관리번호

사본번호

고속국도 제17호선

서울~문산 고속도로 민간투자사업

[제4공구]

지 반 조 사 보 고 서

〔준 공〕

2020. 11

서울문산고속도로주식회사

서울~문산 고속도로 민간투자사업 제4공구

시설물 명칭 변경 현황

실시계획	확정
월롱육교	월롱1육교
월롱지하차도	월롱2육교
월롱교	신월롱교

조 사 편 목 차

제1편 조사계획

제 1 장 조사개요

1.1 조사목적 ····1
1.2 조사위치 ····1
1.3 조사기간 ····2
1.4 조사장비 ····2

제2편 지반조사 일반사항

제 1 장 토질·암반의 분류 및 기재방법

1.1 토질의 분류 및 기재방법 ····3
1.1.1 토질의 분류방법 ····3
1.1.2 토질의 기재방법 ····5
1.2 암반의 분류 및 기재방법 ····6
1.2.1 암반의 분류방법 ····6
1.2.2 암반의 기재방법 ····7
1.3 암반의 공학적분류 ····9
1.3.1 국내의 암반분류 방법 ····9
1.3.2 외국의 암반분류 방법 ····10
1.3.3 암반의 공학적분류 기준 ····11

제 2 장 현장조사 및 시험

2.1 지표지질조사 및 선구조분석 ····17
2.1.1 지표지질조사 ····17
2.1.2 인공위성영상 분석 ····23
2.1.3 음영기복도(DEM) 분석 ····24
2.2 물리탐사 ····25
2.2.1 탄성파탐사 ····25
2.2.2 전기비저항탐사 ····26
2.2.3 GPR탐사 ····27
2.3 현장조사 ····28
2.3.1 시추조사 ····28
2.3.2 시험굴조사 및 현장밀도시험 ····29
2.3.3 핸드오거보링 ····30
2.4 현장시험 ····31
2.4.1 표준관입시험 ····31
2.4.2 SPT효율시험 ····32
2.4.3 공내재하시험 ····33
2.4.4 공내전단시험 ····34
2.4.5 지하수위측정 ····35
2.4.6 투수시험 ····36
2.4.7 수압시험 ····37
2.4.8 지하수유향 · 유속시험 ····38
2.4.9 순간충격시험 ····39
2.4.10 양수시험 ····40
2.4.11 공내영상촬영 ····41
2.4.12 밀도검층 ····42
2.4.13 하향식탄성파탐사 ····43
2.4.14 S-PS검층 ····44
2.4.15 수압파쇄시험 ····45
2.4.16 시추공 시험발파 ····46

제 3 장 실내시험

3.1 실내토질시험 ····47
3.1.1 물성시험 ····47
3.1.2 직접전단시험 ····48
3.1.3 다짐 및 CBR시험 ····49
3.1.4 일축압축강도시험 ····50
3.1.5 삼축압축시험 ····50
3.1.6 표준압밀시험 ····51
3.2 실내암석시험 ····52
3.2.1 물성시험 ····52
3.2.2 절리면전단시험 ····53
3.2.3 이방성시험 ····54
3.2.4 삼축압축시험 ····55
3.2.5 인장시험 ····56
3.2.6 점하중시험 ····57

3.2.7 공진주시험 ·····58
3.2.8 AE/DRA시험 ·····59
3.2.9 암유용성시험 ·····60

제3편 예비조사

제 1 장 인근자료 분석

1.1 기존 및 인근지역 자료 분석 ·····61
1.1.1 기존조사 자료 분석 ·····61
1.1.2 인근지역 조사자료 분석 ·····62

제 2 장 예비조사

2.1 주변환경조사 및 분석 ·····63
2.1.1 지진이력조사 ·····63
2.1.2 지형특성 분석 ·····64
2.1.3 광역지질특성 분석 ·····65
2.1.4 선구조 분석 ·····66
2.2 지표지질조사 ·····68
2.2.1 지질분포특성 분석 ·····68
2.2.2 절리특성 분석 ·····69

제4편 상세 및 보완조사

제 1 장 공구별 조사현황

1.1 공구별 현장조사 및 시험 현황 ·····71
1.1.1 현장조사 ·····71
1.1.2 현장시험 ·····71
1.2 공구별 물리탐사 현황 ·····74
1.3 공구별 실내시험 현황 ·····75
1.3.1 실내토질시험 ·····75
1.3.2 실내암석시험 ·····75
1.4 기타 시험현황 ·····76

제 2 장 구조물별 지층현황

2.1 시추조사 현황 ·····77
2.1.1 시추조사 위치 ·····77
2.1.2 터널구간 ·····79
2.1.3 교량구간 ·····81
2.1.4 깎기구간 ·····103
2.1.5 쌓기구간 ·····112
2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링 ·····120
2.2.1 시험굴조사 ·····120
2.2.2 핸드오거보링 ·····121

제 3 장 물리탐사

3.1 탄성파탐사 ·····141
3.1.1 터널구간 ·····141
3.1.2 토공구간 ·····143
3.2 전기비저항탐사 ·····147
3.2.1 터널구간 ·····147

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석 ·····148
4.1.1 공내재하시험 ·····148
4.1.2 공내전단시험 ·····150
4.1.3 SPT효율시험 ·····151
4.2 수리 및 투수특성 분석 ·····152
4.2.1 지하수위 분포 ·····152
4.2.2 투수시험 ·····154
4.2.3 수압시험 ·····156
4.2.4 지하수 유향유속시험 ·····158
4.2.5 순간충격시험 ·····159
4.2.6 양수시험 ·····160
4.3 불연속면특성 분석 ·····161
4.3.1 공내영상촬영 ·····161
4.3.2 절리면전단시험 ·····172
4.4 동적특성 분석 ·····173
4.4.1 밀도검층 ·····173
4.4.2 하향식탄성파탐사 ·····175

4.4.3 S-PS검층 ····177
4.4.4 공진주시험 ····178
4.5 지중응력특성 분석 ····179
4.5.1 수압파쇄시험 ····179
4.5.2 AE/DRA 시험 ····180
4.6 연약지반특성 분석 ····181
4.6.1 일축압축강도시험 및 삼축압축강도시험 ····181
4.6.2 압밀시험 ····182
4.7 실내토질시험 ····183
4.7.1 기본물성시험 ····183
4.7.2 직접전단시험 ····188
4.7.3 다짐 및 CBR시험 ····189
4.8 실내암석시험 ····190
4.8.1 암석기본물성 및 일축압축시험 ····190
4.8.2 점하중강도시험 ····192
4.8.3 삼축압축 및 인장강도시험 ····196
4.8.4 이방성시험 ····198
4.9 GPR탐사 ····199
4.10 재료원조사 ····201
4.10.1 재료원 위치 및 현황 ····201
4.10.2 본선발생암 유용성 검토 ····204

제5편 성과분석 및 설계지반정수

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석 ····205
1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분 ····205
1.1.1 지질이상대 분석 ····205
1.1.2 지질 Domain 구분 ····207
1.2 균질절리영역(HFD) 분석 ····208
1.2.1 수행흐름 및 분석방법 ····208
1.2.2 동질성 검토결과 ····211
1.2.3 균질절리영역(HFD) 분석 결과 ····217
제 2 장 구간별 성과분석 ····219
2.1 터널구간 성과분석 ····219
2.1.1 터널구간 암반분류 ····219
2.1.2 미시추구간 지질정보 분석 ····222
2.1.3 지시크리깅 분석 ····227
2.1.4 암반등급도 ····231
2.1.5 터널굴착에 따른 수리모델링 분석 ····232
2.1.6 터널구간 발파영향 분석 ····236
2.2 교량구간 성과분석 ····240
2.2.1 교량별 지층현황 ····240
2.2.2 공학적 특성 분석 ····242
2.3 토공구간 성과분석 ····244
2.3.1 공학적 특성 분석 ····244
2.3.2 쌓기재 특성 분석 ····246
2.3.3 노상지지력비 산정 ····247
2.4 연약지반 성과분석 ····248
2.4.1 연약지반 판정 기준 ····248
2.4.2 연약지반 구역 구분 ····249
2.4.3 물리적 특성 분석 ····250
2.4.4 강도 특성 분석 ····251
2.4.5 압밀 특성 분석 ····252
제 3 장 설계지반정수 산정 ····254
3.1 개요 ····254
3.1.1 기본방향 ····254
3.1.2 분석구간 설정 ····254
3.1.3 설계지반정수 산정방법 ····255
3.2 연약지반 설계지반정수 산정 ····256
3.2.1 산정흐름도 ····256
3.2.2 연약지반 구역 구분 ····257
3.2.3 물리적 특성 분석 ····257
3.2.4 강도 특성 분석 ····259
3.2.5 압밀 특성 분석 ····260
3.3 토사층의 설계지반정수 산정 ····261
3.3.1 문헌자료 검토 ····261

3.3.2 인근지역 적용사례 분석 ·····263
3.3.3 지층별 대표 N값 산정 ·····264
3.3.4 경험식 분석 ·····267
3.3.5 현장 및 실내시험 결과 분석 ·····269
3.3.6 토사층 설계지반정수 산정 ·····271
3.3.7 쌓기재 설계지반정수 산정 ·····281
3.4 풍화암 설계지반정수 산정 ·····282
3.4.1 문헌 및 기존 설계자료 ·····282
3.4.2 풍화암 설계지반정수 산정 ·····283
3.5 기반암 설계지반정수 산정 ·····284
3.5.1 통계분석을 통한 신뢰성 확보 ·····284
3.5.2 단위중량 및 포아송비 ·····287
3.5.3 전단강도 및 변형계수 ·····289
3.6 불연속체 설계지반정수 산정 ·····304
3.6.1 개요 ·····304
3.6.2 시험결과 분석 ·····305
3.6.3 불연속체 설계지반정수 산정 ·····306
3.7 기타 설계지반정수 산정 ·····308
3.7.1 동적 지반특성 분석 ·····308
3.7.2 수리 지반특성 분석 ·····312
3.7.3 지중응력 및 측압계수 산정 ·····314
3.8 설계지반정수 요약 ·····315
3.8.1 연약지반 설계지반정수 ·····315
3.8.2 연속체 설계지반정수 ·····315
3.8.3 불연속체 설계지반정수 ·····317
3.8.4 기타 설계지반정수 ·····318

설 계 편 목 차

제6편 교량기초 설계

제 1 장 교량기초 설계개요

1.1 설계개요 ·····319
1.1.1 기본방향 ·····319
1.1.2 교량현황 ·····320
1.2 교량기초 주요검토사항 ·····321
1.2.1 주요 설계 검토사항 ·····321
1.2.2 적용 프로그램 ·····321

제 2 장 기초형식 선정

2.1 기초형식 검토 ·····322
2.1.1 기초형식 선정 시 고려사항 ·····322
2.1.2 기초형식 선정기준 ·····322
2.1.3 기초형식 검토 ·····323
2.1.4 기초형식 선정 ·····324
2.2 교량기초 시공법 선정 ·····346
2.2.1 말뚝기초 시공성 검토 ·····346
2.2.2 소음·진동 환경 영향원 분석 ·····347
2.2.3 환경성 평가 분석 ·····350
2.2.4 강관말뚝 기초 시공법 검토 ·····351

제 3 장 교량기초 설계정수

3.1 교량구간 설계지반정수 산정 ·····353
3.1.1 설계지반정수 산정개요 ·····353
3.1.2 설계지반정수 산정결과 ·····353

제 4 장 교량기초 안정성 검토

4.1 직접기초의 안정성 검토 ·····354
4.1.1 직접기초 현황 ·····354
4.1.2 연직지지력에 대한 안정성 검토 ·····354
4.1.3 연직변위(침하량)에 대한 안정성 검토 ·····356
4.2 말뚝기초의 안정성 검토 ·····358
4.2.1 말뚝기초 현황 ·····358
4.2.2 강관말뚝기초 연직 지지력에 대한 검토 ·····360
4.2.3 연직변위(침하량)에 대한 안정성 검토 ·····363
4.2.4 수평변위에 대한 안정성 검토 ·····365
4.3 주요구간 안정성 검토 ·····373
4.3.1 기초의 부등침하 검토 ·····373
4.3.2 말뚝기초 군말뚝 영향 검토 ·····374
4.3.3 고성토부 교대 안정성 검토 ·····376
4.3.4 금촌 3교 경의선 통과구간 안정성 검토 ·····379
4.3.5 열차 진동영향에 의한 터파기 안정성 검토 ·383

제 5 장 교량기초 시공방안 검토

5.1 직접기초 시공방안 검토 ·····386
5.1.1 기초터파기 굴착공법 검토 ·····386
5.1.2 기초터파기시 안정성 검토 ·····387

제 6 장 기초의 품질 및 유지관리 계획

6.1 말뚝기초 품질관리 계획 ·····388
6.1.1 말뚝머리결합 방안 ·····388
6.1.2 말뚝 선단처리 계획 ·····388
6.1.3 말뚝 품질관리 방안 ·····389
6.2 교량기초 재하시험 및 계측계획 ·····390
6.2.1 직접기초 재하시험 ·····390
6.2.2 말뚝기초 재하시험 ·····390
6.2.3 교량기초 계측계획 ·····391
6.2.4 철도횡단 교량 계측관리계획 ·····392

제7편 비탈면 설계

제 1 장 비탈면 설계개요

1.1 설계개요 ·····397
1.1.1 기본방향 ·····397
1.1.2 주요 검토사항 ·····397
1.2 비탈면 현황 분석 ·····398
1.2.1 쌓기비탈면 지반특성 및 현황 ·····398
1.2.2 깎기비탈면 지반특성 및 현황 ·····399

1.3 비탈면 설계기준 ·····400
1.3.1 비탈면 기울기 기준 ·····400
1.3.2 비탈면 소단 설치기준 ·····403
1.3.3 허용안전율 기준 ·····404
1.3.4 지하수위 적용기준 ·····406
1.3.5 설계 하중 ·····406
1.4 설계지반정수 산정 ·····407
1.4.1 연속체 설계지반정수 ·····407
1.4.2 불연속체 설계지반정수 ·····407

제 2 장 비탈면 안정성 검토

2.1 설계개요 ·····408
2.1.1 토사 및 풍화암 비탈면 안정해석 ·····408
2.1.2 암반 비탈면 안정해석 ·····410
2.2 쌓기 비탈면 안정성 검토 ·····413
2.2.1 쌓기 비탈면 안정성 검토 ·····413
2.3 깎기 비탈면 안정성 검토 ·····420
2.3.1 암반 비탈면 안정성 검토 ·····420
2.3.2 터널 갱구부 암반 비탈면 안정성 검토 ·····426
2.3.3 토사 비탈면 안정성 검토 ·····431
2.3.4 터널 갱구부 토사 비탈면 안정성 검토 ·····444
2.4 비탈면 안정화 대책 검토 ·····446
2.4.1 비탈면 보강공법 검토 ·····446
2.4.2 비탈면 대책방안 안정성 검토 ·····448
2.4.3 비탈면 깎기시 철탑 기초의 안정성 검토 ·····455
2.5 낙석에 대한 안정성 검토 ·····457
2.5.1 암반비탈면 안정화 및 낙석방지 공법 ·····457
2.5.2 낙석방지공 설계기준 ·····457
2.5.3 낙석 거동해석 ·····458
2.5.4 낙석에 대한 안정성 검토 ·····460

제 3 장 비탈면 보호공법 선정

3.1 설계개요 ·····461
3.1.1 비탈면 보호공법 검토 ·····461

제 4 장 비탈면 시공 및 유지관리

4.1 설계개요 ·····464
4.1.1 비탈면 시공시 주요 고려 사항 ·····464
4.1.2 비탈면 계측관리 ·····465
4.1.3 시공 중 비탈면 유지관리 ·····468
4.1.4 시공 후 비탈면 유지관리 ·····469

제8편 연약지반 설계

제 1 장 연약지반 설계개요

1.1 설계개요 ·····471
1.1.1기본방향 ·····471
1.1.2연약지반 주요 검토사항 ·····471
1.2 연약지반 판정 ·····472
1.2.1연약지반 판정기준 ·····472

제 2 장 연약지반 현황 및 성과분석

2.1 연약지반 현황 분석 ·····473
2.1.1 연약지반 현황 ·····473
2.1.2 연약지반 Zoning 선정 ·····473
2.2 연약지반 공학적 특성 분석 ·····474
2.2.1 물리적 특성 분석 ·····474
2.2.2 역학적 특성 분석 ·····474
2.2.3 설계지반정수 산정 ·····475

제 3 장 연약지반 안정성 검토

3.1 연약지반 설계기준 ·····476
3.1.1 쌓기속도 및 설계하중 ·····476
3.1.2 허용 잔류침하량 ·····476
3.1.3 비탈면 최소안전율 ·····476
3.1.4 설계기준 적용 ·····476
3.2 연약지반처리 필요유무 검토 ·····477
3.2.1 연약지반 구간별 지층현황 검토 ·····477
3.2.2 무처리시 연약지반 압밀소요기간 검토 ·····479
3.3 연약지반 개량공법 선정 ·····480
3.3.1 연약지반 개량공법 적용성 검토 ·····480

3.3.2 연약지반 활동방지 대책공법 검토 ·····480
3.3.3 연약지반 활동파괴에 대한안정성 검토 ·····481
3.3.4 연약지반 한계 쌓기 검토 ·····482
3.3.5 연약지반 단계 쌓기 검토 ·····483
3.3.6 구간별 연약지반 처리공법 현황 ·····486
3.4 연약지반내 구조물 안정성 검토 ·····489
3.4.1 연약지반 교대 측방유동 유 - 무 검토 ·····489
3.4.2 연약지반 측방유동 대책공법 검토 ·····496
3.4.3 연약지반 측방유동 안정성 검토결과 ·····498
3.4.4 장비의 Trafficability 검토 ·····504
3.4.5 연약지반상 터파기 안정성 검토 ·····504
3.4.6 연약지반상 횡단 구조물 설치방안 ·····509

제 4 장 연약지반 계측관리 계획

4.1 연약지반 계측관리 계획 ·····510
4.1.1 연약지반 계측관리 ·····510
4.1.2 연약지반 계측계획 ·····510
4.1.3 연약지반 침하안정 관리 ·····511

제9편 토공 설계

제 1 장 토공 설계개요

1.1 설계개요 ·····513
1.1.1 기본방향 ·····513
1.1.2 토공현황 ·····513

제 2 장 토공계획

2.1 쌓기구간 토공계획 ·····514
2.1.1 쌓기재료의 특성평가 ·····514
2.1.2 쌓기재료의 토량변화율 ·····515
2.1.3 설계 CBR 검토 ·····516
2.1.4 쌓기재료의 품질 평가 ·····517
2.1.5 쌓기비탈면의 다짐시공 관리 ·····518
2.1.6 쌓기구간 시공관리 ·····518
2.1.7 암버력 쌓기 ·····519
2.2 깎기구간 토공계획 ·····520
2.2.1 굴착 난이도 평가방법 ·····520
2.2.2 깎기구간 굴착방법 선정 ·····523
2.2.3 시공 중 암반분류 기준 검토 ·····523
2.3 깎기·쌓기 경계부 안정성 검토 ·····524
2.3.1 깎기·쌓기 경계부의 부등침하 분석 ·····524
2.3.2 부등침하 대책 ·····525

제 3 장 발파 설계

3.1 발파 설계 ·····526
3.1.1 발파설계 기본방향 ·····526
3.1.2 시추공 시험 발파 ·····526
3.1.3 시험발파 현황 ·····527
3.1.4 시험발파 결과분석 ·····528
3.1.5 발파진동 추정식 비교분석 ·····532
3.2 보안물건별 발파진동 및 발파소음 영향검토 533
3.2.1 발파진동 및 소음 허용 기준치 선정 ·····533
3.2.2 발파진동 추정식 및 소음 예측식 선정 ·····534
3.2.3 보안물건별 발파진동 영향권 검토 ·····535

제10편 기타구조물 설계

제 1 장 보강토옹벽 구조물 설계

1.1 설계개요 ·····537
1.1.1 보강토옹벽 형식 검토 ·····537
1.1.2 보강토옹벽 설계기준 ·····537
1.2 보강토옹벽 안정성 검토 ·····538
1.2.1 보강토옹벽 안정성 검토 ·····538
1.2.2 보강토옹벽 일반구간 안정성 검토결과 ·····540
1.2.3 보강토옹벽 철탑인근 안정성 검토결과 ·····542
1.2.4 보강토옹벽 철탑인근 계측계획 ·····543
1.2.5 보강토옹벽 뒷채움재 검토 ·····544

제 2 장 횡단구조물 설계

2.1 설계개요 ·····545

2.1.1 횡단구조물 설치현황 ·····545
2.1.2 횡단구조물 형식 검토 ·····546
2.2 횡단구조물 안정성 검토 ·····547
2.2.1 횡단구조물 안정성 검토 ·····547

제11편 내진 설계

제 1 장 지반구조물 내진설계

1.1 설계개요 ·····549
1.1.1 기본방향 ·····549
1.1.2 우리나라의 지진발생 현황 ·····549
1.1.3 지반조건 및 내진설계 검토구간 ·····549
1.2 내진설계 검토기준 ·····550
1.2.1 내진설계 검토방법 및 기준 ·····550
1.2.2 동적 설계지반정수 산정 ·····552
1.3 지진 응답 해석 ·····553
1.3.1 지진응답해석 방법 ·····553
1.3.2 입력 지진파 ·····554
1.4 액상화 검토 ·····558
1.4.1 액상화 발생현상 ·····558
1.4.2 액상화 발생 가능성 평가 (1차평가) ·····558
1.4.3 간편예측법을 통한 액상화 평가 (2차 평가) 560
1.4.4 상세법을 통한 액상화 평가 (3차 평가) ·····562

제 2 장 교량기초 내진설계

2.1 설계개요 ·····564
2.1.1 교량기초 내진설계 ·····564

제 3 장 비탈면 내진설계

3.1 설계개요 ·····565
3.1.1 내진해석 방법 ·····565
3.1.2 비탈면 내진 안정성 (등가정적해석) ·····566

제1편 조사계획

제1장 조사개요

제 1 장 조사개요

1.1 조사목적

사 업 명	• 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계
사 업 목 적	• 사업구간에 대한 최적설계와 시공에 필요한 지반공학적 정보 제공 • 터널설계 및 지보패턴 선정을 위한 암반등급 산정 • 교량 기초설계와 비탈면 안정해석을 위한 지반자료 제공 • 조사된 자료를 종합 · 분석하여 경제적이고 효율적인 설계 및 시공을 위한 자료 제공

조사계획 수립

- 기존자료 분석 및 현장 사전조사
- 광역적인 지반 및 지질구조특성 분석
- 중점고려사항 선정으로 조사방향 설정

예비 및 상세조사

- 구간별, 구조물별 조사 항목 및 수량 선정
- 단계별 조사를 통한 최적의 조사결과 도출
- 지반특성치 산정을 위한 시험 및 탐사 수행

최적의 조사 및 분석결과 제공

조사성과 종합분석

- 지질이상대 및 지층 급변구간 정보 제공
- 연약지반 및 기초지지층 분포 특성 파악
- 지반특성에 따른 공학적 특성 분석

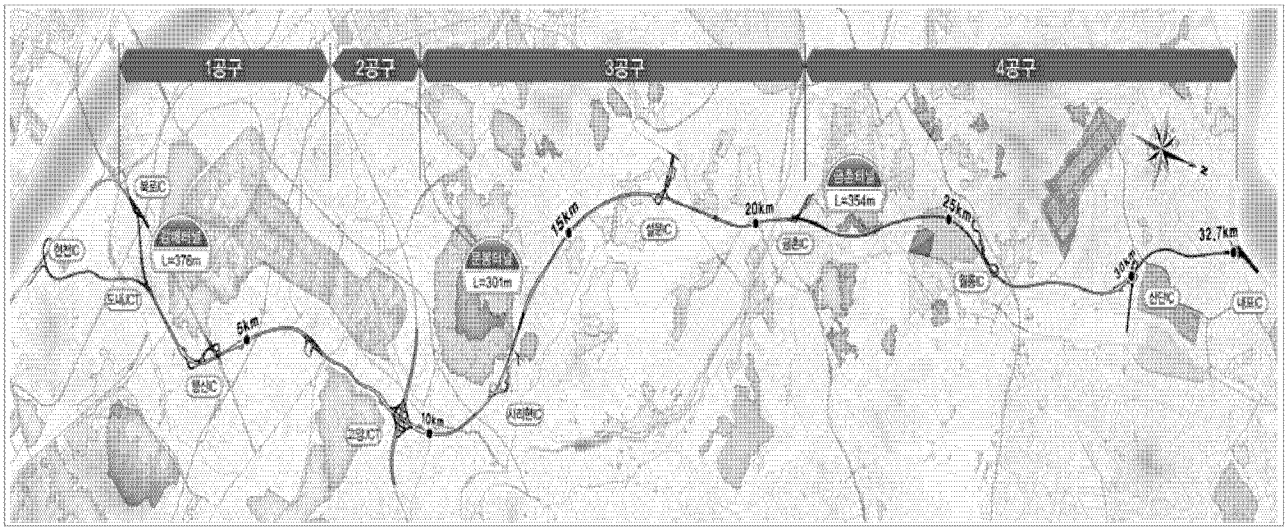
설계반영

- 합리적 설계를 위한 최적의 지반정보 제공
- 지반특성을 고려한 최적공법 선정 및 설계
- 최적설계 및 각종 안전성 검토자료 제공

1.2 조사위치

사업위치	• 경기도 고양시 덕양구 강매동(덕양구 덕은동) ~ 경기도 파주시 문산읍 내포리

구 분	구 간(STA.)	연 장	비 고
1공구	0+000~7+260	• 본선 7.3km, 지선 2.0km	• 지선, 현천IC, 북로JCT, 도내JCT
2공구	7+260~9+980	• 본선 2.7km	• 고양JCT
3공구	9+980~21+220	• 본선 11.2km	• 사리현IC, 설문IC, 금촌IC
4공구	21+220~32+760.54	• 본선 11.6km	• 월롱IC, 산단IC, 내포IC
총 연장	–	34.76km	–



1.3 조사기간

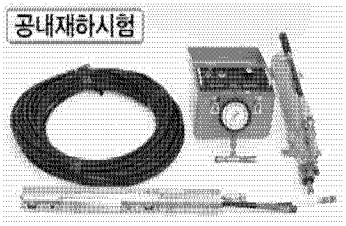
구 분		1차	2차	3차	4차
예 비 조 사		2012. 03 ~ 04	2012. 08 ~ 09	-	-
현 장 조 사 및 시 험	물리탐사	2012. 05	2012.10 ~ 11	-	-
	시추조사	2012. 03 ~ 06	2012. 10 ~ 12	2013. 02 ~ 05	2014. 06 ~ 08
	현장시험	2012. 03 ~ 07	2012. 10 ~ 12	2013. 02 ~ 04	-
	실내시험	2012. 06 ~ 07	2012. 11 ~ 12	2013. 04 ~ 05	-
성과분석 및 보고서 작성		2012. 07 ~ 2014. 09			

1.4 조사장비

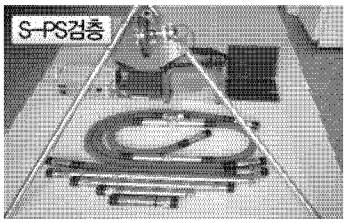
조 사 항 목		조 사 장 비
지표지질 조 사	지표지질조사	• Clinocompass, Profile gauge, Schmidt hammer
	선구조분석	• Landsat-5 TM & DEM • 항공사진
물리탐사	전기비저항탐사	• SAS4000(ABEM, 스웨덴)
	탄성파탐사	• TERRALOCMK6(ABEM, 스웨덴)
현 장 조 사 및 시 험	시추조사	• 유압식 시추기 및 부속장비 1식
	SPT효율시험	• Foundation Pile Diagnostic System-5
	현장투수시험	• 줄자, Stop Watch
	수압시험	• Single Packer, 유량계, Stop Watch, 부대장비
	공내재하시험	• Goodman Jack/Elastometer-2/LLT
	공내전단시험	• BST(Handy Geotechnical Ins. Co, 미국)
	공내영상촬영	• Geologger-3 OBI System(OYO, 일본)
	하향식탄성파탐사	• TERRALOCMK6(ABEM, 스웨덴)
	S-PS검층	• Suspenson PS Logger 3660A(OYO, 일본)
	밀도검층	• Micro Logger (Robertson, 영국)
실내시험	토질시험	• 시험기 1식
	암석시험	• 시험기 1식

물리탐사

현장시험



공내검층



실내시험

제2편 지반조사 일반사항

제1장 토질 · 암반의 분류 및 기재방법

제2장 현장조사 및 시험

제3장 실내시험

제 1 장 토질·암반의 분류 및 기재방법

1.1 토질의 분류 및 기재방법

• 흙의 공학적 특성을 파악하여 토질설계의 기초 자료로 활용

○ 개 요

흙의분류	• 흙의 공학적 분류는 1차 분류 수행 후, 최종적으로 통일분류법(USCS)을 기준으로 분류
기재방법	• 시추주상도의 지층구분은 통일된 기호를 사용하고 N값은 사질토의 상대밀도 및 점성토의 연경도를 추정하는데 사용
기술내용	• 지층상태는 매립층, 전답층, 붕적층, 충적층, 풍화토, 풍화암으로 지층 구분 • 함수상태는 건조(Dry), 습윤(Moist), 젖음(Wet), 포화상태(Saturated)로 구분 • 색조는 흑, 갈, 홍, 적, 황색등에 담(연한)과 암(진한)의 접두어를 사용

1.1.1 토질의 분류방법

○ 육안관찰에 의한 분류방법(구조물기초 설계기준, 2008)

구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓음		습윤상태에서 손가락으로 끈모양으로 굴릴때
		건 조 상 태	습 윤 상 태	
모 래 (Sand)	• 개개입자의 크기가 판별될 수 있는 입상을 보임 • 건조 상태에서 흘러내림	• 덩어리로 되지 않고 흐트러짐	• 덩어리지나 가볍게 건드리면 흐트러짐	• 끈모양으로 꼬아지지 않음
실트섞인 모래 (Silty 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)	• 적당량 세립사와 소량의 점토를 함유하고 실트 입자 50% 이상 • 건조되면 덩어리가 쉽게 부서져서 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 • 건조 상태에서 잘 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음	• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 찰흙 상태로 됨	• 길고 얇게 꼬아지며, 점성 큼

○ 통일분류법

<table>
<tr><th colspan="3">주 요 구 분</th><th>기호</th><th>대표적인 흙</th><th colspan="3">분 류 기 준</th></tr>
<tr><td rowspan="11">조립토
(Coarse-Grained Soil)

#200체
(0.075mm)에 50%이상 남음</td><td rowspan="5">자갈

#4체
(4mm)에
50%
이상
남음</td><td rowspan="2">세립분이 약간 또는 거의 없는 자갈</td><td>GW</td><td>• 입도분포가 좋은 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음</td><td rowspan="11">세립분의 함유율에 의한 분류 :

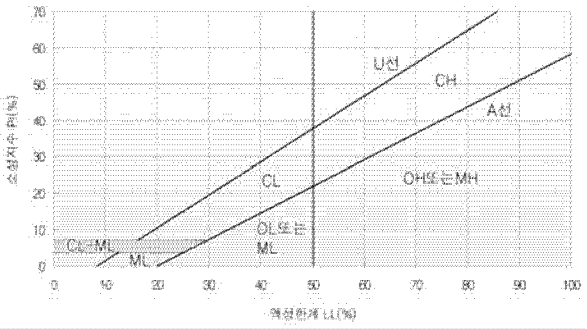
200번체 통과율이 5%이하인 경우 GW, GP, SW, SP

200번체 통과율이 12%이상인 경우 GM, GC, SM, SC

200번체 통과율이 5~12%인 경우 2중 문자로 표시</td><td colspan="2">Cu ＞ 4 (Cu=D_{60}/D_{10})
1＜Cg＜3 (Cg=$(D_{30})^2/(D_{10}\times D_{60})$)</td></tr>
<tr><td>GP</td><td>• 입도분포가 나쁜 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음</td><td colspan="2">GW의 조건이 만족되지 않을 때</td></tr>
<tr><td rowspan="2">세립분을 함유한 자갈</td><td>GM</td><td>• 실트질의 자갈, 자갈·모래·실트의 혼합토</td><td>Atterberg 한계가 A선 밑 또는 소성지수가 4이하</td><td rowspan="2">소성지수가 4~7이면서 Atterberg 한계가 A선 위에 존재 할 때는 2중 문자로 표시</td></tr>
<tr><td>GC</td><td>• 점토질의 자갈, 자갈·모래
• 점토의 혼합토</td><td>Atterberg 한계가 A선 위 또는 소성지수가 7이상</td></tr>
<tr><td rowspan="5">모 래
(Sand)

#4체
(4mm)에
50% 이상
통과</td><td rowspan="2">세립분이 약간 또는 거의 없는 모래</td><td>SW</td><td>• 입도분포가 좋은 모래 또는 자갈질의 모래, 세립분은 약간 또는 없음</td><td colspan="2">Cu ＞ 6
1＜ Cg ＜3</td></tr>
<tr><td>SP</td><td>• 입도분포가 불량한 모래 또는 자갈질 모래</td><td colspan="2">SW의 조건이 만족되지 않을 때</td></tr>
<tr><td rowspan="2">세립분을 함유한 모래</td><td>SM</td><td>• 실트질의 모래, 모래와 실트의 혼합토</td><td>Atterberg 한계가 A선 밑에 있거나 소성지수가 4 이하</td><td rowspan="2">소성지수가 4~7이면서 Atterberg 한계가 A선 위에 존재 할 때는 2중 문자로 표시</td></tr>
<tr><td>SC</td><td>• 점토질의 모래, 모래와 점토의 혼합토</td><td>Atterberg 한계가 A선 밑에 있거나 소성지수가 7 이상</td></tr>
<tr><td rowspan="6">세립토
(Fine-Grained Soil)

#200체
(0.075mm)
50%이상
통과</td><td colspan="2" rowspan="3">액성한계 50% 이하인 실트나 점토</td><td>ML</td><td>• 무기질의 실트, 매우 가는 모래, 암분, 소성이 작은 실트질의 세사나 점토질의 세립사</td><td colspan="3" rowspan="3">• 소성도(Plasticity Chart)는 세립토에 함유된 세립분과 세립토를 분류하기 위해 사용

• 소성도의 빗금친 곳은 2중 표기</td></tr>
<tr><td>CL</td><td>• 소성이 중간값 이하인 유기질 점토, 자갈질 점토, 모래질 점토, 실트질 점토</td></tr>
<tr><td>OL</td><td>• 소성이 작은 유기질 실트 및 점토</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">액성한계 50% 이상인 실트나 점토</td><td>MH</td><td>• 무기질 실트, 운모질 또는 규소의 세사 또는 실트질 흙, 탄성이 큰 실트</td><td colspan="3" rowspan="3">세립토의 분류를 위한 소성도
 
</td></tr>
<tr><td>CH</td><td>• 소성이 큰 무기질 점토, 탄성이 큰 점토</td></tr>
<tr><td>OH</td><td>• 탄성이 중간값 이상인 유기질 점토</td></tr>
<tr><td colspan="3">고유기성 흙</td><td>Pt</td><td>• 이탄 및 그 밖의 유기질을 많이 함유한 흙</td></tr>
</table>

1.1.2 토질의 기재방법

기본방향

• 흙의 상태에 대한 기재내용은 토질분류, 연경도, 함수상태, 색깔 등이며 다음과 같은 방법에 의하여 그 결과를 시추 주상도에 기록함

◎ 흙의 통일분류법(USCS)에 사용되는 기호

토질의 종류		제1문자
조립토	자갈 (Gravel)	G
	모래 (Sand)	S
세립토	실트 (Silt)	M
	점토 (Clay)	C
	유기질의 실트 및 점토	O
유기질토	이탄	Pt

토질의 속성		제2문자
조립토	입도 분포 양호, 세립분 거의 없음	W
	입도 분포 불량, 세립분 거의 없음	P
	세립분 12%이상 함유, A선 아래, 소성지수 4이하	M
	세립분 12%이상 함유, A선 위, 소성지수 7이상	C
세립토	압축성 낮음(Low Compressibility) WL≤50	L
	압축성 높음(High Compressibility) WL≥50	H

◎ 상대밀도 및 연경도

조립토 (모래, 자갈)	
관입저항값(N값)	상 대 밀 도
4 이하	매우 느슨 (Very Loose)
4~10	느 슨 (Loose)
10~30	보통 조밀 (Medium Dense)
30~50	조 밀 (Dense)
50 이상	매우 조밀 (Very Dense)

세립토 (점토, 실트)	
관입저항값(N값)	연 경 도
2 이하	매우 연약 (Very Soft)
2~4	연 약 (Soft)
4~8	보통 견고 (Medium Stiff)
8~15	견 고 (Stiff)
15~30	매우 견고 (Very Stiff)
30 이상	고 결 (Hard)

◎ 시료의 함수상태

함 수 비 (%)	함 수 상 태
0~10	건조 (Dry)
10~30	습윤 (Moist)

함 수 비 (%)	함 수 상 태
30~70	젖음 (Wet)
70 이상	포화 (Saturated)

◎ 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

주) 시료의 색조는 회색, 갈색, 황색 등의 기본색에 필요에 따라 연한(담), 짙은(암) 등과 같은 접두어를 사용하여 기재

1.2 암반의 분류 및 기재방법

- 일반적으로 연암, 보통암, 경암으로 구분
- 암석의 풍화상태, 불연속면 절리나 파쇄대의 간격, 강도 및 암질 표기 (국제암반역학회, ISRM의 분류방법에 의거 분류)
- 조사과정에서 회수된 시추코어를 암석시험 및 육안으로 관찰하여 American Institute of Professional Geologist에서 제시한 "공학적 목적을 위한 암석시료의 채취방법 및 시추주상도 작성방법" 에 의거 시추주상도 작성
- 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
- 강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류

1.2.1 암반의 분류방법

기본방향

- 지반조사시 암반의 분류는 TCR, RQD, 시추 굴진상태 및 시추 굴진속도, 풍화상태를 관찰하여 시추주상도에 기재하고, 한국도로공사의 분류기준을 참고로 하여 풍화암, 연암, 보통암, 경암으로 구분
- 토공의 작업성(리퍼빌리티)에 의거한 분류는 토사, 리핑암, 발파암으로 구분

○ 토공작업 리퍼빌리티에 따른 암반의 분류(도로설계편람, 2012)

구 분		토 공 작 업		
		토 사 (도져)	리 핑 암	발 파 암
표준관입시험 (N값)		50/10 미만	50/10 이상	-
불연속면의 발달 빈도	BX 크기	-	TCR=5% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=5~10% 이상이고 RQD=0~5% 이상
	NX 크기	-	TCR=20% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=20% 이상이고 RQD=10% 이상
탄성파속도	A그룹 암종	700m/sec 미만	700~1,200m/sec 미만	1,200m/sec 이상
	B그룹 암종	1,000m/sec 미만	1,000~1,800m/sec 미만	1,800m/sec 이상

주) · A그룹 암종 : 편마암, 사질편암, 석회암, 사암, 응회암, 역암, 화강암, 안산암 · B그룹 암종: 흑색편암, 녹색편암

○ 한국도로공사 분류기준(2005)

표준단면	암 질	특 징	RMR	Q 값	RQD (%)	탄성파 속 도 (km/sec)	일 축 압축강도 (MPa)	코 어 채취율 (%)
I	경 암	• 안정성 있고 풍화, 변질 및 물리적, 화학적 영향을 거의 받지 않은 신선한 대괴상의 암질	80~100	40 이상	70 이상	4.5 이상	1,000 이상	90 이상
II	보통암	• 균열 및 편리가 다소 발달되어 있으며 일반적으로 절리가 존재하는 층상의 암질	70~80	10~40	40~70	4.0~4.5	800~1,000	70~90
III	연 암	• 층리, 절리 및 편리 등이 매우 발달된 상태이며 파쇄대가 존재하는 소괴상의 암질	50~70	4~10	20~40	3.5~4.0	600~800	40~70
IV	풍화암	• 물리적, 화학적 영향으로 파쇄대가 매우 발달되고 절리가 불규칙적으로 발달된 파쇄상의 풍화된 암질	25~50	1~4	20~40	3.5 이하	250~600	40 이하
V	풍화암 (±)	• 풍화작용 심하고 일부가 토괴화된 상태이며 매우 쉽게 부서지고 뜯어낼 수 있는 암질	25 이하	1 이하	20% 이하 N>100:IV N<100:V	3.0 이하	250 이하	–

1.2.2 암반의 기재방법

○ 색깔(Color)

• 암반의 기본색(황색, 갈색, 회색, 청색 또는 녹색)에 담(연한)과 암(진한)의 명암 및 혼색에 대한 서술용어를 사용

○ 불연속면의 간격(Discontinuity Spacing)

기 재 방 법	기 호	Joint 간격	균 열 상 태
불연속면 간격의 최대값, 최소값, 평균값을 주상도에 수록	F5	5cm 이하	• 매우 심한균열 (Highly Fractured)
	F4	5~10cm	• 심 한 균 열 (Fractured)
	F3	10~20cm	• 보 통 균 열 (Moderately Fractured)
	F2	20~100cm	• 약 간 균 열 (Slightly Fractured)
	F1	100 cm이상	• 괴 상 (Massive)

○ 강도(Strength)

기 호	용 어	강 도 상 태
S5	매 우 약 함 (Very Weak)	• 손가락 또는 엄지손톱의 압력으로 눌러 으스러지는 정도
S4	약 함 (Weak)	• 해머로 눌러 으스러지는 정도
S3	보 통 강 함 (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	매 우 강 함 (Very Strong)	• 여러번의 강한 해머 타격으로 패각상의 조각으로 깨지며 각이 날카로운 정도

○ 풍화상태(Weathered Condition)

기 호	용 어	풍 화 상 태
D5	완 전 풍 화 (Completely Weathered)	• 암석전체가 완전풍화를 받아 흙으로 변화되었으나 모암의 조직과 구조를 지니며 간혹 풍화를 받지 않은 암편을 함유한 상태
D4	심 한 풍 화 (Highly Weathered)	• 암석내부까지 풍화가 진행 중이며 점토물질이 협재되어 있어 부분적으로 쉽게 부술 수 있는 상태
D3	보 통 풍 화 (Moderately Weathered)	• 전 암석 표면에서부터 풍화가 진행 중이며 색조는 변하였으나 손으로 부술 수 없는 상태
D2	약 간 풍 화 (Slightly Weathered)	• 기반암내 발달된 불연속면을 따라 미약한 풍화작용이 시작되고 있으나 암석 자체에는 아무런 풍화작용이 일어나지 않는 상태
D1	신 선 (Fresh)	• 풍화작용의 흔적이 없는 상태

○ 절리면거칠기(Joint Roughness)

구 분	계단형(Stepped)	파동형(Undurating)	평면형(Planar)
거 칠 음 (Rough)			
완 만 (Smooth)			
경 면 (Slikensided)			

1.3 암반의 공학적분류

- 암반분류는 터널이나 비탈면 설계시 지반에 대한 평가를 수행함과 동시에 굴착과 보강 설계에 대한 기준을 제시하는데 이용
- 설계와 수치해석의 입력 물성값 결정을 위한 정량적인 자료와 Guideline 제공

1.3.1 국내의 암반분류 방법

기본방향

- 각 기관별로 설계에 이용된 암반분류 기준들이 아직까지 일관성과 통일성이 없는 기준들이 제시되고 있으며, 시공시의 막장을 관찰하여 결정한 암반등급과 보강패턴과의 관계를 통계분석으로 도출된 RMR과 Q-System을 이용하여 암반분류 수행

◎ 국내의 암반분류 기준

구 분	분류목적	분류요소	주 요 내 용	비 고
도로설계편람	토 공	• 탄성파속도 (자연암석) • 내압강도 • 암석종류	• 암석의 깎기 난이도를 기준으로 분류 • 일축압축강도에 의한 암종별 특성치 범위 규정	국토교통부 (2012)
용역협회기준	시 추 암석분류	• 탄성파속도 • 일축압축강도	• 시추주상도상의 암석종류 기재시 탄성파속도 및 일축압축강도에 의한 분류	한국엔지니어링 진흥협회 (2004)
서 울 시	토목공사	• TCR, RQD • 일축압축강도 • 절리면 간격	• TCR, RQD에 의한 암반분류 • 암종별 일축압축강도 및 절리면 간격 등을 고려한 분류내용 기재	서울시 지반조사편람 (2006)
서울 지하철	터 널	• TCR, RQD • 일축압축강도 • 절리면 간격 • RMR과 연계	• 서울지하철 분류기준에 의하여 TCR, RQD에 의한 암반분류 • 암종별 일축압축강도 및 절리면 간격 등을 고려한 분류내용 기재	서울지하철 9호선 설계기준(안) (1997)
고 속 철 도	터 널	• 일축압축강도 • 탄성파속도 • 변형계수 • 지반강도비 • TCR, RQD • 현장 육안관찰	• RQD 및 일축압축강도 등 개별요소에 의해 암반등급 결정 가능성 제시 • 변형계수 및 지반강도의 범위 제시	고속철도 전문시방서 지반분류 (2006)
한국도로공사	터 널	• RQD, TCR • RMR • Q-System • 탄성파속도 • 일축압축강도	• 기존 암반분류 기준으로 적용, RQD 및 일축압축강도 등 개별요소에 의해 암반등급결정 범위 제시	한국도로공사 암반분류기준 (2005)

1.3.2 외국의 암반분류 방법

기본방향

• 1940년대 중반부터 암반분류가 도입된 이래 터널, 댐, 비탈면 등을 대상으로 하는 각종 공사에서 암반조사, 시험, 계측 기술의 진보와 더불어 수치해석 기법이 발달됨에 따라 여러 암반분류 시스템을 도입하여 수행

외국의 암반분류법

분류방법	제안자	평가요소																
		암석종류	풍화변질정도	파쇄상황	층리편리상태	절리간격	절리상태	절리·균열의방향	시추코어	암석강도	변형특성	팽창·압출의정도	햄머타격	탄성파속도	지반강도비·지압	RQD	코아채취율	용수의정도	지반의안정성
암반 사하중법	Terzaghi,1946 Rose, 1982			○		○				○		○				◎			
Rabcewicz 암반분류	Rabcewicz & Pacher,1957			○						○		○							
Möller 암반분류	Möller,1963		○			○													
RQD	Deere,1967															◎			
RSR	Wickham,1974	○				○	○	○		○									
RMR	Bieniawski,1974					○	○	○		◎						◎		○	
Q-System	Barton,1974		○			○	○								◎	◎		○	
스위스 지반분류	SIA 199호,1975																		○
오스트리아지하공사 표준시방서	ÖNORMB2203, 1975									○		○							
프랑스 터널협회 암반분류	AFTES,1975	○								○		○							
Rock Mass Index (RMI)	PalmstrÖm,1995					○	○	○		◎	◎	○			◎	△			
일본 국유철도 기준		○												◎			◎		
일본 도로협회 기준		○	○		○	◎	○		◎				○	◎			◎		
일본 도로공단 기준		○	○		○	◎			◎				○	◎	◎		◎		
일본 농림산성 기준				○		○				◎				◎	◎				
일본수자원개발공단 기준		○	○			◎	○			◎			○	◎					

주) ○ : 정성적 평가, ◎ : 정량적 평가, △: 간접 이용

1.3.3 암반의 공학적분류 기준

기본방향	• 사업구간의 암반분류의 적용은 RQD, RMR, Q-system을 이용한 암반분류 수행

RQD에 의한 암반분류

RQD에 의한 암반분류법 개요

개 요	• 1967년 Deere에 의해 제안 • 코어회수율(TCR : Total Core Recovery)을 발전시킨 개념인 RQD(Rock Quality Designation)는 절리의 발달간격을 나타내는 지수로서 암반 특성을 파악하는 중요한 요소 • 사업구간에서 실시한 BIPS와 BHTV자료에서의 RQD를 산정하여 시추코어에 대한 RQD산정의 적정성 검증
평 가	• $RQD(\%) = \frac{\text{10cm이상 Core 길이의 합}}{\text{총 시추길이}} \times 100(\%)$
특 징	• 신속하게 불연속면의 간격을 정량화, 주관적인 차이가 적음
	• 절리의 방향성, 밀착성, 충전물, 지반응력 등을 고려할 수 없음

RQD에 의한 암반분류법

RQD 범위	100~81	80~61	60~41	40~21	20이하
암반등급	I	II	III	IV	V
암질상태	매우 양호	양호	보통	불량	매우 불량

RMR에 의한 암반분류

RMR에 의한 암반분류법 개요

제 안	• Bieniawski(1976)제안
평 가	• 현장시험이나 시추자료에서 구한 6가지 변수에 점수를 주어 암반을 평가 ① 일축압축강도(15점) ② RQD(20점) ③ 불연속면의 간격(20점) ④ 절리상태(30점) ⑤ 지하수상태(15점) ⑥ 불연속면의 방향
특 징	• 안정성 평가를 위한 공학적 기초정보의 취득이 용이 • 절리군이 작을 때 보수적인 평가 • 많은 적용 사례가 있으며, 비교 검정 및 항목 평가가 비교적 용이 • 터널의 진행방향과 절리방향성을 고려 • 보강방법을 개략적으로 제시 • 지반응력을 고려하지 못함 • 분류요소(6가지)간의 점수가 뚜렷한 경계가 없음

▮ 암반분류 요소와 평점

평 가 항 목			평 점						
1	무결암 (Intact Rock) 강도(MPa)	점하중강도	>10	4~10	2~4	1~2	일축압축강도적용		
		일축압축강도	>250	100~250	50~100	25~50	5~25	1~5	<1
	점 수		15	12	7	4	2	1	0
2	R Q D (%)		90~100	75~90	50~75	25~50	<25		
	점 수		20	17	13	8	3		
3	절 리 간 격		>2m	0.6~2m	0.2~0.6m	60~200mm	<60mm		
	점 수		20	15	10	8	5		
4	불연속면 상 태	굴 곡	매우거침	–	약간거침	부드러움			
		연 속 성	<1m	1~3m	3~10m	10~20m	평활면		
		틈	없 음	<1mm	<1mm	1~5mm	>5mm		
		충진물두께	없 음	단단한충진물 <5mm	>5mm	연한충진물 < 5 mm	>5mm (단층점토 존재)		
		풍화상태	신 선	약간풍화	–	심한 풍화	분 해		
	점 수		30	25	20	10	0		
5	지 하 수	터널길이 10m당 유입량(ℓ /min)	없음	<10	10~25	25~125	>125		
		절리수압 /최대주응력비	0	<0.1	0.1~0.2	0.2~0.5	>0.5		
		일반적인 조건	완전건조	습 함	젖음 (간헐적 용출)	물방울이 떨어짐	용출이 심함		
	점 수		15	10	7	4	0		

▮ 절리방향에 따른 평점 보정점수

절리 주향/경사		아주 유리함	유 리 함	양 호 함	불 리 함	아주 불리함
6	터 널	0	–2	–5	–10	–12
	기 초	0	–2	–7	–15	–25
	사 면	0	–5	–25	–50	–60

▮ RMR의 구분 및 이용방법

- 6개 항목(1~6) 합산 = RMR : 지반등급의 평가
- 5개 항목(1+2+3+4+6)+15점 = RMR89(Dry 상태에서의 RMR) : GSI 추정에 이용
- 1+2+3+4 = RMR' : 변형계수 산정시 김교원(1993) 식에 사용
- 2+3+4+5 = RCR(Rock Condition Rating) : Q-System에서 SRF 1로 둔 Q값과의 상관관계

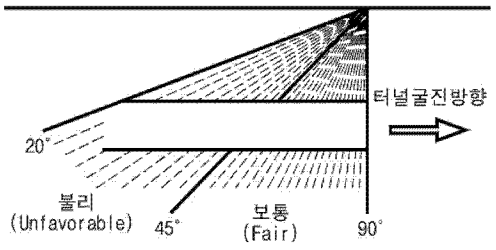
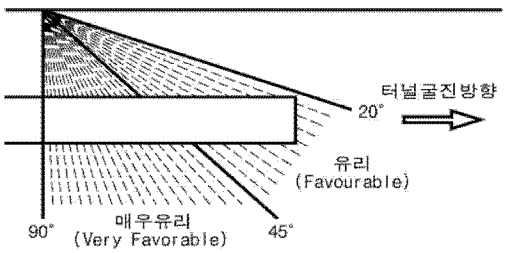
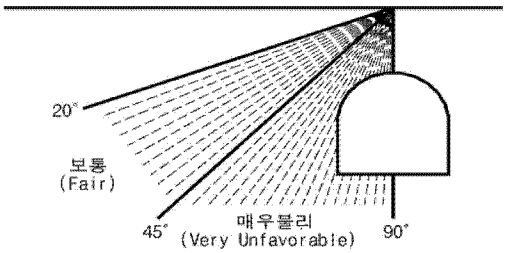
RMR 평점합계에 의한 암반등급의 평가

평점합계	81~100	61~80	41~60	21~40	20 이하
등 급	I	II	III	IV	V
평 가	매우 양호 (Very Good)	양 호 (Good)	보 통 (Fair)	불 량 (Poor)	매우 불량 (Very Poor)

RMR 암반등급의 공학적 의미

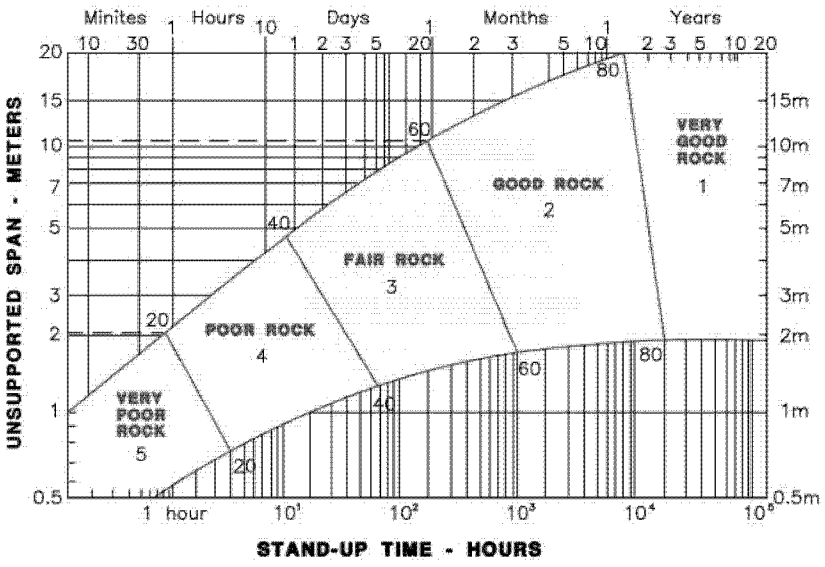
구 분	I 등급	II 등급	III 등급	IV 등급	V 등급
평점합계	81~100	61~80	41~60	21~40	20 이하
평 가	매우 양호 (Very Good)	양 호 (Good)	보 통 (Fair)	불 량 (Poor)	매우 불량 (Very Poor)
점착력(kPa)	400 이상	300~400	200~300	100~200	100 이하
마 찰 각(°)	45 이상	35~45	25~35	15~25	15 이하

불연속면의 방향/경사에 따른 터널평가기준

불연속면 방향	불연속면 경사		평 가	
터널축과 직교	역경사	20~45°	불리 (Unfavorable)	
		45~90°	보통 (Fair)	
	순경사	20~45°	양호 (Favorable)	
		45~90°	매우 양호 (Very Favorable)	
터널축과 평행	20~45°		보통 (Fair)	
	45~90°		매우 불리 (Very Unfavorable)	
터널축과 무관	0~20°		보통 (Fair)	

■ 암반 등급별 무지보폭과 최대 안정폭의 상관관계(Bieniawski, 1976)

등 급	I	II	III	IV	V
평균 무지보 자립시간	15m 경간으로 20년	10m 경간으로 1년	5m 경간으로 1주일	2.5m 경간으로 10시간	1.0m 경간으로 30일



○ Q-system에 의한 암반분류

■ Q-Sysyem의 개요

개 요	• 1974년 NGI의 Barton등에 의해 제안 • 200여개의 기 시공된 터널의 보강실적을 통계하여 암반상태와 보강량의 관계 분석 • 1993년 지보패턴을 기존 38개 항에서 강섬유보강 숏크리트를 사용하는 9개항 수정 (Grimstad and Barton)
평 가	• Q 값은 최소 0.001(극히 불량)에서 1,000(극히 양호, 절리가 거의 없음)의 범위
산 정 법	• $Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$ RQD : 10cm 이상 코어의 백분율, J_n : 절리군 수 ⇒ RQD/J_n : 암괴크기의 척도 J_r : 절리면 거칠기, J_a : 절리면 변질정도 ⇒ J_r/J_a : 암괴사이의 마찰각 척도 J_w : 절리내 지하수 저감계수, SRF : 응력 저감계수 ⇒ J_w/SRF : 작용응력 척도
특 징	• 암반의 전단강도에 주안점을 둔 암반분류로 지중응력(심도)을 고려 • 터널의 방향과 절리방향과의 관계는 영향이 적다고 판단 • 터널의 지하공동의 크기 및 형태에 구애받지 않고 적용 • 압출(Squeezing)이나 팽창(Swelling)성 암반에도 적용 • 터널 갱구부 또는 터널 사이의 접속부에 대한 암반평가 및 지보량 산정 기준 제시 • 터널의 전단(Arch)부와 벽면(Wall)부를 구분하여 지보량 산정 • 변수들을 막장에서 비교적 정확히 구별할 수 있음 • 조사자의 정밀성과 숙련성(지질공학적/암반공학적 경험)이 요구

▌Q-System의 변수 및 평점 기준

A. RQD (암질지수)	
매우 불량	0~25%
불 량	25~50%
보 통	50~75%
양 호	75~90%
매우 양호	90~100%

Notes :
① RQD의 값이 10이하 일 때에는 10으로 하여 계산
② RQD의 값은 100, 95, 90등과 같이 5의 간격 값을 사용

B. J_n (절리군의 수)	
괴상으로 절리가 없거나 약간의 절리	J_n = 0.5~1
1방향의 절리군	2
1방향의 절리군과 산발적인 절리	3
2방향의 절리군	4
2방향의 절리군과 산발적인 절리	6
3방향의 절리군	9
3방향의 절리군과 산발적인 절리	12
4개 혹은 그 이상의 절리군, 심하게 절리가 발달된 상태	15
토사 상태로 파손된 암반	20

Notes : ① 갱도교차부 → 3.0×J_n, ② 갱구 → 2.0×J_n

C. J_r (절리 거칠기 계수)

a) 절리면이 접촉하고 있는 상태
b) 전단변위가 10cm이하에서 절리면접촉

불연속성 절리	J_r = 4
거칠거나, 불규칙하고 파동형	3
완만하고 파동형	2
매끄럽고 파동형	1.5
거칠고 불규칙적이며 평탄함	1.5
완만하고 평탄함	1.0
매끄럽고 평탄함	0.5

Notes :
① 작은 규모와 중간규모의 순으로 기술

c) 전단시 절리면의 접촉이 생기지 않는 경우

절리면 접촉을 막을 정도의 두께로 절리에 점토광물이 포함되어 있을 경우	1.0
절리면의 접촉을 막을 정도로 모래, 자갈 또는 파쇄대가 존재할 경우	1.0

Notes :
① 절리군의 평균간격이 3m이상이면 1.0 가산
② 선상구조(Lineation)가 최소 강도방향으로 배열하고 있거나 선상구조를 갖는 평탄하고 미끄러운 절리에 대해서는 J_r = 0.5

D. J_a (절리 변질 계수)

	절리면의 특성		조 건	접촉 절리
절리면이 접촉된 경우	깨끗한 절리	밀착 혹은 접합 절리	석영, Epidote 등의 충진	J_a = 0.75
		신선한 절리면	피복이나 충진이 없으며 얼룩이나 녹이 존재	1
		약간 변질된 절리면	비연화 광물이나 점토가 포함안된 입자 피복	2
	피복 혹은 얇은 두께로 충진된 절리	마찰력이 있는 충진물	모래, 실트질 방해석(비연화)	3
		점착력이 있는 충진물	점토, 녹니석, 활석 등	4

	충진물의 종류	충 진 물	약간의 접촉 5mm이하 충진	접촉 없음 5mm이상 충진
절리면 접촉이 약간 혹은 거의 안된 경우	마찰력이 있는 충진물	모래, 실트질 방해석 등(비연화)	J_a = 4	8
	강한 점착력의 충진물	점토, 녹니석, 활석등이 치밀한 충진	6	5~10
	약한 점착력의 충진물	점토/녹니석/활석등이 중간~낮은 정도의 치밀성을 보임	8	12
	팽창성 점토 물질	팽창 물성을 나타내는 광물의 충진	8~12	13~20

E. J_w (절리 사이의 물에 의한 감소계수)		
건조상태로 굴착 또는 소량의 용수 국부적으로 5L/min미만	수압P_w < 0.1MPa	J_w = 1.0
적당한 양의 용수와 수압, 가끔 절리 충전물이 유출	1.0~2.5	0.66
충전물 없는 절리를 갖는 암반내에서 다량의 용수와 높은 수압을 가짐	2.5~10.0	0.5
다량의 용수와 높은 수압 충전물의 상당량이 유출		0.3
발파시 다량의 용수 또는 높은 수압, 시간에 따라 감소	>10.0	0.2~0.1
다량의 용수 또는 높은 수압, 시간에 따라 용수량과 수압이 감소하지 않음		0.1~0.05

Notes : ① 마지막 4개는 개략치임, 배수시설을 설치한 경우 J_w값을 증가시킴
② 동결로 인한 특수 문제는 고려되지 않았음

F. SRF (응력저감계수)		
연약대 터널을 교차할 경 우	점토나 화학분해된 암석을 포함하는 연약층 다수존재, 주변암반이 매우 이완됨 (굴착심도와 무관)	SRF = 10
	점토나 화학적으로 풍화된 암석을 포함하는 연약층이 단 1개 일때(굴착심도 50m미만)	5
	점토나 화학적으로 풍화된 암석을 포함하는 연약층이 단 1개 일때(굴착심도 50m이상)	2.5
	견고한 암반에 다수의 전단대(점토 없음), 주변 암반 이완됨(굴착심도와 관계없음)	7.5
	견고한 암반내에 전단대가 1개일 때(점토 없음, 굴착심도 50m미만)	5
	견고한 암반내에 전단대가 1개일 때(점토 없음, 굴착심도 50m이상)	2.5
	이완되고 열린 절리, 절리가 심하게 발달됨(심도와 관계없음)	5

Notes : ① 문제되는 전단대가 터널과 교차하지 않고 영향만을 미치는 경우 SRF를 25~50% 감소

		σ_c/σ_1	σ_θ/σ_1	SRF
견고한 암반의 응력이 문제가 되 는 경 우	지표 부근, 낮은 응력, 절리가 열려 있음	>200	<0.01	2.5
	중간 응력, 적당한 응력 조건	200~10	0.01~0.3	1
	높은 응력에서 대단히 견고한 구조(벽면 제외하고 안정에 유리)	10~5	0.3~0.5	0.5~2
	괴상암반에서 1시간 후에 약간의 Slabbing 발생	5~3	0.5~0.65	5~50
	괴상암반에서 몇 분후에 Slabbing과 암파열(Rock Burst) 발생	3~2	0.65~1	50~200
	괴상암반에서 격렬한 암파열(Rock Burst)과 급격한 변위 발생	<2	>1	200~400

Notes : ② 이방성이 심한 초기응력 조건 : $5 \le \sigma_1/\sigma_3 \le 10$일 때는 σ_c를 $0.75\sigma_c$로, $\sigma_2/\sigma_3 > 10$일 때는 σ_c를 $0.6\sigma_c$로 감소
③ 지표에서 터널천단부까지의 심도가 터널폭보다 적을 때는 SRF 2.5에서 5까지 증가

제 2 장 현장조사 및 시험

2.1 지표지질조사 및 선구조분석

2.1.1 지표지질조사

기본방향

- 사업구간 전반에 걸친 암상분포, 습곡 및 단층위치 파악
- 전 구간에 대한 지질구조를 파악하여 터널 및 교량구간에 존재하는 단층의 영향, 비탈면에 대한 안정평가, 터널내 보강구간 설정 및 암질분류를 목적으로 수행

◎ 절리방향(Orientation)

- 절리의 방향(Orientation)은 절리의 주향과 경사로 정의되는데, 클리노콤파스(Clinocompass)를 사용하여 절리계를 이루고 있는 절리 중에서 주요 암괴의 안정에 영향을 미치는 절리들에 대하여 측정

구 분	기 호	설 명
주향 / 경사	45	45° 경사와 선방향의 주향을 가진 불연속면
		선방향의 주향을 가진 수직 불연속면
불연속면의 종류		절리(Joint)
		층리(Bedding)
		엽리(Foliation)
		연속적인 불연속면 중 실제 확인된 단층
		연속성이 보이지 않는 불연속면 중 추정 단층

◎ 절리의 간격(Spacing)

- 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, 최대 간격(S_{min}, S_{ave}, S_{max})은 각각의 절리군에 대해서 기록

표 시 방 법	간 격
극히 조밀(Extremely Close Spacing)	<20mm
매우 조밀(Very Close Spacing)	20~60mm
조밀(Close Spacing)	60~200mm
보통(Moderate Spacing)	200~600mm
넓음(Wide Spacing)	600~2,000mm
매우 넓음(Very Wide Spacing)	2,000~6,000mm
극히 매우 넓음(Extremely Wide Spacing)	>6,000mm

절리의 연속성(Persistence)

- 절취면에서의 절리의 크기 또는 절리가 연장되는 정도
- 암반 비탈면의 안정성 검토시에는 불안정한 것으로 고려되는 절리의 연속성 정도를 추정하는 것이 매우 중요함

절리연속성의 표현(ISRM)		연속성
매우 낮음	Very Low	<1m
낮 음	Low	1~3m
보 통	Medium	3~10m
높 음	High	10~20m
매우 높음	Very High	>20m

절리면 거칠기(Roughness)

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

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

절리면 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

간 극	암반의 성질	
<0.1mm 0.1~0.25mm 0.25~0.5mm	매우 촘촘함(Very Tight) 촘촘함(Tight) 부분적 벌어짐(Party Open)	폐쇄형 (Closed Features)
0.5~2.5mm 2.5~10mm >10mm	벌어짐(Open) 약간넓음(Moderately Wide) 넓음(Wide)	간극형 (Gaped Features)
1~10cm 10~100cm >1m	매우넓음(Very Wide) 극히넓음(Extremely Wide) 동굴같음(Cavernous)	개방형 (Open Features)

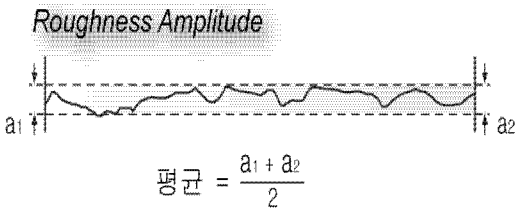
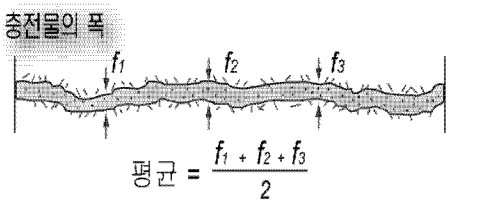
암석강도(Strength)

• 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

등 급	표 현	특 징	일축압축강도(MPa)
R0	Extremely Weak	손톱에 의해 파임	2.5~10
R1	Very Weak	해머 타격에 의해 부스러짐	10~50
R2	Weak	해머 타격에 의해 움푹 파임	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

충전물질(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

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

○ 절리면의 투수(Seepage)

- 암반의 투수는 암석내의 공극을 통하여 이루어질 수 있으나(1차 투수율), 주로 절리를 통해서 이루어짐(2차 투수율)
- 지하수위, 투수통로, 수압등은 암반의 유효응력을 낮추는 원인으로 비탈면이나 지반의 안정성을 감소시킬 수 있음

▮ 불연속면에서의 투수(Seepage for Discontinuities)

A. 개방된 불연속면	
등 급	내 용
1	불연속면은 매우 Tight하고 건조, 유수의 흔적 없음
2	불연속면은 유수 흔적 없고 건조함
3	불연속면은 건조하나 유수흔적 있음 (착색되어 있음)
4	습기참(습윤), 자유수 흔적 없음
5	불연속면 사이에서 물이 나오지만 지속적이지는 않음
6	불연속면에서 지속적인 물의 흐름을 보여줌

B. 충전된 불연속면	
등 급	내 용
1	충전물은 매우 압밀, 건조, 유수 흔적 없음
2	충전물은 습윤(Damp)하며 자유스러운 유수 흔적 없음
3	충전물은 축축함(Wet). 가끔 물방울이 떨어짐
4	충전물이 밀려 나간 흔적을 보이며, 지속적인 물의 흐름이 있음
5	충전물이 국부적으로 씻겨나감. 밀려나간 곳에서 유수 관찰
6	특히 처음 노출된 곳에서 매우 높은 수압으로 충전물이 완전히 씻겨나감

○ 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

등 급	방 법
I	괴상, 가끔 불규칙한 절리들
II	한 개 군의 절리
III	한 개 군의 절리 + 불규칙한 절리
IV	두 개 군의 절리
V	두 개 군의 절리 + 불규칙한 절리
VI	세 개 군의 절리
VII	세 개 군의 절리 + 불규칙한 절리
VIII	세 개 이상의 절리
IX	파쇄된 암석, 토사 같은 암석

○ 암괴의 크기

- 상호 교차하는 절리들의 상호 방향과 각 절리의 발달간격에 의하여 암괴의 크기가 결정됨
- 암괴의 크기와 각 암괴간의 전단강도는 임의의 응력하에서 암반의 공학적인 거동을 결정하므로 암괴의 크기는 암반의 거동에 관한 지표를 제시함
- 큰 암괴로 이루어진 암반은 적은 변형을 가지는 경향이 있고 비탈면 안정 해석 시에는 작은 암괴로 이루어진 암반은 토사와 같은 파괴형태를 보임, 또한 암석채굴이나 발파시에 암괴의 크기가 공사능률에 영향을 미침

▮ 암괴의 표현방법

정 의	J_v(절리수/m^2)
매우 큰 암괴(Very Large Blocks)	<1.0
큰 암괴(Large Blocks)	1~3
중간 크기의 암괴(Medium-sized Blocks)	3~10
작은 암괴(Small Blocks)	10~30
매우 작은 암괴(Very Small Blocks)	>30

▮ 암반의 표현방법

정 의	J_v(절리수/m^2)
괴 상 형 (Massive)	• 몇 개의 절리가 있거나 간격이 넓은 형태
암 괴 형 (Blocky)	• 거의 같은 크기를 갖는 형태
판 형 (Tabular)	• 한 면의 크기가 다른 두 면보다 훨씬 적은 형태
주 상 형 (Columnar)	• 한 면의 크기가 다른 두 면보다 훨씬 큰 형태
불규칙형 (Irregular)	• 암괴의 크기와 모양이 다양한 형태
파 쇄 형 (Crushed)	• 심하게 절리가 존재하여 각설탕 형태

○ 불연속면 조사 및 분석방법

▮ 조사선을 이용한 조사방법(Scanline Survey Method)

장 비	• Schmidt Hammer : 1조 • Clinocompass : 1조 • Profile Gauge : 1조 • 줄자 및 철자 : 각 1조(각 50m, 10m) • 사진기 : 1조 • 기 타 : Check List, 분필, 테이프(암표면 부착), 지질 해머, 안전장비
장소선정	• 불연속면 보다 간격과 연장이 크고, 거의 평면의 암면에 대해 수행 • 조사 대상 암면은 150~350개의 불연속면을 가지고 있어야 하며, 이 중 50%가 최소한 한쪽 끝의 연장이 인지될 수 있어야 함 • 조사대상 비탈면이 그 지역의 불연속면을 대표하는지를 판단

(계속)

조 사 선 설 정	• 조사선은 20~30m 길이로 줄자 측정 • 조사선은 암면의 주향과 최대 경사의 선을 따라서 암면에 부착되며, 이후의 또 다른 스캔라인은 처음에 직각으로 샘플링 편차를 최소화 할 수 있게 설치 • 불규칙한 암표면일 경우 스캔라인을 암면에 부착시킴 • 20° 이상의 오차가 불규칙한 암면으로 인해 생길 경우에는 스캔라인을 분리하여 측정
방 향 성 측정방법	• 불연속면 노출이 불량 할 때는 이와 유사한 스캔라인에서 떨어져 있는 불연속면을 측정 • 방향 측정의 오차는 주향 ±10°, 경사 ±5° 정도가 됨(Ewan & West, 1981) • 스캔라인과 평행한 불연속면은 인지나 측정이 힘드므로 자료수가 작아지며 이를 나중에 보정 (Terzaghi Correction실시)
불연속면 측정방법	• 불연속면의 연장은 조사 목적에 따라 달리 측정하며 대개 Semi-Trace Length를 기록함 • 심하게 파쇄된 하나의 Zone으로 구성된 불명확한 불연속면에 대해서는 세부적인 측정보다 성격에 대한 기술이 중요 • 간격이 1cm보다 작은 거의 평행한 불연속면(층리, 엽리, 벽개등)은 대표적인 측정치 하나만을 측정하고 0.1m 거리에 발생하는 숫자를 기록함 • 주요 Set에 대해서 슈미트 해머를 이용한 절리면 압축강도(JCS) 측정 • Profile Gauge를 이용한 절리면 거칠기 계수(JRC) 측정 • 절리 충전물, 틈새, 불연속면의 특성(전단절리, 인장절리, 단층 파쇄대)을 측정
T-index 설 정	• Termination Index는 ISRM에서 제시된 것으로 불연속면에 대한 스캔라인 조사에서 불연속면의 3가지 종결 형태를 통해 암의 지수를 결정하는 것을 말함 I : Intact Rock(불연속면이 신선암에서 끝날 경우) A : Another(불연속면이 다른 불연속면과 만나서 끝남) O : Obscure(종결이 불명확) • Termination index 계산 $Ti = \frac{100N_i}{N_i + N_a + N_o}$ % • Termination index의 의미 : Ti 값이 큰 경우는 Ti 값이 작은 경우보다 더 큰 강성과 강도를 가지며 낮은 투수성을 가짐

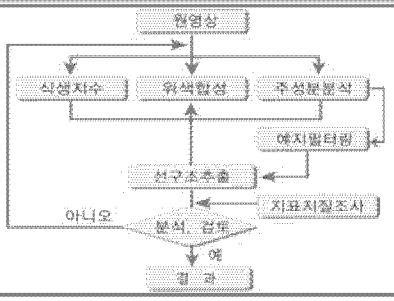
2.1.2 인공위성영상 분석

기본방향	• 인공위성 영상분석을 통하여 사업지역의 지형 및 지질현황과 주요 선구조, 지표이상대 등을 파악하여 최적의 노선 선정과 효율적인 조사계획 수립을 위한 기초 자료로 활용 • 인공위성 영상자료로부터 지질선구조를 추적하고 노선을 교차하는 연약대 파악 • 단층, 분포암종 분석 등 결과를 지반조사 방향 설정의 기초자료 반영

분석개요

구 분	내 용
위성영상 제 원	• Landsat TM(Thematic Mapper)에 의해 관측된 영상 사용 • 공간해상도 30m, 분광해상도 7 밴드
영상처리 방 법	• 사업구간을 포함하는 광역적인 지역의 위성영상자료와 이를 필터링 기법으로 구분한 영상을 제작하여 선구조의 규모에 따른 영향성을 파악함 • 영상처리소프트웨어는 PC Windows용 ER Mapper 사용함
선 구 조 분 석	• 위성영상은 가시광선 영역과 유사한 3, 2, 1 분광밴드를 RGB밴드에 각각 할당하여 자연색 영상을 광역 위성영상 및 상세 위성영상으로 제작하여 선구조 분석을 수행

위성영상 분석원리 및 방법

분석원리 및 방법	분석 흐름도
• 단층 등의 지질구조는 계곡, 절벽 등의 지형적 특징을 가지므로 위성영상 및 음영기복도 상의 지형적 특성을 분석하여 구조선의 분포를 파악하며 이후 지질조사 결과와 상호 보완을 통해 최종 결과를 도출 • 광역적인 지역에 대한 초기 개략탐사의 기본이 되는 탐사방법으로 인공위성으로부터 얻어진 주파수 대역별 Image로 부터 지표나 수역에 대한 정보를 분석하는 방법	

Landsat TM 분석기법 종류

기 법	분 석 방 법
위성영상합성법 (False Color Composition)	가시광선영역 3,2,1, 적외선영역 7,5,3 밴드조합
밴드비율 (Band Ratio)	지표물질의 특성분석을 위하여 B7/B1, B5/B2, B4/B3 밴드 비율 조합
식생지수 (NDVI)	식생에 의한 반사도 값으로서 식생분포 및 활성도와 지질분포와의 상관성 분석
주성분분석 (Principal Compositon Analysis)	밴드 6을 제외한 밴드 조합
공간강조 (Spatial Enhancement)	이미지의 화소값을 조정하여 분석

결과활용	• 정밀 지표지질조사 기초 자료로 활용 • 사업노선 내에 발달된 단층대나 추정 파쇄대의 분포 위치를 확인하여 시추, 물리탐사 위치선정 및 상세 지표지질조사(절리분포) 계획 수립

2.1.3 음영기복도(DEM) 분석

기본방향	• 위성영상 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 가능하지만 광선방향과 지표물질에 의한 영향으로 선구조 판독 시 불리한 경우가 있음 • 수치표고자료(Digital Elevation Model)의 음영효과를 이용, 입체분석 시행

음영기복도(DEM)의 정의

• GIS 시스템 구축을 위해 사용되는 자료 중 3차원 좌표에 의하여 지형의 상태를 나타낸 자료를 통칭하여 수치표고자료(Digital Elevation Model)이라 하고, 그 중에서 수치로 지형을 표현한 자료를 수치지형 모델(Digital Terrain Model)이라 함

수치표고자료의 저장방식

• 수치표고자료가 만들어지고 저장되는 방식은 일정크기의 격자로서 저장되는 격자(Grid) 방식 높이가 같은 지점을 연속적으로 연결하여 만든 등고선에 의한 방식, 단층에 의한 프로파일(Profile) 방식, 그리고 불규칙한 삼각형에 의한 방식(TIN, Triangular Irregular Network)등이 있음

수치지형모델의 구분

구 분	내 용
DEM	• 가상의 태양고도 및 방위각에 대하여 DEM 자료의 각 격자점에서 지표면의 방위각 및 경사방위각에 상응하는 밝기 값을 구하여 이를 Grey Level로 변환시키는 기법 • 관찰자의 위치에 따른 지형지세의 표현이 자유로워짐에 따라 지형지세 판독의 정확도 및 객관성을 향상시킬 수 있음
Directional Derivatives	• 수학적인 미분함수를 사용하여 처리함으로써 경사도에 따른 변곡점을 찾는 기법으로 경사의 변화가 이루어지는 주된 변곡점인 지형의 정상점 및 계곡부위를 나타낼 수 있음 • 이러한 곳들의 긴 연장성을 가진 부분들이 선구조의 형태로써 나타남
Terrain Modeling	• 지형의 경사의 방향에 따라 선구조 형태가 나타나는 특징이 있음 • 방향성을 가진 경사들을 하나의 선구조 형태로 나타냄
Differential and Integral Operators	• 지형의 경사의 방향에 따라 선구조 형태가 나타나는 특징이 있음 • 동일한 방향성을 가진 경사들을 하나의 선구조 형태로 나타냄
Sobel Filtering	• Mask Window 영역에서 양 끝단에 속한 화소들 사이의 합의 차이를 구한 후, 이를 수평과 수직방향에 대하여 평균 크기를 구함으로써 경계부위를 강조하는 역할을 함 • 동일한 방향성을 가진 경사들을 하나의 선구조 형태로 나타냄

적용범위

구 분	내 용
적 용 범 위	• 전체노선 및 노선 영향 구간의 선구조 분석

결과활용	• 구조물 위치 선정 등에 활용 • 선구조 분석 및 노선 선정의 기초 자료

2.2 물리탐사

2.2.1 탄성파탐사

기본방향

- 탄성파속도 분포로부터 개략적인 지층의 연속적인 분포상태와 파쇄대와 같은 저속도 이상대 유무 파악
- 지표지질조사 및 시추조사 결과와 연계하여 미시추구간의 지층 경계 추정

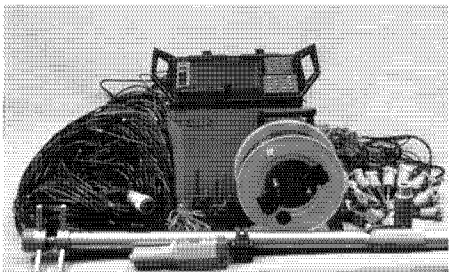
탐사원리 및 방법

- 지표에서 인공적으로 발생된 탄성파 신호를 지표의 측선상에 등간격으로 설치한 지오폰을 이용하여 수진
- 각 수진점에 도달하는 직접파와 선두파의 초동주시를 읽어 주시곡선을 작성
- 주시곡선 상에 나타나는 각 직선들의 기울기로부터 지층의 속도를 결정하여 각 지층경계면까지 깊이를 계산

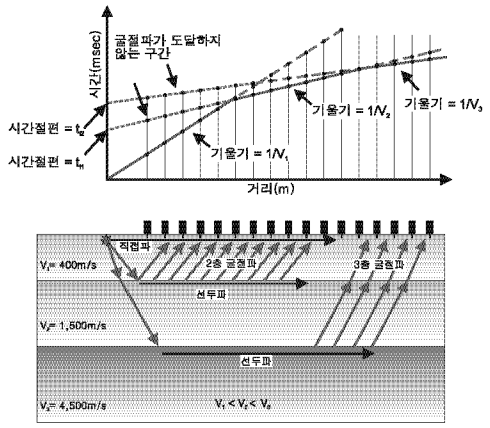
탐 사 방 법

- 탄성파의 발생원으로는 발파 또는 Sludge Hammer를 지표에 고정된 플레이트에 수직 가격하여 종파를 발생시키며, 양단 원/근거리 발파와 중앙발파를 수행
- 탐사목적과 가탐심도에 따라 Geophone 간격을 배열한 후 구간분할 및 중복측정
- 기록된 자료를 자료변환, 트레이스 정리, 필터링등의 전처리 과정을 수행한 후, 초동주시를 취합하여 역산과정을 거쳐 속도분포 및 속도 토모그램 작성

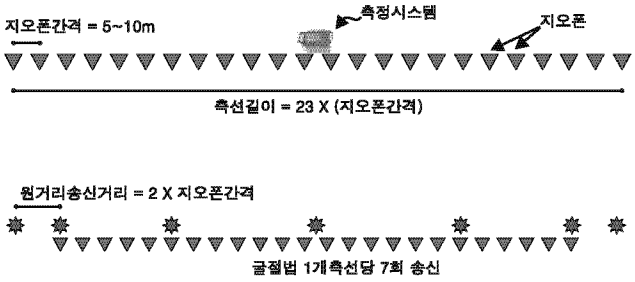
탄성파 탐사장비



주시곡선 개념도



탄성파탐사 모식도



적용현황

구 분	터널구간	교량구간	깎기구간	쌓기구간
수 량(Km)	0.82	-	4.30	-

결과활용

- 직접적인 지층 구조를 파악하기 위하여 수행하며, 시추조사 위치 선정에 활용
- 전기비저항탐사, 시추성과 및 시료분석등과 병행하여 단층대 및 지질 이상대의 위치규명에 활용
- 탐사구간의 탄성파속도 분포로부터 터널 입·출구부, 비탈면구간의 지층분포 규명 및 터널구간 암반등급 결정에 활용

2.2.2 전기비저항탐사

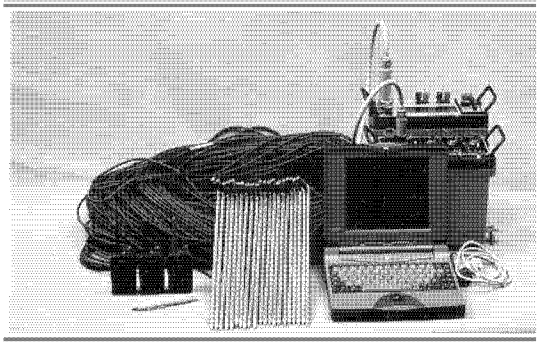
기본방향	• 모델링된 단면을 통해 단층 또는 지질구조대로 파악되는 저비저항 이상대 확인 및 개략적인 지층 현황 파악 자료로 활용 • 터널 예정구간의 단층, 파쇄대 및 각종 연약대 분포 양상 파악 • 시추위치 선정 및 미시추구간의 지층 구조 파악

탐사원리 및 방법

- 암석의 전기비저항은 공극율(Porosity), 공극수의 성질, 유체포화도, 조암광물의 종류, 점토광물의 존재여부 및 단층, 파쇄대 등의 요인에 의해서 변화
- 지하매질의 전기비저항 차이에 의한 전위차를 측정하여 지층의 구조, 암석의 분포 상태 등을 규명
- 이상대에 의한 등전위선의 왜곡을 측정하여 지하구조를 해석

장 비 제 원			
구 성	장비명	제작국	제작사
본 체	Terameter SAS1000	스웨덴	ABEM
스위치박스	ES464(41ch)	스웨덴	ABEM
기 타	케이블 및 전극	스웨덴	ABEM
해석 S/W	Dipro	한국	지질자원연구원

전기비저항 탐사장비



탐 사 방 법

- 한 쌍의 전류전극(Current Electrode)을 통하여, 직류 전류를 지하에 흘려보내 다른 한 쌍의 전위전극(Potential Electrode)에서 전위차를 측정하여 지하지질구조, 단층, 파쇄대, 지하수 등의 분포를 확인하는 물리탐사법
- 전기비저항 탐사는 전극 배열 방법에 따라 웨너 배열, 슐럼버져 배열, 쌍극자 배열, 단극자 배열 등을 이용한 탐사방법으로 구분됨
- 본 탐사에서는 단위전극간격을 10m, 쌍극자 배열법을 이용하여 탐사 실시

적용현황

구 분	금촌터널	
	서울방향	문산방향
수 량(m)	450	450

결과활용	• 이상구조대, 연약대, 파쇄대 위치 및 분포 양상을 파악하여 구조물에 대한 영향 검토를 위한 추가정밀조사의 기초 자료로 활용 • 지층별 전기비저항치와 시추조사로부터 산정된 RMR값, Q값 등과 상관관계 분석을 통해 미시추구간에 대하여 전기비저항값에 의한 암반등급을 평가 • 기타 조사결과와 비교·분석하여 암반등급 결정 및 터널 지보패턴 결정에 활용

2.2.3 GPR탐사

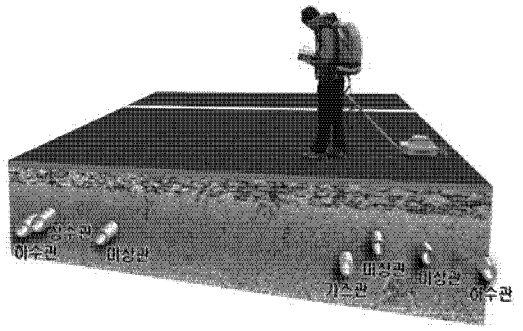
기본방향	• 지하매설물 현황을 파악하기 위하여 GPR탐사 수행 • 지하매설물의 심도와 위치를 파악하여 시공시 기초자료로 활용

탐사원리 및 방법

• GPR 탐사법은 안테나로부터 전자파를 짧은 폭의 펄스형태로 지하에 전파시킨 후 전파 경로 중 물리적 성질이 다른 매질의 경계에서 반사되는 전자파를 수신·분석하여 지하의 정보를 얻는 물리탐사법의 한 방법
• 전자파가 지하 매질을 전파해 나갈 때 이질의 매질층 또는 이상매체를 이루는 재료 고유의 유전특성에 따라 변화하는 점을 이용하여 각 이질층의 두께 및 위치를 파악

장 비 제 원	
구 분	사용 장비
현장조사	ProEX(Professional Explorer Control Unit)
	XV Monitor(GPR 전용 모니터)
	Shielded electronics
실내분석	Ground Vision Ver. 1.4.1
	RadExplorer Ver. 1.0.0.1

GPR탐사 모식도



탐 사 방 법

• 일반적으로 지반조사시 실시하는 비파괴 탐사는 지반의 함수비, 매질의 건조 여부, 다짐도, 종류 등에 의해 유전상수가 달라지게 되며 또한 전자파의 전파 능력은 고주파일수록 멀리 도달하지 못하나 해상도가 커지므로 일반적으로 해상도가 중요시 될 경우는 가능한 고주파를 이용하여 자료를 획득
• 해상력보다는 멀리 도달하는 것이 중요할 경우가 있는 경우에는 저주파를 이용하여 탐사를 실시
• 당 현장에서는 250MHz안테나를 사용하여 탐사를 실시, 250MHz안테나는 토양에서 약 3m, 암반에서 약 5m 심도까지 레이다파가 전달되나 현장 여건에 따라 감쇠현상으로 인하여 실제 투과심도는 많이 감소
• 당 현장에서 실제 투과심도는 최대 3.0~4.0m까지 측정된 것으로 판단
• 전파속도는 각 매질에 따라 다르나 당 현장은 대부분 아스팔트 포장도로와 비포장 토양 구간이므로 일반적인 평균 전파속도인 110mm/ns의 속도 값을 적용
• GPR 탐사시 사용된 안테나 주파수는 해상도(Resolution)에 비례하고 침투심도(Penetrating Depth)에는 반비례

적용현황

구분	덕은교 인근		
	LINE-4	LINE-5	LINE-6
측선연장(m)	30.0	20.0	30.0

결과활용	• 사업구간 내 1개소를 선정하여 탐사(3개 측선)하였으며, 시공시 굴착에 의한 안전사고(지장물 파손) 예방 대책 수립의 기초 자료로 활용

2.3 현장조사

2.3.1 시추조사

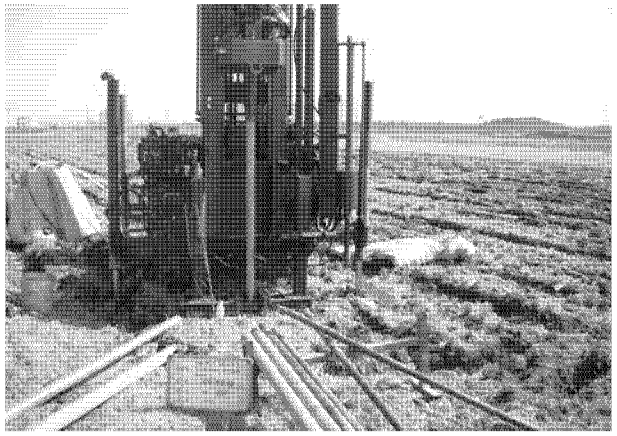
기본방향	• 지반의 성상을 조사하고 시료의 채취 및 각종 원위치 공내시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료 제공 –지반의 수직적 분포상태, 파쇄대 및 단층대 확인, 지반 공학적 특성 파악 및 시료 채취 –암질상태, 균열상태, 파쇄구간의 분포 및 암석의 강도정수를 구할 수 있는 시료 확보

○ 방법

- 시추작업과 병행하여 지층의 상대밀도와 구성성분을 파악하기 위하여 표준관입시험 병행 실시
- 코어회수율을 높여 정확한 암질상태를 파악하기 위하여 D-3 Core Barrel 및 Diamond Bit 사용
- 채취된 암석 Core는 육안관찰에 의하여 암석 내에 분포된 절리와 절리면의 충전물 등을 파악하고, 절리의 분포상태, TCR, RQD 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 조사하여 시추주상도에 기재
- 지하수위의 측정은 지하수체(Ground Water Body) 상면의 위치 또는 시추공에 나타나는 정수면의 위치를 지표면과 일정한 기준면으로부터의 수직거리로 구함(시추종료 24시간 경과 후)

시 추 작 업 전 경 (BH-30)

시 추 작 업 전 경 (BH-234)



○ 적용현황

- 터널구간은 설계에 필요한 지반상태 파악을 위해 계획고하 0.5D까지 시추
- 교량구간은 기초의 침하에 영향을 주지 않는 심도인 풍화암 7.0m, 연암 3.0m, 경암 1.0m 이상 시추
- 깎기구간은 계획고하 2.0m 까지 시추
- 쌓기구간은 침하에 영향을 주지 않는 30/30이상 3회 또는 풍화암 3.0m 시추

결과활용	• 지층상태 및 지지층 확인, 암반분류, 현장시험 및 채취된 시료를 이용하여 실내 토질 및 암석시험 실시 • 주상도 작성으로 암반분류 및 지보패턴 설계에 활용 • 단면도 작성으로 비탈면 설계에 활용

2.3.2 시험굴조사 및 현장밀도시험

시험굴조사

기본방향

- 비탈면 및 터널 입·출구부의 지층 구성 상태 파악, 쌓기재료의 다짐특성 파악
- 노반재료로서 적합성 여부 판단 및 토공량 산출을 위한 토량 환산계수 산정

시험 방법	시험전경(원지반 상태)
• 시험전 표준사 단위중량을 측정 • 시험장소의 지표면을 정리 후 준비된 굴착도구로 흙을 채취 후 '시험기+모래' 무게를 측정, 시험기를 밑판 위에 밀착시킨 후 밸브를 열어 모래를 자유낙하 시킴 • 모래의 흐름이 멈추면 밸브를 닫고 시험기를 들어내고, 밑판 위의 모래를 쓸어모아 시험기에 담음 • 채취된 습윤토 무게와 '시험기+남은 모래' 무게 측정 • 급속 건조기로 파낸 흙의 함수비를 측정	

결과활용

- 현장조사 및 실내시험에 의한 토사층의 품질, 다짐특성, 노상지지력비 산정
- 쌓기재료로서의 적합성 판정 및 경제성을 고려한 쌓기재 및 노반재료로서의 유용가능성 파악
- 자연상태의 현장단위중량을 구하여 비탈면 해석시 적용

현장밀도시험

기본방향

- 토사층을 대상으로 자연상태 및 흐트러진 상태의 단위중량 측정
- 한국공업규격에 의거 현장밀도시험(KS F 2311) 실시

시험 방법(모래치환법)

- 시험 장소의 지표면을 수평으로 고름
- 지표면에 밑판을 밀착 후 내측의 흙을 팜
- 파낸 흙의 전체중량을 측정함
- 밑판구멍에 깔때기를 맞추어 측정기를 세움
- 밸브를 열고 병 속의 표준사 이동이 멎는 것을 확인한 후 밸브를 잠금
- 측정기와 남은 모래의 중량을 재고 시험 구멍 및 깔때기를 채우는데 필요한 모래의 중량을 구함
- 깔대기를 채우는 데 필요한 모래의 중량을 구하고 시험 구멍의 체적을 구함

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	깎 기 구 간	쌓 기 구 간	합계
수 량(회)	–	–	3	–	3

결과활용

- 다짐특성 파악을 통한 시공단계에서 흙쌓기 다짐관리
- 풍화대의 단위중량 파악
- 토량 환산계수 산정

2.3.3 핸드오거보링

기본방향

- 쌓기구간에서 상부지층의 지반구성 상태 확인
- 연약지반의 존재 유·무를 확인하기 위하여 실시

- 상부 표토층을 인력굴착으로 30~50cm를 걷어냄
- 핸드오거기를 시계방향으로 회전하며 굴진
- 지층의 변화를 파악하여 각 지층별로 교란된 시료를 채취
- 굴진 완료 후 토층의 변화 및 지층의 상태를 상세하게 주상도로 작성

핸드오거보링전경(NHAB-1)

핸드오거보링전경(NHAB-2)

◎ 적용현황

구 분	위 치		비 고
	X 좌표	Y 좌표	
NHAB-1	557465.8659	187455.7190	1공구
NHAB-2	564461.7753	186978.0674	3공구
NHAB-3	567043.7814	182855.8150	
NHAB-4	571482.8668	181911.2462	
NHAB-5	577905.3354	181233.6469	4공구
NHAB-6	580982.1592	181023.5020	
NHAB-7	583175.4675	179365.0364	

결과활용

- 연약지반의 존재 유·무 파악 및 개략적인 상부 토층 파악
- 추가 시추조사의 필요성 판단

2.4 현장시험

2.4.1 표준관입시험

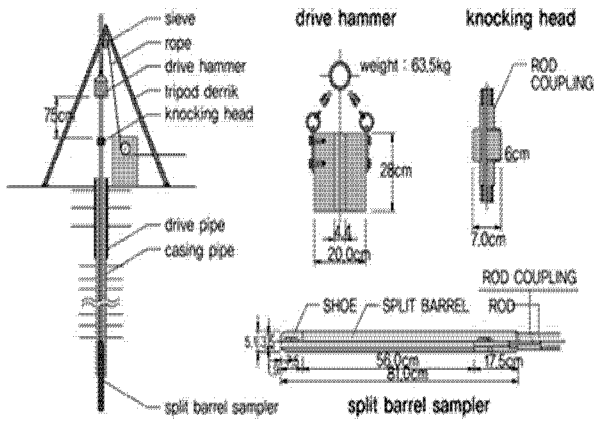
기본방향	• 지층의 상대밀도 및 연경도 확인 • N값으로부터 지반의 강도특성 및 변형특성 파악 • 교란시료를 채취하여 육안판별 및 물성시험 시료로 이용

시험방법

- 한국산업규격(KS F-2318)에 의거 토사 및 풍화대에서 1.0m마다 또는 지층변화 지점에서 시행
- Sampler를 Rod의 하단에 연결, 표준해머(63.5kg)를 76cm 높이에서 자유낙하시켜 관입 깊이를 측정
- 15cm씩 3단계로 시행, Sampler를 30cm 관입하는데 필요한 타격횟수를 N값으로 측정
- 지층이 조밀, 견고하여 30cm 관입이 곤란할 경우 50회 타격하고 관입량을 기록

시험모식도 및 시험전경

표준관입시험 모식도



시 험 전 경

적용현황

구 분	터 널, 깎 기, 교 량, 쌓 기 구 간
수 량	풍화암까지 1.0m 간격으로 전 공에 수행

결과활용	• 지반구성과 강도 분포, 기초의 지지층 심도, 말뚝 항타관입의 가능성, 연약층 유무 파악 • 사질토지반 – 상대밀도, 내부마찰각, 지지력 계수, 침하에 대한 지지력, 액상화 가능성, 간극비 • 점성토지반 – 연경도, 일축압축강도(점착력), 파괴에 대한 지지력 • 말뚝의 연직지지력 및 수평변위, 지반반력 계수, 변형계수, 횡파속도

2.4.2 SPT효율시험

기본방향	• 다양한 요소에 의해 영향을 받는 N값을 현장여건에 맞도록 보정 · 표준화하여 신뢰성 확보 • 현장 실시된 표준관입시험기 해머효율에 대한 결과를 이용, 에너지 효율에 대한 보정 실시

○ 보정 제안식(Skempton, 1986)

$$N_{60} = N \times C_N \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4$$

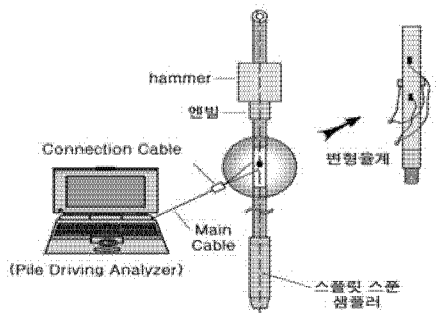
N_{60} : 해머효율 60%로 보정한 표준관입시험 결과

N : 장비별 표준관입시험 결과	C_N : 유효상재하중에 대한 보정
η_1 : 해머효율 보정계수	η_2 : Rod길이 보정계수
η_3 : 샘플러 종류 보정계수	η_4 : 굴착직경에 따른 보정계수

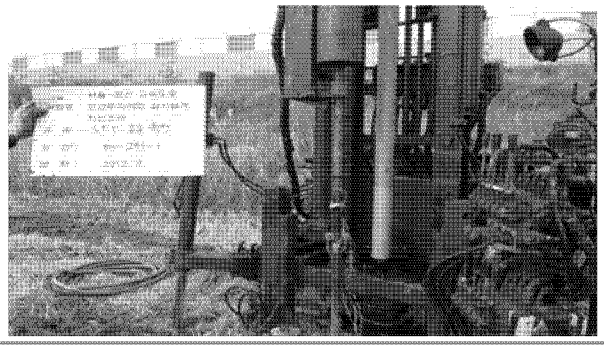
유효상재하중 보정	해머효율 보정
• $C_N=\sqrt{(1/P')} \le 2$ • 유효상재하중에 대한 보정은 시험한 위치에서의 유효상재압력(p')을 1kgf/cm^{2}의 유효상 재압력에 대한 값으로 상기 식과 같이 보정 • 적용성에 대한 논란이 있어 본 검토시 보정 안함	• η_1 = 해머의 효율/60 • 적용측정된 N값과 에너지 수준은 반비례하며, 해머효율 60%일때의 N_{60}을 표준으로 함 • 현장 투입된 장비별로 해머에너지 효율을 측정하여 해머효율 보정계수를 결정

ROD 길이에 대한 보정	샘플러 종류별 효율 (Skempton, 1986)
• Rod가 길어지면 Hammer와 Rod 자중의 불균형 및 Rod의 변위등으로 해머의 효율이 저하됨 • 동이론을 이용하여 Rod의 영향을 검토하였으나 N값에 거의 영향을 미치지 못하는 것으로 판단 (Palmer & Stuart, 1957)	• Liner가 없는 경우 : 1.2 • Liner가 있는 경우 : 1.0
	굴착홀 직경에 따른 효율 (Skempton, 1986)
	• 65~115 (mm) : 1.00 • 150 (mm) : 1.05

에너지효율시험 모식도



시 험 전 경



○ 적용현황

구 분	터널, 깎기, 교량, 쌓기구간
수 량(회)	투입 시추기별 각 1회 총 10회 수행

결과활용	• 표준관입시험결과(N값)에 대한 보정 • 측정된 N값의 신뢰도를 확보/사질토의 지반정수 산정, 연경도 분석에 활용

2.4.3 공내재하시험

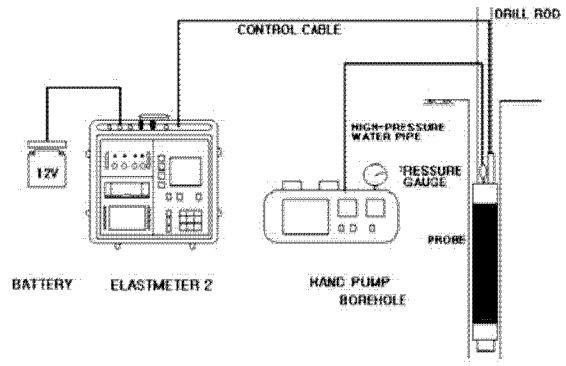
기본방향	• 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초지지력 및 침하검토, 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용하고자 시행

시험방법

- 가압성능 및 시험의 신뢰성을 고려하여 지반조건에 따라 시험법을 달리함
  토사층은 LLT(등분포재하법), 풍화대~연암층 이하는 Elastmeter-II(등분포재하법), 연암층 이상은 Goodman Jack (등변위재하법)을 적용
- 등변위재하법은 Probe를 시험공 공내에 삽입하고 유압 Jack으로 공벽에 하중을 가하는 방식
- 불균질 지반이나 이방성 지반의 경우에는 재하방법에 따라 시험치가 다르게 될 경우도 있기 때문에 재하방향을 명확히 할 필요가 있음

시험모식도 및 제원

등변위 재하 모식도



시 험 전 경(BH-9)

구 분	LLT	PMT(Elastmeter-II)	Goodman Jack Test
가압력 제어	가스압력에 의한 밸브조작	자동 레규레타	핸드펌프에 의한 밸브조작
공벽변위량 측정방법	고무튜브내 주입수량에 산출	고무튜브내 주입수량에 산출	LVDT 공직경의 변화량 측정
재하판의 외경(mm)	60~80	60~80	40~85
재하판의 강성(표준)	유(고무튜브)	유(고무튜브)	강(금속판)
재하 방식	등분포하중	등분포하중	등변위

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	2	6	18	26

결과활용	• 말뚝기초 수평지지력 및 수평지반 반력계수 산정시 활용 • 터널구간 암반 종류별 변형계수를 결정하여 터널단면 수치 해석시 적용 • 기초의 허용지지력 추정 및 변형특성 분석 자료로 활용

2.4.4 공내전단시험

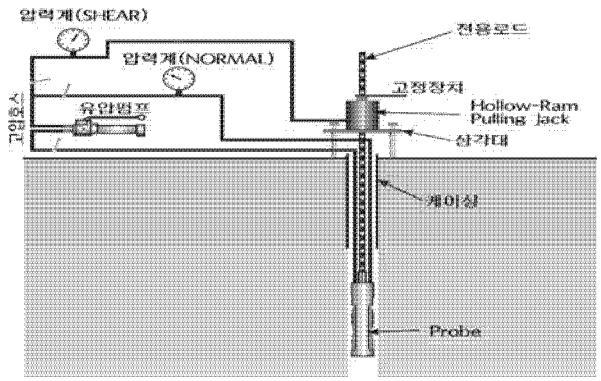
기본방향	• 터널 입 · 출구부, 교량 및 비탈면 구간의 풍화토, 풍화암에 시행 • 기초의 안정성 및 설계를 위한 중요 인자인 지반의 점착력(Cohesion) 및 내부마찰각(Friction Angle)을 산정하기 위해 현장 시추공내에서 실시하는 직접전단시험 • 풍화대는 불교란 시료 채취가 어려우므로 실내시험을 통한 강도정수 산정이 곤란하여 시추공내에서 직접전단시험을 실시하여 풍화토 및 풍화암의 강도정수를 산출함으로서 신뢰성 높은 전단시험을 실시

시험 방법

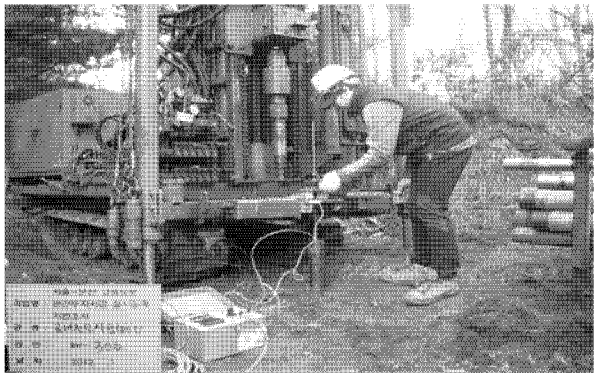
- 시험시추공에 전단부를 삽입
- 시추공 상부 주변 지표면에 인발장치(Pulling Device) 저판을 거치
- 전단부(Shear Head)가 연결된 강봉을 인발장치(Pulling Device)에 장착 고정하여 전단부와 인발장치를 연결
- 인발장치에 장착된 인발회전장치(Screw Arrangment)를 2회/sec의 속도로 회전시켜 전단부를 상향으로 인발(전단) 실시, 이때 인발장치상에 부착된 유압게이지를 통해 나타나는 전단응력의 관찰 최대값을 측정
- 이상의 과정을 반복하여 시험을 실시하여 완료 후 측정된 수직응력(Normal Stress), 전단응력(Shear Stress)값을 선형회귀분석을 실시하여 직선의 파괴포락선(Failure Envelope) 작도 및 시험지층에 대한 점착력(Cohesion)과 내부마찰각(Friction Angle)값을 도출

시험모식도 및 시험전경

공내전단시험 모식도



시 험 전 경



적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	1	1	12	14

결과활용	• 풍화대 강도정수 산정시 직접적으로 반영 • 비탈면 안정검토 등 각종 안정성 검토시 입력 자료로 활용 • 교량기초 지지력 산정시 적용

2.4.5 지하수위측정

기본방향	• 시추공내 지하수위를 측정하여 기초 굴착시 배수처리 대책, 침투류 해석, 터널 굴착에 따른 지하수위 변동 등을 파악하기 위해 실시

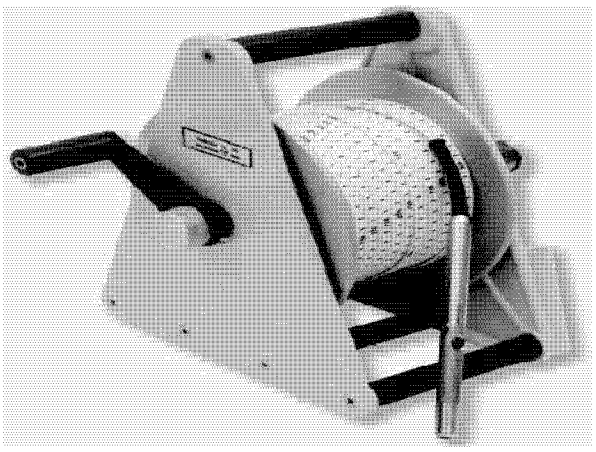
◎ 측정방법

- 시추작업 완료 직후 1차 측정
- 지하수위 측정은 지하수체(Ground Water Body) 상면의 위치 또는 시추공에 나타나는 정수면 (Piezometric Surface)의 위치를 지표면 또는 일정한 기준면부터의 심도를 측정
- 각 시추공별 지하수위 측정은 24시간 경과 후에 2차로 측정하며, 공내 지속측정이 가능한 시추공은 지하수위를 장기간에 걸쳐 측정하여 부록의 시추주상도에 기록

◎ 측정장비 및 제원

자동수위계측기

수동수위계측기



구 분	자동수위측정계	수동측정수위계
장비명	• Diver	• KL 010
제조사	• Van Essen instruments	• OTT Hydrometrie
특징	• 직경 22mm, 길이 125mm의 콤팩트한 타입 • 수온, 기온, 대기압, 수위등을 측정 • 자체배터리, 메모리로 독립적으로 기능	• 측정깊이 최대 750m • 프로브 직경 15mm, 길이 175mm, • 수온측정가능

결과활용	• 침투류 해석에 활용 • 가설공사 및 터널의 배수계획의 자료 제공 • 지하수위 변화에 따른 수압 및 유효상재하중 산정 • 직접기초 터파기시 유입수량 계산 및 배수대책 강구 • 비탈면 안정성 검토시 상시 지하수위 조건 및 우기시 지하수위 상승에 따른 안정성 검토 • 암반분류(RMR 분류)시 지하수위 조건에 따라 입력 변수 결정

2.4.6 투수시험

기본방향

- 지반의 투수성을 평가하여 교량기초 터파기시 유입량 계산 및 배수대책 수립
- 비탈면에서 강우에 의한 침투심도를 계산하여 강우강도를 고려한 비탈면 안정성 검토

시험 목적 및 장점

- 시험목적은 수리전도도 및 비저류 계수를 파악하는데 있다.
- 투수시험의 장점은 비교적 간단한 장비 시스템, 짧은 측정시간, 저투수성, 오염지역에 효과적으로 이용 가능

시험 과정 및 변수

- 슬러그 또는 베일러/수위 계측기/수위계, 초시계, 줄자를 이용
- 투수시험 대상부 상부까지 케이싱을 설치하여 케이싱 외부로부터 물을 주입하고 시간에 따른 수위강하를 기록
  ① 정호의 정보 취득 ② 초기정류수위 측정 ③ 초기정류수위로 회복될 때까지 수위 측정
  ④ 수위변화 유발 ⑤ 해석모델을 이용 수리상수 추정 ⑥ 수위변화의 계속적 측정
- 주요 변수로는 초기수위변화, 이방성(anisotropy), 정호반경등이 있음

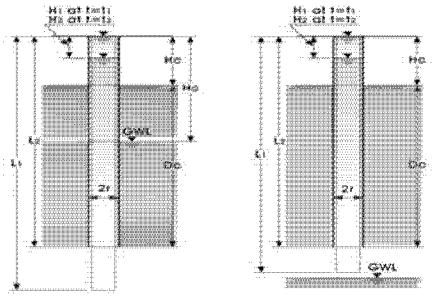
해석방법

- 분포하고 있는 지반의 투수성을 파악하기 위해 시추공내에서 수위 강하법(Falling Head Method) 적용
- 지하수면 하부에 위치

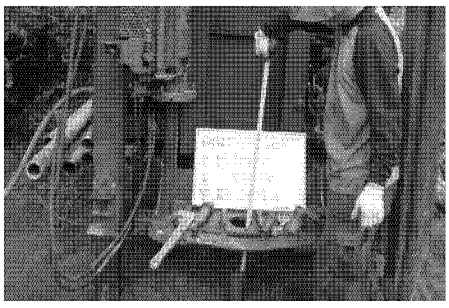
$$K = \frac{D^2}{8LT} Ln \left(\frac{2L}{D} \right) Ln \left(\frac{H_0}{H_t} \right)$$

여기서 D : 케이싱직경 L : 케이싱 상단에서 굴착 깊이까지 거리(cm)
T : 경과시간(sec) H_0 : 경과시간에 따른 수위저하 거리(cm)
H_t : 저하된 시험수위에서 지하수위까지 거리(cm)

모식도



시 험 전 경



적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	-	35	39	74

결과활용

- 토사지반의 투수계수 K값 산정
- 수치해석에 의한 침투류 해석시 입력 자료로 적용
- 구조물 구간 가시설 설계시 차수공법 검토

2.4.7 수압시험

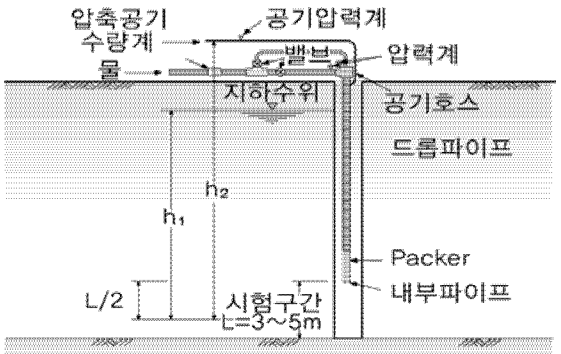
기본방향

- 터널 및 비탈면 구간 기반암의 투수성 파악
- 터널 굴착에 따른 지하수 거동분석, 그라우팅 보강 효과 예측 등을 수행하기 위하여 실시
- 지층별 투수계수와 Lugeon값을 산출하여 수리지질 특성을 평가할 목적으로 시행

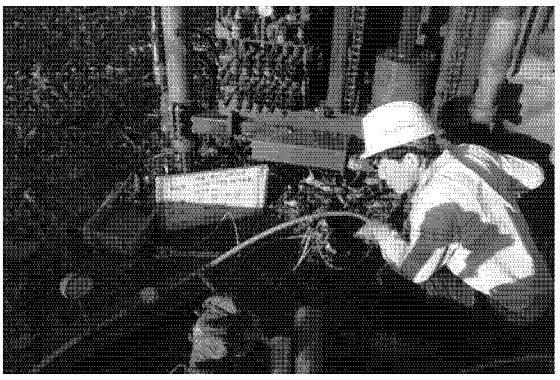
시험원리 및 방법

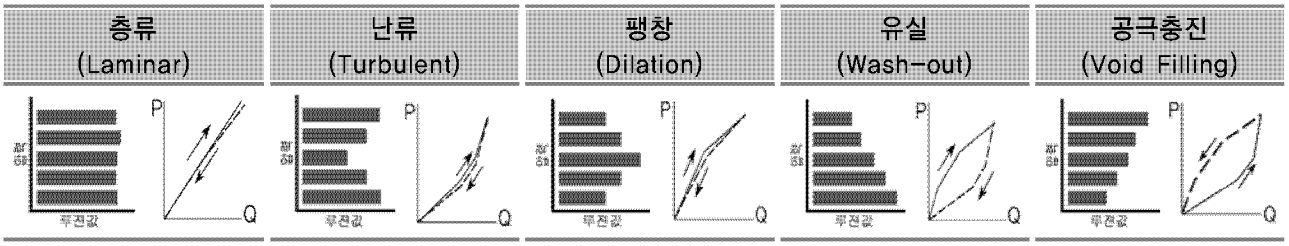
- 수압을 이용하여 불연속면을 포함한 암반의 투수성을 시험
- 공경 76mm의 시추공에 압력 10kgf/cm^{2}로 주수한 경우 주입 길이 1m당 주입량을 리터단위로 나타낸 것이 루전(Lugeon)값임
- 수압을 이용하여 불연속면을 포함한 암반의 투수성을 시험
- 시험방법은 Single Packer를 사용, 하향식으로 실시하는 것을 원칙으로 하였으며, 압력의 증감은 5~9단계로 실시하여 각 단계에서 주입압력별로 약 10분간 가압시간을 유지하여 정확한 주입수량 측정

모식도



시 험 전 경





적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	8	1	20	29

결과활용

- 조사구간 기반암의 투수계수와 Lugeon값 산출
- 투수패턴 파악 (Laminar, Turbulent, Dilation, Wash-out, Void Filling)
- 그라우팅 보강설계시 기초 자료로 활용
- 터널굴착에 따른 터널내 유입 수량 검토
- 지반의 불연속면을 고려하여 지하수 거동 변화에 따른 환경피해 요소 검토 및 대책수립

2.4.8 지하수유향 · 유속시험

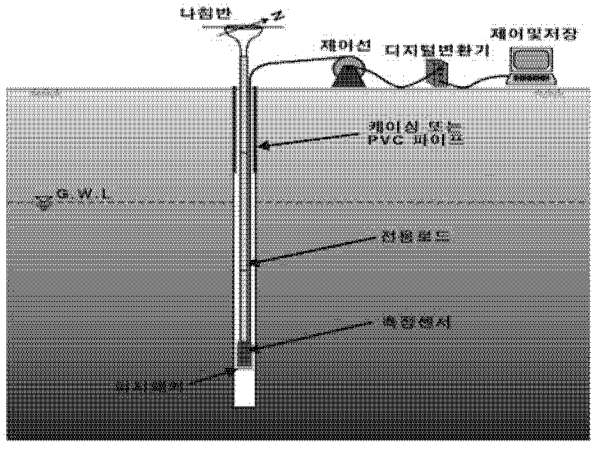
기본방향	• 터널구간 심도별 지하수 유동속도 및 방향성 파악 • 지하수의 유동경로 역할을 하는 불연속면 분포구간에 대한 지하수 유동속도와 방향 측정

시험방법

- 시험공 내에서 지하수의 유향 · 유속 측정은 GFD-4(Alec Electronisc, 일본)의 Heat Pulse방식의 장비를 이용
- 먼저 Probe를 측정하고자 하는 심도에 설치
- Probe는 작은 공극(원지반의 공극)에서 지하수의 큰 공극(관측공)으로 유출시 발생하는 와류(Turbidity Flow)를 방지하기 위하여 Fuzzy Packer를 장착
- 삽입된 Probe가 시추공내의 수온에 안정되도록 기다린 후(약 30여분) 측정
- 측정시 Probe와 컴퓨터를 연결한 후 30초간 열원을 전달하고 이의 이동을 측정하여 전산처리
- Probe는 열원과 센서로 구성되어 있는데 중심 부위의 열원에서 발생한 Source를 각 방향(N, S, E, W)의 센서가 이를 감지하여 수치로 출력
- 이 측정치를 KVA Analytical System 프로그램을 이용, Vector 합성을 통하여 지하수의 흐름과 방향을 계산

시험장비 및 시험전경

시험 모식도



시 험 전 경

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	1	–	–	1

결과활용	• 배수계획 및 용수처리 검토시 활용 • 터널의 전체적인 지하수 흐름 경향을 파악하여 설계 및 시공의 기초 자료로 활용 • 지하수의 유동 방향과 유동 속도 파악하여 침투류 해석시 활용

2.4.9 순간충격시험

기본방향

- 순간적으로 물을 주입 후 상승한 수위가 원래의 안정수위로 회복하는 수위변화를 측정
- 투수량 계수(T)와 투수계수(K)를 구하여 수리 해석시 입력 물성치로 활용

시험원리 및 방법

- 시험정의 자연수위를 기록하고 수위의 변화를 측정할 수 있는 TROLL DATA LOGGER 등의 자동 수위 측정기를 설치
- 일정한 체적의 물체 혹은 물을 시험정 내에 순간적으로 삽입 또는 주입하여 지하수위의 상승 또는 하강을 유도한 후 시간 경과에 따른 지하수위 변화량을 측정
- 시간경과에 따른 지하수위 변화량을 AQTESOLV 전산해석 프로그램에 입력하여 Bouwer-Rice 및 Hvorslev 해법 등 2개의 분석법으로 수리상수 해석
- Bouwer-Rice 법 :

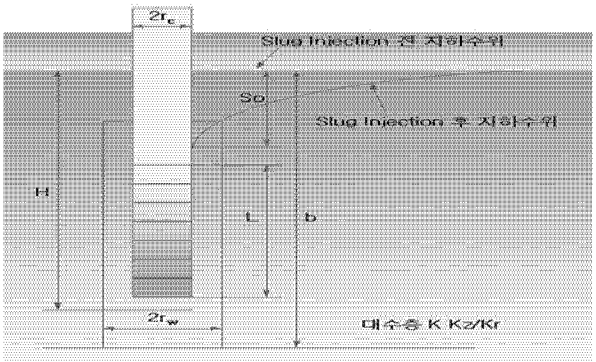
$$\ln(S_o) - \ln(S_t) = \frac{2KL_t}{r^2_{ce}\ln(r_e/r_{we})}, \quad r_{ce} = \sqrt{(r^2_c + n(r^2_w - r^2_c))}, \quad r_{we} = r_w \sqrt{\frac{K_z}{K_r}}$$

- Hvorslev 법 :

$$\ln(S_o) - \ln(S_t) = \frac{2KL_t}{r^2_{ce}\ln(L/2r_{we} + \sqrt{1+(L+2r_{we})^2})}, \quad r_{ce} = \sqrt{(r^2_c + n(r^2_w - r^2_c))}, \quad r_{we} = r_w \sqrt{\frac{K_z}{K_r}}$$

r_{ce} : 우물 케이싱의 반경, L : 스크린의 길이 r_{we} : 자갈로 충진된 부분의 반경,
r_e : 수두가 감소되는 유효반경의 거리

시험 모식도



시 험 전 경

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	2	-	-	2

결과활용

- 양수시험 및 회복시험에서 구한 수리상수를 이용하여, 공사 전·후 지하수 변화량에 대한 수리모델링 수행시 기초 자료로 활용
- 공사시 지하수위 변화에 따른 주변지역 지하수의 저하여부 검토 입력 자료로 활용
- 퇴적층을 통한 지하수 유입 대책 수립 자료 이용

2.4.10 양수시험

기본방향

- 대수성 상수를 산출하기 위하여 현장에서 착정조사 및 각종 대수성 시험을 실시
- 지하수 영향검토를 통한 합리적인 설계기초자료 제공
- 지하수 유동체계 변화 및 관정 효율저하 여부 검토
- 수리상수인 투수량계수(T)와 저류계수(S)를 구함

시험원리 및 방법

- 양수정에서 일정양수를 하면서 감시정에서 양수시간대 수위강하율을 측정하고 양수종료 직후부터 수위회복율을 측정
- AQTESOLV Program을 이용하여 Theis법과 Cooper-Jacob법, Theis Recovery법으로 해석
- Theis법 :

$$S=\frac{Q}{4\pi T}W_{(u)},\quad u=r^2\frac{s}{4}T_t,\quad s=\frac{4Tt}{r^2},\quad W_{(u)}=\int_u^{\infty}\left(\frac{e^{-u}}{u}\right)$$

- Cooper-Jacob법 :

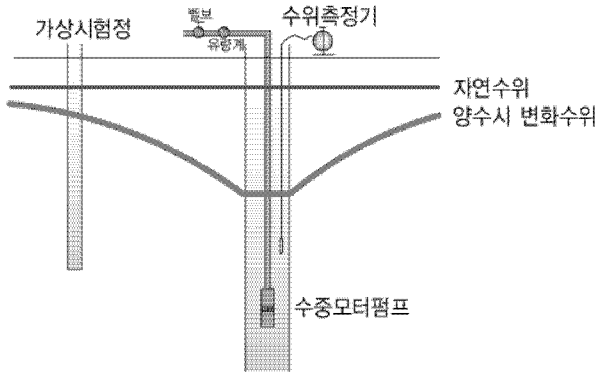
$$S=\frac{2.3Q}{4\pi T}\log_{10}\frac{2.25Tt}{Sr^2}$$

- Theis Recovery법 :

$$S=\frac{Q}{4\pi}T\ [\ \ln\left(\frac{t}{t'}\right)-\ln(s)\ ],\quad S'=\frac{2.3Q}{4\pi T}\log\frac{t}{t'}$$

여기서 S : 저류계수, s : 수위 강하량, Q : 일정 양수량(m^3/day), t : 양수 경과 시간(min),
T : 투수량 계수(cm^2/sec), W(u) : Theis Well Function, r : 양수정과 관측공의 거리(m)

시험 모식도



시 험 전 경

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	1	–	–	1

결과활용

- 터널 굴착전 양수정 및 감시정의 자연수위, 안정수위, 양수량 등의 초기 배경값 확보
- 지하수 유동해석 프로그램(Modflow)의 대수층 수리상수 입력인자로 활용
- Slug Test 및 암반 수압시험 결과의 K값을 비교 · 검토시 활용

2.4.11 공내영상촬영

기본방향

- 공내영상촬영을 통해 암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악
- 분석된 불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

시험원리 및 방법

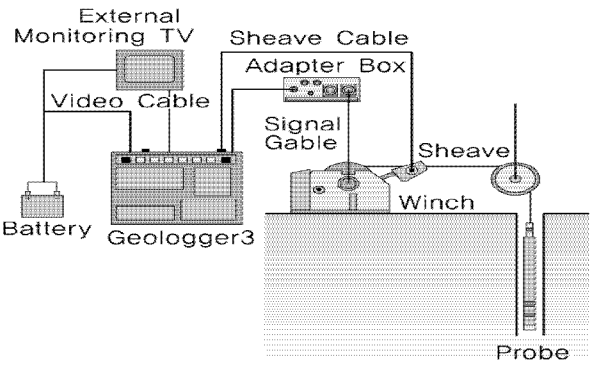
- 시험대상 시추공 선정후 센서(Probe)를 시험공내에 삽입
- 센서(Probe)를 삽입한 후 윈치에 부착되어 있는 속도조절기를 이용하여 0.5m/min정도의 속도로 내리거나 올리면서 심도에 따라 시추공벽을 연속적으로 360° 촬영한 다음 이를 분석하여 지층에 대한 원위치 정보를 얻음
- 입력된 정보를 심도별 및 불연속면의 특성별로 정렬 후 로즈다이어그램 및 스트레오넷을 이용하여 불연속면, 파쇄대, 단층대 등에 대한 각종 정보를 추정·해석
- 모식도는 공내영상촬영을 이용한 불연속면의 원리를 보여주고 있는데 경사진 불연속면이 존재할 경우 sine 곡선의 형태를 띠게 되며 이때 sine 곡선의 진폭은 경사를, 최대 혹은 최소값의 위치는 주향을 나타냄
- 불연속면 주향, 경사는 불연속면을 Pointing하여 나타나는 sine curve에 대해 다음 식으로 계산

  – 경사각(Dip angle) = $\tan^{-1}\left(\frac{H}{2r}\right)$

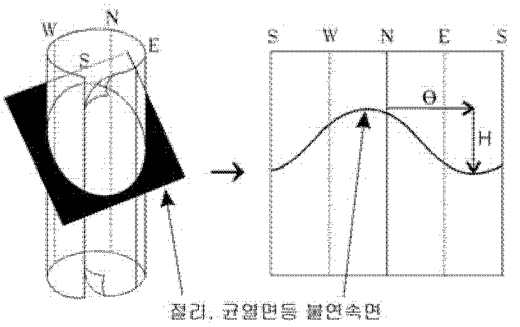
  – 경사방향(Dip direction) = θ

- 불연속면들의 주향 및 경사각들에 대한 통계적 분석 및 분류 수행

시험 모식도



경사방향 결정 모식도



적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	1	–	7	8

결과활용

- 정밀지표지질조사 결과 및 Scanline 분석 결과와 연계하여 암반비탈면 안정해석에 활용
- 불연속면의 발생빈도를 분석하여 확률 절리망 작성, 터널 굴진방향 검토, 암반분류시 활용

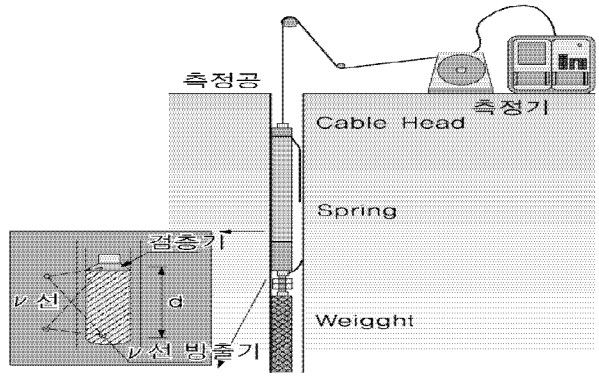
2.4.12 밀도검층

기본방향
- 시추공 주변 지반에 대한 원위치 밀도의 수직적인 분포 측정
- 내진설계시 요구되는 지반의 동적물성치 산정

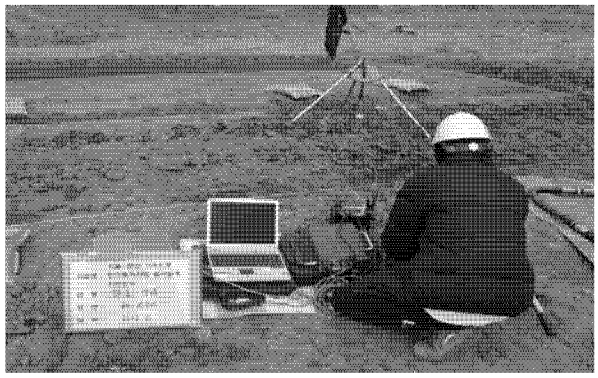
시험원리 및 방법

- 일반적인 조사시 사질토는 점성토와는 달리 불교란 시료 채취가 어렵고, 그 값을 정확히 측정할 수 있는 현장 시험법이 거의 없어 주로 간접적으로 추정하여 사용
- 방사성 동위원소(Radioisotope)를 이용한 RI Meter로 지층의 원지반 상태 체적밀도(in-situ bulk density)를 측정
- 방사성 물질(γ 선)과 검출기가 일체화되어 있는 밀도검층 Probe를 강하시켜 방사선물질(Co60)에 의해 방사된 γ 선이 지층을 통과할 때 흡수, 산란된 γ 선을 검출해서 지층의 밀도를 유추
- 측정된 심도별 현장밀도는 동적 물성치를 산출하는데 사용-내진 수치해석에 있어서 기본적인 자료를 제공
- 밀도검층의 기록은 그 측정의 규모가 작기 때문에 공내수(또는 이수), 공경의 변화 등의 시추공 환경에 대한 영향을 받아 이에 대한 보정 등이 필요하며 일부 검층기록은 검층기록에 나타나는 물리적 반응특성을 실험적 또는 이론적 방법으로 유도된 관계식을 이용하여 필요한 파라미터를 계산
- 검층 장비는 일반적으로 Sonde, Cable Winch, Encoder, Micrologger, 기록장치, 전원 등으로 구성
- Sonde에는 방사능 선원(감마선원) 및 감마선 검출기가 장착
- 감마선원은 Co^{60} 또는 Cs^{137}인 밀봉선원을 사용-토목분야에서는 방사능 규제를 받지 않는 3.7 MBq 이하의 감마선원(Co^{60})을 주로 이용
- 검출기는 신틸레이션미터가 많이 사용되고 있으며, 감마선원과 검출기 사이에 감마선이 직접 들어오지 않도록 텅스텐과 같은 물질을 이용하여 차폐시킴

시험 모식도



시 험 전 경



적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	1	1	1	3

결과활용
- 원위치상태에서 주변지반의 밀도분포를 연속적으로 측정
- 시추공 주변 지반의 밀도값을 이용하여 지층별 단위중량 산정에 활용

2.4.13 하향식탄성파탐사

기본방향

- 시추공내 지반의 심도별 탄성파속도(V_p, V_s)산출 및 파쇄대 파악
- 측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정
- 동포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계 및 갱구부 안정성 해석에 반영

탐사원리 및 방법

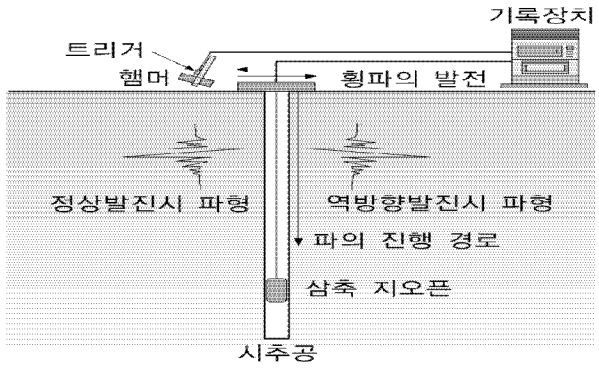
- 시추공 지표에 발진을 위한 구덩이나 블록 제작
- 하향파를 분별하여 수진하기 위해서 3성분 수진기를 공내에 설치(Triaxial geophone)
- 표석물의 양 측면을 Sludge hammer로 가격
- 시추공내에 설치한 삼축 수진기를 통해 자료획득
- 종파 및 횡파자료에서 초동 주시 발췌 시추공-송신점간 이격거리에 따른 주시지연 보정 후 주시곡선을 작성
- 주시곡선으로부터 심도간 구간속도를 계산
- 측정된 탄성파 속도를 토대로 각 구간의 동적특성(G_d, E_d, K_d) 산정
- 동계수 산정에 필요한 포아송비는 다음 식에 의해 산정(적용단위 중량값은 실내시험 값 적용)

$$v = \frac{(V_p^2 - 2V_s^2)}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

여기서, V_p, V_s : 압축파 및 전단파 속도

탐사장비 및 전경

탐 사 장 비



시 험 전 경

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	-	1	1	2

결과활용

- 탄성파속도 분포로부터 지반의 동적물성치(동포아송비, 동전단계수, 동탄성계수, 동체적계수)를 산출하여 내진해석에 입력변수로 활용
- 탐사결과 얻어진 지층별 원위치 탄성파속도는 내진설계시 실내시험 결과와 비교·분석하여 지반의 동적 특성치 자료로 활용

2.4.14 S-PS검층

기본방향	• 시추공을 이용하여 심도 및 구간별 탄성파 속도(V_p, V_s) 측정 • 내진설계시 요구되는 지반의 동적물성치 산정

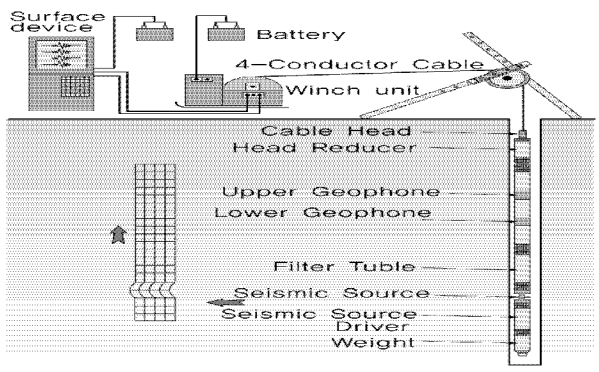
시험원리 및 방법

- 탄성파를 수진하는 지오폰은 Hydrophone을 사용하므로 시험은 지하수위 하부 지반에 가능
- 지하수위 확인 후 시험지점 및 구간을 선정
- Main Body와 Probe를 연결하고 Probe를 시험 공내에 삽입, Probe를 상향 이동하며 일정 간격으로 발진과 수진을 실시하여 검층 수행
- 발진기는 스피커와 같은 원리로 전류에 의한 전자해머가 P파와 S파를 발생
- 상향시 1m마다 지층의 구간속도를 구하므로 정밀도가 높음
- 수진된 파의 도달속도, 파형 등의 측정 자료들은 본체의 Data Logger에 입력 · 저장되며, 필요시 모니터상에 또는 기록지로 재 출력하여 검토
- 상기 과정을 시험 종료까지 반복하여 수행 · 단일 시추공을 대상으로 발진원과 수진기가 일체화된 탐봉(Probe)을 공내에 삽입하여 상향시켜가면서 공내에서 발진과 수진을 실시
- 동적특성치 산정

- 동포아송비 : $\upsilon = \dfrac{(V_p/V_s)^2-2}{2[(V_p/V_s)^2-1]}$
- 동전단탄성계수 : $G_d = p \times V_S^2/g \times 10^{-1}$
- 동탄성계수 : $E_d = 2G_d(1+\upsilon)$
- 동체적탄성계수 : $K_d = E_d/3(1-2\upsilon)$

검층 장비 및 전경

검 층 장 비



검 층 전 경(BH-242)

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	1	-	-	1

결과활용	• 시추공내 지반의 심도별 탄성파 속도 측정 • 내진해석에 필요한 지반의 동적물성치(동포아송비, 동전단탄성계수, 동탄성계수)를 파악 • 지층별 동적특성을 결정하여 내진 설계시 기초 자료로 활용

2.4.15 수압파쇄시험

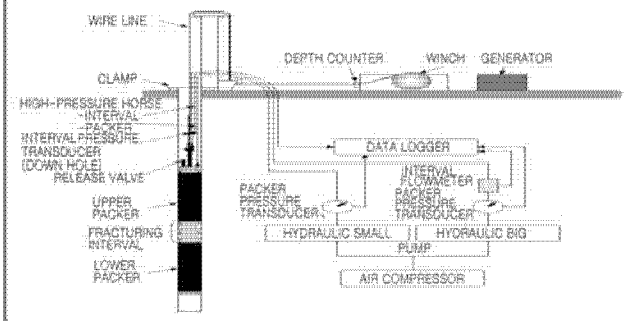
기본방향

- 현지암반의 초기응력과 최대주응력의 방향 측정
- 터널 굴착시 변위 거동에 중요한 영향을 미치는 원 암반지반의 초기 지중응력 측정
- 최적 지보재 설계 및 터널 구조물의 안정성 해석에 필요한 초기 응력상태 파악

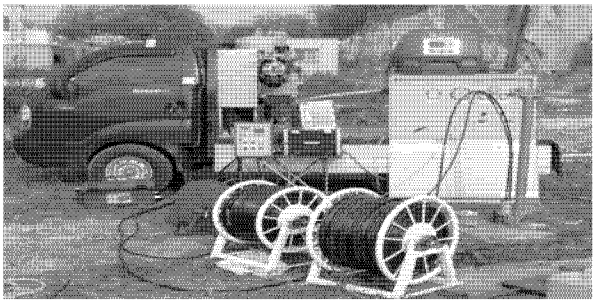
시험 방법

- 공벽 균열이 없는 시험구간 선정
- 균열파쇄압력 Pc(Peak Pressure) 도달할 때까지 시험구간 가압
- 파쇄가 발생한 직후 감압을 시켜 균열이 폐쇄되는 균열 폐쇄압력 Ps(Shut-in Pressure)에 도달시킴
- 일정시간 경과 후 다시 가압을 하여 균열이 열리도록 한 다음 다시 감압
- 이때 균열이 다시 열릴 때의 압력을 균열개구 압력, Pr (Fracture Re-opening Pressure)
- Pr과 Ps를 실내에서 판정할 수 있도록 3회 이상 가압 싸이클을 반복
- 파쇄균열면 방향 측정(Impression Test)

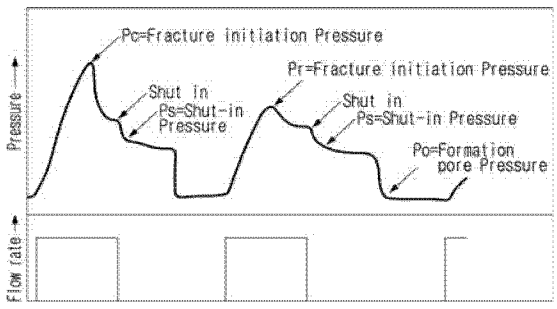
모식도



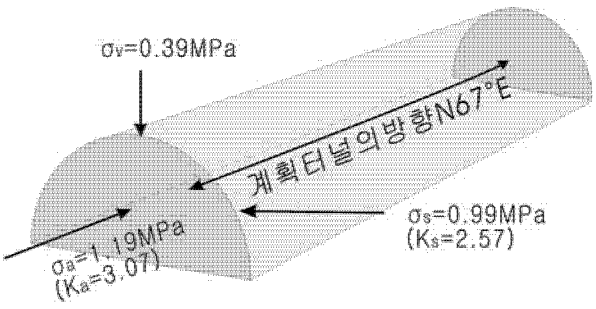
시험 장비



전형적인 압력/유량-시간 이력



시 험 결 과



적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	1	–	–	1

결과활용

- 터널굴착 예정 지반의 측압계수 K_0산정(수직응력에 대한 수평응력의 비)
- 터널 수치해석을 위한 암반 특성치를 산정하여 터널 단면 설계 및 안정해석시 적용

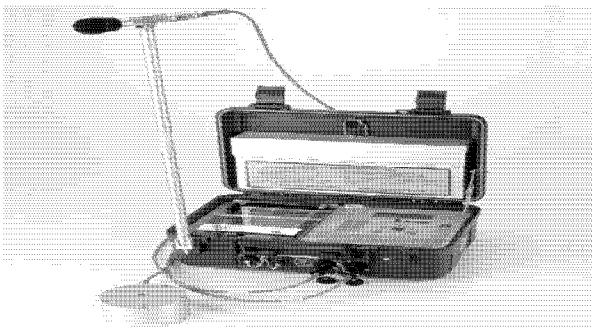
2.4.16 시추공 시험발파

기본방향	• 계획노선 위치별 시추공 시험발파를 통한 발파진동 추정식 및 소음 예측식 산출 • 계획노선 시험발파식과 일반식의 비교분석을 통하여 적합성 검증 및 적용식 선정 • 발파진동 영향권 검토 및 발파설계 자료 활용

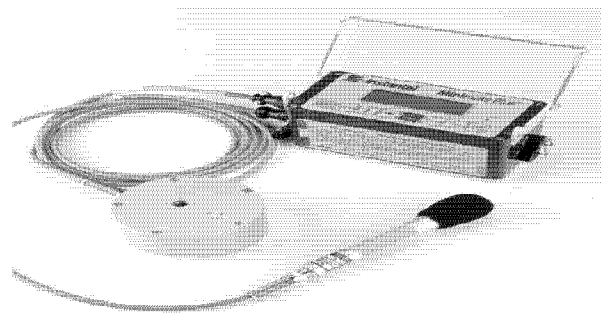
시험발파의 수행절차

- 시험발파의 수행절차
  - 사업 현장의 지반, 지질조사, 구간내 주요 보안물건 및 지장물 현황 조사
  - 시추공 시험 발파의 실시, 암종별 진동추정식 산출, 진동식의 보정, 인근지역현장 진동식과 비교 · 검토
  - 소음 · 진동의 기준치 설정 및 발파 영향 평가
- 계측방법
  - Sensor(수신기)는 토사에서는 Sensor에 Spike를 부착하여 지면에 박아 고정시켰으며, 바닥면과 밀착시켜 측정면과 센서가 가능한 한 일체화 되도록 함
  - Trigger Source를 Geophone으로 설정하고, Trigger Level은 0.3~0.51mm/s으로 설정
  - 수진시간 (Record time)은 1회 발파시간을 계산하여 충분한 여진까지 측정 가능하도록 Continuous로 설정
- 발파방법
  - 진동의 수신 여부를 확인하기 위해 100g의 화약을 이용하여 TEST Blasting을 실시
  - 발파시 발생하는 소음을 차단하기 위하여 일부공에 대해서는 전색을 실시하였으며 일부 자연 지하수를 이용
  - 발파는 시추공 저부에서 부터 시작하여 상부로 진행하며, 사용 폭약은 NewMITE(50mm, 800g)를 시추공당 5회 발파 실시

장비 사진(BLASTMATE -Ⅲ)



장비 사진(MINIMATE PLUS)



구 분	BLASTMATE -Ⅲ	MINIMATE PLUS
진동속도의 측정범위	• 최저 0.13mm/s, 최대 254mm/s	• 최저 0.13mm/s, 최대 254mm/s
최대진동속도	• 최대진동속도(PPV, Peak Particle Velocity)의 수직성분과 진행성분, 접선성분의 세성분이 동시에 각각 측정되며, 세 성분의 벡터(Vector)합의 최대값(PVS, Peak Particle Sum)이 측정됨	

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(공)	1	-	-	1

결과활용	• 시추공시험발파를 통해 산출된 진동추정식과 보정식, 인근현장 자료를 비교 · 검토하여 발파진동의 영향권 검토시 기준 진동 추정식으로 활용 • 발파 영향권 검토를 통한 적정 지발당 장약량의 설정 및 주변 환경을 고려한 안전설계에 활용

제 3 장 실내시험

3.1 실내토질시험

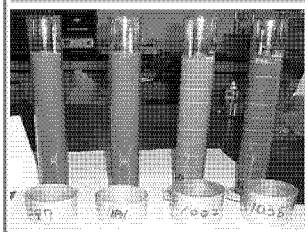
3.1.1 물성시험

기본방향

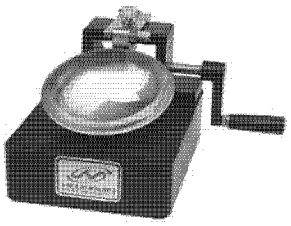
- 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험, 시험굴조사 및 불교란시료 채취시 얻어진 시료 중 대표적인 시료를 선별하여 흙의 물리적, 역학적 특성을 파악
- 시험방법은 한국산업규격(KS F) 준수

◎ 시험장비

비중시험

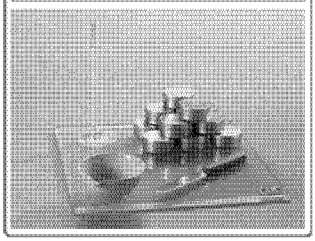


액성한계

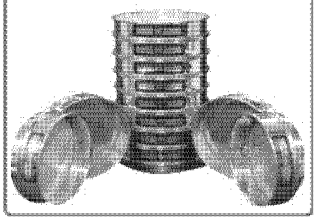


토질물성시험

소성한계



체분석



◎ 결과활용

시험 명칭	시험 결과	시험결과의 이용	표준방법
함 수 비 시 험	함수비	지반의 함수상태 파악	KS F 2306
비 중 시 험	비 중	지반의 단위중량 추정	KS F 2308
체 분 석 시 험	입도분포곡선	지반의 입도 조성 파악	KS F 2309
입 도 분 석 시 험			KS F 2302
액 성 한 계 시 험	액성한계	흙의 분류와 공학적 성질 추정	KS F 2303
소 성 한 계 시 험	소성한계		KS F 2304

◎ 적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	4	51	64	119

결과활용

- 지반의 공학적 분류와 기본 물성치 산정에 반영

3.1.2 직접전단시험

기본방향
- 시료의 변형에 따른 저항력을 측정하여 파괴강도, 잔류강도, 한계간극비 등을 측정
- Mohr-Coulomb 파괴규준 강도정수(C, ø) 산정

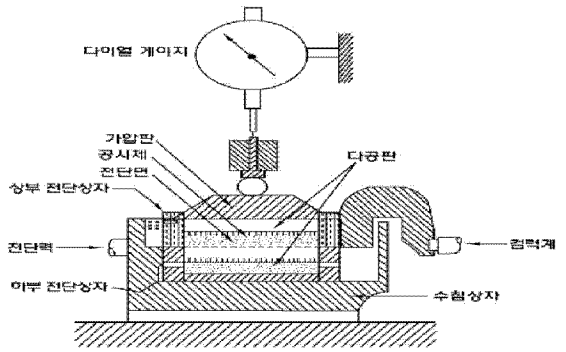
시험원리 및 방법

- 전단상자 속에 시료를 넣고 연직 하중을 가한 다음 흙이 갈라진 수평면을 따라 전단되도록 함(표준규정 KS F2306)
- 연직응력 σ 는 가해진 연직하중 P를 시료의 단면적 A로 나누어 구함
- 전단응력 τ 는 전단력 S를 단면적 A로 나누어 구함
- 이와 같은 방법으로 연직응력을 3, 4회 바꾸어 각 연직응력에 대한 최대전단응력의 값을 구하고, 이 점들을 이용하여 Mohr-Coulomb의 파괴포락선을 작도하여 점착력과 내부마찰각을 구함

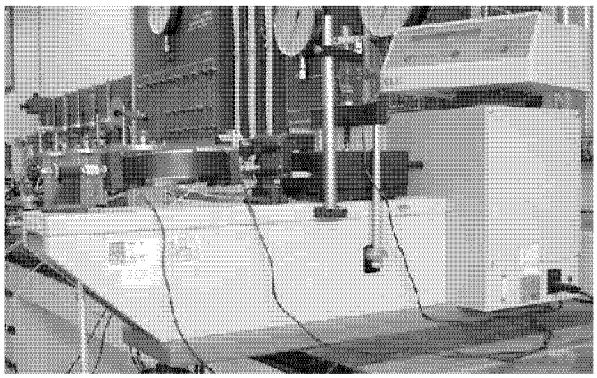
$$\sigma = \frac{P}{A}, \quad \tau = \frac{S}{A}$$

- 사질토 지반의 강도정수 산정 및 비탈면 안정검토, 잔류전단강도를 구하여 진행성 파괴 가능성 평가와 구조물의 안정성 검토

모식도



시험전경



배수조건에 따른 직접전단시험의 종류

- 급 속 시 험 : 연직하중으로 인하여 시료가 압밀되기 전에 급속히 전단. 만일 흙이 점착성이 있고 포화되어 있다면 과잉 간극수압 발생
- 압밀급속시험 : 연직하중을 가하고 연직변위가 정지할 때까지 기다린 다음 흙을 급속히 전단
- 압밀완속시험 : 연직응력을 가한 후 침하가 정지할 때까지 기다린 다음 간극수압이 발생하지 않도록 천천히 전단

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	-	-	2	2

결과활용
- 변형-응력 곡선으로부터 토질의 내부 마찰각, 점착력 등의 강도정수 산정
- 자료들과 비교 · 분석하여 강도 정수(점착력, 내부마찰각)값으로 활용
- 비탈면 안정성 검토시 활용

3.1.3 다짐 및 CBR시험

기본방향
- 함수비-건조밀도 관계의 다짐곡선에서 최대건조밀도 및 최적함수비 산정
- 포장층의 본바닥이나 포장재료의 지지력을 측정하여 표준재료 지지력과의 비, CBR값 파악

시험 방법

- 다짐시험
  - 건조법, 습윤법, 반복법, 비반복법을 이용하여 시료를 준비
  - 몰드와 램머 검정 후 다짐시험을 실시함
  - 최적함수비를 전, 후로 6~8개의 함수비를 구할 때까지 다짐시험을 반복함
  - 함수비-건조단위중량 관계곡선을 구해 최대 건조단위중량 γ_{max}와 이에 대응하는 최적함수비 W_{opt}를 구함

- CBR시험
  - 시료준비
    - ① 시료의 최대허용입경에 따라 다짐방법 A 또는 D로 결정
    - ② 다짐곡선을 작도하여 γ_{max}와 최적함수비 W_{opt}를 구함
    - ③ 조제된 시료를 10kg씩 3개 준비하여 밀폐된 그릇에 담아 둠
    - ④ 준비된 시료로 타격수 10, 25, 55회로 다짐을 실시함
  - 흡수팽창시험
    : 4일 동안 물속에 침수시키고 1, 2, 4, 8, 24, 48, 72, 96의 각 시간에 팽창량 계측
  - 관입시험
    - ① 공시체 위에 5kg 하중을 얹음
    - ② 재하 장치에 공시체를 장치하고 관입피스톤을 부착시킴
    - ③ 피스톤을 1분 동안 1mm의 속도로 공시체에 관입하여, 관입량과 하중 값을 계측

시험명칭	시험결과치	시험결과의 이용	표준방법
다짐시험	최대건조밀도, 최적함수비, 다짐곡선	재료선정 및 흙의 다짐관리	KS F 2312
CBR시험	설계 CBR값	도로의 포장두께 결정	KS F 2320

설계 CBR 산정

- 시방서에서 95% 건조단위중량을 요구한다면 최대 건조단위중량 γ_{max}의 95% 되는 단위중량에서 수평선을 긋고, 건조단위중량과 CBR 값이 만나는 점을 구하여 그 교점으로부터 수선을 내리면 가로축과 만나는 점이 구하고자 하는 CBR 0.95임

- 설계 CBR의 산정
  - 최대치가 극단적으로 클 경우

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

  - 최대치가 극단적으로 작을 경우

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

여기서, X_n : 최대성과치, X_{n-1} : 2번째 성과치 X_1 : 최소성과치, X_2 : 2번째 최소성과치

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
다짐/CRB 수량 (회)	-	-	4/2	4/2

결과활용
- 토량환산계수 적용 및 설계 CBR 산정시 활용

3.1.4 일축압축강도시험

기본방향	• 흙의 일축압축강도 및 예민비를 측정

시험원리 및 방법

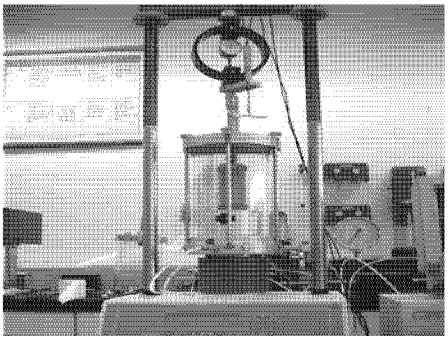
- 점착력이 있는 시료를 원추형 공시체로 만들어 측압을 받지 않는 상태에서 축하중을 가하여 전단파괴시켜서 시료의 전단강도를 결정하는 방법
- 전단파괴될 때에는 파괴면은 주응력면과 45+φ /2각도를 이루므로 일축압축시험을 하여 주응력면과 파괴면의 각도를 측정하면 전단저항각을 결정
- 재성형(Remolding)을 한 시료로 다시 재하하여 예민비를 측정

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	-	2	2	4

결과활용	• 점성토의 전단강도를 구하여 구조물의 안정계산, 기초의 지지력 계산에 활용

3.1.5 삼축압축시험

시험 방법	시 험 전 경
• 사업구간 연약지반층의 강도정수(c, Φ) 파악 • 시험편을 삼축압축챔버에 넣고 일정한 측압을 가한 후 수직으로 하중을 가하여 파괴강도를 얻음 • 시료에 응력을 가하고 간극수압이 0이 될 때 까지 압밀시킨 후 비배수 전단상태로 전단 • 전응력으로 Mohr 원으로 표시하여 포락선으로 C_u를 구함	

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	-	2	2	4

결과활용	• 비배수 전단강도(C_u)를 측정 • 연약지반 구간의 활동 안정성 검토 및 단계별 쌓기 계획 수립에 적용

3.1.6 표준압밀시험

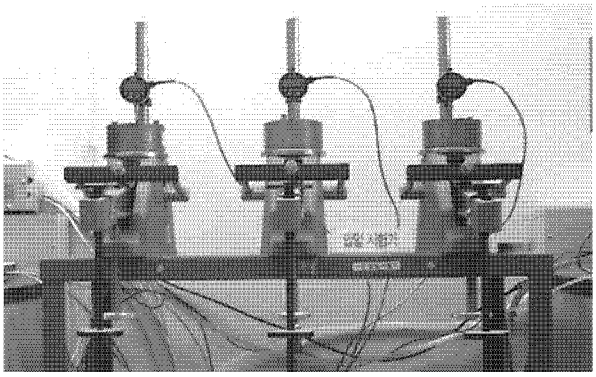
기본방향

- 흙의 압밀특성을 나타내는 계수를 구하는 시험(KS F 2316)
- 점성토 지반의 압밀 침하량 및 침하속도의 계산

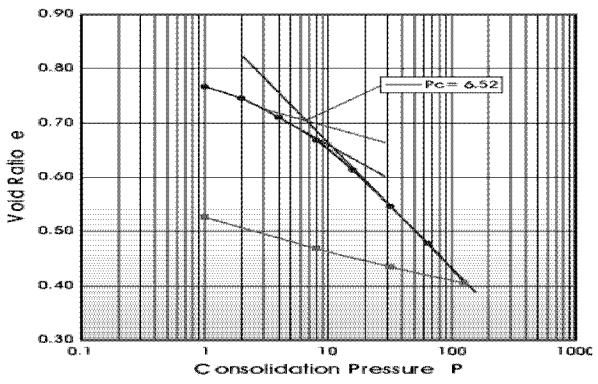
시험원리 및 방법

- 흙 시료를 링속에 넣고 하부로 압밀하중 가함
- 처음 9.8kPa을 24시간 가한후 침하량 기록한 후 2배 하중가함
- 동일한 방법으로 627.6kPa까지 가한 후 하중제거
- Terzaghi의 1차원 압밀이론
  – 흙이 하중을 받게 되면 체적이 감소하게 되는데, 이때 토체를 이루고 있는 흙입자, 간극, 공기 중에서 흙입자와 물은 비압축성이므로 공기의 압축, 용해 또는 간극수가 간극으로부터 빠져나감
- 흙시료에 수직하중을 작용시켜 시간에 따른 침하량을 재서 하중–변형량 관계의 압밀곡선과 시간–침하량 관계곡선을 작도

시험 결과



시험전경



적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	–	1	–	1

결과활용

- 압밀정수(압축지수, 선행압밀하중, 체적변화계수, 압밀계수)의 산정
- 점토지반 위에 재하하여 지반 전체가 1차원적으로 압축되는 경우에 발생하는 침하량과 침하속도 해석

3.2 실내암석시험

3.2.1 물성시험

기본방향

- 암석의 공학적 특성을 규명하기 위하여 시추조사시 채취된 암석 시료에 대해 실내시험을 실시
- 비중, 밀도, 흡수율, 탄성파속도, 일축압축 등의 실내시험 수행
- 터널지반, 기초지반, 비탈면 지반의 암석 물성치 파악

시험명칭	시험결과치	시험결과의 이용	표 준 방 법		
			KS F	ISRM	ASTM
비중시험	비 중	비중, 흡수율, 함수비, 포화도, 간극비	2518	○	
밀도시험	건조밀도, 습윤밀도	지반내의 응력산정, 지압발생 예측지표	2518	○	
흡수율시험	공극율, 흡수율	암석의 투수성	–	○	
탄성파속도시험	탄성파전파속도, 동적 탄성상수	암반의 균열도 파악, 암반분류	–	○	D2845
일축압축시험	압축강도, 탄성계수, 포아송비	암석의 역학적 특성, 암반분류	2519	○	D2938 D3148

◎ 일축압축강도

- 공시체에 구속압을 가하지 않은 상태에서 축방향으로 압축력을 가하여 파괴시의 축방향 하중을 측정
- 일축압축강도(MPa) = 파괴시의 하중(kgf) /시험편의 단면적(㎠)

◎ 비중 및 흡수율

- 겉보기 비중 = 시험편의 완전건조 비중/공극을 포함하는 단위외형체적
- 흡수율(%) = (침수된 시험편의 중량-건조된 시험편의 중량)/시험편의 비중

◎ 탄성파속도 측정

- 시험편의 탄성파속도를 측정하기 위하여 Sonic Viewer Model을 사용, 측정방법은 시험편의 양면에 Transducer를 접촉시키고 Pulse를 발생시켜 Compressional Wave(P파) 및 Shear Wave(S파)의 전파시간을 측정하여 다음 식에 의하여 속도를 산출한다.

$V_p = L/T_p$, $V_s = L/T_s$

여기서, V_p : P파 속도, T_p : P파 전파시간, V_s : S파 속도
T_s : S파 전파시간, L : 시험편의 길이

◎ 적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	8	11	15	34

결과활용

- 실내시험결과를 통해 얻어진 물성치간의 상관관계를 분석하여 데이터의 신뢰성을 판단
- 설계지반정수 산정시 활용

3.2.2 절리면전단시험

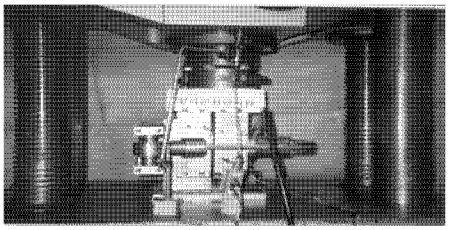
기본방향

- 터널 및 비탈면 구간 암석 절리면의 건조/포화시 최대, 잔류전단강도 등의 절리특성 값 산정
- JCS, JRC, K_s, K_n 측정

시험 방법

- 자연상태에서 채취되어 전단상자의 모양인 직육면체 형태로 몰딩시켜 시험
- 전단시험방향은 타원의 전단면의 전단이 용이한 장축방향으로 시험을 실시
- 전단력을 단계적으로 늘려갈 수도 있으나, 전단변위 제어를 위해 대개 연속적으로 작용시킴
- 최대강도에 도달하기 전에 대략 10회 정도의 측정이 이루어져야 하며 전단변위속도는 1회의 측정에 10분 동안 0.1mm/min 보다 작아야 하며 최대강도에 도달하면 0.5mm/min 까지 속도를 늘릴 수 있음
- 최대강도에 도달한 후 힘-변위 곡선을 그리기 위해 0.5~6.0mm 단위의 전단변위마다 측정
- 시험편이 일정한 수직 응력하에서 전단되고 1cm의 전단변위에 대해 5%이하의 전단응력의 변화를 보이는(최소 4회 연속적인) 측정값이 나타나면 잔류 강도값을 구할 수 있음

시험장비 및 시험 전경

시 험 장 비	시 험 전 경
• 전단하중 : 일본 Shimadzu사의 200톤 만능재료 시험기(UDH-200AR) • 측정시스템 : System 5000(미국 Measurement Group사 : 만능재료 시험기에 들어오는 하중을 전압형태로 받아들여 처리) • 시편의 변위 : LVDT(스트레인게이지 타입 LVDT)	

응력계산 방법

- 전단응력과 수직응력의 계산

$$\text{전단응력}\quad \tau = \frac{P_s}{A}, \qquad \text{수직응력}\quad \delta_n = \frac{P_n}{A}$$

여기서, P_s : 전체전단력, P_n : 전체수직력, A : 전단력의 겹침면적

- 변위의 측정값들은 평균전단변위와 평균수직변위를 구하기 위해 평균화 됨
- 각각의 시료에 대해 전단응력과 전단변위의 관계곡선, 수직변위의 관계 곡선을 작성하여 최대강도와 잔류강도, 수직응력, 전단변위와 수직변위의 값들은 요약할 수 있음
- 모든 시료에 대해 종합된 결과치로부터 최대잔류강도와 수직응력의 관계가 그래프로 표시되며 이 그래프에서 점착력과 내부마찰각을 구할 수 있음

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	1	-	6	7

결과활용

- 최대잔류강도와 수직응력의 관계로부터 절리면 점착력과 내부마찰각을 측정
- JCS와 JRC등의 절리 강도값을 분석하여 설계 자료로 활용

3.2.3 이방성시험

기본방향	• 암석의 생성원인, 절리상태, 풍화정도, 지하수, 초기응력 상태 등의 영향에 따른 암반의 이방성 파악

시험 방법

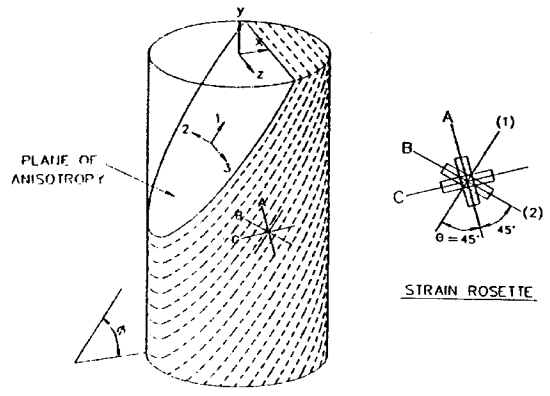
• 2개의 Strain Rosette를 사용하여 6개의 Strain(A, B, C 및 E, F, G)을 측정

• 층리면에 수평한 지점에 시험편 가로축에 수평한 방향에 제4의 Strain(D 또는 ε D)을 측정

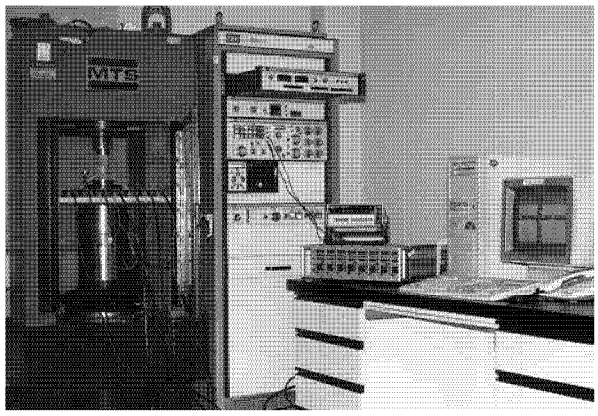
• 층리면에 수직되고 시험편의 중앙높이 지점에서 A, B, C 세 방향의 strain(B는 경사와 일치하는 방향, A 및 C는 B의 좌우측 각각 45° 방향)을 측정하였는데, 측정의 신뢰도를 확보하기 위하여 층리면에 수직이며 시험편 중앙 높이 지점은 2개(그림의 정면과 배면) 뿐이므로 2개의 Strain Rosette를 사용하여 6개의 Strain(A, B, C 및 E, F, G)을 측정하였다. 그리고, 층리면에 수평한 지점(그림의 좌측면)에 시험편 가로축에 수평한 방향에 제4의 Strain(D 또는 ε_D)을 측정

• φ : 가압면과 편(엽리)면의 각도
• γ : 가압축과 파단면의 각도
• β : 파단면과 편(엽)리면의 각도
• E1 : 편(엽)리면과 평행한 방향의 탄성계수
• E2 : 편(엽)리면과 수직한 방향의 탄성계수

모식도



시험전경



적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	1	–	–	1

결과활용	• 이방성 탄성계수 E_1, E_2의 비를 이용, 수치해석 입력정수인 암반변형계수 산정에 적용 • 삼축시험과 병행, 암석의 이방성을 고려한 파괴기준식의 제시에 적용

3.2.4 삼축압축시험

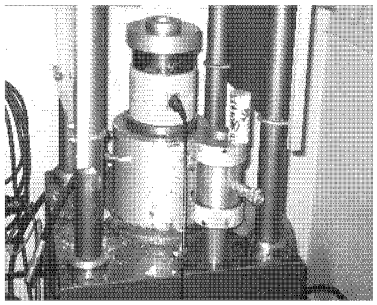
기본방향	• 채취된 암편의 점착력 및 내부마찰각 파악 • 암반의 실제 응력상태와 가장 유사한 결과를 도출하여 각종 시험결과와 상관관계 및 강도정수 산정시 보정치로 활용

시험원리 및 방법

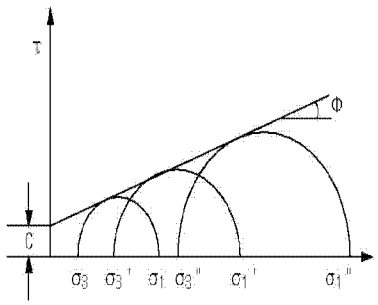
- 시험법은 KS F와 ASTM의 시험법과 ISRM규정을 적용
- 삼축압축 및 삼축신장 조건하에서 변형거동은 구속압, 하중강도, 온도, 함수상태, 시험편의 크기 등에 좌우됨
- 삼축시험은 지반의 토질역학적 거동을 예측하기 위하여 지반의 전단강도를 구하는 시험으로 응력조건과 배수조건을 임의로 조절할 수 있음
- 현장지반의 응력이력이나 구속압력 및 압밀압력을 재현하여 시험할 수 있기 때문에 신뢰도가 큰 시험결과를 얻을 수 있음
- 압력실 압력 σ_3를 다르게 하여 수행한 최소 3개의 시험결과를 Mohr 의 응력원으로 표시하고 이 원들의 공통 접선으로부터 파괴포락선을 구하여 그 기울기인 내부 마찰각(ø)과, 그 절편인 점착력(c)을 구함
- 동일한 성질을 갖는 3~4개의 시험편에 지중의 응력상태를 고려, 측압 및 축하중을 증가시켜 최대 삼축압축응력의 변화를 구하는 시험

시험장비 및 암석시료

삼축압축시험 장비



Mohr의 응력원



시험 후 암석 시료

시험명칭	시험결과치	시험결과의 이용	표 준 방 법		
			KS F	ISRM	ASTM
삼축압축시험	점착력(c) 내부마찰각(ø)	현지암석의 변형파괴 특성	–	○	D2664

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	2	–	7	9

결과활용	• 산정된 점착력 및 내부마찰각을 이용하여 수치해석시 설계지반정수산정에 활용 • 암석의 파괴 특성 파악

3.2.5 인장시험

기본방향

- 원주상 공시체에 지름방향으로 원주의 측면에서 선하중을 가하여 압열시켜 간접적으로 암석의 인장강도를 구하는 시험
- 시험용 시편을 직경방향으로 가압하여 파괴를 유도하고 탄성학적으로 해석하며 인장강도 계산
- 간접 인장시험, 압열인장시험인 Brazilian 시험으로 인장강도를 측정

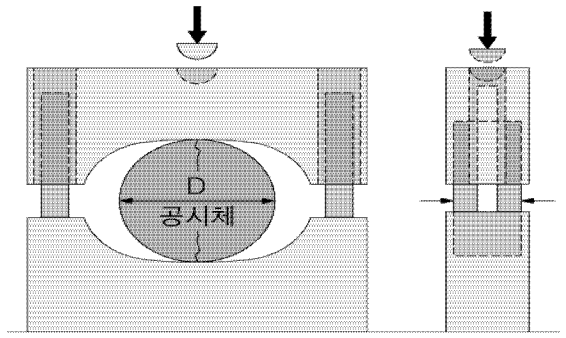
시험원리 및 방법

- 직접인장시험은 공시체의 성형이 상당히 어렵기 때문에 주로 간접인장시험(Brazilian Test)을 활용
- 압열인장 시험편의 형태는 원주형이고 Core를(직경 : 높이=1 : 0.5~0.8), 직경은 20~100mm, NX크기(코어직경 54mm) 이상으로 절단한 후 압축시험용 시편과 같은 방법으로 성형
- 시험편의 상하 직경방향으로 선하중이 가해질 때 시험편 중앙부에, 압축하중에 의해 중앙수직축 상에는 수평방향으로 인장응력이 발생하고 이 수직축선상으로 인장파괴가 일어남
- 디스크 절단면에 평행한 방향으로 코어의 원주곡면부에 가압하여 파괴시하중과 시험편 규격으로부터 인장강도(S_t)를 구함
- 이때, 파괴하중을 P(kgf)라 하고 시험편의 직경과 길이를 각각 D(cm), L(cm) 이라 할 때 인장강도 S(kgf/㎠)는 다음 식으로 구함

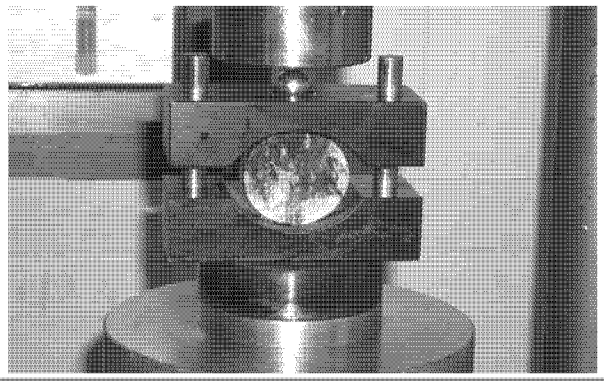
$$S_t = \frac{2p}{\pi DL}$$

– S_t : 인장강도, P : 파괴하중, D : 시험편의 직경, L : 시험편의 길이

모식도



시험전경



적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	2	–	7	9

결과활용

- 각종 시험결과와 상관관계 분석 및 강도정수 산정시 보정치로 활용
- 일축압축강도(σ_c)와 함께 Mohr 원을 그려 암석의 전단강도를 결정
- 터널에서 인장력에 의한 파괴시 기준으로 활용

3.2.6 점하중시험

기본방향

- 시험의 종류로는 Diametral test, Axial test, Block or irregular lump test가 있음
- 실내암석시험을 통한 일축압축강도와의 상관관계를 도출하여 본 설계지반의 강도분포 산정
- 사업구간의 일축압축강도 분포를 통한 암반분류의 기초자료로 활용

시험원리 및 방법

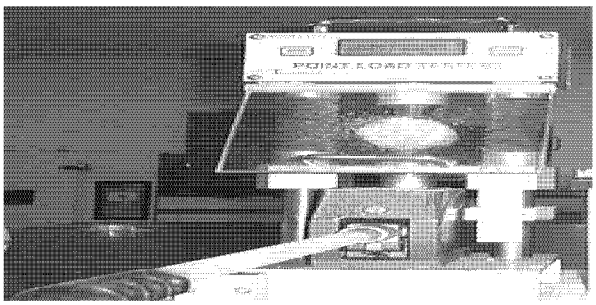
- 시추에 의한 암석시료에 점하중을 가하여 시료내에 인장력을 유발시켜 암석이 파괴에 이르도록 하는 시험방법으로 이 결과를 이용하여 일축압축강도를 산출
- 일반적으로 암석의 인장강도는 일축압축강도의 1/10~1/15 정도로 매우 작은데 점하중강도와 일축압축강도와는 비교적 양호한 상관관계를 나타냄
- 암석의 압축강도를 추정하기 위하여 이러한 특성을 이용하여, 암반의 분류(RMR분류)시 암석의 강도를 점하중 시험치로 이용
- 시료의 직경 D는 상하 Point간의 거리로, 이 때 직경단위를 일치시키기 위하여 Inch 단위로 환산한 후 점하중지수(Point Load Index : Is)를 산정
- 이 값은 시료의 크기와 형태에 따라서 변화가 크기 때문에 이를 극복하기 위하여 시료크기와 형태에 따라 보정(ISRM, 1985)하여 사용
- Point Load Index Is_{50}은 다음과 같은 식을 이용하여 구함

$$Is_{50} = F \cdot Is$$

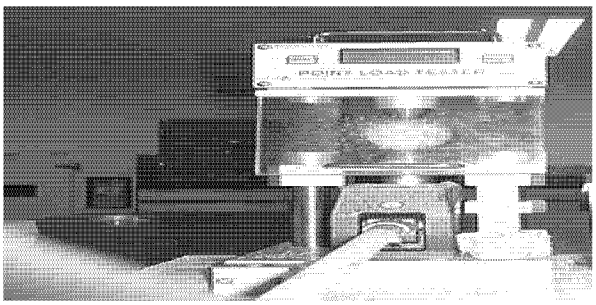
여기서, Is_{50} : 보정한 Point Load Index Is_{50}(MPa)　　F : 보정 계수

Is : 보정전의 Point Load Index (MPa)

점하중 시험(파괴 전)



점하중 시험(파괴 후)



시험명칭	시험결과치	시험결과의 이용	표 준 방 법		
			KS F	ISRM	ASTM
점하중강도 시험	점하중강도	암석의 강도지수, 암반분류	-	○	

적용현황

구　　분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수　　량(회)	48	26	119	193

결과활용

- 실내시험결과를 통해 얻어진 물성치간의 상관관계를 분석하여 데이터의 신뢰성을 판단
- 설계지반정수 산정시 활용
- 일축압축강도와 점하중 강도와의 관계 규명
- 점하중강도 Is_{50}을 통해 시료성형이 어려운 시편의 일축압축강도값 추정에 활용

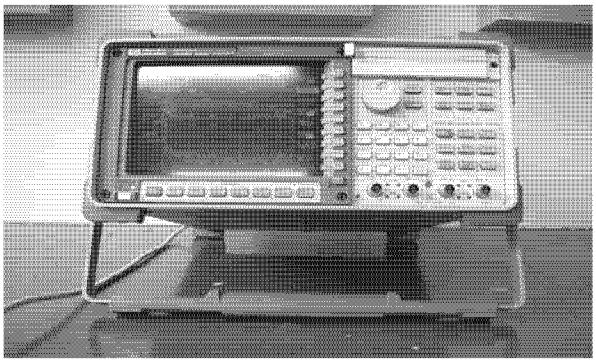
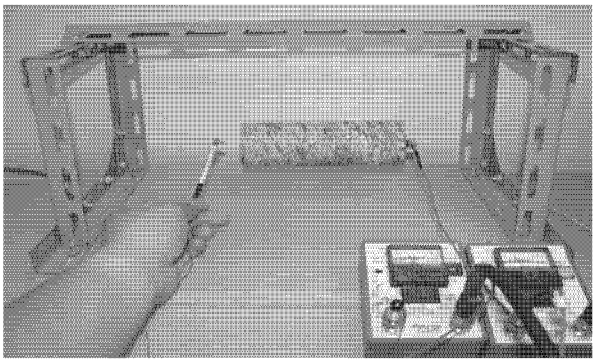
3.2.7 공진주시험

기본방향	• 탄성파 전달이론에 근거하여 탄성영역에서 암석의 탄성계수(Young's Modulus), 전단탄성계수(Shear Modulus of Elasticity)와 감쇠비(Damping Ratio)를 구하여 내진 설계시 입력 자료로 제공

시험원리 및 방법

- 주파수응답곡선을 이용한 전단파속도와 감쇠비 결정
  - 주파수응답곡선으로부터 공진주파수를 결정하여 전단파속도 및 전단탄성계수를, 공진주파수에서 측정된 가속도계의 진폭크기로부터 전단 변형율 결정
- 자유진동감쇠곡선을 이용한 감쇠비 결정
  - 오실로스코프로 신호발생기의 Burst모드기능을 이용하여 자유진동감쇠현상을 만들어내고 이에 얻어지는 감쇠곡선으로부터 감쇠비를 계산
- 시편을 공기중에 양단자유조건(양단자유-공진주 시험 FF-RC; Free-Free Resonant Column)이 되도록 하고, 구속압을 재하하지 않은 상태에서 시험을 수행 압축파 및 전단파 발생시의 시간영역 반응곡선 획득
- FFT(Fast Fourier Transform) 변환을 실시하여 주파수영역(Frequncy Domain) 반응곡선으로 주파수를 측정
- 측정된 주파수 반응곡선으로부터 공진주를 측정하여 탄성계수, 전단탄성계수, 감쇠비를 계산
- 공진주 파수로부터 압축파속도 : $V_c = f_1 \cdot \lambda$ (f_1 = 1차 모드 공진주 파수, λ = 1차 모드 파장 길이)
- 감쇠비(D) : $D = \frac{1}{2} \times \frac{f_2 - f_1}{fm}$
  - 주파수 반응곡선에서 Half-Power Bandwinth Method를 이용하여 결정

(여기서, D = 감쇠비, f_m = 1차 모드 공진주 파수, f_1, f_2 = 공진주 파수에서 진폭의 0.707배에 해당하는 주파수)

시험 장치	탄성파 발생
	

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	1	-	-	1

결과활용	• 전단변형률 크기에 따른 지반의 동적 물성치(전단파속도(V_s), 전단탄성계수(G), 전단변형률(γ), 감쇠비(D)의 변화를 측정 • 동적 지반 특성 파악 및 내진설계를 위한 입력 지반정수로 활용

3.2.8 AE/DRA시험

기본방향 • 현지암반의 초기응력상태 파악 및 측압계수 산정

시험원리 및 방법

AE(Acoustic Emission, 음향 방출법)

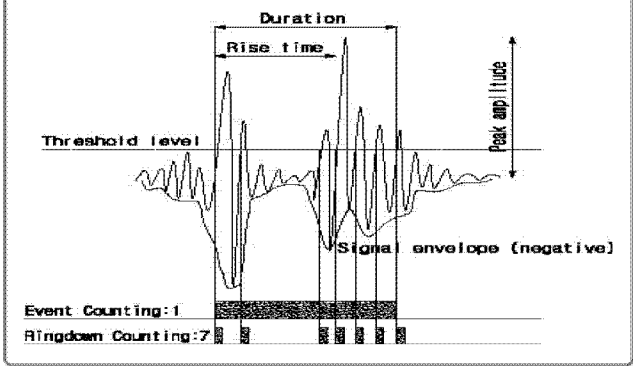
- 미소파괴음 신호는 재료의 손상과 관련된 갑작스런 변형에너지 방출시에 발생하는 탄성파로서, 대부분이 결정 및 교결 입자들로 파괴면의 형성과 함께 각종 에너지가 발생하는데 이러한 에너지 방출의 한 형태로서 발생하는 탄성파가 미소파괴음으로 매질내를 전파하여 재료의 표면에 부착된 압전재료 형태의 AE센서에 도달하여 전기적 신호로 변화되어 취득
- AE 계수(Ringdown Count) : AE 타격음이 검출한계를 교차한 횟수. 미소파괴음 신호의 세기에 대한 평가기준
- AE 에너지(PAC 에너지) : 지속시간동안의 AE Hit 파형 포락선 밑의 면적에 해당하는 측정값으로, Duration과 진폭에는 민감하고, 검출한계 설정값이나 구동 주파수에는 덜 의존적이기 때문에 AE 계수보다 더 많이 사용

DRA(Deformation Rate Analysis, 변형율 변화법)

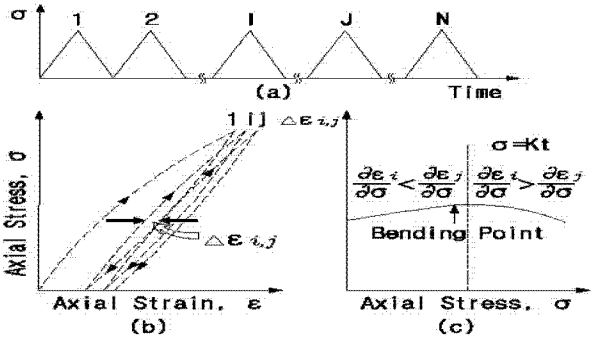
- DRA 방법에서는 두 번이상의 주기압축하중을 시료에 가하여 주기별 편차변형을 측정, 주기하중 시험을 통해 얻은 축방향 변형률의 차와 응력과의 관계를 나타내는 그래프에서 변곡점을 나타내고 변곡점에서의 응력이 암반의 현지응력을 나타냄
- Yamamoto(1991)에 의해 제안

  a) 재하방법 b) 변형률 차의 표시 c) 변곡점의 표시
- 암석내의 응력분포의 비균일성은 현지응력상태하에서 가장 최소화된다는 가정, 그리고 응력비균일성의 증가에 따라 비탄성변형율과 그 변형율 속도는 증가한다는 가정하에서 DRA를 통한 현지응력추정이 제안됨

AE결과 모식도



DRA결과 모식도



적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	1	–	–	1

결과활용
- 암반의 초기응력 및 측압계수에 대한 수치해석 입력치 산정에 활용
- 수압파쇄시험 결과와 연계하여 결과의 보정 및 미시험 구간에 대한 추정 자료로 활용

3.2.9 암유용성시험

기본방향

- 터널내 암버력 및 입·출구부, 비탈면 굴착시 발생하는 암석의 유용여부 판단
- 시공시 발생되는 발파암에 대하여 쌓기 재료와 구조물 및 포장용 골재로서의 사용 가능성 여부를 검토하여 보다 경제적인 시공이 이루어질 수 있도록 사용 가능성 여부 판단

시험 기준

구 분	시 험 기 준	구 분	시 험 기 준
비중 및 흡수율	KS F2503	안정성 시험	KS F2507
마 모 시 험	KS F2508	알칼리골재반응 시험	KS F2545

시방기준

시험 종목	골재구분	품질기준		비고
		콘크리트용	포장용	
비중	조골재	2.5 이상	2.5 이상	
	세골재	2.5 이상		
흡수율	조골재	3.0 이하	3.0 이하	
	세골재	3.0 이하		
마모율(%)	조골재	40 이하	40이하 35이하 25이하	기층(빈배합 콘크리트 기층) 표층(아스팔트 콘크리트포장) 표층(시멘트 콘크리트포장)
안정성(%)	조골재	12.0 이하	12.0 이하	황산나트륨 사용
	세골재	10.0 이하		
알 칼 리 골 재 반 응		무 해		

적용현황

구 분	터 널 구 간	교 량 구 간	토공구간	합계
수 량(회)	1	–	–	1

결과활용

- 터널 굴착으로 발생하는 암의 유용성 여부를 판단
- 쌓기재, 포장재, 콘크리트 골재로서 사용 가능성 여부 판단

제3편 예비조사

제1장 인근자료 분석

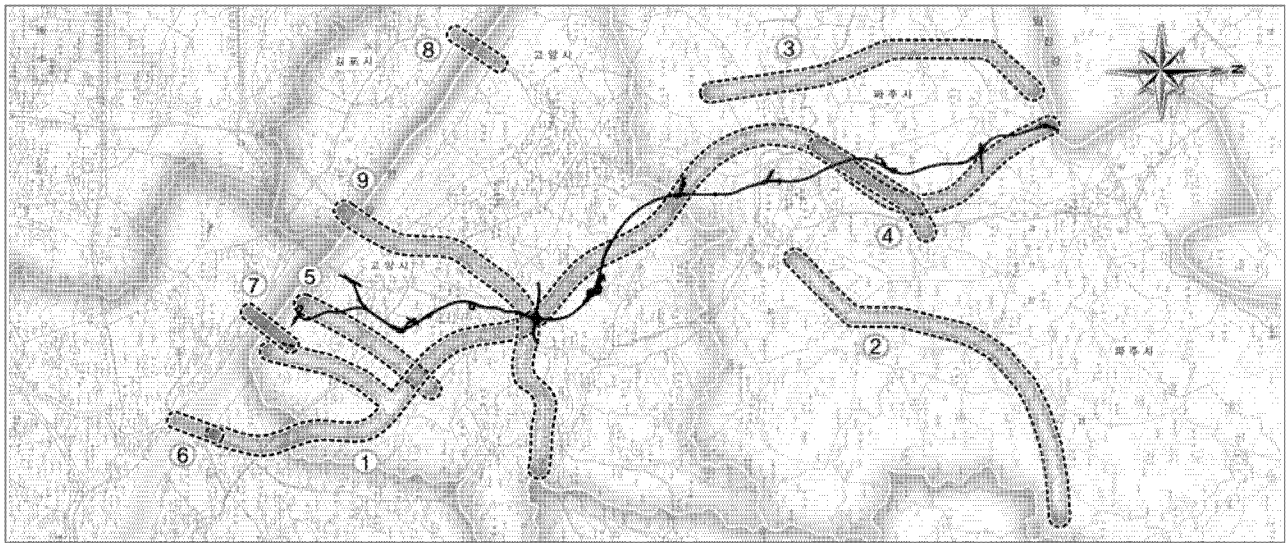
제2장 예비조사 성과분석

제 1 장 인근자료 분석

1.1 기존 및 인근지역 자료 분석

기본방향	• 사업구간 및 인근지역의 건설공사 또는 교량 설계시 시행된 지반조사 및 실내시험 결과 반영 • 사업구간 지질 및 지반특성을 파악하여 조사항목 도출 및 설계에 반영

○ 조사자료 현황도



○ 조사자료 현황

조사구역	조사 이용 자료
①	• 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사보고서(2007.8)
②	• 조리~법원 도로건설공사 실시설계보고서(2005.12)
③	• 문발~낙하간 도로 확포장공사 일반보고서(2004.9)
④	• 금촌~월롱간 도로 확포장공사 실시설계 토질조사보고서(2004.2)
⑤	• 강매~원흥간 도로 개설공사 실시설계 종합보고서(1999.5)
⑥	• 서울외곽순환고속도로 건설공사(1, 2공구) 토질조사보고서(1997.12)

1.1.1 기존조사 자료 분석

○ 서울~문산 고속도로 민간투자시설사업 지반조사보고서(2007.8)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 시추조사 113공 (터널 15공, 교량 72공, 깎기 6공, 쌓기 12공, 토취장 8공) • 전기비저항 2,000m • 탄성파탐사 6,510m(터널부, 깎기부, 교량부) • 공내영상촬영 7회 • 공내전단시험 8회 • 공내재하시험 34회 • 하향식탄성파탐사 5공 • 절리면전단 6회, 삼축압축 9회, 암유용성 5회	• 토성분류시 대부분 SM으로 나타남(부분적 ML, CL분포) • 하천주변으로 점성토 연약지반 출현(4개 구간) – 층후 : 1.0~3.3m, – 토성 : ML, CL • 창릉천교 지지층 : 연암 GL(–) 15.0~19.4m에 분포 – 기초형식 : 말뚝기초, 현장타설말뚝 • 터널통과구간 암반등급 – 문봉터널 : 2~3등급, 금촌터널 : 2~3등급

1.1.2 인근지역 조사 자료 분석

○ 조리~법원 도로건설공사 실시설계보고서(2005.12)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 시추조사 77공(터널 4공, 깎기 12공, 교량 58공, 쌓기 2공, 토취장 1공) • 시험굴조사 16개소(깎기부 15개소, 토취장 1개소) • 핸드오거보링 22개소(쌓기부) • 탄성파탐사 1,555m(터널부 550m, 깎기부 1,005m) • 전기비저항탐사 720m(터널부) • 공내영상촬영 4회(깎기부) • 공내재하시험 11회(터널부 4회, 교량부 7회) • 공내전단시험 깎기부 5회 • 토질/암석시험 1식	• 토성분류시 대부분 SM으로 나타남(부분적 ML, CL분포) • 대능1교 지지층심도 : 2.5~16.5m – 기초형식 : 강관말뚝기초(시점 교대부 및 본선구간), 직접기초(본선구간 및 종점 교대부) • 깎기/쌓기(10/12개 구간) 비탈면 해석결과 일부 깎기 4개 구간에서 불안정한 것으로 해석됨 • 깎기부 일부구간 무한사면 형성 • 터널통과구간 암반등급 – 호명터널 : 3~5등급

○ 문발~낙하간 도로 확·포장공사 일반보고서(2004.9)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 시추조사 15공(교량 2공, 쌓기 13공) • 시험굴조사 5개소 • 토질/암석시험 1식	• 토성분류시 대부분 SM, GW로 나타남(부분적 CL분포) • 지지층심도 : 33.0m 이상

○ 금촌~월롱간 도로 확·포장공사 실시설계 토질조사보고서(2004.2)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 시추조사 9공(교랑 7공, 깎기 2공) • 시험굴조사 3개소 • 핸드오거보링 4개소 • 토질/암석시험 1식	• 토성분류시 대부분 SM, GW로 나타남(부분적 CL분포) • 덕은3교 지지층심도 : 4.0~8.0m – 기초형식 : 강관말뚝기초, 직접기초 • 깎기/쌓기(2/1개 구간) 비탈면 해석결과 모두 안정한 것으로 해석됨

○ 강매~원흥간 도로 개설공사 실시설계 종합보고서(1999.5)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 시추조사 54공 (깎기 3공, 지하차도 6공, 교량 42공, 쌓기 3공) • 핸드오거보링 7개소 • 시험굴조사 5개소 • 토질/암석시험 1식	• 토성분류시 SM, GP, ML, CL로 나타남 • 강매교 지지층심도 : 22.5~25.0m – 기초형식 : 강관말뚝기초 • 깎기/쌓기(2/7개구간) 비탈면 해석결과 일부 쌓기 1개 구간 불안정한 것으로 해석됨

○ 서울외곽순환고속도로 건설공사(1, 2공구) 토질조사보고서(1997.12)

조 사 내 용	분 석 내 용
• 1공구 – 시추조사 123공(교량 104공, 깎기 14공, 성토 5공) • 2공구 – 시추조사 94공(교량 83공, 깎기 11공) – 핸드오거보링 14개소 – 시험굴조사 6개소	• 매립층, 충적층(SC, CL, SM, GM), 풍화대 및 기반암 • 성사2교 지지층심도 : 3.7~9.3m – 기초형식 : 직접기초 • 새말교 지지층심도 : 5.0~9.4m – 기초형식 : 직접기초(교각), 강관말뚝기초(교대) • 벽제교 지지층심도 : 2.3~9.7m –기초형식 : 직접기초

제 2 장 예비조사

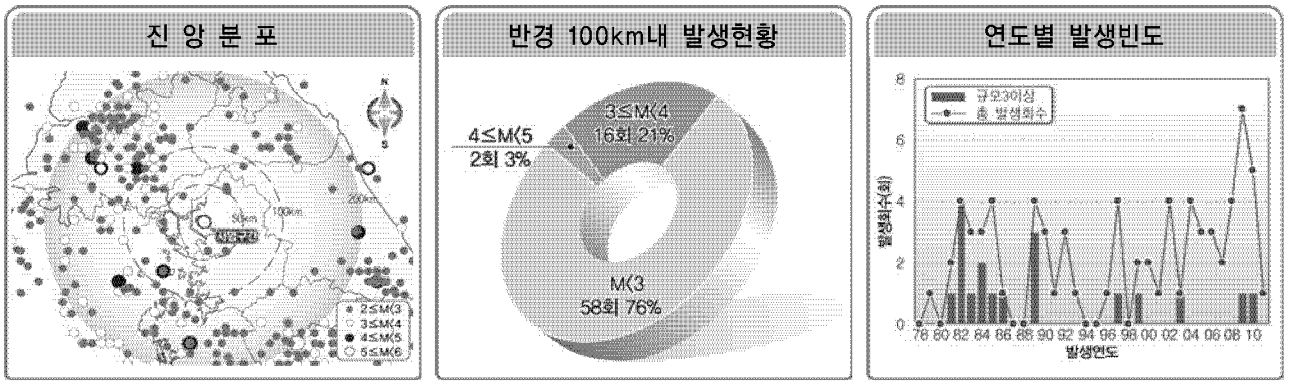
2.1 주변 환경 조사 및 분석

2.1.1 지진이력 조사

기본방향

- 지진의 발생빈도 및 규모와 과거의 통계분석을 통한 지반 공학적 위험요소 파악
- 지진재해에 취약한 구조물 등에 대한 상대적인 지진위험도 저감 효과와 장기적 안전성 확보

◎ 지진이력 현황



◎ 사업구간 주변지역(서울 · 경기)에서 발생한 대표 지진이력

발 생 일 시	규 모(M)	발 생 위 치		진 앙 지
		위 도	경 도	
1984.06.25	2.2	37.00 N	126.80 E	경기도 남부 아산만 지역
1985.01.22	2.1	37.70 N	127.00 E	서울 북방 약 85km 지역
1986.08.11	3.5	37.10 N	126.00 E	경기도 덕적도 남서 해역
1990.06.14	2.3	37.50 N	127.10 E	서울 동부 지역
1992.09.05	2.7	37.00 N	126.80 E	경기도 평택시 서부해안 지역
1992.11.25	2.6	37.70 N	126.40 E	경기도 강화도 중부 지역
1993.03.11	2.8	37.50 N	124.80 E	경기도 옹진군 소청도 해역
1993.06.12	2.7	37.50 N	125.50 E	경기도 소연평도 남서쪽 25km 해역
1997.11.09	2.5	37.80 N	126.80 E	경기도 파주 북쪽 약 5km 지역
1999.06.09	2.6	37.70 N	125.80 E	경기 대연평도 북동쪽 약 10km 해역
2000.10.28	2.7	37.10 N	126.70 E	경기도 수원 남서쪽 약 30km 해역
2001.02.10	2.0	37.10 N	127.60 E	경기 여주 남쪽 약 20km 지역
2002.03.25	2.4	37.10 N	127.20 E	경기 용인 남쪽 약 10km 지역
2004.09.15	2.5	37.50 N	126.90 E	경기 광명시 북동쪽 약 5km 지역
2008.03.15	2.0	38.11 N	127.10 E	경기 연천군 북동쪽 3km 지역
2008.09.11	2.4	38.08 N	127.12 E	경기 연천군 동남동쪽 4km 지역
2008.10.08	2.1	38.12 N	127.11 E	경기 연천군 북동쪽 4km 지역
2009.03.26	2.7	38.09 N	127.11 E	경기 연천군 동쪽 3km 지역
2010.02.09	3.0	37.45 N	126.80 E	경기 시흥시 북쪽 8km 지역

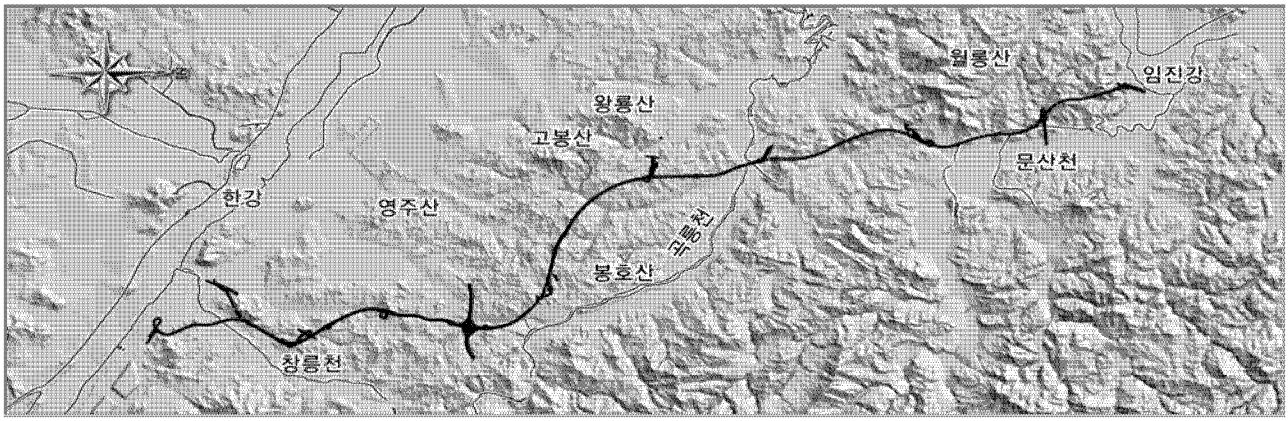
분석결과

- 사업구간 주변(100km이내)에 발생한 지진은 총 76회이며 연평균 2.2회 발생
- 지진발생빈도는 시간에 따라 점차 증가하는 경향을 보임

2.1.2 지형특성 분석

기본방향	• 사업구간 노선 선정시 주요 구간에 대한 토질 및 지질공학적인 자료 획득 • 산계 및 수계 등 지형특성에 따른 분포 암종 및 지질구조를 파악하는 1차적 자료로 활용

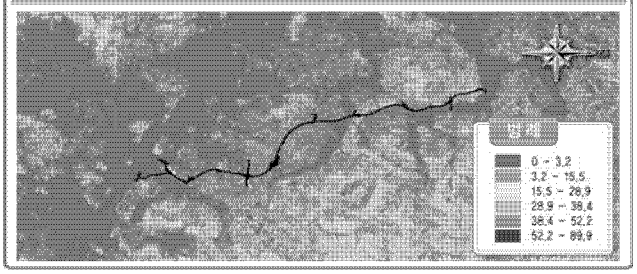
산계 및 수계 분석



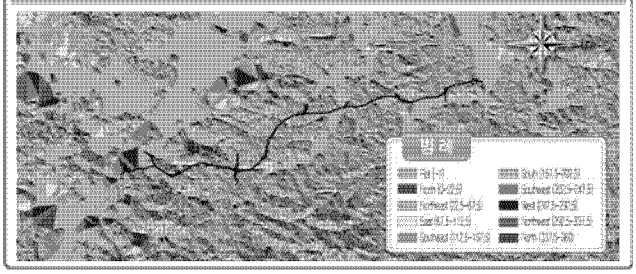
산 계	• 사업노선이 통과하는 지역은 영주산–고봉산–왕룡산–월롱산을 잇는 북북서방향의 산능 발달 • 공릉천을 경계로 남측은 구릉지성 저산능이 발달하고, 북측은 월롱산등 비교적 고산능 발달
수 계	• 사업 시점부의 한강과 사업 종점부의 임진강이 있으며, 1차 지류로는 창릉천, 공릉천, 문산천이 분포 • 창릉천과 공릉천은 직선상의 유로를 형성하여 한강에 유입되고, 문산천은 직선~곡류형 유로를 형성하여 임진강에 유입 • 사업구간이 통과하는 구간은 대부분 저산능 지역으로 수지상 수계로, 공릉천과 문산천에 유입

지형 분석

경사도 분석



경사향 분석



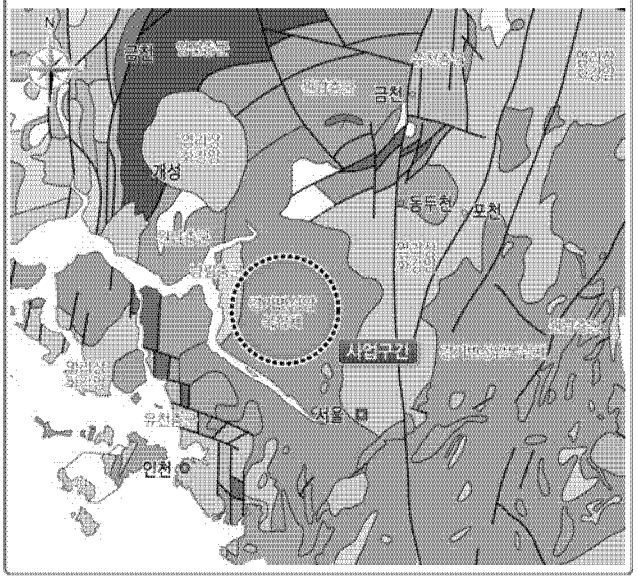
경사도(°)		경사향	
0.0~3.2	65.9%	0.0~22.5	39.1%
3.2~9.2	19.2%	22.5~67.5	6.6%
9.2~15.5	9.6%	67.5~112.5	7.5%
15.5~21.8	2.9%	112.5~157.5	7.4%
21.8~28.9	0.9%	157.5~202.5	7.4%
28.9~38.4	0.5%	202.5~247.5	7.9%
38.4~52.2	0.4%	247.5~292.5	8.5%
52.2~69.1	0.2%	292.5~337.5	8.5%
69.1~89.9	0.2%	337.5~360.0	7.2%

분석결과	• 사업구간의 경사방향은 고른 분포를 나타내며 경사도는 9.2° 이내로 완만한 상태를 보임

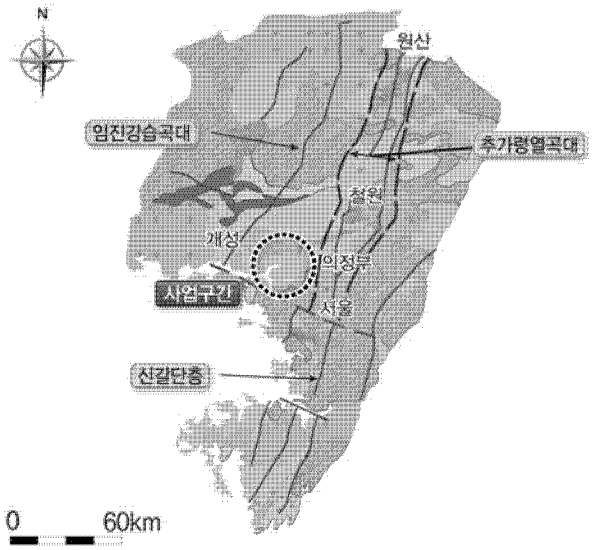
2.1.3 광역지질특성 분석

광역지질분포 및 지체구조 특성 분석

광역지질분포 특성



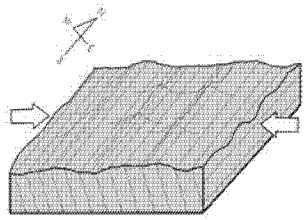
지체구조 분석



- 사업구간의 광역지질은 대부분 경기변성암복합체(편마암, 편암 등으로 구성)로 분포하며, 주변으로 강화도 부근의 원생대 원남층군과 동두천, 포천 부근 중생대 엽리상화강암이 분포
- 사업구간은 원산에서 서울까지 이어지는 북북동 방향의 추가령 열곡대 서측에 위치하며, 지체구조상 안정된 경기육괴에 해당되어 지질구조대(대규모 단층, 파쇄대 등)의 영향은 적음

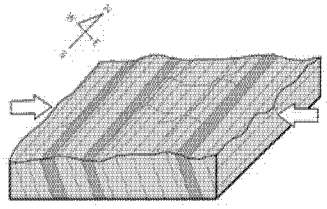
지질변천사

1단계



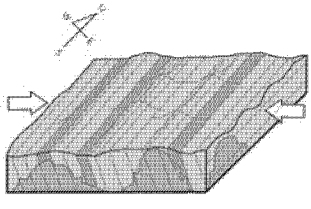
- 변형작용 및 변성작용에 의해 흑운모편마암 형성

2단계



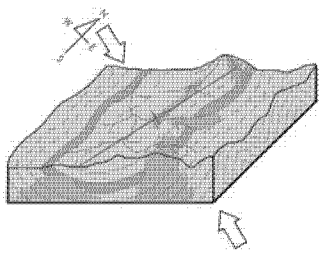
- 변성작용 동안 열수순환작용이 활발하여 석회규산염암 분포

3단계



- 심성암 관입 후 변성작용으로 우백질화강편마암 형성

4단계



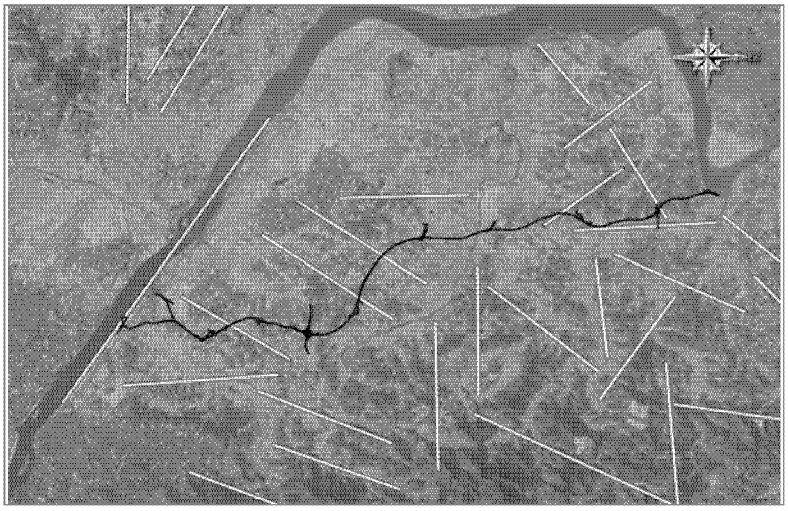
- 동-서방향의 응력에 의해 NE방향의 습곡 발달

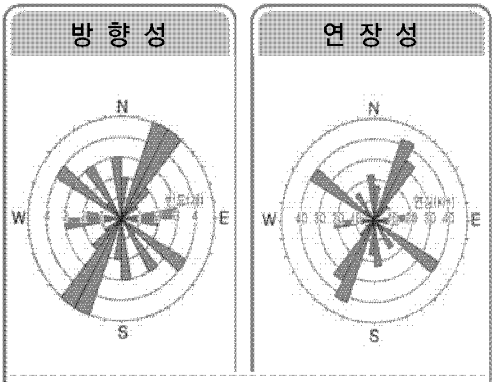
2.1.4 선구조 분석

기본방향

- 광역 선구조 분석을 통해 사업구간에 발달하는 선구조의 방향성 및 특성 파악
- 단층 파쇄대의 특성과 위험요인을 예측하고 지반공학적 자료 습득
- 지표지질조사 계획수립을 위한 자료로 활용

위성영상 분석





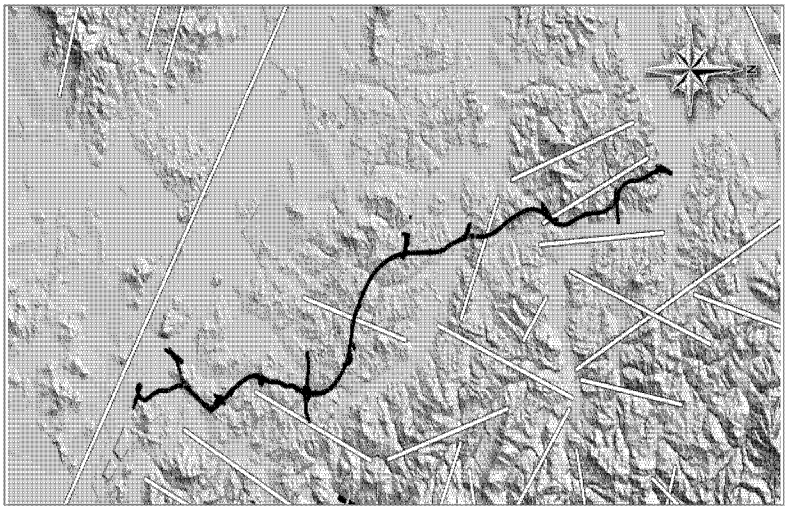
- Set 1 : N20~40E
- Set 2 : N50~60W
- Set 3 : N10~20W
- Set 4 : N30~40W

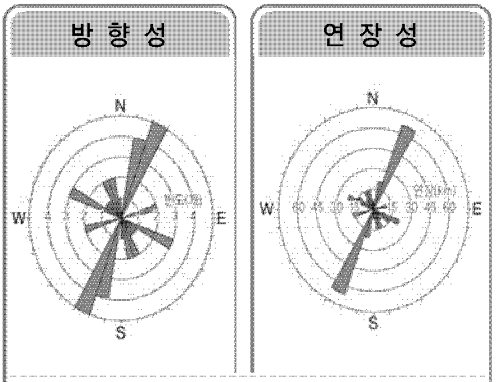
분석결과

- 한강을 따라 N30E방향의 선구조 발달 및 연장성 크게 나타남
- 주요 선구조는 N20~40E로 나타나며, N50~60W, N10~20W 및 N30~40W 선구조 발달

음영기복도 분석

- 위성영상에서 분광특성을 이용하여 선구조 판독이 용이하기도 하지만 광선방향에 따른 영향과 지표물질에 의한 영향으로 인해 선구조 판독에 불리한 경우가 발생할 수 있음
  ➜이를 극복하기 위해 음영기복도를 작성하여 선구조 판독에 활용



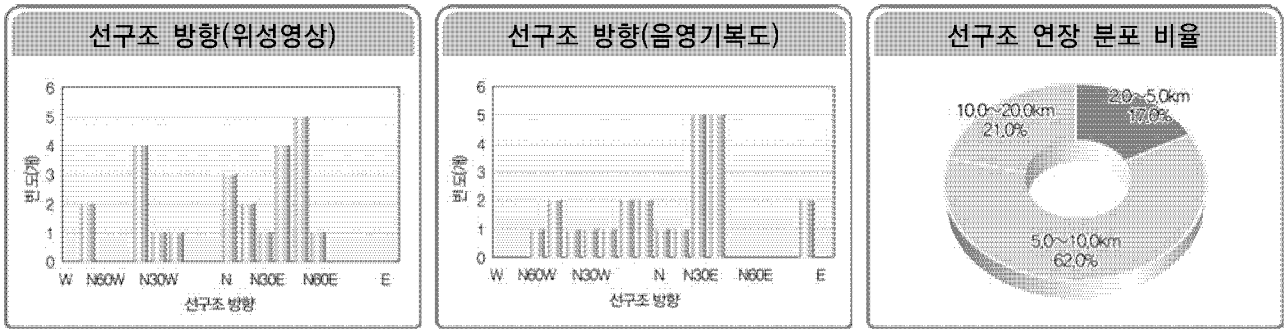


- Set 1 : N10~30E
- Set 2 : N60~70W
- Set 3 : N10~40W

분석결과

- 한강을 따라 발달하는 N20E 방향의 선구조와 이와 직각방향으로 발달하는 N60W방향 선구조 발달
- 선구조의 연장성을 고려한 방향은 N20~30E방향의 선구조가 빈도가 높게 나타남

선구조 빈도 및 연장성 분석

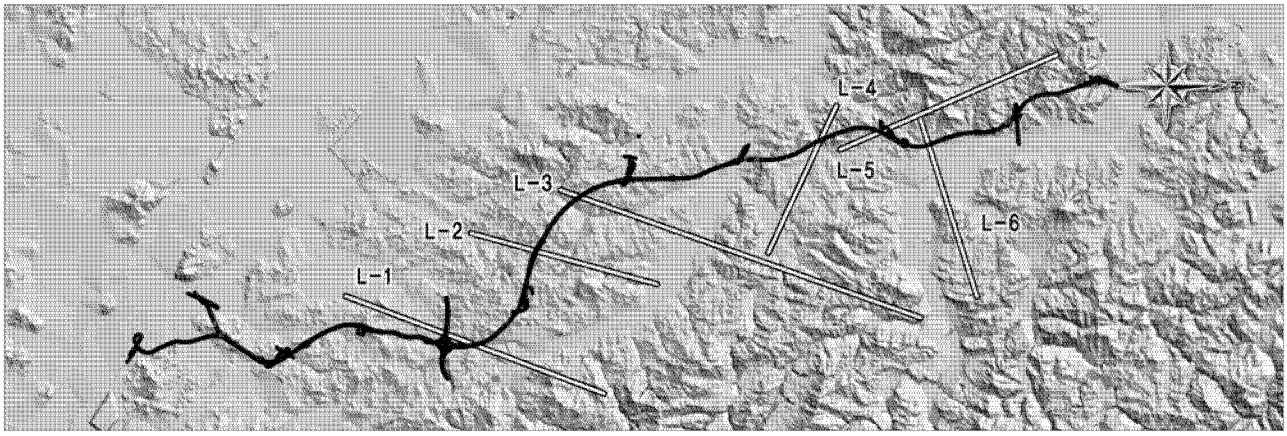


분석결과

- 위성영상과 음영기복도에서 관찰되는 선구조 방향은 유사하게 나타나며, N20~30E방향이 우세함
- 선구조의 연장은 5~10km가 62%로 가장 우세하고, 2~5km 17%, 10~20km 21%로 나타남

노선과 교차하는 선형구조 분석

- 지질도, 위성영상, 음영기복도를 종합 분석하여 사업구간에 형성된 선구조의 분포 특성 및 경향 분석
  ➜ 지반조사 계획 설정의 기초 자료로 활용
- 예비조사 단계에서 각종 정밀지반조사 지역 설정 및 노선결정의 보조수단으로 활용



노선과 교차하는 선형구조 특성

구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물	비 고
L - 1	6+300	N20E	12	깎기부(휴게소)	
L - 2	13+200	N14E	87	쌓기부	
L - 3	15+130	N18E	66	쌓기부	
L - 4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)	
L - 5	25+850	N22W	62	쌓기부	
L - 6	26+370	N82E	42	쌓기부	

분석결과

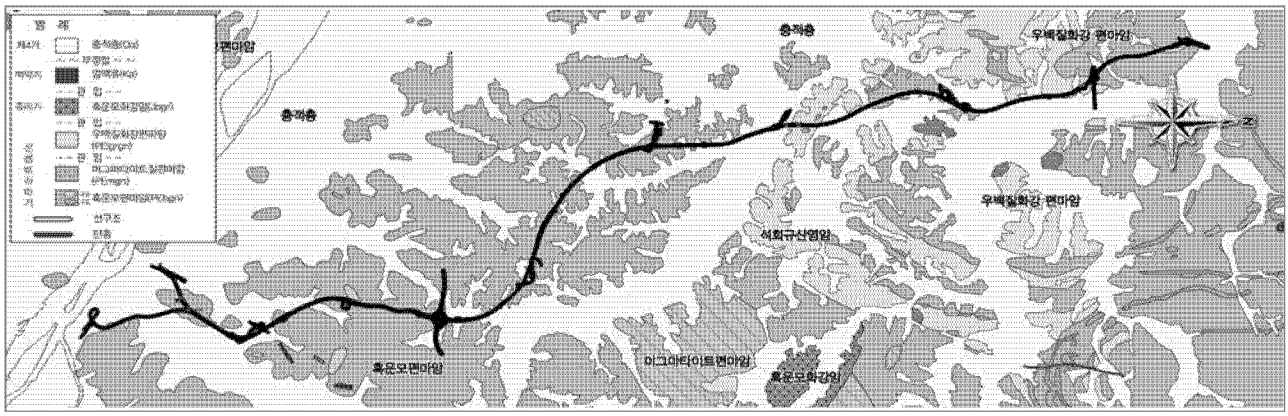
- 사업노선과 교차하는 선형구조는 총 6개로 관측되며, 시점~공릉천 구간은 N14~20E방향으로 서로 평행하게 분포하고, 공릉천~종점구간은 N22~64W 및 N82E 방향의 선형구조가 나타남
- 교차 선형구조는 깍기 및 쌓기구간에 위치하여 터널이나 교량 등의 구조물에는 영향이 없을것으로 판단됨

2.2 지표지질조사

2.2.1 지질분포특성 분석

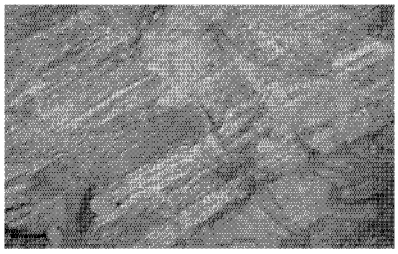
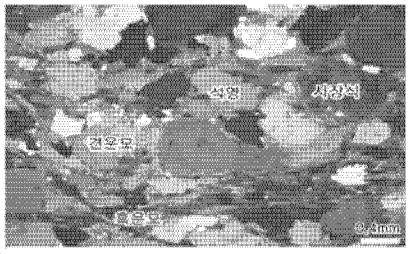
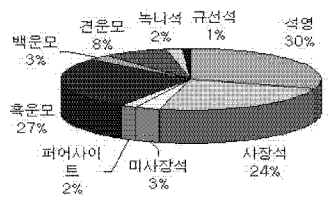
기본방향	• 사업구간은 흑운모편마암이 주된 암종으로 분포하며, 일부 구간은 화강암과 충적층이 분포 • 화강암은 사업구간 인근 지역에 관입되어 분포

○ 지질평면도



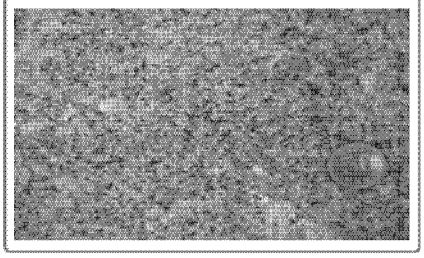
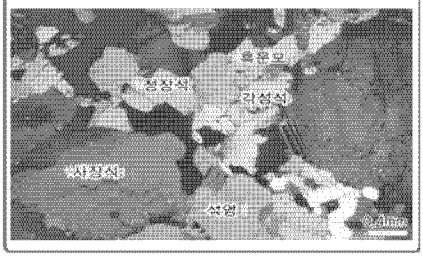
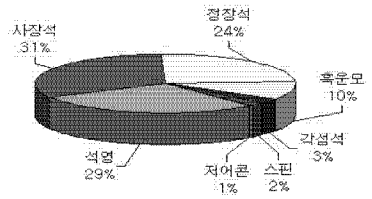
○ 분포 암종 및 특성 분석

■ 흑운모편마암

현장노두사진	박편사진	Modal 분석 결과
		

• 사업구간 대부분 지역에 분포하며, 변성과정에서 생성된 편리가 발달하여 이방성 특성이 있음
➜편리와 평행한 방향으로 강도는 약하고 변형이 크며, 수직인 방향으로는 강도는 강하고 변형이 적음
• 흑운모편마암은 풍화에 약함 ➜ 편리를 구성하는 유색광물들은 풍화에 취약한 광물임

■ 화강암

현장노두사진	박편사진	Modal 분석 결과
		

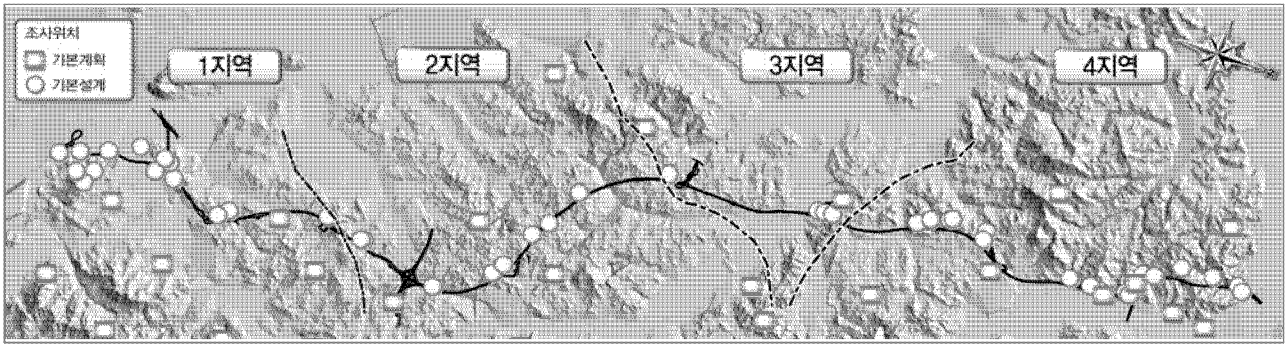
• 사업구간 시점 인근지역에 분포하며, 흑운모편마암을 관입
• 암석의 강도가 크고 입자간의 공극이 비교적 작아 하중이 가해지면 탄성변형에 가까운 변형 특성을 보임

2.2.2 절리특성 분석

기본방향

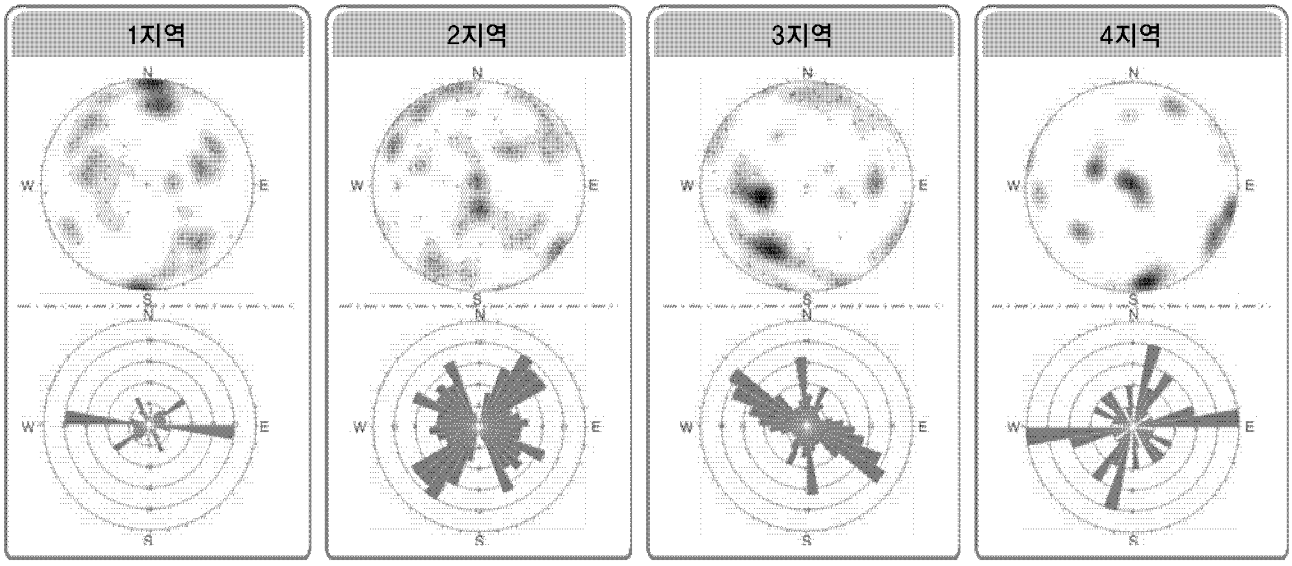
- 깎기 및 터널구간을 대상으로 지표노두에서 불연속면의 방향 측정 및 절리군 요소 파악
- 대표 노두지점에서 절리군별 간격, 거칠기(JRC), 벽면강도(JCS) 등 절리면의 공학적 특성 파악

조사위치도



결과분석

구 분	지형적 특성	지질분포 특성	절리군 특성
1지역 (사업시점~5+600)	• 독립적 산능 발달 • 저산능의 구릉지성산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 고각 및 저각절리 발달 • EW주향 절리 발달
2지역 (5+600~15+500)	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달 • 산간 소계곡부 농경지대 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 호상구조	• 절리의 방향성 다양 • NE 내지 NW주향 절리 발달
3지역 (15+500~27+200)	• 독립적 산능 발달 • 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 흑운모편마암 분포 • 편리발달, 부분적 안구상구조	• 35~60 저각절리 우세 • NW주향 절리 발달
4지역 (27+200~사업종점)	• 월롱산 측면부 통과 • 비교적 높은 산능지대 형성	• 흑운모편마암 분포 및 편리 발달 • 주변부 석회규산염암 분포	• 고각절리 우세 • NEE주향 절리 발달



분석결과

- 사업노선 인근 45개의 노두에서 측정한 절리 방향 분석결과, 지역별로 절리군이 상이하게 나타나며, 전반적으로 절리군은 고각의 2개 절리군과 저각의 1개 절리군 등 3개 절리군 발달 우세
- 1, 4지역은 절리군이 유사하게 나타나며, 2, 3지역은 다소 불규칙하게 분산되어 분포

조사위치별 절리 특성

구 분	절리방향(경사/경사방향)			절리간격(cm)			거칠기(JRC)			JCS(MPa)		
	Set 1	Set 2	Set 3	Set 1	Set 2	Set 3	Set 1	Set 2	Set 3	Set 1	Set 2	Set 3
S-1	45/058	62/318	78/188	10~20	5~10	5~20	6~8	8~10	8~10	25~45	20~50	28~35
S-2	20/270	88/200	–	5~10	10~30	–	12~14	10~12	–	40~55	22~48	–
S-3	62/235	12/125	78/332	10~30	10~20	5~10	10~12	12~14	8~10	30~64	25~55	28~63
S-4	65/246	40/045	88/070	5~10	10~30	20~30	8~10	6~8	6~8	33~50	35~62	20~55
S-5	35/150	88/188	78/150	5~10	10~20	20~30	6~8	8~10	8~10	35~75	38~65	50~68
S-6	20/254	83/176	60/232	10~20	10~30	10~20	8~10	12~14	12~14	22~65	20~42	30~56
S-7	38/080	86/085	80/178	5~10	30~50	5~10	10~12	8~10	8~10	25~48	20~50	22~36
S-8	88/040	82/302	50/115	5~20	20~30	10~50	8~10	8~10	8~10	32~54	30~56	32~65
S-9	89/002	25/090	73/060	15~30	20~50	15~40	8~10	12~14	10~12	66~75	66~86	70~83
S-10	23/018	63/007	89/105	5~20	5~20	15~25	8~10	10~12	10~12	58~75	60~72	65~80
S-11	53/295	40/012	59/184	3~20	3~20	5~20	10~12	10~12	10~12	45~65	55~65	52~85
S-12	50/250	44/120	70/350	20~30	5~10	5~20	6~8	6~8	8~10	42~55	45~58	46~60
S-13	85/188	65/135	54/312	5~20	5~20	5~20	12~14	12~14	12~14	15~30	16~28	20~32
S-14	65/185	–	–	5~40	–	–	14~16	–	–	20~33	–	–
S-15	61/320	84/030	34/152	15~30	10~70	10~20	12~14	10~12	12~14	45~55	45~60	48~58
S-16	82/138	88/248	07/075	70~100	50~100	10~30	10~12	10~12	10~12	65~72	66~83	65~80
S-17	78/170	35/228	60/238	20~30	20~30	20~30	10~12	8~10	8~10	28~65	30~68	25~58
S-18	58/125	76/030	46/358	1~10	10~15	1~10	14~16	14~16	14~16	22~30	25~39	25~34
S-19	66/235	60/154	62/041	10~30	10~20	10~20	14~16	14~16	14~16	28~40	30~46	32~45
S-20	19/355	86/120	70/025	15~50	30~50	20~100	10~12	10~12	10~12	62~75	62~86	65~80
S-21	05/170	80/225	76/114	2~20	20~30	20~30	10~12	10~12	8~10	45~60	44~63	45~55
S-22	16/350	80/202	82/118	1~5	5~15	5~20	12~14	10~12	10~12	42~55	40~60	45~61
S-23	35/025	86/160	81/303	5~20	10~30	20~30	12~14	10~12	12~14	45~65	44~62	48~60
S-24	47/128	72/015	55/305	2~20	40~50	10~30	8~10	8~10	8~10	55~70	56~72	58~70
S-25	65/089	85/004	–	1~5	12~18	–	8~10	12~14	–	53~65	55~68	–
S-26	63/038	75/188	59/025	20~30	10~30	10~30	10~12	10~12	10~12	65~80	62~75	66~78
S-27	82/206	58/266	63/065	15~40	40~80	40~80	10~12	8~10	12~14	70~80	68~80	68~78
S-28	35/041	81/152	74/294	5~40	20~60	30~60	8~10	8~10	8~10	62~75	62~78	62~78
S-29	89/010	58/102	36/061	15~20	25~35	10~20	6~8	6~8	10~12	68~85	70~86	68~72
S-30	49/088	78/172	19/230	5~10	20~30	20~30	8~10	8~10	6~8	56~70	55~71	56~71
S-31	34/080	–	–	2~5	–	–	12~14	–	–	49~73	–	–
S-32	32/075	70/355	–	5~10	15~20	–	6~10	8~10	–	54~70	55~74	–
S-33	25/076	84/358	–	5~15	10~30	–	8~10	8~10	–	58~73	56~70	–
S-34	34/075	80/222	88/110	3~10	3~20	15~40	14~16	14~16	12~4	50~72	48~68	45~70
S-35	56/092	61/014	84/128	15~20	15~20	10~15	14~16	12~14	12~14	20~30	18~28	18~34
S-36	38/140	83/251	86/010	10~20	20~30	20~30	8~10	10~12	10~12	25~45	20~46	20~33
S-37	30/115	85/310	71/208	20	30	20	8~10	8~10	12~14	68~75	58~70	58~75
S-38	07/138	57/178	88/234	1	10	20	10~12	10~12	12~14	52~65	55~78	54~65
S-39	05/192	82/322	85/041	15~20	50~70	100	8~10	6~8	10~12	45~62	42~58	42~60
S-40	05/268	84/352	88/286	3	15	30	8~10	10~12	10~12	52~74	42~70	45~70
S-41	74/014	80/262	–	7	20	–	6~8	10~12	–	46~74	50~88	–
S-42	78/292	66/061	12/250	5	7	12	10~12	10~12	8~10	55~70	53~65	55~71
S-43	12/328	75/295	77/205	1	30	30	6~8	8~10	8~10	50~65	55~67	54~67
S-44	80/355	52/045	76/082	4	15	40	8~10	8~10	10~12	64~75	65~82	60~80
S-45	49/164	56/054	70/297	3	20	30	8~10	8~10	8~12	45~70	48~75	42~70

제4편 상세 및 보완조사

제1장 공구별 조사현황

제2장 구조물별 지층현황

제3장 물리탐사

제4장 현장조사 및 시험

제 1 장 공구별 조사현황

1.1 공구별 현장조사 및 시험 현황

1.1.1 현장조사

시추조사(공)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	7	–	2	4	13
교량구간	110	51	67	49	277
토공구간	30	21	40	54	145
합계	147	72	109	107	435

시험굴(개소)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
토공구간	3	1	2	3	9

핸드오거보링(개소)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
토공구간	1	–	3	3	7

1.1.2 현장시험

강도 및 변형특성시험

공내재하시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	7	–	4	2	13
교량구간	22	5	5	6	38
토공구간	3	–	7	18	28
합계	32	5	16	26	79

공내전단시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1	–	–	1	2
교량구간	2	–	–	1	3
토공구간	1	–	2	12	15
합계	4	–	2	14	20

○ 수리특성시험

■ 투수시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
교량구간	63	22	22	35	142
토공구간	14	9	22	39	84
합계	77	31	44	74	226

■ 수압시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	14	–	6	8	28
교량구간	5	–	1	1	7
토공구간	3	1	5	20	29
합계	22	1	12	29	64

■ 지하수유량유속시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1	–	1	1	3

■ 양수시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1	–	1	1	3

■ 순간충격시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	2	–	2	2	6

○ 불연속면 특성 시험

■ 공내영상촬영(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	2	–	1	1	4
토공구간	2	1	1	7	11
합계	4	1	2	8	15

○ 동적특성 시험

■ S-PS검층(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1	–	1	1	3

■ 밀도검층(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1	–	1	1	3
교량구간	2	–	2	1	5
토공구간	–	–	–	1	1
합계	3	–	3	3	9

■ 하향식탄성파 탐사(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
교량구간	2	–	2	1	5
토공구간	–	–	–	1	1
합계	2	–	2	2	6

■ 공진주시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1	–	1	1	3

■ 진동반복삼축압축시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
교량구간	–	1	–	1	2

○ 지중응력특성시험

■ 수압파쇄시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1	–	1	1	3

■ AE/DRA시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1	–	1	1	3

○ 연약지반특성 시험

■ 일축압축강도시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
교량구간	3	–	1	2	6
토공구간	3	–	–	2	5
합계	6	–	1	4	11

■ 피에조콘관입시험 및 간극수압소산시험(개소)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
교량구간	1	–	1	–	2

■ 삼축압축강도시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
교량구간	1	–	1	2	4
토공구간	2	–	–	2	4
합계	3	–	1	4	8

■ 압밀시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
교량구간	3	–	1	2	6
토공구간	3	–	–	2	5
합계	6	–	1	4	11

■ Rowe Cell(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
쌓기구간	1	–	–	–	1

1.2 공구별 물리탐사 현황

○ 탄성파 탐사(km)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	0.94	–	1,13	0.82	2,89
교량구간	0.44	–	–	–	0.44
토공구간	2.87	–	1,55	4,30	8,72
합계	4.25	–	2.68	5.12	12.05

○ 전기비저항 탐사(km)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1.1	–	0.9	0.9	2,9

■ GPR 탐사(단면)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
교량구간	3	–	–	3	6

1.3 공구별 실내시험 현황

1.3.1 실내토질시험

기본물성시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	7	–	2	4	13
교량구간	112	41	64	51	268
토공구간	33	15	40	64	152
합계	152	56	106	119	433

직접전단(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
토공구간	3	1	3	2	9

다짐/CBR(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	6/3	2/1	6/3	4/2	18/9

1.3.2 실내암석시험

기본물성시험 및 일축압축시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	14	–	4	8	26
교량구간	24	11	19	11	65
토공구간	4	1	6	15	26
합계	42	12	29	34	117

삼축압축 및 인장강도시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	2	–	2	2	6
토공구간	2	1	2	7	12
합계	4	1	4	9	18

○ 점하중강도시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	45	–	14	48	107
교량구간	22	2	14	26	64
토공구간	16	4	18	119	157
합계	83	6	46	193	328

■ 절리면전단시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1	–	1	1	3
토공구간	1	–	2	6	9
합계	2	–	3	7	12

○이방성시험(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1	–	1	1	3

○ 본선암유용성(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1	–	1	1	3

1.4 기타 시험현황

■ 시추공시험 발파(회)

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
터널구간	1	–	1	1	3

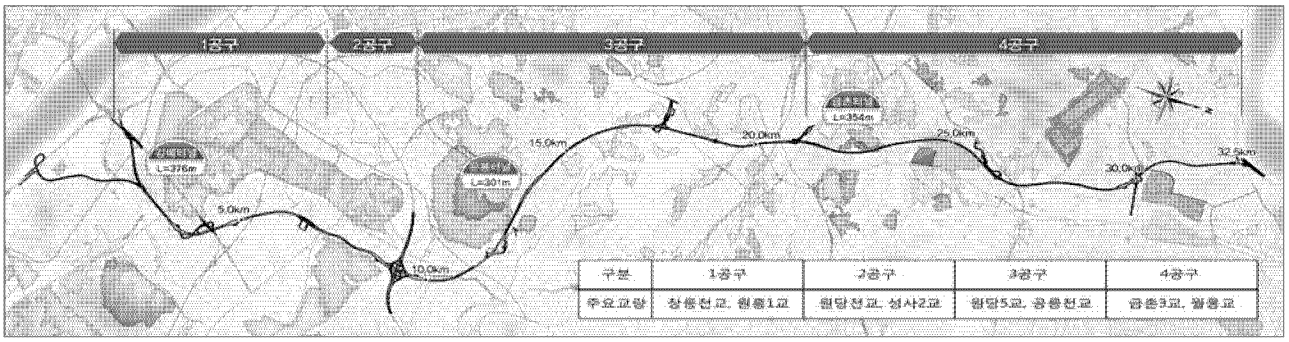
■ SPT에너지효율시험

구 분	1공구	2공구	3공구	4공구	합계
수량(회)	10				10

제 2 장 구조물별 지층현황

2.1 시추조사 현황

2.1.1 시추조사 위치



○ 터널구간

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
금촌 터널	BH-239	572,774.2	181,582.1	78.5
	BH-240	572,872.2	181,550.2	53.8

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
금촌 터널	BH-241	572,914.3	181,564.9	45.3
	BH-242	572,899.6	181,590.6	45.2

○ 교량구간

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
금촌2교	BH-243-2	573,566.00	181,566.60	22.8
금촌3교	BH-246	574,424.00	181,243.00	9.7
	BH-247	574,494.00	181,202.00	10.5
	BH-248	574,528.00	181,187.00	10.5
	BH-249	574,564.00	181,163.00	9.3
	BH-250	574,599.00	181,144.00	9.8
아동육교	BH-243-1	573422.17	181584.05	27.5
월롱IC교	BH-268-1	577501.49	181211.08	21.7
월롱교	BH-270	181,235.10	477,727.30	15.0
	BH-271	181,262.70	477,798.20	12.0
	BH-272	181,265.10	477,928.90	10.8
	BH-273	181,250.90	478,065.00	10.0
월롱 지하차도	BH-261-9	576,936.42	180,932.44	33.7
	BH-261-10	577,031.40	180,946.90	26.9
덕은교	BH-278	579,200.00	180,900.00	10.4
	BH-279	579,212.00	180,909.00	10.3
	BH-280	579,244.00	180,886.00	9.0

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
덕은교	BH-281	579,259.00	180,911.00	9.8
능산1교	BH-285-1	580,179.00	180,830.00	9.6
	BH-285-2	580,198.00	180,824.00	7.6
능산2교	BH-286	580,256.00	180,813.00	7.6
	BH-286-1	580,290.00	180,805.00	7.6
	BH-286-2	580,315.00	180,797.00	8.5
능산3교	BH-288	580,601.00	180,670.00	11.3
	BH-288-1	580,587.00	180,684.00	11.8
능산4교	BH-294-1	581,029.00	180,191.00	15.1
	BH-295	581,049.00	180,152.00	10.4
	BH-296	581,080.00	180,116.00	12.1
	BH-297	581,146.00	180,032.00	16.0
내포교	BH-304-2	582,577.00	179,614.00	15.1
	BH-305	582,597.00	179,606.00	15.3
내포1교	BH-305-1	582,696.00	179,574.00	15.1
	BH-305-2	582,711.00	179,568.00	14.8
내포R-A교	BH-313	583,537.00	179,331.50	12.4

(계속)

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
내포IC R-A교	BH-315	583,591.50	179,323.10	12.0
	BH-316	583,645.90	179,314.60	10.0
	BH-317	583,690.90	179,331.90	10.0
	BH-314-1	583,529.65	179,348.50	10.8
내포R-B1	BH-308	583,302.00	179,382.00	6.8
내포R-B1	BH-309	583,349.00	179,384.90	8.3
내포R-B2	BH-310	583,391.70	179,364.70	8.4
	BH-311	583,302.00	179,382.00	9.0
내포R-B3	BH-314-1	583,529.70	179,348.50	10.8
대명골천	BH-310-1	583,380.79	179,329.79	8.4

깎기구간

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
깎기구간	BH-243	573,238.1	181,563.6	42.9
	BH-243-1	573,422.2	181,584.1	27.5
	BH-244	573,801.0	181,518.0	18.7
	BH-252-1	575,031.0	180,995.0	71.4
	BH-255	575,860.6	180,845.8	37.4
	BH-255-2	576,259.1	180,879.4	37.4
	BH-261-5	576,998.3	181,341.9	33.0
	BH-261-8	576,956.6	180,998.4	32.8
	BH-282	579,403.6	180,831.3	58.5
	BH-284	579,861.3	180,829.9	47.3
	BH-287	580,430.0	180,729.0	44.2
	BH-289	580,820.0	180,490.0	34.1
깎기구간	BH-291	580,944.2	180,572.6	36.8
	BH-293	580,908.4	180,347.5	54.1
	BH-293-1	580,878.3	180,125.2	48.5
	BH-298-1	581,480.0	179,870.0	67.5
	BH-299	581,540.1	179,796.7	69.2
	BH-299-1	581,594.0	179,799.0	68.2
	BH-299-2	581,739.9	179,664.9	80.0
	BH-302	581,912.8	179,685.5	88.5
	BH-303	581,946.2	179,756.4	63.1
	BH-303-1	582,061.2	179,670.6	68.5
	BH-304-1	582,442.0	179,670.0	36.5
	BH-305-7	582,884.7	179,480.5	17.6

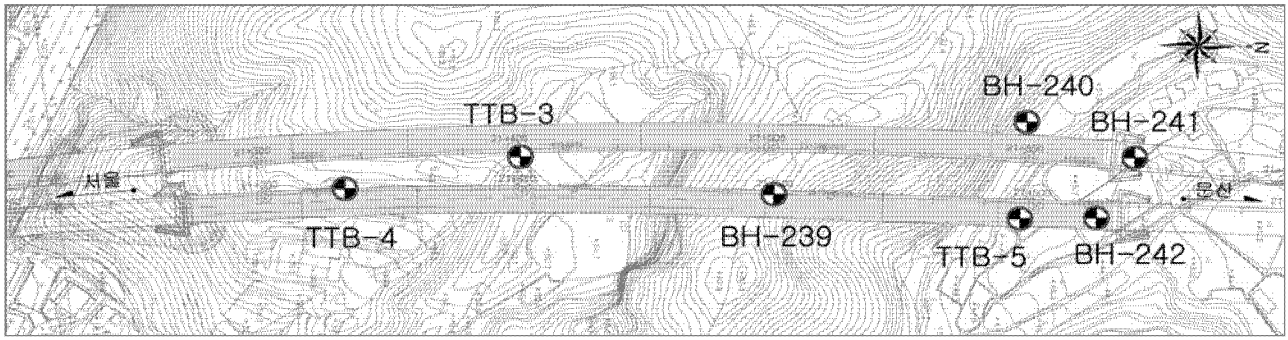
쌓기구간

구분	공번	좌표 X	좌표 Y	표고 (EL.m)
쌓기구간	BH-245	574,258.0	181,336.5	12.5
	BH-254-1	180,853.8	475,637.8	27.5
	BH-255-1	576,060.1	180,854.9	26.9
	BH-255-3	576,421.5	180,910.7	26.9
	BH-261	576,783.4	181,006.6	32.3
	BH-261-6	576,962.0	181,533.0	30.8
	BH-261-7	477,186.0	181,244.0	34.2
	BH-267-1	577,233.6	181,131.6	21.2
	BH-268	577,434.2	181,160.6	17.5
	BH-269	577,591.0	181,223.0	16.5
	BH-274	578,274.0	181,196.0	8.4
쌓기구간	BH-275	578,423.0	181,133.9	9.0
	BH-276	578,707.0	181,038.6	14.0
	BH-277	578,955.8	180,973.8	7.4
	BH-287-1	580,646.0	180,725.0	6.9
	BH-291-1	580,950.9	180,819.4	6.2
	BH-291-2	580,964.3	181,035.5	5.1
	BH-298	581,262.0	179,929.0	23.1
	BH-304	582,302.0	179,692.0	27.0
	BH-305-4	583,068.8	179,469.5	8.8
	BH-307	583,196.4	179,406.5	8.4
	BH-314-2	583,629.8	179,375.2	9.8

2.1.2 터널구간

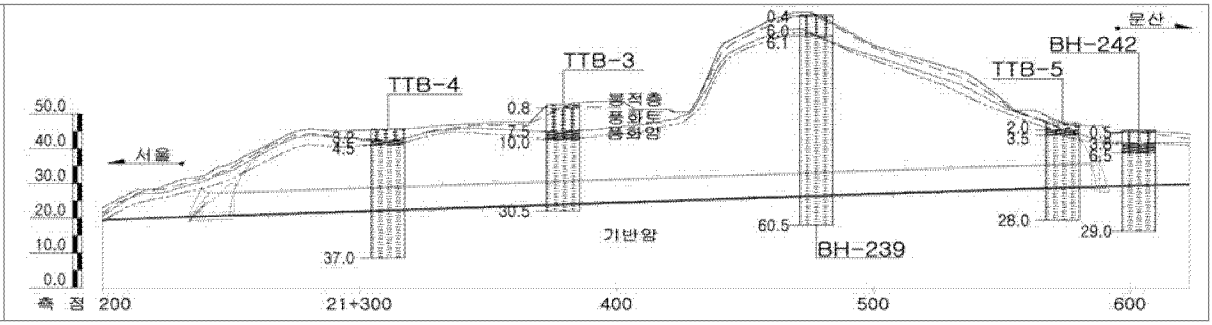
○ 금촌터널(BH-239, 240, 241, 242, 제3자 공고: TTB-3, 4, 5)

■ 조사위치 및 지층단면도

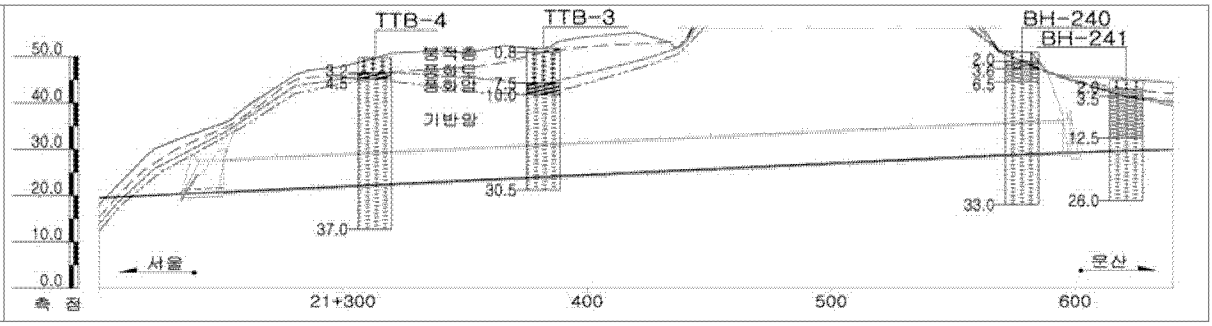


• 금촌터널 시점부 구간은 노출노두 및 급경사 지역으로 진입로 개설이 어려워 조사 불가 ➜ 시공 중 조사 계획 수립

하행



상행

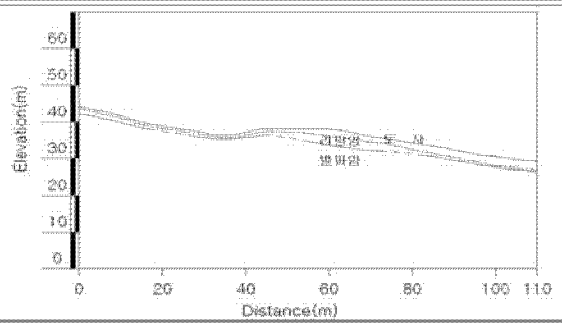
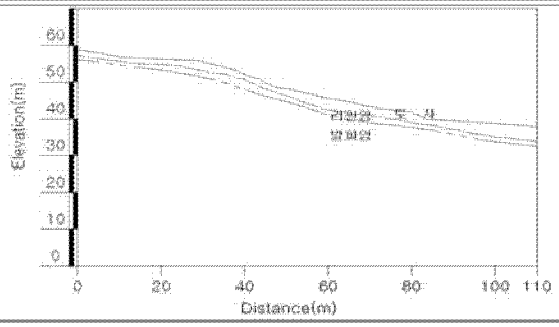


■ 지층상태

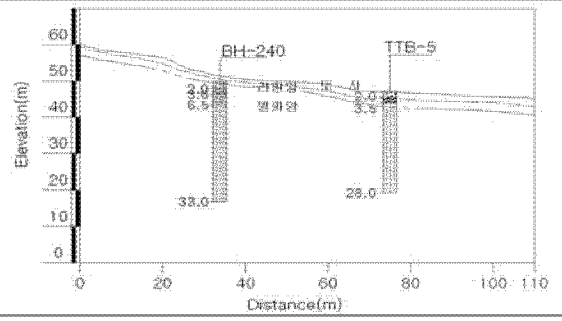
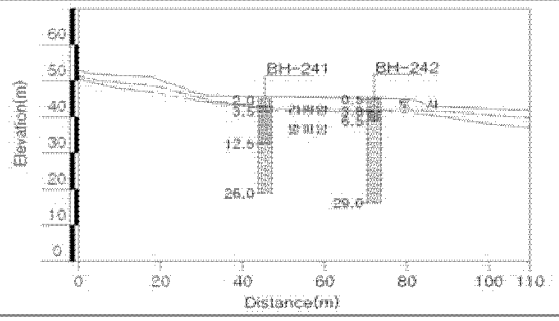
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매 립 층	0.0	0.5~2.0	실트질 모래	13/30
붕 적 층	0.0~0.5	0.4~3.3	실트질 모래	4/30~8/30
퇴 적 층	2.0	1.5	실트질 점토	4/30~5/30
풍 화 토	0.4~0.8	5.6~6.7	실트질 모래	13/30~50/20
풍 화 암	2.0~7.5	0.1~2.5	실트질 모래	50/7
연 암	2.0~3.8	1.6~2.7	편마암	69~100%/18~31%
보 통 암	3.5~3.6	2.9~9.0	편마암	83~100%/58~66%
경 암	3.5~12.5	13.5~54.4	편마암	87~100%/50~100%

구 분	지 층 개 요
매 립 층	• 최상부층으로 지표하 0.5~2.0m 층후로 분포 • 암갈색의 자갈섞인 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
붕 적 층	• 지표하 0.0m에서 0.4~3.3m 층후로 분포 • 암갈색~황갈색의 자갈섞인 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 매우느슨~느슨한 상대밀도
퇴 적 층	• 지표하 2.0m에서 1.5m 층후로 분포 • 암갈색의 실트질 점토로 구성되며 표준관입시험 결과 연약~보통견고한 연경도
풍 화 토	• 지표하 0.4m에서 5.6m 층후로 분포하며 암편섞인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍 화 암	• 지표하 6.0m에서 0.1m 층후로 분포하며 굴진시 암편이 협재된 실트질 모래로 분해 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암	• 지표하 2.0~3.8m에서 1.6~2.7m 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 69~100/18~31%로 매우불량~불량한 암질 상태 • 심한풍화~약간풍화, 약함~강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
보 통 암	• 지표하 3.5~3.6m에서 2.9~9.0m 층후로 분포 • 암회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 83~100/58~66%로 보통~양호한 암질 상태 • 보통풍화~약간풍화, 매우약함~매우강함, 매우심한균열~보통균열의 상태
경 암	• 지표하 6.1~12.5m에서 13.5~54.4m이상 층후로 분포 • 암회색의 편마암으로 분포하며 BH-240, BH-242공 일부 절리면에서 단층활면이 관찰 • TCR/RQD는 87~100/50~100%로 보통~매우양호한 암질 상태

▮ 시점부 횡단

STA. 21+260	STA. 21+320
	

▮ 종점부 횡단

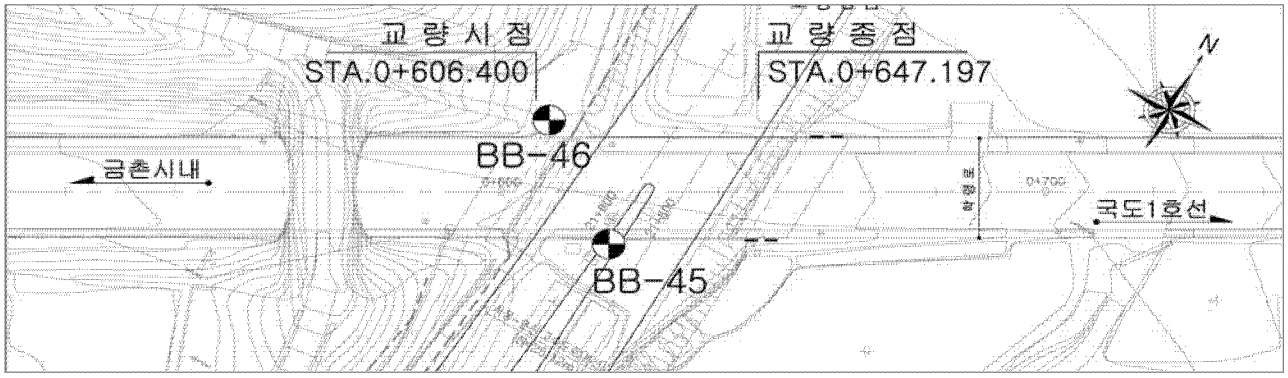
STA. 21+580	STA. 21+610
	

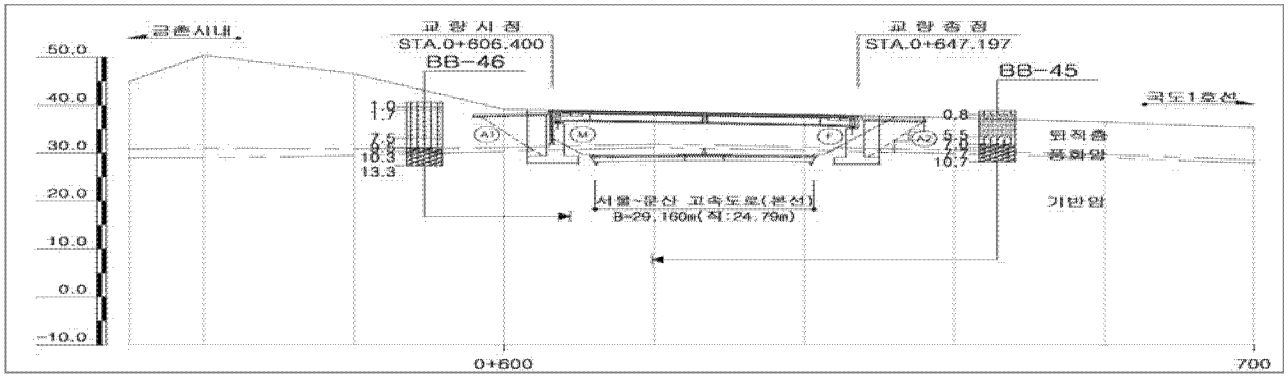
• 시추조사 결과 토사층은 2.0~7.5m 층후로 분포하며, 21+340~21+440 부근에서 깊어지는 경향을 보임
• 기반암층은 지표하 2.0~3.8m에서 출현하지만 터널통과구간의 암질상태는 불량함

2.1.3 교량구간

○ 금촌육교(제3자 공고: BB-45, BB-46)

■ 조사위치 및 지층단면도





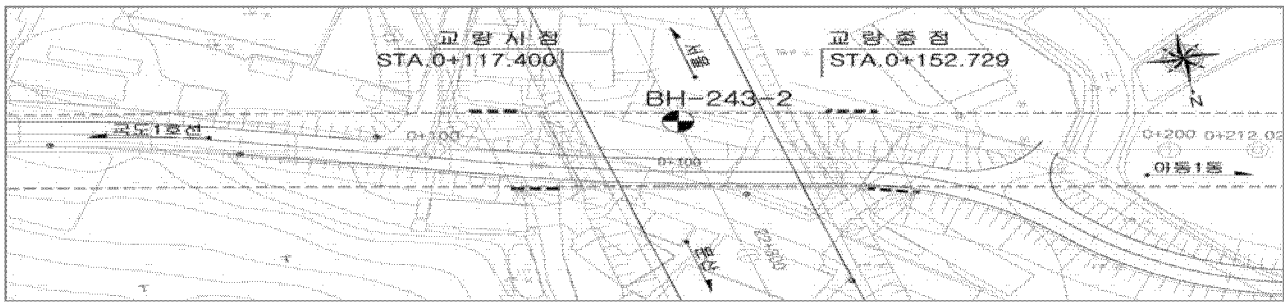
■ 지층상태

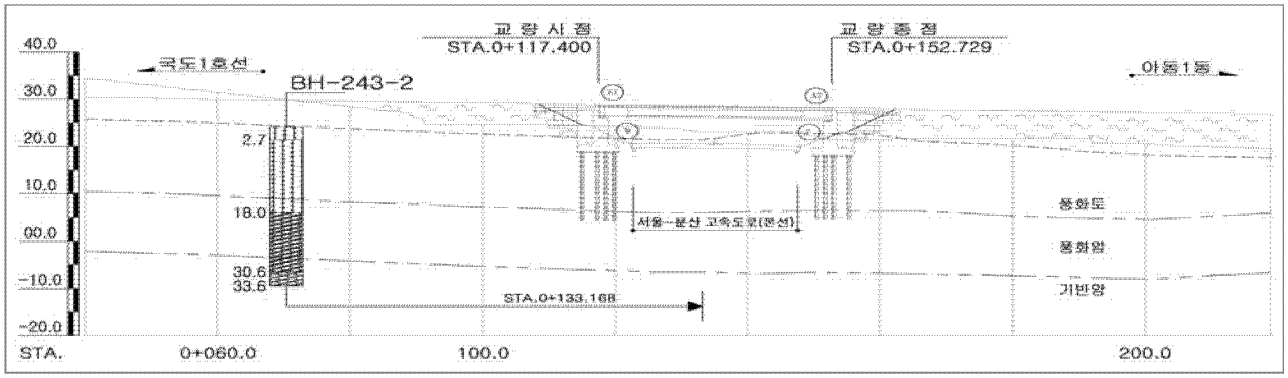
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	0.8~1.0	실트질 모래	-
퇴적층	점토	0.8	4.7	모래질 점토	8/30~17/30
	모래	1.0	0.7	실트질 모래	21/30
풍화토		1.7~5.5	1.5~7.8	실트질 모래	14/30~50/22
풍화암		7.0~9.5	0.7~0.8	실트질 모래	50/9~50/5
연 암		7.7~10.3	3.0	편마암	70~78%/13~18%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.8~1.0m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성
퇴적층	점토	• 지표하 0.8m에서 4.7m 층후로 분포하며 모래질 점토로 구성 • 표준관입시험 결과 보통견고~매우견고한 연경도를 보이며, BB-45에서 국지적으로 확인
	모래	• BB-46에서 확인되며 지표하 1.0m에서 0.7m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도, 지형적 영향으로 지층 분포차가 나타남
풍화토		• 지표하 1.7~5.5m에서 1.5~7.8m 층후로 암편섞인 실트질 모래로 구성 • 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 7.0~9.5m에서 0.7~0.8m로 층후로 분포
연 암		• 지표하 7.7~10.3m에서 분포하며 RQD=13~18%로 매우불량한 암질상태

○ 금촌2교(BH-243-2)

▮ 조사위치 및 지층단면도





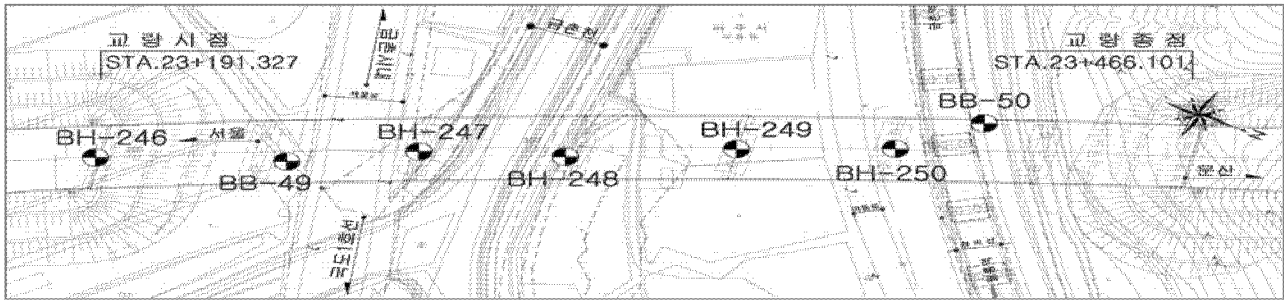
▮ 지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층	0.0	2.7	실트질 모래	14/30~20/30
풍화토	2.7	15.3	실트질 모래	16/30~50/8
풍화암	18.0	12.6	실트질 모래	50/9~50/2
연 암	30.6	3.2	편마암	58%/5%

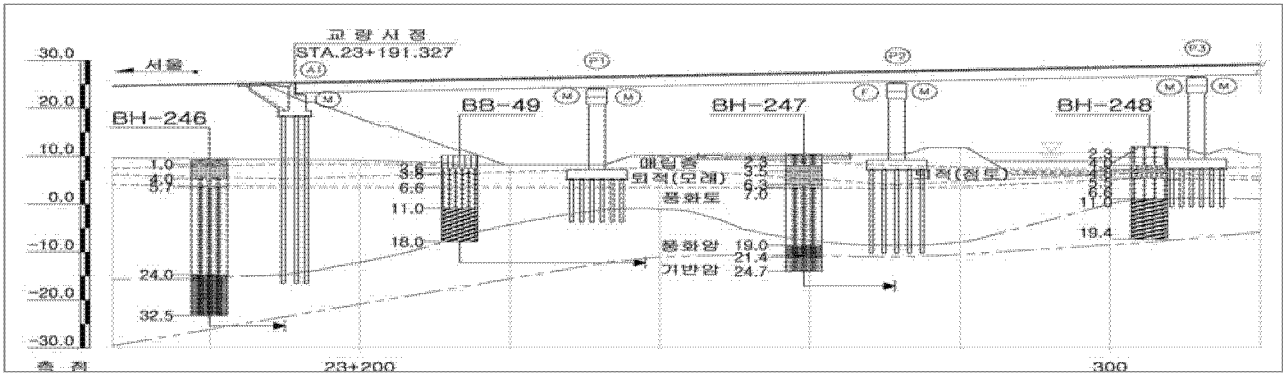
구 분	지 층 개 요
매립층	• 2.7m 층후로 분포하며 자갈섞인 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토	• 지표하 2.7m에서 15.3m 층후로 분포하며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 18.0m에서 12.6m 층후로 분포하며 굴진시 암갈색의 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 30.6m에서 분포하며, RQD=5%로 매우불량한 암질상태로 분포

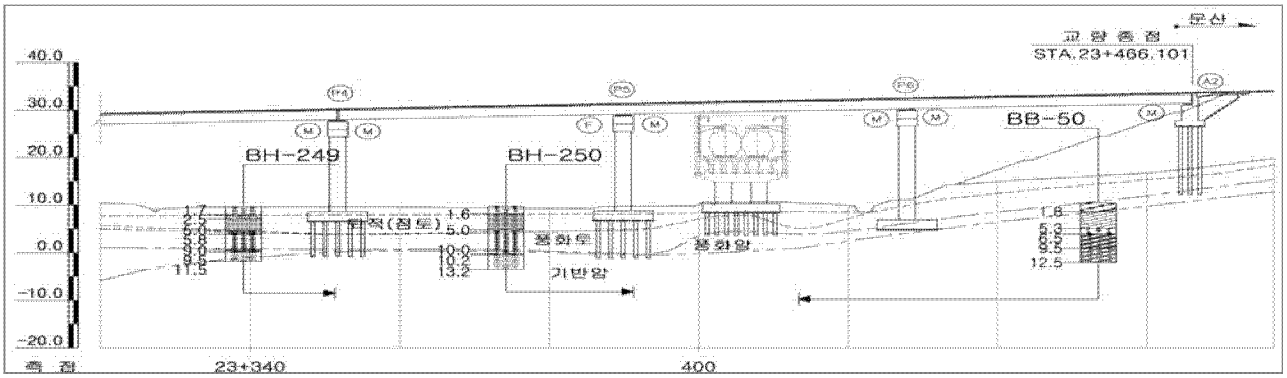
○ 금촌3교(BH-246, 247, 248, 249, 250, 제3자 공고: BB-49, BB-50)

▮ 조사위치 및 지층단면도



• 금촌3교 P6, A2구간은 민원인 반대로 인하여 진입 불가하여 시추조사 미시행 ➜ 시공 중 조사 계획 수립



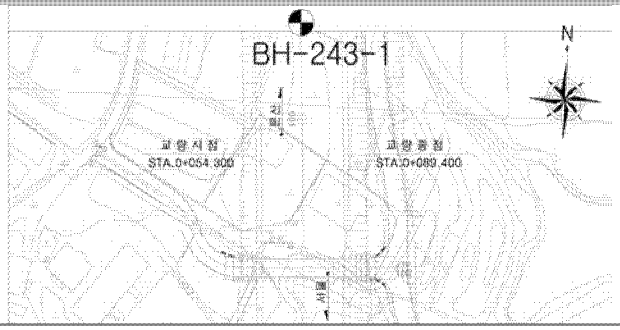
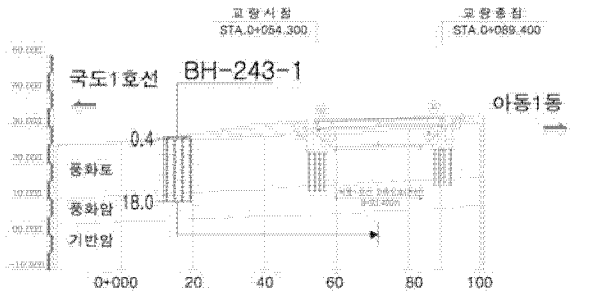


▮ 지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	1.0~2.3	점토질모래, 실트질 모래, 모래질자갈	6/30~26/30
붕적층		1.6	3.4	점토질 모래	12/30~15/30
퇴적층	점토	0.0~4.8	0.7~4.0	모래질실트, 실트질점토, 모래질점토	3/30~21/30
	모래	2.3~6.3	0.7~4.0	실트질 모래, 자갈질 모래	5/30~28/30
	자갈	5.0	0.8	모래질 자갈	16/30
풍화토		5.0~7.0	2.2~18.3	실트질 모래	5/30~50/12
풍화암		7.5~24.0	0.2~8.5	실트질 모래	50/10~50/1
연 암		9.5	3.0	편마암	72%/7%
보통암		21.4	3.3	편마암	93%/48%
경 암		9.5~10.2	2.0~3.0	편마암	100%/75~79%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 1.0~2.3m 층후로 분포하며 실트질 모래~점토질 모래로 구성 • 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
붕적층		• BH-250에서 분포하며 지표하 1.6m에서 3.4m 층후로 점토질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 최상부층으로 지표하 0.0~4.8m에서 0.7~4.0m 층후로 실트질 점토, 모래질 점토로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 연약~매우견고한 연경도
	모래	• 지표하 2.3~6.3m에서 0.7~4.0m 층후로 분포하며 갈색~황갈색의 실트질 모래~자갈질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀의 상대밀도
	자갈	• BH-249에서 지표하 5.0m에서 0.8m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 5.0~7.0m에서 2.2~18.3m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 7.5~24.0m에서 0.5~8.5m 이상 층후로 분포 • 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해되며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암		• 지표하 9.5m에서 3.0m 이상으로 분포하며 RQD=7%로 매우불량한 암질상태
보통암		• 지표하 21.4m에서 3.3m 이상으로 분포하며 RQD=48%로 보통양호한 암질상태
경 암		• 지표하 9.5~10.2m에서 2.0~3.0m 이상 층후로 분포하며 RQD=75~79%로 양호한 암질상태

○ 아동육교(BH-243-1)

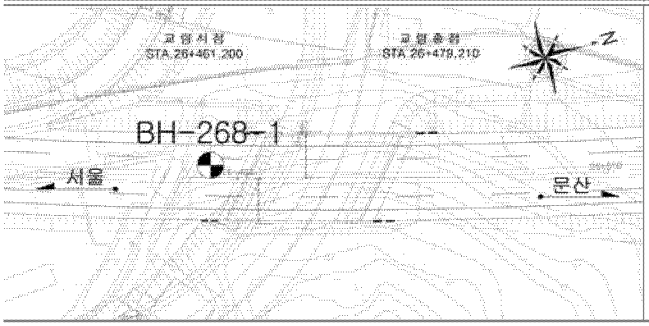
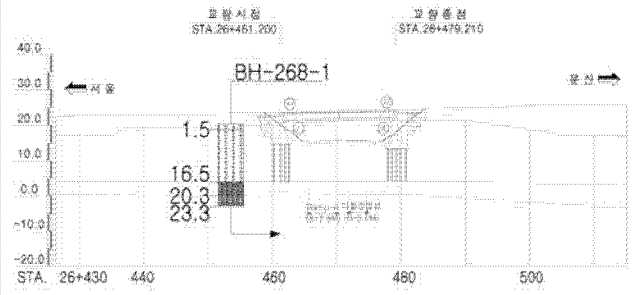
평면	종단
	

▮ 지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층	0.0	0.4	실트질 모래	-
풍화토	0.4	17.6	실트질 모래	3/30~50/22

구 분	지 층 개 요
매립층	• 최상부층으로 지표하0.4m 층후로 분포하며 실트질 모래~점토질 모래로 구성
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.4m에서 17.6m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성

○ 월롱IC교(BH-268-1)

평면	종단
	

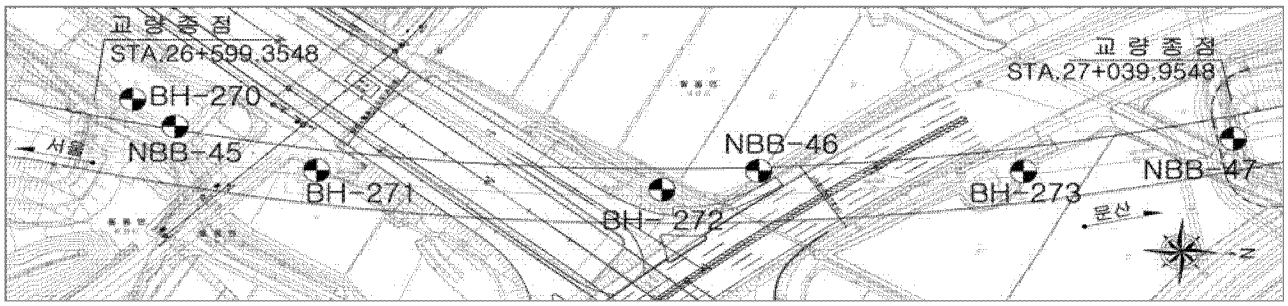
▮ 지층상태

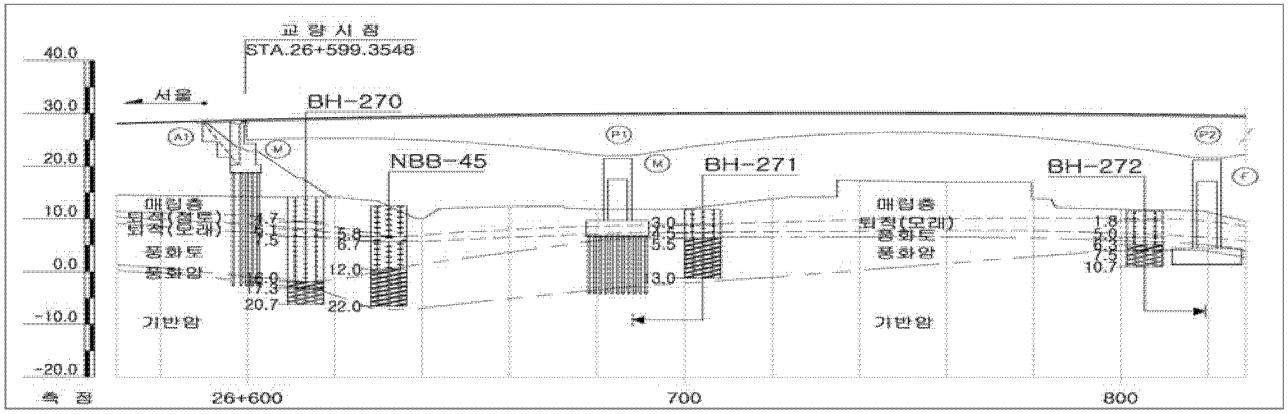
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	1.5	실트질 모래	14/30
풍화토	1.5	15.0	실트질 모래	8/30~50/16
풍화암	16.5	3.8	실트질 모래	50/8~50/2
연암	20.3	3.0	편마암	87/3

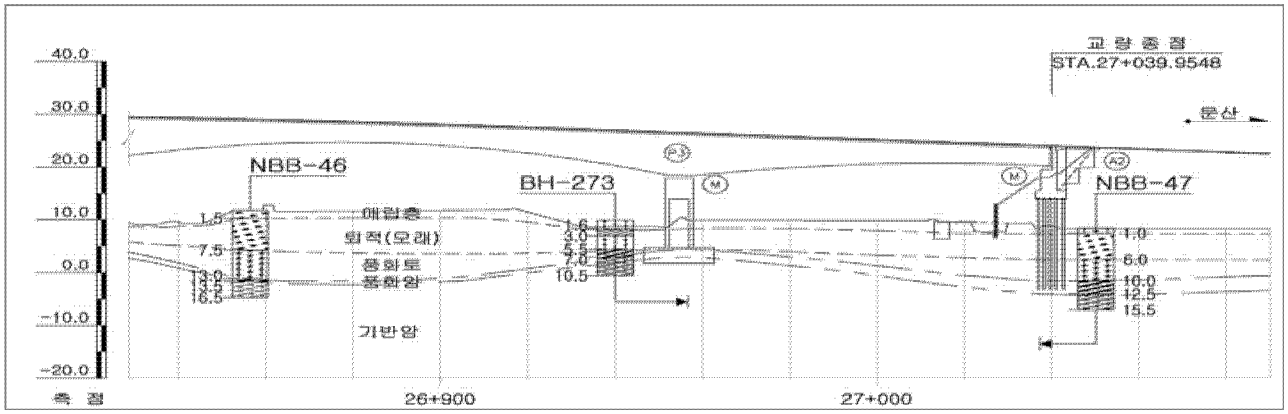
구 분	지 층 개 요
붕적층	• 지표하 1.5m 층후로 분포하며, 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 1.5m에서 15.0m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성
풍화암	• 기반암의 하부풍화대로 지표하 16.5m에서 3.8m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성
연암	• 편마암으로 구성되며 RQD=3%로 매우불량한 암질 상태

○ 월롱교(BH-270, 271, 272, 273, 보완설계 : NBB-45, 46, 47)

■ 조사위치 및 지층단면도







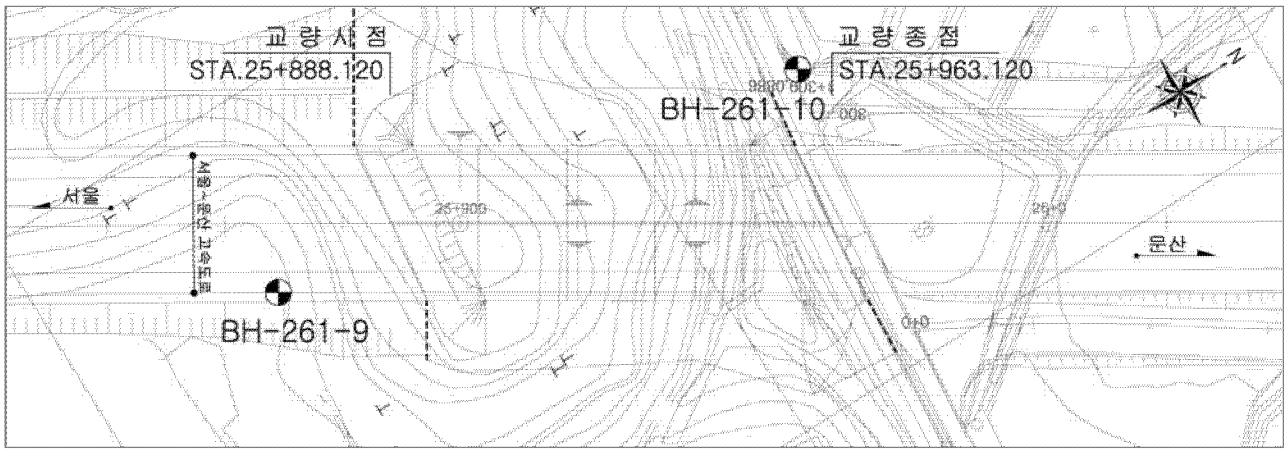
■ 지층상태

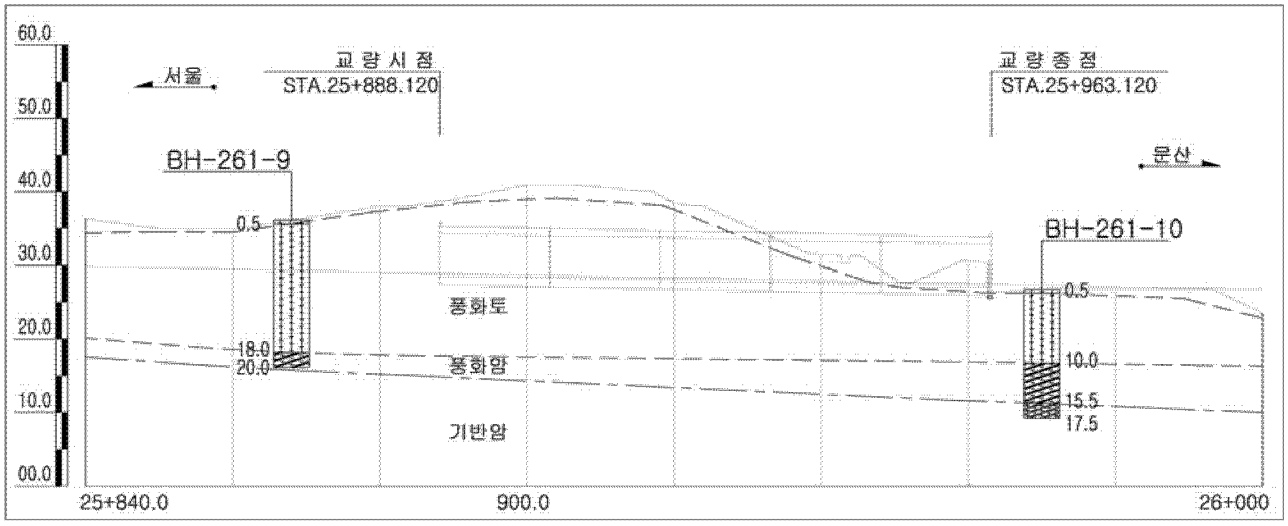
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	1.0~4.7	실트질 모래, 모래질 자갈	7/30~22/30
붕적층		0.0	6.7	실트질 모래, 모래질 자갈	15/30~20/30
퇴적층	점토	4.7	1.4	모래질 실트	6/30~8/30
	모래	1.6~6.1	1.4~3.9	실트질 모래, 점토질 모래	5/30~11/30
	자갈	1.0~1.5	5.0~6.0	모래질 자갈	4/30~23/30
풍화토		4.5~7.5	1.0~8.5	실트질 모래	21/30~50/13
풍화암		5.5~16.0	0.5~7.5	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		7.0~17.3	3.0~3.5	편마암	84~100%/12~25%
보통암		13.5	3.0	편마암	100%/39%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 1.0~4.7m 층후로 분포하며 자갈섞인 실트질 모래, 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성
붕적층		• 지표하 0.0m에서 6.7m 층후로 분포하며 황갈색의 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성
퇴적층	점토	• 지표하 4.7m에서 1.4m 층후로 분포하며 암회색의 모래질 실트로 구성, 보통견고한 연경도
	모래	• 지표하 1.6~6.1m에서 1.4~3.9m 층후로 분포하며 자갈섞인 실트질 모래, 자갈섞인 점토질 모래로 구성
	자갈	• 지표하 1.0~1.5m에서 5.0~6.0m 층후로 분포하며 모래질 자갈로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 지표하 4.5~7.5m에서 1.0~8.5m 층후로 분포하며 암편섞인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 5.5~16.0m에서 0.5~7.5m 이상 층후로 분포 • 갈색~암갈색을 띄는 편마암의 하부풍화대로 굴진시 암편이 협재된 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 7.0~17.3m에서 3.0~3.5m 이상 층후로 분포하며 갈색~담회색, 암갈색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 84~100%/12~25%로 매우불량~불량한 암질 상태
보통암		• 지표하 13.5m에서 3.0m 이상 층후로 분포하며 담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/39%로 불량한 암질 상태

○ 월롱지하차도(BH-261-9~10)

▮ 조사위치 및 지층단면도





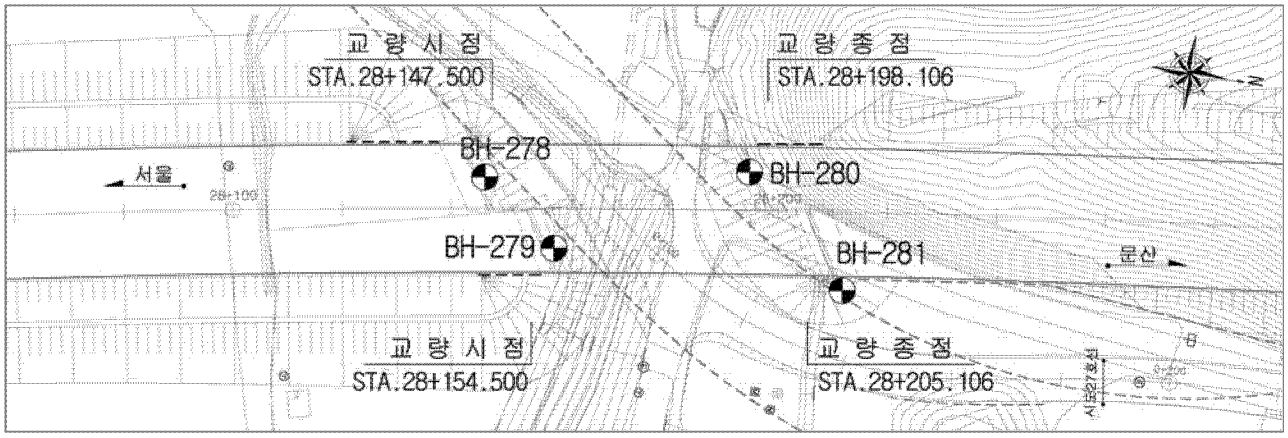
▮ 지층상태

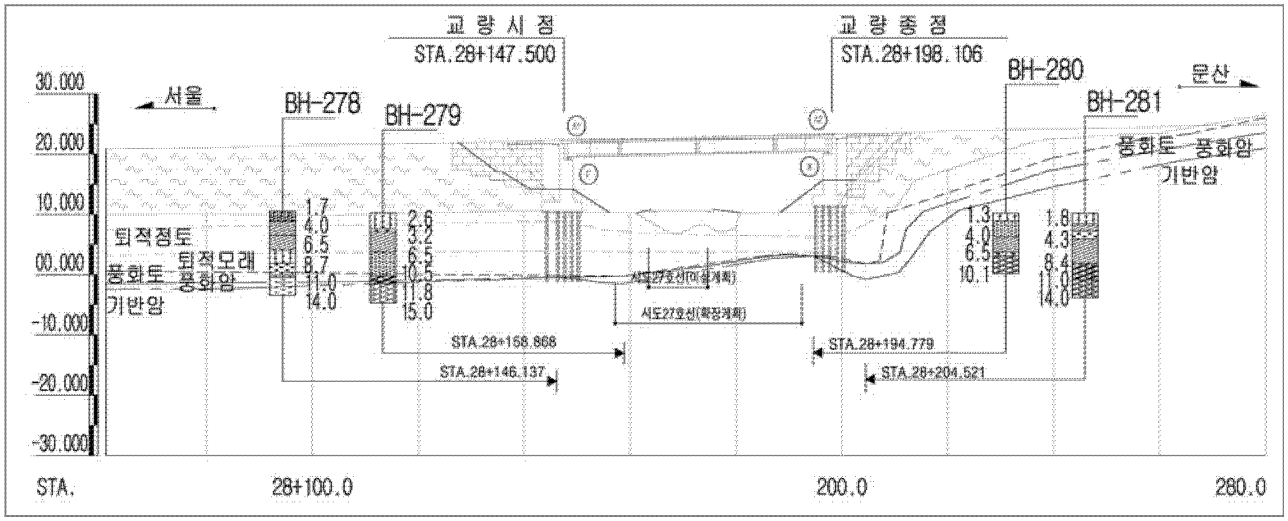
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층	0.0	0.5	자갈질 모래, 실트질 모래	-
풍화토	0.5	9.5~17.5	실트질 모래	3/30~50/14
풍화암	10.0~18.0	2.0~5.5	실트질 모래	50/10~50/2
연 암	15.5	2.0	편마암	75%/33%

구 분	지 층 개 요
매립층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.5m 층후로 분포 • 암갈색~갈색, 황갈색의 실트질 모래, 자갈질 모래로 구성
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.5m에서 9.5~17.5m 층후로 분포 • 암갈색의 암편섞인 실트질 모래로 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 기반암의 하부풍화대로 지표하 10.0~18.0m에서 2.0~5.5m 이상 층후로 분포 • 굴진시 암갈색~암흑색의 암편섞인 실트질 모래로 분해되며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암	• BH-261-10번공 지표하 15.5m에서 2.0m 이상 층후로 분포하며, 암회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 75%/33%로 불량한 암질 상태

◯ 덕은교(BH-278, 279, 280, 281)

▮ 조사위치 및 지층단면도





▌지층상태

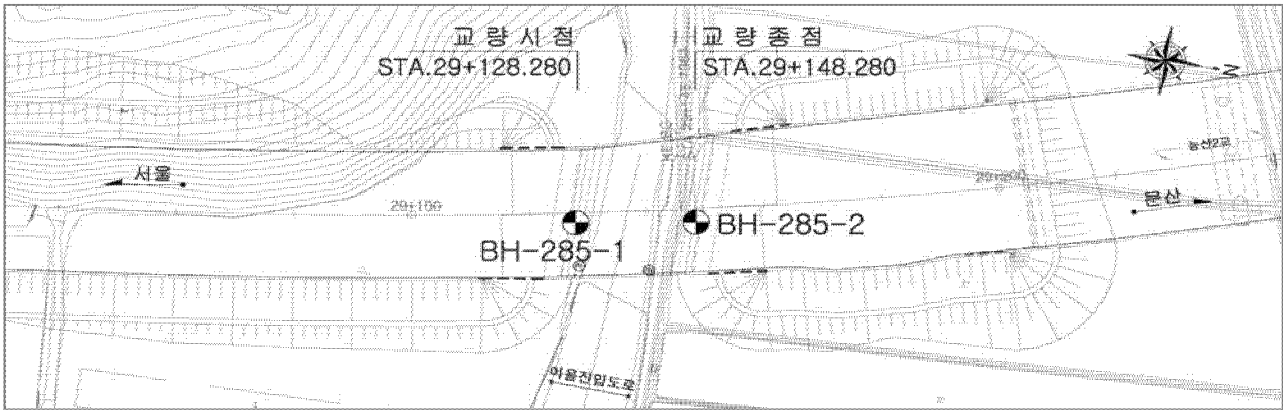
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층/전답층		0.0~2.6	1.4~2.6	점토질 모래, 실트질 모래	7/30~50/1
붕적층		0.0	1.3	실트질 모래	9/30
퇴적층	점토	1.7~4.3	1.2~4.1	모래질 점토, 실트질 점토	3/30~8/30
	모래	1.3~6.9	2.2~3.6	실트질 모래	10/30~29/30
	자갈	3.0~8.7	0.6~2.0	모래질 자갈	6/30~50/5
풍화토		10.7	0.3	실트질 모래	-
풍화암		10.5	1.3	실트질 모래	50/7
연 암		7.1~8.4	3.2~5.9	편마암	42~95%/0~31%
보통암		11.8	3.2	편마암	100%/57%
경 암		11.0	3.0	편마암	100%/68%

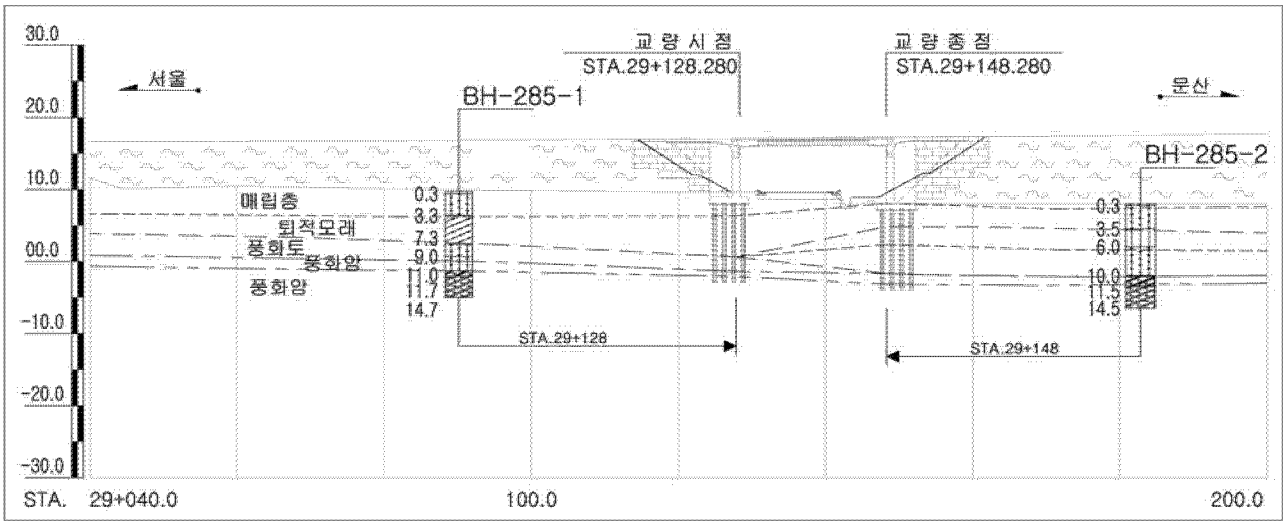
구 분		지 층 개 요
매립층/전답층		• 최상부층으로 지표하 0.0~2.6m에서 1.4~2.6m 층후로 분포 • 암갈색~갈색, 황갈색의 실트질 모래, 자갈 및 호박돌, 점토질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
붕적층		• BH-280번공 최상부층으로 지표하 0.0m에서 1.3m 층후로 분포 • 암갈색의 실트질 모래로 구성되며 부분적으로 유기물 혼재됨 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 1.7~4.3m에서 1.2~4.1m 층후로 분포 • 암회색~담회색의 모래질 점토, 실트질 점토, 자갈질 점토로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 연약~견고한 상대밀도
	모래	• 지표하 1.3~6.9m에서 2.2~3.6m 층후로 분포 • 암회색~암갈색, 황갈색의 자갈질 모래, 모래, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
퇴적층	자갈	• 지표하 3.0~8.7m에서 0.6~2.0m 층후로 분포 • 암회색~담회색의 모래질 자갈로 구성되며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화토		• 지표하 10.7m에서 0.3m 층후로 분포 • 기반암의 상부풍화대로 황갈색~암갈색의 암편섞인 실트질 모래
풍화암		• 지표하 10.5m에서 1.3m 층후로 분포 • 기반암의 하부풍화대로 굴진시 황갈색~암갈색의 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 7.1~8.4m에서 3.2~5.9m 이상 층후로 분포하며, 암회색~회갈색, 회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 42~95%/0~31%로 매우불량~불량한 암질 상태

구 분	지 층 개 요
보통암	• 지표하 11.8m에서 3.2m 이상 층후로 분포하며, 담회색~암회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/57%로 보통양호한 암질 상태
경 암	• 지표하 11.0m에서 3.0m 이상 층후로 분포하며 암회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/68%로 양호한 암질 상태

○ 능산1교(BH-285-1, 285-2)

▮ 조사위치 및 지층단면도





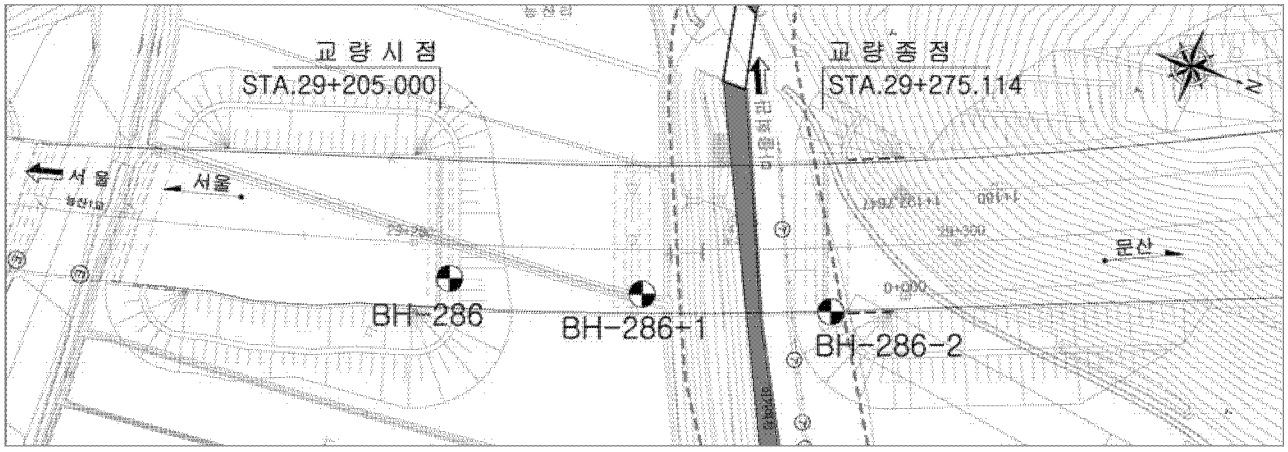
▮ 지층상태

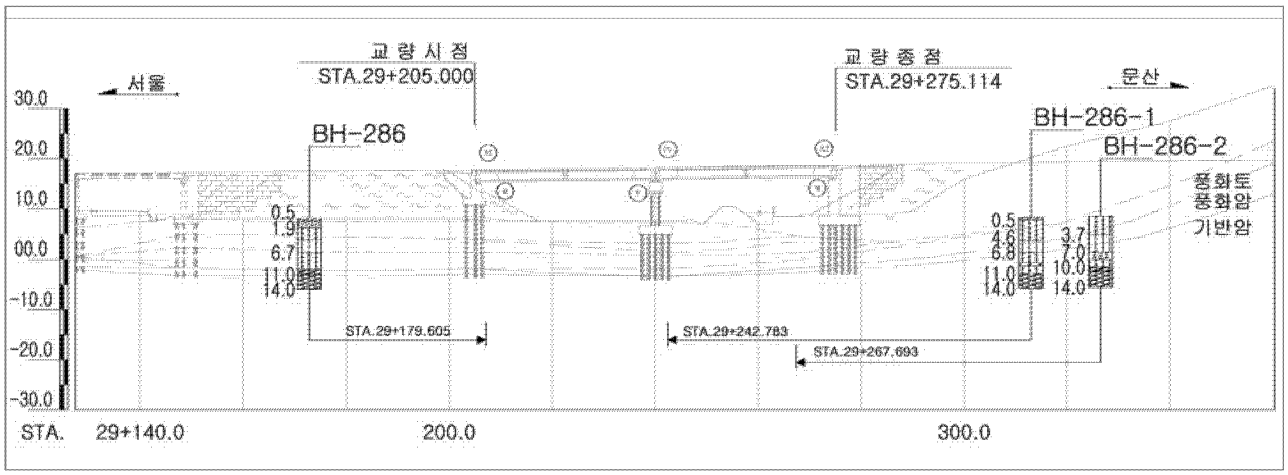
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층/전답층		0.0	0.3	실트질 모래, 실트질 점토	3/30
퇴적층	점토	3.5	2.5	점토질 실트	2/30~3/30
	모래	0.3	7.2~8.7	실트질 모래, 점토질 모래	2/30~50/16
풍화토		9.0	2.0	실트질 모래	50/16
풍화암		10.0~11.5	0.6~1.5	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		11.5~11.7	3.2~3.3	편마암	70~81%/6~30%

구 분		지 층 개 요
매립층/전답층		• 최상부층으로 지표하 0.3m 층후로 분포 • 실트질 모래, 실트질 점토로 구성
퇴적층	점토	• BH-285-2에서 지표하 3.5m에서 2.5m 층후로 분포하며 점토질 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우연약한 연경도
	모래	• 지표하 0.3m에서 7.2~8.7m 층후로 분포 • 암회색~황갈색, 암갈색의 실트질 모래~점토질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 9.0m에서 2.0m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 10.0~11.5m에서 0.6~1.5m 층후로 분포 • 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 11.5~11.7m에서 3.2~3.3m 이상이 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=6~30%로 매우불량~불량한 암질상태

○ 능산2교(BH-286, 286-1, 286-2)

▮ 조사위치 및 지층단면도





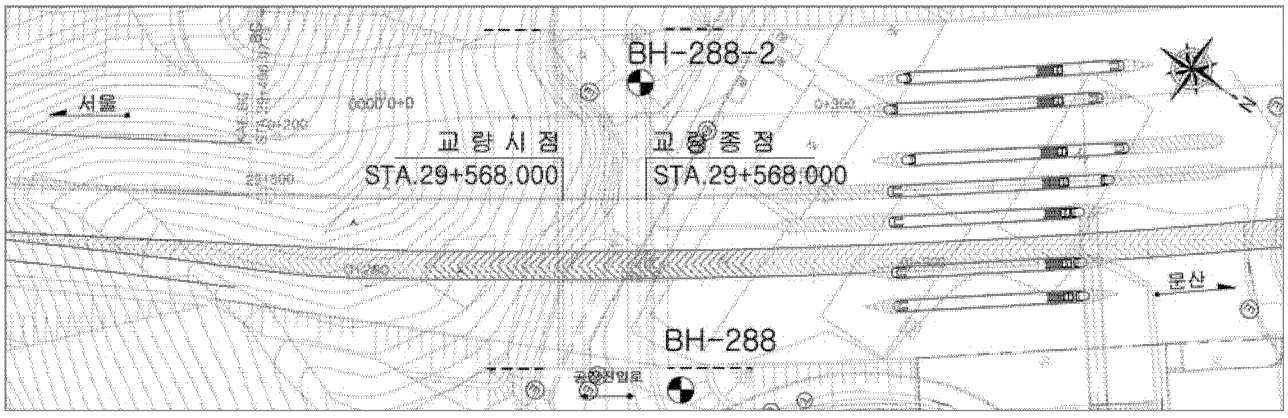
▮ 지층상태

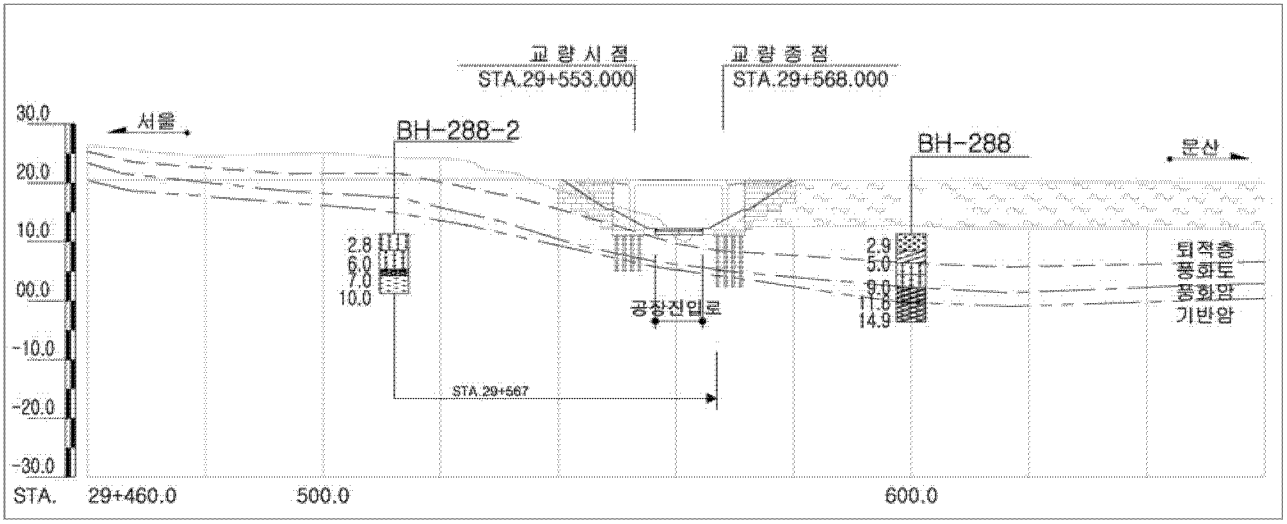
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	0.5~3.7	실트질 모래	7/30~8/30
퇴적층	점토	3.7~4.3	2.4~3.3	점토질 실트	2/30~7/30
	모래	0.5~7.0	1.0~7.1	실트질 모래, 자갈질 모래	3/30~26/30
	자갈	8.0~8.4	0.5~1.1	모래질 자갈	46/30
풍화토		8.5~9.5	1.5	실트질 모래	50/30~50/14
풍화암		10.0	0.9~1.0	실트질 모래	50/7~50/5
연 암		10.9~11.0	3.2~3.3	편마암	85~100%/17~31%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.5~3.7m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 3.7~4.3m에서 2.4~3.3m 층후로 분포하며 점토질 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우연약~견고한 연경도
	모래	• 지표하 0.5~7.0m에서 1.0~7.1m 층후로 분포 • 실트질 모래~자갈질 모래로 구성, 위치에 따라 지층 출현 편차가 큼 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
	자갈	• 지표하 8.0~8.4m에서 0.5~1.1m 층후로 분포하며 모래질 자갈로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 8.5~9.5m에서 1.5m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 10.0m에서 0.9~1.0m 층후로 분포
연 암		• 지표하 10.9~11.0m에서 3.2~3.3m 이상 층후로 분포하며, 편마암으로 구성 • 보통풍화~약간풍화상태이며 RQD=17~31%로 매우불량~불량한 암질상태

○ 능산3교(BH-288, 288-1)

▮ 조사위치 및 지층단면도





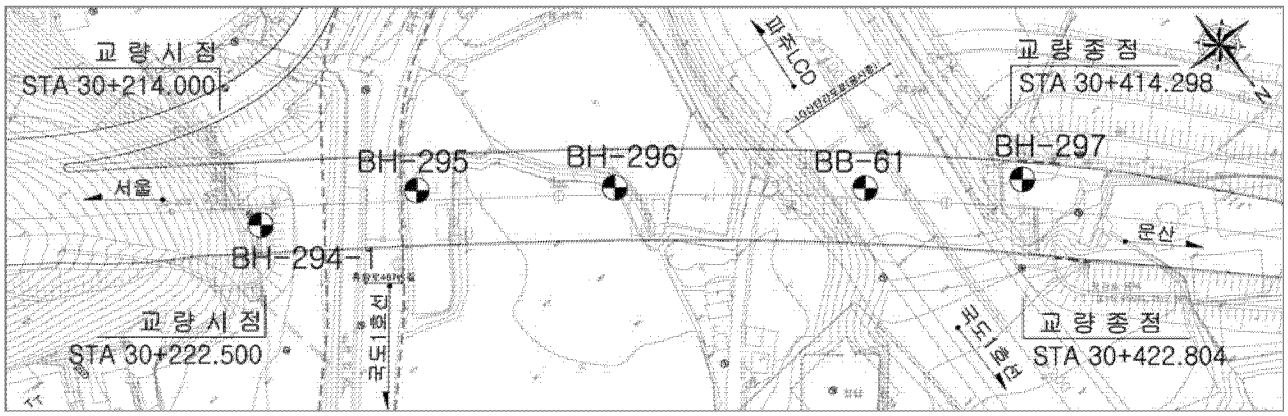
지층상태

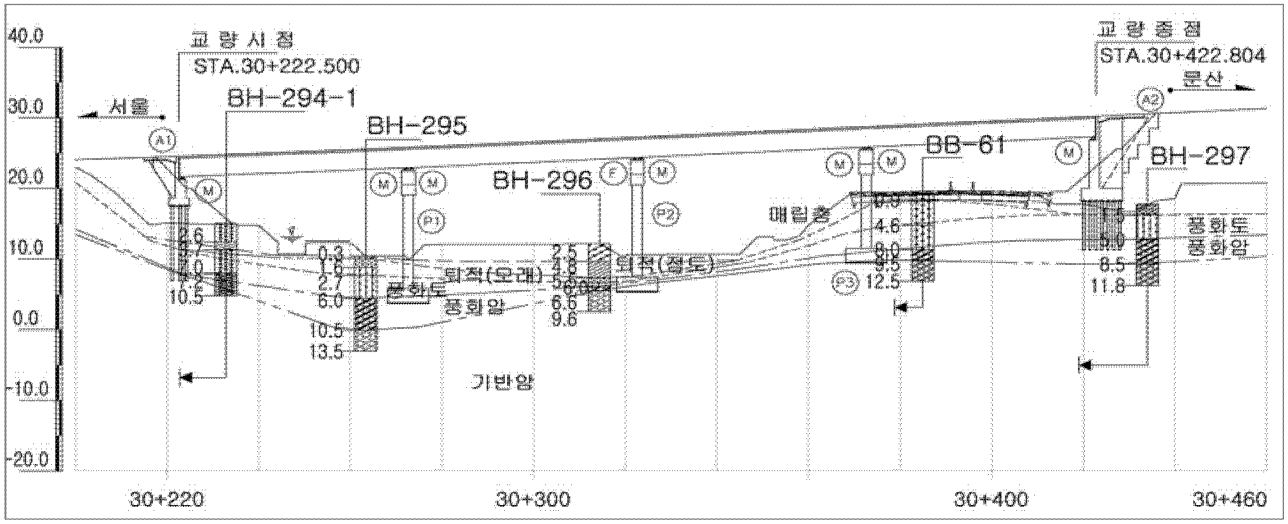
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층	모래	0.0	0.8	실트질 모래	-
	자갈	0.0	2.9	모래질 자갈	26/30~33/30
퇴적층		2.9	3.9	점토질 모래, 실트질 모래	5/30~10/30
풍화토		0.8~6.8	2.2~3.2	실트질 모래	19/30~50/19
풍화암		4.0~9.0	2.6~3.5	실트질 모래	50/8~50/6
연 암		7.5~11.6	3.2~3.3	편마암	91~96%/22~34%

