중앙선 도담~영천 복선전철 제5공구 지반조사

C·O·N·T·E·N·T·S

[지반조사보고서]

제1장 조사개요

1.1 조사목적 ····· 3
1.2 조사구간 ····· 4
1.3 조사항목 ····· 5
1.3.1 조사단계의 구분 ····· 5
1.3.2 조사항목 ····· 5
1.4 조사기간 ····· 7
1.5 조사장비 ····· 7
1.6 조사 수행과정 ····· 8
1.7 시추조사 미시행 현황 ····· 9
1.8 시공중 보완조사계획 ····· 10

제2장 조사방법 및 내용

2.1 조사위치 및 수량 산정 ····· 15
2.1.1 조사기준 ····· 15
2.1.2 조사위치 선정 및 수량 ····· 17
2.2 지표지질조사 ····· 26
2.3 물리탐사 ····· 30
2.3.1 전기비저항탐사 ····· 30
2.3.2 굴절법탄성파탐사 ····· 31
2.4 현장조사 ····· 32
2.4.1 시추조사 ····· 32
2.4.2 공내지하수위 측정 ····· 33
2.4.3 시험굴조사 및 현장밀도시험 ····· 33
2.5 현장시험 ····· 34
2.5.1 표준관입시험 ····· 34
2.5.2 공내재하시험 ····· 35
2.5.3 공내전단시험 ····· 36
2.5.4 수압시험 ····· 37
2.5.5 S-PS검층 ····· 38
2.6 실내시험 ····· 39
2.6.1 실내 토질시험 ····· 39
2.6.2 역학시험 ····· 39
2.6.3 실내 암석시험 ····· 40
2.7 폐공처리 ····· 45
2.7.1 개요 ····· 45
2.7.2 폐공 절차 ····· 45
2.7.3 조사구간의 폐공처리 ····· 47
2.8 지반분류 및 기재방법 ····· 48
2.8.1 흙의 분류 및 기재방법 ····· 48
2.8.2 암반 분류 및 기재방법 ····· 51

제3장 지형 및 지질

3.1 조사개요 ····· 61
3.1.1 조사 기본방향 ····· 61
3.1.2 조사 수행과정 ····· 61
3.2 지형 및 지질 ····· 62
3.2.1 개요 ····· 62
3.2.2 지형 ····· 62
3.2.3 지질 ····· 64
3.3 선구조 분석 ····· 67
3.3.1 개요 ····· 67
3.3.2 위성영상 분석 ····· 68
3.3.3 음영기복도 분석 ····· 69
3.3.4 종합선구조 분석 ····· 70
3.3.5 과업구간 교차선구조 분석 ····· 71
3.4 폐광 및 공동조사 ····· 72

제4장 조사결과

4.1 지표지질조사 결과 ····· 77
4.1.1 광역지표지질조사 ····· 77
4.1.2 지질구조 분석 ····· 80
4.1.3 상세지표지질조사 ····· 84
4.2 물리탐사 결과 ····· 132
4.2.1 전기비저항탐사 결과 ····· 132
4.2.2 굴절법 탄성파탐사 결과 ····· 138

중앙선 도담~영천 복선전철 제5공구 지반조사

C·O·N·T·E·N·T·S

4.3 현장조사 결과 ····152
4.3.1 시추조사 결과 ····152
4.3.2 공내지하수위 측정 ····180
4.3.3 시험굴조사 결과 및 현장밀도시험 결과 ····185
4.4 현장시험 결과 ····186
4.4.1 공내재하시험 결과 ····186
4.4.2 공내전단시험 결과 ····187
4.4.3 수압시험 결과 ····188
4.4.4 S-PS검층 결과 ····189
4.5 실내시험 결과 ····191
4.5.1 실내 토질시험 결과 ····191
4.5.2 역학시험 결과 ····198
4.5.3 실내 암석시험 결과 ····199

제5장 지반정수 산정

5.1 지반정수 산정 ····217
5.1.1 설계지반정수 흐름도 ····217
5.1.2 지반정수 산정방법 ····217
5.2 쌓기재 지반정수 ····220
5.2.1 쌓기재료의 조건 ····220
5.2.2 쌓기재 지반정수 산정 ····222
5.2.3 유사지역 적용사례 ····224
5.2.4 쌓기재의 설계지반정수 산정결과 ····224
5.3 연약지반 지반정수 ····224
5.3.1 연약지반 분포특성 ····224
5.3.2 연약점토 지반정수 산정 ····224
5.4 토사층의 지반정수 ····226
5.4.1 기존 설계사례 검토 ····226
5.4.2 문헌자료 검토 ····227
5.4.3 경험식에 의한 방법 ····229
5.4.4 현장시험결과 검토 ····233
5.4.5 설계지반정수 산정 ····234
5.5 풍화암의 지반정수 ····236
5.5.1 강도정수 산정 ····236
5.5.2 변형계수 및 포아송비 산정 ····238
5.6 기반암의 지반정수 ····239
5.6.1 문헌자료 ····239
5.6.2 기존 설계사례 검토 ····240
5.6.3 경험식에 의한 방법 ····241
5.6.4 현장시험에 의한 강도정수(공내재하시험) ·243
5.6.5 실내시험에 의한 강도정수 ····244
5.6.6 기반암 설계지반정수 산정 ····244
5.7 터널구간 기반암 지반정수 ····245
5.7.1 기존 설계사례 검토 ····245
5.7.2 경험식에 의한 방법 ····246
5.7.3 현장시험에 의한 강도정수(공내재하시험) ·249
5.7.4 실내시험에 의한 강도정수 ····249
5.7.5 터널구간 기반암 설계지반정수 산정 249
5.7.6 터널구간 설계지반정수 산정 결과 ···250
5.8 불연속면의 강도정수 산정 ····251
5.8.1 기존문헌자료 검토 ····251
5.8.2 절리면 전단시험 결과 ····253
5.8.3 설계적용 암반 불연속면의 강도정수 253
5.9 단층파쇄대 설계지반정수 ····253
5.10 내진해석을 위한 지반정수 ····254
5.11 수리해석을 위한 투수계수 ····257
5.11.1 문헌자료 검토 ····257
5.11.2 기존적용사례 검토 ····257
5.11.3 현장시험결과 ····258
5.11.4 투수계수 산정결과 ····258
5.12 설계 지반정수 요약 ····259
5.12.1 쌓기재 설계지반정수 ····259
5.12.2 연약지반 설계지반정수 ····259
5.12.3 토사, 풍화암 및 기반암 설계지반정수 ····259
5.12.4 불연속면 강도정수 ····260
5.12.5 동적 설계지반정수 ····260

중앙선 도담~영천 복선전철 제5공구 지반조사

C·O·N·T·E·N·T·S

제6장 토공 성과분석

6.1 깎기부 토공작업 ····263
6.1.1 개요현황 ····263
6.1.2 암반분류 및 굴착난이도 평가기준 ···263
6.1.3 굴착공법 검토 ····265
6.2 쌓기재료의 다짐특성 및 설계CBR 산정 266
6.2.1 품질기준 ····266
6.2.2 설계 CBR 산정 ····268
6.2.3 쌓기재료의 품질분석 및 평가 ····270
6.2.4 토량변화율 ····282
6.3 본선암 유용성 검토 ····284
6.3.1 재료의 품질평가 ····284
6.3.2 본선암 유용성 검토 ····285
6.4 재료원조사 ····287
6.4.1 재료원 위치도 ····287
6.4.2 조사내용 ····288

제7장 터널구간 성과분석

7.1 개 요 ····291
7.1.1 터널현황 ····291
7.1.2 분석흐름 ····291
7.1.3 중점검토사항 ····291
7.2 터널구간 지반조사 결과 ····292
7.2.1 지층현황 ····292
7.2.2 현장시험 결과 ····299
7.2.3 실내시험 결과 ····301
7.3 단층대 조사결과 분석 ····313
7.3.1 선구조 분석결과 ····313
7.3.2 전기비저항탐사결과 분석 ····314
7.3.3 지질도폭내 분포하는 대규모 단층분석 ·····317
7.3.4 상세지표지질조사 및 시추코아 분석결과 ··318
7.3.5 단층파쇄대 종합분석결과 ····319
7.4 암반의 공학적 분류 ····320
7.4.1 암반분류 기본방향 ····320
7.4.2 암반분류의 기준 ····321
7.4.3 암반분류 결과 ····334
7.5 암반등급도 작성 ····339
7.5.1 하화터널 ····339
7.5.2 팔성제1터널 ····341
7.5.3 팔성제2터널 ····343
7.5.4 비봉터널 ····345
7.5.5 청로터널 ····347
7.5.6 순호터널 ····349
7.5.7 수북터널 ····351

제8장 교량구간 성과분석

8.1 지층분포특성 분석결과 ····355
8.1.1 지층현황 ····355
8.2 현장시험 분석결과 ····363
8.3 실내시험 분석결과 ····365

제 1 장 조사개요

중앙선 도담~영천 복선전철 제5공구 지반조사

1.1 조사목적

1.2 조사구간

1.3 조사항목

1.4 조사기간

1.5 조사장비

1.6 조사 수행과정

1.7 시추조사 미시행 현황

1.8 시공중 보완조사계획

제 1 장 조사개요

1.1 조사목적

(1) 조사목적

- 중앙선 전철화 및 고속화를 통한 간선철도 기능을 강화하고 남북방향 내륙지역을 통과하는 일관수송체계 구축과 경북내륙지역의 철도서비스 향상을 통한 철도교통경쟁력 향상 및 활성화를 위한 도담~영천 복선전철 노반 실시설계의 자료로 활용될 지반조사 용역을 시행
- 과업구간의 현장여건 및 지반공학적 특성을 종합·분석하여 설계에 요구되는 지반정보를 제공함으로써 다각적 지반조사 및 성과분석으로 신뢰성 향상, 합리적·경제적·친환경적인 설계, 시공을 도모

(2) 기본방향

- 본 과업은 과업지역 현황에 적합한 조사계획을 수립하고 이를 토대로 체계적인 지반조사를 수행함으로써 설계에 적용될 지반해석 자료의 신뢰성을 제고하는데 주안점을 둠
- 또한, 민원 및 위험요인에 대한 중점조사 및 분석을 수행하여 예상문제점을 파악하고 이에 대한 대책을 수립함
- 지반조사에 대한 단계를 구분하고 단계별 세부계획을 수립하여 과업수행에 있어 항목별 상호 연관성 및 활용방안을 도출하며, 궁극적으로 신뢰성 있는 지반해석이 수행되도록 함

과업수행 기본방향

과업지역 현황에 적합한 조사계획 수립

- 실제 설계에 직접 반영될 수 있는 정량적 조사위주로 계획 및 수행
- 구조물 배치를 고려한 합리적인 조사계획 수립

➡ 활용 불가능한 조사 방지

지반해석 자료의 신뢰성 제고

- 조사결과의 상호분석을 통한 신뢰도 높은 지반정수 산정
- 기본계획 및 본 지반조사 성과를 종합하여 최적의 설계자료 제공

체계적 지반조사 수행

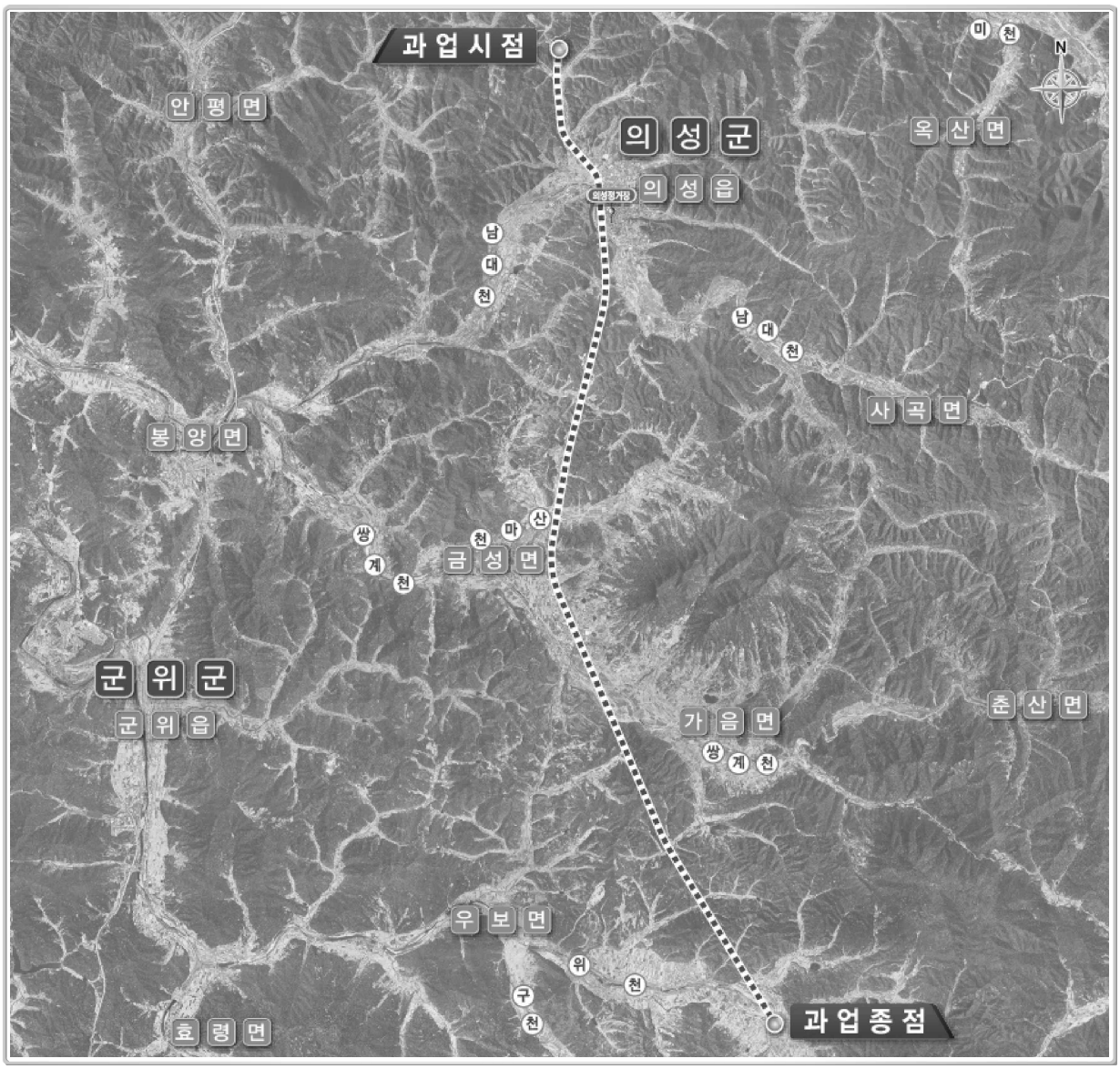
- 공정관리계획을 토대로 체계적이고 효율적인 지반조사 일정운영
- 조사계획에 따른 시추조사, 물리탐사, 현장시험 및 실내시험 등 수행

민원·위험요인에 대한 중점조사 및 분석

- 기본계획 성과품 및 현황분석을 통한 예상문제점 파악 및 대책수립
- 노선과 교차하는 단층, 암종·관입경계부, 저토피부 상세분석
- 민원발생 예상지역 상세조사/분석

1.2 조사구간

행정구역	•시 점 : 경상북도 의성군 의성읍 업리 •종 점 : 경상북도 군위군 의흥면 연계리
노선현황	•구 간 : 량기(현) 264km000 ~ 290km675 (총 연장 26.675km) •토공 : 깎기, 쌓기, BOX구조물 •교량 : 17개소 •터널 : 8개소
특이사항	•중생대 백악기의 퇴적암 및 화산암이 분포하는 구간으로 기본계획 노선은 금성산 칼데라지형 분포함에 따라 실시설계시 금성산을 우회하는 노선으로 변경 •국도 5호선, 28호선, 중앙선 의성역 및 남대천, 산마천, 쌍계천 통과 •천연기념물 및 문화재 분포로 민원 우려



1.3 조사항목

1.3.1 조사단계의 구분

• 조사단계를 3단계(예비조사, 본조사, 성과분석 단계)로 구분하여 체계적인 조사와 분석이 이루어지도록 계획함

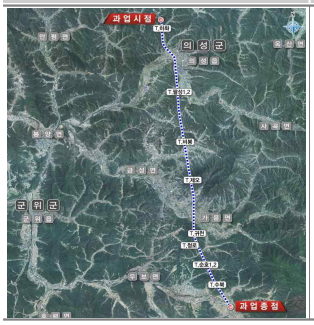
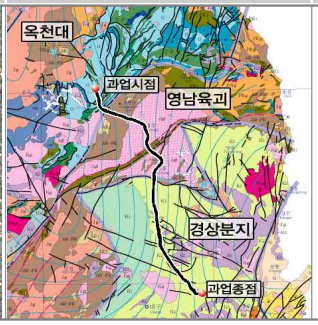
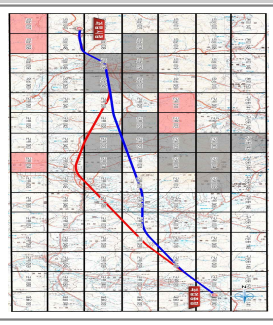
예 비 조 사	본 조 사	성 과 분 석
•기본계획 성과검토 •선구조 분석 •광역지질 분석 •폐갱 및 광업권 현황분석 •현장답사 ➡ 본 조사계획 수립	•지표지질조사 •시추조사 •물리탐사 ➡ 탄성파탐사 ➡ 전기비저항탐사 •현장시험 •실내시험 ➡ 토질 ➡ 암석	•지질분포특성 파악 및 지질도, 지질단면도 작성 •지층구분, 지질구조 및 불연속면 특성분석 •시추조사 및 물리탐사 성과분석 •현장, 실내시험 성과분석 •암반분류 및 설계지반정수 산정

1.3.2 조사항목

(1) 예비조사

• 예비조사는 기본계획 성과검토, 선구조, 광역지질, 폐갱 및 광업권현황 분석으로 구분

구 분	조사항목
기본계획 성과검토	•중앙선 도담~영천 복선전철 타당성조사 및 기본계획 조사보고서 검토
선구조분석	•축척 1:5,000 수치지도로 부터 작성된 음영기복도를 이용하여 광역 선형구조 분석
광역지질분석	•기존 지질도(1:50,000 및 1:250,000 지질도 검토)를 활용하여 과업지역 일대의 광역 지질특성 분석
폐갱 및 광업권 현황분석	•광구/광업등록 및 등록광종 현황(산업통상자원부 광업등록사무소) •계획노선 인근의 가행 및 폐광산 현황(한국광해관리공단) •현지조사를 통한 실태파악

기본계획 성과검토	선구조분석	광역지질분석	폐갱 및 광업권분석
			

(2) 본조사

•시추조사, 현장시험 및 실내 토질 및 암석시험으로 구분하고 수행내용은 다음과 같음

조사항목		단위	수 량				비 고
			도급	계획			
				1차	2차	합계	
시추조사	터널구간	공	28	69	10	79	•약 200m간격(터널 입·출구부 포함) •지질특성 및 현장여건 고려 빈도조정
	교량구간	공	93	50	23	73	•교대 및 교각 마다
	깎기구간	공	5	8	–	8	•개소당 1공 이상
	쌓기 및 BOX구간	공	6	29	3	32	•500m 간격 •1공/개소(B함) •1공/개소(C함 4m이상)
	계	–	132	156	36	192	–
현장시험	지표지질조사	km^2	2.89	2.89	–	2.89	•노선 전구간
	재료원조사	식	–	–	1	1	•레미콘, 아스콘, 골재, 토취장
	시험굴조사	개소	–	–	21	21	•터널갱구부, 깎기부, 토취장
	전기비저항탐사	km	13.2	11.8	0.32	12.12	•터널 전 구간 종단
	굴절법탄성파탐사	km	1.8	4.42	–	4.42	•갱구부 구간에 대한 종·횡단 •땅깎기 높이 20m이상에 대한 종·횡단
	표준관입시험	회	1,056	421	183	604	•1.0m 간격
	현장밀도시험	회	–	–	16	16	•터널갱구부, 깎기부
	공내재하시험	회	56	40	26	66	•5회/터널1개소 •2회/교량1개소
	공내전단시험	회	–	–	6	6	•터널갱구부
	수압시험	회	56	22	13	35	•5회/터널1개소
	S-PS검층	회	–	–	2	2	•대표 교량 2개소
실내토질시험	함수비시험	회	264	227	73	300	•2회/공 (전 구간) •1회/시험굴시료
	비중시험	회	264	227	73	300	
	액성한계시험	회	264	227	73	300	
	소성한계시험	회	264	227	73	300	
	입도분석	회	264	227	73	300	
	다짐 및 CBR 시험	회	–	–	21	21	•시험굴시료
실내암석시험	시험편제작	회	242	245	113	358	•2회/공(터널, 교량, 땅깎기구간)
	일축압축강도	회	242	245	113	358	•2회/공(터널, 교량, 땅깎기구간)
	단위중량	회	56	152	42	194	•1회/공 (터널 및 땅깎기구간)
	탄성파속도	회	56	152	42	194	
	포아송비	회	56	152	42	194	
	인장시험	회	14	36	8	44	•1회/2공 (터널구간)
	삼축압축시험	회	14	36	8	44	
	절리면전단강도	회	–	–	8	8	•터널부, 깎기부
	Swelling	회	–	–	8	8	•터널부, 깎기부
	Slaking	회	–	–	8	8	•터널부, 깎기부
	암유용성시험	회	–	–	14	14	•터널부, 깎기부

1.4 조사기간

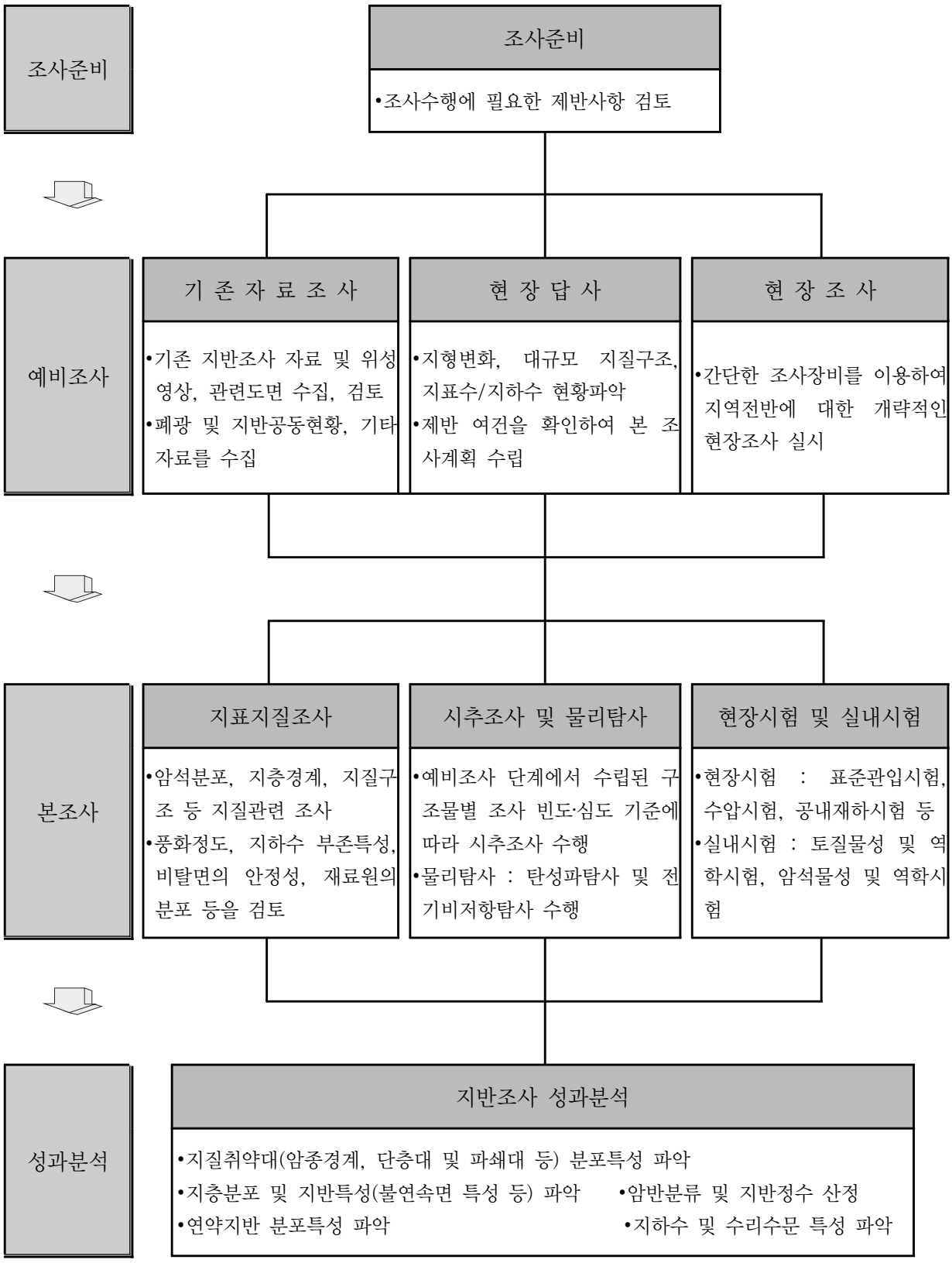
구 분	조 사 기 간		비 고
	1차조사	2차조사	
기존자료 분석	2014. 02. 05. ~ 2014. 02. 28	-	
현장조사	2014. 02. 05. ~ 2014. 09. 30	2014. 10. 01. ~ 2014. 12. 20	
실내시험	2014. 04. 20. ~ 2014. 09. 30	2014. 10. 01. ~ 2015. 01. 10	
보고서 작성	2014. 08. 01. ~ 2014. 12. 22	2014. 11. 26. ~ 2015. 01. 21	

1.5 조사장비

구 분		장비명 및 규격	단 위	수 량
지표지질조사		•지질해머, 클리노미터, 프로파일게이지 등	식	1
물리탐사	전기비저항탐사	•Terrameter LS (ABEM, 스웨덴)	조	1
	굴절법탄성파탐사	•MARK-Ⅵ (ABEM, 스웨덴)	조	1
현장조사	시추조사	•유압시추기(NX 규격) 및 기타부대 장비	대	8
	표준관입시험	•Split Spoon Sampler	조	8
	현장밀도시험	•들밀도 시험기 및 기타부대장비	조	1
	공내재하시험	•Elastometer-2(OYO, 일본) Goodman Jack (Slope Indicator ,미국)	조	1
	공내전단시험	•Borehole Shear Tester, 기타 부대장비	조	1
	수압시험	•Single or Double Rubber Packer	조	1
	S-PS검층	•Suspension PS Logger & Probe	조	1
실내시험		•KS F, ASTM 관련 규격장비	조	1

수압시험	공내재하시험	굴절법탄성파탐사	전기비저항탐사

1.6 조사 수행과정


조사준비
조사준비
•조사수행에 필요한 제반사항 검토
예비조사
기 존 자 료 조 사
•기존 지반조사 자료 및 위성영상, 관련도면 수집, 검토
•폐광 및 지반공동현황, 기타 자료를 수집
현 장 답 사
•지형변화, 대규모 지질구조, 지표수/지하수 현황파악
•제반 여건을 확인하여 본 조사계획 수립
현 장 조 사
•간단한 조사장비를 이용하여 지역전반에 대한 개략적인 현장조사 실시
본조사
지표지질조사
•암석분포, 지층경계, 지질구조 등 지질관련 조사
•풍화정도, 지하수 부존특성, 비탈면의 안정성, 재료원의 분포 등을 검토
시추조사 및 물리탐사
•예비조사 단계에서 수립된 구조물별 조사 빈도·심도 기준에 따라 시추조사 수행
•물리탐사 : 탄성파탐사 및 전기비저항탐사 수행
현장시험 및 실내시험
•현장시험 : 표준관입시험, 수압시험, 공내재하시험 등
•실내시험 : 토질물성 및 역학시험, 암석물성 및 역학시험
성과분석
지반조사 성과분석
•지질취약대(암종경계, 단층대 및 파쇄대 등) 분포특성 파악
•지층분포 및 지반특성(불연속면 특성 등) 파악
•암반분류 및 지반정수 산정
•연약지반 분포특성 파악
•지하수 및 수리수문 특성 파악

1.7 시추조사 미시행 현황

•계획노선 일대의 기존자료를 수집·분석하고 지질조사 및 시험을 수행하여 설계에 반영되도록 함
•그러나 지장물 및 민원 등의 사유로 인하여 지반조사가 수행되지 못한 구간은 시공시 확인조사를 실시하여 최적의 시공이 이루어 질 수 있도록 조치해야 함

미시추공 위치도

(1) 터널구간

구 분	공 번	위치(량기(현))	좌 표 (GRS80)		미 시행 사유
			X	Y	
팔성제1터널	NTB-06	269km215.72	416,194.291	172,524.893	급경사지로 장비진입 불가지역
	NTB-07	269km248.99	416,163.988	172,561.765	급경사지로 장비진입 불가지역
팔성제2터널	NTB-20	271km129.88	414,293.966	172,509.748	소유주의 반대로 지반조사 불가능
	NTB-21	271km321.79	414,108.665	172,459.524	소유주의 반대로 지반조사 불가능
	NTB-22	271km472.48	413,965.934	172,410.046	소유주의 반대로 지반조사 불가능
비봉터널	NTB-42	274km963.38	410,572.631	171,600.377	소유주의 반대로 지반조사 불가능
청로터널	NTB-48	281km964.68	403,915.223	172,835.679	급경사지로 장비진입 불가지역
수북터널	NTB-83	288km574.94	398,048.691	175,846.746	급경사지로 장비진입 불가지역
	NTB-84	288km674.86	397,958.244	175,890.287	급경사지로 장비진입 불가지역

(2) 교량구간

구 분	공 번	위치(량기(현))	좌 표 (GRS80)		미 시행 사유
			X	Y	
도서교	NBB-13	268km973.70	416,437.849	172,533.211	수상으로 장비진입 불가지역
	NBB-18	269km183.70	416,228.575	172,550.663	소유주의 반대로 지반조사 불가능
순호교	NBB-62	285km480.22	400,694.426	174,241.332	급경사지로 장비진입 불가지역
수북교	NBB-62-3	287km022.99	399,374.368	175,039.835	급경사지로 장비진입 불가지역
파전제1교	NBB-65	289km314.50	397,413.551	176,225.656	소유주의 반대로 지반조사 불가능
	NBB-69	289km464.50	397,285.216	176,303.311	소유주의 반대로 지반조사 불가능
	NBB-70	289km493.20	397,260.661	176,318.169	소유주의 반대로 지반조사 불가능
파전제3교	NBB-77	290km129.96	396,715.885	176,647.837	소유주의 반대로 지반조사 불가능
	NBB-78	290km154.96	396,694.496	176,660.780	소유주의 반대로 지반조사 불가능
	NBB-80	290km224.96	396,634.606	176,697.018	소유주의 반대로 지반조사 불가능
	NBB-81	290km249.96	396,613.217	176,709.961	소유주의 반대로 지반조사 불가능
	NBB-82	290km274.96	396,591.828	176,722.903	소유주의 반대로 지반조사 불가능

(3) 깎기부

구 분	공 번	위치(량기(현))	좌 표 (GRS80)		미 시행 사유
			X	Y	
제8깎기	NCB-08	275km840.07	409,702.183	171,490.113	급경사지로 장비진입 불가지역

(4) 쌓기 및 BOX구간

구 분	공 번	위치(량기(현))	좌 표 (GRS80)		미 시행 사유
			X	Y	
B(함)팔성	NSB-12	269km718.77	415,695.352	172,595.129	소유주의 반대로 지반조사 불가능
쌓기부	NSB-22	278km529.26	407,073.019	171,482.721	소유주의 반대로 지반조사 불가능
C(함)탑리제2	NSB-23	278km868.09	406,761.331	171,615.613	수로로 장비진입 불가지역
C(함)산운제2	NSB-28	280km311.00	405,434.176	172,181.871	소유주의 반대로 지반조사 불가능

1.8 시공중 보완조사계획

•계획노선 일대의 기존자료를 수집 분석하고 토질조사 및 시험을 수행하여 그 성과는 설계에 반영하여 합리적이고 경제적인 설계가 되도록 함
•그러나 현장여건과 설계시 토질조사를 수행하지 못한 구간과 조사 및 시험의 한계성, 지층의 다양한 변화 등을 고려할 때 시공 전 또는 시공 중 필요한 사항에 대하여는 확인조사를 실시하도록 함

(1) 시추조사 현황 및 시추불가사유

구 분	수량			시추불가사유
	계획	시행	미시행	
터널부	88	79	9	•급경사지, 소유주 반대
교량부	85	73	12	•급경사지, 소유주 반대, 수상
깎기부	9	8	1	•급경사지
쌓기 및 BOX	36	32	4	•소유주 반대, 장비진입 불가지역
계	218	192	26	-

(2) 시공시 보완조사 계획(철도설계지침 및 편람, 2014 / KR C-03020 / 지반조사)

(1) 시공중 조사는 예비조사와 본조사 단계에서 민원, 인허가, 기타 부득이한 사유나 기술적 한계로 인하여 조사가 시행되지 못한 경우 또는 시공 중 지반 변화가 예상되어 보완조사가 필요한 경우에 실시해야 하며, 현장 여건을 고려하여 필요한 지반정보가 얻어질 수 있도록 조사항목과 조사수량을 계획해야 함
(2) 시공중 조사의 목적은 교량기초 지지층의 출현심도 재확인, 깎기 비탈면 구간 지반상태 파악, 터널 굴진면 전방과 주변 지반상태 파악 등이며, 시공 중 관찰되는 노출된 지반상태를 분석하여 예기치 않았던 지반 변화나 시공중의 계측결과가 이상치를 보일 경우 반드시 필요한 추가 조사 및 시험을 실시해야 함
(3) 깎기비탈면과 터널의 경우 시공 중 굴착면과 굴진면에 대한 불연속면조사(geologicalface mapping)는 맵핑(mapping)과 분석 능력을 갖춘 작 매 굴착면마다 수행하여야 하며, 필요한 경우 감지공 천공(feeler hole), 수평시추 및 터널 내 물리탐사 등을 통하여 막장면 전방에 대한 지질특성을 조사할 수 있다. 터널의 록볼트를 포함한 지보패턴 변경은 지질매핑 등 시공 중 보완조사결과에 근거해야 하며, 필요시 굴진면 전방조사를 통하여 보조공법 적용 여부를 판단하는 등 사전에 공사를 준비하는데 필요한 자료를 제공해야 한다.
(4) Face mapping 자료는 지속적인 관리가 이뤄져야하며 시공중 암판정의 근거 자료등 최종적인 분석 결과가 제시되어야 함
(5) 연약지반의 경우 개량효과를 확인하기 위한 시추조사 및 현장시험을 실시해야 함

(3) 시공시 보완시추조사 위치 및 조사심도 기준선정

•시공시 확인조사 위치 및 수량은 해당구조물 및 시공계획을 고려하여 변경할 수 있으며, 설계시 고려된 확인조사 위치는 아래 표와 같다. 시공시 시추조사 심도는 철도설계기준에 의거하여 터널부의 경우 FL 하 D/2(D: 터널최대직경) 이상 / 교량부의 경우 풍화암 10m, 연암2m, 경암 1m 이상 / 깎기부의 경우 계획고하 2.0m이상 / 쌓기 및 box 구조물의 경우 풍화대 N값 50/30 이상 3회 확인까지 굴진하는 것을 원칙으로 함

◈ 터널구간

구 분	공 번	위치(량기(현))	사유	조사목적
팔성제1터널	NTB-06	269km215.72 (우 28.5m)	②	•터널 갱구부 지층분포 파악
	NTB-07	269km248.99 (좌 5.7m)	②	
팔성제2터널	NTB-20	271km129.88 (좌 6.2m)	③	•계곡부 통과구간 지층분포 파악
	NTB-21	271km321.79 (좌 5.2m)	③	•고토피 통과구간 암반상태 파악
	NTB-22	271km472.48 (우 5.4m)	③	•계곡부 통과구간 지층분포 파악
비봉터널	NTB-42	274km963.38 (우 4.4m)	③	•개착구간 지층분포 파악
청로터널	NTB-48	281km964.68 (좌 5.3m)	②	•터널 갱구부 지층분포 파악
수북터널	NTB-83	288km574.94 (좌 4.6m)	②	•개착구간 지층분포 파악
	NTB-84	288km674.86 (우 4.9m)	②	•계곡부 통과구간 지층분포 파악

① 확인조사, ② 미시추- 경사지 등, ③미시추-소유주반대

◈ 교량구간

구 분	공 번	위치(량기(현))	사유	조사목적
도서교	NBB-13	268km973.70	②	•교량기초 지지층의 출현심도 확인
	NBB-18	269km183.70	③	•교량기초 지지층의 출현심도 확인
순호교	NBB-62	285km480.22	②	•교량기초 지지층의 출현심도 확인
수북교	NBB-62-3	287km022.99	②	•교량기초 지지층의 출현심도 확인
파전제1교	NBB-65	289km314.50	③	•교량기초 지지층의 출현심도 확인
	NBB-69	289km464.50	③	•교량기초 지지층의 출현심도 확인
	NBB-70	289km493.20	③	•교량기초 지지층의 출현심도 확인
파전제3교	NBB-77	290km129.96	③	•교량기초 지지층의 출현심도 확인
	NBB-78	290km154.96	③	•교량기초 지지층의 출현심도 확인
	NBB-80	290km224.96	③	•교량기초 지지층의 출현심도 확인
	NBB-81	290km249.96	③	•교량기초 지지층의 출현심도 확인
	NBB-82	290km274.96	③	•교량기초 지지층의 출현심도 확인

① 확인조사, ② 미시추- 경사지 등, ③미시추-소유주반대

◈ 깎기부

구 분	공 번	위치(량기(현))	사유	조사목적
제8깎기	NCB-08	275km840.07 (좌 30.9m)	②,③	•깎기 비탈면 구간 지반상태 파악

① 확인조사, ② 미시추- 경사지 등, ③미시추-소유주반대

(4) 쌓기 및 BOX구간

구 분	공 번	위치(량기(현))	사유	조사목적
B(함)팔성	NSB-12	269km718.77	③	•BOX구조물 구간 지반상태 파악
쌓기부	NSB-22	278km529.26	②	•쌓기구간 지층분포상태 파악
C(함)탑리제2	NSB-23	278km868.09	②	•BOX구조물 구간 지반상태 파악
C(함)산운제2	NSB-28	280km311.00	③	•BOX구조물 구간 지반상태 파악

① 확인조사, ② 미시추- 경사지 등, ③미시추-소유주반대

(5) 연약지반 구간

구 분	공 번	위치(량기(현))	사유	조사목적
쌓기부	SB-1	265km825.00~265km870.00	①	•연약지반 개량효과 확인
의성정거장	SB-2	268km180.00	①	•연약지반 개량효과 확인

① 확인조사, ② 미시추- 경사지 등, ③미시추-소유주반대

(6) 현장 및 실내시험

•시공중 조사시 지질변화요인, 토사 및 암반의 강도정수와 연약지반 공학적특성 파악을 위해 다음과 같이 실내시험 및 현장시험을 적용하여 확인조사 수량에 적용함

구 분		단위	수량	비 고
현장 시험	막장면 Mapping	식	1	•막장면 전방과 주변 지반상태 파악
	선진수평시추	식	1	•전방 지질변화상태 파악
	TSP탐사	식	1	•전방 지질변화상태 파악
실내 토성시험	기본물성시험	회	28	•터널(9), 교량(12), 깎기(1), 쌓기 및 box(4), 연약지반(2)
	일축압축	회	2	•연약지반(2)
	삼축압축	회	2	•연약지반(2)
	표준압밀	회	2	•연약지반(2)
실내 암석시험	기본물성시험	회	10	•터널(9), 깎기(1)
	일축압축	회	22	•터널(9), 교량(12), 깎기(1)
	절리면전단	회	1	•깎기(1)
	풍화내구성지수/팽윤시험	회	10	•터널(9), 깎기(1)

제2장 조사방법 및 내용

중앙선 도담~영천 복선전철 제5공구 지반조사

2.1 조사위치 및 수량 산정

2.2 지표지질조사

2.3 물리탐사

2.4 현장조사

2.5 현장시험

2.6 실내시험

2.7 폐공처리

2.8 지반분류 및 기재방법

제 2 장 조사방법 및 내용

2.1 조사위치 및 수량 산정

2.1.1 조사기준

•구조물별 조사항목, 조사빈도 및 조사심도의 기준은 한국철도시설공단의 「설계서(2013.12), 「철도설계기준 노반편(2013.12)」, 「철도설계지침 및 편람(KR C-03020, 12020, 2014.1)」 및 국토해양부의 「기본설계 등에 관한 세부수행기준(2009. 4)」 국토교통부 지침 등을 참조하여 조사기준 산정
•현장 및 실내시험 등은 공단의 「철도건설공사 수량 및 단가산출 표준(2014)」, 「철도설계기준(2004)」 및 기존적용사례를 준용하여 산정

(1) 지표지질조사

구 분	철도설계기준	적 용 기 준
터 널 구 간	•터널 구간의 지보패턴 선정 •깎기 비탈면에 대한 안정성 평가 •불연속 지질구조가 터널, 땅깎기 비탈면, 교량 기초부의 안정성에 미치는 영향 조사	터널, 교량, 땅깎기구간 (노출한 분포지역을 대상으로함)
교 량 구 간		
땅깎기 구간		

(2) 시추조사(실시설계 기준적용)

구 분	철도설계기준		적 용 기 준	
	시추공 배치	시추공 심도	시추공 배치	시추공 심도
땅깎기 구간(NX)	•개소당 1공 이상	•계획고 하 2.0m	•개소당 1공 이상	•계획고 하 2.0m
흙쌓기 구간(NX)	•500m 간격	•지층의 종류를 판단할 수 있는 깊이까지(N값 50/30이상 3회 확인)	•500m 간격	•지층의 종류를 판단할 수 있는 깊이까지(N값 50/30이상 3회 확인)
교량구간 (NX)	•교대 및 교각 마다	•연암2m 또는 경암1m 또는 풍화암 10m	•교대 및 교각 마다	•연암2m 또는 경암1m 또는 풍화암 10m
연약지반 (NX)	•50~100m 간격	•연약지반을 결정할 수 있을 정도 •공당 자연시료 최소1회 /50cm	•연약지반 출현시 100m 간격	•지지층 확인 (N값 50/30이상 3회 확인) •공당 자연시료 최소 1회/50cm 채취
BOX 구간(NX)	•1공/개소	•풍화대에서 N값 50/30 이상 3회 확인 •필요시 증가	•1공/개소(B함) •1공/개소(C함: 4m이상) •필요시 증가	•풍화대에서 N값 50/30 이상 3회 확인 (필요시 증가)
터널구간 (NX)	•50m~100m간격 (터널입출구부포함)	•FL 하 D/2 (D : 터널최대직경)	•50m~100m간격[1] (터널입출구부포함) •입출구부 각각 2개소 •현장여건에 따라 조사빈도 조정	•FL 하 D/2 (D : 터널최대직경)
토취장구간 (NX)	•3공/개소	•경암 5m까지 •시험굴조사 5개소 이상	•3공/개소	•경암 5m까지 •시험굴조사 5개소 이상

주) 1) 터널구간 시추배치는 기본적으로 철도설계기준을 준용하되 지질여건(지층급변, 단층, 지질구조대) 및 민원, 장비진입가능 유무 등의 현장여건을 고려하여 탄력적으로 적용

(3) 지구물리탐사

구 분	철도설계기준 / 건설공사 비탈면설계기준	적 용 기 준
굴절법 탄성파탐사	•갱구부, 저토피 계곡부와 같이 심도가 50m 이내인 구간에는 굴절법 탄성파탐사를 시추조사와 병행실시 할 수 있음 •깎기 높이 20m 이상, 연장 200m 이상 구간에 실시하는 것을 기본으로 하고 그 이하 규모일지라도 불안정 요인을 내포할 가능성이 예상될 때에는 추가 수행할 수 있음	•터널 갱구부 및 저토피 구간에 대한 종단 및 횡단 계획 •깎기 높이 20m 이상, 연장 200m 이상 구간에 종단 및 횡단 계획 1)
전기비저항 탐사	•산악터널의 경우에는 제반여건을 감안하여 전기비저항탐사와 탄성파 탐사를 시행해야 하며, 토피고가 클 경우 가탐심도를 고려하여 전자탐사를 수행 할 수 있음	•터널 전 구간 종단 계획 2) •이상대 발달 구간에 대해 필요시 횡단 계획

주 1) 깎기 높이 20m이하 규모일지라도 불안정요인을 내포할 가능성이 예상되는 구간은 횡단 계획
2) 터널 지보설계를 위해 미시추구간에 대한 암반등급의 연속적인 분석을 위하여 터널 전구간 실시

(4) 현장시험

구 분	철도건설공사 수량 및 단가산출 표준	적 용 기 준
표준관입시험	•1.0m 마다	•1.0m 마다
공내재하시험	•1회/지층(터널구간, 교량구간)	•5회/터널1개소1) •2회/교량1개소 2)
수 압 시 험	•1회/지층(터널 주변 2.0D 이내)	•5회/터널1개소3)
현장베인시험	•1회/5공	•1회/5공, 필요시
피에조콘시험	•1회/5공	•1회/5공, 필요시

주) 1) 3) 지층별로 각 1회씩 실시하되, 터널구간 암반등급별 설계지반정수 산정을 고려하여, 터널 1개소당 5회(Ⅰ~Ⅴ등급, 각 1회)의 공내재하시험 및 수압시험 계획
2) 교량 연장 및 지층여건에 따라 수량 증가
※ 참고: 시추공벽의 풍화가 많이 진행되었거나 파쇄가 심하여 수압시험이 곤란한 구간에서는 투수시험으로 대체하여 지반의 수리학적 특성 파악

(5) 실내시험

구 분		철도건설공사 수량 및 단가산출 표준	적 용 기 준
실내토질시험	기본물성시험	•2회/공(전 구간)	•2회/공(전 구간)
	직접전단시험	•1회/자연시료채취공(연약지반구간)	•1회/자연시료채취공(연약지반구간)
	일축압축시험	•1회/자연시료채취공(연약지반구간)	•1회/자연시료채취공(연약지반구간)
	삼축압축시험	•1회/자연시료채취공(연약지반구간)	•1회/자연시료채취공(연약지반구간)
	압밀시험시험	•1회/자연시료채취공(연약지반구간)	•1회/자연시료채취공(연약지반구간)
실내암석시험	기본물성시험	•2회/공(터널구간)	•2회/공(터널구간, 땅깎기구간)
	일축압축시험	•2회/공(터널, 교량, 깎기구간) •1회/공(토취장)	•2회/공(터널, 교량, 땅깎기구간) •1회/공(토취장)
	인장강도시험	•1회/2공(터널구간)	•1회/2공(터널구간)
	삼축압축시험	•1회/2공(터널구간)	•1회/2공(터널구간)

주) 1) 암석기본물성 : 단위중량, 탄성파속도, 포아송비

2.1.2 조사위치 선정 및 수량

(1) 시추조사

• 조사위치의 선정은 기존 조사공 활용 및 철도설계기준(노반편)에 명시된 조사기준에 의거하여 조사지점을 계획하고, 현장답사를 통하여 최종 위치를 선정

시추조사 위치도

구 분	계획 수량					비고
	교량	깎기	쌓기 및 BOX	터널	합계	
시추조사	85공	9공	36공	88공	218공	미시추(26공)

① 구조물별 시추조사 위치

◈ 교량부

구조물	시추공 번	조사위치 (량기(현))	좌 표		표 고 (EL.m)	비 고
			X	Y		
업리교	NBB-01	264km716.30 (-)	420,378.237	171,379.370	99.8	
	NBB-02	264km750.00 (-)	420,344.543	171,379.983	100.1	
철파천교	NBB-03	266km238.00 (우 2.2m)	418,874.379	171,563.339	88.5	
	NBB-04	266km263.00 (우 2.2m)	418,852.337	171,575.269	83.5	
	NBB-05	266km287.51 (우 2.2m)	418,831.101	171,587.624	85.5	
후죽제1교	NBB-06	267km550.71 (우 6.9m)	417,845.886	172,372.424	83.4	
	NBB-07	267km576.00 (-)	417,825.536	172,388.711	80.9	
	NBB-08	267km599.00 (-)	417,804.071	172,396.967	78.8	
	NBB-09	267km626.17 (우 11.2m)	417,775.000	172,395.000	81.1	
후죽제2교	NBB-10	268km607.50 (-)	416,802.782	172,502.779	83.3	
도서교	NBB-11	268km900.00 (-)	416,511.294	172,527.087	83.4	
	NBB-12	268km923.70 (-)	416,487.676	172,529.056	83.4	
	NBB-13	268km973.70 (-)	416,437.849	172,533.211	-	미시추
	NBB-14	269km043.70 (-)	416,368.091	172,539.029	83.8	
	NBB-15	269km078.82 (-)	416,333.212	172,541.937	84.1	
	NBB-16	269km113.70 (-)	416,298.333	172,544.846	83.9	
	NBB-17	269km148.90 (-)	416,263.454	172,547.754	84.1	
	NBB-18	269km183.70 (-)	416,228.575	172,550.663	-	미시추

구조물	시추공번	조사위치 (량기(현))	좌 표		표 고 (EL.m)	비 고
			X	Y		
비봉교	NBB-19	272km968.30 (-)	412,520.190	172,026.215	103.5	
	NBB-20	273km002.00 (-)	412,487.650	172,017.449	100.1	
	NBB-21	273km037.00 (-)	412,453.855	172,008.344	95.5	
	NBB-22	273km072.00 (-)	412,420.060	171,999.240	90.5	
	NBB-23	273km107.00 (-)	412,386.265	171,990.136	90.5	
	NBB-24	273km142.00 (-)	412,352.470	171,981.032	90.3	
	NBB-25	273km177.00 (-)	412,318.674	171,971.928	90.6	
	NBB-26	273km212.00 (-)	412,284.879	171,962.824	90.1	
	NBB-27	273km247.00 (-)	412,251.084	171,953.719	91.3	
	NBB-28	273km280.70 (-)	412,218.544	171,944.953	93.0	
하리교	NBB-29	276km280.00 (-)	409,273.443	171,386.779	88.5	
	NBB-30	276km303.70 (-)	409,250.070	171,382.856	87.2	
	NBB-31	276km328.70 (-)	409,225.414	171,378.718	85.4	
	NBB-32	276km353.70 (-)	409,200.759	171,374.580	87.2	
	NBB-33	276km377.40 (-)	409,177.386	171,370.657	87.2	
탑리제1교	NBB-34	277km593.00 (-)	407,972.285	171,240.675	100.0	
	NBB-35	277km618.00 (-)	407,947.365	171,242.670	97.6	
	NBB-36	277km643.00 (-)	407,922.467	171,244.924	97.6	
	NBB-37	277km668.00 (-)	407,897.594	171,247.437	98.1	
탑리제2교	NBB-38	278km113.00 (좌 0.6m)	407,462.129	171,335.658	90.5	
	NBB-39	278km138.00 (좌 0.6m)	407,438.208	171,342.904	90.5	
	NBB-40	278km161.00 (-)	407,416.132	171,349.367	90.1	
	NBB-41	278km186.00 (-)	407,392.374	171,357.149	90.1	
	NBB-42	278km211.00 (-)	407,368.698	171,365.178	90.0	
	NBB-43	278km237.98 (-)	407,343.313	171,374.330	91.4	
탑리제3교	NBB-44	279km095.38 (-)	406,552.276	171,704.810	94.2	
	NBB-45	279km116.57 (-)	406,532.788	171,713.125	96.0	
탑리제4교	NBB-46	279km630.00 (-)	406,060.548	171,914.616	93.9	
	NBB-47	279km668.70 (-)	406,024.952	171,929.803	94.8	
산운제2교	NBB-48	280km803.30 (-)	404,981.373	172,375.067	92.3	
	NBB-49	280km827.00 (-)	404,959.575	172,384.368	92.3	
	NBB-50	280km877.00 (-)	404,913.586	172,403.990	90.2	
	NBB-51	280km927.00 (-)	404,867.597	172,423.612	90.2	
	NBB-52	280km977.00 (-)	404,821.608	172,443.234	90.2	
	NBB-53	281km027.00 (-)	404,775.619	172,462.856	92.5	
	NBB-54	281km052.00 (-)	404,752.625	172,472.667	92.5	
	NBB-55	281km075.70 (-)	404,730.826	172,481.968	92.5	
순호교	NBB-56	285km322.80 (-)	400,831.379	174,163.734	134.0	
	NBB-57	285km346.52 (-)	400,810.559	174,175.105	132.5	
	NBB-58	285km376.51 (-)	400,784.347	174,189.662	130.9	
	NBB-59	285km401.51 (-)	400,762.570	174,201.944	131.1	
	NBB-60	285km426.51 (-)	400,740.860	174,214.347	131.1	
	NBB-61	285km451.51 (-)	400,719.211	174,226.856	131.7	
	NBB-62	285km480.22 (-)	400,694.426	174,241.332	-	미시추

구조물	시추공번	조사위치 (량기(현))	좌 표		표 고 (EL.m)	비 고
			X	Y		
수북교	NBB-62-1	286km949.30 (좌 0.5m)	399,437.423	175,001.680	140.6	
	NBB-62-2	286km973.00 (좌 0.6m)	399,417.146	175,013.951	138.3	
	NBB-62-3	287km022.99 (-)	399,374.368	175,039.835	-	미시추
파전제1교	NBB-63	289km255.80 (-)	397,463.772	176,195.268	126.2	
	NBB-64	289km289.50 (좌 0.5m)	397,435.199	176,213.142	125.7	
	NBB-65	289km314.50 (-)	397,413.551	176,225.656	-	미시추
	NBB-66	289km359.50 (좌 0.5m)	397,375.309	176,249.381	126.2	
	NBB-67	289km394.50 (좌 0.5m)	397,345.364	176,267.500	126.2	
	NBB-68	289km429.50 (좌 0.5m)	397,315.420	176,285.619	126.6	
	NBB-69	289km464.50 (-)	397,285.216	176,303.311	-	미시추
	NBB-70	289km493.20 (-)	397,260.661	176,318.169	-	미시추
파전제2교	NBB-71	289km708.30 (-)	397,076.629	176,429.525	125.2	
	NBB-72	289km777.00 (-)	397,017.865	176,465.112	124.8	
	NBB-73	289km800.70 (-)	396,997.575	176,477.360	124.8	
파전제3교	NBB-74	290km054.96 (-)	396,780.052	176,609.010	125.7	
	NBB-75	290km085.88 (우 1.1m)	396,753.000	176,624.000	126.1	
	NBB-76	290km104.96 (-)	396,737.274	176,634.895	125.9	
	NBB-77	290km129.96 (-)	396,715.885	176,647.837	-	미시추
	NBB-78	290km154.96 (-)	396,694.496	176,660.780	-	미시추
	NBB-79	290km179.96 (-)	396,673.107	176,673.722	125.9	
	NBB-80	290km224.96 (-)	396,634.606	176,697.018	-	미시추
	NBB-81	290km249.96 (-)	396,613.217	176,709.961	-	미시추
	NBB-82	290km274.96 (-)	396,591.828	176,722.903	-	미시추

◈ 땅깎기

구조물	시추공번	조사위치 (량기(현))	좌 표		표 고 (EL.m)	비 고
			X	Y		
제2깎기	NCB-01	265km454.86 (우 12.6m)	419,640.721	171,420.954	107.8	
	NCB-02	265km570.36 (우 15.8m)	419,525.404	171,428.217	112.1	
제3깎기	NCB-03	272km617.90 (좌 40.8m)	412,847.897	172,156.824	136.2	
제4깎기	NCB-04	272km753.49 (우 12.9m)	412,730.955	172,069.668	119.5	
제5깎기	NCB-05	275km339.76 (좌 30.9m)	410,195.588	171,572.924	127.5	
제6깎기	NCB-06	275km559.95 (좌 22.0m)	409,979.920	171,527.665	121.5	
제7깎기	NCB-07	275km680.15 (좌 31.0m)	409,859.895	171,516.594	128.1	
제8깎기	NCB-08	275km840.07 (좌 30.9m)	409,702.183	171,490.113	-	미시추
제10깎기	NCB-09	285km539.95 (우 22.3m)	400,631.604	174,252.631	157.1	

◈ 쌓기 및 BOX부

구조물	시추공번	조사위치 (량기(현))	좌 표		표 고 (EL.m)	비 고
			X	Y		
C(함)업리제3	NSB-01	265km164.09 (-)	419,931.427	171,407.067	97.4	
쌓기부	NSB-02	266km019.50 (-)	419,080.448	171,491.808	88.4	
C(함)철파제1	NSB-03	266km638.19 (우 11.9m)	418,550.000	171,798.000	84.3	
C(함)철파제4	NSB-04	267km047.20 (우 8.0m)	418,241.000	172,066.000	84.0	
C(함)후죽	NSB-05	267km392.24 (좌 9.0m)	417,988.459	172,302.103	82.5	
쌓기부	NSB-06	267km704.69 (좌 7.8m)	417,703.411	172,431.775	82.8	
의성정거장	NSB-07	268km181.70 (좌 25.0m)	417,229.189	172,492.337	87.3	
의성정거장	NSB-08	268km375.46 (좌 17.9m)	417,035.504	172,501.337	85.3	
B(함)후죽	NSB-09	268km566.43 (-)	416,843.707	172,499.386	83.3	
C(함)도서제1	NSB-10	268km717.04 (-)	416,693.630	172,511.987	83.0	
C(함)도서제2	NSB-11	268km816.80 (-)	416,594.215	172,520.335	83.6	
B(함)팔성	NSB-12	269km718.77 (-)	415,695.352	172,595.129	-	미시추
B(함)비봉제1	NSB-13	272km543.92 (-)	412,929.973	172,136.567	103.6	
B(함)비봉제2	NSB-14	272km695.98 (-)	412,783.192	172,096.849	105.5	
C(함)비봉제3	NSB-15	272km887.60 (-)	412,597.725	172,046.978	100.0	
B(함)비봉제3	NSB-16	273km309.11 (-)	412,191.144	171,937.421	98.4	
C(함)하리제1	NSB-17	275km235.63 (-)	410,303.440	171,559.437	102.1	
B(함)하리	NSB-18	275km503.91 (-)	410,038.857	171,515.029	101.3	
C(함)하리제7	NSB-19	276km172.74 (-)	409,379.259	171,404.324	89.2	
C(함)학미제3	NSB-20	276km906.44 (-)	408,655.673	171,282.922	96.0	
B(함)탑리	NSB-21	277km990.16 (-)	407,580.470	171,302.802	93.0	
쌓기부	NSB-22	278km529.26 (-)	407,073.019	171,482.721	-	미시추
C(함)탑리제2	NSB-23	278km868.09 (-)	406,761.331	171,615.613	-	미시추
C(함)탑리제3	NSB-24	279km560.34 (-)	406,124.622	171,887.279	98.0	
C(함)탑리제6	NSB-25	279km860.00 (-)	405,848.999	172,004.879	100.4	
B(함)산운제1	NSB-26	280km020.00 (-)	405,701.835	172,067.668	96.5	
C(함)산운제1	NSB-27	280km255.27 (-)	405,485.435	172,160.001	93.3	
C(함)산운제2	NSB-28	280km311.00 (-)	405,434.176	172,181.871	-	미시추
쌓기부	NSB-29	280km463.99 (-)	405,293.461	172,241.909	91.2	
B함)산운제3	NSB-30	281km231.55 (-)	404,587.479	172,543.131	94.2	
B함)산운제4	NSB-31	281km475.49 (-)	404,363.110	172,638.863	95.3	
B함)산운제5	NSB-32	281km582.38 (-)	404,264.789	172,680.813	96.3	
C(함)산운제4	NSB-33	281km720.95 (-)	404,137.343	172,735.191	96.5	
C함)순호	NSB-34	285km240.00 (-)	400,904.640	174,125.150	133.6	
쌓기부	NSB-35	287km000.00 (-)	399,393.754	175,027.451	137.8	
C(함)파전제3	NSB-36	290km491.57 (-)	396,406.492	176,835.020	128.5	

◈ 터널부

구조물	시추공번	조사위치 (량기(현))	좌 표		표 고 (EL.m)	비 고
			X	Y		
하화터널	NTB-01	264km119.67 (우 6.3m)	420,974.053	171,409.045	162.0	
	NTB-02	264km242.57 (좌 6.6m)	420,850.519	171,407.319	156.5	
	NTB-03	264km355.24 (우 6.6m)	420,739.509	171,384.009	161.5	
	NTB-04	264km458.14 (좌 5.8m)	420,636.019	171,389.858	126.0	
	NTB-05	264km500.03 (우 22.0m)	420,595.349	171,360.198	124.8	
팔성제1터널	NTB-06	269km215.72 (우 28.5m)	416,194.291	172,524.893	-	미시추
	NTB-07	269km248.99 (좌 5.7m)	416,163.988	172,561.765	-	미시추
	NTB-08	269km349.48 (좌 7.6m)	416,064.000	172,572.000	174.1	
	NTB-09	269km584.63 (우 5.6m)	415,828.564	172,578.387	121.2	
	NTB-10	269km640.60 (좌 22.2m)	415,775.099	172,610.758	125.0	
팔성제2터널	NTB-11	269km786.74 (우 13.4m)	415,626.513	172,587.417	111.2	
	NTB-12	269km837.10 (좌 4.7m)	415,577.797	172,609.536	110.2	
	NTB-13	270km026.02 (좌 4.0m)	415,389.162	172,621.849	119.4	
	NTB-14	270km060.21 (우 4.0m)	415,354.638	172,615.478	118.5	
	NTB-15	270km159.92 (좌 4.0m)	415,255.204	172,626.368	150.0	
	NTB-16	270km284.63 (우 4.3m)	415,130.530	172,617.708	131.8	
	NTB-17	270km456.19 (좌 5.9m)	414,958.659	172,620.090	170.0	
	NTB-18	270km635.67 (우 4.8m)	414,780.994	172,592.430	171.4	
	NTB-19	270km971.09 (우 4.4m)	414,450.842	172,536.537	177.7	
	NTB-20	271km129.88 (좌 6.2m)	414,293.966	172,509.748	-	미시추
	NTB-21	271km321.79 (좌 5.2m)	414,108.665	172,459.524	-	미시추
	NTB-22	271km472.48 (우 5.4m)	413,965.934	172,410.046	-	미시추
	NTB-23	271km819.65 (우 6.5m)	413,630.991	172,318.728	179.2	
	NTB-24	272km199.69 (좌 5.4m)	413,260.923	172,231.394	136.5	
	NTB-25	272km368.65 (좌 9.0m)	413,096.861	172,190.856	125.5	
	NTB-26	272km403.91 (우 12.9m)	413,068.504	172,160.591	118.9	
비봉터널	NTB-27	273km389.93 (우 22.4m)	412,118.896	171,894.908	117.8	
	NTB-28	273km449.78 (좌 4.7m)	412,054.064	171,905.514	122.4	
	NTB-29	273km606.22 (좌 8.5m)	411,901.987	171,868.866	152.1	
	NTB-30	273km787.64 (우 5.2m)	411,729.282	171,811.787	159.0	
	NTB-31	273km971.60 (우 4.0m)	411,549.449	171,772.553	125.5	
	NTB-32	274km094.36 (좌 3.8m)	411,427.635	171,755.494	116.2	
	NTB-33	274km141.99 (우 3.1m)	411,382.171	171,739.716	117.3	
	NTB-34	274km193.57 (우 4.2m)	411,331.644	171,729.166	125.0	
	NTB-35	274km336.78 (우 4.2m)	411,190.551	171,704.310	123.9	
	NTB-36	274km485.31 (좌 4.3m)	411,042.664	171,688.057	125.0	
	NTB-37	274km521.65 (우 4.4m)	411,008.261	171,673.486	113.5	
	NTB-38	274km559.33 (좌 3.5m)	410,969.803	171,675.029	125.7	
	NTB-39	274km700.27 (좌 8.8m)	410,829.929	171,656.899	125.0	
	NTB-40	274km849.53 (우 5.6m)	410,685.110	171,617.995	128.0	
	NTB-41	274km905.77 (좌 3.8m)	410,628.087	171,617.982	114.8	
	NTB-42	274km963.38 (우 4.4m)	410,572.631	171,600.377	-	미시추
	NTB-43	274km990.03 (우 2.3m)	410,546.000	171,598.000	130.5	
	NTB-44	275km055.04 (우 3.5m)	410,482.094	171,586.040	125.2	

구조물	시추공번	조사위치 (량기(현))	좌 표		표 고 (EL.m)	비 고
			X	Y		
비봉터널	NTB-45	275km137.08 (좌 7.8m)	410,401.897	171,568.220	120.2	
	NTB-46	275km152.81 (우 13.0m)	410,382.927	171,586.186	114.0	
하리터널	NTB-47	277km200.42 (우 6.3m)	408,364.978	171,237.214	108.5	
청로터널	NTB-48	281km964.68 (좌 5.3m)	403,915.223	172,835.679	-	미시추
	NTB-49	282km112.77 (우 7.8m)	403,773.883	172,881.770	216.1	
	NTB-50	282km269.17 (좌 7.5m)	403,636.054	172,957.260	193.0	
	NTB-51	282km400.28 (우 4.5m)	403,510.733	172,997.633	202.5	
	NTB-52	282km534.28 (좌 5.5m)	403,391.416	173,059.427	163.2	
	NTB-53	282km628.42 (우 3.6m)	403,301.243	173,087.973	164.2	
	NTB-54	282km898.61 (우 8.3m)	403,050.895	173,189.719	203.0	
	NTB-55	283km191.85 (우 6.7m)	402,781.813	173,306.268	177.5	
	NTB-56	283km299.63 (좌 7.6m)	402,688.305	173,361.765	193.9	
	NTB-57	283km519.84 (우 8.3m)	402,479.502	173,433.525	291.6	
	NTB-58	283km818.96 (우 6.0m)	402,205.271	173,552.982	302.0	
	NTB-59	284km259.30 (우 5.6m)	401,800.437	173,726.227	206.1	
	NTB-60	284km564.49 (우 7.0m)	401,519.165	173,844.655	230.0	
	NTB-61	284km813.86 (좌 6.2m)	401,294.985	173,954.690	162.4	
	NTB-62	284km981.28 (좌 8.0m)	401,141.972	174,022.474	152.2	
	NTB-63	285km052.02 (우 18.7m)	401,066.432	174,026.858	160.2	
	NTB-64	285km669.41 (우 13.0m)	400,525.423	174,327.483	159.0	
순호터널	NTB-65	285km741.92 (좌 6.8m)	400,473.636	174,381.959	160.5	
	NTB-66	286km046.82 (좌 6.7m)	400,212.738	174,539.732	193.3	
	NTB-67	286km299.38 (우 6.9m)	399,989.616	174,658.844	216.0	
	NTB-68	286km556.18 (우 6.5m)	399,770.129	174,792.165	204.3	
	NTB-69	286km790.81 (좌 7.1m)	399,576.413	174,925.232	208.3	
	NTB-70	286km882.21 (우 5.8m)	399,491.517	174,961.489	171.1	
	NTB-71	286km904.89 (좌 13.4m)	399,482.062	174,989.665	151.8	
수북터널	NTB-72	287km040.28 (좌 18.8m)	399,369.039	175,064.414	160.8	
	NTB-73	287km056.43 (우 4.8m)	399,342.979	175,052.547	160.5	
	NTB-74	287km203.80 (우 4.6m)	399,217.000	175,129.000	191.0	
	NTB-75	287km344.89 (우 6.0m)	399,095.587	175,200.881	165.0	
	NTB-76	287km419.87 (좌 4.6m)	399,036.899	175,248.743	164.0	
	NTB-77	287km481.21 (좌 4.1m)	398,984.173	175,280.079	165.5	
	NTB-78	287km747.31 (좌 3.1m)	398,756.000	175,417.000	167.9	
	NTB-79	287km864.68 (우 6.5m)	398,650.587	175,469.505	188.8	
	NTB-80	288km095.47 (좌 5.1m)	398,459.170	175,598.968	164.0	
	NTB-81	288km454.04 (우 1.4m)	398,149.000	175,779.000	148.1	
	NTB-82	288km530.87 (우 4.9m)	398,081.446	175,815.766	141.8	
	NTB-83	288km574.94 (좌 4.6m)	398,048.691	175,846.746	-	미시추
	NTB-84	288km674.86 (우 4.9m)	397,958.244	175,890.287	-	미시추
	NTB-85	288km821.74 (우 7.1m)	397,831.436	175,964.443	161.5	
	NTB-86	289km026.56 (좌 5.9m)	397,662.980	176,081.683	188.8	
	NTB-87	289km156.00 (우 5.6m)	397,546.281	176,138.851	149.2	
	NTB-88	289km194.65 (좌 13.9m)	397,523.308	176,175.540	142.0	

(2) 물리탐사

• 조사위치의 선정은 기존 조사공 활용 및 철도설계기준(노반편)에 명시된 조사기준에 의거하여 조사지점을 계획하고, 현장답사를 통하여 최종 위치를 선정

물리탐사 위치도

◈ 전기비저항탐사

구분			위치(량기(현))	연장(km)	비고
전기 비저항 탐사	하화터널	R1	264km000 ~ 264km580	0.58	총 12.12km
	팔성제1터널	R2	269km180 ~ 269km660	0.48	
	팔성제2터널	R3	269km800 ~ 272km480	2.68	
	비봉터널	R4	273km420 ~ 275km200	1.78	
	청로터널	R5	281km940 ~ 285km080	3.14	
	순호터널	R6	285km700 ~ 286km960	1.26	
	수북터널	R7	287km020 ~ 289km220	2.20	

◈ 탄성파탐사

구분			위치(량기(현))	연장(km)	비고
탄성파 탐사	하화터널	L-1	264km450~264km570	0.12	총 4.42km
		L-2	264km500	0.06	
	제1깎기	L-3	264km810~264km990	0.18	
	제2깎기	L-4	265km350~265km820	0.47	
		L-5	265km440	0.04	
		L-6	265km560	0.04	
	팔성제1터널	L-7	269km200~269km260	0.06	
		L-8	269km216	0.06	
		L-9	269km570~269km690	0.12	
		L-10	269km640	0.06	
	팔성제2터널	L-11	269km750~269km850	0.10	
		L-12	269km787	0.06	
		L-13	272km360~272km460	0.10	
		L-14	272km404	0.06	
	제3깎기	L-15	272km570~272km670	0.10	
		L-16	272km620	0.08	
	제4깎기	L-17	272km710~272km810	0.10	

◈ 탄성파탐사-<계속>

구분			위치(량기(현))	연장(km)	비고
탄성파탐사	제4깎기	L-18	272km755	0.05	총 4.42km
	비봉터널	L-19	273km340~273km460	0.12	
		L-20	273km390	0.06	
		L-21	275km120~275km180	0.06	
		L-22	275km152	0.06	
	제5깎기	L-23	275km310~275km450	0.14	
		L-24	275km340	0.05	
	제6깎기	L-25	275km520~275km610	0.09	
		L-26	275km560	0.06	
	제7깎기	L-27	275km630~275km750	0.12	
		L-28	275km680	0.07	
	제8깎기	L-29	275km790~276km030	0.24	
		L-30	275km840	0.06	
	제9깎기	L-31	276km760~276km880	0.12	
		L-32	276km820	0.04	
	하리터널	L-33	277km120~277km340	0.22	
	청로터널	L-34	281km920~281km980	0.06	
		L-35	281km965	0.06	
		L-36	284km970~285km090	0.12	
		L-37	285km052	0.06	
	제10깎기	L-38	285km480~285km600	0.12	
		L-39	285km540	0.06	
	순호터널	L-40	285km630~285km750	0.12	
		L-41	285km670	0.06	
		L-42	286km860~286km920	0.06	
		L-43	286km905	0.06	
	수북터널	L-44	287km010~287km070	0.06	
		L-45	287km040	0.06	
		L-46	289km140~289km230	0.09	
		L-47	289km195	0.06	

(3) 현장시험

구 분	단위	수량					비고
		교량	깎기	쌓기및BOX	터널	합계	
지표지질조사	km^2	2.89				2.89	
시험굴조사	회	-	8	-	8	21	토취장 5회
표준관입시험	회	358	-	138	108	604	
현장밀도시험	회	-	8	-	8	16	
공내재하시험	회	32	-	-	34	66	
공내전단시험	회	-	-	-	6	6	
수압시험	회	-	-	-	35	35	
S-PS검층	회	2	-	-	-	2	

(4) 실내시험

구 분		단위	수량					비고
			교량	깎기	쌓기및BOX	터널	합계	
실내 토질 시험	함수비시험	회	169	-	76	34	300	시험굴 21회
	비중시험	회	169	-	76	34	300	시험굴 21회
	액성한계시험	회	169	-	76	34	300	시험굴 21회
	소성한계시험	회	169	-	76	34	300	시험굴 21회
	입도분석	회	169	-	76	34	300	시험굴 21회
	다짐 및 CBR 시험	회	-	8	-	8	21	토취장 5회
실내 암석 시험	시험편제작	회	93	16	-	249	358	
	일축압축강도	회	93	16	-	249	358	
	단위중량	회	-	16	-	178	194	
	탄성파속도	회	-	16	-	178	194	
	포아송비	회	-	16	-	178	194	
	인장시험	회	-	-	-	44	44	
	삼축압축시험	회	-	-	-	44	44	
	절리면전단강도	회	-	4	-	4	8	
	Swelling	회	-	4	-	4	8	
	Slaking	회	-	4	-	4	8	
	암유용성시험	회	-	7	-	7	14	

2.2 지표지질조사

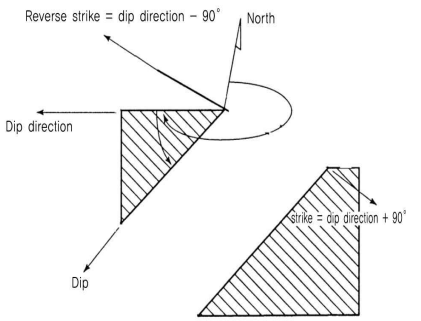
(1) 조사목적

•과업구간의 평면적인 구성과 계획 구조물에 영향을 미치는 토질 및 지질공학적인 자료획득
•지질조건(불연속면 방향성, 단층, 파쇄대등)의 공학적 특성을 고려한 조사수행으로 최적 구조물 설계 유도

(2) 수행방법

① 불연속면 방향성(Orientation)

•불연속면의 방향성(Orientation)은 주향(Strike)과 경사(Dip)로 정의되는데, 클리노콤파스(Clinocompass)를 사용하여 불연속면 중에서 주요 암괴의 안정에 영향을 미치는 불연속면(절리, 층리)들에 대하여 측정

구분	기호	설명	불연속면 방향성 도시방법
주향/경사 기초	45°	•45° 경사와 선방향의 주향을 가진 불연속면	
		•선방향의 주향을 가진 수직 불연속면직 불연속면	
불연속면 종류		•절리(Joint)	
		•층리(Bedding)	
		•엽리(Foliation)	
		•연속적인 불연속면, 실제 확인된 단층	
		•연속성이 보이지 않는 불연속면, 추정 단층	

② 절리간격

•절리간격은 절리간의 수직거리로서 암반을 구성하고 있는 암괴의 크기를 결정하고 암반의 공학적인 성질(암반굴착의 난이도, 파쇄특징, 투수율)등에 영향을 줌
•굴착시 암반의 파괴와 변형은 굴착크기에 대한 절리발달 간격의 비율이 중요한 요소
•최소, 평균, 최대간격(Smin, Save, Smax)은 각각의 절리군에 대해서 기록

표시방법	간격	등급
극히 조밀 (Extremely Close Spacing)	〈 20mm	Ⅴ
매우 조밀 (Very Close Spacing)	20~60mm	Ⅳ
조 밀 (Close Spacing)	60~200mm	Ⅲ
보 통 (Moderate Spacing)	200~600mm	Ⅱ
넓 음 (Wide Spacing)	600~2000mm	Ⅰ
매우 넓음 (Very Wide Spacing)	2000~6000mm	
극히 매우 넓음 (Extremely Wide Spacing)	〉 6000mm	

③ 절리의 연속성(Persistence)

•절취면에서의 절리의 크기 또는 절리가 연장되는 정도를 말함. 암반 비탈면의 안정성 검토 시에는 불안정한 것으로 고려되는 절리의 연속성 정도를 추정하는 것이 매우 중요

절리연속성의 표현(ISRM)		간 격
매우낮음	Very Low	〈 1m
낮 음	Low	1~3m
보 통	Medium	3~10m
높 음	High	10~20m
매우높음	Very High	〉 20m

④ 절리의 간극(Aperture)

•하나의 불연속면에 서로 인접한 암석간에 분리되어 있는 수직거리
•보통 물이나 점토등으로 충전되고 만일 충전물질이 없는 경우 간극의 정도는 투수시험으로 추정됨. 절리면의 간극정도는 절리면의 전단강도(마찰각)를 감소시키는 요인

간극	암반의 성질	
〈 0.1mm 0.10~0.25mm 0.25~0.50mm	매 우 촘 촘 함 (Very Tight) 촘 촘 함 (Tight) 부분적 벌어짐 (Party Open)	폐쇄형 (Closed Features)
0.5~2.5mm 2.5~10mm 〉 10mm	벌 어 짐 (Open) 약간넓음 (Moderately Wide) 넓 음 (Wide)	간극형 (Gaped Features)
1~10cm 10~100cm 〉 1m	매우넓음 (Very Wide) 극히넓음 (Extremely Wide) 동굴같음 (Cavernous)	개방형 (Open Features)

⑤ 암석강도(Strength)

•절리면 부근에 있는 암석의 일축압축강도로서 정의하며, 절리면의 강도는 절리면 부근에서 종종 발달하는 풍화와 열수변질에 의해서 암괴의 내부에 위치하는 암석의 강도보다도 낮은 경우가 있음. 절리면이 거의 벌어지지 않고 충전 물질이 없는 경우에 절리면의 일축압축강도는 전단강도에 중요한 영향을 미침

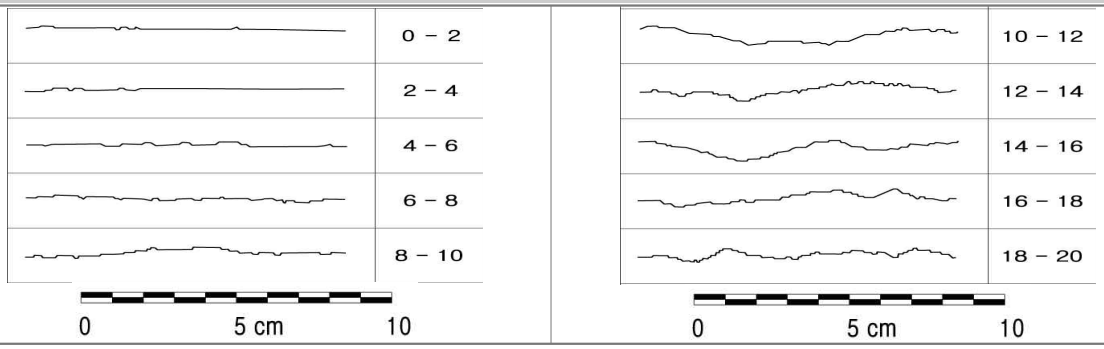
등급	표현	특징	일축압축강도(kgf/cm^2)
R0	Extremely Weak	손톱에 의해 파임	2.5~10
R1	Very Weak	해머 타격에 의해 부스러짐	10~50
R2	Weak	해머 타격에 의해 움푹파임	50~250
R3	Medium Strong	해머 1회 타격으로 깨짐	250~500
R4	Strong	해머 1회 이상의 타격에 의해 깨짐	500~1,000
R5	Very Strong	해머의 타격에 의해 깨짐	1,000~2,500
R6	Extremely Strong	해머타격에 의해 약간 깨짐	〉 2,500

⑥ 절리면의 거칠기(Roughness)

•절리면의 굴곡의 작은 규모의 Uneveness(요철)와 큰 규모의 Waneness(만곡)로 정의
•요철과 만곡으로 절리면의 전단강도를 추정(전형적인 JRC값을 보여주는 거칠기 Profile)
•절리면의 충진물이 없는 경우에는 정확한 추정이 가능하며 Profile Gauge등을 이용하여 측정

등급	표현		상태
I	Stepped	Rough	거침, 계단면
II		Smooth	부드러움, 계단면
III		Slickensided	경면, 계단면
IV	Undulating	Rough	거침, 파상면
V		Smooth	부드러움, 파상면
VI		Slickensided	경면, 파상면
VII	Planar	Rough	거침, 평면
VIII		Smooth	부드러움, 평면
IX		Slickensided	경면, 평면

거칠기 종단면과 JRC 값



⑦ 절리군의 수(Number of Sets)

•상호 교차하는 절리계를 이루고 있는 절리종류의 숫자임
•한 방향(Set)만 있으면 Plane failure(평면파괴), Toppling failure(전도파괴)가 발생하고, 두 개 이상의 절리종류가 있으면 Wedge failure(쐐기파괴)의 가능성이 있음

등급	방 법
I	괴상, 가끔 불규칙한 절리들
II	한 개군의 절리
III	한 개군의 절리+불규칙한 절리
IV	두 개군의 절리
V	두 개군의 절리+불규칙한 절리
VI	세 개군의 절리
VII	세 개군의 절리+불규칙한 절리
VIII	셋 이상의 절리
IX	파쇄된 암석, 토사 같은 암석

⑧ 충진물질(Filling)

•절리의 틈새를 충전하고 있는 물질(Calcite, Clay, Sand, Fault, Gouge, Breccia 등)은 일반적으로 모암보다 강도가 약함. 충전된 절리의 공학적인 성질(예:전단강도, 변형율, 투수율)은 충전물질의 종류에 따라 다양한 성질을 가짐

등급	방 법
폭	•간단한 충전 불연속면들의 가장 공통된 폭의 추정치의 최대와 최소폭은 10%오차 범위에서 측정되어야 함
풍화정도	•불연속면을 따라 차별적인 풍화의 결과로서 불연속면이 분해된 암석이나 파쇄된 암석으로 구성될수 있음
광 물	•충전된 불연속면에 있어 가장 미세한 충전물 부분이 일반적으로 장기간의 전단변형에 영향을 주기 때문에, 특히 활동성 점토나 팽창성 점토가 의심스러운 곳에서는 미세한 충진물질을 구성하는 광물의 구성성분이 결정되어야 함
입자크기	•불연속면 충전물의 등급에 대한 개력적인 정량적 표시방법은 점토, 실트, 모래 그리고 암석입자의 백분율의 추정치에 의해 표시될 수 있음
충전물 강도	•충전물의 강도는 MIT로 평가하고 이는 Penetrometer를 사용하여 보다 정밀한 평가로 대치할 수 있음
이전의 전단이력	•주어진 충전 불연속면에서 이전에 전단변위가 발생했는지 여부에 대해 세심하게 조사
함수량과 투수율	•충전된 불연속면의 함수량과 투수성은 “함수량에 의한 분류”에 따라 기록

⑨ 절리면의 투수(seepege)

•암반의 투수는 암석내의 공극을 통하여 이루어질 수 있으나(1차 투수율), 주로 절리를 통해서 이루어짐(2차 투수율)

•지하수위, 투수통로, 수압 등은 암반의 유효응력을 감소시킴으로써 비탈면이나 지반의 안정성을 현격히 감소시킬 수 있음

등급	A. 개방된 불연속면	B. 충진된 불연속면
1	•불연속면은 매우 Tight하고 건조, 유수의 흔적 없음	•충전물은 매우 압밀, 건조, 유수 흔적 없음
2	•불연속면은 유수 흔적 없고 건조함	•충전물은 습윤(Damp)하나 유수 흔적 없음
3	•불연속면은 건조. 유수흔적 있음(착색됨)	•충전물은 축축함(Wet). 가끔 물방울 떨어짐
4	•습기참(습윤), 자유수 흔적 없음	•충전물은 밀려나간 흔적을 보이며, 지속적인 물의 흐름이 있음
5	•불연속면 사이에서 물이 나오지만 지속적이지는 않음	•충전물은 국부적으로 씻겨나감. 밀려나간 곳에서 유수 관찰
6	•불연속면에서 지속적인 물의 흐름을 보여줌	•특히 처음 노출된 곳에서 매우 높은 수압으로 충전물은 완전히 씻겨나감

(3) 결과활용

•광역지질조사를 통한 지질분포 특성 파악 및 지질특성에 따른 추가 조사 계획 수립

•불연속면의 분포특성 파악을 통한 지반 안정성 해석자료 제공

2.3 물리탐사

2.3.1 전기비저항탐사

(1) 조사목적

- 과업구간 중 터널 예정구간에 대하여 지층분포 및 단층, 파쇄대, 각종 연약대 분포양상 파악
- 이상대를 확인하고 이상대 구간에 대한 추가 시추위치 선정 및 터널 설계에 필요한 미시추구간의 암반구분 등 터널구간 설계 자료 제공을 위해 실시

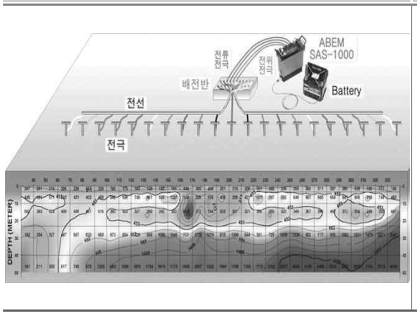
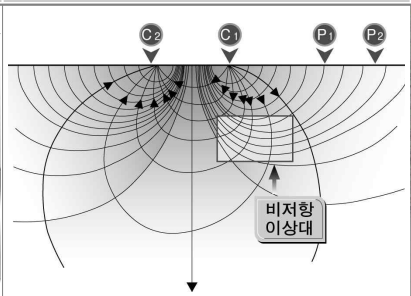
(2) 탐사원리

- 한 쌍의 전류전극(current electrode)을 통하여, 직류 전류 또는 저주파수 교류 전류를 지하에 흘려 보내, 다른 한 쌍의 전위전극(potential electrode)에서 전위차를 측정하여 지하 지질구조, 단층, 파쇄대, 지하수, 공동 등의 분포를 확인하는 물리탐사법
- 매질에 전류를 흘려보내주면 길이 L에 비례하고 단면적 A에는 반비례하는 전기저항을 갖게 되며, 전압이 크면 클수록 흐르는 전류량은 커짐
- 암석의 전기비저항은 암석의 공극률(porosity), 공극수의 성질, 유체 포화도, 조암광물의 종류, 점토 광물의 존재여부, 단층파쇄대, 공동 등의 요인에 의해서 변화됨

(3) 탐사방법

- 결정질 암반에서 수직전도체에 반응성 좋고 데이터 많은 수평탐사법인 쌍극자 배열법 사용
- 측정자료는 FDM 또는 FEM 기법을 이용한 비저항 역산 모델링에 의하여 2차원 영상처리가 되며, 지질구조 및 지반의 특성에 의해 고비저항 혹은 저비저항의 이상대로 표현됨

계획고 심도	전극/수진기 배열	전극/수진기 간격	예상 탐사심도	비 고
100m 이하	쌍극자(Dipole)	20m	200m	계획고 하 2D 심도

모식도	해석원리	전경사진
		

(4) 결과활용

- 선형구조 분석 및 지표지질조사 결과와 비저항 이상대 분석을 통한 지질구조대, 연약대, 파쇄대 위치 및 분포양상을 파악하여 구조물에 대한 영향검토를 위한 기초자료로 활용
- 전기비저항값과 암반분류(RMR)와의 상관성 분석을 통한 미시추구간의 암반분류 및 터널설계(지보패턴 결정 등)에 반영

2.3.2 굴절법탄성파탐사

(1) 조사목적

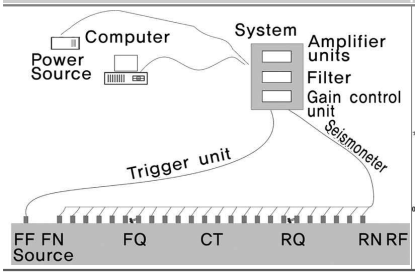
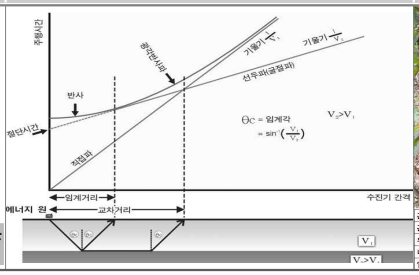
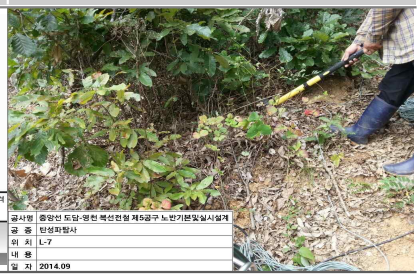
- 과업구간에서 실시한 광역 선형구조 분석, 지표지질조사, 시추조사 및 전기비저항탐사 결과와 연계하여 합리적인 지층선 추정 및 이상대 분포특성 파악
- 탄성파속도 분포로부터 개략적 지층의 연속적인 분포 및 파쇄대 등 저속도이상대 유무 파악

(2) 탐사원리

- 지표 바로 아래를 통해 전파하는 직접파 및 지층 경계면에서 굴절되어 지표에 도달한 굴절파의 도달시간을 측정하여 주시곡선을 작성하고, 해석하여 지하 속도구조를 규명하는 탐사법
- 지표상에 배치된 수진기(Geophone)에서 발파 등에 의해 발생된 진동을 감지하여 지층의 탄성파 속도를 규명하는 방법으로서 지표에서 발생된 탄성파가 속도가 다른 지층을 통과하면서 반사되는 선두파 (Head Wave)의 도달시간을 기록, 분석함으로써 지층구조를 파악
- 각 수진점에 도달하는 직접파와 선두파의 초동주시를 읽어 주시곡선을 작성하고, 주시곡선상에 나타나는 각 직선들의 기울기로부터 지층 속도 결정, 지층의 경계면까지의 깊이 계산

(3) 탐사방법

- 일반적으로 굴절법탐사는 첫 번째 수진점과 마지막 수진점 부근에서 각각 발파하여 두 개의 기록을 얻는 왕복측정 방식으로 수행
- 지질구조가 비교적 단순한 경우에는 이렇게 측정한 자료만으로도 해석이 가능하나, 지질구조가 복잡하고 측선이 짧을 경우 즉 12Channel을 기록할 경우에는 수진기 전개의 양단(End shot), 중앙점(Middle shot)에서 발파하여 적어도 세 개 이상의 기록을 얻어야 정확한 해석결과 획득 가능
- 본 현장에서는 각 지층의 분포심도를 확인하기 위하여 수진기 간격을 5m, 12~24개의 수진기를 이용하여 3~5지점에서의 타격, 원격 타격점의 위치는 탐사심도를 고려하여 결정

모식도	해석원리	전경사진
		

(4) 결과활용

- 선형구조분석, 시추조사, 전기비저항탐사 등 결과를 고려하여 연속적인 지층분포, 이상대 파악
- 터널 갱구부 설계 및 시공 시 필요한 굴착난이도 및 토공량 산정

2.4 현장조사

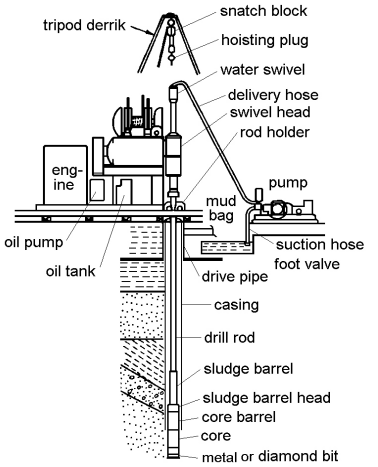
2.4.1 시추조사

(1)조사목적

- •지층의 수직적 분포상태, 각 지층의 지반공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도 등 파악
- •시료채취 및 각종 원위치시험을 실시하여 설계에 필요한 지반자료를 제공
- •회수된 코아상태, 슬라임 상태, 순환수의 색조 및 누수상태 등을 이용하여 기반암 상태 판단

(2) 수행방법

- •시추조사는 회전수세식(Rotary Wash Type)형 시추기를 사용하여 수행
- •시추구경은 NX(Φ=76mm) 규격으로 시행
- •공벽붕괴 방지를 위해 풍화암까지 Casing 삽입
- •토사 시료채취는 시추조사 중 토사 분포구간에 대하여 1.0m 간격으로 Split Spoon Sampler로 채취하고, 암반 시료 채취는 D-3 코아 Barrel 및 Diamond Bit를 사용하여 시료채취
- •채취된 암석코아는 육안관찰에 의하여 암석내에 분포된 불연속면과 충전물 등을 파악하고 절리의 분포상태, TCR, RQD 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 시추주상도 상에 기재
- •채취된 토질 및 암석시료는 시료상자에 공번, 심도, 지층명, 색상 등을 기록하여 정리 보관

모식도	시료사진	전경사진
		

(3) 결과활용

구 분	활 용 방 안
현장조사	•지층분포상태 파악 및 시료 채취 •시추공을 이용한 각종 현장시험 실시 •채취시료를 대상으로 실내시험 실시
조사성과 분석 및 설계	•시추코어를 이용하여 암반분류를 실시하고 암반등급 산정 시 활용 •지층단면도 작성의 기본자료로 활용하고 구조물계획 및 토공계획 수립에 활용

2.4.2 공내지하수위 측정

(1)조사목적

•지속적인 시추공 지하수위를 측정하여 안정된 지하수위 분포현황 파악

(2) 수행방법

•지하수위 측정은 지하수체(Groundwater Body) 상면 또는 시추공에 나타나는 정수면 (Piezometric Surface)의 위치를 지표면 또는 일정한 기준면으로부터의 심도를 측정
•시추작업 종료 후 케이싱 내에서 1차 측정을 실시하고, 시추작업 완료 후 24, 48 및 72시간 경과한 후에 각각 측정하여 안정된 지하수위를 획득
•측정 지하수위는 계절 및 기상현상에 따라 변동 할 수 있음

(3) 결과활용

•안정성 해석 및 침투류 해석에 활용
•터널의 배수계획 수립에 활용
•지하수위 변화에 따른 수압, 유효상재하중 산정
•지하수체계 변화에 따른 발생요인 사전 예측

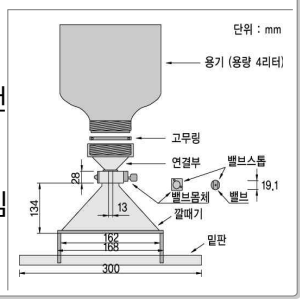
2.4.3 시험굴조사 및 현장밀도시험

(1)조사목적

•지층구성상태 파악, 쌓기재료의 다짐특성 파악
•도로 노반재료로서 적합성 여부 판단 및 토공량 산출을 위한 토량 환산계수 산정

(2) 수행방법

•시험장소의 지표면을 편평하게 고름
•시험기와 모래 무게를 측정한 후 시험기를 밑판 위에 놓고 밸브를 열어 모래를 자유낙하
•모래의 흐름이 멈추면 밸브를 잠궈 시험기를 들어내고, 밑판위의 모래를 모두 모아 담음
•시험구멍에 파낸 습윤토 무게를 측정
• ‘시험기+남은모래’ 무게를 측정 후 현장에서 급속 건조기로 파낸 흙의 함수비를 측정
•쌓기재료의 적합성 검토를 위해 시험굴 시료에 대해 물성시험 및 다짐시험 실시



(3) 결과활용

•채취된 시료를 활용하여 물성시험 및 다짐시험을 실시, 토공계획을 위한 토량환산계수 산정

2.5 현장시험

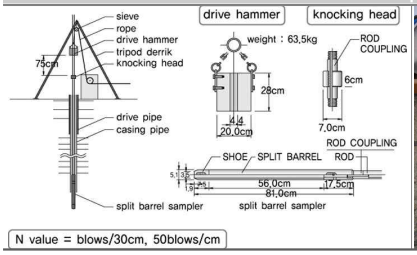
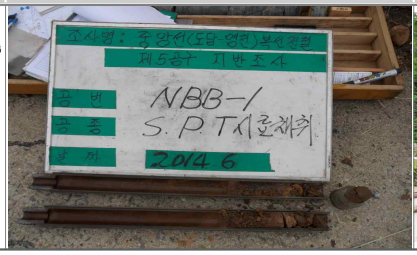
2.5.1 표준관입시험

(1) 조사목적

•N치로부터 지층의 조밀도 및 연경도 확인하고, 지반 강도특성 및 변형특성 파악하고 교란시료를 채취하여 육안판별 및 물성시험 시료로 이용

(2) 수행방법

•표준관입시험은 KS F 2307에 의하여 다음과 같이 시행
•무게 623N(63.5kgf) 해머로 자유낙하고 760mm에서 외경 51mm, 내경 35mm, 길이 810mm의 분리형 샘플러를 타격하여 30mm 관입하는데 소요되는 타격횟수(N값)를 측정
•150mm씩 3단계로 시행, 1단계 150mm 관입 시 타격수는 예비타로 간주하여 고려치 않음
•지층이 변할 때마다 또는 동일 층이라도 1.0m 깊이마다 연속적으로 시행
•지층이 조밀 또는 견고하여 300mm 관입이 곤란할 때는 50회 타격하고 그때의 관입량 기록
•시험결과 및 육안관찰 결과는 시추주상도에 상세하게 기재
•시험시료는 함수비의 변화를 최소화할 수 있도록 시료병에 넣어 필요사항(조사명, 조사일자, 채취심도, N값, 토질명 등)을 기재하여 시료상자에 보관

모식도	시료사진	전경사진
		

(3) 결과활용

•지반의 종합적인 판정의 기준이 됨
•지반구성과 강도 분포, 기초의 지지층 심도, 말뚝 항타관입의 가능성, 연약층 유무 파악

구 분	결과분석		
지반에 대한 종합판정	•지층 판별 및 토성 추정 •지지층 분포 심도 •말뚝의 관입성 •투수층의 유무 •연약층의 유무(압밀 침하층의 두께)		
N치추정	사질토	•상대밀도(Dr) •간극비 •지지력계수 •내부마찰각(ϕ) •기초지반의 탄성침하 •기초지반의 허용지지력 •액상화 가능성 파악	•변형계수 •횡파속도 •지반반력계수
	점성토	•컨시스턴스 •기초지지력 •일축압축강도(qu) •비배수 점착력(cu)	•말뚝의 연직지지력 •말뚝의 수평지지력

2.5.2 공내재하시험

(1) 조사목적

•조사구간 내 기반암의 변형특성 파악(변형계수 및 탄성계수 측정)

(2) 수행방법

•시추공에서 시험대상 심도까지 Probe 또는 Jack을 삽입하고 가압장치를 이용, 가압함으로써 공벽의 변위와 압력을 측정하는 방법으로 수행

•등변위재하법

- 직사각형의 강체 재하판을 장전한 Probe를 시험공 내에 삽입하고 유압 Jack으로 재하판에 의하여 공벽에 하중을 작용
- 시험시의 지반내 응력분포가 복잡하지만 등분포재하법과 비교해서 큰 하중을 작용시킬 수 있음
- 불균질 지반이나 이방성지반의 경우에는 재하방향에 따라 시험값이 다르게 될 경우가 있기 때문에 재하방향을 명확히 할 필요가 있음

•시험위치에 Jack 삽입후 단계적으로 가압과 감압을 반복하여 얻어진 변위 – 압력곡선으로 변형계수 및 공학적 특성치 산출함

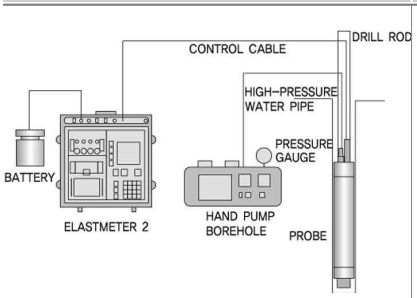
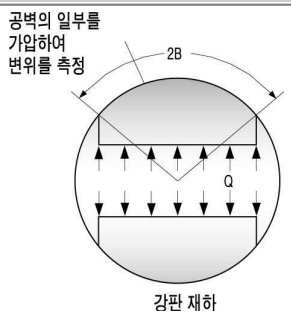
•$E_m = (1 + \nu) \cdot K_b \cdot R_m$

E : 변형계수(kgf/cm^2)　　ν : 지반의 Poisson ratio　　Kb : 지반반력계수, dp/dr

dp : 압력의 변화, Py – Po　　dr : 고무튜브 반경의 변화, Ry – Ro

Py : 항복압력 (kgf/cm^2)　　Po : 초기압력 (kgf/cm^2)　　Rm : (Ro+Po)/2

Ro : Po 때의 고무튜브의 반경,　　Ry : Py 때의 고무튜브의 반경

모식도	시료사진	전경사진
		

(3) 결과활용

•암반분류 경험식에 따른 변형계수와 시험값의 비교분석하여 암반등급별 변형계수 결정

•터널구간에 대한 연속체해석 시 활용

2.5.3 공내전단시험

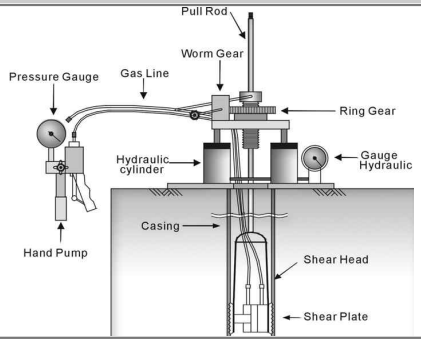
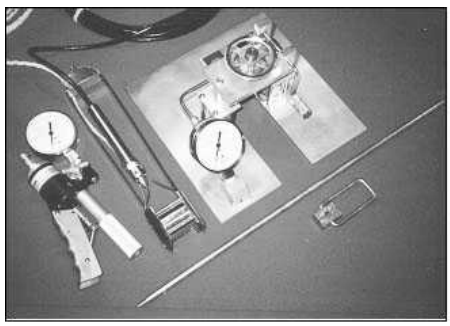
(1) 조사목적

•풍화대는 불교란시료 채취가 어려우므로 실내시험을 통한 강도정수의 산정이 어려움
•시추공전단시험기를 사용하여 시추공내에서 직접전단시험을 실시하여 풍화대 및 연암의 강도정수(c, φ)를 산출함으로서 신뢰성 높은 전단시험을 실시

(2) 수행방법

•시추공내에서 시험심도 구간 선정 후 프로브(Prove)를 삽입
•시추공에 저단부 삽입 후 상부 주변 지표면에 인발장치 (Pulling Device) 저판을 거치 후 강봉을 인발장치(Pulling Device)에 정착 고정하여 전단부와 인발장치를 연결
•인발장치에 장착된 인발회전장치를 2회/s의 속도로 회전시켜 전단부를 상향으로 인발(전단) 실시, 이때 인발장치상에 부착된 유압게이지를 통해 나타나는 전단응력을 관찰하고 최대값을 측정
•측정된 수직응력(Normal Stress), 전단응력(ShearStress)값을 도시, 선형회귀분석을 실시하여 직선의 파괴포락선(Failure Envelope) 작도 및 시험지층에 대한 강도정수(점착력, 내부마찰각) 값을 도출

시험공 선정 → 시험구간 선정 → 공경 확인 → Normal Stress Shear Stress → N/S 곡선 검토 → C, Φ값 산출

모식도	장비사진
	

(3) 결과활용

•풍화대 강도정수 산정시 직접적으로 반영
•비탈면 안정검토 등 각종 안정성 검토시 입력자료로 활용

2.5.4 수압시험

(1) 조사목적

- 조사구간 내 기반암의 수직적인 투수특성 파악
- 조사위치에서 지층별, 등급별 투수계수와 Lugeon값 산출

(2) 수행방법

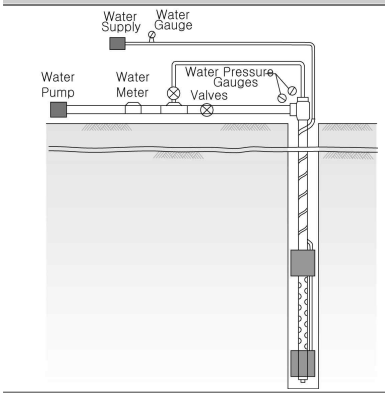
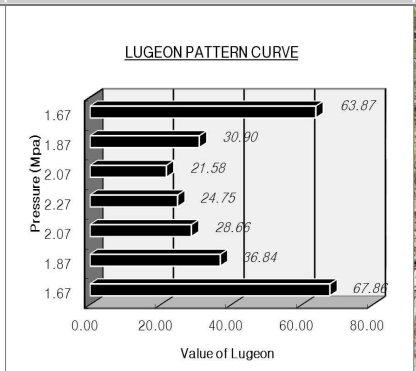
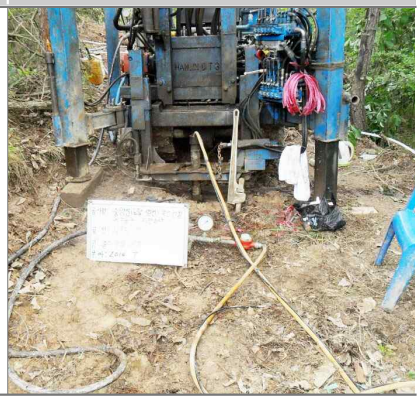
- packer 방식에 따라 single 방식과 double 방식 중 single 방식을 적용하여 실시
- 압력의 증감은 7~9단계로 실시하고 각 단계에서 주입압력별로 약 5분간 가압시간을 유지하여 정확인 주입수량을 측정하며 주입압력이 상승하지 않거나 누수시에는 중단
- 측정된 주입압에 따른 주수량을 이용하여 투수계수(K) 및 루전(Lugeon)값을 산정

$$K = \frac{2.3 \times Q}{2 \times \pi \times L \times H} \times \ln\left(\frac{L}{r}\right)$$

K:투수계수(cm/s), H:총수두(cm), Q:단위시간당 주수량(cm^3/s),
r:시험반경(cm), L:시험구간(m)

$$Lu = \frac{10 \times Q}{P \times L}$$

Lu:루전값, P:유효주입압력, Q:주입량(L/min), L:시험구간(m)

모식도	Lugeon Pattern	전 경 사 진
		

(3) 결과활용

- 과업구간 기반암의 투수계수와 주입압력별 투수패턴 및 Lugeon값 산출
- 터널굴착 시 지하수의 유출량 파악
  ⇒ 터널구간 또는 가시설구간 등에 대한 침투류 해석 및 보강대책 수립 시 기초자료로 활용
- 그라우팅 설계 시 기초자료로 활용

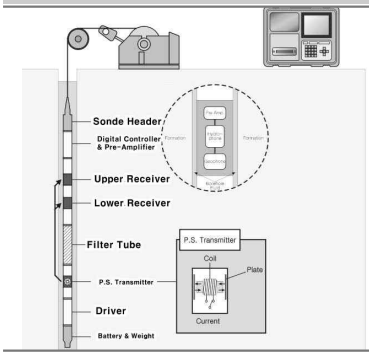
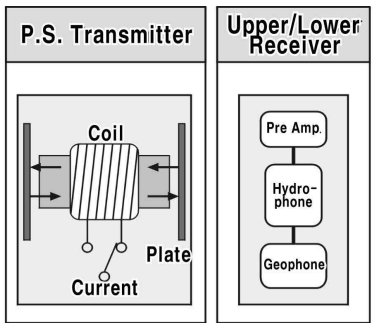
2.5.5 S-PS검층

(1) 조사목적

- 시추공을 이용하여 암반의 P파, S파 속도 산출 및 파쇄대 위치 파악
- 탄성파 속도를 이용하여 지층분포, 암반의 파쇄정도, 풍화대, 약층판정 등의 지반구조 추정

(2) 수행방법

- 음원과 수신기가 일체형이므로 고심도에서도 측정이 가능하며, 저주파 음원을 이용하기 때문에 주변지층의 S파 속도가 1,500m/s 이하이거나 연약지반에서도 지반의 속도를 측정 가능
- 1개의 송신원(음원)과 2개의 수진기군이 일체화된 검층기를 이용
- 송신원은 전자석의 성질을 이용한 전자해머(solenoid and hammer)로 수 kHz대의 음원을 발생
- 원통코일에 전류를 조정하여 흘리면 코일 내부의 전자해머가 수평으로 왕복하며 튜브파를 생성
- 송신원에 의한 음원은 공내수를 따라 상향 전파하며 이를 수진기군에서 성분별로 측정

모식도	측정 원리	장비사진
		

(3) 결과활용

- 원지반의 탄성파속도를 심도별로 측정하여 주요 구조물의 내진설계에 활용
- 밀도값과 대비시켜 구간별, 암종별 동적 특성 파악 및 주요 설계정수 산정에 활용

2.6 실내시험

2.6.1 실내 토질시험

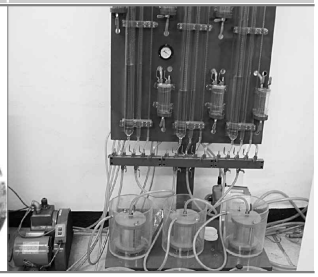
(1) 기본 물성시험

① 조사목적

•시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험, 시험굴조사 및 불교란시료 채취시 얻어진 시료 중 대표적인 시료를 선별하여 흙의 물리적, 역학적 특성을 파악

② 시험항목 및 규격

시험항목	시험규격	시험항목	시험규격
함수비시험	KS F 2306	액성한계시험	KS F 2303
비중시험	KS F 2308	소성한계시험	KS F 2303
입도분석시험	KS F 2302	#200 통과량시험	KS F 2309

액성한계	소성지수	입도분석	토질물성시험사진
			

③ 결과활용

•지반의 함수상태 및 단위중량 측정, 다짐관리 및 재료 선정시 활용
•토질의 분류와 공학적 특성, 지반의 입도분포 파악에 활용

2.6.2 역학시험

(1) 다짐 및 CBR 시험

① 조사목적

•흙구조의 다짐관리 및 재료선정
•CBR시험은 포장을 지지하는 노상토의 강도, 압축성, 팽창성, 수축성 등 결정

② 원리 및 방법

•다짐 및 CBR 시험 : KS F 2312, 2320
•수정 A, D 다짐으로 rdmax(최대건조단위중량), womt(최적함수비) 도출
•womt로 55, 25, 10회 5층 다짐 후 수조에 수침시켜 팽창량(96시간) 측정
•팽창시험 후 1mm/min의 속도로 관입시험 실시
•관입시험후 시험강도와 표준강도와의 비로 CBR값 산정

③ 결과활용

•현장의 다짐도와 노상토의 지지력 산정에 활용

2.6.3 실내 암석시험

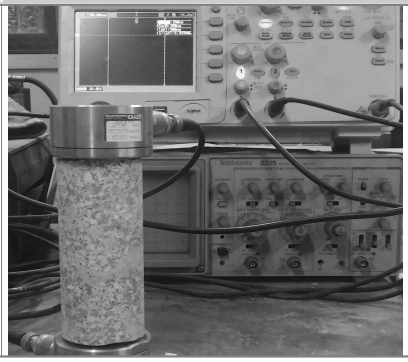
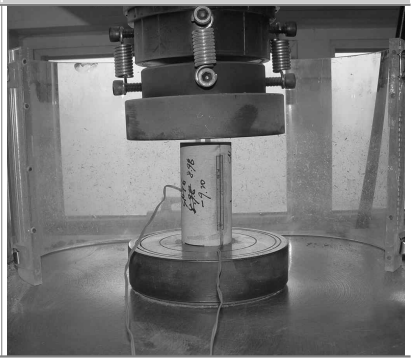
(1) 기본 물성시험

① 조사목적

•암석의 공학적 특성을 규명하기 위하여 채취된 암석시료에 대해 실내암석시험을 실시

② 시험항목 및 규격

시험항목	시험규격	시험항목	시험규격
단위중량	KS F 2518	탄성파속도	ASTM D 2845
탄성계수	ISRM	포아송비	ISRM

단위중량	탄성파속도	포와송비
		

③ 결과활용

•암석의 단위중량 파악, 암석의 균열도 파악, 암반분류, 암석의 포아송비, 암석의 탄성계수 파악, 암반 변형특성 파악

(2) 일축압축시험

① 조사목적

- 원주의 공시체에 축방향의 압축력을 가하여 강도를 산정

② 수행방법

- 일축압축강도 시험은 KS F 2519 탄성계수와 포아송비는 ISRM에 따라 KS F2405에서 규정한 시험기를 사용하여 시험편 축방향으로 압축을 가한 후 파괴될 때의 하중을 측정
- 일축압축강도(MPa) = 파괴시의 하중(N) / 시험편의 단면적(mm^2)

③ 결과활용

- 교량기초 지지력 산정 시 활용
- 일축압축강도를 이용하여 RMR 및 기타 암석 물성값 산정 시 활용

(3) 삼축압축시험

① 조사목적

- 암반의 실제 응력상태와 가장 유사한 결과를 도출하여 각종 시험결과와 상관관계 및 강도정수 산정 시 보정값으로 활용
- 실제 응력상태와 가장 유사한 결과를 산출

② 수행방법

- 삼축압축 및 삼축신장 조건하의 변형거동은 구속압, 하중강도, 온도, 함수상태, 시험편 크기 등에 좌우됨
- 시험편을 삼축압축 챔버에 넣고 일정한 측압을 가한 후 수직으로 하중을 가하여 파괴강도를 얻음
- 삼축시험 결과와 일축압축강도 및 압열인장강도 결과값을 활용하여 Mohr 파괴포락선으로부터 점착력 및 내부마찰각 도출

③ 결과활용

- 암석의 강도정수(점착력, 내부마찰각) 및 암반분류에 반영
- 각종 시험결과와 상관관계 분석 및 강도정수 산정 시 보정값으로 활용

(4) 인장강도시험

① 조사목적

•암반의 인장력에 대한 강도특성으로서 각종 시험결과와 상관관계 및 강도정수 산정 시 보정값으로 활용

② 수행방법

•압열인장시험은 공시체에 선하중 또는 점하중을 재하하여 하중방향의 수직한 방향에 인장응력을 작용시켜 구함

③ 결과활용

•각종 시험결과와 상관관계 및 강도정수 산정 시 보정값으로 활용
•암석의 역학적 특성 및 암반분류

(5) 절리면전단강도

① 조사목적

•절리면의 전단특성을 구하시 위한 시험으로 수직응력에 따른 최대 및 잔류전단강도를 측정하여 절리면 강도정수 산정

② 수행방법

•암석의 전단면이 연약면과 일치하도록 하여 장축방향으로 시험 실시
•시험시 전단변위의 속도는 10분동안 0.1mm/min 보다 작아야 함
  ➡ 전단시에 0.5~6.0mm 변위마다 측정 실시
•변위의 측정값들은 평균 전단변위(⊿s)와 평균 수직변위(⊿n)는 평균값을 계산
•시험편이 일정한 수직응력하에서 전단되고 1cm의 전단변위에 대해 5% 이하의 전단응력의 변화를 보이는 측정 값이 나타나면 잔류강도값 측정

•전단응력 : $\tau = \frac{P_s}{A}$ 수직응력 : $\sigma_n = \frac{P_n}{A}$

여기서, P_s : 전체 전단력, P_n : 전체 수직력, A : 전단력의 겹침면적

③ 결과활용

•불연속면의 물성치산정 및 터널의 불연속체 해석을 위한 BB－Model의 입력자료로 활용
•암반비탈면의 안정성 분석에 활용

(6) Swelling Strain Test

① 조사목적

•암석의 광물과 미세균열 틈새 사이로 물이 침투하여 암석의 체적이 팽창되는 정도를 측정
•암석의 조성광물 특성상 팽창성이 높아서 시공 전/시공 후에도 암석팽창에 의하여 지반과 구조물에 위험성이 우려되는 대표적인 시료에 시험을 수행

② 수행방법

•시험방식은 원주방향에 대해 구속한 채로 시험하는 방식과 비구속 방식이 있음
•원주상의 공시체를 공시체 축에 일치하도록 측정점을 정하고 지압판 및 변위계를 Setting
•공시체가 수침될 때까지 Cell에 물을 채우고 변화량이 일정할 때까지 시간경과에 따른 변위 측정
•흡수팽창율 : I = d / L×100 (%)
(d : 최대팽창량, L : 초기 길이)

③ 결과활용

•터널구간 암석의 팽창특성을 평가하고 터널 안정성 분석에 활용

(7) Slake Durability Test

① 조사목적

•암석의 지하수위 변동, 응력변화, 흡수팽창, 풍화 등에 의해 암석의 고결력이 저하되는 현상을 측정하기 위한 시험

② 수행방법

•암석시료에 건습의 반복에 따른 취약화 및 연질화에 대한 저항성 조사
•중량을 정확히 측정한 40~60g의 대표적인 시료를 시험장치의 드럼에 넣고 105°C의 온도로 2~6시간 노건조함
•드럼을 200rpm으로 10분간 회전시킨 후 드럼을 수조에서 꺼내 105°C로 노건조 시킨 후 냉각 후 중량을 측정, 이 과정을 3~4회 반복
•최종 건조중량을 초기중량으로 나누어 인내 풍화지수를 구하며, 그 중 2번째 Cycle에서의 Slaking 지수(Id_2)를 다음식으로 구함

$$Id_2 = \frac{C-D}{A-D} \times 100(\%)$$

여기서, Id_2 : Slaking 지수(건습 2번 반복), A : 초기(시료+드럼)중량
C : 최종(시료+드럼)중량 D : 드럼 중량

③ 결과활용

•터널구간 암석의 풍화에 대한 저항력을 평가하는 지표로 사용

(8) 암유용성시험

① 조사목적

•시공시 터널구간에서 발생되는 암석에 대하여 공사에 소요되는 각종 재료원으로서의 사용 가능성 여부를 검토하여 보다 경제적인 공사가 이루어질 수 있도록 함
•본선 발생암의 유용성은 콘크리트용 골재, 노체 및 포장 등의 재료로의 사용 적합성을 검토

② 과업적용 및 결과활용

시험항목	시험결과의 활용	표준방법	비고
비중 및 흡수율	암석의 단위중량 파악	KSF 2503, ISRM	
마모시험	암반 마모성 내구성 파악	KSF 2508, ISRM	
안정성	암석의 내구성 파악	KSF 2507, ISRM	

2.7 폐공처리

2.7.1 개요

(1) 개요

- 폐공의 정의 : 지하수관정, 지질조사용 시추공, 건설용 배수공 등 지표와 지하심부를 연결하는 통로가 될 수 있는 지하를 굴착한 모든 굴착공
- 과업노선 구간 내에 모든 시추공에 대해 지하수 오염을 방지하기 위해 폐공처리를 계획하고 폐공처리 절차에 따라 조치

(2) 관련법규

원상복구명령(지하수법 제15조)	처리대책
•허가·인가등이 취소된 경우, 또는 개발·이용기간이 만료된 경우 •지하수 개발 · 이용을 위하여 굴착한 장소에서 지하수가 채취되지 아니한 경우 •소요수량이 확보되지 아니하거나 수질불량으로 지하수를 개발 · 이용할 수 없는 경우 •지하수의 개발·이용을 종료한 경우 •기타 원상복구가 필요한 경우로서 대통령이 정하는 경우	•지표하부에 그라우팅이 되어 있는 경우에는 굴착깊이까지 불투수성 재료(시멘트 슬러리등)를 주입하여 다짐하면서 되메움(공매작업)함 •지표하부에 그라우팅이 되어있지 않고 보호벽(케이싱)이나 유공관(파이프)등이 설치되어 있는 경우에는 가능한 이를 제거한 후 굴착깊이까지 불투수성재료(시멘트 슬러리등)를 다짐하면서 되메움(공매작업)함

(3) 폐공처리 목적

- 폐공처리의 가장 중요한 목적은 지하수 오염방지
- 폐공처리에 의한 지하수 오염방지 효과
  - 폐공내로 유입되는 지표오염원차단
  - 오염원의 수직적 이동토로 제어
  - 오염 유발시설(케이싱 등) 제거

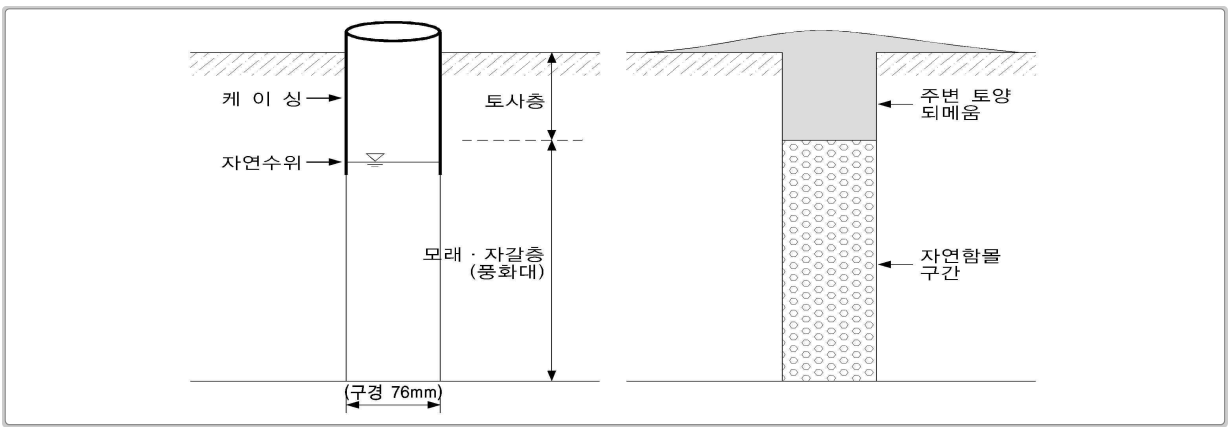
2.7.2 폐공 절차

- 시추심도 및 구경에 따라 충적층 시추공과 암반층 시추공으로 구분
- 우물은 심도에 따라 퇴적층 구간까지 또는 풍화대 구간까지만 굴착한 경우 충적층 시추공(우물)과 충적층 및 암반층 심부까지 굴착하는 경우 암반 시추공(우물)로 구분
- 시추공 구경이 100mm(4") 이하인 시추공을 소형으로 구분

① 충적층 시추공의 폐공

폐공처리 순서		
주변환경검토	→	•주변환경 등 작업여건과 오염물질 유입 여부 점검
폐공제원조사	→	•우물의 심도, 지하수위, 케이싱의 구경, 심도, 재질 등을 조사
케이싱 제거	→	•유압작키 등 장비나 도구를 이용하여 케이싱을 뽑아냄
되메움 작업	→	•공내부가 자연적으로 함몰 되게 함 •함몰이 안될 경우 주변 흙으로 다짐하며 되메움
주 변 정 리	→	•지표면을 평탄하게 하고 케이싱, 우물자재 등 폐자재는 운반 폐기처분

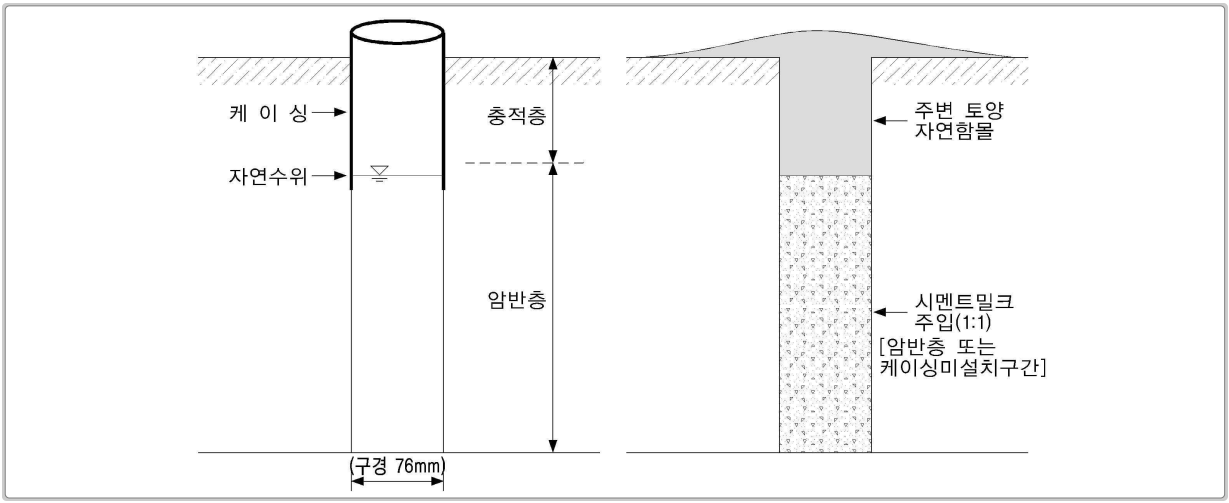
② 충적층 시추공의 폐공 모식도



③ 암반 시추공의 폐공

폐공처리 순서		
주변환경검토	→	•주변환경 등 작업여건과 오염물질 유입 여부 점검
폐공제원조사	→	•우물의 심도, 지하수위, 케이싱의 구경, 심도, 재질 등을 조사
폐공내 이물질 제거	→	•펌프 등 공내에 이물질이 있는 경우 완전히 제거
불투수성재료 주입	→	•암반구간(또는 케이싱 미설치 하부구간)에 불투수성 재료 주입 (시멘트 몰탈 등)
케이싱 제거	→	•유압재키 등 장비를 이용하여 케이싱 인발
지표부 표면처리	→	•충적층의 공내부가 자연함몰되게 하거나 주변 흙으로 되메움
주변정리	→	•주변 환경에 어울리게 주변정리 •작업 중 발생한 케이싱, 자재 등 폐자재는 운반하여 폐기처분

④ 암반 시추공의 폐공 모식도



2.7.3 조사구간의 폐공처리

① 폐공처리 전경

폐 공 전	폐 공 중	폐 공 후

② 검층 전경

검층 전경	검층 전경

③ 폐공현황

구분	교량부	터널부	쌓기 및 BOX	깎기부	계
시 추 공	73공	79공	32공	8공	192공
폐공처리	73공	79공	32공	8공	192공

2.8 지반분류 및 기재방법

2.8.1 흙의 분류 및 기재방법

(1) 기본방향

•흙의 분류는 성질이 다른 여러 흙을 간단한 시험을 근거로 몇 가지 무리로 나누어 사전에 그 흙의 공학적 성질을 파악하여 흙의 기초 자료로 활용할 목적으로 수행

(2) 흙의 분류

•흙의 공학적 분류는 1차 분류 수행 후, 통일분류법(USCS)을 기준으로 분류

(3) 기재방법

•시추주상도의 지층구분은 통일된 기호를 사용하고 N값은 사질토의 상대밀도 및 점성토의 연경도를 추정하는데 사용

(4) 기술내용

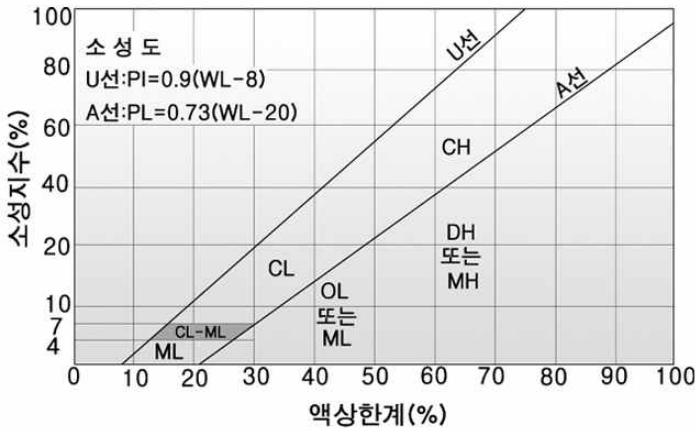
•지층상태는 매립토, 퇴적층, 붕적토, 풍화토로 지층 구분
•함수상태는 건조(Dry), 습윤(Moist), 젖음(Wet), 포화상태(Saturated)로 구분
•색조는 흑색, 갈색, 홍색, 적색, 황색 등에 담(연한)과 암(진한)의 접두어를 사용

(5) 흙의 분류방법

① 육안관찰에 의한 분류 (1차 분류)

구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓음		습윤상태에서 손가락으로 끈모양으로 굴 때
		건조상태	습윤상태	
모 래 (Sand)	•개개입자의 크기가 판별될 수 있는 입상을 보임 •건조상태에서 흘러내림	•덩어리로 되지않고 흐트러짐	•덩어리지나 가볍게 건들면 흐트러짐	•끈모양으로 꼬아지지 않음
실트섞인 모래 (Sillty Sand)	•입상이나 실트, 점토가 섞여서 약간 점성 있음 •모래질의 특성 우세함	•덩어리지나 가볍게 건드리면 흐트러짐	•덩어리지며 조심스럽게 다루면 부서지지 않음	•끈모양으로 꼬아지지 않음
모래섞인 실트 (Sandy Silt)	•세립사와 소량의 점토를 함유하고 실트 입자 50%이상 •덩어리가 쉽게 부서져 가루가 됨	•덩어리지며 만져도 부서지지 않음 •부서지면 밀가루와 같은 감촉	•덩어리지며 자유롭게 다루어도 부서지지 않음 •물을 부으면 서로 엉킴	•끈모양으로 꼬아지지 않으나 작게 끊어지고 부드럽고 약간의 점성 있음
실 트 (Silt)	•세립사와 점토 함량이 극소량이고 실트입자 함량이 80%이상 •건조되면 덩어리지나 쉽게 부서져서 밀가루 감촉의 가루로 됨	•덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	•덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 물에 젖으면 엉킴	•완전히 꼬아지지는 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아지고 부드러움
점 토 (Clay)	•건조되면 아주 딱딱한 덩어리의 상태로 됨 •건조상태에서 잘 부서지지 않음	•덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	•덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 찰흙 상태로 됨	•길고 얇게 말아지며, 점성 큼

② 통일분류법 (2차 분류)

