$\left. + 0.67 \times 273.1 \times \frac{10.00}{0.1056 \times 40000000}\right) = \mathbf{1.674} \text{ mm}$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중
= 198.40 kN

Q_{fs} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중
= 273.13 kN

L : 전체 말뚝의 길이 16.50 m
L_S : 강관말뚝 길이 6.5 m , L_p : PHC말뚝 길이 10.0 m

As : 강관말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.015 m²
Ap : PHC말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.106 m²

Es : 강관말뚝의 탄성계수 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의 탄성계수 40,000,000 kN/m²

α_s : 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수 = 0.67
⇒ 구조물 기초설계기준에 의하면 α_s값은 전체침하량에 큰 영향을 미치지 않으며 따라서 N치를 이용하여 개략적인 주면마찰력 분포를 추정하면 N치가 상부보다 하부에서 크므로 삼각형분포의 값인 0.67 사용.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{B \cdot q_b} = \frac{0.09 \times 198.40}{0.5 \times 18{,}467.41} = \mathbf{1.934} \text{ mm}$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수 = **0.090**

흙의 종류	타 입 말 뚝	굴 착 말 뚝
모래 (조밀~느슨)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
점토 (굳은~연약)	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
실트 (조밀~느슨)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

B : 말뚝의 폭 또는 직경 = 0.5 m

q_b : 말뚝의 단위면적당 극한 지지력 18,467 kN/m²/본

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fs}}{L_b \cdot q_b} = \frac{0.1664 \times 273.13}{16.5 \times 18467} = 0.149 \text{ mm}$$

여기서, $C_s = (0.93 + 0.16\sqrt{(L_b / B)}) \cdot C_p = (0.93 + 0.16\sqrt{(16.5 / 0.5)}) \times 0.0$
$= 0.1664$

L_b : 땅속에 묻힌 말뚝길이 = 16.50 m

2. 경험방법에 의한 침하량(강관말뚝 설계와 시공, 1994)

$$S_t = \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot L}{A \cdot E_p}$$

$$= \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot Ls}{As \cdot Es} + \frac{Q_{va} \cdot Lp}{Ap \cdot Ep}$$

$$= \frac{0.5}{100} + \frac{471.53 \times 6.5}{0.0153 \times 210000000} + \frac{471.53 \times 10}{0.1056 \times 40000000} = 7.070 \text{ mm}$$

.

여기서, S_t : 말뚝의 침하량 (cm)

B : 말뚝직경 = 0.50 m

Qva : 작용하중 = 471.5 kN

Ls : 강관말뚝의길(= 6.5 m
Lp : PHC말뚝의길(= 10.0 m

As : 강관말뚝의단면적 = 0.0153 m²
Ap : PHC말뚝의단면적 = 0.1056 m²

Es : 강관말뚝의탄성계 = 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의탄성계 = 40,000,000 kN/m²

3. 말뚝기초의 침하량 산정결과

단위 : mm

구 분	구조물 기초 설 계 기 준	경험 방법에 의한 침하량
침 하 량	3.8	7.1

■ 말뚝기초의 연직침하량 : 신당보도육교 E/V2 매입공법

1. 구조물 기초 설계기준에 의한 방법

$St = Ss + Sp + Sps = 1.879 + 1.834 + 0.132 =$ **3.845** mm

여기서, S_s : 말뚝자체의 길이방향 변형
S_p : 말뚝선단부에 가해지는 하중에 의한 침하량
S_{ps} : 주면마찰력에 의하여 지반에 전달된 하중에 의한 침하량

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fs}) \cdot \frac{L}{A \cdot E}$$

$$= Q_{pa} \cdot \left(\frac{Ls}{As \cdot Es} + \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right) + \left(\alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Ls}{As \cdot Es} + \alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right)$$

강관말뚝부 PHC말뚝부 주면강관 말뚝부 주면PHC 말뚝부

$$= 194.2 \times \left(\frac{6.00}{0.0153 \times 210000000} + \frac{13.00}{0.1056 \times 40000000}\right) + \left(0.67 \times 277.3 \times \frac{6.00}{0.0153 \times 210000000}\right.$$

$$\left. + 0.67 \times 277.3 \times \frac{13.00}{0.1056 \times 40000000}\right) = \mathbf{1.879} \text{ mm}$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중
= 194.22 kN

Q_{fs} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중
= 277.31 kN

L : 전체 말뚝의 길이 19.00 m
L_S : 강관말뚝 길이 6 m , L_p : PHC말뚝 길이 13.0 m

As : 강관말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.015 m²
Ap : PHC말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.106 m²

Es : 강관말뚝의 탄성계수 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의 탄성계수 40,000,000 kN/m²

α_s : 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수 = 0.67
⇒ 구조물 기초설계기준에 의하면 α_s값은 전체침하량에 큰 영향을 미치지 않으며 따라서 N치를 이용하여 개략적인 주면마찰력 분포를 추정하면 N치가 상부보다 하부에서 크므로 삼각형분포의 값인 0.67 사용.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{B \cdot q_b} = \frac{0.09 \times 194.22}{0.5 \times 19{,}063.14} = \mathbf{1.834} \text{ mm}$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수 = **0.090**

흙의 종류	타 입 말 뚝	굴 착 말 뚝
모래 (조밀~느슨)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
점토 (굳은~연약)	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
실트 (조밀~느슨)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

B : 말뚝의 폭 또는 직경 = 0.5 m

q_b : 말뚝의 단위면적당 극한 지지력 19,063 kN/m²/본

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fs}}{L_b \cdot q_b} = \frac{0.1725 \times 277.31}{19 \times 19063} = 0.132 \text{ mm}$$

여기서, $Cs = (0.93 + 0.16 \sqrt{(Lb / B)}) \cdot Cp = (0.93 + 0.16 \sqrt{(19 / 0.5)}) \times 0.09$
$= 0.1725$

L_b : 땅속에 묻힌 말뚝길이 = 19.00 m

2. 경험방법에 의한 침하량(강관말뚝 설계와 시공, 1994)

$$S_t = \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot L}{A \cdot E_p}$$

$$= \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot Ls}{As \cdot Es} + \frac{Q_{va} \cdot Lp}{Ap \cdot Ep}$$

$$= \frac{0.5}{100} + \frac{471.53 \times 6}{0.0153 \times 210000000} + \frac{471.53 \times 13}{0.1056 \times 40000000} = 7.332 \text{ mm}$$

.

여기서, S_t : 말뚝의 침하량 (cm)

B : 말뚝직경 = 0.50 m

Qva : 작용하중 = 471.5 kN

Ls : 강관말뚝의길(= 6.0 m
Lp : PHC말뚝의길(= 13.0 m

As : 강관말뚝의단면적 = 0.0153 m²
Ap : PHC말뚝의단면적 = 0.1056 m²

Es : 강관말뚝의탄성계 = 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의탄성계 = 40,000,000 kN/m²

3. 말뚝기초의 침하량 산정결과

단위 : mm

구 분	구조물 기초 설 계 기 준	경험 방법에 의한 침하량
침 하 량	3.8	7.3

■ 말뚝기초의 연직침하량 : 신당보도육교 계단 매입공법

1. 구조물 기초 설계기준에 의한 방법

$St = Ss + Sp + Sps = 1.4 + 0.937 + 0.068 =$ **2.405** mm

여기서, S_s : 말뚝자체의 길이방향 변형
S_p : 말뚝선단부에 가해지는 하중에 의한 침하량
S_{ps} : 주면마찰력에 의하여 지반에 전달된 하중에 의한 침하량

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fs}) \cdot \frac{L}{A \cdot E}$$

$$= Q_{pa} \cdot \left(\frac{Ls}{As \cdot Es} + \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right) + \left(\alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Ls}{As \cdot Es} + \alpha_s \cdot Q_s \cdot \frac{Lp}{Ap \cdot Ep}\right)$$

강관말뚝부 PHC말뚝부 주면강관 말뚝부 주면PHC 말뚝부

$$= 107.4 \times \left(\frac{21.00}{0.0155 \times 210000000} + \frac{0.00}{0.0187 \times 40000000}\right) + \left(0.67 \times 163.5 \times \frac{21.00}{0.0155 \times 210000000}\right.$$

$$\left. + 0.67 \times 163.5 \times \frac{0.00}{0.0187 \times 40000000}\right) = \mathbf{1.4} \text{ mm}$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중
= 107.38 kN

Q_{fs} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중
= 163.52 kN

L : 전체 말뚝의 길이 21.00 m
L_S : 강관말뚝 길이 21 m , L_p : PHC말뚝 길이 0.0 m

As : 강관말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.016 m²
Ap : PHC말뚝의 단면적 (말뚝의 선단면 0.019 m²

Es : 강관말뚝의 탄성계수 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의 탄성계수 40,000,000 kN/m²

α_s : 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수 = 0.67
⇒ 구조물 기초설계기준에 의하면 α_s값은 전체침하량에 큰 영향을 미치지 않으며 따라서 N치를 이용하여 개략적인 주면마찰력 분포를 추정하면 N치가 상부보다 하부에서 크므로 삼각형분포의 값인 0.67 사용.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{B \cdot q_b} = \frac{0.09 \times 107.38}{0.508 \times 20{,}300.75} = \mathbf{0.937} \text{ mm}$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수 = **0.090**

흙의 종류	타 입 말 뚝	굴 착 말 뚝
모래 (조밀~느슨)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
점토 (굳은~연약)	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
실트 (조밀~느슨)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

B : 말뚝의 폭 또는 직경 = 0.5 m

q_b : 말뚝의 단위면적당 극한 지지력 20,301 kN/m²/본

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fs}}{L_b \cdot q_b} = \frac{0.1763 \times 163.52}{21 \times 20301} = 0.068 \text{ mm}$$

여기서, $C_s = (0.93 + 0.16\sqrt{(L_b / B)}) \cdot C_p = (0.93 + 0.16\sqrt{(21 / 0.508)}) \times 0.0$
$= 0.1763$

L_b : 땅속에 묻힌 말뚝길이 = 21.00 m

2. 경험방법에 의한 침하량(강관말뚝 설계와 시공, 1994)

$$S_t = \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot L}{A \cdot E_p}$$

$$= \frac{B}{100} + \frac{Q_{va} \cdot Ls}{As \cdot Es} + \frac{Q_{va} \cdot Lp}{Ap \cdot Ep}$$

$$= \frac{0.5}{100} + \frac{270.9 \times 21}{0.0155 \times 210000000} + \frac{270.9 \times 0}{0.0187 \times 40000000} = 6.828 \text{ mm}$$

.

여기서, S_t : 말뚝의 침하량 (cm)

B : 말뚝직경 = 0.51 m

Qva : 작용하중 = 270.9 kN

Ls : 강관말뚝의길(= 21.0 m
Lp : PHC말뚝의길(= 0.0 m

As : 강관말뚝의단면적 = 0.0155 m²
Ap : PHC말뚝의단면적 = 0.0187 m²

Es : 강관말뚝의탄성계 = 210,000,000 kN/m²
Ep : PHC말뚝의탄성계 = 40,000,000 kN/m²

3. 말뚝기초의 침하량 산정결과

단위 : mm

구 분	구조물 기초 설 계 기 준	경험 방법에 의한 침하량
침 하 량	2.4	6.8

◈ 수평방향 허용지지력 및 변위 산정

신강고가차도교 A1

1. 수평방향 지반반력계수 산정

1) 도로교 표준 시방서에 의한 방법

$$K_h = k_{H0} (B_H / 30)^{(-3/4)}$$

여기서, K_h : 수평방향 지반반력계수 (kgf/cm³)

k_{H0} : 지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 수평방향 지반반력계수로서, 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수

k_H0 = (1 / 30)·α·Eo

α , Eo : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수 및 지반변형계수 (kgf/cm²)로서, 아래의 Eo 와 α의 관계참조

◎ 지반변형계수

변형계수 Eo (kgf/cm²)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보링공내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 Eo=28N 으로 추정한 변형계수	1	2

여기서, α = 1 , (상시) Eo = 4 x 8 = 32 kg/cm²

α = 2 , (지진시)

B_H : 하중 작용 방향에 직교하는 기초의 환산재하폭 (cm)

일반적으로 탄성체 기초의 수평저항에 관여하는 지반으로서는 설계지반면에서 1/β 정도까지 고려하면 됨.

D : 하중작용방향에 직교하는 기초의 재하폭 (cm)

1/β : 수평저항에 관여하는 지반의 깊이(cm)로서 기초의 길이 이하로 함.

β : 기초의 특성치 (cm^(-1))

위에 제시한 식을 간단히 정리하면

Kh = 0.339 x (α·Eo)^(1.103) x d^(-0.31) x EI^(-0.1)

= 0.339 x (1 x 32)^(1.103) x 49.6^(-0.31) x 67513835794.2537^(-0.1)

= 0.382 kgf/cm³ = 3,820 kN/m³ (상시)

= 0.82 kgf/cm³ = 8,200 kN/m³ (지진시)

여기서, Eo = 4 x 8 = 32 kN/m²

α = 1 (상시) , 2 (지진시)

d : 말뚝의 직경 = 49.6 cm (부식두께 고려) = 0.496 m

E : 말뚝의 탄성계수 = 2,100,000 kgf/cm² = 210,000,000 kN/m²

I : 말뚝의 단면2차모멘트 = 32,149.45 cm⁴ = 0.000321 m⁴

◎ 흙 종류에 따른 Eo/N (강관말뚝 기초공법 세미나,1996,한국지반공학회)

흙의 종류	Eo / N
실트, 모래질 실트	4
가는 내지 중간모래	7
굵은 모래	10
모래질 자갈, 자갈	12 ~ 15

2. 군말뚝효과 고려

최근 연구결과 및

시방서기준을 참고하여 말뚝기초의 지반반력계수는 군말뚝효과를 고려하여 단말뚝의 0.55 를 적용

3. 수평지반반력계수 산정 결과 (kN/m³)

구 분		도로교 설계기준 해설	적용(군말뚝고려)
수평지반 반력계수	상시	3,820	2,101
	지진시	8,200	4,510

4. 1 / β 산정

$$\beta = \left(\frac{kh\ B}{4\ E\ I}\right)^{(1/4)} = \left(\frac{2101 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00032}\right)^{(1/4)} = 0.249334\ m^{-1}\ (상시)$$

$$= \left(\frac{4510 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00032}\right)^{(1/4)} = 0.301799\ m^{-1}\ (지진시)$$

1 / β = 4.01 m (상시) , 3.31 m (지진시)

5. 허용수평지지력 및 수평변위 산정

1) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (상시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{44.3 \times 0.249333}{2101 \times 0.496} = 10.60\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 44.30 kN

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.249333\ (1/m)$$

2) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.015 m 으로 할 경우 수평지지력 (상시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{2101 \times 0.496 \times 0.015}{0.24933400} = 62.7\ kN$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.249334\ (1/m)$$

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.015 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{62.693}{1} = 62.7\ kN$$

3) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (지진시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{67.4 \times 0.301799}{4510 \times 0.496} = 9.09\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 67.40 kN

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.301799 (1/m)

4) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.0225 m 으로 할 경우 수평지지력 (지진시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{4510 \times 0.496 \times 0.0225}{0.30179900} = 166.8 \text{ kN}$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.301799 (1/m)

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.0225 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{166.772}{1} = 166.8 \text{ kN}$$

◈ 수평방향 허용지지력 및 변위 산정

1. 수평방향 지반반력계수 산정

1) 도로교 표준 시방서에 의한 방법

$$K_h = k_{H0} (B_H / 30)^{(-3/4)}$$

여기서, K_h : 수평방향 지반반력계수 (kgf/cm³)

k_{H0} : 지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 수평 방향 지반반력계수로서, 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수

k_H0 = (1 / 30)·α·Eo

α , Eo : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수 및 지반변형계수 (kgf/cm²)로서, 아래의 Eo 와 α의 관계참조

◎ 지반변형계수

변형계수 Eo (kgf/cm²)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보링공내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 Eo=28N 으로 추정한 변형계수	1	2

여기서, α = 1 , (상시) Eo = 4 x 8 = 32 kg/cm²

α = 2 , (지진시)

B_H : 하중 작용 방향에 직교하는 기초의 환산재하폭 (cm)

일반적으로 탄성체 기초의 수평저항에 관여하는 지반으로서는 설계지반면에서 1/β 정도까지 고려하면 됨.