구 분		지 층 개 요
매립층	모래	• 최상부층으로 지표하서 지표하 0.8m 층후로 분포하며 • 암회색~담갈색의 실트질 모래가 분포
	자갈	• 최상부층으로 지표하서 지표하 2.9m 층후로 분포하며 모래질 자갈 분포 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~조밀한 상대밀도
퇴적층		• 지표하 2.9m에서 3.9m 층후로 분포하며 실트질 모래, 점토질 모래 분포 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.8~6.8m에서 2.2~3.2m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 4.0~9.0m에서 2.6~3.5m 층후로 분포 • 굴진시 담갈색~갈색의 암편섞인 실트질 모래로 분해되며, 위치에 따라 풍화대 분포차가 큼
연 암		• 지표하 7.5~11.6m에서 3.2~3.3m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • 보통풍화~약간풍화의 상태이며, RQD=22~34%로 불량한 암질상태

○ 능산4교(BH-294-1, 295, 296, 297, 제3자 공고: BB-61)

■ 조사위치 및 지층단면도





■ 지층상태

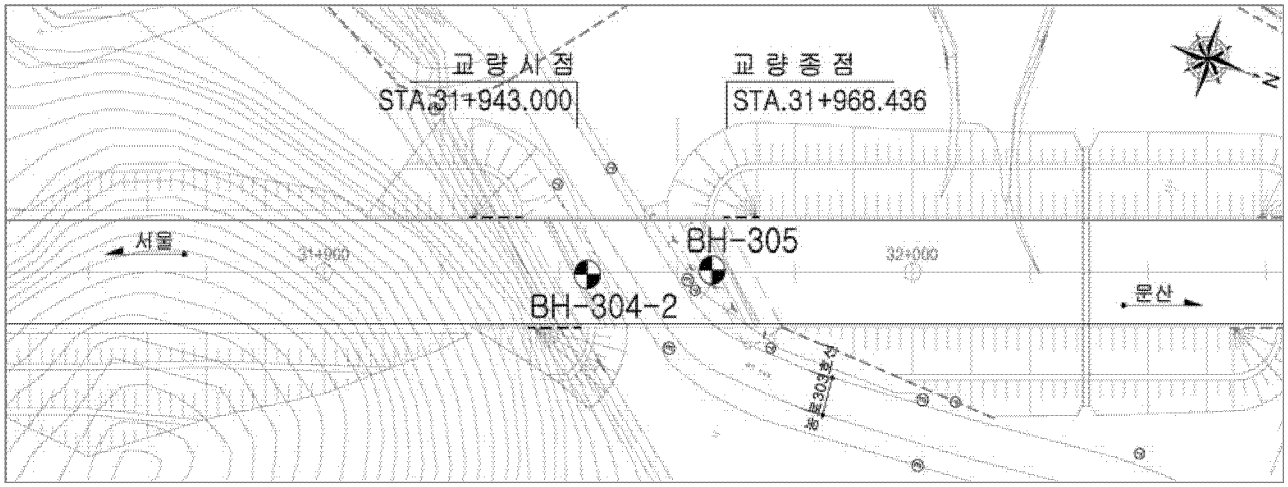
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	0.9~2.6	실트질 모래, 점토질 모래	5/30~13/30
퇴적층	점토	0.0~2.6	0.3~2.3	실트질 점토	2/30~4/30
	모래	0.3~4.8	0.7~3.7	실트질 모래, 자갈질 모래	3/30~13/30
풍화토		1.5~5.5	0.5~3.5	실트질 모래	12/30~50/11
풍화암		5.0~8.0	0.2~4.5	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		7.2~9.5	3.0~3.3	편마암	71~80%/14~26%
보통암		6.6~10.5	3.0	편마암	80~93%/40~46%

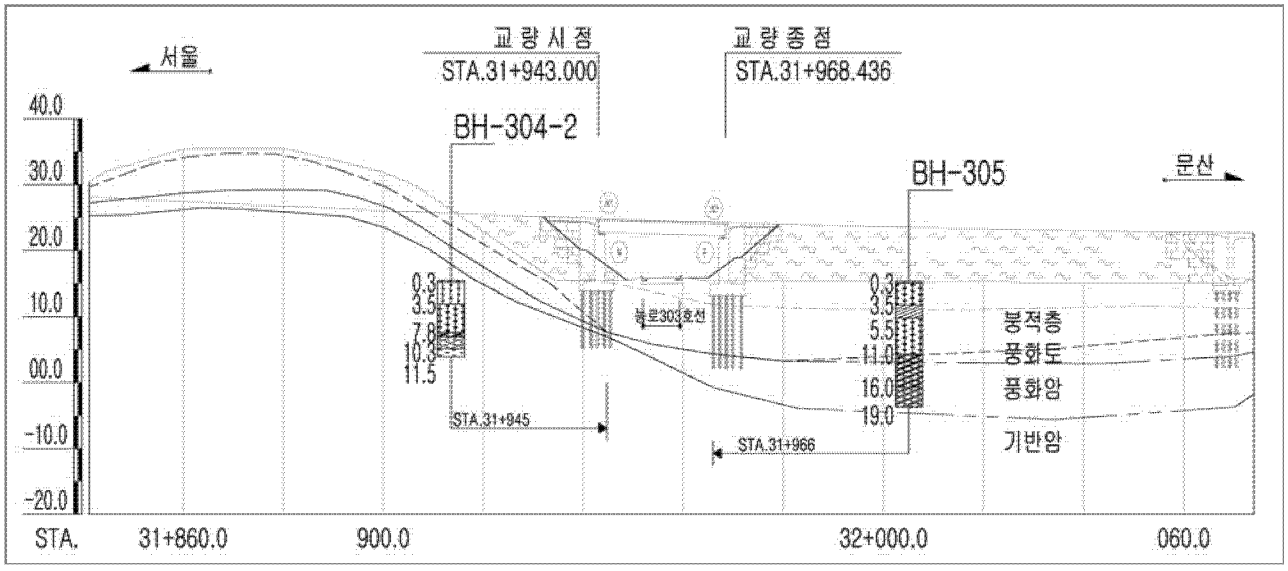
구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.9~2.6m 층후로 분포하며 실트질 모래~점토질 모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 0.0~2.6m에서 0.3~2.3m 층후로 분포하며 실트질 점토로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 매우연약~연약한 연경도

구 분		지 층 개 요
퇴적층	모래	• 지표하 0.3~4.8m에서 0.7~3.7m 층후로 분포 • 암회색~황갈색의 실트질 모래, 자갈질 모래로 구성 • 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀의 상대밀도
풍화토		• 지표하 1.5~5.5m에서 0.5~3.5m 층후로 암편섞인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며, 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 지표하 5.0~8.0m에서 0.2~4.5m 층후로 분포 • 기반암의 하부풍화대로 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 7.2~9.5m에서 3.0~3.3m 이상 층후로 분포 • RQD=14~26%로 매우불량~불량한 암질상태
보통암		• 지표하 6.6~10.5m에서 3.0m 이상의 층후로 분포하며 • RQD=40~46%로 보통양호한 암질상태

○ 내포교(BH-304-2, 305)

■ 조사위치 및 지층단면도





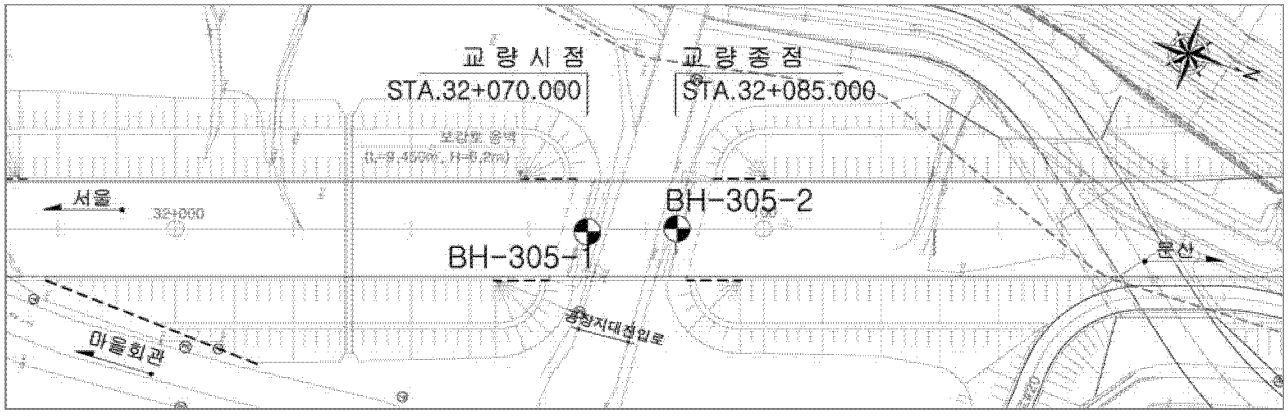
▮ 지층상태

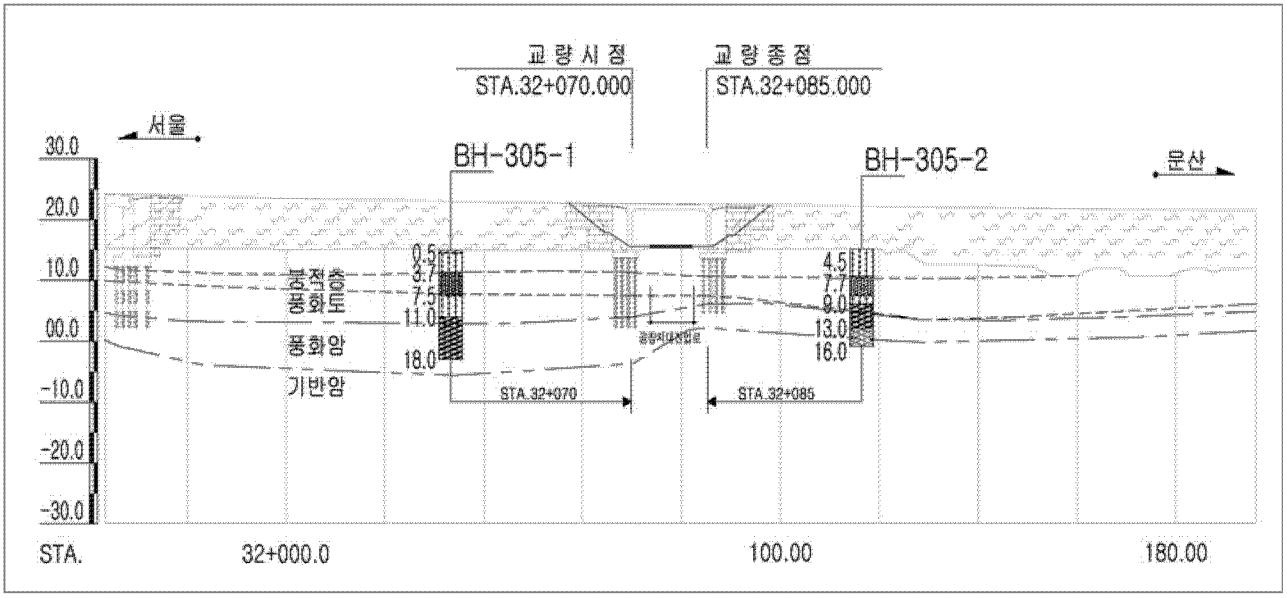
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	0.3	실트질 점토	-
붕적층		0.3	3.0~7.7	실트질 모래, 모래질 자갈	3/30~50/2
퇴적층	점토	3.5	2.0	모래질 점토	5/30~6/30
	자갈	5.5	5.5	모래질 자갈	15/30~50/13
풍화암		8.0~11.0	0.5~5.0	실트질 모래	15/30~50/13
연 암		16.0	3.2	편마암	91%/31%
보통암		8.5	1.8	편마암	100%/48%
경 암		10.3	1.2	편마암	100%/82%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.3m 층후로 분포하며, 실트질 점토로 구성
붕적층		• 지표하 0.3m에서 3.0~7.7m 층후로 분포하며 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀의 상대밀도
퇴적층	점토	• BH-305번공에서 지표하 3.5m에서 2.0m 층후로 분포하며 자갈섞인 모래질 실트로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통견고한 연경도
	자갈	• 지표하 5.5m에서 5.5m 층후로 분포하며 모래질 자갈로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로서 지표하 8.0~11.0m에서 0.5~5.0m 층후로 분포
연 암		• 지표하 16.0m에서 3.2m 이상의 층후로 분포하며, 편마암으로 구성 • 보통풍화~약간풍화 상태이며 RQD=31%로 불량한 암질상태
보통암		• 지표하 8.5m에서 1.8m 층후로 분포하며, 편마암으로 구성 • 약간풍화 상태이며 RQD=48%로 보통양호한 암질상태
경 암		• 지표하 10.3m에서 1.2m 이상의 층후로 분포하며, 편마암으로 구성 • 약간풍화~신선한 상태이며 RQD=82%로 양호한 암질상태로 분포

◎ 내포1교(BH-305-1, 305-2)

▮ 조사위치 및 지층단면도





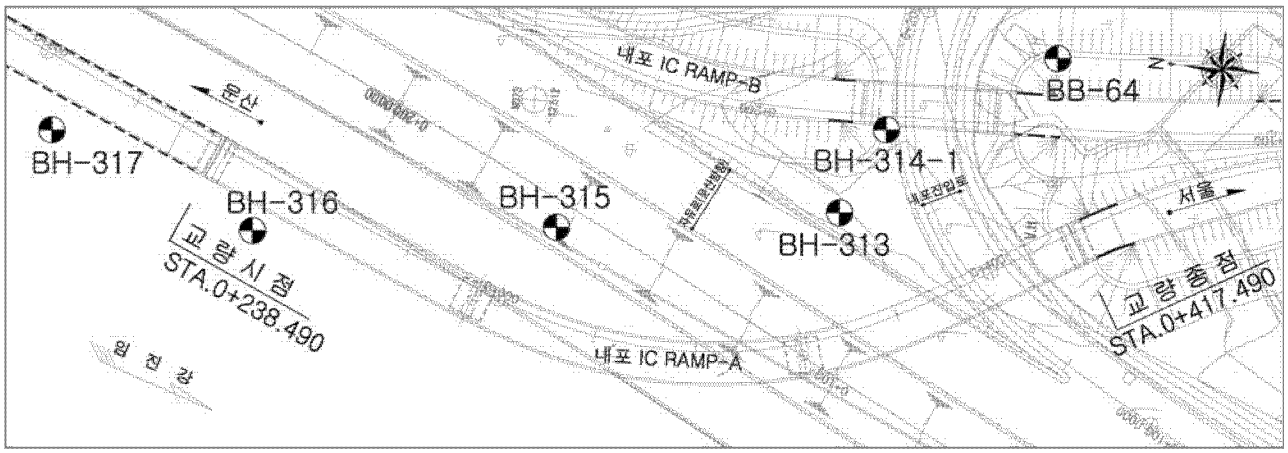
지층상태

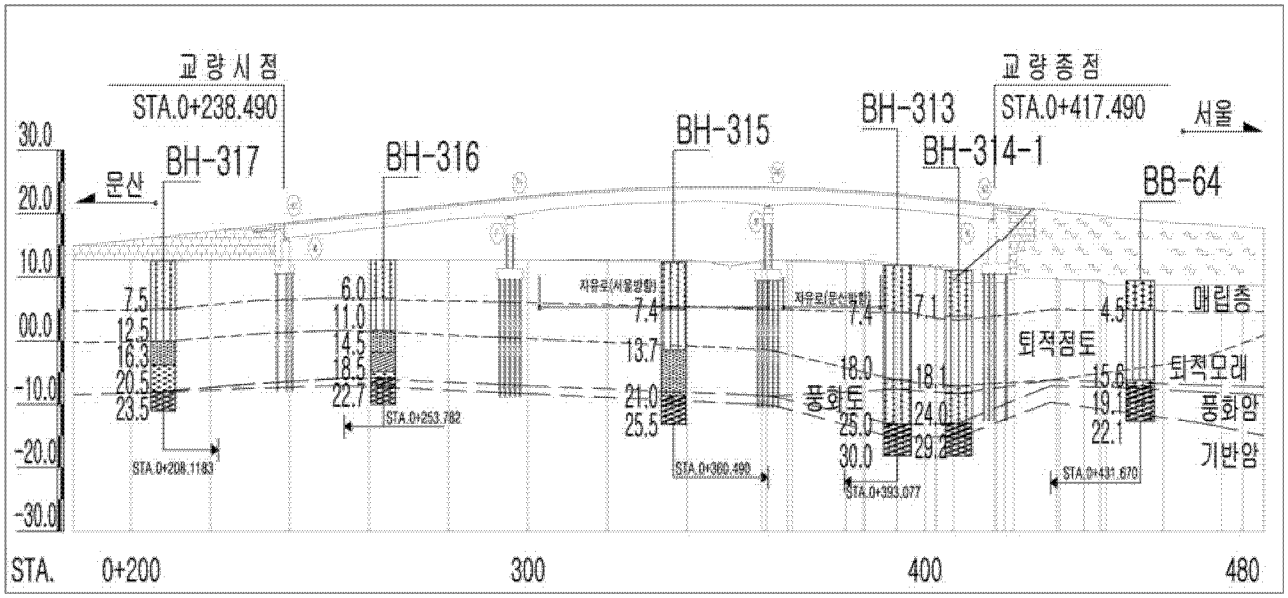
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층	0.0	0.5	실트질 점토	-
붕적층	0.0~0.5	3.2~4.5	실트질 모래	3/30~10/30
퇴적층	3.7~4.5	3.2~3.8	점토질 모래	4/30~7/30
풍화토	7.5~7.7	1.3~3.5	실트질 모래	41/30~50/12
풍화암	9.0~11.0	4.0~7.0	실트질 모래	50/7~50/2
보통암	13.0	3.0	편마암	91%/46%

구 분	지 층 개 요
매립층	• 최상부층으로 지표하 0.5m 층후로 분포하며 실트질 점토로 구성
붕적층	• 최상부층으로 지표하 0.0~0.5m에서 3.2~4.5m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~느슨한 상대밀도
퇴적층	• 지표하 3.7~4.5m에서 3.2~3.8m 층후로 분포하며 점토질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~느슨한 상대밀도
풍화토	• 기반암 상부 풍화대로 지표하 7.5~7.7m에서 1.3~3.5m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 기반암 하부 풍화대로 지표하 9.0~11.0m에서 4.0~7.0m 이상 층후로 분포 • 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해되며 매우조밀한 상대밀도
보통암	• 지표하 13.0m에서 3.0m이상의 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • 보통풍화~신선, 보통강함~매우강함의 상태이며 RQD=46%로 보통양호한 암질상태

○ 내포IC R-A교(BH-313, 314-1, 315, 316, 317, 제3자 공고: BB-64)

■ 조사위치 및 지층단면도





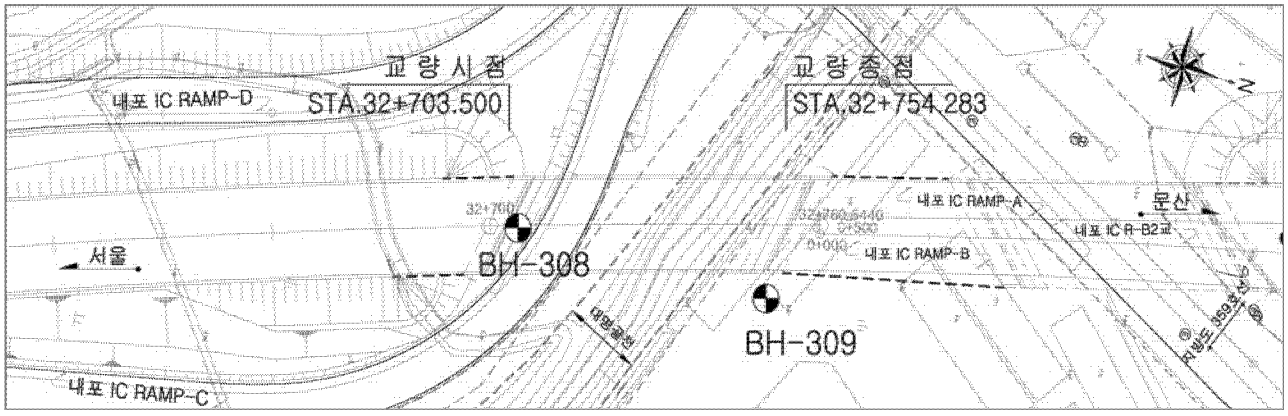
■ 지층상태

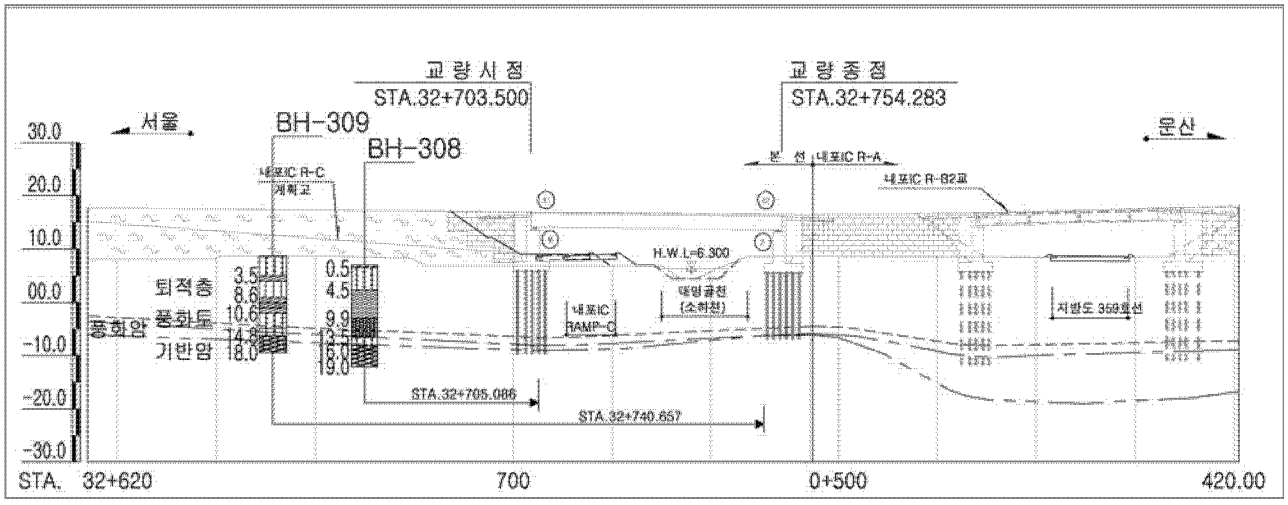
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD(%)
매립층		0.0	4.5~7.5	실트질 모래	4/30~20/30
퇴적층	점토	4.5~14.5	3.0~11.1	점토질 실트, 실트, 점토	3/30~14/30
	모래	12.5~18.1	1.2~7.3	실트질 모래, 모래	7/30~50/18
	자갈	16.3~17.5	1.0~4.2	모래질 자갈	25/30~48/30
풍화토		15.6 ~19.5	0.9~5.5	실트질 모래	50/16~50/11
풍화암		16.5~25.0	1.2~5.2	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		19.1~27.0	3.0~3.1	편마암	81~100%/9~43%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 4.5~7.5m 층후로 분포하며 자갈섞인 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 6.0~14.5m에서 3.0~11.1m 층후로 분포하며 점토질 실트, 실트, 점토로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 연약~견고한 연경도
	모래	• 지표하 12.5~18.1m에서 1.2~7.3m 층후로 분포하며 실트질 모래, 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀의 상대밀도
	자갈	• 지표하 16.3~17.5m에서 1.0~4.2m 층후로 분포하며 모래질 자갈로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~조밀의 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 15.6~19.5m에서 0.9~5.5m 층후로 분포 • 암편섞인 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 16.5~25.0m에서 1.2~5.2m 층후로 분포 • 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해되며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암		• 지표하 19.1~27.0m에서 3.0~3.1m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=9~43%로 매우불량~보통양호한 암질상태

○ 내포IC R-B1교(BH-308, 309)

■ 조사위치 및 지층단면도





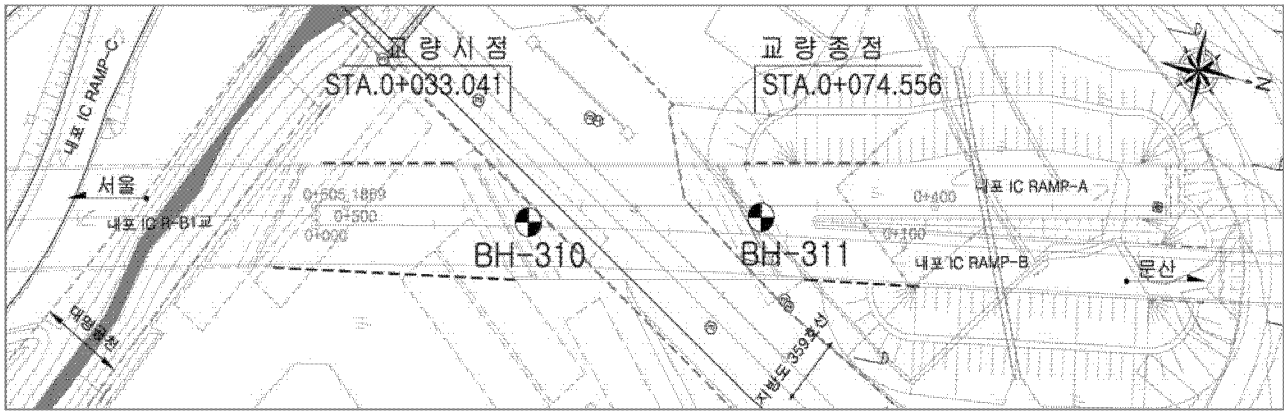
■ 지층상태

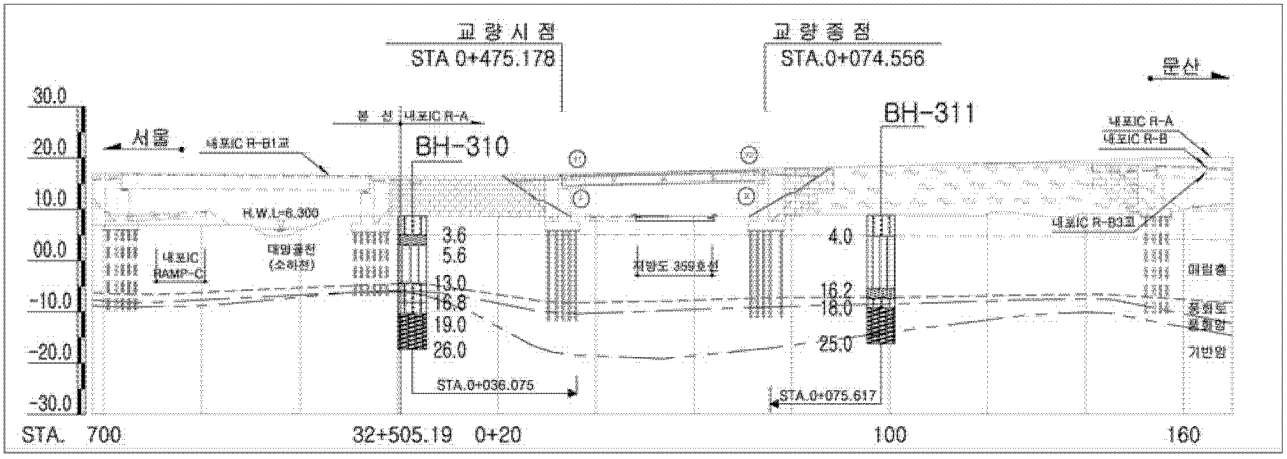
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층	점토	0.0	0.5	실트질 점토	-
	모래	0.0	3.5	실트질 모래	4/30~8/30
퇴적층	점토	3.5~4.5	5.4~6.1	실트질 점토, 실트	2/30~6/30
	모래	0.5~8.6	3.9~7.6	실트질 모래,점토질모래,자갈질모래	2/30~21/30
풍화토		13.5	1.3~1.5	실트질 모래	35/30~50/17
풍화암		15.0	1.0	실트질 모래	50/7
연 암		14.8~16.0	3.2~3.4	편마암	66~100%/0~23%

구 분		지 층 개 요
매립층	점토	• 최상부층으로 지표하 0.5m 층후로 분포하며 실트질 점토로 구성
	모래	• 최상부층으로 지표하 3.5m 층후로 분포하며, 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 3.5~4.5m에서 5.4~6.1m 층후로 분포하며 실트질 점토와 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우연약~보통견고한 연경도
	모래	• 지표하 0.5~8.6m에서 3.9~7.6m 층후로 분포하며 실트질 모래~점토질 모래, 자갈질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 지표하 13.5m에서 1.3~1.5m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 15.0m에서 1.0m 층후로 분포 • 기굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암		• 지표하 14.8~16.0m에서 3.2~3.4m 이상 층후로 분포하며, 편마암으로 구성 • RQD=0~23%로 매우불량~불량한 암질상태로 분포

○ 내포IC R-B2교(BH-310, 311)

■ 조사위치 및 지층단면도





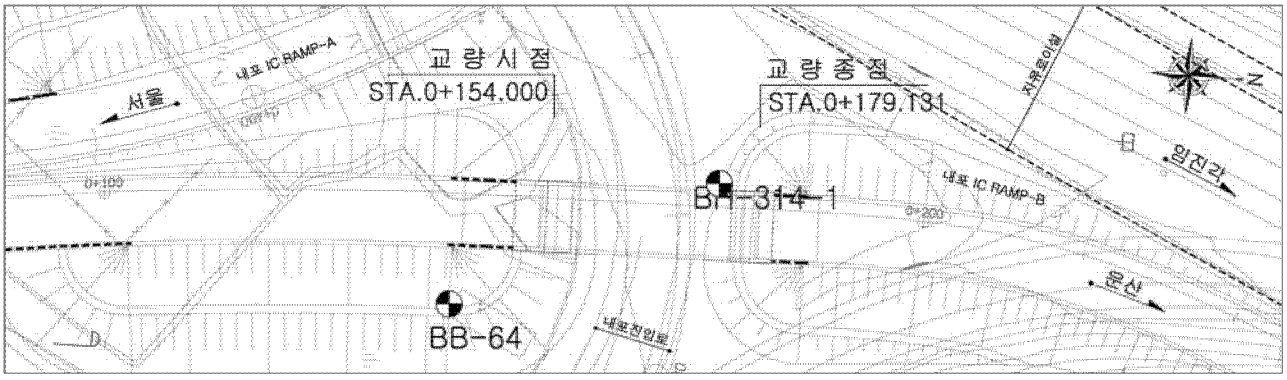
▮ 지층상태

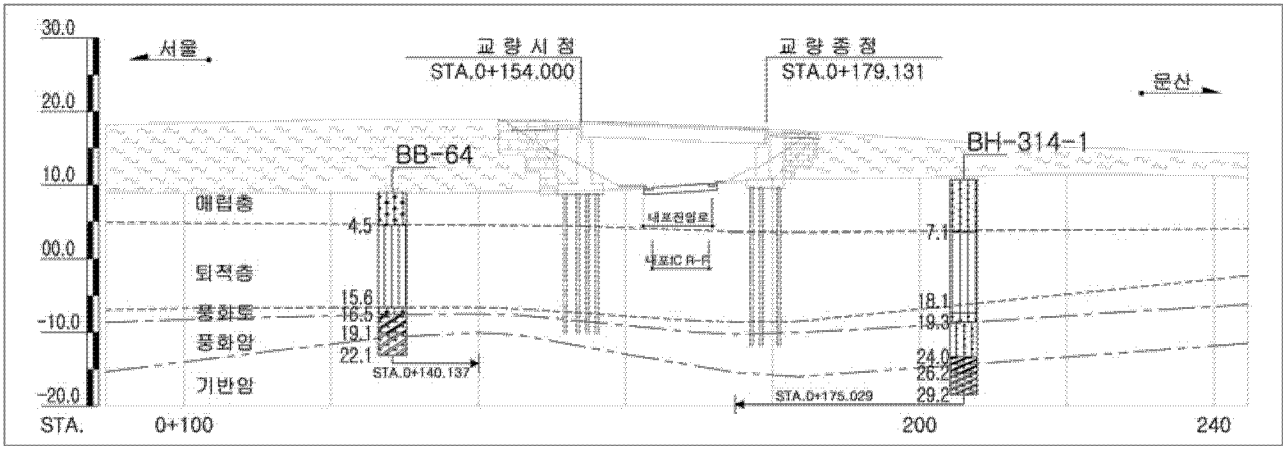
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	3.6~4.0	실트질 모래	4/30~8/30
퇴적층	점토	3.6~4.0	9.4~10.0	실트질 점토, 실트	3/30~5/30
	모래	13.0	3.8	실트질 모래	2/30~38/30
풍화토		14.0~16.8	2.2~4.0	실트질 모래	50/18~50/12
풍화암		18.0~19.0	7.0	실트질 모래	50/10~50/2

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 3.6~4.0m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 3.6~4.0m에서 9.4~10.0m 층후로 분포하며 실트질 점토, 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 연약~보통견고한 연경도
	모래	• 지표하 13.0m에서 3.8m 층후로 실트질 모래, 자갈질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 14.0~16.8m에서 2.2~4.0m 층후로 분포 • 갈색~담갈색의 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 18.0~19.0m에서 7.0m 이상 층후로 분포 • 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해되며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도

◯ 내포IC R-B3교(BH-314-1, 제3자 공고: BB-64)

▮ 조사위치 및 지층단면도





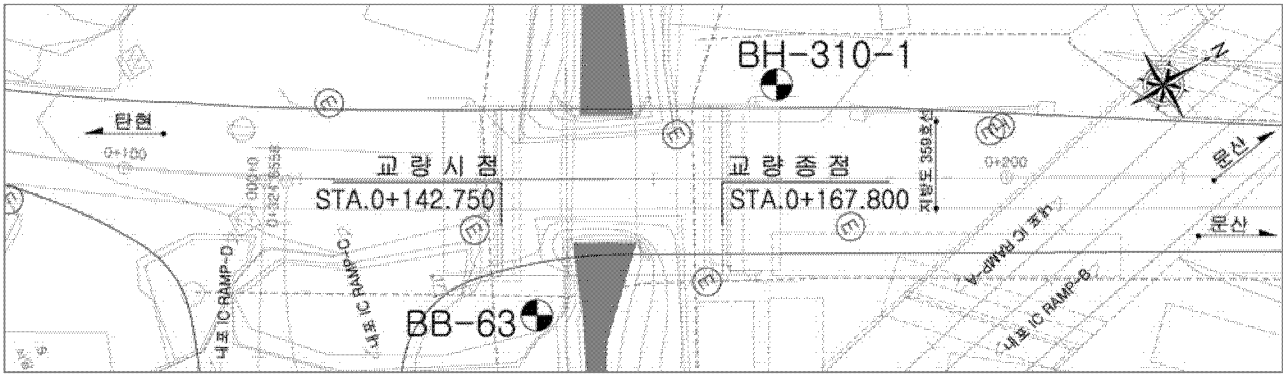
■ 지층상태

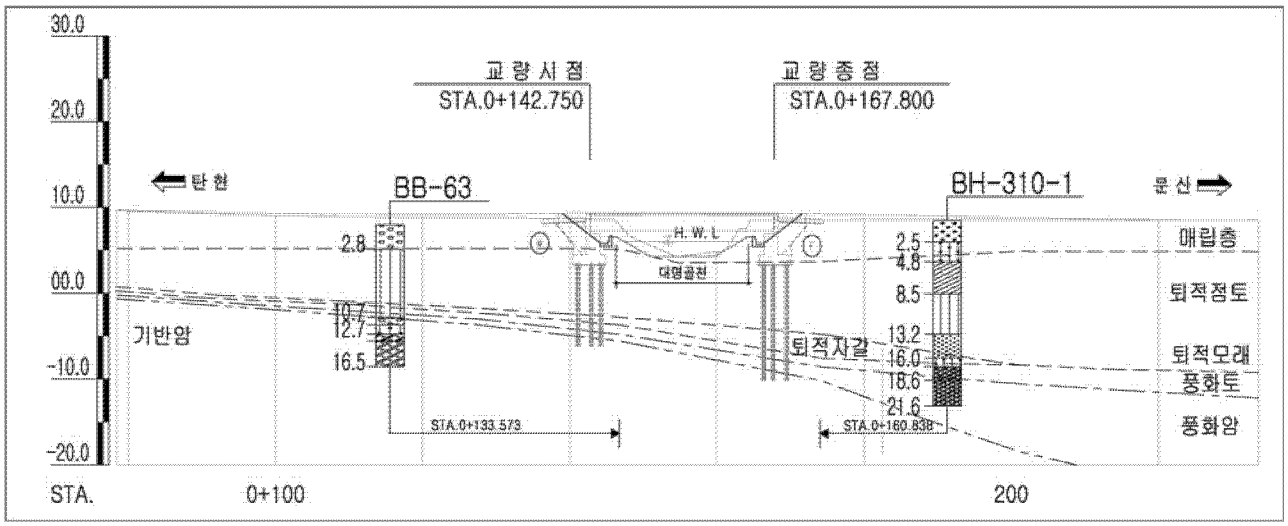
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD(%)
매립층		0.0	4.5~7.1	실트질 모래	4/30~13/30
퇴적층	점토	4.5~7.1	11.0~11.1	점토질 실트	3/30~8/30
	모래	18.1	1.2	실트질 모래	20/30
풍화토		15.6~19.3	0.9~4.7	실트질 모래	50/16~50/11
풍화암		16.5~24.0	2.2~2.6	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		19.1~26.2	3.0	편마암	87%/9%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 4.5~7.1m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 4.5~7.1m에서 11.0~11.1m 층후로 분포하며 점토질 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 연약~보통견고한 연경도
	모래	• 퇴적 점토층 하부에 지표하 18.1m에서 1.2m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암 상부풍화대로 지표하 15.6~19.3m에서 0.9~4.7m 층후로 분포
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 16.5~24.0m에서 2.2~2.6m 층후로 분포
연 암		• 지표하 19.1~26.2m에서 3.0m 이상 층후로 분포하며, RQD=9%로 매우불량한 암질상태로 분포

○ 대명골천교(BH-310-1, 제3자 공고: BB-63)

■ 조사위치 및 지층단면도





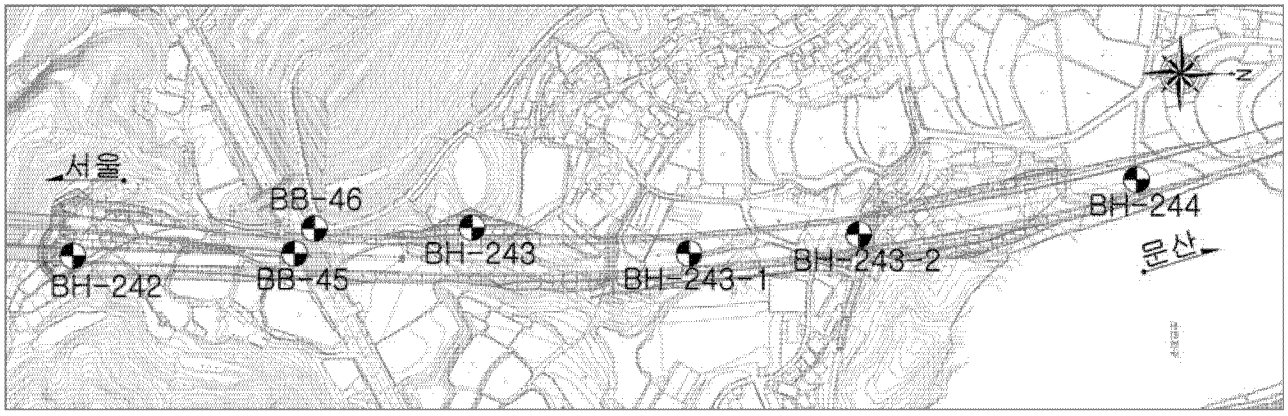
▮ 지층상태

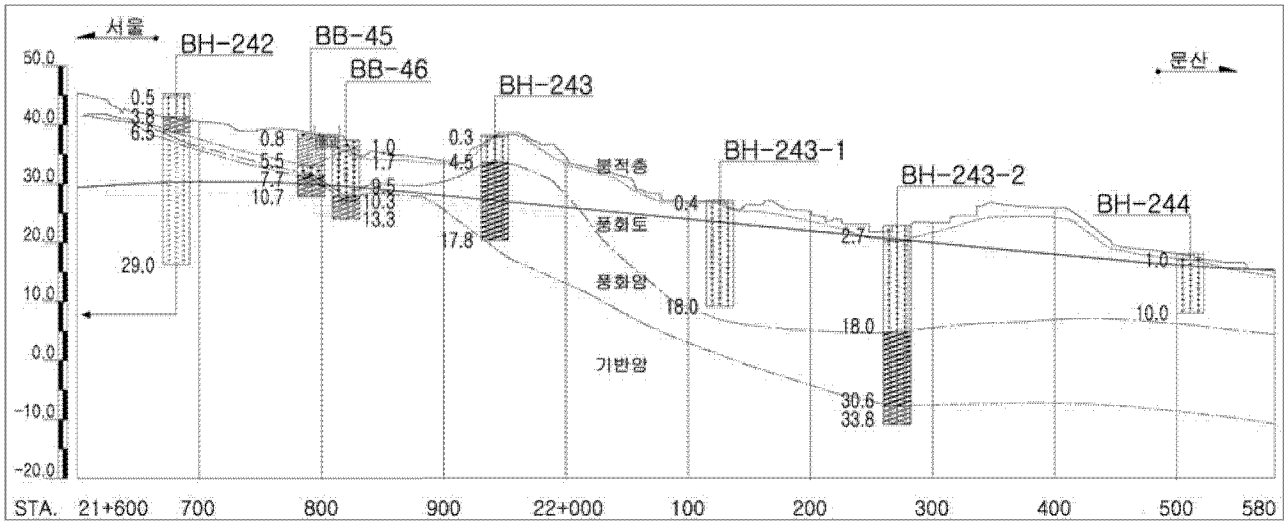
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD(%)
매립층		0.0	2.5~2.8	모래질 자갈	6/30~9/30
퇴적층	점토	2.8~4.8	7.9~8.4	실트질 점토, 모래질 실트	2/30~6/30
	모래	2.5~13.2	2.3~2.8	실트질 모래	3/30~21/30
	자갈	10.7	0.9	모래질 자갈	24/30
풍화토		11.6~16.0	1.0~1.1	실트질 모래	34/30~44/30
풍화암		12.7~17.0	0.8~1.6	실트질 모래	50/8~50/4
연 암		13.5~18.6	3.0	편마암	77~100%/0~18%

구 분		지 층 개 요
매립층		• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 2.5~2.8m 층후로 분포하며 모래질 자갈로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 2.8~4.8m에서 7.9~8.4m 층후로 분포하며 실트질 점토, 모래질 실트로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우연약~보통견고한 연경도
	모래	• 지표하 2.5~13.2m에서 2.3~2.8m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우느슨~보통조밀한 상대밀도
	자갈	• BB-64번공 지표하 10.7m에서 0.9m 층후로 분포하며 모래질 자갈로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암 상부풍화대로 지표하 15.6~19.3m에서 0.9~4.7m 층후로 분포 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 16.5~24.0m에서 2.2~2.6m 층후로 분포 • 굴진시 실트질 모래로 분해되며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암		• 지표하 19.1~26.2m에서 3.0m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=9%로 매우불량한 암질상태로 분포

2.1.4 깎기구간

○ 본선 깎기 4-1구간(STA.21+600~22+580) : BH-243, 243-1, 243-2, 244



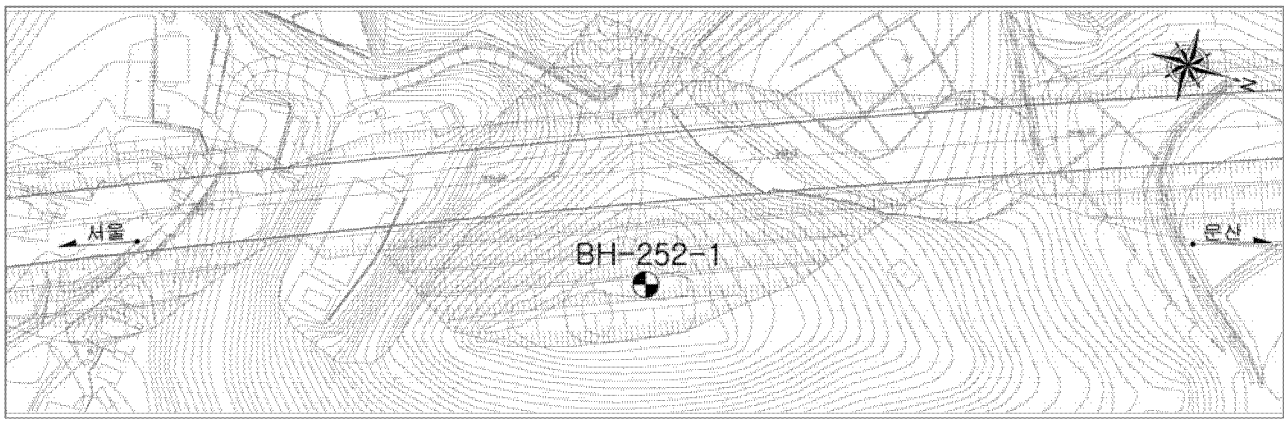


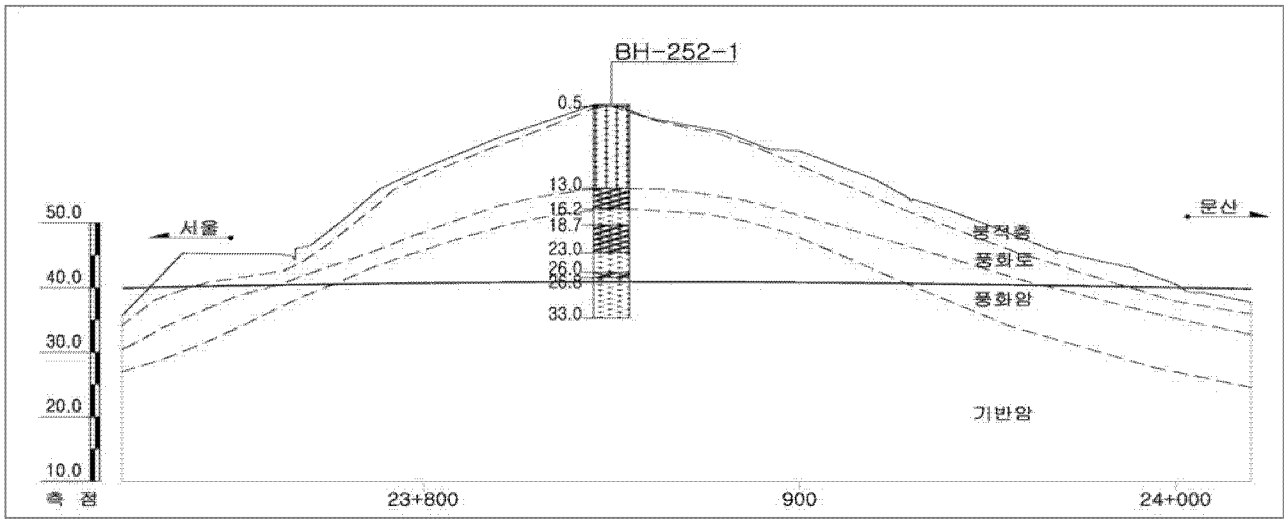
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
표토층/매립층	0.0	0.3~2.7	실트질 모래	10/30~20/30
풍화토	0.3~2.7	4.2~17.6	실트질 모래	3/30~50/8
풍화암	4.5~18.0	12.6~13.3	실트질 모래	50/10~50/2
연 암	30.6	3.2	편마암	58%/5%

구 분	지 층 개 요
표토층/매립층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~2.7m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성, 보통조밀한 상대밀도
풍화토	• 지표하 0.3~2.7m에서 4.2~17.6m 이상 층후로 분포 • 황갈색~암갈색의 암편섞인 실트질 모래로 표준관입시험 결과 매우느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 4.5~18.0m에서 12.6~13.3m 이상 층후로 분포 • 기반암의 하부풍화대로 굴진시 암갈색의 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 30.6m에서 3.2m 이상 층후로 암회색의 편마암 • TCR/RQD는 58%/5%로 매우불량한 암질상태 • 심한풍화~매우심한풍화, 약함~매우약함, 매우심한균열상태

○ 본선 깎기 4-2구간(STA. 23+730~24+440) : BH-252-1

▮ 조사위치 및 지층단면도



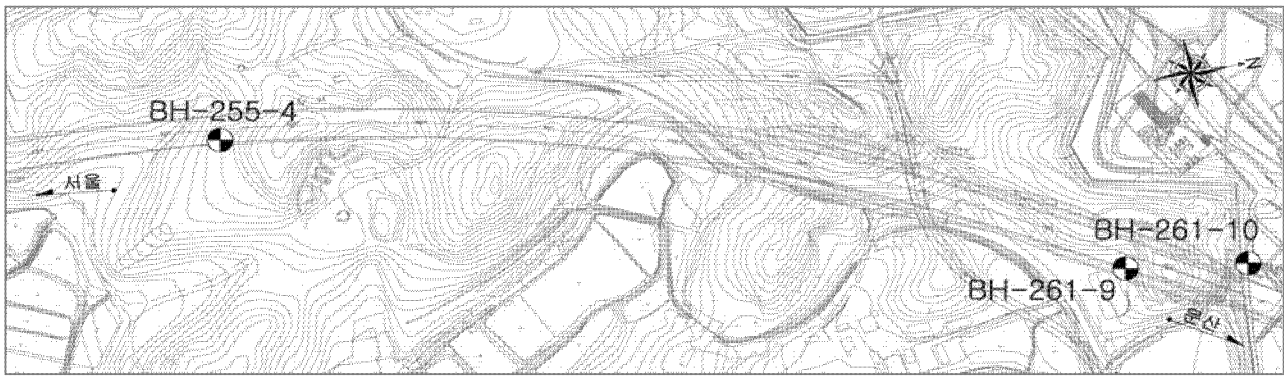


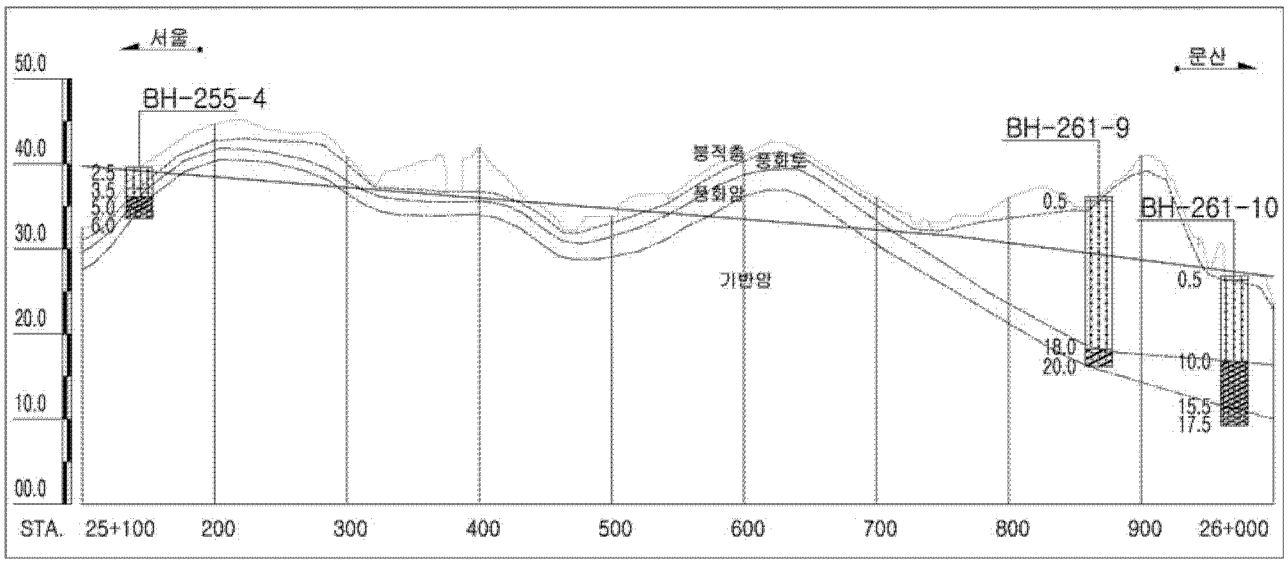
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3	실트질 모래	-
풍화토	0.3	12.7	실트질 모래	18/30~50/13
풍화암	13.0	3.2	실트질 모래	50/8~50/2
경 암	16.2	2.5	편마암	100%/76%

구 분	지 층 개 요
붕적층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성
풍화토	• 지표하 0.3m에서 12.7m 층후로 분포 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 13.0m에서 3.2m 층후로 분포 • 기반암의 하부풍화대로 굴진시 암갈색의 암편섞인 실트질 모래로 분해
경 암	• 지표하 16.2m에서 2.5m 이상 층후로 분포 • RQD=76%로 양호한 암질상태 • 보통풍화~신선, 보통강함~매우강함, 보통균열상태

○ 본선 깎기 4-3구간(STA.25+160~25+960) : BH-255-4, 261-9, 261-10

▮ 조사위치 및 지층단면도



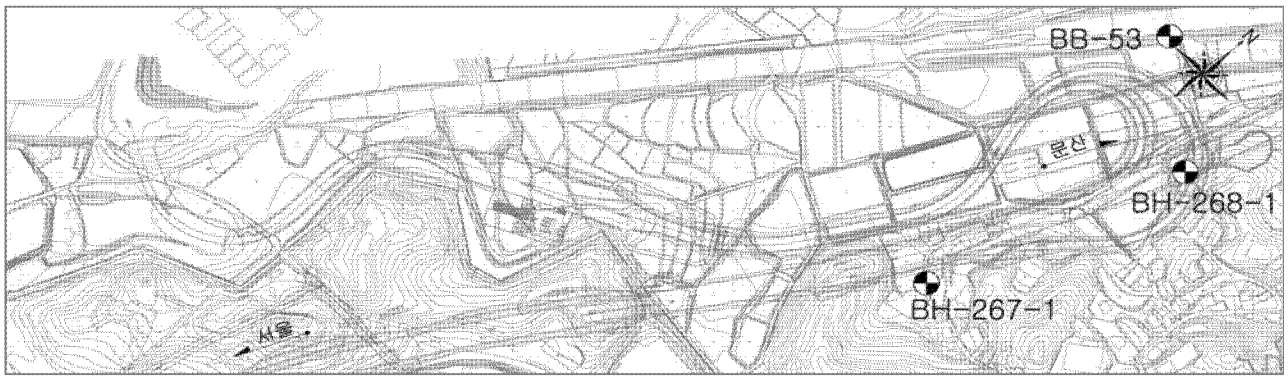


구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.5~2.5	실트질 모래, 모래질 자갈	5/30~13/30
풍화토	0.5~2.5	1.0~17.5	실트질 모래	3/30~50/14
풍화암	3.5~18.0	1.5~5.5	실트질 모래	50/11~50/2
연 암	5.0~15.5	1.0~2.0	편마암	75~80%/0~33%

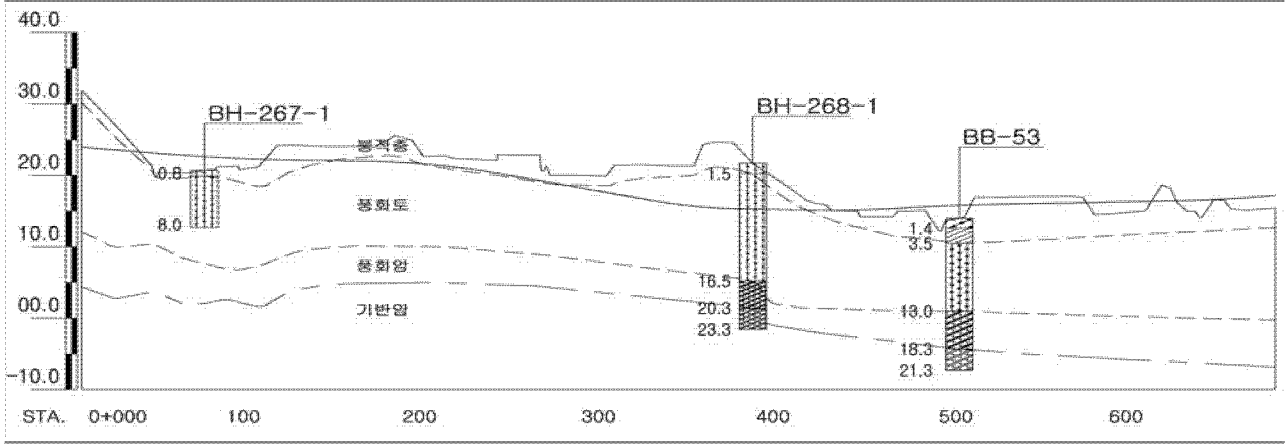
구 분	지 층 개 요
붕적층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.5~2.5m 층후로 분포하며 실트질 모래, 모래질 자갈로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.5~2.5m에서 1.0~17.5m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 기반암의 하부풍화대로 지표하 3.5~18.0m에서 1.5~5.5m이상 층후로 분포 • 굴진시 암갈색의 암편섞인 실트질 모래로 분해되며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
경 암	• 지표하 5.0~15.5m에서 1.0~2.0m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=0~33%로 매우불량 내지 보통양호한 암질상태

○ 월롱IC RAMP구간

▮ 조사위치 및 지층단면도



Ramp-A구간(BH-267-1, 268-1, 제3자 공고: BB-53)

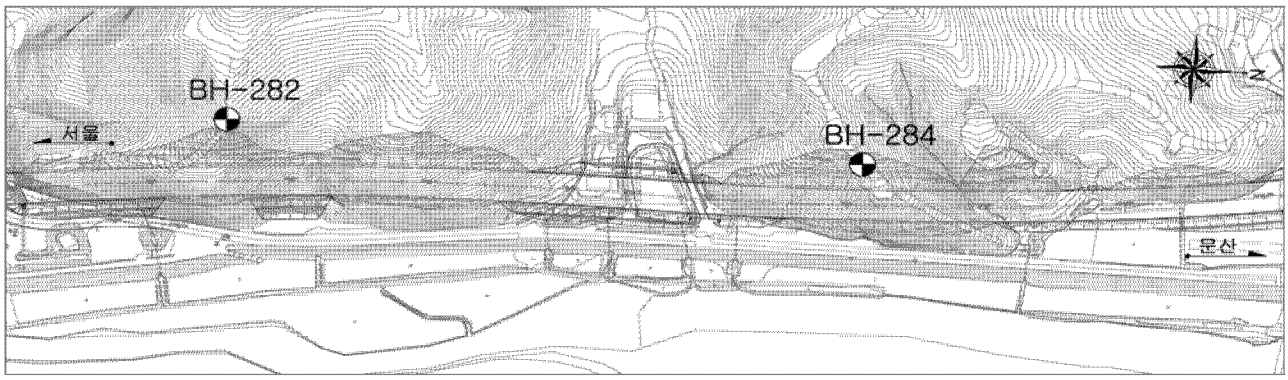


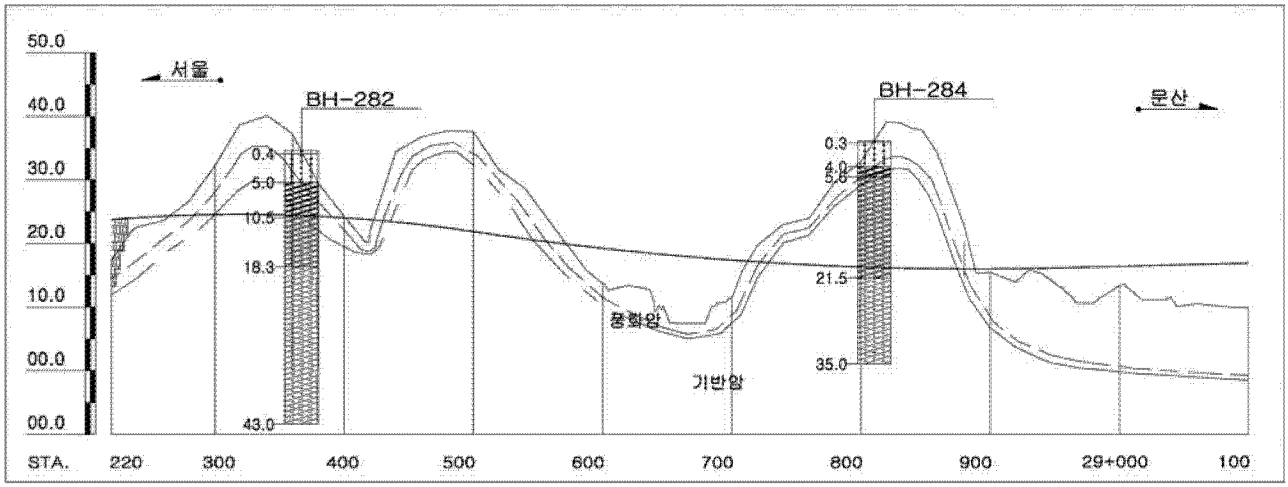
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층/매립층	0.0	0.8~1.5	실트질 모래, 모래질 자갈	14/30
퇴적층	1.4	2.1	실트질 점토	2/30~4/30
풍화토	0.8~3.5	7.2~15.0	실트질 모래	4/30~50/14
풍화암	13.0~16.5	3.8~5.3	실트질 모래	50/9~50/2
경 암	18.3~20.3	3.0	편마암	82~87%/3~27%

구 분	지 층 개 요
붕적층/매립층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.8~1.5m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
퇴적층	• BB-53번공에서 지표하 1.4m에서 2.1m 층후로 분포하며 암회색의 모래질 점토로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우연약~연약한 연경도
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.8~3.5m에서 7.2~15.0m 층후로 분포 • 담갈색~암갈색의 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 매우느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 기반암의 하부풍화대로 지표하 13.0~16.5m에서 3.8~5.3m 층후로 분포 • 굴진시 암갈색의 암편섞인 실트질 모래로 분해되며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암	• 지표하 18.3~20.3m에서 3.0m이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=3~27%의 매우불량~불량한 암질상태를 보임

○ 본선 깎기 4-4구간(STA.28+210~29+080) : BH-282, 284

▮ 조사위치 및 지층단면도





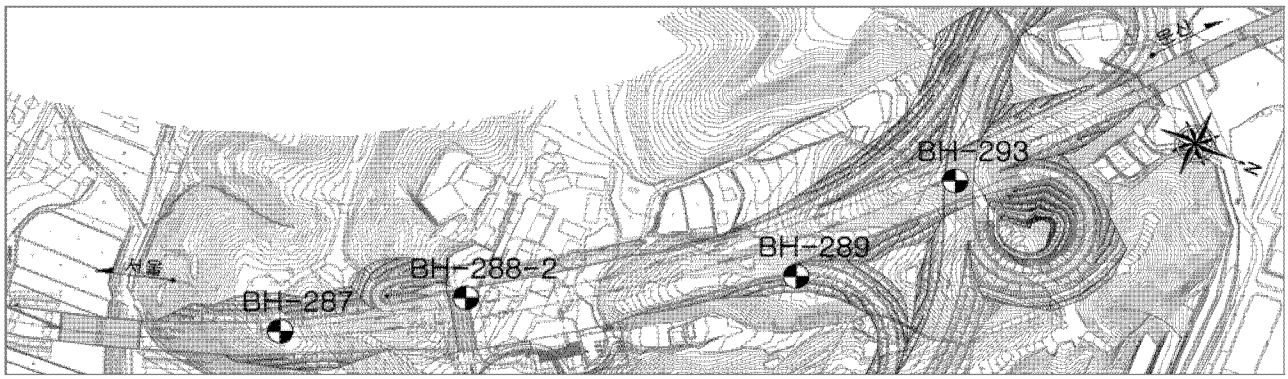
▮ 지층상태

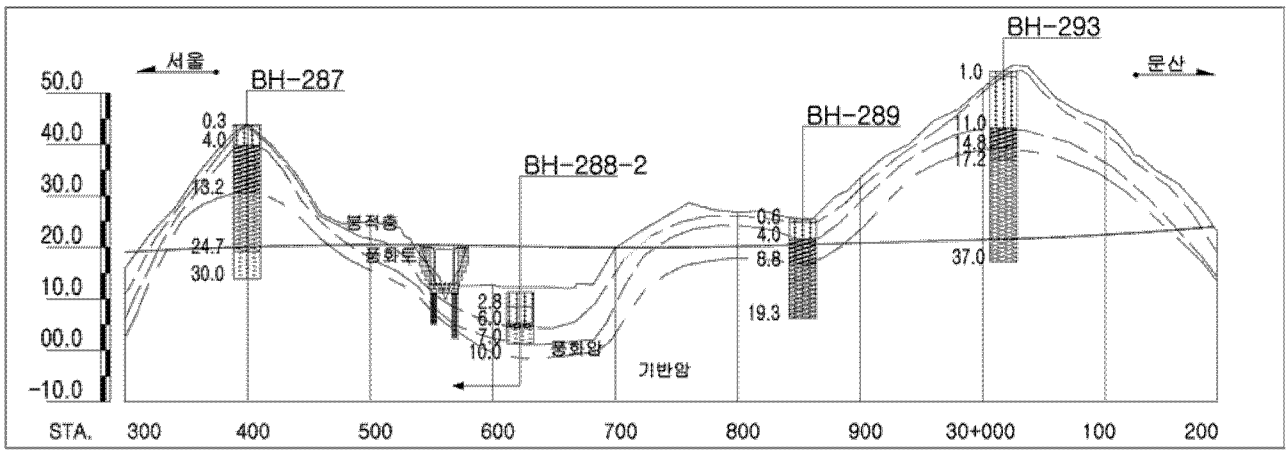
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
표토층	0.0	0.3~0.4	실트질 모래	-
풍화토	0.3~0.4	3.7~4.6	실트질 모래	32/30~50/15
풍화암	4.0~5.0	1.6~5.5	실트질 모래	50/10~50/7
연 암	5.6~10.5	7.8~15.9	편마암	50~100/0~37
보통암	18.3~21.5	13.5~24.7	편마암	55~100/10~70

구 분	지 층 개 요
표토층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~0.4m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.3~0.4m에서 3.7~4.6m 층후로 분포 • 갈색의 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 4.0~5.0m에서 1.6~5.5m 층후로 분포하며 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 • BH-282번공에서 암편상 코어 회수(9.4~10.5m)
연 암	• 지표하 5.6~10.5m에서 7.8~15.9m 층후로 분포하며 갈색~암회색의 편마암으로 구성 • RQD=0~37%로 매우불량~보통양호한 암질상태
보통암	• 지표하 18.3~21.5m에서 13.5~24.7m 이상 층후로 분포하며 갈색~암회색의 편마암으로 구성 • RQD=10~70%로 매우불량~양호한 암질상태

○ 본선 깎기 4-5구간(STA.29+300~30+180) : BH-287, 289, 293

▮ 조사위치 및 지층단면도





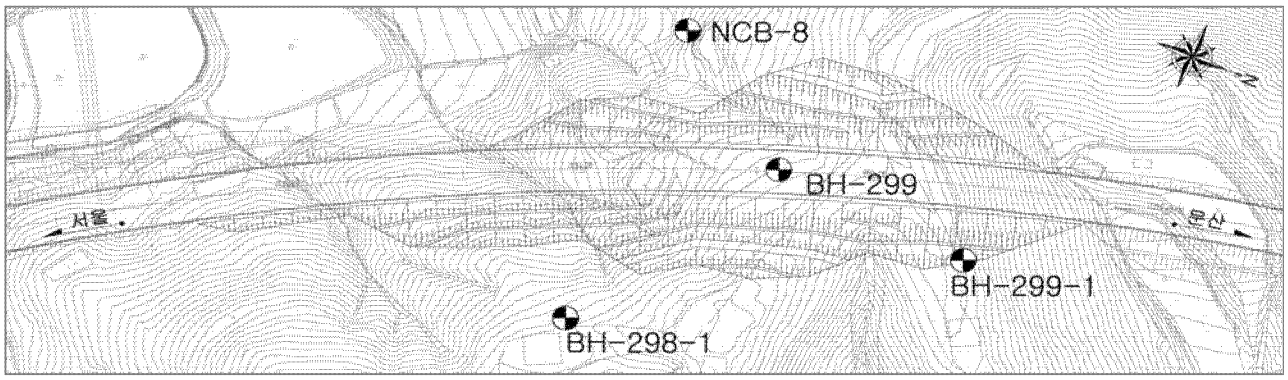
▮ 지층상태

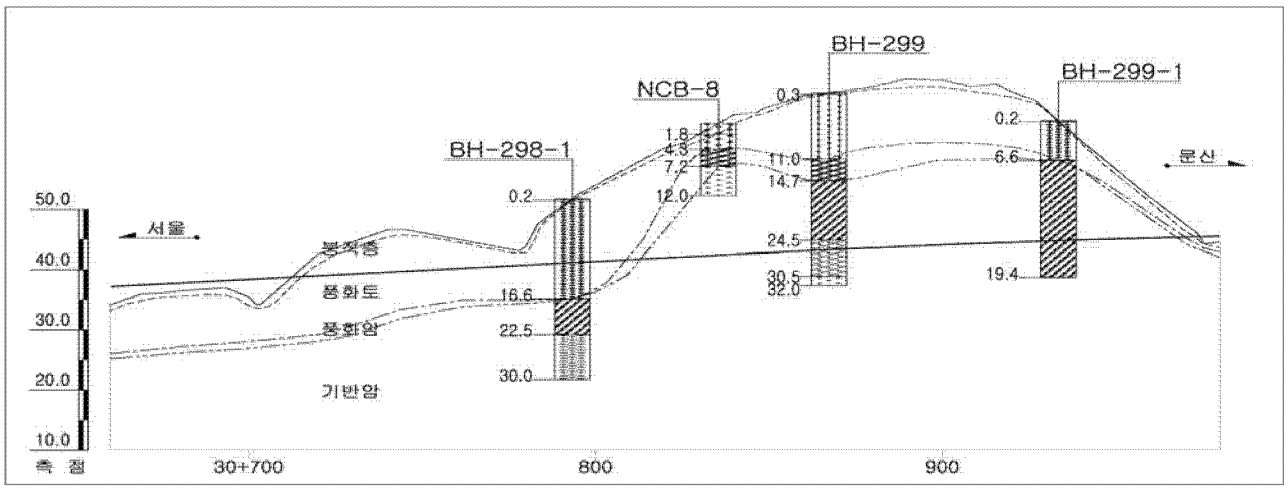
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층/매립층	0.0	0.3~2.8	실트질 모래	4/30~7/30
풍화토	0.3~2.8	1.0~10.0	실트질 모래	15/30~50/12
풍화암	3.8~11.0	3.2~9.2	실트질 모래	50/10~50/1
연 암	8.8~14.8	2.4~10.5	편마암	54~100/10~46
보통암	13.2~17.2	11.5~19.8	편마암	49~100%/0~70%
경 암	7.0~24.7	3.0~5.3	편마암	100%/63~92%

구 분	지 층 개 요
붕적층/매립층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~2.8m 층후로 분포 • 담갈색~황갈색의 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 느슨한 상대밀도
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.3~2.8m에서 1.0~10.0m 층후로 분포 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 3.8~11.0m에서 3.2~9.2m 층후로 분포하며 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 8.8~14.8m에서 2.4~10.5m 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=54~100%로 보통양호~매우양호한 암질상태
보통암	• 지표하 13.2~17.2m에서 11.5~19.3m 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=0~70%로 매우불량~양호한 암질상태
경 암	• 지표하 7.0~24.7m에서 3.0~5.3m이상의 층후로 분포하며, 유백색의 편마암으로 구성 • RQD=63~92%로 양호~매우양호한 암질상태

○ 본선 깎기 4-6-1구간(STA.30+680~30+960) : BH-298-1, 299, 299-1, 보완설계 : NCB-8

■ 조사위치 및 지층단면도





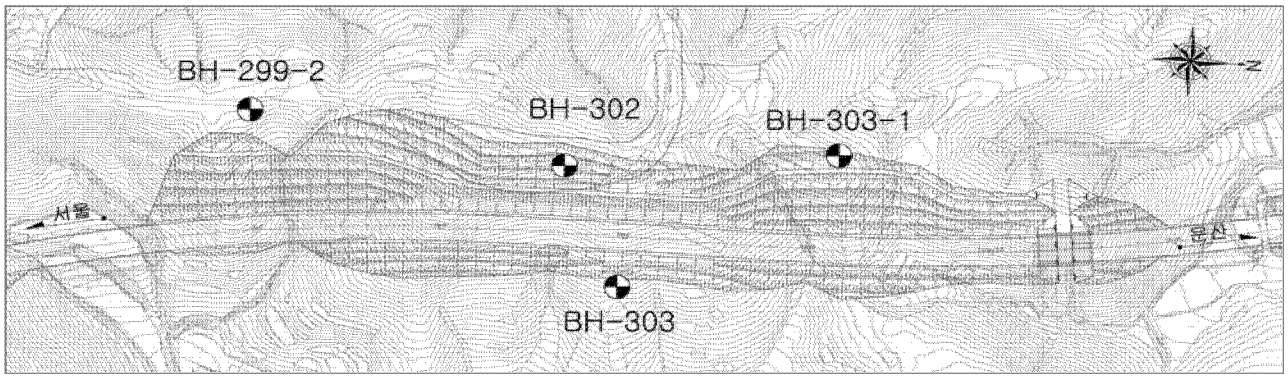
■ 지층상태

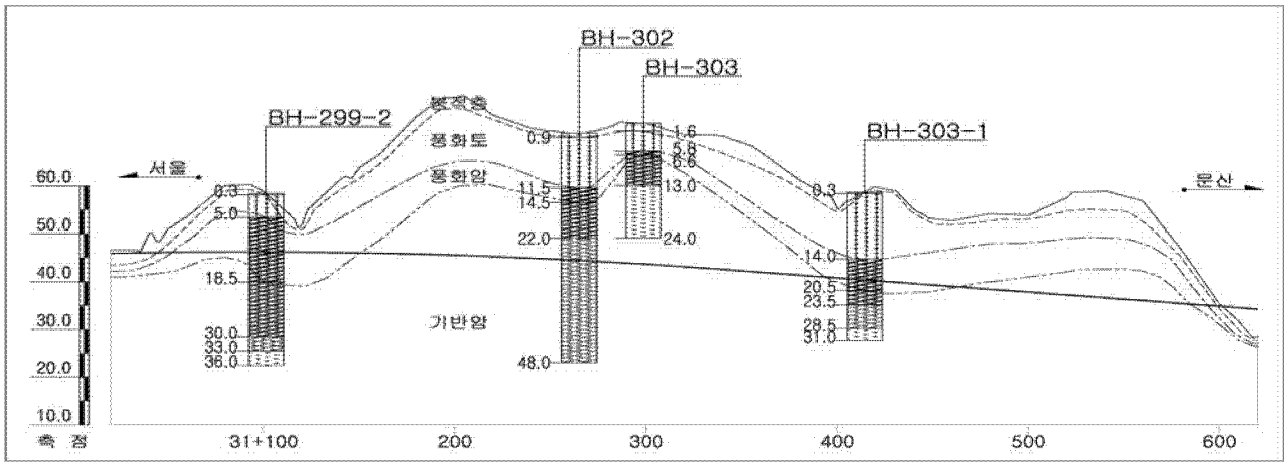
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~4.3	실트질 모래	18/30~27/30
풍화토	0.0~0.3	6.6~16.6	실트질 모래	9/30~50/14
풍화암	4.3~11.0	2.9~3.7	실트질 모래	50/10~50/3
연 암	6.6~16.6	5.9~19.4	편마암	40~100%/0~39%
보통암	24.5	6.0	편마암	100%/20~75%
경 암	7.2~30.5	1.5~7.5	편마암	90~100%/60~81%

구 분	지 층 개 요
붕적층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~4.3m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토	• 지표하 0.0~0.3m에서 6.6~16.6m 층후로 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화토	• 지표하 4.3~11.0m에서 2.9~3.7m 층후로 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 6.6~16.6m에서 5.9~19.4m 층후로 분포, RQD=0~39%로 매우불량~불량한 암질상태
보통암	• 지표하 24.5m에서 6.0m 층후로 분포, RQD=20~75%로 매우불량~양호한 암질상태
경 암	• 지표하 7.2~30.5m에서 1.5~7.5m이상 층후로 분포, RQD=60~81%로 보통양호~매우양호한 암질상태

○ 본선 깎기 4-6-2구간(STA. 31+040~31+600) : BH-299-2, 302, 303, 303-1

▮ 조사위치 및 지층단면도



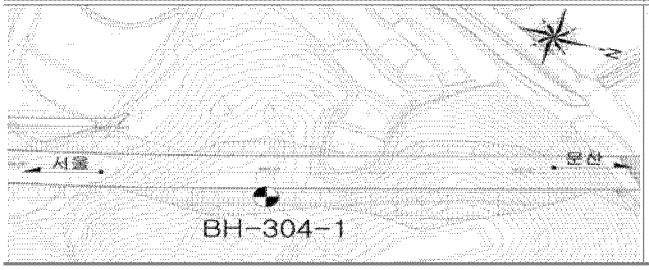
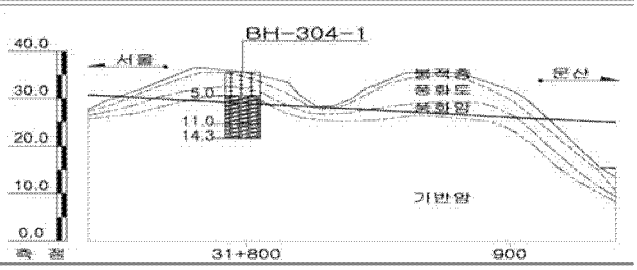


▮ 지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	0.3~1.6	실트질 모래	6/30
풍화토	0.3~1.6	4.2~13.7	실트질 모래	8/30~50/10
풍화암	5.0~14.0	0.8~13.5	실트질 모래	50/10~50/2
연 암	6.6~20.5	3.0~14.6	편 마 암	48~100%/0~46%
보통암	22.0~30.0	3.0~26.0	편 마 암	98~100%/44~76%
경 암	13.0~33.0	2.5~11.0	편 마 암	96~100%/68~83%

구 분	지 층 개 요
붕적층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3~1.6m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성됨
풍화토	• 지표하 0.3~1.6m에서 4.2~13.7m 층후로 분포 • 습윤하며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀로 심도에 따라 편차가 크게 나타남
풍화암	• 지표하 5.0~14.0m에서 0.8~13.5m 층후로 분포하며 굴진시 실트질 모래로 분해
연 암	• 지표하 6.6~20.5m에서 3.0~14.6m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 48~100%/0~46%로 매우불량~보통양호한 암질상태
보통암	• 지표하 22.0~30.0m에서 3.0~26.0m 이상 층후로 분포하며, 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 98~100%/44~76%로 보통양호~양호한 암질상태
경 암	• 지표하 13.0~33.0m에서 2.5~11.0m 이상 층후로 분포하며, 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 96~100%/68~83%로 양호~매우양호한 암질상태

본선 깎기 4-6-3구간(STA. 31+760~31+920) : BH-304-1

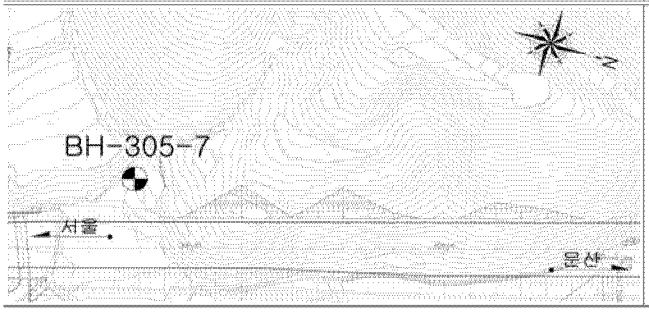
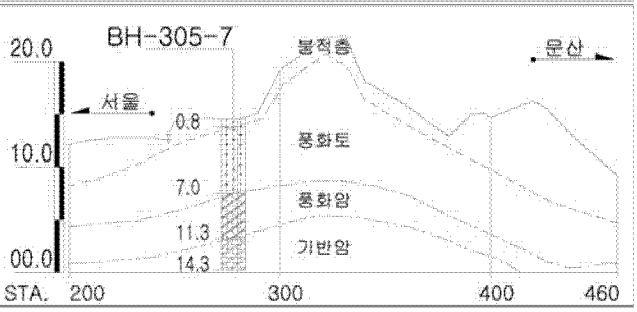
조사위치도	지층단면도
	

지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
풍화토	0.0	5.0	실트질 모래	14/30~50/12
풍화암	5.0	6.0	편 마 암	50/9~50/2
연 암	11.0	3.3	편 마 암	78%/24%

구 분	지 층 개 요
풍화토	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 5.0m 층후로 분포하며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 5.0m에서 6.0m 층후로 분포하며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암	• 지표하 11.0m에서 3.3m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 78%/24%로 불량한 암질상태

본선 깎기4-6-4구간(STA. 32+280~32+450) : BH-305-7

조사위치도	지층단면도
	

지층상태

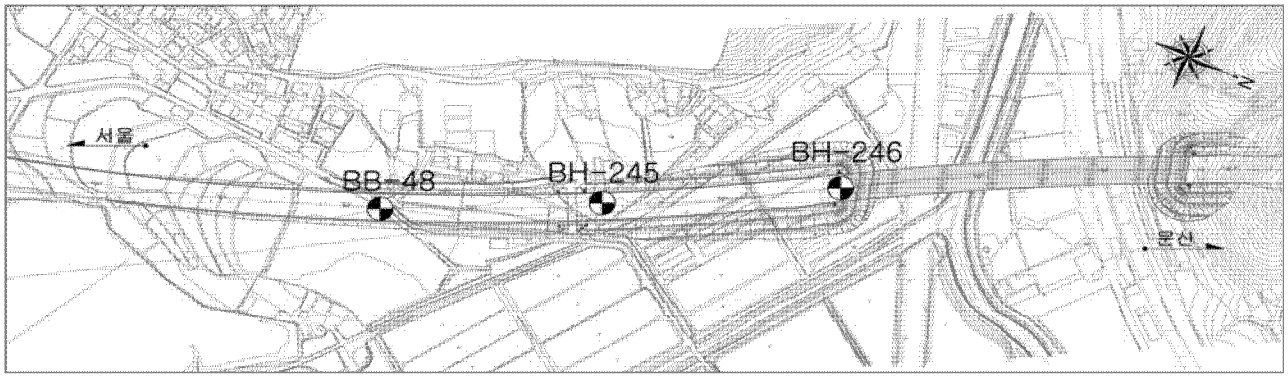
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
전답층	0.0	0.8	실트질 모래	-
풍화토	0.8	6.2	실트질 모래	15/30~50/13
풍화암	7.0	4.3	실트질 모래	50/8~50/4
연 암	11.3	3.0	편 마 암	100%/35%

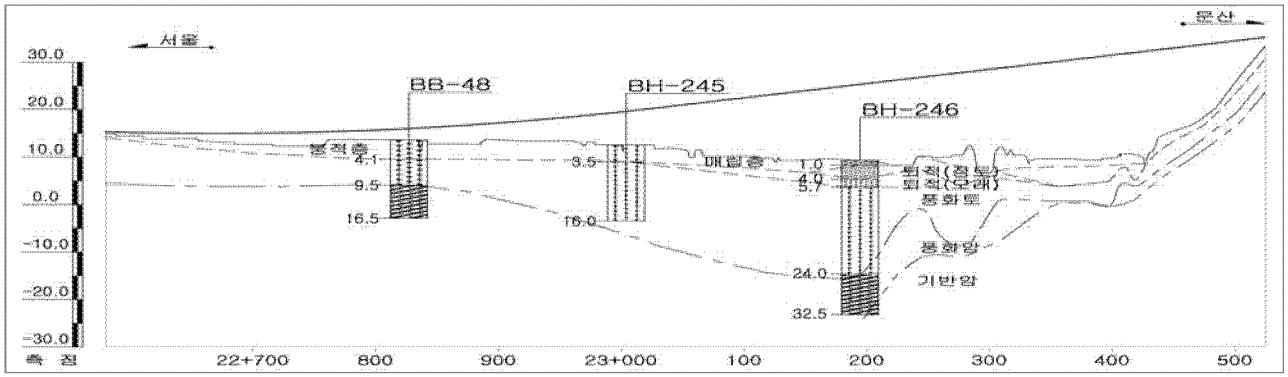
구 분	지 층 개 요
전답층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.8m 층후로 암갈색의 자갈섞인 실트질 모래로 구성
풍화토	• 지표하 0.8m에서 6.2m 층후로 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 지표하 7.0m에서 4.3m 층후로 분포하며, 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암	• 지표하 11.3m에서 3.0m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 100%/35%로 불량한 암질상태

2.1.5 쌓기구간

○ 본선 쌓기 4-1구간(STA. 22+610~23+520) : BH-245, 246, 제3자 공고: BB-48

■ 조사위치 및 지층단면도



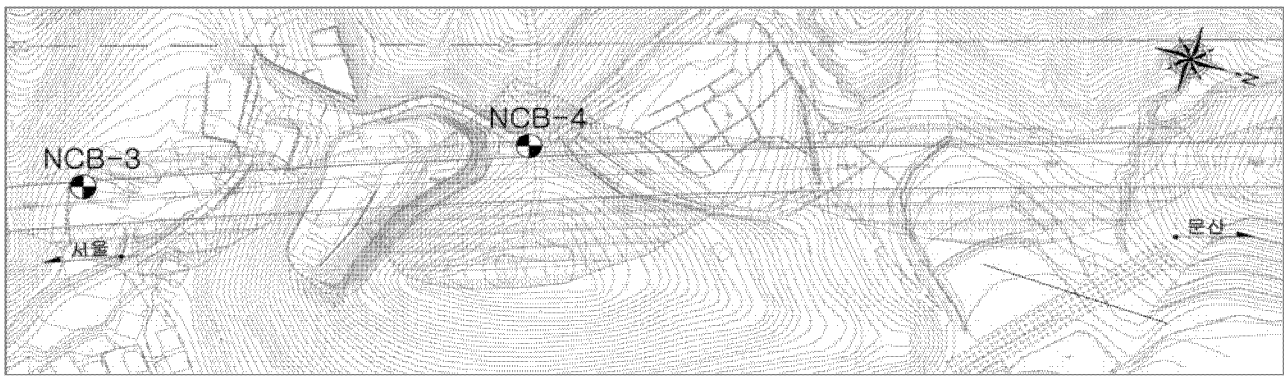


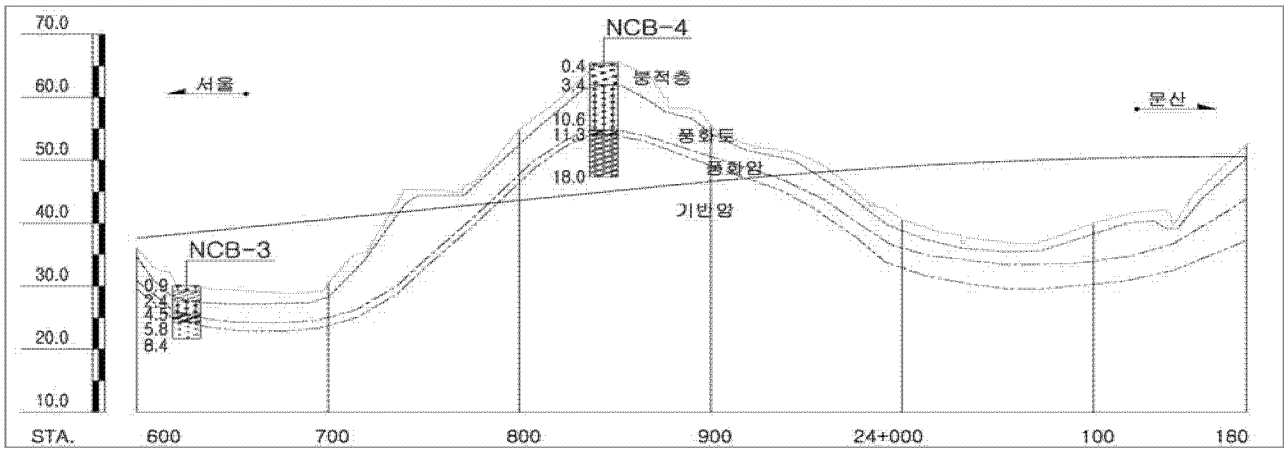
■ 지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층		0.0	1.0~3.5	실트질 모래, 점토질 모래	5/30~11/30
붕적층		0.0	4.1	실트질 모래	4/30~32/30
퇴적층	점토	1.0	3.0	실트질 점토	4/30~5/30
	모래	4.0	1.7	자갈섞인 모래	14/30~28/30
풍화토		3.5~5.7	5.4~18.3	실트질 모래	5/30~50/12
풍화암		9.5~24.0	7.0~8.5	실트질 모래	50/9~50/2

구 분		지 층 개 요
매립층		• BH-245, 246번공 최상부층으로 지표하 0.0m에서 1.0~3.5m 층후로 분포 • 실트질 모래와 실트질 점토질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
붕적층		• BB-48번공에서 지표하 0.0에서 4.1m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성됨 • 습윤하며 표준관입시험 결과 매우느슨~조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 1.0m에서 3.0m 층후로 분포하며 실트질 점토로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 연약~보통견고한 연경도
	모래	• 지표하 4.0m에서 1.7m 층후로 분포하며 자갈섞인 모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 3.5~5.7m에서 5.4~18.3m 층후로 분포 • 암편섞인 실트질 모래로 구성되며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 9.5~24.0m에서 7.0~8.5m 이상 층후로 분포

○ 본선 쌓기 4-2구간(STA. 23+600~24+170) : 보완설계 : NCB-3, 4



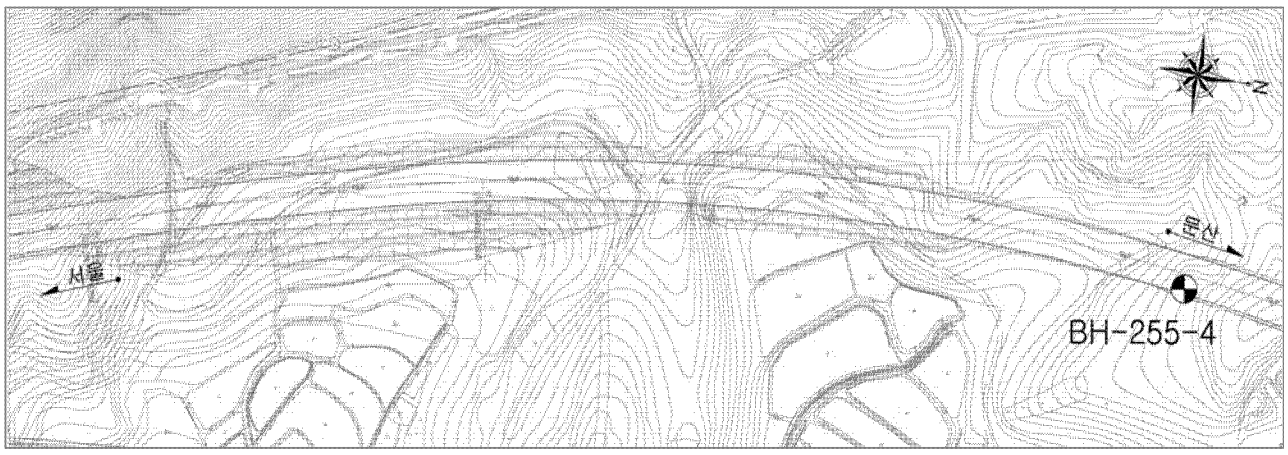


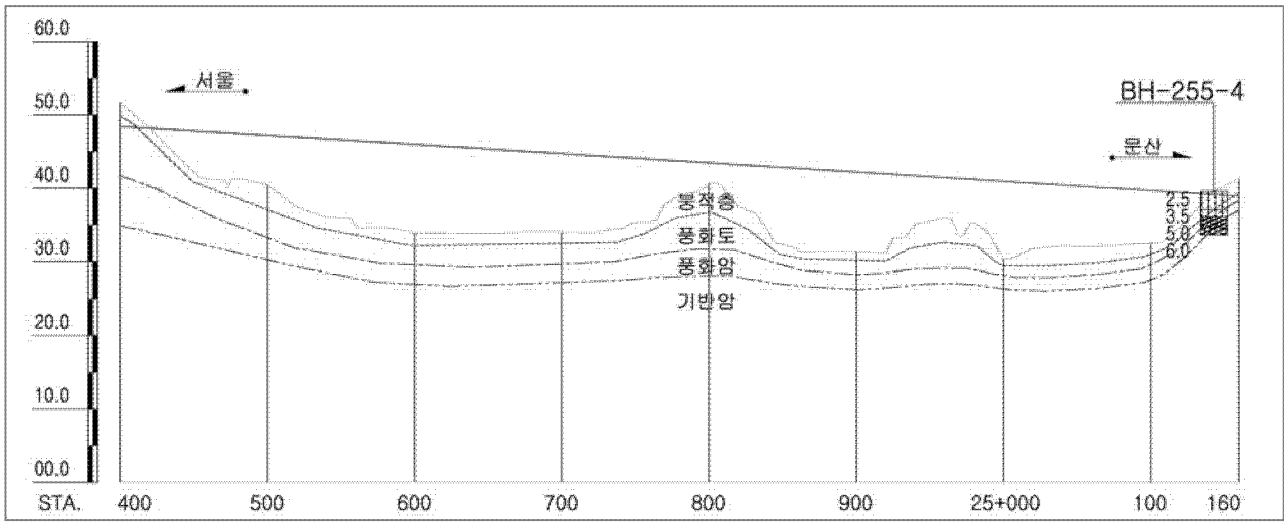
▮ 지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	점토	0.9	1.5	실트질 점토	4/30~5/30
	모래	0.0	0.9	실트질 모래	-
	자갈	0.4	3.0	자갈(전석층)	-
풍화토		2.4~3.4	2.1~7.2	실트질 모래	8/30~50/15
풍화암		4.5~10.6	0.7~1.3	실트질 모래	50/8~50/4
연 암		11.3	6.7	편마암	40~100%/0~93%
경 암		5.8	2.6	편마암	100%/100%

구 분		지 층 개 요
붕적층	점토	• 지표하 0.9m에서 1.5m 층후로 분포하며 실트질 점토로 구성
	모래	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.9m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성
	자갈	• NCB-4번공 지표하 0.4m에서 3.0m 층후로 분포 • 전석코아 회수(TCR/RQD=80%/75%)
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 2.4~3.4m에서 12.7m 층후로 분포 • 습윤하며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 4.5~10.6m에서 0.7~1.3m 층후로 분포 • 굴진시 암갈색의 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암		• NCB-4번공 지표하 11.3m에서 6.7m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=0~93%로 매우불량~매우양호한 암질상태
경 암		• NCB-3번공 지표하 5.8m에서 2.6m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RQD=100%로 매우양호한 암질상태

본선 쌍기 4-3구간(STA. 24+400~25+160) : BH-255-4



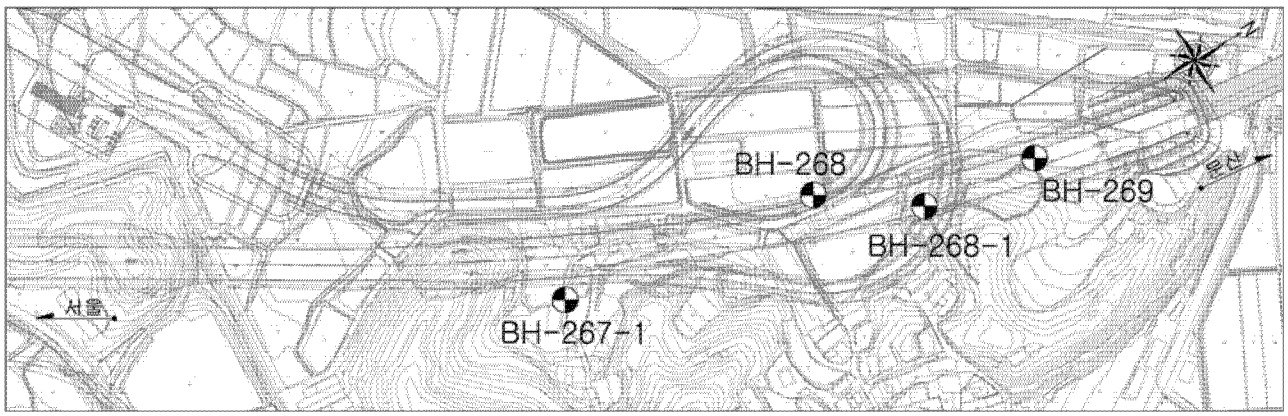


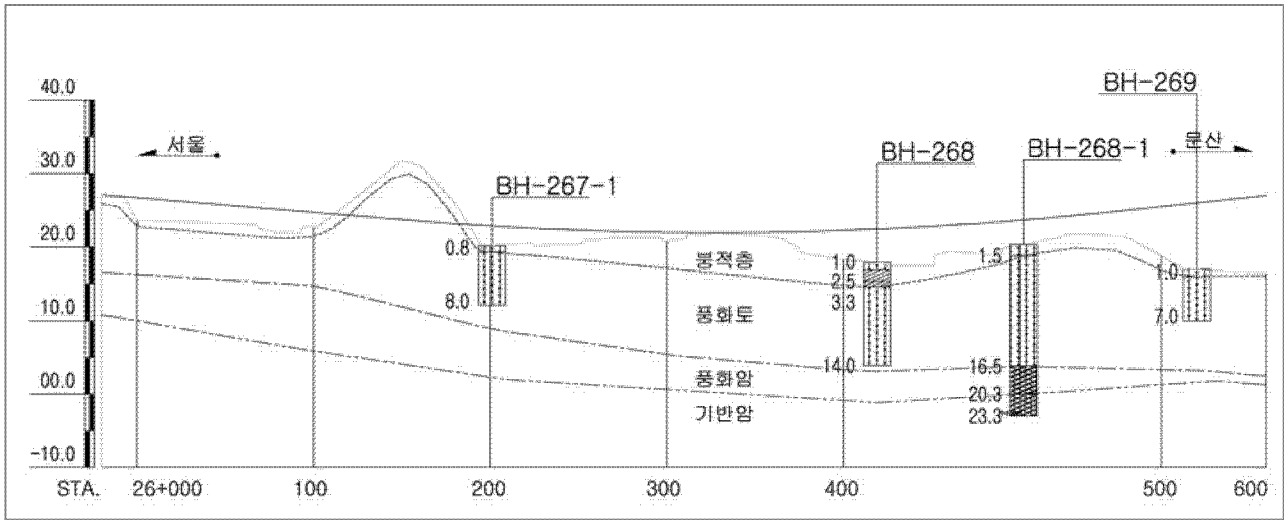
지층상태

구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층	0.0	2.5	자갈질 모래	5/30~13/30
풍화토	2.5	1.0	실트질 모래	50/17
풍화암	3.5	1.5	실트질 모래	50/6
연 암	5.0	1.0	실트질 모래	80%/0%

구 분	지 층 개 요
붕적층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 2.5m 층후로 분포하며 자갈질 모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 2.5m에서 1.0m 층후로 분포 • 습윤하며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 기반암의 하부풍화대 지표하 3.5m에서 1.5m 층후로 분포 • 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
기반암	• 지표하 5.0m에서 1.0m 이상 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 80%/0%로 매우불량한 암질상태를 보임

○ 본선 쌓기 4-4구간(STA. 25+980~26+600) : 267-1, 268, 268-1, 269





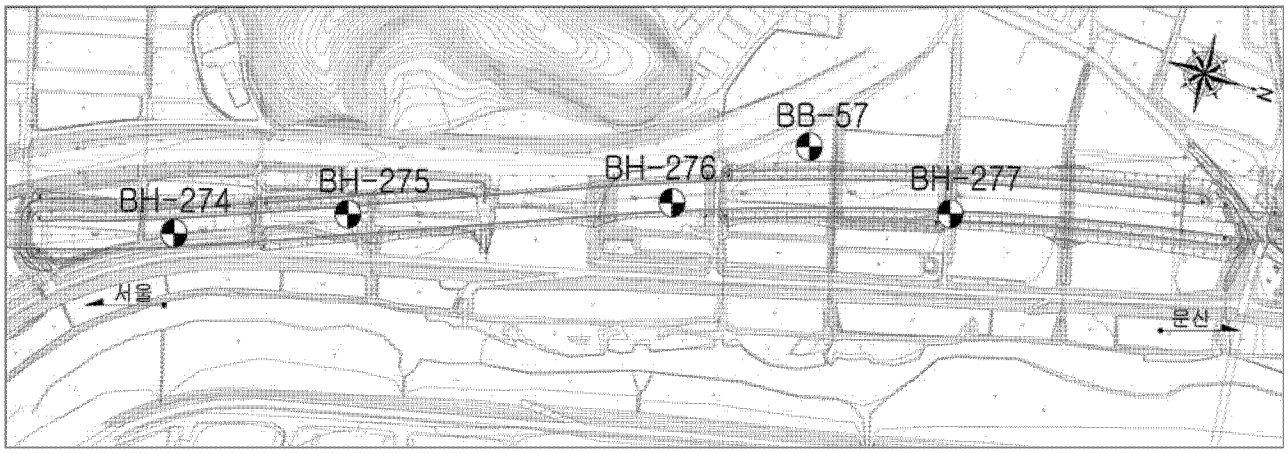
■ 지층상태

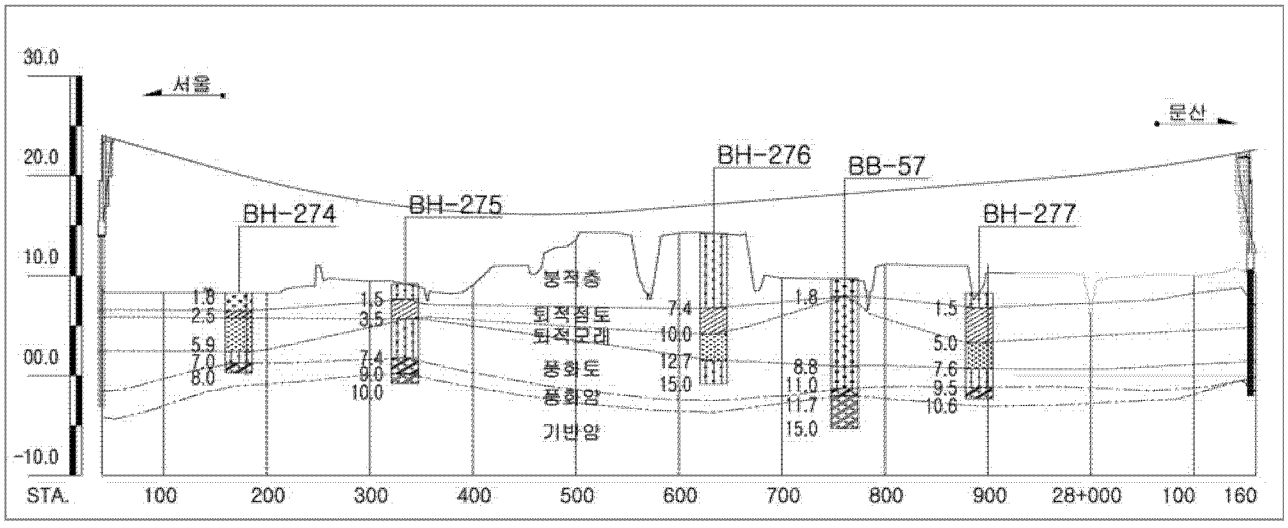
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
붕적층/매립층	0.0	0.8~1.5	실트질 모래	14/30
퇴적층	1.0	2.3	실트질 점토	7/30~10/30
풍화토	0.8~3.3	6.0~15.0	실트질 모래	4/30~50/10
풍화암	16.5	3.8	실트질 모래	50/8~50/2
연 암	20.3	3.0	편마암	87%/3%

구 분	지 층 개 요
붕적층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.8~1.5m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
퇴적층	• BH-268번공 지표하 1.0m에서 2.3m 층후로 분포하며 실트질 점토로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통견고~견고한 연경도
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 0.8~3.3m에서 6.0~15.0m 층후로 분포 • 습윤하며 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 기반암의 하부풍화대로 BH-268-1번공 지표하 16.5m에서 3.8m 층후로 분포 • 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
연 암	• BH-268-1번공 지표하 20.3m에서 3.0m 이상의 층후로 분포 • TCR/RQD는 87%/3%로 매우불량한 암질 상태

○ 본선 쌓기 4-5구간(STA. 27+050~28+150) : BH-274, 275, 276, 277, 278, 279,
보완설계 : NBB-47, 제3자 공고: BB-57

■ 조사위치 및 지층단면도





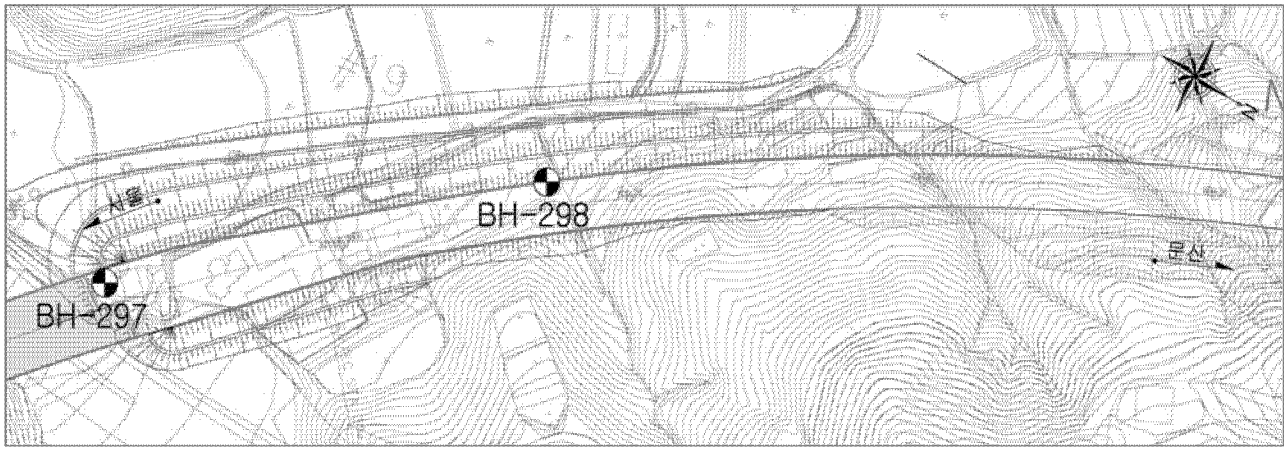
■ 지층상태

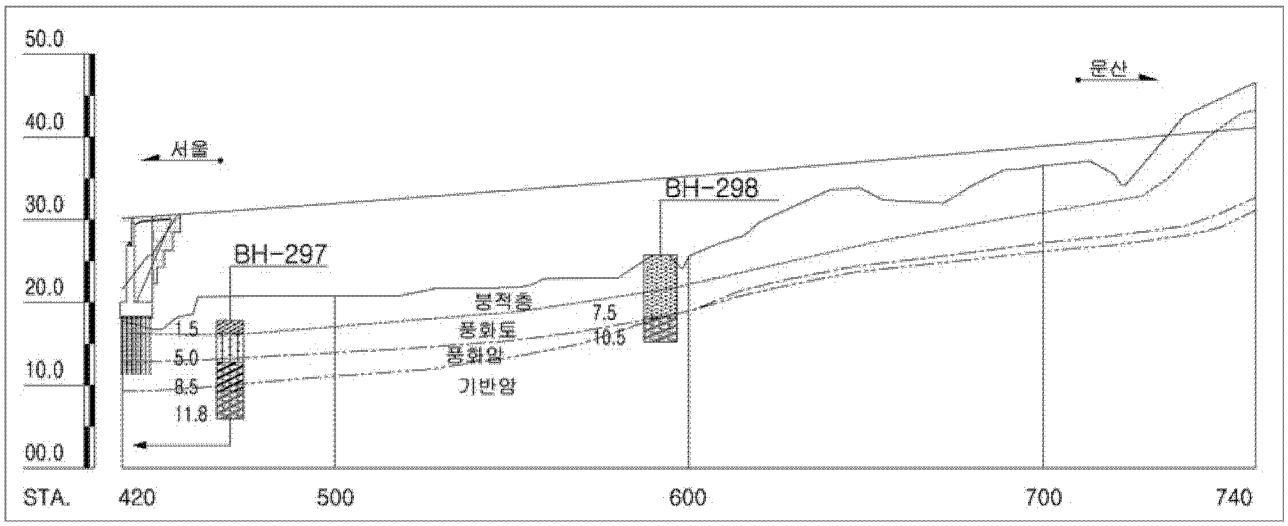
구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층	모래	0.0~1.8	0.7~7.4	실트질 모래, 점토질 모래	7/30~31/30
	자갈	0.0~2.6	1.4~4.8	모래섞인 자갈	50/5~50/0
붕적층		0.0~3.5	1.7~3.9	실트질 모래, 점토질 모래	35/30~50/23
퇴적층	점토	1.5~7.4	2.0~4.8	실트질 점토	3/30~9/30
	모래	1.8~10.0	2.2~7.0	실트질 모래, 모래	4/30~50/22
	자갈	1.0~8.7	2.0~5.0	모래섞인 자갈	5/30~28/30
풍화토		5.9~12.7	0.3~4.0	실트질 모래	26/30~50/11
풍화암		7.0~11.0	0.7~2.5	실트질 모래	50/10~50/2
기반암		9.0~12.5	1.0~3.3 이상	편 마 암	83~100%/0~68%

구 분		지 층 개 요
매립층	모래	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.7~7.4m 층후로 분포 • 암회색~담갈색의 실트질 모래, 점토질 모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 모래층은 느슨~조밀한 상대밀도
	자갈	• 지표하 1.4~4.8m 층후로 분포하며, • 암회색~담갈색의 모래섞인 자갈로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
붕적층		• 지표하 0.0~3.5m에서 1.7~3.9m 층후로 분포 • 암회색~담갈색의 실트질 모래~점토질 모래로 구성
퇴적층	점토	• 지표하 1.5~7.4m에서 2.0~4.8m 층후로 분포 • 암회색의 실트질 점토로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 연약~견고한 연경도 • N값 40이하의 연약 점토지반은 BH-278 부근에서 4.0~5.0m 층후로 가장 깊게 분포
	모래	• 지표하 1.8~10.0m에서 2.2~7.0m 층후로 분포 • 암회색~담갈색의 실트질 모래~모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 매우느슨~매우조밀한 상대밀도
	자갈	• 지표하 1.0~8.7m에서 2.0~5.0m 층후로 분포 • 암회색~담회색의 모래질 자갈로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 5.9~12.7m에서 0.3~4.0m 층후로 분포 • 암회색~담회색의 암편섞인 실트질 모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 7.0~11.0m에서 0.7~2.5m 층후로 분포 • 굴진시 암회색~담회색의 암편섞인 실트질 모래로 분해 • 습윤하며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
기반암		• 지표하 9.0~12.5m에서 분포하며 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 83~100%/0~68%로 매우불량~양호한 암질상태

○ 본선 쌓기 4-7구간(STA. 30+420~30+740) : BH-297, 298

■ 조사위치 및 지층단면도





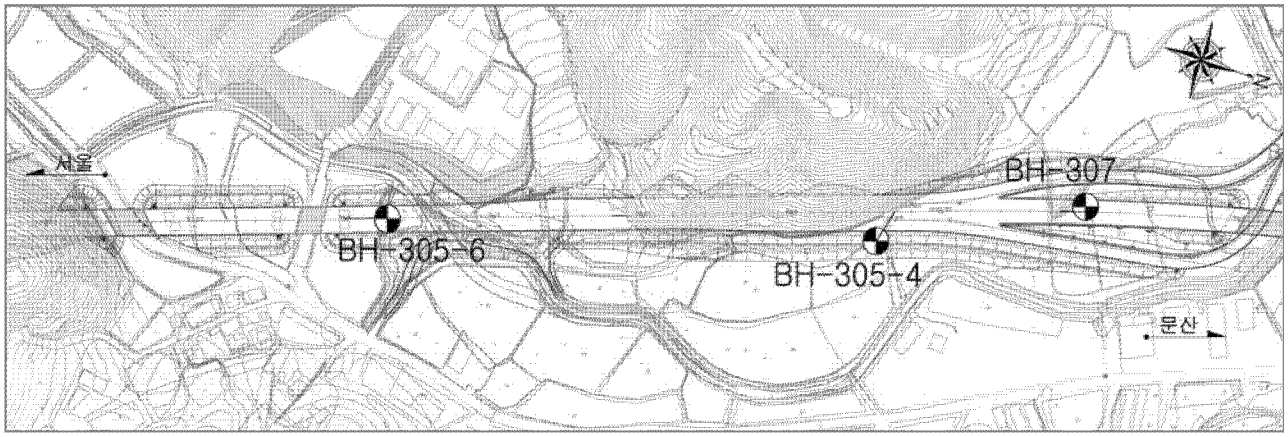
▮ 지층상태

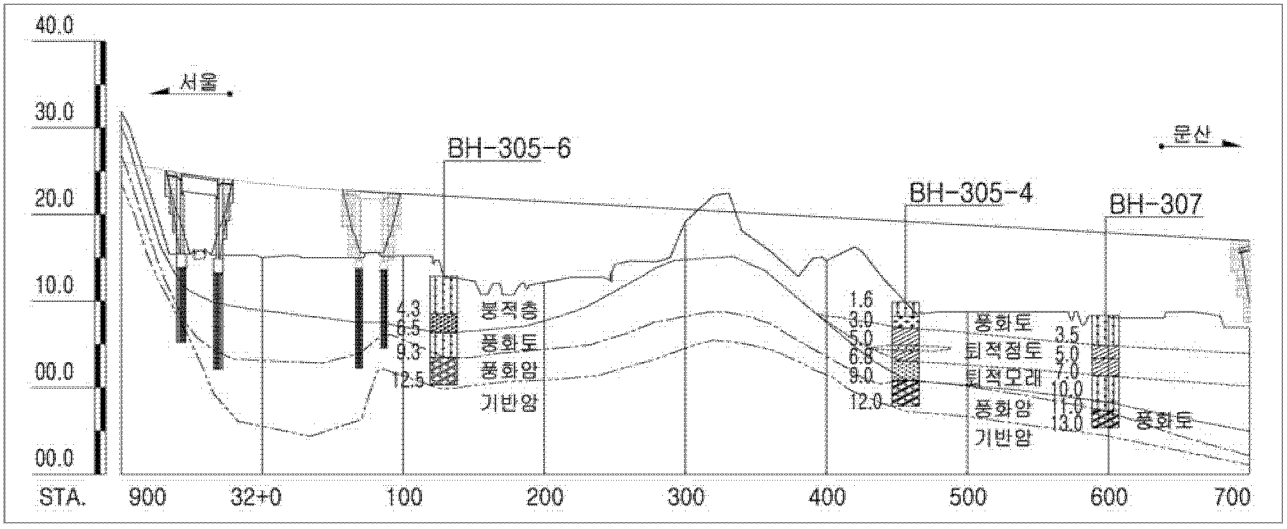
구 분	출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층/붕적층	0.0	1.5~7.5	점토질 모래, 모래	12/30~50/6
풍화토	1.5	3.5	실트질 모래	36/30~50/4
풍화암	5.0	3.5	실트질 모래	50/10~50/6
기반암	7.5~8.5	3.0~3.3	편 마 암	72~81/15~30

구 분	지 층 개 요
매립층/붕적층	• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 1.5~7.5m 층후로 분포하며, 점토질 모래와 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화토	• 기반암의 상부풍화대로 지표하 1.5m에서 3.5m 층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암	• 기반암의 하부풍화대로 지표하 5.0m에서 3.5m 층후로 분포하며 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 • 습윤한 상태이며 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
기반암	• 지표하 7.5~8.5m에서 3.0~3.3m 층후로 분포하며 담회색의 편마암으로 구성 • TCR/RQD는 72~81/15~30%로 매우불량~불량한 암질상태

○ 본선 쌓기 4-8구간(STA. 31+900~32+700) : BH-305-4, 6, 307

▮ 조사위치 및 지층단면도





지층상태

구 분		출현심도(m)	층 후(m)	구성성분	N값 및 TCR/RQD
매립층/전답층		0.0	0.7~3.5	실트질 모래, 실트질 점토	7/30~23/30
붕적층		0.7	1.8	실트질 모래	10/30
퇴적층	점토	3.0~5.6	2.0~3.5	실트질 점토, 점토	2/30~6/30
	모래	5.0~7.0	2.8~3.0	자갈질 모래, 실트질 모래	8/30~50/19
	자갈	1.6	1.4	자갈	50/5
풍화토		10.0	1.0	실트질 모래	15/30~50/5
풍화암		9.0~11.0	2.0~3.0	실트질 모래	50/10~50/2
연 암		1.8	3.2	편마암	87%/25%

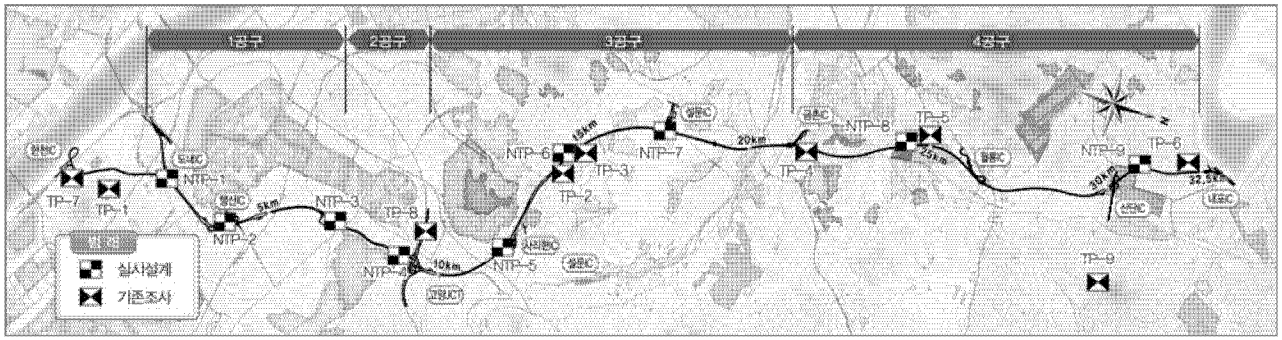
구 분		지 층 개 요
매립층/전답층		• 최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.7~3.5m 층후로 분포하며 실트질 모래, 실트질 점토로 구성 • 표준관입시험 결과 느슨~보통조밀한 상대밀도
붕적층		• BH-304번공 지표하 0.7m에서 1.8m층후로 분포하며 실트질 모래로 구성 • 습윤하며 표준관입시험 결과 보통조밀한 상대밀도
퇴적층	점토	• 지표하 3.0~5.6m에서 2.0~3.5m 층후로 분포하며 실트질 점토, 점토로 구성 • 표준관입시험 결과 매우연약~보통견고한 연경도
	모래	• 지표하 5.0~7.0m에서 2.8~3.0m 층후로 분포하며 실트질 모래, 자갈질 모래로 구성 • 표준관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상대밀도
	자갈	• 지표하 1.6m에서 1.4m 층후로 분포, • 표준관입시험 결과 매우조밀한 상대밀도
풍화토		• 기반암의 상부풍화대로 지표하 10.0m에서 1.0m 층후로 분포하며 • 표준관입시험 결과 보통조밀~매우조밀한 상대밀도
풍화암		• 기반암의 하부풍화대로 지표하 9.0~11.0m에서 2.0~3.0m 층후로 분포하며 • 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해
연 암		• BH-304번공 지표하 1.8m에서 3.2m이상의 층후로 분포하며 편마암으로 구성 • RTCR/RQD는 87%/25%로 불량한 암질 상태

2.2 시험굴조사 및 핸드오거보링

2.2.1 시험굴조사

개 요 • 지층의 구성 상태 및 성토 재료로서의 적합 여부와 다짐 특성 파악

○ 조사위치



○ 기존조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태		교란상태		L값
				습윤단위중량 (kN/m³)	건조단위중량 (kN/m³)	습윤단위중량 (kN/m³)	건조단위중량 (kN/m³)	
1공구	TP-1	1.8	풍화암	18.70	19.70	17.02	17.97	0.912
3공구	TP-2	1.5	풍화암	18.42	19.54	16.04	17.02	0.871
	TP-3	2.0	풍화토	15.51	17.97	12.77	14.80	0.824
4공구	TP-4	2.0	풍화토	14.41	16.47	12.08	13.80	0.838
	TP-5	1.8	풍화암	17.00	20.66	14.57	17.70	0.857
	TP-6	1.5	풍화암	17.21	19.78	16.58	19.05	0.963
1공구	TP-7	2.0	풍화토	16.54	17.69	13.06	13.97	0.790
2공구	TP-8	1.9	풍화토	15.30	17.98	12.84	15.08	0.839
4공구	TP-9	1.8	풍화토	14.13	16.31	12.66	14.61	0.896

○ 실시설계조사 자료

구 분		심 도 (GL. -m)	구성성분	불교란상태		교란상태		L값
				습윤단위중량 (kN/m³)	건조단위중량 (kN/m³)	습윤단위중량 (kN/m³)	건조단위중량 (kN/m³)	
1공구	NTP-1	1.0	SM	18.09	14.90	14.36	11.83	1.260
	NTP-2	1.0	SM	17.68	15.49	14.22	12.46	1.244
	NTP-3	1.0	SM	18.51	16.60	13.82	12.39	1.340
2공구	NTP-4	1.0	SM	17.62	14.93	13.38	11.34	1.317
	NTP-5	1.0	SM	17.84	16.74	14.50	13.60	1.231
3공구	NTP-6	1.0	SM	18.25	15.72	13.91	11.98	1.312
	NTP-7	1.0	SM	18.01	15.00	13.93	11.60	1.293
4공구	NTP-8	1.0	SM	18.57	15.21	14.89	12.20	1.247
	NTP-9	1.0	SM	18.27	14.99	12.66	10.39	1.443

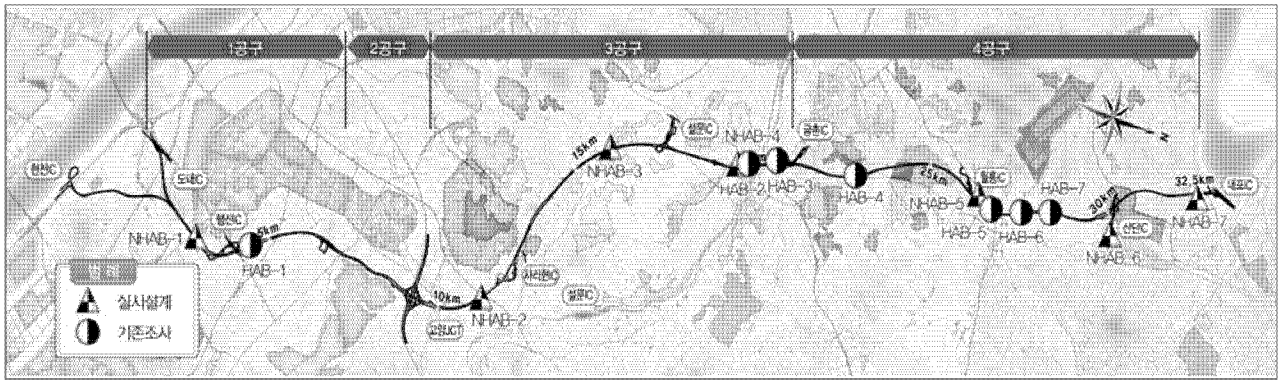
분석결과
- 불교란시료의 습윤단위중량 : 14.13~18.70kN/m³, 건조단위중량 : 14.90~20.66kN/m³
- 교란시료의 습윤단위중량 : 12.08~17.02kN/m³, 건조단위중량 : 10.39~19.05kN/m³
- L값 : 0.79~1.443의 범위로 나타남

2.2.2 핸드오거보링

개 요

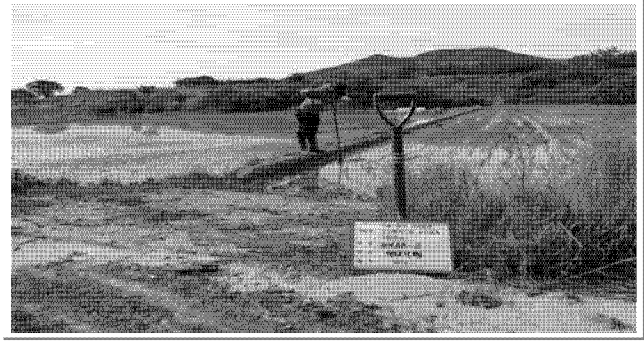
- 쌓기구간의 지층 구성 상태 파악, 토질시료 채취 및 실내시험 실시
- 연약지반 분포현황 파악 및 쌓기부 시추조사 시행여부 결정

○ 조사위치

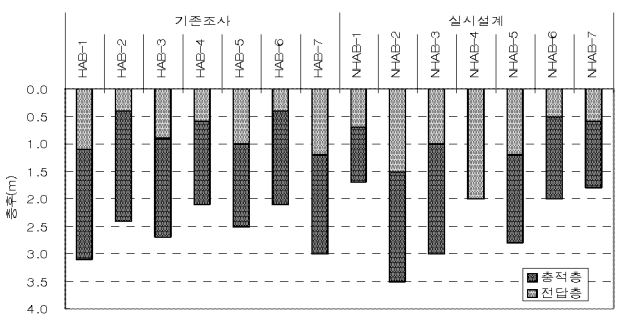


구 분			전답층		충적층	
			심도(m)	구성성분	심도(m)	구성성분
기존조사	1공구	HAB-1	0.0~1.1	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	1.1~2.0	암회색, 모래질 실트
	3공구	HAB-2	0.0~0.4	회색, 모래질 실트	0.4~2.0	암회색, 실트질 모래
		HAB-3	0.0~0.9	암회색, 실트질 모래	0.9~1.8	암회색, 점토질모래
	4공구	HAB-4	0.0~0.6	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	0.6~1.5	암회색, 자갈섞인 실트질 모래
		HAB-5	0.0~1.0	갈색, 실트질 모래	1.0~1.5	갈색~담갈색, 실트질 모래
		HAB-6	0.0~0.4	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	0.4~1.7	암회색, 실트질 모래
		HAB-7	0.0~1.2	갈색, 습윤, 실트질 모래	1.2~1.8	암회색, 실트질 모래
실시설계	1공구	NHAB-1	0.0~0.7	암회색, 실트질 점토	0.7~1.0	황갈색, 실트질 모래
	3공구	NHAB-2	0.0~1.5	암갈색, 실트질 모래	1.5~2.0	암회색, 모래질 실트
		NHAB-3	0.0~1.0	암회색, 자갈섞인 실트질 모래	1.0~2.0	암갈색, 모래질 점토
		NHAB-4	0.0~2.0	암갈색, 모래섞인 실트질 점토	-	-
	4공구	NHAB-5	0.0~1.2	암갈색, 실트질 모래	1.2~1.6	암갈색~갈색, 실트질 모래
		NHAB-6	0.0~0.5	암회색, 실트질 점토	0.5~1.5	갈색, 실트질 모래
		NHAB-7	0.0~0.6	암회색, 실트질 점토	0.6~1.2	암회색~갈색, 점토질 모래

현 장 사 진(HAB-2)



핸드오거보링 지층분포



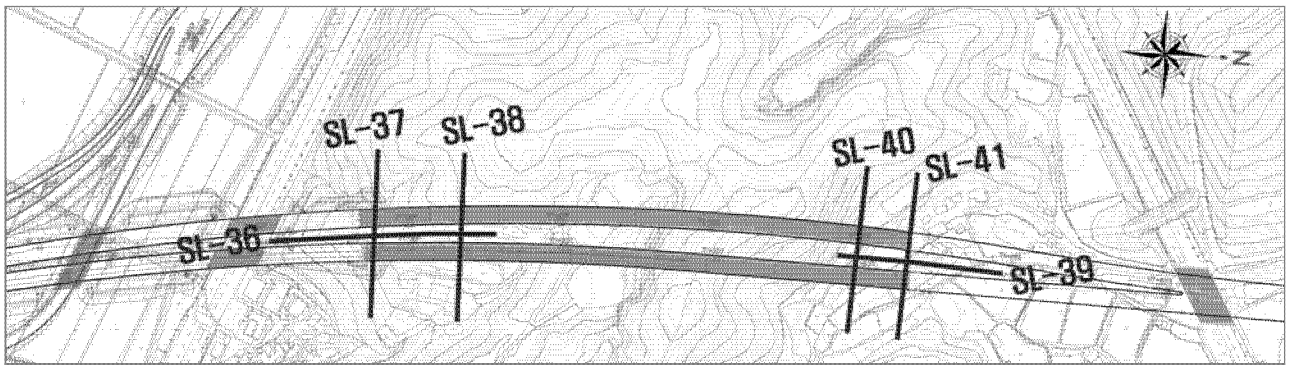
제 3 장 물리탐사

3.1 탄성파탐사

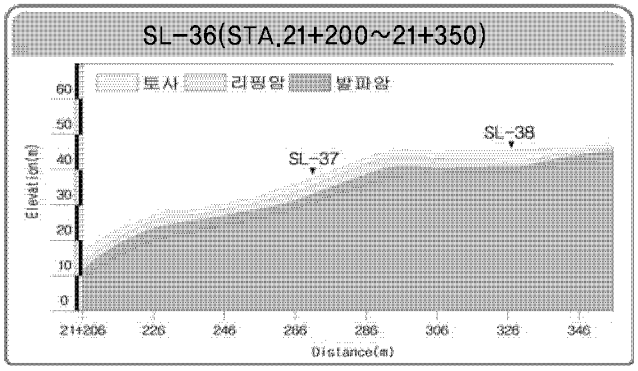
3.1.1 터널구간

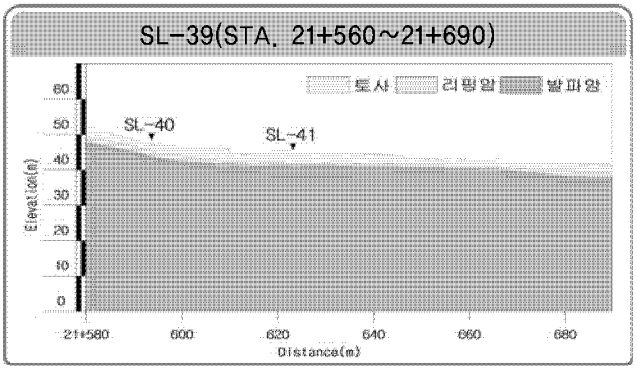
○ 금촌터널

■ 탐사위치도



■ 종단 탐사결과



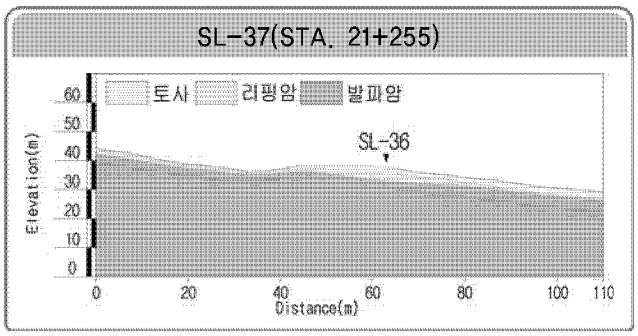


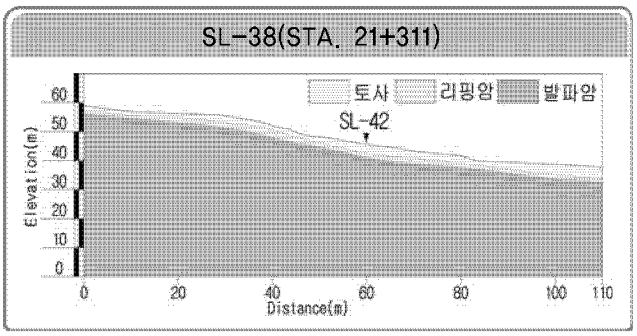
구 분		탄성파속도 (m/s)	시 점 부			종 점 부		
			추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	0.5~3.2	0.7~3.2	1.9	0.9~4.3	0.9~4.3	2.3
리핑암(풍화암)		700~1,200	1.3~5.3	0.8~3.0	2.0	1.4~4.9	0.3~1.5	0.9
발파암	연 암	1,200~1,900	3.2~7.6	0.7~3.3	2.0	2.7~6.6	0.3~2.8	1.3
	보통암	1,900~2,900	3.6~8.1	0.3~0.7	0.5	3.1~7.1	0.4~0.8	0.5
	경 암	2,900 이상	3.6~8.1 이상	–	–	3.1~7.1 이상	–	–

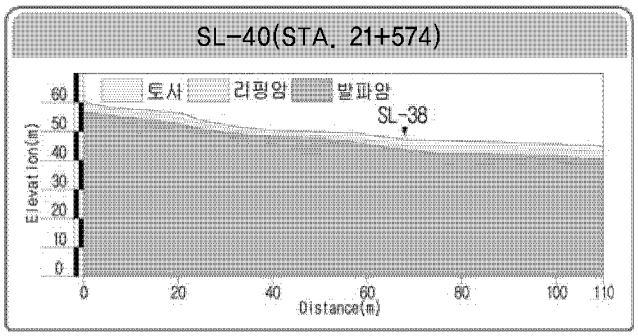
■ 분석결과

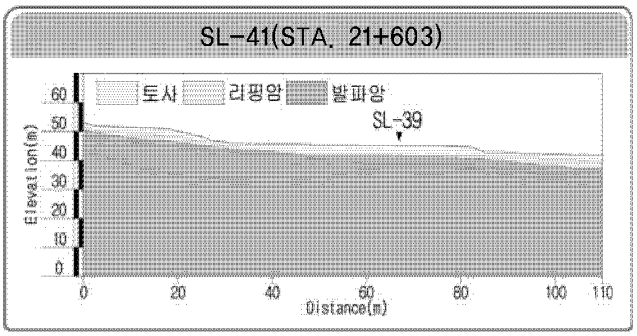
- 터널 시 · 종점부에 비하여 터널 중앙부로 갈수록 리핑암 또는 발파암이 지표에 노출되는 경향을 보임
- 토사층(제1속도층) 층후는 시점부는 0.7~3.2m(평균 1.9m), 종점부 0.9~4.3m(평균 2.3m)이며, 리핑암(제2속도층) 층후는 시점부 0.8~3.0m(2.0m), 종점부 0.3~1.5m(평균 0.9m)으로 나타남. 발파암은 지표하 2.7~3.2m에서 나타날 것으로 예상됨
- 터널 종점부의 시추조사 결과와 비교하였을 때 탄성파 탐사(SL-39)결과와 일치하는 것으로 확인됨

횡단 탐사결과









구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
STA. 21+255	토 사	700 이하	0.4~2.4	0.4~2.4	1.3
	리핑암(풍화암)	700~1,200	0.9~4.6	0.4~2.5	1.2
	발파암 연 암	1,200~1,900	2.8~6.8	1.7~4.1	2.8
	발파암 보통암	1,900~2,900	3.1~7.3	0.2~0.6	0.4
	발파암 경 암	2,900 이상	3.1~7.3 이상	-	-
STA. 21+311	토 사	700 이하	1.3~3.9	1.3~3.9	2.3
	리핑암(풍화암)	700~1,200	2.2~5.2	0.9~2.6	1.5
	발파암 연 암	1,200~1,900	3.4~7.3	0.8~2.1	1.4
	발파암 보통암	1,900~2,900	3.7~7.7	0.3~0.6	0.4
	발파암 경 암	2,900 이상	3.7~7.7 이상	-	-
STA. 21+574	토 사	700 이하	0.7~2.2	0.7~2.2	1.5
	리핑암(풍화암)	700~1,200	1.9~4.5	0.9~2.5	1.8
	발파암 연 암	1,200~1,900	2.5~5.5	0.2~1.6	0.8
	발파암 보통암	1,900~2,900	3.8~6.7	0.3~3.0	1.3
	발파암 경 암	2,900 이상	3.8~6.7 이상	-	-
STA. 21+603	토 사	700 이하	1.0~3.4	1.0~3.4	2.3
	리핑암(풍화암)	700~1,200	1.8~4.9	0.3~2.7	1.1
	발파암 연 암	1,200~1,900	3.2~8.1	0.4~3.2	2.2
	발파암 보통암	1,900~2,900	6.4~15.4	0.5~9.8	4.8
	발파암 경 암	2,900 이상	6.4~15.4 이상	-	-

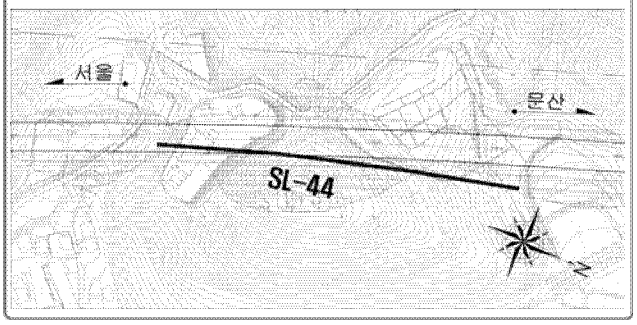
분석결과

- 토사층(제1속도층) 평균층후는 1.3~2.3m, 리핑암(제2속도층)의 층후는 1.1~1.8m, 발파암은 지표하 2.5~3.4m에 출현함
- 탄성파 속도층은 시·종점부 모두 지형과 평행한 지층 구조를 이루며, STA. 21+603과 같이 일부 계곡부 지형에서는 보통암에 해당되는 속도층이 두껍게 나타남

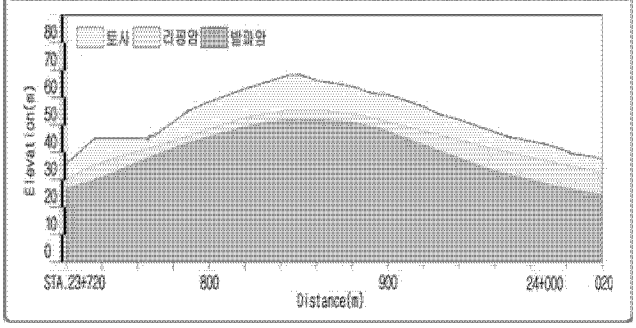
3.1.2 토공구간

본선 깎기구간(SL-44 : STA. 23+720~24+040)

탐사위치도



탐사결과

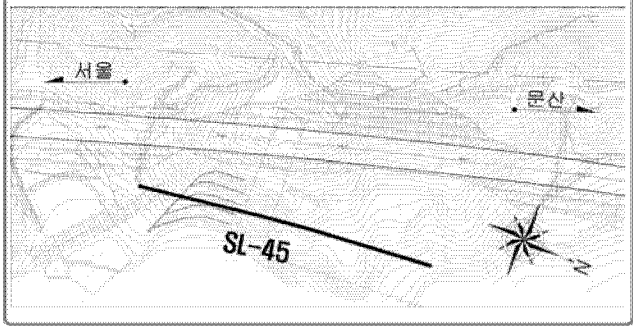


구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	3.4~13.0	3.4~13.0	8.2
리핑암(풍화암)		700~1,200	6.7~16.3	2.3~8.4	4.9
발파암	연 암	1,200~1,900	9.8~19.4	3.1~3.2	3.1
	보통암	1,900~2,900	13.4~23.0	3.5~3.6	3.6
	경 암	2,900 이상	13.4~23.0 이상	-	-

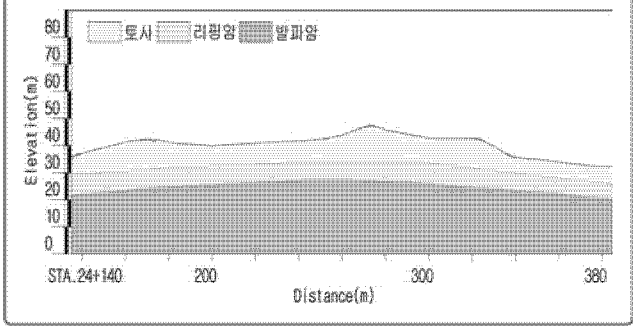
• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 3.4~13.0m(평균 8.2m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 2.3~8.4m(평균 4.9m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 9.8m이상에서 나타날 것으로 예상됨

본선 깎기구간(SL-45 : STA. 24+125~24+395)

탐사위치도



탐사결과

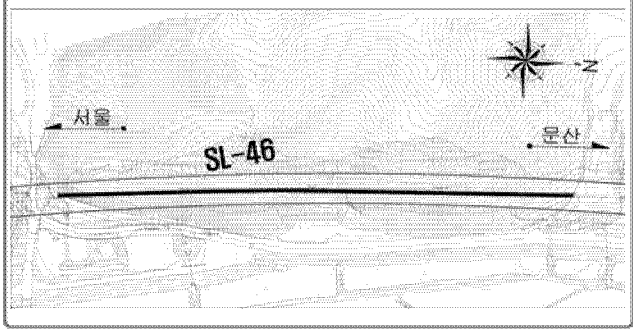


구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	5.8~13.2	5.8~13.2	8.7
리핑암(풍화암)		700~1,200	11.4~20.4	5.5~7.8	6.8
발파암	연 암	1,200~1,900	17.3~26.3	5.8~5.9	5.9
	보통암	1,900~2,900	21.4~30.4	4.1~4.2	4.1
	경 암	2,900 이상	21.4~30.4 이상	-	-

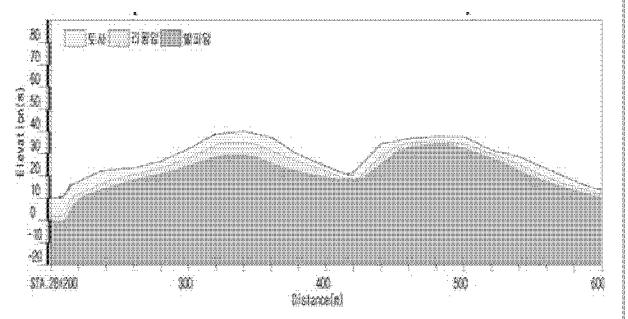
• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 5.8~13.2m(평균 8.7m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 5.5~7.8m(평균 6.8m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 17.3m이상에서 나타날 것으로 예상됨

○ 본선 깎기구간(SL-46 : STA. 28+190~28+610)

탐사위치도



탐사결과

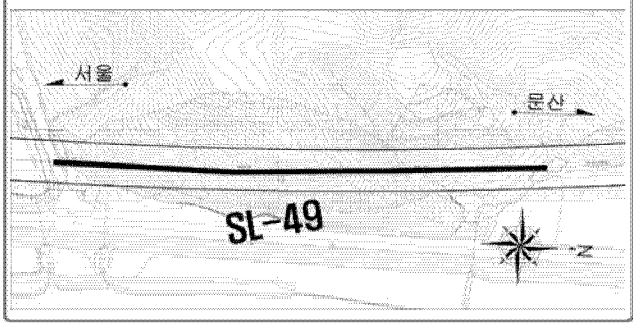


구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	1.6~8.9	1.6~8.9	3.7
리핑암(풍화암)		700~1,200	2.1~11.9	0.4~5.8	2.8
발파암	연 암	1,200~1,900	6.6~19.1	4.4~9.6	4.6
	보통암	1,900~2,900	9.7~24.7	3.1~5.6	3.2
	경 암	2,900 이상	9.7~24.7 이상	-	-

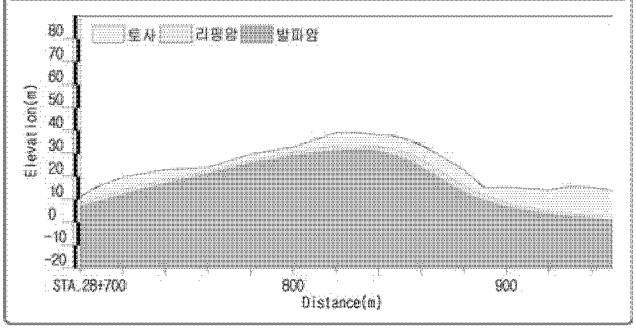
• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 1.6~8.9m(평균 3.7m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 0.4~5.8m(평균 2.8m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 6.6m이상에서 나타날 것으로 예상됨

○ 본선 깎기구간(SL-49 : STA. 28+690~28+960)

탐사위치도



탐사결과

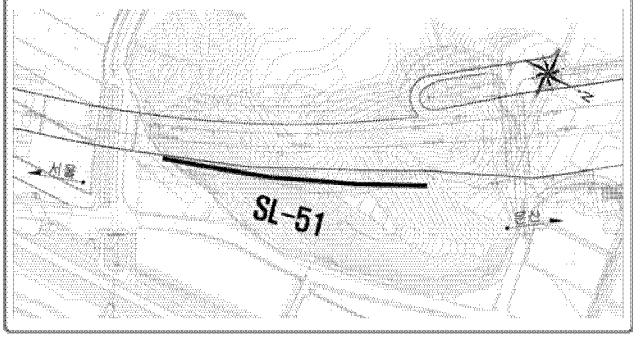


구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	1.4~12.2	1.4~12.2	5.6
리핑암(풍화암)		700~1,200	2.7~13.5	1.0~3.7	1.7
발파암	연 암	1,200~1,900	5.2~16.0	2.5~2.6	2.5
	보통암	1,900~2,900	7.4~18.2	2.2~6.5	3.0
	경 암	2,900 이상	7.4~18.2 이상	-	-

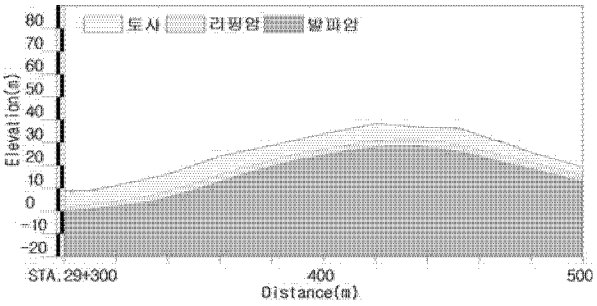
• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 1.4~12.2m(평균 5.6m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 1.0~3.7m(평균 1.7m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 5.2m이상에서 나타날 것으로 예상됨

○ 본선 깎기구간(SL-51 : STA. 29+290~29+510)

탐사위치도



탐사결과

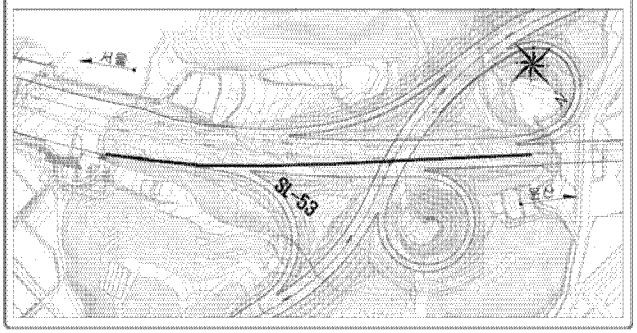


구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	3.3~7.6	3.3~7.6	4.8
리핑암(풍화암)		700~1,200	6.4~17.0	1.5~12.5	7.0
발파암	연 암	1,200~1,900	10.0~19.2	1.5~3.6	2.7
	보통암	1,900~2,900	13.5~21.3	1.3~3.6	2.8
	경 암	2,900 이상	13.5~21.3 이상	-	-

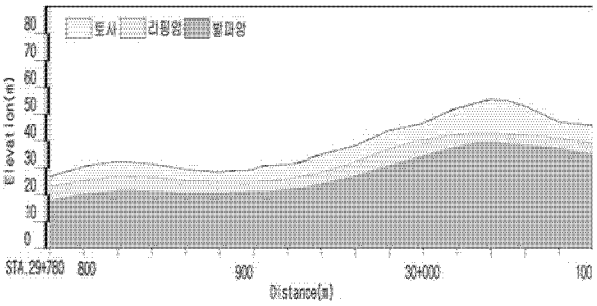
• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 3.3~7.6m(평균 4.8m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 1.5~12.5m(평균 7.0m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 10.0m이상에서 나타날 것으로 예상됨

○ 본선 깎기구간(SL-53 : STA. 29+770~30+110)

탐사위치도



탐사결과



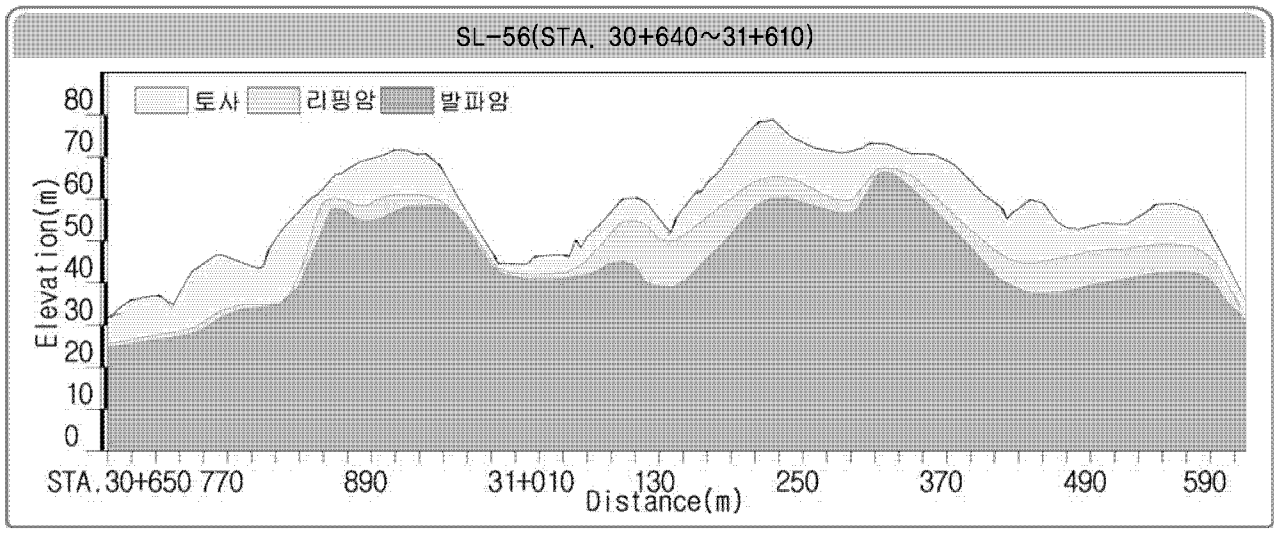
구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	3.5~12.6	3.5~12.6	6.5
리핑암(풍화암)		700~1,200	7.6~16.1	3.4~6.4	4.6
발파암	연 암	1,200~1,900	21.1~27.0	2.3~16.3	9.2
	보통암	1,900~2,900	26.8~39.5	2.6~21.0	12.4
	경 암	2,900 이상	26.8~39.5 이상	-	-

• 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 3.5~12.6m(평균 6.5m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 3.4~6.4m(평균 4.6m), 연암이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 21.1m이상에서 나타날 것으로 예상됨

○ 본선 깎기구간

▮ 탐사위치도

▮ 종단 탐사결과



구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	0.8~17.3	0.8~17.3	8.4
리핑암(풍화암)		700~1,200	1.4~22.1	0.0~13.5	4.3
발파암	연 암	1,200~1,900	8.4~29.7	5.0~11.4	8.9
	보통암	1,900~2,900	14.0~36.7	1.3~10.9	6.2
	경 암	2,900 이상	14.0~36.7 이상	-	-

▮ 분석결과

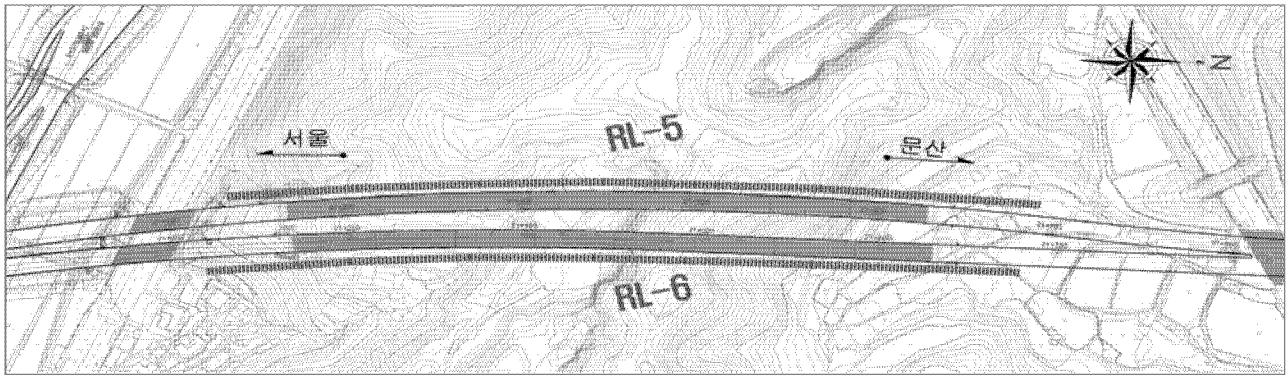
- 전반적으로 토사, 풍화암, 연암의 순으로 지층이 분포하며 터널 중앙부로 갈수록 풍화암 또는 연암이 지표면에 노출될 것으로 예상됨
- 토사를 포함하는 풍화토층(제 1 속도층)의 층후는 0.8~17.3m(평균 8.4m), 풍화암층(제 2 속도층)의 층후는 0.0~13.5m(평균 4.3m), 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 지표하 8.4m이상에서 나타날 것으로 예상됨

3.2 전기비저항탐사

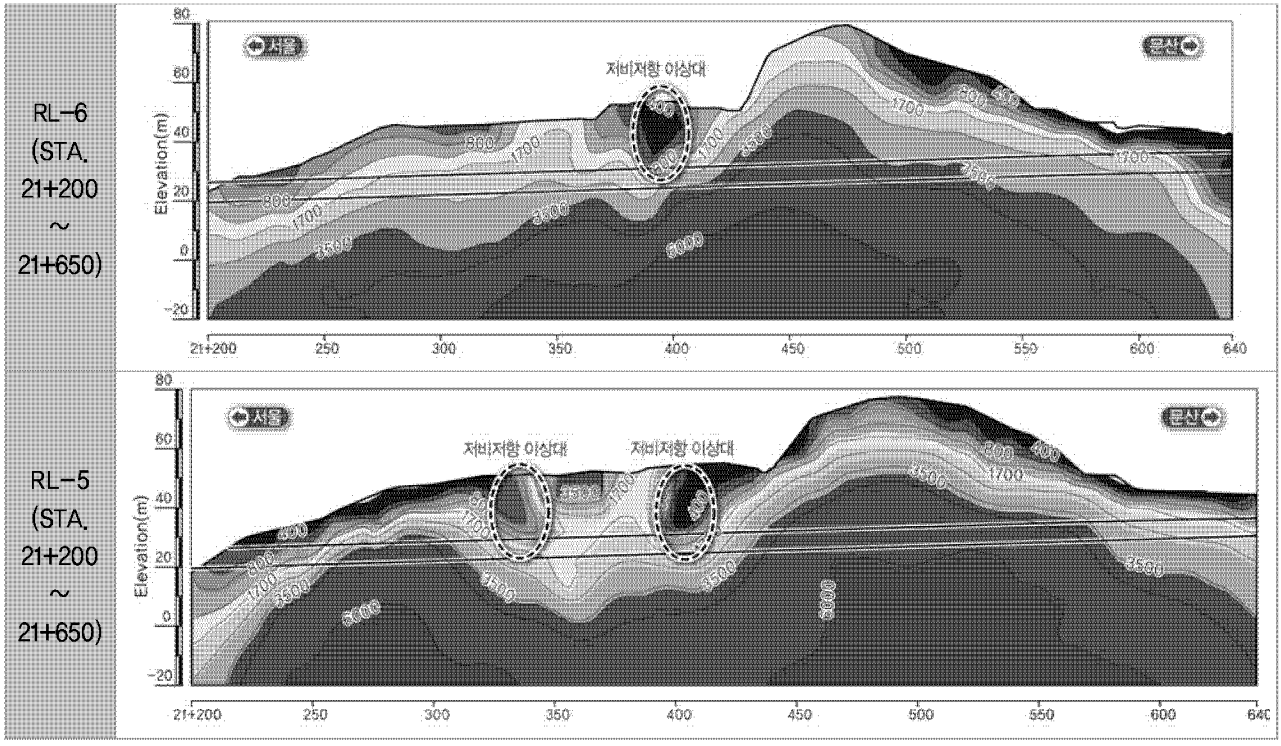
3.2.1 터널구간

○ 금촌터널

■ 탐사위치도



■ 탐사결과



■ 분석결과

- 금촌터널 구간의 저비저항 이상대는 하행(RL-4) : 1개소, 상행(RL-3) : 2개소로 총 3개소가 분포하는 것으로 예상되며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 금촌터널은 30~6,500Ω m 내외의 전기비저항 분포를 보이며, 전반적으로 지표에서 하부로 갈수록 전기비저항 값이 증가하는 경향으로 나타남
- 하행(RL-4) STA. 21+390부근에서 약 400Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향인 것으로 예상됨

제 4 장 현장조사 및 시험

4.1 강도 및 변형특성 분석

4.1.1 공내재하시험

개 요

- 지층별 변형계수 및 탄성계수를 측정하여 기초 지지력, 침하검토 및 비탈면 및 터널의 안정 해석시 입력 자료로 활용
- 점성토 : LLT, 풍화암 및 연암 : Elastometer-II, 연암~경암 : Goodman Jack 시험기로 수행

◎ 기존조사 자료

■ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화암	50/8	206	290	PMT
	TTB-3	25.3	경 암	94	9,290	13,000	GMJ
	TTB-4	25.0	경 암	99	13,100	15,000	GMJ
	TTB-5	23.6	경 암	90	8,470	9,930	GMJ
영태터널	TTB-6	18.0	경 암	100	9,690	11,100	GMJ
	TTB-9	37.0	경 암	93	10,400	11,100	GMJ
	TTB-14	35.0	경 암	70	9,730	11,100	GMJ
	TTB-15	32.0	경 암	80	8,370	9,960	GMJ

■ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
월롱1교	BB-53	19.3	연 암	27	1,026	1,076	PMT
능산2교	BB-59	4.5	풍화암	50/5	306	420	PMT
내포 IC RAMP-B3	BB-64	10.0	퇴적층(실트)	4/30	2.1	-	LLT
	BB-64	21.0	연 암	9	624	754	PMT

■ 깎기구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
제22깎기부	CCB-6	12.0	연 암	9	743.5	1,197	PMT

◎ 실시설계조사 자료

■ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌 터널	BH-239	10.0	경 암	87	9,122	20,611	GMJ
	BH-239	45.0	경 암	94	23,862	67,171	GMJ

교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
금촌3교	BH-246	25.0	풍화암	50/4	173	287	PMT
월롱교	BH-271	9.0	풍화암	50/5	244	442	PMT
능산1-1교	BH-286	13.0	연 암	31	543	1,222	PMT
내포C R-B교	BH-309	16.0	연 암	14	621	917	PMT
내포C R-A교	BH-315	22.0	풍화암	50/5	237	436	PMT
	BH-315	24.0	연 암	43	452	885	PMT

깎기구간

공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-243	11.0	풍화암	50/10	149	327	PMT
BH-252-1	15.5	풍화암	50/6	265	387	PMT
BH-252-1	28.0	경 암	65	13,418	17,970	GMJ
BH-254	12.0	풍화토	20/30	62	78	PMT
BH-261-5	14.5	풍화암	50/8	203	349	PMT
BH-282	15.0	연 암	11	625	1,210	PMT
BH-284	10.5	연 암	8	480	1,009	PMT
BH-287	18.5	연 암	28	1,390	2,003	PMT
BH-293	15.4	연 암	18	3,405	6,500	PMT
BH-293-1	10.0	풍화암	50/8	226	482	PMT
BH-299	16.0	연 암	0~9	523	858	PMT
BH-302	13.0	풍화암	50/4	258	529	PMT
	18.0	연 암	23	581	933	PMT
BH-306	25.0	연 암	32	1,192	2,190	PMT

쌓기구간

공 번	심 도(m)	지 층	RQD(%)/N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
BH-236	3.0	퇴적(점토)	2/30	1.93	–	LLT
BH-256	8.0	풍화암	50/7	318	513	PMT
BH-268	2.0	퇴적(점토)	8/30	9.67	–	LLT
BH-277	3.5	퇴적(점토)	3/30	3.89	–	LLT

결과분석

구분	변형계수(MPa)					분석결과
	퇴적층	풍화토	풍화암	연 암	경 암	
터널구간	–	–	–	–	9,122~23,862	• 연암 변형계수 –교량구간:452~621MPa –깎기구간:480~3,406MPa • 위치 및 구조물별로 편차가 나타남
교량구간	–	–	173~244	452~621	–	
깎기구간	–	62	149~265	480~3,405	13,418	
쌓기구간	1.93~9.67	–	318	–	–	

4.1.2 공내전단시험

개 요

- 풍화대층에 대한 비탈면의 안정성 해석을 위한 설계지반정수 자료로 활용
  → 풍화대층의 원위치 상태의 점착력(C)과 내부마찰각(ø)측정

○ 기존조사 자료

■ 터널구간

구분		심 도 (m)	지 층	N값	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	구분		심 도 (m)	지 층	N값	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)
금촌터널	TTB-3	8.0	풍화토	50/8	20.0	28.0	영태터널	TTB-6	11.0	풍화암	50/6	27.4	32.0
	TTB-4	4.0	풍화암	50/9	26.0	32.5							

■ 깎기구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
깎기4-1	CCB-6	12.0	연 암	9	743.5	1,197

○ 실시설계조사 자료

■ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
금촌터널	BH-179	4.0	풍화토	50/15	18.6	28.2

■ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지 층	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)
내포IC R-A교	BH-315	21.0	풍화암	50/8	32.9	28.5

■ 깎기구간

구분	심 도 (m)	지 층	N값	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	구분	심 도 (m)	지 층	N값	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)
BH-252-1	12.5	풍화토	50/13	17.4	28.2	BH-289	4.0	풍화암	50/7	32.3	29.8
BH-254	8.0	풍화토	18/30	14.6	24.6	BH-293	4.0	풍화토	50/18	19.4	29.3
BH-261-5	9.0	풍화토	50/17	17.5	29.4	BH-299	7.0	풍화토	50/28	15.8	27.1
BH-282	6.0	풍화암	50/7	32.5	31.5	BH-302	6.0	풍화토	50/27	17.2	25.9
BH-284	3.0	풍화토	50/15	18.7	27.5	BH-303-1	3.0	풍화토	50/30	18.0	28.1
BH-287	4.0	풍화암	50/8	29.7	28.3	BH-306	7.0	풍화토	50/15	19.0	25.6

○ 결과분석

구분	점착력(kPa)		내부마찰각(°)		분석결과
	풍화토	풍화암	풍화토	풍화암	
터널구간	18.6	–	28.2	–	• 풍화토 점착력(kPa)/마찰각(°) –교량구간:18.6/28.2 –깎기구간:14.6~19.4/24.6~29.4
교량구간	–	32.9	–	28.5	
깎기구간	14.6~19.4	29.7~32.5	24.6~29.4	28.3~31.5	

4.1.3 SPT효율시험

개 요

• 표준관입시험시 롯드에 전달된 실제 타격에너지를 측정한 후 이를 이론적 타격에너지와 비교하여 에너지 전달율을 구함으로써 N값의 신뢰도 확보

시험현황

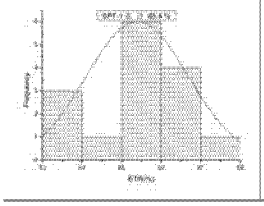
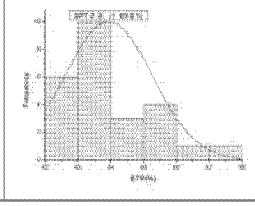
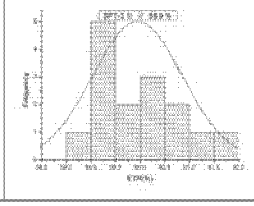
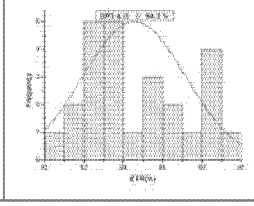
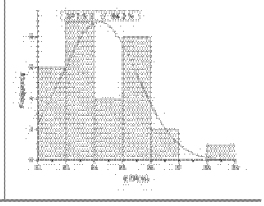
구 분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기
수량(회)	1	3	–	–	2	5	2	1

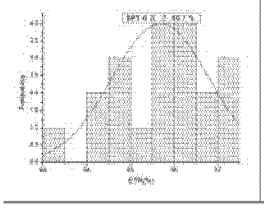
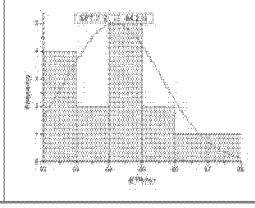
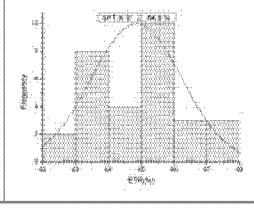
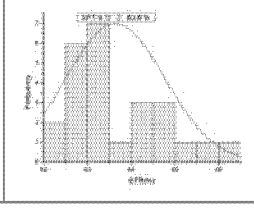
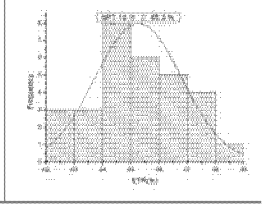
기존조사 자료

공 번		BB-43	BB-51	BB-53	TTB-5
측정지층		풍화암	풍화토	풍화토	풍화토
ETR (%)	범위	49.1~61.5	48.1~58.3	53.0~65.5	50.6~56.2
	평균	54.1	53.2	60.1	52.6
적용해머		Donut Hammer	Donut Hammer	Auto Hamme	Donut Hammer

실시설계조사 자료

공 번		SPT-1	SPT-2	SPT-3	SPT-4	SPT-5	SPT-6	SPT-7	SPT-8	SPT-9	SPT-10
측정지층		풍화토	풍화토	풍화암	풍화암	풍화암	풍화토	퇴적층	풍화토	퇴적층	풍화토
ETR (%)	범위	63.1~67.2	62.2~67.5	58.5~61.9	62.3~66.6	62.4~68.0	63.4~67.4	62.3~67.2	62.5~67.6	62.4~66.3	62.8~68.1
	평균	65.4	63.9	59.9	64.3	64.2	65.7	64.2	64.9	63.6	65.3
적용해머		Auto Hammer									

SPT-1	SPT-2	SPT-3	SPT-4	SPT-5
				

SPT-6	SPT-7	SPT-8	SPT-9	SPT-10
				

분석결과

• 기존 조사시 평균ETR 52.6~60.1%(평균 55.0%)로 나타남
• 금회 조사시 평균ETR 59.9~65.7%(평균 64.1%)로 나타남

4.2 수리 및 투수특성 분석

4.2.1 지하수위 분포

개 요

- 사업구간내 시추공의 지하수위를 측정하여 안정된 지하수위 분포 현황을 파악
- 각 시추공별 지하수위는 24, 48, 72시간 경과 후 측정

○ 기존조사 자료

구 분		터널구간	교량구간	깎기구간	쌓기구간
지하수위	GL. -m	1.7~16.3	0.4~9.5	1.3~17.3	3.9
	EL. m	39.2~95.6	2.1~53.5	19.8~60.3	2.7~4.3

○ 실시설계조사 자료

■ 터널구간

구 분	지 하 수 위		구 분	지 하 수 위		구 분	지 하 수 위	
	GL. -m	EL. m		GL. -m	EL. m		GL. -m	EL. m
BH-239	27.0	51.5	BH-241	2.2	43.1	BH-242	2.4	42.8
BH-240	3.1	50.7	-	-	-	-	-	-

■ 교량구간

구 분	지 하 수 위		구 분	지 하 수 위		구 분	지 하 수 위	
	GL. -m	EL. m		GL. -m	EL. m		GL. -m	EL. m
BH-243-2	2.8	20.0	BH-278	4.6	5.8	BH-304-2	1.6	13.5
BH-246	2.7	7.0	BH-279	4.9	5.4	BH-305	1.6	13.7
BH-247	3.1	7.4	BH-280	1.9	7.1	BH-305-1	2.6	12.5
BH-248	4.3	6.2	BH-281	4.3	5.5	BH-305-2	2.2	12.6
BH-249	1.8	7.5	BH-285-1	3.5	6.1	BH-305-6	3.8	10.5
BH-250	1.2	8.6	BH-285-2	1.6	6.0	BH-308	4.5	2.3
BH-261-1	1.7	23.2	BH-286	4.2	3.4	BH-309	4.5	3.8
BH-261-2	1.8	23.9	BH-286-1	4.6	3.0	BH-310	4.7	3.7
BH-261-3	7.2	26.6	BH-286-2	3.8	4.7	BH-311	4.8	4.2
BH-261-4	8.0	26.0	BH-288	2.5	8.8	BH-313	9.7	2.7
BH-270	5.5	9.5	BH-288-1	2.4	9.4	BH-314-1	9.2	1.6
BH-271	2.5	9.5	BH-294-1	3.3	11.8	BH-315	10.2	1.8
BH-272	0.5	10.3	BH-295	0.1	10.3	-	-	-
BH-273	2.5	7.5	BH-296	1.8	10.3	-	-	-

■ 깎기구간

구 분	지 하 수 위		구 분	지 하 수 위		구 분	지 하 수 위	
	GL. -m	EL. m		GL. -m	EL. m		GL. -m	EL. m
BH-243	14.0	28.9	BH-282	29.7	28.8	BH-299	19.3	49.9
BH-243-1	8.7	18.8	BH-284	24.2	23.1	BH-299-1	심도이하	-
BH-244	2.5	16.2	BH-287	19.0	25.2	BH-299-2	심도이하	-
BH-252-1	심도이하	-	BH-289	1.4	32.7	BH-302	24.6	63.9
BH-255-2	6.0	31.4	BH-291	2.2	34.6	BH-302-1	23.7	56.2
BH-261-5	9.2	23.8	BH-293	6.8	47.3	BH-303	심도이하	-
BH-261-6	4.0	26.8	BH-293-1	7.3	41.2	BH-303-1	심도이하	-
BH-261-8	4.3	28.5	BH-298-1	심도이하	-	BH-304-1	8.1	28.4

■ 쌓기구간

구 분	지 하 수 위		구 분	지 하 수 위		구 분	지 하 수 위	
	GL. -m	EL. m		GL. -m	EL. m		GL. -m	EL. m
BH-245	4.3	8.2	BH-261	1.4	30.9	BH-277	1.4	6.0
BH-253	2.5	36.2	BH-261-7	9.3	24.9	BH-285	6.5	1.2
BH-254	심도이하	-	BH-267	5.1	13.8	BH-287-1	1.0	5.9
BH-254-1	0.8	26.7	BH-267-1	2.1	19.1	BH-291-1	1.2	5.0
BH-255	4.0	33.4	BH-268	4.5	13.0	BH-291-2	1.6	3.5
BH-255-1	1.2	25.7	BH-269	1.1	15.4	BH-298	2.1	21.0
BH-255-3	1.4	25.5	BH-274	3.2	5.2	BH-304	0.5	26.5
BH-256	4.0	32.5	BH-275	2.2	6.8	BH-307	4.0	4.4
BH-258	5.0	27.0	BH-276	8.1	5.9	BH-314-2	7.0	2.8

○ 결과분석

구분	지하수위	
	GL. -m	EL. m
터널구간	2.2~27.0	42.8~51.5
교량구간	0.1~10.2	1.6~26.6
깎기구간	1.4~29.7	16.2~63.9
쌓기구간	0.5~9.3	1.2~36.2

분석결과

- 터널구간 지하수위는 GL(-) 2.2~27.0m, 교량구간 GL(-) 0.1~10.2m, 깎기구간 GL(-) 1.4~29.7m, 쌓기구간 지하수위는 GL(-)0.5~9.3m로 분포
- 구조물 및 위치별로 지하수위 편차가 심하게 나타남

4.2.2 투수시험

개 요

- 지반의 투수성을 평가하여 교량기초 터파기시 유입량 계산 및 배수대책 수립
- 비탈면에서 강우에 의한 침투심도를 계산하여 강우강도를 고려한 비탈면 안정성 검토시 활용

○ 기존조사 자료

■ 터널구간

공 번	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
TTB-1	11.0~12.0	풍화암	50/9	$5.41X10^{-5}$
TTB-2	5.0~6.0	풍화토	23/30	$1.74X10^{-4}$
TTB-3	3.0~4.0	풍화토	7/30	$1.12X10^{-4}$
TTB-4	2.0~3.0	붕적층(SM)	14/30	$1.18X10^{-3}$

공 번	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
TTB-5	2.0~3.0	풍화암	50/10	$7.41X10^{-5}$
TTB-6	6.0~7.0	풍화토	3/30	$1.45X10^{-4}$
TTB-7	4.0~5.0	풍화토	43/30	$9.30X10^{-5}$
TTB-15	5.0~6.0	풍화토	32/30	$3.99X10^{-4}$

■ 교량구간

공 번	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
BB-40	5.0~6.0	풍화암	50/8	$9.77X10^{-5}$
BB-49	5.0~6.0	퇴적층(SM)	22/30	$5.65X10^{-4}$

공 번	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
BB-53	2.0~3.0	퇴적층(CL)	4/30	$6.32X10^{-5}$
-	-	-	-	-

■ 깎기구간

공 번	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
CCB-5	4.0~5.0	풍화토	25/30	$4.24X10^{-4}$

공 번	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
CCB-6	3.0~4.0	풍화토	50/20	$6.46X10^{-4}$

○ 실시설계조사 자료

■ 교량구간

구 분	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
BH-246	15.0~16.0	풍화토	50/23	$4.78X10^{-4}$
BH-247	6.0~7.0	퇴적층(SM)	21/30	$4.47X10^{-3}$
BH-248	3.0~4.0	퇴적층(SM)	5/30	$1.20X10^{-3}$
BH-249	3.0~4.0	퇴적층(SC)	7/30	$1.09X10^{-3}$
BH-250	6.0~7.0	풍화토	10/30	$5.02X10^{-4}$
BH-261-1	7.0~8.0	풍화토	28/30	$4.47X10^{-3}$
BH-261-2	4.0~5.0	풍화토	50/19	$5.43X10^{-4}$
BH-261-3	10.0~11.0	풍화토	50/18	$1.65X10^{-4}$
BH-261-4	6.0~7.0	풍화토	28/30	$3.00X10^{-4}$
BH-272	3.0~4.0	퇴적층(SM)	6/30	$5.98X10^{-3}$
BH-278	3.0~4.0	퇴적층(CL)	3/30	$2.00X10^{-4}$
BH-279	8.0~9.0	퇴적층(GM)	19/30	$2.32X10^{-3}$
BH-280	5.0~6.0	퇴적층(CL)	8/30	$6.61X10^{-4}$

구 분	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
BH-281	6.0~7.0	퇴적층(CL)	4/30	$9.71X10^{-5}$
BH-285-1	5.0~6.0	퇴적층(SC)	5/30	$4.88X10^{-4}$
BH-285-2	4.0~5.0	퇴적층(ML)	2/30	$6.81X10^{-4}$
BH-286	7.0~8.0	퇴적층(SM)	17/30	$3.10X10^{-3}$
BH-286-1	2.0~3.0	퇴적층(SM)	5/30	$3.77X10^{-3}$
BH-286-2	7.0~8.0	퇴적층(SM)	11/30	$3.10X10^{-3}$
BH-288	6.0~7.0	퇴적층(SM)	10/30	$7.74X10^{-3}$
BH-288-1	3.0~4.0	풍화토	50/19	$2.19X10^{-4}$
BH-294-1	3.0~4.0	퇴적층(CL)	2/30	$2.28X10^{-4}$
BH-296	15.0~16.0	풍화토	50/23	$4.78X10^{-4}$
BH-297	3.0~4.0	풍화토	50/27	$3.20X10^{-4}$
BH-304-2	5.0~6.0	퇴적층(GP)	50/2	$2.48X10^{-2}$
BH-305	4.0~5.0	퇴적층(CL)	6/30	$4.70X10^{-4}$

(계속)

구 분	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
BH-305-1	5.0~6.0	퇴적층(SC)	4/30	$2.95X10^{-3}$
BH-305-2	8.0~9.0	풍화토	41/30	$2.32X10^{-4}$
BH-305-6	7.0~8.0	퇴적층(GP)	33/30	$2.37X10^{-2}$
BH-308	6.0~7.0	퇴적층(CL)	3/30	$3.30X10^{-4}$
BH-311	11.0~12.0	퇴적층(SM)	3/30	$2.63X10^{-4}$
BH-313	18.0~19.0	퇴적층(SM)	15/30	$5.89X10^{-4}$
BH-314-1	18.0~19.0	퇴적층(SM)	7/30	$6.77X10^{-4}$
BH-315	17.0~18.0	퇴적층(SP)	13/30	$8.55X10^{-4}$
BH-317	18.0~19.0	퇴적층(GP)	30/30	$1.01X10^{-2}$
-	-	-	-	-

■ 깎기구간

구 분	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
BH-243	3.0~4.0	풍화토	21/30	$6.24X10^{-4}$
BH-252-1	5.0~6.0	풍화토	22/30	$9.18X10^{-5}$
BH-255	5.0~6.0	풍화토	44/30	$2.17X10^{-4}$
BH-255-2	3.0~4.0	풍화토	22/30	$1.63X10^{-4}$
BH-261-5	4.0~5.0	풍화토	26/30	$1.52X10^{-4}$
BH-261-8	4.0~5.0	풍화토	4/30	$1.59X10^{-4}$
BH-282	4.0~5.0	풍화토	50/17	$2.81X10^{-4}$
BH-284	3.0~4.0	풍화토	50/15	$2.48X10^{-4}$
BH-287	2.0~3.0	풍화토	46/30	$2.34X10^{-4}$
BH-289	2.0~3.0	풍화토	50/14	$2.41X10^{-4}$
BH-291	3.0~4.0	풍화토	35/30	$2.17X10^{-4}$
BH-293	5.0~6.0	풍화토	50/23	$1.95X10^{-4}$
BH-293-1	6.0~7.0	풍화토	45/30	$2.20X10^{-4}$
BH-298-1	3.0~4.0	풍화토	32/30	$1.70X10^{-4}$
BH-299-1	4.0~5.0	풍화토	49/30	$2.25X10^{-4}$
BH-299-2	3.0~4.0	풍화토	37/30	$1.25X10^{-4}$
BH-303	3.0~4.0	풍화토	23/30	$2.37X10^{-4}$
BH-303-1	10.0~11.0	풍화토	50/17	$6.41X10^{-5}$
BH-304-1	3.0~4.0	풍화토	45/30	$1.23X10^{-4}$
-	-	-	-	-

■ 쌓기구간

구 분	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
BH-245	5.0~6.0	풍화토	10/30	$9.36X10^{-4}$
BH-254	10.0~11.0	풍화토	13/30	$1.23X10^{-3}$
BH-253	3.0~4.0	풍화토	24/30	$5.50X10^{-4}$
BH-255-1	4.0~5.0	풍화토	8/30	$9.15X10^{-4}$
BH-255-3	2.0~3.0	전답토(SC)	2/30	$3.49X10^{-4}$
BH-256	4.0~5.0	붕적층(CL)	3/30	$1.93X10^{-4}$
BH-258	5.0~6.0	풍화토	26/30	$1.72X10^{-3}$
BH-261	4.0~5.0	풍화토	9/30	$5.60X10^{-3}$
BH-261-6	3.0~4.0	풍화토	10/30	$3.60X10^{-4}$
BH-261-7	3.0~4.0	풍화토	18/30	$6.93X10^{-4}$
BH-267-1	3.0~4.0	풍화토	10/30	$3.80X10^{-4}$
BH-254-1	2.0~3.0	붕적층(SM)	7/30	$1.94X10^{-3}$
BH-268	8.0~9.0	풍화토	10/30	$1.65X10^{-3}$
BH-269	5.0~6.0	풍화토	47/30	$7.42X10^{-4}$
BH-274	3.0~4.0	퇴적층(SP)	10/30	$1.32X10^{-2}$
BH-276	11.0~12.0	퇴적층(SP)	11/30	$1.48X10^{-2}$
BH-287-1	4.0~5.0	퇴적층(SP)	6/30	$1.08X10^{-2}$
BH-291-1	2.0~3.0	퇴적층(SM)	3/30	$5.61X10^{-4}$
BH-291-2	5.0~6.0	퇴적층(GP)	24/30	$1.52X10^{-3}$
BH-298	4.0~5.0	붕적층(SP)	50/6	$8.27X10^{-3}$

○ 결과분석

구분	전답층	퇴적층			풍화토
		점성토	모래	자갈	
교량구간	-	$3.81X10^{-4}$	$2.59X10^{-3}$	$1.52X10^{-2}$	$7.71X10^{-4}$
깎기구간	-	-	-	-	$2.10X10^{-4}$
쌓기구간	$3.34X10^{-4}$	-	$8.72X10^{-3}$	$7.66X10^{-3}$	$1.36X10^{-3}$

4.2.3 수압시험

개 요

- 터널구간 및 비탈면 구간내에 분포하는 기반암의 투수특성 및 암질상태 파악
- 수리지질학적 특성을 규명하여 시공을 위한 굴착시 지하수의 유출량파악 및 지하수 처리결정

○ 시험현황

구 분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기, 관리
수량(회)	14	–	1	–	28	7	29	–

○ 기존조사 자료

■ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지층	RQD(%)	k(cm/sec)	루젼값	Flow Type
금촌 터널	TTB-3	13.5~18.5	경 암	73~90	$3.05X10^{-6}$	0.222	Laminar Flow
	TTB-4	19.0~24.0	경 암	95~97	$3.67X10^{-6}$	0.255	Turbulent Flow
	TTB-5	13.3~18.3	경 암	82~85	$3.76X10^{-6}$	0.281	Laminar Flow
영태 터널	TTB-6	19.5~24.5	경 암	83~93	$5.42X10^{-6}$	0.413	Laminar Flow
	TTB-7	13.5~18.5	경 암	50~68	$4.38X10^{-6}$	0.338	Laminar Flow
	TTB-8	47.7~52.7	경 암	64~100	$4.19X10^{-6}$	0.116	Laminar Flow
	TTB-9	37.1~42.1	경 암	92~100	$1.14X10^{-6}$	0.101	Laminar Flow
	TTB-10	48.5~51.0	경 암	84	$4.93X10^{-6}$	0.392	Dilation
	TTB-11	33.0~38.0	보통암	20~48	$7.83X10^{-6}$	0.541	Dilation
	TTB-12	44.5~49.5	연 암	0~13	$9.28X10^{-5}$	7.060	Laminar Flow
	TTB-13	45.0~55.0	경 암	96~100	$2.02X10^{-6}$	0.131	Dilation
	TTB-15	32.0~37.0	경 암	80	$1.32X10^{-6}$	0.105	Laminar Flow

○ 실시설계조사 자료

■ 터널구간

구 분	공 번	심 도(m)	지층	RQD(%)	k(cm/sec)	루젼값	Flow Type
금촌 터널	BH-239	31.5 ~ 36.5	경 암	76~91	$7.67X10^{-7}$	0.060	Dilation
	BH-239	40.5 ~ 45.5	경 암	89~94	$3.89X10^{-7}$	0.030	Laminar Flow
	BH-240	7.5 ~ 12.5	경 암	76~81	$1.62X10^{-6}$	0.132	Dilation
	BH-240	25.8 ~ 28.8	경 암	79	$2.00X10^{-7}$	0.016	Dilation
	BH-241	6.5 ~ 9.5	보통암	66	$3.21X10^{-6}$	0.076	Turbulent Flow
	BH-241	10.5 ~ 15.5	보통암~경암	60~83	$6.01X10^{-7}$	0.056	Dilation
	BH-242	6.5 ~ 9.5	경 암	80	$6.40X10^{-6}$	0.586	Dilation
	BH-242	10.5 ~ 15.5	경 암	93~97	$3.44X10^{-7}$	0.027	Dilation

■ 교량구간

구 분	공 번	심 도(m)	지층	RQD(%)	k(cm/sec)	루젼값	Flow Type
월롱교	BH-272	7.5 ~ 10.5	연 암	12	$2.71X10^{-5}$	2.353	Laminar Flow

■ 깎기구간

공 번	심 도(m)	지층	RQD(%)	k(cm/sec)	루젼값	Flow Type
BH-252-1	28.0~33.0	경 암	65~68	$3.42X10^{-5}$	2.680	Laminar Flow
BH-282	31.5~36.5	보통암	62~67	$2.58X10^{-6}$	0.239	Dilation
BH-284	24.9~29.9	연 암	0~37	$3.72X10^{-6}$	0.292	Dilation
BH-287	18.0~21.0	보통암	28~48	$6.19X10^{-5}$	5.002	Turbulent Flow
BH-289	12.0~15.0	연 암	15	$6.55X10^{-5}$	5.570	Laminar Flow
BH-291	14.8~19.2	연 암	0~20	$7.31X10^{-5}$	6.528	Dilation
BH-293	29.0~32.2	보통암	74~90	$4.75X10^{-5}$	3.811	Dilation
BH-293	19.3~22.3	연암~보통암	36~49	$1.24X10^{-5}$	1.032	Dilation
BH-293-1	19.3~22.3	경 암	67	$7.33X10^{-6}$	0.614	Dilation
BH-293-1	25.3~28.3	경 암	90	$6.14X10^{-6}$	0.514	Dilation
BH-299	24.5~27.5	보통암	44~61	$1.73X10^{-5}$	1.456	Dilation
BH-299-1	12.0~15.0	연 암	33	$4.41X10^{-5}$	3.889	Dilation
BH-299-2	30.0~33.0	보통암	44	$4.87X10^{-6}$	0.419	Dilation
BH-302	17.0~22.0	연 암	18~23	$4.77X10^{-5}$	3.709	Laminar Flow
BH-302-1	22.0~25.0	연 암	36	$5.12X10^{-5}$	4.068	Dilation
BH-303	10.0~13.0	연 암	24	$1.48X10^{-5}$	1.257	Dilation
BH-303	20.0~23.0	경 암	78~83	$5.74X10^{-6}$	0.516	Dilation
BH-303-1	25.0~28.0	보통암	46	$4.67X10^{-5}$	4.324	Dilation
BH-304-1	11.0~14.0	연 암	24	$2.16X10^{-4}$	18.832	Dilation
BH-306	21.0~24.0	연 암	25	$5.23X10^{-5}$	4.789	Dilation

◎ 결과분석

구분	평균 투수계수(cm/sec)			평균 Lugeon		
	연 암	보통암	경 암	연 암	보통암	경 암
터널구간	-	$1.91X10^{-6}$	$1.62X10^{-6}$	-	2.353	7.206
교량구간	$2.71X10^{-5}$	-	-	0.066	-	2.045
깎기구간	$8.37X10^{-5}$	$2.41X10^{-5}$	$1.59X10^{-5}$	0.142	-	1.269

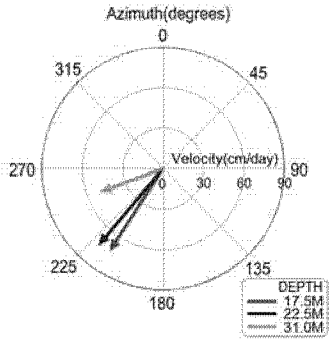
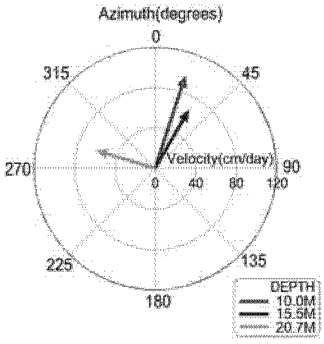
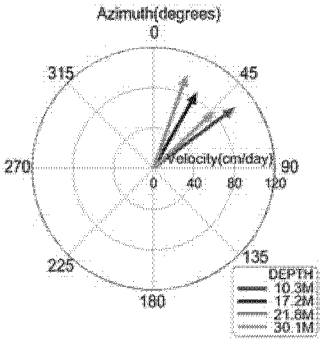
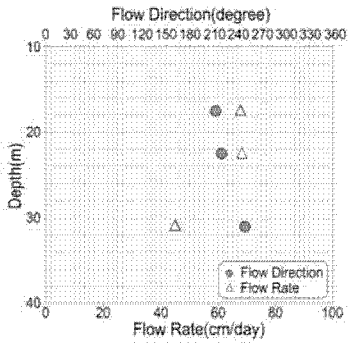
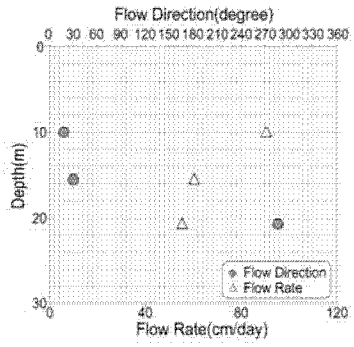
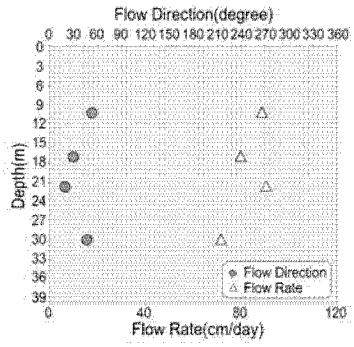
4.2.4 지하수 유향유속시험

개 요

- 터널구간 불연속면 분포구간에 대한 지하수 유동속도 및 방향성 측정
- 터널의 전체적인 지하수 흐름 경향 파악 및 설계시공의 기초 자료로 활용

○ 실시설계조사 시험결과

구 분	공 번	측정심도(m)	유향(MN)	유속(cm/day)	주흐름방향
강매터널	BH-31	17.5	212.9	67.74	SSW~SWW
		22.5	220.0	68.34	
		31.0	249.7	44.96	
문봉터널	BH-179	10.0	018.1	90.72	NWW~NNE
		15.5	030.0	60.48	
		20.7	286.8	55.54	
금촌터널	BH-240	10.3	053.2	88.84	NNE~NEE
		17.2	029.8	79.78	
		21.8	019.6	90.43	
		30.1	046.9	71.57	

구 분	BH-31	BH-179	BH-240
심도별 Diagram 분석결과			
주 흐름방향			

분석결과

- BH-31 유향은 212.9° ~249.7° (SSW~SWW방향)이며 44.96~68.34cm/day의 유속을 보임
- BH-179 유향은 286.8° ~30.0° (NWW~NNE방향)이며 55.54~90.72cm/day의 유속을 보임
- BH-240 유향은 19.6° ~53.2° (NNE~NEE방향)이며 71.57~90.43cm/day의 유속을 보임

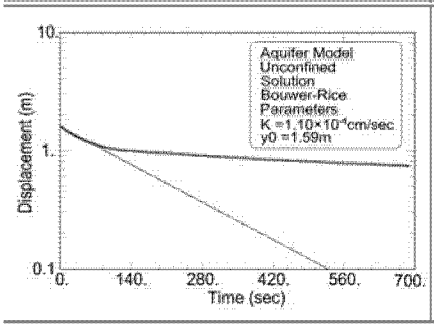
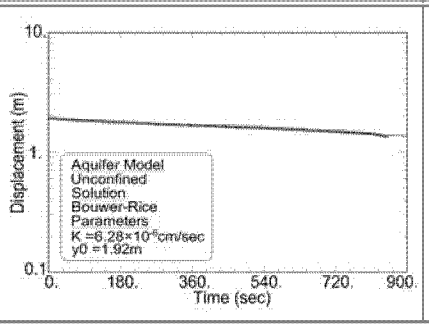
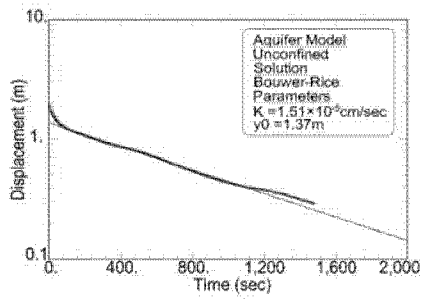
4.2.5 순간충격시험

개 요

- 순간적으로 물을 주입후 상승한 수위가 원래의 안정수위로 회복하는 수위변화를 측정
- 투수량 계수(T)와 투수계수(K)를 구하여 수리 해석시 입력 물성치로 활용

◎ 실시설계조사 시험결과

구 분	공번	심도 (m)	초기수위 (m)	대수층 두께 (m)	수리상수 분석방법	K(cm/sec)	T(cm^2/sec)
강매 터널	BH-31	34.0	17.15	16.85	Bouwer-Rice	1.10×10^{-4}	0.186
					Hvorslev	1.59×10^{-4}	0.268
					평균	1.35×10^{-4}	0.227
	BH-34	15.0	3.50	11.50	Bouwer-Rice	3.73×10^{-4}	0.429
					Hvorslev	5.21×10^{-4}	0.599
					평균	4.47×10^{-4}	0.514
문봉 터널	BH-179	30.5	7.45	23.05	Bouwer-Rice	6.28×10^{-6}	0.014
					Hvorslev	8.32×10^{-6}	0.019
					평균	7.30×10^{-6}	0.017
	BH-180	20.1	8.76	11.34	Bouwer-Rice	6.26×10^{-6}	0.007
					Hvorslev	8.68×10^{-6}	0.010
					평균	7.47×10^{-6}	0.008
금촌 터널	BH-240	33.0	3.20	29.80	Bouwer-Rice	1.51×10^{-5}	0.045
					Hvorslev	2.05×10^{-5}	0.061
					평균	1.78×10^{-5}	0.053
	BH-242	29.0	2.15	26.85	Bouwer-Rice	3.52×10^{-4}	0.898
					Hvorslev	4.65×10^{-4}	1.186
					평균	4.09×10^{-4}	1.042

BH-31 Bouwer-Rice법	BH-179 Bouwer-Rice법	BH-240 Hvorslev법
		

분석결과

- 시험결과 투수계수(K)는 $7.30X10^{-6}$ ~ $4.47X10^{-4}$cm/sec의 범위를 보이며 투수량 계수(T)는 0.008~1.042cm^2/sec의 범위를 나타냄

4.2.6 양수시험

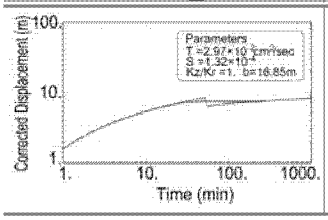
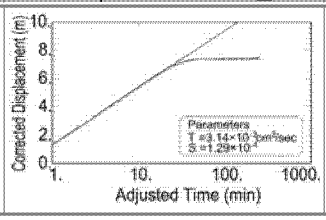
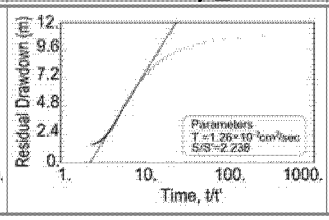
개 요

- 시공시 지하수 유동체계 변화 검토
- 양수시험과 수위회복시험을 수행하여 대수층의 수리상수인 수리전도도(K)와 저류계수(S) 산정

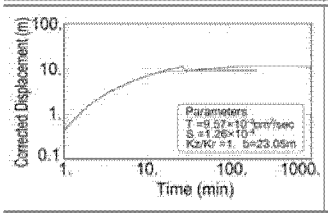
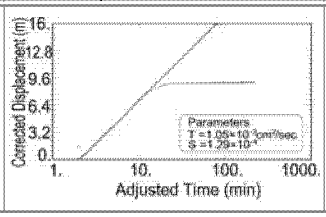
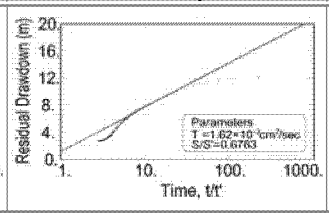
실시설계조사 시험결과

구 분	공번	심도 (m)	초기수위 (m)	대수층 두께 (m)	양수량 (m^3/day)	수리상수(K) 분석방법	K(cm/sec)	T(cm^2/sec)	S
강매 터널	BH-31	34.0	17.15	16.85	6	Theis	1.77×10^{-5}	2.97×10^{-2}	1.32×10^{-4}
						Cooper & Jacob	1.86×10^{-5}	3.14×10^{-2}	1.29×10^{-4}
						Recovery	7.50×10^{-6}	1.26×10^{-2}	–
						평 균	1.46×10^{-5}	2.46×10^{-2}	1.31×10^{-4}
문봉 터널	BH-179	30.5	7.45	23.05	5	Theis	4.15×10^{-6}	9.57×10^{-3}	1.26×10^{-4}
						Cooper & Jacob	4.56×10^{-6}	1.05×10^{-2}	1.29×10^{-4}
						Recovery	7.02×10^{-6}	1.62×10^{-2}	–
						평 균	5.24×10^{-6}	1.21×10^{-2}	1.28×10^{-4}
금촌 터널	BH-239	60.5	26.02	34.48	5	Theis	2.43×10^{-6}	8.38×10^{-3}	1.25×10^{-4}
						Cooper & Jacob	2.96×10^{-6}	1.02×10^{-3}	1.25×10^{-4}
						Recovery	3.94×10^{-6}	1.36×10^{-3}	–
						평 균	3.11×10^{-6}	1.07×10^{-3}	1.25×10^{-4}

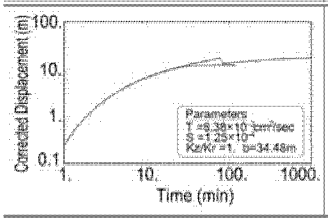
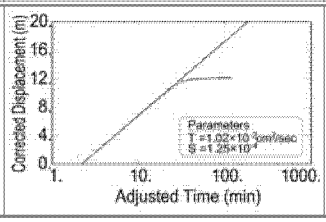
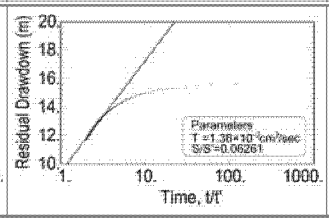
BH-31

Theis법	Cooper & Jacob법	Recovery법	분석결과
			• 투수계수(K)는 $0.75\sim1.86X10^{-5}$cm/sec (평균$1.46x10^{-6}$cm/sec) • 저류계수(S)는 평균 $1.31x10^{-4}$을 나타냄

BH-179

Theis법	Cooper & Jacob법	Recovery법	분석결과
			• 투수계수(K)는 $4.15\sim7.02X10^{-6}$cm/sec (평균$5.24x10^{-6}$cm/sec) • 저류계수(S)는 평균 $1.28x10^{-4}$

BH-239

Theis법	Cooper& Jacob법	Theis Recovery법	분석결과
			• 투수계수(K)는 $2.43\sim3.94X10^{-6}$cm/sec (평균 $3.11x10^{-6}$cm/sec) • 저류계수(S)는 평균 $1.25x10^{-4}$

4.3 불연속면특성 분석

4.3.1 공내영상촬영

개 요

- 암반내 파쇄대 및 불연속면의 분포 및 발달상태(경사방향, 경사, 틈새)등 지반 불연속면 특성 파악
- 불연속면 분포 및 발달 상태에 대한 분석 자료는 터널부 수치해석, 갱구부의 비탈면 안정성 해석에 필요한 설계 자료로 활용

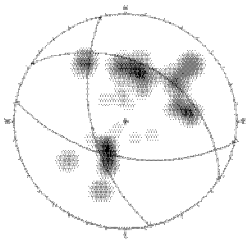
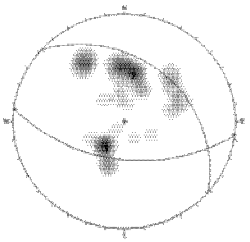
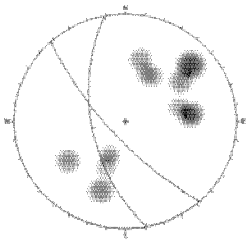
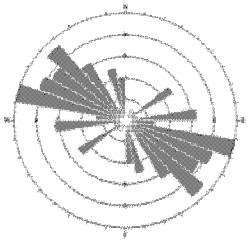
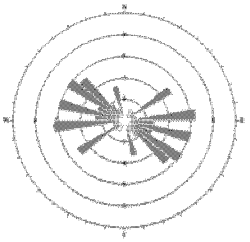
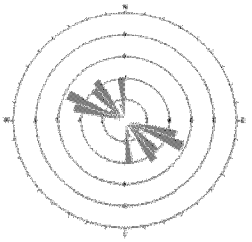
○ 시험현황

구 분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기
수량(공)	4	–	1	–	4	–	11	–

○ 기존조사 자료

■ TTB-4

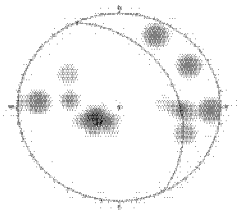
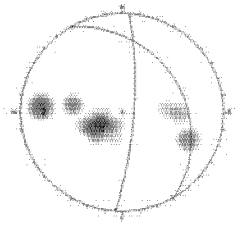
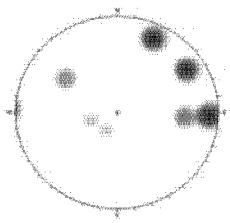
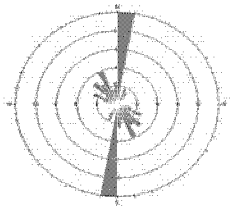
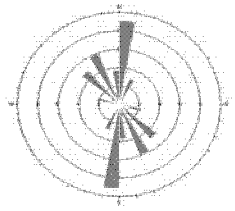
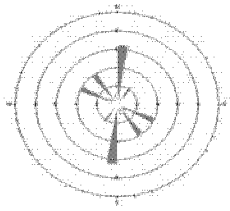
불연속면	탐사구간(m)	주절리 방향(DIP/DIR)	부절리 방향(DIP/DIR)	절리갯수
전체절리(All Crack)	1.0~37.0	37/029	52/192, 56/258	44
개구성절리(Open Crack)		30/41	51/185	31
미세절리(Hair Crack)		57/260	75/228	13

구 분	전체 절리군	개구성 절리군	미세 절리군
Pole Diagram			
Rose Diagram			

- 전체 불연속면 : 주절리군(J1) 37/029, 부절리군(J2, J3) 52/192, 56/258
- 개구성 절리(절리틈새>2.5㎜)는 30/41으로 우세하게 분포하며, 미세절리(절리틈새≤2.5㎜)는 57/260으로 분포함
- 평균절리간격은 J1:0.73, J2:1.03, J3:0.64로 분포하며, 평균절리빈도는 J1:0.51, J2:0.32, J3:0.14로 분석됨
- 전체 절리중 주절리군(J1), 부절리군(J2,J3) 및 Random 절리의 분포 비율은 J1(25%), J2(16%), J3(7%), Random(52%)으로 분포하며, 전반적으로 Random 절리가 발달함
- 주절리군 J1의 경사방향(dir)은 10~50이 우세하게 분포함

TTB-6

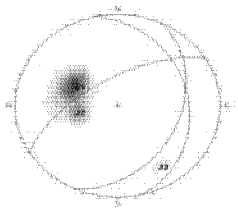
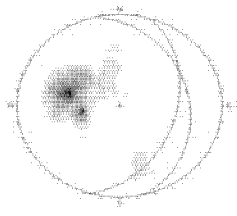
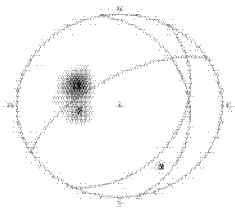
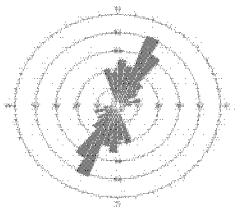
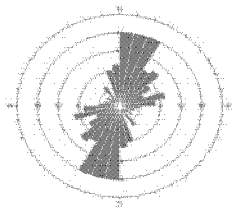
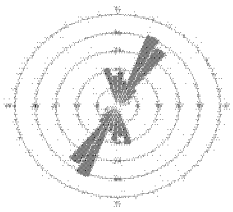
불연속면	탐사구간(m)	주절리 방향(DIP/DIR)	부절리 방향(DIP/DIR)	절리갯수
전체절리(All Crack)	1.0~38.0	27/057	–	44
개구성절리(Open Crack)		27/60	77/94	31
미세절리(Hair Crack)		Random	–	13

구 분	전체 절리군	개구성 절리군	미세 절리군
Pole Diagram			
Rose Diagram			

- 전체 불연속면 : 주절리군(J1) 27/057
- 개구성 절리(절리틈새>2.5㎜)는 27/60으로 우세하게 분포하고, 미세절리(절리틈새≤2.5㎜)는 Random 분포함
- 주절리군 J1의 경사방향(dir)은 40~80이 우세하게 분포하고, Random 절리는 전반적으로 분산됨

TTB-13

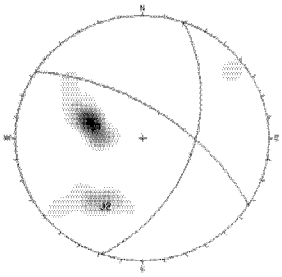
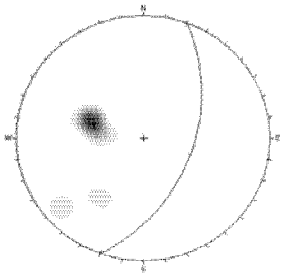
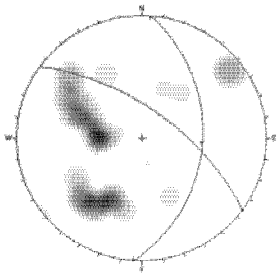
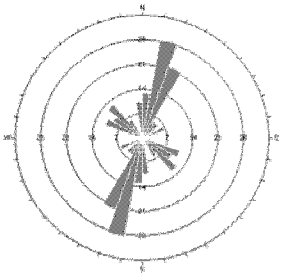
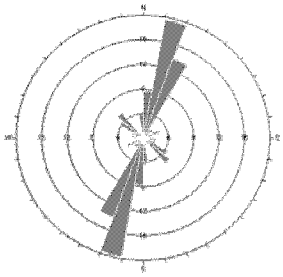
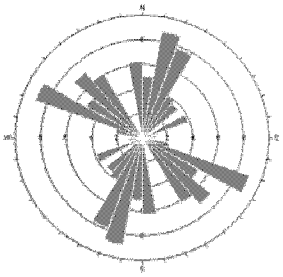
불연속면	탐사구간(m)	주절리 방향(DIP/DIR)	부절리 방향(DIP/DIR)	절리갯수
전체절리(All Crack)	1.4~42.5	39/115	32/077 66/329	308
개구성절리(Open Crack)		44/107	33/076	133
미세절리(Hair Crack)		38/118	33/079 65/329	175

구 분	전체 절리군	개구성 절리군	미세 절리군
Pole Diagram			
Rose Diagram			

- 전체 불연속면 : 주절리군(J1) 39/115, 부절리군(J2, J3):32/077, 66/329
- 개구성 절리(절리틈새>2.5㎜)는 44/107으로 우세하게 분포하고, 미세절리(절리틈새≤2.5㎜)는 38/118으로 분포함
- 평균절리간격은 J1:0.22, J2:1.04, J3:1.28로 분포하며, 평균절리빈도는 J1:3.19, J2:0.81, J3:0.30으로 분석됨
- 전체 절리중 주절리군(J1), 부절리군(J2,J3) 및 Random 절리의 분포 비율은 J1(38%), J2(10%), J3(4%), Random(48%) 분포하며, Random 절리가 다수 발달함
- 주절리군 J1의 경사방향(dir)은 75~140이 우세하게 분포하고, Random 절리들은 분산되어 있음
- 14.2~16.4m사이 구간은 절리가 집중되어 나타나 파쇄대 구간으로 추정되며 수직절리도 다수 분포함
- 12.3~14.1m, 17.5~20.5m, 24.0~35.4m 구간은 완전풍화된 토사구간으로 절리의 방향을 정확히 판단할 수 없음

■ TTB-14

불연속면	탐사구간(m)	주절리 방향(DIP/DIR)	부절리 방향(DIP/DIR)	절리갯수
전체절리(All Crack)	1.4~43.9	44/105	63/035	80
개구성절리(Open Crack)		47/110	-	42
미세절리(Hair Crack)		38/94	63/36	38

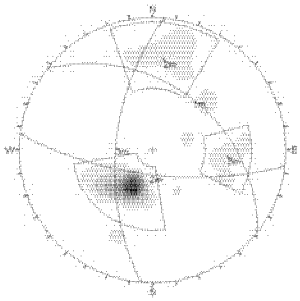
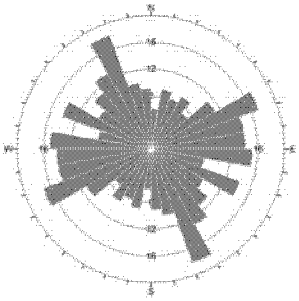
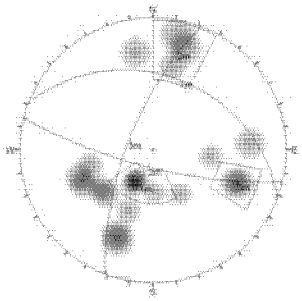
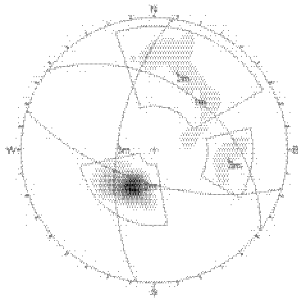
구 분	전체 절리군	개구성 절리군	미세 절리군
Pole Diagram			
Rose Diagram			

- 전체 불연속면 : 주절리군(J1) 44/105, 부절리군(J2) 63/035
- 개구성 절리(절리틈새>2.5㎜)는 47/110으로 우세하게 분포하고, 미세절리(절리틈새≤2.5㎜)는 38/94으로 분포함
- 평균절리간격은 J1:0.34, J2:0.67로 분포하며, 평균절리빈도는 J1:1.87, J2:0.39로 분석됨
- 전체 절리중 주절리군(J1), 부절리군(J2) 및 Random 절리의 분포 비율은 J1(47%), J2(10%), Random(43%)으로 분포함
- 주절리군 J1의 경사방향(dir)은 90~120으로 분포하고, J2는 20~40으로 분포함

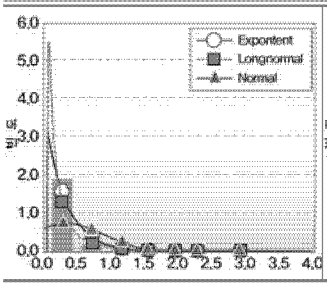
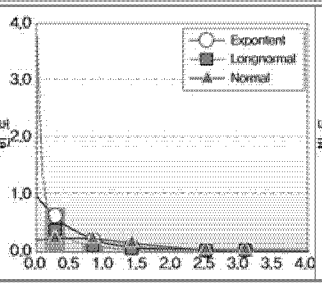
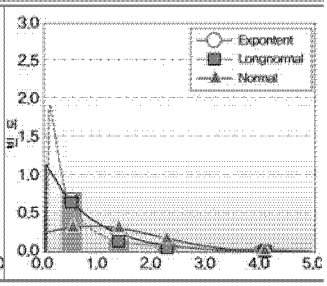
○ 실시설계조사 자료

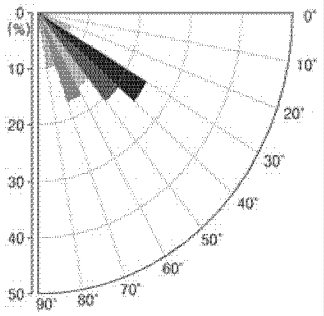
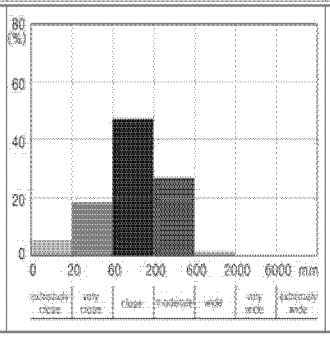
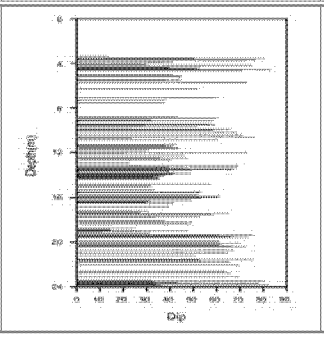
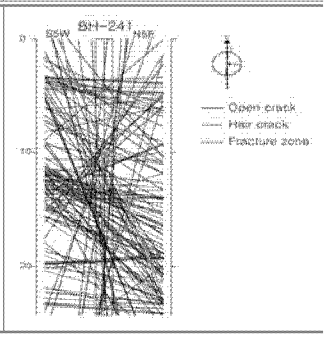
▮ BH-241

구 분	탐사구간(m)	전체절리(All Crack)	개구성절리(Open Crack)	미세절리(Hair Crack)
Set 1	2.0~24.3	38/038	31/021	37/037
Set 2		69/187	75/194	62/197
Set 3		59/275	68/291	59/278
갯 수		130	21	109

전체 절리(Contour Map)	전체 절리(Rose Diagram)	개구성 절리(Contour Map)	미세 절리(Contour Map)
			

구 분	절리간격(m)
Set 1	0.344
Set 2	1.011
Set 3	0.943

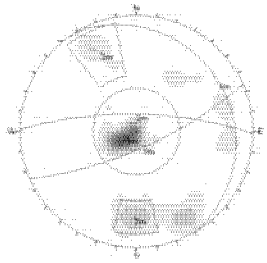
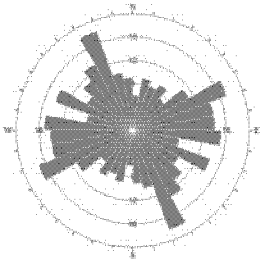
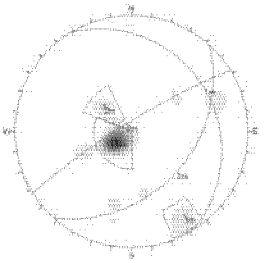
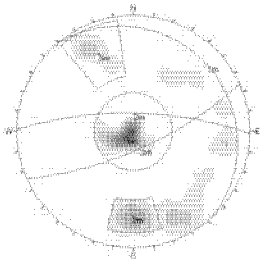
Set 1	Set 2	Set 3
		

절리면 경사분석	절리면 간격분석	심도별 절리방향 및 빈도수	절리전개도
			

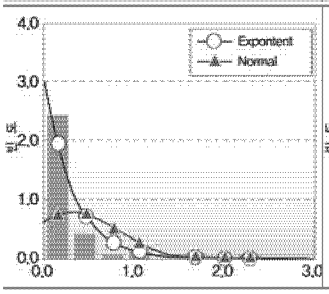
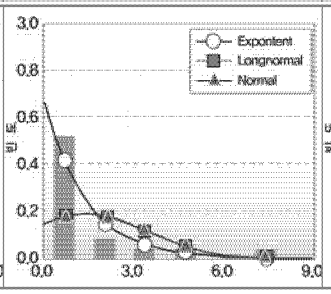
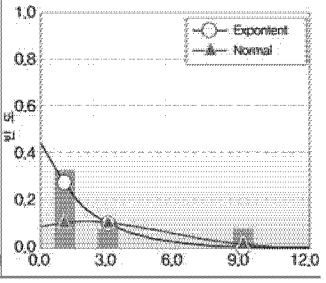
- 주 방향은 전체 절리군에서 38/038, 개구성 절리 31/021의 경사각과 경사방향을 보임
- 절리군 경사각은 주로 30° ~ 40° 가 우세
- 절리간격은 60~200mm간격이 주 분포 양상을 보임(ISRM표기: Close)
- 전체 절리에서 미세절리가 83.8%, 개구성 절리가 16.2%를 차지함
- 절리의 간극은 1.3~7.0m를 나타냄
- 파쇄구간은 6.2m, 9.75m에서 분포함

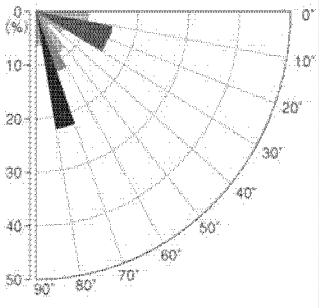
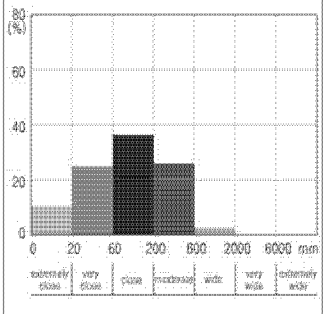
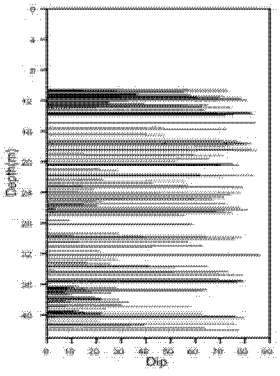
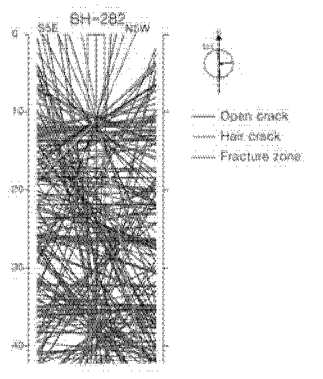
BH-282

구 분	탐사구간(m)	전체절리(All Crack)	개구성절리(Open Crack)	미세절리(Hair Crack)
Set 1	2.0~42.2	11/059	18/059	9/048
Set 2		73/001	35/132	72/001
Set 3		73/156	81/328	72/156
갯 수		202	52	150

전체 절리(Contour Map)	전체 절리(Rose Diagram)	개구성 절리(Contour Map)	미세 절리(Contour Map)
			

구 분	절리간격(m)
Set 1	0.326
Set 2	1.431
Set 3	2.093

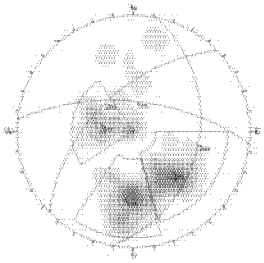
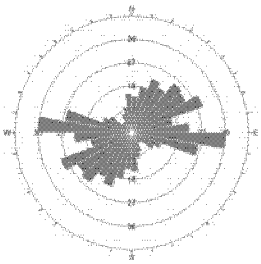
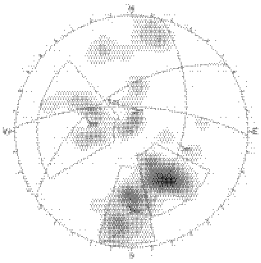
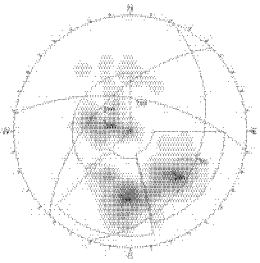
Set 1	Set 2	Set 3
		

절리면 경사분석	절리면 간격분석	심도별 절리방향 및 빈도수	절리전개도
			

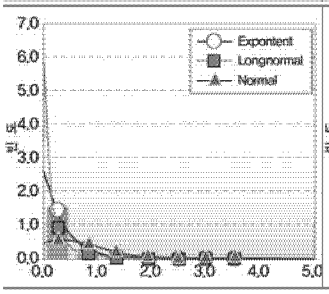
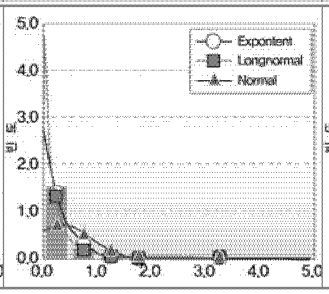
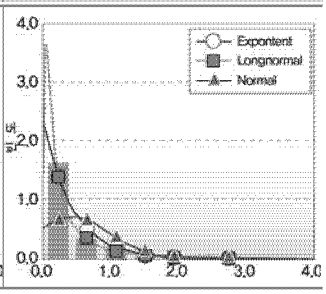
- 주 방향은 전체 절리군에서 11/059, 개구성 절리 18/059의 경사각과 경사방향을 보임
- 절리군 경사각은 주로 10° ~ 30° 가 우세하지만 부절리군의 경사각은 70° ~80° 의 고각이 우세함
- 절리간격은 60~200mm간격이 주 분포 양상을 보임(ISRM표기: Close)
- 전체 절리에서 미세절리가 74.3%, 개구성 절리가 25.7%를 차지함
- 절리의 간극은 1.0~14.3m를 나타냄
- 파쇄구간은 10.95~11.13m, 12.62~12.77m, 16.39~16.53m, 36.22~36.39m에서 분포함

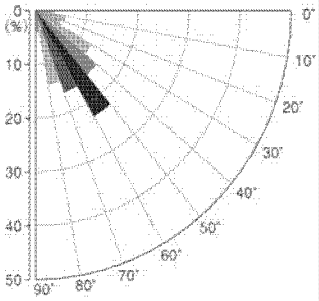
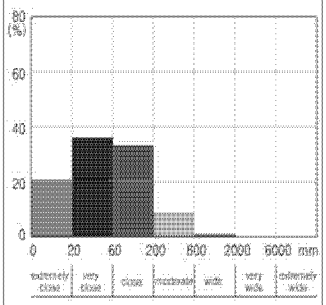
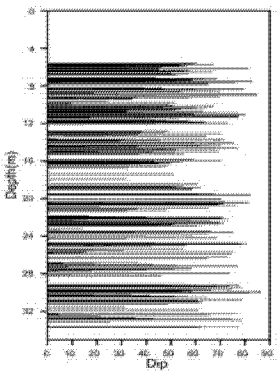
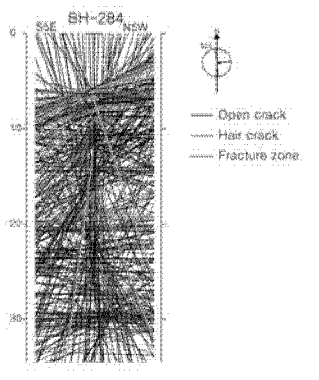
BH-284

구 분	탐사구간(m)	전체절리(All Crack)	개구성절리(Open Crack)	미세절리(Hair Crack)
Set 1	2.0~34.5	61/006	51/325	58/009
Set 2		52/316	66/002	54/314
Set 3		31/101	43/105	27/111
갯 수		317	108	209

전체 절리(Contour Map)	전체 절리(Rose Diagram)	개구성 절리(Contour Map)	미세 절리(Contour Map)
			

구 분	절리간격(m)
Set 1	0.363
Set 2	0.349
Set 3	0.435

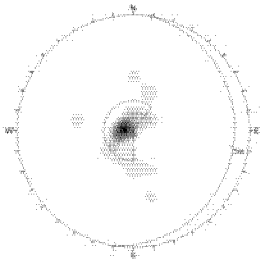
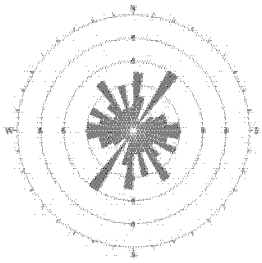
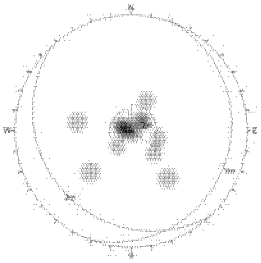
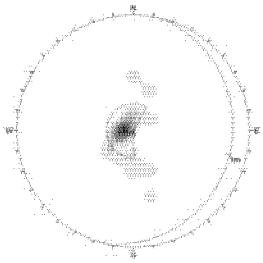
Set 1	Set 2	Set 3
		

절리면 경사분석	절리면 간격분석	심도별 절리방향 및 빈도수	절리전개도
			

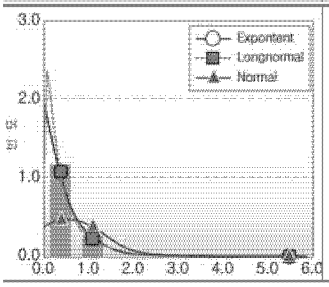
- 주 방향은 전체 절리군에서 61/006, 개구성 절리 51/325의 경사각과 경사방향을 보임
- 절리군 경사각은 주로 50° ~ 60° 가 우세함
- 절리간격은 20~60mm간격이 주 분포 양상을 보임(ISRM표기: Very Close)
- 전체 절리에서 미세절리가 65.9%, 개구성 절리가 34.1%를 차지함
- 절리의 간극은 0.9~47.8m를 나타냄
- 파쇄구간은 5.76~5.84m, 5.95~6.06m, 6.46~6.67m, 6.83~7.14m, 7.86~8.20m, 8.79~9.12m, 11.74~11.83m, 15.30~15.86m,16.73~17.39m, 18.45~18.69m, 19.04~19.51m, 25.68~25.77m에서 나타남

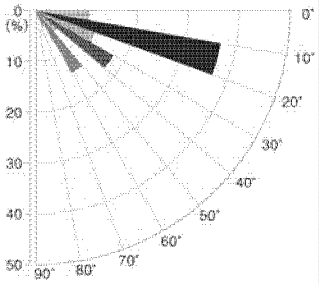
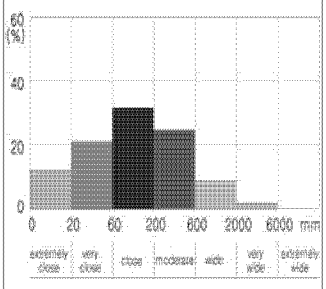
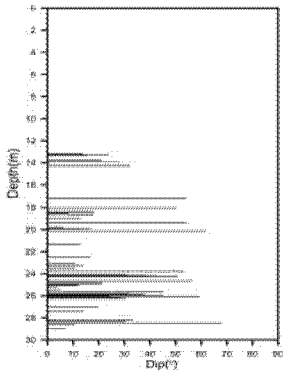
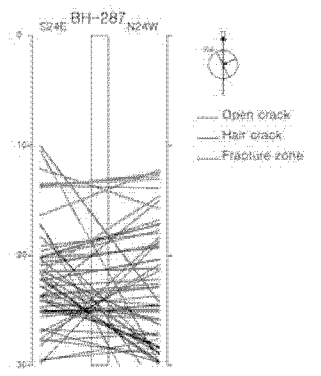
BH-287

구 분	탐사구간(m)	전체절리(All Crack)	개구성절리(Open Crack)	미세절리(Hair Crack)
Set 1	2.0~29.4	08/090	08/105	09/090
Set 2 Set 3		–	14/231	–
갯 수		57	13	44

전체 절리(Contour Map)	전체 절리(Rose Diagram)	개구성 절리(Contour Map)	미세 절리(Contour Map)
			

구 분	절리간격(m)
Set 1	0.584
Set 2	–
Set 3	–

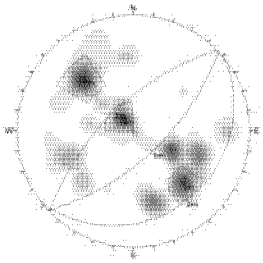
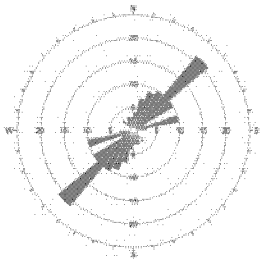
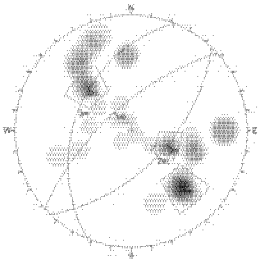
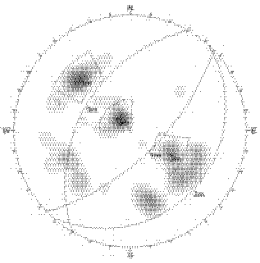
Set 1	Set 2	Set 3
	–	–

절리면 경사분석	절리면 간격분석	심도별 절리방향 및 빈도수	절리전개도
			

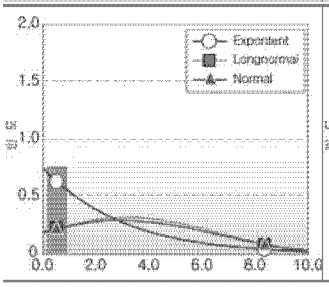
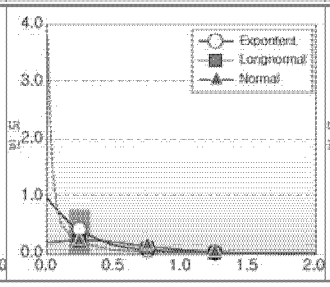
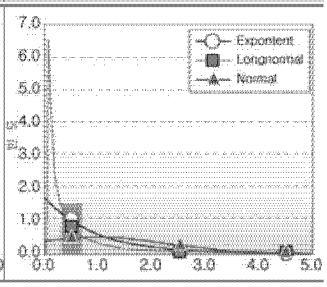
- 주 방향은 전체 절리군에서 08/90, 개구성 절리 08/105의 경사각과 경사방향을 보임
- 절리군 경사각은 주로 10° ~ 20° 가 우세함
- 절리간격은 60~200mm간격이 주 분포 양상을 보임(ISRM표기: Close)
- 전체 절리에서 미세절리가 77.0%, 개구성 절리가 23.0%를 차지함
- 절리의 간극은 1.3~3.7mm를 나타냄
- 파쇄구간은 13.17~13.23m, 13.29~13.32m, 13.87~13.93m, 14.24~14.36m, 17.82~18.18m, 23.45~23.55m, 24.40~24.61m에서 나타남

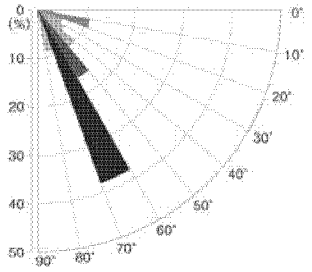
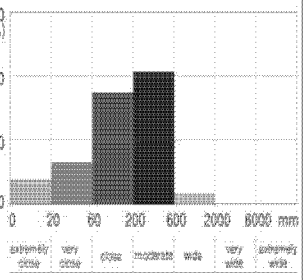
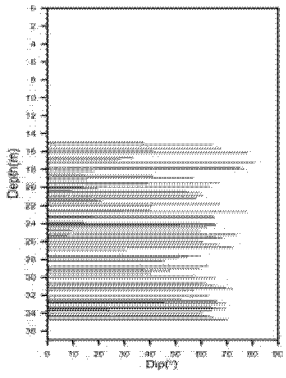
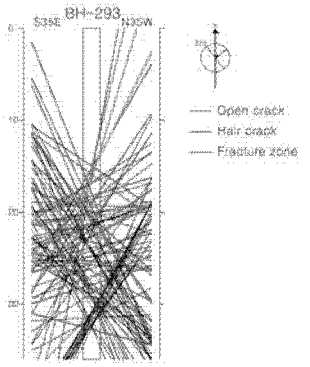
BH-293

구 분	탐사구간(m)	전체절리(All Crack)	개구성절리(Open Crack)	미세절리(Hair Crack)
Set 1	2.0~35.0	62/135	66/317	63/135
Set 2		13/138	55/134	14/141
Set 3		64/314	39/292	44/297
갯 수		92	33	59

전체 절리(Contour Map)	전체 절리(Rose Diagram)	개구성 절리(Contour Map)	미세 절리(Contour Map)
			

구 분	절리간격(m)
Set 1	1.270
Set 2	0.656
Set 3	1.106

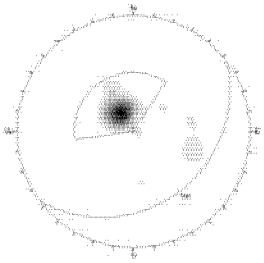
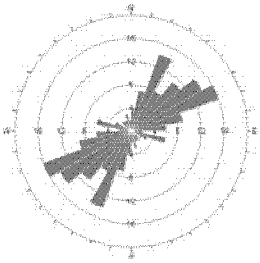
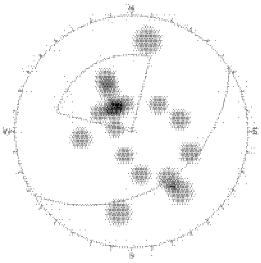
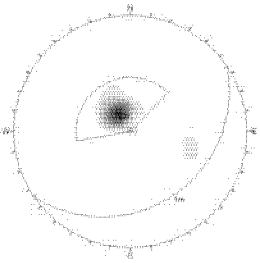
Set 1	Set 2	Set 3
		

절리면 경사분석	절리면 간격분석	심도별 절리방향 및 빈도수	절리전개도
			

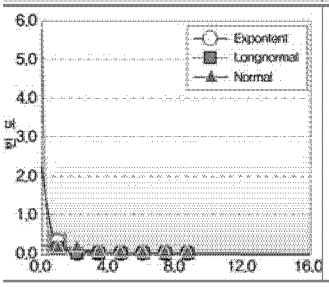
- 주 방향은 전체 절리군에서 62/135, 개구성 절리 66/317의 경사각과 경사방향을 보임
- 절리군 경사각은 주로 60° ~ 70° 가 우세함
- 절리간격은 200~600mm간격이 주 분포 양상을 보임(ISRM표기: Moderate)
- 전체 절리에서 미세절리가 61.0%, 개구성 절리가 36.0%를 차지함
- 절리의 간극은 1.1~3.3mm를 나타냄
- 파쇄구간은 15.48~15.75m, 16.17~16.23m, 17.79~17.81m, 19.16~19.24m, 19.53~19.67m, 20.30~20.50m, 20.82~20.98m, 21.85~22.15m, 22.41~22.59m, 32.02~32.18m, 32.35~32.45m에서 나타남

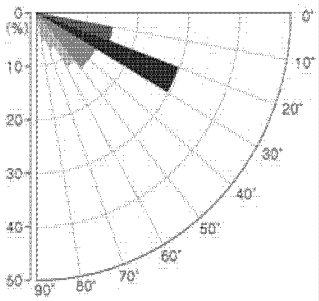
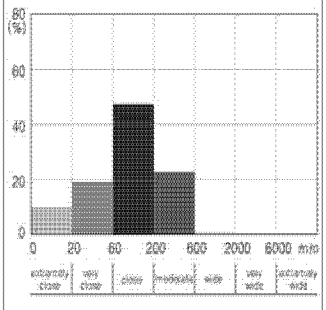
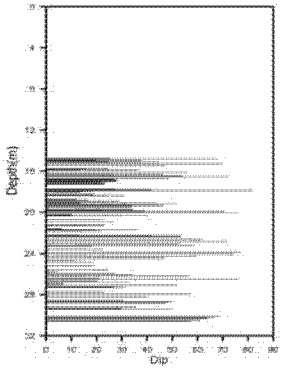
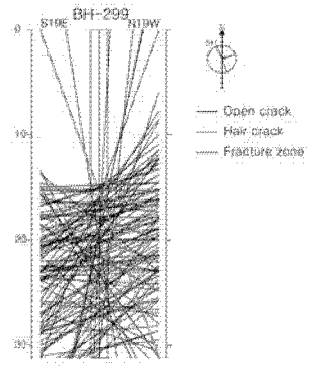
■ BH-299

구 분	탐사구간(m)	전체절리(All Crack)	개구성절리(Open Crack)	미세절리(Hair Crack)
Set 1	2.0~31.2	24/143	35/147	23/146
Set 2		–	–	–
Set 3				
갯 수		111	17	94

전체 절리(Contour Map)	전체 절리(Rose Diagram)	개구성 절리(Contour Map)	미세 절리(Contour Map)
			

구 분	절리간격(m)
Set 1	0.439
Set 2	–
Set 3	–

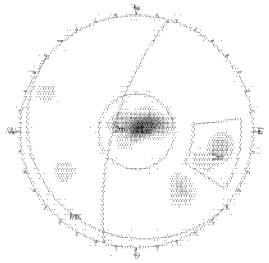
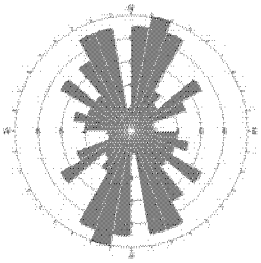
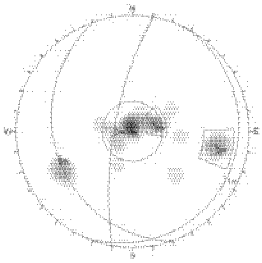
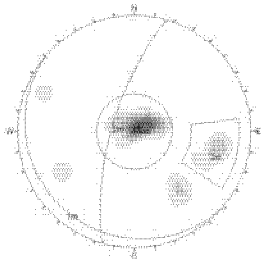
Set 1	Set 2	Set 3
	–	–

절리면 경사분석	절리면 간격분석	심도별 절리방향 및 빈도수	절리전개도
			

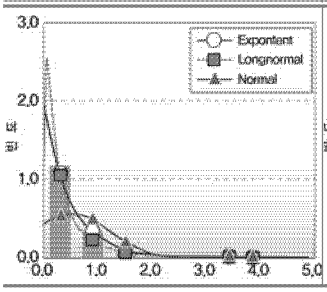
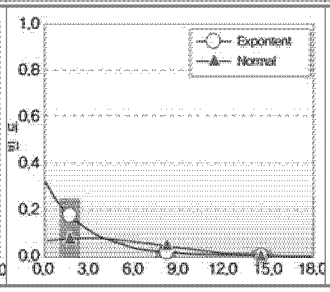
- 주 방향은 전체 절리군에서 24/143, 개구성 절리 35/147의 경사각과 경사방향을 보임
- 절리군 경사각은 주로 20° ~ 30° 가 우세함
- 절리간격은 60~200mm간격이 주 분포 양상을 보임(ISRM표기:Close)
- 전체 절리에서 미세절리가 84.7%, 개구성 절리가 15.3%를 차지함
- 절리의 간극은 1.3~4.8m를 나타냄
- 파쇄구간은 15.48~15.75m에서 나타남

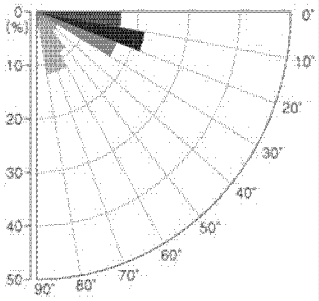
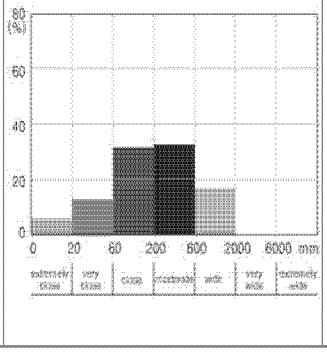
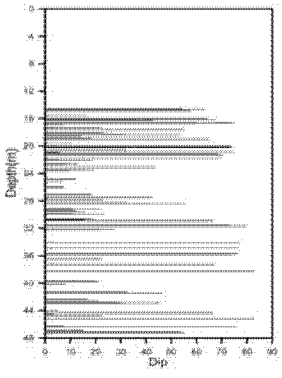
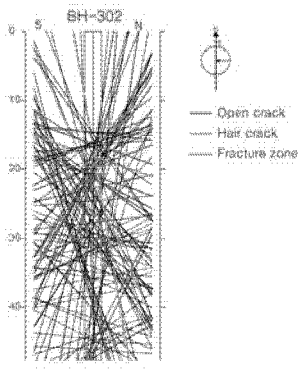
BH-302

구 분	탐사구간(m)	전체절리(All Crack)	개구성절리(Open Crack)	미세절리(Hair Crack)
Set 1	2.0~47.6	06/220	06/116	8/225
Set 2		68/286	72/280	65/325
Set 3			22/251	
갯 수		102	28	74

전체 절리(Contour Map)	전체 절리(Rose Diagram)	개구성 절리(Contour Map)	미세 절리(Contour Map)
			

구 분	절리간격(m)
Set 1	0.521
Set 2	2.871
Set 3	-

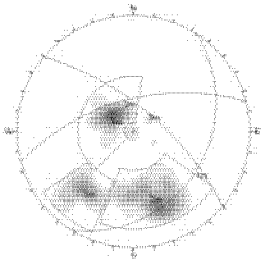
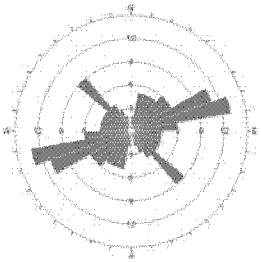
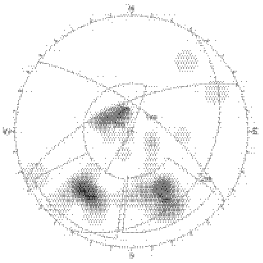
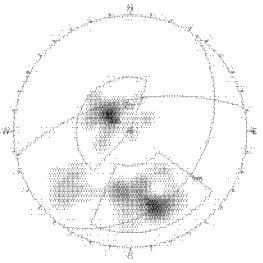
Set 1	Set 2	Set 3
		-

절리면 경사분석	절리면 간격분석	심도별 절리방향 및 빈도수	절리전개도
			

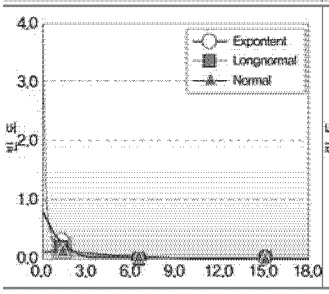
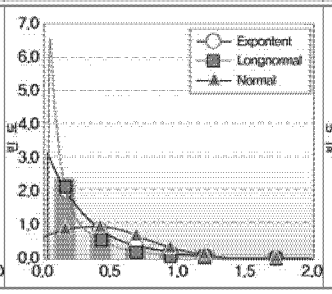
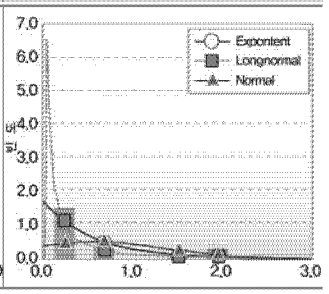
- 주 방향은 전체 절리군에서 06/220, 개구성 절리 06/116의 경사각과 경사방향을 보임
- 절리군 경사각은 주로 10° ~ 20° 가 우세함
- 절리간격은 200~600mm간격이 주 분포 양상을 보임(ISRM표기:Moderate)
- 전체 절리에서 미세절리가 72.5%, 개구성 절리가 27.5%를 차지함
- 절리의 간극은 1.0~7.8m를 나타냄
- 파쇄구간은 18.03~18.11m, 22.01~22.09m에서 나타남

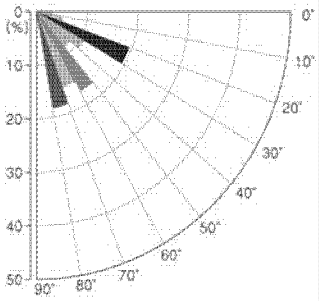
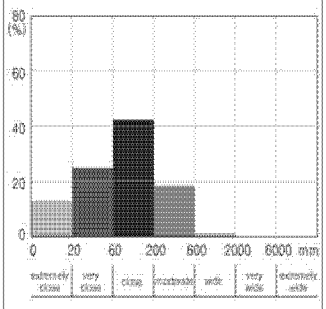
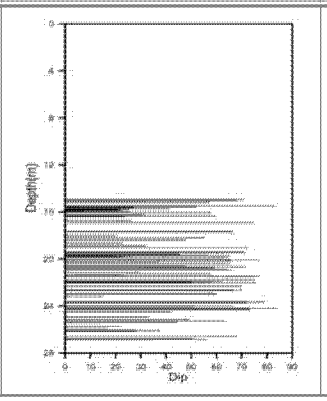
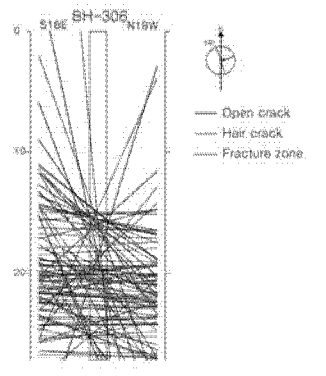
■ BH-306

구 분	탐사구간(m)	전체절리(All Crack)	개구성절리(Open Crack)	미세절리(Hair Crack)
Set 1	2.0~27.2	25/122	67/037	203/062
Set 2		59/345	20/122	28/023
Set 3		67/040	62/336	
갯 수		93	41	52

전체 절리(Contour Map)	전체 절리(Rose Diagram)	개구성 절리(Contour Map)	미세 절리(Contour Map)
			

구 분	절리간격(m)
Set 1	1.178
Set 2	0.349
Set 3	0.612

Set 1	Set 2	Set 3
		

절리면 경사분석	절리면 간격분석	심도별 절리방향 및 빈도수	절리전개도
			

- 주 방향은 전체 절리군에서 25/122, 개구성 절리 67/037의 경사각과 경사방향을 보임
- 절리군 경사각은 주로 20° ~ 30° 저각과 50° ~ 80° 고각이 우세함
- 절리간격은 60~200mm간격이 주 분포 양상을 보임(ISRM표기:Close)
- 전체 절리에서 미세절리가 55.9%, 개구성 절리가 44.1%를 차지함
- 절리의 간극은 0.9~7.3m를 나타냄
- 파쇄구간은 16.93~17.67m, 25.43~25.74m에서 나타남

4.3.2 절리면전단시험

개 요

• 기반암에 발달하는 자연절리면의 전단특성을 파악하고 불연속체의 전단강성과 수직강성 점착력과 마찰각 산정 → 불연속체 해석물성치 산정시 기초 자료로 활용

시험현황

구분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기
수량(회)	3	–	2	–	3	–	9	–

기존조사 자료

구 분	공 번	심도(m)	지층	점착력 (kPa)	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)
문봉터널	TTB-1	19.3~19.4	경 암	100.0	43.2	32.0	12~14	83.0
금촌터널	TTB-4	15.3~21.0	경 암	60.0	32.1	21.1	4~6	87.0
영태터널	TTB-12	37.0~37.3	경 암	30.0	36.8	28.7	0~2	110.0
깎기구간	CCB-2	25.4~25.6	경 암	50.0	30.9	24.8	2~4	70.0
	CCB-5	37.2~37.3	경 암	100.0	26.1	22.8	0~2	84.0

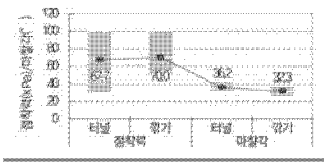
실시설계조사 자료

구 분	공 번	심도(m)	지층	점착력 (kPa)	마찰각(°) 최대	마찰각(°) 잔류	JRC	JCS (MPa)
강매터널	BH-29	21.4~21.7	연 암	116.4	37.4	32.8	8~10	91.0
깎기3-1	BH-159	26.0~26.4	경 암	50.1	35.4	31.8	4~6	31.2
문봉터널	BH-180	10.1~10.6	경 암	80.6	32.6	29.2	2~4	69.1
금촌터널	BH-241	8.5~8.8	보통암	63.4	32.8	29.0	0~2	40.2
깎기	BH-99	16.3~16.8	경 암	60	32.0	28.2	4~6	24.15
깎기	BH-202	27.9~28.2	연 암	90	40.1	35.1	12~14	39.84
깎기	BH-252-1	31.4~32.0	경 암	70	30.8	27.4	2~4	43.07
깎기4-3	BH-284	25.7~25.9	보통암	90.9	35.5	31.6	4~6	81.2
깎기	BH-287	24.9~25.2	경 암	80	36.9	32.6	8~10	37.27
깎기	BH-293	29.0~29.5	보통암	70	32.8	28.5	6~8	46.77
깎기	BH-298-1	24.8~25.5	경 암	80	33.7	29.3	4~6	52.16
깎기4-7	BH-302	34.0~34.3	보통암	77.8	38.1	33.3	2~4	74.9

결과분석

구 분		터널구간			깎기구간		
		연암	보통암	경암	연암	보통암	경암
점착력(kPa)		116.4	63.4	30.0~100	90.0	77.8~90.9	50.0~100
마찰각 (°)	최대	37.4	32.8	32.1~43.2	40.1	32.8~38.1	26.1~36.9
	잔류	32.8	29.0	21.1~32.0	35.1	28.5~33.3	22.8~32.6

경암의 점착력-마찰각



분석결과

• 터널구간의 점착력은 30.0~116.4kPa, 깎기구간의 점착력은 50.0~100.0kPa 범위로 분포
• 터널구간의 마찰각은 32.1~43.2°, 깎기구간의 마찰각은 26.1~40.1° 범위로 분포

4.4 동적특성 분석

4.4.1 밀도검층

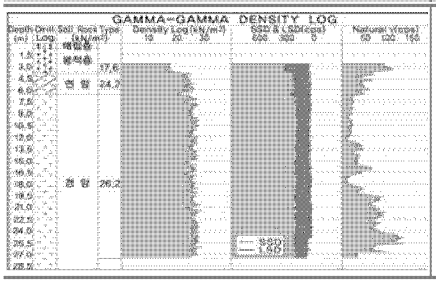
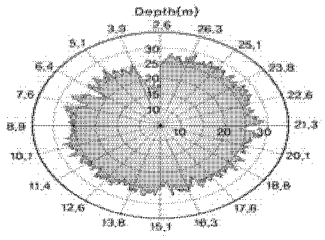
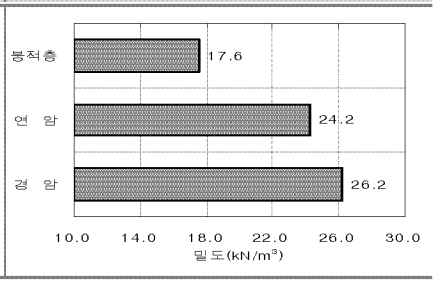
개 요

- 시추공을 이용하여 심도 및 구간별 탄성파 속도(V_p, V_s) 측정
- 내진설계시 요구되는 지반의 동적물성치 산정

○ 실시설계조사 자료

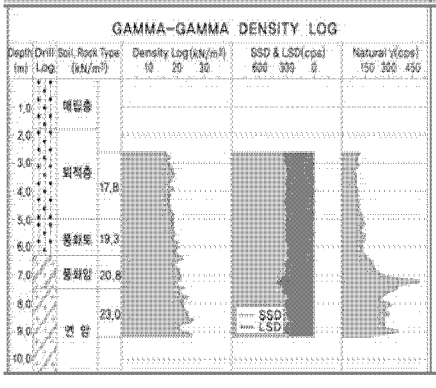
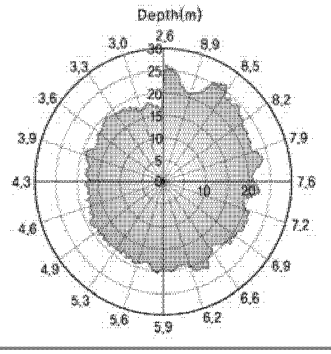
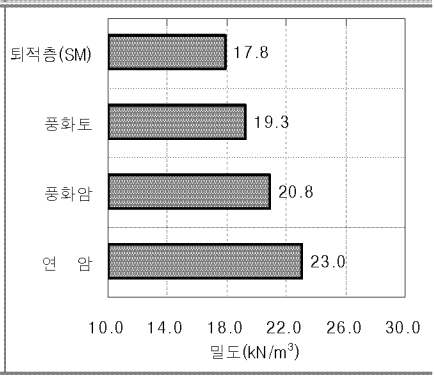
■ BH-242

구 분	심 도 (m)	자연감마		밀도(kN/m³)	
		범위	평균	범위	평균
붕적(SM)	2.6~3.8	71.5~119.7	96.8	16.1~21.2	17.6
연 암	3.8~6.5	33.2~76.4	51.4	21.1~27.3	24.2
경 암	6.5~27.5	7.6~146.6	49.9	20.3~29.4	26.2

검층 결과	심도별 밀도	지층별 밀도
		

■ BH-272

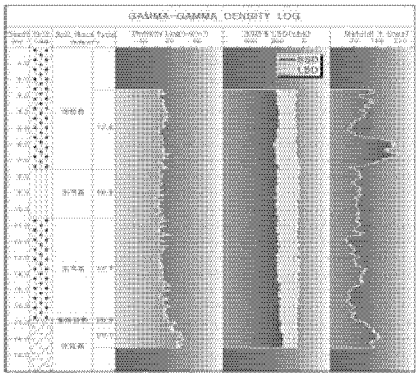
구 분	심 도 (m)	자연감마		밀도(kN/m³)	
		범위	평균	범위	평균
퇴적층(SM)	2.6~5.0	89.5~152.1	114.0	15.9~19.4	17.8
풍화토	5.0~6.3	133.4~166.2	149.9	17.9~21.1	19.3
풍화암	6.3~7.5	168.7~540.5	305.5	18.5~22.8	20.8
연 암	7.5~9.2	205.3~392.6	313.8	20.5~26.2	23.0

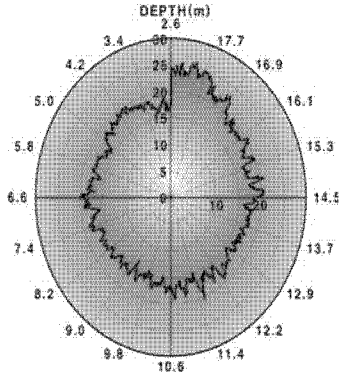
검층 결과	심도별 밀도	지층별 밀도
		

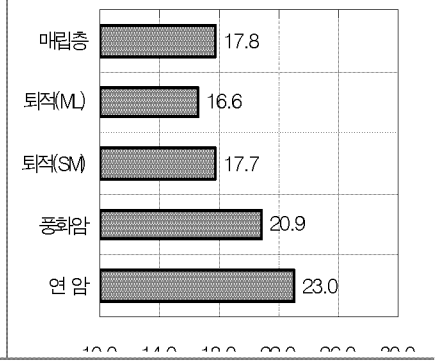
■ BH-314-2

구 분	심 도 (m)	자연감마		밀도(kN/m³)	
		범위	평균	범위	평균
매립층	2.6~7.5	62.9~231.9	136.7	15.4~20.2	17.8
퇴적층(ML)	7.5~10.5	76.4~110.2	96.3	14.1~18.3	16.6
퇴적층(SM)	10.5~16.8	54.5~126.3	86.6	15.2~20.7	17.7
풍화암	16.8~17.0	96.2~128.2	110.1	19.5~22.9	20.9
연 암	17.0~18.52	122.5~169.0	147.1	20.1~25.8	23.0

검증 결과	심도별 밀도	지층별 밀도







○ 결과분석

구 분	터널구간		교량구간		쌓기구간	
	범위	평균	범위	평균	범위	평균
매립층	–	–	–	–	15.4~20.2	17.8
붕적층	16.1~21.2	17.6	–	–	–	–
퇴적층(ML)	–	–	–	–	14.1~18.3	16.6
퇴적층(SM)	–	–	15.9~19.4	17.8	15.2~20.7	17.7
풍화토	–	–	17.9~21.1	19.3	–	–
풍화암	–	–	18.5~22.8	20.8	19.5~22.9	20.9
연 암	21.1~27.3	24.2	20.5~26.2	23.0	20.1~25.8	23.0
경 암	20.3~29.4	26.2	–	–	–	–

분석결과

- 퇴적층(SM)의 평균 밀도는 교량구간 : 17.8kN/m³, 쌓기구간 17.7kN/m³의 값을 보임
- 연암의 평균 밀도는 터널구간 : 24.2kN/m³, 교량구간 23.0kN/m³, 쌓기구간 23.0kN/m³으로 유사하게 나타남

4.4.2 하향식탄성파탐사

개 요	• 측정 전단파속도(V_s)를 이용하여 지반 동적특성치(G_d, E_d, K_d)산정 • 포아송비 및 동탄성계수를 산출하여 주요구조물의 내진설계 및 갱구부 안정성 해석에 반영

시험현황

구 분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기
수량(회)	2	–	1	–	–	5	–	1

기존조사 자료

TTB-4

구 분	심도(m)	밀도 (kN/m³)	탄성파속도		동적특성치			
			V_p(m/s)	V_s(m/s)	동포아송비	동전단계수 (MPa)	동탄성계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)
붕적(모래)	0.0~3.2	18.0	403	202	0.33	73.9	197	196
풍화암	3.2~4.5	21.0	833	439	0.31	404	1,060	920
경 암	4.5~37.0	27.0	2,712	1,635	0.22	7,480	18,100	10,500

TTB-6

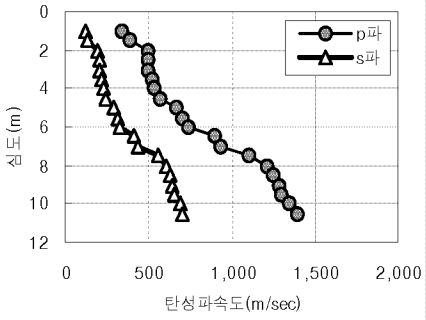
구 분	심도(m)	밀도 (kN/m³)	탄성파속도		동적특성치			
			V_p(m/s)	V_s(m/s)	동포아송비	동전단계수 (MPa)	동탄성계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)
붕적(모래)	0.0~1.2	18.0	238	121	0.33	26.4	70.1	66.8
풍화토	1.2~10.0	19.0	537	269	0.33	146	389	386
풍화암	10.0~12.6	21.0	1,093	560	0.33	667	1,760	1,640
연 암	12.6~17.6	25.0	1,510	807	0.30	1,630	4,230	3,530
경 암	17.6~24.6	27.0	2,393	1,382	0.25	5,180	12,900	8,580
연 암	24.6~29.9	25.0	1,927	1,034	0.30	2,700	6,980	5,720
보통암	29.9~36.9	26.0	2,612	1,536	0.24	6,210	15,300	9,640
경 암	36.9~38.0	27.0	3,125	1,887	0.21	9,610	23,300	13,600

○ 실시설계조사 자료

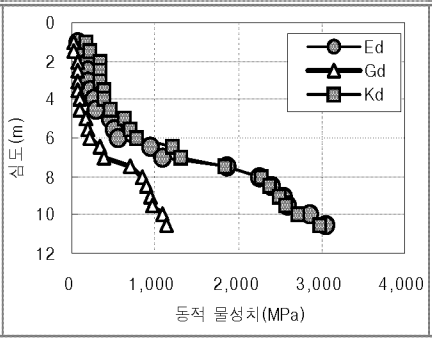
■ BH-272

구 분	심도(m)	밀도 (kN/m³)	탄성파속도		동적특성치			
			V_p(m/s)	V_s(m/s)	동포아송비	동전단계수 (MPa)	동탄성계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)
매립층	0.0~1.8	17.8	364	130	0.43	30	86	197
퇴적(SM)	1.8~5.0	17.8	521	212	0.40	81	226	377
풍화토	5.0~6.3	19.3	699	311	0.38	187	515	695
풍화암	6.3~7.5	20.8	919	424	0.37	373	1,019	1,260
연 암	7.5~10.5	23.0	1,269	638	0.33	943	2,508	2,466

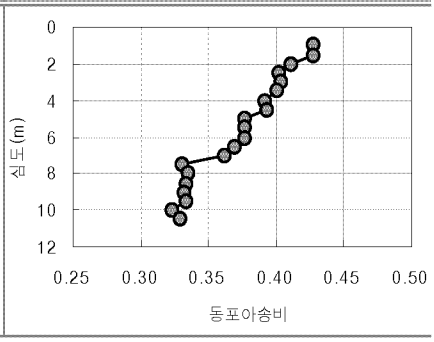
심도별 탄성파 속도



심도별 동적특성치



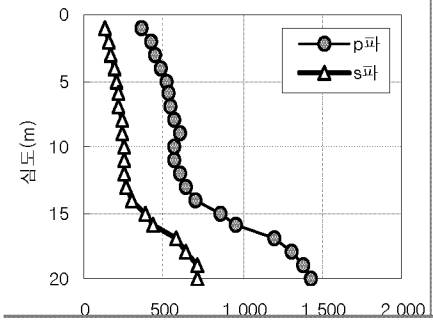
심도별 동포아송비



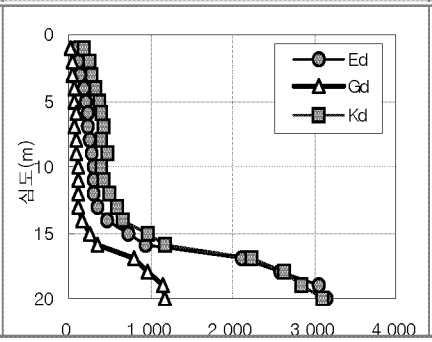
■ BH-314-2

구 분	심도(m)	밀도 (kN/m³)	탄성파속도		동적특성치			
			V_p(m/s)	V_s(m/s)	동포아송비	동전단계수 (MPa)	동탄성계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)
매립층	0.0~7.5	17.8	474	185	0.410	62	176	322
퇴적(ML)	7.5~10.5	16.6	582	247	0.389	102	283	426
퇴적(SM)	10.5~17.0	17.7	726	318	0.383	188	518	717
연 암	17.0~20.0	23.0	1,328	666	0.332	1,026	2,732	2,703

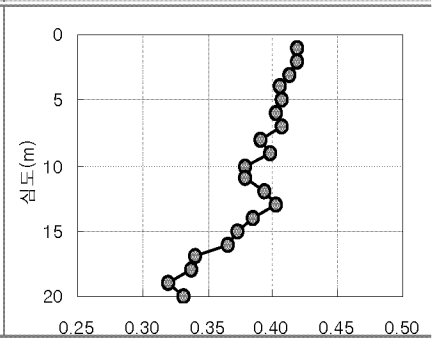
심도별 탄성파 속도



심도별 동적특성치



심도별 동포아송비



4.4.3 S-PS검층

개 요

- 시추공을 이용하여 심도 및 구간별 탄성파 속도(V_p, V_s) 측정
- 내진설계시 요구되는 지반의 동적물성치 산정

실시설계조사 자료

BH-31(1공구 강매터널)

구 분	심도(m)	탄성파속도		동적특성치			
		V_p(m/s)	V_s(m/s)	동탄성계수 (MPa)	동전단계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)	동포아송비
풍화토	9.0~12.0	1,953	324	618	208	7,200	0.49
풍화암	12.0~12.9	2,212	507	1,640	556	9,840	0.47
연 암	12.9~18.0	2,854	1,319	11,100	4,060	13,600	0.36
보통암	18.0~30.0	4,153	2,030	28,400	10,600	30,100	0.34

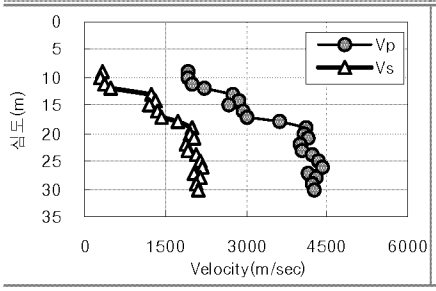
BH-179(3공구 문봉터널)

구 분	심도(m)	탄성파속도		동적특성치			
		V_p(m/s)	V_s(m/s)	동탄성계수 (MPa)	동전단계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)	동포아송비
연 암	6.0~6.5	3,484	1,653	18,400	6,800	21,200	0.36
보통암	6.5~15.5	3,852	1,849	23,400	8,660	26,000	0.35
경 암	15.5~26.0	4,498	2,224	35,000	13,100	36,100	0.34

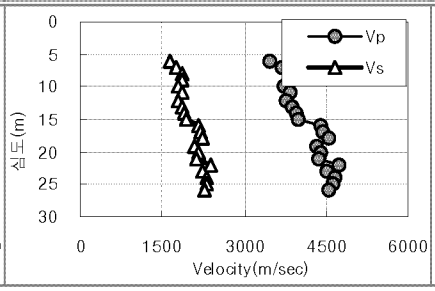
BH-242(4공구 금촌터널)

구 분	심도(m)	탄성파속도		동적특성치			
		V_p(m/s)	V_s(m/s)	동탄성계수 (MPa)	동전단계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)	동포아송비
붕적층	3.0~3.8	1,667	238	303	102	4,860	0.49
연 암	3.8~6.5	3,345	1,561	16,500	6,050	19,600	0.36
경 암	6.5~25.0	4,918	2,513	44,800	16,900	42,200	0.32

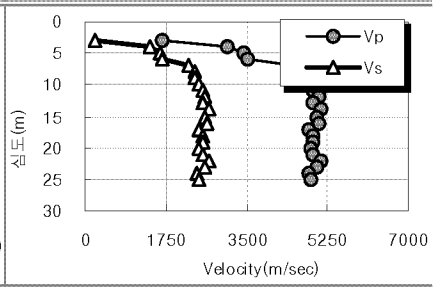
BH-31



BH-179



BH-242



분석결과

- 지층별 탄성파 속도(Vs)는 붕적층 238m/sec, 풍화토 324m/sec, 풍화암 507m/sec, 연암 1,319~1,653 m/sec, 보통암 1,849~2,030m/sec, 경암 2,224~2,513m/sec의 범위
- 지층별 동전단계수는(Gd)는 붕적층 102MPa, 풍화토 208MPa, 풍화암 556MPa, 연암 4,060~6,800MPa, 보통암 8,660~10,600MPa, 경암 13,100~16,900MPa의 범위

4.4.4 공진주시험

개 요

- 설계지역의 지반의 동적특성(전탄성계수와 재료감쇠비) 파악을 위하여 실시
- 사업구간의 변형율에 따른 동적특성을 파악하여 지진 응답 해석등 내진설계에 활용

○ 기존조사 자료

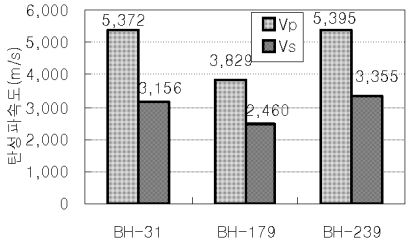
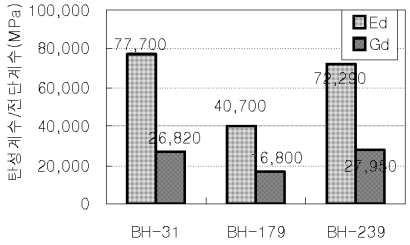
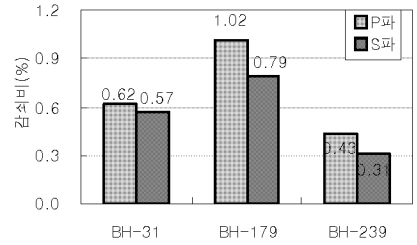
■ 시험결과

구 분		공 번	심도 (m)	P파				S파			
				fr(Hz)	V_P(m/s)	E_d(MPa)	감쇠비(%)	fr(Hz)	V_S(m/s)	E_d(MPa)	감쇠비(%)
3공구	문봉터널	TTB-2	15.7	33,093	6,718	119,808	0.49	22,247	4,516	54,145	1.24
4공구	금촌터널	TTB-3	13.5	35,217	7,170	142,403	0.46	25,942	5,282	77,272	0.71
	영태터널	TTB-12	37.1	32,464	6,623	118,813	0.42	22,550	4,600	57,326	0.69

○ 실시설계조사 자료

■ 시험결과

구 분		공 번	심도 (m)	NO.	P파				S파			
					fr(Hz)	V_P(m/s)	E_d(MPa)	감쇠비(%)	fr(Hz)	V_S(m/s)	G_d(MPa)	감쇠비(%)
1공구	강매터널	BH-31	19.0 ~ 19.2	1	25,497	5,370	77,620	0.61	14,992	3,157	26,830	0.58
				2	25,513	5,373	77,710	0.62	14,999	3,159	26,860	0.56
				3	25,520	5,375	77,760	0.62	14,969	3,152	26,750	0.56
				평균	25,510	5,372	77,700	0.62	14,987	3,156	26,820	0.57
3공구	문봉터널	BH-179	10.8 ~ 11.1	1	18,501	3,830	40,710	1.00	11,917	2,467	16,890	0.78
				2	18,509	3,831	40,750	0.97	11,894	2,462	16,830	0.79
				3	18,486	3,827	40,650	1.09	11,841	2,451	16,680	0.80
				평균	18,499	3,829	40,700	1.02	11,884	2,460	16,800	0.79
4공구	금촌터널	BH-239	37.3 ~ 37.6	1	25,497	5,395	72,290	0.43	16,083	3,355	27,950	0.31
				2	25,513	5,394	72,250	0.43	16,068	3,352	27,900	0.30
				3	25,520	5,397	72,340	0.42	16,098	3,358	28,010	0.31
				평균	25,510	5,395	72,290	0.43	16,083	3,355	27,950	0.31

탄성파 속도	탄성계수-전단계수	감쇠비
		

분석결과

- 비구속압축파 감쇠비는 0.42~1.09%, 전단파 감쇠비는 0.30~1.24%의 분포

4.5 지중응력특성 분석

4.5.1 수압파쇄시험

개 요

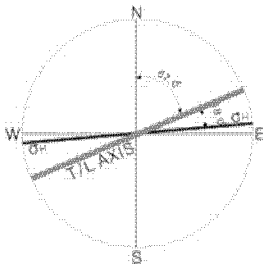
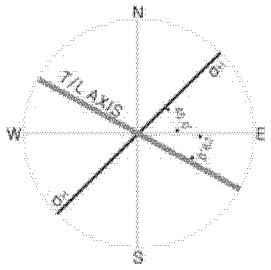
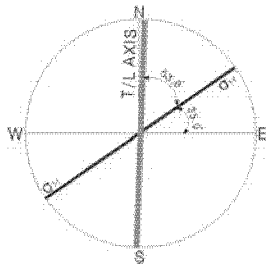
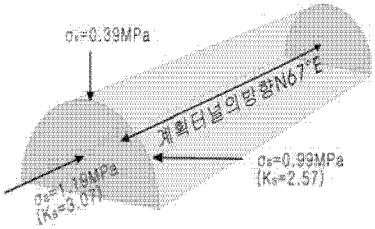
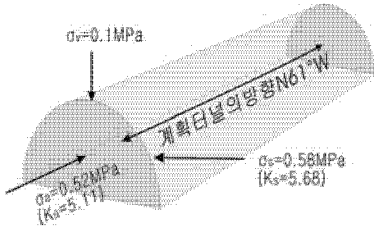
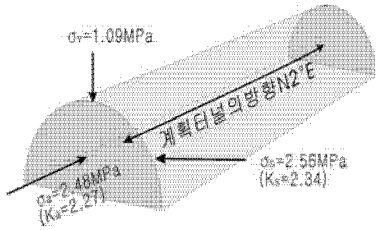
- 사업구간내 최대 · 최소 수평응력의 크기, 작용방향, 측압계수의 크기 및 심도별 변화 특성 파악
- 암반의 측압계수 및 주응력 방향에 따른 터널 안정성 평가 자료 제공

◎ 심도별 시험결과

구 분		공 번	심도 (m)	σ_h (MPa)	σ_H (MPa)	σ_v (MPa)	측압계수(K)		
							K_h	K_H	K_H/K_h
1공구	강매터널	BH-31	19.0	1.20	1.43	0.51	2.34	2.78	1.19
			25.0	1.43	1.82	0.68	2.12	2.70	1.27
			28.5	1.57	1.85	0.77	2.04	2.41	1.18
3공구	문봉터널	BH-179	18.3	1.66	1.81	0.49	3.35	3.67	1.09
			23.0	1.85	1.94	0.62	2.99	3.12	1.04
			25.7	1.89	2.04	0.69	2.72	2.94	1.08
4공구	금촌터널	BH-239	37.5	2.36	2.51	1.01	2.33	2.48	1.06
			41.7	2.35	2.77	1.13	2.09	2.46	1.18
			50.4	2.49	2.79	1.36	1.83	2.05	1.12

◎ 측압계수

구 분		공 번	최대수평응력의 방향	터널방향	교차각(°)
1공구	강매터널	BH-31	N85E±5°	N67E	18
3공구	문봉터널	BH-179	N45E±5°	N61W	74
4공구	금촌터널	BH-239	N55E±5°	N02E	53

BH-31	BH-179	BH-239
		
		

분석결과

- 측압계수(K)는 1.04~1.27의 범위를 나타내며 하부로 갈수록 작아지는 경향을 보임

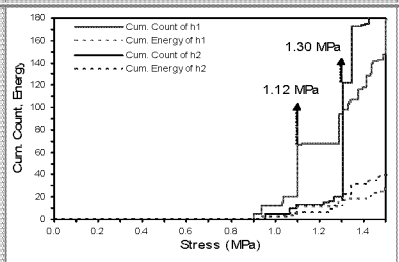
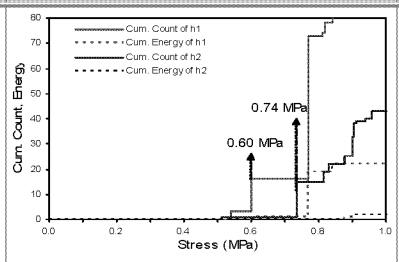
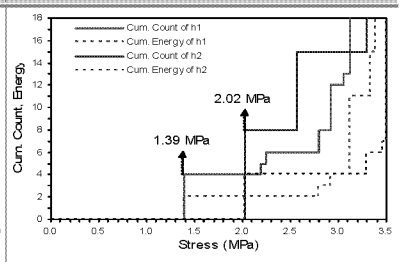
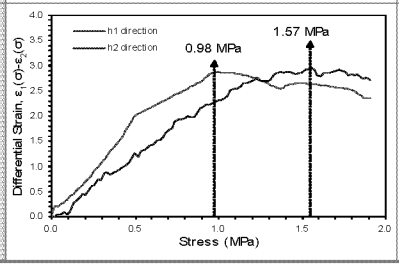
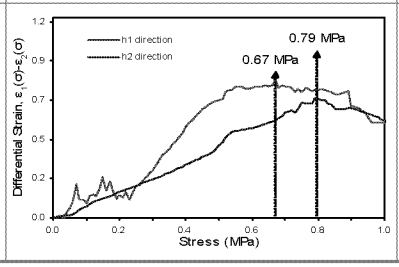
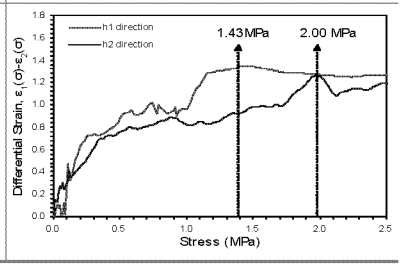
4.5.2 AE/DRA 시험

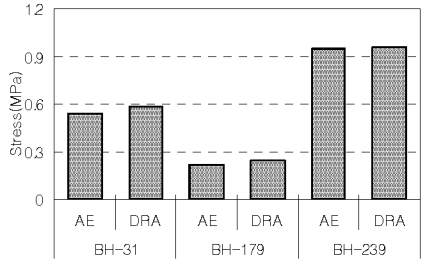
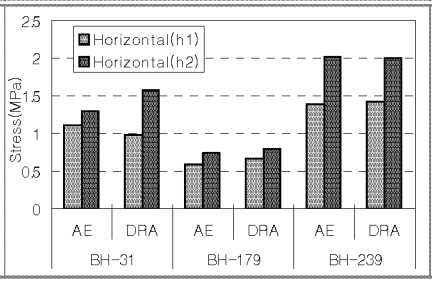
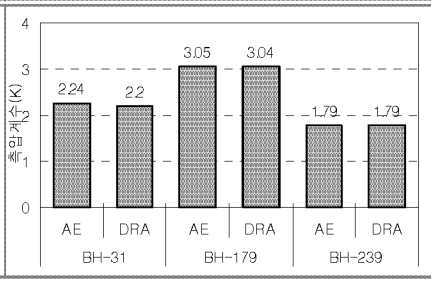
개 요

- 시추코어의 축방향 변형률과 응력과의 관계를 통하여 암반의 현지응력상태 파악
- 수압파쇄시험 결과와 연계하여 터널구간 측압계수 산정시 활용

시험결과

구 분		공 번	심 도(m)	지 층	암 종	현장응력추정값		측압계수(K)	
						AE	DRA	AE	DRA
1공구	강매 터널	BH-31	20.5~20.8	보통암	편마암	0.54	0.58	2.24	2.20
						1.12	0.98		
						1.30	1.57		
3공구	문봉 터널	BH-179	7.9~8.3	보통암	편마암	0.22	0.24	3.05	3.04
						0.60	0.67		
						0.74	0.79		
4공구	금촌 터널	BH-239	37.6~37.9	경 암	편마암	0.95	0.96	1.79	1.79
						1.39	1.43		
						2.02	2.00		

구 분	BH-31	BH-179	BH-239
AE시험			
DRA시험			

수직응력	수평응력	측압계수
		

분석결과

- 시험결과 K=1.79~3.05의 범위를 보이고 심도에 따라 측압계수의 차이가 있음

4.6 연약지반특성 분석

4.6.1 일축압축강도시험 및 삼축압축강도시험

개 요

- 연약 점토층에서 채취한 불교란시료에 대하여 일축압축강도(불교란/교란) 및 예민비 측정
- Mohr-Coulomb 파괴기준으로부터 전단강도 산출, 유효응력에 대한 점착력 및 마찰각 측정

◎ 시험현황

구분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기
일축(회)	-	-	-	2	-	6	-	5
삼축(회)	-	-	-	4	-	4	-	4

◎ 기존조사 자료

구분	일축강도			삼축압축				USCS
	불교란 (kPa)	교란 (kPa)	예민비	전응력 C (kPa)	전응력 φ (°)	유효응력 C′ (kPa)	유효응력 φ (°)	
NSB-2	69.2	33.9	2.0	-	-	-	-	ML
NSB-2	50.4	33.5	1.5	-	-	-	-	ML
B-8	-	-	-	17.1	13.0	22.9	15.0	ML

구분	일축강도(kPa)			삼축압축				USCS
	불교란 (kPa)	교란 (kPa)	예민비	전응력 C (kPa)	전응력 φ (°)	유효응력 C′ (kPa)	유효응력 φ (°)	
B-11	-	-	-	20.7	12.0	23.6	14.0	CL
NSB-2	-	-	-	45.7	-	-	-	ML
NSB-2	-	-	-	33.0	-	-	-	ML

◎ 실시설계 시험결과

구분		일축강도			삼축압축				USCS
		불교란 (kPa)	교란 (kPa)	예민비	전응력 C(kPa)	전응력 φ (°)	유효응력 Cc′ (kPa)	유효응력 φ (°)	
1공구	BH-1	46.11	10.14	4.55	-	-	-	-	ML
	BH-52	64.76	16.16	4.01	-	-	-	-	CL
3공구	BH-234	38.64	13.19	2.93	19.59	16.89	14.66	25.06	CL
4공구	BH-277	56.27	15.09	3.73	20.12	18.33	15.36	28.16	CL
	BH-281	44.17	8.73	5.1	18.83	10.60	13.11	22.10	CL
	BH-307	68.58	13.75	4.98	29.61	18.19	22.03	32.42	CL
	BH-310	63.15	14.18	4.45	29.82	14.75	14.98	28.29	ML
1공구	BH-346	82.57	23.18	3.56	-	-	-	-	CL
	BH-346-1	61.85	14.27	4.33	31.33	24.19	9.47	27.98	CL
	BH-347	61.59	12.68	4.9	21.02	12.89	13.51	23.18	CL
	BH-350	73.02	21.82	3.3	25.79	16.8	16.61	27.10	ML

분석결과

- 일축강도는 점토층 38.6~82.6kPa(평균 62.0), 실트층 46.1~73.0kPa(평균 54.6) 값을 보임
- 전응력상태의 점착력은 점토층 18.83~31.33kPa(평균 23.2), 실트층 17.1~45.7kPa(평균 31.4) 값을 보임

4.6.2 압밀시험

개 요

- 표준압밀 : 하중단계별 간극비를 측정하여 압축지수 및 압밀계수 등 압밀특성 파악
- Rowe Cell : 압밀곡선으로부터 수평압밀계수(C_h)와 투수계수(k_h) 측정

시험현황

구분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기
수 량(회)	–	–	–	4	–	6	–	5

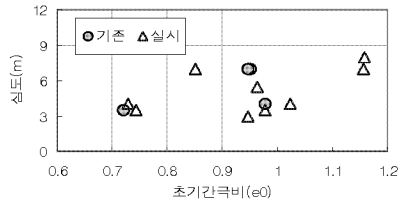
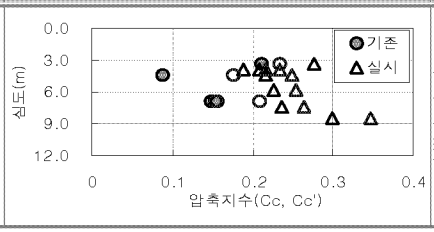
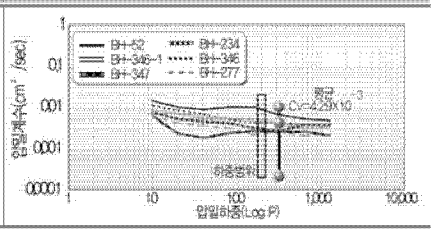
기존조사 자료

구 분	초기간극비	P_c(kPa)	과압밀비	압축지수	수정압축지수	C_v(cm^2/s)	k_v(cm/s)	USCS
B-8	0.950	102.1	1.9	0.089	0.176	4.23×10^{-4}	5.03×10^{-7}	ML
B-11	0.720	36.4	0.5	0.155	0.209	2.07×10^{-3}	6.28×10^{-7}	CL
NSB-2	0.977	170.2	2.6	0.212	0.234	3.69×10^{-3}	7.34×10^{-8}	ML
NSB-2	0.946	173.8	1.7	0.148	0.154	4.87×10^{-3}	5.83×10^{-8}	ML

실시설계 시험결과

표준압밀시험

구 분		초기간극비	P_c(kPa)	과압밀비	압축지수	수정압축지수	C_v(cm^2/s)	k_v(cm/s)	USCS
1공구	BH-1	1.158	103.99	1.0	0.299	0.347	6.99×10^{-3}	3.58×10^{-7}	ML
	BH-52	0.963	215.77	4.0	0.226	0.253	1.00×10^{-2}	2.29×10^{-7}	CL
3공구	BH-234	0.978	127.94	3.3	0.210	0.233	4.16×10^{-3}	1.47×10^{-7}	CL
	BH-277	0.946	133.97	3.3	0.276	0.329	3.24×10^{-3}	1.66×10^{-7}	CL
4공구	BH-307	1.026	123.88	1.7	0.285	0.339	5.10×10^{-3}	1.79×10^{-7}	CL
	BH-310	0.851	96.38	0.9	0.193	0.263	2.34×10^{-3}	9.15×10^{-8}	ML
	BH-346	0.743	234.42	3.4	0.189	0.216	4.28×10^{-3}	6.55×10^{-8}	CL
1공구	BH-346-1	1.157	114.02	0.9	0.236	0.264	5.05×10^{-3}	1.18×10^{-7}	CL
	BH-347	0.729	186.21	2.4	0.217	0.250	2.74×10^{-3}	6.67×10^{-8}	CL

초기간극비	압축지수	연직압밀계수
		

분석결과

- 초기간극비는 점토층 0.720~1.157(평균 0.907), 실트층 0.851~1.158(평균 0.976) 값을 보임
- 수정압축지수는 점토층 0.209~0.339(평균 0.262), 실트층 0.154~0.347(평균 0.235)값을 보임

4.7 실내토질시험

4.7.1 기본물성시험

개 요

- 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 및 불교란시료에 대하여 입도분석 및 물성시험 수행
- 지층별 대표시료를 선정하여 흙의 물리적 특성 파악 및 지층 분류시 활용

○ 터널구간

■ 실시설계 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)				USCS
						LL	PI	No.4	No.10	No.200	0.002mm	
금촌 터널	BH-239	4.0	풍화토	13.2	2.656	N.P	N.P	92.2	78.3	24.3	-	SM
	BH-240	1.0	붕적층	19.2	2.659	N.P	N.P	67.8	56.6	22.3	-	SM
	BH-241	3.0	퇴적층	29.8	2.684	33.3	11.6	100.0	100.0	81.0	14.2	CL
	BH-242	2.0	붕적층	19.0	2.661	N.P	N.P	82.6	73.8	23.8	-	SM

■ 지층별 결과분석

구 분		함수비(%)	비 중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)		USCS
				LL	PI	No.4	No.200	
붕적층		19.0~19.2	2.659~2.661	N.P	N.P	67.8~82.6	22.3~23.8	SM
퇴적층	점토층	29.8	2.684	33.3	11.6	100.0	100.0	81.0
풍화토		13.2	2.656	N.P	N.P	92.2	78.3	24.3

○ 교량구간

■ 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)				USCS
						LL	PI	No.4	No.10	No.200	0.002mm	
금촌2교	BH-243-2	5.0	풍화토	12.9	2.655	N.P	N.P	90.3	58.1	29.0	-	SM
금촌 3교	BH-246	3.0	퇴적층	28.9	2.686	32.5	10.4	-	100	84.1	17.3	CL
	BH-247	4.0	퇴적층	28.2	2.684	31.6	12.0	97.9	97.2	54.2	11.2	CL
	BH-248	3.0	퇴적층	14.3	2.659	N.P	N.P	98.7	90.4	27.9	-	SM
	BH-248	5.0	퇴적층	36.3	2.695	45.4	24.3	100.0	99.3	96.0	19.5	CL
	BH-248	6.0	퇴적층	15.2	2.644	N.P	N.P	42.7	8.7	2.4	-	SP
	BH-249	3.0	퇴적층	21.2	2.683	32.8	13.3	99.4	96.1	60.1	14.3	CL
	BH-250	5.0	풍화토	18.9	2.660	N.P	N.P	91.8	80.6	45.1	8.8	SM

(계속)

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)				USCS
						LL	PI	No.4	No.10	No.200	0.002mm	
월롱 육교	BH-261-3	6.0	풍화토	23.1	2.662	N.P	N.P	93.7	84.5	28.8	-	SM
	BH-261-4	6.0	풍화토	13.8	2.654	N.P	N.P	72.1	62.5	22.9	-	SM
월롱 IC교	BH-261-1	7.0	풍화토	18.3	2.664	N.P	N.P	99.4	97.1	28.0	-	SM
	BH-261-2	3.0	풍화토	15.8	2.667	N.P	N.P	100	95.8	29.2	-	SM
	BH-261-3	6.0	풍화토	23.1	2.662	N.P	N.P	93.7	84.5	28.8	-	SM
	BH-261-4	6.0	풍화토	13.8	2.654	N.P	N.P	72.1	62.5	22.9	-	SM
월롱교	BH-270	10.0	풍화토	14.7	2.657	N.P	N.P	98.7	89.5	18.2	-	SM
	BH-271	4.0	퇴적층	18.7	2.662	N.P	N.P	95.7	88.6	28.7	-	SM
	BH-272	4.0	퇴적층	17.7	2.660	N.P	N.P	82.1	71.6	12.2	-	SM
덕은교	BH-273	2.0	퇴적층	22.2	2.665	30.4	9.7	80.4	75.8	37.0	5.5	SC
	BH-278	7.0	퇴적층	36.6	2.662	N.P	N.P	100	97.9	39.5	5.6	SM
	BH-279	10.0	퇴적층	12.0	2.634	N.P	N.P	72.3	57.4	4.5	-	SP
	BH-280	5.0	퇴적층	23.1	2.679	29.7	9.3	71.8	66.3	55.0	10.9	CL
	BH-281	6.7~7.5	퇴적층	34.4	2.694	39.6	18.6	-	100	94.2	23.4	CL
능산 1교	BH-285	3.0	퇴적층	25.8	2.645	N.P	N.P	97.7	93.9	5.8	-	SP-SM
	BH-285	7.0	퇴적층	5.2	2.648	N.P	N.P	35.7	27.5	7.7	-	GP-GM
	BH-285-1	7.0	퇴적층	31.2	2.675	34.4	12.5	97.5	92.0	44.0	6.9	SC
	BH-285-2	5.0	퇴적층	34.8	2.684	36.5	10.3	-	100	91.8	17.3	ML
능산 2교	BH-286	4.0	퇴적층	16.3	2.676	N.P	N.P	86.5	92.9	59.3	5.4	ML
	BH-286-1	10.0	풍화토	8.2	2.651	N.P	N.P	95.0	76.8	21.5	-	SM
	BH-286-2	8.0	퇴적층	11.5	2.640	N.P	N.P	69.4	58.4	3.7	-	SP
능산 3교	BH-288	6.0	붕적층	23.1	2.665	N.P	N.P	97.0	92.3	35.0	5.2	SM
	BH-288-1	3.0	풍화토	11.2	2.661	N.P	N.P	99.4	96.7	27.0	-	SM
	BH-294-1	3.0	퇴적층	23.2	2.683	32.5	13.0	94.1	89.1	59.3	10.5	CL
능산 4교	BH-295	2.0	퇴적층	16.2	2.657	N.P	N.P	74.8	61.1	15.2	-	SM
	BH-296	5.0	퇴적층	11.4	2.631	N.P	N.P	61.3	46.6	1.9	-	SP
	BH-297	4.0	풍화토	13.2	2.661	N.P	N.P	89.9	77.7	28.4	-	SM
내포교	BH-304-2	2.0	붕적층	17.9	2.668	N.P	N.P	90.9	83.2	28.5	-	SM
	BH-305	5.0	퇴적층	23.1	2.680	29.4	18.7	93.8	91.2	57.9	11.9	CL
내포 1교	BH-305-1	5.0	퇴적층	23.7	2.676	32.6	13.2	88.2	81.5	45.3	8.4	SC
	BH-305-2	4.0	붕적층	24.5	2.668	N.P	N.P	91.8	84.8	39.3	6.2	SM

(계속)

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)				USCS
						LL	PI	No.4	No.10	No.200	0.002mm	
수로BOX	BH-305-6	4.0	매립층	18.3	2.664	N.P	N.P	86.8	78.9	33.7	4.4	SM
내포IC R-B1교	BH-308	5.0	퇴적층	34.7	2.690	36.7	17.9	-	100	98.7	20.0	CL
	BH-309	7.0	퇴적층	35.2	2.680	36.1	8.8	-	100	99.2	18.2	ML
내포IC R-B2교	BH-310	4.0	퇴적층	35.6	2.692	40.2	24.1	98.4	92.9	80.2	15.8	CL
	BH-310	7.0	퇴적층	29.9	2.677	30.5	23.2	100.0	99.1	94.1	13.6	ML
	BH-310	7.0~7.8	퇴적층	31.5	2.682	39.2	26.9	100.0	99.5	99.1	19.8	ML
	BH-310	14.0	퇴적층	7.8	2.684	N.P	100	94.8	26.8	-	-	SM
내포IC R-B3	BH-311	9.0	퇴적층	30.7	2.659	N.P	N.P	100	97.6	48.1	7.1	SM
	BH-314-1	8.0	퇴적층	20.2	2.671	30.4	23.8	-	100.0	89.8	13.5	ML
내포IC R-A교	BH-313	19.0	퇴적층	16.4	2.659	N.P	N.P	87.8	58.0	22.5	-	SM
	BH-315	9.0	퇴적층	33.5	2.673	N.P	N.P	100.0	89.5	62.0	8.6	ML
	BH-315	16.0	퇴적층	15.9	2.647	N.P	N.P	56.8	29.4	4.2	-	SP
	BH-316	10.0	퇴적층	32.9	2.677	N.P	N.P	100.0	99.9	98.4	12.3	ML
	BH-317	14.0	퇴적층	20.8	2.656	N.P	N.P	83.6	37.8	3.8	-	SP

■ 지층별 결과분석

구 분		함수비(%)	비 중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)		USCS
				LL	PI	No.4	No.200	
매립층		18.3	2.664	N.P	N.P	86.8	33.7	SM
붕적층		17.9~24.5	2.665~2.668	N.P	N.P	90.9~97.0	28.5~39.3	SM
퇴적층	점성토	16.3~36.3	2.673~2.695	29.4~45.4	8.8~26.9	71.8~100	54.2~99.2	CL, ML
	모래층	7.8~36.6	2.631~2.684	30.4~34.4	9.7~100	42.7~100.0	1.9~48.1	SM, SP, SC
	자갈층	5.2	2.648	N.P	N.P	27.5	7.7	GP-GM
풍화토		8.2~23.1	2.651~2.667	N.P	N.P	72.1~100.0	18.2~45.1	SM

분석결과

- 교량구간의 토질은 SM, CL, ML, SC, GP, GM으로 구성됨
- 함수비 : 5.2~36.6%, 비중 : 2.648~2.695, #200통과중량 백분율 : 7.7~99.2%

○ 깎기구간

■ 실시설계 시험결과

공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)				USCS
					LL	PI	No.4	No.10	No.200	0.002mm	
BH-243	3.0	풍화토	16.7	2.659	N.P	N.P	95.5	88.4	22.0	-	SM
BH-243-1	10.0	풍화토	20.4	2.661	N.P	N.P	100.0	94.8	21.6	-	SM

(계속)

공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비 중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)				USCS
					LL	PI	No.4	No.10	No.200	0.002mm	
BH-243	3.0	풍화토	16.7	2.659	N.P	N.P	95.5	88.4	22.0	-	SM
BH-243-1	10.0	풍화토	20.4	2.661	N.P	N.P	100.0	94.8	21.6	-	SM
BH-244	8.0	풍화토	21.0	2.663	N.P	N.P	100.0	99.1	24.4	-	SM
BH-252-1	4.0	풍화토	13.5	2.658	N.P	N.P	97.9	66.2	28.6	-	SM
BH-254	9.0	풍화토	22.3	2.664	N.P	N.P	91.1	80.8	22.4	-	SM
BH-255	3.0	풍화토	8.6	2.661	N.P	N.P	96.6	90.4	25.4	-	SM
BH-255-2	5.0	풍화토	24.5	2.665	N.P	N.P	83.2	74.5	26.3	-	SM
BH-261-5	2.0	풍화토	10.5	2.655	N.P	N.P	74.8	35.1	22.8	-	SM
BH-261-8	7.0	풍화토	7.1	2.650	N.P	N.P	90.6	77.8	25.7	-	SM
BH-282	4.0	풍화토	8.2	2.652	N.P	N.P	72.3	61.1	15.8	-	SM
BH-284	3.0	풍화토	14.3	2.657	N.P	N.P	97.4	88.4	24.6	-	SM
BH-287	3.0	풍화토	7.3	2.654	N.P	N.P	89.7	59.2	28.5	-	SM
BH-289	4.0	풍화토	13.6	2.655	N.P	N.P	94.1	85.9	29.7	-	SM
BH-291	2.0	풍화토	11.2	2.654	N.P	N.P	73.0	37.2	24.1	-	SM
BH-293	5.0	풍화토	13.6	2.668	N.P	N.P	100.0	97.3	41.7	7.4	SM
BH-293-1	2.0	풍화토	10.7	2.655	N.P	N.P	92.1	59.2	28.8	-	SM
BH-298-1	5.0	풍화토	17.0	2.664	N.P	N.P	94.3	88.5	34.7	3.8	SM
BH-299	6.0	풍화토	12.9	2.656	N.P	N.P	99.2	94.9	27.4	-	SM
BH-299-1	4.0	풍화토	16.1	2.657	N.P	N.P	99.0	94.4	26.7	-	SM
BH-299-2	3.0	풍화토	15.5	2.658	N.P	N.P	96.8	93.0	20.0	-	SM
BH-302	8.0	풍화토	13.4	2.658	N.P	N.P	100.0	99.8	37.5	6.7	SM
BH-302-1	4.0	풍화토	18.9	2.662	N.P	N.P	90.7	81.7	26.1	-	SM
BH-303	3.0	풍화토	14.7	2.659	N.P	N.P	79.8	78.6	25.6	-	SM
BH-303-1	4.0	풍화토	9.2	2.648	N.P	N.P	98.3	91.4	10.6	-	SM
BH-304-1	3.0	풍화토	12.9	2.66	N.P	N.P	97.5	92.3	25.3	-	SM
BH-305-7	3.0	풍화토	8.0	2.652	N.P	N.P	86.6	49.7	28.3	-	SM
BH-306	9.0	풍화토	22.7	2.662	N.P	N.P	96.0	87.6	19.9	-	SM

분석결과

- 깎기구간의 토질은 대부분 SM으로 구성됨
- 함수비: 7.1~24.5%, 비중: 2.648~2.668, #200통과중량 백분율: 10.6~41.7%

○ 쌍기구간

■ 실시설계 시험결과

공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)				USCS
					LL	PI	No.4	No.10	No.200	0.002mm	
BH-245	5.0	풍화토	20.4	2.661	N.P	N.P	100.0	96.0	21.1	-	SM
BH-253	3.0	풍화토	14.1	2.656	N.P	N.P	87.9	75.1	18.7	-	SM
BH-254-1	2.0	붕적층	9.1	2.652	N.P	N.P	91.0	51.4	23.9	-	SM
BH-255-1	2.0	붕적층	12.1	2.641	N.P	N.P	86.4	31.4	1.2	-	SP
BH-255-3	3.0	전답층	20.5	2.670	30.4	20.6	75.3	64.6	46.6	7.8	SC
BH-256	4.0	붕적층	30.8	2.685	34.5	12.7	99.4	97.3	69.2	13.2	CL
BH-258	3.0	붕적층	12.6	2.655	N.P	N.P	71.2	57.4	18.4	-	SM
BH-261	5.0	풍화토	22.5	2.667	N.P	N.P	99.1	94.7	29.2	-	SM
BH-261-6	5.0	풍화토	20.2	2.661	N.P	N.P	93.9	87.5	47.6	11.3	SM
BH-261-7	6.0	풍화토	18.1	2.658	N.P	N.P	97.8	94.3	24.3	-	SM
BH-267	7.0	풍화토	17.8	2.659	N.P	N.P	96.4	87.7	22.9	-	SM
BH-267-1	5.0	풍화토	11.6	2.656	N.P	N.P	93.8	84.5	31.6	4.8	SM
BH-268	3.0	붕적층	21.8	2.679	29.5	9.9	99.7	97.7	60.4	11.9	CL
BH-269	4.0	풍화토	20.3	2.663	N.P	N.P	96.9	83.5	25.8	-	SM
BH-274	2.0	매립층	23.3	2.675	32.9	21.4	73.9	66.3	46.3	7.5	SC
BH-274	4.0	퇴적층	27.0	2.642	N.P	N.P	99.9	85.1	4.1	-	SP
BH-275	5.0	붕적층	10.3	2.650	N.P	N.P	74.7	62.3	14.3	-	SM
BH-276	9.0	퇴적층	41.5	2.694	44.2	20.0	97.5	94.0	62.3	13.2	CL
BH-277	3.0~3.8	퇴적층	34.5	2.688	38.8	15.4	-	100.0	67.9	12.7	CL
BH-277	6.0	퇴적층	8.7	2.640	N.P	N.P	52.3	37.1	4.1	-	SW
BH-287-1	3.0	퇴적층	33.6	2.689	40.0	23.7	99.6	99.2	89.1	17.6	CL
BH-287-1	4.0	퇴적층	17.4	2.635	N.P	N.P	95.7	89.8	6.0	-	SP-SM
BH-287-1	5.0	퇴적층	16.0	2.638	N.P	N.P	84.1	36.5	0.9	-	SP
BH-291-1	2.0	퇴적층	23.2	2.662	N.P	N.P	99.8	95.3	28.3	-	SM
BH-291-1	5.0	퇴적층	5.1	2.651	N.P	N.P	29.0	23.7	3.3	-	GP
BH-291-2	2.0	퇴적층	14.9	2.659	N.P	N.P	98.8	85.4	27.0	-	SM
BH-291-2	4.0	퇴적층	8.6	2.648	N.P	N.P	47.7	38.4	3.4	-	GP
BH-298	3.0	붕적층	10.4	2.640	N.P	N.P	99.2	85.8	1.5	-	SP
BH-298	5.0	붕적층	11.6	2.642	N.P	N.P	61.7	43.8	2.1	-	SP
BH-304	1.0	붕적층	15.2	2.657	N.P	N.P	83.2	75.1	26.8	-	SM

(계속)

공 번	심 도 (m)	지 층	함수비 (%)	비중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)				USCS
					LL	PI	No.4	No.10	No.200	0.002mm	
BH-307	4.0	퇴적층	30.3	2.685	34.3	21.6	99.1	98.0	85.6	14.5	CL
BH-307	4.0~4.8	퇴적층	37.8	2.698	44.2	21.3	100.0	97.5	90.9	22.1	CL
BH-307	9.0	퇴적층	9.1	2.654	N.P	N.P	98.6	87.9	24.6	-	SM
BH-314-2	8.0	퇴적층	42.9	2.681	41.4	26.2	100.0	99.4	96.6	12.4	ML
BH-314-2	9.0	퇴적층	36.0	2.687	37.2	26.8	100.0	99.7	98.8	19.4	ML
BH-314-2	12.0	퇴적층	8.7	2.655	N.P	N.P	91.8	55.4	27.0	-	SM

■ 지층별 결과분석

구 분		함수비(%)	비 중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)		USCS
				LL	PI	No.4	No.200	
매립층	모래층	23.3	2.675	32.9	21.4	73.9	46.3	SC
붕적층/전답층		9.1~30.8	2.64~2.685	29.5~34.5	12.7~20.6	61.7~99.7	1.2~69.2	SM,SC,SP,CL
퇴적층	점토층	30.3~42.9	2.681~2.698	34.3~44.2	15.4~26.8	97.5~100	62.3~98.8	CL
	모래층	8.7~27.0	2.635~2.662	N.P	N.P	52.3~99.9	0.9~28.3	SM,SP,SW
	자갈층	5.1~8.6	2.648~2.651	N.P	N.P	29.0~47.7	3.3~3.4	GP
풍화토		11.6~22.5	2.656~2.667	N.P	N.P	87.9~100	18.7~47.6	SM

분석결과
- 쌓기구간의 토질은 SM, CL, ML, SC, SP, GP, GM으로 구성됨
- 함수비 : 5.1~42.9%, 비중 : 2.635~2.698, #200통과중량 백분율 : 0.9~98.8%

4.7.2 직접전단시험

개 요
- 쌓기재의 흙재료를 대상으로 다짐상태의 직접전단시험을 수행하여 쌓기재료의 전단강도 산출

◎ 실시설계 시험결과

공 번		지 층	점착력 (kPa)	마찰각 (°)	USCS
1공구	NTP-1	풍화토	12.47	29.5	SM
	NTP-2	풍화토	13.99	29.4	SM
	NTP-3	풍화토	10.09	31.4	SM
2공구	NTP-4	풍화토	9.73	38.7	SM
3공구	NTP-5	풍화토	8.53	35.5	SM

공 번		지 층	점착력 (kPa)	마찰각 (°)	USCS
3공구	NTP-6	풍화토	13.54	30.5	SM
	NTP-7	풍화토	5.67	32.6	SM
4공구	NTP-8	풍화토	14.11	28.4	SM
	NTP-9	풍화토	11.46	32.1	SM
-	-	-	-	-	-

분석결과
- 점착력은 5.67~14.11kPa(평균 : 11.07kPa), 마찰각은 28.4~38.7° (평균 : 32.0°)의 범위 값을 보임

4.7.3 다짐 및 CBR시험

개 요

- 쌓기재료로 사용되는 재료에 대하여 다짐 및 실내CBR시험을 수행하여 다짐특성 파악
- 쌓기재료에 대한 밀도, 입도 및 다짐특성에 따른 쌓기재료 유용성 평가시 활용

시험현황

구분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기
수 량(회)	–	–	9	–	–	–	9	–

기존조사 자료

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m^3)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m^3)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
1공구	TP-1	1.8	풍화암	18.36	14.2	19.42	10.8	12.8	SM
3공구	TP-2	1.5	풍화암	18.18	14.9	19.36	11.4	12.4	SM
	TP-3	2.0	풍화토	17.72	15.4	18.93	12.7	11.4	SM
4공구	TP-4	2.0	풍화토	17.89	15.5	19.01	12.1	11.7	SM
	TP-5	2.0	풍화암	18.23	14.7	19.38	10.4	12.1	SM
	TP-6	2.0	풍화암	17.82	15.7	18.86	11.9	10.8	SM
1공구	TP-7	2.0	풍화토	18.30	14.9	19.49	10.7	12.5	SM
2공구	TP-8	1.9	풍화토	17.76	16.3	18.74	12.5	10.6	SM
4공구	TP-9	2.0	풍화토	17.92	16.1	18.82	12.0	10.3	SM

실시설계 시험결과

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐 건조단위중량 (kN/m^3)	A다짐 OMC(%)	D다짐 건조단위중량 (kN/m^3)	D다짐 OMC(%)	CBR(%)	USCS
1공구	TP-1	1.0	풍화토	16.94	15.9	18.54	12.7	13.2	SM
	TP-2	1.0	풍화토	17.30	14.8	18.87	11.9	13.7	SM
	TP-3	1.0	풍화토	17.39	13.8	19.05	11.1	16.5	SM
2공구	TP-4	1.0	풍화토	17.86	13.2	19.49	10.3	17.2	SM
3공구	TP-5	1.0	풍화토	18.36	12.3	19.76	9.8	18.1	SM
	TP-6	1.0	풍화토	17.57	15.6	19.06	12.2	15.2	SM
	TP-7	1.0	풍화토	17.82	14.1	19.39	11.4	16.9	SM
4공구	TP-8	1.0	풍화토	17.19	14.9	18.77	11.8	14.2	SM
	TP-9	1.0	풍화토	17.66	14.3	19.13	11.5	16.1	SM

분석결과

- 건조단위중량은 A다짐:16.94~18.36kN/m^3(평균 17.6), D다짐:18.54~19.76kN/m^3 (평균 19.1)로 나타남
- CBR는 10.3~18.1%(평균 15.7%)의 범위로 나타남

4.8 실내암석시험

4.8.1 암석기본물성 및 일축압축시험

개 요

- 시추조사시 채취된 대표적 시료에 대하여 암석의 물리적 성질과 일축압축강도 측정
- 지층 및 암종별로 물리·역학적 특성을 규명하고 안정성검토 및 설계지반정수 산정시 활용

○ 터널구간

■ 실시설계 시험결과

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
금촌 터널	BH-239	37.0~37.3	경 암	27.07	5,679	3,948	161.4	94,790	0.18
	BH-239	39.8~40.0	경 암	27.10	5,727	4,175	158.6	76,680	0.23
	BH-240	6.0~6.2	보통암	26.67	4,679	3,129	61.6	37,300	0.25
	BH-240	12.9~13.1	경 암	26.69	5,536	3,543	89.0	38,910	0.26
	BH-241	5.5~5.7	보통암	26.62	4,957	3,056	74.5	31,980	0.30
	BH-241	13.3~13.5	경 암	26.60	5,670	3,580	63.4	30,290	0.28
	BH-242	5.6~5.8	연 암	26.98	5,537	3,718	71.9	35,780	0.25
	BH-242	8.1~8.3	경 암	26.47	5,221	3,148	47.1	26,720	0.27