구 분		흙의 통일분류 방법		분류기호
조립토 F〈50%	자갈질 흙 $F_1 < \frac{100-F}{2}$	No.200체 통과량 〈 5%	Cu≥4 이고 1〈Cg〈3	GW
		No.200체 통과량 〈 5%	GW 조건을 만족 못함	GP
		No.200체 통과량 〉 12%	PI〈4 또는 소성도의 A-선 아래	GM
		No.200체 통과량 〉 12%	PI〉7 이고 소성도의 A-선 위	GC
		No.200체 통과량 〉 12%	소성도의 "CL-ML"부분	GC-GM
		5 ≤ No.200체 통과량 ≤12%	GW와 GM조건을 만족함	GW-GM
		5 ≤ No.200체 통과량 ≤12%	GW와 GC조건을 만족함	GW-GC
		5 ≤ No.200체 통과량 ≤12%	GP와 GM조건을 만족함	GP-GM
		5 ≤ No.200체 통과량 ≤12%	GP와 GC조건을 만족함	GP-GC
	모래질 흙 $F_1 \geq \frac{100-F}{2}$	No.200체 통과량 〈 5%	Cu ≥ 6 이고 1 〈 Cg 〈 3	SW
		No.200체 통과량 〈 5%	SW 조건 만족 못함	SP
		No.200체 통과량 〉 12%	PI 〈 4 또는 소성도의 A-선 아래	SM
		No.200체 통과량 〉 12%	PI 〉 7 이고 소성도의 A-선 위	SC
		No.200체 통과량 〉 12%	소성도의 "CL-ML"부분	SC-SM
		5 ≤ No.200체 통과량 ≤ 12% 소성도의 A-선 아래	SW와 SM조건을 만족함	SW-SM
		5 ≤ No.200체 통과량 ≤ 12% 소성도의 A-선 아래	SW와 SC조건을 만족함	SW-SC
		5 ≤ No.200체 통과량 ≤ 12% 소성도의 A-선 아래	SP와 SM조건을 만족함	SP-SM
		5 ≤ No.200체 통과량 ≤ 12% 소성도의 A-선상 또는 위	SP와 SC조건을 만족함	SP-SC
무기질 세립토 F≥50%	LL 〈 50%	PI 〈 4 또는 소성도의 A-선 아래 PI 〉 7 이고 소성도의 A-선 위 4 ≤ PI ≤ 7, 소성도의 "CL-ML"부분		ML CL CL-ML
	LL ≥50%	소성도의 A-선 아래 소성도의 A-선 위		MH CH
유기질 세립토 F≥50%	LL 〈 50%	$\frac{\text{노건조시료 액성한계}}{\text{공기건조시료 액성한계}} < 0.75$		OL
	LL ≥50%			OH
소 성 도 표				

1) F: #200체 통과량(%)

2) F1: #4체를 통과하고 #200체에 남은 흙의 양(%)

(6) 흙의 기재방법

① 통일분류법에 사용되는 기호

토질의 종류		제1문자	토질의 속성		제2문자
조 립 토	자갈(Gravel)	G	조 립 토	•입도분포 양호 •세립분 거의 없음	W
	모래(Sand)	S		•입도분포 불량 •세립분 거의 없음	P
세 립 토	실트(Silt)	M	세 립 토	•세립분의 12% 이상 함유 •Atjs 아래, 소성지수 4 이하	M
	점토(Clay)	C		•세립분의 12% 이상 함유 •Atjs 위, 소성지수 47 이하	C
	유기질의 실트 및 점토	O		•압축성 낮음(Low Compressibility) •WL ≤ 50	L
유기질토	이 탄	Pt		•압축성 높음(High Compressibility) •WL ≥ 50	H

② 상대밀도 및 연경도

조립토(모래, 자갈, Peck)		세립토(점토, 실트, Terzaghi & Peck)	
4 이하	매우느슨(Very Loose)	2 이하	매우연약(Very Soft)
4 ~ 10	느 슨(Loose)	2 ~ 4	연 약(Soft)
10 ~ 30	보통조밀(Medium Dense)	4 ~ 8	보통견고(Medium Stiff)
30 ~ 50	조 밀(Dense)	8 ~ 15	견 고(Stiff)
50 이상	매우조밀(Very Dense)	15 ~ 30	매우견고(Very Stiff)
-	-	30 이상	고 결(Hard)

③ 상대밀도 및 연경도

함수비(%)	함 수 상 태	함수비(%)	함 수 상 태
0 ~ 10	건 조(Dry)	30 ~ 70	젖 음(Wet)
10 ~ 30	습 윤(Moist)	70 이상	연 약(Saturated)

④ 시료의 색조

색	1	담						암			
	2	분홍		홍		황	갈		감람	녹	회
	3	분홍	적	황	갈	감람	녹	청	백	회	흑

2.8.2 암반 분류 및 기재방법

(1) 기본방향

•암반분류는 터널, 교량 및 비탈면의 설계 및 시공에 영향을 주는 지반의 여러 성질을 등급에 따라 구분함으로써 조사, 설계, 시공에 이르는 전 과정에서 일관성 있게 적용할 수 있는 객관적인 지표로 사용하기 위한 목적으로 수행함

(2) 암반 분류

•풍화암, 연암, 보통암(필요시 검토 후 적용), 경암으로 구분하고 터널구간은 Rock Type(TyPe1~Type5)으로 표시하되 RMR 및 Q분류 의해 암반을 분류하고 분석을 수행함

(3) 기재 방법

•암석의 풍화상태, 불연속면의 간격(절리나 파쇄대의 간격), 강도 및 암질 표기는 ISRM(국제암반역학회)의 분류방법에 의거 분류
•조사과정에서 회수된 시추코어를 암석시험 및 육안 관찰하여 American Institute of Professional Geologist에서 제시한 “공학적 목적을 위한 암석시료의 채취방법 및 시추주상도 작성방법”에 의거 시추주상도 작성
•풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류

(4) 기술 내용

•색, 불연속면(Discontinuity)의 간격과 상태, 풍화상태, 강도, 암석명 등
•색은 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 청색 및 녹색)에 담(연함), 암(진한)의 명암 및 혼색의 서술용어를 사용

(5) 암반분류 방법

•지반조사 시 암반의 분류는 TCR, RQD, 시추굴진상태 및 시추굴진속도, 풍화상태를 관찰하여 시추주상도에 기재하고, 풍화암, 연암, 경암으로 구분
•토공의 작업성(리퍼빌리티) 의거한 분류는 토사, 리핑암, 발파암으로 구분

구 분	분 류 방 법	개 요	비 고
지질학적 분류	•성인에 따른 분류	•암석의 생성 조건에 따라 분류	
품셈에 의한 분류	•지반조사에 의한 분류 •지반조사에 의한 분류 •일축압축강도에 의한 분류 •토공 작업성에 의한 분류	•지반조사 시 암반분류 기준에 의거 •해머 타격 및 탄성파속도에 의한 분류 •암석의 강도특성에 따른 분류 •TCR, RQD 및 탄성파속도에 따른 분류	
공 학 적 분류	•RQD를 이용한 분류 •RMR을 이용한 분류 •Q-System에 의한 분류	•시추조사 시 회수된 코어를 이용 •암반상태를 등급화 하여 분류 •터널공사에 영향을 미치는 특성을 등급화	

① 지질학적 분류

•지질학적 분류는 지질연대에 의한 분류와 성인에 의한 분류로 세분화
•지질연대에 따른 분류는 지층의 층사와 암석의 경년을 기준으로 한 연대에 따라 대(代, Era), 기(紀, Period), 세(世, Age)로 구분
•성인에 의한 분류는 먼저 생성과정에 따라 화성암, 변성암, 퇴적암의 3가지로 구분한 다음 암석의 생성조건과 조암광물의 종류 및 성분, 쇄설물의 입경, 결정구조 등에 따라 세분화

- 화성암
  - 심성암 : 화강암(Granite), 섬록암(Diorite), 반려암(Gabbro)
  - 화산암 : 유문암(Rhyolite), 안산암(Andesite), 현무암(Basalt)
- 퇴적암
  - 쇄설암 : 역암(Conglomerate), 각력암(Breccia), 사암(Sandstone) 셰일(Shale), 이암(Mudstone)
  - 비쇄설암 : 석회암(Limestone), 백운암(Dolomite), 쳐트(Chert)
- 변성암
  - 광역변성암 : 천매암(Phyllite), 편암(Schist), 편마암(Gneiss)
  - 접촉변성암 : 혼펠스(Hornfels)
  - 동력변성암 : 압쇄암(Mylonite)

② 품셈에 의한 분류

◈ 국토해양부 표준품셈

구 분	지질조사에 의한 분류기준	지 질 특 성
연 암	•TCR : 20~40%, RQD : 〈25% •Js : 60mm~200mm •일축압축강도(건조상태) : 70~100MPa	•암의 내부를 제외하고 균열을 EK라 다소 풍화가 진척되어 있으며, 장석 및 유색광물이 변색됨 (심한 풍화~보통풍화) •해머로 1~2회치면 둔탁음을 내고 부서지거나 갈라짐
보 통 암	•TCR : 40~70% •RQD : 25~50% •Js : 150mm~300mm •일축압축강도(건조 상태) : 100~130MPa	•절리면을 따라 다소 풍화가 진행, 석영을 제외한 장석 및 유색광물 일부 변색됨(보통 풍화~약간 풍화) •해머타격 시 탁을 ㄹ 내고 2~3회에서 갈라지며 갈라진 면이 날카로움
경 암	•TCR : 〉70%, RQD : 〉50% •Js : 200mm~500mm •일축압축강도(건조 상태) : 130~160MPa	•대체로 신선, 절리면을 따라 약간풍화, 암 내부는 대체로 신선(약간풍화~신선) •해머타격 시 금속음을 내고 잘 부서지지 않으며 튀는 경향을 보임

※ 참조 : 도로설계실무편람(토공 및 배수공)

◈ 호남고속철도 설계지침 – 암석의 강도

분 류	인 지 방 법	일축압축강도 (MN/m^2)	등 급
극 히 강 함 (Extremely Strong)	•해머로 세게 타격하면 암석의 이가 빠지는 정도	〉 250.0	Ⅰ
매 우 강 함 (Very Strong)	•해머로 수십 회 타격하면 깨짐	100.0~250.0	Ⅱ
강 함 (Strong)	•해머로 수 회 세게 타격하면 깨짐	50.0~100.0	Ⅲ
보 통 약 함 (Medium Strong)	•칼로 긁을 수 없음 •해머로 세게 1회 타격하면 깨짐	25.0~50.0	Ⅳ
약 함 (Weak)	•해머로 치면 약간 들어가는 흔적 •칼로 어렵게 긁힘	5.0~25.0	Ⅴ
매 우 약 함 (Very Weak)	•해머로 치면 뭉개지는 흔적 •칼로 쉽게 긁힘	1.0~5.0	Ⅵ
극 히 약 함 (Extremely Weak)	•엄지손가락으로 누르면 약간 들어가는 흔적	0.2~1.0	

※ 참조 : 호남고속철도 설계지침 p.4-11

◈ 호남고속철도 설계지침 – 암석의 풍화도

분 류	인 지 방 법	등 급
신 선 함 (Fresh)	•풍화받은 흔적이 없고, 주요 불연속면을 따라 장석질이 약간 변색된 흔적이 있음	Ⅰ
약 간 풍 화 (Slightly Weathered)	•암석이나 불연속면을 따라 광물이 변색된 흔적이 있음 •모든 광물의 풍화에 의해 변색된 흔적이 있고, 신선한 암석보다 외관상 약한 면을 가지고 있음	Ⅱ
보 통 풍 화 (Moderately Weathered)	•암석의 50% 미만이 분해되었거나, 흙으로 풍화된 흔적이 있음 •신선한 암석이나 변색된 암석이 핵석으로 또는 많은 부분에 남아 있음	Ⅲ
많 이 풍 화 (Highly Weathered)	•암석의 50% 이상이 분해되었거나, 흙으로 풍화된 흔적이 있음 •신선한 암석이나 변색된 암석이 핵석으로 또는 많은 부분에 남아 있음	Ⅳ
심 한 풍 화 (Completely Weathered)	•대부분의 암석이 분해되었거나 흙으로 풍화되고, 원암반의 구조가 흔적으로 대부분 남아 있음	Ⅴ
잔 류 토 층 (Residual Soil)	•해모든 암석이 흙으로 풍화되어 있고, 암반구조나 암석특성이 보이지 않음 •체적의 변화가 크게 발생하였으나 이동은 되지 않았음	Ⅵ

※ 참조 : 호남고속철도 설계지침 p.4-12

◈ 탄성파속도에 의한 암반분류

분 류	개 요	그룹	자연상태의 탄성파속도 (km/s)	암편 탄성파속도 (km/s)	암편 내압강도 (MPa)
풍 화 암	•암질이 부식되고 균열이 10~100 mm 정도로서 약간의 화약을 사용해야 할 암질로서, 일부는 곡괭이를 사용할 수 도 있는 암질	A	0.7~1.2	2.0~2.7	30~70
		B	1.0~1.8	2.5~3.0	10~20
연 암	•셰일, 사암 등으로 균열이 100~300 mm 정도로서 굴착 또는 절취에는 화약을 사용해야 하나 석축용으로는 부적합한 암질	A	1.2~1.9	2.7~3.7	70~100
		B	1.8~2.8	3.0~4.3	20~50
중 경 암	•풍화상태를 엿볼 수 있으나 굴삭 또는 절취에는 화약을 사용해야 하며 균열이 300~500 mm 정도의 암질(석회석, 다공질 안삼암 등)	A	1.9~2.9	3.7~4.7	100~130
		B	2.8~4.1	4.3~5.7	50~80
경 암	•화강암, 안산암 등으로 굴착에는 화약을 사용해야 하며 균열이 1m 이내로서 석축용으로 쓸 수 있는 암질	A	2.9~4.2	4.7~5.8	130~160
		B	4.1 이상	5.7 이상	80 이상
극 경 암	•암질이 대단히 밀착된 단단한 암질(규암, 각석 등 석영질이 풍부한 경암)	A	4.2 이상	5.8 이상	160 이상

◈ 그룹별 암종분류

구 분	A 그룹	B 그룹
대표적 암명	•편마암, 사질편암, 녹색편마암, 사암, 각력암, 석회암, 휘록응회암, 역암, 화강암, 섬록암, 감람암, 사교암, 유문암, 셰일, 안산암, 현무암	•흑색편암, 녹색편암, 휘록응회암, 셰일, 이암, 응회암, 집괴암
함유물 등에 의한 시각판정	•사질분, 석영분을 다향 함유하고, 암질이 단단한 것 •결정도가 높은 것	•사질분, 석영분이 거의 없고 응회분이 있는 것 •천매상의 것
0.5~1.0 kg 햄머의 타격에 의한 판정	•타격점의 암은 작은 평평한 암편으로 되어 비산되거나 거의 암분을 남기지 않는 것	•타격점의 암 자신이 부서지지 않고 분산이 되어 남으며, 암편이 별로 비산 되지 않는 것

◈ 리핑암과 발파암의 분류

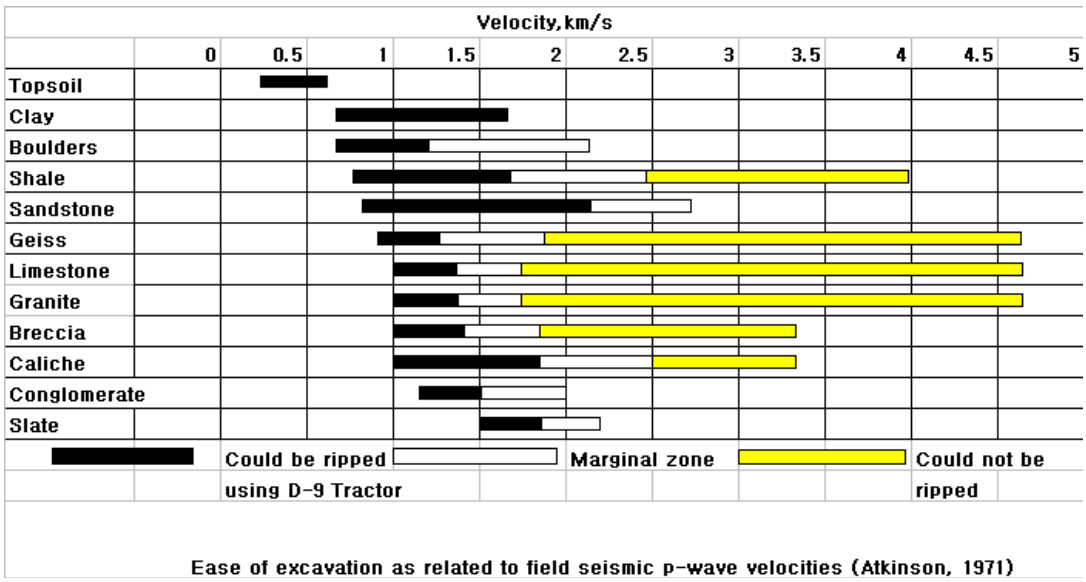
구 분	탄 성 파 속 도	
	A 그룹	B 그룹
리 핑 암	700 ~ 1,200 m/s	1,000 ~ 1,800 m/s
발 파 암	1,200 m/s	1,800 m/s

◈ 암반상태별 굴착난이도

등 급	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
암질 상태	매우 양호	양호	보통	불량	매우 불량
탄성파속도 (m/s)	2,150 이상	1,850~2,150	1,500~1,850	1,200~1,500	450~1,200
평 점	10	24	20	12	5
일축압축강도 (Kgf/cm^2)	700 이상	200~700	100~200	30~100	17~30
평 점	10	5	2	1	0
풍화도	신선 (F)	다소풍화 (WS)	보통풍화 (MW)	심한풍화 (HW)	완전풍화 (CW)
평 점	9	7	5	3	1
불연속면간격	3 m 이상	1~3 m	0.3~1 m	0.05~0.3 m	0.05 m 이하
평 점	30	25	20	10	5
불연속면의 연속성	연속성 없음	약간 연속성	연속적이고 협재된 점토 없음	연속적이고 협재된 점토 약간	연속적이고 협재 점토
평 점	5	5	4	0	0
불연속면의 상 태	분리 흔적 없음	약간 분리된 상태	1mm 이하 분리 상태	틈이 5mm 이하	틈이 5mm 이상
평 점	5	5	4	3	1
주향과 경사	매우 불량	불량	보통	양호	매우 양호
평 점	15	13	10	5	3
총 평점	90~100	70~90	50~70	25~50	25 이하
리퍼빌리티	발파	리핑 극히 곤란 및 발파	리핑 매우 어려움	리핑 어려움	쉽게 리핑됨

※ 주향과 경사방향은 리핑작업 효율에 따른 구분임
(총평점 75이상은 미리 발파하기 전에는 리핑이 불가능함)

◈ Atkinson(1971)의 탄성파 속도에 따른 굴착난이도 분류



Ease of excavation as related to field seismic p-wave velocities (Atkinson, 1971)

③ 공학적 분류

◈ 일축압축강도에 따른 분류

구 분	풍화암	연암	보통암	경암	극경암
제3기 퇴적암 화성암	각 암석의 풍화암	셰일, 응회암, 사암, 이암, 각력응회암	역암, 집괴암, 현무암 (다공질)	쳐트, 규질아질라이트, 유문암, 반암, 안산암, 조면암, 집괴암, 현무암	규질아질라이트, 석영, 조면암, 석영안산암
중생대 퇴적암 화성암	각 암석의 풍화암	셰일, 탄질셰일	사질셰일, 실트스톤, 장석질사암	역암, 경사암, 규질셰일, 화강암, 반암, 규장암, 화강편마암, 쳐트, 혼펠스	석영맥, 쳐트, 혼펠스
고생대 및 선캠브리아기 퇴적암, 화성암 및 변성암	각 암석의 풍화암	셰일, 실트스톤, 탄질셰일, 석회암, 대리석, 점판암, 천매암, 사문암	슬레이트, 백운암, 흑운모편암, 흑연편암, 녹니석편암, 견운모편암	사암, 역암, 규질셰일, 규질석회암, 섬록암, 섬장암, 반려암, 석영반암, 화강반암, 페그마타이트반암, 화강편마암, 운모편마암, 각섬석편마암, 호상편마암, 석영편암, 각섬석편암, 운모편암	경사암, 규암, 석영맥
일축압축강도 (MPa)	12.5 이하	12.5~40.0	40.0~80.0	80.0~120.0	120.0 이상 경우에는 180.0
적 용	•상기한 암석의 일축압축강도는 암반분류의 한 요인으로서 암반을 종합 판정할 경우에는 풍화정도, 균열상태, 코어형성 등의 제 성질을 참작하여 실시 •엽리(Foliation) 및 잠재균열이 발달한 암은 일축압축강도는 저하함				

※ 참고 : 한국기술용역협회 지질조사표준품셈

(6) 암반의 기재방법

•암석 코어에 대한 서술 내용 : 색, 불연속면 간격, 풍화상태, 암석명, 강도 등
•암석의 풍화상태, 불연속면 간격(절리나 층리면의 간격) 및 강도는 Core Logging Committee (1978) 기준에 따라 기술

① 색

•암석 기본색(황색, 갈색, 회색, 녹색)에 담(연한)과 암(진한)의 명암 및 혼색에 대한 접두어 사용

② 불연속면 간격 분류

기 호	표 현	간 격
F5	매우 심한 균열 (Highly Fractured)	50 mm 이하
F4	심한 균열 (Fractured)	50 ~ 100 mm
F3	보통 균열 (Moderately Fractured)	100 ~ 200 mm
F2	약간 균열 (Slightly Fractured)	0.2 ~ 1.0 m
F1	괴상 (Solid)	1.0 m 이상

③ 풍화상태 분류

기 호	표 현	설 명
D5	완전풍화 (Completely Weathered)	•암석 전체가 완전 풍화를 받아 흙으로 변화되었으나 모암의 원조직과 구조를 지니며, 간혹 풍화를 받지 않은 암편을 함유하는 상태
D4	심한풍화 (Highly Weathered)	•암석 내부까지 풍화가 진행 중이며, 점토물질이 협재되어 있어 부분적으로 쉽게 부스러뜨릴 수 있는 상태
D3	보통풍화 (Moderately Weathered)	•전 암석 표면에서부터 풍화가 진행 중이며 색조는 변하였으나 손으로 부스러뜨릴 수 없는 상태
D2	약간풍화 (Slightly Weathered)	•기반암 중에 발달된 불연속면을 따라 미약한 풍화작용이 시작되고 있으나 암석 자체에는 아무런 풍화작용이 일어나지 않은 상태
D1	신선 (Fresh)	•풍화작용의 흔적이 없는 상태

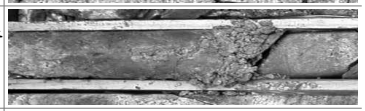
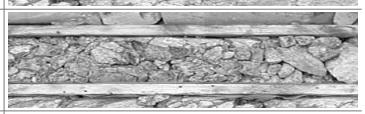
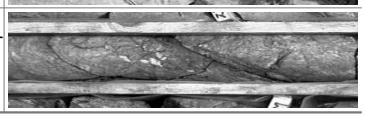
④ 강도(육안판정) 분류

기 호	표 현	설 명
S5	매우 약함 (Very Weak)	•손가락 또는 엄지손가락의 압력으로 눌러 으스러지는 정도
S4	약 함 (Weak)	•해머로 눌러 으스러지는 정도
S3	보통 강함 (Moderately Strong)	•1회의 약한 해머 타격으로 쉽게 깨지며 모서리가 으스러지는 정도
S2	강 함 (Strong)	•1~2회의 강한 해머 타격으로 깨지거나 모서리가 각이 지는 정도
S1	매우 강함 (Very Strong)	•여러 번의 강한 해머 타격으로 패각상의 조각으로 깨지며 각이 날카로운 정도

⑤ 절리면의 거칠기 분류(ISRM)

구 분	계 단 형(Stepped)	파 동 형(Undurating)	평 면 형(Planar)
거 칠 음 (Rough)			
완 만 (Smooth)			
경 면 (Slikensided)			

⑥ 일반적인 암반시료 상태에 대한 용어

사용 용어	암반시료상태	비고
파쇄대	•물리적인 힘의 작용으로 반복적인 파괴가 일어나 형성되는 지역 또는 구간	
단층 점토	•단층작용에 의해 생성된 암편이 풍화작용이나 열수 작용을 받아 점토광물로 변화된 것	
단층 파쇄대	•단층에 의한 반복적인 파괴에 의해, 다양한 규모로 방향성을 가지며 발생하는 파쇄대	
단층 각력	•단층운동에 의해 생긴 각력상의 파쇄 암편	
전단대	•단층파쇄대의 파괴면이 여러개가 모여 면과 면간에 얇은 판상으로 된 것	
Slickenside	•습곡이나 단층이 형성되는 동안 인접층들의 운동과 관련되어 생긴 선상구조	

(7) TCR과 RQD

•암 코아(Core)에 대하여 풍화정도, 색상, 코아크기, 암석명, 강도, 절리간격 등을 기술

•코아회수율(Total Core Recovery ; TCR)

TCR(%) = (회수된 Core의 길이 / 굴착된 암석의 총길이) × 100

•암질지수(Rock Quality Designation ; RQD)

RQD(%) = (10cm 이상되는 채취된 암석의 시편의 합 / 암석 굴진 길이) × 100

구 분	균열 상태	Core 상태	RQD(%)	상 태
A	•균열이 거의 없고 대체로 잘 밀착되어 있음	•봉상~장주상이고 대체로 40cm 이상의 상태로 채취	90~100	대단히 양 호
B	•균열의 간격이 20~40cm 정도이며 잘 밀착되어 있음	•봉상이며 대체로 20~40cm의 상태로 채취	75~90	양 호
C	•균열이 비교적 발달되어 있음(10~20cm)	•주상~단주상이고 10~20cm 전후의 상태가 많음	50~75	보 통
D	•균열이 잘 발달되어 있고 층리부터 갈라지기 쉬움	•5~10cm정도의 단주상의 상태가 많고 일부는 반괴상의 상태	25~50 25 이하	불 량
E	•균열이 대단히 많고 비교적 개구성임	•반괴상~세편상	-	매 우 불 량
F	•균열이 극히 많고 점토화로 진행중임	•세편상~토사상	-	

제3장 지형 및 지질

중앙선 도담~영천 복선전철 제5공구 지반조사

3.1 조사개요

3.2 지형 및 지질

3.3 선구조 분석

3.4 폐광 및 공동조사

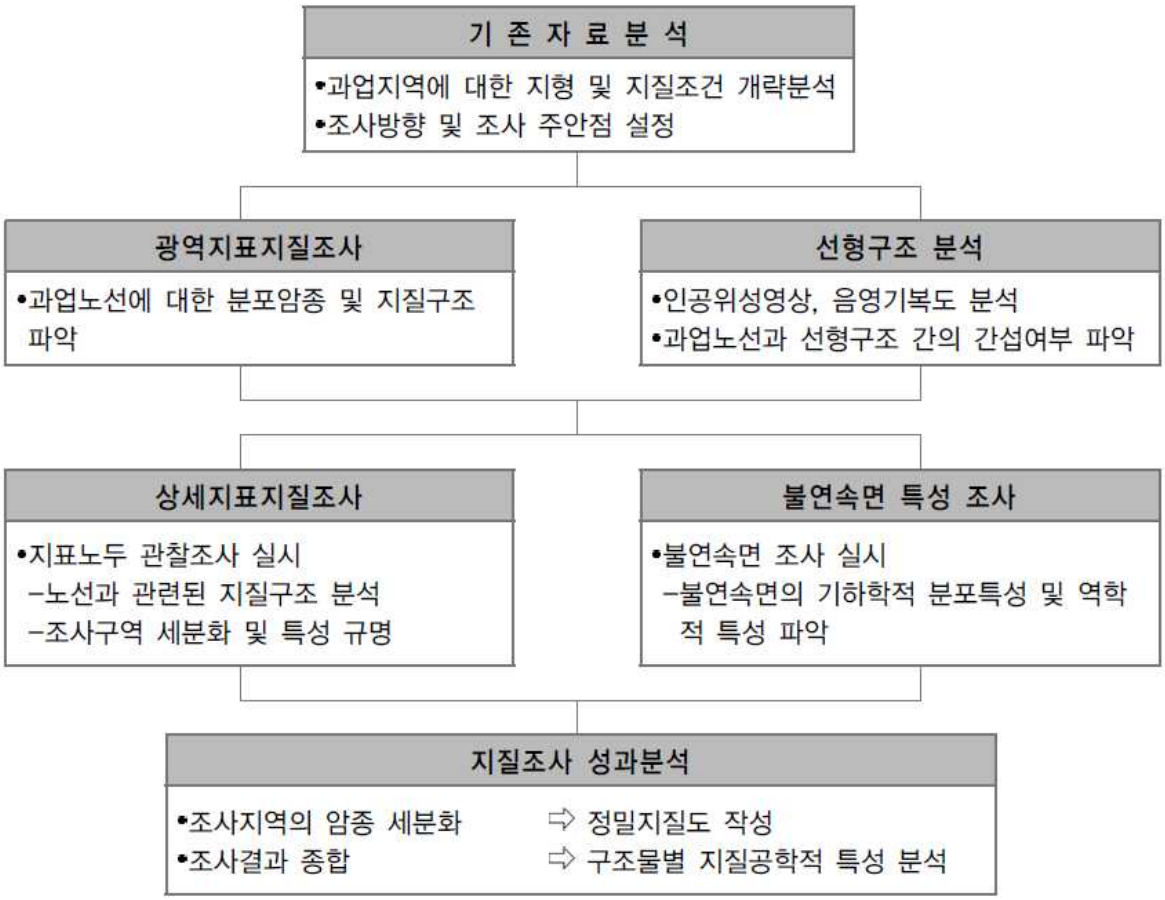
제 3 장 지형 및 지질

3.1 조사개요

3.1.1 조사 기본방향

•과업구간에 해당하는 지역의 광역적 지형, 지질, 지질구조에 대한 특성 파악
•시추조사, 물리탐사 및 현장시험 등의 계획수립에 필요한 기초자료 제공

3.1.2 조사 수행과정



구 분	성과분석	설계적용
터널구간	•암반/불연속면의 특성 분석 •예상 지질 위험요소 분석	•터널굴착에 따른 지반등급 지보패턴 선정 •재해요인(지하수 용출, 낙반 등) 발생여부 판단
교량구간	•지반분포 특성 분석	•교량기초 형식 선정 시 참고자료로 활용
비탈면 구간	•불연속체의 강도정수 산정 •비탈면의 암반상태 및 지하수 특성 분석	•불연속면을 고려한 안정성 검토 입력자료 제공 •암반비탈면 안정검토 및 보강공법 선정

3.2 지형 및 지질

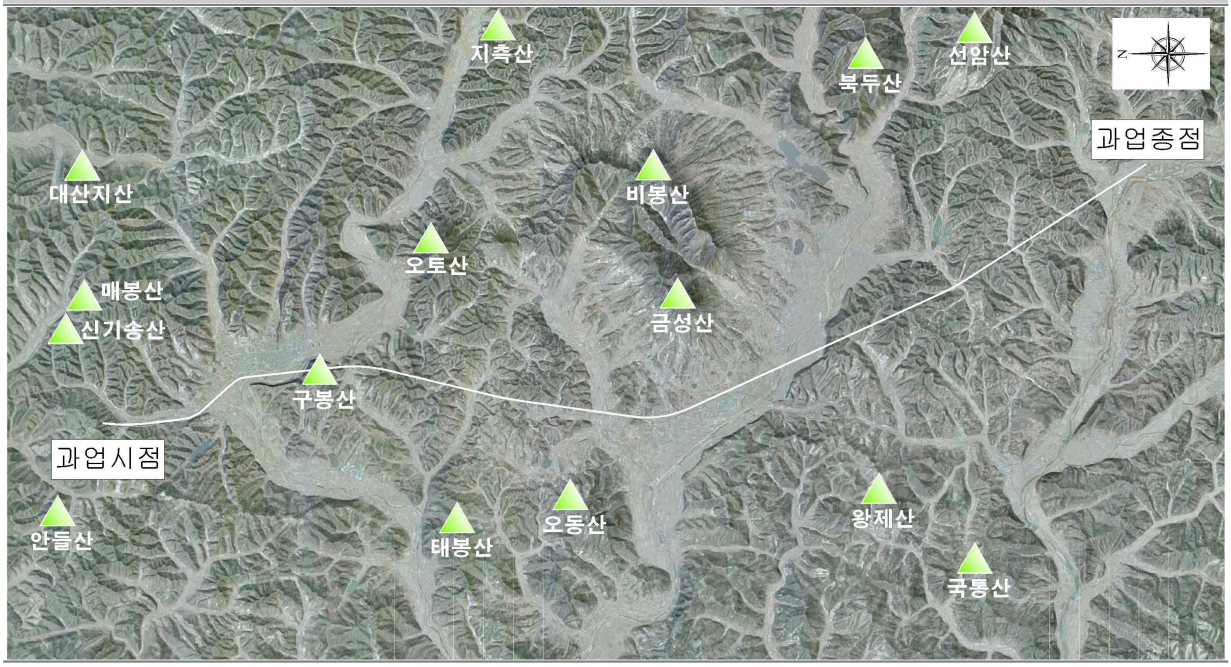
3.2.1 개요

- 과업구간을 포함하는 축척 1:5,000 및 1;25,000 지형도를 이용하여 노선일대의 산계, 고도, 경사 및 수계의 특성을 분석
- 지형분석을 통한 선형구조 분석 및 지표지질조사의 기본방향 설정 및 계획 수립

3.2.2 지형

(1) 산계

과업구간 산계 발달현황

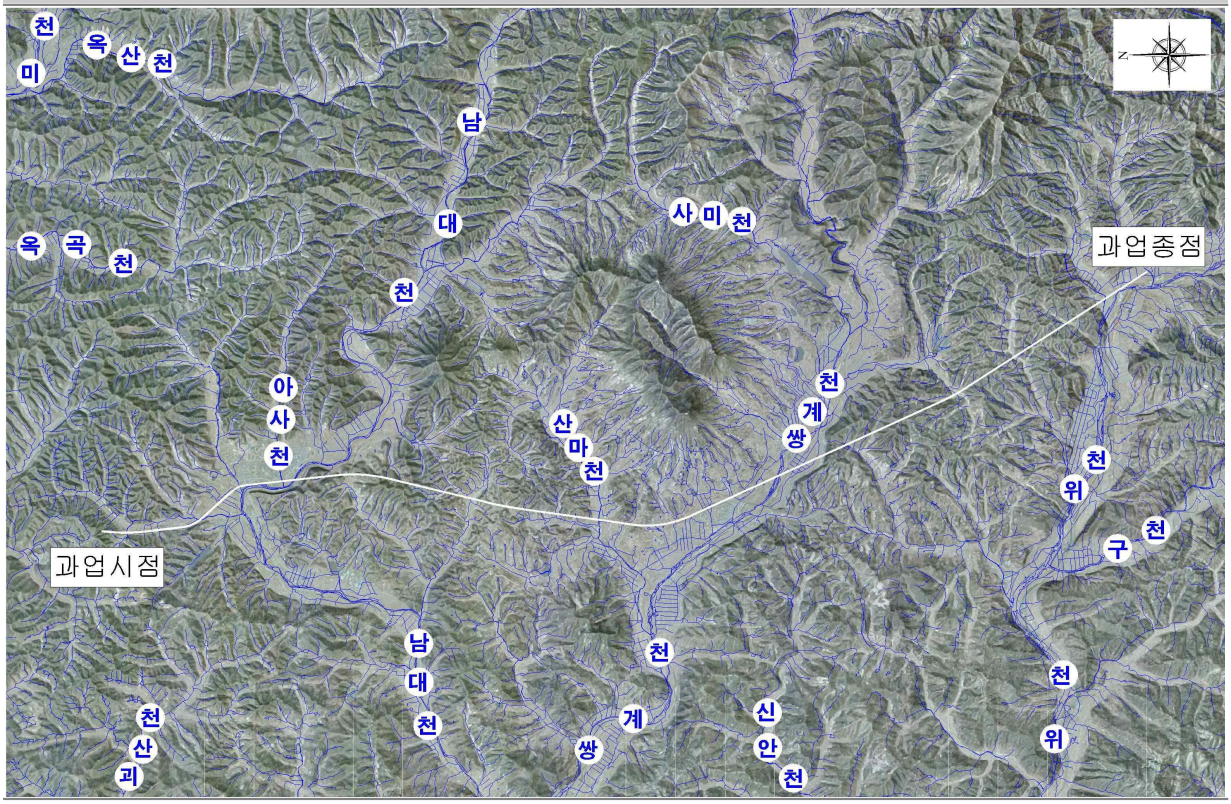


◈ 산계 분석결과

- 과업노선 대부분 퇴적암으로 구성되고, 장년기 말기~노년기에 해당하며, 200m 내외의 산계로 구성됨
- 과업노선 중심부로는 화산암류가 분포하는 장년기에 해당하며, 400~500m 내외의 산계가 우세하게 분포함
- 산계의 방향성은 매우 불규칙하며, 사화산 칼데라와 관련된 지역인 금성산(▲531m), 화산암 분포지역은 원형상의 형태를 보이는 특이한 산계가 형성되어 있음
- 과업지역의 북동쪽으로는 대산지산(▲336m), 북서쪽으로는 안들산(▲275m)이 위치해 있으며, 과업노선 중심부 부근의 동쪽으로는 오토산(▲475m), 비봉산(▲671m), 금성산(▲531m)이 위치해 있음

(2) 수계

과업구간 수계 발달현황



◈ 수계 분석결과

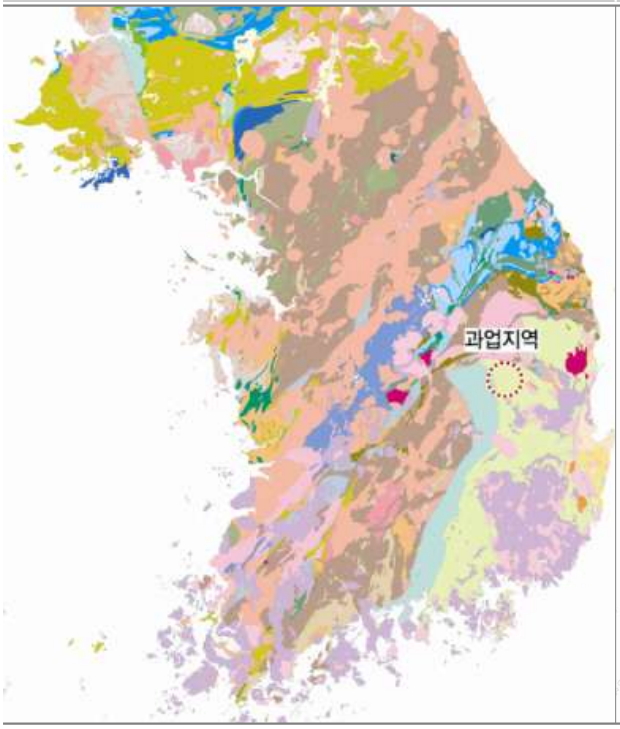
- 과업노선과 교차하는 수계는 아사천, 남대천, 산마천, 쌍계천, 위천이 위치
- 경상계 퇴적암이 우세하게 분포하는 지역은 다른 구간에 비해 대체로 높은 수계 밀도와 다수의 소류지들이 분포하는 특징을 보임
- 특히 칼데라가 분포하는 의성 금성산 부근은 부근에 다수의 소류지가 방사상으로 분포
- 사곡면 공정리에서 발원하는 남대천이 과업노선 시점부를 가로지며 서쪽으로 흐르고, 과업노선 중심부로는 춘산면 금오리에서 발원하는 쌍계천이 서쪽으로 흐르고, 과업노선 아래쪽으로는 고로면에서 발원하며 낙동강 수계에 속하는 위천이 북서쪽으로 흐름
- 과업지역 수계는 대부분 중간(medium)밀도 분포를 보이는 수지상수계(dendritic drainge pattern)의 형태이나, 일부 농경지 및 하천수계의 선형정비가 이루어져 평행수계(parallel drainge pattern)의 형태를 띰

3.2.3 지질

- 광역적인 지질조사를 위해 지체구조도(1:1,000,000)의 광역지질 및 광역구조선을 분석하였으며, 과업지역의 전반적인 지질분석을 위해 광역지질도(1:50,000) 중 구산동, 군위, 대율, 신령, 의성, 천지 도폭설명서를 분석
- 광역적인 지질구조 및 암종분포, 층서발달 양상은 다음과 같이 파악

(1) 광역지질 분석

① 광역지체구조

광역지질(한국지질자원 연구원)	광역구조선(한국지질자원 연구원)
	

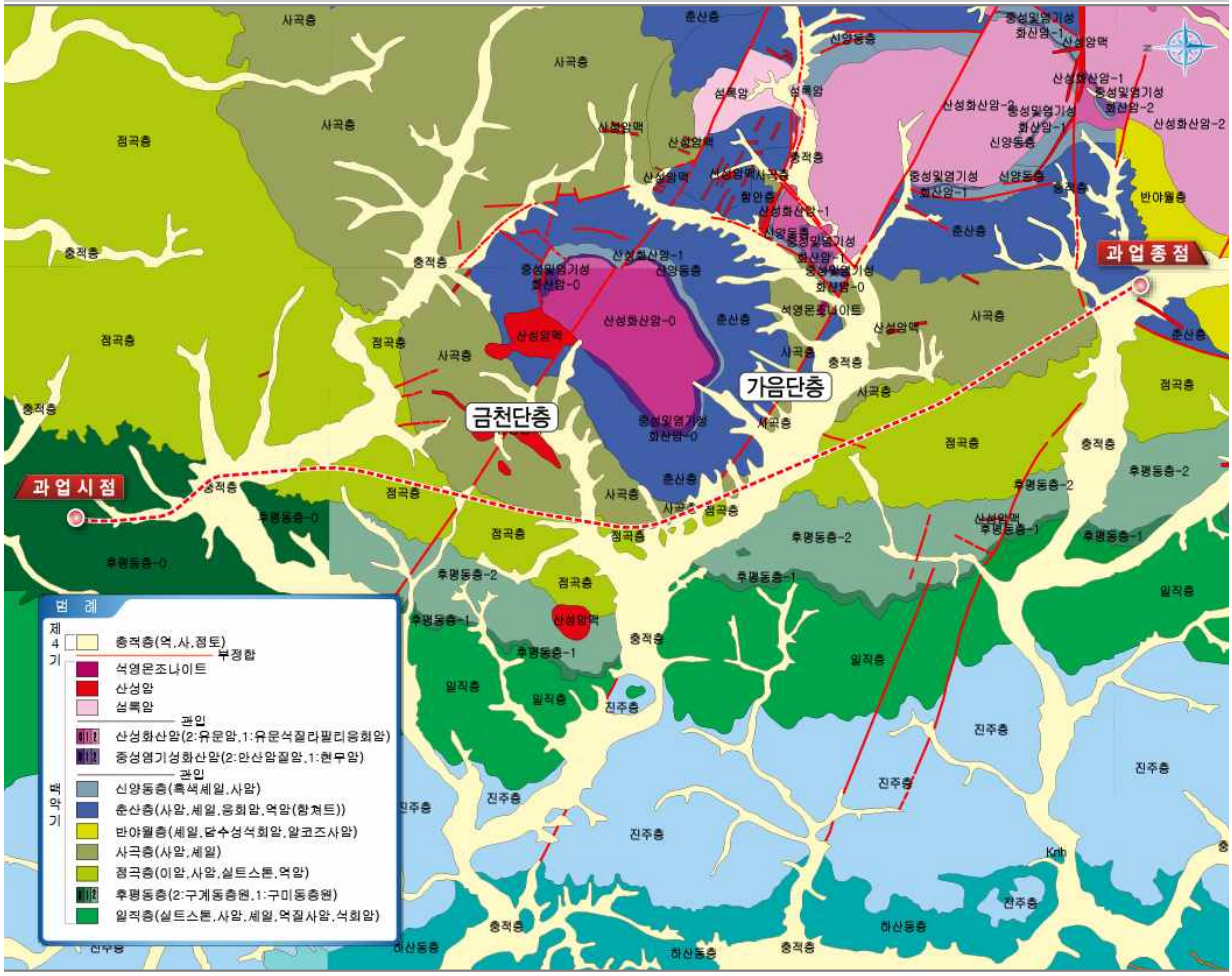
② 광역지질 분석결과

- 과업구간은 중생대 경상분지에 위치하여 경상계 퇴적암류로 구성
- 과업구간 일대는 경상계 퇴적암인 하양층군과 화산암류인 유천층군이 우세하게 분포
- 중생대 백악기의 암맥류가 관입
- 하양층군은 춘산층, 사곡층, 점곡층, 후평동층으로 세분
- 유천층군은 금성산 칼데라를 구성하는 암상으로 산성화산암과 중성염기성 화산암으로 세분
- 과업구간은 주로 북서방향의 단층대가 우세하게 발달하여 있으며, 과업노선과 교차하는 광역단층은 금천단층과 가음단층이 위치
- 각 지체구조구 경계부에는 대규모 단층대 발달 가능성이 높음

(2) 지질개요

- 지체구조상 경상분지에 속하는 지역으로 대부분 경상계 백악기 퇴적암류로 구성
- 분포암상은 춘산층, 사곡층, 점곡층, 후평동층으로 세분
- 분포암종은 셰일, 이암, 실트스톤, 사암 등으로 구성
- 과업노선에는 이격되어 있으나, 노선 좌측부로 유문암, 유문석질 라필리 응회암, 안산암질암 등의 산성 및 중성 염기성 화산암을 구성하는 금성산 칼데라 위치

지질도(1:50,000 /구산동, 군위, 대율, 신령, 의성, 천지 도폭 / 한국지질자원 연구원)



지질도 단면도

(3) 지질각론

지질 구분	세부 내용
후평동층	•일직층 상부의 지층으로서 하부에는 구미동층원으로 따로 명명되기도 하는 역암층이 분포하나 연속성은 불량하며, 그 외 대부분 실트암과 장석질 사암이 호층으로 분포함 •노선 내 후평동층은 대체로 자색의 실트암이 우세하며, 곳에 따라 사암과 이암의 교호를 보이거나 사암이 우세한 지층이 분포하기도 함 •이암이나 실트암은 노출 후 풍화 진행으로 파편화되는 경향을 보이며, 사암류는 상대적으로 양호한 강도특성을 유지하는 경우가 많음
점곡층	•후평동층 상부에 분포하는 암회색 내지 흑색 실트암과 셰일로 구성되며 일부 자색의 실트암이 협재하기도 함. 역암도 일부 분포하나 연속성이 불량함 •노선 인근의 점곡층은 대체로 암회색~암갈색의 실트암이 우세하게 분포하며, 일부 세립질 사암이 분포 •점곡층은 층리면을 따른 절리가 발달하고 있으며, 일부 역질 사암도 관찰됨
사곡층	•점곡층 상부에 분포하는 미사질 셰일 및 사암으로 구성되며, 점곡층과 달리 하부에는 자색층이 우세하고 상부에는 암회색층이 우세하게 분포함 •노선 부근 사곡층은 주로 실트암과 사암으로 구성되며, 실트암은 암회색 내지 자색이나 암갈색이 우세하고, 사암은 암회색으로 하양층군의 다른 지층과 달리 사암층이 우세하게 분포하고 있음 •의성군 제오리 일대 담회색 사암 내에 공룡발자국 화석이 2개소에서 발견되었으며, 그 중 1개소는 천연기념물(천연기념물 제 373호)로 지정되어 보호되고 있음
춘산층	•사곡층 상부에 분포하는 사암, 셰일 및 역암으로 구성된 퇴적암으로 하부는 암회색이 우세하고 상부는 자색층이 우세하게 분포함 •특징적으로 하부에 응회암이 협재하며 상부에는 쳐트를 포함한 역암층이 일부 분포하기도 함 •화성암류와의 경계부 및 일부 화산암체 부근은 혼펠스화 되어 있음 •과업노선 부근에 분포하는 춘산층은 대체로 자색 내지 회색의 이암~실트암이 우세하며, 사암은 극히 일부에서만 관찰됨 •대부분의 노두는 노출 후 풍화진행과 함께 파편화 되어 풍화암에 가까운 특성을 보이고 있으며, 지형적으로 저지대를 형성함

(4) 지질구조

•과업노선을 통과하는 광역단층으로는 금천단층과 가음단층이 있으며, 금천단층의 경우 경상분지 퇴적암을 통과하는 좌수향의 주향이동 단층이며, N55°W의 방향성으로, 과업노선에서는 비봉교 부근을 통과할 것으로 예상되나, 단층의 직접적인 노출은 보이지 않으며, 주변부로 금천단층에서 파생된 여러매의 단층들이 확인됨

•가음단층은 N55~65°W의 대단층으로 좌수향 주향이동 단층이며, 단층면의 수직경사가 우세하고, 과업노선과 교차하는 지역은 토공부로 단층의 직접적인 노출은 보이지 않음.

3.3 선구조 분석

3.3.1 개요

(1) 정의

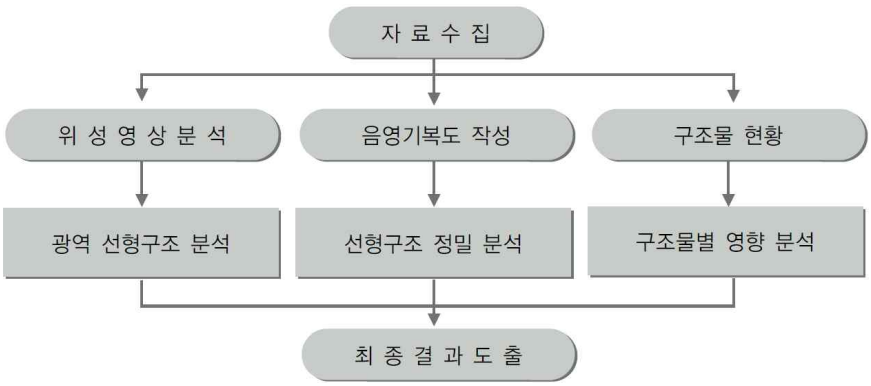
- 선형구조는 지각구조를 반영하는 직선 혹은 완곡의 지형요소로 정의(Hobbs et al., 1976)
- 단층, 절리, 암맥, 지층경계, 습곡 등과 같은 구조적 불연속면과 연관
- 단층 등의 불연속면들은 암반구조물의 설계 및 안정성 평가에서 중요한 요소로 작용

(2) 분석개요

- 결정질 암석으로 구성된 지역의 지하수 유동은 주로 단열대를 따라 이루어지므로, 지하수 유동조사에서 단열분포 양상 파악이 필요
- 대규모 구조선 발달 시 단층작용에 따른 파쇄 및 풍화정도가 심하여, 야외에서 단층면 등의 지질구조요소의 직접적인 관찰이 난해
- 선형구조는 대규모 단층 및 파쇄대, Master Joint, 지질경계와 같은 지질구조와 밀접한 연관
- 선형구조 분석을 통해 전반적인 단열계 분포양상과 주요 단층대의 존재 가능성 파악이 가능
  → 광역 및 상세지표지질조사방향 선정 시 기초자료로 활용 가능
- 선형구조 분석을 통해 광역 및 상세지표지질조사보다 선행함으로써, 전반적인 단열계 분포 양상과 주요 단층대의 존재 가능성을 파악이 가능
- 위성영상 및 수치지형 고도자료를 이용하여 지형기복도와 전산음영기복도 제작
  → 하천, 계곡 및 능선의 위치 및 방향 등의 지형특성 파악
- 시각판독법을 이용하여 주요 선형구조 추출 및 통계분석 수행

(3) 분석흐름

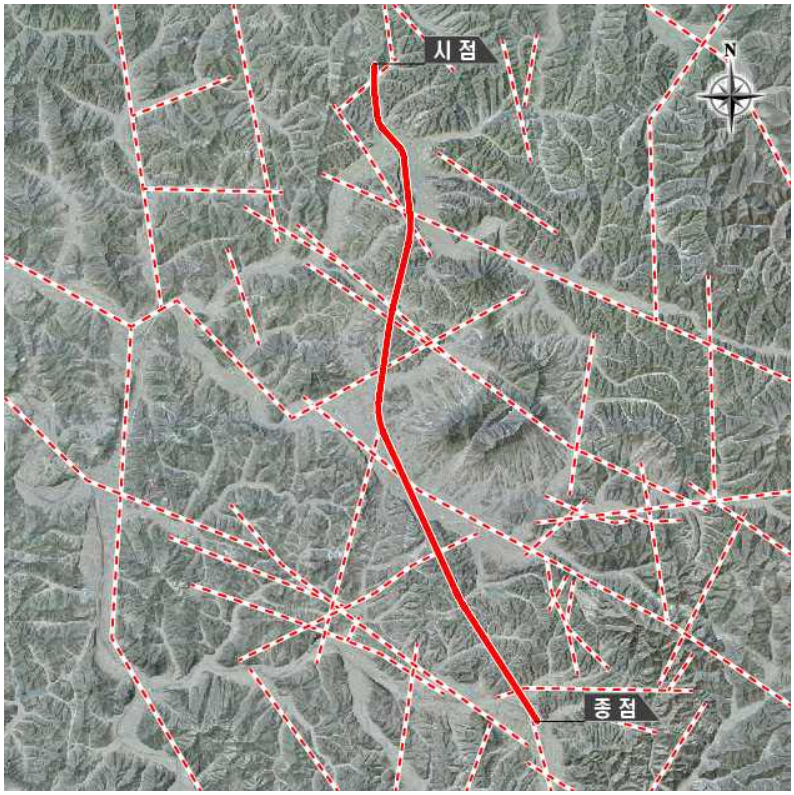
- 위성영상을 이용하여 광역 선형구조 분석
- 1:5,000 축적의 수치지도를 이용하여 과업구간에 대한 정밀 선형구조 분석

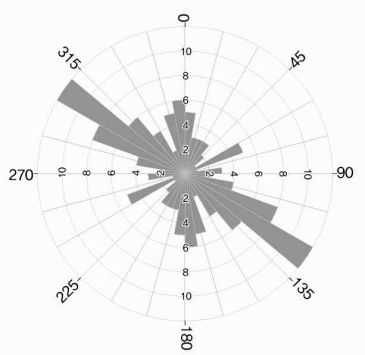
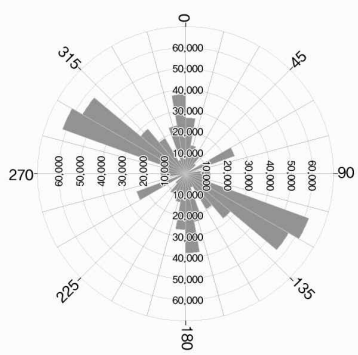


3.3.2 위성영상 분석

•지형 고도자료(Digital Elevation Model)의 음영효과 및 입체분석을 시행하여 지형의 변화 이력에 의해 노선 주변에 형성된 단층, 습곡 등 지질구조의 분포 및 경향을 분석

위성영상 선구조 분석도(30km×30km)



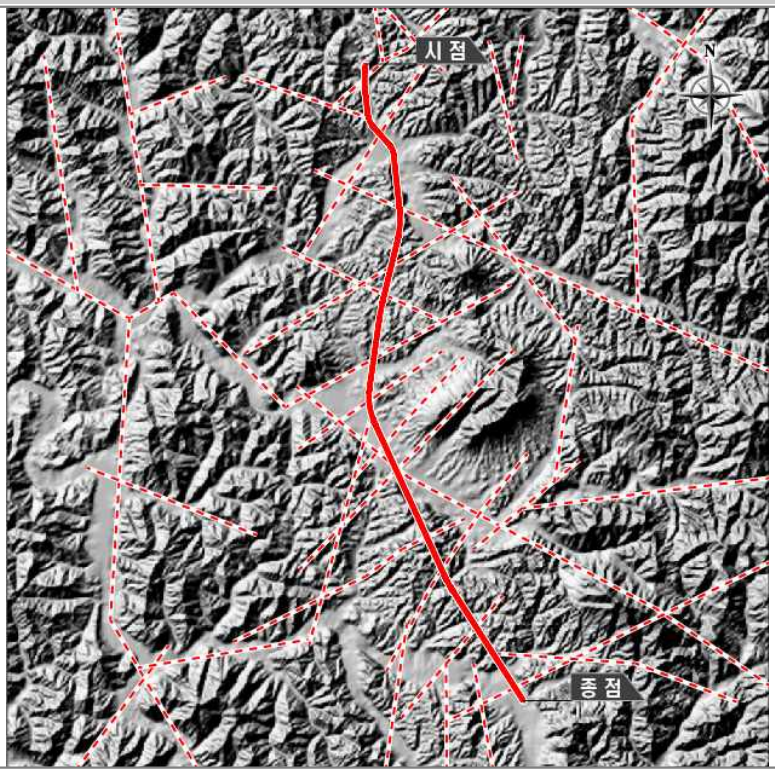
방향성 분석	연장성 분석	구분	방향성
		SET 1	N40~70°W
		SET 2	N20W~N10°E
		SET 3	N10E~N40°E
		SET 4	N60E~N70°E

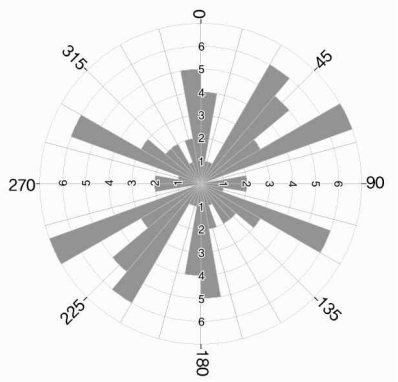
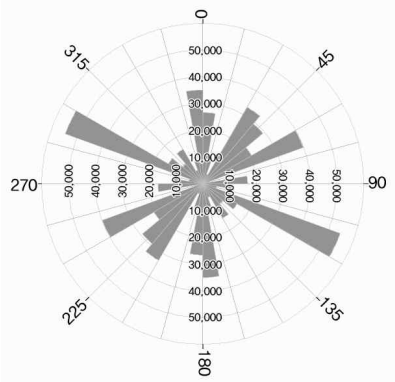
- 위성영상을 통한 선형구조 분석결과 총 75개소의 선구조가 인지됨
- 과업지역 일대 선구조 방향성은 대부분 북서-남동 방향이 발달하며 N40~70°W 방향의 선구조가 우세한 것으로 파악되며, 이들 선구조의 방향은 과업노선과 교차하는 금천단층 및 가음단층의 방향과 유사한 경향임

3.3.3 음영기복도 분석

• 과업지역에 대한 항공사진 분석을 통해 노선 주변 선형구조 분포특성을 분석하였다. 음영기복도에 사용된 수치지형도는 국토지리정보원에서 제공된 도면을 사용

음영기복도 선구조 분석도(30km×30km)



방향성 분석	연장성 분석	구분	방향성
		SET 1	N30E~N70°E
		SET 2	N20W~N10°E
		SET 3	N40~70°W
		SET 4	-

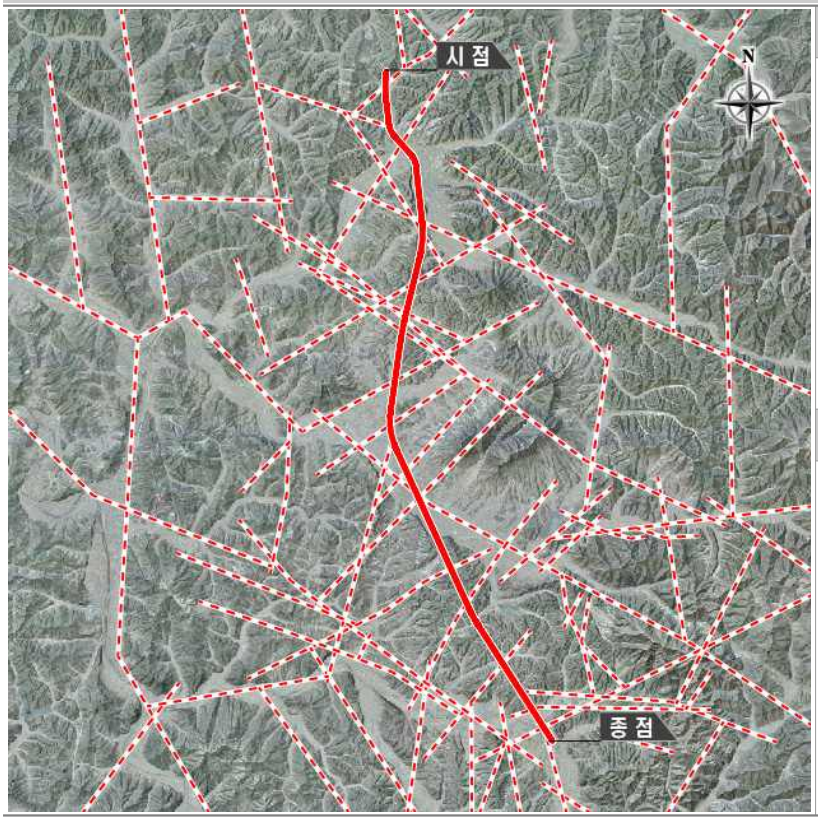
• 음영기복도을 통한 선형구조 분석결과 총 53개소의 선구조가 인지됨

• SET-1, SET-2의 선구조 방향은 과업노선을 구성하는 퇴적암류의 층리방향과 유사한 경향이며, SET-3의 선구조 방향은 과업노선과 교차하는 금천단층 및 가음단층의 방향과 유사한 경향임

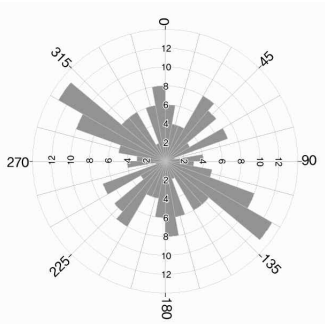
3.3.4 종합선구조 분석

•지형 고도자료(Digital Elevation Model)의 음영효과 및 입체분석을 시행하여 지형의 변화 이력에 의해 노선 주변에 형성된 단층, 습곡 등 지질구조의 분포 및 경향을 분석

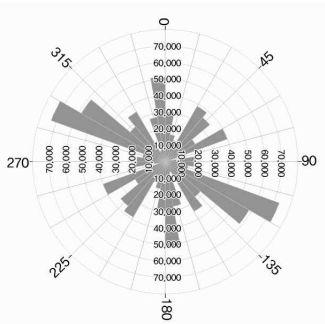
위성영상 선구조 분석도(30km×30km)



방향성 분석



연장성 분석



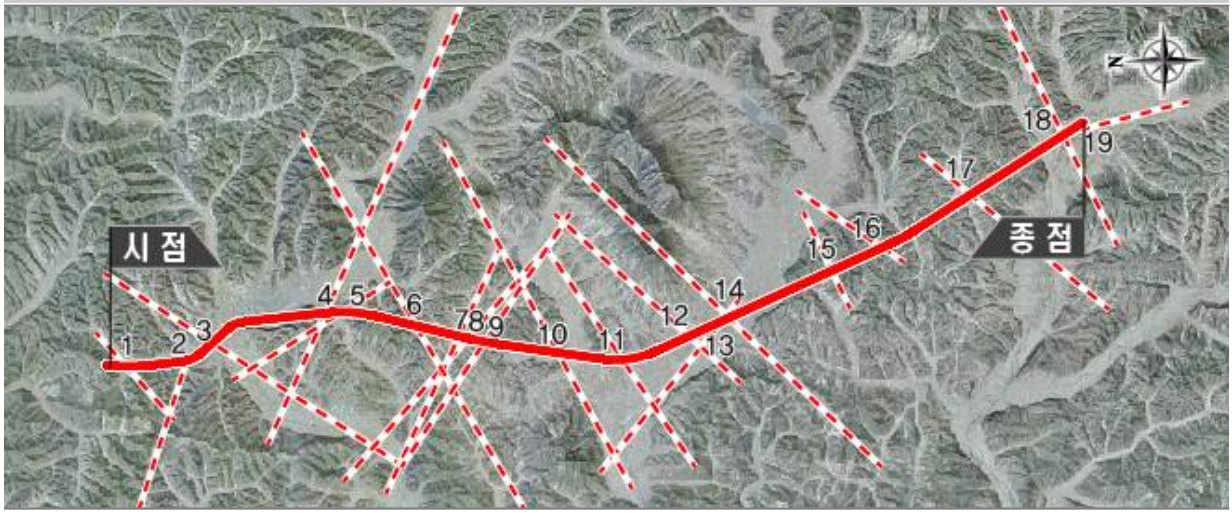
방향	개수 및 평균연장(개, km)				개수	평균 (km)	최대 (km)	합계 (km)
	〈1	1~5	5~10	10〈				
선구조 1군	–	1	2	20	23	5.72	19.58	131.49
(N50~70°W)	–	1.81	2.49	6.23				
선구조 2군	–	1	3	15	19	5.70	11.89	108.34
(N20°W~N10°E)	–	1.33	2.33	6.67				
선구조 3군	–	1	2	12	15	4.91	12.03	73.62
(N30~50°E)	–	1.69	2.46	5.59				
기타선구조군	2	9	8	26	45	4.69	14.32	211.16
	0.68	1.33	2.56	6.82				
계	2	12	15	73	102	–	–	524.61

• 위성영상 분석과 음영기복도 분석을 통한 선형구조 분석결과 총 102 개소의 선구조가 도출되었으며, 우세방향은 N50~70°W로 북서방향의 선구조가 우세함
• 선구조 2군 및 3군의 방향은 과업노선에 분포하는 퇴적암류의 층리방향과 유사한 경향임

3.3.5 과업구간 교차선구조 분석

- 과업노선과 직접적으로 교차하는 선구조의 발달특성 분석을 실시
- 과업노선과의 교차 선구조를 분석한 결과 총 19개의 선구조가 노선과 교차함을 확인

노선교차 선구조 분석



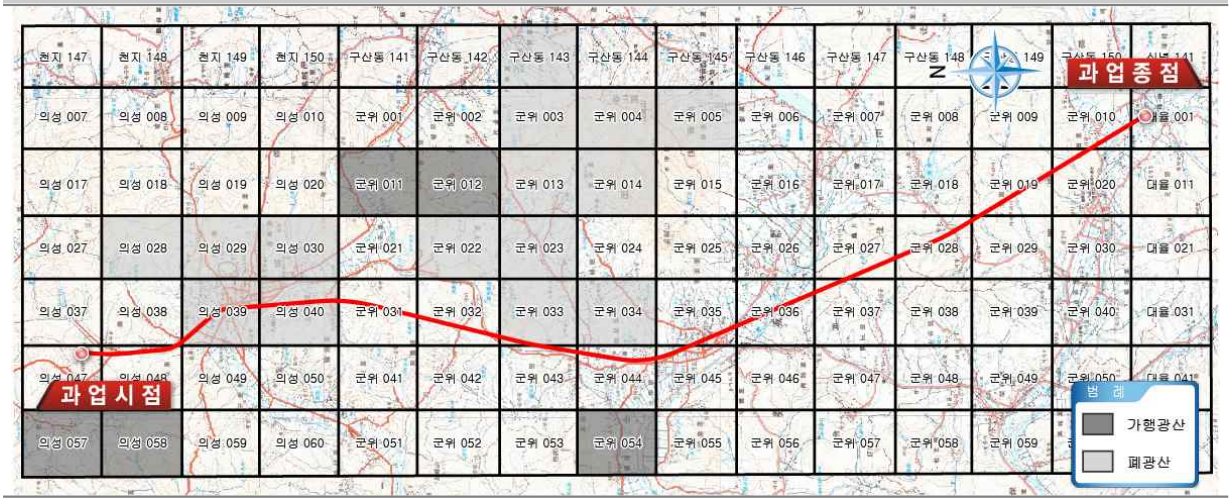
구 분	방향(°)	연장(km)	교차위치 (량기(현))	지형 및 지질특성	관련 구조물	비고
1	N48E	3,016	264km486	퇴적암(후평동층)지대	하화터널	-
2	N72W	5,148	266km020	퇴적암(후평동층)지대	토공	-
3	N33E	9,002	266km820	퇴적암(후평동층)지대	토공	-
4	N66W	19,583	269km882	퇴적암(점곡층)지대	토공	-
5	N31W	4,738	270km297	퇴적암(점곡층)지대	팔성제2터널	-
6	N60E	12,395	272km206	퇴적암(점곡층)지대	팔성제2터널	-
7	N65W	6,946	273km326	퇴적암(점곡층)지대	비봉교	금천단층 부근
8	N49W	8,471	273km551	퇴적암(점곡층)지대	비봉터널	-
9	N56W	7,760	273km990	퇴적암(점곡층)지대	비봉터널	-
10	N62E	10,099	275km864	퇴적암(사곡층)지대	토공	-
11	N56E	6,797	277km508	퇴적암(사곡층)지대	토공	-
12	N43E	6,405	279km311	퇴적암(사곡층)지대	토공	-
13	N55W	5,673	280km227	퇴적암(사곡층)지대	토공	가음단층 부근
14	N45E	12,034	280km422	퇴적암(사곡층)지대	토공	-
15	N65E	2,716	283km281	퇴적암(점곡층)지대	청로터널	-
16	N34E	3,291	284km680	퇴적암(점곡층)지대	청로터널	-
17	N40E	6,249	287km289	퇴적암(사곡층)지대	순호터널	-
18	N64E	14,316	290km076	퇴적암(춘산층)지대	파전제3교	-
19	N14W	3,304	290km127	퇴적암(춘산층)지대	파전제3교	-

- 과업노선과 교차하는 선구조는 총 19개소가 도출됨
- 이중 7번과 13번의 교차선구조는 각각 금천단층과 가음단층 부근에 위치

3.4 폐광 및 공동조사

• 과업구간 인근의 가행광산은 5개소, 폐광산은 33개 광산으로 조사되었으며, 가행광산은 과업노선과 이격되어 있으며, 폐광산은 개발의무 불이행으로 취소·소멸 상태임

과업지역 주변 광업권 등록현황



가행광산

지적번호	등록광종	등록번호	등록일자	등록면적 (ha)	현황
군위 지적11호	금,은,동,연,아연	79247	2011-02-10	277	-
군위 지적12호	금,은,동,연,아연	79248	2011-02-10	277	-
군위 지적54호	고령토	80134	2012-05-17	69	-
의성 지적57호	납석	71576	2001-01-11	69	-
의성 지적58호	납석	74011	2004-06-01	277	-

폐광산

지적번호	등록광종	등록번호	소멸일자	등록면적 (ha)	현황
군위 지적3호	고령토	64767	1996-04-15	277	개발의무불이행취소소멸
	고령토	72307	2004-05-24	138	개발의무불이행취소소멸
군위 지적4호	철	32512	1985-12-06	277	개발의무불이행취소소멸
군위 지적5호	철	32511	1985-12-06	277	개발의무불이행취소소멸
군위 지적11호	금,은,동,연,아연,비소	44122	1988-12-13	249	개발의무불이행취소소멸
	금,은,동,연,아연	76141	2010-12-02	277	폐업소멸
군위 지적12호	금,은,동,비소	47583	1992-12-01	277	개발의무불이행취소소멸
	고령토	65706	1996-04-15	277	개발의무불이행취소소멸
	은 동	70402	2001-12-22	277	개발의무불이행취소소멸
	금,은,동,연,아연	76142	2010-12-02	277	폐업소멸
군위 지적13호	고령토,장석	54239	1993-02-17	277	개발의무불이행취소소멸

◈ 폐광산-<계속>

지적번호	등록광종	등록번호	소멸일자	등록면적(ha)	현황
군위 지적13호	고령토	68316	1997-08-19	277	개발의무불이행취소소멸
	고령토	69860	2003-08-04	277	폐업소멸
	고령토	74121	2006-09-25	277	폐업소멸
	고령토	77430	2010-11-01	277	폐업소멸
군위 지적14호	고령토,운모	56303	1983-10-20	277	개발의무불이행취소소멸
군위 지적22호	고령토	55778	1990-01-19	276	개발의무불이행취소소멸
	고령토	64768	1996-04-15	277	개발의무불이행취소소멸
	고령토	72308	2004-05-24	207	개발의무불이행취소소멸
군위 지적23호	고령토	64154	2001-07-23	277	개발의무불이행취소소멸
	고령토	72693	2005-12-26	138	개발의무불이행취소소멸
군위 지적33호	고령토	64766	2001-07-23	277	개발의무불이행취소소멸
군위 지적34호	고령토	72694	2004-11-24	69	개발의무불이행취소소멸
군위 지적54호	금,은,동,연	39682	1985-12-06	277	개발의무불이행취소소멸
	고령토	49109	1994-07-14	268	폐업소멸
	고령토	68123	2005-05-25	139	개발의무불이행취소소멸
	고령토	75766	2009-04-27	129	개발의무불이행취소소멸
구산동지적 143호	고령토	65121	1996-04-15	277	개발의무불이행취소소멸
	고령토	70822	2002-08-23	69	개발의무불이행취소소멸
의성 지적 39호	고령토	24101	2012-07-26	54	개발의무불이행취소소멸
의성 지적 40호	고령토	24101	2012-07-26	54	개발의무불이행취소소멸
의성 지적 28호	금,은,동,연,아연,철	50344	1996-09-17	277	개발의무불이행취소소멸
	고령토,운모	57570	1996-08-19	277	개발의무불이행취소소멸
의성 지적 29호	고령토	24101	2012-07-26	54	개발의무불이행취소소멸
	고령토,운모	59113	1988-11-16	246	개발의무불이행취소소멸
	고령토	63387	1996-04-15	247	개발의무불이행취소소멸
	고령토	73851	2012-07-26	3	개발의무불이행취소소멸
의성 지적 30호	고령토	24101	2012-07-26	54	개발의무불이행취소소멸

제4장 조사결과

중앙선 도담~영천 복선전철 제5공구 지반조사

4.1 지표지질조사 결과

4.2 물리탐사 결과

4.3 현장조사 결과

4.4 현장시험 결과

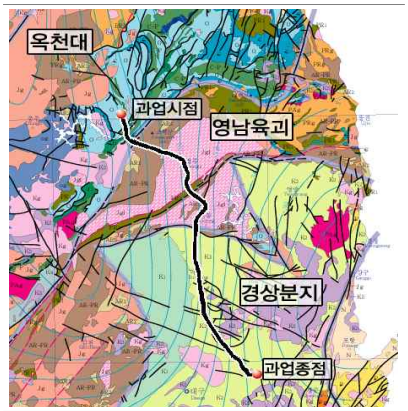
4.5 실내시험 결과

제 4 장 조사결과

4.1 지표지질조사 결과

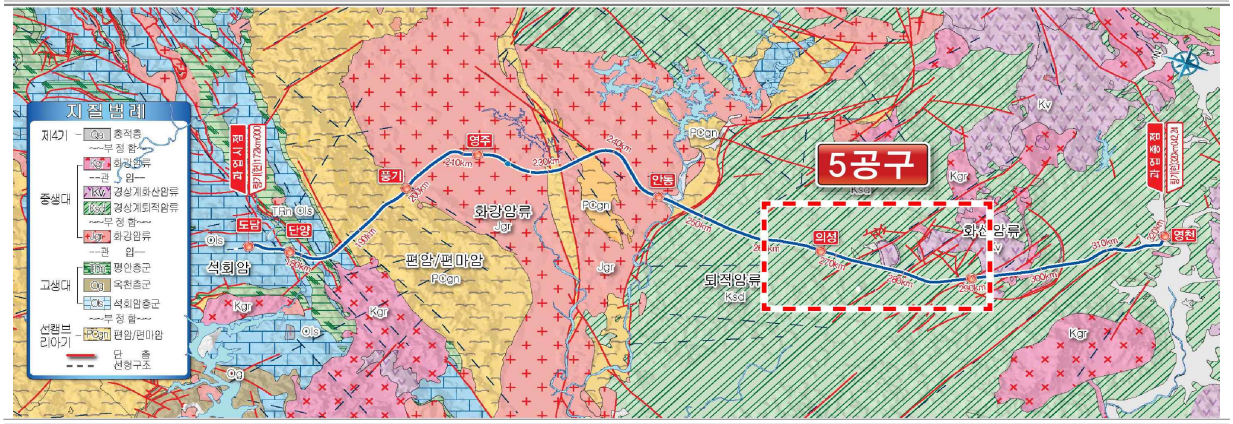
4.1.1 광역지표지질조사

(1) 지체구조도 분석

광역지체구조(한국지자연, 2001)	분 석 결 과	
	지체구조	•과업구간은 중생대 경상분지에 위치
	지질분포	•과업구간 일대는 경상계 퇴적암인 하양층군과 화산암류인 유천층군이 우세하게 분포 •과업노선이 통과하는 지역은 경상계 퇴적암인 후평동층, 점곡층, 사곡층, 춘산층이 분포
	주요지질구조	•과업구간은 주로 북서방향의 단층대가 우세하게 발달하며, 금천단층과 가음단층이 과업노선과 교차 •각 지체구조구 경계부에는 대규모 단층대 발달 가능성이 높음

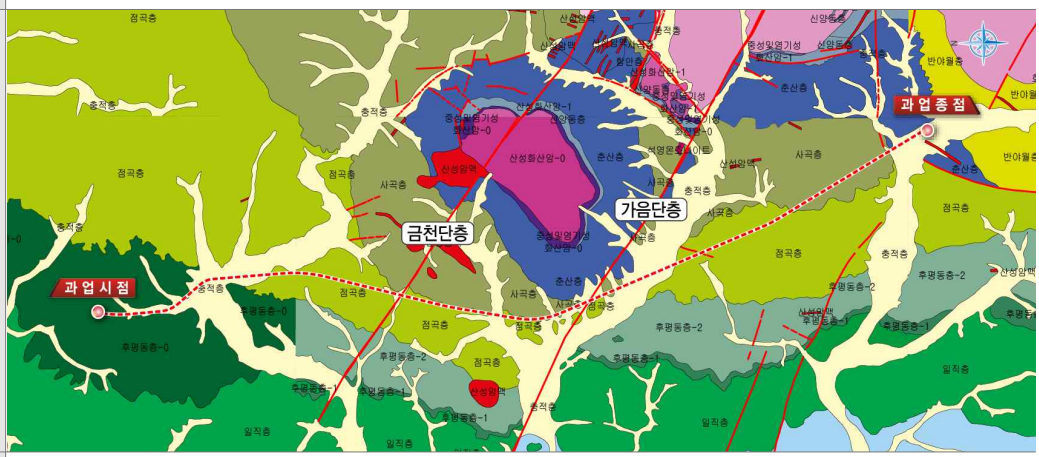
(2) 광역지질도 분석

과업구간 1:250,000 광역 지질도

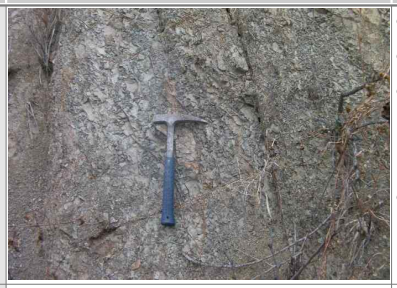
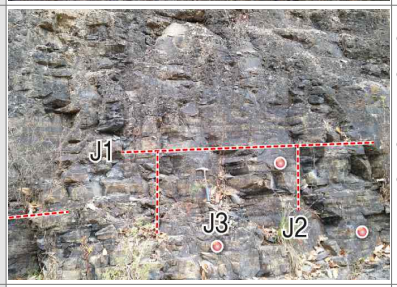
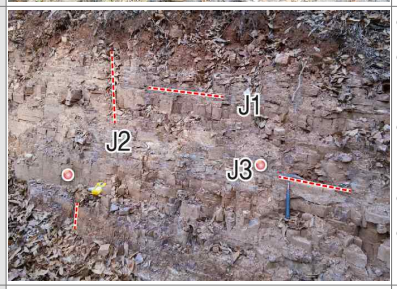
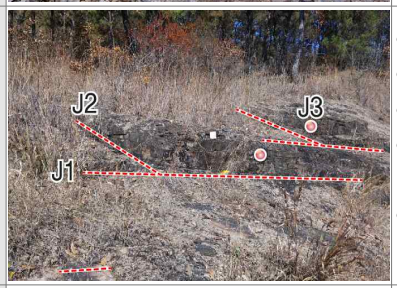


지체구조	시대	주요 암상		특성
경상분지	중생대 백악기	경상계 퇴적암류	하양층군	•과업노선이 통과하는 구간의 전반적인 암상을 구성 •춘산층, 사곡층, 점곡층, 후평동층으로 세분 •사암, 셰일, 응회암, 역암, 이암의 호층으로 구성 •충적 선상지, 하성환경 및 호성환경에서 형성된 지층
			유천층군	•기본계획 노선중 제오터널이 통과하는 위치에 구성된 암상 •산성화산암과 중성염기성 화산암으로 구분 •유문암, 유문암질라필리 응회암, 안산암질암 등으로 구성 •금성산 칼데라와 사화산 칼데라를 형성

(3) 지질특성 분석

구 분		내용
지층구성		•과업노선은 중생대 백악기에 형성된 경상계퇴적암류인 하양층군으로 구성
분포암상		•춘산층, 사곡층, 점곡층, 후평동층
특징		•이암이나 셰일은 노출후 풍화진행으로 파편화되는 경향을 보이며, 두 개의 서로 평행한 주향이동단층이 분포
주요 단층대		•금천단층, 가음단층
예상 지질 문제	터널	•사암과 이암은 강도 특성이 상이하여, 교호되는 지층 통과 시 터널 내 다수의 암 탈락이나 국부적인 붕괴 가능성이 있음 •노출 후 지하수에 의한 풍화가 빠르게 진행되므로 암질 약화가 발생할 수 있음 •일부 발달하는 역암층 통과 시 매끄러운 터널면 형성이 어려울 수 있으며, 역의 탈락 발생
	비탈면	•백악기 퇴적암은 특징적으로 노출 후 풍화가 대부분 빠르게 진행되어 암질이 급속히 약해지며 파편화 되거나, 굴착 후 인장균열을 동반한 원호파괴가 다수 발생 •층리면은 대부분 저각이나, 층리면과 평행한 단층을 따른 점토 충진이나 이암부의 빠른 풍화로 인해 저경사의 대규모 파괴가 발생 가능 •또한 연장성이 양호한 저각의 층리면과 연장성이 불량한 고각의 절리로 인해 Rock bridge형태의 파괴가 발생가능 함 •사암도 암상 내 장석류의 구성정도에 따라 급속한 암질 약화가 발생하기도 함
	교량	•이암 및 셰일 구간은 노출 후 풍화가 빠르게 진행되므로 교대 암반 기초 비탈면 형성 시 암질 불량에 따른 불안정성 증대
지질평면도		
지질단면도		

(4) 분포암상별 특성분석

암상	노두 사진	특 성
춘산층		•암종: 셰일, 사암, 역암 •분포구간: 량기(현) 289km400~과업종점 •사곡층 상부에 분포하며 과업노선 부근에 분포하는 춘산층은 대체로 자색 내지 회색의 이암~실트암이 우세하며, 사암은 극히 일부에서만 관찰됨 •대부분의 노두는 노출 후 풍화진행과 함께 파편화 되어 풍화암에 가까운 특성을 보이고 있으며, 지형적으로 저지대를 형성함
사곡층		•암종: 셰일, 사암 •분포구간: 량기(현) 274km800~276km440, 277km360~281km200, 285km900~289km400 •점곡층 상부에 분포하는 미사질 셰일 및 사암으로 구성 •층리는 곳에 따라 다양하게 분포하나 비봉터널에서는 주로 N59E의 방향성을 보이며, 수북터널에서는 N12W의 방향성을 보임
점곡층		•암종: 실트암, 사암 •분포구간: 량기(현) 267km900~274km800, 276km440~277km360, 281km200~285km900 •후평동층 상부에 분포하는 암회색 내지 흑색 실트암과 셰일로 구성되며 일부 자색의 실트암이 협재하기도 함. •층리의 방향은 N33E/8SE 가 우세 •노선 인근의 점곡층은 대체로 암회색~암갈색의 실트암이 우세하게 분포하며, 일부 세립질 사암이 분포
후평동층		•암종: 셰일, 이암 •분포구간: 량기(현) 264km000~267km900 •노선 내 후평동층은 대체로 자색의 실트암이 우세 •층리의 방향은 주로 N26E/7SE 이며 곳에 따라 완만한 습곡구조를 보여주기도 함 •노출 후 풍화 진행으로 파편화되는 경향을 보이며, 사암류는 상대적으로 양호한 강도특성을 유지하는 경우가 많음
화산암류		•염기성화산암의 침식면 위에 부정합적으로 분포하는 지층으로 담청회색의 유문암질 응회암 및 응회각력암이 분포 •사화산인 금성산의 대부분을 차지하는 암상으로, 노선 부근 산성화산암 노두는 대체로 담녹색의 안산암 내지 유문암질 화산암으로 각력을 다수 포함하고 있음 •금성산 칼데라를 형성하고 있는 암종으로 과업노선과는 이격되어 있음
제오리 공룡 발자국 화석		•천연기념물 지정(제373호) •공룡발자국 화석 산지위치는 275km600(좌1.3km)에 위치하여, 노선에 직접적인 영향은 없는 것으로 나타남

4.1.2 지질구조 분석

(1) 지질도폭 내 분포하는 대규모 단층 분석

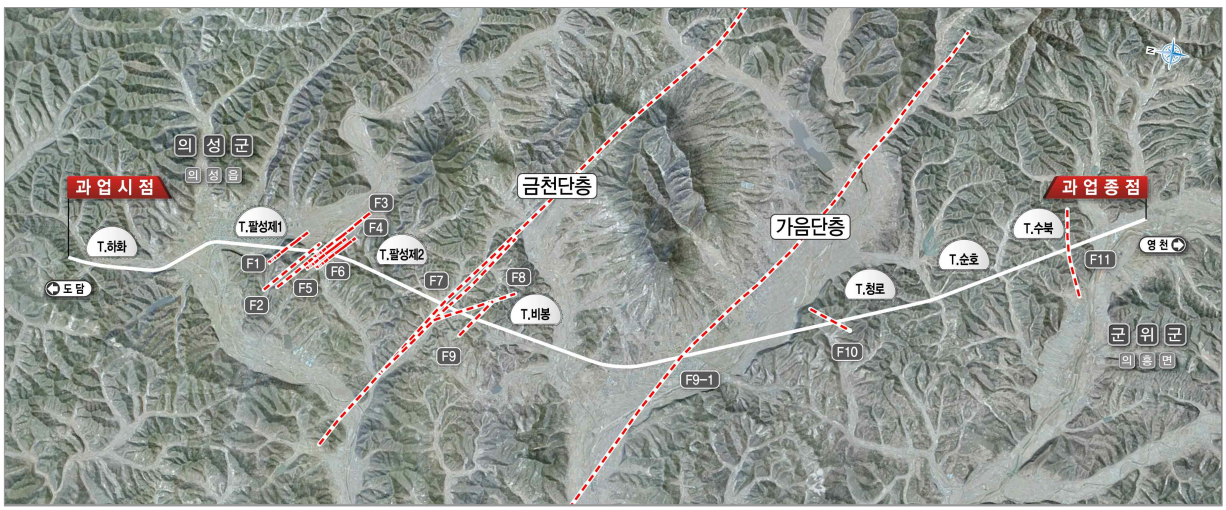
◈ 남한의 광역 파쇄대의 분류(장태우, 1997)

등급	길 이	변 위	폭	비 고
F1	〉 40km	수천m 이상	수십m 이상	추가령지구대, 양산단층(1%)
F2	20~40km	몇백m ~ 수천m	십~수십m	죽령단층, 십자가단층(5%)
F3	1~20km	수m ~ 몇백m	수cm ~ 십m	- (88%)
F4	〈 1km	수m 이하	수cm 이하	노두규모의 소단층(9%)

◈ 5공구 지질도폭 내 분포하는 대규모 단층 분석

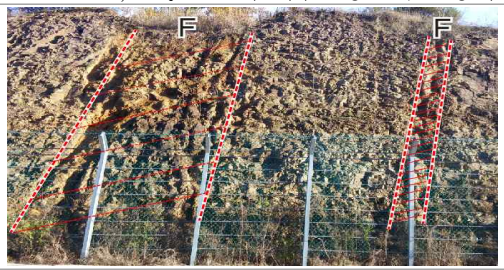
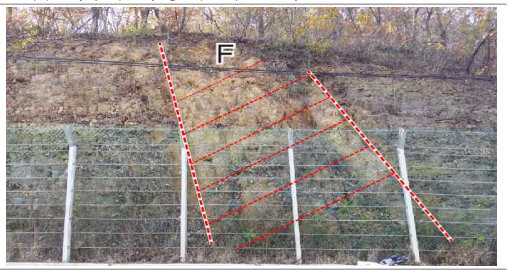
구 분	교차지점 (량기(현))	방향성	지형·지질특성	단층명	구 조 물
F7	273km420	N55°W	•경상분지 퇴적암을 통과하는 단층 - 좌수향의 주향이동 단층	금천단층	비봉교 비봉터널
F9-1	279km320	N55~ 65°W	•북서방향 대단층 - 좌수향 주향이동 단층으로 단층면은 수직 경사가 우세	가음단층	토공
검토 결과	•장태우(1997)에 의하면 남한 내 F1등급에 해당하는 연장 40km 이상, 폭 수십m 이상의 단층대들은 대부분 추가령 지구대와 경상분지 내 분포하며, 특히 경상분지 내에 가장 많은 수의 F1등급 단열이 분포하는 것으로 분석됨.				

◈ 주요단층대 상세조사결과

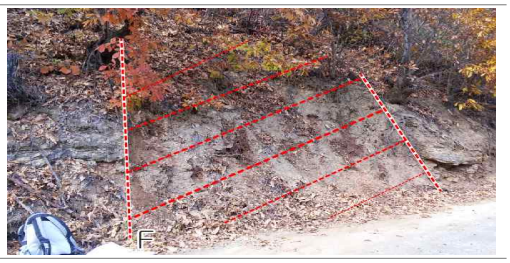
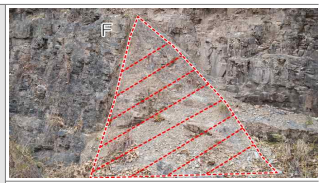


주요단층대 상세조사결과-<계속>

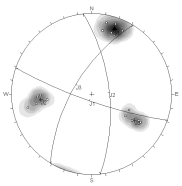
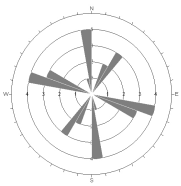
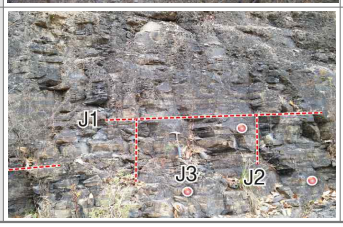
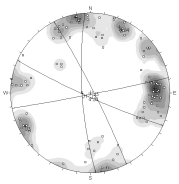
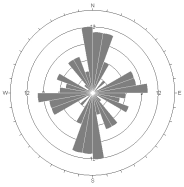
구분	방향성	폭(m)	교차예상 지점(량기(현))	관련 구조물	단층종류	조사방법
F1	N45W(추정)	4.0m내외	269km350	팔성제1터널	중규모	시추,탐사
F2	N40~60W(추정)	0.3~4.0m내외	270km040	팔성제2터널	중규모	시추
F3	N40~60W/80NE	0.3~4.0m내외	270km140	팔성제2터널	중규모	시추,탐사,지표지질
F4	N40~60W/80NE	3.0~5.0m내외	270km160	팔성제2터널	중규모	시추,탐사,지표지질
F5	N40~60W(추정)	3.0~5.0m내외	270km280	팔성제2터널	중규모	시추
F6	N40~60W(추정)	3.0~5.0m내외	270km450	팔성제2터널	중규모	시추
F7	N55~65W/ 70~85NE	10.0m이상	273km420	비봉교, 비봉터널	대규모 (금천단층)	탐사,지표지질
F8	N25W/82NE	4.0m내외	273km720	비봉터널	중규모	탐사,지표지질
F9	N55~65W(추정)	3.0~5.0m내외	274km090	비봉터널	중규모	시추,탐사
F9-1	N55~65W	10.0m이상	279km300	토공	대규모 (가음단층)	도폭조사
F10	N18W	3.0~5.0m내외	282km900	청로터널	중규모	시추,도폭조사
F11	N70E/83SE	4.0m내외	288km700	수북터널	중규모	탐사,지표지질

구분	노두 및 시추코아 사진	구분	노두 및 시추코아 사진
F1 (NTB-8)		F2	
	•시추조사결과 지표하 30.5~36.5m 구간내 단층파쇄대 분포, 단층점토화, 심한풍화상태 •TCR 24%, RQD 4%의 매우불량한 암반상태		•시추조사결과 지표하 5.5~12.0m 구간내 단층파쇄대 분포, 단층점토화, 심한풍화상태 •역암 및 염기성 암맥 혼재
F3		F4	
	•N40~60W/80NE 방향성의 단층파쇄대 분포 •폭: 0.3~4.0m내외의 주향이동단층 •단층점토 및 각력암으로 구성		•F3와 유사계열을 보이는 N40~60W/80NE 방향성의 단층파쇄대 분포 •폭: 3.0~5.0m내외의 주향이동단층 •단층점토 및 각력암으로 구성

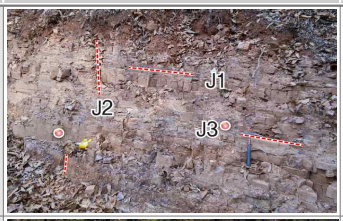
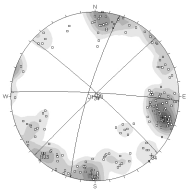
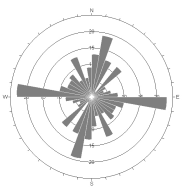
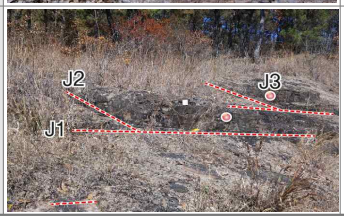
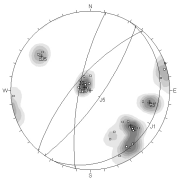
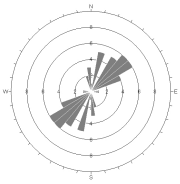
◈ 주요단층대 상세조사결과-<계속>

구분	노두 및 시추코아 사진	구분	노두 및 시추코아 사진
F5 (NTB-16)	 •시추조사결과 지표하 20.7~27.5m 구간내 단층파쇄대 분포, 부분적 단층점토 및 각력함유 •RQD 7~8%의 매우불량한 암반상태 •F2, F3계열의 주향이동단층 분포 예상	F6 (NTB-17)	 •지표하 15.5~18.5m, 48.5~51.5m, 60.5~63.5m 구간내 단층파쇄대 분포, 단층점토 및 각력함유, F3, F4계열의 주향이동단층 분포 예상
F7	 •N55~65W/70NE 방향성의 금천단층 계열의 단층파쇄대 분포, 단층점토 및 각력암 •폭: 10.0m내외의 주향이동단층	F8	 •N25W/82NE 방향성의 단층파쇄대 분포, 폭: 4.0m내외, 단층점토 및 각력분포
F9 (NTB-33)	 •지표하 2.7~17.0m 구간내 단층파쇄대 분포, 단층점토 및 각력함유	F10 (NTB-54)	 •지표하 72.0~81.0m 구간내 단층파쇄대 분포, 단층점토 및 각력함유
F11	 •N70E/83SE 방향성의 단층파쇄대 분포, 폭: 4.0m내외, 단층점토 및 각력분포		

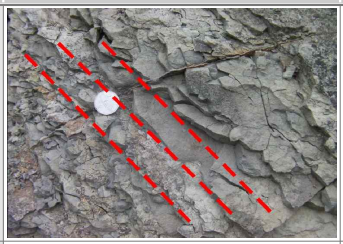
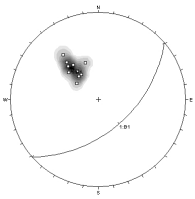
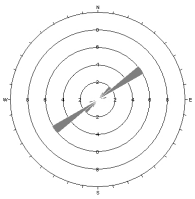
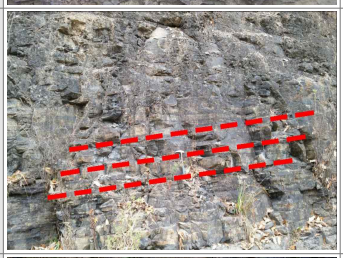
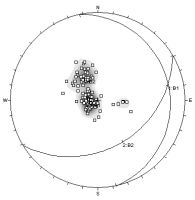
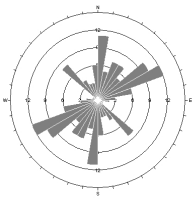
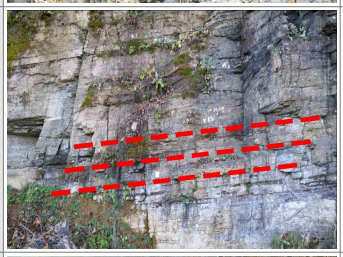
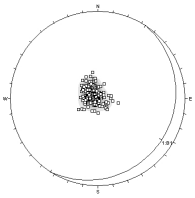
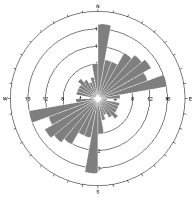
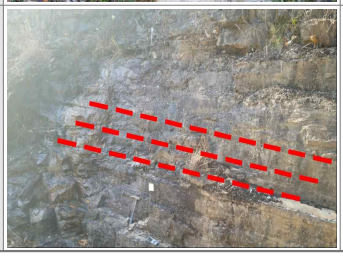
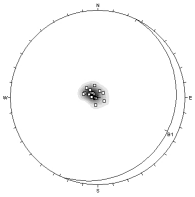
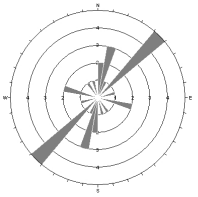
(2) 절리분포특성 분석

구분	노두 사진	방향성 평사투영도	방향성 Rose Diagram	특 성
춘산층				•주절리는 80/199로 북서방향의 절리분포를 보임 •전반적으로 3개조의 절리군 발달
사곡층				•절리군은 남북방향 및 동서방향이 우세 •전반적으로 4개조의 절리군 발달 •고각의 경사로 분포

(2) 절리분포특성 분석-〈계속〉

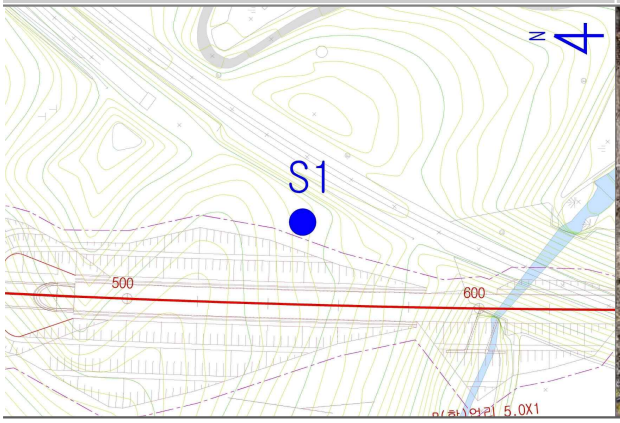
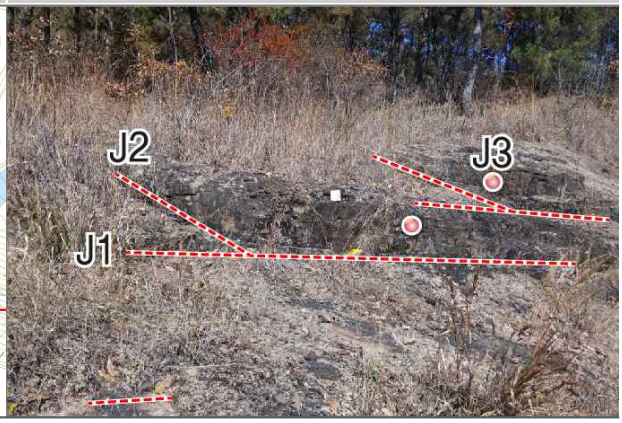
구분	노두 사진	방향성		특 성
		평사투영도	Rose Diagram	
점곡층				•절리군은 북북동방향 및 동서방향이 우세 •전반적으로 4개조의 절리군 발달 •고각의 경사로 분포
후평 동층				•절리군은 북동방향우세 •전반적으로 4개조의 절리군 발달 •주로 고각의 경사로 분포하나 일부 절리군은 저각의 경사를 보임

(3) 층리분포특성 분석

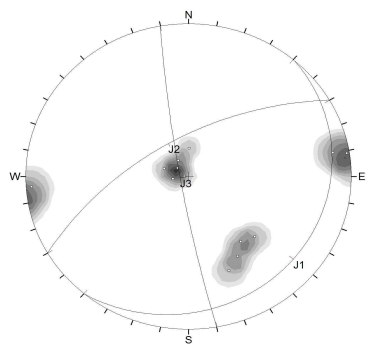
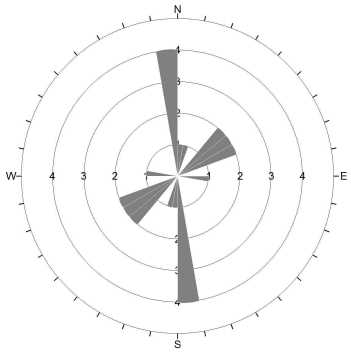
구분	노두 사진	방향성		특 성
		평사투영도	Rose Diagram	
춘산층				•춘산층은 파전1교~과업 종점의 암상을 구성하며 층리는 주방향은 50/139로 분포
사곡층				•사곡층은 비봉터널 후반부와 수북터널 구간 내 분포하며 비봉터널 구간의 경우 32/149, 수북터널은 11/78의 층리 방향을 보임
점곡층				•점곡층은 팔성, 비봉, 청로, 순호터널에 주로 분포하며 분포하며 8/123의 층리 방향성을 보임
후평 동층				•후평동층은 하화터널구간에 주로 분포하며 분포하며 7/116으로 점곡층의 층리 방향성과 유사한 경향임

4.1.3 상세지표지질조사

(1) S1 (량기(현) 264km548 (좌19.0m)) 하화터널 구간

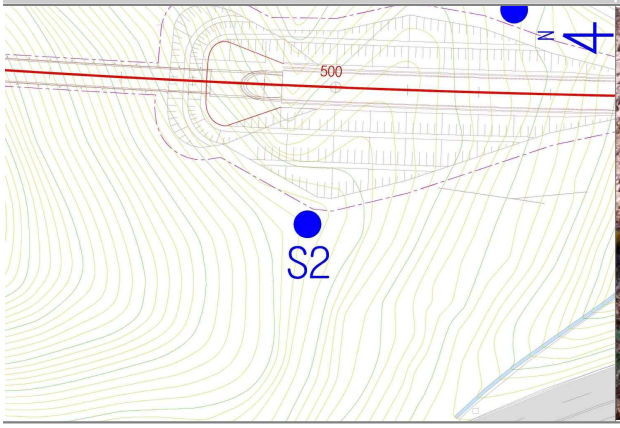
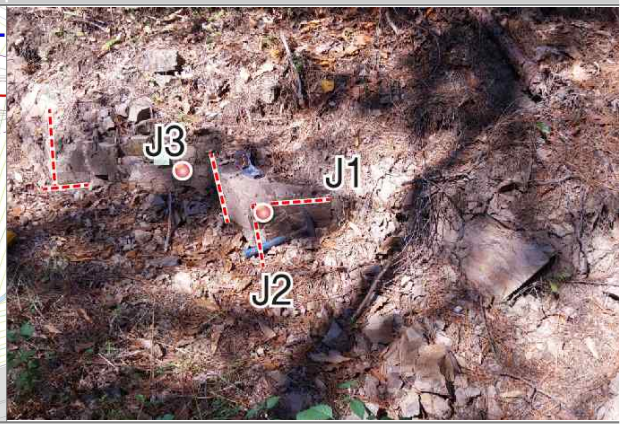
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	10/130	62/330	84/260
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	1~5m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~2.0m	0.2~2.0m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~0.5mm	0.25~0.5mm
충진물(Filling)	-	-	-
누수상태(Seepage)	-	-	-
강도(JCS)	45MPa	18MPa	21MPa

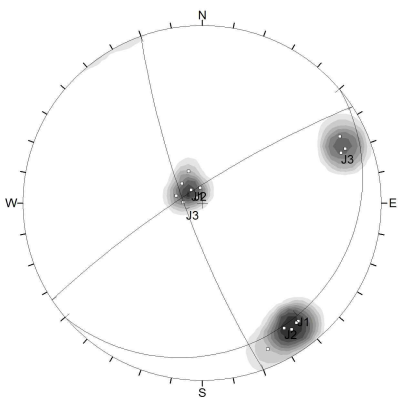
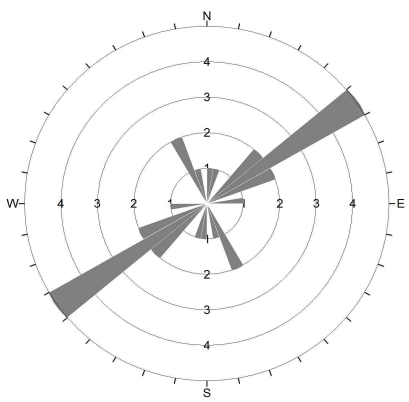
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S1은 하화터널 종점갱구부 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 셰일 및 실트암이며, 노출 후 풍화 진행으로 파편화되는 경향을 보임
•층리의 방향성은 10/130으로 나타나며, 총 3개조의 절리군으로 구성됨

(2) S2 (량기(현) 264km496 (우38.0m)) 하화터널 구간

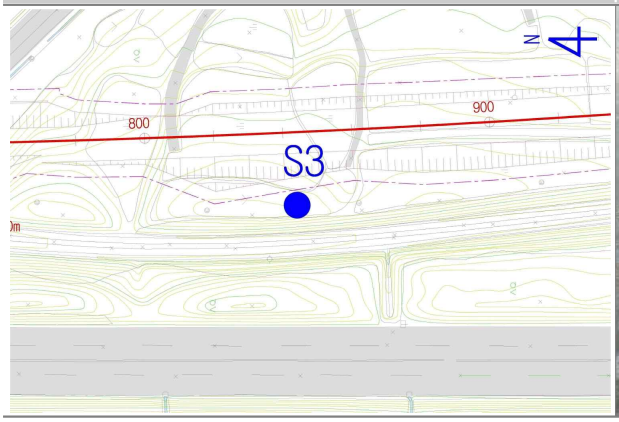
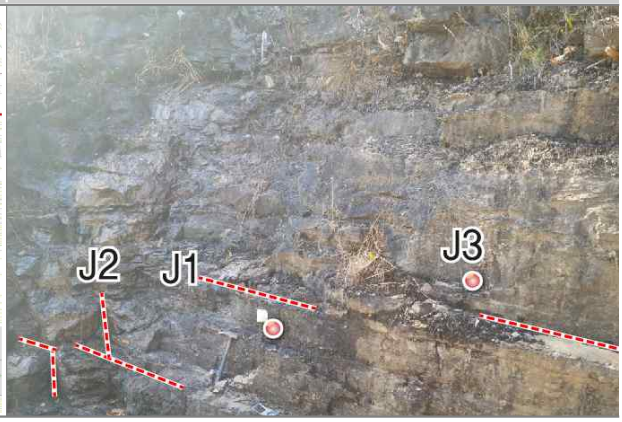
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	11/140	80/327	79/250
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~0.6m	0.2~0.6m
거칠기(JRC)	2~4	2~4	2~5
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.2~0.5mm	0.1~0.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	116MPa	86MPa	86MPa

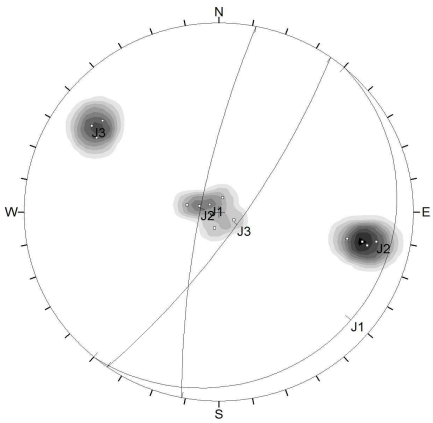
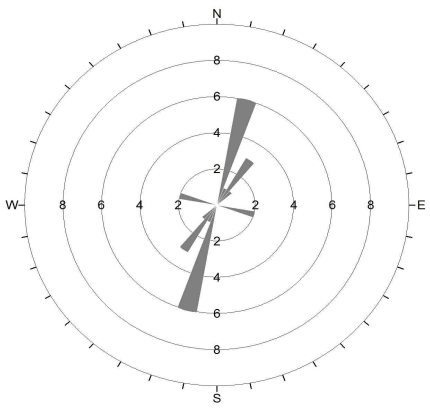
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S2은 하화터널 종점갱구부 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 셰일 및 실트암이며, 노출 후 풍화 진행으로 파편화되는 경향을 보임
•층리의 방향성은 11/140으로 나타나며, 총 3개조의 절리군으로 구성됨

(3) S3 (량기(현) 264km843 (우20.0m)) 업1리 깎기구간

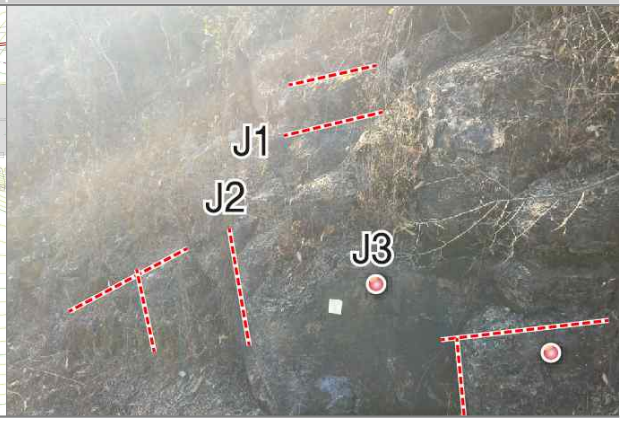
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	7/130	79/281	77/125
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~10m	1~3m	1~10m
간격(Distance)	0.2~0.6m	0.2~2.0m	0.2~0.6m
거칠기(JRC)	2~3	2~4	2~5
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.1~0.5mm	0.1~0.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	116MPa	75MPa	81MPa

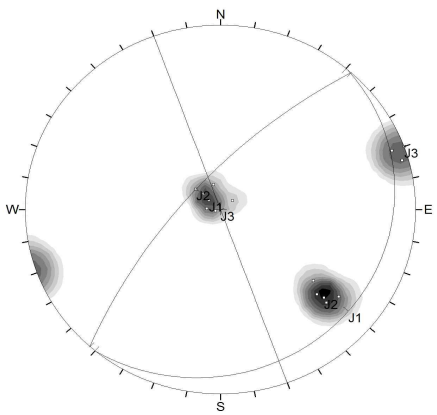
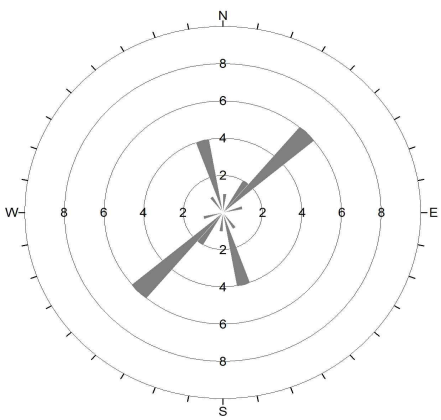
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S3는 량기(현) 264km843 부근의 깎기부를 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 셰일 및 실트암이며, 약한풍화의 상태를 보임
•층리의 방향성은 7/130으로 나타나며, 총 3개조의 절리군으로 구성됨

(4) S4 (량기(현) 265km455 (우54.0m)) 업1리 깎기구간

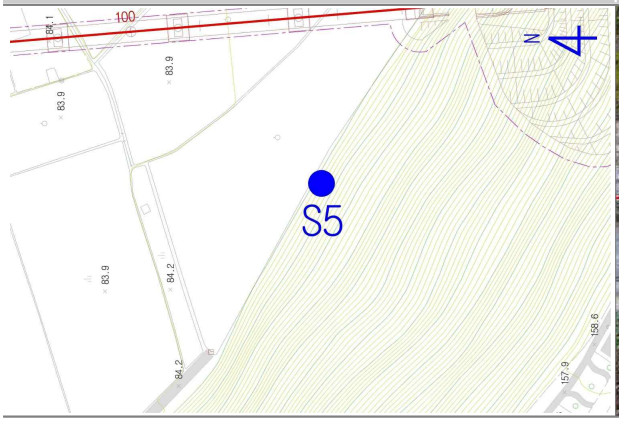
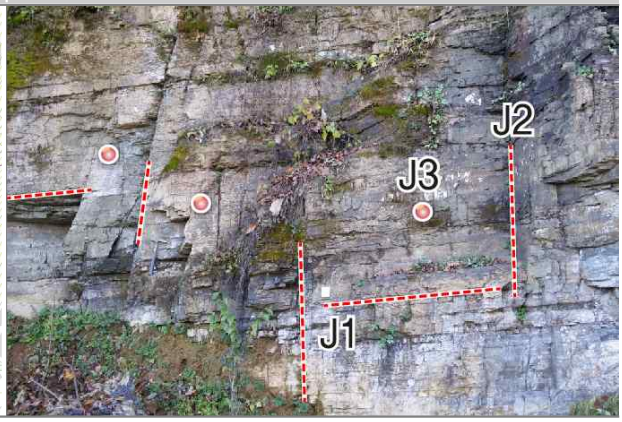
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	9/130	71/312	90/250
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~2.0m	0.2~0.6m
거칠기(JRC)	2~4	2~4	2~5
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.1~0.5mm	0.1~0.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	39MPa	35MPa	24MPa

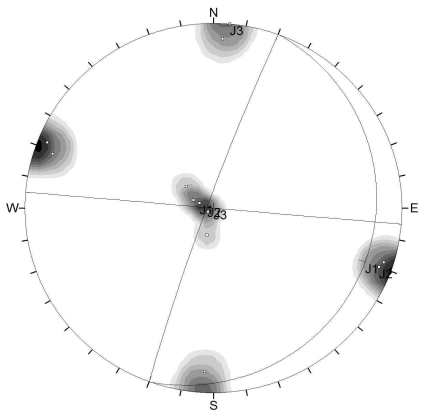
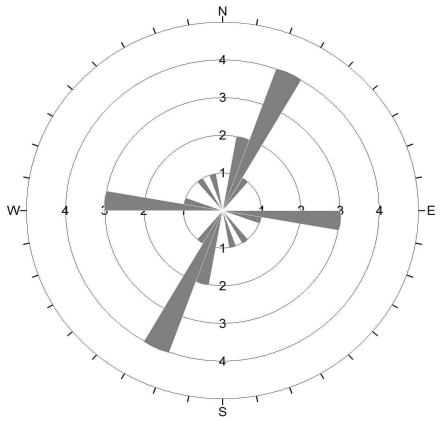
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S4는 량기(현) 265km455 부근의 깎기부를 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 셰일 및 실트암이며, 박리성으로 인해 파편화 되는 경향을 보임
•층리의 방향성은 9/130으로 나타나며, 총 3개조의 절리군으로 구성됨

(5) S5 (량기(현) 269km151 (우47.0m)) 팔성제1터널 입구 부근

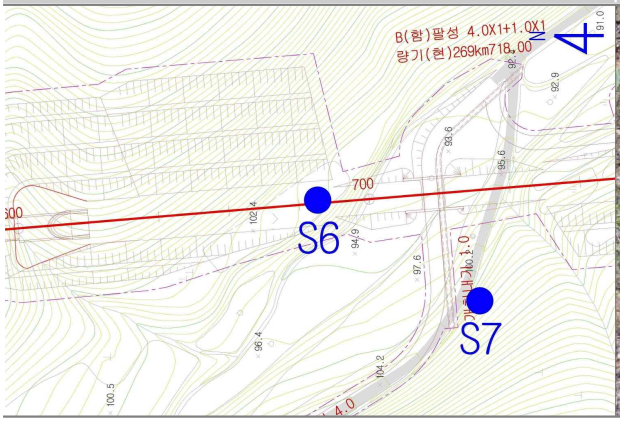
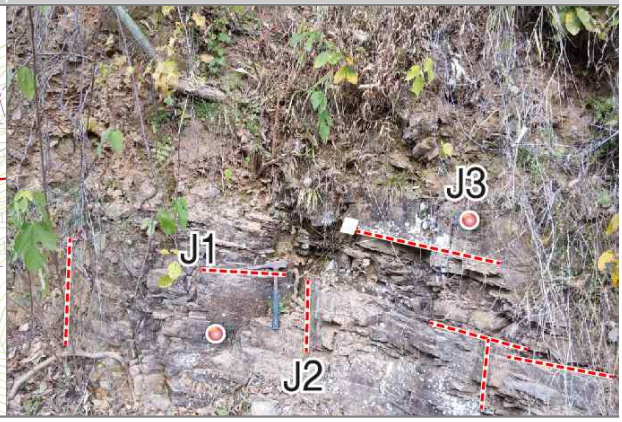
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	9/110	86/290	90/185
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	3~10m	1~3m	3~10m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~2.0m	0.2~0.6m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.1~0.5mm	0.1~0.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	52MPa	56MPa	75MPa

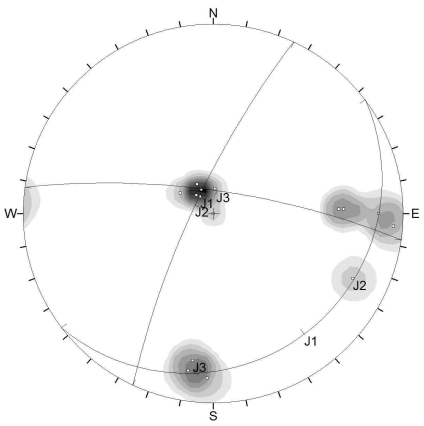
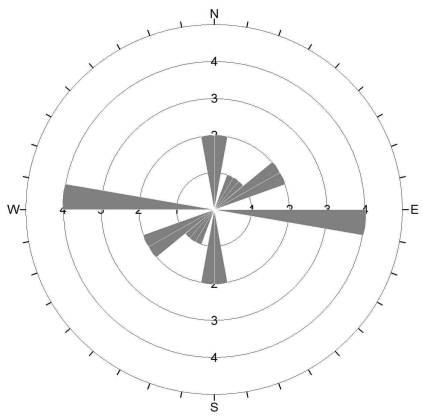
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S5는 팔성터널 입구부 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 9/110으로 나타나며, 고각을 띠는 2개의 절리군이 분포

(6) S6 (량기(현) 269km685 (–)) 팔성제1터널 출구

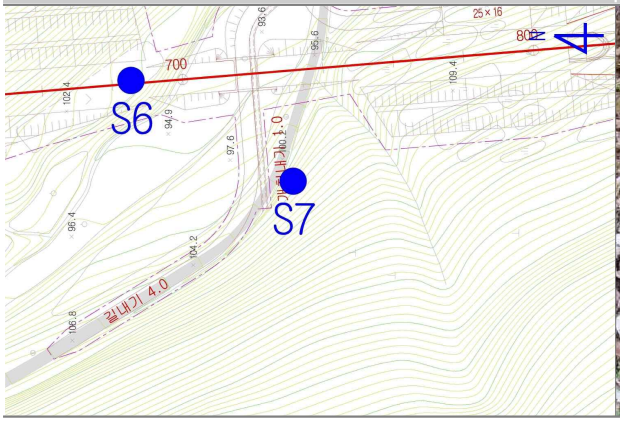
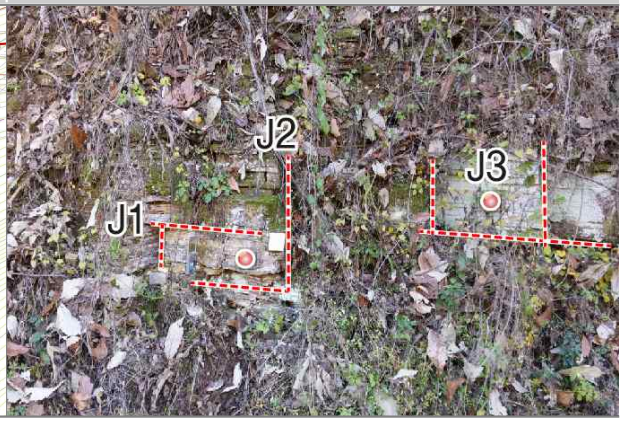
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	13/143	78/295	76/8
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	0.5~3m	0.1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.06~2.0m	0.2~0.6m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.1~0.5mm	0.1~0.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	–	–	33MPa

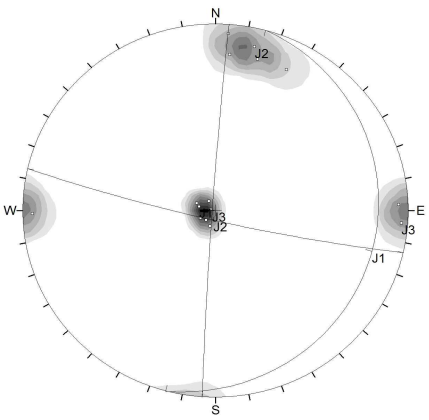
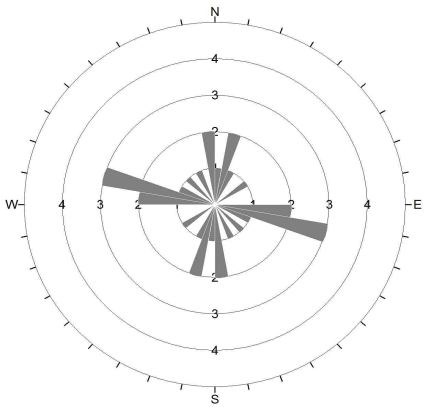
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S6는 팔성제1터널 종점부 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이며, 보통풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 13/143으로 나타나며, 고각을 띠는 2개의 절리군이 분포

(7) S7 (량기(현) 269km728 (우30.0m)) 쌓기구간

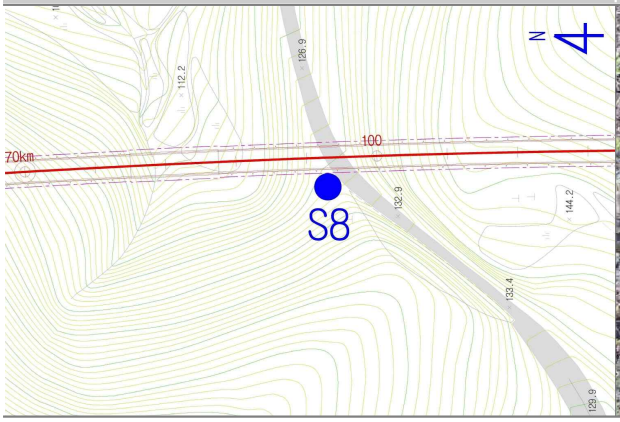
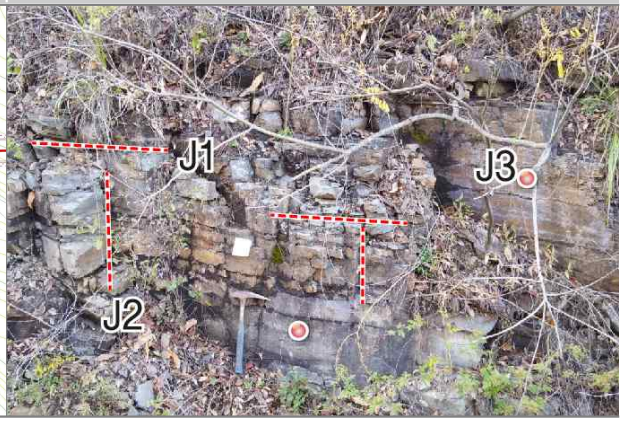
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	10/105	84/193	88/274
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	1~3m	0.5~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.06~2.0m	0.2~0.6m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.1~0.5mm	0.1~0.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	–	–	35MPa

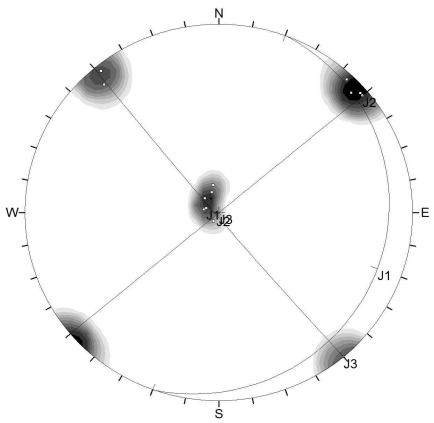
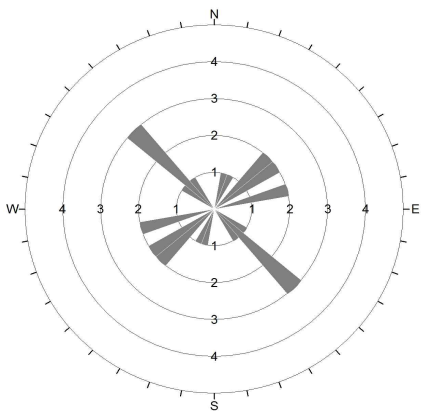
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S7는 팔성제2터널 시점부 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 셰일이며, 보통풍화 상태를 보이고, 층리발달에 따른 쪼개짐이 우세
•층리의 방향성은 10/105으로 나타나며, 고각을 띠는 2개의 절리군이 분포

(8) S8 (량기(현) 270km085 (우7.0m)) 팔성제2터널 구간

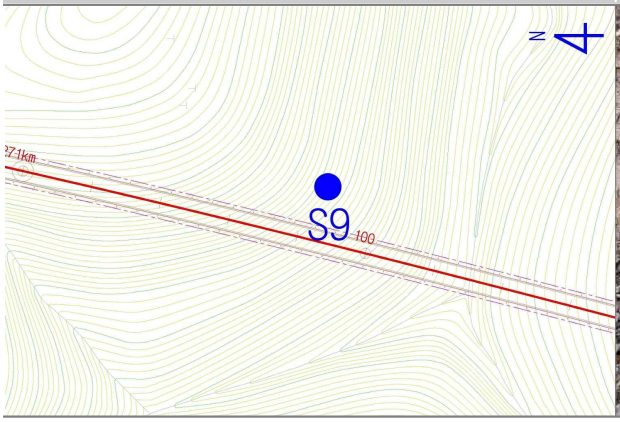
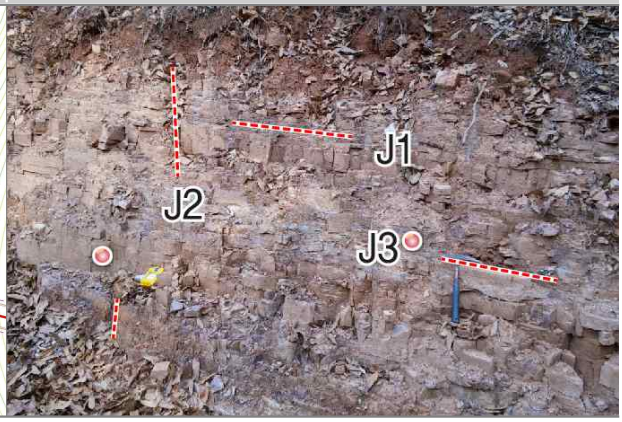
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	8/110	88/230	90/320
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	1~3m	0.2~3m	1~3m
간격(Distance)	0.02~0.6m	0.06~2.0m	0.2~0.6m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~4
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~0.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	–	–	28MPa

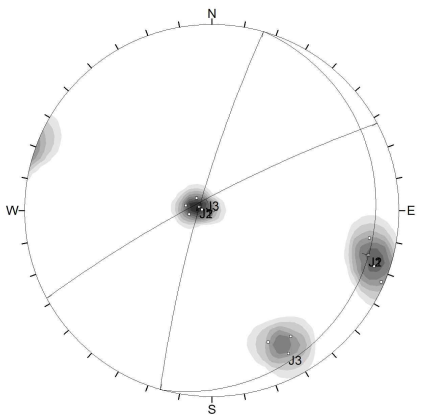
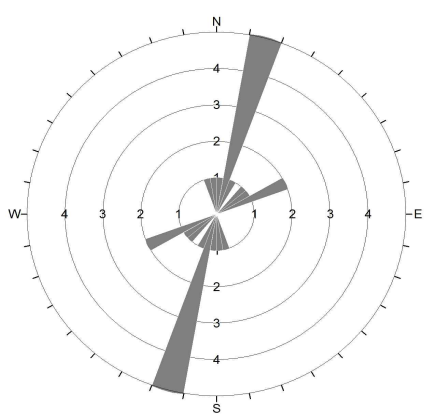
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S8은 팔성제2터널 량기(현)270km085 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이며, 보통풍화 상태를 보이고, 층리발달에 따른 쪼개짐이 우세
- 층리의 방향성은 8/110으로 나타나며, 고각을 띠는 2개의 절리군이 분포

(9) S9 (량기(현) 271km085 (좌15.0m)) 팔성제2터널 구간

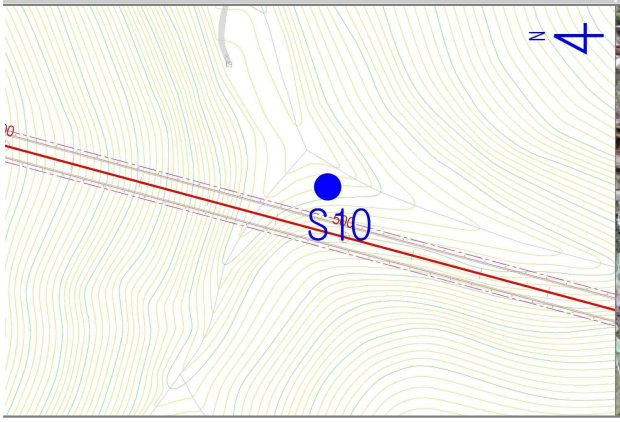
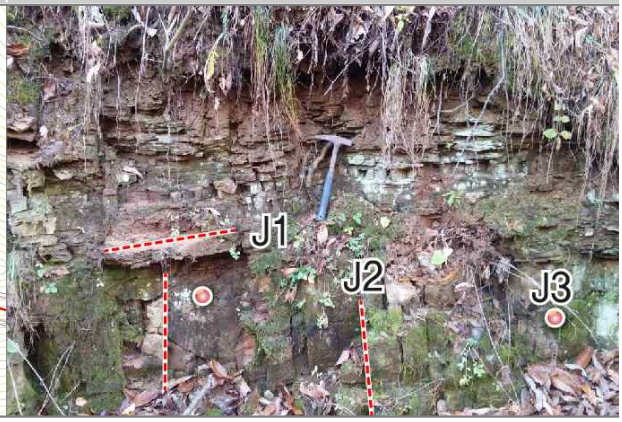
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	8/106	82/286	82/332
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화~보통풍화	약한풍화~보통풍화	약한풍화~보통풍화
연장(Persistence)	1~3m	0.2~1.0m	0.2~1.0m
간격(Distance)	0.06~0.2m	0.1~0.6m	0.1~0.6m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~0.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	–	–	56MPa