D : 하중작용방향에 직교하는 기초의 재하폭 (cm)

1/β : 수평저항에 관여하는 지반의 깊이(cm)로서 기초의 길이 이하로 함.

β : 기초의 특성치 (cm^(-1))

위에 제시한 식을 간단히 정리하면

Kh = 0.339 x (α·Eo)^(1.103) x d^(-0.31) x EI^(-0.1)

= 0.339 x (1 x 32)^(1.103) x 49.6^(-0.31) x 67513835794.2537^(-0.1)

= 0.382 kgf/cm³ = 3,820 kN/m³ (상시)

= 0.82 kgf/cm³ = 8,200 kN/m³ (지진시)

여기서, Eo = 4 x 8 = 32 kN/m²

α = 1 (상시) , 2 (지진시)

d : 말뚝의 직경 = 49.6 cm (부식두께 고려) = 0.496 m

E : 말뚝의 탄성계수 = 2,100,000 kgf/cm² = 210,000,000 kN/m²

I : 말뚝의 단면2차모멘트 = 32,149.45 cm⁴ = 0.000321 m⁴

◎ 흙 종류에 따른 Eo/N (강관말뚝 기초공법 세미나,1996,한국지반공학회)

흙의 종류	Eo / N
실트, 모래질 실트	4
가는 내지 중간모래	7
굵은 모래	10
모래질 자갈, 자갈	12 ~ 15

2. 군말뚝효과 고려

최근 연구결과 및 시방서기준을 참고하여 말뚝기초의 지반반력계수는 군말뚝효과를 고려하여 단말뚝의 0.55 를 적용

3. 수평지반반력계수 산정 결과 (kN/m³)

구 분		도로교 설계기준 해설	적용(군말뚝고려)
수평지반 반력계수	상시	3,820	2,101
	지진시	8,200	4,510

4. 1 / β 산정

$$\beta = \left(\frac{kh\ B}{4\ E\ I}\right)^{(1/4)} = \left(\frac{2101 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00032}\right)^{(1/4)} = 0.249334\ m^{-1}\ (상시)$$

$$= \left(\frac{4510 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00032}\right)^{(1/4)} = 0.301799\ m^{-1}\ (지진시)$$

1 / β = 4.01 m (상시) , 3.31 m (지진시)

5. 허용수평지지력 및 수평변위 산정

1) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (상시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{7 \times 0.249333}{2101 \times 0.496} = 1.67\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 7.00 kN

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}(1/m) = 0.249333\ (1/m)$$

2) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.015 m 으로 할 경우 수평지지력 (상시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{2101 \times 0.496 \times 0.015}{0.24933400} = 62.7\ kN$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)
D : 말뚝직경 (m)
β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}(1/m) = 0.249334\ (1/m)$
E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)
I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)
여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.015 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{62.693}{1} = 62.7\ kN$$

3) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (지진시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{64.6 \times 0.301799}{4510 \times 0.496} = 8.72\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 64.60 kN

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.301799 (1/m)

4) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.0225 m 으로 할 경우 수평지지력 (지진시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{4510 \times 0.496 \times 0.0225}{0.30179900} = 166.8 \text{ kN}$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.301799 (1/m)

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.0225 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{166.772}{1} = 166.8 \text{ kN}$$

◈ 수평방향 허용지지력 및 변위 산정

1. 수평방향 지반반력계수 산정

1) 도로교 표준 시방서에 의한 방법

$$K_h = k_{H0} (B_H / 30)^{(-3/4)}$$

여기서, K_h : 수평방향 지반반력계수 (kgf/cm³)

k_{H0} : 지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 수평 방향 지반반력계수로서, 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수

k_H0 = (1 / 30)·α·Eo

α , Eo : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수 및 지반변형계수 (kgf/cm²)로서, 아래의 Eo 와 α의 관계참조

◎ 지반변형계수

변형계수 Eo (kgf/cm²)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보링공내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 Eo=28N 으로 추정한 변형계수	1	2

여기서, α = 1 , (상시) Eo = 4 x 12 = 48 kg/cm²

α = 2 , (지진시)

B_H : 하중 작용 방향에 직교하는 기초의 환산재하폭 (cm)

일반적으로 탄성체 기초의 수평저항에 관여하는 지반으로서는 설계지반면에서 1/β 정도까지 고려하면 됨.

D : 하중작용방향에 직교하는 기초의 재하폭 (cm)

1/β : 수평저항에 관여하는 지반의 깊이(cm)로서 기초의 길이 이하로 함.

β : 기초의 특성치 (cm^(-1))

위에 제시한 식을 간단히 정리하면

Kh = 0.339 x (α·Eo)^(1.103) x d^(-0.31) x EI^(-0.1)

= 0.339 x (1 x 48)^(1.103) x 49.6^(-0.31) x 67513835794.2537^(-0.1)

= 0.597 kgf/cm³ = 5,970 kN/m³ (상시)

= 1.283 kgf/cm³ = 12,830 kN/m³ (지진시)

여기서, Eo = 4 x 12 = 48 kN/m²

α = 1 (상시) , 2 (지진시)

d : 말뚝의 직경 = 49.6 cm (부식두께 고려) = 0.496 m

E : 말뚝의 탄성계수 = 2,100,000 kgf/cm² = 210,000,000 kN/m²

I : 말뚝의 단면2차모멘트 = 32,149.45 cm⁴ = 0.000321 m⁴

◎ 흙 종류에 따른 Eo/N (강관말뚝 기초공법 세미나,1996,한국지반공학회)

흙의 종류	Eo / N
실트, 모래질 실트	4
가는 내지 중간모래	7
굵은 모래	10
모래질 자갈, 자갈	12 ~ 15

2. 군말뚝효과 고려

최근 연구결과 및 시방서기준을 참고하여 말뚝기초의 지반반력계수는 군말뚝효과를 고려하여 단말뚝의 0.55 를 적용

3. 수평지반반력계수 산정 결과 (kN/m³)

구 분		도로교 설계기준 해설	적용(군말뚝고려)
수평지반 반력계수	상시	5,970	3,284
	지진시	12,830	7,057

4. 1 / β 산정

$$\beta = \left(\frac{kh\ B}{4\ E\ I}\right)^{(1/4)} = \left(\frac{3283.5 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00032}\right)^{(1/4)} = 0.278778\ m^{-1}\ (상시)$$

$$= \left(\frac{7056.5 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00032}\right)^{(1/4)} = 0.337537\ m^{-1}\ (지진시)$$

1 / β = 3.59 m (상시) , 2.96 m (지진시)

5. 허용수평지지력 및 수평변위 산정

1) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (상시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{15.4 \times 0.278778}{3283.5 \times 0.496} = 2.64\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 15.40 kN

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.278778\ (1/m)$$

2) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.015 m 으로 할 경우 수평지지력 (상시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{3283.5 \times 0.496 \times 0.015}{0.27877800} = 87.6\ kN$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.278778\ (1/m)$$

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.015 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{87.63}{1} = 87.6\ kN$$

3) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (지진시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{66.1 \times 0.337537}{7056.5 \times 0.496} = 6.37\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 66.10 kN

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.337537 (1/m)

4) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.0225 m 으로 할 경우 수평지지력 (지진시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{7056.5 \times 0.496 \times 0.0225}{0.33753700} = 233.3 \text{ kN}$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.337537 (1/m)

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.0225 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{233.309}{1} = 233.3 \text{ kN}$$

◈ 수평방향 허용지지력 및 변위 산정

신강고가차도교 P3

1. 수평방향 지반반력계수 산정

1) 도로교 표준 시방서에 의한 방법

$$K_h = k_{H0} (B_H / 30)^{(-3/4)}$$

여기서, K_h : 수평방향 지반반력계수 (kgf/cm³)

k_{H0} : 지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 수평방향 지반반력계수로서, 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수

k_H0 = (1 / 30)·α·Eo

α , Eo : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수 및 지반변형계수 (kgf/cm²)로서, 아래의 Eo 와 α의 관계참조

◎ 지반변형계수

변형계수 Eo (kgf/cm²)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보링공내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 Eo=28N 으로 추정한 변형계수	1	2

여기서, α = 1 , (상시) Eo = 4 x 9 = 36 kg/cm²

α = 2 , (지진시)

B_H : 하중 작용 방향에 직교하는 기초의 환산재하폭 (cm)

일반적으로 탄성체 기초의 수평저항에 관여하는 지반으로서는 설계지반면에서 1/β 정도까지 고려하면 됨.

D : 하중작용방향에 직교하는 기초의 재하폭 (cm)

1/β : 수평저항에 관여하는 지반의 깊이(cm)로서 기초의 길이 이하로 함.

β : 기초의 특성치 (cm^(-1))

위에 제시한 식을 간단히 정리하면

Kh = 0.339 x (α·Eo)^(1.103) x d^(-0.31) x EI^(-0.1)

= 0.339 x (1 x 36)^(1.103) x 49.6^(-0.31) x 67513835794.2537^(-0.1)

= 0.435 kgf/cm³ = 4,350 kN/m³ (상시)

= 0.934 kgf/cm³ = 9,340 kN/m³ (지진시)

여기서, Eo = 4 x 9 = 36 kN/m²

α = 1 (상시) , 2 (지진시)

d : 말뚝의 직경 = 49.6 cm (부식두께 고려) = 0.496 m

E : 말뚝의 탄성계수 = 2,100,000 kgf/cm² = 210,000,000 kN/m²

I : 말뚝의 단면2차모멘트 = 32,149.45 cm⁴ = 0.000321 m⁴

◎ 흙 종류에 따른 Eo/N (강관말뚝 기초공법 세미나,1996,한국지반공학회)

흙의 종류	Eo / N
실트, 모래질 실트	4
가는 내지 중간모래	7
굵은 모래	10
모래질 자갈, 자갈	12 ~ 15

2. 군말뚝효과 고려

최근 연구결과 및 시방서기준을 참고하여 말뚝기초의 지반반력계수는 군말뚝효과를 고려하여 단말뚝의 0.55 를 적용

3. 수평지반반력계수 산정 결과 (kN/m³)

구 분		도로교 설계기준 해설	적용(군말뚝고려)
수평지반 반력계수	상시	4,350	2,393
	지진시	9,340	5,137

4. 1 / β 산정

$$\beta = \left(\frac{kh\ B}{4\ E\ I}\right)^{(1/4)} = \left(\frac{2392.5 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00032}\right)^{(1/4)} = 0.257565\ m^{-1}\ (상시)$$

$$= \left(\frac{5137 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00032}\right)^{(1/4)} = 0.311782\ m^{-1}\ (지진시)$$

1 / β = 3.88 m (상시) , 3.21 m (지진시)

5. 허용수평지지력 및 수평변위 산정

1) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (상시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{9.7 \times 0.257565}{2392.5 \times 0.496} = 2.11\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 9.70 kN

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.257565\ (1/m)$$

2) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.015 m 으로 할 경우 수평지지력 (상시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{2392.5 \times 0.496 \times 0.015}{0.25756500} = 69.1\ kN$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.257565\ (1/m)$$

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.015 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{69.11}{1} = 69.1\ kN$$

3) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (지진시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{63.4 \times 0.311782}{5137 \times 0.496} = 7.76\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 63.40 kN

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.311782 (1/m)

4) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.0225 m 으로 할 경우 수평지지력 (지진시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{5137 \text{ x } 0.496 \text{ x } 0.0225}{0.31178200} = 183.9 \text{ kN}$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.311782 (1/m)

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.0225 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{183.875}{1} = 183.9 \text{ kN}$$

◈ 수평방향 허용지지력 및 변위 산정

신강고가차도교 A2

1. 수평방향 지반반력계수 산정

1) 도로교 표준 시방서에 의한 방법

$$K_h = k_{H0} (B_H / 30)^{(-3/4)}$$

여기서, K_h : 수평방향 지반반력계수 (kgf/cm³)

k_{H0} : 지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 수평 방향 지반반력계수로서, 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수

k_H0 = (1 / 30)·α·Eo

α , Eo : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수 및 지반변형계수 (kgf/cm²)로서, 아래의 Eo 와 α의 관계참조

◎ 지반변형계수

변형계수 Eo (kgf/cm²)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보링공내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 Eo=28N 으로 추정한 변형계수	1	2

여기서, α = 1 , (상시) Eo = 4 x 9 = 36 kg/cm²

α = 2 , (지진시)

B_H : 하중 작용 방향에 직교하는 기초의 환산재하폭 (cm)

일반적으로 탄성체 기초의 수평저항에 관여하는 지반으로서는 설계지반면에서 1/β 정도까지 고려하면 됨.

D : 하중작용방향에 직교하는 기초의 재하폭 (cm)

1/β : 수평저항에 관여하는 지반의 깊이(cm)로서 기초의 길이 이하로 함.