■ 지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	포아송비
연 암	26.98	5,537	3,718	71.9	35,780	0.25
보통암	26.62~26.67	4,679~4,957	3,056~3,129	61.6~74.5	31,980~37,300	0.25~0.3
경 암	26.47~27.10	5,221~5,727	3,148~4,175	47.1~161.4	26,720~94,790	0.18~0.28

○ 교량구간

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	포아송비
월롱육교	BH-261-3	23.5~23.6	연 암	26.31	4,602	2,833	129.9	52.10	0.25
월롱교	BH-273	10.1~10.3	연 암	25.57	4,250	2,440	131.9	53.97	0.25
덕은교	BH-280	9.4~9.5	연 암	26.09	4,525	2,760	77.3	31.31	0.24
능산1교	BH-285-1	13.9~14.0	연 암	25.52	3,290	1,950	52.6	18.56	0.25
능산2교	BH-286	13.1~13.3	연 암	25.63	3,549	2,128	72.9	25.75	0.24
능산4교	BH-294-1	9.6~9.7	연 암	25.95	3,768	2,326	82.9	27.37	0.23
내포교	BH-305	19.0~19.15	연 암	26.16	4,096	2,440	61.4	24.87	0.23
내포IC R-B1교	BH-308	16.7~17.0	연 암	26.18	3,579	2,123	68.4	31.70	0.25
내포IC R-B1교	BH-309	17.7~17.8	연 암	26.10	3,304	1,986	59.7	28.72	0.20

(계속)

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	포아송비
내포IC R-A교	BH-316	19.9~20.1	연 암	26.48	3,643	–	54.2	22.59	0.23
	BH-317	23.2~23.4	연 암	27.06	4,117	2,437	52.8	21.50	0.28

분석결과 • 연 암 → 일축압축강도: 52.6~131.9MPa, 포아송비: 0.20~0.28 범위로 나타남

◎ 토공구간

공 번	심 도 (m)	지 층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	포아송비
BH-252-1	31.4~32.1	경 암	27.36	4,662	2,885	124.3	40.22	0.24
BH-282	23.3~23.5	보통암	26.42	4,594	2,913	133.5	63.33	0.17
BH-284	33.5~33.85	보통암	26.42	4,549	2,791	92.6	34.51	0.30
BH-287	29.2~29.7	경 암	25.76	3,699	2,231	130.6	45.71	0.22
BH-289	14.7~14.8	연 암	24.75	1,253	706	14.0	5.62	0.28
BH-291	12.8~13.1	연 암	24.09	–	–	3.5	–	–
BH-291-1	12.2~12.4	연 암	25.16	4,662	2,953	143.3	55.76	0.21
BH-293	17.8~18.0	보통암	25.09	1,683	925	17.5	5.56	0.31
BH-293-1	18.3~18.4	경 암	26.09	3,229	1,973	66.1	38.67	0.21
BH-298-1	24.8~25.5	경 암	27.05	4,498	2,778	123.4	42.34	0.24
BH-302-1	23.2~23.35	연 암	28.73	4,622	2,941	68.2	52.33	0.22
BH-302	23.3~23.5	보통암	26.60	4,511	2,649	69.6	26.33	0.23
BH-303	9.75~9.95	연 암	25.57	4,451	2,796	253.3	56.60	0.28
BH-305-7	13.8~13.9	연 암	26.54	3,961	2,430	72.6	25.93	0.21
BH-306	24.6~24.8	연 암	27.06	4,580	2,850	87.4	46.22	0.21

■ 지층별 결과분석

구 분	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	포아송비
연 암	24.09~28.73	1,253~4,662	706~2,953	3.5~253.3	5.6~56.6	0.21~0.28
보통암	25.09~26.60	1,483~4,594	925~2,913	17.5~133.5	5.6~63.3	0.17~0.31
경 암	25.76~27.36	3,229~4,662	1,973~2,885	66.1~130.6	38.7~45.7	0.21~0.24

분석결과
- 연 암 → 일축압축강도: 3.5~253.3MPa, 포아송비: 0.21~0.28범위로 나타남
- 보통암 → 일축압축강도: 17.5~133.5MPa, 포아송비: 0.17~0.31범위로 나타남
- 경 암 → 일축압축강도: 66.1~130.6MPa, 포아송비: 0.21~0.24 범위로 나타남

4.8.2 점하중강도시험

개 요

- 실내암석시험을 통한 일축압축강도와의 상관관계를 도출하여 본 설계지반의 강도분포 산정
- 본 설계구간의 일축압축강도 분포를 통한 암반분류의 기초자료로 활용

터널구간

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
금촌 터널	BH-239	6.2~6.5	경 암	2.91	58.2
	BH-239	8.4~8.5	경 암	2.79	55.9
	BH-239	10.5~10.7	경 암	3.03	60.5
	BH-239	14.5~14.7	경 암	2.13	42.7
	BH-239	15.5~15.6	경 암	2.52	50.4
	BH-239	18.2~18.3	경 암	2.25	45.0
	BH-239	21.5~21.6	경 암	3.57	71.4
	BH-239	24.5~24.7	경 암	4.27	85.3
	BH-239	27.5~27.7	경 암	4.65	93.1
	BH-239	32.6~32.9	경 암	5.24	104.7
	BH-239	35.8~36.0	경 암	5.43	108.6
	BH-239	36.5~36.7	경 암	4.89	97.8
	BH-239	41.3~41.4	경 암	4.46	89.2
	BH-239	44.1~44.5	경 암	6.52	130.3
	BH-239	47.5~47.8	경 암	6.67	133.4
	BH-239	49.5~49.8	경 암	6.39	127.2
	BH-239	52.5~52.8	경 암	6.01	120.3
	BH-239	54.5~54.8	경 암	6.59	131.9
	BH-239	59.5~59.8	경 암	7.06	141.2
	BH-240	2.5~2.6	연 암	2.79	55.9
	BH-240	3.8~3.85	보통암	4.77	95.4
	BH-240	6.3~6.5	경 암	3.88	77.6
	BH-240	10.6~10.8	경 암	4.97	99.3
	BH-240	13.4~13.5	경 암	2.99	59.7

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
금촌 터널	BH-240	15.4~15.5	경 암	3.88	77.6
	BH-240	18.3~18.5	경 암	4.38	87.7
	BH-240	21.4~21.5	경 암	3.65	72.9
	BH-240	24.2~24.3	경 암	4.58	91.5
	BH-240	28.7~28.8	경 암	5.82	116.4
	BH-240	28.9~29.1	경 암	4.81	96.2
	BH-240	31.8~32.0	경 암	5.82	116.4
	BH-241	5.4~5.5	보통암	6.59	131.9
	BH-241	7.0~7.2	보통암	3.10	62.1
	BH-241	9.7~9.8	보통암	2.52	50.4
	BH-241	15.3~15.4	경 암	4.07	81.5
	BH-241	15.5~15.7	경 암	4.34	86.9
	BH-241	18.5~18.7	경 암	5.82	116.4
	BH-241	20.1~20.4	경 암	4.89	97.8
	BH-241	22.5~22.6	경 암	4.19	83.8
	BH-242	6.3~6.4	연 암	3.41	68.3
	BH-242	8.3~8.4	경 암	3.88	77.6
	BH-242	9.5~9.7	경 암	4.81	96.2
	BH-242	12.5~12.7	경 암	4.54	90.8
	BH-242	15.6~15.7	경 암	5.74	114.8
	BH-242	18.6~18.8	경 암	6.48	129.6
	BH-242	21.5~21.7	경 암	7.76	155.2
	BH-242	24.5~24.6	경 암	7.18	143.5
	BH-242	27.5~27.7	경 암	5.62	112.5

지층별 결과분석

구 분	연암		보통암		경암	
	범위	평균	범위	평균	범위	평균
$I_{s(50)}$(MPa)	2.8~3.4	3.1	2.5~6.6	4.2	2.1~7.8	4.8
q_u(MPa)	55.9~68.3	62.10	50.4~131.9	84.95	42.7~155.2	95.93

○ 깎기구간

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
깎기1	BH-252-1	23.8~24.0	경 암	6.54	130.7
	BH-252-1	27.6~27.7	경 암	5.78	115.5
	BH-252-1	29.5~29.6	경 암	6.67	133.5
	BH-252-1	31.4~31.6	경 암	7.42	148.3
깎기2	BH-282	11.7~11.8	연 암	0.97	19.4
	BH-282	14.8~15.0	연 암	1.36	27.2
	BH-282	17.7~17.8	연 암	3.34	66.7
	BH-282	20.8~20.9	보통암	3.03	60.5
	BH-282	22.6~22.8	보통암	5.51	110.2
	BH-282	24.3~24.5	보통암	4.27	85.3
	BH-282	28.9~29.0	보통암	3.96	79.1
	BH-282	30.5~30.6	보통암	4.42	88.4
	BH-282	33.4~33.5	보통암	5.82	116.4
	BH-282	37.2~37.3	보통암	4.97	99.3
	BH-282	39.0~39.1	보통암	3.96	79.1
	BH-282	41.3~41.5	보통암	2.52	50.4
	BH-284	6.3~6.4	연 암	1.94	38.8
	BH-284	8.9~9.0	연 암	2.91	58.2
	BH-284	10.4~10.5	연 암	3.10	62.1
	BH-284	11.3~11.4	연 암	2.33	46.5
	BH-284	15.2~15.3	연 암	1.75	34.9
	BH-284	17.3~17.4	연 암	0.97	19.4
깎기2	BH-284	18.0~18.1	연 암	1.16	23.3
	BH-284	20.9~21.1	연 암	5.04	100.9
	BH-284	24.4~24.5	보통암	6.01	120.3
	BH-284	26.6~26.7	보통암	7.18	143.5
	BH-284	28.0~28.5	보통암	6.21	124.1
	BH-284	30.3~30.4	보통암	6.59	131.9
	BH-284	33.9~34.3	보통암	4.65	93.1
깎기4	BH-287	16.5~16.7	보통암	3.2	64.0
	BH-287	19.7~19.8	보통암	3.98	79.6
	BH-287	21.9~22.0	보통암	4.33	86.6
깎기4	BH-287	24.0~24.2	보통암	6.48	129.6
	BH-287	26.5~26.8	경 암	8.59	171.7
	BH-287	28.8~29.0	경 암	9.17	183.4
	BH-289	10.7~10.8	연 암	1.01	20.3
깎기5	BH-289	13.8~13.9	연 암	1.64	32.8
	BH-289	17.5~17.6	연 암	1.48	29.7
산단IC	BH-291	14.5~14.6	연 암	1.33	26.5
	BH-293	16.4~16.6	연 암	2.65	53.1
	BH-293	18.2~18.3	보통암	3.59	71.8
	BH-293	20.7~20.8	보통암	4.31	86.3
	BH-293	22.5~22.6	보통암	5.11	102.3
깎기5	BH-293	25.1~25.2	보통암	5.93	118.6
	BH-293	27.0~27.3	보통암	8.78	175.6
	BH-293	30.2~30.4	보통암	9.56	191.2
	BH-293	31.3~31.5	보통암	6.83	136.6
	BH-293	32.7~32.9	보통암	6.56	131.1
	BH-293	35.1~35.3	보통암	6.11	122.2
	BH-293-1	13.2~13.3	연 암	1.87	37.5
	BH-293-1	15.5~15.7	보통암	6.32	126.5
	BH-293-1	17.2~17.4	경 암	7.81	156.1
산단IC	BH-293-1	21.3~21.4	경 암	6.87	137.4
	BH-293-1	23.4~23.5	경 암	7.30	146.0
	BH-293-1	26.3~26.4	경 암	8.39	167.8
	BH-293-1	30.4~30.7	경 암	8.82	176.4
깎기6	BH-298-1	17.1~17.2	연 암	1.60	32.0
	BH-298-1	18.6~18.7	연 암	3.30	66.0
	BH-298-1	21.1~21.3	연 암	2.50	50.0
	BH-298-1	25.0~25.3	경 암	7.43	148.7

(계속)

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
깎기6	BH-298-1	27.9~28.1	경 암	7.26	145.2
	BH-299	17.1~17.2	연 암	1.59	31.9
	BH-299	21.7~21.8	연 암	1.99	39.8
깎기6	BH-299	25.6~25.7	보통암	2.20	44.0
	BH-299	27.9~28.1	보통암	2.40	48.0
	BH-299	31.1~31.5	경 암	6.41	128.1
	BH-299-1	6.8~6.9	연 암	2.28	45.7
	BH-299-1	10.1~10.2	연 암	2.42	48.4
	BH-299-1	13.2~13.4	연 암	2.67	53.5
깎기6	BH-299-1	16.9~7.0	연 암	1.93	38.6
	BH-299-1	18.5~18.6	연 암	2.42	48.4
	BH-299-1	23.5~23.6	연 암	2.28	45.7
	BH-299-1	24.7~24.9	연 암	2.79	55.8
	BH-299-2	20.3~20.5	연 암	3.18	63.6
	BH-299-2	23.2~23.4	연 암	2.61	52.3
깎기7	BH-299-2	25.5~25.6	연 암	1.07	21.5
	BH-299-2	28.6~28.9	연 암	5.27	105.4
	BH-299-2	30.5~30.6	보통암	4.37	87.4
	BH-299-2	34.0~34.1	경 암	6.17	123.3
	BH-302	15.6~15.7	연 암	1.40	27.9
	BH-302	17.0~17.1	연 암	2.00	40.0
	BH-302	20.4~20.6	연 암	2.80	56.1
깎기7	BH-302	23.6~23.7	보통암	3.99	79.8
	BH-302	26.6~26.7	보통암	7.19	143.7
	BH-302	29.3~29.4	보통암	5.61	112.1
	BH-302	31.1~32.2	보통암	5.01	100.1
	BH-302	34.3~34.4	보통암	3.59	71.9
	BH-302	35.5~35.7	보통암	6.40	127.9
	BH-302	37.2~37.6	보통암	6.42	128.3
깎기7	BH-302	41.7~4.8	보통암	4.80	96.0
	BH-302	45.4~45.5	보통암	8.40	167.9
	BH-302	47.3~47.5	보통암	4.00	80.1
	BH-302-1	15.9~16.0	연 암	1.40	28.0
	BH-302-1	21.0~21.2	연 암	1.59	31.8
깎기7	BH-302-1	23.9~24.1	연 암	1.60	31.9
	BH-302-1	25.8~26.0	연 암	1.60	32.0
	BH-302-1	28.6~28.7	연 암	1.20	24.0
	BH-303	8.4~8.6	연 암	2.40	47.9
	BH-303	10.5~10.6	연 암	1.99	39.9
깎기7	BH-303	14.6~14.8	경 암	3.98	79.6
	BH-303	16.6~16.7	경 암	4.78	95.5
	BH-303	21.4~21.6	경 암	4.38	87.7
	BH-303	23.1~23.4	경 암	5.19	103.8
	BH-303-1	21.0~21.3	연 암	1.29	25.8
	BH-303-1	24.7~24.9	보통암	2.07	41.4
깎기7	BH-303-1	26.9~27.1	보통암	4.76	95.2
	BH-303-1	29.5~29.8	경 암	7.06	141.3
	BH-304-1	12.2~12.3	연 암	2.32	46.4
	BH-306	15.0~15.1	연 암	1.79	35.9
	BH-306	19.7~19.8	연 암	1.59	31.8
깎기 8-1	BH-306	23.2~23.4	연 암	2.59	51.7
	BH-306	24.8~25.0	연 암	2.78	55.6
	BH-306	26.2~26.3	연 암	2.98	59.7
	BH-306	27.9~28.0	연 암	1.99	39.8

■ 지층별 결과분석

구 분	연암		보통암		경암	
	범위	평균	범위	평균	범위	평균
$I_{s(50)}$(MPa)	0.97~5.27	2.15	2.07~9.56	5.14	3.98~9.17	6.80
q_u(MPa)	19.4~105.4	43.18	41.4~191.2	102.9	79.6~183.4	136.0

◎ 교량구간

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
금촌 3교	BH-247	21.6~21.8	보통암	4.84	96.8
	BH-249	10.7~11.0	경 암	7.67	153.4
	BH-250	12.1~12.3	경 암	7.14	142.8
덕은교	BH-278	11.9~12.0	경 암	7.10	142.1
	BH-279	12.9~13.0	보통암	4.10	82.0
	BH-280	9.2~9.3	연 암	3.45	69.1
	BH-281	11.9~12.0	연 암	3.04	60.9
능산 1교	BH-285-1	12.5~12.6	연 암	1.81	36.3
	BH-285-2	12.0~12.1	연 암	2.05	41.0
능산 2교	BH-286	13.8~13.9	연 암	1.93	38.6
	BH-286-1	13.6~13.7	연 암	2.52	50.3
	BH-286-2	11.3~11.4	연 암	2.24	44.9
능산 3교	BH-288	12.0~12.1	연 암	2.89	42.2
	BH-288-1	10.0~10.1	연 암	1.80	35.9

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
능산 4교	BH-294-1	7.3~7.4	연 암	2.56	51.1
	BH-295	10.8~10.9	보통암	2.09	41.8
	BH-296	9.4~9.6	보통암	3.69	73.8
	BH-297	11.3~11.4	연 암	3.94	78.8
내포교	BH-304-2	8.9~9.2	보통암	2.77	55.4
	BH-305	17.8~17.9	연 암	3.10	62.1
내포1교	BH-305-2	13.5~13.7	보통암	2.65	53.1
수로BOX	BH-305-6	11.5~11.6	연 암	2.32	46.4
내포IC R-B1교	BH-308	18.1~18.2	연 암	1.89	37.9
	BH-309	17.5~17.6	연 암	2.03	40.6
내포IC R-B3교	BH-314-1	27.5~27.6	연 암	6.44	128.8
내포IC R-A교	BH-315	24.1~24.2	연 암	2.26	45.3

■ 지층별 결과분석

구 분	연암		보통암		경암	
	범위	평균	범위	평균	범위	평균
$I_{s(50)}$(MPa)	1.8~6.4	2.7	2.1~4.8	3.4	7.1~7.7	7.3
q_u(MPa)	35.9~128.8	53.54	41.8~96.8	67.15	142.1~153.4	146.1

◎ 쌓기구간

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
쌓기9	BH-287-1	11.5~11.6	연 암	2.89	57.8
산단IC	BH-291-1	11.1~11.2	연 암	3.30	66.0
쌓기10	BH-298	8.7~8.8	연 암	2.17	43.3

구 분	공 번	심 도 (m)	지 층	$I_{s(50)}$ (MPa)	q_u (MPa)
쌓기11	BH-304	2.6~2.7	연 암	2.61	52.3
내포IC	BH-314-2	18.9~19.0	연 암	2.09	41.8
–	–	–	–	–	–

분석결과 • 일축압축강도의 상관성 분석결과 $qu=20.3Is_{(50)}$으로, 상관계수 20을 적용하여 일축강도로 환산

4.8.3 삼축압축 및 인장강도시험

개 요

- 삼축압축 : Mohr-coulomb의 파괴포락선을 작도하여 점착력과 내부마찰각을 파악
- 인장강도 : 원주상 공시체에 선하중을 가하여 압열시켜 간접적으로 암석의 인장강도 측정

시험현황

구분	기존조사				실시설계			
	터널	교량	깎기	쌓기	터널	교량	깎기	쌓기
수 량(회)	4	4	1	-	6	-	12	-

터널구간

기존조사 자료

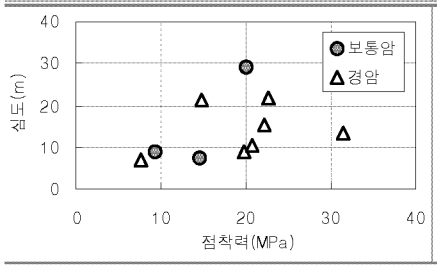
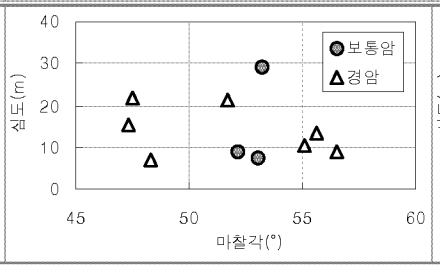
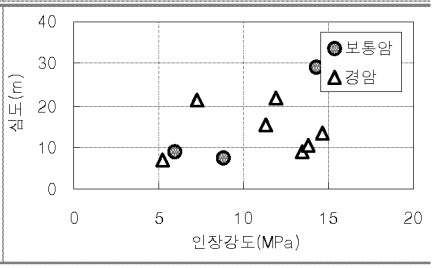
구 분		공 번	심 도(m)	지 층	점착력(MPa)	마찰각(°)	인장강도(MPa)
3공구	문봉터널	TTB-2	15.5~16.5	경 암	22.2	47.3	11.3
		TTB-3	13.5~14.8	경 암	31.5	55.6	14.7
4공구	금촌터널	TTB-4	21.0~22.0	경 암	14.7	51.7	7.3
		TTB-6	21.5~21.95	경 암	22.5	47.5	11.9

실시설계 시험결과

구 분		공 번	심 도(m)	지 층	점착력(MPa)	마찰각(°)	인장강도(MPa)
1공구	강매터널	BH-31	29.0~29.7	보통암	20.0	53.2	14.3
		BH-34	10.2~10.9	경 암	20.8	55.1	13.8
3공구	문봉터널	BH-179	7.3~7.8	보통암	14.6	53.0	8.8
		BH-180	8.8~9.3	경 암	19.7	56.5	13.5
4공구	금촌터널	BH-241	8.8~9.3	보통암	9.2	52.1	6.0
		BH-242	7.1~7.8	경 암	7.6	48.3	5.2

지층별 결과분석

구 분	점착력(MPa)		마찰각(°)		인장강도(MPa)	
	범위	평균	범위	평균	범위	평균
보통암	9.2~20.0	14.6	52.1~53.2	52.8	6.0~14.3	9.7
경 암	7.6~31.5	19.9	47.3~56.5	51.7	5.2~14.7	11.1

점착력	마찰각	인장강도
		

○ 교량구간

▮ 기존조사 자료

구 분		공 번	심 도(m)	지 층	점착력(MPa)	마찰각(°)	인장강도(MPa)
3공구	설문IC2육교	BB-33	9.9~10.5	경 암	19.9	50.5	10.1
4공구	금촌육교	BB-45	7.7~8.3	연 암	23.9	50.8	11.9
	능산4교	BB-60	10.3~10.5	보통암	18.9	49.6	9.6

○ 깎기구간

▮ 기존조사 자료

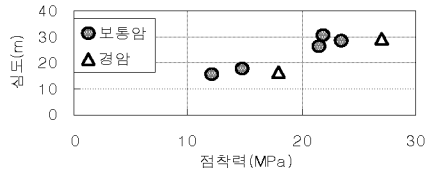
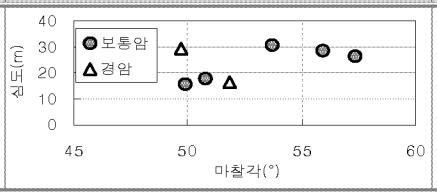
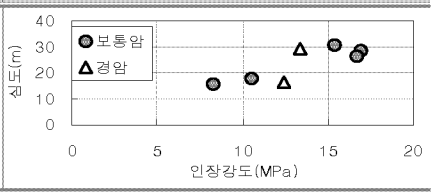
구 분		공 번	심 도(m)	지 층	점착력(MPa)	마찰각(°)	인장강도(MPa)
4공구	깎기	CCB-5	29.0~32.0	경 암	27.0	49.7	13.4

▮ 실시설계 시험결과

공 번		심 도(m)	지 층	점착력(MPa)	마찰각(°)	인장강도(MPa)
1공구	BH-37	17.9~18.6	보통암	14.7	50.8	10.5
	BH-99	16.3~16.8	경 암	11.7	44.6	8.6
2공구	BH-109	15.47~15.77	보통암	12.0	49.9	8.3
3공구	BH-159	16.2~16.8	경 암	18.0	51.8	12.4
	BH-202	25.4~25.9	연 암	9.3	46.3	7.0
4공구	BH-252-1	31.4~32.1	경 암	16.5	50.2	10.9
	BH-282	22.8~22.95	보통암	-	-	15.4
	BH-282	30.9~31.9	보통암	21.8	53.7	-
	BH-284	24.8~24.9	보통암	-	-	16.9
	BH-284	28.85~29.5	보통암	23.4	55.9	-
	BH-287	29.2~29.7	경 암	20.1	53.9	11.8
	BH-293	25.5~26.0	보통암	12.4	47.7	8.0
	BH-298-1	24.8~25.5	경 암	19.1	53.2	11.7
	BH-302	26.7~27.25	보통암	21.5	57.3	16.7

■ 지층별 결과분석

구 분	점착력(MPa)		마찰각(°)		인장강도(MPa)	
	범위	평균	범위	평균	범위	평균
연 암	9.3	9.3	46.3	46.3	7.0	7.0
보통암	9.2~23.4	16.62	47.7~57.3	52.2	6.0~52.1	15.7
경 암	7.6~20.8	16.69	44.6~56.5	52.19	5.2~13.8	10.98

점착력	마찰각	인장강도
		

분석결과 • 점착력은 7.6~31.5MPa, 마찰각은 44.6~57.3, 인장강도는 7.0~15.7MPa 범위 보임

4.8.4 이방성시험

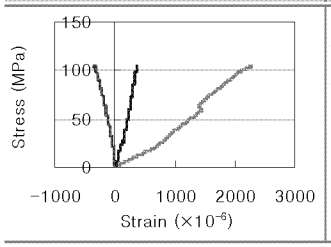
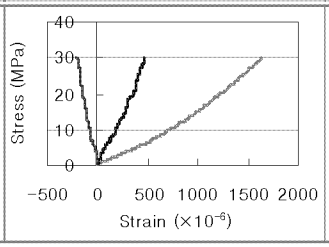
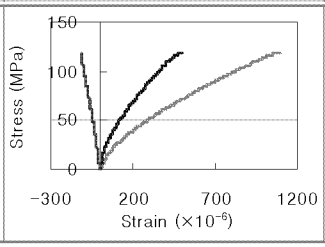
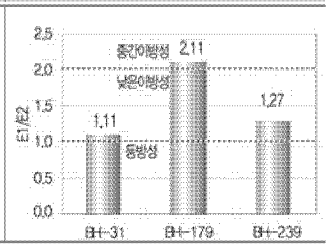
개 요 • 절리상태, 풍화정도, 지하수, 초기응력 등의 영향을 받은 암석에 대해 E_1, E_2 등 이방성 축방향 탄성계수를 측정하여 암석의 이방성 정도를 평가

○ 평가기준

구 분	등방성	낮은 이방성	중간 이방성	높은 이방성	매우 높은 이방성
E_1/E_2	1.0~1.1	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0~6.0	> 6.0

○ 실시설계 시험결과

구 분		공 번	심 도(m)	지 층	방향	탄성계수(MPa)	E_1/E_2	마찰각(°)	q_u(MPa)
1공구	강매 터널	BH-31	19.5~19.8	경 암	E_1	65,080	1.11	50.0	104.8
					E_2	58,750			
3공구	문봉 터널	BH-179	10.8~11.1	보통암	E_1	25,360	2.11	57.0	30.0
					E_2	12,020			
4공구	금촌 터널	BH-239	37.9~38.2	경 암	E_1	97,940	1.27	48.0	118.9
					E_2	77,250			

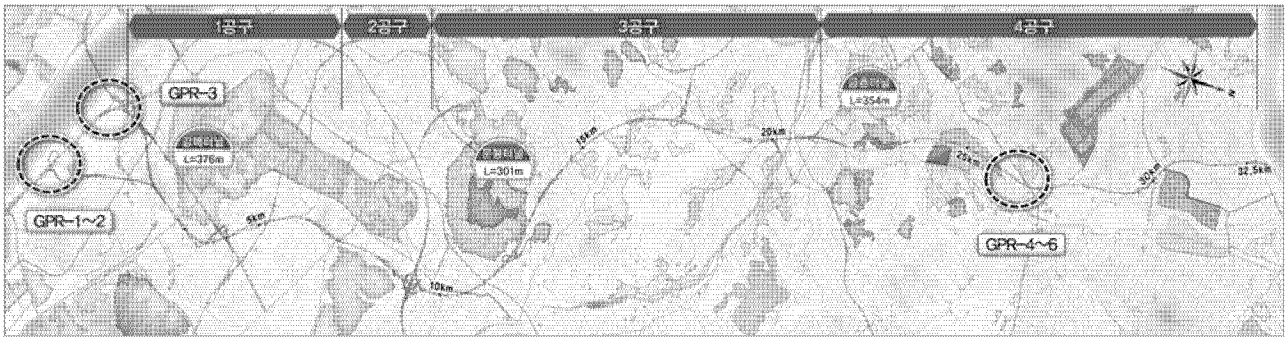
BH-31	BH-179	BH-239	이방성 평가
			

분석결과 • 편마암에 대한 이방성 평가결과 E_1/E_2=1.11~2.11의 범위로 낮은~중간이방성을 보임

4.9 GPR탐사

개 요 • 사업구간내 지하매설물 위치와 심도를 파악하여 시공시 기초자료로 활용

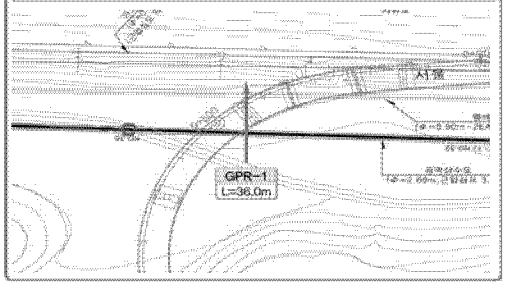
조사위치도



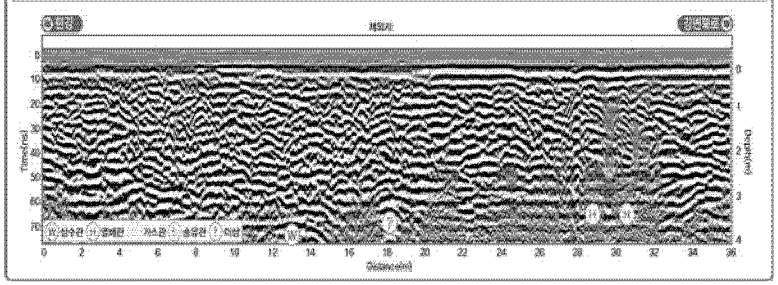
탐사 결과

GPR-1

상세위치도

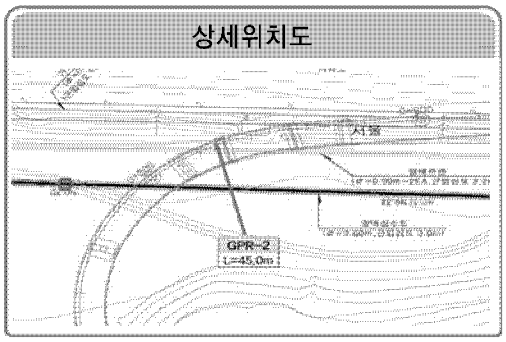


단면도

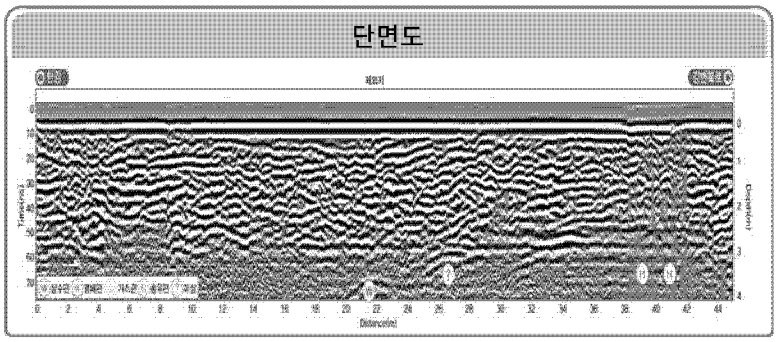


GPR-2

상세위치도

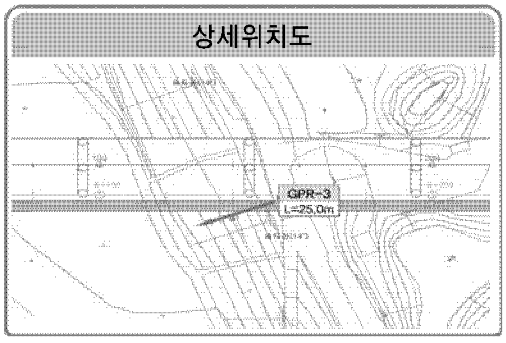


단면도

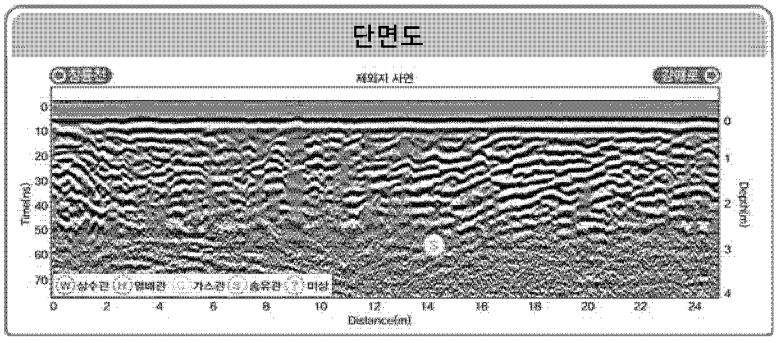


GPR-3

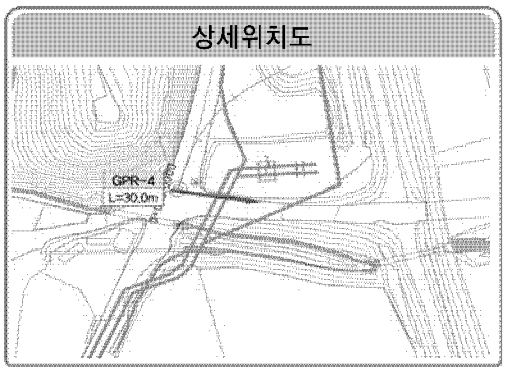
상세위치도

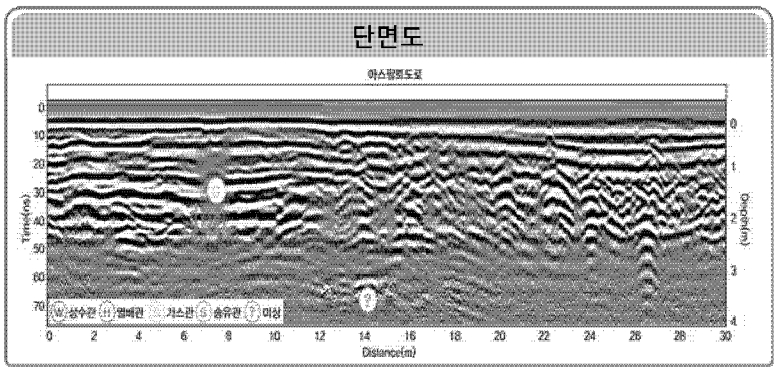


단면도

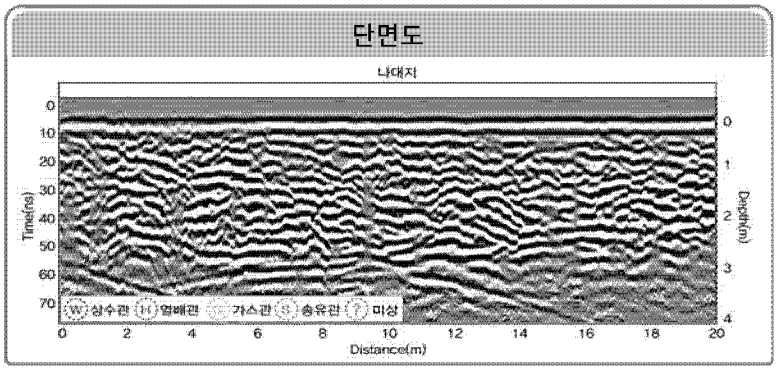


GPR-4

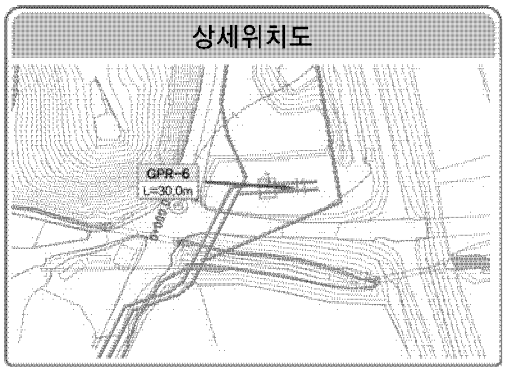


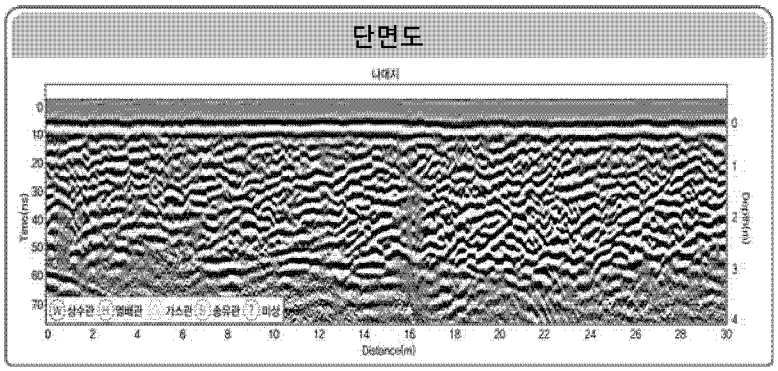


GPR-5



GPR-6





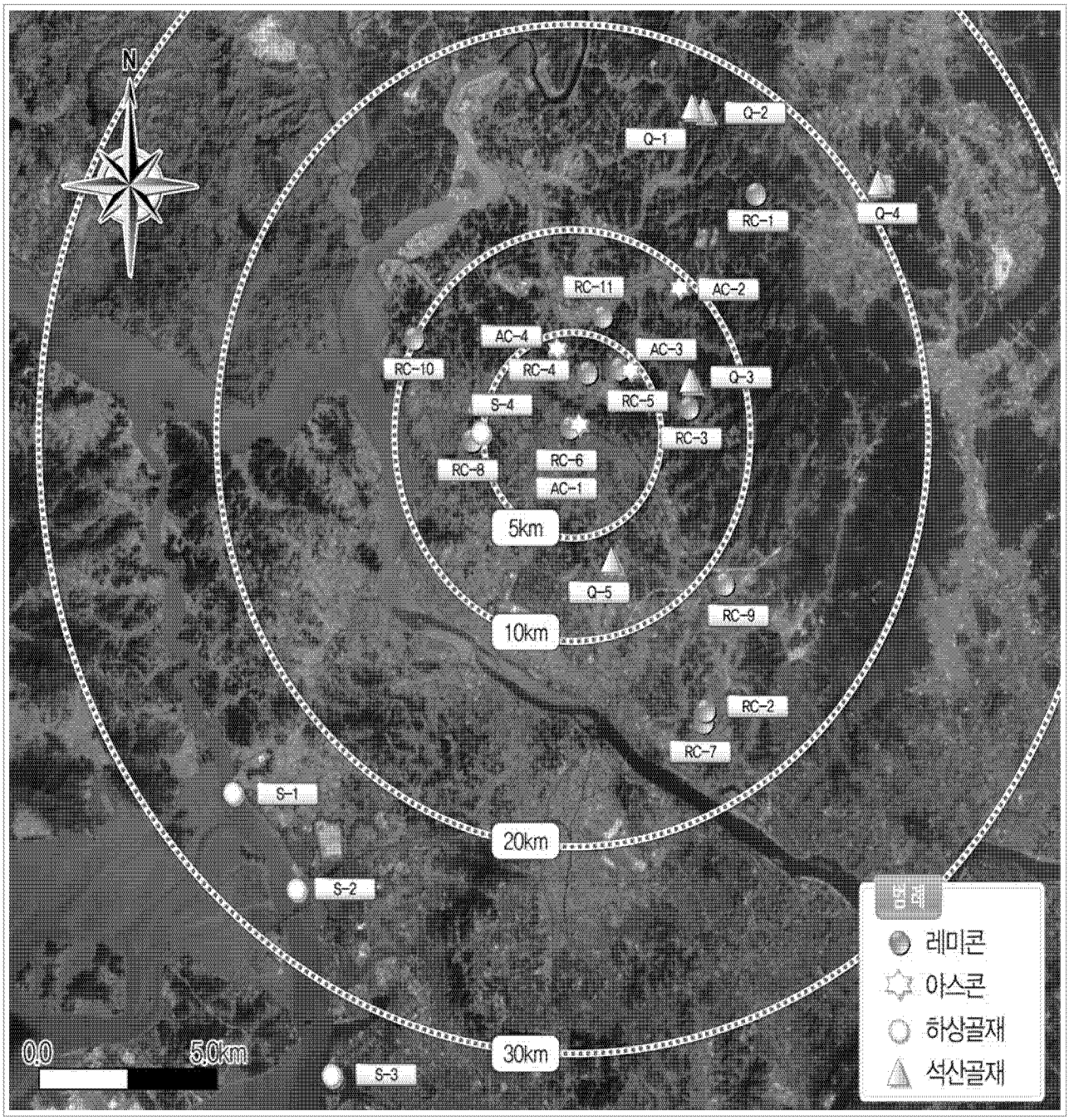
분석결과

구분	분포/심도(m))						비고
	상수관	미상관	열배관1	열배관2	송유관	가스관	
GPR-1	13.0/3.5	18.0/3.2	30.7/3.2	30.7/3.2	–	–	
GPR-2	21.4/3.6	26.7/3.1	38.9/3.2	40.8/3.2	–	–	
GPR-3	–	–	–	–	14.4/2.6	–	
GPR-4	–	14.2/3.2	–	–	–	7.4/1.2	광역상수도관이 탐사심도 이하에 매설되어 있어 측정 불가
GPR-5	–	–	–	–	–	–	
GPR-6	–	–	–	–	–	–	

4.10 재료원조사

4.10.1 재료원 위치 및 현황

조사위치도

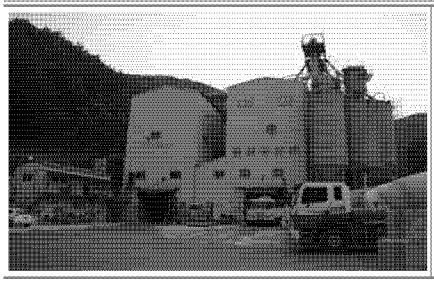


구분	레미콘	아스콘	석산골재	하상골재	합계
고양	3		1	–	4
파주	8	4	3	1	16
기타	–	–	1	3	4

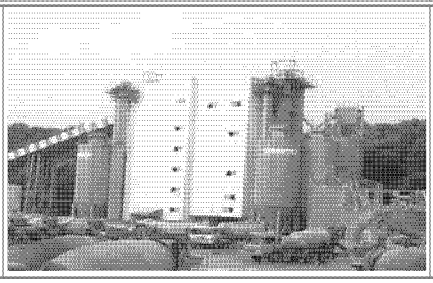
○ 레미콘

구 분	업체명	주 소	연락처	생산량 (m^3/hr)	운반거리 (Km)
RC-1	미화콘크리트(주)	경기도 파주시 법원읍 갈곡리 13-1	031-958-8111~4	390	23.9
RC-2	(주)삼표-일산공장	경기도 파주시 광탄면 분수리 205	031-943-0963	480	12.4
RC-3	(주)삼표-서부공장	경기도 고양시 덕양구 도내동 625-5	031-978-8630~1	540	16.1
RC-4	성신양회(주)	경기도 파주시 조리읍 오산리 48-2	031-947-1001	570	8.4
RC-5	신성콘크리트공업(주)	경기도 파주시 월롱면 영태리 787-1	031-945-3381~2	450	8.3
RC-6	(주)신흥	경기도 파주시 금능동 11번지	031-943-1100	420	5.7
RC-7	아주산업(주)	경기도 고양시 덕양구 도내동 625-3	031-971-5111~2	720	18.2
RC-8	(주)우신	경기도 파주시 교하읍 하지석리 439-3	031-941-4900	420	8.2
RC-9	유진기업(주)	경기도 고양시 덕양구 대자동 255-1	031-966-9111	840	18.2
RC-10	(주)파주레미콘	경기도 파주시 탄현면 금산리 345-1	031-942-0171	420	18.15
RC-11	한일산업(주)-파주	경기도 파주시 파주읍 백석리 27번지	031-943-0101	420	10.84

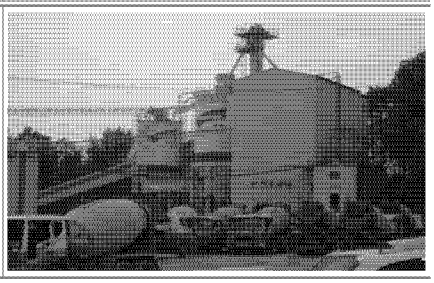
RC-1



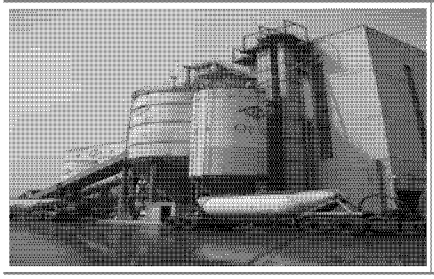
RC-3



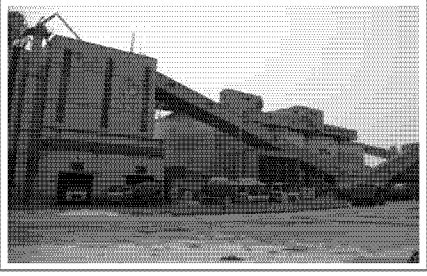
RC-5



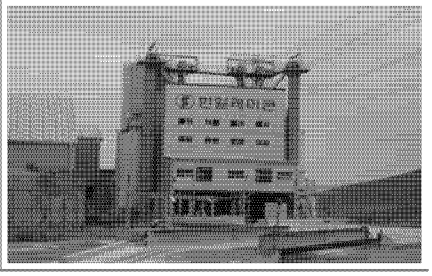
RC-7



RC-9



RC-11



○ 아스콘

구분	업체명	주소	연락처	생산량 (m^3/hr)	운반거리 (Km)
AC-1	신흥아스콘(주)	경기도 파주시 금릉동 11-1번지	031-944-4123	360	5.7
AC-2	(주)대원아스콘	경기도 파주시 광탄면 방축리 5-6	031-941-0871	320	14.9
AC-3	태창아스콘(주)	경기도 파주시 월롱면 영태리 14-12	031-943-7611	280	8.07
AC-4	아스콘플러스	경기도 파주시 월롱면 위전리 546-4	031-945-3381	270	9.15

AC-1	AC-2

AC-3	AC-4

석산

구분	업체명	주소	연락처	생산량 (m^3/hr)	운반거리 (Km)
Q-1	아주산업(주)	경기도 파주시 법원읍 금곡리 산20-2	031-940-4621	6,183,889	25.5
Q-2	유진기업	경기도 파주시 법원읍 금곡리 102-2번지	031-958-8227	5,392,676	25.5
Q-3	(주)삼표 일산사업소	경기도 파주시 광탄면 분수리 206-5	031-943-0963	-	19.0
Q-4	(주)삼표 양주사업소	경기도 양주시 은형면 도하리 산345-7	031-867-6095	-	34.8
Q-5	인선 ENT	경기도 고양시 일산동구 식사동 725-1	031-969-1500	-	10.3

하상골재

구분	업체명	주소	연락처	생산량 (m^3/hr)	운반거리 (Km)
S-1	(주)백석해운	경기도 김포시 대곶면 대벽리 701-1	031-987-6272	8,000	42.32
S-2	(주)삼표	인천광역시 서구 오류동 1469-11	032-576-0038	3,000	50.31
S-3	선광공사	인천광역시 중구 북성동1가 97	032-763-0113	18,000	59.99
S-4	교하환경	경기도 파주시 교하읍 하지석리 438-1	031-943-9988	-	9.5

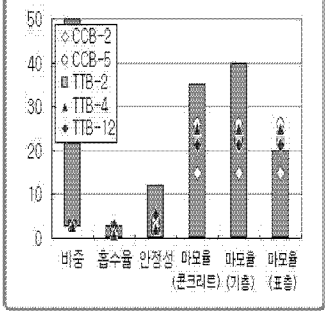
4.10.2 본선발생암 유용성 검토

○ 기존조사 자료

■ 조골재 적용성 검토

시험종목	구분	기준	본선암				
			CCB-2	CCB-5	TTB-2	TTB-4	TTB-12
비중	콘크리트/포장	2.50이상	2.69	2.61	2.67	2.70	2.65
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.00이하	0.81	2.43	1.22	0.87	2.80
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	2.9	3.8	2.5	2.1	5.3
마모율(%)	콘크리트	40이하	14.8	25.8	22.7	25.1	21.3
	포장용 기층/표층	40/25(이하)					

적용성 검토

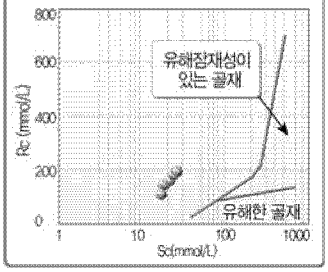


- 본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 대부분 만족하는 것으로 나타남
- 포장용 표층용 기준에 일부 부적합한 것으로 나타나므로 시공시 선별하여 사용되어야 할 것으로 판단됨

■ 알칼리반응 유해성검토

시험종목	구분	본선암				
		CCB-2	CCB-5	TTB-2	TTB-4	TTB-12
알칼리 잠재반응	용해 실리카량 : Sc (mmol/L)	17.09	23.20	21.53	18.09	26.20
	알칼리농도의 감소량 : Rc (mmol/L)	111.9	184.5	162.8	148.6	195.4

골재 유해성

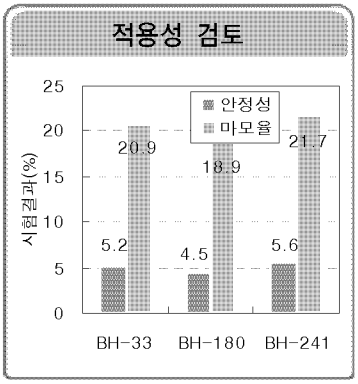


- 골재 유해성 검토결과 알칼리 잠재반응에 무해한 것으로 나타남

○ 실시설계조사 자료

시험종목	구분	기준	본선암		
			BH-33	BH-180	BH-241
비중	콘크리트/포장	2.50이상	2.68	2.65	2.73
흡수율(%)	콘크리트/포장	3.00이하	0.44	0.59	0.45
안정성(%)	콘크리트/포장	12이하	5.2	4.5	5.6
마모율(%)	콘크리트	40이하	20.9	18.9	21.7
	포장용 기층/표층	40/25(이하)			

적용성 검토



- 본선암 조골재 적용성 검토 결과, 콘크리트 및 포장용 기준에 모두 만족하는 것으로 나타남

제5편 성과분석 및 설계지반정수

제1장 지질이상대 및 균질절리영역분석

제2장 구간별 성과분석

제3장 설계지반정수 산정

제 1 장 지질이상대 및 균질절리영역분석

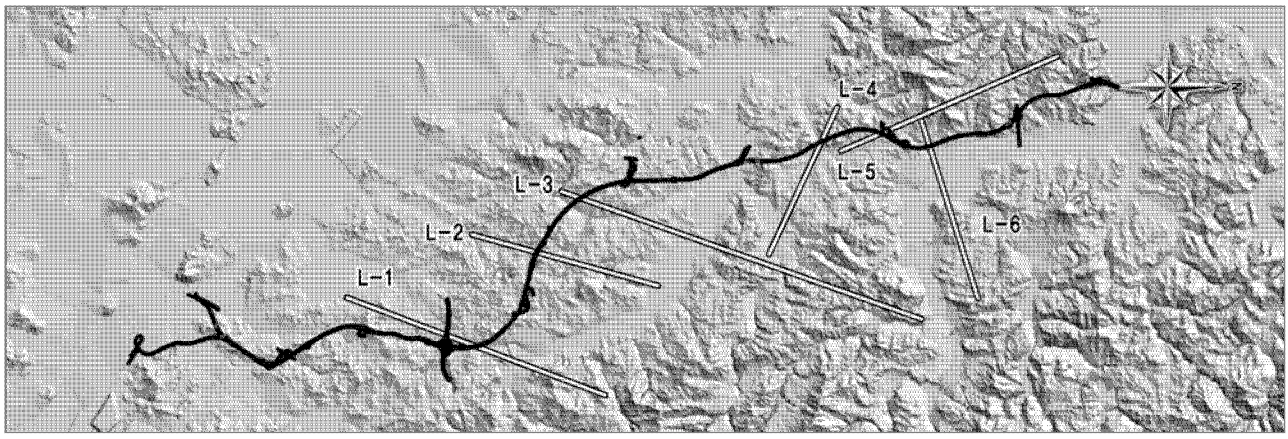
1.1 지질이상대 분석 및 지질 Domain 구분

1.1.1 지질이상대 분석

기본방향

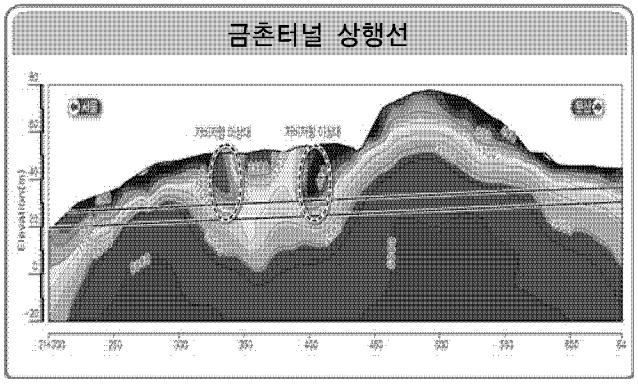
- 교량 및 터널구조물에 영향을 주는 파쇄대 및 단층대 등 지질이상대 파악
- 선구조분석 및 지표조사, 물리탐사, 시추조사 등 다양한 방법을 통하여 지질이상대 정밀 파악

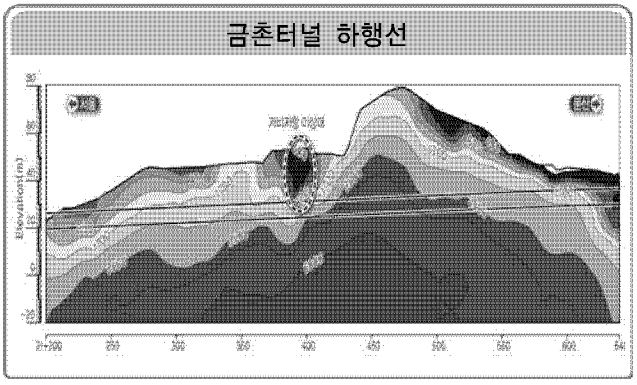
◎ 교차 선구조 및 지표지질조사에 의한 지질이상대 분석



구 분	교차위치(STA)	방 향	교차각(°)	해당 구조물
L - 1	6+300	N20E	12	깎기부(휴게소)
L - 2	13+200	N14E	87	쌓기부
L - 3	15+130	N18E	66	쌓기부
L - 4	21+640	N64W	66	금촌터널(종점부)
L - 5	25+850	N22W	62	쌓기부
L - 6	26+370	N82E	42	쌓기부

◎ 물리탐사(전기비저항)에 의한 지질이상대 분석



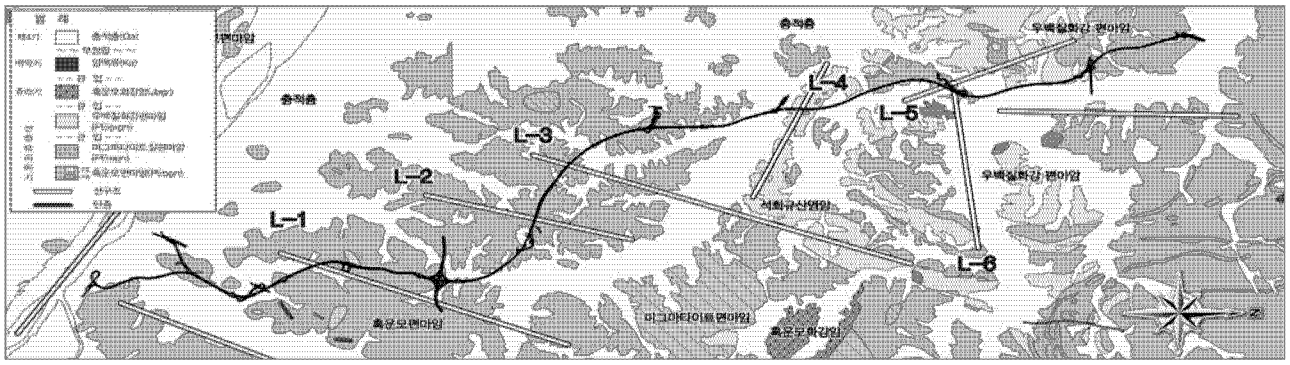


- 저비저항이상대는 하행 : 1개소, 상행 : 2개소로 총 3개소가 분포하며, 터널 계획고 상부에 존재할 것으로 판단됨
- 하행 STA. 21+390에 400Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나는데 이는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향

○ 시추조사에 의한 파쇄대 및 단층대 분석

구 분		위 치(STA.)	구 간(m)	특 징	비 고
행신1교	BH-41	2+332.9	11.2~11.8	Slickenside 발달	
성사5교	BH-94-1	5+845.3	13.6~16.0	파쇄발달 및 점토 충진	L-1 인접
토공부	BH-99	6+475.2	13.6~15.3	Slickenside 및 수직절리 발달	
고양 JCT	BH-115	9+300 부근	9.3~16.2	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-117	9+300 부근	10.2~13.5	Slickenside 발달, 단층점토 충진	L-1 인접
	BH-124	9+300 부근	20.5~21.5	Slickenside 발달, 점토 충진	L-1 인접
원당천1교	BH-149	10+490.0	9.4~12.0	Slickenside 및 파쇄 발달, 점토 충진	
사리현IC	BH-160	11+900 부근	10.0~15.5	차별풍화에 의한 암반내 토사화	
토공부	BH-170	12+927.7	10.3~13.3	파쇄대 분포, 차별풍화에 의한 토사화	
문봉터널	BH-179	13+753.0	9.0~12.5	부분적 Slickenside 발달	
토공부	BH-191	15+543.5	10.5~11.7	Slickenside 발달, 부분적 토사화	L-3 인접
성석1교	BH-191-1	15+562.6	8.0~11.0	Slickenside 발달, 부분적 토사화	
장진천2교	BH-219-1	19+593.2	20.1~23.1	Slickenside 발달, 차별풍화 발달	
금촌터널	BH-241	21+640.0	6.5~7.0	부분적 Slickenside 발달, 공동발달	L-4 인접
토공부	BH-284	29+110.0	6.0~19.6	부분적 파쇄대 및 차별풍화 발달	

○ 지질이상대 종합분석



구 분	교차위치 (STA.)	조 사 내 용				예상폭 (m)	조 사 결 과	사업노선과 영향
		선구조	지표조사	물리탐사	시추조사			
L - 1	6+300	◎	◎	-	◎	3~5m 내외	소규모 단층파쇄 발달	토공구간(휴게소)/고양JCT 주변지역 파쇄대 발달 예상
L - 2	13+200	◎	◎	-	-	-	-	영향 없음
L - 3	15+130	◎	-	-	◎	1m 내외	차별풍화 발달	영향 없음
L - 4	21+640	◎	◎	-	◎	1m 내외	부분적 차별풍화 발달	영향 없음
L - 5	25+850	◎	◎	-	-	-	-	영향 없음
L - 6	26+370	◎	-	-	-	-	-	영향 없음

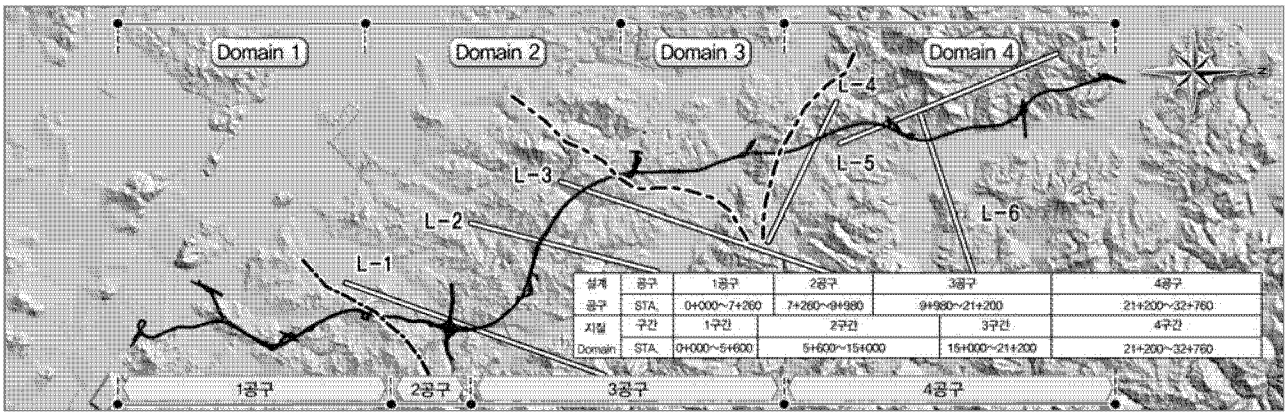
분석결과

- 선구조 L-1은 주변부의 시추조사 결과 단층활면(Slickenside)을 동반한 파쇄대가 발달하므로 토공구간(휴게소) 및 고양JCT 주변지역에 소규모 단층파쇄대가 발달할 가능성이 있음
- 선구조 L-2~6은 상세조사 결과 부분적 파쇄대 및 차별풍화에 기인한 지층 이상대만 확인되며, 구릉지성 산지 계곡부를 통과하는 토공구간으로 지질이상대의 영향은 미미할 것으로 판단됨

1.1.2 지질 Domain 구분

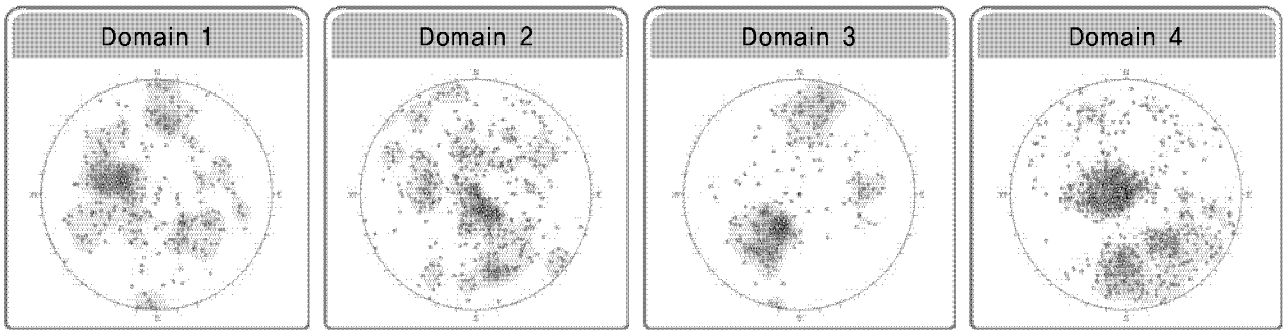
기본방향	• 사업구간의 지형과 지질특성을 비교·분석하여 동일한 지질특성을 보이는 지질 Domain 구분 • 지질 Domain별 설계지반정수 적용구간 선정 및 균질절리영역분석시 1차적 분류요소로 활용

선구조 및 지형특성 분석



설계	공구	1공구	2공구	3공구	4공구
공구	STA.	0+000~7+260	7+260~9+980	9+980~21+200	21+200~32+760
지질	구간	1구간	2구간	3구간	4구간
Domain	STA.	0+000~5+600	5+600~15+000	15+000~21+200	21+200~32+760

불연속면 방향 분석



지질 Domain 구분

구 분	Domain 1	Domain 2	Domain 3	Domain 4
STA.(km+m)	• 사업시점~5+600	• 5+600~15+500	• 15+500~21+200	• 21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마 타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
선구조 특성	• 한강/창릉천 수계 방향 NE~NW 선구조 발달	• 공릉천주변 NNE방향 선구조 발달 • 선구조 L-1~3 발달	• 공릉천주변 NW방향 선구조 발달	• 월롱산 주변 NE~NW 방향 선구조 발달 • 선구조 L-4~6 발달
지층분포 특성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약
지형적 요소	• 한강 및 창릉천 주변 퇴적지대 발달	• 공릉천주변 구릉지성 산지 발달	• 공릉천주변 퇴적지대 및 구릉산지 발달	• 월롱산 측면부 통과
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

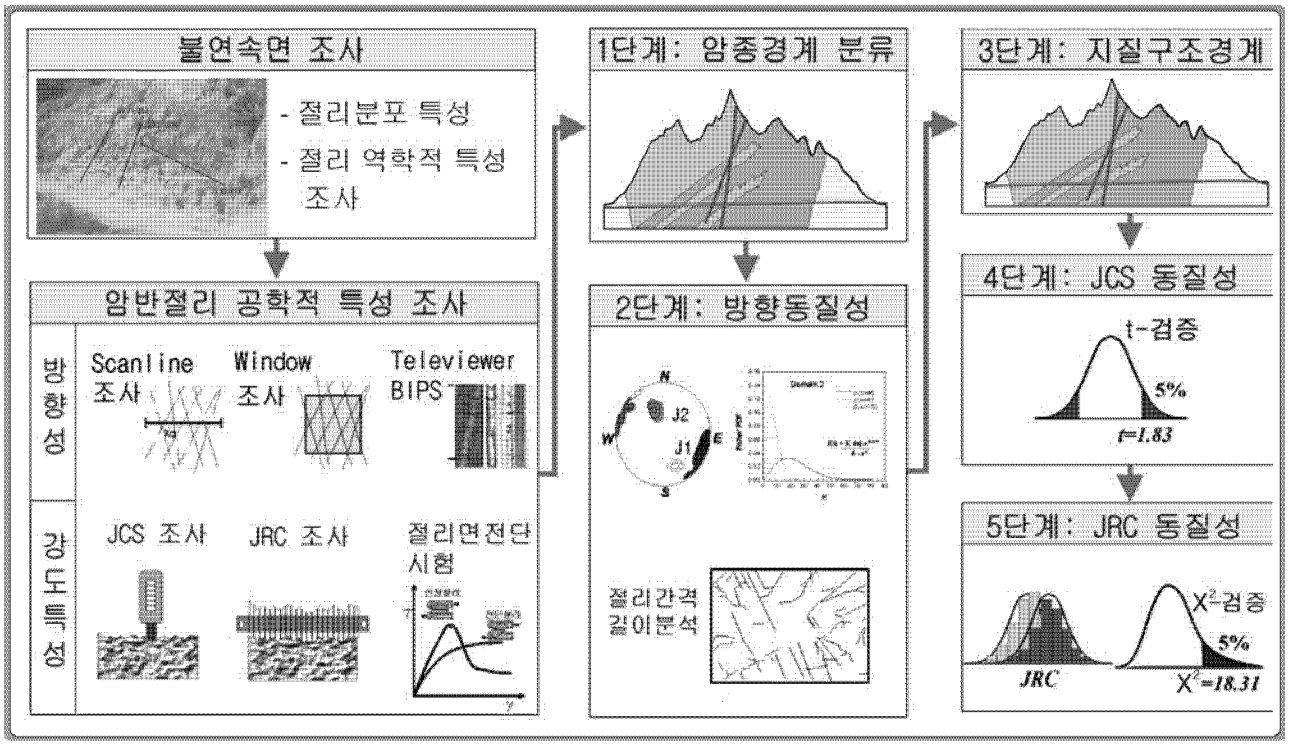
분석결과	• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분 • 지질 Domain과 사업공구 구간의 차이는 있으나 지질 Domain을 기준으로 각 구간별 설계정수

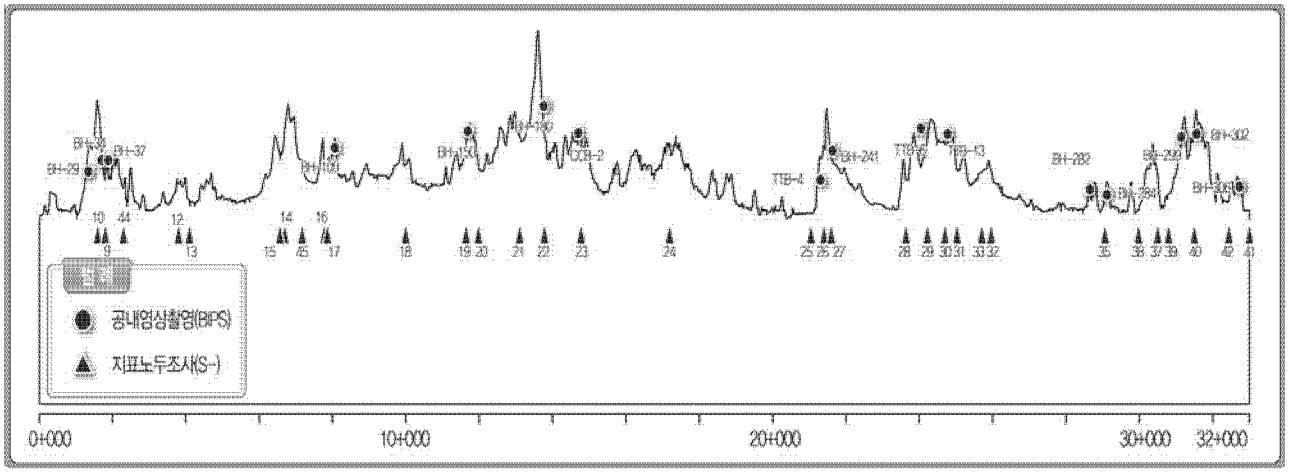
1.2 균질절리영역(HFD) 분석

1.2.1 수행흐름 및 분석방법

◎ 중점분석사항

- 터널구간 및 깎기 구간은 불연속면등 공학적 특성이 터널 설계에 중요한 역할을 함
- 특히 터널과 같은 선형암반구조물은 전체 노선을 따라 불연속면의 공학적 특성이 서로 다른 구간이 나타날 가능성이 있음
- 따라서 불연속면의 주요특징인 방향, 간격, 강도 등이 동질성을 보이는 구간 설정 필요
- 기존에는 절리방향성만을 가지고 영역(Domain)을 구분하였으나, 본 조사에서는 절리방향성 외에 역학적 특성(JCS, JRC)을 반영한 균질절리영역(Homogeneous Fracture Domain, HFD)으로 구분하는 접근법 선택
- 노선 전 구간을 대상으로 ① 암석의 종류 ② 지질구조대 ③ 절리방향 ④ 절리면강도 ⑤ 절리거칠기를 우선 순위로 선택하여 통계학적 검증 및 분석단계를 통해 균질절리영역(HFD)으로 분류





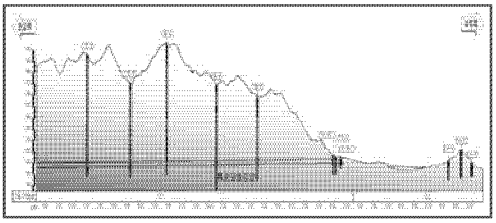
○ 분석방법 및 조사자료

▮ 균질절리영역 구분 순서

- 균질절리영역 구분은 암종, 절리군 방향성, 지질구조대, 절리면강도(JCS) 및 절리거칠기(JRC) 등의 항목을 조사하여 우선순위에 따라 단계적으로 각 항목별 동질성을 보이는 영역을 파악하고 최종적으로 균질한 절리특성을 보이는 영역으로 균질절리영역으로 구분하였으며, 이를 위해 다음의 지반조사를 수행하였음
  - 암종, 지질구조대 : 문헌조사, 위성영상분석, 시추조사, 물리탐사
  - 절리방향성 : 터널 및 깎기 구간인근 총 33곳에서 지표노두 불연속면조사를 통한 지표절리의 방향자료 획득
    터널 및 깎기 구간에 위치한 총 20공(기존조사:5개소, 실시설계:15개소)에서 공내영상촬영을 통한 지중절리의 방향자료 획득
  - 강도특성 : 시추코어 및 지표노두에 대한 JCS, JRC 측정과 일부 시추 코아에 대한 절리면 전단시험
- 최종적으로 파악된 균질절리영역은 이후 불연속체 해석을 통해 설계에 반영

– 1단계 : 암종에 따른 영역구분과 영역경계설정을 위한 지질구조대 파악

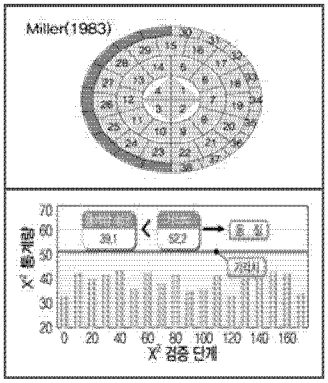
- 절리의 생성은 암석의 생성과 밀접한 관계를 가지므로, 터널구간을 동일 암종이 나타나는 영역들로 구분하며 이후 절리특성별 경계는 위성영상 분석, 지표지질조사 및 물리탐사를 통해 파악된 지질구조선과 시추조사에서 확인된 지질구조대를 바탕으로 결정함



– 2단계 : 절리방향성의 동질성 판단

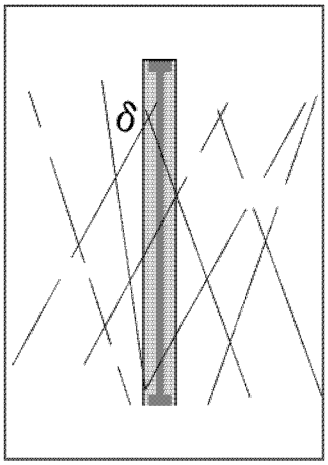
• Miller Patch를 이용한 방법(공내영상촬영 자료 이용)

방 법	• 암종이 동일하면 절리의 방향성이 동일할 가능성이 크므로, 암종에 따라 인접 시추공에서 측정한 절리방향의 동일성을 검토 • 터널별로 공내영상촬영을 수행하고, 지표지질조사 시 측정된 절리들의 방향성과 비교하여 결정
동질성 판단법	• 공내영상촬영에서 획득된 지중절리방향자료에 대해 시추공별 절리 방향성의 동질성 여부를 판단하여, 절리 방향성이 동일한 것으로 나타나는 영역들을 구분함



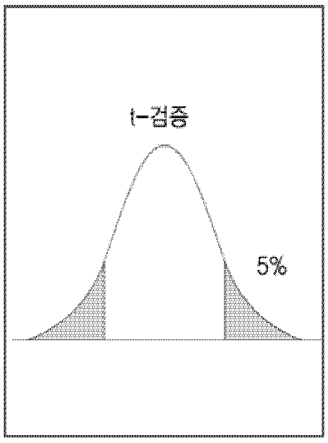
• 두 절리군의 법선벡터간 사이각을 이용한 방법(지표노두조사 자료 이용)

방 법	• 동일 암종의 경우 동일한 지질환경과 지구조운동을 겪었으므로 절리 방향성이 유사할 확률이 높음 • 공내영상촬영에서 획득된 지중절리 방향 자료에 대해 각각 노두별, 시추공별 절리 방향성의 동질성 여부를 판단, 절리 방향성이 동일한 것으로 나타나는 영역들로 구분함
동질성 판단법	• 각 절리군의 법선벡터간의 사이각(δ)을 구한 후 가중치 부여 $\Rightarrow \delta < 10^\circ$: 3점, $10^\circ \le \delta < 20^\circ$: 2점, $20^\circ \le \delta < 30^\circ$: 1점 $30^\circ \le \delta$: 0점 • 두 시추공의 절리군 수 중 최대 절리군 수에 최대 점수 3을 곱한 것을 분모로 하고, 절리군의 법선벡터간 사이각에 부여된 가중치의 합을 분자로 한 점수를 기준으로 동질성 판단⇒점수가 클수록 절리방향 동질성이 높음



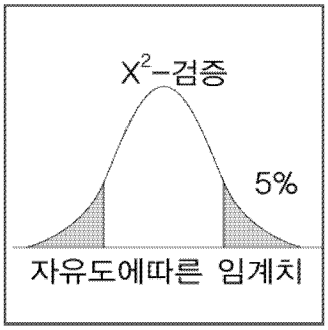
– 3단계 : 절리면강도(JCS) 특성에 따른 동질영역 구분 (t–검정 적용)

방 법	• 시추코어에 대한 슈미트해머 타격을 통해 절리면 압축강도(JCS)를 측정하여 동질성 여부를 판단하여 동일한 절리면 압축강도를 보이는 영역으로 구분함
동질성 판단법	• 인접 시추공에서 획득된 절리면강도 자료에 대해 F–검정을 실시하여, 두 자료간의 등분산 가정여부를 검증 • F–검정 이후 적합한 통계모형을 결정하고, 이에 맞는 t–검정을 실시 • 유의수준 0.05에 대한 기각치보다 검정통계량이 작으면 두 시추공의 절리면강도 사이에 동질성이 존재하고 역으로 검정통계량이 크면 동질성이 존재하지 않는 것으로 판단함



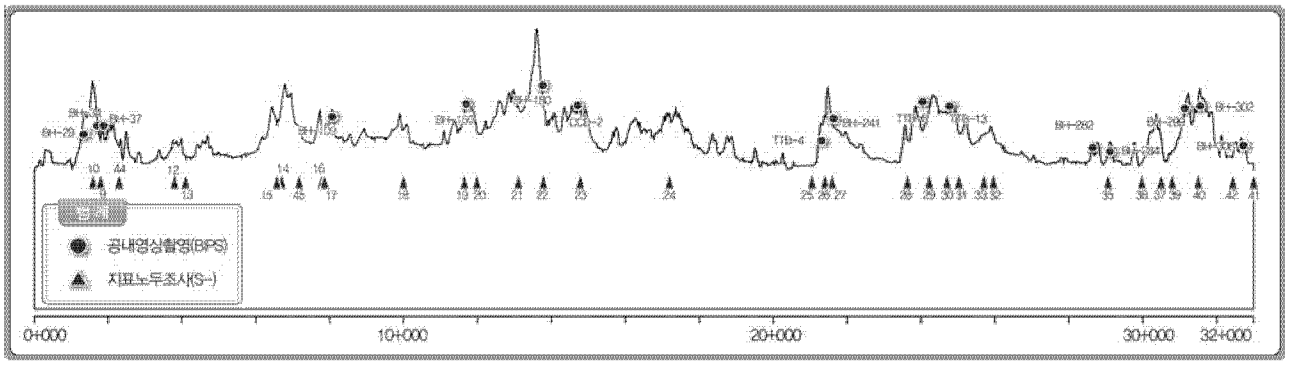
– 4단계 : 절리거칠기(JRC) 특성에 따른 동질영역 구분 (카이제곱(X^2) 검정 적용)

방 법	• 시추코어 절리면에서 프로파일게이지를 통해 획득된 절리면 거칠기(JRC)에 대해 동일한 거칠기 특성을 보이는 영역으로 구분함
동질성 판단법	• 절리거칠기를 프로파일게이지로 측정한 후 Barton의 10개 표준거칠기 단면과 비교하여 절리거칠기계수(Joint Roughness Coefficient, JRC) 산정 • JRC는 0~20 범위내의 값을 가지므로 일종의 범주형 변수이므로 X^2– 검정을 통해 인접한 두 시추공의 절리면 거칠기 특성의 동질성 여부를 판단함



조사자료

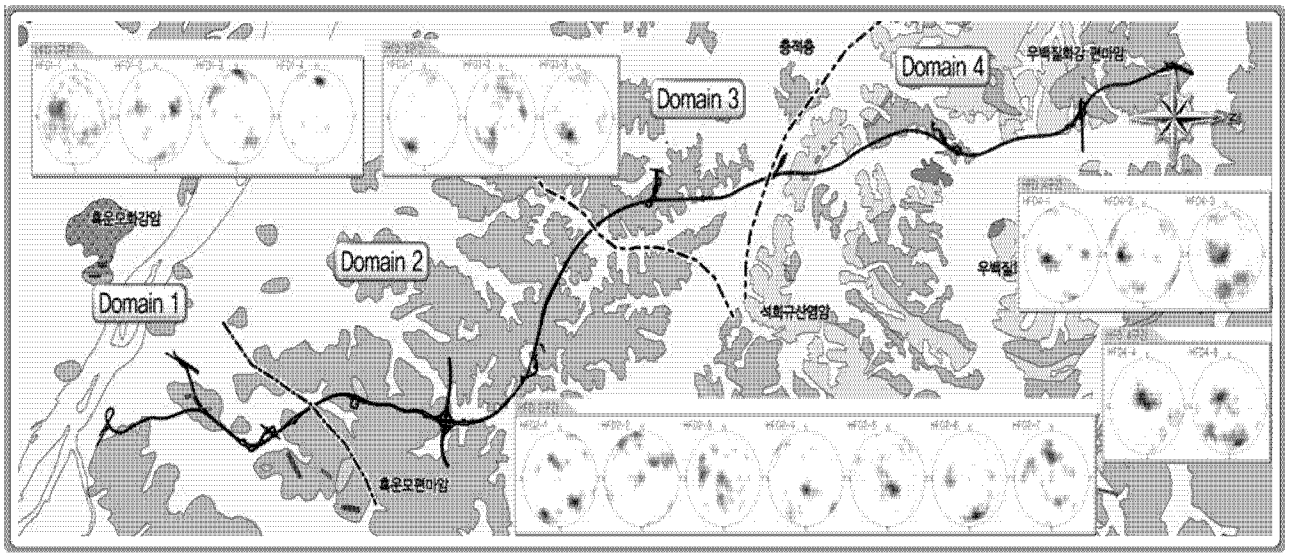
구 분	공내영상촬영(BIPS) 기존조사	공내영상촬영(BIPS) 실시설계	지표 노두조사	비 고
수 량	5 공	15 공	33개소	
위 치	TTB–4, 6, 13, 14 CCB–2	BH–29, 34, 37, 99, 109, 159, 180, 241, 282, 284, 287, 293, 299, 302, 306	S–9~45 (S–11, 34, 36 43 제외)	
JCS 측정	–	공당 10회(총 120회)	개소당 10회(총 330회)	
JRC 측정	–	공당 10회(총 120회)	개소당 10회(총 330회)	



• 사업구간의 균질절리 영역 파악을 위하여 BIPS 20개소(기존조사:5개소, 실시설계:15개소), 지표노두조사(33개소) 및 JCS(지표노두조사 : 개소당 10회, 총 330회), JRC(지표노두조사 : 개소당 10회, 총 330회)를 시행하여 분석

1.2.2 동질성 검토결과

○ 지질분포 및 지질구조에 따른 동질성 분석



○ 절리방향에 따른 동질성 분석

■ Miller Patch 방법(공내영상촬영)

구 분		0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	X^2합 평균	우측 p값	검 증
BH-29 vs BH-34	BH-29	18.4	17.8	18.9	22.2	20.5	19.8	20.0	17.9	16.2	21.4	45.4	0.074	동 질
	BH-34	25.2	24.4	25.9	30.4	28.1	27.2	27.4	24.5	22.1	29.4			
BH-34 vs BH-37	BH-34	45.3	51.4	41.4	48.5	55.2	39.3	48.1	50.3	37.4	53.7	62.6	0.001	비동질
	BH-37	15.7	17.8	14.3	16.8	19.1	13.6	16.6	17.4	12.9	18.6			
BH-37 vs BH-109	BH-37	14.1	13.9	14.4	14.2	14.2	15.0	15.3	13.4	14.2	14.3	45.1	0.079	동 질
	BH-109	30.1	29.6	30.9	30.3	30.4	32.1	32.6	28.6	30.3	30.5			
BH-109 vs BH-159	BH-109	44.0	38.1	38.8	43.5	39.5	39.6	43.3	37.9	38.8	40.7	68.9	0.000	비동질
	BH-159	31.2	27.0	27.5	30.8	28.0	28.0	30.7	26.8	27.5	28.8			
BH-159 vs BH-180	BH-159	54.4	50.9	51.9	54.3	50.7	51.6	53.5	51.0	51.9	50.8	124.0	0.000	비동질
	BH-180	74.7	69.9	71.2	74.5	69.6	70.9	73.5	70.0	71.3	69.8			
BH-180 vs CCB-2	BH-180	38.7	41.2	39.9	38.1	41.3	40.0	38.2	41.3	40.2	40.2	91.1	0.000	비동질
	CCB-2	50.1	53.2	51.6	49.3	53.5	51.7	49.4	53.5	52.0	51.9			
CCB-2 vs TTB-4	CCB-2	20.4	19.5	18.6	19.2	18.6	18.9	20.4	19.5	19.8	21.7	45.3	0.075	동 질
	TTB-4	26.9	25.7	24.5	25.3	24.6	24.9	26.9	25.7	26.1	28.5			
TTB-4 vs BH-241	TTB-4	44.2	44.8	50.2	44.6	37.9	41.3	38.2	36.9	43.6	44.5	58.4	0.004	비동질
	BH-241	15.1	15.3	17.1	15.2	12.9	14.1	13.0	12.6	14.9	15.2			
BH-241 vs TTB-6	BH-241	12.1	11.7	10.5	10.4	10.5	9.8	10.9	11.0	10.6	10.5	62.1	0.002	비동질
	TTB-6	55.8	53.9	48.5	48.1	48.6	45.0	50.1	50.8	48.8	48.6			
TTB-6 vs TTB-13	TTB-6	96.3	113.3	111.7	97.9	118.9	128.9	109.3	116.3	117.9	125.4	127.8	0.000	비동질
	TTB-13	8.8	10.3	10.2	8.9	10.8	11.7	9.9	10.6	10.7	11.4			
TTB-13 vs BH-282	TTB-13	90.1	94.1	93.4	90.8	93.8	93.2	90.7	93.8	92.7	92.1	236.0	0.000	비동질
	BH-282	137.4	143.4	142.4	138.4	143.0	142.1	138.3	143.1	141.4	140.5			

구 분		0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	170°	X^2합 평균	우측 p값	검 증
BH-282 vs BH-284	BH-282	76.5	78.9	76.2	78.9	80.8	78.0	77.8	82.2	72.3	75.8	127.6	0.000	비동질
	BH-284	48.8	50.3	48.6	50.3	51.5	49.7	49.6	52.4	46.1	48.3			
BH-284 vs BH-299	BH-284	32.9	29.4	31.4	32.5	29.3	33.3	33.9	30.8	31.5	32.0	123.0	0.000	비동질
	BH-299	93.9	83.9	89.6	92.9	83.6	95.1	96.9	88.0	90.0	91.4			
BH-299 vs BH-302	BH-299	38.6	33.2	33.3	39.2	35.2	35.1	36.1	33.2	32.1	38.2	73.8	0.236	동 질
	BH-302	42.0	36.1	36.3	42.7	38.3	38.2	39.2	36.2	35.0	41.5			
BH-302 vs BH-306	BH-302	39.2	35.1	35.2	39.5	38.5	37.2	39.8	38.2	37.3	40.9	78.5	0.000	비동질
	BH-306	43.0	38.5	38.6	43.4	42.2	40.8	43.7	41.9	40.9	44.9			

■ 절리군 법선벡터에 의한 방법(지표노두조사)

구 분	S-09	S-10	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16	S-17	S-18	S-19	S-20	S-21	S-22	S-23	S-24
S-10	7/9														
S-12	3/9	4/9													
S-13	6/9	5/9	3/9												
S-14	1/9	1/9	0/9	2/9											
S-15	6/9	6/9	5/9	6/9	0/9										
S-16	11/9	7/9	2/9	9/9	2/9	6/9									
S-17	3/9	2/9	3/9	6/9	3/9	2/9	6/9								
S-18	6/9	7/9	5/9	5/9	1/9	5/9	5/9	2/9							
S-19	4/9	5/9	4/9	4/9	3/9	3/9	5/9	6/9	5/9						
S-20	9/9	10/9	3/9	5/9	1/9	6/9	8/9	3/9	8/9	5/9					
S-21	7/9	4/9	1/9	8/9	3/9	4/9	10/9	5/9	5/9	5/9	7/9				
S-22	8/9	6/9	2/9	9/9	3/9	5/9	12/9	7/9	4/9	6/9	10/9	11/9			
S-23	9/9	9/9	3/9	7/9	1/9	6/9	11/9	7/9	6/9	4/9	7/9	8/9	10/9		
S-24	4/9	5/9	7/9	6/9	0/9	7/9	3/9	1/9	6/9	4/9	5/9	3/9	2/9	4/9	
S-25	8/9	5/9	3/9	7/9	1/9	5/9	7/9	3/9	6/9	4/9	7/9	6/9	6/9	7/9	4/9

동 질
비 동 질

구 분	S-26	S-27	S-28	S-29	S-30	S-31	S-32	S-33	S-34	S-35	S-37	S-38	S-40	S-41	S-42	S-45
S-27	7/9															
S-28	6/9	8/9														
S-29	3/9	7/9	8/9													
S-30	3/9	5/9	4/9	6/9												
S-31	0/9	0/9	0/9	3/9	2/9											
S-32	4/9	2/9	4/9	4/9	2/9	3/6										
S-33	3/9	3/9	4/9	5/9	3/9	3/6	5/6									
S-34	6/9	9/9	10/9	7/9	7/9	3/6	5/6	8/9								
S-35	9/9	7/9	4/9	9/9	6/9	1/6	4/6	3/9	7/9							
S-37	6/9	7/9	7/9	6/9	5/9	1/6	2/6	4/9	10/9	5/9						
S-38	5/9	5/9	6/9	3/9	3/9	0/6	1/6	3/9	7/9	4/9	7/9					
S-40	6/9	7/9	8/9	6/9	4/9	0/6	4/6	6/9	11/9	7/9	9/9	6/9				
S-41	6/9	6/9	7/9	4/9	3/9	0/6	4/6	4/9	8/9	6/9	7/9	5/9	9/9			
S-42	5/9	6/9	6/9	4/9	3/9	0/6	3/6	3/9	5/9	7/9	5/9	3/9	8/9	7/9		
S-43	4/9	7/9	7/9	4/9	4/9	0/6	2/6	4/9	9/9	4/9	8/9	6/9	8/9	8/9	5/9	
S-44	11/9	9/9	9/9	9/9	5/9	0/6	5/6	5/9	8/9	11/9	7/9	4/9	10/9	9/9	8/9	5/9

동 질
비 동 질

○ 절리벽면강도(JCS) 동질성 분석

■ 1구간

구 분		t-검정 통계량						단측검정		양측검정		검 정 결 과
		평 균	표준편차	분산	공동분산	자유도	t-통계량	p 값	t 기각치	p 값	t 기각치	
S-09 vs S-10	S-09	76.4	4.70	22.04	46.183	18	3.060	0.0034	1.7341	0.0067	2.1009	비동질
	S-10	67.1	8.39	70.32								
S-10 vs S-12	S-10	67.1	8.39	70.32	61.717	18	4.298	0.0002	1.7341	0.0004	2.1009	비동질
	S-12	52.0	7.29	53.11								
S-12 vs S-13	S-12	52.0	7.29	53.11	39.911	18	9.415	1.12×10^{-8}	1.7341	2.24×10^{-8}	2.1009	비동질
	S-13	25.4	5.17	26.71								
S-13 vs S-14	S-13	25.4	5.17	26.71	21.378	18	-1.064	0.1507	1.7341	0.3014	2.1009	동 질
	S-14	27.6	4.01	16.04								

■ 2구간

구 분		t-검정 통계량						단측검정		양측검정		검 정 결 과
		평 균	표준편차	분산	공동분산	자유도	t-통계량	p 값	t 기각치	p 값	t 기각치	
S-14 vs S-15	S-14	27.6	4.01	16.04	17.939	18	-1.3×10^{1}	1.1×10^{-10}	1.7341	2.2×10^{-10}	2.1009	비동질
	S-15	51.5	4.45	19.83								
S-15 vs S-16	S-15	51.5	4.45	19.83	26.606	18	-9.142	1.7×10^{-8}	1.7341	3.5×10^{-8}	2.1009	비동질
	S-16	72.6	5.78	33.38								
S-16 vs S-17	S-16	72.6	5.78	33.38	46.022	18	-4.6×10^{-1}	0.3250	1.7341	0.6500	2.1009	동 질
	S-17	74.0	7.66	58.67								
S-17 vs S-18	S-17	74.0	7.66	58.67	43.917	18	14.3403	1.4×10^{-11}	1.7341	2.7×10^{-11}	2.1009	비동질
	S-18	31.5	5.40	29.17								
S-18 vs S-19	S-18	31.5	5.40	29.17	32.056	18	-1.579	0.0658	1.7341	0.1316	2.1009	동 질
	S-19	35.5	5.91	34.94								
S-19 vs S-20	S-19	35.5	5.91	34.94	32.922	18	-1.4×10^{1}	1.8×10^{-11}	1.7341	3.6×10^{-11}	2.1009	비동질
	S-20	71.7	5.56	30.90								
S-20 vs S-21	S-20	71.7	5.56	30.90	40.233	18	6.134	4.3×10^{-6}	1.7341	8.6×10^{-6}	2.1009	비동질
	S-21	54.3	7.04	49.57								
S-21 vs S-22	S-21	54.3	7.04	49.57	53.789	18	0.609	0.2748	1.7341	0.5496	2.1009	동 질
	S-22	52.3	7.62	58.01								
S-22 vs S-23	S-22	52.3	7.62	58.01	50.450	18	0.094	0.4629	1.7341	0.9258	2.1009	동 질
	S-23	52.0	6.55	42.89								
S-23 vs S-24	S-23	52.0	6.55	42.89	38.250	18	-3.435	0.0015	1.7341	0.0030	2.1009	비동질
	S-24	61.5	5.80	33.61								
S-24 vs S-25	S-24	61.5	5.80	33.61	27.500	18	0.8528	0.2025	1.7341	0.4050	2.1009	동 질
	S-25	59.5	4.62	21.39								

■ 3구간

구분		t-검정 통계량						단측검정		양측검정		검정 결과
		평균	표준편차	분산	공동분산	자유도	t-통계량	p 값	t 기각치	p 값	t 기각치	
S-25 vs S-26	S-25	59.5	4.62	21.39	28.161	18	-5.098	3.8×10^{-5}	1.7341	7.5×10^{-5}	2.1009	비동질
	S-26	71.6	5.91	34.93								
S-26 vs S-27	S-26	71.6	5.91	34.93	26.517	18	-1.3×10^{-1}	0.4489	1.7341	0.8978	2.1009	동 질
	S-27	71.9	4.25	18.10								
S-27 vs S-28	S-27	71.9	4.25	18.10	24.183	18	0.1364	0.4465	1.7341	0.8930	2.1009	동 질
	S-28	71.6	5.50	30.27								
S-28 vs S-29	S-28	71.6	5.50	30.27	40.489	18	-2.389	0.0140	1.7341	0.0280	2.1009	비동질
	S-29	78.4	7.12	50.71								

■ 4구간

구분		t-검정 통계량						단측검정		양측검정		검정 결과
		평균	표준편차	분산	공동분산	자유도	t-통계량	p 값	t 기각치	p 값	t 기각치	
S-29 vs S-30	S-29	78.4	7.12	50.71	40.778	18	5.8127	8.3×10^{-6}	1.7341	1.7×10^{-5}	2.1009	비동질
	S-30	61.8	5.55	30.84								
S-30 vs S-31	S-30	61.8	5.55	30.84	50.289	18	-7.6×10^{-1}	0.2295	1.7341	0.4590	2.1009	동 질
	S-31	64.2	8.35	69.73								
S-31 vs S-32	S-31	64.2	8.35	69.73	52.200	18	0.0619	0.4757	1.7341	0.9513	2.1009	동 질
	S-32	64.0	5.89	34.67								
S-32 vs S-33	S-32	64.0	5.89	34.67	37.867	18	0.0727	0.4714	1.7341	0.9429	2.1009	동 질
	S-33	63.8	6.41	41.07								
S-33 vs S-34	S-33	63.8	6.41	41.07	63.400	18	1.0110	0.1627	1.7341	0.3254	2.1009	동 질
	S-34	60.2	9.26	85.73								
S-34 vs S-35	S-34	60.2	9.26	85.73	57.450	18	10.5319	1.9×10^{-9}	1.7341	4.0×10^{-9}	2.1009	비동질
	S-35	24.5	5.40	29.17								
S-35 vs S-37	S-35	24.5	5.40	29.17	29.922	18	-1.8×10^{1}	3.2×10^{-13}	1.7341	6.5×10^{-13}	2.1009	비동질
	S-37	68.3	5.54	30.68								
S-37 vs S-38	S-37	68.3	5.54	30.68	49.361	18	2.1960	0.0207	1.7341	0.0414	2.1009	비동질
	S-38	61.4	8.25	68.04								
S-38 vs S-40	S-38	61.4	8.25	68.04	77.489	18	-7.6×10^{-1}	0.2279	1.7341	0.4559	2.1009	동 질
	S-40	64.4	9.32	86.93								
S-40 vs S-41	S-40	64.4	9.32	86.93	135.272	18	-5.9×10^{-1}	0.2793	1.7341	0.5586	2.1009	동 질
	S-41	67.5	13.55	183.6								
S-41 vs S-42	S-41	67.5	13.55	183.6	116.450	18	1.3054	0.1041	1.7341	0.2082	2.1009	동 질
	S-42	61.2	7.02	49.29								
S-42 vs S-43	S-42	61.2	7.02	49.29	42.428	18	1.2015	0.1226	1.7341	0.2451	2.1009	동 질
	S-43	57.7	5.96	35.57								
S-43 vs S-44	S-43	57.7	5.96	35.57	36.117	18	-6.065	4.9×10^{-6}	1.7341	9.9×10^{-6}	2.1009	비동질
	S-44	74.0	6.06	36.67								

○ 절리거칠기(JRC) 동질성 분석

▮ 1구간

구분		절리거칠기(JRC) 0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20	우측 p값	검정 결과
S-09 / S-10	관찰수	0/0	0/0	0/0	2/1	5/5	1/4	2/0	0/0	0/0	0/0	0.902	동 질
	X^2검정	–	–	–	0.17	0.00	0.90	1.00	–	–	–		
S-10 / S-12	관찰수	0/0	0/0	0/3	1/5	5/2	4/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0.279	동 질
	X^2검정	–	–	1.50	1.33	0.64	2.00	–	–	–	–		
S-12 / S-13	관찰수	0/0	0/0	3/1	5/3	2/5	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0.925	동 질
	X^2검정	–	–	0.50	0.25	0.64	0.50	–	–	–	–		
S-13 / S-14	관찰수	0/0	0/0	1/0	3/0	5/0	1/5	0/4	0/1	0/0	0/0	0.054	동 질
	X^2검정	–	–	0.50	1.50	2.50	1.33	2.00	0.50	–	–		

▮ 2구간

구분		절리거칠기(JRC) 0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20	우측 p값	검정 결과
S-14 / S-15	관찰수	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	5/4	4/4	1/0	0/0	0/0	0.960	동 질
	X^2검정	–	–	–	–	1.00	0.06	0.00	0.50	–	–		
S-15 / S-16	관찰수	0/0	0/0	0/0	0/0	2/6	4/4	4/0	0/0	0/0	0/0	0.740	동 질
	X^2검정	–	–	–	–	1.00	0.00	2.00	–	–	–		
S-16 / S-17	관찰수	0/0	0/0	0/1	0/3	6/5	4/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0.751	동 질
	X^2검정	–	–	0.50	1.50	0.05	0.90	–	–	–	–		
S-17 / S-18	관찰수	0/0	0/0	1/0	3/0	5/0	1/2	0/6	0/2	0/0	0/0	0.044	비동질
	X^2검정	–	–	0.50	1.50	2.50	0.17	3.00	1.00	–	–		
S-18 / S-19	관찰수	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	2/1	6/7	2/2	0/0	0/0	1.000	동 질
	X^2검정	–	–	–	–	–	0.17	0.04	0.00	–	–		
S-19 / S-20	관찰수	0/0	0/0	0/0	0/0	0/7	1/3	7/0	2/0	0/0	0/0	0.049	비동질
	X^2검정	–	–	–	–	3.50	0.50	3.50	1.00	–	–		
S-20 / S-21	관찰수	0/0	0/0	0/0	0/3	7/6	3/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0.906	동 질
	X^2검정	–	–	–	1.50	0.04	0.50	–	–	–	–		
S-21 / S-22	관찰수	0/0	0/0	0/0	3/0	6/1	1/3	0/6	0/0	0/0	0/0	0.138	동 질
	X^2검정	–	–	–	1.50	1.79	0.50	3.00	–	–	–		
S-22 / S-23	관찰수	0/0	0/0	0/0	0/0	1/4	3/4	6/2	0/0	0/0	0/0	0.915	동 질
	X^2검정	–	–	–	–	0.90	0.07	1.00	–	–	–		
S-23 / S-24	관찰수	0/0	0/0	0/0	0/5	4/5	4/0	2/0	0/0	0/0	0/0	0.268	동 질
	X^2검정	–	–	–	2.50	0.06	2.00	1.00	–	–	–		
S-24 / S-25	관찰수	0/0	0/0	0/0	5/2	5/2	0/4	0/2	0/0	0/0	0/0	0.478	동 질
	X^2검정	–	–	–	0.64	0.64	2.00	1.00	–	–	–		

■ 3구간

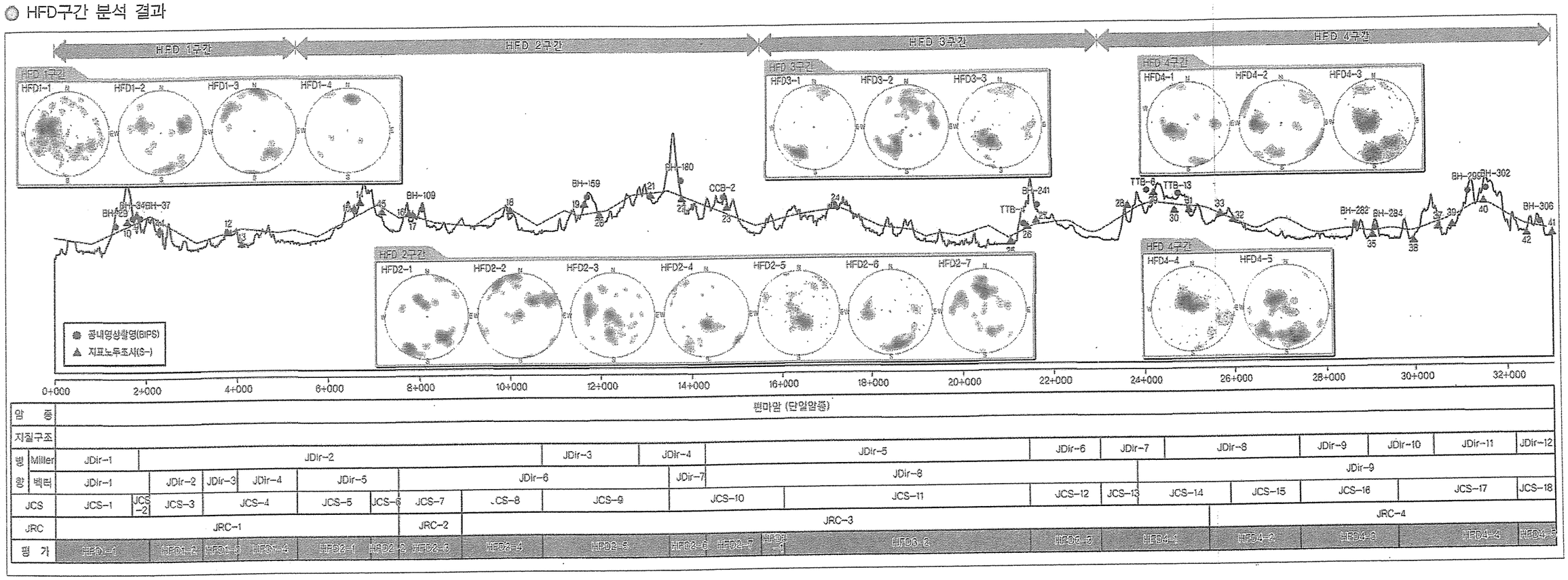
구	분	절리거칠기(JRC) 0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20	우측 p값	검정 결과
S-25 / S-26	관찰수	0/0	0/0	0/0	2/0	2/2	4/8	2/0	0/0	0/0	0/0	0.804	동 질
	X^2검정	–	–	–	1.00	0.00	0.67	1.00	–	–	–		
S-26 / S-27	관찰수	0/0	0/0	0/0	0/2	2/2	8/5	0/1	0/0	0/0	0/0	0.931	동 질
	X^2검정	–	–	–	1.00	0.00	0.35	0.50	–	–	–		
S-27 / S-28	관찰수	0/0	0/0	0/0	2/3	2/7	5/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0.439	동 질
	X^2검정	–	–	–	0.10	1.39	2.50	0.50	–	–	–		
S-28 / S-29	관찰수	0/0	0/0	0/2	3/2	7/4	0/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0.833	동 질
	X^2검정	–	–	1.00	0.10	0.41	1.00	–	–	–	–		

■ 4구간

구	분	절리거칠기(JRC) 0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20	우측 p값	검정 결과
S-29 / S-30	관찰수	0/0	0/0	2/3	2/5	4/2	2/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0.901	동 질
	X^2검정	–	–	0.10	0.64	0.33	1.00	–	–	–	–		
S-30 / S-31	관찰수	0/0	0/1	3/1	5/3	2/2	0/3	0/0	0/0	0/0	0/0	0.789	동 질
	X^2검정	–	0.50	0.50	0.25	0.00	1.50	–	–	–	–		
S-31 / S-32	관찰수	0/0	1/0	1/1	3/3	2/6	3/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0.740	동 질
	X^2검정	–	0.50	0.00	0.00	1.00	1.50	–	–	–	–		
S-32 / S-33	관찰수	0/0	0/0	1/4	3/4	6/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0.915	동 질
	X^2검정	–	–	0.90	0.07	1.00	–	–	–	–	–		
S-33 / S-34	관찰수	0/0	0/0	4/0	4/0	2/0	0/1	0/6	0/3	0/0	0/0	0.018	비동질
	X^2검정	–	–	2.00	2.00	1.00	0.50	3.00	1.50	–	–		
S-34 / S-35	관찰수	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/3	6/4	3/3	0/0	0/0	0.998	동 질
	X^2검정	–	–	–	–	–	0.50	0.20	0.00	–	–		
S-35 / S-37	관찰수	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	3/4	4/4	3/0	0/0	0/0	0.822	동 질
	X^2검정	–	–	–	0.50	0.50	0.07	0.00	1.50	–	–		
S-37 / S-38	관찰수	0/0	0/0	0/0	1/0	1/3	4/5	4/2	0/0	0/0	0/0	0.973	동 질
	X^2검정	–	–	–	0.50	0.50	0.06	0.33	–	–	–		
S-38 / S-40	관찰수	0/0	0/0	0/0	0/1	3/7	5/2	2/0	0/0	0/0	0/0	0.751	동 질
	X^2검정	–	–	–	0.50	0.80	0.64	1.00	–	–	–		
S-40 / S-41	관찰수	0/0	0/0	0/3	1/2	7/3	2/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0.840	동 질
	X^2검정	–	–	1.50	0.17	0.80	0.00	–	–	–	–		
S-41 / S-42	관찰수	0/0	0/0	3/0	2/3	3/5	2/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0.930	동 질
	X^2검정	–	–	1.50	0.10	0.25	0.00	–	–	–	–		
S-42 / S-43	관찰수	0/0	0/0	0/1	3/5	5/4	2/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0.935	동 질
	X^2검정	–	–	0.50	0.25	0.06	1.00	–	–	–	–		
S-43 / S-44	관찰수	0/0	0/0	1/0	5/0	4/6	0/4	0/0	0/0	0/0	0/0	0.319	동 질
	X^2검정	–	–	0.50	2.50	0.20	2.00	–	–	–	–		

1.2.3 균질절리영역(HFD) 분석 결과

HFD구간 분석 결과



HFD구간별 절리특성 분석

구 분		HFD 1구간 (STA. 사업시점~5+600)				HFD 2구간 (STA. 5+600~15+500)							HFD 3구간 (STA. 15+500~23+000)			HFD 4구간 (STA. 23+000~사업종점)				
		HFD1-1	HFD1-2	HFD1-3	HFD1-4	HFD2-1	HFD2-2	HFD2-3	HFD2-4	HFD2-5	HFD2-6	HFD2-7	HFD3-1	HFD3-2	HFD3-3	HFD4-1	HFD4-2	HFD4-3	HFD4-4	HFD4-5
STA.(km+m)		사업시점~2+050	2+050~3+220	3+220~4+000	4+000~5+600	5+600~6+900	6+900~7+520	7+520~8+900	8+900~10+700	10+700~13+460	13+460~14+280	14+280~15+500	15+500~16+020	16+020~21+400	21+400~23+000	23+000~25+380	25+380~27+380	27+380~29+560	29+560~32+150	32+150~사업종점
절리군 방향	Set 1	42/111	49/252	82/186	64/188	55/319	83/154	50/106	21/344	21/333	68/345	45/178	60/034	56/187	38/039	32/070	48/089	13/086	13/165	26/130
	Set 2	49/307	41/112	67/130	–	80/025	57/236	42/005	88/132	16/135	46/090	55/110	74/189	46/039	83/189	87/345	89/121	63/319	69/287	63/343
	Set 3	62/066	75/352	56/320	–	31/160	04/084	05/024	68/027	72/213	51/263	45/334	–	56/259	60/276	55/270	74/229	70/004	69/334	66/041
JCS(MPa)		59.9	52.0	25.4	27.6	51.6	73.3	38.2	71.7	48.5	46.2	55.6	71.6	66.2	61.1	57.4	42.4	53.6	58.2	63.4
JRC		8.6	7.1	8.4	13.0	12.0	9.4	12.0	10.0	9.7	7.5	9.6	11.0	9.9	9.1	7.9	14.0	8.0	8.8	10.0
주요 구조물		강매터널, 창릉천교, 현천IC				문봉터널, 공릉천교							금촌터널, 장진천2교			금촌3교, 월릉교				
비 고																				

제 2 장 구간별 성과분석

2.1 터널구간 성과분석

2.1.1 터널구간 암반분류

RMR에 의한 암반분류

구성요소	산정식	범위	지반등급	Output
• 점하중지수 (Is_{50}) • RQD • 불연속면의 간격 (J_s) • 불연속면의 상태 (J_c) • 지하수 조건 (J_w) • 불연속면의 방향 (J_o)	• 6가지 변수의 합계 점수 (Is_{50} + RQD + J_s + J_c + J_w + J_o)	0~100	Very Poor ~Very Good	• 지보하중 (P) = (100−RMR)/100×γ B • 현지변형계수(Em) = 2×RMR−100 • 점착력, 내부마찰각 • 터널폭에 따른 자립시간

암반등급기준

평점합계	81~100	61~80	41~60	21~40	20 이하
등급/평가	Ⅰ/매우양호	Ⅱ/양호	Ⅲ/보통	Ⅳ/불량	Ⅴ/매우불량

분류결과

공 번	구 분	분류구간 (G.L(−)m)	점하중지수 (MPa)	RQD(%)	절리간격 (mm)	불연속면 상태	지하수 상태	절리방향	총점 등급
BH-239	상부1D	31.4~45.4	4.46~6.52	76~94	60~2000	25~30	Damp~Dry	유리	70~90
			12	17~20	8~15		10~15	−2	Ⅱ~Ⅰ
	통과구간	45.4~52.3	6.01~6.67	86~98	200~2000	28~30	Dry	유리	80~90
			12	17~20	10~15		15	−2	Ⅱ~Ⅰ
	하부1D	52.3~60.5	6.01~7.06	91~95	200~2000	28	Dry	유리	83~88
			12	20	10~15		15	−2	Ⅰ
BH-240	상부1D	2.0~15.2	2.79~4.97	18~84	60~200	14~24	Wet~Damp	유리	37~69
			7~12	3~17	8		7~10	−2	Ⅳ~Ⅱ
	통과구간	15.2~22.4	2.99~4.38	50~90	60~200	24~25	Damp	유리	60~73
			7~12	13~20	8		10	−2	Ⅲ~Ⅱ
	하부1D	22.4~33.0	3.65~5.82	50~100	60~600	20~27	Damp	유리	60~77
			7~12	13~20	8~10		10	−2	Ⅲ~Ⅱ

(계속)

공 번	구 분	분류구간 (G.L(-)m)	점하중지수 (MPa)	RQD(%)	절리간격 (mm)	불연속면 상태	지하수 상태	절리방향	총점 등급
BH-241	상부1D	3.5~8.8	3.1~6.59	58~66	60~200	14~23	Flow~Wet	유리	40~61
			7~12	13	8		0~7	-2	Ⅳ~Ⅱ
	통과구간	8.8~16.0	2.52~4.34	60~83	60~200	14~28	Flow~Dry	유리	70~48
			7~12	13~17	8		0~15	-2	Ⅳ~Ⅱ
	하부1D	16.0~26.0	4.34~5.82	61~77	60~600	26~28	Damp~Dry	유리	67~78
			12	13~17	8~10		10~15	-2	Ⅱ
BH-242	상부1D	3.8~9.2	3.41~3.8	31~80	60~200	19~26	Drop~Damp	유리	44~66
			7	8~17	8		4~10	-2	Ⅲ~Ⅱ
	통과구간	9.2~16.5	3.8~5.74	80~97	60~600	26~28	Damp~Dry	유리	66~83
			7~12	17~20	8~10		10~15	-2	Ⅱ~Ⅰ
	하부1D	16.5~29.0	5.62~7.76	80~94	60~600	25~28	Damp~Dry	유리	70~83
			12	17~20	8~10		10~15	-2	Ⅱ~Ⅰ

Q-System에 의한 암반분류

개요	평가	산정방법
• 1974년 NGI의 Barton등에 의해 제안 • 200여개의 기 시공된 터널의 보강실적을 통계하여 암반상태와 보강량의 관계 분석 • 1993년 지보패턴을 기존 38개항에서 강섬유보강 숏크리트를 사용하는 9개항 수정(Grimstad and Barton)	0.001 ~1,000	$Q = \frac{RQD}{J_n} X \frac{J_r}{J_a} X \frac{J_w}{SRF}$ • RQD/J_n : 암괴크기의 척도 • J_r/J_a : 암괴사이의 마찰각 척도 • J_w/SRF : 작용응력 척도

분류항목	지반조사 활용	분류항목	지반조사 활용
RQD	• 시추코어측정, 공내영상촬영 등을 통한 코아의 손상여부 판단	J_a	• 시추코어, 공내영상촬영 등을 통한 자료 획득
J_n	• 시추코어, 공내영상촬영 등의 자료 검색을 통한 자료 획득	J_w	• 수압시험에 의한 투수계수 등 자료 활용
J_r	• 시추코어, 실내시험결과(JRC)참조	SRF	• 시추코어의 암반상태 • 암석시험 결과

■ Q-System에 의한 일반적인 지반등급산정 기준

Q값의 범 위	1000 ~400	400 ~100	100 ~40	40 ~10	10 ~4	4 ~1	1 ~0.1	0.1 ~0.01	0.01 ~0.001
암반등급	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ
암질	지극히 양호	극히 양호	매우 양호	양호	보통	불량	매우 불량	극히 불량	지극히 불량

■ 사업구간 Q값 적용 범위

암반등급	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
Q값의 범위	63.0 이상	3.9~63.0	0.25~3.9	0.016~0.25	0.016 이하

■ 분류결과

공 번	구 분	분류구간 (G.L(-)m)	Q-System						Q-Value	등급
			RQD(%)	J_n	J_r	J_a	J_w	SRF		
BH-239	상부1D	31.4~45.4	80~95	3.0	3.0~4.0	0.75~1.0	1.0	2.5	38.0~67.6	Ⅱ~Ⅰ
	통과구간	45.4~52.3	90~100	3.0	4.0	0.75	1.0	1.0~2.5	64.0~177.8	Ⅰ
	하부1D	52.3~60.5	95	3.0	4.0	0.75	1.0	1.0	168.9	Ⅰ
BH-240	상부1D	2.0~15.2	20~85	3.0~6.0	1.5~3.0	1.0~2.0	0.66~1.0	2.5	0.66~17.0	Ⅲ~Ⅱ
	통과구간	15.2~22.4	50~90	3.0~6.0	3.0	0.75~2.0	1.0	2.5	7.5~48.0	Ⅱ
	하부1D	22.4~33.0	50~100	2.0~4.0	3.0~4.0	0.75~2.0	1.0	2.5	7.5~106.7	Ⅱ~Ⅰ
BH-241	상부1D	3.5~8.8	60~70	3.0	1.0~3.0	1.0~4.0	0.33~0.66	2.5	0.77~15.8	Ⅲ~Ⅱ
	통과구간	8.8~16.0	60~85	3.0	1.0~4.0	0.75~4.0	0.33~1.0	2.5	0.77~56.9	Ⅲ~Ⅱ
	하부1D	16.0~26.0	65~80	3.0	3.0~4.0	0.75	1.0	2.5	34.7~56.9	Ⅱ
BH-242	상부1D	3.8~9.2	35~80	6.0	1.5~3.0	0.75~1.0	0.5~1.0	2.5	1.75~21.3	Ⅲ~Ⅱ
	통과구간	9.2~16.5	80~100	2.0~6.0	3.0~4.0	0.75	1.0	2.5	21.0~106.7	Ⅱ~Ⅰ
	하부1D	16.5~29.0	80~95	2.0~4.0	2.0~4.0	0.75	1.0	2.5	22.7~101.3	Ⅱ~Ⅰ

2.1.2 미시추구간 지질정보 분석

기본방향

- 터널 설계 기준에 의거하여 지반조사를 수행한 구간을 제외한 모든 지역(민원 및 진입로 개설 불가 구간, 시추공과 시추공 사이 등)을 미시추 구간으로 분류
- 시추조사, 현장시험 및 물리탐사(전기비저항탐사)를 수행하고 각 조사 자료의 상관관계를 분석하여 미시추 구간에 대해 신뢰성 있는 자료를 획득하는데 목적이 있음

수행흐름

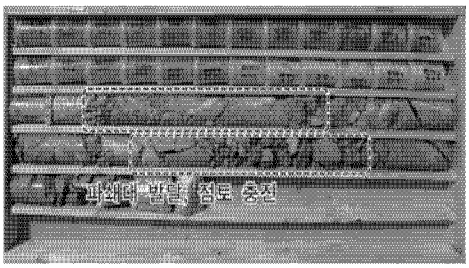
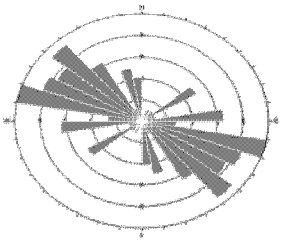
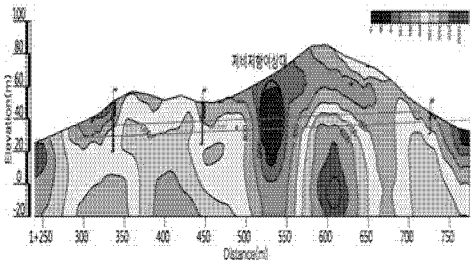
기존자료 분석 ➡ 지표지질조사 ➡ 물리탐사

- 주요 구조대 추정/확인
- 단층, 절리, 층리, 파쇄대의 방향/성상/위치 현황 및 암종 분포 현황 파악
- 물리탐사 결과 분석 ➜ 기반암 심도, 지질 연약대 및 함수대 추정

⬇

시추조사 ➡ 시추공내 현장시험 ➡ 실내시험

- 시추주상도 작성, 시추 Core에 대한 암반분류(RMR & Q-System) 수행
- 심도별 역학적/수리적 특성 파악
- 공내영상촬영, 시추 Core 절리 Mapping을 통해 터널 심도 구간의 주절리군의 방향성/특성 파악

시추조사	시추공내 현장시험	물리탐사
		

⬇

종 합 분 석

- 지반등급 분류 기준 마련
  - -RMR값 "20이하 : 21~40 : 41~60 : 61~80 : 81이상" 을 기준으로 5개 등급 산정
  - -Q 값 "0.016이하 : 0.16~0.25 : 0.25~3.9 : 3.9~63.0 : 63.00이상 " 을 기준으로 5개 등급 산정
- 탄성파속도(V_P)와 Q값과의 상관관계 분석 ➜ RMR = 7.515 Ln(Q)+48.514
- 전기비저항치(R)와 암반분류 값(RMR)과의 관계 설정 ➜ 전기비저항치 $=186\times e^{(0.0369\times RMR)}$
- 단층대/지질연약대/함수대 확정

⬇

지반등급 결정과 지보패턴 부여

○ 암반분류 시스템 사이의 상관관계 분석

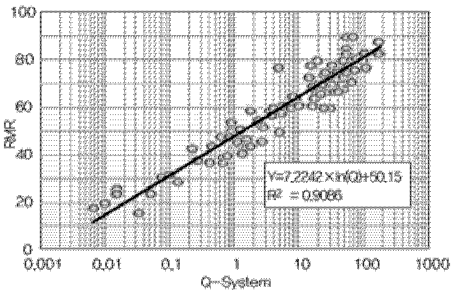
▮ RMR과 Q-System의 비교

암반분류법	RMR	Q-SYSTEM	공통
구성 요소	• 일축압축강도(σc) • 연속면의 간격 (Js) • 연속면의 상태 (Jc) • 불연속면의 방향 (Jo)	• 불연속면의 군수 (Jn) • 불연속면의 거칠기(Jr) • 불연속면의 변질 정도(Ja) • 응력감소계수(SRF)	• Rock Quality Designation (RQD) • 지하수 조건(Jw)
산 정 식	RMR = σc+RQD+Js+Jc+Jw+Jo	Q = RQD/Jn×Jr/Ja×Jw/SRF	
범 위	0~100	0.001~1,000	
암 반 등 급	Very Poor(Ⅴ)~Very Good(Ⅰ)	Exc. Poor(Ⅸ)~Exc. Good(Ⅰ)	
Output	• 지보하중 P = (100-RMR)/100×γ B • 현지변형계수 Em = 2×RMR-100 • 점착력, 내부마찰각 • 터널폭에 따른 자립시간	• 지보압 Proof = 2/Jr×Q-1/3 • 무지보폭 계산 • Support Category	

▮ RMR, Q-System, RQD, GIS 상호간의 상관관계 비교
-암반분류 시스템 간의 상관관계 고찰

- RMR과 Q-System 의 상관관계식을 이용하여 각 System에서의 지반등급 경계를 설정
- RMR과 RQD의 상관관계식은 등급별 설계정수 결정시 RQD에 의한 방법에 적용
- RMR과 GSI의 상관관계식은 GSI를 이용하여 등급별 설계정수 결정시 반영

-RMR과 Q-System의 상관관계

제안자	상관식	본 사업구간의 상관관계
Bieniawski(1976)	RMR = 9 LnQ + 44 (r^2=0.77)	• 상관관계(R^2)는 RMR=7.2242×ln(Q)+50.15로서 정확한 상관관계의 정립은 어렵지만 일반적으로 알려진 Bieniawisk의 식의 R^2이 0.77로서 본 사업구간에서의 상관관계와 매우 유사함으로 결과를 상호 보완할 수 있는 자료로 활용 가능성이 큼
Rutledge(1978)	RMR = 5.9 LnQ + 43 (r^2=0.85)	
Moreno(1980)	RMR = 5.4 LnQ + 55.2 (r^2=0.55)	
Clarke(1981)	RMR = 5.0 LnQ + 60.8 (for, Tunnal Heading)	
	RMR = 4.6 LnQ + 55.5 (for, Boring Core)	
Budavari(1981)	RMR = 10.5 LnQ + 41.8 (r^2=0.66)	
Barton(1995)	RMR = 15.0 LogQ + 50	
구 호 본(1994)	RMR = 13.0 LnQ + 60	
R.K.Goel (1995)	RMRmod = 8 LnQ + 30 (r^2=0.92)	
건설기술연구원(1992)	RMR = 59.597+13.234*log(Q) (r^2=0.566)	

주) RMRmod : 일축압축강도와 절리방향에 대한 배점, N : Q-System에서 SRF를 1로 둔 값

○ 암반분류 결과와 전기비저항값의 상관관계 분석

▮ 개요

- 전기비저항탐사는 넓은 영역과 깊은 심도까지 비교적 정확도를 가지고 손쉽게 지반정보를 파악할 수 있는 물리탐사 기법
- 암반분류를 위한 현장의 전기비저항치의 정확한 해석을 위해서는 암석의 전기비저항치에 영향을 미치는 다양한 물리 · 환경적 요인을 파악해야 함

▮ 전기비저항에 영향을 미치는 요인(C.S.Gokhale와 J.M.Katae의 연구결과

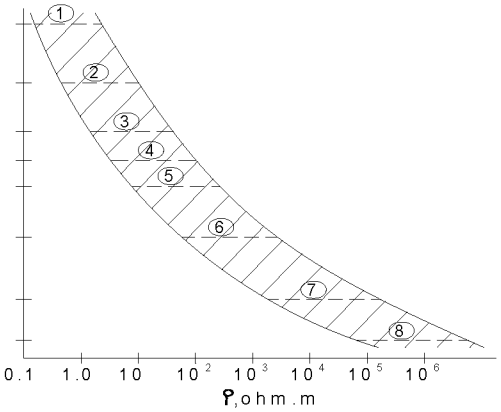
- 관련 문헌 : Tunnelling Asia '97 Proceeding (p.11~22)
- 연구개요 : 전기비저항치에 영향을 미치는 물리적/환경적 요인들에 대한 연구 결과들을 분석하여 주요한 영향인자 도출
- 연구결과
  - –전기비저항치에 영향을 미치는 물성 : 공극률, 비중, 함수비, 포화도, 투수계수, 암석의 종류, 온도 등
  - –전기비저항치는 암반의 강도 및 변형 특성(일축압축강도, 탄성계수 등)과 관계가 있음
  - –암반 층후에 해당하는 응력이 작용하는 지점에서의 전기비저항치(가비저항)는 진비저항치(Overburden 이 "0" 인 경우의 전기비저항치)로 환산하여 분석하여야 함 : 암반응력에 대한 보정 실시
  - –암석 종류, 즉 광물 조성, 구성 조직등에 따라 비저항치는 차이가 남
  - –Overburden의 증가에 따른 비저항치 증가 관계는 Curvilinear로 초기에는 급속히 증가하다가 증가율이 감소 : 공극과 균열의 닫힘 영향

▮ 암석의 종류에 따른 전기비저항 값의 범위

– Telford의 연구 결과(1976)

구 분	암석종류	전기비저항값 범위(Ω m)
화성암	화강암(Granite)	300~1,000,000
	섬장암(Syenite)	100~1,000,000
	섬록암(Diorite)	10,000~100,000
	반암(여러종류)(Porphyry)	60~10,000
변성암	편암(석회질 및 운모)(Schists)	20~10,000
	편마암(여러종류)(Gneiss)	68,000(습윤시)~3,000,000(건조시)
	규암(여러 종류)(Quartzites)	10~200,000,000
퇴적암	셰일(응고)(Consolidated Shales)	20~2,000
	역암(Conglomerates)	2,000~10,000
	사암(Sandstones)	1~640,000,000
	석회암(Limestones)	50~10,000,000
	점토(Clays)	1~100

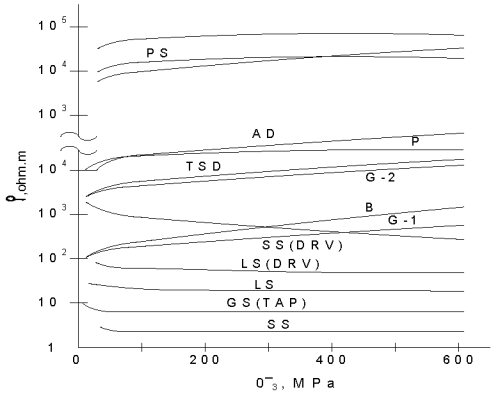
– Whiteley의 연구 결과(1983)

암 석 종 류	Graph
① Metal Sulphide Ores ② Clay, Graphitic shale, Soft shale, Sandstone saturated with salt water ③ Hard shale ④ Sand and gravel saturated with fresh water ⑤ Hard sandstone ⑥ Soft limestone, Fresh coal ⑦ Dolomite, dense limestone and fresh igneous and metamorphic rocks ⑧ Dry quartzites	

- 상기 연구 결과 암석에 따른 전기비저항치 범위는 광물 성분의 포함정도, 구성조직의 치밀도, 미세균열의 발달 정도 등에 따라 차이가 남
- 보편적으로 퇴적암이 가장 낮은 범위를 보이고, 변성암 및 화성암은 같은 분포 범위를 보임
- 본 사업구간에 분포하는 암종은 대부분 편마암에 해당하여 전기비저항치의 분포 범위가 차이가 나지 않을 것으로 판단됨
- 따라서 본 사업에서는 전기비저항치에 미치는 영향을 암종의 영향보다는 심도 영향을 중점적으로 검토

▮ 암석의 종류에 따른 전기비저항 값의 범위

– Stesky 등의 연구결과(1973)

암 석 종 류	Graph
PS = Serpentinized peridotite AD = Dunite P = Peridotite TSD = Dunite G-2 = Gabbro B = Basalts G-1 = Gabbro SS = Serpentinite LS = Serpentinized Lherzolite GS = Gabbro	

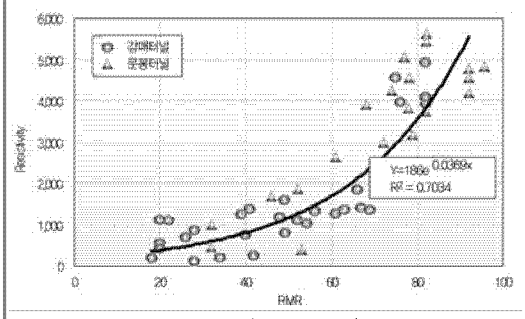
- 일반적으로 봉압(암반응력)이 증가할수록 전기비저항치는 증가
- 40MPa(약 1,500m 심도에 해당하는 응력) 이내의 봉압 조건에서는 급격한 증가 양상을 보이다가 이후에는 증가율이 저하
- 화강암과 석회암을 대상으로 하는 시험 결과는 제시되지 않았으나 일반적인 경향을 보일 것으로 예상됨
- Serpentite 등 광물을 함유한 암석이나 건조한 상태의 시험조건에서는 봉압이 증가할수록 전기비저항치는 감소하는 양상을 보임
- 따라서 심도 50m 내외인 본 사업구간에서는 심도에 따른 전기비저항치 변화 양상은 없는 것으로 보며 일반적인 분석방향을 적용하기로 함

2차적 암반분류

• RMR과 전기비저항값과의 상관성을 분석 후 비저항치 및 암반등급 산정에 반영

전기비저항치를 이용한 암반분류

RMR-전기비저항 상관성 분석



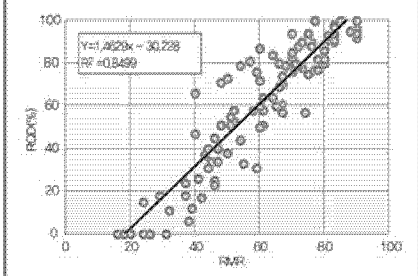
• Resistivity=186×e$^{(0.0369\times RMR)}$

구분	적용 RMR범위	비저항값(Ω m)
Ⅰ등급	81이상	3,500 이상
Ⅱ등급	61~80	1,700~3,500
Ⅲ등급	41~60	800~1,700
Ⅳ등급	21~40	400~800
Ⅴ등급	20 이하	400이하

암반분류의 상관성 분석

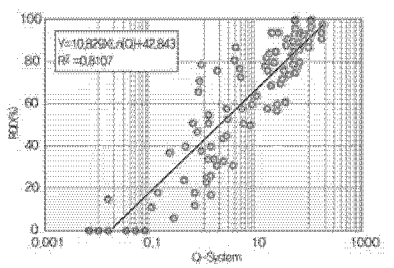
• RMR, Q분류 등 암반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
➜결과값이 상관식과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함

RMR-RQD 상관관계



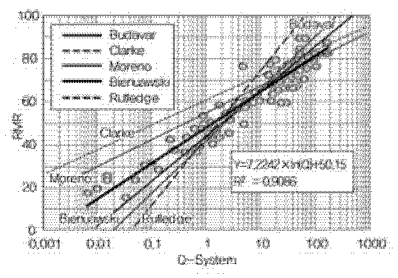
• RQD=1.4629×RMR-30.228

Q-RQD의 상관관계



• RQD=10.829×ln(Q)+42.643

RMR-Q 상관관계



• 사업적용
➜RMR=7.2242×ln(Q)+50.15

암반등급 적용기준

구분	Ⅰ등급	Ⅱ등급	Ⅲ등급	Ⅳ등급	Ⅴ등급
RMR	81이상	61~80	41~60	21~40	20 이하
Q-System	63.0 이상	3.9~63.0	0.25~3.9	0.016~0.25	0.016 이하
전기비저항(Ω m)	3,5000이상	1,700~3,500	800~1,700	400~800	400 이하

분석결과

• 암반등급 분류기준은 RMR, 각 인자의 상관식, 암반등급별 분포범위를 고려하여 산정
• 전기비저항 값과 RMR 상관성 분석결과 Resistivity=186e$^{(0.0369\times RMR)}$로 지수함수적 증가

2.1.3 지시크리깅 분석

개요

- RMR은 터널의 설계 및 시공과정에서 암반을 평가하는 매우 중요한 요소이지만 대부분 RMR은 시추공에서 획득한 코어를 직접 분석하여 얻는 값이기 때문에 그 정보의 분포가 매우 좁고, 제한적이어서 시추공 이외의 지역에 대한 양상을 파악하기가 매우 어려움
- 미시추 구간의 RMR 분포를 추정하기 위해서 전기비저항 탐사와 같은 지구물리 탐사 자료와 시추코아의 RMR 자료를 지구통계학적으로 복합 · 해석하였음
- 지구통계학은 난수함수 모델(random function modeling)에 기반한 공간분석 기술로 측정되지 않은 지점의 값들이 공간적으로 의존하는 난수함수의 집합이라는 가정을 통해 대상 지역의 관심변수에 대해 추정하는 방법임 (Goovaert, 1997)
- 지금까지 RMR 추정과 관련한 지구통계학의 적용은 단순히 시추공 상의 1차원 RMR 정보를 크리깅 기법 (Kriging)을 통해 2차원 분포로 확장하거나 시뮬레이션을 이용하는 방법(Ozturk, 2002; Ryuetal, 2003)등이 있었으나 공간적으로 제한된 정보에 대해 크리깅을 적용하는 것은 오해석을 유발하거나 지나치게 단순한 결과를 내놓을 가능성이 많음
- 본 보고서에서는 이전의 RMR 추정 방식의 단점을 극복하기 위해 지구물리탐사 자료와 시추공에서 획득된 정보를 복합적으로 해석하였음
- 복합해석은 1차원 시추공 자료에 대해 전기비저항 탐사와 같은 지구물리탐사 자료를 지구통계학적으로 결합하는 방식을 채택

이론적 배경

지구통계학의 정의

- 조사되지 않은 지점들의 미지의 값들과 관련한 불확실성을 모델링하고, 각 불확실성 모델로부터 최적의 추정치를 제공하기 위한 학문 분야로 크리깅 기법, 시뮬레이션 기법으로 나눌 수 있음

크리깅기법

① 크리깅의 정의

- 크리깅은 최적 선형불편향 추정자(best linear unbiased estimator : BLUE)이며, 기지 값들의 가중치 선형 결합 형태를 가지는 추정자를 말함

$$Z^* = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z_i$$

Z_i : 공간상에 분포하는 자료값

λ_i : Z_i에 해당되는 가중치(weight)

Z^* : 크리깅에 의한 추정치

- 크리깅의 가중치는 추정치가 불편향(unbiased)이고, 추정분산(estimation variance)이 최소가 되도록 결정(즉, 불편향 조건과 최소추정분산 조건을 만족시키도록 가중치를 결정)하며, 이 두 조건은 다음과 같음

$E[Z - Z^*] = 0$

$E[Z - Z^*]^2 = E[Z^2] - 2E[Z Z^*] + E[Z^{*2}]$

- 크리깅의 종류

구 분		내 용	비 고
선형크리깅 (linear kriging)		확률집합체의 조건에 따라 단순크리깅(simple kriging), 상크리깅(ordinary kriging), 만능크리깅(universal kriging) 등	
비선형크리깅 (Non-linear kriging)	로그정규크리깅	자료의 로그변환	
	다변량 가우시안 크리깅	자료의 정규 점수 변환(normal score transformation), 로그정류 크리깅의 일반화	
	순위크리깅	자료의 등분포 변환(uniform transformation) 혹은 순위	
	지표크리깅	자료의 지표 변환(indicator transformation)	
	선언적크리깅	자료의 특정 다항식 변환	

② 크리깅의 특징

- 최소자승법의 개념에서 지엽적 최적 추정치(Locally Optimal Prediction)를 제공
- Exact Interpolator이며, 추정오차 평가가 가능
- 자료 조건에 따라 공간적으로 변화하는 곡선화(Smoothing)
- 추정치 위치와 자료 위치 사이의 공분산을 찾는 과정

③ 크리깅의 문제점

- 지엽적으로 정확한 추정치는 다음 두 가지를 유지할 수 없음
  (a) 측정 자료의 분포와 (b) 이들 자료의 공간적 구조

- 크리깅 추정치가 비선형 모델(유동해석, 가시화 등)에서 매개변수로서 사용될 경우, 곡선화 효과는 오히려 역효과가 있음

- 크리깅 분산(Kriging Variance), 즉 추정 오차는 불확실성의 완전한 측도가 될 수 없음
  (만약, Gaussian Random Field의 가정 하에서 크리깅을 적용하더라도 그 Random Feild가 Gaussian임을 확인할 수 없음)

- 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해서 시뮬레이션(Simulation)을 적용할 수 있으며, 그 특징 및 장점은 아래와 같음

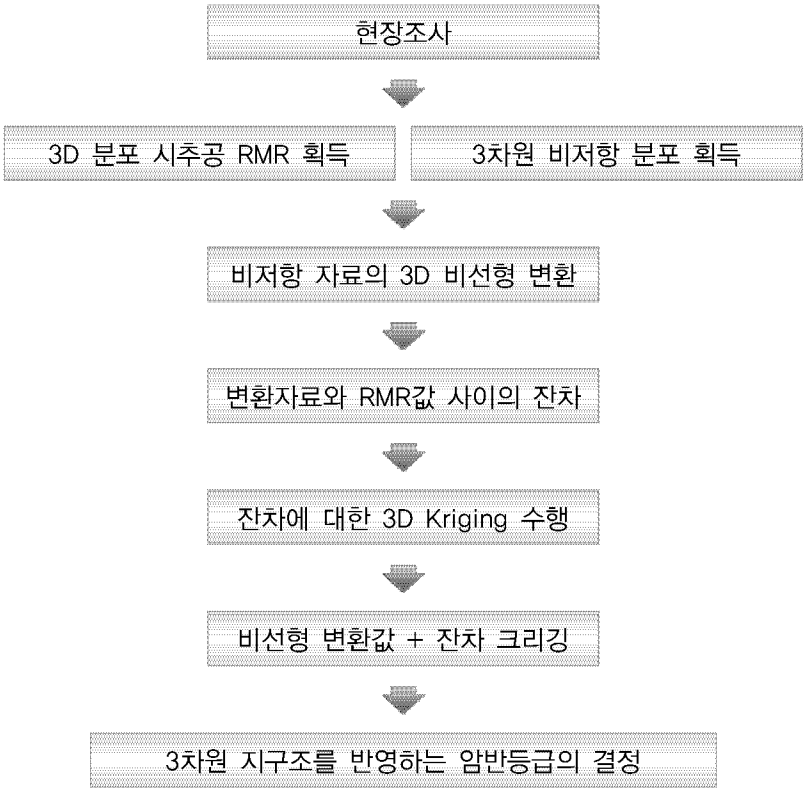
–시뮬레이션은 측정 자료(샘플자료) 및 그의 분포, 그리고 공간적 상관성(변동도)의 재생성을 강제할 수 있음
–불확실성의 전파에 대한 Monte-Carlo 기법에서 사용할 수 있음

◎ 크리깅 방법 및 절차

- 지구통계학은 조사되지 않은 미지의 값들과 관련한 불확실성을 모델링하고, 각 불확실성 모델로부터 최적의 추정치를 제공하기 위한 학문 분야임
- 지구통계학에서는 각 자료의 공간변화성 모델에 기초하여 추정(Estimation)과 시뮬레이션(Simulation)을 통해 불확실성을 모델링
- 지구통계학적 접근법인 크리깅의 특징 및 문제점은 다음과 같이 정리할 수 있으며, 이와 같은 단점을 보완하기 위해 지구통계학적 시뮬레이션 방법을 적용

크리깅의 특징	크리깅의 문제점	대안적 방법 : 시뮬레이션
• 최소자승법 측면에서 지엽적 최적 추정치 제공 • 완전 재삽연산자(Exact Interpolator) • 추정오차의 평가 가능 • 곡선화 효과(Smoothing Effect)	• 크리깅 추정치는 측정 자료의 분포와 공간적 구조를 유지할 수 없음 • 비선형 모델링으로 활용시 곡선화 효과는 단점으로 적용 • 크리깅 분산, 즉 추정오차는 불확실성의 완전한 측도로 이용될 수 있음	⇨ • 시뮬레이션은 측정 자료 및 그 분포 그리고, 공간적 상관성을 재생성 • 불확실성 전파에 대한 Monte-Carlo기법을 적용하여, 불확실성에 대한 측도를 제공

- 이상의 위 과정은 GMS 6.0 프로그램을 사용하여 1차적으로 지표 모델링을 작성 후 시추공간의 RMR 자료를 3차원 공간상에 배치하여 이에 따른 1차적인 시추공간을 3차원적으로 모델링
- 2차적으로 물리탐사(전기비저항탐사)자료와 상호 비교 · 분석하여 변화된 RMR값과 시추공간상의 RMR자료를 공간 배치함에 따라 3차원 크리깅 기법을 적용하여 미시추 구간 및 공간상의 3차원 RMR 분포도를 작성

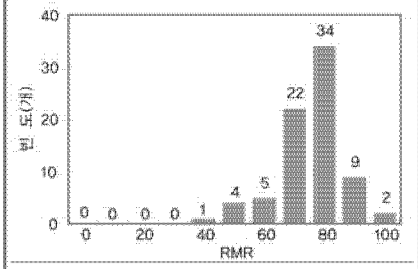


○ 금촌터널 3차원 암반등급 산정

▮ 시추자료의 통계분석 및 공간변화량 분석

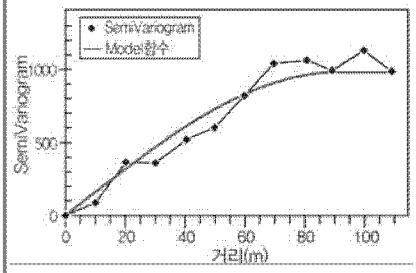
• RMR, Q분류 등 암반분류의 공학적 활용성을 높이기 위하여 상관성 분석 실시
➔ 결과값이 상관식과 비교하여 상이한 지점에 대해 재검토를 수행하여 오류를 최소화 함

시추자료 암반분류 분석



• 시추자료 RMR Ⅰ~Ⅱ등급 우세

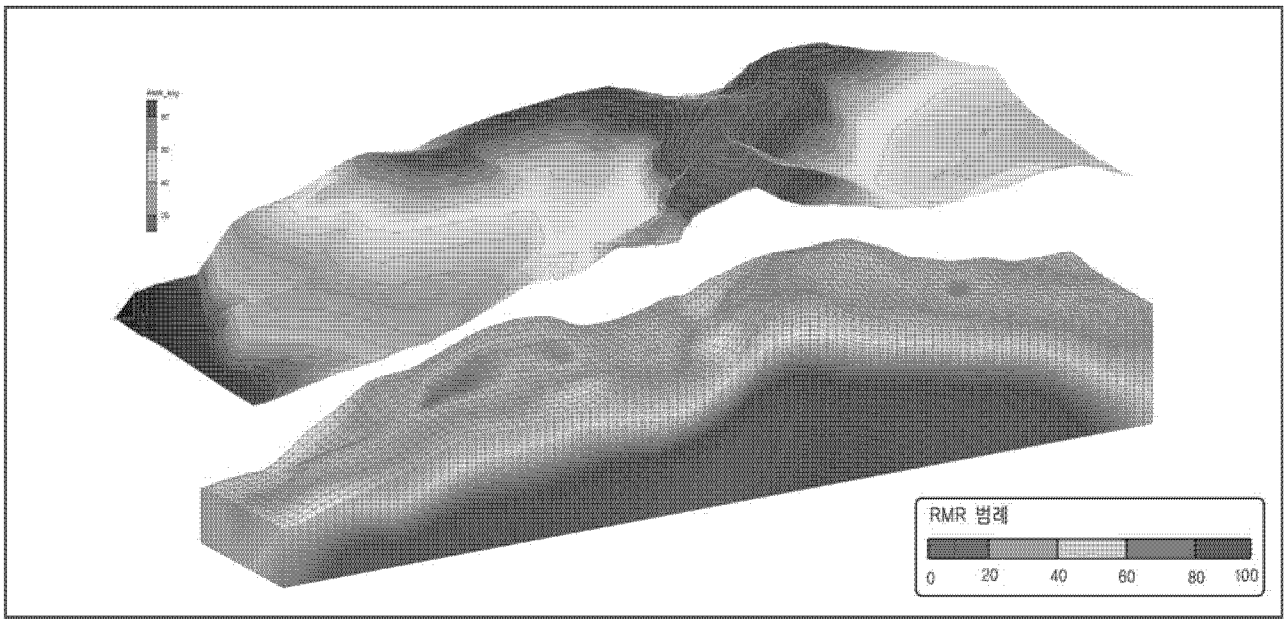
반변동도 분석



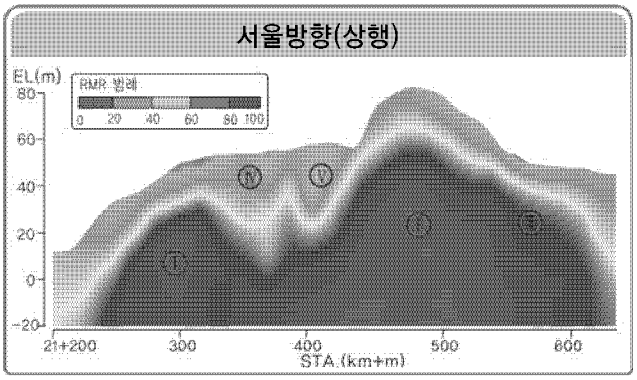
• Contribution : 980.8, Range : 90.8

구분	전기비저항 (Ω-m)	RMR
Cutoff 1	400	20
Cutoff 2	800	40
Cutoff 3	1,700	60
Cutoff 4	3,500	80

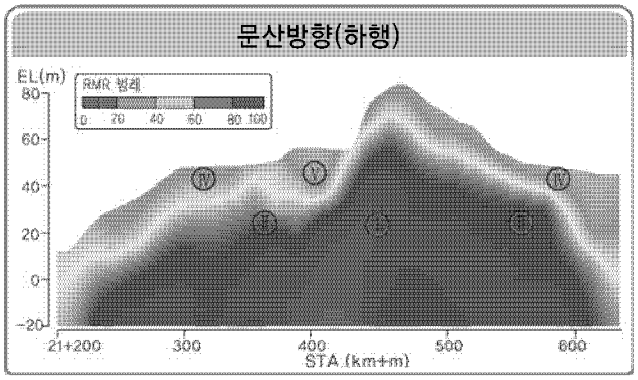
▮ 터널구간 암반등급도 분석



서울방향(상행)



문산방향(하행)

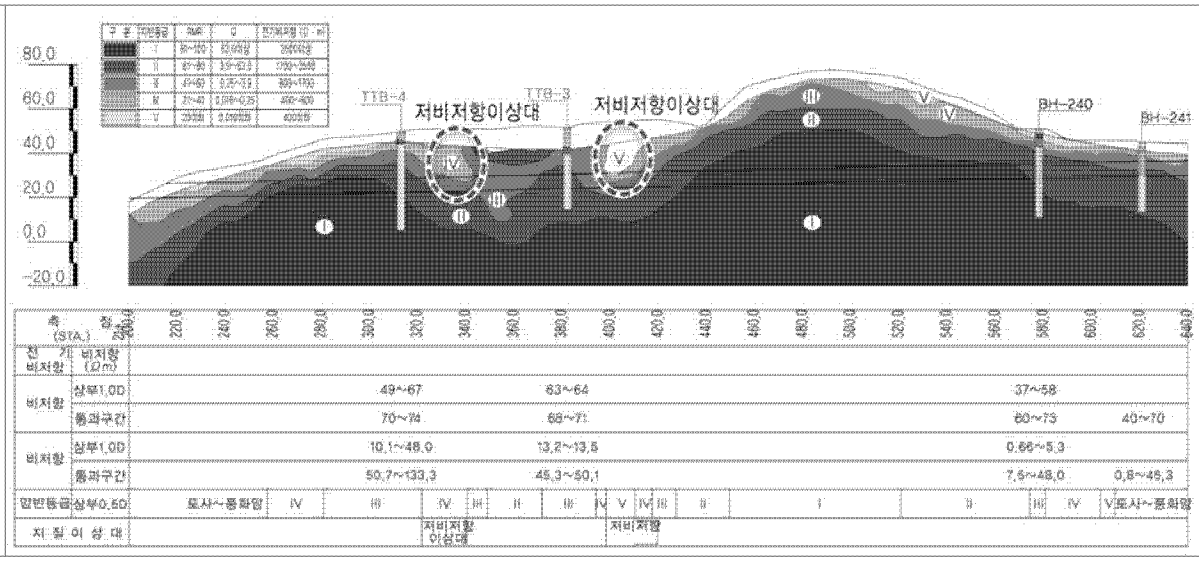


• 서울방향의 암반등급은 Ⅰ~Ⅱ등급으로 터널 시·종점부를 제외한 구간은 양호~매우양호한 암질상태
• 문산방향의 암반등급은 Ⅰ~Ⅱ등급으로 터널 시·종점부를 제외한 구간은 양호~매우양호한 암질상태

2.1.4 암반등급도

금촌터널

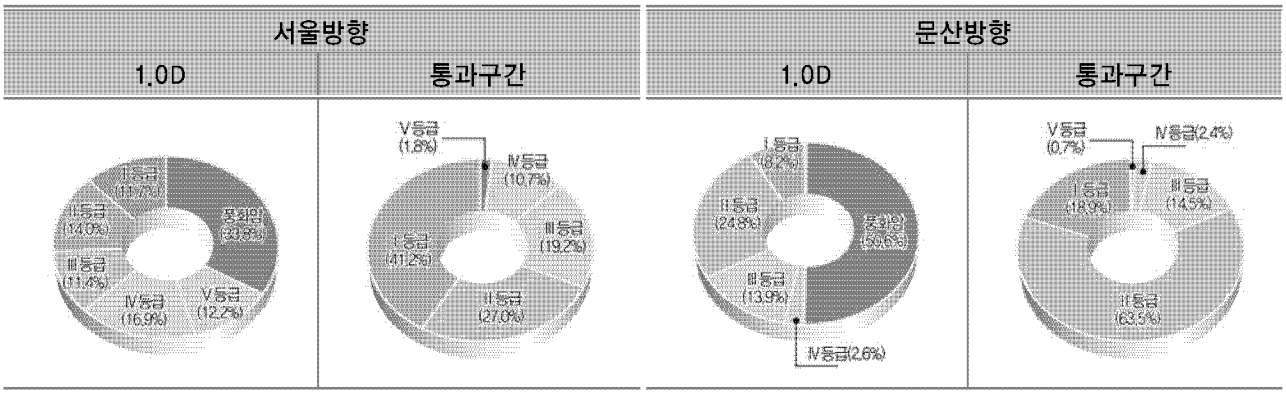
서울방향



측점 (STA.)			220.0	240.0	260.0	280.0	300.0	320.0	340.0	360.0	380.0	400.0	420.0	440.0	460.0	480.0	500.0	520.0	540.0	560.0	580.0	600.0	620.0	640.0
전기비저항	비저항 (Ω·m)																							
비저항	상부1.0D							49~67			63~64									37~58				
	통과구간							70~74			68~71									60~75		40~70		
비저항	상부1.0D							10.1~48.0			13.2~13.5									0.66~5.3				
	통과구간							50.7~133.3			45.3~50.1									7.6~48.0		0.8~45.3		
암반등급	상부0.5D	토사~풍화암	IV		III		IV	III	II	III	IV	V	IV	III	II	I		II		III	IV	V토사~풍화암	
지질이상대							저비저항 이상대				저비저항													

문산방향

측점 (STA.)			220.0	240.0	260.0	280.0	300.0	320.0	340.0	360.0	380.0	400.0	420.0	440.0	460.0	480.0	500.0	520.0	540.0	560.0	580.0	600.0	620.0	640.0
전기비저항	비저항 (Ω·m)																							
비저항	상부1.0D							49~67			63~64					70~90				67		–		
	통과구간							64~71			68~71					80~90				60~67		66~83		
비저항	상부1.0D							10.1~48.0			13.2~13.5					32.0~67.6				17.0		–		
	통과구간							33.6~129.3			45.3~50.1					84.0~177.8				6.4~35.2		21.3~106.7		
암반등급	상부0.5D	토사~풍화암			III		II	III	IV	V	IV	III	II	I		II		III	IV	토사~풍화암				
지질이상대									저비저항 이상대															



- 서울 및 문산방향의 1.0D구간은 풍화암~Ⅳ등급(53.2~62.9%)이 분포하여 매우불량한 암질상태를 보임
- 서울 및 문산방향의 통과구간은 Ⅰ~Ⅲ등급(87.4~96.9%)이 우세하여 양호~매우양호한 암질상태를 나타냄

2.1.5 터널굴착에 따른 수리모델링 분석

개 요	• 사업지역의 지하수 유동특성 분석을 통한 점오염원 및 비점오염원에 의한 영향분석 • 터널시공 전 · 후의 지하수내 오염물질 거동특성 파악으로 오염원 확산 예측 • 터널로부터 오염물 확산경로/범위 평가 및 최적관리 방안 도출

수리영향 분석개요

- 터널 건설 시공 시 와 시공 후 시간에 따른 지하수위 변화를 분석
- 터널 시공 후 오염물이 유출된 경우 시간에 따른 오염물의 거동을 파악하기 위해 지하수 유동 및 오염물 거동 모델링을 실시
- 모델링 도구는 다공성 포화 매질 내에서의 지하수 유동 및 오염물 거동을 모의할 수 있는 3차원 유한차분모형인 Visual Modflow Ver 3.1 프로그램 이용

해석 지역 지형특성 분석	유동해석 (Modflow)	오염물 거동 해석 (MT3D)
• 조사지형 고도 분석 • 관측정에서 수위 측정 **모델 영역 및 유역** • 모델 지역 설정 및 격자망 구성 • 경계조건 및 초기조건 입력 **대수층 설정 및 수리상수 결정** • 대수층 설정 및 수리상수 결정	• 해석구간 모델링 1. 정류해석 –관측정에서 관측된 지하수위를 근거로 자연 상태의 지하수위 분포 파악 2. 부정류 해석 –정류 결과를 토대로 시간을 고려하여 서울~문산 건설공사 작업시 시간에 따른 지하수계 영향 변화를 판단	1. 오염물 주입 – 서울~문산 건설공사에서 시간에 따른 오염물 분포 양상 파악 2. 오염물 주입 부근에 농도관측정을 설치하여 오염물의 주요 이동 경로 및 이동 속도 파악

입력정수 정의

- 저류계수(Storage, S)
  - 단위 수두(Piezometric Head)변화시에 단위표면적을 통하여 흐르는 지하수 양을 의미
  - 피압 대수층의 경우, S = Ss·b
  - 비피압 대수층의 경우, S = Sy + Ss·b ≈ Sy
- 비저류계수(Specific storage, Ss)
  - 단위수두 변화시 단위체적의 다공질 매체로부터 배수될 수 있는 지하수의 체적

$$Ss = \gamma_w(\alpha + n\beta)$$

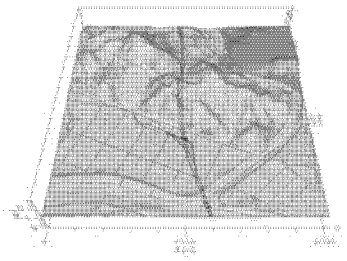
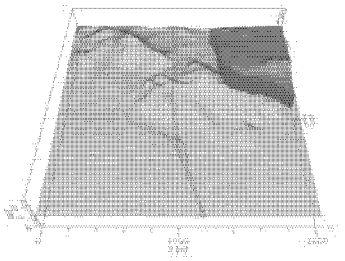
여기서, γ_w : 물의 단위중량
α : 대수층의 압축률
β : 유체(지하수)의 압축률
n : 간극률

  - 포화된 매체의 압축성을 나타내는 항으로 물의 압축성과 대수층이 압축성으로 나타냄
  - 일반적으로 대수층의 압축률에 비하여 물의 압축률은 매우 작기 때문에($\alpha \rangle\rangle \beta$), 비저류계수는 근사적으로 지하수위 변화에 기인하는 대수층의 압축률로 보기도 함 (Freeze and Cherry, 1979)
- 비산출률(Specific yield, Sy)
  - 단위체적의 포화 다공질 매체(Soil Mass)에서 중력 배수되는 수량을 나타냄
  - 비피압대수층의 경우 비산출율은 간극률과 같음(Sy≒n)

분석결과

금촌터널

– 모의영역 설정

모 의 영 역	격자망 구성	구 분	격자망 구성
		전체크기	200행×200행×4층
		셀의 크기	10m×10m

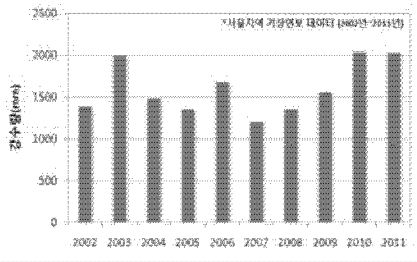
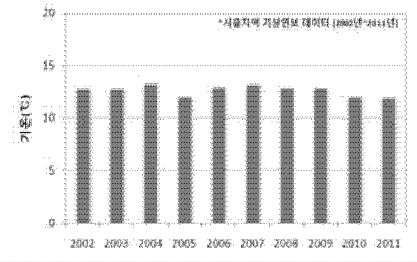
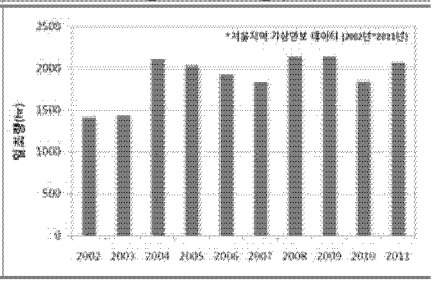
– 수리상수 및 지하수 함양량 산정

• 수리특성 정수 산정

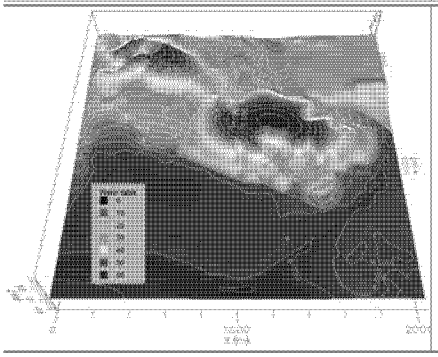
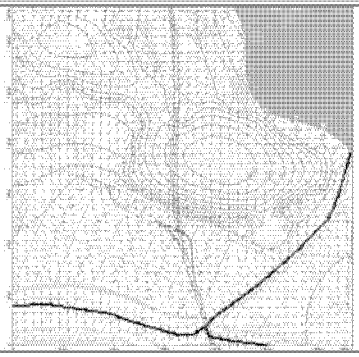
구분	수리전도도(K, cm/sec)	비저류계수(Ss, 1/m)	비산출율(Sy)
풍화토 및 퇴적층	1.77×10^{-3}	1.0×10^{-4}	0.20
연암 및 보통암	3.60×10^{-5}	1.0×10^{-5}	0.10
기반암	1.62×10^{-6}	1.0×10^{-6}	0.05

• 기상현황 및 지하수함양량 산정

- 서울기상관측소에서 관측된 10년간 기상연보 데이터를 분석한 결과 강수량은 1212.3~2043.5mm/yr, 기온은 12.0~13.3℃, 일조량은 1421.4~2145.4hr의 범위로 관측됨
- 기상데이터 분석 결과를 바탕으로 손실량(Turc, Coutagne법) 및 증발산량(Thornthwaite법) 분석을 통한 지하수함양량은 연간강수량의 22.8~23.9%로 산정됨
- 산정결과 함양량은 10년간 평균 강수량 1,615.5mm/yr의 23.4%인 377.45mm/yr로 산정됨

연평균 강수량(mm)	연평균 기온(℃)	연평균 일조량(hr)
		

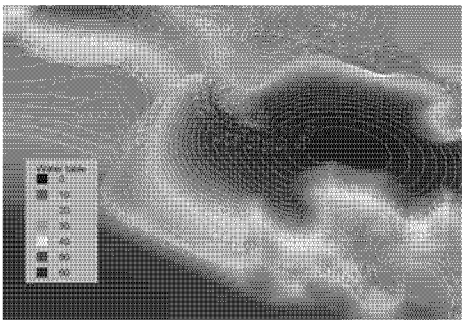
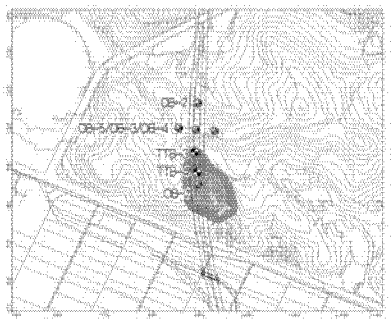
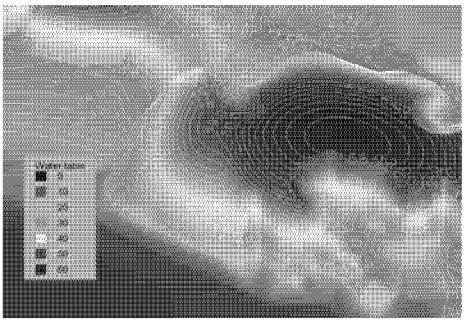
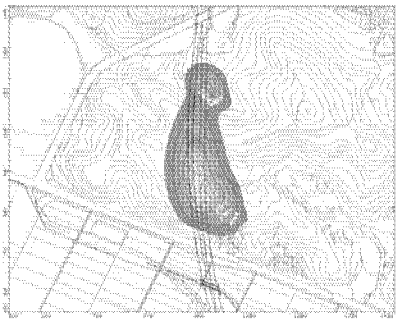
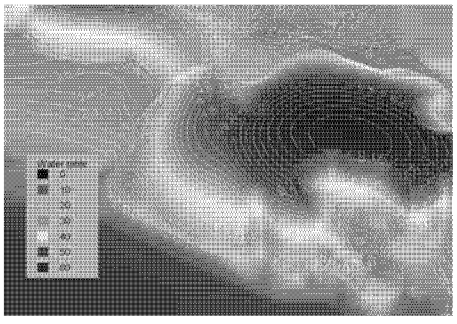
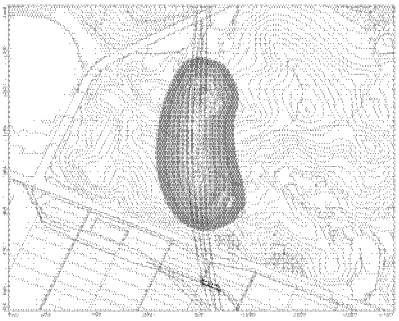
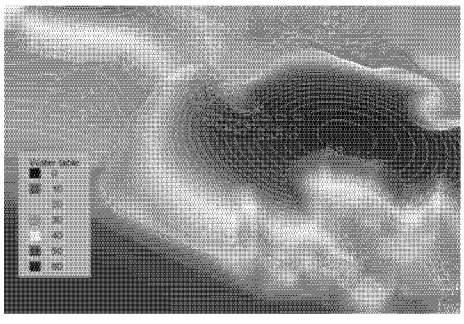
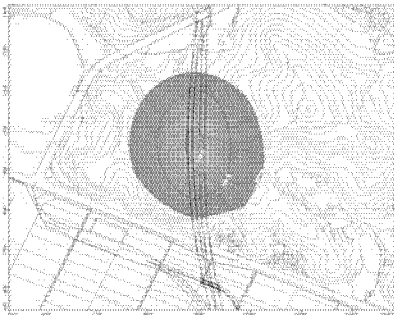
– 현재상태 지하수 유동모의 결과

정류상태 지하수위 분포	정류상태 지하수 유동 방향	분 석 결 과
		• 금촌터널 굴착 전 현재 자연 상태의 지하수위 분포 및 지하수 흐름특성 파악 • 터널굴착이후의 유동변화를 모사하기 위한 초기수위로 활용 • 분석결과 모의 영역내 지하수위는 EL+3.77~58.98m로 분포하며, 전반적인 지하수 유동은 지표면에서 함양되어 공릉천으로 유출되는 것으로 나타남

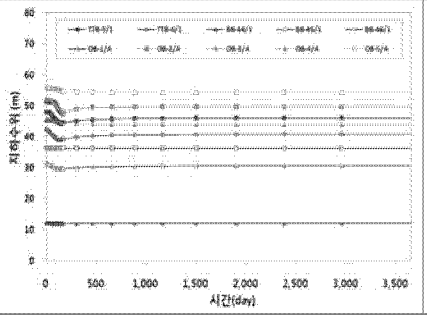
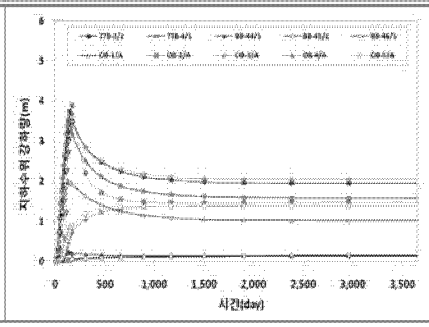
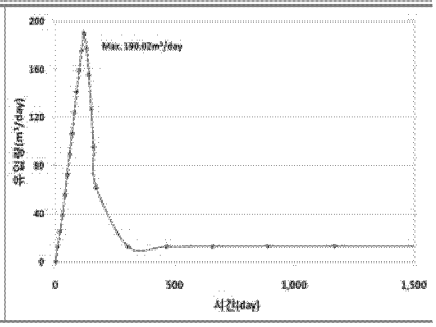
– 터널 건설에 따른 지하수위 변화 모델링 결과

• 지하수위 분포

- 터널공사에 의한 주변지역 지하수위 변화, 인접지역 영향범위 파악 및 터널내 지하수위 유입량 검토
- 분석결과 터널시공 중 지하수위는 OB-2관측점에서 최대 강하량이 발생하는 것으로 나타남
- 원지반수위 51.20m에서 최대 3.89m(92.39%)강하는 것으로 나타났으나, 시공완료 1년 후 원지반수위의 -1.72m(96.6%)까지 지하수위가 회복되며 시공완료 10년 후에는 원지반수위의 -1.48m(97.1%)까지 지하수위가 회복되는 것으로 분석됨
- 터널굴착에 의해 1m이상의 지하수 강하가 발생하는 영향범위는 터널시공완료시 최대 약 163m로 예측되나 이후 지하수함양에 의한 수위회복으로 영향 범위 감소함

구 분	지하수위	지하수위 강하 분포
터널굴착 50%		
터널굴착 완료		
터널시공 완료		
터널시공 완료 10년후		

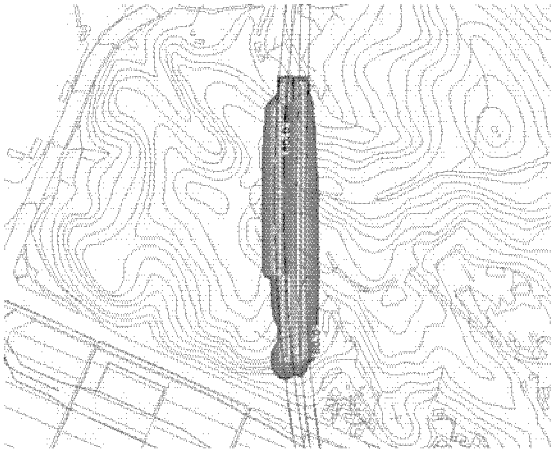
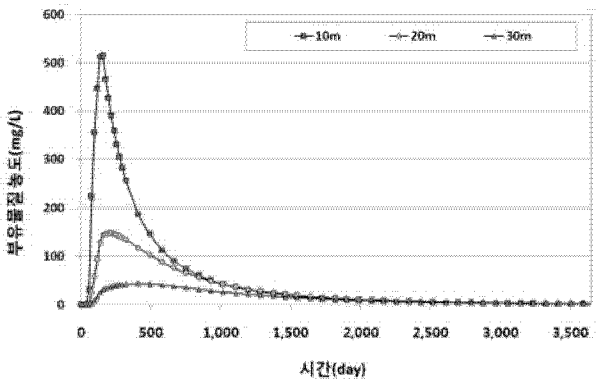
• 지하수위 변화 및 유입량 분석

지하수위 변화 곡선	지하수위 강하 곡선	터널내 지하수위 유입량
		

구 분	터널굴착 50%	터널굴착 완료	터널시공 완료 (굴착+방수처리)	터널시공완료 1년 후	터널시공완료 10년 후
터널내 유입량 (m^3/day)	89.69	190.02	62.49	13.05	13.22
터널내 유입량 (m^3/day/m)	0.242	0.514	0.169	0.035	0.036

– 오염물 거동 분석

- Modflow의 터널굴착에 의한 지하수 유동분석 모델 및 결과를 적용하여 오염원 거동분석 수행
- 보수적인 검토를 위하여 오염원이 항시 굴착된 터널 저면에 분포하는 것을 가정하여 해석을 수행
- Ss의 발생 농도는 환경영향평가 결과와 문헌자료를 참고로 1,750mg/l로 적용
- 수질 및 수생태계보전에 관한 법률상 사업지역의 배출수 농도기준은 80mg/l로 터널굴착에 의해 발생하는 오탁수의 수평방향 최대 확산 거리는 21m로 나타남

굴착완료 직후 오염확산 범위	터널로부터 거리별 오염물 농도변화
	

- 터널시공 중 지하수위는 최대 3.89m까지 강하는 것으로 나타났으나, 시공완료 1년 후 본래 수위의 96.6%까지 지하수위가 회복되며 시공완료 10년 후에는 본래 수위의 97.1%까지 지하수위가 회복되는 것으로 분석됨
- 터널굴착에 의해 발생하는 오탁수의 최대확산거리는 21m로 나타났으며 이는 터널굴착으로 인한 터널 인접부근에서의 지하수 흐름이 터널을 향하기 때문에 오염원의 확산거리가 적게 발생하는 것으로 판단됨

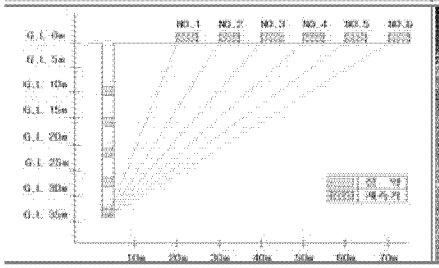
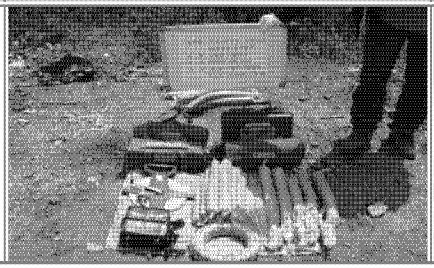
2.1.6 터널구간 발파영향 분석

○ 금촌터널

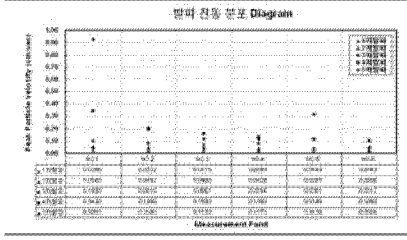
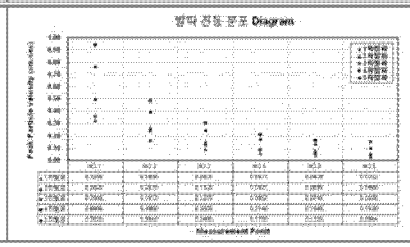
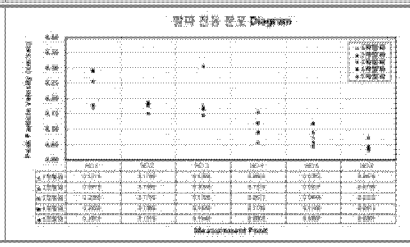
■ 발파 현황

구 분	발파심도(m)	발파 횟수	장약량(kg)	사용화학
CCB-2	34 m	5 회	0.2 ~ 0.6	NEWMITE ϕ50mm
TTB-5	28 m	5 회	0.4 ~ 0.8	NEWMITE ϕ50mm
TTB-6	38 m	5 회	0.3 ~ 0.8	NEWMITE ϕ50mm

■ 발파 진행 및 전경

장약배열 및 계측기 설치도	시험발파 장비	진동측정기 설치
		

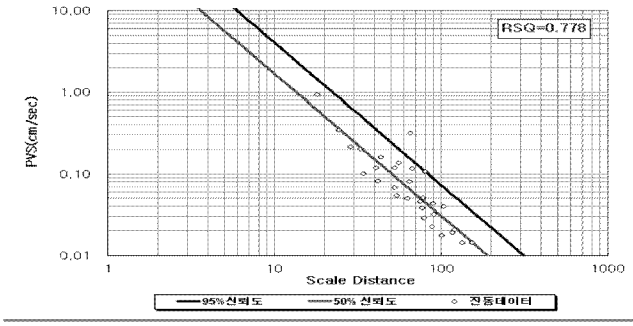
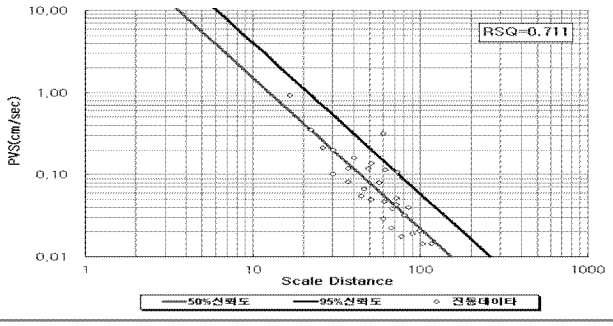
■ 발파 진동 분포

CCB - 2	TTB - 5	TTB - 6
		

■ 발파진동 결과분석

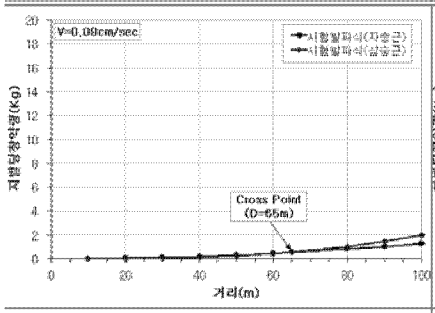
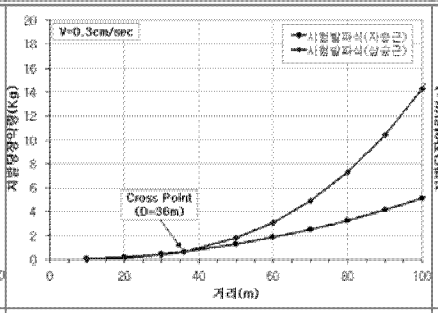
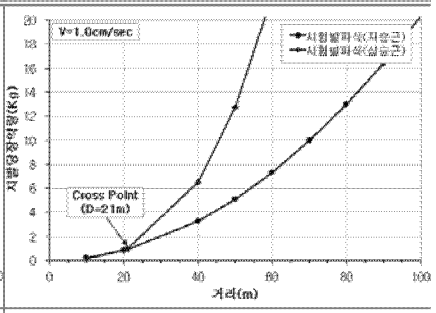
- CCB-2

– 추정식 산출

자승근 회귀식 및 도표		삼승근 회귀식 및 도표	
50% 신뢰선	95% 신뢰선	50% 신뢰선	95% 신뢰선
$V=94.480(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.75}$	$V=227.054(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.75}$	$V=105.674(\frac{D}{W^{1/3}})^{-1.84}$	$V=281.394(\frac{D}{W^{1/3}})^{-1.84}$
			

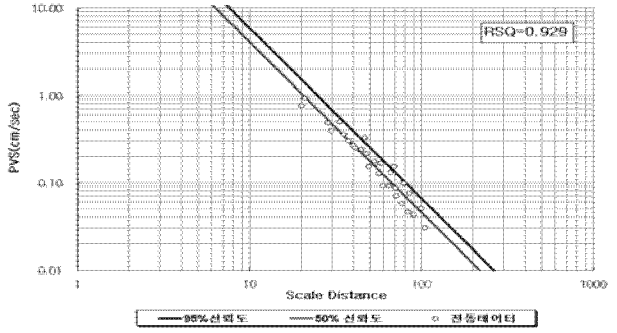
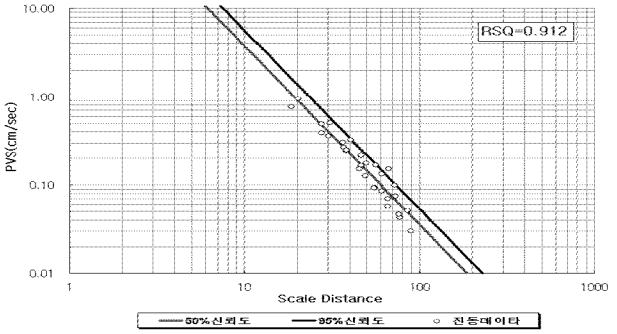
- 발파진동 추정식은 95% 회귀선을 사용
- 자승근과 삼승근중에서 발파진동 허용치별 지발당 장약량이 적게 산출된 회귀식을 이용하여 본 사업구간의 적용 장약량으로 활용

– 발파진동 허용치별 회귀선 교차지점 추정

0.09cm/sec	0.3cm/sec	1.0cm/sec
		
• 삼승근〈D=65m≤자승근	• 삼승근〈D=36m≤자승근	• 삼승근〈D=21m≤자승근

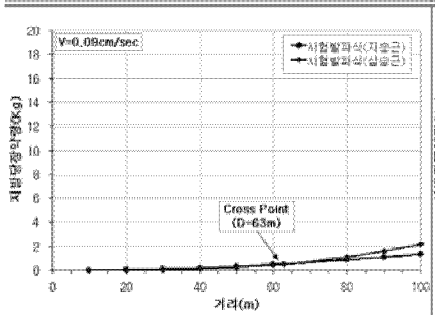
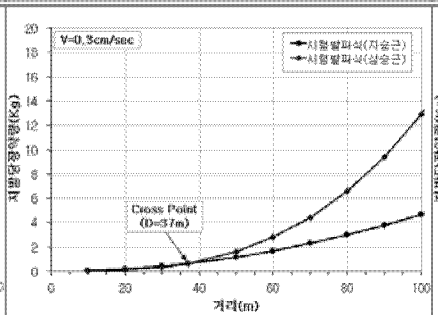
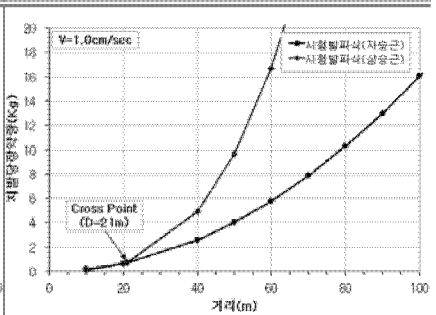
• TTB–5

– 추정식 산출

자승근 회귀식 및 도표		삼승근 회귀식 및 도표	
50% 신뢰선	95% 신뢰선	50% 신뢰선	95% 신뢰선
$V = 368.995(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.95}$	$V = 530.511(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.95}$	$V = 390.510(\frac{D}{W^{1/3}})^{-2.02}$	$V = 587.673(\frac{D}{W^{1/3}})^{-2.02}$
			

• 발파진동 추정식은 95% 회귀선을 사용
• 자승근과 삼승근중에서 발파진동 허용치별 지발당 장약량이 적게 산출된 회귀식을 이용하여 본 사업구간의 적용 장약량으로 활용

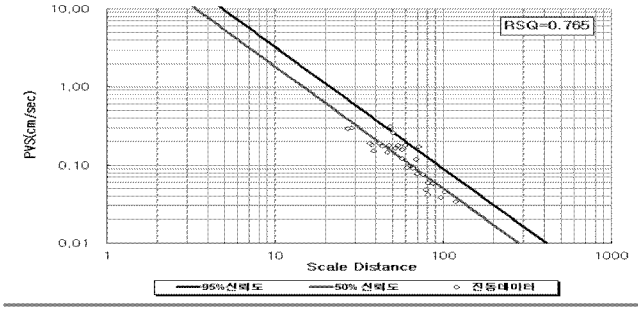
– 발파진동 허용치별 회귀선 교차지점 추정

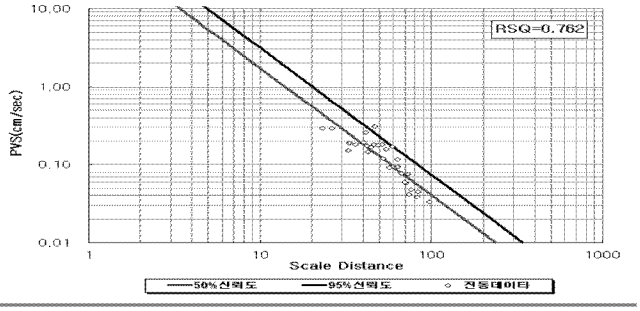
0.09cm/sec	0.3cm/sec	1.0cm/sec
		
• 삼승근〈D=63m≤자승근	• 삼승근〈D=37m≤자승근	• 삼승근〈D=21m≤자승근

• TTB-6

– 추정식 산출

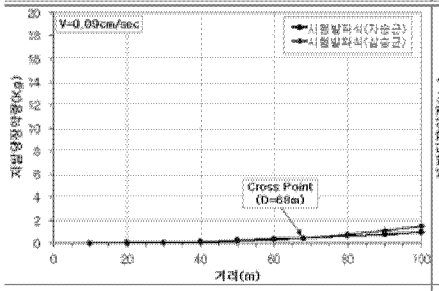
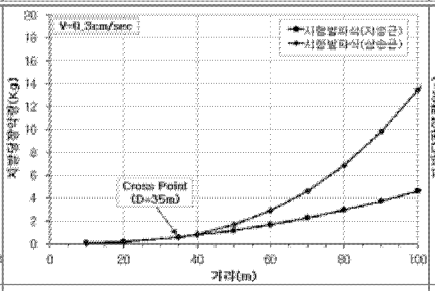
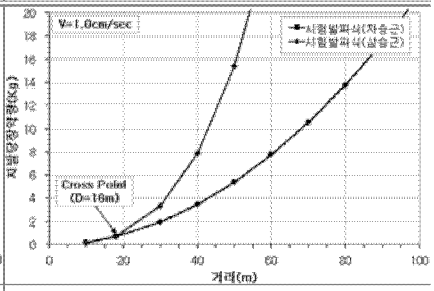
자승근 회귀식 및 도표		삼승근 회귀식 및 도표	
50% 신뢰선	95% 신뢰선	50% 신뢰선	95% 신뢰선
$V=67.132(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.56}$	$V=120.356(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.56}$	$V=73.580(\frac{D}{W^{1/3}})^{-1.63}$	$V=133.196(\frac{D}{W^{1/3}})^{-1.63}$





• 발파진동 추정식은 95% 회귀선을 사용
• 자승근과 삼승근중에서 발파진동 허용치별 지발당 장약량이 적게 산출된 회귀식을 이용하여 본 사업구간의 적용 장약량으로 활용

– 발파진동 허용치별 회귀선 교차지점 추정

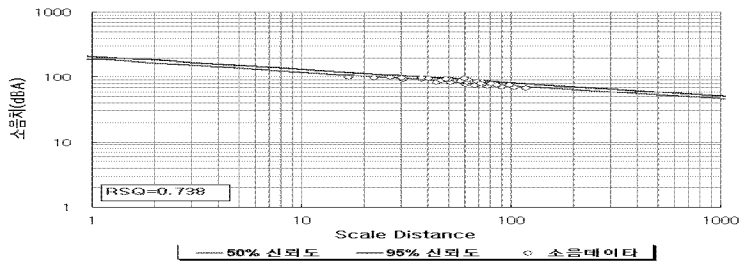
0.09cm/sec	0.3cm/sec	1.0cm/sec
		
• 삼승근<D=68m≤자승근	• 삼승근<D=35m≤자승근	• 삼승근<D=18m≤자승근

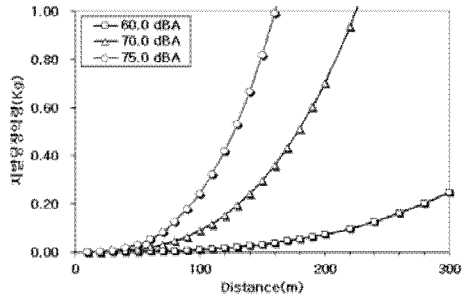
• 현지 지반특성이 고려된 발파진동추정식의 발파상수(K) 및 감쇠지수(n)를 산출하여 발파진동의 전파특성 예측 및 환경피해 최소화하는 발파설계에 활용

▌발파소음 결과분석

• CCB-2 추정식 및 장약량 산출

삼승근 회귀식 및 도표		지발당 허용 장약량 그래프
50% 신뢰선	95% 신뢰선	
$dB(A)=191.034(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.2041}$	$dB(A)=211.454(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.2041}$	

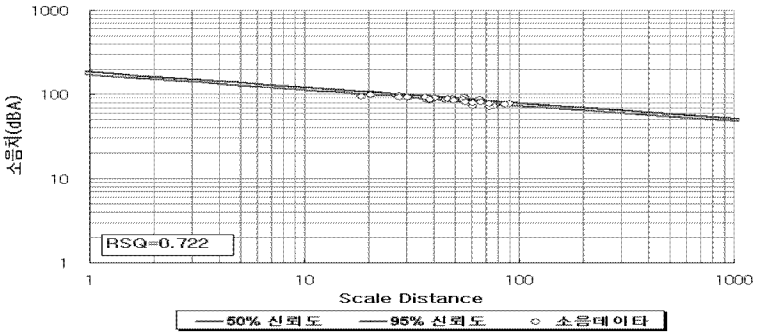


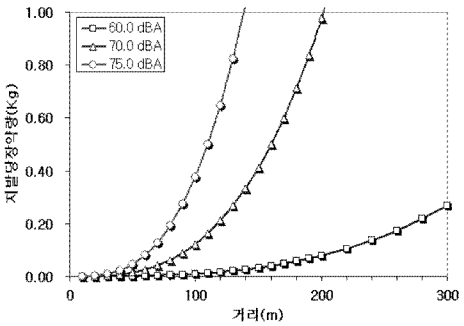


발파소음 허용기준 : 60, 70, 75 dB(A)

• CCB-5 추정식 및 장약량 산출

삼승근 회귀식 및 도표		지발당 허용 장약량 그래프
50% 신뢰선	95% 신뢰선	
$dB(A) = 172.804(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.1843}$	$dB(A) = 186.133(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.1843}$	

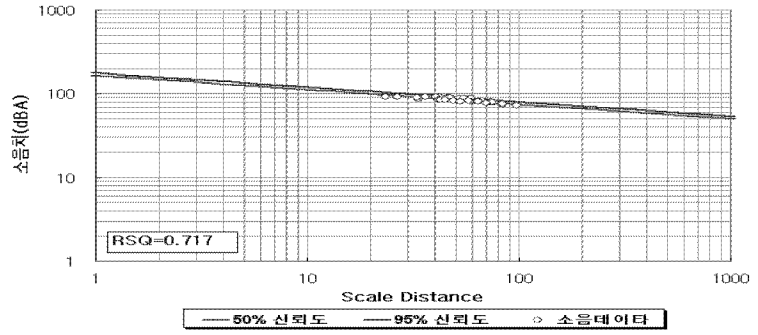


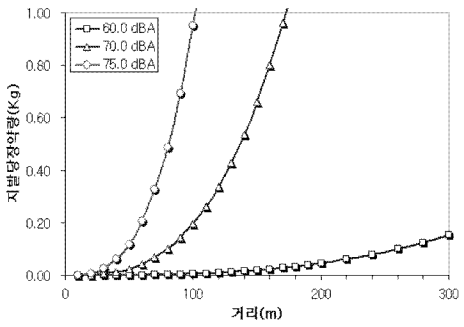


발파소음 허용기준 : 60, 70, 75 dB(A)

• CCB-6 추정식 및 장약량 산출

삼승근 회귀식 및 도표		지발당 허용 장약량 그래프
50% 신뢰선	95% 신뢰선	
$dB(A) = 166.690(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.1723}$	$dB(A) = 178.927(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.1723}$	

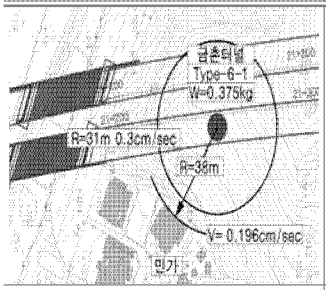
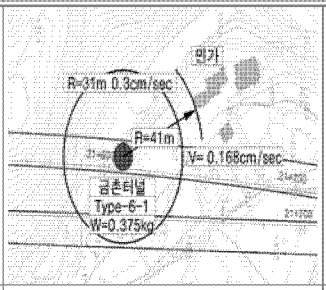
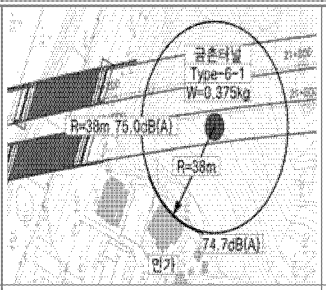
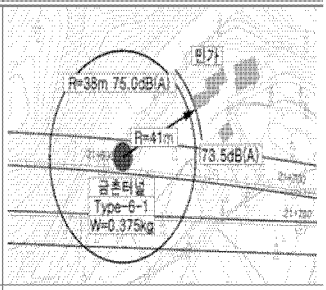




발파소음 허용기준 : 60, 70, 75 dB(A)

• 현지 지반특성이 고려된 발파소음 예측식의 발파상수(K) 및 감쇠지수(n)를 산출하여 발파소음의 전파특성 예측 및 환경피해 최소화하는 발파설계에 활용

발파진동 및 소음 영향검토

발파진동 영향 검토		발파소음 영향 검토	
시점부	종점부	시점부	종점부
			
• 0.042cm/sec<0.3cm/sec → O.K	• 0.006cm/sec<0.3cm/sec → O.K	• 65.0dB(A)<75.0dB(A) → O.K	• 57.0dB(A)<75.0dB(A) → O.K

2.2 교량구간 성과분석

2.2.1 교량별 지층현황

○ 지층현황

교량명	위치	해당 공번	풍화암		연암		보통암		경암	
			출현심도	N값	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)
금촌 육교	A1	*BB-45	7.0	50/9	7.7	18	-	-	-	-
	A2	*BB-46	9.5	50/5	10.3	13	-	-	-	-
금촌2교	A1	BH-243-2	18.0	50/8~2	30.6	5	-	-	-	-
	A1	BH-246	24.0	50/5~3	-	-	-	-	-	-
	P1	*BB-49	11.0	50/8~6	-	-	-	-	-	-
	P2	BH-247	20.0	50/7~5	-	-	21.4	48	-	-
금촌3교	P3	BH-248	11.0	50/10~1	-	-	-	-	-	-
	P4	BH-249	9.0	50/7	-	-	-	-	9.5	75
	P5	BH-250	10.0	50/2	-	-	-	-	10.2	79
	P6	*BB-50	6.5	50/9~5	9.5	7	-	-	-	-
월롱 IC교	A1	BH-268-1	16.5	50/8~2	20.3	3	-	-	-	-
	A1	BH-270	16.0	50/9~7	17.3	12	-	-	-	-
	P1	BH-271	5.5	50/9~5	-	-	-	-	-	-
월롱교	P2	BH-282	5.0	50/10~7	10.5	10~19	18.3	10~67	-	-
	P3	BH-273	5.5	50/10	7.0	17	-	-	-	-
	A2	*NBB-47	10.0	50/7~3	12.5	25	-	-	-	-
월롱 지하 차도	A1	BH-261-9	18.0	50/9~1	-	-	-	-	-	-
	A2	BH-261-10	10.0	50/10~7	15.5	33	-	-	-	-
덕은교	문산 A1	BH-279	10.5	50/7	-	-	11.8	57	-	-
	서울 A1	BH-278	-	-	-	-	-	-	11.0	68
	문산 A2	BH-281	-	-	8.4	0~31	-	-	-	-
	서울 A2	BH-280	-	-	7.1	28	-	-	-	-
능산1교	A1	BH-285-1	11.0	-	11.7	18	-	-	-	-
	A2	BH-285-2	10.0	50/10~2	11.5	30	-	-	-	-

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

(계속)

교량명	위치	해당 공번	풍화암		연암		보통암		경암	
			출현심도	N값	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)	출현심도	RQD(%)
능산2교	A1	BH-286	10.0	50/7	11.0	31	-	-	-	-
	P1	BH-286-1	-	-	11.0	17	-	-	-	-
능산3교	A2	BH-286-2	10.0	50/5	10.9	23	-	-	-	-
능산4교	A1	BH-294-1	7.0	50/2	7.2	26	-	-	-	-
	P1	BH-295	6.0	50/9~4	-	-	10.5	40	-	-
	P2	*BB-61	8.0	50/9~3	9.5	14	-	-	-	-
	A2	BH-297	5.0	50/10~6	8.5	15	-	-	-	-
내포교	A1	BH-304-2	8.0	-	-	-	8.5	48	10.3	82
	A2	BH-305	11.0	50/10~2	16.0	31	-	-	-	-
내포1교	A1	BH-305-1	11.0	-	-	-	-	-	-	-
	A2	BH-305-2	9.0	50/7~2	-	-	13.0	46	-	-
수로박스	A2	BH-305-6	-	-	9.3	10~21	-	-	-	-
내포IC R-A교	A1	BH-317	-	-	20.5	10	-	-	-	-
	P1	BH-316	18.5	50/3	19.7	10	-	-	-	-
	P2	BH-315	21.0	50/5~5	22.4	43	-	-	-	-
	P3	BH-313	21.0	50/10~4	-	-	27.0	42	-	-
	A2	*BB-64	16.5	50/5~2	19.1	9	-	-	-	-
내포IC R-B1교	A1	BH-308	15.0	50/7	16.0	23	-	-	-	-
	A2	BH-309	-	-	14.8	0~14	-	-	-	-
내포IC R-B2교	A1	BH-310	19.0	50/13~3	-	-	-	-	-	-
	A2	BH-311	18.0	50/7~2	-	-	-	-	-	-
내포IC R-B3교	A2	BH-314-1	21.0	50/10~5	26.2	-	-	-	-	-
대명골 천교	A1	*BB-63	12.7	50/4	13.5	0	-	-	-	-
	A2	BH-310-1	17.0	50/8~6	18.6	18	-	-	-	-

*NBB-, NSB- : 보완설계 조사공, BB- : 제3자 공고 조사공

○ 지층 분포 현황

구분	풍화암	연 암	보통암	경 암
출현심도(m)	5.0~24.0	7.0~30.6	8.5~27.0	9.5~11.0

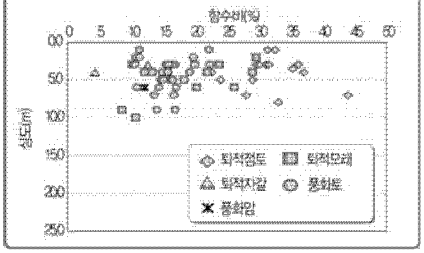
2.2.2 공학적 특성 분석

○ 토사 및 풍화대 특성분석

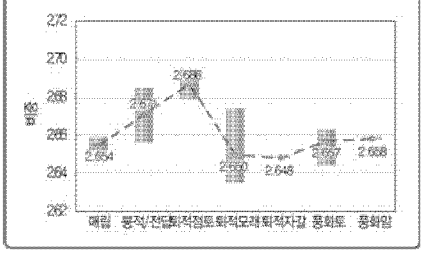
▮ 물리적 특성

구 분		함수비(%)	비 중	Atterberg Limits(%)		통과중량 백분율(%)		USCS
				LL	PI	No.4	No.200	
매립층		18.3	2.664	N.P	N.P	86.8	33.7	SM
붕적층		17.9~24.5	2.665~2.668	N.P	N.P	90.9~97.0	28.5~39.3	SM
퇴적층	점성토	16.3~36.3	2.673~2.695	29.4~45.4	8.8~26.9	71.8~100	54.2~99.2	CL, ML
	사질토	7.8~36.6	2.631~2.684	30.4~34.4	9.7~100	42.7~100.0	1.9~48.1	SM, SP, SC
	자갈층	5.2	2.648	N.P	N.P	27.5	7.7	GP-GM
풍화토		8.2~23.1	2.651~2.667	N.P	N.P	72.1~100.0	18.2~45.1	SM

함수비



비중



분석결과

- 평균 함수비/비중
  - -퇴적점토: 31.7%/2.686
  - -퇴적모래 : 18.4%/2.650
  - -퇴적자갈 : 8.5%/2.648
  - -풍 화 토 : 15.5%/2.657
  - -풍 화 암 : 12.1%/2.658

▮ 강도특성

- 공내전단시험

구분	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
풍화암	50/8	32.9	28.5	-

▮ 변형특성

- 공내재하시험

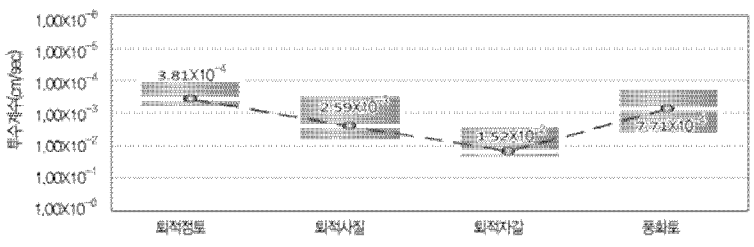
구분	N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
풍화암	50/5~50/4	173~244	287~442	-

▮ 수리특성

가. - 투수시험

지층		평균 k, cm/sec
퇴적층	점성토	$3.81X10^{-4}$
	사질토	$2.59X10^{-3}$
	자갈층	$1.52X10^{-2}$
풍화토		$7.71X10^{-4}$

지층별 투수계수



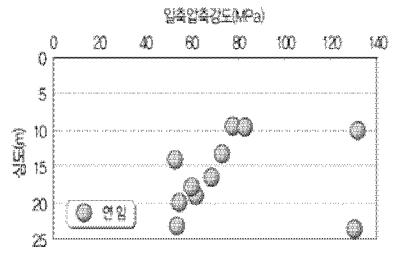
기반암의 특성분석

강도특성

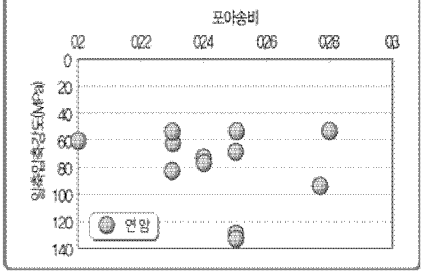
– 기본물성 및 일축압축강도

지층	단위중량 (kN/m³)	탄성파속도(m/s)		일축강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	포아송비
		P파	S파			
연 암	25.52~27.06	3,290~4,602	1,950~2,833	52.6~1,319	18.6~54.0	0.20~0.28

심도별 일축압축강도



일축압축강도-포아송비



분석결과

• 일축압축강도(MPa)/평균(MPa)
–연 암 : 52.6~1,319/76.7

• 포아송비/평균
–연암 : 0.2~0.28/0.24

변형특성

– 공내재하시험

구분	RQD(%)	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
연 암	14~43	452~621	885~1,222	–

수리 및 내진특성

– 수압시험

구 분	연암	보통암	경암	비고
평균 k, cm/sec	$2.71X10^{-5}$	–	–	–

동적지반특성

구 분	밀도 (kN/m³)	탄성파속도		동적특성치			
		V_p(m/s)	V_s(m/s)	동포아송비	동전단계수 (MPa)	동탄성계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)
매립층	16.3~17.8	339~364	130~153	0.14~0.43	30~38	86~108	197~210
퇴적(CL)	16.3	476	189	0.41	58	164	292
퇴적(SM)	17.8~17.9	521~559	212~231	0.40	81~96	226~267	377~432
풍화토	19.2~19.3	665~699	294~311	0.38	168~187	463~515	631~695
풍화암	20.8~21.0	908~919	424~426	0.36~037	373~381	1,019~1,036	1,223~1,260
연 암	23.0~23.5	1,181~1,269	602~638	0.33	856~943	2,268~2508	2,152~2,466
보통암	24.6	1,644	848	0.32	1,776	4,683	4,299
경 암	26.0	2,128	1,136	0.30	3,388	8,812	7,368

2.3 토공구간 성과분석

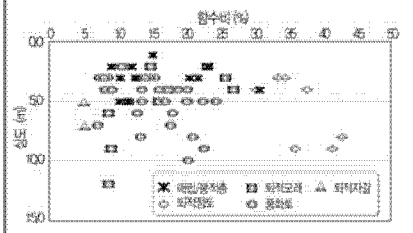
2.3.1 공학적 특성 분석

○ 토사 및 풍화대 특성분석

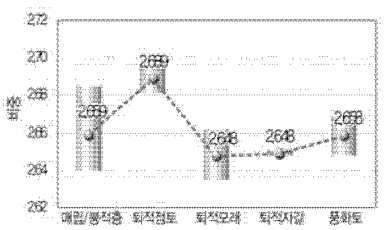
■ 물리적 특성

구 분		함수비(%)	비 중	Atterberg Limits(%) LL	Atterberg Limits(%) PI	통과중량 백분율(%) No.4	통과중량 백분율(%) No.200	USCS
매립층		23.3	2.675	32.9	21.4	73.9	46.3	SC
붕적층		9.1~30.8	2.64~2.685	29.5~34.5	9.9~20.6	61.7~99.7	1.2~69.2	CL,ML,SM,SP
퇴적층	점성토	30.3~42.9	2.681~2.698	34.3~44.2	15.4~26.8	97.5~100.0	62.3~98.8	CL, ML
	사질토	8.7~27.0	2.635~2.662	N.P	N.P	52.3~99.9	0.9~28.3	SM, SP
	자갈층	5.1~8.6	2.648~2.651	N.P	N.P	29.0~47.7	3.3~7.7	GP, GM
풍화토		7.1~24.5	2.648~2.668	N.P	N.P	72.3~100.0	10.6~47.6	SM

함수비



비중



분석결과

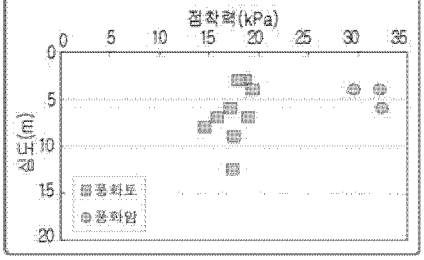
- 평균 함수비/비중
  - –퇴적점토 : 36.7%/2.689
  - –퇴적모래 : 16.8%/2.2.648
  - –퇴적자갈 : 6.3%/2.649
  - –풍 화 토 : 14.9%/2.658

■ 강도특성

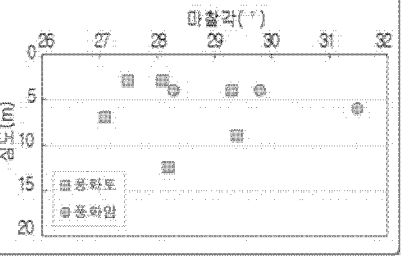
– 공내전단시험

구분	N값	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	비고
풍화토	18/30~50/15	14.6~19.4	24.6~29.4	–
풍화암	50/8~50/7	29.7~32.5	28.3~31.5	–

지층별 점착력



지층별 내부마찰각



분석결과

- 점착력(kPa)
  - – 풍화토 : 14.6~19.4
  - – 풍화암 : 29.7~32.5
- 마찰각(°)
  - – 풍화토 : 24.6~29.4
  - – 풍화암 : 28.3~31.5

■ 변형특성

– 공내재하시험

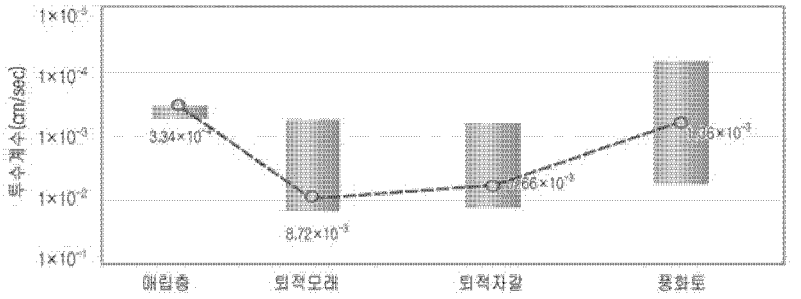
지층	N값	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
퇴적층	2/30~8/30	1.93~9.67	–	–
풍화토	20/30	62.0	78.0	–
풍화암	50/10~50/4	149~265	452~614	–

수리특성

– 투수시험

지층		평균 k, cm/sec
매립층		$3.34X10^{-4}$
퇴적층	사질토	$8.72X10^{-3}$
	자갈층	$7.66X10^{-3}$
풍화토		$1.36X10^{-3}$

지층별 투수계수



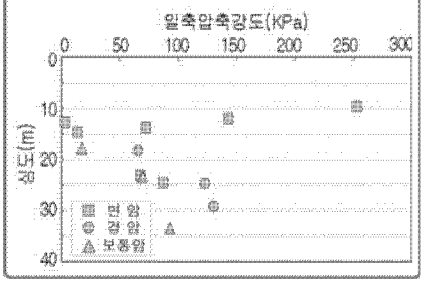
기반암 특성분석

강도특성

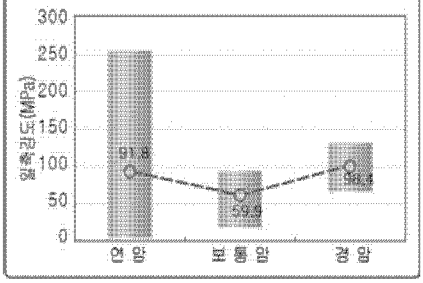
– 기본물성 및 일축압축강도

지층	단위중량 (kN/m^3)	탄성파속도(m/s) P파	탄성파속도(m/s) S파	일축강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)	포아송비
연 암	24.09~28.73	1,253~4662	706~2,953	3.5~253.3	5.6~56.6	0.21~0.28
보통암	25.09~26.6	1,683~4549	925~2,791	17.5~92.6	5.6~34.5	0.23~0.31
경 암	25.76~26.09	3,229~3699	1,973~2,231	66.1~130.6	38.7~45.7	0.21~0.22

심도별 일축압축강도



지층별 일축압축강도



분석결과

- 일축압축강도(MPa)/평균(MPa)
  - –연 암 : 3.5~253.3/91.8
  - –보통암 : 17.5~92.6/59.9
  - –경 암 : 66.1~130.6/98.4
- 암질에 관계없이 조사위치와 심도에 따라 변화함

변형특성

– 공내재하시험

지층	RQD(%)	변형계수(MPa)	탄성계수(MPa)	비고
연 암	0~32	480~3,405	858~6,500	–
경 암	65	1,3418	17,970	–

수리 및 내진특성

– 수압시험

구 분	연암	보통암	경암
평균 k, cm/sec	$8.37X10^{-5}$	$2.41X10^{-5}$	$1.59X10^{-5}$

2.3.2 쌓기재 특성 분석

○ 쌓기재료의 품질기준

구 분	노 상		노 체	비고
	상부노상	하부노상		
최대치수(mm)	100 이하	150 이하	300 이하	-
수정 CBR	10 이상	5 이상	2.5 이상	KS F 2320
No.4체 통과량(%)	25~100	-	-	-
No.200체 통과분(%)	0~25	50 이하	-	KS F 2301, KS F 2309
소 성 지 수	10 이하	30 이하	-	KS F 2303

○ 쌓기재료의 다짐 특성 및 품질평가

구 분		수정 CBR (%)	#4체통과량 (%)	#200체통과량 (%)	소성지수 (%)	쌓기재 적부 판정		
						상부노상	하부노상	노체
1공구	NTP-1	13.2	97.9	41.4	-	부적합	적합	적합
	NTP-2	13.7	97.0	44.8	-	부적합	적합	적합
	NTP-3	16.5	89.0	36.4	-	부적합	적합	적합
2공구	NTP-4	17.2	84.8	37.4	-	부적합	적합	적합
3공구	NTP-5	18.1	71.9	29.0	-	부적합	적합	적합
	NTP-6	15.2	93.2	39.3	-	부적합	적합	적합
	NTP-7	16.9	89.5	40.9	-	부적합	적합	적합
4공구	NTP-8	14.2	100.0	38.1	-	부적합	적합	적합
	NTP-9	16.1	96.1	43.3	-	부적합	적합	적합

분석결과

- 검토결과 하부노상과 노체의 품질기준은 만족하나 상부노상은 #200통과율이 기준치에 미달
- 제한된 시료에 의하여 실시되었으므로 실제 토공작업시 다소 차이가 있을 것으로 판단

○ 토공변화율 산정결과

구 분		자연상태		다짐특성						흐트러진 상태	
		함수비 (%)	건조밀도 (kN/m^3)	A다짐(90%)			D다짐(95%)			건조밀도 (kN/m^3)	L
				γ_{dmax} (kN/m^3)	OMC (%)	C	γ_{dmax} (kN/m^3)	OMC (%)	C		
1공구	NTP-1	21.4	15.2	16.94	15.9	0.997	18.54	12.7	0.863	14.60	1.041
	NTP-2	14.1	15.8	17.30	14.8	1.015	18.87	11.9	0.882	14.40	1.098
	NTP-3	11.5	16.9	17.39	13.8	1.082	19.05	11.1	0.936	14.00	1.210
2공구	NTP-4	18.0	15.2	17.86	13.2	0.948	19.49	10.3	0.823	13.60	1.120
3공구	NTP-5	6.6	17.1	18.36	12.3	1.033	19.76	9.8	0.910	14.70	1.162
	NTP-6	16.1	16.0	17.57	15.6	1.014	19.06	12.2	0.886	14.10	1.137
	NTP-7	20.1	15.3	17.82	14.1	0.954	19.39	11.4	0.830	14.20	1.077
4공구	NTP-8	22.1	15.5	17.19	14.9	1.003	18.77	11.8	0.870	15.10	1.027
	NTP-9	21.9	15.3	17.66	14.3	0.962	19.13	11.5	0.841	12.90	1.185

2.3.3 노상지지력비 산정

◎ 설계 CBR산정

CBR갯수(n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10이상
d2	1.41	1.91	2.24	2.48	2.67	2.83	2.96	3.08	3.18

$$\text{설계CBR} = \text{CBR평균치} - \frac{\text{CBR 최대치} - \text{CBR 최소치}}{d2}$$

◎ 기각판정 계수

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

	기각판정:V〈γ 이면 O.K
최대치 기각	$v = \frac{X_{max} - X_{max-1}}{X_{max} - X_{min}}$ • X_{max} : 최대 성과치 X_{max-1} : 2번째 최대 성과치

	기각판정:V〈γ 이면 O.K
최소치 기각	$v = \frac{X_{min-1} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$ • X_{min} : 최소 성과치 X_{min-1} : 2번째 최소성과치

◎ CBR시험 결과

▮ 기본계획

구분	TP-1	TP-2	TP-3	TP-4	TP-5	TP-6	TP-7	TP-8	TP-9
CBR(%)	12.8	12.4	11.4	11.7	12.1	10.8	12.5	10.6	10.3

▮ 실시설계

구분	NTP-1	NTP-2	NTP-3	NTP-4	NTP-5	NTP-6	NTP-7	NTP-8	NTP-9
CBR(%)	13.2	13.7	16.5	17.2	18.1	15.2	16.9	14.2	16.1

◎ CBR판정 결과

구분	분석결과	판정결과
시험치 판정	총 18개소(기본계획 : 9개소, 실시설계 : 9개소)	-
최대치 판정	18.1 - 17.2 / 18.1 - 10.3 = 0.115 〈 0.412	O.K
최소치 판정	10.6 - 10.3 / 18.1 - 10.3 = 0.038 〈 0.412	O.K
설계CBR 산정	13.7 - ((18.1 - 10.3) / 3.18)= 11.3	

2.4 연약지반 성과분석

2.4.1 연약지반 판정 기준

기본방향	• 계획노선의 연약지반 분포구간에 대하여 시추조사 및 불교란 시료에 대한 실내시험 수행 • 연약지반 판정기준을 수립 · 적용하여 해당지역의 물리적, 역학적 성질을 파악 • 설계시 연약지반 처리대책 수립을 위해 분포 구간에 대한 설계기초자료 제공

○ 연약지반 판정

■ 기존문헌에 의한 판정기준

– 도로설계요령(2002)

구 분	이탄질 지반 및 점토질 지반		사질토 지반
	층두께 10m 미만	층두께 10m 이상	–
N 값	4 이하	6 이하	10 이하
q_u(MPa)	0.06 이하	0.1 이하	–
q_c(MPa)	0.8 이하	1.2 이하	4.0 이하

– 한국토지공사-단지조성공사 설계 및 적산기준(2005)

구 분	점성토 또는 유기질토		모래 또는 사질토
	층두께 10m 미만	층두께 10m 이상	–
N 값	3 이하	5 이하	10 이하
q_u(MPa)	0.06 이하	0.1 이하	–

– 토질 특성에 따른 기준(도로설계실무편람, 1996)

구 분	토 질 구 분			토질 정수			
				W_n(%)	e_o	q_u(MPa)	N 값
이탄질	고유기질토 (Pt)	피트(Peat)	섬유질 고압축토	300 이상	7.5 이상	0.04 이하	1 이하
		흑니	분해가 진척된 고유기질토	250~300	5.0~7.5		
점토질	세립토	유기질토	소성도 A선 이하	100~200	2.5~5.0	0.1 이하	4 이하
		화산회질 점토	소성도 A선 이상	50~100	1.25~2.5		
		실트	소성도 A선 이하	30~50	0.8~1.25		
		점토	소성도 A선 위	30 이하	0.8 이하		
사질토	사질토	SM, SC	200체 통과량 : 15~50%	30~50	0.8~1.25	거의 0	10이하
		SP-SC, SW-SM	200체 통과량 : 15 이하	30 이하	0.8 이하		

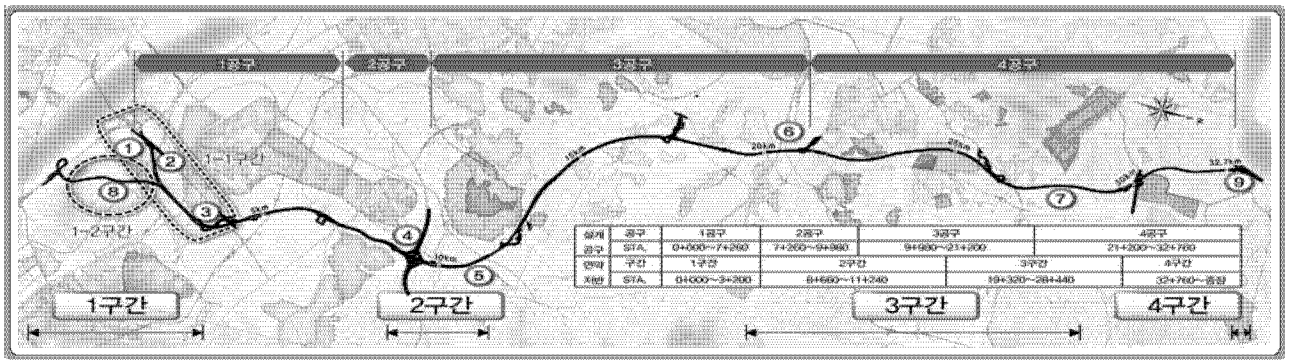
주) q_u : 일축압축강도, q_c : 콘지지력, q_b : 장기허용지지력

■ 연약지반 판정 기준

구 분 층 두께	이탄질 지반 및 점토질 지반 층두께 10m 미만	 층두께 10m 이상	사질토 지반 –	비 고
N 값	4 이하	6 이하	10 이하	• 도로설계요령 기준 적용
q_u(MPa)	0.06 이하	0.1 이하	–	
q_c(MPa)	0.8 이하	1.2 이하	4.0 이하	

2.4.2 연약지반 구역 구분

○ 연약지반 분포구간 분석



위 치(STA.)		구성 토질	출현심도 (G.L(-)m)	층후(m)	N 값	대상 지층	연약층 하부지층	비 고
①	사업시점~0+300	CL	1.8~14.5	0.9~1.5	1/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP)	
		ML	1.0~12.0	0.5~6.5	2/30~4/30			
②	1+000~1+318	ML	1.9~9.0	1.0~1.1	4/30	퇴적층	퇴적층(SM), 풍화토	
③	3+000~3+200	CL	0.0	8.0	1/30~2/30	퇴적층	퇴적층(SM, SC)	
		ML	4.0	2.5	3/30~4/30			
④	8+660~9+540	CL	0.0~4.0	0.7~2.2	1/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, SC, SP, GP) 풍화토	부분적 분 포
		ML	3.5	3.5	2/30~3/30			
⑤	10+640~11+240	CL	0.0~0.8	1.2~2.2	3/30~4/30	매립, 붕적, 퇴적층	퇴적층(SM, GP) 붕적층(SM)	부분적 분 포
		ML	1.4~5.0	1.0~2.0	2/30~3/30			
⑥	19+320~21+160	CL	0.0~8.0	1.0~6.4	2/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SM, SW) 풍화토	
		ML	1.0~4.7	0.7~2.9	1/30~4/30			
⑦	27+900~28+440	CL	1.5~9.0	1.0~3.5	3/30~4/30	퇴적층	퇴적층(SP, SW)	
⑧	(지선) 0+060~1+760	CL	0.8~5.4	1.0~11.9	3/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, GP) 풍화토	
		ML	2.6~9.0	1.0~4.0	2/30~6/30			
⑨	32+760~종점, 내포IC Ramp-B	CL	3.0~4.5	2.0~6.1	2/30~6/30	퇴적층	퇴적층(SM, SP), 풍화토	
		ML	4.0~7.5	2.0~10.0	2/30~6/30			

○ 점토(CL) 연약지반구간 선정

구 분		지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간	1-1구간 (①~③지역)	• 창릉천 하류 농경지구간 통과	• 출현심도 : 1.8~14.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m)	사업시점~ 3+200
	1-2구간 (⑧지역)	• 한강 주변 및 창릉천 하류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.8~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m)	지선0+0 ~1+381
2구간 (④~⑤지역)		• 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~4.0m • 층후 : 0.7~2.2m(평균 1.6m)	8+660~ 9+540
3구간 (⑥~⑦지역)		• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~8.0m • 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m)	19+320~ 28+600
4구간(⑨지역)		• 임진강 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 3.0~4.5m • 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	32+760~ 내포IC Ramp

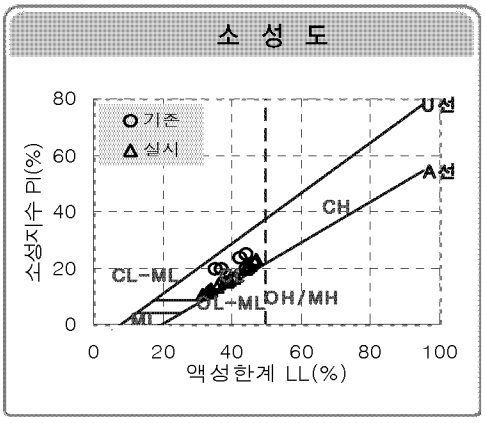
• 사업 4공구(본선 STA.21+200~32+760)는 연약지반 3~4구간에 해당

2.4.3 물리적 특성 분석

기본방향

- 점토의 Consistency는 외력에 대한 유동 및 변형에 저항하는 정도를 나타내므로 연약지반 성토시 흙의 거동을 판단
- 점토광물에 따라 변화되는 함수비 특성은 자연시료의 역학적 특성과 연관되어 있음
- 흙이 함유한 수분(함수비)의 양이 클수록 입자간 상호작용은 작아지며, 액성한계가 클수록 팽창 또는 수축하려는 경향이 우세함

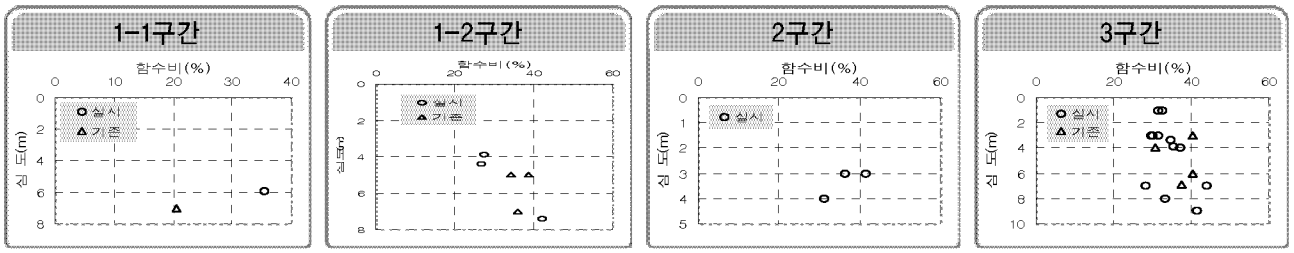
소성도 및 활성도



구 분		2μm 통과량(%)	액성한계(%)	소성지수(%)	활성도
1-1구간	범 위	15.0~16.1	38.0~44.1	14.8~20.0	0.92~1.33
	평 균	15.6	41.1	17.4	1.13
1-2구간	범 위	13.2~19.0	31.7~46.5	10.5~21.6	0.78~1.34
	평 균	15.6	41.2	17.7	1.12
2구간	범 위	13.4~15.6	33.5~44.4	12.0~20.3	0.88~1.30
	평 균	14.2	39.0	15.9	1.11
3구간	범 위	8.6~17.5	32.5~47.2	10.9~24.9	0.8~2.3
	평 균	13.5	38.0	16.5	1.28
4구간	범 위	3.9~22.1	36.1~44.2	8.80~22.9	0.48~1.04
	평 균	15.9	38.7	14.5	0.71

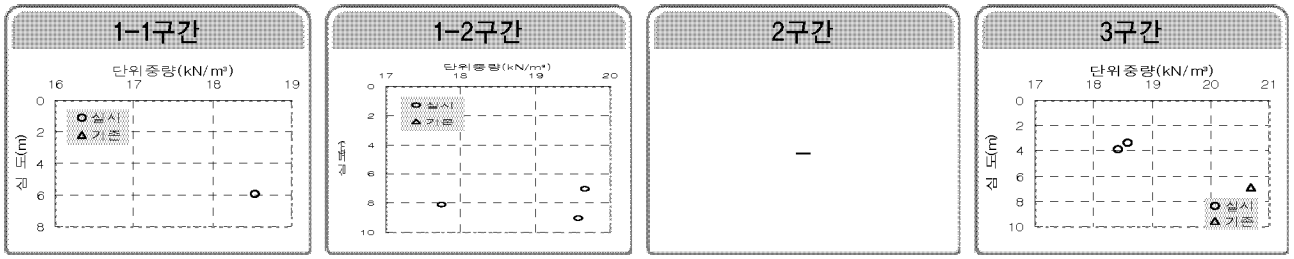
함수비 및 단위중량

함수비



구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
범 위	20.5~35.4	26.6~42.0	31.3~41.5	28.1~44.0	31.5~37.8
평 균	28.0	34.2	36.3	34.9	34.6

단위중량(γ_t)



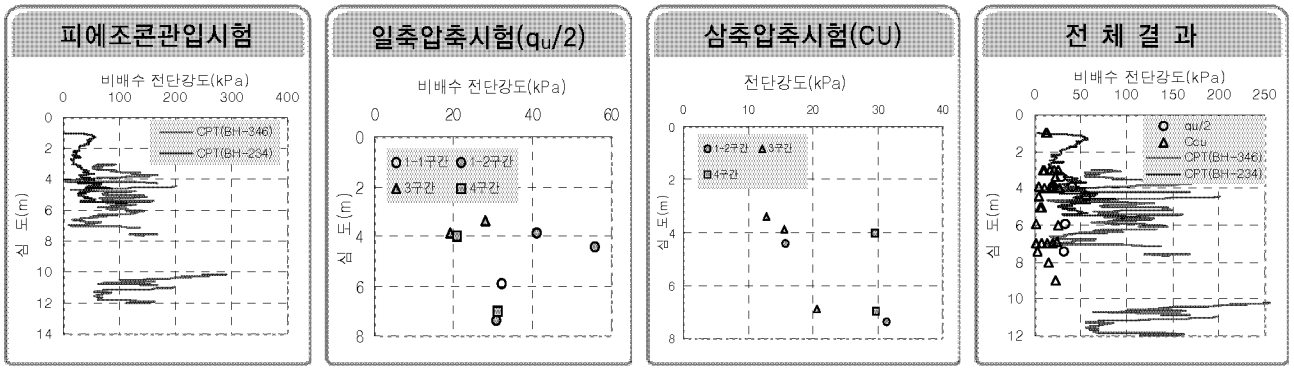
구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
범 위	18.5	17.8~19.7	-	18.4~20.7	18.4~19.1
평 균	18.5	19.0	-	19.2	18.7

2.4.4 강도 특성 분석

기본방향

- 점토의 비배수전단강도는 경계조건, 하중재하속도와 방향, 구속응력, 초기응력 등의 변수에 영향을 받으므로 불교란시료(U/D)를 채취하여 실내시험 수행
- 삼축압축시험에서 얻어진 비배수전단강도는 $q_u/2$의 경향을 보이며, 연속적 측정이 이루어진 값이 아니므로 심도에 따른 특성은 보이지 않음

전단강도

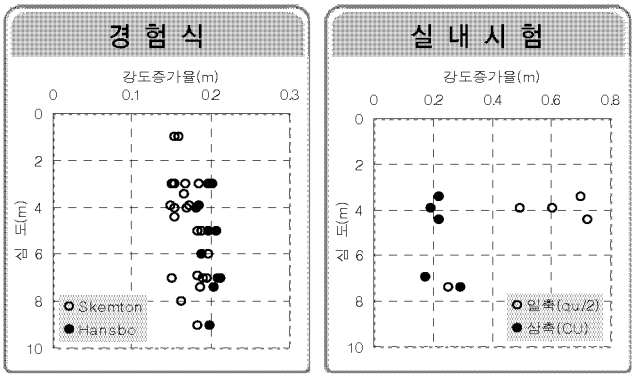


구 분	피에조콘관입시험		일축압축($q_u/2$)		삼축압축(CU)	
	범 위	평 균	범 위	평 균	범 위	평 균
1-1구간	–	–	32.4	32.4	–	–
1-2구간	2.1~149.7	84.6	30.8~41.3	34.9	15.7~31.3	23.5
3구간	15.4~94.6	36.7	19.3~28.1	23.2	12.8~20.1	16.4
4구간	–	–	21.0~31.3	26.1	29.6~29.8	29.7

- CPT에 의한 비배수전단강도는 2.1~149.7 kPa정도이며, 일축압축시험으로 추정한 비배수전단강도는 19.3~41.3 kPa임
- 1-2구간(지선구간) 지역에 분포하는 점토의 S_u는 실트와 모래가 혼재하여 3구간보다 다소 높게 나타남

강도증가율(m) 산정

구 분		산 정 방 법	비 고
경험식	Skemton	0.11+0.0037×PI	
	Hansbo	0.0045×LL (LL > 40)	
실내시험	일축압축	$Su/P' = \frac{qu/2}{\gamma' z}$	선형회귀
	삼축(UU)	$Su/P' = \frac{Cuu}{\gamma' z}$	선형회귀
	삼축(CU)	$Su/P' = \frac{\sin\Phi'}{1+\sin\Phi'}$	선형회귀
현장시험		$Su/P' = \frac{Su(Ffield)}{\gamma' z}$	선형회귀

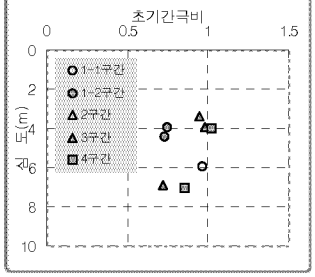


구 분	경 험 식		실 내 시 험			현장시험	전체자료
	Skemton	Hansbo	일축압축	삼축(UU)	삼축(CU)		
1-1구간	0.16~0.18	0.20	0.60	–	–	–	0.16~0.60
1-2구간	0.15~0.19	0.20~0.21	0.25~0.72	–	0.22~0.29	1.32	0.15~1.32
2구간	0.15~0.19	0.20	–	–	–	–	0.15~0.20
3구간	0.15~0.20	0.18~0.21	0.49~0.70	–	0.17~0.22	1.13	0.15~1.13
4구간	0.14~0.19	0.20	–	–	–	–	0.14~0.20

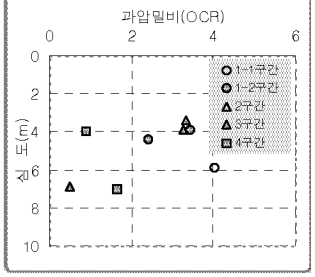
2.4.5 압밀 특성 분석

◎ 초기간극비(e_o), 과압밀비(OCR) 및 압축지수(C_c)

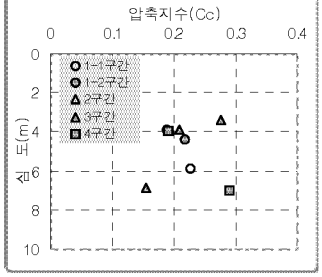
초기간극비(e_o)



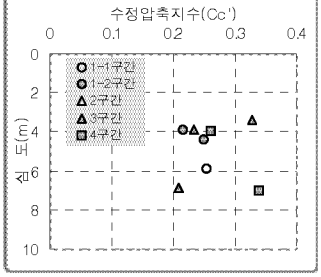
과압밀비(OCR)



압축지수(C_c)



수정압축지수(C_c')

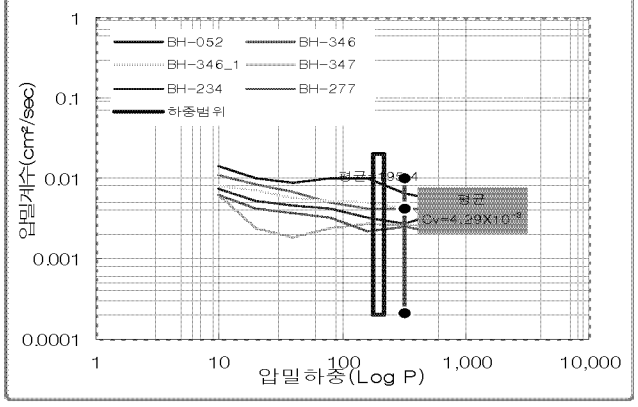


구 분	초기간극비(e_o)		과압밀비(OCR)		압축지수(C_c)		수정압축지수(C_c')	
	범 위	평 균	범 위	평 균	범 위	평 균	범 위	평 균
1-1구간	0.96	0.96	4.02	4.02	0.23	0.23	0.25	0.25
1-2구간	0.73~1.16	0.88	0.93~3.42	2.25	0.19~0.24	0.21	0.22~0.26	0.24
3구간	0.72~0.98	0.88	0.49~3.32	2.36	0.16~0.28	0.21	0.21~0.33	0.26
4구간	0.85~1.03	0.94	0.89~1.66	1.27	0.19~0.29	0.24	0.26~0.34	0.30

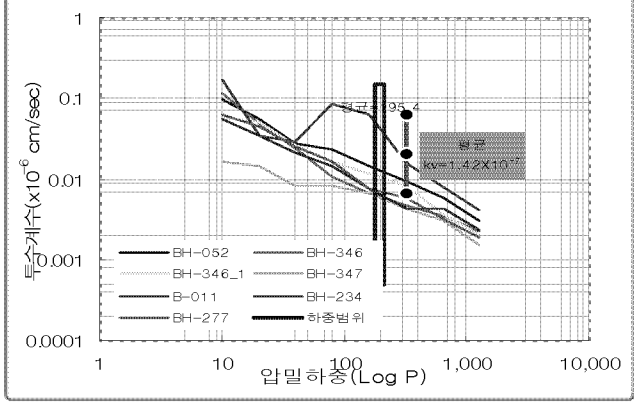
- 점토층의 과압밀비는 0.49~4.02범위(평균 2.3)로서 상부 매립활동이 진행되어 대부분 과압밀(OC) 상태로 나타남
- 압축지수는 0.16~0.29(평균 0.22), 수정압축지수는 0.21~0.34(평균 0.26)범위로서 구간별로 유사하게 나타남

◎ 연직압밀계수(C_v) 및 투수계수(K_v)

연직압밀계수(C_v)



연직투수계수(K_v)

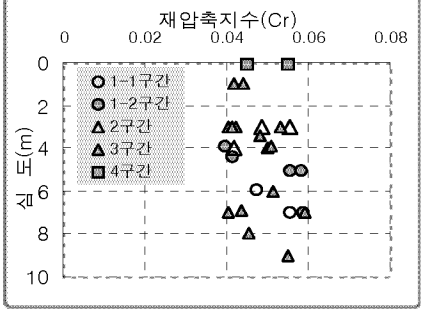


구 분	연직압밀계수(10^{-3} cm^2/sec)		연직투수계수(10^{-7} cm/sec)	
	범 위	평 균	범 위	평 균
1-1구간	9.84	9.84	2.29	2.29
1-2구간	2.74~5.05	4.02	0.66~1.18	0.83
3구간	3.24~4.16	3.70	1.47~1.66	1.57
4구간	2.34~5.10	3.82	0.92~1.79	1.35

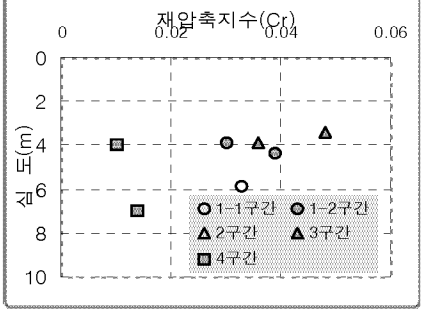
- 상재하중을 고려한 하중단계(P_O+△P/2)의 연직압밀계수(C_v)는 2.34~9.84×10^{-3} cm^2/sec 범위로 나타남
- 상재하중을 고려한 하중단계(P_O+△P/2)의 연직투수계수(K_v)는 0.66~2.29×10^{-7} cm/sec 범위로 나타남

재압축지수(C_r) 및 2차 압축지수(C_α)

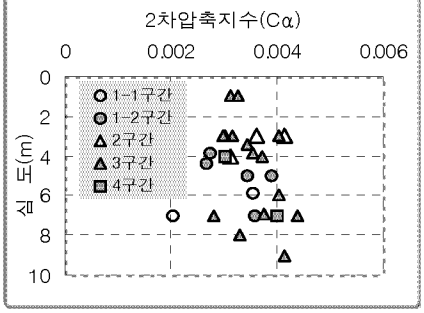
경험식에 의한 재압축지수(C_r)



실내시험에 의한 재압축지수(C_r)



경험식에 의한 2차압축지수(C_α)



구 분	경험식에 의한 재압축지수(C_r)		실내시험에 의한 재압축지수(C_r)		2차압축지수(C_α)	
	범 위	평 균	범 위	평 균	범 위	평 균
1-1구간	0.047~0.055	0.051	0.033	0.033	0.002~0.004	0.003
1-2구간	0.039~0.059	0.052	0.03~0.044	0.038	0.003~0.004	0.003
2구간	0.042~0.055	0.049	–	–	0.003~0.004	0.004
3구간	0.04~0.059	0.047	0.036~0.048	0.042	0.003~0.004	0.003
4구간	0.045~0.055	0.048	0.010~0.014	0.012	0.003~0.004	0.004

압밀이방성 분석

문헌자료

구 분	C_h/C_v	구 분	C_h/C_v
Rowe (1959)	1~4	Kobayasi & Mastsmoto (1976)	7~9
Mckinlay (1961)	3.3	Tanenas (1983)	0.91~1.42
Aboshi & Molden (1993)	2.7	Onoue (1988)	2.7~6.3
Kenny&Chan (1973)	2~4	Lee 등	1.87~2.88

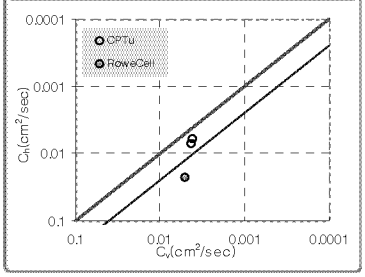
점토의 성질	K_h/K_v
• 거대조직이 없거나, 약간 발달된 퇴적토	1.0~1.5
• 거대조직 잘 발달 (투수성재가 존재하는 점토)	2.0~4.0
• 투수층이 함입 또는 존재하는 호상점토 및 기타 퇴적토	3.0~15.0

현장(CPT_u) 및 실내시험(RoweCell) 결과

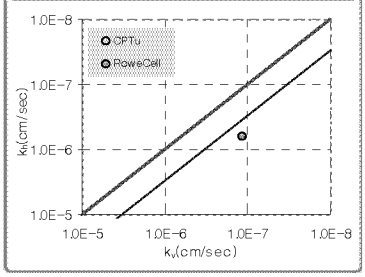
구 분	$C_h(10^{-3}cm^2/sec)$			$K_h(10^{-7}cm/sec)$		
	BH-234	BH-346	BH-346-1	BH-234	BH-346	BH-346-1
CPT_u	6.08	7.19	–	39.8	35.8	–
RoweCell	–	–	22.5	–	–	6.22

압밀이방성 평가

압 밀 계 수



투 수 계 수



구 분		문헌자료	인근자료	시험결과
C_h/C_v	현장시험	1~9	–	1.46~1.68
	실내시험		–	4.45
K_h/K_v	현장시험	1~15	–	27.0~54.6
	실내시험		–	5.28

제 3 장 설계지반정수 산정

3.1 개요

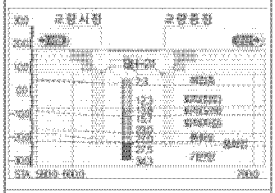
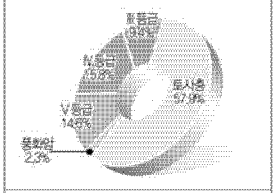
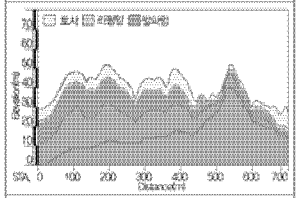
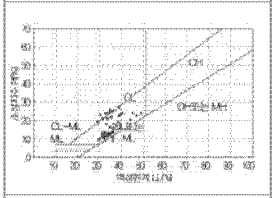
개 요	• 지표지질조사 성과분석에 의한 사업구간내 구조구 특성을 고려한 구간별 설계지반정수 산정 • 문헌자료, 인근지역 분석 자료 및 기존자료(제3자공고안, 보완설계)에 대한 분석을 수행하고, 각종 경험식 및 현장시험 값을 고려한 설계지반정수 유도

3.1.1 기본방향

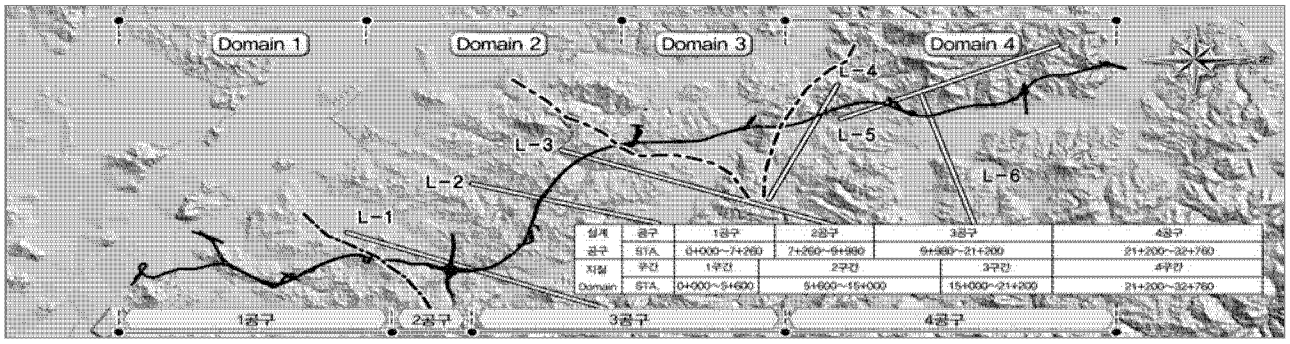
기존자료 및 현장시험에 따른 결과분석에 의한 구조구별 설계지반정수 선정

문헌자료 분석
인근조사자료 분석
기존자료 분석
⇒ 경험식 적용 설계지반정수 도출
현장시험 결과 적용
⇒ 지질 구조구별
설계지반정수 산정

구조구별, 구조물별 지반특성에 따른 설계지반정수 선정

교량구간	터널구간	깎기구간	연약지반구간
			
• 토층/풍화대/기반암	• Ⅰ~Ⅴ등급으로 구분	• 토층 및 암층별 산정	• 점토 및 실트 구분산정

3.1.2 분석구간 설정



구 분	1구간(Domain 1)	2구간(Domain 2)	3구간(Domain 3)	4구간(Domain 4)
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~21+200	21+200~사업종점
지질분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포	• 편마암 분포, 주변 미그마타이트편마암 발달	• 편마암 분포 • 주변 석회규산염암 분포
지층분포 특 성	• 풍화대 깊게 발달 • 창릉천주변 점토/실트 분포	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약	• 공릉천주변 점토 발달 • 지역적 지층편차 심함	• 부분적 풍화대 발달 • 점토/실트 발달 미약

• 지질 Domain은 지질분포와 선구조 및 지형적 요소를 고려하여 4개 구간으로 구분
• 지역별 지반공학적 특성을 이용하여 설계지반정수 산정을 위한 구역 및 균질절리영역 분석시 광역공간 구분시 활용

3.1.3 설계지반정수 산정방법

토사층 설계지반정수 산정방법

구 분	주 요 정 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_t)	• 문헌 (한국도로공사, 도로설계요령) • 인근지역 조사자료 및 기존자료 비교 · 분석
	포아송비(ν)	• 실내 일축압축강도시험의 결과 값과 기존문헌자료, 토질종류에 따른 일반적인 범위 값 비교 추정(Roy E. Hunt, 1984, Braja M. Das, 1995)
강도특성	점착력(c)	• 공내전단시험 • 기존 자료 및 인근조사자료, 기존자료 비교 분석
	내부마찰각(°)	• 공내전단시험 • 인근조사자료, 기존자료 비교 · 분석 • 문헌식 검토 – 한국도로공사, 도로설계요령
변형특성	변형계수(E)	• 공내재하시험 결과 • 문헌자료(Braja M. Das, Hunt)에 의한 산정
동적특성	전단파속도(V_s) 동적물성값(K_d, E_d, G_d, V_d)	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교 · 분석에 의한 산정

기반암 설계지반정수 산정방법

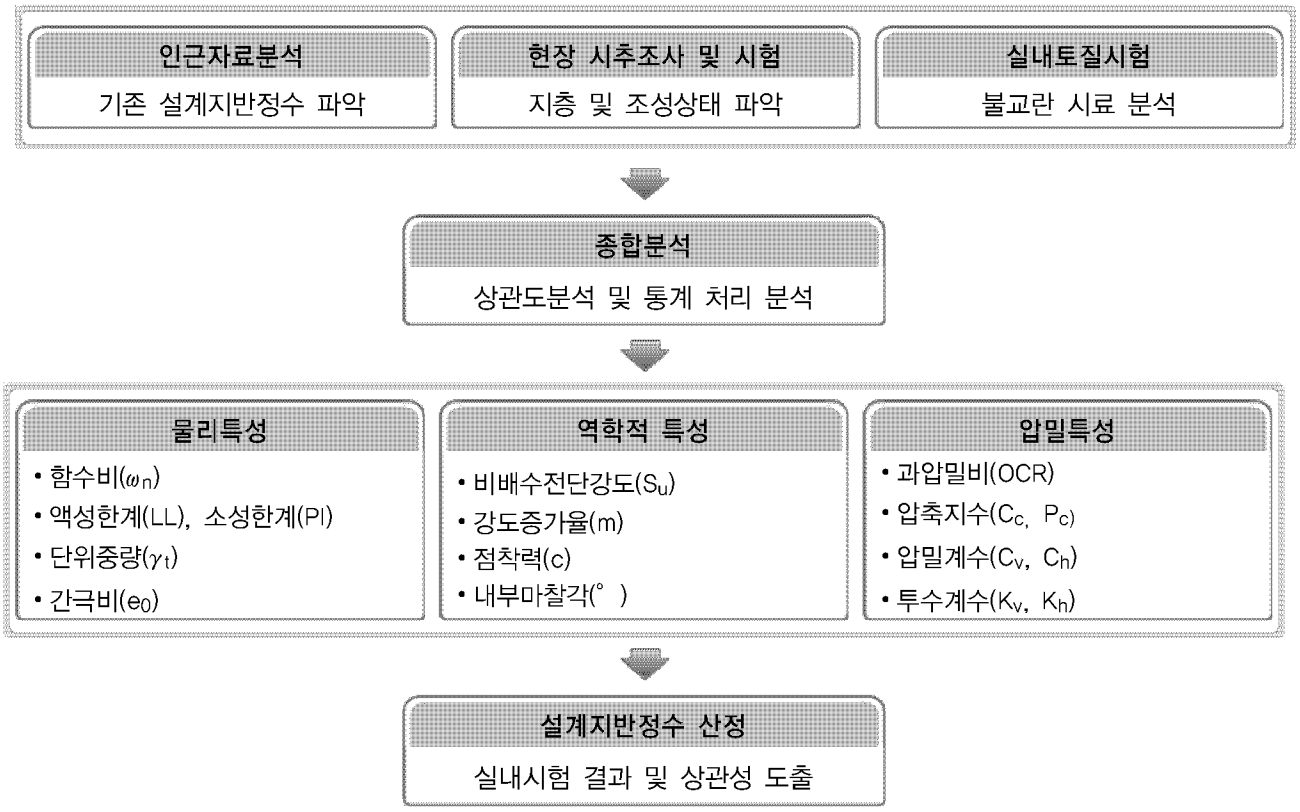
구 분	주 요 정 수	산 정 방 법
기본물성	단위중량(γ_t)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
	포아송비(ν)	• 실내암석시험결과 및 기존자료 분석
강도특성	점착력(c)	• 공내전단시험 • 실내암석시험 결과에 의한 산정
	내부마찰각(°)	• 공내전단시험 • 실내암석시험 결과에 의한 산정
변형특성	변형계수(E)	• 공내재하시험 및 기존자료 결과에 의한 산정
동적특성	전단파속도(V_s) 동적물성값(K_d, E_d, G_d, V_d)	• 하향식탄성파탐사 및 인근지역 조사자료 비교

설계지반정수 신뢰성 검토

구 분	산 정 방 법
초기추정값 (Prior) 산정	• 기존 적용사례 및 경험식에 의한 결과를 초기 추정값으로 가정 • 분산 분석에 의해 검증된 자료만 초기값으로 인정
분산분석	• 분산분석은 각 독립변수간의 상호연관성을 정량화하기 위한 것 • 일원분산분석은 j개의 모평균을 μ_1,μ_2, …, μ_j,로 나타내면 다음과 같이 모든 모평균이 같다는 귀무가설을 수립하여, H_0 : μ_1, μ_2, …, μ_j하여 귀무가설 검정
최대우도값 (Likelihood) 산정	• 현장 시험값 및 실내시험을 통한 결과값을 최대우도값으로 가정
Bayesian Approach	• 초기 추정값의 평균(μ'), 표준편차(σ')로부터 최대우도값(Likelihood)의 평균(μ), 표준편차(σ)를 Bayesian 이론에 의해 평균(μ''), 표준편차(σ'')를 구할 수 있음

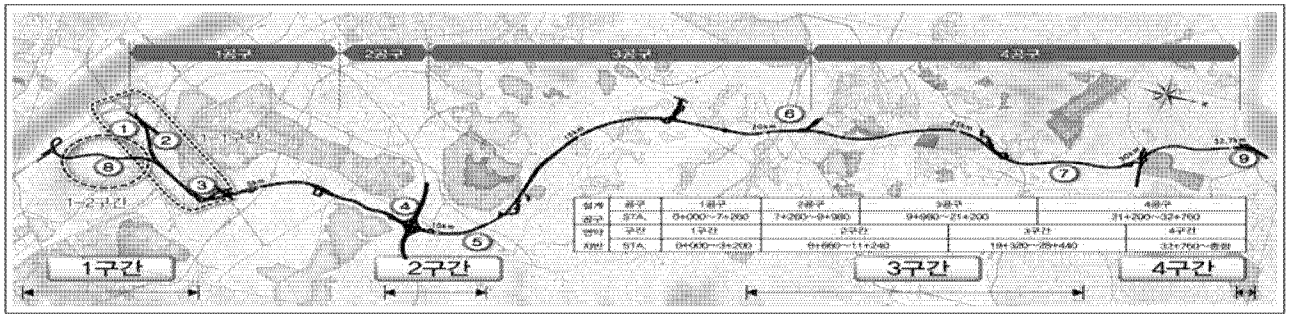
3.2 연약지반 설계지반정수 산정

3.2.1 산정흐름도



구 분	주요 정수	산정을 위한 주요시험 및 적용방법
물 성 값	• 입도분포 • 아터버그 한계(LL, PL, PI)	• 불교란 시료에 대한 실내 시험값 적용
	• 함수비(ω_n) • 단위중량(γ_t) • 간극비(e_0)	• 불교란 시료에 대한 실내시험과 밀도검증 결과 비교 • 교란도 평가에 의한 이상값 제거 • 심도별 분포양상을 고려 적용
강도특성	• 비배수전단강도(S_u) • 강도증가율(m)	• 기존설계자료 및 실내시험 종합 비교 • 인근지역 자료와 비교, 검토 • 실내시험에 의한 분석값 적용
압밀특성	• 압축지수(C_c)	• 압밀시험 결과 비교 • 심도별 분포양상을 고려한 대표값 적용
	• 연직압밀계수(C_v)	• 압밀시험 결과 비교 • 설계하중을 고려하여 대표값 적용
	• 수평압밀계수(C_h)	• 대표값 적용, 연직압밀계수(Cv)와의 상관관계 산정
	• 연직투수계수(K_v)	• 압밀시험 결과 비교 후 적용
	• 수평투수계수(K_h)	• 기존 경험식과 압밀시험 결과 적용 • 연직투수계수(Kv)와의 상관관계 산정
	• 과압밀비(OCR)	• 압밀시험 결과 비교 • 인근지역 조사자료 상호 비교, 검토

3.2.2 연약지반 구역 구분



구 분		지형적 조건	연약지반 분포현황	비 고
1구간	1-1구간 (①~③지역)	• 창릉천 하류 농경지구간 통과	• 출현심도 : 1.8~14.5m • 층후 : 0.9~8.0m(평균 2.4m)	본선0+000~ 3+200
	1-2구간 (⑧지역)	• 한강 주변 및 창릉천 하류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.8~5.4m • 층후 : 1.0~11.9m(평균 4.4m)	지선 0+000 ~1+840
2구간 (④~⑤지역)		• 공릉천 지류 주변 구릉지성 산지내 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~4.0m • 층후 : 0.7~2.2m(평균 1.6m)	본선8+660~ 9+540
3구간 (⑥~⑦지역)		• 공릉천 및 문산천 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 0.0~8.0m • 층후 : 1.0~6.4m(평균 3.3m)	본선19+320 ~28+600
4구간(⑨지역)		• 임진강 주변 퇴적지대 발달 및 농경지 통과	• 출현심도 : 3.0~4.5m • 층후 : 2.0~6.1m(평균 4.0m)	32+760~ 내포IC Ramp

• 사업 4공구(본선 STA. 21+200~32+760)은 연약지반 3~4구간에 해당

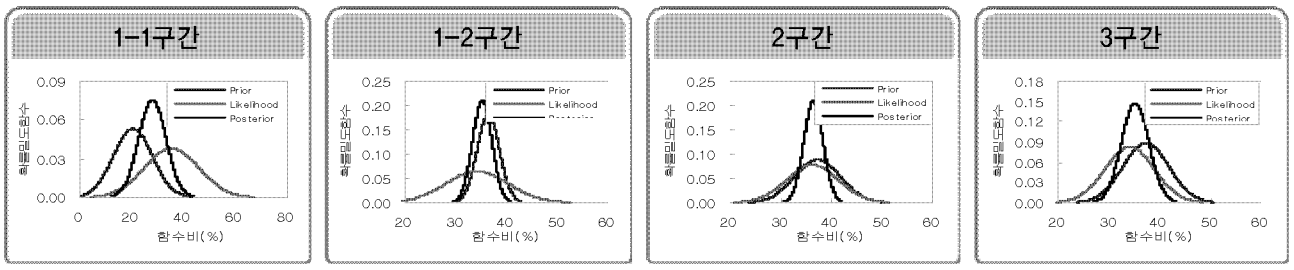
3.2.3 물리적 특성 분석

○ 함수비

■ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	23.7~43.5	29.6~36.2	33.7~37.8	33.7~37.8	33.7~37.8
기본설계	20.5	34.4~38.8 (36.4)	37.5	30.8~40.5 (37.3)	32.6~34.7
실시설계	35.4	26.6~42.0 (32.0)	31.3~41.5 (36.3)	28.1~44.0 (34.1)	31.5~37.8 (35.0)

■ 베이시안 통계분석



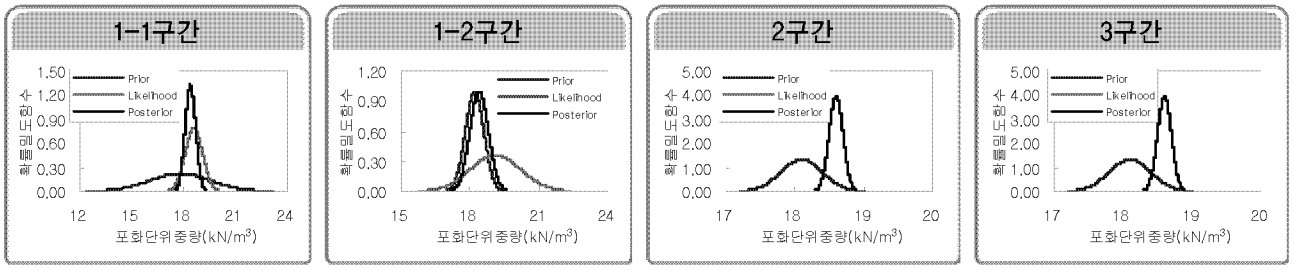
구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	–	20.5/7.5	36.4/2.2	37.3/4.5	37.3/4.5	34.7/2.2
최대우도값	–	35.4/10.5	34.2/6.2	36.3/5.1	34.1/4.8	35.0/2.3
최 후 도 값	–	28.0/5.3	35.2/1.9	36.5/1.9	35.2/2.7	35.0/0.9
적 용	37.5	28.0	35.0	36.0	35.0	35.0

○ 포화단위중량(γ_{sat})

■ 자료 분석

구 분	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	16.5~18.5 (17.8)	18.7~19.7 (18.2)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)	17.7~19.2 (18.1)
기본설계	-	-	-	19.7	-
실시설계	18.6 (18.6)	17.9~19.7 (19.1)	-	18.6~18.7 (18.6)	18.4~19.1 (18.7)

■ 베이시안 통계분석



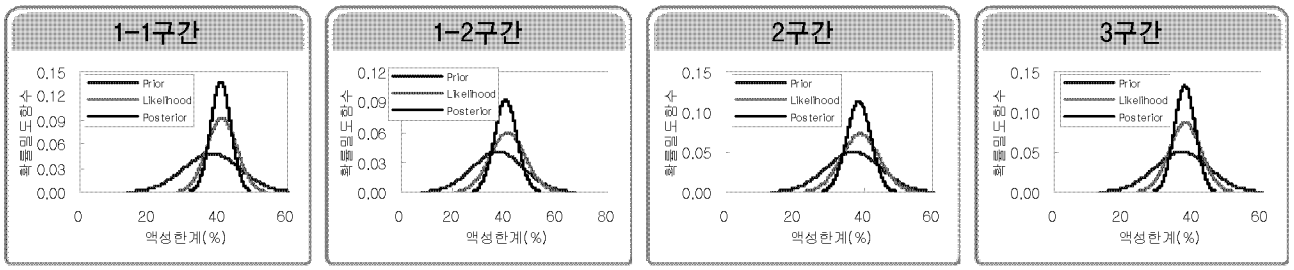
구분(평균/편차)	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	-	17.8/1.8	18.2/0.4	18.1/0.3	18.1/0.3	18.1/0.3
최대우도값	-	18.6/0.5	19.1/1.1	18.6/0.1	18.6/0.1	18.7/0.5
최 후 도 값	-	18.4/0.3	18.4/0.4	18.6/0.1	18.6/0.1	18.4/0.2
적 용	15.056 (γ_d 기준)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0

○ 액성한계 및 소성지수

■ 자료 분석

구 분	액성한계(%)					소성지수(%)				
	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	32.0~43.8	26.7~42.3	25.0~42.5	25.0~42.5	25.0~42.5	3.5~19.7	4.3~17.8	12.1~18	12.1~18	12.1~18
기본설계	38.0	45.5	-	22.0	-	14.8	20.9	-	17.5	-
실시설계	44.1	36.8	39.0	37.5	38.7	20.0	14.5	15.9	14.7	14.5

■ 베이시안 통계분석



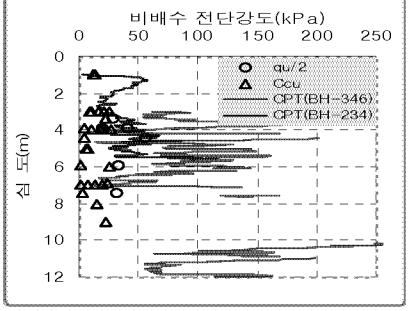
구 분 (평균/표준편차)	액성한계(%)						소성지수(%)					
	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
초기추정값	-	38.2/8.2	37.5/9.8	37.1/7.9	37.1/7.9	37.1/7.9	-	14.2/6.5	16.0/9.5	15.5/4.8	15.5/4.8	15.5/4.8
최대우도값	-	41.1/4.3	41.2/6.7	39.0/5.5	38.0/4.6	38.7/3.3	-	17.4/3.7	17.7/5.0	15.9/4.2	16.5/4.7	14.5/5.8
최 후 도 값	-	40.8/2.9	40.5/4.3	38.6/3.5	37.9/3.0	38.6/1.5	-	16.9/2.4	17.5/3.3	15.8/2.5	16.4/2.7	14.7/2.3
적 용	35.2	41.0	41.0	39.0	38.0	39.0	19.8	17.0	17.5	16.0	16.5	15.0

3.2.4 강도 특성 분석

전단강도

자료 분석

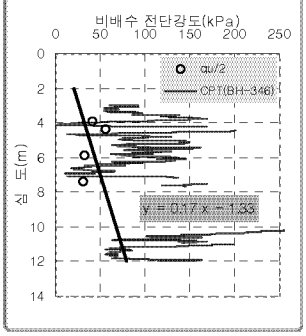
시 험 결 과



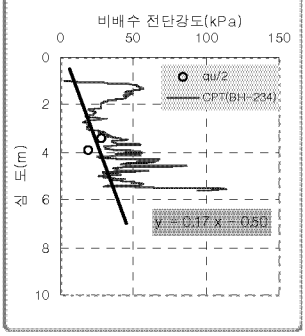
구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
피에조콘 관입시험	범 위	–	2.1~149.7	–	15.4~94.6	–
	평 균	–	84.6	–	36.7	–
일축압축 ($q_u/2$)	범 위	32.4	30.8~41.3	–	19.3~28.1	31.6~34.3
	평 균	32.4	34.9	–	23.2	32.9
삼축압축 (CU)	범 위	–	21.0~31.3	–	19.6~20.1	29.6~29.8
	평 균	–	26.1	–	19.9	29.7

전단강도 산정

1-1 및 1-2구간



2 및 3, 4구간

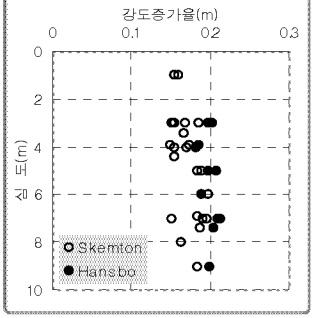


구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
평균 S_u (kPa)	20.7	32.0	28.0	22.0	22.0	30.0
상관식	S_u = 0.19D-0.58	S_u = 5.8D + 7.8 (평균 28.0)		S_u = 5.8D + 3.0 (평균 22.0)		
검 토 결 과	• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.19D-0.58 kPa임 • 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이나 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3, 4구간은 시험의 평균값을 적용하고, 2구간은 3구간 결과 이용					

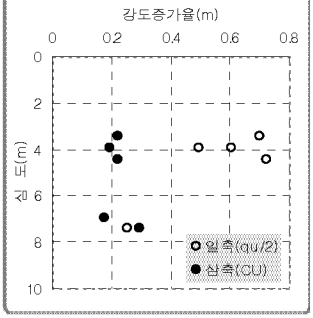
강도증가율(m)

시험결과 분석

경 험 식



실 내 시 험



구 분		1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
경험식	범 위	0.16~0.2	0.15~0.21	0.15~0.2	0.15~0.21	0.14~0.2
	평 균	0.18	0.19	0.18	0.18	0.17
실 내 시 험	범 위	0.60	0.22~0.72	–	0.17~0.7	–
	평 균	0.60	0.42	–	0.35	–
현 장 시 험	범 위	–	1.32	–	1.13	–
	평 균	–	1.32	–	1.13	–

강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
기본설계	–	0.18~0.20 (0.19)	0.18~0.21 (0.20)	–	0.17~0.20 (0.19)	–
실시설계	–	0.16~0.60 (0.38)	0.15~0.72 (0.31)	0.15~0.20 (0.18)	0.15~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

3.2.5 압밀 특성 분석

과압밀비(OCR)

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	-	-	-	-	-	-
기본설계	-	-	-	-	0.5	-
실시설계	-	4.0	0.9~3.4 (2.2)	-	3.3	0.9~1.7 (1.3)
적 용	0.37(정규압밀)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	정규압밀

초기 간극비(e_o) 및 압축지수(C_c)

구 분	초기간극비(e_o)						압축지수(C_c)					
	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기본설계	-	-	0.962	-	0.720	-	-	-	0.194	-	0.209	-
실시설계	-	0.963	0.876	-	0.962	0.94	-	0.253	0.243	-	0.281	0.239
적 용	0.699	0.96	0.88	0.88	0.88	0.94	0.155	0.25	0.24	0.26	0.26	0.24

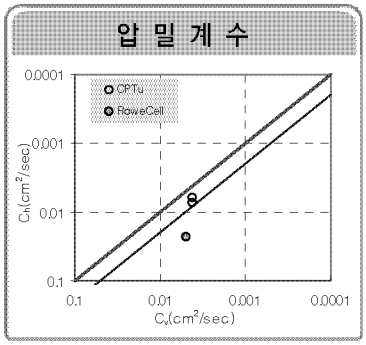
연직압밀계수 및 투수계수

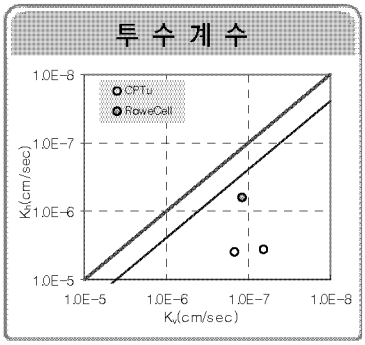
구 분	연직압밀계수($10^{-3}cm^2/sec$)						투수계수($10^{-7}cm/sec$)					
	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기본설계	-	-	4.28	-	2.07	-	-	-	0.66	-	6.28	-
실시설계	-	9.84	4.02	-	3.70	3.82	-	2.29	0.83	-	1.57	1.35
적 용	3.452	9.80	4.00	2.50	3.20	3.80	2.561	2.30	0.80	3.10	3.10	1.30

재압축지수(C_r) 및 2차 압축지수(C_α)

구 분	재압축지수(C_r)						2차 압축지수(C_α)					
	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기본설계	-	-	-	-	-		-	0.0021	0.0036	-	0.0037	-
실시설계	-	0.033	0.038	-	0.042	0.034	-	0.0035	0.0032	0.0036	0.0034	0.0035
적 용	-	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.0037	0.0028	0.0034	0.0036	0.0035	0.0035

압밀이방성 분석





구 분		C_h/C_v	K_h/K_v
문헌자료		1~9	1~15
인근자료		-	-
기본설계 적용		2.0	1.5
시험 결과	현장시험	1.46~1.68	5.3~54.6
	실내시험	4.45	5.28
적 용		2.0	2.5

3.3 토사층의 설계지반정수 산정

기본방향	• 토사와 풍화암층에 대한 설계지반정수는 실내시험 및 경험적 추정방법을 통하여 1차적으로 설계지반정수를 산정하고 기존 문헌자료에 의한 일반적인 범위 값과 비교 · 검토를 통하여 최종적인 설계지반 정수를 확정

3.3.1 문헌자료 검토

◎ 도로설계요령

종 류	재료의 상태	γ_t (kN/m^3)	c (MPa)	ϕ(°)	통일 분류
자 갈	밀실한 것, 입도가 좋은 것	20.0	0	40	GW GP
	밀실치 않은 것, 입도가 나쁜 것	18.0	0	35	
자갈섞인 모래	밀실한 것	21.0	0	40	
	밀실치 않은 것	19.0	0	35	
모 래	밀실한 것, 입도가 좋은 것	20.0	0	35	SW SP
	밀실치 않은 것, 입도가 나쁜 것	18.0	0	30	
사질토	밀실한 것	19.0	0.03	30	SM SC
	밀실치 않은 것	17.0	0	25	
점성토	굳은 것	18.0	0.05	25	ML CL
	무른 것	17.0	0.015	20	
점토 및 실트	굳은 것	17.0	0.05	20	CH MH ML
	무른 것	14.0	0.015	10	

◎ Cohesionless soils(Pile Design and Construction Practice(M.J. Tomlinson, 1993))

Soil type, compactness & consistency	γ_t (kN/m^3)	γ_{sub}(kN/m^3)	Φ(°)
Loose gravel with low sand content	16.0 ~ 19.0	9.0	28.0~30.0
Medium dense gravel with low sand content	18.0 ~ 20.0	10.0	30.0~36.0
Dense to very dense gravel with low sand content	19.0 ~ 21.0	11.0	36.0~46.0
Loose well-graded sandy gravel	20.0 ~ 20.0	10.0	28.0~30.0
Medium-dense well-graded sandy gravel	19.0 ~ 21.0	11.0	30.0~36.0
Dense well graded sandy gravel	20.0 ~ 22.0	12.0	36.0~45.0
Loose clayey sandy gravel	18.0 ~ 20.0	10.0	28.0~30.0
Medium-dense clayey sandy gravel	19.0 ~ 21.0	11.0	30.0~35.0
Dense to very dense clayey sandy gravel	21.0 ~ 22.0	12.0	35.0~40.0
Loose coarse to fine sand	17.0 ~ 20.0	10.0	28.0~30.0
Medium-dense coarse to fine sand	20.0 ~ 21.0	11.0	30.0~35.0
Dense to very dense coarse to fine sand	21.0 ~ 22.0	12.0	35.0~40.0
Loose fine and silgy sand	15.0 ~ 17.0	7.0	28.0~30.0
Medium-dense fine and silty sand	17.0 ~ 19.0	9.0	30.0~35.0
Dense to very dense fine and silty sand	19.0 ~ 21.0	11.0	35.0~40.0

○ 지반조사편람 (서울특별시)

지 반 명	γ (kN/m^3)	c(kN/m^2)	Φ(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍 화 토	17.0 ~ 20.0	0.00 ~ 100.0	25 ~ 30	20.0 ~ 40.0	0.5
풍 화 암	20 .0~ 22.0	100.0 ~ 300.0	30 ~ 35	100.0 ~ 200.0	0.3 ~ 0.4

○ N값 적용 내부마찰각, 점착력 및 변형계수산정 경험식

내부마찰각

- Dunham $\phi = \sqrt{12N} + 20$
- Ohsaki $\phi = \sqrt{20N} + 15$
- Meyerhof $\phi = 0.25N + 32.5$
- 도로교시방서 $\phi = \sqrt{15N} + 15$
- Peck $\phi = 0.3N + 27$

점착력(점성토)

- Dunham $q_u(kPa) = \frac{N}{0.77} \times 100$
- Terzaghi-Peck $q_u(kPa) = \frac{N}{0.82} \times 100$
- Ohsaki $q_u(kPa) = 4 + \frac{N}{2} \times 100$

여기서, $\phi = 0$으로서, $C = \frac{q_u}{2}$

변형계수(E_m)

- Schmertmann $E(MPa) = \alpha\ N/10$
  여기서, α : 4 (모래질 실트), 12~15(자갈질 모래)
- Hisatake $E(MPa) = 0.5N+7$
- 도로교시방서 $E(MPa) = 2.8N$

제 안 자	경험식 (MPa)	N값의 범위			
		10 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 50
Schmertmann	$E = \alpha\ N/10$주)	4~ 30	8 ~ 45	12 ~ 60	16 ~ 75
Hisatake	$E = 0.5N + 7$	12 ~ 17	17 ~ 22	22 ~ 27	27 ~ 32
도로교시방서	$E = 2.8N$	28 ~ 56	56 ~ 84	84 ~ 112	112 ~ 140

주) α : 4(모래질 실트), 12~15(자갈질 모래)

○ Braja, M. Das & Joseph E. Bowels(1996)

구 분	Braja, M. Das		Joseph E. Bowels(1996)	
	변형계수(MPa)	포아송비(ν)	변형계수(MPa)	포아송비(ν)
느슨한 모래	10 ~ 24	0.20~0.40	10 ~ 25	0.20~0.35
보통굳기모래	17 ~ 28	0.25~0.40		
조밀한 모래	35 ~ 55	0.30~0.45	50 ~ 81	0.30~0.40
실트질 모래	10 ~ 17	0.20~0.40	5 ~ 20	
연약한 점토	2 ~ 5	0.15~0.35	2 ~ 25	0.4~0.5
중 간 점토	5 ~ 10		15 ~ 50	
견고한 점토	10 ~ 24		50 ~ 100	
느슨한 모래섞인 자갈	69 ~ 172	0.20~0.50	50 ~ 150	0.3~0.4
조밀한 모래섞인 자갈			100 ~ 200	

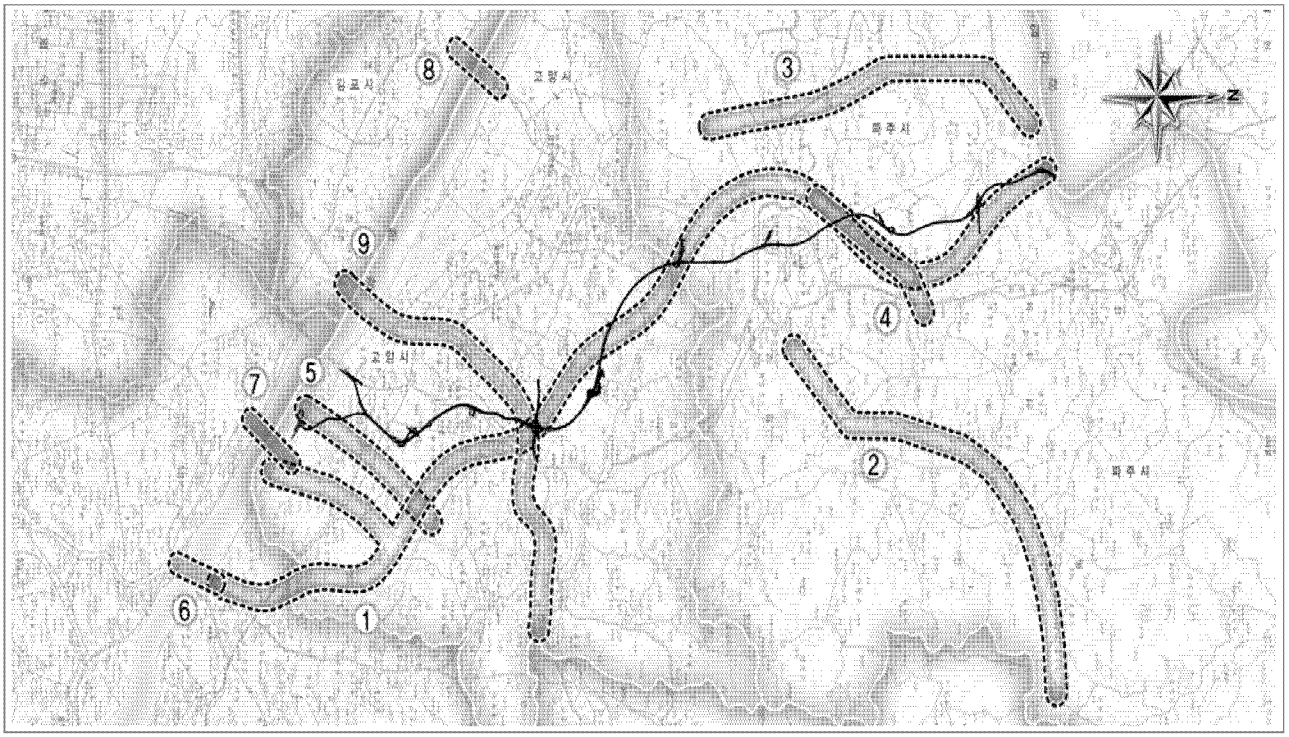
토 층 상 태		변형계수(MPa)	포아송비(ν)
모래	느 슨	10 ~ 30	0.2~0.35
	중간조밀	30 ~ 50	
	조 밀	50 ~ 80	
자갈	느 슨	30 ~ 80	0.3~0.4
	중간조밀	80 ~ 100	
	조 밀	100 ~ 120	

3.3.2 인근지역 적용사례 분석

기존자료 현황

구분	사 업 명	사업년도
①	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업(보완분)	2005.01
②	조리~법원 도로개설공사	2005.12
③	문발~낙하간 도로 확·포장공사	2004.09
④	금촌~월릉간 도로 확·포장공사	2004.02
⑤	강매~원흥간 도로개설공사	1999.05

구분	사업명	사업년도
⑥	월드컵대교 건설공사	2006.10
⑦	인천국제공항 철도 2단계	2002.10
⑧	일산대교 건설 민간투자사업	1999.12
⑨	서울외곽순환도로 건설공사(1,2공구) 토질조사보고서	1997.12



기존자료 분석결과

지 층	토 질 구 성	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)	포아송비 (ν)
매립층	사질토	18~20	0~5	28~33	10~80	0.33~0.35
	자갈층	19~20	0~17	25~39	15~35	0.3
붕적층	사질토	17~19	0~30	25~32	10~32	0.35
	점성토	18	0~20	–	–	–
	자갈층	20	0~50	39	35	0.30
충적층	사질토	17~20	0~10	25~33	15~80	0.35
	점성토	17~18	10~30	–	5~10	0.50
	자갈층	18~20	0~20	35~39	35	0.30
풍화토		18~19	15~200	25~30	35~50	0.30~0.33

3.3.3 지층별 대표 N값 산정

기본방향

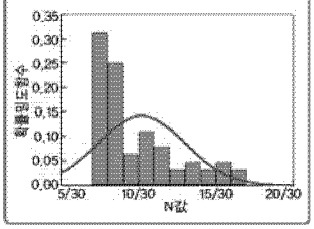
- 사업구간내 토사층이 광역적으로 분포함에 따라 지형적 · 지질적 요인에 따른 토질 특성을 고려
- 선행된 지표지질조사 결과에 의한 지질 구조구 및 구조물 특성, 토질입자의 특성 등을 고려하여 분류
- 각종 물성값의 기초 자료가 되는 구간별, 구조물별, 지층별, 토성별 N값을 선정

구간별	구조물별	지층별	토성별
• 제1구간, 제2구간, 제3구간, 제4구간으로 구분	• 구조물의 특성에 따라 교량구간, 터널구간, 깎기구간으로 구분	• 분포하는 지층에 따라 매립층, 붕적층, 퇴적층, 풍화토층 등으로 분류	• 사업구간내 분포하는 토성에 따라 점토, 실트, 모래, 자갈 등으로 분류

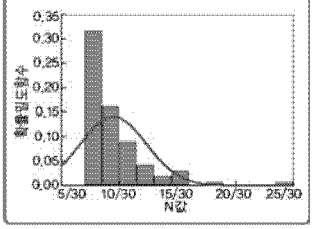
1구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	1/30~50/1	10/30
		점토	10/30~11/30	11/30
	붕적층	모래	4/30~18/30	9/30
	퇴적층	점토(N>6)	7/30~17/30	11/30
		실트	7/30~25/30	8/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	7/30
		모래(N>10)	11/30~50/12	22/30
		자갈	5/30~50/3	47/30
	풍화토	실트질 모래	7/30~50/11	41/30
깎기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	38/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	9/30~50/11	43/30

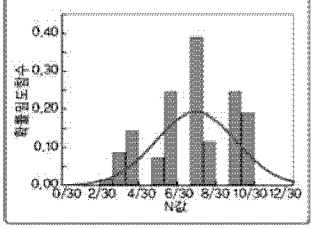
퇴적 점토(N>6)



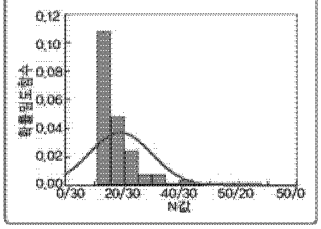
퇴적 실트



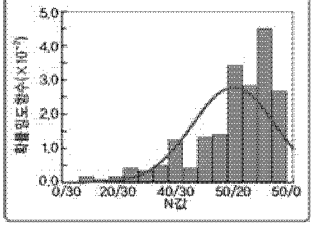
퇴적 모래(N≤10)



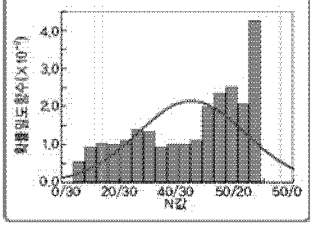
퇴적 모래(N>10)



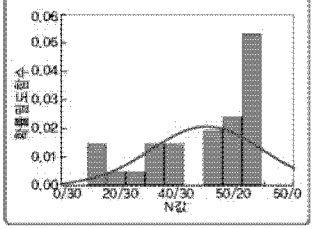
퇴적 자갈



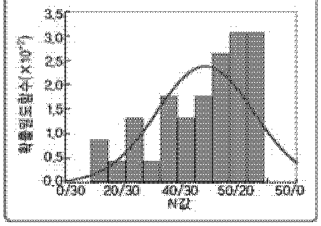
풍화토(교량)



풍화토(깎기)

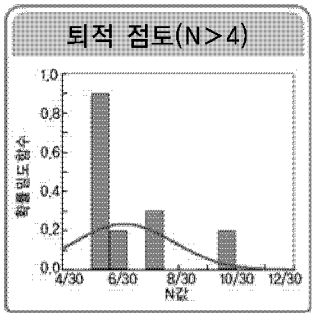


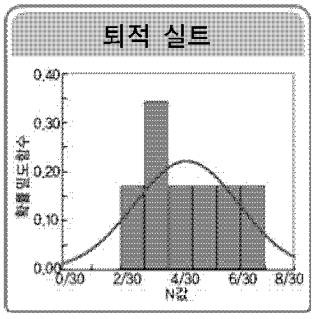
풍화토(터널)

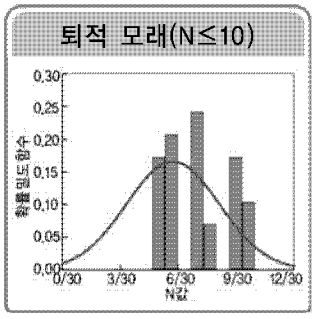


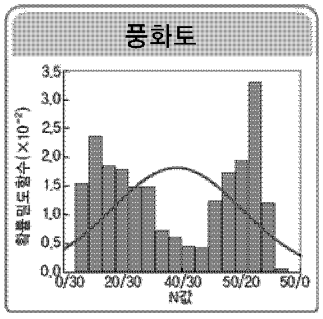
2구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/25	8/30
		점토	2/30~13/30	6/30
	붕적층	모래	1/30~15/30	6/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~10/30	6/30
		실트	2/30~7/30	4/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/20	19/30
		자갈	11/30~50/14	24/30
	풍화토	실트질 모래	4/30~50/11	29/30
깎기구간	붕적층	모래	2/30~9/30	5/30
	풍화토	실트질 모래	5/30~50/11	34/30
터널구간	붕적층	모래	28/30	28/30
	풍화토	실트질 모래	10/30~50/12	39/30



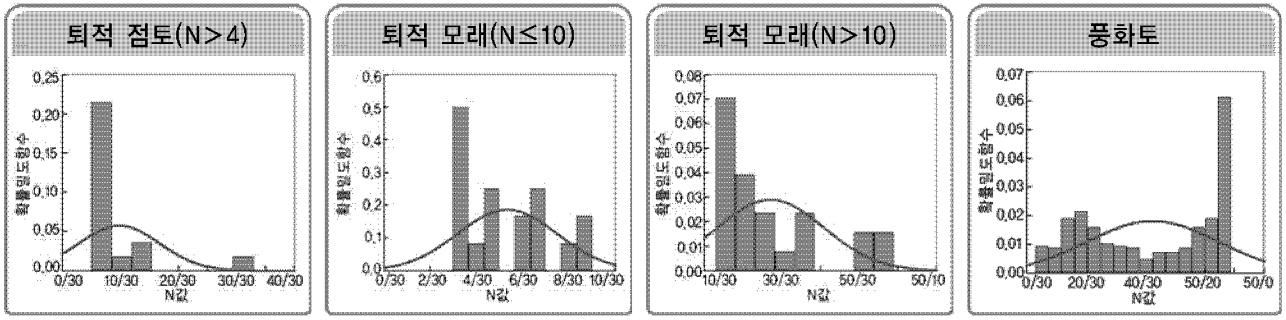






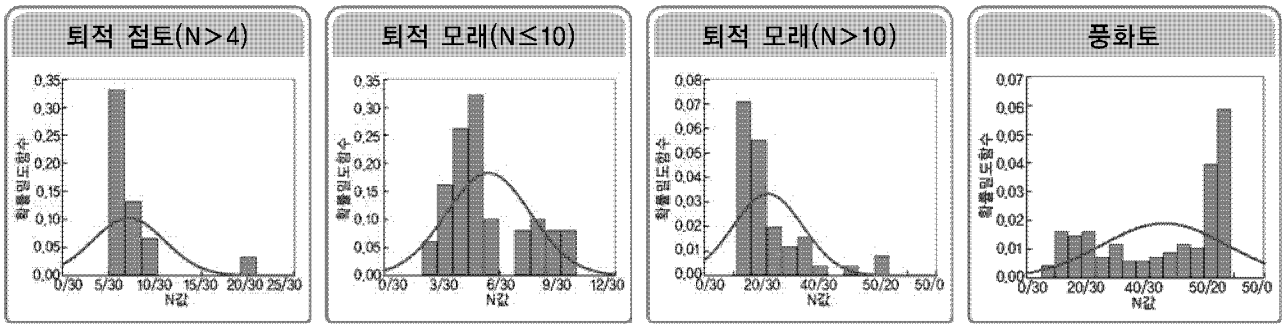
3구간

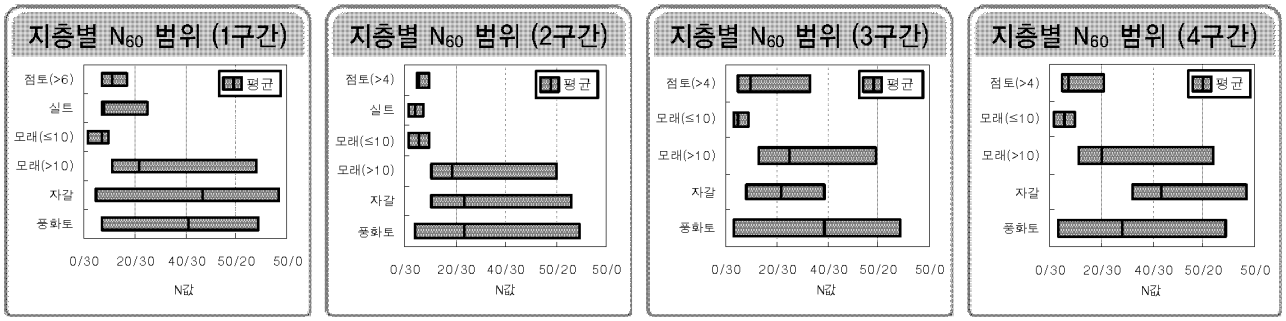
구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	2/30~50/2	9/30
		점토	1/30~12/30	6/30
	붕적층	모래	5/30~23/30	11/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~33/30	10/30
		모래(N≤10)	3/30~9/30	5/30
		모래(N>10)	13/30~50/21	25/30
		자갈	8/30~39/30	22/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	39/30
깎기구간	붕적층	모래	27/30	27/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	31/30



● 4구간

구 분	지 층	토질분류	범 위	평 균
교량구간	매립층	모래	5/30~31/30	12/30
		점토	8/30~10/30	9/30
	붕적층	모래	3/30~50/23	19/30
	퇴적층	점토(N>4)	5/30~21/30	7/30
		모래(N≤10)	2/30~10/30	6/30
		모래(N>10)	11/30~50/16	20/30
		자갈	32/30~50/7	44/30
	풍화토	실트질 모래	3/30~50/11	28/30
깎기구간	붕적층	모래	6/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	6/30~50/11	33/30
터널구간	붕적층	모래	4/30~8/30	6/30
	풍화토	실트질 모래	13/30~50/20	31/30





분석결과

- 대표 N값 산정시 퇴적층(모래 및 자갈층) 및 풍화토의 경우 N값 50/30이상은 50/30으로 적용
- 퇴적층(모래)은 느슨한 모래층을 따로 구별하여 N값 10/30을 기준으로 대표 N값을 산정

3.3.4 경험식 분석

기본방향

- 구간별 지층 및 토질 특성에 따라 지층별 대표 N값을 활용하여 범위 추출
- 강도 및 변형계수 산정을 위한 다양한 경험식을 적용하여 합리적 설계지반정수 산정

1구간

구 분	지 층	토질분류	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	매립층	모래	–	27~35	7~28
		점토	4~7	–	4~31
	붕적층	모래	–	27~35	6~25
	퇴적층	점토(N>6)	4~7	–	4~31
		실트	3~5	–	3~22
		모래(N≤10)	–	25~34	5~20
		모래(N>10)	–	33~38	15~62
		자갈	–	41~46	31~130
	풍화토	실트질 모래	–	39~44	28~115
깎기구간	붕적층	모래	–	35~39	19~76
	풍화토	실트질 모래	–	38~43	26~106
터널구간	붕적층	모래	–	35~40	20~78
	풍화토	실트질 모래	–	40~44	29~120

2구간

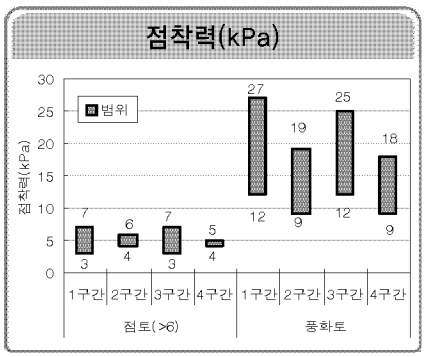
구 분	지 층	토질분류	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	매립층	모래	–	26~35	6~22
		점토	2~4	–	2~17
	붕적층	모래	–	25~34	4~17
	퇴적층	점토(N>4)	2~4	–	2~17
		실트	1~3	–	2~11
		모래(N≤10)	–	25~34	4~17
		모래(N>10)	–	32~37	13~53
		자갈	–	34~39	19~67
	풍화토	실트질 모래	–	36~40	20~81
깎기구간	붕적층	모래	–	24~33	4~14
	풍화토	실트질 모래	–	37~41	24~95
터널구간	붕적층	모래	–	35~40	20~78
	풍화토	실트질 모래	–	39~43	27~109

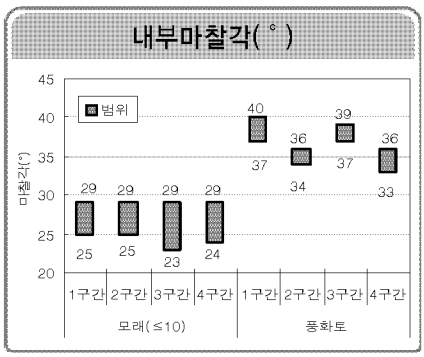
3구간

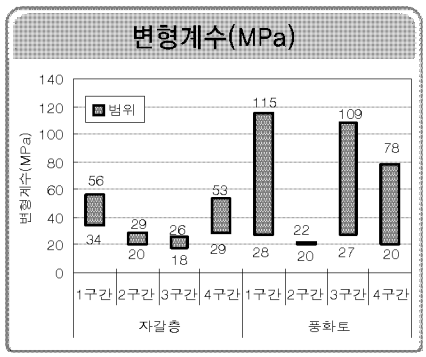
구 분	지 층	토질분류	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)
교량구간	매립층	모래	–	27~35	6~25
		점토	2~4	–	2~17
	붕적층	모래	–	28~35	8~31
	퇴적층	점토(N>4)	4~7	–	4~28
		모래(N≤10)	–	24~34	4~14
		모래(N>10)	–	34~39	18~70
		자갈	–	33~38	18~62
	풍화토	실트질 모래	–	39~43	27~109
깎기구간	붕적층	모래	–	35~39	19~76
	풍화토	실트질 모래	–	36~40	22~87

4구간

구 분	지 층	토질분류	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)
교량구간	매립층	모래	–	28~36	8~34
		점토	3~6	–	4~25
	붕적층	모래	–	32~37	13~53
	퇴적층	점토(N>4)	3~5	–	3~20
		모래(N≤10)	–	25~34	4~17
		모래(N>10)	–	32~38	14~56
		자갈	–	40~45	29~123
	풍화토	실트질 모래	–	36~40	20~78
깎기구간	붕적층	모래	–	25~34	4~17
	풍화토	실트질 모래	–	37~41	24~92
터널구간	붕적층	모래	–	25~34	4~17
	풍화토	실트질 모래	–	36~40	22~87







3.3.5 현장 및 실내시험 결과 분석

기본방향

- 현장 및 실내시험결과를 이용하여 각 지층에 해당하는 물성값의 범위 선정
- 풍화토는 불교란 시료 채취가 불가하여 공내에서 강도 및 변형특성을 파악할 수 있는 공내전단시험 및 공내재하시험을 실시하고 그 결과를 문헌 자료와 비교 · 분석하여 산정

1구간

구 분	지 층	토질분류	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)
교량구간	매립층	모래	16.8~19.3	–	–	–
		점토	–	–	–	–
	붕적층	모래	18.0	–	–	–
	퇴적층	점토(N>6)	15.2~18.7	–	–	–
		실트	14.6~20.1	–	–	–
		모래(N≤10)	14.1~22.1	–	–	–
		모래(N>10)	16.8~20.4	–	–	–
		자갈	–	–	–	–
	풍화토	실트질 모래	16.8~21.5	18.2~19.4	28.9~29.3	–
깎기구간	붕적층	모래	–	–	–	–
	풍화토	실트질 모래	–	19.0	28.0	–
터널구간	붕적층	모래	–	–	–	–
	풍화토	실트질 모래	17.1~21.8	17.4	28.0	–

2구간

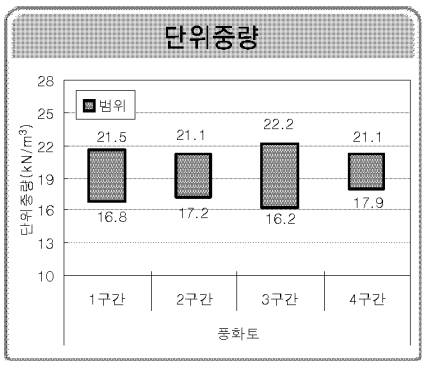
구 분	지 층	토질분류	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)
교량구간	매립층	모래	–	–	–	–
		점토	–	–	–	–
	붕적층	모래	–	–	–	–
	퇴적층	점토(N>4)	–	–	–	–
		실트	–	–	–	–
		모래(N≤10)	–	–	–	–
		모래(N>10)	14.9~19.6	–	–	–
		자갈	–	–	–	–
	풍화토	실트질 모래	17.0~20.6	–	–	–
깎기구간	붕적층	모래	–	–	–	–
	풍화토	실트질 모래	–	–	–	–
터널구간	붕적층	모래	–	–	–	–
	풍화토	실트질 모래	17.2~21.1	19.0	29.0	–

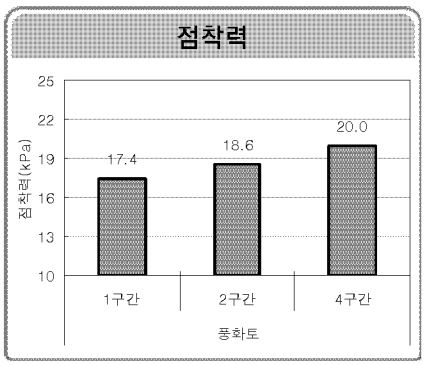
3구간

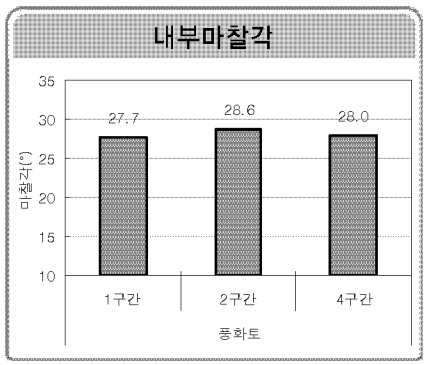
구 분	지 층	토질분류	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)
교량구간	매립층	모래	–	–	–	–
		점토	–	–	–	–
	붕적층	모래	–	–	–	–
	퇴적층	점토(N>4)	13.3~18.1	–	–	–
		모래(N≤10)	15.9~19.5	–	–	–
		모래(N>10)	15.8~20.2	–	–	–
		자갈	–	–	–	–
	풍화토	실트질 모래	16.2~22.2	–	–	–
깎기구간	붕적층	모래	–	–	–	–
	풍화토	실트질 모래	–	18.4	29.0	–

4구간

구 분	지 층	토질분류	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)	변형계수 (MPa)
교량구간	매립층	모래	15.4~20.2	–	–	–
		점토	–	–	–	–
	붕적층	모래	–	–	–	–
	퇴적층	점토(N>4)	14.1~18.3	–	–	–
		모래(N≤10)	15.2~20.7	–	–	–
		모래(N>10)	–	–	–	–
		자갈	–.	–	–	–
	풍화토	실트질 모래	17.9~21.1	–	–	–
깎기구간	붕적층	모래	–	–	–	–
	풍화토	실트질 모래	–	15.0~19.0	25.0~28.0	62.0
터널구간	붕적층	모래	16.1~21.2	–	–	–
	풍화토	실트질 모래	19.0	19.0	27.9~28.0	–







3.3.6 토사층 설계지반정수 산정

기본방향

• 기존 설계 자료와 경험식에 의한 결과를 평균 적용하고, 현장시험결과를 우선적으로 선정하여 물성값을 산정

○ 단위중량(kN/m³)

■ 1구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	15~21	18~20	16.8~19.3	19.0
		점토	17~18	–	–	17.0
	붕적층	모래	15~21	17~19	18.0	18.0
	퇴적층	점토(N>6)	17~18	17~18	15.2~18.7	18.0
		실트	14~18	17~18	14.6~20.1	18.0
		모래(N≤10)	15~20	17~20	14.1~22.1	18.0
		모래(N>10)	17~21	17~20	16.8~20.4	18.0
		자갈	18~22	18~20	–	20.0
	풍화토	실트질 모래	17~20	18~19	16.8~21.5	19.0
깎기구간	붕적층	모래	15~21	17~19	–	19.0
	풍화토	실트질 모래	17~20	18~19	–	19.0
터널구간	붕적층	모래	15~21	17~19	–	18.0
	풍화토	실트질 모래	17~20	18~19	17.1~21.8	19.0

■ 2구간

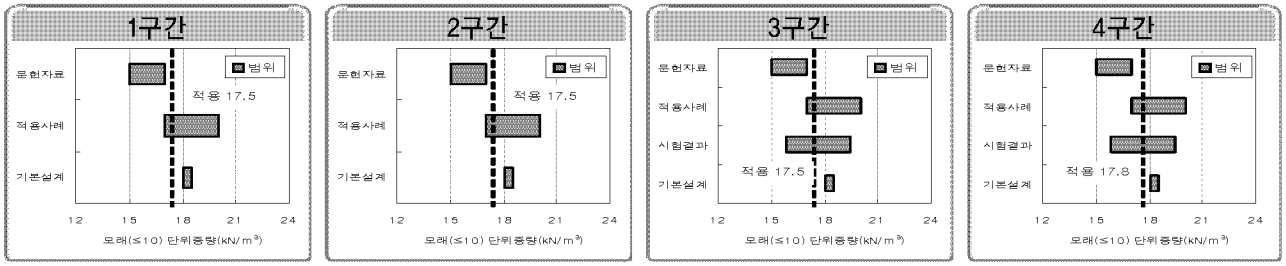
구 분	지층	토질분류	문헌자료	적용사례	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	15~21	18~20	–	19.0
		점토	17~18	–	–	17.0
	붕적층	모래	15~21	17~19	–	18.0
	퇴적층	점토(N>4)	17~18	17~18	–	18.0
		실트	14~18	17~18	–	18.0
		모래(N≤10)	15~20	17~20	–	18.0
		모래(N>10)	17~21	17~20	14.9~19.6	18.0
		자갈	18~22	18~20	–	20.0
	풍화토	실트질 모래	17~20	18~19	17.0~20.6	19.0
깎기구간	붕적층	모래	15~21	17~19	–	18.0
	풍화토	실트질 모래	17~20	18~19	–	19.0
터널구간	붕적층	모래	15~21	17~19	–	18.0
	풍화토	실트질 모래	17~20	18~19	17.2~21.1	19.0

■ 3구간

구 분	지층	토질분류	문헌자료	적용사례	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	15~21	18~20	–	19.0
		점토	17~18	–	–	17.0
	붕적층	모래	15~21	17~19	–	18.0
	퇴적층	점토(N>4)	17~18	17~18	13.3~18.1	18.0
		모래(N≤10)	14~18	17~18	15.9~19.5	18.0
		모래(N>10)	15~20	17~20	15.8~20.2	18.0
		자갈	17~21	17~20	–	20.0
	풍화토	실트질 모래	18~22	18~20	16.2~22.2	19.0
깎기구간	붕적층	모래	17~20	18~19	–	18.0
	풍화토	실트질 모래	15~21	17~19	–	19.0

■ 4구간

구 분	지층	토질분류	문헌자료	적용사례	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	15~21	18~20	15.4~20.2	19.0
		점토	17~18	–	–	17.0
	붕적층	모래	15~21	17~19	–	18.0
	퇴적층	점토(N>4)	17~18	17~18	14.1~18.3	18.0
		모래(N≤10)	14~18	17~18	15.2~20.7	18.0
		모래(N>10)	15~20	17~20	–	18.0
		자갈	17~21	17~20	–	20.0
	풍화토	실트질 모래	18~22	18~20	17.9~21.1	19.0
깎기구간	붕적층	모래	17~20	18~19	–	18.0
	풍화토	실트질 모래	15~21	17~19	–	19.0
터널구간	붕적층	모래	17~20	18~19	16.1~21.2	18.0
	풍화토	실트질 모래	15~21	17~19	19.0	19.0



• 풍화토는 기존적용사례의 상한값을 적용하였으며 다른 지층은 설계사례의 및 현장시험 결과값의 평균값을 적용

점착력(kPa)

1구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	0~30	0~5	-	-	3
		점토	15~50	-	4~7	-	5
	붕적층	모래	0~30	0~30	-	-	5
	퇴적층	점토(N>6)	15~50	10~30	4~7	-	30
		실트	15~50	10~30	3~5	-	30
	풍화토	실트질 모래	0~100	15~200	-	18.2~19.4	17
깎기구간	붕적층	모래	0~30	0~30	-	-	5
	풍화토	실트질 모래	0~100	15~200	-	19.0	19
터널구간	붕적층	모래	0~30	0~30	-	-	5
	풍화토	실트질 모래	0~100	15~200	-	-	19

2구간

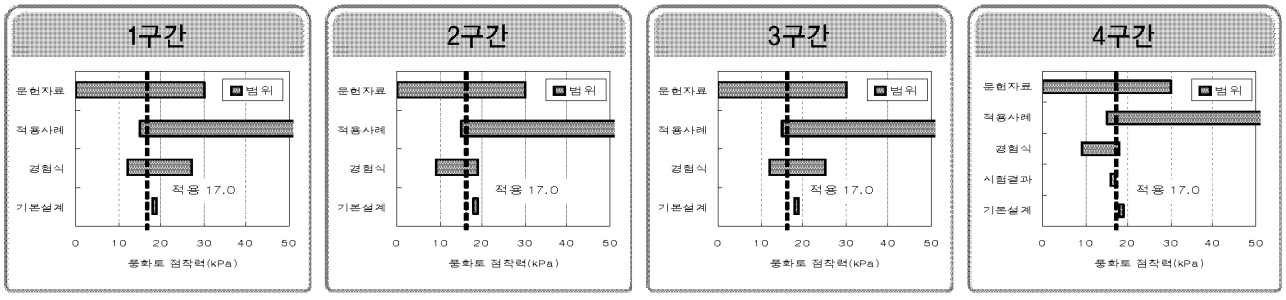
구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	0~30	0~5	-	-	3
		점토	15~50	-	2~4	-	5
	붕적층	모래	0~30	0~30	-	-	5
	퇴적층	점토(N>4)	15~50	10~30	2~4	-	25
		실트	15~50	10~30	1~3	-	20
	풍화토	실트질 모래	0~100	15~200	-	-	17
깎기구간	붕적층	모래	0~30	0~30	-	-	5
	풍화토	실트질 모래	0~100	15~200	-	-	19
터널구간	붕적층	모래	0~30	0~30	-	-	5
	풍화토	실트질 모래	0~100	15~200	-	19.0	19

■ 3구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	0~30	0~5	-	-	3
		점토	15~50	-	2~4	-	5
	붕적층	모래	0~30	0~30	-	-	5
	퇴적층	점토(N>4)	15~50	10~30	4~7	-	25
	풍화토	실트질 모래	0~100	15~200	-	-	17
깎기구간	붕적층	모래	0~30	0~30	-	-	5
	풍화토	실트질 모래	0~100	15~200	-	18.4	19

■ 4구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	0~30	0~5	-	-	3
		점토	15~50	-	3~6	-	5
	붕적층	모래	0~30	0~30	-	-	5
	퇴적층	점토(N>4)	15~50	10~30	3~5	-	35
	풍화토	실트질 모래	0~100	15~200	-	-	17
깎기구간	붕적층	모래	0~30	0~30	-	-	5
	풍화토	실트질 모래	0~100	15~200	-	15~19	18
터널구간	붕적층	모래	0~30	0~30	-	-	5
	풍화토	실트질 모래	0~100	15~200	-	19	18



• 풍화토는 문헌자료의 중간값을 적용하였으며 다른 지층은 적용사례 및 경험식의 중간값을 적용

○ 내부마찰각(°)

■ 1구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	25~40	28~33	27~35	-	28
		점토	-	-	-	-	-
	붕적층	모래	25~40	25~32	27~35	-	28
	퇴적층	점토(N>6)	-	-	-	-	-
		실트	-	-	-	-	-
		모래(N≤10)	25~30	25~33	25~34	-	27
		모래(N>10)	25~40	25~33	33~38	-	30
		자갈	28~45	35~39	41~46	-	32
	풍화토	실트질 모래	25~30	25~31	39~44	28.9~29.3	29
깎기구간	붕적층	모래	25~40	25~32	35~39	-	28
	풍화토	실트질 모래	25~30	25~30	38~43	28.0	29
터널구간	붕적층	모래	25~40	25~32	35~40	-	29
	풍화토	실트질 모래	25~30	25~30	40~44	28.0	29

■ 2구간

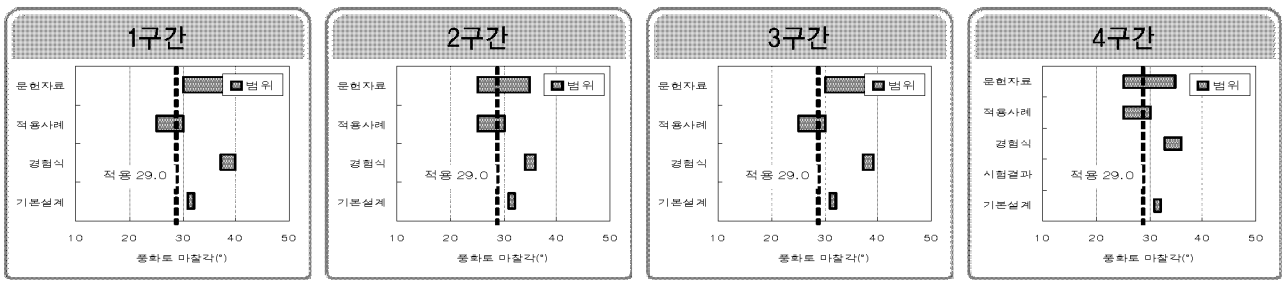
구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	25~40	28~33	26~35	-	28
		점토	-	-	-	-	-
	붕적층	모래	25~40	25~32	25~34	-	28
	퇴적층	점토(N>4)	-	-	-	-	-
		실트	-	-	-	-	-
		모래(N≤10)	25~30	25~33	25~34	-	27
		모래(N>10)	25~40	25~33	32~37	-	29
		자갈	28~45	35~39	34~39	-	32
	풍화토	실트질 모래	25~30	25~31	36~40	-	29
깎기구간	붕적층	모래	25~40	25~32	24~33	-	28
	풍화토	실트질 모래	25~30	25~30	37~41	-	29
터널구간	붕적층	모래	25~40	25~32	35~40	-	28
	풍화토	실트질 모래	25~30	25~30	39~43	29.0	29