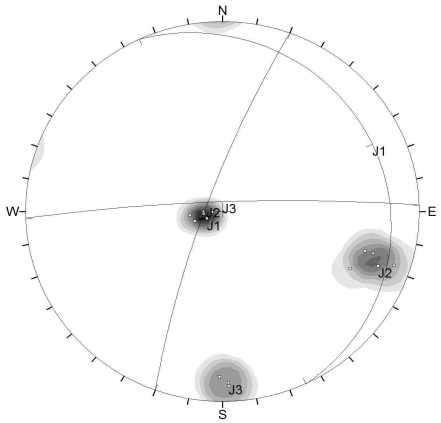
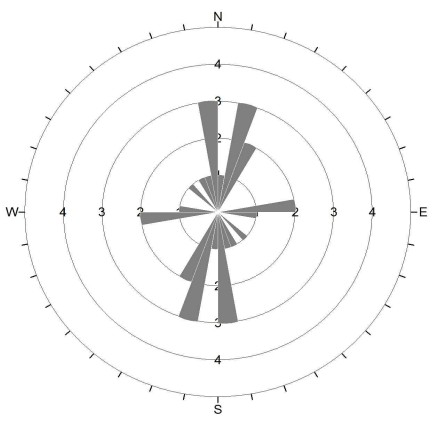
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S9은 팔성제2터널 량기(현) 271km085 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 사암 및 실트스톤이 호층으로 나타나며, 박리성 발달로 인한 파편화 진행
- 층리의 방향성은 8/106으로 나타나며, 고각을 띠는 2개의 절리군이 분포

(10) S10 (량기(현) 271km491 (좌12.0m)) 팔성제2터널 구간

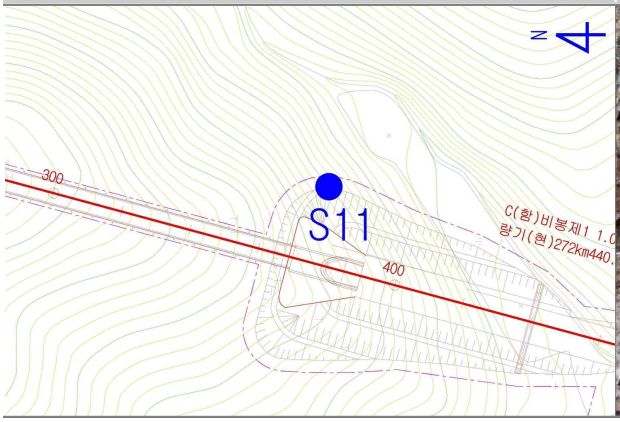
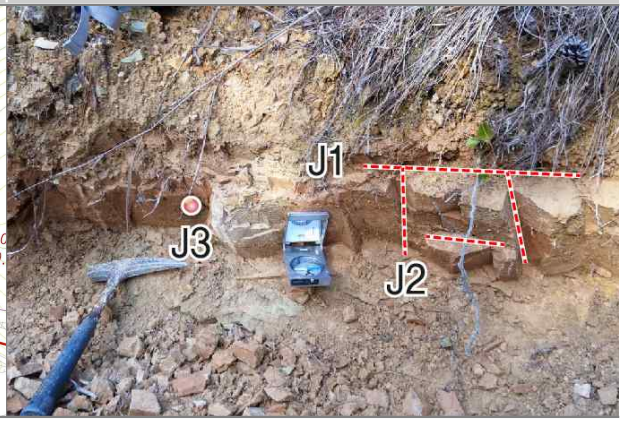
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	10/65	80/290	84/358
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화~심한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	0.5~3m
간격(Distance)	0.02~0.6m	0.06~0.6m	0.1~0.6m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	-	-	-
누수상태(Seepage)	-	-	-
강도(JCS)	-	-	28MPa

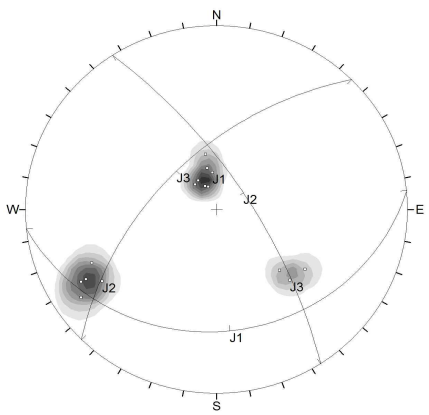
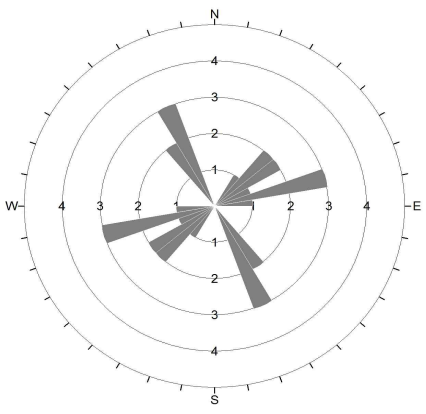
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S10은 팔성제2터널 량기(현) 271km491 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 층리발달에 따른 쪼개짐이 우세함
- 층리의 방향성은 10/65으로 나타나며, 고각을 띠는 2개의 절리군이 분포

(11) S11 (량기(현) 272km374 (좌21.0m)) 팔성제2터널 출구

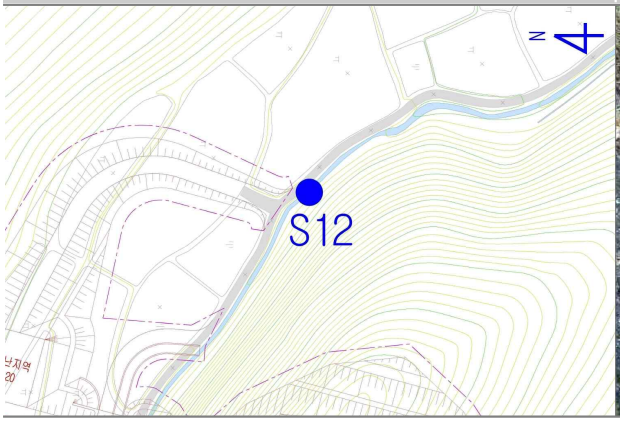
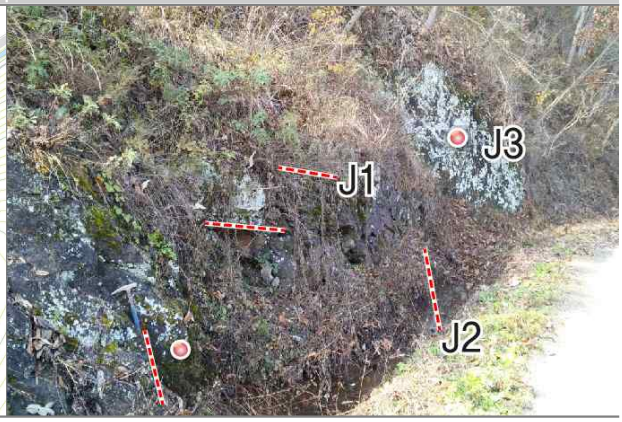
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	23/174	71/57	57/315
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	0.2~3m	0.2~3m	0.2~3m
간격(Distance)	0.2~0.6m	0.2~0.6m	0.2~0.6m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	56MPa	–	64MPa

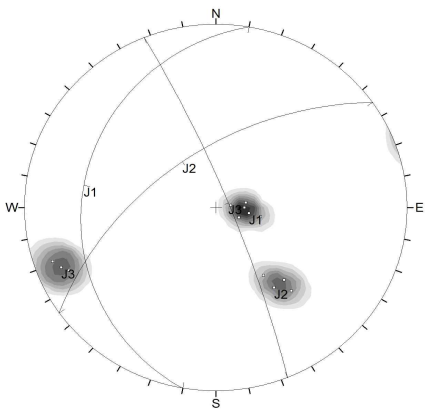
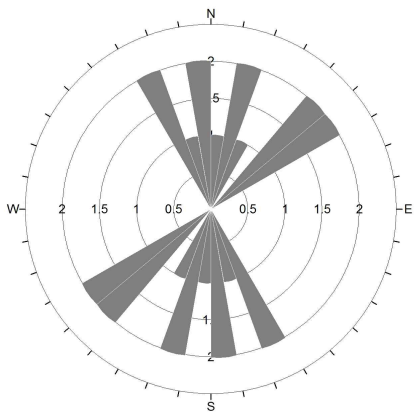
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S11은 팔성제2터널 종점부의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화의 상태를 보임
- 층리의 방향성은 23/174으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(12) S12 (량기(현) 272km581 (좌83.0m)) 깎기구간

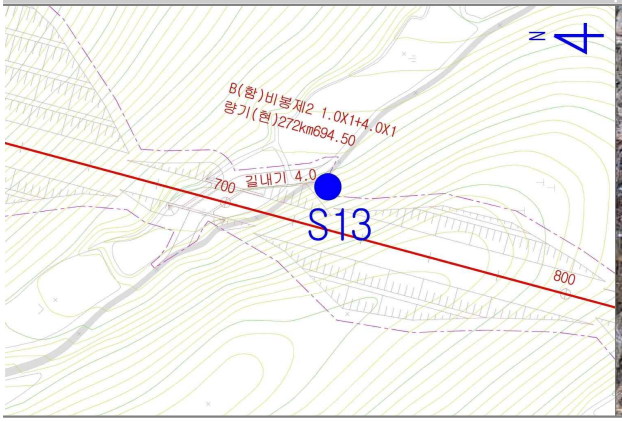
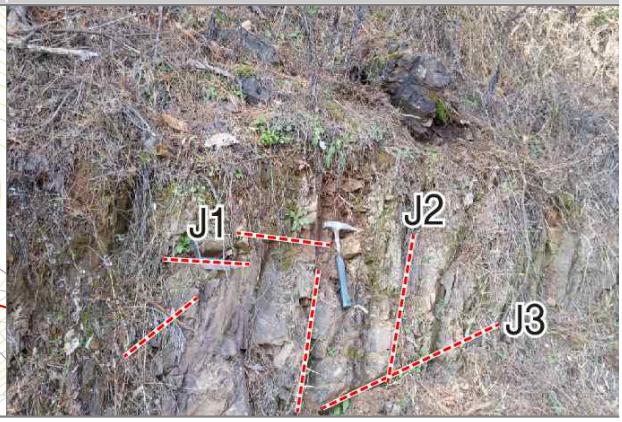
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	20/280	56/325	82/68
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	0.2~3m	0.2~3m	1~3m
간격(Distance)	0.1~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	–	–	74MPa

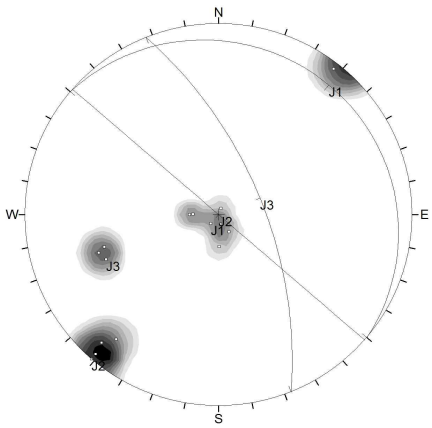
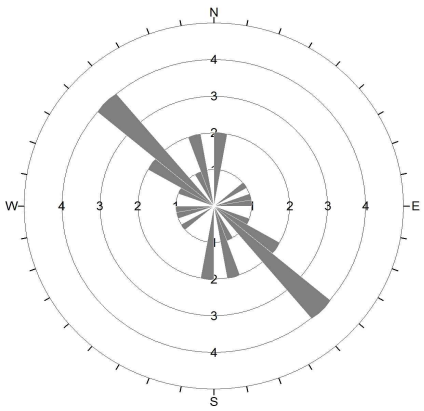
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S12은 량기(현) 272km581 부근의 깎기 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화의 상태를 보임
•층리의 방향성은 20/280으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성V

(13) S13 (량기(현) 272km726 (좌11.0m)) 쌓기구간

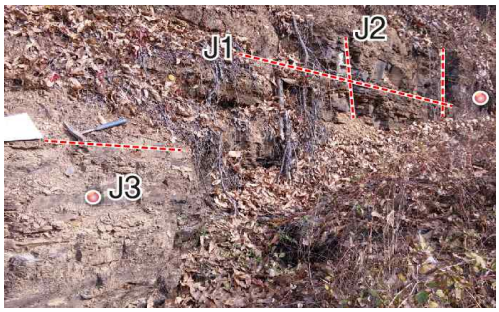
위 치 도	노 두 사 진
	

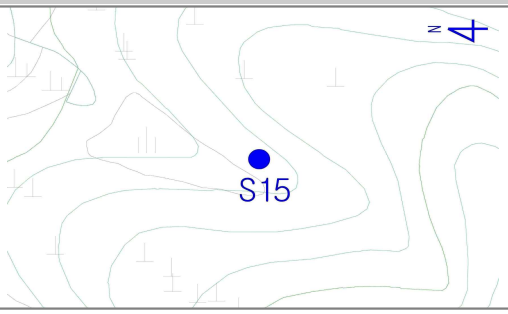
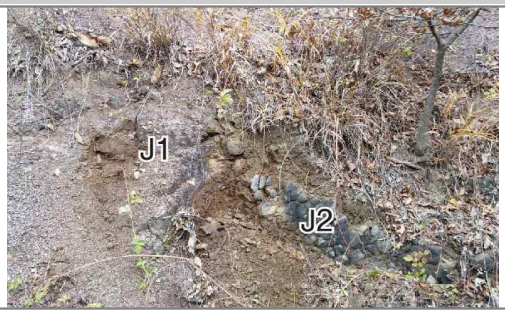
구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	7/40	90/41	64/68
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	0.2~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.05~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	–	53MPa	69MPa

불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

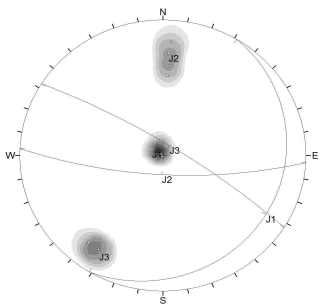
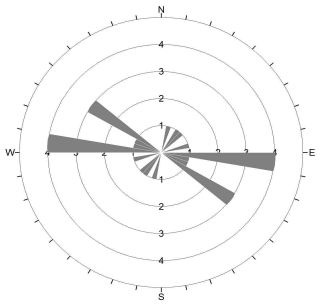
- S13은 량기(현) 272km726 부근의 깎기 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화의 상태를 보임
- 층리의 방향성은 7/40으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(14) S14 (량기(현) 273km402 (우85.0m)), S15 (량기(현) 273km415 (우39.0m)) 비봉터널 구간

S14 위 치 도	S14 노 두 사 진
	

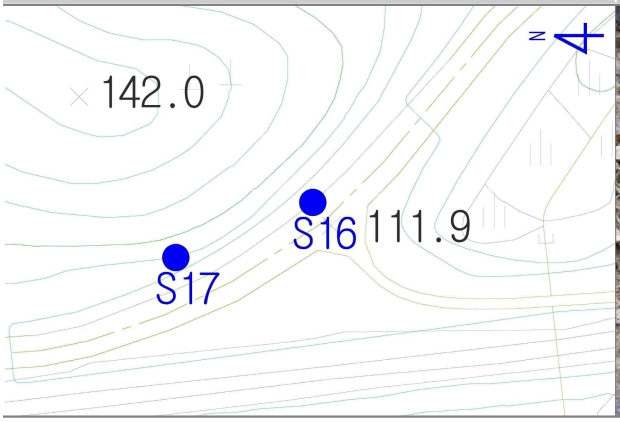
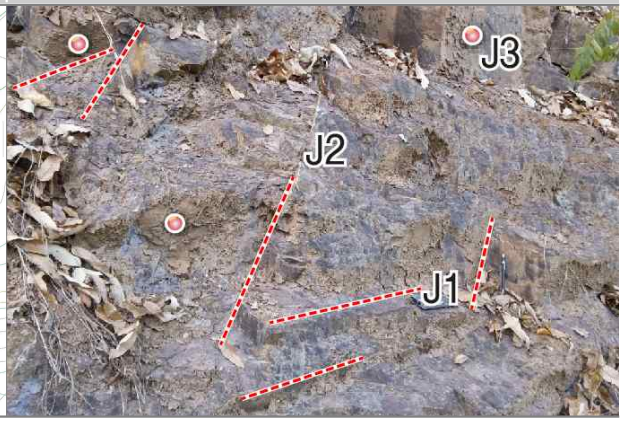
S15 위 치 도	S15 노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	10/121	74/183	80/32
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	0.2~3m	0.2~3m	0.2~30m
간격(Distance)	0.05~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	–	49MPa	56MPa

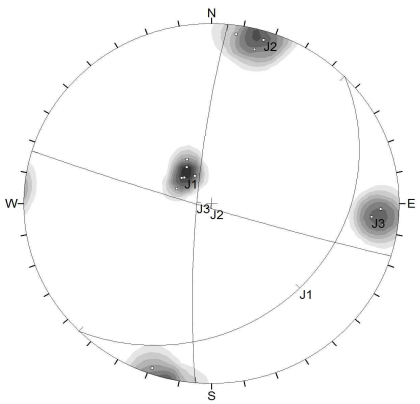
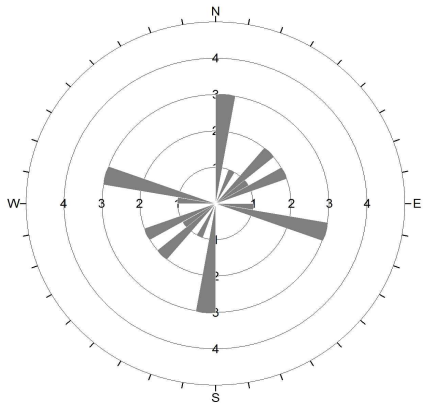
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S14은 비봉터널 시점부 부근의 깎기 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 셰일이 나타나며, 박리성 발달에 다른 파편화 경향을 보임
•층리의 방향성은 10/121으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성
•S15은 분포암종으로 자색의 셰일이 나타나며, 박리성 발달에 다른 파편화 경향을 보임

(15) S16 (량기(현) 273km663 (좌439.0m)) 비봉터널입구 근방 도로사면

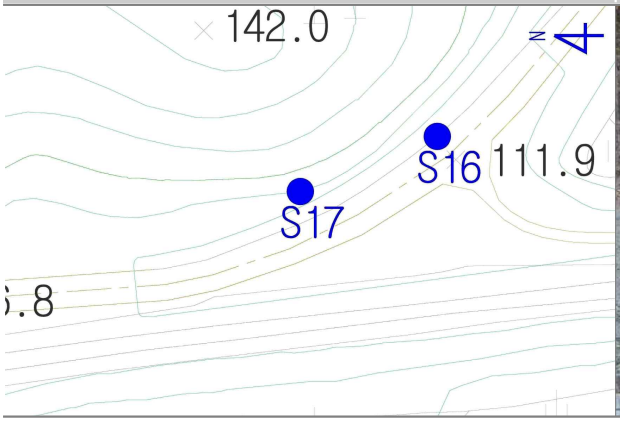
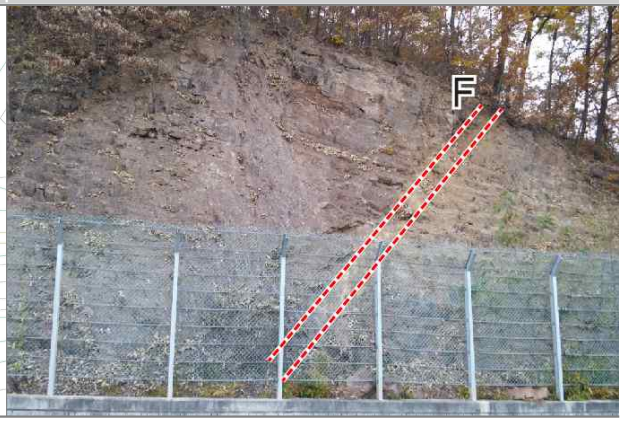
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	23/135	87/197	81/275
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1m이하	1m이하	1~3m
간격(Distance)	0.2~2m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	2~4	2~4
틈새(Aperture)	0.1mm이하	0.1~0.5mm	0.1mm이하
충진물(Filling)	-	-	-
누수상태(Seepage)	-	-	-
강도(JCS)	168MPa	128MPa	146MPa

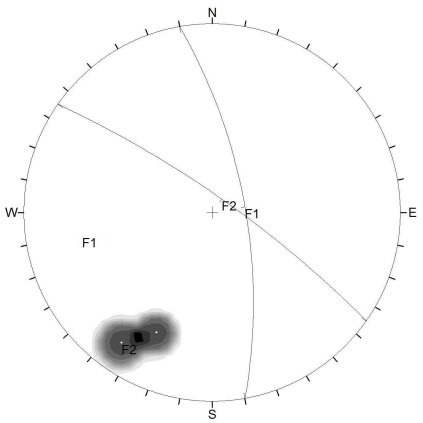
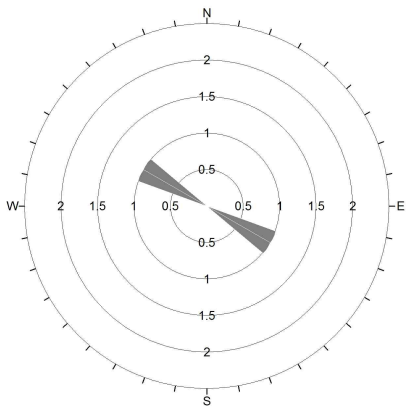
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S16은 금천단층 교차예상 지역의 깎기 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 실트암이 나타나며, 박리성 발달에 다른 파편화 경향을 보임
•층리의 방향성은 23/135으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(16) S17 (량기(현) 273km689 (좌404.0m)) 비봉터널입구 근방 도로사면

위 치 도	노 두 사 진
	

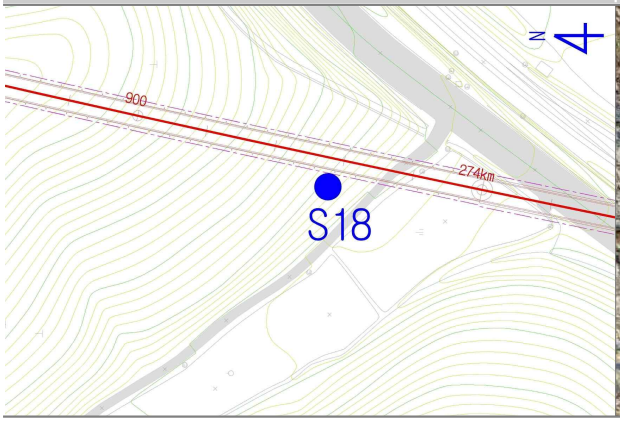
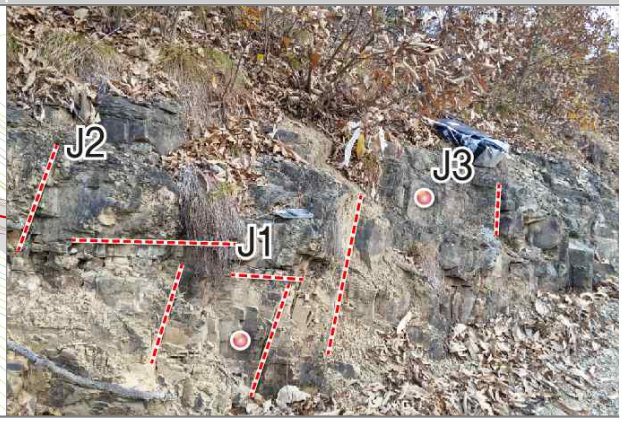
구분	F1	–	–
방향성(경사/경사방향)	70~80/25~35	–	–
불연속면 종류	단층	–	–
풍화도(Weathering)	심한풍화	–	–
연장(Persistence)	–	–	–
간격(Distance)	0.4~0.6m	–	–
거칠기(JRC)	2~4	–	–
틈새(Aperture)	측정불가	–	–
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	–	–

불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

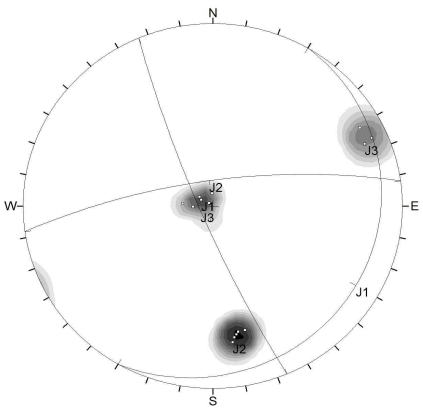
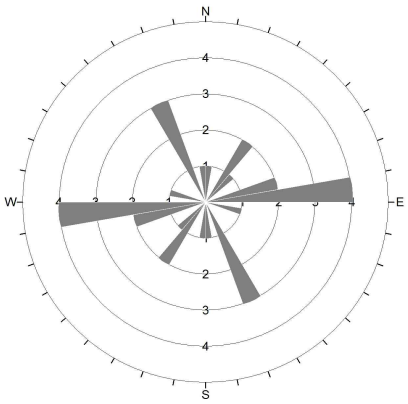
•S17은 금천단층에서 파생된 유사계열의 주향이동단층이 분포

•방향성은 70~80/25~35로 폭은 0.4~0.6m로 나타나나, 주변부도 단층파쇄대의 영향으로 인핸 습곡구조 및 파쇄대가 확인되며, 단층영향범위는 약 10.0m내외로 분포

(17) S18 (량기(현) 273km957 (우8.0m)) 비봉터널 구간

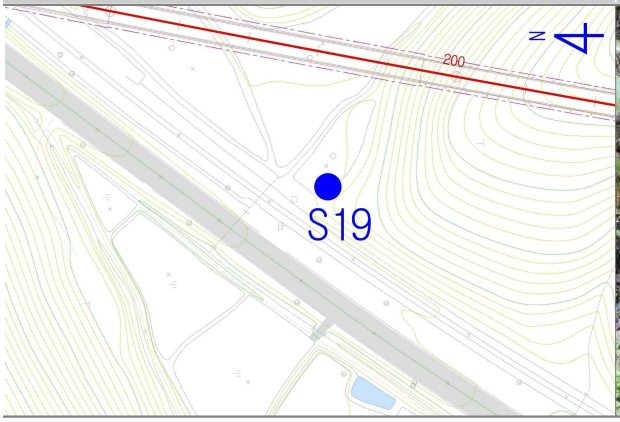
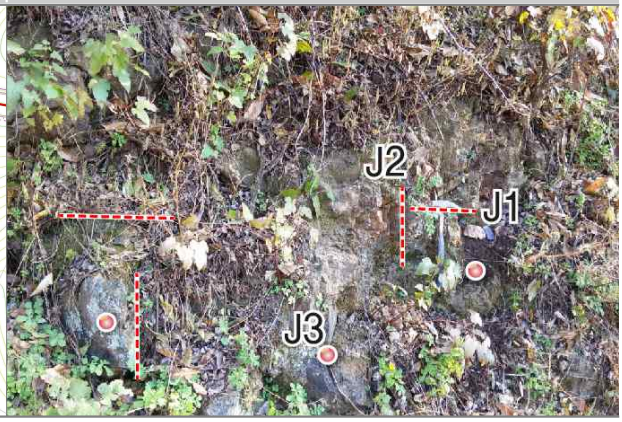
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	8/120	74/352	82/247
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.05~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	49MPa	64MPa	49MPa

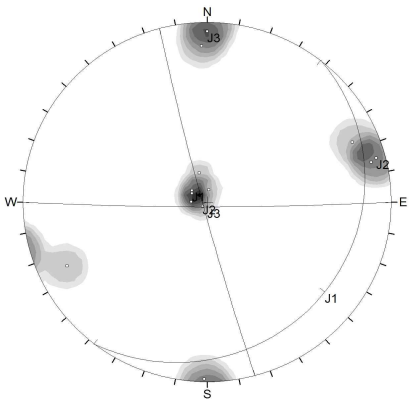
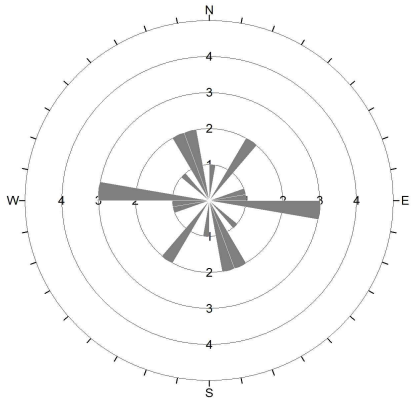
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S18은 비봉터널 개착부의 깎기 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 박리성 발달에 다른 파편화 경향을 보임
- 층리의 방향성은 8/120으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(18) S19 (량기(현) 274km169 (우37.0m)) 비봉터널 구간

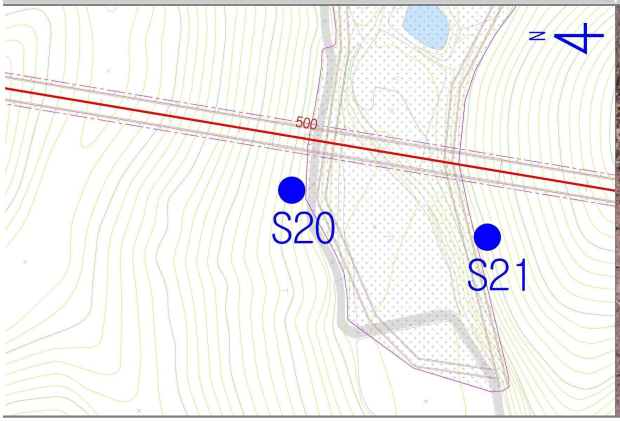
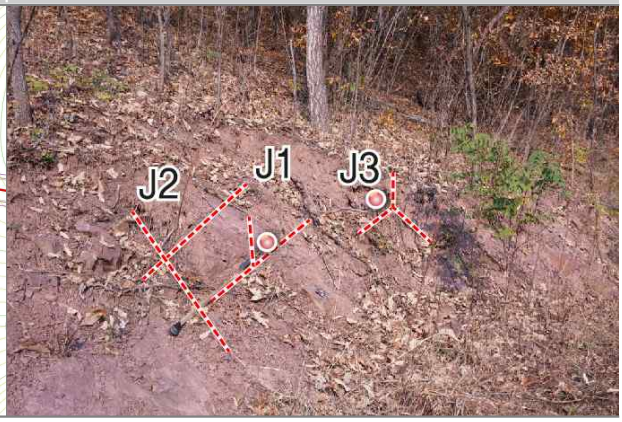
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	12/128	87/255	87/180
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.2~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	3~5	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	168MPa	128MPa	146MPa

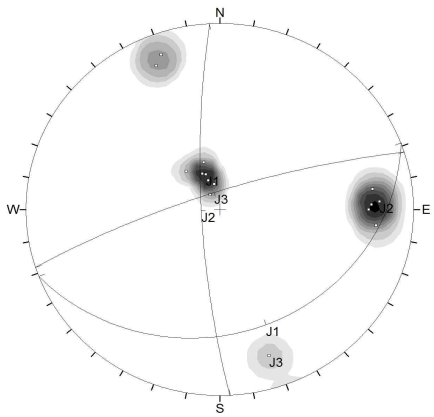
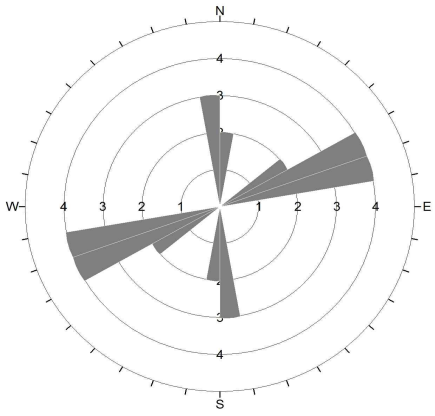
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S19은 비봉터널 개착부의 깎기 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 사암이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
•층리의 방향성은 12/128으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(19) S20 (량기(현) 274km497 (우14.0m)) 비봉터널 구간

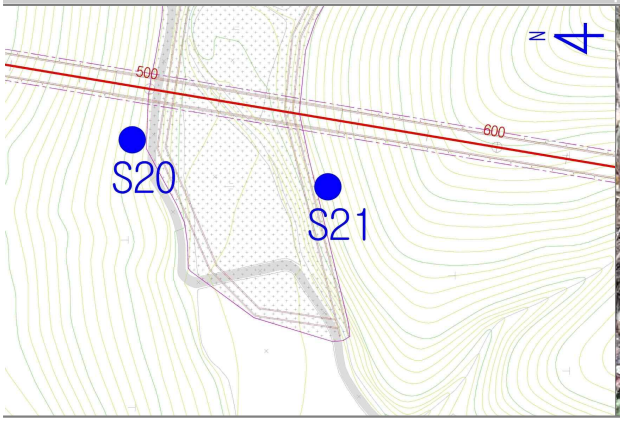
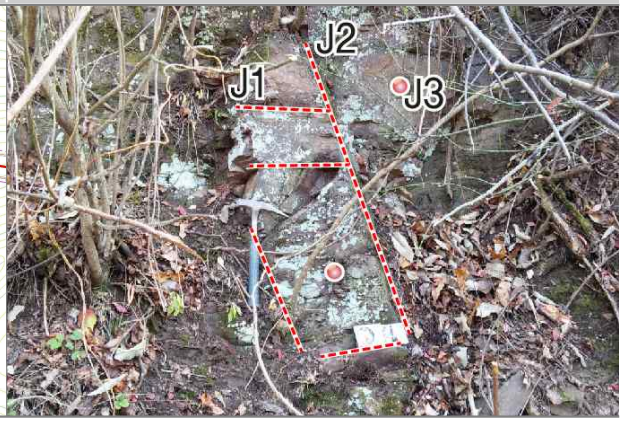
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	23/159	79/267	79/342
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.2~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	56MPa	43MPa	46MPa

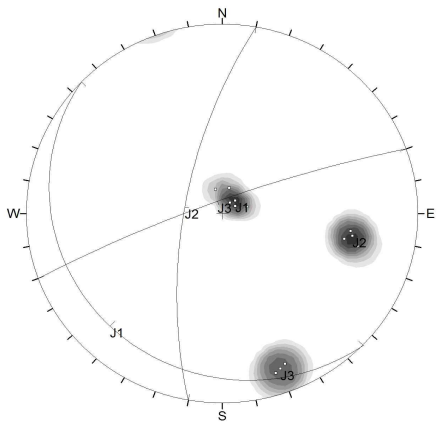
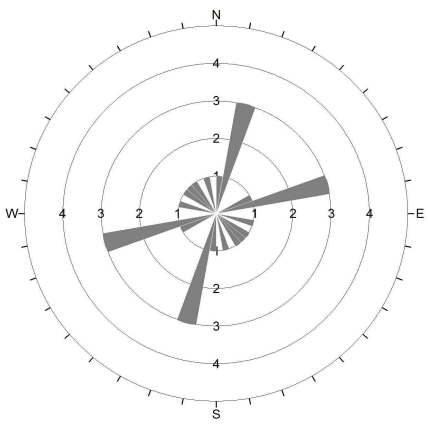
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S20은 비봉터널 개착부의 깎기 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일 및 실트암이 나타나며, 노출 후 풍화진행에 따른 파편화 경향을 보임
- 층리의 방향성은 23/159으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(20) S21(량기(현) 274km554 (우19.0m)) 비봉터널 구간

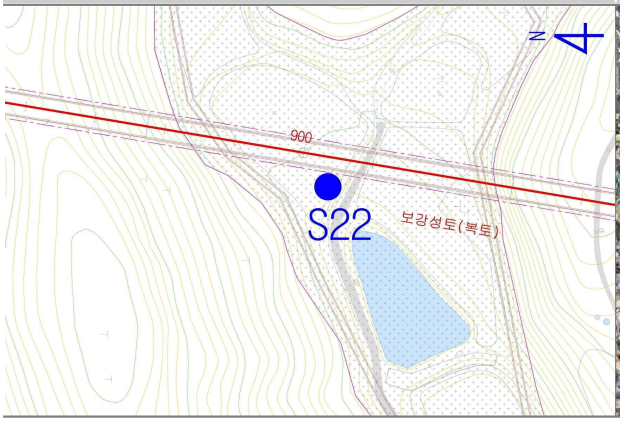
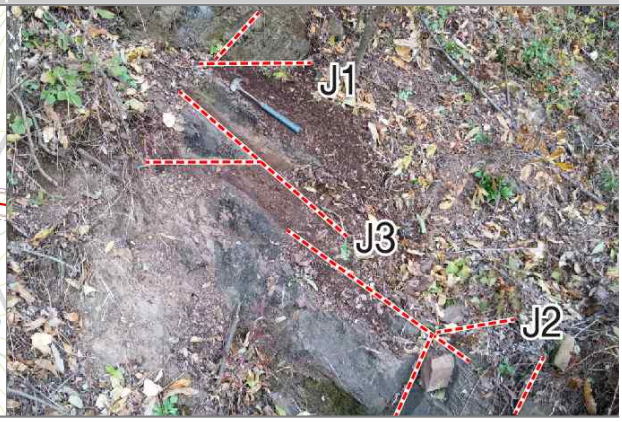
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	11/224	68/280	82/340
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	약한풍화	보통풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.2~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~4
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	64MPa	69MPa

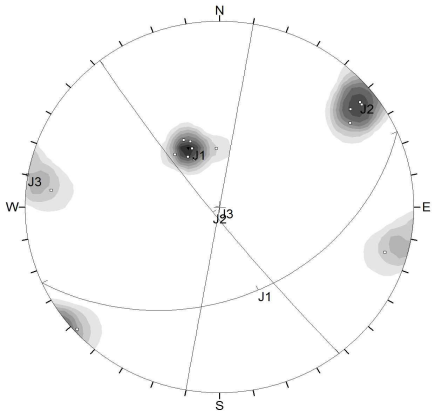
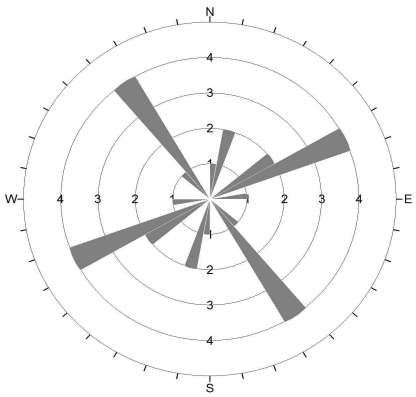
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S21은 비봉터널 개착부의 깎기 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 보통풍화의 상태를 보임
- 층리의 방향성은 11/224으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(21) S22 (량기(현) 274km908 (우8.0m)) 비봉터널 구간

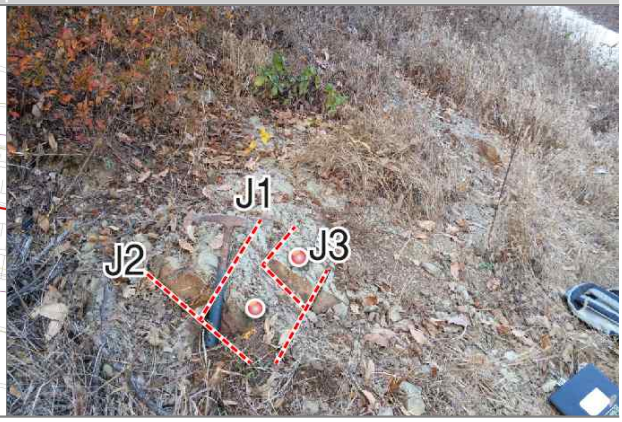
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	38/156	85/232	90/100
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.2~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	64MPa	61MPa

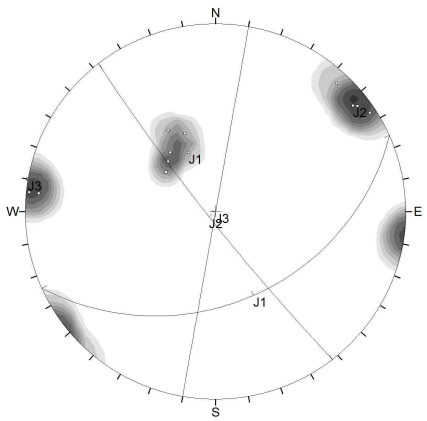
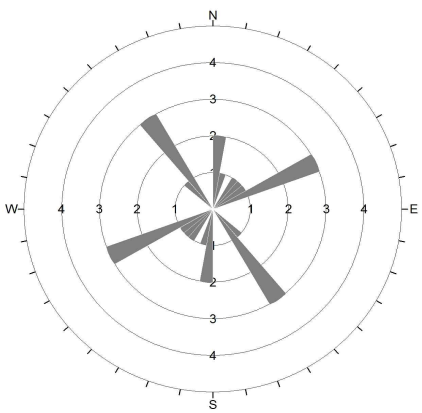
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S22은 비봉터널 개착부의 깎기 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화의 상태를 보임
- 층리의 방향성은 38/156으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(22) S23 (량기(현) 275km176 (우6.0m)) 비봉터널 구간

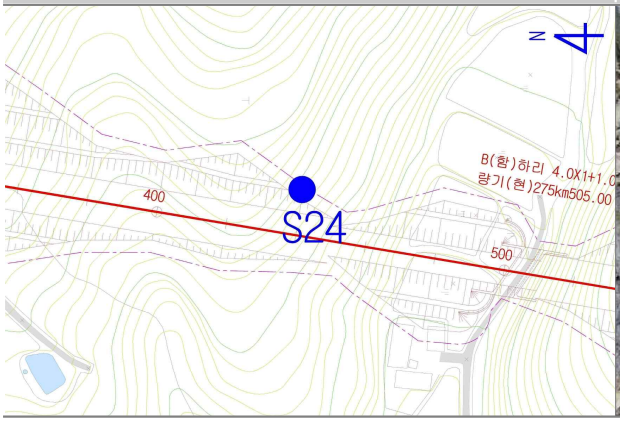
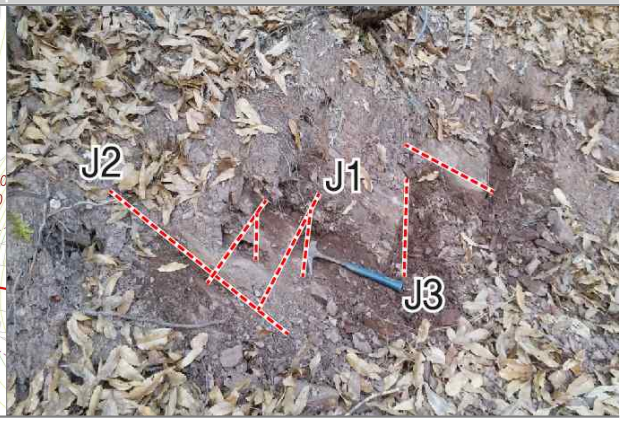
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	38/156	85/232	90/100
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.2~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	85MPa	64MPa	69MPa

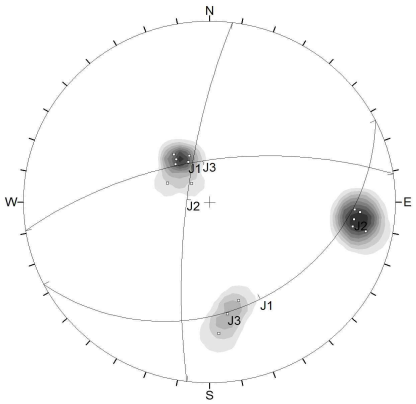
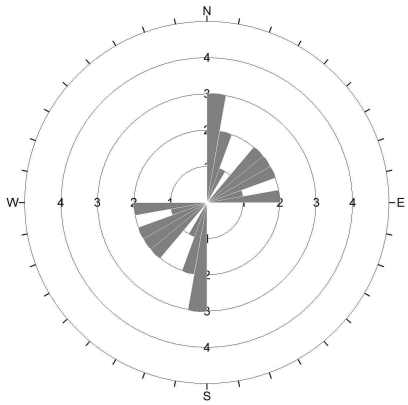
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S23은 비봉터널 종점부의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화의 상태를 보임
- 층리의 방향성은 38/156으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(23) S24 (량기(현) 275km439 (좌13.0m)) 학미리 깎기구간

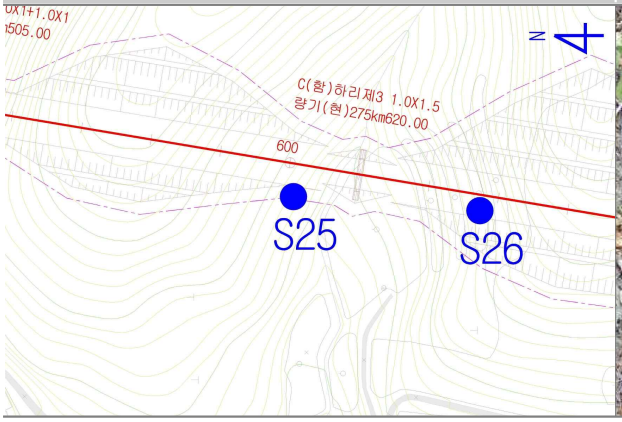
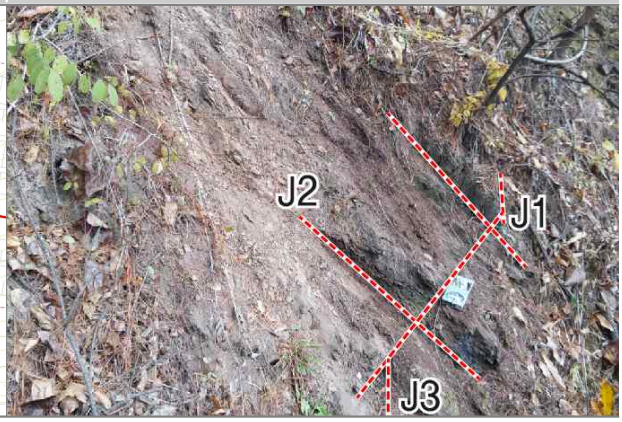
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	28/153	76/277	64/351
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	0.3~3m
간격(Distance)	0.02~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	56MPa	–	–

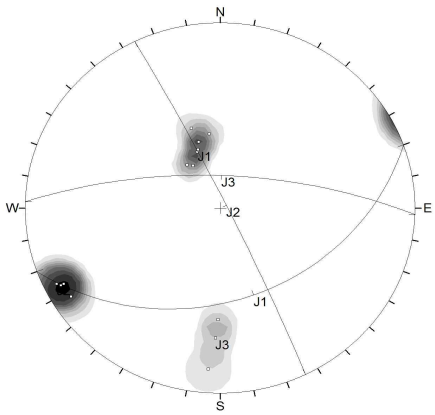
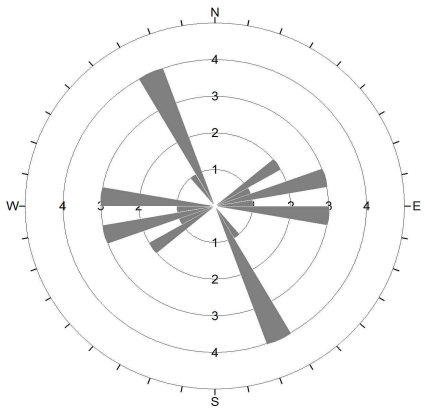
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S24은 량기(현) 275km439의 깎기부 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 셰일이 나타나며, 박리성으로 인해 파편화 되는 경향을 보임
•층리의 방향성은 28/153으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(24) S25 (량기(현) 275km602 (우9.0m)) 학미리 깎기구간

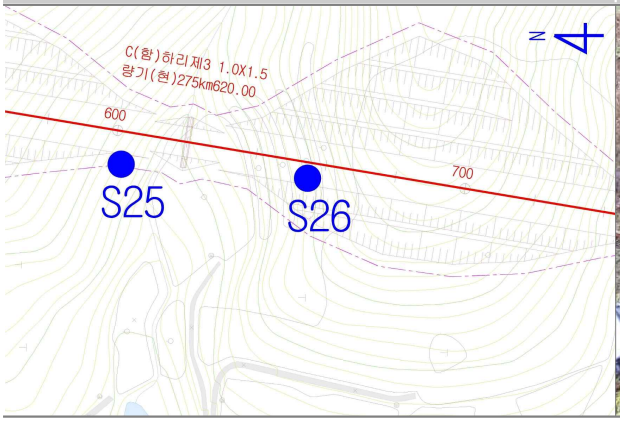
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	37/160	86/64	70/2
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.02~2m	0.6~2m	0.6~6m
거칠기(JRC)	2~4	4~6	4~6
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	37MPa	–	–

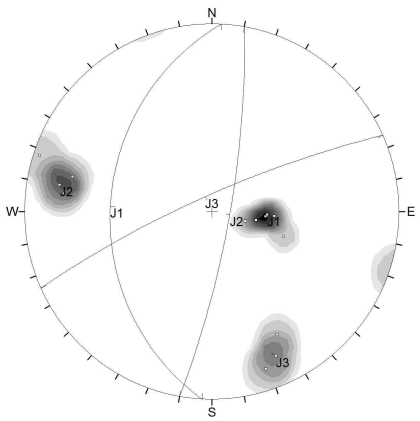
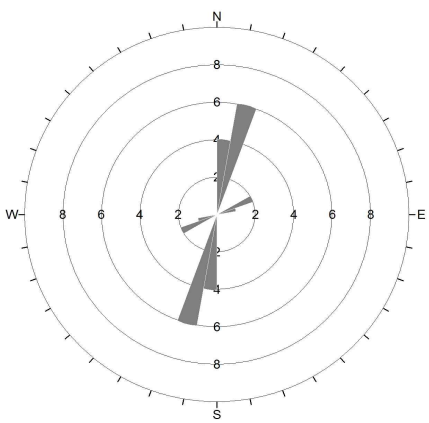
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S25은 량기(현) 275km602 부근의 깎기부 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 보통풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 37/160으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(25) S26 (량기(현) 275km655 (우4.0m)) 학미리 깎기구간

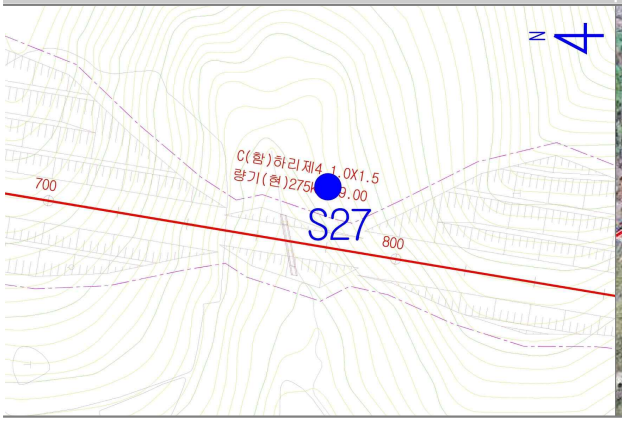
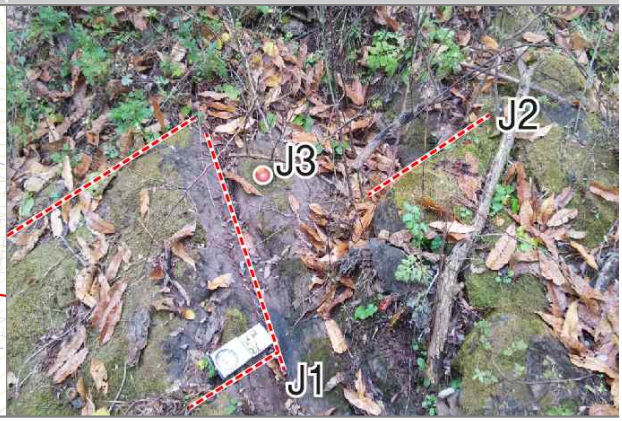
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	33/273	79/100	80/336
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.6~2m	0.6~2m	0.6~6m
거칠기(JRC)	2~4	4~6	4~6
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	192MPa	–	–

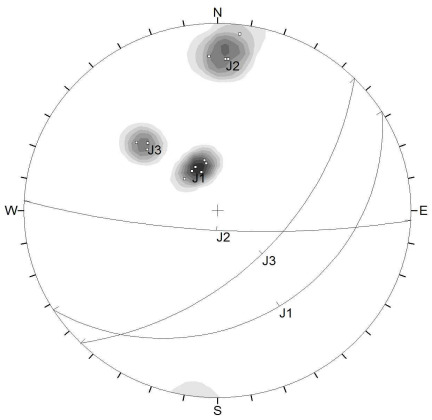
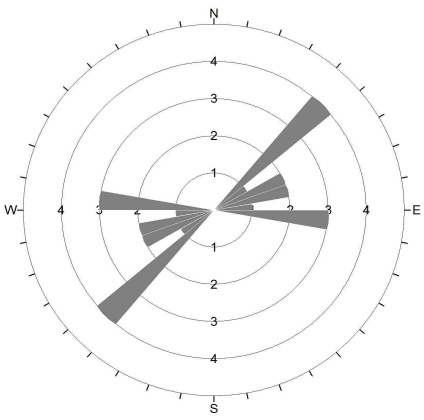
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S26은 량기(현) 275km655 부근의 깎기부 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 실트암이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
•층리의 방향성은 33/273으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(26) S27 (량기(현) 275km777 (좌17.0m)) 학미리 깎기구간

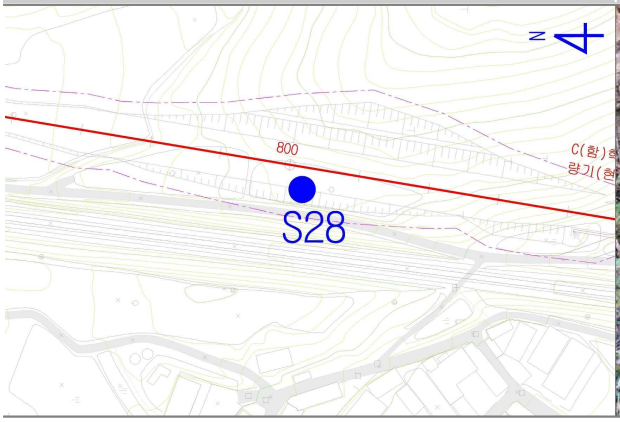
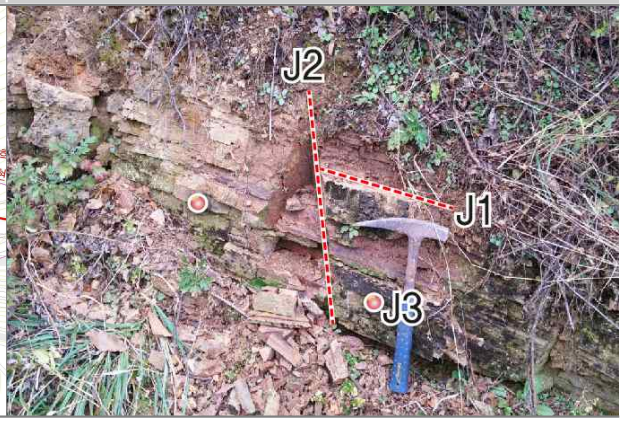
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	28/148	78/183	54/135
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.6~2m	0.6~2m	0.6~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	85MPa	60MPa	56MPa

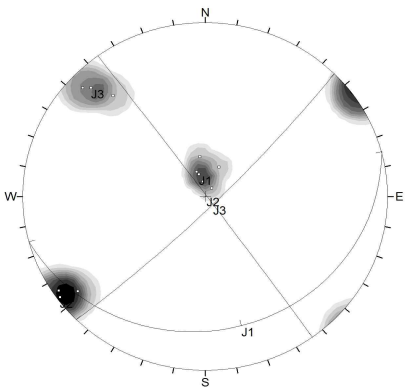
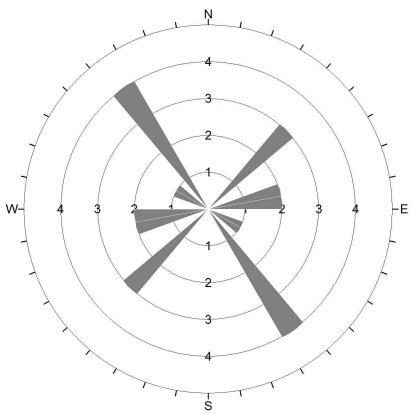
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S27은 량기(현) 275km777 부근의 깎기부 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 28/148으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(27) S28 (량기(현) 276km804 (우6.0m)) 학미리 깎기구간

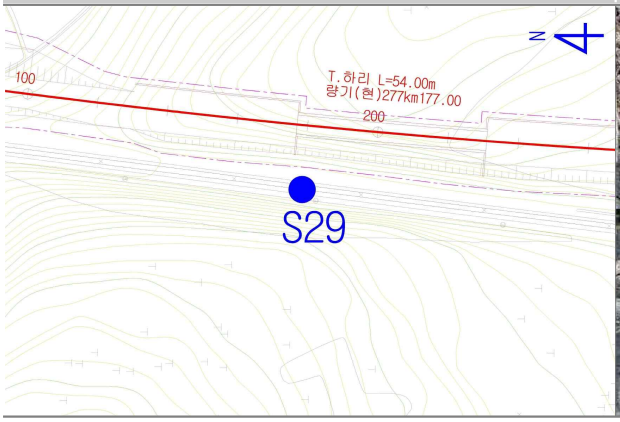
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	15/165	89/54	83/135
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	1~3m	0.3~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~2m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	측정불가	46MPa

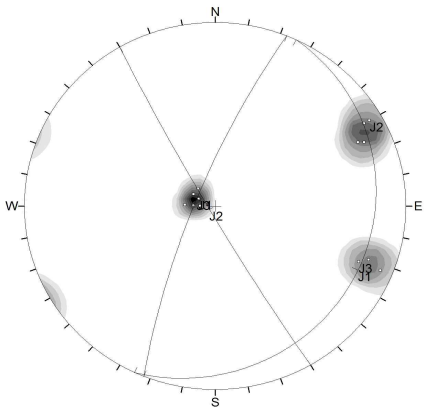
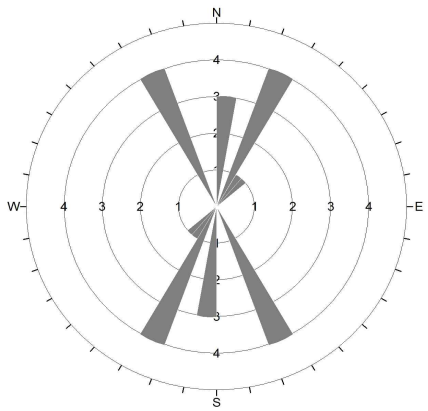
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S28은 량기(현) 276km804 부근의 깎기부 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 보통풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 15/165으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(28) S29 (량기(현) 277km180 (우18.0m)) 하리터널 구간

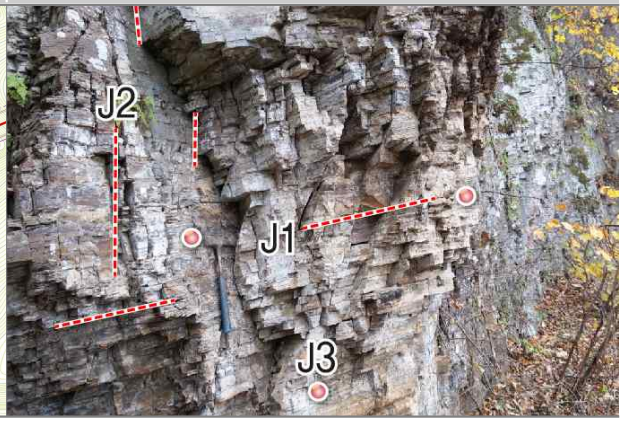
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	11/115	86/240	78/292
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	0.3~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~2m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	측정불가	46MPa

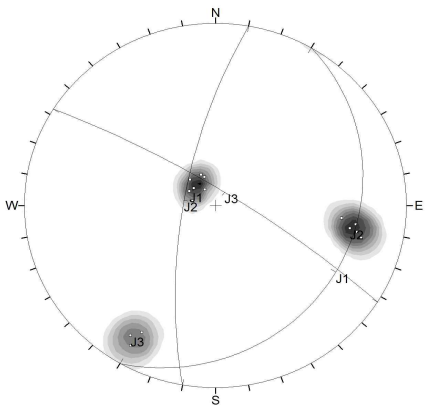
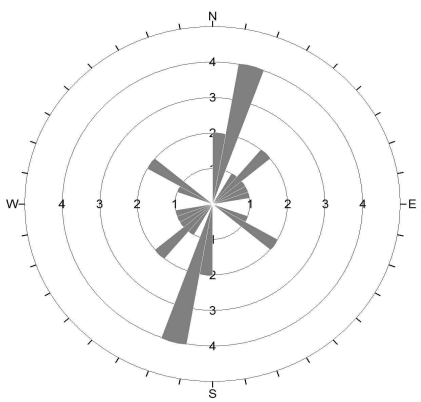
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S29은 하리터널 부근의 깎기부 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 11/115으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(29) S30 (량기(현) 281km960 (좌17.0m)) 청로터널 입구

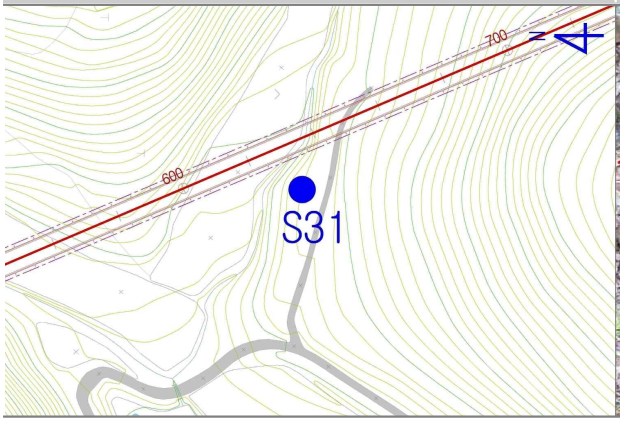
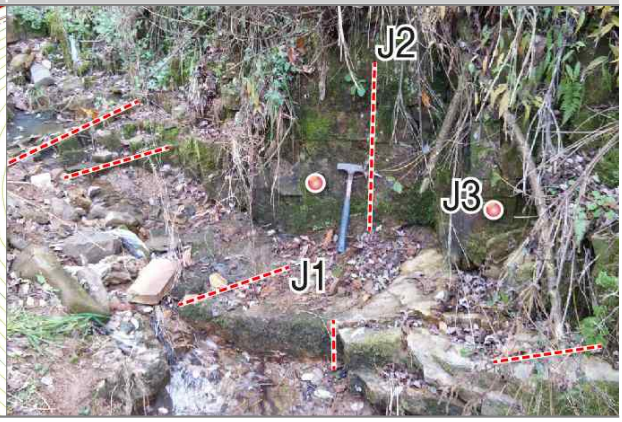
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	18/120	71/280	80/32
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~10m	0.3~3m	1~10m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.06~0.6m	0.2~0.6m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	45MPa	65MPa	61MPa

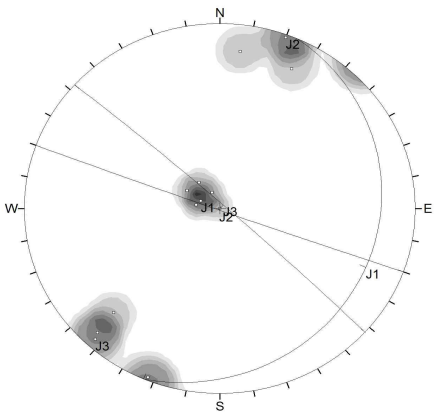
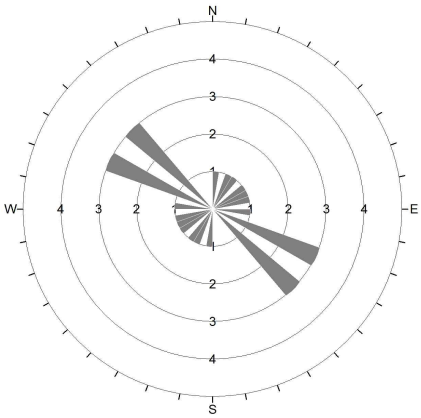
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S30은 청로터널 시점부 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 18/120으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(30) S31 (량기(현) 282km630 (우13.0m)) 청로터널 구간

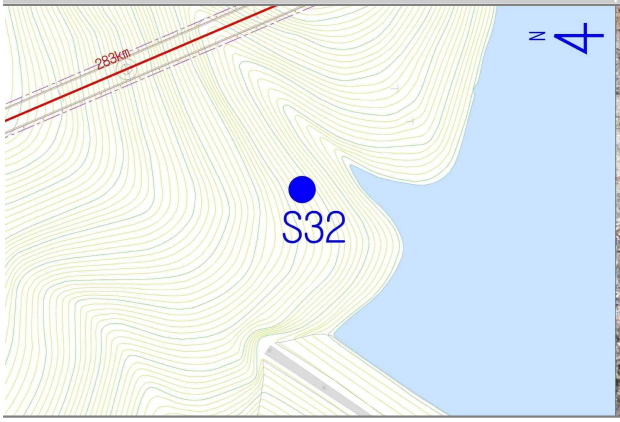
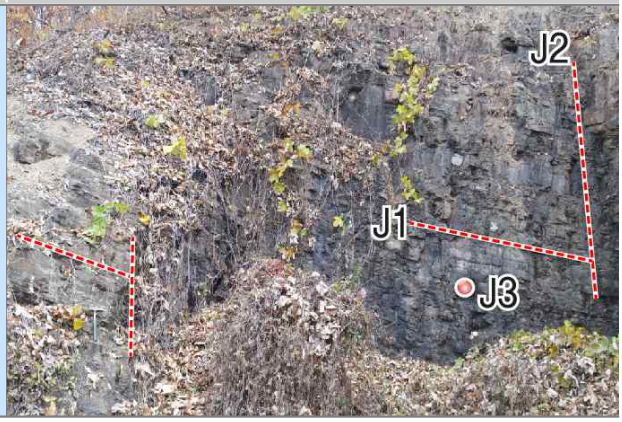
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	12/113	89/200	87/42
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	88MPa	61MPa	57MPa

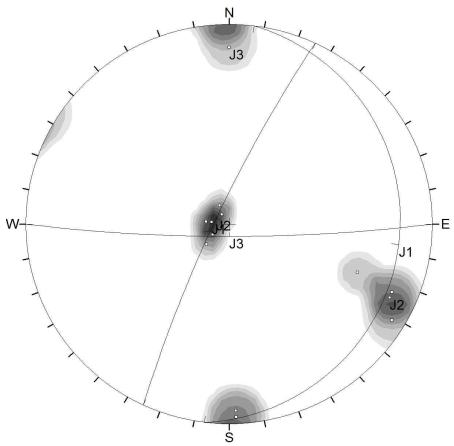
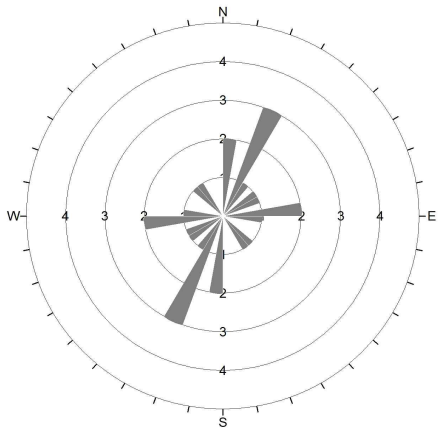
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S31은 량기(현) 282km630 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
•층리의 방향성은 12/113으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(31) S32 (량기(현) 283km032 (우50.0m)) 청로터널 구간

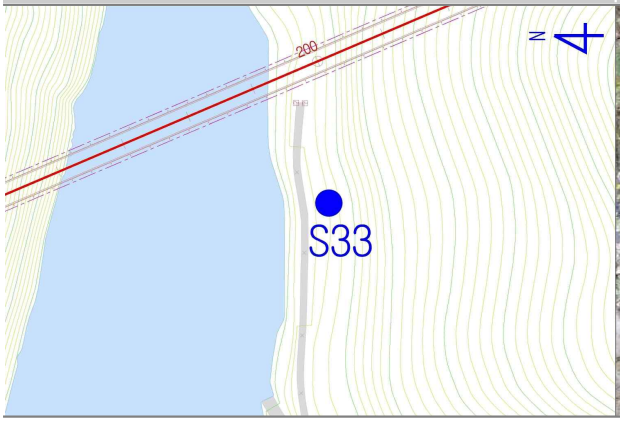
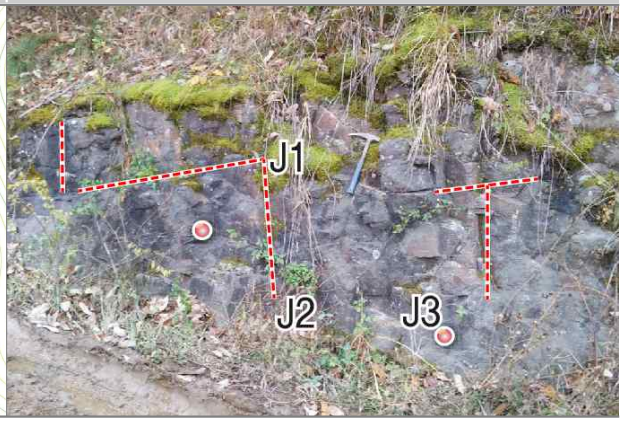
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	10/97	82/295	83/180
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화~보통풍화	약한풍화~보통풍화	약한풍화~보통풍화
연장(Persistence)	1~10m	1~3m	1~10m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.5mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	70MPa	61MPa

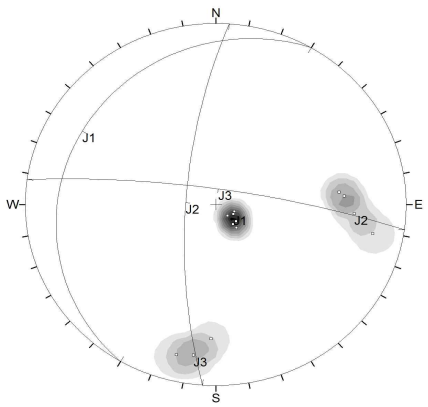
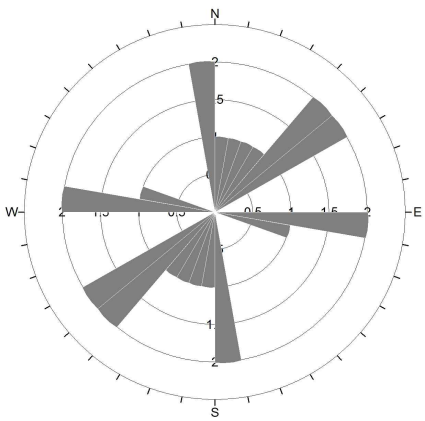
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S32은 량기(현) 283km032 부근의 재원지내 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
•분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
•층리의 방향성은 10/97으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(32) S33 (량기(현) 283km187 (우38.0m)) 청로터널 구간

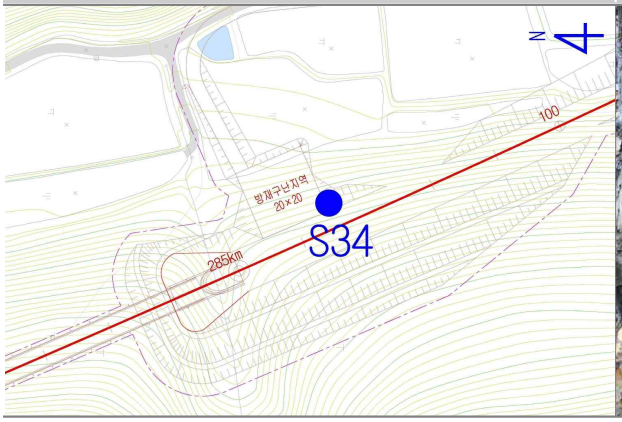
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	12/300	72/274	80/8
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1m이하	1m이하	1m이하
간격(Distance)	0.2~2m	0.6~2m	0.6~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1mm이하	0.1mm이하	0.1mm이하
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	측정불가	152MPa

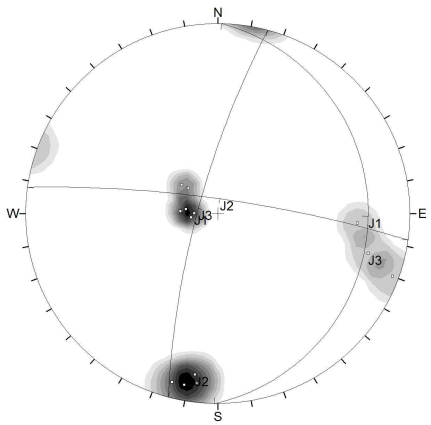
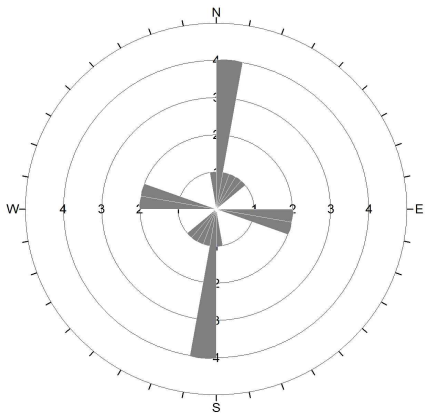
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S33은 량기(현) 283km187 부근의 재원지내 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 12/300으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(33) S34 (량기(현) 285km031 (좌7.0m)) 청로터널 출구

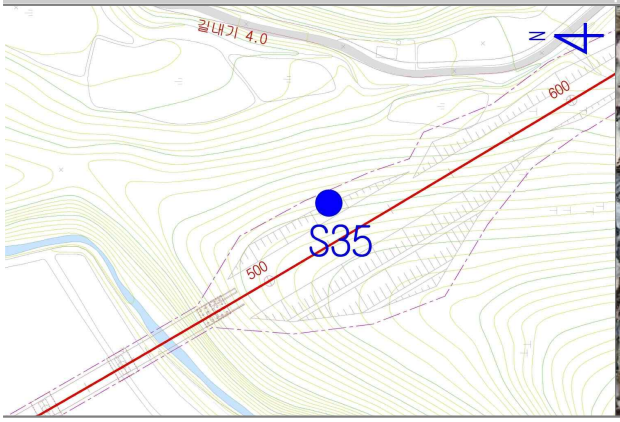
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	14/91	81/8	78/285
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~4
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	측정불가	–

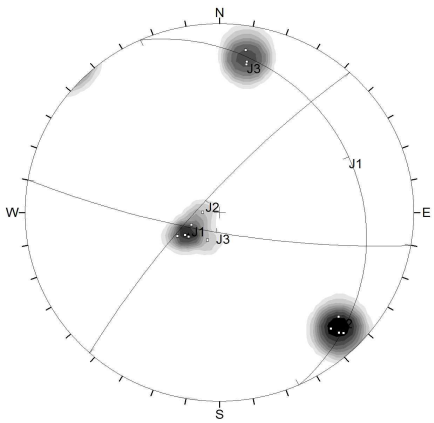
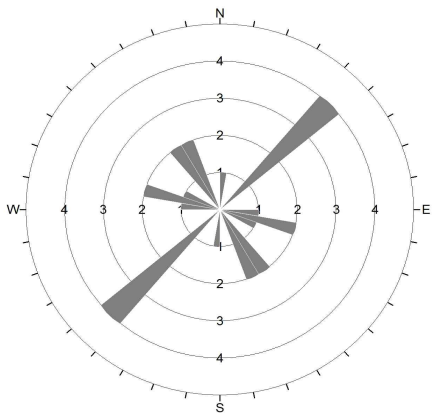
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S34은 청로터널 종점부 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 14/91으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(34) S35 (량기(현) 285km525 (좌10.0m)) 순호리 깎기구간

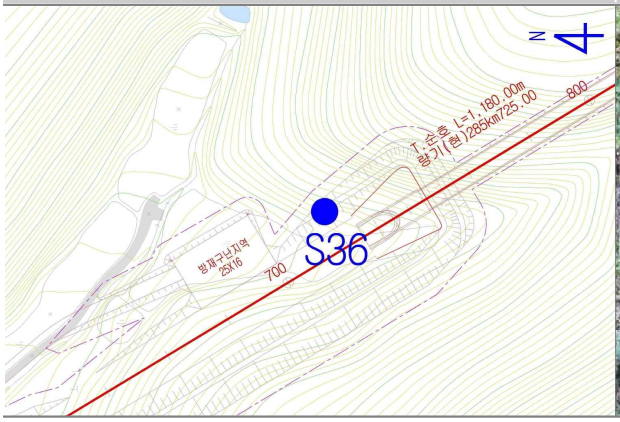
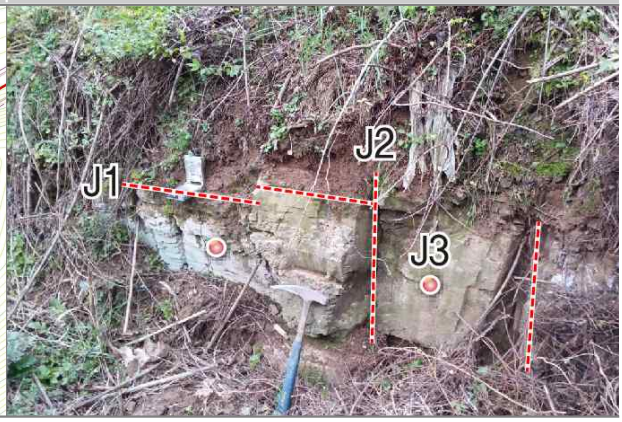
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	18/66	79/312	78/190
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~4
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	68MPa	측정불가	–

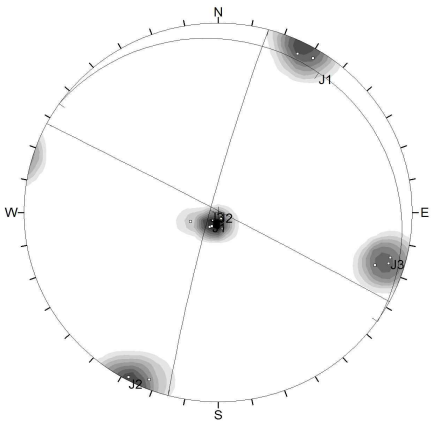
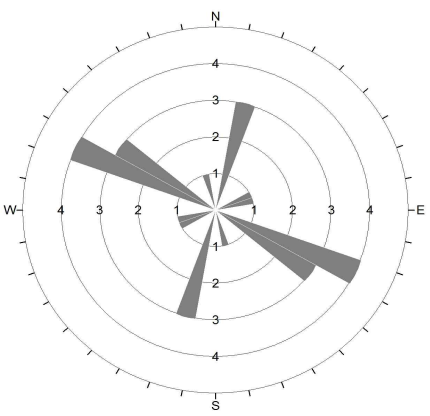
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S35은 량기(현) 285km525 부근의 깎기부 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 18/66으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(35) S36 (량기(현) 285km719 (좌11.0m)) 순호터널 입구

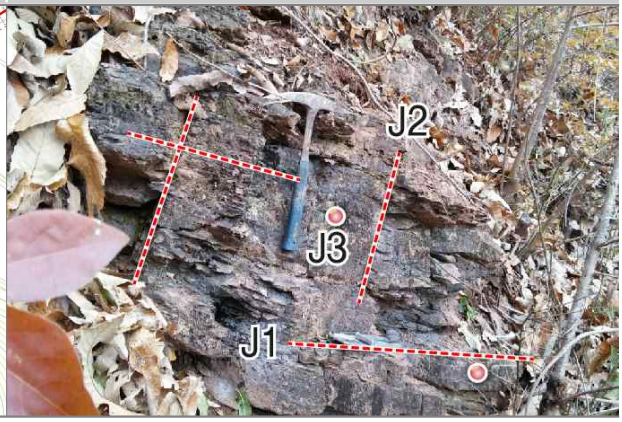
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	6/35	89/28	85/285
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~4
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	–	–	57MPa

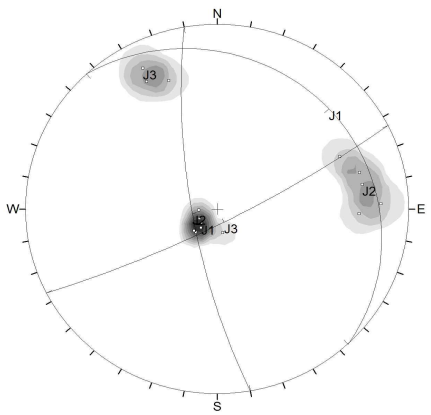
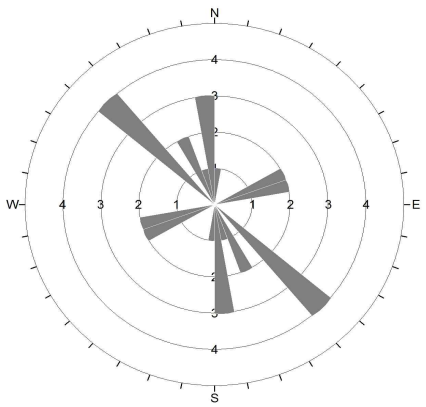
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S36은 순호터널 시점부 부근의 깎기부 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 6/35으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(36) S37 (량기(현) 286km899 (우4.0m)) 순호터널 출구

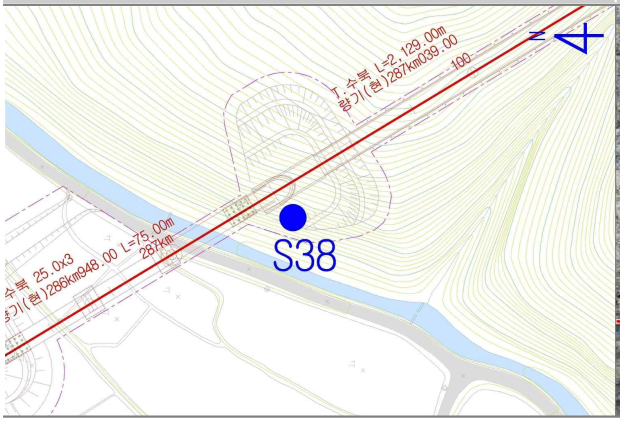
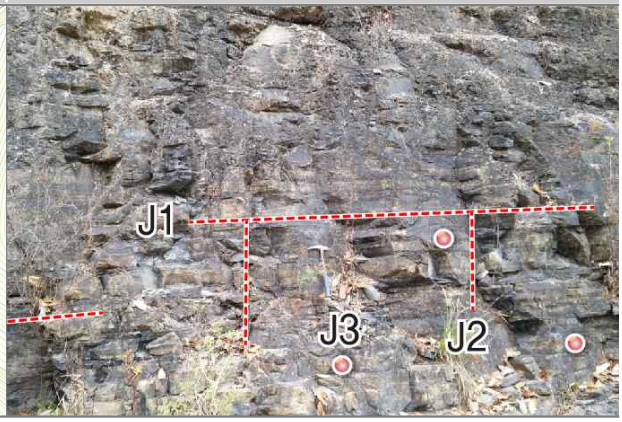
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	13/47	75/260	81/153
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.02~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~4
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	–	–	49MPa

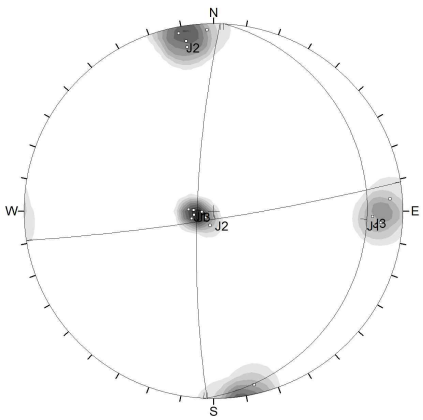
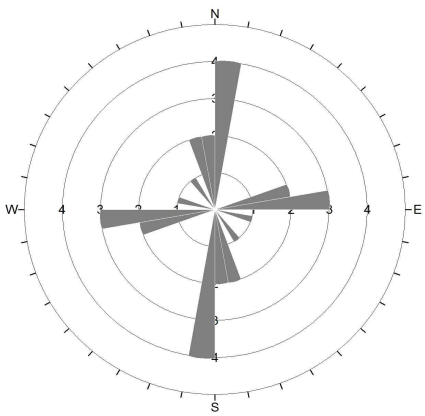
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S37은 순호터널 종점부 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 보통풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 13/47으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(37) S38 (량기(현) 287km034 (우8.0m)) 수북터널 입구

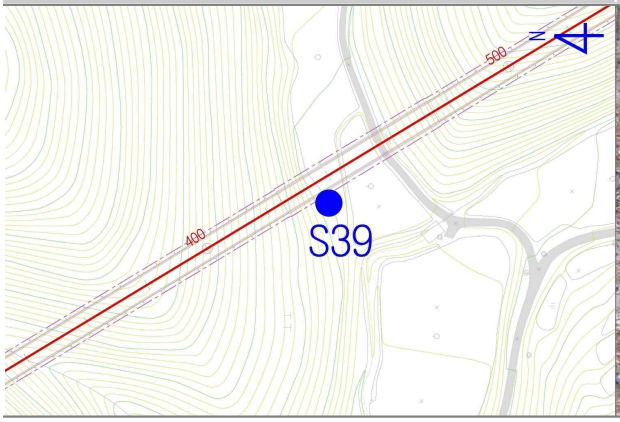
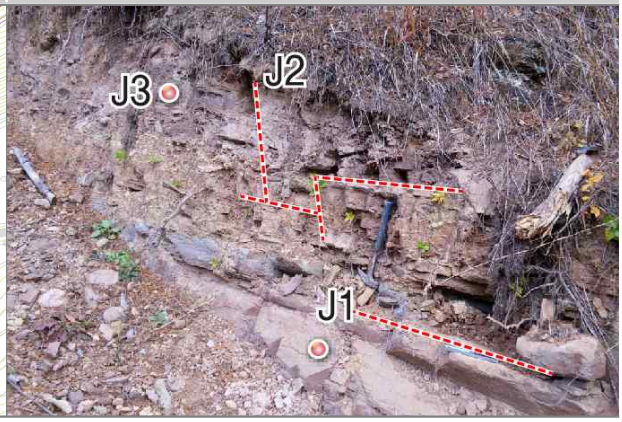
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	12/93	85/171	80/272
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	0.2~3m	0.2~3m	1~3m
간격(Distance)	0.02~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~4
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	측정불가	75MPa

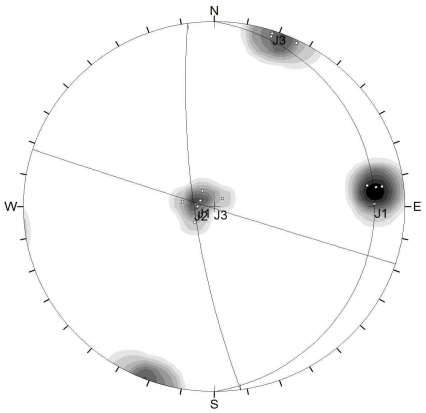
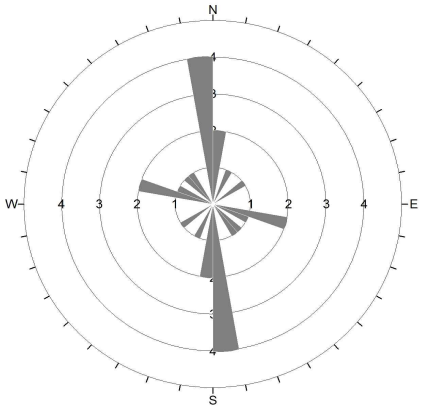
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S38은 수북터널 시점부 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 12/93으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(38) S39 (량기(현) 287km436 (우6.0m)) 수북터널 구간

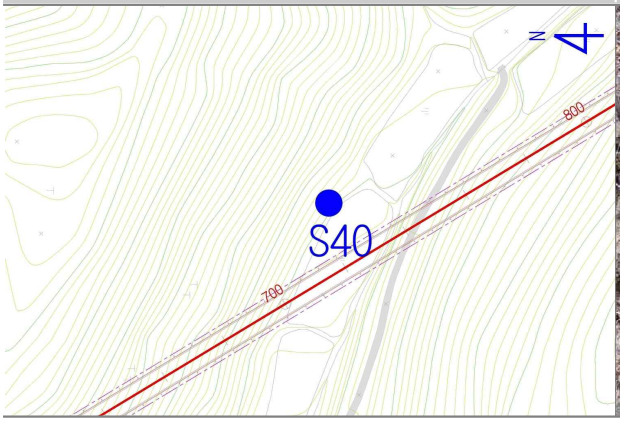
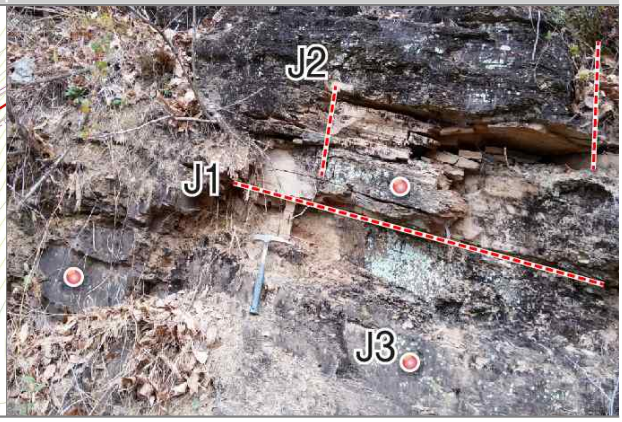
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	10/90	78/262	89/198
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화~심한풍화	보통풍화~심한풍화	보통풍화~심한풍화
연장(Persistence)	0.2~3m	0.2~3m	0.2~3m
간격(Distance)	0.02~0.6m	0.1~0.6m	0.1~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~4
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	측정불가	측정불가

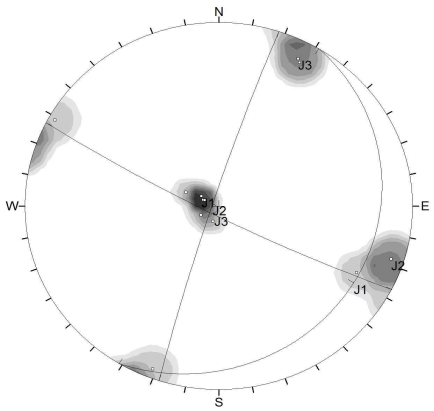
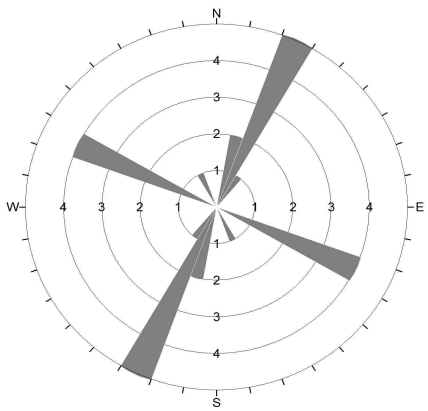
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S39는 수북터널 개착부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 실트암 및 이암의 호층으로 나타나며, 보통풍화~심한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 10/90으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(39) S40 (량기(현) 287km725 (좌18.0m)) 수북터널 구간

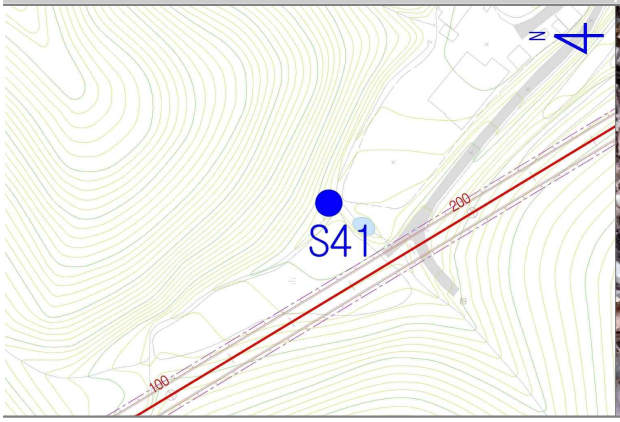
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	12/121	86/288	84/207
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	보통풍화	보통풍화	보통풍화
연장(Persistence)	1~3m	0.2~3m	1~3m
간격(Distance)	0.02~0.6m	0.1~0.6m	0.1~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~4
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	-	-	-
누수상태(Seepage)	-	-	-
강도(JCS)	측정불가	측정불가	49MPa

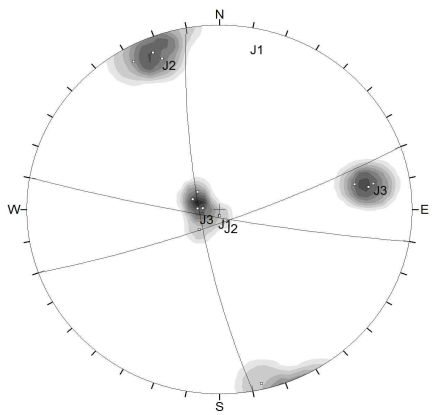
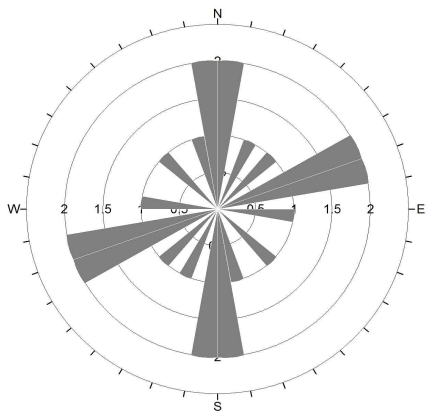
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S40는 수북터널 287km725 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 보통풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 12/121으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(40) S41 (량기(현) 288km166 (좌23.0m)) 수북터널 구간

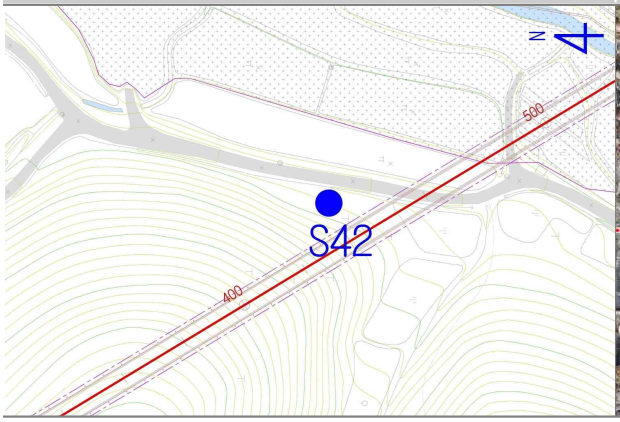
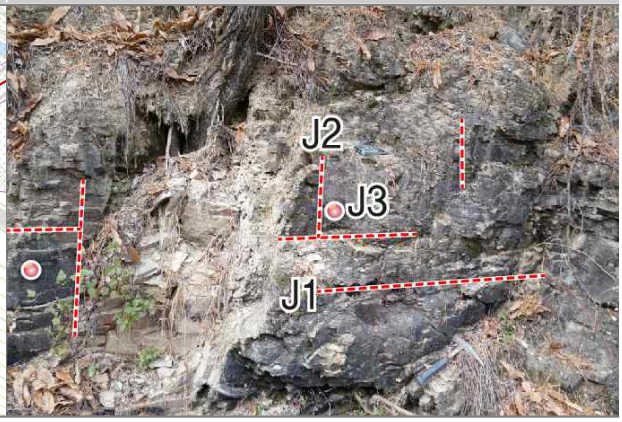
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	10/95	82/160	78/260
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~0.6m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~4
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	79MPa	57MPa	49MPa

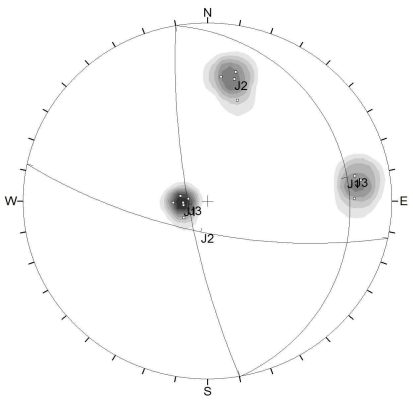
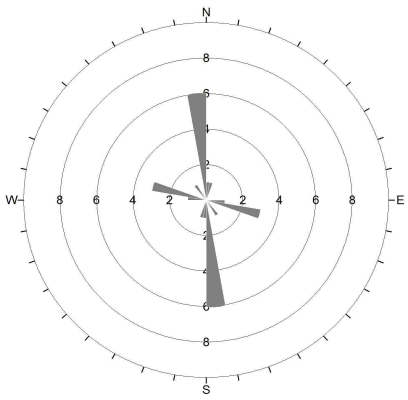
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S41는 수북터널 288km166 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 10/95으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(41) S42 (량기(현) 288km435 (좌12.0m)) 수북터널 구간

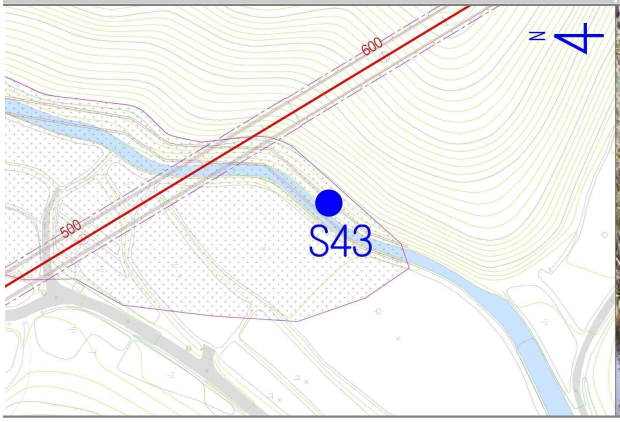
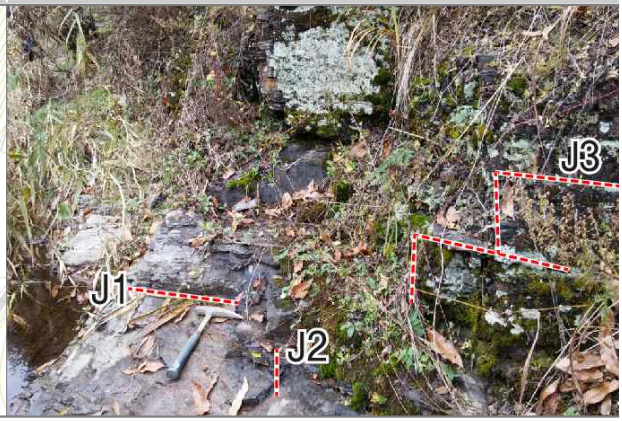
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	15/80	70/192	78/260
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	0.2~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.02~0.6m	0.2~0.6m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~4
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	측정불가	43MPa

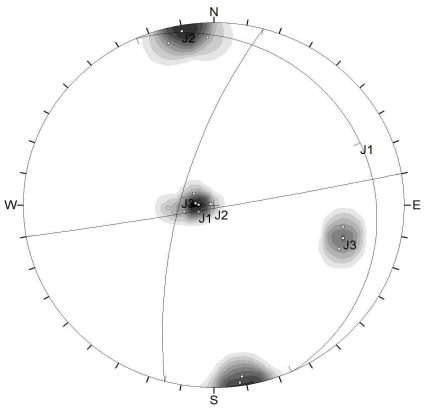
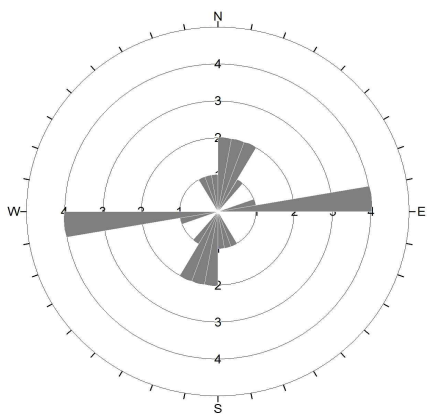
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S42는 수북터널 개착구간의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 15/80으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(42) S43 (량기(현) 288km565 (우27.0m)) 수북터널 구간

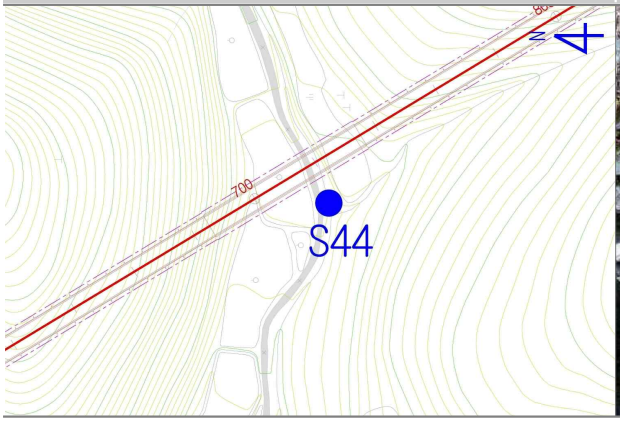
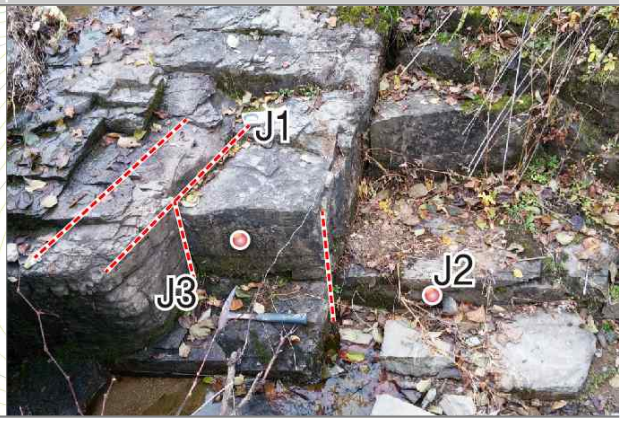
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	10/66	88/170	70/285
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~0.6m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	2~4
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	94MPa	–	61MPa

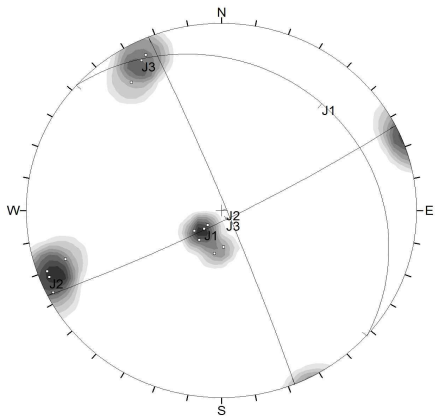
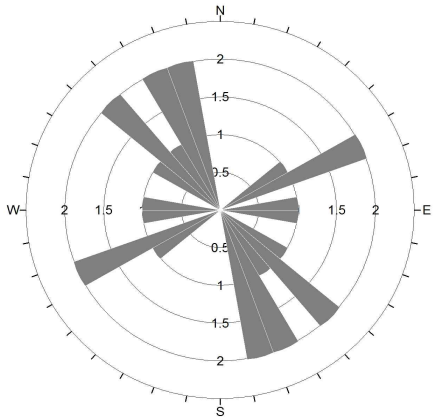
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S43는 수북터널 개착구간의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 10/66으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(43) S44 (량기(현) 288km717 (우11.0m)) 수북터널 구간

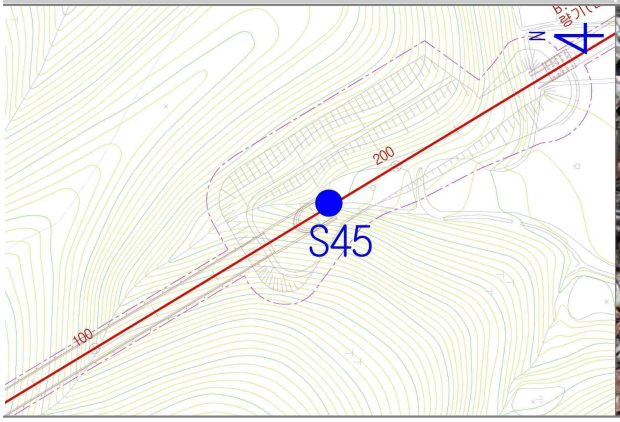
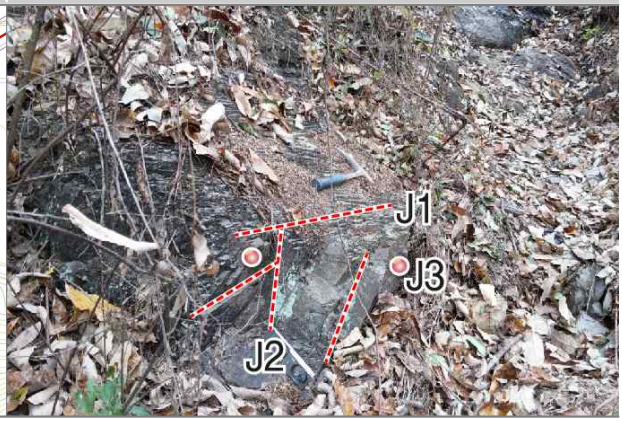
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	15/42	87/68	84/153
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	신선~약한풍화	신선~약한풍화	신선~약한풍화
연장(Persistence)	0.3~3m	0.3~3m	0.3~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	–	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	151MPa	107MPa	100MPa

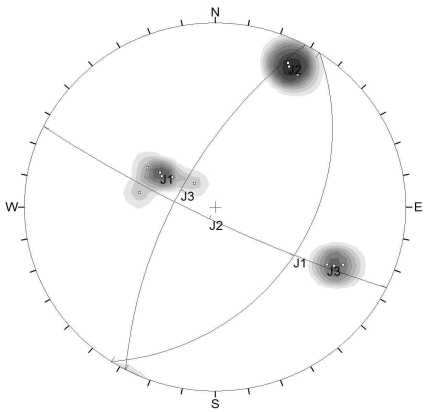
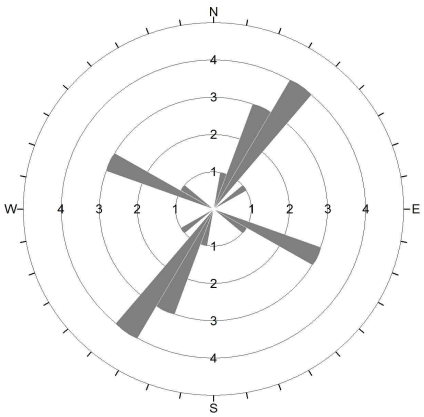
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S44는 수북터널 개착구간의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 15/42으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(44) S45 (량기(현) 289km178 (-)) 수북터널 출구

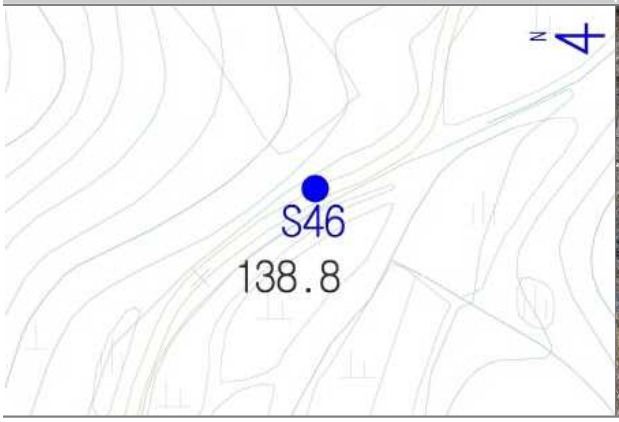
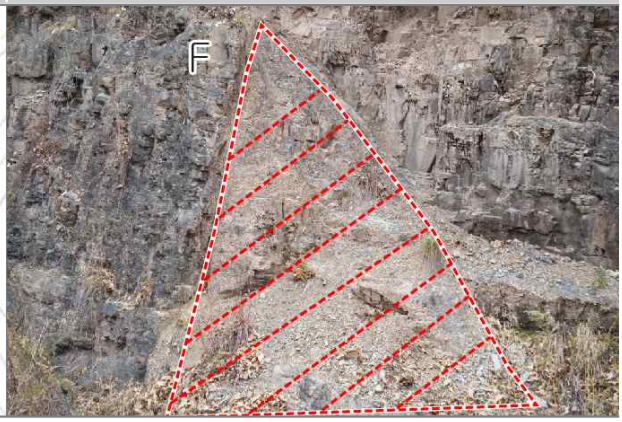
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	J1	J2	J3
방향성(경사/경사방향)	38/123	82/206	67/298
불연속면 종류	층리	절리	절리
풍화도(Weathering)	약한풍화	약한풍화	약한풍화
연장(Persistence)	1~3m	1~3m	1~3m
간격(Distance)	0.06~0.6m	0.2~2m	0.2~2m
거칠기(JRC)	2~4	3~5	3~5
틈새(Aperture)	0.1~0.25mm	0.25~2.5mm	0.25~2.5mm
충진물(Filling)	-	-	-
누수상태(Seepage)	-	-	-
강도(JCS)	151MPa	107MPa	100MPa

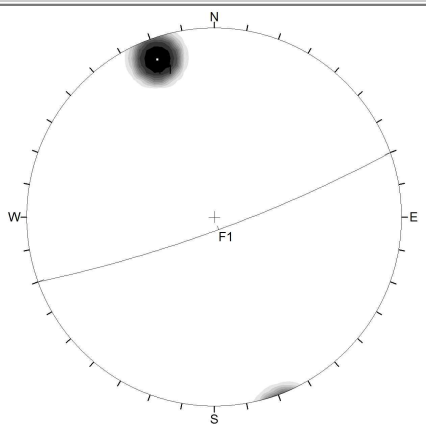
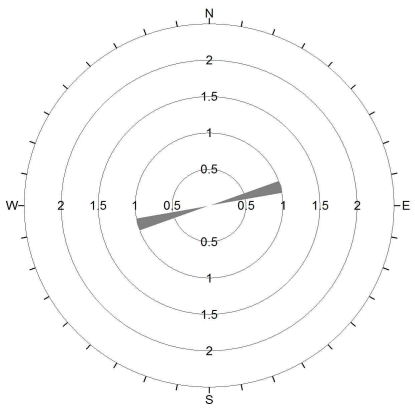
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

- S45는 수북터널 종점부 부근의 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
- 분포암종은 셰일이 나타나며, 약한풍화 상태를 보임
- 층리의 방향성은 38/123으로 나타나며, 층리 포함 총 3개조의 절리군으로 구성

(45) S46 (량기(현) 288km612 (우403.0m)) 수북터널 부근

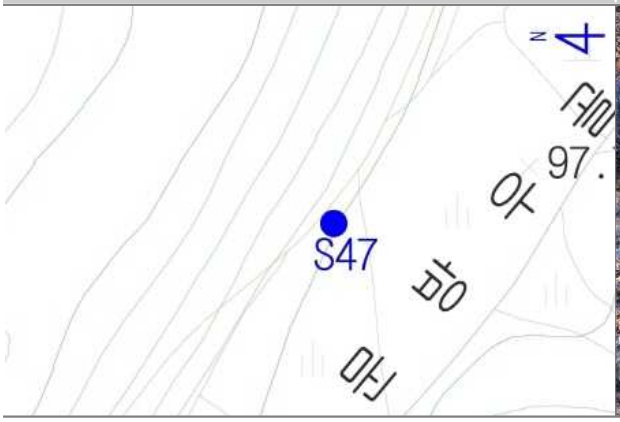
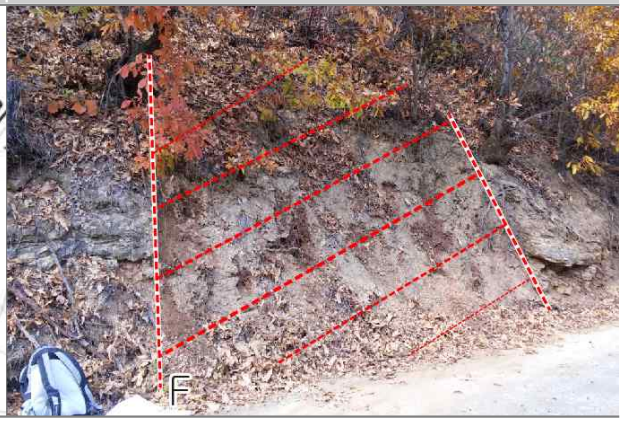
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	F	–	–
방향성(경사/경사방향)	83/160	–	–
불연속면 종류	단층	–	–
풍화도(Weathering)	심한풍화	–	–
연장(Persistence)	–	–	–
간격(Distance)	4.0m내외	–	–
거칠기(JRC)	–	–	–
틈새(Aperture)	–	–	–
충진물(Filling)	단층 점토& 각력암	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	–	–

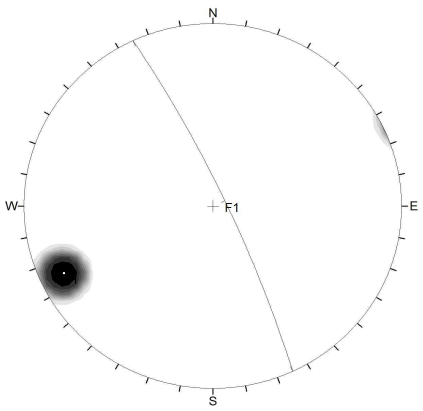
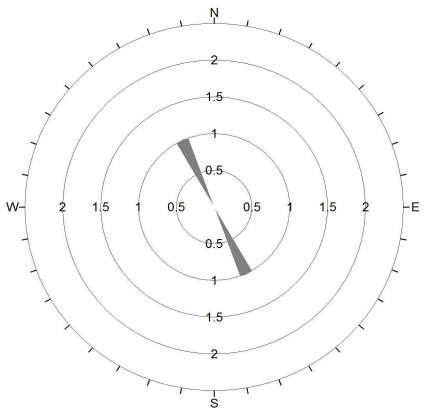
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S46는 수북터널 개착구간 진입부의 한덕골에서 비탈면을 대상으로 조사를 수행하였음
•83/160의 단층파쇄대 방향성을 보이며, 폭은 약 4.0m내외로 분포
•단층각력 및 부분적으로 점토를 함유하고 있으며, 박리성 발달로 파편화 되는 경향임

(46) S47 (량기(현) 273km473 (우219.0m)) 비봉터널 부근

위 치 도	노 두 사 진
	

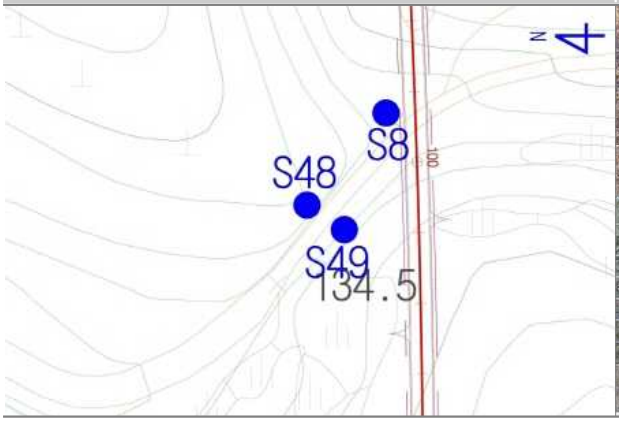
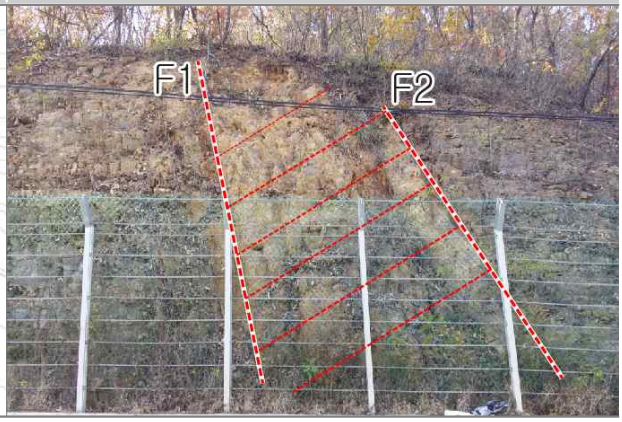
구분	F	–	–
방향성(경사/경사방향)	82/65	–	–
불연속면 종류	단층	–	–
풍화도(Weathering)	심한풍화	–	–
연장(Persistence)	–	–	–
간격(Distance)	–	–	–
거칠기(JRC)	–	–	–
틈새(Aperture)	–	–	–
충진물(Filling)	단층 점토& 각력암	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	측정불가	–	–

불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

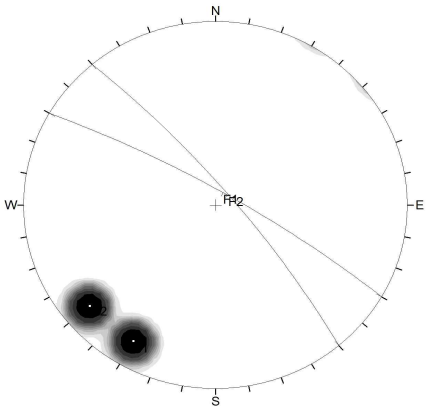
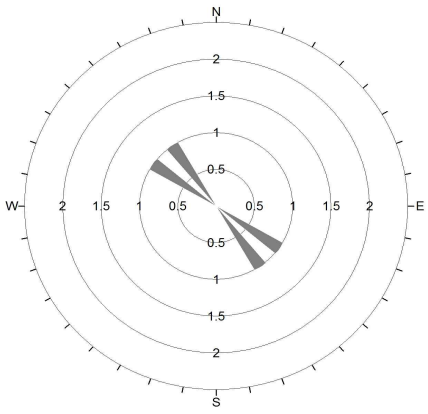
•S47은 비봉터널과 교차가 예상되는 금천단층에서 파생된 단층파쇄대임

•방향성은 82/65, 주변부도 단층파쇄대의 영향으로 인한 습곡구조 및 파쇄대가 확인되며, 단층영향범위는 약 10.0m내외로 분포

(47) S48 (량기(현) 270km111 (우31.0m)) 팔성제2터널 구간

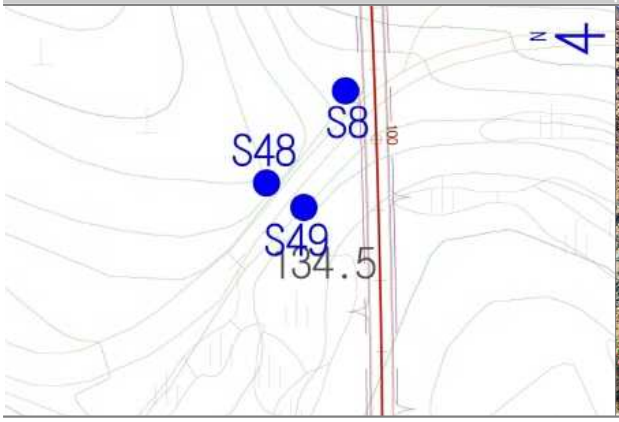
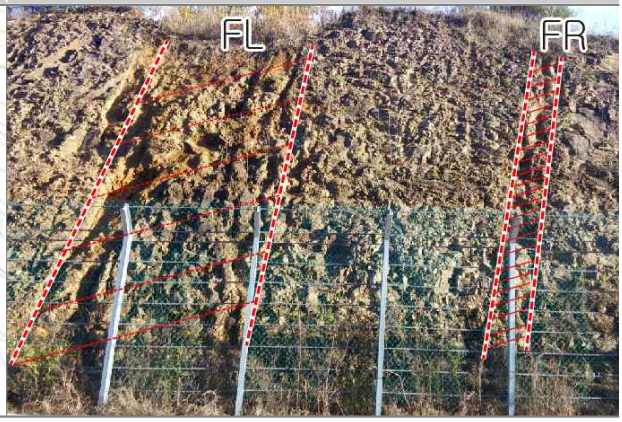
위 치 도	노 두 사 진
	

구분	F	–	–
방향성(경사/경사방향)	81/30~50	–	–
불연속면 종류	단층	–	–
풍화도(Weathering)	심한풍화~완전풍화	–	–
연장(Persistence)	–	–	–
간격(Distance)	3~5m	–	–
거칠기(JRC)	2~5	–	–
틈새(Aperture)	–	–	–
충진물(Filling)	단층 점토& 각력암	–	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	–	–	–

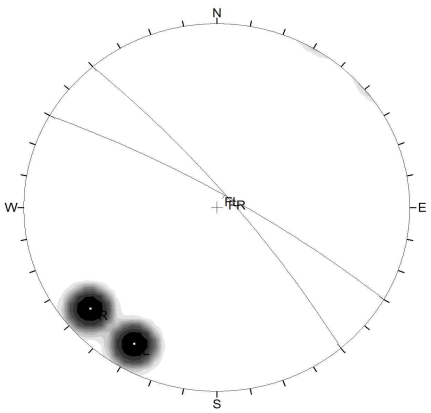
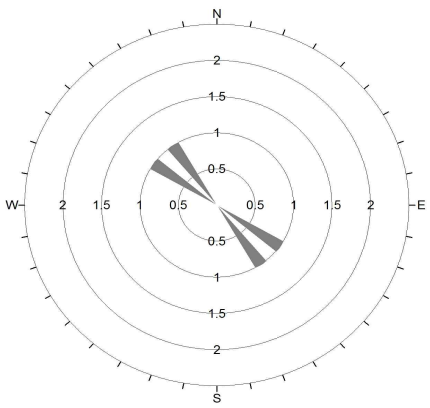
불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S48은 팔성제2터널 량기(현) 270km111부근에 분포하는 단층파쇄대를 대상으로 조사하였음
•방향성은 81/30~50, 폭은 3.0~5.0m내외로 주변부도 단층 점토 및 각력이 분포
•단층 주변부의 암반도 매우 불량한 상태이며, 풍화가 진행중인 상태임

(48) S49 (량기(현) 270km118 (우20.0m)) 팔성제2터널 구간

위 치 도	노 두 사 진
	

구분	FL	FR	–
방향성(경사/경사방향)	81/30~50	81/30~50	–
불연속면 종류	단층	단층	–
풍화도(Weathering)	심한풍화~완전풍화	심한풍화~완전풍화	–
연장(Persistence)	–	–	–
간격(Distance)	3~4m	0.3~0.6m	–
거칠기(JRC)	2~4	2~4	–
틈새(Aperture)	–	–	–
충진물(Filling)	단층 점토& 각력암	단층 점토& 각력암	–
누수상태(Seepage)	–	–	–
강도(JCS)	–	–	–

불연속면의 Contour Plot	불연속면의 Rosette Plot
	

•S49은 팔성제2터널 량기(현) 270km118부근에 분포하는 단층파쇄대를 대상으로 조사하였음
•방향성은 81/30~50, 폭은 0.3~4.0m내외로 2개조의 단층파쇄대로 구성
•단층 주변부의 암반도 매우 불량한 상태이며, 풍화가 진행중인 상태임

4.2 물리탐사 결과

4.2.1 전기비저항탐사 결과

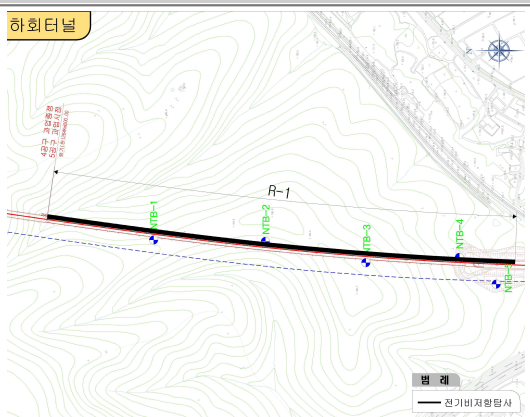
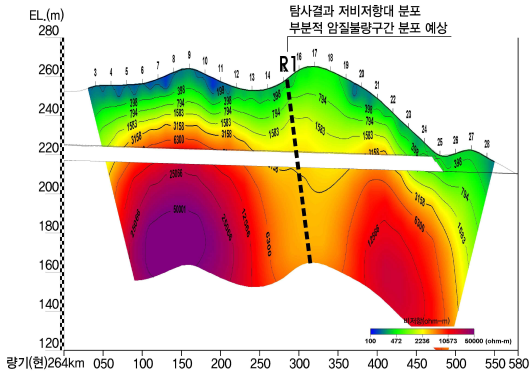
(1) 탐사현황

구조물	측선	위 치(량기(현))	연장(km)
하화터널	R1	264km000 ~ 264km580	0.58
팔성제1터널	R2	269km180 ~ 269km660	0.48
팔성제2터널	R3	269km800 ~ 272km480	2.68
비봉터널	R4	273km420 ~ 275km200	1.78
청로터널	R5	281km940 ~ 285km080	3.14
순호터널	R6	285km700 ~ 286km960	1.26
수북터널	R7	287km020 ~ 289km220	2.20
합계	-	-	12.12

(2) 탐사결과

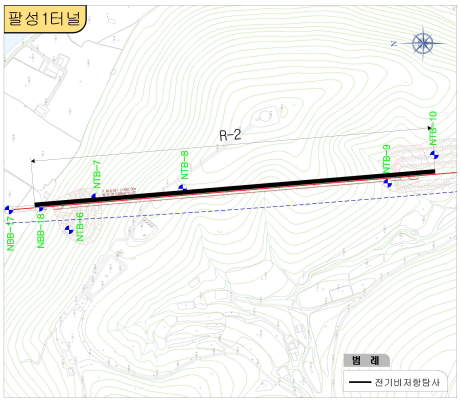
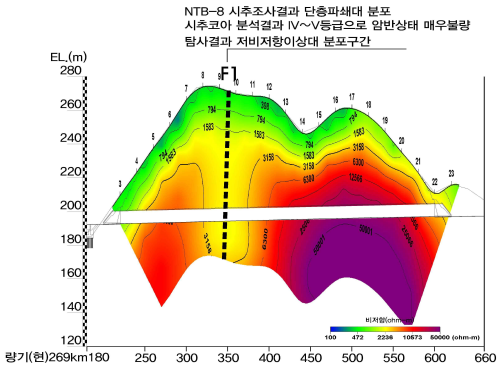
① 하화터널(R1: 량기(현) 264km000 ~ 264km580)

- 저비저항대가 량기(현)264km300 지점에 1개소 분포하며 부분적인 암질불량구간이 분포할 것으로 예상되고, 탐사구간은 후평동층에 해당하는 구간으로 시추조사결과 셰일이 분포하는 것으로 나타났으며, 지표에 노출된 노두의 박리성이 발달되어 있는 특징을 보이므로 이에 따른 예상설계가 필요할 것으로 예상됨

탐사위치도	탐사결과
	

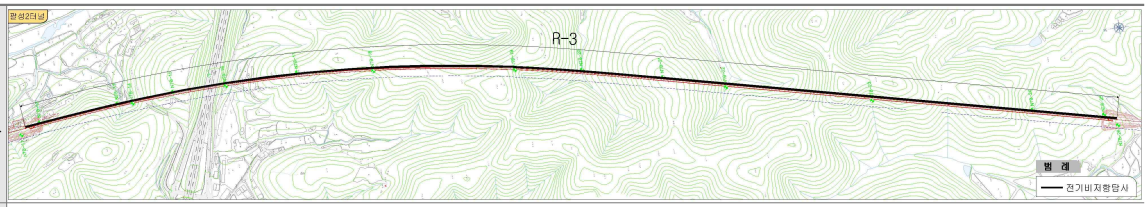
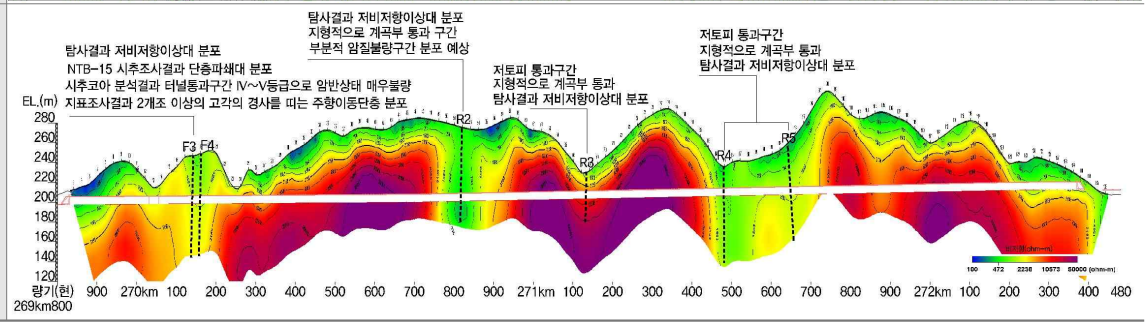
② 팔성제1터널(R2: 량기(현) 269km180 ~ 269km660)

- 저비저항대가 량기(현)269km350 지점에 1개소 분포하며 NTB-8번 시추조사결과 단층파쇄대가(F1) 분포하는 것으로 나타남
- 본 구간은 셰일층 분포에 따른 박리성 발달 및 풍화진행으로 인해 매우 불량한 암반상태를 보임에 따라 시공중 셰일의 팽창 및 내구성 저하로 막장변위 및 붕괴위험이 분포하는 지질특성을 보이므로 이에 따른 보강설계가 필요할 것으로 판단됨

탐사위치도	탐사결과
	

③ 팔성제2터널(R3: 량기(현) 269km800 ~ 272km480)

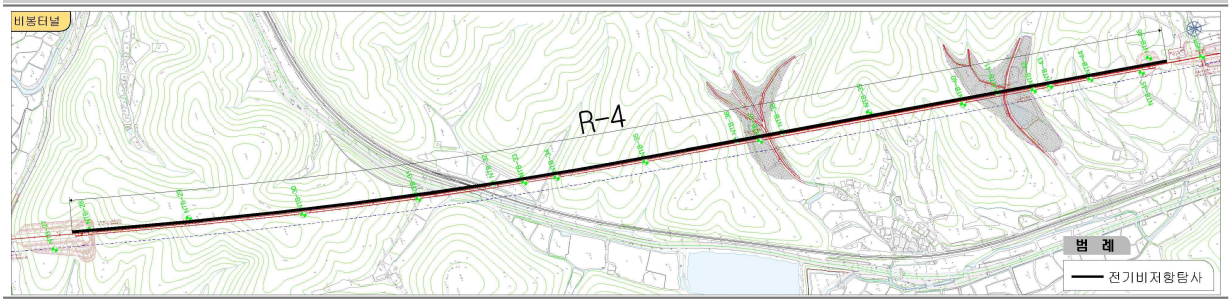
- 단층파쇄대 및 저비저항대가 6개소 분포하는 것으로 나타났으며, F3, F4단층파쇄대는 시추조사 및 지표지질조사결과 고각의 경사를 띠는 주향이동단층으로 나타남
- R2, R3 저비저항대 분포구간은 저토피 통과구간으로 단층파쇄대 분포 및 지질변화 요인을 고려하여 이에 따른 보강설계가 필요할 것으로 판단됨
- 터널 전구간의 시추조사결과 전반적으로 셰일층 분포에 따른 박리성 발달 및 풍화진행으로 인해 매우 불량한 암반상태를 보임에 따라 시공중 셰일의 팽창 및 내구성 저하로 막장변위 및 붕괴위험이 분포하는 지질특성을 보이므로 시공중 선진수평보링, TSP탐사등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할것으로 판단됨