β : 기초의 특성치 (cm^(-1))

위에 제시한 식을 간단히 정리하면

Kh = 0.339 x (α·Eo)^(1.103) x d^(-0.31) x EI^(-0.1)

= 0.339 x (1 x 36)^(1.103) x 49.6^(-0.31) x 67513835794.2537^(-0.1)

= 0.435 kgf/cm³ = 4,350 kN/m³ (상시)

= 0.934 kgf/cm³ = 9,340 kN/m³ (지진시)

여기서, Eo = 4 x 9 = 36 kN/m²

α = 1 (상시) , 2 (지진시)

d : 말뚝의 직경 = 49.6 cm (부식두께 고려) = 0.496 m

E : 말뚝의 탄성계수 = 2,100,000 kgf/cm² = 210,000,000 kN/m²

I : 말뚝의 단면2차모멘트 = 32,149.45 cm⁴ = 0.000321 m⁴

◎ 흙 종류에 따른 Eo/N (강관말뚝 기초공법 세미나,1996,한국지반공학회)

흙의 종류	Eo / N
실트, 모래질 실트	4
가는 내지 중간모래	7
굵은 모래	10
모래질 자갈, 자갈	12 ~ 15

2. 군말뚝효과 고려

최근 연구결과 및 시방서기준을 참고하여 말뚝기초의 지반반력계수는 군말뚝효과를 고려하여 단말뚝의 0.55 를 적용

3. 수평지반반력계수 산정 결과 (kN/m³)

구 분		도로교 설계기준 해설	적용(군말뚝고려)
수평지반 반력계수	상시	4,350	2,393
	지진시	9,340	5,137

4. 1 / β 산정

$$\beta = \left(\frac{kh\ B}{4\ E\ I}\right)^{(1/4)} = \left(\frac{2392.5 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00032}\right)^{(1/4)} = 0.257565\ m^{-1}\ (상시)$$

$$= \left(\frac{5137 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00032}\right)^{(1/4)} = 0.311782\ m^{-1}\ (지진시)$$

1 / β = 3.88 m (상시) , 3.21 m (지진시)

5. 허용수평지지력 및 수평변위 산정

1) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (상시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{44.3 \times 0.257565}{2392.5 \times 0.496} = 9.62\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 44.30 kN

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.257565\ (1/m)$$

2) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.015 m 으로 할 경우 수평지지력 (상시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{2392.5 \times 0.496 \times 0.015}{0.25756500} = 69.1\ kN$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.257565\ (1/m)$$

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.015 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{69.11}{1} = 69.1\ kN$$

3) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (지진시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{67.4 \times 0.311782}{5137 \times 0.496} = 8.25\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 67.40 kN

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.311782 (1/m)

4) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.0225 m 으로 할 경우 수평지지력 (지진시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{5137 \text{ x } 0.496 \text{ x } 0.0225}{0.31178200} = 183.9 \text{ kN}$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.311782 (1/m)

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.0225 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{183.875}{1} = 183.9 \text{ kN}$$

◈ 수평방향 허용지지력 및 변위 산정

계단

1. 수평방향 지반반력계수 산정

1) 도로교 표준 시방서에 의한 방법

$$K_h = k_{H0} (B_H / 30)^{(-3/4)}$$

여기서, K_h : 수평방향 지반반력계수 (kgf/cm³)

k_{H0} : 지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 수평 방향 지반반력계수로서, 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수

k_H0 = (1 / 30)·α·Eo

α , Eo : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수 및 지반변형계수 (kgf/cm²)로서, 아래의 Eo 와 α의 관계참조

◎ 지반변형계수

변형계수 Eo (kgf/cm²)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보링공내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 Eo=28N 으로 추정한 변형계수	1	2

여기서, α = 1 , (상시) Eo = 4 x 8 = 32 kg/cm²

α = 2 , (지진시)

B_H : 하중 작용 방향에 직교하는 기초의 환산재하폭 (cm)

일반적으로 탄성체 기초의 수평저항에 관여하는 지반으로서는 설계지반면에서 1/β 정도까지 고려하면 됨.

D : 하중작용방향에 직교하는 기초의 재하폭 (cm)

1/β : 수평저항에 관여하는 지반의 깊이(cm)로서 기초의 길이 이하로 함.

β : 기초의 특성치 (cm^(-1))

위에 제시한 식을 간단히 정리하면

Kh = 0.339 x (α·Eo)^(1.103) x d^(-0.31) x EI^(-0.1)

= 0.339 x (1 x 32)^(1.103) x 59.6^(-0.31) x 165996327771.898^(-0.1)

= 0.33 kgf/cm³ = 3,300 kN/m³ (상시)

= 0.708 kgf/cm³ = 7,080 kN/m³ (지진시)

여기서, Eo = 4 x 8 = 32 kN/m²

α = 1 (상시) , 2 (지진시)

d : 말뚝의 직경 = 59.6 cm (부식두께 고려) = 0.596 m

E : 말뚝의 탄성계수 = 2,100,000 kgf/cm² = 210,000,000 kN/m²

I : 말뚝의 단면2차모멘트 = 79,045.87 cm⁴ = 0.00079 m⁴

◎ 흙 종류에 따른 Eo/N (강관말뚝 기초공법 세미나,1996,한국지반공학회)

흙의 종류	Eo / N
실트, 모래질 실트	4
가는 내지 중간모래	7
굵은 모래	10
모래질 자갈, 자갈	12 ~ 15

2. 군말뚝효과 고려

최근 연구결과 및 시방서기준을 참고하여 말뚝기초의 지반반력계수는 군말뚝효과를 고려하여 단말뚝의 0.55 를 적용

3. 수평지반반력계수 산정 결과 (kN/m³)

구 분		도로교 설계기준 해설	적용(군말뚝고려)
수평지반 반력계수	상시	3,300	1,815
	지진시	7,080	3,894

4. 1 / β 산정

$$\beta = \left(\frac{kh\ B}{4\ E\ I}\right)^{(\frac{1}{4})} = \left(\frac{1815 \times 0.596}{4 \times 210000000 \times 0.00079}\right)^{(1/4)} = 0.200934\ m^{-1}\ (상시)$$

$$= \left(\frac{3894 \times 0.596}{4 \times 210000000 \times 0.00079}\right)^{(1/4)} = 0.243183\ m^{-1}\ (지진시)$$

1 / β = 4.98 m (상시) , 4.11 m (지진시)

5. 허용수평지지력 및 수평변위 산정

1) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (상시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{29.1 \times 0.200934}{1815 \times 0.596} = 5.41\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 29.10 kN

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.200934\ (1/m)$$

2) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.015 m 으로 할 경우 수평지지력 (상시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{1815 \times 0.596 \times 0.015}{0.20093400} = 80.8\ kN$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)
D : 말뚝직경 (m)
β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.200934 (1/m)
E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)
I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)
여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.015 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{80.753}{1} = 80.8\ kN$$

3) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (지진시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{36.9 \times 0.243183}{3894 \times 0.596} = 3.87\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 36.90 kN

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.243183 (1/m)

4) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.0225 m 으로 할 경우 수평지지력 (지진시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{3894 \times 0.596 \times 0.0225}{0.24318300} = 214.7 \ \mathbf{kN}$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.243183 (1/m)

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.0225 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{214.729}{1} = \mathbf{214.7} \ \mathbf{kN}$$

◈ 수평방향 허용지지력 및 변위 산정

신당보도육교 P1

1. 수평방향 지반반력계수 산정

1) 도로교 표준 시방서에 의한 방법

$$K_h = k_{H0} (B_H / 30)^{(-3/4)}$$

여기서, K_h : 수평방향 지반반력계수 (kgf/cm³)

k_{H0} : 지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 수평 방향 지반반력계수로서, 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수

k_H0 = (1 / 30)·α·Eo

α , Eo : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수 및 지반변형계수 (kgf/cm²)로서, 아래의 Eo 와 α의 관계참조

◎ 지반변형계수

변형계수 Eo (kgf/cm²)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보링공내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 Eo=28N 으로 추정한 변형계수	1	2

여기서, α = 1 , (상시) Eo = 7 x 6 = 42 kg/cm²

α = 2 , (지진시)

B_H : 하중 작용 방향에 직교하는 기초의 환산재하폭 (cm)

일반적으로 탄성체 기초의 수평저항에 관여하는 지반으로서는 설계지반면에서 1/β 정도까지 고려하면 됨.

D : 하중작용방향에 직교하는 기초의 재하폭 (cm)

1/β : 수평저항에 관여하는 지반의 깊이(cm)로서 기초의 길이 이하로 함.

β : 기초의 특성치 (cm^(-1))

위에 제시한 식을 간단히 정리하면

Kh = 0.339 x (α·Eo)^(1.103) x d^(-0.31) x EI^(-0.1)

= 0.339 x (1 x 42)^(1.103) x 39.6^(-0.31) x 47460518368.1829^(-0.1)

= 0.572 kgf/cm³ = 5,720 kN/m³ (상시)

= 1.23 kgf/cm³ = 12,300 kN/m³ (지진시)

여기서, Eo = 7 x 6 = 42 kN/m²

α = 1 (상시) , 2 (지진시)

d : 말뚝의 직경 = 39.6 cm (부식두께 고려) = 0.396 m

E : 말뚝의 탄성계수 = 2,100,000 kgf/cm² = 210,000,000 kN/m²

I : 말뚝의 단면2차모멘트 = 22,600.25 cm⁴ = 0.000226 m⁴

◎ 흙 종류에 따른 Eo/N (강관말뚝 기초공법 세미나,1996,한국지반공학회)

흙의 종류	Eo / N
실트, 모래질 실트	4
가는 내지 중간모래	7
굵은 모래	10
모래질 자갈, 자갈	12 ~ 15

2. 군말뚝효과 고려

최근 연구결과 및 시방서기준을 참고하여 말뚝기초의 지반반력계수는 군말뚝효과를 고려하여 단말뚝의 0.55 를 적용

3. 수평지반반력계수 산정 결과 (kN/m³)

구 분		도로교 설계기준 해설	적용(군말뚝고려)
수평지반 반력계수	상시	5,720	3,146
	지진시	12,300	6,765

4. 1 / β 산정

$$\beta = \left(\frac{kh\ B}{4\ E\ I}\right)^{(1/4)} = \left(\frac{3146 \times 0.396}{4 \times 210000000 \times 0.00022(}\right)^{(1/4)} = 0.284621\ m^{-1}\ (상시)$$

$$= \left(\frac{6765 \times 0.396}{4 \times 210000000 \times 0.00022(}\right)^{(1/4)} = 0.344662\ m^{-1}\ (지진시)$$

1 / β = 3.51 m (상시) , 2.9 m (지진시)

5. 허용수평지지력 및 수평변위 산정

1) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (상시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{38.354 \times 0.28462}{3146 \times 0.396} = 8.76\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 38.35 kN

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.284620\ (1/m)$$

2) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.015 m 으로 할 경우 수평지지력 (상시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{3146 \times 0.396 \times 0.015}{0.28462100} = 65.7\ kN$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)
D : 말뚝직경 (m)

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.284621\ (1/m)$$

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)
I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)
여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.015 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{65.657}{1} = 65.7\ kN$$

3) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (지진시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{17.443 \times 0.344662}{6765 \times 0.396} = 2.24\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 17.44 kN

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.344662 (1/m)

4) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.0225 m 으로 할 경우 수평지지력 (지진시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{6765 \text{ x } 0.396 \text{ x } 0.0225}{0.34466200} = 174.9 \text{ kN}$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.344662 (1/m)

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.0225 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{174.885}{1} = 174.9 \text{ kN}$$

◈ 수평방향 허용지지력 및 변위 산정

신당보도육교 P2

1. 수평방향 지반반력계수 산정

1) 도로교 표준 시방서에 의한 방법

$$K_h = k_{H0} (B_H / 30)^{(-3/4)}$$

여기서, K_h : 수평방향 지반반력계수 (kgf/cm³)

k_{H0} : 지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 수평 방향 지반반력계수로서, 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수

k_H0 = (1 / 30)·α·Eo

α , Eo : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수 및 지반변형계수 (kgf/cm²)로서, 아래의 Eo 와 α의 관계참조

◎ 지반변형계수

변형계수 Eo (kgf/cm²)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보링공내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 Eo=28N 으로 추정한 변형계수	1	2

여기서, α = 1 , (상시) Eo = 7 x 10 = 70 kg/cm²

α = 2 , (지진시)

B_H : 하중 작용 방향에 직교하는 기초의 환산재하폭 (cm)

일반적으로 탄성체 기초의 수평저항에 관여하는 지반으로서는 설계지반면에서 1/β 정도까지 고려하면 됨.

D : 하중작용방향에 직교하는 기초의 재하폭 (cm)

1/β : 수평저항에 관여하는 지반의 깊이(cm)로서 기초의 길이 이하로 함.