■ 3구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	25~40	28~33	27~35	-	28
		점토	-	-	-	-	-
	붕적층	모래	25~40	25~32	28~35	-	28
	퇴적층	점토(N>4)	-	-	-	-	-
		모래(N≤10)	25~30	25~33	24~34	-	26
		모래(N>10)	25~40	25~33	34~39	-	28
		자갈	28~45	35~39	33~38	-	31
	풍화토	실트질 모래	25~30	25~31	39~43	-	29
깎기구간	붕적층	모래	25~40	25~32	35~39	-	28
	풍화토	실트질 모래	25~30	25~30	36~40	29.0	29

■ 4구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	25~40	28~33	28~36	-	28
		점토	-	-	-	-	-
	붕적층	모래	25~40	25~32	32~37	-	28
	퇴적층	점토(N>4)	-	-	-	-	-
		모래(N≤10)	25~30	25~30	25~34	-	26
		모래(N>10)	25~40	25~33	32~38	-	28
		자갈	28~45	35~39	40~45	-	32
	풍화토	실트질 모래	25~30	25~31	36~40	-	29
깎기구간	붕적층	모래	25~40	25~32	25~34	-	28
	풍화토	실트질 모래	25~30	25~30	37~41	25.0~28.0	29
터널구간	붕적층	모래	25~40	25~32	25~34	-	28
	풍화토	실트질 모래	25~30	25~30	36~40	27.9~28.0	29



• 풍화토는 적용사례의 중간값을 적용하였으며 다른 지층은 경험식 및 문헌자료의 중간값을 적용

○ 변형계수(MPa)

▮ 1구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	5~80	10~80	7~28	–	15
		점토	2~100	–	4~31	–	5
	붕적층	모래	5~80	10~32	6~25	–	10
	퇴적층	점토(N>6)	5~50	5~10	4~31	–	5
		실트	2~50		3~22	–	5
		모래(N≤10)	5~30	15~80	5~20	–	10
		모래(N>10)	5~80		15~62	–	18
		자갈	30~200	30~35	31~130	–	50
	풍화토	실트질 모래	20~100	35~70	28~115	–	50
깎기구간	붕적층	모래	5~80	10~32	19~76	–	20
	풍화토	실트질 모래	20~100	35~70	26~106	–	60
터널구간	붕적층	모래	5~80	10~32	20~78	–	20
	풍화토	실트질 모래	20~100	35~70	29~120	–	60

▮ 2구간

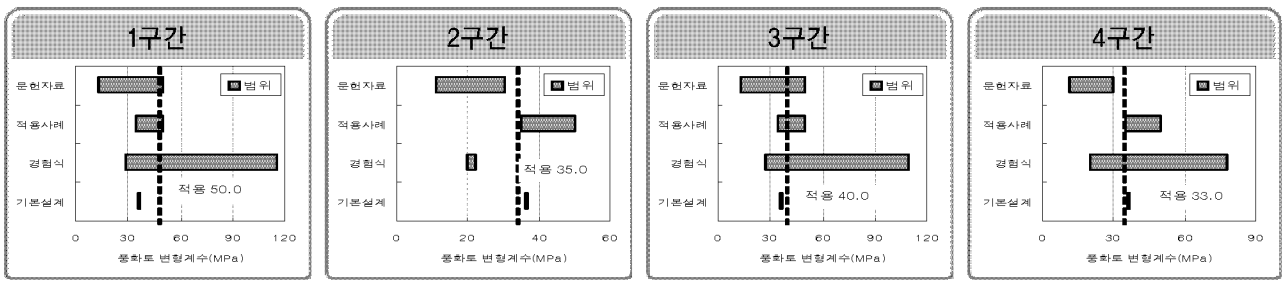
구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	5~80	10~80	6~22	–	12
		점토	2~100	–	2~17	–	4
	붕적층	모래	5~80	10~32	4~17	–	6
	퇴적층	점토(N>4)	5~50	5~10	2~17	–	5
		실트	2~50		2~11	–	3
		모래(N≤10)	5~30	15~80	4~17	–	10
		모래(N>10)	5~80		13~53	–	17
		자갈	30~200	30~35	19~67	–	28
	풍화토	실트질 모래	20~100	35~70	20~81	–	35
깎기구간	붕적층	모래	5~80	10~32	4~14	–	6
	풍화토	실트질 모래	20~100	35~70	24~95	–	60
터널구간	붕적층	모래	5~80	10~32	20~78	–	20
	풍화토	실트질 모래	20~100	35~70	27~109	–	60

■ 3구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	5~80	10~80	6~25	-	12
		점토	2~100	-	2~17	-	4
	붕적층	모래	5~80	10~32	8~31	-	8
	퇴적층	점토(N>4)	2~50	5~10	4~28	-	5
		모래(N≤10)	5~30	15~80	4~14	-	9
		모래(N>10)	5~80		18~70	-	20
		자갈	30~200	30~35	18~62	-	25
	풍화토	실트질 모래	20~100	35~70	27~109	-	40
깎기구간	붕적층	모래	5~80	10~32	19~76	-	20
	풍화토	실트질 모래	20~100	35~70	22~87	-	60

■ 4구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	매립층	모래	5~80	10~80	8~34	-	15
		점토	2~100	-	4~25	-	5
	붕적층	모래	5~80	10~32	13~53	-	7
	퇴적층	점토(N>4)	5~50	5~10	3~20	-	7
		모래(N≤10)	5~30	15~80	4~17	-	10
		모래(N>10)	5~80		14~56	-	17
		자갈	30~200	30~35	29~123	-	32
	풍화토	실트질 모래	20~100	35~70	20~78	-	33
깎기구간	붕적층	모래	5~80	10~32	4~17	-	6
	풍화토	실트질 모래	20~100	35~70	24~92	62	60
터널구간	붕적층	모래	5~80	10~32	4~17	-	6
	풍화토	실트질 모래	20~100	35~70	22~87	-	60



• 풍화토는 경험식의 중간값을 적용하였으며 다른 지층은 경험식 및 문헌자료의 중간값을 적용

○ 포아송비(ν)

■ 1구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	적 용
교량구간	매립층	모래	0.20~0.40	0.33~0.35	0.35
		점토	0.15~0.50	–	0.40
	붕적층	모래	0.20~0.40	0.35	0.35
	퇴적층	점토(N>6)	0.15~0.50	0.35~0.5	0.40
		실트	0.15~0.50		0.38
		모래(N≤10)	0.20~0.40	0.35	0.35
		모래(N>10)	0.20~0.40	0.35	0.35
		자갈	0.20~0.50	0.30	0.32
	풍화토	실트질 모래	0.50	0.30~0.35	0.33
깎기구간	붕적층	모래	0.20~0.40	0.32~0.35	0.35
	풍화토	실트질 모래	0.50	0.30~0.35	0.33
터널구간	붕적층	모래	0.20~0.40	0.32~0.35	0.35
	풍화토	실트질 모래	0.50	0.30~0.35	0.33

■ 2구간

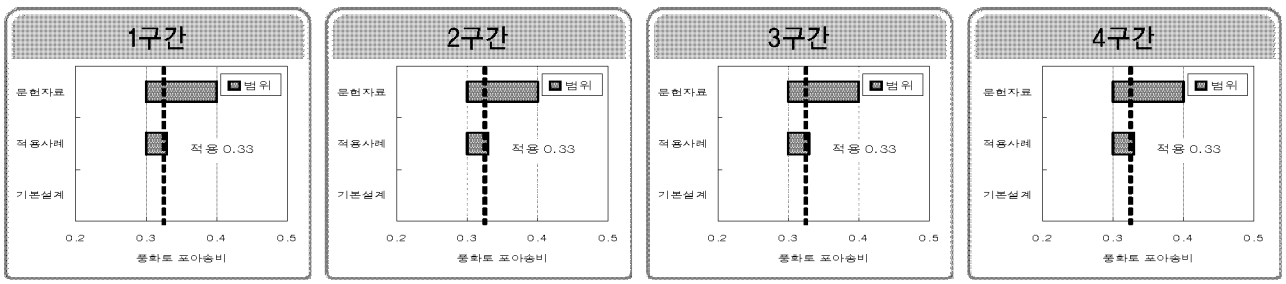
구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	적 용
교량구간	매립층	모래	0.20~0.40	0.33~0.35	0.35
		점토	0.15~0.50	–	0.40
	붕적층	모래	0.20~0.40	0.35	0.35
	퇴적층	점토(N>4)	0.15~0.50	0.35~0.5	0.40
		실트	0.15~0.50	0.50~0.50	0.38
		모래(N≤10)	0.20~0.40	0.35	0.35
		모래(N>10)	0.20~0.40	0.35	0.35
		자갈	0.20~0.50	0.30	0.32
	풍화토	실트질 모래	0.50	0.30~0.35	0.33
깎기구간	붕적층	모래	0.20~0.40	0.32~0.35	0.35
	풍화토	실트질 모래	0.50	0.30~0.35	0.33
터널구간	붕적층	모래	0.20~0.40	0.32~0.35	0.35
	풍화토	실트질 모래	0.50	0.30~0.35	0.33

■ 3구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	적 용
교량구간	매립층	모래	0.20~0.40	0.33~0.35	0.35
		점토	0.15~0.50	-	0.40
	붕적층	모래	0.20~0.40	0.35	0.35
	퇴적층	점토(N>4)	0.15~0.50	0.35~0.5	0.40
		모래(N≤10)	0.20~0.40	0.35	0.35
		모래(N>10)	0.20~0.40	0.35	0.35
		자갈	0.20~0.50	0.30	0.32
	풍화토	실트질 모래	0.50	0.30~0.35	0.33
깎기구간	붕적층	모래	0.20~0.40	0.32~0.35	0.35
	풍화토	실트질 모래	0.50	0.30~0.35	0.33

■ 4구간

구 분	지 층	토질분류	문헌자료	적용사례	적 용
교량구간	매립층	모래	0.20~0.40	0.33~0.35	0.35
		점토	0.15~0.50	-	0.40
	붕적층	모래	0.20~0.40	0.35	0.35
	퇴적층	점토(N>4)	0.15~0.50	0.35~0.5	0.40
		모래(N≤10)	0.20~0.40	0.35	0.35
		모래(N>10)	0.20~0.40	0.35	0.35
		자갈	0.20~0.50	0.30	0.32
	풍화토	실트질 모래	0.50	0.30~0.35	0.33
깎기구간	붕적층	모래	0.20~0.40	0.32~0.35	0.35
	풍화토	실트질 모래	0.50	0.30~0.35	0.33
터널구간	붕적층	모래	0.20~0.40	0.32~0.35	0.35
	풍화토	실트질 모래	0.50	0.30~0.35	0.33



• 풍화토는 적용사례의 중간값을 적용하였으며 다른 지층은 문헌자료의 중간값을 적용

3.3.7 쌓기재 설계지반정수 산정

기본방향

- 쌓기재는 터널갱구 및 깎기구간에서 발생하는 토사 등을 사용
- 설계지반정수 산정의 신뢰성 향상을 위해 실내시험 분석 결과 및 문헌 자료등을 비교·검토

문헌자료

쌓기재 강도정수기준(도로설계요령, 2001)

흙의 종류 (통일분류법)	재료의 상태	단위중량 (kN/m^3)	점착력 (kPa)	내부 마찰각 (°)
GW, GP	다진것	20	0.0	40
SW, SP	입도가 좋은 것	20	0.0	35
	입도가 나쁜 것	19	0.0	30
SM, SC	다진것	19	30 이하	25
ML, MH, CL, CH	다진것	18	50 이하	15

다짐토의 특성 NAVFAC(DM 7.2~3.9)

구 분	최대건조 단위중량 (kN/m^3)	최적 함수비 (%)	점착력(kPa) 다짐 상태	점착력(kPa) 포화 상태	내부 마찰각 (°)	CBR
GM	19~22	8~12	–	–	〉34	20~60
GC	18~21	9~14	–	–	〉31	20~40
SM	18~20	11~16	51	21	34	10~40
SM-SC	18~21	11~15	51	15	33	–
SC	17~20	11~19	76	11	31	5~20
ML	15~19	12~24	68	09	32	〈15
ML-CL	16~19	12~22	66	22	32	–

다짐토사의 평균 전단강도 Huang(1983)

구 분	최대건조 단위중량 (kN/m^3)	최적 함수비 (%)	점착력(kPa) 다짐 상태	점착력(kPa) 포화 상태	내부 마찰각 (°)
GW	〉19.1	〈 13.3	–	–	〉38
GP	〉17.6	〈 12.4	–	–	〉37
GM	〉18.3	〈 14.5	–	–	〉34
GC	〉18.4	〈 14.7	–	–	〉31
SW	19.1±00.8	13.3±2.5	44±4	–	38±1
SP	17.6±00.3	12.4±1.0	26±6	–	37±1
SM	18.3±00.2	14.5±0.4	57±6	23±8	34±1
SM-SC	19.1±00.2	12.8±0.5	23±8	16±6	33±3

구 분	최대건조 단위중량 (kN/m^3)	최적 함수비 (%)	점착력(kPa) 다짐 상태	점착력(kPa) 포화 상태	내부 마찰각 (°)
SC	18.4±0.2	14.7±0.4	84±17	13±6	31±3
ML	16.5±0.2	19.2±0.7	75±11	10±	32±2
ML-CL	17.5±0.3	16.8±0.7	71±19	25±	32±2
CL	17.3±0.2	17.3±3.0	98±12	15±2	28±2
OL	–	–	–	–	–
MH	13.1±6	36.3±3.2	82±33	23±10	25±3
CH	15.1±3	25.2±1.2	115±38	13±06	19±5
OH	–	–	–	–	–

쌓기재 설계지반정수 산정결과

구 분		단위중량(kN/m^3)	점착력(kPa)	내부마찰각 (°)	비 고
관련 문헌	도로설계기준	19~20	0.0~30.0	30~40	SM~GP
	NAVFAC DM72	18~22	0.0~21.0	33 이상	SM~GM
	Huang	18 이상	19.0~31.0	33 이상	SM~GP
적용사례		18~20	0.0~20.0	28~40	SM~GP
설계 적용(토사)		18.0	15.0	28.0	–

구 분	γ_t (kN/m^3)	c (kPa)	ϕ (°)	CBR(%) 1구간	2구간	3구간	4구간
쌓기재(토사)	18.0	15.0	28.0	12.6	12.4	11.6	11.3

- 단위중량은 적용사례의 하한값, 점착력 및 내부마찰각은 적용사례의 평균값을 적용

3.4 풍화암 설계지반정수 산정

기본방향

• 사업구간내 풍화암은 기반암의 풍화가 진행되는 상태로 표준관입시험 또는 광역적 지질에 대해 특이한 차이가 없음에 따라 공통적으로 적용하여 산정

3.4.1 문헌 및 기존 설계자료

○ 서울시 지반분류(1996)

지 층	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	단위중량(kN/m³)	포아송비
풍화암	10~30	30~35	100~200	20.0~22.0	0.30~0.35

○ 도로설계실무편람(한국도로공사, 1996)

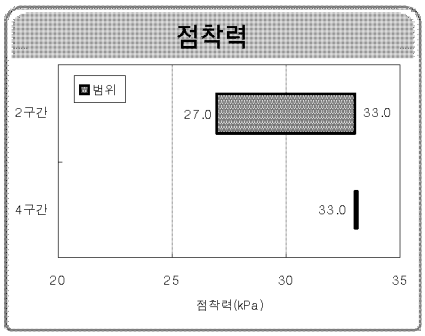
구 분	암반파쇄상태		전단강도		비 고
	TCR(%)	RQD(%)	점착력(kPa)	내부마찰각(°)	
풍화암 또는 연·경암으로 파쇄가 극심한 기반암 경우	20% 이하	10% 이하	100	30	암반의 파쇄상태에 따른 전단강도 제안

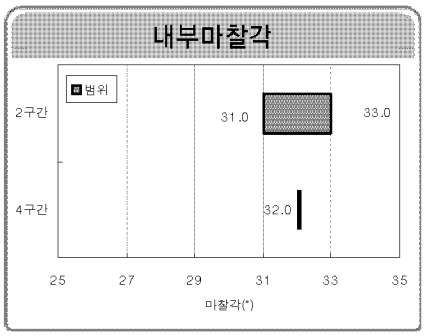
○ 기존 설계자료 분석결과

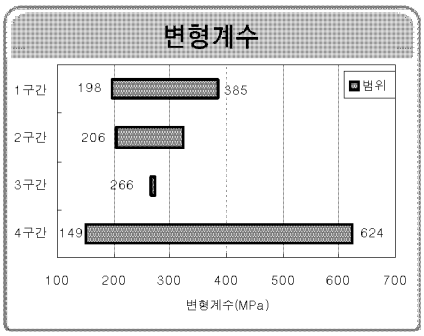
구 분	단위중량(kN/m³)	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)	포아송비
풍화암	20~22	28~50	30~33	50~350	0.3~0.33

○ 현장시험결과

구 분	점 착 력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
1구간	32.9	28.5	198~385
2구간	32.9	30.7	206~302
3구간	-	-	266
4구간	29.7~32.5	28.3~31.5	149~306







분석결과

• 점착력은 구간별로 다소 차이를 보이나 마찰각은 구간별 유사한 범위를 보임

• 변형계수는 구간별 유사하나, 4구간은 149~306MPa의 범위로 다소 큰 차이를 보임

3.4.2 풍화암 설계지반정수 산정

◎ 단위중량 및 포아송비

구 간	단위중량(kN/m³)				포아송비(ν)			
	문헌자료	적용사례	시험결과	적 용	문헌자료	적용사례	시험결과	적 용
교량 구간	20~22	20~22	19~24	21	0.30~0.40	0.30~0.33	–	0.30
깎기 구간	20~22	20~22	–	21	0.30~0.40	0.30~0.33	–	0.30
터널 구간	20~22	20~22	20~22	21	0.30~0.40	0.30~0.33	–	0.30

◎ 전단강도 및 변형계수

■ 1구간

구 간	점착력(kPa)				내부마찰각 (°)				변형계수(MPa)			
	문헌자료	기존자료	시험결과	적 용	문헌자료	기존자료	시험결과	적 용	문헌자료	기존자료	시험결과	적 용
교량 구간	10~30	20~50	–	28	30~35	30~33	–	31	100~200	50~350	198~385	280
깎기 구간	10~30	20~50	–	29	30~35	30~33	–	31	100~200	50~350	–	280
터널 구간	10~30	20~50	–	29	30~35	30~33	–	31	100~200	50~350	–	280

■ 2구간

구 간	점착력(kPa)				내부마찰각 (°)				변형계수(MPa)			
	문헌자료	기존자료	시험결과	적 용	문헌자료	기존자료	시험결과	적 용	문헌자료	기존자료	시험결과	적 용
교량 구간	10~30	20~50	–	28	30~35	30~33	–	31	100~200	50~350	206~290	260
깎기 구간	10~30	20~50	–	31	30~35	30~33	–	31	100~200	50~350	272~302	280
터널 구간	10~30	20~50	–	31	30~35	30~33	–	31	100~200	50~350	–	280

■ 3구간

구 간	점착력(kPa)				내부마찰각 (°)				변형계수(MPa)			
	문헌자료	기존자료	시험결과	적 용	문헌자료	기존자료	시험결과	적 용	문헌자료	기존자료	시험결과	적 용
교량 구간	10~30	20~50	–	28	30~35	30~33	–	31	100~200	50~350	266	260
깎기 구간	10~30	20~50	32.9	30	30~35	30~33	31.7	32	100~200	50~350	–	270

■ 4구간

구 간	점착력(kPa)				내부마찰각 (°)				변형계수(MPa)			
	문헌자료	기존자료	시험결과	적 용	문헌자료	기존자료	시험결과	적 용	문헌자료	기존자료	시험결과	적 용
교량 구간	10~30	20~50	–	28	30~35	30~33	–	31	100~200	50~350	149~265	250
깎기 구간	10~30	20~50	29.7~32.5	30	30~35	30~33	28.3~32.5	32	100~200	50~350	173~306	260
터널 구간	10~30	20~50	–	30	30~35	30~33	–	32	100~200	50~350	286	280

분석결과

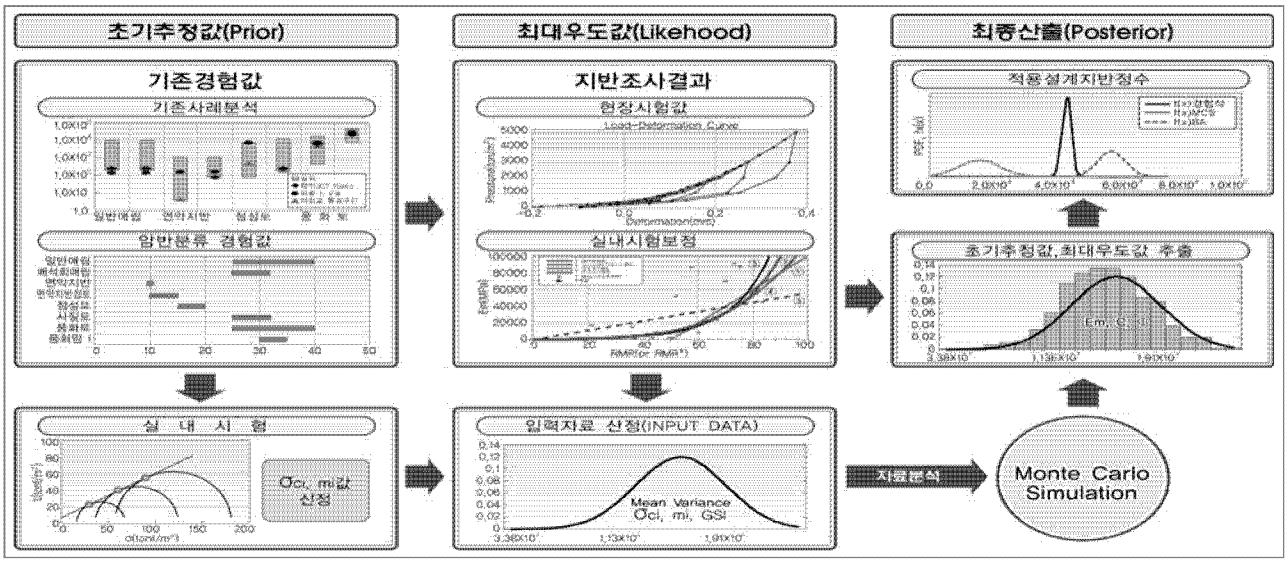
- 단위중량은 문헌자료 및 시험결과의 중간값, 포아송비는 기존적용사례 적용
- 점착력은 기존자료의 하한값, 내부마찰각은 현장시험 결과의 하한값, 변형계수는 기존자료의 중간값을 적용

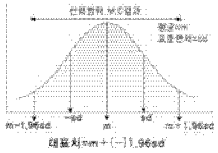
3.5 기반암 설계지반정수 산정

3.5.1 통계분석을 통한 신뢰성 확보

기본방향	• 기반암의 설계지반정수는 지표지질조사시 선정된 구조구 및 구조물 위치에 대한 특성을 고려하여 산정 • 전 구간에 분포하는 암종이 편마암류로 분류되어 지반특성에 따른 구조물별로 선정

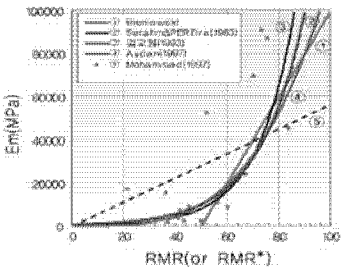
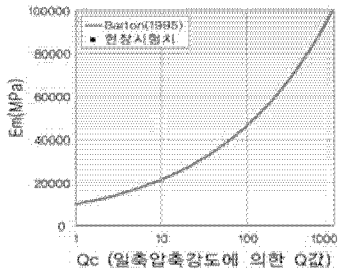
◎ 설계지반정수 산정 개요



산 정 순 서	산 정 내 용
① 초기 추정치 산정 (Prior)	• 기존 경험치 ➡ 사업 지역에 관련된 기존설계자료 분석 기반암에 대한 물성추정치 분석
② 최대우도값산정 (Likelihood)	• 사업구간 실지반 조사치 ➡ 현장시험, 일축압축시험, 삼축압축시험 등
③ MCS 분석을 활용 신뢰도 범위내 초기추정치, 최대우도값 추출 	• 설계지반정수 선정시 객관적 기준과 신뢰도 향상을 위해 Monte Carlo Simulation의 95% 신뢰구간 적용 • Monte Carlo Simulation (MCS) Hoek-Brown파괴기준 Input(GSI, m_i, σ_{ci})자료 분석 – 자료 통계(평균, 표준편차) 표준편차 범주내 1,000~2,000개의 난수(Random Number) 발생 Hoek-Brown 기준에 따른 Input 자료조합 계산 Output(σ cm, ∅, c, Em)의 분포특성(평균 ± 표준편차) 산출
④ Bayesian Approach를 통한 연속체설계정수 산정	• 최종적으로 갱신(Updating)될 물성치를 Gausian분포로 가정 • 평균(μ)과 표준편차(σ)의 최대우도(Maximum Likelihood)함수 $L(\mu)=\prod_{i=0}^{n}\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp[-\frac{1}{2}(\frac{x_i-u}{\sigma})^2]=\prod_{i=0}^{n}N_{\mu}(x_i,\sigma)=N_{\mu}(\overline{x},\frac{\sigma}{\sqrt{n}})$
⑤ 단위중량 및 포아송비 산정 Tsuchiya(1984), 김교원(1993) 경험식 이용	• 초기추정치(Prior, 기존설계자료 등)의 평균(μ′), 표준편차(σ′)로부터 최대우도치(Likelihood, 조사된 실지반치)의 평균(μ), 표준편차(σ)를 Bayesian 이론에 의해 Updating한 평균(μ′′), 표준편차(σ′′)는 다음과 같음 $\mu''=\frac{\mu*(\sigma')^2+\mu'*(\sigma)^2/n}{(\sigma')^2+(\sigma)^2/n}$, $\sigma''=\sqrt{\frac{(\sigma')^2\times\sigma^2/n}{(\sigma')^2+(\sigma)^2/n}}$

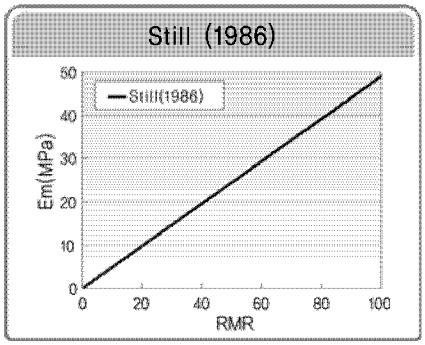
◎ 초기추정치(Prior) 산정방법

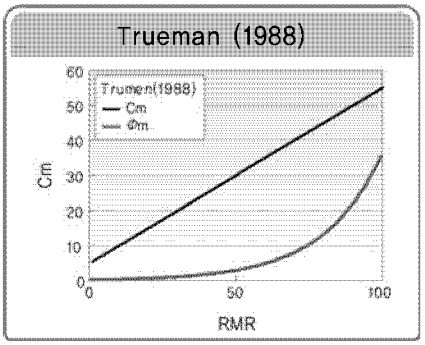
▮ 변형계수

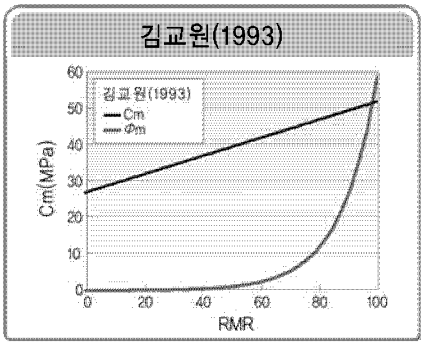
변형계수 경험식	관 계 경 험 식	적 용 내 용
• Bieniawski (1978)	$E_m = 2RMR - 100$ (GPa) ; RMR > 57	• 경계 RMR=57에 대하여 Bieniawski과 Serafim & Pereira 경험식의 교점을 기준으로 적 용
• Serafim & Pereira (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$ (GPa) ; RMR ≤ 57	
• 김교원 (1993)	$E_m = 3\ e^{0.07RMR^*}$ (GPa)	• RMR* : 총RMR에서 지하수 상태 및 절리방향 보정을 제외
• Aydan (1997)	$E_m = 0.0097\ RMR^{3.54}$ (MPa)	
• Mohammad (1997)	$E_m = 0.562\ RMR + 0.183$ (GPa)	
• Barton (1995) Q값과 일축압축강도에 의한 변형계수 추정	$E_m = 10 \times Q_c^{1/3}$ (GPa) $Q_c = \left(\frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}\right) \times \frac{\sigma_c}{100}$	
• GSI 및 일축압축강도 (Geological Strength Index, 1997)에 의한 추정	$E_m = 10^{\frac{(GSI-10)}{40}} \times \sqrt{\frac{\sigma_c(MPa)}{100}}$ (GPa) σ c : 무결암의 일축압축강도	

▮ 점착력 및 내부마찰각

점착력 경험식	관 계 경 험 식
• Bieniawski (1989)	• $C_m = -0.051 + 0.008R - 3.346 \times 10^{-5} RMR^2$ • $\phi_m = -0.086 + 0.7891RMR - 0.0031\ RMR^2$
• Still (1986)	• $C_m = (2.2 \times RMR/4.5)$ (MPa)
• Trueman (1988)	• $C_m = 0.25\ e^{0.05\ RMR}$ (Mpa) • $\phi_m = 0.5RMR + 5$
• 김교원 (1993)	• $C_m = 2\ e^{0.08\ RMR^*}$ (MPa) • $\phi_m = 0.25(RMR^*) + 27.5$







◎ 최대우도치 산정방법

점착력 및 내부마찰각 경험식	관 계 경 험 식
• 변형계수-실내암석시험(E_{int})의 암반변형(E_m)으로의 보정과 공내재하시험 결과	$E_m = RF \times E_{int}$ • E_m : 변형계수 보정치 • RF : 감소계수(Reduction Factor) • E_{int} : 실내시험에 의한 무결암 탄성계수
• RMR에 의한 무결암 탄성계수 보정 - Nicholson & Bieniawski (1990) - Mitri et al. (1994)	$\frac{E_m}{E_{int}} = RF = 0.0028\ RMR^2 + 0.9\exp\left(\frac{RMR}{22.82}\right)(\%)$ $\frac{E_m}{E_{int}} = RF = 0.5 \times \left[1 - \left\{\cos\left(\pi \times \frac{RMR}{100}\right)\right\}\right]$
• RQD에 의한 무결암 탄성계수 보정 - 도표 이용(Cording etc, 1972) - Honish et al. (1994)	$E_m = f \times E_{int}$ $\frac{E_m}{E_{int}} = RF = 0.5 \times \left(\frac{RQD}{100}\right)^2$
• 실내탄성계수에 의한 강도정수 환산 - Tsuchiya (1984)	$C_m = -1.93Y + 2.07Y^2 + 0.035Y^3$ $\phi_m = 23.6 + 2.347Y$ 여기서, Y=[logE(kgf/cm^2)-2.25]/0.35

◎ Hoek-Brown 방법에 의한 c, ϕ 산정

무결암 상태의 Hoek-Brown 파괴기준

$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci}(m_i \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + 1)^{0.5}$

$y = m_i \sigma_{ci} x + s\ \sigma_{ci}^2$

단, σ_3 의범위 : $0 < \sigma_3 < 0.25\sigma_{ci}$

여기서, $x = \sigma_3$, $y = (\sigma_1 - \sigma_3)^2$

m_i : 무결암의 Hoek-Brown 암반계수

• 삼축시험으로부터의 일축압축강도 σ_{ci}

$\sigma_{ci} = \sqrt{\frac{\Sigma y}{n} - \left[\frac{\Sigma x y - (\Sigma x \Sigma y/n)}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/n}\right]\frac{\Sigma x}{n}}$

여기서, n = 봉압을 달리한 실험횟수

• mi (Hoek-Brown 상수), γ^2 (상관계수)

$m_i = \frac{1}{\sigma_{ci}}\left[\frac{\Sigma x y - (\Sigma x \Sigma y/n)}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/n}\right]$

$\gamma^2 = \frac{[\Sigma x y - \Sigma x \Sigma y/n)]^2}{[\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/\mathrm{nRIGHT}][\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2/n]}$

일반 암반의 Hoek-Brown 파괴기준

$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci}(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + 1)^a$

σ_{ci} : 무결암의 일축압축강도

m_b : Hoek-Brown 암반계수

s, a : 암반특성과 관련된 계수

• GSI : 도표를 이용하거나 암반분류를 활용

GSI = RMR89 - 5 : RMR > 23

GSI = 9 ln(Qc) + 44 : RMR ≤ 23

여기서, RMR89 : 1989년 RMR Version을 사용

$Q_c = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a}$

• m_b : GSI와 무결암계수 mi로 암반계수 계산

$m_b = m_i EXP(\frac{GSI - 100}{28})$

• s, a : GSI로부터 암반특성 계수 계산

- GSI > 25일 때

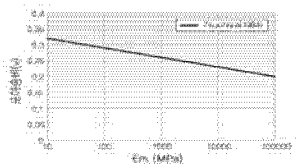
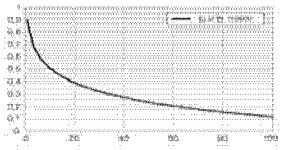
$s = EXP(\frac{GSI - 100}{9})$, a=0.5

- GSI ≤ 25일 때 s=0,

$a = 0.65 - \frac{GSI}{200}$

3.5.2 단위중량 및 포아송비

경험식 산정방법

구 분	Tsuchiya (1984)	김교원 (1993)
산정방법	• 추정식, 기존사례 등을 이용하여 단위중량과 포아송비를 산정	
산 정 식	γ_t (kN/m^3) = [2.0+(Y−1.28)/14.3] × 10 υ = 0.3 − (Y−1.28)/95 여기서, Y = (log E(kgf/cm^2) − 2.25)/0.35 	υ = −0.17 Ln(RMR')+0.9 

1구간

구 분	지 층	단위중량(kN/m^3)				포아송비(ν)			
		적용사례	경험식	시험결과	적 용	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	연암	23~26	22~23	26~27	23	0.24~0.30	0.26~0.27	0.2~0.32	0.26
	보통암	25~27	22~24	22~28	25	0.23	0.24~0.27	–	0.24
	경암	26~27	25	–	26	0.32	0.22	–	0.22
깎기구간	연암	23~26	22~23	27	24	0.24~0.30	0.26~0.27	–	0.26
	보통암	25~27	22~24	–	25	0.23	0.24~0.27	–	0.24
	경암	26~27	25	–	26	0.21	0.22	–	0.22
터널구간	Ⅰ등급	26~27	25	22~27	27	0.17~0.20	0.22	0.21~0.32	0.21
	Ⅱ등급	24~26	25	22~28	26	0.19~0.22	0.22	0.16~0.28	0.22
	Ⅲ등급	23~25	22~24	24~27	25	0.23~0.28	0.24~0.27	0.18~0.33	0.24
	Ⅳ등급	21~24	22~23	20~25	24	0.28~0.33	0.26~0.27	0.25~0.30	0.25
	Ⅴ등급	19~22	22~23	–	23	0.29~0.35	0.26~0.27	–	0.26

2구간

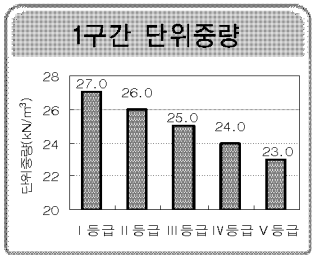
구 분	지 층	단위중량(kN/m^3)				포아송비(ν)			
		적용사례	경험식	시험결과	적 용	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	연 암	23~26	22~23	26~28	24	0.24~0.30	0.26~0.27	0.22~0.33	0.26
	보통암	25~27	23~25	26~27	25	0.23	0.23~0.26	0.20~0.28	0.24
	경 암	26~27	25	26~27	26	0.21	0.22~0.23	0.24~0.32	0.22
깎기구간	연 암	23~26	22~23	26~27	24	0.24~0.30	0.26~0.27	0.15~0.26	0.26
	보통암	25~27	23~25	26~27	26	0.23	0.23~0.26	0.22~0.29	0.24
	경 암	26~27	24~25	27	27	0.21	0.22~0.23	0.13~0.21	0.22
터널구간	Ⅰ등급	26~27	25	24~28	27	0.17~0.20	0.22~0.23	0.30	0.21
	Ⅱ등급	24~26	25	23~28	26	0.19~0.22	0.22~0.23	0.21~0.29	0.22
	Ⅲ등급	23~25	23~25	21~27	25	0.23~0.28	0.23~0.26	0.22	0.24
	Ⅳ등급	21~24	22~24	–	24	0.28~0.33	0.26~0.27	–	0.25
	Ⅴ등급	19~22	22~23	–	23	0.29~0.35	0.26~0.27	–	0.26

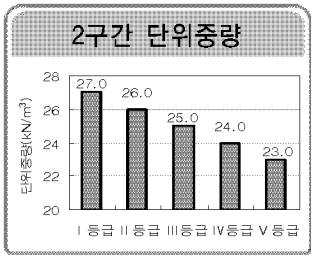
3구간

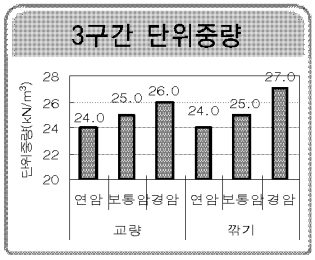
구 분	지 층	단위중량(kN/m³)				포아송비(ν)			
		적용사례	경험식	시험결과	적 용	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	연 암	23~26	22~23	21~27	24	0.24~0.30	0.25~0.27	0.19~0.41	0.26
	보통암	25~27	23~25	22~28	25	0.23	0.23~0.26	0.16~0.33	0.24
	경 암	26~27	25	23~28	26	0.21	0.22~0.23	0.11	0.22
깎기구간	연 암	23~26	22~24	–	24	0.24~0.30	0.25~0.27	–	0.26
	보통암	25~27	23~25	27	25	0.23	0.23~0.26	0.32	0.24
	경 암	26~27	25	–	27	0.21	0.22~0.23	–	0.22

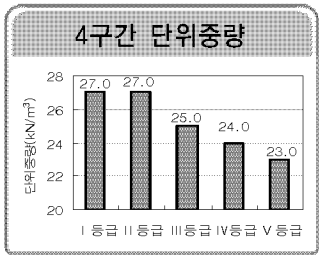
4구간

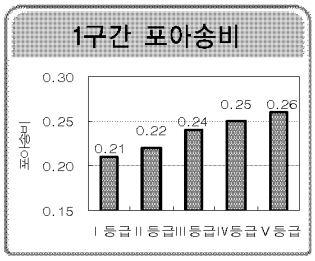
구 분	지 층	단위중량(kN/m³)				포아송비(ν)			
		적용사례	경험식	시험결과	적 용	적용사례	경험식	시험결과	적 용
교량구간	연 암	23~26	22~23	21~26	23	0.24~0.30	0.26~0.27	0.26	0.26
	보통암	25~27	23~25	25	25	0.23	0.23~0.26	0.28~0.32	0.24
	경 암	26~27	25~26	–	26	0.21	0.22~0.23	–	0.22
깎기구간	연 암	23~26	22~23	26~29	25	0.24~0.30	0.26~0.27	0.21~0.28	0.26
	보통암	25~27	23~25	26~27	26	0.23	0.23~0.26	0.17~0.30	0.24
	경 암	26~27	25~26	28	28	0.21	0.22~0.23	0.16~0.24	0.22
터널구간	Ⅰ등급	26~27	26	23~29	27	0.17~0.20	0.22	0.18~0.23	0.21
	Ⅱ등급	24~26	25	20~29	27	0.19~0.22	0.23	0.13~0.38	0.22
	Ⅲ등급	23~25	23~25	21~27	25	0.23~0.28	0.23~0.26	0.25~0.30	0.24
	Ⅳ등급	21~24	22~24	–	24	0.28~0.33	0.26~0.27	0.21	0.25
	Ⅴ등급	19~22	22~23	–	23	0.29~0.35	0.26~0.27	–	0.26

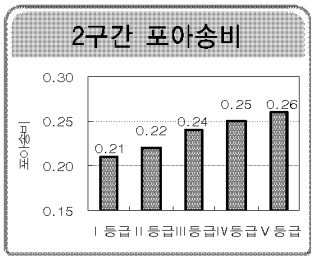


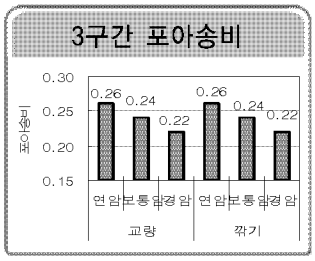


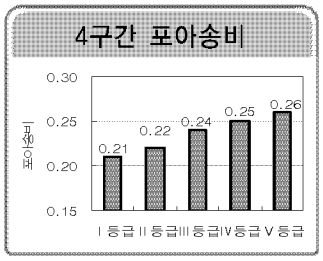












분석결과

- 단위중량은 교량 및 깎기구간(적용사례 하한값, 현장시험결과 상한값), 터널구간(시험결과 중간값,경험식 상한값)적용
- 포아송비는 경험식 및 현장시험 결과의 중간값을 적용

3.5.3 전단강도 및 변형계수

기본방향

- 암반분류 결과를 활용하여 각 지층 및 등급별 시험결과의 통계분석을 통해 합리적인 설계지반정수 도출
- 인근지역 적용사례, 문헌자료 및 경험식분석을 통한 초기추정치 산정
- 현장시험 및 Hoek-Brown 파괴기준에 의한 MCS 분석을 통해 최대 우도값 산정
- 선정된 초기 추정값과 최대 우도값을 근거로 Baysian Approach 통계분석을 통해 설계지반정수 선정

○ 1구간

■ 초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa)		내부마찰각(°)		변형계수(MPa)	
		범위	평균/표준편차	범위	평균/표준편차	범위	평균/표준편차
교량구간	연 암	177~1,300	621/347	20~34	29/6	630~1,130	840/291
	보통암	1,00~2,980	2,243/1,045	31~41	35/4	2,720~6,050	3,520/2,133
	경 암	3,020~3,630	3,273/375	36~44	40/4	8,890~17,390	13,140/3,671
깎기구간	연 암	200~1,860	781/933	20~36	27/8	440~1,850	770/389
	보통암	2,630~3,230	2,930/420	31~43	38/5	4,060~10,380	5,735/2,138
	경 암	3,670~6,880	4,271/2,269	35~46	41/4	14,090~30,090	18,386/5,129
터널구간	Ⅰ등급	4,200~16,580	10,390/7,732	41~49	43/4	16,540~47,390	19,670/6,134
	Ⅱ등급	3,670~6,880	5,271/2,269	35~46	41/4	14,090~30,090	16,597/3,518
	Ⅲ등급	1,010~3,200	2,234/501	26~40	32/6	2,600~5,680	4,490/1,857
	Ⅳ등급	260~1,370	814/740	20~36	27/9	980~1,730	1,350/428
	Ⅴ등급	80~980	459/455	14~32	25/9	440~650	540/279

■ MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

- 점착력 및 마찰각

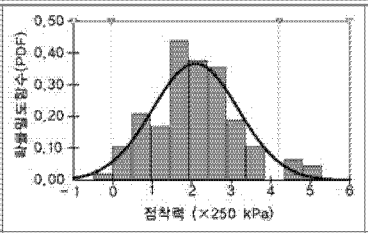
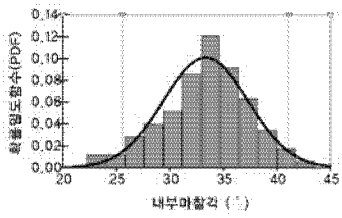
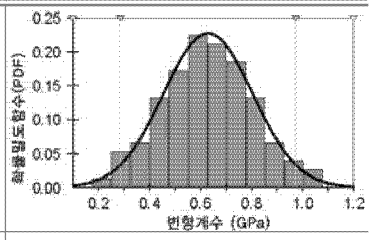
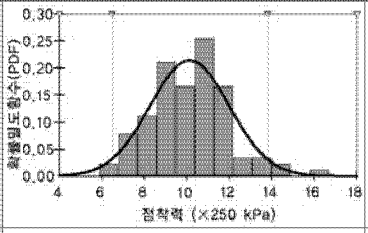
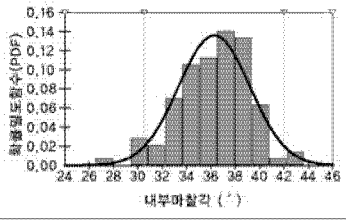
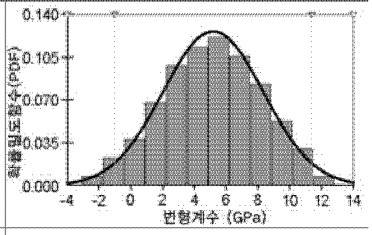
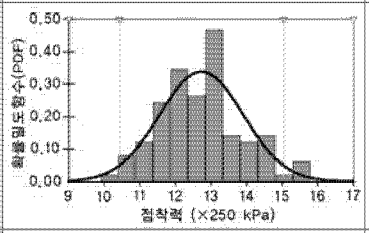
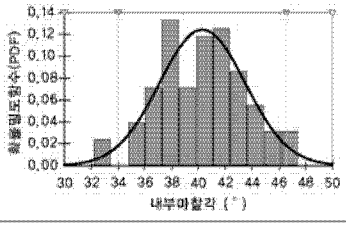
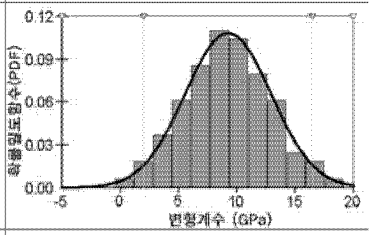
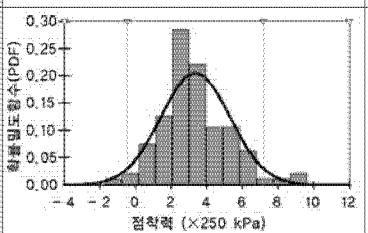
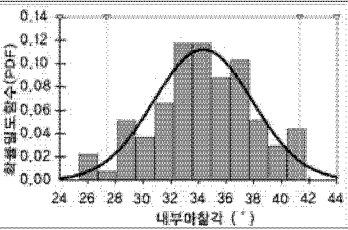
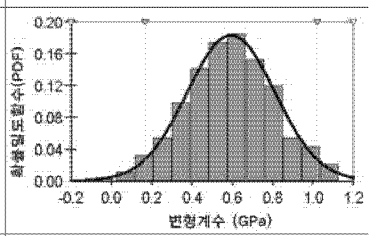
- 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
  『상하한치 : (평균±표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
- MCS결과 기준 내에 있는 각 초기추정값(Prior)들과 최대우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

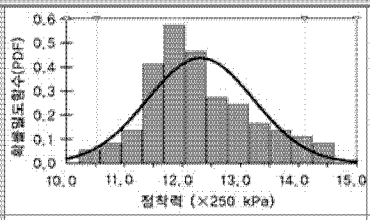
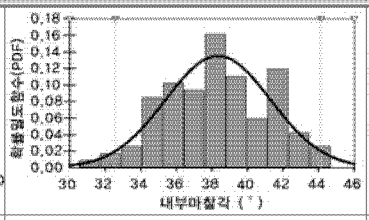
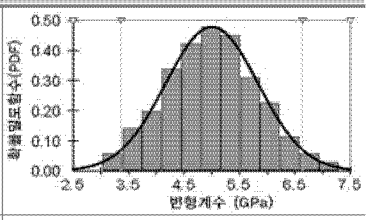
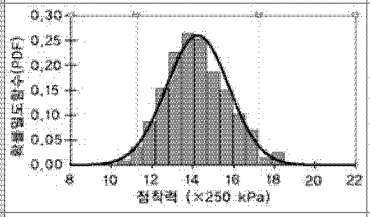
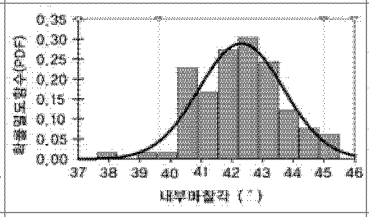
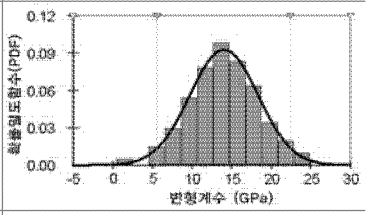
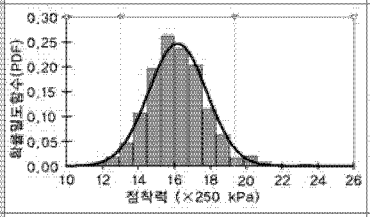
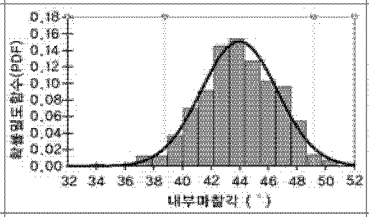
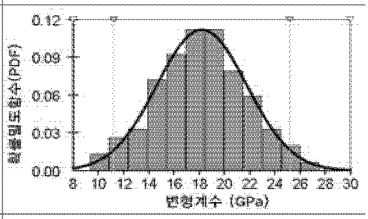
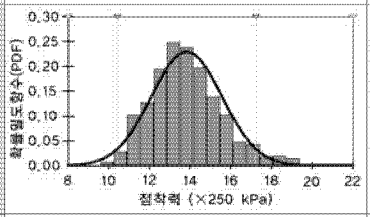
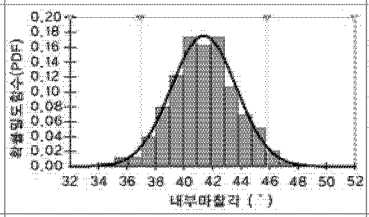
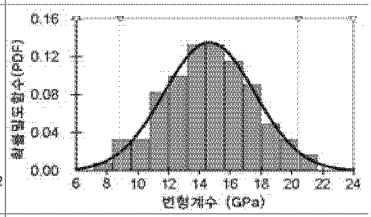
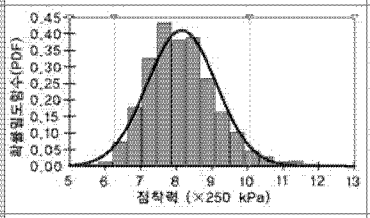
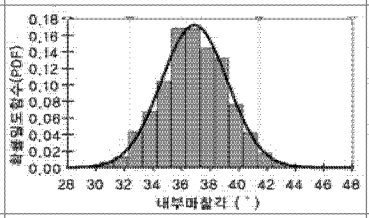
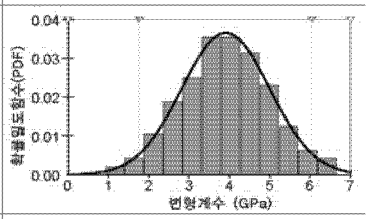
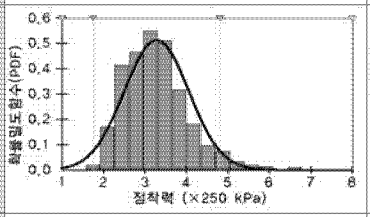
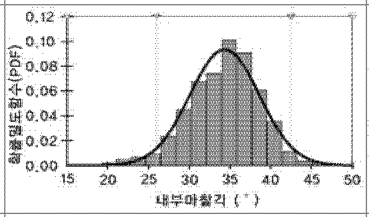
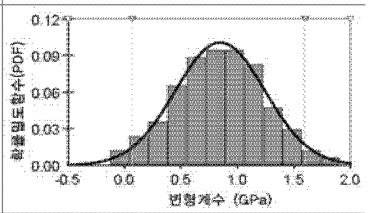
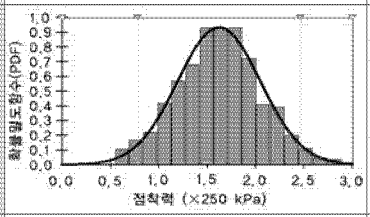
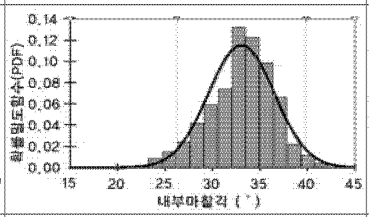
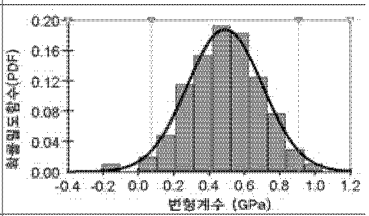
구 분	지층	σ_{ci}(MPa)		GSI		mi		MCS 결과 (평균/표준편차)	
		평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	점착력(kPa)	마찰각(°)
교량구간	연 암	52	21	28	9	29	4	523 / 270	33.4 / 4.0
	보통암	68	29	61	3	28	4	2,533 / 468	36.3 / 2.9
	경 암	89	22	72	3	28	4	3,182 / 295	40.3 / 3.2
깎기구간	연 암	58	24	38	11	28	4	839 / 488	34.3 / 3.6
	보통암	72	10	66	7	28	4	3,078 / 288	38.4 / 3.0
	경 암	93	27	72	7	28	4	3,561 / 383	42.3 / 1.4

구 분	지층	σ ci(MPa)		GSI		mi		MCS 결과 (평균/표준편차)	
		평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	점착력(kPa)	마찰각(°)
터널구간	Ⅰ등급	106	15	86	1	28	4	4,046 / 405	44.0 / 2.7
	Ⅱ등급	93	27	75	7	28	4	3,457 / 435	41.4 / 2.3
	Ⅲ등급	72	13	61	5	28	4	2,039 / 243	36.9 / 2.3
	Ⅳ등급	49	10	34	6	28	4	820 / 195	34.4 / 4.3
	Ⅴ등급	28	4	20	2	28	4	406 / 108	33.1 / 3.5

• 변형계수

구 분	지층	변형계수 (MPa)			
		최 소	최 대	평 균	표준편차
1구간	연 암	478	870	645	121
	보통암	5,193	15,757	10,475	7,470
	경 암	18,850	20,353	19,601	1,062

구 분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량 구간	연암			
	평균/편차	523 / 270	33.4 / 4.0	630 / 175
	보통암			
	평균/편차	2,533 / 468	36.3 / 2.9	5,193 / 3,200
	경암			
	평균/편차	3,182 / 295	40.3 / 3.2	9,246 / 3,684
깎기 구간	연암			
	평균/편차	839 / 488	34.3 / 3.6	594 / 219

구 분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
깎기 구간	보통암			
	평균/편차	3,078 / 228	38.4 / 3.0	4,998 / 831
	경 암			
	평균/편차	3,561 / 383	42.3 / 1.4	14,072 / 4,231
터널 구간	1등급			
	평균/편차	4,046 / 405	44.0 / 2.7	18,200 / 3,571
	2등급			
	평균/편차	3,457 / 435	41.4 / 2.3	14,649 / 2,975
	3등급			
	평균/편차	2,039 / 243	36.9 / 2.3	3,916 / 1,094
	4등급			
	평균/편차	820 / 195	34.4 / 4.3	846 / 397
	5등급			
	평균/편차	406 / 108	33.1 / 3.5	491 / 207

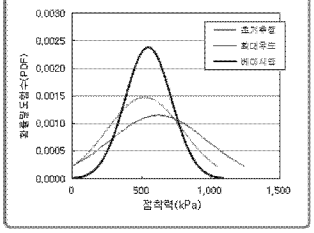
Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

• 각종 경험식으로부터 추출된 적정한 범위의 초기추정치(Prior, 기설계자료 등)의 평균(μ'), 표준편차(σ')로부터 현장시험 및 실내시험에 의하여 산출된 Gaussian분포인 MCS결과의 평균(μ), 표준편차(σ)를 Bayesian 이론에 의해 Updating한 평균(μ''), 표준편차(σ'')는 다음과 같음

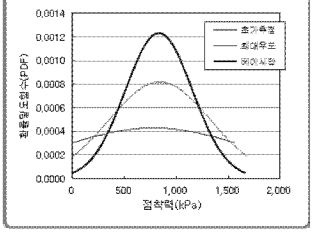
$$\mu'' = \frac{\mu*(\sigma')^2+\mu'*(\sigma)^2/n}{(\sigma')^2+(\sigma)^2/n}, \qquad \sigma'' = \sqrt{\frac{(\sigma')^2\times\sigma^2/n}{(\sigma')^2+(\sigma)^2/n}}$$

구 분	지층	점착력(kPa)			내부마찰각(°)			변형계수(MPa)		
		평균	표준편차	적 용	평균	표준편차	적 용	평균	표준편차	적 용
교량구간	연 암	546	167	500	33	2.6	33	664	65	660
	보통암	2,507	315	2,500	36	1.8	36	4,307	1,552	4,000
	경 암	3,204	182	3,200	40	2.0	40	10,550	2,124	10,000
깎기구간	연 암	832	324	800	34	2.4	34	618	144	620
	보통암	3,059	151	3,000	38	2.0	38	4,998	831	5,000
	경 암	3,571	269	3,500	42	1.0	42	15,167	2,584	15,000
터널구간	Ⅰ등급	4,055	286	4,200	44	1.7	44	18,413	2,335	18,000
	Ⅱ등급	3,490	305	3,500	41	1.5	41	15,162	1,805	15,000
	Ⅲ등급	2,060	163	2,200	37	2.3	37	4,001	714	4,000
	Ⅳ등급	820	136	900	34	2.9	34	998	235	1,000
	Ⅴ등급	407	75	400	33	2.4	33	502	130	500

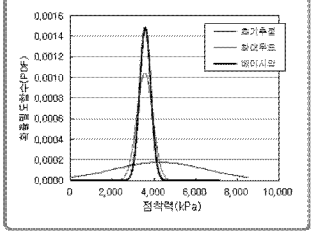
점착력(교량,연암)



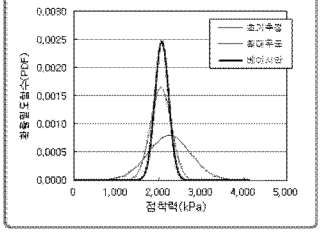
점착력(깎기,연암)



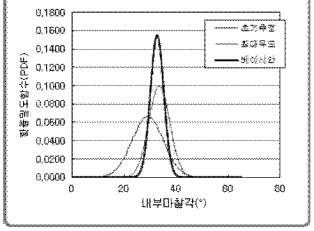
점착력(깎기,경암)



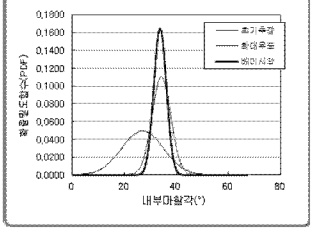
점착력(터널,Ⅲ등급)



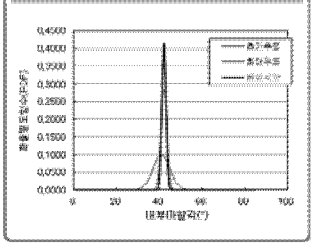
내부마찰각(교량,연암)



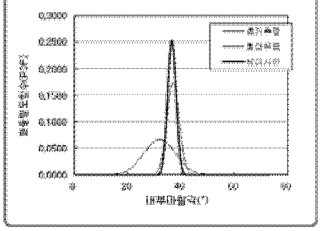
내부마찰각(깎기,연암)



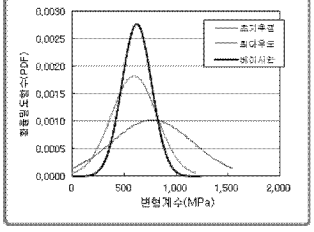
내부마찰각(깎기,경암)



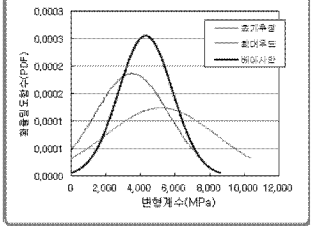
내부마찰각(터널,Ⅲ등급)



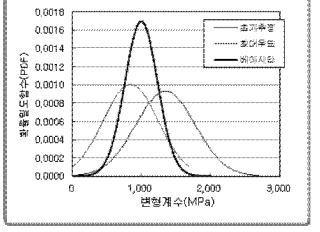
변형계수(교량,연암)



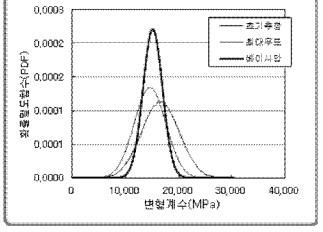
변형계수(교량,보통암)



변형계수(터널,Ⅳ등급)



변형계수(터널,Ⅱ등급)



○ 2구간

■ 초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa)		내부마찰각(°)		변형계수(MPa)	
		범위	평균/표준편차	범위	평균/표준편차	범위	평균/표준편차
교량구간	연 암	200~1,590	670/421	22~35	27/6	870~1,500	1,190/497
	보통암	300~4,320	2,120/1,437	31~40	35/4	2,760~6,090	4,780/2,618
	경 암	1,456~4,990	3,020/2,391	38~45	41/4	8,230~16,450	12,340/4,067
깎기구간	연 암	190~1,760	730/492	23~35	26/6	920~1,610	1,270/394
	보통암	270~3,370	1,975/914	30~39	33/4	2,320~4,930	3,960/1,642
	경 암	2,567~6,880	3,127/1,627	39~46	43/3	14,090~30,090	22,090/5,297
터널구간	Ⅰ등급	4,020~12,440	5,570/4,118	41~51	47/5	27,550~56,810	48,590/7,283
	Ⅱ등급	3,810~8,740	6,280/3,207	38~47	43/4	12,310~44,140	29,660/9,174
	Ⅲ등급	1,090~3,370	2,330/1,194	30~40	33/5	2,760~6,090	6,100/3,086
	Ⅳ등급	190~1,760	930/426	23~35	26/6	920~1,850	1,560/587
	Ⅴ등급	80~980	460/244	14~32	20/8	440~650	540/284

■ MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

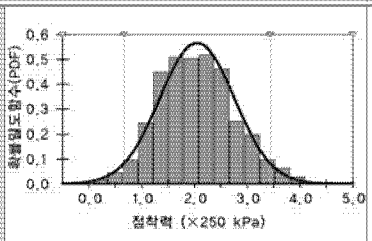
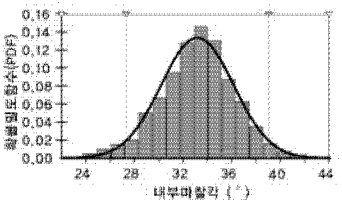
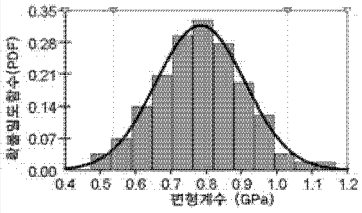
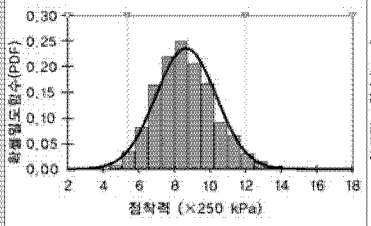
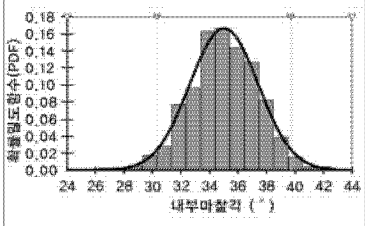
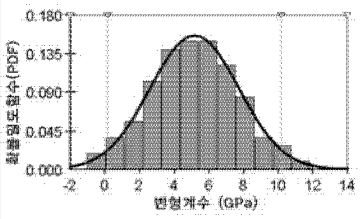
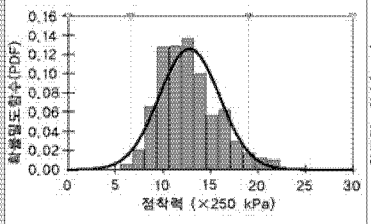
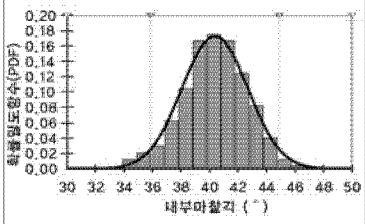
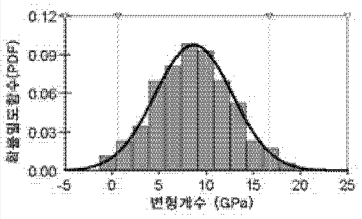
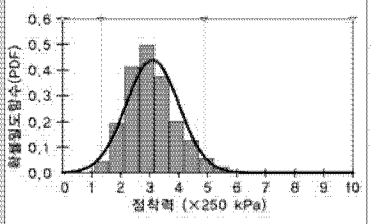
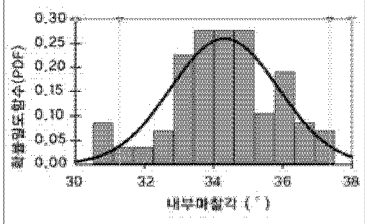
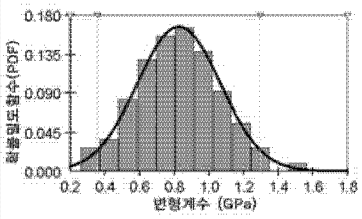
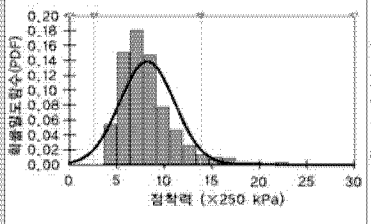
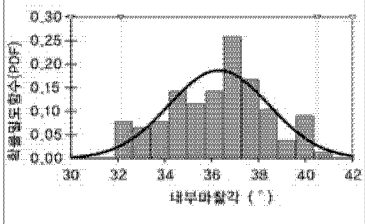
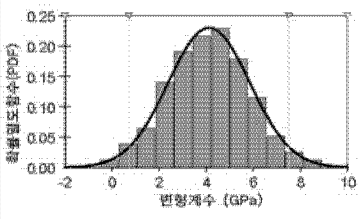
• 점착력 및 마찰각

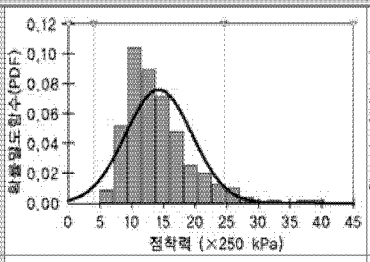
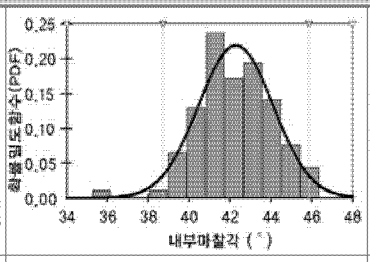
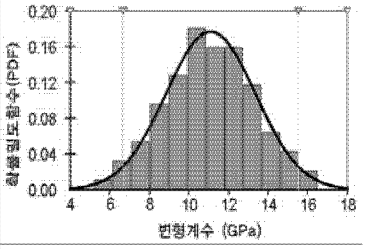
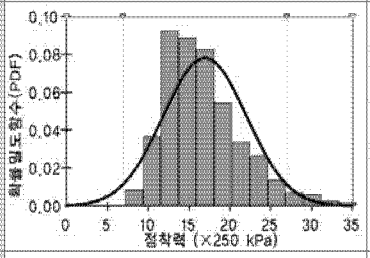
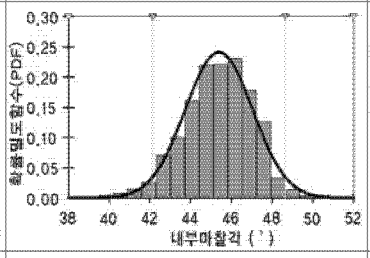
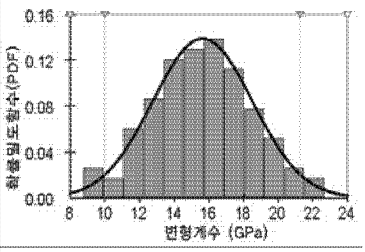
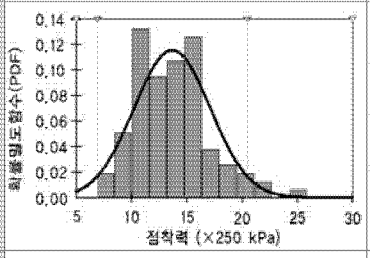
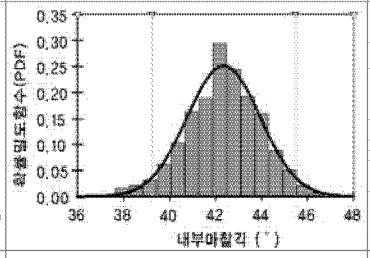
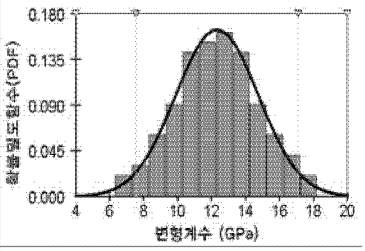
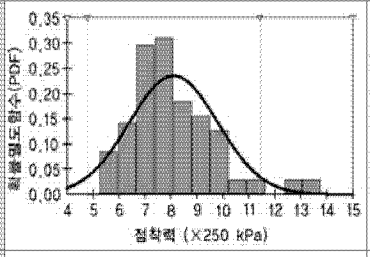
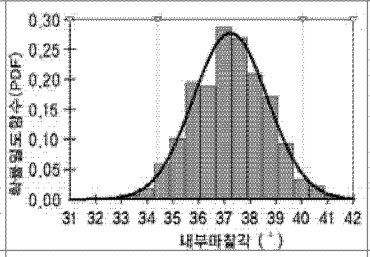
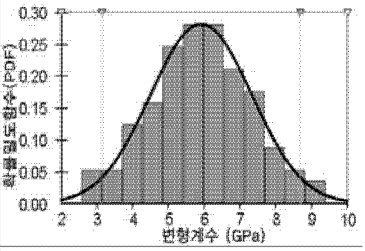
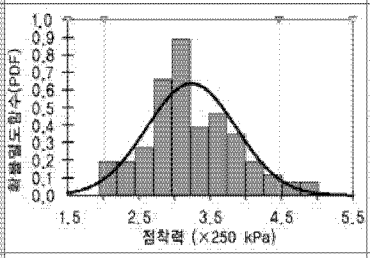
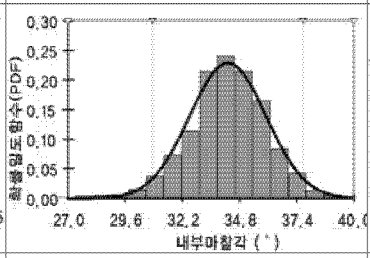
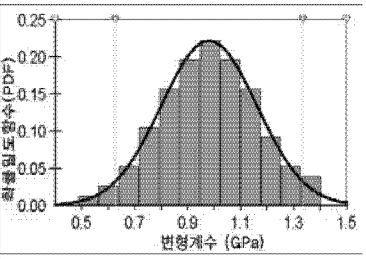
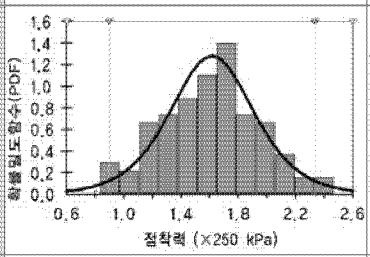
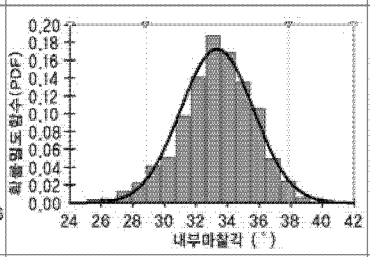
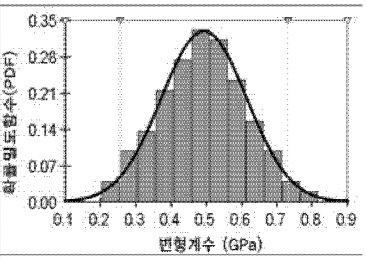
• 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
『상하한치 : (평균±표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
• MCS결과 기준 내에 있는 각 초기 추정값(Prior)들과 최대 우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차를 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

구 분	지층	σ_{ci}(MPa)		GSI		mi		MCS 결과 (평균/표준편차)	
		평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	점착력(kPa)	마찰각(°)
교량구간	연 암	43.7	16.7	36.4	7.1	29.1	3.9	512 / 178	33.2 / 3.0
	보통암	60.0	24.9	57.0	5.5	29.1	3.9	2,163 / 423	35.0 / 2.4
	경 암	85.2	14.9	64.0	15.6	29.1	3.9	3,197 / 793	40.4 / 2.3
깎기구간	연 암	58.0	32.7	37.6	13.4	29.1	3.9	775 / 228	34.3 / 1.5
	보통암	78.4	31.9	54.0	12.4	29.1	3.9	2,051 / 720	36.3 / 2.1
	경 암	102.7	25.0	77.3	6.8	29.1	3.9	3,656 / 1,315	42.3 / 1.8
터널구간	Ⅰ등급	119.7	30.5	85.8	5.2	29.1	3.9	4,153 / 1,278	45.4 / 1.7
	Ⅱ등급	93.7	16.8	68.1	5.6	29.1	3.9	3,420 / 863	42.4 / 1.6
	Ⅲ등급	64.6	20.3	48.4	4.2	29.1	3.9	2,026 / 425	37.2 / 1.4
	Ⅳ등급	48.5	32.7	37.6	13.4	29.1	3.9	809 / 158	34.3 / 1.8
	Ⅴ등급	28.0	3.4	20.0	1.2	29.1	3.9	403 / 85	33.3 / 2.3

• 변형계수

구 분	지층	변형계수 (MPa)			
		최 소	최 대	평 균	표준편차
2구간	연암	581	1266	852	240
	보통암	903	10,279	7,033	5,312
	경암	8,120	18,336	14,392	5,092

구 분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량 구간	연암			
	평균/편차	512 / 178	33.2 / 3.0	783 / 124
	보통암			
	평균/편차	2,163 / 423	35.0 / 2.4	5,179 / 2,571
	경암			
	평균/편차	3,197 / 793	40.4 / 2.3	8,672 / 4,124
깎기 구간	연암			
	평균/편차	775 / 228	34.3 / 1.5	826 / 237
	보통암			
	평균/편차	2,051 / 720	36.3 / 2.1	4,118 / 1,721

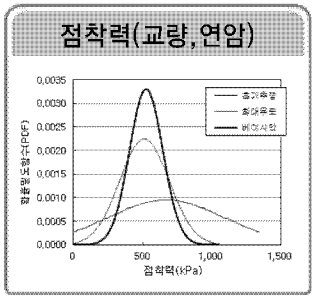
구 분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
깎기 구간	경 암			
	평균/편차	3,656 / 1,315	42.3 / 1.8	11,093 / 2,275
	1등급			
	평균/편차	4,153 / 1,278	45.4 / 1.7	15,642 / 2,894
	2등급			
	평균/편차	3,420 / 863	42.4 / 1.6	12,318 / 2,461
터널 구간	3등급			
	평균/편차	2,026 / 425	37.2 / 1.4	5,912 / 1,426
	4등급			
	평균/편차	809 / 158	34.3 / 1.8	982 / 181
	5등급			
	평균/편차	403 / 85	33.3 / 2.3	493 / 122

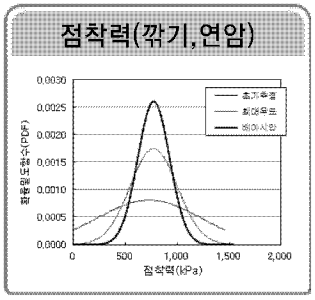
Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

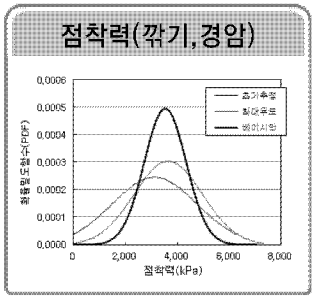
• 각종 경험식으로부터 추출된 적정한 범위의 초기추정치(Prior, 기설계자료 등)의 평균(μ'), 표준편차(σ')로부터 현장시험 및 실내시험에 의하여 산출된 Gaussian분포인 MCS결과의 평균(μ), 표준편차(σ)를 Bayesian 이론에 의해 Updating한 평균(μ''), 표준편차(σ'')는 다음과 같음

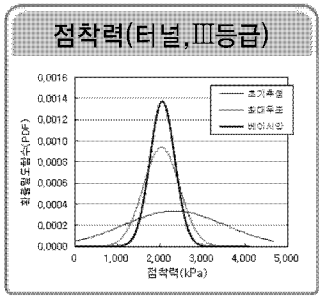
$$\mu'' = \frac{\mu*(\sigma')^2+\mu'*(\sigma)^2/n}{(\sigma')^2+(\sigma)^2/n}, \qquad \sigma'' = \sqrt{\frac{(\sigma')^2\times\sigma^2/n}{(\sigma')^2+(\sigma)^2/n}}$$

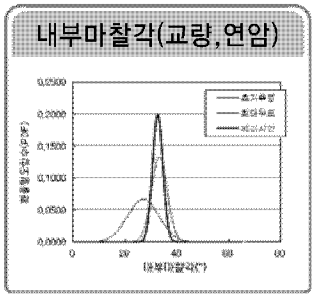
구 분	지층	점착력(kPa)			내부마찰각(°)			변형계수(MPa)		
		평균	표준편차	적 용	평균	표준편차	적 용	평균	표준편차	적 용
교량구간	연 암	525	121	500	33	3.0	33	795	86	800
	보통암	2,157	293	2,200	35	1.6	35	5,049	1,493	5,000
	경 암	3,188	546	3,200	40	1.5	40	9,917	2,370	10,000
깎기구간	연 암	771	153	800	34	1.0	34	894	154	900
	보통암	2,033	445	2,000	36	1.4	36	4,062	978	4,000
	경 암	3,526	807	3,500	42	1.2	42	12,022	1,539	12,000
터널구간	Ⅰ등급	4,218	883	4,200	45	1.7	45	18,053	1,970	18,000
	Ⅱ등급	3,520	599	3,500	42	1.1	42	12,920	1,710	13,000
	Ⅲ등급	2,044	291	2,000	37	1.0	37	5,930	958	6,000
	Ⅳ등급	817	108	800	34	1.2	34	982	181	1,000
	Ⅴ등급	406	58	400	33	1.6	33	497	83	500

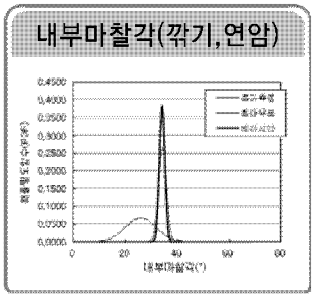


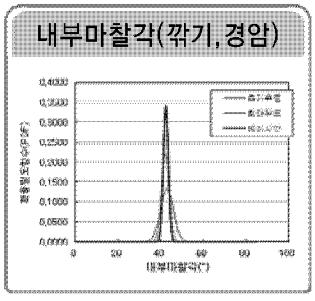


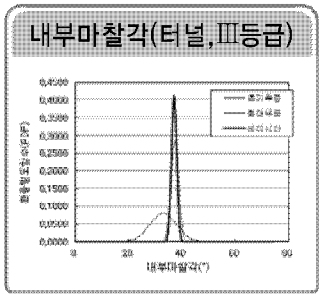


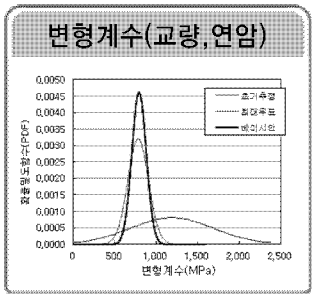


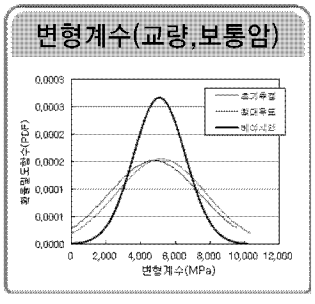


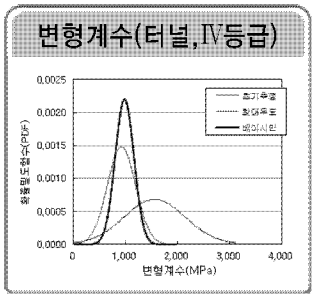


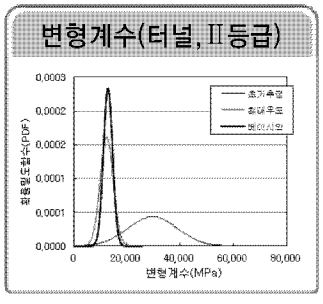












○ 3구간

▮ 초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa)		내부마찰각(°)		변형계수(MPa)	
		범위	평균/표준편차	범위	평균/표준편차	범위	평균/표준편차
교량구간	연 암	210~1,760	740/343	24~36	27/6	980~1,730	1,350/429
	보통암	860~3,720	1,910/987	29~39	33/4	2,320~4,930	3,960/1,728
	경 암	3,810~5,860	4,210/2,589	38~45	41/4	12,560~26,470	19,510/4,827
깎기구간	연 암	180~1,660	850/417	21~35	25/6	820~1,400	1,110/391
	보통암	1,280~4,320	1,880/976	32~41	35/4	3,090~7,000	6,950/2,724
	경 암	3,810~6,880	4,940/2,941	37~46	42/4	14,090~30,090	19,090/7,461

▮ MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

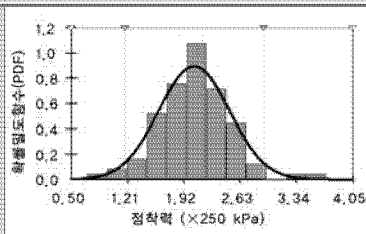
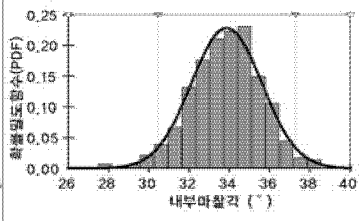
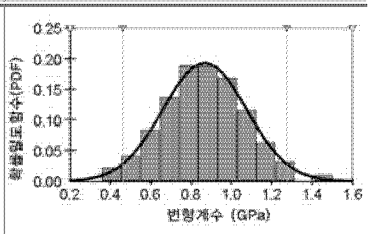
• 점착력 및 마찰각

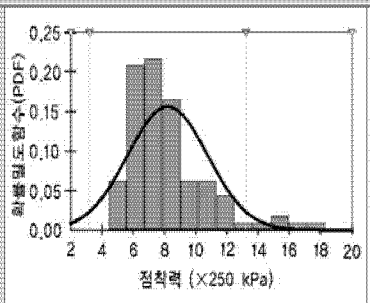
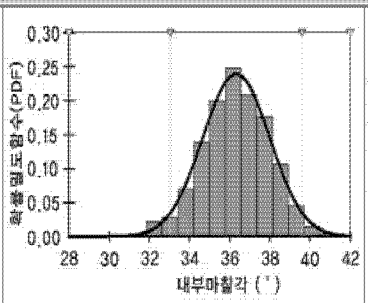
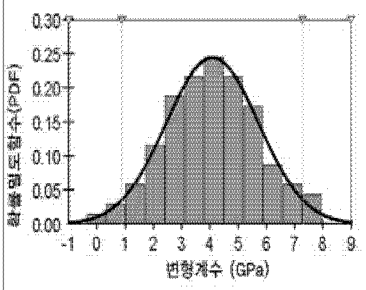
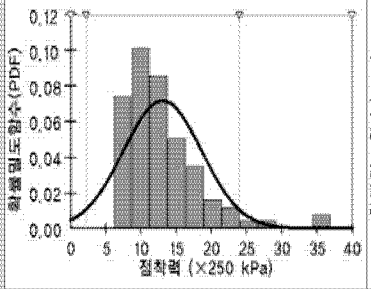
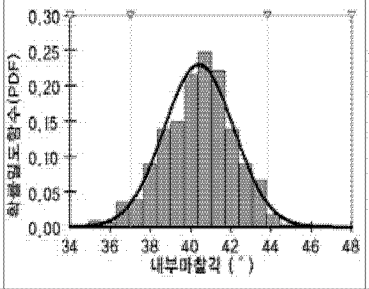
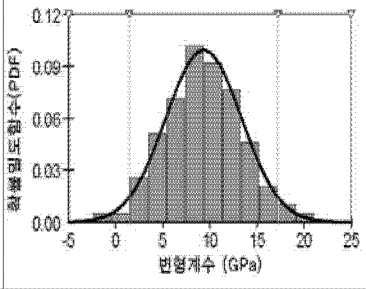
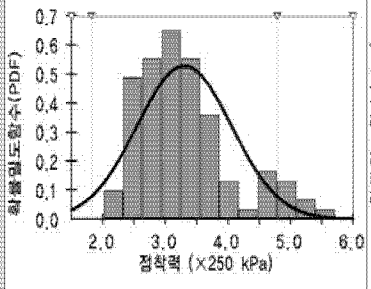
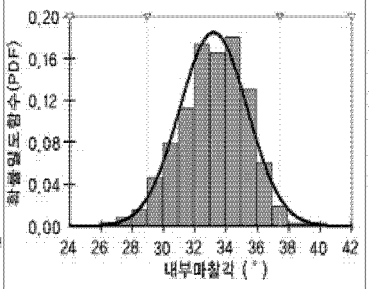
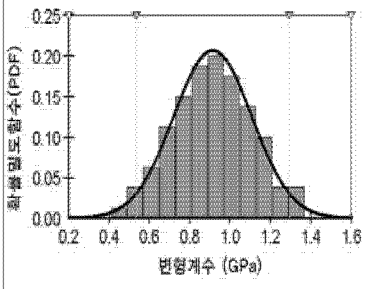
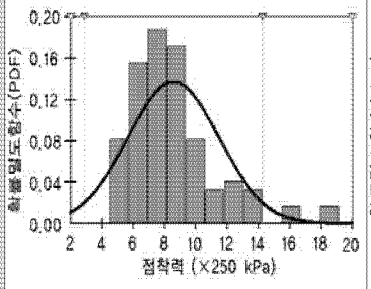
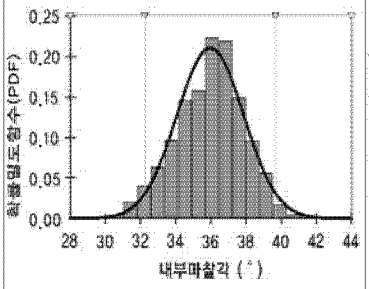
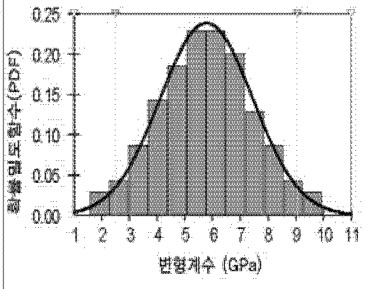
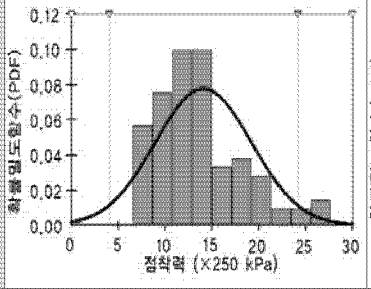
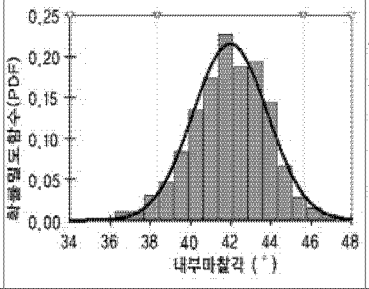
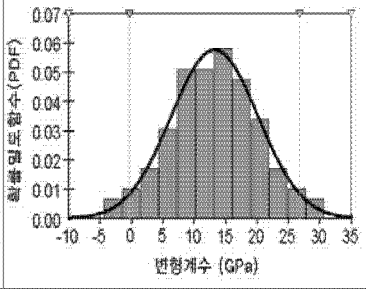
• 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
『상하한치 : (평균±표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
• MCS결과 기준 내에 있는 각 초기추정값(Prior)들과 최대우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

구 분	지층	σ_{ci}(MPa)		GSI		mi		MCS 결과 (평균/표준편차)	
		평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	점착력(kPa)	마찰각(°)
교량구간	연 암	44.6	21.3	43.2	7.5	29.1	3.9	513 / 113	33.9 / 1.8
	보통암	67.3	31.6	54.4	2.4	29.1	3.9	2,052 / 638	36.3 / 1.7
	경 암	98.6	8.7	34.0	4.8	29.1	3.9	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7
깎기구간	연 암	45.4	21.1	36.5	12.5	29.1	3.9	826 / 190	33.2 / 2.2
	보통암	89.2	17.8	56.0	1.4	29.1	3.9	2,143 / 728	36.0 / 1.9
	경 암	102.7	25.0	77.3	6.8	29.1	3.9	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9

• 변형계수

구 분	지층	변형계수 (MPa)			
		최 소	최 대	평 균	표준편차
3구간	연암	649	1,870	1,191	507
	보통암	903	10,279	7,033	5,312
	경암	8,120	18,336	14,392	5,092

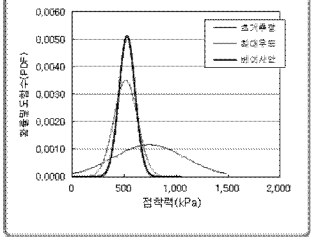
구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량구간	연 암			
	평균/편차	513 / 113	33.9 / 1.8	867 / 205

구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량 구간	보통암			
	평균/편차	2,052 / 638	36.3 / 1.7	4,090 / 1,647
	경 암			
	평균/편차	3,107 / 1,390	40.4 / 1.7	9,317 / 3,945
	연 암			
	평균/편차	826 / 190	33.2 / 2.2	914 / 196
깎기 구간	보통암			
	평균/편차	2,143 / 728	36.0 / 1.9	5,782 / 1,674
	경 암			
	평균/편차	3,523 / 1,285	42.0 / 1.9	13,264 / 6,910

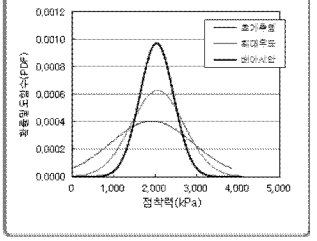
Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

구 분	지층	점착력(kPa)			내부마찰각(°)			변형계수(MPa)		
		평균	표준편차	적 용	평균	표준편차	적 용	평균	표준편차	적 용
교량구간	연 암	525	78	500	34	1.2	34	916	137	900
	보통암	2,027	410	2,000	36	2	36	4,049	1,647	4,000
	경 암	3,246	919	3,200	40	1.2	40	11,869	2,415	12,000
깎기구간	연 암	828	128	800	33	1.5	33	936	131	900
	보통암	2,008	455	2,000	36	1.3	36	5,968	1,086	6,000
	경 암	3,537	868	3,500	42	1.3	42	15,013	6,910	15,000

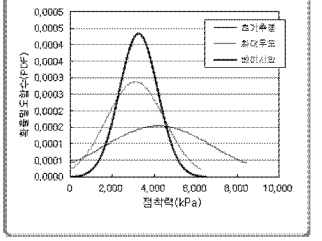
점착력(교량,연암)



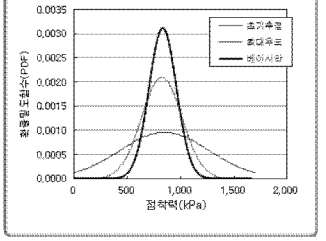
점착력(교량,보통암)



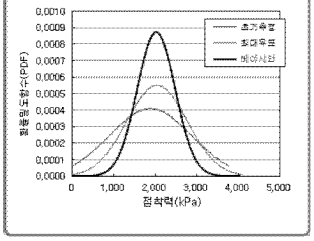
점착력(교량,경암)



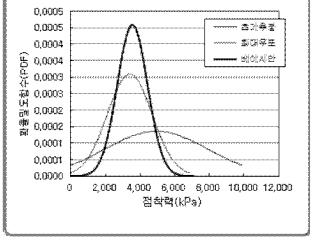
점착력(깎기,연암)



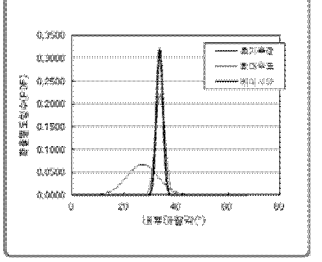
점착력(깎기,보통암)



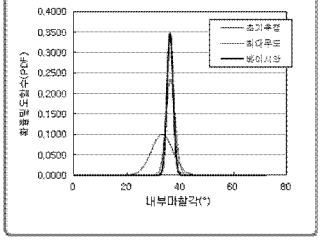
점착력(깎기,경암)



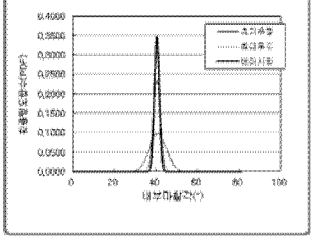
내부마찰각(교량,연암)



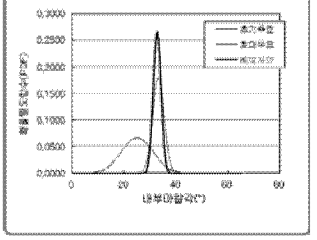
내부마찰각(교량,보통암)



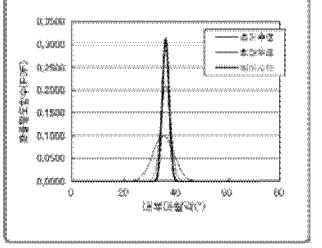
내부마찰각(교량,경암)



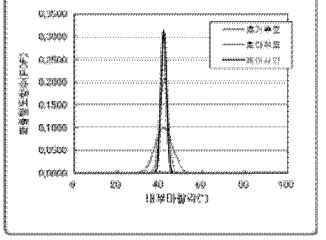
내부마찰각(깎기,연암)



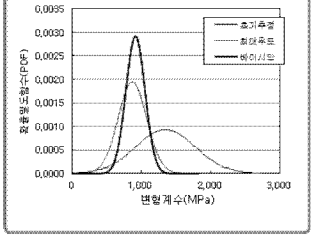
내부마찰각(깎기,보통암)



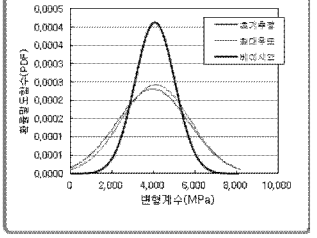
내부마찰각(깎기,경암)



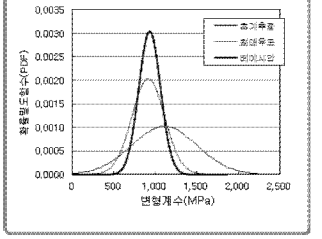
변형계수(교량,연암)



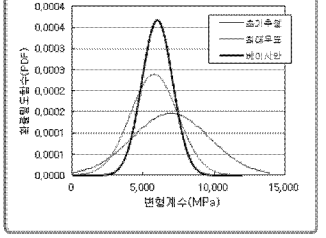
변형계수(교량,보통암)



변형계수(깎기,연암)



변형계수(깎기,보통암)



○ 4구간

■ 초기추정치(Prior) 산정

구 분	지층	점착력(kPa)		내부마찰각(°)		변형계수(MPa)	
		범위	평균/표준편차	범위	평균/표준편차	범위	평균/표준편차
교량구간	연 암	130~1,470	720/340	20~33	24/6	580~1,170	830/275
	보통암	860~3,720	2,310/1,587	29~39	33/4	2,320~4,930	3,960/1,114
	경 암	3,810~5,860	4,540/1,586	38~45	43/3	12,560~26,470	19,510/5,493
깎기구간	연 암	180~1,660	850/410	21~35	25/6	820~1,400	1,110/471
	보통암	2,240~6,130	3,840/1,694	31~42	37/5	4,630~9,250	6,940/2,315
	경 암	2,610~6,880	3,140/1,007	37~46	42/4	14,090~30,090	22,090/5,192
터널구간	Ⅰ등급	3,950~7,650	4,760/2,548	41~49	44/4	20,660~65,600	33,130/14,896
	Ⅱ등급	3,570~5,860	3,919/1,938	38~45	41/3	12,560~26,470	18,530/5,561
	Ⅲ등급	1,630~4,320	2,910/1,109	34~41	36/4	3,670~8,640	6,550/2,186
	Ⅳ등급	220~2,000	1,160/714	26~37	31/5	1,460~2,930	2,400/1,394
	Ⅴ등급	80~980	460/348	14~32	20/8	440~650	540/192

■ MCS 및 최대 우도값(Likelihood) 산정

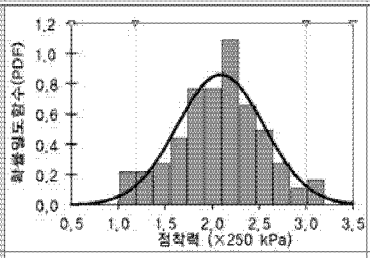
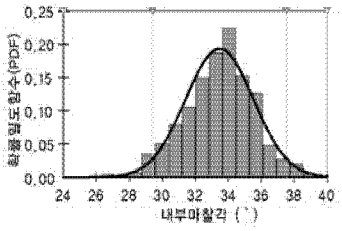
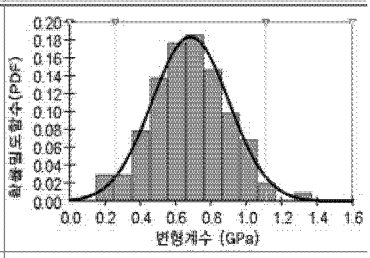
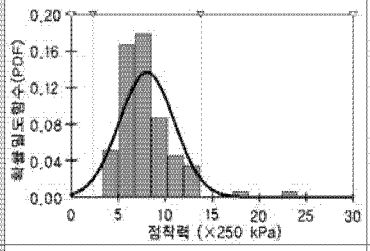
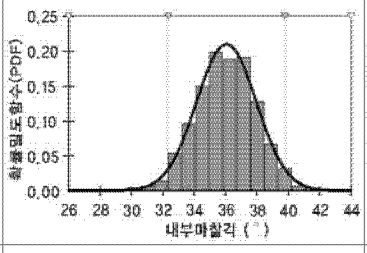
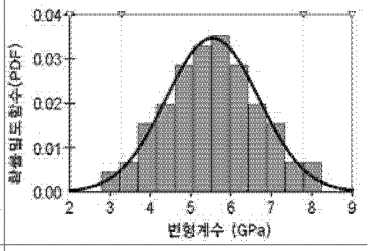
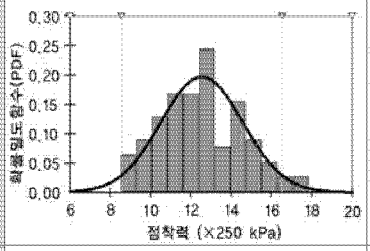
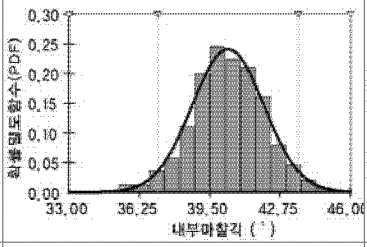
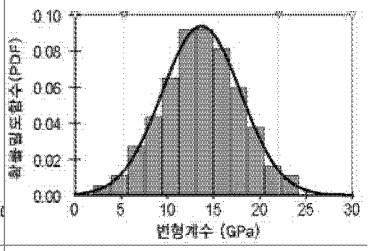
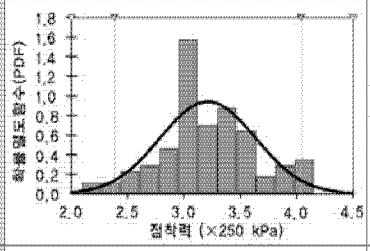
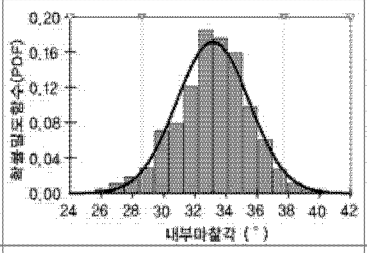
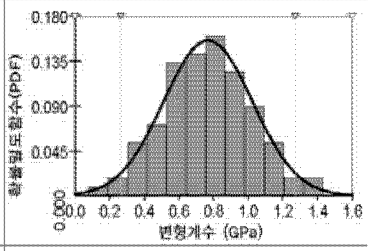
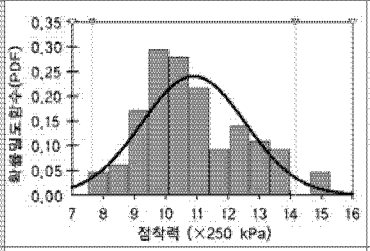
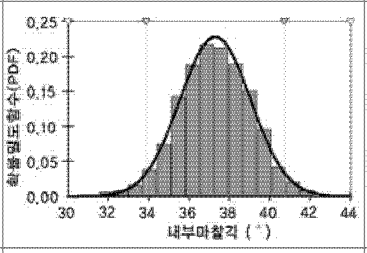
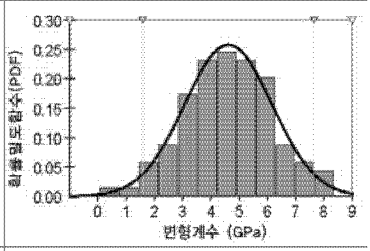
• 점착력 및 마찰각

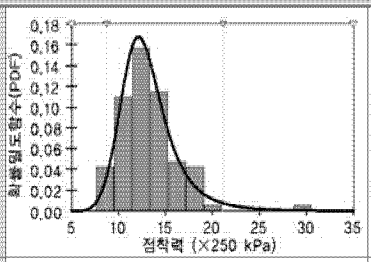
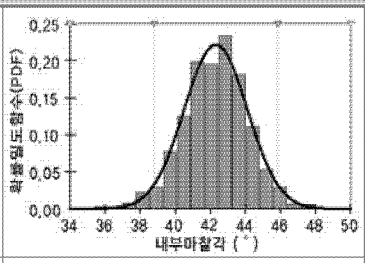
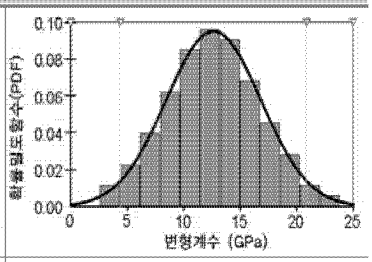
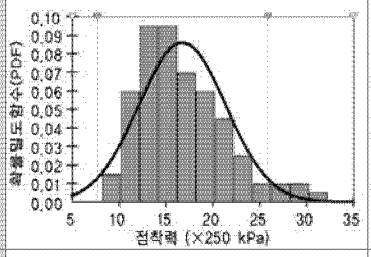
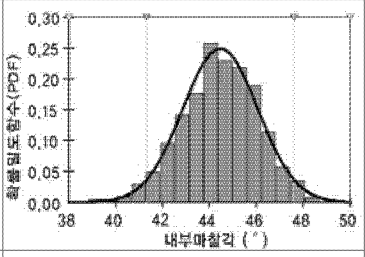
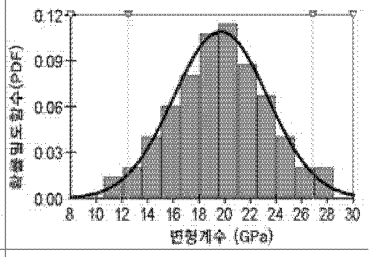
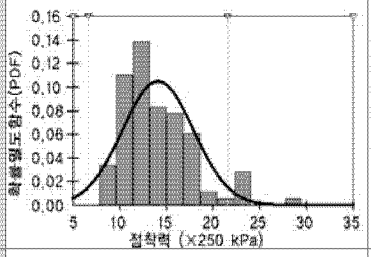
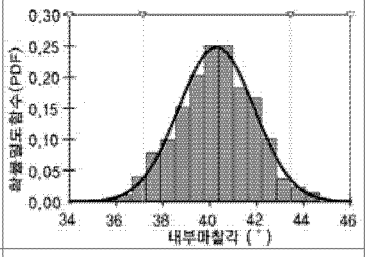
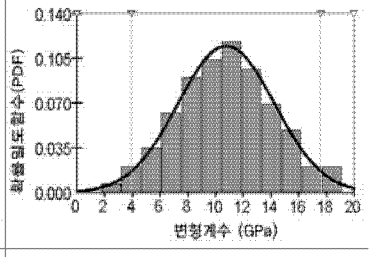
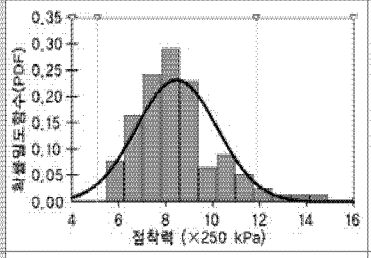
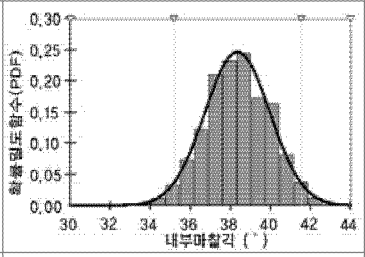
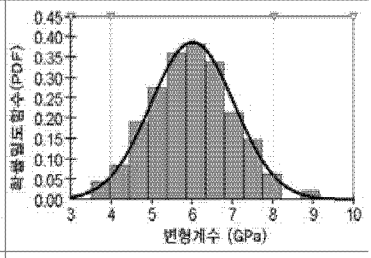
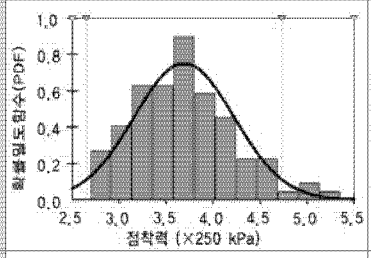
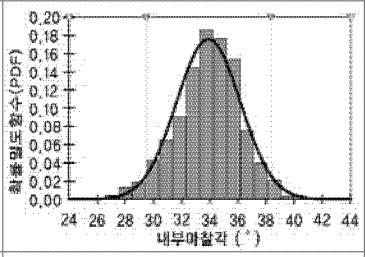
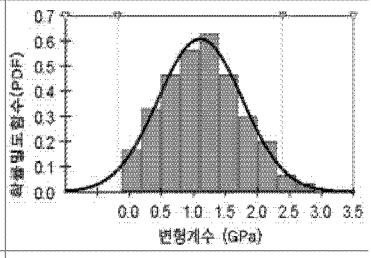
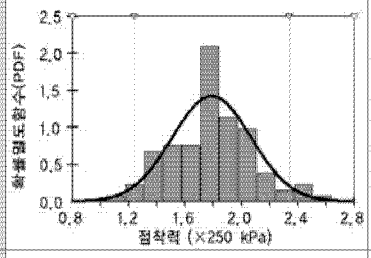
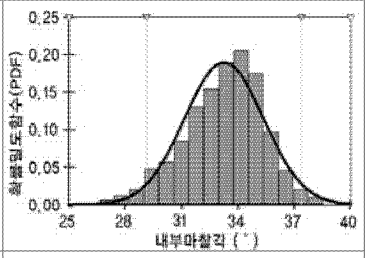
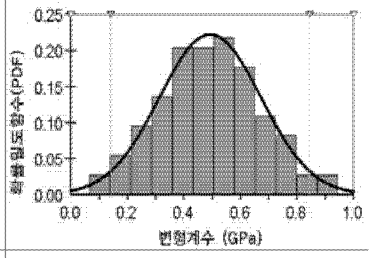
- 설계구간 기반암의 MCS를 분석한 결과 정규분포 형태로 95%의 신뢰도인 정규분포 가설을 채택할 수 있음 (다만, 도수분포상 평균과 편차를 정규분포 빈도로 가정하여 산정)
  『상하한치 : (평균±표준편차×α), α : 설계자의 판단에 따른 신뢰도 상수(95% 신뢰도)
- MCS결과 기준 내에 있는 각 초기추정값(Prior)들과 최대우도값(Likelihood)을 평균과 표준편차 대표치로 선정하여 Bayesian 이론에 적용

구 분	지층	σ_{ci}(MPa)		GSI		mi		MCS 결과 (평균/표준편차)	
		평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	점착력(kPa)	마찰각(°)
교량구간	연 암	58.9	26.6	38.4	7.9	29.1	3.9	522 / 115	33.5 / 2.1
	보통암	76.6	13.4	53.7	8.0	29.1	3.9	2,014 / 733	36.1 / 1.9
	경 암	98.2	12.5	80.0	8.2	29.1	3.9	3,136 / 508	40.3 / 1.7
깎기구간	연 암	45.4	21.1	36.5	12.5	29.1	3.9	803 / 105	33.2 / 2.3
	보통암	81.1	14.2	64.6	9.3	29.1	3.9	2,725 / 415	37.3 / 1.8
	경 암	99.7	16.5	75.8	8.6	29.1	3.9	3,213 / 798	42.3 / 1.8
터널구간	Ⅰ등급	102.5	24.0	86.2	3.9	29.1	3.9	4,190 / 1,160	44.5 / 1.6
	Ⅱ등급	92.0	17.9	71.3	5.4	29.1	3.9	3,428 / 950	40.3 / 1.6
	Ⅲ등급	66.3	25.1	54.4	7.0	29.1	3.9	2,117 / 443	38.4 / 1.6
	Ⅳ등급	55.8	16.2	39.0	8.1	29.1	3.9	922 / 133	33.9 / 2.3
	Ⅴ등급	36.7	14.9	24.6	7.4	29.1	3.9	447 / 70	33.3 / 2.1

• 변형계수

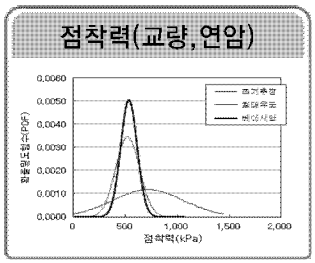
구 분	지층	변형계수 (MPa) 최 소	최 대	평 균	표준편차
4구간	연암	480	1,192	724	254
	보통암	903	10,279	7,033	5,312
	경암	8,470	23,862	11,377	4,877

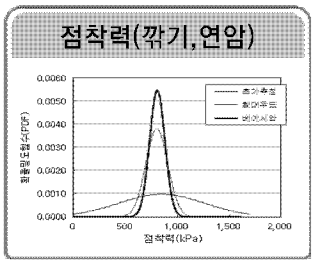
구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
교량 구간	연암			
	평균/편차	522 / 115	33.5 / 2.1	683 / 215
	보통암			
	평균/편차	2,014 / 733	36.1 / 1.9	5,537 / 1,167
	경암			
	평균/편차	3,136 / 508	40.3 / 1.7	13,692 / 4,250
깎기 구간	연암			
	평균/편차	803 / 105	33.2 / 2.3	768 / 256
	보통암			
	평균/편차	2,725 / 415	37.3 / 1.8	4,628 / 1,534

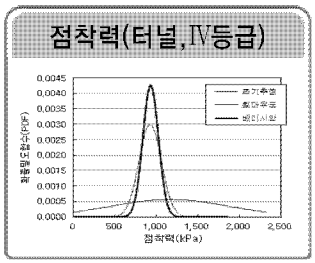
구분		점착력(kPa)	내부마찰각(°)	변형계수(MPa)
깎기 구간	경 암			
	평균/편차	3,213 / 798	42.3 / 1.8	12,643 / 4,198
	1등급			
	평균/편차	4,190 / 1,160	44.5 / 1.6	19,686 / 3,681
	2등급			
	평균/편차	3,428 / 950	40.3 / 1.6	10,775 / 3,524
터널 구간	3등급			
	평균/편차	2,117 / 443	38.4 / 1.6	6,008 / 1,017
	4등급			
	평균/편차	922 / 133	33.9 / 2.3	1,107 / 648
	5등급			
	평균/편차	447 / 70	33.3 / 2.1	493 / 182

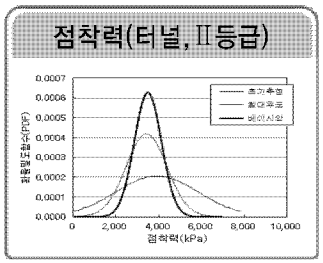
Bayesian Approach에 의한 설계지반정수 산정

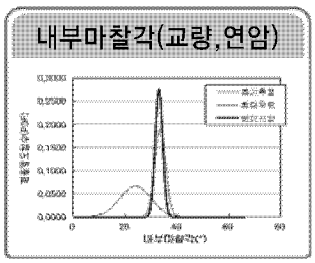
구 분	지층	점착력(kPa)			내부마찰각(°)			변형계수(MPa)		
		평균	표준편차	적 용	평균	표준편차	적 용	평균	표준편차	적 용
교량구간	연 암	533	79	500	33	1.4	33	717	133	700
	보통암	2,043	493	2,000	36	1.3	36	4,978	663	5,000
	경 암	3,205	350	3,200	40	1.7	40	15,032	2,636	15,000
깎기구간	연 암	804	73	800	33	1.6	33	812	169	800
	보통암	2,757	289	2,800	37	1.2	37	5,044	982	5,000
	경 암	3,196	492	3,200	42	1.2	42	14,970	2,577	15,000
터널구간	Ⅰ등급	4,244	781	4,200	44	1.1	44	20,084	2,564	20,000
	Ⅱ등급	3,481	635	3,500	40	1.1	40	12,072	2,274	12,000
	Ⅲ등급	2,176	301	2,200	38	1.1	38	6,008	1,017	6,000
	Ⅳ등급	926	93	900	34	1.5	34	1,233	435	1,200
	Ⅴ등급	447	49	400	33	1.5	33	508	107	500

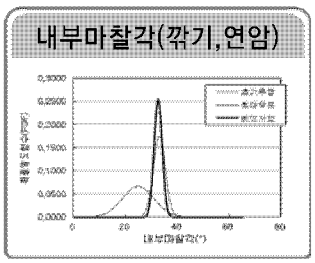


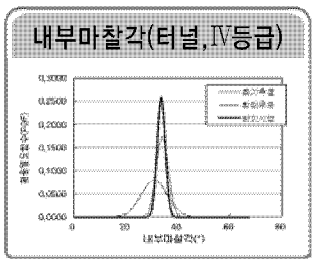


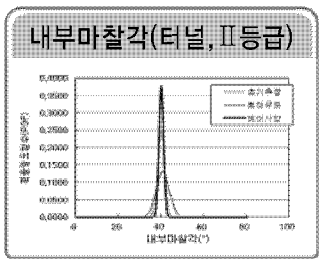


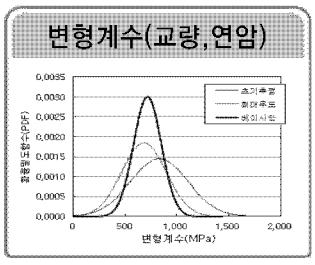


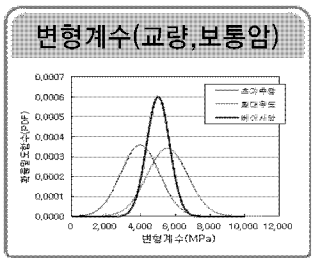


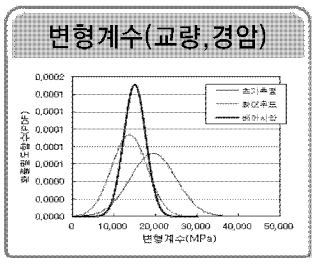


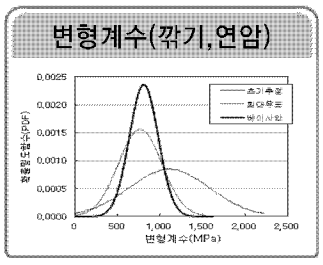


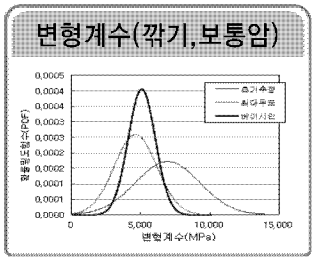


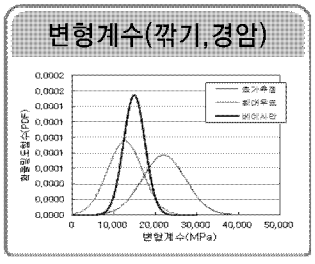


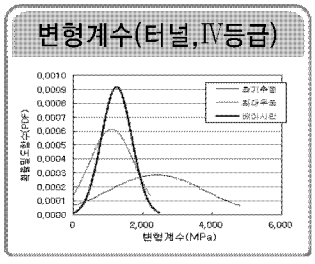


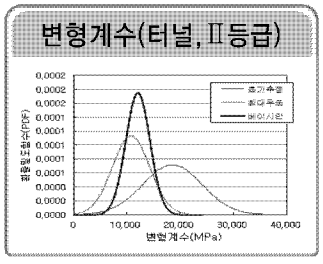












• 변형계수와 강도정수는 Bayesian Approach결과의 95% 신뢰구간 평균값 적용

3.6 불연속체 설계지반정수 산정

3.6.1 개요

착안사항 및 산정과정

- 절리의 거동은 변형과 강도에 대한 절리면 거칠기(JRC)로 인해 암반의 부피변화가 발생하는 비선형거동을 보임
  - ➡ 일반 Mohr-Coulomb탄소성 모델로는 실제 절리거동을 모사하는데 한계가 있음
  - ➡ 절리의 비선형거동을 고려할 수 있는 UDEC Barton-Bandis 모델을 적용
- 불연속면 조사 결과를 토대로 구조구를 구분 ➡ 불연속면 특성치 파악
- 불연속면 분포특성(방향, 간격), BIPS 절리강성 분포 결과, 절리면 전단시험 및 경험식을 활용하여 UDEC의 Barton-Bandis 모델이 적합한 불연속면 설계지반정수를 도출

Barton-Bandis 절리 모델(Barton & Bandis, 1990) 설계정수 산정 흐름도

노두조사 및 공내영상촬영 자료 분석

대표절리군 Core Sampling

일축압축시험 및 절리면 전단 시험

σ_c, JRC, JCS

초기절리간극

$$\alpha_j = \frac{JRC}{5}\left(0.2 \times \frac{\sigma_c}{JCS}\right) - 0.1$$

절리 초기 수직강성

$$K_{mi} = -7.15 + 1.75JRC + 0.02\left(\frac{JCS}{\alpha_j}\right)$$

절리 최대 닫힘 변위 계산

$$\Delta v_{max} \approx A + B(JRC) + C\left(\frac{\sigma_d}{e_i}\right)^D,$$

$$\upsilon_m = -0.296 - 0.0056(JRC) + 2.241\left(\frac{JCS}{\alpha_j}\right)^{-0.245}$$

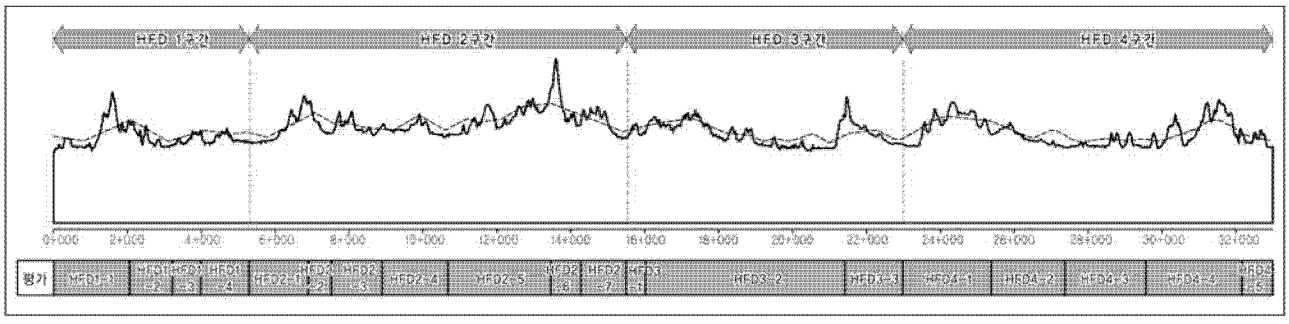
절리 수직강성, 전단강성 계산

$$K_n = K_m\left[1 - \frac{\sigma_n}{\upsilon_m K_m + \sigma_n}\right]^{-2},$$

$$K_s = \sigma_n \tan\dot{y}\left([JRC\log_{10}\left(\frac{JCS}{\sigma_n}\right) + \Phi_b\right] / \frac{L}{100}$$

개별 요소법(UDEC)의 Barton-Bandis 모델 설계정수 (JRC, JCS, K_n, K_s) 선정

균질절리영역(HFD) 분석 결과



구 분	HFD 1구간	HFD 2구간	HFD 3구간	HFD 4구간
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~23+000	23+000~사업종점
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

3.6.2 시험결과 분석

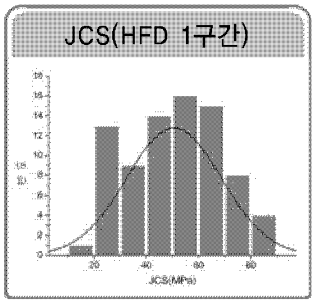
절리면전단시험

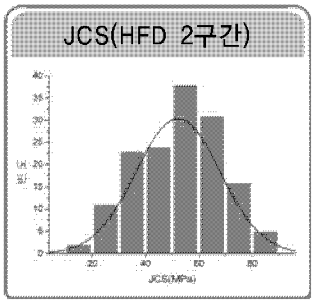
구 분	공 번	심 도 (m)	점착력 (kPa)	마찰각(°) 최 대	마찰각(°) 잔 류	JRC	JCS (MPa)	비 고
기존조사	TTB-1	19.3~19.4	100.0	43.2	32.0	12~14	83.0	HFD2-6
	TTB-4	22.5~22.6	60.0	32.1	21.1	4~6	87.0	HFD3-2
	TTB-12	54.2~54.3	30.0	36.8	28.7	0~2	110.0	HFD4-1
	CCB-2	25.4~25.6	50.0	30.9	24.8	2~4	70.0	HFD2-7
	CCB-5	37.2~37.3	100.0	26.1	22.8	0~2	84.0	HFD4-4
실시설계	BH-29	21.4~21.7	116.4	37.4	32.8	8~10	91.0	HFD1-1
	BH-99	16.3-16.8	60	32	28.2	4-6	24.15	HFD2-1
	BH-159	26.0~26.4	50.1	35.4	31.8	4~6	31.2	HFD2-5
	BH-180	10.1~10.6	80.6	32.6	29.2	2~4	69.1	HFD2-6
	BH-202	27.9-28.2	90	40.1	35.1	12-14	39.84	HFD3-2
	BH-241	8.5~8.8	63.4	32.8	29.0	0~2	40.2	HFD3-3
	BH-252-1	31.4-32.0	70	30.8	27.4	2-4	43.07	HFD4-1
	BH-284	25.7~25.9	90.9	35.5	31.6	4~6	81.2	HFD4-3
	BH-287	24.9-25.2	80	36.9	32.6	8-10	37.27	HFD4-3
	BH-293	29.0-29.5	70	32.8	28.5	6-8	46.77	HFD4-4
	BH-298-1	24.8-25.5	80	33.7	29.3	4-6	52.16	HFD4-4
	BH-302	34.0~34.3	77.8	38.1	33.3	2~4	74.9	HFD4-4

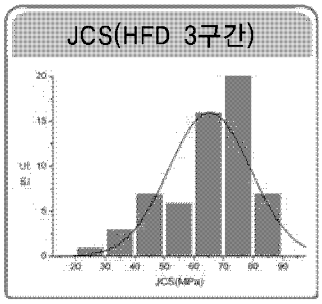
지표지질조사(JCS 및 JRC)

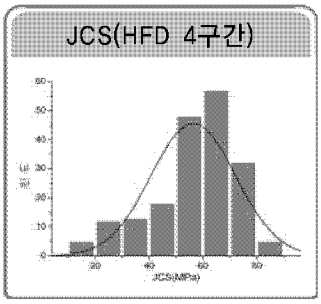
구 분		HFD 1구간				HFD 2구간						
		HFD1-1	HFD1-2	HFD1-3	HFD1-4	HFD2-1	HFD2-2	HFD2-3	HFD2-4	HFD2-5	HFD2-6	HFD2-7
JCS (MPa)	범 위	21~83	42~60	15~32	20~33	45~60	64~84	22~64	62~80	16~65	26~72	35~68
	평 균	59.9	52.0	25.4	27.6	51.5	73.3	38.2	71.7	48.5	46.2	55.6
JRC	범 위	5~13	6~9	6~11	11~15	9~13	6~11	7~15	9~11	2~14	5~9	7~13
	평 균	8.6	7.1	8.4	12.8	11.6	9.4	12.3	10.1	9.7	7.5	9.6

구 분		HFD 3구간			HFD 4구간				
		HFD3-1	HFD3-2	HFD3-3	HFD4-1	HFD4-2	HFD4-3	HFD4-4	HFD4-5
JCS (MPa)	범 위	62~80	42~80	28~86	15~74	18~72	23~75	29~88	45~82
	평 균	71.6	66.2	61.1	57.4	42.4	53.6	58.2	63.4
JRC	범 위	10~12	8~13	6~14	4~12	11~15	3~13	5~13	6~14
	평 균	11.3	9.9	9.2	7.9	13.7	8.0	8.8	10.0









3.6.3 불연속체 설계지반정수 산정

HFD 1구간

구 분	절리군	절리방향 (Dip/Dir.)	점착력(kPa)		마찰각(°)		JCS (MPa)	JRC	불연속면 강성(MPa/mm)		
			실내시험	적 용	실내시험	적 용			K_{ni}	K_n	K_s
HFD 1-1	Set 1	42/111	116.4	48.0	32.8	30.9	59.9	8.6	6.18	16.93	1.63
	Set 2	49/307		43.0		31.1			6.18	15.39	1.45
	Set 3	62/066		31.0		31.7			6.18	12.35	1.06
HFD 1-2	Set 1	49/252	–	34.0	–	30.1	52.0	7.1	4.02	13.04	1.37
	Set 2	41/112		39.0		29.9			4.02	14.85	1.57
	Set 3	75/352		27.0		29.4			0.03	46.14	1.05
HFD 1-3	Set 1	82/186	–	34.0	–	29.9	25.4	8.4	1.02	5.02	1.17
	Set 2	67/130		25.0		30.5			1.02	3.51	0.84
	Set 3	56/320		35.0		29.9			1.02	5.04	1.17
HFD1-4	Set 1	64/188	–	46.0	–	32.6	27.6	13.0	4.70	6.70	1.06

HFD 2구간

구 분	절리군	절리방향 (Dip/Dir.)	점착력(kPa)		마찰각(°)		JCS (MPa)	JRC	불연속면 강성(MPa/mm)		
			실내시험	적 용	실내시험	적 용			K_{ni}	K_n	K_s
HFD 2-1	Set 1	55/319	–	54.0	–	32.9	51.6	12.0	5.98	11.36	1.25
	Set 2	80/025		34.0		34.0			5.98	9.03	0.79
	Set 3	31/160		79.0		31.9			5.98	14.66	1.80
HFD 2-2	Set 1	83/154	–	37.0	–	32.5	73.3	9.4	10.07	18.37	1.03
	Set 2	57/236		41.0		32.3			10.07	19.51	1.14
	Set 3	04/084		72.0		31.2			10.07	29.71	2.00
HFD 2-3	Set 1	50/106	–	64.0	–	32.3	38.2	12.0	5.00	9.26	1.37
	Set 2	42/005		73.0		31.9			5.00	10.05	1.57
	Set 3	05/024		96.0		31.2			5.00	12.16	2.04
HFD 2-4	Set 1	21/344	–	74.0	–	31.7	71.7	10.0	9.57	26.18	1.91
	Set 2	88/132		56.0		32.3			9.57	21.22	1.46
	Set 3	68/027		49.0		32.6			9.57	19.29	1.27
HFD 2-5	Set 1	21/333	50.1	69.0	31.8	30.7	48.5	9.7	4.41	14.84	1.84
	Set 2	16/135		71.0		30.7			4.41	15.24	1.89
	Set 3	72/213		47.0		31.5			4.41	10.62	1.25
HFD 2-6	Set 1	68/345	80.6~ 100.0	33.0	29.2~ 32.0	30.3	46.2	7.5	2.95	10.01	1.14
	Set 2	46/090		38.0		30.0			2.95	11.52	1.31
	Set 3	51/263		35.0		30.2			2.95	10.47	1.19
HFD 2-7	Set 1	45/178	50.0	53.0	24.8	31.4	55.6	9.6	5.57	14.15	1.43
	Set 2	55/110		43.0		31.8			5.57	12.23	1.18
	Set 3	45/334		53.0		31.4			5.57	14.15	1.43

○ HFD 3구간

구 분	절리군	절리방향 (Dip/Dir.)	점착력(kPa) 실내시험	점착력(kPa) 적 용	마찰각(°) 실내시험	마찰각(°) 적 용	JCS (MPa)	JRC	불연속면 강성(MPa/mm) K_{ni}	K_n	K_s
HFD 3-1	Set 1	60/034	–	47.0	–	33.7	71.6	11.0	9.76	17.11	1.03
	Set 2	74/189		42.0		34.0			9.76	16.14	0.92
HFD 3-2	Set 1	56/187	60.0	44.0	21.1	32.4	66.2	9.9	8.02	16.02	1.08
	Set 2	46/039		54.0		32.0			8.02	18.37	1.32
	Set 3	56/259		44.0		32.4			8.02	16.02	1.08
HFD 3-3	Set 1	38/039	63.4	55.0	29.0	31.1	61.1	9.1	6.58	18.00	1.43
	Set 2	83/189		35.0		32.0			6.58	12.98	0.92
	Set 3	60/276		36.0		32.0			6.58	13.17	0.94

○ HFD 4구간

구 분	절리군	절리방향 (Dip/Dir.)	점착력(kPa) 실내시험	점착력(kPa) 적 용	마찰각(°) 실내시험	마찰각(°) 적 용	JCS (MPa)	JRC	불연속면 강성(MPa/mm) K_{ni}	K_n	K_s
HFD 4-1	Set 1	32/070	30.0	50.0	28.7	30.3	57.4	7.9	5.44	18.26	1.47
	Set 2	87/345		37.0		30.7			5.44	14.21	1.11
	Set 3	55/270		34.0		30.9			5.44	13.28	1.02
HFD 4-2	Set 1	48/089	–	48.0	–	34.5	42.4	14.0	6.42	9.05	0.87
	Set 2	89/121		42.0		34.8			6.42	8.69	0.77
	Set 3	74/229		34.0		35.5			6.42	8.18	0.62
HFD 4-3	Set 1	13/086	90.9	57.0	31.6	30.0	53.6	8.0	4.58	18.85	1.67
	Set 2	63/319		43.0		30.5			4.58	14.30	1.27
	Set 3	70/004		33.0		30.9			4.58	11.40	0.98
HFD 4-4	Set 1	13/165	77.8~100.0	40.0	22.8~33.3	31.4	58.2	8.8	5.82	13.44	1.07
	Set 2	69/287		39.0		31.4			5.82	13.27	1.05
	Set 3	69/334		39.0		31.4			5.82	13.27	1.05
HFD 4-5	Set 1	26/130	–	43.0	–	32.5	63.4	10.0	7.36	14.52	1.04
	Set 2	63/343		37.0		32.8			7.36	13.23	0.89
	Set 3	66/041		33.0		33.0			7.36	12.54	0.80

분석결과

- 문헌자료에선 산정된 값과 불연속면을 대상으로 실시한 실내시험 값, Barton의 제안식에서 산정된 값을 종합

3.7 기타 설계지반정수 산정

3.7.1 동적 지반특성 분석

개 요

- S-PS검층, 하향식탄성파탐사 등 현장시험을 통한 지층별 탄성파속도를 분석
- 시험결과로 계산된 동적물성치를 상관분석 및 경험식과 비교·분석하여 적용값 산정

◎ 전단파 속도(V_s) 경험적 산정방법

N값에 의한 전단파속도 경험 추정식

표준관입시험치(N)와의 관계로 제안된 대표적 전단파속도(V_s) 경험적 추정식은 다음과 같음

- Imai, Yoshimura(1970) $V_s = 76 \times N^{0.33}$
- Imai(1982) $V_s = 97.0 \times N^{0.314}$
- Okamoto(1989) $V_s = 125 \times N^{0.3}$
- Oba, Toriumi(1990) $V_s = 84 \times N^{0.31}$

- 동전단계수 : $G_d = \rho \cdot V_s^2$
- 동탄성계수 : $E_d = 2G_d \cdot (1 + \nu_d)$
- 동체적계수 : $K_d = E_d / 3(1 - 2\nu_d)$

여기서, $\rho = \gamma/g$, γ=단위중량, g=9.81 m/sec

◎ 시험결과 및 상관분석

■ 1구간

구 분		하향식탄성파		S-PS검층		경험식	상관분석	
		V_p(m/s)	V_s(m/s)	V_p(m/s)	V_s(m/s)	V_s(m/s)	V_p(m/s)	V_s(m/s)
매립층	점토	-	-	-	-	173~249	510	207
	모래	458	193	-	-	179~257	519	212
붕적층		-	-	-	-	146~214	459	178
퇴적층	점토	455	180	-	-	161~233	488	194
	실트	534	215	-	-	161~233	488	194
	모래(≤10)	484	236	-	-	154~224	474	187
	모래(>10)	642	306	-	-	225~316	588	250
	자갈	-	-	-	-	289~397	663	293
풍화토		695	314	2,018	370	276~381	650	285
풍화암		964	448	2,757	1,263	-	670	296
연 암		1,388	765	3,030	1,411	-	3,182	1,490
보통암		1,646	850	41,96	2,055	-	3,958	1,924
경 암		-	-	-	-	-	4,155	2,034
Ⅴ등급		-	-	2,828	1,302	-	2,792	1,272
Ⅳ등급		1,388	765	3,333	1,575	-	3,402	1,614
Ⅲ등급		1,646	850	4,134	2,005	-	3,855	1,867
Ⅱ등급		-	-	4,209	2,065	-	4,278	2,103
Ⅰ등급		-	-	-	-	-	4,427	2,187

■ 2구간

구 분		하향식탄성파		S-PS검층		경험식	상관분석	
		V_p(m/s)	V_s(m/s)	V_p(m/s)	V_s(m/s)	V_s(m/s)	V_p(m/s)	V_s(m/s)
매립층	점토	–	–	–	–	146~214	459	178
	모래	–	–	–	–	161~233	488	194
붕적층		–	–	–	–	146~214	459	178
퇴적층	점토	–	–	–	–	146~214	459	178
	실트	–	–	–	–	128~189	419	156
	모래(≤10)	–	–	–	–	146~214	459	178
	모래(>10)	–	–	–	–	214~302	573	242
	자갈	–	–	–	–	231~324	597	255
풍화토		–	–	–	–	246~343	615	266
풍화암		975	504	–	–	–	670	296
연 암		1,495	842	3,484	1,653	–	3,188	1,460
보통암		1,712	971	3,852	1,849	–	3,895	1,873
경 암		2,316	1,358	4,498	2,224	–	4,341	2,134
Ⅴ등급		–	–	–	–	–	2,480	1,046
Ⅳ등급		1,495	842	–	–	–	3,233	1,486
Ⅲ등급		2,054	1,189	3,815	1,829	–	3,895	1,873
Ⅱ등급		2,562	1,518	4,410	2,161	–	4,475	2,212
Ⅰ등급		–	–	4,605	2,299	–	4,709	2,349

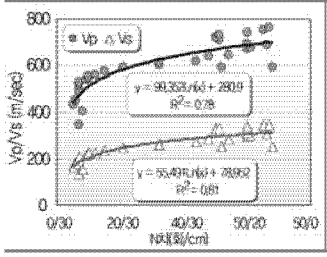
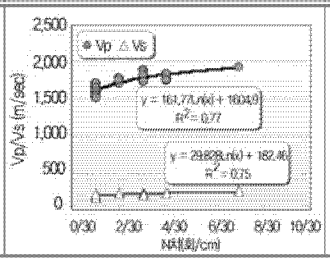
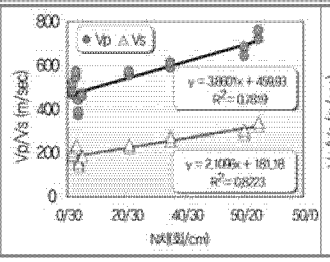
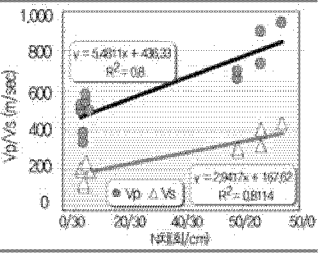
■ 3구간

구 분		하향식탄성파		S-PS검층		경험식	상관분석	
		V_p(m/s)	V_s(m/s)	V_p(m/s)	V_s(m/s)	V_s(m/s)	V_p(m/s)	V_s(m/s)
매립층	점토	–	–	–	–	146~214	483	194
	모래	399	153	–	–	167~242	495	200
붕적층		–	–	2372	814	240~336	564	238
퇴적층	점토	479	189	–	–	128~189	475	190
	모래(≤10)	557	231	–	–	138~203	479	192
	모래(>10)	561	232	–	–	234~328	556	234
	자갈	–	–	–	–	225~316	545	228
풍화토		665	294	–	–	271~375	610	263
풍화암		908	426	–	–	–	653	287
연 암		1,181	602	3,479	1,647	–	1,232	625
보통암		1,644	848	–	–	–	1,587	826
경 암		2,128	1,136	4,918	2,513	–	2,155	1,148

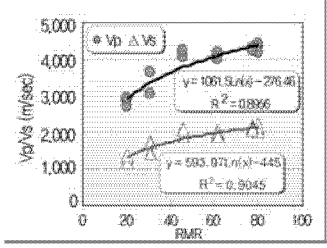
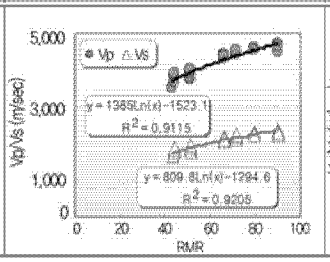
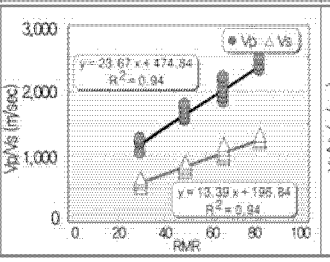
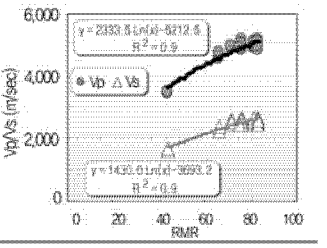
4구간

구 분		하향식탄성파		S-PS검층		경험식	상관분석	
		V_p(m/s)	V_s(m/s)	V_p(m/s)	V_s(m/s)	V_s(m/s)	V_p(m/s)	V_s(m/s)
매립층	점토	–	–	–	–	167~242	486	194
	모래	364	130	–	–	184~263	502	203
붕적층		362	182	2,372	814	146~214	469	185
퇴적층	점토	–	–	–	–	146~214	469	185
	모래(≤10)	521	212	–	–	146~214	469	185
	모래(>10)	–	–	–	–	218~307	546	226
	자갈	–	–	–	–	282~389	677	297
풍화토		577	279	–	–	243~340	590	250
풍화암		971	481	–	–	–	710	315
연 암		1,474	765	3,479	1,647	–	2,104	791
보통암		2,612	1,536	–	–	–	4,303	2,138
경 암		2,673	1,600	4,918	2,513	–	4,799	2,442
Ⅴ등급		–	–	–	–	–	1,532	440
Ⅳ등급		1,323	676	–	–	–	3,337	1,546
Ⅲ등급		2,203	1,253	3,479	1,647	–	4,139	2,037
Ⅱ등급		2,714	1,626	4,860	2,471	–	4,735	2,403
Ⅰ등급		–	–	4,982	2,560	–	5,155	2,660

N값과 탄성파속도 상관성 분석

1구간	2구간	3구간	4구간
			

RMR과 탄성파속도 상관성 분석

1구간	2구간	3구간	4구간
			

◎ 설계지반정수 산정

▮ 1구간 및 2구간

구 분		1구간						2구간					
		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	υ_d	V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	υ_d
매립층	점토	440	170	40	130	260	0.41	400	150	30	100	220	0.42
	모래	460	180	50	160	300	0.41	420	160	40	130	250	0.42
붕적층		480	190	60	180	320	0.41	440	170	50	140	270	0.41
퇴적층	점토	490	200	60	190	320	0.40	460	180	50	150	280	0.41
	실트	530	220	80	230	370	0.40	480	190	60	170	310	0.41
	모래(≤10)	550	240	100	290	410	0.38	500	210	80	220	350	0.39
	모래(>10)	600	260	120	340	490	0.38	570	240	100	290	450	0.39
	자갈	660	290	150	440	610	0.38	600	260	120	350	510	0.38
풍화토		690	310	180	500	660	0.37	620	270	130	380	540	0.38
풍화암		960	450	420	1,150	1,360	0.36	1,150	550	630	1,710	1,930	0.35
연 암		1,430	700	1,120	3,020	3,200	0.34	1,550	780	1,390	3,720	3,650	0.33
보통암		1,650	850	1,730	4,570	4,220	0.32	1,700	900	1,940	5,070	4,340	0.31
경 암		2,300	1,350	4,730	11,720	7,430	0.24	2,300	1,350	4,730	11,720	7,430	0.24
Ⅴ등급		2,830	1,300	3,880	10,620	13,230	0.37	2,380	1,100	2,780	7,590	9,310	0.36
Ⅳ등급		3,100	1,550	5,760	15,370	15,370	0.33	3,000	1,490	5,320	14,230	14,490	0.34
Ⅲ등급		3,550	1,900	9,020	23,450	19,470	0.30	3,600	1,900	9,020	23,590	20,360	0.31
Ⅱ등급		3,750	2,100	11,460	29,150	21,270	0.27	3,750	2,100	11,460	29,150	21,270	0.27
Ⅰ등급		4,000	2,350	14,910	36,870	23,310	0.24	4,150	2,400	15,550	38,840	25,760	0.25

▮ 3구간 및 4구간

구 분		3구간						4구간					
		V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	υ_d	V_p (m/s)	V_s (m/s)	G_d (MPa)	E_d (MPa)	K_d (MPa)	υ_d
매립층	점토	380	140	30	90	200	0.42	430	160	40	120	250	0.42
	모래	400	150	40	110	230	0.42	440	180	50	160	270	0.40
붕적층		450	170	50	140	290	0.42	450	180	50	160	280	0.40
퇴적층	점토	470	180	50	150	300	0.41	460	190	60	170	280	0.40
	모래(≤10)	555	230	90	270	430	0.40	500	210	80	220	350	0.39
	모래(>10)	560	230	90	270	440	0.40	550	230	90	270	420	0.39
	자갈	580	250	110	320	480	0.39	580	280	140	400	440	0.35
풍화토		700	310	180	500	680	0.38	680	330	200	550	600	0.35
풍화암		900	430	380	1,050	1,180	0.35	970	480	480	1,290	1,330	0.34
연 암		1,230	630	910	2,410	2,260	0.32	1,500	770	1,360	3,600	3,350	0.32
보통암		1,700	890	1,900	4,980	4,400	0.31	2,500	1,300	4,050	10,660	9,590	0.31
경 암		2,100	1,180	3,620	9,190	6,630	0.27	2,620	1,500	5,850	14,690	10,040	0.26
Ⅴ등급		–	–	–	–	–	–	2,800	1,300	3,880	10,590	12,840	0.36
Ⅳ등급		–	–	–	–	–	–	3,000	1,550	5,760	15,190	13,910	0.32
Ⅲ등급		–	–	–	–	–	–	3,150	1,700	7,220	18,700	15,170	0.29
Ⅱ등급		–	–	–	–	–	–	4,250	2,400	14,970	37,910	26,990	0.27
Ⅰ등급		–	–	–	–	–	–	4,350	2,550	17,550	43,470	27,680	0.24

분석결과 • 내진해석 설계지반정수는 대표 시추공에서 수행한 공내검층 결과의 평균값을 준용하여 적용

3.7.2 수리 지반특성 분석

개 요 • 문헌 및 기존사례에 의한 투수계수의 범위를 분석하고, 현장 및 실내시험을 통한 투수계수 산정

문헌자료

토 질	투수계수(cm/s)
GW	1.0×10^{-2} 이하
GP	1.0×10^{-2} 이하
GM	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
GC	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
SW	1.0×10^{-3} 이하
SP	1.0×10^{-3} 이하
SM	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}

토 질	투수계수(cm/s)
SC	1.0×10^{-8} ~1.0×10^{-6}
ML	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}
CL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OL	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
MH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-4}
CH	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}
OH	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-6}

암반의 상태	특 징	투수계수(cm/s)
균열 간격이 매우 좁은 상태	높은 투수성 암반	1.0×10^{-2}~1.0×10^{2}
균열 간격이 보통인 상태	보통 투수성 암반	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}
균열 간격이 매우 넓은 상태	약간 투수성 암반	1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}
균열 간격이 없을때	불투수성 암반	1.0×10^{-9} 이상

현장시험에 의한 투수계수(cm/s) 산정 결과

■ 1구간 및 2구간

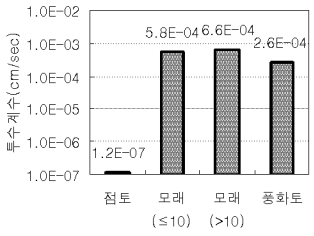
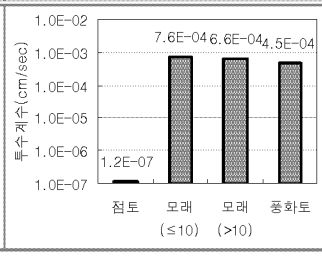
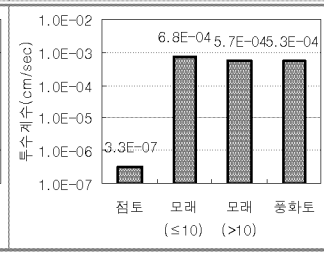
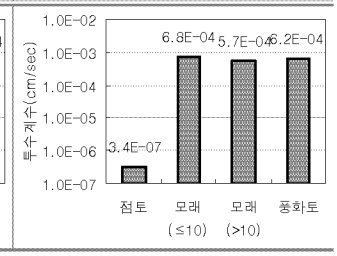
구 분		문헌자료	1구간		2구간	
			시험결과	적용	시험결과	적용
붕적층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	5.4×10^{-4}	8.79×10^{-5}~1.78×10^{-3}	5.4×10^{-4}
매립층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	1.2×10^{-7}	–	1.2×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	7.0×10^{-4}	6.98×10^{-4}	7.0×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	6.55×10^{-8}~9.44×10^{-5}	1.2×10^{-7}	8.29×10^{-5}	1.2×10^{-7}
	실트	1.0×10^{-6}~1.0×10^{-3}	5.83×10^{-8}~9.26×10^{-5}	1.3×10^{-7}	–	1.3×10^{-7}
	모래(≤10)	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	9.35×10^{-5}~1.45×10^{-3}	5.8×10^{-4}	7.61×10^{-4}~1.69×10^{-3}	7.6×10^{-4}
	모래(>10)	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	5.34~7.66×10^{-4}	6.6×10^{-4}	–	6.6×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	5.87×10^{-3}	5.9×10^{-3}	–	5.9×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.07~5.20×10^{-4}	2.6×10^{-4}	8.72×10^{-5}~8.36×10^{-4}	4.5×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	5.8×10^{-5}	4.68×10^{-5}~5.75×10^{-5}	5.8×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	1.50~6.82×10^{-5}	3.3×10^{-5}	9.95×10^{-5}~2.19×10^{-4}	3.3×10^{-5}
보통암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	5.77×10^{-6}~2.60×10^{-5}	1.6×10^{-5}	3.24×10^{-6}~4.87×10^{-5}	1.6×10^{-5}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	4.11~4.64×10^{-6}	4.9×10^{-6}	3.54×10^{-7}~4.58×10^{-5}	8.0×10^{-6}
Ⅴ등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	6.4×10^{-5}	–	6.4×10^{-5}
Ⅳ등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	4.88×10^{-5}	4.9×10^{-5}	–	4.9×10^{-5}
Ⅲ등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	5.75×10^{-6}~4.03×10^{-5}	9.0×10^{-6}	4.13×10^{-6}~4.87×10^{-5}	9.0×10^{-6}
Ⅱ등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	5.41×10^{-6}~2.60×10^{-5}	5.4×10^{-6}	4.15×10^{-7}~6.14×10^{-6}	2.3×10^{-6}
Ⅰ등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	4.11~4.64×10^{-6}	5.0×10^{-7}	4.95×10^{-7}	5.0×10^{-7}

■ 3구간 및 4구간

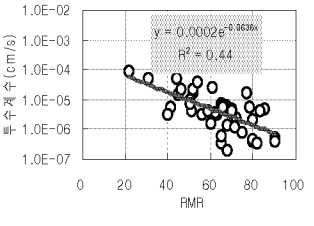
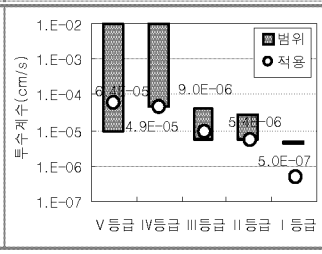
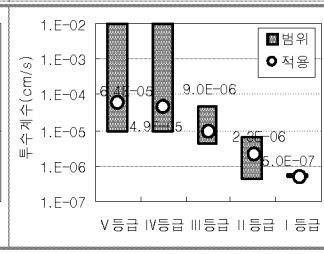
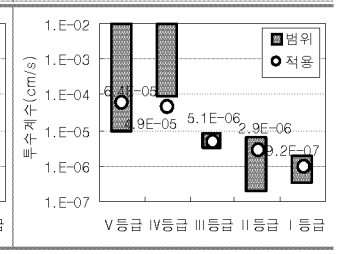
구 분		문헌자료	3구간		4구간	
			시험결과	적용	시험결과	적용
붕적층		1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	6.91×10^{-6}~2.19×10^{-3}	6.9×10^{-4}	1.93×10^{-4}~1.18×10^{-3}	6.9×10^{-4}
매립층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	–	3.3×10^{-7}		3.4×10^{-7}
	모래	1.0×10^{-5} ~1.0×10^{-2}	–	7.0×10^{-4}	–	7.0×10^{-4}
퇴적층	점토	1.0×10^{-8}~1.0×10^{-6}	1.47×10^{-7}~2.92×10^{-5}	3.3×10^{-7}	1.66×10^{-7}~6.32×10^{-5}	3.4×10^{-7}
	모래(≤10)	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	6.82×10^{-4}~4.86×10^{-3}	6.8×10^{-4}	5.98×10^{-3}	6.8×10^{-4}
	모래(>10)	1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	2.84×10^{-3}	5.7×10^{-4}	5.65×10^{-4}~1.48×10^{-2}	5.7×10^{-4}
	자갈	1.0×10^{-2} 이하	$2.57\sim3.54\times10^{-3}$	3.1×10^{-3}	–	3.1×10^{-3}
풍화토		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	$3.13\sim6.82\times10^{-4}$	5.3×10^{-4}	9.30×10^{-5}~1.72×10^{-3}	6.2×10^{-4}
풍화암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	$4.77\sim9.77\times10^{-5}$	6.8×10^{-5}	7.41×10^{-5}	7.4×10^{-5}
연 암		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	5.5×10^{-5}	$2.71\sim9.28\times10^{-5}$	5.5×10^{-5}
보통암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	1.7×10^{-5}	2.58×10^{-6}~1.73×10^{-5}	1.7×10^{-5}
경 암		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	3.63×10^{-7}	2.6×10^{-6}	2.00×10^{-7}~6.40×10^{-6}	2.6×10^{-6}
Ⅴ등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	–	–	6.4×10^{-5}
Ⅳ등급		1.0×10^{-5}~1.0×10^{-2}	–	–	9.28×10^{-5}	4.9×10^{-5}
Ⅲ등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	–	$3.16\sim7.83\times10^{-6}$	5.1×10^{-6}
Ⅱ등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	–	2.00×10^{-7}~6.40×10^{-6}	2.9×10^{-6}
Ⅰ등급		1.0×10^{-9}~1.0×10^{-5}	–	–	3.44×10^{-7}~2.02×10^{-6}	9.2×10^{-7}

■ 지층별 투수계수 분석

– 토사층

1구간	2구간	3구간	4구간
			

– 기반암

RMR-투수계수 상관분석	1구간	2구간	4구간
			

분석결과

- 현장시험 결과를 토대로 지층 및 등급에 따른 투수계수 적용하였으며, 지층별 미수행 구간은 인근 구간의 시험 결과 적용

3.7.3 지중응력 및 측압계수 산정

· 암반내에 존재하고 있는 초기 응력은 중력에 의해 발생되는 Gravitational Stress, 지각의 활동에 의해 발생되는 Tectonic Stress, 침식후 잔류하는 Residual Stress로 구분
· 설계구간 중 터널의 최적단면/지보재 설계 및 주변 암반의 역학적 거동을 포함한 터널 구조물의 안정성 해석에 필수적인 초기응력장 상태에 대한 제반 정보를 파악

기존 문헌 및 설계자료 조사

제안자	경 험 식	비 고
최성웅 (1997)	K=6/z+0.5 K=240/z+0.1	국내 암반의 측압계수 분포 범위에 잘 부합
이정인 등 (1995)	σ_V=0.233+0.024z σ_H=2.657+0.032z	심도에 따른 연직, 수평응력으로부터 측압계수 계산
Sheorey (1994)	K=0.25+7E_h(0.001+1/z) (E_h:횡방향변형계수, GPa)	범지구적인 지각의 거동을 통한 측압계수 산정. 광범위한 지역에 대한 분석으로 측압계수의 분포범위가 넓음

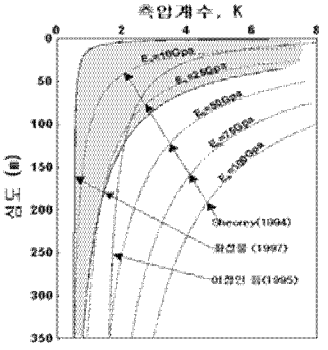
국내의 측압계수 분포 양상

국내의 측압계수 분포 양상

· 50~100m 심도 범위에서 평균 측압계수는 0.5~3.0, 100m 하부로 내려갈수록 측압계수는 2.0 이하로 작아지고 지하심부에서는 1.0에 수렴해가는 경향을 보임

· 심도에 따른 측압계수의 상한값과 하한값에 대한 경험식은 다음과 같음(한국자원연구소)
– 범위 : 6/z + 0.5 〈 K 〈 240/z + 0.1
– 평균 : K = 0.889 + 48.04/z

국내 심도별 측압계수 분포 양상



시험결과

구 분	강매터널			문봉터널			금촌터널		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균
수압파쇄	2.04	2.78	2.07	2.72	3.67	3.13	1.83	2.48	2.21
AE/DRA	2.20	2.24	2.22	3.04	3.05	3.05	1.79	1.79	1.79

측압계수 적용

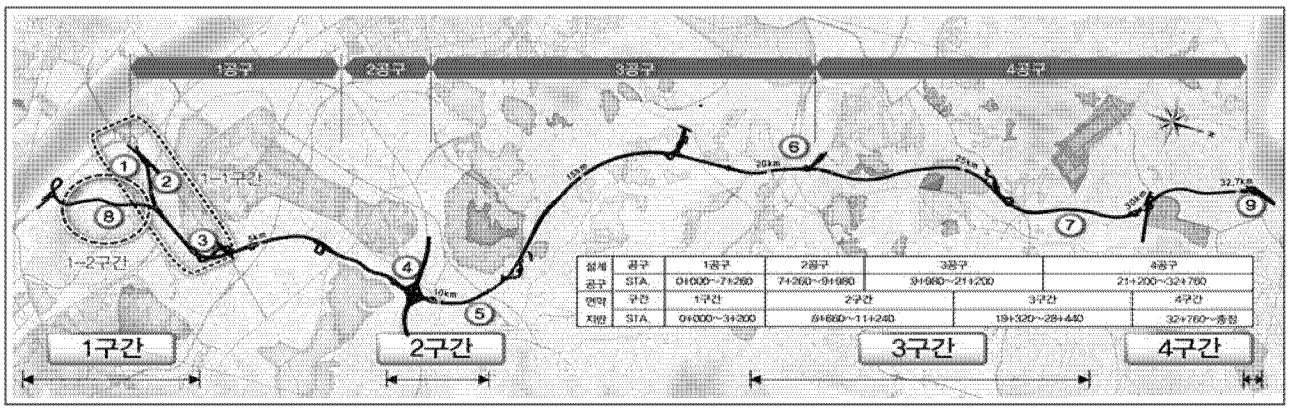
구 분	강매터널		문봉터널		금촌터널	
	문헌자료	시험결과	문헌자료	시험결과	문헌자료	시험결과
문헌 및 시험결과	0.5~3.0	2.04~2.78	0.5~3.0	2.72~3.67	0.5~3.0	1.79~2.48

분석결과 • 터널구간별 문헌자료 및 시험결과를 비교·분석하여 현장시험 결과를 토대로 적용

3.8 설계지반정수 요약

3.8.1 연약지반 설계지반정수

연약지반 구역 구분



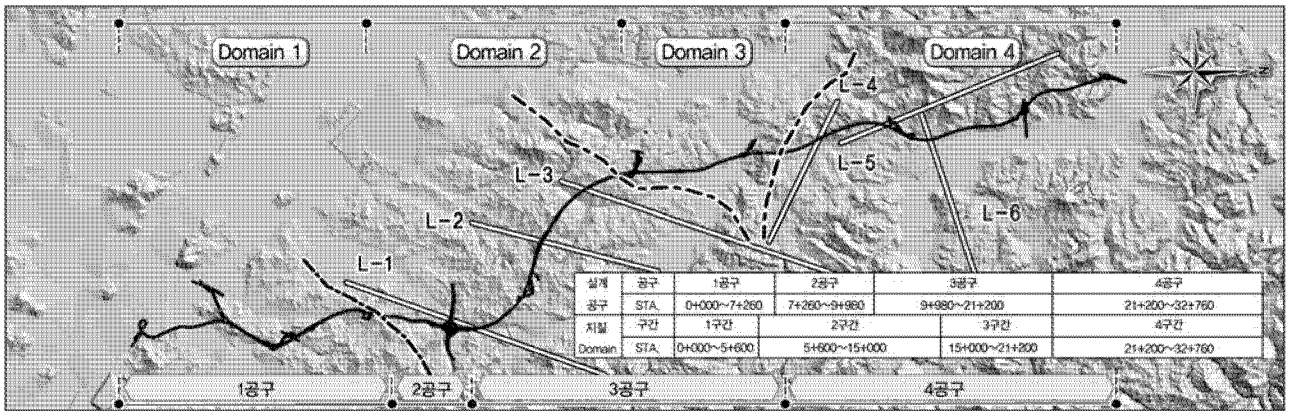
연약지반 설계지반정수

구 분	함수비(%)	단위중량 (kN/m^3)	S_u(kPa)	강도증가율	초기간극비	압축지수	C_v ($10^{-3}cm^2/s$)	k_v ($10^{-7}cm/s$)
1-1구간	28.0	18.0	5.8D + 7.8 (평균 28.0)	0.25	0.96	0.25	9.80	2.30
1-2구간	35.0	18.0		0.25	0.88	0.24	4.00	0.80
2구간	36.0	18.0	5.8D + 3.0 (평균 22.0)	0.20	0.88	0.26	2.50	3.10
3구간	35.0	18.0		0.20	0.88	0.26	3.20	3.10
4구간	35.0	18.0		0.20	0.94	0.24	3.80	1.30

• 사업 4공구(본선 STA.21+200~32+760)은 연약지반 3~4구간에 해당

3.8.2 연속체 설계지반정수

설계지반정수 구역 구분



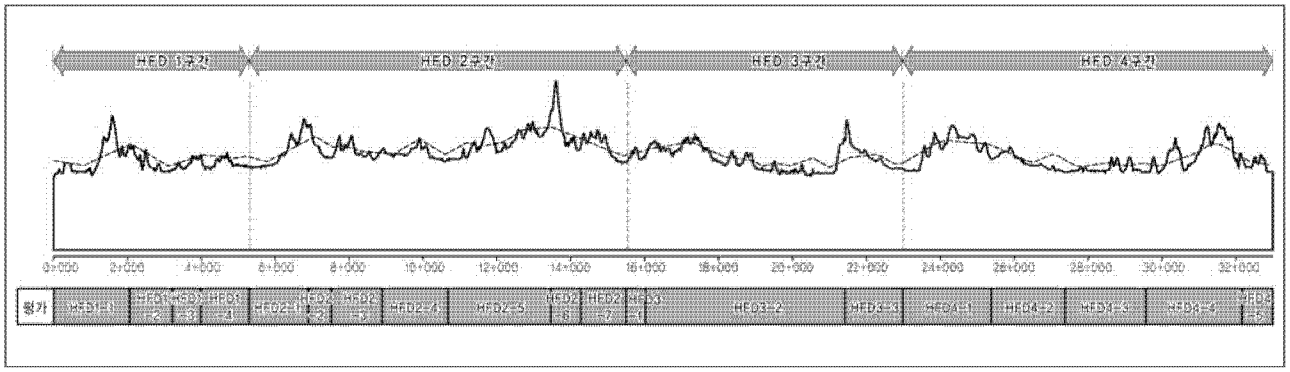
• 사업 4공구(본선 STA.21+200~32+760)는 분석 4구간(Domain 4)에 해당

○ 4구간 (STA.21+200~사업종점)

구 분	지층	토성별	γ_t(kN/m^3)	c(kPa)	ϕ(°)	E(MPa)	ν	V_s(m/s)	G_d(MPa)	K(cm/s)
교 량 구 간	매립층	모래	19	3	28	15	0.35	180	50	7.0×10^{-4}
		점토	17	5	0	5	0.40	160	40	3.4×10^{-7}
	붕적층	모래	18	5	28	7	0.35	180	50	6.9×10^{-4}
	퇴적층	점토(N>6)	18	35	0	7	0.40	190	60	3.4×10^{-7}
		모래(N≤10)	18	–	26	10	0.35	210	80	6.8×10^{-4}
		모래(N>10)	18	–	28	17	0.35	230	90	5.7×10^{-4}
		자갈	20	–	32	32	0.32	280	140	3.1×10^{-3}
	풍화토		19	17	29	33	0.33	330	200	6.2×10^{-4}
	풍화암		21	28	31	250	0.30	480	480	7.4×10^{-5}
	연 암		23	500	33	700	0.26	770	1,360	5.5×10^{-5}
	보통암		25	2,000	36	5,000	0.24	1,300	4,050	1.7×10^{-5}
	경 암		26	3,200	40	15,000	0.22	1,500	5,850	2.6×10^{-6}
깎 기 구 간	붕적층	모래	18	5	28	6	0.35	180	50	6.9×10^{-4}
	풍화토		19	18	29	60	0.33	330	200	6.2×10^{-4}
	풍화암		21	30	32	260	0.30	480	480	7.4×10^{-5}
	연 암		25	800	33	800	0.26	770	1,360	5.5×10^{-5}
	보통암		26	2,800	37	5,000	0.24	1,300	4,050	1.7×10^{-5}
	경 암		28	3,200	42	15,000	0.22	1,500	5,850	2.6×10^{-6}
터 널 구 간	붕적층	모래	18	5	28	6	0.35	180	50	6.9×10^{-4}
	풍화토		19	18	29	60	0.33	330	200	6.2×10^{-4}
	풍화암		21	30	32	280	0.30	480	480	7.4×10^{-5}
	V등급		23	400	33	500	0.26	1,300	3,880	6.4×10^{-5}
	Ⅳ등급		24	900	34	1,200	0.25	1,550	5,760	4.9×10^{-5}
	Ⅲ등급		25	2,200	38	6,000	0.24	1,700	7,220	5.1×10^{-6}
	Ⅱ등급		27	3,500	40	12,000	0.22	2,400	14,970	2.9×10^{-6}
	Ⅰ등급		27	4,200	44	20,000	0.21	2,550	17,550	9.2×10^{-7}

3.8.3 불연속체 설계지반정수

HFD 구간



구 분	HFD 1구간	HFD 2구간	HFD 3구간	HFD 4구간
STA.(km+m)	사업시점~5+600	5+600~15+500	15+500~23+000	23+000~사업종점
사업공구	1공구	2공구	3공구	4공구

HFD 구간별 불연속체 설계지반정수

구 분		절 리 군			점착력(kPa)			마찰각(°)			JCS (MPa)	JRC
		Set 1	Set 2	Set 3	Set 1	Set 2	Set 3	Set 1	Set 2	Set 3		
HFD 1구간	HFD1-1	42/111	49/307	62/066	48.0	43.0	31.0	30.9	31.1	31.7	59.9	8.6
	HFD1-2	49/252	41/112	75/352	34.0	39.0	27.0	30.1	29.9	29.4	52.0	7.1
	HFD1-3	82/186	67/130	56/320	34.0	25.0	35.0	29.9	30.5	29.9	25.4	8.4
	HFD1-4	64/188	–	–	46.0	–	–	32.6	–	–	27.6	13.0
HFD 2구간	HFD2-1	55/319	80/025	31/160	54.0	34.0	79.0	32.9	34.0	31.9	51.6	12.0
	HFD2-2	83/154	57/236	04/084	37.0	41.0	72.0	32.5	32.3	31.2	73.3	9.4
	HFD2-3	50/106	42/005	05/024	64.0	73.0	96.0	32.3	31.9	31.2	38.2	12.0
	HFD2-4	21/344	88/132	68/027	74.0	56.0	49.0	31.7	32.3	32.6	71.7	10.0
	HFD2-5	21/333	16/135	72/213	69.0	71.0	47.0	30.7	30.7	31.5	48.5	9.7

(계속)

구 분		절 리 군			점착력(kPa)			마찰각(°)			JCS (MPa)	JRC
		Set 1	Set 2	Set 3	Set 1	Set 2	Set 3	Set 1	Set 2	Set 3		
HFD 2구간	HFD2-6	68/345	46/090	51/263	33.0	38.0	35.0	30.3	30.0	30.2	46.2	7.5
	HFD2-7	45/178	55/110	45/334	53.0	43.0	53.0	31.4	31.8	31.4	55.6	9.6
HFD 3구간	HFD3-1	60/034	74/189	-	47.0	42.0	-	33.7	34.0	-	71.6	11.0
	HFD3-2	56/187	46/039	56/259	44.0	54.0	44.0	32.4	32.0	32.4	66.2	9.9
	HFD3-3	38/039	83/189	60/276	55.0	35.0	36.0	31.1	32.0	32.0	61.1	9.1
HFD 4구간	HFD4-1	32/070	87/345	55/270	50.0	37.0	34.0	30.3	30.7	30.9	57.4	7.9
	HFD4-2	48/089	89/121	74/229	48.0	42.0	34.0	34.5	34.8	35.5	42.4	14.0
	HFD4-3	13/086	63/319	70/004	57.0	43.0	33.0	30.0	30.5	30.9	53.6	8.0
	HFD4-4	13/165	69/287	69/334	40.0	39.0	39.0	31.4	31.4	31.4	58.2	8.8
	HFD4-5	26/130	63/343	66/041	43.0	37.0	33.0	32.5	32.8	33.0	63.4	10.0

3.8.4 기타 설계지반정수

쌓기재 설계지반정수

구 분	단위중량(kN/m³)	점착력(kPa)	내부마찰각 (°)	비고
쌓기재(토사)	18.0	15.0	28.0	

지중응력 측압계수

구 분	강매터널	문봉터널	금촌터널	비고
시험결과	2.04~2.78	2.72~3.67	1.79~2.48	

제6편 교량기초 설계

제1장 교량기초 설계개요

제2장 기초형식 선정

제3장 교량기초 설계정수

제4장 교량기초 안정성 검토

제5장 교량기초 시공방안 검토

제6장 기초의 품질 및 유지관리 계획

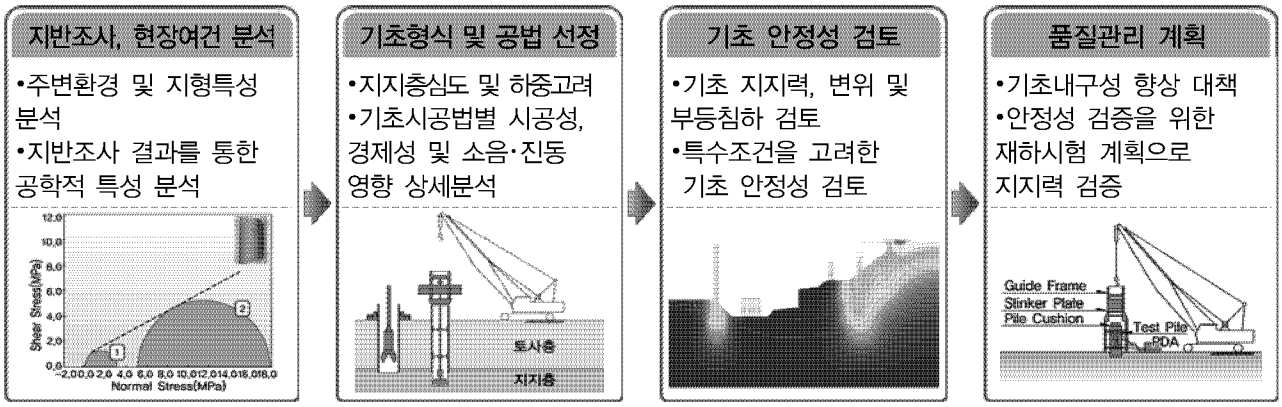
제 1 장 교량기초 설계개요

1.1 설계개요

기본방향	•지층분포, 시공조건, 교량 상부구조 형식 및 환경성을 고려한 최적의 기초형식 선정 •구조물인접 시공구간, 고성토부 교대 등 주요 구간의 기초안정성 검토 •선정된 기초형식의 안정성 확보를 위한 재하시험 및 시공 중 품질관리 계획 수립

1.1.1 기본방향

◎ 교량기초 설계흐름



◎ 지반조사 설계활용

조사항목		조 사 내 용	설 계 활 용
지표지질조사		•교량구간의 지형 및 지질특성 파악 •사업구간의 노두조사로 암종분포 특성 파악	•교량위치 선정 및 지층특성 파악 •암반 절리파악에 의한 기초 안정성 검토
시 추 조 사		•교량구간의 지층분포 및 기반암 심도 확인 •기반암 상태조사 및 연경도 파악(SPT 수행)	•지지층확인을 통한 기초형식 선정에 활용 •설계 지지력 검토 시 문헌치 판단에 활용
공내재하시험		•기반암의 하중에 대한 변형특성 파악	•변형계수(E_d) 및 탄성계수(E_s)
DHT 시험		•구조물 내진해석을 위한 동적지반정수 산정	•인공지진파 산정 후 구조물 내진해석 수행
실내 시험	토질	•비중, 함수비, 액·소성한계 등	•흙의 분류 및 지반특성 파악
	암석	•일축압축강도, 점하중강도 등	•암반 지지기초의 안정성 검토

1.1.2 교량현황

● 교량 현황 (STA. 21+220.0 ~ 32+760.5)

교 량 명	위치(STA.)	교량형식	경간/연장	지 지 층	기초형식
금촌육교	0+606.400~0+647.197	IPC GIRDER교	단경간 / 40.0 m	연암	직접기초
아동육교	0+054.300~0+089.400	PSC Beam교	단경간 / 35.0 m	풍화암	강관말뚝기초
금촌2교	0+117.400~0+152.763	PSC Beam교	단경간 / 35.0 m	풍화암	강관말뚝기초
금촌3교	23+191.327~23+466.101	IPC GIRDER교	7경간 / 274.0 m	풍화암/연암	직접/복합/강관말뚝기초
월롱육교	25+684.700~25+701.400	함형라멘교	2련 / 16.7 m	연암	직접기초
월롱지하차도	25+888.120~25+963.120	함형라멘	2련 / 75.0 m	풍화토	직접기초
월롱IC교	26+461.476~26+479.210	PSC Beam교	단경간 / 35.0 m	풍화암	강관말뚝기초
월롱교	26+599.355~27+039.955	PSC 박스GIRDER교	4경간 / 440.0 m	풍화암/연암	직접/강관말뚝기초
덕은교	28+147.500~28+198.106	IPC GIRDER교	단경간 / 50.0 m	풍화암/연암	강관말뚝기초
능산1교	29+128.280~29+148.280	합성형라멘교	단경간 / 20.0 m	연암	강관말뚝기초
능산2교	29+205.000~29+275.114	PSC Beam교	2경간 / 70.0 m	연암	강관말뚝기초
능산3교	29+553.000~29+568.000	RC 라멘교	단경간 / 15.0 m	연암	강관말뚝기초
능산4교	30+214.000~30+414.298	IPC GIRDER교	4경간 / 200.0 m	풍화암/연암	직접/강관말뚝기초
내포육교	31+525.000~31+555.000	함형라멘교	단경간 / 30 m	연암	직접기초
내포교	31+943.000~31+968.436	PSC Beam교	단경간 / 25.0 m	풍화암/연암	강관말뚝기초
내포1교	32+070.000~32+085.000	RC 라멘교	단경간 / 15.0 m	풍화암	강관말뚝기초
내포IC R-A교	0+238.490~0+417.490	St. Box거더교	3경간 / 179.0 m	풍화암/연암	복합/강관말뚝기초
내포IC R-B1교	32+703.500~32+754.283	IPC 거더교	단경간 / 50.0 m	연암	강관말뚝기초
내포IC R-B2교	0+033.041~0+074.556	IPC 거더교	단경간 / 40.0 m	풍화암	강관말뚝기초
내포IC R-B3교	0+154.000~0+179.131	PSC Beam교	단경간 / 25.0 m	풍화암	강관말뚝기초
대명골천교	0+142.750~0+167.800	PSC Beam교	단경간 / 25.0 m	연암	강관말뚝기초

1.2 교량기초 주요검토사항

기본방향	•교량기초 설계에 있어 시추조사와 현장 및 실내시험 결과를 종합적으로 분석 •교량기초 설계 시 상부구조물, 하중조건, 지반특성 및 현장여건을 고려한 주요 검토사항을 분석하여 최적의 설계수행

1.2.1 주요 설계 검토사항

검 토 사 항		검 토 내 용
기초형식 적정성		•기초형식검토 : 지형 및 지질, 구조물의 특성 및 기타 시공조건 등을 고려 •기초형식선정 : 경제성, 시공성 및 환경영향을 고려한 최적의 기초형식 선정
설 계 안정성	지지력 및 변위	•얕은 기초의 안정성 : 연직지지력, 변위 •깊은 기초의 안정성 : 연직 및 수평지지력, 변위, 군말뚝효과를 고려한 말뚝해석 •부등침하에 대한 안정성 검토
	현장여건을 고려한 안정검토	•쌓기 교대부 안정성 검토 및 고성토 구간 측방유동 검토 •지지층 및 기초형식 상이구간 기초의 안정성 검토 •근접시공에 따른 인접구조물의 안정성 검토
기초 시공방안		•얕은 기초의 시공성 검토 •가시설 공법 안정성 검토 •환경성 평가를 통한(소음진동) 기초시공법 선정(매입말뚝선정)
유지관리 및 품질관리계획		•깊은 기초의 재하시험 계획 및 얕은 기초의 평판재하시험 계획 •강관/현장타설 말뚝기초 품질관리 및 계측계획 수립

1.2.2 적용 프로그램

분 야	프로그램명	내 용	설 계 적 용
수치해석	Midas GTS	연속체 해석을 통한 지반거동분석	•상이 기초형식 및 지층변화구간의 부등침하 검토 •시공단계를 고려한 고성토 교대부 안정성 검토 •근접시공에 따른 안정성 검토
	SLOPILE	2차원적 거동분석	•교대부 고성토구간 측방유동 안정성 검토
말뚝검토	GROUP 6.0	군말뚝의 수평력 해석	• p-y곡선을 이용한 군말뚝의 수평 거동 검토
기타검토	Tarlen97, SLOPE/W	임시 비탈면 안정검토	•얕은 기초 터파기시 임시 비탈면에 대한 검토
	SEEP/W	침투류 해석	•기초 터파기 지하수 유입량 검토

제 2 장 기초형식 선정

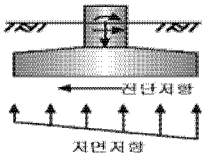
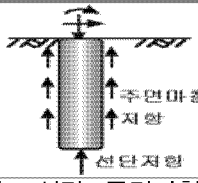
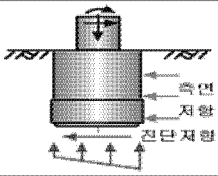
2.1 기초형식 검토

기본방향	•지층구성 및 특성파악으로 지지층심도와 주변 환경영향을 고려한 합리적인 기초형식 도출 •직접기초 적용 가능성을 우선 검토한 후 안정성, 시공성 및 경제성에 따라 깊은기초 적용 •기초형식은 내적(구조물 특성, 지반조건) 및 외적(현장조건, 시공성)요인에 의해 선정

2.1.1 기초형식 선정 시 고려사항

환경 영향	•시공 중 환경오염 및 소음 · 진동에 의한 주민 생활 불편을 최소화 할 수 있는 기초형식 선정
지반 조건	•지층 분포현황 및 지반의 공학적 특성을 고려한 기초형식 선정
안 정 성	•상부 구조형식에 의한 작용하중을 원활히 지지하여 구조물 기능을 유지할 수 있는 기초형식 선정
경 제 성	•지반상태 변화에 대한 능동적 대처 및 장비 접근성 등이 고려된 경제적인 기초형식 선정

2.1.2 기초형식 선정기준

기 초 형 식	직 접 기 초	깊 은 기 초	
		말 뚝 기 초	우 물 통 기 초
개요도			
	•연직력 : 저면반력 •수평력 : 기초저면의 전단저항 (마찰저항)	•연직력 : 선단, 주면마찰저항 •수평력 : 말뚝 휨강성, 주변지반 수동저항	•연직력 : 저면반력 •수평력 : 측면반력 및 전단저항 (마찰저항)
적 용 기 준	•기초심도 : 5.0~8.0m 내외 •시공성, 경제성을 고려하여 선정 •터파기내 장애물이 없고 시공 중 배수처리가 곤란하지 않을 것	•기초심도 : 5.0~60.0m •현장조건 및 하중조건에 따라 기성말뚝과 현장타설 말뚝으로 나누어 적용	•기초심도 : 5.0~30.0m •연직하중이 큰 구조물 •하상, 수상 등 말뚝기초형식 적용이 곤란한 지역

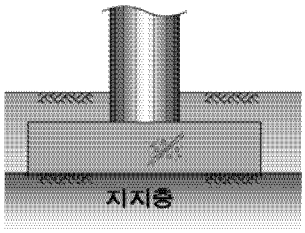
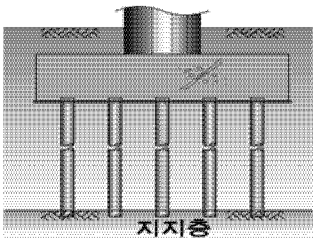
◎ 기초형식 설계기준

구 분	선 정 기 준 (D_f : 근입깊이, B : 기초 최소폭)
도로설계요령(2002)	•지지층 : 사질토 N>30, 점성토 N>20 •직접기초 : 지지층 5~10m 이내, 말뚝기초 : 지지층 5~10m 이상
구조물기초 설계기준(2008)	•직접기초 : $D_f/B=1.0$ 이하, 말뚝기초 : $D_f/B=1.0$ 이상
도로교 설계기준 해설(2008)	•직접기초 : $D_f/B=1/2$ 이하
깊은기초(지반공학시리즈)	•직접기초 : $D_f/B=1.0$ 이하, 말뚝기초 : $D_f/B=1.0$ 이상

◎ 기초형식 선정기준

기초 형식	지지층 (풍화암 이상) 심도
직접 기초	•심도 5.0m~8.0m 이내 (Mass Con'c 3m 이하 타설) 기초저판은 동결심도 이상 근입
말뚝 기초	•심도 8.0m이상 지지층의 확실한 근입을 위해 풍화암층은 2D이상 및 연경암은 1.0D이상 근입

2.1.3 기초형식 검토

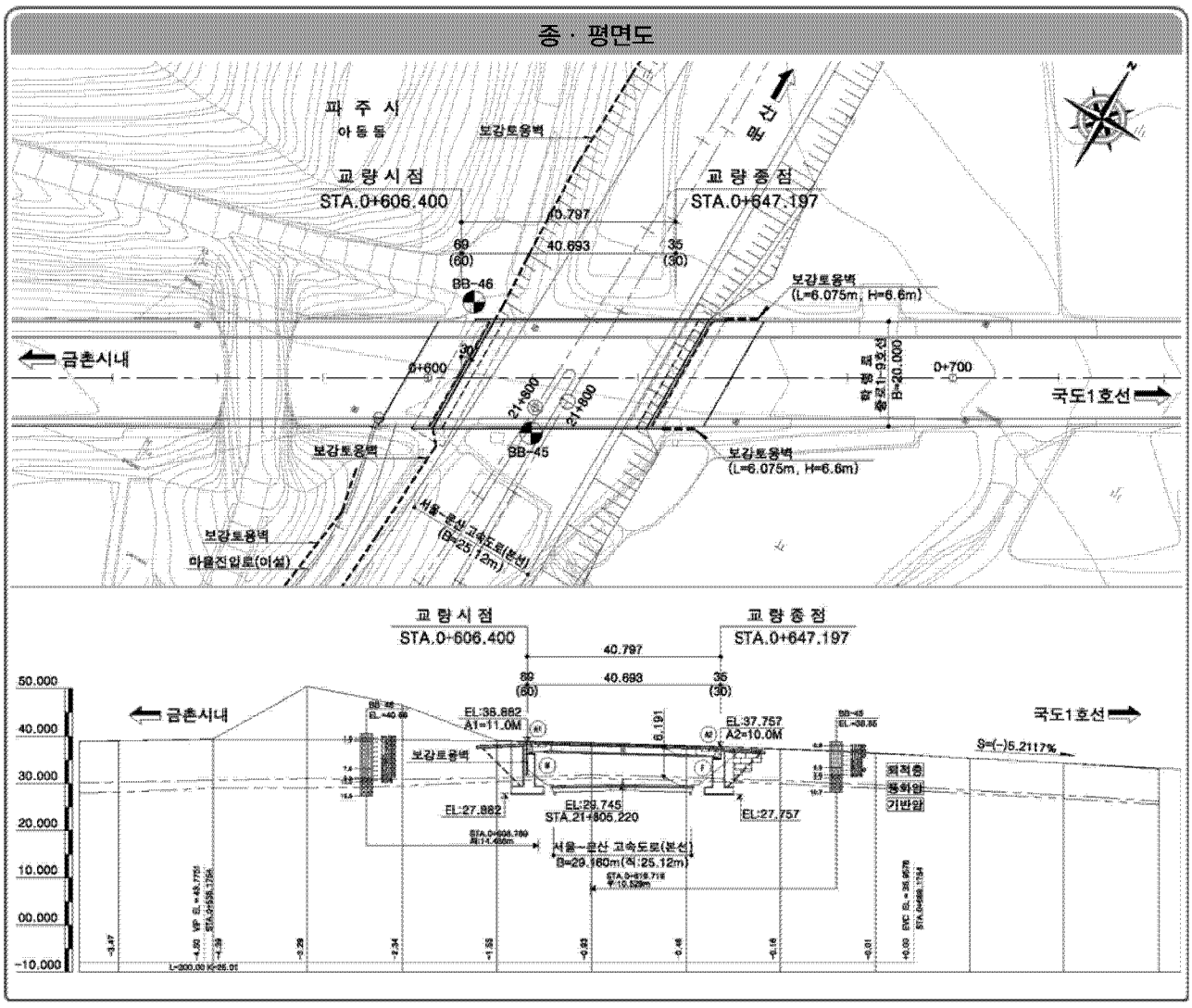
기초형식	얕은기초	깊은기초
	직접기초	강관말뚝기초
개요도		
공법개요	•소요 지지력을 갖는 지반까지 굴착하여 기초를 직접 설치	•항타기를 이용 직접 항타, 천공 후 항타 적용 •중굴말뚝 시공 시 시멘트풀 주입 불필요 •매입말뚝적용 시 시멘트풀 주입
공법구별	•독립기초 •줄기초 •복합기초 •전면(Mat)기초	•강관 및 기성(PHC)항타 말뚝 •매입 및 내부굴착 말뚝
특징	•지지층 확인 가능 •양호한 품질유지, 공사비 저렴 •굴착심도가 깊은 경우 별도의 가설공사 필요	•깊은 굴착이 가능 •수직도 유지 용이 •자갈, 전석층인 경우 항타 시공 곤란
적용기준	•기초심도 5.0~8.0m 이내 •시공성, 경제성 고려 •연직하중은 침하영향내로 검토 •터파기 영향권 내 장애물이 없고 배수처리가 양호한 지역	•관입성 및 시공성검토 •연직하중 100~200ton •상부에 비교적 연약 토사층 및 퇴적층 등이 분포하는 지역
적용구간	기초심도 5.0~8.0m 이내 구간	기초심도 5.0~8.0m 이상 구간
검토결과 – 지반조건	•지층현황 분석시 지지층 심도가 깊어 직접기초 형식 구간이 많지 않은 것으로 분석 •전반적으로 지지층심도가 깊어 연직 및 수평력 확보에 우수한 기초 선정 •지층구성상태, 현장여건 및 상부하중규모에 따라 직접기초 및 깊은기초 (복합/강관말뚝기초)로 선정	
검토결과 – 시공조건	•깊은 기초 시공법 비교 검토에 의한 강관말뚝 시공법 선정 •시공 시 소음에 의한 민원예상구간 및 항타 시공이 어려운 자갈, 전석층에 매입말뚝 선정	

2.1.4 기초형식 선정

○ 기초형식 선정

▮ 금촌육교 (STA. 0+606.400 ~ 0+647.197)

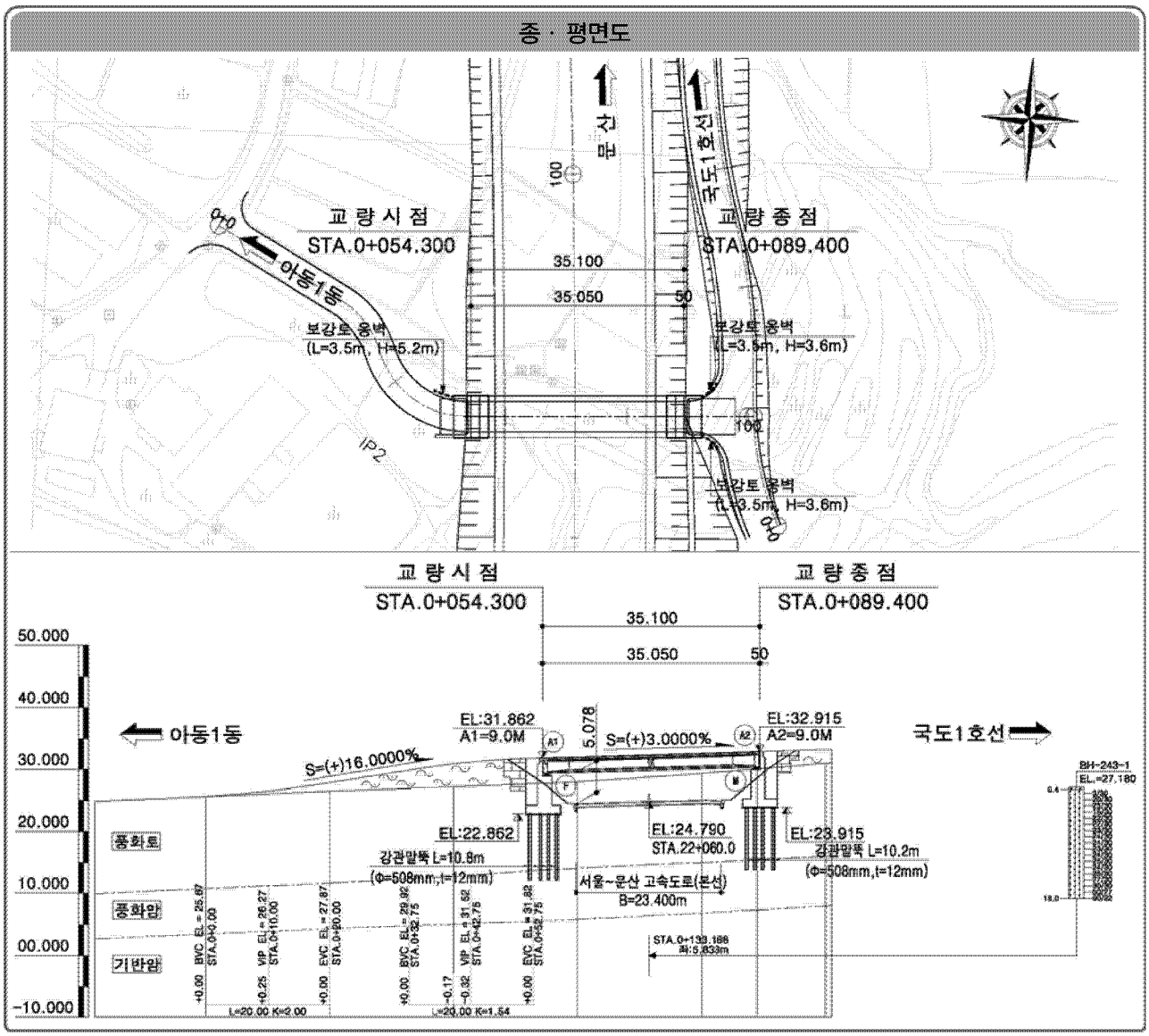
종 · 평면도



교량형식	•상부구조 형식 : IPC GIRDER교 •단경간 : L = 40m				
지 층 분 석	•상부 매립층, 모래질 점토 및 실트질 모래, 풍화토층, 풍화암층 분포				
기초 형식 선정					
위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(시내-국도1호선)	BB-46	G.L-10.3m	연암	직접기초	가시설 공법
A2(시내-국도1호선)	BB-45	G.L-7.7m	연암	직접기초	
선 정 사 유	•지지층인 연암층이 GL(-)7.7~10.3m 심도에 분포하여 직접기초 선정				

■ 아동육교 (STA. 0+054.300 ~ 0+089.400)

종 · 평면도



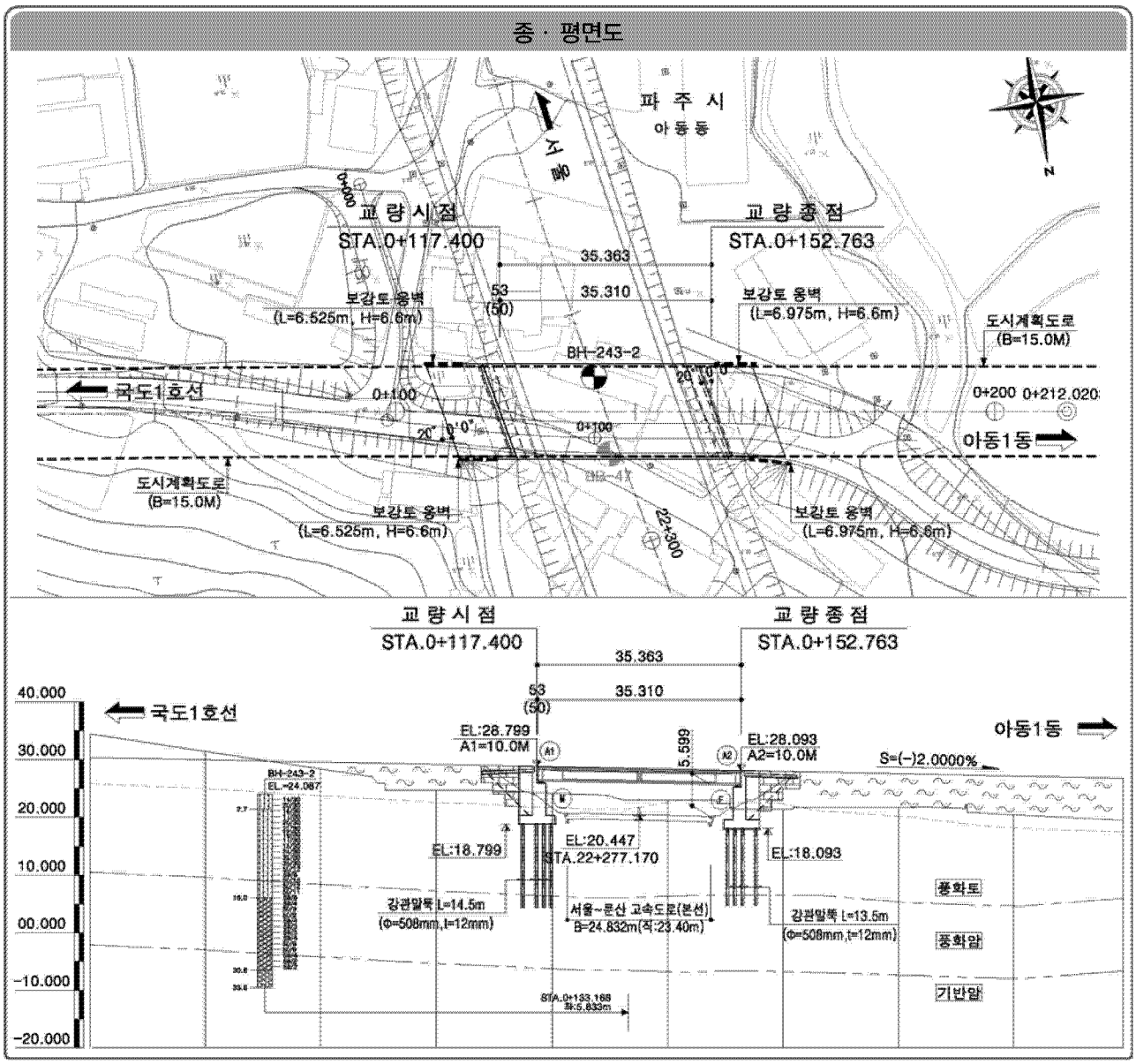
교량형식	•상부구조 형식 : PSC Beam교 •단경간 : L = 35.1m
지 층 분 석	•상부 매립층, N값 : 3~23 풍화토층 분포 •하부 N값 : 15~50 풍화토층, 풍화암층 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1	BH-243-1	G.L-14.0m	풍화암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2	BH-243-1	G.L-14.6m	풍화암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 풍화암층이 GL(-)14.0~14.6m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초로 선정				

▮ 금촌 2교 (STA. 0+117.400 ~ 0+152.763)

종 · 평면도



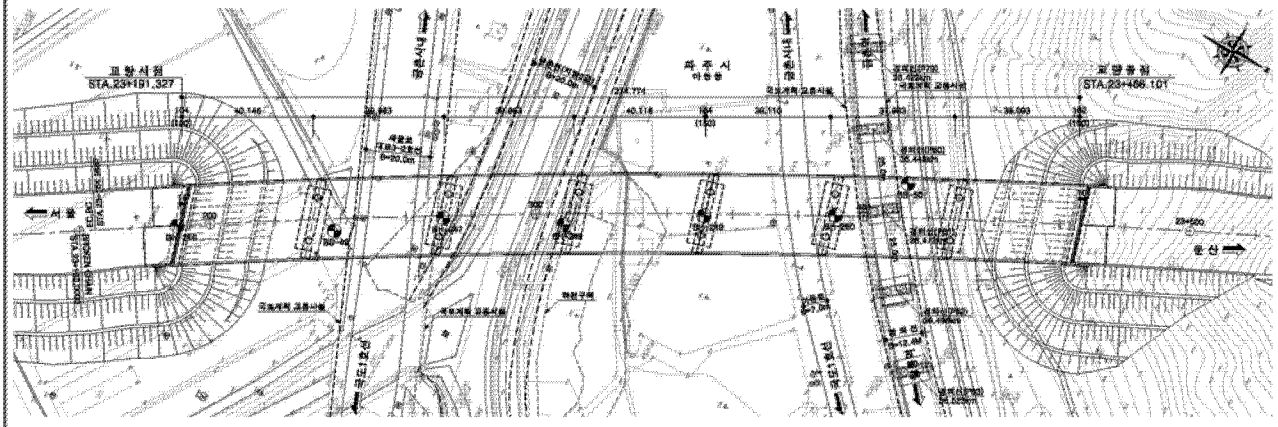
교량형식	•상부구조 형식 : PSC Beam교 •단경간 : L = 35m
지 층 분 석	•상부 매립층, N값:14~20 풍화토층 분포 •하부 N값:17~50 풍화토층, 풍화암층 분포

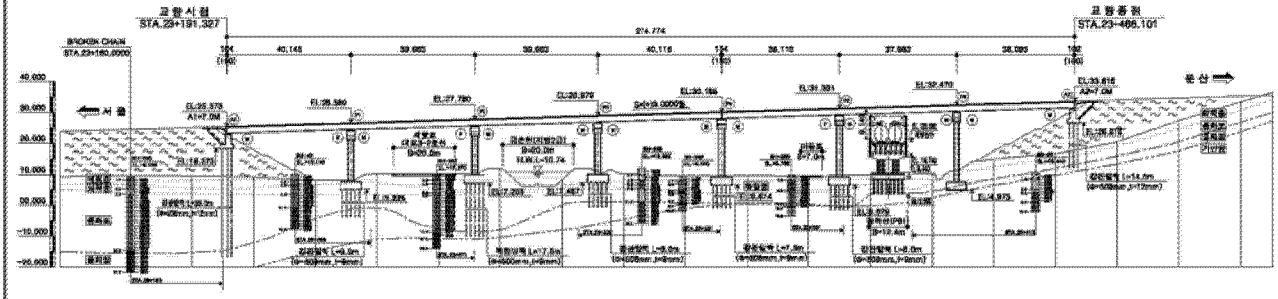
기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-243-2	G.L-18.0m	풍화암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2(서울-문산)	BH-243-2	G.L-18.0m	풍화암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 풍화암이 GL(-)18.0m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

■ 금촌 3교 (STA. 23+191.327 ~23+466.101)

종 · 평면도





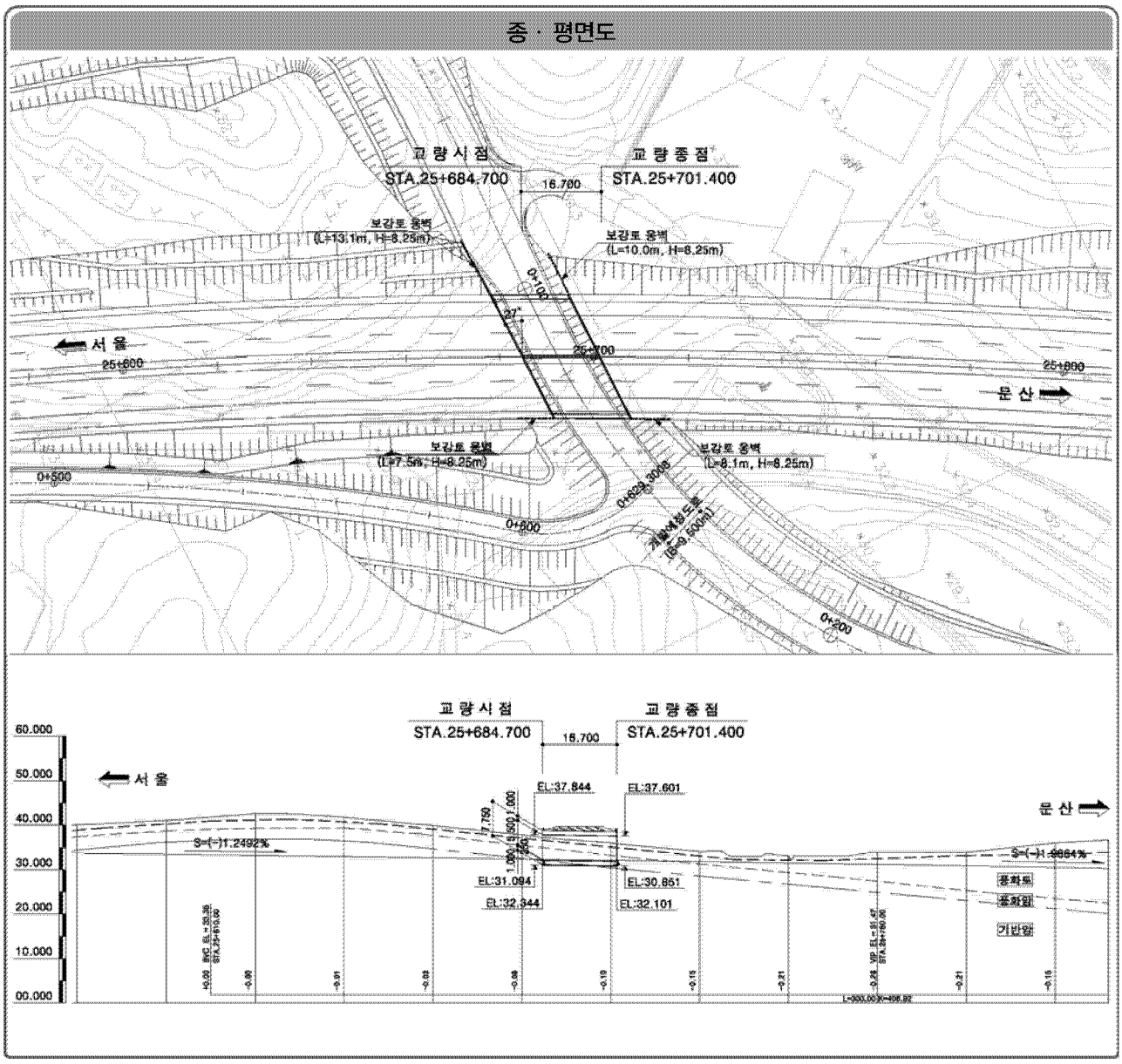
교량형식	•상부구조 형식 : IPC GIRDER교 •7경간 : L = 274.8m
지 층 분 석	•상부 매립층, 붕적층 퇴적층, N값 : 5~50 풍화토층, N값 : 50 풍화암층 분포 •하부 풍화암층 및 RQD:7% 연암층 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-246	G.L-24.0m	풍화암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법 가시설 공법
P1(서울-문산)	BB-49	G.L-11.0m	풍화암	강관말뚝기초	
P2(서울-문산)	BH-247	G.L-19.0m	풍화암	복합 말뚝기초	
P3(서울-문산)	BH-248	G.L-11.0m	풍화암	강관말뚝기초	
P4(서울-문산)	BH-249	G.L-9.5m	연 암	강관말뚝기초	
P5(서울-문산)	BH-250	G.L-10.2m	연 암	강관말뚝기초	
P6(서울-문산)	BB-50	G.L-5.0m	풍화암	직접기초	
A2(서울-문산)	BB-50	G.L-4.5m	풍화암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 풍화암 및 연암층이 GL(-)4.5~24.0m 이상 심도에 분포하여 직접기초 및 말뚝기초 선정				

▮ 월롱육교 (STA. 25+684.700 ~ 25+701.400)

종 · 평면도



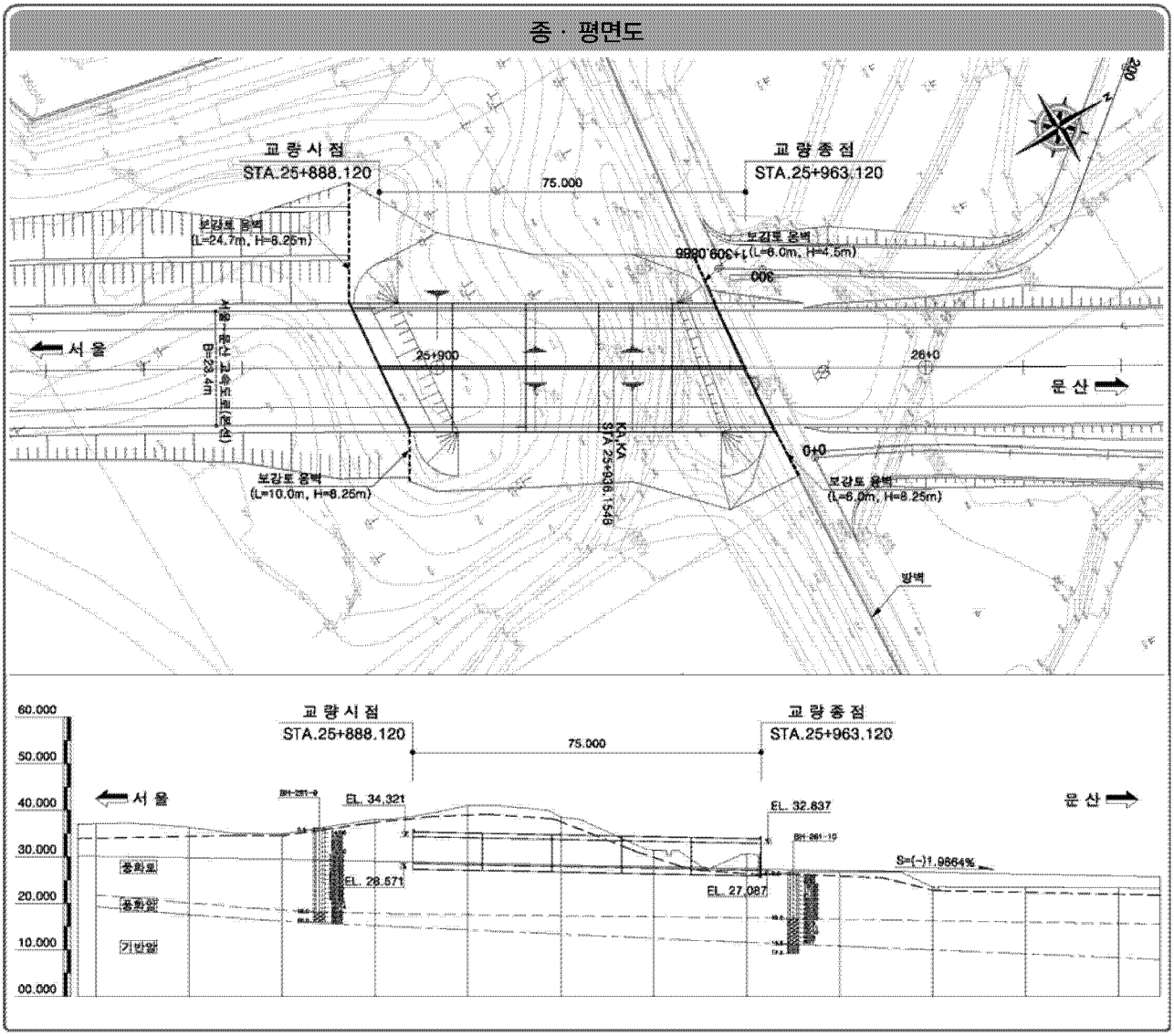
교량형식	•형식 : 2련 함형라멘 •연장 : L = 16.7m
지 층 분 석	•상부 매립토층, 풍화토층, 풍화암층 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
시점	BH-261-9	G.L-5.1m	기반암	직접기초	
종점	BH-261-9	G.L-5.6m	기반암	직접기초	
선 정 사 유	•지지층인 연암이 GL(-)2.2~2.8m 이상 심도에 분포하여 직접기초 선정				

▮ 월롱 지하차도 (STA. 25+888.120 ~ 25+963.120)

종 · 평면도

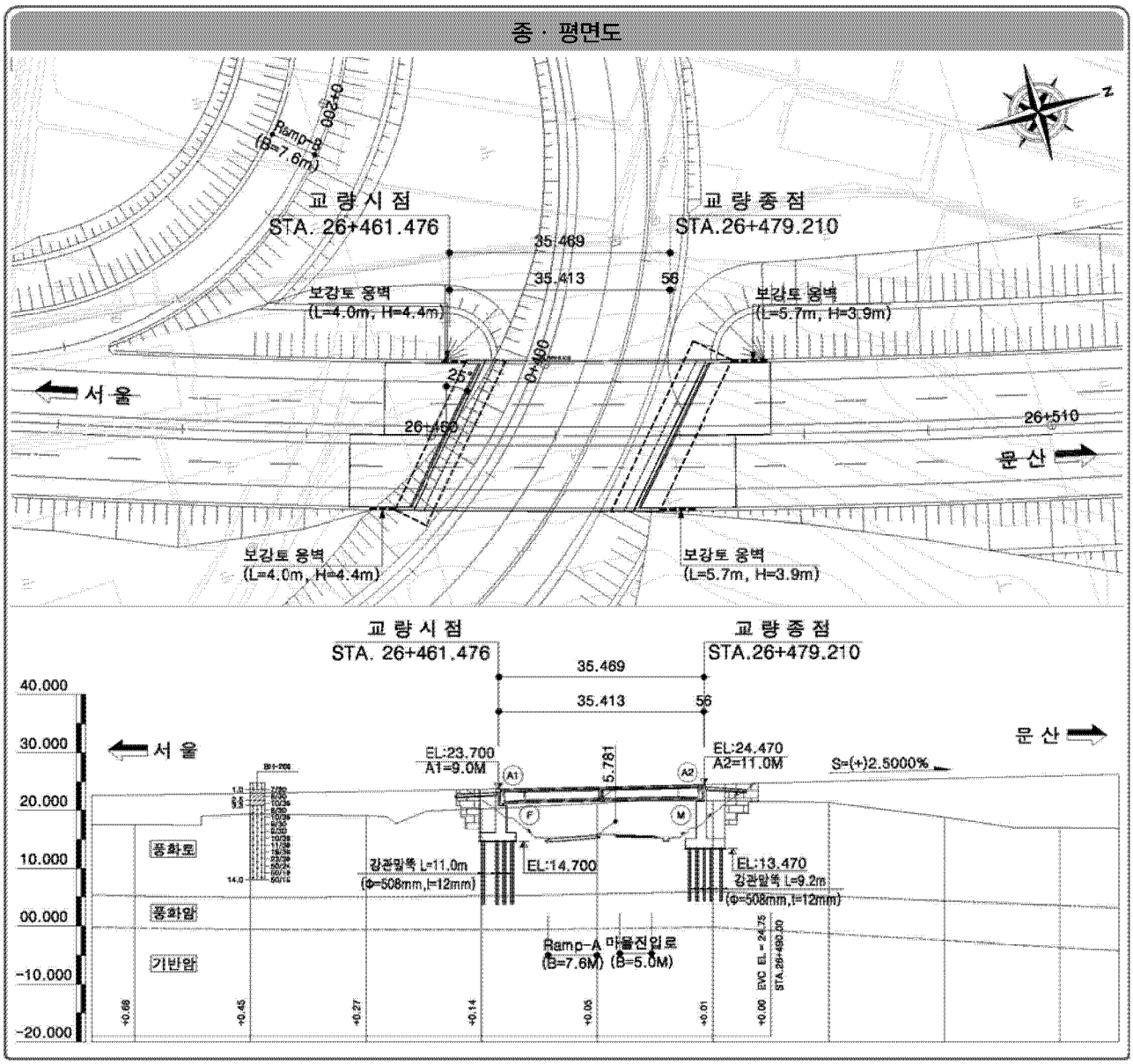


교량형식	•형식 : 2련 함형라멘 •연장 : L = 75.0m
지 층 분 석	•상부 매립층, N값 : 7~16 풍화토층 분포 •하부 N값 : 3~50 풍화토층, 풍화암층 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
시점(서울-문산)	BH-261-9	G.L-0.5m	풍화토	직접기초	종점측 길이 10m 깊이 2m 치환
종점(서울-문산)	BH-261-10	G.L-0.5m	풍화토	직접기초	
선 정 사 유	•지지층인 풍화토층 GL(-)0.5m 이상 심도에 분포하며 시점측은 N값이 16 정도로 안정하나 종점측은 N값 3~8이 2m 정도 분포하여 양질의 토사로 치환				

▮ 월롱 IC교 (STA. 26+461.476~26+479.210)



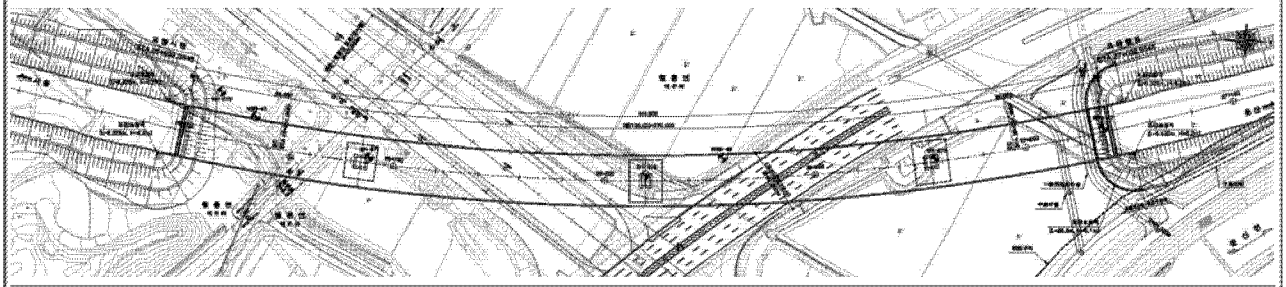
교량형식	•상부구조 형식 : PSC Beam교 •단경간 : L = 35m
지 층 분 석	•상부 매립층, 실트질 점토, 붕적층, N값: 7~10 풍화토층 분포 •하부 N값: 9~50 풍화토층, 풍화암층 분포

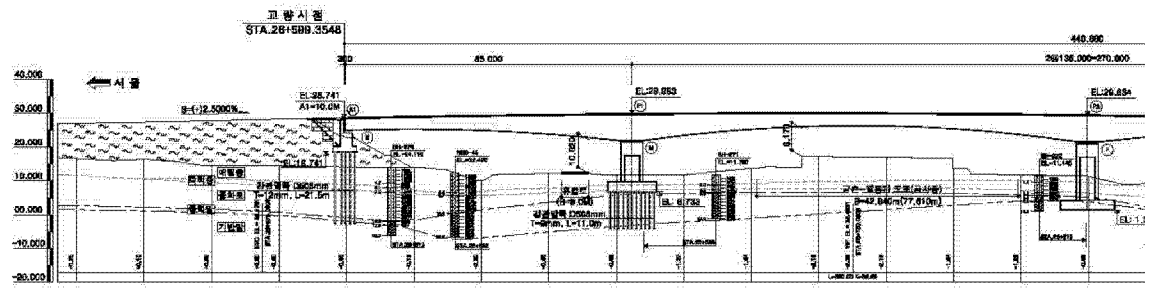
기초 형식 선정

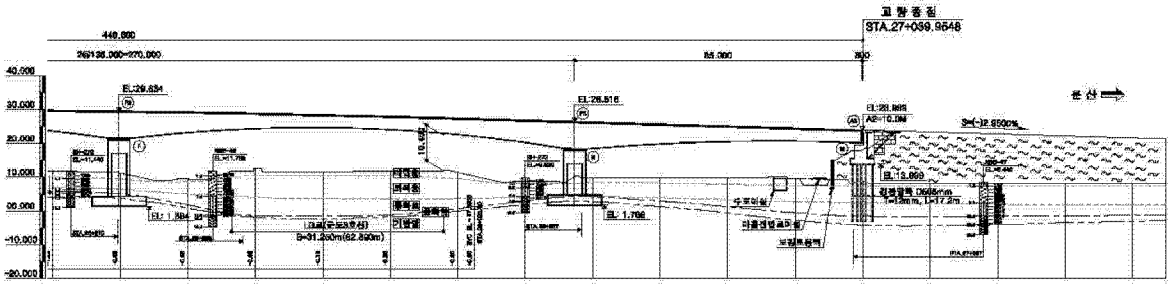
위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-268-1	G.L-15.1m	풍화암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2(서울-문산)	BH-268-1	G.L-15.8m	풍화암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 풍화암이 GL(-)15.1~15.8m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

▮ 월롱교 (STA. 26+599.3548 ~ 27+039.9548)

종 · 평면도







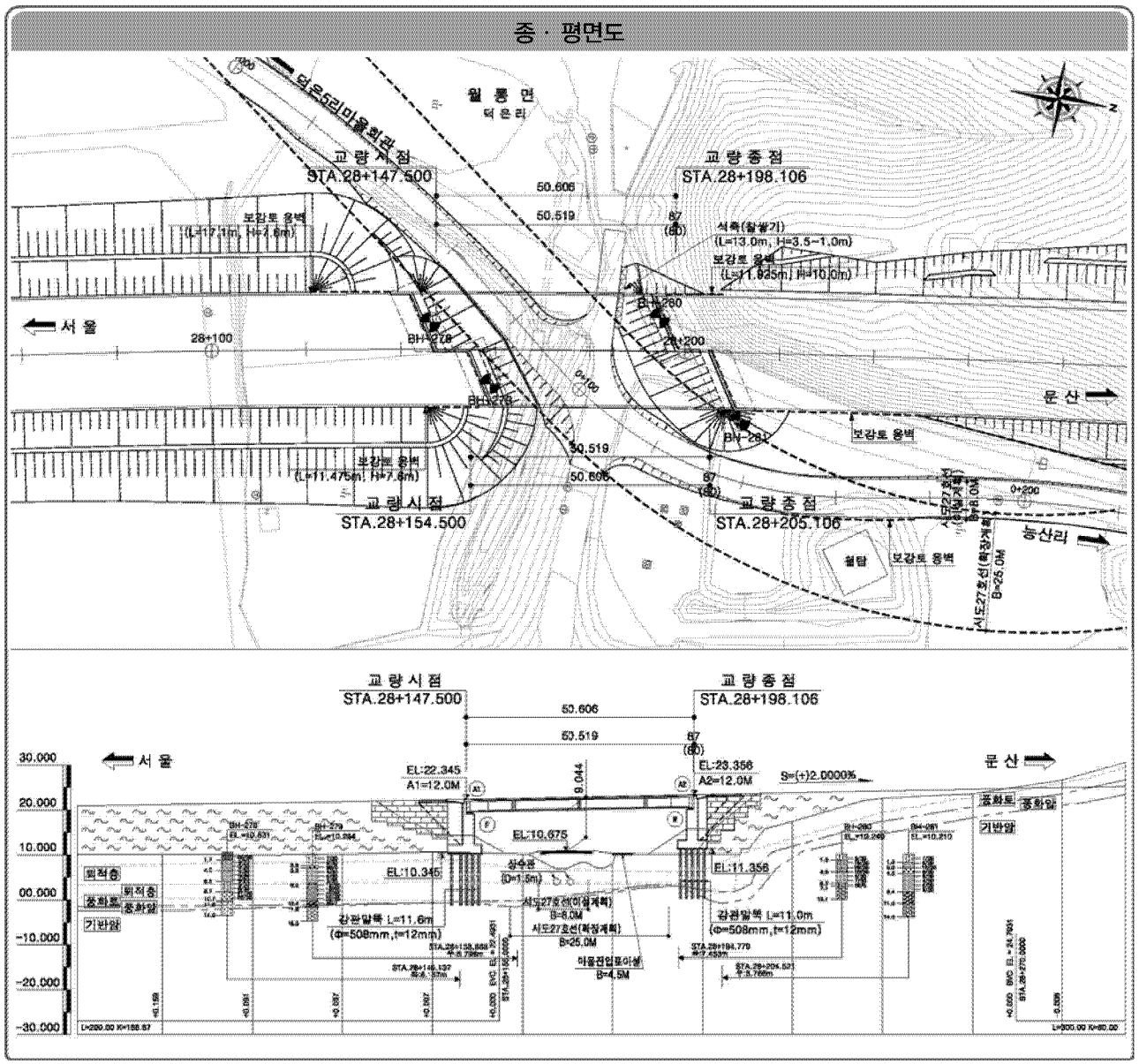
교량형식	•상부구조 형식 : PSC 박스GIRDER교 •4경간 : L = 440m
지 층 분 석	•상부 매립층, 붕적층, 모래질 실트, 실트질 모래, 모래질 자갈, 풍화토층 및 풍화암층으로 분포 •하부 풍화암층, RQD:12~25% 연암층 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-270	G.L-16.0m	연 암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법 Open Cut 공법
P1(서울-문산)	BH-271	G.L-13.0m	연 암	강관말뚝기초	
P2(서울-문산)	BH-272	G.L-6.3m	연 암	직접기초	
P3(서울-문산)	BH-273	G.L-5.5m	연 암	직접기초	
A2(서울-문산)	NBB-47	G.L-10.0m	풍화암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 풍화암 및 연암층이 GL(-)5.5~16.0m 이상 심도에 분포하여 직접기초 및 말뚝기초 선정				

▮ 덕은교 (서울방향 : STA. 28+147.500 ~ 28+198.106)

종 · 평면도

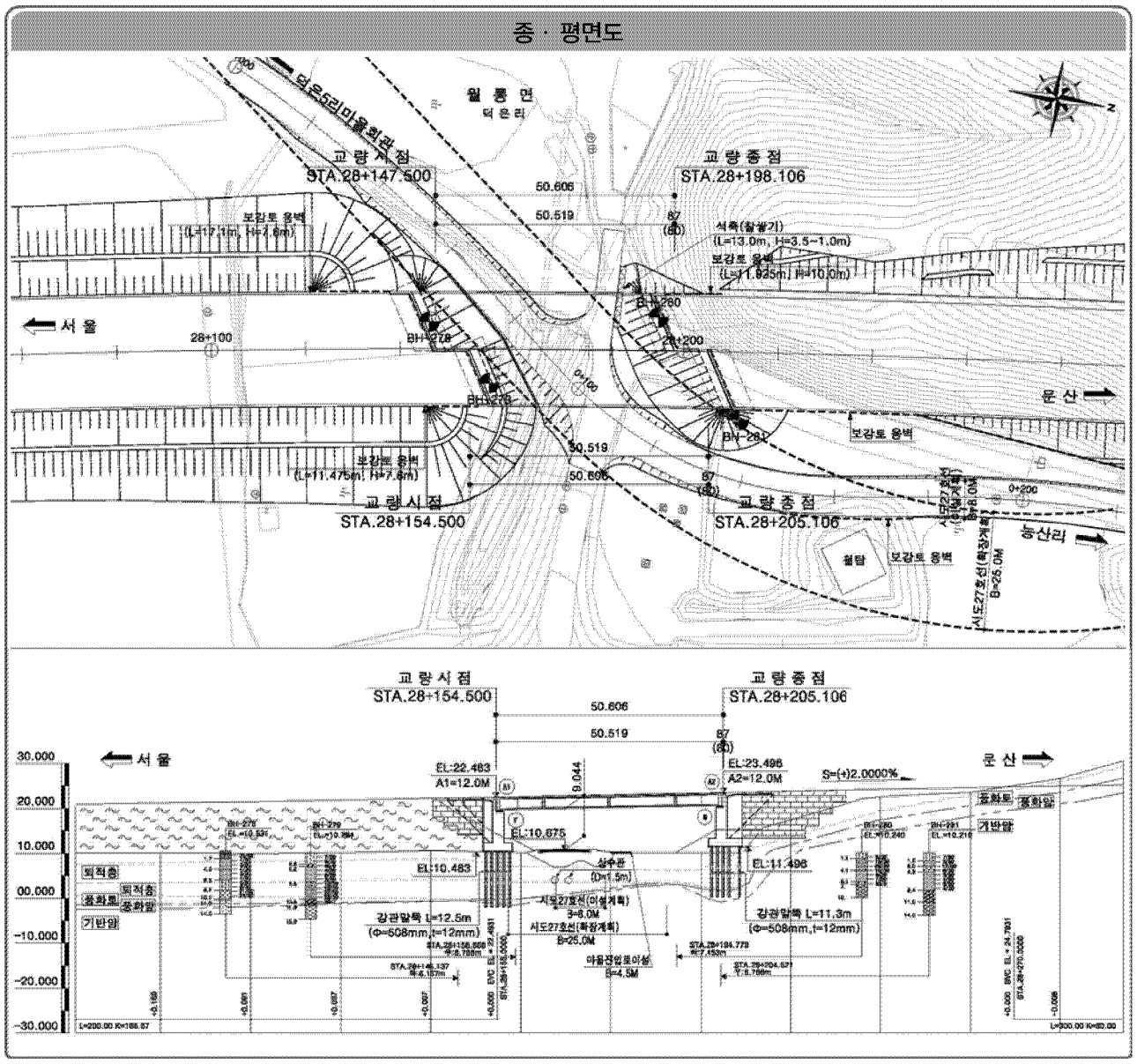


교량형식	•상부구조 형식 :IPC GIRDER교 •단경간 : L = 50.6m
지 층 분 석	•하부 매립층, N값 : 3~8, 모래질 점토층, 실트질 모래, 자갈질 모래층, 풍화토층 및 풍화암층 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-278	G.L-11.1m	연 암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2(서울-문산)	BH-280	G.L-8.7m	연 암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 연암이 GL(-)8.7~11.1m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

■ 덕은교 (문산방향 : STA. 28+154.500 ~ 28+205.106)



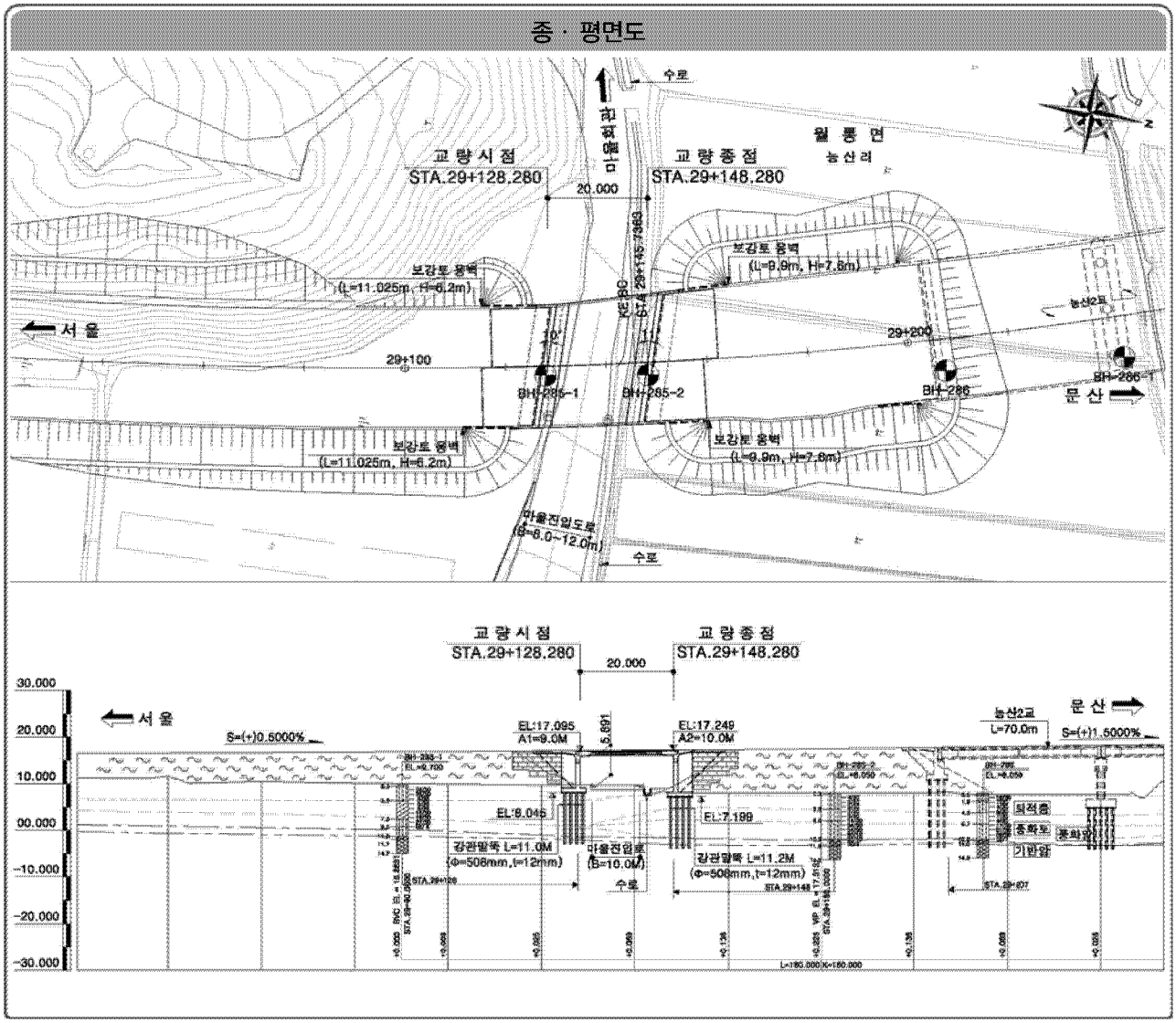
교량형식	•상부구조 형식 :IPC GIRDER교 •단경간 : L = 50.6m
지 층 분 석	•하부 매립층, N값 : 3~5 모래질 점토층, 실트질 모래, 자갈질 모래층, 풍화토층 및 풍화암층 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-279	G.L-11.1m	연 암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2(서울-문산)	BH-281	G.L-8.7m	연 암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 연암이 GL(-)8.7~11.1m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

▮ 능산 1교 (STA. 29+128.280 ~ 29+148.280)

종 · 평면도



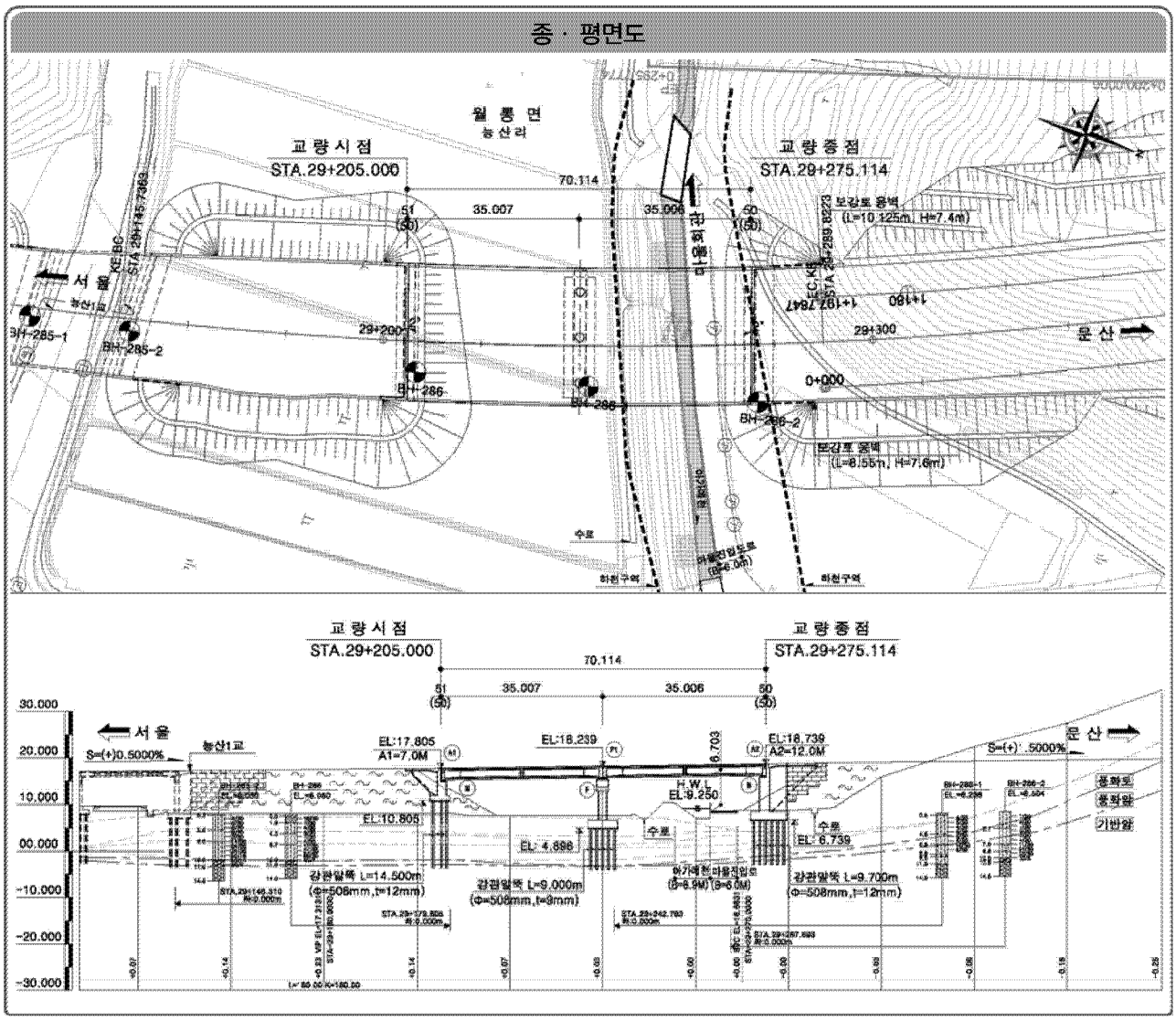
교량형식	•상부구조 형식 : 합성형라멘 •단경간 : L = 20m
지 층 분 석	•상부 매립층, 실트질 모래 분포 •하부 N값: 2~3 점토질 실트, N값: 4~19 점토질 모래층, 풍화토, 풍화암 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-285-1	G.L-11.7m	연 암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2(서울-문산)	BH-285-2	G.L-10.0m	연 암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 연암층이 GL(-)10.0~11.7m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

▮ 능산 2교 (STA. 29+205.000 ~ 29+275.114)

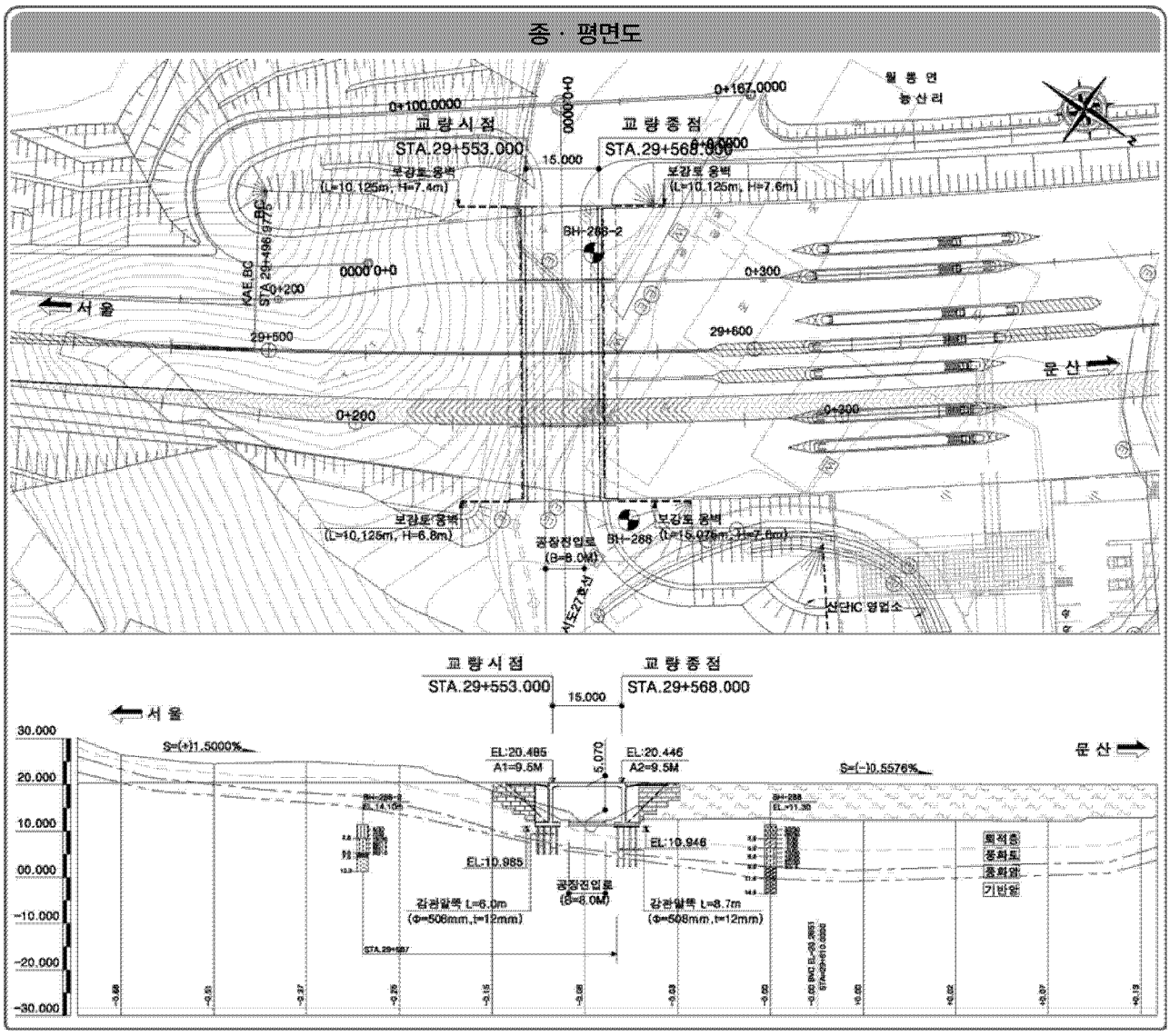
종 · 평면도



교량형식	•상부구조 형식 : PSC Beam교 •2경간 : L = 70m				
지 층 분 석	•상부 매립층, N값 : 4~7 자갈질 모래층 분포 •하부 N값 : 2~7 점토질 실트, 자갈질 모래층, 풍화토, 풍화암 분포				
기초 형식 선정					
위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-286	G.L-11.0m	연 암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
P1(서울-문산)	BH-286-1	G.L-11.0m	연 암	강관말뚝기초	
A2(서울-문산)	BH-286-2	G.L-10.9m	연 암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 연암층이 GL(-)10.9~11.0m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

▮ 능산 3교 (STA. 29+553.000 ~ 29+568.000)

종 · 평면도



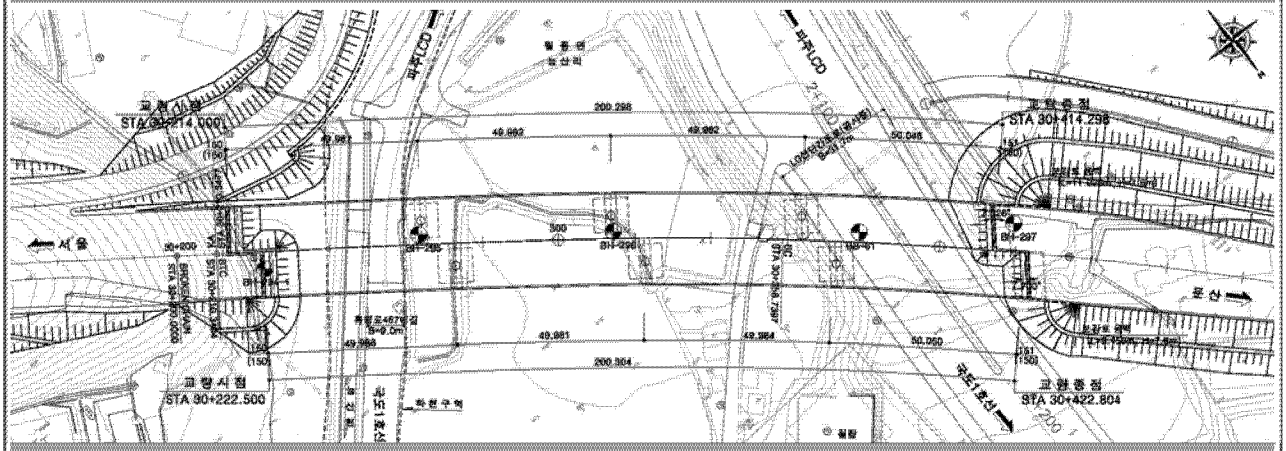
교량형식	•상부구조 형식 : RC 라멘 •단경간 : L = 15m
지 층 분 석	•상부 매립층, N값 : 4~33 실트질 모래 분포 •하부 N값 : 5~10 점토질 모래층, 풍화토층, 풍화암층, 연암층 분포

기초 형식 선정

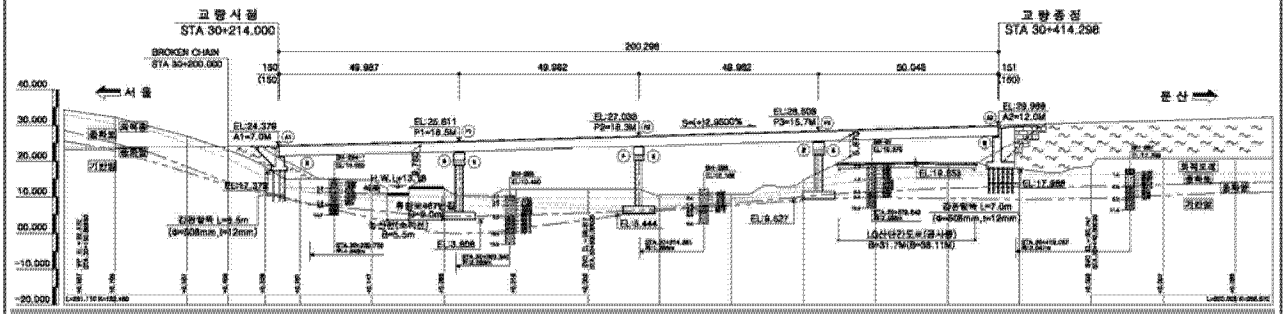
위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1	BH-288-2	G.L-8.6m	연 암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2	BH-288	G.L-7.2m	연 암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 연암층이 GL(-)7.2m~8.6m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

▌능산 4교

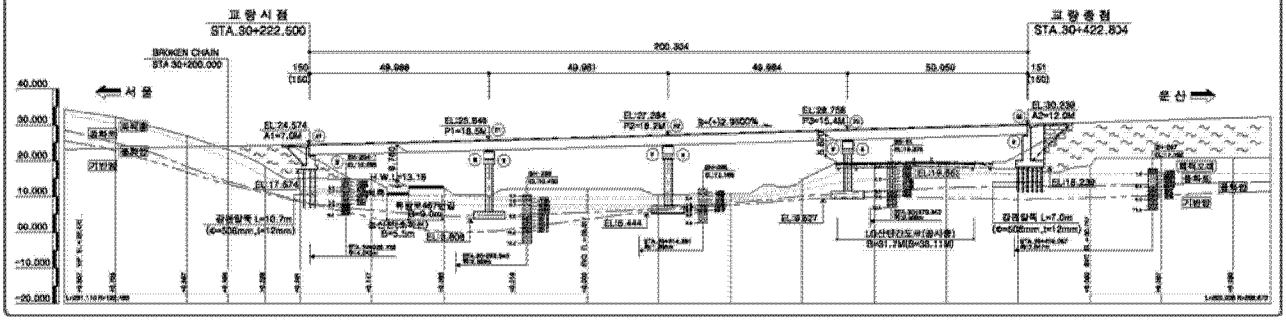
평면도



종단면도(서울방향 : STA. 30+214.000 ~ 30+414.298)



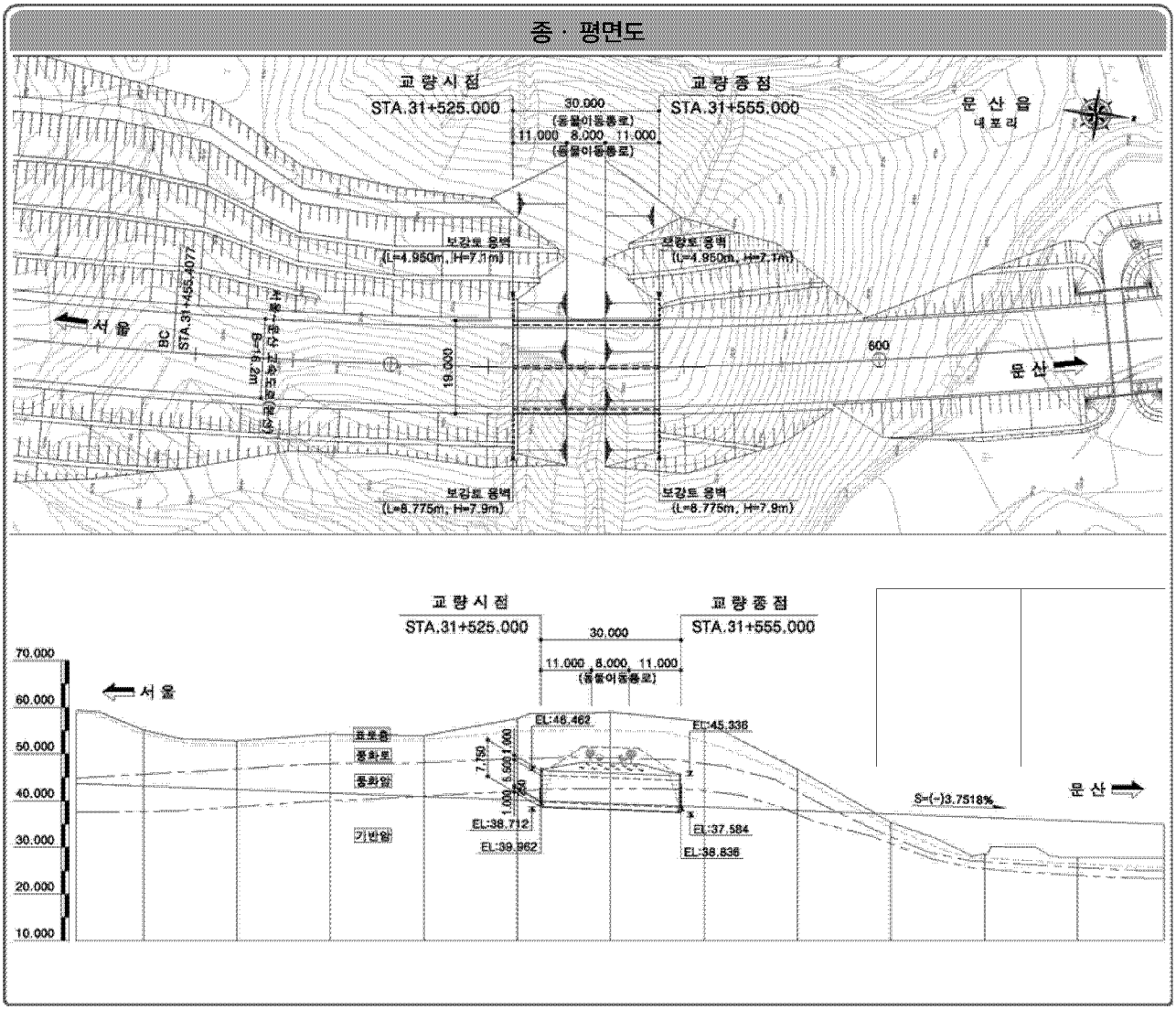
종단면도(문산방향 : STA. 30+222.500 ~ 30+422.804)



교량형식	•상부구조 형식 : IPC GIRDER교 •4경간 : L = 200.3m				
지 층 분 석	•상부 매립층, N값 : 2~4 실트질 점토, N값: 3~13 자갈질 모래, 풍화토층 분포 •하부 풍화암층, RQD: 14~26% 연암층 분포				
기초 형식 선정					
위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-294-1	G.L-7.2m	연 암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법 Open Cut 공법
P1(서울-문산)	BH-295	G.L-6.0m	풍화암	강관말뚝기초	
P2(서울-문산)	BH-296	G.L-6.0m	풍화암, 연암	직접기초	
P3(서울-문산)	BB-61	G.L-8.0m	풍화암, 연암	직접기초	
A2(서울-문산)	BH-297	G.L-5.0m	풍화암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 풍화암 및 연암층이 GL(-)5.0~8.0m 이상 심도에 분포하여 직접기초 및 말뚝기초 선정				

▮ 내포육교(STA. 31+525.000 ~ 31+555.000)

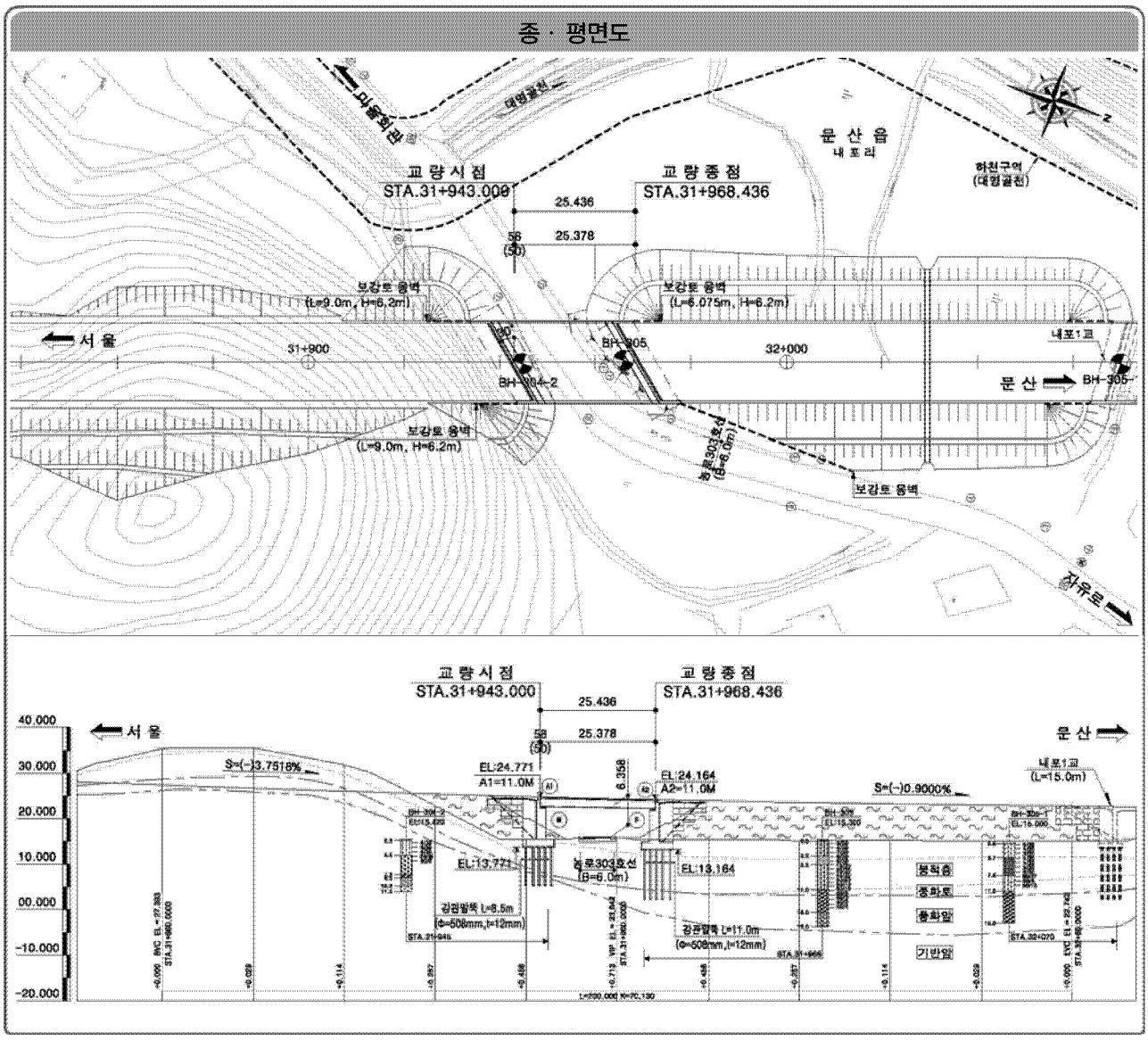
종 · 평면도



교량형식	•상부구조 형식 : 2련 함형라멘 •연장 : L = 30m				
지 층 분 석	•지표면으로부터 표토층, 풍화토층, 풍화암층, 기반암층의 순으로 분포 •본 교량은 깎기구간에 계획되었으며, 계획고가 기반암내에 위치함				
기초 형식 선정					
위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	-	G.L-16.3m	연 암	직접기초	Open Cut
A2(서울-문산)	-	G.L-14.9m	연 암	직접기초	
선 정 사 유	•지지층인 연암층이 GL(-)14.9~16.3m 심도에 분포하여 직접기초선정				

■ 내포교 (STA. 31+943.009 ~ 31+968.436)

종 · 평면도



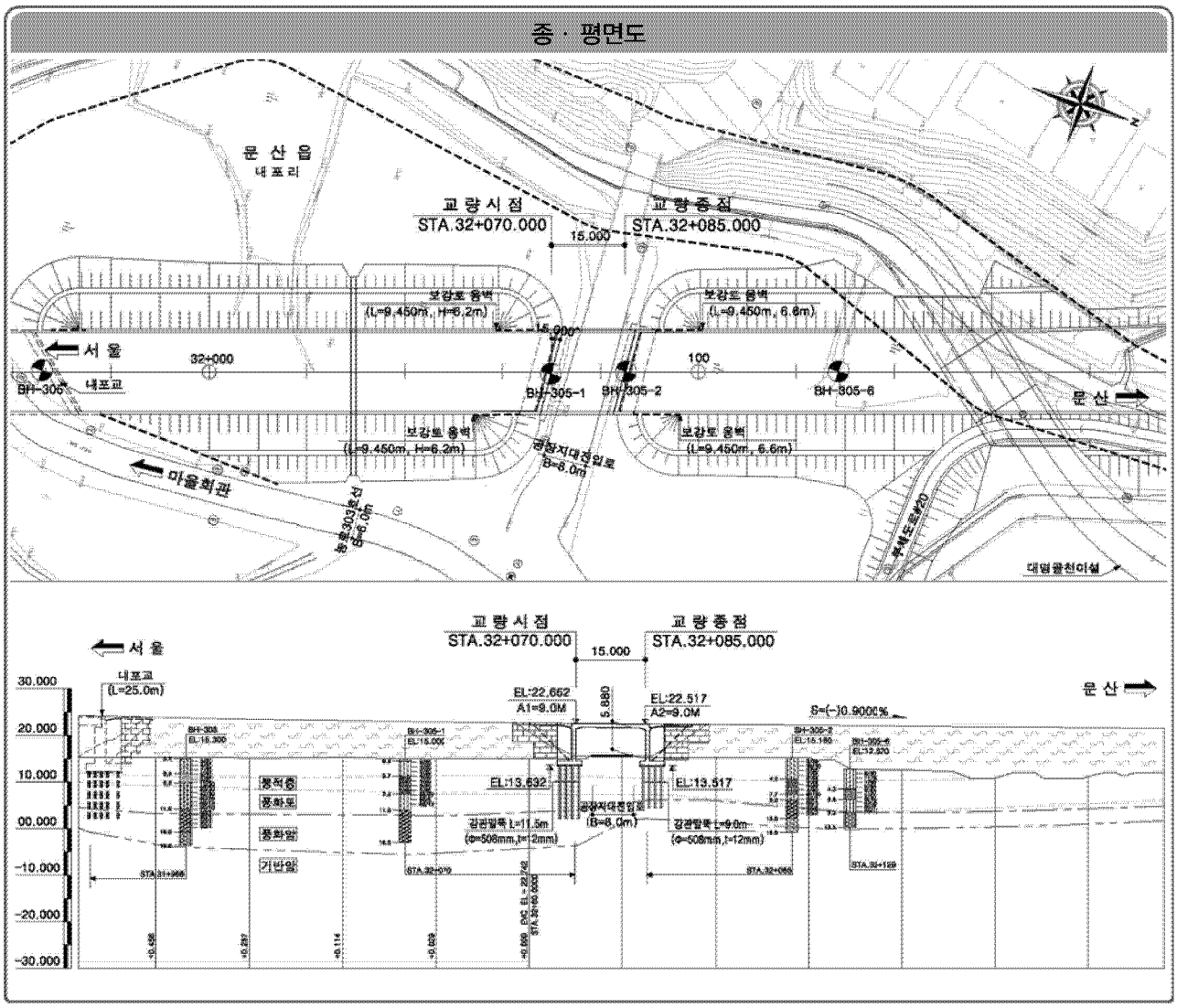
교량형식	•상부구조 형식 :PSC Beam교 •단경간 : L = 25.4m
지 층 분 석	•상부 매립층, N값 : 3~4 실트질 모래층 분포 •하부 N값 : 5~6 모래질 점토, 모래질 자갈, 풍화암 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-304-2	G.L-8.5m	연 암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2(서울-문산)	BH-305	G.L-11.0m	풍화암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 풍화암 및 연암층이 GL(-)8.5~11.0m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

내포 1교 (STA. 32+070.000 ~ 32+085.000)

종 · 평면도



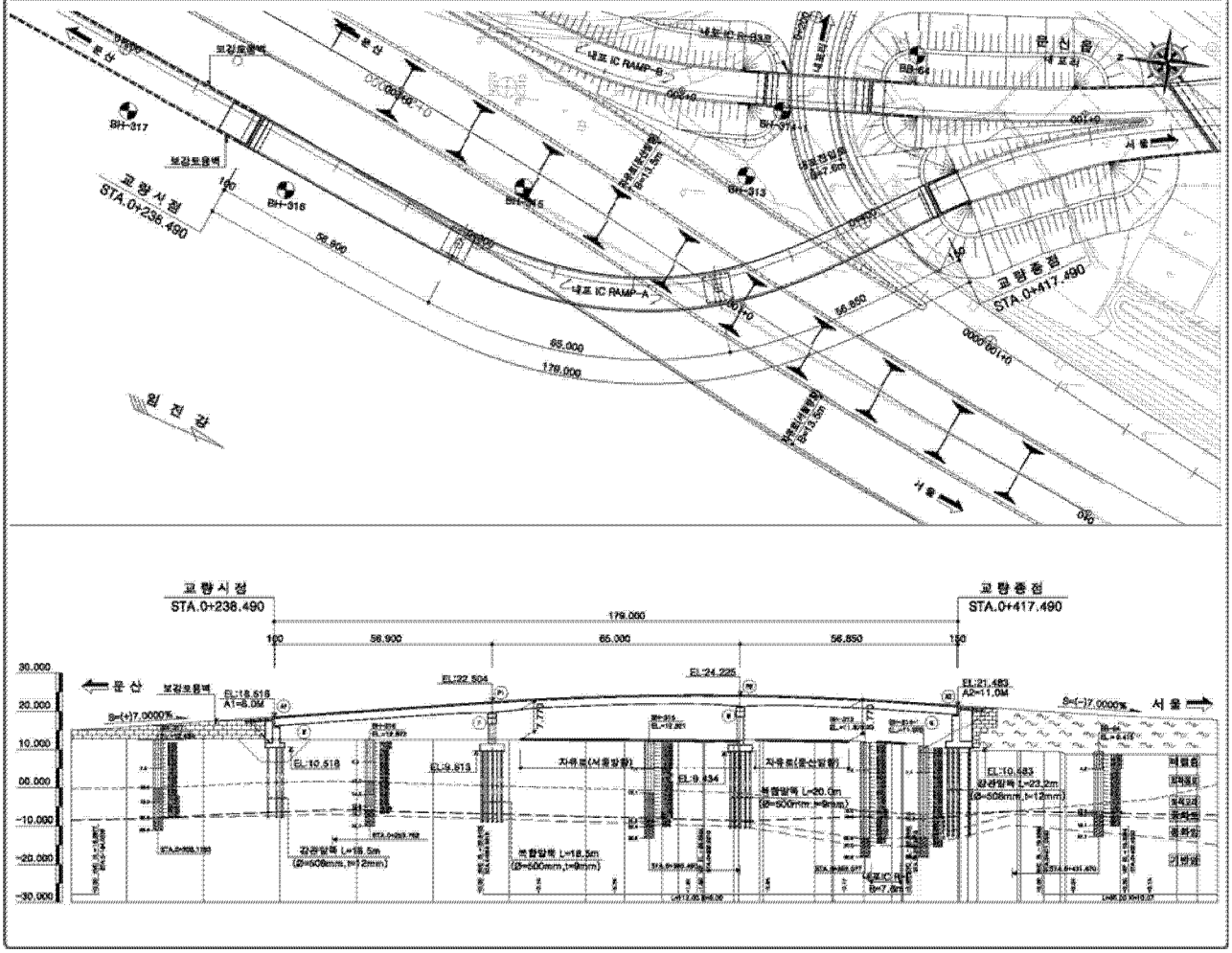
교량형식	•상부구조 형식 : RC 라멘 •단경간 : L = 15m
지 층 분 석	•상부 N값: 3~10 실트질 모래 분포 •하부 N값: 3~5 실트질 모래, N값: 4~7 점토질 모래층, 풍화암층 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-305-1	G.L-11.0m	풍화암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2(서울-문산)	BH-305-2	G.L-9.0m	풍화암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 풍화암이 GL(-)9.0~11.0m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

■ 내포IC R-A교 (STA. R-A 0+238.490 ~ 0+417.490)

종 · 평면도



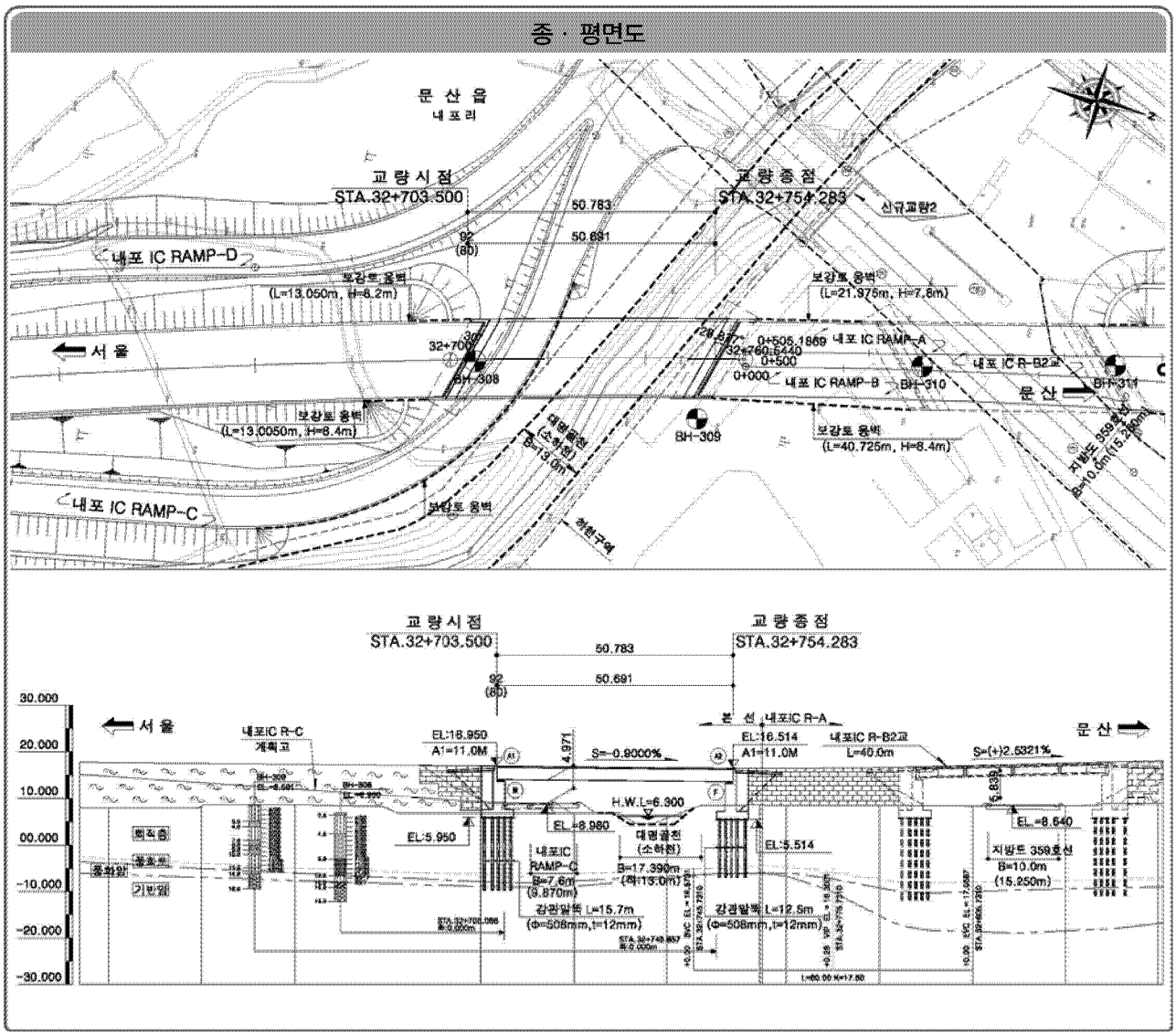
교량형식	•상부구조 형식 : 강합성 박스GIRDER교 •3경간 : L = 179m
지 층 분 석	•상부 N값 : 4~20 실트질 모래 분포 •하부 N값 : 3~14 점토질 실트, N값 : 7~50 실트질 모래층, 풍화토, 풍화암 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-316	G.L-20.0m	연 암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
P1(서울-문산)	BH-315	G.L-20.9m	연 암	복합말뚝기초	
P2(서울-문산)	BH-313	G.L-21.2m	풍화암	복합말뚝기초	
A2(서울-문산)	BB-64	G.L-19.7m	풍화암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 풍화암 및 연암층이 GL(-)19.7~21.2m 이상 심도에 분포하여 수평력이 적은 장심도 교각부는 복합말뚝기초로 수평력이 크게 작용하는 교대부구간은 강관말뚝기초 선정				

▮ 내포IC R-B1 교(STA. 32+703.500 ~ 32+754.283)

종 · 평면도



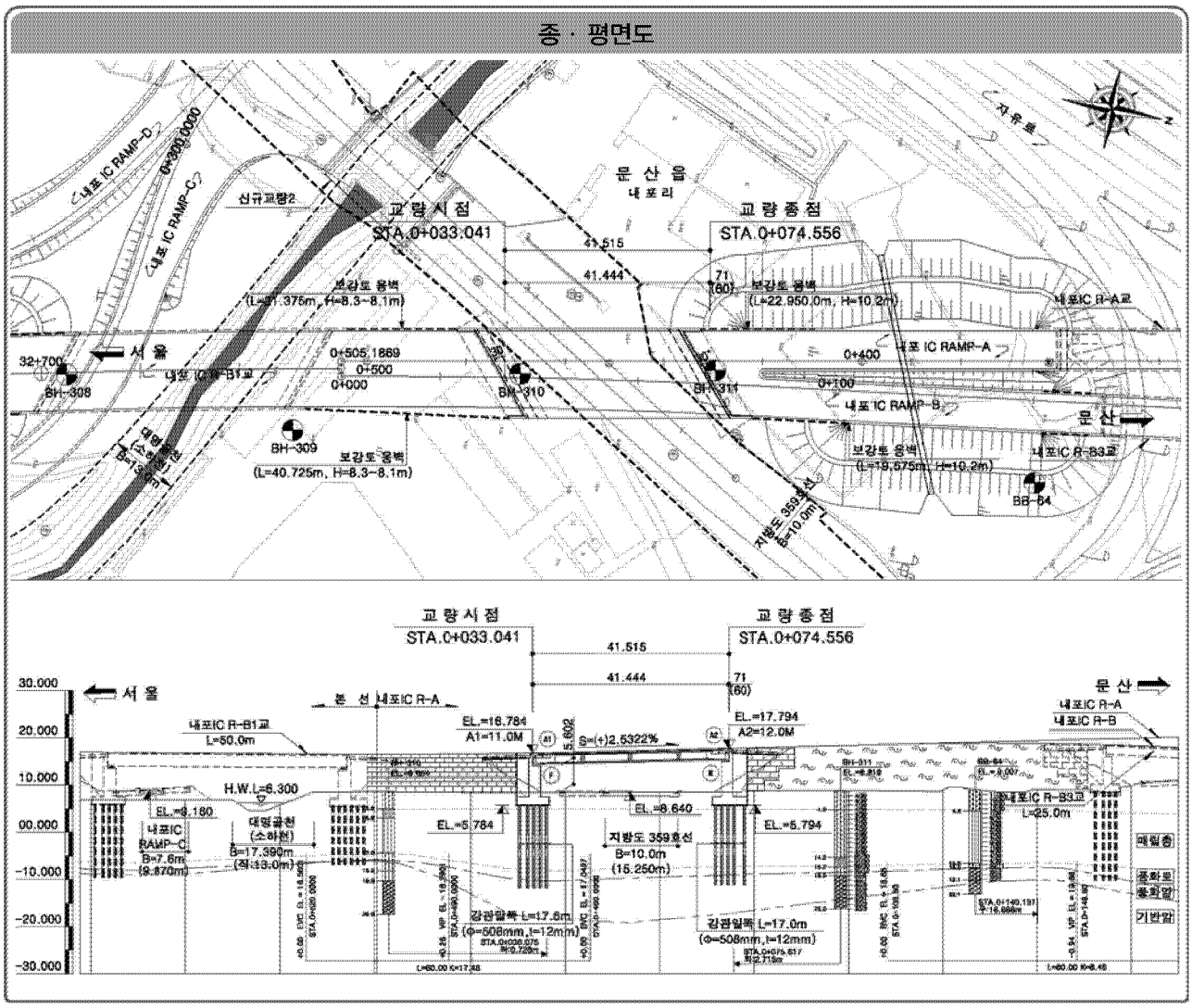
교량형식	•상부구조 형식 : IPC GIRDER교 •단경간 : L = 50.8m
지 층 분 석	•상부 N값 : 4~8 점토섞인 실트질 모래층 분포 •하부 N값 : 2~6 모래섞인 실트질 점토층, 풍화토, 풍화암 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-308	G.L-16.0m	연 암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2(서울-문산)	BH-309	G.L-14.8m	연 암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 연암층이 GL(-)14.8~16.0m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

■ 내포IC R-B2 교(STA. 0+033.041 ~ 0+074.556)

종 · 평면도



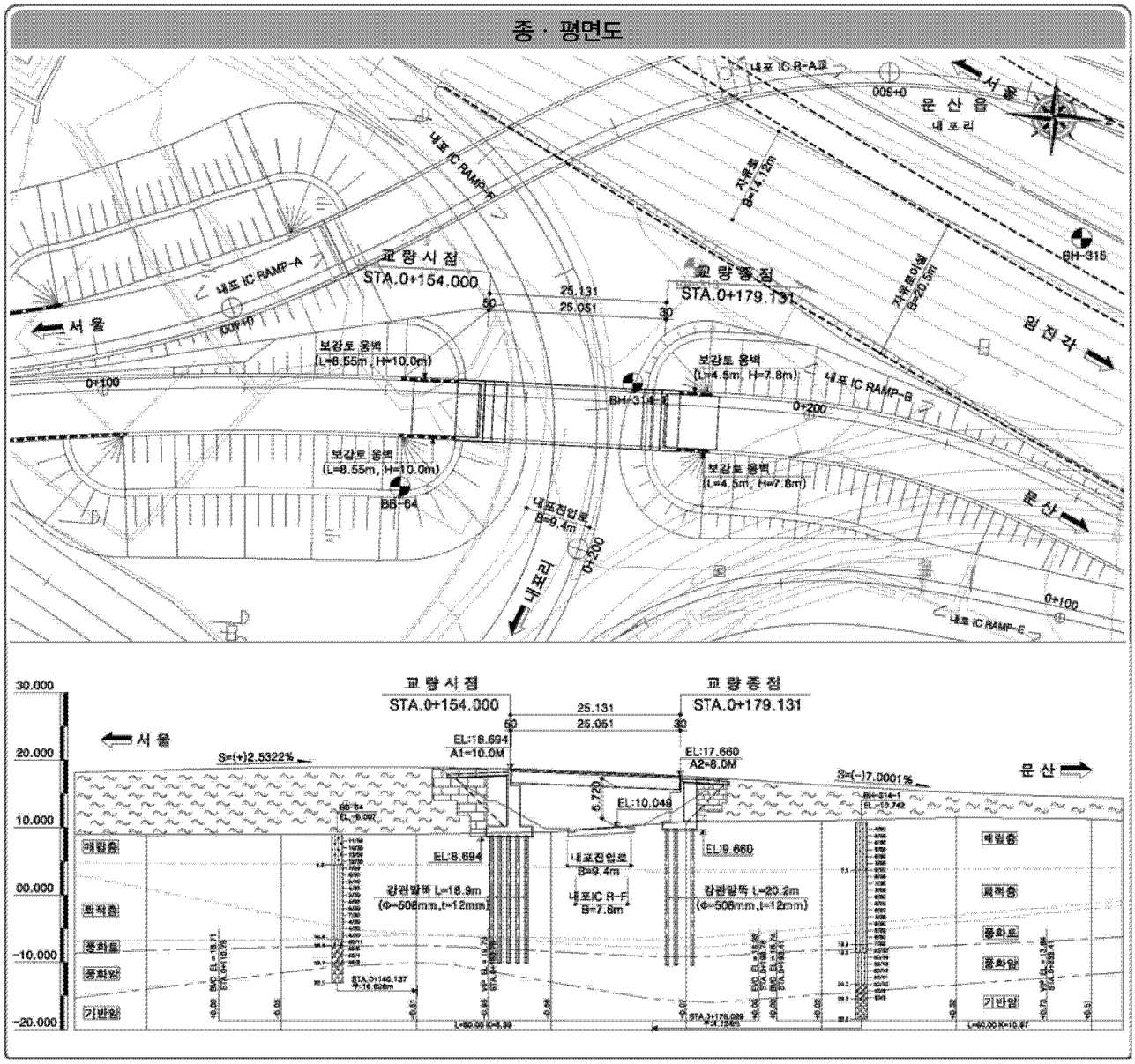
교량형식	•상부구조 형식 : IPC GIRDER교 •단경간 : L = 41.5m
지 층 분 석	•상부 N값 : 4~5 실트질 모래층 분포 •하부 N값 : 3~5 실트질 점토, 자갈섞인 실트질 모래층, 풍화토, 풍화암 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BH-310	G.L-19.0m	풍화암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2(서울-문산)	BH-311	G.L-18.0m	풍화암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 풍화암이 GL(-)18.0~19.0m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

▌내포IC R-B3 교(STA. 0+154.000 ~ 0+179.131)

종 · 평면도



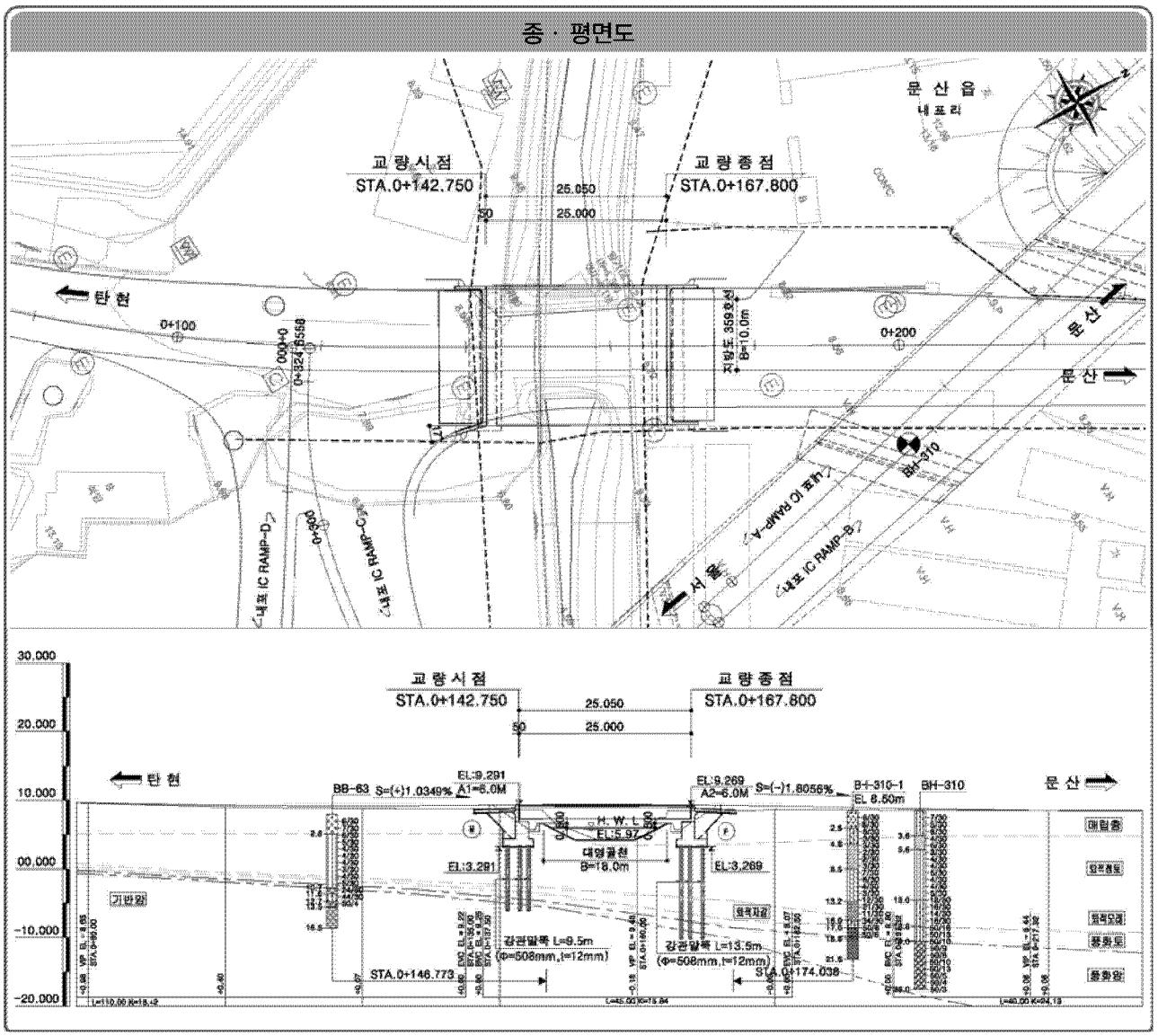
교량형식	•상부구조 형식 : PSC Beam교 •단경간 : L = 25.1m
지 층 분 석	•상부 N값 : 4~6 자갈섞인 실트질 모래층 분포 •하부 N값 : 3~8 점토질 실트, 실트질 모래층, 풍화토, 풍화암 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1(서울-문산)	BB-64	G.L-17.7m	풍화암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2(서울-문산)	BB-64	G.L-20.9m	풍화암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 풍화암이 GL(-)17.7~20.9m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

■ 대명골천교 (STA. 0+142.750 ~ 0+167.800)

종 · 평면도



교량형식	•상부구조 형식 : PSC Beam교 •단경간 : L = 25m
지 층 분 석	•상부 모래질 자갈, N값 : 3~7 모래섞인 실트 및 점토층 분포 •하부 N값 : 2~6 실트질 점토, 실트질 모래, 모래질 자갈, 풍화토, 풍화암 분포

기초 형식 선정

위 치	시추공번	지지층 심도	지지층	기초형식	비 고
A1	BH-63	G.L-13.5m	연 암	강관말뚝기초	보안물건인접 매입공법
A2	BH-310-1	G.L-17.8m	연 암	강관말뚝기초	
선 정 사 유	•지지층인 연암층이 GL(-)13.5~17.8m 이상 심도에 분포하여 말뚝기초 선정				

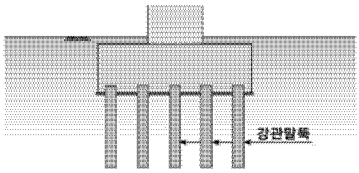
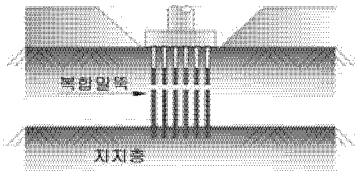
2.2 교량기초 시공법 선정

기본방향	•육상부 깊은기초로 계획된 교대 및 교각에 대하여 적용 가능한 말뚝재료와 시공법을 비교 검토한 후 최적의 재료와 시공법을 선정 •교량기초 형식 중 지반조건상 기초터파기시 영향검토와 굴착시 임시비탈면 등에 대한 안정성 검토를 토대로 시공방법을 결정

2.2.1 말뚝기초 시공성 검토

기준 설정	환경조건 검토	시공법 선정	적용시공법 검토	선정
말뚝재료 선정	소음 · 진동 영향 반경 및 항타분석	타입공법 매입공법	•항타공법 •선굴착공법 •진동압입, 매입공법 •속파기 공법	

○ 말뚝재료 비교 검토

구 분	강 관 말 뚝	복 합 말 뚝
개요도		
설계시 검토내용	•N값 50까지도 항타가능 하므로 다양한 토질에 가능 •자갈, 전석층의 경우 항타곤란 •허용 휨압축응력이 크고 전단력 및 모멘트에 대한 저항력이 큼	•주면고정을 위한 주면고정액 선별적 필요 •자갈, 전석층은 항타곤란 •허용 휨 압축응력 및 모멘트 및 인장력 저항성 깊이 산정
시공시 검토내용	•이음, 절단, 운반이 용이하고 말뚝길이에 대한 제한이 없음 •단면적이 작아 타입시 배토량이 적어 타입능률 양호 •용접이음부 연결이 확실하여 본체와 동등한 강도발휘	•상부지반 조건이 말뚝거동에 영향을 크게 주므로 지반조건의 충분한 확인 필요 •15m이상의 지지층에 양호 •연직하중:100tonf/EA 내외
재료특성	•부식하기 쉬워 부식방지 대책 수립(설계시 2mm의 부식두께 고려) •중량이 P.H.C의 1/3정도로 운반, 취급이 용이	•항타 에너지가 클 경우 균열발생으로 인한 강도저하 •중량물이므로 운반시 편하중에 의한 파단과 취급주의
적 용	교대부 깊은 기초구간 적용	교각부 깊은 기초구간 적용

검토결과	•사업구간은 대부분 단교량으로 상부하중이 크지 않고, 지지층 심도가 깊어 교대부 및 교각부에 수평저항력이 크고 안정성 및 시공성이 우수한 강관말뚝 선정 •말뚝강성이 충분한 재료가 요구되므로 경제성을 고려하여 복합말뚝 및 강관말뚝 적용

2.2.2 소음·진동 환경 영향원 분석

◎ 강관말뚝기초 항타 가능성 검토

- 국내외의 소음·진동 규제기준에 상향 조정에 대한 종합적인 검토를 통한 합리적인 적용기준 선정
- 구조물별 말뚝항타시 소음, 진동값을 인근에 있는 정온시설물 등의 이격거리별로 예측하고, 예측된 소음, 진동값이 각종 규제기준값의 허용값 이내에 포함되는지 검토
- 말뚝기초 시공지역에 대한 지층현황 파악 및 항타공법 적용시 항타시공 가능성 판단

기준설정	현장 환경 조건	항타가능성 검토	시공법 선정
•말뚝재료 선정 •지층 및 주변 여건분석 •항타장비 선정	•소음·진동기준 및 영향범위 결정 •항타 공해 검토	•관입지층 평가 •항타관입성 평가 •말뚝허용응력 검토	항타 공법 또는 매입 공법

◎ 소음 영향검토 (2010년 7월1일부터 규제강화)

■ 생활소음 규제기준(소음진동규제법 시행규칙 제20조 2 제3항 관련 별표8)(단위 : dB(A))

대 상 지 역	시 간 대 별 대 상 소 음		아침,저녁 (05:00~07:00) (18:00~22:00)	주 간 (07:00~18:00)	야 간 (22:00~05:00)
주거지역, 녹지지역, 준도시지역 중 취락지구 및 운동 휴양지구, 자연환경보전지역, 기타 지역안에 소재한 학교, 병원, 공공도서관 등	확성기	옥외설치	60이하	65이하	60이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는경우	50이하	55이하	45이하
	공장, 사업장		50이하	55이하	45이하
	공 사 장		60이하	65이하	50이하
기 타 지 역	확성기	옥외설치	65이하	70이하	60이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	60이하	65이하	55이하
	공장, ·사업장		60이하	65이하	55이하
	공 사 장		65이하	70이하	50이하

◎ 교통 소음의 한도(소음진동규제법 시행규칙 제37조관련 별표10) (단위 : dB(A), dB(V))

대 상 지 역	구 분	한 도	
		주 간 (06:00~22:00)	야 간 (22:00~06:00)
주거지역, 녹지지역, 준도시지역 중 취락지구 및 운동휴양지구, 자연환경보전지역, 학교, 병원, 공공도서관의 부지경계선으로 부터 50m이내 지역	소 음	68	58
상업지역, 공업지역, 농림지역, 준농림지역 및 준도시지역 중 취락지구 및 운동 · 휴양지구 외의 지역, 미고시 지역	소 음	73	63

◎ 강관말뚝 항타시 소음영향 검토 (건설기계 중 고소음 발생장비의 소음도 측정 예 (환경연구원))

공 정	기계명		작동원리	O.A 소음도(dB(A)) 이격거리 7m 범위	이격거리 7m 평균	이격거리 15m 범위	이격거리 15m 평균	측정 대수	비 고
기 초 공 사	항 타 기 계	항타기	드롭식	93~95	94	88~90	89	4	Con-Pile
		항타기	디젤식	99~110	103	96~101	99	8	Con-Pile
		항타기	디젤식	106~108	107	100~103	102	3	천공후 H-Beam
		항타기	유압식	101~104	103	92~93	93	2	Con-Pile
		항타기	유압식	89~92	91	83~85	84	2	Con-Pile
		항타기	유압식	96~99	97	90~92	91	4	보조강판
		항타항발기	진동식	80~91	85	75~86	80	3	H-Beam 항타
		드릴마스터	공압식	103~107	105	100	100	2	강 관 타 입

•이격거리별 예측 소음 및 진동도 산정 : 음원의 전파(거리감쇠공식)

$$SPL_{\gamma} = SPL_0\ (SPL_T) - 20\log(\gamma/\gamma_0)$$

여기서, SPL_{γ} : 수음점까지의 거리가 γ 지점에서 개별투입장비의 발생소음도(dB(A)

$SPL_0\ (SPL_T)$: 소음원으로부터 γ_0 지점에서 장비합성소음도 (dB(A))

γ : 소음원으로부터 예측점까지의 거리(m)

γ_0 : 소음원으로부터 기준점까지의 거리 (m, =15m)

■ 항타작업시 이격거리별 예측소음도(점음원 감쇄공식 적용) (단위 : dB(A))

항 목/ 장 비	기준소음도 (15m)	이 격 거 리 50m	100m	150m	200m	250m	300m	400m	500m
디젤해머	99	88.5	82.5	79.0	76.5	74.6	73.0	70.5	68.5
유압해머	89.2	78.7	72.7	69.2	66.7	64.8	63.2	60.7	58.7
진동해머	80	69.5	63.5	60.0	57.5	55.6	54.0	51.5	49.5
드롭해머	89	78.5	72.5	69.0	66.5	64.6	63.0	60.5	58.8

■ 항타소음의 전달 및 감쇄특성에 관한 연구결과 (대한건축학회논문집, 1999.12)

•공회전시 발생되는 소음은 항타소음에 비해 거리가 멀어져도 큰 감쇄가 발생되지 않으므로 항타소음과 함께 이에 대한 검토가 필요

•유압식 항타공법 적용 시 발생되는 소음을 항타시와 공회전시로 구분하여 소음레벨의 변화 및 감쇄특성을 파악 (거리에 따른 소음레벨의 예측상관식 제시)

•말뚝항타 시공시 이격거리별 소음정도를 예측한 결과 디젤해머 항타시 400m, 유압해머 항타시 250.0m 이상일 경우 허용소음값 이내인 것으로 판정 (장비의 공회전시 발생되는 소음을 포함한 검토결과)

◎ 진동 영향검토

▮ 우리나라의 허용 진동기준

- 국가 또는 지방자치단체에서 설정한 진동허용기준에 대한 구체적인 규제조항 없음
- 외국의 자료를 참고로 하여 서울지하철 2, 3호선 건설당시 설정한 기준과 부산지하철의 기준은 독일의 기준과 동일하게 적용함
- 기타의 경우에는 조건에 따라 미광무국 등의 외국 사례를 근거로 하여 설계 기준을 마련하고 있으며 대체로 안전률을 높여 엄격하게 적용하고 있는 편임

▮ 진동규제기준 허용값 선정

- 시공시 진동의 영향을 받을 수 있는 대상은 주거지이므로 인체에 대한 허용 진동규제기준을 우리나라에서 적용하는 재래주택 최소기준값 0.3cm/sec이나 "환경영향 평가서를 참조" 하여 시설물(가옥) 및 문화재 진동규제기준 0.2cm/sec을 기준하여 말뚝 시공시 진동으로 인한 피해를 최소로 적용

▮ 이격거리별 항타진동속도 검토

•Attewell과 Farmer는 많은 현장에서의 실측과 결과값의 회귀분석에 의하여 다음과 같이 말뚝의 항타에 의한 진동속도 추정식을 제안

$$V = 32.36\left(\frac{\sqrt{W}}{R}\right)^{1.61}$$

여기서, V : 최대진동속도(mm/sec) W : 해머에너지 (kN-m) R : 수평거리 (m)

•항타장비 (유압해머)

- Ram 중량 : 7ton, 7×9.81 = 68.67kN
- Stoke : 1.2m
- 항타효율 : 0.9
- Energy : 74.16kN·m (= 68.67×1.2×0.9)

▮ 이격 거리별 예측 진동속도(Attewell, Farmer 제안식 적용))

이 격 거 리 (m)	30	50	70	100	120	140
진동 속도 (cm/sec)	0.43	0.19	0.11	0.06	0.04	0.03

▮ 진동에 대한 영향 검토결과

•유압해머로 말뚝항타시 발생되는 진동속도를 Attewell과 Farmer의 제안식에 의해 이격거리별 진동 속도를 산정하여 말뚝 항타시 진동에 관한 영향원 반경을 50m로 결정

◎ 항타공법 적용시 소음 및 진동에 관한 규제 기준

▮ 소음 및 진동에 대한 허용기준값

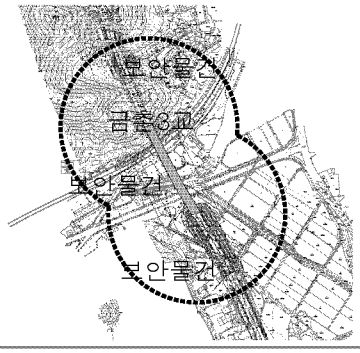
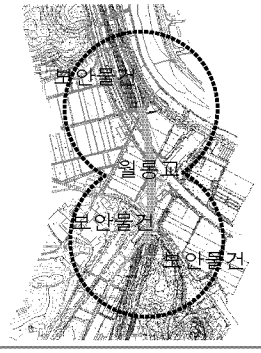
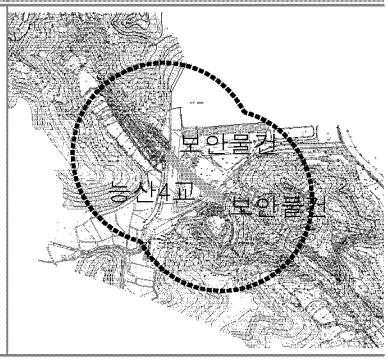
구 분	규 제 기 준	영향원 반경	비 고
소 음	65dB(소음진동규제법)	250m	•점음원 감쇄공식
진 동	0.2㎝/sec(국내외 기준참고)	50m	•Attewell & Farmer 제안식

2.2.3 환경성 평가 분석

◎ 환경성 평가에 의한 항타가능성 판정

교량명		환경성평가	항타 판정	교량명		환경성평가	항타 판정
4공구 본선	아동육교	보안물건 : 민가 30m 이격	x	4공구 본선	능산3교	보안물건 : 민가 40m 이격	x
	금촌2교	보안물건 : 민가 70m 이격	x		능산4교	보안물건 : 민가 54m 이격	x
	금촌3교	보안물건 : 민가 86m 이격	x		내포교	보안물건 : 민가 109m 이격	x
	월롱IC교	보안물건 : 민가 133m 이격	x		내포1교	보안물건 : 민가 59m 이격	x
	월롱육교	보안물건 : 민가 106m 이격	x		내포IC R-A교	보안물건 : 민가 90m 이격	x
	월롱교	보안물건 : 민가 108m 이격	x		내포IC R-B1교	보안물건 : 민가 62m 이격	x
	덕은교	보안물건 : 민가 23m 이격	x		내포IC R-B2교	보안물건 : 민가 39m 이격	x
	능산1교	보안물건 : 민가 118m 이격	x		내포IC R-B3교	보안물건 : 민가 96m 이격	x
	능산2교	보안물건 : 민가 133m 이격	x		대명골천교	보안물건 : 민가 30m 이격	x

▮ 4공구 대표교량 환경영향권 분석

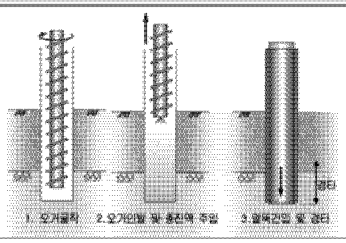
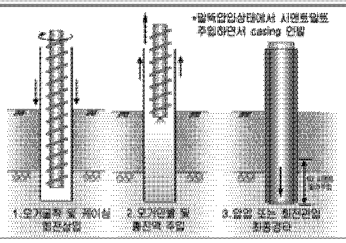
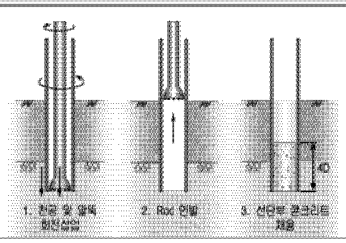
구 분	금촌3교	월롱교	능산4교
환경성평가			

검토결과

•4공구 환경 영향권 분석 시 소음진동 기준에 의한 인근보안물건 인접으로 교량 기초 시공법 선정 시 매입공법으로 적용

2.2.4 강관말뚝 기초 시공법 검토

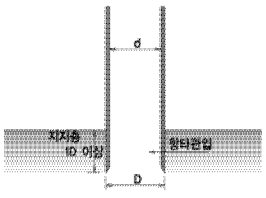
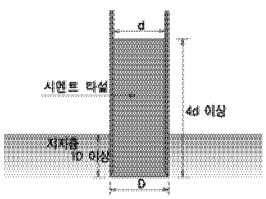
- 지층조건, 환경영향 및 향타가능성 분석결과를 토대로 최적의 매입말뚝 공법 선정
- 매입말뚝공법은 일반적으로 선굴착공법과 매입공법으로 분류할 수 있으며, 현장에 적용 가능한 SIP, SDA, PRD공법에 대하여 검토

구 분	SIP 공법	SDA 공법	PRD 공법
공법 개요도			
계획성	•공벽유지가 가능 지층에 적합 •하상부지 외 지역에 적합	•모든 토층에 적용 가능 •공벽유지가 필요한 지층에 적합	•자갈, 전석층이 두꺼운 경우 적합 •공벽유지가 필요한 지층에 적합
시공성	•굴착배토시 지반응력 이완 •자갈층 분포시 붕괴가능성 높음 •SDA시공 개념과 동일, 공벽유지 가능 구간 케이싱 제외	•굴착배토시 지반응력 이완 •올케이싱공법이므로 공벽붕괴 방지 •외측 케이싱과 말뚝 사용	•굴착속도 빠름 •상대적으로 장비설치시간 김
환경성	•저소음·저진동공법 •안정액 미사용으로 환경오염방지	•저소음·저진동공법 •안정액 미사용으로 환경오염방지	•저소음·저진동 공법 •안정액 미사용으로 환경오염방지
선 정	◉	◉	–

선정사유

- 지하수위가 낮고 N값이 높아 공벽유지가 가능한 지층은 SDA시공과 동일하나, 공벽유지 케이싱 배제로 경제성이 양호한 SIP공법 선정
- 지하수위가 높고 N값이 낮은 공벽유지가 낮은 지층은 케이싱에 의한 공벽유지 및 선단지지력이 우수한 SDA공법 선정

◎ 매입말뚝의 선단처리방법 검토(도로교 설계기준, 2008)

구 분	최종타격방식	시멘트밀크 속채움
개 요 도		
선 정	◉	◉

선정사유

- 시멘트 밀크를 분사, 선단지반과 흙과 혼합된 흙-시멘트 기초를 형성하는 방법은 사질토 지반에만 적용가능
- 강관의 폐합효과로 확실한 선단지지력 확보를 위하여 최종 타격방식 및 시멘트 밀크 속채움 방식을 적용 (강관의 폐합효과를 고려하여 4D이상 타설)

4 공구 매입말뚝공법 선정결과

교 량 명	말뚝길이 (m)	말뚝형식	지하수위 GL(-) m	시공법	선정사유 (N값, 지반조건)
아동육교	10.8~10.2	강관	8.7	SIP	상부 N값 :15~20, 하부 풍화토층 분포
금촌2교	13.5	강관	2.8	SIP	상부 N값 :16~17, 하부 풍화토층 분포
금촌3교	7.5~35.0	복합/강관	1.2~4.3	SDA	상부 N값 : 5~28 퇴적 및 충적층, 하부 실트질 점토, 자갈질 모래층으로 분포
월롱IC교	6.0~12.5	강관	1.7~1.8	SDA	상부 N값 : 4~21, 하부 풍화토층 분포
월롱교	17.2~21.5	강관	5.5	SDA	상부 N값 : 7~15 매립, 모래질 실트, 하부 풍화토층으로 분포
덕은교	7.7~9.5	강관	1.9~4.6	SDA	상부 N값 : 3~12 모래질 점토층 분포, 하부 자갈질 모래층 분포
능산1교	10.7	강관	1.6~3.5	SDA	상부 N값 : 5~33 실트질 모래, 점토질 모래층 분포, 하부 자갈섞인 실트질 모래층 분포
능산2교	8.4~9.3	강관	3.8~4.6	SDA	상부 N값 : 4~7 자갈질 모래층 분포, 하부 점토질 실트, 자갈섞인 실트질 모래층 분포
능산3교	7.9~10.6	강관	2.4~2.5	SDA	상부 N값 : 5~33 실트섞인 모래질 자갈, 자갈섞인 점토질 모래층, 하부 붕적층 분포
능산4교	8.5~9.3	강관	2.1~3.3	SDA	상부 N값 : 2~12 자갈섞인 실트질 모래, 실트질 점토층 분포, 하부 풍화토층 분포
내포교	7.5~10.0	강관	1.6	SDA	상부 N값 : 4~24 자갈섞인 실트질 모래층, 하부 모래질 자갈, 붕적층 분포
내포1교	9.0~11.5	강관	2.2~2.6	SDA	상부 N값 : 3~6 자갈섞인 실트질 모래, 붕적층 분포, 하부 자갈섞인 실트질 모래, 퇴적층 분포
내포IC R-A교	18.5~23.7	복합/강관	7.0~9.7	SDA	상부 N값 : 5~6 자갈섞인 실트질 모래층, 하부 점토질 실트층 분포
내포IC R-B1교	12.5~15.7	강관	2.2~4.5	SDA	상부 N값 : 3~7 점토섞인 실트질 모래층, 하부 모래섞인 실트질 점토층 분포
내포IC R-B2교	16.8~17.6	강관	4.7~4.8	SDA	상부 N값 : 3~5 실트질 점토층 분포, 하부 실트, 자갈섞인 실트질 모래층 분포
내포IC R-B3교	16.9~17.2	강관	9.2	SDA	상부 N값 : 4~9 자갈섞인 실트질 모래층, 하부 점토질 실트,자갈섞인 실트질 모래층 분포
대명골천교	9.5~13.5	강관	5.2~6.4	SDA	상부 N값 : 3~8 자갈섞인 실트질 모래층, 하부 실트질 점토,모래질 실트층 분포

제 3 장 교량기초 설계정수

3.1 교량구간 설계지반정수 산정

기본방향	•기존 설계정수 산정의 문제점을 분석하고 대표값 산정시 신뢰도 향상을 위해 통계처리기법 (Monte Carlo Simulation, Bayesian Approach)을 적용하여 설계지반정수 산정 •인근 설계자료와 기존문헌자료를 분석하여 통계처리의 초기추정치(Prior)로 적용, 현장조사 및 실내시험 값을 최대우도치(Likelihood)로 선정하여 Bayesian 통계처리를 통한 설계정수 도출

3.1.1 설계지반정수 산정개요

토 사 풍화암	•현장 및 실내시험 결과를 우선적으로 고려, 문헌자료와 경험식을 비교 · 분석하여 산정 •토질분류를 실시하여 경향을 파악하고 토질 특성에 맞는 정수 산정
기반암 (연속체)	•동일지반에서 비탈면과 교량기초의 암반 지반정수는 하중규모, 굴착방법, 응력이완 및 풍화진행에 따라 다르므로, 이러한 조건을 고려하여 강도정수 산정 •암반분류(GSI, RMR) 특성을 감안한 대표성을 가진 지반정수 산정

3.1.2 설계지반정수 산정결과

◎ 4 공구 (STA. 21+200~32+760.5)

구 분	지층	토성별	γ_t(kN/m^3)	c(kPa)	Φ	E(MPa)	ν	V_s(m/s)	G_d(MPa)	K(cm/s)
교량구간	매립층	모래	19	3	28	15	0.35	180	50	7.0×10^{-4}
		점토	17	5	0	5	0.40	160	40	3.4×10^{-7}
	붕적층	모래	18	5	28	7	0.35	180	50	6.9×10^{-4}
	퇴적층	점토(N>6)	18	35	0	7	0.40	190	60	3.4×10^{-7}
		모래(N≤10)	18	–	26	10	0.35	210	80	6.8×10^{-4}
		모래(N>10)	18	–	28	17	0.35	230	90	5.7×10^{-4}
		자갈	20	–	32	32	0.32	280	140	3.1×10^{-3}
	풍화토		19	17	29	33	0.33	330	200	6.2×10^{-4}
	풍화암		21	28	31	250	0.30	480	480	7.4×10^{-5}
	연 암		23	500	33	700	0.26	770	1,360	5.5×10^{-5}
	보통암		25	2,000	36	5,000	0.24	1,300	4,050	1.7×10^{-5}
	경 암		26	3,200	40	15,000	0.22	1,500	5,850	2.6×10^{-6}

검토결과	•사업구간의 연장이 길어 지역적으로 다른 토질구성 상태를 고려한 구간별 산정 •구간별, 지층별 대표 N값 선정하여 적합한 물성값 도출 •사업구간은 동일 암종이 광역적인 분포를 나타내며, 한강구간의 기반암 상세 분석

제 4 장 교량기초 안정성 검토

4.1 직접기초의 안정성 검토

기본방향
- 기초에 작용하는 지반반력에 대하여 지지층의 허용지지력 평가(안전율 : 상시 3.0, 지진시 2.0)
- 지지층의 변형특성을 고려한 작용반력에 대한 침하량 산정 (허용침하량 : 25.4mm)

4.1.1 직접기초 현황

교 량 명		위 치		시추공번	지지층심도	지지층	기초제원(B×L)
4공구	금촌육교	금촌 시내 국도1 호선	A1	BB-46	GL(-) 4.0~7.6m	연 암	6.8 × 11.19m
			A2	BB-45	GL(-) 2.0~5.0m	연 암	6.0 × 9.7m
			A1	BB-46	GL(-) 3.5~7.0m	연 암	6.8 × 11.19m
			A2	BB-45	GL(-) 4.0~6.0m	연 암	6.0 × 9.7m
	금촌 3교	문산 P6		BB-50	GL(-) 5.0~7.5m	풍화암	8.0 × 8.0m
	월롱육교	-		BH-261-9	GL(-) 5.1~5.6m	연 암	26.2 × 16.7m
	월롱지하차도	-		BH-261-9, 261-10	GL(-) 0.5m	풍화토	26.4 × 75.0m
	월롱교	P2		BH-272	GL(-) 6.3m	풍화암	16.0 × 20.0m
		P3		BH-273	GL(-) 5.5m	풍화암	16.0 × 20.0m
	능산 4교	P1		BH-295	GL(-) 6.0m	풍화암	9.0 × 9.0m
		P2, P3		BH-296,BB-61	GL(-) 3.9~9.5m	풍화암,연암	9.0 × 9.0m
	내포육교	암거		-	GL(-) 2.0~3.5m	연 암	15.0 × 19.0m

4.1.2 연직지지력에 대한 안정성 검토

◎ 허용지지력 산정방법(토사, 풍화암지지)

구 분		적 용 식	비 고
정역학적 공식	Terzaghi 제안식	$q_a = \frac{1}{F_s}(\alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q)$ 여기서, N_c, N_r, N_q : Terzaghi의 지지력 계수	•풍화암의 강도정수값에 따른 지지력 영향 큼
	Meyerhof 제안식	$q_{ult} = cN_c s_c d_c i_c + \frac{1}{2}\gamma_1 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma + \gamma_2 D_f N_q s_q d_q i_q$ 여기서, s_c, s_γ, s_q : 기초의 형상계수 i_c, i_γ, i_q : 하중의 경사계수 d_c, d_γ, d_q :기초의 근입깊이계수	•풍화암의 강도정수값에 따른 지지력 영향 큼 •Terzaghi 공식에 비해 지지력이 크게 산정됨
	Hasen 제안식	$q_a = \frac{1}{F_s}(cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + \frac{1}{2}\gamma_1 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma + \gamma_2 D_f N_q s_q d_q i_q g_q b_q)$ N_c, N_γ, N_q: 지지력계수, s_c, s_γ, s_q : 기초의 형상계수 d_c, d_γ, d_q: 기초 근입깊이계수, i_c, i_γ, i_q: 하중 경사계수 g_c, g_γ, g_q: 지반계수, b_c, b_γ, b_q: 기초저면 경사계수	•풍화암 강도정수값에 따른 지지력 영향 큼
시험값	수정 Meyerhof 제안식	$q_a = \frac{N}{F_1}$ $(B \le F_4)$, $q_a = \frac{N}{F_2}(B+F_3)^2 K_d$ $(B > F_4)$ 여기서, $K_d = 1 + 0.33 D_f/B \le 1.33$ F_1 = 0.05m, F_2 = 0.08m, F_3 = 0.30m, F_4 = 1.20m	•N값을 이용한 경험식에 의한 방법
관련 문헌	도로교 설계기준	•기초폭에 비례하여 증가하는 침하량을 고려 과도한 침하방지 목적의 경험적 상한치 고려	
	구조물기초설계기준	•확대기초의 지지력 경험치 제안 (U.S Dept. of the Navy, 1982)	