탐사 위치도	
탐사 결과	

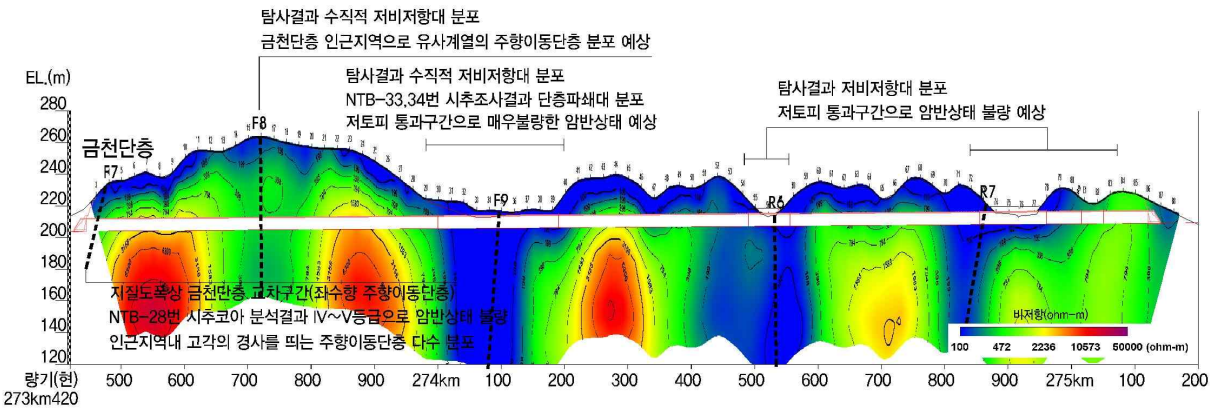
④ 비봉터널(R4: 량기(현) 273km420 ~ 275km200)

- 단층파쇄대 및 저비저항대가 5개소 분포하는 것으로 나타났으며, F7단층파쇄대는 광역단층인 금천단층의 교차가 예상되는 지점이며 좌수향 주향이동단층으로, NTB-28번 시추조사결과 매우불량한 암반상태를 보이는 것으로 나타남
- F8, F9단층파쇄대는 금천단층의 영향으로 유사계열의 주향이동단층 분포가 예상되는 구간이며, R6, R7 저비저항대 분포구간은 저토피 통과구간으로 단층파쇄대 분포 및 지질변화 요인을 고려하여 이에 따른 보강설계가 필요할 것으로 판단됨
- 전반적으로 비봉터널은 저토피 통과구간이 많은 구간으로 지질특성 및 토피고를 고려한 보강설계가 필요할 것으로 판단되며, 시공 중 셰일의 팽창 및 내구성 저하로 막장변위 및 붕괴위험이 분포하는 지질특성을 보이므로 시공중 선진수평보링, TSP탐사등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할것으로 판단됨

탐사위치도



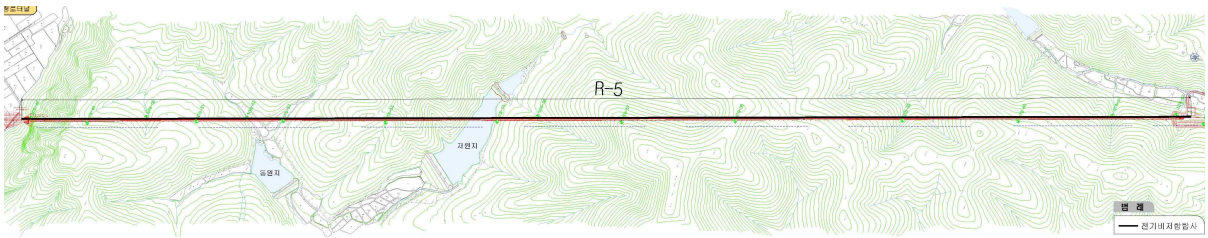
탐사결과



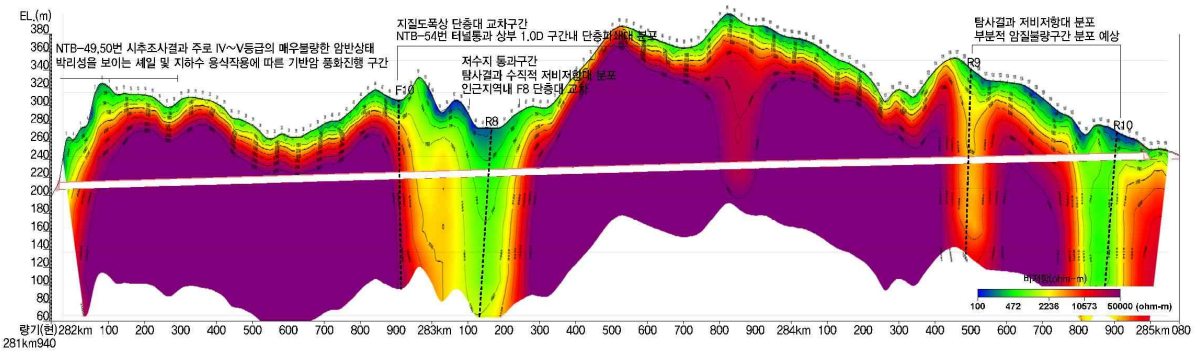
⑤ 청로터널(R5: 량기(현) 281km940 ~ 285km080)

- 단층파쇄대 및 저비저항대가 4개소 분포하는 것으로 나타났으며, F10단층파쇄대는 NTB-54번 시추조사결과 상부 1.0D 구간내 단층파쇄대가 확인된 구간임
- R8 저비저항대 분포구간은 재원지 통과구간으로 인근지역내 F10단층파쇄대가 위치하며, 토피고가 약40m로, 지형 및 지질특성을 고려할 때 차수설계 및 보강공법이 필요할 것으로 판단됨
- 터널시점의 량기(현) 281km940~281km300구간은 시추조사결과 셰일층 분포에 따른 박리성 발달 및 풍화진행으로 인해 매우 불량한 암반상태를 보임에 따라 시공 중 셰일의 팽창 및 내구성 저하로 막장변위 및 붕괴위험이 분포하는 지질특성을 보이므로 시공 중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할것으로 판단됨

탐사위치도



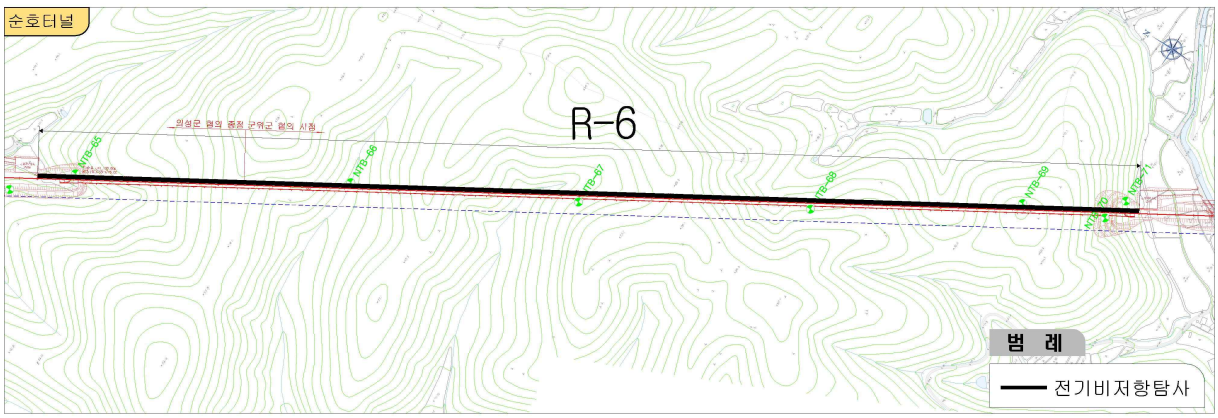
탐사결과



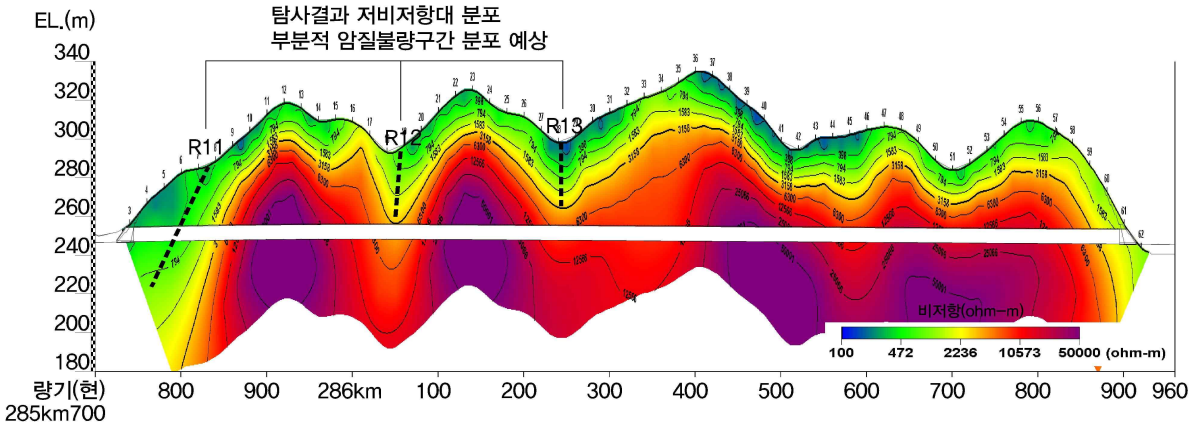
⑥ 순호터널(R6: 량기(현) 285km700 ~ 286km960)

- 저비저항대가 3개소 분포하는 것으로 나타났으며, 부분적인 암질불량구간이 분포할 것으로 예상됨
- 순호터널은 시추조사결과 전반적으로 II~III등급의 양호한 암반상태를 보이는 것으로 나타났으나, 량기(현) 286km800지점은 터널통과 구간내 다소 불량한 암반상태를 보이는 것으로 나타남
- 시추조사 및 탐사결과 터널통과 구간내 양호한 암반상태 및 고비저항대의 양상을 띠는 것으로 보아 전반적인 지질상태는 양호 할 것으로 예상되나, 지형적으로 계곡부 통과구간 및 터널 시·종점부는 지질변화 요인이 많은 구간이므로 시공중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할 것으로 판단됨

탐사위치도



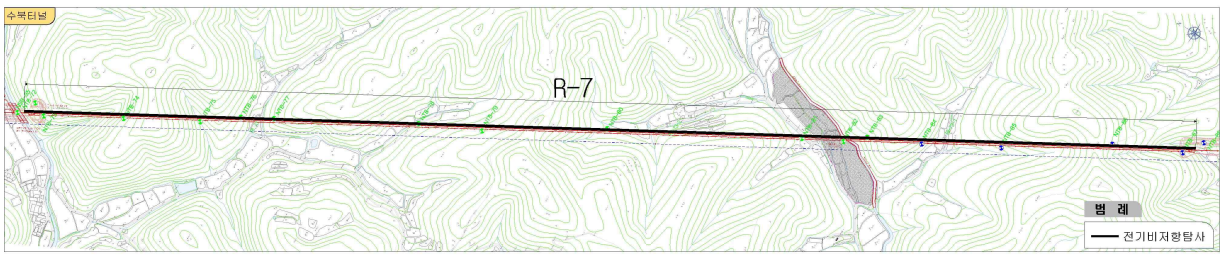
탐사결과



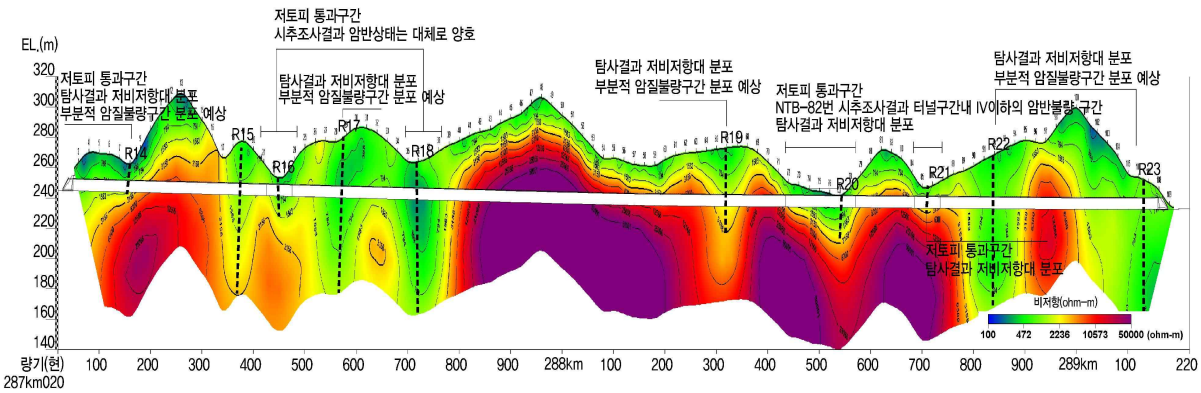
⑦ 수북터널(R7: 량기(현) 287km020 ~ 289km220)

- 저비저항대가 9개소 분포하는 것으로 나타났으며, 부분적인 암질불량구간이 분포할 것으로 예상됨
- 수북터널은 시추조사결과 전반적으로 II~III등급의 양호한 암반상태를 보이는 것으로 나타났으나, 저토피 통과구간에는 저비저항대의 분포가 발달해 있으므로, 단층파쇄대 분포 및 지질변화 요인을 고려하여 이에 따른 보강설계가 필요할 것으로 판단됨
- 시추조사 및 탐사결과 터널통과 구간내 양호한 암반상태 및 고비저항대의 양상을 띠는 것으로 보아 전반적인 지질상태는 양호 할 것으로 예상되나, 지형적으로 계곡부 통과구간 및 터널 시·종점부는 지질변화 요인이 많은 구간이므로 시공 중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할 것으로 판단됨

탐사위치도



탐사결과



4.2.2 굴절법 탄성파탐사 결과

(1) 탐사현황

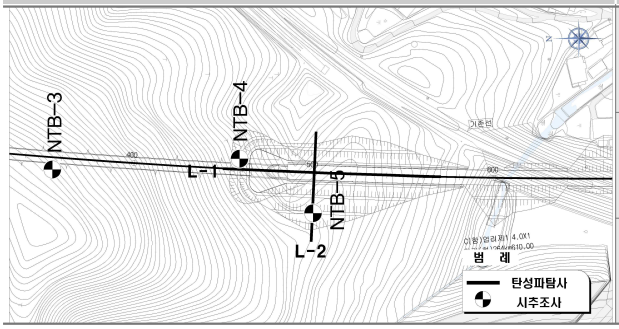
구조물	측선명	위 치(량기(현))	연장(m)	비 고
하화터널	L-1	264km450~264km570	120	터널종점
	L-2	264km500	60	갱구부
팔성제1터널	L-7	269km200~269km260	60	터널시점
	L-8	269km216	60	갱구부
	L-9	269km570~269km690	120	터널종점
	L-10	269km640	60	갱구부
팔성제2터널	L-11	269km750~269km850	100	터널시점
	L-12	269km787	60	갱구부
	L-13	272km360~272km460	100	터널종점
	L-14	272km404	60	갱구부
비봉터널	L-19	273km340~273km460	120	터널시점
	L-20	273km390	60	갱구부
	L-21	275km120~275km180	60	터널종점
	L-22	275km152	60	갱구부
하리터널	L-33	277km120~277km340	220	터널부종단
청로터널	L-34	281km920~281km980	60	터널시점
	L-35	281km965	60	갱구부
	L-36	284km970~285km090	120	터널종점
	L-37	285km052	60	갱구부
순호터널	L-40	285km630~285km750	120	터널시점
	L-41	285km670	60	갱구부
	L-42	286km860~286km920	60	터널종점
	L-43	286km905	60	갱구부
수북터널	L-44	287km010~287km070	60	터널시점
	L-45	287km040	60	갱구부
	L-46	289km140~289km230	90	터널종점
	L-47	289km195	60	갱구부

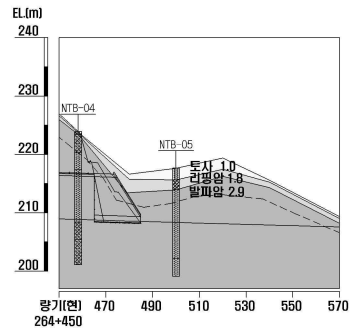
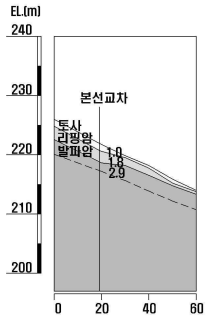
(1) 탐사현황-〈계속〉

구조물	측선명	위 치(량기(현))	연장(m)	비 고
제1깎기	L-3	264km810~264km990	180	깎기부 종단
제2깎기	L-4	265km350~265km820	470	깎기부 종횡단
	L-5	265km440	40	
	L-6	265km560	40	
제3깎기	L-15	272km570~272km670	100	깎기부 종횡단
	L-16	272km620	80	
제4깎기	L-17	272km710~272km810	100	깎기부 종횡단
	L-18	272km755	50	
제5깎기	L-23	275km310~275km450	140	깎기부 종횡단
	L-24	275km340	50	
제6깎기	L-25	275km520~275km610	90	깎기부 종횡단
	L-26	275km560	60	
제7깎기	L-27	275km630~275km750	120	깎기부 종횡단
	L-28	275km680	70	
제8깎기	L-29	275km790~276km030	240	깎기부 종횡단
	L-30	275km840	60	
제9깎기	L-31	276km760~276km880	120	깎기부 종횡단
	L-32	276km820	40	
10깎기	L-38	285km480~285km600	120	깎기부 종횡단
	L-39	285km540	60	
합계		-	4,420	-

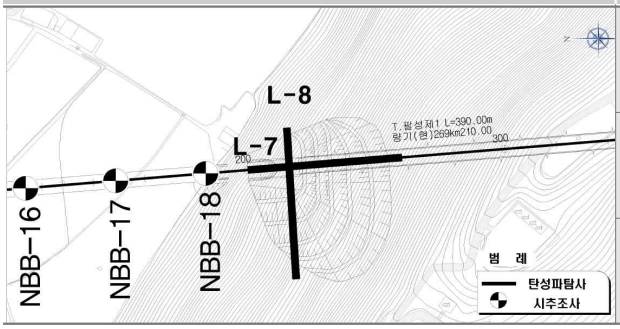
(2) 터널구간 탐사결과

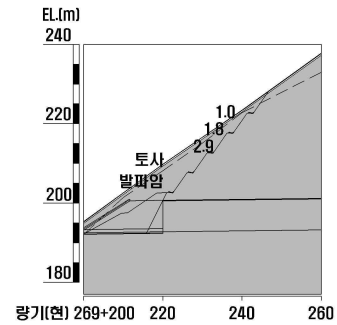
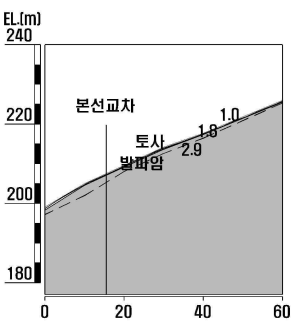
① 하화터널 종점부

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	0.2~2.0
	발파암	1.8이상	0.5~2.0

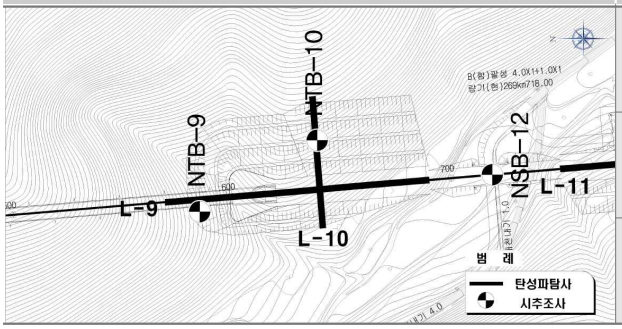
L-1 탐사결과	L-2 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 지표하 0.2~2.0m, 발파암은 지표하 0.5~2.0m에 분포할 것으로 예상됨

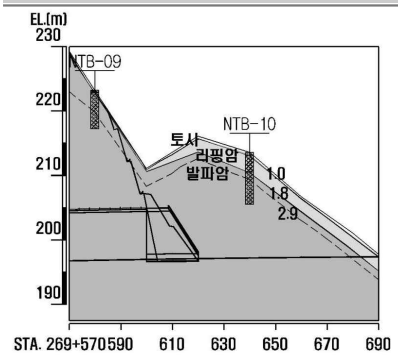
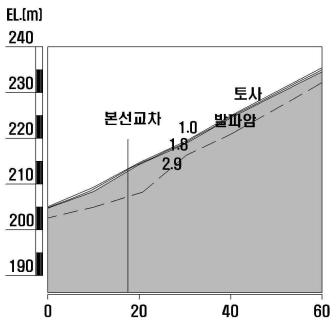
② 팔성제1터널 시점부

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.2~0.4

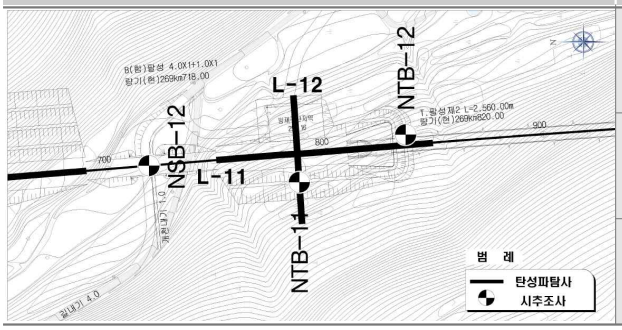
L-7 탐사결과	L-8 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.2~0.4m에 분포할 것으로 예상됨

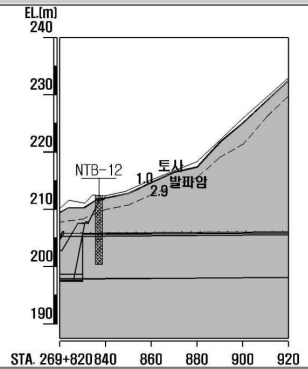
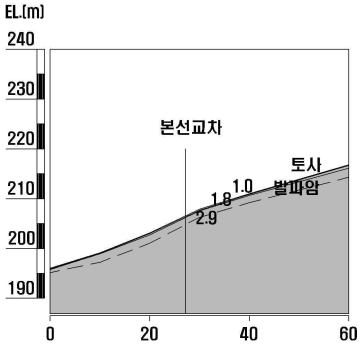
③ 팔성제1터널 종점부

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	0.3~0.6
	발파암	1.8이상	0.5~3.1

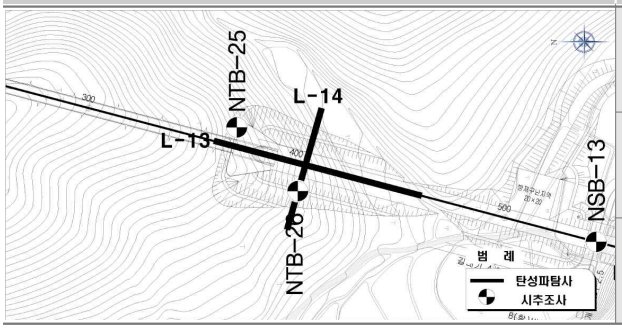
L-9 탐사결과	L-10 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 STA.269+600이후 지표하 0.3~0.6m, 발파암은 지표하 0.5~1.5m에 분포할 것으로 예상됨

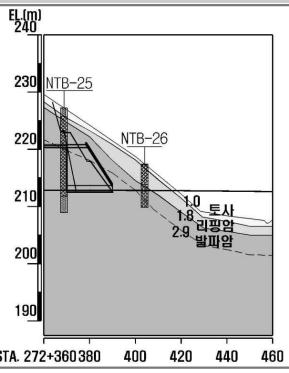
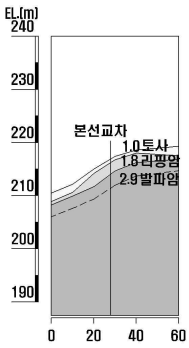
④ 팔성제2터널 시점부

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.5~1.0

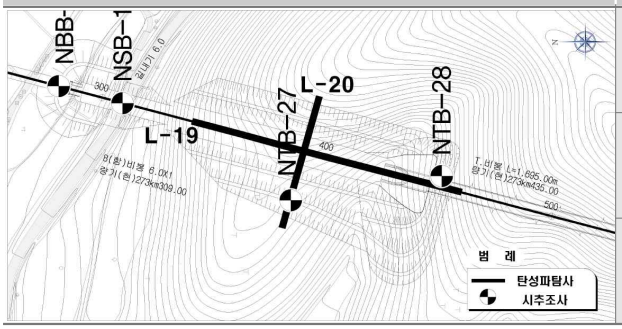
L-11 탐사결과	L-12 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임. •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.5~1.0m에 분포할 것으로 예상됨

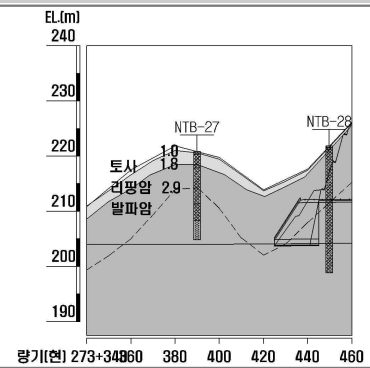
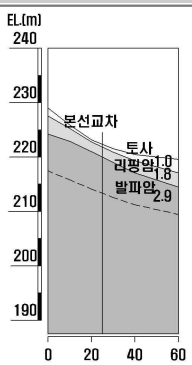
⑤ 팔성제2터널 종점부

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	0.6~1.3
	발파암	1.8이상	2.0~3.6

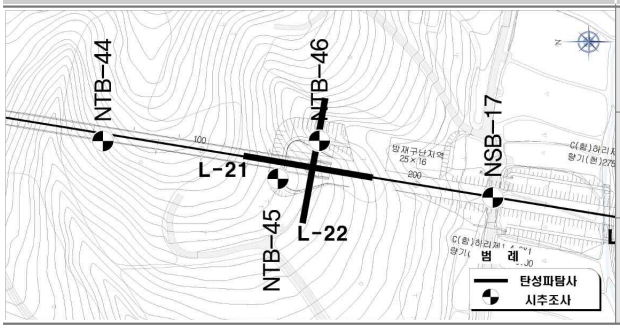
L-13 탐사결과	L-14 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 지표하 0.6~1.3m, 발파암은 지표하 2.0~3.6m에 분포할 것으로 예상됨

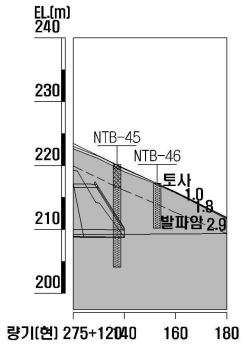
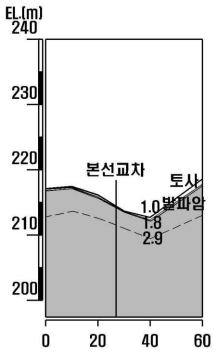
⑥ 비봉터널 시점부

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	0.1~0.8
	발파암	1.8이상	0.6~3.2

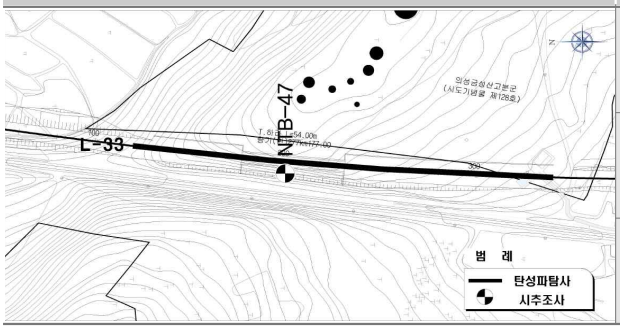
L-19 탐사결과	L-20 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 지표하 0.1~0.8m, 발파암은 지표하 0.6~3.2m에 분포할 것으로 예상됨

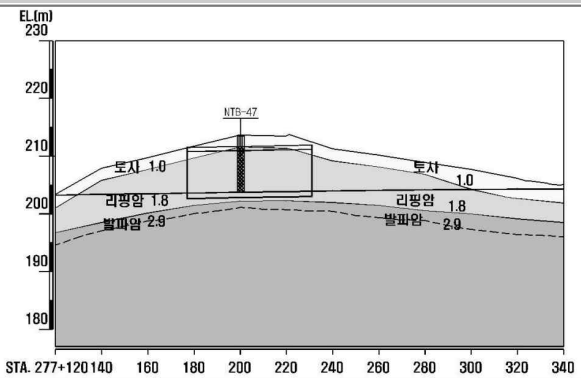
⑦ 비봉터널 종점부

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.2~0.5

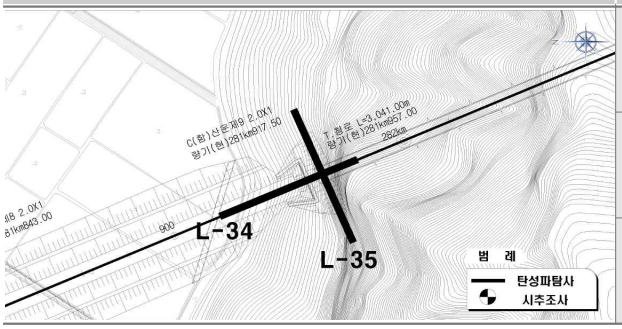
L-21 탐사결과	L-22 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.2~0.5m에 분포할 것으로 예상됨

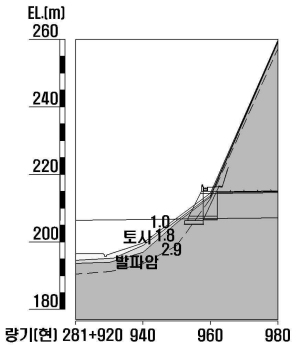
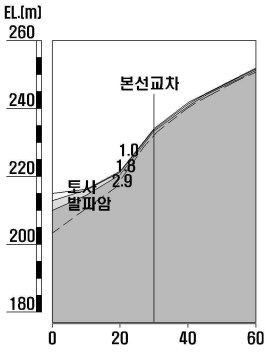
⑧ 하리터널

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	1.9~3.3
	발파암	1.8이상	6.5~11.5

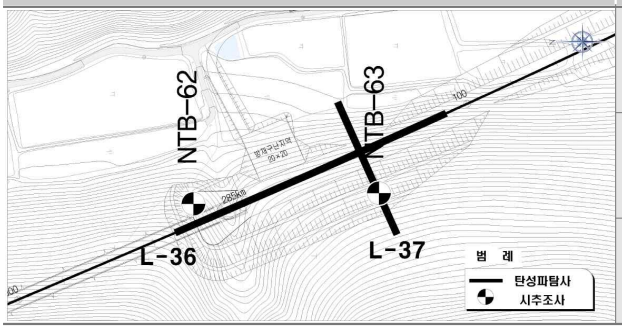
L-33 탐사결과	분석결과
	•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 지표하 1.9~3.3m, 발파암은 지표하 6.5~11.5m에 분포할 것으로 예상됨

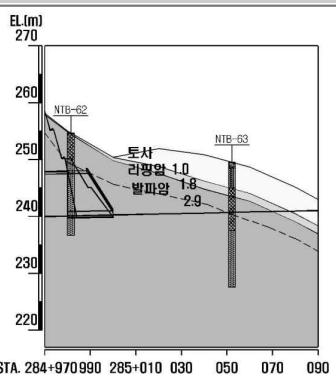
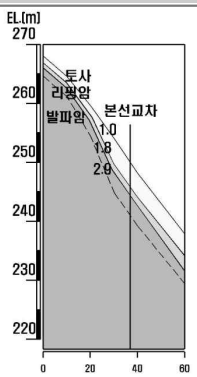
⑨ 청로터널 시점부

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.2~1.0

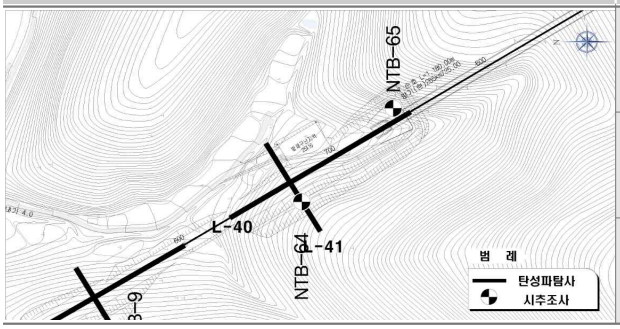
L-34 탐사결과	L-35 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.2~1.0m에 분포할 것으로 예상됨

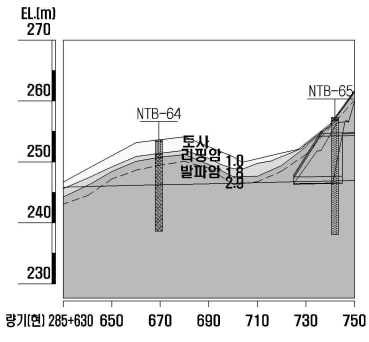
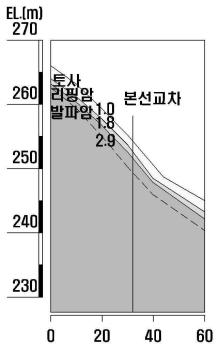
⑩ 청로터널 종점부

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	0.1~4.5
	발파암	1.8이상	0.3~6.1

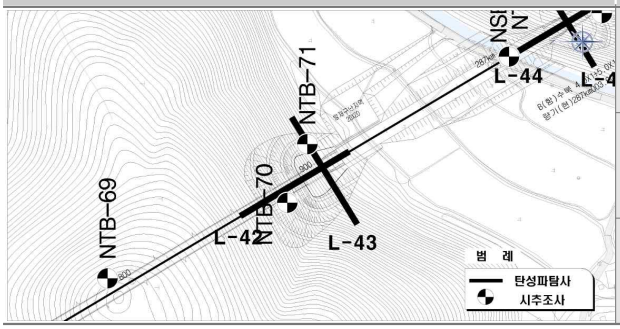
L-36 탐사결과	L-37 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 STA.285+000이후 지표하 0.1~4.5m, 발파암은 지표하 0.3~6.1m에 분포할 것으로 예상됨

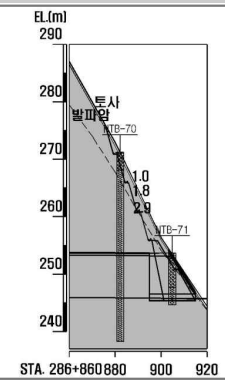
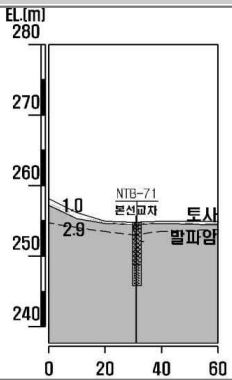
⑪ 순호터널 시점부

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	0.2~2.0
	발파암	1.8이상	0.3~3.0

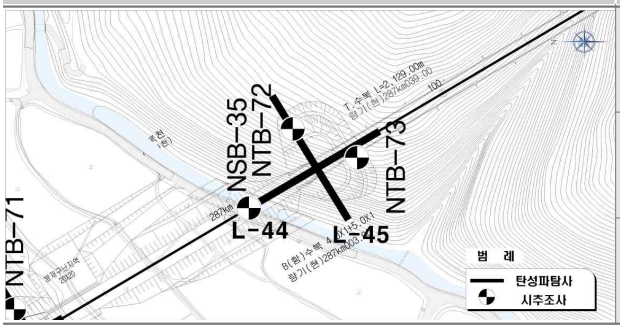
L-40 탐사결과	L-41 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 지표하 0.2~2.0m, 발파암은 지표하 0.3~3.0m에 분포할 것으로 예상됨

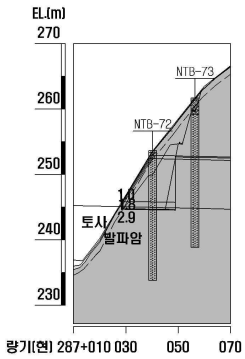
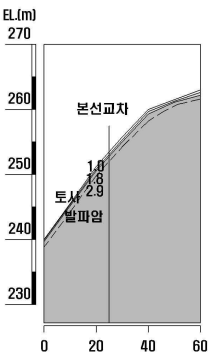
⑫ 순호터널 종점부

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.2~0.5

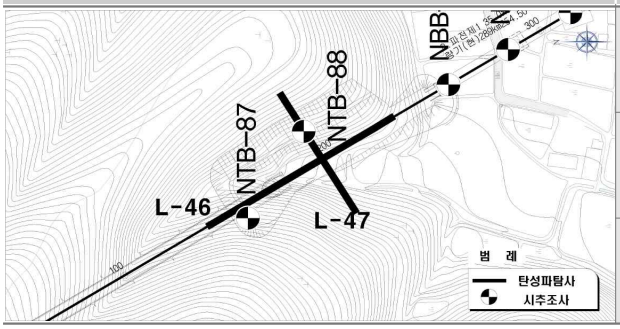
L-42 탐사결과	L-43 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.2~0.5m에 분포할 것으로 예상됨

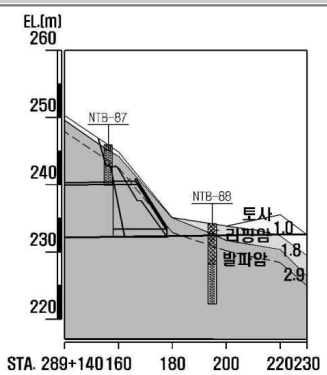
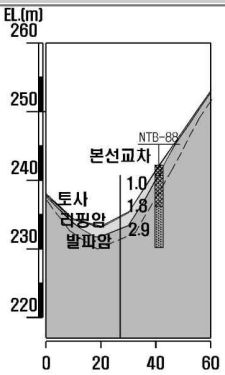
⑬ 수북터널 시점부

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.2~1.1

L-44 탐사결과	L-45 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.2~1.1m에 분포할 것으로 예상됨

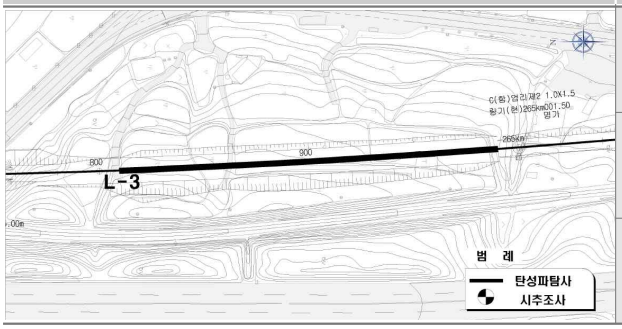
⑭ 수북터널 종점부

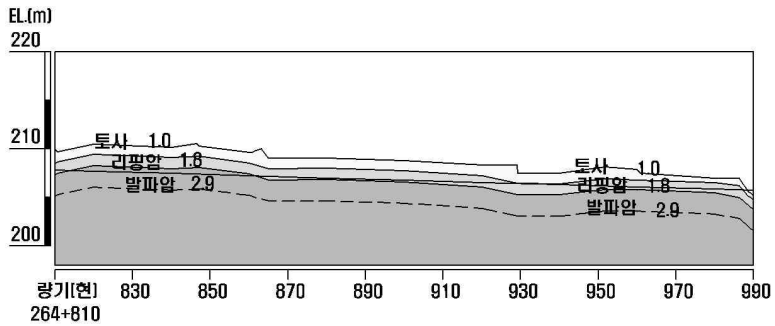
조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	0.1~3.0
	발파암	1.8이상	0.2~5.2

L-46 탐사결과	L-47 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 STA.289+180이후 지표하 0.1~3.0m, 발파암은 지표하 0.2~5.2m에 분포할 것으로 예상됨

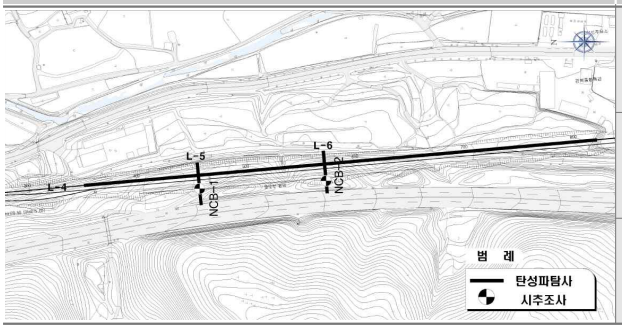
(3) 깎기구간 탐사결과

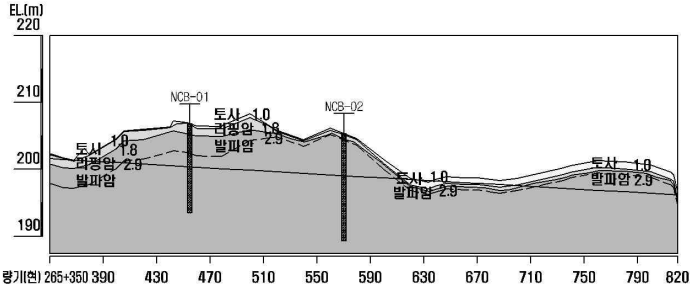
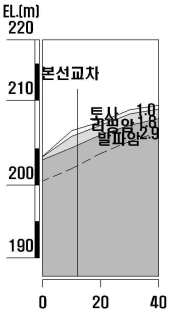
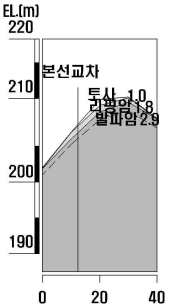
① 제1깎기

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	1.2~2.0
	발파암	1.8이상	1.6~2.9

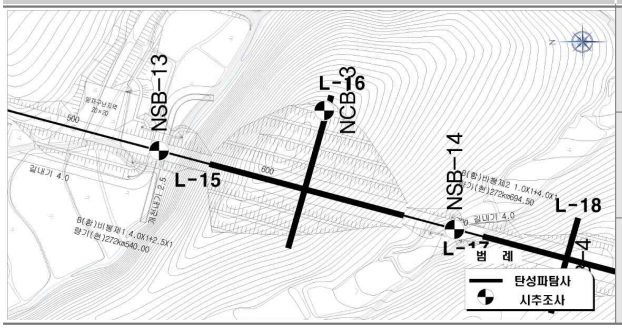
L-3	분석결과
	•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 지표하 1.2~2.0m, 발파암은 지표하 1.6~2.9m에 분포할 것으로 예상됨

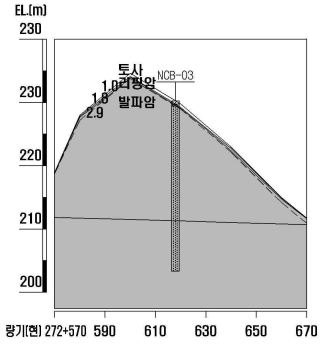
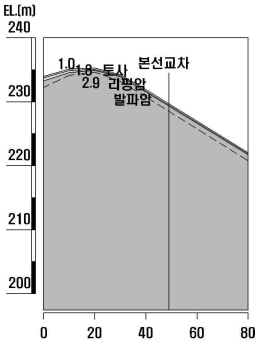
② 제2깎기

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	0.2~1.0
	발파암	1.8이상	0.8~1.7

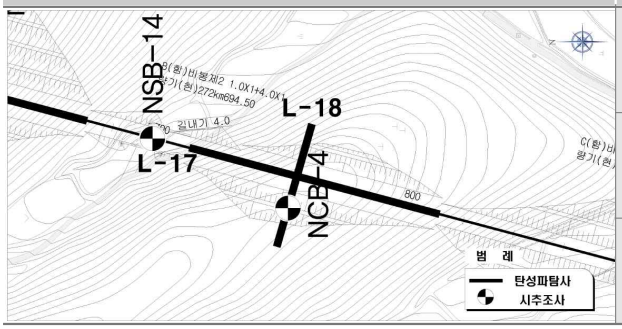
L-4 탐사결과	L-5 탐사결과	L-6 탐사결과
		

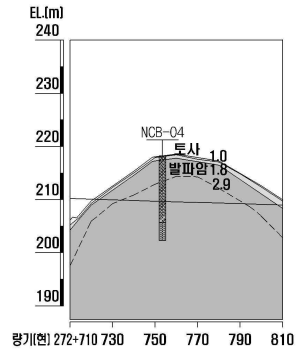
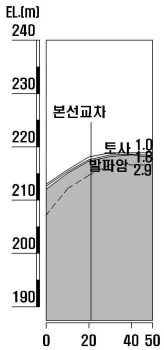
③ 제3깎기

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.1~0.6

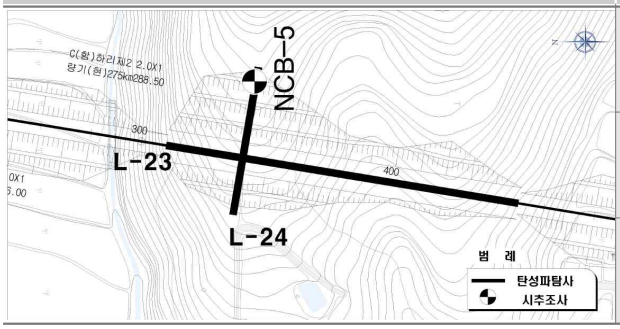
L-15 탐사결과	L-16 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.1~0.6m에 분포할 것으로 예상됨

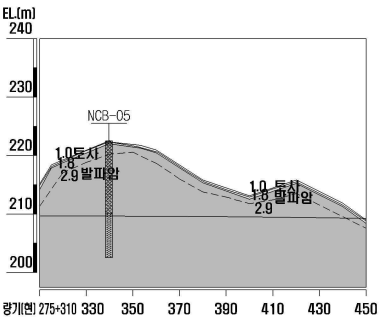
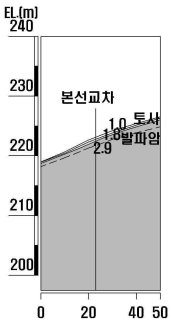
④ 제4깎기

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.7~1.5

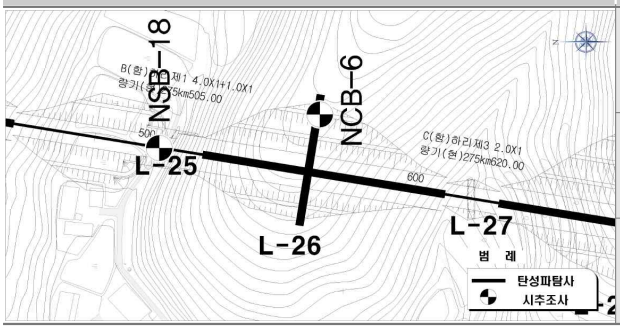
L-17 탐사결과	L-18 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.7~1.5m에 분포할 것으로 예상됨

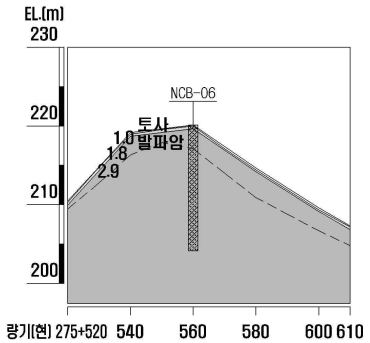
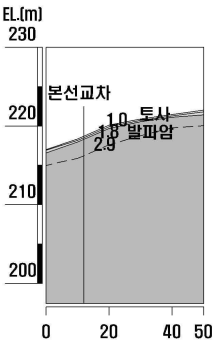
⑤ 제5깎기

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.5~1.0

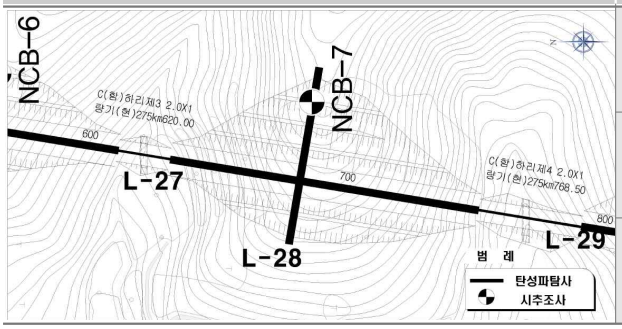
L-23 탐사결과	L-24 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.5~1.0m에 분포할 것으로 예상됨

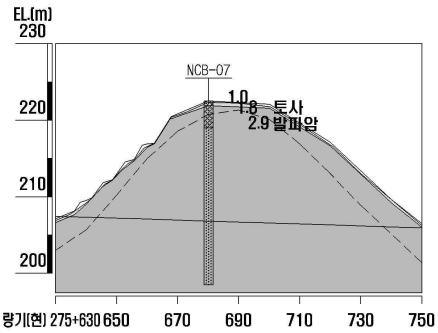
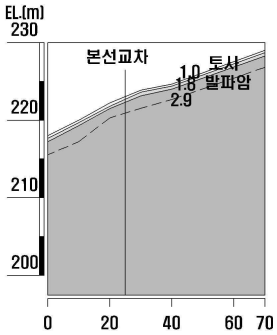
⑥ 제6깎기

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.2~0.5

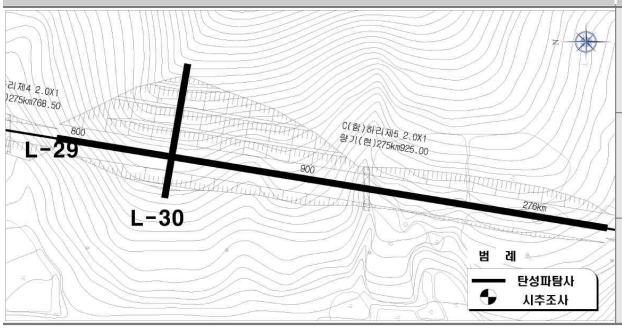
L-25 탐사결과	L-26 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.2~0.5m에 분포할 것으로 예상됨

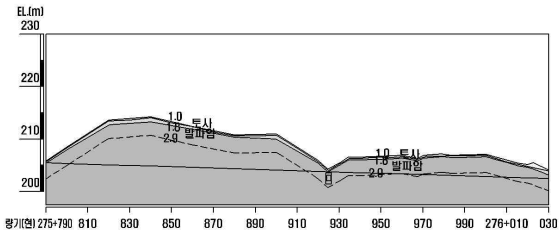
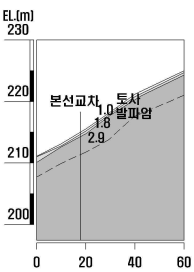
⑦ 제7깎기

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.2~0.5

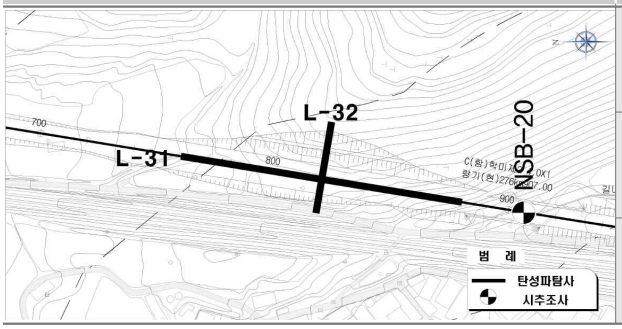
L-27 탐사결과	L-28 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.2~0.5m에 분포할 것으로 예상됨

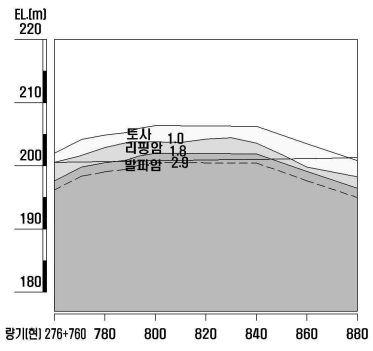
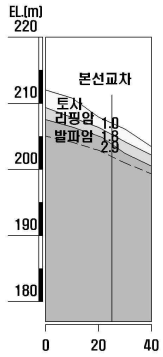
⑧ 제8깎기

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.5~1.0

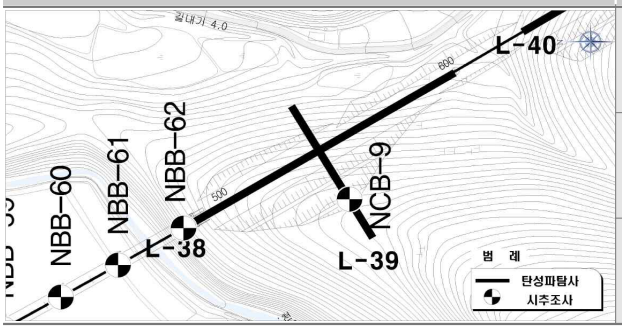
L-29 탐사결과	L-30 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.5~1.0m에 분포할 것으로 예상됨

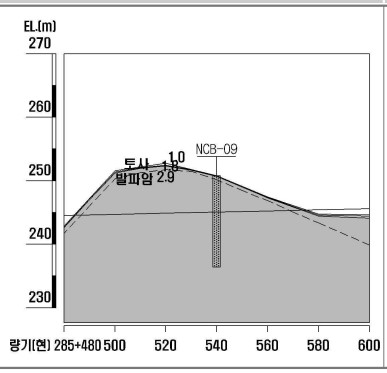
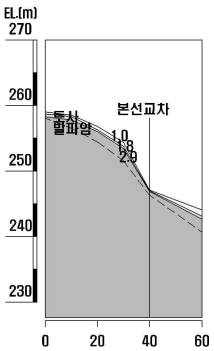
⑨ 제9깎기

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	1.6~3.6
	발파암	1.8이상	4.0~4.7

L-31 탐사결과	L-32 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 지표하 1.6~3.6m, 발파암은 지표하 4.0~4.7m에 분포할 것으로 예상됨

⑩ 제10깎기

조사위치도	구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)
	토사층	1.0이하	지표
	리핑암	1.0 ~ 1.8	-
	발파암	1.8이상	0.2~0.5

L-38탐사결과	L-39 탐사결과	분석결과
		•전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임 •탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.2~0.5m에 분포할 것으로 예상됨

4.3 현장조사 결과

4.3.1 시추조사 결과

(1) 기존 조사자료 현황

• 과업노선 인근 기존 시추조사는 2011년 중앙선(도담~영천) 복선전철 타당성조사 및 기본계획 지반조사시 총 25공(활용공 16공)을 시행하였으며, 그 결과는 아래 표와 같음

◈ 교량부 지층현황 (층후 : m)

공 번		매립층/표토	퇴적층	붕적층	풍화토	풍화암	연암	경암	계	비 고
업리교	BH-39	1.5	-	-	-	-	2.0	-	3.5	미활용
후죽제1교	BH-40	-	5.6	-	-	-	2.0	-	7.6	활용
후죽제2교	BH-40-2	1.6	5.2	-	-	0.5	2.0	-	9.3	활용
도서교	BH-40-1	-	3.5	-	-	0.3	2.0	-	5.8	활용
제오교	BH-40-3	-	3.6	-	1.1	-	2.0	-	6.7	활용
	BH-40-4	0.8	-	-	1.8	0.2	2.0	-	4.8	활용
수정교	BH-40-5	0.8	2.0	-	0.8	-	2.0	-	5.6	미활용
장리교	BH-40-6	0.7	6.7	-	-	-	2.0	-	9.7	미활용
귀천교	BH-41	2.4	4.1	-	0.8	0.5	2.0	-	9.8	미활용
	BH-41-1	-	4.3	-	-	-	2.0	-	6.3	미활용
순호교	BH-42	1.6	6.2	-	-	-	-	2.0	9.8	미활용
파전교	BH-42-1	-	6.0	-	0.5	0.3	2.0	-	8.8	미활용
	BH-43	1.6	5.0	-	-	-	2.0	-	8.6	활용
	BH-44	0.8	5.6	-	-	0.8	2.0	-	9.2	활용

◈ 쌍기부 지층현황 (층후 : m)

공 번		매립층/표토	퇴적층	붕적층	풍화토	풍화암	연암	경암	계	비 고
의성정거장	SB-3	0.8	4.8	-	-	-	1.0	-	6.6	활용

◈ 터널부 지층현황 (층후 : m)

공 번		매립층/표토	퇴적층	붕적층	풍화토	풍화암	연암	경암	계	비 고
하화터널	TB-58	-	-	-	2.0	2.5	36.4	2.1	43.0	미활용
팔성제2터널	CB-2	-	-	-	4.8	0.6	24.6	-	30.0	활용
	TB-61	-	-	-	0.3	0.2	19.5	-	20.0	활용
비봉터널	TB-63	-	-	-	1.0	0.5	7.5	11.0	20.0	활용
	TB-64	-	1.6	-	-	0.5	12.7	22.2	37.0	활용
제오터널	TB-65	0.9	-	-	0.5	1.0	16.6	-	19.0	활용
	TB-66	-	-	1.5	0.9	0.8	17.8	9.0	30.0	활용
수북터널	TB-73	-	1.6	-	-	-	-	13.4	15.0	미활용
	TB-73-2	-	-	1.3	-	-	-	28.7	30.0	활용
	TB-73-1	-	0.7	-	-	-	-	17.3	18.0	활용

(2) 금회 시추조사 결과

① 시추공별 지층현황

◈ 교량부 지층현황 (층후 : m)

공 번		매립층 표토층 전답토	붕적층	퇴적층	풍화토	풍화암	연암	경암	계	SPT (회)	비고
업리교	NBB-01	0.6	-	3.2	-	1.9	2.0	-	7.7	3	
	NBB-02	0.3	-	2.6	-	0.4	2.0	-	5.3	3	
철파천교	NBB-03	7.5	-	-	1.0	6.6	3.1	-	18.2	8	
	NBB-04	-	-	2.6	1.6	4.1	2.0	-	10.3	4	
	NBB-05	4.6	-	-	0.9	1.0	2.0	-	8.5	5	
후죽제1교	NBB-06	0.2	-	4.1	-	3.7	2.0	-	10.0	7	
	NBB-07	1.6	-	3.7	-	6.2	2.0	-	13.5	5	
	NBB-08	-	-	3.5	-	1.0	2.0	-	6.5	3	
	NBB-09	1.7	-	3.1	-	1.0	2.0	-	7.8	4	
후죽제2교	NBB-10	1.4	-	4.2	-	1.0	2.0	-	8.6	5	
도서교	NBB-11	0.3	-	6.0	-	-	-	1.1	7.4	6	
	NBB-12	0.15	-	5.25	-	-	-	1.0	6.4	5	
	NBB-14	0.3	-	4.7	-	-	2.0	-	7.0	4	
	NBB-15	2.0	-	3.0	-	-	2.0	-	7.0	4	
	NBB-16	-	-	4.5	-	-	0.5	1.0	6.0	4	
	NBB-17	-	-	5.2	-	-	2.1	-	7.3	5	
비봉교	NBB-19	0.3	-	-	0.7	3.0	-	2.0	6.0	1	
	NBB-20	0.5	-	-	0.5	2.0	2.0	-	5.0	1	
	NBB-21	0.3	-	-	0.2	3.5	2.0	-	6.0	1	
	NBB-22	0.5	1.5	-	-	10.0	-	-	12.0	12	
	NBB-23	0.5	3.5	-	4.0	10.0	-	-	18.0	18	
	NBB-24	2.5	-	0.5	-	3.4	2.1	-	8.5	2	
	NBB-25	2.5	-	0.5	-	1.5	2.5	-	7.0	2	
	NBB-26	0.4	-	3.4	-	-	2.6	-	6.4	3	
	NBB-27	0.4	-	-	3.3	6.7	-	1.3	11.7	3	
	NBB-28	0.3	-	-	2.7	4.8	2.0	-	9.8	3	
하리교	NBB-29	0.5	-	3.0	-	2.5	2.0	-	8.0	5	
	NBB-30	0.5	-	1.3	1.5	2.0	-	2.2	7.5	5	
	NBB-31	-	-	1.3	-	1.2	2.0	-	4.5	2	
	NBB-32	-	-	2.0	1.0	2.0	2.0	-	7.0	4	
	NBB-33	-	-	1.5	1.0	-	2.0	-	4.5	2	
탑리제1교	NBB-34	0.7	-	-	5.3	8.0	2.0	-	16.0	14	
	NBB-35	0.5	-	-	5.5	8.0	2.0	-	16.0	14	
	NBB-36	0.4	-	-	3.6	10.0	-	-	14.0	14	
	NBB-37	1.2	-	-	1.8	1.5	2.0	-	6.5	4	

◈ 교량부 지층현황-<계속>

(층후 : m)

공 번		매립층 표토층 전답토	붕적층	퇴적층	풍화토	풍화암	연암	경암	계	SPT (회)	비고
탑리제2교	NBB-38	3.0	-	-	2.0	1.0	2.0	-	8.0	6	
	NBB-39	1.2	-	-	1.8	2.0	2.0	-	7.0	5	
	NBB-40	0.7	-	-	-	7.3	2.0	-	10.0	3	
	NBB-41	-	1.0	-	-	3.5	2.0	-	6.5	3	
	NBB-42	1.2	-	-	-	5.8	2.0	-	9.0	3	
	NBB-43	0.7	-	-	2.3	4.0	2.0	-	9.0	7	
탑리제3교	NBB-44	1.5	-	-	2.5	1.0	2.0	-	7.0	5	
	NBB-45	3.0	-	0.6	1.4	0.3	2.0	-	7.3	5	
탑리제4교	NBB-46	3.0	-	1.3	0.7	0.5	2.0	-	7.5	5	
	NBB-47	2.5	-	0.5	-	1.5	2.0	-	6.5	4	
산운제2교	NBB-48	-	-	3.6	-	-	2.0	-	5.6	3	
	NBB-49	-	-	3.3	-	-	2.0	-	5.3	3	
	NBB-50	-	-	1.4	-	1.1	-	3.0	5.5	2	
	NBB-51	-	-	1.4	-	1.1	3.0	-	5.5	2	
	NBB-52	-	-	1.5	-	1.0	3.0	-	5.5	2	
	NBB-53	0.3	-	3.2	-	0.5	2.5	-	6.5	4	
	NBB-54	0.3	-	3.2	-	0.5	2.5	-	6.5	4	
	NBB-55	0.3	-	2.7	-	1.0	2.5	-	6.5	4	
순호교	NBB-56	-	-	-	-	1.5	2.2	-	3.7	1	
	NBB-57	0.6	-	-	-	1.3	2.1	-	4.0	1	
	NBB-58	1.5	-	1.3	-	0.7	2.0	-	5.5	3	
	NBB-59	1.5	-	1.5	-	0.5	2.0	-	5.5	3	
	NBB-60	1.5	-	1.4	-	2.1	2.0	-	7.0	5	
	NBB-61	1.5	-	2.1	-	0.9	2.0	-	6.5	4	
수북교	NBB-62-1	3.4	-	-	0.6	0.5	2.0	-	6.5	4	
	NBB-62-2	2.0	-	-	-	1.0	2.0	-	5.0	3	
파전제1교	NBB-63	2.5	-	5.0	-	-	2.0	-	9.5	7	
	NBB-64	1.6	-	4.9	-	1.0	2.0	-	9.5	7	
	NBB-66	1.6	-	4.7	0.7	0.5	2.0	-	9.5	7	
	NBB-67	1.6	-	6.4	1.0	1.5	2.0	-	12.5	10	
	NBB-68	4.0	-	4.0	1.5	1.0	-	2.0	12.5	10	
파전제2교	NBB-71	0.5	-	4.3	-	2.7	2.0	-	9.5	7	
	NBB-72	0.7	-	3.9	-	0.9	2.0	-	7.5	5	
	NBB-73	0.5	-	4.0	-	1.0	2.1	-	7.6	5	
파전제3교	NBB-74	0.4	-	3.2	1.9	-	-	2.0	7.5	5	
	NBB-75	0.5	-	3.5	-	1.0	2.0	-	7.0	5	
	NBB-76	0.5	-	4.0	-	2.0	2.0	-	8.5	6	
	NBB-79	0.3	-	4.2	-	1.5	2.0	-	8.0	5	

깎기부 지층현황

(층후 : m)

공 번	표토층	풍화토	풍화암	연암	경암	계	SPT (회)	비고
NCB-01	0.1	-	1.4	3.0	8.8	13.3	-	
NCB-02	0.2	-	0.8	-	15.0	16.0	-	
NCB-03	-	0.5	0.3	-	26.2	27.0	-	
NCB-04	-	-	0.8	11.7	3.5	16.0	-	
NCB-05	-	-	0.5	12.0	7.5	20.0	-	
NCB-06	-	-	0.5	15.5	0.0	16.0	-	
NCB-07	-	-	0.6	2.9	20.5	24.0	-	
NCB-09	-	-	-	-	14.4	14.4	-	

쌓기 및 BOX구간 지층현황

(층후 : m)

공 번	매립층 표토층 전답토	붕적층	퇴적층	풍화토	풍화암	연암	경암	계	SPT (회)	비고
NSB-01	-	0.3	-	-	1.0	2.7	-	4.0	1	
NSB-02	-	-	5.7	0.8	-	1.0	-	7.5	6	
NSB-03	0.2	-	4.3	-	-	1.1	-	5.6	4	
NSB-04	-	-	2.5	2.8	-	1.1	-	6.4	5	
NSB-05	0.5	-	4.2	0.8	0.7	1.1	-	7.3	6	
NSB-06	1.4	-	3.9	-	-	2.0	-	7.3	5	
NSB-07	5.3	-	3.7	1.0	-	-	-	10.0	10	
NSB-08	1.8	-	3.0	1.7	1.0	-	-	7.5	7	
NSB-09	1.5	-	4.0	-	-	1.0	-	6.5	5	
NSB-10	0.3	-	4.0	-	-	-	1.2	5.5	4	
NSB-11	0.15	-	4.95	-	-	-	1.0	6.1	5	
NSB-13	1.2	-	-	-	-	2.3	-	3.5	1	
NSB-14	0.5	-	-	-	2.5	-	-	3.0	3	
NSB-15	-	-	-	1.2	0.8	1.0	-	3.0	1	
NSB-16	0.7	-	-	-	2.8	-	-	3.5	-	
NSB-17	-	-	-	2.5	-	-	1.5	4.0	2	
NSB-18	-	-	-	-	-	3.0	-	3.0	-	
NSB-19	1.5	-	2.3	-	0.5	1.0	-	5.3	4	
NSB-20	-	-	-	4.0	1.0	1.0	-	6.0	5	
NSB-21	0.5	-	-	2.5	1.0	-	-	4.0	4	
NSB-24	2.2	-	-	2.8	2.0	-	-	7.0	6	
NSB-25	1.0	-	-	4.0	-	-	-	5.0	5	
NSB-26	2.8	-	2.8	0.4	1.0	1.0	-	8.0	7	
NSB-27	1.6	-	-	3.4	0.5	-	1.0	6.5	5	
NSB-29	0.4	-	4.1	-	0.5	1.0	-	6.0	5	
NSB-30	1.6	-	2.9	-	0.8	-	1.2	6.5	5	
NSB-31	1.7	-	3.3	-	0.8	1.2	-	7.0	5	
NSB-32	2.9	-	2.9	-	-	1.2	-	7.0	5	
NSB-33	1.5	-	4.5	-	2.5	-	-	8.5	7	
NSB-34	1.5	-	-	1.5	0.9	1.1	-	5.0	3	
NSB-35	1.5	-	1.0	-	0.5	-	2.0	5.0	2	
NSB-36	1.0	-	4.5	-	1.5	-	-	7.0	5	

◈ 터널부 지층현황 (층후 : m)

공 번		매립층 표토층 전답토	붕적층	퇴적층	풍화토	풍화암	연암 (파쇄대)	경암 (파쇄대)	계	SPT (회)	비고
하화터널	NTB-01	-	-	-	-	0.3	-	48.0 (6.0)	54.3	-	
	NTB-02	-	-	-	0.2	-	5.8	43.2	49.2	-	
	NTB-03	-	-	-	0.2	-	6.3	48.0	54.5	-	
	NTB-04	-	-	-	-	0.5	6.0 (4.3)	3.0 (9.0)	22.8	-	
	NTB-05	-	-	-	2.0	1.7	-	11.8 (3.0)	18.5	3	
팔성제1 터널	NTB-08	-	-	-	0.7	0.8	70.0 (6.0)	6.0	83.5	1	
	NTB-09	-	0.4	-	-	-	5.6	-	6.0	-	
	NTB-10	-	0.5	-	-	2.5	5.0	-	8.0	2	
팔성제2 터널	NTB-11	-	0.5	-	-	-	2.0 (2.5)	-	5.0	-	
	NTB-12	-	0.5	-	-	-	4.3 (7.2)	-	12.0	-	
	NTB-13	-	0.9	-	-	-	19.0 (2.1)	6.0	28.0	1	
	NTB-14	-	1.0	-	-	0.5	12.6 (9.5)	1.4	25.0	1	
	NTB-15	-	-	-	-	3.1	21.6 (12.3)	18.0	55.0	3	
	NTB-16	-	-	-	3.0	3.5	26.2 (6.8)	-	39.5	3	
	NTB-17	-	-	-	1.3	5.2	30.0 (9.0)	30.0	75.5	6	
	NTB-18	-	-	-		0.5	78.0	-	78.5	-	
	NTB-19	-	-	-	0.3	3.4	43.5	36.0	83.2	3	
	NTB-23	-	-	-	0.3	6.1	36.0 (3.0)	30.9	76.3	-	
	NTB-24	-	0.7	-	1.0	0.9	12.7 (6.0)	9.0	30.3	2	
	NTB-25	-	-	-	1.5	-	13.9	3.0	18.4	1	
	NTB-26	-	-	-	0.2	3.4	4.0	-	7.6	3	
비봉터널	NTB-27	-	-	-	-	3.0	3.0 (6.5)	3.5	16.0	3	
	NTB-28	-	-	-	-	0.3	22.7	-	23.0	-	
	NTB-29	-	-	-	1.5	0.5	16.5 (6.0)	27.5	52.0	2	
	NTB-30	-	-	-	-	1.2	15.8	42.0	59.0	1	
	NTB-31	-	-	-	-	0.5	4.5	21.0	26.0	-	
	NTB-32	0.3	-	2.2	1.3	4.7	(6.5)	-	15.0	15	
	NTB-33	-	-	-	0.3	2.4	(14.3)	-	17.0	17	

◈ 터널부 지층현황-<계속> (층후 : m)

공 번		매립층 표토층 전답토	붕적층	퇴적층	풍화토	풍화암	연암 (파쇄대)	경암 (파쇄대)	계	SPT (회)	비고
비봉터널	NTB-34	-	-	-	-	0.5	12.0	9.0 (1.5)	23.0	-	
	NTB-35	-	-	-	-	0.5	-	22.5	23.0	-	
	NTB-36	-	-	-	-	0.2	6.3	16.5	23.0	-	
	NTB-37	-	-	-	-	0.5	-	10.5	11.0	-	
	NTB-38	-	-	-	-	-	2.0	21.0	23.0	-	
	NTB-39	-	-	-	-	0.5	-	22.5	23.0	-	
	NTB-40	-	-	-	-	3.5	6.0	14.5	24.0	-	
	NTB-41	0.5	-	-	-	1.0	10.5	-	12.0	1	
	NTB-43	-	0.5	-	-	3.0	3.0	21.5	28.0	-	
	NTB-44	-	-	-	-	-	9.5	13.5	23.0	-	
	NTB-45	-	-	-	-	0.5	3.0	12.5	16.0	-	
	NTB-46	-	-	-	-	-	-	7.0	7.0	-	
하리터널	NTB-47	0.2	-	-	1.8	8.0	-	-	10.0	4	
청로터널	NTB-49	-	0.7	-	-	1.8	59.5 (5.0)	50.0	117.0	2	
	NTB-50	-	0.8	-	-	2.7	59.0	31.5	94.0	3	
	NTB-51	-	-	-	0.5	3.0	91.5	-	95.0	-	
	NTB-52	-	-	0.8	-	0.6	15.1 (3.9)	35.1	55.5	1	
	NTB-53	-	-	1.8	-	0.8	8.8 (3.0)	40.9	55.3	2	
	NTB-54	-	-	-	1.6	1.4	3.0 (9.0)	75.0	90.0	2	
	NTB-55	-	-	-	0.3	-	-	61.1	61.4	-	
	NTB-56	-	-	-	0.2	-	15.2	61.4	76.8	-	
	NTB-57	-	-	-	3.5	0.7	6.0 (2.2)	160.4	172.8	4	
	NTB-58	-	-	-	-	0.5	-	178.5	179.0	-	
	NTB-59	-	-	-	-	0.7	9.0	69.0	78.7	-	
	NTB-60	-	-	-	4.0	6.2	8.3	81.0	99.5	10	
	NTB-61	0.3	-	-	-	-	-	29.2	29.5	-	
	NTB-62	-	0.2	-	-	-	4.4	13.4	18.0	-	
	NTB-63	-	1.0	-	3.6	1.4	6.0	10.0	22.0	5	

◈ 터널부 지층현황-<계속> (층후 : m)

공 번		매립층 표토층 전답토	붕적층	퇴적층	풍화토	풍화암	연암 (파쇄대)	경암 (파쇄대)	계	SPT (회)	비고
순호터널	NTB-64	-	-	0.3	2.1	0.6	12.0	-	15.0	2	
	NTB-65	-	-	-	-	0.5	-	18.7	19.2	-	
	NTB-66	-	-	0.5	-	0.5	-	49.0	50.0	-	
	NTB-67	-	-	-	-	0.5	3.3	70.4	74.2	-	
	NTB-68	-	-	-	0.5	1.0	-	66.5	68.0	1	
	NTB-69	-	-	-	-	0.5	19.0	43.5	63.0	-	
	NTB-70	-	0.2	-	-	-	(3.0)	29.8	33.0	-	
	NTB-71	-	0.5	-	-	0.5	5.0	3.0	9.0	-	
수북터널	NTB-72	-	-	-	0.3	-	-	19.5	19.8	-	
	NTB-73	-	-	-	0.3	-	2.2	20.3	22.8	-	
	NTB-74	-	-	-	1.0	-	1.7	52.3	55.0	-	
	NTB-75	-	-	-	-	-	-	28.0	28.0	-	
	NTB-76	-	-	-	1.0	-	3.0	23.0	27.0	-	
	NTB-77	-	-	-	-	1.0	2.0	27.0	30.0	-	
	NTB-78	-	-	-	-	-	1.2	33.8	35.0	-	
	NTB-79	-	-	-	-	0.5	-	53.5 (3.0)	57.0	-	
	NTB-80	-	0.5	-	-	0.3	-	34.2	35.0	-	
	NTB-81	0.5	-	-	-	1.9	-	21.9	24.3	2	
	NTB-82	0.3	-	-	-	1.2	5.0	8.0	14.5	1	
	NTB-85	-	-	-	-	0.5	3.2	34.4	38.1	-	
	NTB-86	-	-	-	-	0.6	-	61.3	61.9	-	
	NTB-87	-	0.8	-	-	-	-	5.2	6.0	-	
	NTB-88	-	-	-	-	1.5	4.5	6.0	12.0	1	

(3) 시추조사 결과 지층 분석

① 교량구간

◈ 업리교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-01	264km716.30 (-)	매립층	0.0~0.6	0.6	모래질 자갈	-
		퇴적층	0.6~2.9	2.3	모래섞인 실트질 점토	6/30~9/30
			2.9~3.8	0.9	자갈섞인 실트질 모래	30/30
		풍화암	3.8~5.7	1.9	셰일	(63/0)
		연암층	5.7~7.7	2.0	적색셰일	(98/27)
NBB-02	264km750.00 (-)	전답토	0.0~0.3	0.3	모래섞인 실트질 모래	-
		퇴적층	0.3~2.9	2.6	자갈섞인 모래질 점토	11/30~16/30
		풍화암	2.9~3.3	0.4	실트질 모래	50/9
		연암층	3.3~5.3	2.0	적색셰일	(100/46)

◈ 철파천교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-03	266km238.00 (우 2.2m)	매립층	0.0~7.5	7.5	자갈,점토섞인 실트질 모래	6/30~15/30
		풍화토	7.5~8.5	1.0	세편섞인 점토질 모래	50/21
		풍화암	8.5~13.5	5.0	셰일	(66~100/3~7)
			13.5~15.1	1.6	셰일	(100/17)
		연암층	15.1~18.2	3.1	셰일	(100/42)
NBB-04	266km263.00 (우 2.2m)	퇴적층	0.0~2.6	2.6	자갈섞인 실트질 모래	14/30~15/30
		풍화토	2.6~4.2	1.6	세편섞인 실트질 모래	50/28~50/18
		풍화암	4.2~8.3	4.1	셰일	(82~83/0)
		연암층	8.3~10.3	2.0	적색셰일	(99/41)
NBB-05	266km287.51 (우 2.2m)	매립층	0.0~4.6	4.6	자갈,점토섞인 실트질 모래	3/30~21/30
		풍화토	4.6~5.5	0.9	세편섞인 점토질 모래	50/23
		풍화암	5.5~6.5	1.0	셰일	(100/0)
		연암층	6.5~8.5	2.0	셰일	(100/46)

◈ 후죽제1교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-06	267km550.71 (우 6.9m)	매립층	0.0~0.2	0.2	자갈섞인 실트질 모래	-
		퇴적층	0.2~4.3	4.1	자갈섞인 실트질 모래	9/30~23/30
		풍화암	4.3~8.0	3.7	암편섞인 실트질 모래	50/3~50/1 (56/5)
		연암층	8.0~10.0	2.0	셰일	(98/35)

◈ 후죽제1교-<계속>

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-07	267km576.00 (-)	매립층	0.0~1.6	1.6	모래섞인 자갈	11/30
		퇴적층	1.6~5.3	3.7	자갈,점토섞인 실트질 모래	15/30~26/30
		풍화암	5.3~11.5	6.2	셰일	(95~98/4~11)
		연암층	11.5~13.5	2.0	셰일	(100/43)
NBB-08	267km599.00 (-)	퇴적층	0.0~3.5	3.5	자갈섞인 실트질 모래	14/30~50/6
		풍화암	3.5~4.5	1.0	셰일	(95/0)
		연암층	4.5~6.5	2.0	셰일	(100/26)
NBB-09	267km626.17 (우 11.2m)	매립층	0.0~1.7	1.7	자갈섞인 모래	13/30
		퇴적층	1.7~4.8	3.1	자갈섞인 실트질 모래	7/30~10/30
		풍화암	4.8~5.8	1.0	적색셰일	(94/0)
		연암층	5.8~7.8	2.0	적색셰일	(100/29)

◈ 후죽제2교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-10	268km607.50 (-)	매립층	0.0~1.4	1.4	자갈섞인 점토질 모래	8/30
		퇴적층	1.4~5.6	4.2	자갈섞인 실트질 모래	4/30~14/30
		풍화암	5.6~6.6	1.0	셰일	(100/0)
		연암층	6.6~8.6	2.0	셰일	(100/40)

◈ 도서교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-11	268km900.00 (-)	전답토	0.0~0.3	0.3	실트질 모래	-
		퇴적층	0.3~5.8	5.5	자갈,점토섞인 실트질 모래	6/30~14/30
			5.8~6.3	0.5	모래섞인 점토	4/30
		경암층	6.3~7.4	1.1	셰일	(95/78)
NBB-12	268km923.70 (-)	매립층	0.0~0.15	0.15	콘크리트	-
		퇴적층	0.15~3.0	2.85	자갈섞인 모래	3/30~4/30
			3.0~4.5	1.5	자갈섞인 점토질 모래	3/30~4/30
			4.5~5.4	0.9	자갈섞인 실트질 모래	7/30
		경암층	5.4~6.4	1.0	셰일	(100/100)
NBB-14	269km043.70 (-)	전답토	0.0~0.3	0.3	실트질 모래	-
		퇴적층	0.3~5.0	4.7	자갈섞인 실트질 모래	7/30~20/30
		연암층	5.0~7.0	2.0	셰일	(97/24)
NBB-15	269km078.82 (-)	매립층	0.0~2.0	2.0	점토질 모래	11/30
		퇴적층	2.0~5.0	3.0	자갈섞인 실트질 모래	7/30~10/30
		연암층	5.0~7.0	2.0	셰일	(100/50)

◈ 도서교-<계속>

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-16	269km113.70 (-)	퇴적층	0.0~4.0	4.0	자갈섞인 실트질 모래	8/30~12/30
			4.0~4.5	0.5	자갈섞인 실트질 모래	14/30
		연암층	4.5~5.0	0.5	셰일	(100/40)
		경암층	5.0~6.0	1.0	셰일	(100/80)
NBB-17	269km148.90 (-)	퇴적층	0.0~5.2	5.2	자갈섞인 실트질 모래	10/30~50/18
		연암층	5.2~7.3	2.1	셰일	(98/20)

◈ 비봉교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-19	272km968.30 (-)	표토층	0.0~0.3	0.3	점토섞인 실트질 모래	-
		풍화토	0.3~1.0	0.7	실트질 모래	-
		풍화암	1.0~4.0	3.0	모래섞인 암편	50/5 (78/0)
		경암층	4.0~6.0	2.0	셰일	(100/49)
NBB-20	273km002.00 (-)	표토층	0.0~0.5	0.5	실트섞인 점토	-
		풍화토	0.5~1.0	0.5	실트질 모래	-
		풍화암	1.0~3.0	2.0	암편섞인 점토질 모래	50/5 (80/0)
		연암층	3.0~5.0	2.0	셰일	(100/48)
NBB-21	273km037.00 (-)	표토층	0.0~0.3	0.3	실트질 점토	-
		풍화토	0.3~0.5	0.2	실트질 모래	-
		풍화암	0.5~4.0	3.5	암편섞인 실트질 모래	50/4 (70/0)
		연암층	4.0~6.0	2.0	셰일	(100/22)
NBB-22	273km072.00 (-)	전답토	0.0~0.5	0.5	자갈섞인 실트질 모래	-
		붕적층	0.5~2.0	1.5	자갈섞인 점토질 모래	8/30
		풍화암	2.0~12.0	10.0	셰일	50/3~50/0 (26~93/0~9)
NBB-23	273km107.00 (-)	전답토	0.0~0.5	0.5	자갈섞인 실트질 모래	-
		붕적층	0.5~4.0	3.5	실트섞인 점토질 모래	3/30~9/30
		풍화토	4.0~8.0	4.0	세편섞인 점토질 모래	24/30~50/14
		풍화암	8.0~18.0	10.0	세편섞인 실트질 모래	50/10~50/3 (24~100/0~4)
NBB-24	273km142.00 (-)	매립층	0.0~2.5	2.5	점토섞인 실트질 모래	4/30~9/30
		퇴적층	2.5~3.0	0.5	모래질 자갈	-
		풍화암	3.0~6.4	3.4	셰일	(82~94/5~9)
		연암층	6.4~8.5	2.1	셰일	(100/20)
NBB-25	273km177.00 (-)	매립층	0.0~2.5	2.5	모래질 점토	5/30~10/30
		퇴적층	2.5~3.0	0.5	모래질 자갈	-
		풍화암	3.0~4.5	1.5	셰일	(77/0)
		연암층	4.5~7.0	2.5	셰일	(100/36)
NBB-26	273km212.00 (-)	전답토	0.0~0.4	0.4	실트질 모래	-
		퇴적층	0.4~3.8	3.4	자갈섞인 실트질 점토	4/30~13/30
		연암층	3.8~6.4	2.6	셰일	(100/43)
NBB-27	273km247.00 (-)	전답토	0.0~0.4	0.4	실트질 점토	-
		풍화토	0.4~3.7	3.3	실트질 점토	10/30~17/30
		풍화암	3.7~10.4	6.7	셰일	(79~92/0~5)
		경암층	10.4~11.7	1.3	셰일	(100/86)

◈ 비봉교-<계속>

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-28	273km280.70 (-)	전답토	0.0~0.3	0.3	실트질 점토	-
		풍화토	0.3~3.0	2.7	점토질 모래	7/30~12/30
		풍화암	3.0~3.2	0.2	세편섞인 실트질 모래	50/4
			3.2~7.8	4.6	셰일	(87~97/0~3)
		연암층	7.8~9.8	2.0	셰일	(100/49)

◈ 하리교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-29	276km280.00 (-)	전답토	0.0~0.5	0.5	모래섞인 점토	-
		퇴적층	0.5~2.5	2.0	실트질 점토	8/30~10/30
			2.5~3.5	1.0	자갈섞인 점토질 모래	22/30
		풍화암	3.5~6.0	2.5	암편섞인 실트질 모래	50/8~50/1 (54/0)
		연암층	6.0~8.0	2.0	셰일	(100/30)
NBB-30	276km303.70 (-)	전답토	0.0~0.5	0.5	실트질 모래	-
		퇴적층	0.5~1.8	1.3	자갈섞인 점토질 모래	15/30
		풍화토	1.8~3.3	1.5	암편섞인 실트질 모래	15/30~50/13
		풍화암	3.3~5.3	2.0	암편섞인 실트질 모래	50/5~50/3
		경암층	5.3~7.5	2.2	사암, 셰일	(98/50)
NBB-31	276km328.70 (-)	퇴적층	0.0~1.3	1.3	자갈섞인 모래	11/30
		풍화암	1.3~2.5	1.2	모래섞인 암편	50/3
		연암층	2.5~4.5	2.0	셰일	(100/25)
NBB-32	276km353.70 (-)	퇴적층	0.0~2.0	2.0	자갈섞인 실트질 모래	9/30
		풍화토	2.0~3.0	1.0	실트질 모래	41/30
		풍화암	3.0~5.0	2.0	모래섞인 암편	50/4
		연암층	5.0~7.0	2.0	셰일	(100/42)
NBB-33	276km377.40 (-)	퇴적층	0.0~1.5	1.5	자갈섞인 점토질 모래	19/30
		풍화토	1.5~2.5	1.0	실트질 모래	50/30
		연암층	2.5~4.5	2.0	셰일	(100/35)

◈ 탑리제1교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-34	277km593.00 (-)	매립층	0.0~0.7	0.7	자갈섞인 실트질 모래	-
		풍화토	0.7~6.0	5.3	실트질 모래	19/30~50/16
		풍화암	6.0~14.0	8.0	암편섞인 실트질 모래	50/6~50/3
		연암층	14.0~16.0	2.0	셰일	50/2 (100/47)
NBB-35	277km618.00 (-)	매립층	0.0~0.5	0.5	자갈섞인 실트질 모래	-
		풍화토	0.5~6.0	5.5	실트질 모래	11/30~50/15
		풍화암	6.0~14.0	8.0	암편섞인 실트질 모래	50/4~50/2
		연암층	14.0~16.0	2.0	셰일	50/2 (100/42)

◈ 탑리제1교-<계속>

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-36	277km643.00 (-)	매립층	0.0~0.4	0.4	모래질 자갈	-
		풍화토	0.4~4.0	3.6	점토섞인 실트질 모래	8/30~50/12
		풍화암	4.0~14.0	10.0	암편섞인 실트질 모래	50/4~50/2
NBB-37	277km668.00 (-)	매립층	0.0~1.2	1.2	모래섞인 실트질 자갈	39/30
		풍화토	1.2~3.0	1.8	실트질 모래	50/17
		풍화암	3.0~4.5	1.5	실트질 모래	50/10~50/3
		연암층	4.5~6.5	2.0	셰일	(100/50)

◈ 탑리제2교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-38	278km113.00 (좌 0.6m)	매립층	0.0~3.0	3.0	실트질 모래	4/30~20/30
		풍화토	3.0~5.0	2.0	실트질 모래	4/30~50/24
		풍화암	5.0~6.0	1.0	실트질 모래	50/5
		연암층	6.0~8.0	2.0	셰일	50/3 (100/38)
NBB-39	278km138.00 (좌 0.6m)	매립층	0.0~1.2	1.2	점토섞인 실트질 모래	19/30
		풍화토	1.2~3.0	1.8	점토질 모래	50/15
		풍화암	3.0~5.0	2.0	암편섞인 실트질 모래	50/8~50/3
		연암층	5.0~7.0	2.0	셰일	50/3 (98/30)
NBB-40	278km161.00 (-)	전답토	0.0~0.7	0.7	실트질 점토	-
		풍화암	0.7~3.0	2.3	암편섞인 실트질 모래	50/8~50/5
			3.0~8.0	5.0	적색셰일	50/4 (95~96/4~5)
		연암층	8.0~10.0	2.0	적색셰일	(100/45)
NBB-41	278km186.00 (-)	붕적층	0.0~1.0	1.0	자갈섞인 실트질 점토	-
		풍화암	1.0~3.2	2.2	암편섞인 점토질 모래	50/10~50/5
			3.2~4.5	1.3	적색셰일	(95/0)
		연암층	4.5~6.5	2.0	적색셰일	(100/45)
NBB-42	278km211.00 (-)	매립층	0.0~1.2	1.2	점토섞인 모래질 자갈	50/14
		풍화암	1.2~3.0	1.8	모래섞인 암편	50/4
			3.0~7.0	4.0	적색셰일	50/5 (65~100/9~16)
		연암층	7.0~9.0	2.0	적색셰일	(100/27)
NBB-43	278km237.98 (-)	매립층	0.0~0.7	0.7	모래섞인 실트질 점토	-
		풍화토	0.7~3.0	2.3	모래섞인 점토	12/30~50/13
		풍화암	3.0~7.0	4.0	암편섞인 실트질 모래	50/7~50/3
		연암층	7.0~9.0	2.0	셰일	50/2 (98/24)

◈ 탑리제3교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-44	279km095.38 (-)	전답토	0.0~1.5	1.5	모래질 점토	6/30
		풍화토	1.5~4.0	2.5	실트질 모래	30/30~50/15
		풍화암	4.0~5.0	1.0	암편섞인 실트질 모래	50/4
		연암층	5.0~7.0	2.0	셰일	50/2 (100/22)
NBB-45	279km116.57 (-)	매립층	0.0~3.0	3.0	자갈섞인 실트질 점토	5/30
		퇴적층	3.0~3.6	0.6	점토섞인 모래질 자갈	7/30
		풍화토	3.6~5.0	1.4	실트질 모래	50/21
		풍화암	5.0~5.3	0.3	암편섞인 실트질 모래	50/8
		연암층	5.3~7.3	2.0	사암	(100/45)

◈ 탑리제4교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-46	279km630.00 (-)	매립층	0.0~3.0	3.0	모래섞인 실트질 점토	9/30
		퇴적층	3.0~4.3	1.3	점토질 모래	5/30~18/30
		풍화토	4.3~5.0	0.7	실트질 모래	-
		풍화암	5.0~5.5	0.5	실트질 모래	50/10
		연암층	5.5~7.5	2.0	셰일	(98/50)
NBB-47	279km668.70 (-)	매립층	0.0~0.5	0.5	모래섞인 자갈	-
			0.5~2.5	2.0	실트질 점토	7/30~9/30
		퇴적층	2.5~3.0	0.5	실트질 점토	-
		풍화암	3.0~4.5	1.5	암편섞인 실트질 모래	50/10~50/4
		연암층	4.5~6.5	2.0	셰일	(98/32)

◈ 산운제2교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-48	280km803.30 (-)	퇴적층	0.0~3.6	3.6	자갈섞인 실트질 모래	29/30~50/2
		연암층	3.6~5.6	2.0	셰일	(95/21)
NBB-49	280km827.00 (-)	퇴적층	0.0~3.3	3.3	자갈섞인 실트질 모래	13/30~14/30
		연암층	3.3~5.3	2.0	셰일	(80/22)
NBB-50	280km877.00 (-)	퇴적층	0.0~1.4	1.4	자갈섞인 실트질 모래	27/30
		풍화암	1.4~2.5	1.1	암편섞인 실트질 모래	50/2
		경암층	2.5~5.5	3.0	셰일	(90/50)
NBB-51	280km927.00 (-)	퇴적층	0.0~1.4	1.4	자갈섞인 실트질 모래	9/30
		풍화암	1.4~2.5	1.1	암편섞인 실트질 모래	50/2
		연암층	2.5~5.5	3.0	셰일	(100/38)
NBB-52	280km977.00 (-)	퇴적층	0.0~1.5	1.5	자갈섞인 실트질 모래	7/30
		풍화암	1.5~2.5	1.0	암편섞인 실트질 모래	50/3
		연암층	2.5~5.5	3.0	셰일	(100/48)

◈ 산운제2교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-53	281km027.00 (-)	전답토	0.0~0.3	0.3	모래섞인 실트질 점토	-
		퇴적층	0.3~3.5	3.2	자갈섞인 실트질 모래	16/30~25/30
		풍화암	3.5~4.0	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	4.0~6.5	2.5	셰일	50/2 (92/31)
NBB-54	281km052.00 (-)	전답토	0.0~0.3	0.3	모래섞인 실트질 점토	-
		퇴적층	0.3~3.5	3.2	자갈섞인 실트질 모래	13/30~50/11
		풍화암	3.5~4.0	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	4.0~6.5	2.5	셰일	50/2 (96/40)
NBB-55	281km075.70 (-)	전답토	0.0~0.3	0.3	모래섞인 실트질 점토	-
		퇴적층	0.3~3.0	2.7	자갈섞인 실트질 모래	8/30~14/30
		풍화암	3.0~4.0	1.0	암편섞인 실트질 모래	50/10
		연암층	4.0~6.5	2.5	셰일	50/2 (98/39)

◈ 순호교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-56	285km322.80 (-)	풍화암	0.0~1.5	1.5	모래섞인 암편	50/4
		연암층	1.5~3.7	2.2	셰일	(100/44)
NBB-57	285km346.52 (-)	전답토	0.0~0.6	0.6	실트질 모래	-
		풍화암	0.6~1.9	1.3	암편섞인 실트질 모래	50/7
		연암층	1.9~4.0	2.1	셰일	(100/29)
NBB-58	285km376.51 (-)	전답토	0.0~1.5	1.5	모래섞인 실트질 점토	11/30
		퇴적층	1.5~2.8	1.3	자갈섞인 점토질 모래	27/30
		풍화암	2.8~3.5	0.7	모래섞인 암편	50/3
		연암층	3.5~5.5	2.0	셰일	(100/39)
NBB-59	285km401.51 (-)	전답토	0.0~1.5	1.5	점토질 모래	5/30
		퇴적층	1.5~3.0	1.5	실트 및 모래섞인 자갈	33/30
		풍화암	3.0~3.5	0.5	모래섞인 암편	50/3
		연암층	3.5~5.5	2.0	셰일	(100/28)
NBB-60	285km426.51 (-)	전답토	0.0~1.5	1.5	실트질 모래	6/30
		퇴적층	1.5~2.9	1.4	자갈섞인 실트질 모래	17/30
		풍화암	2.9~5.0	2.1	모래섞인 암편	50/5~50/3
		연암층	5.0~7.0	2.0	셰일	50/2 (100/41)
NBB-61	285km451.51 (-)	전답토	0.0~1.5	1.5	자갈섞인 실트질 모래	6/30
		퇴적층	1.5~3.6	2.1	자갈섞인 실트질 모래	7/30~12/30
		풍화암	3.6~4.5	0.9	암편섞인 실트질 모래	50/7
		연암층	4.5~6.5	2.0	셰일	(98/42)

◈ 수북교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-62-1	286km949.30 (좌 0.5m)	매립층	0.0~3.4	3.4	점토섞인 실트질 모래	4/30~6/30
		풍화토	3.4~4.0	0.6	실트질 모래	-
		풍화암	4.0~4.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	50/10
		연암층	4.5~6.5	2.0	셰일	(100/41)
NBB-62-2	286km973.00 (좌 0.6m)	매립층	0.0~2.0	2.0	점토섞인 실트질 모래	7/30
		풍화암	2.0~3.0	1.0	암편섞인 실트질 모래	50/10
		연암층	3.0~5.0	2.0	셰일	50/2 (100/50)

◈ 파전제1교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-63	289km255.80 (-)	매립층	0.0~2.5	2.5	자갈섞인 실트질 모래	5/30
		퇴적층	2.5~3.5	1.0	모래섞인 점토	4/30
			3.5~6.0	2.5	실트질 모래	3/30~4/30
			6.0~7.5	1.5	모래섞인 자갈	20/30~50/2
		연암층	7.5~9.5	2.0	셰일	(100/37)
NBB-64	289km289.50 (좌 0.5m)	매립층	0.0~1.6	1.6	점토섞인 실트질 모래	7/30
		퇴적층	1.6~3.0	1.4	모래섞인 점토	6/30
			3.0~6.5	3.5	자갈섞인 실트질 모래	5/30~42/30
		풍화암	6.5~7.5	1.0	암편섞인 실트질 모래	50/6
		연암층	7.5~9.5	2.0	셰일, 역암	(100/30)
NBB-66	289km359.50 (좌 0.5m)	매립층	0.0~1.6	1.6	자갈섞인 실트질 모래	7/30
		퇴적층	1.6~3.0	1.4	실트질 점토	2/30
			3.0~6.3	3.3	자갈섞인 실트질 모래	6/30~33/30
		풍화토	6.3~7.0	0.7	실트질 모래	-
		풍화암	7.0~7.5	0.5	실트질 모래	50/8
		연암층	7.5~9.5	2.0	셰일	(100/25)
NBB-67	289km394.50 (좌 0.5m)	매립층	0.0~1.6	1.6	점토섞인 실트질 모래	7/30
		퇴적층	1.6~3.3	1.7	모래섞인 점토	2/30~7/30
			3.3~8.0	4.7	자갈섞인 실트질 모래	15/30~24/30
		풍화토	8.0~9.0	1.0	실트질 모래	29/30
		풍화암	9.0~10.5	1.5	암편섞인 실트질 모래	50/5~50/3
		연암층	10.5~12.5	2.0	셰일	(99/49)
NBB-68	289km429.50 (좌 0.5m)	매립층	0.0~1.5	1.5	모래질 자갈	11/30
			1.5~4.0	2.5	점토섞인 실트질 모래	5/30~7/30
		퇴적층	4.0~8.0	4.0	자갈섞인 실트질 모래	4/30~22/30
		풍화토	8.0~9.5	1.5	실트질 모래	42/30~50/15
		풍화암	9.5~10.5	1.0	암편섞인 실트질 모래	50/2
		경암층	10.5~12.5	2.0	역암	(100/90)

◈ 파전제2교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-71	289km708.30 (-)	전답토	0.0~0.5	0.5	실트질 모래	-
		퇴적층	0.5~4.8	4.3	자갈섞인 실트질 모래	7/30~34/30
		풍화암	4.8~7.5	2.7	암편섞인 실트질 모래	50/9~50/2
		연암층	7.5~9.5	2.0	셰일	(100/46)
NBB-72	289km777.00 (-)	전답토	0.0~0.7	0.7	점토섞인 자갈	-
		퇴적층	0.7~4.6	3.9	자갈,점토섞인 실트질 모래	17/30~50/15
		풍화암	4.6~5.5	0.9	암편섞인 실트질 모래	50/5
		연암층	5.5~7.5	2.0	셰일	(100/47)
NBB-73	289km800.70 (-)	전답토	0.0~0.5	0.5	실트질 모래	-
		퇴적층	0.5~4.5	4.0	자갈섞인 실트질 모래	14/30~35/30
		풍화암	4.5~5.5	1.0	암편섞인 실트질 모래	50/3
		연암층	5.5~7.6	2.1	셰일	(100/37)

◈ 파전제3교

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NBB-74	290km054.96 (-)	전답토	0.0~0.4	0.4	점토섞인 실트질 모래	-
		퇴적층	0.4~3.6	3.2	자갈섞인 실트질 모래	14/30~23/30
		풍화토	3.6~5.5	1.9	모래섞인 암편	50/12~50/10
		경암층	5.5~7.5	2.0	셰일	(100/63)
NBB-75	290km085.88 (우 1.1m)	표토층	0.0~0.5	0.5	실트질 모래	-
		퇴적층	0.5~4.0	3.5	자갈섞인 실트질 모래	23/30~24/30
		풍화암	4.0~5.0	1.0	암편섞인 실트질 모래	50/4
		연암층	5.0~7.0	2.0	셰일	50/2 (100/22)
NBB-76	290km104.96 (-)	전답토	0.0~0.5	0.5	실트질 모래	-
		퇴적층	0.5~4.5	4.0	자갈섞인 실트질 모래	19/30~36/30
		풍화암	4.5~6.5	2.0	암편섞인 실트질 모래	50/2
		연암층	6.5~8.5	2.0	셰일	(100/42)
NBB-79	290km179.96 (-)	전답토	0.0~0.3	0.3	실트질 모래	-
		퇴적층	0.3~4.5	4.2	자갈섞인 실트질 모래	26/30~41/30
		풍화암	4.5~6.0	1.5	암편섞인 실트질 모래	50/1
		연암층	6.0~8.0	2.0	셰일	(100/52)

② 토공부

◈ 절토부

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NCB-01	265km454.86 (우 12.6m)	표토층	0.0~0.1	0.1	자갈섞인 실트질 모래	-
		풍화암	0.1~1.5	1.4	적색셰일	(71/0)
		연암층	1.5~4.5	3.0	적색셰일	(98/25)
		경암층	4.5~13.3	8.8	적색셰일	(100/59~69)
NCB-02	265km570.36 (우 15.8m)	표토층	0.0~0.2	0.2	실트질 모래	-
		풍화암	0.2~1.0	0.8	셰일,암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	1.0~16.0	15.0	셰일	(95~100/51~95)
NCB-03	272km617.90 (좌 40.8m)	풍화토	0.0~0.5	0.5	실트질 점토	-
		풍화암	0.5~0.8	0.3	암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	0.8~27.0	26.2	셰일	(90~100/54~96)
NCB-04	272km753.49 (우 12.9m)	풍화암	0.0~0.8	0.8	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.8~12.5	11.7	적색셰일, 셰일	(76~100/26~64)
		경암층	12.5~16.0	3.5	셰일	(100/82)
NCB-05	275km339.76 (좌 30.9m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.5~12.5	12.0	적색셰일	(85~100/31~63)
		경암층	12.5~20.0	7.5	적색셰일	(100/60~73)
NCB-06	275km559.95 (좌 22.0m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.5~16.0	15.5	셰일	(82~95/40~55)
NCB-07	275km680.15 (좌 31.0m)	풍화암	0.0~0.6	0.6	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.6~3.5	2.9	셰일	(81/15)
		경암층	3.5~24.0	20.5	셰일	(95~100/47~100)
NCB-09	285km539.95 (우 22.3m)	경암층	0.0~14.4	14.4	셰일	(100/59~87)

◈ 쌓기 및 BOX구간

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NSB-01	265km164.09 (-)	붕적층	0.0~0.3	0.3	모래질 자갈	-
		풍화암	0.3~1.3	1.0	모래섞인 암편	50/8
		연암층	1.3~4.0	2.7	셰일	(98/28)
NSB-02	266km019.50 (-)	퇴적층	0.0~3.0	3.0	자갈섞인 실트질 점토	4/30~5/30
			3.0~5.7	2.7	자갈섞인 실트질 모래	6/30~13/30
		풍화토	5.7~6.5	0.8	세편섞인 실트질 모래	50/17
		연암층	6.5~7.5	1.0	셰일	(100/26)
NSB-03	266km638.19 (우 11.9m)	표토층	0.0~0.2	0.2	모래섞인 자갈	-
		퇴적층	0.2~3.6	3.4	실트질 점토	18/30~21/30
			3.6~4.5	0.9	자갈섞인 실트질 모래	8/30
		연암층	4.5~5.6	1.1	사암	(100/20)
NSB-04	267km047.20 (우 8.0m)	퇴적층	0.0~1.5	1.5	자갈섞인 실트질 점토	14/30
			1.5~2.5	1.0	모래섞인 자갈	16/30
		풍화토	2.5~5.3	2.8	암편섞인 실트질 모래	39/30~50/12
		연암층	5.3~6.4	1.1	셰일	(100/22)
NSB-05	267km392.24 (좌 9.0m)	매립층	0.0~0.5	0.5	모래섞인 자갈	-
		퇴적층	0.5~4.7	4.2	자갈,점토섞인 실트질 모래	18/30~26/30
		풍화토	4.7~5.5	0.8	모래섞인 암편	50/11
		풍화암	5.5~6.2	0.7	실트질 모래	50/9
		연암층	6.2~7.3	1.1	셰일	(100/37)
NSB-06	267km704.69 (좌 7.8m)	매립층	0.0~1.4	1.4	콘크리트, 모래섞인 자갈	6/30
		퇴적층	1.4~5.3	3.9	모래섞인 자갈	4/30~16/30
		연암층	5.3~7.3	2.0	셰일	(100/20)
NSB-07	268km181.70 (좌 25.0m)	매립층	0.0~5.3	5.3	자갈섞인 실트질 모래	4/30~7/30
		퇴적층	5.3~9.0	3.7	모래섞인 실트질 점토	5/30
		풍화토	9.0~10.0	1.0	실트질 모래	17/30
NSB-08	268km375.46 (좌 17.9m)	매립층	0.0~1.8	1.8	자갈섞인 실트질 모래	4/30
		퇴적층	1.8~4.8	3.0	점토섞인 실트질 모래	5/30~6/30
		풍화토	4.8~6.5	1.7	실트질 모래	19/30~20/30
		풍화암	6.5~7.5	1.0	셰일	50/2 (100/0)
NSB-09	268km566.43 (-)	매립층	0.0~1.5	1.5	자갈섞인 실트질 모래	13/30
		퇴적층	1.5~4.5	3.0	점토질 모래	3/30~10/30
			4.5~5.5	1.0	자갈섞인 점토질 모래	11/30
		연암층	5.5~6.5	1.0	셰일	(100/17)
NSB-10	268km717.04 (-)	전답토	0.0~0.3	0.3	실트질 모래	-
		퇴적층	0.3~1.5	1.2	자갈섞인 실트질 점토	16/30
			1.5~4.3	2.8	모래섞인 자갈	19/30~23/30
		경암층	4.3~5.5	1.2	셰일	(100/68)
NSB-11	268km816.80 (-)	매립층	0.0~0.15	0.15	콘크리트	-
		퇴적층	0.15~2.0	1.85	자갈섞인 모래	10/30
			2.0~5.1	3.1	모래섞인 자갈	9/30~50/10
		경암층	5.1~6.1	1.0	셰일	(95/62)

◈ 쌓기 및 BOX구간-<계속>

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NSB-13	272km543.92 (-)	매립층	0.0~1.2	1.2	자갈섞인 점토질 모래	9/30
		연암층	1.2~3.5	2.3	셰일	(100/48)
NSB-14	272km695.98 (-)	표토층	0.0~0.5	0.5	실트질 모래	-
		풍화암	0.5~3.0	2.5	암편섞인 실트질 모래	50/4~50/1 (82/12)
NSB-15	272km887.60 (-)	풍화토	0.0~1.2	1.2	모래섞인 암편	50/15
		풍화암	1.2~2.0	0.8	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	2.0~3.0	1.0	셰일	(100/28)
NSB-16	273km309.11 (-)	매립층	0.0~0.7	0.7	아스팔트, 모래섞인 자갈	-
		풍화암	0.7~3.5	2.8	셰일	(96/14)
NSB-17	275km235.63 (-)	풍화토	0.0~2.5	2.5	실트질 점토	26/30~50/11
		경암층	2.5~4.0	1.5	셰일	(100/68)
NSB-18	275km503.91 (-)	연암층	0.0~3.0	3.0	셰일	(100/25)
NSB-19	276km172.74 (-)	매립층	0.0~0.4	0.4	콘크리트, 점토섞인 모래질 자갈	-
		전답토	0.4~1.5	1.1	모래질 점토	9/30
		퇴적층	1.5~3.8	2.3	자갈섞인 실트질 모래	15/30~16/30
		풍화암	3.8~4.3	0.5	암편섞인 실트질 모래	50/2
		연암층	4.3~5.3	1.0	셰일	(100/43)
NSB-20	276km906.44 (-)	풍화토	0.0~4.0	4.0	실트질 모래	13/30~50/14
		풍화암	4.0~5.0	1.0	암편섞인 실트질 모래	50/4
		연암층	5.0~6.0	1.0	셰일	50/3 (100/25)
NSB-21	277km990.16 (-)	매립층	0.0~0.5	0.5	자갈섞인 실트질 모래	-
		풍화토	0.5~3.0	2.5	모래질 점토	25/30~31/30
		풍화암	3.0~4.0	1.0	실트질 모래	50/10
NSB-24	279km560.34 (-)	매립층	0.0~2.2	2.2	콘크리트, 자갈섞인 실트질 모래	24/30~26/30
		풍화토	2.2~5.0	2.8	점토질 모래	46/30~50/15
		풍화암	5.0~7.0	2.0	암편섞인 실트질 모래	50/4~50/3 (100/20)
NSB-25	279km860.00 (-)	전답토	0.0~1.0	1.0	실트질 모래	-
		풍화토	1.0~5.0	4.0	모래섞인 점토	8/30~50/14
NSB-26	280km020.00 (-)	매립층	0.0~2.8	2.8	자갈섞인 실트질 모래	16/30~21/30
		퇴적층	2.8~5.6	2.8	모래섞인 실트질 점토	7/30~8/30
		풍화토	5.6~6.0	0.4	실트질 모래	-
		풍화암	6.0~7.0	1.0	암편섞인 실트질 모래	50/7
		연암층	7.0~8.0	1.0	셰일	50/3 (100/40)

◈ 쌓기 및 BOX구간-<계속>

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NSB-27	280km255.27 (-)	매립층	0.0~0.5	0.5	콘크리트, 모래섞인 자갈	-
		전답토	0.5~1.6	1.1	모래질 점토	7/30
		풍화토	1.6~5.0	3.4	점토섞인 실트질 모래	17/30~46/30
		풍화암	5.0~5.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	50/4
		경암층	5.5~6.5	1.0	세일	(100/75)
NSB-29	280km463.99 (-)	매립층	0.0~0.4	0.4	콘크리트, 모래질 자갈	-
		퇴적층	0.4~4.0	3.6	자갈,점토섞인 실트질 모래	16/30~23/30
			4.0~4.5	0.5	모래섞인 실트질 점토	2/30
		풍화암	4.5~5.0	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	5.0~6.0	1.0	세일	50/2 (100/13)
NSB-30	281km231.55 (-)	매립층	0.0~1.6	1.6	콘크리트, 모래섞인 실트	14/30
		퇴적층	1.6~4.5	2.9	자갈,점토섞인 실트질 모래	20/30~25/30
		풍화암	4.5~5.3	0.8	암편섞인 실트질 모래	50/4
		경암층	5.3~6.5	1.2	세일	(100/56)
NSB-31	281km475.49 (-)	매립층	0.0~0.6	0.6	콘크리트, 모래질 자갈	-
		전답토	0.6~1.7	1.1	실트질 점토	7/30
		퇴적층	1.7~5.0	3.3	자갈섞인 실트질 모래	16/30~24/30
		풍화암	5.0~5.8	0.8	암편섞인 실트질 모래	50/7
		연암층	5.8~7.0	1.2	세일	(100/46)
NSB-32	281km582.38 (-)	매립층	0.0~0.5	0.5	콘크리트, 모래섞인 자갈	-
		전답토	0.5~2.9	2.4	실트질 점토	7/30
		퇴적층	2.9~5.8	2.9	자갈섞인 실트질 모래	17/30~40/30
		연암층	5.8~7.0	1.2	세일	(100/37)
NSB-33	281km720.95 (-)	매립층	0.0~0.3	0.3	콘크리트, 모래섞인 자갈	-
		전답토	0.3~1.5	1.2	모래질 실트	15/30
		퇴적층	1.5~6.0	4.5	자갈섞인 실트질 모래	9/30~24/30
		풍화암	6.0~8.5	2.5	암편섞인 실트질 모래	50/10~50/6
NSB-34	285km240.00 (-)	전답토	0.0~1.5	1.5	점토질 모래	6/30
		풍화토	1.5~3.0	1.5	점토질 모래	7/30
		풍화암	3.0~3.9	0.9	점토질 모래	50/7
		연암층	3.9~5.0	1.1	세일	(100/42)
NSB-35	287km000.00 (-)	매립층	0.0~1.5	1.5	콘크리트, 자갈섞인 점토질 모래	6/30
		퇴적층	1.5~2.5	1.0	자갈섞인 실트질 점토	5/30
		풍화암	2.5~3.0	0.5	단주상 코아	(100/0)
		경암층	3.0~5.0	2.0	세일	(100/93)
NSB-36	290km491.57 (-)	매립층	0.0~1.0	1.0	자갈섞인 실트질 점토	-
		퇴적층	1.0~2.5	1.5	자갈섞인 실트질 모래	7/30~23/30
			2.5~5.5	3.0	자갈섞인 실트질 모래	23/30~50/18
		풍화암	5.5~6.0	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
			6.0~7.0	1.0	세일	(90/11)

② 터널구간

◈ 하화터널

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NTB-01	264km119.67 (우 6.3m)	풍화암	0.0~0.3	0.3	실트질 모래	-
		경암층	0.3~30.3	30.0	적색셰일	(100/25~94)
		경암파쇄대	30.3~36.3	6.0	적색셰일	(100/29~35)
		경암층	36.3~54.3	18.0	셰일	(100/77~84)
NTB-02	264km242.57 (좌 6.6m)	풍화토	0.0~0.2	0.2	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.2~6.0	5.8	적색셰일	(100/29~46)
		경암층	6.0~49.2	43.2	셰일	(100/55~95)
NTB-03	264km355.24 (우 6.6m)	풍화토	0.0~0.2	0.2	실트질 모래	-
		연암층	0.2~6.5	6.3	적색셰일	(89~100/27~33)
		경암층	6.5~54.5	48.0	셰일	(98~100/63~100)
NTB-04	264km458.14 (좌 5.8m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.5~3.5	3.0	적색셰일	(100/60)
		경암층	3.5~6.5	3.0	셰일	(100/43)
		경암파쇄대	6.5~15.5	9.0	셰일	(100/52~81)
		연암층	15.5~18.5	3.0	적색셰일	(99/35)
		연암파쇄대	18.5~22.8	4.3	셰일 사암	(96~98/10~12)
NTB-05	264km500.03 (우 22.0m)	풍화토	0.0~2.0	2.0	실트섞인 모래	50/13
		풍화암	2.0~3.7	1.7	세편섞인 실트질 모래	50/7~50/5
		경암층	3.7~15.5	11.8	셰일	(95~100/58~90)
		경암파쇄대	15.5~18.5	3.0	셰일	(100/16)

◈ 팔성제1터널

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NTB-08	269km349.48 (좌 7.6m)	풍화토	0.0~0.7	0.7	실트질 모래	-
		풍화암	0.7~1.5	0.8	셰일	50/1
		연암층	1.5~30.5	29.0	셰일	(73~100/11~73)
		단층파쇄대	30.5~36.5	6.0	셰일	(24~88/4~13)
		연암층	36.5~77.5	41.0	셰일	(90~100/13~92)
		경암층	77.5~83.5	6.0	셰일	(97~100/62~82)
NTB-09	269km584.63 (우 5.6m)	붕적층	0.0~0.4	0.4	모래섞인 자갈	-
		연암층	0.4~6.0	5.6	셰일	(100/20~35)
NTB-10	269km640.60 (좌 22.2m)	붕적층	0.0~0.5	0.5	모래섞인 자갈	-
		풍화암	0.5~3.0	2.5	암편섞인 실트질 모래	50/7~50/3
		연암층	3.0~8.0	5.0	셰일	(88~100/20~42))

◈ 팔성제2터널

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NTB-11	269km786.74 (우 13.4m)	붕적층	0.0~0.5	0.5	모래섞인 자갈	-
		연암파쇄대	0.5~3.0	2.5	셰일	(73/5)
		연암층	3.0~5.0	2.0	셰일	(93/29)
NTB-12	269km837.10 (좌 4.7m)	붕적층	0.0~0.5	0.5	모래섞인 자갈	-
		연암파쇄대	0.5~7.7	7.2	셰일	(60~93/0~9)
		연암층	7.7~12.0	4.3	셰일	(95/26~43)
NTB-13	270km026.02 (좌 4.0m)	붕적층	0.0~0.9	0.9	모래섞인 자갈	-
		연암파쇄대	0.9~3.0	2.1	셰일	50/4 (56/0)
		연암층	3.0~12.0	9.0	셰일	(72~99/27~42)
		경암층	12.0~18.0	6.0	셰일	(100/56~58)
		연암층	18.0~28.0	10.0	셰일	(98~100/32~47)
NTB-14	270km060.21 (우 4.0m)	붕적층	0.0~1.0	1.0	모래섞인 자갈	-
		풍화암	1.0~1.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	50/2
		연암층	1.5~5.5	4.0	셰일 및 산성암맥	(100/70~93)
		단층파쇄대	5.5~12.0	6.5	셰일	(28~86/0~12)
		연암층	12.0~15.0	3.0	셰일	(100/43)
		연암파쇄대	15.0~18.0	3.0	셰일 및 염기성암맥	(63/0)
		연암층	18.0~23.6	5.6	염기성암맥	(96~100/29~46)
		경암층	23.6~25.0	1.4	염기성암맥	(100/57)
NTB-15	270km159.92 (좌 4.0m)	풍화암	0.0~3.1	3.1	암편섞인 실트질 모래	50/4~50/2
		연암층	3.1~15.0	11.9	셰일	(100/21~53)
		단층파쇄대	15.0~18.0	3.0	셰일	(72/11)
		연암층	18.0~20.5	2.5	셰일	(69/26)
		경암층	20.5~38.5	18.0	셰일	(96~100/51~86)
		연암층	38.5~41.7	3.2	셰일	(100/29~44)
		연암파쇄대	41.7~51.0	9.3	셰일	(24~72/0~21)
		연암층	51.0~55.0	4.0	셰일	(97~100/26)
NTB-16	270km284.63 (우 4.3m)	풍화토	0.0~3.0	3.0	모래질 실트	20/30~28/30
		풍화암	3.0~6.5	3.5	셰일	50/5 (92/0)
		연암층	6.5~20.7	14.2	셰일	(91~100/36~73)
		단층파쇄대	20.7~27.5	6.8	셰일	(84~93/0~8)
		연암층	27.5~39.5	12.0	셰일	(98~100/20~26)

◈ 팔성제2터널-<계속>

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NTB-17	270km456.19 (좌 5.9m)	풍화토	0.0~1.3	1.3	모래섞인 자갈	50/17
		풍화암	1.3~6.5	5.2	암편섞인 실트질 모래	50/3~50/1 (57/0)
		연암층	6.5~15.5	9.0	셰일	(100/21~39)
		단층파쇄대	15.5~18.5	3.0	셰일	(78/20)
		경암층	18.5~30.5	12.0	셰일	(100/65~87)
		연암층	30.5~36.5	6.0	셰일	(100/38~46)
		경암층	36.5~48.5	12.0	셰일	(98~100/53~100)
		단층파쇄대	48.5~51.5	3.0	셰일	(76/14)
		경암층	51.5~57.5	6.0	셰일	(100/56~66)
		연암층	57.5~60.5	3.0	셰일	(93/25)
		단층파쇄대	60.5~63.5	3.0	셰일	(79/0)
		연암층	63.5~75.5	12.0	셰일	(100/3~32)
NTB-18	270km635.67 (우 4.8m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	실트질 모래	-
		연암층	0.5~78.5	78.0	셰일	(30~100/11~96)
NTB-19	270km971.09 (우 4.4m)	풍화토	0.0~0.3	0.3	실트질 모래	-
		풍화암	0.3~3.7	3.4	암편섞인 실트질 모래	50/3~50/1 (100/12)
		연암층	3.7~39.2	35.5	셰일	(92~100/29~60)
		경암층	39.2~75.2	36.0	셰일	(81~100/46~87)
		연암층	75.2~83.2	8.0	셰일	(100/32~41)
NTB-23	271km819.65 (우 6.5m)	풍화토	0.0~0.3	0.3	실트질 모래	-
		풍화암	0.3~6.4	6.1	암편섞인 실트질 모래	(16~93/0~32)
		연암층	6.4~30.4	24.0	셰일	(87~100/42~95)
		단층파쇄대	30.4~33.4	3.0	셰일	(96/14)
		연암층	33.4~45.4	12.0	셰일	(100/22~66)
		경암층	45.4~76.3	30.9	셰일	(100/46~100)
NTB-24	272km199.69 (좌 5.4m)	붕적층	0.0~0.7	0.7	모래질 자갈	-
		풍화토	0.7~1.7	1.0	실트질 모래	9/30
		풍화암	1.7~2.6	0.9	암편섞인 실트질 모래	50/5
		연암층	2.6~15.3	12.7	셰일	(78~100/16~45)
		경암층	15.3~24.3	9.0	셰일	(98~100/50~55)
		연암파쇄대	24.3~30.3	6.0	셰일	(54~75/12~21)
NTB-25	272km368.65 (좌 9.0m)	풍화토	0.0~1.5	1.5	암편섞인 실트질 모래	50/27
		연암층	1.5~15.4	13.9	셰일	(50~100/15~48)
		경암층	15.4~18.4	3.0	셰일	(100/81)
NTB-26	272km403.91 (우 12.9m)	풍화토	0.0~0.2	0.2	암편섞인 실트질 모래	-
		풍화암	0.2~3.6	3.4	암편섞인 실트질 모래	50/6~50/1 (76/17)
		연암층	3.6~7.6	4.0	셰일	(86~100/21~30)

◈ 비봉터널

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NTB-27	273km389.93 (우 22.4m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
			0.5~3.0	2.5	셰일	50/3~50/1 (81/0)
		연암파쇄대	3.0~9.5	6.5	셰일	50/2 (100/2~14)
		연암층	9.5~12.5	3.0	셰일	(100/32)
		경암층	12.5~16.0	3.5	셰일	(100/72)
NTB-28	273km449.78 (좌 4.7m)	풍화암	0.0~0.3	0.3	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.3~23.0	22.7	셰일	(86~100/23~46)
NTB-29	273km606.22 (좌 8.5m)	풍화토	0.0~1.5	1.5	실트질 모래	50/12
		풍화암	1.5~2.0	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	2.0~3.5	1.5	셰일	50/2 (100/44)
		연암파쇄대	3.5~9.5	6.0	셰일	(68~70/8~12)
		경암층	9.5~18.5	9.0	셰일	(73~100/57~86)
		연암층	18.5~33.5	15.0	셰일	(100/29~52)
		경암층	33.5~52.0	18.5	셰일	(100/36~93)
NTB-30	273km787.64 (우 5.2m)	풍화암	0.0~1.2	1.2	암편섞인 실트질 모래	50/8
		연암층	1.2~9.5	8.3	셰일	(92~100/16~52)
		경암층	9.5~51.5	42.0	셰일	(98~100/40~100)
		연암층	51.5~59.0	7.5	셰일	(100/33~43)
NTB-31	273km971.60 (우 4.0m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	0.5~21.5	21.0	셰일	(98~100/53~100)
		연암층	21.5~26.0	4.5	셰일	(100/14~26)
NTB-32	274km094.36 (좌 3.8m)	전답토	0.0~0.3	0.3	실트질 모래	-
		퇴적층	0.3~2.5	2.2	자갈섞인 모래질 점토	10/30
		풍화토	2.5~3.8	1.3	실트질 모래	50/17
		풍화암	3.8~8.5	4.7	암편섞인 실트질 모래	50/19~50/3
		연암파쇄대	8.5~15.0	6.5	셰일	50/3~50/1 (0~93/0~14)
NTB-33	274km141.99 (우 3.1m)	풍화토	0.0~0.3	0.3	실트질 모래	-
		풍화암	0.3~2.7	2.4	점토섞인 실트질 모래	50/25~50/15
		연암파쇄대	2.7~17.0	14.3	셰일	50/3~50/1 (20~90/0~4)
NTB-34	274km193.57 (우 4.2m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.5~12.5	12.0	셰일	(88~100/22~66)
		경암층	12.5~21.5	9.0	셰일	(96~100/56~87)
		경암파쇄대	21.5~23.0	1.5	셰일	(100/38)
NTB-35	274km336.78 (우 4.2m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	0.5~23.0	22.5	셰일	(100/50~86)

◈ 비봉터널-<계속>

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NTB-36	274km485.31 (좌 4.3m)	풍화암	0.0~0.2	0.2	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.2~6.5	6.3	셰일	(87~100/16~25)
		경암층	6.5~23.0	16.5	셰일	(100~50/97)
NTB-37	274km521.65 (우 4.4m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	0.5~11.0	10.5	적색셰일	(100/59~83)
NTB-38	274km559.33 (좌 3.5m)	연암층	0.0~2.0	2.0	셰일	(70/7)
		경암층	2.0~23.0	21.0	셰일	(100/53~86)
NTB-39	274km700.27 (좌 8.8m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	0.5~23.0	22.5	셰일	(86~100/53~100)
NTB-40	274km849.53 (우 5.6m)	풍화암	0.0~0.7	0.7	암편섞인 실트질 모래	-
			0.7~3.5	2.8	단주상 코아	(60/0)
		연암층	3.5~9.5	6.0	셰일	(100/33~44)
		경암층	9.5~24.0	14.5	적색셰일	(100/53~77)
NTB-41	274km905.77 (좌 3.8m)	전답토	0.0~0.5	0.5	점토섞인 실트질 모래	-
		풍화암	0.5~1.5	1.0	모래섞인 암편	50/5
		연암층	1.5~12.0	10.5	셰일	(81~100/22~56)
NTB-43	274km990.03 (우 2.3m)	붕적층	0.0~0.5	0.5	실트질 점토	-
		풍화암	0.5~3.5	3.0	셰일	(70/9)
		연암층	3.5~6.5	3.0	셰일	(100/35)
		경암층	6.5~28.0	21.5	셰일	(94~100/61~99)
NTB-44	275km055.04 (우 3.5m)	연암층	0.0~3.5	3.5	적색셰일	(93/41)
		경암층	3.5~12.5	9.0	적색셰일	(100/60~77)
		연암층	12.5~18.5	6.0	적색셰일	(100/38~46)
		경암층	18.5~23.0	4.5	셰일	(100/84)
NTB-45	275km137.08 (좌 7.8m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.5~3.5	3.0	셰일	(90/28)
		경암층	3.5~16.0	12.5	셰일	(97~100/58~76)
NTB-46	275km152.81 (우 13.0m)	경암층	0.0~7.0	7.0	셰일	(92~97/46~70)

◈ 하리터널

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NTB-47	277km200.42 (우 6.3m)	표토층	0.0~0.2	0.2	실트질 모래	-
		풍화토	0.2~2.0	1.8	실트질 모래	50/25
		풍화암	2.0~4.5	2.5	암편섞인 실트질 모래	50/8~50/3
			4.5~10.0	5.5	셰일	(63~100/11~32)

◈ 청로터널

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NTB-49	282km112.77 (우 7.8m)	붕적층	0.0~0.7	0.7	암편섞인 실트질 점토	-
		풍화암	0.7~2.5	1.8	암편섞인 실트질 모래	50/4~50/2
		연암파쇄대	2.5~7.5	5.0	셰일	(65~100/0~15)
		경암층	7.5~12.5	5.0	셰일	(100/56~62)
		연암층	12.5~18.5	6.0	셰일	(100/41~45)
		경암층	18.5~42.5	24.0	셰일	(91~100/56~85)
		연암층	42.5~84.5	42.0	셰일	(57~100/9~66)
		경암층	84.5~93.5	9.0	셰일	(96~99/52~79)
		연암층	93.5~99.5	6.0	셰일	(100/35~36)
		경암층	99.5~102.5	3.0	셰일	(100/59)
		연암층	102.5~105.5	3.0	셰일	(85/36)
		경암층	105.5~114.5	9.0	셰일	(100/74~78)
		연암층	114.5~117.0	2.5	셰일	(100/43)
NTB-50	282km269.17 (좌 7.5m)	붕적층	0.0~0.8	0.8	암편섞인 실트질 점토	-
		풍화암	0.8~3.5	2.7	암편섞인 실트질 모래	50/3~50/1 (31/4)
		연암층	3.5~9.5	6.0	셰일	(92~100/35~37)
		경암층	9.5~36.5	27.0	셰일	(100/51~72)
		연암층	36.5~87.5	51.0	셰일	(48~100/5~56)
		경암층	87.5~92.0	4.5	셰일	(100/66~67)
		연암층	92.0~94.0	2.0	셰일	(100/23)
NTB-51	282km400.28 (우 4.5m)	풍화토	0.0~0.5	0.5	실트질 모래	-
		풍화암	0.5~3.5	3.0	암편섞인 실트질 모래	(76/0)
		연암층	3.5~95.0	91.5	셰일	(65~100/0~74)
NTB-52	282km534.28 (좌 5.5m)	퇴적층	0.0~0.8	0.8	자갈섞인 실트질 모래	-
		풍화암	0.8~1.4	0.6	암편섞인 점토질 모래	50/5
		연암층	1.4~9.5	8.1	셰일	(99~100/40~45)
		경암층	9.5~44.6	35.1	셰일	(100/51~84)
		연암파쇄대	44.6~48.5	3.9	셰일	(91~100/0~19)
		연암층	48.5~55.5	7.0	셰일	(92~100/25~53)
NTB-53	282km628.42 (우 3.6m)	퇴적층	0.0~1.8	1.8	자갈섞인 실트질 모래	25/30
		풍화암	1.8~2.6	0.8	암편섞인 실트질 모래	50/3
		경암층	2.6~4.8	2.2	셰일	(100/96)
		연암파쇄대	4.8~6.5	1.7	셰일	(17/0)
		경암층	6.5~17.2	10.7	셰일	(81~100/58~78)
		연암파쇄대	17.2~18.5	1.3	셰일	(40/0)
		연암층	18.5~21.5	3.0	셰일	(100/36)
		경암층	21.5~42.5	21.0	셰일	(100/52~69)
		연암층	42.5~48.3	5.8	셰일	(95~100/33~42)
		경암층	48.3~55.3	7.0	셰일	(100/60)
NTB-54	282km898.61 (우 8.3m)	풍화토	0.0~1.6	1.6	점토섞인 실트질 모래	50/15
		풍화암	1.6~3.0	1.4	모래섞인 암편	50/3
		연암층	3.0~6.0	3.0	셰일	(96/10)
		경암층	6.0~72.0	66.0	셰일	(100/58~100)
		단층파쇄대	72.0~81.0	9.0	셰일	(55~89/7~25)
		경암층	81.0~90.0	9.0	셰일	(10~98/58~76)
NTB-55	283km191.85 (우 6.7m)	풍화토	0.0~0.3	0.3	암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	0.3~61.4	61.1	셰일	(100/54~100)
NTB-56	283km299.63 (좌 7.6m)	풍화토	0.0~0.2	0.2	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.2~15.4	15.2	셰일	(100/4~47)
		경암층	15.4~76.8	61.4	셰일	(100/52~100)
NTB-57	283km519.84 (우 8.3m)	풍화토	0.0~3.5	3.5	점토질 모래	13/30~17/30
		풍화암	3.5~4.2	0.7	암편섞인 실트질 모래	50/3
		연암파쇄대	4.2~6.4	2.2	셰일	(63/0)
		연암층	6.4~12.4	6.0	셰일	(72~95/33~34)
		경암층	12.4~172.8	160.4	셰일 사암	(100/56~100)