β : 기초의 특성치 (cm^(-1))

위에 제시한 식을 간단히 정리하면

Kh = 0.339 x (α·Eo)^(1.103) x d^(-0.31) x EI^(-0.1)

= 0.339 x (1 x 70)^(1.103) x 39.6^(-0.31) x 47460518368.1829^(-0.1)

= 1.006 kgf/cm³ = 10,060 kN/m³ (상시)

= 2.16 kgf/cm³ = 21,600 kN/m³ (지진시)

여기서, Eo = 7 x 10 = 70 kN/m²

α = 1 (상시) , 2 (지진시)

d : 말뚝의 직경 = 39.6 cm (부식두께 고려) = 0.396 m

E : 말뚝의 탄성계수 = 2,100,000 kgf/cm² = 210,000,000 kN/m²

I : 말뚝의 단면2차모멘트 = 22,600.25 cm⁴ = 0.000226 m⁴

◎ 흙 종류에 따른 Eo/N (강관말뚝 기초공법 세미나,1996,한국지반공학회)

흙의 종류	Eo / N
실트, 모래질 실트	4
가는 내지 중간모래	7
굵은 모래	10
모래질 자갈, 자갈	12 ~ 15

2. 군말뚝효과 고려

최근 연구결과 및 시방서기준을 참고하여 말뚝기초의 지반반력계수는 군말뚝효과를 고려하여 단말뚝의 0.55 를 적용

3. 수평지반반력계수 산정 결과 (kN/m³)

구 분		도로교 설계기준 해설	적용(군말뚝고려)
수평지반 반력계수	상시	10,060	5,533
	지진시	21,600	11,880

4. 1 / β 산정

$$\beta = \left(\frac{kh\ B}{4\ E\ I}\right)^{(1/4)} = \left(\frac{5533 \times 0.396}{4 \times 210000000 \times 0.00022(}\right)^{(1/4)} = 0.327768\ m^{-1}\ (상시)$$

$$= \left(\frac{11880 \times 0.396}{4 \times 210000000 \times 0.00022(}\right)^{(1/4)} = 0.396763\ m^{-1}\ (지진시)$$

1 / β = 3.05 m (상시) , 2.52 m (지진시)

5. 허용수평지지력 및 수평변위 산정

1) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (상시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{4.958 \times 0.327768}{5533 \times 0.396} = 0.74\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 4.96 kN

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.327768\ (1/m)$$

2) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.015 m 으로 할 경우 수평지지력 (상시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{5533 \times 0.396 \times 0.015}{0.32776800} = 100.3\ kN$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)
D : 말뚝직경 (m)
β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.327768 (1/m)
E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)
I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)
여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.015 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{100.272}{1} = 100.3\ kN$$

3) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (지진시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{4.428 \times 0.396763}{11880 \times 0.396} = 0.37\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 4.43 kN

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.396763 (1/m)

4) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.0225 m 으로 할 경우 수평지지력 (지진시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{11880 \times 0.396 \times 0.0225}{0.39676300} = 266.8 \text{ kN}$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.396763 (1/m)

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.0225 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{266.786}{1} = 266.8 \text{ kN}$$

◈ 수평방향 허용지지력 및 변위 산정

신당보도 육교 E/V1

1. 수평방향 지반반력계수 산정

1) 도로교 표준 시방서에 의한 방법

$$K_h = k_{H0} (B_H / 30)^{(-3/4)}$$

여기서, K_h : 수평방향 지반반력계수 (kgf/cm³)

k_{H0} : 지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 수평 방향 지반반력계수로서, 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수

k_H0 = (1 / 30)·α·Eo

α , Eo : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수 및 지반변형계수 (kgf/cm²)로서, 아래의 Eo 와 α의 관계참조

◎ 지반변형계수

변형계수 Eo (kgf/cm²)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보링공내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 Eo=28N 으로 추정한 변형계수	1	2

여기서, α = 1 , (상시) Eo = 7 x 6 = 42 kg/cm²

α = 2 , (지진시)

B_H : 하중 작용 방향에 직교하는 기초의 환산재하폭 (cm)

일반적으로 탄성체 기초의 수평저항에 관여하는 지반으로서는 설계지반면에서 1/β 정도까지 고려하면 됨.

D : 하중작용방향에 직교하는 기초의 재하폭 (cm)

1/β : 수평저항에 관여하는 지반의 깊이(cm)로서 기초의 길이 이하로 함.

β : 기초의 특성치 (cm^(-1))

위에 제시한 식을 간단히 정리하면

Kh = 0.339 x (α·Eo)^(1.103) x d^(-0.31) x EI^(-0.1)

= 0.339 x (1 x 42)^(1.103) x 49.6^(-0.31) x 94704762586.5888^(-0.1)

= 0.498 kgf/cm³ = 4,980 kN/m³ (상시)

= 1.07 kgf/cm³ = 10,700 kN/m³ (지진시)

여기서, Eo = 7 x 6 = 42 kN/m²

α = 1 (상시) , 2 (지진시)

d : 말뚝의 직경 = 49.6 cm (부식두께 고려) = 0.496 m

E : 말뚝의 탄성계수 = 2,100,000 kgf/cm² = 210,000,000 kN/m²

I : 말뚝의 단면2차모멘트 = 45,097.51 cm⁴ = 0.000451 m⁴

◎ 흙 종류에 따른 Eo/N (강관말뚝 기초공법 세미나,1996,한국지반공학회)

흙의 종류	Eo / N
실트, 모래질 실트	4
가는 내지 중간모래	7
굵은 모래	10
모래질 자갈, 자갈	12 ~ 15

2. 군말뚝효과 고려

최근 연구결과 및 시방서기준을 참고하여 말뚝기초의 지반반력계수는 군말뚝효과를 고려하여 단말뚝의 0.55 를 적용

3. 수평지반반력계수 산정 결과 (kN/m³)

구 분		도로교 설계기준 해설	적용(군말뚝고려)
수평지반 반력계수	상시	4,980	2,739
	지진시	10,700	5,885

4. 1 / β 산정

$$\beta = \left(\frac{kh\ B}{4\ E\ I}\right)^{(\frac{1}{4})} = \left(\frac{2739 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00045}\right)^{(1/4)} = 0.244712\ m^{-1}\ (상시)$$

$$= \left(\frac{5885 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00045}\right)^{(1/4)} = 0.296274\ m^{-1}\ (지진시)$$

1 / β = 4.09 m (상시) , 3.38 m (지진시)

5. 허용수평지지력 및 수평변위 산정

1) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (상시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{77.3 \times 0.244711}{2739 \times 0.496} = 13.92\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 77.30 kN

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.244711\ (1/m)$$

2) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.015 m 으로 할 경우 수평지지력 (상시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{2739 \times 0.496 \times 0.015}{0.24471200} = 83.3\ kN$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)
D : 말뚝직경 (m)
β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.244712 (1/m)
E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)
I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)
여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.015 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{83.274}{1} = 83.3\ kN$$

3) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (지진시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{0 \times 0.296274}{5885 \times 0.496} = 0.00\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 0.00 kN

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.296274 (1/m)

4) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.0225 m 으로 할 경우 수평지지력 (지진시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{5885 \text{ x } 0.496 \text{ x } 0.0225}{0.29627400} = 221.7 \text{ kN}$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.296274 (1/m)

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.0225 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{221.675}{1} = 221.7 \text{ kN}$$

◈ 수평방향 허용지지력 및 변위 산정

신당보도 육교 E/V2

1. 수평방향 지반반력계수 산정

1) 도로교 표준 시방서에 의한 방법

$$K_h = k_{H0} (B_H / 30)^{(-3/4)}$$

여기서, K_h : 수평방향 지반반력계수 (kgf/cm³)

k_{H0} : 지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 수평 방향 지반반력계수로서, 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수

k_H0 = (1 / 30)·α·Eo

α , Eo : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수 및 지반변형계수 (kgf/cm²)로서, 아래의 Eo 와 α의 관계참조

◎ 지반변형계수

변형계수 Eo (kgf/cm²)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보링공내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 Eo=28N 으로 추정한 변형계수	1	2

여기서, α = 1 , (상시) Eo = 7 x 10 = 70 kg/cm²

α = 2 , (지진시)

B_H : 하중 작용 방향에 직교하는 기초의 환산재하폭 (cm)

일반적으로 탄성체 기초의 수평저항에 관여하는 지반으로서는 설계지반면에서 1/β 정도까지 고려하면 됨.

D : 하중작용방향에 직교하는 기초의 재하폭 (cm)

1/β : 수평저항에 관여하는 지반의 깊이(cm)로서 기초의 길이 이하로 함.

β : 기초의 특성치 (cm^(-1))

위에 제시한 식을 간단히 정리하면

Kh = 0.339 x (α·Eo)^(1.103) x d^(-0.31) x EI^(-0.1)

= 0.339 x (1 x 70)^(1.103) x 49.6^(-0.31) x 94704762586.5888^(-0.1)

= 0.875 kgf/cm³ = 8,750 kN/m³ (상시)

= 1.88 kgf/cm³ = 18,800 kN/m³ (지진시)

여기서, Eo = 7 x 10 = 70 kN/m²

α = 1 (상시) , 2 (지진시)

d : 말뚝의 직경 = 49.6 cm (부식두께 고려) = 0.496 m

E : 말뚝의 탄성계수 = 2,100,000 kgf/cm² = 210,000,000 kN/m²

I : 말뚝의 단면2차모멘트 = 45,097.51 cm⁴ = 0.000451 m⁴

◎ 흙 종류에 따른 Eo/N (강관말뚝 기초공법 세미나,1996,한국지반공학회)

흙의 종류	Eo / N
실트, 모래질 실트	4
가는 내지 중간모래	7
굵은 모래	10
모래질 자갈, 자갈	12 ~ 15

2. 군말뚝효과 고려

최근 연구결과 및 시방서기준을 참고하여 말뚝기초의 지반반력계수는 군말뚝효과를 고려하여 단말뚝의 0.55 를 적용

3. 수평지반반력계수 산정 결과 (kN/m³)

구 분		도로교 설계기준 해설	적용(군말뚝고려)
수평지반 반력계수	상시	8,750	4,813
	지진시	18,800	10,340

4. 1 / β 산정

$$\beta = \left(\frac{kh\ B}{4\ E\ I}\right)^{(\frac{1}{4})} = \left(\frac{4812.5 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00045}\right)^{(1/4)} = 0.28174\ m^{-1}\ (상시)$$

$$= \left(\frac{10340 \times 0.496}{4 \times 210000000 \times 0.00045}\right)^{(1/4)} = 0.341104\ m^{-1}\ (지진시)$$

1 / β = 3.55 m (상시) , 2.93 m (지진시)

5. 허용수평지지력 및 수평변위 산정

1) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (상시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{77.3 \times 0.28174}{4812.5 \times 0.496} = 9.12\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 77.30 kN

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}(1/m) = 0.281740\ (1/m)$$

2) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.015 m 으로 할 경우 수평지지력 (상시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{4812.5 \times 0.496 \times 0.015}{0.28174000} = 127.1\ kN$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)
D : 말뚝직경 (m)
β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}(1/m) = 0.281740\ (1/m)$
E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)
I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)
여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.015 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{127.085}{1} = 127.1\ kN$$

3) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (지진시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{0 \times 0.341104}{10340 \times 0.496} = 0.00\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 0.00 kN

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.341104 (1/m)

4) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.0225 m 으로 할 경우 수평지지력 (지진시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{10340 \times 0.496 \times 0.0225}{0.34110400} = 338.3 \text{ kN}$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.341104 (1/m)

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.0225 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{338.297}{1} = 338.3 \text{ kN}$$

◈ 수평방향 허용지지력 및 변위 산정

신당보도 육교 계단

1. 수평방향 지반반력계수 산정

1) 도로교 표준 시방서에 의한 방법

$$K_h = k_{H0} (B_H / 30)^{(-3/4)}$$

여기서, K_h : 수평방향 지반반력계수 (kgf/cm³)

k_{H0} : 지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 수평 방향 지반반력계수로서, 각종 토질시험조사에 의해 구한 변형계수

k_H0 = (1 / 30)·α·Eo

α , Eo : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수 및 지반변형계수 (kgf/cm²)로서, 아래의 Eo 와 α의 관계참조

◎ 지반변형계수

변형계수 Eo (kgf/cm²)	α	
	평상시	지진시
지름 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보링공내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 Eo=28N 으로 추정한 변형계수	1	2

여기서, α = 1 , (상시) Eo = 7 x 10 = 70 kg/cm²

α = 2 , (지진시)

B_H : 하중 작용 방향에 직교하는 기초의 환산재하폭 (cm)

일반적으로 탄성체 기초의 수평저항에 관여하는 지반으로서는 설계지반면에서 1/β 정도까지 고려하면 됨.

D : 하중작용방향에 직교하는 기초의 재하폭 (cm)

1/β : 수평저항에 관여하는 지반의 깊이(cm)로서 기초의 길이 이하로 함.

β : 기초의 특성치 (cm^(-1))

위에 제시한 식을 간단히 정리하면

Kh = 0.339 x (α·Eo)^(1.103) x d^(-0.31) x EI^(-0.1)

= 0.339 x (1 x 70)^(1.103) x 50.4^(-0.31) x 99457595174.159^(-0.1)

= 0.867 kgf/cm³ = 8,670 kN/m³ (상시)

= 1.861 kgf/cm³ = 18,610 kN/m³ (지진시)

여기서, Eo = 7 x 10 = 70 kN/m²

α = 1 (상시) , 2 (지진시)

d : 말뚝의 직경 = 50.4 cm (부식두께 고려) = 0.504 m

E : 말뚝의 탄성계수 = 2,100,000 kgf/cm² = 210,000,000 kN/m²

I : 말뚝의 단면2차모멘트 = 47,360.76 cm⁴ = 0.000474 m⁴

◎ 흙 종류에 따른 Eo/N (강관말뚝 기초공법 세미나,1996,한국지반공학회)

흙의 종류	Eo / N
실트, 모래질 실트	4
가는 내지 중간모래	7
굵은 모래	10
모래질 자갈, 자갈	12 ~ 15

2. 군말뚝효과 고려

최근 연구결과 및 시방서기준을 참고하여 말뚝기초의 지반반력계수는 군말뚝효과를 고려하여 단말뚝의 0.55 를 적용

3. 수평지반반력계수 산정 결과 (kN/m³)

구 분		도로교 설계기준 해설	적용(군말뚝고려)
수평지반 반력계수	상시	8,670	4,769
	지진시	18,610	10,236

4. 1 / β 산정

$$\beta = \left(\frac{kh\ B}{4\ E\ I}\right)^{(\frac{1}{4})} = \left(\frac{4768.5 \times 0.504}{4 \times 210000000 \times 0.00047^4}\right)^{(1/4)} = 0.278733\ m^{-1}\ (상시)$$

$$= \left(\frac{10235.5 \times 0.504}{4 \times 210000000 \times 0.00047^4}\right)^{(1/4)} = 0.337381\ m^{-1}\ (지진시)$$

1 / β = 3.59 m (상시) , 2.96 m (지진시)

5. 허용수평지지력 및 수평변위 산정

1) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (상시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{23.813 \times 0.278733}{4768.5 \times 0.504} = 2.76\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 23.81 kN

$$\beta : \left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}\ (1/m) = 0.278733\ (1/m)$$

2) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.015 m 으로 할 경우 수평지지력 (상시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{4768.5 \times 0.504 \times 0.015}{0.27873300} = 129.3\ kN$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)
D : 말뚝직경 (m)
β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.278733 (1/m)
E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)
I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)
여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.015 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{129.335}{1} = 129.3\ kN$$

3) 말뚝두부 고정의 경우 두부최대변위 검토 (지진시)

$$\therefore\ 두부최대변위 = yo = \frac{H \cdot \beta}{Kh \cdot D} = \frac{12.675 \times 0.337381}{10235.5 \times 0.504} = 0.83\ mm$$

여기서, H : 말뚝 1 본에 작용하는 수평력 = 12.68 kN

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.337381 (1/m)

4) 말뚝두부가 고정이고 말뚝의 횡방향 변위를 0.0225 m 으로 할 경우 수평지지력 (지진시)

$$H = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y(kN) = \frac{10235.5 \times 0.504 \times 0.0225}{0.33738100} = 344.0 \text{ kN}$$

k_h : 지반반력계수(kN/m^3)

D : 말뚝직경 (m)