허용지지력 산정방법(연경암지지)

구 분		적 용 식	비 고
정역학적 공식	Bell 제안식	• $q_{ult} = C_{f1} \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + C_{f2} \cdot 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$	•절리가 발달되고, 절리간격이 좁은 암반에서의 극한지지력 산정
	Hoek & Brown 제안식	• $q_{ult} = C_{f1} \cdot s^{0.5} \cdot \sigma_{u(r)} \cdot \left[1 + (m \cdot s^{-0.5} + 1)^{0.5}\right]$	•Hoek & Brown이 제안한 암의 풍화정도에 따른 상수 사용
	구조물기초 설계기준	• $q_a = K_{sp} \cdot q_{u(core)}$	•불연속면 간격이 0.3m 이상이고 틈새가 5mm 이내이며, 기초폭이 0.3m 이상일 때 적용

경험식	경험적 제안값 (RQD)	암 질	매우양호	양 호	보 통	불 량	매우불량
		RQD(%)	90~100	75~90	50~75	25~50	0~25
		허용지지력(MPa)	20~30	12~20	6.5~12	3~6.5	1~3

토사, 풍화암지지 직접기초 허용지지력

교 량 명		기초 위치		지지력 산정식(kPa) Terzaghi	Meyerhof	Hansen	수정 Meyerhof	도로교 설계기준 (kPa)	허용지지력 (kPa)	설계반력 (kPa)	판 정
4공구	금촌3교	P6		1623.2	1267.7	2118.9	636.0	600.0	600.0	416.6	O.K
	월롱 지하차도			2094.8	1658.4	1953.0	206.9	400.0	206.9	158.5	O.K
	능산4교	서울	P1	1810.4	1425.2	2393.6	636.5	600.0	600.0	545.5	O.K
		문산		1810.4	1425.2	2393.6	636.5	600.0	600.0	555.7	O.K
		서울	P2	1810.4	1425.2	2393.6	636.5	600.0	600.0	477.0	O.K
		문산		1810.4	1425.2	2393.6	636.5	600.0	600.0	468.9	O.K
		서울	P3	1810.4	1425.2	2393.6	636.5	600.0	600.0	539.3	O.K
검토 결과		•허용지지력 산정결과 설계반력은 허용치 이하로 검토되어 안정한 것으로 판정									

◎ 연경암지지 직접기초의 허용지지력

교 량 명			기초 위치	경험적 제안식 (RQD)	지지력 산정식			허용지지력 (kPa)	설계반력 (kPa)	판정
					Bell 제안식	Hoek & Brown식	구조물기초 설계기준			
4공구	금촌육교	금촌시내	A1	1704.5	3733.8	653.8	1050.0	653.8	338.5	O.K
			A2	2004.3	3699.8	656.0	1050.0	656.0	332.8	O.K
		국도1호선	A1	1704.5	3733.8	653.8	1050.0	653.8	347.5	O.K
			A2	2004.3	3699.8	656.0	1050.0	656.0	350.0	O.K
	월롱육교		–	3258.5	5818.7	727.2	1050.0	727.2	110.0	O.K
	월롱교		P2	1650.2	4864.0	682.9	1050.0	682.9	547.7	O.K
			P3	1650.2	4864.0	682.9	1050.0	682.9	527.6	O.K
	내포육교		암거	1650.2	4880.5	681.3	1050.0	681.3	159.9	O.K
	능산4교		문산 P3	1760.6	4735.2	700.9	1050.0	700.9	624.2	O.K
검토 결과				•허용지지력 산정결과 설계반력은 허용치 이하로 검토되어 안정한 것으로 판정						

4.1.3 연직변위(침하량)에 대한 안정성 검토

•구조물의 허용침하량은 구조적 안정성과 사용상의 기능유지로부터 결정되는 사항으로 국내 설계기준 에서는 허용침하기준을 명확히 제시하지 않음 ➡ 문헌 및 국내 설계사례를 검토하여 설계기준 결정
•직접기초의 침하량은 기초 설치위치의 지형 및 지반특성을 고려하여 탄성침하에 의한 안정성 검토

◎ 허용침하량 설계기준

▮ 국도건설공사 설계실무 요령(국토교통부, 2009)

침하형태	지 지 층	최대침하량(cm)	침하형태	구조물의 종류	부등침하량(cm)
균등침하	모래지반	2.5	부등침하	모래지반	2.0
	점토지반	5.0		점토지반	2.0
	복합지반	3.0		복합지반	2.0

▮ 설계적용 허용침하량

•허용침하량은 상부구조의 구조형식, 사용재료, 용도, 중요성 및 침하의 성격 등에 의하여 결정되며, 상부구조에서 결정되는 허용침하량 이하여야함
•허용침하량 : 25.4mm 적용

침하량 산정방법

구 분		적 용 식	비 고
이론식	Hooke 제안식	• $S_i = I_s \cdot \frac{1-\nu^2}{E_s} \cdot q \cdot B$	•풍화암의 변형계수(E_s)산정 필요
	Harr 제안식	• $S_i = \alpha_r \cdot q \cdot B \cdot \frac{1-\nu^2}{E_s}$	•탄성이론식 중 침하량이 가장 크게 산정
	Vesic 제안식	• $S_i = \frac{1}{K_s} \cdot q,\ K_s = \frac{E_s}{B(1-\nu^2)}$	•지반변형계수(E_s)를 이용하여 침하량 산정
경험식	Meyerhof 제안식	• $S_i = \frac{1}{192 \cdot N} \cdot [\frac{2B}{B+0.3}]^2 \cdot q$	•표준관입시험 N값를 이용한 경험식에 의한 산정
	Kulhawy	• $S = \frac{0.9P}{E_s \cdot A^{0.5}}$ • $S = \frac{0.7P}{E_s \cdot A^{0.5}}$	•지반변형계수(E_s)를 이용하여 침하량 산정

토사, 풍화암 지지 침하량 검토 결과

교 량 명			침하량 산정식 (mm)			발생침하량 (mm)	허용침하량 (mm)	판 정
			Hooke	Harr	Meyerhof			
4공구	금촌3교		6.81	10.64	12.18	12.18	25.4	O.K
	월롱지하차도		13.17	20.92	11.29	20.92	25.4	O.K
	능산4교	P1(서울)	10.01	15.64	16.71	16.7	25.4	O.K
		P2(서울)	8.75	13.67	14.61	14.6	25.4	O.K
		P3(서울)	9.89	15.46	16.52	16.5	25.4	O.K
		P1(문산)	10.19	15.93	17.02	17.0	25.4	O.K
		P2(문산)	8.60	13.44	14.36	14.4	25.4	O.K

연경암 지지 침하량 검토 결과

교 량 명		침하량 산정식 (mm)				발생침하량 (mm)	허용침하량 (mm)	판 정
		Hooke	Harr	Vesic	Kulhawy			
4공구	금촌육교	2.21	3.50	3.15	3.90	3.79	25.4	O.K
	월롱육교	1.82	2.66	3.84	2.96	3.84	25.4	O.K
	월롱교	7.24	11.41	11.67	12.60	12.60	25.4	O.K
	내포육교	1.99	3.14	3.20	3.47	3.47	25.4	O.K
	능산4교 (문산) P3	4.19	6.55	7.48	7.22	7.48	25.4	O.K

검토결과 •직접기초에 대한 침하량 검토 결과 최대 발생침하량은 허용침하량 25.4mm 이내로 연직침하에 대해서 안정한 것으로 판정

4.2 말뚝기초의 안정성 검토

기본방향	•말뚝기초의 연직 및 수평방향 허용지지력, 침하량, 수평변위량 등에 대한 검토를 수행 •지층특성과 상부구조물의 하중조건 및 주변환경 등을 고려한 기초안정성 검토 •다양한 산정공식 및 해석기법의 결과를 수치해석과 비교, 분석하여 안정성의 신뢰성 검증

4.2.1 말뚝기초 현황

◎ 말뚝기초 현황

교 량 명		위 치	지지층	말뚝재료	말뚝제원	말뚝길이(m)
4공구 본선	아동육교	A1, A2	풍화암	강관	Φ508mm×t12mm	10.2~10.8
	금촌 2교	A1, A2	풍화암	강관	Φ508mm×t12mm	13.5
	금촌 3교	A1, A2	풍화암	강관	Φ508mm×t12mm	35.0~14.5
		P1, P3	풍화암	강관	Φ508mm×t9mm	8.0~9.0
		P2	풍화암	복합	Φ500mm×t9mm(강관) Φ500mm×t80mm(PHC)	17.5
		P4, P5	연암	강관	Φ508mm×t9mm	7.5~8.0
	월롱IC교	A1, A2	풍화암	강관	Φ508mm×t12mm	6.0~12.5
	월롱교	A1, A2	풍화암/연암	강관	Φ508mm×t12mm	17.2~21.5
		P1	연암	강관	Φ508mm×t9mm	11.0
	덕은교	A1, A2	풍화암/연암	강관	Φ508mm×t12mm	7.7~9.5
	능산 1교	A1, A2	연암	강관	Φ508mm×t12mm	11.0~11.2
	능산 2교	A1, A2	연암	강관	Φ508mm×t12mm	8.4~9.3
		P1	풍화암	강관	Φ508mm×t9mm	
	능산 3교	A1, A2	연암	강관	Φ508mm×t12mm	6.0~8.7
	능산 4교	A1, A2	풍화암/연암	강관	Φ508mm×t12mm	8.5~9.3
	내포교	A1, A2	풍화암/연암	강관	Φ508mm×t12mm	7.5~10.0
	내포1교	A1, A2	풍화암	강관	Φ508mm×t12mm	9.0~11.5
	내포IC R-A교	A1, A2	풍화암/연암	강관	Φ508mm×t12mm	18.5~23.2
		P1, P2	연암	복합	Φ500mm×t9mm(강관) Φ500mm×t80mm(PHC)	18.5~20.0
	내포IC R-B1교	A1, A2	연암	강관	Φ508mm×t12mm	12.5~15.7
	내포IC R-B2교	A1, A2	풍화암	강관	Φ508mm×t12mm	17.0~17.6
	내포IC R-B3교	A1, A2	풍화암	강관	Φ508mm×t12mm	18.9~20.4
	대명골천교	A1, A2	연암	강관	Φ508mm×t12mm	9.5~13.5

말뚝기초 설계기준

구 분	도로교설계기준	도로설계요령	한국도로공사	설 계 적 용
말뚝최소 중심간격	•2.5D~3.0D •도로설계요령 :	•2.5D이상	–	•강관/복합말뚝 : 2.5D •현장타설말뚝 : 2.5D
연 직 침 하 량	•25.0mm •도로설계요령 :	•25.0~50.0mm	–	•25mm
수 평 변 위	•Φ1,500mm 이하 15.0mm	•말뚝직경 1%	–	•강관말뚝 : 15mm (φ508) •현장타설말뚝 – 15mm – 말뚝직경 1% 적용
부 등 침 하 량	–	–	•다경간 0.004 rad, •단경간 0.005 rad	•0.004 rad

구 분		콘크리트 설계기준	구조물기초설계기준	설 계 적 용
염 해 방 지 내구성 기 준	콘크리트	•25MPa 이상	–	•설계강도 : 27MPa •호칭강도 : 35MPa
	강관	–	•부식두께 2.0~3.0mm	•부식두께 : 2.0mm

검토방법

구 분		단 말 뚝	군 말 뚝
연직 방향	지지력	•매입말뚝 및 현장타설말뚝 고려 •말뚝재료의 허용압축응력 검토 •설계하중 < 허용지지력	•말뚝간격에 따른 군말뚝 효과 적용 •총 설계하중 < 군말뚝지지력 •군말뚝 침하량 < 허용침하량
	변 위	•기초침하량 < 허용침하량 •부등침하량 < 허용부등침하량	

구 분		단 말 뚝	군 말 뚝
수평 방향	지지력	•지반반력계수 결정 •극한지반반력법, 탄성지반반력법	•말뚝간격에 따른 군말뚝 효과 적용 •총 설계하중 < 군말뚝지지력 •군말뚝 침하량 < 허용침하량
	변 위	•수평변위 < 허용수평변위 •p-y 곡선 비선형 해석방법	

4.2.2 강관말뚝기초 연직 지지력에 대한 안정성 검토

◎ 강관말뚝의 연직지지력 검토 방법

•강관말뚝기초는 풍화암층 이상 지지층으로 계획하며, 암반층에 설치된 말뚝기초에 대해서 경험식과 일축압축강도, 점하중강도, 절리상태에 따른 시험 결과치 및 관련시방기준을 근거하여 허용지지력을 산정

▮ 말뚝재료의 허용지지력(도로교 설계기준, 2008)

$$Q_{as} = (1 - \frac{\mu_1 + \mu_2}{100}) \cdot f_{sa} \cdot A$$

여기서, Q_{as} : 말뚝본체의 허용지지력(kN/ea),
μ_1 : 세장비에 의한 저감율, μ_2 : 이음에 대한 저감율,
f_{sa} : 재료의 장기허용압축응력(kPa), A : 말뚝의 단면적 (m^2)

▮ 풍화암지지 허용지지력 산정식

$$Q_a = (q_p \cdot A_p + U \cdot \sum \ell \cdot f_i)/Fs$$

q_p : 단위면적당 선단지지력(kPa) A_p : 말뚝 선단면적(m^2) U : 말뚝의 둘레길이 (m)
ℓ : 주면마찰력을 고려하는 층두께(m), f_i : 최대주면마찰력(kPa) – 아래표 참조
N : 말뚝선단에서 위로 1D, 아래로 4D 평균값, F_s : 안전율 (상시 = 3.0, 지진시 = 2.0)

▮ 주면마찰력 산정식(구조물기초 설계기준 해설, 2009)

구 분	타 입 공 법	현장타설말뚝공법	매 입 말 뚝	단 위
사 질 토	0.2N(≤10)	0.5N(≤20)	0.2N(≤50)	kN
점 성 토	c* 또는 N(≤15)	c* 또는 N(≤15)	0.8c* 또는 0.8N(≤10)	

▮ 연암지지 허용지지력 산정식

기반암(연 · 경암)층에 지지된 말뚝기초	•말뚝재료에 의한 허용지지력 •Canadian Foundation Engineering Manual	•구조물기초 설계기준 해설 •Goodman 제안식

구 분	적 용 식	비 고
구조물기초 설계기준해설 (2009)	$Q_a = \frac{1}{F_s} \cdot 443 \cdot q_u^{0.5} \cdot A_t^{2/5} \cdot A_i^{1/3}$ 여기서, q_u : 암반의 일축압축 강도(kPa) A_t : 강관말뚝의 선단 순단면적(m^2), A_i : 강관말뚝의 선단 심부면적(m^2)	•강관말뚝이 암반에 말뚝직경 정도 근입되는 경우에 적용 가능 •암반 근입부의 주면마찰력 까지 포함 한 값
Canadian Foundation Engineering	$Q_a = \frac{1}{F_s}(3 \cdot q_u \cdot K_{sp} \cdot d) \cdot A_p, \quad d = 1 + 0.4\frac{H_s}{D_s} \cdot 3.4$ 여기서, q_u : 암석시편의 평균 일축압축 강도(kPa) K_{sp} : 불연속면 간격에 따른 계수	•말뚝의 근입깊이와 암반절리간격을 고려
Goodman 제안식	$Q_a = \frac{1}{F_s}[q_u \cdot (N_\phi + 1)]A_p$ 여기서, q_u : 암반의 일축압축 강도(kPa) A_p: 말뚝의 단면적 , N_ϕ : ($=\tan^2(45 + \phi/2)$)	•암반을 대표하는 일축압축 강도와 지반정수 산정 필요

■ 풍화암지지 말뚝기초의 허용지지력 검토결과

교 량 명				지지력 산정식(kN/EA)		허용지지력(kN/EA)		설계반력(kN/EA)		판 정
				도로교 표준시방서	재료의 허용응력	상시	지진시	상시	지진시	
4공구 본선	아동육교	강관	A1	974.4	2172.7	974.4	1461.6	672.8	890.1	O.K
			A2	961.2	2172.7	961.2	1441.7	688.8	888.3	O.K
	금촌2교	강관	A1	902.2	2172.7	2172.7	1353.4	675.4	911.4	O.K
			A2	882.0	2172.7	2172.7	1323.0	673.0	925.7	O.K
	금촌3교	강관	A1	1419.5	1955.5	1955.5	2129.2	885.2	1050.9	O.K
			P1	913.0	1530.1	1530.1	1369.5	843.0	1108.5	O.K
		복합	P2	1079.5	1643.5	1079.5	1619.2	799.0	1220.0	O.K
		강관	P3	941.8	1530.1	1530.1	1412.7	839.2	1087.6	O.K
			A2	1003.9	2172.7	2172.7	1505.8	838.7	1003.9	O.K
	월롱IC교	강관	A1	965.0	2172.7	2172.7	1447.6	769.0	1048.8	O.K
			A2	920.4	2172.7	2172.7	1380.5	692.0	887.6	O.K
	월롱교	강관	A2	1093.3	2064.1	2064.1	1639.9	839.2	949.5	O.K
	덕은교	강관	서울 A2	879.1	2172.7	2172.7	1318.7	729.0	1030.1	O.K
			문산 A2	873.5	2172.7	2172.7	1310.3	724.6	971.3	O.K
	능산4교	강관	서울 A2	918.2	2172.7	2172.7	1377.4	816.1	1008.0	O.K
			문산 A2	918.2	2172.7	2172.7	1377.4	840.5	1013.0	O.K
	내포교	강관	A2	900.7	2172.7	2172.7	1351.0	520.4	731.6	O.K
	내포1교	강관	A1	917.0	2172.7	2172.7	1375.4	841.0	957.3	O.K
			A2	829.1	2172.7	2172.7	1243.6	758.6	706.5	O.K
	내포IC R-A교	강관	A2	1070.3	2064.1	2064.1	1605.5	728.5	910.1	O.K
	내포IC R-B2교	강관	A1	979.1	2064.1	2064.1	1423.6	723.5	1008.6	O.K
			A2	1021.4	2064.1	2064.1	1532.1	647.6	903.0	O.K
	내포IC R-B3교	강관	A1	917.6	2064.1	2064.1	1376.3	612.4	752.3	O.K
			A2	914.8	2064.1	2064.1	1372.2	622.4	751.7	O.K
검토 결과			•지지력 공식에 의한 허용지지력과 말뚝 본체의 허용압축하중을 비교하여 허용지지력을 산정하여 안정 판정 •복합 및 강관말뚝기초의 허용지지력 산정결과 설계반력은 허용지지력 이하로 검토되어, 안정한 것으로 판정							

▮ 연암지지 말뚝기초의 허용지지력 검토결과

교 량 명				지지력 산정식(kN/EA)			재료의 허용응력 (kN/EA)	허용지지력 (kN/EA)		설계반력 (kN/EA)		판 정
				구조물기초 설계기준	CFEM	Goodman 제안식		상시	지진시	상시	지진시	
4공구 본선	금촌 3교	강관	P4	1391.7	1939.9	3837.8	1530.1	1391.7	2087.6	1258.8	1473.1	O.K
			P5	1391.7	1939.9	3837.8	1530.1	1391.7	2087.6	967.7	1402.4	O.K
	월롱교	강관	A1	1587.0	1939.9	3837.8	2064.1	1587.0	2380.5	859.0	958.4	O.K
			P1	1391.7	1939.9	3837.8	1530.1	1391.7	2087.6	1271.0	1421.0	O.K
	덕은교	강관 서울	A1	1587.0	1939.9	3837.8	2172.7	1587.0	2380.5	709.4	1007.8	O.K
		강관 문산	A1	1587.0	1939.9	3837.8	2172.7	1587.0	2380.5	737.9	1082.6	O.K
	능산 1교	강관 서울	A1	1587.0	2152.5	4258.4	2172.7	1587.0	2380.5	958.1	575.8	O.K
		강관 문산	A1	1587.0	2152.5	4258.4	2172.7	1587.0	2380.5	957.9	551.2	O.K
		강관 서울	A2	1587.0	2152.5	4258.4	2172.7	1587.0	2380.5	869.3	576.7	O.K
		강관 문산	A2	1587.0	2152.5	4258.4	2172.7	1587.0	2380.5	850.8	572.9	O.K
	능산 2교	강관 서울	A1	1587.0	2152.5	4258.4	2172.7	1587.0	2380.5	884.8	1034.3	O.K
		강관 문산	A1	1587.0	2152.5	4258.4	2172.7	1587.0	2380.5	856.3	1035.6	O.K
		강관	P1	1391.7	2152.5	4258.4	1530.1	1391.7	2087.6	595.1	989.4	O.K
		강관 서울	A2	1587.0	2152.5	4258.4	2172.7	1587.0	2380.5	769.3	1057.6	O.K
		강관 문산	A2	1587.0	2152.5	4258.4	2172.7	1587.0	2380.5	791.4	1100.1	O.K
	능산 3교	강관 서울	A1	1587.0	2152.5	4258.4	2172.7	1587.0	2380.5	1145.1	664.3	O.K
		강관 문산	A2	1587.0	2152.5	4258.4	2172.7	1587.0	2380.5	1096.0	599.4	O.K
	능산 4교	강관 서울	A1	1587.0	2447.8	4842.6	2172.7	1587.0	2380.5	923.4	802.4	O.K
		강관 문산	A1	1587.0	2447.8	4842.6	2172.7	1587.0	2380.5	1050.9	998.6	O.K
	내포교	강관	A1	1587.0	2019.6	3995.6	2172.7	1587.0	2380.5	711.1	980.1	O.K
	내포IC R-A교	강관	A1	1587.0	1910.5	3995.6	2064.1	1587.0	2380.5	680.5	754.5	O.K
		복합	P1	2702.0	1909.2	3777.2	1557.0	1557.0	2335.5	867.3	882.9	O.K
		복합	P2	2702.0	1806.0	3777.2	1557.0	1557.0	2335.5	929.6	941.9	O.K
	내포IC R-B1교	강관	A1	1587.0	2019.6	3995.6	2064.1	1587.0	2380.5	722.8	1021.9	O.K
		강관	A2	1587.0	2019.6	3995.6	2172.7	1587.0	2380.5	700.6	1029.8	O.K
	대명골천교	강관	A1	1587.0	1910.5	3995.6	2172.7	1587.0	2380.5	577.6	620.3	O.K
		강관	A2	1587.0	1910.5	3995.6	2172.7	1587.0	2380.5	884.2	961.6	O.K
검토 결과	•지지력 공식에 의한 허용지지력과 말뚝 본체의 허용압축하중을 비교하여 허용지지력을 산정하여 안정 판정 •복합 및 강관말뚝기초의 허용지지력 산정결과 설계반력은 허용지지력 이하로 검토되어, 안정한 것으로 판정											

4.2.3 연직변위(침하량)에 대한 안정성 검토

침하량 산정방법

도로교 설계기준 해설(2001)

구 분	침하량 산정식	비 고
도 로 교 설계기준	$S_t = Q[(\frac{I_{ps}}{D_r E_m}) + (\frac{L_r}{A E_c})]$	• Q : 말뚝머리 축방향 압축하중(kN) • I_{ps} : 암반소켓부 변위 영향계수 • D_r, L_r : 암반 및 흙지반 관입 길이(m) • E_m, E_c : 암반 및 콘크리트 탄성계수(kPa)

구조물기초 설계기준(2009)

침하량 산정식	S_s	S_p	S_{ps}
$S_t = S_s + S_p + S_{ps}$	$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s \times Q_{fa}) \times \frac{L}{A \times E_p}$	$S_p = \frac{C_p \times Q_{pa}}{B \times q_b}$	$S_{ps} = \frac{C_s \times Q_{fa}}{L_b \times q_p}$
• S_s : 말뚝자체의 길이방향 변형 • S_p : 말뚝선단부에 가해지는 하중으로 인한 침하량 • S_{ps} : 주면마찰력에 의해 지반에 전달된 하중에 의한 침하량	여기서, Q_{pa} : 말뚝선단부 전달하중 Q_{fa} : 말뚝주면부 전달하중 L : 말뚝길이, A : 말뚝 단면적 E_p : 말뚝의 탄성계수 α_s : 주면마찰력 분포 계수	여기서, B : 말뚝직경 q_b : 단위면적당 극한 선단 지지력 C_p : 흙의 종류와 말뚝시공	여기서, L_b : 땅속에 묻힌 말뚝길이 C_s: $(0.93 + 0.16\sqrt{\frac{L_b}{B}} \times C_p)$

말뚝기초의 연직침하량 검토결과

교 량 명		위 치	지 지 층	발생침하량(㎜)	허용침하량(㎜)	판 정
4 공 구 본 선	아동육교	A1	풍화암	10.49	25.40	O.K
		A2	풍화암	10.75	25.40	O.K
	금촌2교	A1	풍화암	11.85	25.40	O.K
		A2	풍화암	11.85	25.40	O.K
	금촌3교	A1	풍화암	15.68	25.40	O.K
		P1	풍화암	14.20	25.40	O.K
		P2	풍화암	9.59	25.40	O.K
		P3	풍화암	14.31	25.40	O.K
		P4	연 암	14.89	25.40	O.K
		P5	연 암	11.66	25.40	O.K
		A2	풍화암	13.57	25.40	O.K
	월롱IC교	A1	풍화암	10.41	25.40	O.K
		A2	풍화암	12.54	25.40	O.K

교 량 명		위 치	지 지 층	발생침하량(㎜)	허용침하량(㎜)	판 정
4공구 본선	월롱교	A1	연 암	12.21	25.40	O.K
		A2	풍화암	13.34	25.40	O.K
	덕은교	A1	연 암	8.39	25.40	O.K
		A2	풍화암	12.39	25.40	O.K
	능산1교	A1	연 암	10.44	25.40	O.K
		A2	연 암	9.53	25.40	O.K
	능산2교	A1	연 암	10.62	25.40	O.K
		P1	연 암	7.48	25.40	O.K
		A2	연 암	8.30	25.40	O.K
	능산3교	A1	연 암	10.67	25.40	O.K
		A2	연 암	11.14	25.40	O.K
	능산4교	A1	연 암	11.35	25.40	O.K
		A2	풍화암	12.94	25.40	O.K
	내포교	A1	연 암	7.19	25.40	O.K
		A2	풍화암	8.65	25.40	O.K
	내포1교	A1	풍화암	13.89	25.40	O.K
		A2	풍화암	13.03	25.40	O.K
	내포IC R-A교	A1	연 암	9.06	25.40	O.K
		P1	연 암	6.10	25.40	O.K
		P2	연 암	6.93	25.40	O.K
		A2	풍화암	16.17	25.40	O.K
	내포IC R-B1교	A1	연 암	8.95	25.40	O.K
		A2	연 암	7.97	25.40	O.K
	내포IC R-B2교	A1	풍화암	12.53	25.40	O.K
		A2	풍화암	10.77	25.40	O.K
	내포IC R-B3교	A1	풍화암	12.16	25.40	O.K
		A2	풍화암	12.00	25.40	O.K
	대명골천교	A1	연 암	6.81	25.40	O.K
		A2	연 암	10.17	25.40	O.K
검토 결과		•말뚝기초에 대한 풍화암 및 연암지지 침하량 검토결과 발생침하량이 허용침하량 25.40mm 이내로 안정한 것으로 판정				

4.2.4 수평변위에 대한 안정성 검토

- 말뚝에 수평하중 작용시 발생하는 말뚝머리부 수평반력은 말뚝의 허용수평지지력을 초과해서는 안되며, 수평변위량은 허용수평변위를 초과하지 않도록 설계
- 최대수평하중 < 수평허용지지력, 말뚝머리 수평변위 < 허용수평변위
- 말뚝의 수평허용변위 : B < 1,500mm 이면 1.5cm(상시), 2.25cm(지진시)
  B > 1,500mm 이면, 기초폭의 1% (단, < 5cm)

검토방법

검 토 방 법			검 토 내 용
해석적 방 법	지지력	극한평형법 (Broms법)	•말뚝에 작용하는 본당 최대 수평반력에 대한 지반의 반력 특성 및 말뚝의 강성에 의한 지지력 산정
		탄성지반반력법 (Chang법)	•탄성지반위의 보이론을 적용 •허용수평변위량을 적용하여 말뚝두부의 수평방향지지력 산정
	변 위	탄성지반반력법 (Chang법)	•기초저면으로부터 1/β심도까지의 평균 수평지반반력계수를 적용하여 말뚝두부에 작용하는 하중에 의한 탄성변위 산정
		비선형해석 (GROUP)	•다층지반에 대하여 각층의 응력-변형특성을 고려한 p-y곡선을 적용하여 말뚝머리에 작용하는 하중에 의한 탄소성변위 산정

수평지반반력계수(k_h) 산정

수평지반반력계수(k_h) 산정 방법

- 말뚝의 지지력 및 변위량 산정시 주요변수가 되는 지반반력계수에 대한 산정방법별 결과를 비교하고, 지층 및 말뚝특성별로 가장 적합한 지반반력계수 산정을 위해 검토를 수행

도로교설계기준해설(2003)

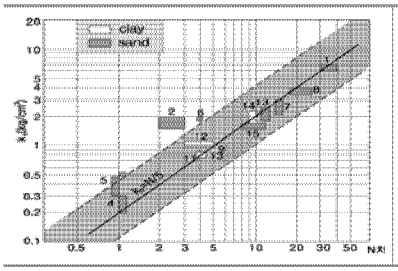
- $k_h = k_{h0}\left(\frac{B_H}{30}\right)^{-\frac{3}{4}}$, $k_{h0} = \frac{1}{30}\alpha E_0$ ➡ $k_h = 0.34(\alpha E_0)^{1.1} d^{-0.31}(EI)^{-0.1}$

여기서, k_h : 30cm의 강체원판에 의한 평판재하시험 결과에 상당하는 수평방향 지반반력 계수(kN/m^3)
B_H : 하중작용방향에 직교하는 기초의 환산재하폭(cm) = $(D/\beta)^{1/2}$
α, E_0 : 지반반력계계수 추정에 쓰이는 계수 및 지반변형계수(kN/m^2)

Hukuoka 공식

- $k_h = 0.691 \times 10^4 \times N^{0.40}$(kN/m^3) 여기서, N : 표준관입 시험값

한국지반공학회 "깊은기초" k_h-N관계 분석

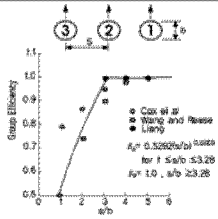
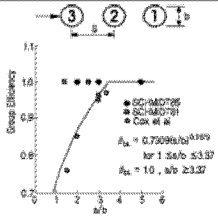
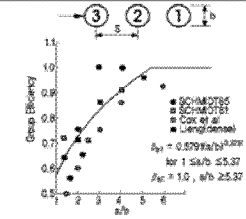


- 수평지반반력계수 k_h는 말뚝 수평거동의 지배구간인 1/β 심도 이내에서 산정
- 수평재하시험에 의한 k_h-N 과의 관계 도표 '지반공학회, 깊은기초'와 도로교 설계기준 추천방법 E_o-N과의 관계식 및 Hukuoka 제안식을 비교·분석하여 결정
- 일반 토사 구간에 적용 가능한 E_o-N 관계 도출
- 사질토 구간 적용 범위 중 E_o=1.0N(MPa) 적용

군말뚝 감소계수 산정

•말뚝기초에서 말뚝간의 간격이 충분히 이격되어 있지 않으면 하중재하시 간섭효과가 발생하여 단말뚝의 경우보다 지지력이 저하되는데 이것을 군말뚝효과라 함
•본 설계에서는 말뚝의 수평 안정성에 대한 군말뚝효과를 고려하기 위하여 기존방법을 비교·검토하고 실험을 통하여 검증된 최신의 군말뚝효과에 대한 연구 성과를 설계에 반영

군말뚝 고려방법에 대한 검토

<table>
<tr><th>구 분</th><th>군말뚝효과 고려 방법</th></tr>
<tr><td>도 로 교
설계기준해설(2001)</td><td>•말뚝 중심 간격이 2.5D 이상이라면 단말뚝의 수평방향 지반반력계수 사용
•말뚝 중심 간격이 2.5D 이하인 경우 수평방향 지반반력계수에 다음의 감소계수를 적용
•μ = 1-0.2(2.5-L/D), (L<2.5D) 여기서, L : 말뚝 중심간격(m), D : 말뚝지름(m)</td></tr>
<tr><td>구조물기초
설 계 기 준
(2003)</td><td>•하중작용 직각방향에 대해서는 말뚝간격이 2.5D이상이면 군말뚝에 대한 효과를 고려하지 않음
•하중이 작용하는 방향의 말뚝중심간의 거리가 말뚝직경의 8배 이하일 경우 수평방향 지반반력계수 감소계수를 적용하는 방법으로 군말뚝 영향 고려
<table>
<tr><th>말뚝간격</th><th>8D</th><th>6D</th><th>4D</th><th>3D</th></tr>
<tr><td>감소계수</td><td>1.00</td><td>0.70</td><td>0.40</td><td>0.25</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>FHWA
Federal Highway
Administraion</td><td>•미연방도로국(FHWA) 설계지침서에서는 Brown(1988)과 McVay(1995)에 의하여 시행된 현장시험과 원심모형시험 시험결과로부터 분석한 군말뚝효과를 다음과 같이 제시
<table>
<tr><th rowspan="2">지반종류</th><th rowspan="2">시행시험</th><th rowspan="2">말 뚝
중심간격</th><th colspan="3">말뚝열에 따른 감소계수(Pm)</th><th rowspan="2">전 체
감소계수</th></tr>
<tr><th>1열</th><th>2열</th><th>3열이후</th></tr>
<tr><td>매우조밀한 모래</td><td>현장시험</td><td>3D</td><td>0.8</td><td>0.4</td><td>0.3</td><td>75%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">보통조밀한 모래</td><td rowspan="2">원심모형실험</td><td>3D</td><td>0.8</td><td>0.4</td><td>0.3</td><td>74%</td></tr>
<tr><td>5D</td><td>1.0</td><td>0.85</td><td>0.7</td><td>95%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">느슨한 모래</td><td rowspan="2">원심모형실험</td><td>3D</td><td>0.65</td><td>0.45</td><td>0.35</td><td>73%</td></tr>
<tr><td>5D</td><td>1.0</td><td>0.85</td><td>0.7</td><td>92%</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Lymon C. Reese
(1996)</td><td>•하중작용방향과 하중직각방향 말뚝간격과 군말뚝효과의 관계를 시험결과로부터 그래프와 관계식으로 제시하였으며, 군말뚝효과는 고려하지 않아도 되는 말뚝간격은 다음과 같음
<table>
<tr><th>하중직각방향
말뚝간격의 영향</th><th colspan="2">하중작용방향 말뚝간격의 영향
첫번째열 뒷 열</th></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>3.1 D</td><td>3.37 D</td><td>5.37 D</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

검토결과

•내부마찰각이 40° 미만인 사질토지반에서는 단말뚝 지지력의 합보다 군말뚝 지지력이 크게 발휘됨
•말뚝의 중심간격이 말뚝지름의 2.5배 이상인 경우, 군말뚝의 영향은 무시하는 것이 타당함
•본 사업의 경우 풍화암지지 말뚝기초의 중심간격은 말뚝지름의 2.5배 이상으로, 연직방향 하중에

군말뚝 감소계수 적용

말뚝종류	교량명	말뚝 간격	군말뚝 효율	비 고
강관말뚝 (ϕ508, 9t, 12t)	1~4 공구	2.5D 이상	1.0	교대 / 교각
복합말뚝 (ϕ500, 80t)	1~4 공구	2.5D 이상	1.0	교각

4 공구 수평지반반력계수(k_h) 산정 결과

구 분		위치	평균 N 치	E0/N	지층	수평지반반력계수(kg/cm³) 도로교설계기준	수평지반반력계수(kg/cm³) 후쿠오카공식	말뚝 간격	적 용
4 공구 본선	아동육교	A1	22	7	사질토	2.038	2.424	2.5 D	2.038
		A2	22	7	사질토	2.038	2.424	2.5 D	2.038
	금촌2교	A1	18	7	사질토	1.634	2.234	2.5 D	1.634
		A2	18	7	사질토	1.634	2.234	2.5 D	1.634
	금촌3교	A1	20	7	사질토	1.835	2.332	2.5 D	1.835
		P1	22	7	사질토	2.108	2.424	2.5 D	2.108
		P2	9	4	점성토	0.430	1.686	2.5 D	0.430
		P3	13	7	사질토	1.182	1.958	2.5 D	1.182
		P4	10	4	점성토	0.478	1.76	2.5 D	0.478
		P5	13	7	사질토	1.182	1.958	2.5 D	1.182
		A2	20	7	사질토	1.835	2.332	2.5 D	1.835
	월롱 IC교	A1	30	7	사질토	2.749	2.749	2.5 D	2.749
		A2	40	7	사질토	3.09	3.09	2.5 D	3.09
	월롱교	A1	20	7	사질토	1.835	2.332	2.5 D	1.835
		P1	40	7	사질토	3.09	3.09	2.5 D	3.09
		A2	20	7	사질토	1.835	2.332	2.5 D	1.835
	덕은교 서울	A1	15	7	치환토	1.337	2.075	2.5 D	1.337
		A2	15	7	치환토	1.337	2.075	2.5 D	1.337
	덕은교 문산	A1	15	7	치환토	1.337	2.075	2.5 D	1.337
		A2	15	7	치환토	1.337	2.075	2.5 D	1.337
	능산1교 서울	A1	8	7	사질토	0.67	1.607	2.5 D	0.67
		A2	5	4	점성토	0.216	1.328	2.5 D	0.216
	능산1교 문산	A1	8	7	사질토	0.67	1.607	2.5 D	0.67
		A2	5	4	점성토	0.216	1.328	2.5 D	0.216
	능산2교 서울	A1	20	7	사질토	1.835	2.332	2.5 D	1.835
		A2	20	7	사질토	1.835	2.332	2.5 D	1.835
	능산2교 문산	P1	3	4	사질토	0.127	1.079	2.5 D	0.127
		A1	5	4	점성토	0.216	1.328	2.5 D	0.216
		A2	5	4	점성토	0.216	1.328	2.5 D	0.216
	능산3교	A1	15	7	사질토	1.337	2.075	2.5 D	1.337
		A2	13	7	사질토	1.142	1.958	2.5 D	1.142

4 공구 수평지반반력계수(k_h) 산정 결과

구 분		위치	평균 N 치	E0/N	지층	수평지반반력계수(kg/cm³) 도로교설계기준	수평지반반력계수(kg/cm³) 후쿠오카공식	말뚝 간격	적 용
4공구 본선	능산4교 서울	A1	15	7	사질토	1.337	2.075	2.5 D	1.337
		A2	24	7	사질토	2.243	2.511	2.5 D	2.243
	능산4교 문산	A1	20	7	사질토	1.835	2.332	2.5 D	1.835
		A2	24	7	사질토	2.243	2.511	2.5 D	2.243
	내포교	A1	13	7	사질토	1.142	1.958	2.5 D	1.142
		A2	9	7	사질토	0.762	1.686	2.5 D	0.762
	내포1교	A1	4	7	사질토	0.312	1.213	2.5 D	0.312
		A2	5	7	사질토	0.399	1.328	2.5 D	0.399
	내포IC R-A교	A1	6	7	사질토	0.488	1.430	2.5 D	1.430
		P1	3	7	사질토	0.238	1.079	2.5 D	0.238
		P2	10	7	사질토	0.894	1.76	2.5 D	0.894
		A2	10	7	치환토	0.856	1.76	2.5 D	0.856
	내포IC R-B1교	A1	15	7	치환토	1.337	2.075	2.5 D	1.337
		A2	15	7	치환토	1.337	2.075	2.5 D	1.337
	내포IC R-B2교	A1	15	7	치환토	1.337	2.075	2.5 D	1.337
		A2	15	7	치환토	1.337	2.075	2.5 D	1.337
	내포IC R-B3교	A1	11	7	사질토	0.951	1.829	2.5 D	0.951
		A2	4	7	사질토	0.312	1.213	2.5 D	0.312
	대명골천교	A1	4	4	점성토	0.169	1.213	2.5 D	0.169
		A2	2	4	점성토	0.079	0.916	2.5 D	0.079

수평방향 허용지지력 산정 방법

Broms의 해석법

•Broms는 수평력을 받고 있는 말뚝과 지반의 파괴형태를 고찰한 결과 말뚝의 휨강성과 묻힘깊이 및 지반강성에 의해 말뚝을 분류하고 점성토와 사질토에서의 말뚝의 수평지지력을 구하는 방법을 제안

•사질토 지반의 극한 수평지지력(Broms 방법, 두부고정)

짧은 말뚝($\eta L < 2$)	중간 말뚝($2 \le \eta L < 4$)	긴 말뚝($\eta L > 4$)
$Q_u = 1.5L^2\gamma d K_p$	$(\frac{Q_u}{K_p d^3\gamma'}) \cdot (\frac{L}{d}) - \frac{1}{2}(\frac{L}{d})^3 = \frac{M_y}{K_p d^4\gamma'}$	$\frac{Q_u}{K_p d^3\gamma} = 2.38(\frac{M_y}{k_p d^3\gamma})^{2/3}$

•점성토 지반의 극한 수평지지력(Broms 방법, 두부고정)

짧은 말뚝 (βL < 2.25)	중간 말뚝	긴 말뚝 (βL > 2.25)
$Q_u = 9c_u d^2(\frac{L}{d} - 1.5)$	$(\frac{Q_u}{c_u d^2})^2 + (27 + 18\frac{L}{d})(\frac{Q_u}{c_u d^2}) - 81(\frac{L}{d} - 1.5)^2 = 36(\frac{M_y}{c_u d^3})$	$(\frac{Q_u}{c_u d^2})^2 + 27(\frac{Q_u}{c_u d^2}) = 36(\frac{M_y}{c_u d^3})$

■ 탄성지반반력법(Chang, 1985)

$$H_a = k_h \cdot \frac{D}{\beta} \cdot y$$

여기서, H_a : 허용수평지지력(kgf) k_h : 수평지반반력계수(kN/cm^3)
D : 말뚝 직경(cm)
y : 기준변위량(상시 1.5cm, 지진시 2.25cm)
β : $(\frac{k_h D}{4EI})^{1/4}$(cm^{-1})

▮ 말뚝기초의 수평방향 허용지지력 검토결과

구 분		위치	수평방향 허용지지력(kN/EA)				수평방향 허용지지력(kN/EA)		수평방향 설계반력 (kN/EA)		판 정
			상 시		지진시						
			Broms법	Chang법	Broms법	Chang법	상 시	지진시	상 시	지진시	
4공구 본선	아동육교	A1	123.470	383.647	185.205	1021.273	123.470	185.205	84.146	129.445	O.K
		A2	123.036	383.647	184.554	1021.273	123.036	184.554	84.146	129.414	O.K
	금촌2교	A1	123.398	324.994	185.098	865.486	123.398	185.098	110.600	161.300	O.K
		A2	123.463	324.994	185.195	865.486	123.463	185.195	109.600	165.000	O.K
	금촌3교	A1	114.050	354.617	171.076	944.002	114.050	171.076	102.756	154.906	O.K
		P1	84.206	361.535	126.309	962.577	84.206	126.309	12.074	78.518	O.K
		P2	89.380	107.100	134.070	285.240	89.380	134.070	24.140	90.157	O.K
		P3	82.152	234.231	123.228	623.562	82.152	123.228	11.276	75.596	O.K
		P4	75.743	118.793	113.614	316.602	75.743	113.614	21.830	93.309	O.K
		P5	78.159	234.231	117.238	623.562	78.159	117.238	30.114	105.757	O.K
		A2	104.110	354.617	156.166	944.002	104.110	156.166	93.200	141.700	O.K
	월롱 IC교	A1	120.860	480.186	181.290	1319.071	120.860	181.290	108.305	158.974	O.K
		A2	122.950	524.128	184.425	1672.396	122.950	184.425	109.662	142.628	O.K
	월롱교	A1	114.750	354.617	172.125	944.002	114.750	172.125	113.800	148.500	O.K
		P1	76.816	481.558	115.224	1576.216	76.816	115.224	38.058	68.958	O.K
		A2	115.278	354.617	172.917	944.002	115.278	172.917	113.400	148.200	O.K
	덕은교 서울	A1	118.710	279.605	178.065	744.538	118.710	178.065	104.200	160.800	O.K
		A2	118.195	279.605	177.292	744.538	118.195	177.292	106.600	149.200	O.K
	덕은교 문산	A1	117.960	279.605	176.941	744.538	117.960	176.941	105.200	154.200	O.K
		A2	118.310	279.605	177.466	744.538	118.310	177.466	105.200	153.100	O.K

■ 말뚝기초의 수평방향 허용지지력 검토결과 〈계속〉

구 분		위치	수평방향 허용지지력(kN/EA) 상 시 Broms법	수평방향 허용지지력(kN/EA) 상 시 Chang법	수평방향 허용지지력(kN/EA) 지진시 Broms법	수평방향 허용지지력(kN/EA) 지진시 Chang법	수평방향 허용지지력(kN/EA) 상 시	수평방향 허용지지력(kN/EA) 지진시	수평방향 설계반력 (kN/EA) 상 시	수평방향 설계반력 (kN/EA) 지진시	판 정
4공구 본선	능산1교 서울	A1	109.199	166.564	163.798	443.400	109.199	163.798	82.187	41.330	O.K
		A2	496.037	71.246	744.056	189.721	71.246	189.721	93.853	15.547	N.G
	능산1교 문산	A1	109.205	166.564	163.807	443.400	109.205	163.807	82.454	39.920	O.K
		A2	496.104	71.246	744.156	189.721	71.246	189.721	92.055	16.559	N.G
	능산2교 서울	A1	114.060	354.617	171.090	944.002	114.060	171.090	97.900	155.400	O.K
		A2	376.647	71.246	564.971	189.721	71.246	189.721	105.457	155.165	N.G
	능산2교 문산	P1	322.864	43.962	484.296	117.294	43.962	117.294	3.265	93.107	O.K
		A1	114.822	354.617	172.233	944.002	114.822	172.233	97.400	152.900	O.K
		A2	376.555	71.246	564.833	189.721	71.246	189.721	107.687	157.715	N.G
	능산3교	A1	168.122	279.605	252.183	744.538	168.122	252.183	118.680	91.856	O.K
		A2	305.294	248.447	457.941	661.716	248.447	457.941	110.719	88.400	O.K
	능산4교 서울	A1	113.024	279.605	169.537	744.538	113.024	169.537	101.300	89.800	O.K
		A2	233.384	412.180	350.076	1097.326	233.384	350.076	113.200	147.900	O.K
	능산4교 문산	A1	109.488	354.617	164.232	944.002	109.488	164.232	99.846	110.668	O.K
		A2	233.243	412.180	349.865	1097.326	233.243	349.865	113.500	149.000	O.K
	내포교	A1	316.893	248.447	475.339	661.716	248.447	475.339	116.600	163.600	O.K
		A2	120.433	183.404	180.649	488.505	120.433	180.649	86.000	122.200	O.K
	내포1교	A1	522.239	93.898	783.358	250.315	93.898	250.315	77.000	64.400	O.K
		A2	352.529	112.891	528.794	300.805	112.891	300.805	73.300	63.800	O.K
	내포IC R-A교	A1	116.387	74.201	174.580	197.353	74.201	174.580	100.103	132.521	N.G
		P1	82.238	68.739	123.356	182.951	68.739	123.356	64.378	60.062	O.K
		P2	80.230	185.430	120.345	493.882	80.230	120.345	20.444	58.301	O.K
		A2	120.358	200.166	180.536	532.914	120.358	180.536	106.523	144.135	O.K
	내포IC R-B1교	A1	118.358	279.605	177.537	744.538	118.358	177.537	104.800	155.800	O.K
		A2	118.941	279.605	178.411	744.538	118.941	178.411	102.800	159.500	O.K
	내포IC R-B2교	A1	118.339	279.605	177.509	744.538	118.339	177.509	106.200	156.100	O.K
		A2	120.326	279.605	180.489	744.538	120.326	180.489	109.700	156.300	O.K
	내포IC R-B3교	A1	118.117	216.553	177.175	576.545	118.117	177.175	92.562	132.291	O.K
		A2	117.864	93.898	176.797	250.315	93.898	176.797	92.863	134.262	O.K
	대명골천교	A1	396.628	59.287	594.942	157.747	59.287	157.747	58.431	87.903	O.K
		A2	113.964	33.515	170.946	89.093	33.515	89.093	91.530	142.844	N.G

검 토 결 과

- 극한평형법(Broms방법)과 탄성지반반력법(Chang방법)으로 수평방향 허용지지력 산정
- 말뚝기초의 횡방향 안정성 검토결과 **능산1교(A2), 능산2교(A2), 내포IC R-A교(A1), 대명골천교(A2)**은 원지반시 수평력(또는 말뚝변위)에 대해 N.G가 발생하므로, 대책공법으로 치환공법 또는 SCP 공법을 적용하여 안정성 검토 수행

수평방향 허용지지력 대책공법 검토

•수평방향 허용지지력 검토 결과 N.G가 발생한 경우, 대책방안으로 치환공법과 SCP 공법 적용에 대해 검토하였으며, 경제성과 시공성을 고려하여 대책방안을 적용하였다.

모래다짐말뚝(S.C.P)공법 검토

•치환율(a_s)은 원지반을 1.0로 하여 다짐말뚝 체적비로 개량 정도를 나타내는 정수로서, 사질토나 육상 점성토의 개량에는 0.3이하, 해상에서는 0.3~0.8의 범위

•육상공사에서는 말뚝의 지름을 60~80cm(표준 70cm)로 적용, 말뚝을 정삼각형 및 정사각형으로 배치할 경우 치환율(a_s)는 아래와 같이 계산

정사각형 배치

$$a_s = \frac{A_s}{A} = \frac{A_s}{X_2} \text{ 또는 } \frac{A_s}{x_1 x_2}$$

정삼각형 배치

$$a_s = \frac{A_s}{A} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{A_s}{x^2}$$

a_s : 치환율, x1, x2 : 말뚝 사이의 간격 , As : 쇄석말뚝 단면적, A : 말뚝 1개가 부담하는 면적(분담면적)

점토에서의 다짐말뚝 개량효과

응력집중효과

말뚝의 응력집중계수(≥1)	점성토의 응력저감계수(≤1)
$\mu_s = \frac{\sigma_s}{\sigma} = \frac{n \cdot A}{n \cdot A_s + A_c} = \frac{n}{1+(n-1) \cdot a_s}$	$\mu_c = \frac{\sigma_c}{\sigma} = \frac{A}{n \cdot A_s + A_c} = \frac{1}{1+(n-1) \cdot a_s}$

여기서, a_s : 치환율(A_s/A) n : 응력분담비(σ_s/σ_c = 3)

원지반 치환율과 응력집중효과를 고려한 복합지반 강도

•$\Delta C = C_0 \cdot (1-a_s) \cdot \mu_s$ $\phi = \tan^{-1}(\mu_s \cdot a_s \cdot \tan\phi_p)$

여기서, n : 응력분담비(=3) C_0 : 점성토 원지반의 초기점착력 a_s : 치환율(As/A)

μ_s : 응력증가계수 ϕ : 모래의 내부마찰각(=30°)

설계입력치 결정

다짐말뚝 직경 (mm)	다짐말뚝 C.T.C (m×m)	응력분담비 (n)	모래말뚝에 의한 치환율(a_s)	복합지반의 마찰각 (°)	복합지반의 추정 N값
ø700	0.8×0.8	3.0	60%	25.3	10

■ 말뚝기초의 수평방향 허용지지력 대책공법 검토결과

구 분		위치	수평방향 허용지지력(kN/EA)				수평방향 허용지지력(kN/EA)		수평방향 설계반력 (kN/EA)		판 정	적용 공법
			상 시		지진시							
			Broms법	Chang법	Broms법	Chang법	상 시	지진시	상 시	지진시		
능산1교	서울	A2	114.474	279.605	171.712	744.538	114.474	171.712	93.853	15.547	O.K	치환 공법
	문산	A2	114.969	279.605	172.453	744.538	114.969	172.453	92.055	16.559	O.K	
능산2교	서울	A2	117.133	279.605	175.699	744.538	117.133	175.699	105.457	155.165	O.K	
	문산	A2	116.548	279.605	174.822	744.538	116.548	174.822	107.687	157.715	O.K	
내포IC R-A교		A1	119.467	279.605	179.200	744.538	119.467	179.200	100.103	132.521	O.K	
대명골천교		A2	110.136	200.166	165.204	532.914	110.136	165.204	91.530	142.844	O.K	SCP 공법
검 토 결 과		• 대책공법 안정성 검토결과 **능산1교(A2), 능산2교(A2), 내포IC R A교(A1)**에는 치환공법을 적용하였으며, 대명골천교**(A2)**은 SCP공법을 적용하여 안정성을 확보하였음.										

4.3 주요구간 안정성 검토

4.3.1 기초의 부등침하 검토

•기초형식이 상이하거나, 기초형식이 동일할지라도 하부 지지층이 다른 기초에 대한 부등침하 검토 필요

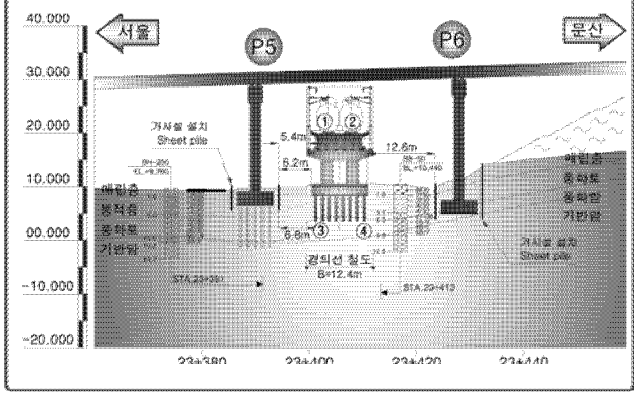
부등침하 관리기준

검토방향 및 기준	•Moulton & Barker 허용각변위 기준 : $A = \delta / S$ 여기서, A : 각변위량 , δ : 각 교각 침하량 차 , S : 경간 길이 ➡ 허용각변위 : 연속교인 경우 A < 0.004 단순교인 경우 A < 0.005 •구조물기초 설계기준 : 각변위 = 1/300 (단일기초 각변위량)

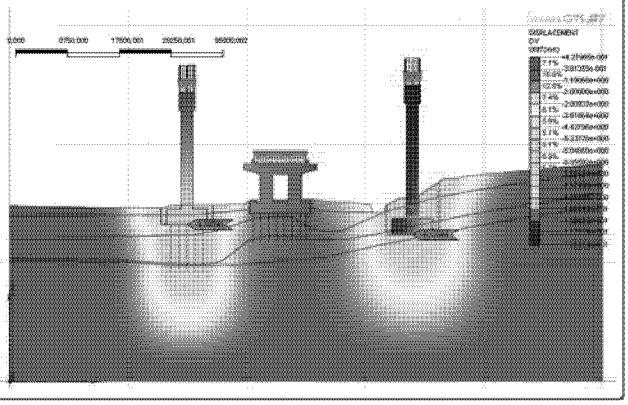
•허용부등침하량 : 10mm
•허용각변위 기준
연속교 : A < 0.004
단순교 : A < 0.005

부등침하 검토결과

해석 단면도



4공구 금촌3교 연직 변위도



구 분			침하량 (mm)	경간장 (m)	부 등 침 하(mm)			각 변 위(rad)		
					부등침하량	허용침하량	검토결과	각변위	허용각변위	검토결과
4공구	금촌3교	P5	9.30	36.7	1.18	10.0	O.K	0.000032	0.004	O.K
		P6	8.12							

검토결과 •수치해석을 통한 부등침하 검토 결과 발생부등침하량은 1.18mm 각변위는 3.2×10^{-5}rad로 모두 허용치 이내의 값을 나타내므로 안정

4.3.2 말뚝기초 군말뚝 영향 검토

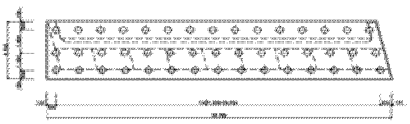
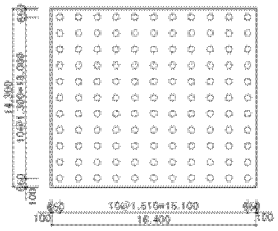
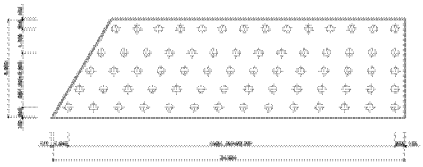
- 단일말뚝 검토에서 하중-침하량 거동이 양호하더라도 군말뚝 거동에서는 하중전이가 선단으로 이동함에 따라 기초부의 침하에 영향을 미칠 수 있어, 수평지지력 해석에서 말뚝간격에 따라 군말뚝 감소계수를 적용
- 기초 구조물 안정성 특히 침하량 문제는 단말뚝이 아닌 군말뚝 조건으로 검토를 수행하는 것이 실구조물 조건과 부합되므로 현장 지질특성을 고려하여 p-y 비선형해석을 통한 군말뚝 거동을 분석

말뚝조건

구 분		직경 D(mm)	탄성계수 E (MPa)	전단탄성계수 G (MPa)	단면적 A (m^2)	단면2차모멘트 I (m^4)	하중조건 (상시/지진시) 연직하중(MN)	수평하중(MN)	모멘트(MN·m)
4공구	금촌3교 A1	508	2.10×10^5	8.2×10^4	0.0155	0.000473	885.2/1050.9	102.8/154.9	99.0/123.0
	월롱교 P1	508	2.10×10^5	8.2×10^4	0.0109	0.000337	1391.7/1421.0	38.1/69.0	150.5/176.5
	내포IC R B2교 A1	508	2.10×10^5	8.2×10^4	0.0155	0.000473	723.5/1008.6	106.2/156.1	118.3/136.4

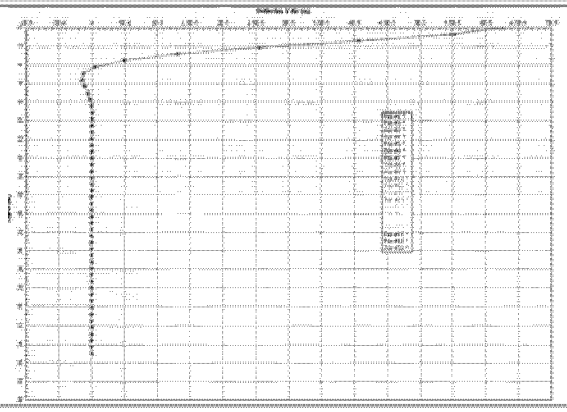
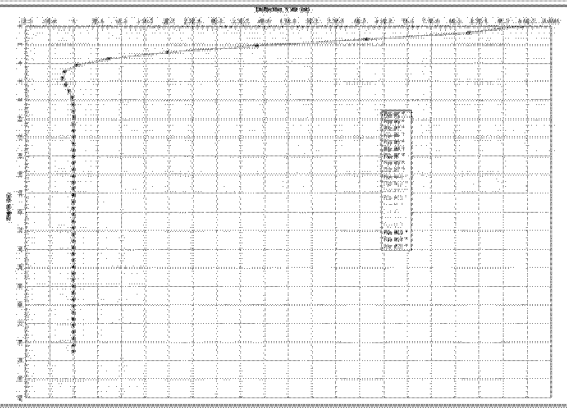
대표 교량 말뚝 배치 현황

4 공구 대표 교량 말뚝 배치 현황

금촌3교 A1	월롱교 P1	내포IC R B2교 A1
		
3 × 15 = 45 본	11 × 11 = 121 본	5 × 14 = 70 본

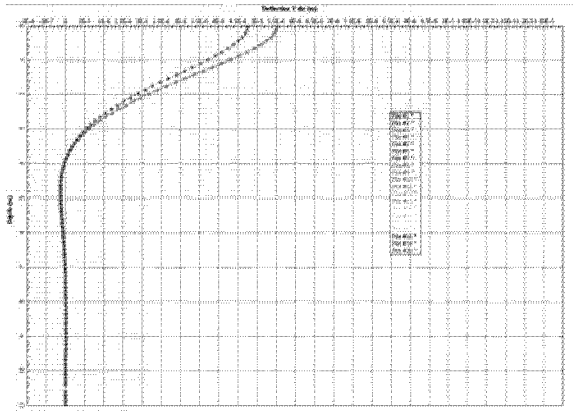
말뚝기초의 모델링 및 해석 결과

4공구 금촌3교 A1

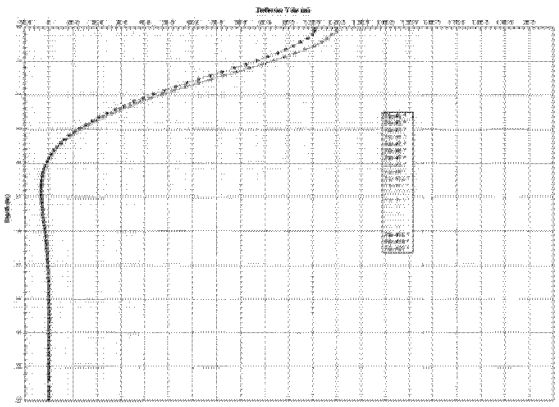
상 시 해석결과	지진시 해석결과
	

4공구 월롱교 P1

상 시 해석결과

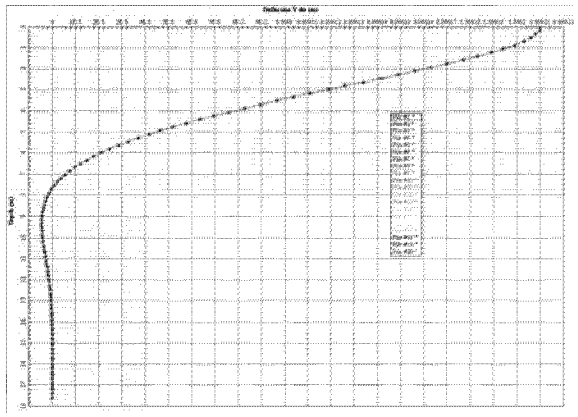


지진시 해석결과

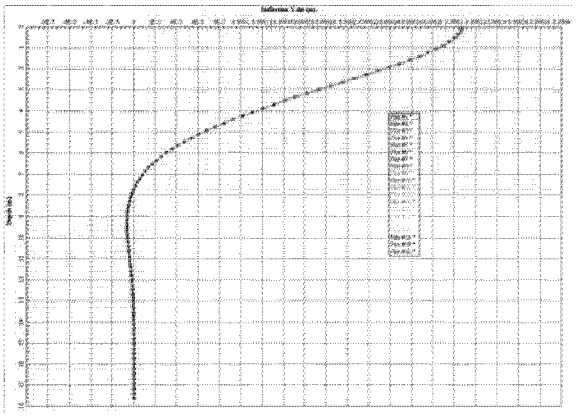


4공구 내포IC R B2교 A1

상 시 해석결과



지진시 해석결과



구 분		최대연직침하 상시/지진시(mm)	허용침하량 (mm)	최대수평변위 상시/지진시(mm)	허용수평변위 상시/지진시(mm)	판 정
4 공 구	금촌3교 A1	0.067/0.107	25.4	0.063/0.094	15.0/22.5	O.K
	월롱교 P1	0.011/0.011	25.4	0.008/0.016	15.0/22.5	O.K
	내포IC R B2교 A1	0.016/0.022	25.4	0.210/0.310	15.0/22.5	O.K

검토결과

•군말뚝 영향을 고려한 검토 결과, 최대 연직침하량은 0.107mm이고, 최대 수평변위는 0.210mm로서 모두 허용치 이내의 값을 나타내므로 안정

4.3.3 고성토부 교대 안정성 검토

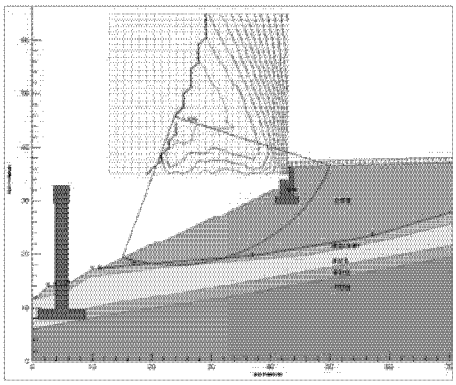
•공구별 고성토부에 위치하는 대표 교대에 대한 측방유동 발생 가능성 검토
•말뚝의 휨응력을 고려한 한계평형해석을 통한 상세 안정성 검토 수행

고성토 교대부 검토 구간 선정

공구	교량명	성토고	지층 현황
4공구	금촌3교_A2	H=18.8m	하부 퇴적층(평균 N값 6)이 존재하며 성토고가 높은 조건
	월롱교_A1	H=14.4m	하부 퇴적모래층 및 풍화토층이 16.0m 분포
	월롱교_A2	H=15.1m	하부 퇴적모래층 및 풍화토층이 10.0m 분포
	능산2교_A1	H=9.7m	하부 퇴적모래층 및 풍화토층이 10.0m 분포
	능산4교_A1	H=9.5m	하부 퇴적모래층 및 풍화토층이 7.0m 분포

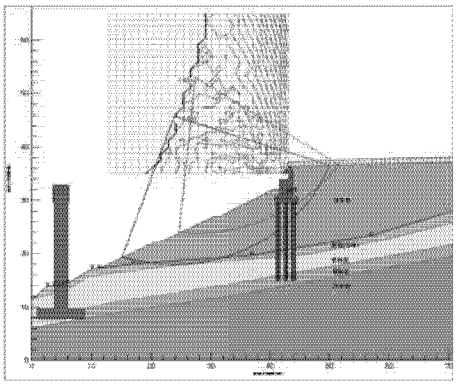
금촌3교 A2 (원지반)

말뚝 미고려시



Fs = 1.53 〉 1.5 ∴ O.K

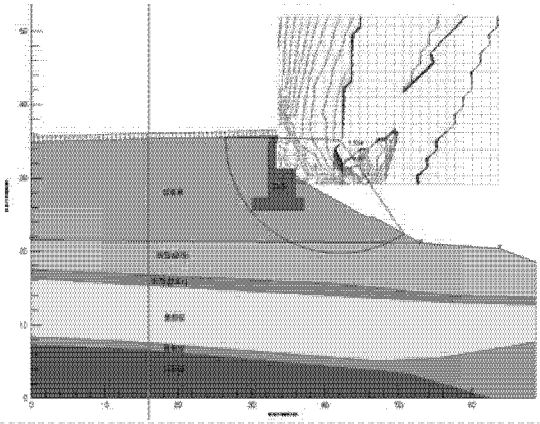
말뚝 고려시



Fs = 1.80 〉 1.8 ∴ O.K

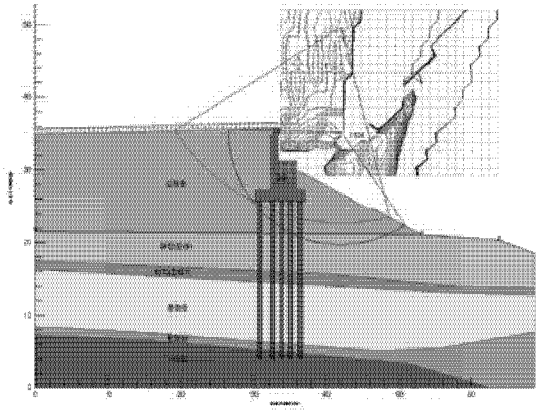
월롱교 A1 (원지반)

말뚝 미고려시



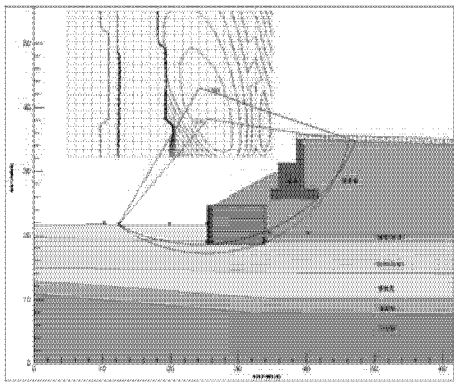
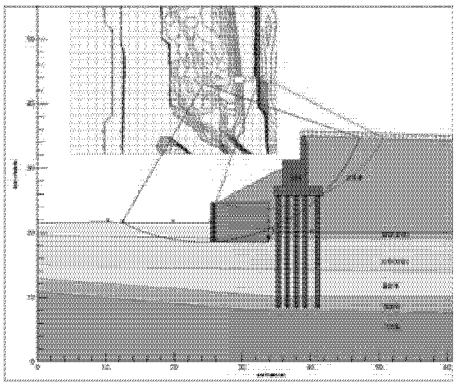
Fs = 1.53 〉 1.5 ∴ O.K

말뚝 고려시

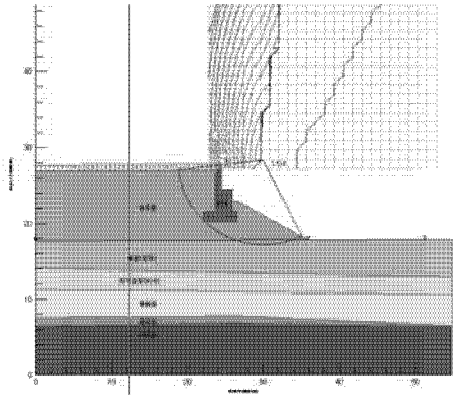
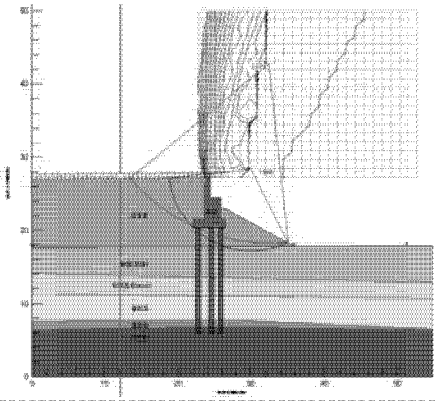


Fs = 2.31 〉 1.8 ∴ O.K

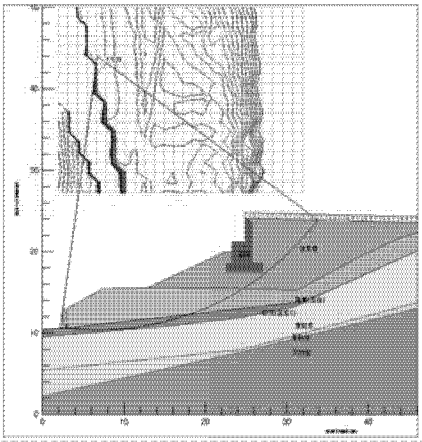
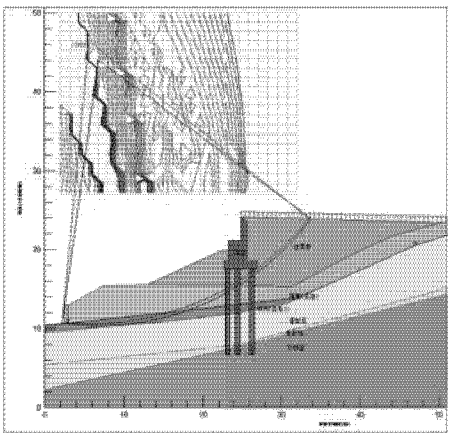
월롱교 A2 (원지반)

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.501 〉 1.5 ∴ O.K	Fs = 2.39 〉 1.8 ∴ O.K

능산2교 A1 (원지반)

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.51 〉 1.5 ∴ O.K	Fs = 2.07 〉 1.8 ∴ O.K

능산4교 A1 (원지반)

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.53 〉 1.5 ∴ O.K	Fs = 2.00 〉 1.8 ∴ O.K

◎ 측방 유동 검토 결과

공구	교량명	성토고	원지반		치환		검토 결과	비 고
			말뚝고려	말뚝미고려	말뚝고려	말뚝미고려		
4공구	금촌3교 A2	H=18.8m	1.80	1.53	-	-	OK	
	월롱교 A1	H=14.4m	2.31	1.53	-	-	OK	
	월롱교 A2	H=15.1m	2.39	1.501	-	-	OK	
	능산2교_A1	H=9.7m	2.07	1.51	-	-	OK	
	능산4교 A1	H=9.5m	2.00	1.53	-	-	OK	

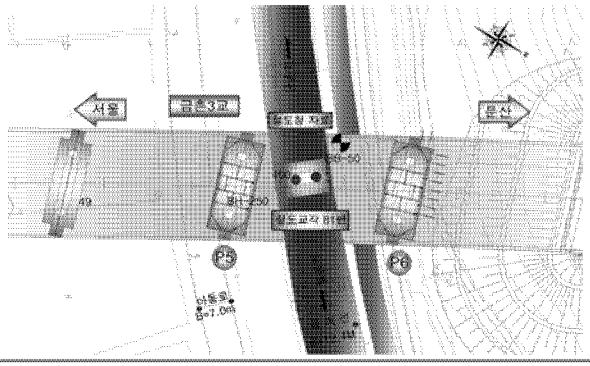
검토결과	•고성토 교대 구간 측방유동 안정성 검토 결과 기준안전율을 만족하는 것으로 검토되어 안정성 확보는 가능 할 것으로 판단됨.

4.3.4 금촌 3교 경의선 통과구간 안정성 검토

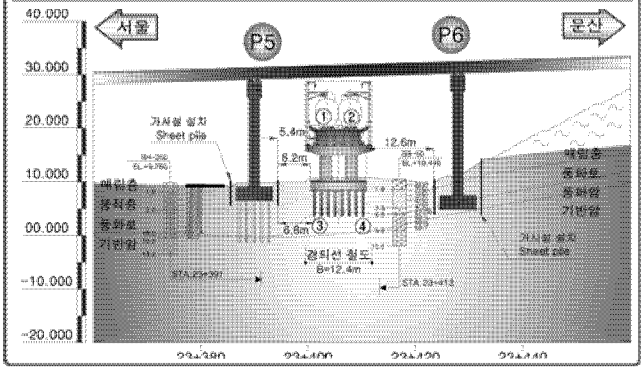
- 금촌 3교는 경의선 상부 통과하는 교량으로 기초 터파기시 기존 철도 노반에 미치는 영향과 기초 시공 및 공용 중 철도운행에 따른 영향 검토
- 철도 운행하중은 220/3≒80kN/m적용 (철도설계기준 노반편, 2011, p.8-33)
- 철도노반 침하기준은 직선(레일길이 10m에 대해)7.0mm 적용

검토현황

금촌 3교 경의선 횡단 평면



금촌 3교 경의선 횡단 종단면도



금촌 3교 적용 물성치

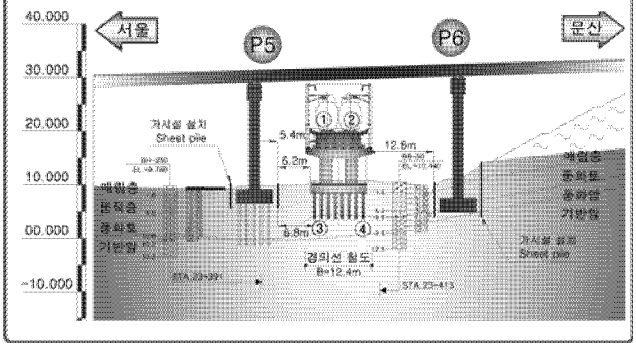
구 분	지층	γ_t(kN/m^3)	c(kPa)	Φ	E(MPa)	ν	K(cm/s)
교 량 구 간	매립층	19	3	28	15	0.35	7.0×10^{-4}
	퇴적층 점토(N>4)	18	35	–	7	0.40	3.4×10^{-7}
	풍화토	19	17	29	33	0.33	6.2×10^{-4}
	풍화암	21	28	31	300	0.30	7.4×10^{-5}
	연 암	23	500	34	700	0.26	5.5×10^{-5}

금촌 3교 해석조건 – 적용하중

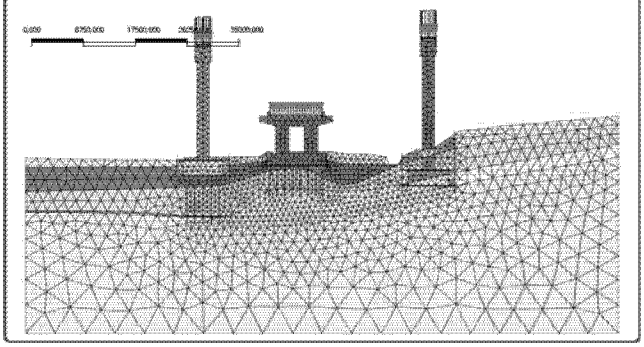
구 분	철도하중	교량 공용중 교각에 재하되는 하중	
		P5	P6
교외선 철도운행 하중 (kN)	80.0 kN/m	23,059 kN / 19.0m	23,057 kN / 19.0m

해석 모델링 분석

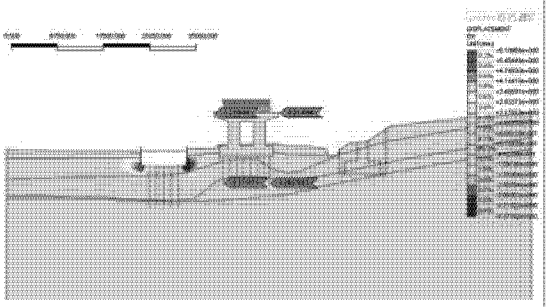
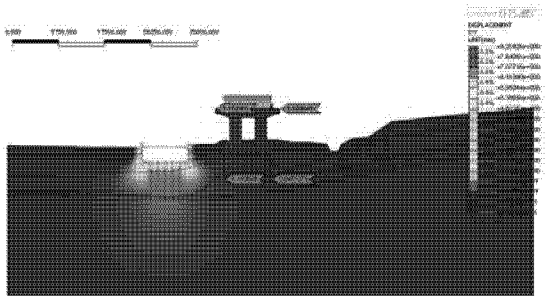
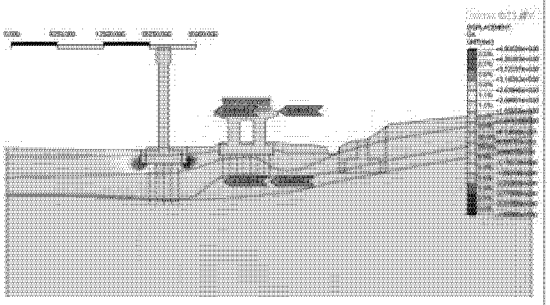
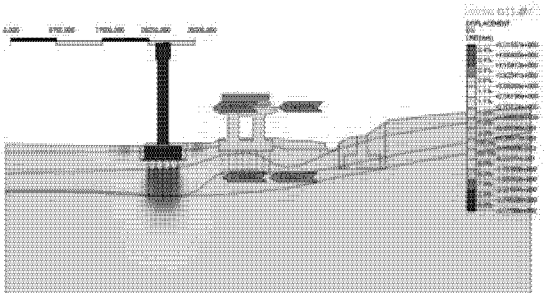
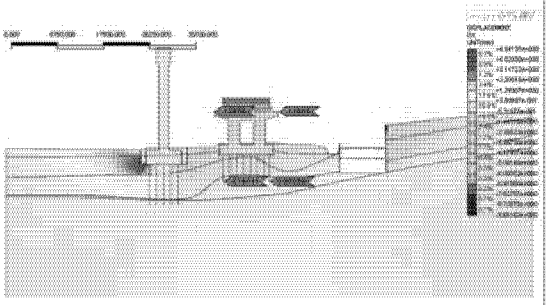
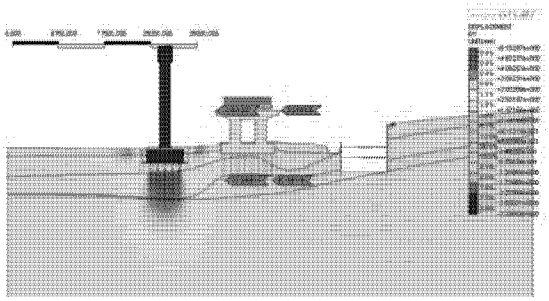
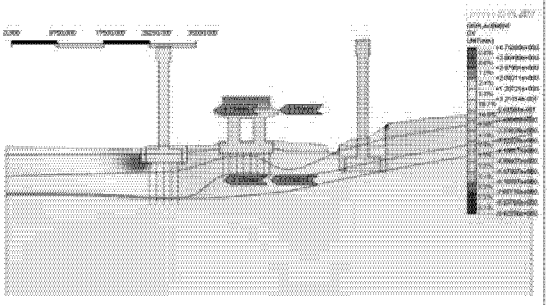
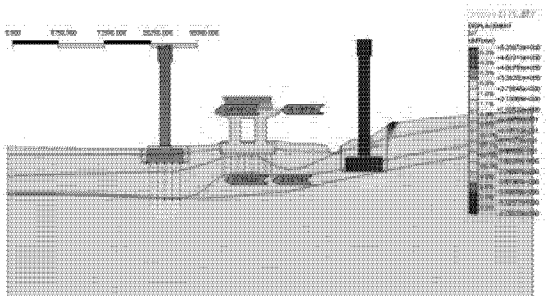
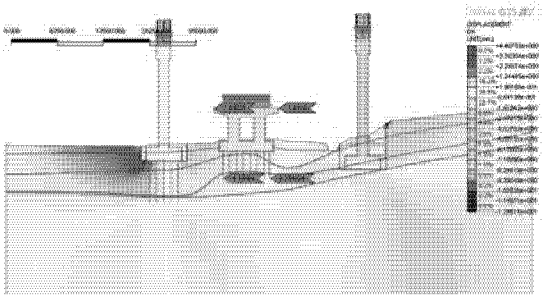
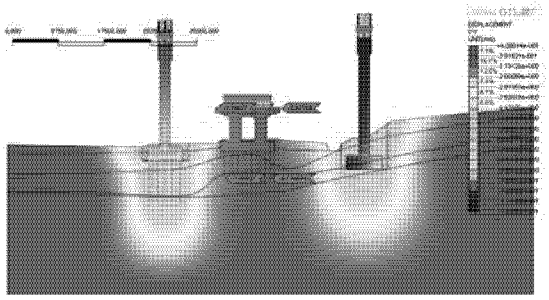
해석 단면도



해석 모델링



■ 시공단계별 해석 결과

시공단계	수평변위도	연직변위도
교각 P5 기초 터파기시		
교각 P5 기초시공		
교각 P6 기초 터파기시		
교각 P6 기초시공		
공 용 시 하중재하		

■ 지반 변위 검토

교각 P5 터파기시						
검토위치		최대수평변위(mm)	허용변위(mm)	최대연직변위(mm)	허용변위(mm)	검 토
경의선	Point ①	0.21 (←)	7.0	0.15 (↓)	7.0	O.K
	Point ②	0.21 (←)	7.0	0.03 (↓)	7.0	O.K
	Point ③	0.12 (←)	7.0	0.14 (↓)	7.0	O.K
	Point ④	0.07 (←)	7.0	0.05 (↓)	7.0	O.K

교각 P5 기초시공시						
검토위치		최대수평변위(mm)	허용변위(mm)	최대연직변위(mm)	허용변위(mm)	검 토
경의선	Point ①	0.94 (←)	7.0	0.45 (↓)	7.0	O.K
	Point ②	0.94 (←)	7.0	0.04 (↓)	7.0	O.K
	Point ③	0.33 (←)	7.0	0.39 (↓)	7.0	O.K
	Point ④	0.10 (←)	7.0	0.03 (↓)	7.0	O.K

교각 P6 터파기시						
검토위치		최대수평변위(mm)	허용변위(mm)	최대연직변위(mm)	허용변위(mm)	검 토
경의선	Point ①	1.10 (←)	7.0	0.50 (↓)	7.0	O.K
	Point ②	1.10 (←)	7.0	0.27 (↓)	7.0	O.K
	Point ③	0.15 (←)	7.0	0.40 (↓)	7.0	O.K
	Point ④	0.05 (←)	7.0	0.17 (↓)	7.0	O.K

교각 P6 기초시공시						
검토위치		최대수평변위(mm)	허용변위(mm)	최대연직변위(mm)	허용변위(mm)	검 토
경의선	Point ①	0.75 (←)	7.0	0.41 (↓)	7.0	O.K
	Point ②	0.76 (←)	7.0	0.11 (↓)	7.0	O.K
	Point ③	0.38 (←)	7.0	0.38 (↓)	7.0	O.K
	Point ④	0.08 (←)	7.0	0.16 (↓)	7.0	O.K

공용시 하중재하						
검토위치		최대수평변위(mm)	허용변위(mm)	최대연직변위(mm)	허용변위(mm)	검 토
경의선	Point ①	1.83 (←)	7.0	1.55 (↓)	7.0	O.K
	Point ②	1.83 (←)	7.0	0.62 (↓)	7.0	O.K
	Point ③	1.15 (←)	7.0	1.46 (↓)	7.0	O.K
	Point ④	0.25 (←)	7.0	0.77 (↓)	7.0	O.K

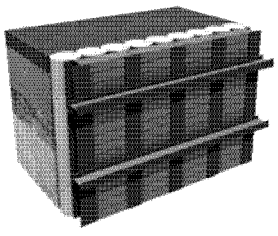
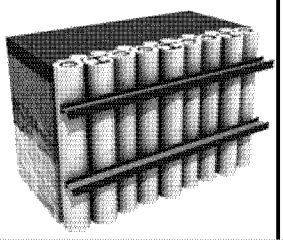
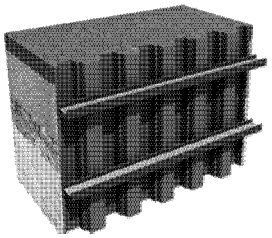
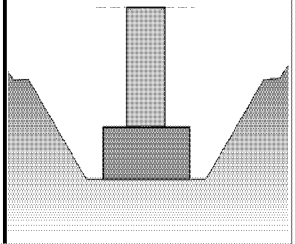
검토결과

•시공 완료 후 하중 재하시 철도교각 선로의 변위는 최대수평변위는 1.83mm, 최대연직 변위는 1.55mm로 검토되어 변위발생이 미미할 것으로 판단됨

○ 철도 횡단 가설 공법 적정성 검토

•철도노반과 이격거리를 고려한 가시설 공법은 강성체공법과 일반 가시설 공법으로 구분하여 검토
•철도노반과의 이격거리를 고려하여 인접한 구간에 지하수위가 높은 구간은 Sheet Pile로 우선 검토하며, 이격거리 및 철도노반보다 상단에서 터파기가 시공되는 구간은 Open Cut 검토

▮ 철도횡단 교량 기초터파기 시 가설공법 검토

구 분	H-Pile+토류판	C.I.P 공법	Sheet Pile 공법	Open Cut 공법
시 공 단 면				
적용지반	모든 지반	토사 ~ 풍화암층	토사 ~ 연암층	토사 ~ 연암층
차수공법	차수공법(필요구간)	차수공법(필요구간)	차수 및 가물막이 겸용	-
침하억제	불 량	매 우 우 수	우 수	우 수
안 정 성	양 호	매 우 우 수	양 호	양 호
	소형 (2차로 점유)	소형~중형(2차로 점유)	소형 (2차로 점유)	-
시 공 성	•모든 지반에서 우수 •목재 사용시 토류판 부식 우려 •지하수위 적은 장소	•자갈 및 전석층 불량 •벽체 강성 우수 •토사-암 경계부 보강효과 우수	•전석층, 암반층 곤란 •항타 및 유압식삽입 •진동 영향시 워터제트 사용	•필요 심도까지 자연터파기 굴착 •지반이 좋고 굴착심도가 낮을 경우에 유리
금촌 3교 검 토 안	P5 P6	• 지층조건은 점토 섞인 모래, 실트, 점토로 구성되어 있고, 지하수위가 지표면하 GL(-)1.2m로 높게 분포하고 있어 세립분 함유에 따른 지층특성 고려와, 굴착에 의한 지하수 유출 차단 및 토류벽 역할을 동시에 발휘 할 수 있는 Sheet Pile 공법적용		
		• 철도교량의 안정성 확보를 위해 H-pile+토류판 보다 강성이 크고, 지반이완 영향이 적으며, 수밀성이 높아 안정성 확보에 유리 할 것으로 판단		

4.3.5 열차 진동영향에 의한 터파기 안정성 검토

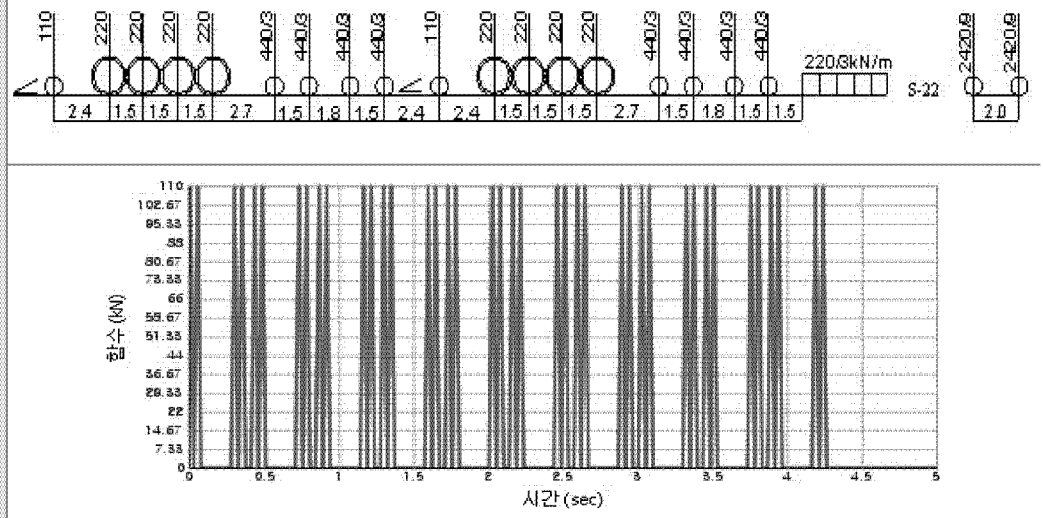
- 철도진동하중을 고려한 안정 검토는 시간이력해석을 통해 임의의 절점에 따른 하중을 가하여 동적해석을 수행함으로 발생 변위에 대한 영향 검토
- 시간이력함수는 일반열차 LS-22 표준활하중(철도설계기준,2011)에 대해 MIDAS 수치해석 프로그램 내부에 있는 프로그램을 이용하여 이동하중 결과를 산출하여 적용함

○ 금촌 3교 경의선 통과구간 열차 진동영향 검토

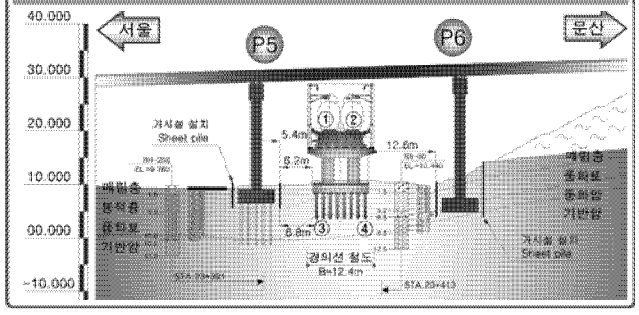
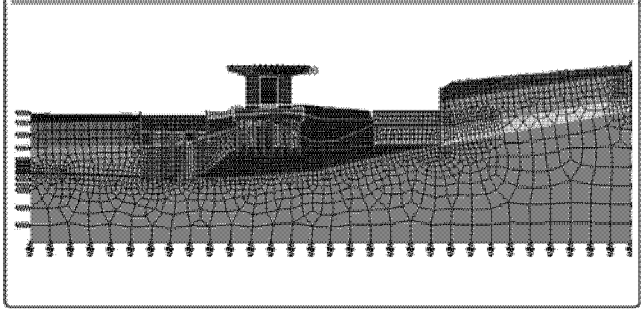
■ 금촌 3교 적용 물성치

구 분	지층	γ_t(kN/m^3)	c(kPa)	Φ	E(MPa)	ν	K(cm/s)
교 량 구 간	매립층	19	3	28	15	0.35	7.0×10^{-4}
	퇴적층 점토(N>4)	18	35	–	7	0.40	3.4×10^{-7}
	풍화토	19	17	29	33	0.33	6.2×10^{-4}
	풍화암	21	28	31	300	0.30	7.4×10^{-5}
	연 암	23	500	34	700	0.26	5.5×10^{-5}

■ 금촌 3교 해석조건 – 적용하중

구 분	경의선 표준활하중(LS-22 표준활하중)
경의선 철도운행 하중(kN)	

■ 해석 모델링 분석

해석 단면도	해석 모델링
	

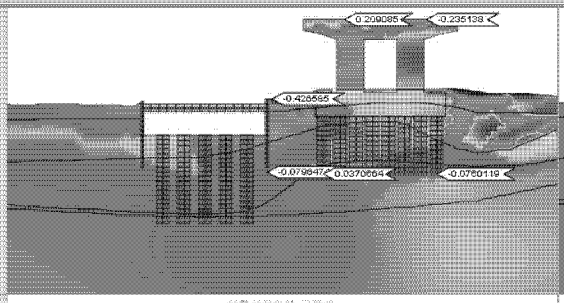
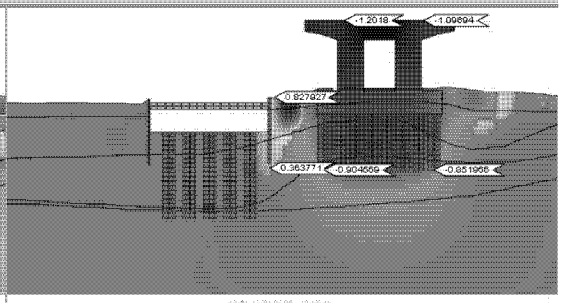
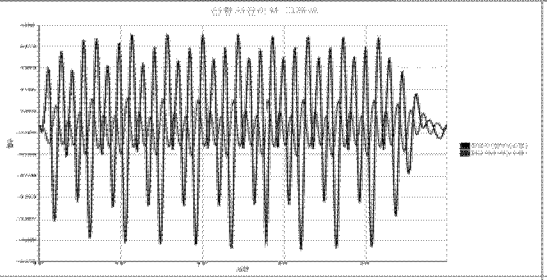
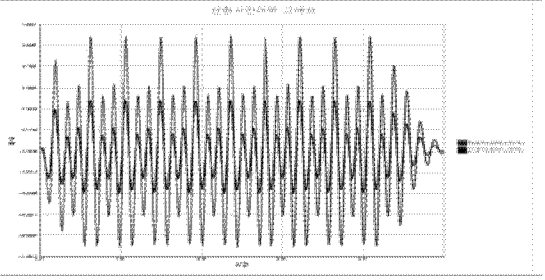
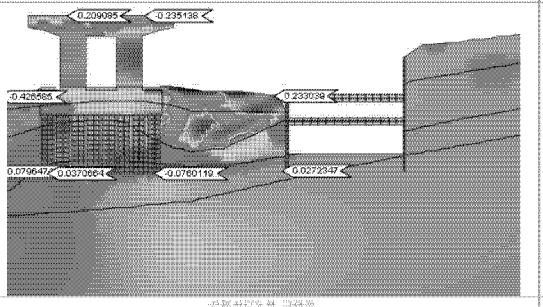
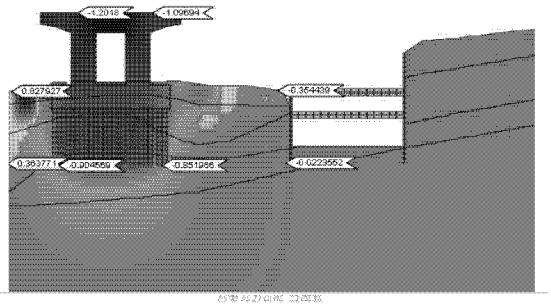
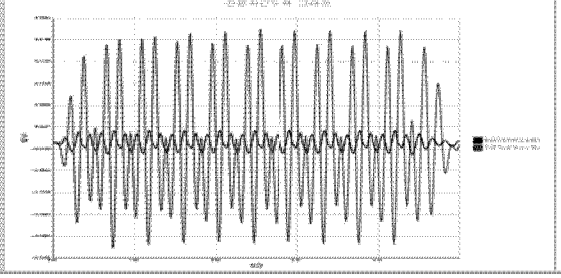
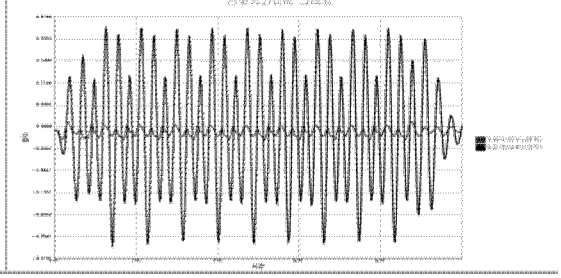
▮ 열차 진동하중에 의한 기초 가시설 변위 검토

검토위치	동적하중 재하				
	최대수평변위(mm)	허용변위(mm)	최대연직변위(mm)	허용변위(mm)	검 토
교각 P5 가시설(좌)	0.42 (←)	15.0	0.82 (↑)	25.0	O.K
교각 P6 가시설(우)	0.23 (→)		0.35 (↓)		O.K

검토결과

- 열차 진동하중에 대한 동적 안정성 검토결과 기초 터파기 가시설 및 철도교각 변위가 미소하여 안정성 확보는 가능 할 것으로 판단됨
- 시공중 철도 진동하중 재하시 기초 가시설 최대수평변위는 0.42mm, 최대연직 변위는 0.82mm로 검토되어 발생변위는 미미한 것으로 나타남

▮ 해석 결과

시공단계	수평방향	연직방향
교각 P5 변 위 도		
시간이력 그 래 프		
교각 P6 변 위 도		
시간이력 그 래 프		

◎ 금촌 3교 장비 접지압 검토

•거더 설치시 크레인 접지압

- 접지 Plate 제원 : 2.0m × 2.0m × 0.2m (4EA)
- 적용하중 산정 (크롤러 크레인-1=329.0 ton, 크롤러 크레인-2=329.0 ton)
  - ① 빔중량 : 92 ton
  - ② 크레인중량 : 96 ton
  - ③ Counter Weight(무게추) : 크롤러 크레인-1(135 ton), 크롤러 크레인-2(135 ton),
  - ④ Plate : 6.0 ton(1.5 ton × 4EA)
- 접지압 산정(P / (B × L))

  크롤러 크레인-1,2 = 329.0 / (2.0m×2.0m×4EA) = 20.56 t/m^2 (= 205.6 kN/m^2)

▮ 허용지지력 검토결과

구 분			두께(m)	r_t(kN/m^3)	c(kPa)	Φ	비 고
크롤러 크레인-1	P5	모래층	1.6	19	3	28	BH-250
크롤러 크레인-2	P6	자갈층	1.8	20	0	32	BB-50

구 분		지지력 산정 (kN/m^2)		적 용	접지압 (kN/m^2)	판 정
		Terzaghi	Hansen			
크롤러 크레인-1	P5	270.35	213.90	213.9	205.6	O.K
크롤러 크레인-2	P6	360.02	260.8	260.8	205.6	O.K

■ 장비 주행성에 대한 안전율(Fs)는 단기하중 개념으로 1.5 를 적용함.

검토결과

•접지압 검토결과 안정성 확보 가능한 구간에서도 크레인 거치시 자갈(철판)깔기 및 시공다짐을 하여 예기치 못한 전도에 방지하여야 함

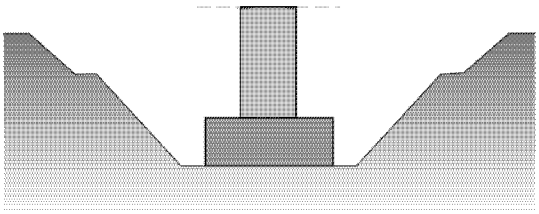
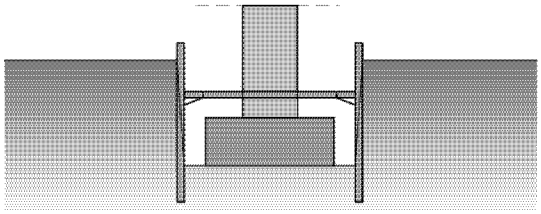
제 5 장 교량기초 시공방안 검토

5.1 직접기초 시공방안 검토

기본방향	•굴착심도, 지하수위, 지반조건, 인접구조물의 간섭 등을 고려한 굴착공법 선정 •터파기 심도보다 지하수위가 높은 구간은 침투해석을 수행하여 양수대책 수립 •기초저면에서 하중이 지반에 직접 전달되므로 기초저면의 처리지침을 준수 •상부하중을 지반에 균등하게 전달하여 상부구조물 안정성 도모

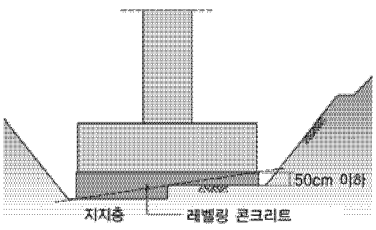
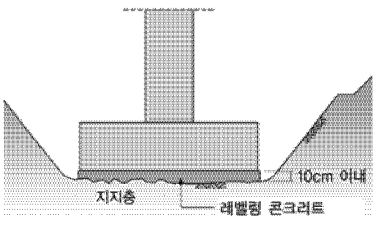
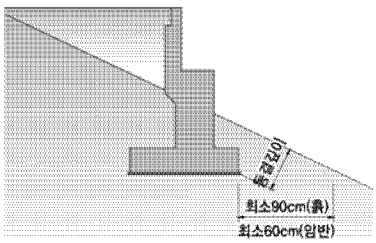
5.1.1 기초터파기 굴착공법 검토

◎ 기초터파기 굴착공법 검토

구 분	자연비탈면 굴착(Open Cut)	가시설 공법(H-Pile + Strut)
공법 특징		
공법 특징	•안전한 비탈면을 형성하면서 필요한 심도까지 굴착하는 공법으로 공간 확보가 가능 •지반이 좋고 굴착심도가 낮을 경우에 유리	•토류벽 및 지보공으로 토사의 붕괴를 방지하면서 굴착하는 공법으로 근접시공 등 제약공간이나 굴착심도가 깊은 경우에 적용
장·단점	•공사비 저렴하고 공기가 빠름 •지하수위 높은 사질토지반 및 연약지반 곤란	•공간활용이 탁월하나 기계이용에 제약 •자립 Open Cut 공사보다 고가
적용구간	가시설 제외구간	금촌 3교 등
선정사유	•기초터파기 시공 시 굴착심도 및 공간제약을 받지 않는 구간에 Open Cut 공법 적용	•기존도로근접 및 비탈면 훼손을 최소화하는 방안으로 제약공간 확보를 위하여 가시설 적용

◎ 직접기초 저면처리

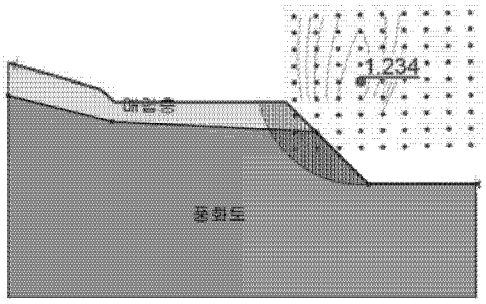
▮ 기초저면의 형태별 처리

기초저면이 경사진 경우	기초저면이 수평상태일 경우	비탈면에 기초 설치시
		
•기초폭 7m 이상인 경우 : 경사 고려 계단식 암절취 •기초 바닥정리 콘크리트(50cm이하) 타설	•암굴착면의 요철은 ±10cm •바닥면 처리를 위해 10cm 이상의 바닥정리 콘크리트 타설	•기초바닥에서 최소 동결깊이 이상으로 복개

5.1.2 기초터파기시 안정성 검토

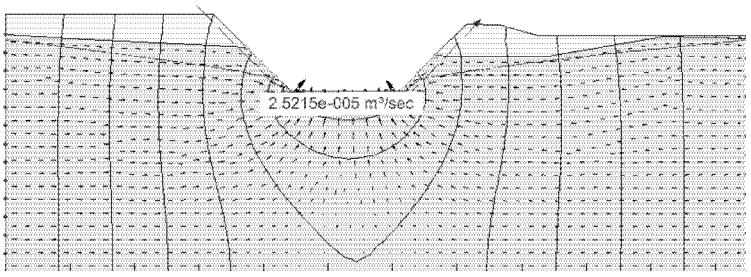
기초터파기 비탈면 안정성 검토

•대표단면에 대한 기초 터파기 임시비탈면의 안전율은 1.1로 적용 (건교부 및 도로공사기준 1.1~1.2)
•임시비탈면 기울기는 토사 : 1 : 1.0~1.2 암반의 경우 1 : 0.5 적용 및 비탈면 경사를 완화하여 검토

4 공구 (금촌 2교 A1)	결 과 분 석
	•검토구간 : 임시터파기 구간 •임시 터파기 비탈면 기울기 : 1 : 1.0 적용 검토 후 완화경사 적용 •Fs = 1.23 > 1.1 ∴ O.K •임시비탈면은 1 : 1.0 기울기 적용시 안정한 것으로 검토

기초터파기시 침투영향 검토

•기초시공을 위한 가설 터파기 공사시 지하수 유입으로 공사지연에 대한 대책 필요
•터파기 대상지반의 투수계수를 산정, 수치해석 (SEEP/W)을 통해 시간당 총유출량 산정

4 공구 (금촌 2교 A1)	결 과 분 석
	•검토구간 : 지하수위가 높은 구간 •터파기 면적 : 8.0m × 22.0m •침투유량 : $2.5\times10^{-5}m^3/sec/m$ •총 유출량 : $1.997m^3/hr$

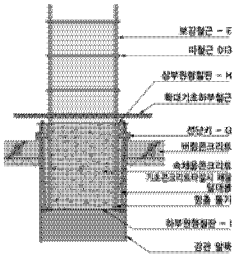
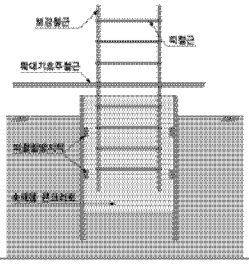
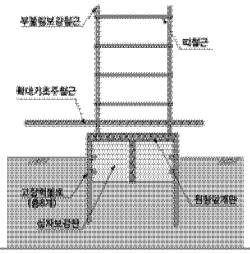
검토결과

•대표 단면에 대한 터파기시 굴착면으로 유입되는 지하수량은 $1.997m^3/hr$로 터파기시 집수정을 설치하여 유도배수한 후 Pumping하여 외부로 배출 계획 ➡ 배수펌프(2HP, 1.5KW, 양수량 : $15m^3/hr$) 1대로 배수할 경우 Dry Work 상태에서 기초시공이 가능할 것으로 판단

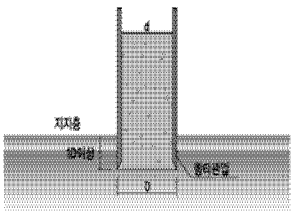
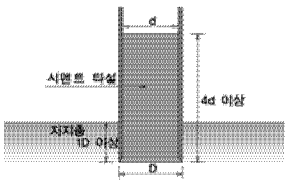
제 6 장 기초의 품질 및 유지관리 계획

6.1 말뚝기초 품질관리 계획

6.1.1 말뚝머리결합 방안

구 분	합성형 두부보강	콘크리트 속채움	볼트식 두부보강
개요도			
공법개요	•속채움이 가능한 강재결합구와 강판을 결합식으로 연결하므로 속채움방식의 단점인 시공성을 개선하고 볼트식 방식의 허용내력 한계를 개선한 공법	•보강철근망과 하부띠철근을 조립하여 확대기초의 주철근과 상부띠철근을 배근한 후, 확대기초와 강관의 속채움 콘크리트 를 동시에 타설하는 공법	•콘크리트 속채움 방식의 시공성을 개선하기 위해 공장 제작된 십자보강판을 볼트에 의해 강관과 연결하고 확대기초의 주철근과 띠철근에 연결하는 공법
적용성	•시공이 빠르고 간편하며 지압응력의 분포가 일정하고 수평력에 대한 저항력이 우수함	•수평력에 대한 저항력이 우수 하나 철근간섭에 의해 시공성이 저하, 강관말뚝 내부 용접시 용접불량이 발생할 수 있음	•시공이 빠르고 간편하지만 말뚝내부가 중공이므로 속채움 방식에 비해 수평력에 대한 저항력이 작음
경제성	공사비 저렴	공사비 다소고가	공사비 보통
선 정	◉	–	–
선정사유	•콘크리트 속채움공법은 철근간섭에 의한 시공성 저하가 크며, 볼트식 머리보강공법은 국부변형에 대하여 취약하고 말뚝내부가 중공이므로 수평력에 대한 저항력이 작음 •시공이 단순하며 지압응력의 분포가 일정하고 수평력에 대한 저항력이 우수한 합성형 두부보강 방법 선정		

6.1.2 말뚝 선단처리 계획

구분	최 종 경 타	시멘트밀크 속채움
개요도		
특징	•타입공법에 비해 타격 회수 및 시간이 적음 •최종 경타 시 단시간 이지만 소음 · 진동발생 •타공법에 비해 지지력이 큼	•말뚝의 연직하중을 기반암까지 전달가능 •말뚝 속채움에 의한 폐색효과 발휘
적 용	◉	◉

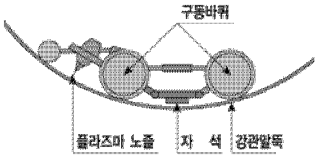
6.1.3 말뚝 품질관리 방안

강관말뚝절단공법

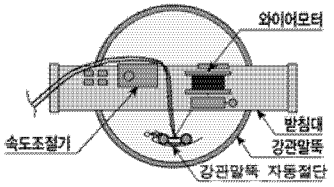
•지표면에서 말뚝 시공 후 확대기초 저면위치까지 굴착하는 종전의 방법은 산소 토치(Torch)를 이용하여 노출된 말뚝두부절단 ➡ 말뚝사이 굴착 ➡ 노출된 말뚝두부절단의 단계를 거쳐 굴착하였으나, 시공이 번거롭고 경제성면에서도 불리하여 간편하고 경제적인 강관말뚝 자동절단

•강관파일을 항타한 후 요구되는 소요깊이에 자기력 발생수단과 구동수단 및 토치를 탑재한 절단기를 삽입 후 강관 말뚝 내부면을 따라 회전하면서 고온의 플라즈마를 이용하여 강관말뚝을 절단하는 공법
•절단에 사용되는 절단기는 경량이고 소형이어서 말뚝이 시공된 주변 환경에 적용성이 뛰어나고 말뚝직경 및 절단 깊이에 상관없이 단 1회에 절단을 완료하는 공법

강관파일 자동절단



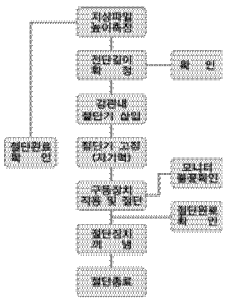
조절장치가 부착된 받침대



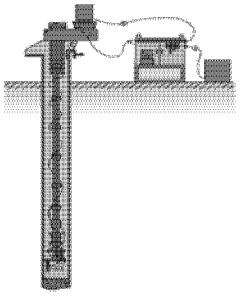
공 법 개 요

•강관말뚝 시공 후 소요 깊이에 자기력 발생 수단과 구동수단, 토치를 탑재한 기계를 삽입 고온의 플라즈마를 이용하여 강관말뚝을 절단하는 공법
•절단기의 무게가 작고 소형으로 파일 주변 영향을 받지 않고, 절단 깊이 조정이 가능
•절단면이 매끈하고 재래식 산소 절단 방식 등에 비해 경제적이고 시공성 우수

시공순서도



장 치 도



장점 및 단점

•장비 제작비용이 저렴하며, 말뚝 시공 후 후속 굴착작업 없이 절단 작업 진행, 공정의 단순화로 공기 단축이 가능함
•부대공종의 축소, 절단된 말뚝의 재사용으로 공사비가 절감되고, 작업조건의 향상으로 안전사고 예방효과 증대
•절단깊이, 말뚝직경, 경사도에 관계없이 절단가능
•강관말뚝 이외에는 적용 불가
•말뚝 내부에 물이나 흙이 차 있을 경우 작업이 불가능하므로 이를 제거하여야 작업 가능

강관말뚝 수직도 관리방안

•기초 시공 시 굴착장비(Auger에 계측기 설치) 수직도 관리방안 설치
•광파 측량기를 이용한 수직도 (1/300) 유지

강관말뚝 부식두께 검토

•강관말뚝은 부식에 의한 단면적의 축소 등으로 내구성이 저하되므로 이에 대한 대책방안 필요
•지층에서 강재의 부식은 토질, 수질 및 전기적 상태, 강재의 성질, 지층의 박테리아 등에 따라 상이

부 식 환 경(구조물기초 설계기준 2003)		부식속도(mm/년)
해상측	H.W.L 이상	0.3
	H.W.L~L.W.L(−)1m까지	0.1 ~ 0.3
	L.W.L(−)1m까지~해저부까지	0.1 ~ 0.2
	해저 이토층중	0.03
육상측	육상 대기중	0.1
	토중(잔류수위 이상)	0.03
	토중(잔류수위 이하)	0.02

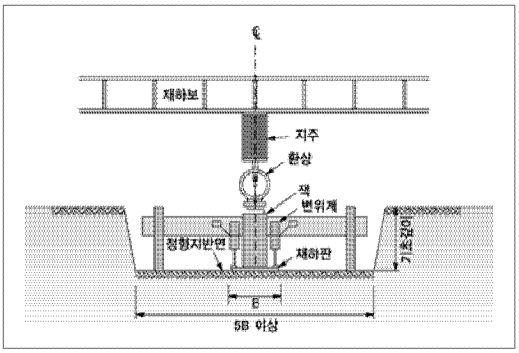
검 토 결 과

•강관말뚝은 해수나 공장폐수의 오염물에 영향을 받는 특수한 조건이 아니며 주기적으로 물에 잠길 우려가 없는 지하수위 이하에 위치
•부식두께는 교량의 내구연한(100년)을 감안하여 강관말뚝의 전체두께에서 2mm를 공제한 단면을 설계에 반영하였으며, 부식두께 고려시 강관말뚝의 구조적 영향 없음

6.2 교량기초 재하시험 및 계측계획

기본방향	•설계시 산정한 기초의 지지력은 경험식이나 이론식에 의한 것으로 시공시 기초지반에 대한 현장시험을 통하여 확인 •기초의 재하시험은 기초를 설계함에 있어 필요한 설계정수 등을 얻거나 설계지지력의 결정 또는 기 시공된 말뚝의 지지력을 확인하는데 목적이 있음

6.2.1 직접기초 재하시험



평판재하시험의 개요

•평판재하시험의 시점은 얕은기초 시공전(굴착터파기 후)에 기초바닥면을 대상으로 시행하여야 하며, 시험방법은 KS F 2444-95, ASTM D1194-87 규정에 근거하여 시행
•현장의 시험위치에 설치한 강성재하판에 단계적 하중을 가해서 침하량을 측정하고 측정된 침하 자료에서 지반의 전단 파괴유형, 극한 및 항복지지력, 지반반력계수, 변형계수 등을 산정
•최대시험 하중 : 설계하중의 2~3배
•적용 : 풍화암지지 얕은 기초의 지지력 확인

구 분	적용구간	총 수량
평판재하시험	• 직접기초 (지층조건이 상이한 구간)	필요구간

6.2.2 말뚝기초 재하시험

구 분	시험수량	비 고
정재하시험	말뚝 250본당 또는 구조물별로 1회	지반조건이 현저히 다르거나 다른 형태의 말뚝을 사용할 때마다 1회 이상 정재하시험 추가
동재하시험	시항타시 전체말뚝개수의 1% (말뚝 100본 미만일 경우)	대각선상이나 감독원이 지정하는 위치의 시험말뚝
	재항타시 전체말뚝개수의 1%	

○ 말뚝 재하시험 수량

구 분	시험횟수	시험시기	시험말뚝위치
정재하시험	20	시험시공시	대각선상이나 감독원이 지정하는 위치의 시험말뚝
동재하시험	53	시항타 및 재항타	

상세한 교량별 시험 수량은 “수량산출서(교량구조물편)” 참조

6.2.3 교량기초 계측계획

•계측관리를 통해 계획시의 불확실한 조건에 대한 보완 및 시공 중 거동 예측 및 안정성 판단
•계측기 위치는 지반여건과 시공여건을 고려하여 계측항목별 기능과 목적이 최대한 발휘되도록 선정
•계측결과를 검토 분석하여 현장 시공상황과 여건변화를 종합적으로 판단·예측할 수 있는 위치 선정

계측 선정 요인

계측항목	선 정 요 인
지 반 조 건	•지반특성 및 지하수 조건, 주변환경 고려 •설계, 시공방법의 불확실성을 고려
구조물 안정성	•침하 영향권 검토 및 인접구조물의 건전도 평가
계측방법과 기기특성	•작동원리의 안정성과 신뢰성 •측정조작 용이성과 내구성, 계기간의 상호 호환성

계측 항목 및 용도

계측항목	계 측 기	계측빈도	계 측 내 용
수평변위	지중경사계	1회/1주	•편재하중에 의해 발생되는 지반의 수평변위 측정
변 위	구조물경사계	1회/1주	•편재하중에 의한 교대 기울어짐 측정

계측 활용 계획

구 분	내 용	비 고
계측관리기준 설 정	•응력의 절대관리, 예측관리 및 계측값의 변화율 관리 •기존 구조물 실적 관리	시공초기, 계측데이터 수집
계측관리기준 재 설 정	•계측데이터, 응력변화 관계 회귀분석 및 구조물 안정성 평가	현장에 부합한 관리기준 설정
시공관리 및 대책	•계측결과에 따른 현장관리 등급 설정 •관리등급별로 발생 가능한 상황에 대해 대처방안 수립	Feed Back

계측항목 및 측정계획

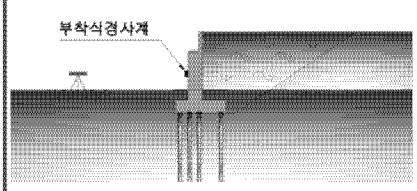
•설계시 지반상태를 시공시 재확인하고 문제발생시 보완대책(Feed Back)을 수립하기 위하여 다음과 같은 항목에 대하여 계측수행을 계획

계측기 설치계획

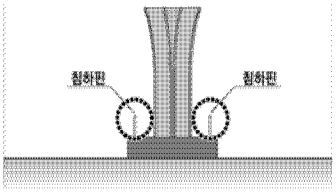
계측기 위치 선정시 고려사항

•지반조건 및 구조물 대표구간
•계측기 설치와 측정이 용이한 곳
•하중 및 변형이 집중 예상되는 곳

고성토 교대배면 수평변위측정



기초침하 측정(침하핀 설치)



6.2.4 철도횡단 교량 계측관리계획

철도노반 계측계획

가. 계측 범위

철도횡단 교량은 철도교량 및 선로와의 이격거리가 인접되어 있으므로, 교량신설시 충분한 안정성을 확보할 수 있도록 계측계획 반영

① 계측계획의 수립
② 계측체계 구축
③ 계측기기 설치 및 관리
④ 현장계측 수행
⑤ 계측자료의 정리 및 수집
⑥ 계측결과 분석(Feed Back) 및 보고
⑦ 계측자료의 종합분석, 평가 및 예측

나. 계측 목적

굴착 공사에 앞서서 이루어지는 설계나 시공 계획 과정을 보면 한정 구역의 지질 조사 및 현장의 직접 시료를 통하여 얻어진 각종 설계 정수를 이용하여 가설 구조물에 작용하는 토압의 형태, 크기, 수압 등의 외력을 산출하고 이로부터 지반 및 토류벽의 변형량과 Boiling 및 Heaving 등에 대한 지하공사의 안정성 검토가 이루어지고 있으나 상기 방법에 의한 결과들은 모두 이론식에 의한 추정일뿐, 실제 시공중에는 설계에 반영된 설계정수나, 설계 및 시공상의 오차로 인해 구조물에 과다한 외력이 작용됨으로써 변형이 발생하는 경우가 빈번히 발생한다. 계측은 이러한 시공중에 발생되는 실제 지반의 움직임을 측정하고 설계 및 시공상 고려하지 못한 점이나 설계, 시공상의 오차를 보충하여 안전하고 경제적인 시공으로 유도하는데 목적이 있다.

다. 계측 계획

합리적이고 안전한 시공이 되기 위한 자료를 정확하고 신속하게 수집하기 위해서는 체계적인 계측계획이 사전에 수립되어야 한다.

계측계획 관리

구 분	내 용	비 고
계측목적과의 부합성	•계측목적 및 해석상 합치한 장소선정과 배치간격, 수량 및 심도검토	
시공사항	•선행부분, 가장 취약하다고 판단되는 부분 •시공 과정에 대한 합리성 검토 •자연 조건 및 주변 여건 고려	
전체관리 및 집중관리	•한계기가 부담할 수 있는 영역검토 •주 계측단면, 보조계측 단면의 산정	
계기보수	•가설물, 중기 등에 대한 장해 •장기간 계측하는 경우의 설비	

계측 관리 방법 및 계측 SYSTEM

1) 계측 관리 방법

① 절대치 관리 방법

시공전에 설정된 관리 기준치와 실측치와를 비교, 검토하여 그 시점에서의 안전성을 확인하는 방법이다.

② 예측 관리 방법

차단계 이후의 예측치와 관리 기준치를 비교 검토하고 사전에 공사의 안전성을 확인하거나 현재 시공되고 있는 시공법의 검토를 행하는 방법이다.

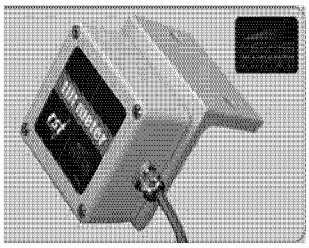
예측치란 현단계까지의 굴착상태의 실측치에 기초해서 해석결과 얻어진 토질성질을 나타내는 제정수와 차단계 굴착 이후의 토류 구조물의 거동을 추정한 값이다.

절대치 관리는 계측 결과에 대해서 즉시 대응할 수 있다는 점에서 일반적으로 일상의 안전 관리에 이용되고 있는 반면에, 예측 관리는 조기에 가설 구조물의 거동을 추정할 수 있고, 대응책도 충분히 검토할 수 있으나 계측 SYSTEM이 대규모화됨에 따라 경제적인 면에서 부담이 크므로 일반적으로 대규모 굴착 공사나 중요한 계측의 경우에 한정해서 이용되고 있다.

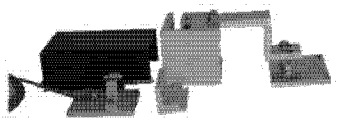
예측 관리를 하지 않을 경우에는 절대치 관리 단계에서 주의나 위험하다고 판정될 경우 즉시 공사를 중단하고 적절한 대응책의 검토 및 시행이 불가피한 것이다. 따라서 본 현장은 절대치 관리 및 부분적인 예측관리를 병행하여야 한다.

철도횡단 교량구간 계측기 사양

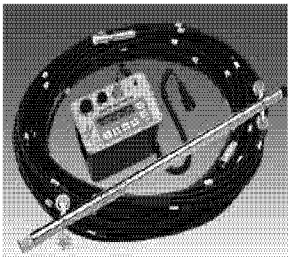
구조물 경사계

구 분	내 용	비 고
적 용 센 서	•MEMS Sensor	
측 정 범 위	•±15°	
허용온도 범위	•±2 arc sec.	
주요 재질	•-40℃~+85℃	

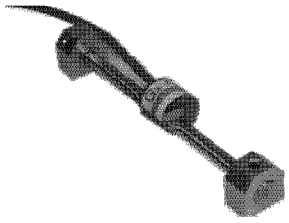
균열계

구 분	내 용	비 고
적 용 센 서	•전기식 센서	
측 정 범 위	•±5mm	
분 해 능	•0.01 mm 이하	
허용온도 범위	•±1%이하	

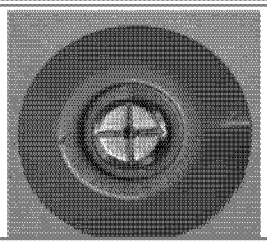
▮ 지중 경사계

구 분	내 용	비 고
적 용 센 서	•Servo Accelerometer	
측 정 범 위	•± 53° from Vertical	
Resolution	•0.02mm per 500mm	
허용온도 범위	•-20℃ ~ 50℃	
Casing 재질 및 크기	•ABS Plastic, O.D=70mm±0.2 , 3m	

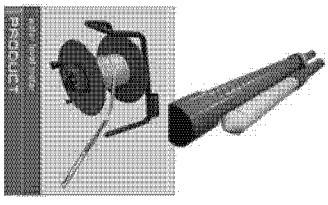
▮ S/T 변형률계

구 분	내 용	비 고
적 용 센 서	•Servo Accelerometer	
측 정 범 위	•3,000 microstrain	
분 해 능	•1 microstrain	
정 확 도	•±0.1% FSR	
동 작 온 도	•-29℃ ~ 105℃	

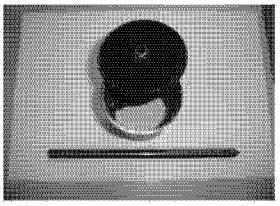
▮ 침하핀

구 분	내 용	비 고
적 용 센 서	•Servo Accelerometer	
측 정 범 위	•3,000 microstrain	
분 해 능	•1 microstrain	

▮ 지하수위계

구 분	내 용	비 고
적 용 센 서	•Casagrande Type	
측 정 범 위	•50m	
Tip 직 경	•50mm	
정 확 도	•±1mm	

▮ 침하계

구 분	내 용	비 고
적 용 센 서	•Pin Type	
측 정 범 위	•무 한 대	
분 해 능	•± 1mm	
Protection Box	•Φ90	
Steel Rod	•Φ15 * 300mm	

◎ 계측기 사양

▮ 금촌 3교 (4 공구)

계 측 항 목		계 측 기	수량	측정방식
철도노반	•교각 구조물(경의선)의 기울어짐 측정	•구조물 경사계(Tiltmeter)	2 EA	자동
	•교각 구조물(경의선)의 균열 측정	•균열계(Crack Meter)	2 EA	자동
	•교각 구조물(경의선)의 침하 관리	•침하계(Prism Target)	3 EA	자동
가시설	•교각 구조물(경의선) 인접 흙막이 가시설의 Strut 변형률 측정	•S/T 변형률계 (Strain Gauge)	16 EA	자동
	•교각 구조물(경의선) 인접 흙막이 가시설의 배면의 침하 관리	•지표침하계	8 EA	자동
	•교각 구조물(경의선) 인접 흙막이 가시설의 배면의 지중수평변위 측정	•지중경사계(Inclinometer)	2 EA	자동
	•교각 구조물(경의선) 인접 흙막이 가시설의 배면의 지하수위 측정	•지하수위계(Water Level)	2 EA	자동

◎ 교량별 계측 분류 및 빈도

▮ 금촌 3교 (4 공구)

계측기명	계측빈도	관리기준			비 고
		1차	2차	3차	
구조물 경사계(Tiltmeter)	2회/주	1/1000	1/850	1/500	자동
균열계(Crack Meter)	2회/주	0.2mm	0.38mm	0.5mm	자동
침하계(Prism Target)	2회/주	3mm	4mm	5mm	자동
S/T 변형률계 (Strain Gauge)	2회/주	설계예상치	1.25 X 설계예상치	부재허용치	자동
지표침하계	2회/주	설계예상치	1.25 X 설계예상치	50mm	자동
지중경사계(Inclinometer)	2회/주	1/500	1/300	1/200	자동
지하수위계(Water Level)	2회/주	0.5m/day	0.5m/day 〈측정치 〈1.0m/day)	1.0m/day 이상	자동

적용된 계측수행빈도 및 일반적인 관련 기준치

계측항목	측정시기	측정빈도	관리 기준 참고 문헌	비 고
도상침하계	공사진행 중	2회 / 주	철도 침하 관리기준(5mm)주1	
S/T변형률계	공사진행 중	2회 / 주	서울 지하철 9호선 시공계측관리 표준시방서	
E/A하중계	공사진행 중	2회 / 주	서울 지하철 9호선 시공계측관리 표준시방서	
지중경사계	공사진행 중	2회 / 주	서울 지하철 9호선 시공계측관리 표준시방서	
지하수위계	공사진행 중	2회 / 주	수도권고속철도 계측관리기준 11년도	
구조물경사계	공사진행 중	2회 / 주	서울 지하철 9호선 시공계측관리 표준시방서	
균열계	공사진행 중	2회 / 주	서울 지하철 9호선 시공계측관리 표준시방서	
침하계	공사진행 중	2회 / 주	철도 침하 관리기준(5mm)주1	
지표침하계	공사진행 중	2회 / 주	서울 지하철 9호선 시공계측관리 표준시방서	

※ 일반적인 기준으로 구조검토 후 재설정 필요.

주1) 철도노반 5.0mm로 관리기준 제시-기준치는 직선(레일길이 10m에 대해)7.0mm

계측 관리시 주의 사항

현장 계측 관리자는 계측을 정확하고 정밀하게 측정을 수행해야 하며, 이들 측정치의 DATA를 감독관 및 감리자에게 제출하고 충분한 검토를 거쳐 향후 공사를 예측, 대비하여야 한다. 필요시 신속한 보강공법을 채택하여 설계에의 반영 및 시행이 이루어지도록 하여야 한다.

① 계측치 측정시 주의 사항

a. 계측 계획에 따라 시행하여야 하며 목적에 맞는 정밀도로 측정한다.

b. 전회의 DATA를 지참하여 이상치가 아닌가를 현장에서 파악한다.

c. 굴착 후 1~2일간의 변위량에 의하여 최종치가 결정되는 경우가 많으므로 해당 기간 중 정확하고 정밀한 계측을 요한다.

d. 관리기준에 측정치가 접근하면 측정빈도를 증가시킴과 동시에 대응책을 수립해야 한다.

② DATA 정리시 주의 사항

a. 측정이 완료되면 즉시 GRAPH화하여 측정치의 경향을 파악해야 하며, 이상치가 있으면 재 측정한다.

b. DATA 정리는 초기치, 계측기간, 막장과의 거리 및 지보설치 시점 등을 중심으로 정리한다.

c. 측점이 많으며, 장기간 계측이 시행되는 경우에는 COMPUTER를 이용하여 DATA를 처리한다.

d. 계측 효과와 지질 상황과의 상호 관계가 잘 나타날 수 있도록 계측 연관표를 작성한다

제7편 비탈면 설계

제1장 비탈면 설계개요

제2장 비탈면 안정성 검토

제3장 비탈면 보호공법 선정

제4장 비탈면 시공 및 유지관리

제 1 장 비탈면 설계개요

1.1 설계개요

기본방향	•주변 환경을 고려하여 합리적, 경제적, 환경친화적 비탈면 설계 •현장조건을 반영한 여러 분석기법들(한계평형, 수치해석, 파괴확률 등)의 비교를 통한 최적 설계 •비탈면 보호공법 및 유지관리 계획으로 시공 중·후 및 장기적인 비탈면의 안정성 확보

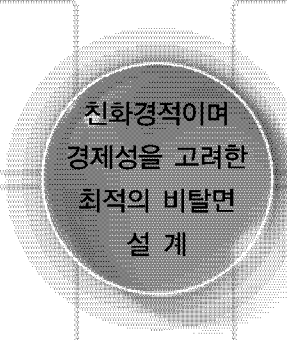
1.1.1 기본방향

지반조사 및 분석

•시추조사 및 시험결과의 상세 분석을 통한 합리적인 설계정수 산정
•시추공영상촬영, DHT등 각종 현장시험수행
•시추불가지역 탄성파탐사 수행

위험구간 선정 및 기준

•최근 강화된 설계기준과 국내외 기준을 비교 검토하여 안전측 설계 적용
•비탈면높이 및 지질특성을 고려한 대표단면 설정
•안정성·경제성을 고려한 보강 공법 선정



비탈면 안정성 검토

•Domain별 절리특성을 고려한 평사투영해석
•지반특성을 고려한 한계평형해석
•안정해석을 통한 최적 기울기 선정
•동적특성을 고려한 유사정적해석 수행

비탈면 안정대책

•낙석해석을 통한 낙석방지책 설치구간선정
•친환경적인 비탈면 보강, 보호공 선정
•Face Mapping에 의한 비탈면 관리 및 계측을 통한 유지관리 계획 수립

1.1.2 주요 검토사항

예비 및 상세조사	•인접 비탈면 설계 조사 분석 •현장조사, 지표지질조사분석을 통한 설계 자료 활용 •시추조사, 물리탐사, 각종 실내시험으로 해석에 필요한 기초자료 제공
지반정수 산정	•지반조사 결과분석 및 상관성 분석에 의한 설계 지반정수 도출 •연속체, 불연속체 지반정수의 체계적인 분석 및 결정
비탈면 안정검토	•다양한 분석기법의 도입으로 인한 해석결과의 비교, 분석으로 적정성 검증 •사업구간의 절리특성을 반영한 확률 절리망 구성 및 불연속체 정밀해석 수행 •불안정 비탈면에 대하여 여러 공법의 비교·분석을 통한 최적의 보강 · 보호공 선정
비탈면 내진설계	•유사정적해석 : 지진파별 지진응답해석을 통해 얻어진 지표면 최대가속도 적용
낙석, 낙반 분석	•낙석의 운동 역학적 에너지 개념도입으로 인한 낙석 · 낙반 분석 •낙석 이동거리 및 충격 에너지검토를 통한 낙석방지울타리의 설치여부 검토
비탈면 유지관리계획	•계측계획 수립, 시공 중 및 시공 후 유지관리 계획 제시

1.2 비탈면 현황 분석

기본방향	•지반조사 성과를 바탕으로 지질특성, 풍화도를 고려하여 안정성 검토 및 비탈면 경사 결정 •깎기 및 쌓기구간에 대한 안정성 검토 후, 보강공법 선정과 비탈면 경사를 결정하여 안정성 및 경제성을 고려한 비탈면 설계 수행 •대규모 깎기 발생 구간의 비탈면 최적 경사를 제시하여 산림훼손 최소화 방안 강구 •환경친화성을 고려하여 자연적인 식생이 가능한 비탈면 보호공법 선정

1.2.1 쌓기비탈면 지반특성 및 현황

◎ 쌓기비탈면 지반특성

•구조물구간 시추조사 결과, 쌓기구간의 원지반은 대부분 충적층 및 풍화토층으로 구성
•쌓기고 10.0m 이상인 구간은 제체내 또는 원지반 중 N치가 작은 토사층에서 파괴가 날 수 있으므로 공구별로 구분 대표단면을 선정하여 안정성 검토를 수행함
•대표구간 선정 시 연약지반 구간은 연약지반 쌓기 안정성 검토에 반영

◎ 쌓기비탈면 현황

구 분			측점 (STA.)			최대높이(m)	대표단면(STA.)	비고
4공구	본선	쌓기 1구간	22+610	~	23+520	16.2	23+160	-
		쌓기 2구간	23+600	~	24+170	15.8	23+660	-
						16.4	24+080	-
		쌓기 3구간	24+440	~	25+160	16.0	24+560	-
						14.4	24+940	-
		쌓기 4구간	25+980	~	26+600	15.2	26+580	-
		쌓기 5구간	27+050	~	28+150	14.5	27+060	-
						10.8	27+880	-
						13.9	28+000	-
		쌓기 6구간	28+560	~	29+700	10.1	29+300	-
		쌓기 7구간	30+420	~	30+740	15.3	30+480	-
		쌓기 8구간	31+900	~	32+700	10.9	32+360	-
	부체도로 #11		0+540	~	0+629	10.6	0+595	-

1.2.2 깎기비탈면 지반특성 및 현황

깎기비탈면 지반특성

- 깎기비탈면 토사층은 시추조사결과 풍화토(SM), 풍화암으로 구성되어 있고, 대체적으로 풍화대가 두텁게 분포하며, 기반암의 암종은 흑운모편마암이 주로 분포함
- 깎기고 20m 이상인 구간과 토사층이 깊은 구간에 대하여 대표단면을 선정하여 안정성 검토를 수행함

본선 깎기비탈면 현황

구분			측점 (STA.)	비탈면 유형		최대높이 (m)	대표단면 (STA.)	비고
4공구	본선	깎기 1구간	21+600 ~ 22+580	토사	좌측	16.7	21+940	-
				토사	우측	8.7	22+040	-
		깎기 2구간	23+730 ~ 24+440	토사	우측	19.3	23+760	-
				암반	우측	19.2	23+820	-
				토사	좌측	16.3	23+860	-
				토사	좌측	12.5	24+240	-
		깎기 3구간	25+160 25+960	토사	좌측	11.3	25+880	-
					좌측	11.9	25+900	단기 터파기
		깎기 4구간	28+210 ~ 29+080	토사/암반	좌측	25.4	28+340	-
				토사	좌측	32.1	28+360	-
				암반	좌측	27.8	28+480	-
				암반	좌측	33.9	28+800	-
				토사	좌측	15.3	28+920	-
		깎기 5구간	29+300 ~ 30+180	암반	좌측	25.0	29+380	-
				토사	좌측	22.9	29+400	-
				토사	우측	21.5	29+980	-
				암반	좌측	23.9	30+020	-
				암반	우측	36.1	30+020	-
		깎기 6구간	30+680 ~ 32+460	토사	우측	23.2	30+780	-
				암반	우측	26.4	30+840	
				토사	좌측	22.3	30+880	-
				토사	우측	24.6	30+880	-
				암반	좌측	25.2	30+900	-
				암반	우측	25.2	30+920	-
				토사	좌측	35.6	31+180	-
				토사/암반	좌측	39.2	31+220	-
				암반	좌측	38.8	31+300	-
				토사	좌측	28.0	31+420	-
				토사	좌측	14.2	31+860	-
	월롱IC	Ramp-A	0+140 ~ 0+400	토사	우측	11.9	0+360	-
	산단IC	Ramp-A	0+156 ~ 0+388	토사	좌측	15.8	0+220	-
		Ramp-B	0+741 ~ 1+124	토사/암반	좌측	28.3	0+920	-

■ 갱구부 비탈면 검토구간

구 분		측점 (STA.)	비탈면 유형	최대높이 (m)	대표단면 (STA.)	비고
금촌 터널	시점부	서울방향 갱구부 배면	토사/암반	20.3	21+251	-
		문산방향 갱구부 배면	토사	20.0	21+251	-
		문산방향 좌측 비탈면	암반	15.3	21+251	-
		문산방향 우측 비탈면	암반	12.16	21+251	-
	종점부	서울방향 갱구부 배면	토사/암반	18.3	21+595	-
		문산방향 갱구부 배면	토사	18.1	21+585	-
		서울방향 좌측 비탈면	암반	22.5	21+598	-
		문산방향 우측 비탈면	암반	16.6	21+588	-

1.3 비탈면 설계기준

1.3.1 비탈면 기울기 기준

◎ 쌓기 비탈면 기울기 기준 검토

- 쌓기 비탈면의 표준기울기는 비탈면의 안정성 확보에 필요한 최소 기울기를 나타내는 것으로 쌓기재의 토질조건, 쌓기 높이, 쌓기 재료의 다짐특성을 고려하여 계획
- 국토교통부, 한국도로공사, 한국토지공사, 한국주택공사의 설계기준을 비교 검토

■ 국내 여러 기관의 쌓기 비탈면 표준기울기

토 질 조 건	비탈면높이	경사기준			
		국토교통부	한국도로공사	한국토지공사	한국주택공사
토사	6m이상	-	1 : 1.8	-	-
	0~6m	-	1 : 1.5	-	-
	5m이상	1 : 1.8	-	1 : 2.0	-
	0~5m	1 : 1.5	-	1 : 1.5	-
입도분포가 좋은 모래 및 자갈 섞인 모래, 사질토 및 굵은 모래	6m이상	-	-	-	1 : 2.0
	3~6m	-	-	-	1 : 1.8
	0~3m	-	-	-	1 : 1.5
입도분포가 나쁜 모래, 연약한 점성토	6m이상	-	-	-	별도적용
	3~6m	-	-	-	1 : 2.0
	0~3m	-	-	-	1 : 1.8

■ 한국도로공사(도로설계요령, 2009)

쌓기 재료	쌓기 높이(m)	기 울 기	흙의 분류
입도분포가 좋은 모래	0~6	1:1.5	GW, GP, SW, GM, GC
자갈 및 자갈 섞인 모래	6~15	1:1.8	
입도분포가 나쁜 모래	0~10	1:1.8	SP
암괴, 암버력	0~6 6이상	1:1.5 1:1.8	SW, GP, GM
사질토, 굳은 점질토, 굳은점토 (홍적층, 점성토, 점토 등)	0~6 6이상	1:1.5 1:1.8	SM, SC, CL
연약한 점성토	0~6	1:1.8	CH, OH, ML, MH

■ 쌓기비탈면 기울기의 설계기준 결정

흙쌓기 높이	적용경사	소단설치	적 용 기 준
0~5m	1:1.5	H=5m마다 1m의 소단설치	•국토교통부 및 한국도로공사 표준경사 적용 •안정검토 후 최종 경사 결정
5m 이상	1:1.8		

◎ 깎기 비탈면 기울기 기준 검토

•깎기대상비탈면 원지반의 물성, 지질구조 및 깎기시 발생하는 발파진동, 응력해방, 장기간의 노출에 의한 풍화 등을 고려하여 깎기비탈면의 경사를 결정하는 것이 중요하며, 일반적으로 적용되는 설계기준은 다음과 같음

■ 암반의 특성에 따른 표준비탈면(한국도로공사, 도로설계요령(2009))

암 석 종 류 (강도)	암반 파쇄상태(NX (BX))		굴착 난이도	기울기	소단 설치	비 고
	TCR(%)	RQD(%)				
풍화암 또는 연 · 경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하 (5% 이하)	10% 이하 (0%)	리핑암	1:1.0~ 1.2	H=5m마다 1m 폭	•최하단 기준 매 20m마다 3m 소단 설치 •발파암과 리핑암 사이에는 소단을 설치하지 않음 •소단사이에 토사와 리핑 구분선이 발생 시 많은 쪽 비탈면 경사를 적용
강한 풍화암으로 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연·경암	20~40% (10~30%)	10~25% (0~10%)	발파암 (연암)	1:0.8~ 1.0	H=10m마다 1~2m 폭	
	40~60% (30~50%)	25~50% (10~40%이상)	발파암 (보통암)	1:0.7		
	60% 이상 (50% 이상)	50% 이상 (40% 이상)	발파암 (경암)	1:0.5	H=20m마다3 m 폭	

▮ 국내 여러 기관의 깎기비탈면 표준경사

토 질 조 건		비탈면 높이	비탈면경사 기준			
			국토교통부	한국도로공사	한국토지공사	한국주택공사
토 사 (사질토,점성토)		5m 이상	1:1.5	1:1.5	1:1.5	1:1.5
		0~5m	1:1.2	1:1.2	1:1.2	1:1.2
리핑암 (풍화암)		5m 이상	1:1.0	1:1.0	1:1.0	1:1.2
		0~5m				1:1.0
발 파 암	연 암	5m 이상	1:0.5	1:0.5~0.8	1:0.5	1:1.0
		0~5m				1:0.8
	경 암	5m 이상				1:0.8
		0~5m				1:0.5

▮ 깎기비탈면 경사의 설계기준 결정

- 연암층과 경암층을 구분하여 발파암의 경사를 결정할 경우, 현장 시공시 연 · 경암을 판단하는 것이 현실적으로 어렵기 때문에, 본 설계에서는 연 · 경암의 구분 없이 발파암의 경사를 일률적으로 적용
- 따라서, 암반층의 경사는 1:0.7로 적용하는 것을 기준으로 하며, 암반비탈면의 안정검토를 실시한 후 최종적으로 비탈면의 경사를 결정

구분	설계적용 비탈면경사	적 용 기 준
토 사	1 : 1.2~1.5	• 토사, 리핑암은 국토교통부 및 한국도로공사 표준경사 적용
리 핑 암	1 : 1.0	
발 파 암	1 : 0.7	• 발파암은 안정검토 후 최종 경사 결정

◎ 설계적용 비탈면 표준기울기

- 지반조사 결과를 바탕을 토질 및 암질상태를 평가하여 설계 표준기울기 결정 자료로 활용
- 설계적용 기준은 최근 발간된 국토교통부의 “건설공사 비탈면 설계기준” (2011)를 적용

구분		비탈면 높이	설계적용		적 용 기 준
			영구비탈면	임시비탈면	
쌓기비탈면		0~5m	1:1.5		• 용지폭원을 벗어나지 않는 범위내에서 적용 • 표준기울기 적용시 비탈면이 용지 폭원을 벗어나는 경우, 구간별 경사를 구분하여 적용
		5m 이상	1:1.8		
깎기 비탈면	붕적층	–	1:1.2~1.8	1:1.0	
	토사	0~5m	1:1.2		
		5m 이상	1:1.5		
	리핑암	–	1:1.0	1:0.5	
	발파암	–	1:0.7	1:0.3	

1.3.2 비탈면 소단 설치기준

- 소단의 폭은 1m 이상을 표준으로 하고 있으나, 강우에 의해 침식되기 쉬운 토질에서는 토사가 소단상에 쌓일 우려가 있으므로 안정검토 결과에 따라 확폭을 적용함
- 소단에 배수설비 설치시 산측으로 5~10%의 횡단경사를 주고, 배수설비가 필요하지 않은 경우에는 본선측으로 0~5%의 횡단경사 적용
- 현장 상황에 따라 소단 설치 폭 변경 가능

기관별 소단 설치기준

기관 및 규정명		비 고
국토교통부 도로시설 기준		•H = 5 ~ 10m마다 소단 1.0 ~ 1.5m
국토교통부 건설공사 비탈면설계기준 (2011)	쌓기	•H = 5m마다 소단 1m
국토교통부 국도건설공사 설계실무요령 (2008)	깎기	•토사, 리핑암 H = 5m마다 소단 1m •발파암 H = 20m 마다 소단 3m
토지공사 공사비 적산기준		•H = 6m마다 소단 1m

설계적용소단 설치기준

기관 및 규정명		설계적용	비고
쌓기 비탈면	5m 이하	5m 마다 1m 소단	•국토교통부 건설공사 비탈면 설계기준(2011) 적용
	5m 이상		
깎기 비탈면	토사	5m 마다 1m 소단	
	리핑암		
	발파암	20m 마다 3m 소단	

1.3.3 허용안전율 기준

- 안전율 F.S ≥ 1.0 일 경우에 이론적으로 안전한 것으로 해석할 수 있으나 설계시 비탈면의 불확실성으로 인한 여건을 감안하여 허용안전율을 설계에 적용
- 입지조건과 공사내용, 비탈면의 중요도, 비탈면 파괴시 주변에 미치는 영향 및 경제성과 시공성에 따라 비탈면의 허용안전율 결정

◎ 쌓기 비탈면 안전율 적용 기준

■ 한국도로공사 (도로설계요령, 2009)

구분	기준 안전율	참 조
건기시	Fs > 1.5	•지하수가 없는 것으로 해석하는 경우
우기시	Fs > 1.3	•일반적인 쌓기 비탈면은 별도의 지하수위 조건 없음. •한쪽 쌓기, 한쪽 깎기 비탈면에서는 측정한 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석 •쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 강우침투를 고려한 해석 실시
지진시	Fs > 1.1	•지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 •지하수위는 실제측정 또는 침투해석을 수행한 지하수위
단 기	Fs > 1.0~1.1	•1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성

■ 국토교통부 (건설공사 비탈면 설계기준, 2011)

구분	기준 안전율	참 조
건기시	Fs > 1.5	•쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석
우기시	Fs > 1.3	•지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수 조건 등을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건에 대하여 수행 •한쪽쌓기, 한쪽깎기 비탈면에서는 상기조건에 따라 산정한 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석 •쌓기 표면에 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 강우침투를 고려한 해석 실시
지진시	Fs > 1.1	•지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 •지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용
단 기	Fs > 1.0~1.1	•1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함) •지하수 조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용

깎기 비탈면 안전율 적용 기준

■ 한국도로공사 (도로설계요령, 2009)

구분	기준 안전율	참 조
건기시	Fs > 1.5	•지하수가 없는 것으로 해석하는 경우
우기시	Fs > 1.2 또는 Fs > 1.3	•암반비탈면은 인장균열의 1/2심도까지 지하수를 위치시키고 해석 수행, 토층 및 풍화암은 지표면에 지하수를 위치시키고 해석 수행(Fs=1.2 적용) •강우의 침투를 고려한 해석을 실시하는 경우(Fs=1.3 적용) •위 두 가지 조건 중 선택적으로 1가지 조건을 만족시켜야 함
지진시	Fs > 1.1	•지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 •지하수위는 실제측정 또는 평상시 지하수위 측정
단 기	Fs > 1.0	•1년 미만의 단기간의 안정성 검토시

국토교통부 (건설공사 비탈면 설계기준, 2011)

구분	기준 안전율	참 조
건기시	Fs > 1.5	•지하수가 없는 것으로 해석
우기시	Fs > 1.2 또는 Fs > 1.3	•연암 및 경암 등으로 구성된 암반비탈면의 경우, 인장균열 내 지하수 포화 높이나 활동면을 따라 지하수로 포화된 비탈면 높이의 1/2심도까지 지하수를 위치시키고 해석을 수행하며 이 경우 Fs=1.2를 적용 •토층 및 풍화암으로 구성된 비탈면의 안정해석은 지하수위를 결정하여 해석하는 방법 또는 강우의 침투를 고려한 방법 사용 가능 •지하수위를 결정하여 해석하는 경우에는 현장 지반조사결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 고려하여 지하수위를 결정하고 안정해석을 수행하며, 지하수위를 결정하는 근거를 명확히 기술(Fs=1.2 적용) •강우의 침투를 고려한 안정해석을 실시하는 경우에는 현장지반조사 결과, 지형조건, 배수조건과 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 안정해석을 실시하며, 해석시 적용한 설계정수와 해석방법을 명확히 기술(Fs=1.3적용)
지진시	Fs > 1.1	•지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용 •지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용
내진설계 지진시	Fs > 1.1	•지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용 •지하수위는 실제 측정 또는 평상시의 지하수위 적용
단 기	Fs > 1.0	•1년 미만의 단기간의 안정성 검토시 •지하수 조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용

설계적용 안전율

구분	쌓기 비탈면	깎기 비탈면	참 조
평 상 시	Fs > 1.5	Fs > 1.5	•한국도로공사 (도로설계요령, 2009), •국토교통부 (건설공사 비탈면 설계기준, 2011) •장기적인 비탈면 안정 등을 고려하여 최근 고속도로 설계시 적용되고 있는 기준 적용
우 기 시	Fs > 1.3	Fs > 1.2	
지 진 시	Fs > 1.1		
단 기	Fs > 1.0(우기시 조건)		

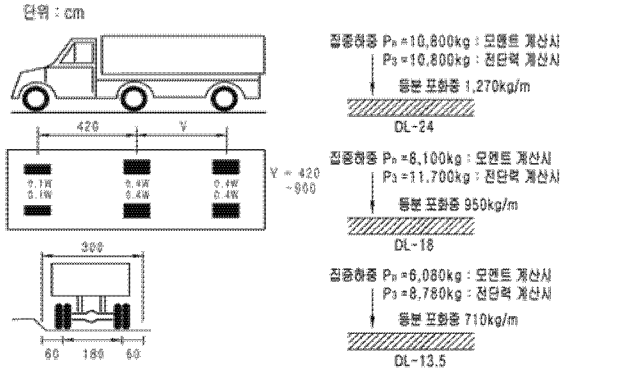
1.3.4 지하수위 적용기준

- 쌓기비탈면의 경우에는 인공적으로 조성하는 비탈면이므로 설계에 반영된 각종 배수시설과 우수의 표면침투 방지시설을 고려하여 지하수위를 원지반까지 수위로 설정
- 깎기비탈면의 경우에는 건기시는 지하수위를 고려하지 않으며, 우기시에는 건설교통부 및 도로공사의 기준에 따라 지표면까지 포화하는 것으로 적용

1.3.5 설계 하중

- 구조물이 존재하는 경우 실제 작용 접지압을 적용하였으며 도로부 상단의 교통하중은 도로교시방서에 기준하여 상재하중 q=13kN/m으로 고려

적용 기준

구 분	적 용 값	비 고	적 용 기 준
구조물하중	실제접지압	•구조물로 인해 발생되는 하중	
교통하중	13kN/m	•차량통행에 따른 차량하중(DB-24)	

- 비탈면 상단에 구조물이 존재하는 경우 실제 기초면에 작용하는 접지압 적용
- 비탈면에 작용하는 하중에는 구조물로 인한 하중과 차량주행에 따른 교통하중으로 구분되며 쌓기 비탈면인 경우에는 쌓기 높이를 고려하여 쌓기체 상단에 상재하중 적용

지진하중

- 지진응답해석을 수행하여 얻어진 지진하중을 고려하여 비탈면 해석
- 설계지진하중 산정 : $F_h = 0.5 \times K_H \times W$
- 설계지진하중은 비탈면의 수평변위를 일부 허용하는 개념을 도입하여 지표면 최대지진 가속도의 50% 고려

지진구역에 따른 설계 지반운동 수준(국토해양부, 도로교설계기준, 2010)

- 내진설계기준은 1등급 붕괴방지수준이며, 사업구간은 지진구역 Ⅰ(경기북부)에 해당되므로 본 설계적용 지반운동수준은 다음과 같음

내진등급	재현주기	구역 가속도	위험도 계수	설계지반운동수준
1등급	1000년	0.11g	1.4	0.154g

1.4 설계지반정수 산정

기본방향	•설계지반정수는 현장조사의 성과분석 결과에서 도출된 값을 우선하여 적용하되 기존 경험식, 문헌, 적용사례 등과 비교·검토 후 최종 선정

1.4.1 연속체 설계지반정수

구 분	지층	토성별	γ_t(kN/m^3)	c(kPa)	Φ	E(MPa)	ν	V_s(m/s)	G_d(MPa)	K(cm/s)
4공구 깎기 구간	붕적층	모래	18	5	28	6	0.35	180	50	6.9×10^{-4}
	풍화토		19	18	29	60	0.33	330	200	6.2×10^{-4}
	풍화암		21	30	32	260	0.30	480	480	7.4×10^{-5}
	연 암		25	800	33	800	0.26	770	1,360	5.5×10^{-5}
	보통암		26	2,800	37	5,000	0.24	1,300	4,050	1.7×10^{-5}
	경 암		28	3,200	42	15,000	0.22	1,500	5,850	2.6×10^{-6}

구 분	γ_t(kN/m^3)	c(kPa)	Φ	비고
쌓기재(토사)	18.0	15.0	28.0	–

1.4.2 불연속체 설계지반정수

•충분한 절리특성시험 수행 및 시추코아 전체에 대한 공학적 특성 분석
•분포 및 공학적 특성이 유사한 불연속면에 대해 Domain별로 구분하여 불연속체 특성치 산정

◎ 균질절리영역(HFD) 구간별 불연속체 설계지반정수

구 분		절 리 군			점착력(kPa)			마찰각(°)			JCS (MPa)	JRC
		Set 1	Set 2	Set 3	Set 1	Set 2	Set 3	Set 1	Set 2	Set 3		
HFD 4구간 23+000 ~33+000	HFD4-1	32/070	87/345	55/270	50.0	37.0	34.0	30.3	30.7	30.9	57.4	7.9
	HFD4-2	48/089	89/121	74/229	48.0	42.0	34.0	34.5	34.8	35.5	42.4	14.0
	HFD4-3	13/086	63/319	70/004	57.0	43.0	33.0	30.0	30.5	30.9	53.6	8.0
	HFD4-4	13/165	69/287	69/334	40.0	39.0	39.0	31.4	31.4	31.4	58.2	8.8
	HFD4-5	26/130	63/343	66/041	43.0	37.0	33.0	32.5	32.8	33.0	63.4	10.0

제 2 장 비탈면 안정성 검토

2.1 설계개요

기본방향	•쌓기 비탈면 중 쌓기고가 10.0m인 이상인 구간에 대하여 안정성 검토 •깎기 비탈면 중 토사층이 깊고 지층변화가 심한 구간에 대하여 대표단면 선정 •비탈면 한계평형해석 검토 후 확률분포 및 수치해석을 수행하여 해석의 신뢰도 검증

2.1.1 토사 및 풍화암 비탈면 안정해석

•한계평형해석 및 수치해석 그리고 통계기법을 이용한 토사비탈면 안정해석 수행
•토사비탈면 상세해석을 위한 응력-변형해석 병행
•해석결과 비교 검토 및 비탈면의 전체적인 안정성 확인

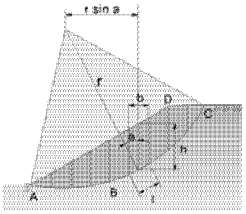
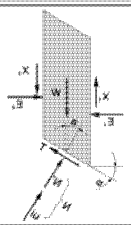
◎ 개 요

•일반적으로 적용되는 한계평형해석 및 지하수 모델의 불합리성을 극복하기 위해 한계평형해석과 유한요소해석간의 연계해석을 수행
•강도감소법을 이용하여 지반내 응력 상태를 재현, 보다 실제에 가까운 파괴 활동 및 지반내 응력변화, 비탈면에서의 전단파괴 영역 및 소성범위를 확인
•지반의 불확실성을 고려하기 위한 통계적 기법을 이용한 분석

◎ 한계평형 해석 (Limit Equilibrium Analysis)

▮ 이론적 배경

•비탈면의 안정성 해석시 널리 사용되는 해석방법들은 한계평형 이론을 적용하고 있으며, 산정한 안전율이 허용안전율 이상이 되면 비탈면은 파괴에 대해 안정한 것으로 판단
•한계평형이론에 의한 비탈면안정 해석방법은 여러 가지가 있으며 그 정확성은 강도정수의 결정과 지반의 파괴형태를 의미하는 파괴모드의 가정방식에 의해 좌우됨
•파괴모드는 토사비탈면의 경우 지층구성에 의해 원호, 평면 혹은 복합활동파괴 등으로 구분
•토사비탈면의 파괴모드는 곡면형태의 함수(원호 혹은 대수나선 등)로 가정하여 해석을 수행

가상파괴면	n번째 절편에 작용하는 힘
	

$$\bullet Fs = \frac{1}{\sum W_n \sin\alpha} \sum (cb_n + W_n \tan\phi + \Delta T \tan\phi) \frac{1}{m_{a(n)}} \qquad \bullet m_{a(n)} = \cos\alpha_n + \frac{\tan\phi \times \sin\alpha_n}{F_s}$$

여기서, W_n : n번째 절편에 흙의 중량(=γ×b×h)(kN/m)

α	: 경사각(°)	c	: 흙의 점착력 (kPa)
b_n	: n번째 절편의 폭(m)	ϕ	: 흙의 내부 마찰각(°)
ΔT	: $T_n = T_{n+1}$	n	: n 절편의 측면에 작용하는 수평력

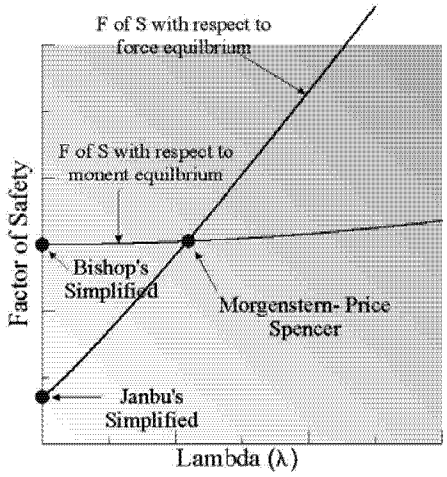
한계평형방법비교 (지반공학 시리즈5, 비탈면안정)

- 모든 평형조건을 만족시키는 비탈면안정 해석법으로 구한 안전율은 정해와 약 ±5% 이내의 오차 보임
- Bishop의 간편법은 정해로 볼 수 있음(비탈면 선단부에서 활동면의 경사가 대단히 급할 때에는 예외)
- Fellenius 방법은 안전율을 과소평가함
- 전응력 해석법(γ_u=0)은 실용상 허용범위 내에 있지만, 유효응력 해석법은 간극수압비가 큰 경우 큰 오차를 유발하므로 Fellenius 방법은 전응력 해석법에 적용, 유효응력 해석법에는 부적합
- 전응력 해석방법에서 원호 활동면에 대해 모멘트 평형을 만족시키는 방법은 모두 정해를 산정

한계평형방법의 선정

- 여러 한계평형방법들과 그 방법들이 제안한 가정에 의해서 결과값이 조금씩 상이함
- 전단 및 수직 절편력과의 관계를 표현하는 λ값과 안전율과의 그래프를 통해 적용방법의 적정성를 판단
- 모멘트 평형에만 근거를 둔 방법은 비교적 절편력의 영향을 적게 받는 반면, 힘 평형에만 근거를 둔 방법은 절편력의 영향을 많이 받음
- 집중하중이나 앵커하중이 작용하는 경우와 같이 모멘트 평형에만 근거를 둔 방법이 절편력에 크게 영향을 받는 경우도 존재
  - 모멘트와 힘을 동시에 고려한 방법이 절편력에 영향을 적게 받음
  - 본 사업의 한계평형분석 방법은 모멘트와 힘을 동시에 고려한 방법 중 Bishop방법으로 선정함

모멘트, 힘평형조건의 안전율 변화 추이



해석 Program 비교

Program	개 발 자	해 석 방 법	활동면 형 상	활동면 추정 여부	외부 하중 적용	간극수압		비 고
						정수압	간극수 압계수	
PC STABLE5 PC STABLE6	Carpenter (1985)	Bishop, Janbu, Spencer	원호, 비원호 블록	○	○	○	○	
STABR	Lefevre (1971)	Bishop, Fellenius	원호	○	×	○	×	
SLOPER	Wright and Duncan (1986)	Spencer	비원호	×	×	○	×	
SLOPE/W	Fredlund (Geo-Slope)	Fellenius, Bishop, Janbu, Spencer Morgenstern-Price	원호, 비원호 블록	○	○	○	○	
TALREN	Terrasol	Fellenius, Bishop Janbu, Spencer, Morgenstern-Price	원호, 비원호 블록	○	○	○	○	

2.1.2 암반 비탈면 안정해석

- 현장조사결과를 반영한 평사투영해석, SMR평가 등을 통하여 암반비탈면 안정성 예비평가
- 잠재적인 파괴가능성을 내포한 비탈면에 대해 한계평형해석 및 수치해석 수행
- 암반 절리특성의 불확실성을 고려한 암반비탈면의 파괴확률 산정

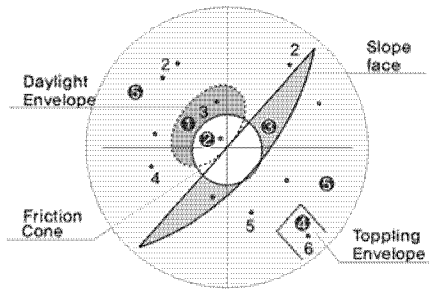
○ 개 요

- 현장 지질조사를 통하여 조사된 불연속면의 절리방향과 내부마찰각을 평사투영하여 암반 비탈면 붕괴유형별 안정성 평가(DIPS)
- 절리면을 따라 암괴에 미치는 응력분포와 절리면의 전단저항특성, 지하수 조건 등을 고려한 한계평형식을 적용하여 비탈면 안정해석 수행(SWEDGE, ROCPLANE)

○ 평사투영해석 (Stereographic Projection Method)

- 평사투영법은 대원(Great Circle, 쐐기파괴의 가능성 예측)과 극점(Pole, 평면 및 전도파괴의 가능성 예측)으로 해석하는 두 가지 방법으로 대별
- 불연속면의 긴 연장선 외에 충진물 협재, 지하수 유동 등 위험요소를 내포한 절리와 단층과 같은 불연속면은 평사투영 해석시 방향성이 우세하게 나타나지 않아도 중요 위험불연속면으로 고려하여 해석

▮ 검토 방법

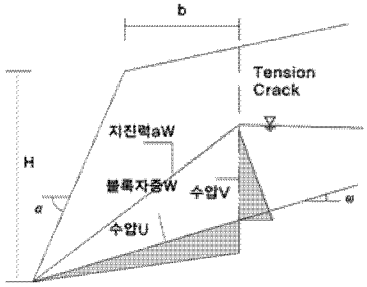


❶ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 큰 Daylight로서 불안정한 지역
❷ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 작은 Daylight로서 안정한 지역
❸ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 작으며, Daylight도 아닌 안정한 지역
❹ 지역 : Toppling 붕괴의 위험성이 잠재된 불안정한 지역
❺ 지역 : 불연속면의 경사가 마찰각보다 크더라도 Daylight나 Toppling Envelope이 아니므로 안정한 지역

○ 한계평형해석 (Limit Equilibrium Analysis)

- 한계평형해석은 암반블록의 자중, 절리면의 마찰각 및 점착력, 암반간극수압 등을 고려하여 암반블록에 대한 비탈면 안정계수(Safety Factor)로 나타내는 방법

▮ 평면파괴해석 (Plane Failure)



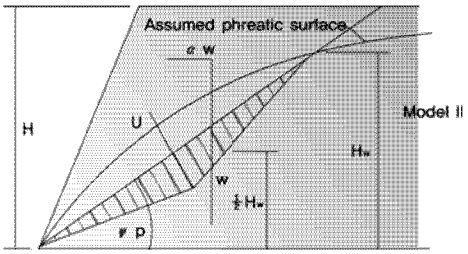
- 단위두께의 절편으로 생각, 파괴블록의 양측면은 미끄럼 저항이 없는 자유면으로 간주
- 미끄럼 인장균열은 비탈면에 평행(비탈면의 주향과 인장균열의 주향이 같음)
- 파괴면의 자중, 수압에 의한 양압력 및 수압 등은 블록의 중심을 통하여 작용 $b/H = \sqrt{\cot\alpha\cot\omega} - \cot\alpha$
  ω : 불연속면의 경사 α : 비탈면의 경사

인장균열을 고려하지 않는 경우의 평면파괴 한계평형해석	
평상/우기시의 경우	$F=\dfrac{c\cdot A+[W\cos\Psi_p-U]\tan\phi}{W\sin\Psi_p}$
지진시의 경우	$F=\dfrac{c\cdot A+W(\cos\Psi_p-\alpha\sin\Psi_p)\tan\phi}{W(\sin\Psi_p+\alpha\cos\Psi_p)}$

A : 파괴면의 면적 W : 암괴의 중량 H : 비탈면의 높이 H_w : 지하수로 포화된 비탈면의 높이
Ψ_p : 파괴면의 경사 α : 지진가속도 ϕ : 절리면의 내부 마찰각 U : 파괴면상의 수압에 의한 양압력

• $A=H_w\ \mathrm{cosec}\Psi_p$ • $U=\dfrac{\gamma_w(H_w)^2\mathrm{cosec}\Psi_p}{4}$

인장균열이 없는 경우



인장균열을 고려하는 경우의 평면파괴 한계평형해석

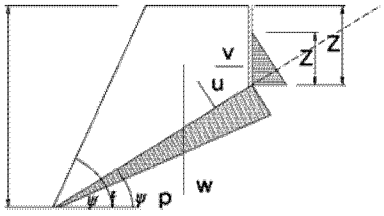
$$F=\frac{C\cdot A+(W\cos\Psi_p-U-V\cdot\sin\Psi_p)\tan\varnothing}{W\cdot\sin\Psi_p+V\cdot\cos\Psi_p}$$

$$A=(H-Z)\mathrm{cosec}\Psi_p\ ,\ V=\frac{\gamma_w Z_w^2}{2}$$

$$U=\frac{\gamma_w Z_w(H-Z)\mathrm{cosec}\Psi_p}{2}$$

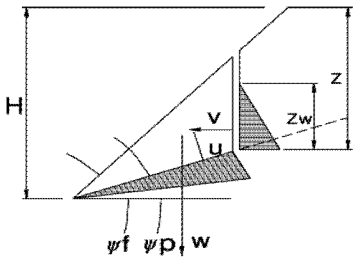
A : 파괴면의 면적 H : 비탈면의 높이
Z : 인장균열 깊이 W : 암괴의 중량
Ψ_p : 파괴면의 경사
U : 파괴면에 작용하는 수압에 의한 양압력
V : 인장균열속의 수압에 의한 힘 ϕ

상부비탈면에 인장균열이 있는 경우



$$W=\frac{\gamma^2H^2((1-(Z/H)^2)\cot\Psi_p-\cot\Psi_f)}{2}$$

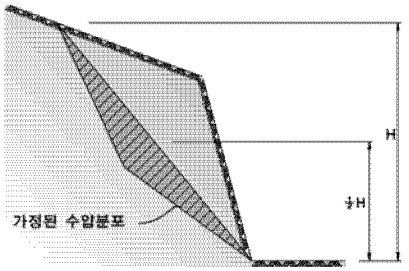
비탈면내에 인장균열이 있는 경우



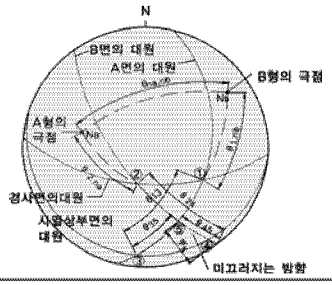
$$W=\frac{\gamma^2H^2((1-(Z/H))^2\cot\Psi_p(\cot\Psi_p\tan\Psi_f-1)}{2}$$

쐐기파괴 해석 (Wedge Failure)

해석을 위한 쐐기파괴 모식도



평사투영망에서의 해석



프 로 그 램 개 요

- 쐐기파괴의 미끄러짐은 두 절리군의 교선을 따라 발생한다는 가정하에 Mohr-Coulomb 파괴기준을 이용하여 안전율을 계산
- 해석프로그램(SWEDGE) : 비탈면내 두 절리의 교차로 인하여 쐐기파괴의 발생가능성과 안정성 분석을 위한 프로그램으로서 캐나다 Toronto 대학의 Rock Engineering Group에서 개발
- 파괴조건 및 원리는 Hoek의 이론에 바탕을 두었으며, 다음과 같은 특징이 있음
  - 쐐기파괴에 대한 안전율 계산 및 쐐기에 대한 록볼트 보강 후의 안전율 계산
  - 쐐기파괴의 평사투영도 및 3차원 단면도 제시

기 본 이 론

- 쐐기파괴를 이루는 두 불연속면을 각각 A, B(A가 B보다 완만한 경사)

$$F = \frac{3}{\gamma H}(C_A X + C_B Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} X)\tan\phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} Y)\tan\phi_B$$

C_A, C_B : A면과 B면의 점착강도 ϕ_A, ϕ_B : A면과 B면에서의 마찰각

γ : 암석의 단위중량 γ_ω : 물의 단위중량 H : 쐐기의 전체높이

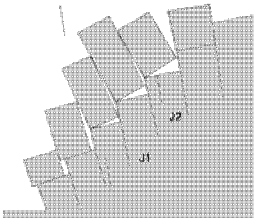
여기서, X, Y, A, B 는 쐐기의 기하형상에 좌우되는 무차원 요소

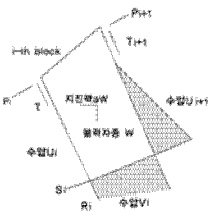
$$X = \frac{\sin\theta_{24}}{\sin\theta_{45}\cos\theta_{2na}} \qquad Y = \frac{\sin\theta_{13}}{\sin\theta_{35}\cos\theta_{1nb}}$$

$$A = \frac{\cos\psi_a - \cos\psi_b\cos\theta_{na-nb}}{\sin\psi_5\sin^2\theta_{na-nb}} \qquad B = \frac{\cos\psi_b - \cos\psi_a\cos\theta_{na-nb}}{\sin\psi_5\sin^2\theta_{na-nb}}$$

ϕ_a와 ϕ_b는 각각 A, B면의 경사, ϕ_5는 교선의 경사

전도파괴해석 (Toppling Failure)





- 파괴조건 : 경사방향이 비탈면과 반대방향이며 경사각이 급한 불연속면(J_1)이 높은 빈도로 발달하고 비탈면보다 경사각이 작은 불연속면(J_2)이 존재하는 경우에 전도파괴의 가능성이 있으며, 이때 불연속면(J_1)의 반복적인 발달로 형성된 무게중심이 비탈면 저면부보다 외부로 치우쳐야함
- 한계평형해석법
  - 암반절편의 회전에 의한 전도하중이 인접한 암반절편에 전달
  - 암반절편에 작용하는 자중(W), 수압(U,V), 수평지지력(aW), 절편간에 전달되는 법선력(P_i, P_{i+1}, N_i), 전단력(T_i, T_{i+1}, R_i)을 이용하여 힘의 평형식, 모멘트 평형식을 수립 ➡ 전달되는 전도하중 산정
  - 비탈면 상부로부터 하부 마지막 절편으로 전달된 전도하중(P_1)이 0보다 큰 경우 전도파괴 발생

2.2 쌓기 비탈면 안정성 검토

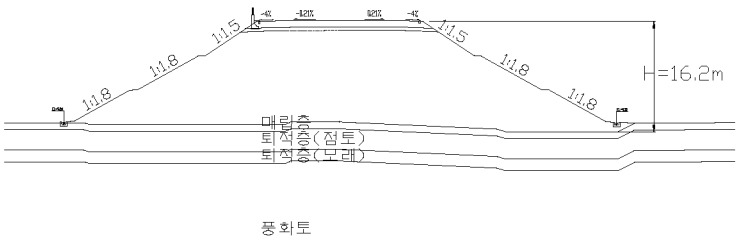
기본방향	•시공 후 차량의 하중을 고려하여 교통하중(13kN/m) 적용 •쌓기고 10.0m이상구간과 지하수위가 원지반고 이상 상승하지 않는 것으로 가정하여 검토수행

2.2.1 쌓기 비탈면 안정성 검토

◎쌓기부 검토 현황

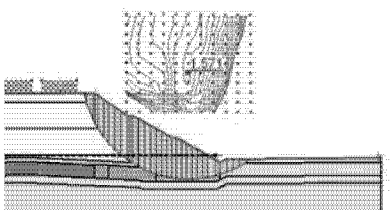
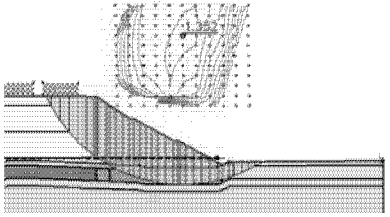
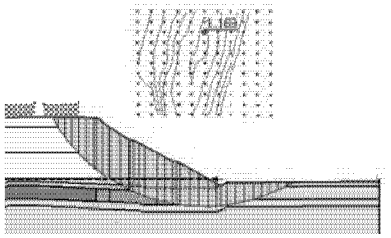
구 분			측점 (STA.)			최대높이(m)	대표단면(STA.)	비고
4공구	본선	쌓기 1구간	22+610	~	23+520	16.2	23+160	-
		쌓기 2구간	23+600	~	24+170	15.8	23+660	-
						16.4	24+080	-
		쌓기 3구간	24+440	~	25+160	16.0	24+560	-
						14.4	24+940	-
		쌓기 4구간	25+980	~	26+600	15.2	26+580	-
		쌓기 5구간	27+050	~	28+150	14.5	27+060	-
						10.8	27+880	-
						13.9	28+000	-
		쌓기 6구간	28+560	~	29+700	10.1	29+300	-
		쌓기 7구간	30+420	~	30+740	15.3	30+480	-
		쌓기 8구간	31+900	~	32+700	10.9	32+360	-
	부체도로 #11		0+540	~	0+629	10.6	0+595	-

◎4공구 쌓기 1구간 STA. 23+160 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

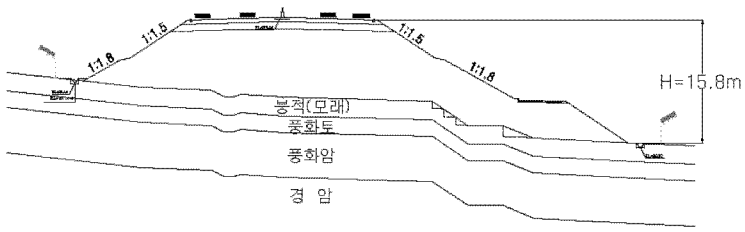
검 토 단 면


쌓기고(m)	매립층(m)	퇴적층(m)	풍화토(m)
16.2	1.0	4.7	18.3

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.57	O.K
우기시	1.30	1.35	O.K
지진시	1.10	1.16	O.K

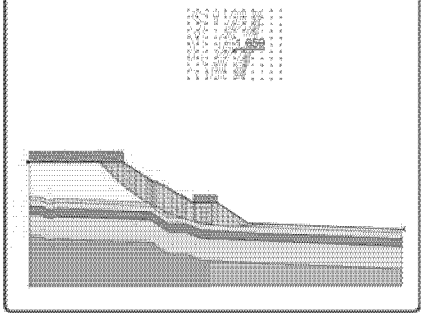
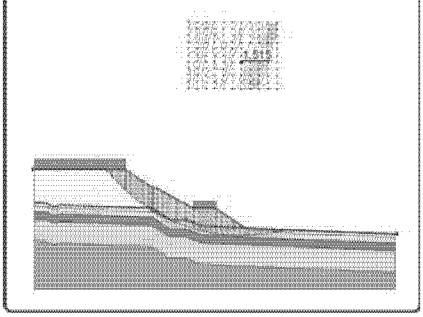
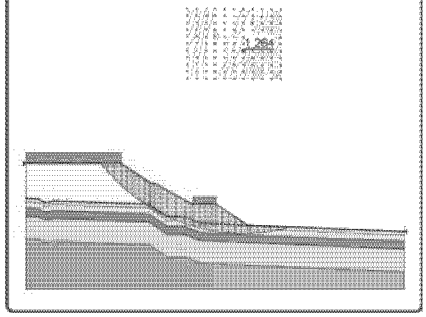
건기시	우기시	지진시
		

4공구 쌓기 2구간 STA. 23+660 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

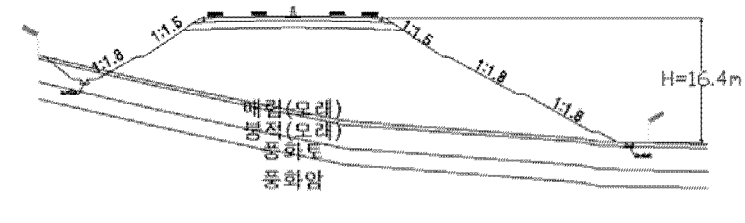
검 토 단 면


쌓기고(m)	붕적층(m)	풍화토(m)	풍화암(m)
15.8	2.4	2.1	5.8

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.66	O.K
우기시	1.30	1.52	O.K
지진시	1.10	1.26	O.K

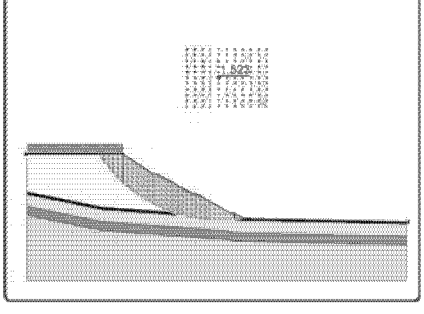
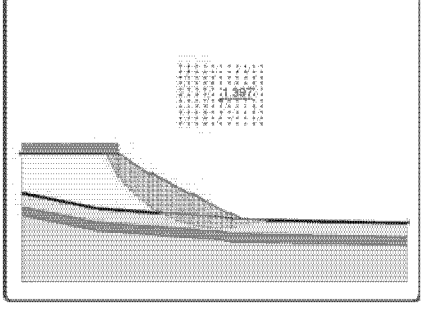
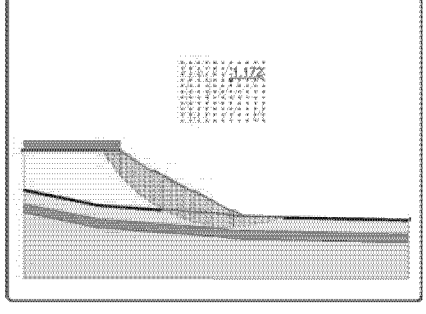
건기시	우기시	지진시
		

4공구 쌓기 2구간 STA. 24+080 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

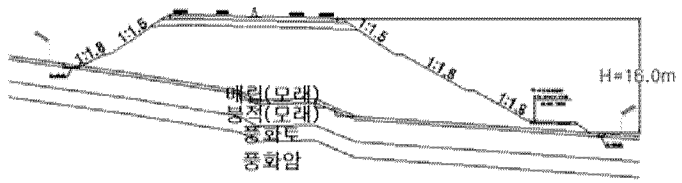
검 토 단 면


쌓기고(m)	매립층(m)	붕적층(m)	풍화토(m)
16.4	0.5	3.1	2.1

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.52	O.K
우기시	1.30	1.40	O.K
지진시	1.10	1.17	O.K

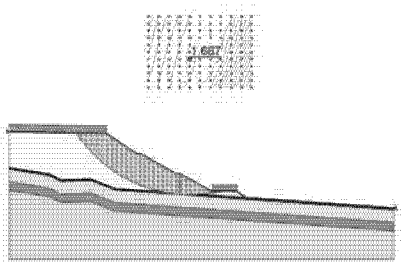
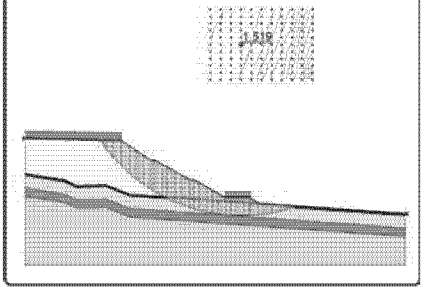
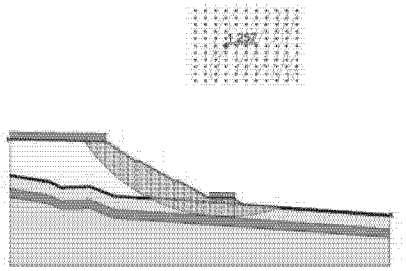
건기시	우기시	지진시
		

4공구 쌓기 3구간 24+560 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

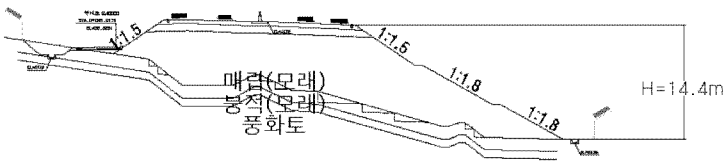
검 토 단 면


쌓기고(m)	매립층(m)	붕적층(m)	풍화토(m)
16.0	0.5	3.1	2.2

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.67	O.K
우기시	1.30	1.52	O.K
지진시	1.10	1.26	O.K

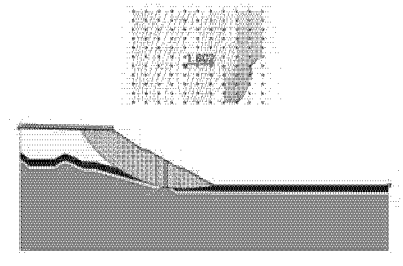
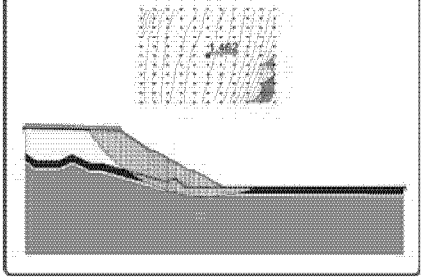
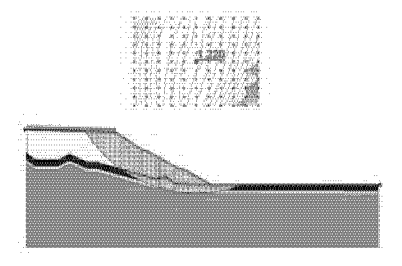
건기시	우기시	지진시
		

4공구 쌓기 3구간 STA. 24+940 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

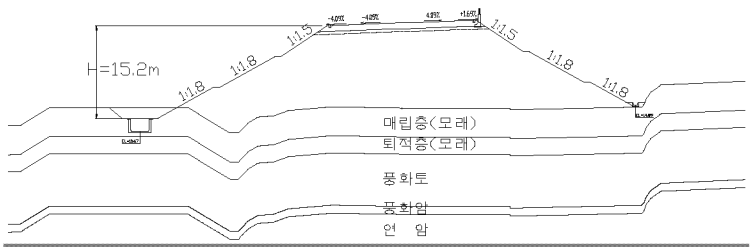
검 토 단 면


쌓기고(m)	매립층(m)	붕적층(m)	풍화토(m)
14.4	1.6	1.0	–

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.60	O.K
우기시	1.30	1.46	O.K
지진시	1.10	1.22	O.K

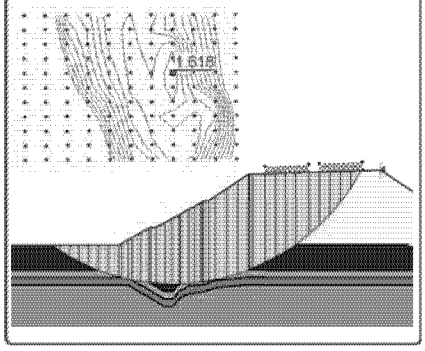
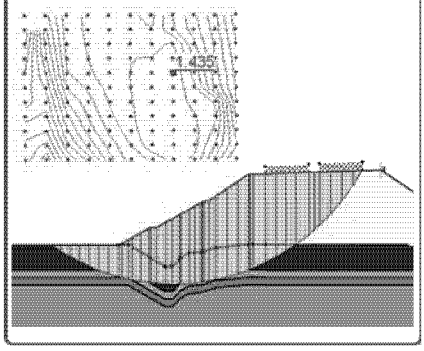
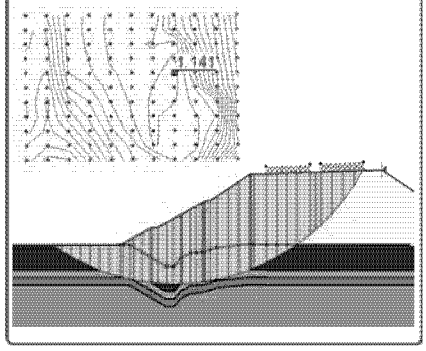
건기시	우기시	지진시
		

◎4공구 쌓기 4구간 STA. 26+580 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

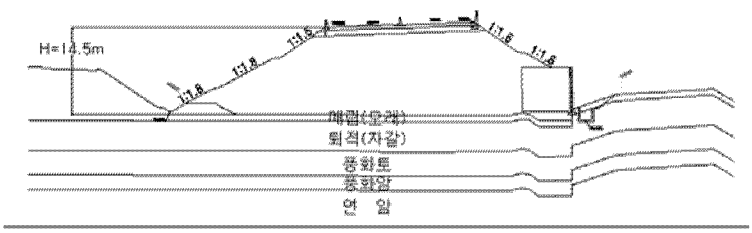
검 토 단 면


쌓기고(m)	매립층(m)	퇴적층(m)	풍화토(m)
15.2	4.7	2.8	8.5

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.62	O.K
우기시	1.30	1.44	O.K
지진시	1.10	1.14	O.K

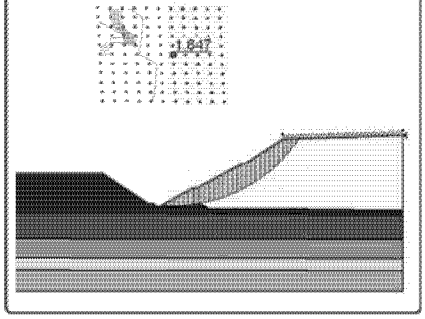
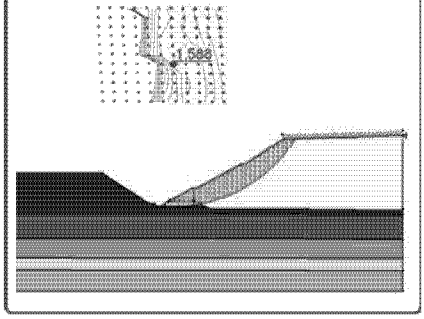
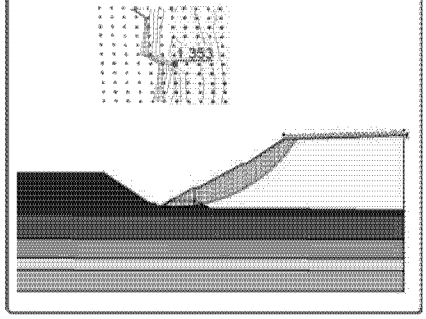
건기시	우기시	지진시
		

◎4공구 쌓기 5구간 STA. 27+060 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

검 토 단 면


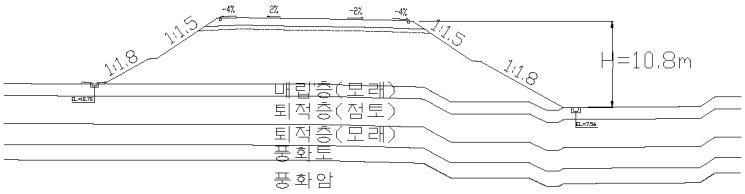
쌓기고(m)	매립층(m)	퇴적층(m)	풍화토(m)
14.5	1.0	5.0	4.0

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.65	O.K
우기시	1.30	1.59	O.K
지진시	1.10	1.35	O.K

건기시	우기시	지진시
		

4공구 쌓기 5구간 STA. 27+880 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

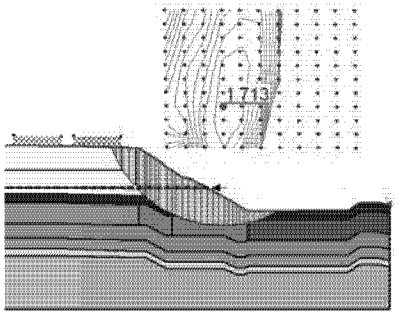
검 토 단 면



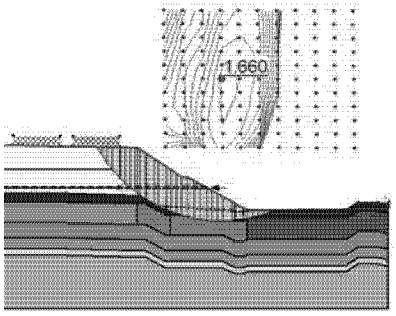
쌓기고(m)	매립층(m)	퇴적층(m)	풍화토(m)
10.8	1.5	6.1	1.9

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.71	O.K
우기시	1.30	1.66	O.K
지진시	1.10	1.41	O.K

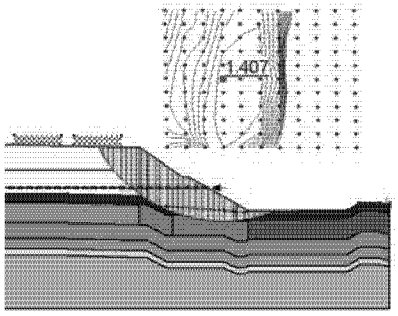
건기시



우기시

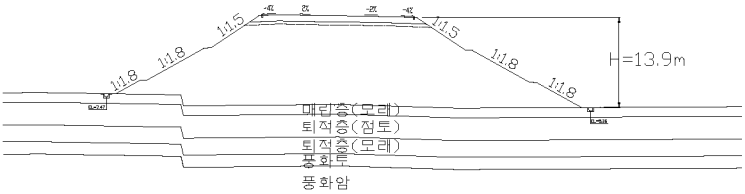


지진시



4공구 쌓기 5구간 STA. 28+000 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

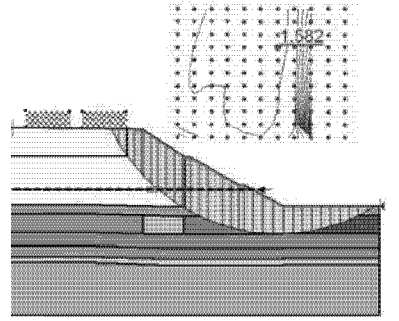
검 토 단 면



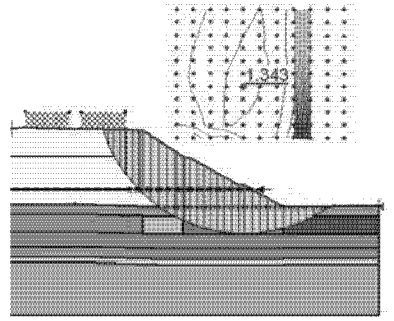
쌓기고(m)	매립층(m)	퇴적층(m)	풍화토(m)
13.9	1.5	6.1	1.9

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.58	O.K
우기시	1.30	1.34	O.K
지진시	1.10	1.11	O.K

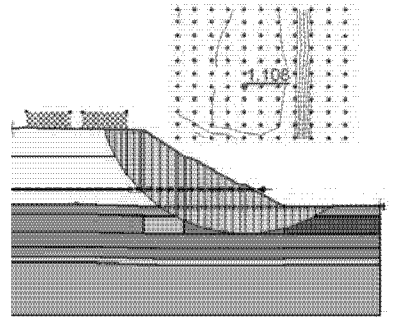
건기시



우기시

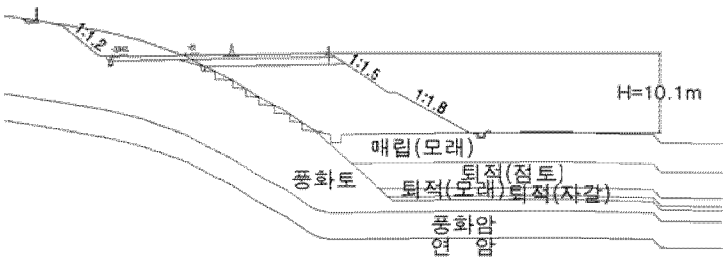


지진시



4공구 쌓기 6구간 STA. 29+300 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

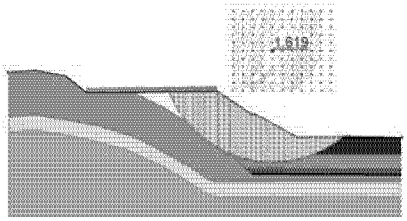
검 토 단 면



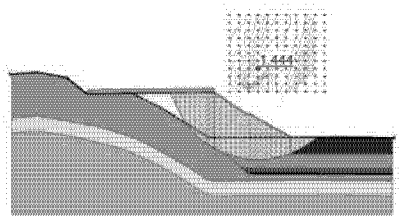
쌓기고(m)	매립층(m)	퇴적층(m)	풍화토(m)
10.1	3.7	4.8	1.5

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.62	O.K
우기시	1.30	1.44	O.K
지진시	1.10	1.17	O.K

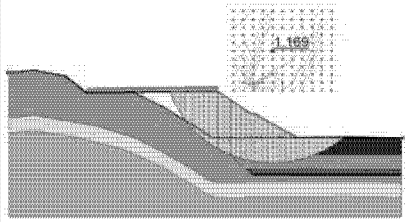
건기시



우기시

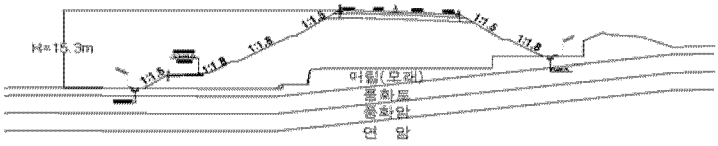


지진시



4공구 쌓기 7구간 STA. 30+480 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

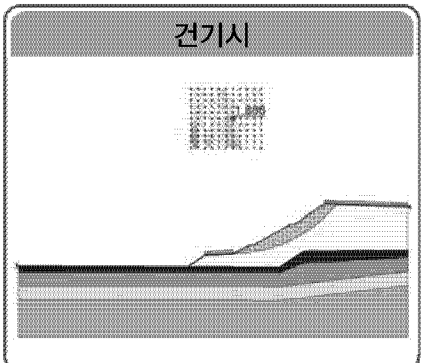
검 토 단 면



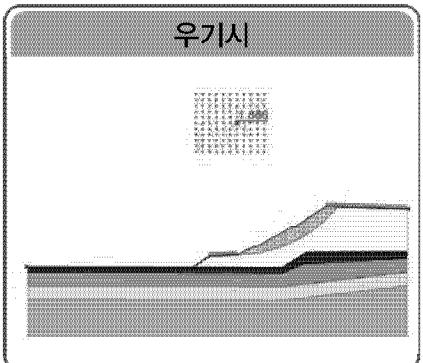
쌓기고(m)	매립층(m)	풍화토(m)	풍화암(m)
15.3	1.5	3.5	3.5

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.89	O.K
우기시	1.30	1.89	O.K
지진시	1.10	1.59	O.K

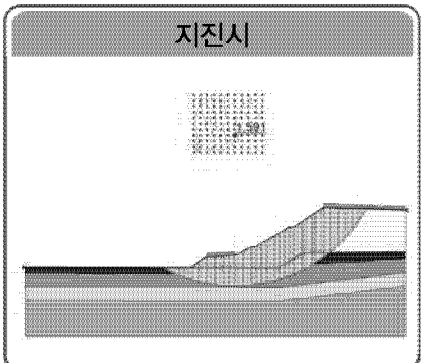
건기시



우기시

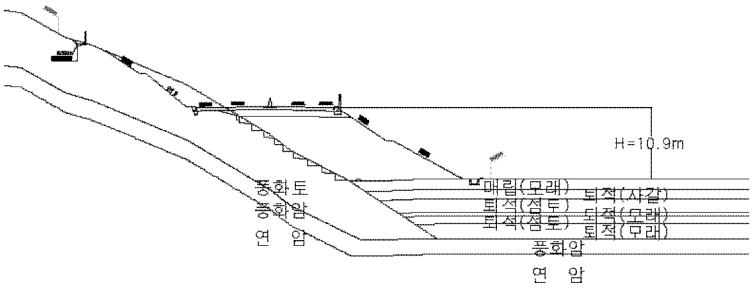


지진시



◎4공구 쌓기 8구간 STA. 32+360 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

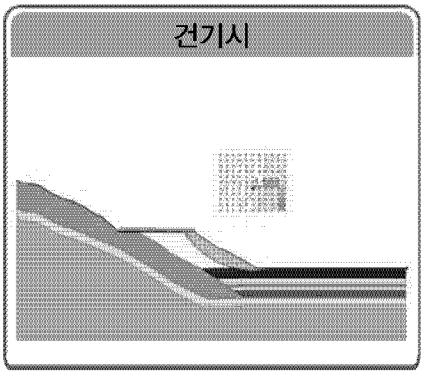
검 토 단 면



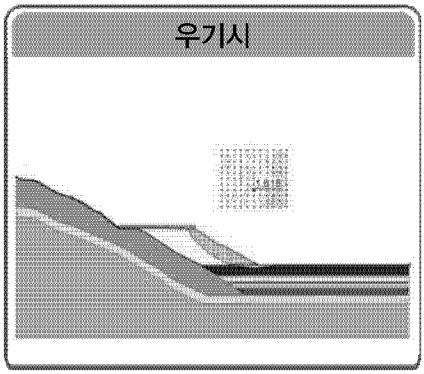
쌓기고(m)	매립층(m)	퇴적층(m)	풍화토(m)
10.9	1.6	7.4	8.4

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.69	O.K
우기시	1.30	1.62	O.K
지진시	1.10	1.38	O.K

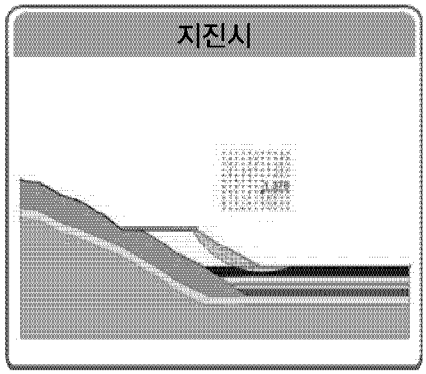
건기시



우기시

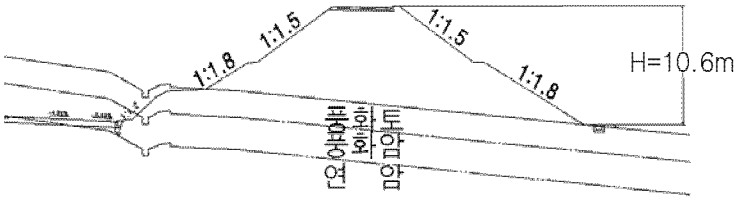


지진시



◎4공구 부체도로 #11 STA. 0+595 (표준 경사 쌓기재 1 : 1.5 ~ 1.8 적용)

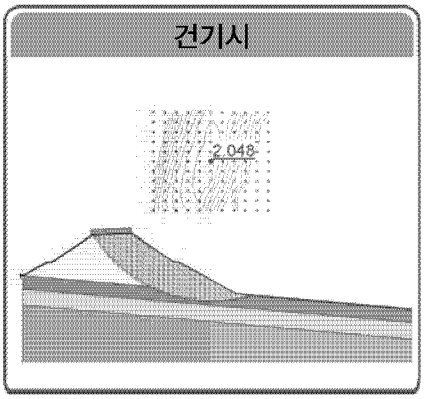
검 토 단 면



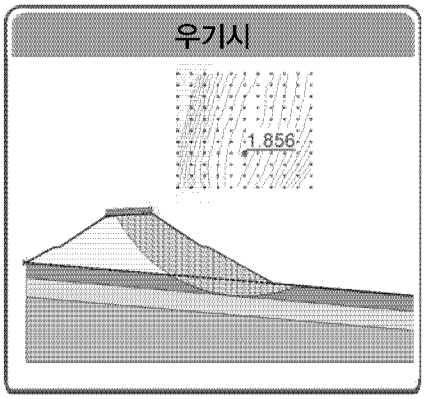
쌓기고(m)	풍화토(m)	풍화암(m)	연암(m)
10.6	2.4	2.9	–

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	2.05	O.K
우기시	1.30	1.86	O.K
지진시	1.10	1.59	O.K

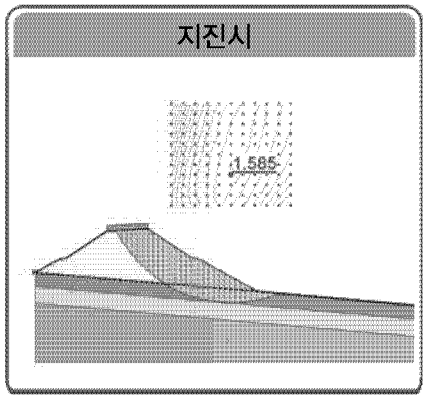
건기시



우기시



지진시



◎ 쌓기부 비탈면 안정성 검토 결과

구 분			측점 (STA.)	대표단면 (STA.)	안전율 건기시 (F.s=1.5)	안전율 우기시 (F.s=1.3)	안전율 지진시 (F.s=1.1)	비고
4공구	본선	쌓기 1구간	22+610~23+520	23+160	1.57	1.35	1.17	O.K
		쌓기 2구간	23+600~24+170	23+660	1.66	1.52	1.26	O.K
				24+080	1.52	1.40	1.17	O.K
		쌓기 3구간	24+440~25+160	24+560	1.67	1.52	1.26	O.K
				24+940	1.60	1.46	1.22	O.K
		쌓기 4구간	25+980~26+600	26+580	1.62	1.44	1.14	O.K
		쌓기 5구간	27+050~28+150	27+060	1.65	1.59	1.35	O.K
				27+880	1.71	1.66	1.41	O.K
				28+000	1.58	1.34	1.11	O.K
		쌓기 6구간	28+560~29+700	29+300	1.62	1.44	1.17	O.K
		쌓기 7구간	30+420~30+740	30+480	1.89	1.89	1.59	O.K
		쌓기 8구간	31+900~32+700	32+360	1.69	1.62	1.38	O.K
	부체도로 #11		0+540~0+629	0+595	2.05	1.86	1.59	O.K

2.3 깎기 비탈면 안정성 검토

기본방향	•토사 깎기 및 암반 깎기 구간으로 구간별 안정성 검토 •평사투영 및 불연속체해석을 수행하여 암반 파괴유형 검토

2.3.1 암반 비탈면 안정성 검토

◎깎기부 현황

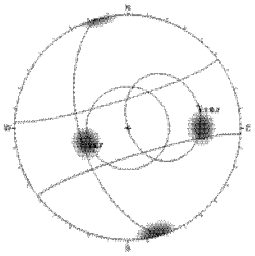
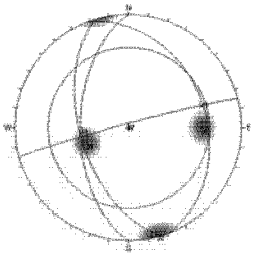
▮ 본선 깎기 비탈면 검토 현황

구 분			측점 (STA.)	비탈면 유형		Dipdir	최대높이 (m)	검토단면 (STA.)	비고
4공구	본선	깎기 2구간	23+730 ~ 24+440	암반	우측	253	19.2	23+820	-
		깎기 4구간	28+210 ~ 29+080	암반	좌측	085	26.8	28+340	-
				암반	좌측	086	27.8	28+480	-
				암반	좌측	087	33.9	28+800	-
		깎기 5구간	29+300 ~ 30+180	암반	좌측	064	25.0	29+380	-
				암반	좌측	037	23.9	30+020	-
				암반	우측	217	36.1	30+020	-
		깎기 6구간	30+680 ~ 32+460	암반	우측	253	26.4	30+840	-
				암반	좌측	072	25.2	30+900	-
				암반	우측	253	25.2	30+920	-
				암반	좌측	089	40.6	31+220	록볼트보강
				암반	좌측	088	38.8	31+300	록볼트보강

○ 본선구간 평사투영해석을 통한 암반 비탈면 안정성 검토

■ 4공구 깎기 2구간 STA. 23+820 비탈면

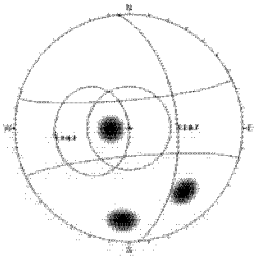
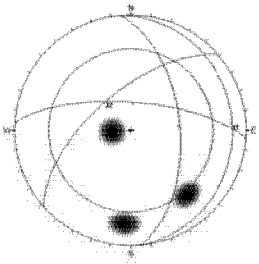
구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	불연속면 방향성(Dip/Dipdir)			마찰각 (°)
			J1	J2	J3	
우측비탈면	23+820	253	32/070	87/345	55/270	30

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.7	안정	안정	안정
파괴 유형	•1:0.7 경사에 대해 평면파괴, 전도파괴 및 쐐기파괴에 대해 안정		

■ 4공구 깎기 4구간 STA. 28+340 비탈면

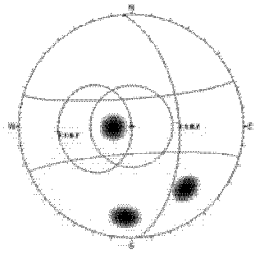
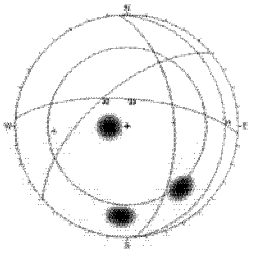
구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	불연속면 방향성(Dip/Dipdir)			마찰각 (°)
			J1	J2	J3	
좌측비탈면	28+340	085	13/086	63/319	70/004	30

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.7	안정	안정	안정
파괴 유형	•1:0.7 경사에 대해 평면파괴, 전도파괴 및 쐐기파괴에 대해 안정		

■ 4공구 깎기 4구간 STA. 28+480 비탈면

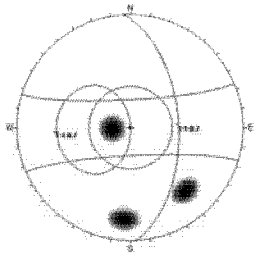
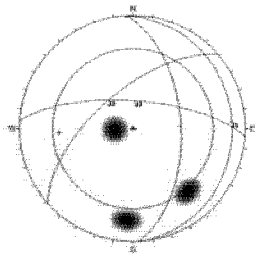
구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	불연속면 방향성(Dip/Dipdir)			마찰각 (°)
			J1	J2	J3	
좌측비탈면	28+480	086	13/086	63/319	70/004	30

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.7	안정	안정	안정
파괴 유형	•1:0.7 경사에 대해 평면파괴, 전도파괴 및 쐐기파괴에 대해 안정		

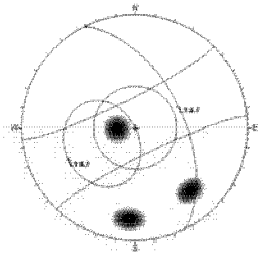
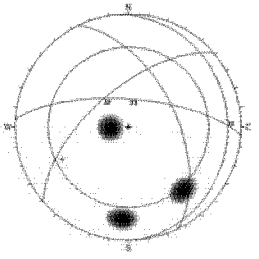
4공구 깎기 4구간 STA. 28+800 비탈면

구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	불연속면 방향성(Dip/Dipdir) J1	J2	J3	마찰각 (°)
좌측비탈면	28+800	087	13/086	63/319	70/004	30

평면 및 전도파괴	쐐기파괴	기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
		1:0.7	안정	안정	안정
		파괴 유형	•1:0.7 경사에 대해 평면파괴, 전도파괴 및 쐐기파괴에 대해 안정		

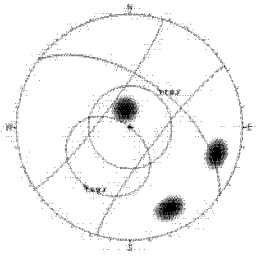
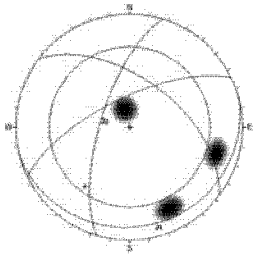
4공구 깎기 5구간 STA. 29+380 비탈면

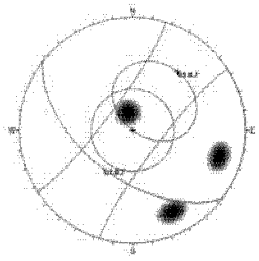
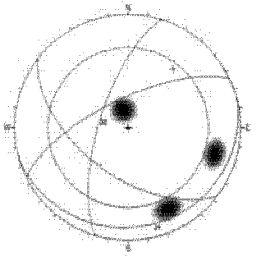
구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	불연속면 방향성(Dip/Dipdir) J1	J2	J3	마찰각 (°)
좌측비탈면	29+380	064	13/086	63/319	70/004	30

평면 및 전도파괴	쐐기파괴	기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
		1:0.7	안정	안정	안정
		파괴 유형	•1:0.7 경사에 대해 전도파괴 발생 가능성 있음		

4공구 깎기 6구간 STA. 30+020 비탈면

구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	불연속면 방향성(Dip/Dipdir) J1	J2	J3	마찰각 (°)
좌측비탈면	30+020	037	13/165	69/287	69/334	30
우측비탈면		217				

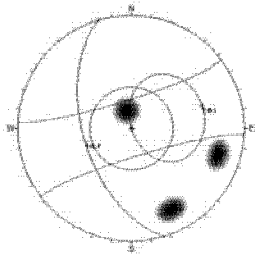
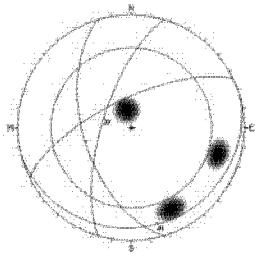
평면 및 전도파괴	쐐기파괴	기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
		1:0.7	안정	안정	안정
		파괴 유형	•1:0.7 경사에 대해 평면파괴, 전도파괴 및 쐐기파괴에 대해 안정		

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.7	안정	안정	안정
파괴 유형	•1:0.7 경사에 대해 평면파괴, 전도파괴 및 쐐기파괴에 대해 안정		

4공구 깎기 6구간 STA. 30+840 비탈면

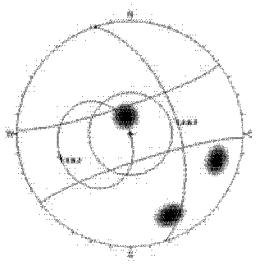
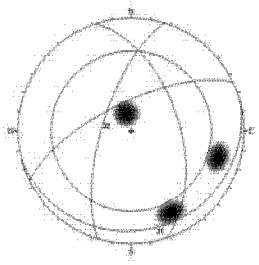
구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	불연속면 방향성(Dip/Dipdir) J1	J2	J3	마찰각 (°)
우측비탈면	30+840	253	13/165	69/287	69/334	30

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.7	안정	안정	안정
파괴 유형	•1:0.7 경사에 대해 평면파괴, 전도파괴 및 쐐기파괴에 대해 안정		

4공구 깎기 6구간 STA. 30+900 비탈면

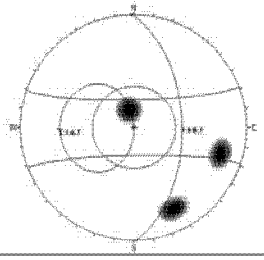
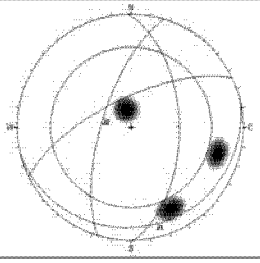
구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	불연속면 방향성(Dip/Dipdir) J1	J2	J3	마찰각 (°)
좌측비탈면	30+900	072	13/165	69/287	69/334	30

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.7	안정	안정	안정
파괴 유형	•1:0.7 경사에 대해 평면파괴, 전도파괴 및 쐐기파괴에 대해 안정		

4공구 깎기 6구간 STA. 31+220 비탈면

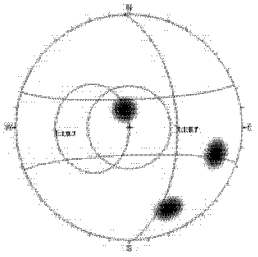
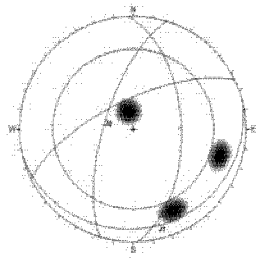
구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	불연속면 방향성(Dip/Dipdir) J1	J2	J3	마찰각 (°)
좌측비탈면	31+220	089	13/165	69/287	69/334	30

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.7	안정	불안정	안정
파괴 유형	•1:0.7 경사에 대해 평면파괴 및 쐐기파괴에 대해 안정 전도파괴에 대해 불안정		

4공구 깎기 6구간 STA. 31+300 비탈면

구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	불연속면 방향성(Dip/Dipdir) J1	J2	J3	마찰각 (°)
좌측비탈면	31+300	088	13/165	69/287	69/334	30

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.7	안정	불안정	안정
파괴 유형	•1:0.7 경사에 대해 평면파괴 및 쐐기파괴에 대해 안정 전도파괴에 대해 불안정		

본선구간 암반 비탈면 안정검토 결과

구 분		측점 (STA.)	검토단면		평사투영해석			한계평형해석				비고
					평면	전도	쐐기	평면		쐐기		
								건기	우기	건기	우기	
4공구	깎기 2구간	23+730 ~ 24+440	23+820	우	○	○	○	–	–	–	–	–
	깎기 4구간	28+210 ~ 29+080	28+340	좌	○	○	○	–	–	–	–	–
			28+480	좌	○	○	○	–	–	–	–	–
			28+800	좌	○	○	○	–	–	–	–	–

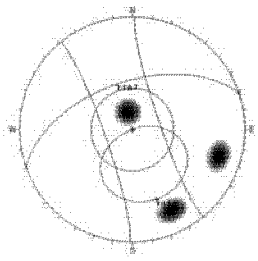
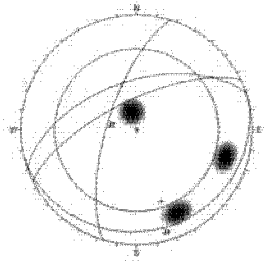
구 분		측점 (STA.)	검토단면		평사투영해석			한계평형해석				비고
					평면	전도	쐐기	평면		쐐기		
								건기	우기	건기	우기	
4공구	깎기5구간	29+300 ~ 30+180	29+380	좌	○	○	○	–	–	–	–	–
			30+020	좌	○	○	○	–	–	–	–	–
				우	○	○	○	–	–	–	–	–
	깎기 6구간	30+680 ~ 32+460	30+840	우	○	○	○	–	–	–	–	–
			30+900	좌	○	○	○	–	–	–	–	–
			31+220	좌	○	×	○	–	–	–	–	R/B 보강 + 수평배수공 적용 (Random Rock Bolt) 31+170~31+390 31+470~31+510
			31+300	좌	○	×	○	–	–	–	–	

○ : 안정, × : 불안정

◎ Ramp구간 평사투영해석을 통한 암반 비탈면 안정성 검토

■ 4공구 산단IC Ramp-B구간 STA.0+920 비탈면

구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	불연속면 방향성(Dip/Dipdir)			마찰각 (°)
			J1	J2	J3	
좌측비탈면	0+920	341	13/165	69/287	69/334	30

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.7	안정	안정	안정
파괴 유형	•1:0.7 경사에 대해 평면파괴, 전도파괴 및 쐐기파괴에 대해 안정		

◎ Ramp구간 암반비탈면 안정검토 결과

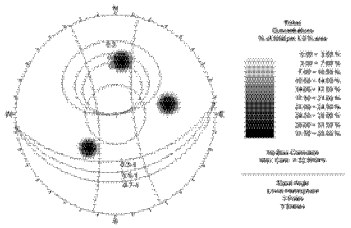
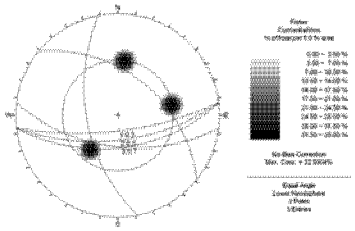
구 분		측점 (STA.)	검토단면		평사투영해석			한계평형해석				비고
					평면	전도	쐐기	평면		쐐기		
								건기	우기	건기	우기	
산단IC	R-B	0+741 ~ 1+124	0+920	좌측	○	○	○	–	–	–	–	–

2.3.2 터널 갱구부 암반 비탈면 안정성 검토

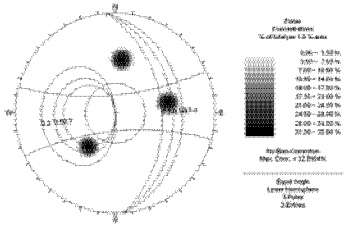
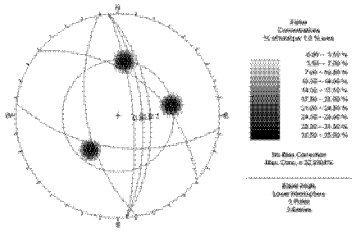
◎ 평사투영해석을 통한 암반 비탈면 안정성 검토

■ 금촌터널 시점 비탈면

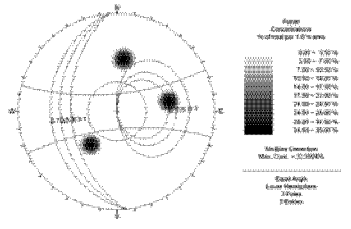
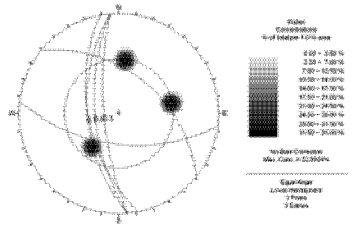
구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	암종	불연속면 방향성(Dip/Dipdir)			마찰각 (°)
				J1	J2	J3	
배면	STA.21+251	173	연 암	56/187	46/039	56/259	32.3
좌측	STA.21+251	85					
우측	STA.21+251	265					

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.3	X	O	X
1:0.5	X	O	X
1:0.7	O	O	O
파괴 유형	•전도파괴에 대해서는 안정하나 평면파괴 및 쐐기파괴의 가능성 존재		

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

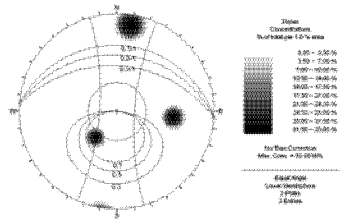
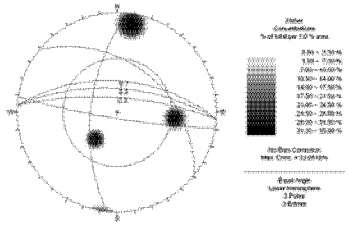
기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.3	O	X	O
1:0.5	O	O	O
1:0.7	O	O	O
파괴 유형	•평면파괴 및 쐐기파괴에 대해서는 안정하나 전도파괴의 가능성 존재		

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

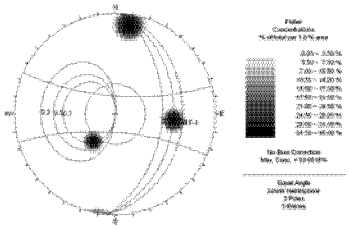
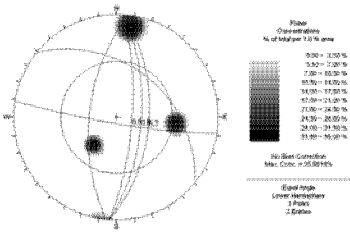
기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.3	X	O	X
1:0.5	X	O	X
1:0.7	O	O	O
파괴 유형	•전도파괴에 대해서는 안정하나 평면파괴 및 쐐기파괴의 가능성 존재		

■ 금촌터널 종점 비탈면

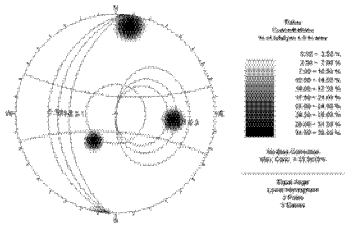
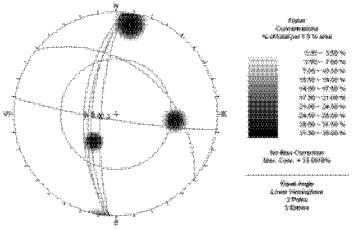
구분	검토단면 (STA.)	비탈면 방향 (Dipdir)	암종	불연속면 방향성(Dip/Dipdir) J1	J2	J3	마찰각 (°)
배면	STA.21+595	4	연 암	38/039	83/189	60/276	31.7
좌측	STA.21+598	94					
우측	STA.21+588	274					

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.3	○	X	○
1:0.5	○	X	○
1:0.7	○	X	○
파괴 유형	•평면파괴 및 쐐기파괴에 대해서는 안정하나 전도파괴의 가능성 존재		

평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.3	○	X	○
1:0.5	○	X	○
1:0.7	○	○	○
파괴 유형	•평면파괴 및 쐐기파괴에 대해서는 안정하나 전도파괴의 가능성 존재		

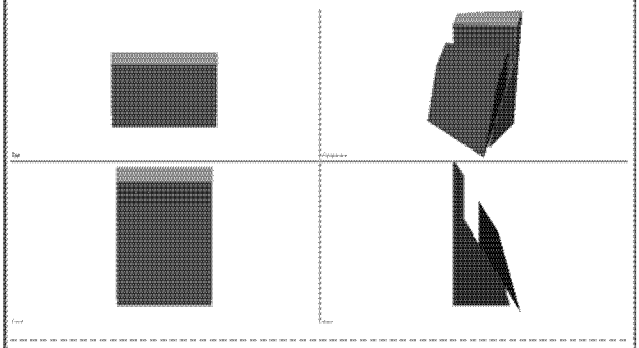
평면 및 전도파괴	쐐기파괴
	

기울기	평면파괴	전도파괴	쐐기파괴
1:0.3	X	○	X
1:0.5	X	○	X
1:0.7	○	○	○
파괴 유형	•전도파괴에 대해서는 안정하나 평면파괴 및 쐐기파괴의 가능성 존재		

터널구간 암반비탈면 안정검토 결과

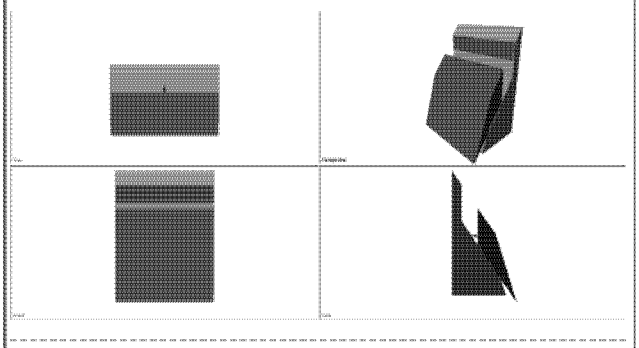
구 분		비탈면 검토 위치	평사투영해석			한계평형해석				비고
			평면	전도	쐐기	평면		쐐기		
						건기	우기	건기	우기	
금촌 터널	시점	서울방향 배면 비탈면 (STA.21+251)	×	○	×	1.56	1.28	3.92	3.79	-
		문산방향 좌측 비탈면 (STA.21+251)	○	×	○	-	-	-	-	Random Rock Bolt
		문산방향 우측 비탈면 (STA.21+251)	×	○	×	2.09	1.52	3.45	3.14	-
	종점	서울방향 배면 비탈면 (STA.21+595)	○	×	○	-	-	-	-	Random Rock Bolt
		서울방향 좌측 비탈면 (STA.21+598)	○	×	○	-	-	-	-	Random Rock Bolt
		문산방향 우측 비탈면 (STA.21+588)	×	○	×	1.64	0.00	2.63	2.55	R/B 보강

21+251(서울방향 배면) 평면파괴 건기시



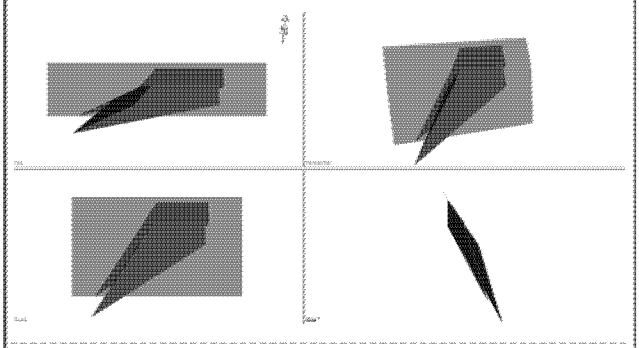
Fs = 1.56 > 1.50, O.K

21+251(서울방향 배면) 평면파괴 우기시



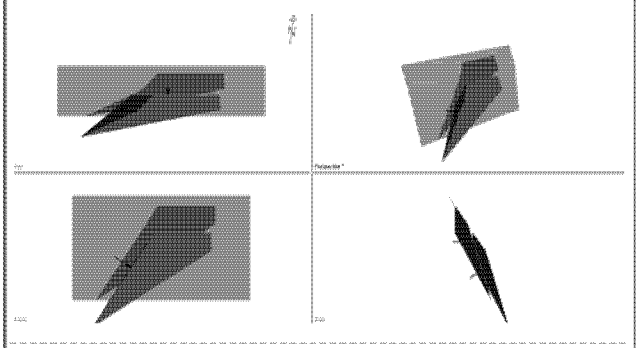
Fs = 1.28 > 1.20, O.K

21+251(서울방향 배면) 쐐기파괴 건기시



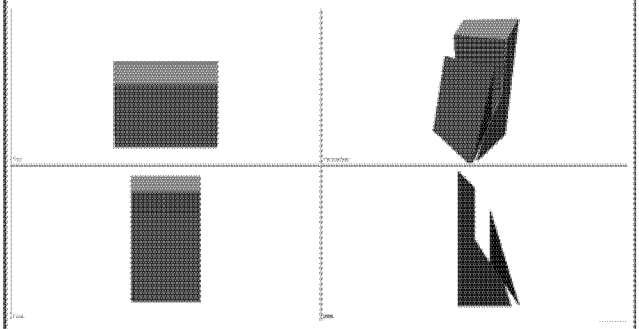
Fs = 3.92 > 1.50, O.K

21+251(서울방향 배면) 쐐기파괴 우기시



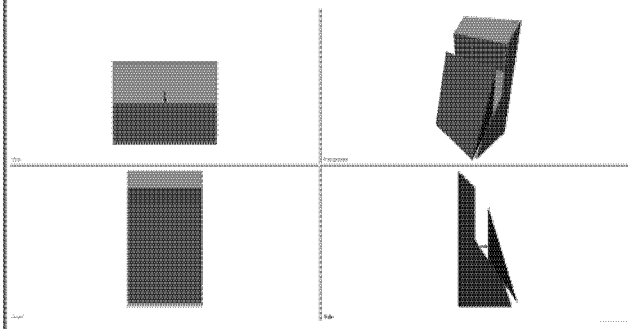
Fs = 3.79 > 1.20, O.K

21+251(문산방향 우측) 평면파괴 건기시



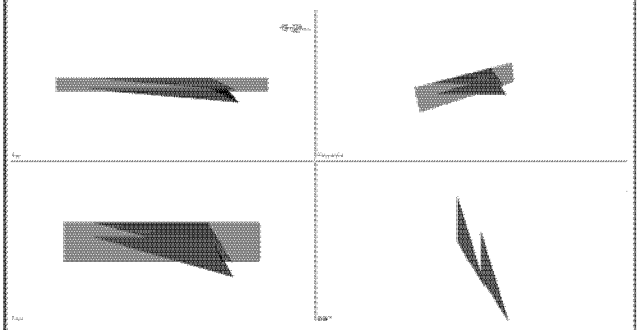
Fs = 2.09 > 1.50, O.K

21+251(문산방향 우측) 평면파괴 우기시



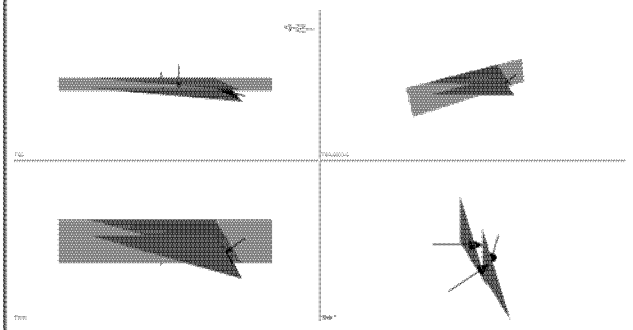
Fs = 1.52 > 1.20, O.K

21+251(문산방향 우측) 쐐기파괴 건기시



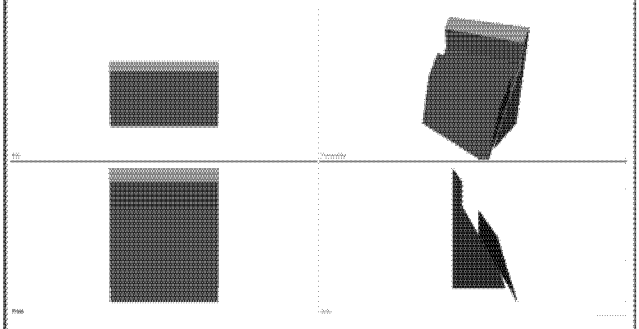
Fs = 3.45 > 1.50, O.K

21+251(문산방향 우측) 쐐기파괴 우기시



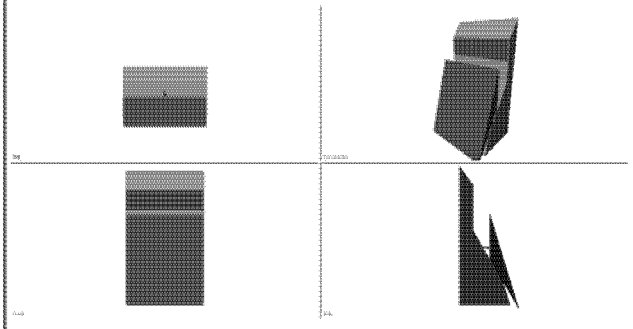
Fs = 3.14 > 1.20, O.K

21+588(문산방향 우측) 평면파괴 건기시



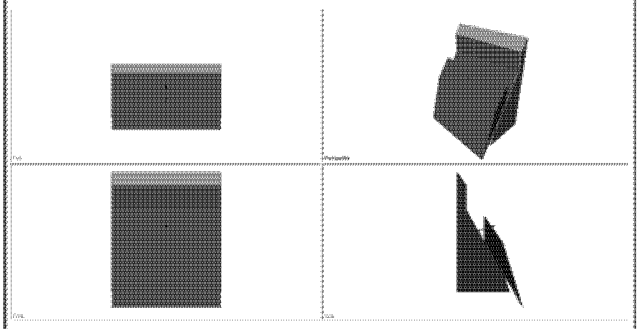
Fs = 1.64 > 1.50, O.K

21+588(문산방향 우측) 평면파괴 우기시



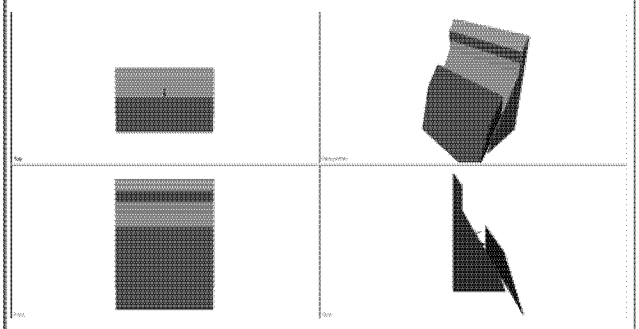
Fs = 0.00 < 1.20, N.G

21+588(문산방향 우측) 평면파괴 건기시-보강



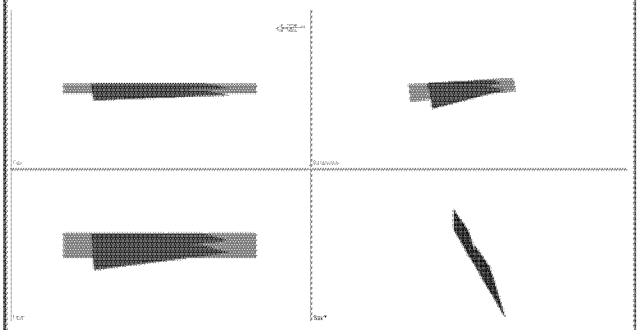
Fs = 1.67 > 1.50, O.K

21+588(문산방향 우측) 평면파괴 우기시-보강



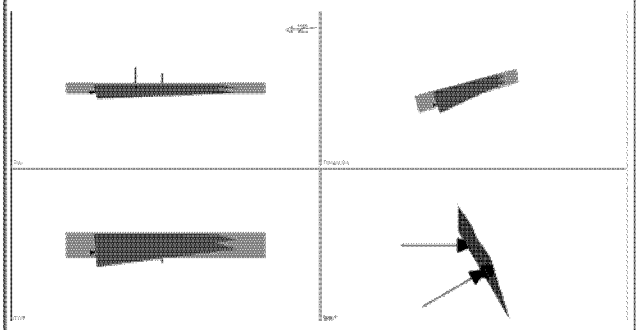
Fs = 1.47 > 1.20, O.K

21+588(문산방향 우측) 쐐기파괴 건기시



Fs = 2.63 > 1.50, O.K

21+588(문산방향 우측) 쐐기파괴 우기시



Fs = 2.55 > 1.20, O.K

검토결과

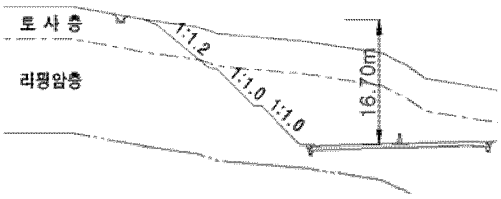
•평면 및 쐐기파괴 가능성이 있는 비탈면에 대하여 한계평형해석 결과, 일부구간에 대해 록볼트 보강을 통해 비탈면 안정을 확보하도록 계획

2.3.3 토사 비탈면 안정성 검토

◎ 깎기 비탈면 검토 현황

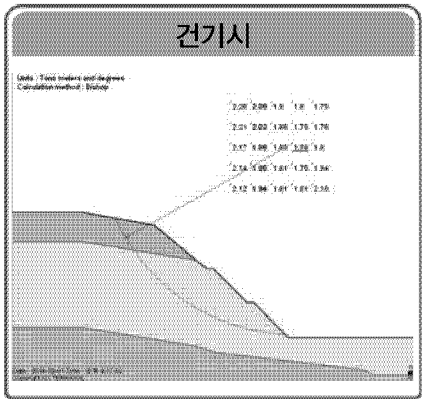
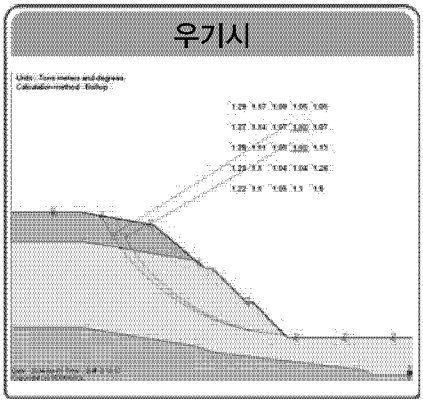
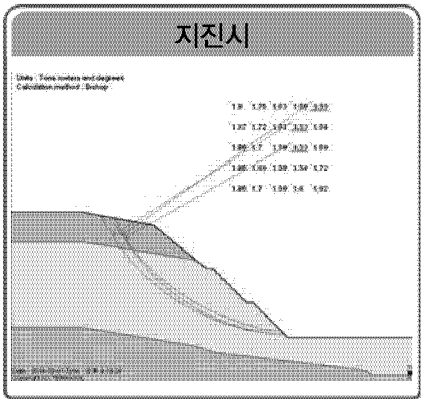
구 분			측점 (STA.)	비탈면 유형		최대높이 (m)	대표단면 (STA.)	비고
4 공구	본선	깎기 1구간	21+600 ~ 22+580	토사	좌측	16.7	21+940	구배완화
				토사	우측	8.7	22+040	-
		깎기 2구간	23+730 ~ 24+440	토사	우측	19.3	23+760	구배완화
				토사/암반	좌측	16.3	23+860	네일보강
				토사	좌측	12.5	24+240	-
		깎기 3구간	25+160 ~ 25+960	토사	좌측	11.3	25+880	구배완화
				토사	좌측	11.9	25+900	단기 터파기
		깎기 4구간	28+210 ~ 29+080	토사/암반	좌측	25.4	28+340	-
				토사	좌측	32.1	28+360	네일보강
				토사	좌측	15.3	28+920	구배완화
		깎기 5구간	29+300 ~ 30+180	토사	좌측	22.9	29+400	-
				토사	우측	21.5	29+980	-
		깎기 6구간	30+680 ~ 32+460	토사	우측	23.2	30+780	네일보강
				토사	좌측	22.3	30+880	구배완화
				토사	우측	24.6	30+880	-
				토사	좌측	35.6	31+180	구배완화
				토사/암반	좌측	39.2	31+220	-
				토사	좌측	28.0	31+420	구배완화
				토사	좌측	14.2	31+860	-
	월롱IC	Ramp-A	0+140 ~ 0+400	토사	우측	11.9	0+360	구배완화
	산단IC	Ramp-A	0+156 ~ 0+388	토사	좌측	15.8	0+220	-
		Ramp-B	0+741 ~ 1+124	토사/암반	좌측	28.3	0+920	-

◎4공구 깎기 1구간 STA. 21+940 좌측 비탈면

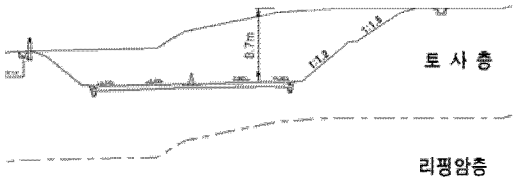
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
16.7	5.4	11.3	–

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.74	O.K
우기시	1.20	1.02	N.G
지진시	1.10	1.53	O.K

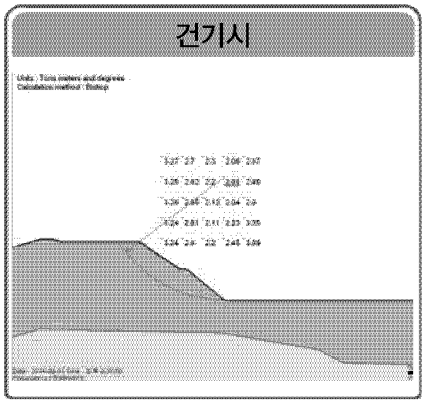
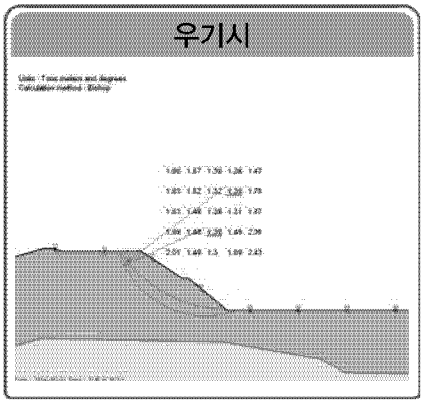
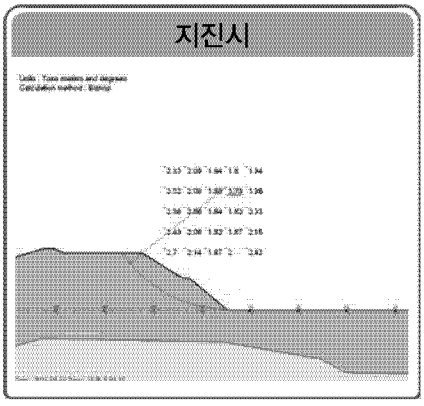
건기시	우기시	지진시
		

◎4공구 깎기 1구간 STA. 22+040 우측 비탈면

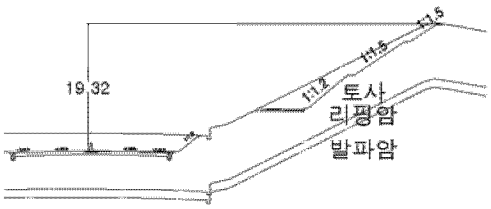
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
8.7	8.7	–	–

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	2.01	O.K
우기시	1.20	1.26	O.K
지진시	1.10	1.78	O.K

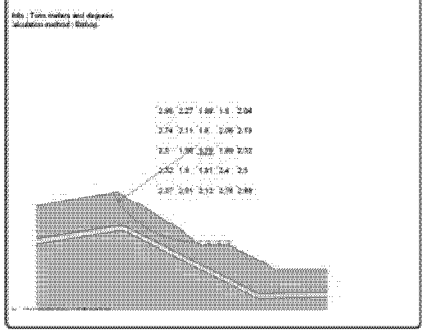
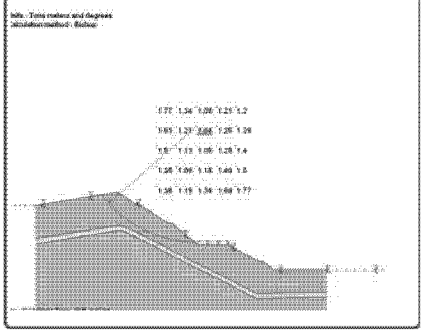
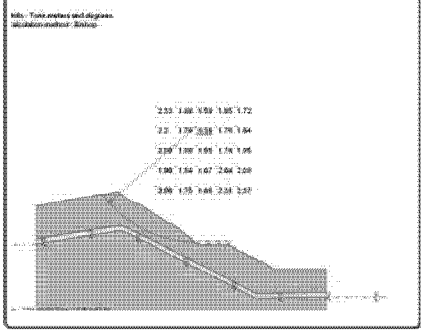
건기시	우기시	지진시
		

4공구 깎기 2구간 STA. 23+760 우측 비탈면

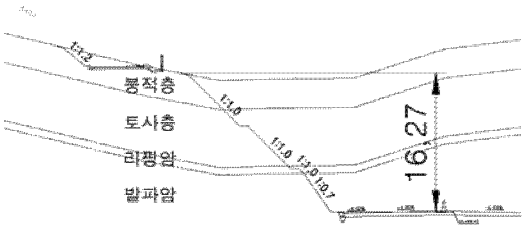
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
19.3	19.3	–	–

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.78	O.K
우기시	1.20	1.04	N.G
지진시	1.10	1.54	O.K

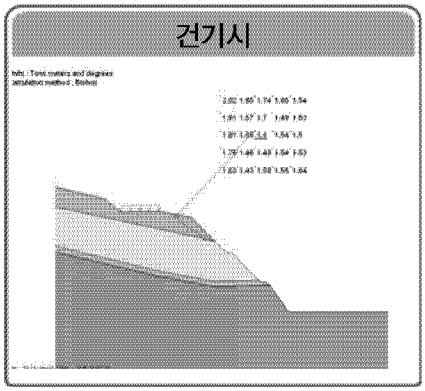
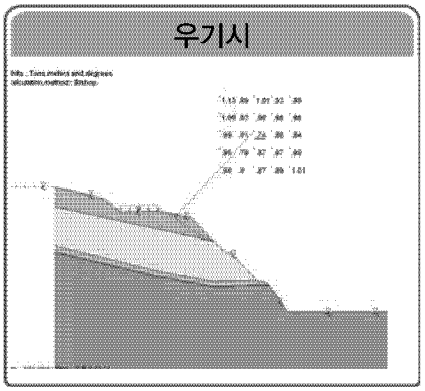
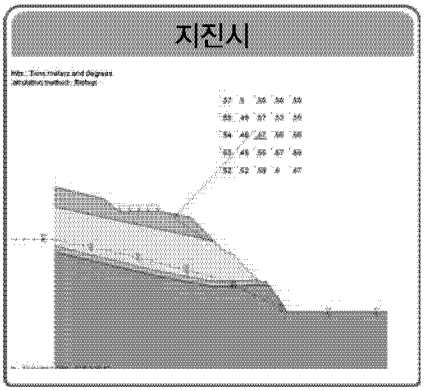
건기시	우기시	지진시
		

4공구 깎기 2구간 STA. 23+860 좌측 비탈면

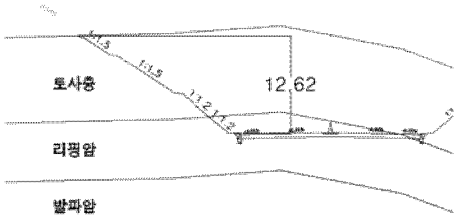
검 토 단 면


깎기고(m)	붕적층(m)	풍화토(m)	리핑암(m)	발파암(m)
16.3	4.3	6.6	0.9	4.5

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.40	N.G
우기시	1.20	0.74	N.G
지진시	1.10	0.47	N.G

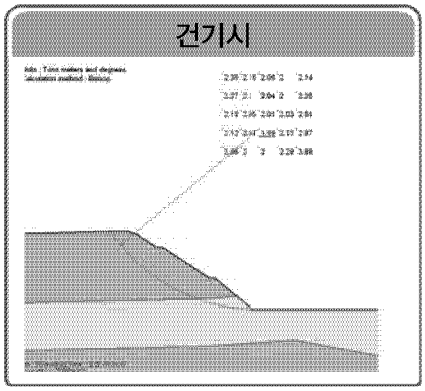
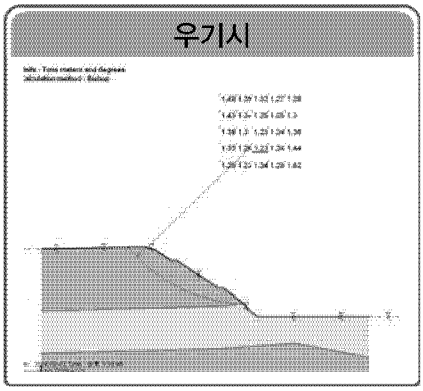
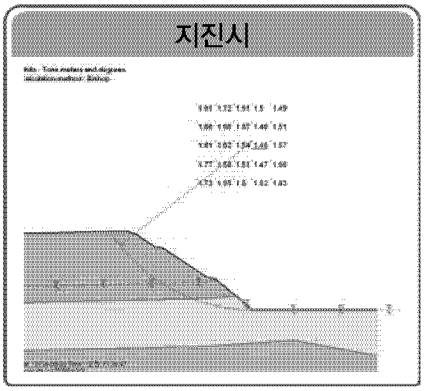
건기시	우기시	지진시
		

◎4공구 깎기 2구간 STA. 24+240 좌측 비탈면

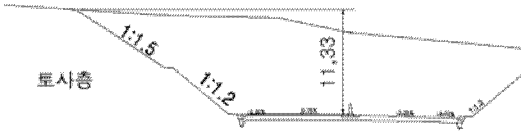
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
12.6	10.5	2.1	-

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.99	O.K
우기시	1.20	1.22	O.K
지진시	1.10	1.46	O.K

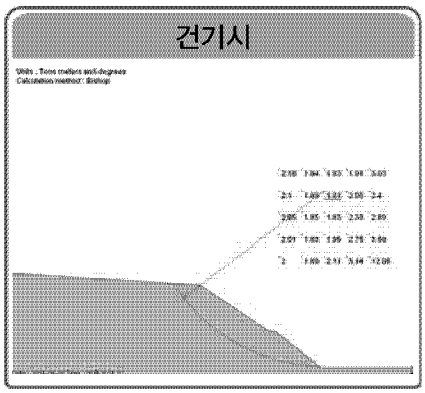
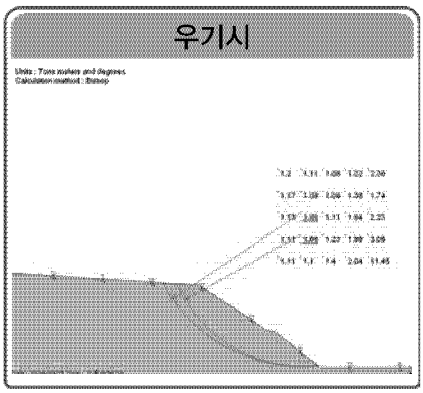
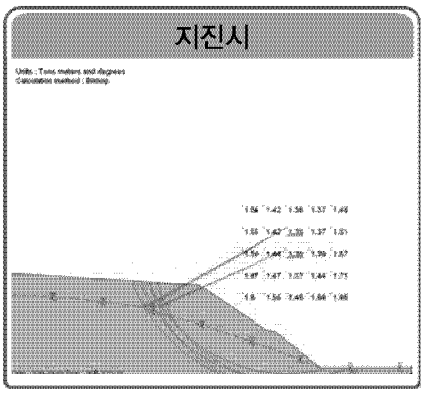
건기시	우기시	지진시
		

◎4공구 깎기 3구간 STA. 25+880 좌측 비탈면

검 토 단 면


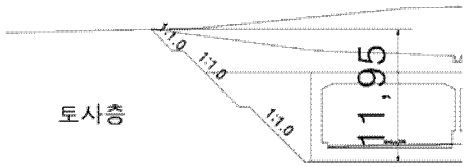
깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
11.3	11.3	-	-

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.81	O.K
우기시	1.20	1.06	N.G
지진시	1.10	1.35	O.K

건기시	우기시	지진시
		

4공구 깎기 3구간 STA. 25+900 좌측 비탈면

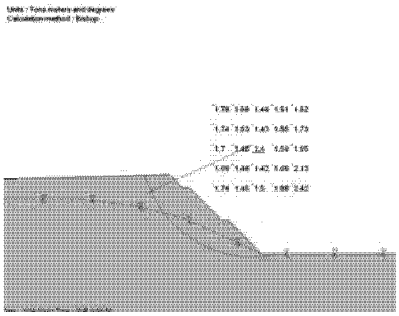
검 토 단 면



깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
12.0	12.0	-	-

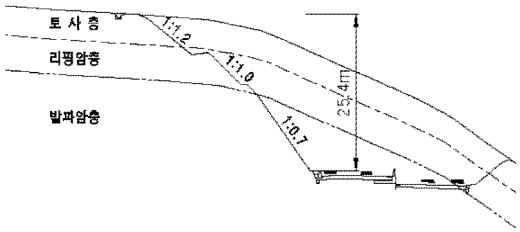
구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
단기	1.0	1.4	O.K

단기 검토시



4공구 깎기 4구간 STA. 28+340 좌측 비탈면

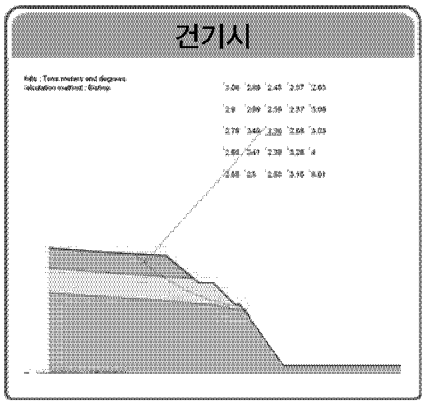
검 토 단 면



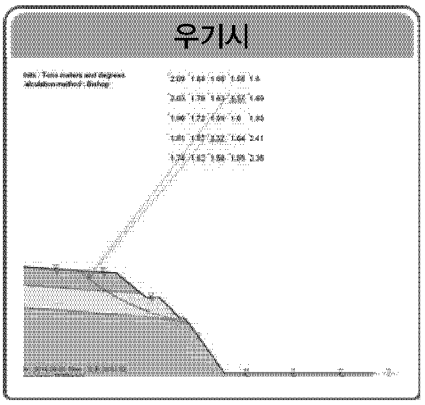
깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
25.4	5.3	7.6	12.5

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	2.36	O.K
우기시	1.20	1.57	O.K
지진시	1.10	1.91	O.K

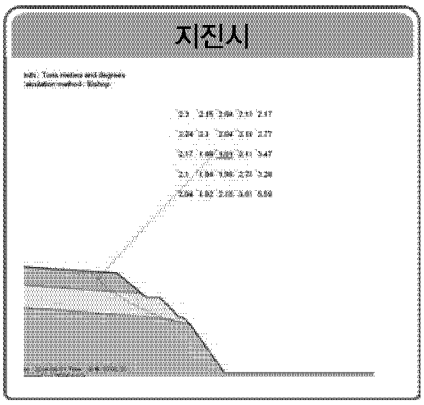
건기시



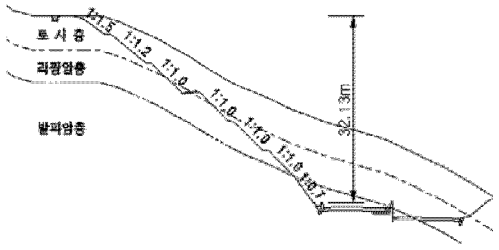
우기시



지진시

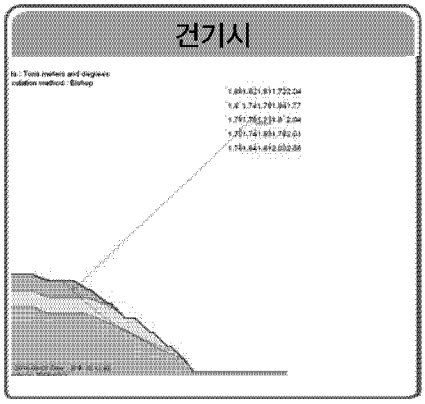
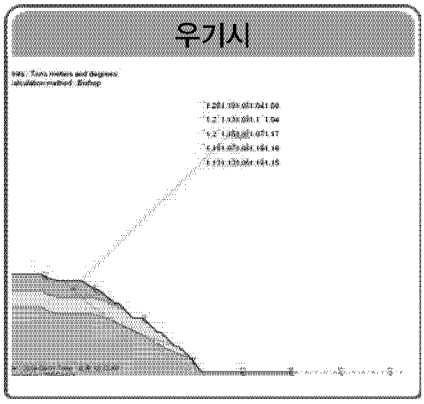
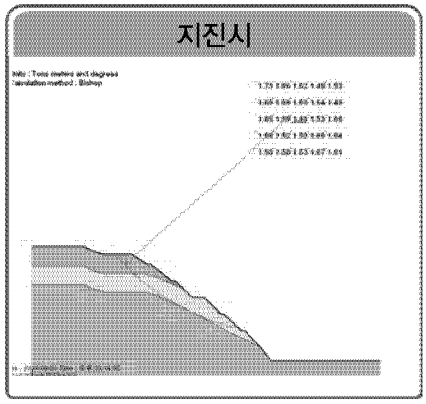


4공구 깎기 4구간 STA. 28+360 좌측 비탈면

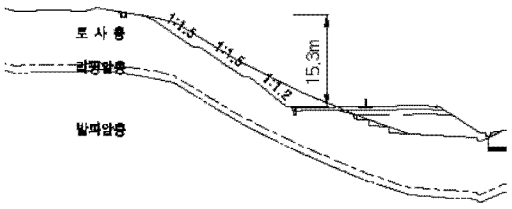
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
32.1	10.5	17.1	4.5

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.71	O.K
우기시	1.20	1.02	N.G
지진시	1.10	1.48	O.K

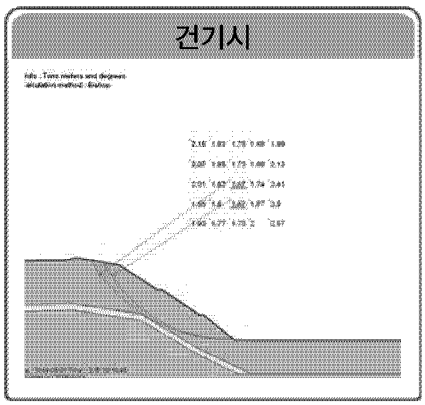
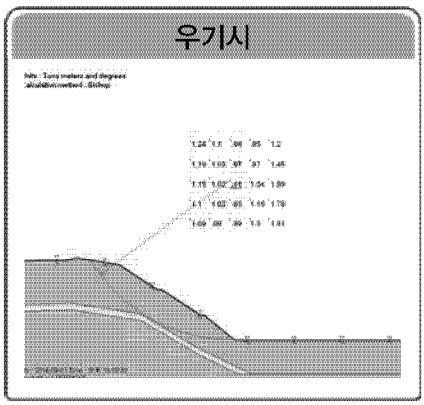
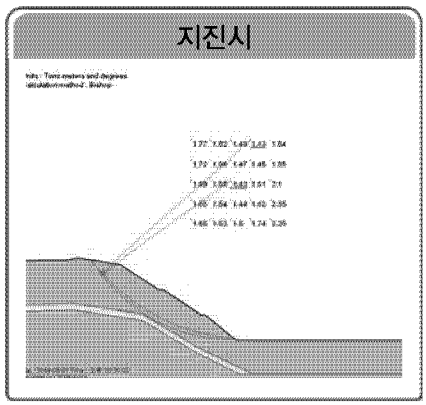
건기시	우기시	지진시
		

4공구 깎기 4구간 STA. 28+920 좌측 비탈면

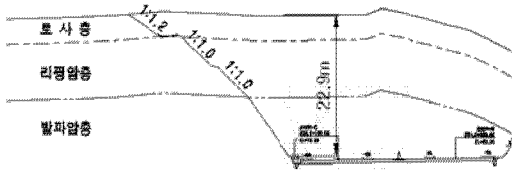
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
15.3	15.3	–	–

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.67	O.K
우기시	1.20	0.91	N.G
지진시	1.10	1.43	O.K

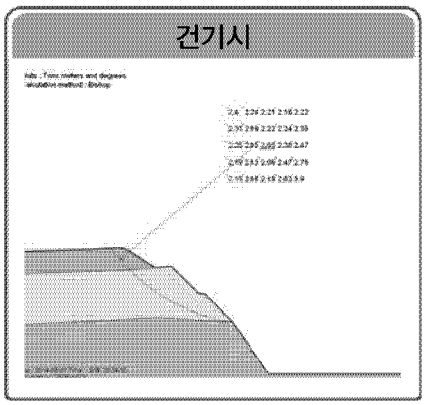
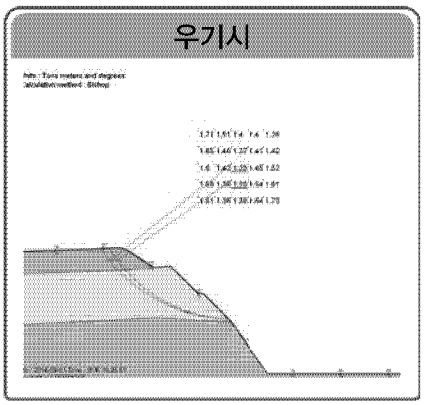
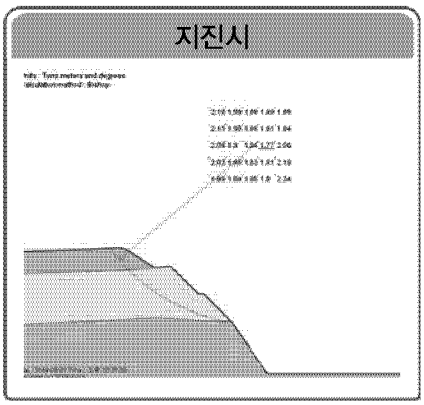
건기시	우기시	지진시
		

4공구 깎기 5구간 STA. 29+400 좌측비탈면

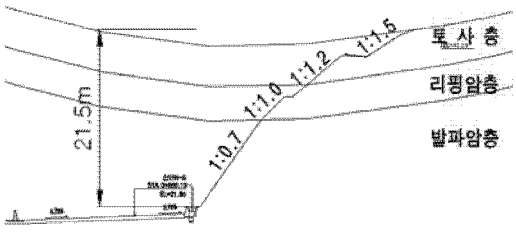
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
22.9	3.6	9.9	9.4

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	2.05	O.K
우기시	1.20	1.35	O.K
지진시	1.10	1.77	O.K

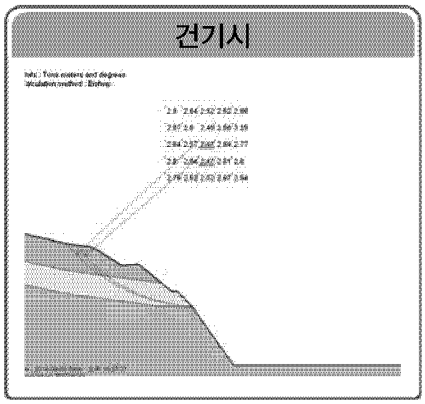
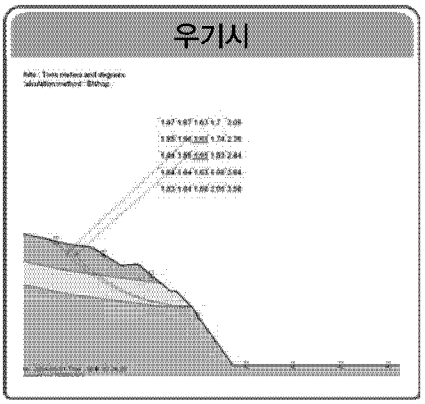
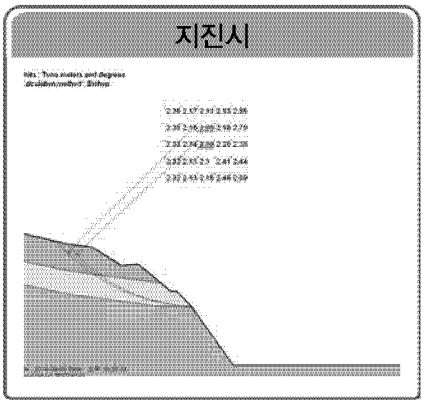
건기시	우기시	지진시
		

4공구 깎기 5구간 STA. 29+980 우측 비탈면

검 토 단 면


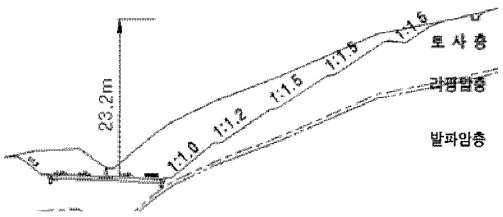
깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
21.5	6.6	4.3	10.6

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	2.47	O.K
우기시	1.20	1.61	O.K
지진시	1.10	2.09	O.K

건기시	우기시	지진시
		

4공구 깎기 6구간 STA. 30+780 우측 비탈면

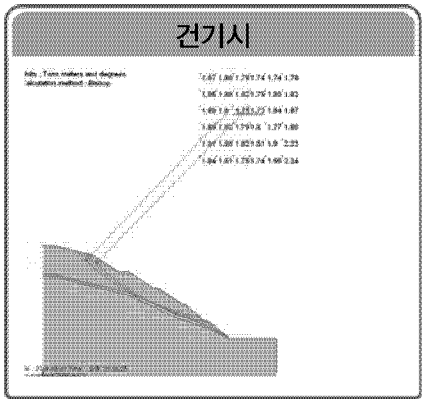
검 토 단 면



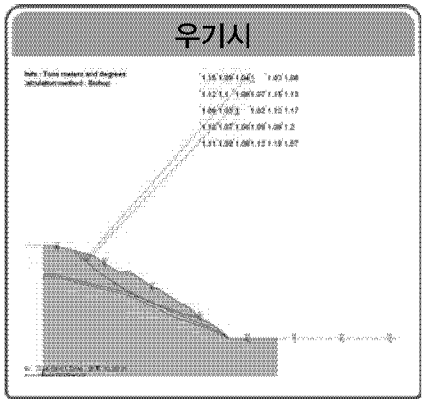
깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
23.2	23.2	–	–

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.73	O.K
우기시	1.20	1.00	N.G
지진시	1.10	1.47	O.K

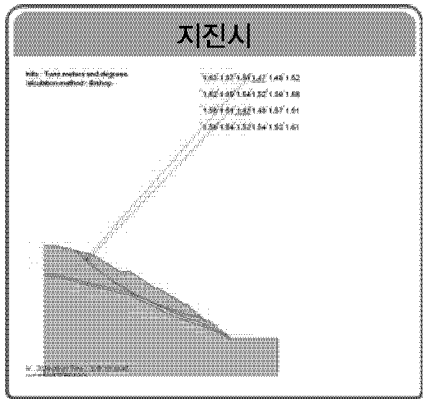
건기시



우기시

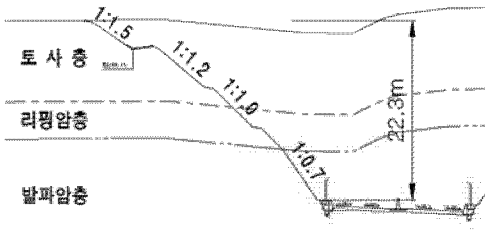


지진시



4공구 깎기 6구간 STA. 30+880 좌측 비탈면

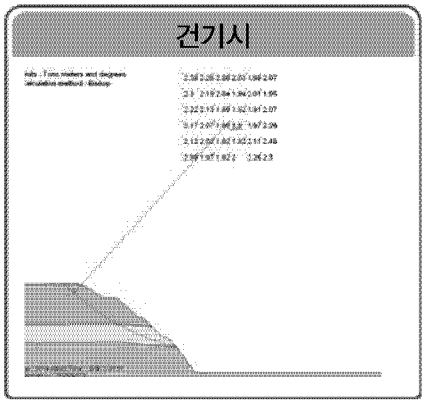
검 토 단 면



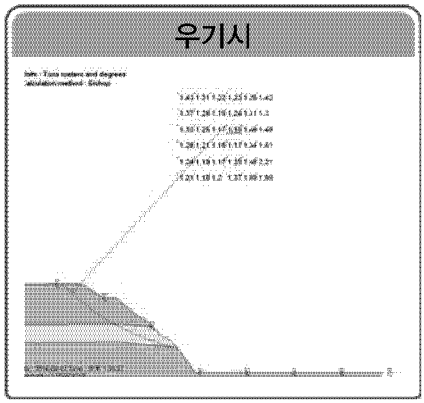
깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
22.3	10.8	5.3	6.2

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.90	O.K
우기시	1.20	1.17	N.G
지진시	1.10	1.63	O.K

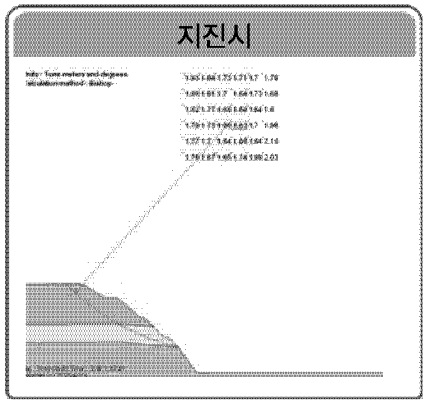
건기시



우기시

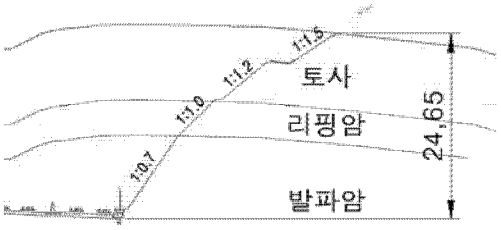


지진시



4공구 깎기 6구간 STA. 30+880 우측 비탈면

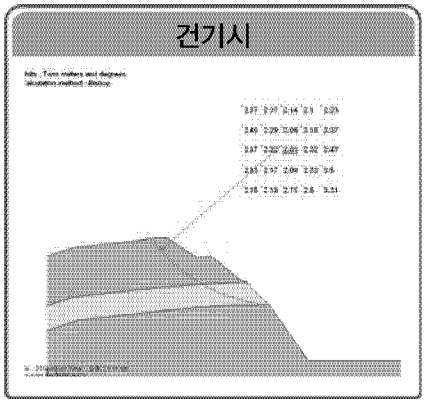
검 토 단 면



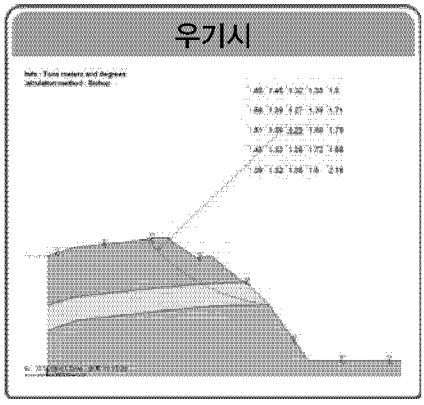
깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
24.7	9.0	4.5	11.2

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	2.05	O.K
우기시	1.20	1.25	O.K
지진시	1.10	1.76	O.K

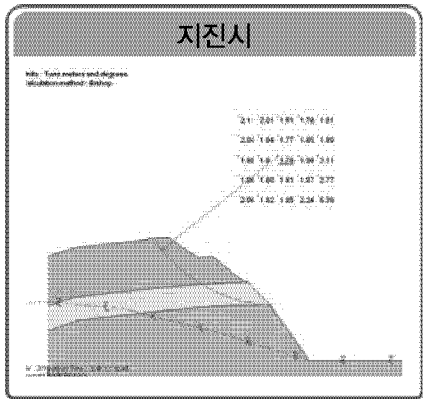
건기시



우기시

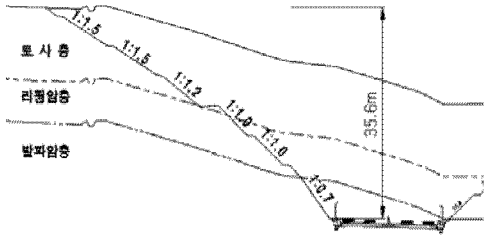


지진시



4공구 깎기 6구간 STA. 31+180 좌측 비탈면

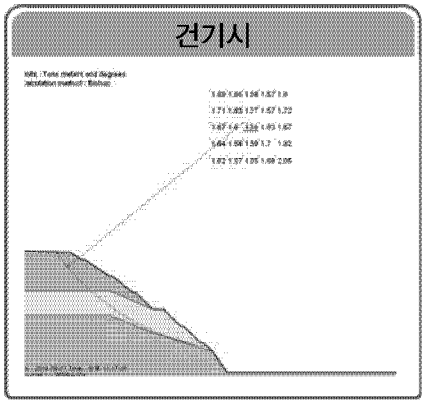
검 토 단 면



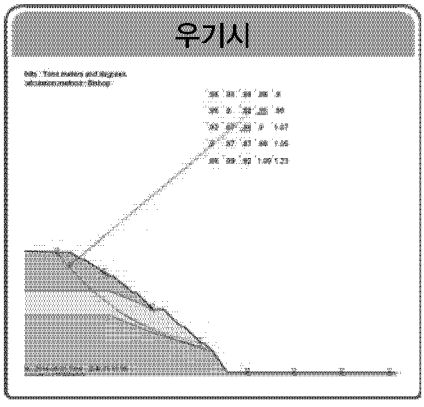
깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
35.6	18.21	10.5	6.89

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.56	O.K
우기시	1.20	0.86	N.G
지진시	1.10	1.35	O.K

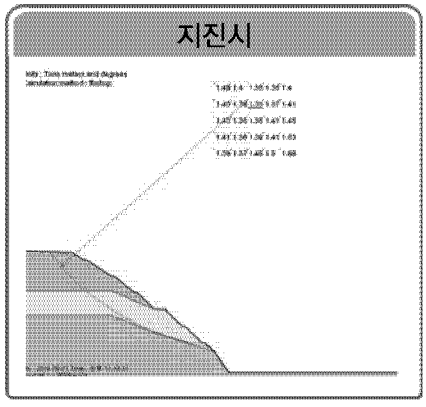
건기시



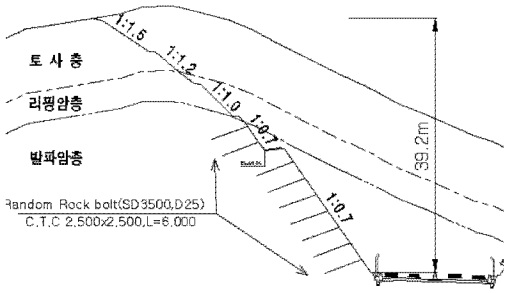
우기시



지진시

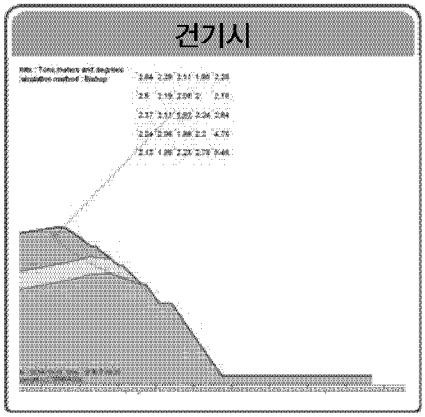
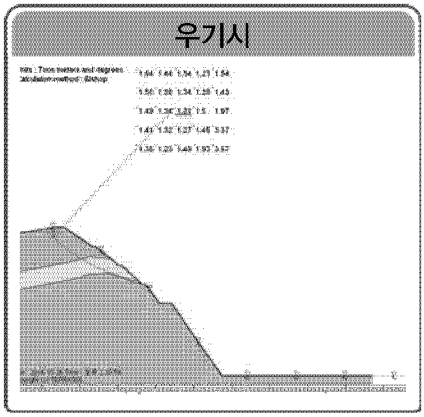
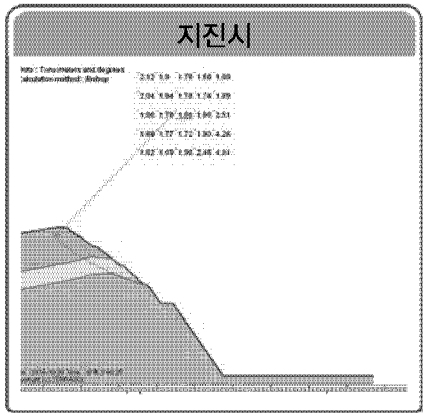


4공구 깎기 6구간 STA. 31+220 좌측 비탈면

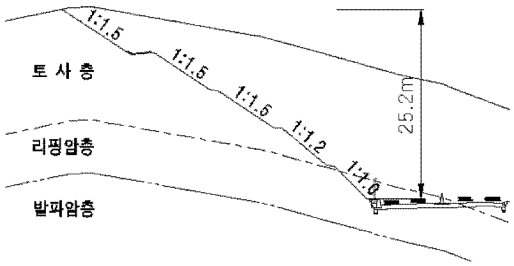
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
39.2	8.3	7.6	23.3

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.93	O.K
우기시	1.20	1.21	O.K
지진시	1.10	1.66	O.K

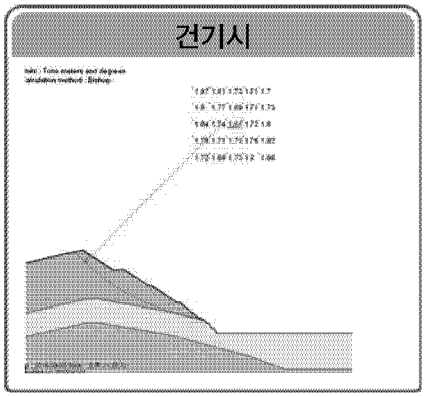
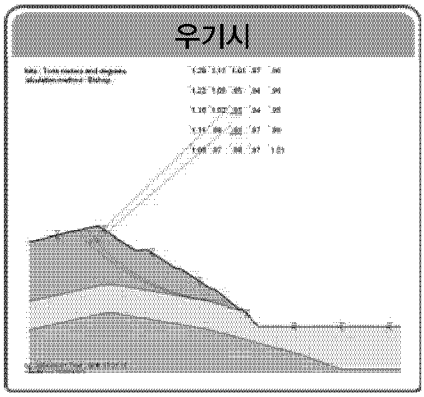
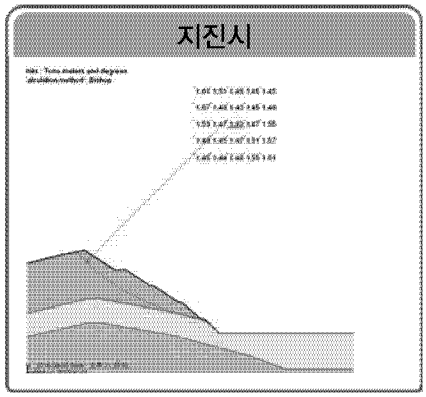
건기시	우기시	지진시
		

4공구 깎기 6구간 STA. 31+420 좌측 비탈면

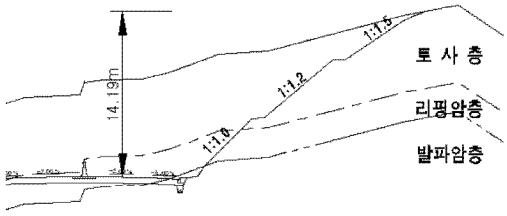
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
25.2	21.5	3.7	–

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.67	O.K
우기시	1.20	0.93	N.G
지진시	1.10	1.42	O.K

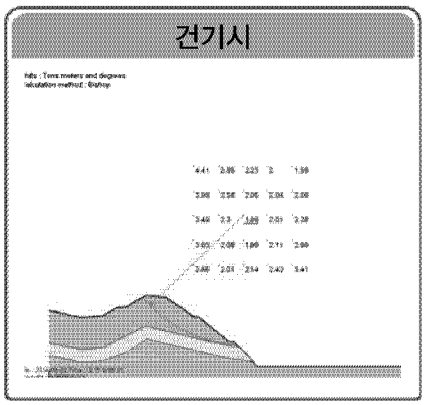
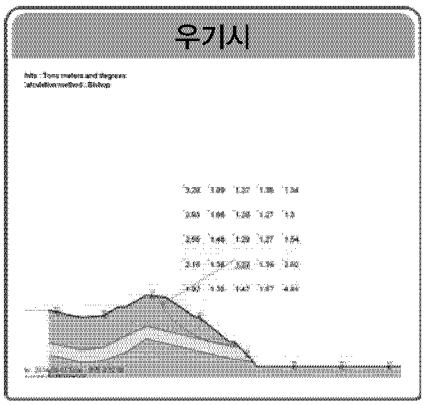
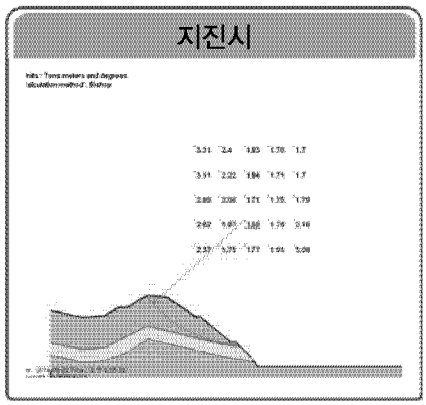
건기시	우기시	지진시
		

4공구 깎기 6구간 STA. 31+860 우측 비탈면

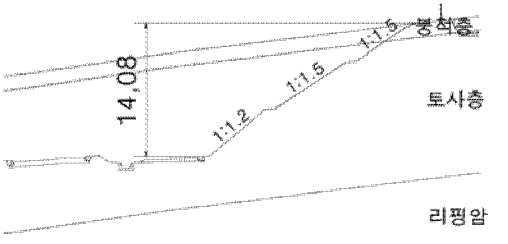
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
14.2	10.1	3.1	1.0

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.96	O.K
우기시	1.20	1.22	O.K
지진시	1.10	1.68	O.K

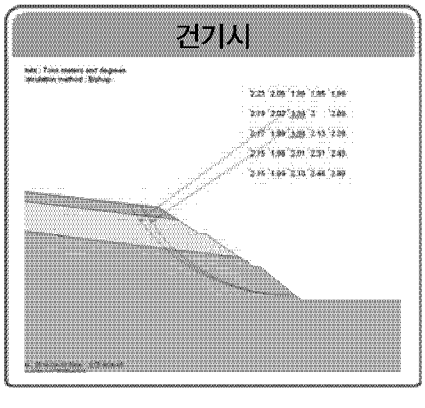
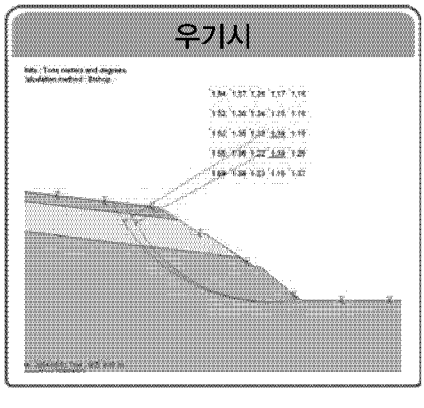
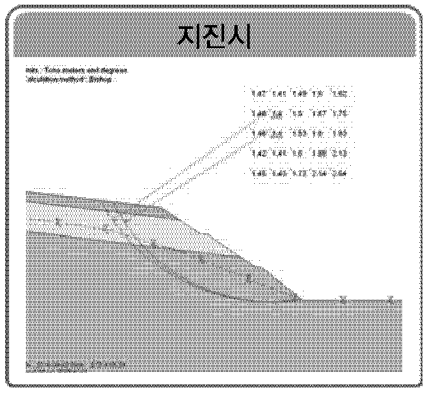
건기시	우기시	지진시
		

4공구 월롱IC-RAMP A STA. 0+360 우측 비탈면

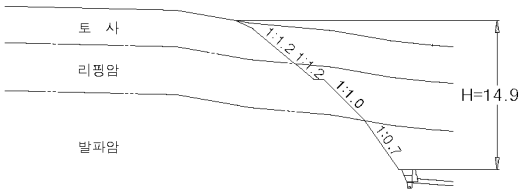
검 토 단 면


깎기고(m)	붕적층(m)	풍화토(m) (N<50)	풍화토(m) (N>50)	리핑암(m)
14.1	2.0	5.6	6.5	–

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.94	O.K
우기시	1.20	1.14	N.G
지진시	1.10	1.40	O.K

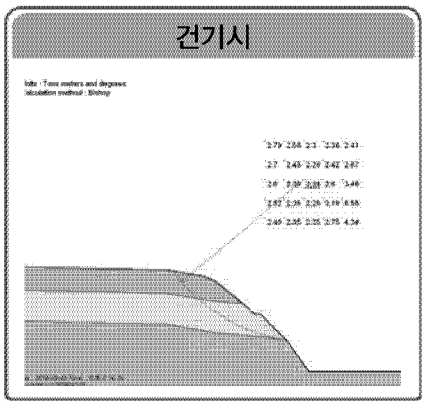
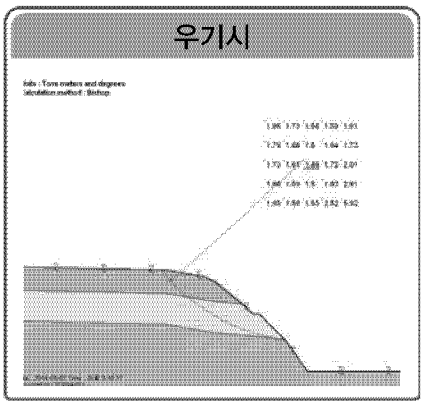
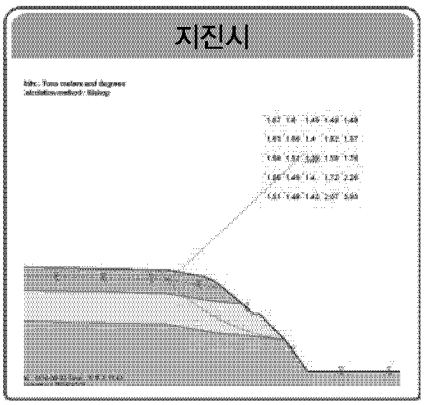
건기시	우기시	지진시
		

4공구 산단IC-RAMP A STA. 0+220 좌측 비탈면

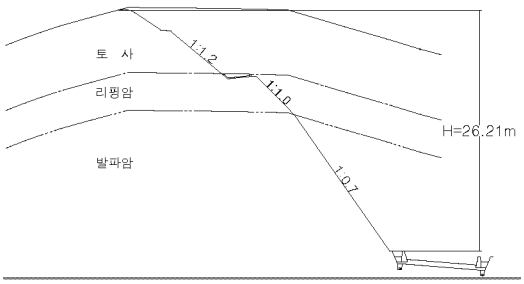
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
15.8	4.5	4.5	6.8

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	2.24	O.K
우기시	1.20	1.54	O.K
지진시	1.10	1.39	O.K

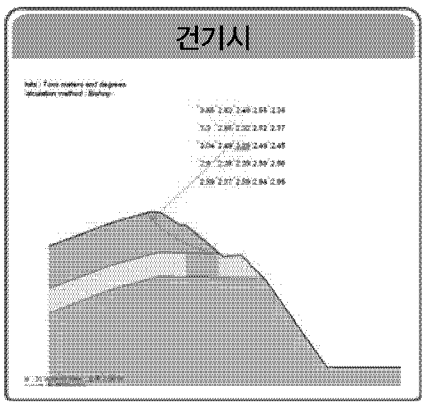
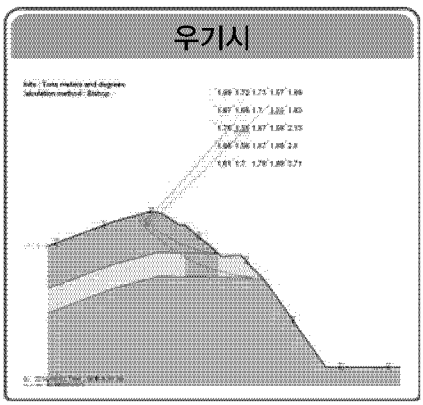
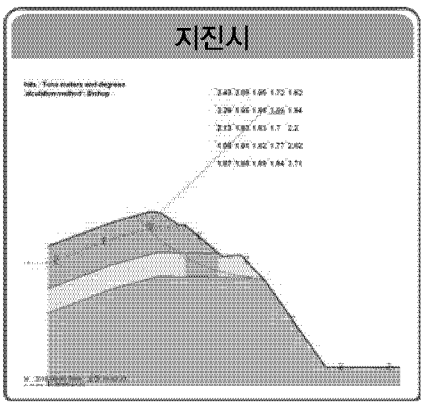
건기시	우기시	지진시
		

4공구 산단IC-RAMP B STA. 0+920 좌측 비탈면

검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
28.3	5.6	2.7	20.0

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	2.28	O.K
우기시	1.20	1.55	O.K
지진시	1.10	1.69	O.K

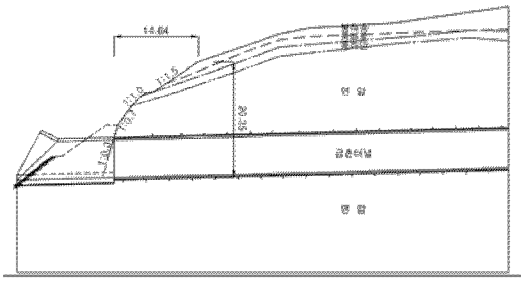
건기시	우기시	지진시
		

◎ 본선 깎기 비탈면 안정성 검토 결과

구 분		측점 (STA.)	비탈면 유형		안전률			비고
					건기시	우기시	지진시	
4공구	깎기 1구간	21+600 ~ 22+580	21+940	좌측	1.74 > 1.50	1.02 < 1.20	1.53 > 1.10	N.G
			22+040	우측	2.01 > 1.50	1.26 > 1.20	1.78 > 1.10	O.K
	깎기 2구간	23+730 ~ 24+440	23+760	우측	1.78 > 1.50	1.04 < 1.20	1.54 > 1.10	N.G
			23+860	좌측	1.40 < 1.50	0.74 > 1.20	0.47 < 1.10	N.G
			24+240	좌측	1.99 > 1.50	1.22 > 1.20	1.46 > 1.10	O.K
	깎기 3구간	25+160 ~ 25+960	25+880	좌측	1.81 > 1.50	1.06 < 1.20	1.35 > 1.10	N.G
			25+900	좌측	1.4 > 1.00(단기)			O.K
	깎기 4구간	28+210 ~ 29+080	28+340	좌측	2.36 > 1.50	1.57 > 1.20	1.91 > 1.10	O.K
			28+360	좌측	1.71 > 1.50	1.02 < 1.20	1.48 > 1.10	N.G
			28+920	좌측	1.67 > 1.50	0.91 < 1.20	1.43 > 1.10	N.G
	깎기 5구간	29+300 ~ 30+180	29+400	좌측	2.05 > 1.50	1.35 > 1.20	1.77 > 1.10	O.K
			29+980	우측	2.47 > 1.50	1.61 > 1.20	2.09 > 1.10	O.K
	깎기 6구간	30+680 ~ 32+460	30+780	우측	1.73 > 1.50	1.00 < 1.20	1.47 > 1.10	N.G
			30+880	좌측	1.90 > 1.50	1.17 < 1.20	1.63 > 1.10	N.G
			30+880	우측	2.05 > 1.50	1.25 > 1.20	1.76 > 1.10	O.K
			31+180	좌측	1.56 > 1.50	0.86 < 1.20	1.35 > 1.10	N.G
			31+220	좌측	1.93 > 1.50	1.21 > 1.20	1.66 > 1.10	O.K
			31+420	좌측	1.67 > 1.50	0.93 < 1.20	1.42 > 1.10	N.G
			31+860	좌측	1.96 > 1.50	1.22 > 1.20	1.68 > 1.10	O.K
월롱IC	Ramp-A	0+140 ~ 0+400	0+360	우측	1.94 > 1.50	1.14 < 1.20	1.40 > 1.10	N.G
산단IC	Ramp-A	0+156 ~ 0+388	0+220	좌측	2.24 > 1.50	1.54 > 1.20	1.39 > 1.10	O.K
	Ramp-B	0+741 ~ 1+124	0+920	좌측	2.28 > 1.50	1.55 > 1.20	1.70 > 1.10	O.K

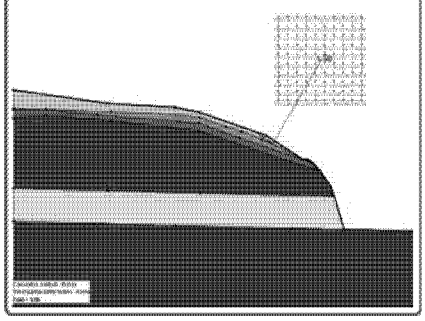
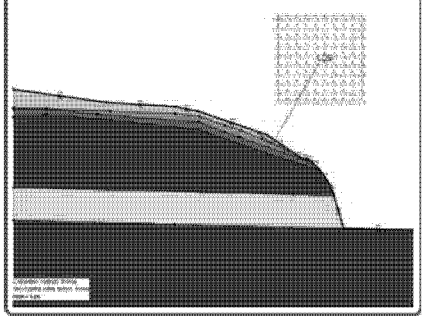
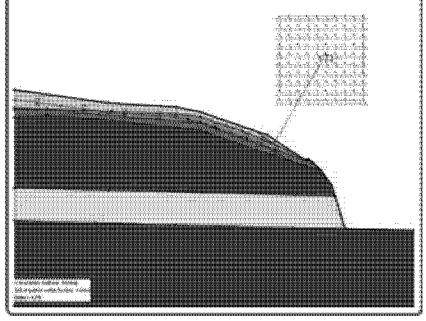
2.3.4 터널 갱구부 토사 비탈면 안정성 검토

◎ 금촌터널 시점부 서울방향 배면구간 STA. 21+251

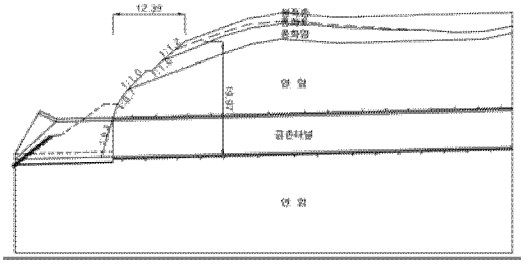
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
20.25	2.52	1.43	16.30

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.98	O.K
우기시	1.20	1.29	O.K
지진시	1.10	1.72	O.K

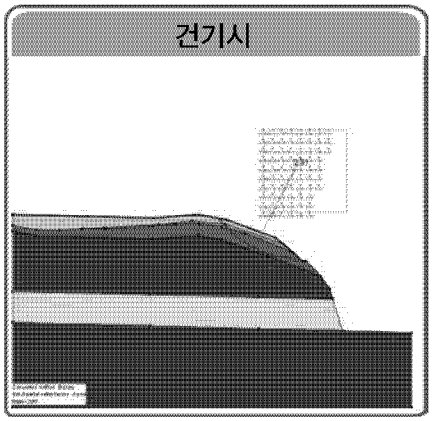
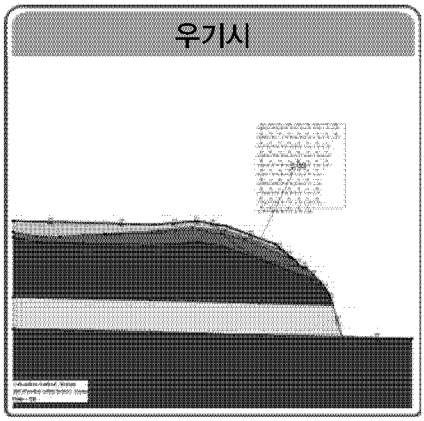
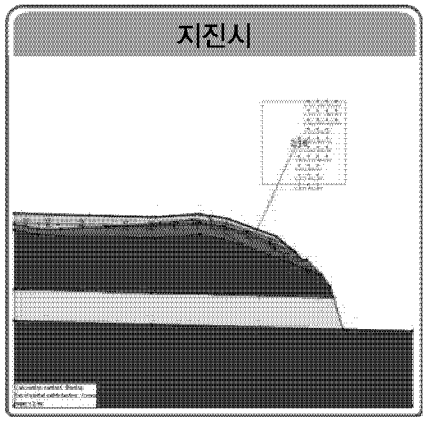
건기시	우기시	지진시
		

◎ 금촌터널 시점부 문산방향 배면구간 STA. 21+251

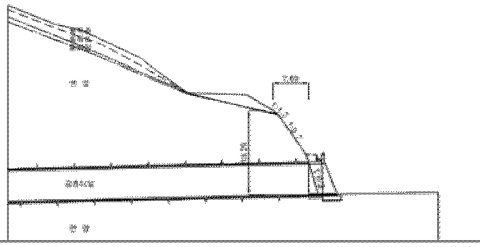
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
19.97	1.74	2.77	15.46

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	2.91	O.K
우기시	1.20	2.00	O.K
지진시	1.10	2.16	O.K

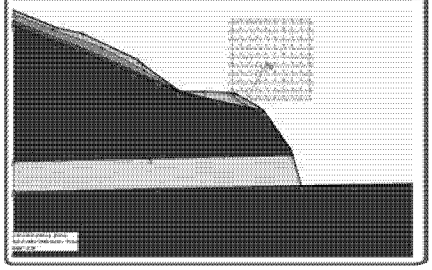
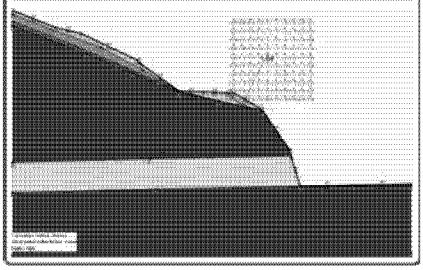
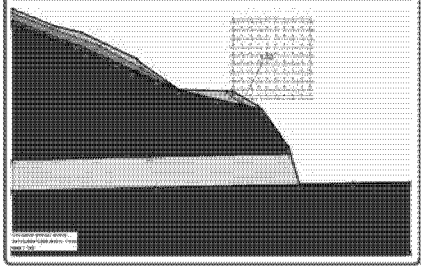
건기시	우기시	지진시
		

금촌터널 종점부 서울방향 배면구간 STA. 21+595

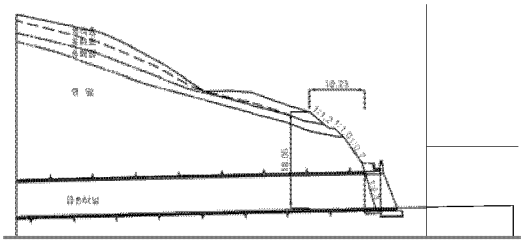
검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
18.29	0.73	0.23	17.33

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.78	O.K
우기시	1.20	1.04	N.G
지진시	1.10	1.53	O.K

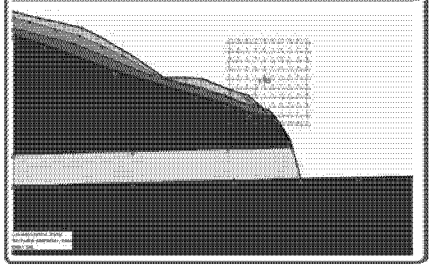
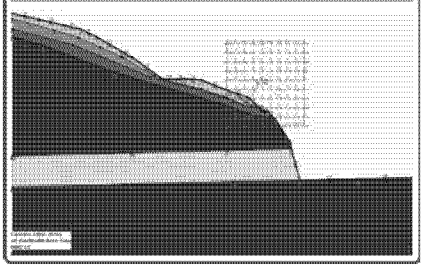
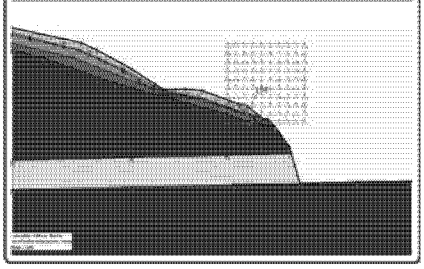
건기시	우기시	지진시
		

금촌터널 종점부 문산방향 배면구간 STA. 21+585

검 토 단 면


깎기고(m)	토사(m)	리핑암(m)	발파암(m)
18.05	2.40	2.33	13.32

구분	안전율		판정
	기준안전율	최소안전율	
건기시	1.50	1.85	O.K
우기시	1.20	1.10	N.G
지진시	1.10	1.59	O.K

건기시	우기시	지진시
		

갱구부 깎기 비탈면 검토 결과

구분		비탈면 검토 위치	비탈면 높이(m)	검토결과 건기시	우기시	지진시	비 고
금촌 터널	시점부	서울방향 배면 비탈면 (STA. 21+251)	20.25	1.98 > 1.50	1.29 > 1.20	1.72 > 1.10	O.K
		문산방향 배면 비탈면 (STA. 21+251)	19.97	2.91 > 1.50	2.00 > 1.20	2.16 > 1.10	O.K
	종점부	서울방향 배면 비탈면 (STA. 21+595)	18.29	1.78 > 1.50	1.04 < 1.20	1.53 > 1.10	N.G
		문산방향 배면 비탈면 (STA. 21+585)	18.05	1.85 > 1.50	1.10 < 1.20	1.59 > 1.10	N.G

2.4 비탈면 안정화 대책 검토

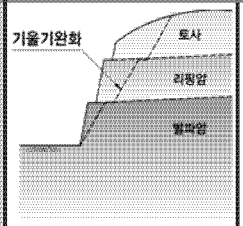
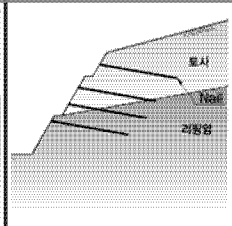
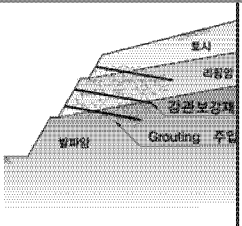
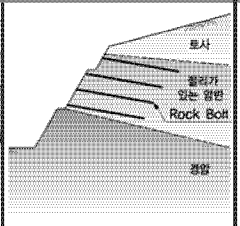
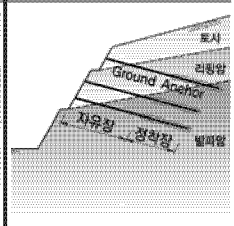
기본방향	•비탈면 불안정이 예상되는 구간에 대해 보강재의 저항력을 통한 안정성 확보 •절취량 최소화를 위해 구배 변경시 안정성 확보 •다양한 비탈면 보강공법을 검토하여 현장 여건에 가장 적합한 공법 선정

2.4.1 비탈면 보강공법 검토

◎ 비탈면 보강공법의 종류

공법종류		공 법 개 요	적 용 성
저항력증가	억지말뚝	•활동토괴를 관통하여 말뚝을 지지층까지 일렬로 설치 ➡ 비탈면의 활동하중을 말뚝의 수평하중으로 기반암에 전달 •말뚝과 주변지반 사이의 상호작용에 의해서 지지력이 결정되며 여타 억지공법과 같이 이용	•강관말뚝의 사용으로 공사비가 비싸며, 여타 보강공법과 병행시 추가적 공사비 소요 •공사비 측면상 매우 불리
	앵커공법	•고강도 강재를 앵커재로 하여 보링공내에 삽입, 그라우트를 주입 ➡ 앵커재를 지반에 정착시켜 앵커재 두부의 하중을 정착지반에 전달	•일반적으로 사용되는 공법으로서 적용효과가 양호하며 국내 시공실적도 많으므로 적용가능
	Soil Nailing	•인장응력, 전단응력 및 휨모멘트에 저항할 수 있는 보강재를 지반내에 조밀한 간격으로 삽입 ➡ 원지반의 전체적 전단력, 활동력을 증가	•비탈면의 얕은파괴 우려시 적용 •공사비가 저렴, 시공성도 좋음
	FRP 보강공	•원지반 천공후 FRP 보강재 내에 패커를 설치하여 압력에 의하여 시멘트 밀크를 주입 ➡ 주입재에 의한 지반 고결 ➡ 원지반의 전단강도 증대 및 Nailing 효과를 함께 얻음	•풍화암 비탈면에도 적용이 가능 •확실한 보강효과 •공사비 측면에서 매우 유리함
	옹벽공	•비탈면의 선단부에 옹벽을 설치하여 안전율증가 •옹벽자체만으로도 안정성 확보가 어려운 경우 앵커나 수동말뚝과 같은 여타 보강공법과 병행	•고가의 공사비 및 시공상 어려움이 있어 적용 곤란
	Rock Bolt	•록볼트 설치, 그라우팅 실시 ➡ 지반변위억제 •소규모 암체의 전도파괴, Sliding에 효과적	•공사비 다소 고가, 녹화공법적용 불리 •전도 및 암반거동 발생방지 효과
	Tension Net	•표면에 고장력 와이어네트를 정착, 록볼트 병행 •볼트, 너트 응력분산 ➡ 낙석방지 및 암반보강	•표층부 보강효과는 뛰어나지만, 심부활동에는 미비 •암반 표층부 낙석예상구간에 효과적
활동력증가	압성토공	•비탈면의 선단부에 토사 쌓기 •연약지반상 쌓기시에 적용, 산지에 위치한 비탈면의 경우 접근성이나 현장용지 문제에 있어 시공성 불리	•연약지반상에서 쌓기시 적용성이 양호, 산지에서는 시공성 열악함 •안정성 확보효과가 불확실
	기울기완화	•비탈면기울기를 완만히 조정 ➡ 토괴의 자중 감소 •굴착량 과다 증대 우려 •현장 지형에 따라서 무한비탈면 발생 가능성	•적용효과가 확실, 일반적으로 도로깎기비탈면에서 흔히 적용 •깎기량 과다발생 ➡ 자연훼손
	깎기공	•활동토괴 중 일부를 제거하여 활동력 저감 •대규모 비탈면의 경우 굴착량이 과대, 경제성, 시공성 불리 ➡ 중소규모의 비탈면에 적용	•적용효과가 불확실하여 자연경관 훼손이 심각

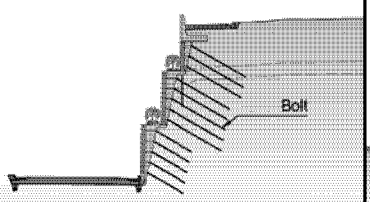
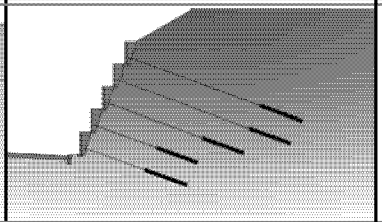
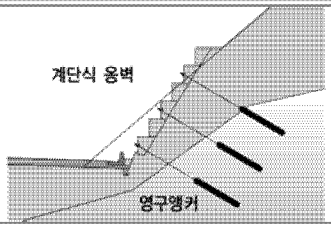
비탈면 보강공법 비교