◈ 청로터널-<계속>

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NTB-58	283km818.96 (우 6.0m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	0.5~179.0	178.5	셰일	(86~100/31~100)
NTB-59	284km259.30 (우 5.6m)	풍화암	0.0~0.7	0.7	모래섞인 암편	-
		연암층	0.7~3.7	3.0	셰일	(100/42)
		경암층	3.7~69.7	66.0	셰일 사암 역암	(100/61~100)
		연암층	69.7~75.7	6.0	셰일,사암	(100/34~42)
		경암층	75.7~78.7	3.0	셰일	(100/83)
NTB-60	284km564.49 (우 7.0m)	풍화토	0.0~4.0	4.0	모래질 점토	50/30~50/26
		풍화암	4.0~10.2	6.2	암편섞인 실트질 모래	50/6~50/2
		연암층	10.2~18.5	8.3	셰일	(52~80/14~26)
		경암층	18.5~99.5	81.0	셰일	(100/60~100)
NTB-61	284km813.86 (좌 6.2m)	표토층	0.0~0.3	0.3	모래섞인 자갈	-
		경암층	0.3~29.5	29.2	셰일	(100/60~97)
NTB-62	284km981.28 (좌 8.0m)	붕적층	0.0~0.2	0.2	실트섞인 모래질 자갈	-
		연암층	0.2~4.6	4.4	셰일	(100/19~34)
		경암층	4.6~18.0	13.4	셰일	(100/53~93)
NTB-63	285km052.02 (우 18.7m)	붕적층	0.0~1.0	1.0	실트섞인 모래질 자갈	-
		풍화토	1.0~4.6	3.6	점토질 모래	5/30~17/30
		풍화암	4.6~6.0	1.4	암편섞인 실트질 모래	50/3
		연암층	6.0~12.0	6.0	셰일	(100/35~54)
		경암층	12.0~22.0	10.0	셰일	(100/64~95)

◈ 순호터널

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NTB-64	285km669.41 (우 13.0m)	퇴적층	0.0~0.3	0.3	점토섞인 실트질 모래	-
		풍화토	0.3~2.4	2.1	암편섞인 점토질 모래	12/30~40/30
		풍화암	2.4~3.0	0.6	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	3.0~15.0	12.0	셰일	(62~92/4~50)
NTB-65	285km741.92 (좌 6.8m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	0.5~19.2	18.7	셰일	(100/72~100)
NTB-66	286km046.82 (좌 6.7m)	퇴적층	0.0~0.5	0.5	자갈섞인 실트질 모래	-
		풍화암	0.5~1.0	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	1.0~50.0	49.0	셰일	(100/79~100)
NTB-67	286km299.38 (우 6.9m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.5~3.8	3.3	셰일	(98~100/0~47)
		경암층	3.8~74.2	70.4	셰일	(100/70~100)
NTB-68	286km556.18 (우 6.5m)	풍화토	0.0~0.5	0.5	실트질 모래	-
		풍화암	0.5~1.5	1.0	암편섞인 실트질 모래	50/6
		경암층	1.5~68.0	66.5	셰일	(89~100/33~100)
NTB-69	286km790.81 (좌 7.1m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.5~6.1	5.6	셰일	(70~97/7~47)
		경암층	6.1~38.6	32.5	셰일	(100/59~100)
		연암층	38.6~46.0	7.4	셰일	(89~100/20~65)
		경암층	46.0~57.0	11.0	셰일	(100/40~86)
		연암층	57.0~63.0	6.0	셰일	(92~100/36)
NTB-70	286km882.21 (우 5.8m)	붕적층	0.0~0.2	0.2	실트질 모래	-
		연암파쇄대	0.2~3.2	3.0	셰일	(95/11)
		경암층	3.2~33.0	29.8	셰일	(100/61~93)
NTB-71	286km904.89 (좌 13.4m)	붕적층	0.0~0.5	0.5	실트질 모래	-
		풍화암	0.5~1.0	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	1.0~6.0	5.0	셰일	(93~100/25~48)
		경암층	6.0~9.0	3.0	셰일	(100/89)

◈ 수북터널

공 번	위 치 (량기(현))	지층명	분포심도 (GL.-m)	두 께 (m)	구성성분	N치(회/cm) (TCR/RQD)
NTB-72	287km040.28 (좌 18.8m)	풍화토	0.0~0.3	0.3	암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	0.3~19.8	19.5	셰일	(100/59~100)
NTB-73	287km056.43 (우 4.8m)	풍화토	0.0~0.3	0.3	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.3~2.5	2.2	셰일	(100/26)
		경암층	2.5~22.8	20.3	셰일	(100/65~100)
NTB-74	287km203.80 (우 4.6m)	풍화토	0.0~1.0	1.0	실트질 점토	-
		연암층	1.0~2.7	1.7	셰일	(70/6)
		경암층	2.7~55.0	52.3	셰일	(100/88~100)
NTB-75	287km344.89 (우 6.0m)	경암층	0.0~28.0	28.0	셰일	(100/58~100)
NTB-76	287km419.87 (좌 4.6m)	풍화토	0.0~1.0	1.0	암편섞인 실트질 모래	-
		연암층	1.0~4.0	3.0	셰일	(100/36)
		경암층	4.0~27.0	23.0	셰일	(100/85~100)
NTB-77	287km481.21 (좌 4.1m)	풍화암	0.0~1.0	1.0	세편섞인 실트질 모래	-
		연암층	1.0~3.0	2.0	셰일	(95/40)
		경암층	3.0~30.0	27.0	셰일	(100/55~100)
NTB-78	287km747.31 (좌 3.1m)	연암층	0.0~1.2	1.2	셰일	(78/35)
		경암층	1.2~35.0	33.8	셰일	(96~100/50~100)
NTB-79	287km864.68 (우 6.5m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	0.5~6.5	6.0	셰일	(92~94/58~67)
		경암파쇄대	6.5~9.5	3.0	셰일	(76/15)
		경암층	9.5~57.0	47.5	셰일	(89~100/59~100)
NTB-80	288km095.47 (좌 5.1m)	붕적층	0.0~0.5	0.5	실트질 점토	-
		풍화암	0.5~0.8	0.3	실트질 모래	-
		경암층	0.8~35.0	34.2	셰일	(100/93~100)
NTB-81	288km454.04 (우 1.4m)	매립층	0.0~0.5	0.5	콘크리트, 실트질 모래	-
		풍화암	0.5~2.4	1.9	암편섞인 실트질 모래	50/5~50/2
		경암층	2.4~24.3	21.9	셰일	(100/62~100)
NTB-82	288km530.87 (우 4.9m)	전답토	0.0~0.3	0.3	자갈섞인 실트질 모래	-
		풍화암	0.3~1.5	1.2	암편섞인 실트질 모래	50/3
		연암층	1.5~6.5	5.0	셰일	(100/14~32)
		경암층	6.5~14.5	8.0	셰일	(100/56~100)
NTB-85	288km821.74 (우 7.1m)	풍화암	0.0~0.5	0.5	세편섞인 실트질 모래	-
		연암층	0.5~3.7	3.2	셰일	(93/48)
		경암층	3.7~38.1	34.4	셰일	(100/53~100)
NTB-86	289km026.56 (좌 5.9m)	풍화암	0.0~0.6	0.6	세편섞인 실트질 모래	-
		경암층	0.6~61.9	61.3	셰일	(96~100/57~100)
NTB-87	289km156.00 (우 5.6m)	붕적층	0.0~0.8	0.8	암편섞인 실트질 모래	-
		경암층	0.8~6.0	5.2	셰일	(100/54~55)
NTB-88	289km194.65 (좌 13.9m)	풍화암	0.0~1.5	1.5	암편섞인 실트질 모래	50/2
		연암층	1.5~6.0	4.5	셰일	(44~100/21~68)
		경암층	6.0~12.0	6.0	셰일	(91~100/63~71)

4.3.2 공내지하수위 측정

- 과업노선 구간의 지하수위 분포현황을 파악하기 위하여 시추조사 완료 후 공 내에 PVC파이프를 매설하여 24~72시간이 경과한 후 안정된 지하수위를 측정함
- 측정된 지하수위는 계절 및 기상 현상에 따라 다소 변동이 있을 수 있음

① 교량구간 지하수위 측정 결과

구조물	시추공번	표 고 (EL.m)	측정결과(GL.-m)			공내지하수위 (EL.m)	비 고
			24시간 후	48시간 후	72시간후		
업리교	NBB-01	99.8	4.1	4.0	4.0	95.8	
	NBB-02	100.1	3.0	3.1	3.3	96.8	
철파천교	NBB-03	88.5	3.1	3.4	3.5	85.0	
	NBB-04	83.5	0.3	0.3	0.3	83.2	
	NBB-05	85.5	1.2	1.3	1.4	84.1	
후죽제1교	NBB-06	83.4	5.8	5.8	5.8	77.6	
	NBB-07	80.9	2.5	2.6	2.8	78.1	
	NBB-08	78.8	1.0	1.1	1.2	77.6	
	NBB-09	81.1	2.4	2.4	2.5	78.6	
후죽제2교	NBB-10	83.3	2.0	2.2	2.4	80.9	
도서교	NBB-11	83.4	4.1	4.1	4.2	79.2	
	NBB-12	83.4	3.8	3.8	3.8	79.6	
	NBB-14	83.8	3.9	3.9	4.0	79.8	
	NBB-15	84.1	3.7	3.7	3.8	80.3	
	NBB-16	83.9	4.0	4.0	4.0	79.9	
	NBB-17	84.1	4.3	4.3	4.4	79.7	
비봉교	NBB-19	103.5	3.2	3.2	3.3	100.2	
	NBB-20	100.1	3.8	3.8	3.9	96.2	
	NBB-21	95.5	3.7	3.7	3.7	91.8	
	NBB-22	90.5	0.5	1.3	1.5	89.0	
	NBB-23	90.5	1.0	1.4	1.6	88.9	
	NBB-24	90.3	2.1	2.3	2.5	87.8	
	NBB-25	90.6	2.3	2.4	2.5	88.1	
	NBB-26	90.1	2.2	2.3	2.4	87.7	
	NBB-27	91.3	6.6	3.5	2.8	88.5	
	NBB-28	93.0	1.0	2.0	2.7	90.3	
하리교	NBB-29	88.5	1.0	1.5	1.8	86.7	
	NBB-30	87.2	1.0	1.3	1.5	85.7	
	NBB-31	85.4	0.6	0.6	0.6	84.8	
	NBB-32	87.2	1.7	1.7	1.7	85.5	
	NBB-33	87.2	1.7	1.7	1.7	85.5	
탑리제1교	NBB-34	100.0	5.0	5.3	5.0	95.0	
	NBB-35	97.6	3.3	3.4	3.3	94.3	
	NBB-36	97.6	2.8	2.7	2.8	94.8	
	NBB-37	98.1	1.7	1.6	1.7	96.4	

① 교량구간 지하수위 측정 결과-〈계속〉

구조물	시추공번	표 고 (EL.m)	측정결과(GL.-m)			공내지하수위 (EL.m)	비 고
			24시간 후	48시간 후	72시간후		
탑리제2교	NBB-38	90.5	2.0	2.1	2.0	88.5	
	NBB-39	90.5	2.5	2.3	2.5	88.0	
	NBB-40	90.1	3.3	3.3	3.4	86.7	
	NBB-41	90.1	1.1	3.0	3.5	86.6	
	NBB-42	90.0	2.5	3.0	3.6	86.4	
	NBB-43	91.4	2.0	2.1	2.0	89.4	
탑리제3교	NBB-44	94.2	0.1	0.2	0.3	93.9	
	NBB-45	96.0	1.3	1.4	1.5	94.5	
탑리제4교	NBB-46	93.9	1.3	1.1	1.3	92.6	
	NBB-47	94.8	2.0	1.9	2.0	92.8	
산운제2교	NBB-48	92.3	0.9	0.9	0.9	91.4	
	NBB-49	92.3	0.8	0.8	0.8	91.5	
	NBB-50	90.2	0.3	0.3	0.3	89.9	
	NBB-51	90.2	0.0	0.0	0.0	90.2	
	NBB-52	90.2	0.0	0.0	0.0	90.2	
	NBB-53	92.5	2.0	1.8	2.0	90.5	
	NBB-54	92.5	2.0	1.9	2.0	90.5	
	NBB-55	92.5	2.0	1.8	2.0	90.5	
순호교	NBB-56	134.0	3.0	3.1	3.2	130.8	
	NBB-57	132.5	1.2	2.0	2.8	129.7	
	NBB-58	130.9	1.8	2.0	2.8	128.1	
	NBB-59	131.1	2.0	2.0	2.7	128.4	
	NBB-60	131.1	1.5	2.0	2.7	128.4	
	NBB-61	131.7	2.0	2.8	2.0	129.7	
수북교	NBB-62-1	140.6	2.0	2.5	2.0	138.6	
	NBB-62-2	138.3	1.8	1.9	1.8	136.5	
파전제1교	NBB-63	126.2	3.5	3.8	3.5	122.7	
	NBB-64	125.7	4.0	4.4	4.0	121.7	
	NBB-66	126.2	3.5	3.9	3.5	122.7	
	NBB-67	126.2	3.5	3.7	3.5	122.7	
	NBB-68	126.6	5.0	5.4	5.0	121.6	
파전제2교	NBB-71	125.2	2.8	2.8	2.8	122.4	
	NBB-72	124.8	2.6	2.7	2.8	122.0	
	NBB-73	124.8	2.6	2.7	2.8	122.0	
파전제3교	NBB-74	125.7	2.5	2.6	2.7	123.0	
	NBB-75	126.1	2.5	2.7	2.7	123.4	
	NBB-76	125.9	3.0	3.4	3.0	122.9	
	NBB-79	125.9	3.0	3.4	3.0	122.9	

◈ 분석결과

구 분	공내지하수위	
	GL.(-)m	EL.(+)m
범위	0.0~5.8	77.6~138.6
평균	2.6	98.3

② 토공부 지하수위 측정 결과

구조물	시추공번	표 고 (EL.m)	측정결과(GL.-m)			공내지하수위 (EL.m)	비 고
			24시간 후	48시간 후	72시간후		
깎기구간	NCB-01	107.8	8.0	8.5	9.0	98.8	
	NCB-02	112.1	14.0	14.5	15.0	97.1	
	NCB-03	136.2	7.0	12.5	13.5	122.7	
	NCB-04	119.5	5.5	6.0	6.5	113.0	
	NCB-05	127.5	11.5	12.5	13.2	114.3	
	NCB-06	121.5	8.5	9.0	9.8	111.7	
	NCB-07	128.1	13.0	14.5	15.4	112.7	
	NCB-09	157.1	8.8	9.0	9.3	147.8	
BOX 및 쌓기구간	NSB-01	97.4	2.0	2.5	3.0	94.4	
	NSB-02	88.4	3.0	3.6	4.1	84.3	
	NSB-03	84.3	3.0	3.0	3.2	81.1	
	NSB-04	84.0	2.0	2.5	3.2	80.8	
	NSB-05	82.5	2.2	3.0	3.3	79.2	
	NSB-06	82.8	2.6	3.0	3.7	79.1	
	NSB-07	87.3	3.0	3.5	3.0	84.3	
	NSB-08	85.3	2.0	2.2	2.0	83.3	
	NSB-09	83.3	1.8	2.0	2.5	80.8	
	NSB-10	83.0	3.3	3.4	3.6	79.4	
	NSB-11	83.6	4.0	4.0	4.1	79.5	
	NSB-13	103.6	3.2	4.5	4.9	98.7	
	NSB-14	105.5	3.0	3.1	3.2	102.3	
	NSB-15	100.0	2.8	2.9	3.0	97.0	
	NSB-16	98.4	1.4	3.8	5.4	93.0	
	NSB-17	102.1	3.8	4.0	4.0	98.1	
	NSB-18	101.3	2.0	1.0	0.8	100.5	
	NSB-19	89.2	0.7	2.0	2.5	86.7	
	NSB-20	96.0	1.7	2.5	2.9	93.1	
	NSB-21	93.0	2.3	3.0	3.2	89.8	
	NSB-24	98.0	1.7	3.2	3.6	94.4	
	NSB-25	100.4	2.5	2.6	2.5	97.9	
	NSB-26	96.5	3.1	3.3	3.7	92.8	
	NSB-27	93.3	1.5	1.8	2.0	91.3	
	NSB-29	91.2	2.0	2.5	2.8	88.4	
	NSB-30	94.2	2.0	2.4	2.7	91.5	
	NSB-31	95.3	2.6	2.6	2.7	92.6	
	NSB-32	96.3	1.9	2.0	2.8	93.5	
	NSB-33	96.5	1.9	2.0	2.7	93.8	
	NSB-34	133.6	1.3	1.5	1.9	131.7	
	NSB-35	137.8	1.7	1.8	2.1	135.7	
	NSB-36	128.5	3.8	4.0	4.3	124.2	

◈ 분석결과

구 분	공내지하수위	
	GL.(-)m	EL.(+)m
범위	0.8~15.4	79.1~147.8
평균	4.8	97.8

③ 터널부 지하수위 측정 결과

구조물	시추공번	표 고 (EL.m)	측정결과(GL.-m) 24시간 후	48시간 후	72시간후	공내지하수위 (EL.m)	비 고
하화터널	NTB-01	162.0	49.5	50.0	51.0	111.0	
	NTB-02	156.5	45.0	46.0	47.0	109.5	
	NTB-03	161.5	47.0	49.0	51.5	110.0	
	NTB-04	126.0	15.0	19.2	20.5	105.5	
	NTB-05	124.8	13.0	16.0	17.0	107.8	
팔성제1터널	NTB-08	174.1	66.0	73.5	75.7	98.4	
	NTB-09	121.2	4.0	4.0	4.0	117.2	
	NTB-10	125.0	6.0	6.2	6.0	119.0	
팔성제2터널	NTB-11	111.2	5.0	5.2	5.0	106.2	
	NTB-12	110.2	10.5	10.5	10.5	99.7	
	NTB-13	119.4	0.7	0.7	0.7	118.7	
	NTB-14	118.5	피압	피압	피압	118.5	
	NTB-15	150.0	45.0	45.2	46.7	103.3	
	NTB-16	131.8	18.9	18.7	18.6	113.2	
	NTB-17	170.0	58.0	60.1	62.7	107.3	
	NTB-18	171.4	58.0	61.0	63.0	108.4	
	NTB-19	177.7	57.0	60.8	63.1	114.6	
	NTB-23	179.2	60.0	62.5	64.8	114.4	
	NTB-24	136.5	18.0	20.5	21.9	114.6	
	NTB-25	125.5	10.3	10.4	11.2	114.3	
	NTB-26	118.9	3.8	4.5	6.5	112.4	
비봉터널	NTB-27	117.8	4.2	10.2	10.8	107.0	
	NTB-28	122.4	5.5	11.5	13.8	108.6	
	NTB-29	152.1	39.0	40.1	40.2	111.9	
	NTB-30	159.0	45.0	48.0	48.6	110.4	
	NTB-31	125.5	6.2	8.6	10.4	115.1	
	NTB-32	116.2	5.6	11.0	11.5	104.7	
	NTB-33	117.3	12.0	12.5	13.0	104.3	
	NTB-34	125.0	11.5	12.0	12.6	112.4	
	NTB-35	123.9	10.0	10.0	11.5	112.4	
	NTB-36	125.0	4.4	11.0	11.8	113.2	
	NTB-37	113.5	4.2	5.0	5.5	108.0	
	NTB-38	125.7	7.7	9.5	10.8	114.9	
	NTB-39	125.0	7.7	9.0	10.4	114.6	
	NTB-40	128.0	8.3	9.0	10.9	117.1	
	NTB-41	114.8	3.8	4.0	4.2	110.6	
	NTB-43	130.5	14.5	14.5	15.0	115.5	
	NTB-44	125.2	7.5	12.5	14.2	111.0	
	NTB-45	120.2	8.5	9.0	9.5	110.7	
	NTB-46	114.0	6.0	6.0	6.2	107.8	
하리터널	NTB-47	108.5	4.3	4.3	4.3	104.2	

③ 터널부 지하수위 측정 결과-〈계속〉

구조물	시추공번	표 고 (EL.m)	측정결과(GL.-m) 24시간 후	48시간 후	72시간후	공내지하수위 (EL.m)	비 고
청로터널	NTB-49	216.1	83.0	84.0	84.5	131.6	
	NTB-50	193.0	71.0	73.0	75.0	118.0	
	NTB-51	202.5	70.0	71.0	71.8	130.7	
	NTB-52	163.2	11.3	13.8	15.2	148.0	
	NTB-53	164.2	8.3	12.8	14.1	150.1	
	NTB-54	203.0	45.5	46.0	47.2	155.8	
	NTB-55	177.5	4.3	5.0	5.5	172.0	
	NTB-56	193.9	19.2	19.5	19.6	174.3	
	NTB-57	291.6	23.0	25.5	26.0	265.6	
	NTB-58	302.0	26.0	28.2	28.0	274.0	
	NTB-59	206.1	50.0	52.0	52.8	153.3	
	NTB-60	230.0	68.0	69.0	69.5	160.5	
	NTB-61	162.4	19.0	21.0	21.9	140.5	
	NTB-62	152.2	15.0	16.4	17.5	134.7	
	NTB-63	160.2	15.0	17.0	18.0	142.2	
순호터널	NTB-64	159.0	12.0	12.0	12.5	146.5	
	NTB-65	160.5	15.0	15.5	16.3	144.2	
	NTB-66	193.3	43.5	43.0	43.8	149.5	
	NTB-67	216.0	39.0	39.3	39.5	176.5	
	NTB-68	204.3	55.3	55.0	54.5	149.8	
	NTB-69	208.3	51.0	52.3	52.1	156.2	
	NTB-70	171.1	5.0	5.0	5.0	166.1	
	NTB-71	151.8	2.0	2.1	2.0	149.8	
수북터널	NTB-72	160.8	14.2	15.0	16.1	144.7	
	NTB-73	160.5	14.3	15.0	16.3	144.2	
	NTB-74	191.0	12.5	14.0	15.6	175.4	
	NTB-75	165.0	13.0	14.0	16.2	148.8	
	NTB-76	164.0	10.5	12.0	13.4	150.6	
	NTB-77	165.5	18.0	19.0	22.8	142.7	
	NTB-78	167.9	13.5	18.0	21.4	146.5	
	NTB-79	188.8	41.5	42.0	42.8	146.0	
	NTB-80	164.0	12.3	19.0	21.5	142.5	
	NTB-81	148.1	12.0	12.0	12.0	136.1	
	NTB-82	141.8	0.9	0.6	0.5	141.3	
	NTB-85	161.5	25.0	28.0	30.1	131.4	
	NTB-86	188.8	48.0	48.5	53.8	135.0	
	NTB-87	149.2	2.5	2.5	2.5	146.7	
	NTB-88	142.0	7.0	8.0	9.5	132.5	

◈ 분석결과

구 분	공내지하수위	
	GL.(-)m	EL.(+)m
범위	0.5~84.5	98.4~274.0
평균	25.8	131.6

4.3.3 시험굴조사 결과 및 현장밀도시험 결과

- 과업구간에 분포하는 토층을 도로 쌓기재로서 사용 적정성 검토, 노상토의 CBR계산, 토량변화율 산출 등 설계에 필요한 토질특성을 파악하기 위해 총 16개소의 시험굴 조사를 실시
- 흙이 쌓기재로 이용될 때의 토량변화율을 구하기 위해 지표하 0.5~1.0m 깊이로 굴착 한후 자연상태 및 흐트러진 상태의 현장밀도를 측정하였으며, 그 결과는 다음 표와 같음

구분	공 번	시험심도 (GL.-m)	지층명	지층구성
하화터널	TP-01	0.0~0.5	표토층	나무뿌리섞인 실트질 모래
		0.5~1.2	풍화토	실트질 모래
제2깎기	TP-02	0.0~0.3	풍화토	실트질 모래
팔성제1터널	TP-03	0.0~0.5	풍화토	실트질 모래
팔성제2터널	TP-04	0.0~0.2	붕적층	나무뿌리섞인 실트질 모래
		0.2~0.8	풍화토	점토섞인 모래
제3깎기	TP-05	0.0~0.4	풍화토	모래질 점토
제4깎기	TP-06	0.0~0.5	풍화토	모래질 점토
비봉터널	TP-07	0.0~0.2	붕적층	자갈섞인 실트질 모래
		0.2~0.6	풍화토	실트질 모래
제5깎기	TP-08	0.0~0.5	풍화토	점토섞인 모래
제6깎기	TP-09	0.0~0.5	풍화토	점토섞인 모래
제7깎기	TP-10	0.0~0.4	풍화토	모래질 점토
제8깎기	TP-11	0.0~0.4	풍화토	실트질 모래
하리터널	TP-12	0.0~0.1	표토층	나무뿌리섞인 실트질 모래
		0.1~0.5	풍화토	실트질 모래
청로터널	TP-13	0.0~0.4	붕적층	자갈섞인 실트질 모래
제9깎기	TP-14	0.0~0.2	풍화토	실트질 모래
순호터널	TP-15	0.0~0.1	표토층	나무뿌리섞인 실트질 모래
		0.1~0.5	풍화토	실트질 모래
수북터널	TP-16	0.0~0.1	표토층	나무뿌리섞인 실트질 모래
		0.1~0.6	풍화토	실트질 모래

◈ 현장밀도시험 결과

구분	시 추 공 번	지 층	시험심도 (GL.-m)	원지반		교란상태	
				습윤밀도 (kN/m^3)	건조밀도 (kN/m^3)	습윤밀도 (kN/m^3)	건조밀도 (kN/m^3)
하화터널	TP-01	풍화토	0.5	17.17	14.81	13.97	12.06
제2깎기	TP-02	풍화토	0.3	16.90	14.94	13.90	12.29
팔성제1터널	TP-03	풍화토	0.5	18.32	15.39	14.33	12.03
팔성제2터널	TP-04	풍화토	0.8	17.07	14.70	14.70	12.66
제3깎기	TP-05	풍화토	0.4	18.05	15.16	15.00	12.60
제4깎기	TP-06	풍화토	0.5	17.80	15.75	14.54	12.87
비봉터널	TP-07	풍화토	0.6	17.25	14.94	14.67	12.70
제5깎기	TP-08	풍화토	0.5	17.60	14.49	14.45	11.90
제6깎기	TP-09	풍화토	0.5	16.07	12.92	13.45	10.81
제7깎기	TP-10	풍화토	0.4	17.01	13.32	14.24	11.15
제8깎기	TP-11	풍화토	0.4	16.47	12.82	13.96	10.86
하리터널	TP-12	풍화토	0.5	16.31	13.89	13.73	11.70
청로터널	TP-13	붕적층	0.4	17.30	14.38	14.69	12.21
제9깎기	TP-14	풍화토	0.2	17.89	14.14	14.85	11.74
순호터널	TP-15	풍화토	0.5	18.40	15.92	15.06	13.03
수북터널	TP-16	풍화토	0.6	15.16	13.02	12.58	10.81

4.4 현장시험 결과

4.4.1 공내재하시험 결과

• 교량부 및 터널부에 분포하는 풍화대 및 기반암의 변형특성을 파악하기 위해 시추조사와 병행하여 실시하였으며, 그 결과는 다음 표와 같음

① 교량부

구조물	시 추 공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	RQD(%)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)	비 고
업리교	NBB-01	6.5	연암	27	3,611	5,730	GMJ
	NBB-02	4.0	연암	46	2,010	11,300	GMJ
철파천교	NBB-03	16.0	연암	42	4,020	17,600	GMJ
	NBB-05	7.0	연암	46	3,990	4,220	GMJ
후죽제1교	NBB-06	9.0	연암	35	2,500	2,930	GMJ
	NBB-09	6.5	연암	29	2,100	5,460	GMJ
후죽제2교	NBB-10	7.5	연암	40	3,510	12,000	GMJ
도서교	NBB-11	7.0	경암	78	15,100	12,200	GMJ
비봉교	NBB-19	5.0	경암	49	4,340	5,320	GMJ
	NBB-28	8.5	연암	49	5,620	15,700	GMJ
하리교	NBB-29	7.0	연암	30	3,110	4,080	GMJ
	NBB-33	3.5	연암	35	5,490	8,680	GMJ
탑리제1교	NBB-34	15.0	연암	47	9,410	18,700	GMJ
	NBB-37	5.5	연암	50	6,750	9,680	GMJ
탑리제2교	NBB-38	7.0	연암	38	6,750	9,680	GMJ
	NBB-43	8.0	연암	24	6,540	9,410	GMJ
탑리제3교	NBB-44	6.0	연암	22	2,050	4,070	GMJ
	NBB-45	6.0	연암	45	4,830	8,530	GMJ
탑리제4교	NBB-46	6.5	연암	50	9,280	13,700	GMJ
	NBB-47	5.5	연암	32	19,400	30,200	GMJ
산운제2교	NBB-48	4.0	연암	21	2,240	2,560	GMJ
	NBB-55	5.0	연암	39	3,380	6,210	GMJ
순호교	NBB-56	2.0	연암	44	3,510	4,520	GMJ
	NBB-61	5.5	연암	42	4,410	6,010	GMJ
수북교	NBB-62-1	5.5	연암	41	4,430	6,010	GMJ
	NBB-62-2	4.0	연암	50	4,680	6,530	GMJ
파전제1교	NBB-63	8.5	연암	37	2,090	3,790	GMJ
	NBB-68	11.5	경암	90	23,100	36,300	GMJ
파전제2교	NBB-71	8.0	연암	46	2,890	5,770	GMJ
	NBB-73	6.0	연암	37	4,070	5,940	GMJ
파전제3교	NBB-74	5.5	경암	63	18,000	23,000	GMJ
	NBB-79	7.0	연암	52	10,500	14,600	GMJ

② 터널부

구조물	시 추 공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	RQD(%)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)	비 고
하화터널	NTB-01	30.0	경암	71	10,300	12,700	
	NTB-02	47.0	경암	85	10,400	31,700	
	NTB-03	22.0	경암	77	11,100	34,900	
	NTB-04	12.0	경암	52	4,860	6,880	
	NTB-05	10.0	경암	82	10,000	20,700	

② 터널부-〈계속〉

구조물	시 추 공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	RQD(%)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)	비 고
팔성제2터널	NTB-16	27.5	연암	25	1,950	3,790	GMJ
	NTB-24	18.3	경암	51	6,280	8,230	GMJ
	NTB-25	15.0	연암	36	2,390	14,500	GMJ
	NTB-26	7.0	연암	30	2,230	5,650	GMJ
비봉터널	NTB-27	11.0	연암	32	1,940	3,970	GMJ
	NTB-28	14.0	연암	30	517	935	PMT
	NTB-29	31.0	연암	41	2,520	8,380	GMJ
	NTB-31	15.5	경암	100	13,100	25,900	GMJ
	NTB-32	9.5	연암	14	534	623	PMT
	NTB-44	12.5	연암	46	6,230	8,380	GMJ
	NTB-45	10.0	경암	58	1,520	4,040	GMJ
	NTB-46	4.0	경암	56	9,790	30,600	GMJ
하리터널	NTB-47	4.5	풍화암	32	418	504	PMT
청로터널	NTB-49	92.0	경암	52	4,330	9,680	GMJ
	NTB-50	74.0	연암	44	1,340	6,750	GMJ
	NTB-61	18.2	경암	91	9,190	14,200	GMJ
	NTB-62	8.0	경암	53	3,470	11,600	GMJ
	NTB-63	13.0	경암	64	5,660	17,700	GMJ
	NTB-64	8.0	연암	50	4,120	1,480	GMJ
순호터널	NTB-65	10.0	경암	100	17,900	23,900	GMJ
	NTB-66	30.0	경암	100	15,900	46,900	GMJ
	NTB-70	21.2	경암	82	6,750	9,680	GMJ
수북터널	NTB-72	10.0	경암	96	12,200	17,900	GMJ
	NTB-73	15.0	경암	100	13,700	57,400	GMJ
	NTB-74	43.0	경암	100	14,300	23,900	GMJ
	NTB-75	21.0	경암	100	10,400	14,000	GMJ
	NTB-76	13.0	경암	97	12,300	16,600	GMJ
	NTB-85	30.7	경암	100	10,400	14,600	GMJ
	NTB-88	6.0	연암	21	2,570	3,150	GMJ

4.4.2 공내전단시험 결과

• 암반 구간에 분포하는 지층의 강도정수 파악(점착력, 내부마찰각)

구분	시 추 공 번	시험심도 (GL.-m)	점착력 (kN/m^2)	내부마찰각 (°)	지층	비고
하화터널	NTB-05	2.0	29.0	31.47	풍화암	
팔성제2터널	NTB-26	2.0	29.3	31.72	풍화암	
비봉터널	NTB-27	2.0	29.3	31.05	풍화암	
하리터널	NTB-47	1.0	29.0	31.13	풍화암	
청로터널	NTB-63	4.0	19.2	29.07	풍화토	
순호터널	NTB-64	2.0	19.8	29.86	풍화토	
수북터널	NTB-88	1.0	29.6	31.96	풍화암	

4.4.3 수압시험 결과

• 기반암의 투수성을 파악하기 위하여 시추조사와 병행하여 수압시험을 실시하였으며, 그 결과는 다음 표와 같음

구조물	시 추 공 번	시험심도 (GL.-m)	투수계수 (cm/s)	Flow Type	루젼치 (L_u)	지층
하화터널	NTB-01	37.3~42.3	6.5×10^{-06}	Dilation	0.51	경암
	NTB-02	29.7~34.7	6.1×10^{-06}	Dilation	0.47	경암
	NTB-03	22.5~28.5	1.2×10^{-06}	Dilation	0.09	경암
	NTB-04	11.0~17.0	7.1×10^{-05}	Dilation	5.29	경암
	NTB-05	10.0~16.0	7.4×10^{-06}	Turbulent Flow	0.55	경암
팔성제2터널	NTB-16	27.5~33.5	1.6×10^{-05}	Void Filling	1.17	연암
	NTB-24	15.3~21.3	4.0×10^{-06}	Dilation	0.30	경암
	NTB-25	15.0~18.0	1.2×10^{-06}	Void Filling	0.10	경암
	NTB-26	4.0~7.0	2.8×10^{-04}	Turbulent Flow	24.41	연암
비봉터널	NTB-27	10.0~16.0	4.0×10^{-07}	Void Filling	0.03	경암
	NTB-28	14.0~20.0	2.0×10^{-05}	Laminar Flow	1.47	연암
	NTB-29	30.0~36.0	1.4×10^{-05}	Dilation	1.04	연암
	NTB-31	15.5~21.5	2.4×10^{-06}	Dilation	0.18	경암
	NTB-32	9.5~15.0	1.1×10^{-04}	Dilation	8.66	연암
	NTB-33	11.0~17.0	4.9×10^{-05}	Dilation	3.62	연암
	NTB-44	12.5~18.5	7.9×10^{-06}	Dilation	0.59	연암
	NTB-45	10.0~16.0	7.7×10^{-07}	Void Filling	0.06	경암
	NTB-46	3.0~6.0	4.1×10^{-06}	Turbulent Flow	0.35	경암
하리터널	NTB-47	4.5~10.0	1.4×10^{-04}	Void Filling	10.45	풍화암
청로터널	NTB-49	92.0~98.0	5.3×10^{-05}	Turbulent Flow	3.97	연암
	NTB-50	74.0~80.0	3.5×10^{-06}	Dilation	0.26	경암
	NTB-61	18.2~24.2	2.4×10^{-06}	Turbulent Flow	0.18	경암
	NTB-62	8.0~14.0	7.5×10^{-06}	Turbulent Flow	0.56	경암
	NTB-63	13.0~19.0	4.9×10^{-06}	Dilation	0.37	경암
순호터널	NTB-64	9.0~15.0	2.7×10^{-04}	Dilation	20.21	연암
	NTB-65	10.0~16.0	2.0×10^{-06}	Laminar Flow	0.16	경암
	NTB-66	35.0~41.0	5.6×10^{-07}	Void Filling	0.04	경암
	NTB-70	21.2~27.2	5.2×10^{-06}	Void Filling	0.39	경암
수북터널	NTB-72	10.0~16.0	7.4×10^{-06}	Turbulent Flow	0.55	경암
	NTB-73	15.0~21.0	6.4×10^{-07}	Void Filling	0.05	경암
	NTB-74	13.0~19.0	5.1×10^{-07}	Void Filling	0.04	경암
	NTB-75	21.0~28.0	1.1×10^{-06}	Void Filling	0.08	경암
	NTB-76	13.0~19.0	1.1×10^{-06}	Turbulent Flow	0.08	경암
	NTB-85	30.7~36.7	2.0×10^{-06}	Dilation	0.15	경암
	NTB-88	6.0~12.0	7.8×10^{-05}	Dilation	5.83	경암

4.4.4 S-PS검층 결과

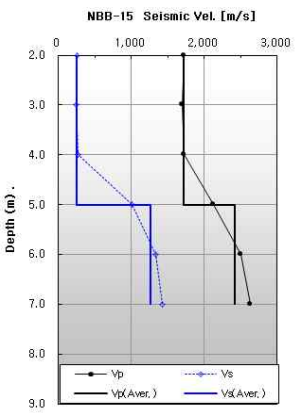
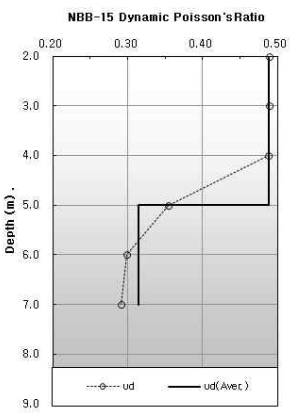
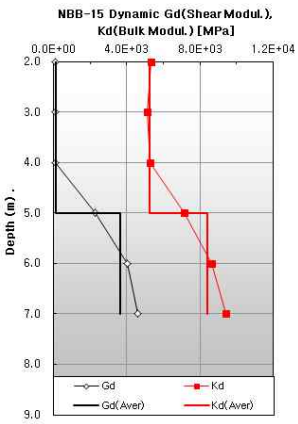
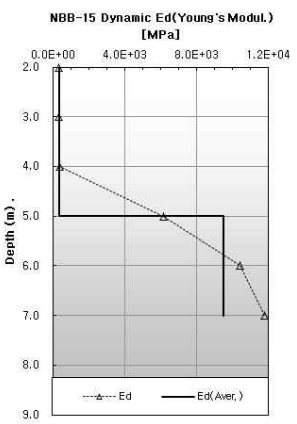
• S-PS검층은 지층 및 지반 상태를 파악하고, 제반 자료를 제공함으로서 합리적이고 경제적인 설계 및 시공이 되도록 하며, 그 결과는 다음 표와 같음

(1) NBB-15

① 구간별 검층 결과

시험심도 (GL.-m)	지 층	속도(m/s)		단위중량 (kN/m^3)	동전단계수 (G_d, MPa)	동탄성계수 (E_d, MPa)	동체적계수 (K_d, MPa)	동적 포아송비
		V_p	V_s					
2.0	퇴적층	1,724	251	18.0	116	345	5,305	0.489
3.0	퇴적층	1,695	248	18.0	113	335	5,127	0.489
4.0	퇴적층	1,724	265	18.0	128	382	5,288	0.488
5.0	연 암	2,128	1,010	22.0	2,290	6,204	7,112	0.355
6.0	연 암	2,500	1,340	22.0	4,028	10,462	8,660	0.299
7.0	연 암	2,632	1,429	22.0	4,584	11,836	9,439	0.291

② 시험결과 그래프

V_p, V_s 의 분포	포아송비 의 분포	G_d, K_d 의 분포	E_d 의 분포
			

③ 지층별 검층 결과

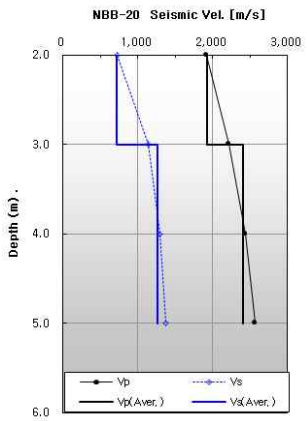
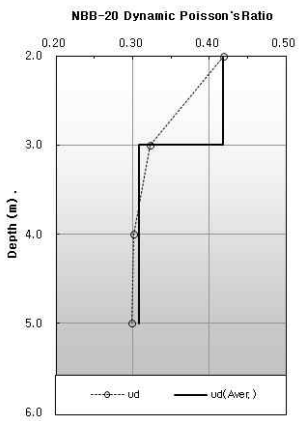
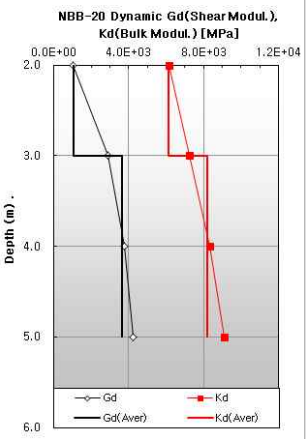
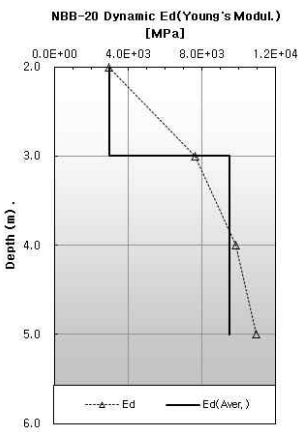
시험심도 (GL.-m)	지 층	속도(m/s)		동전단계수 (G_d, MPa)	동탄성계수 (E_d, MPa)	동체적계수 (K_d, MPa)	동적 포아송비
		V_p	V_s				
2.0-5.0	퇴적층	1,714	254	119	354	5,240	0.489
5.0-7.0	연 암	2,420	1,260	3,634	9,501	8,404	0.315

(2) NBB-20

① 구간별 검층 결과

시험심도 (GL.-m)	지 층	속도(m/s)		단위중량 (kN/m^3)	동전단계수 (G_d, MPa)	동탄성계수 (E_d, MPa)	동체적계수 (K_d, MPa)	동적 포아송비
		V_p	V_s					
2.0	풍화암	1,923	720	20.0	1,056	2,997	6,138	0.419
3.0	연 암	2,222	1,136	22.0	2,897	7,666	7,221	0.323
4.0	연 암	2,439	1,299	22.0	3,788	9,864	8,304	0.302
5.0	연 암	2,564	1,373	22.0	4,229	10,988	9,120	0.299

② 시험결과 그래프

Vp, Vs 의 분포	포아송비 의 분포	G_d, K_d 의 분포	E_d 의 분포
			

③ 지층별 검층 결과

시험심도 (GL.-m)	지 층	속도(m/s)		동전단계수 (G_d, MPa)	동탄성계수 (E_d, MPa)	동체적계수 (K_d, MPa)	동적 포아송비
		V_p	V_s				
2.0-3.0	풍화암	1,923	720	1,056	2,997	6,138	0.419
3.0-5.0	연 암	2,408	1,269	3,638	9,506	8,215	0.308

4.5 실내시험 결과

4.5.1 실내 토질시험 결과

(1) 기본 물성시험

• 과업구간에 분포하고 있는 각 토층을 분류하고 물리적 특성을 파악하기 위하여 표준관입시험 시 채취한 교란시료를 대상으로 물성시험을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같음

① 교량부

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NBB-01	1.0	14.4	2.674	32.8	17.4	90.5	80.9	39.6	8.7	SC
	2.0	24.5	2.684	38.2	16.8	97.3	94.6	66.8	8.2	CL
	3.0	19.1	2.659	N	P	71.3	56.8	18.7	-	SM
NBB-02	1.0	15.5	2.683	33.5	16.3	92.6	82.5	36.3	12.0	SC
	2.0	10.5	2.656	29.6	16.1	72.2	58.3	25.0	4.7	SC
	3.0	9.9	2.632	N	P	78.7	60.3	12.0	-	SM
NBB-03	2.0	13.5	2.642	N	P	72.5	55.1	17.0	-	SM
	5.0	12.8	2.664	29.9	14.3	92.1	76.3	22.8	5.2	SC
	8.0	25.6	2.678	27.6	12.2	93.2	87.6	44.2	7.1	SC
NBB-04	1.0	8.0	2.659	N	P	86.4	65.0	14.1	-	SM
	2.0	19.4	2.656	N	P	92.5	76.9	12.7	-	SM
	3.0	9.7	2.632	N	P	89.8	70.5	16.0	-	SM
	4.0	9.3	2.672	N	P	69.4	52.7	15.8	-	SM
NBB-05	1.0	17.9	2.659	29.5	14.8	95.8	80.9	24.3	5.4	SC
	4.0	17.6	2.678	N	P	77.6	57.4	15.5	-	SM
	5.0	11.9	2.674	25.6	14.7	74.1	57.4	22.8	6.0	SC
NBB-06	1.0	12.6	2.632	N	P	80.2	65.5	17.2	-	SM
	2.0	11.6	2.642	N	P	78.7	62.1	16.3	-	SM
	4.0	18.3	2.681	N	P	73.0	56.8	17.1	-	SM
NBB-07	2.0	21.5	2.671	31.6	14.5	94.7	84.1	34.1	4.0	SC
	3.0	14.1	2.669	26.5	13.3	91.0	80.3	26.6	5.0	SC
	5.0	15.1	2.659	N	P	77.2	60.6	23.0	-	SM
NBB-08	1.0	11.6	2.657	N	P	83.5	59.4	0.7	-	SW
	2.0	10.8	2.634	N	P	85.4	59.1	1.2	-	SW
	3.0	15.5	2.668	N	P	87.3	68.8	14.9	-	SM
NBB-09	1.0	11.5	2.654	N	P	88.0	62.4	0.9	-	SW
	3.0	14.2	2.679	N	P	88.7	70.3	22.7	-	SM
	4.0	15.5	2.664	N	P	93.4	70.3	12.7	-	SM

① 교량부-〈계속〉

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NBB-10	1.0	16.7	2.625	29.3	13.6	93.9	78.8	28.6	6.7	SC
	3.0	13.8	2.656	N	P	88.7	68.4	18.0	-	SM
	5.0	14.1	2.632	N	P	84.0	60.0	4.1	-	SW
NBB-11	1.0	12.5	2.672	N	P	91.0	70.2	14.3	-	SM
	3.0	9.8	2.653	N	P	82.1	54.5	2.4	-	SW
	5.0	16.3	2.663	28.9	14.1	91.2	70.3	18.1	2.2	SC
NBB-12	1.0	25.2	2.657	N	P	82.9	57.3	4.6	-	SW
	3.0	14.9	2.683	29.6	13.9	95.6	90.5	39.0	7.5	SC
	5.0	15.2	2.661	N	P	77.1	61.5	13.2	-	SM
NBB-14	1.0	11.5	2.656	N	P	83.3	65.7	18.2	-	SM
	2.0	10.1	2.657	N	P	77.3	55.2	13.2	-	SM
	3.0	10.1	2.673	N	P	80.2	61.1	19.0	-	SM
NBB-15	1.0	13.0	2.659	25.7	13.0	96.1	82.5	34.3	5.2	SC
	2.0	12.1	2.667	N	P	81.2	68.0	21.9	-	SM
	4.0	8.6	2.667	N	P	95.2	78.7	19.3	-	SM
NBB-16	1.0	14.3	2.669	N	P	88.9	71.6	18.9	-	SM
	2.0	10.8	2.657	N	P	84.6	61.3	13.2	-	SM
	4.0	12.7	2.656	N	P	83.1	63.6	18.9	-	SM
NBB-17	2.0	11.7	2.661	N	P	83.1	58.3	16.5	-	SM
	3.0	12.1	2.671	N	P	86.5	69.3	16.5	-	SM
	5.0	4.3	2.642	N	P	9.8	5.7	0.2	-	GP
NBB-19	1.0	1.6	2.634	N	P	5.4	1.7	0.5	-	GP
NBB-20	1.0	14.0	2.625	26.4	12.5	92.5	73.7	29.5	7.6	SC
NBB-22	1.0	18.2	2.656	27.2	11.5	81.1	63.9	29.9	7.8	SC
	2.0	2.3	2.632	N	P	14.7	8.0	0.9	-	GP
NBB-23	2.0	19.4	2.661	31.8	18.1	96.0	87.5	43.5	8.5	SC
	4.0	16.4	2.668	28.4	13.7	81.2	62.8	21.2	4.2	SC
	6.0	25.8	2.678	28.6	13.4	95.3	83.8	41.4	13.5	SC
NBB-24	1.0	17.3	2.665	N	P	79.1	58.7	16.3	-	SM
	2.0	16.5	2.682	24.5	11.0	81.5	65.9	27.0	5.9	SC
NBB-25	1.0	24.4	2.681	29.4	15.8	98.2	93.0	53.5	7.6	CL
	2.0	26.5	2.687	32.5	18.8	97.7	91.4	56.5	13.4	CL
NBB-26	1.0	27.4	2.672	30.4	14.5	97.7	94.9	42.9	7.0	SC
	2.0	17.8	2.659	N	P	89.5	71.0	26.9	-	SM
	3.0	10.7	2.632	29.7	15.0	89.2	73.9	30.7	5.5	SC
NBB-27	1.0	24.8	2.675	33.4	16.5	98.1	96.2	66.4	6.8	CL
	2.0	29.8	2.674	34.9	18.5	100.0	100.0	76.7	10.6	CL
	3.0	27.8	2.693	34.9	17.3	99.4	99.1	90.1	19.9	CL
NBB-28	1.0	10.2	2.659	28.4	14.5	91.1	72.8	24.9	3.1	SC
	2.0	17.0	2.668	28.1	12.7	91.4	75.3	34.4	8.1	SC
	3.0	21.6	2.649	N	P	84.3	66.1	20.5	-	SM

① 교량부-〈계속〉

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NBB-29	1.0	29.9	2.687	34.2	15.5	99.7	99.7	84.7	17.8	CL
	2.0	29.1	2.675	37.8	18.4	100.0	99.7	80.9	17.2	CL
	3.0	15.1	2.659	27.9	13.7	85.5	71.0	28.3	2.7	SC
NBB-30	1.0	12.6	2.674	25.9	14.2	78.2	62.7	28.4	5.1	SC
	2.0	17.6	2.672	29.8	13.1	75.7	62.2	34.0	10.3	SC
	3.0	7.8	2.659	N	P	69.5	52.4	16.4	-	SM
NBB-31	1.0	12.4	2.666	N	P	83.2	63.6	3.9	-	SW
	2.0	2.1	2.625	N	P	10.4	4.0	1.1	-	GW
NBB-32	1.0	10.7	2.656	N	P	74.1	53.9	16.1	-	SM
	2.0	11.8	2.673	N	P	79.9	62.5	17.3	-	SM
	3.0	9.7	2.634	N	P	19.1	10.0	0.6	-	GW
NBB-33	1.0	13.1	2.671	25.4	12.5	87.5	69.2	26.7	5.2	SC
	2.0	12.6	2.656	N	P	78.9	60.8	14.1	-	SM
NBB-34	1.0	25.2	2.669	29.4	12.2	82.4	73.8	43.1	8.7	SC
	3.0	15.1	2.658	N	P	91.7	77.9	22.9	-	SM
NBB-35	1.0	24.2	2.663	N	P	86.1	69.2	23.8	-	SM
	4.0	26.3	2.657	N	P	92.4	76.7	26.7	-	SM
NBB-36	1.0	29.7	2.675	30.2	16.7	100.0	91.9	57.6	15.1	CL
	3.0	15.2	2.662	N	P	80.0	64.0	26.2	-	SM
NBB-37	1.0	15.1	2.649	N	P	46.2	34.3	14.1	-	GM
	2.0	14.6	2.661	N	P	79.5	63.9	23.7	-	SM
NBB-38	1.0	29.8	2.689	34.5	19.6	99.0	96.5	69.3	14.5	CL
	4.0	7.3	2.659	N	P	80.7	67.7	19.3	-	SM
NBB-39	1.0	10.3	2.666	N	P	72.0	58.2	20.6	-	SM
	2.0	13.1	2.662	25.3	10.5	90.0	75.9	36.0	7.7	SC
NBB-40	1.0	15.5	2.684	27.4	13.5	91.0	74.4	32.1	6.6	SC
	2.0	8.9	2.653	N	P	88.0	57.9	4.2	-	SW
NBB-41	2.0	17.9	2.656	28.9	13.2	90.0	76.2	39.7	10.3	SC
NBB-42	1.0	23.5	2.687	37.6	15.9	98.5	92.2	60.5	12.5	CL
	2.0	3.4	2.642	N	P	5.9	2.6	0.3	-	GP
NBB-43	1.0	30.6	2.679	37.6	20.0	100.0	100.0	78.1	19.7	CL
	2.0	26.3	2.674	29.3	15.7	100.0	97.0	57.6	18.0	CL
NBB-44	1.0	23.7	2.693	33.6	17.8	100.0	99.9	77.3	14.5	CL
	2.0	9.2	2.684	N	P	96.6	80.9	26.3	-	SM
	3.0	8.5	2.656	N	P	87.2	70.3	24.3	-	SM
NBB-45	1.0	27.1	2.682	33.7	17.3	98.3	96.8	71.9	15.4	CL
	2.0	28.3	2.691	37.5	18.2	99.4	97.7	67.3	12.6	CL
	4.0	8.9	2.656	N	P	88.0	67.5	25.0	-	SM
NBB-46	2.0	22.4	2.680	28.6	15.9	100.0	97.9	60.2	17.8	CL
	4.0	14.9	2.667	27.5	13.4	78.7	66.6	33.8	8.7	SC
NBB-47	1.0	30.7	2.690	31.8	15.7	100.0	100.0	76.2	16.4	CL
	2.0	23.9	2.672	28.1	10.8	100.0	98.6	70.5	12.9	CL

① 교량부-〈계속〉

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NBB-48	1.0	16.4	2.663	N	P	88.5	65.2	17.5	-	SM
	2.0	9.9	2.671	N	P	88.2	69.1	14.3	-	SM
	3.0	2.4	2.632	N	P	3.3	1.6	0.1	-	GP
NBB-49	1.0	8.7	2.676	N	P	68.9	50.0	12.5	-	SM
	2.0	9.3	2.654	N	P	68.8	52.4	15.4	-	SM
	3.0	13.1	2.659	N	P	91.6	76.6	17.1	-	SM
NBB-50	1.0	5.3	2.656	N	P	90.9	71.4	22.3	-	SM
NBB-51	1.0	16.6	2.671	N	P	84.5	68.2	15.3	-	SM
NBB-52	1.0	9.1	2.659	N	P	86.1	66.5	15.6	-	SM
NBB-53	1.0	12.6	2.659	N	P	75.9	60.5	12.7	-	SM
	2.0	12.3	2.657	N	P	75.9	59.4	12.7	-	SM
NBB-54	1.0	11.5	2.644	N	P	46.4	30.1	4.7	-	GW
	2.0	11.4	2.654	N	P	72.2	57.8	18.0	-	SM
NBB-55	1.0	10.0	2.667	N	P	83.9	65.5	15.4	-	SM
	2.0	10.0	2.631	N	P	33.3	19.4	3.5	-	GP
NBB-56	1.0	6.2	2.634	N	P	1.7	0.5	0.2	-	GP
NBB-57	1.0	11.5	2.643	N	P	92.6	71.5	0.5	-	SP
NBB-58	1.0	21.9	2.673	36.1	17.5	99.2	98.1	69.3	12.8	CL
	2.0	13.9	2.668	21.9	10.2	88.6	80.0	47.8	6.7	SC
	3.0	2.0	2.629	N	P	7.0	4.0	0.5	-	GP
NBB-59	1.0	15.8	2.669	29.9	14.2	96.6	82.3	33.3	6.6	SC
	2.0	28.9	2.681	34.9	7.6	99.2	97.3	74.3	12.2	ML
	3.0	2.3	2.634	N	P	5.1	3.0	0.0	-	GP
NBB-60	1.0	12.5	2.663	N	P	85.0	66.0	21.8	-	SM
	2.0	13.2	2.670	N	P	81.1	62.1	15.0	-	SM
	3.0	9.1	2.634	N	P	12.4	3.9	0.1	-	GP
NBB-61	1.0	16.6	2.663	N	P	75.1	60.0	14.6	-	SM
	2.0	14.4	2.671	N	P	67.5	51.2	13.3	-	SM
NBB-62-1	1.0	25.6	2.677	36.1	22.4	100.0	100.0	66.0	15.6	CL
	3.0	19.0	2.672	N	P	84.1	67.3	17.9	-	SM
NBB-63	3.0	26.9	2.673	31.5	13.2	96.2	89.9	62.3	12.5	CL
	6.0	11.8	2.668	N	P	78.6	64.7	21.1	-	SM
NBB-64	3.0	19.3	2.665	N	P	85.3	69.9	19.9	-	SM
	6.0	7.5	2.643	N	P	33.0	27.8	13.6	-	GM
NBB-66	3.0	15.4	2.662	N	P	69.9	56.9	14.3	-	SM
	6.0	11.8	2.634	N	P	47.4	38.3	12.9	-	GM
NBB-67	2.0	29.1	2.687	35.3	21.1	99.6	98.7	66.6	16.7	CL
	7.0	21.3	2.652	N	P	97.5	84.8	24.0	-	SM
NBB-68	4.0	14.9	2.666	N	P	77.0	61.1	14.8	-	SM
	7.0	15.7	2.662	N	P	66.9	47.6	4.3	-	SW
NBB-71	1.0	6.4	2.668	N	P	74.0	56.1	14.3	-	SM
	2.0	7.9	2.656	N	P	87.5	68.7	16.1	-	SM
	4.0	10.4	2.681	N	P	72.5	54.0	12.6	-	SM

① 교량부-〈계속〉

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NBB-72	1.0	14.4	2.668	31.1	14.3	92.0	78.0	38.8	9.8	SC
	2.0	8.4	2.656	N	P	89.2	70.6	13.9	-	SM
	3.0	9.1	2.676	N	P	86.3	66.6	12.4	-	SM
NBB-73	1.0	9.6	2.674	N	P	90.0	72.6	16.9	-	SM
	3.0	9.4	2.671	N	P	95.4	77.5	12.5	-	SM
	4.0	4.6	2.642	N	P	21.3	14.1	3.2	-	GP
NBB-74	2.0	5.0	2.667	N	P	72.1	57.0	14.0	-	SM
	5.0	13.6	2.637	N	P	49.4	32.4	13.3	-	GM
NBB-75	2.0	6.6	2.667	N	P	85.7	63.7	13.9	-	SM
	3.0	9.6	2.664	N	P	83.9	66.5	20.0	-	SM
	4.0	8.7	2.627	N	P	12.4	2.9	0.1	-	GP
NBB-76	1.0	7.1	2.656	N	P	92.3	76.7	15.1	-	SM
	3.0	10.5	2.664	N	P	86.3	70.2	16.2	-	SM
NBB-79	2.0	10.6	2.652	N	P	72.0	58.6	13.1	-	SM
	3.0	8.9	2.637	N	P	30.3	23.8	4.0	-	GP

② 토공부

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NSB-01	1.0	8.1	2.632	N	P	27.9	17.9	1.1	-	GW
NSB-02	2.0	29.1	2.672	35.9	19.2	97.5	95.7	70.3	17.4	CL
	4.0	12.4	2.625	N	P	91.8	72.7	21.6	-	SM
	6.0	7.3	2.657	N	P	71.8	49.5	12.3	-	SM
NSB-03	1.0	25.5	2.682	43.2	21.8	99.9	99.3	77.3	17.6	CL
	2.0	28.4	2.671	38.6	20.8	99.8	99.0	69.8	13.6	CL
	4.0	21.3	2.679	30.5	13.7	78.5	64.1	23.8	4.9	SC
NSB-04	2.0	9.3	2.632	N	P	41.7	28.1	3.3	-	GW
NSB-04	3.0	17.5	2.658	N	P	85.8	68.4	28.7	-	SM
	5.0	11.1	2.663	N	P	91.6	69.8	18.4	-	SM
NSB-05	2.0	20.8	2.667	29.2	14.4	77.5	54.9	24.8	7.4	SC
	3.0	16.0	2.656	N	P	75.7	56.7	16.5	-	SM
	5.0	7.1	2.632	N	P	23.8	18.3	2.6	-	GP
NSB-06	1.0	4.7	2.642	N	P	14.5	7.0	0.5	-	GP
	3.0	16.4	2.634	N	P	35.2	25.1	3.6	-	GP
	5.0	6.8	2.626	N	P	6.4	4.9	0.9	-	GP
NSB-07	4.0	34.4	2.676	36.7	21.3	97.1	92.9	59.7	11.7	CL
	8.0	35.5	2.682	36.6	20.1	100.0	94.8	68.9	16.6	CL
NSB-08	2.0	15.4	2.659	N	P	100.0	100.0	29.8	-	SM
	4.0	13.9	2.655	N	P	88.3	71.4	20.1	-	SM
NSB-09	1.0	23.0	2.656	N	P	95.4	76.0	21.3	-	SM
	2.0	27.1	2.663	32.4	15.2	93.0	81.3	36.8	5.0	SC
	4.0	13.6	2.664	24.2	11.5	90.0	69.2	24.0	4.6	SC
	5.0	22.4	2.679	31.6	14.7	89.0	73.4	40.0	8.5	SC
NSB-10	2.0	22.9	2.657	N	P	97.1	90.0	28.8	-	SM
	5.0	4.2	2.631	N	P	7.3	4.0	0.9	-	GP
NSB-11	2.0	24.5	2.683	29.4	14.8	100.0	99.1	61.6	11.6	CL
	3.0	14.7	2.642	N	P	22.7	15.9	1.6	-	GP
	4.0	11.9	2.671	N	P	93.5	73.2	13.5	-	SM
NSB-13	1.0	16.2	2.673	31.5	16.7	89.3	80.3	37.8	5.8	SC
NSB-15	1.0	19.0	2.625	N	P	33.0	21.1	3.2	0.0	GP

② 토공부-〈계속〉

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NSB-17	1.0	27.6	2.667	36.5	21.8	98.4	95.5	62.4	12.2	CL
	2.0	22.5	2.673	34.9	15.3	98.2	96.0	66.5	18.6	CL
NSB-19	1.0	21.0	2.685	32.6	17.2	100.0	98.5	79.5	15.0	CL
	2.0	17.7	2.658	N	P	90.5	71.9	12.3	-	SM
	3.0	14.0	2.659	N	P	93.0	81.2	18.8	-	SM
NSB-20	1.0	24.7	2.696	30.8	16.3	96.8	92.4	54.5	4.7	CL
	2.0	18.4	2.653	N	P	82.6	69.7	12.4	-	SM
	3.0	10.4	2.654	N	P	89.6	69.6	15.6	-	SM
NSB-21	1.0	28.4	2.686	30.5	15.7	93.4	87.6	52.4	9.7	CL
	2.0	20.2	2.691	29.6	13.9	97.6	93.5	54.0	8.6	CL
	3.0	13.6	2.656	N	P	72.2	50.8	12.9	-	SM
NSB-24	1.0	11.4	2.658	N	P	79.3	56.2	12.7	-	SM
	2.0	12.7	2.651	N	P	90.6	70.3	13.5	-	SM
	4.0	23.2	2.656	29.1	14.5	95.0	78.2	27.3	5.0	SC
NSB-25	2.0	27.7	2.674	29.9	16.3	98.6	96.3	68.8	14.8	CL
	4.0	23.0	2.676	29.2	14.0	100.0	100.0	59.3	16.4	CL
NSB-26	1.0	8.8	2.671	N	P	92.9	75.0	15.5	-	SM
	3.0	23.7	2.676	35.8	17.7	99.2	97.8	65.9	15.6	CL
	5.0	27.2	2.689	43.1	21.6	98.8	98.5	80.5	13.6	CL
NSB-27	1.0	21.3	2.684	43.5	22.4	100.0	99.0	71.4	12.0	CL
	2.0	20.4	2.681	42.8	20.3	100.0	100.0	87.4	13.9	CL
	4.0	11.2	2.665	N	P	95.8	80.7	4.0	-	SW
NSB-29	1.0	5.5	2.656	N	P	81.0	56.9	13.0	-	SM
	3.0	11.4	2.656	N	P	75.9	55.5	17.1	-	SM
	4.0	28.6	2.684	35.1	17.6	99.1	97.7	53.6	13.6	CL
NSB-30	3.0	14.3	2.659	N	P	84.6	63.7	13.0	-	SM
	4.0	14.2	2.663	29.7	15.8	91.3	75.4	28.6	4.3	SC
NSB-31	1.0	24.0	2.691	29.6	14.8	99.2	98.3	69.3	14.8	CL
	2.0	12.5	2.661	N	P	97.1	86.3	15.9	-	SM
	3.0	11.8	2.643	N	P	92.6	75.7	17.4	-	SM
	4.0	10.2	2.634	N	P	91.3	66.3	12.2	-	SM
NSB-32	1.0	22.1	2.674	32.4	13.9	97.3	93.0	54.2	14.1	CL
	3.0	10.9	2.656	N	P	89.6	72.5	17.3	-	SM
	5.0	12.6	2.659	N	P	82.0	62.7	16.5	-	SM
NSB-33	2.0	11.2	2.652	N	P	85.8	69.7	14.1	-	SM
	3.0	13.8	2.668	N	P	81.9	54.6	14.1	-	SM
	5.0	11.1	2.643	N	P	89.2	68.3	12.3	-	SM
NSB-34	1.0	15.8	2.672	26.3	12.8	80.7	63.5	29.0	6.3	SC
	2.0	14.2	2.659	24.1	12.7	82.9	62.1	24.6	6.6	SC
	3.0	17.0	2.671	29.7	14.8	96.5	86.1	27.7	4.6	SC
NSB-35	1.0	15.7	2.673	29.4	15.1	81.9	62.8	24.8	5.5	SC
	2.0	24.2	2.686	34.2	18.8	99.3	97.5	57.8	15.2	CL
NSB-36	2.0	13.3	2.634	N	P	69.6	46.9	13.5	-	SM
	4.0	11.6	2.625	N	P	84.6	59.3	13.1	-	SM
	5.0	14.4	2.643	N	P	82.9	64.6	17.3	-	SM

③ 터널부

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NTB-05	1.0	16.1	2.656	N	P	77.4	55.3	4.4	-	SW
	2.0	12.7	2.659	N	P	86.1	65.2	17.4	-	SM
NTB-15	1.0	5.5	2.625	N	P	15.9	6.2	0.0	-	GW
	3.0	7.6	2.641	N	P	10.2	3.0	0.0	-	GP
NTB-16	1.0	26.5	2.682	32.4	7.0	100.0	98.0	78.7	16.6	ML
	2.0	28.6	2.679	34.1	5.9	97.6	95.0	70.8	12.0	ML
NTB-17	1.0	3.6	2.634	N	P	16.8	5.5	0.1	-	GP
NTB-25	1.0	10.4	2.659	N	P	80.7	64.1	22.5	-	SM
NTB-26	1.0	8.1	2.656	N	P	84.7	63.4	15.2	-	SM
NTB-29	1.0	11.1	2.662	N	P	88.4	69.3	14.6	-	SM
NTB-30	1.0	23.0	2.659	N	P	89.2	70.3	18.1	-	SM
NTB-32	2.0	29.3	2.682	36.9	19.4	100.0	99.7	80.9	12.7	CL
	3.0	8.4	2.656	N	P	84.2	68.7	20.0	-	SM
NTB-33	2.0	26.3	2.684	32.8	13.0	100.0	99.5	75.5	19.2	CL
NTB-41	1.0	5.8	2.625	N	P	8.4	4.2	0.3	-	GP
NTB-47	1.0	18.5	2.659	N	P	87.0	71.3	23.8	-	SM
NTB-52	1.0	19.6	2.673	30.4	11.5	92.2	74.6	34.0	7.0	SC
NTB-53	1.0	21.1	2.658	N	P	82.9	67.9	21.4	-	SM
	2.0	11.7	2.662	N	P	82.1	62.8	21.5	-	SM
NTB-54	1.0	27.7	2.682	34.9	19.2	100.0	99.3	61.7	7.9	CL
	2.0	2.0	2.625	N	P	5.0	2.5	0.0	-	GP
NTB-57	1.0	17.5	2.656	31.7	14.8	89.6	75.4	34.8	10.0	SC
	2.0	17.5	2.656	29.5	15.3	86.5	70.7	36.0	9.5	SC
	3.0	21.5	2.674	31.9	15.1	100.0	97.4	78.8	20.6	CL
NTB-59	0.0~0.7	4.7	2.634	N	P	25.8	17.3	4.1	-	GP
NTB-60	1.0	22.1	2.694	35.1	16.6	100.0	99.6	82.4	28.0	CL
	3.0	28.9	2.686	33.6	17.8	100.0	100.0	85.8	20.5	CL
NTB-63	1.0	25.9	2.681	34.6	14.3	100.0	98.7	78.3	22.4	CL
	3.0	24.0	2.658	28.4	12.7	96.1	82.5	36.2	9.5	SC
	4.0	16.7	2.662	N	P	77.2	59.3	15.6	-	SM
NTB-64	1.0	25.7	2.672	32.9	15.5	100.0	97.3	63.9	14.5	CL
	2.0	16.6	2.668	29.4	13.7	97.8	90.5	44.9	10.5	SC
NTB-81	1.0	19.0	2.672	30.6	14.4	84.8	72.4	38.9	8.6	SC
NTB-82	1.0	10.7	2.632	N	P	24.4	11.7	0.5	-	GW

4.5.2 역학시험 결과

(1) 토사유용성시험

• 흙의 역학특성을 파악하기 위하여 시추조사시 채취된 불교란시료에 대하여 물성시험, 삼축압축시험, 일축압축시험 및 압밀시험을 실시함

공 번		심 도 (GL.-m)	CoMPaction Test		C.B.R (%)	U.S.C.S	비 고
			γ dmax (kN/m³)	O.M.C (%)			
TP-01	A	0.5	17.6	15.0	12.3	SM	
	D		19.1	11.8			
TP-02	A	0.3	17.1	16.8	13.9	SM	
	D		18.7	12.8			
TP-03	A	0.5	17.4	17.1	11.5	SC	
	D		18.7	12.3			
TP-04	A	0.8	17.3	16.1	13.8	SM	
	D		18.8	12.3			
TP-05	A	0.4	17.7	15.2	14.8	SM	
	D		19.3	11.6			
TP-06	A	0.5	17.6	15.3	15.7	SM	
	D		19.2	11.8			
TP-07	A	0.6	17.7	15.2	17.5	SM	
	D		19.2	11.3			
TP-08	A	0.5	16.9	17.1	12.4	SC	
	D		18.4	12.3			
TP-09	A	0.5	17.3	17.2	11.3	SC	
	D		18.5	13.5			
TP-10	A	0.4	17.1	16.8	7.3	CL	
	D		18.2	14.6			
TP-11	A	0.4	17.3	16.4	8.1	CL	
	D		18.2	13.6			
TP-12	A	0.5	17.1	15.4	13.2	SC	
	D		18.5	11.2			
TP-13	A	0.4	17.2	17.4	12.6	SC	
	D		18.4	13.3			
TP-14	A	0.2	17.2	17.3	7.8	CL	
	D		18.4	14.0			
TP-15	A	0.5	17.6	15.0	14.6	SM	
	D		19.1	11.8			
TP-16	A	0.6	17.4	15.3	13.4	SM	
	D		18.7	12.3			
NTP-1	A	1.0	17.9	14.9	14.6	SM	
	D		19.3	10.6			
NTP-2	A	1.5	18.1	14.2	16.2	SM	
	D		19.6	10.2			
NTP-3	A	0.5	18.6	13.3	18.3	SM	
	D		20.1	9.3			
NTP-4	A	0.2	17.8	15.3	14.3	SM	
	D		19.1	10.9			
NTP-5	A	1.0	18.2	13.9	16.1	SM	
	D		19.6	10.1			

4.5.3 실내 암석시험 결과

(1) 기본물성시험

① 깎기부

구분	공번	심도 (GL.-m)	단위중량 (kN/m³)	비 중	포아송비	탄성파속도(m/s)	
						P파속도	S파속도
깎기부	NCB-01	5.2	26.161	2.67	0.27	3,691.7	2,330.3
		10.5	26.046	2.68	0.28	3,066.7	1,941.3
	NCB-02	2.0	25.362	2.64	0.28	3,115.9	2,264.7
		12.0	25.897	2.68	0.24	4,688.6	3,265.5
	NCB-03	7.2	25.003	2.54	0.31	1,872.3	1,164.2
		22.6	26.222	2.69	0.28	3,042.6	2,309.6
	NCB-04	6.3	25.505	2.65	0.27	3,397.6	2,364.8
		11.5	23.523	2.51	0.33	1,415.3	961.7
	NCB-05	9.3	25.840	2.65	0.26	3,818.3	2,416.9
		15.5	25.591	2.66	0.27	3,291.1	2,118.6
	NCB-06	7.7	25.817	2.64	0.26	3,900.4	2,594.4
		11.8	25.573	2.63	0.28	3,014.8	2,171.6
	NCB-07	6.9	24.574	2.59	0.30	2,194.3	1,463.3
		16.8	25.944	2.67	0.28	2,741.6	1,669.8
	NCB-09	1.8	26.321	2.69	0.25	3,723.6	2,521.1
		10.2	26.089	2.68	0.26	3,711.4	2,630.7

② 터널부

구분	공번	심도 (GL.-m)	단위중량 (kN/m³)	비 중	포아송비	탄성파속도(m/s)	
						P파속도	S파속도
하화터널	NTB-01	26.3	26.077	2.68	0.28	3,178.9	1,794.5
		31.2	26.035	2.69	0.24	4,591.3	3,014.8
		44.0~51.6	2.632	2.63	0.21	3,951.0	1,967.0
	NTB-02	33.0	26.460	2.72	0.26	3,908.7	2,399.7
		35.0	26.343	2.71	0.23	4,986.6	3,174.9
	NTB-03	35.5	26.524	2.71	0.26	3,815.7	2,231.1
		44.0	26.561	2.72	0.27	3,564.2	2,175.2
	NTB-04	6.2	26.152	2.69	0.27	4,126.4	2,194.8
		10.7	22.973	2.46	0.28	3,094.5	1,869.7
	NTB-05	4.8	25.640	2.65	0.26	3,876.5	2,194.8
		13.3	26.016	2.68	0.29	2,576.4	1,327.6
팔성제1터널	NTB-08	67.1	21.853	2.37	0.30	1,648.5	1,011.3
		76.5	23.749	2.51	0.27	3,728.1	2,327.5
	NTB-09	2.2~5.2	2.668	2.67	0.22	3,857.0	2,012.0
		2.9~3.9	2.709	2.71	0.24	4,015.0	2,154.0
		4.1~6.0	2.663	2.66	0.23	3,933.0	2,221.0
	NTB-10	2.1~2.5	2.728	2.73	0.21	2,358.0	1,488.0
		5.1~5.5	2.556	2.59	0.21	2,415.0	1,563.0
		7.1~7.5	2.607	2.61	0.21	2,548.0	1,528.0

② 터널부-〈계속〉

구분	공번	심도 (GL.-m)	단위중량 (kN/m^3)	비 중	포아송비	탄성파속도(m/s)	
						P파속도	S파속도
팔성제2터널	NTB-12	6.4~6.9	2.633	2.63	0.21	2,214.0	1,392.0
		9.3~9.6	2.662	2.66	0.22	3,860.0	2,014.0
		10.6~11.8	2.582	2.58	0.22	4,352.0	2,305.0
	NTB-13	17.0~20.3	2.681	2.68	0.20	4,103.0	2,098.0
		21.7~23.8	2.572	2.57	0.20	3,598.0	1,801.0
		25.8~26.1	2.773	2.77	0.21	4,053.0	2,002.0
	NTB-14	4.0~13.9	2.743	2.74	0.24	3,481.0	1,956.0
		3.0~14.5	2.652	2.65	0.20	3,842.0	2,010.0
		20.9~24.8	2.589	2.59	0.22	4,021.0	2,214.0
	NTB-15	33.7~52.8	2.623	2.62	2.30	2,948.0	1,751.0
		36.5	20.258	2.22	0.28	2,948.1	1,831.9
		45.3	23.713	2.57	0.30	1,698.4	952.6
	NTB-16	17.7~32.5	2.671	2.67	0.22	2,915.0	1,634.0
		19.2	26.929	2.75	0.22	5,564.3	3,709.3
		28.0	26.108	2.69	0.28	2,643.7	1,594.4
	NTB-17	53.0~54.4	2.744	2.74	2.59	2,348.0	1,457.0
		58.5	25.598	2.66	0.27	3,164.9	2,001.7
		66.5	26.475	2.73	0.27	3,284.6	2,085.7
	NTB-18	63.8	26.606	2.76	0.25	4,471.6	2,923.2
		67.2	24.847	2.59	0.29	2,330.9	1,265.5
	NTB-19	66.3	26.014	2.71	0.29	2,417.6	1,293.8
		71.0	25.955	2.72	0.29	2,196.8	1,194.2
	NTB-23	59.4	25.414	2.63	0.24	5,359.9	3,359.6
		65.6	26.709	2.73	0.21	5,996.4	3,876.8
	NTB-24	13.6	25.560	2.64	0.30	1,745.5	1,089.7
		16.4	24.985	2.61	0.27	3,231.1	1,969.8
	NTB-25	4.7	24.316	2.53	0.26	4,318.5	2,911.6
		13.9	25.927	2.67	0.25	4,327.7	2,841.2
	NTB-26	4.0	24.394	2.55	0.27	3,639.2	2,548.3
		6.6	24.308	2.53	0.27	3,250.8	2,071.6
비봉터널	NTB-27	13.6	26.304	2.71	0.25	4,695.2	3,162.6
		14.5~16.0	2.571	2.57	0.22	2,218.0	1,029.0
		15.6	26.348	2.71	0.25	4,813.5	3,176.4
	NTB-28	2.7~21.8	2.709	2.71	0.22	2,236.0	1,123.0
		3.6	25.470	2.66	0.26	3,984.1	2,710.9
		6.3	26.432	2.70	0.26	3,994.2	2,809.7
	NTB-29	33.6~39.1	2.690	2.69	0.23	2,341.0	1,680.0
		35.1	25.340	2.65	0.25	4,273.1	2,926.5
		40.3	26.008	2.69	0.29	2,984.4	1,912.7
	NTB-30	43.2	26.211	2.69	0.28	3,094.1	1,901.3
		46.7	26.472	2.71	0.29	2,913.7	1,869.8
	NTB-31	10.3	26.424	2.73	0.27	3,351.9	2,173.6
		13.0	26.807	2.73	0.25	4,013.8	2,756.7

② 터널부-〈계속〉

구분	공번	심도 (GL.-m)	단위중량 (kN/m³)	비 중	포아송비	탄성파속도(m/s)	
						P파속도	S파속도
비봉터널	NTB-33	4.5	24.771	2.64	0.28	3,184.6	2,027.5
		10.3	26.638	2.75	0.26	4,185.6	2,793.9
	NTB-34	5.4	26.134	2.68	0.29	2,958.1	1,846.3
		9.6	25.514	2.66	0.27	3,694.2	2,283.5
	NTB-35	6.4	25.718	2.65	0.25	4,264.5	2,571.3
		12.7	26.115	2.68	0.29	2,967.5	1,893.2
	NTB-36	6.0	26.432	2.71	0.27	3,456.2	2,152.1
		11.5	25.454	2.66	0.26	4,376.1	2,933.7
	NTB-37	1.8	26.102	2.68	0.29	2,796.8	1,719.5
		8.5	26.200	2.69	0.28	2,826.5	1,723.9
	NTB-38	4.6	26.071	2.68	0.28	2,833.7	1,705.8
		10.5	25.894	2.68	0.27	3,752.1	2,374.4
	NTB-39	6.0	26.551	2.73	0.27	3,631.9	2,536.3
		10.5	26.463	2.74	0.28	3,290.4	1,989.6
	NTB-40	6.1	26.476	2.71	0.23	5,012.6	3,109.8
		9.5	26.620	2.71	0.23	5,395.2	3,476.9
	NTB-41	3.0	26.302	2.71	0.24	4,895.1	3,133.3
		9.0	23.298	2.56	0.28	2,876.8	1,578.4
	NTB-43	11.3	26.207	2.70	0.24	5,221.7	3,329.1
		15.8	26.133	2.68	0.28	3,094.7	1,946.2
	NTB-44	6.5	26.083	2.71	0.23	5,148.2	3,207.7
		13.2	25.491	2.65	0.27	3,596.2	2,153.6
	NTB-45	14.1	26.271	2.72	0.28	3,167.8	1,883.4
		15.1	26.476	2.73	0.27	3,631.4	2,536.9
	NTB-46	5.0	25.762	2.69	0.26	4,138.6	2,612.1
		6.2	23.958	2.53	0.28	3,269.2	2,028.3
청로터널	NTB-49	89.4~110.3	2.673	2.67	0.22	2,458.0	1,426.0
		101.5	23.917	2.54	0.28	3,054.8	1,792.5
		103.4	24.020	2.58	0.27	3,994.1	2,163.7
	NTB-50	71.7~87.8	2.771	2.77	0.20	2,985.0	2,031.0
		77.6	23.565	2.51	0.29	2,851.0	1,738.6
		84.2	26.766	2.76	0.23	5,361.4	3,455.2
	NTB-51	73.6~75.5	2.649	2.65	0.22	2,583.0	1,248.0
		77.3	26.156	2.69	0.29	2,806.3	1,729.9
		80.3	26.228	2.69	0.28	3,169.5	1,917.6
	NTB-52	39.8	26.832	2.73	0.23	5,097.9	3,221.6
		46.7	26.288	2.68	0.28	3,140.6	1,863.1
	NTB-53	39.0	26.454	2.73	0.27	3,211.3	2,541.6
		44.5	25.634	2.67	0.27	3,416.9	2,622.8
	NTB-54	72.2	25.383	2.63	0.25	4,377.6	2,814.7
		75.7	25.822	2.67	0.24	4,895.1	3,109.8
	NTB-55	44.4	26.646	2.73	0.22	5,493.6	3,271.6
		51.6	26.465	2.76	0.27	4,097.6	2,203.7

② 터널부-〈계속〉

구분	공번	심도 (GL.-m)	단위중량 (kN/m^3)	비 중	포아송비	탄성파속도(m/s)	
						P파속도	S파속도
청로터널	NTB-56	58.1	25.438	2.64	0.29	2,368.1	1,210.9
		63.2	26.558	2.76	0.27	3,831.5	2,297.2
	NTB-57	153.6	26.176	2.68	0.27	3,737.5	2,719.4
		159.6	25.598	2.62	0.27	3,296.7	1,801.7
	NTB-58	158.2	25.450	2.65	0.26	4,371.3	2,833.9
		164.0	26.750	2.73	0.22	5,397.8	3,301.6
	NTB-59	61.7	24.988	2.59	0.29	2,618.6	1,473.4
		68.0	26.201	2.68	0.27	3,476.9	1,964.8
	NTB-60	83.1	25.908	2.68	0.25	3,931.6	2,491.9
		86.7	26.446	2.72	0.27	3,407.6	2,161.9
	NTB-61	13.2	25.837	2.68	0.26	4,565.8	2,989.1
		17.2	25.987	2.67	0.28	3,316.5	2,147.2
	NTB-62	11.8	26.460	2.76	0.26	4,714.6	3,096.2
		14.7	25.700	2.67	0.27	3,053.9	1,564.8
	NTB-63	6.0	26.389	2.71	0.24	4,925.9	3,294.9
		10.2	25.522	2.64	0.29	2,589.2	1,392.6
순호터널	NTB-64	5.0	26.095	2.71	0.29	2,417.3	1,264.5
		6.3~9.4	2.663	2.66	2.23	3,863.0	2,031.0
		7.9	25.772	2.68	0.25	4,215.6	2,834.8
	NTB-65	3.1	26.732	2.73	0.22	5,538.1	3,671.6
		7.9	26.483	2.73	0.26	3,875.6	2,084.8
		12.5~16.5	2.748	2.75	0.23	4,291.0	2,530.0
	NTB-66	34.7	26.408	2.76	0.26	4,094.2	2,710.6
		37.2	26.323	2.71	0.23	5,162.0	3,386.2
		42.6~49.0	2.702	2.70	0.23	4,021.0	2,348.0
	NTB-67	52.7	26.180	2.68	0.27	3,613.3	2,713.7
		63.0	26.174	2.68	0.27	3,426.5	2,600.4
	NTB-68	52.5	25.823	2.68	0.25	4,472.2	2,895.1
		57.5	25.386	2.65	0.25	4,230.2	2,704.3
	NTB-69	43.2	26.171	2.69	0.29	2,574.1	1,408.2
		48.7	26.866	2.75	0.23	5,129.7	3,294.5
	NTB-70	13.2~32.0	2.721	2.72	0.22	4,206.0	2,215.0
		14.2~24.3	2.593	2.59	0.20	4,356.0	2,223.0
		17.3~32.0	2.689	2.69	0.23	3,603.0	2,121.0
		21.4~26.8	2.752	2.75	0.23	4,199.0	2,001.0
		27.9~32.2	2.626	2.63	0.22	4,155.0	2,098.0
	NTB-71	3.6~4.0	2.648	2.65	0.24	2,963.0	1,855.0
		5.4~5.8	2.721	2.72	0.21	4,098.0	2,055.0
		7.2~7.6	2.703	2.70	0.23	4,199.0	2,021.0
수북터널	NTB-72	3.4	25.665	2.65	0.25	4,369.2	2,764.4
		6.1	25.502	2.65	0.25	4,184.9	2,589.9
		7.5~15.5	2.712	2.71	0.21	3,866.0	1,921.0
	NTB-73	2.8	25.394	2.65	0.24	4,092.6	2,472.4
		7.8	26.392	2.71	0.24	5,016.2	3,382.7
		10.8~16.1	2.711	2.71	0.21	3,571.0	1,845.0

② 터널부-〈계속〉

구분	공번	심도 (GL.-m)	단위중량 (kN/m³)	비 중	포아송비	탄성파속도(m/s)	
						P파속도	S파속도
수북터널	NTB-74	39.6	25.511	2.65	0.25	4,326.2	2,811.6
		40.8	26.654	2.71	0.23	5,294.2	3,427.9
		46.8~50.5	2.684	2.68	0.22	3,421.0	1,826.0
	NTB-75	11.5	25.447	2.66	0.25	4,041.6	2,731.2
		14.7	25.323	2.65	0.26	3,962.8	2,529.9
	NTB-76	11.1	25.870	2.68	0.24	4,117.2	2,603.1
		15.1	26.460	2.72	0.25	4,622.7	3,018.8
	NTB-77	14.2	26.702	2.75	0.24	4,965.9	3,390.2
		17.0	26.062	2.68	0.26	3,724.2	2,160.8
	NTB-78	19.8	26.217	2.67	0.27	3,392.6	2,581.9
		21.7	26.088	2.68	0.27	4,014.8	2,705.4
	NTB-79	41.1	26.812	2.73	0.21	5,879.6	3,728.4
		46.5	26.164	2.69	0.27	3,922.5	2,694.1
	NTB-80	19.6	26.115	2.68	0.28	4,127.3	2,815.2
		21.5	26.286	2.70	0.27	4,094.2	2,762.7
	NTB-81	6.7	26.751	2.75	0.22	5,289.2	3,209.8
		12.4	26.023	2.68	0.28	3,895.2	2,581.6
	NTB-82	6.8	20.046	2.28	0.32	1,723.2	894.3
		9.2	26.367	2.72	0.30	2,143.2	1,169.8
	NTB-85	23.0	26.650	2.73	0.22	5,142.5	3,198.7
		26.7	26.502	2.73	0.27	3,984.6	2,705.2
	NTB-86	45.0	26.203	2.68	0.27	4,205.9	2,864.4
		47.1	26.719	2.75	0.22	5,492.9	3,526.4
	NTB-87	2.2~2.6	2.812	2.81	0.21	2,983.0	2,030.0
		3.1~3.5	2.674	2.67	0.23	3,021.0	1,850.0
		4.1~4.5	2.711	2.71	0.20	2,345.0	1,487.0
	NTB-88	4.2	22.027	2.47	0.30	1,724.6	925.8
		9.0	26.170	2.69	0.26	3,792.8	2,563.3

(2) 탄성계수 및 일축압축강도시험 결과

① 교량부

공번	심도 (GL.-m)	일축압축강도 (MPa)	공번	심도 (GL.-m)	일축압축강도 (MPa)
NBB-01	5.7	44.0	NBB-06	8.7	39.7
	6.2	50.6		9.3	41.5
NBB-02	4.1	35.8	NBB-07	11.6	111.1
	4.8	48.8		13.0	32.8
NBB-03	15.3	11.4	NBB-08	4.5	28.5
	16.5	10.7		5.2	34.7
NBB-04	9.0	34.5	NBB-09	5.8	48.7
	9.9	33.2		6.7	58.0
NBB-05	7.5	48.6	NBB-10	6.6	22.7
	8.1	48.4		8.0	28.2

① 교량부-〈계속〉

공번	심도 (GL.-m)	일축압축강도 (MPa)	공번	심도 (GL.-m)	일축압축강도 (MPa)
NBB-11	6.4	26.9	NBB-40	8.2	14.8
	7.0	35.3		8.7	32.2
NBB-12	5.4	41.3	NBB-41	5.5	26.3
	6.0	74.2		6.2	23.7
NBB-14	5.0	39.2	NBB-42	7.7	16.4
	6.8	36.0		8.4	26.3
NBB-15	5.1	21.2	NBB-44	5.2	20.1
	6.5	22.1		5.8	12.5
NBB-16	5.0	18.6	NBB-45	5.8	21.1
NBB-17	5.3	19.7		6.8	13.7
	5.7	44.2	NBB-48	4.0	30.2
NBB-19	4.3	13.2		4.2	29.6
	5.3	49.3	NBB-49	4.3	56.3
NBB-20	3.0	31.4		4.5	61.4
	4.6	42.5	NBB-50	2.5	35.2
NBB-21	4.0	18.4		4.8	53.1
	5.3	14.3	NBB-51	4.9	39.9
NBB-22	4.4	22.8	NBB-52	2.6	47.4
NBB-24	7.6	11.5		3.7	21.3
NBB-25	5.5	23.6	NBB-56	2.7	34.2
	5.6	40.6		3.3	36.7
NBB-26	4.8	36.4	NBB-57	2.9	23.0
	5.3	29.4		3.8	24.8
NBB-27	9.1	24.8	NBB-58	3.5	45.4
	10.7	86.5		5.3	34.0
NBB-28	8.3	36.3	NBB-59	4.5	25.8
	9.5	41.9		4.9	65.2
NBB-29	6.0	48.8	NBB-60	5.1	14.9
	7.0	28.4		5.6	30.9
NBB-30	5.5	19.3	NBB-71	7.7	20.2
	6.8	21.4		9.3	15.8
NBB-31	3.4	24.9	NBB-72	7.0	17.9
	3.9	17.1	NBB-73	7.1	42.0
NBB-32	5.3	15.4		7.4	33.0
	6.5	12.6	NBB-75	6.1	25.9
NBB-33	2.7	48.8		6.8	20.3
	3.3	53.7			

② 깎기부

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
깎기부	NCB-01	5.2	6.564×10^{03}	60.5
		10.5	5.366×10^{03}	40.8
	NCB-02	2.0	6.766×10^{03}	48.2
		12.0	1.294×10^{03}	110.7
	NCB-03	7.2	3.387×10^{03}	23.6
		22.6	4.888×10^{03}	35.7
	NCB-04	6.3	7.031×10^{03}	52.4
		11.5	1.904×10^{03}	12.5

② 깎기부-〈계속〉

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
깎기부	NCB-05	9.3	8.664×10^{03}	64.8
		15.5	7.060×10^{03}	52.8
	NCB-06	7.7	9.287×10^{03}	73.6
		11.8	5.086×10^{03}	36.2
	NCB-07	6.9	3.987×10^{03}	27.5
		16.8	5.246×10^{03}	39.5
	NCB-09	1.8	8.825×10^{03}	74.2
		10.2	9.315×10^{03}	72.6

③ 터널부

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
하화터널	NTB-01	26.3	6.923×10^{03}	51.5
		31.2	1.247×10^{04}	108.9
		40.4~40.6	1.780×10^{05}	108.0
		50.9~51.0	1.980×10^{05}	122.7
	NTB-02	31.6~31.8	2.440×10^{05}	153.2
		33.0	1.011×10^{04}	76.9
		35.0	1.634×10^{04}	134.2
		46.4~46.5	2.820×10^{05}	203.9
	NTB-03	34.3~34.5	3.210×10^{05}	151.5
		35.5	1.119×10^{04}	86.3
		44.0	7.348×10^{03}	55.0
		47.4~47.6	1.170×10^{05}	236.8
	NTB-04	6.2	9.405×10^{03}	74.1
		10.7	5.117×10^{03}	38.1
		12.9~13.0	2.470×10^{05}	155.0
		15.7~15.9	1.220×10^{05}	54.2
	NTB-05	4.8	1.088×10^{04}	86.2
		10.3~10.5	2.100×10^{05}	111.0
		12.5~12.7	2.510×10^{05}	134.0
		13.3	4.160×10^{03}	30.1
팔성제1터널	NTB-08	62.3~62.5	2.000×10^{05}	86.6
		67.1	2.391×10^{03}	16.7
		76.5	7.625×10^{03}	58.7
		80.3~80.5	3.240×10^{05}	280.5
	NTB-09	2.5~2.7	2.000×10^{05}	163.8
		3.6~3.8	2.030×10^{05}	139.2
		5.5~5.6	1.240×10^{05}	119.2
	NTB-10	2.0~2.1	1.350×10^{05}	72.0
		5.0~5.1	3.200×10^{04}	53.7
		7.0~7.1	2.200×10^{04}	69.8
팔성제2터널	NTB-12	6.2~6.4	9.700×10^{04}	49.5
		9.1~9.3	2.200×10^{05}	114.3
		11.4~11.6	2.010×10^{05}	219.2

③ 터널부-〈계속〉

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
팔성제2터널	NTB-13	17.5~17.6	9.700×10^{04}	121.3
		24.6~24.8	1.230×10^{05}	150.4
		26.5~26.7	8.400×10^{04}	74.8
	NTB-14	5.2~5.4	1.150×10^{05}	101.9
		13.1~13.2	1.810×10^{05}	113.7
		22.7~22.9	1.930×10^{05}	184.4
	NTB-15	36.5	4.793×10^{03}	35.7
		45.0~45.2	1.490×10^{05}	168.2
		45.3	1.961×10^{03}	13.8
		53.7~53.9	1.310×10^{05}	154.3
	NTB-16	16.5~16.7	9.500×10^{04}	101.7
		19.2	2.003×10^{04}	167.9
		28.0	4.152×10^{03}	29.4
		35.6~35.7	1.530×10^{05}	74.6
	NTB-17	57.7~57.8	1.020×10^{05}	66.8
		58.5	6.775×10^{03}	51.8
		66.5	7.672×10^{03}	58.4
		69.5~69.6	1.170×10^{05}	74.1
	NTB-18	58.0~58.2	4.900×10^{04}	125.6
		63.8	1.099×10^{04}	86.4
		66.1~66.3	9.000×10^{04}	29.2
		67.2	3.005×10^{03}	21.6
	NTB-19	60.8~60.9	9.700×10^{04}	130.9
		66.3	3.137×10^{03}	22.2
		71.0	3.109×10^{03}	21.3
		74.0~74.2	1.080×10^{05}	155.9
	NTB-23	59.4	1.494×10^{04}	125.3
		65.6	2.165×10^{04}	190.2
		69.5~69.7	1.360×10^{05}	83.5
		73.6~73.7	1.910×10^{05}	156.9
	NTB-24	13.6	2.982×10^{03}	20.8
		16.4	7.030×10^{03}	53.8
		18.3~18.5	1.110×10^{05}	84.5
		23.5~23.7	1.620×10^{05}	121.4
	NTB-25	4.7	1.008×10^{04}	78.4
		12.6~12.8	1.240×10^{05}	57.9
		13.9	1.352×10^{04}	111.5
		18.0~18.2	1.630×10^{05}	102.9
	NTB-26	4.0	7.987×10^{03}	61.9
		6.4~6.6	9.700×10^{04}	62.8
		6.6	6.532×10^{03}	49.4
		6.7~6.9	1.240×10^{05}	55.7
비봉터널	NTB-27	13.6	1.114×10^{04}	91.3
		14.0~14.1	8.800×10^{04}	67.9
		15.5~15.6	3.600×10^{05}	80.4
		15.6	1.190×10^{04}	99.7

③ 터널부-〈계속〉

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
비봉터널	NTB-28	3.6	1.023×10^{04}	84.5
		6.3	9.939×10^{03}	85.3
		6.5~6.6	1.320×10^{05}	84.5
		20.7~20.8	3.370×10^{05}	69.4
	NTB-29	35.1	1.101×10^{04}	90.2
		39.3~39.4	1.670×10^{05}	85.4
		40.3	4.623×10^{03}	34.6
		48.3~48.4	1.410×10^{05}	62.3
	NTB-30	43.2	5.082×10^{03}	40.1
		44.9~45.1	1.410×10^{05}	121.8
		46.7	4.553×10^{03}	34.5
	NTB-31	10.3	7.080×10^{03}	54.3
		13.0	1.266×10^{04}	104.4
		20.2~20.3	1.300×10^{05}	70.1
	NTB-32	10.5~10.7	1.250×10^{05}	61.3
	NTB-33	4.5	6.930×10^{03}	52.1
		9.2~9.3	1.460×10^{05}	102.4
		10.3	1.122×10^{04}	92.9
	NTB-34	5.4	4.584×10^{03}	34.2
		9.6	9.802×10^{03}	80.4
		14.9~15.1	1.780×10^{05}	78.3
	NTB-35	6.4	1.147×10^{04}	94.9
		12.7	4.579×10^{03}	35.8
		18.0~18.1	1.270×10^{05}	58.9
	NTB-36	6.0	8.898×10^{03}	73.4
		11.5	1.087×10^{04}	88.7
		14.7~14.9	1.060×10^{05}	60.1
	NTB-37	1.8	4.282×10^{03}	29.1
		6.2~6.4	1.550×10^{05}	112.7
		8.5	5.638×10^{03}	39.2
	NTB-38	4.6	4.948×10^{03}	36.8
		10.5	1.098×10^{04}	87.4
		20.4~20.6	1.600×10^{05}	84.8
	NTB-39	6.0	7.844×10^{03}	61.2
		10.5	7.092×10^{03}	54.0
		22.8~23.0	2.030×10^{05}	62.5
	NTB-40	6.1	1.645×10^{04}	137.1
		9.5	1.772×10^{04}	153.9
		21.5~21.7	2.020×10^{05}	189.9
	NTB-41	3.0	1.531×10^{04}	126.0
		9.0	4.706×10^{03}	35.0
		10.8~10.9	1.740×10^{05}	86.1
	NTB-43	11.3	1.641×10^{04}	133.5
		15.8	4.712×10^{03}	34.0
		25.1~25.2	2.450×10^{05}	255.4

③ 터널부-〈계속〉

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
비봉터널	NTB-44	6.5	1.710×10^{04}	142.5
		13.2	9.465×10^{03}	78.6
		21.1~21.2	3.570×10^{05}	308.7
	NTB-45	12.5~12.6	3.750×10^{05}	68.2
		14.1	7.384×10^{03}	56.1
		15.1	8.060×10^{03}	62.8
	NTB-46	5.0	1.025×10^{04}	87.4
		5.0~5.2	2.160×10^{05}	173.0
		6.2	5.114×10^{03}	38.3
청로터널	NTB-49	101.5	6.810×10^{03}	52.5
		103.4	8.333×10^{03}	65.1
		114.8~115.0	2.040×10^{05}	60.4
	NTB-50	77.6	4.558×10^{03}	32.5
		84.2	1.896×10^{04}	157.6
		90.2~90.4	1.780×10^{05}	176.4
	NTB-51	75.3~75.5	1.450×10^{05}	72.7
		77.3	4.248×10^{03}	30.9
		80.3	5.827×10^{03}	43.7
	NTB-52	35.8~35.9	1.670×10^{05}	128.8
		39.8	1.742×10^{04}	147.7
		46.7	7.051×10^{03}	54.5
	NTB-53	39.0	7.626×10^{03}	60.9
		44.5	8.272×10^{03}	65.4
		54.2~54.3	1.160×10^{05}	58.7
	NTB-54	72.2	1.371×10^{04}	115.6
		75.7	1.451×10^{04}	123.7
		86.4~86.5	1.270×10^{05}	111.0
	NTB-55	44.4	1.808×10^{04}	164.6
		51.6	9.888×10^{03}	76.5
		56.7~56.8	1.430×10^{05}	162.1
	NTB-56	58.1	4.325×10^{03}	32.6
		63.2	8.463×10^{03}	64.1
		60.4~60.5	2.600×10^{04}	56.7
	NTB-57	153.6	8.193×10^{03}	57.6
		159.6	6.067×10^{03}	46.0
		170.5~170.6	1.610×10^{05}	265.5
	NTB-58	156.5~156.6	2.010×10^{05}	101.7
		158.2	9.534×10^{03}	77.9
		164.0	2.029×10^{04}	171.5
	NTB-59	59.6~59.7	1.490×10^{05}	102.9
		61.7	3.821×10^{03}	26.5
		68.0	7.805×10^{03}	61.6
	NTB-60	83.1	1.129×10^{04}	92.0
		86.7	6.783×10^{03}	52.9
		93.7~93.8	1.740×10^{05}	248.8

③ 터널부-〈계속〉

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
청로터널	NTB-61	13.2	1.004×10^{04}	82.2
		17.2	4.997×10^{03}	37.1
		28.7~28.8	1.960×10^{05}	380.4
	NTB-62	11.8	1.054×10^{04}	85.5
		14.7	5.355×10^{03}	39.8
		17.4~17.5	8.200×10^{04}	210.9
	NTB-63	6.0	1.401×10^{04}	120.5
		10.2	3.603×10^{03}	25.1
		16.9~17.0	8.800×10^{04}	156.5
순호터널	NTB-64	5.0	3.435×10^{03}	24.4
		7.9	1.037×10^{04}	83.9
		9.6~9.7	1.130×10^{05}	64.4
	NTB-65	3.1	2.034×10^{04}	176.1
		7.9	8.473×10^{03}	67.4
		18.0~18.2	1.600×10^{05}	229.3
	NTB-66	34.7	9.888×10^{03}	80.0
		37.2	1.749×10^{04}	147.2
		45.9~46.1	1.670×10^{05}	177.8
	NTB-67	52.7	8.257×10^{03}	64.5
		63.0	7.708×10^{03}	59.4
		70.0~70.1	4.100×10^{04}	91.6
	NTB-68	52.5	1.174×10^{04}	95.6
		57.5	1.035×10^{04}	82.2
		58.0	2.070×10^{05}	217.8
	NTB-69	44.2	4.228×10^{03}	30.6
		48.7	1.651×10^{04}	142.4
		54.3~54.4	1.250×10^{05}	58.1
	NTB-70	11.8~12.0	2.240×10^{05}	256.4
		18.2~18.4	3.460×10^{05}	323.1
		25.0~25.2	2.190×10^{05}	255.0
		30.5~30.7	4.700×10^{04}	87.4
		31.8~31.9	2.210×10^{05}	324.9
	NTB-71	3.4~3.6	1.470×10^{05}	161.1
		5.2~5.4	1.520×10^{05}	223.3
		7.1~7.2	1.530×10^{05}	192.0
수북터널	NTB-72	3.4	1.168×10^{04}	91.5
		6.1	1.137×10^{04}	89.0
		15.0~15.3	1.310×10^{05}	106.2
	NTB-73	2.8	1.071×10^{04}	83.4
		7.8	1.544×10^{04}	128.6
		9.4~9.6	1.180×10^{05}	83.4
	NTB-74	39.6	1.139×10^{04}	90.2
		40.8	1.723×10^{04}	145.0
		50.3~50.5	7.700×10^{04}	74.1

③ 터널부-〈계속〉

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
수북터널	NTB-75	11.5	9.814×10^{03}	76.5
		14.7	9.516×10^{03}	73.7
		26.5~26.7	1.760×10^{05}	158.2
	NTB-76	11.1	1.065×10^{04}	86.1
		15.1	1.225×10^{04}	99.8
		26.8~26.9	1.440×10^{05}	185.2
	NTB-77	14.2	1.474×10^{04}	124.5
		17.0	8.359×10^{03}	65.9
		19.5~19.7	1.730×10^{05}	128.9
	NTB-78	19.8	7.575×10^{03}	59.4
		21.7	8.886×10^{03}	67.8
		34.0~34.2	1.150×10^{05}	132.1
	NTB-79	41.1	2.228×10^{04}	202.8
		45.6~45.8	1.470×10^{05}	123.3
		46.5	7.609×10^{03}	60.7
	NTB-80	19.6	7.596×10^{03}	61.8
		21.5	8.727×10^{03}	67.2
		34.8~34.9	1.590×10^{05}	123.3
	NTB-81	6.7	1.891×10^{04}	160.3
		12.4	7.638×10^{03}	60.1
		15.3~15.5	1.740×10^{05}	193.5
	NTB-82	6.8	1.142×10^{03}	7.7
		9.2	3.788×10^{03}	26.4
		13.5~13.7	9.800×10^{04}	86.1
	NTB-85	23.0	1.733×10^{04}	151.6
		26.7	7.752×10^{03}	61.1
		34.7~34.9	9.200×10^{04}	65.5
	NTB-86	45.0	8.297×10^{03}	64.7
		47.1	1.986×10^{04}	172.1
		57.6~57.7	1.230×10^{05}	74.9
	NTB-87	2.0~2.2	1.200×10^{05}	62.6
		3.0~3.1	1.700×10^{05}	70.4
		4.0~4.1	3.180×10^{05}	43.6
	NTB-88	4.2	2.170×10^{03}	14.0
		9.0	9.372×10^{03}	75.1
		9.4~9.5	1.700×10^{05}	62.3

(3) 삼축강도강도 시험

구분	공번	심도 (GL.-m)	강도정수	
			C(MPa)	φ (°)
하화터널	NTB-01	29.4	6.3	41.3
	NTB-03	39.0	6.7	43.8
	NTB-05	3.7	7.8	45.3
팔성제2터널	NTB-13	16.0~16.3	19.8	46.4
	NTB-14	21.6~21.9	15.0	48.9
	NTB-15	38.1	4.0	36.0
	NTB-17	55.2	6.4	40.9
	NTB-19	63.4	5.1	39.0
	NTB-23	58.5	12.5	47.7
	NTB-25	15.7	7.0	45.9
비봉터널	NTB-27	14.5	15.0	46.7
	NTB-29	38.5	10.7	45.7
	NTB-31	9.5	28.7	50.4
	NTB-35	7.1	21.7	47.6
	NTB-36	12.5	11.7	47.4
	NTB-37	10.0	7.5	45.0
	NTB-39	7.7	15.5	46.2
	NTB-41	6.9	16.6	49.5
	NTB-43	9.5	19.3	48.5
	NTB-46	4.3	18.8	46.8
청로터널	NTB-49	106.7	11.1	43.7
	NTB-51	73.5	7.1	42.9
	NTB-53	37.9	10.8	46.0
	NTB-55	45.7	12.6	49.5
	NTB-57	157.0	10.7	44.5
	NTB-59	64.1	6.5	42.1
	NTB-61	14.5	8.0	47.7
	NTB-63	15.4	6.0	39.1
순호터널	NTB-65	6.5	14.4	48.3
	NTB-67	57.4	12.0	47.8
	NTB-69	47.2	14.8	47.5
	NTB-70	16.0~16.3	27.3	45.9
		20.2~20.5	34.5	34.5
		26.5~26.8	21.4	54.2
	NTB-71	2.0~2.3	25.2	42.4
		4.3~4.6	27.2	47.7
수북터널	NTB-73	6.4	8.1	45.3
	NTB-75	12.9	8.4	44.5
	NTB-77	14.5	8.2	49.4
	NTB-79	39.9	12.7	46.8
	NTB-81	7.9	21.5	46.5
	NTB-85	21.5	4.9	39.3
	NTB-87	5.5~5.8	21.2	47.1
	NTB-88	2.6	6.7	40.9

(4) 인장강도 시험

구분	공번	심도 (GL.-m)	인장강도 (MPa)	비고
하화터널	NTB-01	28.4	4.18	
	NTB-03	30.6	4.88	
	NTB-05	6.6	5.11	
팔성제2터널	NTB-13	27.2~27.5	29.9	
	NTB-14	12.7~13.0	28.2	
	NTB-15	41.2	2.69	
	NTB-17	58.2	4.40	
	NTB-19	67.2	3.81	
	NTB-23	60.4	7.96	
	NTB-25	3.2	4.66	
비봉터널	NTB-27	13.1	9.88	
	NTB-29	35.7	7.40	
	NTB-31	11.0	18.16	
	NTB-35	7.8	14.20	
	NTB-36	7.9	7.49	
	NTB-37	10.6	5.07	
	NTB-39	7.5	10.75	
	NTB-41	5.3	10.78	
	NTB-43	13.0	13.36	
	NTB-46	4.0	12.49	
청로터널	NTB-49	101.2	6.83	
	NTB-51	77.5	4.58	
	NTB-53	39.9	6.92	
	NTB-55	46.6	10.95	
	NTB-57	155.0	6.88	
	NTB-59	62.7	4.09	
	NTB-61	13.7	5.92	
	NTB-63	7.6	3.79	
순호터널	NTB-65	3.8	9.17	
	NTB-67	60.0	7.34	
	NTB-69	46.4	10.15	
	NTB-70	17.0~17.3	22.8	
		24.4~24.7	24.4	
		27.6~27.7	24.8	
	NTB-71	2.5~2.8	26.3	
		6.1~6.4	27.4	
수북터널	NTB-73	3.5	5.43	
	NTB-75	12.0	5.70	
	NTB-77	14.0	5.06	
	NTB-79	41.6	7.57	
	NTB-81	9.1	13.91	
	NTB-85	23.8	2.87	
	NTB-87	2.7~3.0	23.0	
	NTB-88	1.5	4.87	

(5) 절리면전단강도 시험

구 분	공 번	심도 (GL.-m)	점착력 (kPa)		내부마찰각(°)		JCS (kPa)	JRC
			최대	잔류	최대	잔류		
깎기부	NCB-01	11.1	13.6	2.4	27.3	21.7	25,183	2-4
	NCB-03	5.9	22.9	2.0	31.4	26.6	26,127	4-6
	NCB-04	2.7	28.7	1.5	33.1	28.6	29,514	6-8
	NCB-06	3.5	23.4	2.4	30.4	25.9	24,751	6-8
팔성제1터널	NTB-08	64.0	18.6	0.9	31.0	26.8	27,541	4-6
비봉터널	NTB-35	9.0	18.6	4.1	30.8	25.8	20,514.5	4-6
청로터널	NTB-49	93.2	24.5	4.2	26.4	22.5	31,295	2-4
수북터널	NTB-72	12.3	27.7	3.8	30.0	26.0	23,754	6-8

(6) Slaking/Swelling 시험

공 번	심도 (GL.-m)	지 층	초기중량 (g)	건조중량(g)		Slaking 내구성(%)		Swelling 변형률지수 (%)
				1st	2nd	Id_1	Id_2	
NCB-01	4.7	경암	519.30	483.60	480.50	91.1	92.5	0.084
NCB-03	12.8	경암	520.63	500.10	498.62	96.1	95.8	0.061
NCB-04	13.2	경암	513.85	487.53	481.20	94.9	93.6	0.096
NCB-06	7.3	연암	511.74	500.91	499.94	97.9	97.7	0.054
NTB-08	66.0	연암	522.71	464.72	446.65	88.9	85.4	0.136
NTB-35	10.3	경암	508.65	471.88	465.09	92.8	91.4	0.077
NTB-49	92.8	경암	531.06	486.68	476.23	91.6	89.7	0.087
NTB-80	22.8	경암	516.69	498.06	492.15	96.4	95.3	0.054

Gamble(1971)에 의한 Slaking 평가			
평가 등급	Id_1	Id_2	내구성 평가
매우 높음	> 99	> 98	
높은 내구성	98 ~ 99	95 ~ 98	◉
약간 높음	95 ~ 98	85 ~ 95	◉
중간 내구성	85 ~ 95	60 ~ 85	◉
저 내구성	60 ~ 85	30 ~ 60	
지극히 낮음	< 60	< 30	

(7) 암석유용성 시험

공 번	심도(m)	마모율(%)	비 중	흡수율(%)	안정성(%)
NCB-01	0.1~6.3	23.0	2.89	0.63	5.3
NCB-03	6.5~12.5	14.9	2.78	0.50	2.6
NCB-04	6.6~13.2	32.1	2.43	4.03	16.5
NCB-05	6.4~12.8	21.8	2.59	0.70	4.0
NCB-06	0.5~6.6	31.4	2.75	3.06	11.5
NCB-07	6.8~12.9	15.4	2.72	1.50	2.6
NCB-09	5.9~11.7	15.5	2.65	0.14	2.2
NTB-02	38.0~44.0	15.0	2.69	0.54	2.5
NTB-08	70.0~76.0	31.6	2.32	5.24	15.4
NTB-15	38.0~45.0	17.3	2.61	0.45	4.1
NTB-35	11.9~17.7	17.7	2.64	0.83	2.4
NTB-49	102.8~108.9	22.9	2.61	2.22	10.6
NTB-67	63.7~69.5	10.9	2.65	0.27	2.1
NTB-80	24.0~29.9	12.9	2.67	0.51	2.2

제5장 지반정수 산정

중앙선 도담~영천 복선전철 제5공구 지반조사

5.1 지반정수 산정

5.2 쌓기재 지반정수

5.3 연약지반 지반정수

5.4 토사층의 지반정수

5.5 풍화암의 지반정수

5.6 기반암의 지반정수

5.7 터널구간 기반암 지반정수

5.8 불연속면의 강도정수

5.9 단층파쇄대 설계지반정수

5.10 내진해석을 위한 지반정수

5.11 수리해석을 위한 투수계수

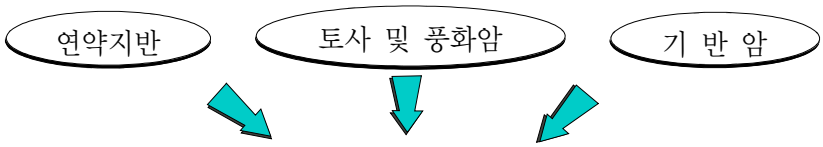
5.12 설계 지반정수 요약

제 5 장 지반정수 산정

5.1 지반정수 산정

5.1.1 설계지반정수 흐름도

조 사	•기존 문헌자료 및 설계사례 조사 •각종 현장시험 및 실내시험 실시 •지층별 토질분류 실시 •표준관입시험을 활용한 각종 경험식 조사
분 석	•실내시험, 현장시험 성과 등에 의한 설계정수 분석 •각종 시험결과 및 경험식에 의한 설계정수 분석 •지반특성을 고려한 설계정수 산정
적 용	•방법별 산정결과와 문헌자료 및 설계사례와의 비교, 분석을 통해 적용



산 정 방 법

•연약지반 : 현장시험 및 실내시험 비교, 추정
•토사 및 풍화암 : 표준관입시험 및 관련문헌, 기존설계자료와의 비교, 추정
•기반암 : 경험식 등 비교, 추정

5.1.2 지반정수 산정방법

(1) 지반설계정수 산정절차

• 지반설계정수는 시험값, 설계기준, 문헌값, 경험값 및 인근사례를 참고하여 합리적으로 산정

1차 선정	2차 선정	3차 선정
시험값(현장,실내)	설계기준	설계사례, 문헌값 및 경험값

• 시험값이 있는 경우, 시험값을 우선적용하고
• 시험값이 없는 경우, 설계기준을 우선으로 하며 설계사례, 문헌값 및 경험값을 비교하여 선정

(2) 지층별 지반설계정수 산정기준

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kN/m²)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
성토체		기준(사례)	기준(사례)	기준(사례)	-	-
매립,전답층		기준(사례)	기준(사례)	기준(경험식)	사례	문헌
붕적층		기준(사례)	기준(사례)	기준(경험식)	문헌(사례)	문헌(사례)
퇴적층	점 토	기준(사례)	기준(경험식)	기준(사례)	경험식	문헌
	모 래	기준(사례)	기준(사례)	기준(사례)	사례	사례
	자 갈	기준(사례)	기준(사례)	기준(사례)	문헌	문헌
풍화토		시험값	시험값	시험값	경험식	문헌(사례)
풍화암		기준(사례)	시험값	시험값	기준(사례)	문헌(사례)
연 암		시험값(사례)	기준(사례)	기준(사례)	시험값(사례)	시험값(사례)
경 암		시험값(사례)	기준(사례)	기준(사례)	시험값(사례)	시험값(사례)

(3) 참고자료(설계기준, 문헌자료, 경험식, 기존설계사례)

가. 설계기준

구 분	발주처	제정년도	단위중량	점착력	내부마찰각	변형계수
철도설계기준	한국철도시설공단	2011	●	●	●	-
호남고속철도 설계지침	한국철도시설공단	2007	●	●	●	-
도로설계요령	한국도로공사	2009	●	●	●	-
도로설계실무편람	국토해양부	2008	-	●	●	-
지반조사편람	서울특별시	1996	●	●	●	●

나. 문헌자료

구 분	출처	제정년도	단위중량	점착력	내부마찰각	변형계수	포아송비
Haung	-	1983	●	●	●	-	-
M.J. Tomlinson	기초의 설계와 시공	1994	●	●	●	-	-
Braja M. Das	DAS의 토질역학	1995	-	-	-	●	●
Roy E. Hunt	지반조사 핸드북	1984	-	-	-	●	●
Hoek & Brown	-	1988	●	●	●	-	-
지반공학회	한국지반공학회	1991	●	●	●	-	-

다. 경험식

구 분	출처	제정년도	단위중량	점착력	내부마찰각	변형계수	포아송비
Dunham	Pile Foundation for Buildings	1954	–	●	●	–	–
Terzaghi-Peck	Soil mechanics in engineering practice	1967	–	●	●	–	–
Peck	Foundation exploration-denver coliseum	1953	–	●	●	–	–
Ohsaki	Stability and Optimization of Sructure	–	–	●	●	–	–
철도설계기준	한국철도시설공단	2011	–	●	●	–	–
Schmertmann	Static Cone to compute Settlement Over Sand	1970	–	–	–	●	–
Bowles	Foundation Analysis and Design	1982	–	–	–	●	–
지반공학회	한국지반공학회	1991	–	–	–	●	–
Bieniawski	Rock mass classification in rock engineering	1976	–	●	●	●	–
Tsuchiya	–	1984	–	●	●		●
김교원	지반공학적 암반분류의 재평가	1993	–	●	●	●	●

라. 기존 설계사례

구 분	과업명	분포암종
쌓기재	도담-영천 타당성조사 기본계획	석회암, 셰일,사암,역암
	중앙선 도담~영천 복선전철 제1공구 노반건설공사 실시설계	석회암, 셰일,사암,역암
	경전선(삼랑진-진주) 5공구(마산~함양간) 복선전철 건설공사	셰일
	진주-광양 복선화 2공구 노반 기본설계	사암,셰일
토사층	도담-영천 타당성조사 기본계획	석회암, 셰일,사암,역암
	중앙선 도담~영천 복선전철 제1공구 노반건설공사 실시설계	석회암, 셰일,사암,역암
	경전선(삼랑진-진주) 5공구(마산~함양간) 복선전철 건설공사	셰일
	진주-광양 복선화 2공구 노반 기본설계	사암,셰일
	중앙선 제천~도담간 복선전철 건설공사	석회암
풍화암	도담-영천 타당성조사 기본계획	석회암, 셰일,사암,역암
	중앙선 도담~영천 복선전철 제1공구 노반건설공사 실시설계	석회암, 셰일,사암,역암
	경전선(삼랑진-진주) 5공구(마산~함양간) 복선전철 건설공사	셰일
	진주-광양 복선화 2공구 노반 기본설계	사암,셰일
	중앙선 제천~도담간 복선전철 건설공사	석회암
기반암	도담-영천 타당성조사 기본계획	석회암, 셰일,사암,역암
	중앙선 도담~영천 복선전철 제1공구 노반건설공사 실시설계	석회암, 셰일,사암,역암
	중앙선 도담~영천 복선전철 제11공구 노반건설공사	셰일,사암
	울산~포항 복선전철 기본설계	사암,셰일
	대구선 동대구-영천(금호-영천)복선전철화 노반 기본설계	셰일
	대구선 동대구-영천 복선전철화 제3공구 노반 실시설계	셰일
	대구지하철 2호선 1공구	사암,셰일

5.2 쌓기재 지반정수

5.2.1 쌓기재료의 조건

(1) 쌓기재료의 조건(철도설계기준 노반편, 2013)

구분	흙쌓기 재료로 사용가능한 재료		흙쌓기 재료로 사용할 수 없는 재료
	자갈궤도		
	일반철도	고속철도	
상부 노반	[A군], [B군], 안정 처리된[C군]	원칙적으로[A군], 안정 처리된[B군],안정 처리된[C군]	[D2군] 및 주1)의 흙
하부 노반	[A군], [B군], [C]군, 안정 처리된 [D1군]	[A군], [B군], [C군]	

주1) a) 벤토나이트, 산성벡토, 온천여토 등의 팽창성 흙, 암
b) 사문암, 이암 등으로서 흡수 팽창에 의해 풍화가 현저한 암
c) 고유기질토 등의 압축성이 높은 흙
d) 동토

(2) 쌓기재료의 군분류

• 쌓기재료에 대하여 토질재료, 암석질 재료의 사용가능여부, 적용조건 등에 따라 5개군으로 분류

군기호	토질 및 암질
[A군]	GW, GP, GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, GM, SW, SW-SM, SP-SM, SW-SC, SP-SC, 경암버력(박리성이 높은 것은 제외)
[B군]	GC, SP, SM, SC, 경암버력(박리성이 높은 것), 연암버력, 취약암버력([D2]군에 포함한 것은 제외)
[C군]	ML, CL, 유기질, 세립토를 함유한 조립토
[D1군]	MH, CH, 취약암버력(점토화하고 있는 것, 시공 후 풍화가 진행하고 또는 전압에 의해 이토화한 것)
[D2군]	OL, OH, Pt

주) 암석버력 및 암석질 재료의 최대입경은 300mm로 한다.

(2) 쌓기재료의 군분류-〈계속〉

군기호	공학적 특성
[A군]	재하시험에 의한 소정의 다짐도가 손쉽게 확보될 수 있고 잔류침하가 극히 작으며 열차의 반복되는 하중에 의한 소성변형, 탄성변형량이 작은 흙쌓기에 가장 적합한 양질의 재료이다. 단, 세립분의 함유율이 많은 것(30% 정도이상)에서는 다짐도의 확보에 주의가 필요
[B군]	재하시험에 의한 소정의 다짐도가 손쉽게 확보될 수 있고 자중에 의한 압축침하가 장기간에 달하는 일이 없으며, 재료에 적절한 안정처리 공법을 시행함에 따라 노반의 다짐도를 손쉽게 확보될 수 있는 시공성이 양호한 재료로 흙쌓기에 적절
[C군]	유기물을 포함하고 있는 역질토나 세립토로서 액성한계가 낮은 흙으로 시공관리를 충분히 하면 노반의 다짐도가 확보된다. 또한 재료에 적절한 안정처리 공법을 시행함에 따라 소정의 노반의 다짐도를 확보할 수 있다. 압축성 등의 점에서는 [B군]보다 떨어지고 보통 흙으로 흙쌓기 재료에 사용 가능한 최저한의 흙임
[D1군]	압축성이 높고, 시공성이 불량하여 흙쌓기에 사용하는 경우 안정처리가 필요한 흙이다. 상부노반에 이용하는 경우에는 다른 양질인 재료를 구입하는 것보다도 안정 처리하여 사용하는 쪽이 유리한 경우에는 충분한 조사와 시험시공을 하여 사용하는 것으로 함
[D2군]	[D1군]과 마찬가지로 압축성이 높고, 시공이 불량하여 흙쌓기에 사용하는 경우 안정처리가 필요한 흙이다. 유기질계이므로 [D1군]에 비해 안정처리하기 어려운 재료이므로 일반적으로 사용하지 않는 것이 좋음
팽창성 흙: 흙쌓기 재료로 사용할 수 없는 재료로써 팽창성이란 흡수 및 응력제거의 결과, 겉보기 체적이 증가하는 것을 말한다. 팽창성 흙과 암석의 대표적인 것에는 벤토나이트, 산성백토, 온천여토, 팽윤성 이암 및 응회암, 엽편상 및 점토상 사문암, 점토상 편암 등이 있음	

(3) 흙쌓기 재료 요건

구 분	자갈궤도		콘크리트궤도	
	상부노반	하부노반	상부노반	하부노반
최대입경	100mm이하	300mm이하	100mm이하	300mm이하
수정CBR	10이상	2.5이상	10이상	2.5이상
5mm체(4번체) 통과율	25~100%	-	25~100%	25~100%
0.08mm체(200번체) 통과율	0~25%	-	0~25%	0~25%
소성지수	10이하	-	10이하	10이하

• 세립분의 함량은 시험시공을 통하여 조정할 수 있으며, 노반 흙쌓기에는 다음과 같은 재료를 사용해서는 안 됨

가. 벤토나이트, 온천여토, 산성백토, 유기질토 등 흡수성이 크며 압축성이 큰 흙

나. 빙토, 빙설, 초목, 나무둥걸 및 다량의 부식물을 함유한 흙

다. 소요의 다짐도로 다져질 수 없을 만큼 너무 젖어 있고, 공사에 사용하기 전에 원위치에서 건조시킬 수 없는 재료

라. 액성한계 50%이상 되는 재료, 건조단위중량 15kN/m^3이하인 재료, 간극률이 42%이상, 소성한계가 25%이상인 흙

5.2.2 쌓기재 지반정수 산정

(1) 설계기준

① 토사 쌓기재료

가) 쌓기 재료의 강도정수 기준값(철도설계기준 노반편, 2013)

흙의 종류 (통일분류법)	재료의 상태	단위체적중량 (kN/m^3)	내부마찰각 (°)	점착력 (kPa)
SW, SP	입도분포가 좋은 것	20	35	0
	입도분포가 나쁜 것	19	30	0
SM, SC	다진 것	19	25	30 이하
ML, MH, CL, CH	다진 것	18	15	50 이하

나) 흙의 단위중량(호남고속철도 설계지침 노반편, 2007)

지 반	토 질	단위중량(kN/m^3)
쌓 기	모래 및 모래자갈	20.0
	사 질 토	19.0
	점 성 토	18.0

② 암버력 쌓기재료

가) 흙쌓기 재료의 강도정수 기준(철도설계기준 노반편, 2013)

흙의 종류 (통일분류법)	재료의 상태	단위체적중량 (kN/m^3)	내부마찰각 (°)	점착력 (kPa)
GW, GP	다진 것	20	40	0

(2) 문헌자료

① 토사 쌓기재료

가) 다짐토사의 평균 전단강도(Haung, 1983)

분 류 기 호 (통일분류법)	최대건조단위중량 (kN/m^3)	최적함수비 (%)	점착력(kPa)		내부마찰각 (°)
			다짐상태	포화상태	
GW	〉 19.1	〈 13.3	-	-	〉 38
GP	〉 17.6	〈 12.4	-	-	〉 37
GM	〉 18.3	〈 14.5	-	-	〉 34
GC	〉 18.4	〈 14.7	-	-	〉 31

가) 다짐토사의 평균 전단강도(Haung, 1983)-계속

분 류 기 호 (통일분류법)	최대건조단위중량 (kN/m^3)	최적함수비 (%)	점착력(kPa)		내부마찰각 (°)
			다짐상태	포화상태	
SW	19.1 ± 0.08	13.3 ± 2.5	44 ± 4	-	38 ± 1
SM	18.3 ± 0.02	14.5 ± 0.4	57 ± 6	23 ± 8	34 ± 1
SM-SC	19.1 ± 0.02	12.8 ± 0.5	23 ± 8	16 ± 6	33 ± 3
SP	17.6 ± 0.03	12.4 ± 1.0	26 ± 6	-	37 ± 1
SC	18.4 ± 0.02	14.7 ± 0.4	84 ± 17	13 ± 6	31 ± 3
ML	16.5 ± 0.02	19.2 ± 0.7	75 ± 11	10	32 ± 2
ML-CL	17.5 ± 0.03	16.8 ± 0.7	71 ± 19	25	32 ± 2
CL	17.3 ± 0.02	17.3 ± 3.0	98 ± 12	15 ± 2	28 ± 2
MH	13.1 ± 0.06	36.3 ± 3.2	82 ± 33	23 ± 10	25 ± 3

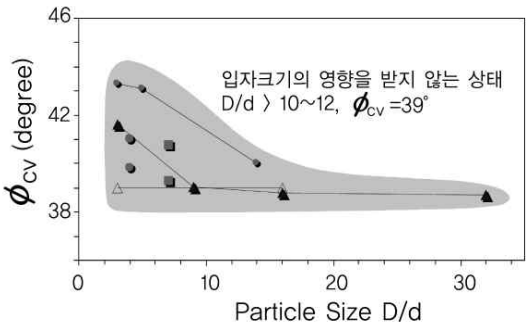
② 암버력 쌓기재료

• 암버력 쌓기재료의 설계지반정수는 실제시험을 통한 산정이 곤란하므로 시험시공을 실시하여 추정하여야 하며, 본 설계에서의 설계지반정수는 참고문헌과 기존 설계사례를 참조하여 산정함

가) Rock Fill댐 재료에 대한 기존 강도시험 자료(T.M Leps)

•대형 삼축압축시험기(지름 0.2~1.1 m)를 이용한 전단강도시험 결과, 암버력의 최대 입경은 80~200 mm이며, 이때의 내부마찰각(ø)은 37.0° ~50.0° 임

•시험기 직경(D)과 샘플 입경(d의)의 비가 10 미만인 경우는 내부마찰각이 과대 평가 되는 경향이 있다는 Chandler(1973)의 연구결과를 고려하여 하한 값을 선정



5.2.3 유사지역 적용사례

과 업 명	단위중량(kN/m³)		점착력(kN/m²)		내부마찰각(°)	
	토사	암버력	토사	암버력	토사	암버력
도담-영천 타당성조사 기본계획	19	20	15	0	25	37
도담~영천 복선전철 제1공구	19	20	15	0	25	37
경전선(삼랑진 ~ 진주) 5공구	19	20	20	0	25	40
진주 ~ 광양 복선화 2공구	19	20	20	0	25	37

5.2.4 쌓기재의 설계지반정수 산정결과

흙의 종류(통일분류법)		단위중량(kN/m³)		점착력(kN/m²)		내부마찰각(°)	
		토사	암버력	토사	암버력	토사	암버력
문헌자료	철도설계기준	19~20	20	30 이하	0	25~35	40
	Haung	17.6~19.1	17.6~19.1	23~57	0	31~38	31~38
유사지역 적용사례		19	20	15~20	0	25	37~40
설 계 적 용		19	20	15	0	25	37

5.3 연약지반 지반정수

5.3.1 연약지반 분포특성

- 본 과업구간의 쌓기부에 분포하는 N≤4의 연약점토는 량기(현)265km800~266km060에 일부 분포하는 것으로 조사되었으며, 실트질 점토층으로 약 3.0m내외의 두께로 분포하는 것으로 나타남.