β : $\left(\frac{k_h \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}\right)^{1/4}$ (1/m) = 0.337381 (1/m)

E : 말뚝의 탄성계수(kN/m^2)

I : 말뚝의 단면2차 모멘트(m^4)

여기서, y : 말뚝두부의 수평변위 (cm) = 0.0225 m

$$Ha = \frac{H}{F.S} = \frac{344.034}{1} = 344 \text{ kN}$$

제12장 제2환기소 가시설공사 지반조사

제1장 조 사 개 요

1.1 조 사 명

- 서울제물포터널 제2환기소 가시설공사 중 지반조사

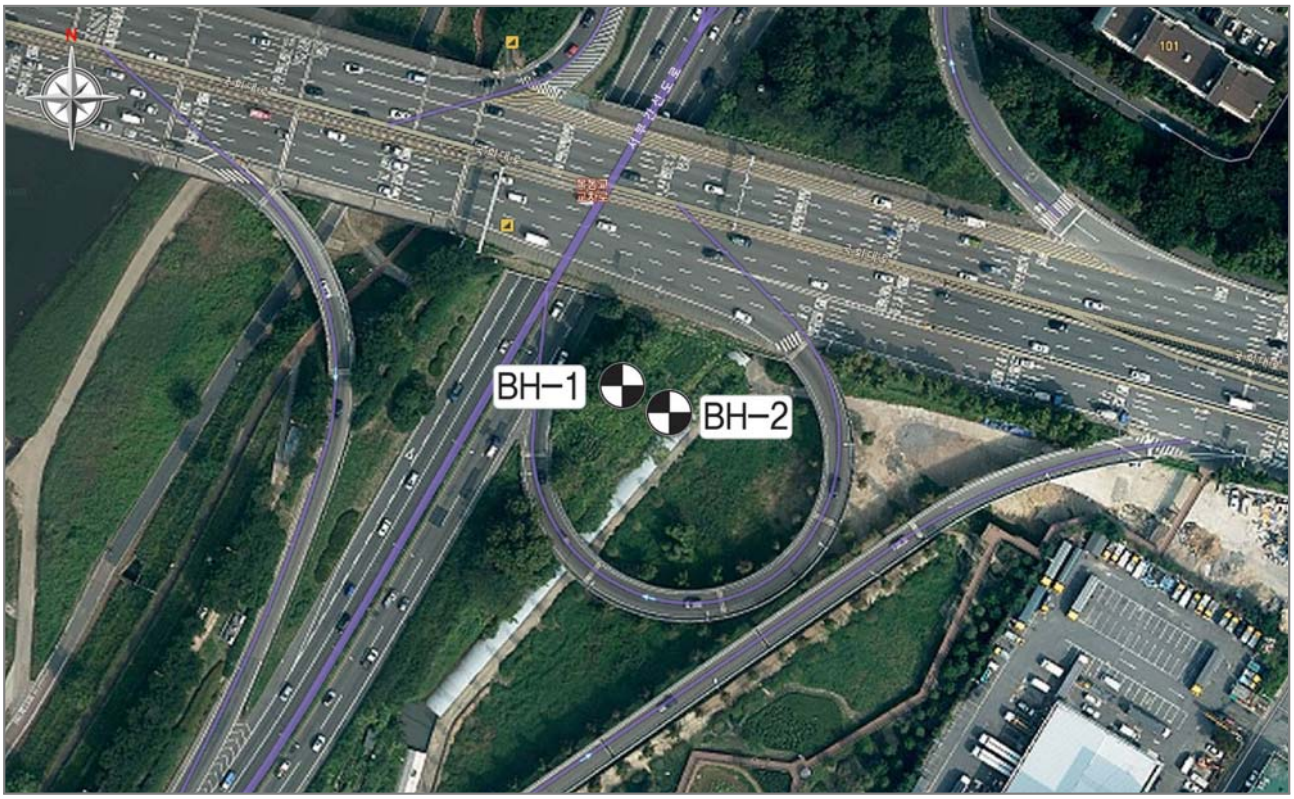
1.2 조 사 목 적

- 본 지반조사는 “서울제물포터널 제2환기소 가시설공사” 중 지반조사로서 과업구간에 대한 지층 및 공학적 특성을 규명하여 가장 경제적이고, 합리적인 설계를 위한 지질학적인 제반자료(지층구성 상태, 지반의 공학적 특성, 지하수위 등)를 제공하는데 목적이 있다.

1.3 조 사 위 치

- 조사지역은 행정구역상 서울특별시 영등포구 양평동 일원으로, 조사위치는 아래와 같다.

조사위치



1.4 조 사 범 위

• 지반조사를 위하여 실시된 조사 항목 및 수량은 다음과 같다.

구 분	조 사 항 목	수 량	단 위	비 고
현 장 조 사 및 시 험	시 추 조 사	2	공	NX Size
	공내 지하수위 측정	2	회	-
	표준관입시험	48	회	1.0m 간격
실 내 시 험	실내토질시험	1	식	기본물성시험

1.5 조 사 기 간

• 지반조사에 소요된 기간은 다음과 같다.

구 분	조 사 기 간	비 고
현 장 조 사 및 시 험	2014. 11. 06 ~ 2014. 11. 07	• 시추조사, 표준관입시험 등
실 내 시 험	2014. 11. 10 ~ 2014. 11. 14	• 실내토질시험
성과분석 및 보고서작성	2014. 11. 14 ~ 2014. 11. 18	-

1.6 조 사 장 비

• 지반조사에 사용된 주요 조사장비는 다음과 같다.

구 분	조 사 항 목	조 사 장 비
현 장 조 사 및 시 험	시추조사	• 유압기 (회전수세식)
	공내 지하수위 측정	• 지하수위 측정기
	코아채취기	• D-3 Core Barrel
	표준관입시험	• Split Barrel Sampler
실 내 시 험	토질 시험	• KS F 규격장비
기 타	부대장비	• Casing, Rod 등

제2장 조 사 내 용

2.1 현장조사

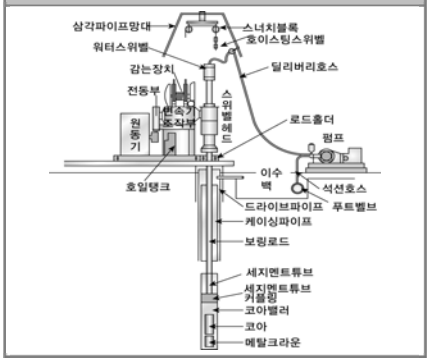
2.1.1 시추조사

개요

- 지층의 수직적 분포상태, 각 지층의 지반공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도 등을 파악
- 시료채취 및 현장 원위치시험의 시험공을 확보하여 각종 공내 원위치시험 수행

원리 및 방법

- 기 선정된 조사지점에 대하여 NX Size(∅76mm)의 회전수세식 유압형 시추기를 이용하여 굴진
- 시추가 진행되는 동안 공내 붕괴를 방지하기 위하여 지표로부터 붕괴가 발생할 수 있는 풍화암까지 Casing을 삽입한 후 굴진
- 굴진심도는 조사목적에 따라 기반암 1m 확인을 원칙으로 수행
- 토사층 구간에서는 굴진속도, Slime 상태, 순환수의 색상 및 표준관입시험에 의하여 채취된 시료와 N값을 근거로 하여 수직적 지층분포상태 확인
- 기반암층 구간에서는 정확한 암질상태파악 및 코아회수율을 높이기 위하여 D-3 Core Barrel 및 Diamond Bit를 사용하여 암석코아 채취
- 채취된 코아는 육안관찰에 의하여 코아회수율(TCR : Total Core Recovery), 암질지수(RQD : Rock Quality Designation)를 각각 측정하고 균열상태, 풍화도 및 강도를 확인하여 시추주상도에 기록
- 시추작업 시 채취된 토양시료 및 코아시료는 시료상자에 순서대로 정리·보관하였다.
- 시추조사완료 후 공내 지하수위를 측정하여 시추주상도에 기록

시추모식도	시추작업 전경	D-3 코아채취
		

결과 활용

- 지층 분포상태 파악, 암반분류 및 시료채취
- 지층단면 작성의 기본자료

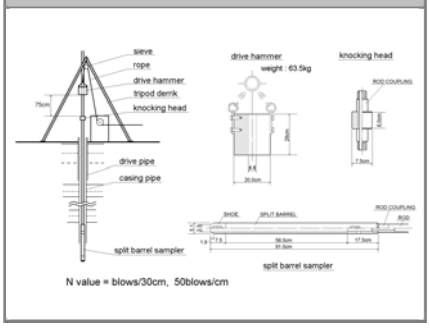
2.1.2 표준관입시험

개요

- 시추조사와 병행하여 실시하여 지층의 상대밀도, 연경도 및 구성성분을 파악
- N값으로부터 지반의 강도 및 변형특성을 파악

원리 및 방법

- 표준관입시험은 Rod선단에 외경 50.8mm의 시험용 샘플러인 Split Barrel Sampler를 부착하여 75cm 높이에서 63.5kg의 해머를 자유낙하시켜 Sampler가 30cm 관입하는데 소요되는 타격횟수를 측정하는 현장 원위치시험
- 시험방법은 Sampler가 15cm씩 45cm 관입하는데 소요되는 타격횟수를 측정하여 처음 15cm를 관입시키는데 소요되는 타격횟수는 예비타로 간주하고, 2번째와 3번째 30cm 관입에 소요되는 타격횟수를 관입저항치(N값)로 측정
- 지층이 매우 조밀하여 Sampler에 대한 타격을 50회 이상 가하여도 30cm 관입이 불가능한 지층에서는 50회 타격에 소요되는 관입깊이를 관입저항치(N값)로 측정하였으며, 측정된 관입저항치(N값)는 시추주상도에 기록
- 표준관입시험시 채취된 시료의 일부는 현장에서 육안에 의한 흙의 분류와 실내토질시험에 이용하고 나머지는 함수량이 변하지 않도록 시료병에 넣고 밀봉하여 공번, 채취심도 및 관입저항치(N값)를 표기하여 시료상자에 보관
- 지층이 변하거나 또는 동일 지층의 경우 1.0m 간격으로 연속성 있게 실시함을 원칙으로 함

시험모식도	표준관입시험 전경	표준관입시험 시료채취
		

표준관입시험 N값으로부터 추정 또는 판정되는 사항

구 분	추정 및 판정사항	
사 질 토	• 상대밀도(D_r), 내부마찰각(∅) • 기초지반의 허용지지력	• 기초지반의 탄성침하 • 액상화 가능성 파악
점 성 토	• 연경도, 일축압축강도(q_u), 비배수전단강도(S_u) • 기초지반의 허용지지력 및 압밀침하량	
일 반 사 항	• 지반반력계수, 지반의 극한 및 연직지지력	

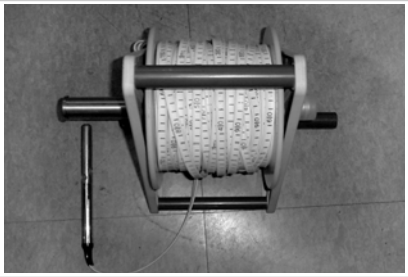
2.1.3 공내 지하수위 측정

개요

- 시추종료 후 시추공 내 지하수위를 측정하여 과업구간 지하수위 분포현황 파악

원리 및 방법

- 시추작업 완료 후 공내 지하수위를 측정 한 후, 지표면으로부터 지하수면까지의 심도를 측정
- 각 시추공별 측정된 지하수위는 조사결과 및 시추주상도에 기록
- 지하수위는 계절의 변화나 인근지역 토공작업에 따른 지하수 유출 등과 같은 요인에 의하여 변화 될 수 있음에 유의



결과 활용

- 과업구간의 지하수위 분포현황을 파악하여 침투해석을 위한 자료 제공

2.2 실내토질시험

2.2.1 기본물성시험

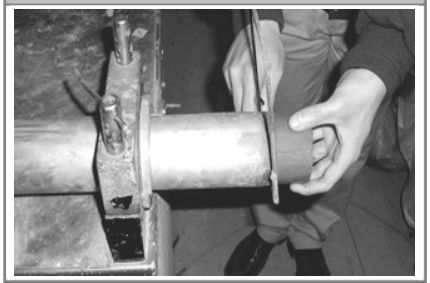
개요

- 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 시 얻어진 시료 중 대표적인 시료를 선별
- 과업구간에 분포하는 토사층의 지층분류(통일분류) 및 물리적특성 파악

원리 및 방법

항 목	시험방법	시험에서 얻는 값	시험결과 이용	규정
함수량	•110℃ 노건조법	•함수비	•흙의 기본적 성질의 계산 •흙의 예민정도의 판별	KS F 2306
비 중	•피크노메타법	•흙입자의 밀도	•흙의 기본적 성질(간극비, 포화도 등) 계산 •입도의 침강분포	KS F 2308
연경도	•액성한계시험	•Consistency지수 •액성한계, 유동지수	•세립토의 분류 및 흙의 공학적 성질 판단 •토공재료로의 흙의 판정	KS F 2303
	•소성한계시험	•소성한계	•노상, 노체의 적부판정	KS F 2304
입 도	•체분석 •침강분석	•입경, 입도가적곡선 •균등계수, 곡률계수	•흙의 분류 •점성토 압축성 판별, 사질토 안정성 판별	KS F 2301 KS F 2302

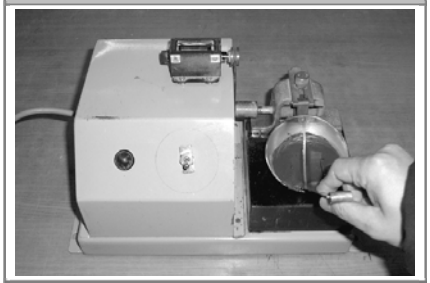
시료 추출 전경



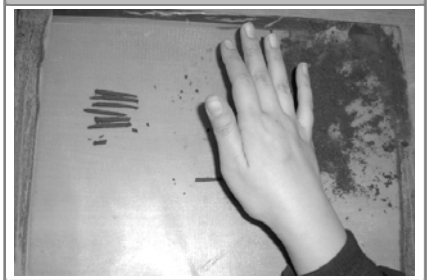
비 중



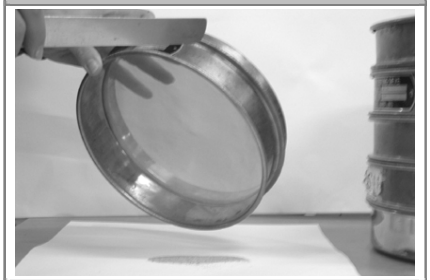
액성한계시험



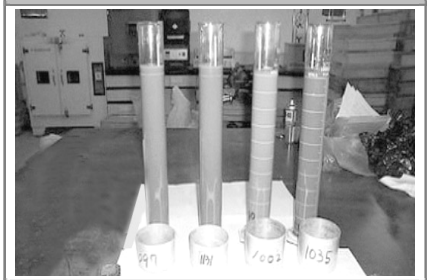
소성한계시험



체분석



침강분석



결과활용

- 지반의 함수상태, 단위중량 추정 및 입도 조성 파악
- 흙의 분류와 공학적 성질 추정

2.3 폐공처리

1 목적

- 폐공처리에 의한 지하수 오염방지 효과
- 폐공내로 유입되는 지표오염원의 차단
- 오염원의 수직적 이동통로 제어 및 오염 유발시설(케이싱 등) 제거