구분	비탈면 경사완화	비탈면 보강 공법			
		Soil Nailng	강관 보강형 그라우팅	록볼트	그라운드 앵커
개요도					
적용 지반	•토사~발파암	•토사~풍화암 (심한 발파암)	•토사~발파암(연암)	•발파암 (연암, 경암)	•토사~발파암
장점	•시공후 관리 및 하자보수가 용이함 •경사 조정에 의한 시각적 불안감 해소	•비탈면에 보강재를 프리스트레싱 없이 촘촘한 간격으로 원지반에 삽입하여 원지반 자체의 전단강도를 증대	•영구보강재인 고강도 강관과 암반과의 봉합 역할로 반영구적 •차수효과 및 보강효과 우수 •보강간격 확장으로 인한 경제성 향상	•원지반 자체를 이용하여 암반에 부착하여 일체 구조화 •무소음이며, 진동이 적다 •시공성 및 경제성 유리	•부재의 전단강도 나 원지반과의 인발저항에 의한 원지반 보강 •연쇄 반응적인 토층부의 붕괴방지 가능
단점	•추가용지 확보에 따른 공기 및 비용 문제 발생 •절취면적 증가로 비탈면고 증가 •추가 절토 및 사토 발생	•Nail 부식방지 대책 필요 •추가 표면처리공 필요	•공정 복잡하고 시공 및 품질관리 난해 •투수성 큰 지반에서는 그라우팅량 많고 별도의 배수공(수발공) 설치 필요	•부식염려 •동결방지를 위한 처리 필요 •별도의 수발공 설치 필요	•시간적 인장력 감소 가능성 •복잡한 공정과 공기 소요 •지압효과를 위한 전면판 요구
경제성	•공사비가 저렴함	•타공법에 비해 경제적	•공사비 고가	•타공법에 비해 경제적	•록볼트에 비해 다소 고가임

검토결과

•불안정 비탈면에 대한 대책공법으로 구배완화와 각 보강공법별 비교 · 검토 후 선정
•토사불안정 비탈면에 대한 대책공법으로 경사완화, Soil Nailing 공법 선정, 암반불안정 비탈면에 대한 대책공법으로 Rock Bolt 공법을 선정

비탈면 보강공법 비교

구 분	블록식 깎기부 옹벽	판넬식 깎기부 옹벽	계단식옹벽 + 영구앵커
개요도			
공 법 특 징	•원지반의 절취를 최소화 하고 Earth Bolt와 Grouting으로 원지반 강도 증대	•PC Pannel과 Earth Anchor로 원지반 강도를 증진시켜 보강	•계단식 옹벽과 영구앵커로 원지반과의 인발저항으로 보강

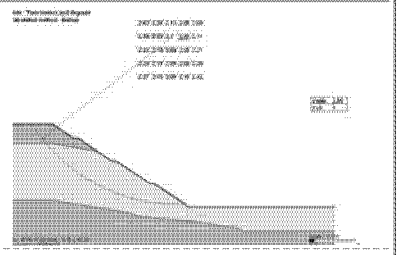
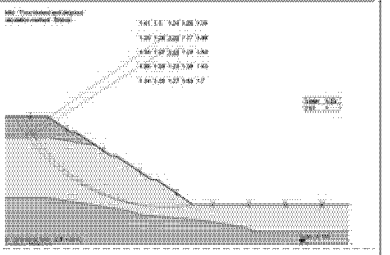
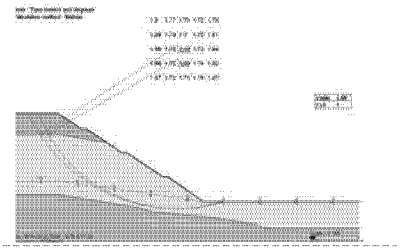
검토결과

•깎기구간은 인접구조물의 침범방지 및 깎기면적 최소화를 위하여 하부 옹벽형식 보강공법 선정결과 보강높이 변화에 탁월한 적용성을 가진 깎기부 옹벽 적용

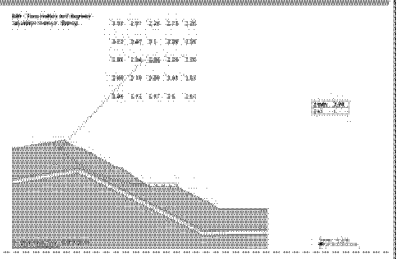
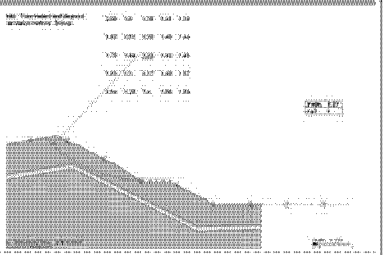
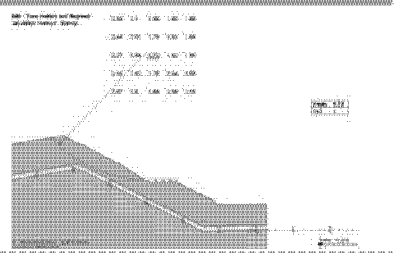
2.4.2 비탈면 대책방안 안정성 검토

비탈면 경사완화 구간 검토

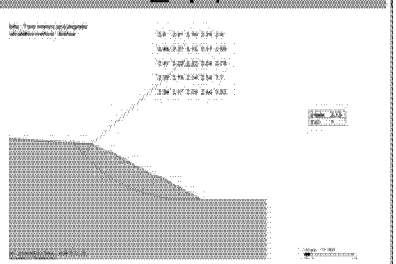
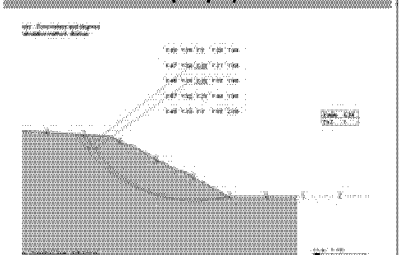
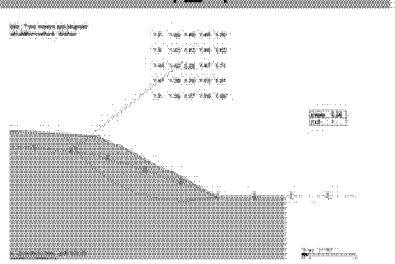
4공구 깎기 1구간 STA. 21+940 좌측 비탈면(본선) 경사완화 토사 1:1.5, 리핑 1:1.5

건기시	우기시	지진시
		
Fs=2.05 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.22 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.69 〉 1.10 ∴O.K

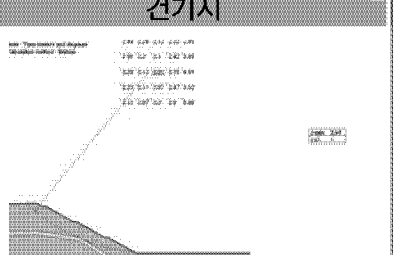
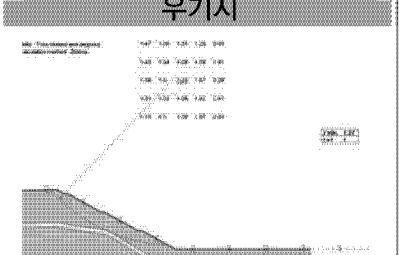
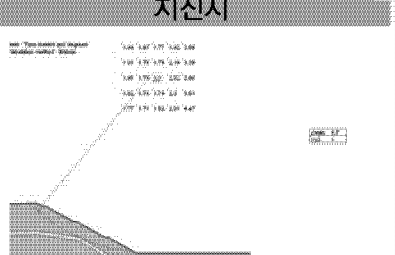
4공구 깎기 2구간 STA. 23+760 우측 비탈면(본선) 경사완화 토사 1:1.8

건기시	우기시	지진시
		
Fs=2.04 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.23 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.74 〉 1.10 ∴O.K

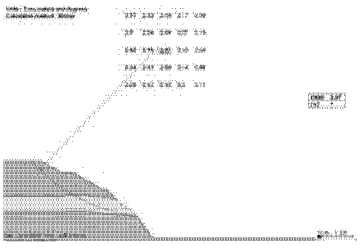
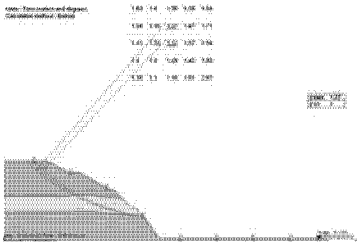
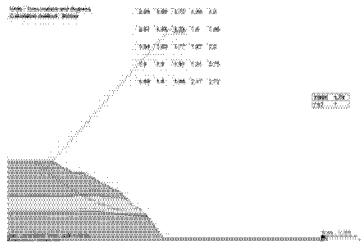
4공구 깎기 3구간 STA. 25+880 좌측 비탈면(본선) 경사완화 토사 1:1.8

건기시	우기시	지진시
		
Fs=2.13 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.24 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.34 〉 1.10 ∴O.K

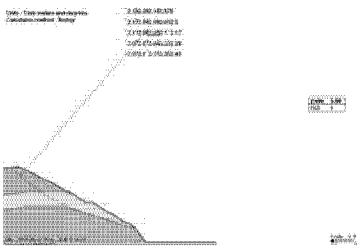
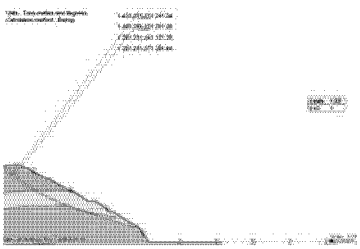
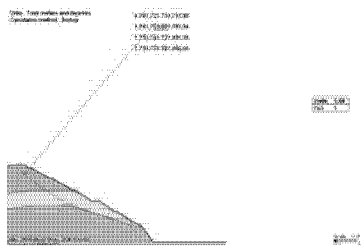
4공구 깎기 5구간 STA. 28+920 좌측 비탈면(본선) 경사완화 토사 1:1.8

건기시	우기시	지진시
		
Fs=2.01 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.25 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.70 〉 1.10 ∴O.K

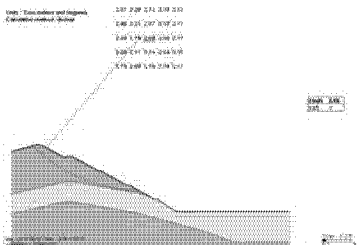
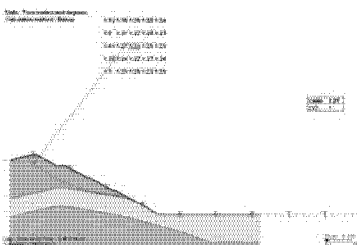
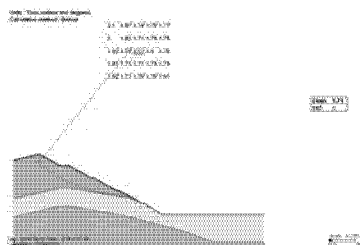
■ 4공구 깎기 6구간 STA. 30+880 좌측 비탈면(본선) 경사완화 토사 1:1.8

건기시	우기시	지진시
		
Fs=2.07 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.27 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.75 〉 1.10 ∴O.K

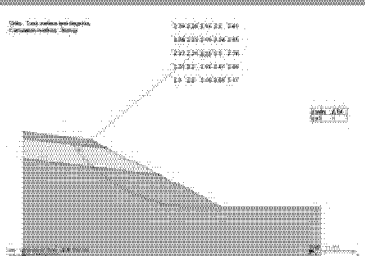
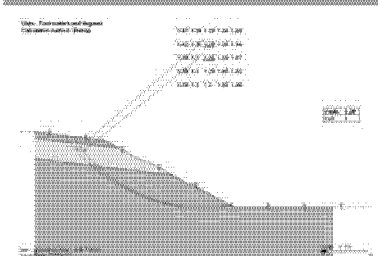
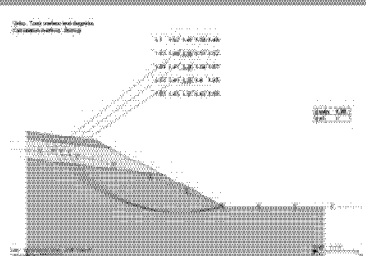
■ 4공구 깎기 6구간 STA. 31+180 좌측 비탈면(본선) 경사완화 토사 1:1.8 리핑 1:1.5

건기시	우기시	지진시
		
Fs=1.99 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.22 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.68 〉 1.10 ∴O.K

■ 4공구 깎기 6구간 STA. 31+420 좌측 비탈면(본선) 경사완화 토사 1:1.8 리핑 1:1.5

건기시	우기시	지진시
		
Fs=2.06 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.21 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.71 〉 1.10 ∴O.K

■ 4공구 월롱 IC Ramp-A STA. 0+360 우측 비탈면 경사완화 토사 1:1.8

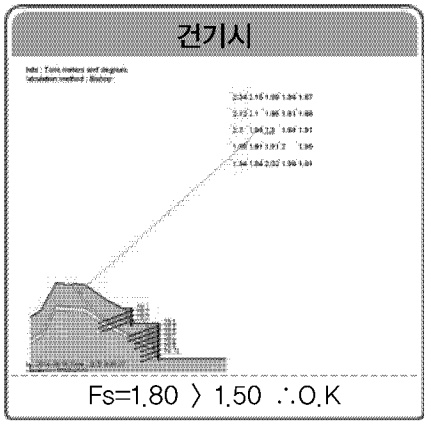
건기시	우기시	지진시
		
Fs=2.14 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.28 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.38 〉 1.10 ∴O.K

◎ 비탈면 경사 완화구간 검토결과

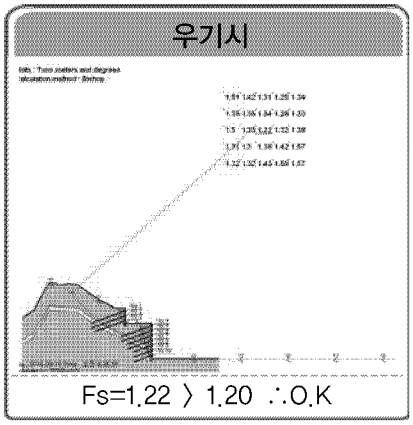
구 분		보강 구간	검토단면	기울기 완화 후 안전률			적용 기울기	
				건기시	우기시	지진시	토사	풍화암
4공구	깎기1구간	21+920~21+980	좌측21+940	2.05	1.22	1.69	1:1.5	1:1.5
	깎기2구간	23+740~23+800	우측23+760	2.04	1.23	1.74	1:1.5~1.8	–
	깎기3구간	25+800~25+880	좌측25+880	2.13	1.24	1.34	1:1.8	–
	깎기4구간	28+900~28+940	좌측28+920	2.01	1.25	1.7	1:1.8	–
		30+860~30+880	좌측30+880	2.07	1.27	1.75	1:1.8	–
	깎기6구간	31+060~31+200	좌측31+180	1.99	1.22	1.68	1:1.8	1:1.5
		31+380~31+460	좌측31+420	2.06	1.21	1.71	1:1.8	1:1.5
월롱IC	RAMP-A	0+340~0+400	우측0+360	2.14	1.28	1.38	1:1.8	–

◎ 깎기부 옹벽 구간 검토(군부대 요청으로 전차호 및 이동로 보호를 위해 깎기부 옹벽 적용)

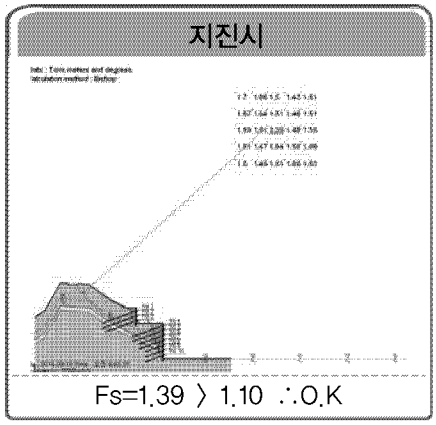
■ 4공구 깎기1구간 깎기부 옹벽구간 STA. 21+760 좌측(블록식 옹벽 + Earth Bolt)



Fs=1.80 〉 1.50 ∴O.K

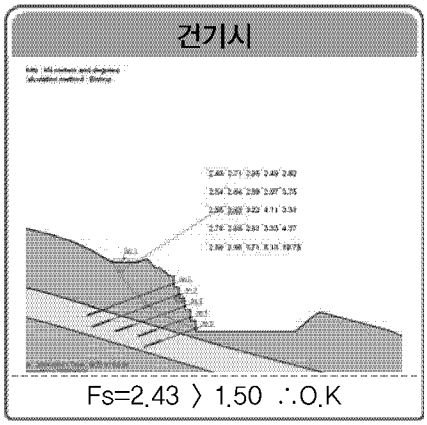


Fs=1.22 〉 1.20 ∴O.K

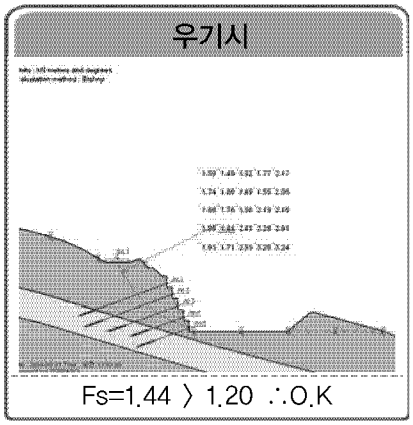


Fs=1.39 〉 1.10 ∴O.K

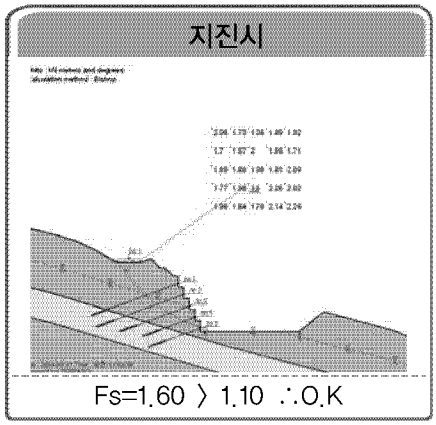
■ 4공구 깎기2구간 깎기부 옹벽구간 STA. 24+295 좌측(판넬식 옹벽 + Earth Anchor)



Fs=2.43 〉 1.50 ∴O.K

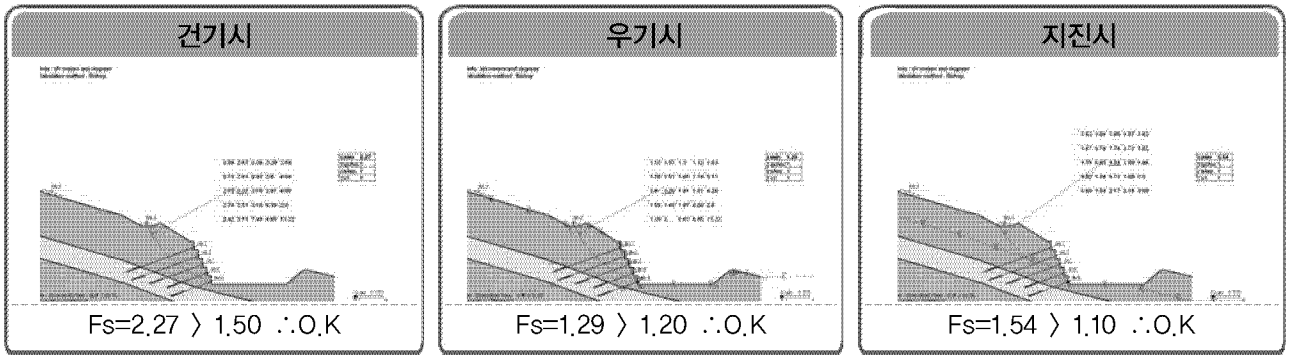


Fs=1.44 〉 1.20 ∴O.K

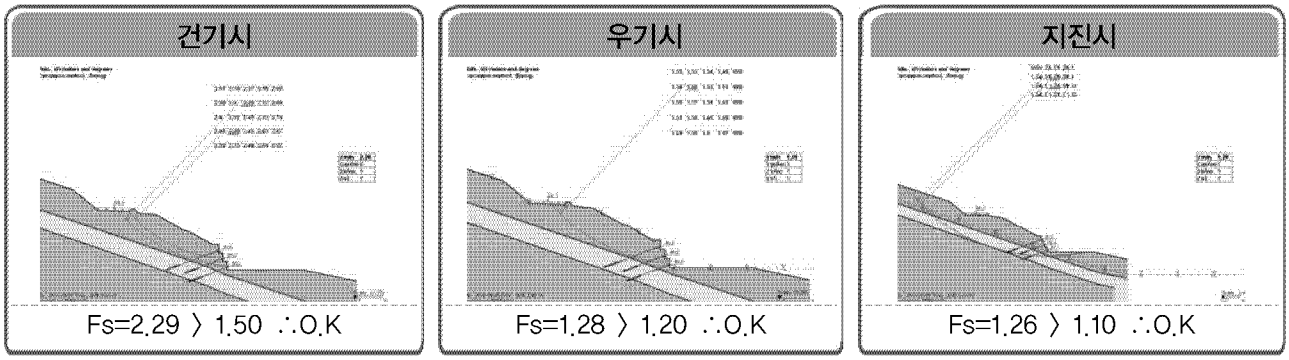


Fs=1.60 〉 1.10 ∴O.K

■ 4공구 깎기2구간 깎기부 옹벽구간 STA. 24+310 좌측



■ 4공구 깎기2구간 깎기부 옹벽구간 STA. 24+380 좌측

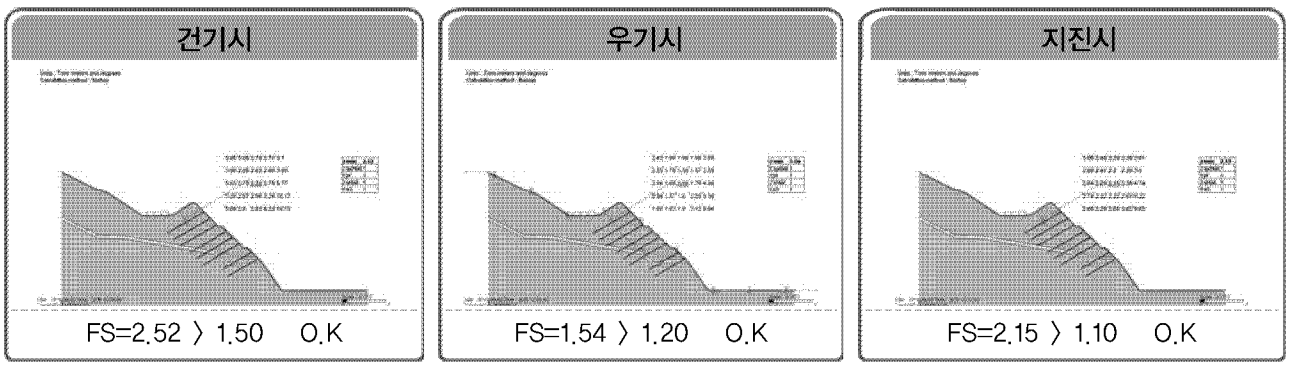


◎ 비탈면 깎기부 옹벽 검토결과

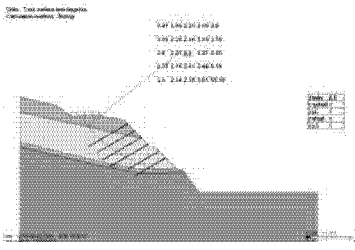
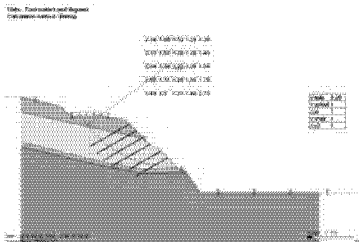
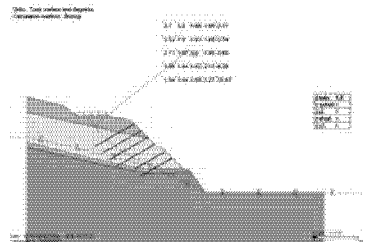
구 분		보강 구간	연장 (m)	검토단면	기울기 완화 후 안전률			비고
					건기시	우기시	지진시	
4공구	깎기1구간 본선(좌측)	21+674~21+782	115.6	21+760	1.80	1.22	1.39	O.K
		21+732~21+768	36					
		21+809~21+863	55					
	깎기2구간 본선(좌측)	24+249~24+393	143.6	24+295	2.43	1.44	1.60	O.K
				24+310	2.27	1.29	1.54	O.K
				24+380	2.29	1.28	1.26	O.K

◎ 비탈면 네일링 보강구간

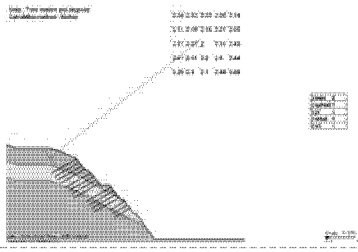
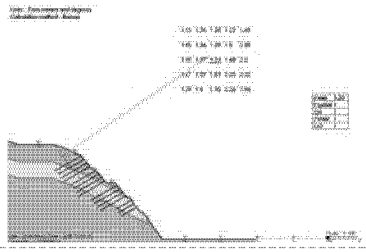
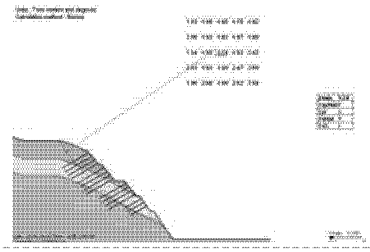
■ 네일보강 구간 4공구 깎기 2구간 본선 STA. 23+840 C.T.C 1.8m×1.5m, L=8.0~10.0m



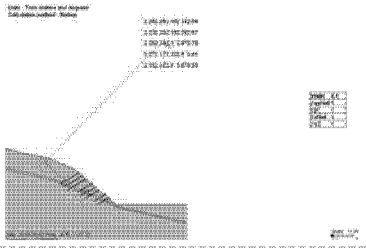
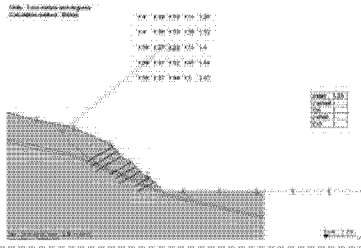
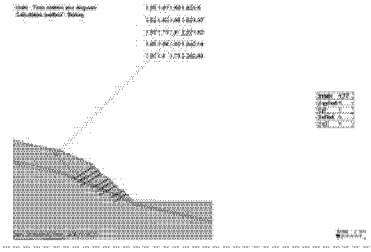
■ 네일보강 구간 4공구 깎기 2구간 본선 STA. 23+860 C.T.C 1.8m×1.5m, L=8.0~10.0m

건기시	우기시	지진시
		
FS=2.10 〉 1.50 O.K	FS=1.25 〉 1.20 O.K	FS=1.80 〉 1.10 O.K

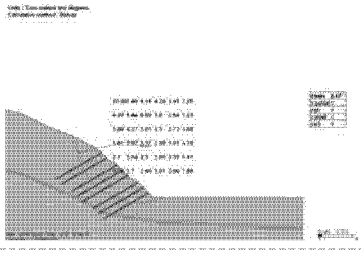
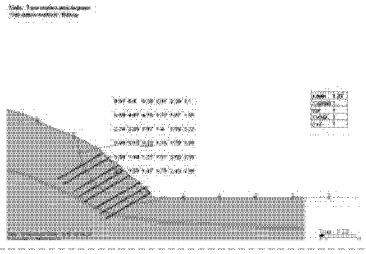
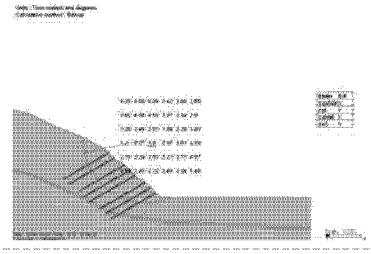
■ 네일보강 구간 4공구 깎기 4구간 본선 STA. 28+360 C.T.C 1.5m×1.2m, L=6.0~10.0m

건기시	우기시	지진시
		
FS=2.00 〉 1.50 O.K	FS=1.22 〉 1.20 O.K	FS=1.74 〉 1.10 O.K

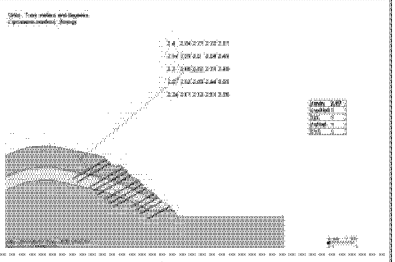
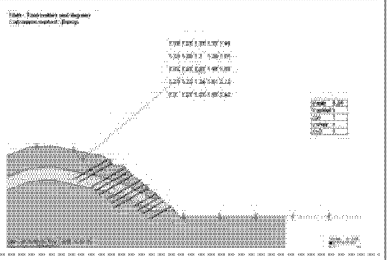
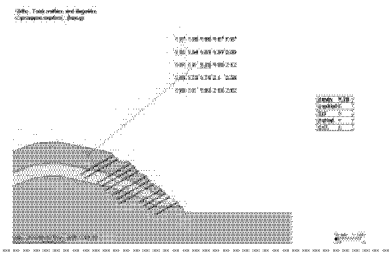
■ 네일보강 구간 4공구 깎기 6구간 본선 STA. 30+780 C.T.C 1.2m×1.5m, L=6,0m,8,0m,10,0m

건기시	우기시	지진시
		
Fs=2.10 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.23 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.79 〉 1.10 ∴O.K

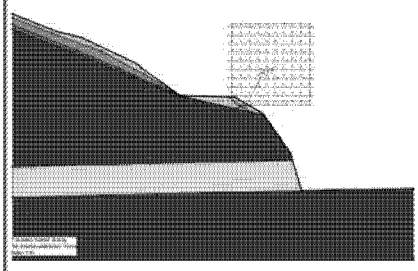
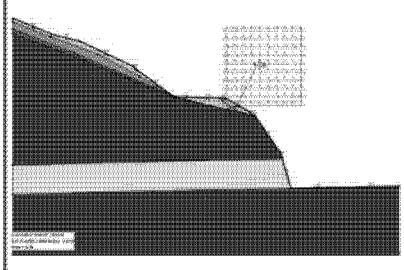
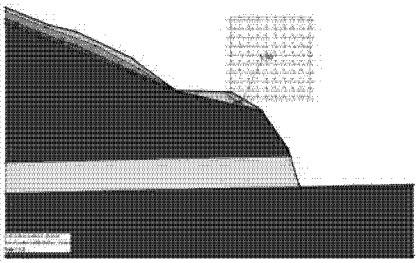
■ 네일보강 구간 4공구 깎기 6구간 본선 STA. 30+800 C.T.C 1.2m×1.5m, L=15,0m

건기시	우기시	지진시
		
Fs=2.17 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.22 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.90 〉 1.10 ∴O.K

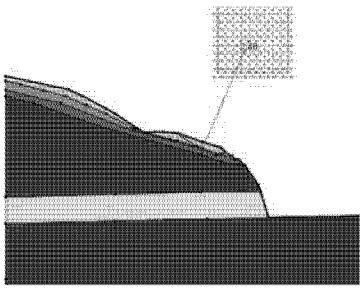
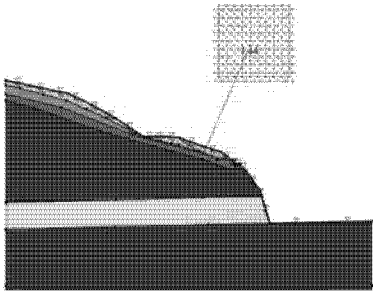
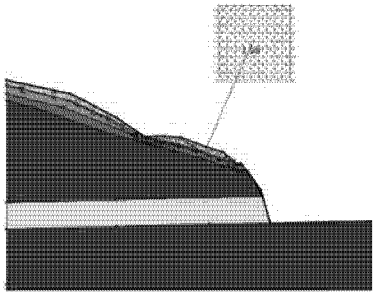
■ 네일보강 구간 4공구 깎기 6구간 본선 STA. 30+820 C.T.C 2.0m×1.5m, L=10,0m, 15.0m

건기시	우기시	지진시
		
Fs=2.07 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.21 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.76 〉 1.10 ∴O.K

■ 금촌터널 종점부 서울 방향 STA. 21+595 C.T.C 2.0m×2.0m, L=4.0m

건기시	우기시	지진시
		
Fs=2.17 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.28 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.80 〉 1.10 ∴O.K

■ 금촌터널 종점부 문산 방향 STA. 21+585 C.T.C 2.0m×2.0m, L=4.0m

건기시	우기시	지진시
		
Fs=2.48 〉 1.50 ∴O.K	Fs=1.44 〉 1.20 ∴O.K	Fs=1.98 〉 1.10 ∴O.K

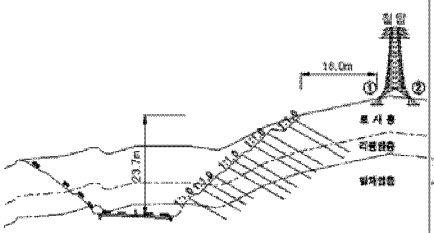
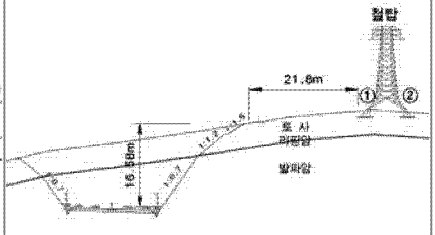
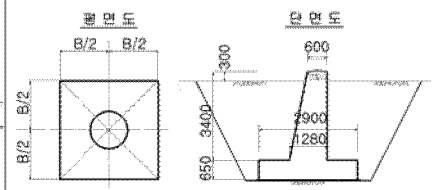
● 비탈면 네일링 보강구간 검토결과

구 분		보강구간	검토단면 (STA.)	안전율			대책공법
				건기시	우기시	지진시	
4공구	깎기 2구간	23+830~23+850	좌측23+840	2.52	1.54	2.15	C.T.C 1.8×1.5 L=8.0~10.0m
			좌측23+860	2.1	1.25	1.8	C.T.C 1.8×1.5 L=8.0~10.0m
	깎기 4구간	28+350~28+390	좌측28+360	2	1.22	1.74	C.T.C 1.5×1.2 L=6.0~10.0m
	깎기 6구간	30+750~30+870	우측30+780	2.1	1.23	1.79	C.T.C 1.2×1.5 L= 10m, 8m, 6m
			우측30+800	2.17	1.22	1.9	C.T.C 1.2×1.5 L= 15.0m
			우측30+820	2.07	1.21	1.76	C.T.C 2.0×1.5 L= 15.0m, 10.0m
금촌 터널	종점부	서울방향 갱구부 배면	배면21+595	2.17	1.28	1.80	C.T.C 2.0×2.0 L=4.0m
		문산방향 갱구부 배면	배면21+585	2.48	1.44	1.98	C.T.C 2.0×2.0 L=4.0m

2.4.3 비탈면 깎기시 철탑 기초의 안정성 검토

- 깎기구간에 인접하고 있는 철탑 구조물의 기초에 대한 안정성 검토
- Soil Nailing 보강 및 비탈면과의 인접거리를 고려한 수치해석(STA. 30+820, 30+940) 안정성 검토
  (STA. 30+820은 평면상 실측 이격거리가 28.0m 이상 발생하나, 안전측면을 고려하여 수평이동시켜 검토
- 독립기초의 사질토지반 허용침하량 40~60mm 적용, 허용각변위 1/500적용
- 철탑의 단위면적당 압축하중은 문산~월롱 T/L No.2 철탑하중을 기준으로 적용하였음

◎ 검토현황

30+820	30+940	철탑 기초 제원(문산~월롱 T/L No.2)
		

◎ 기초에 작용하는 단위면적당 압축하중

① 압축력 : 971.9 kN

② 기둥 콘크리트 : 98.0 kN (1/8 × π × 3.4 [(0.62+0.6) × (1.28 + 1.282)] × 23.5)

③ 기초 콘크리트 : 128.4 kN (2.9 × 2.9 × 0.65 × 23.5)

④ 상재토압 : 전체토피 – 흙속의 기둥

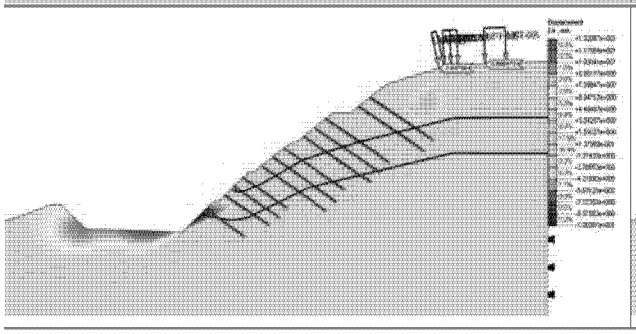
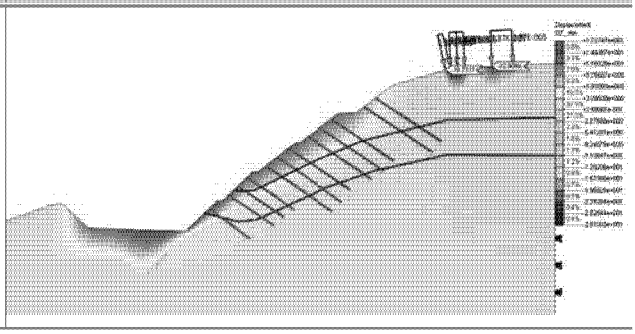
- 전체토피 : 469.3 kN (3.1 × 2.9 × 2.9 × 18.0)
- 흙속의 기둥 : 98.0 kN

∴ 469.3 – 98.0 = 371.3 kN

• 총 하중 : ①+②+③+④ = 1569.6 kN

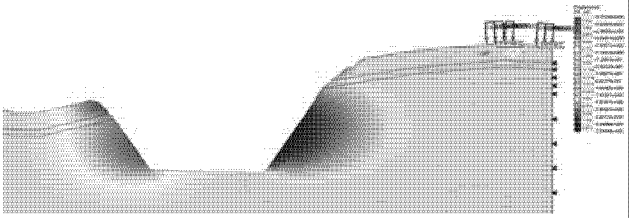
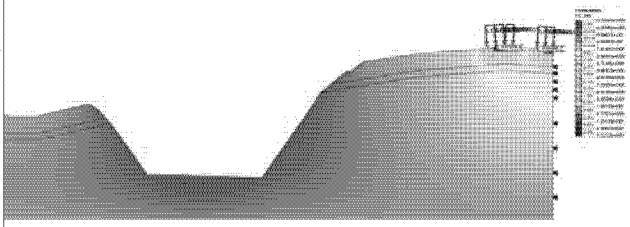
• 단위면적당 압축하중 : 1569.6 / (2.9 × 2.9) = 186.6 kN/m^2

▮ STA. 30+820구간 안정성 검토결과

수평변위	연직변위
	

검토 위치		지반 최대수평변위(mm)	지반 최대연직변위(mm)	허용변위(mm)	검 토
철탑	Point ①	1.03 (→)	19.81 (↓)	40.0	O.K
	Point ②	0.28 (→)	20.91 (↓)	40.0	O.K

■ STA. 30+940구간 안정성 검토결과

수평변위	연직변위
	

검토 위치		지반 최대수평변위(mm)	지반 최대연직변위(mm)	허용변위(mm)	검 토
철탑	Point ①	0.40 (→)	14.72 (↓)	40.0	O.K
	Point ②	0.67 (→)	8.65 (↓)	40.0	O.K

검토결과	•철탑 인접 사면 안정성 검토결과 최대수평변위 0.40~6.33mm, 최대연직변위 8.65~22.9mm, 발생으로 기준허용침하량 40.0mm를 만족하는 것으로 검토

2.5 낙석에 대한 안정성 검토

기본방향	•사업구간의 암반 비탈면 중 낙석 및 낙반이 예상되는 구간에 대해 RocFall Program(v3.0)을 이용한 상세 검토를 시행함으로써 현장에서 발생 가능한 낙석에너지 산정 •또한, 낙석 에너지와 낙석방지울타리의 흡수가능 에너지를 검토하여 낙석방지울타리의 단면을 검토하고 현장시험결과를 고려하여 깎기구간에 적합한 낙석방지울타리를 결정

2.5.1 암반비탈면 안정화 및 낙석방지 공법

안정화 대 책	암반보강	•록볼팅 및 록앵커 공법 •도웰(dowel)공법 •띠형 옹벽(Tied-Back wall)공법	•숏크리트 공법 •배수공법(Drainage) •부벽(buttress)공법
	암석 제거	•구배완화(resloping) •사면정리(Scaling)	•부석제거(Trimming)
낙석방지		•낙석방지측구(Ditch) •낙석방지망(Mesh) •낙석방지책(Catch-fence)	•낙석경보책(Warning Fence) •락세드(Rock shed) •터널화

2.5.2 낙석방지공 설계기준

◎ 낙석방지 울타리

허용 낙석중량	•250kg	허용 낙하고	•경암 12.5m, 연암 16.1m
설계 대상	•발파암 및 풍화암의 혼합절취고가 6.0m 이상인 구간 또는 낙석이 우려되는 구간		

높 이	지주간격	지주규격	와이어로프	철망 규격
2.853m	2.0m	H-150×75×5×7	ø18(7×3ea)	ø4.0×58×58

◎ 낙석방지망

허용 낙석중량	•1,500kgf/40m^2
설계대상	•발파암 및 풍화암의 혼합절취고가 11.0m 이상 구간

케이블 규격	철 망		앵 커 볼 트 (mm)
	규격(심선)	망 눈	
ø16(6×24)	ø4.0(ø3.2)	58×58	ø16×500

◎ 현행 문제점

•획일적인 기준에 의한 단일형식을 설치함에 따라 현장여건과 다소 부조화
•도로안전시설 설치 및 관리지침 제정에 따른 설치기준 정비 필요
•구체적인 설치기준이 미흡하여 성능저하 초래

◎ 낙석방지 울타리 개선방안 검토

•국내 고속도로 낙석사례 조사결과 낙하고 약 20m이하, 낙석의 중량은 약 800kg 이하가 주로 발생

■ 국내외 사례(설치기준)

구 분	낙석중량	높 이	참 고 문 헌
일 반	500kg	20m	•낙석대책 매뉴얼(일본)
미 국	500kg	15~25m	•낙석에 대한 안전대책(도로연구소)
국 내	400kg	25m	•도로안전시설 설치 및 관리지침('00.11)
사업 적용	•낙석 방지 울타리 설계를 위한 허용 낙석중량을 500kg으로 설정		

2.5.3 낙석 거동해석

•낙석 발생시 낙석의 운동은 자유낙하(Free Falling), 반발(Bounding), 회전(Rolling), 미끄러짐(Sliding)등의 운동이 조합되어 거동

•낙석의 거동을 예측하는 방법은 암반을 블록으로 가정하여 블록의 동적평형조건을 이용하여 해석하는 정밀법과 낙석을 단일 블록의 무게와 속도를 지닌 점으로 가정하여 해석하는 간편법이 있음

◎ 낙석 거동해석방법

구 분	등가마찰계수를 이용한 간편법	정 밀 법 (RocFall Program)
산 정 방 법	•$E_{total} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega = m \cdot g \cdot H$ •$E_i = (1+\beta)(1-\frac{\mu}{\tan\theta}) \cdot W \cdot H$	•$E_i = \frac{1}{2} \cdot m \cdot vi^2 - E_{friction}$ •$v_i = \sqrt{(v_{ni}^2 + v_{ti}^2)}$
	β : 회전에너지에 따른 계수 μ : 낙석의 등가마찰계수 θ : 비탈면 기울기 I : 관성모멘트 ω : 각속도	v_{ni} : 연직반발계수(R_n) v_{ti} : 수평반발계수(R_t) $E_{friction}$: 낙석의 마찰에너지
특 징	•암반상태에 따른 낙석 에너지의 감소를 고려할 수 없으므로 낙석 에너지가 과다 산정됨	•낙석의 회전에너지를 고려할 수 없으나 낙석규모와 반발에 의한 에너지의 감소를 고려
설 계 적 용	•간편법은 낙석 에너지가 과대평가될 수 있으므로 낙석규모와 반발에 의한 에너지의 감소를 고려할 수 있는 정밀법(RocFall Program)을 적용	

◎ 낙석의 초기속도 결정

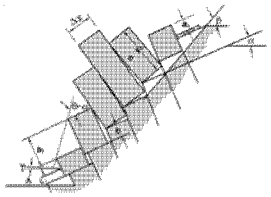
•$v = \sqrt{2 \cdot g(\sin\alpha - \tan\theta \cdot \cos\alpha) \cdot l}$

(g : 중력가속도 Θ : 미끄러짐/회전에 대한 마찰각)

•초기속도는 Θ가 일정할 때, α 에 따라 결정

•일반적인 초기속도 : 1.0~3.0 m/sec

(Rock Slope Stability Analysis, 1988)



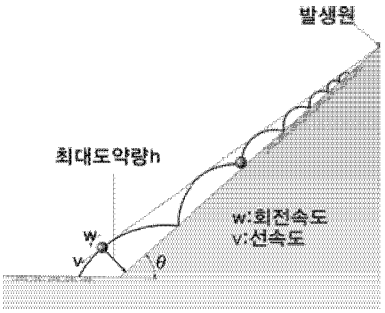
◎ 낙석 반발 높이 및 에너지

▮ 비탈면의 특성에 따른 반발계수(Coefficients of Restitution)

노두 특성	수직방향 반발계수(Rn)	접선방향 반발계수(Rt)	비 고
Bedrock	0.50	0.95	(Barbieri et al., 1988)
Bedrock covered by Large Blocks	0.35	0.85	
Debris Formed by Uniform Distributed Elements	0.30	0.70	
Soil Covered by Vegetation	0.25	0.55	

▮ 낙석의 반발 높이

- 낙석의 운동은 비탈면의 최대 기울기를 따라 등고선의 직각방향으로 낙하
- 반발높이는 비탈면의 직각방향으로부터 추정
- 대개의 경우, 낙석의 형상과 무관하게 2m 정도
- 발파에 의한 암반비탈면 시공으로 인해 생기는 심한 굴곡의 비탈면의 경우 : 4~5m까지도 도달 (도로공사설계요령, 2009)
- 비탈면 표면의 특성을 잘 고려하고, RocFall에 의한 시뮬레이션을 통해 반발 높이 산출



◎ 낙석에너지 계산(일본도로협회, 2000)

- $E_i = (1+\beta)\ (1-\frac{\mu}{\tan\theta}) W \cdot H$

  β : 회전에너지 계수 (0.1 적용)

  μ : 낙석의 등가 마찰계수 (0.05~0.31 ➡ 0.15 적용)

  θ : 비탈면 기울기 (63°)고려

▮ 비탈면의 종류와 등가마찰계수 μ 값

낙석 및 비탈면의 특성	등가마찰계수μ
•경암, 둥근 모양의 낙석 •굴곡이 작고 나무가 없는 비탈면	0.05
•연암, 모가 나거나 둥근 모양의 낙석 •굴곡이 중~대, 나무가 없는 비탈면	0.15
•토사, 애추, 모가 나거나 둥근 모양의 낙석 •굴곡이 소~중, 나무가 없는 비탈면	0.25
•애추, 큰 자갈이 포함된 애추, 모난 모양의 낙석 •굴곡이 대~중, 나무가 있거나 없는 비탈면	0.31

▮ 국내 발생 낙석에 대한 평균 값 (한국건설기술연구원)

- 전국 225개소에서 발생된 낙석에 대한 조사결과
- 평균 낙석중량은 0.4tonf •절개면 기울기도는 65° •비탈면 평균높이는 25m
- 표준낙석에 대하여 시험결과
  - 국내 낙석방지울타리의 흡수가능에너지 : 50kJ(≒ 5.0tonf)
- 설계적용 낙석방지울타리

  ϕ 18mm, A=1.29cm^2, Ew=2.0×106kgf/cm^{2}의 흡수가능 에너지는 3.92tonf적용

2.5.4 낙석에 대한 안정성 검토

•Monte-Carlo Simulation기법을 적용한 RocFall프로그램을 이용하여 낙석발생이 예상되는 비탈면에 대하여 검토

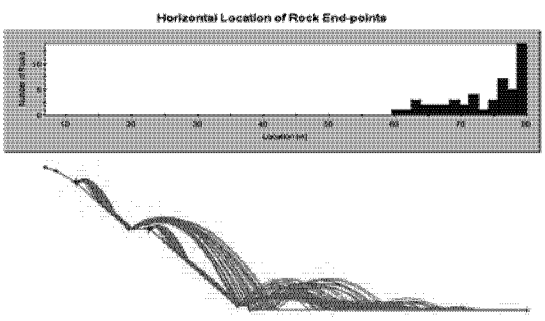
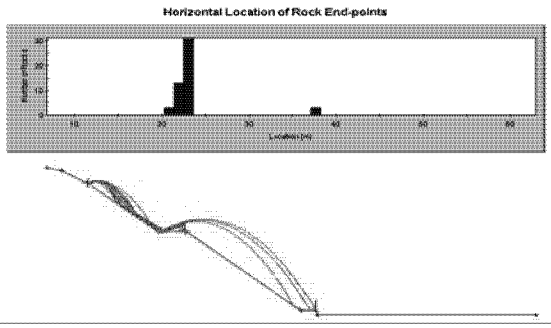
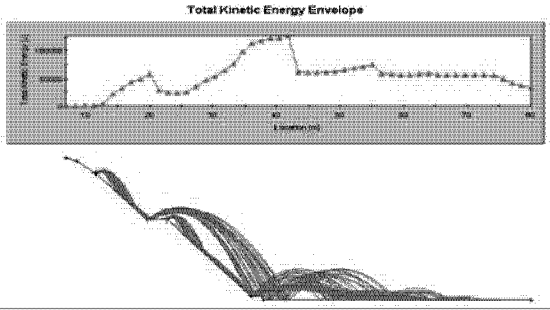
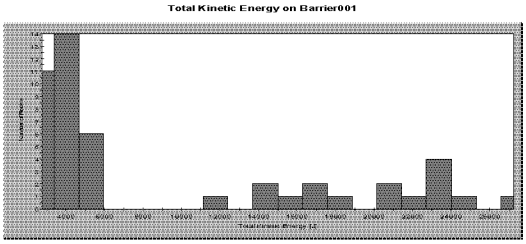
검토구간 선정

•평사투영해석결과 전도파괴의 가능성이 있는 구간 및 TCR, RQD가 낮은 파쇄가 심한 구간을 선정
•Monte-Carlo Simulation기법을 적용한 RocFall 프로그램을 이용하여 깎기고 20.0m 이상 낙석발생이 예상되는 비탈면에 대해 낙석 발생시의 궤적을 추적하여 비탈면 시공 후 낙석에 대한 안정성 확보를 위한 낙석방지울타리의 설계자료로 활용
•낙석의 시작점은 암반비탈면의 최상단을 소단이 있는 대절토부의 경우 각 소단별로 낙석의 가능성을 검토

구 분		대표단면 (STA.)	초기속도 (m/s)	낙석무게 (kgf)	낙석발생높이 (m)	낙석방지울타리 이격거리 (m)	Simulation 횟 수
4공구	깎기 4구간	28+480(좌측)	3.0	500	38.4/20.0	1.5	50

RocFall Simulation 결과

4공구 깎기 4구간 STA. 28+480 좌측

구 분	낙석방지울타리 설치전	낙석방지울타리 설치후
이동거리		
충돌에너지		
결 과	•낙석방지 울타리 설치시 낙석충돌에너지가 26.5kJ로 허용 낙석 흡수에너지(50kJ)의 기준치를 만족함	

검토결과

•낙석발생 가능구간은 차로까지 침범하게 되어 교통장애를 초래할 가능성이 있음
•낙석방지울타리 설치 후 낙석궤적 추적결과 낙석에 대한 안정성을 확보함
•낙석방지울타리 미설치 시 비탈면 미관 및 풍화에 의한 낙석발생을 최소화하기 위하여 법면보호공법 적용을 검토

제 3 장 비탈면 보호공법 선정

3.1 설계개요

기본방향	•녹지자연도를 고려, 환경보전과 개발사이의 문제점 극복과 환경친화적 비탈면 보호계획 수립 •비탈면은 우수에 의한 침식 및 세굴로 인하여 비탈면 안정성이 저하되므로 보호공 필요 •지역적인 특성을 감안하여 주변 경관과의 조화를 주목표로 하여 경제성, 시공성, 환경친화성 고려

3.1.1 비탈면 보호공법 검토

◎ 비탈면 보호공법의 종류

▮ 구조물에 의한 보호공법

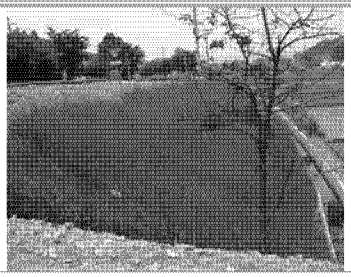
구 분		주 요 특 징
붙임 쌓기 공법	돌붙임공 블록붙임공	•비탈면의 풍화 침식 방지 •경사 1:1보다 완만한 점착력이 없는 토사 및 붕괴되기 쉬운 비탈면에 사용 •하천, 호수 또는 용수발생구간의 비탈면에 돌붙임, 블록 붙임공을 적용시에는 비탈면 토립자 유출방지를 위해 배면에 부직포 설치를 검토
	콘크리트 붙임공	•절리가 많은 암석, 낭떠러지 등의 붕락의 염려가 있는 경우에 사용 •철근콘크리트붙임공은 1:0.5, 무근콘크리트붙임공은 1:1정도의 경사에 사용 •용수가 예상되는 경우 배수구, 배수공 등을 설치하고 암반에 잘 물리도록 우수의 침입 방지
	돌 및 블록 쌓기공	•경사가 1:1 보다 급경사인 경우에 사용 •토질이 단단하여 토압이 작은 경우에 사용 •비탈면 배면의 수압 발생 방지를 위해 물구멍에 의한 배수처리
콘크리트 격자 공법	콘크리트 블록격자공	•용수가 있는 깎기비탈면, 장대비탈면, 표준경사보다 급한 쌓기 비탈면에서 식생이 부적합한 곳에 사용 •경사 1:0.8 보다 완만한 비탈면에 사용 •격자는 일반적으로 프리캐스트 제품으로 격자내에 객토나 식생 혹은 블록이나 옥석을 깔아 침식 방지
	현장타설 콘크리트 격자공	•용수가 있는 풍화암, 장대비탈면 등에서 비탈면의 장기적 안정이 염려되는 곳, 콘크리트 블록 격자공으로는 붕락의 염려가 있는 곳에 사용 •격자는 철근콘크리트의 현장 타설로써 용수처리를 충분히 실시하고 상황에 따라 블록깔기, 돌붙임, 식생 등으로 보호
모르타르 및 콘크리트 뿜어 붙이기 공법		•비탈면에 용수가 없고 당장 붕락의 위험은 없으나 풍화되기 쉬운 암석, 암석이나 호박돌 섞인 토사 등으로 식생이 부적합한 곳에 사용 •넓은 면적에 효과가 좋으며 경사가 심한 곳, 바위가 돌출한 비탈면에서 시공 가능 •지반은 연암이상으로 비탈면 자체가 안정되어 있는 곳에 사용 •뿜어붙이기 두께의 표준(모르타르 : 5~10cm, 콘크리트 : 10~20cm)

▮ 배수공에 의한 보호공법

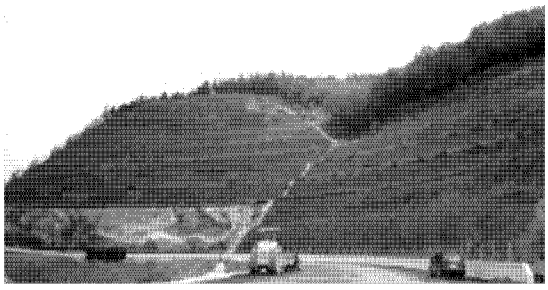
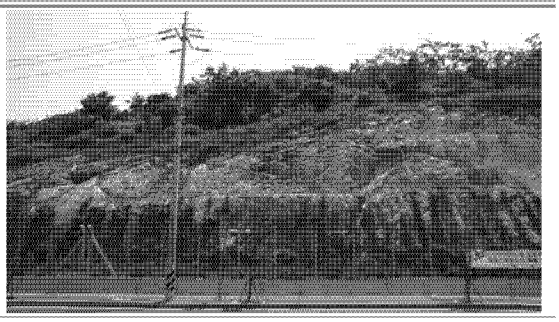
구 분	개 요	주 요 특 징
지 하 배수구	•지표면에 가까운 침투수를 모아 배수	•용수상황에 따라 화살형이나 W형으로 배치하고 비탈면 파괴방지를 위해 Filter Mat 와 비탈격자공을 겸용
비탈면 망태공	•용수가 많은 비탈면에서는 지하배수구와 겸용하고 비탈 끝에 설치	•망태공은 지름, 길이, 간격 등이 어느 정도 자유스러워 원형, 부채형, Bedding등 여러 형태가 있음
수평 배수공	•횡방향으로 유공관 등을 삽입하여 배수	•규모가 큰 지반 활동지대에서는 배수터널이나 보링공을 조합하여 처리

◎ 피복공에 의한 보호공법의 종류 및 특징

▮ 토사비탈면 식생보호공법

구 분	Seed Spray	종자분사+유기질토	줄 떼
개 요 도			
공법개요	• 종자, 비료, 피복양생제, 침식방지 안정제, 착색제, 청수 등을 살포기 탱크내에서 혼합 후 고압펌프로 살포하여 녹화하는 공법	• 유기질토양을 양잔디와 초목본류를 혼합하여 습식취부장비를 이용, 일정한 두께로 비탈면에 살포하는 공법	• 식생토를 사용해서 비탈하단에서부터 줄떼의 장변을 비탈면에 따라 수평으로 펴고 흙을 씌워 잔디를 비탈면에 붙이는 공법
특 징	• 공사비 가장 저렴 • 혹한기의 연중시공이 가능 • 절 · 성토 및 평지 등에 다양하고 편리하게 시공가능 • 기계화 시공으로 공기 단축 • 시공이 간편함 • 하자보수가 용이함 • 척박한 토질에서 만족할 만한 녹화효과 기대할 수 없다. • 건조기의 시공이나 함수율이 적은 토질에서는 정상적인 발아 및 성장이 어려움	• 삼차원의 그물망을 형성하여 토양 유실 및 세굴방지 • 종자유실방지 및 보온보습효과로 균일한 초기발아로 녹화상태 우수 • 유기질토의 양분 공급으로 지속적인 성장유도 • 온도가 영하일 때 시공하면 완벽한 그물망 형성이 어려움 • 공사비 다소 고가	• 종래의 가장 보편적 공법 • 한국기후, 토질에 가장 적합 • 초장이 짧아 미관이 수려 • 주위환경과 친화력이 탁월 • 시공과 함께 피복되므로 침식되기 쉬운 토질에 사용 • 급경사지 식재 불가 • 토사구간 외에는 적용 불가 • 토질조건에 따라 활착성 부족 • 강우, 강풍에 의한 침식발생 • 시공시 과다한 인원투입 • 유지보수의 어려움 • 노무비증가로 공사비 고가
선 정	◉	–	–

▮ 암반비탈면 녹화공법

구 분	식생기반 취부공법	덩굴식물 식재공법
개요도		
공법개요	•자연토양을 주재료로 조성한 녹화기반 토양을 액체상태로 분사취부하여 녹화	•흙깎기비탈면 옹벽 또는 소단에 객토를 하고 담쟁이나 유인철선을 이용한 등나무를 비료와 함께 식재
시공성	•PVC 코팅부착망, 앵커핀 및 PVC 철선 등의 사용	•덩굴을 식재하므로 시공성 양호
환경성	•자연토양을 주원료로 사용하므로 타공법에 비하여 친환경적 •주변경관과 조화로운 Sky-Line 형성	•일반 식생의 도입이 불가능한 암절취 비탈면에 시공가능 •환경오염 없음
비탈면 안정	•목본 등 수목의 뿌리에 의한 네트화로 장기적인 비탈면안정 도모 •표층붕괴 및 슬라이딩 억제	•절리 등을 직접 관찰함으로써 사면붕괴 사전예측
적용토질	•초본류+목본류로 절리성 암반에 활착가능	•일반 식생의 도입이 불가능한 암반
시공경사	1 : 0.3 이상	1 : 0.3 이상
선 정	◉	

◎ 비탈면 보호공법 선정

구 분		적용공법	비 고
쌓 기 부	토 사	Seed Spray	
깎 기 부	토 사	Seed Spray	
	리핑암	식생기반 취부공법	t=5cm
	발파암		t=10cm
터널갱구부	토 사	Seed Spray	
	리핑암	식생기반 취부공법	t=5cm
	발파암		t=10cm

검토결과 •비탈면의 장기적인 안정성 확보를 위한 비탈면 표면부의 보호공법 검토 및 선정

제 4 장 비탈면 시공 및 유지관리

4.1 설계개요

기본방향	•비탈면 시공에 따른 발생 가능한 문제점을 사전에 도출하여 시공에 따른 유지관리 대책 수립

4.1.1 비탈면 시공시 주요 고려 사항

•비탈면 대책공법을 실시한 곳은 붕괴가능성이 높은 곳이기 때문에 주의해야 하며, 붕괴이력이 있는 구간과 인접하는 구간도 지층구조가 같은 경우 붕괴가능성이 있으므로 주의하여 관찰
•일반적으로 비탈면의 붕괴는 대부분 시공 중에 일어나며, 그 동안의 조사 사례를 분석하면 비탈면 시공 후에 붕괴의 90%는 표층 3.0m이내의 붕괴로 규모가 작은 편임
•강우에 의해 비탈면의 전단강도가 감소하여 붕괴 가능성의 위험 요소가 많으므로 강우량이 적어도 방심할 수 없다는 것을 주의하여 충분한 비탈면의 계측 및 유지관리의 필요성 요구

◎ 중점관리구간 및 항목

중 점 관 리 구 간	항 목 관 리
•불안정 비탈면으로 인한 보강공법 적용구간 •쌓기, 깎기고가 높은 구간	•시공 중 유지관리 : 절리방향성, 균열, 붕락, 풍화정도의 확인 •시공 후 유지관리 : 우기시, 동절기시 붕괴위험 집중관리

◎ 설계를 통해 안정성이 확보된 비탈면 파괴의 주요 원인

•깎기 및 쌓기 비탈면 지반 내 공극수의 동결·융해로 인한 비탈면 파괴
•얼음과 눈이 녹아 지하수위와 간극수압의 상승
•강우에 따른 함수량 증가에 따른 토사중량 증가
•강우시 비탈면 내부로 침투하여 비탈면 유동성 증가와 전단강도 저하로 인한 비탈면 파괴
•비탈면 지표의 풍화로 인한 부석 발생 및 비탈면 불안정

■ 쌓기비탈면의 유의사항

•시공 중에는 가배수로를 완비하고 경사면의 배수시설 및 비탈면 보호공을 가급적 빠르게 시공함
•쌓기 비탈면의 표면은 다짐이 불량해질 가능성이 있으며 1층마다 기준다짐도 이상으로 다지고 3층마다 마이티팩으로 표면다짐을 반드시 실시
•비탈면 보호공 시공 전 비산먼지 발생 및 유수에 의한 침식방지를 위하여 보호막을 설치

■ 깎기비탈면의 유의사항

•비탈면 깎기 작업시 붕괴사고를 예방하기 위하여 시공시 균열의 유무와 크기 및 낙차, 풍화상태 및 불연속면의 방향성, 부석 및 전석의 유무, 용수위치와 상황 등을 유의깊게 관찰하여 경사면 및 상부 토층의 상태를 파악
•깎기 시공 중 예상 밖의 장소에서 변형이 발생할 수 있으며, 토괴의 이동에 관한 균열은 소단이 있는 콘크리트나 배수구에서 쉽게 발견되므로 임시변형 관측계를 설치하여 동태 관측 수행

4.1.2 비탈면 계측관리

•사업구간의 비탈면 계측단면 및 계측항목 선정구간에 대하여 검토

◎ 개 요

•설계시 한정된 분석자료(시추조사, 각종 시험결과) 적용으로 복잡한 지반의 변화(암석의 풍화상태, 급격한 지층변화, 용수대의 출현, 국부적인 파쇄대 등)를 상세 판단 곤란
•현장조사 및 설계시 부득이 고려하지 못한 점을 보완하기 위하여 시공 중 발생하는 현장 Data를 정리·분석하여 비탈면의 안정성을 판단, 예측하고 이에 따라 설계 및 시공법을 수정·변경하는 시공관리를 통하여 안전하고 경제적인 시공 도모
•사업구간의 비탈면 안정검토에 의해 불안정구간으로 나타나 보강공법을 적용구간에 대해 중점 관리구간으로 선정하여 계측계획을 수립하여 제안

◎ 비탈면 계측 항목

▮ 비탈면 계측기 종류 및 용도

계측기기	계 측 대 상	적 용
지중 신축계	•활동면 위치 검출과 암괴 이동량	복합(원호, 평면, 쐐기, 전도)
지표면 신축계	•텐션부 부근의 머리부 변위량	원호, 복합(평면, 쐐기, 전도)
경 사 계	•활동머리부, 중간부, 선단부의 표면경사량	원호, 복합(전도)
광파측거법	•지표면 변위량(수평, 수직성분)	복합, 전도(원호, 평면, 쐐기)
소폭판측량	•지표면 변위량(수평, 수직성분)	평면, 쐐기, 원호, 복합(전도)
파이프 변형계	•활동면 위치의 검출과 변형주적경향	평면, 쐐기, 복합
지중 경사계	•활동면 위치의 검출과 암괴 이동량	복합(원호, 평면, 쐐기)
다단식 지중신축계	•활동면 위치의 검출과 암괴 이동량	복합(원호, 평면, 쐐기, 전도)
지중변위계	•지중변위량(수평, 수직성분)	평면, 쐐기, 원호, 복합(전도)
GPS 측량	•지표면 변위량(수평, 수직성분)	복합
지하수위계	•지하수상태 관측과 비탈면 안정도 검토	평면, 쐐기, 원호, 복합(전도)
유 량 계	•강설데이터 수집(비탈면안정과 적설의 관계)	복합
변형률계	•네일 및 앵커의 응력	복합

◎ 계측구간 선정

•비탈면 깎기 작업시 붕괴사고를 예방하기 위하여 시공시 균열의 유무와 크기 및 낙차, 풍화상태 및 불연속면의 방향성, 부석 및 전석의 유무, 용수위치와 상황 등을 유의깊게 관찰하여 경사면 및 상부 토층의 상태 파악
•깎기 시공 중 예상 밖의 장소에서 변형이 발생할 수 있으며, 토괴의 이동에 관한 균열은 소단이 있는 콘크리트나 배수구에서 쉽게 발견되므로 임시변형 관측계를 설치하여 동태 관측 수행

계측구간 선정

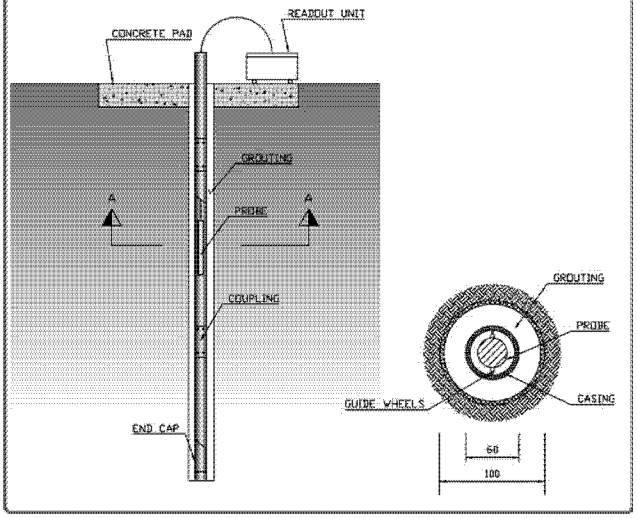
계측구간		선 정 사 유
4 공구	STA. 23+840(좌)	•깎기고가 높으며 암반비탈면 불안정으로 보강공법 적용
	STA. 28+360(좌)	
	STA. 29+400(좌)	
	STA. 30+800(우)	
	STA. 31+220(좌)	
터널부	터널 갱구부	•토사비탈면 불안정으로 보강공법 적용

계측기 선정

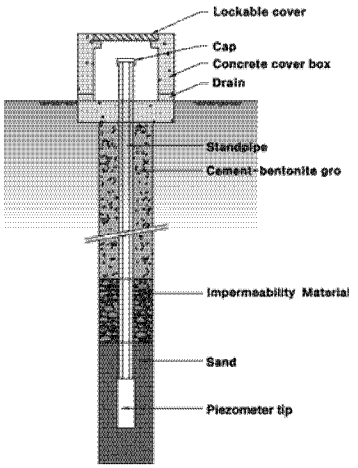
선정 계측기	측 정 항 목	계측수량	비 고
지중경사계 (Inclometor)	지중변위	1개소	-
지하수위계 (Water level meter)	비탈면내 수위변화 측정	1개소	상시 지하수위 이하 Tip 위치
측 량	비탈면 전면부 특정 위치 이동여부 측정	필요시	깎기 중 face mapping 후 위치선정
균열부 임시 변형 계측계	비탈면 배면 균열 발생시 이동량 측정	필요시	균열 발생시

선정 계측기 구성요소

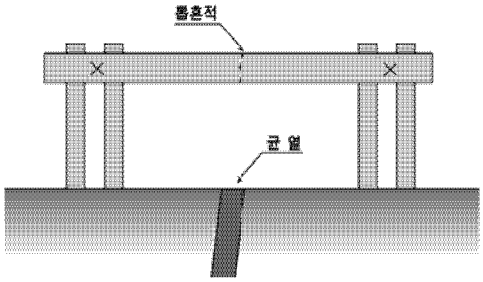
지중경사계



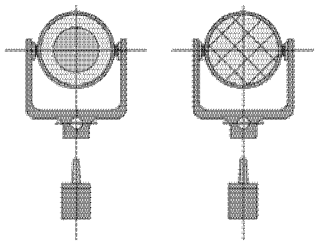
지하수위계



균열부 임시 변형 계측계



광파기 타겟(측량)



계측관리 계획

계측기간

•지중경사계 및 지하수위계는 깎기전 매설을 원칙으로 하여 비탈면 공사 완료 후까지 연속적인 계측 수행, 계측기간은 12개월로 계획하였으며, 비탈면 공사 완료에 맞추어 종료할 수 있음

구 분	계 측 시 작	계 측 완 료
깎 기 중	계측기 설치 후	-
깎 기 후	-	변위 및 출력값이 수렴되는 시점

계측항목별 계측빈도

계 측 항 목	계 측 빈 도		
	깎 기 중	깎기직후~3개월	3개월 이후
지중 경사계	2회 / 1주	1회 / 1주	1회 / 월
지하 수위계	2회 / 1주	1회 / 1주	1회 / 월
비탈면 측량	1회 / 1주	2회 / 월	1회 / 월

비탈면 계측수량

설 치 구 간	지하수위계	지중경사계	비탈면 측량
깎기 구간	5개소	5 개소	필요 구간
터널갱구 구간	2개소	2 개소	필요 구간

검토결과

•사업구간의 비탈면 중 깎기고가 높으며 안정검토에 의해 불안정구간으로 나타나 보강공법을 적용한 구간에 대해 중점 관리구간으로 선정하여 계측계획을 수립하여 제안

4.1.3 시공 중 비탈면 유지관리

시공관리 개요

- 절취비탈면의 시공시에는 시공 중 조사, 관찰, 계측을 실시하여 실제 굴착되는 비탈면의 안정성을 평가하고 필요에 따라서는 설계 및 시공법 변경
- 일반적으로 설계단계에서 지질조사에 의한 지층단면과 굴착에 의해 드러나는 실제 비탈면의 지층구성 상태와는 차이점이 많은 경우가 흔하므로 다음 흐름도의 과정에 의해 시공계획시의 조건이나 제반조건 등을 검토하고 필요하면 추가조사 및 재해석을 실시하여 설계 변경

비탈면 깎기 시 유의사항

- 비탈면의 깎기 작업 시 예기치 못한 요인에 의하여 생길 수 있는 붕괴사고를 예방하기 위해서는 다음과 같은 사항을 주의 깊게 관찰하여 비탈면 및 상부토층의 상태 파악
- 균열의 유무
- 우수에 의한 균열의 발생 유무
- 부석, 전석의 유무
- 풍화의 상황
- 붕락정도
- 절리, 층리의 방향성과 그 진행
- 용수위치와 상황

시공 중 깎기 비탈면의 보호

- 일부 지반은 지층 속에 강도가 높은 상태로 존재하더라도 대기 중에 노출되면 급속하게 강도저하가 될 가능성이 있음
- 이는 응력이 해방됨과 동시에 건습의 반복 등 직접적인 기상의 영향을 받기 때문으로 장기적으로 볼 때 비탈면 붕괴의 요인일 될 수 있으므로 비탈면 보호공법이 조속 실시
- 비탈면 보호공 시공 및 배수시설을 설치하여 강우의 침투 방지

급속한 굴착에 의한 변형 및 지하수위 변화

- 깎기 공사 중 예상 밖의 장소에서 변형이 발생하는 경우가 있으며, 토괴의 이동에 의한 균열은 소단이 있는 콘크리트나 배수구에서 쉽게 발견할 수 있고, 이러한 경우 임시 변형 관측계를 설치하여 동태관측을 수행
- 비탈면에 용출수가 있거나 지하수위가 높은 지반에서 급속시공을 할 경우 비탈면붕괴 가능성 검토
- 깎기 전후의 지하수위는 안정상태까지 시간이 걸리므로 심층부에 과잉 간극수압이 비탈면 활동에 기여하는 상태가 되므로 시공 중에 지하수위 변화를 관측

시공 중 안정성 보강방법

- 시공 중 비탈면의 안정성 검토는 토사비탈면과 암반비탈면으로 구분하여 각 비탈면의 특색에 맞는 방법으로 검토
- 비탈면안정해석결과 불안정할 경우 다음과 같은 보강공법을 비교·검토하여 최적의 보강공법을 선정하여 안정성 확보
  - 토사비탈면 : 비탈면기울기완화, 식생공법, 네일링공법, 숏크리트 타설, 억지말뚝, 배수공 등

4.1.4 시공 후 비탈면 유지관리

•설계 및 시공시 조사자료, 시공기록 및 계측자료를 이용한 시공후의 비탈면 유지관리방안 수립

◎ 비탈면 유지관리 방법

•시공이 이론적 근거와 조사자료를 근거로 하는 것이라면, 시공 후의 비탈면유지관리는 축적된 계측 Data와 경험의 축적에 의해 안정성 평가
•유지관리 작업은 공사가 준공되고 나서 시행하는 것이지만, 그 준비작업은 시공시점에서 시작된 조사자료와 시공스케치를 보존하여 비탈면 대장을 작성
•비탈면 대장에는 위치, 보호공법 종류, 대책공법 종류 등 필요 항목을 기재하여 비탈면 점검시 관찰상황을 추가 기재하되 주의 관찰이 요구되는 구간은 Check해 두고 유지관리를 실시
•비탈면의 불안정 요인이 관찰될 경우에는 현장 긴급조치를 하고 전문 기술자에게 안정성 분석을 의뢰함
•낙석 및 낙석제거, 낙석방지망 및 낙석방지울타리의 상태점검과 유지보수를 실시
•공사 준공 후 비탈면의 점검을 쉽게 하고 직접 육안으로 점검할 경우에는 점검로(점검계단, 점검사다리, 소단)를 이용
•공사비 절검과 점검로의 효용성을 증대시키기 위해 점검로는 도수로와 인접하여 설치하며 점검시 안전에 유의

◎ 기존에 제안된 도로 비탈면의 유지관리 시스템의 예

– 고속도로 절토사면 유지관리시스템 (한국도로공사 연구개발자료), 한국도로공사의 절토사면 유지관리시스템 (한국지반공학회 사면안정위원회 세미나, 1999, 노한성 외)

•붕괴발생 후 대책을 세우는 사후처리 개념에서 전체적인 비탈면을 체계적으로 관리하여 가능한 한 사고를 미연에 방지할 수 있도록, 주기적이고 능동적인 유지관리를 실시한다는 개념 ➡ 관리체계의 구축 필요성 대두
•1단계 : 자료조사단계로 전국에 산재되어 있는 모든 깎기비탈면의 일반현황 파악
•2단계 : 도형정보 시스템과 결합된 데이터베이스 프로그램 수정 및 보완
•3단계 : 자료 입력 (비탈면의 일반현황조사, 비탈면의 상세현황조사 등)
•4단계 : 입력자료에 근거, 비탈면의 유지관리 활용 (보강대책이 요구되는 비탈면에 대한 예산편성 등)

– 절토사면의 안정성 평가를 위한 점검항목 제안 (한국지반공학회 사면안정위원회 세미나, 1999, 구호본 외) : 한국건설기술연구원

•지리정보시스템을 이용한 도로절개면에 대한 다양한 정보들을 데이터베이스화하여 효율적인 도로절개면 유지관리시스템의 모델 개발
•도로절개면의 특성과 제반여건을 고려한 절개면 위험도 평가표를 제시 ➡ 조사우선순위 기법 개발 ➡ 도로절개면 투자우선순위 결정방법 제안
•기대효과 : 향후 도로절개면 관련 설계기준 제시, 위험도 작성 등의 유지관리도구 작성에의 활용

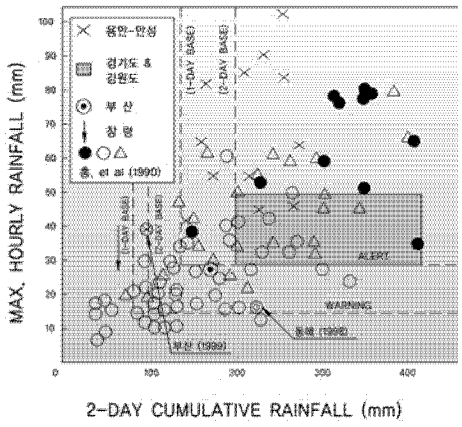
– 절개면 붕괴징후 포착시스템 (국토교통부)

•해마다 20~30건씩 발생하는 국도상의 낙석, 산사태 예방 목적
•광섬유센서를 절개면 중 기울기가 급하거나 바위 밑에 설치, 폭설이나 폭우시 흘러내리는 눈 및 토사의 양에 따라 낙석, 산사태의 위험여부를 경보를 통해 자동으로 알려주는 시스템

◎ 확률강우강도에 따른 경보체계 수립

•국내에 발생될 강우와 산사태 발생규모와의 관계 그래프를 적용, 집중 강우에 따른 비탈면 유지관리 방안 수립

최대시간 강우량	2일누적 강우량	유지관리방안
15mm	100mm	•주의경보 발령
30mm	130mm	•경계경보 발령 (추가 계측 실시)
30mm	200mm	•추가계측 결과에 따라 안정성 확보가 어려울 경우 통행로 차단 실시



◎ 중점관리구간

▮ 중점관리구간의 선정

•비탈면 불안정으로 인해 보강공법을 적용시킨 구간
•깎기 및 쌓기 높이가 큰 구간

▮ 점검방법

•비탈면 관리시 점검은 일반적인 점검외에 우기시나 동절기 등 붕괴현상이 집중되는 시기를 전후하여 실시하는 것이 바람직함
•위험성이 내포되어 보수가 필요하다고 판단될 때 재해로 발달되지 않도록 조치해 두고, 필요에 따라 상세한 조사를 수행하고 대응책을 강구하여야 함
•점검방법은 관리기간에 따라 다양하지만 다음 표와 같이 그 빈도를 정해 실시하여야 함

구 분		점 검 내 용	빈 도
일 상 점 검		•차량내에서 확인할 수 있는 범위의 비탈면 상황을 관찰	1일 1회
정 기 점 검	정기점검A	•걸어서 접근하여 관리구간 전체 상황을 전반적으로 점검	1년 1회
	정기점검B	•걸어서 접근하면서 관리구간 전체 상황을 세부적으로 점검	1년 1회
임 시 점 검		•일상점검 또는 정기점검을 보완하기 위해 필요에 따라 실시 일상점검에 의한 평가, 판정이 곤란할 경우 및 이상 기후 직전 혹은 통보에 의해 점검	필요에 따 라

제8편 연약지반 설계

제1장 연약지반 설계개요

제2장 연약지반 현황 및 성과분석

제3장 연약지반 안정성 검토

제4장 연약지반 계측관리 계획

제 1 장 연약지반 설계개요

1.1 설계개요

기본방향	•현장여건(지반조건, 주변환경)을 면밀히 검토하여 최적의 연약지반개량 공법 선정 •연약지반 특성에 적합한 개량공법 선정으로 비탈면의 안정화, 압밀침하량 및 기간산정 •부등침하 및 2차 압밀 검토로 주행성 확보 및 유지관리 계획 수립

1.1.1 기본방향

지반조사 및 분석

•시추조사 결과 연약지반 판정 및 층후파악
•각종시험 분석에 의한 연약지반 특성파악
•연약지반 구간별 압밀도에 분석에 의한 압축성 분석

설 계 기 준

•연약지반 판정기준 및 역학적 특성파악에 의한 구간 및 연약지반 층후 산정
•침하기준 및 압밀기간 산정에 따른 개량공법 선정

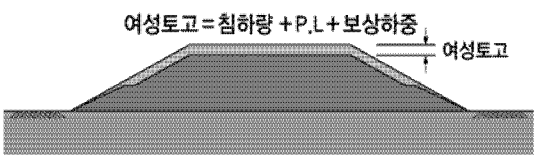
•장기적인 침하 및 활동에 대한 무처리 시 안정성 검토에 의한 개량공법 선정
•연약지반상의 비탈면 안정성 및 교대측방유동 검토

안 정 성 검 토

•연약지반 압밀침하량 및 압밀기간에 의한 공사기간 대책방안 수립
•Preloading공법 및 활동 방지방안 PET Mat 선정으로 지반 안정화

개량공법 선정

1.1.2 연약지반 주요 검토사항

주 요 항 목	주 요 검 토 사 항	
지반조사 및 지반정수	•지층분포 파악을 위한 충분한 시추조사 수행 •충분한 실내, 현장시험을 통한 합리적 설계정수 도출	
설 계 기 준	•연약지반 기준 : – 10.0m 이하 점성토 N ≤ 4 – 10.0m 이상 점성토 N ≤ 6 – 사질토 : N ≤ 10 •잔류침하량 : 10.0cm (1차 및 2차 침하량 고려) •교대부 배면지반 : 5.0cm (부등침하 감소)	
연 약 지 반 개 량 공 법	•현장여건에 따른 안정성, 시공성 및 경제성 등을 확보할 수 있는 공법선정 •연약지반 개량공법 선정 시 시공성, 경제성 및 안정성에 우수한 최적 공법 선정 •장기적인 침하를 고려한 설계 및 고성토 구간 비탈면 안정성 확보	
상 재 하 중 재 하 방 법		여성고 = 포장 + 교통하중(13.0kPa) + 침하고 + 보상고
계측 및 유지관리	•중점관리 구간을 설정하여 침하안정관리 계획 수립 •중요 지장물의 사용 중 유지관리계측 수립	

1.2 연약지반 판정

기본방향	•한국도로공사 설계기준 및 최근 수행된 설계사례 분석을 통하여 도로 노반의 안정성을 고려한 합리적인 설계기준 선정

1.2.1 연약지반 판정기준

◎ 토질 특성에 따른 연약지반 판정기준(도로설계요령 제2권 토공 및 배수, 2009)

지반 구분	토층 및 토질 구분			토질 정수			
				Wn(%)	e_o	q_u (kgf/cm^2)	N
이탄질 지반	고유기질토 (Pt)	Peat	섬유질 고압축토	300이상	7.5이상	0.4 이하	1 이하
		흑니	분해가 진척된 고유기질토	300-200	7.5-5.0		
점토질 지반	세립토	유기질토	소성도 A선이하 유기질토	200-100	5.0-2.5	1.0 이하	4 이하
		화산회질 점토	소성도 A선이상, 화산회질 2차퇴적점토				
		Silt	소성도 A선이하, Dilatancy대	100-50	2.5-1.25		
		Clay	소성도 A선위, 그부근 Dilatancy대				
사질 지반	사질토	SM, SC	#200번체 통과량, 15~50%	50-30	1.25-0.8	거의 0	10 이하
		SP-SC, SW-SM	#200번체 통과량, 15%이하	30이하	0.8이하		

◎ 구조물 종류에 따른 연약지반의 판정기준(도로설계요령 제2권 토공 및 배수, 2009)

구조물의 종 류	지반 상태							판 정
	토 질	층두께(m)	N 값	q_u (tf/m^2)	q_c (tf/m^2)	q_b (tf/m^2)	함수비(%)	
도 로	-	-	2이하	2.5이하	12.5이하	-	-	연약지반(초연약)
	-	-	2~4	2.5~5	12.5~25	-	-	연약지반(연 약)
	-	-	4~8	5~10	25~50	-	-	연약지반(보 통)
고속도로	이탄층	-	4이하	5이하	-	-	-	연약지반
	점성토	-	4이하	5이하	-	-	-	연약지반
	사질토	-	10이하	-	-	-	-	연약지반
철 도	-	2이상	0	-	-	-	100이상	연약지반
	-	5이상	2이하	-	-	-	50이상	연약지반
	-	10이상	4이하	-	-	-	30이상	연약지반
건 축	-	-	10이하	-	-	10이하	-	연약지반
댐	-	-	20이하	-	-	-	-	연약지반

◎ 연약지반 판정기준

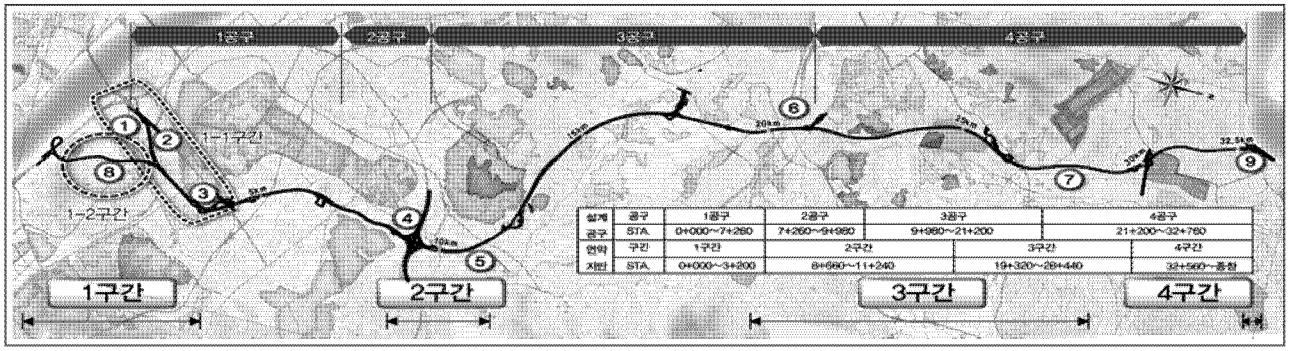
•한국도로공사 "도로설계요령 제2권"을 참고로 하여 현장의 토질상태 및 교통하중을 고려하여 압밀층 선정

구 분	이탄질 지반 및 점토질 지반		사질토 지반
층 두 께	10m 미만	10m 이상	-
N 값	4 이하	6 이하	10 이하
q_u(kgf/cm^2)	0.6 이하	1.0 이하	-
q_c(kgf/cm^2)	8 이하	12 이하	40 이하

제 2 장 연약지반 현황 및 성과분석

2.1 연약지반 현황 분석

2.1.1 연약지반 현황



2.1.2 연약지반 Zoning 선정

◎ 연약지반 Zoning 구간 선정

구 분		위치 (STA.)	연약층 층후	지층현황	배수조건	비 고
4 공구	3-1구간	23+060~23+187	3.0m	N>2~4 이상	양면배수	•상부매립층(모래) 하부로 연약점토층 협재 •계획쌓기고 10m이상
	3-2구간	27+790~28+134	3.5~4.8m	N>2~4 이상	양면배수	
	4구간(본선)	32+460~32+700	3.5~5.4m	N>2~4 이상	양면배수	
	4구간(내포IC)	0+000~0+150	7.76~11.1m	N>2~4 이상	양면배수	•연약층 두께 11.1m 로 두텁게 분포(ML)

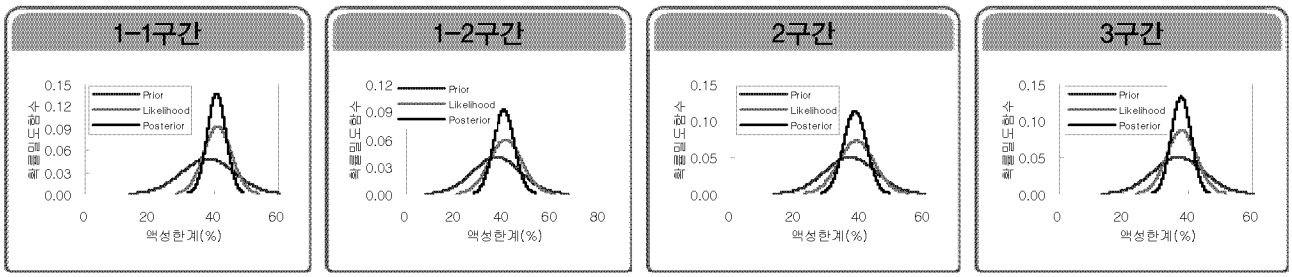
◎ 연약지반 공사기간 검토

구 분	기 간	내 역	비 고
공 사 준 비 기 간	4개월	· 부지정비 및 기타 PET Mat 포설 : 2.0개월	
연약지반 처리기간	30개월	· Pre-Loading 및 치환, 단계쌓기+PET MAT	
구조물 공사기간	6개월	· 연약지반 처리 후 터파기 포함 · 주요구조물(교량)과 간섭이 없는 구간 : 6개월	
포 장 기 간	3개월		
부대공 및 마무리	3개월		
총 계	46개월		
공사기간 검토	•사업구간의 공사기간은 5년으로 연약지반 처리기간(Pre-Loading 및 단계쌓기)은 30개월 이하로 계획하였으며, 검토에 적용한 연약지반 처리기간은 현장계측결과, 현장상황 및 시공조건에 따라 감독관과 협의하여 변경		

2.2 연약지반 공학적 특성 분석

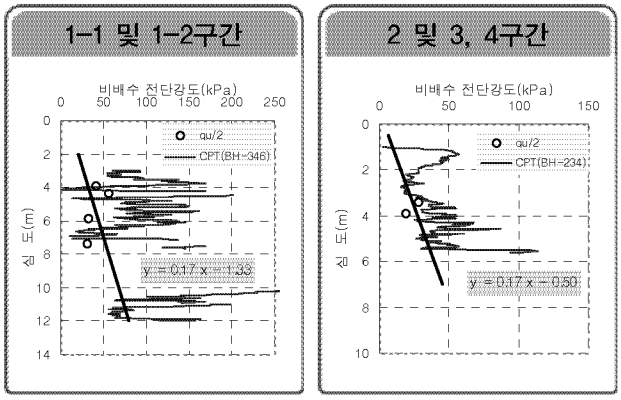
2.2.1 물리적 특성 분석

구 분	액성한계(%)					소성지수(%)				
	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	32.0~43.8	26.7~42.3	25.0~42.5	25.0~42.5	25.0~42.5	3.5~19.7	4.3~17.8	12.1~18	12.1~18	12.1~18
기본설계	38.0	45.5	-	22.0	-	14.8	20.9	-	17.5	-
실시설계	44.1	36.8	39.0	37.5	38.7	20.0	14.5	15.9	14.7	14.5



2.2.2 역학적 특성 분석

전단강도 분석



구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
평균 S_u (kPa)	20.7	32.0	34.0	20.0	20.0	32.0
상관식	S_u = 0.19D-0.58	S_u = 5.8D + 7.8 (평균 28.0)		S_u = 5.8D + 3.0 (평균 22.0)		
검 토 결 과	• 기본설계에서 추정한 평균 S_u는 20.7 kPa이며, 심도에 따른 상관식은 S_u=0.19D-0.58 kPa임 • 평균 S_u는 1구간은 32.0~34.0kPa이나 평균심도 3.5m를 적용하여 28.0kPa, 3구간은 시험의 평균값 22.0kPa을 적용하고, 2,4구간은 3구간 결과 이용					

강도증가율 산정

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	-	-	-	-	-	-
기본설계	-	0.18~0.20 (0.19)	0.18~0.21 (0.20)	-	0.17~0.20 (0.19)	-
실시설계	-	0.16~0.60 (0.38)	0.15~0.72 (0.31)	0.15~0.20 (0.18)	0.15~0.70 (0.22)	0.14~0.20 (0.17)
적 용	0.183	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20

과압밀비(OCR)

구 분	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	-					
기본설계	-	-	-	-	0.5	-
실시설계	-	4.0	0.9~3.4 (2.2)	-	3.3	0.9~1.7 (1.3)
적 용	0.37(정규압밀)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	과압밀(OC)	정규압밀

초기간극비(e_o) 및 압축지수(C_c)

구 분	초기간극비(e_o)						압축지수(C_c)					
	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	-						-					
기본설계	-	-	0.962	-	0.720	-	-	-	0.194	-	0.209	
실시설계	-	0.963	0.876	-	0.962	0.94	-	0.253	0.243	-	0.281	0.239
적 용	0.699	0.96	0.88	0.88	0.88	0.94	0.155	0.25	0.24	0.26	0.26	0.24

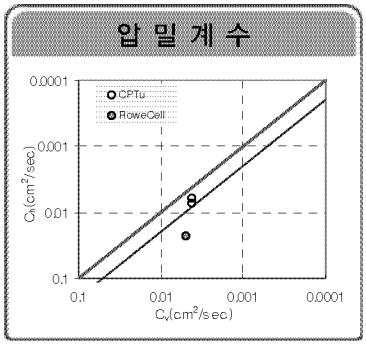
연직압밀계수 및 투수계수

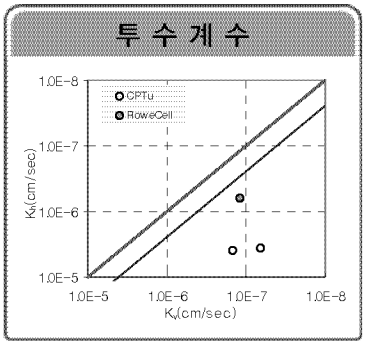
구 분	연직압밀계수($10^{-3}cm^2/sec$)						투수계수($10^{-7}cm/sec$)					
	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	-						-					
기본설계	-	-	4.28	-	2.07	-	-	-	0.66	-	6.28	-
실시설계	-	9.84	4.03	-	3.20	3.72	-	2.29	0.83	-	1.57	0.472
적 용	3.452	9.80	4.00	2.50	3.20	3.70	2.561	2.30	0.80	3.10	3.10	0.47

재압축지수(C_r) 및 2차압축지수(C_α)

구 분	재압축지수(C_r)						2차압축지수(C_α)					
	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간	기본설계	1-1구간	1-2구간	2구간	3구간	4구간
인근자료	-						-					
기본설계	-	-	-	-	-		-	0.0021	0.0036	-	0.0037	
실시설계	-	0.033	0.038	-	0.042	0.034	-	0.0035	0.0032	0.0036	0.0034	0.0035
적 용	-	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.0037	0.0028	0.0034	0.0036	0.0035	0.0035

압밀이방성 분석





구 분		C_h/C_v	K_h/K_v
문헌자료		1~9	1~15
인근자료			
기본설계 적용		2.0	1.5
시험 결과	현장시험	1.46~1.68	5.3~54.6
	실내시험	4.45	5.28
적 용		2.0	2.5

2.2.3 설계지반정수 산정

구 분	함수비(%)	단위중량 (kN/m^3)	S_u(kPa)	강도증가율	초기간극비	압축지수	C_v ($10^{-3}cm^2/s$)	k_v ($10^{-7}cm/s$)
1-1구간	28.0	18.0	28.0	0.25	0.96	0.25	9.80	2.30
1-2구간	35.0	18.0		0.25	0.88	0.24	4.00	0.80
2구간	36.0	18.0	22.0	0.20	0.88	0.26	2.50	3.10
3구간	34.1	18.0		0.20	0.88	0.26	3.20	3.10
4구간	35.0	18.0	30.0	0.20	0.94	0.24	3.80	0.47

제 3 장 연약지반 안정성 검토

3.1 연약지반 설계기준

3.1.1 쌓기속도 및 설계하중

토질 상태	쌓기 속도		차량 및 포장체 하중	쌓기재 하중
•점토층이 두꺼운 경우 및 흑니 •유기질토가 두꺼운 이탄질 지반	0.9m/월	–	•차량하중 : 13.0kPa •포장단위하중 : 23.0kPa	•암버력 쌓기재 적용시 (단위중량 : 21kN/m^3) •터널 암버력 이용
•보통 점토질 지반	1.5m/월	적용		
•점토층이 얇은 경우 및 흑니 •유기질토가 거의 없는 이탄질 지반	3.0m/월	–		

3.1.2 허용 잔류침하량

도로의 허용잔류침하량 (도로설계요령 제2권, 토공 및 배수, 2009)	허용잔류침하량(cm)	비 고
포장공사 완료 후의 노면요철	10	지질특성상 장기침하 발생가능
BOX CULVERT 시공시의 더 올림시	30	
배 수 시 설	15 ~ 30	

도로의 허용 잔류침하량 (일본도로공단)	허용잔류침하량(cm)
포장공사 종료 후의 노면의 요철에 관한 허용치	10
BOX CULVERT 시공시의 더 높임에 관한 허용치	30

연약층 두께에 따른 허용잔류침하량 (일본도로공단 설계요령 제2집)	연약층 두께	허용잔류침하량(cm)	비 고
	D ≤ 10m	10	
	D ≤ 30m	20	
	D 〉 30m	30	

3.1.3 비탈면 최소안전율

구 분		최 소 안 전 율	
한국도로공사	도 로 설 계 요 령	•축조 기간 중	Fs 〉 1.2
		•공용하중 개시 후	Fs 〉 1.3
	도 로 설 계 실 무 편 람	•축조 기간 중	Fs 〉 1.2
		•공용하중 개시 후	Fs 〉 1.3
국토교통부		•축조 기간 중	Fs 〉 1.1
		•공용하중 개시 후	Fs 〉 1.3
일 본 건 설 성		•표준적인 계획안전율	Fs ≥ 1.1~1.3
일본 도로실무강좌 5		•도로토공, 연약지반 대책공 지침	Fs ≥ 1.2~1.3

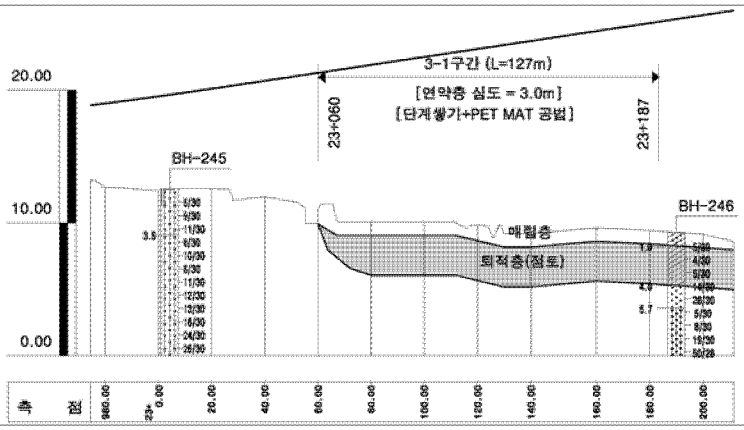
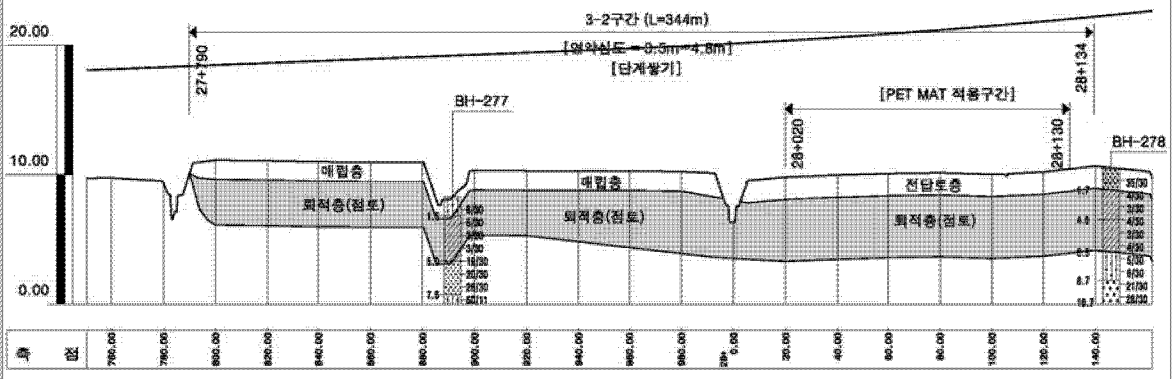
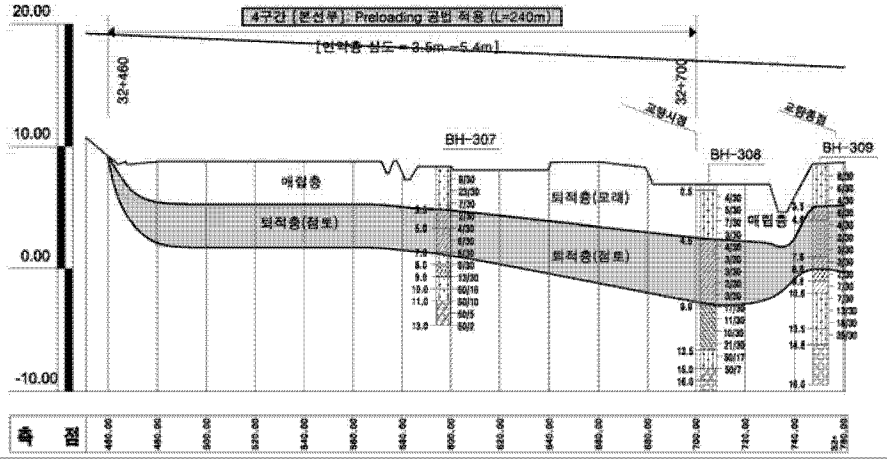
3.1.4 설계기준 적용

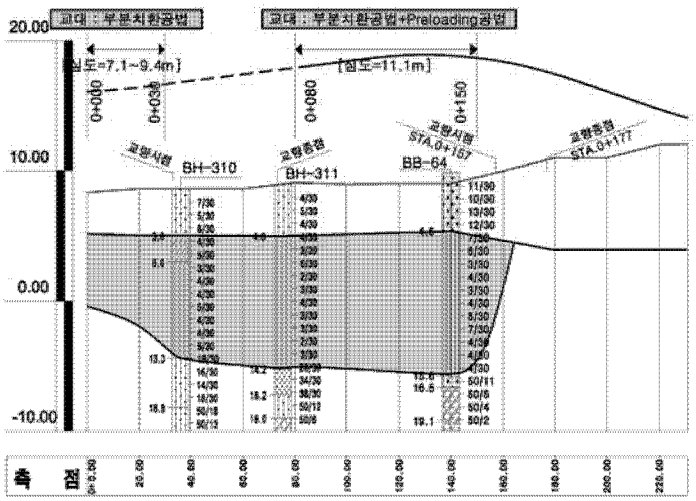
구 분			적 용 값	비 고
허 용 잔 류 침 하 량			10.0cm	–
쌓기비탈면 안전율	평상시	축조시	1.2	–
		공용시	1.3	–
	지진시		1.1	–
적 용 하 중			성토하중+포장하중+교통하중	포장단위하중=23.0kPa 교통하중=13.0kPa

3.2 연약지반처리 필요유무 검토

3.2.1 연약지반 구간별 지층현황 검토

◎ 연약지반 구간별 검토단면 선정

3-1구간 23+060 ~ 23+187	
지층현황	•상부 매립층이 1.0m 층후로 분포하며, 하부 퇴적 점토층이 3.0m 층후로 출현, N 〈 4 이하로 연약층 심도는 비교적 얕으나, 쌓기고가 H=15.0m 정도로 높으므로 구간별 안정성 검토
3-2구간 27+790 ~ 28+134	
지층현황	•상부 매립층이 1.5m~1.7m 층후로 분포하며, 하부 퇴적 점토층이 3.5~4.8m 층후로 출현, N 〈 4 이하로 연약층 심도가 깊어 구간별 안정성 검토
4구간 32+460 ~ 32+700	
지층현황	•상부 매립층이 3.5~4.6m 층후로 분포하며, 하부 퇴적 점토층이 3.5~5.4m 층후로 출현, N 〈 4 이하로 연약층 심도가 깊어 구간별 안정성 검토

4구간 내포IC Ramp-B 0+000 ~ 0+030 , 0+080 ~0+150	
지층현황	•상부 매립층이 3.5~4.5m 층후로 분포하며, 하부 퇴적 점토층이 7.1~11.1m 층후로 출현, N 〈 4 이하로 연약층 심도가 깊고 기존 도로 통과 내포 IC R-B1 , R-B2, R-B3교가 연속되는 구간으로 교대 안정성 확보를 위하여 부분 치환 + 프리로딩 공법 검토

◎ 연약지반 검토단면 선정

구 간		위치 (STA.)	압밀 침하검토	비탈면 안정검토	시추 공번	연약층 두께(m) 점토 및 실트	성토고 (m)	비 고
4 공구	3-1구간	23+180	O	O	BH-246	3.0	15.6	-
	3-2구간	28+120	O	O	BH-277, 278	4.8	11.6	-
	4구간(본선)	32+560	O	O	BH-307, 308	3.5~5.4	10.3	-
	4구간(내포IC)	0+140	O	O	BH-309~311, BB-64	7.1~11.1	9.5	-

검토결과	•연약지반 Zone 구간별 지층현황 분석 후 상세 구간 검토 •Zone 3-1, 2구간 및 4구간은 연약층 층후가 3.0~11.1m 로 상세 검토

3.2.2 무처리시 연약지반 압밀소요기간 검토

침하량 산정방법

•사질토 $S_i = \frac{0.4\,P_0\,H}{N}\log(\frac{P_0+\Delta P}{P_0})$

•점성토 – 정규압밀 : $S_c = \frac{C_c H}{1+e_0}\log(\frac{P_0+\Delta P}{P_0})$

– 과 압 밀 $P_0+\Delta P \le PC$ 일 때 : $S_c = \frac{C_r H}{1+e_0}\log(\frac{P_0+\Delta P}{P_0})$

$P_0 < PC \le P0+\Delta P$ 일 때 : $S_c = \frac{C_r H}{1+e_0}\log(\frac{P_c}{P_0}) + \frac{C_c H}{1+e_0}\log(\frac{P_0+\Delta P}{P_c})$

압밀소요기간 산정방법

•압밀소요기간

$$t = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v}$$

여기서, t = 압밀소요기간

T_v = 시간계수 (U=90% 일 때 T_v=0.848)

H = 연약층 두께 (일면배수 H=D, 양면배수 H = D/2)

C_v = 압밀계수 (cm^2/sec) 시간계수

U = 53% 이하일 경우 $T_v = \pi/4\,(U/100)^2$

U = 54% 이상일 경우 T_v = 1.781 – 0.933 log(100–U)

무처리시 침하량 및 압밀기간 결과

구 간			위치 (STA.)	쌓기고 (m)	연약층 층후(m)	배수 조건	총침하량 (cm)	잔류침하량(cm) U = 90%	압밀기간 (개월)
4공구	3–1구간	23+060~23+183	23+180	15.6	3.0	양면	43.0	4.3	2.3
	3–2구간	27+790~28+134	28+120	11.6	4.8	양면	49.5	5.0	5.9
	4구간(본선)	32+460~32+700	32+560	9.5	3.5	양면	23.0	2.3	2.6
	4구간(R–B)	0+000~0+150	0+140	10.3	10.9	양면	57.2	5.8	26.5
검토 결과			•일시 쌓기후 방치기간 목표 압밀도는 90%, 준비 기간은 4개월, 연약지반 처리기간 36개월, 배수조건은 구간별 특성에 따라 일면 및 양면배수 조건으로 검토						

무처리시 연약지반 처리공법 판정 결과

구 간			위치 (STA.)	압밀 총 소요기간 (개월)				처리가능기간 (개월)	처리필요 유 무
				준비기간	쌓기기간	방치기간	총기간		
4공구	3–1구간	23+060~23+183	23+180	4	10.4	1.0	11.5	40	불필요
	3–2구간	27+790~28+134	28+120	4	7.8	2.0	13.8	40	불필요
	4구간(본선)	32+460~32+700	32+560	4	6.4	1.0	9.8	40	불필요
	4구간(R–B)	0+000~0+150	0+140	4	6.9	23.1	34.0	40	불필요

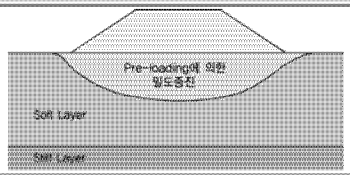
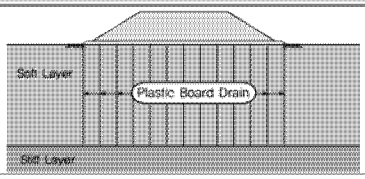
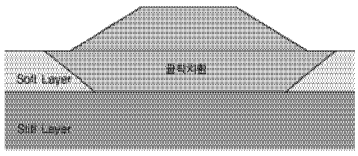
주) 1. 소요압밀기간은 90%에 해당하는 압밀기간임.

2. 총 소요시간은 쌓기기간 중의 압밀을 고려하여(쌓기기간/2+소요압밀기간) 계산

3.3 연약지반 개량공법 선정

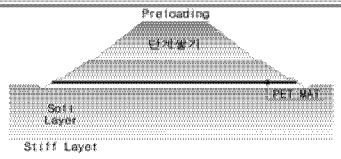
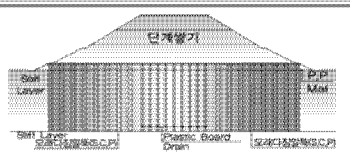
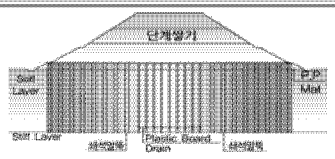
기본방향	•지반개량공법의 적용성을 평가하기 위한 예비 검토 수행 •연약지반 구간별 대표단면을 설정하고 무처리시의 침하량 및 압밀소요시간 산정

3.3.1 연약지반 개량공법 적용성 검토

구 분	Preloading 공법	Preloading + PBD공법	굴착 치환 공법
개요도			
개 요	•설계하중 이상의 여성토 하중을 가하여 연약지반을 개량	•연직으로 Plastic Board Drain을 타설 배수거리를 단축 압밀촉진	•연약층을 굴착하고 양질의 매립토 및 암버력으로 치환
특 징	•침하량에 비례한 여성토량 증가 시공법으로 매우 간단 •경제성 측면에 양호 •연약 층후가 두터운 경우 곤란하며, 연약지반 처리 기간내에 적용	•재료수급 및 배수효과 일정 •경제성 양호 •설치 후 측압, 압밀의 영향으로 Drain Board투수 기능저하 •치환에 따른 강도증가가 없음 •재료강도저하로 피복재파열	•개량효과가 확실하며, 토공 공급이 원할한 경우 유리 •경제성 측면에 양호 •사토장이 없는 경우 곤란 •연약층에서 굴착장비의 주행성 곤란
구 간	3-1,3-2구간. 4구간(본선)	-	4구간(내포 IC Ramp-B)구간

검토결과	•연약층 상-하부층에 양면배수 조건을 보이는 사질토 및 매립층이 출현하여 연약지반 처리시 압밀침하 기간에 완료하는 Preloading 공법 선정과 본선 토사유용이 가능하고, 개량효과가 가장 확실한 치환공법 적용

3.3.2 연약지반 활동방지 대책공법 검토

구 분	단계쌓기 + P.E.T Mat	단계쌓기 + 모래다짐말뚝(S.C.P)	단계쌓기 + 쇄석말뚝(G.C.P)
개요도			
개 요	• 비탈면활동을 고강도 인장Mat의 인장력에 의해 활동을 방지하는 공법으로 쌓기하중에 따라 Mat의 인장력을 다르게 적용할 수 있음	• 직경400mm의 케이싱을 지중에 압입시켜 원지반내에 직경 700mm의 모래다짐말뚝을 형성시켜 지반을 보강하는 공법	• 직경400mm의 케이싱을 지중에 압입시켜 원지반내에 직경 700mm의 다짐쇄석말뚝을 형성시켜 지반을 보강하는 공법
특 징	• 공정 및 시공성 용이 • 공사비 타공법 대비 저렴 • 연약층심도가 깊지 않고 쌓기고가 낮은 경우 적용성 우수	• 압밀시간 단축 및 침하량 저감 • 지반활동저항에 대한 신뢰도 양호 • 시공실적이 많음	• 압밀시간 및 압밀침하량 저감 • ø40mm 이하의 쇄석 사용으로 활동방지 효과가 양호 • 사용골재의 구입 용이
구 간	3-1,3-2구간. 4구간(본선)	-	-

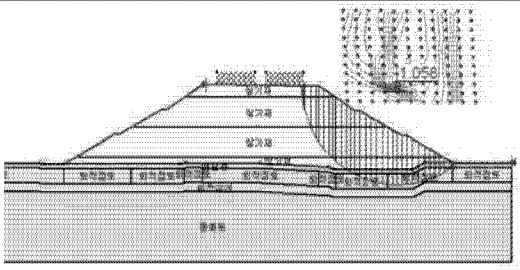
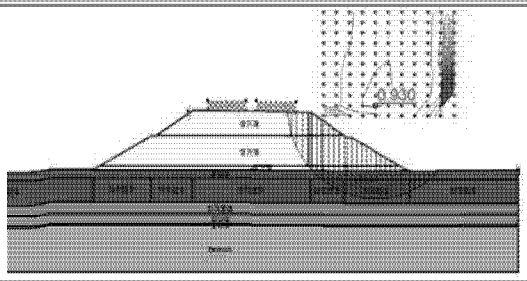
검토결과	•연약지반 비탈면활동에 대한 대책공법이 요구되는 구간에 대해 시공이 용이하고, 공사비가 타공법에 저렴한 고강도 P.E.T Mat와 단계쌓기 병행

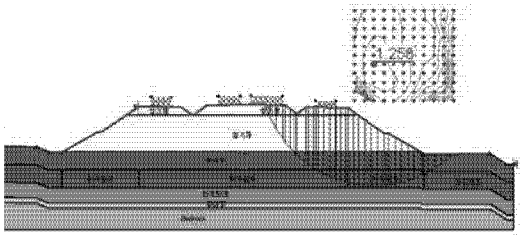
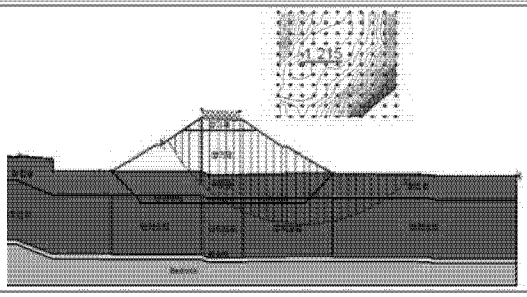
3.3.3 연약지반 활동파괴에 대한안정성 검토

◎ 일시 쌓기 검토개요

- 연약 지반상에 흙쌓기가 이루어질 경우, 쌓기 하중으로 인한 연약지반내 전단파괴가 유발될 수 있으며 이는 원호활동으로 가정한 한계평형해석을 수행함으로써 그 가능성을 평가할 수 있다.
- 따라서, 지반조사 등을 통하여 평가된 연약지반 강도 특성을 토대로 쌓기 비탈면의 안정성을 검토하고 그 결과에 따라 계획 쌓기고를 형성하기 위한 보강계획 또는 단계별 쌓기 설계를 수행 한다. 현장조사 및 시험성과로부터 산정된 지반정수를 이용하여 쌓기 비탈면에 대한 안정성 검토를 수행

◎ 일시 쌓기 비탈면 안정검토

3-1구간 STA. 23+180	3-2구간 STA.28+120
	
Fs = 1.06 〈 1.3 ⇒ N.G	Fs = 0.93 〈 1.3 ⇒ N.G

4구간 본선 STA.32+560	4구간 내포IC R-B STA.0+140
	
Fs = 1.26 〈 1.3 ⇒ N.G	Fs = 1.22 〈 1.3 ⇒ N.G

◎ 일시 쌓기시 비탈면안정 해석 결과

구 간	대표단면 (STA.)	쌓기고 (m)	연약층두께(m)	해석안전율	기준안전율	판 정
3-1구간	23+180	15.6	3.0	1.06	1.3	N.G
3-2구간	28+120	11.6	4.8	0.93	1.3	N.G
4구간(본선)	32+560	9.5	3.5	1.26	1.3	N.G
4구간(R-B)	0+140	10.3	11.1	1.22	1.3	N.G

검토결과

- 일시 쌓기시 비탈면 안정해석 결과 안정성 확보 불가
- 대책방안으로 치환공법 또는 단계쌓기 및 압밀기간 검토

3.3.4 연약지반 한계 쌓기 검토

•연약지반상에 과대 흙쌓기 하중을 급속히 재하하면 지반은 활동을 일으켜 여러 가지 형태의 파괴로 나타나 일반적으로 연약층이 깊은 경우는 단계 흙쌓기 검토에 의해 연약지반상의 흙쌓기체 안정성 검토

◎ 지반의 강도증가율 산정

•흙 쌓기하중에 의해 증가된 점착력을 적용

•점착력 증가 식 : $C = C_0 + c/p \times \Delta P \times U$

여기서, C : 증가된 점착력, C_0 : 초기 점착력

c/p : 점착력/선행압밀하중 = 강도증가율, ΔP : 증가된 유효응력 U : 압밀도

▮ 물성시험을 이용한 실험값에 의한 방법

•소성지수와 액성한계를 이용한 방법으로 산정식은 다음과 같음

$S_u/P = 0.11 + 0.0037PI$ (단, PI > 10) (Skempton과 Henkel식) 여기서, PI : 소성지수(%),

$S_u/P = 0.45LL$ (단, LL > 40) (Hansbo식) 여기서, LL : 액성한계

▮ 깊이에 따른 강도증가 경험식으로부터 Su/P를 구하는 방법

•건설부 제정 항만설계기준(1971)에 수록된 내용을 바탕으로 깊이에 따른 강도증가 경험식으로부터 S_u/P를 구하는 방법은 다음과 같음 :

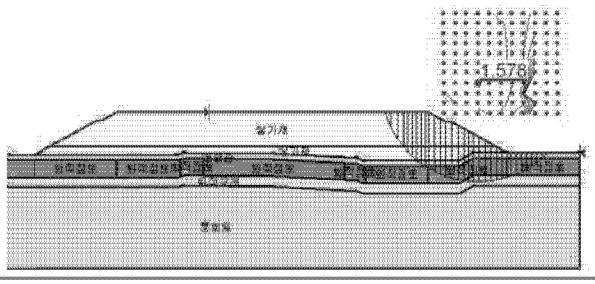
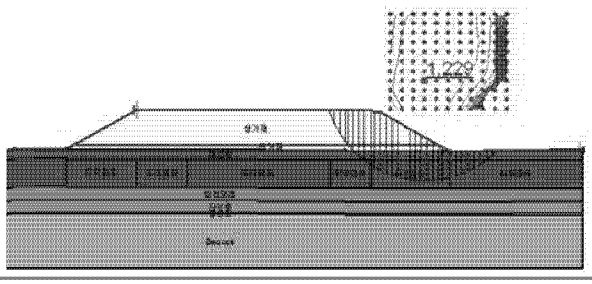
$S_u = S_0 + KZ$ 여기서, S_0 : 지표면에 있어서의 S_u값(kPa) K : 깊이에 대한 S_u의 증가율(kPa)

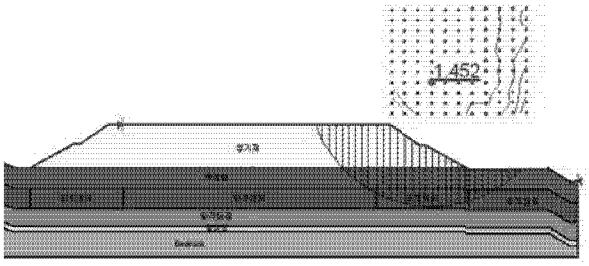
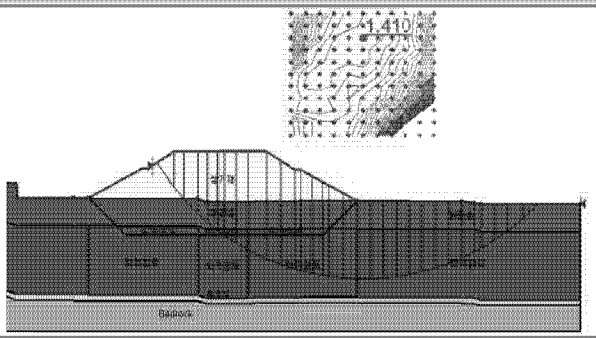
Z : 지표면으로 부터의 깊이(m)

◎ 지반의 강도증가율 산정 결과

•물성시험을 이용한 실험값에 의한 강도산정 적용 결과 지반강도 증가율은 0.24~0.25로 산정

◎ 한계쌓기고 비탈면 안정검토

3-1구간 STA. 23+180	3-2구간 STA.28+120
	
Fs = 1.58 〉 1.2 ⇒ O.K	Fs = 1.23 〉 1.2 ⇒ O.K

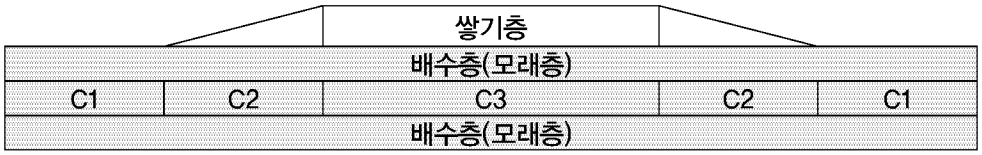
4구간 본선 STA.32+560	4구간 내포IC R-B STA.0+140
	
Fs = 1.45 〉 1.2 ⇒ O.K	Fs = 1.41 〉 1.2 ⇒ O.K

◎ 한계쌓기고 비탈면 안정해석 결과

구 분	γ_t(kN/m^3)	C_u(kPa)	Fs	원호활동 한계 쌓기고(m)	적용 한계 쌓기고(m)
3-1 구간	18	22.0	1.2	7.0	7.0
3-2 구간	18	22.0	1.2	7.0	7.0
4구간(본선)	18	30.0	1.2	8.0	8.0
4구간(Ramp-B)	18	30.0	1.2	8.0	8.0

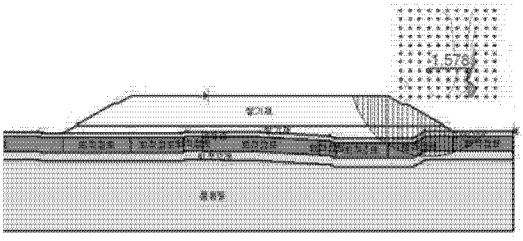
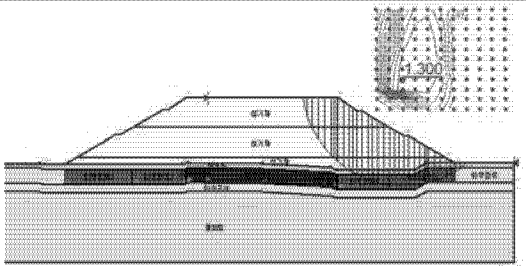
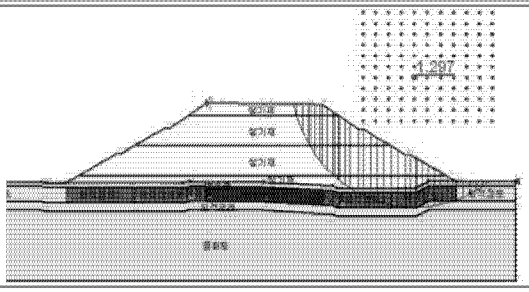
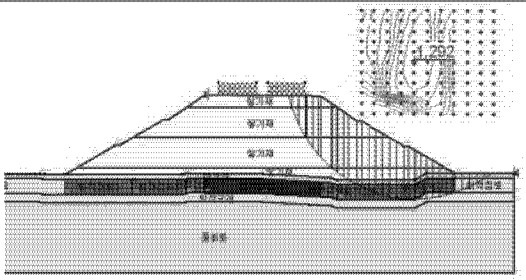
3.3.5 연약지반 단계 쌓기 검토

◎ 단계쌓기시 쌓기위치에 따른 원지반의 강도증가량(△C)

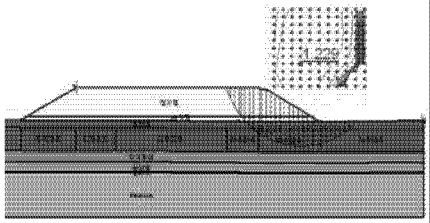
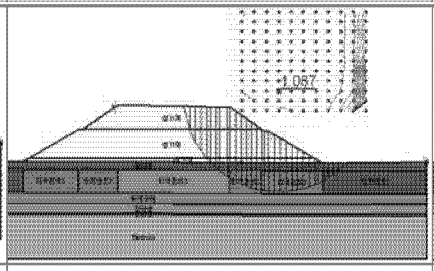
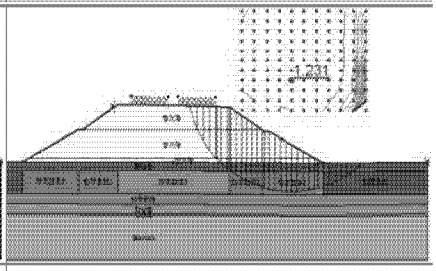


구 간		연약층심도 (m)	쌓기높이 (H/HT)	점 착 력 (kPa) C1	C2	C3	압밀도(%) 단계별	비 고
3-1구간	1단계	3.0	7.0/7.0	22.0	33.3	44.7	90	단계쌓기
	2단계		6.0/13.0	22.0	43.1	64.1	90	
	3단계		2.0/15.0	22.0	47.3	72.58	90	
3-2구간	1단계	3.5~4.8	7.0/7.0	22.0	33.3	44.7	90	단계쌓기
	2단계		4.0/11.0	22.0	40.8	59.6	90	
4구간 (본선)	1단계	3.5~5.4	8.0/8.0	30.0	41.5	53.0	80	단계쌓기
	2단계		1.1/9.1	30.0	43.7	57.3	80	
4구간 (Ramp-B)	1단계	7.1~11.1	8.0/8.0	30.0	43.0	55.9	90	부분치환+ 단계쌓기
	2단계		1.9/9.9	30.0	46.7	63.3	90	

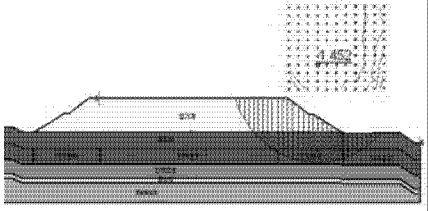
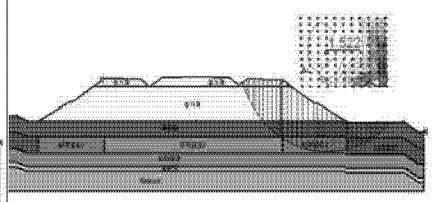
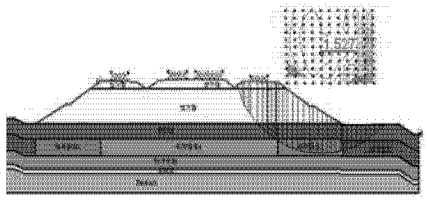
3-1 구간 STA. 23+180

STA. 23+180 (단계쌓기)	
1단계	2단계
	
Fs = 1.578 〉 1.2 ⇒ O.K	Fs = 1.300 〉 1.2 ⇒ O.K
3단계	공용시 (U=90%)
	
Fs = 1.297 〉 1.2 ⇒ O.K	Fs = 1.292 〈 1.3 ⇒ N.G

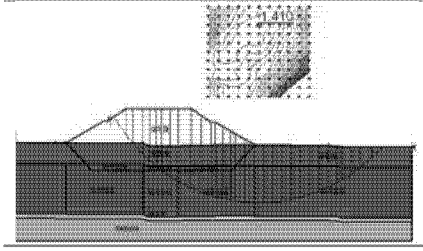
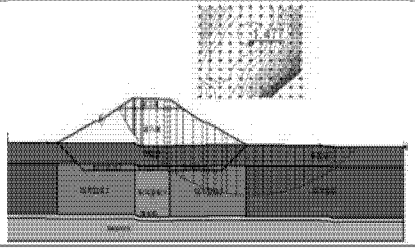
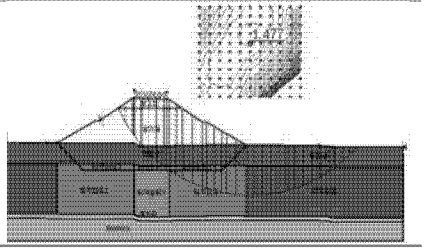
3-2 구간 STA. 28+120

STA. 28+120 (단계쌓기)		
1단계	2단계	공용시 (U=90%)
		
Fs = 1.229 > 1.2 ⇒ O.K	Fs = 1.087 〈 1.2 ⇒ N.G	Fs = 1.231 〈 1.3 ⇒ N.G

4 구간[본선부] STA. 32+560

32+560(단계쌓기)		
1단계	2단계	공용시 (U=80%)
		
Fs = 1.452 〉 1.2 ⇒ O.K	Fs = 1.522 〉 1.2 ⇒ O.K	Fs = 1.512 〉 1.3 ⇒ O.K

■ 4 구간[Ramp-B] STA. 0+140

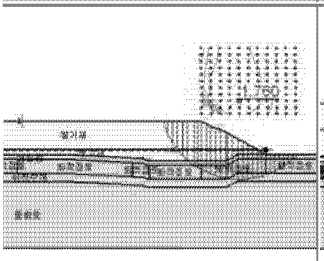
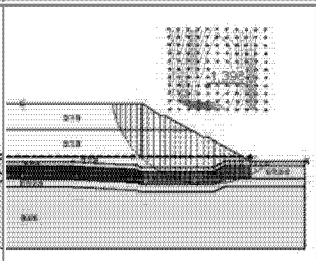
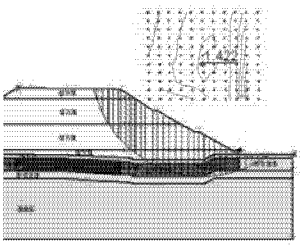
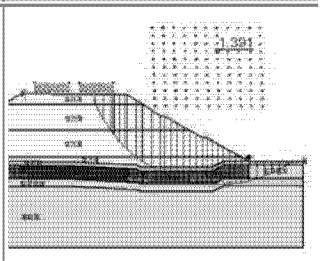
Ramp-B STA. 0+140 (단계쌓기)		
1단계	2단계	공용시 (U=90%)
		
Fs = 1.410 > 1.2 ⇒ O.K	Fs = 1.477 > 1.2 ⇒ O.K	Fs = 1.477 > 1.3 ⇒ O.K

○ 단계쌓기 + PET Mat 검토 결과 [3-1, 3-2 구간]

•단계쌓기에 의한 원지반의 전단강도 증가만으로는 전체 쌓기고에 만족하지 못하므로 고강도 토목섬유 매트(P.E.T Mat)를 포설하고 단계쌓기를 실시하여 지지력 및 사면활동방지효과를 얻을 수 있도록 계획
•Mat의 인장강도는 아래와 같으며, 재료 인장강도의 50%만 고려
3-1, 3-2 구간 : 20tf/m×1매

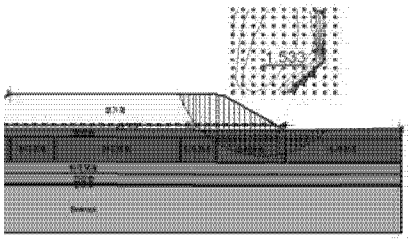
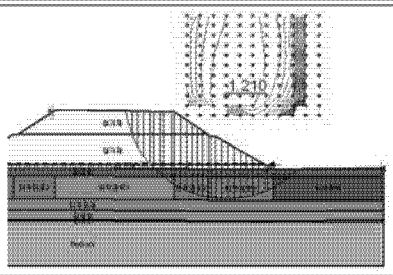
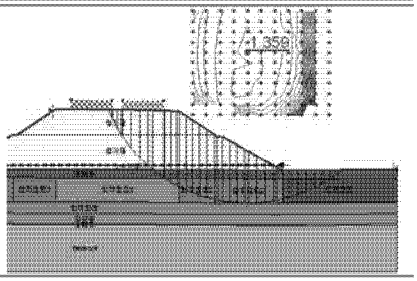
■ 3-1 구간 단계쌓기 + P.E.T Mat 적용

구 분	쌓기단계	쌓기고(m)	누계 쌓기고(m)	압밀도(%)	안전율(Fs)	비 고
3-1구간 [단계쌓기+ PET MAT]	1단계	7.0	7.0	90	1.760	O.K
	2단계	6.0	13.0	90	1.398	O.K
	3단계	2.0	15.0	90	1.422	O.K
	공용후	0.6	15.6	90	1.391	O.K

3-1 구간 STA. 23+180 (PET Mat 적용시)			
1단계	2단계	3단계	공용시(U=90%)
			
Fs=1.760 〉 1.2 ⇒ O.K	Fs=1.398 〉 1.2 ⇒ O.K	Fs=1.422 〉 1.2 ⇒ O.K	Fs=1.391 〉 1.3 ⇒ O.K

■ 3-2 구간 단계쌓기 + P.E.T Mat 적용

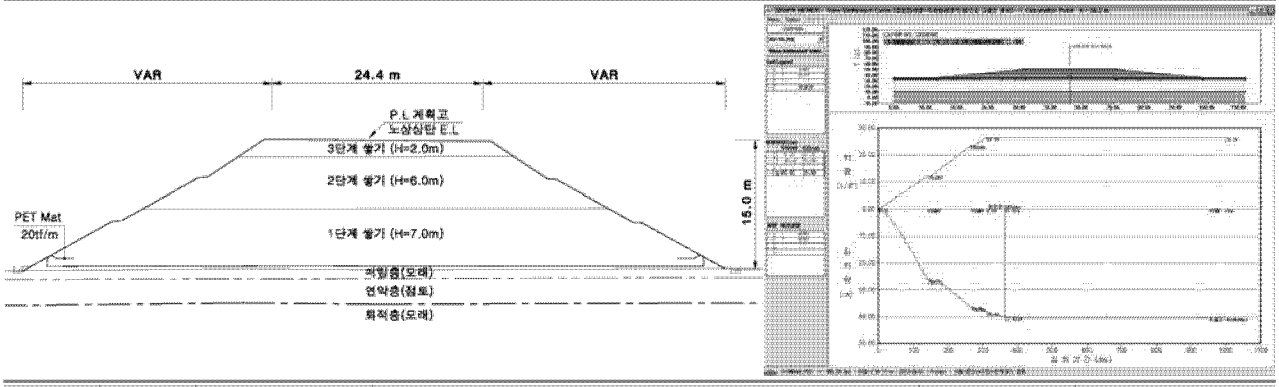
구 분	쌓기단계	쌓기고(m)	누계 쌓기고(m)	압밀도(%)	안전율(Fs)	비 고
3-2구간 [단계쌓기+ PET MAT]	1단계	7.0	7.0	90	1.533	O.K
	2단계	4.0	11.0	90	1.210	O.K
	공용후	0.6	11.6	90	1.359	O.K

3-2 구간 STA. 28+120 (PET Mat 적용시)		
1단계	2단계	공용시(U=90%)
		
Fs = 1.533 〉 1.2 ⇒ O.K	Fs = 1.210 〉 1.2 ⇒ O.K	Fs = 1.359 〉 1.3 ⇒ O.K

3.3.6 구간별 연약지반 처리공법 현황

■ 3-1구간 (STA. 23+060~23+187, L=127m)

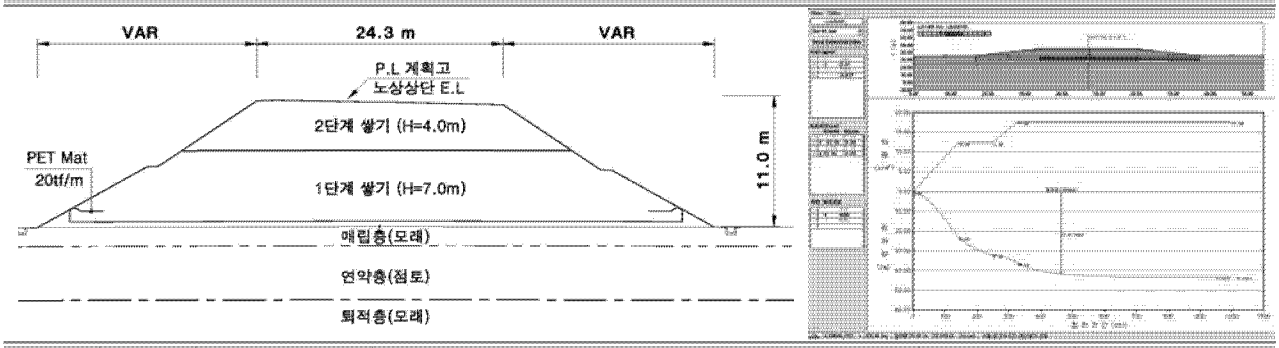
3-1 구간 STA. 23+180



총쌓기	단계 쌓기	쌓기고(m)	재 하 기 간			압 밀 도(%)	압밀침하량(cm)
			쌓기기간(개월)	방치기간(개월)	총계(개월)		
15.6	1 단계	7.0	4.7/2.35	0.1	4.8	90	26.31
	2 단계	6.0	4.0/2.0	0.3	4.3	90	8.49
	3 단계	2.0	1.3/0.65	1.7	3.0	90	2.07
계		15.0	10.0/5.0	3.7	12.1		36.86
잔류침하량		총침하량(43.01) - 단계침하량(36.86) = 6.2cm ∴ O.K					
연약지반개량		프리로딩 공법 + PET MAT (20t/m) 적용					
비 고		쌓기기간의 1/2은 압밀기간으로 적용					

3-2구간 (STA. 27+790~28+134, L=344m)

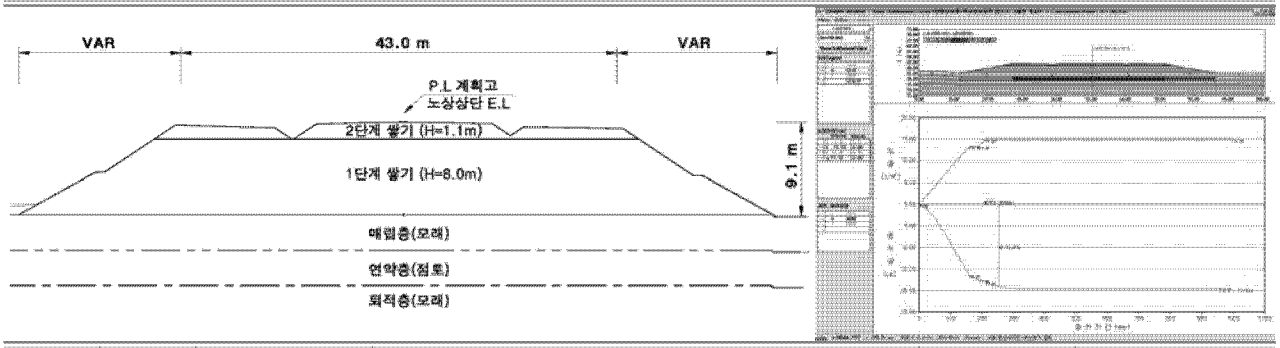
3-2 구간 STA. 28+120



총쌓기	단계 쌓기	쌓기고(m)	재 하 기 간 쌓기기간(개월)	재 하 기 간 방치기간(개월)	재 하 기 간 총계(개월)	압 밀 도(%)	압밀침하량(cm)
11.6	1 단계	7.0	4.7/2.35	3.5	8.2	90	32.11
	2 단계	4.0	2.7/1.35	4.5	7.2	90	8.83
계		11.0	7.4/3.7	8.1	15.5		40.94
잔류침하량		총침하량(49.52) - 단계침하량(40.94) = 8.6cm ∴ O.K					
연약지반개량		프리로딩 공법 + PET MAT (20t/m) 적용					
비 고		쌓기기간의 1/2은 압밀기간으로 적용					

4구간 본선부 (Sta.32+460~32+700, L=240m)

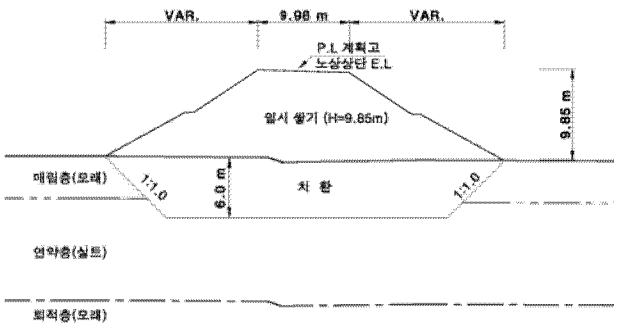
4 구간 본선부 STA. 32+560

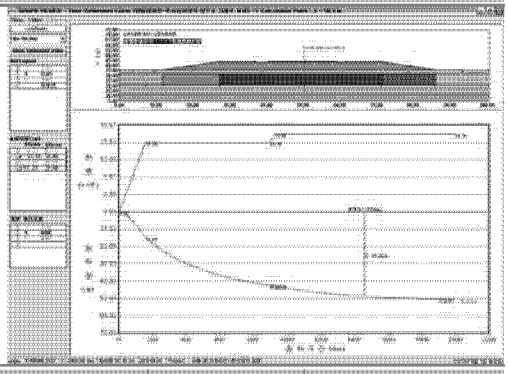


총쌓기	단계 쌓기	쌓기고(m)	재 하 기 간 쌓기기간(개월)	재 하 기 간 방치기간(개월)	재 하 기 간 총계(개월)	압 밀 도(%)	압밀침하량(cm)
9.5	1 단계	8.0	5.3/2.65	1.0	6.3	80	14.69
	2 단계	1.1	0.7/0.35	1.4	2.1	80	2.01
계		9.1	6.0/3.0	2.4	8.4		16.70
잔류침하량		총침하량(22.99) - 단계침하량(16.70) = 6.3 cm ∴ O.K					
연약지반개량		프리로딩 공법 적용					
비 고		쌓기기간의 1/2은 압밀기간으로 적용					

4구간 내포IC Ramp-B (Sta.0+080~0+150)

4 구간 내포IC Ramp-B STA. 0+140





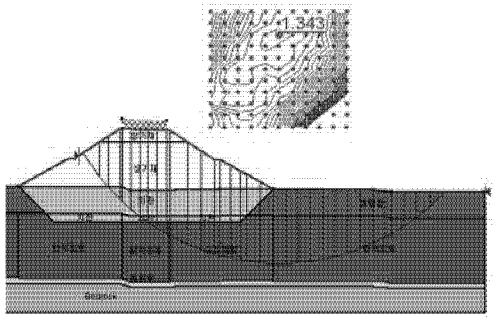
총쌓기	단계 쌓기	쌓기고(m)	재 하 기 간 쌓기기간(개월)	재 하 기 간 방치기간(개월)	재 하 기 간 총계(개월)	압 밀 도(%)	압밀침하량(cm)
10.3	1 단계	8.0	5.3/2.65	23.9	29.2	90%	40.04
	2 단계	1.85	1.2/0.6	27.1	27.1	90%	6.16
	계	9.85	6.5/3.25	49.8	56.3		46.20
잔류침하량		총침하량(56.83) - 단계침하량(46.20) = 11.6cm ∴ N.G					
연약지반개량		프리로딩 공법 적용					
비 고		쌓기기간의 1/2은 압밀기간으로 적용					

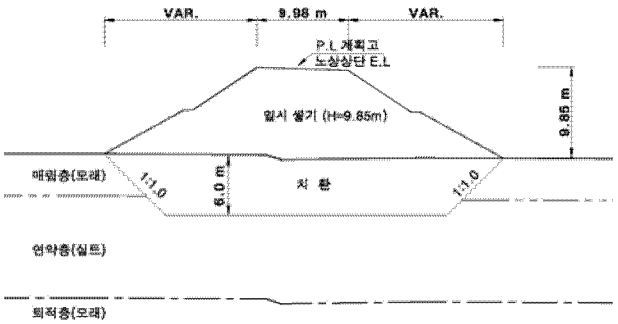
4구간 내포IC Ramp-B 굴착치환 후 프리로딩공법 검토 결과

- 4구간[내포IC Ramp-B] 단계쌓기에 의한 압밀기간 산정결과 목표공기(48개월)를 만족하지 못하므로 (56.3개월) 이에 따른 대책공법 선정
- 본 구간은 내포IC-R-B2교 종점부와 내포IC-R-A교 종점부 사이에 위치해 있으며, 교대부 활동방지 대책공법과 병용하여 시공의 연계성 등을 고려함으로 부분 굴착치환 후 프리로딩공법을 적용

4구간 내포IC Ramp-B 연약지반 처리공법 현황

4 구간 내포IC Ramp-B STA. 0+140 (Sta.0+090~0+150) [치환공법 적용시, D=6.0m]





일시쌓기 비탈면해석 우기시 : Fs = 1.343 > 1.3 ∴안정

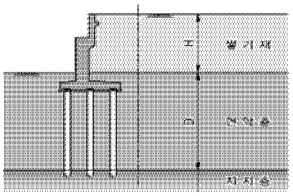
총쌓기	단계 쌓기	쌓기고(m)	재 하 기 간 쌓기기간(개월)	재 하 기 간 방치기간(개월)	재 하 기 간 총계(개월)	압 밀 도(%)	압밀침하량(cm)
10.3	1 단계	9.85	6.6/3.3	16.5	23.1	90%	38.50
	계	9.85	6.6/3.3	16.5	23.1		
잔류침하량		총침하량(47.73) - 단계침하량(38.50) = 9.2cm ∴ O.K					
연약지반개량		연약층 상부 부분 치환 + 프리로딩 공법 적용					
비 고		쌓기기간의 1/2은 압밀기간으로 적용					

3.4 연약지반내 구조물 안정성 검토

3.4.1 연약지반 교대 측방유동 유 - 무 검토

◎ 연약지반상의 교대 측방유동 안정성 검토

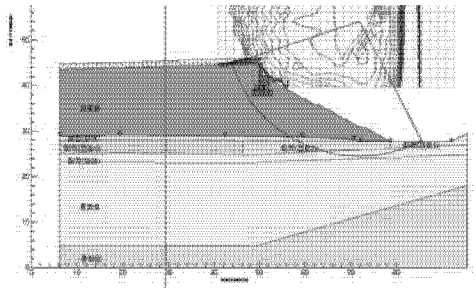
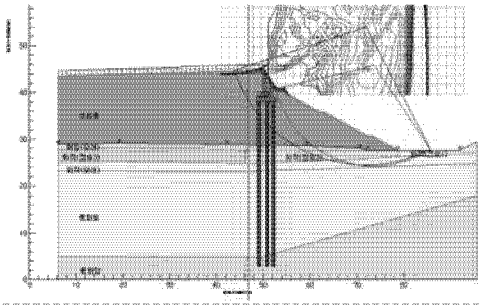
- 측방유동 가능성이 있는 교대부에 대하여 경험적 방법인 측방유동지수(F), 측방유동판정지수(I), 원호활동파괴에 대한 안정성 검토를 우선 수행
- 교대는 비탈면의 안정성 보다는 사면변형에 의한 구조물 기능이 문제될 수 있으므로 안전율 기준을 말뚝효과 미고려시 Fs=1.5, 말뚝효과 고려시 Fs=1.8을 적용함 (국내연구결과 참조, 1994 홍원표)
- 연약지반의 경우 성토로 인한 강도증가를 고려하여 안정성 검토
- 안정성 검토결과 측방유동의 우려가 있는 경우 대책공법을 검토하여 안정성 재검토

판 정 기 준	판정 방법	비 고
측방유동지수(F)에 의한 방법 (일본도로공단)	•판정방법 : $F = c_u/(\gamma \cdot H \cdot D) > 0.04$ •판 정 : 0.027 < 0.04 – 교대의 측방유동 가능성 있음	
측방유동판정지수(I_L)에 의한 판정법 (일본건설성 토목연구소)	•판정방법 : $I_L = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \gamma \cdot H/c_u < 1.2$ •판 정 : 1.04 < 1.2 – 교대의 측방유동 가능성 없음	
활동에 대한 안전율(Fs)에 의한 방법(홍원표, 1991)	•말뚝 미고려시 1.5 이상 : 교대의 측방유동 가능성 없음 •말뚝 고 려 시 1.8 이상 : 교대의 측방유동 가능성 없음	• SLOPILE 결과

◎ 측방유동 판정

공구	교량명	성토고 (m)	전단강도 C_u, kPa	판정지수 F≥0.04	유동지수 IL≤1.2	판정	지층 현황
4공구	금촌3교 A1	16.1	22.0	0.025	0.22	N.G	연약점토층이 3.0m 분포 (평균 N값 3)
	덕은교 A1	11.8	22.0	0.022	0.94	N.G	연약점토층이 4.8m 분포 (평균 N값 3)
	덕은교 A2	13.4	22.0	0.036	0.35	N.G	점토층이 2.5m 분포 (평균 N값 8)
	내포IC R-B1교 A1,A2	10.0	30.0	0.031	0.63	N.G	연약점토층이 7.1m 분포 (평균 N값 3)
	내포IC R-B2교 A1,A2	8.8	30.0	0.022	1.51	N.G	연약점토층이 10.2m 분포 (평균 N값 3)
	내포IC R-A교 A2	10.5	30.0	0.014	2.29	N.G	연약점토층이 11.1m 분포 (평균 N값 3)
	내포IC R-B3교 A1	8.9	30.0	0.021	1.29	N.G	연약점토층이 11.1m 분포 (평균 N값 3)
	대명골천교 A1,A2	0.8	30.0	0.422	0.248	O.K	연약점토층이 8.4m 분포 (평균 N값 3)

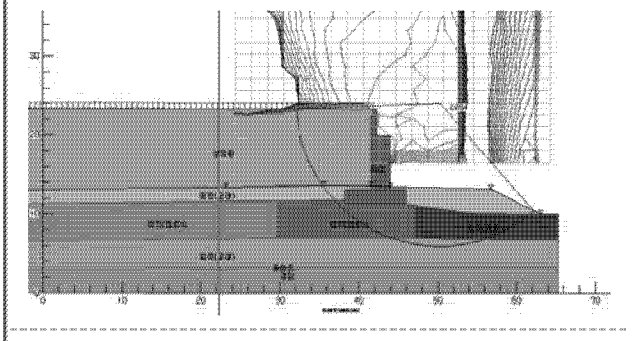
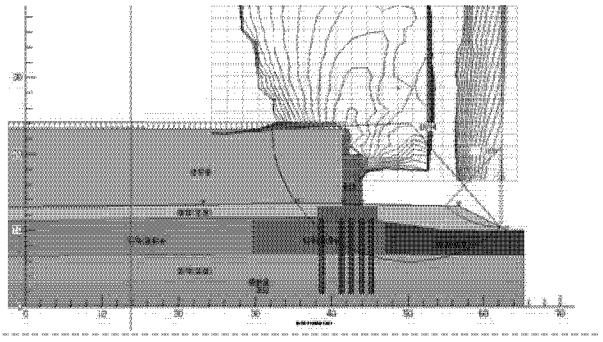
◎금촌3교 A1 (원지반)

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.177 〈 1.5 ∴ N.G	Fs = 1.356 〈 1.8 ∴ N.G

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
금촌 3교 A1	1.177 〈 1.5	1.356 〈 1.8	기준 안전율 이하로 검토

◎덕은교 A1

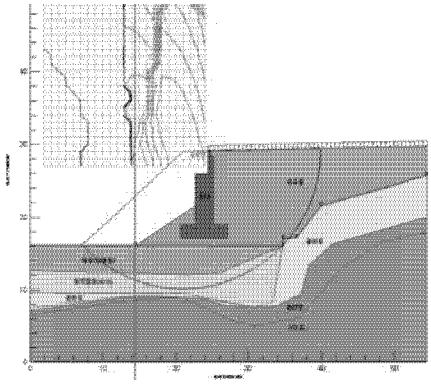
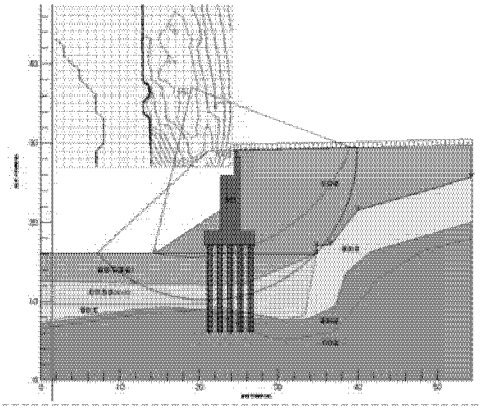
▮ 원지반

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 0.894 〈 1.5 ∴ N.G	Fs = 1.009 〈 1.8 ∴ N.G

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
덕은교 A1	0.894 〈 1.5	1.009 〈 1.8	기준 안전율 이하로 검토

◎ 덕은교 A2

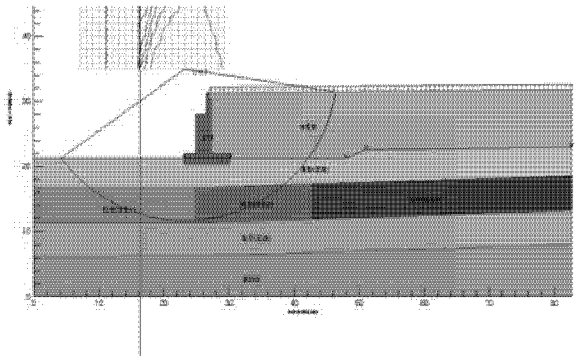
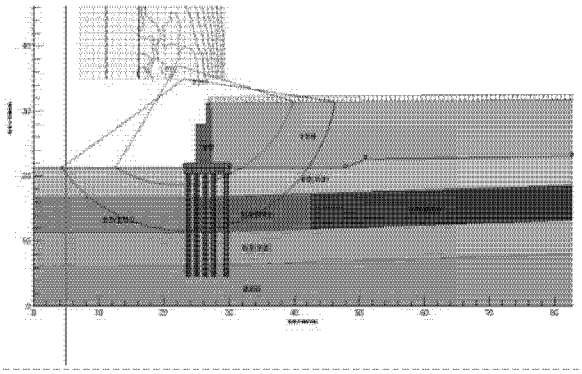
■ 원지반

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 0.83 〈 1.5 ∴ N.G	Fs = 1.69 〈 1.8 ∴ N.G

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
덕은교 A2	0.83 〈 1.5	1.69 〈 1.8	기준 안전율 이하로 검토

◎내포IC R B1교 A1

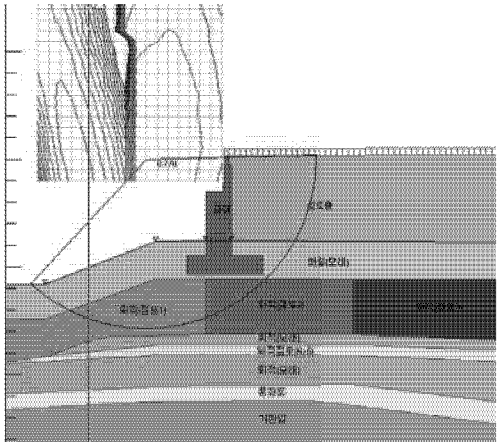
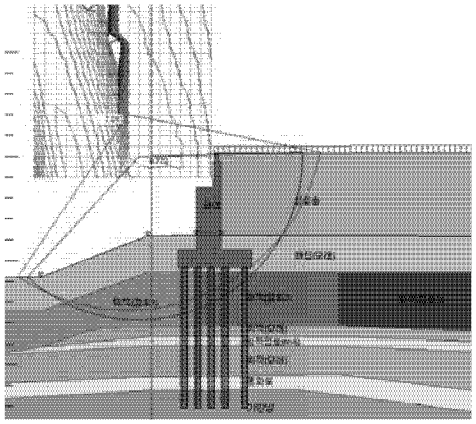
■ 원지반

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 0.917 〈 1.5 ∴ N.G	Fs = 1.557 〈 1.8 ∴ N.G

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
내포IC R B1교 A1	0.917 〈 1.5	1.557 〈 1.8	기준 안전율 이하로 검토

◎내포IC R B1교 A2

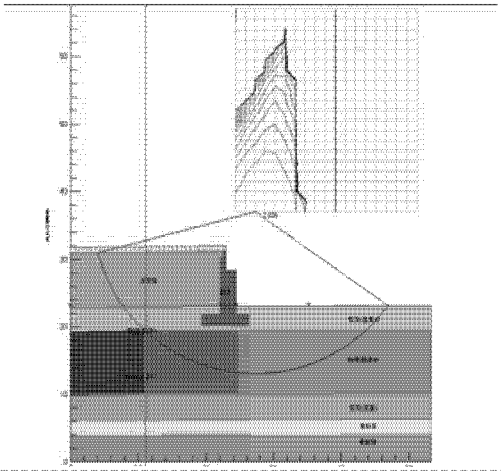
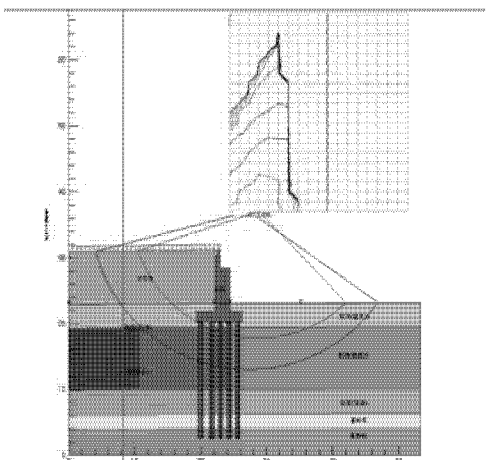
▮ 원지반

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 0.770 〈 1.5 ∴ N.G	Fs = 1.041 〈 1.8 ∴ N.G

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
내포IC R B1교 A2	0.770 〈 1.5	1.041 〈 1.8	기준 안전율 이하로 검토

◎내포IC R B2교 A1

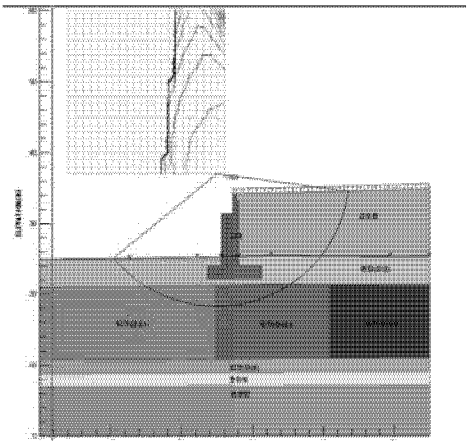
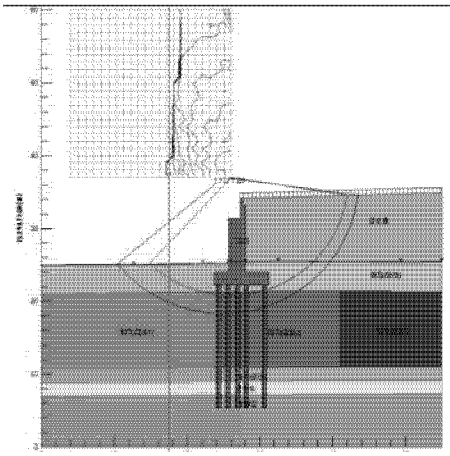
▮ 원지반

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.036 〈 1.5 ∴ N.G	Fs = 1.461 〈 1.8 ∴ N.G

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
내포IC R B2교 A1	1.036 〈 1.5	1.461 〈 1.8	기준 안전율 이하로 검토

◎내포IC R B2교 A2

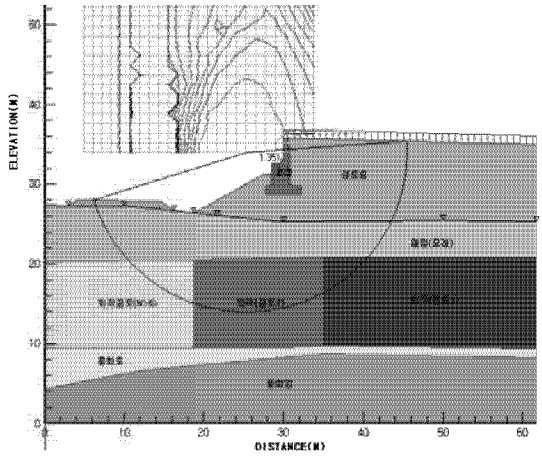
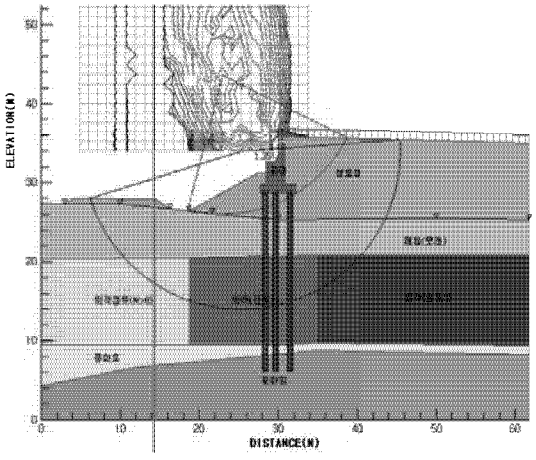
▮ 원지반

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.320 〈 1.5 ∴ N.G	Fs = 1.732 〈 1.8 ∴ N.G

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
내포IC R B2교 A2	1.320 〈 1.5	1.732 〈 1.8	기준 안전율 이하로 검토

◎내포IC R A교 A2

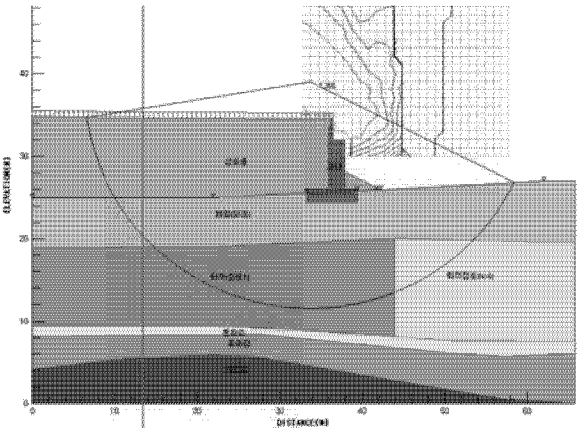
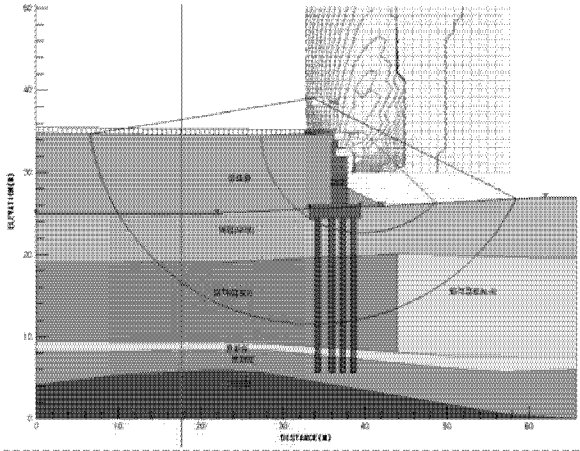
▮ 원지반

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.351 〈 1.5 ∴ N.G	Fs = 2.038 〉 1.8 ∴ O.K

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
내포IC R A교 A2	1.351 〈 1.5	2.038 〉 1.8	기준 안전율 이하로 검토

● 내포IC R B3교 A1

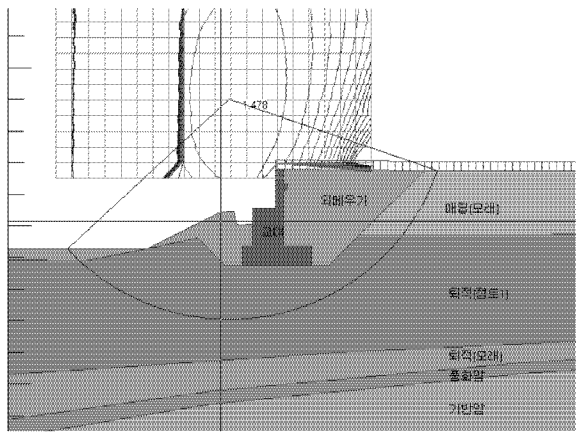
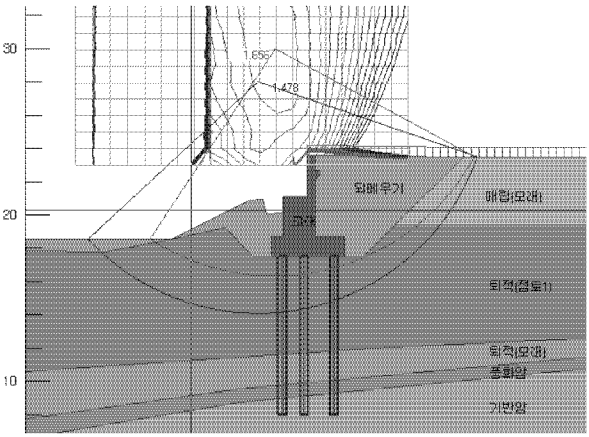
■ 원지반

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.36 〈 1.5 ∴ N.G	Fs = 1.61 〈 1.8 ∴ N.G

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
내포IC R B3교 A1	1.36 〈 1.5	1.61 〈 1.8	기준 안전율 이하로 검토

● 대명골천교 A1

■ 원지반

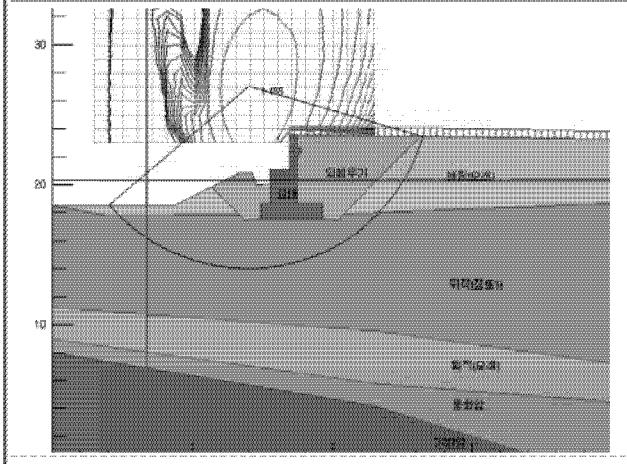
말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.47 〈 1.5 ∴ N.G	Fs = 1.65 〈 1.8 ∴ N.G

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
대명골천교 A1	1.47 〈 1.5	1.65 〈 1.8	기준 안전율 이하로 검토

◎ 대명골천교 A2

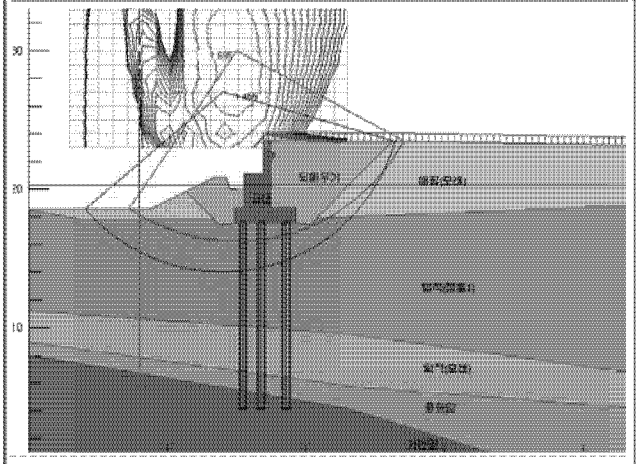
▮ 원지반

말뚝 미고려시



Fs = 1.45 〈 1.5 ∴ N.G

말뚝 고려시



Fs = 1.69 〈 1.8 ∴ N.G

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
대명골천교 A2	1.45 〈 1.5	1.69 〈 1.8	기준 안전율 이하로 검토

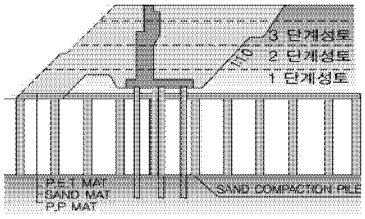
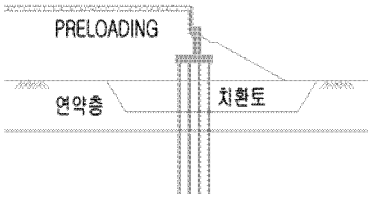
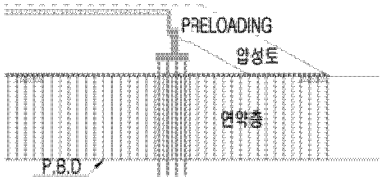
◎ 원지반 측방유동 검토결과

공구	교량명	성토고 (m)	원지반		검토 결과	대책 공법
			말뚝 고려	말뚝 미고려		
4공구	금촌3교 A1	16.1	1.17	1.35	N.G	필요
	덕은교 A1	11.8	0.89	1.00	N.G	필요
	덕은교 A2	13.4	0.83	1.69	N.G	필요
	내포IC R-B1교 A1, 2	10.0	0.91	1.55	N.G	필요
	내포IC R-B2교 A1, 2	8.8	1.03	1.46	N.G	필요
	내포IC R-A교 A2	10.5	2.03	1.35	N.G	필요
	내포IC R-B3교 A1	8.9	1.61	1.36	N.G	필요
	대명골천교 A1	0.7	1.65	1.47	N.G	필요
	대명골천교 A2	0.8	1.69	1.45	N.G	필요

3.4.2 연약지반 측방유동 대책공법 검토

- 측방유동에 대한 원인으로는 쌓기고, 쌓기재료 단위중량, 연약층의 전단강도 및 두께, 구조물의 형식 및 치수, 기초의 형식 및 강성 등을 들 수 있다.
- 측방유동에 대한 대책공법은 이들 요인을 개선시키는 것을 기본적인 접근 방법으로 하며, 위치별로 구분하여 보면 뒤채움 쌓기부, 연약지반부, 교대부, 기초부로 구분할 수 있다.
- 구조물의 측방유동에 영향을 미치는 영향요인은 구조물 위치에 관련된 요인이라 할 수 있으며, 대책공법을 정리하면 다음과 같다.

◎ 측방유동 대책공법 검토

구 분	S.C.P 공법	치환공법	압성토공법
개요도			
개 요	• 활동 저항 효과가 양호한 S.C.P를 교대 전면부에 타설한후 Preloading을 가함으로써 복합지반효과에 의한 활동저항력을 증대시키고 연약지반의 전단강도를 증가시켜 교대의 측방유동을 억제하는 공법	• 연약층의 일부나 전부를 제거하고 양질의 토사로 치환하여 지반을 안정시키고 침하 및 활동을 억제하는 공법	• 편재하중에 의한 측방유동압을 방지하기 위해 교대전면부에 성토를 실시하여 활동에 대한 저항효과 증진시키는 공법
장 점	• 품질관리가 용이 • 압밀 탈수에 수반하여 지반의 강성 증대 • 교대 시공전 지반 측방유동을 허용하여 시공후 측방유동 억제 • 지반이 강화되어 기초의 횡저항력 향상	• 연약층이 얕은 경우 효과적 • 개량 효과가 확실 • 토취장, 사토장, 치환량에 따라 공사비 변동이 큼 • 시공효율이 좋음 • 범용기계로 시공가능함 • 공기가 짧아 시공성 좋음	• 공사비 저렴 • 시공성 양호 • 유지보수 용이 • Pre-loading에 유리 • 부지확보가 어려운 경우 비경제적
단 점	• G.C.P 공사비가 다소 고가임. • 기존구조물과 근접해서 시공할 경우 진동에 의한 영향 큼.	• 근접시공 등에서는 지반의 변위에 유의할 필요가 있음	• 부지확보가 어려운 경우 비경제적 • 유동압이 큰 경우는 효과가 적다.
선 정	◉	◉	-
검토결과	•교대 측방유동이 예상되는 구간의 대책공법 검토 결과 4공구 구간은 사토발생으로 본선토사 유용에 유리한 치환공법 적용하였으며, 치환공법 적용시 경제성측면에서 불리한 구간에 대해서는 SCP 공법 적용		

모래다짐말뚝(S.C.P)공법 검토

- 치환율(a_s)은 원지반을 1.0로 하여 다짐말뚝 체적비로 개량 정도를 나타내는 정수로서, 사질토나 육상 점성토의 개량에는 0.3이하, 해상에서는 0.3~0.8의 범위
- 육상공사에서는 말뚝의 지름을 60~80cm(표준 70cm)로 적용, 말뚝을 정삼각형 및 정사각형으로 배치할 경우 치환율(a_s)는 아래와 같이 계산

정사각형 배치

$$a_s = \frac{A_s}{A} = \frac{A_s}{X^2} \text{ 또는 } \frac{A_s}{x_1 x_2}$$

정삼각형 배치

$$a_s = \frac{A_s}{A} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{A_s}{x^2}$$

a_s : 치환율, x_1, x_2 : 말뚝 사이의 간격 , A_s : 쇄석말뚝 단면적, A : 말뚝 1개가 부담하는 면적(분담면적)

점토에서의 다짐말뚝 개량효과

응력집중효과

말뚝의 응력집중계수(≥1)	점성토의 응력저감계수(≤1)
$\mu_s = \frac{\sigma_s}{\sigma} = \frac{n \cdot A}{n \cdot A_s + A_c} = \frac{n}{1+(n-1) \cdot a_s}$	$\mu_c = \frac{\sigma_c}{\sigma} = \frac{A}{n \cdot A_s + A_c} = \frac{1}{1+(n-1) \cdot a_s}$

여기서, a_s : 치환율(A_s/A)　　n : 응력분담비(σ_s/σ_c = 3)

원지반 치환율과 응력집중효과를 고려한 복합지반 강도

- $\Delta C = C_0 \cdot (1-a_s) \cdot \mu_s$　　$\phi = \tan^{-1}(\mu_s \cdot a_s \cdot \tan\phi_p)$

여기서, n : 응력분담비(=3)　C_0 : 점성토 원지반의 초기점착력　a_s : 치환율(A_s/A)

μ_s : 응력증가계수　　ϕ : 모래의 내부마찰각(=30°)

복합지반 압밀침하량 산정

- 복합지반에서의 압밀침하량은 점성토지반의 응력이 저감되는 영향을 고려하여 침하량을 산정하였다.

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} \times H \times \log\left(\frac{P_0 + \beta \times \Delta P}{P_0}\right)$$

여기서, β : 침하저감계수　(a_s < 0.5일 경우) , $\beta = 1 - a_s$ (a_s > 0.5일 경우)

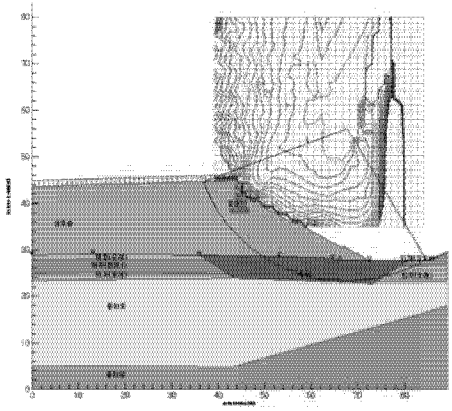
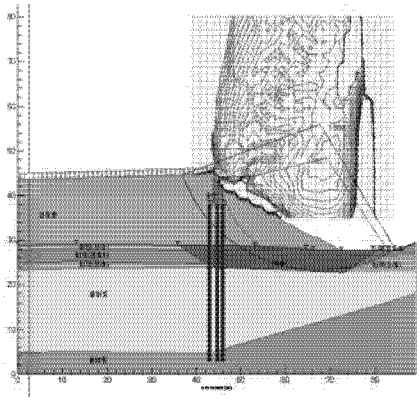
설계입력치 결정

다짐말뚝 직경 (mm)	다짐말뚝 C.T.C (m×m)	응력분담비 (n)	모래말뚝에 의한 치환율(a_s)	복합지반의 마찰각 (°)	복합지반의 추정 N값
ø700	0.8×0.8	3.0	60%	25.3	10

3.4.3 연약지반 측방유동 안정성 검토결과

금촌3교 A1

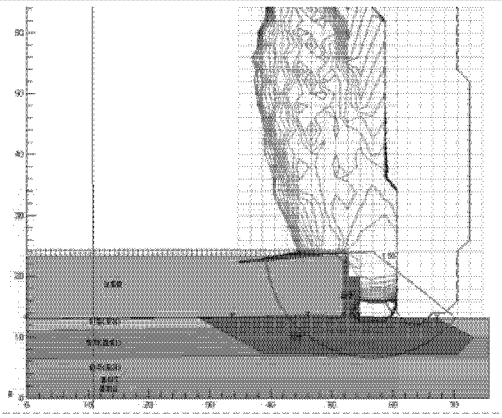
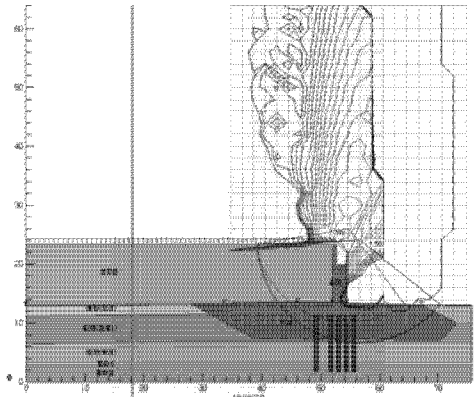
굴착치환

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.509 〉 1.5 ∴ O.K	Fs = 1.801 〉 1.8 ∴ O.K

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
금촌 3교 A1	1.509 〉 1.5	1.801 〉 1.8	교대하부 폭 44.0m / 심도 5.0m 굴착치환 적용 (본선시공보다 먼저 치환)

덕은교 A1

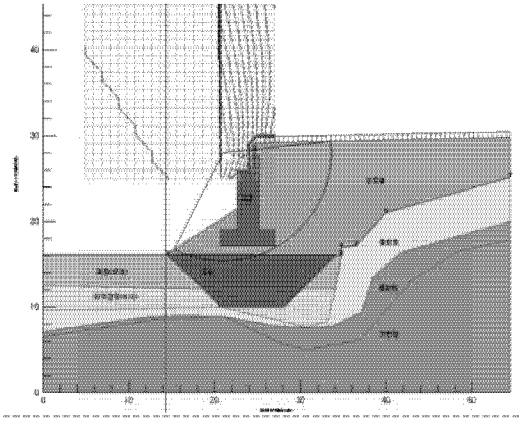
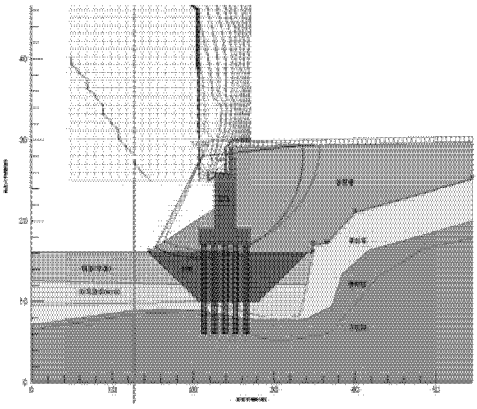
굴착치환

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.504 〉 1.5 ∴ O.K	Fs = 2.020 〉 1.8 ∴ O.K

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
덕은교 A1	1.504 〉 1.5	2.020 〉 1.8	교대하부 폭 45.0m / 심도 6.0m 굴착치환 적용 (본선시공보다 먼저 치환)

덕은교 A2 (치환)

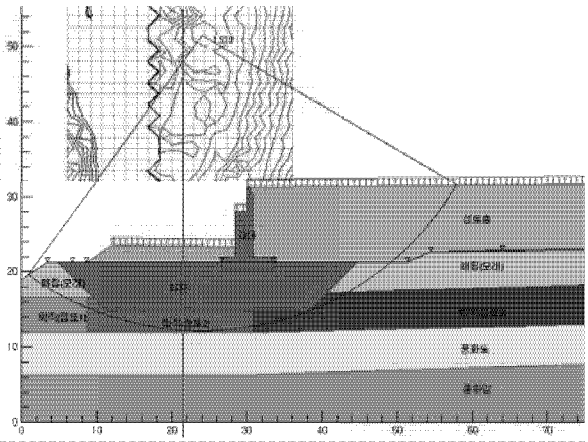
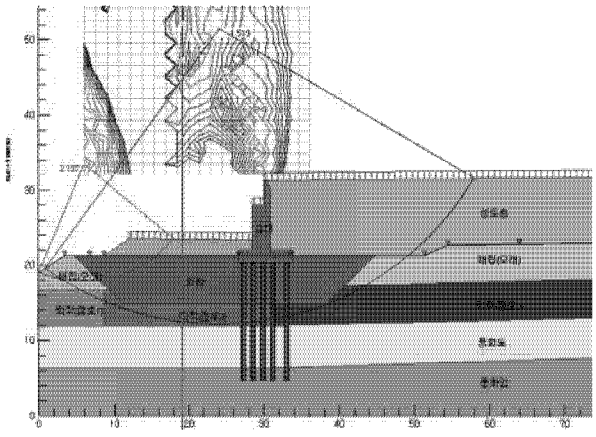
굴착치환

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.54 〉 1.5 ∴ O.K	Fs = 1.83 〉 1.8 ∴ O.K

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
덕은교 A2	1.54 〉 1.5	1.83 〉 1.8	교대하부 폭 40.0m / 심도 6.5m 굴착치환 적용 (본선시공보다 먼저 치환)

내포IC R B1교 A1

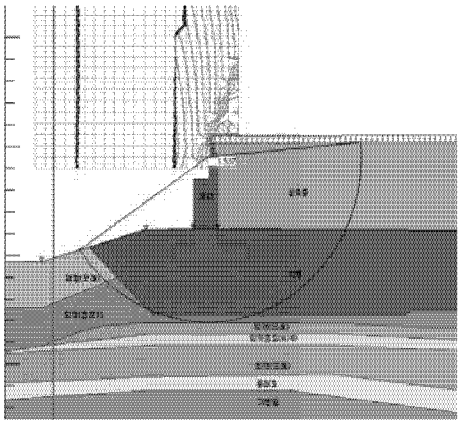
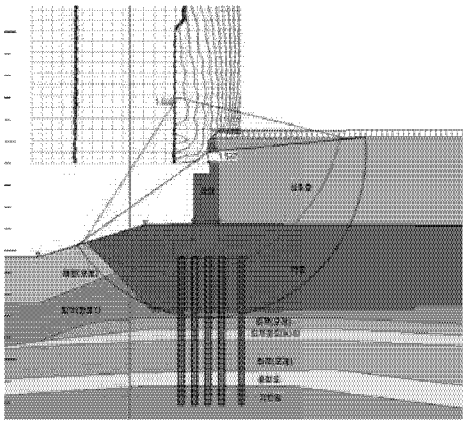
굴착치환

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.519 〉 1.5 ∴ O.K	Fs = 2.197 〉 1.8 ∴ O.K

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
내포IC R B1교 A1	1.519 〉 1.5	2.197 〉 1.8	교대하부 폭 40.0m / 심도 6.5m 굴착치환 적용 (본선시공보다 먼저 치환)

내포IC R B1교 A2

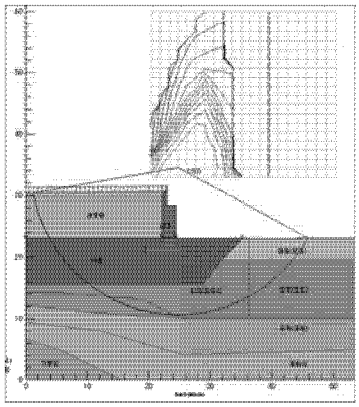
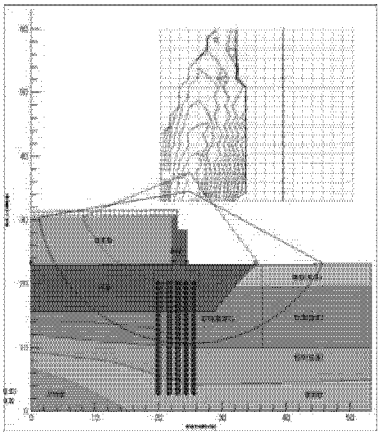
굴착치환

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.537 〉 1.5 ∴ O.K	Fs = 1.838 〉 1.8 ∴ O.K

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
내포IC R B1교 A2	1.537 〉 1.5	1.838 〉 1.8	교대하부 폭 28.0m / 심도 8.0m 굴착치환 적용 (본선시공보다 먼저 치환)

내포IC R B2교 A1

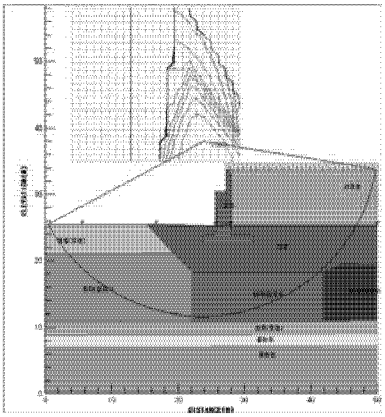
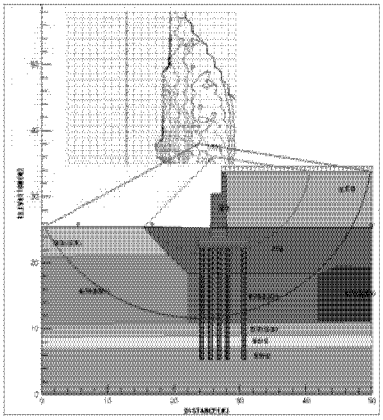
굴착치환

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.503 〉 1.5 ∴ O.K	Fs = 2.227 〉 1.8 ∴ O.K

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
내포IC R B2교 A1	1.503 〉 1.5	2.227 〉 1.8	교대하부 폭 29.0m / 심도 7.5m 굴착치환 적용 (본선시공보다 먼저 치환)

내포IC R B2교 A2

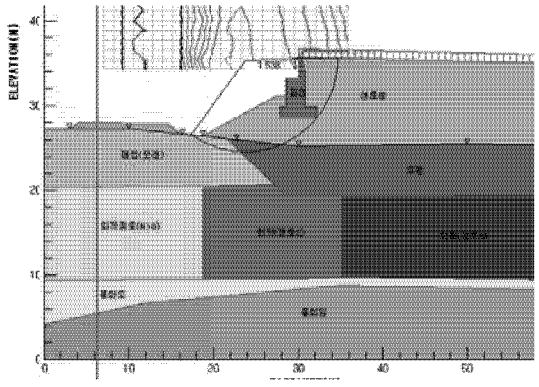
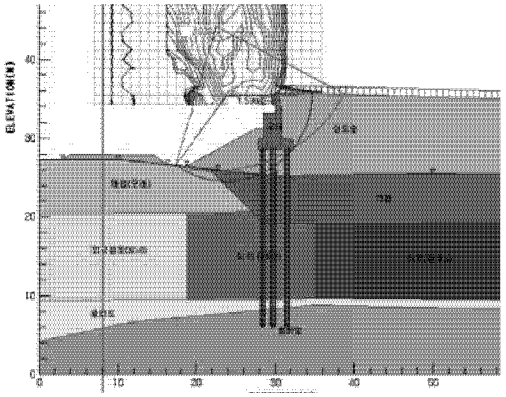
굴착치환

말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.533 〉 1.5 ∴ O.K	Fs = 2.214 〉 1.8 ∴ O.K

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
내포IC R B2교 A2	1.533 〉 1.5	2.214 〉 1.8	교대하부 폭 34.0m / 심도 7.0m 굴착치환 적용 (본선시공보다 먼저 치환후 프리로딩 적용)

내포IC R A교 A2

굴착치환

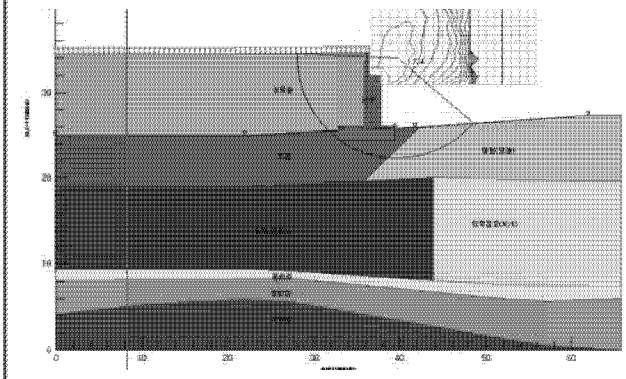
말뚝 미고려시	말뚝 고려시
	
Fs = 1.538 〉 1.5 ∴ O.K	Fs = 2.038 〉 1.8 ∴ O.K

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
내포IC R A교 A2	1.538 〉 1.5	2.038 〉 1.8	교대하부 폭 35.5m / 심도 6.0m 굴착치환 적용 (본선시공보다 먼저 치환후 프리로딩 적용)

내포IC R B3교 A1

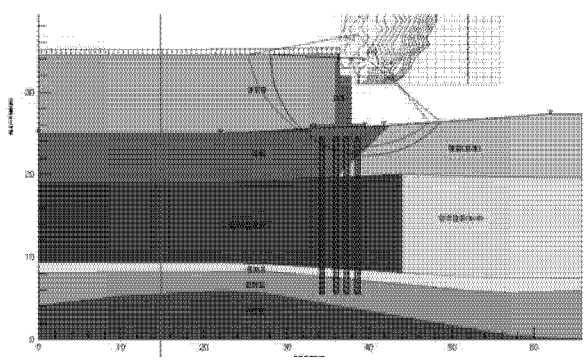
굴착치환

말뚝 미고려시



Fs = 1.72 〉 1.5 ∴ O.K

말뚝 고려시



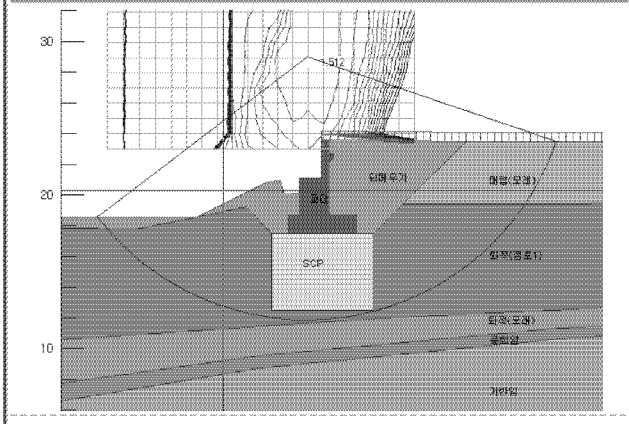
Fs = 1.91 〉 1.8 ∴ O.K

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
내포IC R B3교 A1	1.724 〉 1.5	1.910 〉 1.8	교대하부 폭 35.5m / 심도 6.0m 굴착치환 적용 (본선시공보다 먼저 치환후 프리로딩 적용)

대명골천교 A1

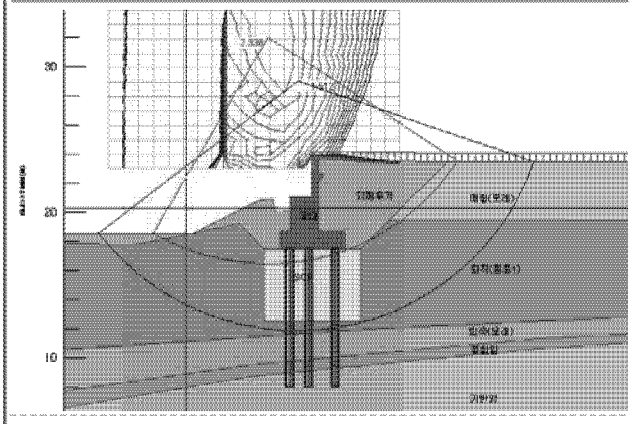
SCP 공법

말뚝 미고려시



Fs = 1.51 〉 1.5 ∴ O.K

말뚝 고려시



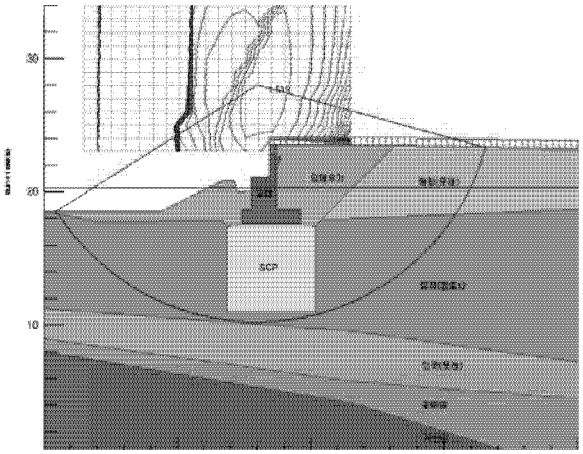
Fs = 2.33 〉 1.8 ∴ O.K

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
대명골천교 A1	1.51 〉 1.5	2.33 〉 1.8	SCP 타설을 위한 1차 터파기후 기초시공시 2차 터파기 (SCP 전체심도:7.5m) (말뚝두부하 SCP 심도:6.5m)

대명골천교 A2

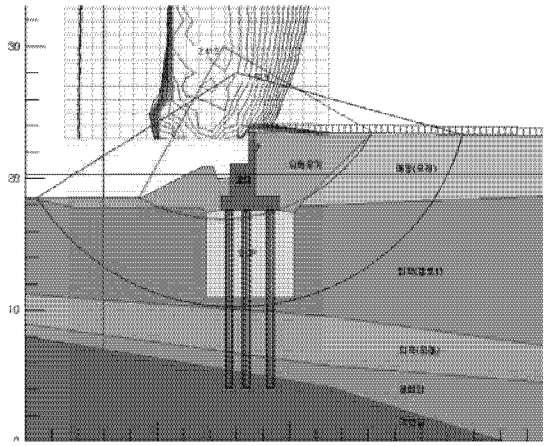
SCP 공법

말뚝 미고려시



Fs = 1.51 〉 1.5 ∴ O.K

말뚝 고려시



Fs = 2.41 〉 1.8 ∴ O.K

검 토 위 치	검토결과		비 고
	말뚝 미고려시	말뚝 고려시	
대명골천교 A2	1.51 〉 1.5	2.41 〉 1.8	SCP 타설을 위한 1차 터파기후 기초시공시 2차 터파기 (SCP 전체심도:7.5m) (말뚝두부하 SCP 심도:6.5m)

측방 유동 검토 결과

공구	교량명	성토고 (m)	원지반		대책공법		검토 결과	대책 공법
			말뚝 고려	말뚝 미고려	말뚝 고려	말뚝 미고려		
4공구	금촌3교 A1	16.1	1.17	1.35	1.80	1.51	O.K	치환공법
	덕은교 A1	11.8	0.89	1.00	2.02	1.50	O.K	치환공법
	덕은교 A2	13.4	1.69	0.83	1.83	1.54	O.K	치환공법
	내포IC R-B1교 A1, 2	10.0	0.91	1.55	2.39	1.51	O.K	치환공법
	내포IC R-B2교 A1, 2	8.8	1.03	1.46	2.27	1.50	O.K	치환공법
	내포IC R-A교 A2	10.5	2.02	1.35	2.03	1.53	O.K	치환공법
	내포IC R-B3교 A1	8.9	1.61	1.36	1.91	1.72	O.K	치환공법
	대명골천교 A1	0.7	1.65	1.47	2.33	1.51	O.K	SCP공법
	대명골천교 A2	0.8	1.69	1.45	2.41	1.51	O.K	SCP공법

3.4.4 장비의 Trafficability 검토

•굴착치환시 치환심도가 두꺼운 경우 또는 대형장비의 경우 지지력 또는 전단강도의 부족으로 전단파괴가 발생할 수 있으므로 장비의 Trafficability 확보 여부를 검토함

Dozer(대형)장비의 Trafficability 검토

$$q_a = \frac{1}{F_s} \cdot C \cdot N_c$$

($q_a > P$ 이면 O.K)

여기서, qa : 허용지지력(kPa) C : 연약지반 점착력(kPa)
N_c : ø=0의 지지력 계수(5.3)
P : 장비의 설계 접지압 (Dozer(대형) : 45kPa
SCP 장비 : 52.9kPa
Fs : 단기하중개념으로 1.5를 적용

구 분	1회 쌓기고(m)	점착력(kPa)	허용 지지력(kPa)	장비 접지압(kPa)	판 정	비 고
원 지 반	-	30.0	106.0	45	O.K	

※ 허용지지력(q_a) 〉 45.0kPa (장비의 설계접지압)

SCP 장비의 Trafficability 검토

구 분	1회 쌓기고(m)	점착력(kPa)	허용 지지력(kPa)	장비 접지압(kPa)	판 정	비 고
원 지 반	-	30.0	106.0	52.9	O.K	

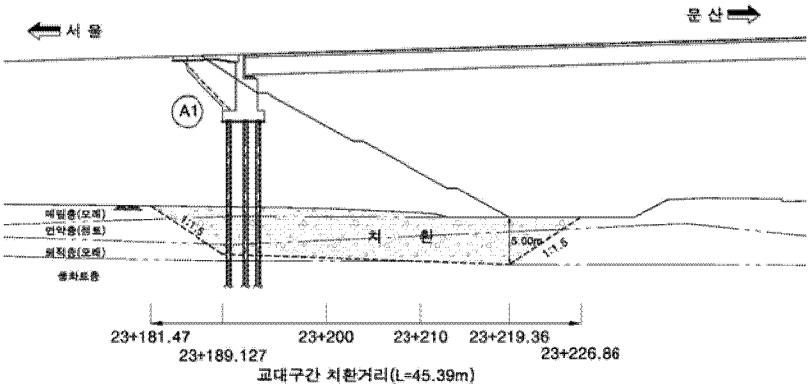
※ 본 구간은 터파기 후 SCP 타설을 시행하므로 점토층 상부 3.0~4.3m 까지 터파기를 실시하는 것으로 계획함.

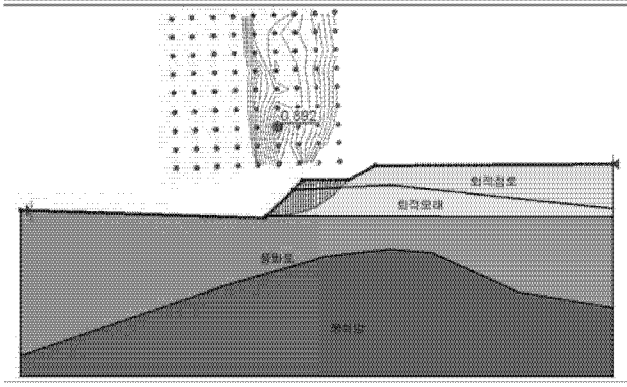
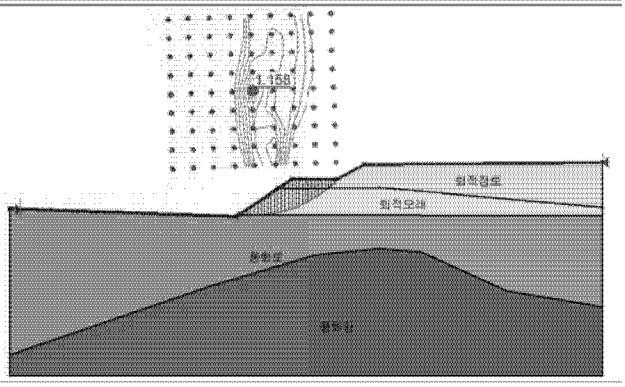
3.4.5 연약지반상 터파기 안정성 검토

•본 구간 연약지반 분포지역에 위치한 연약지반상 교량구간(금촌3교 A1, 덕은교 A1, 내포IC R B1교 A1, 내포IC R B2교 A1, A2, 내포IC R A교 A2) 하부 연약지반 치환을 위한 터파기시 발생되는 임시비탈면에 대한 안정성 검토를 실시

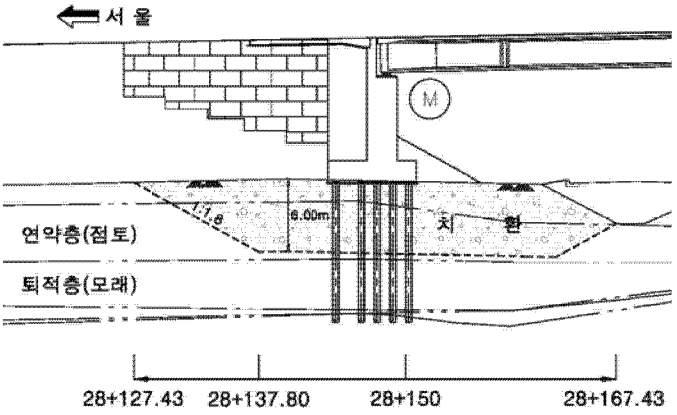
금촌3교 A1

종 단 면 도

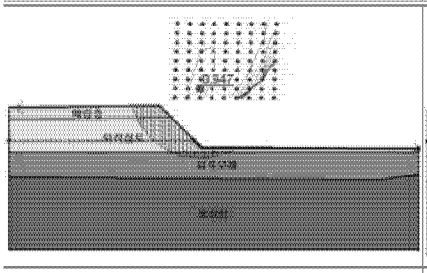
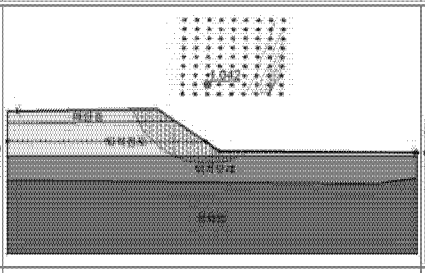
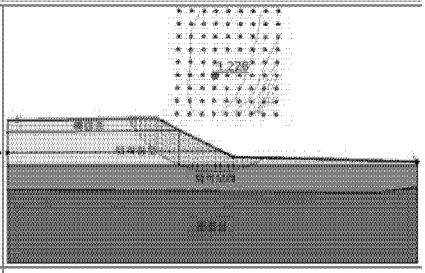


임 시 비 탈 면 안정해석 결과	
경사 1:1.0 적용시	경사 1:1.5 적용시
	
Fs = 0.892 〈 1.1 ∴ N.G	Fs = 1.158 〉 1.1 ∴ O.K

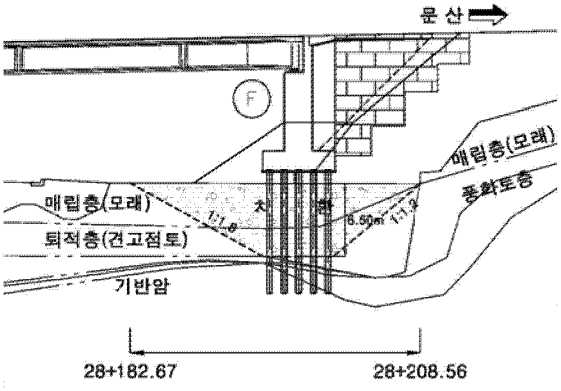
◎ 덕은교 A1

종 단 면 도


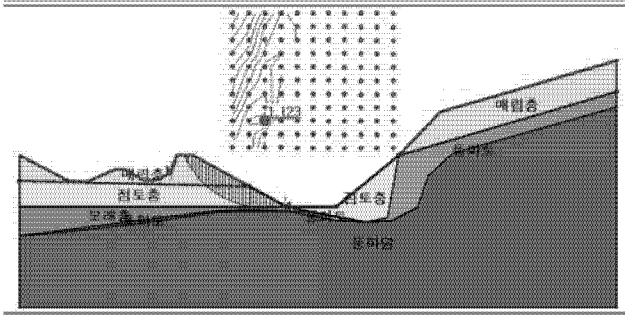
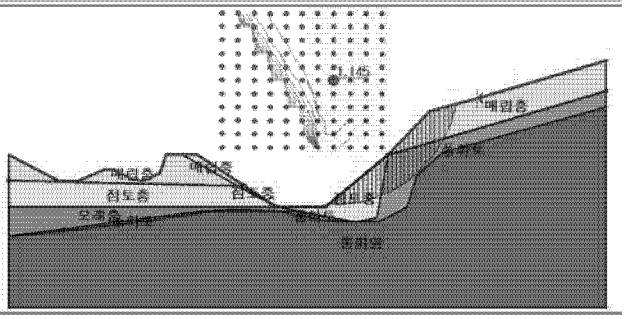
교대구간 치환거리(L=40.00m)

임 시 비 탈 면 안정해석 결과		
경사 1:1.0 적용시	경사 1:1.5 적용시	경사 1:1.8 적용시
		
Fs = 0.947 〈 1.1 ∴ N.G	Fs = 1.042 〈 1.1 ∴ N.G	Fs = 1.226 〉 1.1 ∴ O.K

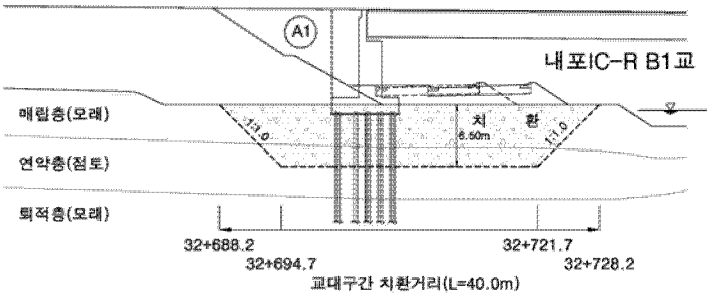
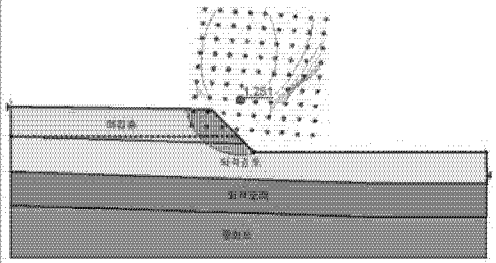
덕은교 A2

종 단 면 도


교대구간 치환거리(L=25.89m)

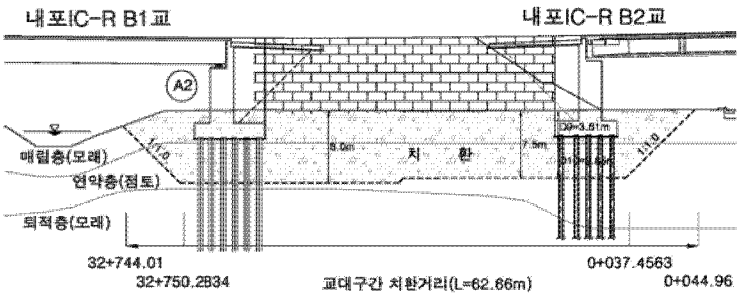
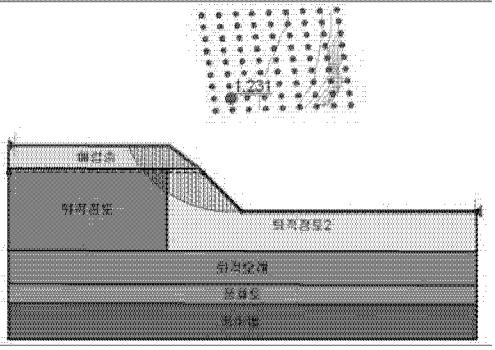
임 시 비 탈 면 안정해석 결과	
교대전면 경사 1:1.8 적용시	교대배면 경사 1:1.2 적용시
	
Fs = 1.123 〉 1.1 ∴ O.K	Fs = 1.145 〉 1.1 ∴ O.K

내포IC R B1교 A1

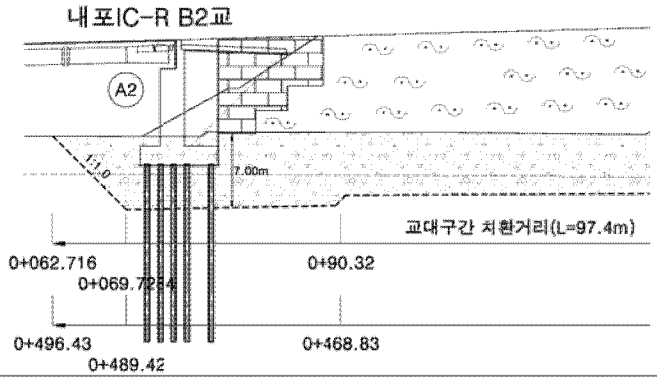
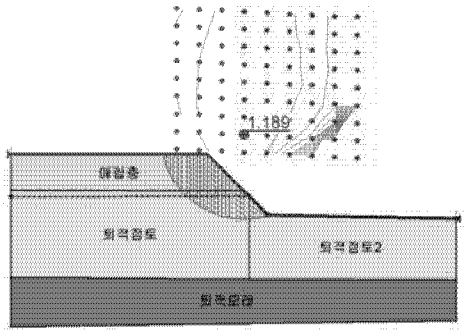
종 단 면 도	임 시 비 탈 면 안정해석 결과
	
경사 1:1.0 적용시	Fs = 1.251 〉 1.1 ∴ O.K

교대구간 치환거리(L=40.0m)

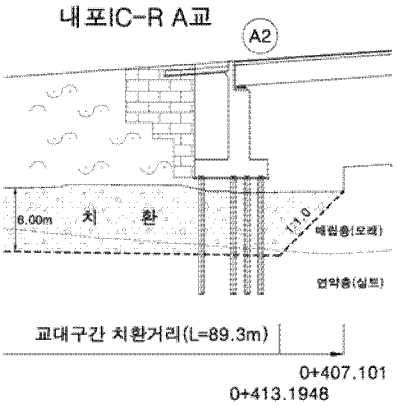
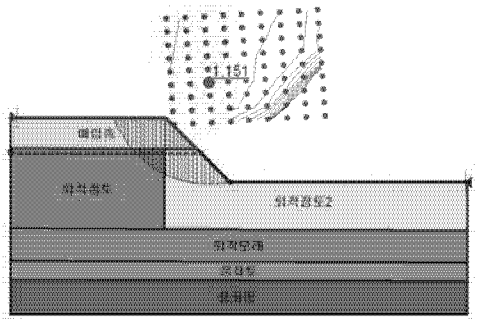
내포IC R B2교 A1

종 단 면 도	임 시 비 탈 면 안정해석 결과
	
경사 1:1.0 적용시	Fs = 1.231 〉 1.1 ∴ O.K

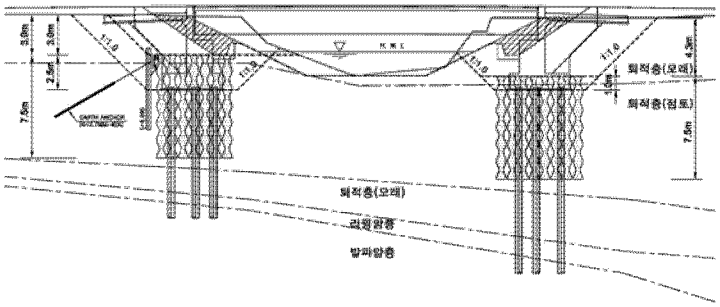
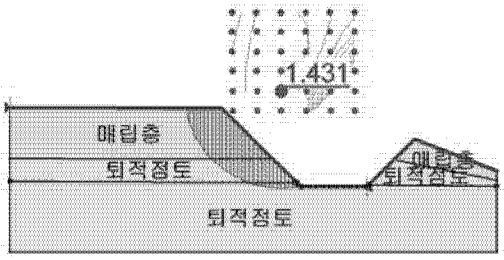
내포IC R B2교 A2

종 단 면 도	임 시 비 탈 면 안정해석 결과
	
경사 1:1.0 적용시	Fs = 1.189 〉 1.1 ∴ O.K

내포IC R A교 A2

종 단 면 도	임 시 비 탈 면 안정해석 결과
	
경사 1:1.0 적용시	Fs = 1.151 〉 1.1 ∴ O.K

○ 대명골천교

종 단 면 도	임 시 비 탈 면 안정해석 결과
	
경사 1:1.0 적용시	Fs = 1.431 〉 1.1 ∴ O.K

○ 터파기 임시비탈면 안정검토 결과

공구	교량명		연약층 심도 (m)	비탈면 경 사	해석안전율	기준안전율	검토결과	비 고
4공구	금촌3교	A1	3.0	1:1.5	1.158	1.1	O.K	
	덕은교	A1	4.8	1:1.0~1:1.8	1.226	1.1	O.K	
		A2	2.6	1:1.2~1:1.8	1.123~1.145	1.1	O.K	
	내포IC R-B1교	A1	5.4	1:1.0	1.251	1.1	O.K	
	내포IC R-B2교	A1	9.4	1:1.0	1.231	1.1	O.K	
		A2	10.2	1:1.0	1.189	1.1	O.K	
	내포IC R-A교	A2	11.1	1:1.0	1.151	1.1	O.K	
	대명골천교	A1	8.4	1:1.0	1.431	1.1	O.K	

3.4.6 연약지반상 횡단 구조물 설치방안

기본방향	•일반적으로 연약지반에 설치되는 횡단구조물은 지지력과 침하에 대하여 안정하여야 하며 쌓기 구간에 매설되는 횡단 암거 및 흄관기초 등은 재하중의 규모가 작거나 기초 저면적 폭이 넓어서 지지력이 문제되는 경우는 많지 않으며 주로 침하에 대한 대책이 요구된다. 따라서 사업 구간 내에 분포하는 연약지반상에 횡단구조물을 설치할 경우는 쌓기로 인한 압밀 완료 후 터파기를 실시하여 구조물을 설치하는 것을 우선적용 하고 쌓기고가 높고 연약층 심도가 깊지 않은 구간은 치환 공법 적용하기 때문에 지지력 및 침하에는 문제가 없을 것으로 사료됨.

◎ 4 공구 연약지반상 횡단구조물 현황

구 분		위 치 (Sta.)	연 장 (m)	성토고 (m)	규 격 (m)	용 도	연약층심도 (m)	적용 공법
3구간	3-1	23+060.7	83.59	10.07	1.0	배수 Pipe	3.0	Preloading 완료 후
		23+100	65.0	10.3	2.0×2.0	수로 박스	3.0	Preloading 완료 후
		23+144	76.1	14.3	1.0	배수 Pipe	3.0	Preloading 완료 후
	3-2	27+783.6	57.5	9.4	2.0×2.0	수로 박스	3.5	Preloading 완료 후
		27+889	44.3	5.9	4.5×4.5	통로박스	3.5	Preloading 완료 후
		27+999.27	66.3	11.26	2.0×2.0	수로 박스	3.5	Preloading 완료 후
4구간	내포IC R-A	0+446	58.4	10.7	1.0	배수 Pipe	9.8	Preloading 완료 후

검토결과	•연약지반 처리공법(Preloading) 적용 및 터파기 후 횡단구조물 시공시 원지반 지지력 및 침하에 대하여 안정성 확보

◎ 시공순서 및 주의 사항

•일반적으로 연약지반에 설치되는 BOX 구조물 및 횡배수관 설치는 쌓기로 인한 압밀이 완료된 후 터파기를 실시하고 설치하여야 하며, 터파기시 굴착된 토사가 굴착배면에 야적되지 않도록 하여야 한다. 시공 순서는 다음과 같다.

1. 원지반 정지 및 수평배수공 설치
2. P.E.T MAT 부설, 단계쌓기 및 방치 (계획고+P/L고)
3. 프리로딩 완료 후 터파기 및 기초하부 잡석 부설
4. 횡단구조물 시공
5. 뒷채움 및 되메우기 다짐

제 4 장 연약지반 계측관리 계획

4.1 연약지반 계측관리 계획

4.1.1 연약지반 계측관리

기본방향	•연약지반 개량 설계는 복잡한 자연현상(토층 및 토질특성)을 단순화시켜 시행되므로 설계시 추정치의 불확실성과 설계 단계에서의 자료 부족을 보완 •일반계측, 시공시 중점계측, 장기계측 으로 구분하여 계측항목 및 배치계획 수립

◎ 연약지반 계측 목적 및 항목

계측항목	계측기 선정	설 치 목 적 및 이 용	적용
변 위	지표침하판 지중경사계	•최종 침하량 추정 및 Pre-loading 제거시기 결정	◉
수 압	간극수압계 지하수위계	•성토하중에 의한 과잉간극수압 변화 측정 및 지반개량효과 판정 •침하진행 상황 검토 및 Pre-loading 제거시기 결정	

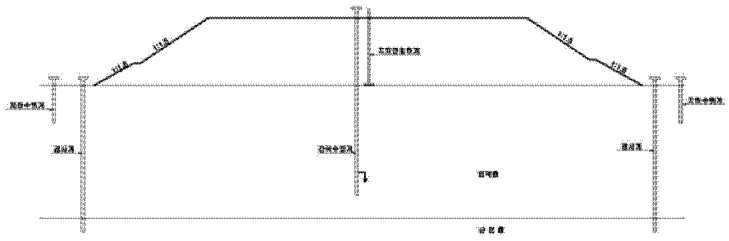
4.1.2 연약지반 계측계획

◎ 계측위치 및 빈도

항 목	도로설계요령 (도로공사)	국도설계요령 (건교부)	정보화 시공 (지반공학회)	설 계 적 용	계 측 수 량
지표침하판	1개소/100m	3개소/100m 간격	3개소/500m	1개소/100m간격 (중앙부)	9
지중경사계	전단파괴 예상지점 및 교대부	좌동	2개소/200m	2개소/200m간격 (비탈면 양쪽끝)	12
간극수압계	대심도 연약지반 및 높은쌓기지역	1개소/200m	1개소/200m	1개소/200m간격 (중앙부)	6
지하수위계	–	1개소/200m	1개소/200m	2개소/200m간격 (비탈면 양쪽끝)	12

항 목	쌓기 구간					교대 측방유동 검측구간			
	지반개량 공사중	쌓기 기간중	쌓기 종료 후			지반개량 공사중	구조물 시공중	뒷채움 쌓기중	쌓기 완료후
			최초1개월	1개월~3개월	3개월이후				
지표침하판	1회/1주	1회/1일	1회/3일	1회/1주	1회/1월	–	–	–	–
지중경사계	1회/1월	1회/1일	1회/3일	1회/1주	1회/1월	–	1회/1주	1회/1일	1회/1주
간극수압계	–	1회/3일	1회/1주	1회/2주	–	–	–	–	–
지하수위계	–	1회/3일	1회/1주	1회/2주	–	–	–	–	–

◎ 계측기 설치 표준도

구 분	쌓 기 구 간
설 치 위 치 도	

4.1.3 연약지반 침하안정 관리

침하관리

•연약지반 설계치와 실측치가 통상적으로 상이하여 실측 침하곡선에 적합한 곡선식을 도출하여 앞으로의 침하를 추정한 후 당초설계를 검토하여 실측 침하와 불일치할 경우 합리적으로 변경

Asaoka법

•ASAOKA는 1차원 압밀방정식에 의거 하중이 일정할 때의 침하량을 나타내는 간편식으로 다음과 같은 식을 제안

$$S_i = \beta + \beta \cdot S_{i-1}$$ 여기서,

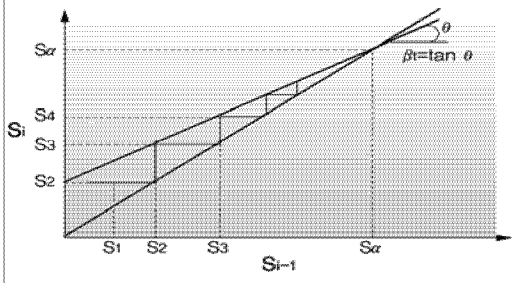
S_t : 시간 t를 이산화하여 $t_i = t \times i$로 할 때 시간 t_i에서의 침하량,

S_{t-1} : 시간 $t_{i-1} = \Delta t \times (i-1)$에서의 침하량,

β_1, β_2 : 시간계수

•위 식으로부터 최종침하량은 도시한 직선과 $S_i = S_{i-1}$인 직선(45°)의 교점으로부터 도식적으로 구할 수 있으며 그 산정식은 다음과 같음

$$S_f = \frac{\beta_0}{1-\beta_1}$$



쌍곡선법

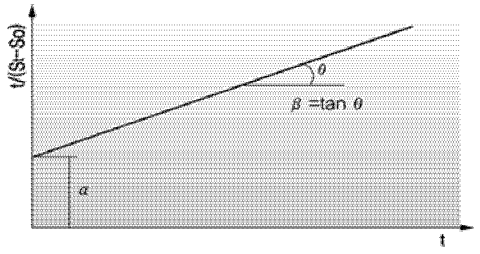
•이 방법은 "침하의 평균속도가 쌍곡선적으로 감소한다."는 가정하에 초기의 실측 침하량으로부터 장래의 장기 침하량을 예측하는 방법

$$S_t = S_0 + \frac{t}{(\alpha + \beta \times t)}$$ 여기서,

S_t : 쌓기종료 경과시간 t에서의 침하량, S_0 : 쌓기종료 직후의 침하량, t : 쌓기종료 시점으로부터의 경과시간, α, β : 실측침하량으로부터 구한 계수

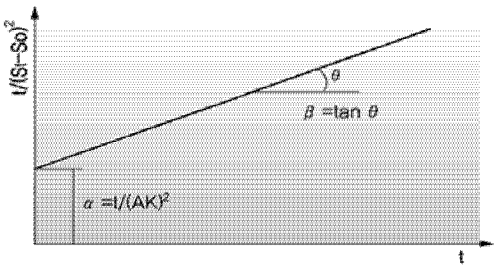
•위 식으로부터 쌓기종료 후 t 시간동안의 실측침하량을 기초로 하여 $t/(s_t - s_0)$를 계산한 다음 $t - t/(s_t - s_0)$의 관계를 PLOT하여 α, β값을 결정 최종침하량(S_f)은 t=∞로 보면 다음 식과 같이 구함

$$S_f = S_0 + \frac{1}{\beta}$$



Hoshino법

•유동변형을 포함한 전침하량은 시간의 평방근에 비례한다는 가정으로부터 장래의 침하량을 예측하는 방법으로서 쌓기 종료 후 실측 침하량을 기초로 시간(t)과 $t/(S_t - S_0)^2$을 plot하고 이 점들 중 후반부의 직선부분을 연결하여 미지수 A, K에 의해 침하량을 계산



안정 관리

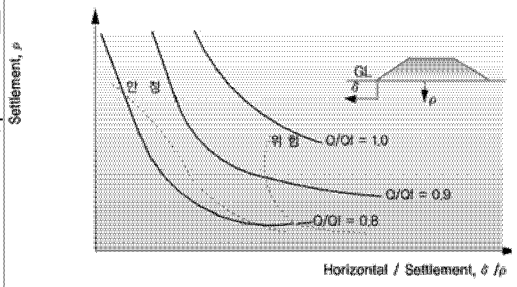
•쌓기 중앙부의 침하량과 쌓기 사면부 끝단에서의 변형량 및 변형속도로부터 쌓기사면의 안정성을 판단하여 쌓기 속도의 제어, 시공의 일시중지 또는 쌓기의 일부제거 등 그 대책을 수립하며, 필요시 강도시험 수행

Matsuo-kawamura법

•쌓기의 파괴사례를 조사하여 파괴시의 S(쌓기중앙의 침하량)과 δ /S(δ 는 쌓기비탈면의 수평변위량)의 관계가 대개 하나의 곡선으로 표시됨을 착안하여 시공중의 측정치를 S – δ /S도상에 아래 그림과 같이 파괴기준선에 근접하는지에 따라 안정 및 불안정을 판단하는 방법

•여기서 Pf는 파괴시의 하중을 나타내고 Pj는 임의의 시점에서 하중을 나타내며 Pj/Pj가 1이 되면 파괴기준선이 되며, Pj/Pf=0.9이면 준파괴선이고, Pj/Pf=0.8이면 위험선

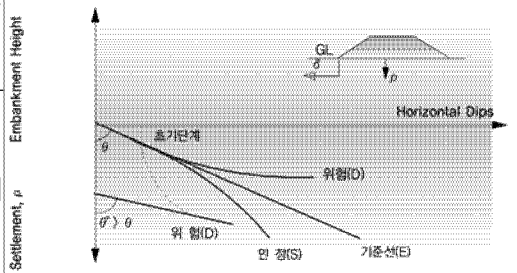
•일반적으로 판단기준으로는 Pj/Pf=0.9인 준파괴선을 이용하며, 그 이유는 S – δ /S의 관계가 준파괴선에 도달하면 쌓기비탈면에 CRACK이 나타나기 시작하기 때문임



Tominaga-Hashimoto법

•쌓기중앙부의 침하량 S와 쌓기비탈면 선단의 수평변위량 δ 의 관계를 그래프로 나타내면, 쌓기높이가 낮아 안정한 구간에서는 직선적인 관계에 있지만 쌓기높이가 높아져 불안정한 상태가 되면 δ 의 증가가 S에 비해서 상대적으로 커지게 된다는 것이 경험적으로 판명

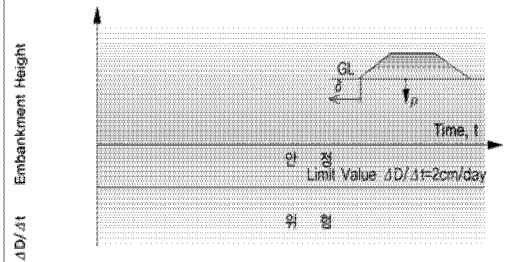
•즉 $\Delta\delta$ /ΔS를 α 라 할 때 α 의 값이 점차 감소경향을 나타내면 지반이 안정상태로 되는 반면 지반이 불안정상태로 되면 α 값의 증가율은 일정한 변곡점을 지나 점차 불안정하게 됨



Kurihara법

•쌓기비탈면의 수평변위속도에 착안하여 관리하는 방법

•측정치에는 $\Delta\delta$ /Δt와 t와의 관계를 PLOT하여 $\Delta\delta$ /Δt가 어느 한계치(통상 2cm/day)를 넘는 경우에 위험하다고 판단하므로 현장에서 적용이 간단



제9편 토공 설계

제1장 토공 설계개요

제2장 토공계획

제3장 발파 설계

제 1 장 토공 설계개요

1.1 설계개요

기본방향	•지층의 공학적 특성파악으로 토공재료의 활용성 검토 및 토공분석 신뢰성 도출 •토공구간 재료시험을 통한 토량 환산계수 및 다짐도 평가 •사업구간 내에 발생암 유용성 및 쌓기재 적용시 다짐방법·품질관리기준 제시 •비탈면 발파 시공 시 인근 가옥 및 구조물 등에 미치는 영향을 최소화할 방안과 대책 수립

1.1.1 기본방향

지반조사 및 분석

- 토공재료의 활용을 위한 시추조사
- 토량환산을 위한 들밀도 시험, 실내다짐, 실내 CBR시험을 통한 분석

설 계 기 준

- 쌓기재료 다짐특성과 토량변화율 제시
- 노반시료의 설계CBR 및 암버력 유용성검토
- 쌓기재 노체재료 유용 및 노상재료 선별 사용

암반파쇄 특성을 고려한 발파 및 토공설계

안 정 성 검 토

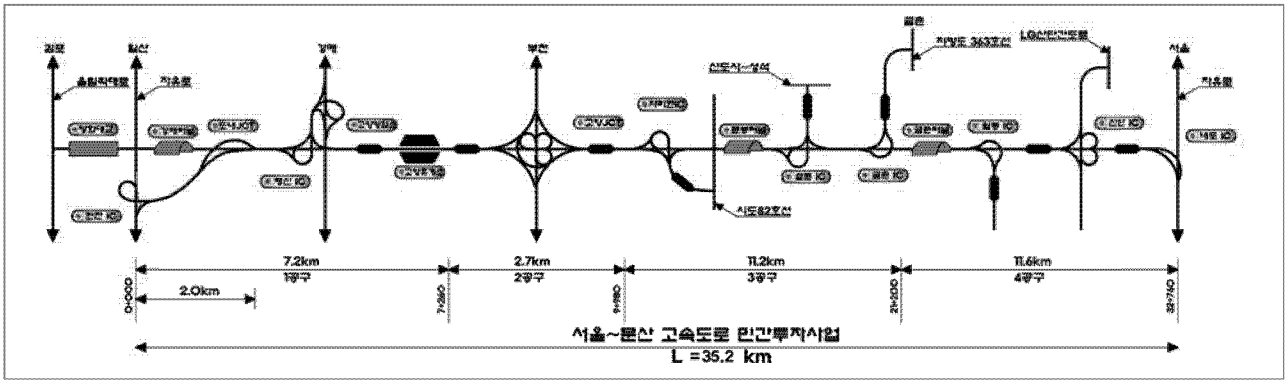
- 굴착난이도 평가에 의한 굴착공법 선정
- 깎기-쌓기 구간의 부등침하분석에 의한 안정성 검토 및 대책 수립(Approch Slab 설치)

개량공법 선정

- 계획노선 주변 환경과 지반 조건을 고려하여 합리적이고 경제적인 발파설계
- 발파 추정식에 의한 진동-소음 영향원 검토 (민원예상 대책수립)

구 분	주요 검토사항
깎기부 토공작업	•굴착난이도 분석에 의한 굴착방법 평가 및 구간별 깎기부 토공방안 제시
노반재료 평가	•노상토의 지지력 평가 및 노반재료의 다짐특성 검토 •토량변화율 및 노반재의 적합성 평가
쌓기부 토공작업	•쌓기 비탈면 시공방안 검토 및 쌓기재 특성에 따른 다짐방법 검토 •암버력 쌓기 검토
발 파 설 계	•발파 영향 분석 장약량 및 발파패턴 선정

1.1.2 토공현황



제 2 장 토공계획

2.1 쌓기구간 토공계획

기본방향	•흙의 다짐효과는 흙의 종류, 함수비, 다짐에너지의 종류 및 크기에 따라 달라지며, 다짐으로서 흙입자간의 간격이 감소하여 밀도는 증가되고 투수성이 감소하며, 강도가 증가 •다짐특성 파악을 위해 시험굴 조사에 대하여 다짐시험(A, D방법)을 각각 9회 시행

2.1.1 쌓기재료의 특성평가

◎ 쌓기재료의 다짐특성 분석

▮ 기본계획

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐		D다짐		CBR(%)	USCS
				건조단위중량 (kN/m³)	OMC(%)	건조단위중량 (kN/m³)	OMC(%)		
1공구	TP-1	1.8	풍화토	18.36	14.2	19.42	10.8	12.8	SM
3공구	TP-2	1.5	풍화토	18.18	14.9	19.36	11.4	12.4	SM
	TP-3	2.0	풍화토	17.72	15.4	18.93	12.7	11.4	SM
4공구	TP-4	2.0	풍화토	17.89	15.5	19.01	12.1	11.7	SM
	TP-5	2.0	풍화암	18.23	14.7	19.38	10.4	12.1	SM
	TP-6	2.0	풍화암	17.82	15.7	18.86	11.9	10.8	SM
1공구	TP-7	2.0	풍화토	18.30	14.9	19.49	10.7	12.5	SM
2공구	TP-8	1.9	풍화토	17.76	16.3	18.74	12.5	10.6	SM
4공구	TP-9	2.0	풍화토	17.92	16.1	18.82	12.0	10.3	SM

▮ 실시설계

공 번		심 도 (m)	지 층	A다짐		D다짐		CBR(%)	USCS
				건조단위중량 (kN/m³)	OMC(%)	건조단위중량 (kN/m³)	OMC(%)		
1,2 공구	NTP-1	1.0	풍화토	16.94	15.9	18.54	12.7	13.2	SM
	NTP-2	1.0	풍화토	17.30	14.8	18.87	11.9	13.7	SM
	NTP-3	1.0	풍화토	17.39	13.8	19.05	11.1	16.5	SM
	NTP-4	1.0	풍화토	17.86	13.2	19.49	10.3	17.2	SM
3 공구	NTP-5	1.0	풍화토	18.36	12.3	19.76	9.8	18.1	SM
	NTP-6	1.0	풍화토	17.57	15.6	19.06	12.2	15.2	SM
	NTP-7	1.0	풍화토	17.82	14.1	19.39	11.4	16.9	SM
4 공구	NTP-8	1.0	풍화토	17.19	14.9	18.77	11.8	14.2	SM
	NTP-9	1.0	풍화토	17.66	14.3	19.13	11.5	16.1	SM

검토결과	•건조단위중량은 A다짐:16.94~18.36kN/m³(평균 17.6), D다짐:18.54~19.76kN/m³ (평균 19.1) •CBR는 10.3~18.1%(평균 15.7%)의 범위로 나타남

2.1.2 쌓기재료의 토량변화율

구 분	심 도 (GL. −m)	구성 성분	불교란상태		교란상태		L값
			습윤단위중량 (kN/m^3)	건조단위중량 (kN/m^3)	습윤단위중량 (kN/m^3)	건조단위중량 (kN/m^3)	
NTP-1	1.0	SM	18.5	15.2	17.7	14.6	1.041
NTP-2	1.0	SM	1.80	15.8	16.4	14.4	1.080
NTP-3	1.0	SM	1.88	16.9	15.6	14.0	1.210
NTP-4	1.0	SM	1.79	15.2	16.0	13.6	1.120
NTP-5	1.0	SM	1.82	17.1	15.7	14.7	1.162
NTP-6	1.0	SM	1.86	16.0	16.4	14.1	1.137
NTP-7	1.0	SM	1.84	15.3	17.1	14.2	1.077
NTP-8	1.0	SM	1.89	15.5	18.4	15.1	1.027
NTP-9	1.0	SM	1.87	15.3	15.7	12.9	1.185

•토량변화율 C, L값은 자연상태에 대한 다짐 및 흐트러진 상태의 비로서 산정

$$C = \frac{\text{다짐상태의 토량}(m^3)}{\text{원지반상태의 토량}(m^3)} = \frac{\text{원지반상태의 단위중량}(kN/m^3)}{\text{다짐상태의 단위중량}(kN/m^3)}$$

$$L = \frac{\text{흐트러진상태(굴착후)의 토량}(m^3)}{\text{원지반상태의 토량}(m^3)} = \frac{\text{원지반상태의 단위중량}(kN/m^3)}{\text{흐트러진상태(굴착후)의 단위중량}(kN/m^3)}$$

토량변화율의 적용

■ 국도건설공사 설계실무요령(2003)

구 분	C	L
토 사	0.9	1.3
리 핑 암	1.1	1.35
발 파 암	1.28	1.625

■ 건설표준품셈의 토량변화율

구 분	C	L
경 암	1.30 ~ 1.50	1.70 ~ 2.00
연 암	1.00 ~ 1.30	1.30 ~ 1.50
호 박 돌	0.95 ~ 1.05	1.10 ~ 1.15
모래 암괴, 호박돌섞인모래	0.85 ~ 0.95 0.90 ~ 1.00	1.10 ~ 1.20 1.15 ~ 1.20
자 갈	1.10 ~ 1.05	1.10 ~ 1.20
자 갈 질 토	0.90 ~ 1.00	1.15 ~ 1.20
점질토 호박돌	0.85 ~ 0.95	1.25 ~ 1.35
암괴, 호박돌 섞인	0.90 ~ 1.00	1.35 ~ 1.40
점토	0.90 ~ 0.95	1.40 ~ 1.45

설계 적용

구 분	토 사	리 핑 암	발 파 암
C	0.9	1.1	1.28
L	1.3	1.35	1.625

2.1.3 설계 CBR 검토

- 포장두께 결정을 위하여는 노상 쌓기재의 지지력 계수인 CBR 이외에 통과 교통량, 동결심도 등 포장에 영향을 주는 여러 가지 요소들을 충분히 조사분석
- 설계 CBR = CBR 평균치 $-\left(\frac{\text{CBR 최대값} - \text{CBR 최소값}}{C}\right)$ 여기서 $C(d_2)$=설계 CBR 계산용 계수

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

개수(n)	3	4	5	6	7	8	9	10
d_2	1.41	1.91	2.24	2.48	2.67	2.83	2.96	3.08

CBR시험결과

기본계획

구분	1공구	3공구		4공구			1공구	2공구	4공구
	TP-1	TP-2	TP-3	TP-4	TP-5	TP-6	TP-7	TP-8	TP-9
CBR(%)	12.8	12.4	11.4	11.7	12.1	10.8	12.5	10.6	10.3

실시설계

구분	1,2공구			3공구			4공구	
	NTP-1	NTP-2	NTP-3	NTP-4	NTP-5	NTP-6	NTP-7	NTP-8	NTP-9
CBR(%)	13.2	13.7	16.5	17.2	18.1	15.2	16.9	14.2	16.1

설계 CBR 계산결과

구분		1~4공구
기각판정	최대치	$r = \frac{X_n - X_{(n-1)}}{X_n - X_i} = \frac{18.1 - 17.2}{18.1 - 10.3} = 0.115 < 0.412 \ \therefore \ O.K.$
	최소치	$r = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_i} = \frac{10.6 - 10.3}{18.1 - 10.3} = 0.038 < 0.412 \ \therefore \ O.K$
CBR산정		$\text{계산 CBR} = \text{CBR(Ave)} - \frac{\text{CBR}_{Max} - \text{CBR}_{(Min)}}{d_2}$ $13.7 - \frac{18.1 - 10.3}{3.18} = 11.3(\%)$
검토 결과		•CBR 산정결과 노상재료의 품질기준(10%)보다 큰 것으로 나타났으나 이는 시험시료에 따라 차이가 발생 할 수 있으므로 도로개설시 깎기 및 터널구간에서 발생하는 토사를 이용해서 도로의 노상 또는 노체로 사용할 경우 적합한 재료를 선별하여 사용

2.1.4 쌓기재료의 품질 평가

쌓기재료의 품질기준 (국도건설공사 설계실무요령, 2003)

구 분	노 상		노 체		비 고
	상 부	하 부	토 사	암 괴	
최대치수	100mm	150mm	–	–	–
#4체 통과량	25~100%	–	–	–	–
#200체 통과량	0~25%	50%이하	–	–	–
#40체 통과분에 대한소성지수	10이하	20이하	–	–	–
수침 CBR(시방최소밀도)	10이상(20이상)	5이상(10이상)	2.5 이상	–	–
다짐도	95% 이상	90% 이상	90% 이상	시험시공 결정	KSF 2312
시공층 두께	20cm 이하	20cm 이하	30cm 이하	시험시공 결정	한층당 마무리두께

쌓기재료의 유용성 검토

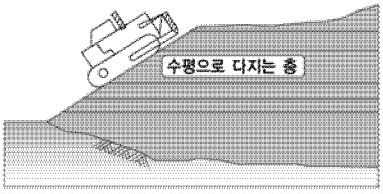
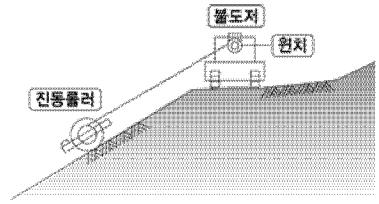
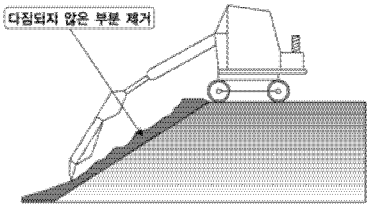
구 분	통일분류 (USCS)	#4체 통과량	#200체 통과량	소성 지수	CBR (%)	국도건설공사 설계실무		
						상부노상	하부노상	노체(토사)
NTP-1	SM	97.9	41.4	–	13.2	부적합	적 합	적 합
NTP-2	SW-SM	97.0	44.8	–	13.7	부적합	적 합	적 합
NTP-3	SW-SM	89.0	36.4	–	16.5	부적합	적 합	적 합
NTP-4	SW-SM	84.8	37.4	–	17.2	부적합	적 합	적 합
NTP-5	SW-SM	71.9	29.0	–	18.1	부적합	적 합	적 합
NTP-6	SW-SM	93.2	39.3	–	15.2	부적합	적 합	적 합
NTP-7	SW-SM	89.5	40.9	–	16.9	부적합	적 합	적 합
NTP-8	SW-SM	100.0	38.1	–	14.2	부적합	적 합	적 합
NTP-9	SM	96.1	43.3	–	16.1	부적합	적 합	적 합

•깎기 구간 발생유용토는 노체재료로 적합하나 노상재료로는 부적합한 것으로 검토
➡ 노상재료로 유용시 현장시험을 통해 선별적으로 사용

2.1.5 쌓기비탈면의 다짐시공 관리

- 쌓기 재료의 품질기준(공사시방서, 건설교통부, 1998)을 만족시킬 수 있도록 현장 다짐관리를 수행
- 쌓기 본체는 다짐기계 등을 사용하여 다짐이 충분하나 비탈면 선단은 다짐이 불충분할 수 있음
- 비탈면 붕괴 방지를 위해 비탈면 표층부의 시공은 쌓기 본체와 동시에 실시하도록 함

쌓기 비탈면 다짐방법

불도져등에 의한 비탈면 다짐	인력과 소형기계에 의한 다짐	흙쌓기폭 보다 넓게 완성 후 굴착, 정형하는 방법
		
•흙쌓기의 전폭을 1층마다 다짐 •1~3층 올라갈 때마다 비탈면을 상하로 주행시켜 다짐	•흙쌓기 본체 구성 후 비탈면에 흙을 보충하면서 소형 다짐기계로 다짐	•용지폭의 여유가 있거나 부채도로가 있는 경우 흙쌓기 폭보다 여유 있게 제체 형성 후 흙쌓기 단부절취

2.1.6 쌓기구간 시공관리

저성토 구간

- 노상부의 전압이 되지 않아 지지력 확보가 어려움
- 지하수위가 노상부근까지 상승시 노상의 지지력저하
- 교통하중이 쌓기재에서 분산이 안되고 지반에 도달하여, 지반의 침하를 촉진
- 강성이 높은 쌓기재료(양질토)로 시공
- 쌓기내부의 배수를 양호하게 함
- 쌓기재료는 입도가 양호한 것을 선택하여 충분히 다짐

고성토 구간

- 고성토의 설계 및 시공에 있어서는 흙쌓기의 압축 침하 및 안정에 대하여 세심한 주의가 필요
- 쌓기부의 안정해석은 쌓기재료의 특성, 지형조건, 지지층의 강도특성을 고려
- 시공 중 쌓기재의 균일한 다짐도 확보와 더불어 쌓기재의 효과적인 배분, 적절한 다짐장비의 적용

설계 및 시공상의 유의사항

구 분	설계 및 시공상의 유의사항
안정검토	•고성토의 안정도모를 위해서 기초지반의 개량, 흙쌓기 재료의 적절한 선정, 배수 대책 철저, 비탈면 보호공 및 다짐의 강화 등이 필요 •시공시 거동관측을 포함한 안정 대책 수립
기초지반	•연약지반, 경사지반, 비탈면활동 등 불안정한 기초지반위에 고성토 할 경우 세밀한 사전조사와 시공단계에서의 조사가 필요

2.1.7 암버력 쌓기

암버력 쌓기시 문제점 및 관리기준

암버력 쌓기시 문제점

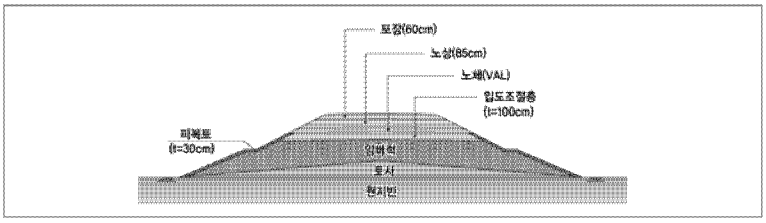
- 암버력과 상부세립재의 입경차로 세립토 침출
- 파쇄, 또는 수침반복 등 연화로 인한 침하 발생
- 제체 및 기초지반의 침하
- 흙쌓기 제체의 활동 파괴

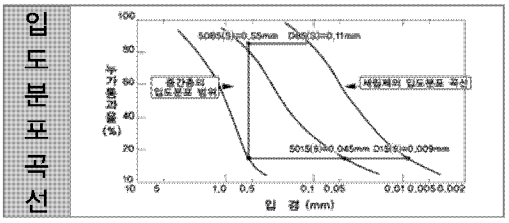
암버력 쌓기기준

- 입경 : 60㎝이하로 선별 또는 분쇄
- 쌓기1층 다짐두께 : 60㎝이하
- 대형진동다짐장비
- 평판재하시험으로 관리

골재입경과 필터조건

- 중간 필터작용 : 침식방지 필터역할 수행
  $D_{15F}/D_{85S} < 5$, $D_{15F}/D_{15S} > 5$
- 입도분포곡선 : 입도분포곡선은 서로 평행해야 함
  $D_{50F} < 25D_{50S}$
- 침식방지 조건 : 투수성과 간극이 크지 않아야함
  $D_{15F} < 40D_{15S}$, $D_{15F} < 5D_{80S}$





구 분	암쌓기 입경	상부노체 두께	쌓기		다짐	
			1층다짐두께	중간복토규정	다짐장비	다짐관리규정
공사시방서 ('98, 건교부)	30cm 이하	60cm	90cm 이하	암·일반재료 교차시공	Shift-Roller	상대밀도 70%이상
토목공사 일반표준시방서 ('92)	60cm 이하	50cm	암버력 최대 직경 2배	규정 없음	대형진동	규정없음
도로공사 표준시방서 ('92, 건교부)	60cm 이하	60cm	60cm 이하	규정 없음	대형진동	평판재하 시험관리
고속도로공사전문시방서 ('98, 건교부)	60cm 이하	60cm	60cm 이하	규정 없음	대형진동	평판재하 시험관리
설 계 적 용	60cm 이하	60cm	60cm 이하	양호한 재료	대형진동	평판재하 시험관리

2.2 깎기구간 토공계획

기본방향	•깎기의 난이도는 지층의 토질 구성상태, 암질, 풍화상태, 절리발달 상태 등에 따라 방안 제시 •깎기 시공시에 깎기 방법 결정과 깎기 비용을 산출하기 위하여 깎기 난이도에 따라 지층을 토사, 리핑암, 발파암으로 구분하여 토공작업을 실시하도록 계획 •비탈면 깎기시 사용되는 굴착방법은 지표지질조사 및 시추조사 결과로부터 구해지는 암석의 균열빈도와 강도와의 관계로부터 결정하거나 탄성파 탐사결과를 참고하여 결정 •지층별 깎기 구분을 하여 도져나 백호 작업이 가능한 토사, 리퍼 작업이 가능한 리핑암과 발파에 의해 절취되는 발파암으로 구분 •주요 깎기 구간에 대해서는 국도건설공사 설계실무요령에 의거 암반 분류 실시

2.2.1 굴착 난이도 평가방법

•토공설계를 위해 사용되는 지층별 굴착방법과 탄성파 속도에 따른 리퍼빌러티(Rippability)등 국내에서 제시된 굴착난이도 평가방법 제시

◎ 지층별 굴착방법 (기존사례)

구 분	굴 착 방 법	비 고
표토, 풍화토	도져(Dozer)	-
붕 적 층	도져(Dozer)	일부 대규모 전석(ϕ=100~200cm)은 발파
풍 화 암	리핑(Ripping)	-
연 암	발파(Blasting)	균열이 심한 부분은 리핑으로 가능
보 통 암	발파(Blasting)	-

◎ 암석경도 및 강도에 의한 판정 (F.G. Bell, Engineering in Rock Masses)

Rock Hardness Description	Unconfined Compression Strength (MPa)	Seismic Wave Velocity (m/sec)	Excavation Characteristics
Very Soft Rock	1.7~3.0	450~1,200	Easy Ripping
Soft Rock	3.0~10.0	1,200~1,500	Hard Ripping
Hard Rock	10.0~20.0	1,500~1,850	Very Hard Ripping
Very Hard Rock	20.0~70.0	1,850~2,150	Extremely Hard Ripping or Blasting
Extremely Hard Rock	>70.0	> 2,150	Blasting

◎ 절리간격에 의한 판정

Joint Spacing Description	Spacing of Joints (mm)	Rock Mass Grading	Excavation Characteristics
Very Close	< 50	Crushed/Shattered	Easy Ripping
Close	50~300	Fractured	Hard Ripping
Moderately Close	300~1,000	Block/Seamy	Very Hard Ripping
Wide	1,000~3,000	Massive	Extremely Hard Ripping or Blasting
Very Wide	> 3,000	Solid/Sound	Blasting

◎ Weaver(1975)의 분류기준

- 굴착방법의 판단은 암질의 종류, 층리와 절리의 유무, 풍화정도, 시공장비의 성능 및 시공방법 등에 따라 변화요인이 많으므로 제반사항을 종합적으로 검토하여 판단
- Weaver(1975)는 탄성파 속도, 압축강도, 풍화도, 불연속면 상태와 주향, 경사 등 제반요인을 종합 평가하여 리퍼빌리티를 평가하는 방법을 제시

등 급		I	II	III	IV	V
양 질		매우양호	양 호	보 통	불 량	매우불량
탄성파속도 (m/sec)		2,150이상	1,850~2,150	1,500~1,850	1,200~1,500	450~1,200
평 점		26	24	20	12	5
일축압축강도 (MPa)		70이상	20~70	10~20	3~10	17~30
평 점		10	5	2	1	0
풍 화 도		신선(F)	다소풍화(SW)	보통풍화(MW)	많이풍화(HW)	완전풍화(CW)
평 점		9	7	5	3	1
불연속면 간격		3m이상	1~3m	0.3m~1m	0.05m~0.3m	0.05m 이상
평 점		30	25	20	10	5
불연속면의 연 속 성		연속성없음	약간연속성	연속적이고 협재된 점토 없음	연속적이고 협재된 점토 약간	연속적이고 점토 협재
평 점		5	5	3	0	0
불연속면의 상 태		분리흔적없음	약간분리상태	1mm이하 분리	틈이 5mm이하	틈이 5mm이상
평 점		5	5	4	3	1
주향과 경사		매우불량	불량	보통	양호	매우양호
평 점		15	13	10	5	3
총 평 점		90~100	70~90	50~70	25~50	25이하
리퍼빌리티		발파	리핑 극히곤란, 발파	리핑 매우 어려움	리핑 어려움	쉽게 리핑됨
중기선정		–	D9G/DD9G	D8/D9	D7/D8	D7
동력	마력	–	385/770	270/385	180/270	180
	kW	–	290/575	200/290	135/200	135

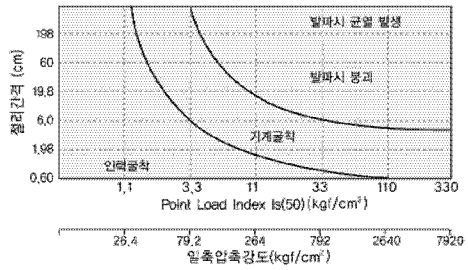
◎ 지층별 굴착경계 설정기준

구 분	토 층	리 핑 암 반		발 파 암 반		비 고
국도건설공사 설계실무요령 (2003)	SPT값(N값) 50/10(회/cm)미만	SPT값(N값) 50/10(회/cm)이상		–		–
		BX	TCR=5%이하 RQD=0%정도	BX	TCR=5~10%이상 RQD=5%이상	
		NX	TCR=25%이하 RQD=0%정도	NX	TCR=25%이상 RQD=10%이상	
탄성파속도에 의한 분류	700m/sec 미만	700~1,200m/sec		1,200m/sec이상		A 그룹
	1,000m/sec 미만	1,000~1,800m/sec		1,800m/sec이상		B 그룹

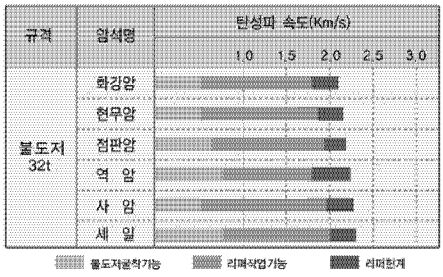
주) A 그룹 암종 : 편마암, 사질편암, 녹색편암, 석회암, 안산암, 현무암, 유문암, 감람암, 화강암
B 그룹 암종 : 흑색편암, 셰일, 휘록응회암, 이암, 응회암, 집괴암

◎ 깎기 작업결정기준 및 탄성파속도와 굴착난이도의 범위

암반의 균열, 강도에 따른 굴착방법(Franklin, 1971)



탄성파 속도와 굴착난이도 범위(Atkinson, 1971)



◎ 리퍼빌리티 구분

탄성파속도 기 종	V_p(m/sec) 500	1,000	1,500	2,000	2,500	
중형트럭-리퍼 27~45톤급 (200~300마력)	리 퍼 불필요	용 이	보통	곤 란	매우 곤란 또는 발파	발파 굴착
대형트럭-리퍼 45~72톤급 (300~520마력)	리 퍼 불필요	용 이		보 통	곤 란	매우곤란 또는발파 / 발파굴착

◎ 지층별 굴착방법 선정

지 층 구 분	굴 착 방 법	비 고
붕적층, 풍화토층	도 져	연·경암층의 경우 균열이 심한 부분은 리핑으로 가능
풍화암층	리 핑	
연암층, 경암층	발 파	

2.2.2 깎기구간 굴착방법 선정

- 토사, 리핑암, 발파암의 구분은 국도건설공사 설계실무요령 기준을 적용
- 깎기구간 중 깎기고가 20.0m 이상 암반출현구간에 대하여 굴착난이도 평가

◎ 기준에 의한 분류결과

구 분	위치(Sta.)	층 후(m)	시추공	지층	Weaver기준	도로공사기준	탄성파속도	굴착방법선정
금촌터널 갱구부	21+234~ 21+598	0.0~3.8	BH-241 BH-242	토사	백호우	백호우	토사	백호우
		0.0~0.0		리핑암	〃	〃	발파암	백호우
		2.7~9.0		발파암(연암)	발 파	발 파	발파암	발 파
		13.5~22.5		발파암(경암)	발 파	발 파	발파암	발 파
4공구 깎기 4구간	28+220~ 28+940	3.7~4.6	BH-282 BH-284	토사	백호우	백호우	리핑 용이	백호우
		1.6~5.5		풍화암	〃	〃	〃	백호우
		7.8~15.9		발파암(연암)	발 파	발 파	발파암	발 파
		13.5~24.7		발파암(경암)	발 파	발 파	발파암	발 파
4공구 깎기 6구간	30+680~ 31+960	4.2~10.6	BH-302 BH-303	토사	백호우	백호우	리핑 용이	백호우
		0.8~3.0		풍화암	〃	〃	〃	백호우
		6.4~7.5		발파암(연암)	발 파	발 파	발파암	발 파
		11.0~26.0		발파암(경암)	발 파	발 파	발파암	발 파

2.2.3 시공 중 암반분류 기준 검토

◎ 시공 중 암반분류 기준 검토

- 현재 설계 및 시공단계에서 깎기부 비탈면 지층을 토사, 리핑암 및 발파암으로 구분하고 있으나 지층구분을 명확히 할 수 있는 기준이 없는 실정임
- 시공 중 굴착단계에서 굴착난이도의 평가를 시행할 수 있는 현장적용 평가기준을 제시
- 현장적용 평가기준은 설계단계 및 시공단계에서의 적용성을 감안하여 평가항목을 기본항목과 보완항목으로 구분
- 기본항목으로는 암석강도, 풍화도, 암괴의 크기(Core 크기), 보완항목으로는 탄성파속도, 암괴크기로 구분하여 현장에서 적용할 수 있는 기준값을 제시

항목구분	구 분		기 준 값	
			리 핑 암	발 파 암
기본항목	암석강도	Schmidt Hammer Value(SHV)	20미만	20이상
		점하중강도	980kPa 미만	980kPa 이상
	풍 화 도	육안관찰	심한 풍화상태 이상	심한 풍화상태 이하
		흡수율	3.4% 이상	3.4% 미만
	암괴 크기	단위체적당 절리수	30개 이상	30개 미만
		절리면 풍화정도	심한 풍화상태 이상	심한 풍화상태 이하
보완항목	탄성파속도	탄성파속도	1,200m/sec 미만	1,200m/sec 이상
	암괴 크기	TCR	20% 미만	20% 이상

2.3 깎기·쌓기 경계부 안정성 검토

2.3.1 깎기·쌓기 경계부의 부등침하 분석

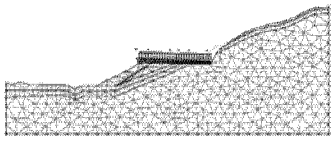
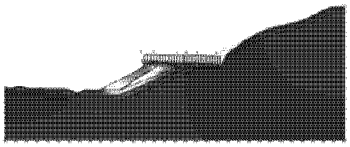
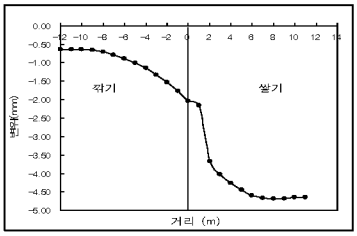
부등침하 원인 및 분석

- 깎기부와 흙쌓기부의 지지력이 불연속적이고 불균등하게 되어 부등침하 발생
- 깎기부와 흙쌓기부의 경계에 지표수, 용수, 침투수 등이 집중되기 쉬워 이로 인해 흙쌓기부가 약화되어 침하 발생
- 깎기와 흙쌓기 경계부는 다짐이 불충분하기 쉽게 때문에 압축에 의한 침하가 발생
- 편절, 편성에서는 기초지반과 흙쌓기의 접착이 불충분하게 되기 쉽고 지반의 변형과 활동에 의한 단차가 발생하기 쉬움

깎기 · 쌓기 경계부의 부등침하량 분석

- 깎기·쌓기 경계부 및 편절·편성부에서 쌓기구간의 다짐 및 압밀정도가 원지반과 상이하여 부등침하 발생
- 쌓기재의 자중과 윤하중, 우수침투 등에 의한 토립자의 재배열 및 압축침하 발생
- 부등침하 발생시 포장균열, 단차(Faulting), 기울어짐(Tilting) 등이 발생
- 원지반과 쌓기부 접속지역의 부등침하 발생에 따른 포장안정성 및 보강 슬래브의 적용여부를 판단하기 위해 수치해석을 통한 부등침하량 산정

깎기 · 쌓기 경계부 해석결과

검토단면 STA. 28+400	수직변위 (Y-Displacement)	변 위 벡 터
		

검토결과 •수치해석결과 예상 부등침하량이 4.5mm로 미소하나 깎기·쌓기 경계부 및 편절·편성부는 경계부 유수, 침투수의 유입 등으로 인하여 쌓기부가 연약화 될 수 있으므로 이에 대한 대책수립

2.3.2 부등침하 대책

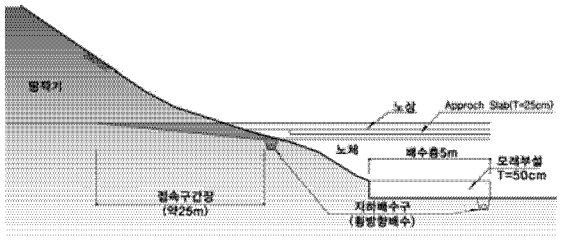
- 편절·편성부 및 깎기·쌓기 경계부는 지지력 및 침하량의 차이, 경계부 유수 및 침투수의 영향으로 쌓기부가 연약화되므로 접속부 하단에 맹암거 설치, 층따기 실시
- 층따기는 깎기의 접속구간에 1:4 경사로 설치하며, 맹암거는 깎기 및 쌓기 경계부중 노상하부에 설치

깎기 · 쌓기 경계부(종단방향 처리)

깎기 · 쌓기경계부(종단방향 처리)

- 부등침하 방지를 위해 흙쌓기 및 흙깎기 접속부 경사 1:4로 원지반 제거
- 접속구간장
  - 흙깎기부 노상치환이 없을 때 : 25m
  - 흙깎기부 노상치환이 있을 때 : 17m
  - 원지반이 암구간일 때 : 5m
- 흙쌓기부 경계면에 맹암거 설치
- 경계구간 접속부는 암버력 쌓기 배제

대 책 단 면 도

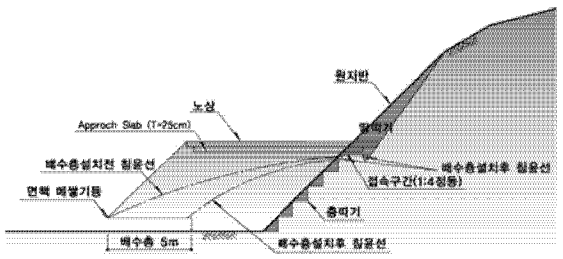


편절 · 편성(횡단방향 처리)

편절 · 편성부 침하대책

- 흙깎기 단부에서 흙쌓기부 노상 저면의 깊이까지 굴착하는 것을 원칙으로 하며, 1:4(V:H)정도 경사의 접속구간을 두고 흙깎기부 노상저면에 접속
- 깎기부분은 흙쌓기부 노상재료와 동일한 재료로 되메우고, 소정의 다짐도로 균일하게 다짐
- 1:4(V:H) 보다 급한 경사를 가진 흙쌓기부의 기초지반은 층따기를 실시하는 것이 좋음
- 배수를 위하여 원칙적으로 상부 노체면 또는 깎기면에 지하배수구를 설치하고 배수 유출구로 유도 배수함

대 책 단 면 도



제 3 장 발파 설계

3.1 발파 설계

3.1.1 발파설계 기본방향

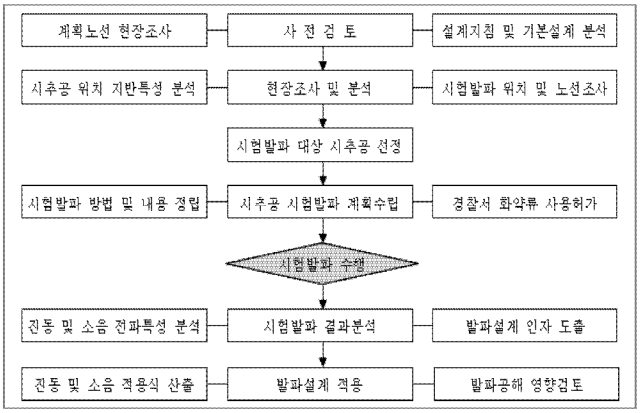
기본방향	•계획노선 주변 환경과 지반 조건을 고려하여 합리적이고 경제적인 발파설계 •계획노선 인접지역 에서 시험발파를 수행하여 발파진동 추정식 및 발파설계 인자 도출 •터널 및 깎기구간 주변에 존재하는 보안물건의 발파진동 및 소음 피해 최소화

◎ 발파설계 개요

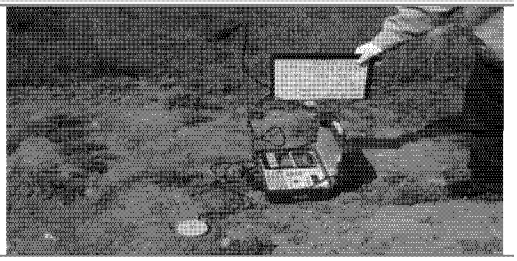
구 분	주 요 내 용	기 대 효 과
발파공법 선정	•발파공사 경제성 및 시공성을 고려한 발파공법 선정	•경제적인 발파공사 시현
발파수량 산출	•계획노선 암종 및 주변환경을 고려하여 발파수량 결정	•효율 극대화 및 민원 최소화
여굴 최소화	•굴착선 손상범위 추정을 통한 외곽공 발파패턴 설정	•보강비 절감 및 안정성 제고
진동 및 소음 영 향 평 가	•시험발파를 통한 진동추정식 및 소음예측식 추정과 예측 •수치해석을 통한 진동 및 소음 전달특성 시뮬레이션	•보안물건 피해 최소화 • 안전발파 수행

3.1.2 시추공 시험 발파

•시추공 공저에서부터 1회 발파를 시행하고 시추공 상태 확인후 5차 발파를 시행
•공당장약량 변화에 따른 발파상수와 장약지수 등을 파악 (1회 장약량 : 0.125 ~ 0.500kg)
•매 발파마다 5m이상 모래전색으로 철포현상을 방지하며 공구에 복토 시행
•보안물건 축선 방향으로 이격거리를 두고 계측지점을 달리하여 진동측정
•시추공 시험발파 현황



◎ 계측장비

구 분	MINIMATE PLUS	BLASTMATE -III
장 비 사 진		
진동속도의 측정범위	최저 0.13mm/s, 최대 254mm/s	최저 0.13mm/s, 최대 254mm/s
최대진동속도	•최대진동속도(PPV, Peak Particle Velocity)의 수직성분과 진행성분, 접선성분의 세성분이 동시에 각각 측정되며, 세 성분의 벡터(Vector)합의 최대값(PVS, Peak Particle Sum)이 측정됨	

계측방법

- Sensor(수신기)는 진동에 매우 민감하므로 발파진동에 의한 자체의 진동발생을 막기 위하여 토사에서는 Sensor에 Spike를 부착하여 지면에 박아 고정시켰으며, 바닥면과 밀착시켜 측정면과 센서가 가능한 한 일체화되도록 함
- Trigger Source를 Geophone으로 설정하고, Trigger Level은 0.3~0.51mm/s으로 설정
- 수진시간 (Record time)은 1회 발파시간을 계산하여 충분한 여진까지 측정 가능하도록 Continuous로 설정

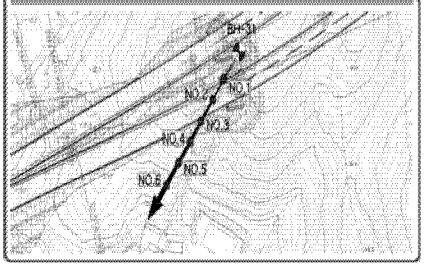
발파방법

- 발파에 의해 공벽의 붕괴를 막고 소음의 제어를 목적으로 소량의 화약을 사용
- 진동의 수신 여부를 확인하기 위해 100g의 화약을 이용하여 TEST Blasting을 실시
- 발파시 발생하는 소음을 차단하기 위하여 일부공에 대해서는 전색을 실시하였으며 일부 자연 지하수를 이용
- 발파는 시추공 저부에서 부터 시작하여 상부로 진행하며, 사용폭약은 NewMITE(ϕ32, 250g)를 시추공당 5회 발파 실시

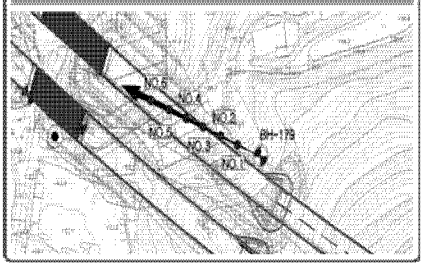
3.1.3 시험발파 현황

구 분	BH-31	BH-179	TTB-5
소 재 지	고양시 덕양구 강매동 225-2임	고양시 일산동구 문봉동 99-28임	파주시 아동동 산 55-2
발 파 횟 수	5 회	5 회	5 회
발 파 심 도	15 ~ 34 m	10 ~ 30.5 m	28 m
장 약 량	0.125 Kg ~ 0.500 Kg	0.250 Kg ~ 0.500 Kg	0.4 Kg ~ 0. 8Kg
사 용 화 약	NEW MITEPLUS ϕ32mm	NEW MITEPLUS ϕ32mm	NEWMITE ϕ50mm
계 측 지 점	6 지점	6 지점	6 지점

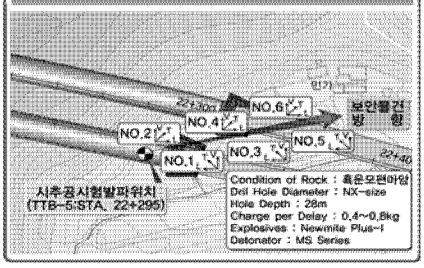
BH-31



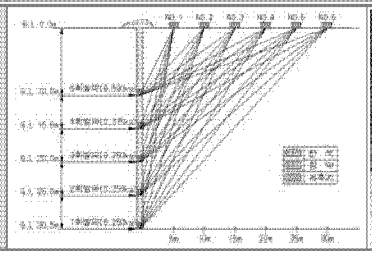
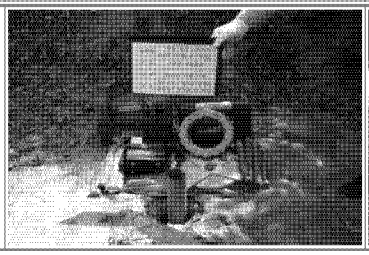
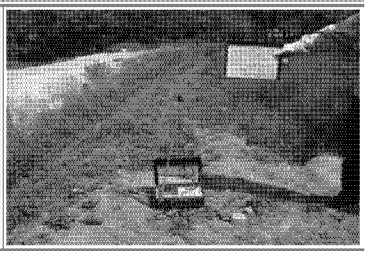
BH-179



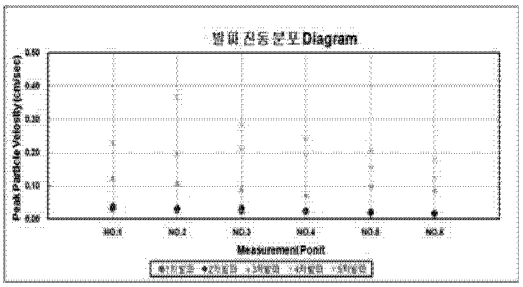
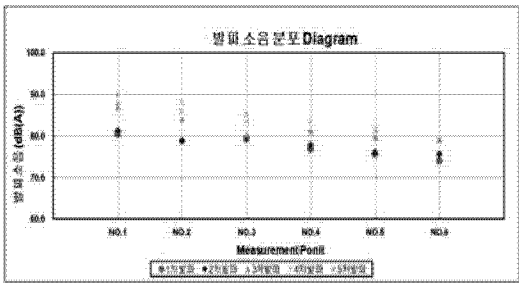
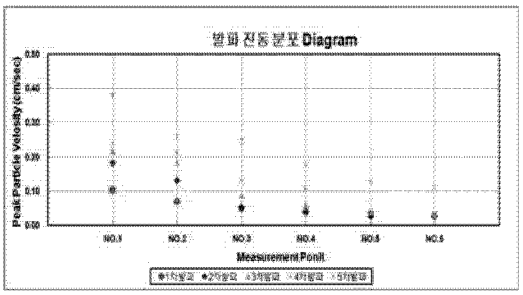
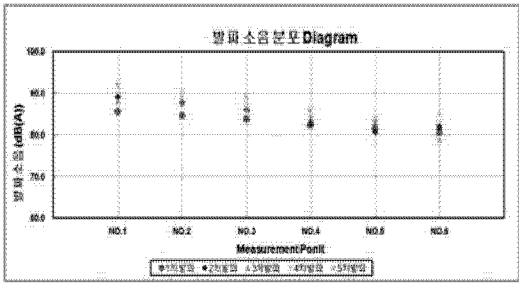
TTB-5(기본설계)



시추공 시험발파 진행 및 전경모습

구 분	장약배열 및 계측기 설치도	시험발파 기장비모습	진동측정기 설치모습
현 황 및 전 경			

○ 시추공 시험발파 발파진동 분포도

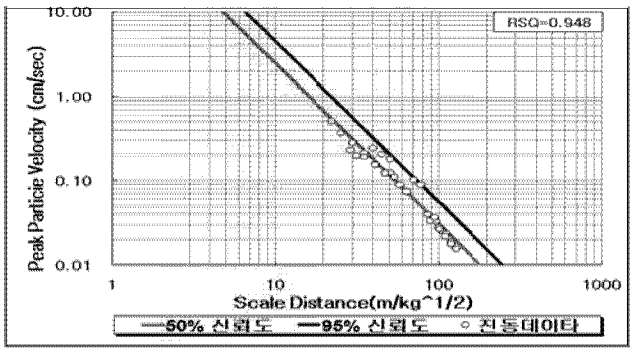
구 분	진동	소음
B H – 3 1		
B H – 1 7 9		

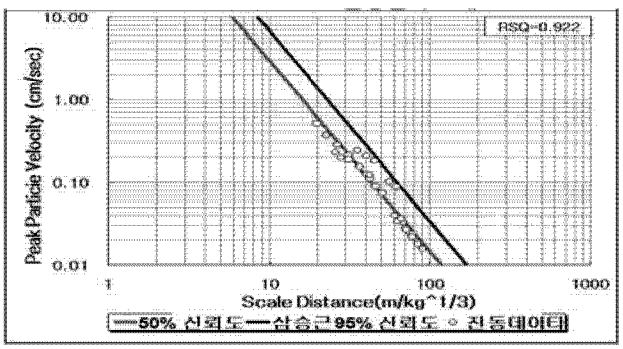
3.1.4 시험발파 결과분석

○ BH–31 발파진동 결과분석

– 발파진동 추정식 산출

자승근 회귀식 및 도표		삼승근 회귀식 및 도표	
50% 신뢰선	95% 신뢰선	50% 신뢰선	95% 신뢰선
$V = 197.47(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.90}$	$V = 357.69(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.90}$	$V = 584.36(\frac{D}{W^{1/3}})^{-2.30}$	$V = 1346.64(\frac{D}{W^{1/3}})^{-2.30}$



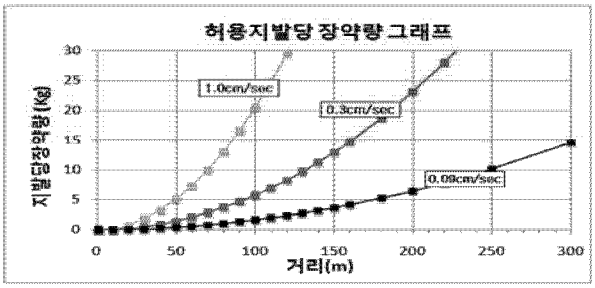


검토결과

- 발파진동 추정식은 95% 회귀선을 사용
- 자승근과 삼승근중에서 발파진동 허용치별 지발당 장약량이 적게 산출된 회귀식을 이용하여 장약량으로 활용

– 발파진동 허용치별 보안거리 변화에 따른 지발당 장약량 산출

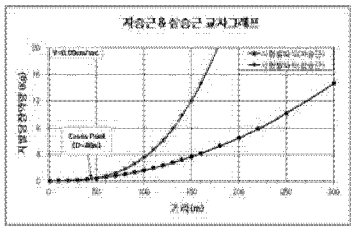
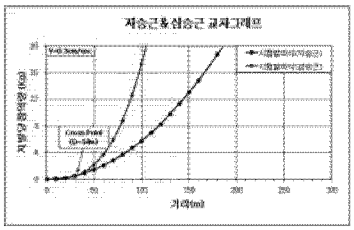
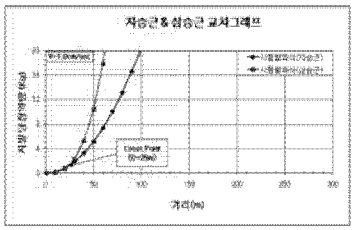
지발당 허용 장약량 그래프



발파진동 허용기준 : 0.09, 0.3, 1.0 cm/s

보안거리	허용기준치(V)별 지발당 허용 장약량(kg)		
	V = 0.09 cm/s	V = 0.3 cm/s	V = 1.0 cm/s
50	0.407	1.444	5.129
100	10627	5.777	20.516
150	3.660	12.998	46.162
200	6.507	23.108	82.065
250	10.167	36.106	128.227
300	14.640	51.993	184.646

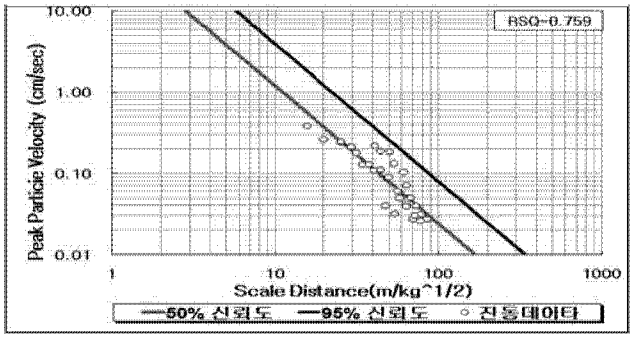
– 발파진동 허용치별 회귀선 교차지점 추정

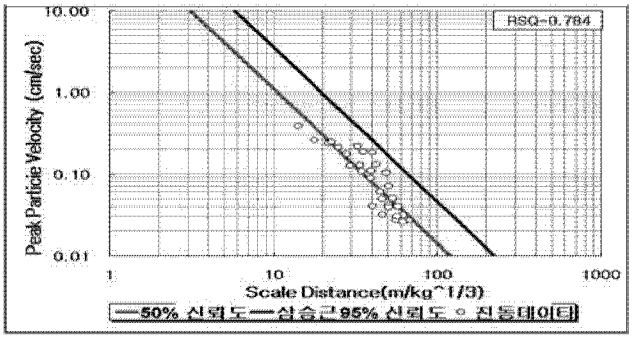
구 분	V = 0.09 cm/sec	V = 0.3 cm/sec	V = 1.0 cm/sec
교차분석 그래프			
교차지점	교차지점 : 46m	교차지점 : 34m	교차지점 : 25m

◎ BH-179 발파진동 결과분석

– 발파진동 추정식 산출

자승근 회귀식 및 도표		삼승근 회귀식 및 도표	
50% 신뢰선	95% 신뢰선	50% 신뢰선	95% 신뢰선
$V = 58.27(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.69}$	$V = 191.74(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.69}$	$V = 85.48(\frac{D}{W^{1/3}})^{-1.89}$	$V = 276.47(\frac{D}{W^{1/3}})^{-1.89}$



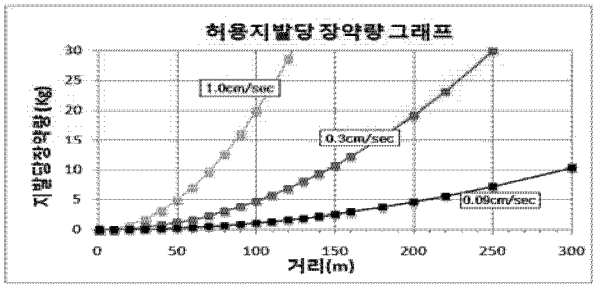


검토결과

- 발파진동 추정식은 95% 회귀선을 사용
- 자승근과 삼승근중에서 발파진동 허용치별 지발당 장약량이 적게 산출된 회귀식을 이용하여 장약량으로 활용

– 발파진동 허용치별 보안거리 변화에 따른 지발당 장약량 산출

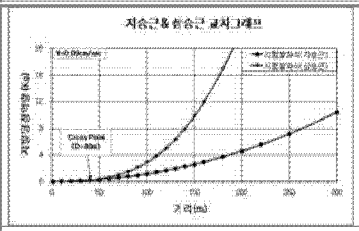
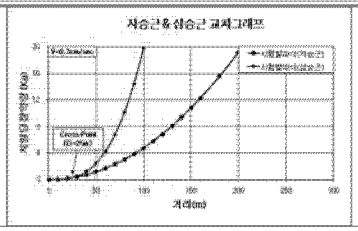
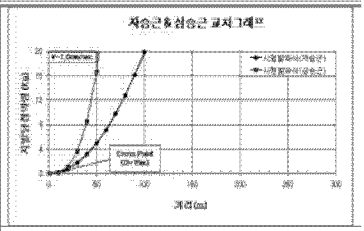
지발당 허용 장약량 그래프



발파진동 허용기준 : 0.09, 0.3, 1.0 cm/s

보 안 거 리	허용기준치(V)별 지발당 허용 장약량(kg)		
	V = 0.09 cm/s	V = 0.3 cm/s	V = 1.0 cm/s
50	0.288	1.196	4.972
100	1.151	4.784	19.887
150	2.589	10.764	44.745
200	4.603	19.135	79.547
250	7.192	29.899	124.292
300	10.357	43.054	178.981

– 발파진동 허용치별 회귀선 교차지점 추정

구 분	V = 0.09 cm/sec	V = 0.3 cm/sec	V = 1.0 cm/sec
교 차 분 석 그 래 프			
교 차 지 점	교차지점 : 40m	교차지점 : 25m	교차지점 : 15m

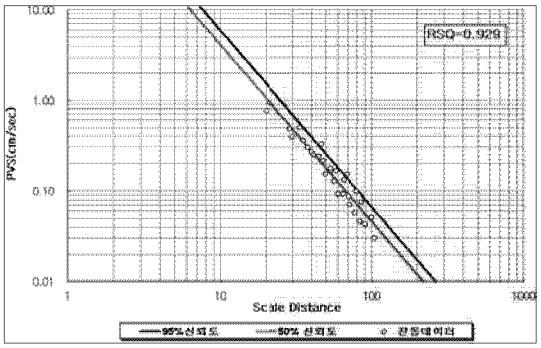
검토결과

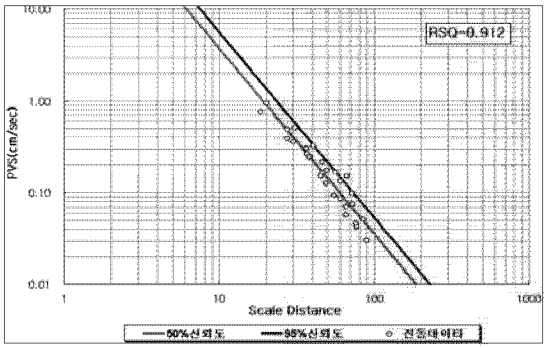
•현지 지반특성이 고려된 발파진동추정식의 발파상수(K) 및 감쇠지수(n)를 산출하여 발파진동의 전파특성 예측 및 환경피해 최소화하는 발파설계 유도

TTB-5 발파진동 결과분석

– 발파진동 추정식 산출

자승근 회귀식 및 도표		삼승근 회귀식 및 도표	
50% 신뢰선	95% 신뢰선	50% 신뢰선	95% 신뢰선
$V = 368.995(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.95}$	$V = 530.511(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.95}$	$V = 390.510(\frac{D}{W^{1/3}})^{-2.02}$	$V = 587.673(\frac{D}{W^{1/3}})^{-2.02}$





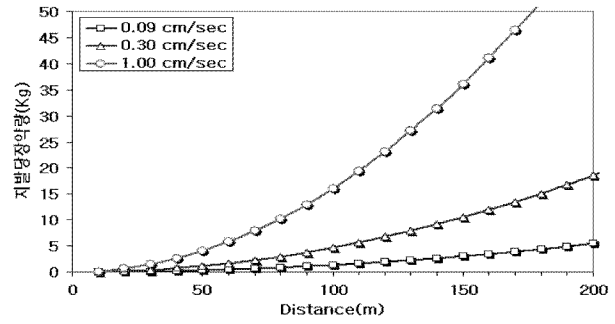
검토결과

•발파진동 추정식은 95% 회귀선을 사용

•자승근과 삼승근중에서 발파진동 허용치별 지발당 장약량이 적게 산출된 회귀식을 이용하여 장약량으로 활용

– 발파진동 허용치별 보안거리 변화에 따른 지발당 장약량 산출

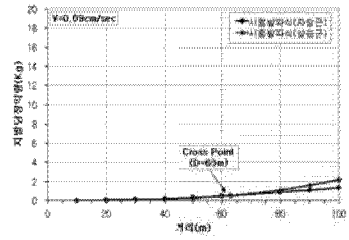
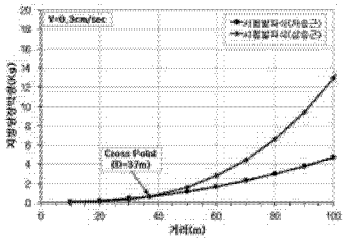
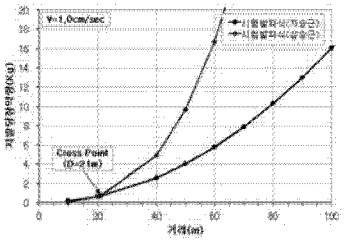
지발당 허용 장약량 그래프



발파진동 허용기준 : 0.09, 0.3, 1.0 cm/s

보안거리	허용기준치(V)별 지발당 허용 장약량(kg)		
	V = 0.09 cm/s	V = 0.3 cm/s	V = 1.0 cm/s
50	0.270	1.167	4.012
100	1.358	4.668	16.049
150	3.055	10.504	36.110
200	5.432	18.673	64.195
250	8.487	29.177	100.305
300	12.221	42.014	144.439

– 발파진동 허용치별 회귀선 교차지점 추정

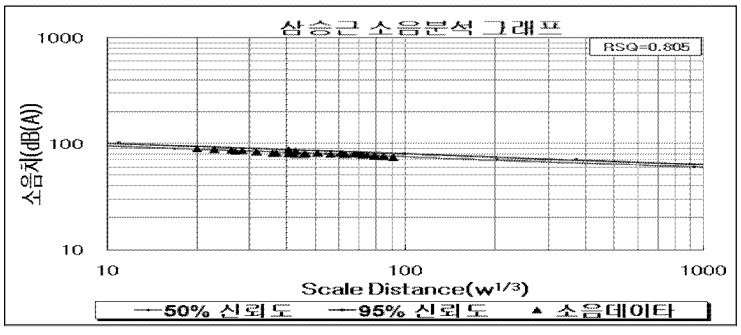
구 분	V = 0.09 cm/sec	V = 0.3 cm/sec	V = 1.0 cm/sec
교차분석 그래프			
교차지점	삼승근<D=63m≤자승근	삼승근<D=37m≤자승근	삼승근<D=21m≤자승근

발파소음 결과분석

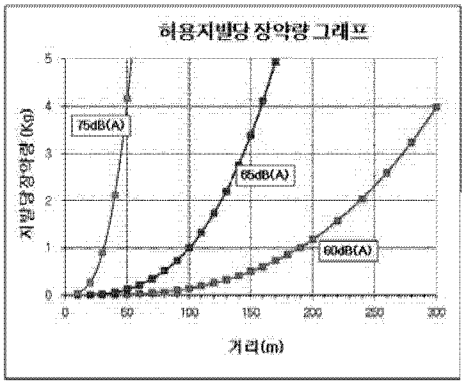
– BH-31 발파소음 추정식 산출 및 장약량 산출

삼승근 회귀식 및 도표

50% 신뢰선	95% 신뢰선
$dB(A) = 119.66(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.101}$	$dB(A) = 127.36(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.101}$



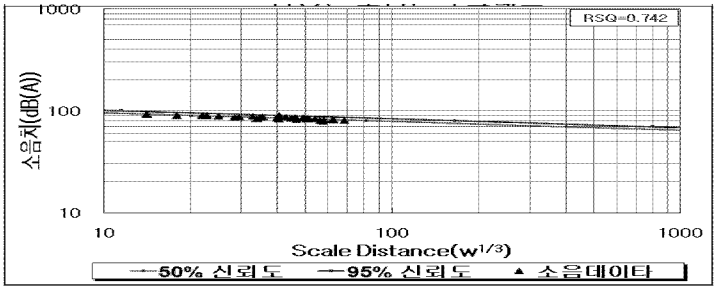
지발당 허용 장약량 그래프

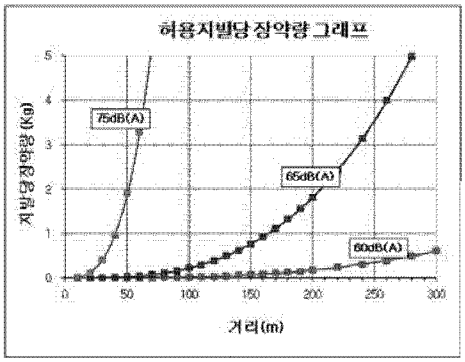


발파소음 허용기준 : 60, 65, 75 dB(A)

- BH-179 발파소음 추정식 산출 및 장약량 산출

삼승근 회귀식 및 도표		지발당 허용 장약량 그래프
50% 신뢰선	95% 신뢰선	
$dB(A) = 118.32(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.092}$	$dB(A) = 124.61(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.092}$	

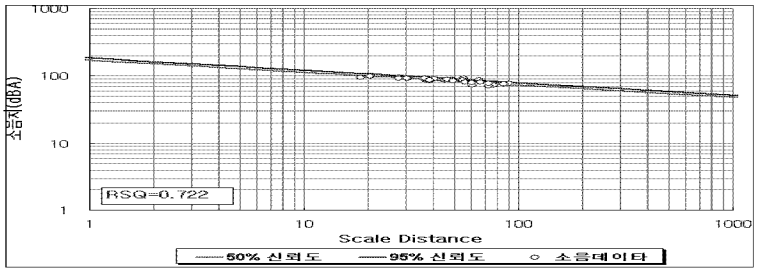


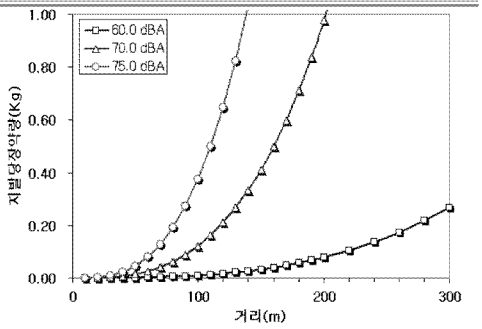


발파소음 허용기준 : 60, 65, 75 dB(A)

- TTB-5 발파소음 추정식 산출 및 장약량 산출

삼승근 회귀식 및 도표		지발당 허용 장약량 그래프
50% 신뢰선	95% 신뢰선	
$dB(A) = 172.804(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.1843}$	$dB(A) = 186.133(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.1843}$	



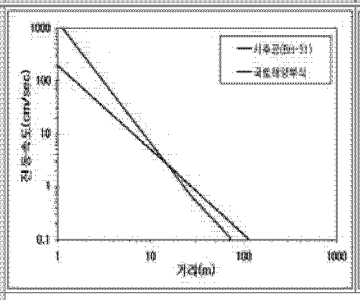
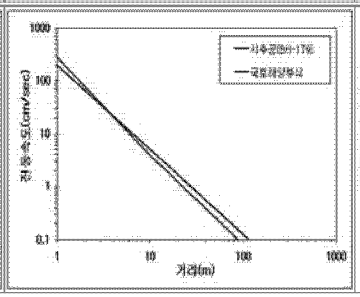
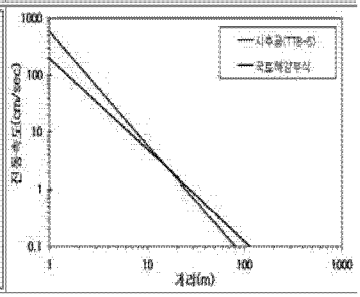


발파소음 허용기준 : 60, 70, 75 dB(A)

검토결과

•현지 지반특성이 고려된 발파진동추정식의 발파상수(K) 및 감쇠지수(n)를 산출하여 발파진동의 전파특성 예측 및 환경피해 최소화하는 발파설계 유도

3.1.5 발파진동 추정식 비교분석

구 분	BH - 31	BH - 179	TTB - 5
비교분석 그라프			
분 석 내 용	•발파진동 추정식 비교검토는 국토해양부식과 계획노선에서 수행된 시추공 시험발파 결과의 진동추정식을 비교 검토 함. •깎기 구간 및 터널구간의 발파진동 추정식은 BH-31, BH-179, TTB-5 시추공에서 수행된 시험발파의 발파진동 추정식을 적용.		