구간	지층	지층구성	N값	층후
량기(현)265km800~266km060	퇴적층	실트질점토	4/30~5/30	3.0m내외

5.3.2 연약점토 지반정수 산정

(1) 문헌자료 검토(토공재료의 개략적인 토질정수/도로설계요령)

종 류		재료의 상태	단위중량 (kN/m³)	내부마찰각 (°)	점착력 (kPa)	통일분류 (USCS)
자연시료	점성토	• 단단한 것 (손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감)	18.0	25.0	50.0이하	ML, CL
		• 약간 연한 것 (손가락으로 중간 정도의 힘으로 들어감)	17.0	20.0	30.0이하	
		• 연한 것 (손가락이 쉽게 눌러 들어감)	17.0	20.0	15.0이하	

(2) 유사지역 설계지반정수

구 분	과 업 명
①	중앙선 도담~영천 복선전철 제1공구 실시설계
②	이천~충주 철도건설 제1공구 노반 실시설계(2014.04)
③	이천~충주 철도건설 제2공구 노반 실시설계(2014.04)
④	포승~평택 철도건설 타당성조사 및 기본계획(2008. 12, 국토해양부)

구 분	①	②	③	④
단위중량(kN/m^3)	17.5	16.9~18.8	19.0	17.9
간극비	1.012	0.656~1.189	0.85	1.05~1.19
압축지수	0.31	0.164~0.502	0.16	0.32~0.50
압밀계수(cm^2/s)	2.87×10^{-3}~ 1.74×10^{-3}	1.54×10^{-3}~ 2.0×10^{-3}	6.0×10^{-3}	1.8×10^{-3}~ 5.5×10^{-4}
투수계수(cm/s)	2.83×10^{-7}~ 1.64×10^{-8}	4.43×10^{-8}~ 5.64×10^{-8}	-	-
비배수전단강도(kN/m^2)	19.5	18.2~29.1	34.0	14.1~16.5
강도증가율	-	0.15~0.21	0.16	0.17

(3) N값을 활용한 경험식 검토

경험식 (c=qu/2)	Terzaghi-Peck	Dunham	Ohsaki
	$q_u=\frac{N}{8.2}\times100$,kPa	$q_u=\frac{N}{7.7}\times100$,kPa	$q_u=(4+\frac{N}{2})\times10$,kPa
대표 N=4	24.4	26.0	30.0

(4) 연약점토 설계지반정수 산정결과

구 분	단위중량 (kN/m^3)	초기간극비	비배수 전단강도 (kPa)	압축지수	압밀계수 (cm^2/s)	투수계수 (cm/s)
연약점토 (N≤4)	17.0	1.02	20.0	0.35	6.0×10^{-3}~ 1.5×10^{-3}	2.8×10^{-7}~ 1.6×10^{-8}

※압밀계수, 투수계수의 설계적용시 성토하중을 고려하여 선별 적용해야 함

5.4 토사층의 지반정수

• 원지반 토사층은 표준관입시험 결과의 분석과 관련문헌 및 인근지역 적용사례를 비교, 검토를 통하여 설계지반정수를 산정

5.4.1 기존 설계사례 검토

(1) 참고자료 현황

구 분	과 업 명
①	도담-영천 타당성조사 기본계획
②	중앙선 도담~영천 복선전철 제1공구 노반건설공사 실시설계
③	경전선(삼랑진-진주) 5공구(마산~함양간) 복선전철 건설공사
④	진주-광양 복선화 2공구 노반 기본설계
⑤	중앙선 제천~도담간 복선전철 건설공사

(2) 적용 물성치

지 층	구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kN/m^2)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비
토사층	점성토	①	-	-	-	-	-
		②	18	28	0	8	0.40
		③	-	10	-	-	-
		④	-	-	-	-	-
		⑤	17	30	20	3.2	0.40
	모래	①	18.5	5	30.5	25	0.32
		②	18.5	0	28	25	0.37
		③	17	0	30	36.5	0.40
		④	18	2	25	15	0.39
		⑤	18	1.2	27	22	0.35
	자갈	①	19	0	34	50	0.35
		②	19	0	32	50	0.33
		③	19	0	35	71	0.30
		④	19	-	30	40	0.36
		⑤	-	-	-	-	-
풍화토	①		19	20	32	50	0.31
	②		19.5	20	28	55	0.30
	③		19.5	20	32	50	0.33
	④		18	15	25	65	0.35
	⑤		-	-	-	-	-

5.4.2 문헌자료 검토

(1) 도로설계요령(한국도로공사, 2001)

종 류	재료의 상태	단위중량 (kN/m^3)	내부마찰각 (°)	점착력 (kN/m^2)	분류 기 호
자 갈	•조밀하거나 입도가 좋은 것	20	40	0.0	GW, GP
	•조밀하지 않거나 입도가 나쁜 것	18	35	0.0	
자갈섞인 모래	•조밀한 것	21	40	0.0	GW, GP
	•조밀하지 않은 것	19	35	0.0	
모 래	•조밀하거나 입도가 좋은 것	20	35	0.0	SW, SP
	•조밀하거나 입도가 나쁜 것	18	30	0.0	
사질토	•조밀한 것	19	30	30 이하	SM, SC
	•조밀하지 않은 것	17	25	0.0	
점성토	•굳은 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감)	18	25	50 이하	ML, CL
	•약간 무른것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감)	17	20	30 이하	
	•무른것(손가락이 쉽게 들어감)	17	20	15 이하	
점토 및 실트	•굳은 것(손가락으로 세게 눌러 조금 들어감)	17	20	50 이하	CH, MH, ML
	•약간 무른 것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감)	16	15	30 이하	
	•무른 것(손가락이 쉽게 들어감)	14	10	15 이하	

(2) 점성토 및 유기질 흙(M.J. Tomlinson, 1994)

Soil Type	단위중량(kN/m^3)		점착력 (kN/m^2)
	γ_t	γ_{sub}	
연약한 소성점토	16~19	6~9	20~40
단단한 소성점토	17.5~20	7.5~11	40~75
견고한 소성점토	18~21	8~11	75~150
연약하고 소성이 적은 점토	17~20	7~10	20~40
단단하고 소성이 적은 점토	18~21	8~11	40~75
견고하고 소성이 적은 점토	21~22	11~12	75~150
견고 또는 매우견고한 점토	20~23	10~13	150~300
유기질 점토	14~17	4~7	-
이 탄	10.5~14	0.5~4	-

(3) 모래 및 자갈(M.J. Tomlinson, 1994)

Soil Type, CoMPactness & Consistency	단위중량(kN/m³)		내부마찰각 (°)
	γ_t	γ_{sub}	
모래성분이 거의 없는 느슨한 자갈	16~19	9	28~30
모래성분이 거의 없는 보통조밀한 자갈	18~20	10	30~36
모래성분이 거의 없는 조밀내지 매우조밀한 자갈	19~21	11	36~45
느슨하며 입도가 양호한 모래질 자갈	18~20	10	28~30
보통조밀하고 입도가 양호한 모래질 자갈	19~21	11	30~36
조밀하고 입도가 양호한 모래질 자갈	20~22	12	36~45
느슨하고 점토가 함유된 모래질 자갈	18~20	10	28~30
보통조밀한고 점토가 함유된 모래질 자갈	19~21	11	30~35
조밀내지 매우조밀하고 점토가 함유된 모래질 자갈	21~22	12	35~40
느슨한 조립내지 세립 모래	17~20	10	28~30
보통조밀한 조립내지 세립 모래	20~21	11	30~38
조밀내지 매우조밀한 조립내지 세립 모래	21~22	12	35~40
느슨하고 세립질 모래와 실트질 모래	15~17	7	28~30
보통조밀한 세립질 모래와 실트질 모래	17~19	9	30~35
조밀내지 매우조밀한 세립질 모래와 실트질 모래	19~21	11	35~40

(4) Roy E. Hunt의 제안범위(1984)

구 분		변형계수(MPa)	포아송비
Fine Sand	Loose Medium dense Dense	8 ~ 12 12 ~ 20 20 ~ 30	0.25
Sand	Loose Medium dense Dense	10 ~ 30 30 ~ 50 50 ~ 80	0.25 ~ 0.35
Gravel	Loose Medium dense Dense	30 ~ 80 80 ~ 100 100 ~ 200	0.30 ~ 0.40
Silt		2 ~ 20	0.30 ~ 0.35
Clay	Soft Firm to stiff Very stiff	2 ~ 4 4 ~ 8 8 ~ 20	0.40 ~ 0.50

(5) Braja M. Das의 제안범위(1995)

구 분		변형계수(MPa)	포아송비
Sand	Loose	10 ~ 25	0.20 ~ 0.40
	Medium dense	18 ~ 28	0.25 ~ 0.40
	Dense	35 ~ 55	0.30 ~ 0.45
Silty Sand		10 ~ 17 17 ~ 20	0.20 ~ 0.40
Clay	Soft	2 ~ 5	0.20 ~ 0.50
	Firm to stiff	5 ~ 10	
	Very stiff	10 ~ 24	
Sand & Gravel		70 ~ 170	0.15 ~ 0.35

(6) 풍화토의 일반적인 물성

구 분	단위중량 (kN/m^3)	내부마찰각 (°)	점착력 (kN/m^2)	변형계수 (MPa)	포아송비	비 고
지반조사 편람	17~20	25~30	0~100	20~40	0.5	서울특별시, 1996
지반학술 발표회	20	25	20	-	-	지반공학회, 1991

5.4.3 경험식에 의한 방법

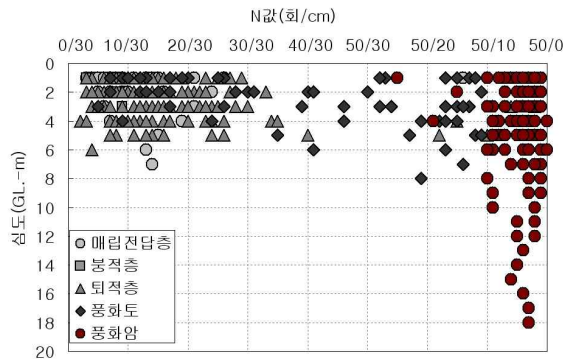
(1) 토성별 대푯값 선정

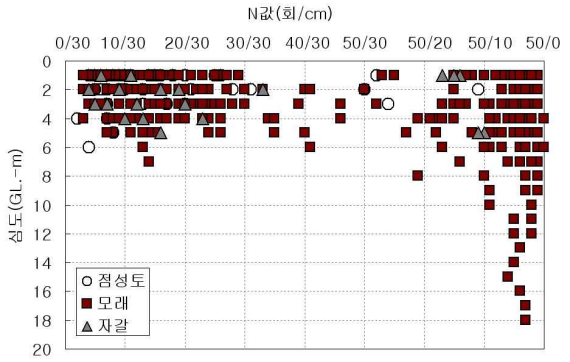
- 지층구성은 퇴적층 및 풍화암이 각각 전체의 39%, 34%를 차지하고 있으며, 풍화토(15%), 매립층(8%), 전답토(3%), 붕적층(1%)의 순으로 구성
- 터널 및 땅깎기구간은 주로 붕적층, 풍화토 위주로 구성된 반면, 교량 및 흙쌓기구간에서는 매립,전답층, 퇴적층, 풍화토, 풍화암이 고루 분포
- 구성성분으로는 모래질이 82%로 대부분을 차지하고 있으며, 자갈질과 점토질이 각각 5%와 13%로 구성

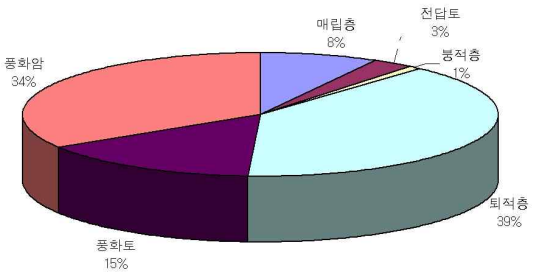
◉ 지층별 토성 및 N값 분포현황

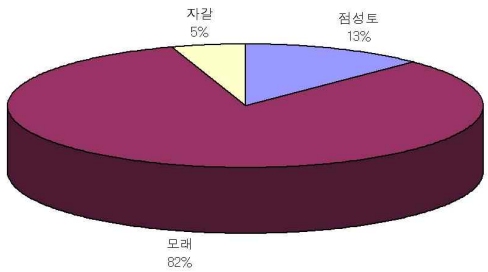
구 분		USCS	분포비율	N값 분포범위	평균 N값	비 고
지층별	매립전답	SM, SC, SW, GP, CL, ML	11%	3/30~50/14	11/30	
	붕적층	SC	1%	3/30~9/30	7/30	
	퇴적층	SM, SC, SW, SP, GP, GW, CL	39%	2/30~50/2	16/30	
	풍화토	SM, SC, SW, GP, CL, ML	15%	5/30~50/11	34/30	
	풍화암	SM	34%	50/10~50/1	50/4	
토성별	점성토	CL, ML	13%	2/30~50/11	44/30	
	모래	SM, SC, SW, SP	82%	3/30~50/1	31/30	
	자갈	GP, GW	5%	4/30~50/10	3/30	

전체 지층별 N값 및 지층 분포현황	전체 토성별 N값 및 토성 분포현황









대푯값 선정

- 매립·전답층은 주로 실트질 모래로 구성되어 있으며, 부분적으로 점토와 자갈이 분포하므로, N값의 분포범위의 평균치를 대푯값으로 선정하였고 대푯값은 11/30으로 적용
- 붕적층은 모래로 구성되어 있으며, 대푯값은 N값의 평균치인 7/30을 적용
- 퇴적 점성토층은 실트질 점토로 구성되어 있으며, 대푯값은 N값의 평균치인 10/30을 적용
- 퇴적 모래층은 주로 실트질 모래 구성되어 있으며, 대푯값은 15/30을 적용
- 퇴적 자갈층은 주로 모래질 자갈로 구성되어 있으며, 대푯값은 N값의 평균치인 17/30을 적용
- 풍화토는 넓은 범위에 걸친 N값 분포를 보이나 대체적으로 조밀한 지반상태를 나타내며, 대푯값은 N값의 평균치인 34/30을 적용

구 분		N값 분포범위	대푯값	비 고
매립,전답층		3/30~50/14	11/30	
붕적층		3/30~9/30	7/30	
퇴적층	점성토	2/30~21/30	10/30	
	모 래	3/30~50/2	15/30	
	자 갈	4/30~50/10	17/30	
풍화토		5/30~50/11	34/30	

(2) 점착력 산정

● N치에 의한 점착력 산정 제안식

제안자	경험식	비 고
Dunham(1954)	qu = N / 0.77	C = q_u / 0.2(kN/m^2)
Terzaghi-Peck(1948)	qu = N / 0.8	
Ohsaki(1953)	qu = (4 + N/2)	

● 산정 결과

구 분		대표 N치	경 험 식			범 위 (kN/m^2)
			Dunham	Terzaghi-Peck	Ohsaki	
퇴적층	점성토	10/30	59.5	63.3	44.4	44.4~59.5

(3) 내부마찰각 산정

● N치에 의한 내부마찰각 산정 제안식

제안자	경험식	특 징
Dunham	$\phi = \sqrt{12N} + 20$	둥글고 입도양호, 모나고 균일(중간값 적용)
Meyerhof	$\phi = 0.25N + 32.5$	$10 \leq N \leq 50$
Peck	$\phi = 0.3N + 27$	-
Ohsaki	$\phi = \sqrt{20N} + 15$	$\phi \leq 45^\circ$, $N > 5$
철도설계기준	$\phi = \sqrt{15N} + 15$	-

● 산정 결과

지 층		대표 N치	경 험 식(°)					범 위 (°)
			Dunham	Meyerhof	Peck	Ohsaki	철도설계	
매립,전답층		11/30	31.7	35.3	30.4	30.1	28.0	28.0~35.3
붕적층		7/30	29.2	34.3	29.1	26.8	25.2	25.2~34.3
퇴적층	점성토	10/30	30.8	34.9	29.9	29.0	27.1	27.1~34.9
	모래	15/30	33.4	36.3	31.5	32.3	30.0	30.0~36.3
	자갈	17/30	16.3	36.7	32.1	33.4	30.9	16.3~36.7
풍화토		34/30	22.2	41.0	37.2	41.0	37.5	22.2~41.0

(4) 변형계수 산정

가) 경험식

● Schmertmann(1978)의 제안식

• 토질종류별 콘 관입치(qc)와 지반 변형계수값의 관계를 토대로 콘 관입저항치(qc)와 표준관입시험값(N)과의 관계로 적용한 식

E = α N 여기서, E : 지반변형계수(MPa), α : 토질에 따라 다른 상수

구 분	실트, 모래질 실트	세립, 중립모래	조립 모래	자갈질 모래, 자갈
α	0.4	0.7	1.0	1.2~1.5

● Bowles(1988)의 제안식 (단위 : MPa)

토질종류	모 래	점토질 모래	실트질 모래	자갈질 모래
경험식	0.5(N+15)	0.32(N+15)	0.3(N+6)	1.2(N+6)

● 기 타

구 분	Hisatake	철도교 표준시방서
제안식	0.5N + 7(MPa)	28N(kgf/cm^2)

● 산정 결과

지 층		대표 N치	경 험 식(MPa)				범 위 (MPa)
			Schmertmann	Bowles	Hisatake	철도교	
매립,전답층		11/30	7.9	13.2	12.7	31.7	7.9~31.7
붕적층		7/30	4.9	11.0	10.5	19.6	4.9~19.6
퇴적층	점성토	10/30	3.9	7.4	11.9	27.3	3.9~27.3
	모래	15/30	10.5	15.0	14.5	42.0	10.5~42.0
	자갈	17/30	20.3	38.3	15.5	47.4	20.3~47.4
풍화토		34/30	33.9	24.4	23.9	94.8	33.9~94.8

5.4.4 현장시험결과 검토

● 현장밀도시험

구분	시 추 공 번	지 층	시험심도 (GL.-m)	원지반	
				습윤밀도 (kN/m^3)	건조밀도 (kN/m^3)
하화터널	TP-01	풍화토	0.5	17.17	14.81
제2깎기	TP-02	풍화토	0.3	16.90	14.94
팔성제1터널	TP-03	풍화토	0.5	18.32	15.39
팔성재2터널	TP-04	풍화토	0.8	17.07	14.70
제3깎기	TP-05	풍화토	0.4	18.05	15.16
제4깎기	TP-06	풍화토	0.5	17.80	15.75
비봉터널	TP-07	풍화토	0.6	17.25	14.94
제5깎기	TP-08	풍화토	0.5	17.60	14.49
제6깎기	TP-09	풍화토	0.5	16.07	12.92
제7깎기	TP-10	풍화토	0.4	17.01	13.32
제8깎기	TP-11	풍화토	0.4	16.47	12.82
하리터널	TP-12	풍화토	0.5	16.31	13.89
청로터널	TP-13	붕적층	0.4	17.30	14.38
제9깎기	TP-14	풍화토	0.2	17.89	14.14
순호터널	TP-15	풍화토	0.5	18.40	15.92
수북터널	TP-16	풍화토	0.6	15.16	13.02

● 공내전단시험

공 번	심도 (GL.-m)	지층	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	비고
NTB-63	4.0	풍화토	19.2	29.1	-
NTB-64	2.0	풍화토	19.8	29.9	-

5.4.5 설계지반정수 산정

(1) 단위중량(kN/m³)

지 층		기 존 설계사례	문헌자료			현장시험	설 계 적 용
			도 로 설계요령	M.J. Tomlinson	조사편람		
매립,전답층		17~18.5	17~20	17~19	-	-	18
붕적층		17~18.5	17~20	17~19	-	17.3	17
퇴적층	점성토	17~18	17~18	18~21	-	-	17.5
	모래	17~18.5	17~21	17~21	-	-	18
	자갈	19	18~20	20~22	-	-	19
풍화토		18~19.5	19	19~21	17~20	15.16~18.4	19.5

(2) 점착력(kN/m²)

지 층		기 존 설계사례	문헌자료			경험식	현장시험	설 계 적 용
			도 로 설계요령	M.J. Tomlinson	조사편람			
매립,전답층		0~5	0	-	-	-	-	0
붕적층		0~5	0	-	-	-	-	2
퇴적층	점성토	10~30	50이하	20~75	-	44.4~59.5	-	30
	모래	0~5	0	-	-	-	-	5
	자갈	0	0	-	-	-	-	0
풍화토		15~20	30이하	-	0~100	-	19.2~19.8	19

(3) 내부마찰각(°)

지 층		기 존 설계사례	문헌자료			경험식	현장시험	설 계 적 용
			도 로 설계요령	M.J. Tomlinson	조사편람			
매립,전답층		25~30.5	25	28~30	-	28~35.3	-	26
붕적층		25~30.5	25	28~35	-	25.2~34.3	-	27
퇴적층	점성토	0~20	20	-	-	27.1~34.9	-	0
	모래	25~30.5	25~30	30~40	-	30~36.3	-	27
	자갈	30~35	40	30~45	-	16.3~36.7	-	32
풍화토		25~32	30	35~40	25~30	22.2~41	29.1~29.9	29

(4) 변형계수(MPa)

지 층		기 존 설계사례	문헌자료			경험식	설 계 적 용
			Roy E. Hun	Braja M. Das	조사편람		
매립,전답층		15~36.5	10~30	10~25	-	7.9~31.7	20
붕적층		15~36.5	10~30	10~25	-	4.9~19.6	23
퇴적층	점성토	3.2~8	4~20	5~24	-	3.9~27.3	5
	모래	15~36.5	8~80	10~28	-	10.5~42	15
	자갈	40~71	80~100	70~170	-	20.3~47.4	40
풍화토		50~65	50~80	35~55	20~40	33.9~94.8	50

(5) 포아송비

지 층		기 존 설계사례	문헌자료			설 계 적 용
			Roy E. Hun	Braja M. Das	조사편람	
매립,전답층		0.32~0.40	0.25~0.35	0.20~0.40	-	0.37
붕적층		0.32~0.40	0.25~0.35	0.20~0.40	-	0.34
퇴적층	점성토	0.4	0.4~0.5	0.20~0.50	-	0.38
	모래	0.32~0.40	0.25~0.35	0.25~0.45	-	0.35
	자갈	0.30~0.36	0.30~0.40	0.15~0.35	-	0.33
풍화토		0.3~0.35	0.25~0.35	0.20~0.40	0.5	0.32

(6) 설계지반정수 요약

지 층		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kN/m^2)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비
매립,전답층		18	0	26	20	0.37
붕적층		17	2	27	23	0.34
퇴적층	점성토	17.5	30	0	5	0.38
	모래	18	5	27	15	0.35
	자갈	19	0	32	40	0.33
풍화토		19.5	19	29	50	0.32

5.5 풍화암의 지반정수

- 본 구간의 풍화암층은 기반암인 퇴적암의 모암이 심한풍화 내지 완전풍화 된 상태로 불교란 시료의 채취가 어렵고, SPT의 N값도 대부분 50타 이상으로 매우조밀하여 정량적인 공학적 특성의 파악이 어려워 경험적 관련문헌, 기존 설계사례를 검토하여 산정
- 본 구간의 풍화암은 N값 50이상의 매우 조밀한 상대밀도를 나타내므로 N값에 의한 강도정수 산정시에는 대표 N값을 50으로 적용

5.5.1 강도정수 산정

(1) 문헌자료 검토

● 도로설계 실무편람, 한국도로공사, 1996

구 분	암반파쇄상태		전단강도		비 고
	TCR(%)	RQD(%)	내부마찰각	점착력	
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 기반암 경우	20% 이하	10% 이하	30.0°	100.0kPa	암반의 파쇄상태에 따른 전단강도 제안

● 한국지반공학회 학술발표회 자료

구 분		단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	비 고
사면안정 학술발표회	1996	21	30	35	
	2001	20	30	35	
	2003	19.5	20	36	사암, 셰일등
		20	10	30	편암
학술발표회	2003	21	30	35	편마암
범 위		19.5~21	10~30	30~36	

● 지반조사편람(서울특별시, 1996)

구 분	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	비 고
풍화암	20 ~ 22	100 ~ 300	30 ~ 35	

(2) 경험식에 의한 내부마찰각 산정

적용 N값	도 로 교 표준시방서	Peck	Meyerhof	Dunham	Osaki
50	42.4	42.0	45.0	39.5	46.6

(3) 기본설계 및 인근 적용사례

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (MPa)	내부마찰각 (°)
도담-영천 타당성조사 기본계획	20	30	33
도담~영천 복선전철 제1공구	20	30	29
경전선(삼랑진-진주) 5공구	20	30	32
진주-광양 복선화 2공구	25.5	40	37
중앙선 제천~도담간 복선전철	20	14	30
범위	20~25.5	14~40	29~37

(4) 현장시험 결과

● 공내전단시험

공 번	심도 (GL.-m)	지층	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	비고
NTB-05	2.0	풍화암	29.0	31.5	
NTB-26	2.0	풍화암	29.3	31.7	
NTB-27	2.0	풍화암	29.3	31.1	
NTB-47	1.0	풍화암	29.0	31.1	
NTB-88	1.0	풍화암	29.6	32.0	

(5) 적용강도정수

지 층	문헌자료			경험식	기 존 설계사례	현장시험	설 계 적 용
	도로설계 실무편람	지반공학회	조사편람				
단위중량(kN/m^3)	-	19.5~21	20 ~ 22	-	20~25.5	-	20
점 착 력(kPa)	100	10~30	100 ~ 300	-	14~40	29.0~29.6	29
내부마찰각(°)	30	30~36	30 ~ 35	39.5~46.6	29~37	31.1~32.0	31

5.5.2 변형계수 및 포아송비 산정

• 변형정수(E, ν)는 수치해석 및 침하량 산정을 위한 설계정수로 풍화암층의 관련 문헌, 경험식, 현장시험결과를 분석하여 적용하였다.

(1) 관련 문헌자료

구 분	관련문헌자료		
	지반공학회 학술발표 (1998년)	Roy E, Hunt(1984)	Braja M. Das(1995)
변형계수(MPa)	200	-	-
포아송비	0.20	0.30~0.40	0.30~0.45

(2) 경험식에 의한 변형계수 산정

적용 N값	Schmertmann	Bowles	Hisatake	철도교	범위
50	75	24	32	140	24~140

(3) 기본설계 및 인근 적용사례

구 분	변형계수(MPa)	포아송비
도담-영천 타당성조사 기본계획	200	0.30
도담~영천 복선전철 제1공구	200	0.28
경전선(삼랑진-진주) 5공구	290	0.28
진주-광양 복선화 2공구	230	0.24
중앙선 제천~도담간 복선전철	100	0.30
범위	100~290	0.24~0.30

(4) 적용 변형계수 및 포아송비

지 층	문헌자료			경험식	기 존 설계사례	설 계 적 용
	지반공학회	Roy E, Hunt(1984)	Braja M. Das(1995)			
변형계수(MPa)	200	-	-	24~140	100~290	200
포아송비	0.20	0.30~0.40	0.30~0.45	-	0.24~0.30	0.31

5.6 기반암의 지반정수

- 지반정수 산정을 위해 기반암의 RMR 분류를 실시하여 원위치 암반의 공학적 특성 파악
- 현장, 실내시험 결과 및 각종 조사를 토대로한 경험식, 문헌조사, 기존 설계사례를 종합분석
- 평가대상 암반층은 연·경암으로 과업구간에 분포하는 기반암층에 대한 지반정수를 산정함

5.6.1 문헌자료

(1) 도로설계실무편람(한국도로공사, 1998)

암석종류(강도)	암반파쇄상태(NX규격)		암반의 전단강도	
	TCR(%)	RQD(%)	C(kN/m^2)	φ (°)
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 경우	20 이하	10 이하	100	30
강한 풍화암으로서 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~30	10~25	130	33
	40~50	25~35	150	35
	70 이상	40~50	200	40

(2) 암종별 파쇄상태 및 RQD, 일축압축강도에 의한 지반정수(Hoek & Brown)

구 분	암 종					암반상태에 따른 분류				
	화강암	규 암	사 암	반 암	셰 일	풍화암 파쇄가 심 한 연·경암	대부분 연·경암	RQD 〈25%	RQD〉25%	
									q_u 〉300	q_u 〈300
단위중량 (kN/m^3)	26.14	26.14	19.50	25.80	24.00	–	–	–	–	–
점착력 (kN/m^2)	980~ 3,000	–	490~ 1,460	980~ 3,000	240~ 980	100	130~ 200	0~ 1,000	1,000~ 3,000	500~ 1,500
내부마찰각 (°)	30~ 50	30~ 45	30~ 45	30~ 40	30~ 45	30	35~ 40	30~ 45	40~ 50	30~ 50

(3) 암종에 따른 단위중량, 일축압축강도, 변형계수(After Roy E. Hunt)

암 석 명	단위중량 (kN/m^3)	일축압축강도 (kN/m^2)	변형계수 (MPa)
화강암	26.9	70,000~175,000	2,800~4,900
편마암	27.0	70,000~140,000	2,800~5,600
규 암	26.6	105,000~245,000	4,200~5,600
사 암	23.5	28,000~84,000	700~2,100
셰 일	16~22	700~35,000	300~1,400

(4) 지반공학시리즈 11, 토목기술자를 위한 암반공학

암 석 명	내부마찰각(°)	암 석 명	내부마찰각(°)
각 섬 암	32	편마암(편암질)	23~29
현 무 암	31~38	석 회 암	33~40
역 암	35	반 암	31
백 암	30	사 암	25~35
백 운 암	27~31	셰 일	27
화강암(세립질)	29~35	미 사 암	27~31
화강암(조립질)	31~35	점 판 암	25~30

(5) 서울시 지반분류(1996) – 서울지역의 지반별 지반정수 적용범위

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kN/m^2)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비
연 암	23~25	300~600	30~40	200~400	0.25~0.30
보통암	24~26	600~1,500	35~40	400~1,000	0.25
경 암	25~27	1,500~2,000	35~45	1,000~4,000	0.20

5.6.2 기존 설계사례 검토

(1) 참고자료 현황

구 분	과 업 명	분포암종
①	도담-영천 타당성조사 기본계획	석회암, 셰일,사암,역암
②	중앙선 도담~영천 복선전철 제1공구 노반건설공사 실시설계	석회암, 셰일,사암,역암
③	중앙선 도담~영천 복선전철 제 11공구	셰일,사암

(2) 적용 물성치

지 층	구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kN/m^2)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비
연암	①	23	400	34	2,500	0.28
	②	23	220	31	2,220	0.27
	③	21~23	300~500	30~32	500~2,500	0.28~0.29
	범위	21~23	220~500	30~34	500~2,500	0.27~0.29
경암	①	25	1,300	38	7,000	0.24
	②	26	1,150	36	7,630	0.23
	③	25~27	1,000~4,000	38~45	7,500~20,000	0.20~0.25
	범위	25~27	1,000~4,000	36~45	7,000~20,000	0.20~0.25

5.6.3 경험식에 의한 방법

(1) 제안자별 경험식

● 단위중량

- Tsuchiya(1984)

  $\gamma_t = 20 + \frac{Y-1.28}{1.43}$ (단위kN/m^3), 여기서 $Y = \frac{\log E - 2.25}{0.35}$, E : 변형계수(0.1MPa)

● 강도정수

- Bieniawski(1989)

  Cm = −0.051 + 0.008 RMR − 3.346 × 10−5 RMR2 (MPa)

  ϕ_m = −0.086 + 0.789 RMR − 0.0031 RMR2 (°)
- Trueman (1988)

  Cm = 0.25 EXP(0.05 RMR) (MPa)

  ϕ_m = 0.5 RMR + 5 (°)
- Tsuchiya (1984)

  Cm = −1.93Y + 2.07 Y2 + 0.035 Y3

  ϕ_m = 23.6 + 2.347 Y

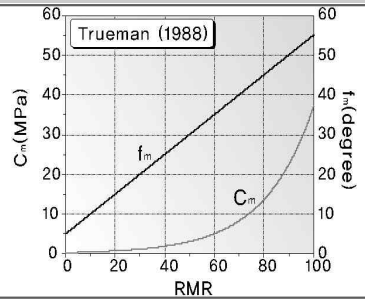
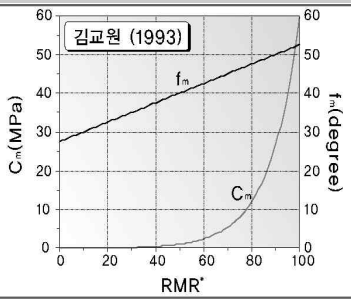
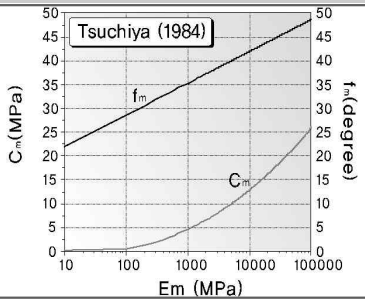
  여기서, Y = (log E(kg/cm^2) − 2.25) / 0.35
- 김교원(1993)

  Cm = 0.02 EXP(0.08 RMR*) (MPa)

  ϕ_m = 0.25 (RMR*) + 27.5 (°)
- Stille(1986)

  Cm = 2.2 RMR / 4.5 (MPa)
- Honish(1994)

  ϕ_m = 0.25 RQD + 17 (°)

Trueman(1988)	김교원(1993)	Tsuchiya(1984)
		

● 변형계수

① Bieniawski(1978)

- Em = 2RMR − 100 (GPa) : RMR 〉 57

② Serafim & Pereira(1983)

- Em = $10^{(RMR-10)/40}$ (GPa) : RMR ≤ 57

③ Aydan(1997)

- Em = 0.0097 RMR$^{3.54}$(MPa)

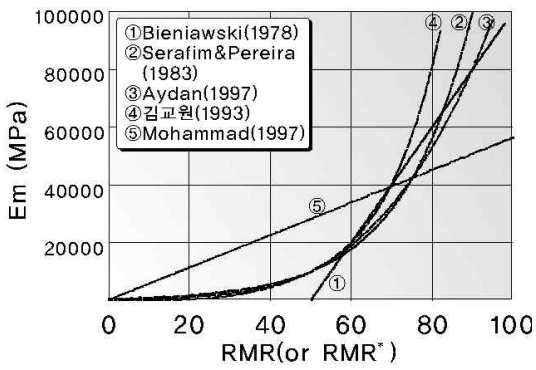
④ 김교원(1993)

- Em = 3 Exp(0.07 RMR*) (GPa)

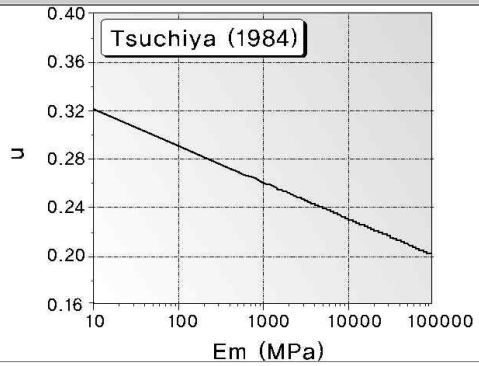
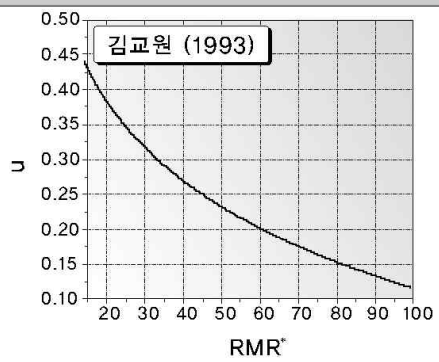
(RMR*는 총 RMR에서 지하수 상태 및 절리 방향 보정을 제외한 값)

⑤ Mohammad(1997)

- Em = 0.562 RMR + 0.183(GPa)



● 포아송비

Tsuchiya(1984)	김교원(1993)
	
•ν = 0.3 − (Y − 1.28) / 95 •Y = (logE (kg/cm^2) − 2.25) / 0.35	•ν = − 0.17 ln(RMR*) + 0.9

(2) 대표 RMR 산정

• 시추조사에 의한 각 지층의 RMR값 분포는 다음과 같으며, 이를 바탕으로 대푯값을 산정하였다.

구 분	지층		RMR	RMR*	RQD(%)
퇴적암	연암	범위(평균)	1~58(27)	10~58(30)	0~96(34)
		대푯값	27	30	34
	경암	범위(평균)	6~86(60)	14~84(61)	15~100(82)
		대푯값	60	61	82

(3) 경험식에 의한 지반정수 산정결과

• 기반암의 RQD 및 RMR분류를 근거로 대푯값을 산정하여 경험식에 의해 변형계수, 포아송비, 점착력, 내부마찰각을 산정

● 강도정수 산정

구 분		단위중량(kN/m^3)	점착력(kN/m^2)	내부마찰각(°)
Bieniawski(1989)	연 암	24.9	141	19
	경 암	26.9	307	36
Aydan(1997)	연 암	24.1	−	−
	경 암	26.8	−	−
Tsuchiya(1984)	연 암	−	7,428	38
	경 암	−	16,970	45
김교원(1993)	연 암	24.7	224	35
	경 암	26.5	2,626	43

● 강도정수 산정-〈계속〉

구 분		단위중량(kN/m³)	점착력(kN/m²)	내부마찰각(°)
Mohammad(1997)	연 암	26.4	-	-
	경 암	27.2	-	-
Trueman(1988)	연 암	-	971	19
	경 암	-	4,945	35
Stille(1986)	연 암	-	13,268	-
	경 암	-	29,183	-
Honish(1994)	연 암	-	-	26
	경 암	-	-	38
범위	연 암	24.1~26.4	141~13,268	19~38
	경 암	26.5~27.2	307~29,183	36~45

● 변형계수 및 포아송비 산정

구 분		변형계수(MPa)	포아송비
Bieniawski(1989)	연 암	-	-
	경 암	19,385	-
Serafim & Pereira(1983)	연 암	2,682	-
	경 암	-	-
Aydan(1997)	연 암	1,153	-
	경 암	18,773	-
김교원(1993)	연 암	2,485	0.34
	경 암	21,409	0.21
Mohammad(1997)	연 암	15,435	-
	경 암	33,730	-
Tsuchiya(1984)	연 암	-	0.20~0.23
	경 암	-	0.19~0.18
범위	연 암	1,153~15,435	0.20~0.34
	경 암	2,682~33,730	0.19~0.21

5.6.4 현장시험에 의한 강도정수(공내재하시험)

구 분	변형계수(MPa)		탄성계수(MPa)	
	범 위	평 균	범 위	평 균
연 암	517~19,400	4,346	623~30,200	7,980
경 암	1,520~23,100	10,553	4,040~57,400	20,405

5.6.5 실내시험에 의한 강도정수

(1) 기본물성시험

구 분	단위중량(kN/m³)		포아송비	
	범 위	평 균	범 위	평 균
연 암	21.9~26.9	25.4	0.22~0.30	0.27
경 암	20.0~26.9	25.9	0.21~0.32	0.26

(2) 삼축압축시험

구 분	점착력(kN/m²)		내부마찰각(°)	
	범 위	평 균	범 위	평 균
연 암	6,700~19,300	12,400	40.9~49.5	45.5
경 암	4,000~28,700	11,100	36.0~50.4	45.1

5.6.6 기반암 설계지반정수 산정

(1) 연 암

구 분	문헌자료					적용 사례	경험식	현장 (실내) 시험	설계 적용
	도로설계 실무편람	Hoek& Brown	After Roy E.Hunt	지반공학 시리즈	서울시 분 류				
단위중량 (kN/m³)	–	–	26.9	–	23~25	21~23	24.1~ 26.4	21.9~ 26.9	23
점착력 (kN/m²)	100 ~150	130 ~200	–	–	300~600	220~500	141~ 13,268	6,700~ 19,300	250
내부마찰각 (°)	30 ~35	35 ~40	–	31~35	30~40	30~34	19~38	40.9~ 49.5	33
변형계수 (MPa)	–	–	2,800~ 4,900	–	200~ 400	500~ 2,500	1,153~ 15,435	517~ 19,400	2,400
포아송비	–	–	–	–	0.25 ~0.30	0.27~ 0.29	0.20~ 0.34	0.22~ 0.30	0.28

(2) 경 암

구 분	문헌자료					적용 사례	경험식	현장 (실내) 시험	설계 적용
	도로설계 실무편람	Hoek& Brown	After Roy E.Hunt	지반공학 시리즈	서울시 분 류				
단위중량 (kN/m³)	–	–	26.9	–	25~27	25~27	26.5~ 27.2	20.0~ 26.9	26
점착력 (kN/m²)	200	1,000~ 3,000	–	–	1,500~ 2,000	1,000~ 4,000	307~ 29,183	4,000~ 28,700	1,800
내부마찰각 (°)	40	40~50	–	31~35	35~45	36~45	36~45	36.0~ 50.4	39
변형계수 (MPa)	–	–	2,800~ 4,900	–	1,000~ 4,000	7,000~ 20,000	2,682~ 33,730	1,520~ 23,100	10,000
포아송비	–	–	–	–	0.20	0.20~ 0.25	0.19~ 0.21	0.21~ 0.32	0.23

5.7 터널구간 기반암 지반정수

5.7.1 기존 설계사례 검토

(1) 참고자료 현황

구 분	과 업 명	분포암종
①	도담-영천 타당성조사 기본계획	석회암, 셰일,사암,역암
②	중앙선 도담~영천 복선전철 제1공구 노반건설공사 실시설계	석회암, 셰일,사암,역암
③	중앙선 도담~영천 복선전철 제11공구 노반건설공사	셰일,사암
④	울산~포항 복선전철 기본설계	사암,셰일
⑤	대구선 동대구-영천(금호-영천)복선전철화 노반 기본설계	셰일
⑥	대구선 동대구-영천 복선전철화 제3공구 노반 실시설계	셰일
⑦	대구지하철 2호선 1공구	사암,셰일

(2) 적용 물성치

지 층	구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kN/m^2)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비
Ⅰ 등급	①	27	4,000	45	20,000	0.20
	②	26	4,590	44	17,500	0.20
	③	27	4,000	45	20,000	0.20
	④	27	4,500	45	40,000	0.20
	⑤	27	4,500	45	25,000	0.20
	⑥	27	4,500	45	25,000	0.20
	⑦	26.5	4,500	43	22,000	0.22
	범위	26~27	4,000~4,590	43~45	17,500~40,000	0.20~0.22
Ⅱ 등급	①	26	2,500	42	13,000	0.22
	②	25	2,300	40	10,700	0.22
	③	26	2,500	42	14,000	0.22
	④	26	2,500	40.5	30,000	0.22
	⑤	26	2,500	40.5	18,000	0.22
	⑥	26	2,500	42	20,000	0.22
	⑦	26	3,000	39	13,000	0.24
	범위	25~26	2,300~3,000	39~42	10,700~30,000	0.22~0.24
Ⅲ 등급	①	25	1,200	38	8,000	0.25
	②	24	1,030	36	5,500	0.25
	③	25	1,000	38	7,500	0.25
	④	25	1,300	35.5	12,000	0.24
	⑤	25	1,400	35.5	12,000	0.24
	⑥	25	1,500	38	12,000	0.24
	⑦	25	900	33	2,500	0.28
	범위	24~25	900~1,500	33~38	2,500~12,000	0.24~0.28

(2) 적용 물성치-〈계속〉

지 층	구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kN/m^2)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비
Ⅳ 등급	①	23	300	32	4,000	0.28
	②	22	250	33	2,500	0.28
	③	23	500	32	2,500	0.28
	④	23	480	30	2,000	0.28
	⑤	23	600	30	500	0.28
	⑥	23	500	32	5,000	0.28
	⑦	24	400	30	1,000	0.31
	범위	22~24	250~600	30~33	500~5,000	0.28~0.31
Ⅴ 등급	①	21	200	30	1,000	0.31
	②	21	140	32	550	0.29
	③	21	300	30	500	0.29
	④	21	100	26	100	0.31
	⑤	21	150	26	100	0.31
	⑥	21	200	30	1,000	0.30
	⑦	-	-	-	-	-
	범위	21	100~300	26~32	100~1,000	0.29~0.31

5.7.2 경험식에 의한 방법

(1) RMR 산정

- 시추조사에 의한 각 지층의 RMR값 분포는 다음과 같으며, 이를 바탕으로 대푯값을 산정하였다.

구 분	지층		RMR	RMR*	RQD(%)
퇴적암	Ⅱ 등급	범위(평균)	60~80(71)	60~84(70)	70~100(95)
		대푯값	71	70	95
	Ⅲ 등급	범위(평균)	40~60(51)	40~64(53)	40~100(71)
		대푯값	51	53	71
	Ⅳ 등급	범위(평균)	20~40(30)	22~48(33)	14~80(38)
		대푯값	30	33	38
	Ⅴ 등급	범위(평균)	1~20(10)	10~30(16)	0~59(15)
		대푯값	10	16	15

(2) RMR에 의한 지반정수 산정결과

가. 강도정수 산정(점착력 및 내부마찰각)

구 분		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kN/m^2)	내부마찰각 (°)
Bieniawski (1989)	Ⅱ 등급	27.4	348	40
	Ⅲ 등급	26.1	268	32
	Ⅳ 등급	25.4	159	21
	Ⅴ 등급	24.3	28	8
Aydan(1997)	Ⅱ 등급	27.2	-	-
	Ⅲ 등급	26.1	-	-
	Ⅳ 등급	25.1	-	-
	Ⅴ 등급	22.4	-	-
Tsuchiya(1984)	Ⅱ 등급	-	19,803	46
	Ⅲ 등급	-	14,132	43
	Ⅳ 등급	-	6,709	37
	Ⅴ 등급	-	2,953	33
김교원(1993)	Ⅱ 등급	26.9	5,450	45
	Ⅲ 등급	25.9	1,370	41
	Ⅳ 등급	25.2	287	36
	Ⅴ 등급	24.1	72	32
Mohammad (1997)	Ⅱ 등급	27.3	-	-
	Ⅲ 등급	27.0	-	-
	Ⅳ 등급	26.7	-	-
	Ⅴ 등급	25.9	-	-
Trueman (1988)	Ⅱ 등급	-	8,594	40
	Ⅲ 등급	-	3,151	30
	Ⅳ 등급	-	1,120	20
	Ⅴ 등급	-	418	10
Stille(1986)	Ⅱ 등급	-	34,587	-
	Ⅲ 등급	-	24,777	-
	Ⅳ 등급	-	14,661	-
	Ⅴ 등급	-	5,026	-
Honish(1994)	Ⅱ 등급	-	-	41
	Ⅲ 등급	-	-	35
	Ⅳ 등급	-	-	26
	Ⅴ 등급	-	-	21
범위	Ⅱ 등급	26.9~27.4	348~34,587	40~46
	Ⅲ 등급	25.9~27.0	268~24,777	30~43
	Ⅳ 등급	25.1~26.7	159~14,661	20~37
	Ⅴ 등급	22.4~25.9	28~5026	8~33

나. 변형계수 및 포아송비 산정

구 분		변형계수(MPa)	포아송비
Bieniawski (1989)	Ⅱ 등급	41,492	-
	Ⅲ 등급	10,399	-
	Ⅳ 등급	-	-
	Ⅴ 등급	-	-
Serafim & Pereira(1983)	Ⅱ 등급	-	-
	Ⅲ 등급	-	-
	Ⅳ 등급	3,160	-
	Ⅴ 등급	1,016	-
Aydan(1997)	Ⅱ 등급	34,255	-
	Ⅲ 등급	10,516	-
	Ⅳ 등급	1,641	-
	Ⅴ 등급	37	-
김교원(1993)	Ⅱ 등급	40,557	0.19
	Ⅲ 등급	12,116	0.25
	Ⅳ 등급	3,086	0.29
	Ⅴ 등급	921	0.42
Mohammad (1997)	Ⅱ 등급	39,942	-
	Ⅲ 등급	28,665	-
	Ⅳ 등급	17,037	-
	Ⅴ 등급	5,960	-
Tsuchiya(1984)	Ⅱ 등급	-	0.18~0.19
	Ⅲ 등급	-	0.19~0.20
	Ⅳ 등급	-	0.19~0.22
	Ⅴ 등급	-	0.20~0.26
범위	Ⅱ 등급	34,255~41,492	0.18~0.19
	Ⅲ 등급	10,399~28,665	0.19~0.25
	Ⅳ 등급	1,641~17,037	0.19~0.29
	Ⅴ 등급	37~5,960	0.20~0.42

5.7.3 현장시험에 의한 강도정수(공내재하시험)

구 분	변형계수(MPa)		탄성계수(MPa)	
	범 위	평 균	범 위	평 균
Ⅱ 등급	9,190~17,900	12,939	14,000~57,400	25,530
Ⅲ 등급	1,520~11,100	6,972	1,480~34,900	14,472
Ⅳ 등급	1,340~9,790	3,306	3,150~30,600	9,527
Ⅴ 등급	418~534	490	504~935	687

5.7.4 실내시험에 의한 강도정수

(1) 기본물성시험

구 분	단위중량(kN/m^3)		포아송비	
	범 위	평 균	범 위	평 균
Ⅱ 등급	25~26.8	26.2	0.21~0.29	0.26
Ⅲ 등급	25.3~26.8	26.1	0.21~0.29	0.26
Ⅳ 등급	23~26.9	25.7	0.22~0.30	0.27
Ⅴ 등급	20~26.9	25.4	0.22~0.32	0.26

(2) 삼축압축시험

구 분	점착력(kN/m^2)		내부마찰각(°)	
	범 위	평 균	범 위	평 균
Ⅱ 등급	6,500~12,700	10,500	42.1~47.8	45.3
Ⅲ 등급	5,100~28,700	11,900	39~50.4	45.4
Ⅳ 등급	4,900~19,300	10,100	39.1~48.5	45.1
Ⅴ 등급	4,000~21,700	13,700	36~49.5	45.7

5.7.5 터널구간 기반암 설계지반정수 산정

(1) 단위중량(kN/m^3)

구 분	Ⅱ 등급	Ⅲ 등급	Ⅳ 등급	Ⅴ 등급
기존 설계사례	25~26	24~25	22~24	21
경험식	26.9~27.4	25.9~27.0	25.1~26.7	22.4~25.9
실내시험	25~26.8	25.3~26.8	23~26.9	20~26.9
적 용	26	25	23	21

(2) 점착력(kN/m²)

구 분	Ⅱ 등급	Ⅲ 등급	Ⅳ 등급	Ⅴ 등급
기존 설계사례	2,300~3,000	900~1,500	250~600	100~300
경 험 식	348~34,587	268~24,777	159~14,661	28~5,026
실내시험	6,500~12,700	5,100~28,700	4,900~19,300	4,000~21,700
적 용	2,500	1,400	400	200

(3) 내부마찰각(°)

구 분	Ⅱ 등급	Ⅲ 등급	Ⅳ 등급	Ⅴ 등급
기존 설계사례	39~42	33~38	30~33	26~32
경 험 식	40~46	30~43	20~37	8~33
실내시험	42.1~47.8	39~50.4	39.1~48.5	36~49.5
적 용	41	37	33	31

(4) 변형계수(MPa)

구 분	Ⅱ 등급	Ⅲ 등급	Ⅳ 등급	Ⅴ 등급
기존 설계사례	10,700~30,000	2,500~12,000	500~5,000	100~1,000
경 험 식	34,255~41,492	10,399~28,665	1,641~17,037	37~5,960
현장시험	9,190~17,900	1,520~11,100	1,340~9,790	418~534
적 용	13,000	7,000	2,500	500

(5) 포아송비

구 분	Ⅱ 등급	Ⅲ 등급	Ⅳ 등급	Ⅴ 등급
기존 설계사례	0.22~0.24	0.24~0.28	0.28~0.31	0.29~0.31
경 험 식	0.18~0.19	0.19~0.25	0.19~0.29	0.20~0.42
실내시험	0.21~0.29	0.21~0.29	0.22~0.30	0.22~0.32
적 용	0.22	0.25	0.28	0.30

5.7.6 터널구간 설계지반정수 산정 결과

지 층	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kN/m²)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비
Ⅱ 등급	26	2,500	41	13,000	0.22
Ⅲ 등급	25	1,400	37	7,000	0.25
Ⅳ 등급	23	400	33	2,500	0.28
Ⅴ 등급	21	200	31	500	0.30

5.8 불연속면의 강도정수 산정

- 암반비탈면은 주로 불연속면을 따라 거동하게 되는데 이러한 불연속면의 전단강도는 암반의 전단강도와는 달리 대상 비탈면의 불연속면 형상, 거칠기(Roughness), 충전물(Filling material), 연장성(Persistency) 등에 의해 좌우된다.
- 설계지반정수 산정은 지표지질조사, 절리면 전단시험 및 기존문헌자료 등을 비교 검토하여 터널구간별 암반 절리면에 대한 방향성, 강도정수를 산정하였다.

5.8.1 기존문헌자료 검토

(1) Rock Slope Engineering, E.Hoek & j.w.Bray

암 석 명			내부마찰각(°)	점착력(MPa)	비 고
점착력이 없는 물질	발파 / 파쇄 암석	현 무 암	40 ~ 50	-	-
		백 악	30 ~ 40		
		화 강 암	45 ~ 50		
		석 회 암	35 ~ 40		
		사 암	35 ~ 45		
		셰 일	30 ~ 35		
점착력이 있는 물질	암 석	견고한 화성암	35 ~ 45	35.69 ~ 56.08	(화강암, 현무암, 반암)
		변성암	30 ~ 40	20.39 ~ 40.79	(규암, 편마암, 점판암)
		견고한 퇴적암	35 ~ 45	10.20 ~ 30.59	(석회암, 백운석, 사암)
		연약한 퇴적암	25 ~ 35	1.02 ~ 20.39	(사암, 석탄, 백악, 세일)

(2) 암종별 Basic Friction Angle ϕ (Barton, 1982)

구 분	현 무 암	역 암	편 마 암	화 강 암	사 암	셰 일
마찰각(°)	31 ~ 38	35	23 ~ 29	29 ~ 35	25 ~ 35	27

(3) 불연속면을 고려한 암반의 전단강도정수(D.C. Wyllie, 1992)

구 분	암 종	내부마찰각(°)	비 고
Low-friction Rocks	편암(백운모 함유), 세일, 대리석	20 ~ 27	
Medium-friction Rocks	사암, 백악, 편마암, 슬레이트	27 ~ 34	
High-friction Rocks	현무암, 화강암, 석회암, 역암	34 ~ 40	

(4) 충전물을 포함하고 있는 불연속면의 전단강도

암 석 명	설 명	최대강도		잔류강도		시 험 자
		c′ (kPa)	ϕ (°)	c′ (kPa)	ϕ (°)	
현무암	점토화된 현무암질 각력암 점토에서 현무암까지의 함유량 변화가 큼	240	42			Ruiz, Camargo, Midea &Nieble [109]
벤토나이트	백악내의벤토나이트층 얇은 층상 삼축시험	15 90-120 60-100	7.5 12-17 9-13			Link[110] Sinclair & Brooker[111]
벤토나이트질 세일	삼축시험 직접전단시험	0-270	8.5-29	30	8.5	Sinclair & Brooker[111]
점토	과압밀, 미끄러짐면, 절리 및 소규모 전단면	0-180	12-18.5	0-3	10.5-16	Skempton & Petley[112]
점토세일	삼축시험	60	32			Sinclair & Brooker[111]
점토세일	성층면			0	19-25	Leussink & Muller-Kirchen bauer[113]
협탄층암석	점토 분쇄암층, 두께 1.0~2.5㎝	11-13	16	0	11-11.5	Stimpson & Walton[114]
백운석	변질된 세일층, 두께 약 15㎝	41	14.5	22	17	Pigot & Mackenzie[115]
섬록암, 반암 및 화강섬록암	점토 충진물(점토 2% PI=17%)	0	26.5			Brawner[116]
화강암/ 편마암	점토 충전물이 있는 단층 사질양토로된 단층 충전물과 함께 약화된 구조적 전단대, 편암질 및 파쇄된 화강암, 풍화된암석 및 충전물	0-100 50 242	24-25 40 42			Rocha[105] Nose[117] Evdokimov & Sapegin[118]
경사암	층리면내 1~2㎜의 점토			0	21	Drozd[119]
석 회 암	6㎜의 점토층 1~2㎜의 점토 충전물 1㎜이하의 점토 충전물	100 50-20 0	 13-14 17-21	0	13	Krsmanovic등[120], Krsmanovic & Popovic[121]
석회암,이회암 및 갈탄	층상의 갈탄층 갈탄~이회암 접촉면	80 100	38 10			Salas & Uriel[122]
석회암	이회질 절리, 두께 2㎝	0	25	0	15-24	Bernaix[123]
갈탄	갈탄과 그 하부에 있는 점토사이의 층	14-30	15-17.5			Schultze[124]
몬모릴로나이트 점토	백악내에 있는 8㎝의 벤토나이트(몬모릴로나이트)점토사이의 층	360 16-20	14 7.5-11.5	80	11	Eurenius[125] Underwood[126
편암, 규암 및 규산질편암	10~15㎝ 두께의 점토충전물 얇은 점토를 가진 성층구조 두꺼운 점토를 가진 성층구조	30-80 610-740 380	32 41 31			Serafim & Guerreiro[127]
점판암	세밀한 판상 및 변질상태	50	33			Goates, Mcrorie &Stubbins[128]
석영/고령토/ 연 망 간 석	혼합시료에 대한 삼축시험	42-90	36-38			

5.8.2 절리면 전단시험 결과

공번	심도 (GL.-m)	암종	점착력 (kPa)	내부마찰각(°)		수직강성 (MPa/mm)	전단강성 (MPa/mm)	JCS (MPa)	JRC
				최대	잔류				
NCB-01	11.1	셰일	13.6	27.3	21.7	28.6	1.6	25.1	2~4
NCB-03	5.9	셰일	22.9	31.4	26.6	23.2	1.3	26.1	4~6
NCB-04	2.7	셰일	28.7	33.1	28.6	24.8	1.3	29.5	6~8
NCB-06	3.5	셰일	23.4	30.4	25.9	20.9	1.3	24.8	6~8
NTB-08	64.0	셰일	18.6	31.0	26.8	25.0	1.4	27.5	4~6
NTB-35	9.0	셰일	18.6	30.8	25.8	19.6	1.6	20.5	4~6
NTB-49	93.2	셰일	24.5	26.4	22.5	41.9	1.7	31.3	2~4
NTB-72	12.3	셰일	27.7	30.0	26.0	21.4	1.4	23.8	6~8

5.8.3 설계적용 암반 불연속면의 강도정수

- 불연속면 및 층리 등을 대상으로 실시한 실내시험 값, 문헌자료에서 산정된 값을 종합 검토한 결과, 다음과 같은 불연속면 강도정수를 적용
- 설계적용 절리면 전단강도는 실내시험결과의 평균치로 적용

구 분		절리면 전단강도	
		점착력(kPa)	마찰각(°)
문헌 자료	Rock Slope Engineering	-	30 ~ 35
	Barton	-	27
	D.C Wyllie	-	20 ~ 27
실내시험		13.6~28.7	21.7~28.6(잔류)
적 용		22.0	26.0

5.9 단층파쇄대 설계지반정수

(1) 문헌자료검토 (2) 기존적용사례 검토

구 분	지질 구조대	점착력 (kN/m^2)	내부 마찰각 (°)	구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kN/m^2)	마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/s)
Hunt (1984)	변성암	0	15~25	서울-춘천	25.6	100.0	33.0	670.0	0.31	2.6×10^{-4}
	Shale	0	10~20	도담-영천	20.0	50.0	28.0	255.0	0.30	7.0×10^{-4}
	단층점토	0	15~30	부산 외곽	-	150.0	32.0	560.0	-	-
Hoek(1981)	단층대	0~100	25~45	유치-이양	-	18.0	20.0	20.0	0.36	-
Barton(1974)	협탄층	0~1.3	11~16	음성-평택	-	100.0	15.0	400.0	-	-

(3) 설계지반정수 산정결과

구 분	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kN/m^2)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/s)
단층파쇄대	20.0	50.0	32.0	450.0	0.30	5.0×10^{-4}

5.10 내진해석을 위한 지반정수

•구조물의 내진해석을 위한 설계정수 산정을 위하여 인근지역 적용사례, 경험식을 검토하여 탄성파 속도를 산정하고 동적 설계정수를 산정

(1) 기존 설계사례 검토

가. 설계자료 현황

구 분	과업명	비 고
①	중앙선 도담~영천 복선전철 제1공구 노반건설공사	퇴적암류 (이암 및 셰일)
②	중앙선 도담~영천 복선전철 제11공구 노반건설공사(A)D	
③	중앙선 도담~영천 복선전철 제11공구 노반건설공사(B)P	
④	중앙선 도담~영천 복선전철 제11공구 노반건설공사(C)H	

나. 적용 물성치

지 층		압축파 속도(V_p, m/sec)					전단파 속도(V_s, m/sec)				
		①	②	③	④	범위	①	②	③	④	범위
매립층		–	610	–	347	347~610	–	210	–	174	174~210
붕적층		–	770	–	705	705~770	–	300	–	302	300~302
퇴적층	점 토	800	600	–	–	600~800	300	200	–	–	200~300
	모 래	1,890	650	745	538	538~1,890	820	245	286	249	245~820
	자 갈	1,900	805	1,068	961	805~1,900	850	325	459	469	325~850
풍화토		2,400	880	997	1,162	880~2,400	1,140	345	404	545	345~1,140
풍화암		2,500	1,295	1,527	1,394	1,295~2,500	1,230	610	754	654	610~1,230
연암		3,470	–	1,910	2,190	1,910~3,470	1,750	–	1,007	1,197	1,007~1,750
경암		4,980	–	3,079	2,712	2,712~4,980	2,590	–	1,643	1,536	1,536~2,590
Ⅰ 등급		5,500	4,220	3,200	–	3,200~5,500	2,900	2,610	1,900	–	1,900~2,900
Ⅱ 등급		5,250	3,200	2,900	–	2,900~5,250	2,762	1,870	1,600	–	1,600~2,762
Ⅲ 등급		4,551	2,900	2,700	–	2,700~4,551	2,380	1,650	1,500	–	1,500~2,380
Ⅳ 등급		4,220	2,390	2,300	–	2,300~4,220	2,195	1,220	1,100	–	1,100~2,195
Ⅴ 등급		3,622	1,680	1,900	–	1,680~3,622	1,856	850	850	–	850~1,856

(2) S-PS검증 결과 검토

가. NBB-15시험공

지 층		속도(m/sec)	
		V_P	V_S
퇴적층	모래	1,695~1,724	248~265
연암		2,128~2,632	1,010~1,429

나. NBB-20시험공

지 층	속도(m/sec)	
	V_P	V_S
풍화암	1,923	720
연암	2,222~2,564	1,136~1,373

다. 지층별 분포범위

지 층		속도(m/sec)	
		V_P	V_S
퇴적층	모래	1,695~1,724	248~265
풍화암		1,923	720
연암		2,128~2,632	1,010~1,429

(3) 경험식에 의한 전단파속도(V_s) 검토

- 지층별 대표N값을 이용한 경험식을 통해 사질토 지반의 전단파 속도(Vs)를 산정
- 풍화암층의 경우 N=50으로 동일하게 적용
- 경험식
  - Imai & Yoshimura(1970) : $Vs=76\times N^{0.33}$(m/s)
  - Imai(1982) : $Vs=97\times N^{0.314}$(m/s)
  - 국내사례 : $Vs=102.89\times N^{0.2835}$(m/s)

지 층		대표 N치	전단파속도(m/sec)			범 위 (°)
			Imai & Yoshimura	Imai	국내사례	
매립,전답층		11/30	168	206	203	168~206
붕적층		7/30	144	179	179	144~179
퇴적층	점성토	10/30	162	200	198	162~200
	모래	15/30	186	227	222	186~227
	자갈	17/30	194	236	230	194~236
풍화토		34/30	243	294	280	243~294
풍화암		50/10	276	331	312	276~331

(4) 동적물성치 산정

가. 압축파 속도(V_P), 전단파 속도(V_S) 산정

지 층		V_P(m/sec)			V_S(m/sec)			
		기존적용 사례	S-PS 검층	적용	기존적용 사례	S-PS 검층	경험식	적용
매립,전답		347~610	-	480	174~210	-	168~206	190
붕적층		705~770	-	740	300~302	-	144~179	300
퇴적층	점성토	600~800	-	700	200~300	-	162~200	250
	모래	538~1,890	1,695~1,724	950	245~820	248~265	186~227	400
	자갈	805~1,900	-	1,180	325~850	-	194~236	550
풍화토		880~2,400	-	1,360	345~1,140	-	243~294	600
풍화암		1,295~2,500	1,923	1,670	610~1,230	720	276~331	850
연암		1,910~3,470	2,128~2,632	2,520	1,007~1,750	1,010~1,429	-	1,360
경암		2,712~4,980	-	3,380	1,536~2,590	-	-	2,000
Ⅱ 등급		2,900~5,250	-	3,780	1,600~2,762	-	-	2,300
Ⅲ 등급		2,700~4,551	-	3,380	1,500~2,380	-	-	2,000
Ⅳ 등급		2,300~4,220	-	2,970	1,100~2,195	-	-	1,650
Ⅴ 등급		1,680~3,622	-	2,400	850~1,856	-	-	1,200

나. 동적물성치(G_d, E_d, K_d, υ_d)산정

동전단탄성계수(G_d)	동탄성계(E_d)	동체적탄성계수(K_d)	동포아송비(υ_d)
$G_d=\rho V_s^2$	$E_d=2G_d(1+\upsilon_d)$	$K_d=E_d/3(1-2\upsilon_d)$	$\upsilon_d=\frac{(V_p/V_s)^2-2}{2(V_p/V_s)^2-2}$

•여기서, ρ : 밀도 V_S : 전단파(S파)속도 V_P : 압축파(P파)속도

구 분	탄성파속도 (m/s)		동적물성치 (MPa)			동포 아송비
	V_P	V_S	G_d	E_d	K_d	υ_d
매립·전답	480	190	66	187	335	0.41
붕적층	740	300	156	438	742	0.40
퇴적점성	950	400	294	818	1,266	0.39
퇴적모래	1,360	600	716	1,976	2,725	0.38
퇴적자갈	1,180	550	5,748	15,647	18,792	0.36
풍화토	1,360	600	7,020	19,363	26,707	0.38
풍화암	1,670	850	14,450	38,298	36,511	0.33

구 분	탄성파속도 (m/s)		동적물성치 (MPa)			동포 아송비
	V_P	V_S	G_d	E_d	K_d	υ_d
연암	2,520	1,360	4,341	11,239	9,116	0.29
경암	3,380	2,000	10,612	26,119	16,160	0.23
Ⅱ등급	3,780	2,300	14,035	33,853	19,195	0.21
Ⅲ등급	3,380	2,000	10,204	25,115	15,538	0.23
Ⅳ등급	2,970	1,650	6,390	16,316	12,183	0.28
Ⅴ등급	2,400	1,200	3,086	8,229	8,229	0.33

5.11 수리해석을 위한 투수계수

5.11.1 문헌자료 검토

(1) 구조물 기초설계기준(2003)

구 분	느슨한 모래	중간 모래	가는 모래	모래질 실트	실트	점토질 실트	실트질 점토	점 토
투수계수 (cm/s)	3.0×10^{-1} ~5.0×10^{-1}	1.0×10^{-1}	5.0×10^{-3} ~1.5×10^{-2}	1.0×10^{-4} ~2.0×10^{-3}	1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-4}	1.0×10^{-6} ~1.0×10^{-5}	1.0×10^{-7} ~1.0×10^{-6}	1.0×10^{-9} ~1.0×10^{-8}

구 분	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	100	10	(cm/s)
지층종류	균질점토			실 트			모 래			자 갈	
투수성	불투수			투수불량			보 통			투수양호	

구 분	투수계수(cm/s)	구 분	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	$1.0\times10^{-2}\sim1.0\times10^{2}$	GM	$1.0\times10^{-3}\sim1.0\times10^{-6}$
균열 간격이 보통인 상태	$1.0\times10^{-5}\sim1.0\times10^{-2}$	GC	$1.0\times10^{-6}\sim1.0\times10^{-8}$
균열간격이 매우 넓은 상태	$1.0\times10^{-9}\sim1.0\times10^{-5}$	SM	$1.0\times10^{-2}\sim1.0\times10^{-5}$
균열 간격이 없을때	1.0×10^{-9} 이하	SC	$1.0\times10^{-6}\sim1.0\times10^{-8}$

(2) 흙의 종류에 따른 일반적인 투수계수(J, Ratrick Powers, 1992)

구 분	GP	GW	SP	SW	SM	SC	ML	CL
투수계수 (cm/s)	2.0×10^{-1} ~1.0×10^{-1}	5.0×10^{-2} ~3.0×10^{-2}	5.0×10^{-3} ~2.0×10^{-1}	1.0×10^{-3} ~1.0×10^{-1}	1.0×10^{-3} ~5.0×10^{-3}	1.0×10^{-4} ~1.0×10^{-3}	5.0×10^{-5} ~1.0×10^{-4}	1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-4}

5.11.2 기존적용사례 검토

(1) 인근지역 참고자료 현황

구 분	과 업 명
①	중앙선 도담~영천 복선전철 T/K 6공구
②	영주댐 이설 철도
③	중앙선 도담~영천 복선전철 제3공구 지반조사
④	중앙선 도담~영천 복선전철 기본계획 타당성조사
⑤	중앙선 도담~영천 복선전철 제1공구 지반조사

(2) 인근지역 적용치 단 위 (Kv, cm/s)

지 층		①	②	③	④	⑤	범위
매립층		-	4.30×10^{-3}	1.51×10^{-3}	-		1.51×10^{-3}~4.30×10^{-3}
붕적층		2.98×10^{-5}	2.00×10^{-3}	3.04×10^{-3}	-	8.00×10^{-2}	2.98×10^{-5}~8.00×10^{-2}
퇴적층	점성토	-	-	4.53×10^{-7}	-	3.70×10^{-6}	4.53×10^{-7}~3.70×10^{-6}
	모래	4.61×10^{-3}	8.60×10^{-3}	2.83×10^{-3}	-	2.50×10^{-3}	2.50×10^{-3}~8.60×10^{-3}
	자갈	9.12×10^{-3}	1.10×10^{-2}	-	-	4.00×10^{-2}	1.10×10^{-2}~9.12×10^{-3}
풍화토		4.79×10^{-4}	6.50×10^{-4}	4.11×10^{-4}	-	1.50×10^{-3}	1.50×10^{-3}~6.50×10^{-4}
풍화암		9.68×10^{-5}	1.20×10^{-4}	1.40×10^{-4}	-	3.00×10^{-4}	9.68×10^{-5}~3.00×10^{-4}
연 암		4.05×10^{-5}	3.50×10^{-5}	1.90×10^{-5}	-	6.00×10^{-5}	1.90×10^{-5}~6.00×10^{-5}
경 암		4.00×10^{-6}	1.40×10^{-6}	3.96×10^{-6}	-	7.00×10^{-6}	1.40×10^{-6}~7.00×10^{-6}
터널 구간	Ⅰ 등급	8.94×10^{-7}	1.50×10^{-7}	3.94×10^{-6}	7.90×10^{-9}	8.20×10^{-7}	7.90×10^{-9}~3.94×10^{-6}
	Ⅱ 등급	4.62×10^{-6}	9.20×10^{-7}	9.20×10^{-6}	2.96×10^{-8}	2.80×10^{-6}	2.96×10^{-8}~2.80×10^{-6}
	Ⅲ 등급	8.88×10^{-6}	4.60×10^{-6}	9.84×10^{-6}	1.11×10^{-7}	3.20×10^{-5}	1.11×10^{-7}~3.20×10^{-5}
	Ⅳ 등급	5.44×10^{-5}	1.20×10^{-5}	1.81×10^{-5}	4.14×10^{-7}	5.20×10^{-5}	4.14×10^{-7}~1.20×10^{-5}
	Ⅴ 등급	9.00×10^{-5}	6.20×10^{-5}	-	1.55×10^{-6}	1.40×10^{-4}	1.55×10^{-6}~1.40×10^{-4}

5.11.3 현장시험결과

(1) 암반수압시험 결과(cm/s)

구 분	연암	경암	Ⅱ등급	Ⅲ등급	Ⅳ등급	Ⅴ등급
범위	7.9×10^{-6}~ 2.8×10^{-4}	4.0×10^{-7}~ 7.8×10^{-5}	5.1×10^{-7}~ 2.4×10^{-6}	4.0×10^{-7}~ 7.1×10^{-5}	3.5×10^{-6}~ 7.8×10^{-5}	4.9×10^{-5}~ 2.8×10^{-4}
평균	9.1×10^{-5}	8.9×10^{-6}	1.4×10^{-6}	9.6×10^{-6}	3.1×10^{-5}	1.7×10^{-4}

5.11.4 투수계수 산정결과

(1) 지층별 투수계수

구 분	매립, 전답층	붕적층	퇴적층			풍화토	풍화암
			점성토	모래	자갈		
투수계수 (cm/s)	6.0×10^{-4}	4.0×10^{-4}	5.0×10^{-6}	5.0×10^{-4}	2.0×10^{-3}	3.0×10^{-4}	2.0×10^{-4}

(2) 기반암 및 암반등급별 투수계수

구 분	연암	경암	Ⅱ등급	Ⅲ등급	Ⅳ등급	Ⅴ등급
투수계수 (cm/s)	8.5×10^{-5}	9.5×10^{-6}	1.0×10^{-6}	4.5×10^{-6}	4.5×10^{-5}	2.0×10^{-4}

5.12 설계 지반정수 요약

5.12.1 쌓기재 설계지반정수

구 분	단위중량(kN/m^3)	점착력(kN/m^2)	내부마찰각(°)
토 사	19	15	25
암버력	20	0	37

5.12.2 연약지반 설계지반정수

구 분	단위중량 (kN/m^3)	초기간극비	비배수 전단강도 (kN/m^2)	압축지수	압밀계수 (cm^2/s)	압밀계수 (cm^2/s)
연약지반	17.0	1.02	20.0	0.35	6.0×10^{-3}~ 1.5×10^{-3}	2.8×10^{-7}~ 1.6×10^{-8}

5.12.3 토사, 풍화암 및 기반암 설계지반정수

지 층		단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kN/m^2)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비	투수계수 (cm/s)
매립,전답층		18	0	26	20	0.37	6.0×10^{-4}
붕적층		17	2	27	23	0.34	4.0×10^{-4}
퇴적층	점성토	17.5	30	0	5	0.38	5.0×10^{-6}
	모 래	18	5	27	15	0.35	5.0×10^{-4}
	자 갈	19	0	32	40	0.33	2.0×10^{-3}
풍화토		19.5	19	29	50	0.32	3.0×10^{-4}
풍화암		20	29	31	200	0.31	2.0×10^{-4}
연 암		23	250	33	2,400	0.28	8.5×10^{-5}
경 암		26	1,800	39	10,000	0.23	9.5×10^{-6}
터널 구간	Ⅱ 등급	26	2,500	41	13,000	0.22	1.0×10^{-6}
	Ⅲ 등급	25	1,400	37	7,000	0.25	4.5×10^{-6}
	Ⅳ 등급	23	400	33	2,500	0.28	4.5×10^{-5}
	Ⅴ 등급	21	200	31	500	0.30	2.0×10^{-4}
단층파쇄대		20.0	50.0	32.0	450.0	0.30	5.0×10^{-4}

5.12.4 불연속면 강도정수

암 종	절리면 전단강도		비 고
	점착력 (kPa)	마찰력 (°)	
퇴적암	22.0	26.0	

5.12.5 동적 설계지반정수

구 분	탄성파속도(m/s)		동적물성치(MPa)			동포아송비
	V_P	V_S	G_d	E_d	K_d	υ_d
매립·전답	480	190	66	187	335	0.41
붕적층	740	300	156	438	742	0.40
퇴적점성	950	400	294	818	1,266	0.39
퇴적모래	1,360	600	716	1,976	2,725	0.38
퇴적자갈	1,180	550	5,748	15,647	18,792	0.36
풍화토	1,360	600	7,020	19,363	26,707	0.38
풍화암	1,670	850	14,450	38,298	36,511	0.33
연암	2,520	1,360	4,341	11,239	9,116	0.29
경암	3,380	2,000	10,612	26,119	16,160	0.23
Ⅱ등급	3,780	2,300	14,035	33,853	19,195	0.21
Ⅲ등급	3,380	2,000	10,204	25,115	15,538	0.23
Ⅳ등급	2,970	1,650	6,390	16,316	12,183	0.28
Ⅴ등급	2,400	1,200	3,086	8,229	8,229	0.33

제6장 토공 성과분석

중앙선 도담~영천 복선전철 제5공구 지반조사

6.1 깎기부 토공작업

6.2 쌓기재료의 다짐특성 및 설계CBR 산정

6.3 본선암 유용성 검토

6.4 재료원조사

제 6 장 토공 성과분석

6.1 깎기부 토공작업

6.1.1 개요현황

•깎기의 난이도는 암반의 강도뿐만 아니라 암반 내에 발달하고 있는 불연속면의 발달빈도에 따라서 결정되며, 암질의 종류, 층리 및 절리의 유무, 풍화의 정도, 시공장비 등에 따라 달라진다. 본 설계에서는 토공구간에 대하여 시추조사 결과를 토대로 각 토층별 토공작업을 계획하였음

6.1.2 암반분류 및 굴착난이도 평가기준

•토목공학적 측면에서의 암반분류는 토사, 풍화암, 연암 및 경암 등으로 구분하는 것이 통례화되어 있으나 이러한 기존의 분류방법이 리핑암 혹은 발파암 등 굴착방법에 의한 암반분류와 일치되지 않아 최근에는 깎기공을 기준으로 토사, 리핑암, 발파암 등으로 구분하고 리핑암, 발파암을 연암 및 경암에 대비하여 깎기공의 암반분류에 사용한다. 기존문헌 및 각 기관에서 제시한 굴착경계 설정기준은 다음 표와 같음

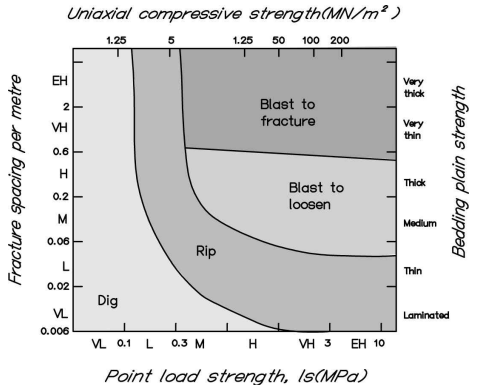
(1) 도로공사 분류기준(도로설계편람 Ⅱ, 402-16)

구 분		토 공 작 업			비 고
		토 사	리 핑 암	발 파 암	
표준관입시험(N값)		50/10 미만	50/10 이상	-	시추결과인 TCR, RQD에 근거하여 굴착경계 설정기준 제시
불연속면 발달빈도	BX구경	-	TCR=5% 이하이고 RQD = 0% 정도	TCR=5~10% 이상이고 RQD = 5% 이상	
	NX구경	-	TCR=25% 이하이고 RQD = 10% 이하	TCR=25% 이상이고 RQD = 10% 이상	
탄 성 파 속 도	A그룹	700m/s 미만	700~1,200m/s	1,200m/s 이상	
	B그룹	1,000m/s 미만	1,000~1,800m/s	1,800m/s 이상	

주) A그룹 암종 : 편마암, 사질편암, 녹색편암, 석회암, 안산암, 현무암, 유문암, 감람암, 화강암
B그룹 암종 : 흑색편암, 휘록응회암, 셰일, 이암, 응회암, 집괴암

(2) Franklin이 제안한 깎기 작업 결정기준

- Franklin이 제안한 암질과 깎기작업 관계도는 암석의 일축압축강도 또는 점하중강도와 암반의 균열간격에 의하여 깎기작업 방법 결정
- 암질을 발파시 균열 발생, 발파시 파쇄, 리핑굴착, 인력굴착으로 구분하여 현장 적용성이 양호
- 고속도로 깎기부 현장 암판정 수행시 이 도표를 활용한 결과 다른 기준보다 효용성이 큰 것으로 평가



(3) Weaver의 분류기준

- 깎기방법은 암질의 종류, 층리와 절리 등의 유무, 풍화정도, 시공장비 성능 및 시공방법 등을 종합적으로 고려하여 판단하여 함
- Weaver(1975)는 탄성파속도, 압축강도, 풍화도, 불연속면의 상태와 주향, 경사 등을 고려요소로 하는 굴착공법 선정기준을 다음과 같이 제시하였음

◈ Weaver의 암반 Rippability 평가표(1975)

등 급	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
분 류	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock
탄성파속도(m/s)	〉 2,150	2,150~1,850	1,850~1,500	1,500~1,200	1,200~450
점 수	26	24	20	12	5
강 도	Extremely hard rock	Very hard rock	Hard rock	Soft rock	Very soft rock
점 수	10	5	2	1	0
풍화정도	Unweathered	Slightly weathered	Weathered	Highly weathered	Completely weathered
점 수	9	7	5	3	1
절리간격(mm)	〉 3,000	3,000~1,000	1,000~300	300~50	〈 50
점 수	30	25	20	10	5
절리의 연장성	Noncontinuous	Slightly continuous	Continuous no gouge	Continuous some gouge	Continuous with gouge
점 수	5	5	3	0	0

◈ Weaver의 암반 Rippability 평가표(1975) – 계속

등 급	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
절리틈새 및 충진물질	No separation	Slightly separation	Separation 〈 1mm	Gouge 〈 5mm	Gouge 〉 5mm
점 수	5	5	4	3	1
절리의 주향과 경 사	Very unfavourable	Unfavourable	Slightly unfavourable	Favourable	Very Favourable
점 수	15	13	10	5	3
합 계	100~90	90~70	70~50	50~25	〈 25
Rippability의 평 가	Blasting	Extremely hard ripping and blasting	Very hard ripping	Hard ripping	Easy ripping
Tractor selection	–	DD9G / D9G	D9 / D8	D8 / D7	D7
Horsepower	–	770 / 385	385 / 270	270 / 180	180
Kilowatts	–	575 / 290	290 / 200	200 / 135	135

주) 점수가 75 이상이면 Pre-blasting이 없는 경우 Ripping 작업이 불가능

6.1.3 굴착공법 검토

- 조사결과 지층구성은 표토/붕적층, 풍화토층, 풍화암, 연암 및 경암의 순서로 분포된다. 따라서 기반암을 피복하고 있는 표토/붕적층, 풍화토층은 Back-Hoe 또는 Dozer 작업으로 대부분 굴착 가능할 것으로 사료되며, 풍화암층은 조직이 치밀하고 상대밀도가 커서 Ripper 작업으로 대부분 절취가 가능할 것으로 판단된다. 또한 연암층 이하의 암층은 대부분 발파를 실시하여야 할 것으로 판단됨
- 실제 시공시에는 지층변화, 풍화정도의 차이, 절리 분포상태, 함수상태, 깎기고와 지형적인 여건 및 암질의 변화에 따라 차이가 있을 수 있으므로 시공과정에서 제반 여건 등을 종합적으로 검토하여 결정하여야 할 것임

◈ 지층종류별 굴착방법

구 분	굴 착 방 법	비 고
토 사 층	Dozer, Back-Hoe	표토층, 붕적층 및 풍화토층
풍 화 암	Ripping	부분적인 발파 필요
연 암	발 파	상부 균열발달 부위는 Ripping 가능
경 암	발 파	–

6.2 쌓기재료의 다짐특성 및 설계CBR 산정

6.2.1 품질기준

•쌓기 재료의 품질 및 다짐기준에 대하여 철도설계기준(노반편, 2011), 철도건설공사 전문시방서(노반편, 2011) ,철도설계편람(토목편, 2004), 철도공사전문시방서(토목편, 2004), 등과 도로설계편람(2000, 건설교통부)을 선정하여 다음과 같이 검토함

◈ 철도설계기준(노반편, 2011) 등

항목 \ 공종		쌓기재			비고
		상부노반	하부노반	암석쌓기	
품질	최대치수	25mm	300mm	300mm	
	#200번체 통과율	35% 이하	50% 이하	-	
	소성지수 (#40번체 통과분)	10 이하	30 이하		
다짐도		95%	90%	시험시공에 의해 결정	
시공함수비		다짐시험방법에 의한 최적함수비		자연함수비	
시공층두께		30cm 이하		60cm이하	한층의 마무리 두께

(1) 쌓기재료

•30cm 이상 (30~100cm)의 암괴는 대형 다짐기계를 사용하여도 충분히 다져지지 않아 도로 흙쌓기에서 압축침하가 생기기 쉽기 때문에 암괴의 재료를 사용한 흙쌓기에 대해서는 시공 중 두께에 상응하는 대형 다짐기계를 사용하는 것을 전제로 하고 최대 크기의 규정은 두지 않는 것으로 함. 그러나 시공성 등에서 최대 크기는 60cm 이하로 하는 것이 바람직함. 또한 박층으로 세밀히 시공하는 것이 보다 안정된 흙쌓기가 되기 때문에 입경이 작아지도록 굴착 시에 배려하는 것을 잊지 말아야 함. 한편, 토사에 대해서는 30cm 이상의 큰 덩어리가 혼입되어 있는 비율이 아주 적기 때문에 그것이 원인으로 되어 관리에 지장을 초래한다고 생각하기 어려우므로 최대크기의 규정은 특별히 두지 않는 것으로 함. 단, 30cm 이상의 호박돌 및 전석이 다량으로 유입된 토사에 있어서는 시공성이나 경제성을 고려한 후 전석의 처리방법을 결정할 필요가 있음

(2) 다짐도

① 흙의 다짐도

•흙의 다짐도(KS F 2312)에 따라 최대건조밀도의 90% 이상을 목표로 함. KS F 2312의 방법은 19mm체 잔류량이 30% 이하인 재료에 대해서 실시할 수 있는 방법이며, 30%를 초과할 경우에는 다음 식에 따라 최대밀도를 추정할 수 있으나, 50%를 초과할 경우에는 이 식을 사용할 수 없음

$$x = \frac{100}{\frac{(100 - P)}{M} + \frac{P}{S}}$$

여기서, x : 최대건조밀도

M : 19mm체를 통과한 재료의 최대건조밀도

P : 19mm체 잔류율

S : 19mm체에 잔류한 골재의 비중

•또한, 75μ m(#200)체 통과량이 20~50%일 때는 공기간극율(Va)이 15%이하, 통과량이 50%이상일 때는 공기간극율이 10% 이하를 목표로 함. 이러한 목표치는 노체가 확보해야 할 평균적인 품질이며, 실제 시공관리에서는 이러한 품질이 확보될 수 있도록 측정방법, 측정빈도에 따라 적정한 관리기준치를 설정해야 함

•규정된 다짐도는 만족하지 않지만 노체로서 충분한 강도 ($q_c \geqq$ 10정도)가 확보될 수 있는 경우, 다짐관리 기준은 별도의 시험시공 등에 따라서 결정할 수 있음

② 암괴의 다짐도

•암괴는 토사와 같이 건조밀도에 의한 다짐도 관리가 곤란한 재료임. 이러한 재료에서는 시험시공을 실시하여 밀도나 표면 침하량 등으로부터 다짐기계나 다짐횟수 등을 결정함

•암괴상의 층 당 마무리 두께에 따른 다짐기계의 선정

1층 당의 마무리 두께	다짐기종(기전력 표시)	비 고
30cm 이하	진동롤러 5tf 이상 (단, 진동롤러가 적당치 않은 재료에서는 타이어 롤러 15tf 이상)	진동륜이 2축인 것에 대해서는 공칭기전력 1축으로 환산해서 평가할 것
30~60cm	진동롤러 13tf 이상	
60~100cm	진동롤러 20tf 이상	

•암버력을 흙쌓기 재료로 사용할 경우에는 아래와 같은 점에 유의하여 시공하여야 하며, 상부 노체 완성면 아래 50cm 이내에서는 직경 15cm 이상의 암버력은 사용할 수 없음
•암버력의 최대 입경은 60cm 이하로 하나 암괴상의 층당 마무리 두께에 따른 다짐기계의 선정은 대형 다짐기계를 사용하는 전제로, 한 층 당 마무리 두께는 암버력 최대입경의 1.0~1.5배를 목표로 하여 시험 시공 후 결정할 수 있음
•Slaking이 발생하기 쉬운 연암재료의 흙쌓기 중에는 완성 후 장기간에 걸친 지하수위 변동 등의 작용을 받아 세립화되어 압축침하를 일으키는 경우도 있으므로 압축성이 큰 암버력에 대하여서는 압축을 적게 받는 장소에 사용을 검토하고 큰 압축침하가 생기지 않도록 충분한 다짐을 실시하여야 함

③ 수정 CBR

•노체는 다음의 이유로 인해 수정 CBR 2.5 이상의 재료를 사용하는 것이 바람직함
•노상의 바로 아래 면은 노상 및 포장 시공시의 교통하중의 영향을 다소라도 받음. 따라서, 이 부분의 강도를 규제하지 않으면 노상두께가 현저하게 두꺼워져서 비경제적인 단면이 될 수 있음. 그러므로 이 부분의 강도로 규정하는 것이 경제적임
•노상은 충분한 다짐을 필요로 하기 때문에 그 다짐의 기초가 되는 노체는 작고 가벼운 견인식 타이어 로울러로 전압이 가능한 강도 즉, CBR이 2.5이상인 지지력을 필요로 함. 단, 현장 내에서 발생되는 흙의 수정 CBR 2.5이하인 경우는 안정처리대책을 강구하여 사용해도 무방함

6.2.2 설계 CBR 산정

•노상토의 지지력을 관입법에 의하여 측정하는 실내 CBR시험은 지름 5cm의 피스톤을 흙 속에 관입시켜 관입량에 대한 시험하중을 표준단위하중으로 나누어 백분율로 표시한 값임. 여기서 표준단위하중은 다져진 보조기층 또는 기층에 피스톤을 관입하는 경우 어느 침하에서의 강도로서 다음과 같음

(1) 표준단위하중 (KS F 2320)

관입량 (mm)	표준단위하중강도 (MPa)	표준단위하중 (kN)
2.5	7.0	13.70
5.0	10.5	20.23
7.5	13.4	26.30
10.0	16.2	31.80
12.5	18.3	36.00

(2) 설계CBR 산정 계산식

•설계 CBR은 상기에서 결정된 실내수정 CBR 시험성과를 근거로 건교부 제정 "도로포장설계 시공지침"에 의거하여 도로포장 구조물 설계를 위한 설계 CBR값을 산출하면 다음과 같음

$$\text{설계}CBR = CBR\text{평균치} - \frac{CBR\text{최대치} - CBR\text{최소치}}{d_2}$$

(3) 설계 CBR 계산용 계수

갯수(N)	2	3	4	5	6	7	8	9	10이상
d_2	1.41	1.91	2.24	2.48	2.67	2.83	2.96	3.08	3.18

(4) 기각판정용 계수

•시험성과중 극단적으로 크거나 작은 CBR값에 대하여는 아래 표와 같은 방법으로 각각 판정함

갯수(N)	3	4	5	6	7	8	9	10이상
(n,0.05)	0.941	0.765	0.642	0.560	0.507	0.468	0.437	0.412

(5) 설계CBR 산정 결과

•최대치가 극단적으로 큰 경우

$$\gamma = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_1}$$

•최소치가 극단적으로 작은 경우

$$\gamma = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1}$$

여기서, X_n : 최대 성과치, X_1 : 최소 성과치
X_{n-1} : 2번째 최대 성과치, X_2 : 2번째 최소 성과치

•시험굴 시료에 대한 실내시험 성과를 크기순으로 나열하면

- 총 16개소 : 7.3, 7.8, 8.1, 11.3, 11.5, 12.3, 12.4, 12.6, 13.2, 13.4, 13.8, 13.9, 14.6, 14.8, 15.7, 17.5 (평균:12.5)
- 최대치판정 : (17.5 − 15.7) / (17.5 − 7.3) = 0.176 〈 0.412이므로 O.K
- 최소치판정 : (7.8− 7.3) / (17.5 − 7.3) = 0.049 〉 0.412 이므로 O.K
- 판정 결과 모든 설계 CBR값을 구하면 다음과 같음
- 설계 CBR = 12.5 − (17.5 − 7.3) / 3.18 = 9.29 ≒ 9.3% 정도임

6.2.3 쌓기재료의 품질분석 및 평가

(1) 쌓기재료 일반사항(철도건설공사 전문시방서/노반편, 2011)

구분	쌓기 재료로 사용가능한 재료			쌓기재료로 사용할 수 없는 재료
	자갈궤도		콘크리트 궤도	
	일반철도	고속철도		
상부노반	[A군], [B군], 안정처리된[C군]	[A군], 안정처리된[B군], 안정처리된[C군]	[A군], 안정처리된[B군]	[D2군] 및 주[1]의 흙
하부노반	[A군], [B군], [C군] 안정처리된[D1군]	[A군], [B군], [C군]	[A군], 안정처리된[B군]	

주[1]: a) 벤토나이트, 산성백토, 온천여토 등의 팽창성 흙, 암
b) 사문암, 이암 등으로서 흡수 팽창에 의해 풍화가 현저한 암
c) 고유기질토 등의 압축성이 높은 흙
d) 동토

군기호	토질 및 암질
A군	• GW, GP, GW-GM, GP-GM, GW-GC, GM, SW, SW-SM, SP-SM, SW-SC, SP-SC, 박리성이 낮은 경암 버력
B군	• GC, SP, SM, SC, 박리성 높은 경암버력, 취약암 버력(D군에 포함한것)
C군	• ML, CL, 유기질, 세립토를 함유한 조립토
D군	• MH, CH, OL, OH, Pt, 풍화암(점토화된것, 시공후 풍화가 진전되고 전암에 의해 이토화 되는것)

(2) 쌓기재료 품질기준 검토(철도건설공사 전문시방서/노반편, 2011)

◈ 상부노반 및 하부노반

구분	자갈궤도		콘크리트 궤도	
	상부노반	하부노반	상부노반	하부노반
최대입경	100mm이하	300mm이하	100mm이하	300mm이하
수정CBR	10이상	2.5이상	10이상	2.5이상
5mm체(4번체) 통과율	25~100%	-	25~100%	25~100%
0.08mmcp(200체) 통과율	0~25%	-	0~25%	0~25%
소성지수	10이하	-	10이하	10이하

※ 세립분의 함량은 시험시공을 통하여 조정할 수 있으며, 쌓기에는 다음과 같은 재료를 사용해서는 안 된다.
가. 벤토나이트, 온천여토, 산성백토, 유기질토 등 흡수성이 크며 압축성이 큰 흙
나. 빙토, 빙설, 초목, 나무둥걸 및 다량의 부식물을 함유한 흙
다. 소요의 다짐도로 다져질 수 없을 만큼 너무 젖어 있고, 공사에 사용하기 전에 원위치에서 건조시킬 수 없는 재료
라. 액성한계 50% 이상 되는 재료, 건조단위 체적중량 15kN/m^3이하인 재료, 간극률이 42%이상, 소성한계가 25% 이상인 흙
마. 기타 사용에 부적합한 재료

(3) 조사 결과

- 깎기계획에 의하여 절취될 지층은 토사층, 풍화암, 연암 등으로 구분되며 토사층의 토질특성 및 다짐특성을 파악하기 위하여 시험굴조사 과정에서 채취한 시료를 이용하여 함수량시험, 비중시험, 체분석시험, 입도분석시험, 액·소성시험, 다짐시험 및 실내 CBR 시험을 실시함
- 시험결과, 최적함수비(O.M.C)는 A다짐의 경우 15.0~17.4%의 범위를 보이며, D다짐의 경우 11.2~14.6%의 범위를 나타냄
- 최대건조밀도(r_{dmax})는 A다짐의 경우 17.0~17.7kN/m³ 의 범위를 보이며, D다짐의 경우 18.2~19.3kN/m³ 의 범위를 보임
- 노상토 지지력비(C.B.R)는 7.3~17.5%의 범위를 나타냄

◈ 쌓기재료 실내토질 시험 성과 요약표

공 번		심 도 (GL.-m)	함수비 (%)	비중 Gs	액성한계/소성지수 (%)		다짐시험		C.B.R (%)	체분석		USCS
					LL	PI	γ dmax (kN/m³)	O.M.C (%)		NO.4	NO.200	
TP-01	A	0.5	15.9	2.66	N	P	17.6	15.0	12.3	91.3	27.5	SM
	D						19.1	11.8				
TP-02	A	0.3	13.1	2.66	N	P	17.1	16.8	13.9	97.6	28.6	SM
	D						18.7	12.8				
TP-03	A	0.5	19.1	2.67	31.3	16.5	17.4	17.1	11.5	100.0	42.0	SC
	D						18.7	12.3				
TP-04	A	0.8	16.1	2.66	N	P	17.3	16.1	13.8	84.7	20.8	SM
	D						18.8	12.3				
TP-05	A	0.4	19.0	2.67	N	P	17.7	15.2	14.8	92.5	21.7	SM
	D						19.3	11.6				
TP-06	A	0.5	13.0	2.67	N	P	17.6	15.3	15.7	100.0	21.8	SM
	D						19.2	11.8				
TP-07	A	0.6	15.5	2.65	N	P	17.7	15.2	17.5	87.3	13.1	SM
	D						19.2	11.3				
TP-08	A	0.5	21.5	2.67	31.5	16.2	16.9	17.1	12.4	93.5	35.6	SC
	D						18.4	12.3				
TP-09	A	0.5	24.4	2.67	32.8	16.3	17.3	17.2	11.3	95.0	38.9	SC
	D						18.5	13.5				
TP-10	A	0.4	27.7	2.70	34.2	17.8	17.1	16.8	7.3	98.7	64.6	CL
	D						18.2	14.6				
TP-11	A	0.4	28.5	2.70	33.4	18.7	17.3	16.4	8.1	95.7	69.7	CL
	D						18.2	13.6				
TP-12	A	0.5	17.4	2.68	32.8	16.3	17.1	15.4	13.2	82.2	37.6	SC
	D						18.5	11.2				
TP-13	A	0.4	20.3	2.66	31.8	16.6	17.2	17.4	12.6	87.6	45.5	SC
	D						18.4	13.3				
TP-14	A	0.2	26.5	2.67	34.8	18.3	17.2	17.3	7.8	97.5	61.0	CL
	D						18.4	14.0				
TP-15	A	0.5	15.6	2.66	N	P	17.6	15.0	14.6	96.2	17.7	SM
	D						19.1	11.8				
TP-16	A	0.6	16.4	2.65	N	P	17.4	15.3	13.4	93.9	25.8	SM
	D						18.7	12.3				

(4) 현장 발생토의 품질분석

◈ 자갈궤도-일반철도-[상부노반]-터널부

구 분		기준	TP-01 하화 터널	TP-03 팔성제1 터널	TP-04 팔성제2 터널	TP-07 비봉 터널	TP-12 하리 터널	TP-13 청로 터널	TP-15 순호 터널	TP-16 수북 터널
군분류	결과	A군, B군 안정처리된 C군	B군(SM)	B군(SC)	B군(SM)	B군(SM)	B군(SC)	B군(SC)	B군(SM)	B군(SM)
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
최대 입경	결과	100mm 이하	9.52	4.75	9.52	9.52	19.10	19.10	9.52	9.52
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
수정 CBR	결과	10이상	12.3	11.5	13.8	17.5	13.2	12.6	14.6	13.4
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
#4 통과율	결과	25~100%	91.3	100.0	84.7	87.3	82.2	87.6	96.2	93.9
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
#200 통과율	결과	0~25%	27.5	42.0	20.8	13.1	37.6	45.5	17.7	25.8
	적합여부		부적합	부적합	적합	적합	부적합	부적합	적합	부적합
소성 지수	결과	10이하	P	16.5	P	P	16.3	16.6	P	P
	적합여부		적합	부적합	적합	적합	부적합	부적합	적합	적합
액성 한계	결과	50%이하	N	31.3	N	N	32.8	31.8	N	N
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
소성 한계	결과	25%이하	P	14.8	P	P	16.5	15.2	P	P
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
건조단 위중량	결과	15kN/m^3 이상	19.07	18.68	18.81	19.17	18.50	18.39	19.07	18.68
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
간극률	결과	42%이하	28.4	30.0	29.3	27.7	30.9	31.0	28.2	29.6
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
평 가		-	**부적합**	**부적합**	**적합**	**적합**	**부적합**	**부적합**	**적합**	**부적합**

◈ 자갈궤도-일반철도-[상부노반]-토공구간

구 분		기준	TP-02 제2깎기	TP-05 제3깎기	TP-06 제4깎기	TP-08 제5깎기	TP-09 제6깎기	TP-10 제7깎기	TP-11 제8깎기	TP-14 제10깎기
군분류	결과	A군, B군 안정처리된C군	B군(SM)	B군(SM)	B군(SM)	B군(SC)	B군(SC)	C군(CL)	C군(CL)	C군(CL)
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	안정처리후 적합	안정처리후 적합	안정처리후 적합
최대 입경	결과	100mm 이하	9.52	9.52	4.75	9.52	9.52	19.10	19.10	19.10
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
수정 CBR	결과	10이상	13.9	14.8	15.7	12.4	11.3	7.3	8.1	7.8
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	부적합	부적합	부적합
#4 통과율	결과	25~100%	97.6	92.5	100.0	93.5	95.0	98.7	95.7	97.5
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
#200 통과율	결과	0~25%	28.6	21.7	21.8	35.6	38.9	64.6	69.7	61.0
	적합여부		부적합	적합	적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합
소성 지수	결과	10이하	P	P	P	16.2	16.3	17.8	18.7	18.3
	적합여부		적합	적합	적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합
액성 한계	결과	50%이하	N	N	N	31.5	32.8	34.2	33.4	34.8
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
소성 한계	결과	25%이하	P	P	P	15.3	16.5	16.4	14.7	16.5
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
건조단위 중량	결과	15kN/m^3이상	18.68	19.34	19.17	18.39	18.50	18.16	18.16	18.40
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
간극률	결과	42%이하	29.7	27.5	28.3	31.1	30.7	32.8	32.7	31.0
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
평 가		-	**부적합**	**적합**	**적합**	**부적합**	**부적합**	**부적합**	**부적합**	**부적합**

자갈궤도-일반철도-[하부노반]-터널부

구 분		기준	TP-01 하화 터널	TP-03 팔성제1 터널	TP-04 팔성제2 터널	TP-07 비봉터 널	TP-12 하리 터널	TP-13 청로 터널	TP-15 순호 터널	TP-16 수북 터널
군분류	결과	A군, B군, C군 안정처리된D1군	B군(SM)	B군(SC)	B군(SM)	B군(SM)	B군(SC)	B군(SC)	B군(SM)	B군(SM)
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
최대 입경	결과	300mm 이하	9.52	4.75	9.52	9.52	19.10	19.10	9.52	9.52
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
수정 CBR	결과	2.5이상	12.3	11.5	13.8	17.5	13.2	12.6	14.6	13.4
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
액성 한계	결과	50%이하	N	31.3	N	N	32.8	31.8	N	N
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
소성 한계	결과	25%이하	P	14.8	P	P	16.5	15.2	P	P
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
건조단위 중량	결과	15kN/m^{3}이상	19.07	18.68	18.81	19.17	18.50	18.39	19.07	18.68
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
간극률	결과	42%이하	28.4	30.0	29.3	27.7	30.9	31.0	28.2	29.6
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
평 가		-	**적합**	**적합**	**적합**	**적합**	**적합**	**적합**	**적합**	**적합**

자갈궤도-일반철도-[하부노반]-토공구간

구 분		기준	TP-02 제2깎기	TP-05 제3깎기	TP-06 제4깎기	TP-08 제5깎기	TP-09 제6깎기	TP-10 제7깎기	TP-11 제8깎기	TP-14 제10깎기
군분류	결과	A군, B군, C군 안정처리된D1군	B군(SM)	B군(SM)	B군(SM)	B군(SC)	B군(SC)	C군(CL)	C군(CL)	C군(CL)
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
최대 입경	결과	300mm 이하	9.52	9.52	4.75	9.52	9.52	19.10	19.10	19.10
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
수정 CBR	결과	2.5이상	13.9	14.8	15.7	12.4	11.3	7.3	8.1	7.8
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
액성 한계	결과	50%이하	N	N	N	31.5	32.8	34.2	33.4	34.8
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
소성 한계	결과	25%이하	P	P	P	15.3	16.5	16.4	14.7	16.5
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
건조단위 중량	결과	15kN/m^{3}이상	18.68	19.34	19.17	18.39	18.50	18.16	18.16	18.40
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
간극률	결과	42%이하	29.7	27.5	28.3	31.1	30.7	32.8	32.7	31.0
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
평 가		-	**적합**	**적합**	**적합**	**적합**	**적합**	**적합**	**적합**	**적합**

◈ 콘크리트궤도-[상부노반]-터널부

구 분		기준	TP-01 하화 터널	TP-03 팔성제1 터널	TP-04 팔성제2 터널	TP-07 비봉 터널	TP-12 하리 터널	TP-13 청로 터널	TP-15 순호 터널	TP-16 수북 터널
군분류	결과	A군 안정처리된B군	B군(SM)	B군(SC)	B군(SM)	B군(SM)	B군(SC)	B군(SC)	B군(SM)	B군(SM)
	적합여부		안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합
최대 입경	결과	100mm 이하	9.52	4.75	9.52	9.52	19.10	19.10	9.52	9.52
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
수정 CBR	결과	10이상	12.3	11.5	13.8	17.5	13.2	12.6	14.6	13.4
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
#4 통과율	결과	25~100%	91.3	100.0	84.7	87.3	82.2	87.6	96.2	93.9
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
#200 통과율	결과	0~25%	27.5	42.0	20.8	13.1	37.6	45.5	17.7	25.8
	적합여부		부적합	부적합	적합	적합	부적합	부적합	적합	부적합
소성 지수	결과	10이하	P	16.5	P	P	16.3	16.6	P	P
	적합여부		적합	부적합	적합	적합	부적합	부적합	적합	적합
액성 한계	결과	50%이하	N	31.3	N	N	32.8	31.8	N	N
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
소성 한계	결과	25%이하	P	14.8	P	P	16.5	15.2	P	P
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
건조단 위중량	결과	15kN/m^{3}이상	19.07	18.68	18.81	19.17	18.50	18.39	19.07	18.68
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
간극률	결과	42%이하	28.4	30.0	29.3	27.7	30.9	31.0	28.2	29.6
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
평 가		-	**부적합**	**부적합**	**적합**	**적합**	**부적합**	**부적합**	**적합**	**부적합**

◈ 콘크리트궤도-[상부노반]-토공구간

구 분		기준	TP-02 제2깎기	TP-05 제3깎기	TP-06 제4깎기	TP-08 제5깎기	TP-09 제6깎기	TP-10 제7깎기	TP-11 제8깎기	TP-14 제10깎기
군분류	결과	A군 안정처리된B군	B군(SM)	B군(SM)	B군(SM)	B군(SC)	B군(SC)	C군(CL)	C군(CL)	C군(CL)
	적합여부		안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	부적합	부적합	부적합
최대 입경	결과	100mm 이하	9.52	9.52	4.75	9.52	9.52	19.10	19.10	19.10
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
수정 CBR	결과	10이상	13.9	14.8	15.7	12.4	11.3	7.3	8.1	7.8
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	부적합	부적합	부적합
#4 통과율	결과	25~100%	97.6	92.5	100.0	93.5	95.0	98.7	95.7	97.5
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
#200 통과율	결과	0~25%	28.6	21.7	21.8	35.6	38.9	64.6	69.7	61.0
	적합여부		부적합	적합	적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합
소성 지수	결과	10이하	P	P	P	16.2	16.3	17.8	18.7	18.3
	적합여부		적합	적합	적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합
액성 한계	결과	50%이하	N	N	N	31.5	32.8	34.2	33.4	34.8
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
소성 한계	결과	25%이하	P	P	P	15.3	16.5	16.4	14.7	16.5
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
건조단 위중량	결과	15kN/m^{3}이상	18.68	19.34	19.17	18.39	18.50	18.16	18.16	18.40
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
간극률	결과	42%이하	29.7	27.5	28.3	31.1	30.7	32.8	32.7	31.0
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
평 가		-	**부적합**	**적합**	**적합**	**부적합**	**부적합**	**부적합**	**부적합**	**부적합**

◈ 콘크리트궤도-[하부노반]-터널부

구 분		기준	TP-01 하화 터널	TP-03 팔성제1 터널	TP-04 팔성제2 터널	TP-07 비봉 터널	TP-12 하리 터널	TP-13 청로 터널	TP-15 순호 터널	TP-16 수북 터널
군분류	결과	A군 안정처리된B군	B군(SM)	B군(SC)	B군(SM)	B군(SM)	B군(SC)	B군(SC)	B군(SM)	B군(SM)
	적합여부		안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합
최대 입경	결과	300mm 이하	9.52	4.75	9.52	9.52	19.10	19.10	9.52	9.52
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
수정 CBR	결과	2.5이상	12.3	11.5	13.8	17.5	13.2	12.6	14.6	13.4
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
#4 통과율	결과	25~100%	91.3	100.0	84.7	87.3	82.2	87.6	96.2	93.9
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
#200 통과율	결과	0~25%	27.5	42.0	20.8	13.1	37.6	45.5	17.7	25.8
	적합여부		부적합	부적합	적합	적합	부적합	부적합	적합	부적합
소성 지수	결과	10이하	P	16.5	P	P	16.3	16.6	P	P
	적합여부		적합	부적합	적합	적합	부적합	부적합	적합	적합
액성 한계	결과	50%이하	N	31.3	N	N	32.8	31.8	N	N
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
소성 한계	결과	25%이하	P	14.8	P	P	16.5	15.2	P	P
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
건조단 위중량	결과	15kN/m^3이상	19.07	18.68	18.81	19.17	18.50	18.39	19.07	18.68
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
간극률	결과	42%이하	28.4	30.0	29.3	27.7	30.9	31.0	28.2	29.6
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
평 가		-	**부적합**	**부적합**	**적합**	**적합**	**부적합**	**부적합**	**적합**	**부적합**

◈ 콘크리트궤도-[하부노반]-토공구간

구 분		기준	TP-02 제2깎기	TP-05 제3깎기	TP-06 제4깎기	TP-08 제5깎기	TP-09 제6깎기	TP-10 제7깎기	TP-11 제8깎기	TP-14 제10깎기
군분류	결과	A군 안정처리된B군	B군(SM)	B군(SM)	B군(SM)	B군(SC)	B군(SC)	C군(CL)	C군(CL)	C군(CL)
	적합여부		안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	안정처리 후 적합	부적합	부적합	부적합
최대 입경	결과	300mm 이하	9.52	9.52	4.75	9.52	9.52	19.10	19.10	19.10
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
수정 CBR	결과	2.5이상	13.9	14.8	15.7	12.4	11.3	7.3	8.1	7.8
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
#4 통과율	결과	25~100%	97.6	92.5	100.0	93.5	95.0	98.7	95.7	97.5
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
#200 통과율	결과	0~25%	28.6	21.7	21.8	35.6	38.9	64.6	69.7	61.0
	적합여부		부적합	적합	적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합
소성 지수	결과	10이하	P	P	P	16.2	16.3	17.8	18.7	18.3
	적합여부		적합	적합	적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합
액성 한계	결과	50%이하	N	N	N	31.5	32.8	34.2	33.4	34.8
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
소성 한계	결과	25%이하	P	P	P	15.3	16.5	16.4	14.7	16.5
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
건조단위 중량	결과	15kN/m^3이상	18.68	19.34	19.17	18.39	18.50	18.16	18.16	18.40
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
간극률	결과	42%이하	29.7	27.5	28.3	31.1	30.7	32.8	32.7	31.0
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합
평 가		-	**부적합**	**적합**	**적합**	**부적합**	**부적합**	**부적합**	**부적합**	**부적합**

(5) 토취장 재료원의 품질분석

◈ 토취장 후보지

공 번	소재지
NTP-1	경상북도 의성군 점곡면 동변리 산 74 외 3필지
NTP-2	경상북도 의성군 단촌면 장림리 산 47
NTP-3	경상북도 의성군 안평면 금곡리 산 133
NTP-4	경상북도 의성군 안계면 양곡리 산 43-6 외 2필지
NTP-5	경상북도 군위군 효령면 매곡리 산 137

◈ 자갈궤도-일반철도-[상부노반]

구 분		기준	NTP-1	NTP-2	NTP-3	NTP-4	NTP-5
군분류	결과	A군, B군 안정처리된C군	SM	SM	SM	SM	SM
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
최대 입경	결과	100mm 이하	19.10	26.50	19.10	26.50	19.10
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
수정 CBR	결과	10이상	14.6	16.2	18.3	14.3	16.1
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
#4 통과율	결과	25~100%	92.5	81.3	65.9	71.0	71.7
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
#200 통과율	결과	0~25%	48.4	14.7	22.0	44.0	23.9
	적합여부		부적합	적합	적합	부적합	적합
소성 지수	결과	10이하	7.6	P	P	7.2	P
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
액성 한계	결과	50%이하	32.6	N	N	31.7	N
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
소성 한계	결과	25%이하	25.0	P	P	24.5	P
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
건조단위 중량	결과	15kN/m^3이상	19.27	19.59	20.12	19.14	19.55
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
간극률	결과	42%이하	28.4	26.6	24.4	28.9	27.1
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
평 가		-	**부적합**	**적합**	**적합**	**부적합**	**적합**

자갈궤도-일반철도-[하부노반]

구 분		기준	NTP-1	NTP-2	NTP-3	NTP-4	NTP-5
군분류	결과	A군, B군, C군 안정처리된D1군	SM	SM	SM	SM	SM
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
최대 입경	결과	300mm 이하	19.10	26.50	19.10	26.50	19.10
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
수정 CBR	결과	2.5이상	14.6	16.2	18.3	14.3	16.1
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
액성 한계	결과	50%이하	32.6	N	N	31.7	P
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
소성 한계	결과	25%이하	25.0	P	P	24.5	N
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
건조단위 중량	결과	15kN/m^3이상	19.27	19.59	20.12	19.14	19.55
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
간극률	결과	42%이하	28.4	26.6	24.4	28.9	27.1
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
평 가		-	**적합**	**적합**	**적합**	**적합**	**적합**

콘크리트궤도-[상부노반]

구 분		기준	NTP-1	NTP-2	NTP-3	NTP-4	NTP-5
군분류	결과	A군 안정처리된B군	SM	SM	SM	SM	SM
	적합여부		안정처리후 적합	안정처리후 적합	안정처리후 적합	안정처리후 적합	안정처리후 적합
최대 입경	결과	100mm 이하	19.10	26.50	19.10	26.50	19.10
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
수정 CBR	결과	10이상	14.6	16.2	18.3	14.3	16.1
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
#4 통과율	결과	25~100%	92.5	81.3	65.9	71.0	71.7
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
#200 통과율	결과	0~25%	48.4	14.7	22.0	44.0	23.9
	적합여부		부적합	적합	적합	부적합	적합
소성 지수	결과	10이하	7.6	P	P	7.2	P
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
액성 한계	결과	50%이하	32.6	N	N	31.7	N
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
소성 한계	결과	25%이하	25.0	P	P	24.5	P
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
건조단위 중량	결과	15kN/m^3이상	19.27	19.59	20.12	19.14	19.55
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
간극률	결과	42%이하	28.4	26.6	24.4	28.9	27.1
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
평 가		-	**부적합**	**적합**	**적합**	**부적합**	**적합**

◈ 콘크리트궤도-[하부노반]

구 분		기준	NTP-1	NTP-2	NTP-3	NTP-4	NTP-5
군분류	결과	A군 안정처리된B군	SM	SM	SM	SM	SM
	적합여부		안정처리후 적합	안정처리후 적합	안정처리후 적합	안정처리후 적합	안정처리후 적합
최대 입경	결과	300mm 이하	19.10	26.50	19.10	26.50	19.10
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
수정 CBR	결과	2.5이상	14.6	16.2	18.3	14.3	16.1
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
#4 통과율	결과	25~100%	92.5	81.3	65.9	71.0	71.7
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
#200 통과율	결과	0~25%	48.4	14.7	22.0	44.0	23.9
	적합여부		부적합	적합	적합	부적합	적합
소성 지수	결과	10이하	7.6	P	P	7.2	P
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
액성 한계	결과	50%이하	32.6	N	N	31.7	N
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
소성 한계	결과	25%이하	25.0	P	P	24.5	P
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
건조단 위중량	결과	15kN/m^3이상	19.27	19.59	20.12	19.14	19.55
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
간극률	결과	42%이하	28.4	26.6	24.4	28.9	27.1
	적합여부		적합	적합	적합	적합	적합
평 가		-	**부적합**	**적합**	**적합**	**부적합**	**적합**

(6) 분석결과

- 현장 발생토의 자갈궤도 쌓기재료의 품질기준에 대한 판정결과, 상부노반 재료로 일부시료를 제외하고는 대부분 부적합한 것으로 나타나며, 하부노반재료는 모두 적합한 것으로 나타남
- 현장 발생토의 콘크리트궤도 쌓기재료의 품질기준에 대한 판정결과, 상부노반 및 하부노반 재료로 일부시료를 제외하고는 부적합한 것으로 나타남
- 부적합 판정의 쌓기재료는 대부분 세립분이 함유되어 있는 실트질 점토(CL) 및 점토질 모래(SC)의 토질상태를 보이는 재료로써 #200체 통과율 및 소성지수에서 부적합한 것으로 나타남.
- 과업구간은 퇴적암의 풍화대로 조사결과 토층의 층후가 두껍지 않고, 토사층의 풍화정도에 따라 주로 SC, SM, CL의 토질상태를 보이고 있음
- 상기 결과들은 비교적 낮은 심도(지표하 0.5~1.0m)에서 채취한 시료에 대한 실내시험 값으로서 실제 시공시 다소 차이가 있을 것으로 예상됨. 시공시 현장관리시험을 실시하여 상부노반 및 하부노반 재료로서의 사용여부를 최종적으로 결정하여야 함

6.2.4 토량변화율

•토량의 변화율을 구하기 위하여 16개소의 시험굴 조사공에서 KS F 2311의 규정에 의하여 자연상태에 대한 밀도와 흐트러진 상태의 밀도를 모래 치환 방법으로 측정하였으며, 또한 시료를 채취하여 KS F 2312의 규정에 의하여 다짐시험을 실시하여 시험 결과에 따라 D 다짐방법의 95%, 90%, 85%의 것을 자연상태의 밀도와 비율로서 C 값을 산출하였으며, L 값은 흐트러진 상태의 밀도와 자연상태 밀도의 비율로서 산정공식은 다음과 같음

$$C\text{값} = \frac{\text{다져진 상태의 토량 } (m^3)}{\text{자연 상태의 토량 } (m^3)} = \frac{\text{자연 상태의 밀도 } (kN/m^3)}{\text{다져진 상태의 밀도 } (kN/m^3)}$$

$$L\text{값} = \frac{\text{흐트러진 상태의 토량 } (m^3)}{\text{자연 상태의 토량 } (m^3)} = \frac{\text{자연 상태의 밀도 } (kN/m^{3)}}{\text{흐트러진 상태의 밀도 } (kN/m^3)}$$

◈ 성토재의 다짐특성 및 토량변화율

공 번	자연상태		D다짐상태								흐트러진상태	
	함수비 (%)	γ_d (kN/m³)	O.M.C (%)	최대건조밀도 (kN/m³)	95%		90%		85%		γ_d (kN/m³)	L
					γ_d (kN/m³)	C	γ_d (kN/m³)	C	γ_d (kN/m³)	C		
TP-01	15.9	14.81	11.8	19.1	18.1	0.82	17.2	0.86	16.2	0.91	12.06	1.23
TP-02	13.1	14.94	12.8	18.7	17.8	0.84	16.8	0.89	15.9	0.94	12.29	1.22
TP-03	19.1	15.39	12.3	18.7	17.8	0.87	16.8	0.91	15.9	0.97	12.03	1.28
TP-04	16.1	14.70	12.3	18.8	17.9	0.82	16.9	0.87	16.0	0.92	12.66	1.16
TP-05	19.0	15.16	11.6	19.3	18.3	0.83	17.4	0.87	16.4	0.92	12.60	1.20
TP-06	13.0	15.75	11.8	19.2	18.2	0.86	17.3	0.91	16.3	0.97	12.87	1.22
TP-07	15.5	14.94	11.3	19.2	18.2	0.82	17.3	0.86	16.3	0.92	12.70	1.18
TP-08	21.5	14.49	12.3	18.4	17.5	0.83	16.6	0.88	15.6	0.93	11.90	1.22
TP-09	24.4	12.92	13.5	18.5	17.6	0.74	16.7	0.78	15.7	0.82	10.81	1.20
TP-10	27.7	13.32	14.6	18.2	17.3	0.77	16.4	0.81	15.5	0.86	11.15	1.19
TP-11	28.5	12.82	13.6	18.2	17.3	0.74	16.4	0.78	15.5	0.83	10.86	1.18
TP-12	17.4	13.89	11.2	18.5	17.6	0.79	16.7	0.83	15.7	0.88	11.70	1.19
TP-13	20.3	14.38	13.3	18.4	17.5	0.82	16.6	0.87	15.6	0.92	12.21	1.18
TP-14	26.5	14.14	14.0	18.4	17.5	0.81	16.6	0.85	15.6	0.90	11.74	1.20
TP-15	15.6	15.92	11.8	19.1	18.1	0.88	17.2	0.93	16.2	0.98	13.03	1.22
TP-16	16.4	13.02	12.3	18.7	17.8	0.73	16.8	0.77	15.9	0.82	10.81	1.20

◈ 분석결과

•본선구간에서 D다짐에 의한 C값은 최대건조밀도의 95%다짐시 0.73~0.88(평균 0.81), 90%다짐시 0.77~0.93(평균 0.86), 또한, L값은 본선구간에서 1.16~1.28 (평균 1.20)로 계산됨. 그러나, 심도가 증가할수록 원지반의 밀도가 증가될 것이므로 C값은 증가될 것임. 또한, 실제 토사를 굴착하여 운반할 경우 자중에 의해 어느 정도의 압축이 일어날 것이나, 이보다 상대적으로 적은 체적(모래치환법에 의하여 측정된 흐트러진 상태의 단위중량)으로 측정된 단위중량은 자중에 의한 압축이 거의 발생치 않으므로 실제 시공시에는 모래치환법에 의하여 측정된 L값 보다 적은 값이 될 것으로 판단됨

•본 시험은 지표로부터 0.2~0.8m내외에서 실시된 것으로 실제 토공 작업시 예상되는 더 깊은 심도의 재료에서는 다소 차이가 있을 것으로 판단되므로 다음 표와 같은 일반적인 기준을 참고하여 종합적인 검토 후 적용하여야 할 것으로 사료됨

◈ 토량 변화율

구 분	L	C
경 암	1.70 ~ 2.00	1.30 ~ 1.50
보 통 암	1.55 ~ 1.70	1.20 ~ 1.40
연 암	1.30 ~ 1.50	1.00 ~ 1.30
호 박 돌	1.10 ~ 1.15	0.95 ~ 1.05
자 갈	1.10 ~ 1.20	1.10 ~ 1.05
자 갈 질 토	1.15 ~ 1.20	0.90 ~ 1.00
고 결 된 자 갈 질 토	1.25 ~ 1.45	1.10 ~ 1.30
모 래	1.10 ~ 1.20	0.85 ~ 0.95
암 괴, 호박돌 섞인 모래	1.15 ~ 1.20	0.90 ~ 1.00
점 질 토	1.25 ~ 1.35	0.85 ~ 0.95
호 박 돌	1.35 ~ 1.40	0.90 ~ 1.00
암괴, 호박돌 섞인 점토	1.40 ~ 1.45	0.90 ~ 0.95
점 토	1.20 ~ 1.45	0.85 ~ 0.95
자 갈 이 섞 인 점 토	1.30 ~ 1.40	0.90 ~ 0.95
암 괴, 호박돌 섞인 점토	1.40 ~ 1.45	0.90 ~ 0.95

6.3 본선암 유용성 검토

6.3.1 재료의 품질평가

(1) 콘크리트용 굵은 골재

종 별	치 수 (mm)	절대건조 비중	흡수율 (%)	마모율 (%)	안정성 (%)	비 고
콘크리트용 부순골재 (부순굵은골재)	19 25 32 40 50	2.50 이상	3.0 이하	40 이하	12 이하	
관련규정	KS F2527	KS F2527	KS F2527	KS F2527	KS F2527	
시험규격	KS F2527	KS F2503	KS F2503	KS F2508	KS F2507	

(2) 일반철도 보조도상층 재료 품질기준(철도건설공사 전문시방서/노반편, 2011)

구 분	시험방법	기 준
비중	KS F 2303	2.45 이상
흡수량(%)	KS F 2303	3.0 이하
마모감량(%)	KS F 2508	35 이하

주) 건설교통부 제정 도로공사 표준시방서 P8-10, 개정(안) 2008년

(3) 암쌓기 사용시 재료의 요건(철도건설공사 전문시방서/노반편, 2011)

- 암쌓기는 강화노반 하부 쌓기에만 허용될수 있으며, 시험시공을 한 후 공사감독자의 승인을 받아야 함
- 암쌓기 재료로서 이암, 셰일, 실트스톤, 천매암, 편암 등 암석의 역학적 특성에 의해 쉽게 부서지거나, 수침 반복시 연약해 지는 재료는 공사감독자의 승인을 받은 후 사용하여야 한다. 콘크리트 궤도의 경우 상부노반 재료로 박리성 암쌓기 재료나 수침 반복시 연약해지는 재료의 사용을 금지함

6.3.2 본선암 유용성 검토

•본 공사에 소요될 쇄석골재의 확보를 위해 본선 터널부 굴착 과정에서 발생하는 암석의 유용여부를 우선적으로 검토하였다. 본선 발생암의 품질을 확인하기 위하여 시추작업 과정에서 채취된 암석코아를 대상으로 품질시험을 실시하였음

(1) 콘크리트용 굵은 골재 품질시험 결과

구분	공번	비 중	흡수율(%)	마모율(%)	안정성(%)	유용성 판정
		2.45 이상	3.0 이하	40 이하	12 이하	
하화터널	NTB-02	2.69	0.54	15.0	2.5	적합
팔성제1터널	NTB-08	2.32	5.24	31.6	15.4	부적합
팔성제2터널	NTB-15	2.61	0.45	17.3	4.1	적합
비봉터널	NTB-35	2.64	0.83	17.7	2.4	적합
청로터널	NTB-49	2.61	2.22	22.9	10.6	적합
순호터널	NTB-67	2.65	0.27	10.9	2.1	적합
수북터널	NTB-80	2.67	0.51	12.9	2.2	적합
제2깎기	NCB-01	2.89	0.63	23.0	5.3	적합
제3깎기	NCB-03	2.78	0.50	14.9	2.6	적합
제4깎기	NCB-04	2.43	4.03	32.1	16.5	부적합
제5깎기	NCB-05	2.59	0.70	21.8	4.0	적합
제6깎기	NCB-06	2.75	3.06	31.4	11.5	부적합
제7깎기	NCB-07	2.72	1.50	15.4	2.6	적합
제10깎기	NCB-09	2.65	0.14	15.5	2.2	적합

주) 본 시험은 시추조사 과정에서 채취된 암석코아를 시료로 사용하였으므로 현장 분포 암석의 품질과 다소 차이가 발생할 수 있는바, 선정시험을 통하여 품질을 재확인 하여야 함.