2 폐공처리 주안점

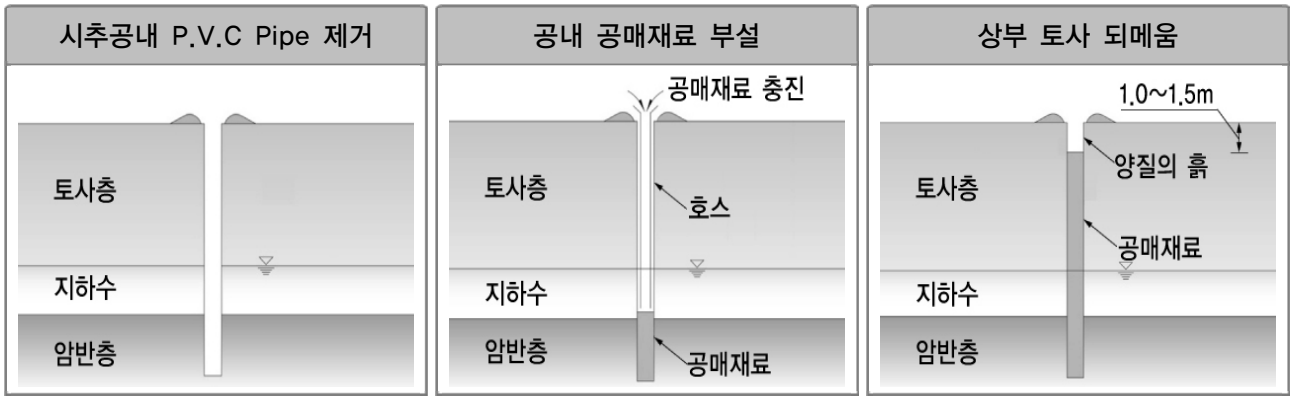
- 폐공처리 명문화 : 지반조사시 발생하는 폐공은 소기의 목적 달성 후 규정에 의거 처리토록 함
- 오염원의 수직적 이동통로 제어 : 폐공처리 위치, 폐공처리 사유, 폐공처리한 시추공의 구조(직경, 심도, 지하수위, 지질 등), 폐공처리 절차 및 공매재료의 사용량·배합비 등을 내용으로 하여 폐공처리 결과보고서 작성

3 관련법규

폐공의 정의	원상복구 명령(지하수법제15조) (아래의 각호에 해당되는 경우)	처 리 대 책 (지하수 수질보전에 관한 규칙)
• 현재 또는 미래에 이용할 계획이 없고 오염방지를 위한 별도의 조치없이 방치되어 있는 지층을 굴착한 모든 공(건설교통부)	• 허가·인가 등이 취소된 경우, 또는 개발·이용기간이 만료된 경우 • 지하수 개발·이용을 위하여 굴착한 장소에서 지하수가 채취되지 않은 경우 • 소요수량이 확보되지 않았거나 수질불량으로 지하수를 개발·이용 할 수 없는 경우 • 지하수의 개발·이용을 종료한 경우 • 기타 원상복구가 필요한 경우로서 대통령이 정하는 경우	• 지표하부에 그라우팅이 되어 있는 경우에는 토지 굴착깊이까지 불투수성재료(시멘트, 슬러리등)를 주입하여 다짐하면서 되메움(공매작업) • 지표하부에 그라우팅이 되어 있지 않고보호벽(케이싱)이나 유공관(파이프)등이 설치되어 있는 경우에는 가능한 이를 제거한 후 토지 굴착 깊이까지 불투수성재료(시멘트 슬러리등)를 다짐하면서 되메움 (공매작업)

4 폐공처리방법

- 감독자의 심도확인을 받은 후 즉시 지하수법 등에 의거 다음과 같이 폐공조치



제3장 지반의 분류 및 기재방법

3.1 흙의 분류 및 기재방법

3.1.1 흙의 분류방법

- 채취된 시료에 대한 토질의 분류기준은 현장에서 1차적으로 육안관찰에 의해 분류
- 2차로 실내토질시험을 실시하여 그 결과를 토대로 토질종류를 흙의 공학적 분류방법인 통일분류법(U.S.C.S)에 의해 분류

1차 육안분류법

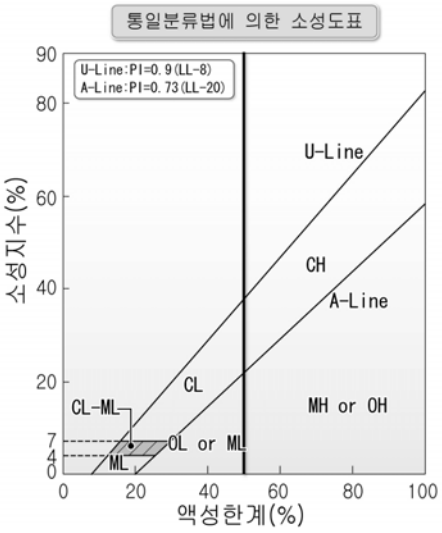
구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓음		습윤상태에서 손가락으로 끈모양으로 꼴 때
		건조상태	습윤상태	
모 래 (S a n d)	• 개별 입자의 크기가 판별될 수 있는 입상을 보임 • 건조상태에서 흩어져 내림	• 덩어리지지 않고 흐트러짐	• 덩어리지나 가볍게 건드리면 흩어짐	• 끈모양으로 꼬아지지 않음
실트질모래 (Silty Sand)	• 입상이나 실트나 점토가 섞여서 약간 점성이 있음 • 모래질의 특성이 우세함	• 덩어리가 지나 가볍게 건드리면 흩어짐	• 덩어리지며 조심스럽게 다루면 부서지지 않음	• 끈모양으로 꼬아지지 않음
모래질실트 (Sandy Silt)	• 적당량의 세립사와 소량의 점토를 함유하고 실트입자 가 반 이상임	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음 • 부서지면 밀가루와 같은 감촉	• 덩어리지며 자유롭게 다루어도 부서지지 않음 • 물을 부으면 서로 엉킴	• 끈모양으로 꼬아지지 않으나 작게 끊어지고 부드러우며 약간의 점성이 있음
실 트 (S i l t)	• 세립자와 점토는 극소량을 함유하고 실트입자의 함량이 80%이상 건조되면 덩어리지나 쉽게 부서져서 밀가루 감촉의 가루가 됨	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 물에 젖으면 서로 엉킴	• 완전히 꼬아지지는 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아지고 부드러움
점 토 (C l a y)	• 건조되면 아주 딱딱한 덩어리가 됨 • 건조상태에서 잘 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 찰흙상태로 됨	• 길고 얇게 꼬아짐 • 점성이 큼

2차 통일분류법

<table>
<tr><th colspan="3">주 요 구 분</th><th>문 자</th><th>대표적인 흙</th><th colspan="3">분 류 기 준</th></tr>
<tr><td rowspan="7">조 립 토
200번체에
50% 이상
남 음</td><td rowspan="3">자갈
(Gravel)
조립토중
4번체
(4.76mm)에
50% 이상
남음</td><td rowspan="2">세립분이
약간 또는
거의 없는
자 갈</td><td>GW</td><td>• 입도분포가 좋은 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토</td><td rowspan="7">세립분의
함유율에
의한 분류

200번체
통과율이
5% 이하
인 경우
GP, GW,
SP, SW

200번체
통과율이
12%이상인
경우
GC, GM,
SC, SM

200번체
통과율이
5~12%
인 경우
2중문자
로 표시</td><td>C_u〉4, $C_u=D_{60}/D_{10}$
$1 \leq C_c \leq 3$, $C_c=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$</td><td></td></tr>
<tr><td>GP</td><td>• 입도분포가 나쁜 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토</td><td colspan="2">GW의 조건이
만족되지 않을때</td></tr>
<tr><td rowspan="2">세립분을
함 유 한
자 갈</td><td>GM</td><td>• 실트질의 자갈 또는 자갈·모래·점토의 혼합토</td><td>소성도에서
A선 아래
또는 I_p〈4</td><td rowspan="2">소성도에서
사선을 한
부분에서는
이중기호로
분류</td></tr>
<tr><td>GC</td><td>• 점토질의 자갈 또는 자갈·모래·점토의 혼합토</td><td>소성도에서
A선 위
또는 I_p〈7</td></tr>
<tr><td rowspan="3">모래 (Sand)
조립토중
4번체
(4.76mm)를
50% 이상
통과</td><td rowspan="2">세립분이
약간 또는
거의 없는
모 래</td><td>SW</td><td>• 입도분포가 좋은 모래 또는 자갈질의 모래</td><td colspan="2">C_u〉6
$1 \leq C_c \leq 3$</td></tr>
<tr><td>SP</td><td>• 입도분포가 나쁜 모래 또는 자갈질의 모래</td><td colspan="2">SW의 조건이
만족되지 않을 때</td></tr>
<tr><td rowspan="2">세립분을
함 유 한
모 래</td><td>SM</td><td>• 실트질의 모래
• 모래·점토의 혼합토</td><td>소성도에서
A선 아래
또는 I_p〈4</td><td rowspan="2">소성도에서
사선을 한
부분에서는
이중기호로
분류</td></tr>
<tr><td>SC</td><td>• 점토질의 모래
• 모래·점토의 혼합토</td><td>소성도에서
A선 위
또는 I_p〈7</td></tr>
<tr><td rowspan="6">세 립 토
200번체를
50% 이상
통 과</td><td colspan="2" rowspan="3">액성한계 50% 이하인
실트 또는 점토</td><td>ML</td><td>• 무기질의 실트, 매우 가는 모래, 암분, 소성이 작은 실트질의 세사나 점토질의 세사</td><td colspan="3" rowspan="6">• 소성도(Plasticity Chart)는 조립토에 함유된 세립분과 세립토를 분류하기 위해 사용된다.
• 소성도의 빗금친 곳은 2중 표기해야 하는 부분이다.
 
</td></tr>
<tr><td>CL</td><td>• 소성이 중간치 이하인 무기질 점토, 자갈질 점토, 모래질 점토, 실트질 점토, 소성이 작은 점토</td></tr>
<tr><td>OL</td><td>• 소성이 작은 실트 및 실트질 점토</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">액성한계 50% 이상인
실트 또는 점토</td><td>MH</td><td>• 무기질의 실트, 운모질 또는 규사의 세사 및 실트질 흙, 소성이 큰 실트</td></tr>
<tr><td>CH</td><td>• 소성이 큰 무기질의 점토, 소성이 큰 점토</td></tr>
<tr><td>OH</td><td>• 소성이 중간치 이상인 유기질 점토</td></tr>
<tr><td colspan="3">유 기 성 흙</td><td>Pt</td><td>• 이탄 및 고 유기질토</td><td colspan="3">육안관찰 : KS F 2430 참조</td></tr>
</table>

통일분류법에 사용되는 기호

토질의 종류		제 1 문자	토질의 속성	제 2 문자
조립토	자갈(Gravel)	G	• 입도분포 양호, 세립분 거의 없음	W
	모래(Sand)	S	• 입도분포 불량, 세립분 거의 없음	P
세립토	실트(Silt)	M	• 세립분의 12%이상 함유, • A선 아래 소성지수 4이하	M
	점토(Clay)	C	• 세립분의 12%이상 함유, • A선 아래 소성지수 7이상	C
	유기질의 실트 및 점토	O	• 압축성 낮음 $W_L \leq 50$	L
유기질토	이탄	Pt	• 압축성 높음 $W_L \geq 50$	H

3.1.2 흙의 기재방법

- 흙의 기술은 색상, 밀도, 구성입자의 크기, 함수량, 표준관입시험 N값으로부터 관계지어지는 점성토의 연경도 및 사질토의 상대밀도 등으로 기재
- 흙의 상태는 사질토와 점성토에 대하여 N값을 근거로 사질토의 N값과 상대밀도, 내부마찰각과의 관계 및 점성토의 컨시스턴시와 일축압축강도와의 관계를 참조하여 기재

흙 기재항목 및 방법

항 목	토 질	기 재 방 법
밀 도	점토 및 실트	• 매우 연약, 연약, 보통견고, 견고, 매우견고, 고결
	모래 및 자갈	• 매우 느슨, 느슨, 보통조밀, 조밀, 매우조밀
색 채	–	• 파란색, 회색, 갈색, 노란색, 빨간색, 검정색과 필요에 따라 연한, 짙은 얼룩진 등과 같은 수식어를 사용
기본조직	점토, 모래 및 실트	• 매우 가늘다, 보통임, 굵다
	자 갈	• 가늘다, 보통, 굵다
	점 토	• 노반토, 오물 등
함수량	–	• 건조, 습윤, 젖음, 포화

함수비에 따른 분류

함수비(%)	상 태	
0~10	건 조	Dry
10~30	습 윤	Moist

함수비(%)	상 태	
30~70	젖 음	Wet
70 이상	포 화	Saturated

색조에 따른 분류

구 분		내 용									
색	1	담					암				
	2	분홍	홍	황	갈	감람	녹	회			
	3	분홍	적	황	갈	감람	녹	청	백	회	흑

사질토의 N값과 상대밀도, 내부마찰각과의 관계

N값	상 대 밀 도		내부마찰각(∅,°)	
	$Dr = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100(\%)$		Peck	Meyerhof
0~4	매우느슨 (Very Loose)	0.2 이하	28.5 이하	30 이하
4~10	느 슨 (Loose)	0.2~0.4	28.5~30	30~35
10~30	보통조밀 (Medium Dense)	0.4~0.5	30~35	35~40
30~50	조 밀 (Dense)	0.6~0.8	35~41	40~45
50 이상	매우조밀 (Very Dense)	0.8 이상	41 이상	45 이상