3.2 보안물건별 발파진동 및 발파소음 영향검토

3.2.1 발파진동 및 소음 허용 기준치 선정

- 암발파시 민원발생 방지를 위해 발파 소음·진동 영향분석 및 저감대책 수립
- 사업구간에서 암깎기 구간을 대상으로 주요지장물과 인접하여 민원이 우려되는 구간을 선정하여 미진동 발파 공법 적용
- 현장의 암반지질 및 지형조건 등에 따라 발파진동 추정식이 변화되므로 발파작업 착수전에 시험발파를 실시하여 현장에 적합한 현장 발파진동 추정식을 산출하고, 지발당 장약량에 의거 표준발파패턴에 대한 적용이격 거리를 확보하여 공사를 실시하여야 함

◎ 발파진동 허용기준

구 분	서울지하철 기준	노동부	터널표준시방서	독일 DIN 4150
문화재(기념물등)	0.2	0.2	0.3	0.3~0.8
주 택 , 아 파 트	0.5	0.5	1.0~2.0	0.5~1.5
상 가 , 공 장 등	1.0	1.0	3.0~5.0	2.0~4.0
콘크리트구조물	1.0~4.0	1.0~4.0		

◎ 소음 기준(생활소음 규제 기준)

구 분	조 석 (05:00~08:00 18:00~22:00)	주 간 (08:00~18:00)	심 야 (22:00~05:00)
주거지역, 녹지지역 등에 소재한 학교, 병원, 도서관	60 이하	65 이하	50 이하
기 타 지 역	65 이하	70 이하	50 이하

◎ 가축대상 허용 발파 기준

- 가시적 피해 사례 및 중앙환경분쟁 조정위원회 권고 기준 중 2006년도 환경피해 구제기준 참고
- 진동 0.09cm/sec 이하, 소음 60dB 이하 기준 적용

◎ 설계적용 허용기준치 선정

대상보안물건	진동(cm/sec)	소음(dB(A))	비 고
축 사	0.09	60	•중앙환경분쟁 조정위원회 권고 기준 적용
민가 및 군부대	0.3	75	•서울민사지법 판례, 중앙환경분쟁 조정위원회 사례
공 장	0.5	75	•국토해양부 암발파 설계 지침, 국내 적용 사례
송 전 탑	1.0	–	•스위스 송전탑 적용기준
교 량 구 조 물	1.0	–	•스위스 발파진동 허용기준(SN640 312a)

3.2.2 발파진동 추정식 및 소음 예측식 선정

적용구간	발파진동추정식		발파소음예측식
	자승근	삼승근	
BH-31	$V=357.69(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.90}$	$V=1346.64(\frac{D}{W^{1/3}})^{-2.30}$	$dB(A)=127.36(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.101}$
BH-179	$V=191.74(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.69}$	$V=276.47(\frac{D}{W^{1/3}})^{-1.89}$	$dB(A)=124.61(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.092}$
TTB-5	$V=530.51(\frac{D}{W^{1/2}})^{-1.95}$	$V=587.67(\frac{D}{W^{1/3}})^{-2.02}$	$dB(A)=186.13(\frac{D}{W^{1/3}})^{-0.184}$
적용근거	•시추공 시험발파를 통해서 산출된 발파진동추정식 및 소음예측식이 본 계획노선의 지반특성과 지형조건이 반영된 적용식이기 때문에 신뢰성이 높고 적합함		

○ BH-31

구분	지발당장약량 (kg/delay)	발파진동(cm/sec) 영향범위(m)				
		0.09cm/sec	0.2cm/sec	0.3cm/sec	0.5cm/sec	1.0cm/sec
미진동	0.125미만	0 ~ 33	0 ~ 24	0 ~ 20	0 ~ 16	0 ~ 12
정밀진동	0.125~0.5	33 ~ 56	24 ~ 37	20 ~ 31	16 ~ 25	12 ~ 19
진동소규모	0.5~1.6	56 ~ 100	37 ~ 66	31 ~ 53	25 ~ 41	19 ~ 28
진동중규모	1.6~5.0	100 ~ 176	66 ~ 116	53 ~ 94	41 ~ 72	28 ~ 50
일반발파	5.0~15.0	176 ~ 304	116 ~ 200	94 ~ 162	72 ~ 124	50 ~ 86
대규모발파	15.0 이상	304 ~	200 ~	162 ~	124 ~	86 ~

○ BH-179

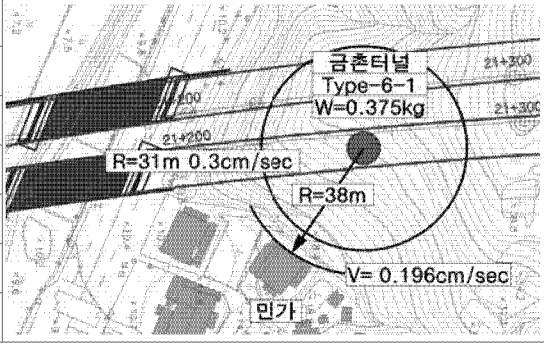
구분	지발당장약량 (kg/delay)	발파진동(cm/sec) 영향범위(m)				
		0.09cm/sec	0.2cm/sec	0.3cm/sec	0.5cm/sec	1.0cm/sec
미진동	0.125미만	0 ~ 36	0 ~ 23	0 ~ 19	0 ~ 15	0 ~ 10
정밀진동	0.125~0.5	36 ~ 66	23 ~ 42	19 ~ 33	15 ~ 24	10 ~ 16
진동소규모	0.5~1.6	66 ~ 118	42 ~ 74	33 ~ 58	24 ~ 43	16 ~ 29
진동중규모	1.6~5.0	118 ~ 209	74 ~ 130	58 ~ 103	43 ~ 76	29 ~ 51
일반발파	5.0~15.0	209 ~ 362	130 ~ 226	103 ~ 178	76 ~ 131	51 ~ 87
대규모발파	15.0 이상	362 ~	226 ~	178 ~	131 ~	87 ~

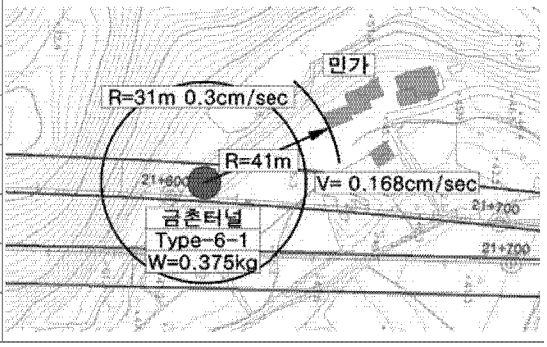
○ TTB-5

구분	지발당장약량 (kg/delay)	발파진동(cm/sec) 영향범위(m)				
		0.09cm/sec	0.2cm/sec	0.3cm/sec	0.5cm/sec	1.0cm/sec
미진동	0.125미만	0 ~ 39	0 ~ 27	0 ~ 22	0 ~ 17	0 ~ 12
정밀진동	0.125~0.5	39 ~ 62	27 ~ 42	22 ~ 34	17 ~ 27	12 ~ 19
진동소규모	0.5~1.6	62 ~ 109	42 ~ 73	34 ~ 59	27 ~ 46	19 ~ 32
진동중규모	1.6~5.0	109 ~ 192	73 ~ 128	59 ~ 104	46 ~ 80	32 ~ 56
일반발파	5.0~15.0	192 ~ 333	128 ~ 221	104 ~ 180	80 ~ 138	56 ~ 97
대규모발파	15.0 이상	333 ~	221 ~	180 ~	138 ~	97 ~

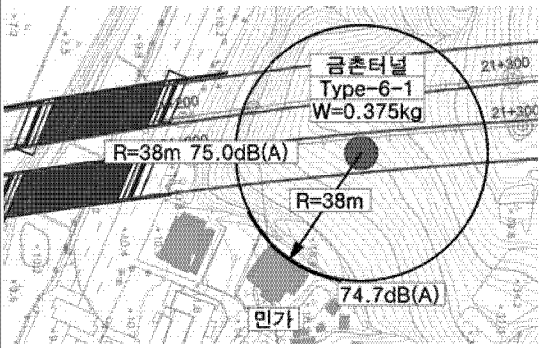
3.2.3 보안물건별 발파진동 영향권 검토

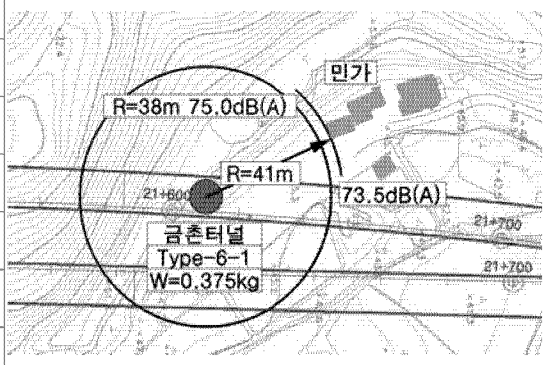
◎ 금촌터널 발파진동 영향권 검토

보안물건	항 목	내 용	영 향 원
시 점 부 민 가	발파위치	STA. 21+251	
	이격거리	38 m	
	굴착패턴	Type-6-1	
	굴 진 장	1.0 m	
	지발당장약량	0.375 kg/delay	
	영향권 범위	31 m	
	예상 진동값	0.196 cm/sec	
검 토 결 과	•발파진동 예측결과 : 0.196 cm/sec 〈 0.3 cm/sec (O.K)		

보안물건	항 목	내 용	영 향 원
종 점 부 민 가	발파위치	STA. 21+610	
	이격거리	41 m	
	굴착패턴	Type-6-1	
	굴 진 장	1.0 m	
	지발당장약량	0.375 kg/delay	
	영향권 범위	31 m	
	예상 진동값	0.168 cm/sec	
검 토 결 과	•발파진동 예측결과 : 0.168 cm/sec 〈 0.3 cm/sec (O.K)		

◎ 금촌터널 발파소음 영향권 검토

보안물건	항 목	내 용	영 향 원
시 점 부 민 가	발파위치	STA. 21+251	
	이격거리	38 m	
	굴착패턴	Type-6-1	
	굴 진 장	1.0 m	
	지발당장약량	0.375 kg/delay	
	영향권 범위	38 m	
	예상 소음값	74.7 dB(A)	
검 토 결 과	•발파소음 예측결과: 74.7 dB(A) 〈 75 dB(A) (O.K)		

보안물건	항 목	내 용	영 향 원
종점부 민가	발파위치	STA. 21+610	
	이격거리	41 m	
	굴착패턴	Type-6-1	
	굴 진 장	1.0 m	
	지발당장약량	0.375 kg/delay	
	영향권 범위	38 m	
	예상 소음값	73.5 dB(A)	
검 토 결 과	•발파소음 예측결과: 73.5 dB(A) 〈 75 dB(A) (O.K)		

◎ 깎기구간 적용 발파공법 설정

구 분 (STA.)		보 안 물 건	이격거리 (m)	발파공법 선정				
				미진동 굴착	정밀 진동	진동 소규모	진동 중규모	일반 발파
4공구	본선 21+190~21+270	민가	12	◎	◎	◎	◎	-
	본선 21+560~22+600	민가	6	◎	◎	◎	◎	◎
	본선 23+530~23+590	민가	67	-	-	-	◎	◎
	본선 23+720~24+010	파주 여자고등학교	94	-	-	-	◎	◎
	본선 24+130~24+350	파주 여자고등학교	256	-	-	-	-	◎
	본선 24+670~24+810	파주 여자고등학교	735	-	-	-	-	◎
	본선 25+350~25+490	민가	67	-	-	-	-	◎
	본선 28+210~28+590	민가	71	-	-	-	◎	◎
	본선 28+710~28+950	민가	50	-	-	◎	◎	◎
	본선 28+890~29+090	철탑 민가	54	-	-	-	◎	◎
	본선 29+300~29+600	철탑	2	◎	◎	◎	◎	◎
	본선 29+700~30+200	민가	6	◎	◎	◎	◎	◎
	본선 30+660~31+610	철탑	9	◎	◎	◎	◎	◎

제10편 기타구조물 설계

제1장 보강토옹벽 구조물 설계

제2장 횡단구조물 설계

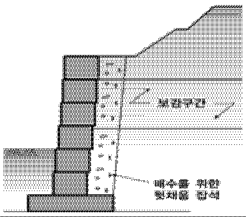
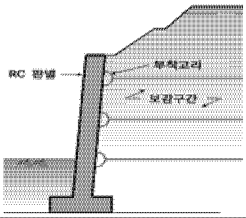
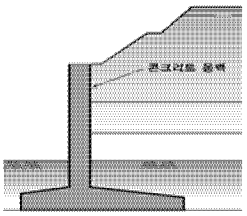
제 1 장 보강토옹벽 구조물 설계

1.1 설계개요

기본방향	•주거지역, 인근 도로 및 토공계획이 곤란한 민원예상구간에 기타구조물 계획 •옹벽 형식은 지반조건, 경제성 및 시공성 분석을 통한 현지여건에 적합한 형식 선정 •주변 환경성 미관 및 안정성에 유리한 옹벽형식 선정

1.1.1 보강토옹벽 형식 검토

•옹벽의 형식은 지반조건, 미관 및 경제성 분석을 통하여 현지여건에 적합한 형식을 선정
•옹벽에 대한 내적, 외적 및 전체적 안정성을 검토하여 옹벽설계 수행

구 분		블럭식 보강토 옹벽	판넬식 보강토 옹벽	일반 콘크리트 옹벽
개 요 도				
시공성	높이	•1~15m (계단형)	•3~30m	•2~8m
	구성	•콘크리트 블록 •보강재 및 기타부속 •뒷채움 토공 및 다짐	•콘크리트 전면판 •보강재 및 기타부속 •뒷채움 토공 및 다짐	•콘크리트, 철근, 거푸집, 비계 등 가설재로 구성 •배수공, 뒷채움 다짐
	공기	•기성품으로 동절기 공사가능	•기성품으로 동절기 공사가능	•동절기 공사에 어려움
	미관	•자연석 문양 외관수려 •다양한 색상 옹벽축조	•조립식 Precast Con'c 이므로 형상이 정확	•현장타설로 표면이 거침 •조형미가 없음
안정성		•부등침하, 지진등 내구성이 강함 (지반, 배면토변위에 적응력우수)	•전면배수로 수압에 조절에 의해 안정성확보, 전면판 변형 미비	•배수공 막힘 현상에 따른 수압 증가로 옹벽 안정성 저하우려
선 정		◉	-	◉
검 토 결 과		•지역여건을 고려하여 미관이 우수한 블럭식 보강토 옹벽 선정 •배면 여유부지 미확보 및 옹벽 높이가 높지 않은 구간은 일반 콘크리트 옹벽 선정		

1.1.2 보강토옹벽 설계기준

구 분		설계기준 및 해석방법	적용 설계기준	
적용 시방서		•French Standard NF P94-220, A 05-252 •도로교 설계기준 (건설교통부, 2000)	외적안정	•저면활동 : Fs = 1.5 •전 도 : Fs = 2.0 •지 지 력 : Fs = 2.5 •전체활동 : Fs = 1.5
참 고 문 헌		•TAI Design Guide A-01/05, A-15/16 •도로설계편람(II) (건설교통부, 2000) •도로설계실무편람 (한국도로공사, 1996)		
적용 설계법		•내적/외적안정 - 한계상태 설계법 •전체안정 - 허용응력 설계법	내적안정	•보강재인발 : Fs = 1.5 •보강재파단 : Fs = 1.0(금속재) •보강재파단 : Fs = 1.5(지오그리드, 섬유보강재)
적용 토압	상 시	•Coulomb 토압		
	지진시	•Mononobe-Okabe 토압		

1.2 보강토옹벽 안정성 검토

1.2.1 보강토옹벽 안정성 검토

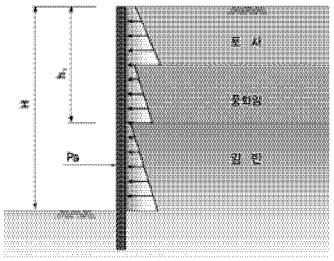
○ 외적 안정성 검토

■ 옹벽에 작용하는 토압

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

여기서,
K_a : Coulomb주동토압계수
H : 옹벽의 높이
ϕ : 쌓기재의 내부 마찰각

작용 토압



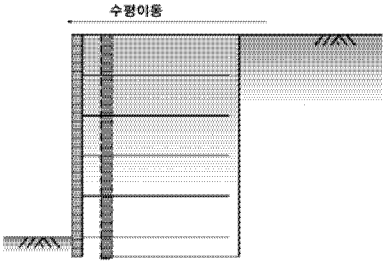
■ 활동에(Sliding) 대한 안정

•보강토체와 지반 사이에서 발생하는 활동력과 이에 대한 저항력에 근거하여 안정검토

$$F_s = \frac{\Sigma \text{수평저항력}}{\Sigma \text{수평활동력}} = \frac{(V_1 + V_2 + F_V)\ \tan\delta\ + C_a B}{F_H}$$

여기서, δ : 옹벽저판과 지지지반 사이 마찰각
C_a : 옹벽저판과 지지지반 사이 부착력

보강토 옹벽의 활동(Slinding)



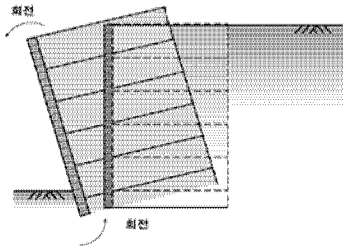
■ 전도에(Overturning) 대한 안정

•전면판을 포함한 보강토체가 옹벽선단을 중심으로 회전하려는 모멘트와 이에 대해 저항하려는 모멘트에 근거한 안정검토

$$F_s = \frac{\Sigma \text{ 저항모멘트}}{\Sigma \text{ 전도모멘트}}$$

여기서,
M_s : 저항 모멘트, M_r : 전도 모멘트

보강토 옹벽의 전도(Overturning)



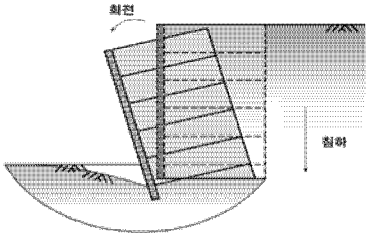
■ 지지력에(Bearing Capacity)에 대한 안정

•보강토 옹벽의 자중 및 토압으로 인한 수직응력과 지반의 허용지지력과의 관계에 근거한 안정검토

$$\sigma_v \leq q_a = \frac{q_{ult}}{Fs}$$

여기서,
σ_v : 옹벽저면의 수직응력
q_a : 기초지반의 허용지지력
q_{ult} : 기초지반의 극한지지력

보강토 옹벽의 지지력(Beariang Capacity)



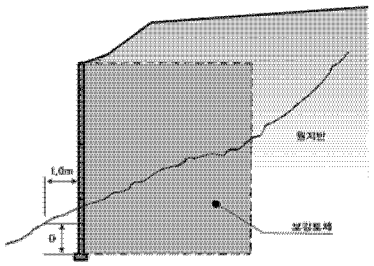
▮ 근입장에 (Embedment) 대한 안정

•적용조건
- 단단한 지반 : 최소근입장 없음
- 일반 지반조건 : 최소 근입장 $D_m \geq 40cm$
  벽체 전면지반의 경사에 따라 다름

•검토식 – NF P 94-220

벽체 전면지반 경사	$D_{min} / q_{ref} \geq D_m$
수평	1.5×10^{-3}
3H : 1V	3.0×10^{-3}
2H : 1V	4.5×10^{-3}
3H : 2V	6.5×10^{-3}

보강토 옹벽의 근입장(Embedment)



◎ 내적 안정성 검토

▮ 인발저항 (Pull out)

•각 보강재에 유발되는 인장력에 대해 보강재의 유효 길이에 따른 인발저항력에 근거하여 안정검토

$$\frac{T_f}{T_m} > 1, \quad T_f = \frac{2bxf^* \times L_a \times \sigma_v}{(F_s)f}$$

여기서,

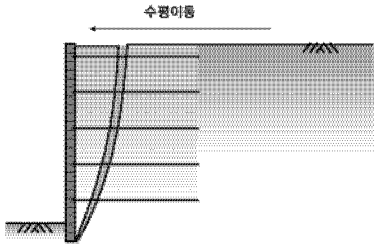
T_f : 보강재의 인발저항 능력

T_m : 발생최대 인장력

L_a : 보강재의 유효길이(인장파괴선 외측)

b : 보강재 폭, f^* : 마찰계수

보강재 인발파괴



▮ 보강재 파단 (Strip rupture)

•보강재에 유발되는 인장력에 대한 보강재가 견딜 수 있는 최대허용인장력에 근거한 안정검토

$$\frac{T_f}{T_m} > 1, \quad T_y = \frac{R_0}{(F_s)f} \times \frac{e_0 - e_s}{e_0}$$

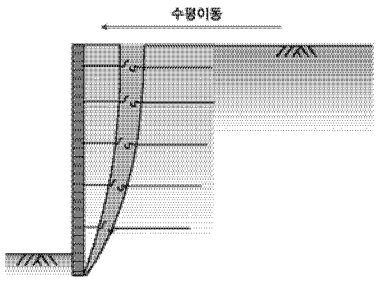
여기서,

T_m : 최대인장력

T_y : 보강재의 허용인장강도

R_0 : 파단강도

보강재 파단



▮ 보강토 옹벽의 전체 안정성 검토

•보강토 옹벽 구조체 전체를 포함한 토체의 파괴에 대한 비탈면 안정검토를 수행

•파괴면은 원호로 가정하고, Moment Equilibrium에 의한 한계평형해석으로 검토

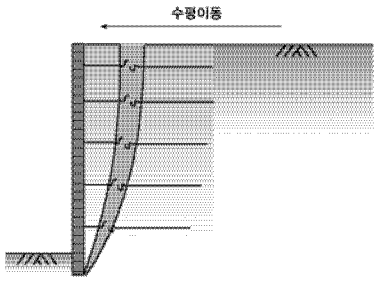
$$F_{sgs} = \frac{M_y}{M_d}$$

여기서,

M_d : 보강토 옹벽에 불안정을 유발하는 Driving모멘트

M_y : Driving모멘트에 대한 저항 모멘트

전체적 안정성 (Global Slope Stability)



1.2.2 보강토옹벽 일반구간 안정성 검토결과

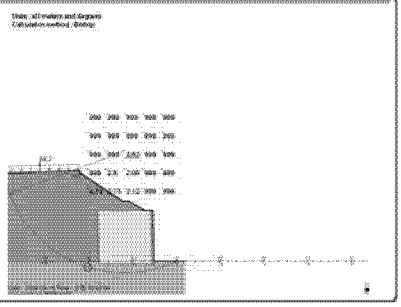
○ 내적·외적 안정성 검토 (도면 부대공 : 보강토옹벽 참조, 구조계산서)

구분	구 간 Sta.	높이(m)	내적 안정		외적 안정		
			인장파단 (>1.0)	인발파괴 (>1.5)	활동 (>1.5)	전도 (>2.0)	지지력 (>2.5)
1	STA.22+858.85~STA.22+974.43	4.7	1.849	15.21	1.625	3.43	8.21
2	STA.22+986.13~STA.23+022.80	4.1	1.62	13.924	1.52	3.39	8.74
3	STA.27+049.22(좌측)~STA.27+240.00(우측)	12.3	1.53	16.971	1.891	3.17	4.68
4	시도27호선이설도로 STA.0+148.73 ~ STA.0+174.48	2.7	1.587	3.032	1.802	3.22	5.18
5	STA.28+214.01~STA.28+310.04	13.7	1.724	12.684	2.566	5.09	6.43
6	STA.28+332.17~28+752.90	3.7	1.815	2.332	1.684	2.67	5.43
7	STA.29+612.34~29+663.21	8.7	1.516	23.809	3.666	11.79	7.17
8	산단IC STA.0+225.51~STA.0+276.43	7.9	1.57	11.03	1.596	2.51	4.47
9	STA.31+977.61 ~ STA.32+012.15	8.5	1.614	4.747	1.849	2.93	4.09
10	STA.32+143.55 ~ 32+228.30	4.9	1.744	17.548	1.552	3.41	6.56
11	내포IC R-C STA.0+189.50~STA.0+220.00	3.3	1.587	2.229	1.533	2.28	3.72
12	내포IC R-A교 STA.0+172.34(좌우측)~TA.0+238.4897(좌우측)	4.9	1.489	3.156	1.621	2.42	3.62
13	자유로 STA.0+216.91~STA.0+527.06	6.1	1.51	3.858	1.709	2.62	3.74
14	금촌육교 종점부, 금촌2교 시종점부	6.6	1.167	3.821	1.73	2.63	3.95
15	내포IC R-B1교 종점부 좌측~R-B2교 시점부 좌측	7.8	1.167	4.6	1.807	2.82	4.06
16	내포교 시점부, 내포교 종점부 좌측, 내포1교 시점부	6.2	1.235	3.211	1.739	2.68	3.27
17	능산2교 종점부 좌측	7.4	1.222	3.542	1.783	2.76	3.21
18	내포IC R-B1교 시점부 좌측	8.2	1.196	3.213	1.798	2.78	3.15
19	아동육교 종점부	2.6	1.421	3.253	1.892	3.56	6.32
20	월롱IC교 시종점부	3.6	1.19	3.067	1.647	2.58	4.6
21	월롱육교 시종점부, 아동육교 시점부 좌측	4.4	1.355	2.463	1.613	2.41	4.06
22	내포IC R-B3교 종점부	5.6	1.197	2.793	1.674	2.52	3.95
23	내포1교 종점부	6.6	1.169	3.821	1.731	2.64	3.96
24	능산3교 시점부	7.4	1.223	3.543	1.784	2.76	4.03
25	내포IC R-B1교 종점부 우측~R-B2교 시점부 우측	8.4	1.169	4.819	1.826	2.86	4.03
26	내포IC R-B2교 종점부	10.2	1.169	5.819	1.899	3.03	4.09
27	월롱교 시종점부, 능산1교 시점부	6.2	1.237	3.212	1.741	2.68	3.27
28	덕은교 시점부, 능산1교 종점부, 능산2교 종점부, 능산4교 종점부	7.6	1.198	3.291	1.813	2.84	3.3
29	내포IC R-B1교 시점부 우측, R-B3교 시점부	8.4	1.169	4.819	1.826	2.86	3.23
30	덕은교 종점부 좌측	10.0	1.195	4.03	1.904	3.05	3.32
31	금촌2교 종점부 좌측	6.1	1.312	9.489	1.549	2.7	5.51
32	내포육교 시종점부 좌측	7.1	1.315	10.966	1.533	2.61	4.94

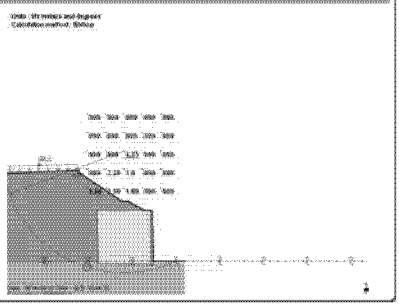
구분	구 간 Sta.	높이(m)	내적안정 인장파단 (>1.0)	내적안정 인발파괴 (>1.5)	외적안정 활동 (>1.5)	외적안정 전도 (>2.0)	외적안정 지지력 (>2.5)
33	내포육교 시종점부 우측	7.9	1.298	6.024	1.866	3.02	5.08
34	월롱지하차도 시점부	7.7	1.225	3.512	2.288	4.16	6.7
35	월롱지하차도 종점부	8.5	1.3	2.771	2.274	4.1	6.37

전체적 안정성 검토결과

4공구 본선 Sta.27+080 (상시)



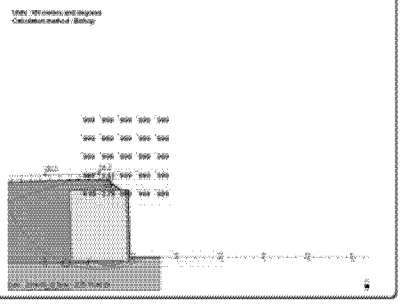
4공구 본선 Sta.28+080 (지진시)



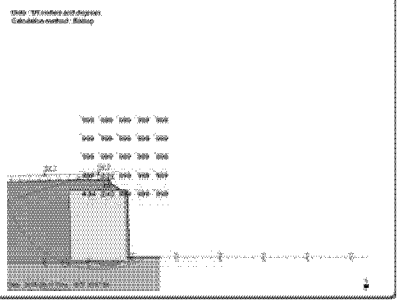
검토 결과

•전체 활동 대표단면 검토결과
•상시 : Fs= 2.02 〉 1.5-O.K
•지진시 : Fs= 1.75 〉 1.1-O.K

4공구 본선 Sta.27+120 (상시)



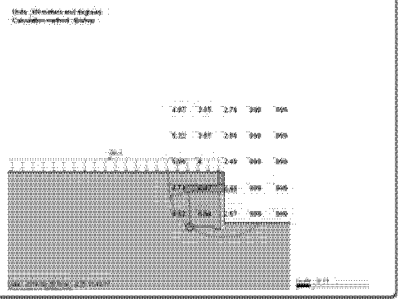
4공구 본선 Sta.27+120 (지진시)



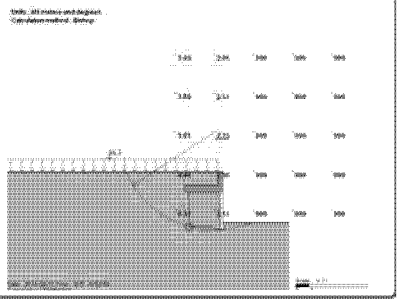
검토 결과

•전체 활동 대표단면 검토결과
•상시 : Fs= 2.57 〉 1.5-O.K
•지진시 : Fs= 2.22 〉 1.1-O.K

4공구 본선 Sta.32+160 (상시)



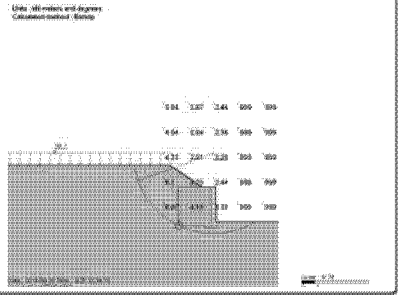
4공구 본선 Sta.32+160 (지진시)



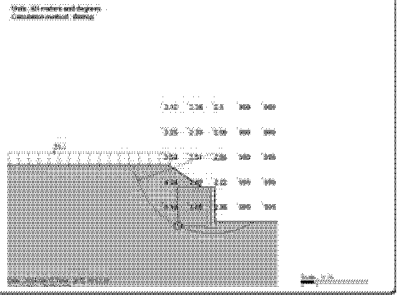
검토 결과

•전체 활동 대표단면 검토결과
•상시 : Fs= 2.46 〉 1.5-O.K
•지진시 : Fs= 2.35 〉 1.1-O.K

4공구 본선 Sta.32+200 (상시)



4공구 본선 Sta.32+200 (지진시)

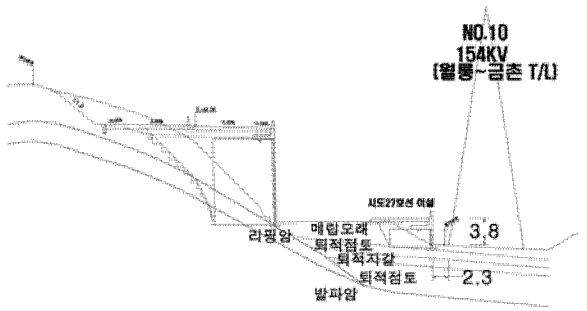


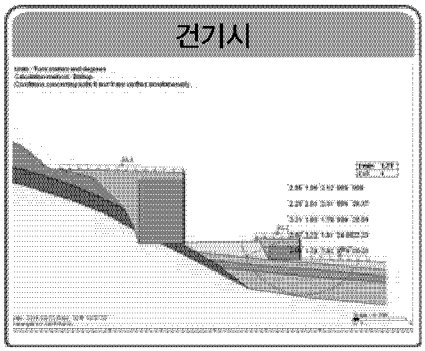
검토 결과

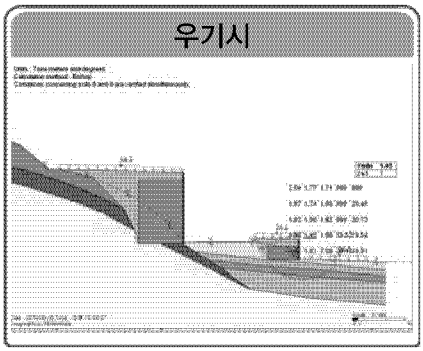
•전체 활동 대표단면 검토결과
•상시 : Fs= 2.29 〉 1.5-O.K
•지진시 : Fs= 2.04 〉 1.1-O.K

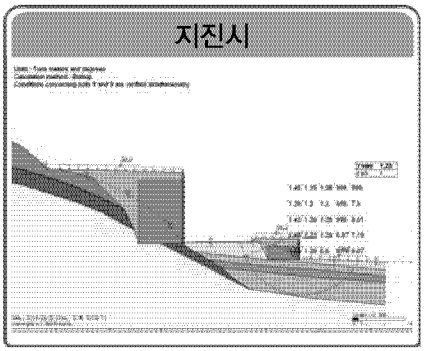
1.2.3 보강토옹벽 철탑인근 안정성 검토결과

4공구 STA. 28+240

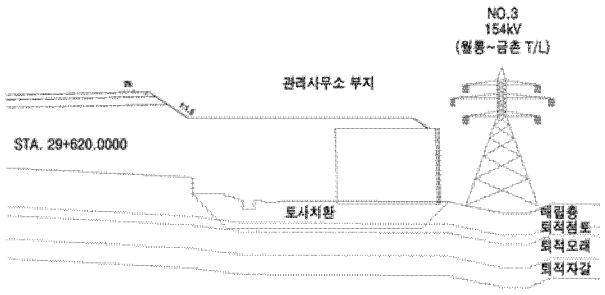
검 토 단 면	구분	안전율		판정
		기준안전율	최소안전율	
	건기시	1.50	1.73	O.K
	우기시	1.20	1.45	O.K
	지진시	1.10	1.22	O.K

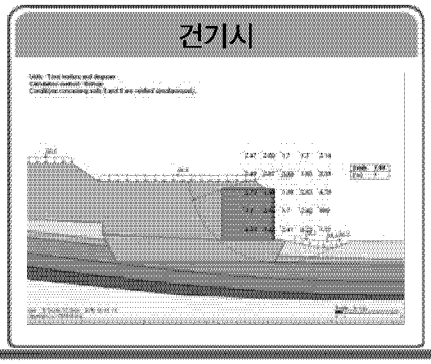


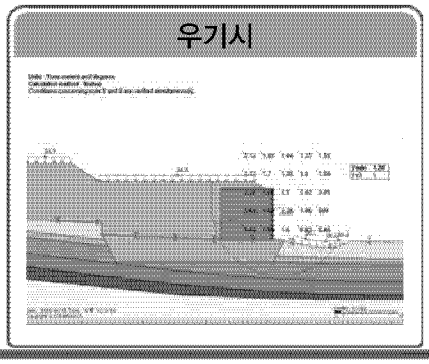


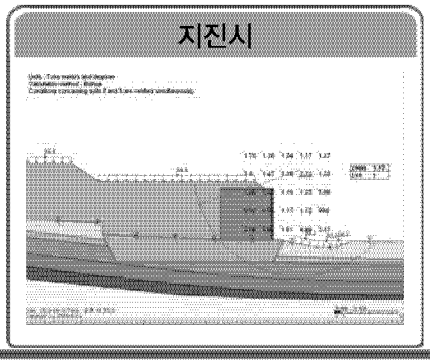


4공구 STA. 29+620 (치환공법 적용)

검 토 단 면	구분	안전율		판정
		기준안전율	최소안전율	
	건기시	1.50	1.64	O.K
	우기시	1.20	1.28	O.K
	지진시	1.10	1.13	O.K



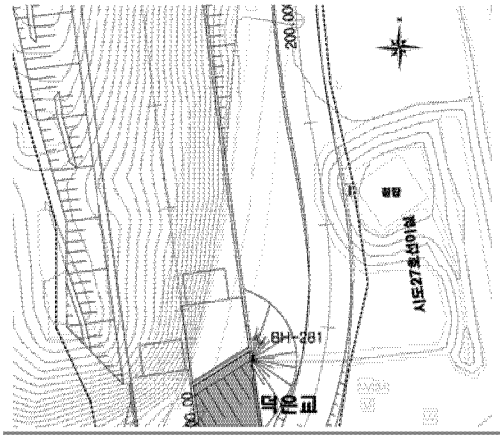
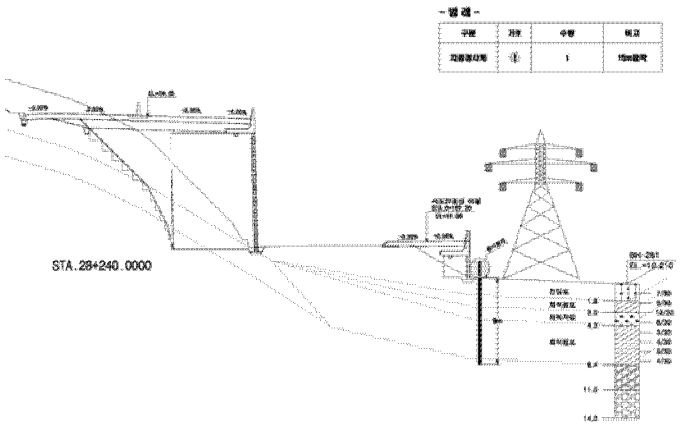




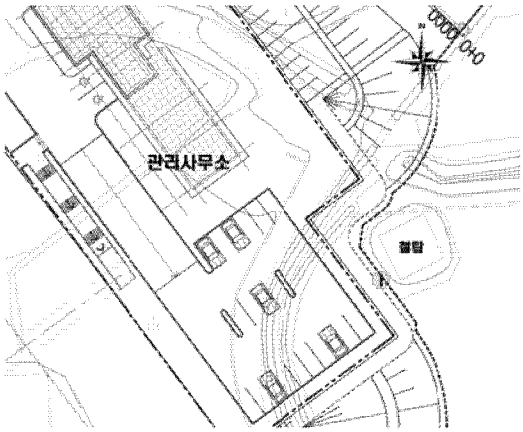
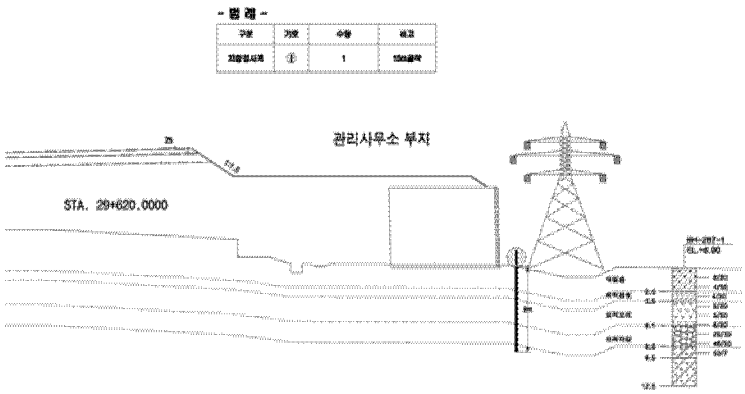
1.2.4 보강토옹벽 철탑인근 계측계획

- 철탑에 근접하여 보강토옹벽이 계획되어 있어 시공 시 철탑의 안정성을 확인하기 위해 계측계획 수립
- 연약한 지층이 일부 확인되어 지중경사계로 지반의 변위를 계측하며 변위량이 과다하거나 수렴하지 않으면 공사를 중단하고 대책을 강구하여야 함.

4공구 STA. 28+240

평 면 도	횡단면도
	

4공구 STA. 29+620

평 면 도	횡단면도
	

계측 항목 및 빈도

계측항목	측정목적	측정빈도	
		쌓기 기간 중	쌓기 완료 후
지중경사계	지반의 수평변위, 위치 및 방향에 대한 안정성 여부 판단	2회/주	1회/주

안정성 판단 기준

계측항목	안전 기준치	주의 기준치	위험 기준치	비고
지중경사계	1/500	1/300	1/200	서울지하철9호선 계측관리기준

1.2.5 보강토옹벽 뒷채움재 검토

•보강토 구조물의 건설에 이용되는 뒷채움재는 이론적으로 흙과 보강재 사이의 마찰효과에 의하여 쌓기제체의 전단특성이 개량된다고 할 수 있음
•국내에서는 뒤채움재료에 대하여 상세하게 명기된 시방 및 규정은 없으며, 국내외 각 기관의 시방기준을 참조하여, 토취장 쌓기재료의 적합성 여부를 검토한 후 설계에 적용

◎ 국내 뒤채움재 선정기준

구 분	입도분포 체크기		통과백분율(%)	비 고
국립건설시험 연구소 (1983)	254mm (10 in) 101.6mm (4 in) 74μ m (No 200체)		최대입경 100 ~ 75 0 ~ 15	내부마찰각 25° 이상
도로설계 실무편람 (1996)	102mm (4 in) 0.425mm 74μ m (No 200체)		100 0 ~ 60 0 ~ 15	-
	예외규정 (No. 200통과량 15% 이상인 경우)	0.015mm	10% 이하	-
		0.015mm	10 ~ 20%	내부마찰각 25° 이상, 소성지수(PI) 6이하
구조물 기초설계기준 (2003)	100mm 0.425mm 0.075mm		100 0 ~ 60 0 ~ 15	-
	예외규정 (No. 200통과량 15% 이상인 경우)	0.015mm	10% 이하	-
		0.015mm	10 ~ 20%	내부마찰각 25° 이상, 소성지수(PI) 6이하

■ 뒤채움 재료로서 갖추어야 할 조건 : 도로설계 표준편람, 1996, 구조물 기초설계기준, 2003

최대입경	입경100mm 이상의 함유율	입경 0.074mm 이하의 함유율	비 고
250mm	5% 이하	25% 이하	•세립분이 적당하게 혼합되어 있어서 다짐효과를 발휘할 수 있어야 함

◎ 품질기준 설정

구 분	기준 1	기준 2	비 고
입 도	•최대입경 : 254mm •5mm 통과량 : 20 ~ 100% •0.08mm 통과량 : 15% 이하	•최대입경 : 254mm •100mm 통과량 : 75 ~ 100% •0.08mm 통과량 : 25% 이하	•기준 1재료를 사용하되 기준 1재료를 현장 부근 에서 구할 수 없을 때 기준 적용
내부마찰각	25° 이상	25° 이상	
소성지수(PI)	PI < 6	PI < 6	

◎ 다짐장비에 의한 시공 시 횡토압 검토

•국내·외 연구사례를 분석을 통하여 Duncan(ASCE, 1993)에 의하여 제시된 방법을 활용하여 시공 중 다짐장비에 의하여 발생되는 추가토압을 고려하여 시공 중 안정성 분석 수행
•국내 · 외 연구사례를 검토하여 Duncan(ASCE,1993)이 제안한 방법에 의하여 100kN의 진동로울러 장비를 사용한 경우 최대 횡토압은 43.6kPa으로 산정
•연구사례와 시공사례를 토대로 검토한 결과, 다짐장비와 옹벽 벽체사이의 거리를 1.0m이상으로 할 경우 옹벽에 미치는 횡토압의 영향은 적은 것으로 분석

제 2 장 횡단구조물 설계

2.1 설계개요

기본방향	•도로계획에 따른 기존의 마을 진입도로 및 우회도로의 기능을 확보하며, 배수구조물의 원활한 배수기능을 위하여 설치하는 횡단구조물은 지지력과 침하에 대하여 안정성을 확보하여야 하므로 구조물위치에 지반조사를 실시하여 안정검토 수행 •연약지반상 횡단구조물 안정성은 연약지반 처리공법(Preloading)완료 및 터파기 후 구조물 시공시 지지력 및 침하에는 안정

2.1.1 횡단구조물 설치현황

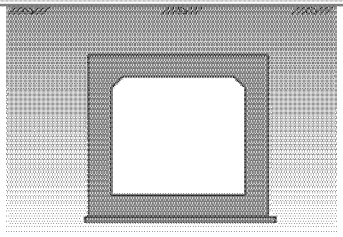
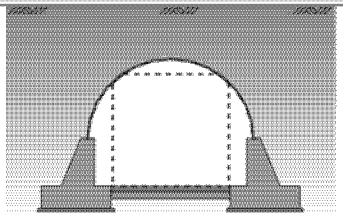
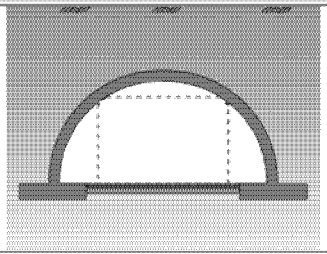
◎ 횡단구조물 설치 현황

구 분		위 치(Sta.)	연 장(m)	토피고(m)	규 격(m)	용 도	비 고
4공구	1	본 선	22+980.00	29.8	2.63	6.0 × 4.5	통로박스	
	2	본 선	23+698.70	35	2.6	4.5 × 4.5		
	3	본 선	24+760.00	33	2.4	4.5 × 4.5		
	4	본 선	25+000.00	30.9	1.59	4.5 × 4.5		
	5	본 선	27+250.00	33.9	2.8	3.5 × 3.5		
	6	본 선	27+675.80	32.2	2.33	4.5 × 4.5		
	7	본 선	27+889.30	44.3	5.65	4.5 × 4.5		연약지반구간 Preloading후
	8	본 선	28+692.00	36.9	3.95	4.0 × 4.0		
	9	본 선	31+649.00	21.9	1.28	3.0 × 3.0		
	10	본 선	32+234.00	39.2	2.67	3.5 × 3.5		
	11	월롱IC Ramp-C	0+305.80	21	1.56	2@5.0 × 4.5		
	1	본 선	22+760.00	30.84	1.91	2.0 × 2.0	수로 박스	
	2	본 선	22+828.90	86.8	3.66	2.0 × 2.0		
	3	본 선	22+997.22	42.5	6.21	2.0 × 2.0		
	4	본 선	23+100.00	65	10.3	2.0 × 2.0		연약지반구간 Preloading 후 시공
	5	본 선	24+680.00	73.5	10	2.0 × 2.0		
	6	본 선	27+094.60	57	10	2.0 × 2.0		
	7	본 선	27+783.60	57.5	9.32	2.0 × 2.0		연약지반구간 Preloading 후 시공
	8	본 선	27+999.27	66.3	11.26	2.0 × 2.0		연약지반구간 Preloading 후 시공

구 분			위 치(Sta.)	연 장(m)	토피고(m)	규 격(m)	용 도	비 고
4공구	9	본 선	28+637.00	49.4	8.85	2.0 × 2.0	수로 박스	
	10	본 선	29+586.09	128.98	10	2.0 × 2.0		
	11	본 선	31+616.77	42.9	5.59	2.0 × 2.0		
	12	본 선	32+244.00	40.5	6.2	2.0 × 2.0		
	13	부체도로#21	0+025.30	8.9	7.7	2@2.0 × 2.0		
	14	시도27호선	0+095.91	17.6	1.95	2.0 × 1.5		
	15	본선	32+158.8	48	5.15	9.0 × 6.0		

검토결과 •연약지반상 횡단구조물 안정은 연약지반 처리공법 완료 및 터파기 후 시공계획으로 안정

2.1.2 횡단구조물 형식 검토

구 분	콘크리트 암거(BOX형)	파형강판 암거	콘크리트 암거
개요도			
시공방법	•콘크리트 현장 타설	•공장제작 + 현장조립	•콘크리트 현장 타설
강 도	•콘크리트 : fck=24MPa •철 근 : fy=30MPa	•항복강도 : 245N/mm² •인장강도 : 400N/mm²	•콘크리트 : fck=24MPa •철 근 : fy=30MPa
특 징	•미관 보통 •어려운 지형여건에 유리 •설계 및 시공경험 풍부 •공사비 비교적 저가	•구조물 현장설치 •현장타설 양생기간 불필요 •잔류침하로 인한 구조물 종방향 균열 발생 예방 •유출입부 곡면형상(미관우수)	•농로 진입부의 미관 양호 •충분한 시거 확보 •구조적으로 안정함 •시공성 불량 •품질관리 및 공사비 고가
선 정	◉	–	–

검토결과 •도로계획에 따른 기존 마을의 진입도로 및 우회도로의 기능을 확보하기 위하여 설치하는 횡단구조물은 지형여건에 시공성이 우수하며 경제적인 콘크리트 박스 선정

2.2 횡단구조물 안정성 검토

기본방향	•허용지지력 검토는 시추조사 결과와 각종 현장시험 및 실내시험결과를 토대로 선정된 지반정수를 이용한 정역학적 공식과 N치를 이용한 경험식에 의하여 지지력 산정 •대부분 압밀침하가 발생하지 않는 지반에 위치하므로 즉시침하만을 고려하여 비교적 신뢰도가 높다고 판단되는 경험식에 의해 침하량을 산정

2.2.1 횡단구조물 안정성 검토

◎ 횡단구조물 지지력 검토

구 분		위 치 (Sta.)	규 격	허용지지력 (kPa)			허용지지력 (kPa)	최대작용력 (kPa)	판 정
				Terzaghi	Meyerhof	수정 Meyerhof			
4공구 통로 박스	본 선	22+980.00	6.0 × 4.5	1069.0	1114.7	156.6	156.60	80.74	O.K
	본 선	23+698.70	4.5 × 4.5	1446.9	1678.2	334.8	334.80	143.85	O.K
	본 선	24+760.00	4.5 × 4.5	1173.5	1284.6	627.4	627.40	84.14	O.K
	본 선	25+000.00	4.5 × 4.5	1083.5	1165.8	411.0	411.00	94.22	O.K
	본 선	27+250.00	3.5 × 3.5	1000.7	1128.6	290.5	290.50	105.30	O.K
	본 선	27+675.80	4.5 × 4.5	1621.6	1957.1	275.6	275.60	107.54	O.K
	본 선	27+889.30	4.5 × 4.5	266.2	332.3	264.5	264.50	164.53	O.K
	본 선	28+692.00	4.0 × 4.0	1180.7	1253.2	723.9	723.90	135.75	O.K
	본 선	31+649.00	3.0 × 3.0	755.5	815.2	238.8	238.80	71.12	O.K
	본 선	32+234.00	3.5 × 3.5	826.6	928.4	316.6	3166.00	102.96	O.K
	월롱IC Ramp-C	0+305.80	2@5.0 × 4.5	742.0	757.1	312.6	312.60	31.69	O.K

◎ 횡단구조물 지지력 검토

구 분		위 치 (Sta.)	규 격 (m)	허용지지력 (kPa)			허용지지력 (kPa)	최대작용력 (kPa)	판 정
				Terzaghi	Meyerhof	수정 Meyerhof			
4공구 수로 박스	본 선	22+760.00	2.0 × 2.0	624.1	683.0	512.9	512.90	80.02	O.K
	본 선	22+828.90	2.0 × 2.0	830.1	972.9	728.9	728.90	104.86	O.K
	본 선	22+997.22	2.0 × 2.0	1023.1	1301.3	168.7	168.70	141.04	O.K
	본 선	23+100.00	2.0 × 2.0	305.0	525.0	297.0	297.00	238.64	O.K
	본 선	24+680.00	2.0 × 2.0	1879.5	2943.5	755.9	755.90	185.68	O.K
	본 선	27+094.60	2.0 × 2.0	1523.8	1974.8	287.8	287.80	214.73	O.K
	본 선	27+783.60	2.0 × 2.0	269.0	452.6	310.5	269.00	215.88	O.K
	본 선	27+999.27	2.0 × 2.0	282.5	497.2	303.7	282.50	248.50	O.K
	본 선	28+637.00	2.0 × 2.0	1485.0	2133.7	809.9	809.90	204.94	O.K
	본 선	29+586.09	2.0 × 2.0	1150.5	1708.3	303.7	303.70	248.50	O.K
	본 선	31+616.77	2.0 × 2.0	1741.5	2449.5	1012.4	1012.40	123.04	O.K
	본 선	32+244.00	2.0 × 2.0	813.0	865.9	284.2	284.20	149.97	O.K
	부체도로#21	0+025.30	2@2.0 × 2.0	1063.3	1297.1	99.0	99.00	83.87	O.K
	시도27호선	0+095.91	2.0 × 1.5	582.7	648.2	354.3	354.30	80.74	O.K
	본선	32+158.8	9.0 × 6.0	1299.3	1351.1	440.8	440.80	164.22	O.K

횡단구조물 침하량 검토

구 분		위 치 (Sta.)	침하량 (cm)			예상침하량 (cm)	허용침하량 (cm)	판 정
			Hooke	Harr	Meyerhof			
4공구 통로 박스	본 선	22+980.00	1.70	1.72	1.75	1.75	30.0	O.K
	본 선	23+698.70	0.76	0.72	1.46	1.46	30.0	O.K
	본 선	24+760.00	1.29	1.23	0.45	1.29	30.0	O.K
	본 선	25+000.00	2.18	2.08	0.78	2.18	30.0	O.K
	본 선	27+250.00	3.37	3.21	1.23	3.37	30.0	O.K
	본 선	27+675.80	3.73	3.55	1.32	3.73	30.0	O.K
	본 선	27+889.30	5.24	4.99	2.11	5.24	30.0	O.K
	본 선	28+692.00	2.12	2.02	0.64	2.12	30.0	O.K
	본 선	31+649.00	1.24	1.18	1.01	1.24	30.0	O.K
	본 선	32+234.00	2.72	2.59	1.40	0.27	30.0	O.K
	월롱IC Ramp-C	0+305.80	0.84	1.14	0.29	1.14	30.0	O.K

횡단구조물 침하량 검토

구 분		위 치 (Sta.)	침하량 (cm)			예상침하량 (cm)	허용침하량 (cm)	판 정
			Hooke	Harr	Meyerhof			
4공구 수로 박스	본 선	22+760.00	0.66	0.63	0.53	0.66	30.0	O.K
	본 선	22+828.90	0.79	0.75	0.49	0.79	30.0	O.K
	본 선	22+997.22	1.14	1.09	2.83	2.83	30.0	O.K
	본 선	23+100.00	2.04	1.94	2.72	2.72	30.0	O.K
	본 선	24+680.00	1.37	1.30	0.83	1.37	30.0	O.K
	본 선	27+094.60	2.57	2.44	2.53	2.57	30.0	O.K
	본 선	27+783.60	3.10	2.95	2.36	3.10	30.0	O.K
	본 선	27+999.27	2.52	2.40	2.77	2.77	30.0	O.K
	본 선	28+637.00	1.51	1.44	0.86	1.51	30.0	O.K
	본 선	29+586.09	3.77	3.59	2.77	3.77	30.0	O.K
	본 선	31+616.77	0.12	0.12	0.41	0.41	30.0	O.K
	본 선	32+244.00	1.62	1.54	1.79	1.79	30.0	O.K
	부체도로#21	0+025.30	1.16	1.59	2.87	2.87	30.0	O.K
	시도27호선	0+095.91	1.01	0.97	0.77	1.01	30.0	O.K
	본선	32+158.8	15.94	15.85	1.26	15.94	30.0	O.K

검토결과

- 횡단 구조물 안정성 검토결과 지지력 및 침하량은 대부분 허용기준을 만족하는 것으로 판정
- 연약지반상 횡단 구조물은 연약지반처리 공법(Preloading)완료 및 터파기 후 시공시 안정성 확보
- 기초 시공시 줄파기등을 수행하여 기초지반의 상태를 확인한 후 시공하여야 하며, 지층이 상이할 시 현장여건에 따라 변경하여 함

제11편 내진 설계

제1장 지반구조물 내진설계

제2장 교량기초 내진설계

제2장 비탈면 내진설계

제 1 장 지반구조물 내진설계

1.1 설계개요

기본방향	•사업구간의 중요도와 인근상황을 고려하여 지진 발생시 구조물 피해정도를 최소화 할 수 있도록 내진성능을 설정 •우리나라 지진발생 현황분석 및 동적지반정수 산정에 의한 내진해석 수행

1.1.1 기본방향

•내진설계는 지진과 같은 동적하중이 가해질 경우 지반-구조물에 발생하는 응력과 변형거동을 해석이론을 통하여 분석하고 지반-구조물의 강도(특히 전단강도)와 허용변위보다 작도록 구조물의 제원과 형식 결정
•지진에 인한 구조물의 피해정도를 최소화할 수 있도록 지역현황을 고려하여 내진설계기준 및 목표를 선정
•일반적인 정적해석과 내진설계를 위한 동적해석은 크게 하중의 적용방법, 변형의 크기에 부합하는 지반의 강도정수 산정, 해석대상의 경계조건설정 등에 차이가 있어 설계형식에 부합하도록 반영
•허용 안전율 미달 및 과대변위 발생 시 합리적인 보강공법 적용, 구조물의 크기를 재조정하여 내진 안정 확보

1.1.2 우리나라의 지진발생 현황

◎ 내진설계 필요성

•국내 최근 지진활동은 약 200년동안 지진정지기(Seismic Gap)에 있다가 20세기부터 다시 활발한 추세
•최근 지진발생지역인 한반도 남부지역은 그동안 지진정지기에서 벗어나 오랫동안 축적된 변형에너지를 최근에 와서 방출하기 시작. (지진발생빈도 : 1978~2003년동안 총597회 발생, 연평균 23회 발생)
  ➡ 황해지진(M=6.75, 1944년), 쌍계사지진(M=5.2, 1963년), 동해지진(M=5.4, 1968년), 속리산지진 (M=5.2, 1978년), 홍성지진(M=5.0, 1978년)
•2005년에도(4월20일 기준) 일본 후쿠오카 북서쪽 20~45km해역에서의 10여차례 지진발생으로 인해 우리나라에도 영향을 미침. (1978년 홍성지진이후 구조물 설계시 내진설계 개념의 도입이 본격화)

◎ 내진 설계 주요 검토 사항

항 목	검 토 사 항
부지특성 고려	•토사층에 의한 지진증폭현상을 고려하기 위하여 PROSHAKE를 이용한 지진응답해석 결과를 이용하여 사업구간 부지의 지반내진특성을 고려
다양한 지진파의 검토	•장 · 단주기 지진 및 인공지진파를 생성하여 각 지진파에 따른 구조물의 안정성 검토
액상화의 상세예측	•기존의 문헌치 등의 경험적인 액상화 평가기법 외의 공진주 시험을 통한 현지반의 동적물성을 정확히 파악하여 액상화 평가에 반영함
교량기초 내진검토	•유사 정적 해석을 수행하여, 지진에 대한 교량구간 안정성 검토
비탈면 내진검토	•비탈면 구간 유사 정적 및 동적 해석을 수행

1.1.3 지반조건 및 내진설계 검토구간

•전 구간에 걸쳐 지표면 부근에 붕적층 및 충적층이 형성되어 있고 대부분 지진증폭을 유발하고 액상화의 가능성이 높은 실트질 모래로 분포
•각 교량 및 비탈면의 대표단면을 선정하여 내진에 대한 안정성 해석 수행

◎ 내진설계 검토구간 선정

- 비탈면은 비탈면 높이 및 풍화대의 심도를 고려하여 검토구간 선정
- 교량기초의 검토구간은 심도가 깊어 장주기 영역에서 지진가속도의 증폭이 큰 말뚝기초와 단주기 영역에서 증폭이 크게 발생할 것으로 예상되는 기초를 검토단면으로 선정
- 액상화 검토구간은 지하수위 이하에서 느슨한 모래층에서 심도가 깊은 지역을 선정

구 분	액 상 화	교량기초	비 탈 면
현황 분석	•포화된 느슨한 모래층이 분포하는 지점을 대상으로 지반조사결과시 검토구간 선정 •선정된 구간에 대하여 액상화 간편 예측 및 상세예측 수행	•느슨한 사질토 지반이 깊게 분포하고 있는 단면 선정 •지진하중 작용시 기초의 유사정적해석 수행	•비탈면 구간 중 지진에 취약할 것으로 예상되는 최고 깎기부에 대하여 2차원 수치해석을 수행하여 안정성 검토 •유사정적해석 및 동적수행

1.2 내진설계 검토기준

기본방향	•부지응답해석을 통한 설계지반 운동수준 결정 •지진하중에 의한 교량기초의 안정성 검토 •지진 발생시 지반의 액상화 발생 여부 및 비탈면의 안정성 검토

1.2.1 내진설계 검토방법 및 기준

검 토 항 목		검 토 방 법
응 답 해 석		•인공지진 시간이력 곡선 작성(EQMAKER), 지진응답해석(PROSHAKE)
교량구간	말뚝기초	•유사정적해석 ➡ GROUP 6.0
비 탈 면	쌓 기 부	•유사정적해석, 동적해석 ➡ TALREN 97, SLOPE/W
	깎 기 부	
액상화 검토		•간편예측법 ➡ 최근의 액상화 평가기법 적용 (Seed & Idriss, NCEER2001 등)
		•상세예측법 ➡ 진동삼축 압축시험

◎ 국외 설계규정

구 분	설 계 방 법	지 진 계 수
미 국 (UBC)	•연성도 설계법 (Ductile Design Method) 적용	•지진계수를 밑변 전단력(V)으로 적용 $V = \frac{1.25Z \cdot I \cdot S \cdot W}{R} \times T \times \frac{2}{3}$ Z : 지진 지역계수, W : 자 중 I : 중요도 계수, R : 연성계수 S : 지반계수, T : 주기
일 본	•정적설계인 진도법을 기본으로 하고 1800년대 이후 지반종류와 구조물의 주기에 따른 진동특성계수와 같은 동역학적인 사항을 포함 적용	•각 기관이 규정하는 정도의 차이는 있으나 일반적으로 0.15~0.25를 적용
ISO 3010	•등가정적 및 동적해석으로 구분하여 국가별 현장상황을 고려한 설계	•각 국가에서 규정하는 계수 적용
터 키	•UBC, ATC3-06와 같은 연성도 설계법 (Ductile Design Method)채택	•지진구역을 5분할하여 0~0.4을 적용
대 만	•UBC와 비슷하며, 연성 설계법 채택	•지진구역을 4분할하여 0.18~0.33을 적용

국내 설계규정

내진등급

구 분	시 설 물	내진검토 적용기준
내진 특등급	•파괴시 큰 재난이 초래될 수 있는 시설물 •기능이 마비될 경우 사회적으로 큰 영향을 줄 수 있는 시설물	•내진설계 기준연구 II – 건설교통부, 1997 •도로교 설계기준 – 건설교통부, 2005 •참고자료 : 항만 및 어항시설의 내진설계표준서 – 해양수산부, 1999
내진 I 등급	•사회 국가적으로 중요한 시설물	
내진 II 등급	•일반 시설물	

설계성능수준

구 분	시 설 물
기능수행수준	•구조물에 심각한 구조적 손상이 발생하지 않고 지진시나 지진 경과 후에도 구조물의 기능은 정상적으로 유지될 수 있는 성능수준
붕괴방지수준	•구조물에 제한적인 구조적 피해는 발생하나 긴급보수를 통해 단시간에 구조물로서의 기능이 발휘될 수 있는 수준

내진성능목표

재현주기 / 성능수준	50년	100년	200년	500년	1000년	2400년
기능수행수준	내진II등급	내진I등급	내진특등급	–	–	–
붕괴방지수준	–	–	–	내진II등급	내진I등급	내진특등급

설계지진계수(최대지반가속도)

지진구역에 따른 설계지진계수

•지진발생지역을 분류하여 지역에 따른 적용 가속도값인 지진구역계수 결정
•내진성능목표에 따라 지진의 재현주기에 따른 최대유효 지반가속도를 의미하는 위험도계수 결정
•지진구역계수와 위험도계수를 곱하여 기반암(보통암)에서의 설계지진계수 산출
•설계지진계수 = 지진구역계수 × 위험도 계수

지진구역계수 (Z)

지진구역	행 정 구 역		지진구역계수 (재현주기 500년)
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시	0.11
	도	경기도, 강원도 남부(1), 충청남도, 충청북도, 경상남도, 경상북도, 전라북도, 전라남도 북동부(2)	
II	도	강원도 북부(3), 전라남도 남서부(4), 제주도	0.07

위험도 계수 (I)

재현주기	50년	100년	200년	500년	1000년	2400년
위험도계수	0.4	0.57	0.73	1.0	1.4	2.0

◎ 지진구역에 따른 설계지진계수 산정

- 내진설계기준은 그 중요도에 따라서 사업구간의 경우 Ⅰ등급 붕괴방지수준을 적용하고 지진구역 Ⅰ(경기도)에 해당되므로 지반운동수준 산정
- 설계지진계수는 기준 지진재해도 각각 0.10g와 0.13g를 적용하는 것이 경제적이지만 안전측 설계를 도모하는 취지에서 지진구역에 따른 설계지진계수 적용

구 분	내진등급	재현주기	구역 가속도	위험도 계수	설계지진계수
사업구간	Ⅰ등급	1000년	0.11g	1.4	0.154g

◎ 적용 설계기준

구 분	기준안전율		허용 변위(mm)	설계지진계수
비탈면 구간	쌓 기 부	1.1	–	0.154g
	깎 기 부	1.1		
교량 구간	교량기초	–	22.5	
액상화 구간	간 편 법	1.5	–	–
	상 세 법	1.0		

1.2.2 동적 설계지반정수 산정

◎ 설계지반정수 산정

구 분		4 공구					
		V_p(m/s)	V_s(m/s)	G_d(MPa)	E_d(MPa)	K_d(MPa)	ν_d
매립층	점토	430	160	40	120	250	0.42
	모래	440	180	50	160	270	0.40
붕적층		450	180	50	160	280	0.40
퇴적층	점토	460	190	60	170	280	0.40
	모래(≤10)	500	210	80	220	350	0.39
	모래(>10)	550	230	90	270	420	0.39
	자갈	580	280	140	400	440	0.35
풍화토		680	330	200	550	600	0.35
풍화암		970	480	480	1,290	1,330	0.34
연 암		1,500	770	1,360	3,600	3,350	0.32
보통암		2,500	1,300	4,050	10,660	9,590	0.31
경 암		2,620	1,500	5,850	14,690	10,040	0.26
Ⅴ등급		2,800	1,300	3,880	10,590	12,840	0.36
Ⅳ등급		3,000	1,550	5,760	15,190	13,910	0.32
Ⅲ등급		3,150	1,700	7,220	18,700	15,170	0.29
Ⅱ등급		4,250	2,400	14,970	37,910	26,990	0.27
Ⅰ등급		4,350	2,550	17,550	43,470	27,680	0.24

▮ 지진응답해석 및 동적해석에 적용한 감쇄비는 Richart(1970)가 제안한 값을 이용

Soil Type	Damping Ratio (%)	Reference
Dry Sand 6& Gravel	3~7	Weissmann & White (1961)
Dry & Saturated Sand	1~3	Hall & Richart (1963)
Dry Sand	3	Whiteman (1963)
Dry & Saturated Sands & Gravels	5~6	Barkan (1962)
Clay	2~5	Barkan (1962)
Silt Sand	3~10	Stevens (1966)
Dry Sand	1~3	Hardin (1965)

◎ 동적해석 적용 감쇄비

구 분	감쇄비 (%)
토 사 층	5.0
풍 화 토	5.0
풍 화 암	5.0
기 반 암	2.0

1.3 지진 응답 해석

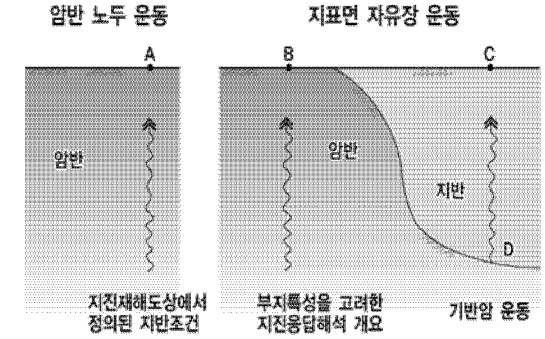
기본방향	•내진설계 기준서에서 제시하고 있는 설계지반운동 수준은 기반암(보통암)지반의 자유장에서 발생할 수 있는 최대지반 가속도 값으로 정의 •해석지반조건이 보통암 노출 지반이 아닌 경우 해당지역의 지반특성에 따른 설계 지반 가속도로 재산정해야 하며, 이러한 일련의 과정을 위해 지진응답해석 실시

1.3.1 지진응답해석 방법

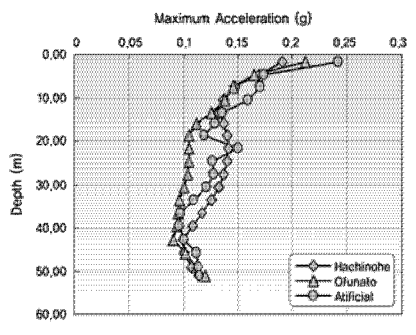
◎ 지진응답해석 개념

•설계지반운동 수준은 지표면 자유장인 보통암 수준의 암반 노두(점 A)에 관한 것으로 이러한 조건에 부합되지 않는 조건인 경우 별도의 해석이 필요
•내진해석이 필요한 부지 조건이 아래의 점 C와 같이 내진 기준서에서 규정한 상태인 보통암 지반과 다른 경우 점 B의 설계지반운동 수준을 기반암 운동(점 D)으로 1차 변환하고 부지의 동적 변형 특성에 따른 점 D에서 점 C 경로의 운동변화 양상에 관한 해석을 수행하는 방법이 지진응답해석

지진응답해석의 개념



지진가속도의 증폭



■ 사용 프로그램 (PROSHAKE)

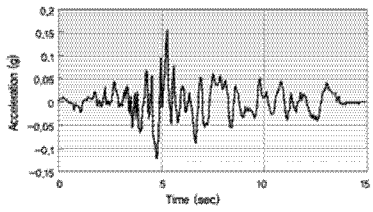
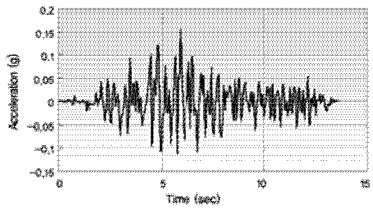
•지진과 같은 진동하중 재하시 수평으로 놓인 지반의 거동을 등가선형분석(Equilibrium Linear Analysis)
•비선형해석프로그램인 DESRA, CHASOIL에 비해 설계시 안전측 결과를 제공

특성			
	•1차원 전응력 지진응답해석	•중복반사파이론+등가선형이론	•실지진 시간이력 입력
	•주파수영역에서 응답스펙트럼작성	•전단파속도, 전단응력, 가속도 출력	•변형률 수준별 물성자료 입력 가능
	•수평으로 놓인 지반 대상		

1.3.2 입력 지진파

•지진응답해석에 이용되는 입력지진은 내진설계를 수행하는 지점에서 직접 측정한 지진기록을 이용하는 것이 가장 적합하나, 국내의 경우 사용할 수 있는 지진기록이 거의 없는 상태로 외국의 지진기록을 수정하여 사용하거나 시간영역에서 인공적으로 생성한 지진파를 입력지진으로 사용
•실제 지진기록에서 장주기 성분과 단주기 성분의 특성을 나타내는 지진파는 일본에서 발생한 Hachinohe와 Ofunato 지진기록을 들 수 있으며, 본 해석에서는 이들 지진기록을 사용
•표준설계 응답스펙트럼에 부합하는 인공합성 지진기록을 추가적으로 생성하여 해석에 적용

실지진 기록

지진형태	지 진 발 생 현 황	지진규모	지진성분	실 지 진 파
Hachinohe	1968년 3월 16일 Takachin 앞바다	7.9	장주기파	
Ofunato	1978년 6월 12일 Miyagi-ken-oki 앞바다	7.4	단주기파	

인공지진의 합성

•사용프로그램 : EQMAKER
•실제 지진기록은 크기를 조정하여 목표로 하는 최대값을 만족해도 설계 응답스펙트럼을 만족시키지 못함
•설계 응답스펙트럼에 부합하는 입력지진을 산정하고 이를 이용하여 지진응답해석 등을 수행하며 그 결과를 설계에 반영하는 것이 필요
•입력지진이력은 주기와 위상각 진폭이 다양한 정현함수와 포락함수로 중첩하여 시간의 함수로 표현

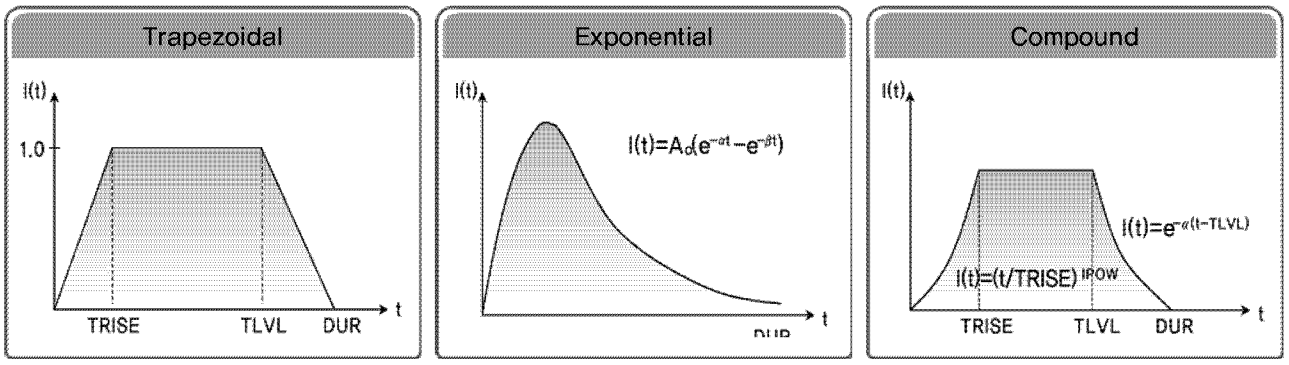
$$V_g(t) = E(t)\sum_{i=1}^{n} C_i \sin(\omega_i t + \phi_i)$$

여기서,
•$E(t)$: 가속도-시간이력 곡선의 진도포락함수
•C_i : 진폭 •ω_i : 진동수 •ϕ_i : 위상각

진도포락함수

- 입력지진이력에 사용된 위상각은 독립무작위변수로 0 과 2 π 사이에서 일정한 분포의 진도포락함수를 특정지역에서 발생한 가속도 시간이력의 기록을 참조하여 그 지역의 지반특성에 맞는 결과를 획득
- 진도포락함수에는 과업지역에서 발생한 가속도 시간이력의 기록을 참조하여 결정하여야 그 지역의 지반특성에 맞게 사용할 수 있으며 일반적으로 Trapezoidal, Exponential, Compound 등의 형태를 이용
- 설계에서는 진앙지와 관측지가 멀리 떨어져 있는 경우에 많이 이용하는 Trapezoidel형을 사용함

진도포락함수의 종류

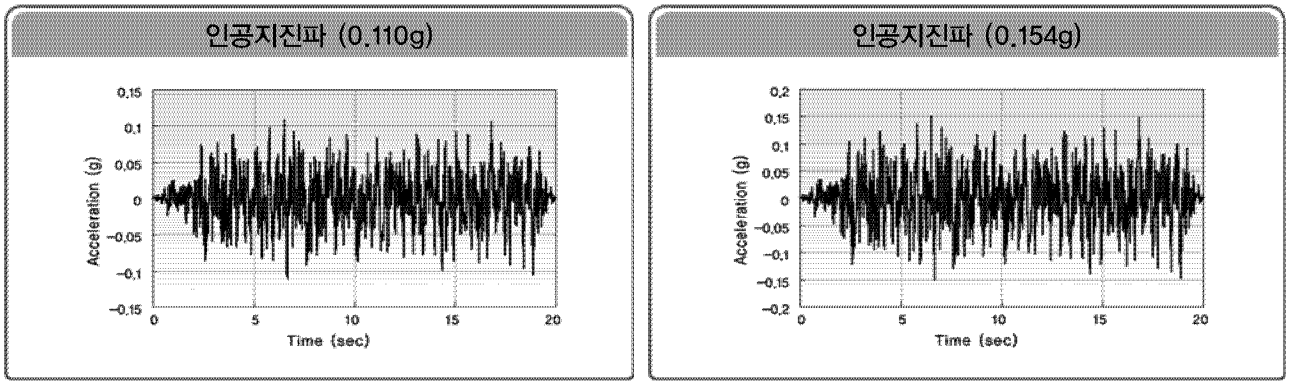


- 강진 시작시간 (tb) = 3.0sec
- 강진 지속시간 (tc-tb) = 13sec (European Standards)
- 강진 시작전 시간함수 : $I(t) = (t/t_b)^2$
- 전체적 지속시간 = 20sec
- 강진 이후 시간함수 : $T(t) = e^{-\alpha(t-t_c)}$

최대지반가속도에 대한 인공가속도 시간이력의 강진지속시간 (European Standards, 1994)

C_a (g)	0.1	0.2	0.3	0.4
$t_c - t_b$	10sec	15sec	20sec	25sec

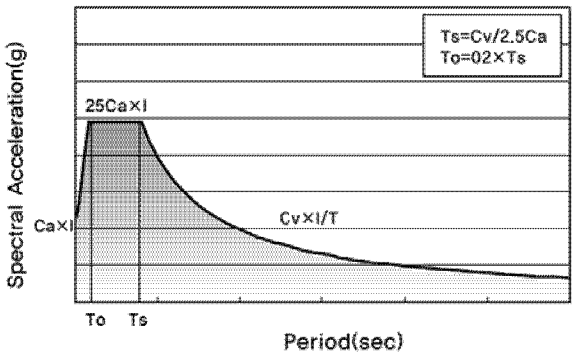
입력지진의 생성 (지속시간(T) 20초, 강진시작 3초 및 강진지속시간 13초로 하여 생성)



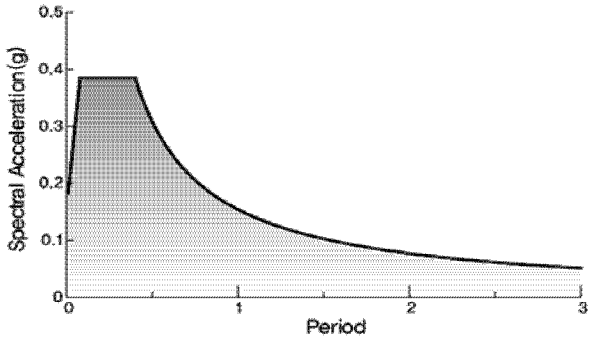
표준설계 응답스펙트럼 (감쇄비 5%)

- 해석지역의 특성과 지반조건을 고려한 설계지반 운동의 특성을 응답스펙트럼으로 표현
- 지진계수 C_a와 C_v의 값은 지반종류와 지진구역별로 주어진 값을 사용(SB, Ⅰ구역)
- 보통암 노두지반을 고려하여 지반종류는 SB로 하고 지진구역은 기 선정한 것과 같이 Ⅰ구역으로 하여 지진계수를 선정

지반 종류	C_a		C_v	
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ
SA	0.09	0.55	0.09	0.05
SB	0.11	0.07	0.11	0.07
SC	0.13	0.08	0.18	0.11
SD	0.16	0.11	0.23	0.16
SE	0.22	0.17	0.37	0.23



표준설계 응답스펙트럼



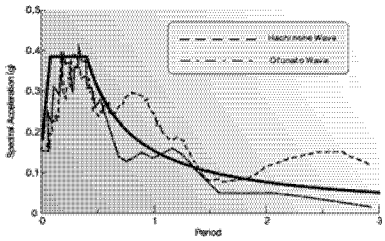
- 지진구역 = Ⅰ구역
- 지진계수(Ca) = 0.11, 지진계수(Cv) = 0.11
- 위험도계수(I) = 1.0 & 1.4
- 통제주기(Ts) = 0.4
- 통제주기(To) = 0.08
- 최대스펙트럼가속도 = 0.385g

표준응답스펙트럼과의 부합성 검토

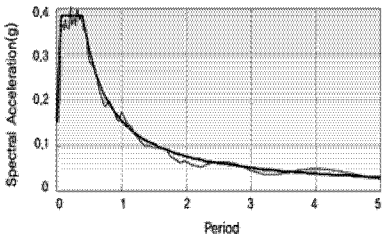
교 량 구 간

- 인공지진과 Hachinohe 실지진의 경우 유사한 부합도를 가지며 가속도도 표준설계 응답스펙트럼보다 다소 큰 반면 Ofunato 실지진은 부합도는 비슷하나 가속도는 다소 작은 것으로 나타남

실지진의 부합성 검토

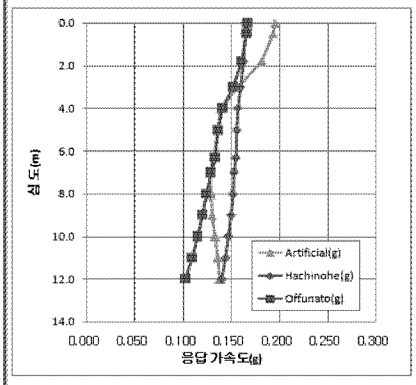


인공지진의 부합성 검토

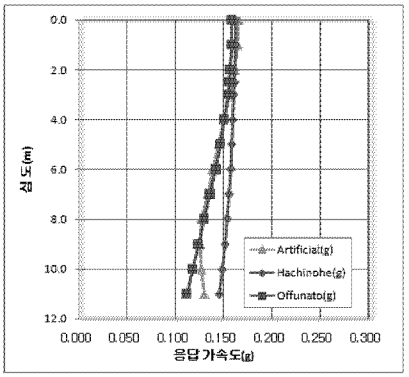


◎ 지진응답 해석결과

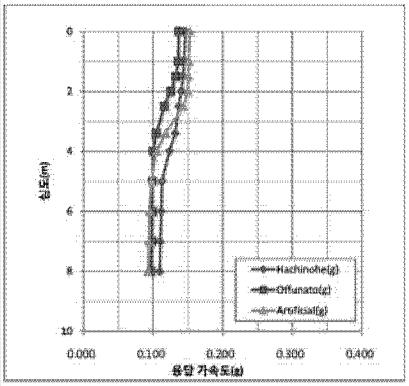
교 량 구 간



깎 기 구 간



쌓 기 구 간



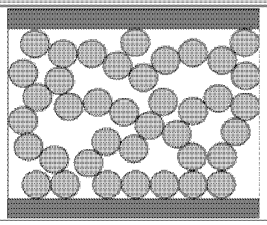
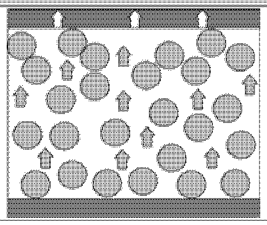
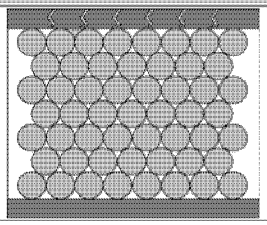
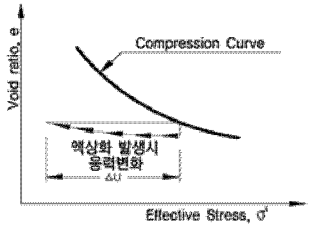
구 분	지진파 형태	교량 구간	깎기 구간	쌓기 구간
지 표 면 최대가속도 (g)	Hachinohe Wave	0.164	0.163	0.146
	Ofunato Wave	0.166	0.159	0.137
	Artifical Wave	0.195	0.168	0.153
적 용		0.195	0.168	0.153

1.4 액상화 검토

기본방향	•기지반조사결과를 토대로 액상화 가능지역 선별하여 1차적으로 액상화 가능성 평가 •1차 액상화 가능성이 있는 구간에 간편예측법 (Seed & Idriss, 수정Seed & Idriss) 2차 평가 •2차 평가에 결과 액상화 가능성이 존재할 경우 상세예측법(진동삼축시험) 액상화 3차 평가 •3차 평가결과 액상화 가능성이 있을 경우 액상화에 대한 대책마련

1.4.1 액상화 발생현상

•액상화 현상은 지반에 가해진 진동하중으로 간극수압은 상승하고 지반의 유효응력은 감소하여 그 결과, 포화사질토가 외력에 대해 전단응력을 잃게 되는 현상
•주로 느슨하게 다져진 포화 사질토 퇴적지반에서 발생하며, 지반의 물리적 특성 및 형성조건에 따라 액상화 발생여부 판단이 가능
•지반조사결과를 토대로 액상화 평가대상지역을 폭넓게 검토하고 액상화 발생이 우려되거나 액상화에 대해 취약한 구조물 구간을 대상으로 가능지역으로 선별하여 액상화 평가를 실시

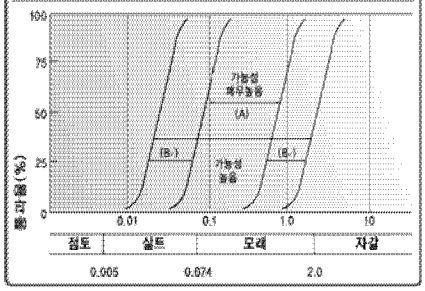
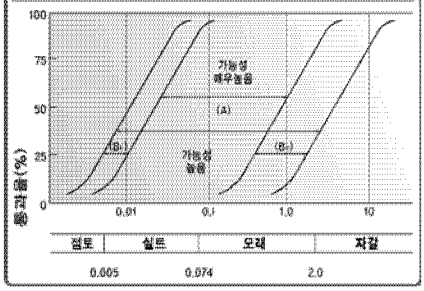
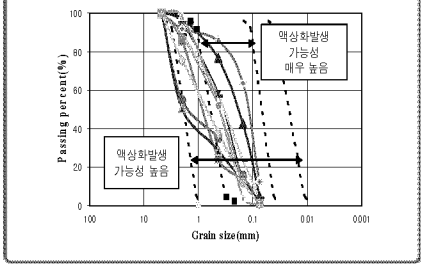
액상화 과정			액상화현상 개념도
			
액상화 발생 전	액상화 발생 순간	액상화 발생 후	

1.4.2 액상화 발생 가능성 평가 (1차평가)

•액상화는 주로 느슨하게 다져진 포화 사질토 퇴적지반에서 발생하며, 지반의 물리적 특성 및 형성조건에 따라 액상화 발생여부 판단이 가능
•설계지진규모의 지진 발생시 액상화 현상이 발생할 가능성이 있는 지역을 선별하기 위하여 지하수위 하부의 토사층에 대한 입도분포곡선 및 물리적 특성으로부터 액상화 발생 가능성이 높은 지역을 선정

◎ 액상화 개요

•일본 구조물 내진설계규정에서 이용하는 액상화 평가방법으로 입도분포와 N치를 이용하여 액상화 현상을 평가하는 방법을 제시

균등계수가 작은 사질토 (Cu<3.5)	균등계수가 큰 사질토 (Cu≥3.5)	분 석 결 과
		

검토결과	•입도분포분석 결과 대부분의 지반은 Cu≥3.50이고, 입도분포곡선은 가능성이 매우 높은 A영역에 속하는 것으로 판정, 간편 예측검토 후 불안정 할 경우 상세예측을 수행 안정성 판정

내진설계기준에 의한 액상화 평가

•액상화 발생 기준에 따라 1차적으로 액상화 발생구간 선별
•1차적으로 액상화 발생가능성이 있을 경우 액상화 간편예측법(Seed & Idriss등)을 통하여 2차 액상화 평가

구 분		액상화 생략조건
대상지반 심도	A	대상지반의심도가 20m이상인 지반
표준관입시험	B	주상도상의 표준관입저항치(N)가 20이상인 지반
소성지수, 점토성분	C	소성지수(PI)가 10이상이고, 점토성분이 20%이상인 지반
세립토 함유량	D	세립토 함유량이 35%이상인 지반
지하수위	E	지하수위 위의 지반
중요도	F	지진구역 II등급에서의 내진2등급 구조물
상대밀도	G	상대밀도가 80%이상인 지반

액상화 대상지역 선정 결과

액상화 평가 대상지역

•실트 및 점토 함유량 10% 이하인 지반
•평균입경(D50)이 0.075~2.0㎜인 지반
•균등계수가 10보다 작은 빈입도의 모래지반
•소성지수(PI)가 10 이하인 지반
•느슨하게 다져진 포화사질토 지반
•포화된 사질매립지반

액상화 평가 생략지역

•A – 대상지반심도가 20m 이상인 지반
•B – 표준관입저항치(N치)가 20 이상인 지반
•C – 소성지수(PI)가 10 이상인 지반
•D – 세립질 함유량이 35% 이상인 지반
•E – 지하수위 위의 지반
•F – 상대밀도가 80% 이상인 지반 및 지하수위

위 치		공 번	A 대상지반심도 (m)	B N치	C 소성지수	D 세립질함유량 35% 이상	E 지하수위 (GL.(–)m)	액상화 판정	사유
4공구	쌓기 구간	BH–245	6.0	8/30	–	–	4.3	평 가	–
		BB–57	4.0	5/30	–	–	2.7	평 가	–
		BH–307	8.0	9/30	–	–	4.0	평 가	–
	깎기 구간	BH–244	6.0	10/30	–	–	2.5	평 가	–
		BH–261–8	6.0	13/30	–	–	4.3	평 가	–
		CCB–5	3.0	18/30	–	–	2.8	평 가	–
	교량 구간	BH– 272	3.0	6/30	NP	12.2	0.5	평 가	–
		BH– 309	11.0	7/30	–	–	4.5	평 가	–
		BH– 315	18.0	11/30	–	–	10.2	평 가	–

검토결과

•액상화 발생구간 선별시 대부분 N/20이하의 지반은 지하수위가 높게 분포하는 것으로 나타남
•액상화 1차평가 결과 교량구간과 비탈면구간에서 액상화 발생 가능성이 있는 구간에 대하여 간편예측법 수행

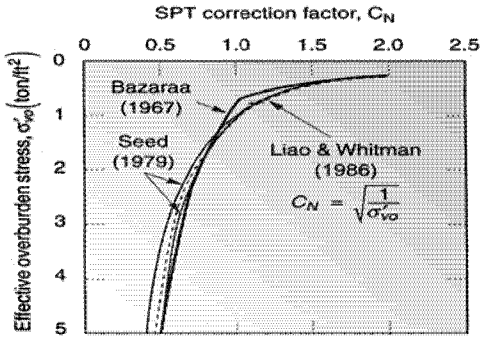
1.4.3 간편예측법을 통한 액상화 평가 (2차 평가)

표준관입시험에 의한 액상화 간편예측

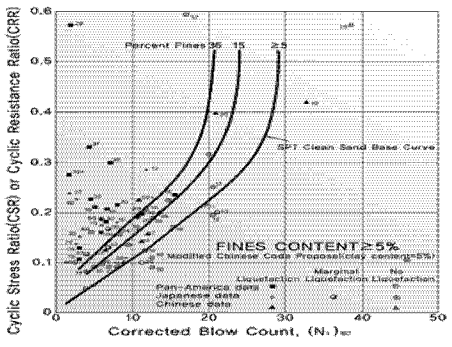
- 수정 Seed와 Idriss방법에 의한 액상화 간편예측법은 국내 실정에 맞는 지진규모 6.5를 기준으로 액상화에 대한 안전율을 산정하여 액상화에 대한 안정성을 판단하는 방법
- 액상화에 대한 안전율은 지진으로 인해 지반에 전달되는 전단응력을 유효 상재압으로 정규화시킨 지진 전단응력비 τ_d/σ_v'와 지반이 발휘 할 수 있는 최대전단응력을 유효 상재압으로 정규화 시킨 액상화 저항 응력비 τ_h/σ_v'의 비로 정의됨
- 입도분포와 표준관입시험에 의해 검토한 결과, 액상화 발생 가능성이 있는 것으로 판단되는 구간에 대하여 국내 실정에 맞는 수정 Seed와 Idriss방법을 이용하여 액상화 간편예측을 수행

Seed & Idriss방법(SPT N값 이용)에 의한 액상화 가능성 검토

- 지진은 최대전단응력의 65%가 정현하중으로 작용한다는 등가전단 응력이론 제안 (1971)
- Seed & Idriss방법은 많은 지진기록 및 피해사례에 대한 분석을 통해 보편적으로 현장에서 획득 용이한 N치로부터 구한 액상화 저항강도비와 지진규모 7.5 기준의 세립분 함유분별 지진시 발생하는 전단응력과의 비교를 통해 간편하게 액상화 현상을 평가할 수 있는 평가법

구 분	적 용 방 법	상재유효응력에 따른 SPT 보정계수 (Liao와 Whitman, 1986)
지 진 전단응력	•최대전단응력의 65%가 전단응력으로 작용 (설계지진가속도, 지진응답해석)	
지반전단 저항응력	•표준관입저항치나 실내시험을 통하여 지반의 전단저항응력 산정	
지표면최대 가 속 도	•입력지진파에 따른 PROSHAKE 프로그램 적용	
응력감소 계 수	•지반심도에 따른 응력값 보정 $r_d = 1 - \frac{z}{90}$ (z > 9.0m인 경우 0.9)	

지진 규모 7.5의 액상화 전단저항응력비 산정곡선(Seed 등, 1984)

구 분	반복재하횟수	수 정 계 수	반복응력비(7.5)와 (N1)60의 관계
8.5	26 회	0.89	
7.5	15 회	1.00	
6.75	10 회	1.13	
6.0	5~6 회	1.32	
5.25	2~3 회	1.50	
평 가	•국내적용 지진규모를 7.5로 산정하여 사용하는 것은 과도한 지진규모의 산정 •지진규모별 재하횟수와 이를 토대로 산정한 지진규모별 수정계수를 제안 (산정된 지진규모 6.5의 수정계수는 1.21 적용)		

■ 지진 전단응력비$(\tau_e/\sigma_v')_{max}$의 산정

•발생 가능한 진도에 대해 지진응답해석을 실시하여 최대 지표면 가속도 결정 α_{max}

$$\left(\frac{\tau_e}{\sigma_v'}\right)_{max} = 0.65 \times \frac{\alpha_{max}}{g} \times \frac{\sigma_v}{\sigma_v'} r_d$$

여기서, $\left(\frac{\tau_e}{\sigma_v'}\right)_{max}$: 지진전단응력비 α_{max} : 최대 지표면 지반가속도 (cm/sec²)

g : 중력가속도 (m/sec²) r_d : 지반의 소성거동을 고려한 응력감소계수

σ_v : 전체 상재압 (MPa) σ_v' : 유효상재압 (MPa) z : 깊이(m)

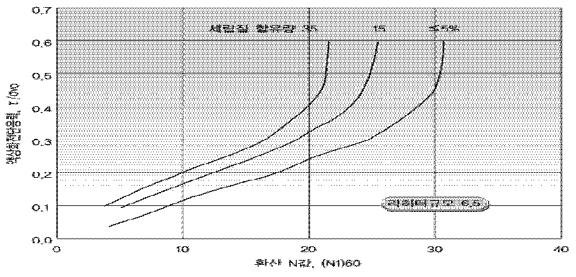
■ 액상화 저항응력비와 $(N1)_{60}$관계

•1999년 제정된 「항만 및 어항시설의 내진설계 표준서」 에서는 액상화 저항응력비(CSR)와 보정 N값과 관계를 그림과 같이 나타냄

•Seed 등(1983)이 전세계 지진자료를 토대로 작성한 곡선을 지진규모 6.5를 기준으로 수정

•#200체 통과량을 고려하여 액상화 저항응력비를 산정

저항응력비(CSR)와 보정된 N치의 관계



◎ 수정 Seed & Idriss방법(Korean Method)

•기존 Seed & Idriss 방법을 국내 상황에 맞게 수정

•"지반공학분야에서의 내진설계(2001. 2)"에서 제시된 방법

■ 진동 전단응력비$(\tau_d/\sigma_{v'})$의 산정

$$\frac{\tau_d}{\sigma_v'} = 0.65 \times \frac{\alpha_{max}}{g} \times \frac{\sigma_v}{\sigma_v'}$$

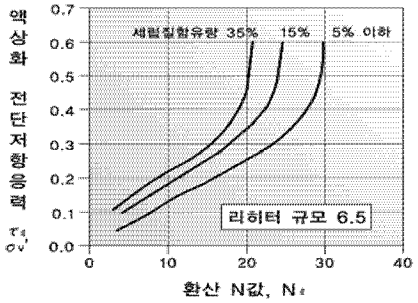
α_{max} : 액상화평가 대상지반의 최대가속도 (cm/sec²)

g : 중력가속도 (m/sec²)

σ_v : 액상화를 평가하고자 하는 깊이의 총 상재압 (MPa)

σ_v' : 액상화를 평가하고자 하는 깊이에서의 유효 상재압

•표준관입시험(SPT)에 의한 N값을 유효상재하중으로 보정한 값(NI)과 세립분 함유량을 이용하여 지진규모 6.5에 대한 액상화에 저항하는 전단저항 응력비를 산정



•환산 N_1 산정 : $N_1 = C_N \cdot N$

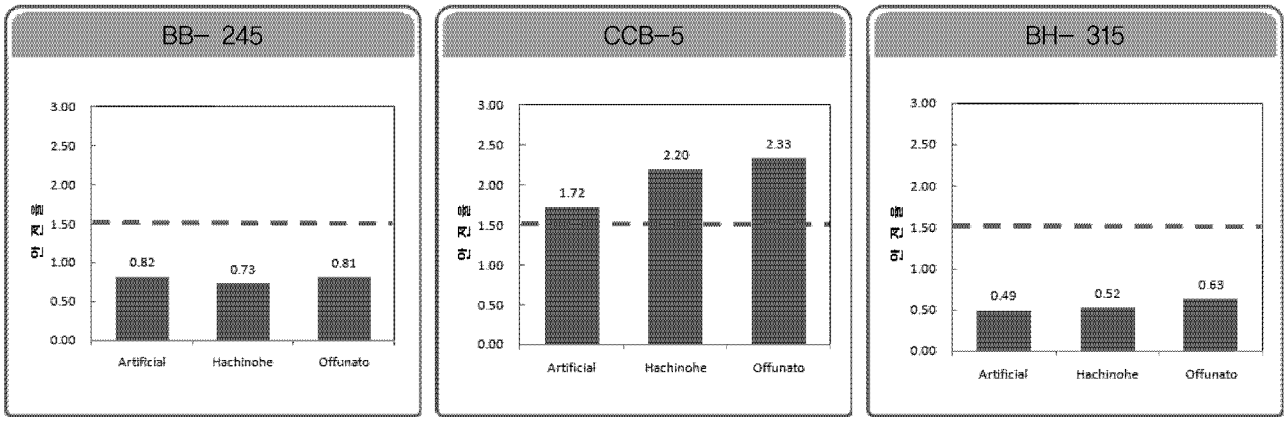
C_N(보정계수) = $\sqrt{\frac{10}{\sigma_v'}}$

여기서, σ_v' : 유효상재압(MPa)

N : 표준관입시험 결과

•액상화 안전율 $F_L = \frac{(\tau_1/\sigma_v')}{(\tau_d/\sigma_v')} \geq 1.5$ ➡ ∴ 안정 (간편 예측)

◎ 4공구 액상화 간편예측 결과



구 분		심 도 (m)	진동전단 응력비	전단저항 응력비	Fs ≥ 1.5	평 가
쌓기구간	BB-245	6.0	1.07MPa	0.88MPa	0.82	N.G
깎기구간	CCB-5	3.0	1.59MPa	2.73MPa	1.72	O.K
교량구간	BH-315	18.0	1.95MPa	0.96MPa	0.49	N.G

검토결과

•장/단주기 실지진파 및 인공지진파를 이용하여 대표구간에 대하여 액상화 간편예측 수행결과 일부구간에서 허용안전율을 만족하지 못하므로, 진동삼축압축시험을 통한 상세법 검토

1.4.4 상세법을 통한 액상화 평가 (3차 평가)

◎ 진동삼축압축시험을 이용한 액상화 상세 예측

•최대진동전단응력은 지진응답해석 프로그램으로 지진응답해석을 수행하여 산정한다.

•액상화 저항전단응력은 불교란 시료에 대하여 실내 진동시험을 수행하여 진동재하회수에 따른 액상화 저항전단응력(전응력치) 변화곡선을 작성하여 이로부터 구한다. 불교란 시료의 채취가 불가능한 경우에는 현장조건을 재현한 재성형 시료를 사용할 수 있다

•액상화 저항전단응력 특성곡선을 이용하여 지진규모 6.5에 해당하는 진동재하회수 10회의 액상화 저항전단응력을 깊이별로 산정하여 액상화를 평가한다.

•진동삼축압축시험 결과를 이용하여 액상화 상세예측을 수행할 경우, 지진의 방향성 및 현장응력상태에 대한 보정이 필요하다. 반복삼축시험을 이용할 경우 전단저항응력비(Cyclic resistance ratio, CRR)는 다음 식을 이용하여 보정한 후 산정한다.

$$CRR = C1 \cdot C2 \cdot (CRR)TX$$

여기서, C1 = 0.9 (지진의 방향성에 대한 보정 상수)

C2 = $(1+2K_0)/3$ (현장응력상태에 대한 보정 상수)

K_0 = 지진하중 작용전의 정지토압계수

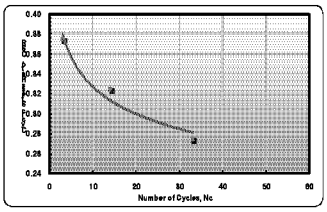
(CRR)TX = 진동삼축압축시험에서 얻어진 전단저항응력비

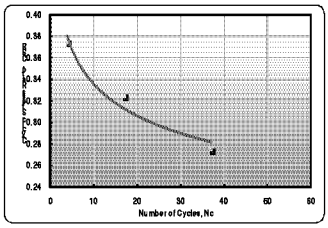
•액상화에 대한 평가는 지진응답해석에서 얻은 진동전단응력비와 실내실험에서 얻어진 전단저항응력비를 비교하여 판단한다. 상세예측법 평가시 기준안전율은 1.0이다. 이 때, 안전율이 1.0미만인 경우, 대책공법을 마련하며, 1.0이상인 경우 액상화에 대해 안전한 것으로 판정한다.

◎ 진동삼축압축시험 결과

■ 4공구(BH-272) 시험결과

양단변형(%)	DA : 5%			DA : 10%			CSR-N 곡선	
축차응력 (kPa)	75	65	55	75	65	55	DA : 5%	DA : 10%
반복회수, N	3	14	33	4	17	37		
압밀압력 (kPa)	100			100				
반복전단응력비 (CSR)	0.375	0.325	0.275	0.375	0.325	0.275		
Nc10	0.327			0.336				
Nc20	0.300			0.306				





◎ 4공구 액상화 상세 예측 결과

구 분		심 도 (m)	진동전단 응력비	전단저항 응력비	Fs ≥ 1.0	평 가
쌓기구간	BB- 245	6.0	1.07MPa	2.03MPa	1.90	O.K
교량구간	BH- 315	18.0	1.95MPa	1.96MPa	1.01	O.K

검토결과

•진동삼축압축 시험을 통한 상세예측을 수행한 결과, 기준안전율 1.0을 만족하는 것으로 나타나므로 액상화에 대해 안정성 확보는 가능 할 것으로 판단됨.

제 2 장 교량기초 내진설계

2.1 설계개요

기본방향	•지진하중 작용시 교량기초 및 비탈면에 대한 유사정적 해석 안정성 검토 •교량기초 중 대표적인 단면을 선정하여 각 지진파에 따른 안정성 검토

2.1.1 교량기초 내진설계

•지진하중을 받는 말뚝기초는 상부 구조의 관성력에 의해서 지배되며, 말뚝의 거동은 상부하중에 의한 말뚝두부에 작용하는 모멘트, 전단력 그리고 축력을 동시에 받는 말뚝의 거동과 유사
•지진시 두부의 변위에 의한 교량의 안정성을 검토하기 위하여 유사정적해석(GROUP 6.0)실시
•지층 조건, 작용 하중 및 기초 형상이 상이하므로 대표구간에 유사정적 해석을 수행하여 안정성을 판별한 후, 위험성을 내포하고 있는 단면을 선정하여 상세 안정성 검토 수행

● 단말뚝 및 군말뚝효과를 고려한 유사정적해석 (GROUP 6.0)

•말뚝 두부에 작용하는 지진시 설계하중은 내진 1등급 붕괴방지수준의 하중을 적용
•허용수평변위 22.5mm 적용

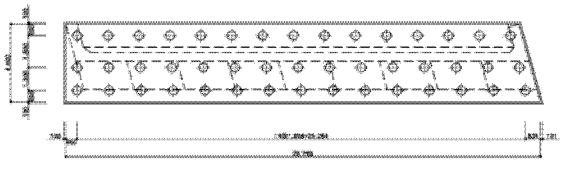
● 말뚝 제원 및 하중조건 (지진시) (단위 : MN, m)

구 분		직경 D(mm)	탄성계수 E (MPa)	전단탄성계수 G (MPa)	단면적 A (m^2)	단면2차모멘트 I (m^4)	하중조건 (상시/지진시) 연직하중(MN)	수평하중(MN)	모멘트(MN·m)
4공구	금촌3교 A1	508	2.10×10^5	8.2×10^4	0.0155	0.000473	885.2/1051	102.8/154.9	99.0/123.0
	월롱교 P1	508	2.10×10^5	8.2×10^4	0.0109	0.000337	1391.7/1421	38.1/69.0	150.5/176.5

● 군말뚝기초의 유사정적 해석결과 (Group 6.0)

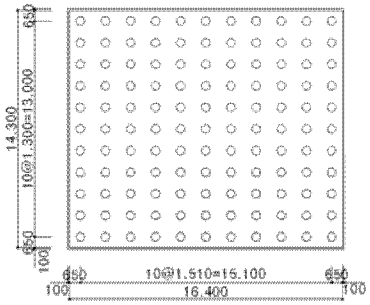
■ 말뚝 배치현황

금촌3교 A1



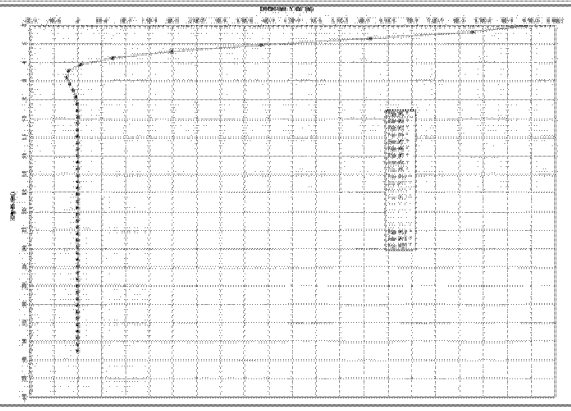
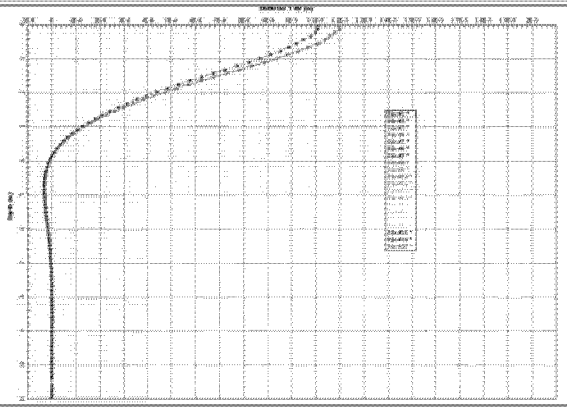
강관 말뚝기초(Φ 508 t=12) 3×15=45 본

월롱교 P1



강관 말뚝기초 (Φ 508 t=9) 11×11=121 본

■ 말뚝기초의 모델링 및 해석 결과

금촌3교 A1 지진시	월롱교 P1 지진시
	

구 분		말뚝두부 수평변위량 (mm)	허용 수평변위량(mm)	판 정
4 공구	금촌3교 A1	0.094	22.5	O.K
	월롱교 P1	0.016	22.5	O.K

검토결과
- 말뚝기초에 대하여 GROUP 6.0을 이용한 유사정적해석 수행
- 말뚝기초 유사정적 해석결과, 수평변위는 0.064~0.094mm로 허용수평변위 22.5mm이내➡안정

제 3 장 비탈면 내진설계

3.1 설계개요

3.1.1 내진해석 방법

- 장주기, 단주기 및 인공지진파에 대한 지진응답 해석(PROSHAKE)에서 산정된 최대지진가속도를 이용한 지진계수를 적용하여 유사정적해석 실시
- 현장 및 실내시험을 통한 변형률 수준별 동적거동 특성을 적용한 등가선형해석 실시
- Newmark 방법 ➡ 평균가속도, 항복가속도 개념을 이용한 쌓기 비탈면의 동적해석에 적용
- 시간이력해석법 ➡ 쌓기 · 깎기 비탈면의 동적해석에 적용

◎ 유사정적해석

- 지진에 의한 수평하중을 추가시켜 안정성을 검토, 특히 활동에 대해 안전해야 함
- 활동에 대한 안정성 검토는 가정된 파괴형상의 도심에 재하한 설계지진하중(K_H)에 대한 안전율 산정을 통해 수행되며, 안정성은 수평변위를 어느 정도 허용하는 개념을 도입하여 산정

■ 검토 개요

- 지진응답 해석결과로부터 산정된 지표면 최대지진가속도를 적용
- 설계지진력은 대상구조물의 수평변위를 일부 허용하는 개념을 도입, 지표면최대 지진 가속도의 50%고려

$F_h = 0.5 \cdot K_H \cdot W$

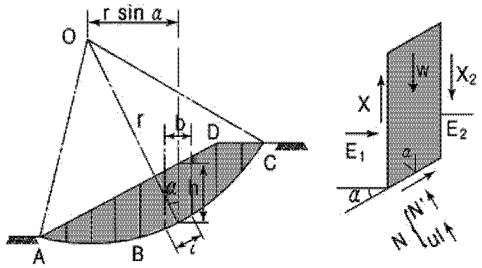
- F_h : 가상 활동파괴면의 도심에 작용하는 지지력
- K_H : 지표면 최대 지진가속도계수
- W : 가상 활동파괴면의 자중

■ 안정성 검토방법

- 지진시 비탈면의 활동에 대한 허용안전율은 1.10을 기준으로 하며 원호활동은 Bishop의 절편법을 적용

등가정적 해 석	•지진의 영향을 지진계수를 통하여 수평방향에 작용시켜 해석 •비탈면 예상파괴면에 힘의 평형상태에 대한 안전율로 나타냄 •설계지진력은 대상구조물의 수평변위를 일부 허용하는 개념을 도입하여 지진가속도의 50%를 고려 $F_H = 0.5 \cdot k_h \cdot W$
동적해석	•인공지진파의 가속도 시간이력곡선을 입력데이타로 사용하여 시간이력 응답해석을 수행함

등가정적해석 개념도

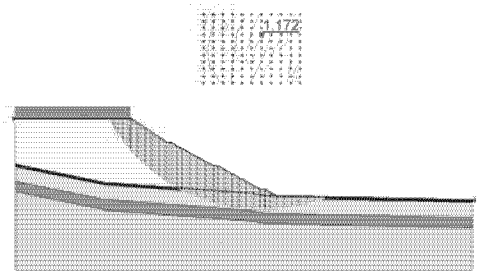
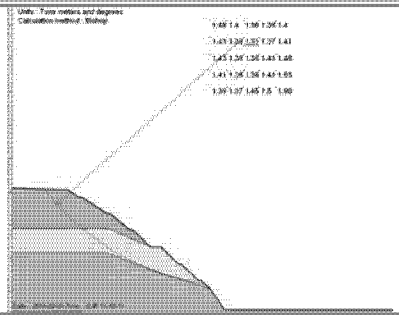


3.1.2 비탈면 내진 안정성 (등가정적해석)

◎ 비탈면 등가정적해석 결과

구 분	설계적용 가속도
등가정적해석	•등가정적해석에 사용될 설계수평 지진계수는 지진응답해석에서 구한 지표면 최대 가속도 평균값의 1/2적용 •비탈면구간 설계적용 지진가속도 산정

■ 4공구

쌓기구간(STA. 24+080)	깎기구간(STA. 31+180)
	
Fs=1.17〉1.1 O.K	Fs=1.35〉1.1 O.K

검토결과

•비탈면 쌓기 및 깎기구간에 대한 등가정적해석 결과 안전율(Fs)은 1.17~1.35로 지진시 설계기준 안전율 1.1을 상회하므로 지진에 대하여 안정한 것으로 판정

제4공구 부 록

목 차

제1장 현장조사 성과

1.1 주상도 리스트 ····· 1
1.2 터널부 주상도 ····· 7
1.3 교량부 주상도 ····· 17
1.4 깎기부 주상도 ····· 80
1.5 쌓기부 주상도 ····· 117
1.6 기타구조물 주상도 ····· 135
1.7 관리동 주상도 ····· 137
1.8 미적용 주상도 ····· 139
1.9 TP 주상도 ····· 169
1.10 HAB 주상도 ····· 171

제2장 물리탐사 및 물리검층 성과

2.1 탄성파탐사 ····· 173
2.2 전기비저항탐사 ····· 181
2.3 공내영상촬영(BIPS) ····· 183
2.4 밀도검층 ····· 263
2.5 하향식탄성파탐사 ····· 267
2.6 S-PS검층 ····· 271
2.7 GPR 탐사 ····· 273

제3장 현장시험 성과

3.1 공내재하시험 ····· 277
3.2 공내전단시험 ····· 305
3.3 투수시험 ····· 319
3.4 수압시험 ····· 395
3.5 지하수유향유속 ····· 425
3.6 순간충격시험 ····· 427
3.7 양수시험 ····· 429
3.8 수압파쇄시험 ····· 431
3.9 SPT효율시험 ····· 433
3.10 들밀도시험 ····· 439

제4장 실내토질시험 성과

4.1 토질시험 리스트 ····· 441
4.2 기본물성시험 ····· 447
4.3 일축압축강도시험 ····· 509
4.4 삼축압축강도(CU)시험 ····· 513
4.5 표준압밀시험 ····· 517
4.6 진동삼축시험 ····· 525
4.7 직접전단시험 ····· 529

제5장 실내암석시험 성과

5.1 암석시험 리스트 ····· 531
5.2 기본물성 및 일축압축강도시험 ····· 533
5.3 삼축압축강도시험 ····· 567
5.4 인장강도시험 ····· 577
5.5 절리면전단시험 ····· 579
5.6 점하중강도시험 ····· 587
5.7 공진주시험 ····· 595
5.8 AE/DRA시험 ····· 597
5.9 이방성시험 ····· 601
5.10 암유용성시험 ····· 603

제6장 기타

6.1 RMR분류 ····· 605
6.2 Q-System 분류 ····· 613
6.3 재료원 조사 ····· 619

제 1 장 현장조사 성과

1.1 주상도 리스트
1.2 터널부 주상도
1.3 교량부 주상도
1.4 깎기부 주상도
1.5 쌓기부 주상도
1.6 기타구조물 주상도
1.7 관리동 주상도
1.8 미적용 주상도
1.9 TP 주상도
1.10 HAB 주상도

1.1 주상도 리스트

< 시 추 주 상 도 리 스 트 >

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

공구	대분류	소분류	공번	좌표		표고 (EL.m)	비고
				X	Y		
4공구	터널부	금촌터널	BH-239	572774.23	181582.10	78.5	
4공구	터널부	금촌터널	BH-240	572872.15	181550.19	53.8	
4공구	터널부	금촌터널	BH-241	572914.25	181564.93	45.3	
4공구	터널부	금촌터널	BH-242	572899.64	181590.55	45.2	
4공구	깎기부	깎기부	BH-243	573238.06	181563.60	42.9	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-243-1	573422.17	181584.05	27.5	
4공구	교량부	금촌2교	BH-243-2	573566.03	181566.57	22.8	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-244	573801.00	181517.98	18.7	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-245	574258.01	181336.48	12.5	
4공구	교량부	금촌3교	BH-246	574424.00	181243.00	9.7	
4공구	교량부	금촌3교	BH-247	574494.00	181202.00	10.5	
4공구	교량부	금촌3교	BH-248	574528.00	181187.00	10.5	
4공구	교량부	금촌3교	BH-249	574564.00	181163.00	9.3	
4공구	교량부	금촌3교	BH-250	574599.00	181144.00	9.8	
4공구	깎기부	깎기부	BH-252-1	575031.37	180995.04	71.4	
4공구	미적용	쌓기부	BH-253	575190.00	180868.00	38.7	
4공구	미적용	깎기부	BH-254	575545.00	180173.00	62.4	
4공구	미적용	쌓기부	BH-254-1	575637.80	180853.84	27.5	
4공구	미적용	깎기부	BH-255	575860.58	180845.82	37.4	
4공구	미적용	쌓기부	BH-255-1	576060.06	180854.91	26.9	
4공구	미적용	깎기부	BH-255-2	576259.09	180879.36	37.4	
4공구	미적용	쌓기부	BH-255-3	576421.49	180910.67	26.9	
4공구	깎기부	깎기부	BH-255-4	576265.31	180685.72	0.0	
4공구	미적용	쌓기부	BH-256	576159.00	180484.00	36.5	
4공구	미적용	쌓기부	BH-258	576602.50	180547.10	32.0	

< 시 추 주 상 도 리 스 트 >

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

공구	대분류	소분류	공번	좌표		표고 (EL.m)	비고
				X	Y		
4공구	미적용	쌓기부	BH-261	576783.42	181006.61	32.3	
4공구	미적용	교량부	BH-261-1	577037.00	181077.00	24.9	
4공구	미적용	교량부	BH-261-2	577064.00	181085.00	25.7	
4공구	미적용	교량부	BH-261-3	577041.00	181192.00	33.8	
4공구	미적용	교량부	BH-261-4	577062.00	181204.00	34.0	
4공구	미적용	쌓기부	BH-261-5	576998.34	181341.94	33.0	
4공구	미적용	쌓기부	BH-261-6	576962.00	181533.00	30.8	
4공구	미적용	쌓기부	BH-261-7	477186.00	181244.00	34.2	
4공구	미적용	깎기부	BH-261-8	576956.58	180998.35	32.8	
4공구	교량부	월롱지하차도	BH-261-9	576936.42	180932.44	0.0	
4공구	교량부	월롱지하차도	BH-261-10	577031.40	180946.90	0.0	
4공구	미적용	쌓기부	BH-267	577254.30	181066.20	18.9	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-267-1	577233.62	181131.64	21.2	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-268	577434.22	181160.62	17.5	
4공구	미적용	교량부	BH-268-1	577501.49	181211.08	0.0	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-269	577591.00	181223.00	16.5	
4공구	교량부	월롱교	BH-270	577727.33	181235.08	15.0	
4공구	교량부	월롱교	BH-271	577798.17	181262.70	12.0	
4공구	교량부	월롱교	BH-272	577928.91	181265.10	10.8	
4공구	교량부	월롱교	BH-273	578065.02	181250.88	10.0	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-274	578274.00	181196.00	8.4	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-275	578423.04	181133.91	9.0	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-276	578707.03	181038.63	14.0	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-277	578955.75	180973.77	7.4	
4공구	교량부	덕은교	BH-278	579200.10	180900.96	10.4	

< 시 추 주 상 도 리 스 트 >

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

공구	대분류	소분류	공번	좌표		표고 (EL.m)	비고
				X	Y		
4공구	교량부	덕은교	BH-279	579214.74	180911.68	10.3	
4공구	교량부	덕은교	BH-280	579247.85	180892.09	9.0	
4공구	교량부	덕은교	BH-281	579268.15	180910.67	9.8	
4공구	깎기부	깎기부	BH-282	579403.54	180831.33	58.5	
4공구	깎기부	깎기부	BH-284	579861.29	180829.94	47.3	
4공구	미적용	교량부	BH-285	580199.77	180863.05	7.7	
4공구	교량부	능산1교	BH-285-1	580178.57	180828.33	9.6	
4공구	교량부	능산1교	BH-285-2	580198.71	180824.67	7.6	
4공구	교량부	능산2교	BH-286	580256.68	180813.49	7.6	
4공구	교량부	능산2교	BH-286-1	580290.98	180804.71	7.6	
4공구	교량부	능산2교	BH-286-2	580324.46	180796.45	8.5	
4공구	깎기부	깎기부	BH-287	580429.97	180729.01	44.2	
3공구	관리동	관리동	BH-287-1	580646.00	180725.00	6.9	
4공구	교량부	능산3교	BH-288	580601.14	180672.93	11.3	
4공구	교량부	능산4교	BH-288-1	580587.78	180684.64	11.8	
4공구	교량부	능산3교	BH-288-2	580564.81	180631.14	14.1	
4공구	깎기부	깎기부	BH-289	580819.97	180490.01	34.1	
4공구	깎기부	깎기부	BH-291	580944.21	180572.60	36.8	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-291-1	580950.89	180819.36	6.2	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-291-2	580964.33	181035.48	5.1	
4공구	깎기부	깎기부	BH-293	580908.39	180347.49	54.1	
4공구	깎기부	깎기부	BH-293-1	580878.27	180125.17	48.5	
4공구	교량부	능산4교	BH-294-1	581029.97	180191.04	15.1	
4공구	교량부	능산4교	BH-295	581048.69	180154.30	10.4	
4공구	교량부	능산4교	BH-296	581080.65	180114.43	12.1	

< 시 추 주 상 도 리 스 트 >

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

공구	대분류	소분류	공번	좌표		표고 (EL.m)	비고
				X	Y		
4공구	교량부	능산4교	BH-297	581146.00	180032.00	16.0	
4공구	쌀기부	쌀기부	BH-298	581262.00	179929.00	23.1	
4공구	깎기부	깎기부	BH-298-1	581478.36	179872.52	67.5	
4공구	깎기부	깎기부	BH-299	581540.07	179796.73	69.2	
4공구	깎기부	깎기부	BH-299-1	581594.09	179798.96	68.2	
4공구	깎기부	깎기부	BH-299-2	581739.93	179664.91	80.0	
4공구	깎기부	깎기부	BH-302	581912.76	179685.53	88.5	
4공구	미적용	깎기부	BH-302-1	581912.79	179686.70	79.9	
4공구	깎기부	깎기부	BH-303	581946.15	179756.43	63.1	
4공구	깎기부	깎기부	BH-303-1	582061.17	179670.60	68.5	
4공구	쌀기부	쌀기부	BH-304	582302.00	179692.00	27.0	
4공구	깎기부	깎기부	BH-304-1	582442.67	179670.50	36.5	
4공구	교량부	내포교	BH-304-2	582577.70	179614.39	15.1	
4공구	교량부	내포교	BH-305	582597.63	179606.09	15.3	
4공구	교량부	내포1교	BH-305-1	582696.49	179574.16	15.1	
4공구	교량부	내포1교	BH-305-2	582710.99	179568.87	14.8	
4공구	쌀기부	쌀기부	BH-305-4	583068.83	179469.54	8.8	
4공구	교량부	수로박스	BH-305-6	582752.19	179555.25	14.3	
4공구	깎기부	깎기부	BH-305-7	582884.68	179480.51	17.6	
4공구	미적용	깎기부	BH-306	583025.18	179396.63	43.5	
4공구	쌀기부	쌀기부	BH-307	583196.43	179406.51	8.4	
4공구	교량부	내포IC R-B1교	BH-308	583302.02	179382.92	6.8	
4공구	교량부	내포IC R-B1교	BH-309	583348.95	179384.89	8.3	
4공구	교량부	내포IC R-B2교	BH-310	583391.71	179364.70	8.4	
4공구	교량부	대명골천교	BH-310-1	583380.79	179329.79	8.5	

< 시 추 주 상 도 리 스 트 >

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

공구	대분류	소분류	공번	좌표		표고 (EL.m)	비고
				X	Y		
4공구	교량부	내포IC R-B2교	BH-311	583430.32	179356.16	9.0	
4공구	교량부	내포IC R-A교	BH-313	583537.05	179331.46	12.4	
4공구	교량부	내포IC R-A교	BH-314-1	583529.65	179348.50	10.8	
4공구	쌓기부	쌓기부	BH-314-2	583629.81	179375.16	9.8	
4공구	교량부	내포IC R-A교	BH-315	583591.46	179323.07	12.0	
4공구	교량부	내포IC R-A교	BH-316	583645.93	179314.60	10.0	
4공구	교량부	내포IC R-A교	BH-317	583690.91	179331.93	10.0	

1.2 터널부 주상도

터 널 부 시 추 주 상 도

4 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-239	조사일	2012.4.16~4.18
위 치	X:572774.23 Y:181582.10	터널명	금촌터널	표 고	EL(+) 78.50 M

굴진심도	60.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	송경렬	지하수위	GL(-) 27.0 M
케이싱심도	6.1 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
		0														
표토층		0.40	0.40	▶표토층 (0.0~0.4 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 습윤												
		1												1.0	13/30	
		2												2.0	42/30	
풍화토		3		▶풍화토 (0.4~6.0 M) - 암편섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 습윤 - 보통조밀~매우조밀										3.0	27/30	
		4												4.0	34/30	
		5												5.0	50/20	
풍화암		6.00	5.60											6.0	50/7	
		6.10	0.10	▶풍화암 (6.0~6.1 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀	100	73	2~3	2~3	3~4	61	1	23				
		7														
		8			95	51	3	3	3~5	38	N/A	15				
		9		▶경암 (6.1~60.5 M) - 편마암 - 암회색 - 심한풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 심한균열~과상												
		10														
		11			100	87	2~3	2~3	3~4	58	2	23				
		12		* 6.1~7.6m - ∠20° 1 Joints set+Random - 절리면 산화발달 - 파동형/완만~거침 - 파쇄대:6.10~6.18m - 수직절리발달:7.40~7.50m												
경암		13														
		14		* 7.6~9.5m - ∠20°, 40° 2 Joints set+Random - 절리면 산화발달 및 단층활면 관찰 - 파동형/완만~거침 - 파쇄대:7.6~7.7m - Core loss:7.6~7.7m	100	87	2~3	2~3	3~4	58	2	21				
		15														
		16		* 9.5~12.5m - ∠10°, 30° 2 Joints set+Random - 절리면 산화발달 - 파동형/완만~거침 - 파쇄대:9.72~9.84m												
		17			100	71	3~4	3~4	3~4	24	4	15				
		18														
		19		* 12.5~15.5m - ∠10°, 30° 2 Joints set+Random - 절리면 산화발달 - 파동형/완만~거침	100	79	2~3	2~3	3~4	66	3	25				
		20														

터 널 부 시 추 주 상 도

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-239	조사일	2012.4.16~4.18
위 치	X:572774.23 Y:181582.10	터널명	금촌터널	표 고	EL(+) 78.50 M

굴진심도	60.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	송경렬	지하수위	GL(-) 27.0 M
케이싱심도	6.1 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
경암		20		* 15.5~18.5m - ∠20°, 40° 2 Joints set+Random - 절리면 산화발달 및 단층활면 관찰 - 파동형/완만~거침	100	79	2~3	2~3	3~4	66	3	25				
		21														
		22		* 18.5~21.5m - ∠10°, 30° 2 Joints set+Random - 절리면 산화발달 및 단층활면 관찰 - 파동형/거침	100	94	2	1~2	3~4	38	3	18				
		23														
		24		* 21.5~24.5m - ∠10°, 30° 2 Joints set+Random - 절리면 산화발달 - 파동형/거침 - 수질절리발달:22.0~22.1m												
		25														
		26		* 24.5~27.5m - ∠30° 1 Joints set+Random - 절리면 부분적 산화발달 - 파동형/완만~거침	100	100	2	1~2	3~4	42	10	24				
		27														
		28		* 27.5~30.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 절리면 부분적 산화발달 - 파동형/거침	100	88	2	2	3~4	48	1	23				
		29														
		30		* 30.5~33.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침												
		31		* 33.5~36.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/완만~거침 - 파쇄대:33.03~33.50m - Core loss:33.10~33.50m	100	91	2	1~2	3~4	41	3	20				
		32														
		33		* 36.5~39.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침												
		34														
		35		* 39.5~42.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침	87	76	2~4	2~5	3~5	66	N/A	19				
		36		* 42.5~45.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침												
		37														
		38		* 45.5~48.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침 - 수질절리발달:47.24~47.40m	100	92	2	1~2	1~4	252	4	41				
		39														
		40		* 48.5~51.5m - ∠40°	100	89	2	1~2	3~4	62	1	28				

터 널 부 시 추 주 상 도

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-239	조사일	2012.4.16~4.18
위 치	X:572774.23 Y:181582.10	터널명	금촌터널	표 고	EL(+) 78.50 M

굴진심도	60.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	송경렬	지하수위	GL(-) 27.0 M
케이싱심도	6.1 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
경암		40		- 파동형/거침												
		41		* 51.5~54.5m - ∠10° 1 Joints set+Random - 파동형/거침	100	89	2	1~2	3~4	62	1	28				
		42		* 54.5~57.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침 - 수질절리발달:56.70~57.00m												
		43														
		44		* 57.5~60.5m - ∠30° 1 Joints set+Random - 파동형/거침	100	94	2	1~2	1~3	101	5	42				
		45														
		46														
		47			100	86	2	1~2	2~3	97	9	30				
		48														
		49														
		50			100	98	2	1~2	3~4	53	14	25				
		51														
		52														
		53			100	91	2	1~2	1~4	111	8	34				
		54														
		55														
		56			100	95	2	1~2	1~4	111	10	41				
		57														
		58														
		59			100	94	2	1~2	1~3	115	7	28				
		60														

터 널 부 시 추 주 상 도

4 매중 4

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-239	조사일	2012.4.16~4.18
위 치	X:572774.23 Y:181582.10	터널명	금촌터널	표 고	EL(+) 78.50 M

굴진심도	60.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	송경렬	지하수위	GL(-) 27.0 M
케이싱심도	6.1 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
경암	+ + +	60.50	54.40		100	94	2	1~2	1~3	115	7	28				
				* 심도 60.50 M 에서 시추종료												

터 널 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-240	조사일	2012.3.27~3.28
위 치	X:572872.15 Y:181550.19	터널명	금촌터널	표 고	EL(+) 53.80 M

굴진심도	33.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김선우	지하수위	GL(-) 3.1 M
케이싱심도	2.0 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
붕적층		0		▶붕적층 (0.0~2.0 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 습윤 - 느슨										1.0	8/30	
		1														
		2.00	2.00													
연암		2		▶연암 (2.0~3.6 M) - 편마암 - 암회색 - 심한풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 매우심한균열~심한균열 - ∠30°, 70° 2 Joints set+Random - 파동형/완만~거침 - 절리면 산화철 피복	69	18	2~4	2~4	4~5	14	3	8				
		3														
		3.60	1.60													
보통암		4			92	58	2~3	1~3	3~5	41	2	13				
		5														
		6														
		6.50	2.90													
경암		7		▶보통암 (3.6~6.5 M) - 편마암 - 암회색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~매우강함 - 매우심한균열~보통균열 - ∠70° 1 Joints set+Random - 파동형/거침 - 절리면 산화철 피복	97	81	1~3	1~3	3~5	40	3	18				
		8														
		9														
		10														
		11		▶경암 (6.5~33.0 M) - 편마암 - 암회색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 매우심한균열~보통균열 * 6.5~9.5m - ∠20°, 40° 2 Joints set+Random - 파동형/거침 - 절리면 산화철 피복	100	76	1~3	1~3	3~5	27	3	12				
		12														
		13			100	84	1~2	1~2	3~5	53	2	20				
		14														
		15		* 9.5~12.5m - ∠20°, 45° 2 Joints set+Random - 파동형/거침 - 부분적 절리면 산화철 피복												
		16														
		17		* 12.5~15.3m - ∠20°, 60° 2 Joints set+Random - 파동형/거침 - 부분적 절리면 산화철 피복	95	72	1~3	1~2	3~5	26	3	15				
		18														
		19		* 15.3~18.3m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침 - 부분적 절리면 산화철 피복	100	90	1~2	1~2	3~5	43	2	20				
		20														

터 널 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-240	조사일	2012.3.27~3.28
위 치	X:572872.15 Y:181550.19	터널명	금촌터널	표 고	EL(+) 53.80 M

굴진심도	33.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김선우	지하수위	GL(-) 3.1 M
케이싱심도	2.0 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지 층 설 명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
경암		20														
		21		* 18.3~21.3m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침 - 부분적 절리면 산화철 파복 및 단층활면 분포	100	90	1~2	1~2	3~5	43	2	20				
		22														
		23		* 21.3~23.8m - ∠20°, 70° 2 Joints set+Random - 파동형/거침 - 부분적 절리면 산화철 파복	93	50	1~2	1~3	3~5	21	2	12				
		24														
		25		* 23.3~25.8m - ∠20°, 30° 2 Joints set+Random - 파동형/거침 - 부분적 절리면 산화철 파복	91	64	1~3	1~3	3~5	38	N/A	15				
		26														
		27		* 25.8~28.8m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침 - 부분적 절리면 산화철 파복	97	79	1~2	1~2	3~5	34	2	20				
		28														
		29		* 28.8~31.8m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침 - 부분적 절리면 산화철 파복	100	85	1~2	1~2	3~5	32	3	21				
		30														
		31														
		32			100	100	1~2	1~2	3	62	24	35				
		33.00	26.50													
		33		* 심도 33.00 M 에서 시추종료												
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

터 널 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-241	조사일	2012.3.29~3.29
위 치	X:572914.25 Y:181564.93	터널명	금촌터널	표 고	EL(+) 45.30 M

굴진심도	26.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김선우	지하수위	GL(-) 2.2 M
케이싱심도	3.5 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)
매립층		0		▶매립층 (0.0~2.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 습윤 - 보통조밀 - 자갈직경 : 5~30mm										1.0	13/30
		1													
		2.00	2.00											2.0	5/30
퇴적층		2		▶퇴적층 (2.0~3.5 M) - 실트질 점토 - 암갈색 - 습윤 - 연약~보통견고											
		3												3.0	4/30
		3.50	1.50												
보통암		4		▶보통암 (3.5~12.5 M) - 편마암 - 암회색 - 매우심한풍화~약간풍화 - 매우약함~강함 - 매우심한균열~보통균열 * 3.5~6.5m - ∠10° 1 Joints set+Random - 파동형/거침 - 절리면 산화철 피복 - 파쇄대:6.38~6.50m - Core loss:6.38~6.50m - 수직절리발달:3.55~3.58m, 3.78~4.14m * 6.5~9.5m - ∠10° 1 Joints set+Random - 파동형/거침 - 파쇄대:6.50~7.00m - Core loss:6.50~7.00m - 공동구간:6.5~7.0m * 9.5~12.5m - ∠20°, 70° 2 Joints set+Random - 파동형/거침 - 절리면 산화철 피복 및 단층활면 관찰	96	58	2~3	2~3	3~4	37	N/A	15			
		5													
		6													
		7			83	66	2~5	2~5	3~5	34	N/A	16			
		8													
		9													
		10			100	60	2~3	2	3~4	44	3	13			
		11													
		12													
		12.50	9.00												
경암		13			100	83	2	2	3~4	50	2	20			
		14													
		15													
		16		▶경암 (12.5~26.0 M) - 편마암 - 암회색 - 보통풍화~약간풍화 - 강함 - 심한균열~보통균열 * 12.5~15.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침 - 절리면 산화철 피복	100	77	2	2	3~4	43	1	17			
		17													
		18													
		19			100	61	2~3	2~3	3~4	28	4	14			
		20			100	74	2	2	3~4	36	1	16			

표준관입시험 Standard Penetration Test

N blow: 0 10 20 30 40 50

터 널 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-241	조사일	2012.3.29~3.29
위 치	X:572914.25 Y:181564.93	터널명	금촌터널	표 고	EL(+) 45.30 M

굴진심도	26.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김선우	지하수위	GL(-) 2.2 M
케이싱심도	3.5 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
경암		20														
		21		* 15.5~18.5m - ∠10°, 50° 2 Joints set+Random - 파동형/거칠	100	74	2	2	3~4	36	1	16				
		22		* 18.5~19.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거칠 - 수직절리발달:18.77~19.05m												
		23		* 19.5~22.5m - ∠10°, 70° 2 Joints set+Random - 파동형/거칠 - 수직절리발달:19.70~19.80m	100	75	2	2	3~4	74	2	24				
		24														
		25		* 22.5~26.0m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거칠												
		26.00	13.50	* 심도 26.00 M 에서 시추종료												
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

터 널 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-242	조사일	2012.3.26~3.27
위 치	X:572899.64 Y:181590.55	터널명	금촌터널	표 고	EL(+) 45.20 M

굴진심도	29.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김선우	지하수위	GL(-) 2.4 M
케이싱심도	3.5 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0.50	0.50	▶매립층 (0.0~0.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 습윤												
붕적층		3.80	3.30	▶붕적층 (0.5~3.8 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤 - 매우느슨~느슨 - 자갈직경 : 5~30mm										1.0	4/30	
														2.0	5/30	
														3.0	8/30	
연암		6.50	2.70	▶연암 (3.8~6.5 M) - 편마암 - 암회색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함 - 매우심한균열~보통균열 - ∠10°, 30° 2 Joints set+Random - 파동형/거침 - 절리면 산화철 피복 - 파쇄대:3.80~4.15m, 4.94~5.00m, 5.10~5.20m	100	31	2~3	3	4~5	22	1	9				
경암				▶경암 (6.5~29.0 M) - 편마암 - 암회색 - 약간풍화~신선 - 강함~매우강함 - 심한균열~보통균열 * 6.5~9.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침 - 절리면 산화철 피복 - 수직절리발달:6.50~6.60m	100	80	1~2	2	3~4	30	4	16				
					100	93	1~2	1~2	3~4	34	4	18				
				* 9.5~12.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침 - 절리면 산화철 피복 - 수직절리발달:11.06~11.14m	100	97	1~2	1~2	3~4	54	5	21				
				* 12.5~15.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침	100	94	1~2	1~2	3~4	60	2	18				
				* 15.5~18.5m - ∠20° 1 Joints set+Random - 파동형/거침												
				* 18.5~21.5m - ∠20°, 70° 2 Joints set+Random	100	80	2	2	2~4	50	1	19				

터 널 부 시 추 주 상 도

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-242	조사일	2012.3.26~3.27
위 치	X:572899.64 Y:181590.55	터널명	금촌터널	표 고	EL(+) 45.20 M

굴진심도	29.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김선우	지하수위	GL(-) 2.4 M
케이싱심도	3.5 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
경암		20		- 파동형/완만~거침 - 19.5~21.5m:절리면내 단층활면 관찰(70 °)												
		21			100	80	2	2	2~4	50	1	19				
		22		* 21.5~24.5m - ∠20 ° 1 Joints set+Random - 파동형/완만 - 수직절리발달:21.40~21.50m												
		23			100	88	2	2	3~4	32	3	18				
		24		* 24.5~27.5m - ∠20 °, 40 ° 2 Joints set+Random - 파동형/완만												
		25		* 27.5~29.0m - ∠30 °, 60 ° 2 Joints set+Random - 파동형/완만~거침												
		26			100	94	1~2	1~2	3~4	62	2	23				
		27														
		28			100	85	1~2	1~2	3~4	28	7	19				
		29.00	22.50													
		29		* 심도 29.00 M 에서 시추종료												
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

1.3 교량부 주상도

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-243-2	조사일	2012.11.24~11.25
위 치	X:573566.03 Y:181566.57	교량명	금촌2교	표 고	EL(+) 22.80 M

굴진심도	33.8 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	황현진	지하수위	GL(-) 2.8 M
케이싱심도	18.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~2.7 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 보통조밀 - 습윤 - 자갈직경 : 10~30mm										1.0	14/30	
		1												2.0	20/30	
		2												3.0	16/30	
		2.70	2.70											4.0	17/30	
풍화토		3		▶풍화토 (2.7~18.0 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 조밀 - 습윤 - 암편혼재										5.0	20/30	
		4												6.0	23/30	
		5												7.0	19/30	
		6												8.0	17/30	
		7												9.0	18/30	
		8												10.0	24/30	
		9												11.0	32/30	
		10												12.0	35/30	
		11												13.0	50/12	
		12												14.0	50/8	
		13												15.0	50/15	
		14												16.0	50/12	
		15												17.0	50/11	
		16												18.0	50/8	
		17												19.0	50/4	
		18.00	15.30											20.0	50/3	
풍화암		18		▶풍화암 (18.0~30.6 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색												
		19														
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-243-2	조사일	2012.11.24~11.25
위 치	X:573566.03 Y:181566.57	교량명	금촌2교	표 고	EL(+) 22.80 M

굴진심도	33.8 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	황현진	지하수위	GL(-) 2.8 M
케이싱심도	18.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
풍화암		20		- 매우조밀 - 습윤 - 차별풍화로 연경 교호										20.0	50/3	
		21												21.0	50/9	
		22												22.0	50/4	
		23												23.0	50/3	
		24												24.0	50/3	
		25												25.0	50/4	
		26												26.0	50/9	
		27												27.0	50/9	
		28												28.0	50/4	
		29												29.0	50/2	
		30												30.0	50/2	
		30.60	12.60													
연암		31		▶연암 (30.6~33.8 M) - 편마암 - 암회색 - 심한풍화~매우심한풍화 - 약함~매우약함 - 매우심한균열	58	5	4-5	4-5	5	14	N/A	N/A				
		32														
		33														
		33.80	3.20	*30.6~33.8m Random 절리 미세절리 및 잠재절리로 파쇄 발달 절리면 파동/거침~평면/부드러움, 산화, 모래 및 암편 협재 세편~암편상 코어 회수 * 심도 33.80 M 에서 시추종료											
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-246	조사일	2012.10.17~10.17
위 치	X:574424.00 Y:181243.00	교량명	금촌3교	표 고	EL(+) 9.65 M

굴진심도	32.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 2.7 M
케이싱심도	24.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0														
		1.00	1.00	▶매립층 (0.0~1.0 M) - 자갈섞인 점토질 모래 - 갈색 - 느슨 - 습윤												
퇴적층		2												1.0	5/30	
		3												2.0	4/30	
		4.00	3.00	▶퇴적층 (1.0~4.0 M) - 실트질 점토 - 암갈색 - 보통견고 - 습윤~젖음										3.0	5/30	
퇴적층		4												4.0	14/30	
		5												5.0	28/30	
		5.70	1.70	▶퇴적층 (4.0~5.7 M) - 자갈질 모래 - 황갈색 - 보통조밀 - 젖음										6.0	5/30	
풍화토		6												7.0	8/30	
		7												8.0	19/30	
		8		▶풍화토 (5.7~24.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~회갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										9.0	50/28	
		9												10.0	48/30	
		10												11.0	49/30	
		11												12.0	44/30	
		12												13.0	48/30	
		13												14.0	49/30	
		14												15.0	50/23	
		15												16.0	50/20	
		16												17.0	50/18	
		17												18.0	50/17	
		18												19.0	50/17	
		19												20.0	50/15	
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-246	조사일	2012.10.17~10.17
위 치	X:574424.00 Y:181243.00	교량명	금촌3교	표 고	EL(+) 9.65 M

굴진심도	32.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 2.7 M
케이싱심도	24.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
풍화토		20												20.0	50/15	
		21												21.0	50/14	
		22												22.0	50/12	
		23												23.0	50/12	
		24.00	18.30											24.0	50/5	
풍화암		24		▶풍화암 (24.0~32.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~회갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 30.5~32.5m : 암편상 코어 회수										25.0	50/4	
		25														
		26												26.0	50/4	
		27												27.0	50/3	
		28												28.0	50/3	
		29												29.0	50/4	
		30												30.0	50/4	
		31												31.0	50/4	
		32												32.0	50/4	
		32.50	8.50													
		33		* 심도 32.50 M 에서 시추종료												
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-247	조사일	2012.10.18~10.18
위 치	X:574494.00 Y:181202.00	교량명	금촌3교	표 고	EL(+) 10.50 M

굴진심도	24.7 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 3.1 M
케이싱심도	20.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		2.30	2.30	▶매립층 (0.0~2.3 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 보통조밀 - 습윤										1.0	26/30	
														2.0	18/30	
퇴적층		3.50	1.20	▶퇴적층 (2.3~3.5 M) - 실트질 점토 - 암갈색 - 보통견고 - 습윤~젖음										3.0	5/30	
퇴적층		6.30	2.80	▶퇴적층 (3.5~6.3 M) - 모래질 점토 - 갈색 - 연약 - 젖음										4.0	3/30	
														5.0	3/30	
														6.0	21/30	
퇴적층		7.00	0.70	▶퇴적층 (6.3~7.0 M) - 자갈질 모래 - 황갈색 - 보통조밀 - 젖음										7.0	16/30	
풍화토		20.00	13.00	▶풍화토 (7.0~20.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~회갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										8.0	26/30	
														9.0	50/23	
														10.0	50/19	
														11.0	50/15	
														12.0	50/14	
														13.0	50/12	
														14.0	50/12	
														15.0	50/8	
														16.0	50/10	
														17.0	50/13	
														18.0	50/17	
														19.0	50/13	
														20.0	50/7	

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-247	조사일	2012.10.18~10.18
위 치	X:574494.00 Y:181202.00	교량명	금촌3교	표 고	EL(+) 10.50 M

굴진심도	24.7 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 3.1 M
케이싱심도	20.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
풍화암		20		▶풍화암 (20.0~21.4 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~회갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 20.2~20.5m : 암편상 코어 회수										20.0	50/7	
		21												21.0	50/5	
		21.40	1.40													
보통암		22														
		23			93	48	2-3	2-3	4	30	2	18				
		24		▶보통암 (21.4~24.7 M) - 편마암 - 담회색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 심한균열~보통균열 *21.4~24.7m : ∠40° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 절리면 방해석 피복											
		24.70	3.30													
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

★ 심도 24.70 M 에서 시추종료

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-248	조사일	2012.12.2~12.2
위 치	X:574528.00 Y:181187.00	교량명	금촌3교	표 고	EL(+) 10.50 M

굴진심도	19.4 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 4.3 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
매립층		0		▶매립층 (0.0~2.3 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 보통조밀 - 습윤										1.0	12/30	
		1												2.0	17/30	
		2.30	2.30													
퇴적층		3		▶퇴적층 (2.3~4.0 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 느슨 - 습윤										3.0	5/30	
		4.00	1.70											4.0	9/30	
퇴적층		4.80	0.80	▶퇴적층 (4.0~4.8 M) - 모래 - 중-조립질 모래 - 담회색 - 느슨 - 젖음										5.0	4/30	
퇴적층		5.50	0.70													
퇴적층		6.60	1.10	▶퇴적층 (4.8~5.5 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 연약 - 습윤~젖음										6.0	20/30	
풍화토		7												7.0	50/29	
		8												8.0	50/26	
		9												9.0	50/20	
		10												10.0	50/14	
		11.00	4.40	▶퇴적층 (5.5~6.6 M) - 자갈질 모래 - 황갈색 - 보통조밀 - 젖음										11.0	50/10	
		12												12.0	50/9	
		13		▶풍화토 (6.6~11.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~담갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										13.0	50/7	
		14												14.0	50/5	
풍화암		15												15.0	50/5	
		16		▶풍화암 (11.0~19.4 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~담갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 암편상 코어 회수: 15.3~15.4m, 15.8~16.2m, 16.5~17.1m, 17.9~18.0m										16.0	50/2	
		17												17.0	50/1	
		18												18.0	50/1	
		19												19.0	50/1	
		19.40	8.40													
		20		★ 심도 19.40 M 에서 시추종료												

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-249	조사일	2012.10.16~10.16
위 치	X:574564.00 Y:181163.00	교량명	금촌3교	표 고	EL(+) 9.30 M

굴진심도	11.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 1.8 M
케이싱심도	9.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림
매립층		1.70	1.70	▶매립층 (0.0~1.7 M) - 실트섞인 자갈질 모래 - 갈색 - 보통조밀 - 습윤									
퇴적층		2.50	0.80	▶퇴적층 (1.7~2.5 M) - 실트질 점토 - 암갈색 - 보통 견고 - 습윤~젖음									
퇴적층		5.00	2.50	▶퇴적층 (2.5~5.0 M) - 모래질 점토 - 암회색 - 보통견고~견고 - 젖음									
퇴적층		5.80	0.80	▶퇴적층 (5.0~5.8 M) - 모래질 자갈 - 담회색 - 보통조밀 - 젖음									
풍화토		9.00	3.20	▶풍화토 (5.8~9.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~회갈색 - 보통조밀~조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유	100	75	1-2	1-2	3	56	5	28	
풍화암		9.50	0.50	▶풍화암 (9.0~9.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~회갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 9.1~9.3m : 암편상 코어 회수									
경암층		11.50	2.00	▶경암층 (9.5~11.5 M) - 편마암 - 담회색 - 약간풍화~신선 - 강함~매우강함 - 보통균열 *13.0~16.0m : ∠20° ,70° 2 Joint Sets 절리면 평면/거침									

* 심도 11.50 M 에서 시추종료

표준관입시험 Standard Penetration Test

심도	N값 (회/cm)	N blow (0 10 20 30 40 50)
1.0	14/30	
2.0	7/30	
3.0	7/30	
4.0	9/30	
5.0	16/30	
6.0	10/30	
7.0	10/30	
8.0	44/30	
9.0	50/7	

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-250	조사일	2012.10.16~10.17
위 치	X:574599.00 Y:181144.00	교량명	금촌3교	표 고	EL(+) 9.80 M

굴진심도	13.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 1.2 M
케이싱심도	9.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
매립층		0														
		1												1.0	13/30	
		1.60	1.60	▶매립층 (0.0~1.6 M) - 실트섞인 자갈질 모래 - 갈색~암갈색 - 보통조밀 - 습윤~젖음												
		2												2.0	15/30	
붕적층		3												3.0	12/30	
		4												4.0	13/30	
		5.00	3.40	▶붕적층 (1.6~5.0 M) - 자갈섞인 점토질 모래 - 담회색 - 보통조밀 - 젖음												
		5												5.0	12/30	
		6												6.0	10/30	
		7												7.0	16/30	
풍화토		8												8.0	28/30	
		9												9.0	50/19	
		10.00	5.00	▶풍화토 (5.0~10.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~회갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유												
풍화암		10												10.0	50/2	
		10.20	0.20	▶풍화암 (10.0~10.2 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~회갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 10.1~10.2m : 암편상 코어 회수	100	79	1-2	1-2	3	79	5	33				
경암층		11														
		12														
		13.20	3.00	▶경암층 (10.2~13.2 M) - 편마암 - 담회색 - 약간풍화~신선 - 강함~매우강함 - 보통균열 *13.0~16.0m : ∠20° ,40° ,60° 3 Joint Sets 절리면 평면/거침 * 심도 13.20 M 에서 시추종료												
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-9	조사일	2014.7.2~7.2
위 치	X:576936.42 Y:180932.44	교량명	월롱지하차도	표 고	EL(+) 0.00 M

굴진심도	20.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	백종현	지하수위	GL(-) 3.0 M
케이싱심도	20.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)강진규	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0.50	0.50	▶매립층 (0.0~0.5 M) - 모래질 자갈(Φ1~6cm) - 황갈색 - 습윤										1.0	14/30	
풍화토		18.00	17.50	▶풍화토 (0.5~18.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색~담갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤										2.0	7/30	
풍화암		20.00	2.00	▶풍화암 (18.0~20.0 M) - 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 - 담갈색										3.0	8/30	
														4.0	9/30	
														5.0	12/30	
														6.0	15/30	
														7.0	15/30	
														8.0	16/30	
														9.0	18/30	
														10.0	20/30	
														11.0	24/30	
														12.0	29/30	
														13.0	40/30	
														14.0	50/29	
														15.0	50/26	
														16.0	50/21	
														17.0	50/14	
														18.0	50/9	
														19.0	50/6	
														20.0	50/2	

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-9	조사일	2014.7.2~7.2
위 치	X:576936.42 Y:180932.44	교량명	월롱지하차도	표 고	EL(+) 0.00 M

굴진심도	20.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	백종현	지하수위	GL(-) 3.0 M
케이싱심도	20.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)강진규	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
		20		- 매우조밀 - 습윤 * 심도 20.00 M 에서 시추종료										20.0	50/2	
		21														
		22														
		23														
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-10	조사일	2014.7.11~7.11
위 치	X:577031.40 Y:180946.90	교량명	월롱지하차도	표 고	EL(+) 0.00 M

굴진심도	17.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 4.0 M
케이싱심도	15.5 M	시 추 기	PW-5000	작 성 자	(NIS)최상요	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0.50	0.50	▶매립층 (0.0~0.5 M) -실트질 모래 -암갈색 -느슨 -습윤										1.0	3/30	
		1												2.0	8/30	
		2		▶풍화토층 (0.5~10.0 M) -암편섞인 실트질 모래 -암갈색 -느슨~매우조밀 -습윤										3.0	19/30	
		3												4.0	17/30	
풍화토층		4												5.0	21/30	
		5												6.0	25/30	
		6												7.0	40/30	
		7												8.0	43/30	
		8												9.0	50/25	
		9												10.0	50/10	
		10.00	9.50											11.0	50/8	
		11		▶풍화암층 (10.0~15.5 M) -편마암의 풍화대 -굴진시 실트질 모래로 분해 -암갈색~암흑색 -매우조밀										12.0	50/11	
		12												13.0	50/10	
풍화암층		13												14.0	50/9	
		14												15.0	50/7	
		15														
		15.50	5.50													
		16		▶연암층 (15.5~17.5 M) -편마암 -암회색 -약간풍화~심한풍화 -강함~약함	75	33	2-4	2-3	2-5	21	1	5				
연암층		17														
		17.50	2.00													
		18		*15.5~17.5m:0, 20, 30 -3Joint Sets -평면/부드러움~평면/거침 -절리틈새:1.0mm 초과 -철산화물 피복 -방해석 피복 -충전물:실트												
		19														
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-10	조사일	2014.7.11~7.11
위 치	X:577031.40 Y:180946.90	교량명	월롱지하차도	표 고	EL(+) 0.00 M

굴진심도	17.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 4.0 M
케이싱심도	15.5 M	시 추 기	PW-5000	작 성 자	(NIS)최상요	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
		20		-절리틈새:0.1~1.0mm 초과 -15.50~15.70m:파쇄대 -15.95~16.04m:수직절리 파동/부드러움 * 심도 17.50 M 에서 시추종료												
		21														
		22														
		23														
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-270	조사일	2012.3.24~3.24
위 치	X:577727.33 Y:181235.08	교량명	월롱교	표 고	EL(+) 15.00 M

굴진심도	20.7 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 5.5 M
케이싱심도	17.3 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~4.7 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 자갈 크기 : 2.0~30.0mm										1.0	7/30	
		1												2.0	10/30	
		2												3.0	15/30	
		3												4.0	12/30	
		4														
		4.70	4.70													
퇴적층		5		▶퇴적층 (4.7~6.1 M) - 자갈섞인 모래질 실트 - 암회색 - 보통견고 - 습윤 - 자갈 크기 : 2.0~20.0mm										5.0	6/30	
퇴적층		6.10	1.40											6.0	8/30	
		7												7.0	11/30	
		7.50	1.40													
풍화토		8		▶퇴적층 (6.1~7.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 보통조밀 - 젖음 - 자갈 크기 : 2.0~30.0mm										8.0	21/30	
		9												9.0	50/30	
		10												10.0	41/30	
		11		▶풍화토 (7.5~16.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										11.0	43/30	
		12												12.0	50/14	
		13												13.0	50/19	
		14												14.0	50/22	
		15												15.0	50/17	
		16.00	8.50											16.0	50/9	
풍화암		17		▶풍화암 (16.0~17.3 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유										17.0	50/7	
		17.30	1.30													
연암		18			100	12	2~3	2~3	5	14	1	5				
		19		▶연암 (17.3~20.7 M) - 편마암												
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-270	조사일	2012.3.24~3.24
위 치	X:577727.33 Y:181235.08	교량명	월롱교	표 고	EL(+) 15.00 M

굴진심도	20.7 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 5.5 M
케이싱심도	17.3 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
연암	+ + + +	20.70	3.40	- 갈색~담회색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 매우심한균열 *17.3~20.7m : ∠15° ,60° ,75° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 * 심도 20.70 M 에서 시추종료	100	12	2~3	2~3	5	14	1	5				

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-271	조사일	2012.3.24~3.24
위 치	X:577798.17 Y:181262.70	교량명	월롱교	표 고	EL(+) 12.00 M

굴진심도	13.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 2.5 M
케이싱심도	12.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~3.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 느슨 - 습윤~젖음 - 자갈 크기 : 2.0~30.0mm										1.0	7/30	0 10 20 30 40 50
		1												2.0	8/30	
		2												3.0	6/30	
		3.00	3.00											4.0	5/30	
퇴적층		4		▶퇴적층 (3.0~4.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암회색 - 느슨 - 젖음 - 자갈 크기 : 2.0~30.0mm										5.0	50/27	
		4.50	1.50													
풍화토		5		▶풍화토 (4.5~5.5 M) - 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 매우조밀 - 습윤										6.0	50/8	
		5.50	1.00											7.0	50/7	
풍화암		6												8.0	50/7	
		7												9.0	50/5	
		8												10.0	50/9	
		9		▶풍화암 (5.5~13.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~암갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 차별풍화에 의한 연경의 교호										11.0	50/8	
		10												12.0	50/6	
		11												13.0	50/5	
		12														
		13.00	7.50	★ 심도 13.00 M 에서 시추종료												
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-272	조사일	2012.3.24~3.24
위 치	X:577928.91 Y:181265.10	교량명	월롱교	표 고	EL(+) 10.80 M

굴진심도	10.7 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 0.5 M
케이싱심도	7.5 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		1.80	1.80	▶매립층 (0.0~1.8 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 느슨 - 습윤~젖음 - 자갈 크기 : 2.0~30.0mm										1.0	7/30	
퇴적층		5.00	3.20	▶퇴적층 (1.8~5.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 느슨 - 젖음 - 자갈 크기 : 2.0~40.0mm										2.0	9/30	
풍화토		6.30	1.30	▶풍화토 (5.0~6.3 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										3.0	6/30	
풍화암		7.50	1.20	▶풍화암 (6.3~7.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유										4.0	8/30	
연암		10.70	3.20	▶연암 (7.5~10.7 M) - 편마암 - 갈색~암갈색 - 심한풍화~보통풍화 - 약함~보통강함 - 매우심한균열 *7.5~10.7m : ∠20° ,10° ,60° 3 Joint Set+Random 절리면 파동/거침 절리 및 파쇄 발달 : 7.5~7.75m Core Loss : 7.75~7.85m 차별풍화 발달 : 9.5~10.5m * 심도 10.70 M 에서 시추종료	97	12	3~4	3~4	5	22	0	3		5.0	50/21	
														6.0	50/13	
														7.0	50/6	

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-273	조사일	2012.3.25~3.25
위 치	X:578065.02 Y:181250.88	교량명	월롱교	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	10.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 2.5 M
케이싱심도	7.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
매립층		0														
		1												1.0	8/30	
		1.60	1.60	▶매립층 (0.0~1.6 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 느슨 - 습윤 - 자갈 크기 : 2.0~60.0mm												
퇴적층		2												2.0	10/30	
		3.00	1.40	▶퇴적층 (1.6~3.0 M) - 자갈섞인 점토질 모래 - 암갈색~암회색 - 느슨 - 습윤~젖음 - 자갈 크기 : 2.0~15.0mm												
퇴적층		3												3.0	6/30	
		4												4.0	8/30	
		5												5.0	9/30	
		5.50	2.50	▶퇴적층 (3.0~5.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 느슨 - 젖음 - 자갈 크기 : 2.0~50.0mm												
풍화암		6												6.0	50/10	
		7.00	1.50	▶풍화암 (5.5~7.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유	94	17	2~4	2~4	5	22	0	4				
연암		7														
		8														
		9														
		10														
		10.50	3.50	▶연암 (7.0~10.5 M) - 편마암 - 갈색~담회색 - 심한풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 매우심한균열 *7.0~10.5m : ∠10° ,30° ,60° 3 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침 절리 및 파쇄 발달 : 7.0~7.15m Core Loss : 7.15~7.35m * 심도 10.50 M 에서 시추종료											
		11														
		12														
		13														
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-278	조사일	2012.11.21~11.22
위 치	X:579200.10 Y:180900.96	교량명	덕은교	표 고	EL(+) 10.40 M

굴진심도	14.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 4.6 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
전답토		0		▶전답토 (0.0~1.7 M) - 자갈섞인 점토질 모래 - 암갈색~암회색 - 조밀 - 습윤 - 유기물 함유												
		1														
		1.70	1.70													
퇴적층		2		▶퇴적층 (1.7~4.0 M) - 모래질 점토 - 갈색 - 연약~보통견고 - 습윤												
		3														
		4.00	2.30													
퇴적층		4		▶퇴적층 (4.0~6.5 M) - 실트질 점토 - 담회색 - 연약~보통견고 - 젖음												
		5														
		6														
		6.50	2.50													
퇴적층		7		▶퇴적층 (6.5~8.7 M) - 실트질 모래 - 암회색 - 느슨 - 젖음												
		8														
		8.70	2.20													
퇴적층		9		▶퇴적층 (8.7~10.7 M) - 모래질 자갈 - 담회색 - 보통조밀 - 젖음												
		10														
		10.70	2.00													
풍화토		11.00	0.30													
경암층		11		▶풍화토 (10.7~11.0 M) - 실트질 모래 - 갈색 - 습윤 - 부분적 암편 함유	100	68	1-2	1-2	2-5	50	2	20				
		12														
		13														
		14.00	3.00													
		14		▶경암층 (11.0~14.0 M) - 편마암 - 암회색 - 약간풍화~신선 - 강함~매우강함 - 매우심한~약한균열 *11.0~14.0m : ∠10° ,30° ,60° 3 Joint Sets 절리면 평면/부드러움~거침 잠재절리 발달 절리면 산화철 피복												
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20		* 심도 14.00 M 에서 시추종료												

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-279	조사일	2012.11.22~11.22
위 치	X:579214.74 Y:180911.68	교량명	덕은교	표 고	EL(+) 10.30 M

굴진심도	15.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 4.9 M
케이싱심도	10.5 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		2.60	2.60	▶매립층 (0.0~2.6 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 느슨 - 습윤 - 유기물 함유										1.0	7/30	
매립층		4.00	1.40	▶매립층 (2.6~4.0 M) - 자갈 및 호박돌 - 회갈색~담회색 - 매우조밀 - 습윤										2.0	9/30	
퇴적층		6.90	2.90	▶퇴적층 (4.0~6.9 M) - 모래질 점토 - 갈색~암회색 - 연약~보통견고 - 습윤~젖음										3.0	50/0	
퇴적층		10.50	3.60	▶퇴적층 (6.9~10.5 M) - 자갈질 모래 - 담회색 - 보통조밀 - 젖음 - 6.5~7.6m : 모래 우세										4.0	4/30	
풍화암		11.80	1.30	▶풍화암 (10.5~11.8 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유										5.0	5/30	
보통암		15.00	3.20	▶보통암 (11.8~15.0 M) - 편마암 - 담회색~암회색 - 약간풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 매우심한~약한균열 *11.8~15.0m : ∠20° ,80° 2 Joint Sets 절리면 평면/부드러움~거침 잠재절리 발달 절리면 방해석 피복 * 심도 15.00 M 에서 시추종료	100	57	1-2	1-3	2-5	64	1	17		6.0	3/30	
														7.0	12/30	
														8.0	19/30	
														9.0	22/30	
														10.0	22/30	
														11.0	50/7	

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-280	조사일	2012.11.14~11.14
위 치	X:579247.85 Y:180892.09	교량명	덕은교	표 고	EL(+) 9.00 M

굴진심도	10.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 1.9 M
케이싱심도	7.1 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값(회/cm)	표준관입시험 N blow
붕적층		0		▶붕적층 (0.0~1.3 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 느슨 - 습윤 - 유기물 함유										1.0	9/30	
		1														
		1.30	1.30											2.0	19/30	
퇴적층		2		▶퇴적층 (1.3~4.0 M) - 자갈질 모래 - 암회색~암갈색 - 보통조밀 - 젖음												
		3												3.0	29/30	
		4.00	2.70													
퇴적층		4												4.0	10/30	
		5												5.0	8/30	
		6		▶퇴적층 (4.0~6.5 M) - 자갈질 점토 - 암회색 - 보통견고 - 젖음										6.0	7/30	
		6.50	2.50													
퇴적층		7.10	0.60											7.0	50/5	
		7		▶퇴적층 (6.5~7.1 M) - 모래질 자갈 - 암회색 - 매우조밀 - 포화	95	28	1-3	1-3	3-5	19	1	6				
연암층		8														
		9														
		10														
		10.30	3.20	▶연암층 (7.1~10.3 M) - 편마암 - 암회색~회갈색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 매우심한~보통균열 *7.1~10.3m : ∠20° ,40° ,60° 3 Joint Sets 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 절리면 산화철 피복 Core Loss : 7.1~7.3m * 심도 10.30 M 에서 시추종료											
		11														
		12														
		13														
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-281	조사일	2012.11.23~11.23
위 치	X:579268.15 Y:180910.67	교량명	덕은교	표 고	EL(+) 9.80 M

굴진심도	14.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 4.3 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
전답토		0														
		1		▶전답토 (0.0~1.8 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 느슨 - 습윤 - 유기물 함유										1.0	7/30	
		1.80	1.80													
퇴적층		2												2.0	5/30	
		3.00	1.20	▶퇴적층 (1.8~3.0 M) - 모래질 점토 - 암회색 - 보통견고 - 습윤~젖음										3.0	12/30	
퇴적층		4												4.0	6/30	
		4.30	1.30													
퇴적층		5		▶퇴적층 (3.0~4.3 M) - 실트섞인 모래질 자갈 - 갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤~젖음										5.0	3/30	
		6												6.0	4/30	
		7												7.0	5/30	
		8		▶퇴적층 (4.3~8.4 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 연약~보통견고 - 젖음										8.0	4/30	
		8.40	4.10													
연암층		9			42	0	4-5	4-5	5	5	N/A	N/A				
		10		▶연암층 (8.4~14.3 M) - 편마암 - 담회색~암회색 - 약간풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 매우심한~보통균열												
		11														
		12														
		13		*8.4~11.0m : Random 절리 절리면 파동/거침 잠재절리 발달 전체적으로 파쇄 및 Core Loss	93	31	1-2	1-3	4	21	1	8				
		14														
		14.30	5.90	*11.0~14.3m : ∠10° ,30° ,70° 3 Joint Sets 절리면 평면/부드러움~거침 잠재절리 발달 절리면 산화철 피복 Core Loss : 13.8~14.0m												
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

* 심도 14.30 M 에서 시추종료

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-285-1	조사일	2012.10.25~10.25
위 치	X:580178.57 Y:180828.33	교량명	능산1교	표 고	EL(+) 9.60 M

굴진심도	14.9 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 3.5 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값(회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0.30	0.30	▶매립층 (0.0~0.3 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 습윤												
퇴적층		3.30	3.00	▶퇴적층 (0.3~3.3 M) - 점토섞인 실트질 모래 - 암회색 - 느슨 - 습윤~젖음										1.0	33/30	
퇴적층		7.30	4.00	▶퇴적층 (3.3~7.3 M) - 점토질 모래 - 갈색 - 매우느슨~느슨 - 젖음										2.0	26/30	
퇴적층		9.00	1.70	▶퇴적층 (7.3~9.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암회색 - 보통조밀 - 젖음										3.0	8/30	
풍화토		11.00	2.00	▶풍화토 (9.0~11.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 보통조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										4.0	5/30	
풍화암		11.70	0.70	▶풍화암 (11.0~11.7 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~회갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 11.0~11.7m : 암편상 코어 회수	81	18	3	3	5	13	1	6		5.0	5/30	
연암층		14.90	3.20	▶연암층 (11.7~14.9 M) - 편마암 - 갈색~회갈색 - 보통풍화 - 보통강함 - 매우심한균열 *11.7~14.9m : ∠10° ,80° 2 Joint Sets 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 절리면 산화철 피복 Core Loss : 11.7~12.0m										6.0	10/30	
														7.0	19/30	
														8.0	27/30	
														9.0	50/6	

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-285-1	조사일	2012.10.25~10.25
위 치	X:580178.57 Y:180828.33	교량명	능산1교	표 고	EL(+) 9.60 M

굴진심도	14.9 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 3.5 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
		20		13.0~13.3m 14.4~14.6m												
		21		* 심도 14.90 M 에서 시추종료												
		22														
		23														
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-285-2	조사일	2012.11.8~11.9
위 치	X:580198.71 Y:180824.67	교량명	능산1교	표 고	EL(+) 7.60 M

굴진심도	14.8 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 1.6 M
케이싱심도	9.3 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

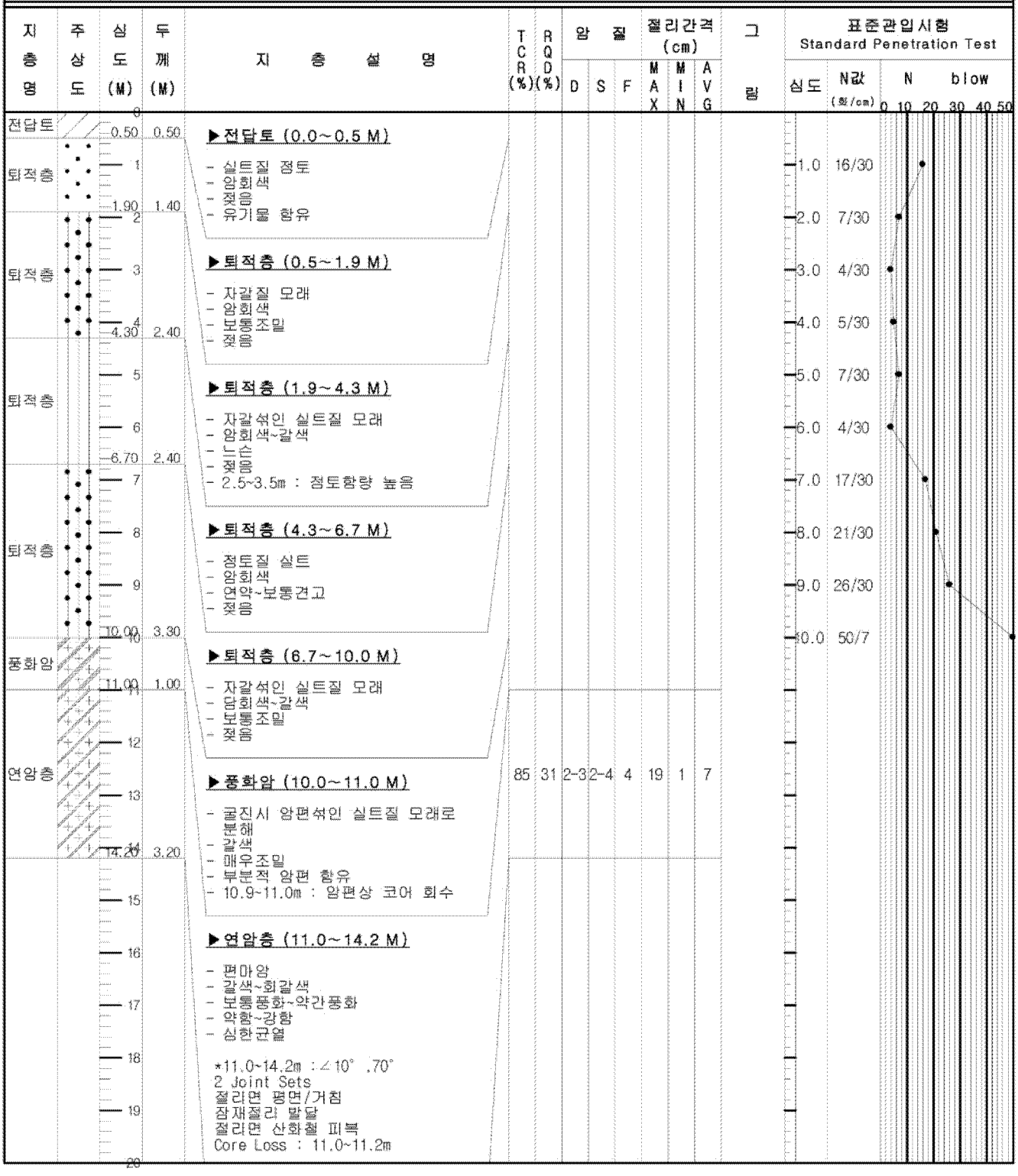
지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
전답토		0.30	0.30	▶전답토 (0.0~0.3 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 젖음 - 유기물 함유												
퇴적층		3.50	3.20	▶퇴적층 (0.3~3.5 M) - 점토섞인 실트질 모래 - 암회색~갈색 - 느슨 - 젖음										1.0	4/30	
퇴적층		6.00	2.50	▶퇴적층 (3.5~6.0 M) - 점토질 실트 - 암회색 - 매우연약~연약 - 젖음										2.0	5/30	
퇴적층		10.00	4.00	▶퇴적층 (6.0~10.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암회색~갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 젖음										3.0	5/30	
풍화암		11.50	1.50	▶풍화암 (10.0~11.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~회갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 10.5~11.5m : 암편상 코어 회수										4.0	2/30	
연암층		14.80	3.30	▶연암층 (11.5~14.8 M) - 편마암 - 갈색~회갈색 - 보통풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 심한균열 *11.7~14.8m : ∠10°,70° 2 Joint Sets 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 절리면 산화철 피복 Core Loss : 11.5~11.7m 12.1~12.3m 14.2~14.5m	77	30	2-3	2-4	4	23	1	8		5.0	3/30	
				* 심도 14.80 M 에서 시추종료										6.0	14/30	
														7.0	34/30	
														8.0	34/30	
														9.0	50/16	
														10.0	50/10	
														11.0	50/2	

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-286	조사일	2012.11.9~11.9
위 치	X:580256.68 Y:180813.49	교량명	능산2교	표 고	EL(+) 7.60 M

굴진심도	14.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 4.2 M
케이싱심도	9.4 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX



교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-286	조사일	2012.11.9~11.9
위 치	X:580256.68 Y:180813.49	교량명	능산2교	표 고	EL(+) 7.60 M

굴진심도	14.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 4.2 M
케이싱심도	9.4 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
		20		12.5~12.6m 13.4~13.5m												
		21		* 심도 14.20 M 에서 시추종료												
		22														
		23														
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-286-1	조사일	2012.11.9~11.10
위 치	X:580290.98 Y:180804.71	교량명	능산2교	표 고	EL(+) 7.60 M

굴진심도	14.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 4.6 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
전답토		0.50	0.50	▶전답토 (0.0~0.5 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 젖음 - 유기물 함유												
퇴적층		4.60	4.10	▶퇴적층 (0.5~4.6 M) - 실트질 모래 - 암회색~갈색 - 느슨 - 습윤~젖음										1.0	4/30	
														2.0	5/30	
														3.0	4/30	
														4.0	3/30	
퇴적층		6.80	2.20	▶퇴적층 (4.6~6.8 M) - 점토질 실트 - 암회색 - 연약~보통견고 - 젖음										5.0	3/30	
														6.0	5/30	
퇴적층		8.40	1.60	▶퇴적층 (6.8~8.4 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암회색 - 느슨~보통조밀 - 젖음 - 8.0~8.5m : 점토함량 높음										7.0	10/30	
														8.0	6/30	
퇴적층		9.50	1.10	▶퇴적층 (8.4~9.5 M) - 모래질 자갈 - 담회색 - 조밀 - 젖음										9.0	46/30	
풍화토		11.00	1.50	▶풍화토 (9.5~11.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~회갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유	100	17	2-3	2-3	5	17	1	4		10.0	50/14	
연암층		14.20	3.20	▶연암층 (11.0~14.2 M) - 편마암 - 갈색~회갈색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 매우심한균열 *11.0~14.2m : ∠10° ,40° ,80° 3 Joint Sets 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 절리면 산화철 피복 수직절리 : 12.1~12.4m 13.0~13.4m												

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-286-1	조사일	2012.11.9~11.10
위 치	X:580290.98 Y:180804.71	교량명	능산2교	표 고	EL(+) 7.60 M

굴진심도	14.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 4.6 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
		20		* 심도 14.20 M 에서 시추종료												
		21														
		22														
		23														
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-286-2	조사일	2012.11.10~11.10
위 치	X:580324.46 Y:180796.45	교량명	능산2교	표 고	EL(+) 8.50 M

굴진심도	14.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 3.8 M
케이싱심도	10.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)
매립층		0		▶매립층 (0.0~3.7 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 느슨 - 습윤~젖음 - 0.0~0.5m : 콘크리트										1.0	7/30
		1												2.0	8/30
		2												3.0	7/30
		3													
		3.70	3.70											4.0	3/30
퇴적층		4		▶퇴적층 (3.7~7.0 M) - 점토질 실트 - 암회색 - 매우연약~견고 - 젖음 - 6.0~7.0m : 모래 우세										5.0	2/30
		5												6.0	4/30
		6													
		7.00	3.30											7.0	11/30
퇴적층		7		▶퇴적층 (7.0~8.0 M) - 자갈질 모래 - 암회색~갈색 - 보통조밀 - 젖음										8.0	24/30
		8.00	1.00												
퇴적층		8.50	0.50	▶퇴적층 (8.0~8.5 M) - 자갈 - 암회색~갈색 - 보통조밀 - 젖음										9.0	23/30
풍화토		9													
		10.00	1.50											10.0	50/5
풍화암		10													
		10.90	0.90												
연암층		11		▶풍화토 (8.5~10.0 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 보통조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유	88	23	2-3	2-4	4	28	1	6			
		12													
		13													
		14.20	3.30												
		15		▶풍화암 (10.0~10.9 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~회갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유											
		16													
		17													
		18		▶연암층 (10.9~14.2 M) - 편마암 - 갈색~회갈색 - 보통풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 심한균열											
		19													
		20													

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-286-2	조사일	2012.11.10~11.10
위 치	X:580324.46 Y:180796.45	교량명	능산2교	표 고	EL(+) 8.50 M

굴진심도	14.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 3.8 M
케이싱심도	10.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
		20		*10.9~14.2m : ∠10° ,30° ,60° 3 Joint Sets 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 절리면 산화철 피복 Core Loss : 11.8~12.0m 13.4~13.6m												
		21														
		22														
		23														
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

* 심도 14.20 M 에서 시추종료

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-288	조사일	2012.10.26~10.26
위 치	X:580601.14 Y:180672.93	교량명	능산3교	표 고	EL(+) 11.30 M

굴진심도	14.9 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 2.5 M
케이싱심도	9.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림
매립층		0		▶매립층 (0.0~2.9 M) - 실트섞인 모래질 자갈 - 갈색 - 보통조밀 - 습윤 - 0.0~0.2m : 콘크리트 포장									
		2.90	2.90										
퇴적층		2.90		▶퇴적층 (2.9~5.0 M) - 자갈섞인 점토질 모래 - 암회색 - 느슨 - 습윤~젖음									
		5.00	2.10										
퇴적층		5.00		▶퇴적층 (5.0~6.8 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색 - 느슨~보통조밀 - 젖음									
		6.80	1.80										
풍화토		6.80		▶풍화토 (6.8~9.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 보통조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유									
		9.00	2.20										
풍화암		9.00		▶풍화암 (9.0~11.6 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색~회갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 9.0~11.6m : 암편상 코어 회수									
		11.60	2.60										
연암층		11.60		▶연암층 (11.6~14.9 M) - 편마암 - 담회색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 매우심한균열 *11.6~14.9m : ∠10° ,40° ,70° 3 Joint Sets 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 절리면 산화철 피복 Core Loss : 11.6~11.7m 12.1~12.3m * 심도 14.90 M 에서 시추종료	96	22	2-3	2-3	5	16	1	5	
		14.90	3.30										

표준관입시험 Standard Penetration Test

심도	N값 (회/cm)
1.0	33/30
2.0	26/30
3.0	8/30
4.0	5/30
5.0	5/30
6.0	10/30
7.0	19/30
8.0	27/30
9.0	50/6

N blow (0 10 20 30 40 50)

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-288-1	조사일	2012.10.25~10.25
위 치	X:580587.78 Y:180684.64	교량명	능산4교	표 고	EL(+) 11.80 M

굴진심도	10.7 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 2.4 M
케이싱심도	7.5 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0.80	0.80	▶매립층 (0.0~0.8 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 습윤 - 0.0~0.2m : 콘크리트 포장												
풍화토		4.00	3.20	▶풍화토 (0.8~4.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										1.0	28/30	
														2.0	30/30	
														3.0	50/19	
풍화암		7.50	3.50	▶풍화암 (4.0~7.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색~회갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 4.0~7.5m : 암편상 코어 회수										4.0	50/8	
연암층		10.70	3.20	▶연암층 (7.5~10.7 M) - 편마암 - 담회색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 심한균열	91	34	2-3	2-3	4	20	1	7				
				*7.5~10.7m : ∠10° ,40° ,70° 3 Joint Sets 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 절리면 산화철 피복 Core Loss : 7.6~7.8m 8.0~9.2m												
				* 심도 10.70 M 에서 시추종료												

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-288-2	조사일	2013.11.8~11.8
위 치	X:580564.81 Y:180631.14	교량명	능산3교	표 고	EL(+) 14.10 M

굴진심도	10.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	백 종 현	지하수위	GL(-) 4.2 M
케이싱심도	7.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)오상민	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)
매립층		0		▶매립층 (0.0~2.8 M) - 실트질 모래 - 담갈색 - 느슨 - 습윤										1.0	4/30
		1												2.0	7/30
		2													
		2.80	2.80											3.0	19/30
풍화토		3		▶풍화토 (2.8~6.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤										4.0	50/11
		4													
		5												5.0	50/11
		6.00	3.20											6.0	50/10
풍화암		6		▶풍화암 (6.0~7.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 황갈색 - 매우조밀 - 연경 교호											
		7.00	1.00												
경암		7		▶경암 (7.0~10.0 M) - 편마암 - 유백색 - 심한풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 보통균열 * 7.0~10.0m : ∠45° ,70° ,90° 3 Joints Sets+Random 절리면 파동/거침 파쇄대 : 7.0~7.1m, 7.4~7.5m 9.8~10.0m * 심도 10.00 M 에서 시추종료	100	63	2-4	2-3	3	34	1	16		
		8													
		9													
		10.00	3.00												
		10													
		11													
		12													
		13													
		14													
		15													
		16													
		17													
		18													
		19													
		20													

표준관입시험 Standard Penetration Test

N blow 0 10 20 30 40 50

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-294-1	조사일	2012.10.23~10.23
위 치	X:581029.97 Y:180191.04	교량명	능산4교	표 고	EL(+) 15.10 M

굴진심도	10.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 3.3 M
케이싱심도	7.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림
매립층		2.60	2.60	▶매립층 (0.0~2.6 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 보통조밀 - 습윤									
퇴적층		3.70	1.10	▶퇴적층 (2.6~3.7 M) - 실트질 점토 - 암갈색 - 보통견고 - 습윤~젖음									
풍화토		7.00	3.30	▶풍화토 (3.7~7.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~회갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유									
풍화암		7.20	0.20	▶풍화암 (7.0~7.2 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~회갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유	80	26	1-3	1-3	4	22	1	6	
연암층		10.50	3.30	▶연암층 (7.2~10.5 M) - 편마암 - 담회색~회갈색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 심한균열~보통균열 *7.2~10.5m : ∠10° ,30° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 8.2~8.5m 8.9~9.0m 9.5~9.7m 10.0~10.2m * 심도 10.50 M 에서 시추종료									

표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
1.0	12/30	
2.0	13/30	
3.0	2/30	
4.0	16/30	
5.0	50/16	
6.0	50/11	
7.0	50/2	

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-295	조사일	2012.10.23~10.24
위 치	X:581048.69 Y:180154.30	교량명	능산4교	표 고	EL(+) 10.40 M

굴진심도	13.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 0.1 M
케이싱심도	6.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
퇴적층		0.30	0.30	▶퇴적층 (0.0~0.3 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 포화 - 유기물 함유										1.0	9/30	
퇴적층		1.60	1.30	▶퇴적층 (0.3~1.6 M) - 자갈섞인 모래 - 암회색 - 느슨 - 젖음										2.0	11/30	
퇴적층		2.70	1.10	▶퇴적층 (1.6~2.7 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색 - 보통조밀 - 젖음										3.0	35/30	
풍화토		6.00	3.30	▶풍화토 (2.7~6.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										4.0	46/30	
풍화암		10.50	4.50	▶풍화암 (6.0~10.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~암갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유	93	40	2-3	1-3	4	28	2	10		5.0	50/18	
보통암		13.50	3.00	▶보통암 (10.5~13.5 M) - 편마암 - 암회색~회갈색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~매우강함 - 심한균열 *10.5~13.5m : ∠20° ,50° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 10.5~10.6m 13.4~13.5m * 심도 13.50 M 에서 시추종료										6.0	50/9	
														7.0	50/8	
														8.0	50/8	
														9.0	50/6	
														10.0	50/4	

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-296	조사일	2012.10.24~10.24
위 치	X:581080.65 Y:180114.43	교량명	능산4교	표 고	EL(+) 12.10 M

굴진심도	9.6 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) 1.8 M
케이싱심도	6.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~2.5 M) - 자갈섞인 점토질 모래 - 갈색 - 느슨 - 습윤~젖음 - 유기물 함유										1.0	5/30	
		1												2.0	7/30	
		2														
		2.50	2.50											3.0	4/30	
퇴적층		3		▶퇴적층 (2.5~4.8 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 연약 - 젖음~포화										4.0	2/30	
		4														
		4.80	2.30											5.0	13/30	
퇴적층		5		▶퇴적층 (4.8~5.5 M) - 자갈질 모래 - 갈색 - 보통조밀 - 젖음												
		5.50	0.70											6.0	50/8	
풍화토		6.00	0.50													
풍화암		6.60	0.60													
보통암		6		▶풍화토 (5.5~6.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤 - 부분적 암편 함유												
		7														
		8			80	46	1-3	1-3	4	36	1	11				
		9														
		9.60	3.00													
		10		▶풍화암 (6.0~6.6 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 담회색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유												
		11														
		12														
		13		▶보통암 (6.6~9.6 M) - 편마암 - 담회색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 심한균열 *6.6~9.6m : ∠20° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 6.6~6.9m 7.8~8.0m												
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20		* 심도 9.60 M 에서 시추종료												

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-297	조사일	2012.11.20~11.21
위 치	X:581146.00 Y:180032.00	교량명	능산4교	표 고	EL(+) 16.00 M

굴진심도	11.8 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 2.1 M
케이싱심도	5.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림
매립층		0		▶매립층 (0.0~1.5 M) - 점토질 모래 - 적갈색 - 보통조밀 - 습윤									
		1.50	1.50										
풍화토		1.50		▶풍화토 (1.5~5.0 M) - 실트질 모래 - 담갈색~갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유									
		5.00	3.50										
풍화암		5.00		▶풍화암 (5.0~8.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 암편상 코어 회수: 6.1~6.3m, 7.7~7.9m,8.3~8.4m									
		8.50	3.50										
연암층		8.50		▶연암층 (8.5~11.8 M) - 편마암 - 담회색~회갈색 - 보통풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 매우심한~보통균열 *8.5~11.8m : ∠20° ,50° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 8.7~9.0m 9.4~9.8m 10.3~10.5m * 심도 11.80 M 에서 시추종료	72	15	2-3	2-4	3-5	18	1	5	
		11.80	3.30										

표준관입시험 Standard Penetration Test

심도	N값 (회/cm)
1.0	12/30
2.0	36/30
3.0	50/27
4.0	50/19
5.0	50/10
6.0	50/7
7.0	50/6
8.0	50/6

N blow: 0 10 20 30 40 50

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-304-2	조사일	2012.10.30~10.31
위 치	X:582577.70 Y:179614.39	교량명	내포교	표 고	EL(+) 15.10 M

굴진심도	11.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 1.6 M
케이싱심도	7.8 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
전답토		0														
		0.30	0.30	▶전답토 (0.0~0.3 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 젖음 - 유기물 함유												
붕적층		1												1.0	4/30	
		2												2.0	3/30	
		3												3.0	4/30	
		3.30	3.00	▶붕적층 (0.3~3.3 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 매우느슨 - 습윤~젖음												
		4												4.0	24/30	
붕적층		5		▶붕적층 (3.3~8.0 M) - 모래질 자갈 - 갈색~암갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤~젖음 - 자갈 크기 : 5~450mm - 5.0~7.8m : 전석함량 높음											5.0	50/2	
		6														
		7														
		8.00	4.70													
풍화암		8.50	0.50	▶풍화암 (8.0~8.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~회갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 7.8~8.5m : 암편상 코어 회수	100	48	1-2	1-3	2-5	31	1	11				
보통암		9														
		10														
		10.30	1.80													
경암층		11			100	82	1-2	1-2	2-4	42	5	30				
		11.50	1.20	▶보통암 (8.5~10.3 M) - 편마암 - 암회색 - 약간풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 심한균열~약한균열 *8.5~10.3m : ∠10° ,40° ,60° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복												
		12														
		13														
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20		▶경암층 (10.3~11.5 M) - 편마암 - 암회색 - 약간풍화~신선 - 강함~매우강함 - 보통균열 *10.3~11.5m : ∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 방해석 피복												

* 심도 11.50 M 에서 시추종료

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-305	조사일	2012.10.30~10.30
위 치	X:582597.63 Y:179606.09	교량명	내포교	표 고	EL(+) 15.30 M

굴진심도	19.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 1.6 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
전답토		0														
		0.30	0.30	▶전답토 (0.0~0.3 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 젖음 - 유기물 함유												
붕적층		1												1.0	3/30	
		2												2.0	4/30	
		3												3.0	7/30	
		3.50	3.20	▶붕적층 (0.3~3.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 매우느슨~느슨 - 습윤~젖음												
퇴적층		4												4.0	6/30	
		5												5.0	5/30	
		5.50	2.00	▶퇴적층 (3.5~5.5 M) - 자갈섞인 모래질 점토 - 암회색 - 보통견고 - 젖음~포화												
퇴적층		6												6.0	15/30	
		7												7.0	25/30	
		8		▶퇴적층 (5.5~11.0 M) - 모래질 자갈 - 담녹색~황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유											8.0	42/30	
		9												9.0	50/23	
		10												10.0	50/13	
		11.00	5.50											11.0	50/10	
풍화암		12		▶풍화암 (11.0~16.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 15.5~16.0m : 암편상 코어 회수											12.0	50/5	
		13												13.0	50/3	
		14												14.0	50/2	
		15												15.0	50/4	
		16.00	5.00													
연암층		17		▶연암층 (16.0~19.2 M) - 편마암 - 암회색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 매우심한균열~보통균열	91	31	1-3	1-3	3-5	25	1	8				
		18														
		19.20	3.20	*16.0~19.2m : ∠20° ,40° ,60° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 방해석 피복												
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-305	조사일	2012.10.30~10.30
위 치	X:582597.63 Y:179606.09	교량명	내포교	표 고	EL(+) 15.30 M

굴진심도	19.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 1.6 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
		20		Core Loss : 16.9~17.0m * 심도 19.20 M 에서 시추종료												
		21														
		22														
		23														
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-305-1	조사일	2012.10.30~10.30
위 치	X:582696.49 Y:179574.16	교량명	내포1교	표 고	EL(+) 15.10 M

굴진심도	18.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 2.6 M
케이싱심도	9.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
전답토		0														
		0.50	0.50	▶전답토 (0.0~0.5 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 젖음 - 유기물 함유												
붕적층		1												1.0	6/30	
		2												2.0	4/30	
		3		▶붕적층 (0.5~3.7 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색~갈색 - 느슨 - 습윤~젖음										3.0	3/30	
		3.70	3.20													
퇴적층		4												4.0	4/30	
		5		▶퇴적층 (3.7~7.5 M) - 자갈섞인 점토질 모래 - 암회색 - 느슨 - 젖음										5.0	4/30	
		6												6.0	5/30	
		7												7.0	5/30	
		7.50	3.80													
풍화토		8		▶풍화토 (7.5~11.0 M) - 실트질 모래 - 담녹색~황갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										8.0	50/27	
		9												9.0	50/5	
		10												10.0	50/12	
		11.00	3.50													
풍화암		11		▶풍화암 (11.0~18.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 담회색~회갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 11.0~12.5m,12.5~15.0m, 15.0~18.0m : 암편상 ~ 단주상 코어회수												
		12														
		13														
		14														
		15														
		16														
		17														
		18.00	7.00													
		18		★ 심도 18.00 M 에서 시추종료												
		19														
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-305-2	조사일	2012.10.29~10.29
위 치	X:582710.99 Y:179568.87	교량명	내포1교	표 고	EL(+) 14.80 M

굴진심도	16.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 2.2 M
케이싱심도	9.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

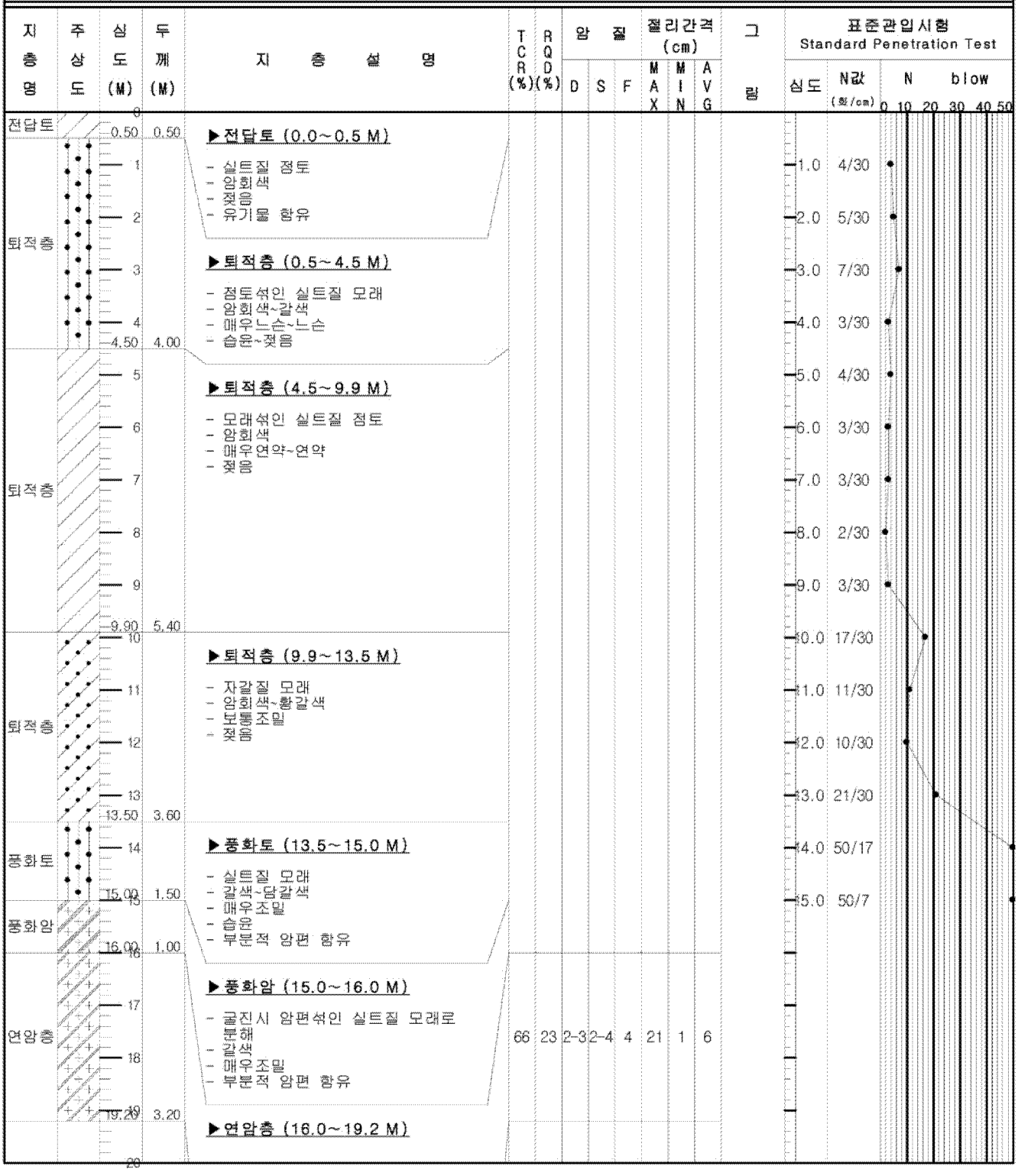
지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값(회/cm)	표준관입시험 N blow
붕적층		0		▶붕적층 (0.0~4.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색~갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤~젖음										1.0	3/30	
		1												2.0	10/30	
		2												3.0	3/30	
		3												4.0	4/30	
		4														
		4.50	4.50													
퇴적층		5		▶퇴적층 (4.5~7.7 M) - 자갈섞인 점토질 모래 - 암회색 - 느슨 - 젖음										5.0	5/30	
		6												6.0	4/30	
		7												7.0	7/30	
		7.70	3.20													
풍화토		8		▶풍화토 (7.7~9.0 M) - 실트질 모래 - 갈색 - 조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										8.0	41/30	
		9.00	1.30											9.0	50/7	
풍화암		9		▶풍화암 (9.0~13.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 12.5~13.0m : 암편상 코어 회수										10.0	50/3	
		10												11.0	50/6	
		11												12.0	50/2	
		12														
		13.00	4.00													
보통암		13		▶보통암 (13.0~16.0 M) - 편마암 - 암회색~회갈색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 약한균열~매우심한균열	91	46	1-3	1-3	2-5	35	1	11				
		14														
		15														
		16.00	3.00													
		16		*13.0~16.0m : ∠10°,30°,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 13.0~13.1m, 15.1~15.3m : Core Loss * 심도 16.00 M 에서 시추종료												
		17														
		18														
		19														
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-308	조사일	2012.11.8~11.8
위 치	X:583302.02 Y:179382.92	교량명	내포IC R-B1교	표 고	EL(+) 6.80 M

굴진심도	19.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 2.3 M
케이싱심도	15.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX



교 량 부 시 추 주 상 도

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-308	조사일	2012.11.8~11.8
위 치	X:583302.02 Y:179382.92	교량명	내포IC R-B1교	표 고	EL(+) 6.80 M

굴진심도	19.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 2.3 M
케이싱심도	15.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지 층 설 명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
		20		- 편마암 - 암회색~회갈색 - 보통풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 심한균열 *16.0~19.2m : ∠10° ,50° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 16.5~16.7m 17.5~18.0m 18.7~19.0m											
		21														
		22														
		23														
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

* 심도 19.20 M 에서 시추종료

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-309	조사일	2012.11.17~11.17
위 치	X:583348.95 Y:179384.89	교량명	내포IC R-B1교	표 고	EL(+) 8.30 M

굴진심도	18.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김태환	지하수위	GL(-) 4.5 M
케이싱심도	15.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)
매립층		0													
		1		▶매립층 (0.0~3.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색~황갈색 - 느슨 - 습윤 - 자갈직경 : 10~30mm										1.0	8/30
		2												2.0	6/30
		3												3.0	4/30
		3.50	3.50												
퇴적층		4		▶퇴적층 (3.5~4.6 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 보통견고 - 습윤										4.0	6/30
		4.60	1.10												
퇴적층		5												5.0	4/30
		6												6.0	3/30
		7		▶퇴적층 (4.6~7.6 M) - 실트 - 암회색 - 연약~보통견고 - 습윤										7.0	3/30
		7.60	3.00												
퇴적층		8												8.0	3/30
		8.60	1.00												
퇴적층		9		▶퇴적층 (7.6~8.6 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 연약 - 습윤										9.0	2/30
		9.60	1.00												
퇴적층		10												10.0	4/30
		10.60	1.00												
퇴적층		11		▶퇴적층 (8.6~9.6 M) - 점토질 모래 - 암회색 - 매우느슨~느슨 - 습윤										11.0	7/30
		12												12.0	13/30
		13												13.0	18/30
		13.50	2.90												
풍화토		14		▶퇴적층 (9.6~10.6 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 연약~보통견고 - 습윤										14.0	35/30
		14.80	1.30		100	0	3	3	5	8	N/A	N/A			
연암		15		▶퇴적층 (10.6~13.5 M) - 자갈질 모래 - 갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 자갈크기 : 10~60mm	100	14	3-4	3-4	3-5	12	N/A	4			
		16													
		17			100	0	3-4	3	4-5	8	N/A	6			
		18													
		18.20	3.40												
		19		▶풍화토 (13.5~14.8 M) - 실트질 모래 - 조립질 모래 - 황갈색											
		20													

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-309	조사일	2012.11.17~11.17
위 치	X:583348.95 Y:179384.89	교량명	내포IC R-B1교	표 고	EL(+) 8.30 M

굴진심도	18.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김태환	지하수위	GL(-) 4.5 M
케이싱심도	15.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값(회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
		20		- 조밀 - 습윤 - 암편혼재												
		21		▶연암 (14.8~18.2 M)												
		22		- 편마암 - 암회색 - 보통풍화 - 보통강함 - 매우심한~심한균열												
		23														
		24		*14.8~15.0m Random 절리 세편~단주상 코어 회수												
		25														
		26		*15.0~16.8m 3Joint Set+Random(15°,45°,90°) 미세절리 및 잠재절리로 파쇄발달 절리면 파동/거침~평면/부드러움, 산화, 모래 및 암편 협재												
		27		파쇄대:16.0~16.2m 수직절리:16.35~16.8m												
		28		*16.8~18.2m 3Joint Set+Random(45°,70°,90°) 미세절리 및 잠재절리로 파쇄발달 절리면 파동/거침, 산화, 파쇄대:17.1~17.5m 수직절리:17.75~17.9m												
		29		* 심도 18.20 M 에서 시추종료												
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-310	조사일	2012.11.18~11.18
위 치	X:583391.71 Y:179364.70	교량명	내포IC R-B2교	표 고	EL(+) 8.40 M

굴진심도	26.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김태환	지하수위	GL(-) 4.7 M
케이싱심도	20.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~3.6 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색~적갈색 - 느슨 - 습윤 - 자갈직경 : 10~30mm										1.0	7/30	
		1												2.0	5/30	
		2												3.0	8/30	
		3														
		3.60	3.60													
퇴적층		4		▶퇴적층 (3.6~5.6 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 연약~보통견고 - 습윤										4.0	4/30	
		5												5.0	5/30	
		5.60	2.00													
퇴적층		6		▶퇴적층 (5.6~13.0 M) - 실트 - 암회색 - 연약~보통견고 - 습윤										6.0	3/30	
		7												7.0	4/30	
		8												8.0	4/30	
		9												9.0	5/30	
		10												10.0	4/30	
		11												11.0	4/30	
		12												12.0	5/30	
		13.00	7.40											13.0	18/30	
퇴적층		14		▶퇴적층 (13.0~16.8 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 중립~조립질 모래 - 갈색~황갈색 - 보통조밀 - 습윤 - 자갈직경 : 10~50mm										14.0	16/30	
		15												15.0	14/30	
		16												16.0	18/30	
		16.80	3.80													
풍화토		17		▶풍화토 (16.8~19.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 매우조밀 - 습윤										17.0	50/18	
		18												18.0	50/13	
		19.00	2.20											19.0	50/10	
풍화암		19		▶풍화암 (19.0~26.0 M)										20.0	50/9	
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-310	조사일	2012.11.18~11.18
위 치	X:583391.71 Y:179364.70	교량명	내포IC R-B2교	표 고	EL(+) 8.40 M

굴진심도	26.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김태환	지하수위	GL(-) 4.7 M
케이싱심도	20.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값(회/cm)	표준관입시험 N blow (0 10 20 30 40 50)
풍화암		20		- 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 차별풍화로 연경 교호										20.0	50/9	
		21												21.0	50/8	
		22												22.0	50/10	
		23												23.0	50/13	
		24												24.0	50/5	
		25												25.0	50/4	
		26.00	7.00											26.0	50/3	
		26		* 심도 26.00 M 에서 시추종료												
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-310-1	조사일	2013.11.8~11.9
위 치	X:583380.79 Y:179329.79	교량명	대명골천교	표 고	EL(+) 8.50 M

굴진심도	21.6 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	백 종 현	지하수위	GL(-) 6.4 M
케이싱심도	18.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)오상민	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~2.5 M) - 모래질 자갈 - 황갈색 - 느슨 - 습윤 - 자갈 크기 : 20~50mm - 자갈회수 15cm										1.0	6/30	
		1												2.0	8/30	
		2														
		2.50	2.50											3.0	6/30	
퇴적층		3		▶퇴적층 (2.5~4.8 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 회색~회갈색 - 매우느슨~느슨 - 습윤 - 생활쓰레기 함유										4.0	3/30	
		4														
		4.80	2.30											5.0	3/30	
		5														
퇴적층		6		▶퇴적층 (4.8~8.5 M) - 실트질 점토 - 회색 - 매우연약~연약 - 습윤										6.0	2/30	
		7												7.0	2/30	
		8												8.0	3/30	
		8.50	3.70													
퇴적층		9		▶퇴적층 (8.5~13.2 M) - 모래질 실트 - 회색 - 연약~보통견고 - 습윤										9.0	7/30	
		10												10.0	6/30	
		11												11.0	4/30	
		12												12.0	3/30	
		13.20	4.70											13.0	12/30	
퇴적층		14		▶퇴적층 (13.2~16.0 M) - 세립 내지 중립의 모래 - 갈색~암갈색 - 보통조밀 - 습윤										14.0	21/30	
		15												15.0	11/30	
		16.00	2.80											16.0	34/30	
풍화토		17.00	1.00	▶풍화토 (16.0~17.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 조밀 - 습윤										17.0	50/8	
풍화암		18												18.0	50/6	
		18.60	1.60	▶풍화암 (17.0~18.6 M)												
연암		19		- 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 황갈색	100	18	3~4	4	5	12	N/A	5				
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-310-1	조사일	2013.11.8~11.9
위 치	X:583380.79 Y:179329.79	교량명	대명골천교	표 고	EL(+) 8.50 M

굴진심도	21.6 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	백 종 현	지하수위	GL(-) 6.4 M
케이싱심도	18.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)오상민	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
연암		21.60	3.00	- 매우조밀 ▶연암 (18.6~21.6 M) - 편마암 - 담회색 - 보통풍화~심한풍화 - 약함 - 매우심한균열 * 18.6~21.6m : ∠15°,45°,90° 절리 발달에 의한 파쇄대 구간 3 Joints Sets+Random 미세절리 및 잠재절리 발달 절리면 파동/거침 탄화 및 산화 모래, 점토, 암편으로 구성 * 심도 21.60 M 에서 시추종료	100	18	3~4	4	5	12	N/A	5				

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-311	조사일	2012.11.8~11.8
위 치	X:583430.32 Y:179356.16	교량명	내포IC R-B2교	표 고	EL(+) 9.00 M

굴진심도	25.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 4.8 M
케이싱심도	18.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~4.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암회색~황갈색 - 느슨 - 습윤~젖음 - 3.0~4.0m : 쓰레기 혼재 - 유기물 함유										1.0	4/30	
		1												2.0	5/30	
		2												3.0	4/30	
		3												4.0	4/30	
		4.00	4.00													
퇴적층		4		▶퇴적층 (4.0~14.0 M) - 모래질 실트 - 암회색 - 매우연약~보통견고 - 젖음~포화										5.0	3/30	
		5												6.0	6/30	
		6												7.0	2/30	
		7												8.0	3/30	
		8												9.0	4/30	
		9												10.0	3/30	
		10												11.0	3/30	
		11												12.0	2/30	
		12												13.0	3/30	
		13														
		14.00	10.00											14.0	20/30	
풍화토		14		▶풍화토 (14.0~18.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~담갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										15.0	34/30	
		15												16.0	38/30	
		16												17.0	50/12	
		17												18.0	50/6	
		18.00	4.00													
풍화암		18		▶풍화암 (18.0~25.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~담갈색										19.0	50/7	
		19												20.0	50/5	
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-311	조사일	2012.11.8~11.8
위 치	X:583430.32 Y:179356.16	교량명	내포IC R-B2교	표 고	EL(+) 9.00 M

굴진심도	25.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 4.8 M
케이싱심도	18.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow (0 10 20 30 40 50)
풍화암		20		- 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 18.1~18.7m, 19.3~19.5m, 19.6~19.9m, 20.3~21.5m, 24.5~24.8m : 암편상 코어 회수										20.0	50/5	
		21												21.0	50/2	
		22												22.0	50/5	
		23												23.0	50/4	
		24												24.0	50/3	
		25.00	7.00	* 심도 25.00 M 에서 시추종료										25.0	50/3	
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-313	조사일	2012.12.10~12.10
위 치	X:583537.05 Y:179331.46	교량명	내포IC R-A교	표 고	EL(+) 12.40 M

굴진심도	30.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	이희복	지하수위	GL(-) 9.7 M
케이싱심도	25.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
매립층		0		▶매립층 (0.0~7.4 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색 - 느슨 - 습윤										1.0	5/30	
		1												2.0	6/30	
		2												3.0	7/30	
		3												4.0	6/30	
		4												5.0	6/30	
		5												6.0	6/30	
		6												7.0	8/30	
		7	7.40													
퇴적층		8		▶퇴적층 (7.4~18.0 M) - 점토질 실트 - 암회색 - 보통견고~견고 - 습윤										8.0	8/30	
		9												9.0	8/30	
		10												10.0	7/30	
		11												11.0	7/30	
		12												12.0	7/30	
		13												13.0	8/30	
		14												14.0	7/30	
		15												15.0	7/30	
		16												16.0	7/30	
		17												17.0	7/30	
		18	18.00 10.60											18.0	15/30	
퇴적층		19		▶퇴적층 (18.0~19.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 담녹색 - 보통조밀										19.0	17/30	
풍화토		19.50	1.50											20.0	50/15	
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-313	조사일	2012.12.10~12.10
위 치	X:583537.05 Y:179331.46	교량명	내포IC R-A교	표 고	EL(+) 12.40 M

굴진심도	30.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	이희복	지하수위	GL(-) 9.7 M
케이싱심도	25.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
풍화토		20		- 습윤										20.0	50/15	
		21.00	1.50	▶풍화토 (19.5~21.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 암편 혼재										21.0	50/10	
풍화암		22												22.0	50/10	
		23												23.0	50/9	
		24		▶풍화암 (21.0~27.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 황갈색 - 매우조밀 - 습윤										24.0	50/9	
		25												25.0	50/8	
		26												26.0	50/4	
		27.00	6.00													
연암층		28		▶연암층 (27.0~30.0 M) - 편마암 - 암회색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 매우심한균열~보통균열	100	42	2-3	2-3	3-5	22	1	9				
		29														
		30.00	3.00	*27.0~30.0m 1Joint Set(45°)+Random 절리면 파동/거침 부분적으로 파쇄 발달:27.15~27.6m 세편상 코어 회수:27.0~27.15m												
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

* 심도 30.00 M 에서 시추종료

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-314-1	조사일	2012.12.10~12.10
위 치	X:583529.65 Y:179348.50	교량명	내포IC R-A교	표 고	EL(+) 10.80 M

굴진심도	29.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	이희복	지하수위	GL(-) 9.2 M
케이싱심도	25.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
매립층		0		▶매립층 (0.0~7.1 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색 - 느슨 - 습윤										1.0	4/30	
		1												2.0	6/30	
		2												3.0	8/30	
		3												4.0	5/30	
		4												5.0	6/30	
		5												6.0	7/30	
		6												7.0	9/30	
		7	7.10													
퇴적층		8		▶퇴적층 (7.1~18.1 M) - 점토질 실트 - 암회색 - 보통견고~견고 - 습윤										8.0	8/30	
		9												9.0	7/30	
		10												10.0	7/30	
		11												11.0	6/30	
		12												12.0	8/30	
		13												13.0	8/30	
		14												14.0	7/30	
		15												15.0	8/30	
		16												16.0	8/30	
		17												17.0	6/30	
		18	11.00											18.0	7/30	
퇴적층		19		▶퇴적층 (18.1~19.3 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 담녹색 - 보통조밀										19.0	20/30	
풍화토		19.30	1.20											20.0	50/16	
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-314-1	조사일	2012.12.10~12.10
위 치	X:583529.65 Y:179348.50	교량명	내포IC R-A교	표 고	EL(+) 10.80 M

굴진심도	29.2 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	이희복	지하수위	GL(-) 9.2 M
케이싱심도	25.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
풍화토		20		- 습윤										20.0	50/16	
		21.00	1.70	▶풍화토 (19.3~21.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 암편 혼재										21.0	50/10	
풍화암		22												22.0	50/9	
		23												23.0	50/9	
		24		▶풍화암 (21.0~26.2 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 황갈색 - 매우조밀 - 습윤										24.0	50/10	
		25												25.0	50/9	
		26.20	5.20											26.0	50/5	
연암층		27		▶연암층 (26.2~29.2 M) -												
		28														
		29.20	3.00													
		30		* 심도 29.20 M 에서 시추종료												
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-315	조사일	2012.12.10~12.10
위 치	X:583591.46 Y:179323.07	교량명	내포IC R-A교	표 고	EL(+) 12.00 M

굴진심도	25.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 10.2 M
케이싱심도	22.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
매립층		0		▶매립층 (0.0~7.4 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 자갈 직경:10~30mm - 자갈 회수:2.0~3.0m,4.0~7.0m										1.0	15/30	
		1												2.0	13/30	
		2												3.0	10/30	
		3												4.0	14/30	
		4												5.0	15/30	
		5												6.0	14/30	
		6												7.0	15/30	
		7	7.40													
퇴적층		8		▶퇴적층 (7.4~13.7 M) - 실트 - 암회색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 부분적 점토우세:9.4~13.7m										8.0	9/30	
		9												9.0	11/30	
		10												10.0	9/30	
		11												11.0	11/30	
		12												12.0	13/30	
		13												13.0	14/30	
		13.70	6.30													
퇴적층		14		▶퇴적층 (13.7~21.0 M) - 자갈섞인 모래 - 암회색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 자갈 우세										14.0	16/30	
		15												15.0	13/30	
		16												16.0	11/30	
		17												17.0	13/30	
		18												18.0	11/30	
		19												19.0	50/30	
		20												20.0	50/18	

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-315	조사일	2012.12.10~12.10
위 치	X:583591.46 Y:179323.07	교량명	내포IC R-A교	표 고	EL(+) 12.00 M

굴진심도	25.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 10.2 M
케이싱심도	22.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
퇴적층		21.00	7.30											20.0	50/18	
풍화암		22.40	1.40	▶풍화암 (21.0~22.4 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 회색 - 매우조밀 - 습윤 - 암편 회수:22.2~22.4m										21.0	50/8	
연암층		25.50	3.10	▶연암층 (22.4~25.5 M) - 편마암 - 암회색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함 - 매우심한균열~보통균열 *22.4~25.5m 3Joint Set(10°,40°,70°)+Random 절리면 파동/거침 수직절리 발달:22.4~22.75m * 심도 25.50 M 에서 시추종료	100	43	2-3	3	3-5	28	1	9		22.0	50/5	

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-316	조사일	2013.2.27~2.27
위 치	X:583645.93 Y:179314.60	교량명	내포IC R-A교	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	22.7 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	이희복	지하수위	GL(-) 8.1 M
케이싱심도	19.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(NIS)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
매립층		0		▶매립층 (0.0~6.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색~회색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 자갈 직경:5~30mm - 4.5~5.0m:점토우세 - 5.0~6.0m:자갈우세										1.0	20/30	
		1														
		2												2.0	17/30	
		3												3.0	7/30	
		4												4.0	9/30	
		5												5.0	5/30	
		6.00	6.00											6.0	3/30	
퇴적층		6		▶퇴적층 (6.0~11.0 M) - 실트 - 암회색 - 연약~보통견고 - 습윤 - 부분적 점토 우세										7.0	3/30	
		7														
		8												8.0	4/30	
		9												9.0	5/30	
		10												10.0	4/30	
		11.00	5.00											11.0	5/30	
퇴적층		11		▶퇴적층 (11.0~14.5 M) - 세립~조립 모래 - 회색~암회색 - 느슨 - 습윤										12.0	9/30	
		12														
		13												13.0	8/30	
		14												14.0	5/30	
		14.50	3.50													
퇴적층		15		▶퇴적층 (14.5~17.5 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 보통견고 - 습윤 - 15.0~15.5m:유기물 함유										15.0	7/30	
		16												16.0	6/30	
		17												17.0	6/30	
		17.50	3.00													
퇴적층		18		▶퇴적층 (17.5~18.5 M) - 모래질 자갈 - 회색 - 조밀 - 습윤 - 자갈직경:5~20mm										18.0	48/30	
		18.50	1.00													
풍화암		19												19.0	50/3	
		19.70	1.20													
연암층		20			100	10	3-4	3-4	3-5	20	1	3				

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-316	조사일	2013.2.27~2.27
위 치	X:583645.93 Y:179314.60	교량명	내포IC R-A교	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	22.7 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	이희복	지하수위	GL(-) 8.1 M
케이싱심도	19.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(NIS)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
연암층		20														
		21		▶풍화암 (18.5~19.7 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 회색~갈색 - 매우조밀 - 습윤	100	10	3-4	3-4	3-5	20	1	3				
		22														
		22.70	3.00													
		23		▶연암층 (19.7~22.7 M) - 편마암 - 회색 - 심한풍화~보통풍화 - 약함~보통강함 - 매우심한균열~보통균열 *19.7~22.7m 3Joint Set(5°,45°,80°)+Random 절리면 파동/거침 절리면 산화 및 실트질 모래 충전 고각절리 발달:20.7~22.2m											
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

* 심도 22.70 M 에서 시추종료

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-317	조사일	2013.2.27~2.27
위 치	X:583690.91 Y:179331.93	교량명	내포IC R-A교	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	23.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영복	지하수위	GL(-) 7.9 M
케이싱심도	20.5 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(NIS)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~7.5 M) - 점토 및 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색~회색 - 느슨 - 습윤 - 자갈 직경:5~50mm - 자갈 회수:0~1.0m,2.0~4.0m - 5.0~5.6m:자갈우세 - 5.6~6.0m:점토우세										1.0	6/30	
		1													2.0	5/30	
		2													3.0	6/30	
		3													4.0	8/30	
		4													5.0	8/30	
		5													6.0	9/30	
		6													7.0	7/30	
		7	7.50														
퇴적층		8		▶퇴적층 (7.5~12.5 M) - 실트 - 갈색~암회색 - 보통견고 - 습윤 - 부분적 모래 및 점토 우세										8.0	7/30	
		9													9.0	7/30	
		10													10.0	8/30	
		11													11.0	7/30	
		12	12.50 5.00												12.0	8/30	
퇴적층		13		▶퇴적층 (12.5~16.3 M) - 세립~조립 모래 - 회색~암회색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 부분적 실트 우세										13.0	9/30	
		14													14.0	8/30	
		15													15.0	10/30	
		16	16.30 3.80												16.0	21/30	
퇴적층		17		▶퇴적층 (16.3~20.5 M) - 모래질 자갈 - 회색 - 보통조밀~조밀 - 습윤 - 자갈직경:5~30mm										17.0	25/30	
		18													18.0	30/30	
		19													19.0	27/30	
		20													20.0	36/30	

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-317	조사일	2013.2.27~2.27
위 치	X:583690.91 Y:179331.93	교량명	내포IC R-A교	표 고	EL(+) 10.00 M

굴진심도	23.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김영복	지하수위	GL(-) 7.9 M
케이싱심도	20.5 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(NIS)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
퇴적층		20.50	4.20											20.0	36/30	
연암층		21		▶연암층 (20.5~23.5 M) - 편마암 - 암회색~암갈색 - 심한풍화~보통풍화 - 보통강함~약함 - 매우심한균열~보통균열	81	10	3-4	3-4	3-5	20	N/A	N/A				
		22														
		23														
		23.50	3.00	*20.5~23.5m 2Joint Set(40°,60°)+Random 절리면 파동/거침 CoreLoss:21.5~21.7m,22.6~22.9m 전체적으로 파쇄 심함 * 심도 23.50 M 에서 시추종료												
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

1.4 깎기부 주상도

깎 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-243	조사일	2012.4.19~4.19
위 치	X:573238.06 Y:181563.60			표 고	EL(+) 42.90 M

굴진심도	17.8 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	송경렬	지하수위	GL(-) 14.0 M
케이싱심도	16.0 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
표토층		0														
		0.30	0.30	▶표토층 (0.0~0.3 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤												
풍화토		1												1.0	6/30	
		2												2.0	8/30	
		3		▶풍화토 (0.3~4.5 M) - 암편섞인 실트질 모래 - 황갈색~암갈색 - 습윤 - 느슨~매우조밀										3.0	21/30	
		4												4.0	50/12	
		4.50	4.20													
풍화암		5		▶풍화암 (4.5~17.8 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 4.5~6.0m:암편상~단주상 코어채취 - 8.3~9.8m:암편상 코어채취	54	0	-	-	-	-	-	-		5.0		
		6												6.0	50/10	
		7												7.0	50/6	
		8												8.0	50/6	
		9			42	0	-	-	-	-	-	-		9.0		
		10												10.0	50/10	
		11												11.0	50/10	
		12												12.0	50/9	
		13												13.0	50/8	
		14												14.0	50/7	
		15												15.0	50/5	
		16												16.0	50/4	
		17												17.0	50/4	
		17.80	13.30													
		18		* 심도 17.80 M 에서 시추종료												
		19														
		20														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-252-1	조사일	2012.11.16~11.19
위 치	X:575031.37 Y:180995.04			표 고	EL(+) 71.40 M

굴진심도	33.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	12.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
붕적층		0.30	0.30	▶붕적층 (0.0~0.3 M) - 실트질 모래 - 담갈색~적갈색 - 습윤										1.0	18/30	
풍화토		13.00	12.70	▶풍화토 (0.3~13.0 M) - 실트질 모래 - 담갈색~적갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										2.0	20/30	
														3.0	18/30	
														4.0	19/30	
														5.0	22/30	
														6.0	25/30	
														7.0	25/30	
														8.0	23/30	
														9.0	26/30	
														10.0	36/30	
														11.0	48/30	
														12.0	50/13	
														13.0	50/8	
풍화암		16.20	3.20	▶풍화암 (13.0~16.2 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~적갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 13.5~14.2m : 암편상 코어 회수										14.0	50/2	
														15.0	50/6	
														16.0	50/5	
경암층		18.70	2.50	▶경암층 (16.2~18.7 M) - 편마암 - 담회색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 보통균열	100	76	1-3	1-3	3	60	3	24				
풍화암				*16.2~18.7m : ∠10° ,30° ,50° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침												

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-252-1	조사일	2012.11.16~11.19
위 치	X:575031.37 Y:180995.04			표 고	EL(+) 71.40 M

굴진심도	33.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	12.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow (0 10 20 30 40 50)
풍화암		20		▶풍화암 (18.7~23.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 적갈색~갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 21.7~23.0m : 암편상 코어 회수												
		21														
		22														
		23.00	4.30													
경암층		24		▶경암층 (23.0~26.0 M) - 편마암 - 담회색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 보통균열 *23.0~24.7m : ∠10° ,50° ,80° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 Core Loss : 23.0~23.1m *24.7~26.0m : ∠20° ,80° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침	91	58	1-3	1-3	3	53	6	40				
		25			100	90	1-2	1-2	3	54	3	32				
		26.00	3.00													
풍화암		26		▶풍화암 (26.0~26.8 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유												
		26.80	0.80													
경암층		27			93	37	1-3	1-3	4	22	2	17				
		28														
		29			100	65	1-3	1-3	3	43	5	20				
		30														
		31														
		32		▶경암층 (26.8~33.0 M) - 편마암 - 담회색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 심한균열~보통균열 *26.8~27.7m : ∠20° ,40° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 26.8~26.9m *27.7~30.5m : ∠20° ,40° ,60° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 수직절리 : 29.2~29.5m *30.5~33.0m : ∠30° ,50° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침	100	68	1-2	1-2	4	42	3	18				
		33.00	6.20													
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40		* 심도 33.00 M 에서 시추종료												

깎 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-255-4	조사일	2014.7.2~7.2
위 치	X:576265.31 Y:180685.72			표 고	EL(+) 0.00 M

굴진심도	6.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	백종현	지하수위	GL(-) 3.0 M
케이싱심도	4.2 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)강진규	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
붕적층		0		▶붕적층 (0.0~2.5 M) - 자갈(Φ1~4cm)섞인 모래 - 황갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤												
		2.50	2.50											1.0	5/30	
풍화토		3.50	1.00	▶풍화토 (2.5~3.5 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 매우조밀 - 습윤										2.0	13/30	
풍화암		5.00	1.50	▶풍화암 (3.5~5.0 M) - 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 습윤										3.0	50/17	
연암		6.00	1.00	▶연암 (5.0~6.0 M) - 편마암 - 암갈색 - 매우심한풍화 - 매우약함 - 매우심한균열 *5.0~6.0m:10°,30°,50° 3 Joints Sets+Random Core Loss : 5.0~5.2m 파쇄대 : 5.2~6.0m 전반적으로 절리발달에 의한 TCR, RQD 저조 * 심도 6.00 M 에서 시추종료	80	0	5	5	5	3	1	1		4.0	50/6	

깎 기 부 시 추 주 상 도

3 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-282	조사일	2012.4.25~4.27
위 치	X:579403.54 Y:180831.33			표 고	EL(+) 58.50 M

굴진심도	43.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 29.7 M
케이싱심도	10.5 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
표토층		0														
		0.40	0.40	▶표토층 (0.0~0.4 M) - 실트질 모래 - 갈색 - 습윤 - 유기물 함유												
풍화토		1												1.0	32/30	
		2												2.0	36/30	
		3		▶풍화토 (0.4~5.0 M) - 실트질 모래 - 갈색 - 조밀~매우조밀 - 습윤										3.0	50/20	
		4												4.0	50/17	
		5.00	4.60											5.0	50/10	
풍화암		5		▶풍화암 (5.0~10.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 산성암맥 : 9.0~9.4m - 암편상 코어 회수 : 9.4~10.5m										6.0	50/7	
		6														
		7												7.0	50/7	
		8														
		9			100	0	-	-	-	-	-	-				
		10			32	0	-	-	-	-	-	-				
		10.50	5.50													
연암		11		▶연암 (10.5~18.3 M) - 편마암 - 갈색~암회색 - 완전풍화~보통풍화 - 매우약함~보통강함 - 매우심한균열	70	10	4~5	4~5	5	10	NA	2				
		12														
		13		*10.5~12.5m : ∠30° ,15° ,10° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 Core Loss : 10.55~11.15m 절리 및 파쇄 발달 : 11.95~12.0m												
		14			74	11	3~4	3~3	5	20	NA	3				
		15		*12.5~15.6m : ∠30° ,10° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 Core Loss : 12.8~13.3m 절리 및 파쇄 발달 : 13.3~13.4m Core Loss : 14.0~14.4m												
		16														
		17		*15.6~18.3m : ∠30° ,60° ,10° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 수직절리 발달 : 16.8~17.65m 절리 및 파쇄 발달 : 16.9~17.05m	100	19	3~4	3~4	5	30	1	4				
		18														
		18.30	7.80													
보통암		19		▶보통암 (18.3~43.0 M)	100	56	2~3	2~3	4	28	2	10				
		20														

깎 기 부 시 추 주 상 도

3 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-282	조사일	2012.4.25~4.27
위 치	X:579403.54 Y:180831.33			표 고	EL(+) 58.50 M

굴진심도	43.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 29.7 M
케이싱심도	10.5 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
보통암		20		- 편마암 - 갈색~암회색 - 보통풍화~신선 - 보통풍화~매우강함 - 심한균열	100	56	2~3	2~3	4	28	2	10				
		21		*18.3~21.0m : ∠30° ,60° ,10° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침	100	52	2~3	2~3	4	21	2	12				
		22		*21.0~24.0m : ∠30° ,60° 2 Joint sets+Random 절리면 파동/거침												
		23		*24.0~27.0m : ∠20° ,10° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 수직절리 발달 : 25.5~26.0m 수직절리 발달 : 26.8~27.0m	100	43	2~3	2~3	4	28	1	8				
		24		*27.0~30.0m : ∠20° ,10° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 수직절리 발달 : 27.4~27.85m												
		25		*30.0~33.0m : ∠20° ,10° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침	100	57	2~3	2	4	63	1	12				
		26		*33.0~36.5m : ∠20° ,10° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침												
		27		*36.5~39.0m : ∠20° ,60° ,10° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 수직절리 발달 : 36.5~36.68m	100	62	1~3	1~2	4	45	4	15				
		28		*39.0~40.0m : ∠10° ,60° 2 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 Core Loss : 39.1~39.55m 기계적 Core Loss												
		29		*40.0~43.0m : ∠20° ,30° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침	100	67	1~3	1~2	3	65	5	20				
		30														
		31														
		32														
		33			100	55	2~3	1~3	4	41	NA	7				
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40			55	10	2~3	2~3	5	10	1	4				

깎 기 부 시 추 주 상 도

3 매중 3

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-282	조사일	2012.4.25~4.27
위 치	X:579403.54 Y:180831.33			표 고	EL(+) 58.50 M

굴진심도	43.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 29.7 M
케이싱심도	10.5 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
보통암		40														
		41														
		42														
		43.00	24.70	* 심도 43.00 M 에서 시추종료	100	65	2~3	2~3	4	30	2	15				
		44														
		45														
		46														
		47														
		48														
		49														
		50														
		51														
		52														
		53														
		54														
		55														
		56														
		57														
		58														
		59														
		60														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-284	조사일	2012.4.23~4.24
위 치	X:579861.29 Y:180829.94			표 고	EL(+) 47.30 M

굴진심도	35.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 24.2 M
케이싱심도	5.6 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
표토층		0														
		0.30	0.30	▶표토층 (0.0~0.3 M) - 실트질 모래 - 갈색 - 습윤 - 유기물 함유												
풍화토		1												1.0	50/27	
		2												2.0	50/27	
		3		▶풍화토 (0.3~4.0 M) - 실트질 모래 - 갈색 - 매우조밀 - 습윤										3.0	50/15	
		4.00	3.70											4.0	50/10	
풍화암		5												5.0	50/10	
		5.60	1.60	▶풍화암 (4.0~5.6 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유	50	10	3~5	3~5	5	6	NA	1				
		6														
		7														
		8		▶연암 (5.6~21.5 M) - 편마암 - 갈색~암회색 - 완전풍화~보통풍화 - 매우약함~보통강함 - 매우심한균열	86	15	3~5	3~5	5	43	NA	1				
		9														
		10		*5.6~6.6m : ∠60° ,10° 2 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 Core Loss : 5.6~6.1m	100	8	3~4	3~4	5	15	1	4				
		11														
		12		*6.6~9.4m : ∠60° ,30° ,10° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 Core Loss : 6.6~7.0m 절리 및 파쇄 발달 : 7.0~7.5m 수직절리 발달 : 7.6~8.7m	64	16	3~5	3~5	5	13	NA	2				
연암		13														
		14		*9.4~11.2m : ∠10° ,30° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 절리 및 파쇄 발달 : 9.7~9.55m 절리 및 파쇄 발달 : 10.5~10.6m 수직절리 발달 : 10.75~11.2m	83	3	3~5	3~5	5	10	NA	3				
		15														
		16		*11.2~12.6m : ∠10° ,30° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 Core Loss : 12.1~12.6m	68	9	3~5	3~5	5	10	NA	2				
		17														
		18		*12.6~15.6m : ∠30° ,20° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 Core Loss : 12.6~13.1m 절리 및 파쇄 발달 : 14.1~14.3m 절리 및 파쇄 발달 : 14.5~14.6m	94	0	3~4	3~4	5	7	NA	3				
		19														
		20		*15.6~17.8m : ∠60° ,30° ,10°	100	37	2~3	2~3	5	20	1	5				

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-284	조사일	2012.4.23~4.24
위 치	X:579861.29 Y:180829.94			표 고	EL(+) 47.30 M

굴진심도	35.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 24.2 M
케이싱심도	5.6 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
연암		20		3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 Core Loss : 16.0~16.7m 절리 및 파쇄 발달 : 16.7~16.95m 수직절리 발달 : 16.95~17.15m	100	37	2~3	2~3	5	20	1	5				
		21														
		21.50	15.90													
		22		*17.8~19.6m : ∠10° ,60° ,30° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 Core Loss : 17.8~17.9m *19.6~21.5m : ∠30° ,60° ,10° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침 수직절리 발달 : 19.6~20.3m 수직절리 발달 : 21.25~21.5m	100	58	2~3	2	4	26	2	8				
		23														
		24														
		25		▶보통암 (21.5~35.0 M) - 편마암 - 갈색~암회색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 심한균열	100	41	2~3	2~3	4	20	1	7				
		26														
		27														
보통암		28		*21.5~24.5m : ∠30° ,10° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침	100	58	1~2	1~2	4	43	1	10				
		29														
		30		*24.5~27.3m : ∠30° ,10° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침, 평면/거침 수직절리 발달 : 25.1~25.3m	100	50	1~3	1~2	4	25	1	8				
		31		*27.3~29.9m : ∠30° ,10° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침, 평면/거침												
		32		*29.9~31.9m : ∠30° ,60° ,10° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침, 평면/거침 수직절리 발달 : 30.3~30.6m	100	70	1~2	1~2	4	35	1	13				
		33														
		34		*31.9~35.0m : ∠30° ,10° ,60° 3 Joint sets+Random 절리면 파동/거침, 평면/거침 수직절리 발달 : 35.15~35.25m 수직절리 발달 : 34.43~34.57m												
		35.00	13.50	* 심도 35.00 M 에서 시추종료												
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-287	조사일	2012.11.29~12.1
위 치	X:580429.97 Y:180729.01			표 고	EL(+) 44.20 M

굴진심도	30.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 19.0 M
케이싱심도	14.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
붕적층		0														
		0.30	0.30	▶붕적층 (0.0~0.3 M) - 실트질 모래 - 갈색~담갈색 - 습윤												
풍화토		1												1.0	25/30	
		2												2.0	46/30	
		3												3.0	50/12	
		4.00	3.70	▶풍화토 (0.3~4.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~담갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										4.0	50/8	
풍화암		5		▶풍화암 (4.0~13.2 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~담갈색 - 매우조밀 - 연경이 교호함 - 부분적 암편 함유 - 암편상 코어 회수: 5.1~7.5m, 8.2~8.5m, 9.1~9.5m, 10.0~10.9m, 11.2~13.2m										5.0	50/5	
		6												6.0	50/2	
		7												7.0	50/2	
		8												8.0	50/6	
		9												9.0	50/3	
		10												10.0	50/1	
		11												11.0	50/4	
		12												12.0	50/2	
		13.20	9.20											13.0	50/1	
보통암		14		▶보통암 (13.2~24.7 M) - 편마암 - 회갈색~담회색 - 심한풍화~신선 - 약함~매우강함 - 매우심한균열~심한균열	49	0	3-4	3-4	5	4	1	3				
		15														
		16		*13.2~14.5m : ∠10° ,30° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 13.2~13.5m 14.0~14.3m	100	70	1-3	1-3	4	52	1	17				
		17														
		18		*14.5~17.5m : ∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복	98	28	2-4	2-4	4	32	1	8				
		19														
		20														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-287	조사일	2012.11.29~12.1
위 치	X:580429.97 Y:180729.01			표 고	EL(+) 44.20 M

굴진심도	30.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 19.0 M
케이싱심도	14.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
보통암		20		*17.5~20.7m : ∠10° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복	98	28	2-4	2-4	4	32	1	8				0 10 20 30 40 50
		21		수직절리 : 18.8~19.7m	100	48	1-3	1-3	4	32	2	13				
		22		*20.7~22.0m : ∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복												
		23			95	48	1-3	1-3	4	20	2	10				
		24		*22.0~24.7m : ∠10° ,50° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복												
		24.70	11.50	Core Loss : 23.9~24.0m												
경암층		25		▶경암층 (24.7~30.0 M)												
		26		- 편마암 - 담회색~암회색	100	64	1-3	1-3	4	52	1	17				
		27		- 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 심한균열~보통균열												
		28		*24.7~27.7m : ∠10° ,30° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복												
		29			100	92	1-2	1-2	3	53	4	29				
		30.00	5.30	*27.7~30.0m : ∠10~20° 1 Joint Set 절리면 평면/거침												
		31		* 심도 30.00 M 에서 시추종료												
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-289	조사일	2012.11.19~11.20
위 치	X:580819.97 Y:180490.01			표 고	EL(+) 34.10 M

굴진심도	19.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	황현진	지하수위	GL(-) 1.4 M
케이싱심도	8.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
붕적층		0.60	0.60	▶붕적층 (0.0~0.6 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤										1.0	50/17	
풍화토		4.00	3.40	▶풍화토 (0.6~4.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 암편 혼재										2.0	50/14	
														3.0	50/9	
														4.0	50/7	
풍화암		8.80	4.80	▶풍화암 (4.0~8.8 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 황갈색 - 매우조밀 - 암편 혼재										6.0	50/5	
														7.0	50/2	
														8.0	50/2	
연암		19.30	10.50	▶연암 (8.8~19.3 M) - 편마암 - 담갈색~갈색 - 심한풍화~보통풍화 - 약함~보통강함 - 매우심한~심한균열 *8.8~11.8m 2Joint Set(0°,45°) 미세절리 및 잠재절리 발달 절리면 산화 및 탄화 절리면 파동/거침 수평절리:9.0~9.05m, 9.2~9.4m, 10.1~10.3m Core Loss:9.05~9.15m,11.6~11.8m	83	21	4	4	3-5	20	2	7				
				*11.8~14.8m 2Joint Set(0°,90°) 미세절리 및 잠재절리로 파쇄발달 절리면 파동/거침~평면/부드러움, 산화, 모래 및 암편 협재 Core Loss 및 파쇄:11.8~13.1m 수평절리 우세11.8~13.1m 고각절리 우세:13.1~14.8m	67	16	4	4	3-5	18	2	6				
				*14.8~17.8m 3Joint Set+Random(0°,45°,90°) 미세절리 및 잠재절리로 파쇄발달 절리면 파동/거침, 산화, 파쇄대:15.1~15.2m,17.0~17.1m Core Loss 및 파쇄:15.6~16.7m 석영 우세:17.1~17.8m	72	10	4	4	3-5	18	N/A	5				
				*17.8~19.3m 1Joint Set(0°)	54	23	3-4	3-4	3-5	18	4	7				

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-289	조사일	2012.11.19~11.20
위 치	X:580819.97 Y:180490.01			표 고	EL(+) 34.10 M

굴진심도	19.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	황현진	지하수위	GL(-) 1.4 M
케이싱심도	8.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
		20		미세절리 및 장재절리 발달 파쇄대 18.7~18.8m Core Loss: 17.8~18.0m, 18.8~19.0m 18.6~18.7m												
		21														
		22														
		23														
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

* 심도 19.30 M 에서 시추종료

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-291	조사일	2012.11.20~11.21
위 치	X:580944.21 Y:180572.60			표 고	EL(+) 36.80 M

굴진심도	16.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	황현진	지하수위	GL(-) 2.2 M
케이싱심도	10.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
붕적층		0														
		0.30	0.30	▶붕적층 (0.0~0.3 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤												
풍화토		1		▶풍화토 (0.3~5.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 암편 혼재										1.0	25/30	
		2												2.0	30/30	
		3												3.0	35/30	
		4												4.0	50/12	
		5.00	4.70											5.0	50/9	
풍화암		5		▶풍화암 (5.0~10.9 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 황갈색 - 매우조밀 - 암편 혼재										6.0	50/7	
		6												7.0	50/6	
		7												8.0	50/6	
		8												9.0	50/5	
		9												10.0	50/4	
		10														
		10.90	5.90													
연암		11		▶연암 (10.9~16.3 M) - 편마암 - 담갈색~암갈색 - 심한풍화 - 약함 - 매우심한~심한균열 *10.9~12.0m 1Joint Set+Random(45°) 미세절리 및 잠재절리 발달 절리면 산화 절리면 파동/거침 Core Loss:10.9~11.2m, 11.4~11.5m, 11.7~11.9m 파쇄대:11.2~11.4m,11.5~11.7m 차별풍화대:11.6~11.8m	55	0	4	4	4-5	9	N/A	3			
		12														
		13			67	20	4	4	3-5	28	N/A	6				
		14														
		15														
		16			80	0	4	4	4-5	8	N/A	5				
		16.30	5.40													
		17		*12.0~15.0m 2Joint Set+Ranodm(45°,90°) 미세절리 및 잠재절리로 파쇄발달 절리면 파동/거침, 산화 Core Loss:12.0~12.2m, 12.5~12.8m 13.6~13.8m, 14.1~14.3m 14.9~15.0m 파쇄대:12.2~12.3m, 13.9~14.1m Random 절리 발달:14.3~14.9m												
		18														
		19														
		20		*15.0~16.3m												

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-291	조사일	2012.11.20~11.21
위 치	X:580944.21 Y:180572.60			표 고	EL(+) 36.80 M

굴진심도	16.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	황현진	지하수위	GL(-) 2.2 M
케이싱심도	10.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
		20		3Joint Set+Random(0°,45°,90°) 미세절리 및 장재절리로 파쇄발달 절리면 파동/거침, 산화, Core Loss:15.8~16.0m 파쇄대:15.25~15.35m 수직절리 발달:15.1~15.2m, 15.3~15.4m * 심도 16.30 M 에서 시추종료											
		21														
		22														
		23														
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-293	조사일	2012.11.9~11.10
위 치	X:580908.39 Y:180347.49			표 고	EL(+) 54.10 M

굴진심도	37.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김형준	지하수위	GL(-) 6.8 M
케이싱심도	14.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
붕적층		0		▶붕적층 (0.0~1.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤 - 자갈 크기 : 1~10mm										1.0	15/30	
		1.00	1.00											2.0	29/30	
풍화토		2		▶풍화토 (1.0~11.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색~암회색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 10.0~11.0m: 암편 회수 - 암편 크기: 10~20mm										3.0	50/20	
		3												4.0	50/18	
		4												5.0	50/23	
		5												6.0	50/20	
		6												7.0	50/23	
		7												8.0	50/21	
		8												9.0	50/18	
		9												10.0	50/13	
		10												11.0	50/8	
		11.00	10.00											12.0	50/3	
풍화암		12		▶풍화암 (11.0~14.8 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암회색 - 매우조밀 - 습윤 - 11.0~14.8m : 암편회수 - 암편 크기: 20~50mm										13.0	50/3	
		13												14.0	50/2	
		14														
		14.80	3.80													
연암		15		▶연암 (14.8~17.2 M) - 편마암 - 갈색~암회색 - 심한풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 매우심한균열~약간균열	100	46	3-4	3-4	3-5	15	N/A	N/A				
		16			100	18	2-4	2-4	2-5	22	1	6				
		17.20	2.40													
보통암		18		*14.8~15.4m: ∠30° , 80° 2 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침 절리면 산화철 피복, 실트질 모래 충진	100	48	2-4	2-4	2-4	21	2	8				
		19														
		20		*15.4~17.2m: ∠40° , 70° 2 Joint Sets+Random	82	36	2-4	2-4	2-5	21	N/A	8				

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-293	조사일	2012.11.9~11.10
위 치	X:580908.39 Y:180347.49			표 고	EL(+) 54.10 M

굴진심도	37.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김형준	지하수위	GL(-) 6.8 M
케이싱심도	14.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

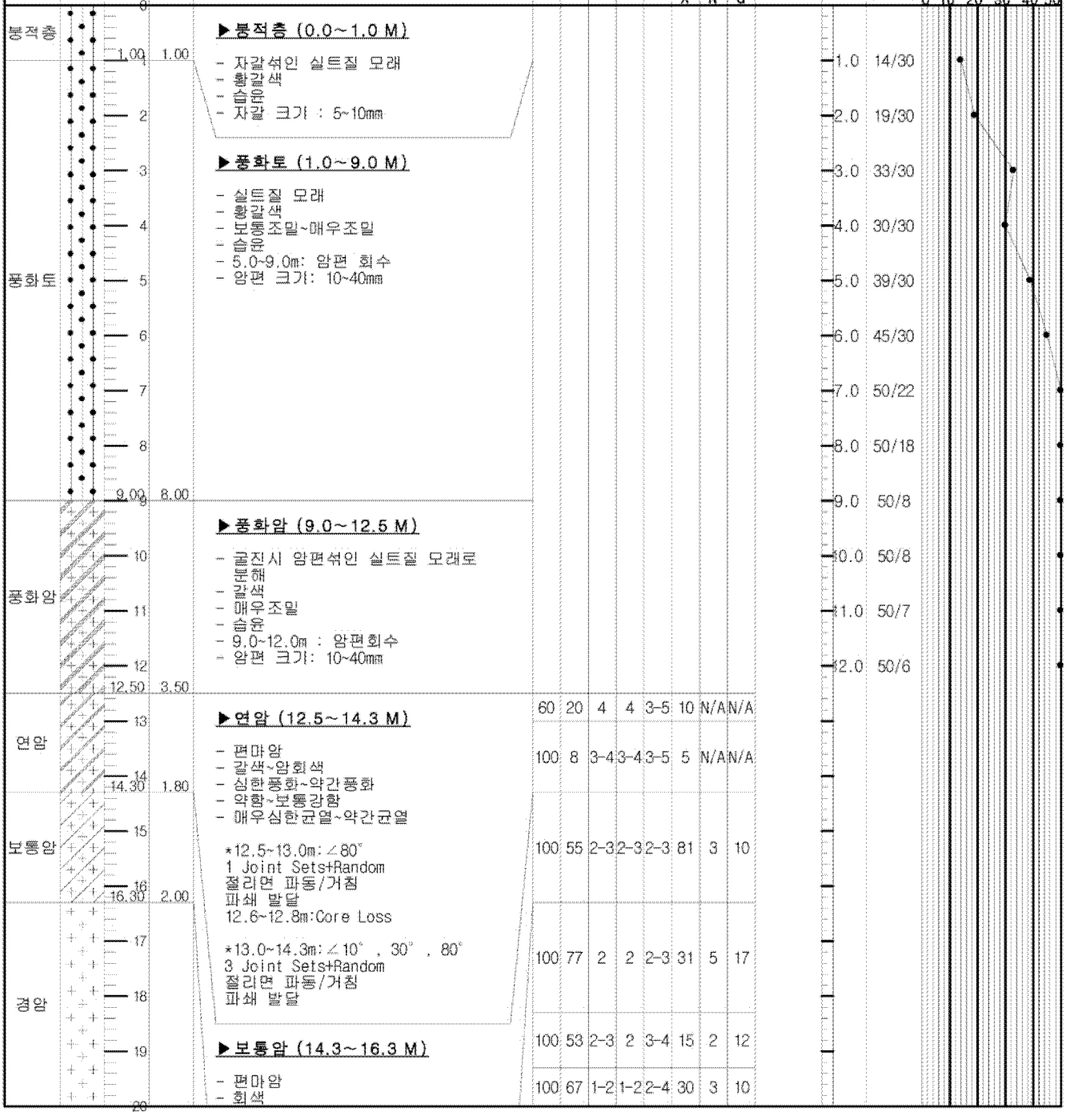
지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
보통암		20		절리면 파동/거침 절리면 산화철 피복	82	36	2-4	2-4	2-5	21	N/A	8				
		21		▶보통암 (17.2~37.0 M)												
		22		- 편마암 - 갈색~암회색 - 심한풍화~신선 - 약함~매우강함 - 매우심한균열~약간균열	87	49	2-3	2-3	2-5	21	1	10				
		23														
		24		*17.2~19.2m:∠30° , 70° 2 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침 절리면 산화철 피복, 실트질 모래 충진	100	63	2-3	1-3	2-5	31	N/A	13				
		25														
		26		*19.2~21.4m:∠30° , 80° 2 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침 절리면 산화철 피복, 실트질 모래 충진 21.1~21.3m:Core Loss	100	48	2	1-2	2-5	40	2	5				
		27														
		28		*21.4~23.7m:∠20° , 70° 2 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침 잠재절리 발달 23.4~23.7m:Core Loss												
		29														
		30		*23.7~26.2m:∠80° 1 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침	100	90	1-2	1-2	3-5	27	3	15				
		31		*26.2~29.0m:∠10° , 40° , 80° 3 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침, 방해석 충진	100	74	1-2	1-3	2-4	25	2	7				
		32		*29.0~30.5m:∠50° , 70° 2 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침												
		33		*30.5~32.2m:∠30° , 80° 2 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침	100	49	1-2	1-3	2-5	60	N/A	8				
		34		*32.2~33.7m:∠10° , 80° 2 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침, 실트질 모래 충진	85	8	2-3	2-3	3-4	11	3	5				
		35														
		36		*33.7~35.0m:∠10° , 40° , 70° 3 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침, 방해석 충진 34.2~34.4m:Core Loss	95	19	2-3	2-3	3-5	17	1	7				
		37.00	19.80													
		37		*35.0~37.0m:∠20° , 60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 35.0~35.1m:Core Loss												
		38														
		39		* 심도 37.00 M 에서 시추종료												
		40														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-293-1	조사일	2012.11.9~11.10
위 치	X:580878.27 Y:180125.17			표 고	EL(+) 48.50 M

굴진심도	32.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김혁기	지하수위	GL(-) 7.3 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX



지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림
붕적층		1.00	1.00	▶붕적층 (0.0~1.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤 - 자갈 크기 : 5~10mm									
풍화토		9.00	8.00	▶풍화토 (1.0~9.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 5.0~9.0m: 암편 회수 - 암편 크기: 10~40mm									
풍화암		12.50	3.50	▶풍화암 (9.0~12.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 9.0~12.0m : 암편회수 - 암편 크기: 10~40mm									
연암		14.30	1.80	▶연암 (12.5~14.3 M) - 편마암 - 갈색~암회색 - 심한풍화~약간풍화 - 약함~보통강함 - 매우심한균열~약간균열 *12.5~13.0m:∠80° 1 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침 파쇄 발달 12.6~12.8m:Core Loss *13.0~14.3m:∠10° , 30° , 80° 3 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침 파쇄 발달	60	20	4	4	3-5	10	N/A	N/A	
보통암		16.30	2.00	▶보통암 (14.3~16.3 M) - 편마암 - 회색	100	8	3-4	3-4	3-5	5	N/A	N/A	
경암		20			100	55	2-3	2-3	2-3	81	3	10	
					100	77	2	2	2-3	31	5	17	
					100	53	2-3	2	3-4	15	2	12	
					100	67	1-2	1-2	2-4	30	3	10	

표준관입시험 Standard Penetration Test

심도	N값 (회/cm)
1.0	14/30
2.0	19/30
3.0	33/30
4.0	30/30
5.0	39/30
6.0	45/30
7.0	50/22
8.0	50/18
9.0	50/8
10.0	50/8
11.0	50/7
12.0	50/6

N blow 0 10 20 30 40 50

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-293-1	조사일	2012.11.9~11.10
위 치	X:580878.27 Y:180125.17			표 고	EL(+) 48.50 M

굴진심도	32.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김혁기	지하수위	GL(-) 7.3 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
경암		20		- 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 심한균열~약간균열 *14.3~16.3m:∠10° 1 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침~부드러움	100	67	1-2	1-2	2-4	30	3	10				
		21														
		22														
		23		▶경암 (16.3~32.0 M) - 편마암 - 회색 - 보통풍화~신선 - 강함~매우강함 - 심한균열~약간균열 *16.3~18.3m:∠40°, 80° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움	100	76	1-2	1-2	2-4	34	5	15				
		24														
		25														
		26														
		27		*18.3~19.3m:∠80° 1 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침	100	90	1-2	1-2	2-5	48	N/A	18				
		28		*19.3~22.3m:∠70° 1 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침~부드러움												
		29		*22.3~25.3m:∠30°, 70° 2 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침	100	100	1-2	1-2	2-3	40	18	25				
		30		*25.3~28.3m:∠80° 1 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침	100	97	1-2	1-2	2-4	44	3	28				
		31		*28.3~29.0m:∠80° 1 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침												
		32.00	15.70	*29.0~32.0m:∠80° 1 Joint Sets+Random 절리면 파동/거침 * 심도 32.00 M 에서 시추종료												
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-298-1	조사일	2012.10.19~10.20
위 치	X:581478.36 Y:179872.52			표 고	EL(+) 67.50 M

굴진심도	30.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	16.6 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
붕적층		0														
		0.20	0.20	▶붕적층 (0.0~0.2 M) - 실트질 모래 - 갈색~황갈색 - 습윤												
풍화토		1		▶풍화토 (0.2~16.6 M) - 실트질 모래 - 갈색~황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										1.0	24/30	
		2												2.0	26/30	
		3												3.0	32/30	
		4												4.0	46/30	
		5												5.0	48/30	
		6												6.0	50/21	
		7												7.0	50/20	
		8												8.0	48/30	
		9												9.0	50/30	
		10												10.0	50/26	
		11												11.0	50/26	
		12												12.0	50/21	
		13												13.0	50/19	
		14												14.0	50/17	
		15												15.0	50/17	
		16												16.0	50/14	
		16.60	16.40													
연암		17		▶연암 (16.6~22.5 M) - 편마암 - 회갈색~암회색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 심한균열~보통균열 *16.6~18.0m : ∠10° ,30° ,70° 3 Joint Sets+Random	100	36	1-3	1-3	4	32	1	9			
		18														
		19			98	33	1-3	1-3	4	20	1	8				
		20														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-298-1	조사일	2012.10.19~10.20
위 치	X:581478.36 Y:179872.52			표 고	EL(+) 67.50 M

굴진심도	30.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	16.6 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
연암		20		절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복	98	33	1-3	1-3	4	20	1	8				
		21		*18.0~21.0m : ∠20° ,50° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 20.5~20.6m	93	31	1-3	1-3	4	21	1	7				
		22														
		22.50	5.90	*21.0~22.5m : ∠20° ,40° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 20.5~20.6m : 절리면 점토 충진 Core Loss : 22.0~22.1m	100	71	1	1	3	73	3	25				
경암		23		▶경암 (22.5~30.0 M) - 편마암 - 암회색 - 신선 - 강함~매우강함 - 심한균열~보통균열												
		24														
		25														
		26														
		27		*22.5~25.5m : ∠10° ,30° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침 20.5~20.6m : 절리면 점토 충진	100	76	1	1-2	4	50	1	18				
		28														
		29		*25.5~28.5m : ∠20° ,50° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침 22.6~23.0m : 수직절리, 절리면 점토 충진	100	60	1	1-2	4	34	1	14				
		30.00	7.50													
		30		*28.5~30.0m : ∠10° ,50° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침 절리면 방해석 피복												
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

* 심도 30.00 M 에서 시추종료

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-299	조사일	2012.3.3~3.4
위 치	X:581540.07 Y:179796.73			표 고	EL(+) 69.20 M

굴진심도	32.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 19.3 M
케이싱심도	14.7 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(선사인)사유진	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값(회/cm)	표준관입시험 N blow
표토층		0.30	0.30	▶표토층 (0.0~0.3 M) - 실트질 모래 - 암갈색~황갈색 - 습윤												
풍화토		11.00	10.70	▶풍화토 (0.3~11.0 M) - 실트질 모래 - 암갈색~황갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										1.0	9/30	
														2.0	22/30	
														3.0	26/30	
														4.0	36/30	
														5.0	46/30	
														6.0	50/29	
														7.0	50/28	
														8.0	50/24	
														9.0	50/20	
														10.0	50/14	
														11.0	50/10	
풍화암		14.70	3.70	▶풍화암 (11.0~14.7 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색~황갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 14.0~14.7m : 암편상 코어 회수	14	0	-	-	-	-	-	-		12.0	50/9	
														13.0	50/10	
연암				▶연암 (14.7~24.5 M) - 편마암 - 회갈색~암회색 - 매우심한풍화~보통풍화 - 매우약함~보통강함 - 매우심한균열~심한균열 - 잠재절리 발달 *14.7~16.0m : ∠10° ,50° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 차별풍화 발달 : 15.4~15.7m *16.0~16.5m : Random	100	9	3~5	3~5	4~5	12	N/A	4				
					40	0	3~5	3~5	4~5	8	N/A	N/A				
					100	5	3~4	3~4	4~5	12	N/A	5				
					100	0	3~4	3~4	4~5	8	N/A	5				

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-299	조사일	2012.3.3~3.4
위 치	X:581540.07 Y:179796.73			표 고	EL(+) 69.20 M

굴진심도	32.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 19.3 M
케이싱심도	14.7 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(선사인)사유진	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
연암		20		암편상 코어회수로 절리확인 불가 Core Loss : 16.2~16.5m												
		21		*16.5~19.0m : ∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침	100	0	3~4	3~4	4~5	8	N/A	5				
		22		*19.0~22.0m : ∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침												
		23		*22.0~24.5m : ∠10° ,30° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리 및 파쇄 발달 : 22.5~23.7m Core Loss : 23.7~24.5m	68	5	3~4	3~4	4~5	12	N/A	5				
		24														
		24.50	9.80													
보통암		25		▶보통암 (24.5~30.5 M) - 편마암 - 암회색 - 심한풍화~보통풍화 - 약함~강함 - 심한균열~보통균열	100	61	2~3	2~3	4~5	15	N/A	8				
		26			100	44	2~3	2~3	4~5	16	N/A	9				
		27														
		28		*24.5~25.5m : ∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 잠재절리 발달	100	75	2~3	2~3	3~5	30	N/A	16				
		29														
		30		*25.5~27.5m : ∠10° ,65° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 방해석 피복	100	20	3~5	3~5	4~5	18	N/A	7				
		30.50	6.00													
경암		31		*27.5~29.0m : ∠10° ,30° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 잠재절리 발달	100	81	2~3	2~3	3~5	33	1	18				
		32.00	1.50													
		32		*29.0~30.5m : ∠10° ,30° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침 잠재절리 발달 차별풍화 발달 : 30.0~30.1m												
		33														
		34		▶경암 (30.5~32.0 M) - 편마암 - 암회색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 보통균열~약간균열												
		35														
		36														
		37		*30.5~32.0m : ∠30° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침												
		38														
		39														
		40														

★ 심도 32.00 M 에서 시추종료

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-299-1	조사일	2012.10.21~10.23
위 치	X:581594.09 Y:179798.96			표 고	EL(+) 68.20 M

굴진심도	26.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	6.6 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
붕적층		0														
		0.20	0.20	▶붕적층 (0.0~0.2 M) - 실트질 모래 - 갈색~황갈색 - 습윤												
풍화토		1		▶풍화토 (0.2~6.6 M) - 실트질 모래 - 갈색~황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										1.0	12/30	
		2												2.0	26/30	
		3												3.0	28/30	
		4												4.0	49/30	
		5												5.0	48/30	
		6												6.0	50/15	
		6.60	6.40													
연암		7		▶연암 (6.6~26.0 M) - 편마암 - 회갈색~암회색 - 보통풍화~신선 - 약함~매우강함 - 매우심한균열~심한균열	87	30	2-3	2-3	4	16	1	6				
		8														
		9		*6.6~9.0m : ∠20° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 8.8~9.0m	95	29	2-3	2-3	4	23	2	10				
		10														
		11		*9.0~12.0m : ∠10° ,40° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 11.9~12.0m												
		12														
		13		*12.0~15.0m : ∠10° ,40° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 12.0~12.1m 14.9~15.0m	93	33	1-3	1-3	4	23	1	8				
		14														
		15		*15.0~18.0m : ∠10° ,30° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 15.0~15.4m 15.6~16.0m 17.7~18.0m 수직절리 : 17.4~17.7m	53	11	1-3	2-4	5	11	1	5				
		16														
		17														
		18		*18.0~21.0m : ∠10° ,50° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 18.0~18.3m 20.3~20.9m	62	15	1-3	2-4	5	16	1	5				
		19														
		20														

깎 기 부 시 추 주 상 도

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-299-1	조사일	2012.10.21~10.23
위 치	X:581594.09 Y:179798.96			표 고	EL(+) 68.20 M

굴진심도	26.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신용석	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	6.6 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
연암		20		*21.0~24.0m : ∠10° ,30° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 21.0~21.4m 22.5~22.7m	62	15	1-3	2-4	5	16	1	5				
		21														
		22		*24.0~26.0m : ∠10° ,30° ,60° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 24.5~24.5m	82	13	1-3	2-4	4	21	1	6				
		23														
		24														
		25			84	39	1-3	1-3	4	22	2	8				
		26.00	19.40													
		26		* 심도 26.00 M 에서 시추종료												
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-299-2	조사일	2012.11.2~11.3
위 치	X:581739.93 Y:179664.91			표 고	EL(+) 80.00 M

굴진심도	36.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	5.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
붕적층		0														
		0.30	0.30	▶붕적층 (0.0~0.3 M) - 실트질 모래 - 담갈색~황갈색 - 습윤												
풍화토		1		▶풍화토 (0.3~5.0 M) - 실트질 모래 - 담갈색~황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										1.0	16/30	
		2												2.0	24/30	
		3												3.0	37/30	
		4												4.0	50/16	
		5.00	4.70											5.0	50/10	
풍화암		6		▶풍화암 (5.0~18.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 담갈색~황갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 18.2~18.5m : 암편상 코어 회수										6.0	50/8	
		7												7.0	50/9	
		8												8.0	50/6	
		9												9.0	50/7	
		10												10.0	50/6	
		11												11.0	50/4	
		12												12.0	50/6	
		13												13.0	50/7	
		14												14.0	50/5	
		15												15.0	50/5	
		16												16.0	50/2	
		17												17.0	50/2	
		18												18.0	50/2	
		18.50	13.50													
연암		19		▶연암 (18.5~30.0 M) - 편마암 - 회갈색~암회색	100	37	1-3	1-3	4	30	1	8				
		20														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-299-2	조사일	2012.11.2~11.3
위 치	X:581739.93 Y:179664.91			표 고	EL(+) 80.00 M

굴진심도	36.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	5.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
연암		20		- 보통풍화~신선 - 약함~매우강함 - 매우심한균열~심한균열	100	37	1-3	1-3	4	30	1	8				
		21		*18.5~21.5m : ∠10° ,30° ,60° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복												
		22														
		23		*21.5~24.5m : ∠10° ,30~40° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복	100	42	1-3	1-3	4	31	1	9				
		24														
		25		*24.5~26.5m : ∠10° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 24.5~24.7m 24.9~25.3m 25.8~26.1m 26.2~26.4m	50	20	2-3	2-4	5	14	1	5				
		26														
		27		*26.5~27.5m : ∠10° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 26.5~26.7m 27.0~27.3m	48	0	2-3	3-4	5	4	1	2				
		28			100	28	1-3	1-3	4	26	1	7				
		29		*27.5~30.0m : ∠10° ,30° ,60° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복												
		30.00	11.50													
보통암		30		▶보통암 (30.0~33.0 M)												
		31		- 편마암 - 담회색~회갈색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 심한균열	100	44	1-3	1-3	3	29	2	11				
		32														
		33.00	3.00													
경암		33		*30.0~33.0m : ∠10° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 방해석,산화철 피복												
		34			100	79	1	1-2	3	63	3	25				
		35		▶경암 (33.0~36.0 M)												
		36.00	3.00	- 편마암 - 암회색 - 신선 - 강함~매우강함 - 보통균열												
		36														
		37		*33.0~36.0m : ∠10° ,30° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침 절리면 방해석,산화철 피복												
		38														
		39														
		40		* 심도 36.00 M 에서 시추종료												

깎 기 부 시 추 주 상 도

3 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-302	조사일	2012.3.5~3.6
위 치	X:581912.76 Y:179685.53			표 고	EL(+) 88.50 M

굴진심도	48.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 24.6 M
케이싱심도	14.5 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(선사인)사유진	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
표토층		0.90	0.90	▶표토층 (0.0~0.9 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 습윤 - 자갈 크기 : 5~40mm												
풍화토		11.50	10.60	▶풍화토 (0.9~11.5 M) - 실트질 모래 - 적갈색~황갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										1.0	8/30	
														2.0	37/30	
														3.0	50/22	
														4.0	50/24	
														5.0	50/25	
														6.0	50/27	
														7.0	50/29	
														8.0	50/23	
														9.0	50/20	
														10.0	50/28	
														11.0	50/12	
풍화암		14.50	3.00	▶풍화암 (11.5~14.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색~황갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 12.7~13.0m, 13.5~14.5m : 암편상 코어 회수	100	0	-	-	-	-	-	-		12.0	50/4	
					50	0	-	-	-	-	-	-		13.0	50/4	
연암				▶연암 (14.5~22.0 M) - 편마암 - 회갈색~암회색 - 매우심한풍화~약간풍화 - 매우약함~강함 - 매우심한균열~보통균열 *14.5~16.0m : ∠10° ,80° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침~부드러움 고각의 절리 발달 : 14.6~15.6m *16.0~19.0m : ∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random	100	0	3~4	3~4	4~5	8	N/A	4				
					100	23	3~4	3~4	4~5	16	1	6				
					100	18	3	3	3~5	22	N/A	7				

깎 기 부 시 추 주 상 도

3 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-302	조사일	2012.3.5~3.6
위 치	X:581912.76 Y:179685.53			표 고	EL(+) 88.50 M

굴진심도	48.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 24.6 M
케이싱심도	14.5 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(선사인)사유진	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
연암		21		절리면 평면/부드러움~거침 세편상 코어 회수 : 16.1~16.2m 석영 다량 함유 : 18.5~18.6m *19.0~22.0m :∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침~부드러움	100	18	3	3	3~5	22	N/A	7				
		22.00	7.50														
보통암		23		▶보통암 (22.0~48.0 M) - 편마암 - 암회색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 심한균열~약간균열 *22.0~25.0m :∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 절리 및 파쇄 발달 : 22.6~22.7m	100	45	2~3	2~3	3~5	22	2	9				
		26		*25.0~28.0m :∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리 발달 : 25.7~26.0m	100	60	2~3	2~3	3~5	59	1	12				
		29		*28.0~31.0m :∠10° 1 Joint Sets 절리면 평면/거침 *31.0~34.0m :∠10° ,30° 2 Joint Sets 절리면 평면/거침	100	76	1~2	1~2	2~5	91	1	14				
		32		*34.0~37.0m :∠10° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 *37.0~40.0m :∠10° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침	100	73	2~3	2~3	3~5	47	2	17				
		35		*40.0~43.0m :∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 *43.0~46.0m :∠10° ,80° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침~파동/거침 고각의 잠재절리 발달 : 44.6~45.2m	100	63	2~3	2~3	3~5	30	2	15				
		38		*46.0~48.0m :∠10° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리 및 파쇄 발달 : 47.5~47.7m	100	53	2~3	2~3	3~5	39	4	10				
		40															

깎 기 부 시 추 주 상 도

3 매중 3

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-302	조사일	2012.3.5~3.6
위 치	X:581912.76 Y:179685.53			표 고	EL(+) 88.50 M

굴진심도	48.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 24.6 M
케이싱심도	14.5 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(선사인)사유진	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
보통암		40														
		41														
		42														
		43			100	67	2~3	2~3	3~5	29	3	10				
		44														
		45														
		46			100	70	1~2	1~2	3~5	57	1	13				
		47														
		48.00	26.00	* 심도 48.00 M 에서 시추종료	100	56	2~3	2~3	3~5	35	N/A	10				
		48														
		49														
		50														
		51														
		52														
		53														
		54														
		55														
		56														
		57														
		58														
		59														
		60														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-303	조사일	2012.3.8~3.9
위 치	X:581946.15 Y:179756.43			표 고	EL(+) 63.10 M

굴진심도	24.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	6.6 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(선사인)사유진	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)
표토층		0													
		1													
		1.60	1.60	▶표토층 (0.0~1.6 M) - 점토섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 느슨 - 습윤											
풍화토		2												1.0	6/30
		3		▶풍화토 (1.6~5.8 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										2.0	41/30
		4												3.0	23/30
		5												4.0	50/22
		5.80	4.20											5.0	50/12
풍화암		6		▶풍화암 (5.8~6.6 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유										6.0	50/9
		6.60	0.80		63	0	3~4	3~4	5	3	N/A	N/A			
연암		7													
		8			100	46	2~3	2~3	3~5	30	N/A	8			
		9		▶연암 (6.6~13.0 M) - 편마암 - 갈색~암회색 - 심한풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 매우심한균열~보통균열 *6.6~7.4m : Random 암편상 코어회수로 절리확인 불가 Core Loss : 7.1~7.4m											
		10													
		11			100	24	3~4	3~4	3~5	23	N/A	6			
		12													
		13.00	6.40	*7.4~10.0m : ∠10° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침 절리면 산화철 피복 *10.0~13.0m : ∠10° ,30° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침~부드러움 절리면 산화철 피복	100	80	1~2	1~2	2~5	70	3	19			
경암		14													
		15													
		16													
		17		▶경암 (13.0~24.0 M) - 편마암 - 암회색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 심한균열~약간균열 *13.0~16.0m : ∠10° ,30° 2 Joint Sets 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복	100	77	1~3	1~3	2~5	85	1	14			
		18													
		19													
		20			100	78	1~2	1~2	2~5	130	3	21			

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-303	조사일	2012.3.8~3.9
위 치	X:581946.15 Y:179756.43			표 고	EL(+) 63.10 M

굴진심도	24.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	6.6 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(선사안)사유진	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
경암	+ +	20		*16.0~19.0m : ∠10° ,30° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 세편상 코어 회수 : 18.5~18.7m	100	78	1~2	1~2	2~5	130	3	21				
	+ +	21														
	+ +	22		*19.0~22.0m : ∠10° ,70° 2 Joint Sets 절리면 평면/거침	100	83	1~2	1~2	3~5	35	1	11				
	+ +	23		*22.0~24.0m : ∠10° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침~파동/거침												
	+ +	24.00	11.00	* 심도 24.00 M 에서 시추종료												
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-303-1	조사일	2012.11.3~11.4
위 치	X:582061.17 Y:179670.60			표 고	EL(+) 68.50 M

굴진심도	31.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	14.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
붕적층		0.30	0.30	▶붕적층 (0.0~0.3 M) - 실트질 모래 - 갈색~황갈색 - 습윤										1.0	11/30	
풍화토		14.00	13.70	▶풍화토 (0.3~14.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										2.0	42/30	
풍화암		20.50	6.50	▶풍화암 (14.0~20.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~황갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 14.3~15.3m, 15.7~16.2m, 17.5~18.7m : 암편상 코어 회수										3.0	50/30	
														4.0	50/28	
														5.0	50/24	
														6.0	50/15	
														7.0	50/16	
														8.0	50/10	
														9.0	50/15	
														10.0	50/17	
														11.0	50/14	
														12.0	50/19	
														13.0	50/12	
														14.0	50/9	
														15.0	50/3	
														16.0	50/2	
														17.0	50/2	
														18.0	50/2	
														19.0	50/5	
														20.0	50/5	

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-303-1	조사일	2012.11.3~11.4
위 치	X:582061.17 Y:179670.60			표 고	EL(+) 68.50 M

굴진심도	31.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	14.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
풍화암		20.50	6.50											20.0	50/5	
연암		23.50	3.00	▶연암 (20.5~23.5 M) - 편마암 - 회갈색~담회색 - 심한풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 심한균열 *20.5~23.5m : ∠10° ,40° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 21.3~21.4m : 절리면 점토 충진 Core Loss : 20.5~20.8m 23.3~23.5m	82	34	2-4	2-4	4	25	1	8				
보통암		28.50	5.00	▶보통암 (23.5~28.5 M) - 편마암 - 담회색~회갈색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 심한균열 *23.5~26.5m : ∠10° ,50° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 26.4~26.5m	98	46	1-3	1-3	4	36	2	13				
경암		31.00	2.50	▶경암 (28.5~31.0 M) - 편마암 - 암회색 - 신선 - 강함~매우강함 - 심한균열 *28.5~31.0m : ∠10° ,50° ,80° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 방해석 피복 * 심도 31.00 M 에서 시추종료	100	48	1-2	1-3	4	28	1	12				
					96	68	1	1-2	4	34	2	14				

깎 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-304-1	조사일	2012.10.31~11.1
위 치	X:582442.67 Y:179670.50			표 고	EL(+) 36.50 M

굴진심도	14.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 8.1 M
케이싱심도	5.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
풍화토		0		▶풍화토 (0.0~5.0 M) - 실트질 모래 - 갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										1.0	14/30	
		1												2.0	30/30	
		2												3.0	45/30	
		3												4.0	50/12	
		4												5.0	50/9	
		5.00	5.00											6.0	50/7	
풍화암		5		▶풍화암 (5.0~11.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 10.6~11.0m : 암편상 코어 회수										7.0	50/2	
		6												8.0	50/2	
		7												9.0	50/4	
		8												10.0	50/2	
		9														
		10														
		11.00	6.00													
연암층		11		▶연암층 (11.0~14.3 M) - 편마암 - 회갈색 - 보통풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 매우심한~보통균열 *11.0~14.3m : ∠10° ,40° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 방해석,산화철 피복 12.5~12.8m, 13.8~14.0m : Core Loss * 심도 14.30 M 에서 시추종료	78	24	2-3	2-4	3-5	13	1	5				
		12														
		13														
		14														
		14.30	3.30													
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

깎 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-305-7	조사일	2012.12.6~12.6
위 치	X:582884.68 Y:179480.51			표 고	EL(+) 17.60 M

굴진심도	14.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 7.0 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
전답토		0														
		0.80	0.80	▶전답토 (0.0~0.8 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 습윤 - 자갈 직경:30~60mm												
풍화토		1		▶풍화토 (0.8~7.0 M) - 실트질모래 - 황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤										1.0	15/30	
		2												2.0	34/30	
		3												3.0	50/26	
		4												4.0	50/22	
		5												5.0	50/18	
		6												6.0	50/13	
		7.00	6.20											7.0	50/7	
풍화암		7		▶풍화암 (7.0~11.3 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 9.5~11.3m:세편~암편상 코어 회수										8.0	50/8	
		8												9.0	50/6	
		9												10.0	50/7	
		10												11.0	50/5	
		11														
		11.30	4.30													
연암층		12		▶연암층 (11.3~14.3 M) - 편마암 - 암회색 - 심한풍화~보통풍화 - 약함 - 매우심한균열~보통균열	100	35	3-4	4	3-5	16	1	8				
		13														
		14														
		14.30	3.00	*11.3~14.3m 2Joint Set(45°,80°)+Random 절리면 파동/거침, 부분적 산화철 피복, 모래 및 암편 충전 미세절리 및 잠재절리 발달												
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20		* 심도 14.30 M 에서 시추종료												

1.5 쌍기부 주상도

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-243-1	조사일	2012.4.20~4.20
위 치	X:573422.17 Y:181584.05			표 고	EL(+) 27.50 M

굴진심도	18.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	송경렬	지하수위	GL(-) 8.7 M
케이싱심도	18.0 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0.40	0.40	▶매립층 (0.0~0.4 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤										1.0	3/30	
풍화토		18.00	17.60	▶풍화토 (0.4~18.0 M) - 암편섞인 실트질 모래 - 황갈색~암갈색 - 습윤 - 매우느슨~매우조밀 ★ 심도 18.00 M 에서 시추종료										2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0 11.0 12.0 13.0 14.0 15.0 16.0 17.0 18.0	20/30 23/30 15/30 22/30 22/30 23/30 24/30 24/30 23/30 24/30 25/30 24/30 25/30 27/30 30/30 50/27 50/22	

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-244	조사일	2012.3.30~3.30
위 치	X:573801.00 Y:181517.98			표 고	EL(+) 18.70 M

굴진심도	10.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김선우	지하수위	GL(-) 2.5 M
케이싱심도	10.0 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		1.00	1.00	▶매립층 (0.0~1.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤										1.0	10/30	
풍화토		10.00	9.00	▶풍화토 (1.0~10.0 M) - 암편섞인 실트질 모래 - 황갈색~암갈색 - 습윤 - 느슨~매우조밀										2.0	12/30	
														3.0	22/30	
														4.0	23/30	
														5.0	17/30	
														6.0	10/30	
														7.0	12/30	
														8.0	46/30	
														9.0	50/20	
				* 심도 10.00 M 에서 시추종료										10.0	50/17	

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-245	조사일	2012.3.30~3.30
위 치	X:574258.01 Y:181336.48			표 고	EL(+) 12.50 M

굴진심도	16.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김선우	지하수위	GL(-) 4.3 M
케이싱심도	16.0 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(씨지)최석중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값(회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~3.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색~암갈색 - 습윤 - 느슨~보통조밀 - 자갈 크기 : 5~30mm내외										1.0	5/30	
		1												2.0	9/30	
		2												3.0	11/30	
		3														
		3.50	3.50													
풍화토		4		▶풍화토 (3.5~16.0 M) - 암편섞인 실트질 모래 - 황갈색~암갈색 - 습윤 - 느슨~매우조밀										4.0	8/30	
		5												5.0	10/30	
		6												6.0	8/30	
		7												7.0	11/30	
		8												8.0	12/30	
		9												9.0	13/30	
		10												10.0	16/30	
		11												11.0	24/30	
		12												12.0	26/30	
		13												13.0	29/30	
		14												14.0	43/30	
		15												15.0	50/23	
		16.00	12.50													
		16		* 심도 16.00 M 에서 시추종료										16.0	50/21	
		17														
		18														
		19														
		20														

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-267-1	조사일	2012.11.2~11.2
위 치	X:577233.62 Y:181131.64			표 고	EL(+) 21.20 M

굴진심도	8.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박재봉	지하수위	GL(-) 2.1 M
케이싱심도	6.0 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(다이크)김민중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0.80	0.80	▶매립층 (0.0~0.8 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤 - 부분적으로 잔자갈 함유										1.0	4/30	
풍화토		8.00	7.20	▶풍화토 (0.8~8.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤										2.0	6/30	
														3.0	10/30	
														4.0	19/30	
														5.0	29/30	
														6.0	50/29	
														7.0	50/21	
														8.0	50/14	
				* 심도 8.00 M 에서 시추종료												

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-268	조사일	2012.3.28~3.28
위 치	X:577434.22 Y:181160.62			표 고	EL(+) 17.50 M

굴진심도	14.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 4.5 M
케이싱심도	13.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		1.00	1.00	▶매립층 (0.0~1.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 습윤 - 자갈 크기 : 2.0~30.0mm										1.0	7/30	
퇴적층		2.50	1.50	▶퇴적층 (1.0~2.5 M) - 실트질 점토 - 갈색 - 보통견고 - 습윤										2.0	8/30	
붕적층		3.30	0.80	▶붕적층 (2.5~3.3 M) - 모래섞인 실트질 점토 - 갈색 - 견고 - 습윤										3.0	10/30	
풍화토		14.00	10.70	▶풍화토 (3.3~14.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤										4.0	8/30	
														5.0	10/30	
														6.0	9/30	
														7.0	9/30	
														8.0	10/30	
														9.0	11/30	
														10.0	19/30	
														11.0	23/30	
														12.0	50/24	
														13.0	50/19	
														14.0	50/15	
				* 심도 14.00 M 에서 시추종료												

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-269	조사일	2012.11.28~11.28
위 치	X:577591.00 Y:181223.00			표 고	EL(+) 16.50 M

굴진심도	7.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 1.1 M
케이싱심도	7.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
전답토		0		▶전답토 (0.0~1.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 습윤 - 유기물 함유												
		1.00	1.00											1.0	11/30	
풍화토		2		▶풍화토 (1.0~7.0 M) - 실트질 모래 - 담갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										2.0	17/30	
		3												3.0	22/30	
		4												4.0	27/30	
		5												5.0	47/30	
		6												6.0	50/12	
		7.00	6.00	* 심도 7.00 M 에서 시추종료										7.0	50/10	
		8														
		9														
		10														
		11														
		12														
		13														
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-274	조사일	2012.11.28~11.29
위 치	X:578274.00 Y:181196.00			표 고	EL(+) 8.40 M

굴진심도	8.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 3.2 M
케이싱심도	7.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		1.80	1.80	▶매립층 (0.0~1.8 M) - 실트섞인 모래질 자갈 - 암갈색 - 매우조밀 - 습윤										1.0	50/5	
매립층		2.50	0.70	▶매립층 (1.8~2.5 M) - 점토질 모래 - 암갈색 - 느슨 - 습윤										2.0	7/30	
퇴적층		5.90	3.40	▶퇴적층 (2.5~5.9 M) - 자갈질 모래 - 담회색 - 보통조밀~조밀 - 젖음										3.0	10/30	
풍화토		7.00	1.10	▶풍화토 (5.9~7.0 M) - 실트질 모래 - 담회색 - 매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										4.0	15/30	
풍화암		8.00	1.00	▶풍화암 (7.0~8.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 담회색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 * 심도 8.00 M 에서 시추종료										5.0	50/22	
														6.0	50/30	
														7.0	50/5	
														8.0	50/2	

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-275	조사일	2012.3.29~3.29
위 치	X:578423.04 Y:181133.91			표 고	EL(+) 9.00 M

굴진심도	10.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 2.2 M
케이싱심도	9.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림
매립층		1.50	1.50	▶매립층 (0.0~1.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 느슨 - 습윤 - 자갈 크기 : 2.0~20.0mm									
퇴적층		3.50	2.00	▶퇴적층 (1.5~3.5 M) - 모래섞인 실트질 점토 - 갈색 - 보통견고 - 습윤~젖음									
붕적층		7.40	3.90	▶붕적층 (3.5~7.4 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 조밀~매우조밀 - 젖음 - 자갈 크기 : 2.0~40.0mm									
풍화암		9.00	1.60	▶풍화암 (7.4~9.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유									
연암		10.00	1.00	▶연암 (9.0~10.0 M) - 편마암 - 갈색~담회색 - 심한풍화~보통풍화 - 약함~보통강함 - 매우심한균열 *9.0~10.0m : ∠10° ,30° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 파동/완만~거침 절리 및 파쇄 발달 : 9.0~9.15m * 심도 10.00 M 에서 시추종료	100	0	3~4	3~4	5	6	NA	2	

표준관입시험 Standard Penetration Test

심도	N값 (회/cm)
1.0	7/30
2.0	8/30
3.0	7/30
4.0	40/30
5.0	35/30
6.0	50/23
7.0	50/25
8.0	50/6

N blow (0 10 20 30 40 50)

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-276	조사일	2012.3.29~3.29
위 치	X:578707.03 Y:181038.63			표 고	EL(+) 14.00 M

굴진심도	15.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 8.1 M
케이싱심도	14.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~7.4 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 느슨~조밀 - 습윤 - 자갈 크기 : 2.0~50.0mm										1.0	8/30	
		1												2.0	12/30	
		2												3.0	9/30	
		3												4.0	16/30	
		4												5.0	31/30	
		5												6.0	19/30	
		6												7.0	27/30	
		7	7.40													
퇴적층		8		▶퇴적층 (7.4~10.0 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 연약~견고 - 습윤~젖음										8.0	9/30	
		9												9.0	4/30	
		10	10.00 2.60											10.0	14/30	
퇴적층		11		▶퇴적층 (10.0~12.7 M) - 자갈질 모래 - 갈색 - 보통조밀~조밀 - 젖음 - 자갈 크기 : 2.0~45.0mm										11.0	11/30	
		12	12.70 2.70											12.0	40/30	
풍화토		13		▶풍화토 (12.7~15.0 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유										13.0	50/23	
		14												14.0	50/15	
		15	15.00 2.30	* 심도 15.00 M 에서 시추종료										15.0	50/12	
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-277	조사일	2012.3.28~3.28
위 치	X:578955.75 Y:180973.77			표 고	EL(+) 7.40 M

굴진심도	10.6 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 1.4 M
케이싱심도	9.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		1.50	1.50	▶매립층 (0.0~1.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 느슨 - 습윤~젖음 - 자갈 크기 : 2.0~50.0mm										1.0	8/30	
퇴적층		5.00	3.50	▶퇴적층 (1.5~5.0 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 연약~보통견고 - 습윤~젖음 - 자연시료채취 : 3.0~3.8m										2.0	5/30	
퇴적층		7.60	2.60	▶퇴적층 (5.0~7.6 M) - 모래 - 담회색 - 보통조밀 - 젖음 - 부분적 자갈 함유 - 자갈 크기 : 2.0~40.0mm										3.0	3/30	
풍화토		9.50	1.90	▶풍화토 (7.6~9.5 M) - 실트질 모래 - 갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유										4.0	3/30	
풍화암		10.60	1.10	▶풍화암 (9.5~10.6 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유										5.0	19/30	
				* 심도 10.60 M 에서 시추종료										6.0	20/30	
														7.0	26/30	
														8.0	50/11	
														9.0	50/15	
														10.0	50/6	

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-291-1	조사일	2012.11.22~11.22
위 치	X:580950.89 Y:180819.36			표 고	EL(+) 6.20 M

굴진심도	12.8 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	황현진	지하수위	GL(-) 1.2 M
케이싱심도	9.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림
전답토		0											
퇴적층		0.20	0.20	▶전답토 (0.0~0.2 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 습윤									
퇴적층		3.40	3.20	▶퇴적층 (0.2~3.4 M) - 실트질 모래 - 중립~조립질 모래 - 암갈색 - 느슨 - 습윤									
퇴적층		9.80	6.40	▶퇴적층 (3.4~9.8 M) - 모래질 자갈 - 암회색~담회색 - 보통조밀 - 습윤 - 자갈크기:10~60mm - 세편~암편상 코어회수:8.9~9.8m									
연암층		12.80	3.00	▶연암층 (9.8~12.8 M) - 편마암 - 암회색~담회색 - 보통풍화 - 보통강함~강함 - 매우심한~보통균열 *9.8~12.8m 3Joint Set+Random(15°,45°,90°) 미세절리 및 잠재절리로 파쇄발달 절리면 파동/거침 암편상 코어회수:9.9~10.2m Random 절리:10.3~10.5m,11.2~11.3m 2Joint Set(0°,45°):11.5~11.7m Core Loss:9.8~9.9m * 심도 12.80 M 에서 시추종료	93	11	2	2-3	3-5	22	N/A	6	

표준관입시험 Standard Penetration Test

심도	N값 (회/cm)	N blow (0 10 20 30 40 50)
1.0	5/30	
2.0	3/30	
3.0	4/30	
4.0	19/30	
5.0	17/30	
6.0	16/30	
7.0	17/30	
8.0	18/30	

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-291-2	조사일	2012.11.23~11.23
위 치	X:580964.33 Y:181035.48			표 고	EL(+) 5.10 M

굴진심도	11.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	황현진	지하수위	GL(-) 1.6 M
케이싱심도	8.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림
전답토		0.20	0.20	▶전답토 (0.0~0.2 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 습윤									
퇴적층		3.20	3.00	▶퇴적층 (0.2~3.2 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 세립~중립질 모래 - 갈색 - 느슨 - 습윤 - 자갈크기:10mm - 3.0m하부 점토성분 혼재									
퇴적층		8.00	4.80	▶퇴적층 (3.2~8.0 M) - 모래질 자갈 - 중립~조립질 모래 - 회색 - 보통조밀~조밀 - 습윤 - 자갈크기:10~50mm - 세편~암편상 코어회수:7.0~8.0m									
연암층		11.00	3.00	▶연암층 (8.0~11.0 M) - 편마암 - 암회색~담회색 - 약간풍화 - 강함 - 매우심한~보통균열 *8.0~11.0m 3Joint Set(15°,45°,70°) 절리면 파동/거침~파동/부드러움 고각절리:8.6~8.8m 수평절리:10.6~10.8m Core Loss:8.0~8.2m * 심도 11.00 M 에서 시추종료	87	37	2	2	3-5	18	1	9	

표준관입시험 Standard Penetration Test

심도	N값 (회/cm)
1.0	4/30
2.0	5/30
3.0	4/30
4.0	19/30
5.0	24/30
6.0	30/30
7.0	39/30

N blow 0 10 20 30 40 50

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-298	조사일	2012.11.20~11.20
위 치	X:581262.00 Y:179929.00			표 고	EL(+) 23.10 M

굴진심도	10.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 2.1 M
케이싱심도	7.5 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림
풍적층		0		▶풍적층 (0.0~7.5 M) - 실트섞인 자갈질 모래 - 갈색~암갈색 - 매우조밀 - 습윤~젖음 - 유기물 함유									
		1											
		2											
		3											
		4											
		5											
		6											
		7											
		7.50	7.50										
연암층		8		▶연암층 (7.5~10.5 M) - 편마암 - 담회색 - 보통풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 매우심한~보통균열 *7.5~10.5m : ∠10° ,50° 2 Joint Sets 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 절리면 산화철 피복 Core Loss : 7.5~8.0m	81	30	1-3	1-3	3-5	16	1	9	
		9											
		10											
		10.50	3.00										
		11		* 심도 10.50 M 에서 시추종료									
		12											
		13											
		14											
		15											
		16											
		17											
		18											
		19											
		20											

표준관입시험 Standard Penetration Test

심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
1.0	50/12	
2.0	50/6	
3.0	50/4	
4.0	50/6	
5.0	50/7	
6.0	50/21	
7.0	50/8	

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-304	조사일	2012.11.29~11.29
위 치	X:582302.00 Y:179692.00			표 고	EL(+) 27.00 M

굴진심도	5.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 0.5 M
케이싱심도	1.8 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
전답토		0														
		0.70	0.70	▶전답토 (0.0~0.7 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 젖음 - 유기물 함유												
붕적층		1												1.0	10/30	
		1.80	1.10	▶붕적층 (0.7~1.8 M) - 점토섞인 실트질 모래 - 암회색 - 보통조밀 - 습윤~젖음 - 1.7~1.8m : 자갈 우세	84	25	2-3	2-4	3-5	15	1	5				
연암층		2														
		3														
		4														
		5.00	3.20	▶연암층 (1.8~5.0 M) - 편마암 - 담회색~회갈색 - 보통풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 매우심한~보통균열 *1.8~5.0m : ∠10° ,40° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 1.8~2.0m 3.4~3.5m 4.8~5.0m * 심도 5.00 M 에서 시추종료											
		6														
		7														
		8														
		9														
		10														
		11														
		12														
		13														
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

표준관입시험 Standard Penetration Test

N blow: 0 10 20 30 40 50

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-305-4	조사일	2012.12.6~12.6
위 치	X:583068.83 Y:179469.54			표 고	EL(+) 8.80 M

굴진심도	12.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 2.1 M
케이싱심도	9.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		1.60	1.60	▶매립층 (0.0~1.6 M) - 실트질 모래 - 암회색 - 느슨 - 습윤										1.0	7/30	
퇴적층		3.00	1.40	▶퇴적층 (1.6~3.0 M) - 자갈 - 회색 - 매우조밀 - 습윤 - 자갈 직경:10~50mm										2.0	50/5	
퇴적층		5.00	2.00											3.0	5/30	
퇴적층		5.60	0.60	▶퇴적층 (3.0~5.0 M) - 점토 - 암회색 - 보통견고 - 습윤 - 자연시료채취:4.0~4.8m										4.0	6/30	
퇴적층		6.80	1.20											5.0	10/30	
퇴적층		9.00	2.20	▶퇴적층 (5.0~5.6 M) - 자갈질 모래 - 암회색~황갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 자갈 직경:10~30mm										6.0	2/30	
풍화암		12.00	3.00	▶퇴적층 (5.6~6.8 M) - 점토 - 암회색 - 매우연약~연약 - 습윤										7.0	16/30	
				▶퇴적층 (6.8~9.0 M) - 자갈질 모래 - 암회색~황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤										8.0	50/19	
				▶풍화암 (9.0~12.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 습윤 - 10.0~12.0m:세편상 코어 회수 * 심도 12.00 M 에서 시추종료										9.0	50/7	
														10.0	50/5	
														11.0	50/3	
														12.0	50/3	

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-307	조사일	2012.11.18~11.18
위 치	X:583196.43 Y:179406.51			표 고	EL(+) 8.40 M

굴진심도	13.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김태환	지하수위	GL(-) 4.0 M
케이싱심도	12.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~3.5 M) - 자갈 및 점토섞인 실트질 모래 - 갈색~황갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 자갈직경 : 10~30mm - 본 : 0.0~0.2m												
		1												1.0	8/30	
		2												2.0	23/30	
		3												3.0	7/30	
		3.50	3.50													
퇴적층		4		▶퇴적층 (3.5~5.0 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 매우연약 - 습윤										4.0	2/30	
		5.00	1.50											5.0	4/30	
퇴적층		6		▶퇴적층 (5.0~7.0 M) - 모래섞인 실트질 점토 - 암회색 - 보통견고 - 습윤										6.0	6/30	
		7.00	2.00											7.0	8/30	
퇴적층		8.00	1.00											8.0	9/30	
퇴적층		9		▶퇴적층 (7.0~8.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 느슨 - 습윤										9.0	13/30	
		10.00	2.00											10.0	50/16	
풍화토		11.00	1.00	▶퇴적층 (8.0~10.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 자갈크기 : 10~30mm										11.0	50/10	
풍화암		12												12.0	50/5	
		13.00	2.00											13.0	50/2	
		14		▶풍화토 (10.0~11.0 M) - 실트질 모래 - 조립질 모래 - 황갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 부분적으로 암편 혼재												
		15														
		16		▶풍화암 (11.0~13.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 습윤												
		17														
		18														
		19														
		20		* 심도 13.00 M 에서 시추종료												

쌓 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-314-2	조사일	2012.11.17~11.17
위 치	X:583629.81 Y:179375.16			표 고	EL(+) 9.80 M

굴진심도	20.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김태환	지하수위	GL(-) 7.0 M
케이싱심도	17.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)
매립층		0		▶매립층 (0.0~7.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색~암흑색 - 느슨~매우조밀 - 습윤 - 자갈직경 : 10~30mm - 전석 : 4.0~4.5m										1.0	6/30
		1												2.0	12/30
		2												3.0	20/30
		3												4.0	50/1
		4												5.0	8/30
		5												6.0	6/30
		6												7.0	7/30
		7	7.50	7.50											
퇴적층		8		▶퇴적층 (7.5~10.5 M) - 실트 - 암회색 - 연약~보통견고 - 습윤										8.0	5/30
		9												9.0	4/30
		10												10.0	5/30
		10.50	3.00												
퇴적층		11		▶퇴적층 (10.5~16.8 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 중립~조립질 모래 - 갈색~황갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 자갈직경 : 10~50mm										11.0	8/30
		12												12.0	10/30
		13												13.0	7/30
		14												14.0	9/30
		15												15.0	13/30
		16												16.0	17/30
		16.80	6.30												
풍화암		17		▶풍화암 (16.8~17.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 습윤	91	7	3	2~3	3~5	22	1	7			
		17.00	0.20												
연암		18		▶연암 (17.0~20.0 M)											
		19													
		20.00	3.00												
		20													

쌓 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-314-2	조사일	2012.11.17~11.17
위 치	X:583629.81 Y:179375.16			표 고	EL(+) 9.80 M

굴진심도	20.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	김태환	지하수위	GL(-) 7.0 M
케이싱심도	17.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(씨지)유창균	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
		20		- 편마암 - 암회색 - 보통풍화 - 보통강함~강함 - 매우심한~심한균열 *17.0~20.0m 2Joint Set(45°, 90°) 미세절리 및 잠재절리로 파쇄발달 세편~암편상 코어 회수 절리면 파동/거칭, 산화 파쇄대:17.1~17.5m, 18.6~18.7m 19.6~19.9m Core Loss:17.0~17.1m, 17.5~17.6m 19.9~20.0m * 심도 20.00 M 에서 시추종료											
		21														
		22														
		23														
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

1.6 기타구조물 주상도

기 타 구 조 물 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-305-6	조사일	2012.11.7~11.7
위 치	X:582752.19 Y:179555.25	구조물	수로박스	표 고	EL(+) 14.30 M

굴진심도	12.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 3.8 M
케이싱심도	9.3 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림
매립층		4.30	4.30	▶매립층 (0.0~4.3 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색~갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤~젖음									
퇴적층		6.10	1.80	▶퇴적층 (4.3~6.1 M) - 점토질 모래 - 암회색 - 느슨 - 젖음									
퇴적층		9.30	3.20	▶퇴적층 (6.1~9.3 M) - 실트섞인 모래질 자갈 - 갈색 - 조밀~매우조밀 - 습윤 - 8.0~9.3m : 자갈 우세									
연암층		12.50	3.20	▶연암층 (9.3~12.5 M) - 편마암 - 담회색~회갈색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 매우심한균열 *9.3~10.5m : ∠10° ,40° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 수직절리 : 10.2~10.4m *10.5~12.5m : ∠10° ,30° ,70° 3 Joint Sets+Random 절리면 평면/거침 절리면 산화철 피복 Core Loss : 10.5~10.7m 12.4~12.5m * 심도 12.50 M 에서 시추종료	100	10	3	3	5	13	1	4	
					91	21	2-3	2-3	5	15	1	5	

표준관입시험 Standard Penetration Test

심도	N값 (회/cm)
1.0	9/30
2.0	11/30
3.0	7/30
4.0	9/30
5.0	7/30
6.0	5/30
7.0	33/30
8.0	50/2
9.0	50/10

N blow 0 10 20 30 40 50

1.7 관리동 주상도

관 리 동 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-287-1	조사일	2012.11.15~11.15
위 치	X:580646.00 Y:180725.00	구조물	관리동	표 고	EL(+) 6.90 M

굴진심도	12.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 1.0 M
케이싱심도	9.5 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림
매립층		2.50	2.50	▶매립층 (0.0~2.5 M) - 자갈섞인 점토질 모래 - 암갈색~갈색 - 느슨 - 습윤~젖음									
퇴적층		3.50	1.00	▶퇴적층 (2.5~3.5 M) - 실트질 점토 - 암회색 - 연약~보통견고 - 젖음									
퇴적층		6.10	2.60	▶퇴적층 (3.5~6.1 M) - 중-조립트질 모래 - 담회색~갈색 - 느슨 - 젖음									
퇴적층		8.30	2.20	▶퇴적층 (6.1~8.3 M) - 자갈 - 갈색 - 보통조밀~조밀 - 젖음									
풍화암		9.50	1.20	▶풍화암 (8.3~9.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유	100	27	2-3	2-3	4	42	1	8	
연암층		12.50	3.00	▶연암층 (9.5~12.5 M) - 편마암 - 담회색 - 보통풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 심한균열 *9.5~12.5m : ∠10° ,40° ,70° 3 Joint Sets 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 절리면 산화철 피복 * 심도 12.50 M 에서 시추종료									

표준관입시험 Standard Penetration Test 심도	N값 (회/cm)
1.0	6/30
2.0	4/30
3.0	4/30
4.0	6/30
5.0	5/30
6.0	8/30
7.0	26/30
8.0	46/30
9.0	50/7

N blow 0 10 20 30 40 50

1.8 미적용 주상도

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-253	조사일	2012.3.6~3.6
위 치	X:575190.00 Y:180868.00			표 고	EL(+) 38.70 M

굴진심도	10.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 2.5 M
케이싱심도	5.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
붕적층		0												1.0	11/30	
		1		▶붕적층 (0.0~1.8 M) - 자갈섞인 점토질 모래 - 갈색 - 보통조밀 - 습윤 - 자갈 크기 : 2.0~30.0mm										2.0	20/30	
		1.80	1.80													
풍화토		2		▶풍화토 (1.8~5.0 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 보통조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										3.0	24/30	
		3														
		4												4.0	28/30	
		5.00	3.20											5.0	50/8	
풍화암		6		▶풍화암 (5.0~10.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 암편상 코어 회수 : 8.0~10.0m	20	0	-	-	-	-	-	-		6.0	50/6	
		7												7.0	50/5	
		8												8.0	50/7	
		9												9.0	50/5	
		10.00	5.00	* 심도 10.00 M 에서 시추종료										10.0	50/5	
		11														
		12														
		13														
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

깎 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-254	조사일	2012.3.7~3.7
위 치	X:575545.00 Y:180173.00			표 고	EL(+) 62.40 M

굴진심도	20.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) - M
케이싱심도	19.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
붕적층		0														
		0.50	0.50	▶붕적층 (0.0~0.5 M) - 자갈섞인 점토질모래 - 갈색 - 습윤												
		1												1.0	17/30	
		2												2.0	16/30	
		3												3.0	19/30	
		4												4.0	14/30	
		5												5.0	9/30	
		6												6.0	12/30	
		7												7.0	16/30	
		8												8.0	18/30	
		9												9.0	15/30	
풍화토		10		▶풍화토 (0.5~20.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 차별풍화에 의한 연경의 교호											10.0	13/30	
		11												11.0	11/30	
		12												12.0	20/30	
		13												13.0	18/30	
		14												14.0	19/30	
		15												15.0	15/30	
		16												16.0	16/30	
		17												17.0	19/30	
		18												18.0	20/30	
		19												19.0	23/30	
		20.00	19.50											20.0	25/30	

* 심도 20.00 M 에서 시추종료

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-254-1	조사일	2012.10.30~10.30
위 치	X:575637.80 Y:180853.84			표 고	EL(+) 27.50 M

굴진심도	9.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박재봉	지하수위	GL(-) 0.8 M
케이싱심도	6.0 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(다이크)김민중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
전답토		0.50	0.50	▶전답토 (0.0~0.5 M) - 점토질 세립 모래 - 암회색 - 젖음												
붕적층		3.60	3.10	▶붕적층 (0.5~3.6 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 느슨~보통조밀 - 젖음 - 부분적 잔자갈 함유										1.0 2.0 3.0	5/30 7/30 15/30	
풍화토		5.80	2.20	▶풍화토 (3.6~5.8 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 조밀~매우조밀 - 습윤										4.0 5.0	41/30 50/22	
풍화암		9.00	3.20	▶풍화암 (5.8~9.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 황갈색 - 매우조밀 - 습윤 * 심도 9.00 M 에서 시추종료										6.0 7.0 8.0 9.0	50/10 50/9 50/7 50/3	

깎 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-255	조사일	2012.10.31~10.31
위 치	X:575860.58 Y:180845.82			표 고	EL(+) 37.40 M

굴진심도	17.6 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박재봉	지하수위	GL(-) 4.0 M
케이싱심도	2.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(다이크)김민중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
표토층		0														
		0.30	0.30	▶표토층 (0.0~0.3 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤												
풍화토		1		▶풍화토 (0.3~12.8 M) - 실트질 모래 - 황갈색~암갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤										1.0	17/30	
		2												2.0	23/30	
		3												3.0	43/30	
		4												4.0	46/30	
		5												5.0	44/30	
		6												6.0	50/28	
		7												7.0	50/27	
		8												8.0	50/25	
		9												9.0	50/24	
		10												10.0	50/22	
		11												11.0	50/23	
		12												12.0	50/25	
		12.80	12.50													
풍화암		13		▶풍화암 (12.8~17.6 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 습윤										13.0	50/9	
		14												14.0	50/8	
		15												15.0	50/7	
		16												16.0	50/4	
		17												17.0	50/4	
		17.60	4.80													
		18		* 심도 17.60 M 에서 시추종료												
		19														
		20														

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-255-1	조사일	2012.10.31~10.31
위 치	X:576060.06 Y:180854.91			표 고	EL(+) 26.90 M

굴진심도	15.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박재봉	지하수위	GL(-) 1.2 M
케이싱심도	6.0 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(다이크)김민중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
전답토		0		▶전답토 (0.0~1.6 M) - 점토질 모래 - 세립질 모래 - 암갈색 - 매우느슨 - 젖음										1.0	2/30	
		1												2.0	4/30	
		1.60	1.60											3.0	5/30	
붕적층		2		▶붕적층 (1.6~2.6 M) - 자갈질 모래 - 암갈색 - 매우느슨~느슨 - 젖음 - 부분적 실트 함유										4.0	8/30	
		2.60	1.00											5.0	11/30	
		3												6.0	16/30	
		4												7.0	23/30	
		5												8.0	23/30	
		6		▶풍화토 (2.6~15.0 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤										9.0	26/30	
		7												10.0	21/30	
		8												11.0	25/30	
		9												12.0	15/30	
		10												13.0	50/21	
		11												14.0	50/24	
풍화토		12												15.0	50/26	
		13														
		14														
		15.00	12.40	* 심도 15.00 M 에서 시추종료												
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

깎 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-255-2	조사일	2012.10.31~10.31
위 치	X:576259.09 Y:180879.36			표 고	EL(+) 37.40 M

굴진심도	15.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박재봉	지하수위	GL(-) 6.0 M
케이싱심도	2.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(다이크)김민중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값(회/cm)	표준관입시험 N blow
표토층		0														
		0.50	0.50	▶표토층 (0.0~0.5 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤												
풍화토		1		▶풍화토 (0.5~9.8 M) - 실트질 모래 - 담갈색~암갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤										1.0	8/30	
		2												2.0	14/30	
		3												3.0	22/30	
		4												4.0	36/30	
		5												5.0	48/30	
		6												6.0	50/25	
		7												7.0	50/22	
		8												8.0	50/19	
		9												9.0	50/23	
		9.80	9.30													
풍화암		10		▶풍화암 (9.8~15.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 부분적으로 암편 함유										10.0	50/9	
		11												11.0	50/8	
		12												12.0	50/8	
		13												13.0	50/6	
		14												14.0	50/6	
		15												15.0	50/6	
		15.50	5.70													
		16		* 심도 15.50 M 에서 시추종료												
		17														
		18														
		19														
		20														

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-255-3	조사일	2012.11.1~11.1
위 치	X:576421.49 Y:180910.67			표 고	EL(+) 26.90 M

굴진심도	9.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박재봉	지하수위	GL(-) 1.4 M
케이싱심도	6.0 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(다이크)김민중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0														
		1														
		1.50	1.50	▶매립층 (0.0~1.5 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 매우느슨 - 습윤										1.0	2/30	
전답토		2												2.0	2/30	
		3												3.0	5/30	
		3.60	2.10	▶전답토 (1.5~3.6 M) - 점토질 모래 - 암갈색~암회색 - 매우느슨~느슨 - 젖음										4.0	38/30	
풍화토		4														
		5												5.0	50/20	
		5.60	2.00	▶풍화토 (3.6~5.6 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적으로 암편 함유										6.0	50/7	
풍화암		6														
		7												7.0	50/9	
		8												8.0	50/8	
		9.00	3.40	▶풍화암 (5.6~9.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 황갈색 - 매우조밀 - 습윤 * 심도 9.00 M 에서 시추종료										9.0	50/6	
		9														
		10														
		11														
		12														
		13														
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-256	조사일	2012.3.6~3.6
위 치	X:576159.00 Y:180484.00			표 고	EL(+) 36.50 M

굴진심도	12.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 4.0 M
케이싱심도	8.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0														
		1		▶매립층 (0.0~2.6 M) - 자갈석인 모래질 점토 - 암회색 - 보통견고~견고 - 습윤 - 자갈 크기 : 2.0~30.0mm										1.0	10/30	
		2												2.0	8/30	
		2.60	2.60													
붕적층		3		▶붕적층 (2.6~5.5 M) - 자갈섞인 모래질 점토 - 갈색 - 연약~매우견고 - 습윤~젖음 - 자갈 크기 : 2.0~40.0mm										3.0	3/30	
		4												4.0	3/30	
		5												5.0	19/30	
		5.50	2.90													
풍화토		6		▶풍화토 (5.5~7.0 M) - 실트질 모래 - 갈색 - 보통조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										6.0	29/30	
		7.00	1.50											7.0	50/10	
풍화암		8		▶풍화암 (7.0~12.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유										8.0	50/7	
		9												9.0	50/6	
		10												10.0	50/7	
		11												11.0	50/6	
		12.00	5.00											12.0	50/6	
		12		* 심도 12.00 M 에서 시추종료												
		13														
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-258	조사일	2012.3.29~3.29
위 치	X:576602.50 Y:180547.10			표 고	EL(+) 32.00 M

굴진심도	10.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 5.0 M
케이싱심도	7.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
붕적층		2.40	2.40	▶붕적층 (0.0~2.4 M) - 자갈섞인 모래질 점토 - 갈색 - 보통견고 - 습윤 - 자갈 크기 : 2.0~10.0mm										1.0	7/30	
붕적층		3.50	1.10	▶붕적층 (2.4~3.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 느슨 - 습윤 - 자갈 크기 : 2.0~30.0mm										2.0	8/30	
풍화토		7.00	3.50	▶풍화토 (3.5~7.0 M) - 실트질 모래 - 갈색 - 보통조밀~조밀 - 습윤										3.0	10/30	
풍화암		10.00	3.00	▶풍화암 (7.0~10.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 * 심도 10.00 M 에서 시추종료										4.0	21/30	
														5.0	26/30	
														6.0	41/30	
														7.0	50/10	
														8.0	50/7	
														9.0	50/8	
														10.0	50/7	

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261	조사일	2012.11.14~11.14
위 치	X:576783.42 Y:181006.61			표 고	EL(+) 32.30 M

굴진심도	13.7 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 1.4 M
케이싱심도	12.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~3.7 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 느슨~보통조밀 - 습윤 - 부분적 점토혼재 - 0.0~0.1m : 콘크리트										1.0	6/30	
		1												2.0	8/30	
		2												3.0	10/30	
		3														
		3.70	3.70													
풍화토		4		▶풍화토 (3.7~13.7 M) - 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 느슨~조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										4.0	9/30	
		5												5.0	14/30	
		6												6.0	18/30	
		7												7.0	21/30	
		8												8.0	26/30	
		9												9.0	31/30	
		10												10.0	34/30	
		11												11.0	39/30	
		12												12.0	42/30	
		13												13.0	45/30	
		13.70	10.00													
		14		* 심도 13.70 M 에서 시추종료												
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-1	조사일	2012.11.12~11.12
위 치	X:577037.00 Y:181077.00	교량명	교량부	표 고	EL(+) 24.90 M

굴진심도	19.5 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 1.7 M
케이싱심도	12.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
전답토		0		▶전답토 (0.0~1.5 M) - 실트질 모래 - 갈색 - 느슨 - 습윤 - 유기물 함유												
		1												1.0	4/30	
		1.50	1.50											2.0	8/30	
풍화토		2		▶풍화토 (1.5~12.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										3.0	10/30	
		3												4.0	12/30	
		4												5.0	14/30	
		5												6.0	21/30	
		6												7.0	28/30	
		7												8.0	50/19	
		8												9.0	50/17	
		9												10.0	50/15	
		10												11.0	50/12	
		11												12.0	50/10	
		12.00	10.50											13.0	50/9	
풍화암		12		▶풍화암 (12.0~19.5 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~암갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 18.2~18.4m, 18.7~19.0m : 암편상 코어 회수											14.0	50/7	
		13												15.0	50/7	
		14												16.0	50/6	
		15												17.0	50/6	
		16												18.0	50/6	
		17												19.0	50/3	
		18														
		19														
		19.50	7.50	* 심도 19.50 M 에서 시추종료												
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-2	조사일	2012.11.13~11.13
위 치	X:577064.00 Y:181085.00	교량명	교량부	표 고	EL(+) 25.70 M

굴진심도	15.6 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 1.8 M
케이싱심도	8.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~1.3 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 보통조밀 - 습윤 - 유기물 함유										1.0	11/30	
		1.30	1.30											2.0	32/30	
풍화토		2		▶풍화토 (1.3~8.0 M) - 실트질 모래 - 담녹색~암갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										3.0	50/17	
		3												4.0	50/19	
		4												5.0	50/21	
		5												6.0	50/25	
		6												7.0	50/13	
		7												8.0	50/10	
		8.00	6.70											9.0	50/4	
풍화암		8		▶풍화암 (8.0~15.6 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~암갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 9.1~9.3m, 10.1~10.3m, 11.6~11.9m, 12.2~12.6m, 13.2~15.0m: 암편상 코어 회수										10.0	50/4	
		9												11.0	50/5	
		10												12.0	50/5	
		11												13.0	50/2	
		12												14.0	50/2	
		13												15.0	50/2	
		14														
		15														
		15.60	7.60	* 심도 15.60 M 에서 시추종료												
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-3	조사일	2012.11.27~11.27
위 치	X:577041.00 Y:181192.00	교량명	교량부	표 고	EL(+) 33.80 M

굴진심도	26.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 7.2 M
케이싱심도	18.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0														
		1.00	1.00	▶매립층 (0.0~1.0 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 습윤 - 아스팔트 포장:0.0~0.2m										1.0	11/30	
		2												2.0	14/30	
		3		▶풍화토 (1.0~18.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										3.0	15/30	
		4												4.0	23/30	
		5												5.0	23/30	
		6												6.0	30/30	
		7												7.0	39/30	
		8												8.0	50/30	
풍화토		9												9.0	50/21	
		10												10.0	50/18	
		11												11.0	50/19	
		12												12.0	50/18	
		13												13.0	50/15	
		14												14.0	50/16	
		15												15.0	50/12	
		16												16.0	50/12	
		17												17.0	50/11	
		18.00	17.00											18.0	50/9	
풍화암		19		▶풍화암 (18.0~22.7 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~암갈색										19.0	50/7	
		20												20.0	50/7	

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-3	조사일	2012.11.27~11.27
위 치	X:577041.00 Y:181192.00	교량명	교량부	표 고	EL(+) 33.80 M

굴진심도	26.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 7.2 M
케이싱심도	18.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
풍화암		20		- 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 암편상 코어 회수: 20.5~20.9m, 21.5~21.9m										20.0	50/7	
		21												21.0	50/2	
		22												22.0	50/2	
		22.70	4.70													
연암층		23		▶연암층 (22.7~26.0 M) - 편마암 - 암회색~담회색 - 약간풍화~신선 - 보통강함~매우강함 - 매우심한~보통균열 *22.7~26.0m : ∠10° ,30° ,50° 3 Joint Sets 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 절리면 방해석,산화철 피복	100	31	1-2	1-3	3-5	33	1	10				
		24														
		25														
		26.00	3.30													
		26		* 심도 26.00 M 에서 시추종료												
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-4	조사일	2012.11.26~11.27
위 치	X:577062.00 Y:181204.00	교량명	교량부	표 고	EL(+) 34.00 M

굴진심도	19.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 8.0 M
케이싱심도	18.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0.60	0.60	▶매립층 (0.0~0.6 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 갈색 - 습윤 - 유기물 함유												
풍화토		13.00	12.40	▶풍화토 (0.6~13.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										1.0	10/30	
														2.0	12/30	
														3.0	15/30	
														4.0	21/30	
														5.0	25/30	
														6.0	28/30	
														7.0	41/30	
														8.0	50/26	
														9.0	50/19	
														10.0	50/16	
														11.0	50/13	
														12.0	50/11	
														13.0	50/10	
풍화암		17.00	4.00	▶풍화암 (13.0~17.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 갈색~암갈색 - 매우조밀 - 부분적 암편 함유 - 암편상 코어 회수:16.6~16.8m										14.0	50/10	
														15.0	50/9	
														16.0	50/5	
경암층		19.00	2.00	▶경암층 (17.0~19.0 M) - 편마암 - 암회색 - 약간풍화~신선 - 강함~매우강함 - 매우심한~보통균열 *17.0~19.0m : ∠10° ,70°	95	63	1-2	1-2	3-5	48	2	23				

교 량 부 시 추 주 상 도

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-4	조사일	2012.11.26~11.27
위 치	X:577062.00 Y:181204.00	교량명	교량부	표 고	EL(+) 34.00 M

굴진심도	19.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	신대광	지하수위	GL(-) 8.0 M
케이싱심도	18.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)전민익	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
		20		2 Joint Sets 절리면 평면/거침 잠재절리 발달 Core Loss : 17.0~17.1m * 심도 19.00 M 에서 시추종료												
		21														
		22														
		23														
		24														
		25														
		26														
		27														
		28														
		29														
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-5	조사일	2012.11.1~11.2
위 치	X:576998.34 Y:181341.94			표 고	EL(+) 33.00 M

굴진심도	16.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박재봉	지하수위	GL(-) 9.2 M
케이싱심도	2.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(다이크)김민중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
표토층		0.50	0.50	▶표토층 (0.0~0.5 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤										1.0	13/30	
풍화토		12.60	12.10	▶풍화토 (0.5~12.6 M) - 실트질 모래 - 담갈색~암갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤										2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0 11.0 12.0	10/30 9/30 26/30 29/30 30/30 50/25 50/20 50/17 50/15 50/13 50/12	
풍화암		16.00	3.40	▶풍화암 (12.6~16.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 습윤 * 심도 16.00 M 에서 시추종료										13.0 14.0 15.0 16.0	50/9 50/8 50/6 50/6	

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-6	조사일	2012.11.3~11.3
위 치	X:576962.00 Y:181533.00			표 고	EL(+) 30.80 M

굴진심도	8.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박재봉	지하수위	GL(-) 4.0 M
케이싱심도	6.0 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(다이크)김민중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0														
		1														
		1.50	1.50	▶매립층 (0.0~1.5 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 느슨 - 습윤 - 부분적으로 잔자갈 함유												
		2												1.0	5/30	
		3		▶풍화토 (1.5~8.0 M) - 실트질 모래 - 담갈색~암갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤										2.0	8/30	
풍화토		4												3.0	13/30	
		5												4.0	21/30	
		6												5.0	28/30	
		7												6.0	36/30	
		8.00	6.50											7.0	50/29	
		8		* 심도 8.00 M 에서 시추종료										8.0	50/24	
		9														
		10														
		11														
		12														
		13														
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-7	조사일	2012.11.1~11.1
위 치	X:477186.00 Y:181244.00			표 고	EL(+) 34.20 M

굴진심도	13.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박재봉	지하수위	GL(-) 9.3 M
케이싱심도	6.0 M	시 추 기	SD3000	작 성 자	(다이크)김민중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0.30	0.30	▶매립층 (0.0~0.3 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 습윤										1.0	8/30	
풍화토		13.00	12.70	▶풍화토 (0.3~13.0 M) - 실트질 모래 - 담갈색~암갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤 - 부분적으로 암편 함유										2.0	13/30	
														3.0	18/30	
														4.0	30/30	
														5.0	36/30	
														6.0	42/30	
														7.0	50/28	
														8.0	50/25	
														9.0	39/30	
														10.0	50/27	
														11.0	50/23	
														12.0	50/19	
				★ 심도 13.00 M 에서 시추종료										13.0	50/21	

깎 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-261-8	조사일	2012.11.1~11.1
위 치	X:576956.58 Y:180998.35			표 고	EL(+) 32.80 M

굴진심도	18.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	박재봉	지하수위	GL(-) 4.3 M
케이싱심도	2.0 M	시 추 기	SD-4500	작 성 자	(다이크)김민중	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
전답토		0		▶전답토 (0.0~1.8 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 느슨 - 습윤 - 부분적으로 잔자갈 함유										1.0	7/30	
		1												2.0	4/30	
		1.80	1.80											3.0	4/30	
매립층		2		▶매립층 (1.8~3.8 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 매우느슨~느슨 - 습윤										4.0	5/30	
		3												5.0	8/30	
		3.80	2.00											6.0	13/30	
풍화토		4		▶풍화토 (3.8~14.6 M) - 실트질 모래 - 담갈색~암갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤										7.0	17/30	
		5												8.0	22/30	
		6												9.0	27/30	
		7												10.0	50/23	
		8												11.0	50/26	
		9												12.0	50/28	
		10												13.0	50/24	
		11												14.0	50/17	
		12												15.0	50/10	
		13												16.0	50/9	
		14												17.0	50/7	
		14.60	10.80											18.0	50/6	
풍화암		15		▶풍화암 (14.6~18.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 습윤												
		16														
		17														
		18.00	3.40													
		18		★ 심도 18.00 M 에서 시추종료												
		19														
		20														

쌓 기 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-267	조사일	2012.3.28~3.28
위 치	X:577254.30 Y:181066.20			표 고	EL(+) 18.90 M

굴진심도	12.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	문병일	지하수위	GL(-) 5.1 M
케이싱심도	11.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(상암)박진상	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
매립층		0		▶매립층 (0.0~1.8 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 암갈색 - 느슨 - 습윤 - 자갈 크기 : 2.0~65.0mm										1.0	7/30	0 10 20 30 40 50
		1.80	1.80											2.0	6/30	
풍화토		2		▶풍화토 (1.8~12.0 M) - 실트질 모래 - 갈색~암갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤 - 차별풍화에 의한 연경의 교호										3.0	6/30	
		3												4.0	9/30	
		4												5.0	15/30	
		5												6.0	17/30	
		6												7.0	22/30	
		7												8.0	27/30	
		8												9.0	25/30	
		9												10.0	39/30	
		10												11.0	50/27	
		11												12.0	50/24	
		12.00	10.20	* 심도 12.00 M 에서 시추종료												
		12														
		13														
		14														
		15														
		16														
		17														
		18														
		19														
		20														

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-268-1	조사일	2014.6.30~6.30
위 치	X:577501.49 Y:181211.08	교량명	교량부	표 고	EL(+) 0.00 M

굴진심도	23.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	백종현	지하수위	GL(-) 4.0 M
케이싱심도	4.2 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)강진규	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
붕적층		0		▶붕적층 (0.0~1.5 M) - 실트질 모래 - 담갈색 - 보통조밀 - 습윤										1.0	14/30	
		1												2.0	8/30	
		1.50	1.50	▶풍화토 (1.5~16.5 M) - 실트질 모래 - 암갈색 - 느슨~매우조밀 - 습윤										3.0	9/30	
		2												4.0	21/30	
		3												5.0	37/30	
		4												6.0	50/30	
		5												7.0	50/27	
		6												8.0	44/30	
		7												9.0	50/29	
		8												10.0	50/29	
풍화토		9												11.0	50/28	
		10												12.0	50/19	
		11												13.0	50/19	
		12												14.0	50/17	
		13												15.0	50/16	
		14														
		15														
		16														
		16.50	15.00													
		17		▶풍화암 (16.5~20.3 M) - 굴진시 암편 및 실트질 모래로 분해 - 담갈색 - 매우조밀 - 습윤										17.0	50/8	
풍화암		18												18.0	50/7	
		19												19.0	50/4	
		20												20.0	50/2	

교 량 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-268-1	조사일	2014.6.30~6.30
위 치	X:577501.49 Y:181211.08	교량명	교량부	표 고	EL(+) 0.00 M

굴진심도	23.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	백종현	지하수위	GL(-) 4.0 M
케이싱심도	4.2 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)강진규	시추공경	NX

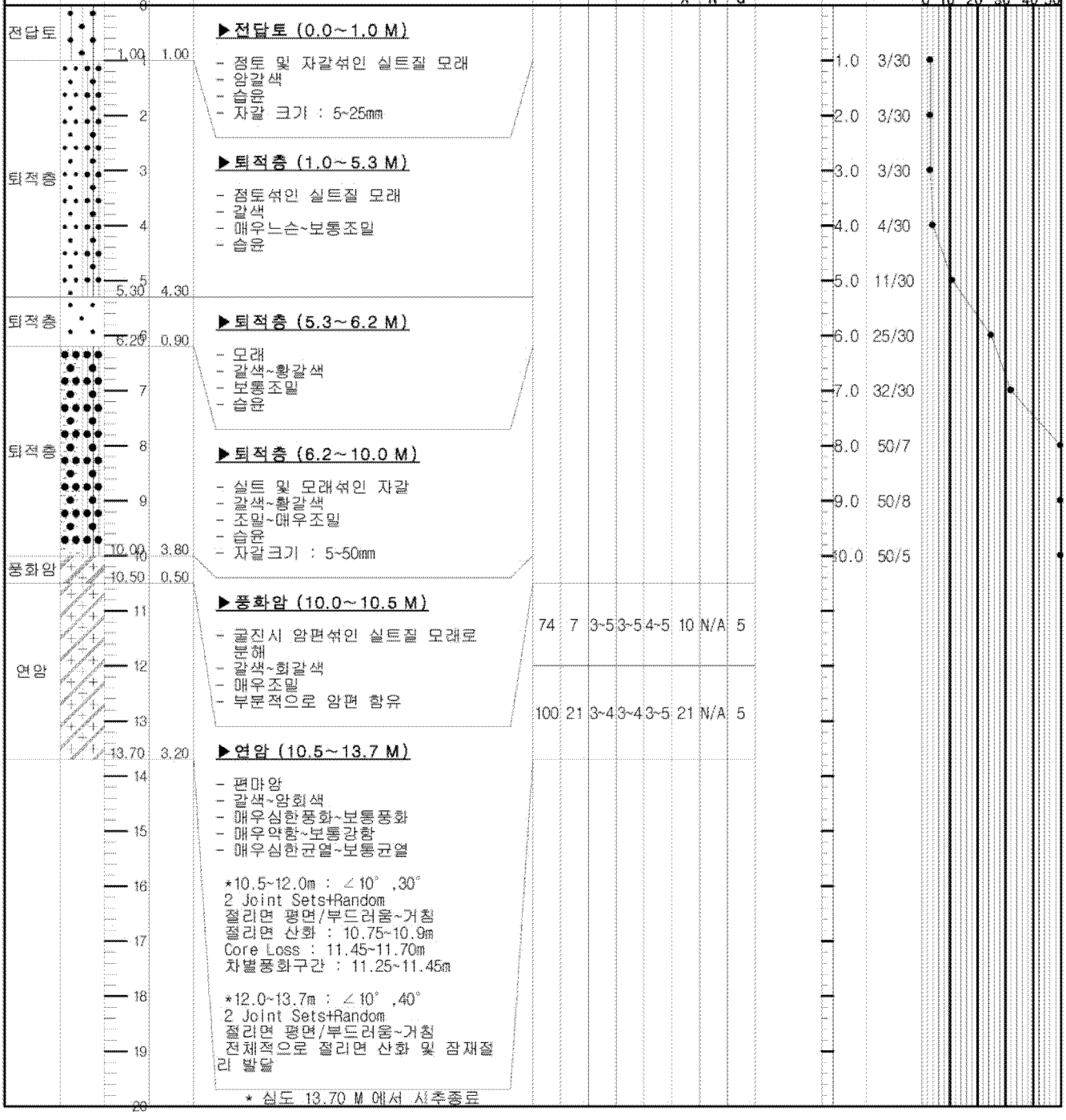
지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow
풍화암		20.30	3.80											20.0	50/2	0 10 20 30 40 50
연암		20.30~23.30	3.00	▶연암 (20.3~23.3 M) - 편마암 - 암갈색 - 심한풍화 - 약함 - 매우심한균열 *20.3~23.3m:10°,30°,50° 3 Joints Sets+Random 절리면 평면/거침 Core Loss : 20.3~20.7m 파쇄대 : 21.4~21.7m 수직절리 : 22.7~22.8m * 심도 23.30 M 에서 시추종료	87	3	4	4	5	10	1	4				

교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-285	조사일	2012.3.24~3.24
위 치	X:580199.77 Y:180863.05	교량명	교량부	표 고	EL(+) 7.70 M

굴진심도	13.7 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 6.5 M
케이싱심도	10.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(선사안)사유진	시추공경	NX



교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-288-2	조사일	2013.11.8~11.8
위 치	X:580564.81 Y:180631.14	교량명	교량부	표 고	EL(+) 14.10 M

굴진심도	10.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	백 종 현	지하수위	GL(-) 4.2 M
케이싱심도	7.0 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(씨지)오상민	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림
매립층		2.80	2.80	▶매립층 (0.0~2.8 M) - 실트질 모래 - 담갈색 - 느슨 - 습윤									
풍화토		6.00	3.20	▶풍화토 (2.8~6.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤									
풍화암		7.00	1.00	▶풍화암 (6.0~7.0 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 황갈색 - 매우조밀 - 연경 교호									
경암		10.00	3.00	▶경암 (7.0~10.0 M) - 편마암 - 유백색 - 심한풍화~약간풍화 - 보통강함~강함 - 보통균열 * 7.0~10.0m : ∠45° ,70° ,90° 3 Joints Sets+Random 절리면 파동/거침 파쇄대 : 7.0~7.1m, 7.4~7.5m 9.8~10.0m * 심도 10.00 M 에서 시추종료	100	63	2-4	2-3	3	34	1	16	

표준관입시험 Standard Penetration Test

심도	N값 (회/cm)	N blow 0 10 20 30 40 50
1.0	4/30	
2.0	7/30	
3.0	19/30	
4.0	50/11	
5.0	50/11	
6.0	50/10	

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-302-1	조사일	2012.3.21~3.22
위 치	X:581912.79 Y:179686.70			표 고	EL(+) 79.90 M

굴진심도	30.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 23.7 M
케이싱심도	15.7 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(선사인)사유진	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)
표토층		0													
		0.50	0.50	▶표토층 (0.0~0.5 M) - 자갈섞인 실트질 모래 - 황갈색 - 습윤 - 자갈 크기 : 직경 2~20mm											
풍화토		1		▶풍화토 (0.5~12.0 M) - 실트질 모래 - 황갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										1.0	15/30
		2												2.0	12/30
		3												3.0	15/30
		4												4.0	34/30
		5												5.0	19/30
		6												6.0	19/30
		7												7.0	42/30
		8												8.0	50/24
		9												9.0	50/14
		10												10.0	50/11
		11												11.0	50/11
		12.00	11.50											12.0	50/10
풍화암		12		▶풍화암 (12.0~15.7 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 부분적으로 암편 함유 - 15.4~15.7m : 암편 코어 회수										13.0	50/8
		13												14.0	50/8
		14												15.0	50/7
		15													
		15.70	3.70		27	-	-	-	-	-	-	-			
연암		16		▶연암 (15.7~30.3 M) - 편마암 - 갈색~암회색 - 심한풍화~약간풍화 - 약함~강함 - 매우심한균열~보통균열 - 절리면 평면/부드러움 ~ 평면/거침 - 절리면 산화철 피복 - 장재절리 발달											
		17			100	18	3~4	3~4	4~5	16	1	5			
		18													
		19													
		20		*15.7~19.0m : ∠10° ,40° ,70° 3 Joint Sets+Random	100	15	2~3	2~3	3~5	28	1	7			

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-302-1	조사일	2012.3.21~3.22
위 치	X:581912.79 Y:179686.70			표 고	EL(+) 79.90 M

굴진심도	30.3 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 23.7 M
케이싱심도	15.7 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(선사안)사유진	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
연암		20		16.3~17.6m, 18.1~18.3m:고각의 절리군 발달, 절리면 방해석 피복												
		21		*19.0~22.0m :∠30° ,60° 2 Joint Sets+Random 19.4~19.8m:고각의 절리군 발달, 절리면 방해석 피복	100	15	2~3	2~3	3~5	28	1	7				
		22														
		23		*22.0~25.0m :∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 24.7~25.0m:고각의 절리군 발달	100	36	2~3	2~3	3~5	21	N/A	8				
		24														
		25		*25.0~28.0m :∠20° ,60° 2 Joint Sets+Random 25.0~25.2m, 27.0~27.3m:고각의 절리군 발달 27.65~27.8m:파쇄 발달, 암편 코어 회수 27.8~28.0m:Core Loss												
		26			93	31	3~4	3~4	4~5	15	N/A	7				
		27		*28.0~30.3m :∠10° ,30° ,70° 3 Joint Sets+Random 28.3~28.5m:고각의 절리군 발달												
		28														
		29			100	11	3~4	3~4	4~5	11	N/A	5				
		30														
		30.30	14.60	* 심도 30.30 M 에서 시추종료												
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 1

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-306	조사일	2012.3.9~3.10
위 치	X:583025.18 Y:179396.63			표 고	EL(+) 43.50 M

굴진심도	29.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 20.1 M
케이싱심도	14.9 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(선사인)사유진	시추공경	NX

지층명	주상도	심도 (M)	두께 (M)	지층설명	TCR (%)	RQD (%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격 (cm) MAX	절리간격 (cm) MIN	절리간격 (cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)
표토층		0.30	0.30	▶표토층 (0.0~0.3 M) - 점토섞인 실트질 모래 - 갈색 - 습윤											
풍화토		12.80	12.50	▶풍화토 (0.3~12.8 M) - 실트질 모래 - 갈색 - 보통조밀~매우조밀 - 습윤 - 부분적 암편 함유										1.0	13/30
														2.0	39/30
														3.0	50/29
														4.0	50/27
														5.0	42/30
														6.0	50/15
														7.0	50/15
														8.0	50/18
														9.0	50/18
														10.0	50/16
														11.0	50/15
														12.0	50/11
풍화암		14.90	2.10	▶풍화암 (12.8~14.9 M) - 굴진시 암편섞인 실트질 모래로 분해 - 암갈색 - 매우조밀 - 14.2~14.9m : 암편상 코어 회수	100	11	3~4	3~4	4~5	10	N/A	4		13.0	50/8
연암		29.00	14.10	▶연암 (14.9~29.0 M) - 편마암 - 회갈색~암회색 - 매우심한풍화~약간풍화 - 매우약함~강함 - 매우심한균열~보통균열 *14.9~15.8m : ∠30° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침 장재절리 발달 *15.8~18.8m :	34	3	3~5	3~5	4~5	10	N/A	N/A			
					100	5	3~4	3~4	4~5	11	N/A	4			

깎 기 부 시 추 주 상 도

2 매중 2

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	공 번	BH-306	조사일	2012.3.9~3.10
위 치	X:583025.18 Y:179396.63			표 고	EL(+) 43.50 M

굴진심도	29.0 M	시추방법	회전수세식	시 추 자	유영준	지하수위	GL(-) 20.1 M
케이싱심도	14.9 M	시 추 기	SD-4000	작 성 자	(선사안)사유진	시추공경	NX

지층명	주상도	심도(M)	두께(M)	지층설명	TCR(%)	RQD(%)	암질 D	암질 S	암질 F	절리간격(cm) MAX	절리간격(cm) MIN	절리간격(cm) AVG	그림	표준관입시험 심도	표준관입시험 N값 (회/cm)	표준관입시험 N blow 0 10 20 30 40 50
연암		20		Random 파쇄 발달 차별풍화에 의한 연경 교호 Core Loss : 15.8~16.1m, 16.5~17.2 m, 17.5~18.0m, 18.2~18.7m	100	5	3~4	3~4	4~5	11	N/A	4			
		21		*18.8~21.0m :∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침 파쇄 발달 : 18.8~19.0m	100	25	3	3	3~5	22	N/A	6			
		22														
		23		*21.0~24.0m :∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침 잠재절리 발달 : 21.9~22.2m :												
		24														
		25		*24.0~25.8m :∠10° ,70° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침 고각의 절리 발달 : 25.3~25.8m	100	32	3	3	3~5	21	N/A	6			
		26														
		27		*25.8~27.5m :∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침 파쇄 발달 : 27.0~27.2m Core Loss : 27.2~27.5m	82	15	3	3	4~5	14	N/A	5			
		28		*27.5~29.0m :∠10° ,60° 2 Joint Sets+Random 절리면 평면/부드러움~거침 잠재절리 발달	100	32	2~3	2~3	3~5	48	N/A	7			
		29.00	14.10	* 심도 29.00 M 에서 시추종료												
		30														
		31														
		32														
		33														
		34														
		35														
		36														
		37														
		38														
		39														
		40														

1.9 TP 주상도

시 험 굴 조 사 주 상 도

TEST NO. : TP-8 위 치 (X:575004.99, Y:181005.35) DATE : 2012.12

SIZE	PRO-FILE	DEPTH (M)	SAMPLE	D E S C R I P T I O N	함수비 (%)	밀도 (t/㎥)	REMARKS
		0.20		◎ 표토층(0.0~0.2m)			
		0.50		- 실트질 세립 내지 중립 모래(SM) - 갈색~암갈색, 느슨, 습윤 - 유기물 협재(나무뿌리)			
		1.00		◎ 붕적층(0.2~0.5m) - 실트질 모래(SM) - 암갈색, 보통조밀, 습윤			
				◎ 풍화토(0.5~1.0m) - 암편섞인 실트질 모래(SM) - 암갈색, 보통조밀, 습윤	22.1	1.460	
				* 심도 1.00 미터에서 조사종료.			