(2) 일반철도 보조도상층 재료 품질시험 결과

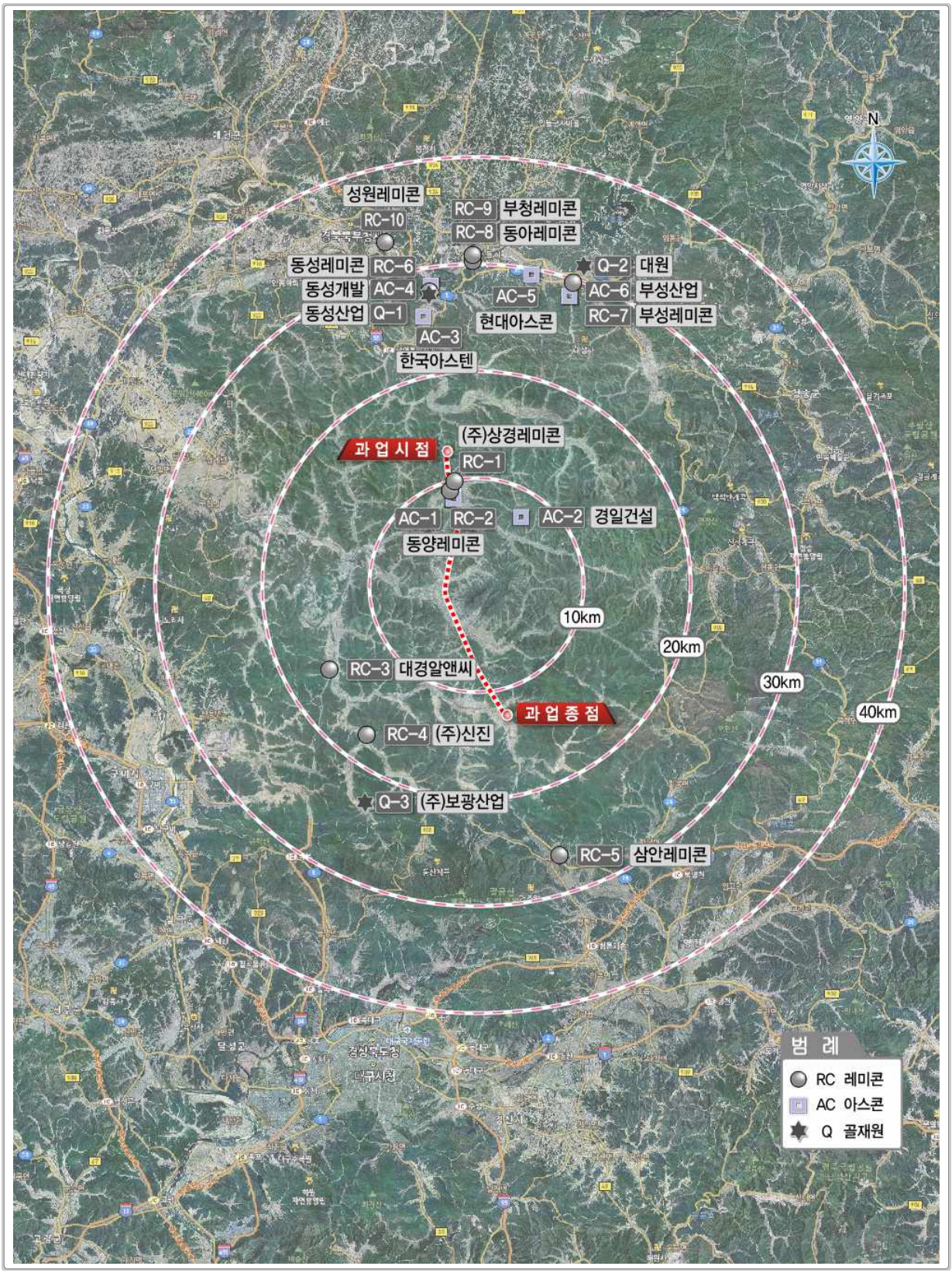
구분	공번	비 중	흡수량(%)	마모감량(%)	유용성 판정
		2.50 이상	3.0 이하	35 이하	
하화터널	NTB-02	2.69	0.54	15.0	적합
팔성제1터널	NTB-08	2.32	5.24	31.6	부적합
팔성제2터널	NTB-15	2.61	0.45	17.3	적합
비봉터널	NTB-35	2.64	0.83	17.7	적합
청로터널	NTB-49	2.61	2.22	22.9	적합
순호터널	NTB-67	2.65	0.27	10.9	적합
수북터널	NTB-80	2.67	0.51	12.9	적합
제2깎기	NCB-01	2.89	0.63	23.0	적합
제3깎기	NCB-03	2.78	0.50	14.9	적합
제4깎기	NCB-04	2.43	4.03	32.1	부적합
제5깎기	NCB-05	2.59	0.70	21.8	적합
제6깎기	NCB-06	2.75	3.06	31.4	부적합
제7깎기	NCB-07	2.72	1.50	15.4	적합
제10깎기	NCB-09	2.65	0.14	15.5	적합

◈ 분석결과

- 터널부에서 발생하는 암을 구조물 및 포장용 골재로서 사용가능성 여부를 판단하기 위하여 시추조사시 채취된 암석코아에 대하여 실내시험을 수행하였음. 그 결과 비중은 2.32~2.89, 흡수율은 0.14~5.24%, 마모율은 10.9~32.1%, 안정성은 2.1~16.5%으로 나타남
- NTB-08, NCB-04, NCB-06의 암석코아는 골재 품질기준에 부적합한 것으로 나타났으며, 나머지 시료는 품질기준에 적합한 것으로 나타남
- 암쌓기재의 재료 적합성은 과업구간내 분포암종이 주로 셰일, 실트스톤, 이암이 분포함에 따라 콘크리트 궤도의 경우 상부노반 재료로는 활용이 어려울 것으로 판단되며, 특히 과업구간의 터널 및 깎기구간에 분포하는 셰일 및 실트스톤의 경우 지표노출 후 풍화진행에 따른 파편화되는 박리성이 현저하게 나타나므로 노반재료로 사용시 쉽게 부서지거나 연약해지는 특성을 보일 수 있으므로 선별 사용해야 할 것으로 판단됨
- 본 품질시험을 위한 시료는 시추코아를 이용한 결과이므로 발생암의 풍화정도가 불규칙한 점을 감안할 때, 현장 시공시 발생암에 대한 품질시험을 필히 수행하여 적용여부를 최종 판정해야 할 것으로 판단됨. 또한, 시공시 본선암을 세골재로 사용할 경우 조립율 시험을 실시하여 골재의 적정성을 판단할 수 있도록 하여야 함

6.4 재료원조사

6.4.1 재료원 위치도



6.4.2 조사내용

(1) 레미콘 (운반거리 : 의성역 기준)

구 분	업체명	주소	운반거리 (km)	생산량 (ton/day)	비 고
RC-1	상경레미콘	경북 의성군 의성읍 경북대로 5770	1.51	900	
RC-2	동양레미콘	경북 의성군 의성읍 경북대로 5758	1.67	1,500	
RC-3	대경알앤씨	경북 군위군 군위읍 군위공단길 39-16	29.48	1,500	
RC-4	(주)신진	경북 군위군 효령면 효령공단길 12-13	34.35	2,700	
RC-5	삼안레미콘	경북 영천시 신녕면 신화로 93	44.03	2,100	
RC-6	동성레미콘	경북 안동시 남후면 숨실길 59	26.17	2,400	
RC-7	부성레미콘	경북 안동시 임하면 충효로 3372-8	36.39	1,200	25mm, 석분
RC-8	동아레미콘	경북 안동시 강남로 40-9	26.85	4,320~4,800	
RC-9	부청레미콘	경북 안동시 강남로 59	28.17	5,040	13, 19, 25, 32mm
RC-10	성원레미콘	경상북도 안동시 풍산읍 풍산태사로 1624	45.86	1,800	

(2) 아스콘 (운반거리 : 의성역 기준)

구 분	업체명	주소	운반거리 (km)	생산량 (ton/day)	비 고
AC-1	동양아스콘	경북 의성군 의성읍 경북대로 5758	1.67	1,200	
AC-2	경일건설 사곡아스콘	경상북도 의성군 사곡면 신감리 918-4	6.50	1,600	
AC-3	한국아스텐	경상북도 안동시 남후면 큰광음길 119	21.51	400(겨울)	재생아스콘
AC-4	동성개발	경북 안동시 남후면 숨실길 59	26.17	2,400~3,120	
AC-5	현대아스콘	경상북도 안동시 남선면 농공단지길 17	34.14	4,800	
AC-6	부성산업	경북 안동시 남선면 추목로 122-30	37.25	2,000	

(3) 골재원(조골재 및 세골재) (운반거리 : 의성역 기준)

구 분	업체명	주소	운반거리 (km)	생산량 (ton/day)	비 고
Q-1	동성산업	경북 안동시 남후면 숨실길 59	26.17	3,000	13, 19, 25, 32mm
Q-2	대원골재산업(주)	경상북도 안동시 임하면 경동로 1683	37.35	1,000~1,400	25mm, 석분
Q-3	보광산업	경북 군위군 효령면 매곡리 산 137	47.43	4,080~7,200	골재

제 7 장 터널구간 성과분석

중앙선 도담~영천 복선전철 제5공구 지반조사

7.1 개요

7.2 터널구간 지반조사 결과

7.3 단층대 조사결과 분석

7.4 암반의 공학적 분류

7.5 암반등급도 작성

제 7 장 터널구간 성과분석

7.1 개 요

7.1.1 터널현황

터널명	터널시점 (량기(현))	터널종점 (량기(현))	연장(m)	암 종
하화터널	264km000(과업시점)	264km 475.00	475.0	퇴적암류
팔성제1터널	269km 210.00	269km 610.00	400.0	
팔성제2터널	269km 820.00	272km 380.00	2,560.0	
비봉터널	273km 420.00	275km 110.00	1,720.0	
하리터널	277km 177.00	277km 231.00	54.0	
청로터널	281km 957.00	284km 990.00	3,033.0	
순호터널	285km 735.00	286km 905.00	1,170.0	
수북터널	287km 067.00	289km 165.00	2,089.0	

7.1.2 분석흐름

예비 및 광역조사	조사 및 시험	지반조사 성과분석	설계적용
•기존자료검토 •위성영상분석 •음영기복도분석 •지질도 분석 •광역지표지질조사 •광업권현황조사 •폐갱 및 공동조사	•상세지표지질조사 •물리탐사 •현장조사 •현장시험 •실내시험 •수리시험	•터널별 지층현황분석 •지질이상대 분석 •조사 및 시험결과 상관성분석 •암반분류 •설계지반정수 산정	•암반등급도 작성 •지하수 및 수리수문 조사를 통한 터널굴착시 영향구간 대책 수립

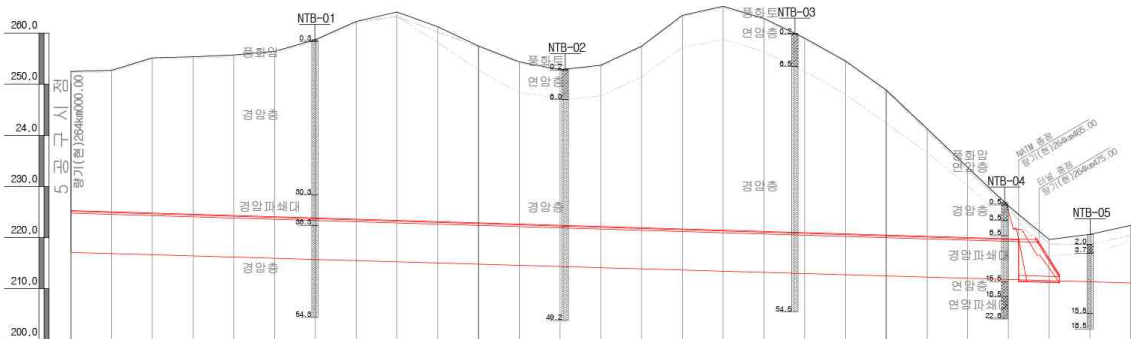
7.1.3 중점검토사항

구 분	중점 검토사항	설 계 반 영
지질위험 특성분석	•단층파쇄대, 암종경계 등 지질위험구간 터널 영향범위 및 특성분석	• 저비저항대, 단층파쇄대 33개소 확인 ➜암반등급 하향조정, 보강대책수립 •최적의 갱구위치 선정 및 비탈면 안정 검토
기반암의 특성분석	•구성암종별 강도, 동적특성 및 내구성 파악	•퇴적암지역으로 설계지반정수 산정 ➜터널단면별 안정검토 및 내진설계 활용
불연속면 특성분석	•불연속면의 방향성, 공학적특성 파악 •층리, 절리등의 상세조사	•불연속면의 방향성, 절리면 강도특성 ➜터널 및 깎기부 불연속체 안정성 검토
암반등급 산정	•RMR, RQD, Q-system 분류 상관성 분석 •시추조사와 물리탐사 상관성분석을 통한 미시추구간 암반등급 산정	•터널별 암반분류기준 선정, 정량적 암반등급 결정 ➜구간별 지보패턴 및 보강량 결정, 지질이상대 구간 보강공법 선정

7.2 터널구간 지반조사 결과

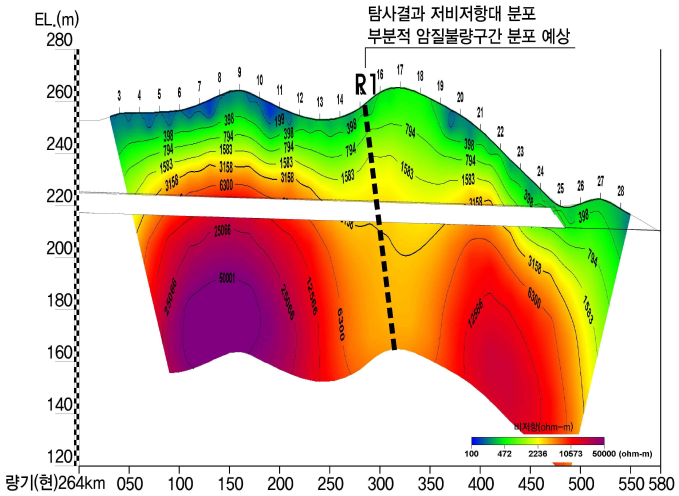
7.2.1 지층현황

(1) 하화터널

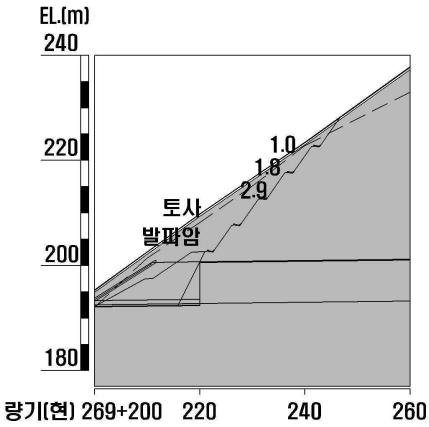
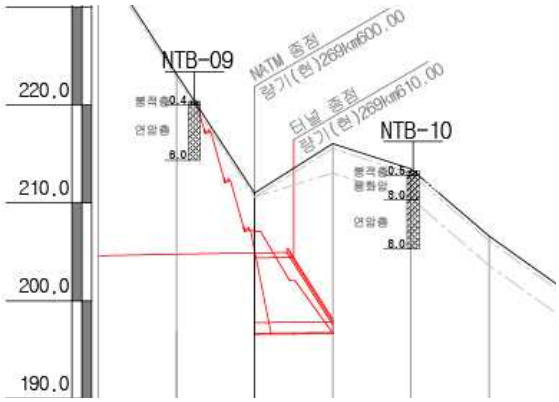
구분	전구간
종단면도	

구분	지층	층후(m)	구성	N치 (TCR/RQD)
지층현황	풍화토	0.0~2.0	SM,SW	50/13
	풍화암	0.0~1.7	SM	50/7~50/5
	연암	0.0~10.3이상	셰일,사암	(89~100/10~60)
	경암	12.0~54.0이상	셰일	(95~100/16~100)

- 본 구간은 총5개소(NTB-01~NTB-05)에 대해 시추조사를 수행함
- 조사결과 풍화토층은 지표하 0.0~2.0m의 층후, 풍화암층은 풍화토층 하부로부터 0.0~1.7m의 층후를 보임
- 풍화암 하부에 연암은 0.0 ~10.3m이상 확인되고 경암은 12.0~54.0m이상 확인됨

전기비저항탐사		• 저비저항대가 량기(현) 264km 300 지점에 1개소 분포하며 부분적인 암질불량구간이 분포할 것으로 예상되고, 탐사구간은 후평동층에 해당하는 구간으로 시추조사결과 셰일이 분포하는 것으로 나타났으며, 지표에 노출된 노두의 박리성이 발달되어 있는 특징을 보이므로 이에 따른 예상설계가 필요할 것으로 예상됨

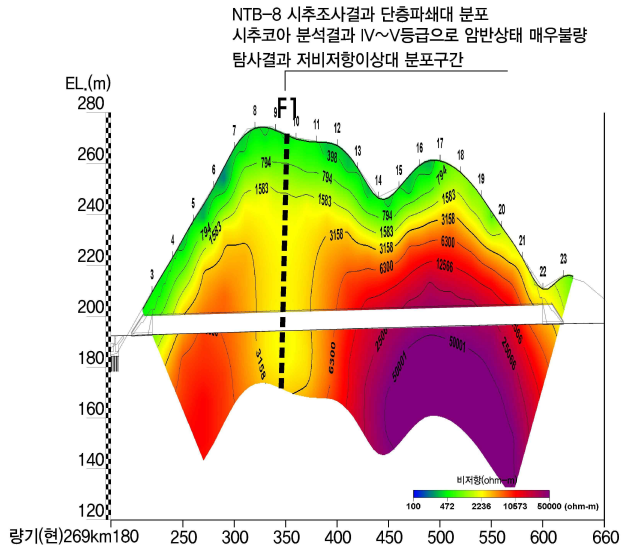
(2) 팔성1터널

구분	시점부	종점부
종단면도		

구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)	지층	층후(m)	구성	N치 (TCR/RQD)
토사	1.0이하	지표	붕적층	0.4~0.5	GP	-
리핑	1.0 ~ 1.8	-	풍화암	0.0~2.5	SM	50/7~50/3
발파	1.8이상	0.2~0.4	연암	5.0~5.6이상	세일	(88~100/20~42)

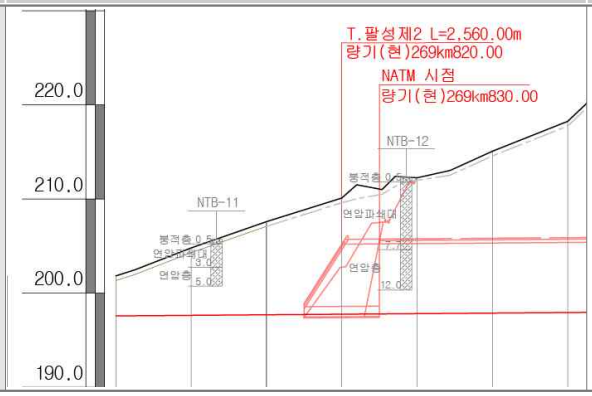
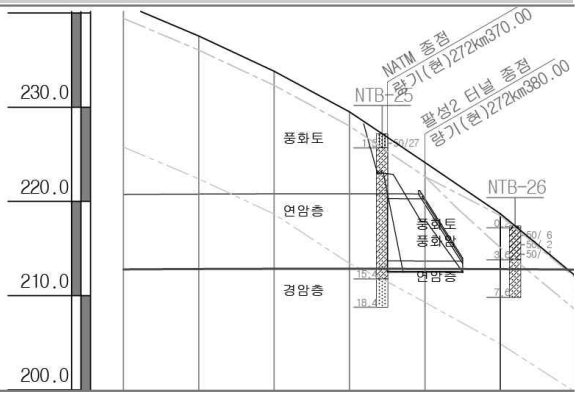
- 본 구간은 총3개소(NTB-08~NTB-10)에 대해 시추조사를 수행함
- 전체적인 탄성파속도는 0.3~2.9 km/s의 분포를 보임.
- 탄성파속도 분포로 보아 리핑암은 분포하지 않는 것으로 나타남, 발파암은 지표하 0.2~1.5m에 분포할 것으로 예상됨
- 종점부(NTB-09, 10): 붕적층은 지표하 0.4~0.5m 층후를 보이고, 그하부로 풍화암이 0.0~2.5m의 층후가 확인되며 연암은 5.0~5.6m이상 확인함

전기비저항탐사



- 저비저항대가 량기(현)269km350 지점에 1개소 분포하며 NTB-08번 시추조사결과 단층파쇄대가(F1) 분포하는 것으로 나타남
- 본 구간은 세일층 분포에 따른 박리성 발달 및 풍화진행으로 인해 매우 불량한 암반상태를 보임에 따라 시공중 세일의 팽창 및 내구성 저하로 막장변위 및 붕괴위험이 분포하는 지질특성을 보이므로 이에 따른 보강설계가 필요할 것으로 판단됨

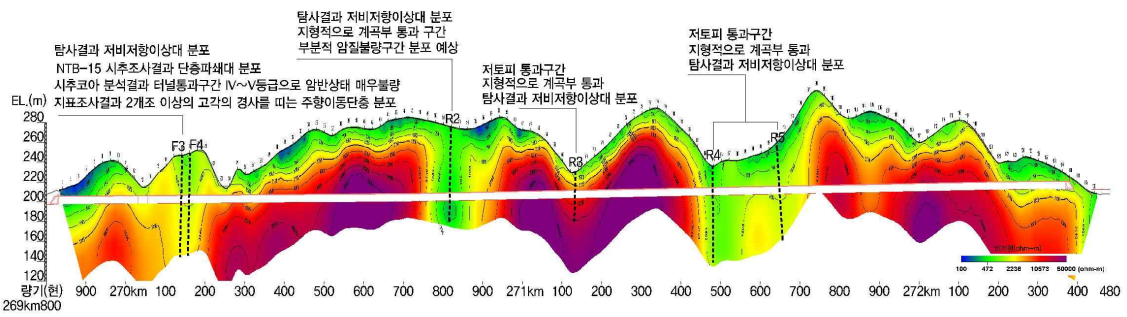
(3) 팔성2터널

구분	시점부	종점부
종단면도		

구분	지층	층후(m)	구성	N치 (TCR/RQD)	지층	층후(m)	구성	N치 (TCR/RQD)
지층현황	붕적층	0.5	GP	-	풍화토	0.2~1.5	SM	50/27
					풍화암	0.0~3.4	셰일	50/6~50/1(76/17)
	연암	4.5~11.5이상	셰일	(56~95/0~43)	연암	4.0~13.9이상	셰일	(50~100/15~48)
					경암	3.0이상	셰일	(100/81)

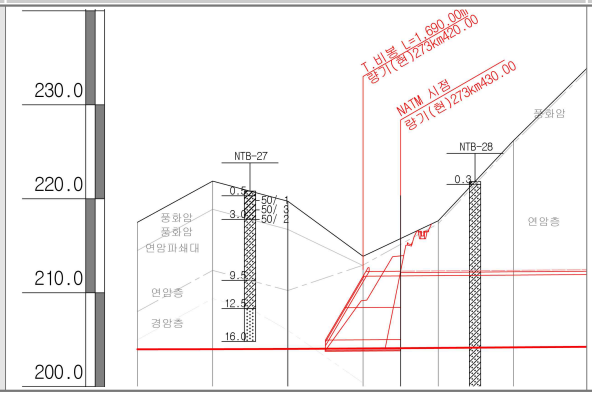
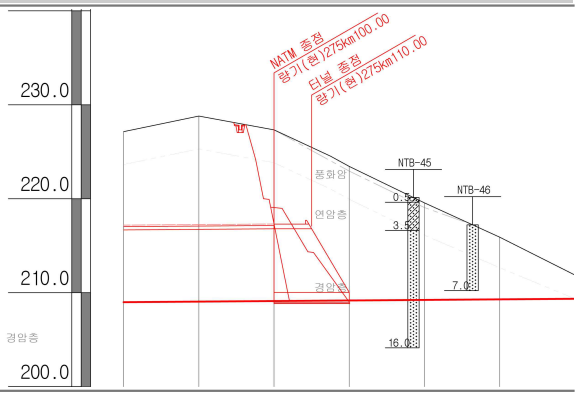
- 본 구간은 총 13개소(NTB-11~19, NTB-23~26)에 대해 시추조사를 수행함
- 시점부(NTB-11, 12): 붕적층은 지표 하 0.5m 층후가 확인되며, 연암층은 4.5~11.5m이상 확인됨
- 종점부(NTB-25, 26): 풍화토층은 지표 하 0.2~1.5m 층후를 보이고, 그하부로 풍화암이 0.0~3.4m의 층후가 확인되며 연암은 4.0~13.9m이상이 확인되고, 경암은 연암하부에 3.0m이상 확인함

전기비저항탐사



- 단층파쇄대 및 저비저항대가 6개소 분포하는 것으로 나타났으며, F3, F4단층파쇄대는 시추조사 및 지표지질조사결과 고각의 경사를 띠는 주향이동단층으로 나타남
- R2, R3 저비저항대 분포구간은 저토피 통과구간으로 단층파쇄대 분포 및 지질변화 요인을 고려하여 이에 따른 보강설계가 필요할 것으로 판단됨
- 터널 전구간의 시추조사결과 전반적으로 셰일층 분포에 따른 박리성 발달 및 풍화진행으로 인해 매우 불량한 암반상태를 보임에 따라 시공 중 셰일의 팽창 및 내구성 저하로 막장변위 및 붕괴위험이 분포하는 지질특성을 보이므로 시공 중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 막장전방 지질변화를 파악해야 할것으로 판단됨

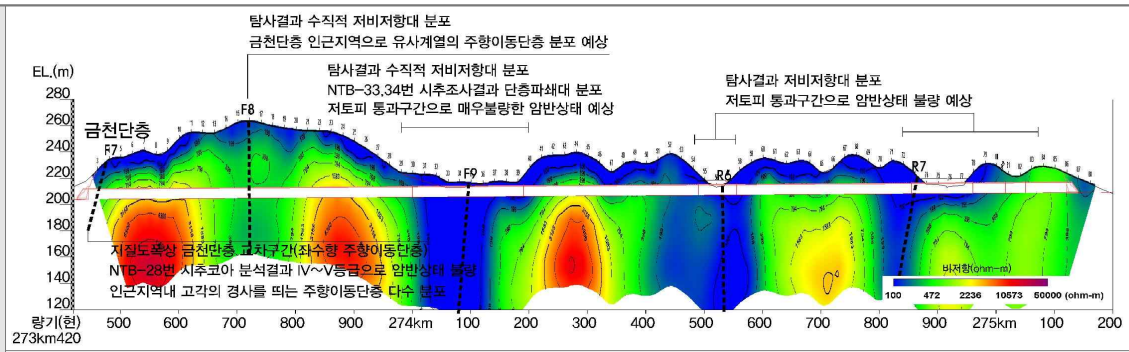
(4) 비봉터널

구분	시점부	종점부
종단면도		

구분	지층	층후(m)	구성	N치 (TCR/RQD)	지층	층후(m)	구성	N치 (TCR/RQD)
지층현황	풍화암	0.3~3.0	SM, 세일	50/3~50/1 (81/0)	풍화암	0.0~0.5	SM	-
	연암	9.5~22.7이상	세일	(86~100/2~46)	연암	0.0~3.0	세일	(90/28)
	경암	3.5이상	세일	(100/72)	경암	7.0~12.5이상	세일	(92~100/46~76)

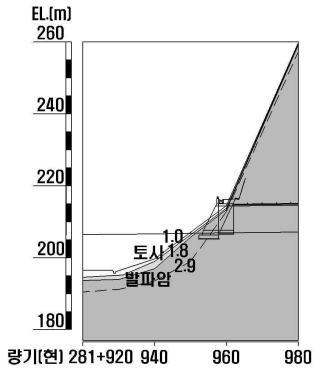
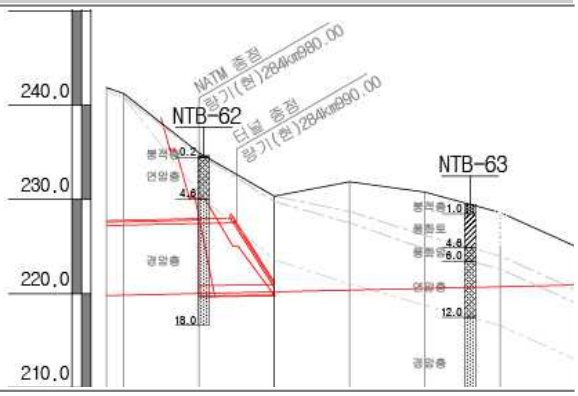
- 본구간은 총19개소(NTB-27~41, NTB-43~46)에 대해 시추조사를 시행함
- 시점부(NTB-27, 28): 풍화암층은 지표 하 0.3~3.0m 층후가 확인되며 연암층은 9.5~22.7m이상, 경암층은 3.5m이상 확인됨
- 종점부(NTB-45, 46): 풍화암층은 지표 하 0.0~0.5m 층후가 확인되며 연암층은 0.0~3.0m, 경암층은 7.0~12.5m이상 확인됨

전기비저항탐사



- 단층파쇄대 및 저비저항대가 5개소 분포하는 것으로 나타났으며, F9단층파쇄대는 광역단층인 금천단층의 교차가 예상되는 지점이며 좌수향 주향이동단층으로, NTB-28번 시추조사결과 매우 불량한 암반상태를 보이는 것으로 나타남
- F8, F9단층파쇄대는 금천단층의 영향으로 유사계열의 주향이동단층 분포가 예상되는 구간이며, R6, R7 저비저항대 분포구간은 저토피 통과구간으로 단층파쇄대 분포 및 지질변화 요인을 고려하여 이에 따른 보강설계가 필요할 것으로 판단됨
- 전반적으로 비봉터널은 저토피 통과구간이 많은 구간으로 지질특성 및 토피고를 고려한 보강설계가 필요할 것으로 판단되며, 시공 중 세일의 팽창 및 내구성 저하로 막장변위 및 붕괴위험이 분포하는 지질특성을 보이므로 시공 중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할 것으로 판단됨

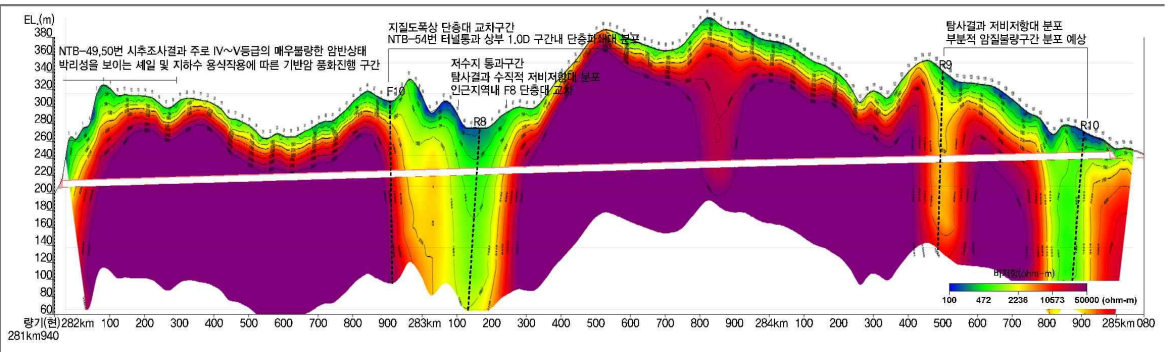
(5) 청로터널

구분	시점부	종점부
종단면도		

구분	속도(km/s)	출현심도(GL.-m)	지층	층후(m)	구성	N치 (TCR/RQD)
토사	1.0이하	지표	붕적층	0.2~1.0	GP	-
			풍화토	0.0~3.6	SC	5/30~17/30
리핑	1.0 ~ 1.8	-	풍화암	0.0~1.4	SM	50/3
			연암	4.4~6.0	셰일	(100/19~54)
발파	1.8이상	0.2~1.0	경암	10.0~13.4이상	셰일	(100/53~95)

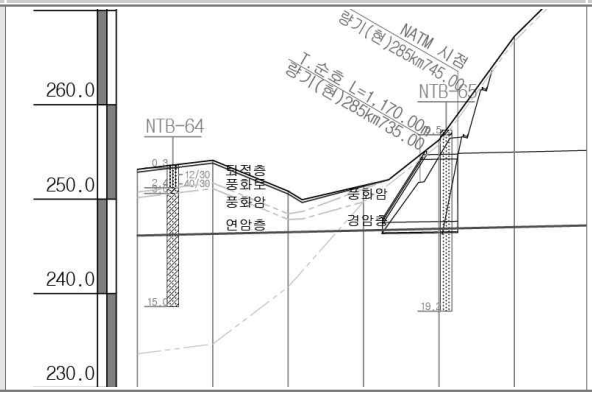
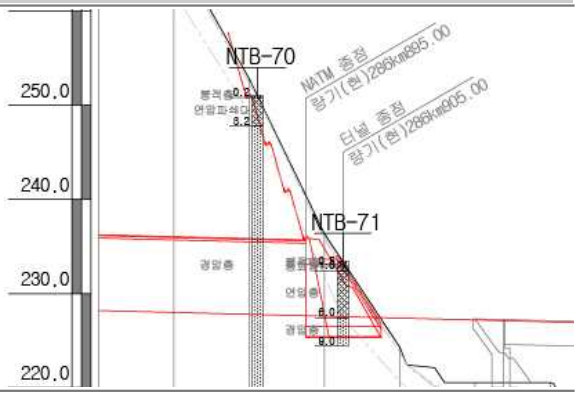
- 본 구간은 총 15개소(NTB-49~63)에 대해 시추조사를 수행함
- 종점부(NTB-62, 63): 붕적층은 지표 하 0.2~1.0m 층후를 보이고, 그 하부로 풍화토가 0.0~3.6m 층후를 확인, 풍화토 하부에 풍화암이 0.0~1.4m 확인됨. 풍화대 하부에 연암이 4.4~6.0m 층후로 확인되며, 경암은 연암하부에서 10.0~13.4m 이상 확인됨

전기비저항탐사



- 단층파쇄대 및 저비저항대가 4개소 분포하는 것으로 나타났으며, F10단층파쇄대는 NTB-54번 시추조사결과 상부 1.0D 구간내 단층파쇄대가 확인된 구간임
- R8 저비저항대 분포구간은 재원지 통과구간으로 인근지역내 F10단층파쇄대가 위치하며, 토피고가 약40m로, 지형 및 지질특성을 고려할 때 차수설계 및 보강공법이 필요할 것으로 판단됨
- 터널시점의 량기(현)281km940~281km300구간은 시추조사 결과 셰일층 분포에 따른 박리성 발달 및 풍화진행으로 인해 매우 불량한 암반상태를 보임에 따라 시공 중 셰일의 팽창 및 내구성 저하로 막장변위 및 붕괴위험이 분포하는 지질특성을 보이므로 시공 중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할것으로 판단됨

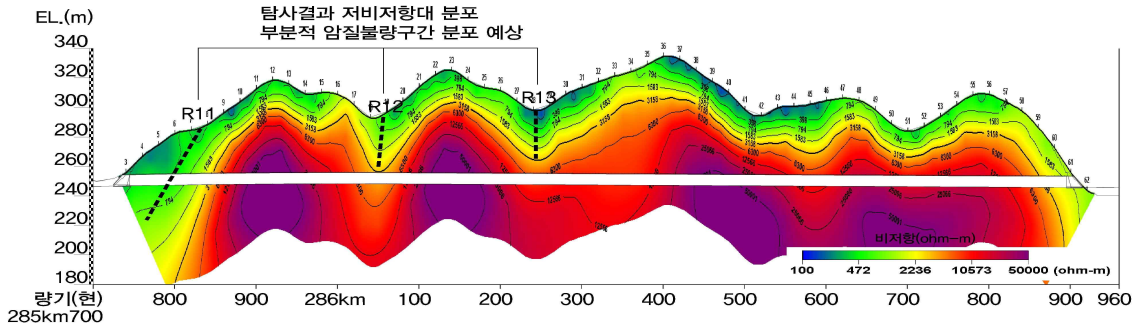
(6) 순호터널

구분	시점부	종점부
종단면도		

구분	지층	층후(m)	구성	N치 (TCR/RQD)	지층	층후(m)	구성	N치 (TCR/RQD)
지층현황	퇴적층	0.0~0.3	SM	-	붕적층	0.2~0.5	SM	-
	풍화토	0.0~2.1	SC	12/30~40/30	풍화암	0.0~0.5	SM	-
	풍화암	0.5~0.6	SM	-	연암	3.0~5.0	세일	(93~100/11~48)
	연암	12.0이상	세일	(62~92/4~50)	경암	3.0~29.8	세일	(100/61~93)
	경암	18.7이상	세일	(100/72~100)				

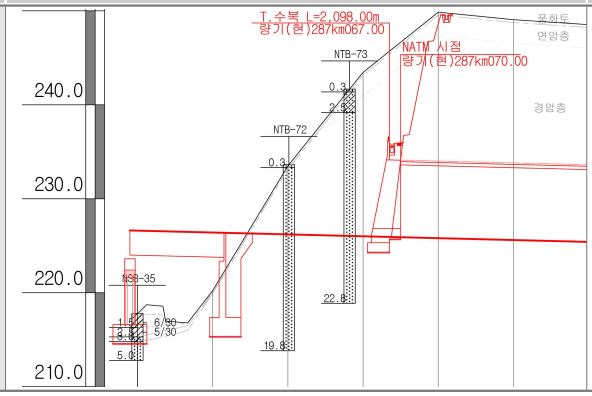
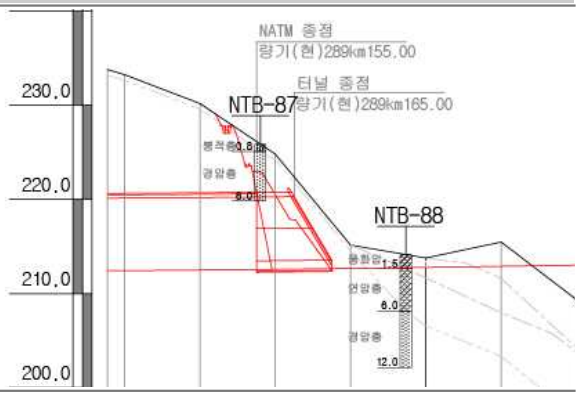
- 본 구간은 총 8개소(NTB-64~71)에 대해 시추조사를 수행함
- 시점부(NTB-64, 65): 퇴적층은 지표 하 0.0~0.3m의 층후 확인, 풍화토는 퇴적층 하부 0.0~2.1m 층후 확인, 풍화암은 토층하부 0.5~0.6m 층후 확인됨. NTB-64공에서 풍화암 하부 연암 12.0m 이상 확인 하였고 NTB-65공에서 풍화암 하부에 경암 18.7m 이상 확인됨
- 시점부(NTB-70, 71): 붕적층은 지표 하 0.2~0.5m의 층후 확인, 풍화암은 토층하부 0.0~0.5m 층후 확인, 연암은 지표 하 3.0~5.0m의 층후 확인, 경암은 지표 하 3.0~29.8m의 층후 확인됨

전기비저항탐사



- 저비저항대가 3개소 분포하는 것으로 나타났으며, 부분적인 암질불량구간이 분포할 것으로 예상됨
- 순호터널은 시추조사결과 전반적으로 II~III등급의 양호한 암반상태를 보이는 것으로 나타났으나, 량기(현)286km800지점은 터널통과 구간내 다소 불량한 암반상태를 보이는 것으로 나타남
- 시추조사 및 탐사결과 터널통과 구간내 양호한 암반상태 및 고비저항대의 양상을 띠는 것으로 보아 전반적인 지질상태는 양호 할것으로 예상되나, 지형적으로 계곡부 통과구간 및 터널 시·종점부는 지질변화 요인이 많은 구간이므로 시공 중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할것으로 판단됨

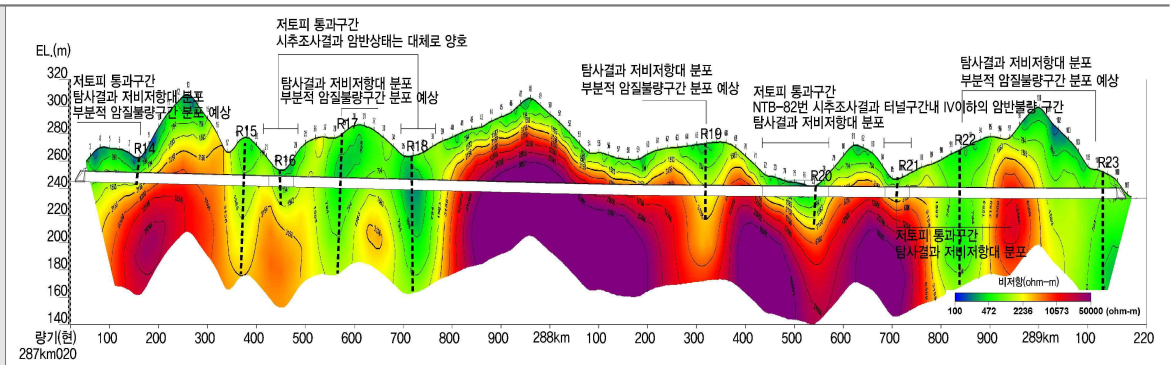
(7) 수북터널

구분	시점부	종점부
종단면도		

구분	지층	층후(m)	구성	N치 (TCR/RQD)	지층	층후(m)	구성	N치 (TCR/RQD)
지층현황	풍화토	0.3	SM	-	붕적층	0.0~0.8	SM	-
	연암	0.0~2.2	셰일	(100/26)	풍화암	0.0~1.5	SM	50/2
					연암	0.0~4.5	셰일	(44~100/21~68)
	경암	19.5~20.3이상	셰일	(100/59~100)	경암	5.2~6.0이상	셰일	(91~100/54~71)

- 본 구간은 총 15개소(NTB-72~82, NTB-85~88)에 대해 시추조사를 수행함
- 시점부(NTB-72, 73): 풍화토층은 지표 하 0.3m 층후를 보이고, 그 하부로 연암이 0.0~2.2m 확인 되며 경암층은 19.5~20.3m 이상 확인됨
- 종점부(NTB-87, 88): 붕적층은 지표 하 0.0~0.8m 층후를 보이고, 풍화암층은 지표 하 0.0~1.5m 층후를 보이고, 그 하부로 연암이 0.0~4.5m 이한 확인되며, 경암층은 5.2~6.0m이상 확인됨

전기비저항탐사



- 저비저항대가 9개소 분포하는 것으로 나타났으며, 부분적인 암질불량구간이 분포할 것으로 예상됨
- 수북터널은 시추조사결과 전반적으로 II~III등급의 양호한 암반상태를 보이는 것으로 나타났으나, 저토피 통과구간에는 저비저항대의 분포가 발달해 있으므로, 단층파쇄대 분포 및 지질변화 요인을 고려하여 이에 따른 보강설계가 필요할 것으로 판단됨
- 시추조사 및 탐사결과 터널통과 구간내 양호한 암반상태 및 고비저항대의 양상을 띠는 것으로 보아 전반적인 지질상태는 양호 할 것으로 예상되나, 지형적으로 계곡부 통과구간 및 터널 시·종점부는 지질변화 요인이 많은 구간이므로 시공 중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할것으로 판단됨

7.2.2 현장시험 결과

(1) 공내재하시험 결과

구분	시 추 공 번	시험심도 (GL.-m)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)	지 층	비 고
Ⅱ 등급	NTB-31	15.5	13,100	25,900	경암	
	NTB-61	18.2	9,190	14,200	경암	
	NTB-65	10.0	17,900	23,900	경암	
	NTB-66	30.0	15,900	46,900	경암	
	NTB-72	10.0	12,200	17,900	경암	
	NTB-73	15.0	13,700	57,400	경암	
	NTB-74	43.0	14,300	23,900	경암	
	NTB-75	21.0	10,400	14,000	경암	
	NTB-76	13.0	12,300	16,600	경암	
	NTB-85	30.7	10,400	14,600	경암	
Ⅲ 등급	NTB-01	30.0	10,300	12,700	경암	
	NTB-02	47.0	10,400	31,700	경암	
	NTB-03	22.0	11,100	34,900	경암	
	NTB-05	10.0	10,000	20,700	경암	
	NTB-24	18.3	6,280	8,230	경암	
	NTB-44	12.5	6,230	8,380	연암	
	NTB-45	10.0	1,520	4,040	경암	
	NTB-49	92.0	4,330	9,680	경암	
	NTB-64	8.0	4,120	1,480	연암	
	NTB-70	21.2	6,750	9,680	경암	
Ⅳ 등급	NTB-04	12.0	4,860	6,880	경암	
	NTB-16	27.5	1,950	3,790	연암	
	NTB-25	15.0	2,390	14,500	연암	
	NTB-26	7.0	2,230	5,650	연암	
	NTB-27	11.0	1,940	3,970	연암	
	NTB-29	31.0	2,520	8,380	연암	
	NTB-46	4.0	9,790	30,600	경암	
	NTB-50	74.0	1,340	6,750	연암	
	NTB-62	8.0	3,470	11,600	경암	
	NTB-88	6.0	2,570	3,150	연암	
Ⅴ 등급	NTB-28	14.0	517	935	연암	
	NTB-32	9.5	534	623	연암	
	NTB-47	4.5	418	504	풍화암	

(2) 수압시험 결과

구분	시 추 공 번	시험심도 (GL.-m)	투수계수 (cm/s)	Flow Type	루젼치 (L_u)	지 층	비 고
Ⅱ 등급	NTB-03	22.5~28.5	1.2×10^{-06}	Dilation	0.09	경암	
	NTB-31	15.5~21.5	2.4×10^{-06}	Dilation	0.18	경암	
	NTB-61	18.2~24.2	2.4×10^{-06}	Turbulent Flow	0.18	경암	
	NTB-65	10.0~16.0	2.0×10^{-06}	Laminar Flow	0.16	경암	
	NTB-66	35.0~41.0	5.6×10^{-07}	Void Filling	0.04	경암	
	NTB-73	15.0~21.0	6.4×10^{-07}	Void Filling	0.05	경암	
	NTB-74	13.0~19.0	5.1×10^{-07}	Void Filling	0.04	경암	
	NTB-75	21.0~28.0	1.1×10^{-06}	Void Filling	0.08	경암	
	NTB-76	13.0~19.0	1.1×10^{-06}	Turbulent Flow	0.08	경암	
	NTB-85	30.7~36.7	2.0×10^{-06}	Dilation	0.15	경암	
Ⅲ 등급	NTB-01	37.3~42.3	6.5×10^{-06}	Dilation	0.51	경암	
	NTB-02	29.7~34.7	6.1×10^{-06}	Dilation	0.47	경암	
	NTB-04	11.0~17.0	7.1×10^{-05}	Dilation	5.29	경암	
	NTB-05	10.0~16.0	7.4×10^{-06}	Turbulent Flow	0.55	경암	
	NTB-24	15.3~21.3	4.0×10^{-06}	Dilation	0.30	경암	
	NTB-25	15.0~18.0	1.2×10^{-06}	Void Filling	0.10	경암	
	NTB-27	10.0~16.0	4.0×10^{-07}	Void Filling	0.03	경암	
	NTB-44	12.5~18.5	7.9×10^{-06}	Dilation	0.59	연암	
	NTB-45	10.0~16.0	7.7×10^{-07}	Void Filling	0.06	경암	
	NTB-46	3.0~6.0	4.1×10^{-06}	Turbulent Flow	0.35	경암	
	NTB-62	8.0~14.0	7.5×10^{-06}	Turbulent Flow	0.56	경암	
	NTB-63	13.0~19.0	4.9×10^{-06}	Dilation	0.37	경암	
	NTB-70	21.2~27.2	5.2×10^{-06}	Void Filling	0.39	경암	
	NTB-72	10.0~16.0	7.4×10^{-06}	Turbulent Flow	0.55	경암	
Ⅳ 등급	NTB-16	27.5~33.5	1.6×10^{-05}	Void Filling	1.17	연암	
	NTB-28	14.0~20.0	2.0×10^{-05}	Laminar Flow	1.47	연암	
	NTB-29	30.0~36.0	1.4×10^{-05}	Dilation	1.04	연암	
	NTB-49	92.0~98.0	5.3×10^{-05}	Turbulent Flow	3.97	연암	
	NTB-50	74.0~80.0	3.5×10^{-06}	Dilation	0.26	경암	
	NTB-88	6.0~12.0	7.8×10^{-05}	Dilation	5.83	경암	
Ⅴ 등급	NTB-26	4.0~7.0	2.8×10^{-04}	Turbulent Flow	24.41	연암	
	NTB-32	9.5~15.0	1.1×10^{-04}	Dilation	8.66	연암	
	NTB-33	11.0~17.0	4.9×10^{-05}	Dilation	3.62	연암	
	NTB-47	4.5~10.0	1.4×10^{-04}	Void Filling	10.45	풍화암	
	NTB-64	9.0~15.0	2.7×10^{-04}	Dilation	20.21	연암	

(3) 공내전단시험 결과

공 번	심도 (GL.-m)	지층	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	비고
NTB-05	2.0	풍화암	29.0	31.5	
NTB-26	2.0	풍화암	29.3	31.7	
NTB-27	2.0	풍화암	29.3	31.1	
NTB-47	1.0	풍화암	29.0	31.1	
NTB-63	4.0	풍화토	19.2	29.1	
NTB-64	2.0	풍화토	19.8	29.9	
NTB-88	1.0	풍화암	29.6	32.0	

7.2.3 실내시험 결과

(1) 실내토질시험 결과

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NTB-05	1.0	16.1	2.656	N	P	77.4	55.3	4.4	-	SW
	2.0	12.7	2.659	N	P	86.1	65.2	17.4	-	SM
NTB-15	1.0	5.5	2.625	N	P	15.9	6.2	0.0	-	GW
	3.0	7.6	2.641	N	P	10.2	3.0	0.0	-	GP
NTB-16	1.0	26.5	2.682	32.4	7.0	100.0	98.0	78.7	16.6	ML
	2.0	28.6	2.679	34.1	5.9	97.6	95.0	70.8	12.0	ML
NTB-17	1.0	3.6	2.634	N	P	16.8	5.5	0.1	-	GP
NTB-25	1.0	10.4	2.659	N	P	80.7	64.1	22.5	-	SM
NTB-26	1.0	8.1	2.656	N	P	84.7	63.4	15.2	-	SM
NTB-29	1.0	11.1	2.662	N	P	88.4	69.3	14.6	-	SM
NTB-30	1.0	23.0	2.659	N	P	89.2	70.3	18.1	-	SM
NTB-32	2.0	29.3	2.682	36.9	19.4	100.0	99.7	80.9	12.7	CL
	3.0	8.4	2.656	N	P	84.2	68.7	20.0	-	SM
NTB-33	2.0	26.3	2.684	32.8	13.0	100.0	99.5	75.5	19.2	CL
NTB-41	1.0	5.8	2.625	N	P	8.4	4.2	0.3	-	GP
NTB-47	1.0	18.5	2.659	N	P	87.0	71.3	23.8	-	SM
NTB-52	1.0	19.6	2.673	30.4	11.5	92.2	74.6	34.0	7.0	SC
NTB-53	1.0	21.1	2.658	N	P	82.9	67.9	21.4	-	SM
	2.0	11.7	2.662	N	P	82.1	62.8	21.5	-	SM
NTB-54	1.0	27.7	2.682	34.9	19.2	100.0	99.3	61.7	7.9	CL
	2.0	2.0	2.625	N	P	5.0	2.5	0.0	-	GP
NTB-57	1.0	17.5	2.656	31.7	14.8	89.6	75.4	34.8	10.0	SC
	2.0	17.5	2.656	29.5	15.3	86.5	70.7	36.0	9.5	SC
	3.0	21.5	2.674	31.9	15.1	100.0	97.4	78.8	20.6	CL
NTB-59	0.0~0.7	4.7	2.634	N	P	25.8	17.3	4.1	-	GP
NTB-60	1.0	22.1	2.694	35.1	16.6	100.0	99.6	82.4	28.0	CL
	3.0	28.9	2.686	33.6	17.8	100.0	100.0	85.8	20.5	CL
NTB-63	1.0	25.9	2.681	34.6	14.3	100.0	98.7	78.3	22.4	CL
	3.0	24.0	2.658	28.4	12.7	96.1	82.5	36.2	9.5	SC
	4.0	16.7	2.662	N	P	77.2	59.3	15.6	-	SM
NTB-64	1.0	25.7	2.672	32.9	15.5	100.0	97.3	63.9	14.5	CL
	2.0	16.6	2.668	29.4	13.7	97.8	90.5	44.9	10.5	SC
NTB-81	1.0	19.0	2.672	30.6	14.4	84.8	72.4	38.9	8.6	SC
NTB-82	1.0	10.7	2.632	N	P	24.4	11.7	0.5	-	GW

(2) 실내암석시험 결과

① 기본물성시험

구분	공번	심도 (GL.-m)	단위중량 (kN/m^3)	비 중	포아송비	탄성파속도(m/s)	
						P파속도	S파속도
하화터널	NTB-01	26.3	26.077	2.68	0.28	3,178.9	1,794.5
		31.2	26.035	2.69	0.24	4,591.3	3,014.8
		44.0~51.6	2.632	2.63	0.21	3,951.0	1,967.0
	NTB-02	33.0	26.460	2.72	0.26	3,908.7	2,399.7
		35.0	26.343	2.71	0.23	4,986.6	3,174.9
	NTB-03	35.5	26.524	2.71	0.26	3,815.7	2,231.1
		44.0	26.561	2.72	0.27	3,564.2	2,175.2
	NTB-04	6.2	26.152	2.69	0.27	4,126.4	2,194.8
		10.7	22.973	2.46	0.28	3,094.5	1,869.7
	NTB-05	4.8	25.640	2.65	0.26	3,876.5	2,194.8
		13.3	26.016	2.68	0.29	2,576.4	1,327.6
팔성제1터널	NTB-08	67.1	21.853	2.37	0.30	1,648.5	1,011.3
		76.5	23.749	2.51	0.27	3,728.1	2,327.5
	NTB-09	2.2~5.2	2.668	2.67	0.22	3,857.0	2,012.0
		2.9~3.9	2.709	2.71	0.24	4,015.0	2,154.0
		4.1~6.0	2.663	2.66	0.23	3,933.0	2,221.0
	NTB-10	2.1~2.5	2.728	2.73	0.21	2,358.0	1,488.0
		5.1~5.5	2.556	2.59	0.21	2,415.0	1,563.0
		7.1~7.5	2.607	2.61	0.21	2,548.0	1,528.0
팔성제2터널	NTB-12	6.4~6.9	2.633	2.63	0.21	2,214.0	1,392.0
		9.3~9.6	2.662	2.66	0.22	3,860.0	2,014.0
		10.6~11.8	2.582	2.58	0.22	4,352.0	2,305.0
	NTB-13	17.0~20.3	2.681	2.68	0.20	4,103.0	2,098.0
		21.7~23.8	2.572	2.57	0.20	3,598.0	1,801.0
		25.8~26.1	2.773	2.77	0.21	4,053.0	2,002.0
	NTB-14	4.0~13.9	2.743	2.74	0.24	3,481.0	1,956.0
		3.0~14.5	2.652	2.65	0.20	3,842.0	2,010.0
		20.9~24.8	2.589	2.59	0.22	4,021.0	2,214.0
	NTB-15	33.7~52.8	2.623	2.62	2.30	2,948.0	1,751.0
		36.5	20.258	2.22	0.28	2,948.1	1,831.9
		45.3	23.713	2.57	0.30	1,698.4	952.6
	NTB-16	17.7~32.5	2.671	2.67	0.22	2,915.0	1,634.0
		19.2	26.929	2.75	0.22	5,564.3	3,709.3
		28.0	26.108	2.69	0.28	2,643.7	1,594.4
	NTB-17	53.0~54.4	2.744	2.74	2.59	2,348.0	1,457.0
		58.5	25.598	2.66	0.27	3,164.9	2,001.7
		66.5	26.475	2.73	0.27	3,284.6	2,085.7
	NTB-18	63.8	26.606	2.76	0.25	4,471.6	2,923.2
		67.2	24.847	2.59	0.29	2,330.9	1,265.5
	NTB-19	66.3	26.014	2.71	0.29	2,417.6	1,293.8
		71.0	25.955	2.72	0.29	2,196.8	1,194.2
	NTB-23	59.4	25.414	2.63	0.24	5,359.9	3,359.6
		65.6	26.709	2.73	0.21	5,996.4	3,876.8

① 기본물성시험-〈계속〉

구분	공번	심도 (GL.-m)	단위중량 (kN/m³)	비 중	포아송비	탄성파속도(m/s)	
						P파속도	S파속도
팔성제2터널	NTB-24	13.6	25.560	2.64	0.30	1,745.5	1,089.7
		16.4	24.985	2.61	0.27	3,231.1	1,969.8
	NTB-25	4.7	24.316	2.53	0.26	4,318.5	2,911.6
		13.9	25.927	2.67	0.25	4,327.7	2,841.2
	NTB-26	4.0	24.394	2.55	0.27	3,639.2	2,548.3
		6.6	24.308	2.53	0.27	3,250.8	2,071.6
비봉터널	NTB-27	13.6	26.304	2.71	0.25	4,695.2	3,162.6
		14.5~16.0	2.571	2.57	0.22	2,218.0	1,029.0
		15.6	26.348	2.71	0.25	4,813.5	3,176.4
	NTB-28	2.7~21.8	2.709	2.71	0.22	2,236.0	1,123.0
		3.6	25.470	2.66	0.26	3,984.1	2,710.9
		6.3	26.432	2.70	0.26	3,994.2	2,809.7
	NTB-29	33.6~39.1	2.690	2.69	0.23	2,341.0	1,680.0
		35.1	25.340	2.65	0.25	4,273.1	2,926.5
		40.3	26.008	2.69	0.29	2,984.4	1,912.7
	NTB-30	43.2	26.211	2.69	0.28	3,094.1	1,901.3
		46.7	26.472	2.71	0.29	2,913.7	1,869.8
	NTB-31	10.3	26.424	2.73	0.27	3,351.9	2,173.6
		13.0	26.807	2.73	0.25	4,013.8	2,756.7
	NTB-33	4.5	24.771	2.64	0.28	3,184.6	2,027.5
		10.3	26.638	2.75	0.26	4,185.6	2,793.9
	NTB-34	5.4	26.134	2.68	0.29	2,958.1	1,846.3
		9.6	25.514	2.66	0.27	3,694.2	2,283.5
	NTB-35	6.4	25.718	2.65	0.25	4,264.5	2,571.3
		12.7	26.115	2.68	0.29	2,967.5	1,893.2
	NTB-36	6.0	26.432	2.71	0.27	3,456.2	2,152.1
		11.5	25.454	2.66	0.26	4,376.1	2,933.7
	NTB-37	1.8	26.102	2.68	0.29	2,796.8	1,719.5
		8.5	26.200	2.69	0.28	2,826.5	1,723.9
	NTB-38	4.6	26.071	2.68	0.28	2,833.7	1,705.8
		10.5	25.894	2.68	0.27	3,752.1	2,374.4
	NTB-39	6.0	26.551	2.73	0.27	3,631.9	2,536.3
		10.5	26.463	2.74	0.28	3,290.4	1,989.6
	NTB-40	6.1	26.476	2.71	0.23	5,012.6	3,109.8
		9.5	26.620	2.71	0.23	5,395.2	3,476.9
	NTB-41	3.0	26.302	2.71	0.24	4,895.1	3,133.3
		9.0	23.298	2.56	0.28	2,876.8	1,578.4
	NTB-43	11.3	26.207	2.70	0.24	5,221.7	3,329.1
		15.8	26.133	2.68	0.28	3,094.7	1,946.2
	NTB-44	6.5	26.083	2.71	0.23	5,148.2	3,207.7
		13.2	25.491	2.65	0.27	3,596.2	2,153.6
	NTB-45	14.1	26.271	2.72	0.28	3,167.8	1,883.4
		15.1	26.476	2.73	0.27	3,631.4	2,536.9
	NTB-46	5.0	25.762	2.69	0.26	4,138.6	2,612.1
		6.2	23.958	2.53	0.28	3,269.2	2,028.3

① 기본물성시험-〈계속〉

구분	공번	심도 (GL.-m)	단위중량 (kN/m³)	비 중	포아송비	탄성파속도(m/s)	
						P파속도	S파속도
청로터널	NTB-49	89.4~110.3	2.673	2.67	0.22	2,458.0	1,426.0
		101.5	23.917	2.54	0.28	3,054.8	1,792.5
		103.4	24.020	2.58	0.27	3,994.1	2,163.7
	NTB-50	71.7~87.8	2.771	2.77	0.20	2,985.0	2,031.0
		77.6	23.565	2.51	0.29	2,851.0	1,738.6
		84.2	26.766	2.76	0.23	5,361.4	3,455.2
	NTB-51	73.6~75.5	2.649	2.65	0.22	2,583.0	1,248.0
		77.3	26.156	2.69	0.29	2,806.3	1,729.9
		80.3	26.228	2.69	0.28	3,169.5	1,917.6
	NTB-52	39.8	26.832	2.73	0.23	5,097.9	3,221.6
		46.7	26.288	2.68	0.28	3,140.6	1,863.1
	NTB-53	39.0	26.454	2.73	0.27	3,211.3	2,541.6
		44.5	25.634	2.67	0.27	3,416.9	2,622.8
	NTB-54	72.2	25.383	2.63	0.25	4,377.6	2,814.7
		75.7	25.822	2.67	0.24	4,895.1	3,109.8
	NTB-55	44.4	26.646	2.73	0.22	5,493.6	3,271.6
		51.6	26.465	2.76	0.27	4,097.6	2,203.7
	NTB-56	58.1	25.438	2.64	0.29	2,368.1	1,210.9
		63.2	26.558	2.76	0.27	3,831.5	2,297.2
	NTB-57	153.6	26.176	2.68	0.27	3,737.5	2,719.4
		159.6	25.598	2.62	0.27	3,296.7	1,801.7
	NTB-58	158.2	25.450	2.65	0.26	4,371.3	2,833.9
		164.0	26.750	2.73	0.22	5,397.8	3,301.6
	NTB-59	61.7	24.988	2.59	0.29	2,618.6	1,473.4
		68.0	26.201	2.68	0.27	3,476.9	1,964.8
	NTB-60	83.1	25.908	2.68	0.25	3,931.6	2,491.9
		86.7	26.446	2.72	0.27	3,407.6	2,161.9
	NTB-61	13.2	25.837	2.68	0.26	4,565.8	2,989.1
		17.2	25.987	2.67	0.28	3,316.5	2,147.2
	NTB-62	11.8	26.460	2.76	0.26	4,714.6	3,096.2
		14.7	25.700	2.67	0.27	3,053.9	1,564.8
	NTB-63	6.0	26.389	2.71	0.24	4,925.9	3,294.9
		10.2	25.522	2.64	0.29	2,589.2	1,392.6
순호터널	NTB-64	5.0	26.095	2.71	0.29	2,417.3	1,264.5
		6.3~9.4	2.663	2.66	2.23	3,863.0	2,031.0
		7.9	25.772	2.68	0.25	4,215.6	2,834.8
	NTB-65	3.1	26.732	2.73	0.22	5,538.1	3,671.6
		7.9	26.483	2.73	0.26	3,875.6	2,084.8
		12.5~16.5	2.748	2.75	0.23	4,291.0	2,530.0
	NTB-66	34.7	26.408	2.76	0.26	4,094.2	2,710.6
		37.2	26.323	2.71	0.23	5,162.0	3,386.2
		42.6~49.0	2.702	2.70	0.23	4,021.0	2,348.0
	NTB-67	52.7	26.180	2.68	0.27	3,613.3	2,713.7
		63.0	26.174	2.68	0.27	3,426.5	2,600.4

① 기본물성시험-〈계속〉

구분	공번	심도 (GL.-m)	단위중량 (kN/m³)	비 중	포아송비	탄성파속도(m/s)	
						P파속도	S파속도
순호터널	NTB-68	52.5	25.823	2.68	0.25	4,472.2	2,895.1
		57.5	25.386	2.65	0.25	4,230.2	2,704.3
	NTB-69	43.2	26.171	2.69	0.29	2,574.1	1,408.2
		48.7	26.866	2.75	0.23	5,129.7	3,294.5
	NTB-70	13.2~32.0	2.721	2.72	0.22	4,206.0	2,215.0
		14.2~24.3	2.593	2.59	0.20	4,356.0	2,223.0
		17.3~32.0	2.689	2.69	0.23	3,603.0	2,121.0
		21.4~26.8	2.752	2.75	0.23	4,199.0	2,001.0
		27.9~32.2	2.626	2.63	0.22	4,155.0	2,098.0
	NTB-71	3.6~4.0	2.648	2.65	0.24	2,963.0	1,855.0
		5.4~5.8	2.721	2.72	0.21	4,098.0	2,055.0
		7.2~7.6	2.703	2.70	0.23	4,199.0	2,021.0
수북터널	NTB-72	3.4	25.665	2.65	0.25	4,369.2	2,764.4
		6.1	25.502	2.65	0.25	4,184.9	2,589.9
		7.5~15.5	2.712	2.71	0.21	3,866.0	1,921.0
	NTB-73	2.8	25.394	2.65	0.24	4,092.6	2,472.4
		7.8	26.392	2.71	0.24	5,016.2	3,382.7
		10.8~16.1	2.711	2.71	0.21	3,571.0	1,845.0
	NTB-74	39.6	25.511	2.65	0.25	4,326.2	2,811.6
		40.8	26.654	2.71	0.23	5,294.2	3,427.9
		46.8~50.5	2.684	2.68	0.22	3,421.0	1,826.0
	NTB-75	11.5	25.447	2.66	0.25	4,041.6	2,731.2
		14.7	25.323	2.65	0.26	3,962.8	2,529.9
	NTB-76	11.1	25.870	2.68	0.24	4,117.2	2,603.1
		15.1	26.460	2.72	0.25	4,622.7	3,018.8
	NTB-77	14.2	26.702	2.75	0.24	4,965.9	3,390.2
		17.0	26.062	2.68	0.26	3,724.2	2,160.8
	NTB-78	19.8	26.217	2.67	0.27	3,392.6	2,581.9
		21.7	26.088	2.68	0.27	4,014.8	2,705.4
	NTB-79	41.1	26.812	2.73	0.21	5,879.6	3,728.4
		46.5	26.164	2.69	0.27	3,922.5	2,694.1
	NTB-80	19.6	26.115	2.68	0.28	4,127.3	2,815.2
		21.5	26.286	2.70	0.27	4,094.2	2,762.7
	NTB-81	6.7	26.751	2.75	0.22	5,289.2	3,209.8
		12.4	26.023	2.68	0.28	3,895.2	2,581.6
	NTB-82	6.8	20.046	2.28	0.32	1,723.2	894.3
		9.2	26.367	2.72	0.30	2,143.2	1,169.8
	NTB-85	23.0	26.650	2.73	0.22	5,142.5	3,198.7
		26.7	26.502	2.73	0.27	3,984.6	2,705.2
	NTB-86	45.0	26.203	2.68	0.27	4,205.9	2,864.4
		47.1	26.719	2.75	0.22	5,492.9	3,526.4
	NTB-87	2.2~2.6	2.812	2.81	0.21	2,983.0	2,030.0
		3.1~3.5	2.674	2.67	0.23	3,021.0	1,850.0
		4.1~4.5	2.711	2.71	0.20	2,345.0	1,487.0
	NTB-88	4.2	22.027	2.47	0.30	1,724.6	925.8
		9.0	26.170	2.69	0.26	3,792.8	2,563.3

② 탄성계수 및 일축압축강도시험

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
하화터널	NTB-01	26.3	6.923×10^{03}	51.5
		31.2	1.247×10^{04}	108.9
		40.4~40.6	1.780×10^{05}	108.0
		50.9~51.0	1.980×10^{05}	122.7
	NTB-02	31.6~31.8	2.440×10^{05}	153.2
		33.0	1.011×10^{04}	76.9
		35.0	1.634×10^{04}	134.2
		46.4~46.5	2.820×10^{05}	203.9
	NTB-03	34.3~34.5	3.210×10^{05}	151.5
		35.5	1.119×10^{04}	86.3
		44.0	7.348×10^{03}	55.0
		47.4~47.6	1.170×10^{05}	236.8
	NTB-04	6.2	9.405×10^{03}	74.1
		10.7	5.117×10^{03}	38.1
		12.9~13.0	2.470×10^{05}	155.0
		15.7~15.9	1.220×10^{05}	54.2
	NTB-05	4.8	1.088×10^{04}	86.2
		10.3~10.5	2.100×10^{05}	111.0
		12.5~12.7	2.510×10^{05}	134.0
		13.3	4.160×10^{03}	30.1
팔성제1터널	NTB-08	62.3~62.5	2.000×10^{05}	86.6
		67.1	2.391×10^{03}	16.7
		76.5	7.625×10^{03}	58.7
		80.3~80.5	3.240×10^{05}	280.5
	NTB-09	2.5~2.7	2.000×10^{05}	163.8
		3.6~3.8	2.030×10^{05}	139.2
		5.5~5.6	1.240×10^{05}	119.2
	NTB-10	2.0~2.1	1.350×10^{05}	72.0
		5.0~5.1	3.200×10^{04}	53.7
		7.0~7.1	2.200×10^{04}	69.8
	NTB-12	6.2~6.4	9.700×10^{04}	49.5
		9.1~9.3	2.200×10^{05}	114.3
		11.4~11.6	2.010×10^{05}	219.2
	NTB-13	17.5~17.6	9.700×10^{04}	121.3
		24.6~24.8	1.230×10^{05}	150.4
		26.5~26.7	8.400×10^{04}	74.8
	NTB-14	5.2~5.4	1.150×10^{05}	101.9
		13.1~13.2	1.810×10^{05}	113.7
		22.7~22.9	1.930×10^{05}	184.4

② 탄성계수 및 일축압축강도시험-〈계속〉

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
팔성제2터널	NTB-15	36.5	4.793×10^{03}	35.7
		45.0~45.2	1.490×10^{05}	168.2
		45.3	1.961×10^{03}	13.8
		53.7~53.9	1.310×10^{05}	154.3
	NTB-16	16.5~16.7	9.500×10^{04}	101.7
		19.2	2.003×10^{04}	167.9
		28.0	4.152×10^{03}	29.4
		35.6~35.7	1.530×10^{05}	74.6
	NTB-17	57.7~57.8	1.020×10^{05}	66.8
		58.5	6.775×10^{03}	51.8
		66.5	7.672×10^{03}	58.4
		69.5~69.6	1.170×10^{05}	74.1
	NTB-18	58.0~58.2	4.900×10^{04}	125.6
		63.8	1.099×10^{04}	86.4
		66.1~66.3	9.000×10^{04}	29.2
		67.2	3.005×10^{03}	21.6
	NTB-19	60.8~60.9	9.700×10^{04}	130.9
		66.3	3.137×10^{03}	22.2
		71.0	3.109×10^{03}	21.3
		74.0~74.2	1.080×10^{05}	155.9
	NTB-23	59.4	1.494×10^{04}	125.3
		65.6	2.165×10^{04}	190.2
		69.5~69.7	1.360×10^{05}	83.5
		73.6~73.7	1.910×10^{05}	156.9
	NTB-24	13.6	2.982×10^{03}	20.8
		16.4	7.030×10^{03}	53.8
		18.3~18.5	1.110×10^{05}	84.5
		23.5~23.7	1.620×10^{05}	121.4
	NTB-25	4.7	1.008×10^{04}	78.4
		12.6~12.8	1.240×10^{05}	57.9
		13.9	1.352×10^{04}	111.5
		18.0~18.2	1.630×10^{05}	102.9
	NTB-26	4.0	7.987×10^{03}	61.9
		6.4~6.6	9.700×10^{04}	62.8
		6.6	6.532×10^{03}	49.4
		6.7~6.9	1.240×10^{05}	55.7
비봉터널	NTB-27	13.6	1.114×10^{04}	91.3
		14.0~14.1	8.800×10^{04}	67.9
		15.5~15.6	3.600×10^{05}	80.4
		15.6	1.190×10^{04}	99.7
	NTB-28	3.6	1.023×10^{04}	84.5
		6.3	9.939×10^{03}	85.3
		6.5~6.6	1.320×10^{05}	84.5
		20.7~20.8	3.370×10^{05}	69.4

② 탄성계수 및 일축압축강도시험-〈계속〉

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
비봉터널	NTB-29	35.1	1.101×10^{04}	90.2
		39.3~39.4	1.670×10^{05}	85.4
		40.3	4.623×10^{03}	34.6
		48.3~48.4	1.410×10^{05}	62.3
	NTB-30	43.2	5.082×10^{03}	40.1
		44.9~45.1	1.410×10^{05}	121.8
		46.7	4.553×10^{03}	34.5
	NTB-31	10.3	7.080×10^{03}	54.3
		13.0	1.266×10^{04}	104.4
		20.2~20.3	1.300×10^{05}	70.1
	NTB-32	10.5~10.7	1.250×10^{05}	61.3
	NTB-33	4.5	6.930×10^{03}	52.1
		9.2~9.3	1.460×10^{05}	102.4
		10.3	1.122×10^{04}	92.9
	NTB-34	5.4	4.584×10^{03}	34.2
		9.6	9.802×10^{03}	80.4
		14.9~15.1	1.780×10^{05}	78.3
	NTB-35	6.4	1.147×10^{04}	94.9
		12.7	4.579×10^{03}	35.8
		18.0~18.1	1.270×10^{05}	58.9
	NTB-36	6.0	8.898×10^{03}	73.4
		11.5	1.087×10^{04}	88.7
		14.7~14.9	1.060×10^{05}	60.1
	NTB-37	1.8	4.282×10^{03}	29.1
		6.2~6.4	1.550×10^{05}	112.7
		8.5	5.638×10^{03}	39.2
	NTB-38	4.6	4.948×10^{03}	36.8
		10.5	1.098×10^{04}	87.4
		20.4~20.6	1.600×10^{05}	84.8
	NTB-39	6.0	7.844×10^{03}	61.2
		10.5	7.092×10^{03}	54.0
		22.8~23.0	2.030×10^{05}	62.5
	NTB-40	6.1	1.645×10^{04}	137.1
		9.5	1.772×10^{04}	153.9
		21.5~21.7	2.020×10^{05}	189.9
	NTB-41	3.0	1.531×10^{04}	126.0
		9.0	4.706×10^{03}	35.0
		10.8~10.9	1.740×10^{05}	86.1
	NTB-43	11.3	1.641×10^{04}	133.5
		15.8	4.712×10^{03}	34.0
		25.1~25.2	2.450×10^{05}	255.4

② 탄성계수 및 일축압축강도시험-〈계속〉

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
비봉터널	NTB-44	6.5	1.710×10^{04}	142.5
		13.2	9.465×10^{03}	78.6
		21.1~21.2	3.570×10^{05}	308.7
	NTB-45	12.5~12.6	3.750×10^{05}	68.2
		14.1	7.384×10^{03}	56.1
		15.1	8.060×10^{03}	62.8
	NTB-46	5.0	1.025×10^{04}	87.4
		5.0~5.2	2.160×10^{05}	173.0
		6.2	5.114×10^{03}	38.3
청로터널	NTB-49	101.5	6.810×10^{03}	52.5
		103.4	8.333×10^{03}	65.1
		114.8~115.0	2.040×10^{05}	60.4
	NTB-50	77.6	4.558×10^{03}	32.5
		84.2	1.896×10^{04}	157.6
		90.2~90.4	1.780×10^{05}	176.4
	NTB-51	75.3~75.5	1.450×10^{05}	72.7
		77.3	4.248×10^{03}	30.9
		80.3	5.827×10^{03}	43.7
	NTB-52	35.8~35.9	1.670×10^{05}	128.8
		39.8	1.742×10^{04}	147.7
		46.7	7.051×10^{03}	54.5
	NTB-53	39.0	7.626×10^{03}	60.9
		44.5	8.272×10^{03}	65.4
		54.2~54.3	1.160×10^{05}	58.7
	NTB-54	72.2	1.371×10^{04}	115.6
		75.7	1.451×10^{04}	123.7
		86.4~86.5	1.270×10^{05}	111.0
	NTB-55	44.4	1.808×10^{04}	164.6
		51.6	9.888×10^{03}	76.5
		56.7~56.8	1.430×10^{05}	162.1
	NTB-56	58.1	4.325×10^{03}	32.6
		63.2	8.463×10^{03}	64.1
		60.4~60.5	2.600×10^{04}	56.7
	NTB-57	153.6	8.193×10^{03}	57.6
		159.6	6.067×10^{03}	46.0
		170.5~170.6	1.610×10^{05}	265.5
	NTB-58	156.5~156.6	2.010×10^{05}	101.7
		158.2	9.534×10^{03}	77.9
		164.0	2.029×10^{04}	171.5
	NTB-59	59.6~59.7	1.490×10^{05}	102.9
		61.7	3.821×10^{03}	26.5
		68.0	7.805×10^{03}	61.6
	NTB-60	83.1	1.129×10^{04}	92.0
		86.7	6.783×10^{03}	52.9
		93.7~93.8	1.740×10^{05}	248.8

② 탄성계수 및 일축압축강도시험-〈계속〉

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
청로터널	NTB-61	13.2	1.004×10^{04}	82.2
		17.2	4.997×10^{03}	37.1
		28.7~28.8	1.960×10^{05}	380.4
	NTB-62	11.8	1.054×10^{04}	85.5
		14.7	5.355×10^{03}	39.8
		17.4~17.5	8.200×10^{04}	210.9
	NTB-63	6.0	1.401×10^{04}	120.5
		10.2	3.603×10^{03}	25.1
		16.9~17.0	8.800×10^{04}	156.5
순호터널	NTB-64	5.0	3.435×10^{03}	24.4
		7.9	1.037×10^{04}	83.9
		9.6~9.7	1.130×10^{05}	64.4
	NTB-65	3.1	2.034×10^{04}	176.1
		7.9	8.473×10^{03}	67.4
		18.0~18.2	1.600×10^{05}	229.3
	NTB-66	34.7	9.888×10^{03}	80.0
		37.2	1.749×10^{04}	147.2
		45.9~46.1	1.670×10^{05}	177.8
	NTB-67	52.7	8.257×10^{03}	64.5
		63.0	7.708×10^{03}	59.4
		70.0~70.1	4.100×10^{04}	91.6
	NTB-68	52.5	1.174×10^{04}	95.6
		57.5	1.035×10^{04}	82.2
		58.0	2.070×10^{05}	217.8
	NTB-69	44.2	4.228×10^{03}	30.6
		48.7	1.651×10^{04}	142.4
		54.3~54.4	1.250×10^{05}	58.1
	NTB-70	11.8~12.0	2.240×10^{05}	256.4
		18.2~18.4	3.460×10^{05}	323.1
		25.0~25.2	2.190×10^{05}	255.0
		30.5~30.7	4.700×10^{04}	87.4
		31.8~31.9	2.210×10^{05}	324.9
	NTB-71	3.4~3.6	1.470×10^{05}	161.1
		5.2~5.4	1.520×10^{05}	223.3
		7.1~7.2	1.530×10^{05}	192.0
수북터널	NTB-72	3.4	1.168×10^{04}	91.5
		6.1	1.137×10^{04}	89.0
		15.0~15.3	1.310×10^{05}	106.2
	NTB-73	2.8	1.071×10^{04}	83.4
		7.8	1.544×10^{04}	128.6
		9.4~9.6	1.180×10^{05}	83.4
	NTB-74	39.6	1.139×10^{04}	90.2
		40.8	1.723×10^{04}	145.0
		50.3~50.5	7.700×10^{04}	74.1

② 탄성계수 및 일축압축강도시험-〈계속〉

구조물	공 번	심도 (GL.-m)	탄성계수 (MPa)	일축압축강도 (MPa)
수북터널	NTB-75	11.5	9.814×10^{03}	76.5
		14.7	9.516×10^{03}	73.7
		26.5~26.7	1.760×10^{05}	158.2
	NTB-76	11.1	1.065×10^{04}	86.1
		15.1	1.225×10^{04}	99.8
		26.8~26.9	1.440×10^{05}	185.2
	NTB-77	14.2	1.474×10^{04}	124.5
		17.0	8.359×10^{03}	65.9
		19.5~19.7	1.730×10^{05}	128.9
	NTB-78	19.8	7.575×10^{03}	59.4
		21.7	8.886×10^{03}	67.8
		34.0~34.2	1.150×10^{05}	132.1
	NTB-79	41.1	2.228×10^{04}	202.8
		45.6~45.8	1.470×10^{05}	123.3
		46.5	7.609×10^{03}	60.7
	NTB-80	19.6	7.596×10^{03}	61.8
		21.5	8.727×10^{03}	67.2
		34.8~34.9	1.590×10^{05}	123.3
	NTB-81	6.7	1.891×10^{04}	160.3
		12.4	7.638×10^{03}	60.1
		15.3~15.5	1.740×10^{05}	193.5
	NTB-82	6.8	1.142×10^{03}	7.7
		9.2	3.788×10^{03}	26.4
		13.5~13.7	9.800×10^{04}	86.1
	NTB-85	23.0	1.733×10^{04}	151.6
		26.7	7.752×10^{03}	61.1
		34.7~34.9	9.200×10^{04}	65.5
	NTB-86	45.0	8.297×10^{03}	64.7
		47.1	1.986×10^{04}	172.1
		57.6~57.7	1.230×10^{05}	74.9
	NTB-87	2.0~2.2	1.200×10^{05}	62.6
		3.0~3.1	1.700×10^{05}	70.4
		4.0~4.1	3.180×10^{05}	43.6
	NTB-88	4.2	2.170×10^{03}	14.0
		9.0	9.372×10^{03}	75.1
		9.4~9.5	1.700×10^{05}	62.3

③ 삼축 시험

구분	공번	심도 (GL.-m)	강도정수 C(MPa)	강도정수 φ (°)	구분	공번	심도 (GL.-m)	강도정수 C(MPa)	강도정수 φ (°)
하화터널	NTB-01	29.4	6.3	41.3	청로터널	NTB-53	37.9	10.8	46.0
	NTB-03	39.0	6.7	43.8		NTB-55	45.7	12.6	49.5
	NTB-05	3.7	7.8	45.3		NTB-57	157.0	10.7	44.5
팔성 제2터널	NTB-13	16.0~16.3	19.8	46.4		NTB-59	64.1	6.5	42.1
	NTB-14	21.6~21.9	15.0	48.9		NTB-61	14.5	8.0	47.7
	NTB-15	38.1	4.0	36.0		NTB-63	15.4	6.0	39.1
	NTB-17	55.2	6.4	40.9	순호터널	NTB-65	6.5	14.4	48.3
	NTB-19	63.4	5.1	39.0		NTB-67	57.4	12.0	47.8
	NTB-23	58.5	12.5	47.7		NTB-69	47.2	14.8	47.5
	NTB-25	15.7	7.0	45.9		NTB-70	16.0~16.3	27.3	45.9
비봉터널	NTB-27	14.5	15.0	46.7			20.2~20.5	34.5	34.5
	NTB-29	38.5	10.7	45.7			26.5~26.8	21.4	54.2
	NTB-31	9.5	28.7	50.4		NTB-71	2.0~2.3	25.2	42.4
	NTB-35	7.1	21.7	47.6			4.3~4.6	27.2	47.7
	NTB-36	12.5	11.7	47.4	수북터널	NTB-73	6.4	8.1	45.3
	NTB-37	10.0	7.5	45.0		NTB-75	12.9	8.4	44.5
	NTB-39	7.7	15.5	46.2		NTB-77	14.5	8.2	49.4
	NTB-41	6.9	16.6	49.5		NTB-79	39.9	12.7	46.8
	NTB-43	9.5	19.3	48.5		NTB-81	7.9	21.5	46.5
	NTB-46	4.3	18.8	46.8		NTB-85	21.5	4.9	39.3
청로터널	NTB-49	106.7	11.1	43.7		NTB-87	5.5~5.8	21.2	47.1
	NTB-51	73.5	7.1	42.9		NTB-88	2.6	6.7	40.9

④ 인장강도 시험

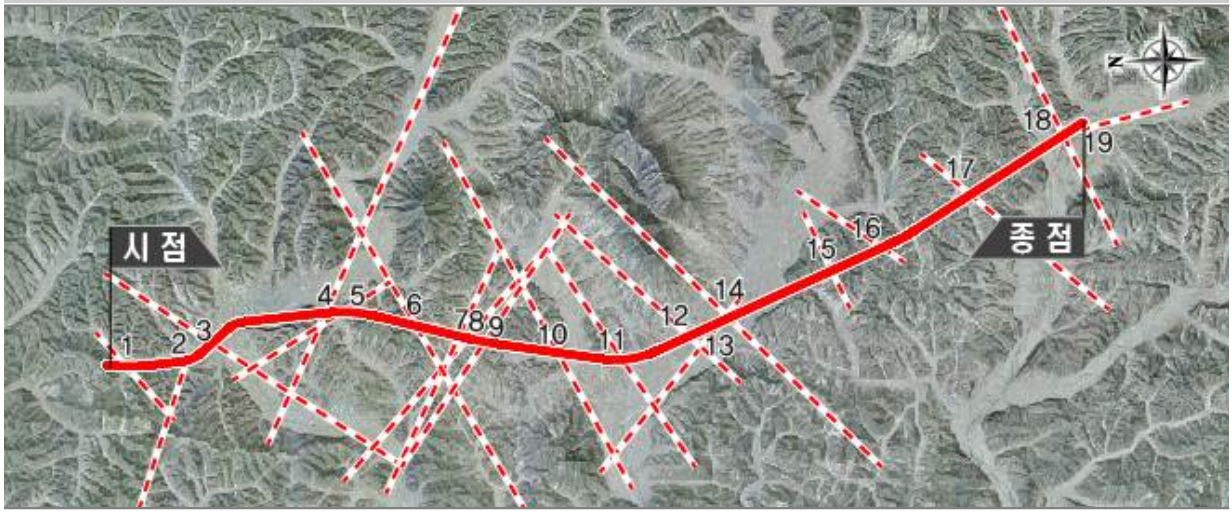
구분	공번	심도 (GL.-m)	인장강도 (MPa)	비고	구분	공번	심도 (GL.-m)	인장강도 (MPa)	비고
하화터널	NTB-01	28.4	4.18		청로터널	NTB-53	39.9	6.92	
	NTB-03	30.6	4.88			NTB-55	46.6	10.95	
	NTB-05	6.6	5.11			NTB-57	155.0	6.88	
팔성 제2터널	NTB-13	27.2~27.5	29.9			NTB-59	62.7	4.09	
	NTB-14	12.7~13.0	28.2			NTB-61	13.7	5.92	
	NTB-15	41.2	2.69			NTB-63	7.6	3.79	
	NTB-17	58.2	4.40		순호터널	NTB-65	3.8	9.17	
	NTB-19	67.2	3.81			NTB-67	60.0	7.34	
	NTB-23	60.4	7.96			NTB-69	46.4	10.15	
	NTB-25	3.2	4.66			NTB-70	17.0~17.3	22.8	
비봉터널	NTB-27	13.1	9.88				24.4~24.7	24.4	
	NTB-29	35.7	7.40				27.6~27.7	24.8	
	NTB-31	11.0	18.16			NTB-71	2.5~2.8	26.3	
	NTB-35	7.8	14.20				6.1~6.4	27.4	
	NTB-36	7.9	7.49		수북터널	NTB-73	3.5	5.43	
	NTB-37	10.6	5.07			NTB-75	12.0	5.70	
	NTB-39	7.5	10.75			NTB-77	14.0	5.06	
	NTB-41	5.3	10.78			NTB-79	41.6	7.57	
	NTB-43	13.0	13.36			NTB-81	9.1	13.91	
	NTB-46	4.0	12.49			NTB-85	23.8	2.87	
청로터널	NTB-49	101.2	6.83			NTB-87	2.7~3.0	23.0	
	NTB-51	77.5	4.58			NTB-88	1.5	4.87	

7.3 단층대 조사결과 분석

7.3.1 선구조 분석결과

(1) 노선교차 선구조 분석결과

노선교차 선구조 분석

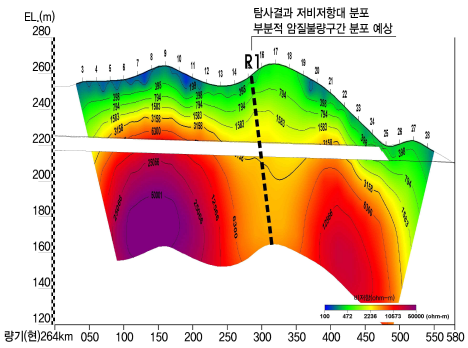


구 분	방향(°)	연장(km)	교차위치 (량기(현))	지형 및 지질특성	관련 구조물	비고
1	N48E	3,016	264km486	퇴적암(후평동층)지대	하화터널	-
2	N72W	5,148	266km020	퇴적암(후평동층)지대	토공	-
3	N33E	9,002	266km820	퇴적암(후평동층)지대	토공	-
4	N66W	19,583	269km882	퇴적암(점곡층)지대	토공	-
5	N31W	4,738	270km297	퇴적암(점곡층)지대	팔성제2터널	-
6	N60E	12,395	272km206	퇴적암(점곡층)지대	팔성제2터널	-
7	N65W	6,946	273km326	퇴적암(점곡층)지대	비봉교	금천단층 부근
8	N49W	8,471	273km551	퇴적암(점곡층)지대	비봉터널	-
9	N56W	7,760	273km990	퇴적암(점곡층)지대	비봉터널	-
10	N62E	10,099	275km864	퇴적암(사곡층)지대	토공	-
11	N56E	6,797	277km508	퇴적암(사곡층)지대	토공	-
12	N43E	6,405	279km311	퇴적암(사곡층)지대	토공	-
13	N55W	5,673	280km227	퇴적암(사곡층)지대	토공	가음단층 부근
14	N45E	12,034	280km422	퇴적암(사곡층)지대	토공	-
15	N65E	2,716	283km281	퇴적암(점곡층)지대	청로터널	-
16	N34E	3,291	284km680	퇴적암(점곡층)지대	청로터널	-
17	N40E	6,249	287km289	퇴적암(사곡층)지대	순호터널	-
18	N64E	14,316	290km076	퇴적암(춘산층)지대	파전제3교	-
19	N14W	3,304	290km127	퇴적암(춘산층)지대	파전제3교	-

- 과업노선과 교차하는 선구조는 총 19개소가 도출됨
- 터널구간과 교차가 예상되는 선구조는 8개소 분포
- 이중 7번과 13번의 교차선구조는 각각 금천단층과 가음단층 부근에 위치

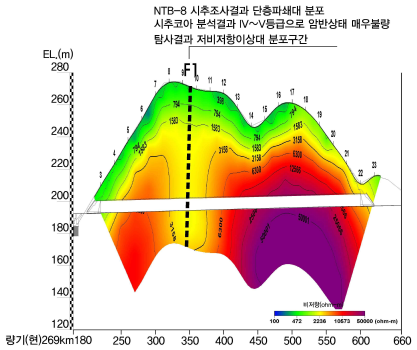
7.3.2 전기비저항탐사결과 분석

(1) 하화터널



•저비저항대가 량기(현) 264km 300 지점에 1개소 분포하며 부분적인 암질불량구간이 분포할 것으로 예상되고, 탐사구간은 후평동층에 해당하는 구간으로 시추조사결과 셰일이 분포하는 것으로 나타났으며, 지표에 노출된 노두의 박리성이 발달되어 있는 특징을 보이므로 이에 따른 예상설계가 필요할 것으로 예상됨

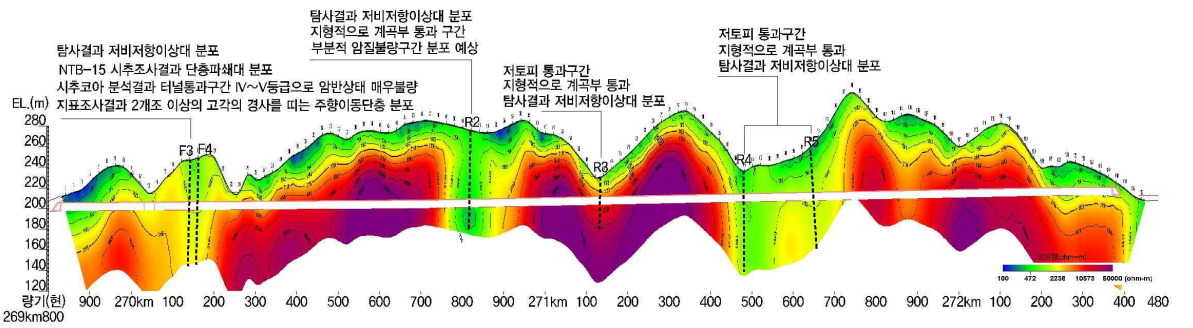
(2) 팔성1터널



•저비저항대가 량기(현)269km350 지점에 1개소 분포하며 NTB-08번 시추조사결과 단층파쇄대가(F1) 분포하는 것으로 나타남

• 본 구간은 셰일층 분포에 따른 박리성 발달 및 풍화진행으로 인해 매우 불량한 암반상태를 보임에 따라 시공 중 셰일의 팽창 및 내구성 저하로 막장변위 및 붕괴위험이 분포하는 지질특성을 보이므로 이에 따른 보강설계가 필요할 것으로 판단됨

(3) 팔성2터널

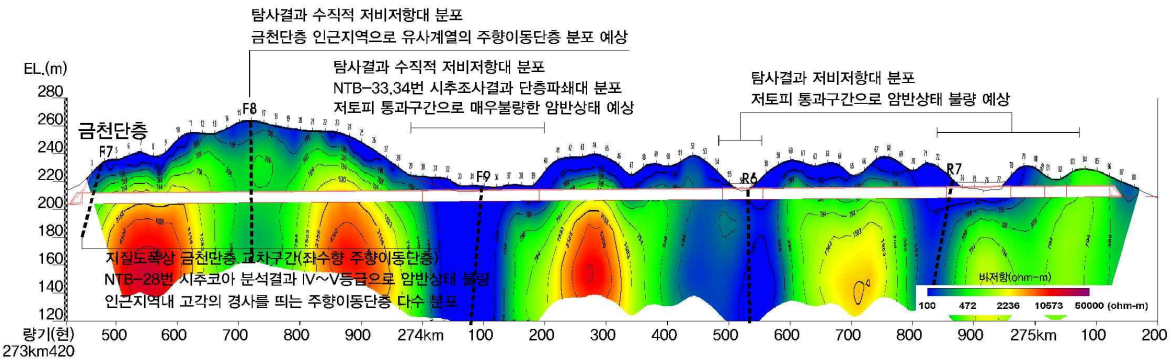


• 단층파쇄대 및 저비저항대가 6개소 분포하는 것으로 나타났으며, F3, F4단층파쇄대는 시추조사 및 지표지질조사결과 고각의 경사를 띠는 주향이동단층으로 나타남

• R2, R3 저비저항대 분포구간은 저토피 통과구간으로 단층파쇄대 분포 및 지질변화 요인을 고려하여 이에 따른 보강설계가 필요할 것으로 판단됨

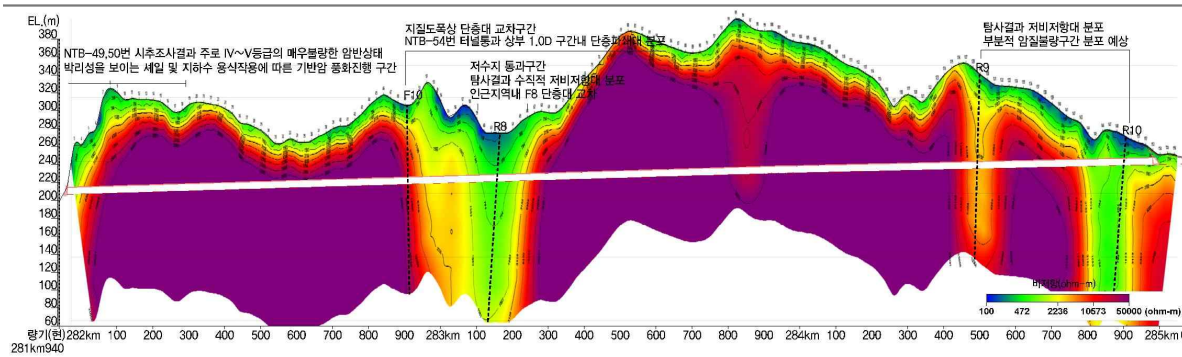
• 터널 전구간의 시추조사결과 전반적으로 셰일층 분포에 따른 박리성 발달 및 풍화진행으로 인해 매우 불량한 암반상태를 보임에 따라 시공 중 셰일의 팽창 및 내구성 저하로 막장변위 및 붕괴위험이 분포하는 지질특성을 보이므로 시공 중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 막장전방 지질변화를 파악해야 할것으로 판단됨

(4) 비봉터널



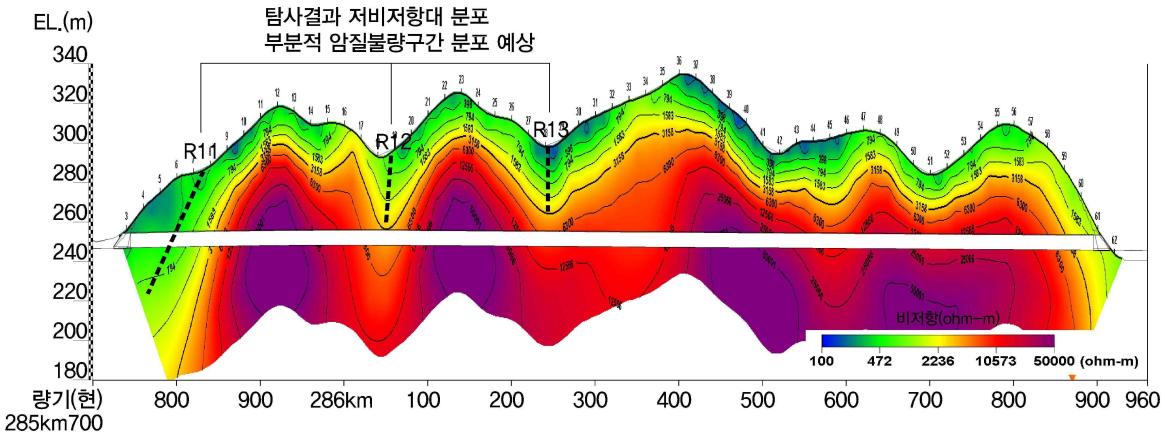
- 단층파쇄대 및 저비저항대가 5개소 분포하는 것으로 나타났으며, F7단층파쇄대는 광역단층인 금천단층의 교차가 예상되는 지점이며 좌수향 주향이동단층으로, NTB-28번 시추조사결과 매우 불량한 암반상태를 보이는 것으로 나타남
- F8, F9단층파쇄대는 금천단층의 영향으로 유사계열의 주향이동단층 분포가 예상되는 구간이며, R6, R7 저비저항대 분포구간은 저토피 통과구간으로 단층파쇄대 분포 및 지질변화 요인을 고려하여 이에 따른 보강설계가 필요할 것으로 판단됨
- 전반적으로 비봉터널은 저토피 통과구간이 많은 구간으로 지질특성 및 토피고를 고려한 보강설계가 필요할 것으로 판단되며, 시공 중 셰일의 팽창 및 내구성 저하로 막장변위 및 붕괴위험이 분포하는 지질특성을 보이므로 시공 중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할 것으로 판단됨

(5) 청로터널



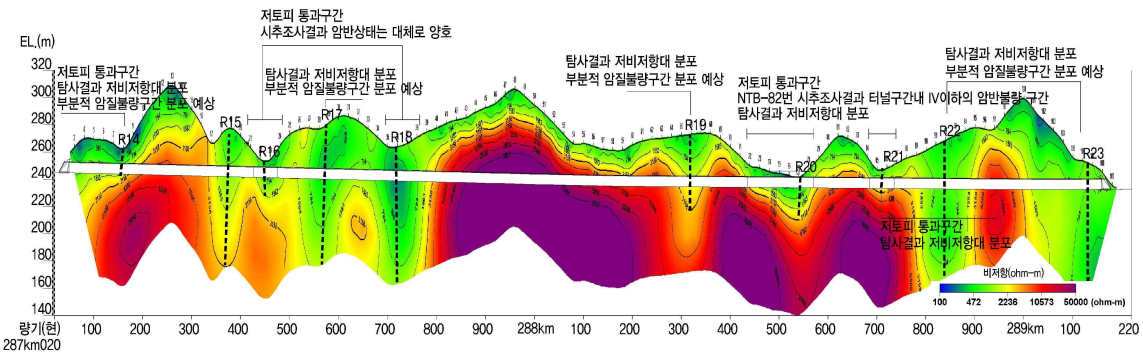
- 단층파쇄대 및 저비저항대가 4개소 분포하는 것으로 나타났으며, F10단층파쇄대는 NTB-54번 시추조사결과 상부 1.0D 구간내 단층파쇄대가 확인된 구간임
- R8 저비저항대 분포구간은 재원지 통과구간으로 인근지역내 F10단층파쇄대가 위치하며, 토피고가 약40m로, 지형 및 지질특성을 고려할 때 차수설계 및 보강공법이 필요할 것으로 판단됨
- 터널시점의 량기(현)281km940~281km300구간은 시추조사 결과 셰일층 분포에 따른 박리성 발달 및 풍화진행으로 인해 매우 불량한 암반상태를 보임에 따라 시공 중 셰일의 팽창 및 내구성 저하로 막장변위 및 붕괴위험이 분포하는 지질특성을 보이므로 시공 중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할것으로 판단됨

(6) 순호터널



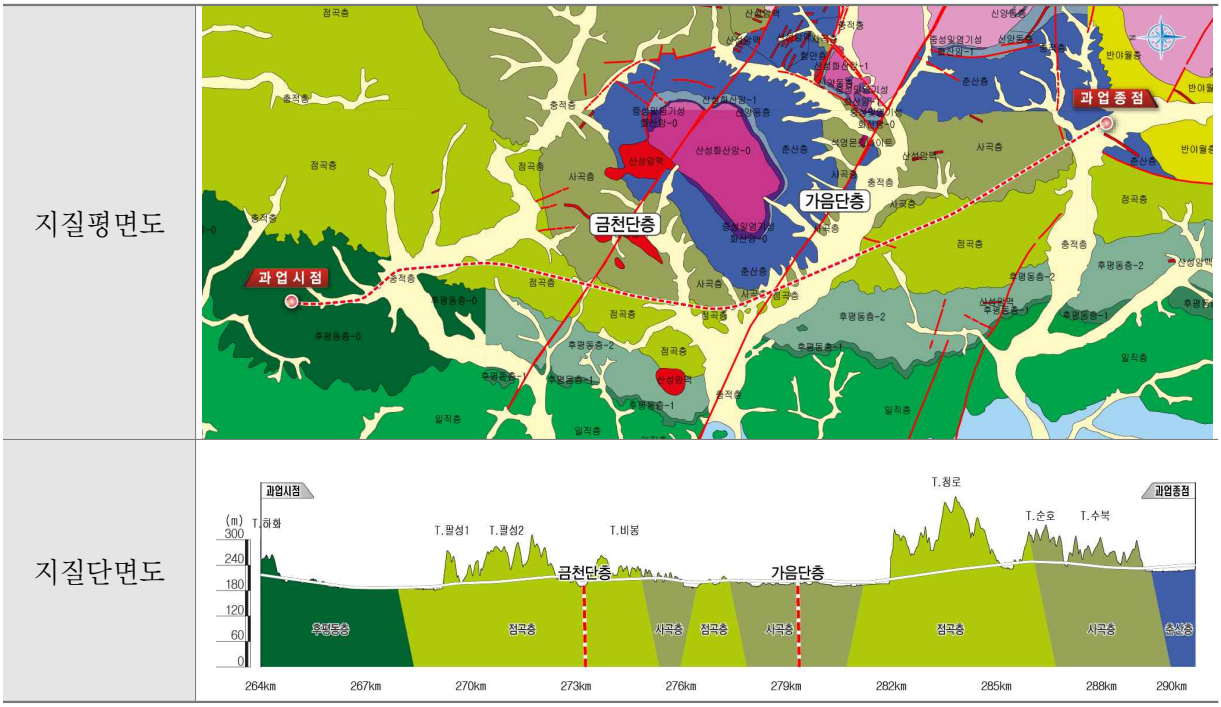
- 저비저항대가 3개소 분포하는 것으로 나타났으며, 부분적인 암질불량구간이 분포할 것으로 예상됨
- 순호터널은 시추조사결과 전반적으로 II~III등급의 양호한 암반상태를 보이는 것으로 나타났으나, 량기(현)286km800지점은 터널통과 구간내 다소 불량한 암반상태를 보이는 것으로 나타남
- 시추조사 및 탐사결과 터널통과 구간내 양호한 암반상태 및 고비저항대의 양상을 띠는 것으로 보아 전반적인 지질상태는 양호 할것으로 예상되나, 지형적으로 계곡부 통과구간 및 터널 시·종점부는 지질변화 요인이 많은 구간이므로 시공 중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할것으로 판단됨

(7) 수북터널



- 저비저항대가 9개소 분포하는 것으로 나타났으며, 부분적인 암질불량구간이 분포할 것으로 예상됨
- 수북터널은 시추조사결과 전반적으로 II~III등급의 양호한 암반상태를 보이는 것으로 나타났으나, 저토피 통과구간에는 저비저항대의 분포가 발달해 있으므로, 단층파쇄대 분포 및 지질변화 요인을 고려하여 이에 따른 보강설계가 필요할 것으로 판단됨
- 시추조사 및 탐사결과 터널통과 구간내 양호한 암반상태 및 고비저항대의 양상을 띠는 것으로 보아 전반적인 지질상태는 양호 할 것으로 예상되나, 지형적으로 계곡부 통과구간 및 터널 시·종점부는 지질변화 요인이 많은 구간이므로 시공 중 선진수평보링, TSP탐사 등을 수행하여 전방 지질변화를 파악해야 할것으로 판단됨

7.3.3 지질도폭내 분포하는 대규모 단층분석



◈ 남한의 광역 파쇄대의 분류(장태우, 1997)

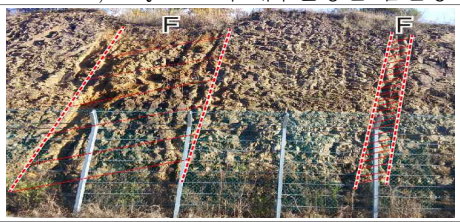
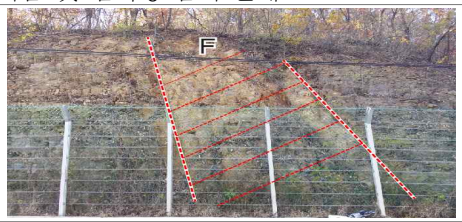
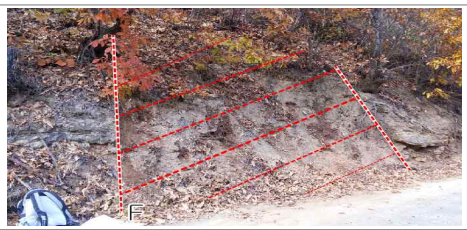
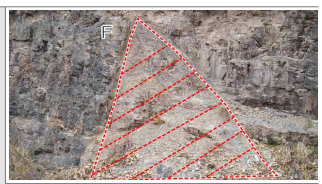
등급	길 이	변 위	폭	비 고
F1	〉 40km	수천m 이상	수십m 이상	추가령지구대, 양산단층(1%)
F2	20~40km	몇백m ~ 수천m	십~수십m	죽령단층, 십자가단층(5%)
F3	1~20km	수m ~ 몇백m	수cm ~ 십m	- (88%)
F4	〈 1km	수m 이하	수cm 이하	노두규모의 소단층(9%)

◈ 5공구 지질도폭 내 분포하는 대규모 단층 분석

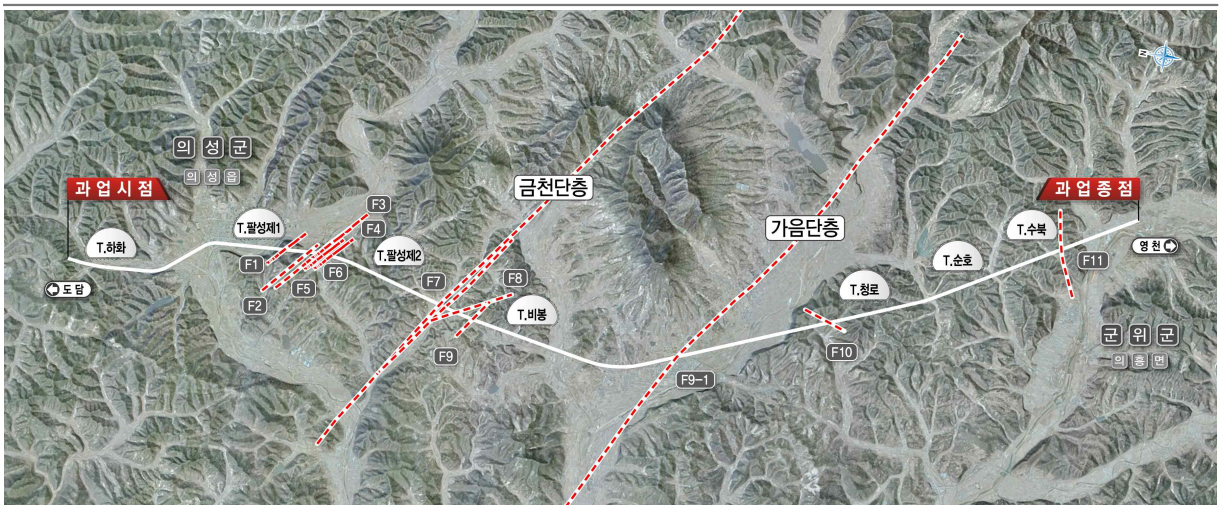
구 분	교차지점 (량기(현))	방향성	지형·지질특성	단층명	구 조 물
F7	273km420	N55°W	•경상분지 퇴적암을 통과하는 단층 - 좌수향의 주향이동 단층	금천단층	비봉교 비봉터널
F9-1	279km320	N55~65°W	•북서방향 대단층 - 좌수향 주향이동 단층으로 단층면은 수직 경사가 우세	가음단층	토공

검토 결과	•장태우(1997)에 의하면 남한 내 F1등급에 해당하는 연장 40km 이상, 폭 수십m 이상의 단층대들은 대부분 추가령 지구대와 경상분지 내 분포하며, 특히 경상분지 내에 가장 많은 수의 F1등급 단열이 분포하는 것으로 분석됨.

7.3.4 상세지표지질조사 및 시추코아 분석결과

<table>
<tr><th>구분</th><th>노두 및 시추코아 사진</th><th>구분</th><th>노두 및 시추코아 사진</th></tr>
<tr><td>F1
(NTB-8)</td><td>
</td><td>F2</td><td>
</td></tr>
<tr><td></td><td>•시추조사결과 지표하 30.5~36.5m 구간내 단층파쇄대 분포, 단층점토화, 심한풍화상태
•TCR 24%, RQD 4%의 매우불량한 암반상태</td><td></td><td>•시추조사결과 지표하 5.5~12.0m 구간내 단층파쇄대 분포, 단층점토화, 심한풍화상태
•역암 및 염기성 암맥 혼재</td></tr>
<tr><td>F3</td><td> 
</td><td>F4</td><td> 
</td></tr>
<tr><td></td><td>•N40~60W/80NE 방향성의 단층파쇄대 분포
•폭: 0.3~4.0m내외의 주향이동단층
•단층점토 및 각력암으로 구성</td><td></td><td>•F3와 유사계열을 보이는 N40~60W/80NE 방향성의 단층파쇄대 분포
•폭: 3.0~5.0m내외의 주향이동단층
•단층점토 및 각력암으로 구성</td></tr>
<tr><td>F5
(NTB-16)</td><td>
</td><td>F6
(NTB-17)</td><td>
</td></tr>
<tr><td></td><td>•시추조사결과 지표하 20.7~27.5m 구간내 단층파쇄대 분포, 부분적 단층점토 및 각력함유
•RQD 7~8%의 매우불량한 암반상태
•F2, F3계열의 주향이동단층 분포 예상</td><td></td><td>•지표하 15.5~18.5m, 48.5~51.5m, 60.5~63.5m 구간내 단층파쇄대 분포, 단층점토 및 각력함유, F3, F4계열의 주향이동단층 분포 예상</td></tr>
<tr><td>F7</td><td> </td><td>F8</td><td> 
</td></tr>
<tr><td></td><td>•N55~65W/70NE 방향성의 금천단층 계열의 단층파쇄대 분포, 단층점토 및 각력암
•폭: 10.0m내외의 주향이동단층</td><td></td><td>•N25W/82NE 방향성의 단층파쇄대 분포, 폭: 4.0m내외, 단층점토 및 각력분포</td></tr>
<tr><td>F9
(NTB-33)</td><td>
</td><td>F10
(NTB-54)</td><td>
</td><td>F11</td><td> 
</td></tr>
<tr><td></td><td>•지표하 2.7~17.0m 구간내 단층파쇄대 분포, 단층점토 및 각력함유</td><td></td><td>•지표하 72.0~81.0m 구간내 단층파쇄대 분포, 단층점토 및 각력함유</td><td></td><td>•N70E/83SE 방향성의 단층파쇄대 분포, 폭: 4.0m내외, 단층점토 및 각력분포</td></tr>
</table>

7.3.5 단층파쇄대 종합분석결과



구분	방향성	폭(m)	교차예상 지점(량기(현))	관련 구조물	단층종류	조사방법
F1	N45W(추정)	4.0m내외	269km350	팔성제1터널	중규모	시추,탐사
F2	N40~60W(추정)	0.3~4.0m내외	270km040	팔성제2터널	중규모	시추
F3	N40~60W/80NE	0.3~4.0m내외	270km140	팔성제2터널	중규모	시추,탐사,지표지질
F4	N40~60W/80NE	3.0~5.0m내외	270km160	팔성제2터널	중규모	시추,탐사,지표지질
F5	N40~60W(추정)	3.0~5.0m내외	270km280	팔성제2터널	중규모	시추
F6	N40~60W(추정)	3.0~5.0m내외	270km450	팔성제2터널	중규모	시추
F7	N55~65W/ 70~85NE	10.0m이상	273km420	비봉교, 비봉터널	대규모 (금천단층)	탐사,지표지질
F8	N25W/82NE	4.0m내외	273km720	비봉터널	중규모	탐사,지표지질
F9	N55~65W(추정)	3.0~5.0m내외	274km090	비봉터널	중규모	시추,탐사
F9-1	N55~65W	10.0m이상	279km300	토공	대규모 (가음단층)	도폭조사
F10	N18W	3.0~5.0m내외	282km900	청로터널	중규모	시추,도폭조사
F11	N70E/83SE	4.0m내외	288km700	수북터널	중규모	탐사,지표지질

검토 결과	•상세지표지질조사 및 시추코아 분석결과 총 12개소가 분포하는 것으로 나타났으며, 이중 터널과 교차가 예상되는 단층은 11개소가 분포 •이중 F7과 F9-1 단층은 각각 금천단층과 가음단층으로 광역단층으로 분류되며, 대규모 단층대로 파쇄대 폭 10.0m이상의 좌수향 주향이동단층임

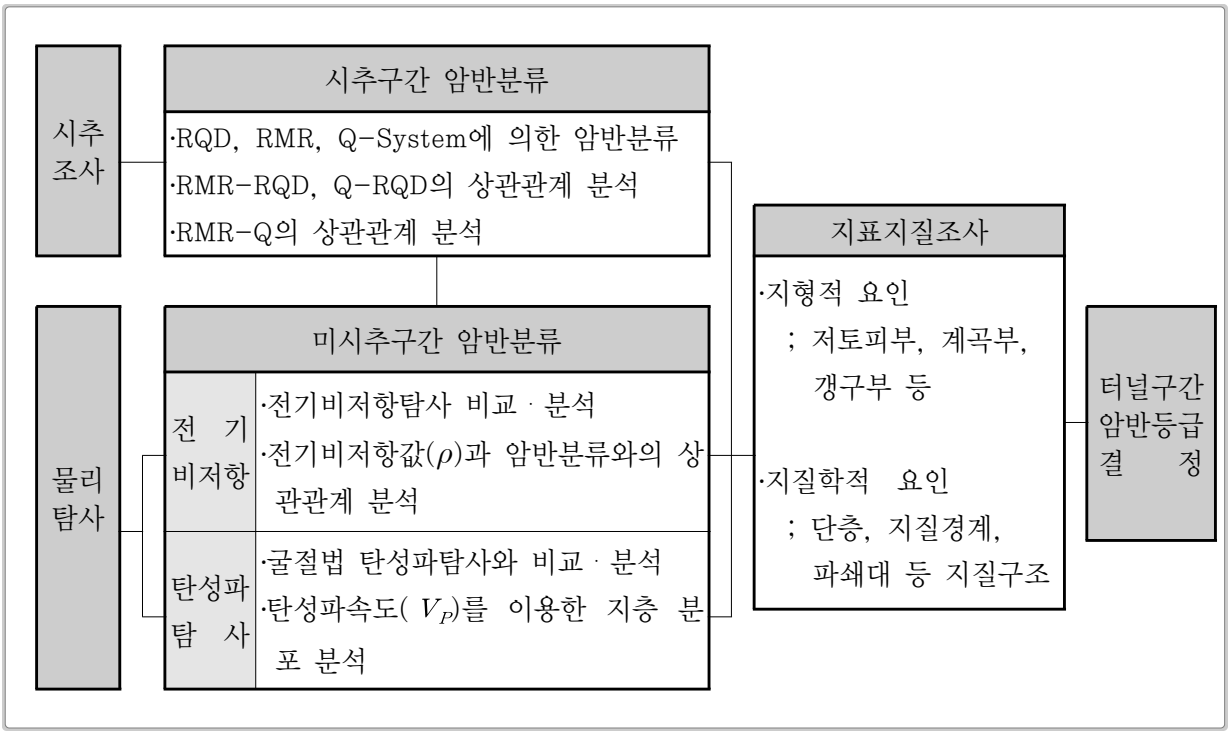
7.4 암반의 공학적 분류

7.4.1 암반분류 기본방향

(1) 기본방향

목적	•터널의 암반분류는 터널굴착 전 지보패턴을 사전에 결정하기 위하여 지반특성이 유사한 단위구간으로 구분하고 각 경우에 적절한 터널설계를 수행함으로써, 해석상의 오차를 최소화하고 시공 중에 나타나는 지반변화에 대하여 보다 용이하게 대처할 수 있도록 하는데 목적이 있음
기본방침	•설계단계에서 시공단계에 이르기까지 일관성 있게 적용될 수 있어야 함 •국내 현장 기술자들이 실질적으로 적용할 수 있는 기준 필요 •RMR 분류법과 Q-System을 병용하고 등급을 세분화하여 신축성 있게 적용 •시공 중 막장관찰 결과에 따라 적용 가능토록 암반등급별 무지보 자립시간 등을 고려한 지보 설치시기 한계 결정
적용기준	•국내에서 적용되는 암반분류 방법은 지질조건, 시공규모, 시공조건, 구조물 사용목적, 굴착방법에 따라 건설표준품셈, 서울지하철 분류기준, 도로공사 분류기준 등의 다양한 기준들이 적용 •그러나 상기 분류기준은 그 다양성으로 통일된 분류기준을 마련하기 곤란하므로 본 과업에서는 현재 세계적으로 보편화된 터널의 암반분류 체계인 RMR분류법과 Q-System을 기본으로 하여 현장 지반조건을 감안하여 조정 적용

(2) 암반등급 결정과정



7.4.2 암반분류의 기준

(1) 국내 암반분류

•국내에서는 1982년 서울지하철 3, 4호선의 시공에 NATM 공법을 적용한 이후 도로, 지하철, 철도 등의 터널에 경험적 암반분류를 근간으로 하는 NATM 공법의 적용이 확대되었음
•그러나 각 기관별로 설계에 이용된 암반분류 기준들이 시공단계에서 검증 및 분석(암반등급과 보강패턴의 관계 등)에 의한 수정절차를 거치지 않아 대부분 일관성과 통일성이 없는 기준들이 제시되고 있는 실정임
•이러한 사유로 시공시의 막장을 관찰하여 결정한 암반등급과 보강패턴과 관계를 통계•분석하여 도출된 RMR과 Q-System을 원용하고 있음

구 분	분류 목적	분류 요소	검 토	비 고
토목표준품셈	토 공	•탄성파 속도(자연, 암석) •내압강도 •암석종류	•암편의 일축압축강도 기준이 너무 높음 •연암 이하의 일축압축강도는 가공의 수치임	건설교통부
용역협회기준	시추암석 분 류	•탄성파속도, •일축압축강도	•시추주상도상의 암석종류 기재 시 이용	한국 기술용역협회
서울시 표준지반분류	토목공사	•SPT, TCR, RQD •일축압축강도, •절리면 간격	•정성적 기준임	서울특별시
서울지하철	터 널	•SPT, TCR, RQD •일축압축강도, •절리면 간격 •RMR과 연계	•서울시 표준지반분류를 근간으로 한 것으로 RMR과 연계 시 등급 간격이 일정치 않음	서울지하철 9호선 설계기준(안) (1997)
고속철도	터 널	•일축압축강도, •탄성파속도 •변형계수 •지반강도비 •TCR, RQD •현장, 육안관찰	•RQD 및 일축압축강도 등 개별요소에 의해 지반등급 결정 가능성 제공	고속철도 시 방 서 지반분류(안)
한국도로공사	터 널	•RQD, RCR, RMR •Q-System •탄성파속도 •일축압축강도	•기존 암반분류 기준을 이용하며, RQD 및 일축압축강도 등 개별요소에 의해 지반등급 결정 가능성 제공	

(2) 외국의 암반분류

•1940년대 중반부터 암반분류가 도입된 이래 터널, 댐, 사면 등을 대상으로 하는 각종 공사에서 암반조사, 시험, 계측 기술의 진보와 더불어 수치해석 기법이 발달됨에 따라 여러 암반분류 시스템이 발전

•이들 중 RQD, RMR과 Q-System을 이용한 암반의 분류방법이 가장 많이 사용

분류방법	제 안 자	평 가 요 소																	
		암석종류	풍화변질정도	파쇄상황	층리편리상태	절리간격	절리상태	절리·균열의방향	시추코아	암석강도	변형특성	팽창·압출의정도	햄머타격	탄성파속도	지반강도비·지압	코아채취율	RQD	코아채취율	용수의정도	지반의안정성
암반하중법	Terzagh,i 1946 Rose, 1982			○		○				○		○					◎			
Rabcewicz의 암반분류	Rabcewicz & Pacher, 1957			○						○		○								
Müiler의 암반분류	Muiler, 1963		○			○														
RQD	Deere, 1967					○	○	○									◎			
RSR	Wickham, 1974	○				○	○	○		○										
RMR	Bieniawski, 1974					○	○			○							◎		○	
Q-System	Barton, 1974		○							○					◎		◎		○	
스위스 지반분류	SIA 199호, 1975																			○
오스트리아 지하공사 표준시방서	ONORM, B2203, 1975									○		○								
프랑스터널협회 암반분류	AFTES, 1975	○								○		○								
일 본 국유철도기준		○												◎		◎				
일 본 도로협회기준		○	○		○	◎	○		◎				○	◎				○		
일 본 도로공단기준		○	○		○	◎			◎				○	◎	◎			○		
일본농림 수산성기준				○		○				◎				◎	◎					
일본수자원 개발공단기준		○	○			◎	○			◎			○	◎						

(3) RQD에 의한 암반분류

•코어회수율 (TCR:Total Core Recovery)을 발전시킨 개념인 RQD(Rock Quality Designation)는 절리의 발달 간격을 나타내는 지수로서 암반특성을 파악하는 중요한 판단 요소

•과업구간에서 실시한 시추조사 자료에서의 RQD를 산정

제 안	•Deere (1966)
평가 방법	•RQD (%) = (10 cm 이상인 Core 길이의 합 / 총 시추 길이) × 100
장 점	•신속하게 불연속면의 간격을 정량화, 주관적인 차이가 적음
단 점	•절리의 방향성, 밀착성, 충전물, 지반응력 등을 고려할 수 없음

◈ 암반등급 기준 (Deere, 1966)

암 질	굴착 방법	선택 가능한 지보형식		
		강 지 보	록 볼 트	숏크리트
매우 양호 RQD〉90	TBM	•불필요하나 경우에 따라 소형 철재 지보 •암반하중(0.0~0.2)B	•불필요하나 경우에 따라 설치	•불필요하나 경우에 따라 국부적으로 타설
	천공 발파	•불필요하나 경우에 따라 소형 철재 지보 •암반하중(0.0~0.3)B	•불필요하나 경우에 따라 설치	•불필요하나 경우에 따라 국부적으로 타설 두께 50~70mm
양 호 75〈RQD〈90	TBM	•경우에 따라 CTC 1.5~1.8m의 소형 패턴 철재 지보 •암반하중(0.0~0.4)B	•경우에 따라 CTC 1.5~1.8m의 패턴 볼트	•불필요하나 경우에 따라 국부적으로 타설 두께 50~70mm
	천공 발파	•CTC 1.5~1.8m의 소형 철재 지보 •암반하중(0.3~0.6)B	•CTC 1.5~1.8m의 패턴 볼트	•경우에 따라 국부적으로 타설, 두께 50~70 mm
보 통 50〈RQD 〈75	TBM	•CTC 1.5~1.8m의 소형 혹은 중형 철재 지보 •암반하중(0.4~1.0)B	•CTC 1.2~1.8m의 패턴 볼트	•천장부에 타설, 두께 50~100mm
	천공 발파	•CTC 1.2~1.5m의 소형 혹은 중형 철재 지보 •암반하중(0.6~1.3)B	•CTC 0.9~1.5m의 패턴 볼트	•천장부와 측벽부에 타설, 두께 100 mm 이상
불 량 25〈RQD 〈50	TBM	•CTC 0.9~1.5m의 중형 원형 철재 지보 •암반하중(1.0~1.6)B	•CTC 0.9~1.5m의 패턴 볼트	•천장부와 측벽부에 타설, 두께 100~150mm 록볼트와 병용
	천공 발파	•CTC 0.6~1.2m의 중형 또는 대형 철재지보 •암반하중(1.3~2.0)B	•CTC 0.6~1.2m의 패턴 볼트	•천장부와 측벽부에 타설, 두께 150mm이상, 록볼트와 병용
매우 불량 RQD〈25 (압착성 혹은 팽창성 암반 제외)	TBM	•CTC 0.6m의 중형 또는 대형 철재 지보 •암반하중(1.6~2.2)B	•CTC 0.9m의 패턴 볼트	•전체 면에 타설, 두께 150mm 이상 록볼트와 병용
	천공 발파	•CTC 0.6m의 대형 원형 철재 지보 •암반 하중(1.6~2.2)B	•CTC 0.9m의 패턴 볼트	•전체 면에 타설, 두께 150mm 이상 중형 또는 대형 철재 지보와 병용

(4) RMR에 의한 암반분류

•각 터널구간의 터널 단면 암반 상태의 RMR 분류 항목
① 일축압축강도
② RQD
③ 절리 간격(빈도)
④ 절리 상태
⑤ 지하수 조건
⑥ 절리방향과 터널 굴진방향과의 상관관계
•RMR=(암석강도+RQD+불연속면 간격+불연속면 상태+지하수 조건)의 평점-불연속면의 방향에 의한 평점
•이 암반분류에 따라서 각 암반등급별로 터널 굴착단면이 지보없이 자립할 수 있는 시간인 무지보 자립시간(Stand-up Time)과 터널의 최대 안정 폭을 산정할 수 있음
•RMR분류법은 발파에 의한 시공의 보강 지침이므로 TBM(Tunnel Boring Machine)으로 시공할 때에는 발파보다도 보강 지보량이 적으므로 RMR값과 RSR값의 상관관계로부터 RSR값으로 환산한 후 보정지수를 구하여 보정된 RSR값을 구하고 또 RMR값으로 환산하는 방법을 적용해야 함

① 항목 및 평점 (Bieniawski, 1989)

분류 매개변수		구 분						
1	점하중강도 (MPa)	〉 10	4~10	2~4	1~2	1 미만의 구간은 일축압축시험결과 적용		
	일축압축강도 (MPa)	〉 250	100~250	50~100	25~50	5~25	1~5	〈 1
	평 점	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD(%)	90~100	75~90	50~75	25~50	〈 25		
	평 점	20	17	13	8	3		
3	절리간격	〉 2m	0.6~2m	0.2~0.6m	60~200mm	〈 60 mm		
	평 점	20	15	10	8	5		
4	불연속면 상태	거 침 불연속, 밀 착, 신 선	약간거침, 이격 〈 1mm, 약간풍화	약간거침, 이격 〈 1mm, 심한풍화	매끄러운면, 이격 1~5mm, 홈두께〈5mm, 연속	연약한 홈두께〉5mm, 이격 〉5mm, 연속		
	평 점	30	25	20	10	0		
5	지 하 수 (ℓ /min)	완전건조	습 윤 (〈 10)	젖 음 (10~25)	물방울 떨어짐 (25~125)	물이 흐름 (〉 125)		
	평 점	15	10	7	4	0		

② 불연속면의 세부 평점표

구 분	평 점				
불연속면의 길 이	〈 1 m	1~3 m	3~10 m	10~20 m	〉 20 m
	6	4	2	1	0
간 격	밀착	〈 0.1 mm	0.1~1.0 mm	1.0~5.0 mm	〉 5.0 mm
	6	5	4	1	0
거 친 정 도	매우 거침	거침	약간 거침	평평함	매끄러운 경면
	6	5	3	1	0
절리 충진물 (Gouge)	없음	단단함 〈 5 mm	단단함 〉 5 mm	연함 〈 5 mm	연함 〉 5 mm
	6	4	2	2	0
풍 화 정 도	신선한 암반	약간 풍화	보통 풍화	심한 풍화	토사 상태
	6	5	3	1	0

③ 절리방향성에 의한 보정 기준

절리의 주향과 경사		매우 유리	유 리	양 호	불 리	매우 불리
평점	터널	0	−2	−5	−10	−12
	기초	0	−2	−7	−15	−25
	사면	0	−5	−25	−50	−

④ 평점에 의한 암반등급 분류

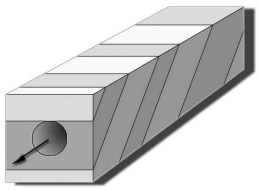
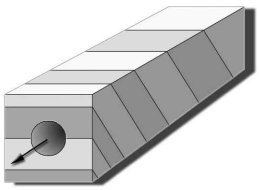
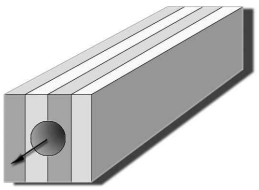
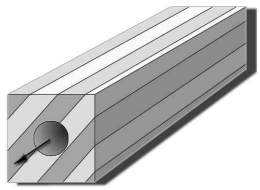
평점합계	100~81	80~61	60~41	40~21	≤ 20
등급	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
구분	매우 우수	우 수	양 호	불 량	매우 불량