점성토의 Consistency와 일축압축강도와의 관계

N값	연 경 도	전단강도(kgf/cm^2)	일축압축강도(kgf/cm^2)
2 이하	매우연약 (Very Soft)	0.14 이하	0.25 이하
2~4	연 약 (Soft)	0.14~0.25	0.25~0.5
4~8	보통견고 (Medium Stiff)	0.25~0.5	0.5~1.0
8~15	견 고 (Stiff)	0.5~1.0	1.0~2.0
15~30	매우견고 (Very Stiff)	1.0~2.0	2.0~4.0
30 이상	고 결 (Hard)	2.0 이상	4.0 이상

3.2 흙과 암반의 분류기준

- 조사지역에 분포하는 풍화대층에서 다음과 같은 기준으로 토질과 암반을 구분
- 표준관입시험 N값 50(회)/10cm 기준으로 아래와 같이 50(회)/10cm보다 더 연약한 풍화대층을 풍화토층으로, 50(회)/10cm이상이고 모암의 조직이 잔존하는 풍화대층을 풍화암층으로 구분

3.2.1 흙과 암반의 분류기준

구 분		내 용
토사	보통토사	• 보통상태의 실트 및 점토, 모래질 흙으로서 삽이나 괭이를 사용할 정도의 토질
	경질토사	• 견고한 모래질 흙이나 점토로서 괭이나 곡괭이를 사용할 정도의 토질
	고사점토 및 자갈섞인 토사	• 자갈질 흙 또는 견고한 실트, 점토 및 이들의 혼합물로서 곡괭이를 사용하여 파낼 수 있는 단단한 토질
	호박돌섞인 토사	• 호박돌 크기의 돌이 섞이고 굴착에 약간의 화약을 사용해야 할 정도로 단단한 토질
암반	풍화암	• 일부는 곡괭이를 사용할 수 있으나, 암질이 부식되고 균일이 1~10cm정도로서 굴착 또는 절취에는 약간의 화약을 사용해야 할 암질
	연 암	• 혈암, 사암 등으로 균질이 10~30cm정도로서 굴착 도는 절취에는 화약을 사용해야 하나 석축용으로는 부적합한 암질
	보통암	• 풍화상태는 엿볼 수 없으나 굴착 또는 절취에는 화약을 사용해야 하며 균열이 30~50cm정도의 암질
	경 암	• 화강암, 안산암 등으로서 굴착 또는 절취에 화약을 사용해야 하며, 균열상태가 1m 이내로서 석축용으로 쓸 수 있는 암질
	극경암	• 암질이 아주 밀착된 단단한 암질

3.2.2 풍화토와 풍화암의 분류기준

구 분	분 류 기 준	지 질 특 성
풍화토	N〈50회/10cm	• 조암광물이 대부분 풍화되어 암석으로서의 결합력을 상실한 풍화잔류토 • 절리의 대부분은 풍화산물인 점토 등 2차 광물로 충전되어 흔적만 보이고 함수포화시에 전단강도가 현저히 저하되기도 하며, 손으로 쉽게 부수어지는 지반
풍화암	N〉50회/10cm	• 심한 풍화로 암석자체의 색조가 변색되었으며 충전물이 채워지거나 열린 절리가 많고, 가벼운 해머 타격에 쉽게 부수어지며 칼로 흠집을 낼 수 있다. • 절리간격은 좁음 이하이며 시추시 암편만 회수되는 지반

3.3 암반의 분류 및 기재방법

3.3.1 암반의 분류방법

- 암반분류는 암반을 구성하는 암석의 강도나 풍화, 변질정도, 암반 틈의 상태, 불균질성, 불연속성 등에 관한 사항을 현장에서 관찰, 조사하여 암반을 분류
- 암반을 분류하는데 기준이 되는 요소는 여러 가지가 있으나 그 중 대표적인 요소는
  - 지사학적, 지질학적인 생성년대, 시기, 생성원인, 풍화정도
  - 구조적인 암반역학적인 균열, 절리, 파쇄대, 투수성, 조직, 광물질의 풍화정도
  - 시편에 의해 실내에서 구한 결과치인 탄성파속도
  - 채취된 시편의 실내 시험 성과인 압축강도, 비중, 흡수율, 단위중량
  - 시추작업시의 관찰자료인 굴진속도, 색채, Slime, 코아회수율 및 상태 등이 있다.

지질조사 표준품셈의 암반분류기준

구 분	굴진방향	코아형태	풍화변질상태	조 직	SPT	비 고
풍화암	• Metal Crown Bit 로 큰 저항 없이 굴진되며 암질에 따라 차이가 있으나 30cm굴진에 대체로 1~3분 이내 소요	• 코아 회수 불가 • 하부에서 세편 상태의 코아가 소량 산출될 경우도 있음 (특히 퇴적암 계통) • 균열이 매우 발달하여 간격이 밀착된 상태	• 조암광물은 완전히 변질됨	• 기반암의 조직은 유지하고 있으나 암 내부까지 풍화가 완전히 진행되어 화학적, 역학적 성질은 상실한 상태	• 상한 –50/10cm • 하한 –SPT 불가한 곳도 있음	• 125kgf/cm^2 이하
연 암	• Metal Crown Bit 굴진시 다소의 저항이 있으며 압력을 가하여 굴진가능	• 세편내지 단주상으로 회수됨 (보 통 3~5m 정도) • 암질에 따라 틀리나 TCR : 10~40%내외 • RQD 측정은 거의 불가능한 상태 • 균열간격은 5cm 내외	• 균열부위를 따라 풍화가 상당히 진척되어 대부분의 광물이 다소 풍화된 상태로서 균열이 없는 곳은 다소 신선한 상태	• 기반암 조직 유지	• SPT 불가	• 일부 세립질 암석이나 석영맥, 규암등은 코아회수가 불가능한 경우가 있음 • 125~400 kgf/cm^2

지질조사 표준품셈의 암반분류기준(표 계속)

구 분	굴진방향	코아형태	풍화변질상태	조 직	SPT	비 고
보통암	• Metal Crown Bit로 굴진이 가 능 하 나 Diamond Bit 사용시 코아 회수율을 높일 수 있음 • 암질에 따라 차이가 있으나 30cm 굴진에 10 ~ 30분 소요	• 단주상 ~ 장주상으로 채취(보통 5 ~ 10cm정도) • 암질에 따라 틀리나 TCR : 40 ~ 60% 내외이며 RQD 측정 가능 • 균열간격은 5 ~ 15cm(평균 10cm)내외이나 신선한 부분은 20 ~ 30cm간격인 경우도 있음	• 균열부위를 따라 풍화가 약간 진척된 곳도 있으나 대체로 암 내부는 신선한 편	• 기반암 조직	• SPT 불가	• 400 ~ 800 kgf/cm^2
경 암	• Diamond Bit를 사용하지 않으면 굴진하기 곤란한 암반	• 대부분 장주상으로 채취되나 일부 파쇄대에서는 단주상으로 채취 • 암질에 따라 틀리나 TCR : 60%이상 내외 • RQD 보통이상(40~50%) • 균열간격 20 ~ 30cm 이상	• 신선한 상태	• 기반암 조직	• SPT 불가	• 800 ~ 1,200 kgf/cm^2

• 암을 판정·분류하는 기준은 건설표준품셈을 비롯하여 그 기준이 다양하나 시공시는 주로 건설표준품셈의 강도기준에 의거하여 분류하고 있다. 지반조사 시 채취되는 시편의 상태는 시공 중 채취되는 시편과 형상, 균열상태 등 여러 면에서 차이가 있으므로 조사 굴진 중 관찰되는 여러 가지 현상을 종합적으로 참조하여 판단할 수 있도록 상기와 같이 기준을 수립하였다. 그러나 일부 특수한 암반에서는 상기기준을 벗어날 수도 있다.

한국산업규격(KS F 2530)에 의한 암반의 분류기준

구 분	일축압축강도 (kgf/cm^2)	참 고 치	
		흡 수 율(%)	겉보기 비중
연 암	100 미만	15 이상	약 2.0 미만
보통암	100~500	5~15	약 2.0~2.5
경 암	500 이상	5 미만	약 2.5~2.7

건교부 표준지반분류에 의한 암반분류

구 분	지질조사에 의한 분류기준	지 질 특 성
연 암	• TCR : 20~40%, RQD : 〈 25% • J_s : 6~20cm • 일축압축강도(건조상태) : 700~1,000kgf/cm^2	• 암의 내부를 제외하고 균열을 따라 다소 풍화가 진척되었으며, 장석 및 유색광물이 변색됨 (심한풍화~보통풍화) • 해머로 1~2회 치면 둔탁음을 내고 부서지거나 갈라짐
보통암	• TCR : 40~70%, RQD : 25~50% • J_s : 15~30cm • 일축압축강도(건조상태) : 1,000~1,300kgf/cm^2	• 절리면을 따라 다소 풍화진행, 석영을 제외한 장석 및 유색광물이 일부 변색됨 (보통풍화~약간풍화) • 해머 타격시 탁음을 내고 2~3회에서 갈라지며 갈라진면이 날카로움
경 암	• TCR : 〉 70%, RQD : 〉 50% • J_s : 20~50cm • 일축압축강도(건조상태) : 1,300~1,600kgf/cm^2	• 대체로 신선하며 절리면을 따라 약간풍화, 암 내부는 대체로 신선함 (약간풍화~신선) • 해머 타격시 금속음을 내고 잘 부서지지 않으며 튀는 경향을 보임

탄성파속도에 따른 암반의 분류

구 분	그 룹	자연상태의 탄성파속도 (km/sec)	암 편 탄성파속도 (km/sec)	암 편 내압강도 (kgf/cm^2)	비 고
풍화암	A	0.7~1.2	2.0~2.7	300~700	• 내압강도 –시편 : 5cm 입방체 –노건조 : 24시간 –수중침윤 : 2일 –내압시험 –시험방향(가압방향) : z축(겉면에 수직) • 암편 탄성파속도 –시편 : 두께 15~20cm 상하면이 평행선 –측정방향 : x축(겉면에 평행)
	B	1.0~1.8	2.5~3.0	100~200	
연 암	A	1.2~1.9	2.7~3.7	700~1,000	
	B	1.8~2.8	3.0~4.3	200~500	
보통암	A	1.9~2.9	3.7~4.7	1,000~1,300	
	B	2.8~4.1	4.3~5.7	500~800	
경 암	A	2.9~4.2	4.7~5.8	1,300~1,600	
	B	4.1 이상	5.7 이상	800 이상	
극경암	A	4.2 이상	5.3 이상	1,800 이상	

서울특별시 표준지반 분류기준

구 분	정 성 적 특 성 (노두나 굴착기의 노출지반조사시)	시추조사시 분류기준
퇴적토	• 원지반에서 분리·이동되어 다른곳에 퇴적된 층으로 대체로 원지반보다 연약하며 입자의 크기나 구성에 따라 세분	흙의 통일분류법으로 세분함
풍화토	• 조암광물이 대부분 완전풍화되어 암석으로서의 결합력을 상실한 풍화잔류토로서 절리의 대부분은 풍화산물인 점토 등 2차 광물로 충진되어 흔적만 보이고 포화 시 전단강도가 현저히 저하되기도 하며, 손으로 쉽게 부수어지는 지반	N 〈 50회/10cm 흙의 통일분류법으로 세분함
풍화암	• 심한풍화로 암석 자체의 색조가 변색되었으며, 충전물로 채워지거나 열린 절리가 많고, 가벼운 해머 타격에 쉽게 부수어지며, 칼로 흡집을 낼 수 있음	TCR ≥ 10% RQD 〈 10% N ≥ 50회/10cm q_u 〈 100kgf/cm^2
연 암	• 절리면 주변의 조암광물은 보통풍화되어 변색되었으나 암석내부는 부분적으로 약한풍화가 진행 중이며, 해머 타격에 둔한소리가 나면서 파괴되고 일부 열린절리가 있으며, 절리간격은 대부분이 밀착되어 있고, 절리간격이 넓음	TCR ≥ 30% RQD ≥ 10% q_u ≥ 100kgf/cm^2 J_s ≥ 20cm
보통암	• 절리면에서 약간 풍화가 진행되어 일부 변색되었으나 암석은 강한 해머 타격에 다소 맑은 소리가 나면서 깨어지고, 절리면의 대부분이 밀착되어 절리간격이 넓음	TCR ≥ 60% RQD ≥ 25% q_u ≥ 500kgf/cm^2 J_s ≥ 60cm
경 암	• 조암광물의 대부분이 거의 신선하며, 암석은 강한 해머 타격에 맑은 소리가나면서 깨어지고, 절리면은 잘 밀착되어 있으며, 절리간격이 매우 넓음	TCR ≥ 80% RQD ≥ 50% q_u ≥ 1,000kgf/cm^2 J_s ≥ 200cm
극경암	• 거의 완전하게 신선한 암으로 절리면은 잘 밀착되어 있고 강한해머 타격에 맑은 소리가 나면서 잘 깨어지지 않으며, 절리간격은 극히 넓음	TCR ≥ 80% RQD ≥ 75% q_u ≥ 1,500kgf/cm^2 J_s ≥ 300cm

3.3.2 암반의 기재방법

- 암석코아에 대하여 코아회수율, 암질지수, 풍화정도, 색상, 코아크기, 암석명, 강도, 절리간격 등 기술
- 풍화상태에 대한 기술은 아래 표의 기준에 따라 기술하였으며 색은 암석의 기본색(황색, 회색, 청색 또는 녹색)에 담(연한)과 암(진한)의 명암 및 혼색에 대한 서술용어를 사용
- 암석코아의 강도는 표를 참조하여 기술하였으며, 절리간격은 암석코아의 절리나 파쇄면 사이의 간격을 의미하며 아래 표를 참조하여 표시

풍화 정도에 의한 분류

풍 화 정 도	분 류 기 호	풍 화 작 용
신선한암반 (Fresh)	D – 1	• 풍화작용의 흔적이 없는 상태
약간풍화 (Slightly Wethered)	D – 2	• 불연속면을 따라 미약한 풍화작용이 시작되고 있으나 암석자체에는 아무런 풍화작용이 일어나지 않는 상태
보통풍화 (Moderately Wethered)	D – 3	• 암석의 표면에서부터 풍화가 진행 중이며, 색조는 변색되어 있으나 손으로 부스러뜨릴 수 없는 상태
심한풍화 (Highly Wethered)	D – 4	• 암석 내부까지 풍화가 진행 중이며 점토광물이 협재 되고 부분적으로 쉽게 부스러뜨릴 수 있는 상태
완전풍화 (Completly Wethered)	D – 5	• 암석 전체가 완전풍화를 받아 흙으로 변화되었으나 모암의 원 조직과 구조를 지니며, 부분적으로 풍화를 받지 않는 암편을 함유한 상태