⑤ 암반등급에 따른 암반특성

분 류 번 호	I	II	III	IV	V
평균 자립시간	15 m Span에 20년	10 m Span에 1년	5 m Span에 1주일	2.5 m Span에 10시간	1 m Span에 30분
암반의 점착력	〉 400 kPa	300~400 kPa	200~300 kPa	100~200 kPa	〈100 kPa
암반의 마찰각	〉 45°	35°~ 45°	25°~ 35°	15°~ 25°	〈 15°

⑥ 절리방향과 터널 굴진방향 관계

터널에 대한 불연속면 방향성(주향, 경사)의 영향				불연속면의 주향이 터널축과 평행한 경우에 대한 경사각 영향		주향이 불규칙
굴진방향으로 경사		굴진 반대방향으로 경사				
경사각 45~90°	경사각 20~45°	경사각 45~90°	경사각 20~45°	경사각 45~90°	경사각 20~45°	경사각 0~20°
매우 유리	유 리	양 호	불 리	매우 불리	양 호	양 호

굴진방향 경사	굴진 반대방향 경사	터널축과 평행, 고각	터널축과 평행, 저각
			

⑦ 평가 항목별 지반조사 자료 활용

No.	분류 항목		지반조사 자료의 활용
1	일축압축강도		•실내 암석시험(일축압축강도, 점하중강도)값을 우선 적용 •시추코어 관찰, 해머 타격에 의한 정성적인 분석 실시 •동일 지층 및 암상에 대한 자료 참고
2	RQD		•시추코어 측정(암반분류 구간의 평균값 적용) •Televiewer, BIPS탐사 자료 검색으로 코어의 손상 여부 확인
3	불연속면의 간격		•주상도 자료 우선 적용 •지표지질조사 자료(Scanline기법에 의한 불연속면 조사자료) 참조 •Televiewer, BIPS탐사 자료 활용 •RQD와 불연속면 간격과의 상관관계 검토(Priest & Hudson (1976))
4	불연속면 상태	연속성	•지표지질조사 자료 (조사선 기법에 의한 불연속면 조사자료)의 활용
		간 극	•시추코어 관찰 •Televiewer, BIPS 탐사자료 참조 •지표지질조사 자료 참조
		충진물	•시추코어 관찰 •Televiewer, BIPS 탐사자료 참조 •지표지질조사 자료 참조
		거칠기	•시추코어 관찰 •실내시험 결과 (JRC) 참조
		풍화도	•시추코어 관찰
5	지하수		•수압시험에 의한 투수계수 결과 활용 (IAEG : Anon(1979)의 등급 참조) •유동시험 자료 참조(흐름의 속도와 방향성 참조) •불연속면의 빈도, 점토 물질, 충진물, 파쇄대의 발달상태 참조 •경험적 분류 (10^{-4} mm/s 이상 : Flow, 10^{-6} mm/s 이상 : Drip, 10^{-7} mm/s 이상 : Wet, 10^{-8} mm/s이상 : Damp, 10^{-8} mm/s 미만 : Dry)
6	불연속면 방향에 대한 점수 보정		•Televiewer, BIPS탐사 자료의 평사투영해석(터널구간) 결과 적용 •지표지질조사, 구역별 조사선 조사(Line Scanning), 주요 절리군(set 1~3)의 통계처리 자료 활용 •지질 평면, 단면도 상에서의 지질구조 검토

(5) Q-system에 의한 암반분류

① Q-system의 특징

- NGI(Norwegian Geotechnical Institute)의 Barton(1974, 1993)에 의해서 제시된 방법으로 스칸디나비아 지역에서 200여 개의 기 시공된 터널의 보강실적을 통계처리하여 암반 상태와 보강과의 관계를 분석하였는데, 이로써 암반상태를 정량적인 수치(Q값)로서 판단하고 이에 상응하는 보강방법과 보강량을 결정하는 방법
- 암반의 전단강도에 보다 주안점을 둔 암반분류이고, 현장응력을 고려함
- 절리의 방향성은 고려 안함 : Barton(1974)은 터널공사 시 암반의 전단강도나 변형은 Jn, Jr, Ja 등의 요소와 관계가 있고, 터널방향과 절리방향과의 관계는 영향이 작다고 판단하여 이를 암반분류의 요소로 고려하지 않았음
- 대단면 터널에 보다 적합하고, 또한 유동성이거나 팽창성 암반 등과 같은 매우 취약한 지층에도 적합한 암반분류 방법
- 세밀한 암반분류에 따라 보다 구체적이고 체계적인 보강방안이 제시되는 장점이 있음
- 다음과 같은 단점으로 인하여 일반적으로 Q-system 분류는 RMR 분류보다는 제한적 사용
- 조사될 6가지 요소들은 암석의 노출이 양호한 경우 또는 터널굴착 중 막장관찰 등 직접적인 암반의 조사가 선행되어야하므로 설계단계에서 시추조사 결과만으로 6가지 요소를 신뢰성 있게 판단하기 곤란한 단점
- Q값 산정을 위한 6개 요소의 평가를 위해서는 많은 지식과 경험에 의한 정밀성과 숙련성이 요구되며 6개의 요소를 곱하거나 나누어 산출되므로 개인차에 따라 분석결과의 오차가 남

② Q-system의 내용

- Q값은 터널공사에 영향을 미치는 암반특성을 6요소로서 대표하여, 각 요소를 몇 등급으로 나누어서 수치화하고 이에 할당된 값을 서로 곱하거나 나누어 구함
- 고려되는 6요소는 RQD(%), 절리군의 수(Jn), 절리면의 거친 정도(Jr), 절리면의 변질도(Ja), 지하수의 유입상태에 따른 감소지수(Jw), 응력의 감소지수(SRF : Stress Reduction Factor)이며 이 요소들에 해당되는 값들을 서로 곱하거나 나누어서 종합적으로 Q값을 산출
- 6요소들은 각각 2가지 요소를 서로 결합하여 암괴의 크기, 암괴내의 전단력, 활성응력(Active Stress)의 3가지 항목으로 나뉘어 짐

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

여기서, RQD/Jn = 암반의 지질구조를 나타내는 것으로서 암괴의 크기를 나타냄(Jn은 우세한 절리군만 고려)

Jr/Ja = 암괴 사이의 절리면 전단강도 특성을 의미
(현장관찰이나 Tilt Test 또는 Profile Gauge를 사용하여 추정)

Jw/SRF = 암반의 응력상태를 나타내는 활성응력(Active Stress)을 의미
(일반적으로 깊이에 따라서 추정)

- Q값은 0.001(Exceptionally Poor)~1,000(Exceptionally Good)의 9등급으로 분류됨

③ 암반등급기준(Grimstad &Barton, 1993)

Q값의 범위	1000 ~400	400 ~100	100 ~40	40 ~10	10 ~4	4 ~1	1 ~0.1	0.1 ~0.01	0.01 ~0.001
암 반 등 급	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
암 질 상 태	지극히 양 호	극 히 양 호	매 우 양 호	양 호	보 통	불 량	매 우 불 량	극 히 불 량	지극히 불 량

④ Q-system 분류표

평 가 요 소	점 수	비 고
1. 암질지수(Rock Quality Designation)	RQD	
A. 매우 불량	0~25	1. RQD가 10 이하(0 포함)일 때는 10 으로 계산함 2. 간격이 5면 충분한 정확도를 가짐
B. 불량	25~50	
C. 양호	50~75	
D. 우수	75~90	
E. 매우 우수	90~100	
2. 절리군의 수(Joint Set Number)	Jn	
A. 괴상, 절리가 없음	0.5~1.0	1. 터널 교차부(3.0×Jn) 2. 터널 입구부(2.0×Jn)
B. 하나의 절리군	2.0	
C. 하나의 절리군과 부분적인 절리	3	
D. 두개의 절리군	4	
E. 두개의 절리군과 부분적인 절리	6	
F. 세 개의 절리군	9	
G. 세 개의 절리군과 부분적인 절리	12	
H. 네 개 이상의 절리군과 불규칙적인 절리, 절리가 심하게 발달, 각설탕 구조	15	
I. 토양과 같이 파쇄된 암석	20	
3. 절리의 거칠기(Joint Roughness Number)	Jr	
a) 절리면간의 접촉		1. 관련 절리군의 평균 간격이 3m보다 큰 경우에는 1.0을 더함
b) 100 mm 이내의 전단으로 절리면 양쪽이 접촉		
A. 불연속성의 절리	4.0	2. 방향경향이 뚜렷한 선형(Lineation)을 갖는 평평한 평활면의 절리는 Jr=0.5를 사용
B. 거칠거나, 불규칙, 기복이 있음	3.0	
C. 부드럽고 기복이 있음	2.0	
D. 평활면, 기복이 있음	1.5	
E. 거칠고 불규칙한 판상	1.5	
F. 부드럽고 판상	1.0	
G. 평활면, 판상	0.5	
c) 전단 시에도 절리면의 접촉이 없음		
H. 절리의 벽면이 접촉할 수 없을 정도로 점토광물이 충전	1.0	
I. 절리의 벽면이 접촉할 수 없을 정도로 모래, 자갈, 파쇄대가 두껍게 존재	1.0	

④ Q-system 분류표-〈계속〉

평 가 요 소	점 수	비 고
4. 절리면의 변질 정도(Jonint Alteration Number)	Ja	φr (대략값)
a) 절리면의 접촉하고 있는 상태		
A. 변질이 없고 완전히 밀착, 단단한 불투수 충전물	0.75	-
B. 변질되지 않은 절리 벽면, 표면에 얼룩	1.0	25~35°
C. 약간 변질된 절리 벽면, 연화되지 않은 광물의 피복, 사질입자, 점토성이 없는 풍화암	2.0	25~30°
D. 실트 혹은 사질점토의 피복, 연화되지 않은 작은 점토의 파면	3.0	20~25°
E. 연화되었거나 마찰력이 적은 점토성이 광물의 피복 (고령토, 운모, 형석, 활석, 석고 등), 팽창성 절토 (연속적인 피복, 1~2 mm나 그 이하의 두께)	4.0	8~16°
b) 10 cm 이내의 전단으로 절리면 양쪽이 접촉		
F. 사질, 입자, 무점토성 풍화암 등	4.0	25~30°
G. 심하게 과압밀화 된 불연화성 점토광물의 충전 (연속적이거나 5 mm 이하의 두께).....(1)	6.0	16~24°
H. 보통 또는 약간 과압밀된 불연화성 점토광물의 충전 (연속적이거나 5 mm 미만의 두께).....(2)	8.0	12~16°
J. 몬모릴로나이트 같은 팽창성 점토의 충전(연속적이거나 5 mm 이하의 두께), Ja 값은 팽창성 점토 입자의 크기, 수분의 혼입량의 비율에 따라 변화....(3)	8.0~12.0	6~12°
c) 전단시 절리면이 밀착되지 않음		
K. 풍화 또는 파쇄된 암석의 대상 분포 및 구역(점토 조건에 대한 설명은 G, H, J 참조)	6, 8, 또는 12	6~24°
L. 실트나 사질점토가 대상으로 분포, 작은 점토 파편(불연성)	5.0	-
M. 두껍고 연속적인 점토의 대상 분포나 구역(점토 조건에 대한 설명은 G, H, J 참조)	10, 13 또는 13~20	6~24°
5. 지하수에 의한 계수(Joint Water Reduction Factor)	Jw	개략수압(MPa)
A. 건조 혹은 소량의 유출(국부적 5 ℓ /min 미만)		
B. 보통 정도의 유출과 수압, 때때로는 절리 내 충전물이 유출	1.0	〈 0.1
C. 충전물이 없는 절리를 갖는 견고한 암석에서의 대량의 유출과 높은 수압	0.66 0.5	0.1~0.25 0.25~1.0
D. 대규모 유출과 압력, 상당량의 절리 내 충전물 유출		
E. 발파 시 극히 유출과 높은 수압이 작용하나 시간의 경과와 함께 감소	0.33 0.1~0.2	0.25~1.0 〉 1.0
F. 시간의 경과와 관계없이 계속적인 극히 많은 유출과 높은 수압 작용	0.05~0.1	〉 1.0

④ Q-system 분류표-〈계속〉

평 가 요 소	점 수	비 고	
6. 응력감소계수(Stress Reduction Factor)	SRF		
a) 터널을 굴착 시에 암반을 이완시킬 가능성이 있는 연약층이 공동과 교차하는 경우			
A. 점토나 화학적으로 풍화된 암석을 포함하는 연약층이 다수 존재, 주변암반이 매우 이완됨(굴착심도와는 관계없음)	10.0	•문제가 되는 전단대가 공동과 교차하지 않고 다만 영향을 미치는 경우는 SRF를 25~50% 감소시킴	
B. 점토 또는 화학적으로 풍화된 암석을 포함하는 연약층이 단 1개일 때(굴착심도 50 m미만)	5.0	•이방성이 심한 초기응력 조건 : $5 \le \sigma_1/\sigma_3 \le 10$일 때는 σ_c를 $0.75\sigma_c$로, $\sigma_1/\sigma_3 > 10$ 일때는 σ_c를 $0.5\sigma_c$로 감소시킴 (여기서 σ_c : 단축압축강도, σ_t : 인장강도, σ_1 : 최대주응력, σ_3 : 최소주응력)	
C. 점토 또는 화학적으로 풍화된 암석을 포함하는 연약층이 단 1개일 때(굴착심도 50 m이상)	2.5		
D. 견고한 암반에 다수의 전단대(점토 없음), 주변암반은 이완됨(굴착심도와 관계없음)	7.5		
E. 견고한 암반 내에 전단대가 1개일 때(점토 없음, 굴착 심도 50 m 미만)	5.0		
F. 견고한 암반 내에 전단대가 1개일 때(점토 없음, 굴착 심도 50 m이상)	2.5	•지표에서 터널 천반부까지의 깊이가 터널 폭 보다 적을 때 자료는 거의 없음(이때 SRF는 2.5에서 5까지 증가시킴, H 참고)	
G. 이완되고 열린 절리, 절리가 심하게 발달됨(심도와 관계없음)	5.0		
b) 견고한 암석에서 암반응력이 문제가 되는 경우	σ_c/σ_1	σ_θ / σ_c	SRF(new)
H. 지표부근, 낮은 응력	〉 200	〈 0.01	2.5
J. 적당한 응력	200~10	0.01~0.3	1.0
K. 높은 응력에서 대단히 견고한 구조(일반적으로 안정성에는 유리하나 벽면의 안정성에는 불리할 가능성이 있음)	10~5	0.3~0.4	0.5~2
L. 1시간이후에 보통정도의 slabbing발생(괴상암반)	5~3	0.5~0.65	5~50
M. 수분내에 암반파쇄발생(괴상암반)	3~2	0.65~1.0	50~200
N. 격렬한 암반파쇄, 즉각적인 변형발생(괴상암반)	〈 2	〉 1.0	200~400
c) Squeezing Rock 즉 높은 암반응력의 영향으로 소성변형이 일어나는 경우	σ_θ / σ_c	SRF	
O. 중정도의 Squeezing이 일어나는 암반	1~5	5~10	
P. 격렬한 Squeezing이 일어나는 암반	〉 5	10~20	
d) 팽윤성 암반 즉 물의 유무에 따라 화학적 팽윤성을 일으키는 암반	SRF		
Q. 중정도의 팽윤성 암반	5~10		
R. 격렬한 팽윤성 암반	10~15		

⑤ Q분류의 적용에 관한 기술

- 절리군의 수를 나타내는 지수 Jn은 절리가 육안으로 식별 가능하고 평행하게 발달되어 있는 경우에는 통계분석을 통한 절리군을 산정하여 그 결과를 그대로 적용하면 되나, 육안식별이 곤란한 경우에는 시추코어의 전체 절리 수를 감안하여 적용
- 전단강도를 나타내는 지수 Jr과 Ja는 기 조사한 절리 또는 점성토가 충진된 절리와 관계되나 암반의 구조가 안정되어 있는 경우 Jr/Ja는 최대값을 쓰고, 불안정하고 불연속면이 심하게 변질되었거나 충전물의 상태가 불향한 경우 Jr/Ja을 Q값을 평가하는데 작은 값을 적용
- 불연속면의 틈새에 점토를 함유하고 있는 경우, SRF는 벽면이 이완되는 상태에 해당되는 값을 사용하고 이 때 암의 응력은 암반강도에 크게 주요하지 않으나, 절리수가 적고 충진점토 등이 없는 조밀구조 암반의 경우 암반 안정성은 응력/강도의 비에 따라 달라짐
- σ_c와 σ_t(압축, 인장강도)는 지하구조물이 물에 잠기는 경우에는 포화 상태에서 시험
- 또한 노출되어 풍화, 부식된 상태에서 측정하는 것이 더 합리적인 결과를 얻음

⑥ 수정 Q값에 의한 분류

- 1986년 Grimstad 등에 의해 NMT의 본질적 요소인 습식 강섬유 숏크리트 적용에 적합하도록 수정
- 1990년 NGI에서는 현장 및 시추조사로부터 얻어진 자료를 효과적으로 표시하기 위한 Geotechnical logging chart를 작성
- 1993년 Grimstad와 Barton 등은 노르웨이 내 1,050여개의 터널 현장에서 조사된 자료를 분석하여 Q분류 중 SRF의 분류 기준을 수정
- 터널의 유효크기는 Span, 직경, 높이를 굴착지보비(ESR)로 나누어서 구할 수 있음

Q값의 이용	산 정 식
터널의 유효크기 (Equivalent dimension)	$D_e = \frac{B(\text{터널 굴진장,직경 또는 높이})}{ESR(\text{Excavation Support Ratio})}$
무지보 최대 스팬의 산정	최대스팬(무지보) = $2(ESR)\ (Q)^{0.4}$
천정부 영규지보압력(Proof) 산정	$P_{roof} = \left(\frac{2.0}{J_r}\right) Q^{-1/3}$: 절리군 수 3개 이상 $P_{roof} = \frac{2}{3} J_n^{1/2} J_n^{-1} Q^{-1/3}$: 절리군 수 3개 미만
록볼트 길이(L) 산정	$L = \frac{2+0.15B}{ESR}(m)$
탄성파속도의 추정	$V_p = \log Q + 3.5(km/sec)$
수치해석 시 암반의 변형계수 추정	$E_{mass} = 10 \times Q^{1/3}$

⑦ 용도에 따른 ESR값

터널의 설치 목적	ESR
•임시적인 광산 터널	3 ~ 5
•영구적인 광산터널, 수력발전소 도수터널(양수발전소의 고압 수압관터널 제외) 대단면 터널 굴착을 위한 시험터널, 운반갱도 및 막장면	1.6
•저장소, 용수처리 공장, 소규모 고속도로 및 철도터널 완충수조(surge chamgers), 진입 터널(access tunnel)	1.3
•저발전소, 대규모 고속도로 또는 철도터널, 민방위용 공동, 출입구, 터널 교차부	1.0
•지하 핵발전소, 철도역, 공장	0.8

(6) RMR 분류와 Q-SYSTEM 분류의 상관관계

• RMR과 Q-System은 고려하는 분류기준의 차이로 인해 정확한 상관관계를 정립하기 어려움. 그러나, 일축압축강도, 절리방향, 응력저감요소를 제외하여 비교한 결과 높은 상관관계가 있는 것으로 보고된 바 있음(Bieniawski, 1976)

•하나의 분류방법에만 의존하지 말고 두 분류방법을 비교, 검토함으로써 암반상태를 파악해야 하며, 시공시 막장관찰 및 현장조사 등으로 통하여 정확한 암반분류를 해야 할 것임

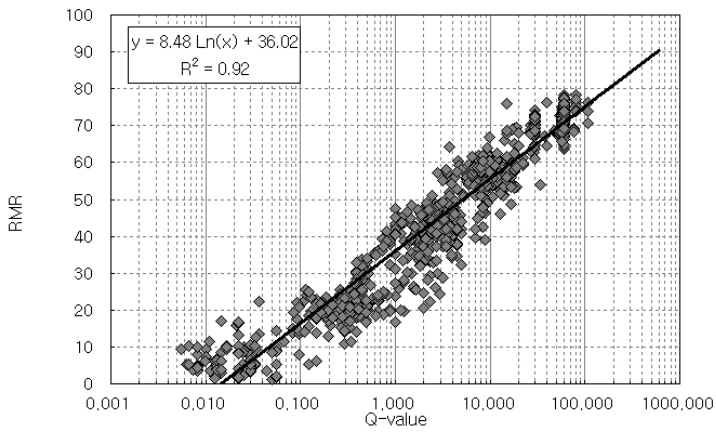
① RMR과 Q-System의 비교표

항 목	RMR	Q - System
제 안 자	Bieniawski	Barton, Lien & Lunde
기준인자	· 일축압축강도 · 암질 계수(R.Q.D) · 절리의 간격 · 절리의 상태 · 지 하 수 · 절리의 방향성	· 암질 계수(R.Q.D) · 절리 군수 (Jn) · 절리면의 거칠기 (Jr) · 절리면의 변질도 (Ja) · 지 하 수 (Jw) · 응력감소 계수 (SRF)
비 고	· 일축압축강도를 직접 사용 · 응력에 대한 평가항목이 없음 · 범위 : 0 〈 RMR 〈 100	· 일축압축강도를 암반의 초기응력과 관련하여 사용 · 응력감소계수를 고려하고 있음 · 범위 : 0.001 〈 Q 〈 1,000
이 용	· 암반의 변형계수 산정 (GPa) $Em = 10^{(RMR-10)/40}$ · Support Load 산정 $P = \frac{100 - RMR}{100} \gamma B$ B : 터널폭 γ : Rock Density · 지보량산정	· 암반의 변형계수 산정 (GPa) $Em = 25 \log Q$ · Support Load 산정 $P_{roof} = \frac{2\sqrt{Jn}}{3 J_r \sqrt[3]{Q}}$ or $\frac{2.0}{J_r \sqrt[3]{Q}}$ · Maximun Unsupported Span 산정 = 2 ESR Q0.4 (단위 m) ESR : Excavation Support Ratio · 지보량산정
문 제 점	· 팽창성 암반이나 Squeezing Rock에 적용하는 것은 부적절 · 지보량 산정이 제한됨(유효폭 10m)	· 평가 방법이 다소 복잡

② RMR 분류와 Q-system 분류의 상관관계

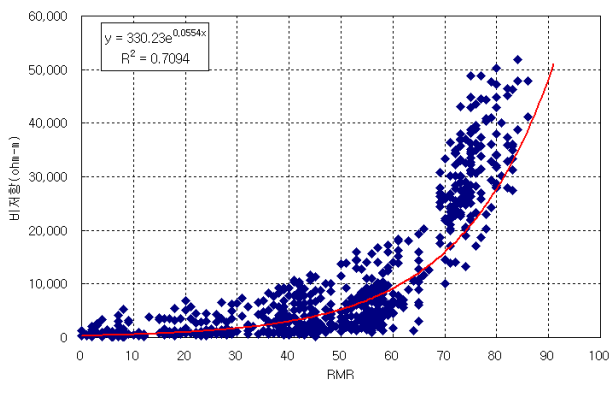
구 분	RMR과 Q-System 상관관계 정립 ⇒ 공학적평가 신뢰성 확인
기 존 경험식	· 제안된 RMR과 Q-System의 상관관계식 RMR = 9LnQ + 44(r=0.77) (Bieniawski, 1976) RMR = 13.5LogQ + 43(r=0.85) (Rutedge, 1978) RMR = 5.4LnQ + 55.2(r=0.55) (Moreno, 1980) RMR = 5.0LnQ + 60.8 (Cameron-Clarke, 1981) RMR = 10.5LnQ + 41.8(r=0.66) (Budavari, 1981)

③ 과업구간의 RMR과 Q-system 상관관계

RMR과 Q-system 상관 그래프	분석결과
	• RMR = 8.48Ln(Q) + 36.02 •결정계수(R^2) = 0.92

(7) RMR – 비저항값의 상관관계

• 미시추구간의 암반분류를 위하여 시추구간의 암반분류를 이용하여 물리탐사결과(전기비저항탐사)와 RMR값 간의 상호 상관관계 분석을 통해 얻어진 상관식을 적용, 미시추구간의 암반분류를 실시함



구 분	RMR	비저항(ohm-m)
Ⅰ등급	81 ~ 100	27,700이상
Ⅱ등급	61 ~ 80	9,100 ~ 27,700
Ⅲ등급	41 ~ 60	3,000 ~ 9,100
Ⅳ등급	21 ~ 40	1,000 ~ 3,000
Ⅴ등급	20 이하	1,000 이하

검토결과	•비저항 = 330.23 $\exp^{(0.0554\times RMR)}$ •결정계수(R^2) = 0.7094

7.4.3 암반분류 결과

구 분	공 번	구 간	분류구간 (GL.-m)	지층	RQD (%)	RMR	Q
하화 터널	NTB-01	상부1D	26.8~34.8	경암~경암파쇄대	29~94	27~56	0.385~6.270
		터널구간	34.8~42.8	경암파쇄대~경암	29~84	31~56	0.500~16.830
	NTB-02	상부1D	22.6~30.6	경암	68~93	57~60	4.620~7.920
		터널구간	30.6~38.5	경암	55~95	42~60	1.815~9.405
	NTB-03	상부1D	30.9~38.9	경암	76~98	55~65	14.850~39.600
		터널구간	38.9~46.9	경암	86~92	52~58	8.910~17.820
	NTB-04	상부1D	0.5~7.1	풍화암~경암	43~60	19~44	0.124~3.000
		터널구간	7.1~15.0	경암	52~81	27~44	0.550~3.000
	NTB-05	상부1D	-	풍화토	-	-	-
		터널구간	3.7~9.3	풍화토~경암	58~83	40~55	2.250~8.415
팔성제 1터널	NTB-08	상부1D	61.6~69.6	연암	23~49	5~42	0.033~3.300
		터널구간	69.6~77.5	연암	13~45	5~37	0.033~4.455
	NTB-10	상부1D	3.0~8.0	연암	20~42	17~20	0.495~1.980
팔성제 2터널	NTB-11	터널구간	0.5~5.0	연암파쇄대~연암	5~29	8~19	0.025~0.743
	NTB-12	상부1D	0.5~6.7	연암파쇄대	0~9	8~10	0.008~0.017
		터널구간	6.7~12	연암파쇄대~연암	0~43	10~24	0.008~0.743
	NTB-13	상부1D	6.3~14.6	연암~경암	27~56	18~32	0.275~1.815
		터널구간	14.6~22.4	경암~연암	32~58	22~33	0.495~1.980
	NTB-14	상부1D	3.5~11.8	연암~단층파쇄대	0~93	8~42	0.022~8.360
		터널구간	11.8~19.5	단층파쇄대~연암 파쇄대	0~43	8~27	0.022~0.990
	NTB-15	상부1D	33.9~42.2	연암~연암파쇄대	8~44	5~42	0.029~1.650
		터널구간	42.2~50.0	연암파쇄대	0~21	5~11	0.010~0.029
	NTB-16	상부1D	16.8~25.1	연암~단층파쇄대	0~59	3~42	0.008~2.970
		터널구간	25.1~32.9	단층파쇄대~연암	8~25	5~23	0.008~0.278

구 분	공 번	구 간	분류구간 (GL.-m)	지층	RQD (%)	RMR	Q
팔성제 2터널	NTB-17	상부1D	53.5~61.5	경암~단층파쇄대	0~66	5~51	0.006~2.438
		터널구간	61.5~69.4	단층파쇄대~연암	0~32	5~33	0.006~0.500
	NTB-18	상부1D	58.3~66.6	연암	19~83	8~30	0.098~2.805
		터널구간	66.6~74.4	연암	31~72	14~22	0.293~2.310
	NTB-19	상부1D	60.0~68.1	경암	65~87	49~68	6.435~51.000
		터널구간	68.1~76.1	연암~경암	34~83	25~56	0.385~16.830
	NTB-23	상부1D	58.5~66.5	경암	46~79	44~54	3.250~10.560
		터널구간	66.5~74.4	경암	66~79	46~54	3.250~10.560
	NTB-24	상부1D	10.7~18.7	연암~경암	26~51	22~40	0.275~4.455
		터널구간	18.7~26.7	경암~연암파쇄대	21~55	13~40	0.037~1.650
	NTB-25	상부1D	1.5~6.4	연암	23~35	21	0.259~0.417
		터널구간	6.4~14.3	연암	15~48	9~41	0.028~4.950
	NTB-26	터널구간	1.5~4.6	풍화토~연암	17~21	9~14	0.025~0.148
비봉 터널	NTB-27	상부1D	0.5~8.5	풍화암~연암	0~14	3~5	0.008~0.044
		터널구간	8.5~16.0	연암~경암	14~72	5~53	0.025~13.860
	NTB-28	상부1D	1.6~11.1	연암	24~46	18~38	0.185~1.980
		터널구간	11.1~17.7	연암	24~30	14~22	0.083~0.185
	NTB-29	상부1D	30.9~38.9	연암~경암	41~70	34~45	1.760~2.625
		터널구간	38.9~46.8	경암	36~93	25~54	0.385~18.810
	NTB-30	상부1D	36.2~44.2	경암	98~100	64~72	30.000~60.000
		터널구간	44.2~52.1	경암~연암	43~100	38~64	4.455~30.000
	NTB-31	상부1D	4.5~12.2	경암	53~100	41~70	0.807~60.000
		터널구간	12.2~20.4	경암	59~100	44~76	2.250~60.000
	NTB-32	터널구간	8.5~9.9	연암파쇄대	0	6	0.01
	NTB-33	터널구간	2.7~10.9	연암파쇄대	0~4	6~11	0.007~0.029
	NTB-34	상부1D	2.1~9.9	연암	22~66	14~43	0.056~2.933
		터널구간	9.9~18.0	연암~경암	22~87	14~58	0.056~4.987
	NTB-35	상부1D	2.8~10.8	경암	61~76	44~55	3.000~9.900
		터널구간	10.8~18.7	경암	50~81	39~57	1.650~10.560
	NTB-36	상부1D	1.4~9.3	연암~경암	16~50	10~38	0.055~1.650
		터널구간	9.3~17.3	경암	50~97	38~71	1.650~57.000

구 분	공 번	구 간	분류구간 (GL.-m)	지층	RQD (%)	RMR	Q
비봉 터널	NTB-37	터널구간	0.5~5.8	경암	59~68	46~56	3.960~6.930
	NTB-38	상부1D	1.8~9.5	연암~경암	7~75	4~54	0.022~9.900
		터널구간	9.5~17.7	경암	55~86	43 59	1.076~11.220
	NTB-39	상부1D	0.5~8.3	경암	53~72	38~56	1.815~13.860
		터널구간	8.3~16.3	경암	72~88	54~57	3.520~13.860
	NTB-40	상부1D	2.4~10.2	풍화암~경암	0~53	7~45	0.010~1.980
		터널구간	10.2~18.7	경암	53~77	44~49	1.076~3.750
	NTB-41	터널구간	1.5~6.1	연암	25~56	20~46	0.185~3.630
	NTB-43	상부1D	5.6~13.6	연암~경암	35~76	21~56	0.259~7.425
		터널구간	13.6~21.5	경암	75~99	56~68	7.425~54.000
	NTB-44	상부1D	0.8~8.8	연암~경암	41~77	34~58	2.625~7.425
		터널구간	8.8~16.8	경암~연암	38~77	25~58	0.391~7.425
	NTB-45	상부1D	0.5~3.0	연암	28	21	0.500
		터널구간	3.0~10.9	연암~경암	28~66	21~45	0.500~2.438
	NTB-46	터널구간	0.0~7.0	경암	46~70	38~56	2.063~6.930
청로 터널	NTB-49	상부1D	90.3~98.5	경암~연암	35~79	22~56	0.171~7.920
		터널구간	98.5~102.7	연암	36~59	22~38	0.259~2.250
	NTB-50	상부1D	72.3~80.6	연암	25~56	20~38	0.391~4.455
		터널구간	80.6~88.4	연암~경암	35~67	27~45	0.385~4.455
	NTB-51	상부1D	73.8~82.1	연암	0~40	13~20	0.022~0.880
		터널구간	82.1~89.9	연암	6~39	17~26	0.022~2.640
	NTB-52	상부1D	35.1~43.1	경암	57~71	42~56	2.063~13.860
		터널구간	43.1~51.0	경암~연암	0~63	3~44	0.029~2.438
	NTB-53	상부1D	33.6~41.9	경암	52~65	40~46	1.650~12.870
		터널구간	41.9~49.7	경암	33~60	17~45	0.330~2.250
	NTB-54	상부1D	72.0~80.3	단층파쇄대	7~25	6~17	0.015~0.021
		터널구간	80.3~88.1	단층파쇄대~경암	9~76	6~55	0.015~7.425

구 분	공 번	구 간	분류구간 (GL.-m)	지층	RQD (%)	RMR	Q
청로 터널	NTB-55	상부1D	38.5~46.7	경암	82~100	58~69	7.500~57.000
		터널구간	46.7~54.5	경암	90~100	60~70	8.910~60.000
	NTB-56	상부1D	58.5~66.8	경암	61~93	41~61	3.000~10.560
		터널구간	66.8~74.6	경암	71~93	39~61	0.875~7.125
	NTB-57	상부1D	146.7~154.9	경암	87~100	58~71	16.830~60.000
		터널구간	154.9~162.7	경암	91~100	63~70	15.000~30.000
	NTB-58	상부1D	156.5~164.6	경암	86~92	56~65	16.830~17.820
		터널구간	164.6~172.6	경암	50~92	42~65	3.300~17.820
	NTB-59	상부1D	55.0~63.1	경암	76~92	42~60	3.750~11.880
		터널구간	63.1~71.0	경암~연암	34~86	22~49	0.171~3.750
	NTB-60	상부1D	74.8~82.9	경암	98~100	73~76	60.000
		터널구간	82.9~91.0	경암	100	71~76	60.000
	NTB-61	상부1D	14.2~22.3	경암	66~97	51~72	7.920~54.000
		터널구간	22.3~29.5	경암	54~97	57~72	8.415~57.000
	NTB-62	상부1D	0.2~6.7	연암~경암	19~65	18~37	0.220~3.218
		터널구간	6.7~14.6	경암	53~85	37~46	2.723~4.208
	NTB-63	터널구간	0.6~8.8	연암	54	45	2.420
순호 터널	NTB-64	터널구간	0.3~7.4	연암	41~50	14~44	0.391~5.000
	NTB-65	상부1D	0.0~2.6	경암	72	55	9.240
		터널구간	2.6~10.4	경암	72~100	55~78	9.240~60.000
	NTB-66	상부1D	28.9~36.9	경암	97~100	66~75	57.000~80.000
		터널구간	36.9~45.0	경암	95~100	61~75	9.405~60.000
	NTB-67	상부1D	46.1~54.1	경암	97~100	68~74	30.000~80.000
		터널구간	54.1~62.1	경암	100	70~76	60.000~80.000
	NTB-68	상부1D	33.9~41.9	경암	85~100	57~76	8.415~60.000
		터널구간	41.9~49.9	경암	58~100	47~74	1.333~60.000
	NTB-69	상부1D	44.4~52.4	연암~경암	20~86	9~59	0.033~8.415
		터널구간	52.4~60.4	경암~연암	36~80	19~43	0.086~2.000

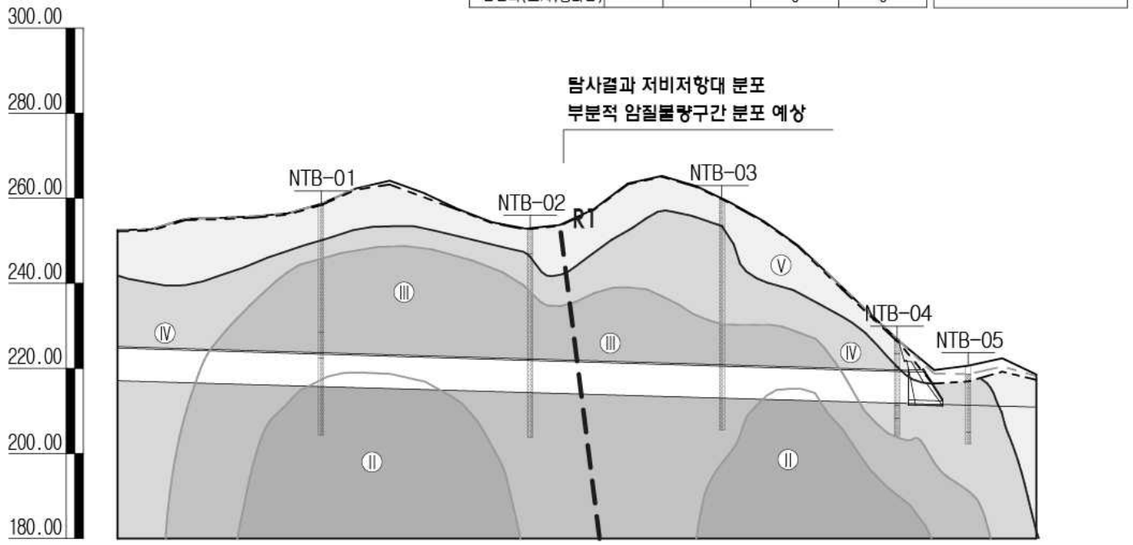
구 분	공 번	구 간	분류구간 (GL.-m)	지층	RQD (%)	RMR	Q
순호 터널	NTB-70	상부1D	7.2~15.2	경암	72~88	42~47	6.930~8.910
		터널구간	15.2~23.2	경암	82~93	46~53	7.920~16.720
	NTB-71	터널구간	1.0~5.9	연암	25~48	19~28	0.619~1.238
수북 터널	NTB-72	터널구간	0.3~7.4	경암	59~94	42~62	2.250~9.405
	NTB-73	상부1D	0.0~7.4	연암~경암	26~92	21~62	0.275~17.820
		터널구간	7.4~15.6	경암	92~100	60~72	8.910~60.000
	NTB-74	상부1D	26.5~34.4	경암	92~100	68~73	27.000~60.000
		터널구간	34.4~42.6	경암	100	68~73	60.000
	NTB-75	상부1D	8.7~16.5	경암	97~99	64~72	28.500~60.000
		터널구간	16.5~24.7	경암	97~100	67~70	28.500~60.000
	NTB-76	상부1D	4.6~12.5	경암	85~100	57~71	8.415~60.000
		터널구간	12.5~20.7	경암	95~100	68~72	57.000~60.000
	NTB-77	상부1D	7.5~15.3	경암	86~100	61~73	16.830~60.000
		터널구간	15.3~23.5	경암	100	69~75	60.000
	NTB-78	상부1D	12.8~20.6	경암	100	69~73	30.000~60.000
		터널구간	20.6~28.8	경암	100	69~74	30.000~60.000
	NTB-79	상부1D	32.1~39.9	경암	85~100	58~75	6.375~60.000
		터널구간	39.9~48.1	경암	85~92	54~61	6.375~8.910
	NTB-80	상부1D	14.3~22.2	경암	100	64~76	60.000
		터널구간	22.2~30.4	경암	100	65~77	60.000~80.000
	NTB-81	상부1D	2.4~5.8	경암	62~86	53~59	7.920~11.220
		터널구간	5.8~14.0	경암	86~93	54~63	8.910~11.880
	NTB-82	터널구간	1.5~8.0	연암~경암	14~56	2~33	0.056~2.063
	NTB-85	상부1D	16.4~24.3	경암	53~100	30~75	0.454~60.000
		터널구간	24.3~32.5	경암	53~100	30~73	0.454~60.000
	NTB-86	상부1D	39.7~47.6	경암	98~100	64~75	20.000~60.000
		터널구간	47.6~55.8	경암	60~100	37~75	0.750~60.000
	NTB-87	상부1D	0.8~5.1	경암	54~55	32	1.815
		터널구간	5.1~6.0	경암	54	32	1.815

7.5 암반등급도 작성

7.5.1 하화터널

구 분	암반등급	RMR	전기비저항치 (Ωm)	등급비율(%) 상부 0.6D	등급비율(%) 터널구간
	Ⅰ	80이상	27,700이상	0	0
	Ⅱ	60~80	27,700~9,100	0	0
	Ⅲ	40~60	9,100~3,000	71.9	77.7
	Ⅳ	20~40	3,000~1,000	24.6	19.2
	Ⅴ	20이하	1,0000이하	3.5	3.1
암반외(토사,풍화암)		-	-	0	0

저비저항대(R)
단층파쇄대(F)



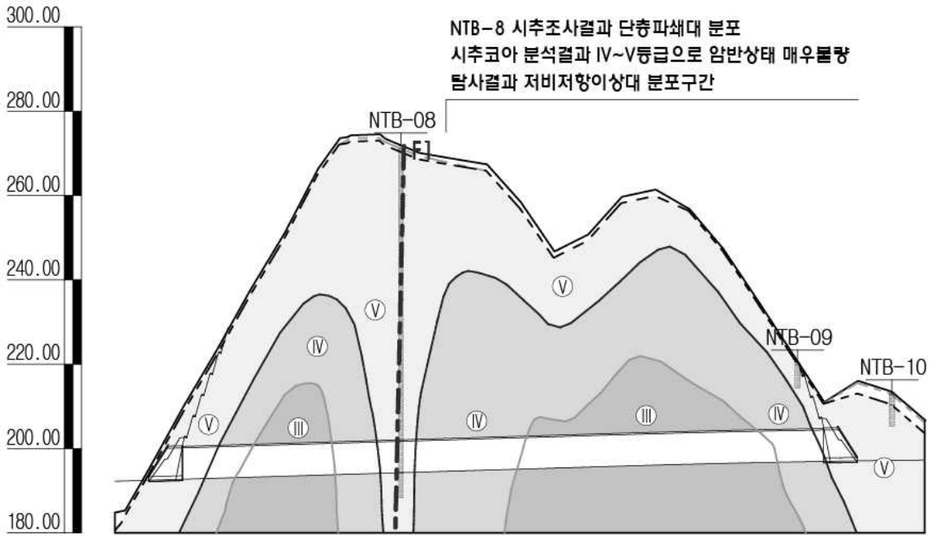
측점			264km	200	400			
암종			후평동층					후평동층
시추코아 암반분류	공번			NTB-01	NTB-02	NTB-03	NTB-04	NTB-05
	상부 1.0D	RMR		27~56	57~60	55~65	19~44	-
		Q		0.385~6.270	4.620~7.920	14.850~39.600	0.124~3.000	-
	터널구간	RMR		31~56	42~60	52~58	27~44	40~55
		Q		0.500~16.830	1.815~9.405	8.910~17.820	0.550~3.000	2.250~8.415
터널구간 암반분류	상부 1.0D	전기비저항	1,000~3,000	3,000~9,100		1,000~3,000	1,0000이하	
		암반등급	Ⅳ	Ⅲ		Ⅳ	Ⅴ	
		연장	72m	328m		40m	16m	
	터널구간	전기비저항	1,000~3,000	3,000~9,100		1,000~3,000	1,0000이하	
		암반등급	Ⅳ	Ⅲ		Ⅳ	Ⅴ	
		연장	55m	369m		36m	15m	

7.5.2 팔성제1터널

구 분	암반등급	R M R	전기비저항치 (Ωm)	등급비율(%)	
				상부 0.6D	터널구간
	Ⅰ	80이상	27,700이상	0	0
	Ⅱ	60~80	27,700~9,100	0	0
	Ⅲ	40~60	9,100~3,000	26.9	45.2
	Ⅳ	20~40	3,000~1,000	52.8	36.5
	Ⅴ	20이하	1,000이하	20.3	18.3
암반외(토사,풍화암)		–	–	0	0

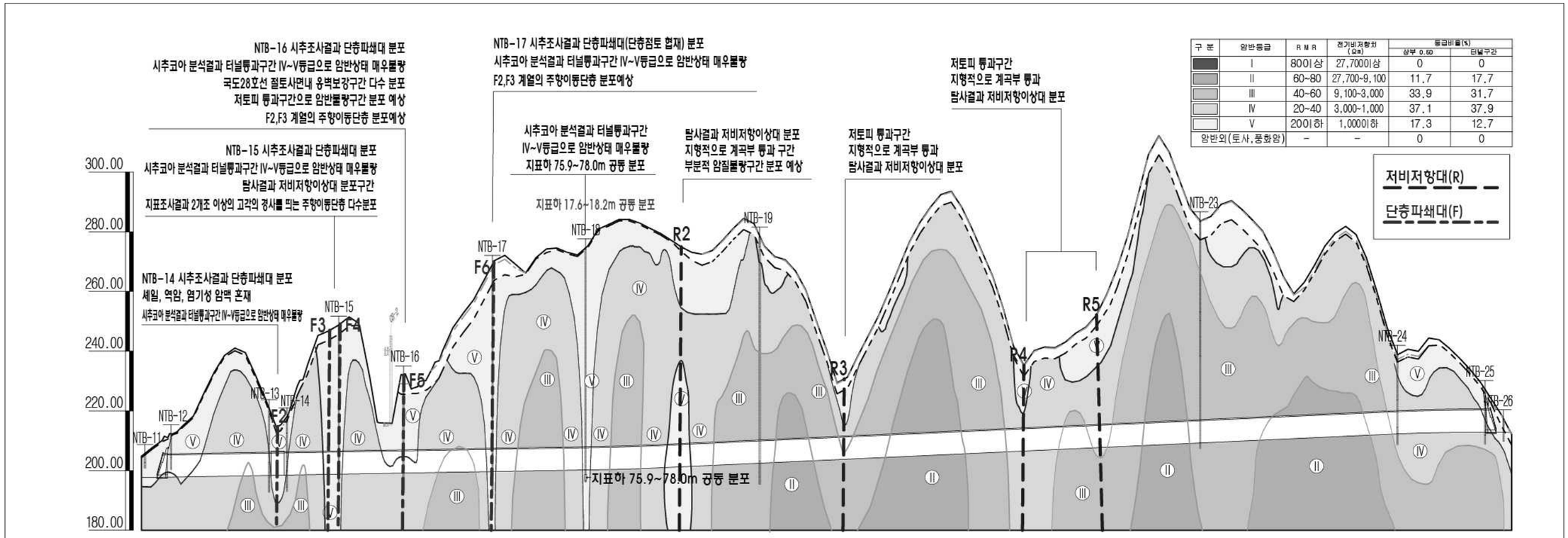
저비저항대(R)

단층파쇄대(F)



측 점		269km200	400	600
암 종		점곡층		점곡층
시추코아 암반분류	공 번	NTB-08	NTB-09	NTB-10
	상부 1.0D RMR	5~42	–	17~20
	상부 1.0D Q	0.033~3.300	–	0.495~1.980
	터널구간 RMR	5~37	–	–
	터널구간 Q	0.033~4.455	–	–
터널구간 암반분류	상부 1.0D 전기비저항	1,0000이하 / 1,000~3,000 / 3,000~9,100 / 1,000~3,000 / 1,0000이하 / 1,000~3,000 / 3,000~9,100 / 1,000~3,000 / 1,0000이하		
	상부 1.0D 암반등급	Ⅴ / Ⅳ / Ⅲ / Ⅳ / Ⅴ / Ⅳ / Ⅲ / Ⅳ / Ⅴ		
	상부 1.0D 연장	34m / 23m / 30m / 26m / 29m / 103m / 72m / 48m / 9m		
	터널구간 전기비저항	1,0000이하 / 1,000~3,000 / 3,000~9,100 / 1,000~3,000 / 1,0000이하 / 1,000~3,000 / 3,000~9,100 / 1,000~3,000 / 1,0000이하		
	터널구간 암반등급	Ⅴ / Ⅳ / Ⅲ / Ⅳ / Ⅴ / Ⅳ / Ⅲ / Ⅳ / Ⅴ		
	터널구간 연장	32m / 21m / 45m / 27m / 24m / 65m / 136m / 33m / 17m		

7.5.3 팔성제2터널



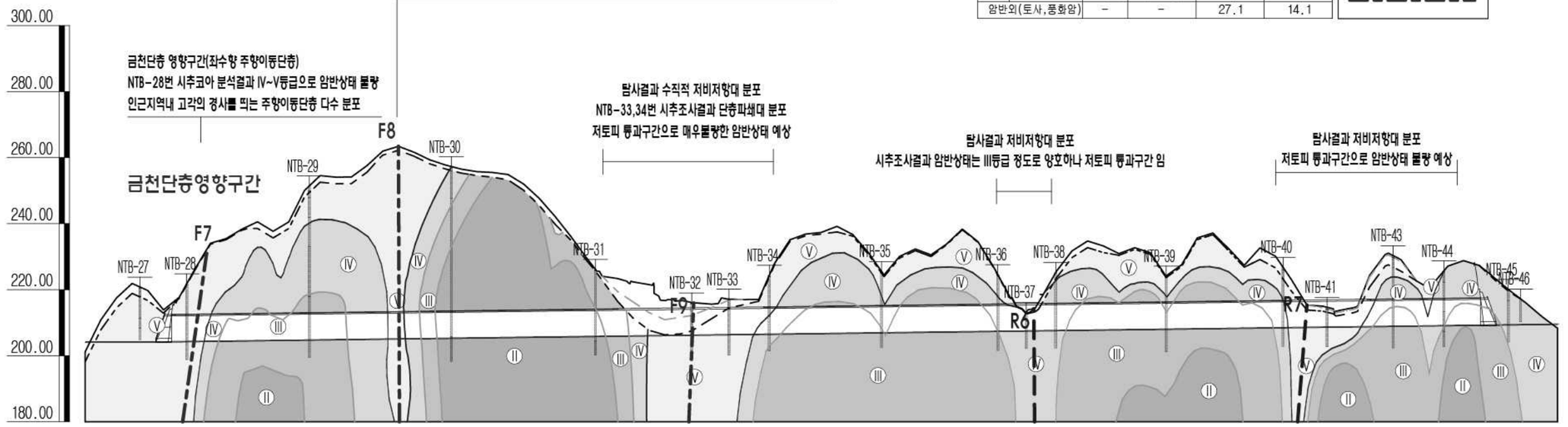
측점			269km800	270km	200	400	600	800	271km	200	400	600	800	272km	200	400
암종			점곡층													점곡층
시추코아 암반분류	구분		NTB-11	NTB-12	NTB-13	NTB-14	NTB-15	NTB-16	NTB-17	NTB-18	NTB-19	NTB-23	NTB-24	NTB-25	NTB-26	
	상부 1.00	RMR	–	8~10	18~32	8~42	5~42	3~42	5~51	8~30	49~68	44~54	22~40	21	–	
		Q	–	0.009~0.017	0.275~1.815	0.022~8.360	0.029~1.650	0.008~2.970	0.006~2.438	0.098~2.805	6.435~51.000	3.250~10.560	0.275~4.455	0.259~0.417	–	
	터널구간	RMR	8~19	10~24	22~33	8~27	5~11	5~23	5~33	14~22	25~56	46~54	13~40	9~41	9~14	
		Q	0.025~0.743	0.009~0.743	0.495~1.980	0.022~0.990	0.010~0.029	0.008~0.278	0.006~0.500	0.293~2.310	0.385~16.830	3.250~10.560	0.037~1.650	0.028~4.950	0.025~0.148	
암반분류	상부 1.00	전기비저항		1,000이하	1,000~3,000	1,000이하	1,000~3,000	1,000이하	1,000~3,000	1,000이하	1,000~3,000	1,000이하	1,000~3,000	3,000~9,100	1,000~3,000	1,000이하	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,000~3,000	3,000~9,100	1,000~3,000	1,000이하	1,000~3,000	1,000이하												

7.5.4 비봉터널

구 분	암반등급	R M R	전기비저항치 (Ω·m)	등급비율(%) 상부 0.60	등급비율(%) 터널구간
	I	80이상	27,7000|상	0	0
	II	60~80	27,700~9,100	11.3	12.2
	III	40~60	9,100~3,000	2.9	30.5
	IV	20~40	3,000~1,000	35.8	31.4
	V	20이하	1,0000|하	22.9	11.8
암반외(토사,풍화암)		-	-	27.1	14.1

저비저항대(R)

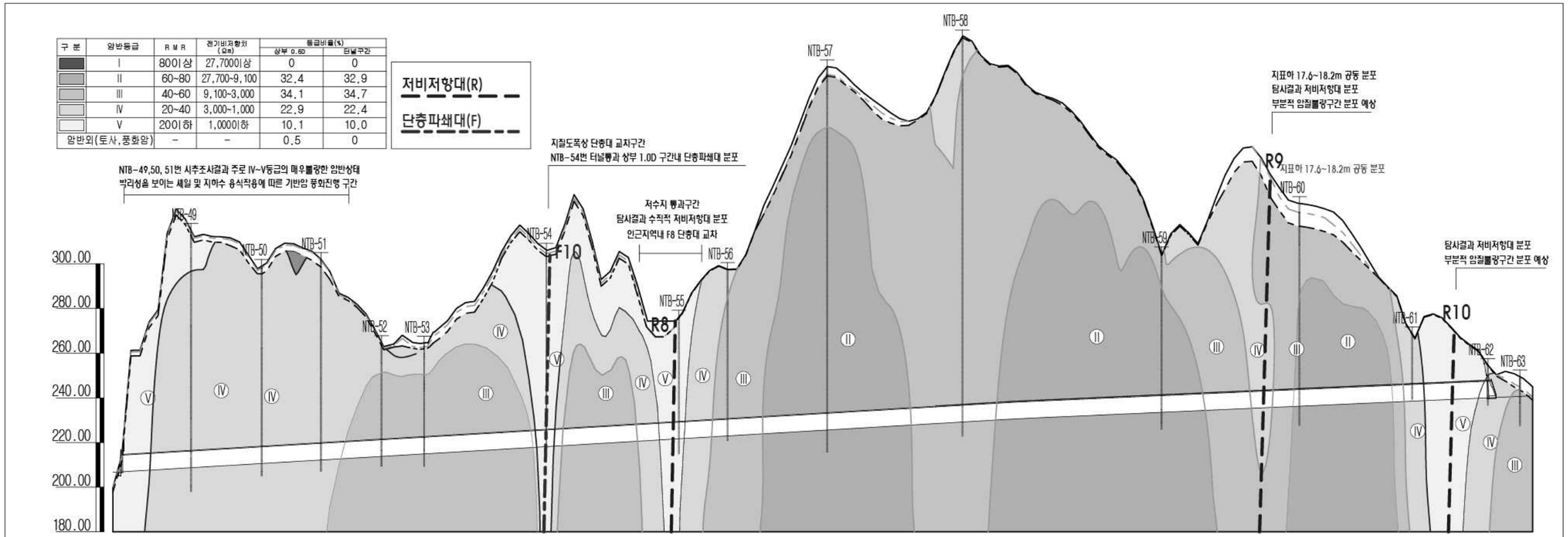
단층파쇄대(F)



측점		273km320	400	600	800	274km	200	400	600	800	275km	200
암종		점곡층									점곡층	사곡층 / 사곡층
시추코아 암반분류	공번	NTB-27	NTB-28	NTB-29	NTB-30	NTB-31	NTB-32	NTB-33	NTB-34	NTB-35	NTB-36	NTB-37 / NTB-38 / NTB-39 / NTB-40 / NTB-41 / NTB-43 / NTB-44 / NTB-45 / NTB-46
상부 1.00	RMR	3~5	18~38	34~45	64~72	41~70	-	-	14~43	44~55	10~38	- / 4~54 / 38~56 / 7~45 / - / 21~56 / 34~58 / 21 / -
상부 1.00	Q	0.008~0.044	0.185~1.980	1,760~2,625	30,000~60,000	0.807~60,000	-	-	0.056~2,933	3,000~9,900	0.055~1,650	- / 0.022~9,900 / 1,815~13,860 / 0.010~1,980 / - / 0.259~7,425 / 2,625~7,425 / 0.500 / -
터널구간	RMR	5~53	14~22	25~54	38~64	44~76	6	6~11	14~58	39~57	38~71	46~56 / 43~59 / 54~57 / 44~49 / 20~46 / 56~68 / 25~58 / 21~45 / 38~56
터널구간	Q	0.025~13,860	0.083~0.185	0.385~18,810	4,455~30,000	2,250~60,000	0.010	0.007~0.029	0.056~4,987	1,650~10,560	1,650~57,000	3,960~6,930 / 1,076~11,220 / 3,520~13,860 / 1,076~3,750 / 0.185~3,630 / 7,425~54,000 / 0.391~7,425 / 0.500~2,438 / 2,063~6,930

| 터널구간 암반분류 | | | | | | | | |

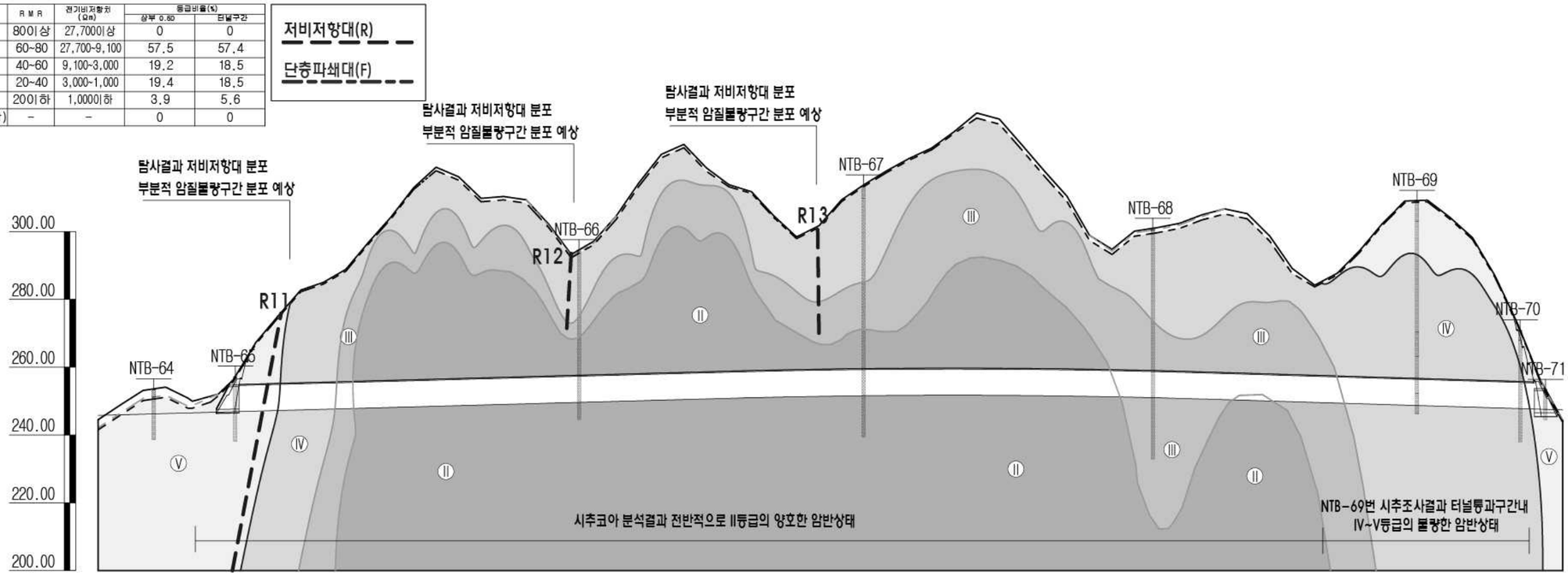
7.5.5 청로터널



측점				282km	200	400	600	800	283km	200	400	600	800	284km	200	400	600	800	285km
암종				점곡층															점곡층
지보구분	갱번			NTB-49	NTB-50	NTB-51	NTB-52	NTB-53	NTB-54		NTB-55	NTB-56	NTB-57	NTB-58	NTB-59		NTB-60	NTB-61		NTB-62	NTB-63
암반분류	상부 1.0D	RMR		22~56	20~38	13~20	42~56	40~46	6~17		58~69	41~61	58~71	56~65	42~60		73~76	51~72		18~37	-
		Q		0.171~7.920	0.391~4.455	0.022~0.880	2.063~13.860	1.650~12.870	0.015~0.021		7.500~57.000	3.000~10.560	16.830~60.000	16.830~17.820	3.750~11.880		60.000	7.920~54.000		0.220~3.218	-
	터널구간	RMR		22~38	27~45	17~26	3~44	17~45	6~55		60~70	39~61	63~70	42~65	22~49		71~76	57~72		37~46	45
		Q		0.259~2.250	0.385~4.455	0.022~2.640	0.029~2.438	0.330~2.250	0.015~7.425		8.910~60.000	0.875~7.125	15.000~30.000	3.300~17.820	0.171~3.750		60.000	8.415~57.000		2.723~4.208	2.420
터널구간	상부 1.0D	전기비저항		1,000이하	1,000~3,000			3,000~9,100	1,000~3,000	1,000이하	1,000~3,000	3,000~9,100	1,000~3,000	1,000이하	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,000~3,000	1,000이하	풍화암-토사층
		암반등급		V	IV			III	IV	V	IV	III	IV	V	IV	III	II	III	II	III	IV	III	II	III	IV	V	풍화암-토사층
		현장		62m	442m			388m	14m	50m	21m	154m	49m	64m	61m	110m	322m	197m	445m	108m	57m	47m	210m	25m	46m	127m	14m
암반분류	터널구간	전기비저항		1,000이하	1,000~3,000			3,000~9,100	1,000~3,000	1,000이하	1,000~3,000	3,000~9,100	1,000~3,000	1,000이하	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,000~3,000	1,000이하	1,000~3,000
		암반등급		V	IV			III	IV	V	IV	III	IV	V	IV	III	II	III	II	III	IV	III	II	III	IV	V	IV
		현장		67m	430m			410m	10m	44m	18m	161m	50m	59m	60m	111m	327m	191m	455m	105m	51m	47m	215m	26m	45m	136m	15m

7.5.6 순호터널

구 분	암반등급	RMR	전기비저항치 (Ωm)	등급비율(%) 상부 0.5D	등급비율(%) 터널구간
	I	80이상	27,700이상	0	0
	II	60~80	27,700~9,100	57.5	57.4
	III	40~60	9,100~3,000	19.2	18.5
	IV	20~40	3,000~1,000	19.4	18.5
	V	20이하	1,0000이하	3.9	5.6
암반외(토사,풍화암)		-	-	0	0



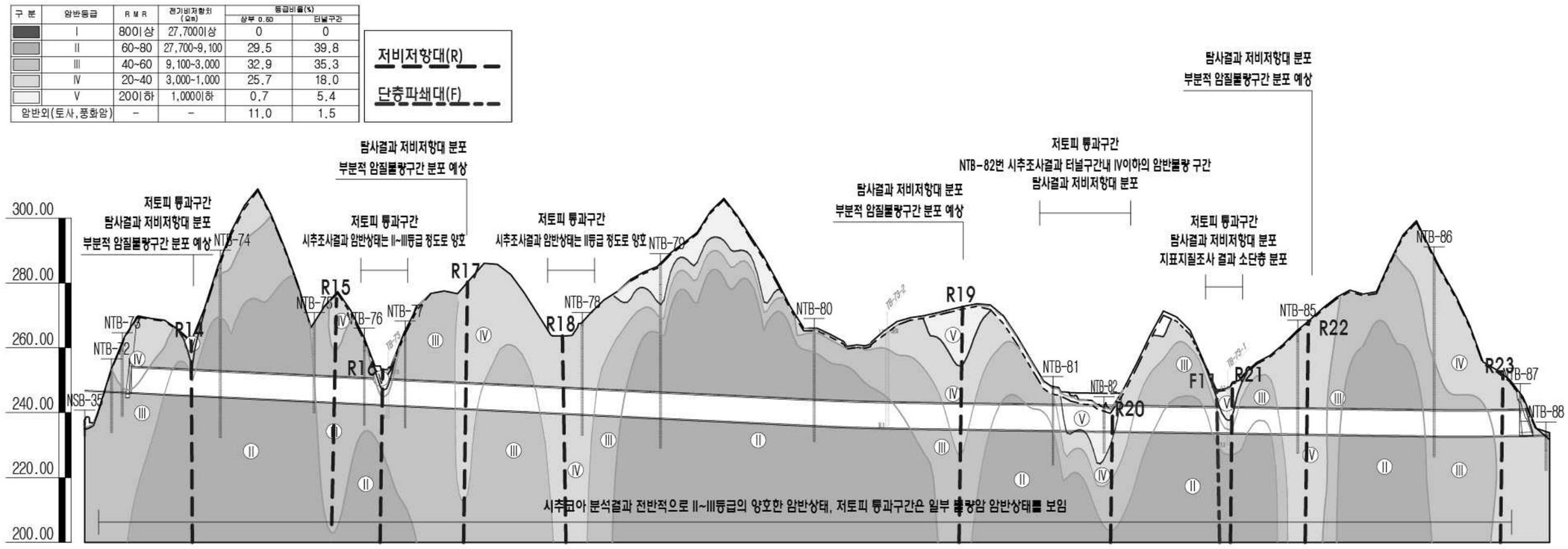
측점			285km620	800	286km	200	400	600	800		
암종			점곡층			점곡층	사곡층				사곡층
시추코아 암반분류	공번		NTB-64	NTB-65	NTB-66	NTB-67	NTB-68	NTB-69	NTB-70	NTB-71	
	상부 1.0D	RMR	-	55	66~75	68~74	57~76	9~59	42~47	-	
		Q	-	9.240	57.000~80.000	30.000~80.000	8.415~60.000	0.033~8.415	6.930~8.910	-	
	터널구간	RMR	14~44	55~78	61~75	70~76	47~74	19~43	46~53	19~28	
		Q	0.391~5.000	9.240~60.000	9.405~60.000	60.000~80.000	1.333~60.000	0.086~2.000	7.920~16.720	0.619~1.238	
터널구간 암반분류	상부 1.0D	전기비저항		1,0000이하	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,000~3,000	1,0000이하	
		암반등급		V	IV	III	II	III	IV	V	
		연장		31m	51m	14m	656m	205m	170m	14m	
	터널구간	전기비저항		1,0000이하	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,000~3,000	1,0000이하	
		암반등급		V	IV	III	II	III	IV	V	
		연장		47m	50m	15m	671m	201m	167m	18m	

7.5.7 수북터널

구 분	암반등급	R M R	전기비저항치 (Ωm)	등급비율(%) 상부 0.60	등급비율(%) 터널구간
	I	80이상	27,700이상	0	0
	II	60~80	27,700~9,100	29.5	39.8
	III	40~60	9,100~3,000	32.9	35.3
	IV	20~40	3,000~1,000	25.7	18.0
	V	20이하	1,0000이하	0.7	5.4
암반외(토사,풍화암)		-	-	11.0	1.5

저비저항대(R)

단층파쇄대(F)



측점			287km	200	400	600	800	288km	200	400	600	800	289km	200
암종			사곡층											사곡층
시추코아 암반분류	공번		NTB-72	NTB-73	NTB-74	NTB-75	NTB-76	NTB-77	NTB-78	NTB-79	NTB-80	NTB-81	NTB-82	NTB-85	NTB-86	NTB-87
	상부 1.00	RMR	-	21~62	69~73	64~72	57~71	61~73	69~73	58~75	64~76	53~59	-	30~75	64~75	32
		Q	-	0.275~17,820	27,000~60,000	28,500~60,000	8,415~60,000	16,830~60,000	30,000~60,000	6,375~60,000	60,000	7,920~11,220	-	0.454~60,000	20,000~60,000	1,815
	터널 구간	RMR	42~62	60~72	69~73	67~70	68~72	69~75	69~74	54~61	65~77	54~63	2~33	30~73	37~75	32
		Q	2,250~9,405	8,910~60,000	60,000	28,500~60,000	57,000~60,000	60,000	30,000~60,000	6,375~8,910	60,000~80,000	8,910~11,880	0.056~2.063	0.454~60,000	0.750~60,000	1,815
터널 구간 암반분류	상부 1.00	전기비저항	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	풍화암-토사층	3,000~9,100	1,000~3,000	3,000~9,100	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	풍화암-토사층	1,000~3,000	3,000~9,100	풍화암-토사층	3,000~9,100	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,000~3,000	
		암반등급	IV	II	II	III	풍화암-토사층	III	IV	II	IV	II	II	III	IV	III	풍화암-토사층	IV	III	풍화암-토사층	IV	II	IV	III	II	III	IV	
		연장	47m	30m	163m	85m	43m	87m	59m	46m	117m	43m	342m	107m	76m	85m	138m	24m	91m	46m	34m	85m	25m	111m	37m	105m	
	터널 구간	전기비저항	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,000이하	3,000~9,100	1,000~3,000	3,000~9,100	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,0000이하	풍화암-토사층	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,0000이하	3,000~9,100	1,000~3,000	3,000~9,100	9,100~27,700	3,000~9,100	1,000~3,000	
		암반등급	IV	II	II	III	V	III	IV	III	IV	III	II	III	IV	II	III	IV	V	풍화암-토사층	IV	III	II	III	V	III	IV	III	II	III	IV	
		연장	28m	37m	212m	93m	24m	95m	42m	79m	92m	43m	402m	75m	47m	38m	42m	42m	47m	32m	24m	45m	58m	17m	34m	59m	74m	22m	122m	97m	61m	

제8장 교량구간 성과분석

중앙선 도담~영천 복선전철 제5공구 지반조사

8.1 지층분포특성 분석결과

8.2 현장시험 분석결과

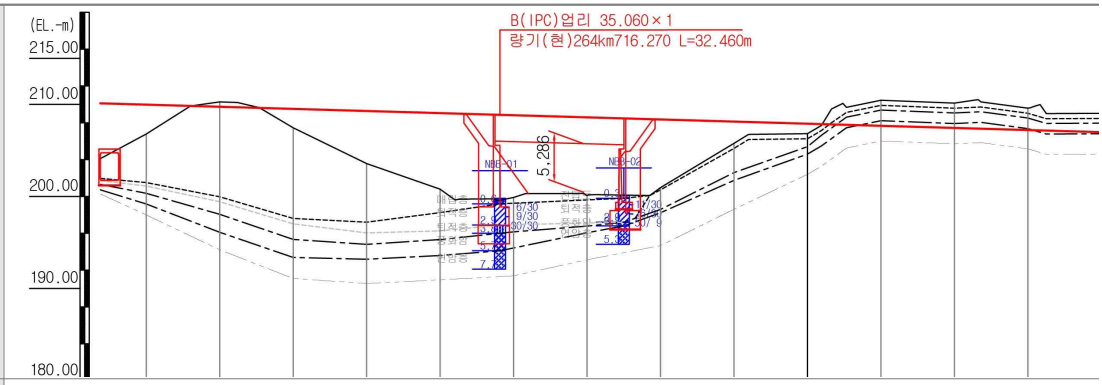
8.3 실내시험 분석결과

제 8 장 교량구간 성과분석

8.1 지층분포특성 분석결과

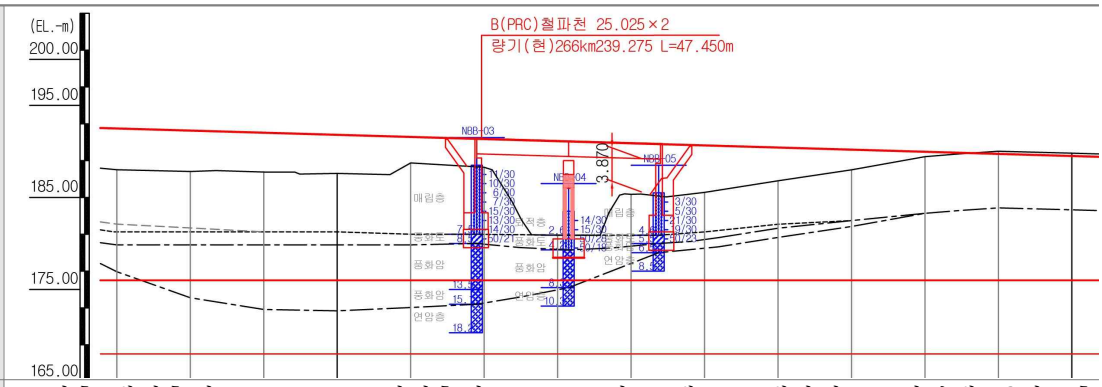
8.1.1 지층현황

(1) 업리교

교량현황	
지층현황	•토사층:매립층 또는 전답층이 0.3~0.6m의 두께로 존재하며 그 하부에 퇴적층이 2.6~3.2m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 0.4~1.9m의 두께로 존재하며, 연암이 2.0m 이상의 두께로 존재

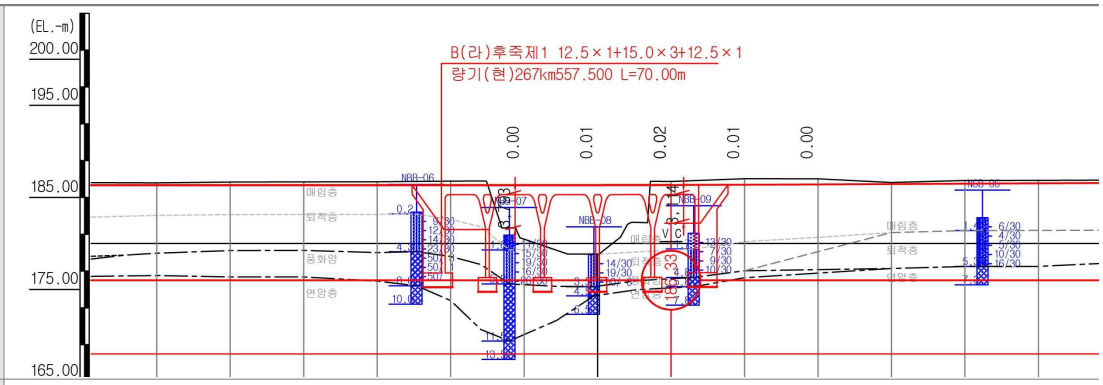
기초위치	A1		A2	
시추공	NBB-01		NBB-02	
지지층	풍화암	연암	풍화암	연암
출현심도	GL(-) 3.8m	GL(-) 5.7m	GL(-) 2.9m	GL(-) 3.3m
지하수위	GL(-) 4.0m		GL(-) 3.3m	

(2) 철파천교

교량현황	
지층현황	•토사층:매립층이 0.0~7.5m, 퇴적층이 0.0~2.6의 두께로 존재하며 그 하부에 풍화토층이 0.9~1.6m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 1.0~6.6m의 두께로 존재하며, 연암이 2.0m 이상의 두께로 존재

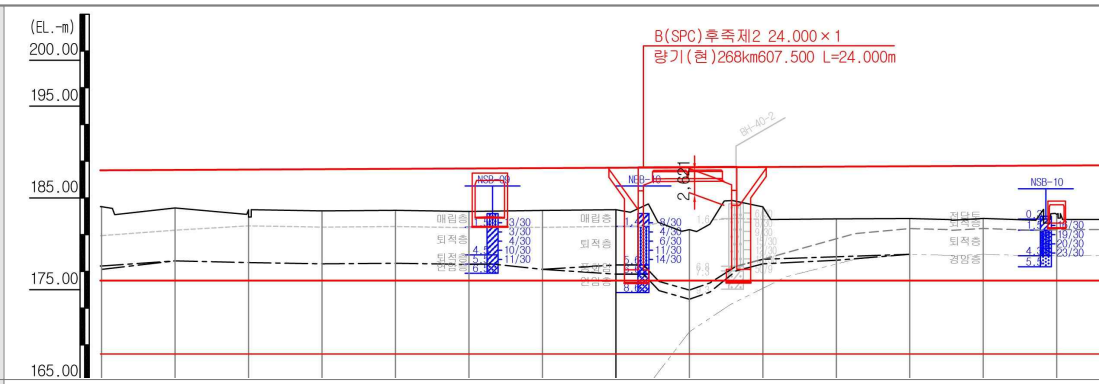
기초위치	A1		P1		A2	
시추공	NBB-03		NBB-04		NBB-05	
지지층	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암
출현심도	GL(-) 8.5m	GL(-) 15.1m	GL(-) 4.2m	GL(-) 8.3m	GL(-) 5.5m	GL(-) 6.5m
지하수위	GL(-) 3.5m		GL(-) 0.3m		GL(-) 1.4m	

(3) 후죽제1교

교량현황	
지층현황	•토사층:매립층이 0.0~1.7m의 두께로 존재하며 그 하부에 퇴적층이 3.1~4.1m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 1.0~6.2m의 두께로 존재하며, 연암이 2.0m 이상의 두께로 존재

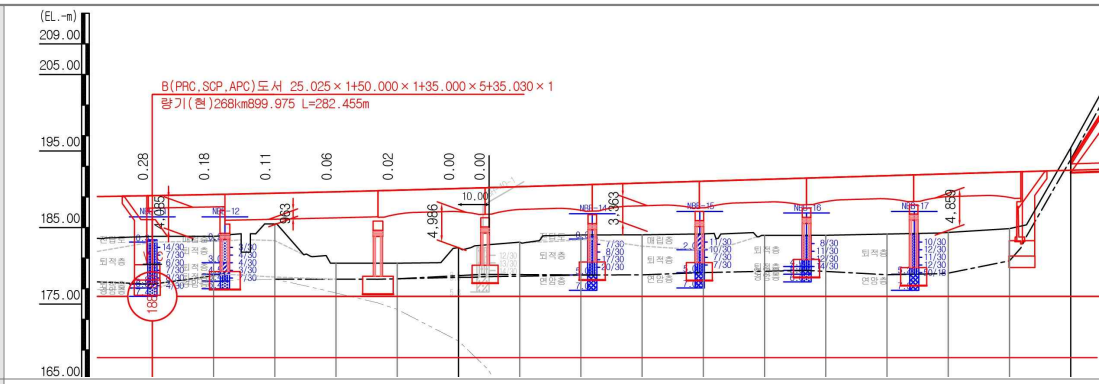
기초위치	A1		P1	P2		P3		P4	A2	
시추공	NBB-06		-	NBB-07		NBB-08		-	NBB-09	
지지층	풍화암	연암	-	풍화암	연암	풍화암	연암	-	풍화암	연암
출현심도	GL(-) 4.3m	GL(-) 8.0m	-	GL(-) 5.3m	GL(-) 11.5m	GL(-) 3.5m	GL(-) 4.5m	-	GL(-) 4.8m	GL(-) 5.8m
지하수위	GL(-) 5.8m		-	GL(-) 2.8m		GL(-) 1.2m		-	GL(-) 2.5m	

(4) 후죽제2교

교량현황	
지층현황	•토사층:매립층이 1.4~1.6m의 두께로 존재하며 그 하부에 퇴적층이 4.2~5.2m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 0.5~1.0m의 두께로 존재하며, 연암이 2.0m 이상의 두께로 존재

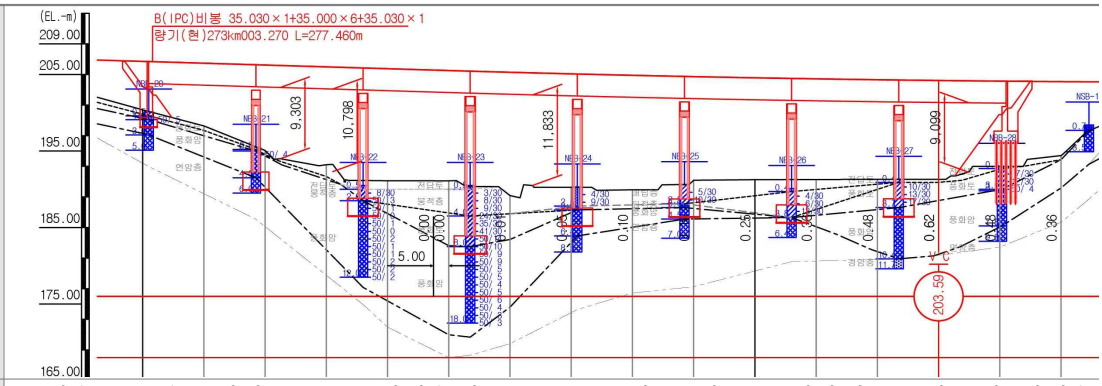
기초위치	A1		A2	
시추공	NBB-10		BH-40-2	
지지층	풍화암	연암	풍화암	연암
출현심도	GL(-) 5.6m	GL(-) 6.6m	GL(-) 6.8m	GL(-) 7.3m
지하수위	GL(-) 2.4m		GL(-) 2.8m	

(5) 도서교

교량현황	
지층현황	•토사층:전답토 또는 매립층이 0.0~2.0m의 두께로 존재하며 그 하부에 퇴적층이 3.0~6.0m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 0.0~0.3m의 두께로 존재하며, 연암 및 경암이 2.0m 이상의 두께로 존재

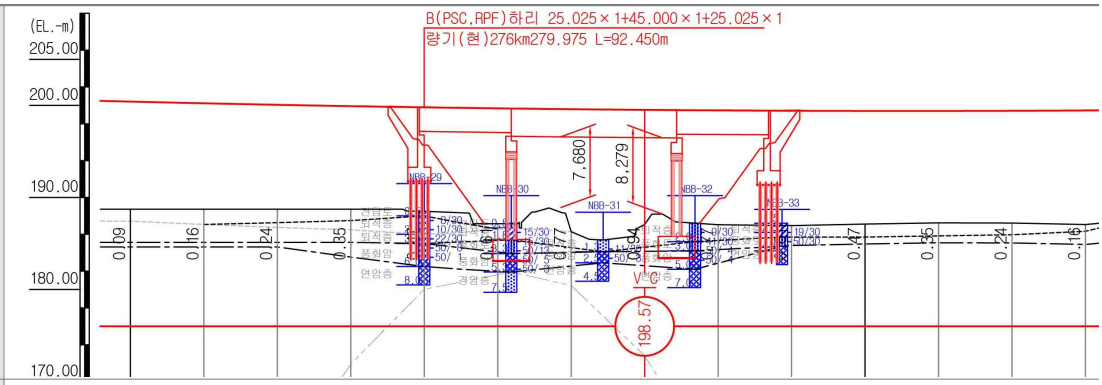
기초위치	A1	P1	P2	P3		P4	P5	P6	P7	A2
시추공	NBB-11	NBB-12	미시추	BH-40-1		NBB-14	NBB-15	NBB-16	NBB-17	미시추
지지층	경암	경암	-	풍화암	연암	연암	연암	연암	연암	-
출현심도	GL(-) 6.3m	GL(-) 5.4m	-	GL(-) 3.5m	GL(-) 3.8m	GL(-) 5.0m	GL(-) 5.0m	GL(-) 4.5m	GL(-) 5.2m	-
지하수위	GL(-) 4.2m	GL(-) 3.8m	-	GL(-) 1.7m		GL(-) 4.0m	GL(-) 3.8m	GL(-) 4.0m	GL(-) 4.4m	-

(6) 비봉교

교량현황	
지층현황	•토사층:표토층, 전답토 또는 매립층이 0.3~2.5m의 두께로 존재하며 그 하부에 퇴적층 또는 붕적층이 0.0~3.5m, 풍화토는 0.2~4.0m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 0.0~10.0m의 두께로 존재하며, 연암 또는 경암이 2.0m 이상의 두께로 존재

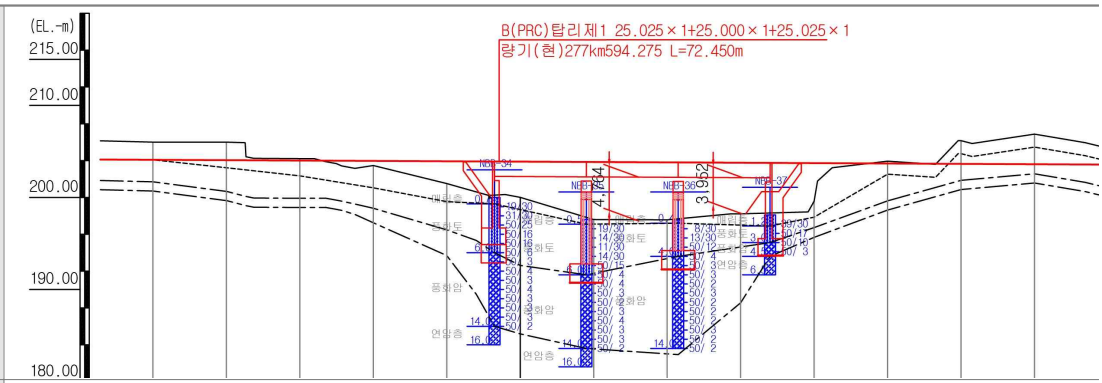
기초위치	A1		P1		P2	P3	P4		P5		P6	P7		A2	
시추공	NBB-20		NBB-21		NBB-22	NBB-23	NBB-24		NBB-25		NBB-26	NBB-27		NBB-28	
지지층	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	풍화암	풍화암	연암	풍화암	연암	연암	풍화암	경암	풍화암	연암
출현심도	GL(-) 1.0m	GL(-) 3.0m	GL(-) 0.5m	GL(-) 4.0m	GL(-) 2.0m	GL(-) 8.0m	GL(-) 3.0m	GL(-) 6.4m	GL(-) 3.0m	GL(-) 4.5m	GL(-) 3.8m	GL(-) 3.7m	GL(-) 10.4m	GL(-) 3.0m	GL(-) 7.8m
지하수위	GL(-) 3.9m		GL(-) 3.7m		GL(-) 1.5m	GL(-) 1.6m	GL(-) 2.5m		GL(-) 2.5m		GL(-) 2.4m	GL(-) 2.8m		GL(-) 2.7m	

(7) 하리교

교량현황	
지층현황	•토사층:전답토가 0.0~0.5m의 두께, 퇴적층이 1.3~3.0m의 두께, 풍화토가 0.0~1.5m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 0.0~2.5m의 두께로 존재하며, 연암 및 경암이 2.0m 이상의 두께로 존재

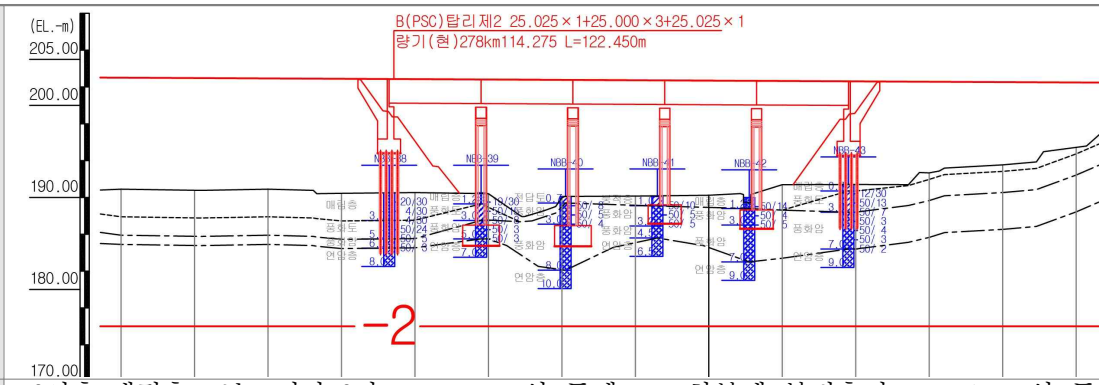
기초위치	A1		P1		P2		A2
시추공	NBB-29		NBB-30		NBB-32		NBB-33
지지층	풍화암	연암	풍화암	경암	풍화암	연암	연암
출현심도	GL(-) 3.5m	GL(-) 6.0m	GL(-) 3.3m	GL(-) 5.3m	GL(-) 3.0m	GL(-) 5.0m	GL(-) 2.5m
지하수위	GL(-) 1.8m		GL(-) 1.5m		GL(-) 1.7m		GL(-) 1.7m

(8) 탑리제1교

교량현황	
지층현황	• 토사층:매립층이 0.4~1.2m의 두께로 존재하며 그 하부에 풍화토이 1.8~5.5m의 두께로 존재 • 암반층:풍화암이 1.5~10.0m의 두께로 존재하며, 연암이 2.0m 이상의 두께로 존재

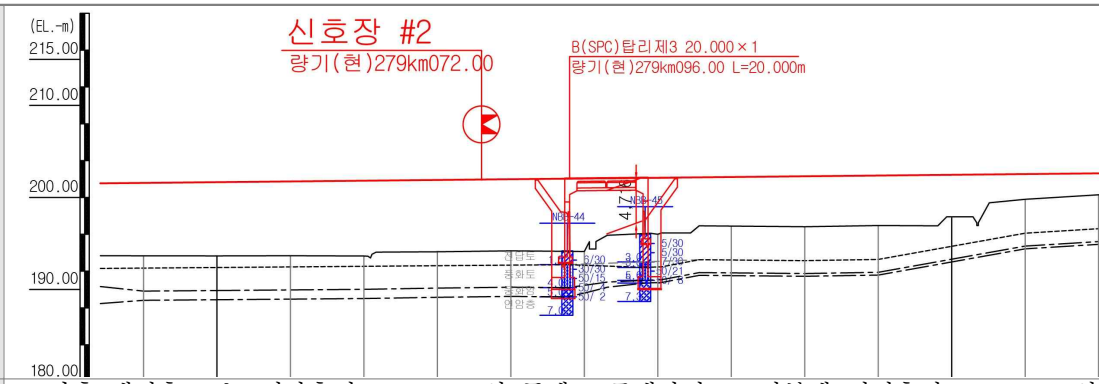
기초위치	A1		P1		P2	A2	
시추공	NBB-34		NBB-35		NBB-36	NBB-37	
지지층	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	풍화암	연암
출현심도	GL(-) 6.0m	GL(-) 14.0m	GL(-) 6.0m	GL(-) 14.0m	GL(-) 4.0m	GL(-) 3.0m	GL(-) 4.5m
지하수위	GL(-) 5.0m		GL(-) 3.3m		GL(-) 2.8m	GL(-) 1.7m	

(9) 탑리제2교

교량현황	
지층현황	•토사층:매립층 또는 전답토가 0.0~3.0m의 두께, 그 하부에 붕적층이 0.0~1.0m의 두께, 풍화토가 0.0~2.3m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 1.0~7.3m의 두께로 존재하며, 연암이 2.0m 이상의 두께로 존재

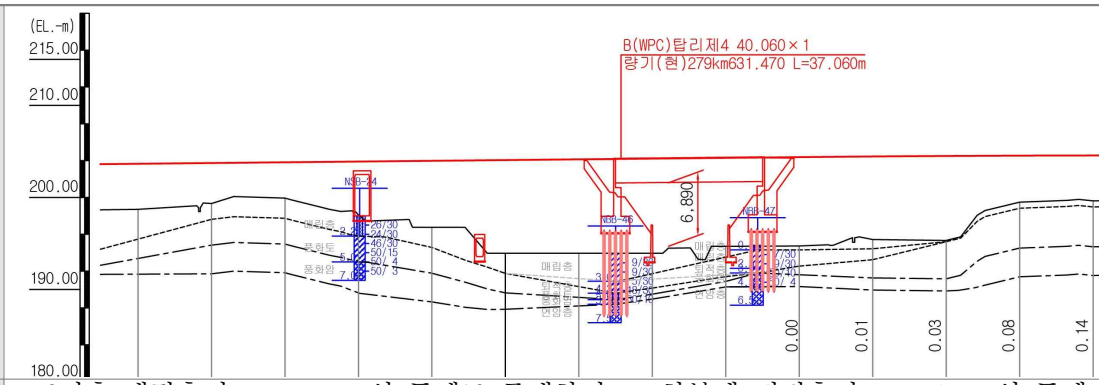
기초위치	A1		P1		P2		P3		P4		A2	
시추공	NBB-38		NBB-39		NBB-40		NBB-41		NBB-42		NBB-43	
지지층	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암
출현심도	GL(-) 5.0m	GL(-) 6.0m	GL(-) 3.0m	GL(-) 5.0m	GL(-) 0.7m	GL(-) 8.0m	GL(-) 3.2m	GL(-) 4.5m	GL(-) 3.0m	GL(-) 7.0m	GL(-) 3.0m	GL(-) 7.0m
지하수위	GL(-) 2.0m		GL(-) 2.5m		GL(-) 3.4m		GL(-) 3.5m		GL(-) 3.6m		GL(-) 2.0m	

(10) 탑리제3교

교량현황	
지층현황	•토사층:매립층 또는 전답층이 1.5~3.0m의 두께로 존재하며 그 하부에 퇴적층이 0.0~0.6m의 두께, 풍화토가 1.4~2.5m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 0.3~1.0m의 두께로 존재하며, 연암이 2.0m 이상의 두께로 존재

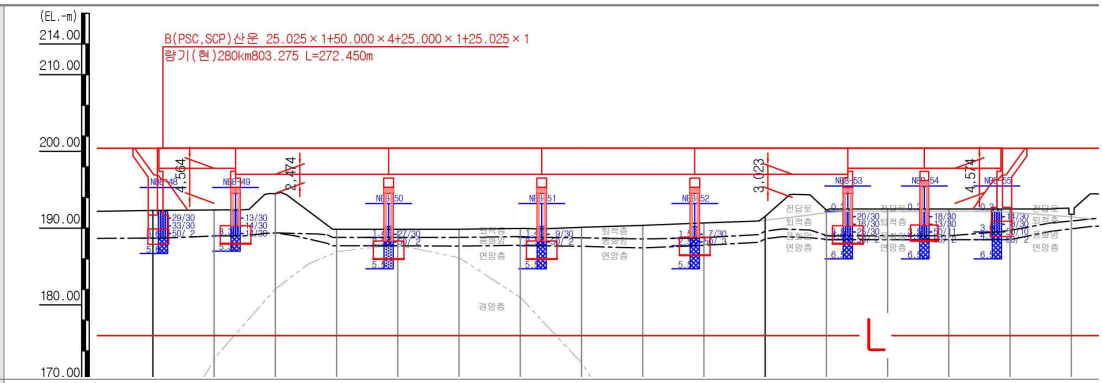
기초위치	A1		A2	
시추공	NBB-44		NBB-45	
지지층	풍화암	연암	풍화암	연암
출현심도	GL(-) 4.0m	GL(-) 5.0m	GL(-) 5.0m	GL(-) 5.3m
지하수위	GL(-) 0.3m		GL(-) 1.5m	

(11) 탑리제4교

교량현황	
지층현황	• 토사층:매립층이 2.5~3.0m의 두께로 존재하며 그 하부에 퇴적층이 0.5~1.3m의 두께, 풍화암이 0.0~0.7m의 두께로 존재 • 암반층:풍화암이 0.5~1.5m의 두께로 존재하며, 연암이 2.0m 이상의 두께로 존재

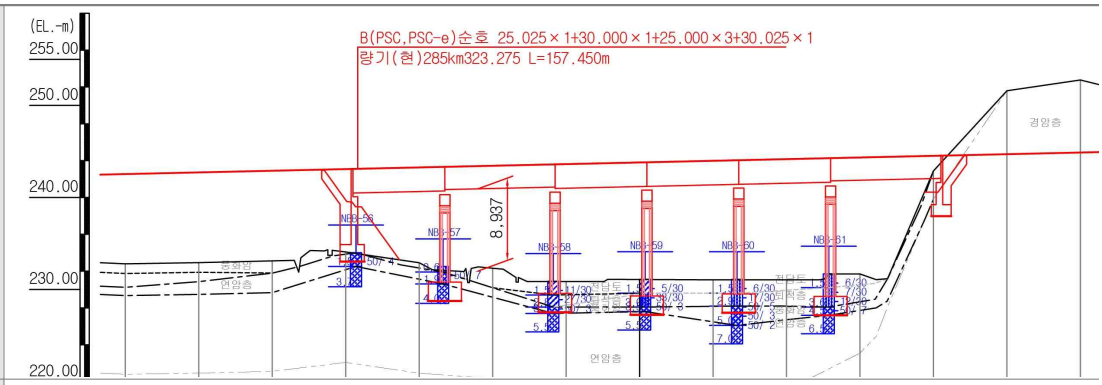
기초위치	A1		A2	
시추공	NBB-46		NBB-47	
지지층	풍화암	연암	풍화암	연암
출현심도	GL(-) 5.0m	GL(-) 5.5m	GL(-) 3.0m	GL(-) 4.5m
지하수위	GL(-) 1.3m		GL(-) 2.0m	

(12) 산운제2교

교량현황	
지층현황	•토사층:전답토가 0.0~0.3m의 두께로 존재하며 그 하부에 퇴적층이 1.4~3.6m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 0.0~1.1m의 두께로 존재하며, 연암 및 경암이 2.0m 이상의 두께로 존재

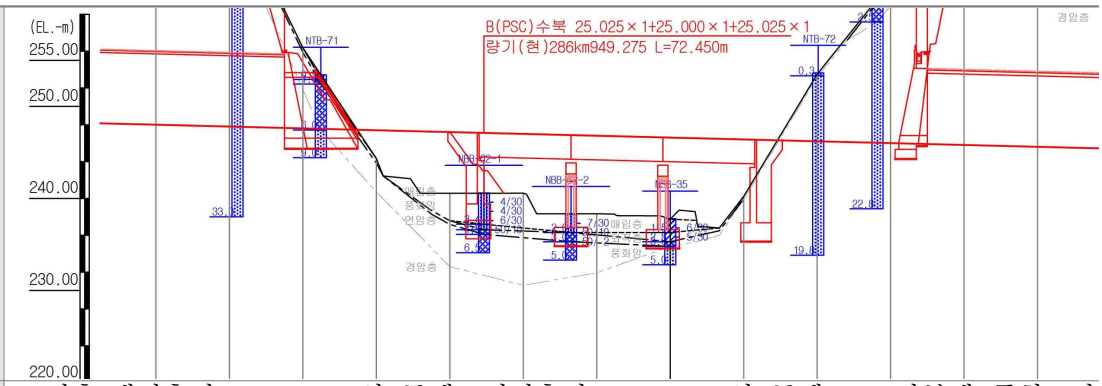
기초위치	A1	P1	P2		P3		P4		P5		P6		A2	
시추공	NBB-48	NBB-49	NBB-50		NBB-51		NBB-52		NBB-53		NBB-54		NBB-55	
지지층	연암	연암	풍화암	경암	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암
출현심도	GL(-) 3.6m	GL(-) 3.3m	GL(-) 1.4m	GL(-) 2.5m	GL(-) 1.4m	GL(-) 2.5m	GL(-) 1.5m	GL(-) 2.5m	GL(-) 3.5m	GL(-) 4.0m	GL(-) 3.5m	GL(-) 4.0m	GL(-) 3.0m	GL(-) 4.0m
지하수위	GL(-) 0.9m	GL(-) 0.8m	GL(-) 0.3m		GL(-) 0.0m		GL(-) 0.0m		GL(-) 2.0m		GL(-) 2.0m		GL(-) 2.0m	

(13) 순호교

교량현황	
지층현황	•토사층:전답토가 0.0~1.5m의 두께로 존재하며 그 하부에 퇴적층이 0.0~2.1m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 0.5~2.1m의 두께로 존재하며, 연암이 2.0m 이상의 두께로 존재

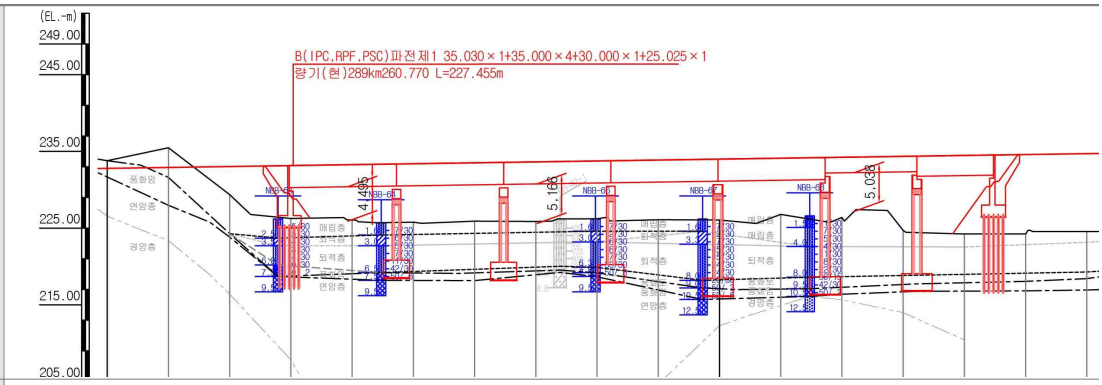
기초위치	A1		P1		P2		P3		P4		P5		A2
시추공	NBB-56		NBB-57		NBB-58		NBB-59		NBB-60		NBB-61		미시추
지지층	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암	-
출현심도	GL(-) 0.0m	GL(-) 1.5m	GL(-) 0.6m	GL(-) 1.9m	GL(-) 2.8m	GL(-) 3.5m	GL(-) 3.0m	GL(-) 3.5m	GL(-) 2.9m	GL(-) 5.0m	GL(-) 3.6m	GL(-) 4.5m	-
지하수위	GL(-) 3.2m		GL(-) 2.8m		GL(-) 2.8m		GL(-) 2.7m		GL(-) 2.7m		GL(-) 2.0m		-

(14) 수북교

교량현황	
지층현황	•토사층:매립층이 0.0~3.4m의 두께, 퇴적층이 0.0~1.0m의 두께, 그 하부에 풍화토가 0.0~0.6m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 0.5~1.0m의 존재로 존재하며, 연암 및 경암이 2.0m 이상의 두께로 존재

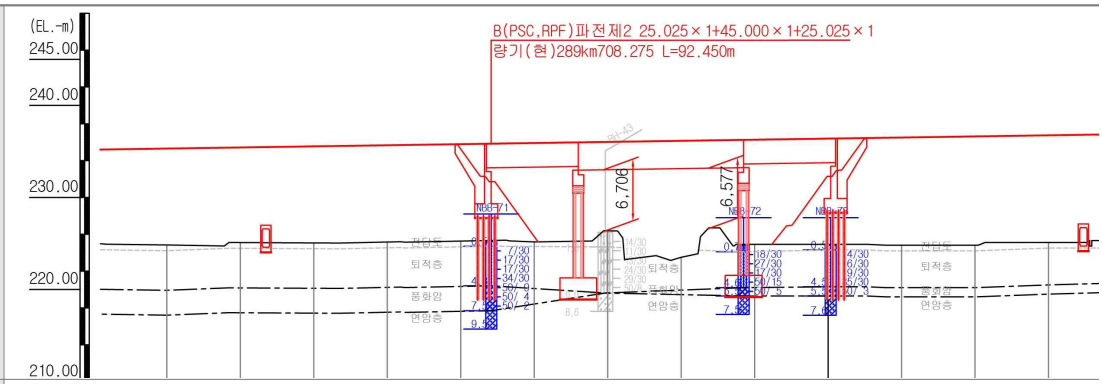
기초위치	A1		P1		P2		A2
시추공	NBB-62-1		NBB-62-2		NSB-35		미시추
지지층	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	경암	-
출현심도	GL(-) 4.0m	GL(-) 4.5m	GL(-) 2.0m	GL(-) 3.0m	2.5	3.0	-
지하수위	GL(-) 2.0m		GL(-) 1.8m		GL(-) 2.1m		-

(15) 파전제1교

교량현황	
지층현황	•토사층:매립층이 1.6~4.0m의 두께로 존재하며 그 하부에 퇴적층이 3.5~6.4m의 두께, 풍화토가 0.0~1.5m의 두께로로 존재 •암반층:풍화암이 0.0~1.5m의 두께로 존재하며, 연암이 2.0m 이상의 두께로 존재

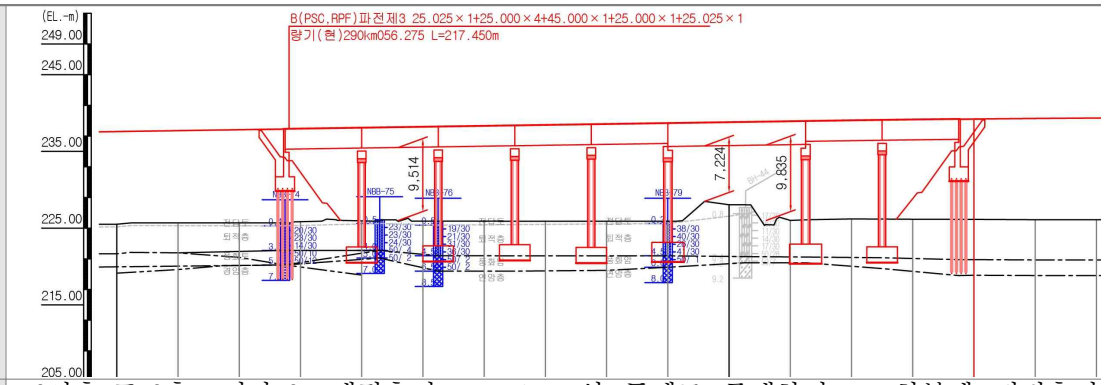
기초위치	A1	P1		P2	P3		P4		P5		P6	A2
시추공	NBB-63	NBB-64		미시추	NBB-66		NBB-67		NBB-68		미시추	미시추
지지층	연암	풍화암	연암	–	풍화암	연암	풍화암	연암	풍화암	경암	–	–
출현심도	GL(–) 7.5m	GL(–) 6.5m	GL(–) 7.5m	–	GL(–) 7.0m	GL(–) 7.5m	GL(–) 9.0m	GL(–) 10.5m	GL(–) 9.5m	GL(–) 10.5m	–	–
지하수위	GL(–) 3.5m	GL(–) 4.0m		–	GL(–) 3.5m		GL(–) 3.5m		GL(–) 5.0m		–	–

(16) 파전제2교

교량현황	
지층현황	•토사층:전답토 및 매립층이 0.5~1.6m의 두께로 존재하며 그 하부에 퇴적층이 3.9~5.0m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 0.0~2.7m의 두께로 존재하며, 연암이 2.0m 이상의 두께로 존재

기초위치	A1		P1	P2		A2	
시추공	NBB-71		BH-43	NBB-72		NBB-73	
지지층	풍화암	연암	연암	풍화암	연암	풍화암	연암
출현심도	GL(–) 4.8m	GL(–) 7.5m	GL(–) 6.6m	GL(–) 4.6m	GL(–) 5.5m	GL(–) 4.5m	GL(–) 5.5m
지하수위	GL(–) 2.8m		GL(–) 4.4m	GL(–) 2.8m		GL(–) 2.8m	

(17) 파전제3교

교량현황	
지층현황	•토사층:표토층, 전답토, 매립층이 0.3~1.6m의 두께로 존재하며 그 하부에 퇴적층이 3.2~5.0m의 두께, 풍화토가 0.0~1.9m의 두께로 존재 •암반층:풍화암이 0.0~2.0m의 두께로 존재하며, 연암이 2.0m 이상의 두께로 존재

기초위치	A1	P1		P2		P3	P4	P5		P6		P7	A2
시추공	NBB-74	NBB-75		NBB-76		미시추	미시추	NBB-79		BH-44		미시추	미시추
지지층	경암	풍화암	연암	풍화암	연암	-	-	풍화암	연암	풍화암	연암	-	-
출현심도	GL(-) 5.5m	GL(-) 4.0m	GL(-) 5.0m	GL(-) 4.5m	GL(-) 6.5m	-	-	GL(-) 4.5m	GL(-) 6.0m	GL(-) 6.4m	GL(-) 7.2m	-	-
지하수위	GL(-) 2.7m	GL(-) 2.7m		GL(-) 3.0m		-	-	GL(-) 3.0m		GL(-) 4.6m		-	-

8.2 현장시험 분석결과

(1) 공내재하시험 결과

구조물	시 추 공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	RQD(%)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)	비 고
업리교	NBB-01	6.5	연암	27	3,611	5,730	GMJ
	NBB-02	4.0	연암	46	2,010	11,300	GMJ
철파천교	NBB-03	16.0	연암	42	4,020	17,600	GMJ
	NBB-05	7.0	연암	46	3,990	4,220	GMJ
후죽제1교	NBB-06	9.0	연암	35	2,500	2,930	GMJ
	NBB-09	6.5	연암	29	2,100	5,460	GMJ
후죽제2교	NBB-10	7.5	연암	40	3,510	12,000	GMJ
도서교	NBB-11	7.0	경암	78	15,100	12,200	GMJ
비봉교	NBB-19	5.0	경암	49	4,340	5,320	GMJ
	NBB-28	8.5	연암	49	5,620	15,700	GMJ
하리교	NBB-29	7.0	연암	30	3,110	4,080	GMJ
	NBB-33	3.5	연암	35	5,490	8,680	GMJ
탑리제1교	NBB-34	15.0	연암	47	9,410	18,700	GMJ
	NBB-37	5.5	연암	50	6,750	9,680	GMJ
탑리제2교	NBB-38	7.0	연암	38	6,750	9,680	GMJ
	NBB-43	8.0	연암	24	6,540	9,410	GMJ

(1) 공내재하시험 결과-〈계속〉

구조물	시 추 공 번	시험심도 (GL.-m)	지 층	RQD(%)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)	비 고
탑리제3교	NBB-44	6.0	연암	22	2,050	4,070	GMJ
	NBB-45	6.0	연암	45	4,830	8,530	GMJ
탑리제4교	NBB-46	6.5	연암	50	9,280	13,700	GMJ
	NBB-47	5.5	연암	32	19,400	30,200	GMJ
산운제2교	NBB-48	4.0	연암	21	2,240	2,560	GMJ
	NBB-55	5.0	연암	39	3,380	6,210	GMJ
순호교	NBB-56	2.0	연암	44	3,510	4,520	GMJ
	NBB-61	5.5	연암	42	4,410	6,010	GMJ
수북교	NBB-62-1	5.5	연암	41	4,430	6,010	GMJ
	NBB-62-2	4.0	연암	50	4,680	6,530	GMJ
파전제1교	NBB-63	8.5	연암	37	2,090	3,790	GMJ
	NBB-68	11.5	경암	90	23,100	36,300	GMJ
파전제2교	NBB-71	8.0	연암	46	2,890	5,770	GMJ
	NBB-73	6.0	연암	37	4,070	5,940	GMJ
파전제3교	NBB-74	5.5	경암	63	18,000	23,000	GMJ
	NBB-79	7.0	연암	52	10,500	14,600	GMJ

(2) S-PS검층 결과

① NBB-15 구간별 검층 결과

시험심도 (GL.-m)	지 층	속도(m/s)		단위중량 (kN/m^3)	동전단계수 (G_d, MPa)	동탄성계수 (E_d, MPa)	동체적계수 (K_d, MPa)	동적 포아송비
		V_p	V_s					
2.0	퇴적층	1,724	251	18.0	116	345	5,305	0.489
3.0	퇴적층	1,695	248	18.0	113	335	5,127	0.489
4.0	퇴적층	1,724	265	18.0	128	382	5,288	0.488
5.0	연 암	2,128	1,010	22.0	2,290	6,204	7,112	0.355
6.0	연 암	2,500	1,340	22.0	4,028	10,462	8,660	0.299
7.0	연 암	2,632	1,429	22.0	4,584	11,836	9,439	0.291

② NBB-20 구간별 검층 결과

시험심도 (GL.-m)	지 층	속도(m/s)		단위중량 (kN/m^3)	동전단계수 (G_d, MPa)	동탄성계수 (E_d, MPa)	동체적계수 (K_d, MPa)	동적 포아송비
		V_p	V_s					
2.0	풍화암	1,923	720	20.0	1,056	2,997	6,138	0.419
3.0	연 암	2,222	1,136	22.0	2,897	7,666	7,221	0.323
4.0	연 암	2,439	1,299	22.0	3,788	9,864	8,304	0.302
5.0	연 암	2,564	1,373	22.0	4,229	10,988	9,120	0.299

8.3 실내시험 분석결과

(1) 실내토질시험 결과

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NBB-01	1.0	14.4	2.674	32.8	17.4	90.5	80.9	39.6	8.7	SC
	2.0	24.5	2.684	38.2	16.8	97.3	94.6	66.8	8.2	CL
	3.0	19.1	2.659	N	P	71.3	56.8	18.7	-	SM
NBB-02	1.0	15.5	2.683	33.5	16.3	92.6	82.5	36.3	12.0	SC
	2.0	10.5	2.656	29.6	16.1	72.2	58.3	25.0	4.7	SC
	3.0	9.9	2.632	N	P	78.7	60.3	12.0	-	SM
NBB-03	2.0	13.5	2.642	N	P	72.5	55.1	17.0	-	SM
	5.0	12.8	2.664	29.9	14.3	92.1	76.3	22.8	5.2	SC
	8.0	25.6	2.678	27.6	12.2	93.2	87.6	44.2	7.1	SC
NBB-04	1.0	8.0	2.659	N	P	86.4	65.0	14.1	-	SM
	2.0	19.4	2.656	N	P	92.5	76.9	12.7	-	SM
	3.0	9.7	2.632	N	P	89.8	70.5	16.0	-	SM
	4.0	9.3	2.672	N	P	69.4	52.7	15.8	-	SM
NBB-05	1.0	17.9	2.659	29.5	14.8	95.8	80.9	24.3	5.4	SC
	4.0	17.6	2.678	N	P	77.6	57.4	15.5	-	SM
	5.0	11.9	2.674	25.6	14.7	74.1	57.4	22.8	6.0	SC
NBB-06	1.0	12.6	2.632	N	P	80.2	65.5	17.2	-	SM
	2.0	11.6	2.642	N	P	78.7	62.1	16.3	-	SM
	4.0	18.3	2.681	N	P	73.0	56.8	17.1	-	SM
NBB-07	2.0	21.5	2.671	31.6	14.5	94.7	84.1	34.1	4.0	SC
	3.0	14.1	2.669	26.5	13.3	91.0	80.3	26.6	5.0	SC
	5.0	15.1	2.659	N	P	77.2	60.6	23.0	-	SM
NBB-08	1.0	11.6	2.657	N	P	83.5	59.4	0.7	-	SW
	2.0	10.8	2.634	N	P	85.4	59.1	1.2	-	SW
	3.0	15.5	2.668	N	P	87.3	68.8	14.9	-	SM
NBB-09	1.0	11.5	2.654	N	P	88.0	62.4	0.9	-	SW
	3.0	14.2	2.679	N	P	88.7	70.3	22.7	-	SM
	4.0	15.5	2.664	N	P	93.4	70.3	12.7	-	SM
NBB-10	1.0	16.7	2.625	29.3	13.6	93.9	78.8	28.6	6.7	SC
	3.0	13.8	2.656	N	P	88.7	68.4	18.0	-	SM
	5.0	14.1	2.632	N	P	84.0	60.0	4.1	-	SW
NBB-11	1.0	12.5	2.672	N	P	91.0	70.2	14.3	-	SM
	3.0	9.8	2.653	N	P	82.1	54.5	2.4	-	SW
	5.0	16.3	2.663	28.9	14.1	91.2	70.3	18.1	2.2	SC
NBB-12	1.0	25.2	2.657	N	P	82.9	57.3	4.6	-	SW
	3.0	14.9	2.683	29.6	13.9	95.6	90.5	39.0	7.5	SC
	5.0	15.2	2.661	N	P	77.1	61.5	13.2	-	SM
NBB-14	1.0	11.5	2.656	N	P	83.3	65.7	18.2	-	SM
	2.0	10.1	2.657	N	P	77.3	55.2	13.2	-	SM
	3.0	10.1	2.673	N	P	80.2	61.1	19.0	-	SM
NBB-15	1.0	13.0	2.659	25.7	13.0	96.1	82.5	34.3	5.2	SC
	2.0	12.1	2.667	N	P	81.2	68.0	21.9	-	SM
	4.0	8.6	2.667	N	P	95.2	78.7	19.3	-	SM

(1) 실내토질시험 결과-〈계속〉

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NBB-16	1.0	14.3	2.669	N	P	88.9	71.6	18.9	-	SM
	2.0	10.8	2.657	N	P	84.6	61.3	13.2	-	SM
	4.0	12.7	2.656	N	P	83.1	63.6	18.9	-	SM
NBB-17	2.0	11.7	2.661	N	P	83.1	58.3	16.5	-	SM
	3.0	12.1	2.671	N	P	86.5	69.3	16.5	-	SM
	5.0	4.3	2.642	N	P	9.8	5.7	0.2	-	GP
NBB-19	1.0	1.6	2.634	N	P	5.4	1.7	0.5	-	GP
NBB-20	1.0	14.0	2.625	26.4	12.5	92.5	73.7	29.5	7.6	SC
NBB-22	1.0	18.2	2.656	27.2	11.5	81.1	63.9	29.9	7.8	SC
	2.0	2.3	2.632	N	P	14.7	8.0	0.9	-	GP
NBB-23	2.0	19.4	2.661	31.8	18.1	96.0	87.5	43.5	8.5	SC
	4.0	16.4	2.668	28.4	13.7	81.2	62.8	21.2	4.2	SC
	6.0	25.8	2.678	28.6	13.4	95.3	83.8	41.4	13.5	SC
NBB-24	1.0	17.3	2.665	N	P	79.1	58.7	16.3	-	SM
	2.0	16.5	2.682	24.5	11.0	81.5	65.9	27.0	5.9	SC
NBB-25	1.0	24.4	2.681	29.4	15.8	98.2	93.0	53.5	7.6	CL
	2.0	26.5	2.687	32.5	18.8	97.7	91.4	56.5	13.4	CL
NBB-26	1.0	27.4	2.672	30.4	14.5	97.7	94.9	42.9	7.0	SC
	2.0	17.8	2.659	N	P	89.5	71.0	26.9	-	SM
	3.0	10.7	2.632	29.7	15.0	89.2	73.9	30.7	5.5	SC
NBB-27	1.0	24.8	2.675	33.4	16.5	98.1	96.2	66.4	6.8	CL
	2.0	29.8	2.674	34.9	18.5	100.0	100.0	76.7	10.6	CL
	3.0	27.8	2.693	34.9	17.3	99.4	99.1	90.1	19.9	CL
NBB-28	1.0	10.2	2.659	28.4	14.5	91.1	72.8	24.9	3.1	SC
	2.0	17.0	2.668	28.1	12.7	91.4	75.3	34.4	8.1	SC
	3.0	21.6	2.649	N	P	84.3	66.1	20.5	-	SM
NBB-29	1.0	29.9	2.687	34.2	15.5	99.7	99.7	84.7	17.8	CL
	2.0	29.1	2.675	37.8	18.4	100.0	99.7	80.9	17.2	CL
	3.0	15.1	2.659	27.9	13.7	85.5	71.0	28.3	2.7	SC
NBB-30	1.0	12.6	2.674	25.9	14.2	78.2	62.7	28.4	5.1	SC
	2.0	17.6	2.672	29.8	13.1	75.7	62.2	34.0	10.3	SC
	3.0	7.8	2.659	N	P	69.5	52.4	16.4	-	SM
NBB-31	1.0	12.4	2.666	N	P	83.2	63.6	3.9	-	SW
	2.0	2.1	2.625	N	P	10.4	4.0	1.1	-	GW
NBB-32	1.0	10.7	2.656	N	P	74.1	53.9	16.1	-	SM
	2.0	11.8	2.673	N	P	79.9	62.5	17.3	-	SM
	3.0	9.7	2.634	N	P	19.1	10.0	0.6	-	GW
NBB-33	1.0	13.1	2.671	25.4	12.5	87.5	69.2	26.7	5.2	SC
	2.0	12.6	2.656	N	P	78.9	60.8	14.1	-	SM
NBB-34	1.0	25.2	2.669	29.4	12.2	82.4	73.8	43.1	8.7	SC
	3.0	15.1	2.658	N	P	91.7	77.9	22.9	-	SM
NBB-35	1.0	24.2	2.663	N	P	86.1	69.2	23.8	-	SM
	4.0	26.3	2.657	N	P	92.4	76.7	26.7	-	SM
NBB-36	1.0	29.7	2.675	30.2	16.7	100.0	91.9	57.6	15.1	CL
	3.0	15.2	2.662	N	P	80.0	64.0	26.2	-	SM

(1) 실내토질시험 결과-〈계속〉

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NBB-37	1.0	15.1	2.649	N	P	46.2	34.3	14.1	-	GM
	2.0	14.6	2.661	N	P	79.5	63.9	23.7	-	SM
NBB-38	1.0	29.8	2.689	34.5	19.6	99.0	96.5	69.3	14.5	CL
	4.0	7.3	2.659	N	P	80.7	67.7	19.3	-	SM
NBB-39	1.0	10.3	2.666	N	P	72.0	58.2	20.6	-	SM
	2.0	13.1	2.662	25.3	10.5	90.0	75.9	36.0	7.7	SC
NBB-40	1.0	15.5	2.684	27.4	13.5	91.0	74.4	32.1	6.6	SC
	2.0	8.9	2.653	N	P	88.0	57.9	4.2	-	SW
NBB-41	2.0	17.9	2.656	28.9	13.2	90.0	76.2	39.7	10.3	SC
NBB-42	1.0	23.5	2.687	37.6	15.9	98.5	92.2	60.5	12.5	CL
	2.0	3.4	2.642	N	P	5.9	2.6	0.3	-	GP
NBB-43	1.0	30.6	2.679	37.6	20.0	100.0	100.0	78.1	19.7	CL
	2.0	26.3	2.674	29.3	15.7	100.0	97.0	57.6	18.0	CL
NBB-44	1.0	23.7	2.693	33.6	17.8	100.0	99.9	77.3	14.5	CL
	2.0	9.2	2.684	N	P	96.6	80.9	26.3	-	SM
	3.0	8.5	2.656	N	P	87.2	70.3	24.3	-	SM
NBB-45	1.0	27.1	2.682	33.7	17.3	98.3	96.8	71.9	15.4	CL
	2.0	28.3	2.691	37.5	18.2	99.4	97.7	67.3	12.6	CL
	4.0	8.9	2.656	N	P	88.0	67.5	25.0	-	SM
NBB-46	2.0	22.4	2.680	28.6	15.9	100.0	97.9	60.2	17.8	CL
	4.0	14.9	2.667	27.5	13.4	78.7	66.6	33.8	8.7	SC
NBB-47	1.0	30.7	2.690	31.8	15.7	100.0	100.0	76.2	16.4	CL
	2.0	23.9	2.672	28.1	10.8	100.0	98.6	70.5	12.9	CL
NBB-48	1.0	16.4	2.663	N	P	88.5	65.2	17.5	-	SM
	2.0	9.9	2.671	N	P	88.2	69.1	14.3	-	SM
	3.0	2.4	2.632	N	P	3.3	1.6	0.1	-	GP
NBB-49	1.0	8.7	2.676	N	P	68.9	50.0	12.5	-	SM
	2.0	9.3	2.654	N	P	68.8	52.4	15.4	-	SM
	3.0	13.1	2.659	N	P	91.6	76.6	17.1	-	SM
NBB-50	1.0	5.3	2.656	N	P	90.9	71.4	22.3	-	SM
NBB-51	1.0	16.6	2.671	N	P	84.5	68.2	15.3	-	SM
NBB-52	1.0	9.1	2.659	N	P	86.1	66.5	15.6	-	SM
NBB-53	1.0	12.6	2.659	N	P	75.9	60.5	12.7	-	SM
	2.0	12.3	2.657	N	P	75.9	59.4	12.7	-	SM
NBB-54	1.0	11.5	2.644	N	P	46.4	30.1	4.7	-	GW
	2.0	11.4	2.654	N	P	72.2	57.8	18.0	-	SM
NBB-55	1.0	10.0	2.667	N	P	83.9	65.5	15.4	-	SM
	2.0	10.0	2.631	N	P	33.3	19.4	3.5	-	GP
NBB-56	1.0	6.2	2.634	N	P	1.7	0.5	0.2	-	GP
NBB-57	1.0	11.5	2.643	N	P	92.6	71.5	0.5	-	SP

(1) 실내토질시험 결과-〈계속〉

공 번	심도 (GL.-m)	함수비 (%)	비 중	AtterBerg Limit		체 분 석(%)				통 일 분 류
				LL(%)	PI(%)	#4	#10	#200	2㎛	
NBB-58	1.0	21.9	2.673	36.1	17.5	99.2	98.1	69.3	12.8	CL
	2.0	13.9	2.668	21.9	10.2	88.6	80.0	47.8	6.7	SC
	3.0	2.0	2.629	N	P	7.0	4.0	0.5	-	GP
NBB-59	1.0	15.8	2.669	29.9	14.2	96.6	82.3	33.3	6.6	SC
	2.0	28.9	2.681	34.9	7.6	99.2	97.3	74.3	12.2	ML
	3.0	2.3	2.634	N	P	5.1	3.0	0.0	-	GP
NBB-60	1.0	12.5	2.663	N	P	85.0	66.0	21.8	-	SM
	2.0	13.2	2.670	N	P	81.1	62.1	15.0	-	SM
	3.0	9.1	2.634	N	P	12.4	3.9	0.1	-	GP
NBB-61	1.0	16.6	2.663	N	P	75.1	60.0	14.6	-	SM
	2.0	14.4	2.671	N	P	67.5	51.2	13.3	-	SM
NBB-62-1	1.0	25.6	2.677	36.1	22.4	100.0	100.0	66.0	15.6	CL
	3.0	19.0	2.672	N	P	84.1	67.3	17.9	-	SM
NBB-63	3.0	26.9	2.673	31.5	13.2	96.2	89.9	62.3	12.5	CL
	6.0	11.8	2.668	N	P	78.6	64.7	21.1	-	SM
NBB-64	3.0	19.3	2.665	N	P	85.3	69.9	19.9	-	SM
	6.0	7.5	2.643	N	P	33.0	27.8	13.6	-	GM
NBB-66	3.0	15.4	2.662	N	P	69.9	56.9	14.3	-	SM
	6.0	11.8	2.634	N	P	47.4	38.3	12.9	-	GM
NBB-67	2.0	29.1	2.687	35.3	21.1	99.6	98.7	66.6	16.7	CL
	7.0	21.3	2.652	N	P	97.5	84.8	24.0	-	SM
NBB-68	4.0	14.9	2.666	N	P	77.0	61.1	14.8	-	SM
	7.0	15.7	2.662	N	P	66.9	47.6	4.3	-	SW
NBB-71	1.0	6.4	2.668	N	P	74.0	56.1	14.3	-	SM
	2.0	7.9	2.656	N	P	87.5	68.7	16.1	-	SM
	4.0	10.4	2.681	N	P	72.5	54.0	12.6	-	SM
NBB-72	1.0	14.4	2.668	31.1	14.3	92.0	78.0	38.8	9.8	SC
	2.0	8.4	2.656	N	P	89.2	70.6	13.9	-	SM
	3.0	9.1	2.676	N	P	86.3	66.6	12.4	-	SM
NBB-73	1.0	9.6	2.674	N	P	90.0	72.6	16.9	-	SM
	3.0	9.4	2.671	N	P	95.4	77.5	12.5	-	SM
	4.0	4.6	2.642	N	P	21.3	14.1	3.2	-	GP
NBB-74	2.0	5.0	2.667	N	P	72.1	57.0	14.0	-	SM
	5.0	13.6	2.637	N	P	49.4	32.4	13.3	-	GM
NBB-75	2.0	6.6	2.667	N	P	85.7	63.7	13.9	-	SM
	3.0	9.6	2.664	N	P	83.9	66.5	20.0	-	SM
	4.0	8.7	2.627	N	P	12.4	2.9	0.1	-	GP
NBB-76	1.0	7.1	2.656	N	P	92.3	76.7	15.1	-	SM
	3.0	10.5	2.664	N	P	86.3	70.2	16.2	-	SM
NBB-79	2.0	10.6	2.652	N	P	72.0	58.6	13.1	-	SM
	3.0	8.9	2.637	N	P	30.3	23.8	4.0	-	GP

(2) 실내암석시험 결과

① 탄성계수 및 일축압축강도시험 결과

공번	심도 (GL.-m)	일축압축강도 (MPa)	공번	심도 (GL.-m)	일축압축강도 (MPa)
NBB-01	5.7	44.0	NBB-06	8.7	39.7
	6.2	50.6		9.3	41.5
NBB-02	4.1	35.8	NBB-07	11.6	111.1
	4.8	48.8		13.0	32.8
NBB-03	15.3	11.4	NBB-08	4.5	28.5
	16.5	10.7		5.2	34.7
NBB-04	9.0	34.5	NBB-09	5.8	48.7
	9.9	33.2		6.7	58.0
NBB-05	7.5	48.6	NBB-10	6.6	22.7
	8.1	48.4		8.0	28.2
NBB-11	6.4	26.9	NBB-40	8.2	14.8
	7.0	35.3		8.7	32.2
NBB-12	5.4	41.3	NBB-41	5.5	26.3
	6.0	74.2		6.2	23.7
NBB-14	5.0	39.2	NBB-42	7.7	16.4
	6.8	36.0		8.4	26.3
NBB-15	5.1	21.2	NBB-44	5.2	20.1
	6.5	22.1		5.8	12.5
NBB-16	5.0	18.6	NBB-45	5.8	21.1
NBB-17	5.3	19.7		6.8	13.7
	5.7	44.2	NBB-48	4.0	30.2
NBB-19	4.3	13.2		4.2	29.6
	5.3	49.3	NBB-49	4.3	56.3
NBB-20	3.0	31.4		4.5	61.4
	4.6	42.5	NBB-50	2.5	35.2
NBB-21	4.0	18.4		4.8	53.1
	5.3	14.3	NBB-51	4.9	39.9
NBB-22	4.4	22.8	NBB-52	2.6	47.4
NBB-24	7.6	11.5		3.7	21.3
NBB-25	5.5	23.6	NBB-56	2.7	34.2
	5.6	40.6		3.3	36.7
NBB-26	4.8	36.4	NBB-57	2.9	23.0
	5.3	29.4		3.8	24.8
NBB-27	9.1	24.8	NBB-58	3.5	45.4
	10.7	86.5		5.3	34.0
NBB-28	8.3	36.3	NBB-59	4.5	25.8
	9.5	41.9		4.9	65.2
NBB-29	6.0	48.8	NBB-60	5.1	14.9
	7.0	28.4		5.6	30.9
NBB-30	5.5	19.3	NBB-71	7.7	20.2
	6.8	21.4		9.3	15.8
NBB-31	3.4	24.9	NBB-72	7.0	17.9
	3.9	17.1	NBB-73	7.1	42.0
NBB-32	5.3	15.4		7.4	33.0
	6.5	12.6	NBB-75	6.1	25.9
NBB-33	2.7	48.8		6.8	20.3
	3.3	53.7			