강도에 의한 분류

풍 화 정 도	분 류 기 호	암 종		암 상 태
매우강함 (Very Hard)	S – 1	경 암	경 암	• 여러번의 강한 해머 타격으로 깨지며 모서리의 각이 날카로운 정도
강 함 (Hard)	S – 2		보통암	• 한두 번 정도의 강한 해머 타격으로 깨지나 모서리의 각이 날카로운 정도
보통강함 (Medium Hard)	S – 3	연 암		• 1회의 약한 해머타격으로 쉽게 깨지거나 모서리의 각이 날카로운 정도
약 함 (Soft)	S – 4	풍화암		• 해머로 눌러서 으스러지는 정도
매우약함 (Very Soft)	S – 5	토 사		• 손가락으로 눌러서 으스러지는 정도

절리간격에 의한 분류

절 리 간 격	분 류 기 호	기 술 용 어	절리상태	기재방법
100cm 이상	F – 1	• 괴 상 (Solid)	Very Wide	불연속면 간격의 최대값, 최소값, 평균값을 주상도에 수록
20~100cm	F – 2	• 약간균열 (Slightly Fractured)	Wide	
10~20cm	F – 3	• 보통균열 (Moderately Fractured)	Moderately Close	
5~10cm	F – 4	• 균 열 (Fractured)	Close	
5cm 미만	F – 5	• 심한균열 (Highly Fractured)	Very Close	

불연속면의 거칠기

구 분	계단형 (Stepped)	파동형 (Undurating)	평면형 (Planar)
거 칠 음 (Rough)			
완 만 (Smooth)			
경 면 (Slikenside)			

절리조건에 따른 분류

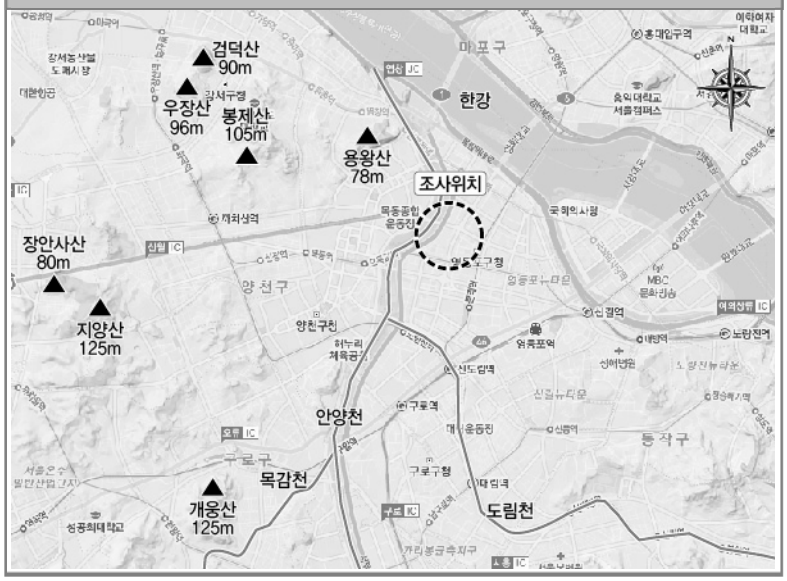
기 호	설 명
J-1	• 표면이 매우 거칠고 불연속적이며, 절리의 이격이 없고, 모양이 견고
J-2	• 표면이 다소 거칠고 절리의 이격이 1mm 이하이며, 모양이 견고
J-3	• 표면이 다소 거칠고 절리의 이격이 1mm 이하이며, 모양이 연약
J-4	• 표면이 매끄럽고 절리의 홈이 5mm 이하이고, 1~5mm의 연속된 절리
J-5	• 연약한 홈이 5mm 이상의 두께이고, 5mm 이상 연속된 절리

제4장 지반조사 결과

4.1 지형 및 지질

1 지형특성

지 형 도



- 과업구간 인근으로 고립된 잔구를 형성하는 등, 노년기의 특징적인 지형을 보인다.
- 산계는 지양산(125m), 봉제산(105m) 우장산(96m)등의 소규모 산들이 불연속적으로 과업구간 일대에 북동방향으로 이루어져 있다.
- 수계는 북서방향으로 흐르는 한강이 주수계를 형성하며 주위로 소규모의 이차내지 삼차 수계들이 방사상으로 형성되고 과업구간으로 안양천, 도림천등의 지류가 합류하여 한강으로 유입된다.

2 지질특성

지 질 도



- 광역지질은 주로 선캠브리아기의 편마암류와 이들을 관입한 중생대의 각종 화성암류로 대별할 수 있으며, 이들을 모두 부정합으로 덮고 있는 제4기의 충적층이 분포
- 금회 조사시 과업지역에 관찰되는 기반암은 선캠브리아기의 호상흑운모편마암이 관찰
- 기반암은 우백대 및 우흑대의 교호로 인한 엽리(foliation)가 발달하였으며, 엽리구조를 따라 절리면 발달

4.2 현장조사

4.2.1 시추조사

- 시추위치도에 표시한 바와 같이 총 2개소의 시추조사를 NX규격으로 실시
- 지층분포현황은 매립층, 퇴적층, 풍화토, 풍화암 및 기반암(연암)의 층서로 분포

1 조사현황

구 분	좌 표	표 고(EL. m)	비 고
BH-1	X:547,840.138 Y:190,269.842	6.03	
BH-2	X:547,839.738 Y:190,278.704	5.684	

2 시추조사 결과

구 분	매립층 (m)	퇴적층(m)		풍화토 (m)	풍화암 (m)	연 암 (m)	시추심도 (m)	지하수위 GL.(-)m
		모 래	자 갈					
BH-1	1.6	4.3	13.7	3.4	1.9	1.0	25.9	6.3
BH-2	1.4	4.6	13.3	3.7	1.5	1.0	25.5	6.1

3 지층개요

매립층

- 본 매립층은 과업구간의 전공에서 관찰되었으며, 최상부 지층으로 1.4~1.6m의 층후로 분포
- 담갈색~담회색의 자갈섞인 실트질 모래로 구성되었으며, 매우느슨~느슨의 상대밀도를 보임

퇴적층(모래)

- 본 퇴적층은 과업구간의 전공에서 관찰되었으며, 매립층 하부로 4.3~4.6m의 층후로 분포
- 암갈색~황갈색의 실트섞인 세립모래로 구성되며, 느슨~보통조밀의 상대밀도를 보임

퇴적층(자갈)

- 본 퇴적층은 과업구간의 전공에서 관찰되었으며, 퇴적층 모래 하부로 13.3~13.7m의 층후로 분포
- 담회색~회백색의 모래질 자갈로 구성되며, 자갈의 크기는 7cm 이하로 분포하며 조밀~매우조밀의 상대밀도를 보임

풍화토층

- 본 풍화토층은 과업구간의 전공에서 관찰되었으며, 퇴적층 하부에 3.4~3.7m의 층후로 분포
- 황갈색~담갈색의 실트질 모래로 구성되며, 조밀~매우조밀한 상대밀도를 보임

풍화암층

- 본 풍화암층은 과업구간 전공에서 관찰되었으며, 풍화토 하부에 1.5~1.9m의 층후로 분포
- 황갈색~담갈색으로 굴진시 암편, 실트, 모래로 분해되며, 매우조밀한 상대밀도를 보임

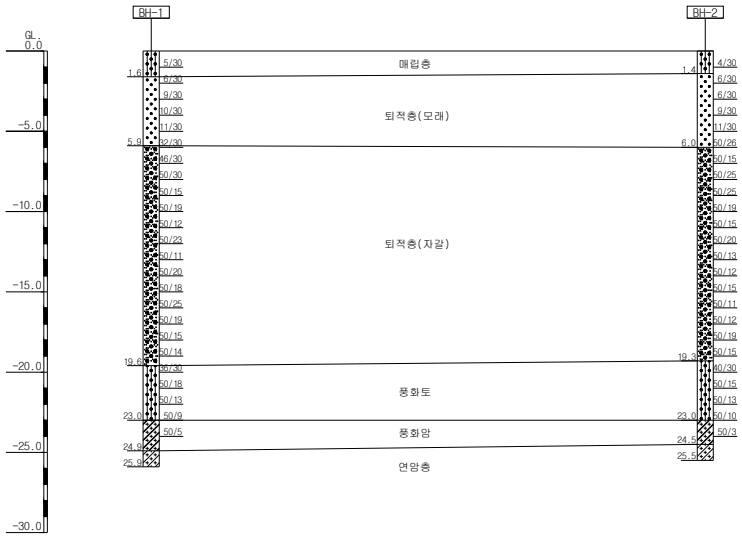
연암층

- 호상흑운모편마암을 모암으로 하는 연암층은 지표면하 24.5~24.9m에서 출현
- 풍화상태는 심한풍화~보통풍화, 강도는 약함~보통강함, 균열상태는 매우심한균열~심한균열 상태를 보임
- 코아회수율(TCR)은 80~90%, 암질지수(RQD)는 12~17%로 분포

4 지층분포현황 요약

구 분		출현심도(GL.-m)	층 후(m)	구성토질 및 암종
매립층		0.0	1.4~1.6	•자갈섞인 실트질 모래
퇴적층	모 래	1.4~1.6	4.3~4.6	•실트섞인 세립모래
	자 갈	5.9~6.0	13.3~13.7	•모래질 자갈
풍화토		19.3~19.6	3.4~3.7	•실트질 모래
풍화암		23.0	1.5~1.9	•굴진시 암편, 실트, 모래로 분해
연 암		24.5~24.9	1.0	•편마암의 연암, TCR=80~90%, RQD=12~17%

지 층 단 면 도



분 석 결 과

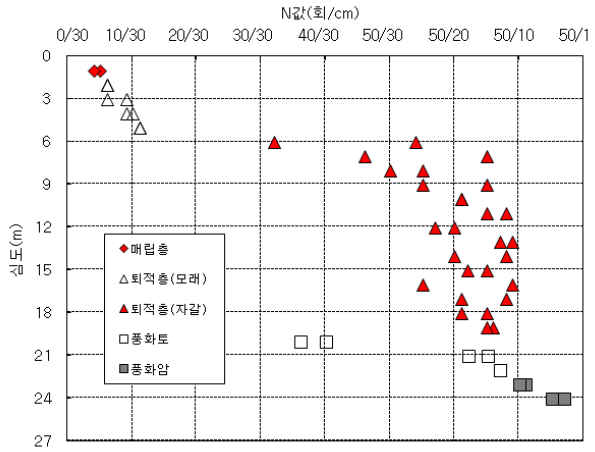
- 지층분포는 매립층, 퇴적층, 풍화토, 풍화암, 연암순으로 구성
- 시추조사결과 지지층인 기반암은 지표면하 24.5~24.9m에서 출현

4.2.2 표준관입시험

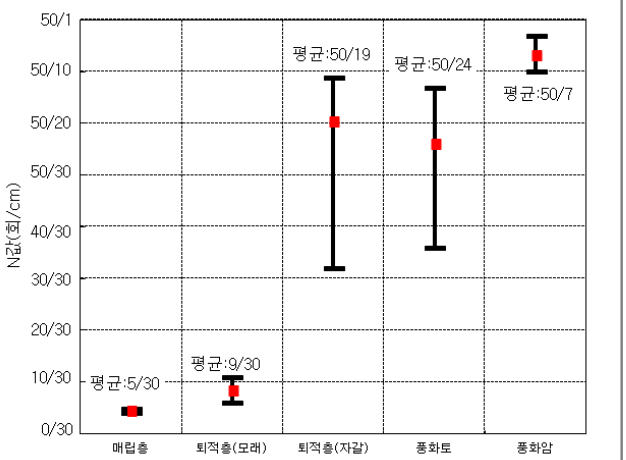
• 지층별 상대밀도 및 연경도를 파악하기 위하여 시추조사와 병행하여 1.0m 간격으로 연속성 있게 실시

구 분		분포범위(회/cm)	평균(회/cm)	상대밀도 및 연경도	구 성 성 분
매립층		4/30~5/30	5/30	매우느슨~느슨	•자갈섞인 실트질 모래
퇴적층	모 래	6/30~11/30	9/30	느슨~보통조밀	•실트섞인 세립모래
	자 갈	32/30~50/11	50/19	보통조밀~매우조밀	•모래질 자갈
풍화토		36/30~50/13	50/24	매우조밀	•실트질 모래
풍화암		50/10~50/3	50/7	매우조밀	•굴진시 암편, 실트, 모래로 분해

심도별 N값 분포현황



지층별 N값 분포현황



결과분석 •지층별 N값은 매립층 4/30~5/30, 퇴적층 6/30~50/11, 풍화대 36/30~50/3의 분포범위를 보임

4.2.3 공내 지하수위 측정

• 시추조사 완료 후 공내 지하수위 측정

구 분	표 고	공내 지하수위	
	EL.(+)m	GL.(−)m	EL.m
BH-1	6.03	6.3	− 0.27

구 분	표 고	공내 지하수위	
	EL.(+)m	GL.(−)m	EL.m
BH-2	5.684	6.1	− 0.416

결과분석 •지하수위는 GL.(−)6.1~6.3m, EL.(+)5.684~6.30m 범위로 분포

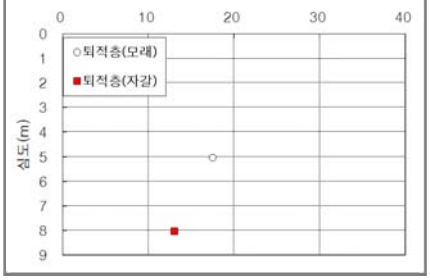
4.3 실내토질시험

4.3.1 토사기본물성시험

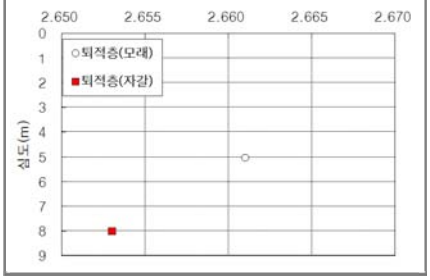
• 과업구간 토질의 물리적·역학적 특성을 규명하기 위하여 채취된 표준관입시료에 대하여 실시

공 번	심 도 (m)	함수비 (%)	비 중 (Gs)	Atterberg Limits(%)		Sieve Analysis (%)				USCS
				액성한계	소성지수	No.4	No.10	No.40	No.200	
BH-1	5.0	17.5	2.661	-	-	100	97.5	44.7	2.5	SP
BH-2	8.0	13.0	2.653	-	-	27.4	15.7	5.8	1.9	GP

함수비(%)



비 중



#200 통과량(%)