시 험 굴 조 사 주 상 도

TEST NO. : TP-9 위 치 (X:581803.82, Y:179703.22) DATE : 2012.12

SIZE	PRO-FILE	DEPTH (M)	SAMPLE	D E S C R I P T I O N	함수비 (%)	밀도 (t/㎥)	REMARKS
		0.20		◎ 표토층(0.0~0.2m)			
		0.60		- 실트질 모래(SM) - 갈색, 느슨, 습윤 - 유기물 협재(나무뿌리)			
		1.00		◎ 붕적층(0.2~0.6m) - 실트질 모래(SM) - 암갈색~갈색, 느슨, 습윤			
				◎ 풍화토(0.7~1.0m) - 암편섞인 실트질 모래(SM) - 갈색~암갈색, 보통조밀, 습윤	21.9	1.505	
				* 심도 1.00 미터에서 조사종료.			

1.10 HAB 주상도

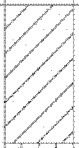
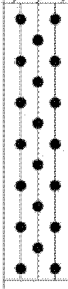
핸드오거주상도

TEST NO. : HAB-5 위 치 (X:577905.34, Y:181233.65) DATE : 2012.12

SIZE	PRO-FILE	DEPTH (M)	SAMPLE	DESCRIPTION	함수비 (%)	REMARKS
		1.20		◎ 전답층(0.0~1.2m) - 실트질 모래(SM) - 암갈색, 느슨, 습윤		
		1.60		◎ 충적층(1.2~1.6m) - 실트질 모래(SM) - 갈색~암갈색, 보통조밀, 습윤		
				* 심도 1.60 미터에서 조사종료.		

핸드오거주상도

TEST NO. : HAB-6 위 치 (X:580982.16, Y:181023.50) DATE : 2012.12

SIZE	PRO-FILE	DEPTH (M)	SAMPLE	DESCRIPTION	함수비 (%)	REMARKS
		0.50		◎ 전답층(0.0~0.5m) - 실트질 점토(CL) - 암회색, 연약, 습윤		
		1.50		◎ 충적층(0.5~1.5m) - 실트질 모래(SM) - 갈색, 느슨, 습윤		
				* 심도 1.50 미터에서 조사종료.		

제2장 물리탐사 및 물리검층 성과

2.1 탄성파탐사

2.2 전기비저항탐사

2.3 공내영상촬영(BIPS)

2.4 밀도검층

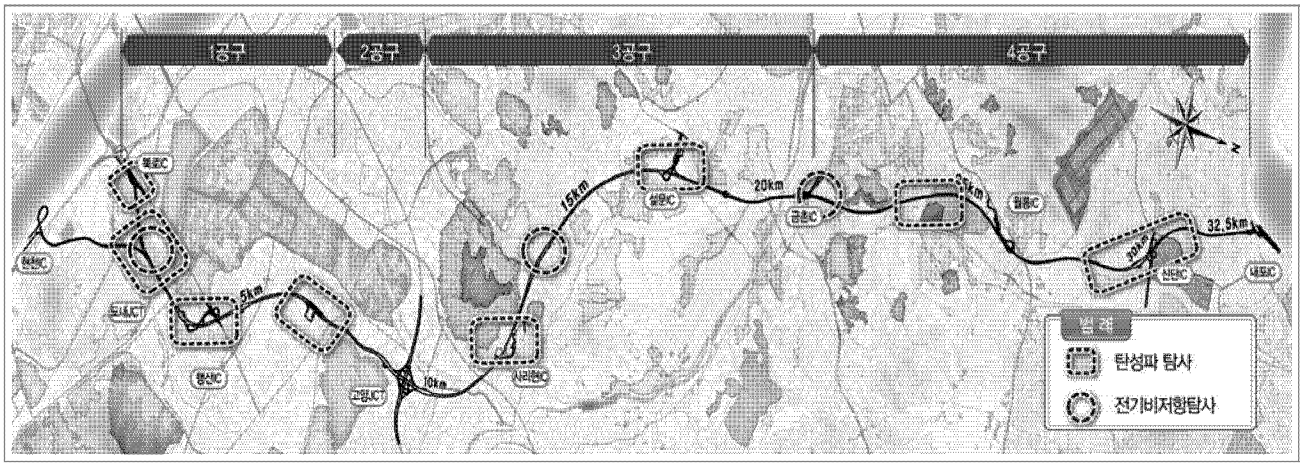
2.5 하향식탄성파탐사

2.6 S-PS검층

2.7 GPR탐사

2.1 탄성파탐사

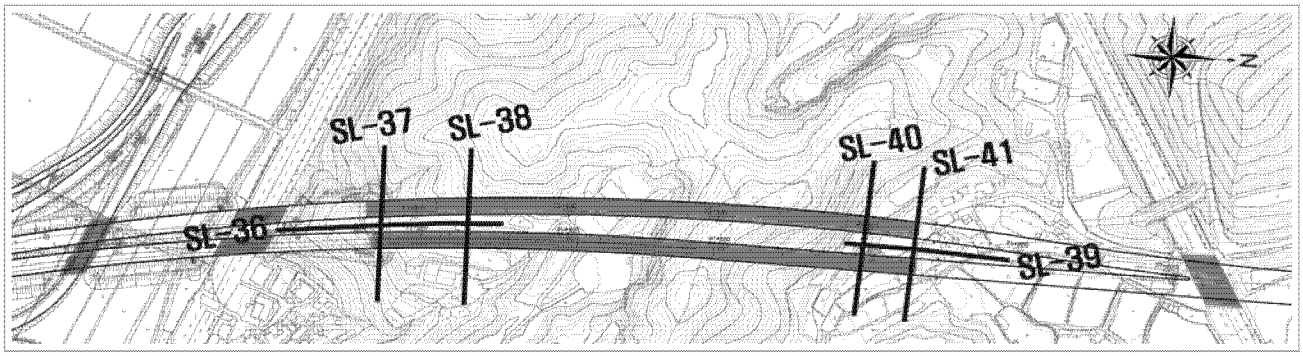
위치도



탐사측선현황

구 분			측선명	탐사구간(STA.)	연장(m)	수진기간격(m)	비 고
터널구간	4공구	금촌터널	SL-36	21+200~21+350	170	5.0	종 단
			SL-37	21+255	130	5.0	횡 단
			SL-38	21+311	130	5.0	횡 단
			SL-39	21+560~21+690	130	5.0	종 단
			SL-40	21+574	130	5.0	횡 단
			SL-41	21+603	130	5.0	횡 단
	4공구	본선	SL-44	23+720~24+040	320	5.0	종 단
			SL-45	24+125~24+395	270	5.0	종 단
			SL-46	28+190~28+610	420	5.0	종 단
			SL-49	28+690~28+960	270	5.0	종 단
			SL-51	29+290~29+510	220	5.0	종 단
			SL-53	29+770~30+110	340	5.0	종 단
			SL-56	30+640~31+610	970	5.0	종 단
			SL-70	24+200~25+000	780	5.0	종 단
			SL-71	24+460	220	5.0	횡 단
			SL-72	24+700	170	5.0	횡 단
			SL-73	24+860	320	5.0	횡 단
계			-	-	5,120	-	

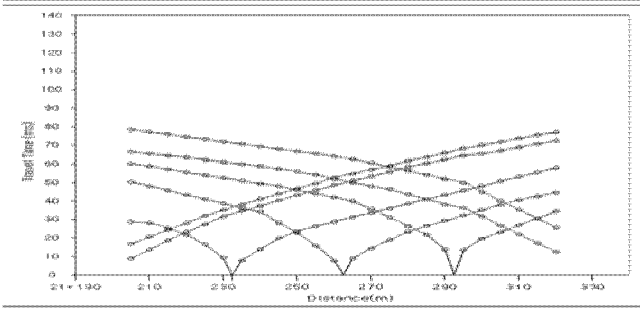
◎ 금촌터널



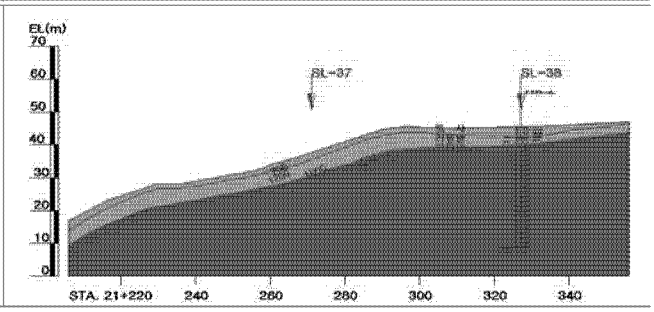
▌종방향

시점부(STA.21+200~21+350, SL-36)

주시곡선

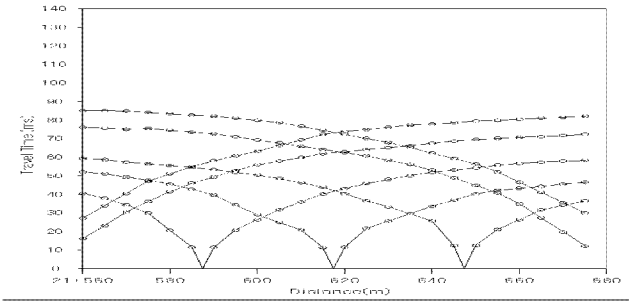


탐사결과

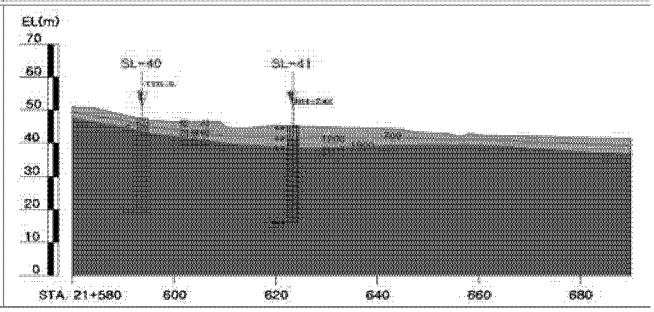


종점부(STA. 21+550~21+690, SL-39)

주시곡선



탐사결과

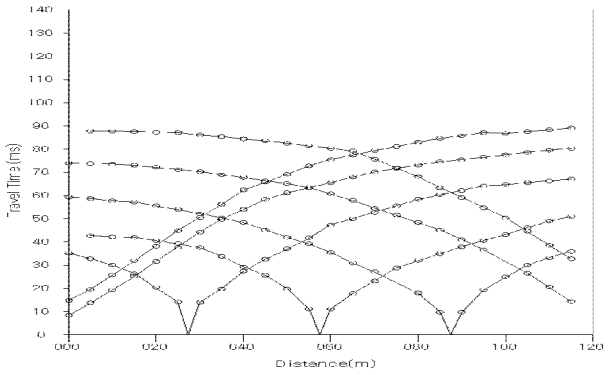


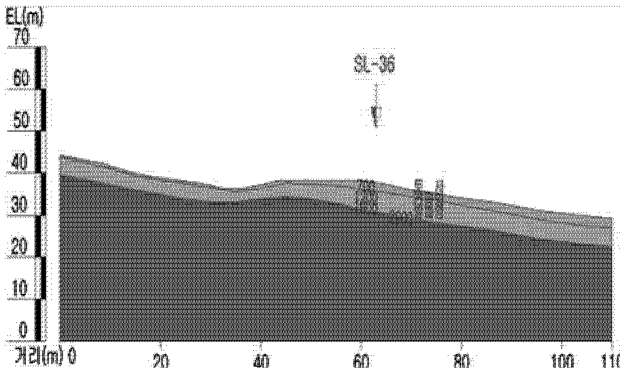
구 분		탄성파속도 (m/s)	시 점 부			종 점 부		
			추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	0.5~3.2	0.7~3.2	1.9	0.9~4.3	0.9~4.3	2.3
리핑암(풍화암)		700~1,200	1.3~5.3	0.8~3.0	2.0	1.4~4.9	0.3~1.5	0.9
발파암	연 암	1,200~1,900	3.2~7.6	0.7~3.3	2.0	2.7~6.6	0.3~2.8	1.3
	보통암	1,900~2,900	3.6~8.1	0.3~0.7	0.5	3.1~7.1	0.4~0.8	0.5
	경 암	2,900 이상	3.6~8.1 이상	–	–	3.1~7.1 이상	–	–

- 터널 사종점부에 비하여 터널 중앙부로 갈수록 리핑암 혹은 발파암이 지표에 노출되는 경향을 보임
- 토사층(제1속도층) 층후는 시점부는 약 0.7~3.2m, 종점부 약 0.9~4.3m이며, 리핑암(제2속도층) 층후는 시점부 약 0.8~3.0m, 종점부 약 0.3~1.5m으로 나타남. 발파암은 심도 2.7~3.2m부터 출현하는 것으로 나타남
- 터널종점부의 시추조사결과와 비교하였을 때 탄성파탐사 결과와 일치하는 것으로 확인됨

▮ 횡방향

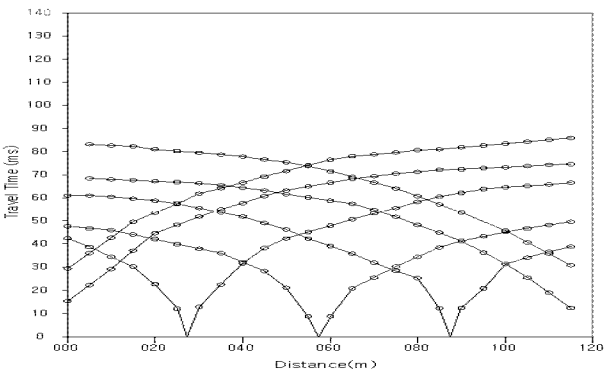
STA. 21+255(SL-37)	
주시곡선	탐사결과

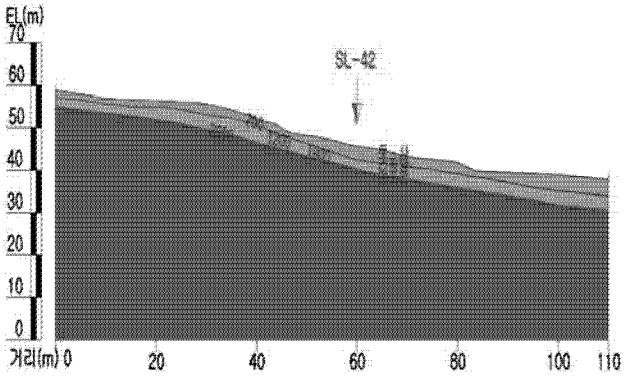




구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	0.4~2.4	0.4~2.4	1.3
리핑암(풍화암)		700~1,200	0.9~4.6	0.4~2.5	1.2
발파암	연 암	1,200~1,900	2.8~6.8	1.7~4.1	2.8
	보통암	1,900~2,900	3.1~7.3	0.2~0.6	0.4
	경 암	2,900 이상	3.1~7.3 이상	-	-

STA. 21+331(SL-38)	
주시곡선	탐사결과

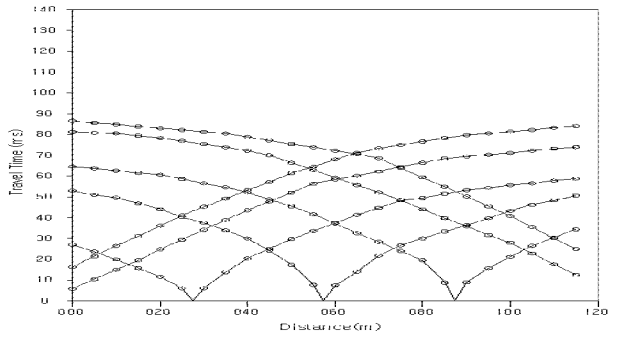




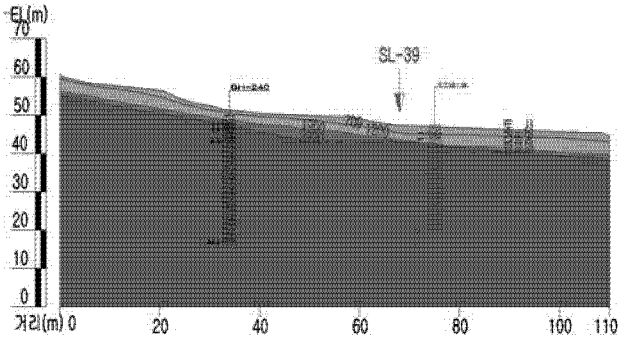
구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	1.3~3.9	1.3~3.9	2.3
리핑암(풍화암)		700~1,200	2.2~5.2	0.9~2.6	1.5
발파암	연 암	1,200~1,900	3.4~7.3	0.8~2.1	1.4
	보통암	1,900~2,900	3.7~7.7	0.3~0.6	0.4
	경 암	2,900 이상	3.7~7.7 이상	-	-

STA. 21+574(SL-40)

주시곡선



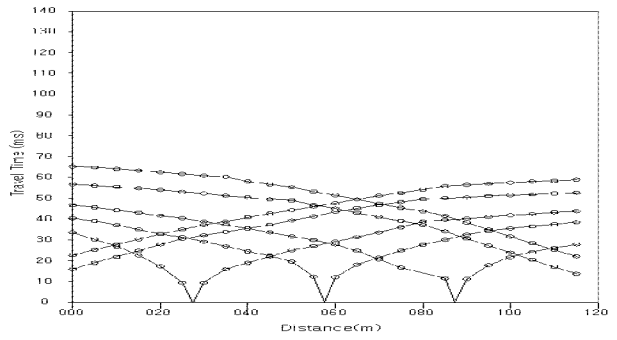
탐사결과



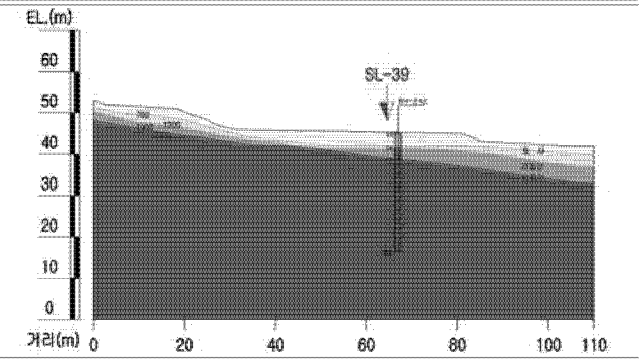
구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	0.7~2.2	0.7~2.2	1.5
리핑암(풍화암)		700~1,200	1.9~4.5	0.9~2.5	1.8
발파암	연 암	1,200~1,900	2.5~5.5	0.2~1.6	0.8
	보통암	1,900~2,900	3.8~6.7	0.3~3.0	1.3
	경 암	2,900 이상	3.8~6.7 이상	-	-

STA. 21+603(SL-41)

주시곡선



탐사결과

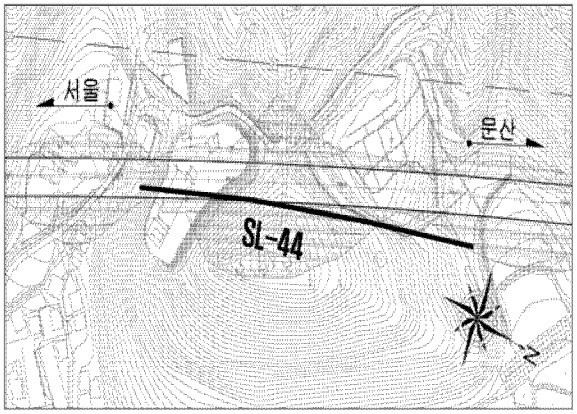


구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	1.0~3.4	1.0~3.4	2.3
리핑암(풍화암)		700~1,200	1.8~4.9	0.3~2.7	1.1
발파암	연 암	1,200~1,900	3.2~8.1	0.4~3.2	2.2
	보통암	1,900~2,900	6.4~15.4	0.5~9.8	4.8
	경 암	2,900 이상	6.4~15.4 이상	-	-

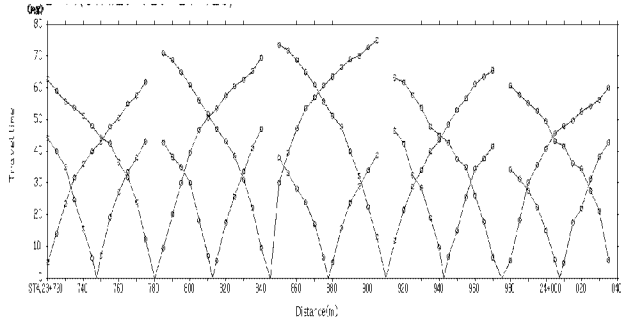
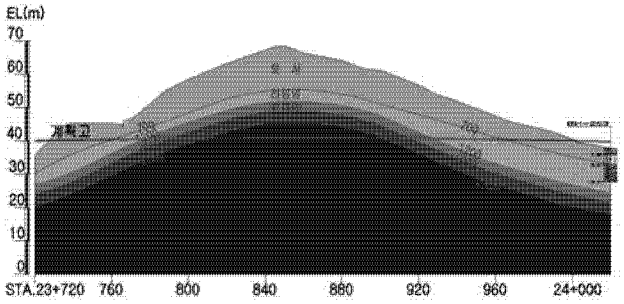
분석결과

- 토사층(제1속도층) 평균 층후는 1.3~2.3m, 리핑암(제2속도층)의 층후는 1.1~1.8m, 발파암은 2.5~3.4m 이후에 출현함
- 탄성파 속도층은 시·종점부 모두 지형과 평행한 지층구조를 이루며, STA. 21+627과 같이 일부 계곡부지형에서는 보통암에 해당되는 속도층이 두껍게 나타남

본선 깎기구간(STA. 23+720~24+040, SL-44)

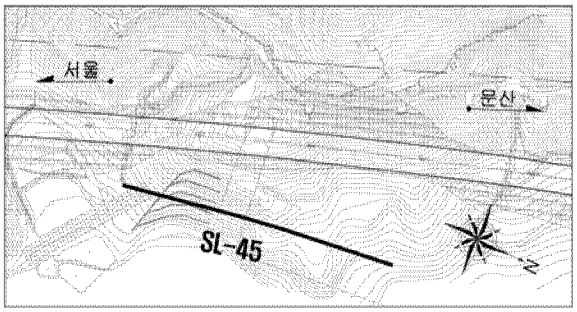


구 분		탄성파속도 (m/s)	추정심도 (m)	층 후 (m)	평 균 (m)
토 사		700 이하	3.4~13.0	3.4~13.0	8.2
풍화암		700~1,200	6.7~16.3	2.3~8.4	4.9
발파암	연암	1,200~1,900	9.8~19.4	3.1~3.2	3.1
	보통암	1,900~2,900	13.4~23.0	3.5~3.6	3.6
	경암	2,900 이상	13.4~23.0 이상	-	-

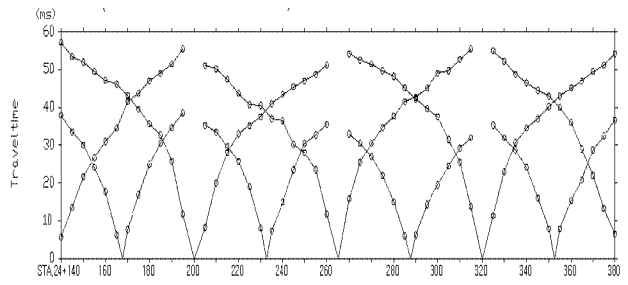
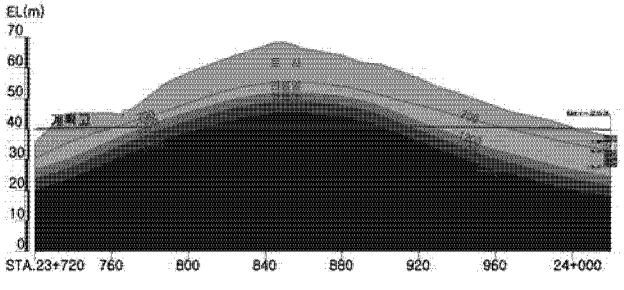
주시곡선	탐사결과
	

- 토사를 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 대략 3.4~13.0m 내외의 분포를 보이며, 풍화암층(제2속도층)의 층후는 2.3~8.4m 내외의 분포를 보임
- 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 대략 9.8~19.4m 내외의 분포를 보일 것으로 예상됨

본선 깎기구간(STA. 24+125~24+395, SL-45)

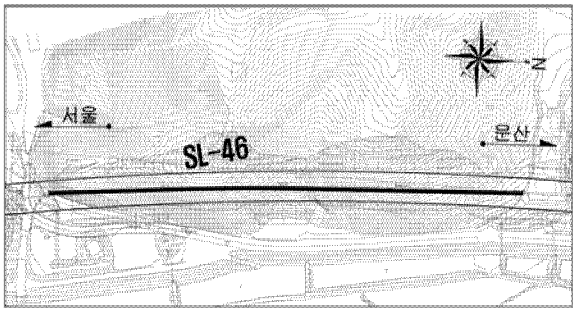


구 분		탄성파속도 (m/s)	추정심도 (m)	층 후 (m)	평 균 (m)
토 사		700 이하	3.4~13.0	3.4~13.0	8.2
풍화암		700~1,200	6.7~16.3	2.3~8.4	4.9
발파암	연암	1,200~1,900	9.8~19.4	3.1~3.2	3.1
	보통암	1,900~2,900	13.4~23.0	3.5~3.6	3.6
	경암	2,900 이상	13.4~23.0 이상	-	-

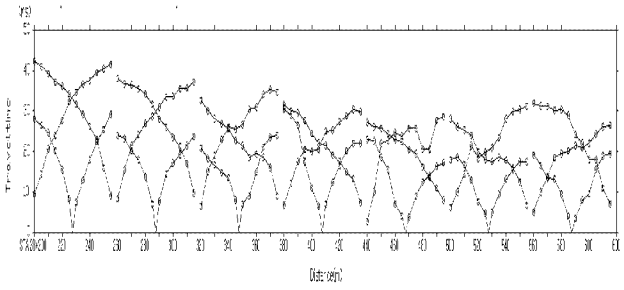
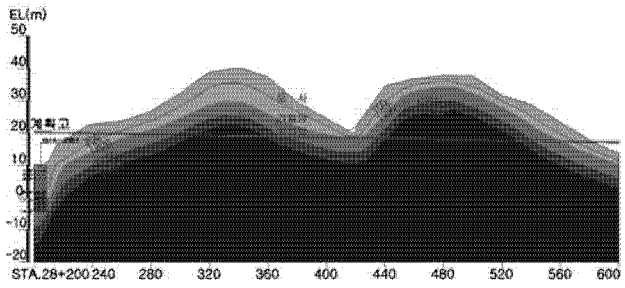
주시곡선	탐사결과
	

• 토사를 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 대략 5.8~13.2m 내외의 분포를 보이며, 풍화암층(제2속도층)의 층후는 5.5~7.8m 내외의 분포를 보임
• 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 대략 17.3~26.3m 내외의 분포를 보일 것으로 예상됨

본선 깎기구간(STA. 28+190~28+610, SL-46)

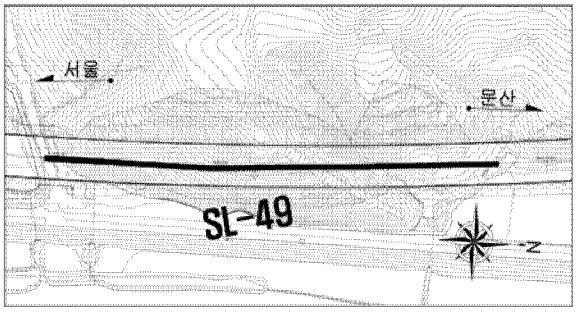


구 분	탄성파속도 (m/s)	추정심도 (m)	층 후 (m)	평 균 (m)
토 사	700 이하	1.6~8.9	1.6~8.9	3.7
풍화암	700~1,200	2.1~11.9	0.4~5.8	2.8
발 연암	1,200~1,900	6.6~19.1	4.4~9.6	4.6
파 보통암	1,900~2,900	9.7~24.7	3.1~5.6	3.2
암 경암	2,900 이상	9.7~24.7 이상	-	-

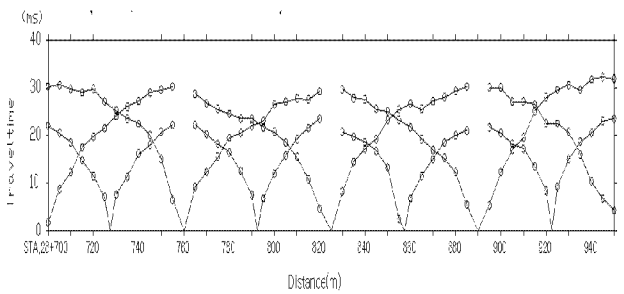
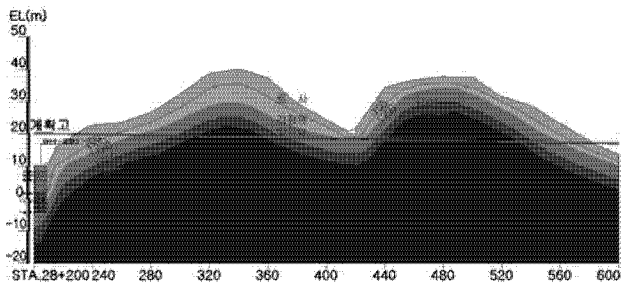
주시곡선	탐사결과
	

• 토사를 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 대략 1.6~8.9m 내외의 분포를 보이며, 풍화암층(제2속도층)의 층후는 0.4~5.8m 내외의 분포를 보임
• 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 대략 6.6~19.1m 내외의 분포를 보일 것으로 예상됨

본선 깎기구간(STA. 28+690~28+960, SL-49)

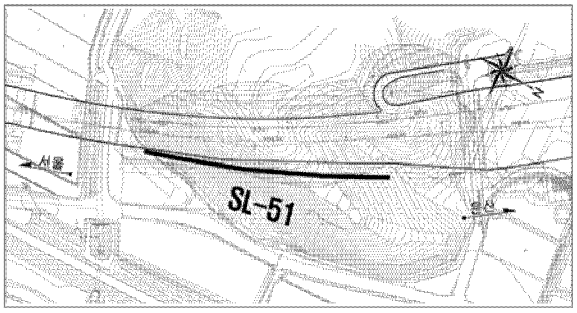


구 분	탄성파속도 (m/s)	추정심도 (m)	층 후 (m)	평 균 (m)
토 사	700 이하	1.4~12.2	1.4~12.2	5.6
풍화암	700~1,200	2.7~13.5	1.0~3.7	1.7
발 연암	1,200~1,900	5.2~16.0	2.5~2.6	2.5
파 보통암	1,900~2,900	7.4~18.2	2.2~6.5	3.0
암 경암	2,900 이상	7.4~18.2 이상	-	-

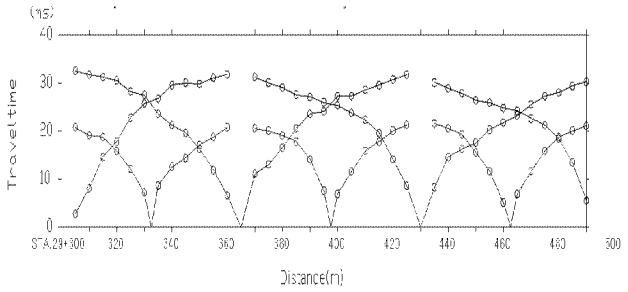
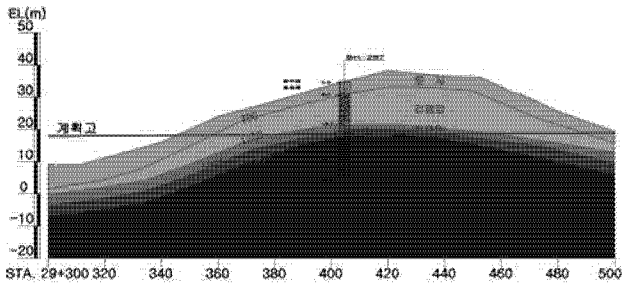
주시곡선	탐사결과
	

• 토사를 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 대략 1.4~12.2m 내외의 분포를 보이며, 풍화암층(제2속도층)의 층후는 1.0~3.7m 내외의 분포를 보임
• 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 대략 5.2~16.0m 내외의 분포를 보일 것으로 예상됨

본선 깎기구간(STA. 29+290~29+510, SL-51)



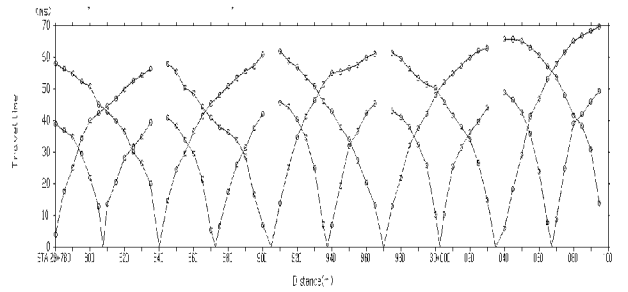
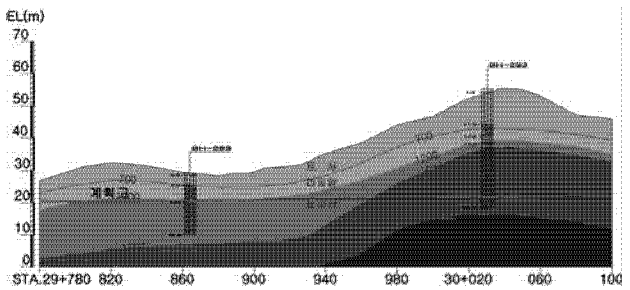
구 분	탄성파속도 (m/s)	추정심도 (m)	층 후 (m)	평 균 (m)
토 사	700 이하	3.3~7.6	3.3~7.6	4.8
풍화암	700~1,200	6.4~17.0	1.5~12.5	7.0
발 연암	1,200~1,900	10.0~19.2	1.5~3.6	2.7
파 보통암	1,900~2,900	13.5~21.3	1.3~3.6	2.8
암 경암	2,900 이상	13.5~21.3 이상	-	-

주시곡선	탐사결과
	

• 토사를 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 대략 3.3~7.6m 내외의 분포를 보이며, 풍화암층(제2속도층)의 층후는 1.5~12.5m 내외의 분포를 보임
• 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 대략 10.0~19.2m 내외의 분포를 보일 것으로 예상됨

본선 깎기구간(STA. 29+770~30+110, SL-53)

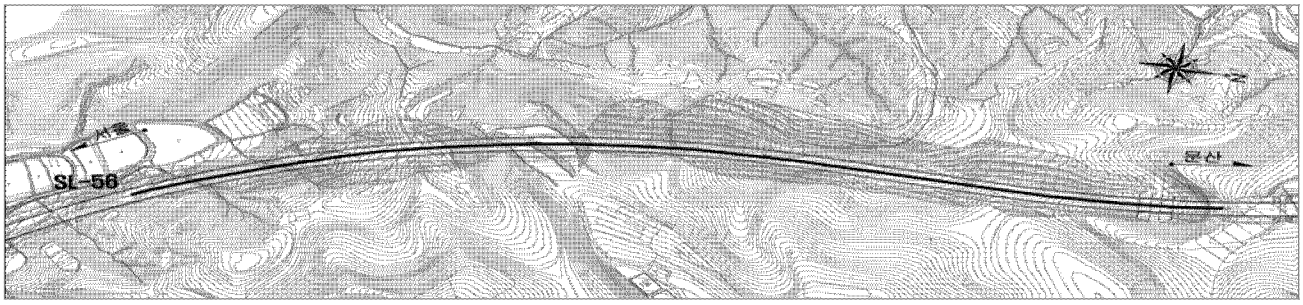
구 분	탄성파속도 (m/s)	추정심도 (m)	층 후 (m)	평 균 (m)
토 사	700 이하	3.5~12.6	3.5~12.6	6.5
풍화암	700~1,200	7.6~16.1	3.4~6.4	4.6
발 연암	1,200~1,900	21.1~27.0	2.3~16.3	9.2
파 보통암	1,900~2,900	26.8~39.5	2.6~21.0	12.4
암 경암	2,900 이상	26.8~39.5 이상	-	-

주시곡선	탐사결과
	

• 토사를 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 대략 3.5~12.6m 내외의 분포를 보이며, 풍화암층(제2속도층)의 층후는 3.4~6.4m 내외의 분포를 보임
• 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 대략 21.1~27.0m 내외의 분포를 보일 것으로 예상됨

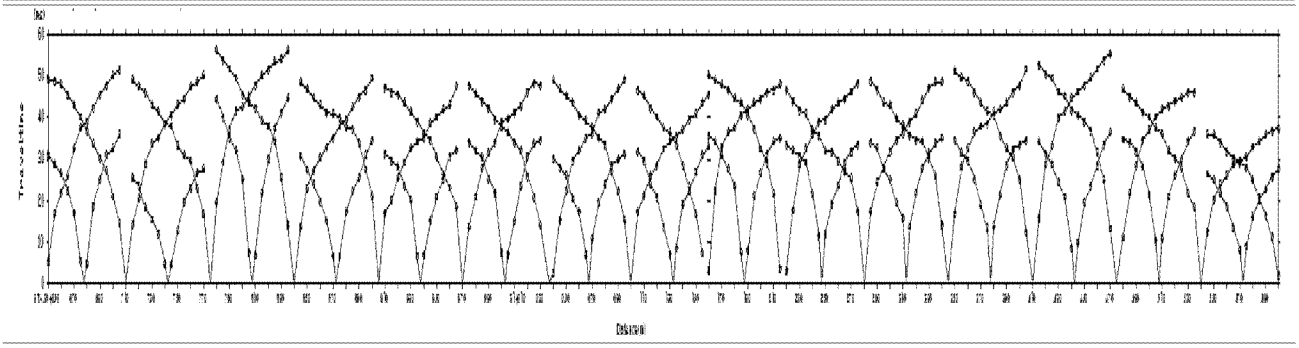
◎ 본선 깎기구간(STA. 30+640~31+610, SL-56)

■ 위치도

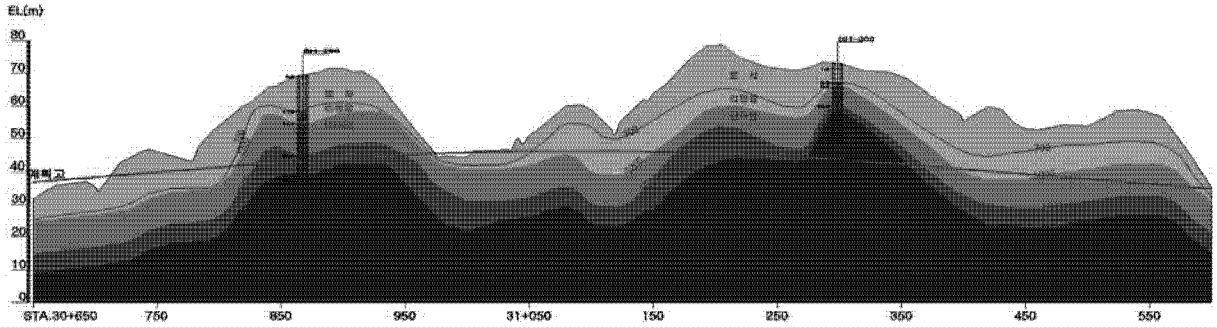


■ 종방향

주시곡선



탐사결과



구 분		탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 후(m)	평 균(m)
토 사		700 이하	0.8~17.3	0.8~17.3	8.4
리핑암(풍화암)		700~1,200	1.4~22.1	0.0~13.5	4.3
발파암	연 암	1,200~1,900	8.4~29.7	5.0~11.4	8.9
	보통암	1,900~2,900	14.0~36.7	1.3~10.9	6.2
	경 암	2,900 이상	14.0~36.7 이상	-	-

• 토사를 포함하는 풍화토층(제1속도층)의 층후는 대략 0.8~17.3m 내외의 분포를 보이며, 풍화암층(제2속도층)의 층후는 0.0~13.5m 내외의 분포를 보임
• 연암이상의 기반암층(제3속도층)의 출현심도는 대략 8.4~29.7m 내외의 분포를 보일 것으로 예상됨

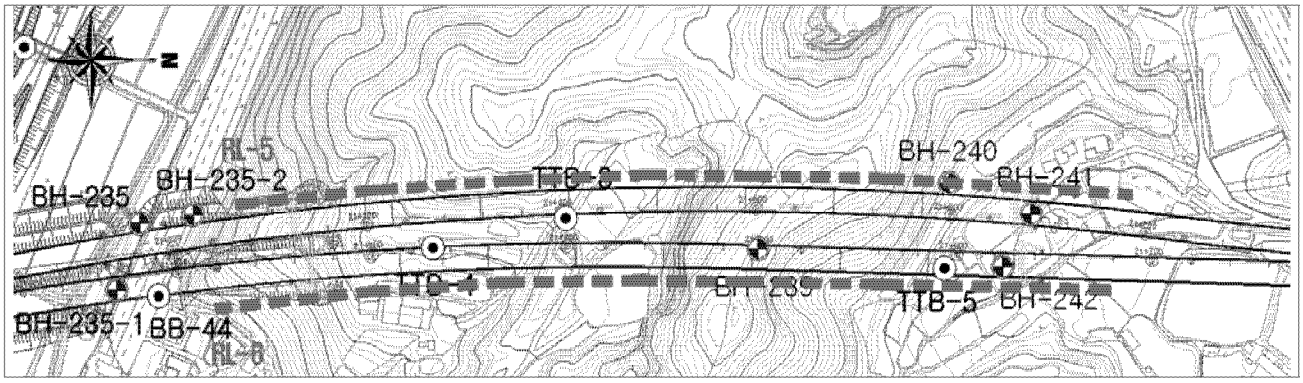
2.2 전기비저항탐사

◎ 전기비저항탐사 결과

구 분			측선명	탐사구간(STA.)	연장(m)	전극배열	전극간격(m)	비 고
터널구간	4공구	금촌터널	RL-5	21+200~21+640(하)	440	Dipole	20.0	종 단
			RL-6	21+200~21+640(상)	440	Dipole	20.0	종 단
계			-	-	880	-	-	

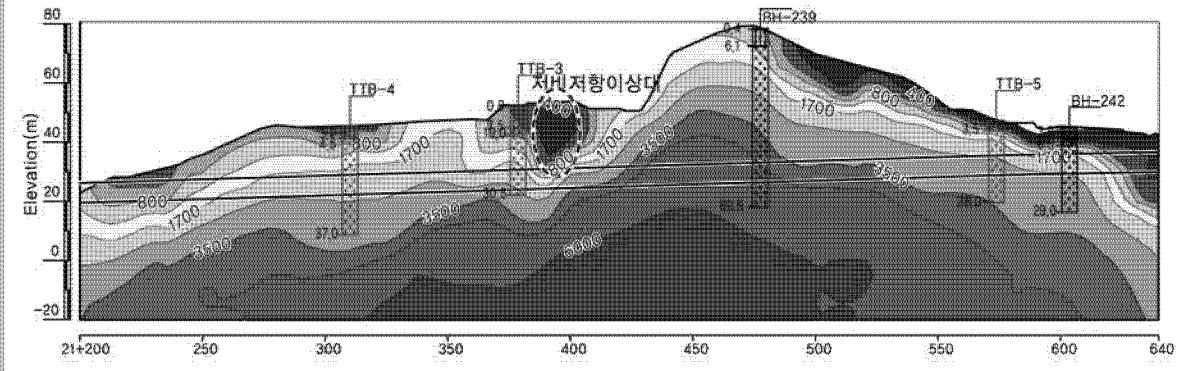
◎ 금촌터널

■ 탐사위치도

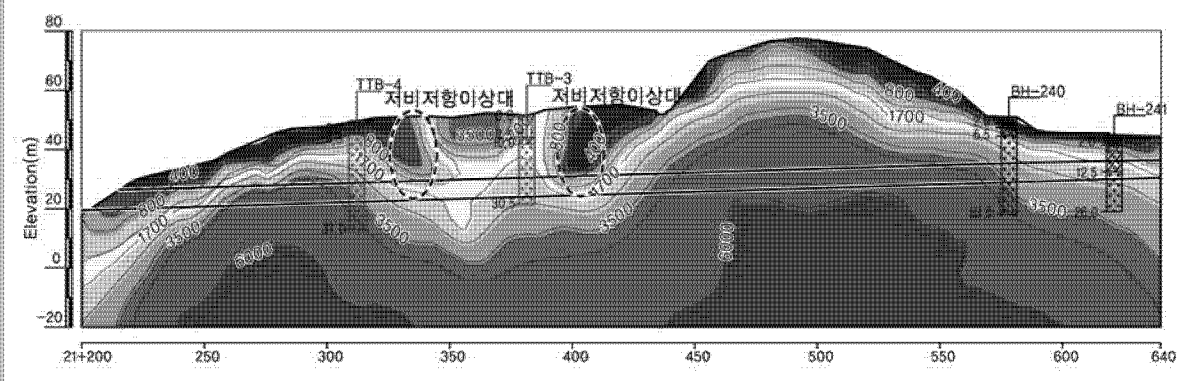


■ 탐사결과

하행 (STA. 21+200 ~ 21+640)



상행 (STA. 21+200 ~ 21+640)



■ 분석결과

- 탐사 결과 30~6,500 Ω m내외의 전기비저항대를 보이며 전반적으로 상부에서 하부로 갈수록 전기비저항이 증가하는 경향이 나타난다.
- 결과 단면상 STA.21+390부근(터널 중앙부)에서 약 400 Ω m이하의 저비저항이상대가 나타나며, 저비저항이상대는 암질의 변화 또는 소규모 파쇄대의 영향인 것으로 판단된다.

2.3 공내영상촬영(BIPS)

◎ 공내영상촬영 결과

공내영상촬영 절리정보(BH-241)

용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
1	3.37	13/95	N5E/13SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
2	3.58	50/176	N86E/50SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
3	3.62	80/193	N77W/80SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
4	3.68	76/10	N80W/76NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
5	3.95	41/62	N28W/41NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
6	4.10	30/30	N60W/30NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
7	4.21	75/181	N89W/75SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
8	4.37	40/11	N79W/40NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
9	4.42	53/22	N68W/53NE	7.0	Joint	Open-fracture	
10	4.49	51/124	N34E/51SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
11	4.56	83/192	N78W/83SW	1.3	Joint	Open-fracture	
12	4.62	71/181	N89W/71SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
13	5.03	41/20	N70W/41NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
14	5.16	45/27	N63W/45NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
15	5.20	45/22	N68W/45NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
16	5.48	38/32	N58W/38NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
17	5.56	44/50	N40W/44NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
18	5.73	73/163	N73E/73SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
19	6.32	52/54	N36W/52NE	214.6	Joint	Fracture-zone	
20	7.08	60/335	N65E/60NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
21	7.33	38/45	N45W/38NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
22	7.55	37/23	N67W/37NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
23	8.84	43/281	N11E/43NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
24	8.92	60/230	N40W/60SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
25	9.11	32/27	N63W/32NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
26	9.17	59/290	N20E/59NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
27	9.47	57/288	N18E/57NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
28	9.54	59/299	N29E/59NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
29	9.58	29/30	N60W/29NE	3.1	Joint	Open-fracture	
30	9.75	52/77	N13W/52NE	42.6	Joint	Fracture-zone	
31	9.94	66/292	N22E/66NW	2.0	Joint	Open-fracture	
32	10.01	58/232	N38W/58SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
33	10.21	69/24	N66W/69NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
34	10.49	71/291	N21E/71NW	2.9	Joint	Open-fracture	
35	10.65	76/181	N89W/76SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
36	10.68	24/287	N17E/24NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
37	10.91	61/338	N68E/61NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
38	11.33	43/328	N58E/43NW	1.6	Joint	Open-fracture	
39	11.38	38/330	N60E/38NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
40	11.48	41/49	N41W/41NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
41	11.57	43/37	N53W/43NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
42	11.68	44/256	N14W/44SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
43	11.84	30/243	N27W/30SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
44	12.04	72/21	N69W/72NE	2.9	Joint	Open-fracture	
45	12.06	21/65	N25W/21NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
46	12.28	46/74	N16W/46NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
47	12.46	36/65	N25W/36NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
48	12.55	47/276	N6E/47NW	3.0	Joint	Open-fracture	
49	12.71	40/6	N84W/40NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
50	12.99	22/15	N75W/22NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	

공내영상촬영 절리정보(BH-241)

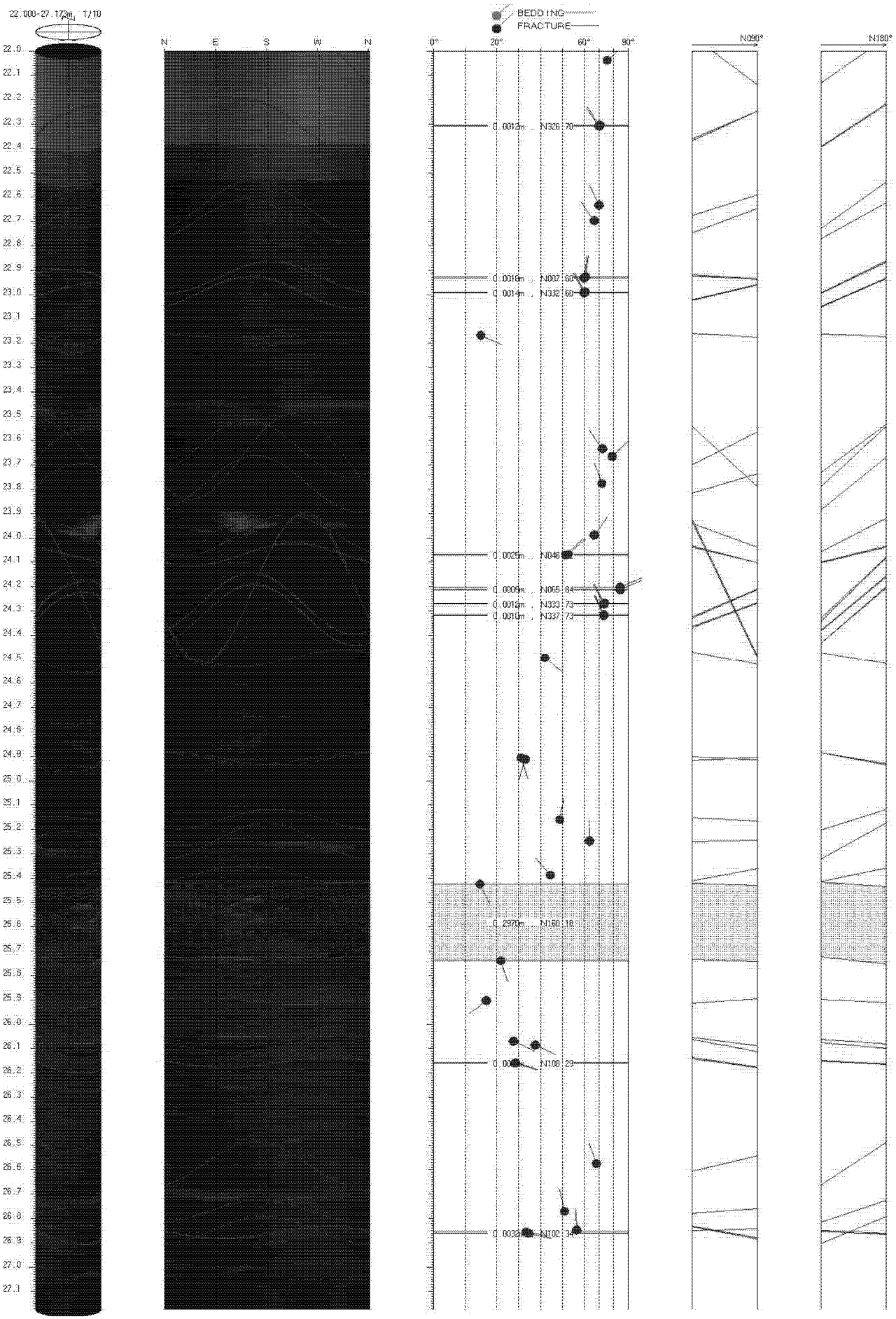
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

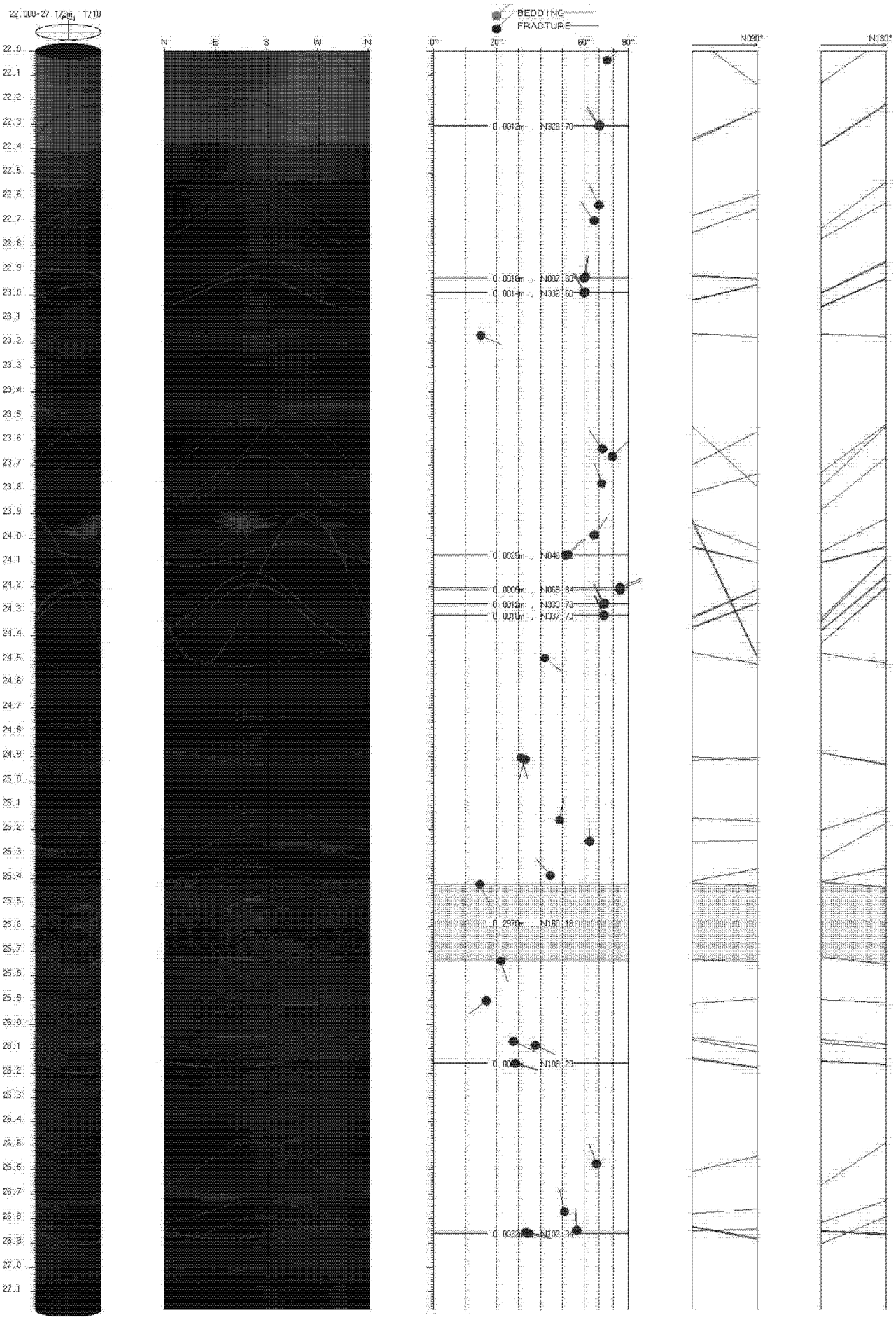
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
51	13.21	69/23	N67W/69NE	2.3	Joint	Open-fracture	
52	13.22	30/22	N68W/30NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
53	13.33	40/66	N24W/40NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
54	13.41	46/358	N88E/46NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
55	13.43	69/200	N70W/69SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
56	13.43	43/334	N64E/43NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
57	13.53	67/43	N47W/67NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
58	13.54	49/6	N84W/49NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
59	13.57	49/37	N53W/49NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
60	13.65	40/28	N62W/40NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
61	13.83	49/48	N42W/49NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
62	13.89	42/35	N55W/42NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
63	13.99	38/7	N83W/38NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
64	14.02	35/358	N88E/35NW	4.9	Joint	Open-fracture	
65	14.11	37/16	N74W/37NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
66	14.17	32/38	N52W/32NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
67	14.21	35/31	N59W/35NE	4.7	Joint	Open-fracture	
68	14.28	35/31	N59W/35NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
69	14.36	35/27	N63W/35NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
70	14.79	57/270	NS/57E	0.0	Joint	Hairline-fracture	
71	14.80	31/27	N63W/31NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
72	14.99	31/40	N50W/31NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
73	15.03	32/35	N55W/32NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
74	15.30	33/21	N69W/33NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
75	15.50	53/46	N44W/53NE	4.3	Joint	Open-fracture	
76	15.54	53/49	N41W/53NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
77	15.79	52/59	N31W/52NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
78	15.90	61/70	N20W/61NE	3.2	Joint	Open-fracture	
79	15.99	61/63	N27W/61NE	3.1	Joint	Open-fracture	
80	16.07	53/68	N22W/53NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
81	16.28	49/210	N60W/49SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
82	16.33	31/45	N45W/31NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
83	16.50	42/40	N50W/42NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
84	16.83	39/29	N61W/39NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
85	17.21	31/23	N67W/31NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
86	17.32	27/30	N60W/27NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
87	17.44	65/220	N50W/65SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
88	17.51	58/228	N42W/58SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
89	17.72	52/228	N42W/52SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
90	17.83	33/58	N32W/33NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
91	18.09	38/35	N55W/38NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
92	18.21	49/57	N33W/49NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
93	18.38	48/53	N37W/48NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
94	18.75	25/74	N16W/25NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
95	18.88	14/253	N17W/14SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
96	18.96	28/254	N16W/28SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
97	18.99	47/242	N28W/47SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
98	19.01	11/240	N30W/11SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
99	19.17	31/221	N49W/31SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
100	19.34	57/273	N3E/57NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	

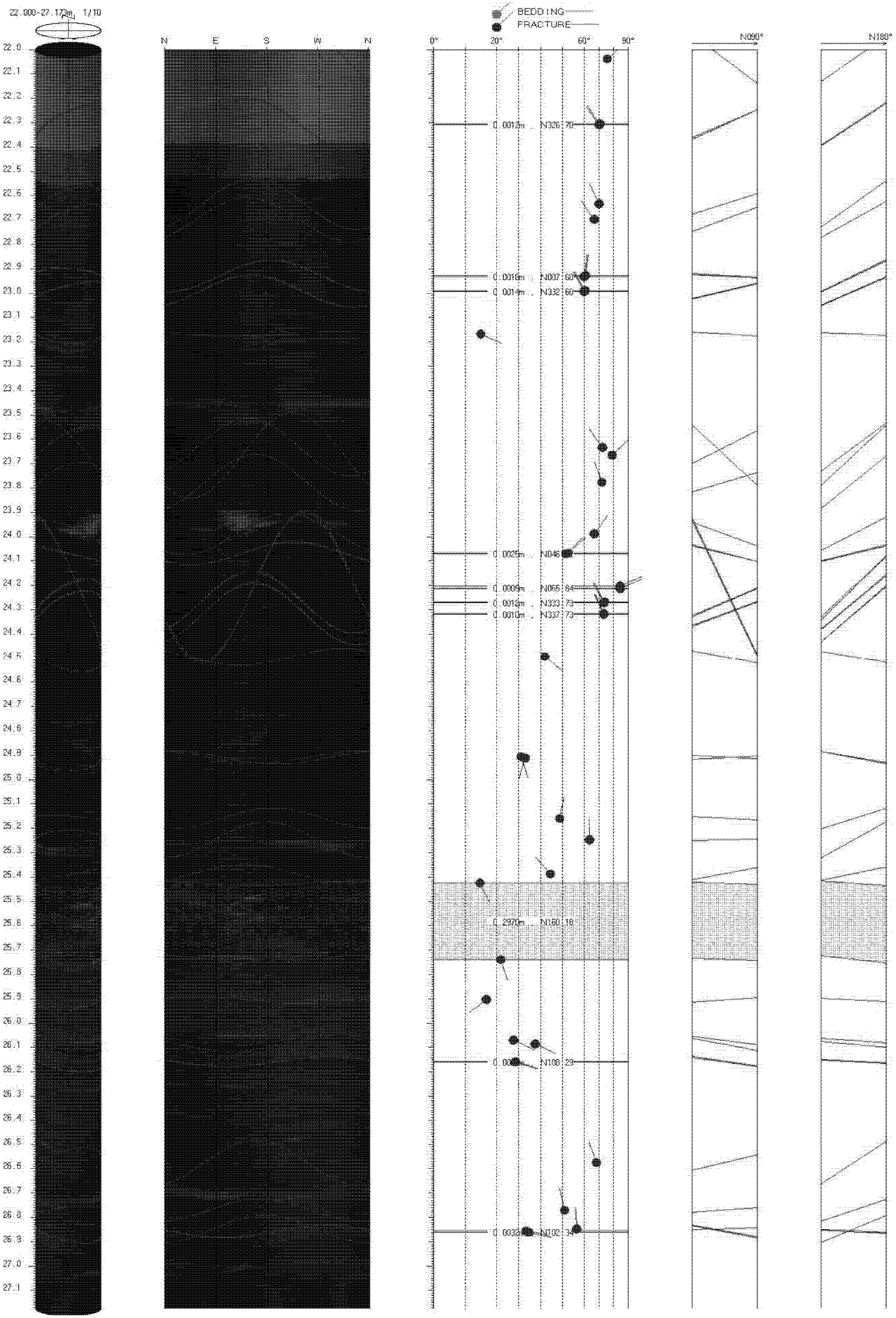
공내영상촬영 절리정보(BH-241)

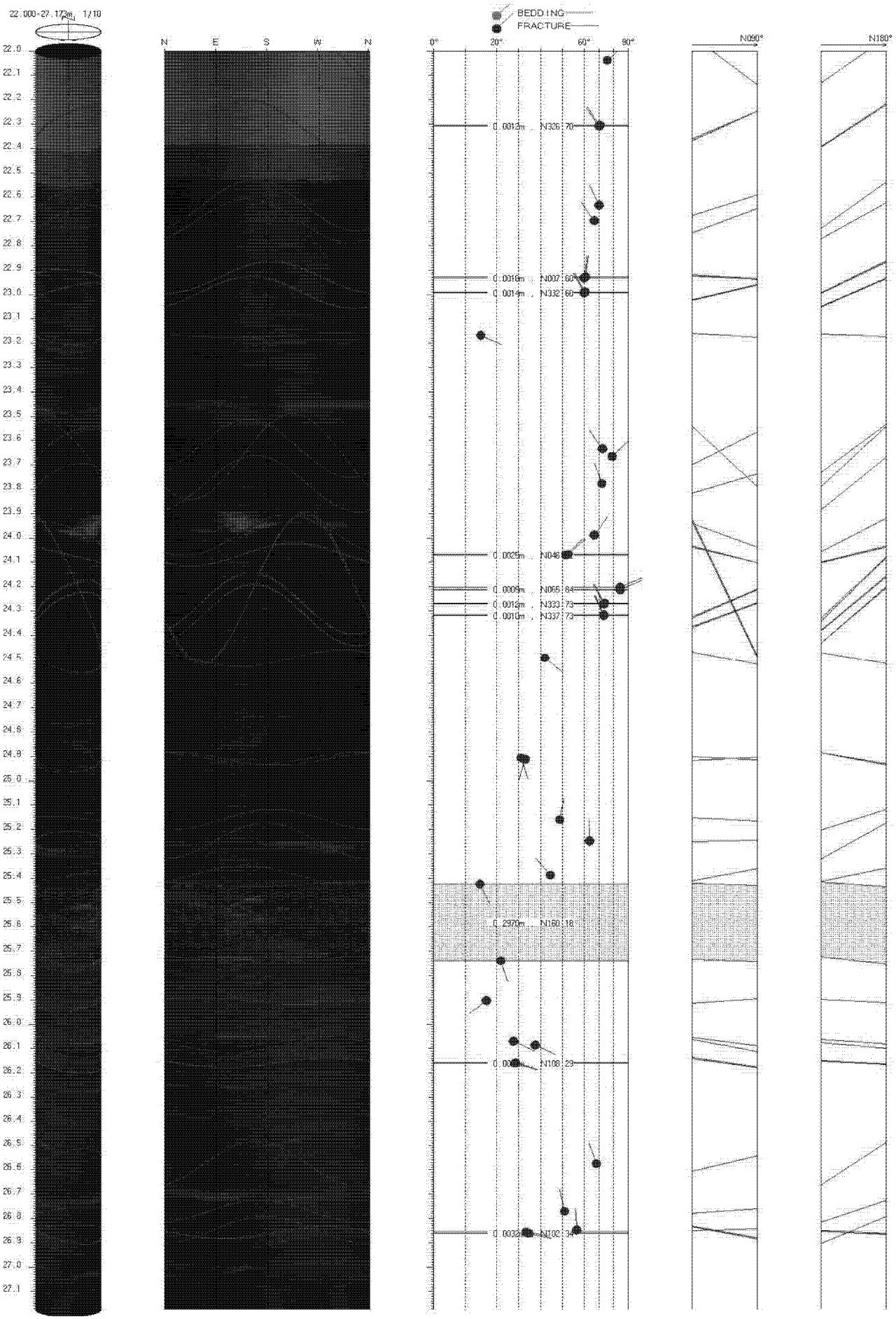
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

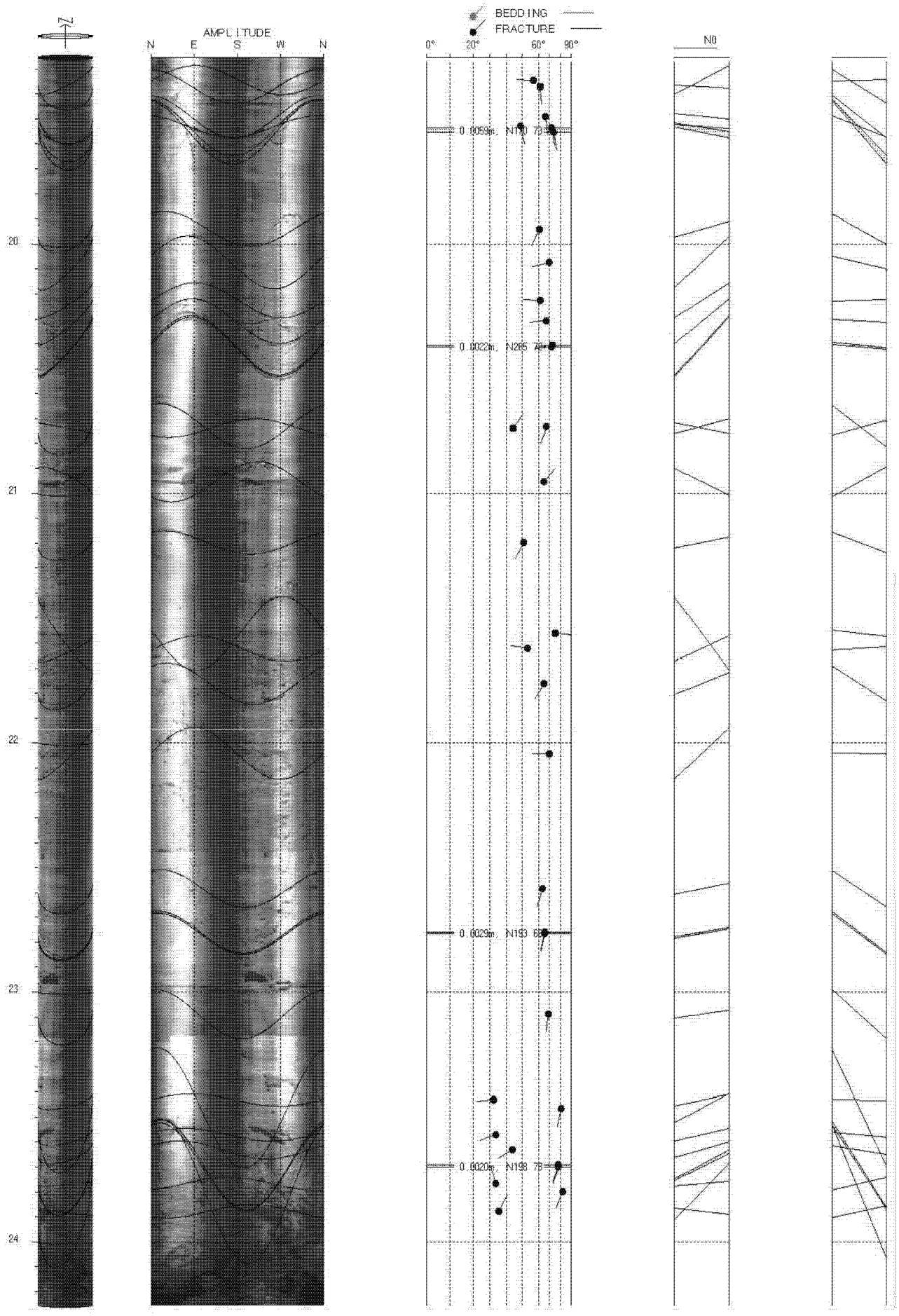
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
101	19.34	76/162	N72E/76SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
102	19.37	61/175	N85E/61SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
103	19.49	67/173	N83E/67SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
104	19.53	49/168	N78E/49SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
105	19.55	74/170	N80E/74SE	5.9	Joint	Open-fracture	
106	19.94	61/208	N62W/61SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
107	20.07	70/256	N14W/70SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
108	20.23	61/272	N2E/61NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
109	20.31	67/266	N4W/67SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
110	20.41	72/266	N4W/72SW	2.2	Joint	Open-fracture	
111	20.73	67/199	N71W/67SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
112	20.74	44/36	N54W/44NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
113	20.95	65/42	N48W/65NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
114	21.20	51/208	N62W/51SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
115	21.56	76/95	N5E/76SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
116	21.62	53/278	N8E/53NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
117	21.76	65/213	N57W/65SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
118	22.04	70/269	N1W/70SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
119	22.58	64/197	N73W/64SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
120	22.77	65/193	N77W/65SW	2.9	Joint	Open-fracture	
121	23.09	69/189	N81W/69SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
122	23.43	32/266	N4W/32SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
123	23.46	81/194	N76W/81SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
124	23.57	34/251	N19W/34SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
125	23.63	44/240	N30W/44SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
126	23.70	78/198	N72W/78SW	2.0	Joint	Open-fracture	
127	23.77	34/314	N44E/34NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
128	23.80	83/203	N67W/83SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
129	23.88	36/29	N61W/36NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	


22.000-27.173m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.001m N326 70
0.001m N007 60
0.001m N332 60
0.002m N046
0.000m N065 64
0.001m N333 73
0.001m N337 73
0.297m N160 16
N108 29
N102 34


22.000-27.173m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.001m N326 70
0.001m N007 60
0.001m N332 60
0.002m N046
0.000m N065 64
0.001m N333 73
0.001m N337 73
0.297m N160 16
N108 23
N102 34


22.000-27.173m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.001m N326 70
0.001m N007 60
0.001m N332 60
0.002m N046
0.000m N065 64
0.001m N333 73
0.001m N337 73
0.297m N160 16
N108 29
N102 34


22.000-27.173m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.001m N326 70
0.001m N007 60
0.001m N332 60
0.002m N046
0.000m N065 64
0.001m N333 73
0.001m N337 73
0.297m N160 16
N108 29
N102 34


AMPLITUDE
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N0
0.0059m, N150 78
0.0022m, N265 74
0.0029m, N193 68
0.0020m, N198 78
20
21
22
23
24

공내영상촬영 절리정보(BH-282)

용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
1	10.56	13/26	N64W/13NE	3.7	Joint	Open-fracture	
2	10.60	73/314	N44E/73NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
3	10.64	57/164	N74E/57SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
4	10.71	28/135	N45E/28SE	7.6	Joint	Open-fracture	
5	10.75	15/15	N75W/15NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
6	10.80	6/288	N18E/6NW	3.6	Joint	Open-fracture	
7	10.81	73/246	N24W/73SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
8	10.95	55/81	N9W/55NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
9	10.95	15/81	N9W/15NE	0.0	Joint	Fracture-zone	
10	11.13	37/127	N37E/37SE	160.1	Joint	Fracture-zone	
11	11.20	36/140	N50E/36SE	6.3	Joint	Open-fracture	
12	11.25	59/310	N40E/59NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
13	11.29	57/305	N35E/57NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
14	11.33	13/132	N42E/13SE	14.3	Joint	Open-fracture	
15	11.38	36/100	N10E/36SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
16	11.43	72/109	N19E/72SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
17	11.53	30/71	N19W/30NE	12.6	Joint	Open-fracture	
18	11.58	61/160	N70E/61SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
19	11.65	70/299	N29E/70NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
20	11.67	68/162	N72E/68SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
21	11.69	25/110	N20E/25SE	5.9	Joint	Open-fracture	
22	11.72	78/156	N66E/78SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
23	11.75	79/301	N31E/79NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
24	11.77	63/161	N71E/63SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
25	11.93	7/43	N47W/7NE	5.1	Joint	Open-fracture	
26	11.95	81/168	N78E/81SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
27	11.97	69/336	N66E/69NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
28	12.11	33/44	N46W/33NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
29	12.21	25/57	N33W/25NE	5.6	Joint	Open-fracture	
30	12.34	26/52	N38W/26NE	6.0	Joint	Open-fracture	
31	12.44	39/7	N83W/39NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
32	12.56	65/354	N84E/65NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
33	12.59	55/356	N86E/55NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
34	12.62	21/21	N69W/21NE	0.0	Joint	Fracture-zone	
35	12.77	63/347	N77E/63NW	112.2	Joint	Fracture-zone	
36	12.85	74/332	N62E/74NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
37	12.90	33/303	N33E/33NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
38	12.90	22/177	N87E/22SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
39	12.93	20/65	N25W/20NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
40	13.15	9/22	N68W/9NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
41	13.19	5/41	N49W/5NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
42	13.22	64/43	N47W/64NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
43	13.56	82/333	N63E/82NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
44	13.66	83/333	N63E/83NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
45	13.70	69/341	N71E/69NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
46	13.77	83/332	N62E/83NW	1.0	Joint	Open-fracture	
47	13.83	76/338	N68E/76NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
48	13.96	72/300	N30E/72NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
49	13.98	30/330	N60E/30NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
50	14.93	84/146	N56E/84SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	

공내영상촬영 절리정보(BH-282)

용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
51	15.50	47/328	N58E/47NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
52	15.76	72/314	N44E/72NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
53	16.39	40/129	N39E/40SE	0.0	Joint	Fracture-zone	
54	16.53	47/63	N27W/47NE	108.8	Joint	Fracture-zone	
55	17.18	71/14	N76W/71NE	1.3	Joint	Open-fracture	
56	17.28	77/357	N87E/77NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
57	17.48	79/260	N10W/79SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
58	17.63	82/343	N73E/82NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
59	17.70	81/273	N3E/81NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
60	17.89	75/249	N21W/75SW	2.3	Joint	Open-fracture	
61	18.39	82/9	N81W/82NE	2.0	Joint	Open-fracture	
62	18.44	77/252	N18W/77SW	1.5	Joint	Open-fracture	
63	18.49	85/330	N60E/85NW	1.0	Joint	Open-fracture	
64	18.83	15/118	N28E/15SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
65	19.05	59/201	N69W/59SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
66	19.19	71/200	N70W/71SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
67	19.62	65/8	N82W/65NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
68	20.01	52/123	N33E/52SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
69	20.26	75/274	N4E/75NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
70	20.37	70/222	N48W/70SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
71	20.43	33/69	N21W/33NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
72	20.45	77/352	N82E/77NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
73	20.48	76/354	N84E/76NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
74	20.94	21/55	N35W/21NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
75	21.18	29/41	N49W/29NE	3.4	Joint	Open-fracture	
76	21.69	62/13	N77W/62NE	1.2	Joint	Open-fracture	
77	21.80	84/336	N66E/84NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
78	21.86	71/1	N89W/71NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
79	22.31	6/196	N74W/6SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
80	22.32	22/340	N70E/22NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
81	22.53	47/235	N35W/47SW	2.9	Joint	Open-fracture	
82	22.54	56/232	N38W/56SW	2.3	Joint	Open-fracture	
83	22.80	43/165	N75E/43SE	2.8	Joint	Open-fracture	
84	22.81	6/155	N65E/6SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
85	23.11	57/70	N20W/57NE	2.7	Joint	Open-fracture	
86	23.17	14/70	N20W/14NE	6.4	Joint	Open-fracture	
87	23.27	76/352	N82E/76NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
88	23.31	79/151	N61E/79SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
89	23.59	19/68	N22W/19NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
90	23.86	12/63	N27W/12NE	4.0	Joint	Open-fracture	
91	24.04	13/346	N76E/13NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
92	24.05	18/207	N63W/18SW	3.7	Joint	Open-fracture	
93	24.08	46/69	N21W/46NE	5.4	Joint	Open-fracture	
94	24.09	14/30	N60W/14NE	6.4	Joint	Open-fracture	
95	24.09	78/253	N17W/78SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
96	24.31	74/258	N12W/74SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
97	24.43	71/234	N36W/71SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
98	24.72	72/232	N38W/72SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
99	24.87	59/220	N50W/59SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
100	24.91	67/227	N43W/67SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	

공내영상촬영 절리정보(BH-282)

용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
101	25.19	22/67	N23W/22NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
102	25.22	20/68	N22W/20NE	3.6	Joint	Open-fracture	
103	25.48	72/147	N57E/72SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
104	25.49	30/62	N28W/30NE	2.9	Joint	Open-fracture	
105	25.55	14/12	N78W/14NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
106	25.68	20/73	N17W/20NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
107	25.82	20/60	N30W/20NE	10.9	Joint	Open-fracture	
108	26.05	78/7	N83W/78NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
109	26.08	3/4	N86W/3NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
110	26.27	81/9	N81W/81NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
111	26.45	72/7	N83W/72NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
112	26.55	68/355	N85E/68NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
113	26.68	75/360	N90E/75NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
114	26.72	53/352	N82E/53NW	2.9	Joint	Open-fracture	
115	27.05	55/20	N70W/55NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
116	27.69	9/23	N67W/9NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
117	28.18	58/214	N56W/58SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
118	28.23	59/216	N54W/59SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
119	29.40	29/93	N3E/29SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
120	29.62	10/62	N28W/10NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
121	29.75	39/115	N25E/39SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
122	29.79	64/286	N16E/64NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
123	29.90	79/278	N8E/79NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
124	30.16	76/281	N11E/76NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
125	30.46	57/216	N54W/57SW	2.1	Joint	Open-fracture	
126	30.53	13/24	N66W/13NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
127	30.99	63/283	N13E/63NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
128	31.20	43/298	N28E/43NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
129	31.61	21/79	N11W/21NE	6.0	Joint	Open-fracture	
130	32.11	74/267	N3W/74SW	2.7	Joint	Open-fracture	
131	32.12	86/322	N52E/86NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
132	32.26	86/323	N53E/86NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
133	32.74	22/64	N26W/22NE	4.0	Joint	Open-fracture	
134	32.76	29/58	N32W/29NE	1.7	Joint	Open-fracture	
135	33.18	16/30	N60W/16NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
136	33.29	26/83	N7W/26NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
137	33.55	41/54	N36W/41NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
138	33.69	65/123	N33E/65SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
139	33.76	52/98	N8E/52SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
140	34.10	3/173	N83E/3SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
141	34.38	73/19	N71W/73NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
142	34.47	51/25	N65W/51NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
143	34.50	69/28	N62W/69NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
144	34.78	72/359	N89E/72NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
145	34.79	79/356	N86E/79NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
146	35.29	70/5	N85W/70NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
147	35.52	78/7	N83W/78NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
148	35.58	79/150	N60E/79SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
149	35.59	73/154	N64E/73SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
150	35.65	79/153	N63E/79SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	

공내영상촬영 절리정보(BH-282)

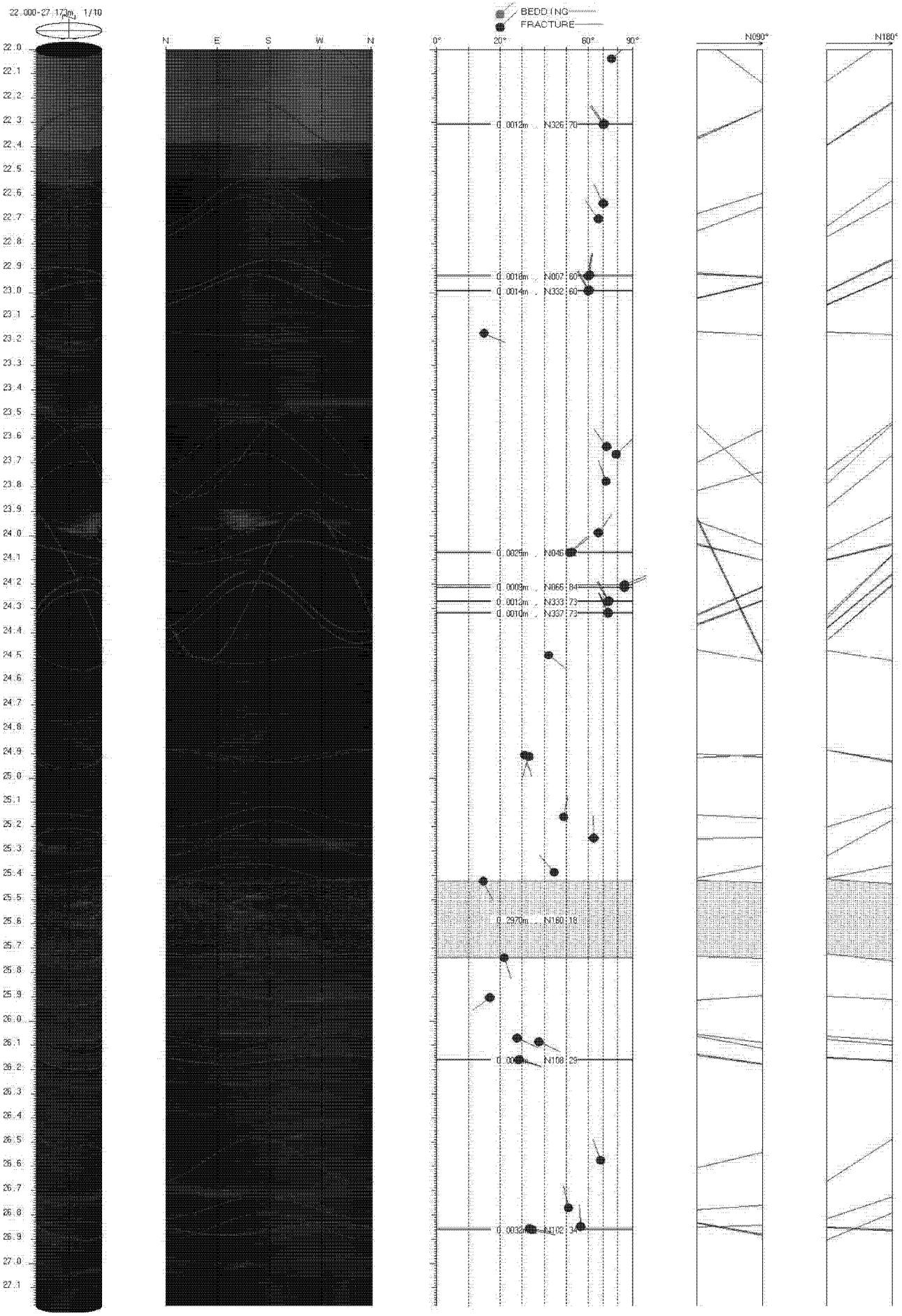
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

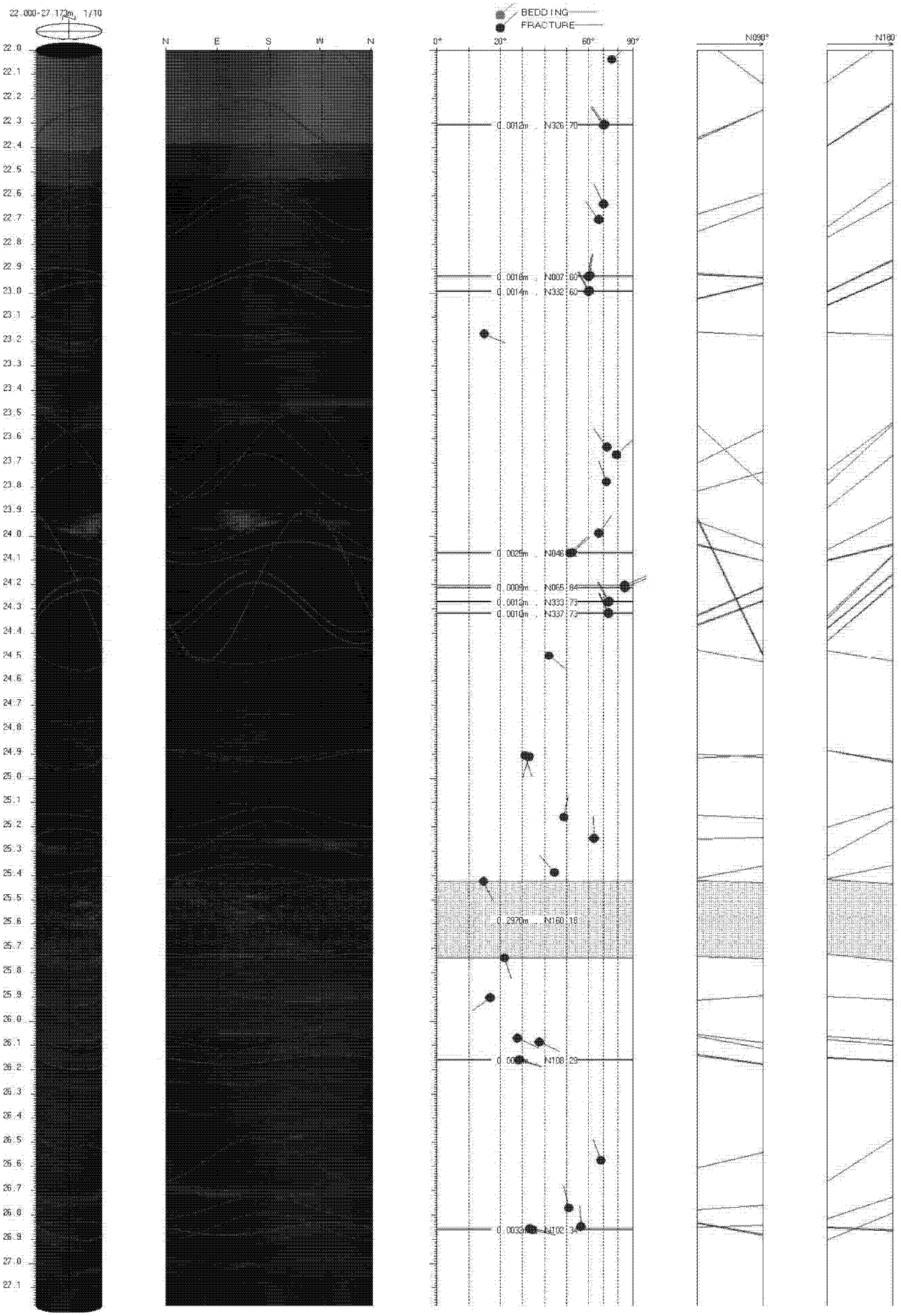
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
151	35.76	77/159	N69E/77SE	1.9	Joint	Open-fracture	
152	36.22	13/346	N76E/13NW	0.0	Joint	Fracture-zone	
153	36.39	11/112	N22E/11SE	169.9	Joint	Fracture-zone	
154	36.47	28/103	N13E/28SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
155	36.56	7/90	NS/7E	0.0	Joint	Hairline-fracture	
156	36.59	8/9	N81W/8NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
157	36.66	16/38	N52W/16NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
158	36.72	65/176	N86E/65SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
159	36.85	61/70	N20W/61NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
160	36.88	63/13	N77W/63NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
161	36.98	7/201	N69W/7SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
162	37.08	18/292	N22E/18NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
163	37.13	10/343	N73E/10NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
164	37.16	26/357	N87E/26NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
165	37.34	8/32	N58W/8NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
166	37.41	11/81	N9W/11NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
167	37.70	20/313	N43E/20NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
168	37.86	14/52	N38W/14NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
169	37.89	22/42	N48W/22NE	2.9	Joint	Open-fracture	
170	37.97	29/50	N40W/29NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
171	38.05	18/31	N59W/18NE	5.5	Joint	Open-fracture	
172	38.05	22/44	N46W/22NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
173	38.26	7/138	N48E/7SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
174	38.30	9/181	N89W/9SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
175	38.33	5/360	N90E/5NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
176	38.36	21/64	N26W/21NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
177	38.37	33/70	N20W/33NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
178	38.74	30/80	N10W/30NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
179	38.85	7/157	N67E/7SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
180	38.92	58/206	N64W/58SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
181	39.23	24/280	N10E/24NW	5.4	Joint	Open-fracture	
182	39.47	13/229	N41W/13SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
183	39.57	11/59	N31W/11NE	5.5	Joint	Open-fracture	
184	39.65	15/327	N57E/15NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
185	39.70	6/160	N70E/6SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
186	39.73	5/60	N30W/5NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
187	39.77	22/265	N5W/22SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
188	39.83	63/112	N22E/63SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
189	39.92	12/324	N54E/12NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
190	39.95	22/301	N31E/22NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
191	40.17	76/322	N52E/76NW	1.8	Joint	Open-fracture	
192	40.23	77/320	N50E/77NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
193	40.30	4/214	N56W/4SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
194	40.42	80/329	N59E/80NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
195	40.82	21/52	N38W/21NE	3.0	Joint	Open-fracture	
196	41.18	76/203	N67W/76SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
197	41.20	18/65	N25W/18NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
198	41.22	14/63	N27W/14NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
199	41.31	40/19	N71W/40NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
200	41.49	34/82	N8W/34NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	

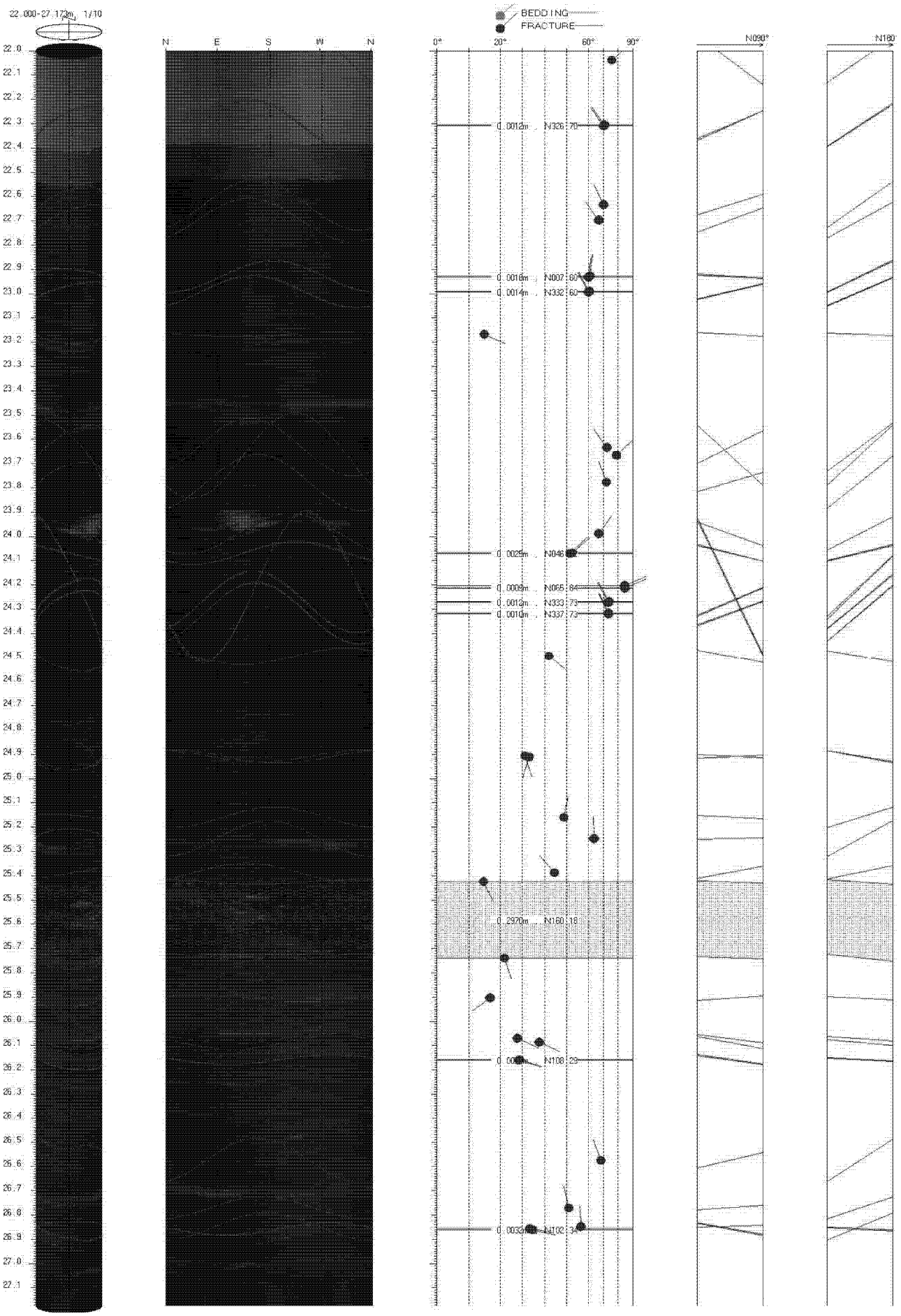
공내영상촬영 절리정보(BH-282)

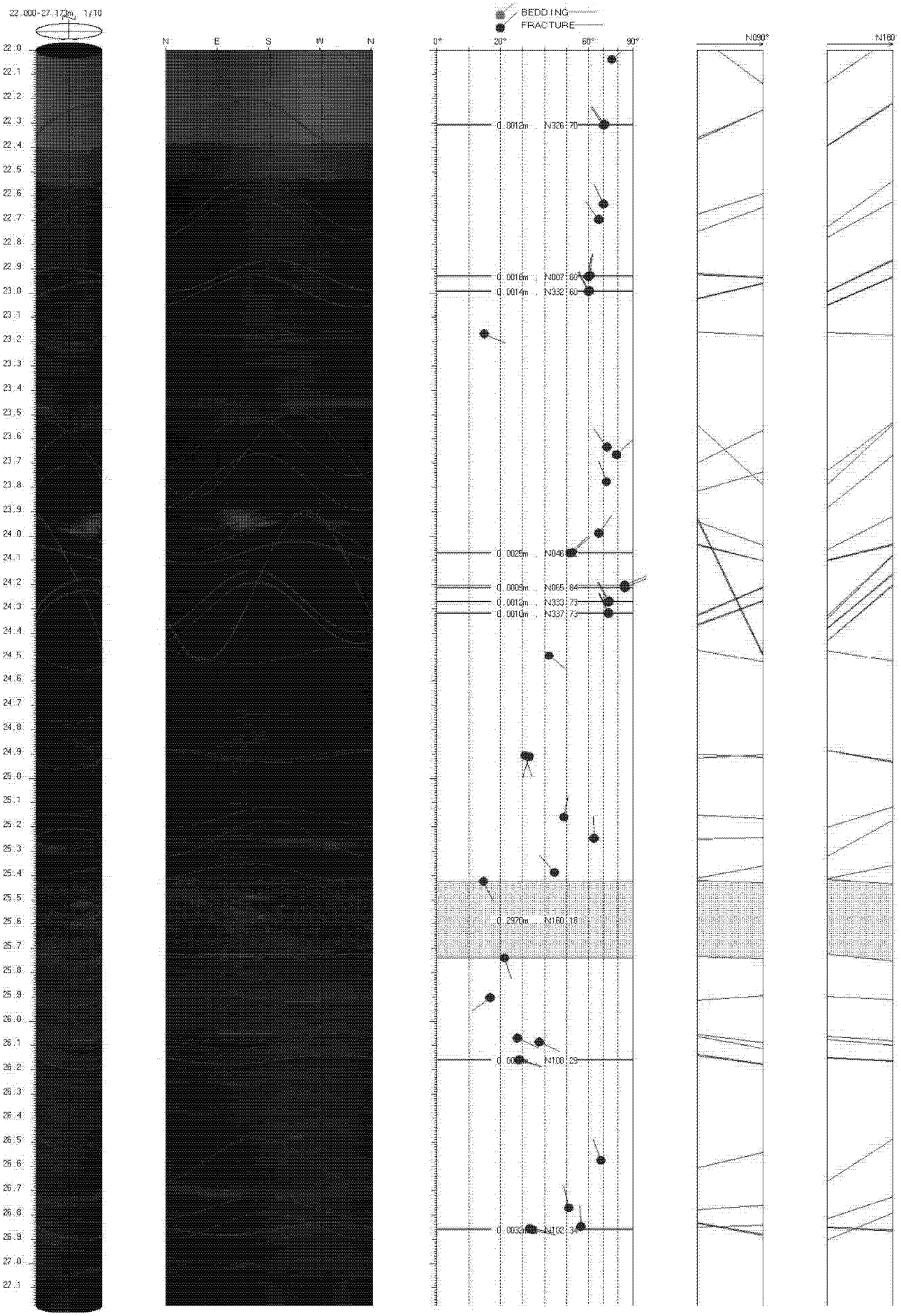
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

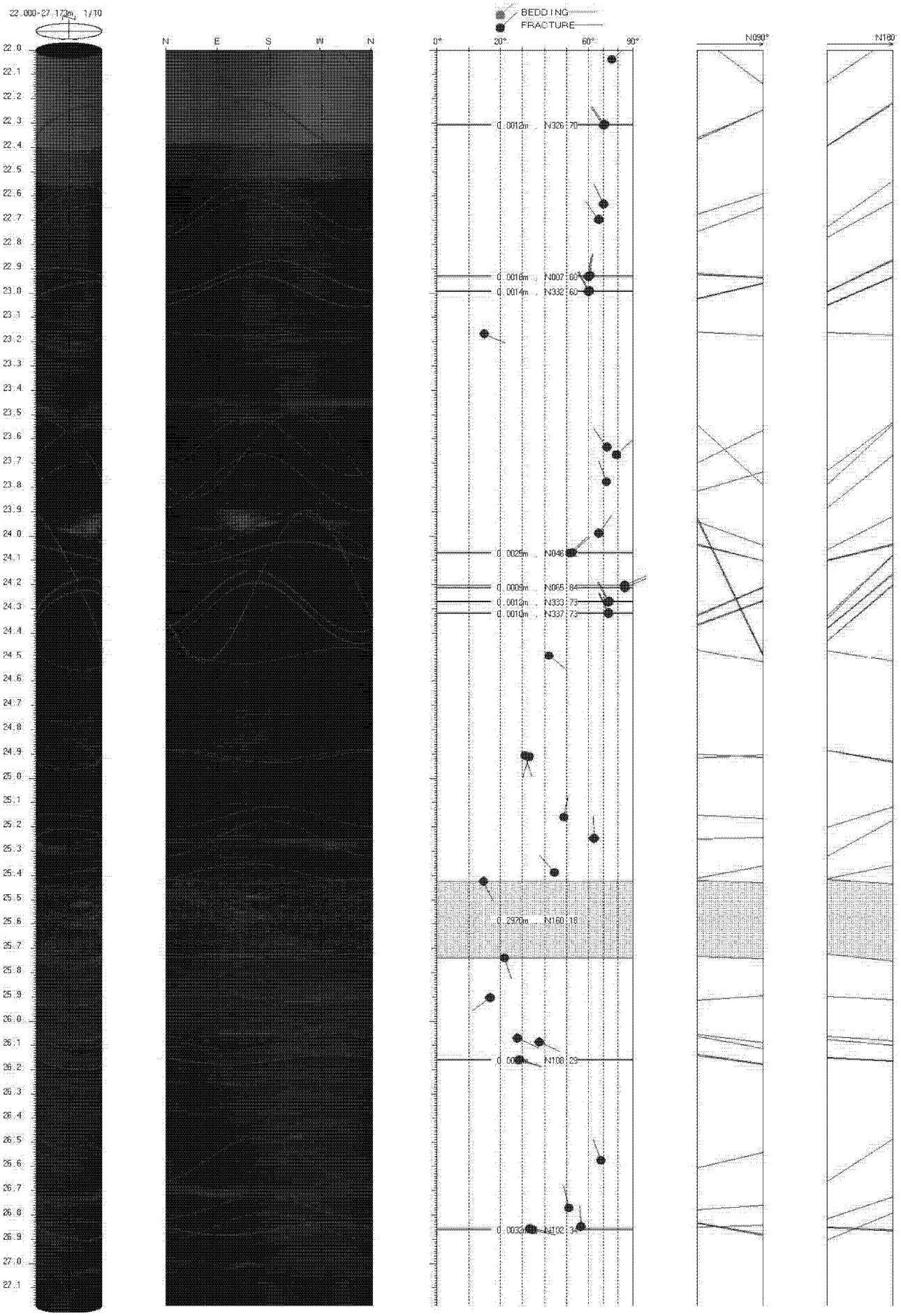
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
201	41.73	64/185	N85W/64SW	2.4	Joint	Open-fracture	
202	41.99	78/280	N10E/78NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	

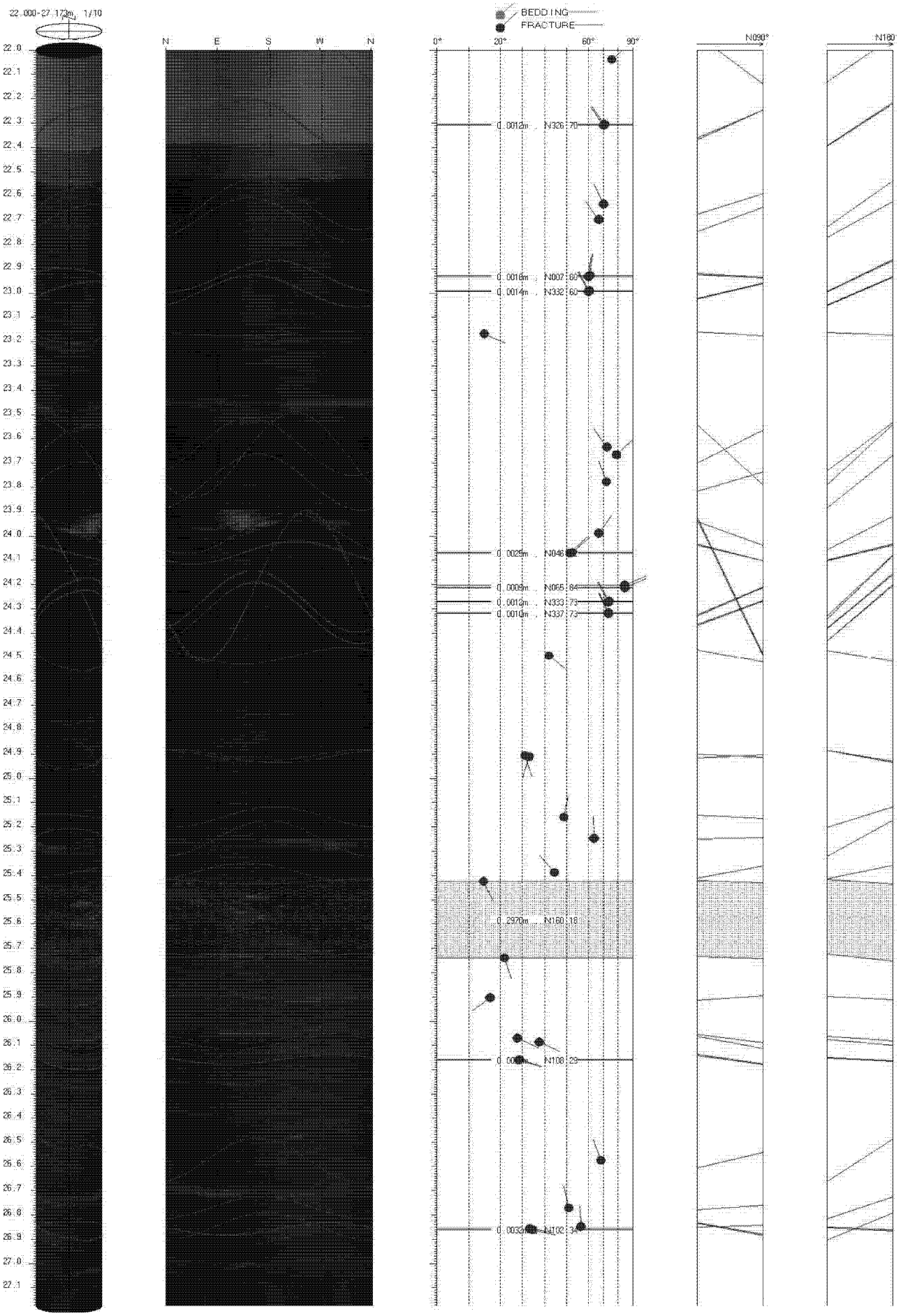

22.000-27.170m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0018m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
0.0032m N102 34

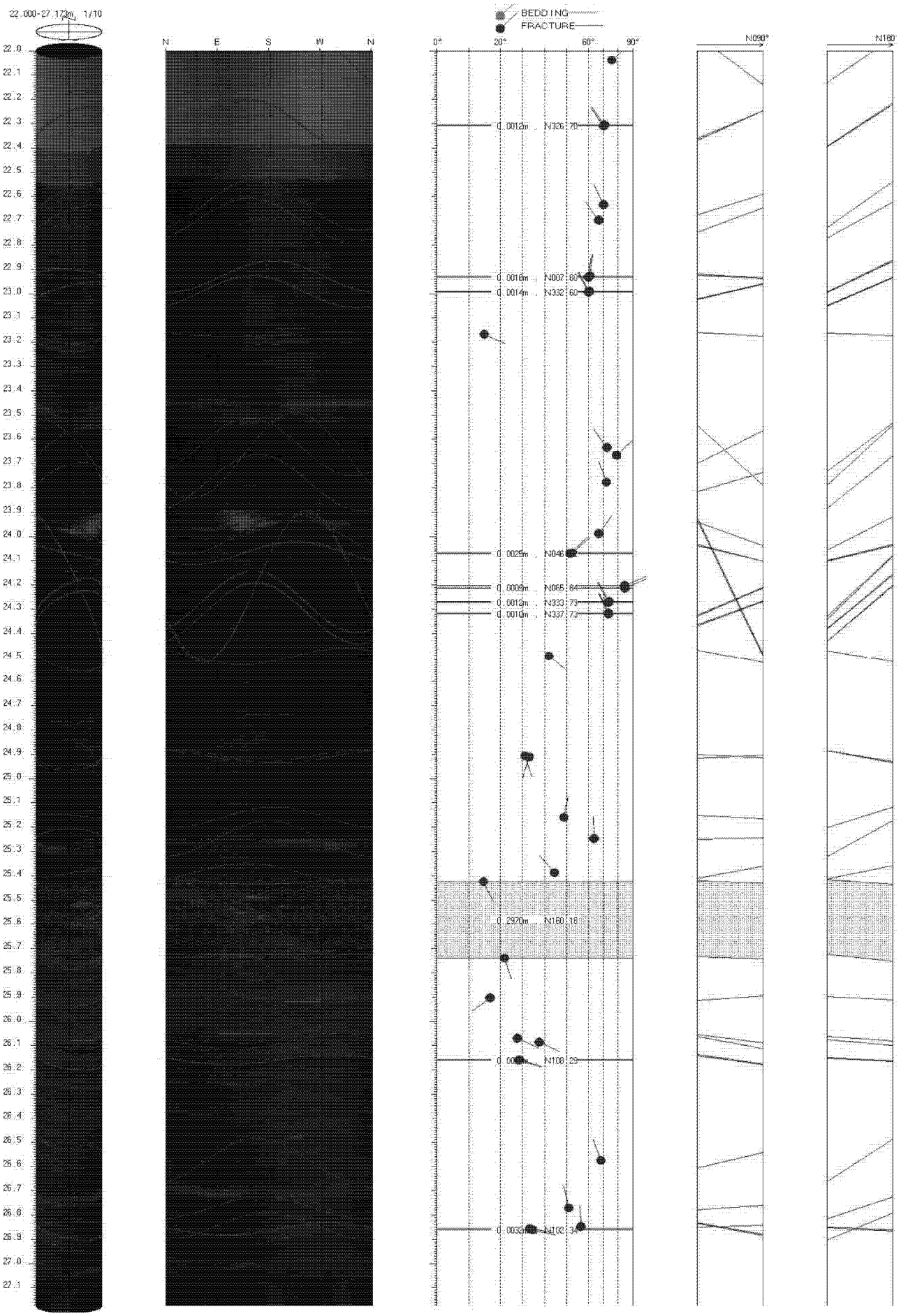

22.000-27.170m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3

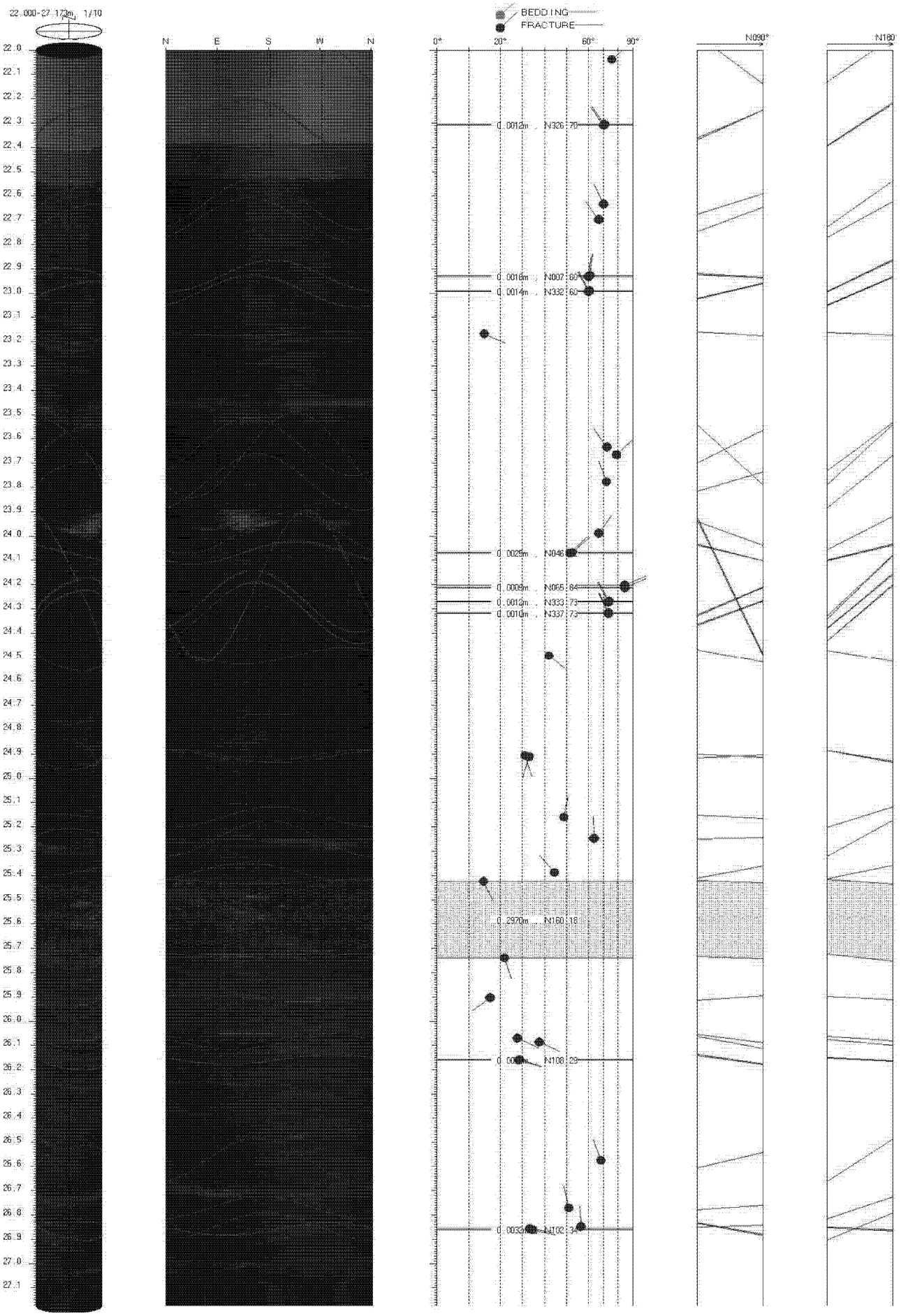

22.000-27.170m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3

공내영상촬영 절리정보(BH-284)

용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
1	5.62	60/312	N42E/60NW	1.4	Joint	Open-fracture	
2	5.63	58/316	N46E/58NW	2.0	Joint	Open-fracture	
3	5.68	59/301	N31E/59NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
4	5.68	58/321	N51E/58NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
5	5.75	67/300	N30E/67NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
6	5.76	54/330	N60E/54NW	0.0	Joint	Fracture-zone	
7	5.84	53/323	N53E/53NW	48.7	Joint	Fracture-zone	
8	5.90	55/327	N57E/55NW	2.2	Joint	Open-fracture	
9	5.94	57/338	N68E/57NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
10	5.95	50/321	N51E/50NW	0.0	Joint	Fracture-zone	
11	6.06	46/336	N66E/46NW	76.0	Joint	Fracture-zone	
12	6.14	46/339	N69E/46NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
13	6.17	81/192	N78W/81SW	2.8	Joint	Open-fracture	
14	6.19	33/59	N31W/33NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
15	6.27	45/314	N44E/45NW	3.4	Joint	Open-fracture	
16	6.36	58/5	N85W/58NE	2.7	Joint	Open-fracture	
17	6.36	49/8	N82W/49NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
18	6.39	44/21	N69W/44NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
19	6.40	57/352	N82E/57NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
20	6.41	55/335	N65E/55NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
21	6.42	23/354	N84E/23NW	2.5	Joint	Open-fracture	
22	6.46	41/327	N57E/41NW	0.0	Joint	Fracture-zone	
23	6.51	67/15	N75W/67NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
24	6.67	50/328	N58E/50NW	142.9	Joint	Fracture-zone	
25	6.70	57/333	N63E/57NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
26	6.75	53/334	N64E/53NW	2.0	Joint	Open-fracture	
27	6.83	52/344	N74E/52NW	0.0	Joint	Fracture-zone	
28	7.14	44/78	N12W/44NE	248.7	Joint	Fracture-zone	
29	7.19	48/2	N88W/48NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
30	7.21	64/330	N60E/64NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
31	7.25	51/336	N66E/51NW	3.5	Joint	Open-fracture	
32	7.27	18/323	N53E/18NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
33	7.29	63/314	N44E/63NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
34	7.30	69/339	N69E/69NW	2.4	Joint	Open-fracture	
35	7.36	59/260	N10W/59SW	2.6	Joint	Open-fracture	
36	7.39	57/350	N80E/57NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
37	7.43	52/353	N83E/52NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
38	7.46	31/333	N63E/31NW	3.0	Joint	Open-fracture	
39	7.50	49/348	N78E/49NW	3.6	Joint	Open-fracture	
40	7.51	62/295	N25E/62NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
41	7.53	83/196	N74W/83SW	1.5	Joint	Open-fracture	
42	7.55	64/320	N50E/64NW	2.2	Joint	Open-fracture	
43	7.56	40/297	N27E/40NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
44	7.63	5/162	N72E/5SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
45	7.66	76/318	N48E/76NW	0.9	Joint	Open-fracture	
46	7.75	65/316	N46E/65NW	2.3	Joint	Open-fracture	
47	7.86	65/319	N49E/65NW	0.0	Joint	Fracture-zone	
48	8.20	39/338	N68E/39NW	207.7	Joint	Fracture-zone	
49	8.23	47/319	N49E/47NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
50	8.31	60/318	N48E/60NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	

공내영상촬영 절리정보(BH-284)

용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
51	8.35	49/104	N14E/49SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
52	8.36	80/337	N67E/80NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
53	8.38	67/343	N73E/67NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
54	8.56	70/327	N57E/70NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
55	8.60	54/2	N88W/54NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
56	8.65	54/3	N87W/54NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
57	8.77	19/133	N43E/19SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
58	8.79	29/158	N68E/29SE	0.0	Joint	Fracture-zone	
59	8.95	85/11	N79W/85NE	2.2	Joint	Open-fracture	
60	9.11	43/113	N23E/43SE	3.4	Joint	Open-fracture	
61	9.12	70/111	N21E/70SE	224.3	Joint	Fracture-zone	
62	9.24	57/241	N29W/57SW	2.7	Joint	Open-fracture	
63	9.30	36/255	N15W/36SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
64	9.32	11/187	N83W/11SW	3.8	Joint	Open-fracture	
65	9.40	34/282	N12E/34NW	2.4	Joint	Open-fracture	
66	9.69	24/125	N35E/24SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
67	9.79	52/279	N9E/52NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
68	9.91	9/270	NS/9E	0.0	Joint	Hairline-fracture	
69	9.97	49/19	N71W/49NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
70	10.10	51/23	N67W/51NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
71	10.18	67/307	N37E/67NW	4.0	Joint	Open-fracture	
72	10.23	47/50	N40W/47NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
73	10.34	60/6	N84W/60NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
74	10.44	34/92	N2E/34SE	4.0	Joint	Open-fracture	
75	10.44	63/289	N19E/63NW	4.3	Joint	Open-fracture	
76	10.46	42/102	N12E/42SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
77	10.52	54/119	N29E/54SE	3.1	Joint	Open-fracture	
78	10.56	52/20	N70W/52NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
79	10.59	28/75	N15W/28NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
80	10.62	31/119	N29E/31SE	3.7	Joint	Open-fracture	
81	10.71	57/7	N83W/57NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
82	10.74	63/357	N87E/63NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
83	10.80	32/89	N1W/32NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
84	10.85	38/113	N23E/38SE	4.5	Joint	Open-fracture	
85	10.88	56/117	N27E/56SE	2.1	Joint	Open-fracture	
86	10.89	78/317	N47E/78NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
87	11.01	59/43	N47W/59NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
88	11.08	80/358	N88E/80NW	3.9	Joint	Open-fracture	
89	11.18	77/18	N72W/77NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
90	11.29	77/104	N14E/77SE	2.6	Joint	Open-fracture	
91	11.29	58/336	N66E/58NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
92	11.31	54/329	N59E/54NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
93	11.33	48/329	N59E/48NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
94	11.37	17/27	N63W/17NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
95	11.44	53/129	N39E/53SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
96	11.45	41/333	N63E/41NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
97	11.64	43/302	N32E/43NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
98	11.65	48/298	N28E/48NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
99	11.74	57/2	N88W/57NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
100	11.74	37/317	N47E/37NW	0.0	Joint	Fracture-zone	

공내영상촬영 절리정보(BH-284)

용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
101	11.81	63/27	N63W/63NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
102	11.83	35/276	N6E/35NW	74.1	Joint	Fracture-zone	
103	11.89	64/3	N87W/64NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
104	11.98	73/306	N36E/73NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
105	12.00	44/31	N59W/44NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
106	12.05	44/26	N64W/44NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
107	12.90	38/124	N34E/38SE	47.8	Joint	Open-fracture	
108	12.98	23/98	N8E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
109	12.99	47/323	N53E/47NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
110	13.01	43/322	N52E/43NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
111	13.06	70/54	N36W/70NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
112	13.08	25/351	N81E/25NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
113	13.18	37/283	N13E/37NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
114	13.22	33/286	N16E/33NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
115	13.36	64/120	N30E/64SE	3.1	Joint	Open-fracture	
116	13.62	3/297	N27E/3NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
117	13.69	35/98	N8E/35SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
118	13.70	53/77	N13W/53NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
119	13.71	71/59	N31W/71NE	2.4	Joint	Open-fracture	
120	13.77	31/325	N55E/31NW	2.8	Joint	Open-fracture	
121	13.79	45/84	N6W/45NE	2.1	Joint	Open-fracture	
122	13.84	29/94	N4E/29SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
123	13.98	60/21	N69W/60NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
124	14.03	74/246	N24W/74SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
125	14.09	47/37	N53W/47NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
126	14.09	45/181	N89W/45SW	2.5	Joint	Open-fracture	
127	14.09	75/30	N60W/75NE	1.6	Joint	Open-fracture	
128	14.30	70/48	N42W/70NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
129	14.33	65/170	N80E/65SE	5.3	Joint	Open-fracture	
130	14.38	62/1	N89W/62NE	1.9	Joint	Open-fracture	
131	14.38	60/307	N37E/60NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
132	14.44	37/322	N52E/37NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
133	14.49	16/113	N23E/16SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
134	14.56	77/192	N78W/77SW	1.4	Joint	Open-fracture	
135	14.68	67/268	N2W/67SW	2.2	Joint	Open-fracture	
136	14.78	52/274	N4E/52NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
137	14.80	39/136	N46E/39SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
138	14.92	48/119	N29E/48SE	2.1	Joint	Open-fracture	
139	14.94	70/117	N27E/70SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
140	14.95	33/286	N16E/33NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
141	14.98	20/308	N38E/20NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
142	15.06	42/114	N24E/42SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
143	15.08	5/302	N32E/5NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
144	15.10	52/307	N37E/52NW	1.8	Joint	Open-fracture	
145	15.10	16/300	N30E/16NW	3.8	Joint	Open-fracture	
146	15.23	55/289	N19E/55NW	1.8	Joint	Open-fracture	
147	15.26	21/117	N27E/21SE	2.5	Joint	Open-fracture	
148	15.30	37/338	N68E/37NW	0.0	Joint	Fracture-zone	
149	15.86	59/360	N90E/59NW	375.9	Joint	Fracture-zone	
150	15.87	51/135	N45E/51SE	2.2	Joint	Open-fracture	

공내영상촬영 절리정보(BH-284)

용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
151	15.91	70/242	N28W/70SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
152	15.92	36/356	N86E/36NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
153	16.04	43/102	N12E/43SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
154	16.11	55/89	N1W/55NE	2.8	Joint	Open-fracture	
155	16.17	51/122	N32E/51SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
156	16.22	44/114	N24E/44SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
157	16.23	45/153	N63E/45SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
158	16.30	49/151	N61E/49SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
159	16.33	39/327	N57E/39NW	3.4	Joint	Open-fracture	
160	16.35	33/118	N28E/33SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
161	16.38	24/147	N57E/24SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
162	16.57	46/77	N13W/46NE	2.6	Joint	Open-fracture	
163	16.73	33/75	N15W/33NE	0.0	Joint	Fracture-zone	
164	17.39	51/311	N41E/51NW	604.6	Joint	Fracture-zone	
165	17.91	32/81	N9W/32NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
166	18.45	61/324	N54E/61NW	0.0	Joint	Fracture-zone	
167	18.69	55/11	N79W/55NE	134.9	Joint	Fracture-zone	
168	18.75	52/316	N46E/52NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
169	18.78	50/317	N47E/50NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
170	18.83	60/326	N56E/60NW	2.4	Joint	Open-fracture	
171	18.85	62/337	N67E/62NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
172	18.94	59/321	N51E/59NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
173	19.04	58/1	N89W/58NE	0.0	Joint	Fracture-zone	
174	19.51	67/352	N82E/67NW	213.2	Joint	Fracture-zone	
175	19.58	61/316	N46E/61NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
176	19.63	82/351	N81E/82NW	3.3	Joint	Open-fracture	
177	20.03	70/181	N89W/70SW	1.6	Joint	Open-fracture	
178	20.26	72/155	N65E/72SE	2.1	Joint	Open-fracture	
179	20.42	66/349	N79E/66NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
180	20.44	81/10	N80W/81NE	1.3	Joint	Open-fracture	
181	20.47	79/343	N73E/79NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
182	20.51	71/11	N79W/71NE	1.3	Joint	Open-fracture	
183	20.57	71/13	N77W/71NE	1.0	Joint	Open-fracture	
184	20.57	57/171	N81E/57SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
185	20.60	56/300	N30E/56NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
186	20.63	69/1	N89W/69NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
187	20.71	76/6	N84W/76NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
188	20.89	21/87	N3W/21NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
189	21.04	65/21	N69W/65NE	1.8	Joint	Open-fracture	
190	21.14	36/332	N62E/36NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
191	21.25	48/281	N11E/48NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
192	21.34	32/194	N76W/32SW	3.0	Joint	Open-fracture	
193	21.86	17/78	N12W/17NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
194	21.91	27/81	N9W/27NE	2.3	Joint	Open-fracture	
195	21.95	40/93	N3E/40SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
196	22.03	48/97	N7E/48SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
197	22.03	71/145	N55E/71SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
198	22.09	71/142	N52E/71SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
199	22.15	53/50	N40W/53NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
200	22.17	73/83	N7W/73NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	

공내영상촬영 절리정보(BH-284)

용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
201	22.29	11/115	N25E/11SE	4.3	Joint	Open-fracture	
202	22.32	16/254	N16W/16SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
203	22.36	58/152	N62E/58SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
204	22.37	66/139	N49E/66SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
205	22.48	41/118	N28E/41SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
206	22.48	7/49	N41W/7NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
207	22.51	70/161	N71E/70SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
208	22.62	72/164	N74E/72SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
209	22.66	57/217	N53W/57SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
210	22.69	70/179	N89E/70SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
211	22.75	51/176	N86E/51SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
212	22.79	50/186	N84W/50SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
213	22.80	34/310	N40E/34NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
214	22.85	35/163	N73E/35SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
215	22.88	45/162	N72E/45SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
216	22.91	61/159	N69E/61SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
217	23.16	14/67	N23W/14NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
218	23.36	5/87	N3W/5NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
219	23.47	66/17	N73W/66NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
220	23.56	35/108	N18E/35SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
221	23.58	37/95	N5E/37SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
222	23.59	75/2	N88W/75NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
223	23.60	67/320	N50E/67NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
224	23.68	65/1	N89W/65NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
225	23.70	53/35	N55W/53NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
226	23.96	59/32	N58W/59NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
227	23.98	39/75	N15W/39NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
228	24.18	69/351	N81E/69NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
229	24.31	32/65	N25W/32NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
230	24.73	43/24	N66W/43NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
231	24.77	78/203	N67W/78SW	1.4	Joint	Open-fracture	
232	24.78	62/344	N74E/62NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
233	24.87	79/11	N79W/79NE	10.3	Joint	Open-fracture	
234	24.89	56/6	N84W/56NE	2.4	Joint	Open-fracture	
235	25.00	55/17	N73W/55NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
236	25.03	28/75	N15W/28NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
237	25.08	42/180	EW/42S	0.0	Joint	Hairline-fracture	
238	25.35	55/290	N20E/55NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
239	25.37	19/113	N23E/19SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
240	25.49	25/134	N44E/25SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
241	25.51	31/160	N70E/31SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
242	25.64	75/195	N75W/75SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
243	25.68	16/200	N70W/16SW	0.0	Joint	Fracture-zone	
244	25.77	2/213	N57W/2SW	85.9	Joint	Fracture-zone	
245	25.83	14/228	N42W/14SW	3.3	Joint	Open-fracture	
246	25.88	75/268	N2W/75SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
247	26.22	73/215	N55W/73SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
248	26.36	65/182	N88W/65SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
249	26.78	37/156	N66E/37SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
250	26.88	6/199	N71W/6SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	

공내영상촬영 절리정보(BH-284)

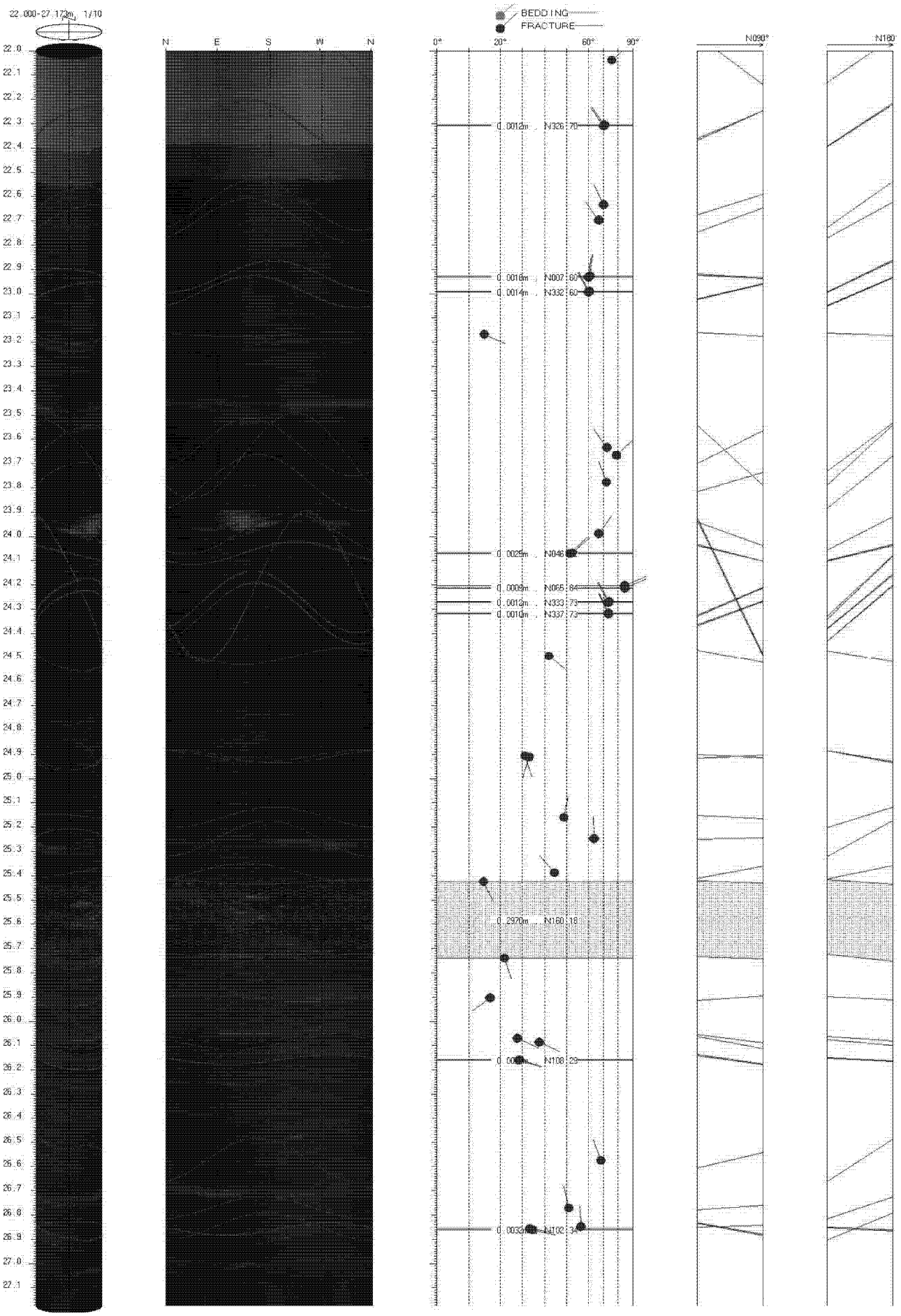
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

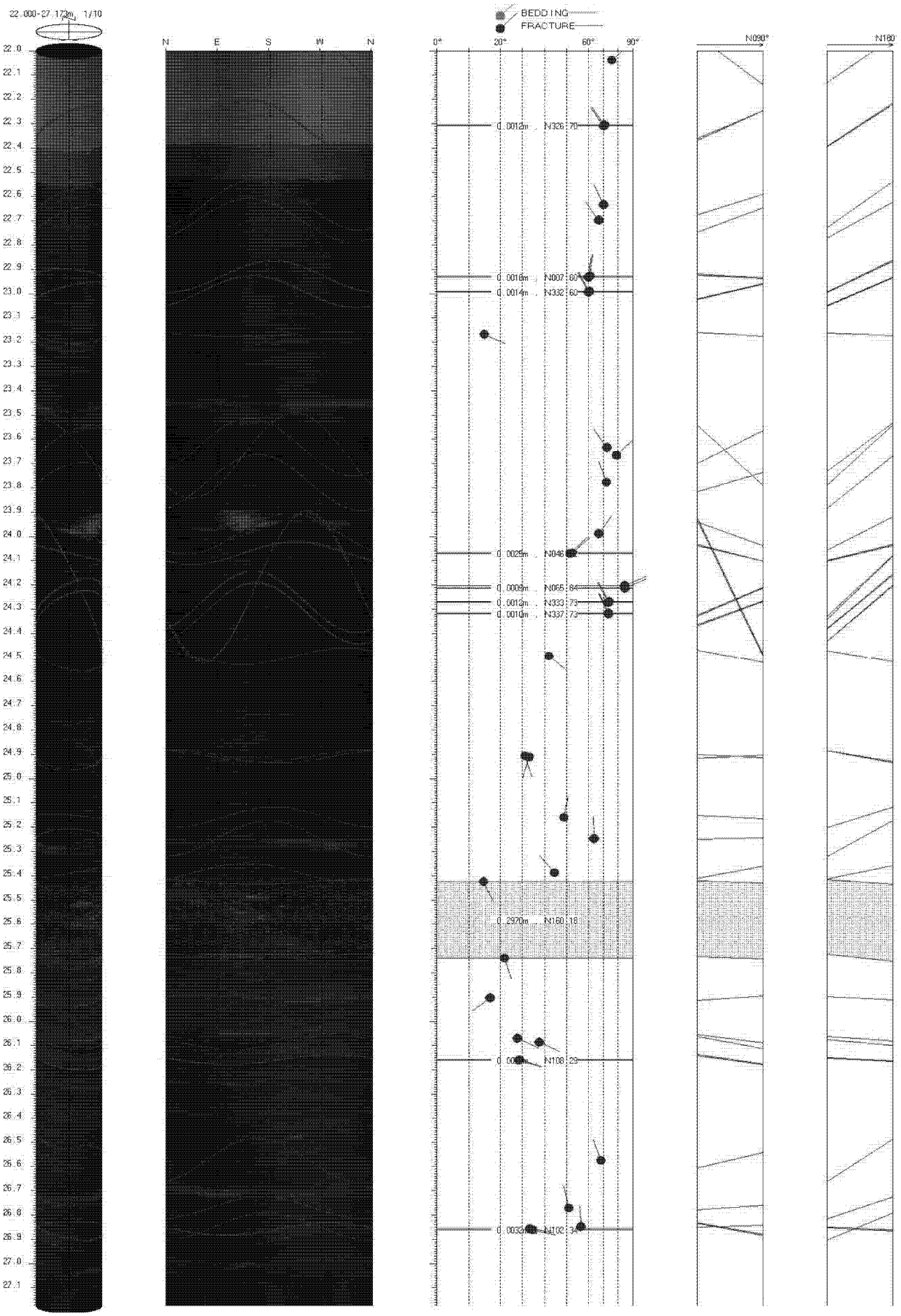
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
251	26.94	17/188	N82W/17SW	4.1	Joint	Open-fracture	
252	27.05	42/193	N77W/42SW	2.4	Joint	Open-fracture	
253	27.07	47/210	N60W/47SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
254	27.08	52/195	N75W/52SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
255	27.16	77/166	N76E/77SE	2.0	Joint	Open-fracture	
256	27.31	7/62	N28W/7NE	5.6	Joint	Open-fracture	
257	27.36	58/178	N88E/58SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
258	27.50	58/88	N2W/58NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
259	27.51	7/183	N87W/7SW	6.0	Joint	Open-fracture	
260	27.54	51/67	N23W/51NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
261	27.60	40/224	N46W/40SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
262	27.61	33/83	N7W/33NE	2.8	Joint	Open-fracture	
263	27.71	18/196	N74W/18SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
264	27.74	4/69	N21W/4NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
265	27.95	74/158	N68E/74SE	1.6	Joint	Open-fracture	
266	28.12	10/91	N1E/10SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
267	28.18	45/188	N82W/45SW	2.3	Joint	Open-fracture	
268	29.16	11/84	N6W/11NE	4.3	Joint	Open-fracture	
269	29.16	49/209	N61W/49SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
270	29.18	57/195	N75W/57SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
271	29.20	77/349	N79E/77NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
272	29.33	74/0	EW/74N	2.1	Joint	Open-fracture	
273	29.41	68/297	N27E/68NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
274	29.43	66/353	N83E/66NW	2.7	Joint	Open-fracture	
275	29.43	79/7	N83W/79NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
276	29.65	73/13	N77W/73NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
277	29.65	75/2	N88W/75NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
278	29.66	67/318	N48E/67NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
279	29.70	57/349	N79E/57NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
280	29.74	63/354	N84E/63NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
281	29.74	66/15	N75W/66NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
282	29.76	49/357	N87E/49NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
283	29.81	54/353	N83E/54NW	3.0	Joint	Open-fracture	
284	29.84	38/193	N77W/38SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
285	29.85	58/313	N43E/58NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
286	29.87	54/308	N38E/54NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
287	29.91	27/154	N64E/27SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
288	29.97	86/183	N87W/86SW	1.3	Joint	Open-fracture	
289	30.03	82/5	N85W/82NE	1.6	Joint	Open-fracture	
290	30.22	34/145	N55E/34SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
291	30.24	19/176	N86E/19SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
292	30.33	42/2	N88W/42NE	2.3	Joint	Open-fracture	
293	30.37	45/330	N60E/45NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
294	30.38	52/3	N87W/52NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
295	30.47	56/339	N69E/56NW	2.4	Joint	Open-fracture	
296	30.50	65/349	N79E/65NW	2.2	Joint	Open-fracture	
297	30.78	79/6	N84W/79NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
298	30.83	52/315	N45E/52NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
299	30.88	61/12	N78W/61NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
300	30.97	63/4	N86W/63NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	

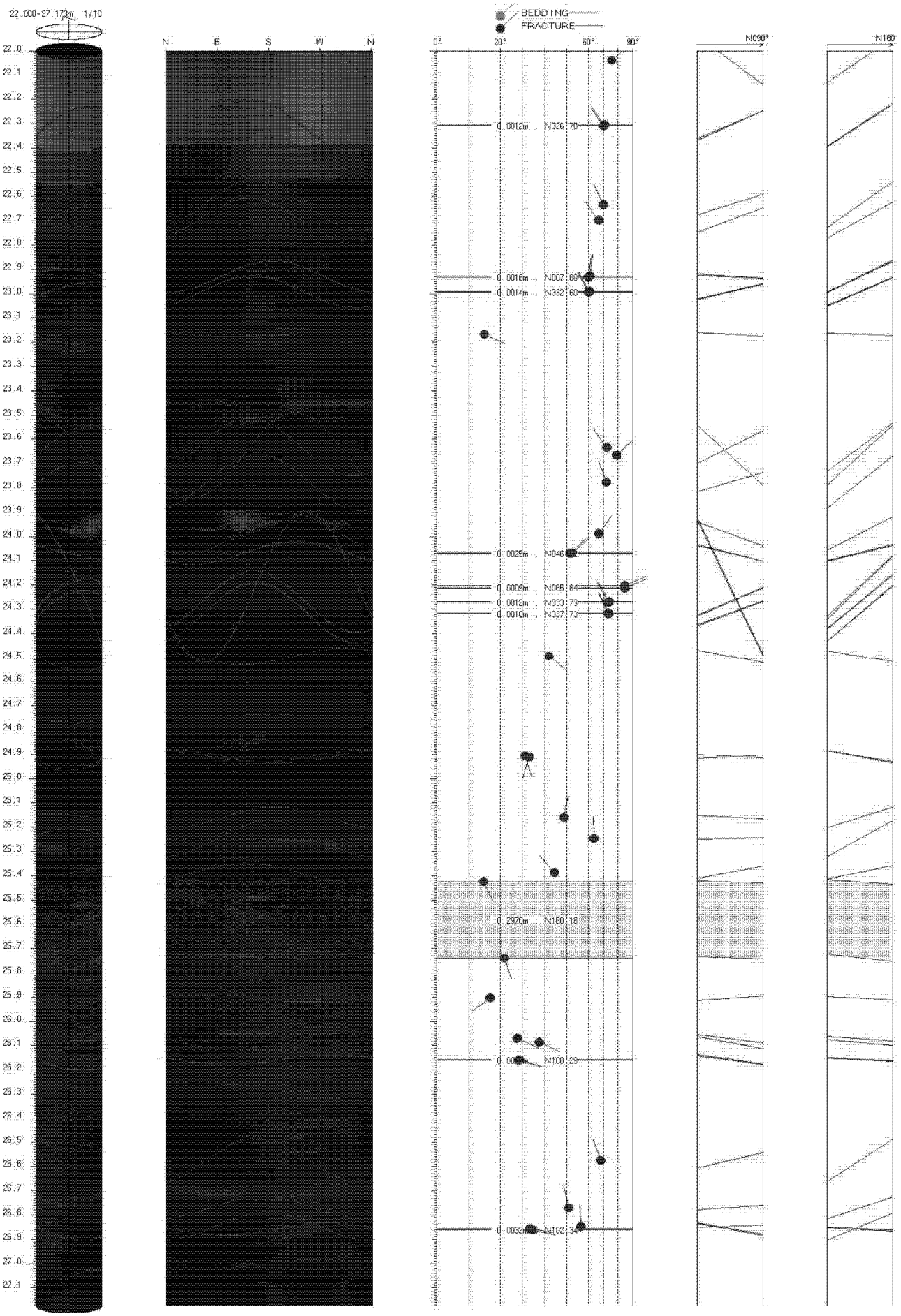
공내영상촬영 절리정보(BH-284)

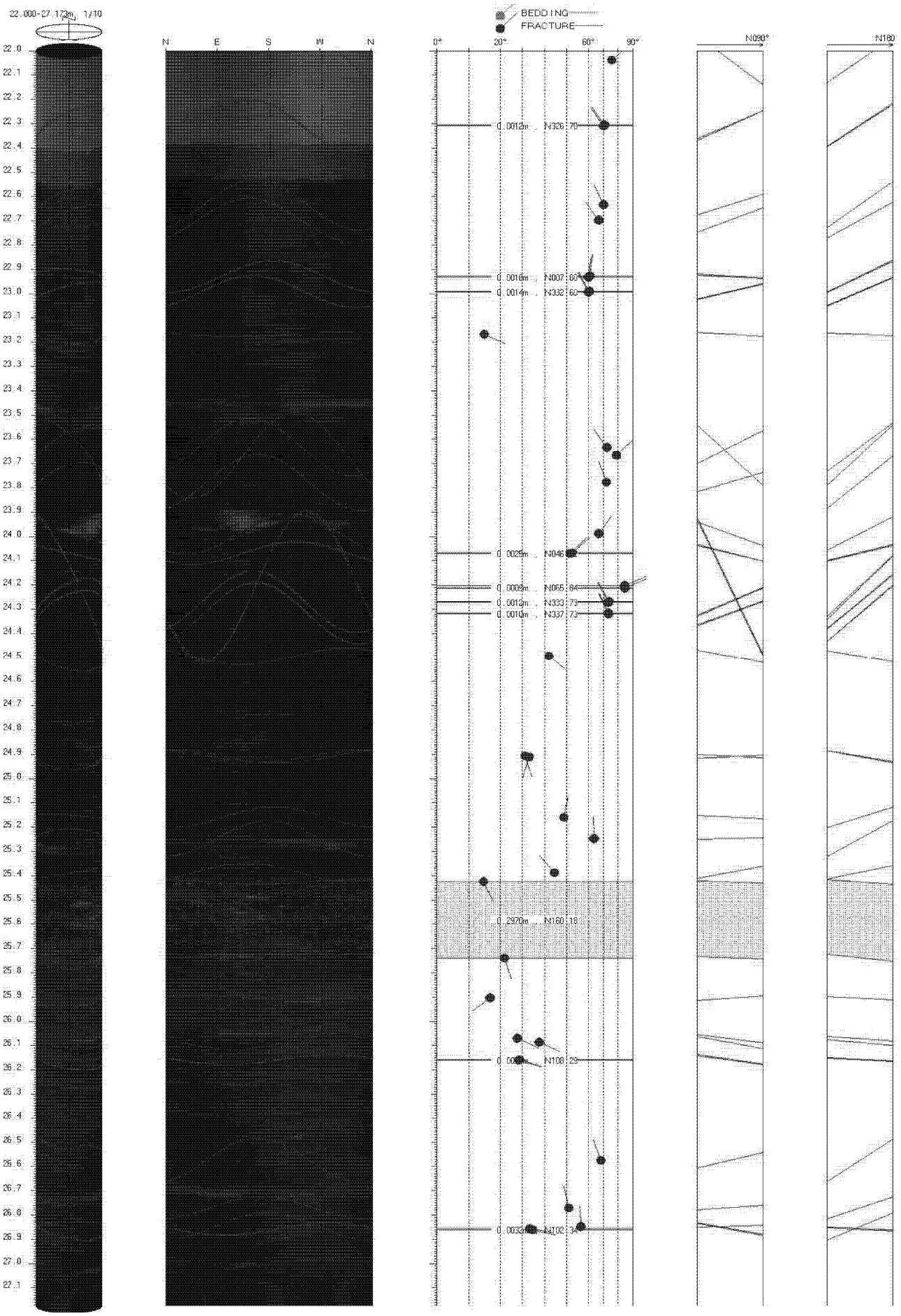
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

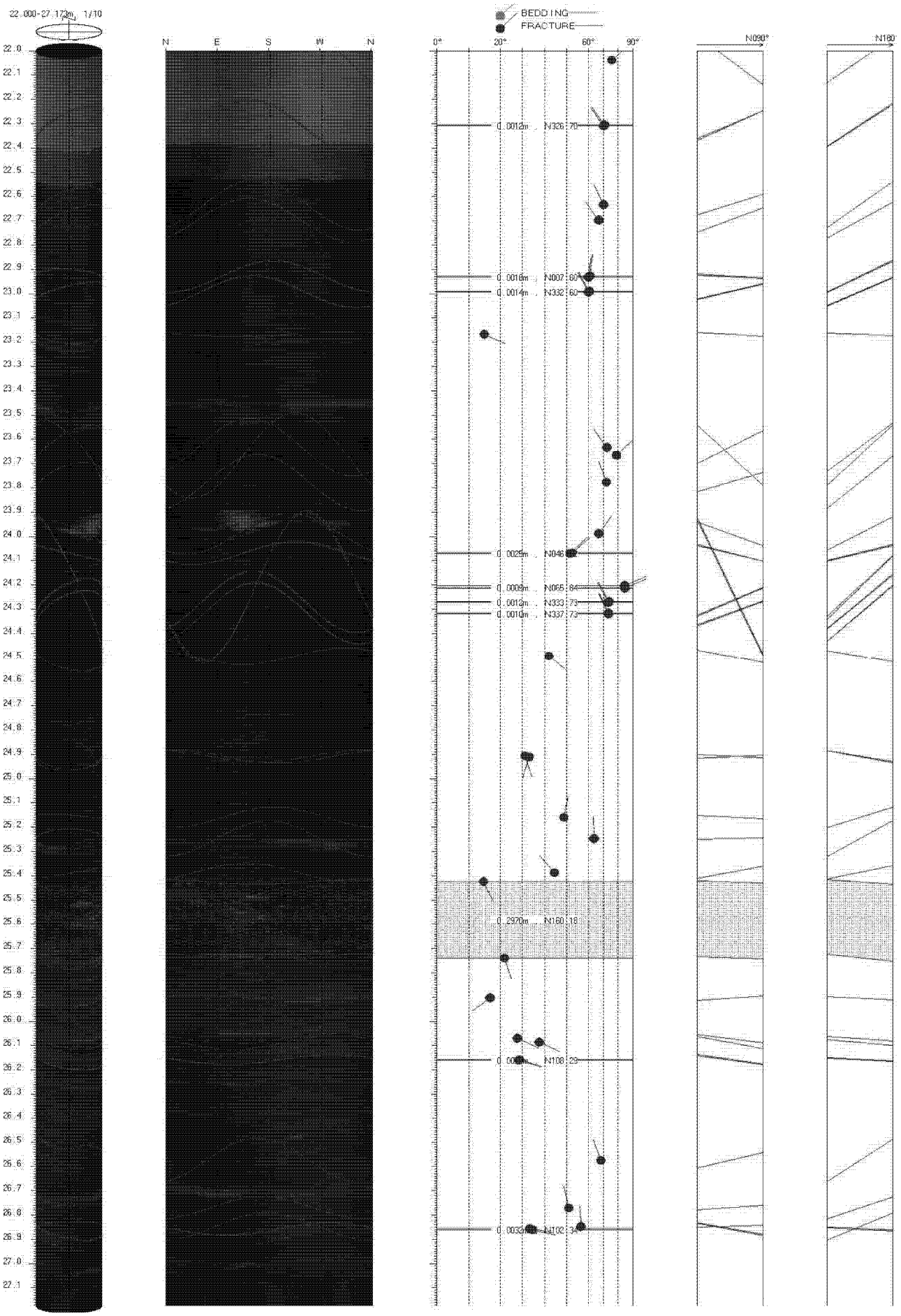
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
301	31.05	61/1	N89W/61NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
302	31.25	49/35	N55W/49NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
303	31.59	31/177	N87E/31SE	5.4	Joint	Open-fracture	
304	31.87	61/313	N43E/61NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
305	32.22	76/308	N38E/76NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
306	32.23	64/304	N34E/64NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
307	32.31	5/103	N13E/5SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
308	32.41	17/122	N32E/17SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
309	32.42	66/282	N12E/66NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
310	32.56	21/103	N13E/21SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
311	32.68	36/105	N15E/36SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
312	32.75	74/264	N6W/74SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
313	32.81	43/90	NS/43E	0.0	Joint	Hairline-fracture	
314	32.92	79/289	N19E/79NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
315	33.13	25/109	N19E/25SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
316	33.62	78/193	N77W/78SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
317	33.68	62/96	N6E/62SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	

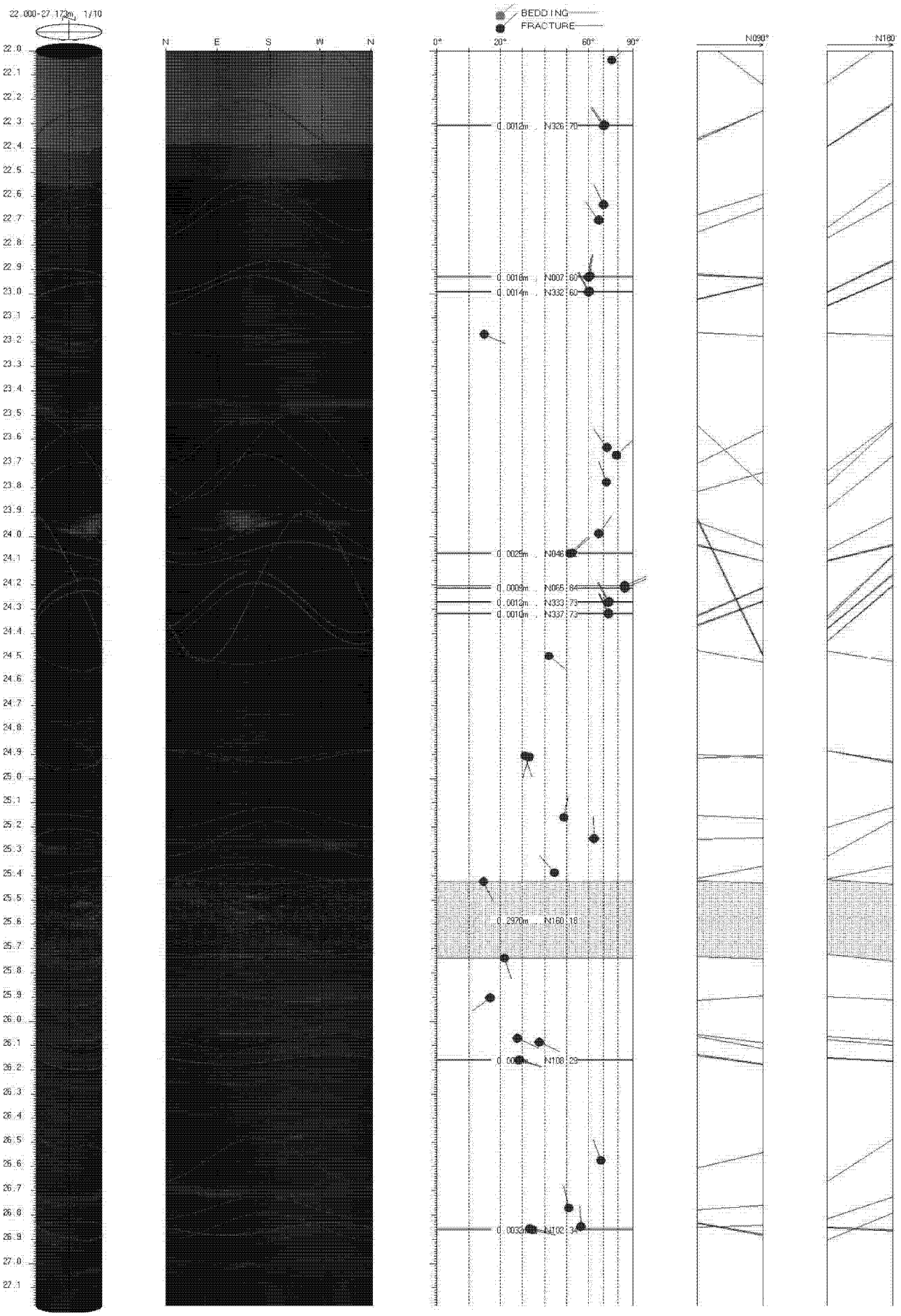

22.000-27.170m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3

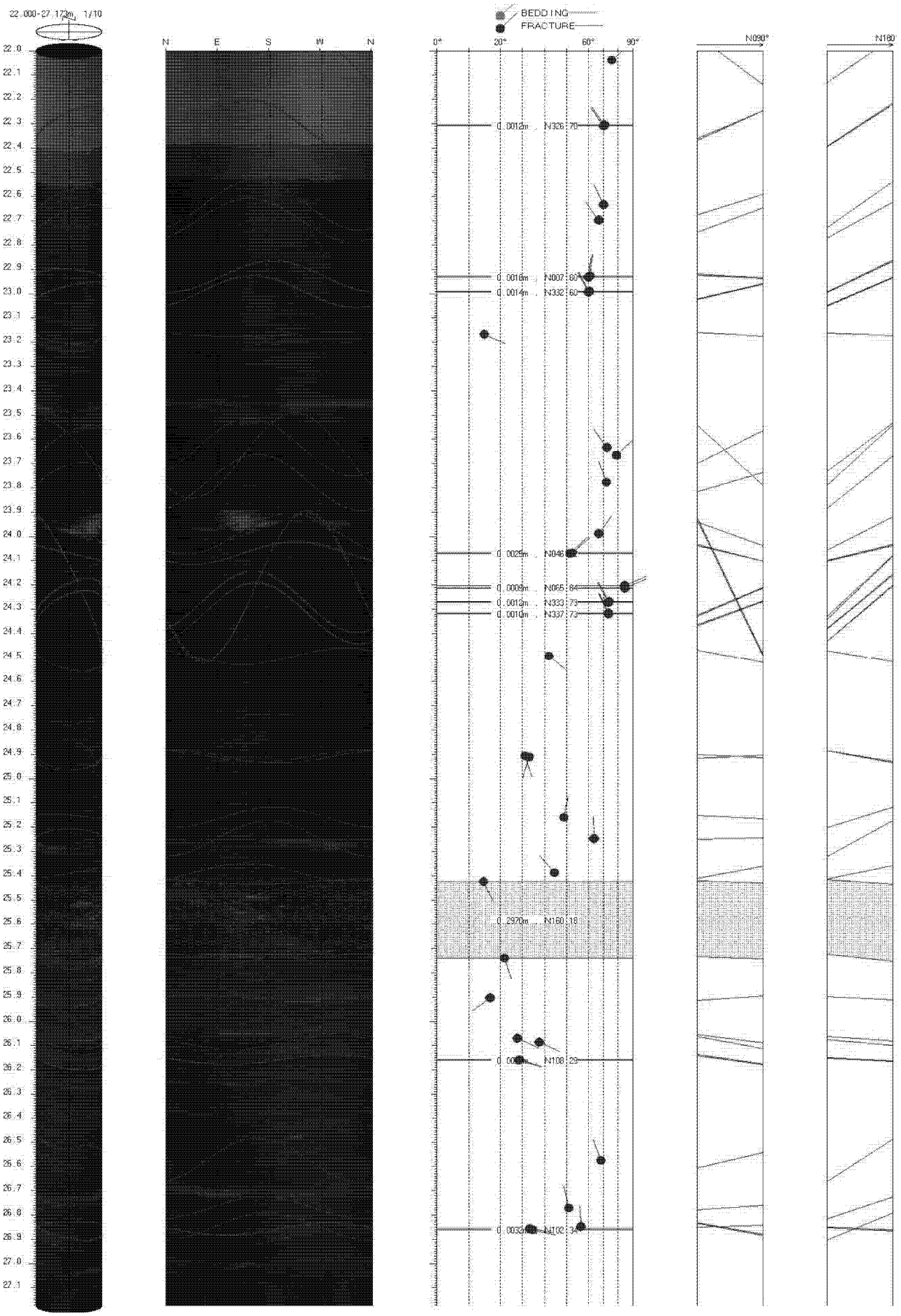

22.000-27.170m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 23
N102 3

공내영상촬영 절리정보(BH-287)

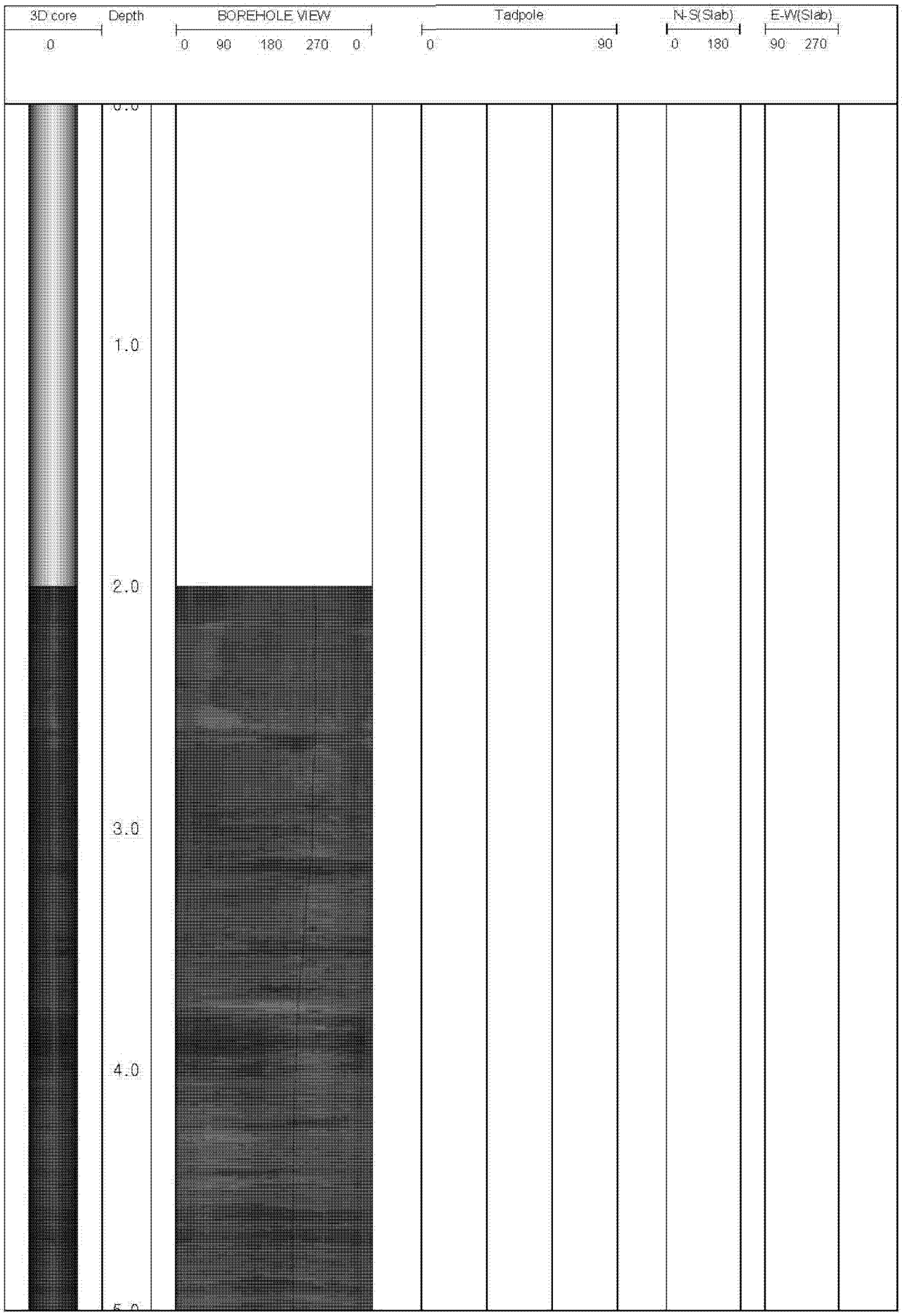
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

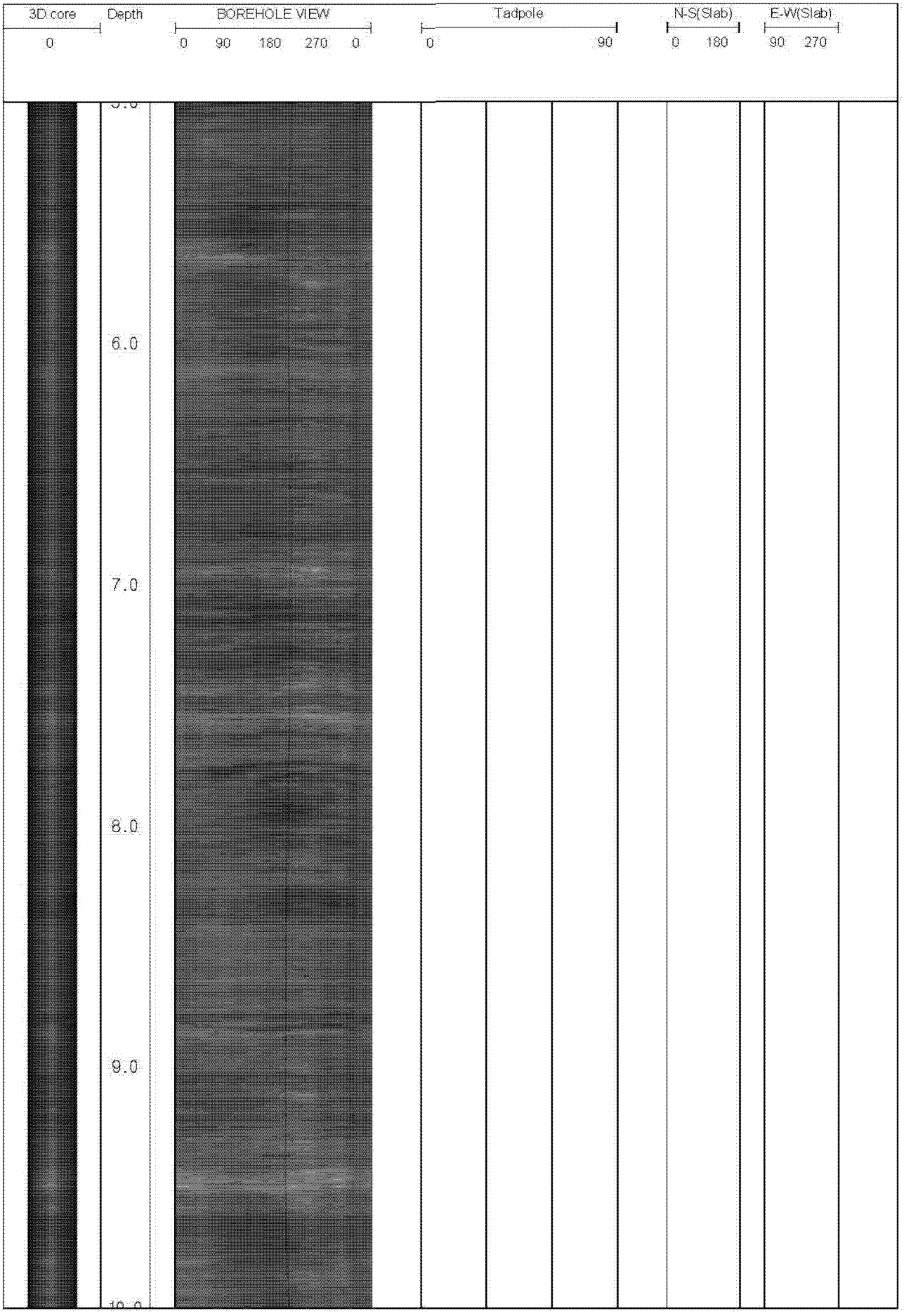
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
1	13.2	13/216	N54W/13SW	52.26	Joint	Fracture zone	
2	13.25	24/234	N36W/24SW	0	Joint	Hair fracture	
3	13.34	15/236	N34W/15SW	30.25	Joint	Fracture zone	
4	13.77	20/249	N21W/20SW	0	Joint	Hair fracture	
5	13.9	27/285	N15E/27NW	64.18	Joint	Fracture zone	
6	14.27	32/207	N63W/32SW	110.68	Joint	Fracture zone	
7	17.15	54/322	N52E/54NW	3.69	Joint	Open fracture	
8	18.04	50/99	N9E/50SE	354.11	Joint	Fracture zone	
9	18.39	17/199	N71W/17SW	0	Joint	Hair fracture	
10	18.44	18/169	N79E/18SE	0	Joint	Hair fracture	
11	18.52	7/120	N30E/7SE	0	Joint	Hair fracture	
12	18.63	18/183	N87W/18SW	0	Joint	Hair fracture	
13	18.97	13/156	N66E/13SE	0	Joint	Hair fracture	
14	19.38	54/103	N13E/54SE	0	Joint	Hair fracture	
15	19.77	5/129	N39E/5SE	0	Joint	Hair fracture	
16	19.9	16/93	N3E/16SE	0	Joint	Hair fracture	
17	19.94	12/120	N30E/12SE	0	Joint	Hair fracture	
18	20.14	62/350	N80E/62NW	0	Joint	Hair fracture	
19	21.31	4/96	N6E/4SE	1.5	Joint	Open fracture	
20	21.33	12/120	N30E/12SE	1.46	Joint	Open fracture	
21	22.49	16/79	N11W/16NE	0	Joint	Hair fracture	
22	23.07	10/95	N5E/10SE	0	Joint	Hair fracture	
23	23.27	14/83	N7W/14NE	0	Joint	Hair fracture	
24	23.49	10/106	N16E/10SE	94.84	Joint	Fracture zone	
25	23.82	53/45	N45W/53NE	3.24	Joint	Open fracture	
26	24.09	30/58	N32W/30NE	0	Joint	Hair fracture	
27	24.18	38/203	N67W/38SW	0	Joint	Hair fracture	
28	24.18	11/217	N53W/11SW	0	Joint	Hair fracture	
29	24.2	42/201	N69W/42SW	0	Joint	Hair fracture	
30	24.24	50/185	N85W/50SW	0	Joint	Hair fracture	
31	24.26	50/176	N86E/50SE	0	Joint	Hair fracture	
32	24.66	56/300	N30E/56NW	0	Joint	Hair fracture	
33	24.8	21/72	N18W/21NE	0	Joint	Hair fracture	
34	24.95	20/41	N49W/20NE	1.31	Joint	Open fracture	
35	25	11/66	N24W/11NE	0	Joint	Hair fracture	
36	25.03	11/73	N17W/11NE	0	Joint	Hair fracture	
37	25.05	12/96	N6E/12SE	0	Joint	Hair fracture	
38	25.19	3/74	N16W/3NE	0	Joint	Hair fracture	
39	25.46	4/307	N37E/4NW	209.58	Joint	Fracture zone	
40	25.63	45/337	N67E/45NW	0	Joint	Hair fracture	
41	25.81	31/315	N45E/31NW	3.06	Joint	Open fracture	
42	25.88	37/335	N65E/37NW	0	Joint	Hair fracture	
43	25.88	37/357	N87E/37NW	0	Joint	Hair fracture	
44	25.91	36/354	N84E/36NW	0	Joint	Hair fracture	
45	25.94	45/11	N79W/45NE	0	Joint	Hair fracture	
46	26	24/347	N77E/24NW	0	Joint	Hair fracture	
47	26.05	15/9	N81W/15NE	0	Joint	Hair fracture	
48	26.07	59/340	N70E/59NW	0	Joint	Hair fracture	
49	26.18	28/18	N72W/28NE	0	Joint	Hair fracture	
50	26.22	30/20	N70W/30NE	0	Joint	Hair fracture	

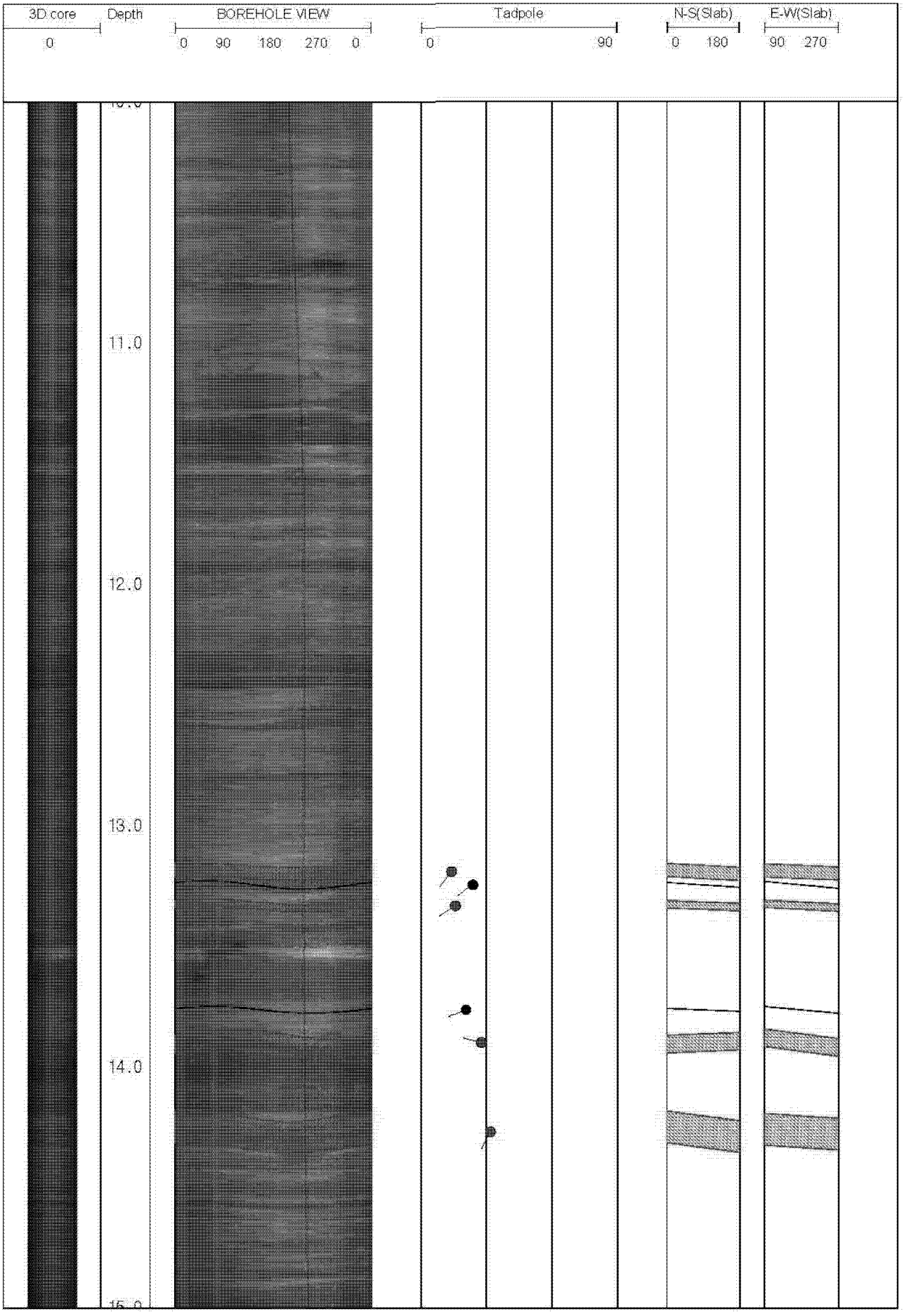
공내영상촬영 절리정보(BH-287)

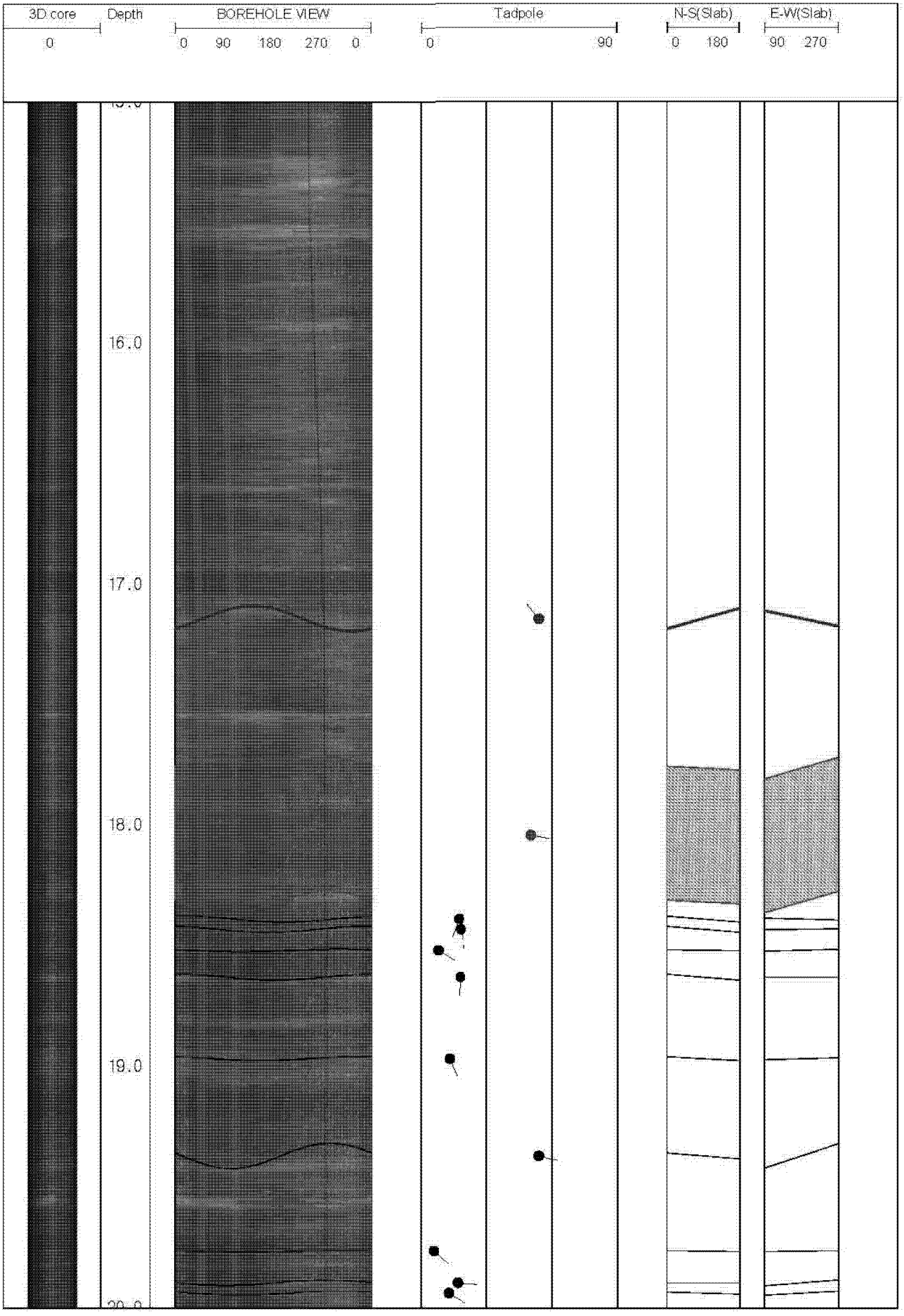
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

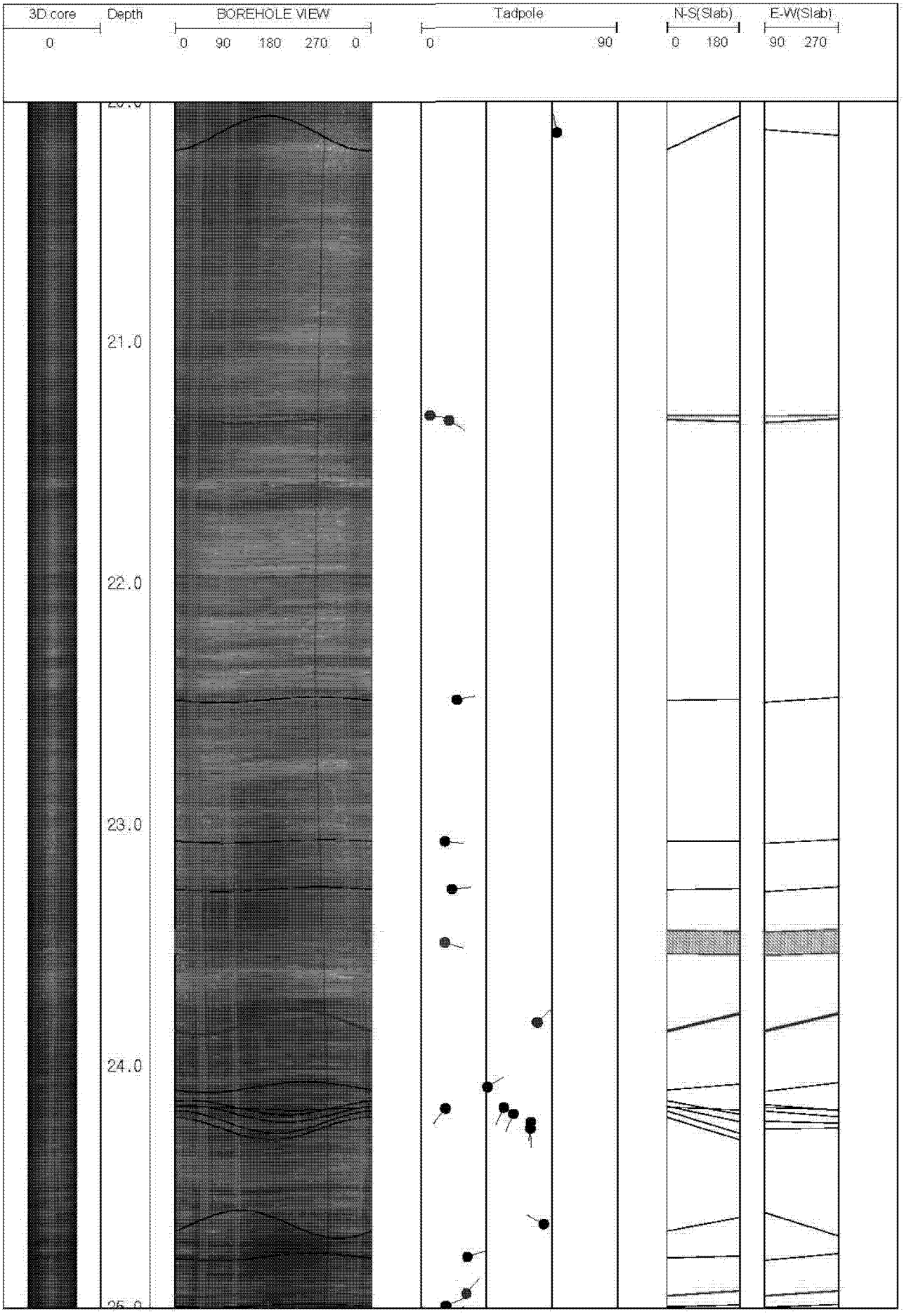
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
51	27.02	19/57	N33W/19NE	0	Joint	Hair fracture	
52	27.42	14/82	N8W/14NE	0	Joint	Hair fracture	
53	28.2	33/40	N50W/33NE	0	Joint	Hair fracture	
54	28.32	30/52	N38W/30NE	0	Joint	Hair fracture	
55	28.47	68/5	N85W/68NE	0	Joint	Hair fracture	
56	28.6	10/145	N55E/10SE	0	Joint	Hair fracture	
57	28.98	7/119	N29E/7SE	0	Joint	Hair fracture	

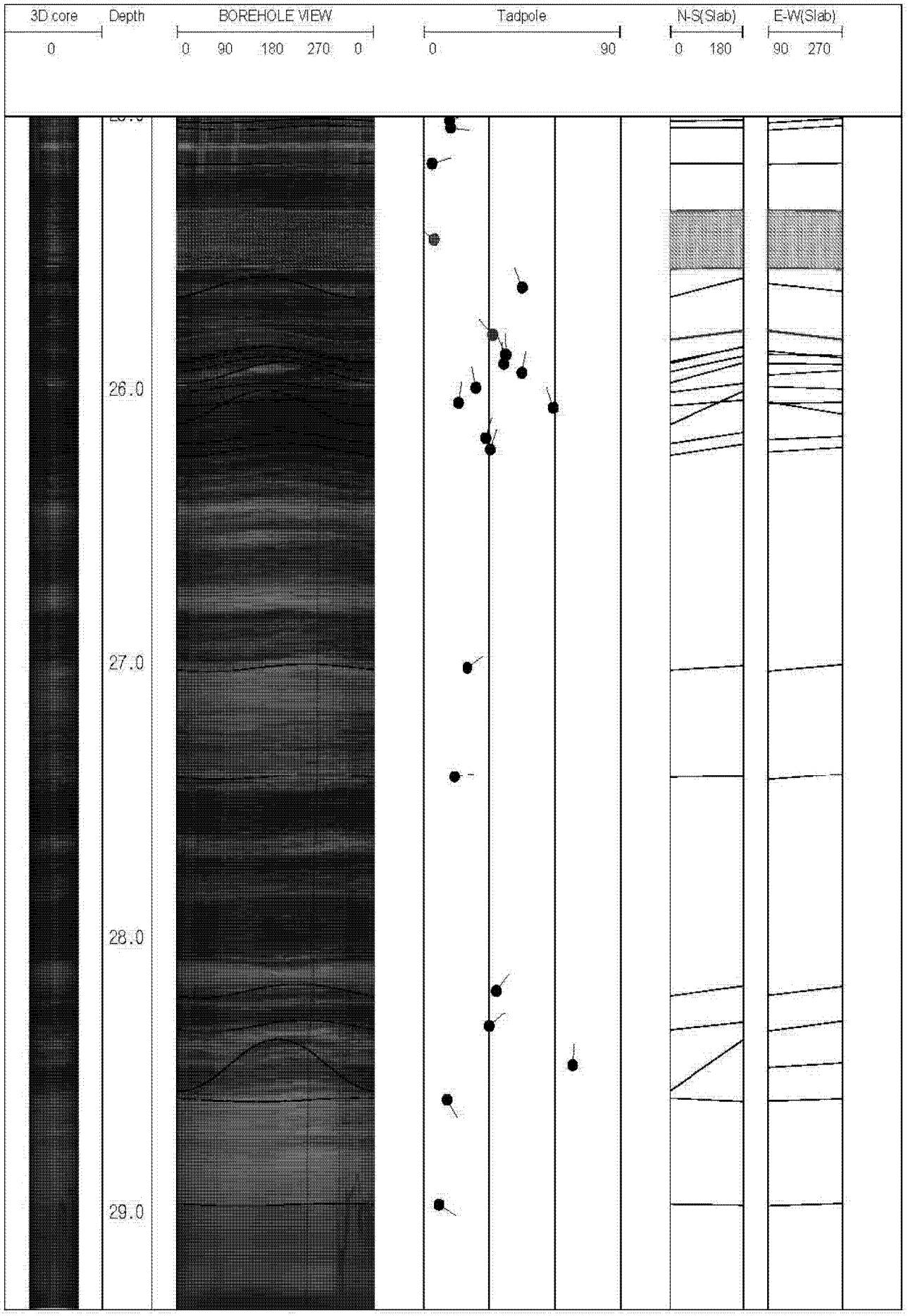

3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
1.0
2.0
3.0
4.0


3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
6.0
7.0
8.0
9.0


3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
11.0
12.0
13.0
14.0


3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
16.0
17.0
18.0
19.0


3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
21.0
22.0
23.0
24.0


3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
26.0
27.0
28.0
29.0

공내영상촬영 절리정보(BH-293)

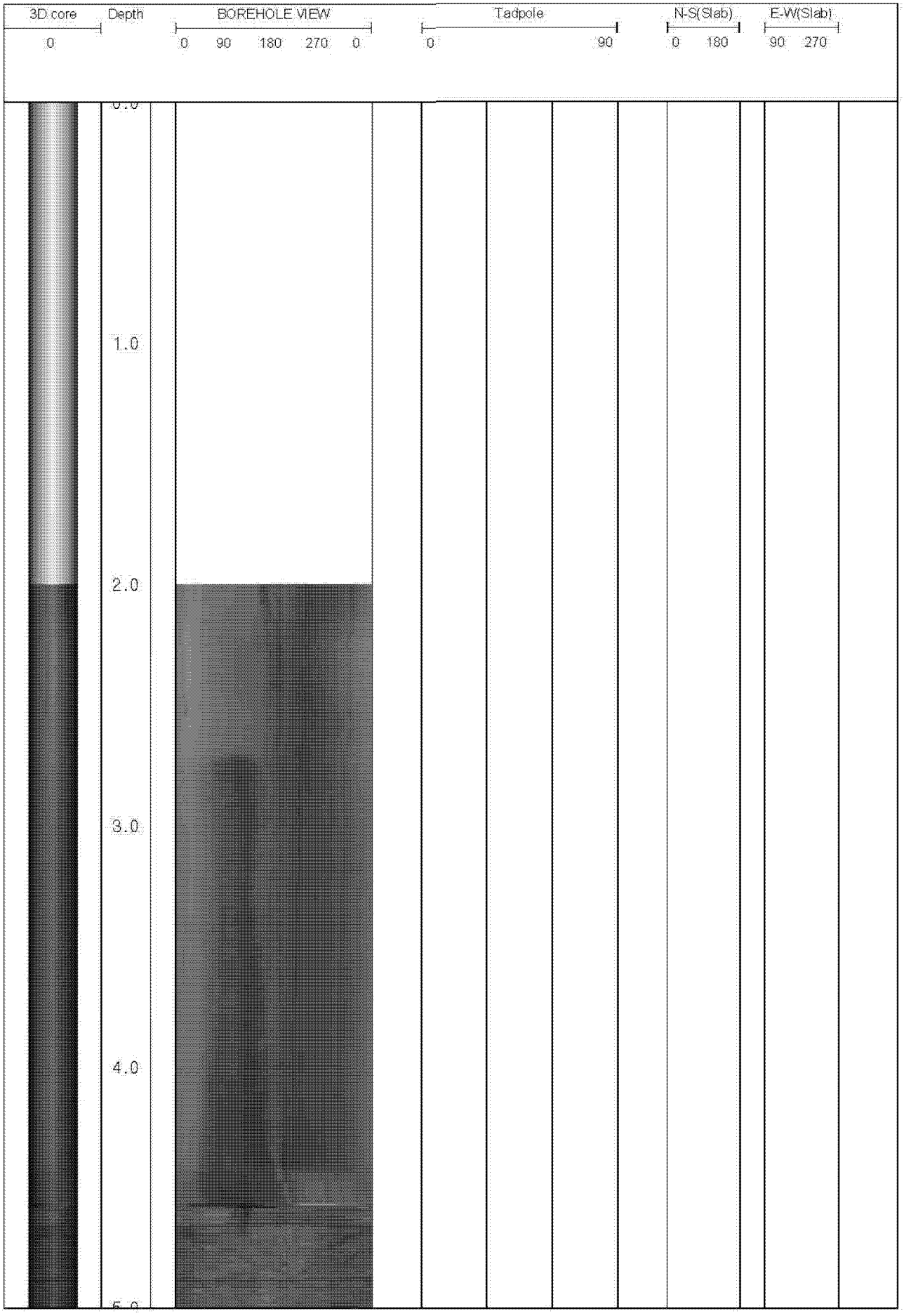
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

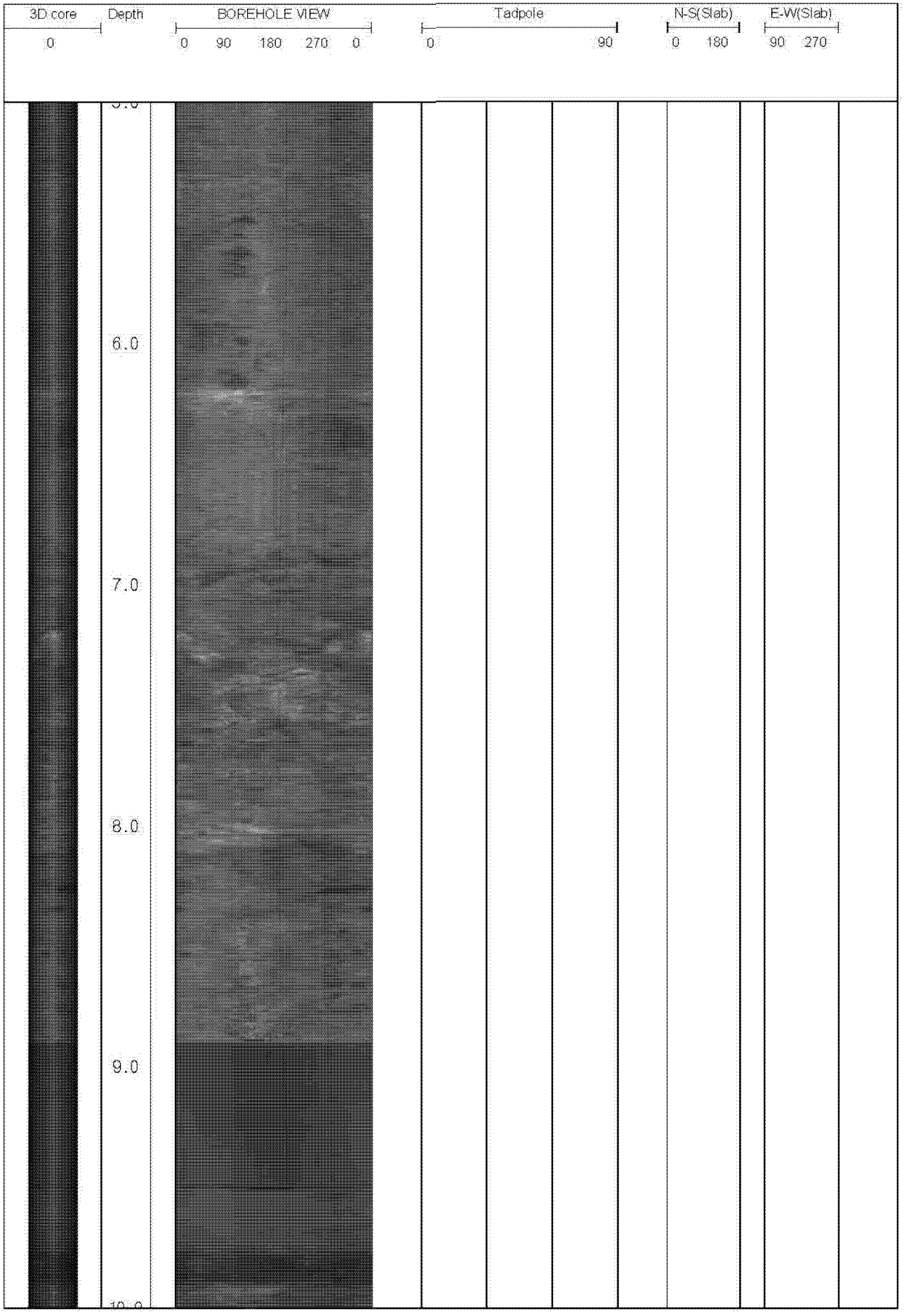
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
1	15	37/298	N28E/37NW	2.61	Joint	Open fracture	
2	15.2	64/175	N85E/64SE	1.73	Joint	Open fracture	
3	15.68	67/1	N89W/67NE	32.98	Joint	Fracture zone	
4	15.9	41/28	N62W/41NE	0	Joint	Hair fracture	
5	16.15	77/15	N75W/77NE	52.92	Joint	Fracture zone	
6	16.71	33/14	N76W/33NE	0	Joint	Hair fracture	
7	16.88	28/16	N74W/28NE	0	Joint	Hair fracture	
8	17.23	81/16	N74W/81NE	1.23	Joint	Open fracture	
9	17.78	74/14	N76W/74NE	14.57	Joint	Fracture zone	
10	17.95	77/271	N1E/77NW	1.33	Joint	Open fracture	
11	18.19	18/124	N89W/18NE	1.9	Joint	Open fracture	
12	18.59	15/140	N50E/15SE	0	Joint	Hair fracture	
13	18.78	41/131	N77W/41NE	0	Joint	Hair fracture	
14	18.92	57/136	N46E/57SE	1.47	Joint	Open fracture	
15	19.16	15/43	N47W/15NE	70.84	Joint	Fracture zone	
16	19.47	66/342	N72E/66NW	1.06	Joint	Open fracture	
17	19.62	38/126	N36E/38SE	141.56	Joint	Fracture zone	
18	19.92	63/44	N46W/63NE	0	Joint	Hair fracture	
19	20.04	4/111	N21E/14SE	0	Joint	Hair fracture	
20	20.1	3/80	N10W/20NE	0	Joint	Hair fracture	
21	20.37	9/167	N77E/9SE	200.79	Joint	Fracture zone	
22	20.49	54/276	N6E/54NW	1.16	Joint	Open fracture	
23	20.59	59/291	N21E/59NW	1.06	Joint	Open fracture	
24	20.87	60/287	N17E/60NW	153.12	Joint	Fracture zone	
25	21.16	16/134	N44E/16SE	0	Joint	Hair fracture	
26	21.17	12/141	N51E/13SE	0	Joint	Hair fracture	
27	21.19	57/130	N40E/58SE	2.07	Joint	Open fracture	
28	21.37	19/133	N43E/19SE	0	Joint	Hair fracture	
29	21.45	21/148	N58E/21SE	0	Joint	Hair fracture	
30	21.81	67/71	N19W/67NE	3.25	Joint	Open fracture	
31	22.03	41/294	N24E/41NW	299.53	Joint	Fracture zone	
32	22.48	40/96	N6E/40SE	178.59	Joint	Fracture zone	
33	22.63	28/158	N68E/28SE	2.63	Joint	Open fracture	
34	22.67	77/269	N1W/77SW	1.15	Joint	Open fracture	
35	23.19	17/318	N48E/17NW	0	Joint	Hair fracture	
36	23.23	65/308	N38E/65NW	0	Joint	Hair fracture	
37	23.3	65/137	N47E/65SE	0	Joint	Hair fracture	
38	23.83	14/166	N76E/15SE	0	Joint	Hair fracture	
39	23.96	59/289	N19E/59NW	0	Joint	Hair fracture	
40	24.07	64/304	N34E/64NW	0	Joint	Hair fracture	
41	24.15	66/287	N17E/66NW	0	Joint	Hair fracture	
42	24.17	51/307	N37E/51NW	0	Joint	Hair fracture	
43	24.18	23/111	N21E/23SE	0	Joint	Hair fracture	
44	24.37	62/290	N20E/62NW	0	Joint	Hair fracture	
45	24.75	8/144	N54E/8SE	0	Joint	Hair fracture	
46	24.82	59/64	N26W/59NE	0	Joint	Hair fracture	
47	25.24	73/66	N24W/73NE	0	Joint	Hair fracture	
48	25.34	7/312	N42E/7NW	2.97	Joint	Open fracture	
49	25.49	65/345	N75E/65NW	0	Joint	Hair fracture	
50	25.61	68/300	N30E/68NW	0	Joint	Hair fracture	

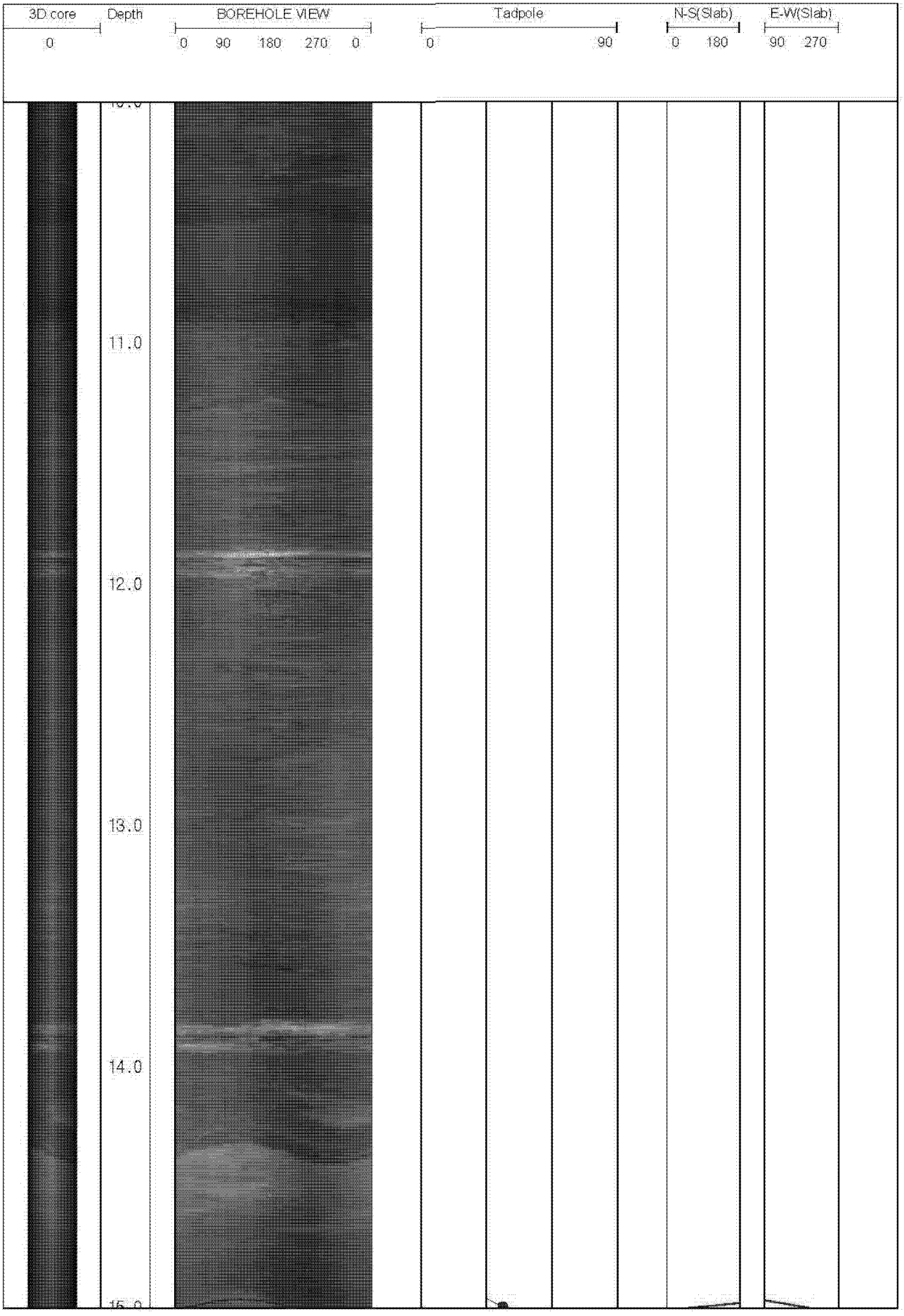
공내영상촬영 절리정보(BH-293)

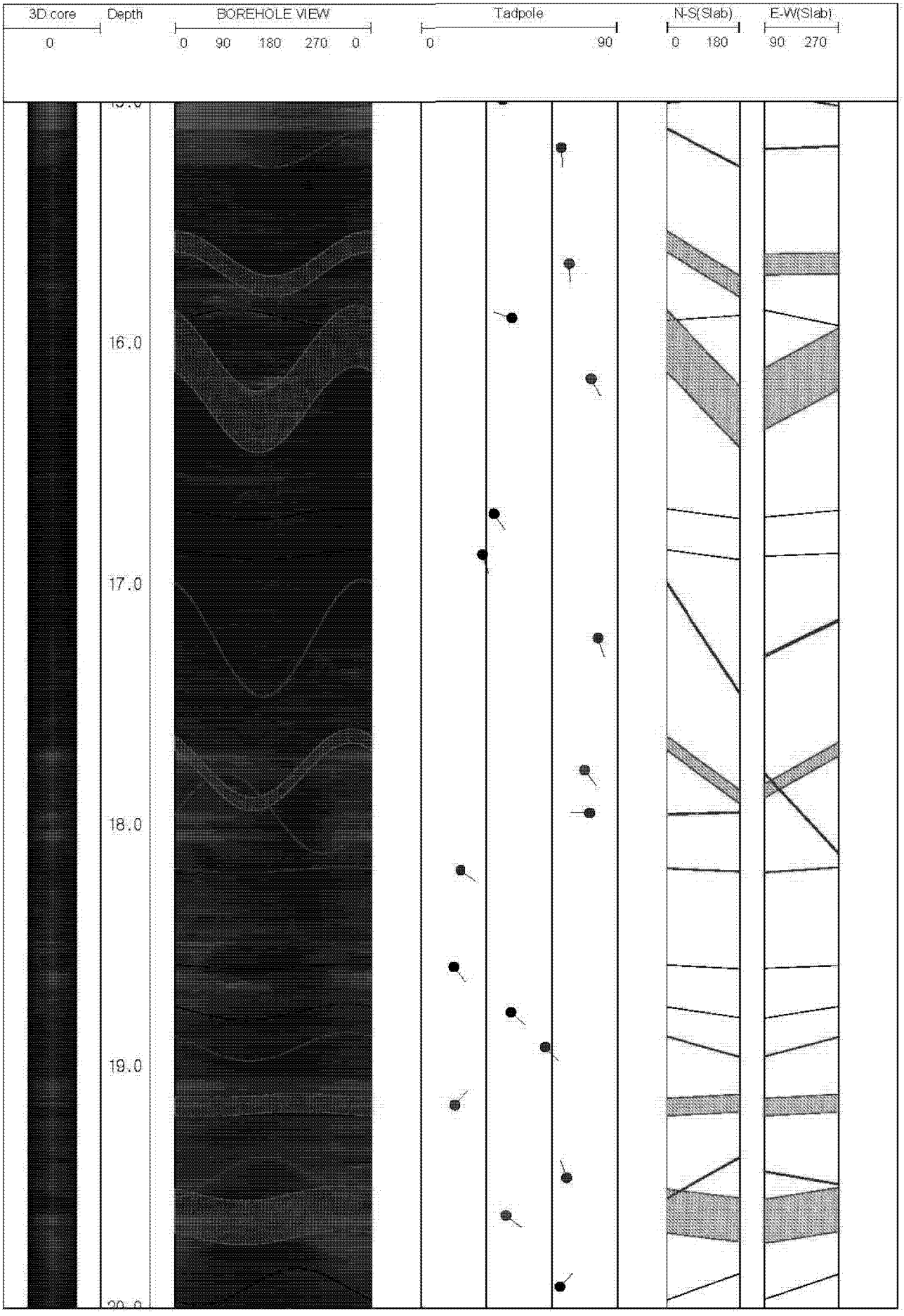
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

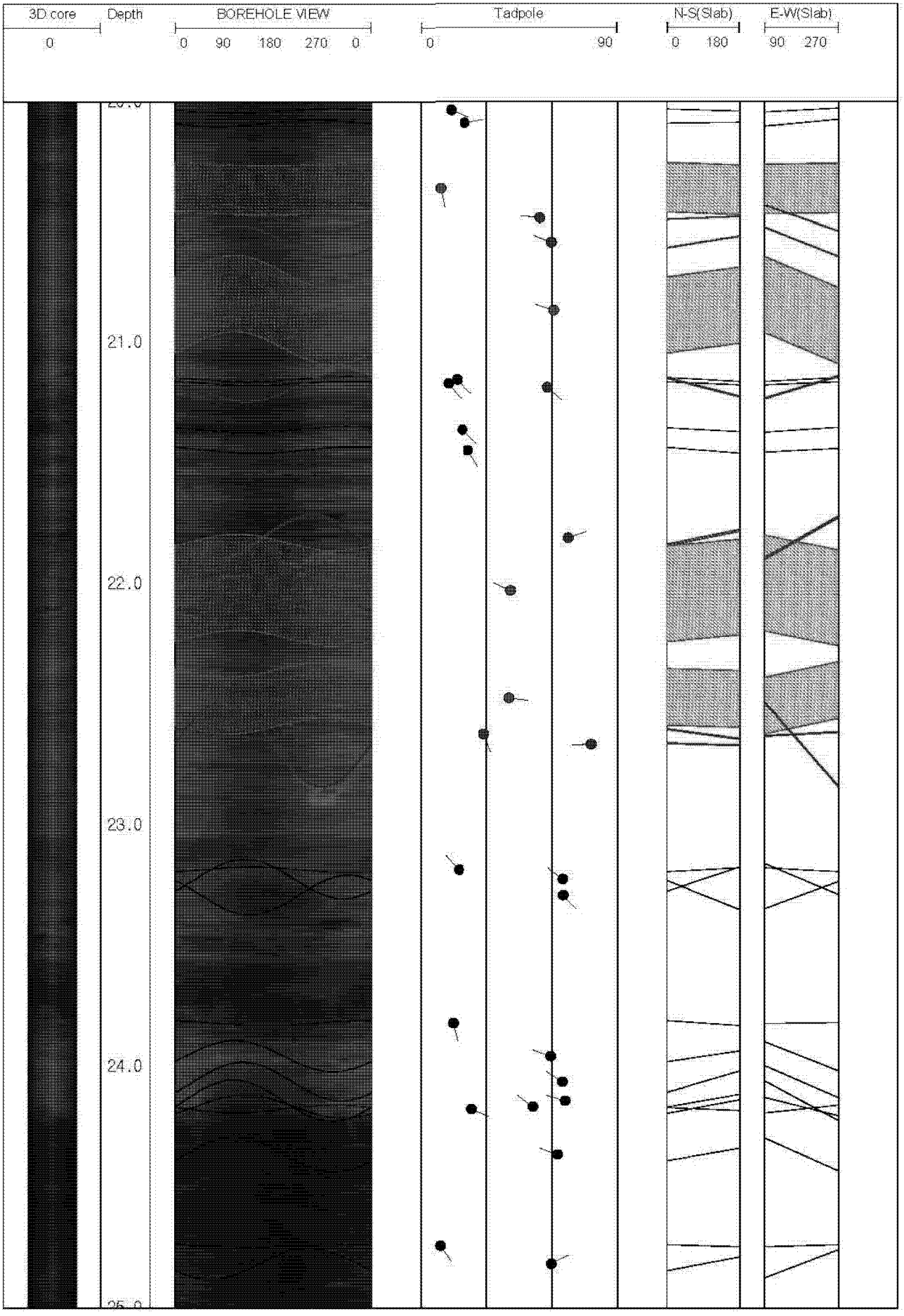
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
51	25.66	59/51	N39W/60NE	0	Joint	Hair fracture	
52	26.05	60/65	N25W/60NE	0	Joint	Hair fracture	
53	26.35	66/42	N48W/66NE	0	Joint	Hair fracture	
54	26.65	72/85	N5W/72NE	0	Joint	Hair fracture	
55	26.97	30/92	N2E/30SE	0	Joint	Hair fracture	
56	27.64	60/318	N48E/60NW	0	Joint	Hair fracture	
57	27.68	54/348	N78E/55NW	0	Joint	Hair fracture	
58	27.84	50/70	N20W/51NE	2.21	Joint	Open fracture	
59	27.84	33/303	N33E/33NW	0	Joint	Hair fracture	
60	28.19	44/298	N28E/44NW	0	Joint	Hair fracture	
61	28.22	45/293	N23E/45NW	0	Joint	Hair fracture	
62	28.79	62/74	N16W/62NE	0	Joint	Hair fracture	
63	29.02	57/24	N66W/57NE	0	Joint	Hair fracture	
64	29.03	59/352	N82E/59NW	0	Joint	Hair fracture	
65	29.09	37/285	N15E/37NW	1.58	Joint	Open fracture	
66	29.32	47/305	N35E/47NW	0	Joint	Hair fracture	
67	29.54	40/302	N32E/40NW	0	Joint	Hair fracture	
68	29.94	57/314	N44E/57NW	0	Joint	Hair fracture	
69	30.06	65/319	N49E/65NW	0	Joint	Hair fracture	
70	30.67	61/311	N41E/61NW	3.08	Joint	Open fracture	
71	30.85	64/319	N49E/64NW	2.48	Joint	Open fracture	
72	31.11	69/320	N50E/69NW	1.24	Joint	Open fracture	
73	31.26	72/317	N47E/72NW	1.66	Joint	Open fracture	
74	31.46	57/232	N38W/57SW	0	Joint	Hair fracture	
75	32.08	63/321	N51E/63NW	151.61	Joint	Fracture zone	
76	32.44	52/137	N47E/52SE	96.51	Joint	Fracture zone	
77	32.6	63/145	N55E/63SE	0	Joint	Hair fracture	
78	32.61	66/162	N72E/66SE	0	Joint	Hair fracture	
79	32.78	66/115	N25E/66SE	0	Joint	Hair fracture	
80	32.83	45/101	N11E/45SE	0	Joint	Hair fracture	
81	32.92	69/108	N18E/69SE	0	Joint	Hair fracture	
82	33.38	64/130	N40E/64SE	0	Joint	Hair fracture	
83	33.43	66/136	N46E/66SE	0	Joint	Hair fracture	
84	33.48	69/139	N49E/69SE	1.21	Joint	Open fracture	
85	33.65	24/306	N36E/24NW	1.82	Joint	Open fracture	
86	33.73	64/338	N68E/64NW	0	Joint	Hair fracture	
87	34.01	60/135	N45E/60SE	0	Joint	Hair fracture	
88	34.25	61/130	N40E/61SE	0	Joint	Hair fracture	
89	34.29	62/148	N58E/62SE	0	Joint	Hair fracture	
90	34.49	65/347	N77E/65NW	0	Joint	Hair fracture	
91	34.7	70/342	N72E/70NW	0	Joint	Hair fracture	
92	34.73	68/130	N40E/68SE	0	Joint	Hair fracture	

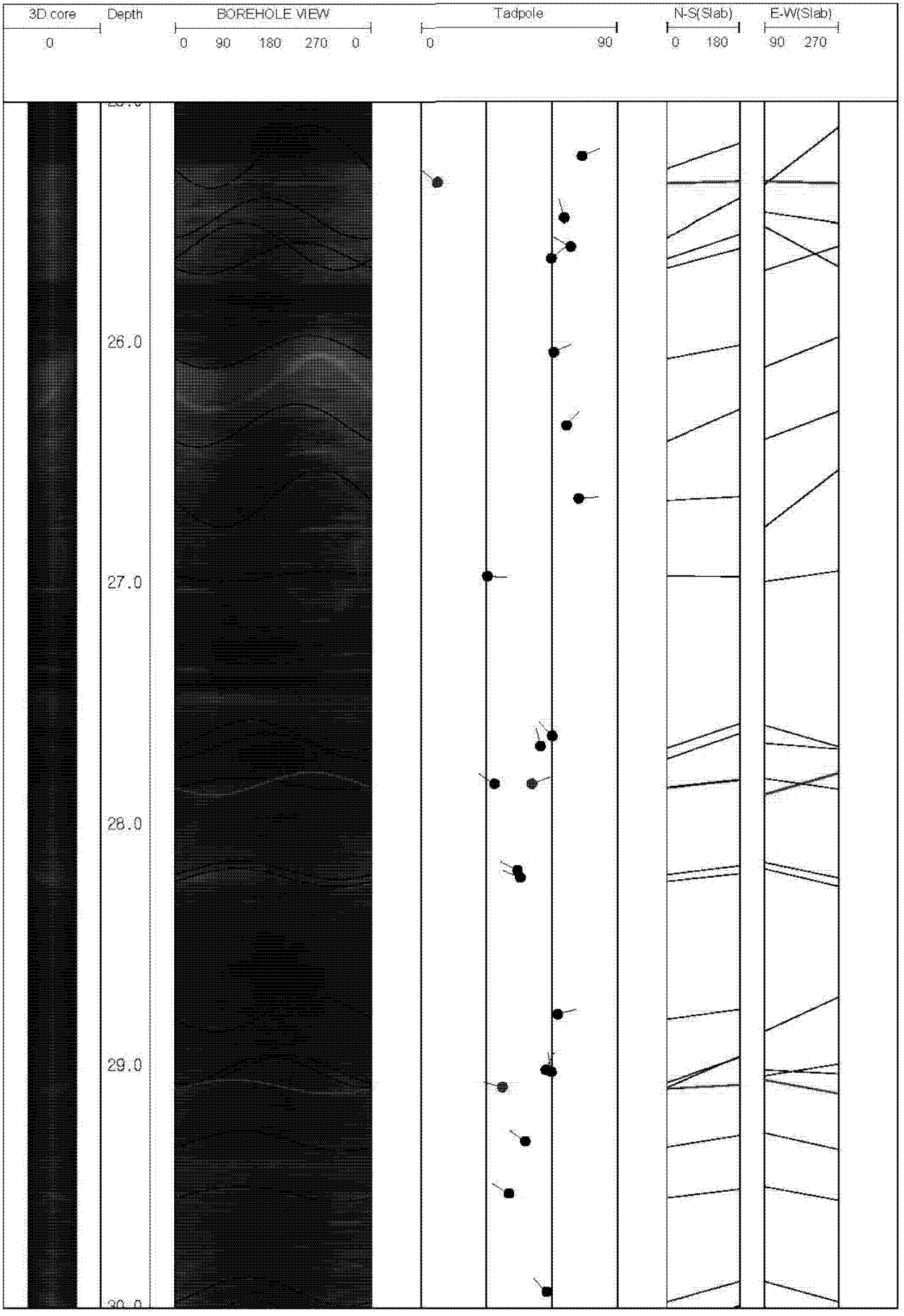

3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
1.0
2.0
3.0
4.0

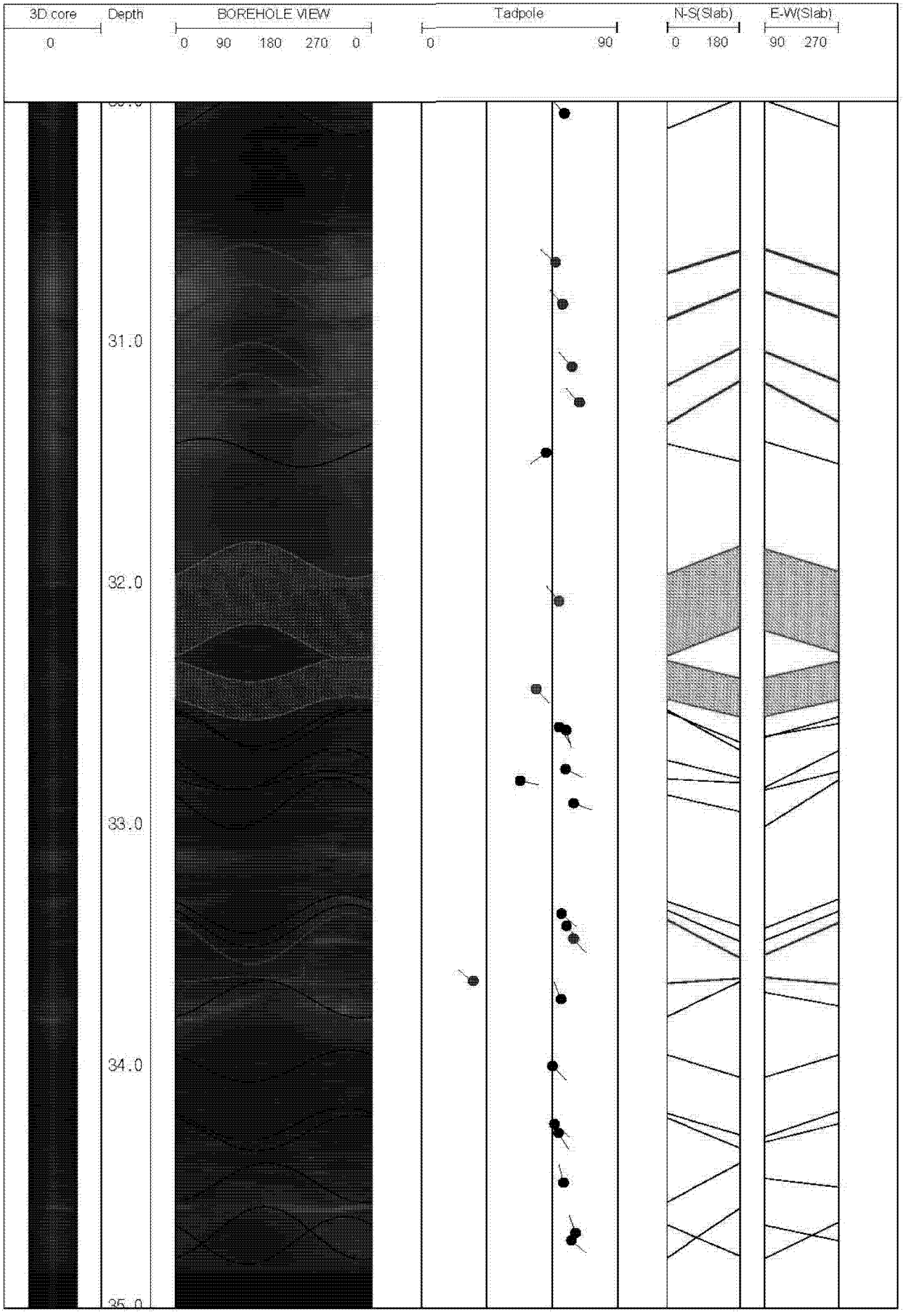

3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
6.0
7.0
8.0
9.0


3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
11.0
12.0
13.0
14.0


3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
16.0
17.0
18.0
19.0


3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
21.0
22.0
23.0
24.0


3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
26.0
27.0
28.0
29.0


3D core
0
Depth
BOREHOLE VIEW
0 90 180 270 0
Tadpole
0 90
N-S(Slab)
0 180
E-W(Slab)
90 270
31.0
32.0
33.0
34.0
35.0

공내영상촬영 절리정보(BH-299)

용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
1	14.77	26/153	N63E/26SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
2	14.81	68/321	N51E/68NW	1.9	Joint	Open-fracture	
3	14.93	20/317	N47E/20NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
4	15.00	38/149	N59E/38SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
5	15.04	25/157	N67E/25SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
6	15.14	45/167	N77E/45SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
7	15.29	70/9	N81W/70NE	1.6	Joint	Open-fracture	
8	15.48	48/82	N8W/48NE	0.0	Joint	Fracture-zone	
9	15.75	25/16	N74W/25NE	227.4	Joint	Fracture-zone	
10	15.76	16/106	N16E/16SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
11	15.78	13/129	N39E/13SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
12	15.88	37/293	N23E/37NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
13	16.09	56/290	N20E/56NW	1.8	Joint	Open-fracture	
14	16.27	47/356	N86E/47NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
15	16.28	26/129	N39E/26SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
16	16.29	26/164	N74E/26SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
17	16.44	54/322	N52E/54NW	2.3	Joint	Open-fracture	
18	16.54	73/330	N60E/73NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
19	16.71	49/16	N74W/49NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
20	16.81	27/113	N23E/27SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
21	16.88	28/127	N37E/28SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
22	16.93	29/140	N50E/29SE	1.9	Joint	Open-fracture	
23	16.99	27/167	N77E/27SE	4.3	Joint	Open-fracture	
24	17.07	25/166	N76E/25SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
25	17.10	22/168	N78E/22SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
26	17.21	23/154	N64E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
27	17.28	23/132	N42E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
28	17.74	27/182	N88W/27SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
29	17.78	42/156	N66E/42SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
30	17.87	82/295	N25E/82NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
31	17.97	19/156	N66E/19SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
32	18.02	14/160	N70E/14SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
33	18.26	19/149	N59E/19SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
34	18.35	25/149	N59E/25SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
35	18.36	31/233	N37W/31SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
36	18.71	12/138	N48E/12SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
37	18.78	17/100	N10E/17SE	4.7	Joint	Open-fracture	
38	18.90	29/116	N26E/29SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
39	18.92	23/112	N22E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
40	19.08	14/100	N10E/14SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
41	19.13	44/151	N61E/44SE	4.3	Joint	Open-fracture	
42	19.17	51/271	N1E/51NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
43	19.31	34/148	N58E/34SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
44	19.36	46/152	N62E/46SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
45	19.53	34/170	N80E/34SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
46	19.69	22/161	N71E/22SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
47	19.71	34/128	N38E/34SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
48	19.83	39/291	N21E/39NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
49	19.89	23/208	N62W/23SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
50	19.91	71/201	N69W/71SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	

공내영상촬영 절리정보(BH-299)

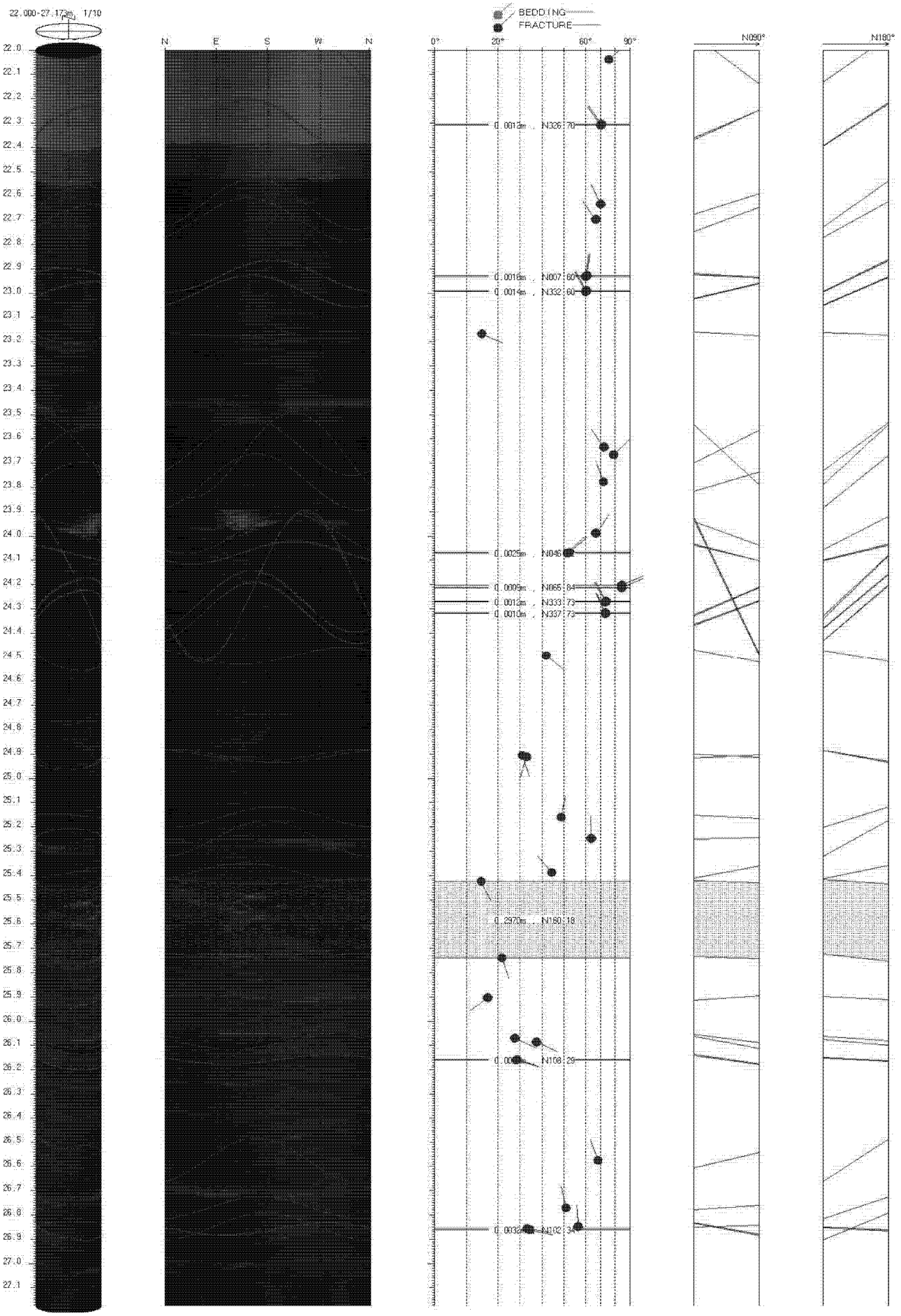
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

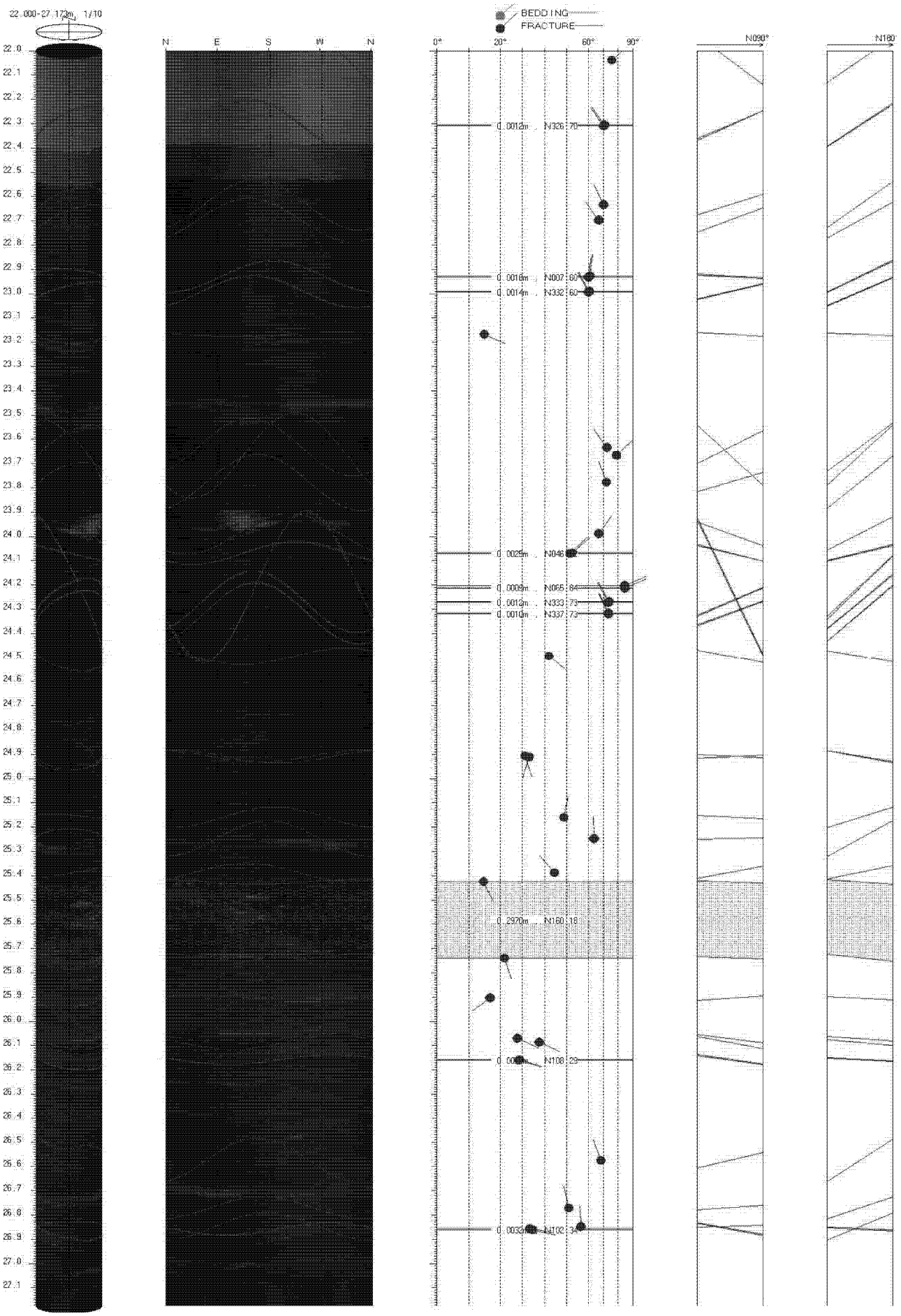
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
51	20.05	76/190	N80W/76SW	1.3	Joint	Open-fracture	
52	20.06	27/116	N26E/27SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
53	20.22	10/150	N60E/10SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
54	20.30	30/136	N46E/30SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
55	20.32	40/140	N50E/40SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
56	20.69	22/134	N44E/22SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
57	20.93	27/153	N63E/27SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
58	21.24	23/150	N60E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
59	21.28	23/148	N58E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
60	21.59	6/335	N65E/6NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
61	21.67	36/225	N45W/36SW	3.2	Joint	Open-fracture	
62	21.69	19/197	N73W/19SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
63	21.71	15/176	N86E/15SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
64	21.85	22/264	N6W/22SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
65	22.25	13/150	N60E/13SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
66	22.27	54/154	N64E/54SE	2.9	Joint	Open-fracture	
67	22.31	42/348	N78E/42NW	2.6	Joint	Open-fracture	
68	22.37	54/351	N81E/54NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
69	22.62	62/10	N80W/62NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
70	22.83	55/275	N5E/55NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
71	22.84	72/349	N79E/72NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
72	23.06	53/288	N18E/53NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
73	23.21	59/256	N14W/59SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
74	23.21	23/176	N86E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
75	23.29	18/139	N49E/18SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
76	23.62	23/141	N51E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
77	23.89	77/158	N68E/77SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
78	24.08	75/298	N28E/75NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
79	24.30	59/287	N17E/59NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
80	24.49	47/256	N14W/47SW	4.8	Joint	Open-fracture	
81	24.69	11/142	N52E/11SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
82	24.89	19/137	N47E/19SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
83	25.19	19/127	N37E/19SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
84	25.57	24/203	N67W/24SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
85	25.78	5/248	N22W/5SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
86	25.95	28/146	N56E/28SE	2.8	Joint	Open-fracture	
87	26.03	35/132	N42E/35SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
88	26.20	57/198	N72W/57SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
89	26.39	21/116	N26E/21SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
90	26.51	77/141	N51E/77SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
91	26.66	20/138	N48E/20SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
92	26.80	33/131	N41E/33SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
93	26.94	7/248	N22W/7SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
94	27.10	52/319	N49E/52NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
95	27.23	27/158	N68E/27SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
96	27.30	32/142	N52E/32SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
97	27.74	23/122	N32E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
98	27.98	57/259	N11W/57SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
99	28.21	40/234	N36W/40SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
100	28.56	31/174	N84E/31SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	

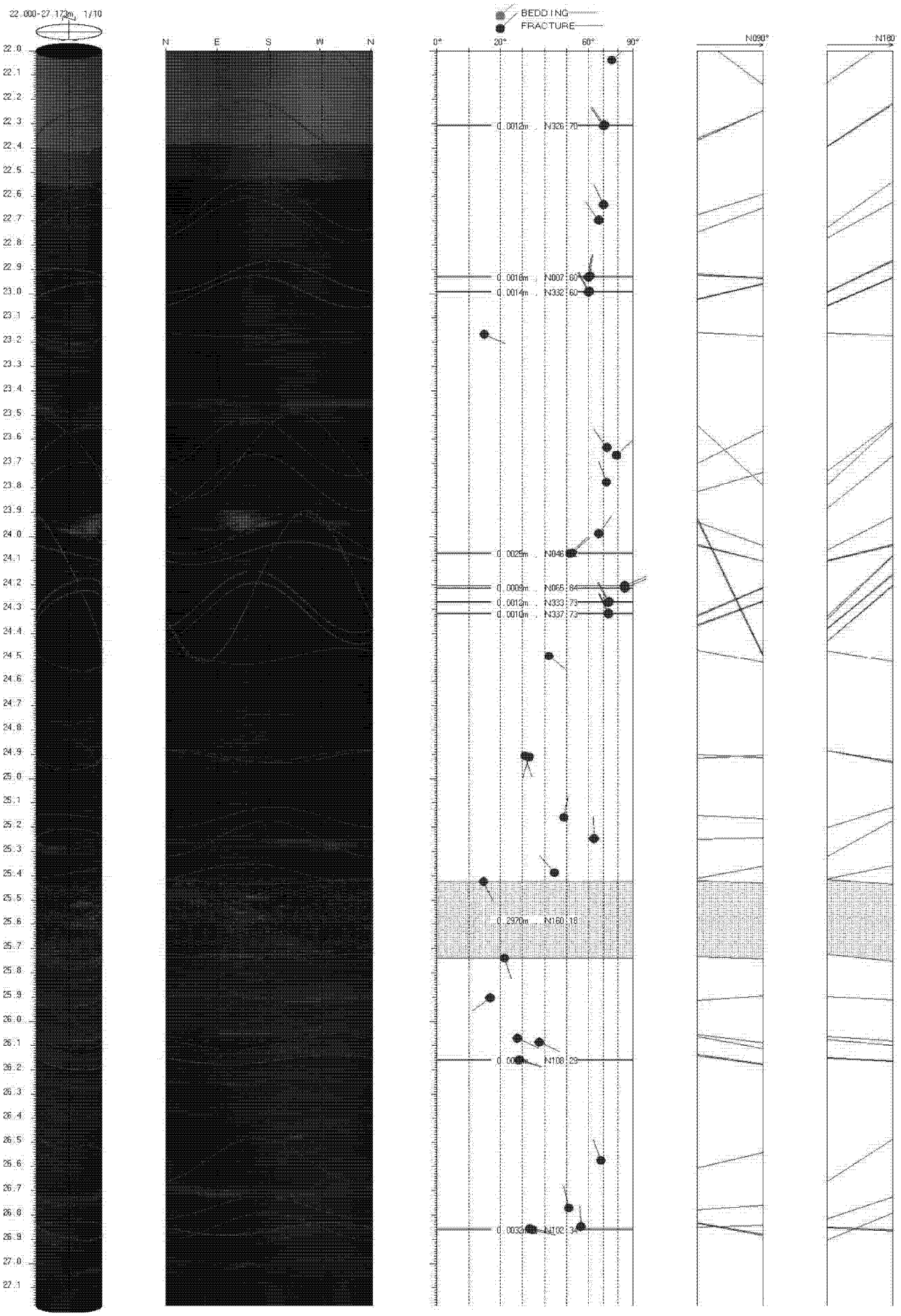
공내영상촬영 절리정보(BH-299)

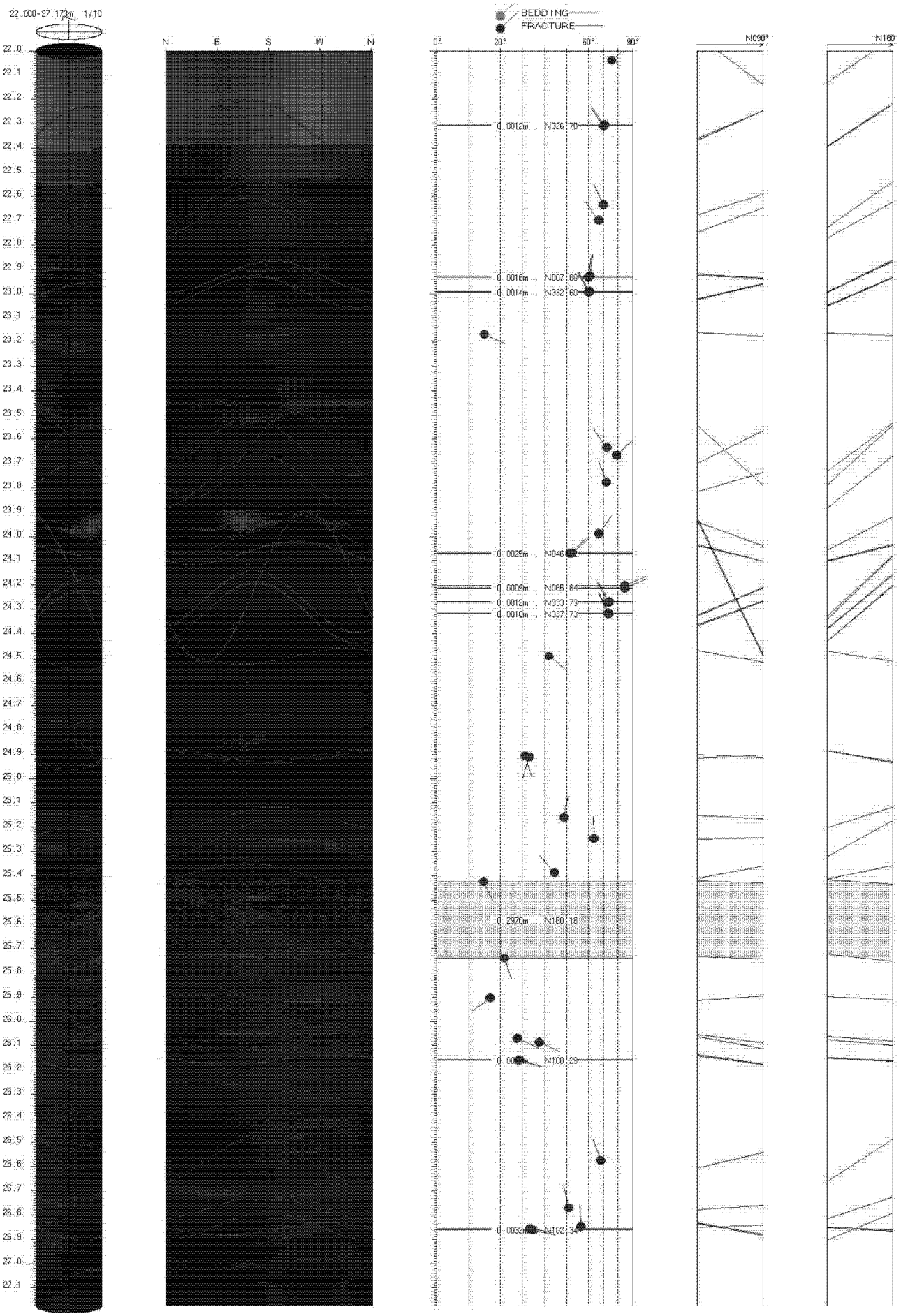
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

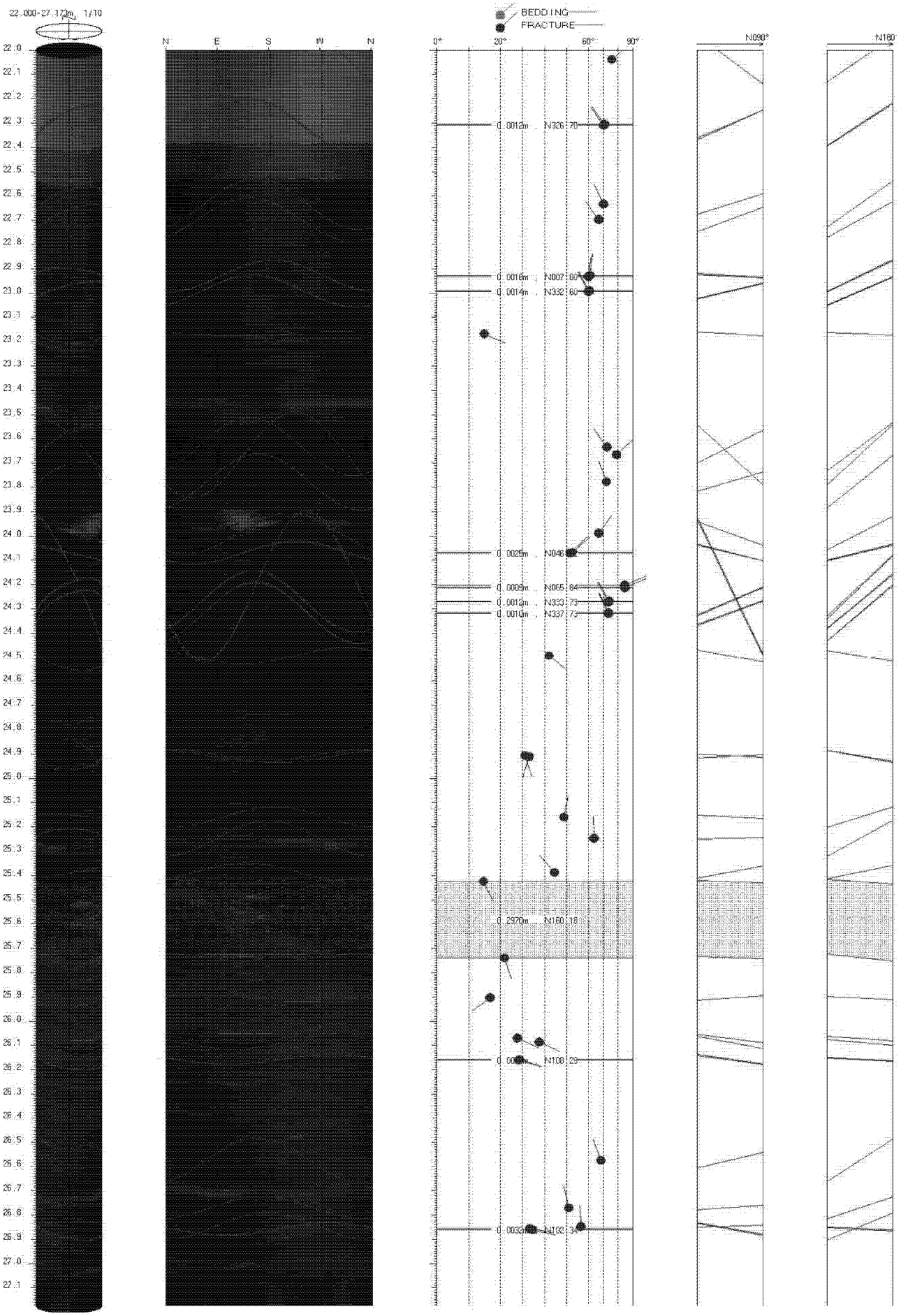
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
101	28.68	50/115	N25E/50SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
102	28.70	49/222	N48W/49SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
103	28.87	48/304	N34E/48NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
104	29.23	36/120	N30E/36SE	2.9	Joint	Open-fracture	
105	29.36	30/94	N4E/30SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
106	29.42	50/106	N16E/50SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
107	30.11	69/90	NS/69E	0.0	Joint	Hairline-fracture	
108	30.26	67/119	N29E/67SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
109	30.31	64/112	N22E/64SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
110	30.48	61/297	N27E/61NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
111	30.59	57/285	N15E/57NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	

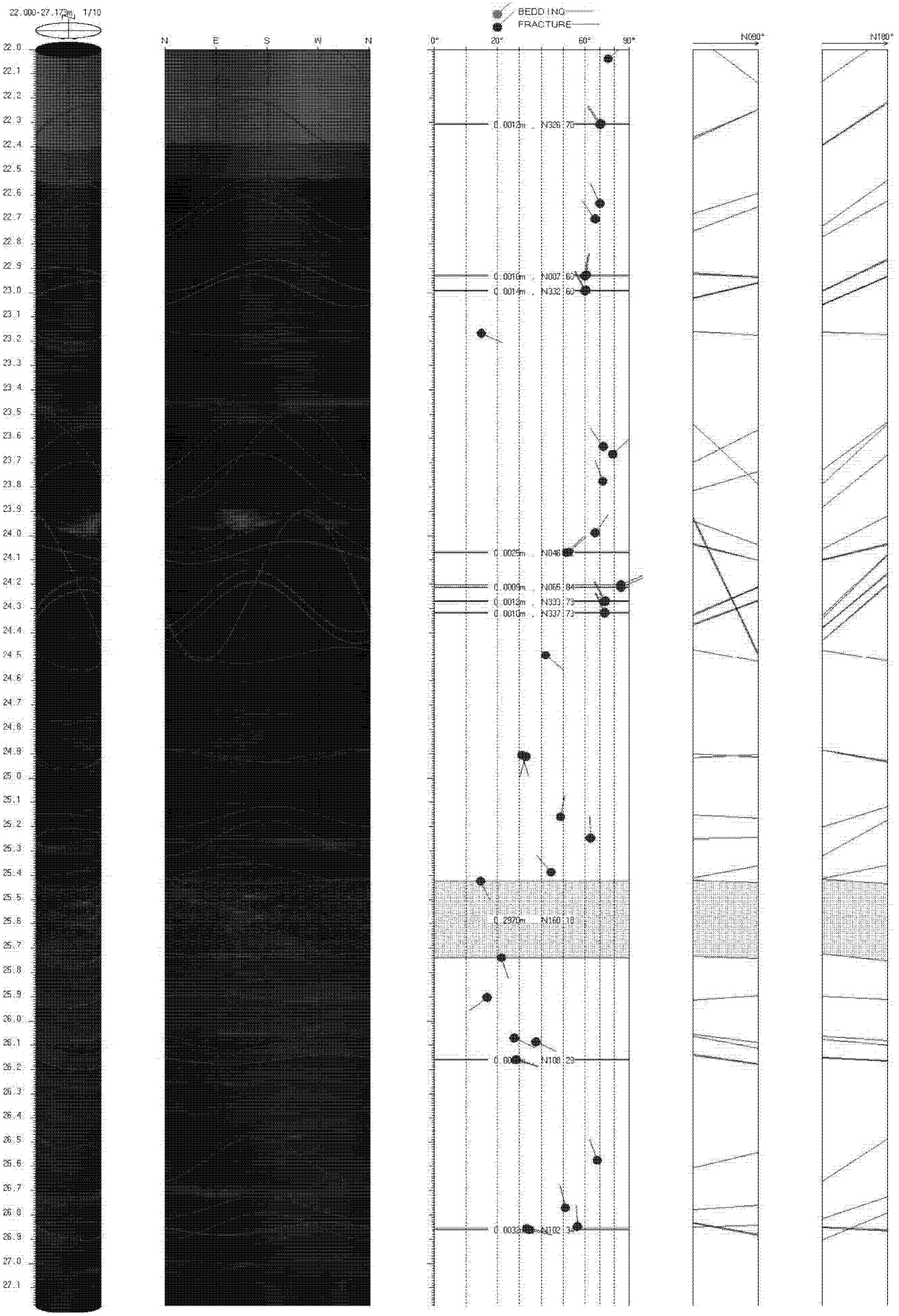

22.000-27.173m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m N326 78
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 34


22.000-27.170m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m , N326 70
0.0016m , N007 60
0.0014m , N332 60
0.0025m , N046
0.0009m , N065 84
0.0012m , N333 73
0.0010m , N337 73
0.2970m , N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.170m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
N102 3


22.000-27.172m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0013m , N326 70
0.0019m , N007 60
0.0014m , N332 60
0.0025m , N046
0.0009m , N065 84
0.0012m , N333 73
0.0010m , N337 73
0.2970m , N160 18
0.0032m , N102 34

공내영상촬영 절리정보(BH-302)

용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
1	14.59	54/6	N84W/54NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
2	14.67	63/196	N74W/63SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
3	14.89	58/250	N20W/58SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
4	15.64	17/236	N34W/17SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
5	16.00	64/315	N45E/64NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
6	16.01	23/140	N50E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
7	16.19	68/321	N51E/68NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
8	16.28	43/157	N67E/43SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
9	16.29	36/24	N66W/36NE	2.7	Joint	Open-fracture	
10	16.62	75/338	N68E/75NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
11	16.69	60/329	N59E/60NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
12	16.90	7/213	N57W/7SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
13	17.33	23/109	N19E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
14	17.39	3/106	N16E/3SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
15	17.65	55/292	N22E/55NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
16	18.03	24/262	N8W/24SW	0.0	Joint	Fracture-zone	
17	18.11	22/201	N69W/22SW	70.9	Joint	Fracture-zone	
18	18.35	31/253	N17W/31SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
19	18.39	54/322	N52E/54NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
20	18.59	14/99	N9E/14SE	7.8	Joint	Open-fracture	
21	18.90	19/120	N30E/19SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
22	19.04	65/301	N31E/65NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
23	19.76	11/158	N68E/11SE	4.4	Joint	Open-fracture	
24	20.06	74/285	N15E/74NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
25	20.15	74/279	N9E/74NW	1.9	Joint	Open-fracture	
26	20.20	70/283	N13E/70NW	1.8	Joint	Open-fracture	
27	20.23	75/279	N9E/75NW	1.9	Joint	Open-fracture	
28	20.56	32/102	N12E/32SE	2.7	Joint	Open-fracture	
29	20.87	75/277	N7E/75NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
30	20.94	6/199	N71W/6SW	4.5	Joint	Open-fracture	
31	21.10	68/64	N26W/68NE	3.7	Joint	Open-fracture	
32	21.26	69/55	N35W/69NE	1.6	Joint	Open-fracture	
33	21.33	71/62	N28W/71NE	2.1	Joint	Open-fracture	
34	21.73	70/279	N9E/70NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
35	22.01	5/308	N38E/5NW	0.0	Joint	Fracture-zone	
36	22.09	19/248	N22W/19SW	73.4	Joint	Fracture-zone	
37	22.53	13/249	N21W/13SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
38	22.73	8/167	N77E/8SE	2.1	Joint	Open-fracture	
39	23.09	44/94	N4E/44SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
40	23.48	20/232	N38W/20SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
41	23.66	10/229	N41W/10SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
42	24.51	1/355	N85E/1NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
43	24.84	12/229	N41W/12SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
44	24.85	12/239	N31W/12SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
45	25.12	7/90	NS/7E	0.0	Joint	Hairline-fracture	
46	25.44	1/257	N13W/1SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
47	25.89	7/290	N20E/7NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
48	26.06	8/34	N56W/8NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
49	27.04	18/100	N10E/18SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
50	27.09	19/132	N42E/19SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	

공내영상촬영 절리정보(BH-302)

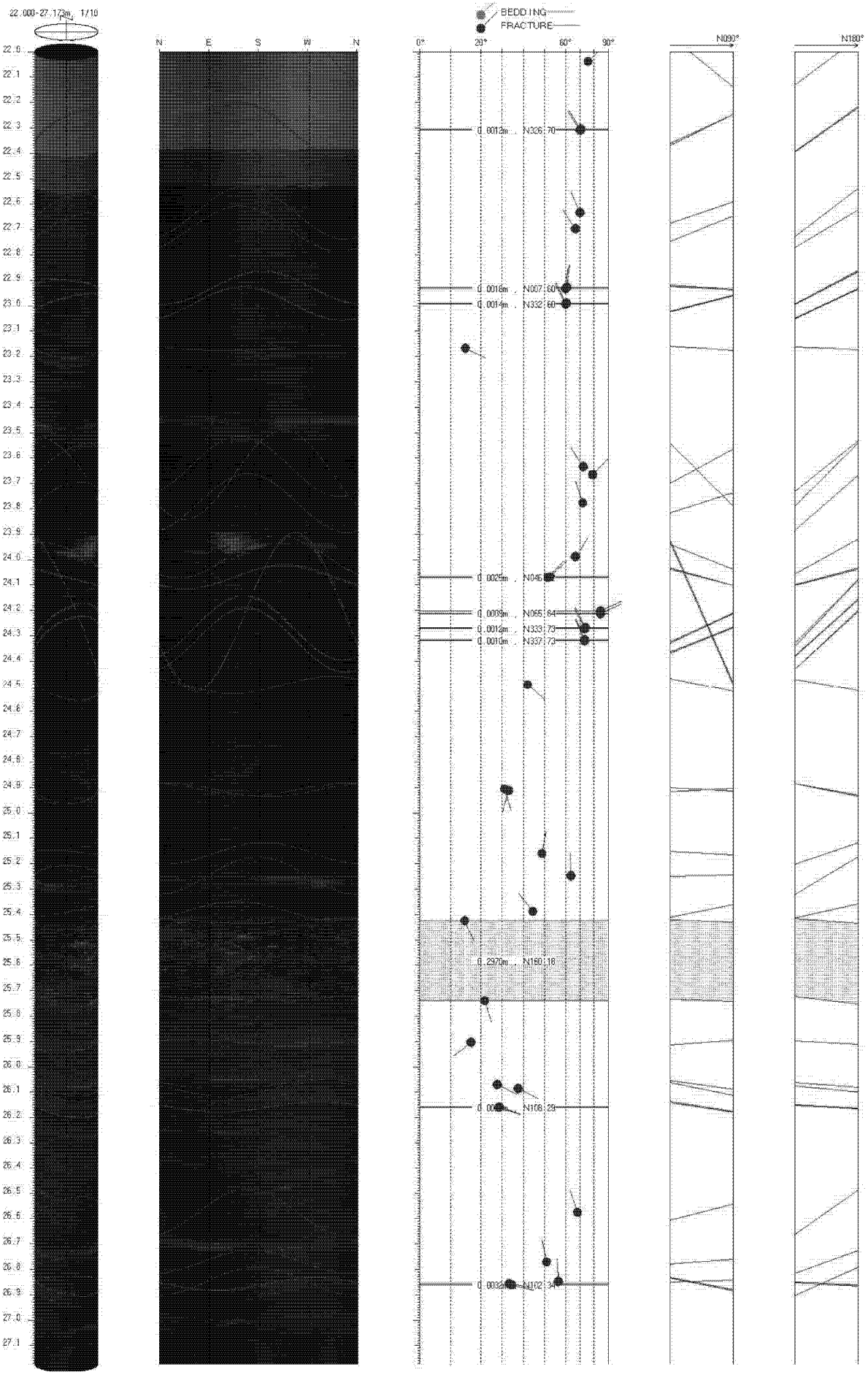
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

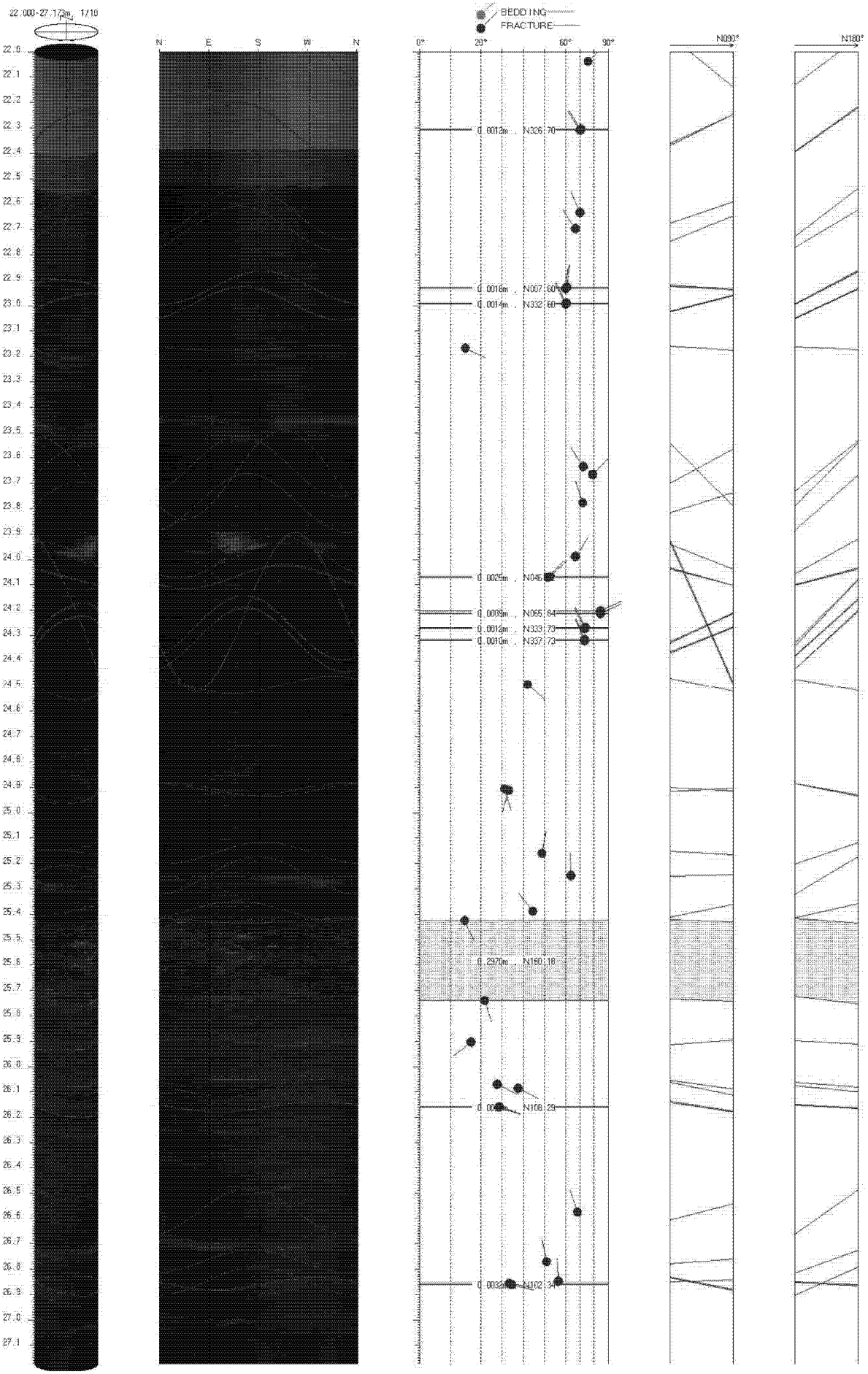
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
51	27.50	43/240	N30W/43SW	2.4	Joint	Open-fracture	
52	27.67	1/353	N83E/1NW	3.0	Joint	Open-fracture	
53	27.79	23/243	N27W/23SW	2.1	Joint	Open-fracture	
54	28.34	33/296	N26E/33NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
55	28.36	56/288	N18E/56NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
56	29.17	22/202	N68W/22SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
57	29.21	11/195	N75W/11SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
58	29.40	12/159	N69E/12SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
59	29.55	12/241	N29W/12SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
60	29.57	16/248	N22W/16SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
61	29.85	23/238	N32W/23SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
62	29.91	11/185	N85W/11SW	4.9	Joint	Open-fracture	
63	30.66	20/58	N32W/20NE	1.0	Joint	Open-fracture	
64	30.69	19/40	N50W/19NE	2.3	Joint	Open-fracture	
65	30.78	15/184	N86W/15SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
66	30.92	67/325	N55E/67NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
67	31.47	62/33	N57W/62NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
68	31.49	73/118	N28E/73SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
69	31.70	80/110	N20E/80SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
70	32.17	28/217	N53W/28SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
71	32.21	22/157	N67E/22SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
72	34.09	77/60	N30W/77NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
73	34.86	77/19	N71W/77NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
74	35.71	76/35	N55W/76NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
75	35.76	58/44	N46W/58NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
76	35.79	74/326	N56E/74NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
77	36.46	23/95	N5E/23SE	6.5	Joint	Open-fracture	
78	37.26	68/323	N53E/68NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
79	38.27	83/120	N30E/83SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
80	39.64	20/253	N17W/20SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
81	39.77	16/251	N19W/16SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
82	39.79	21/286	N16E/21NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
83	40.15	8/255	N15W/8SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
84	41.29	33/258	N12W/33SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
85	41.48	46/26	N64W/46NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
86	42.34	17/236	N34W/17SW	4.1	Joint	Open-fracture	
87	42.49	16/280	N10E/16NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
88	42.51	21/258	N12W/21SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
89	42.85	28/268	N2W/28SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
90	42.88	30/257	N13W/30SW	4.4	Joint	Open-fracture	
91	42.93	46/276	N6E/46NW	3.6	Joint	Open-fracture	
92	43.85	1/212	N58W/1SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
93	44.00	5/161	N71E/5SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
94	44.37	67/297	N27E/67NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
95	44.56	4/6	N84W/4NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
96	44.73	23/115	N25E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
97	45.19	83/107	N17E/83SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
98	46.27	7/116	N26E/7SE	3.8	Joint	Open-fracture	
99	46.36	76/292	N22E/76NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
100	46.90	15/39	N51W/15NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	

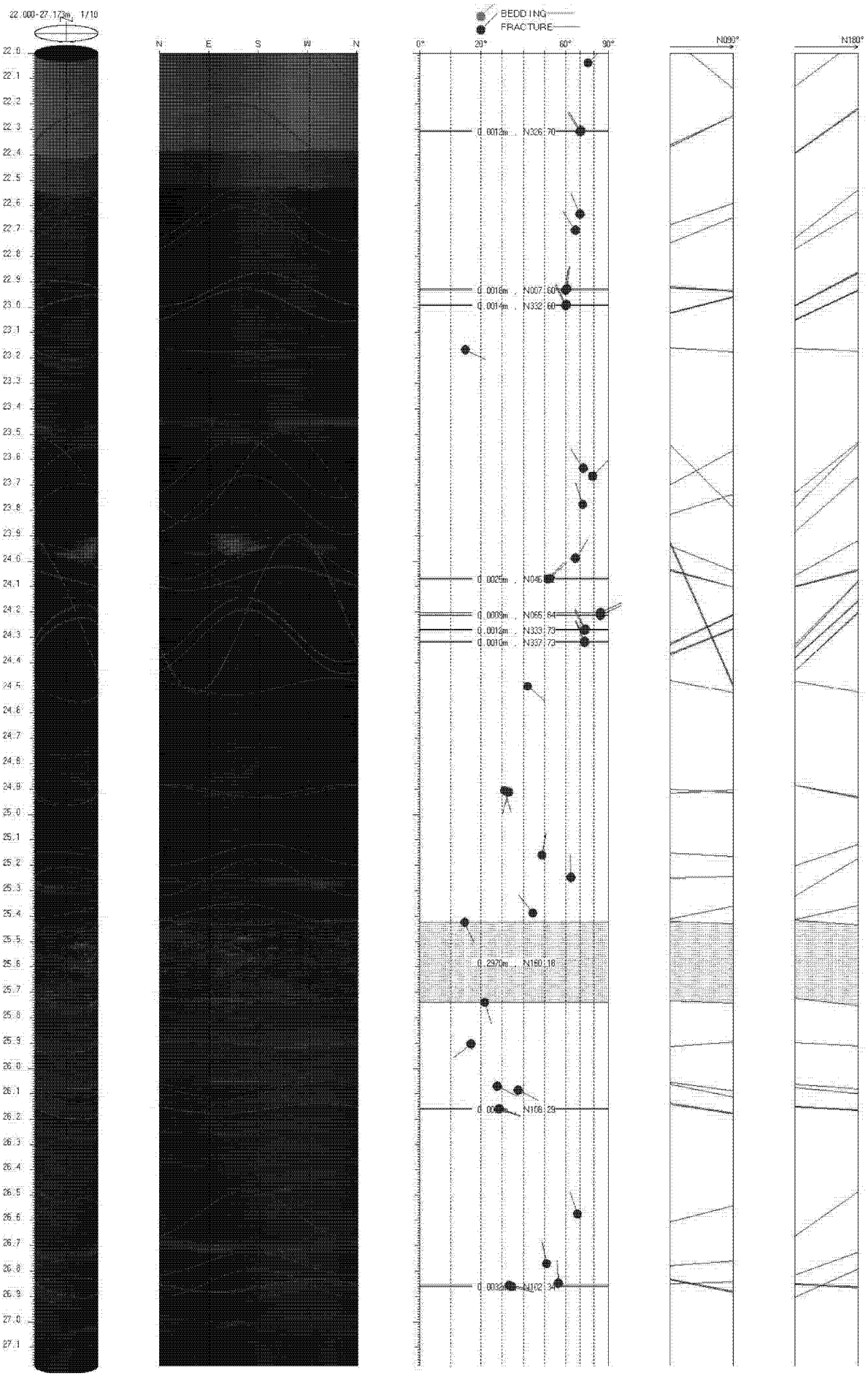
공내영상촬영 절리정보(BH-302)

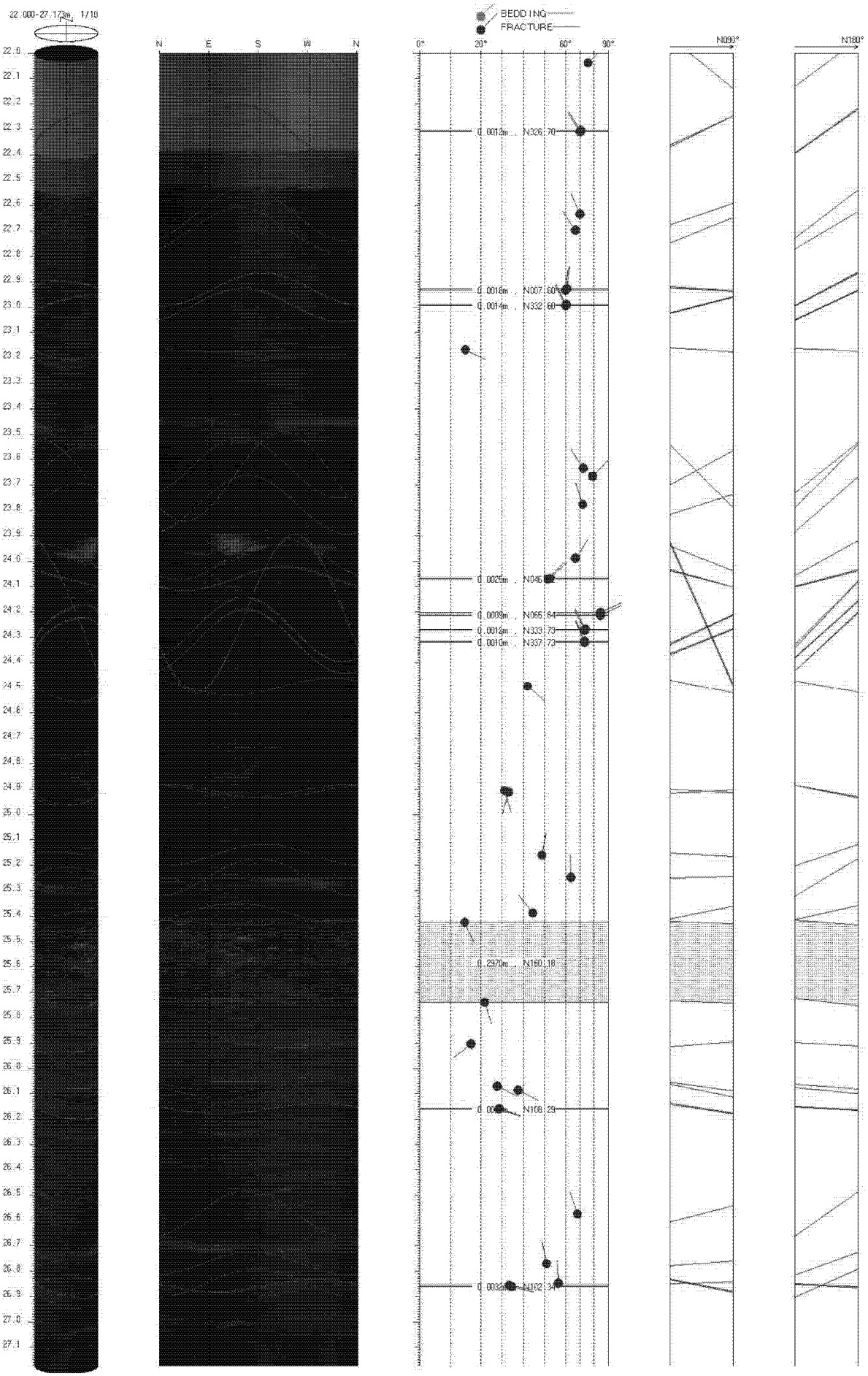
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

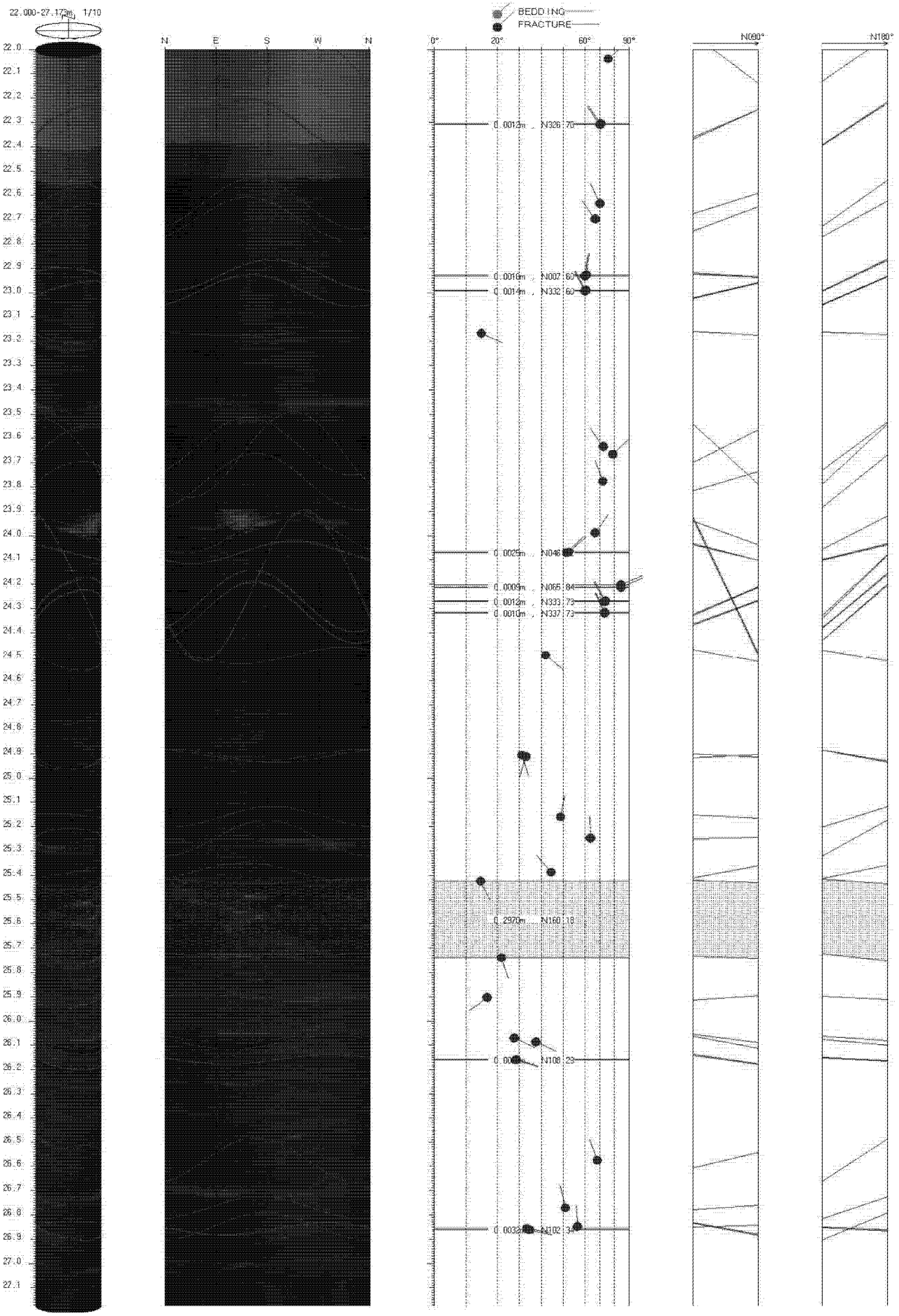
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
101	47.11	53/17	N73W/53NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
102	47.20	55/315	N45E/55NW	3.8	Joint	Open-fracture	

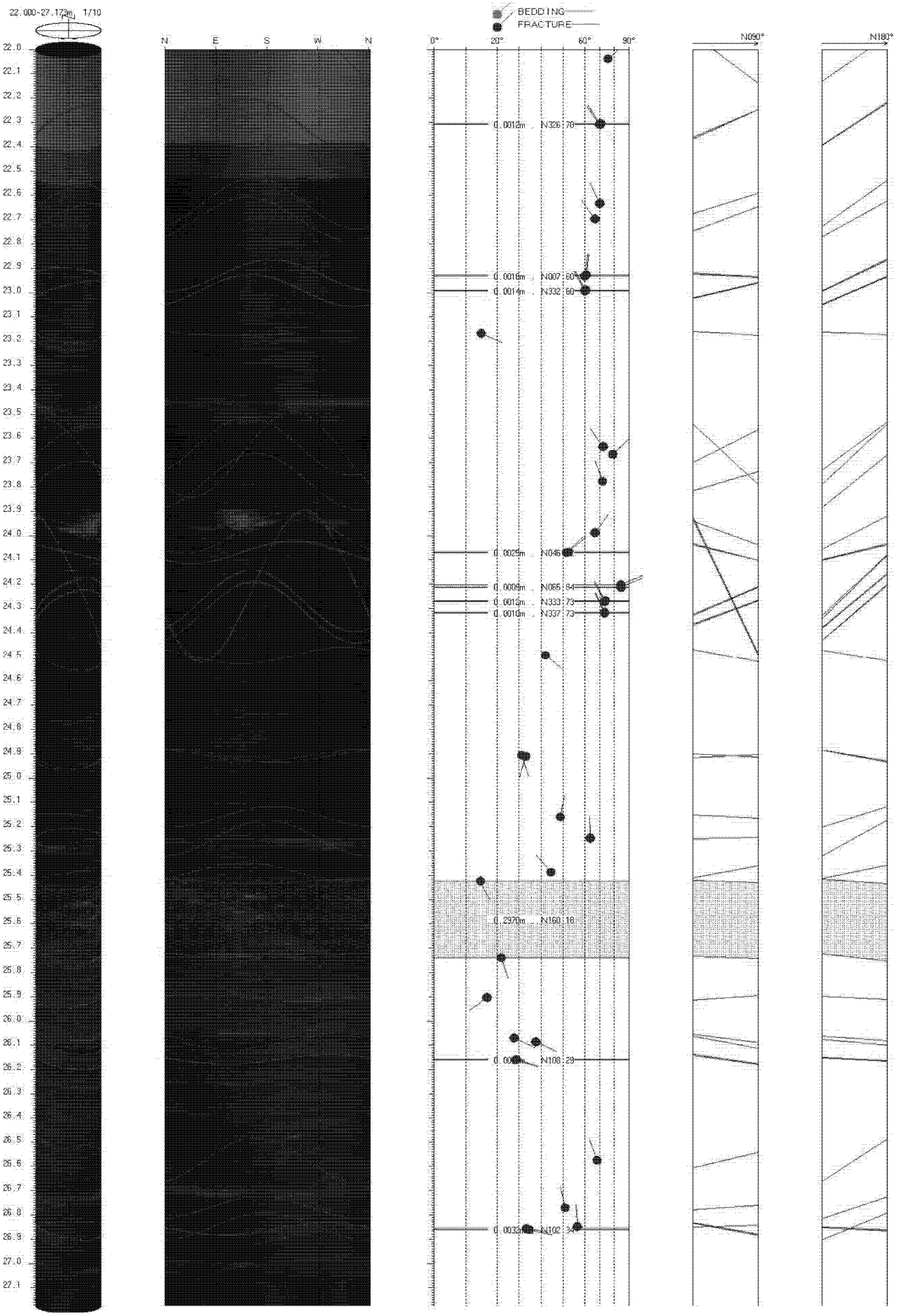

22.000-27.172m, 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
30°
60°
90°
N090°
N180°
0.0012m , N326/70
0.0016m , N007/60
0.0014m , N332/60
0.0025m , N046/
0.0009m , N065/64
0.0012m , N333/73
0.0010m , N337/73
0.0270m , N160/16
0.003 , N108/29
0.0032m , N102/2

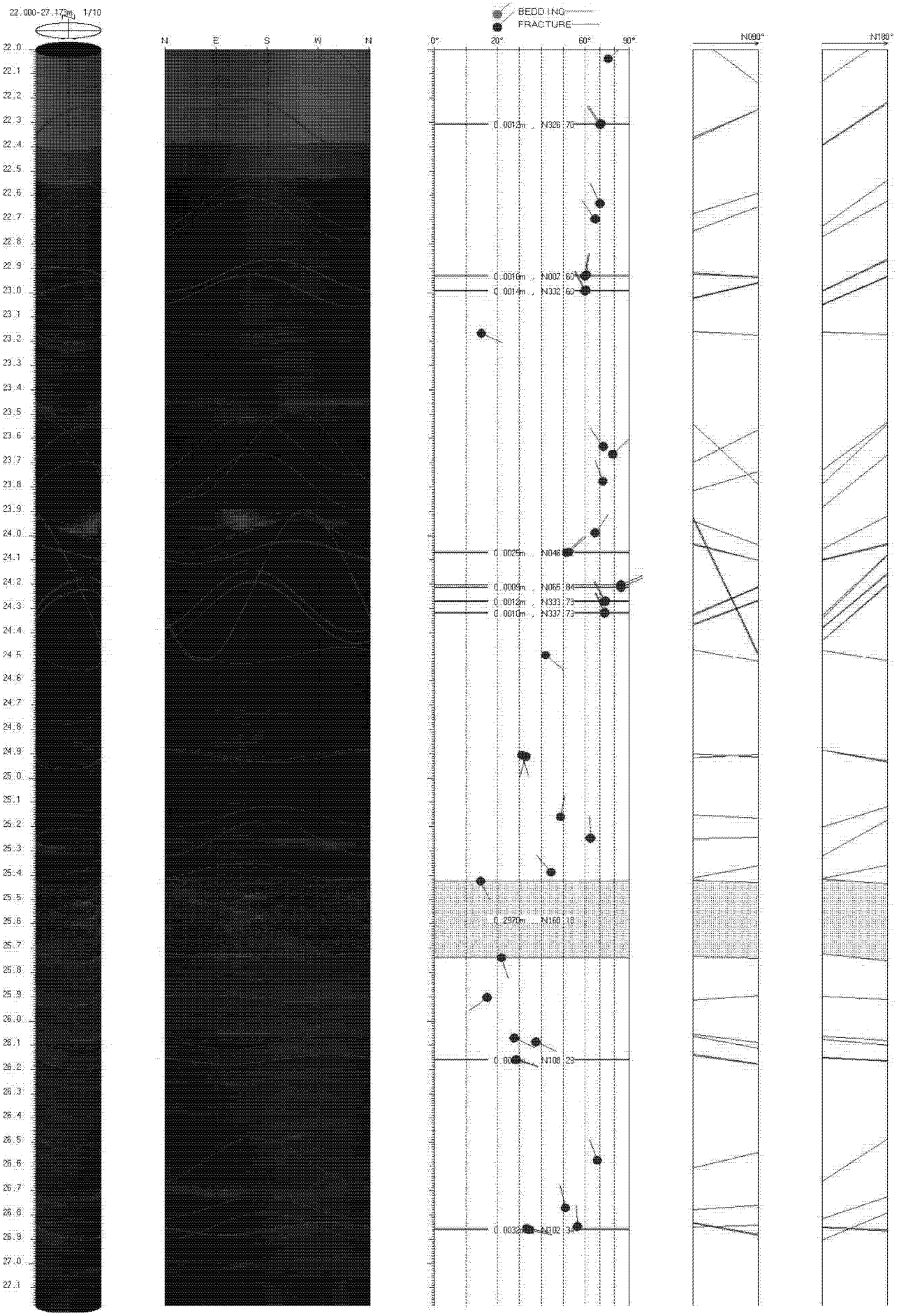

22.000-27.173m, 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m , N326/70
0.0016m , N007/60
0.0014m , N332/60
0.0025m , N046/
0.0009m , N065/64
0.0012m , N333/73
0.0010m , N337/73
0.0270m , N160/16
0.0032m , N102/24

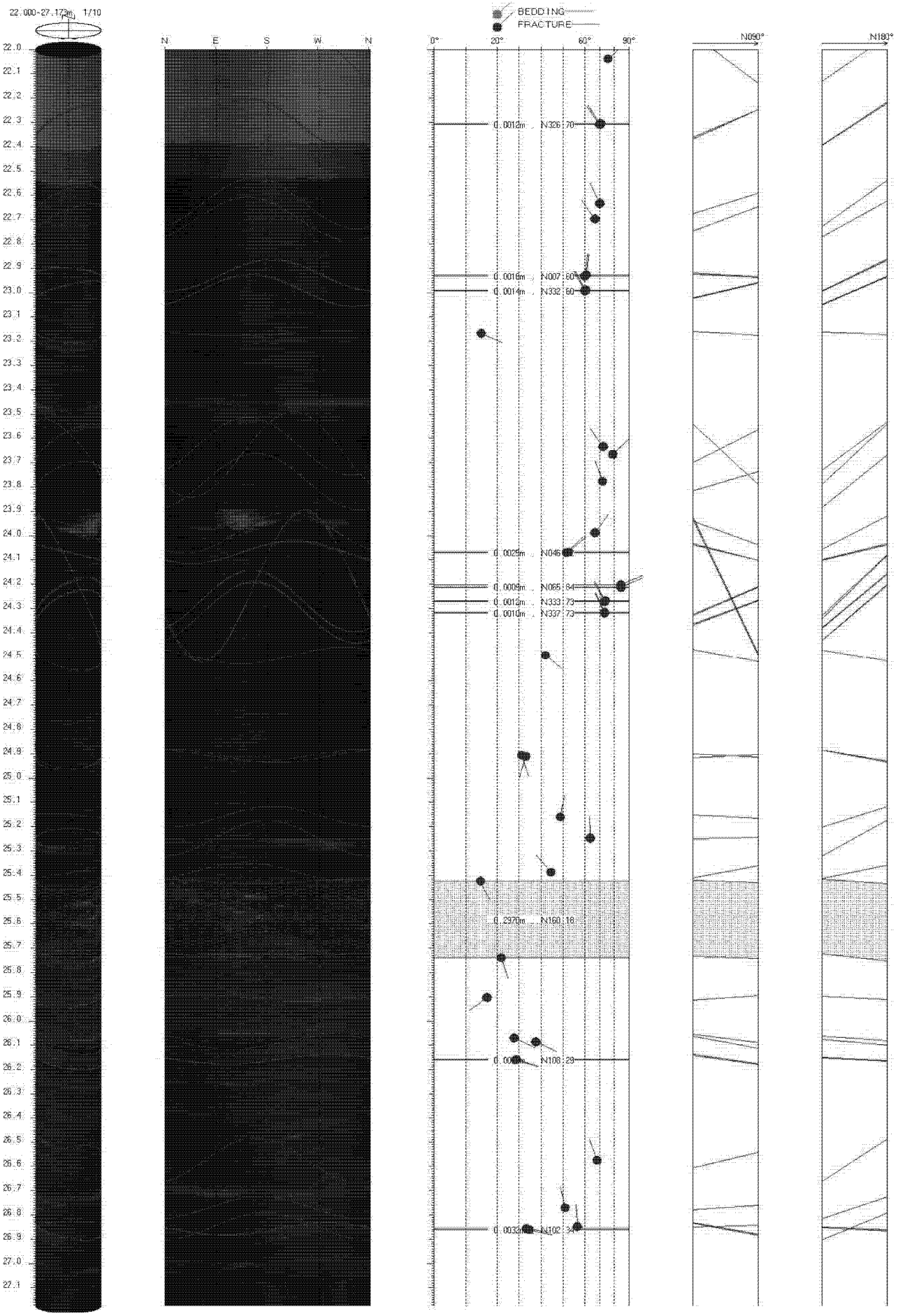

22.000-27.172m, 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m , N326/70
0.0016m , N007/60
0.0014m , N332/60
0.0025m , N046/
0.0009m , N065/64
0.0012m , N333/73
0.0010m , N337/73
0.0270m , N160/16
0.0012m , N108/29
0.0032m , N102/2

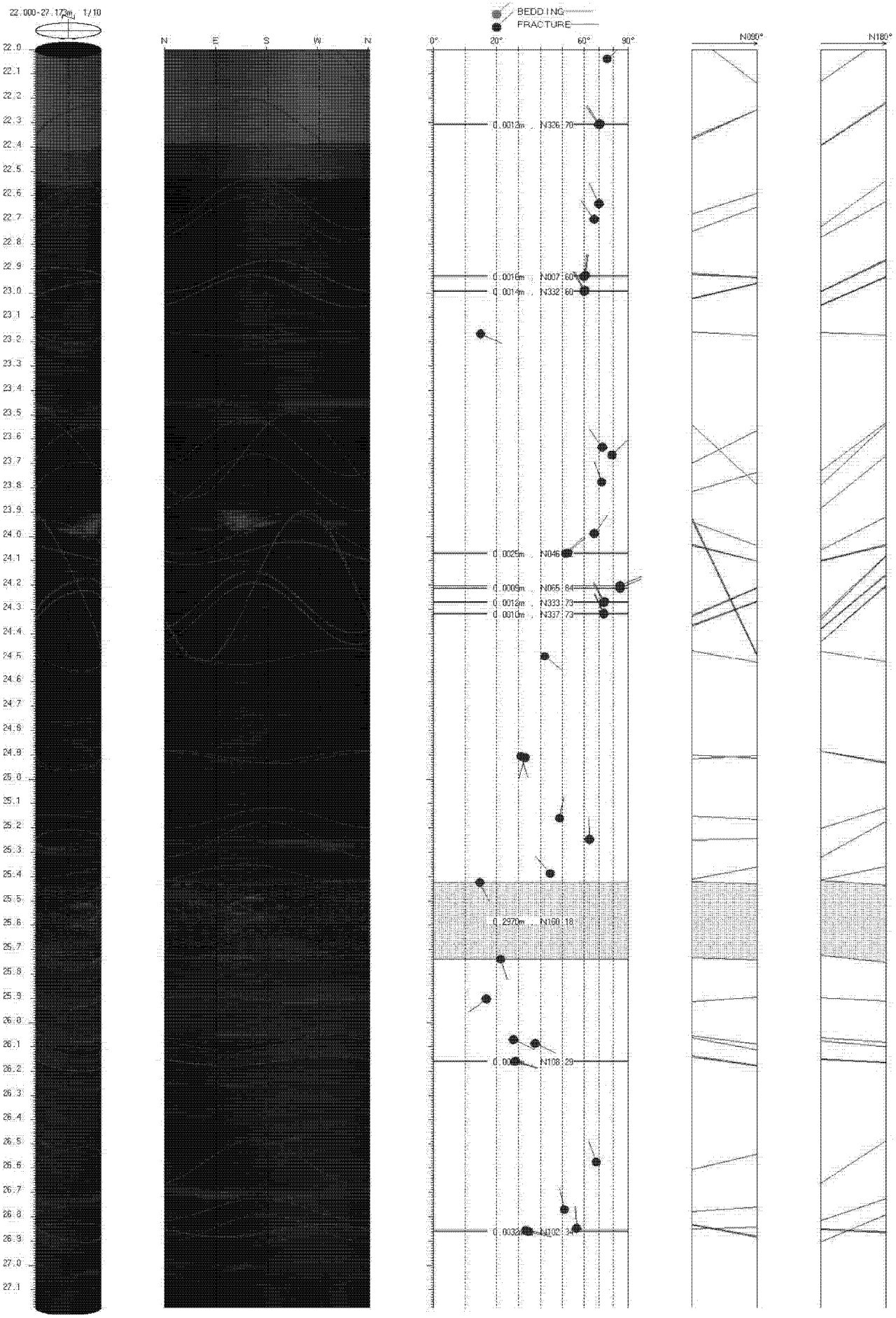

22.000-27.172m, 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m , N326/70
0.0016m , N007/60
0.0014m , N332/60
0.0025m , N046/
0.0009m , N065/64
0.0012m , N333/73
0.0010m , N337/73
0.0270m , N160/16
0.0 N108/29
0.003m N102/2


22.000-27.172m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0013m , N326 70
0.0019m , N007 60
0.0014m , N332 60
0.0025m , N046
0.0009m , N065 84
0.0012m , N333 73
0.0010m , N337 73
0.2970m , N160 18
0.0032m , N102 34


22.000-27.172m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.001m N326 70
0.001m N007 60
0.001m N332 60
0.002m N046
0.000m N065 84
0.001m N333 73
0.001m N337 73
0.297m N160 16
0.000m N108 29
0.003m N102 34


22.000-27.172m 1/10
N
E
S
W
N
BEDDING
FRACTURE
0°
20°
60°
90°
0.0013m , N326 70
0.0019m , N007 60
0.0014m , N332 60
0.0025m , N046
0.0009m , N065 84
0.0012m , N333 73
0.0010m , N337 73
0.2970m , N160 18
0.00 , N108 23
0.0032 , N102 3
N090°
N180°


22.000-27.172m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.001m N326 70
0.001m N007 60
0.001m N332 60
0.002m N046
0.000m N065 84
0.001m N333 73
0.001m N337 73
0.297m N160 16
0.000m N108 29
0.003m N102 34


22.000-27.173m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0013m N326 70
0.0016m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 64
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N100 18
N108 29
N102 34

공내영상촬영 절리정보(BH-306)

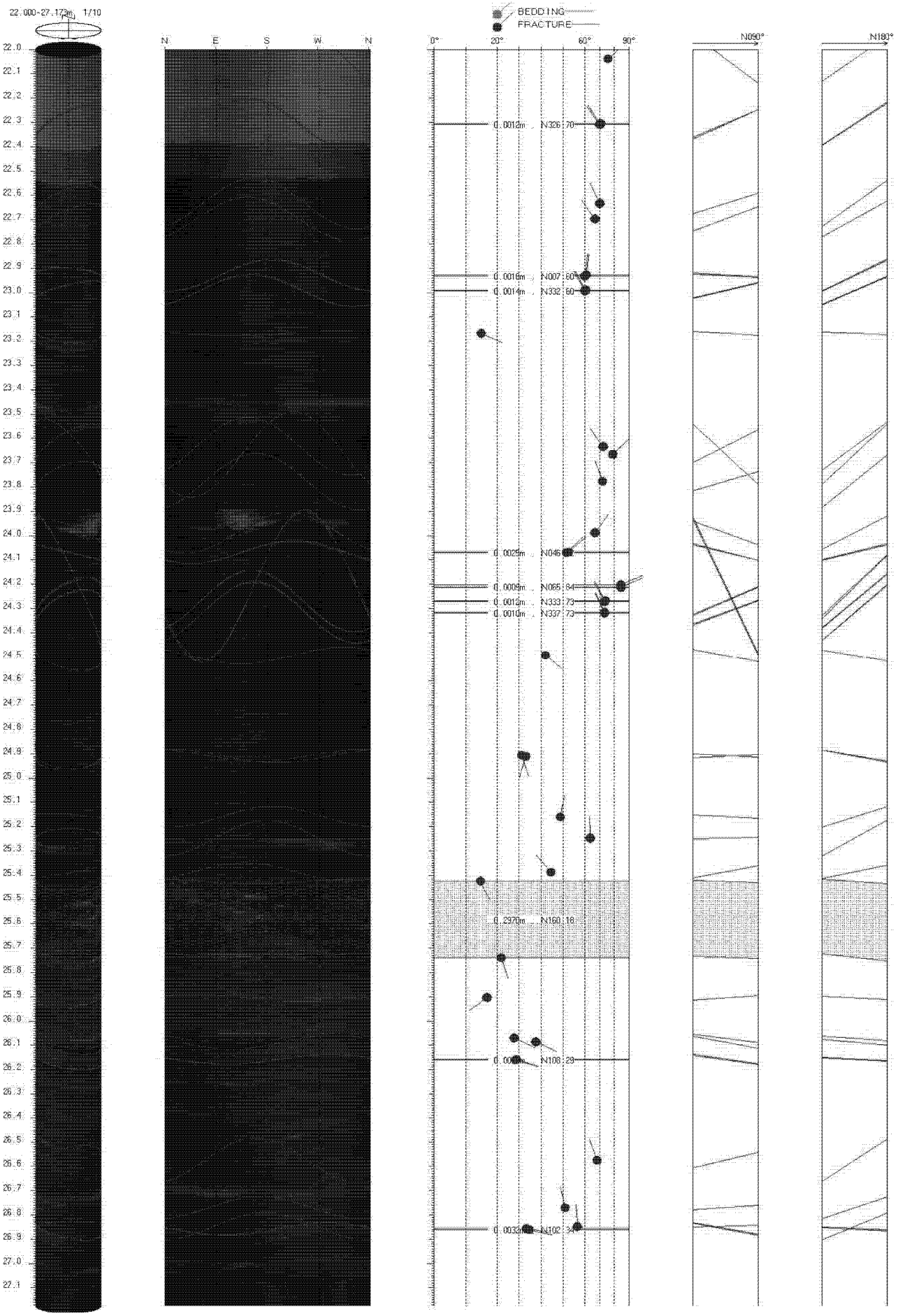
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

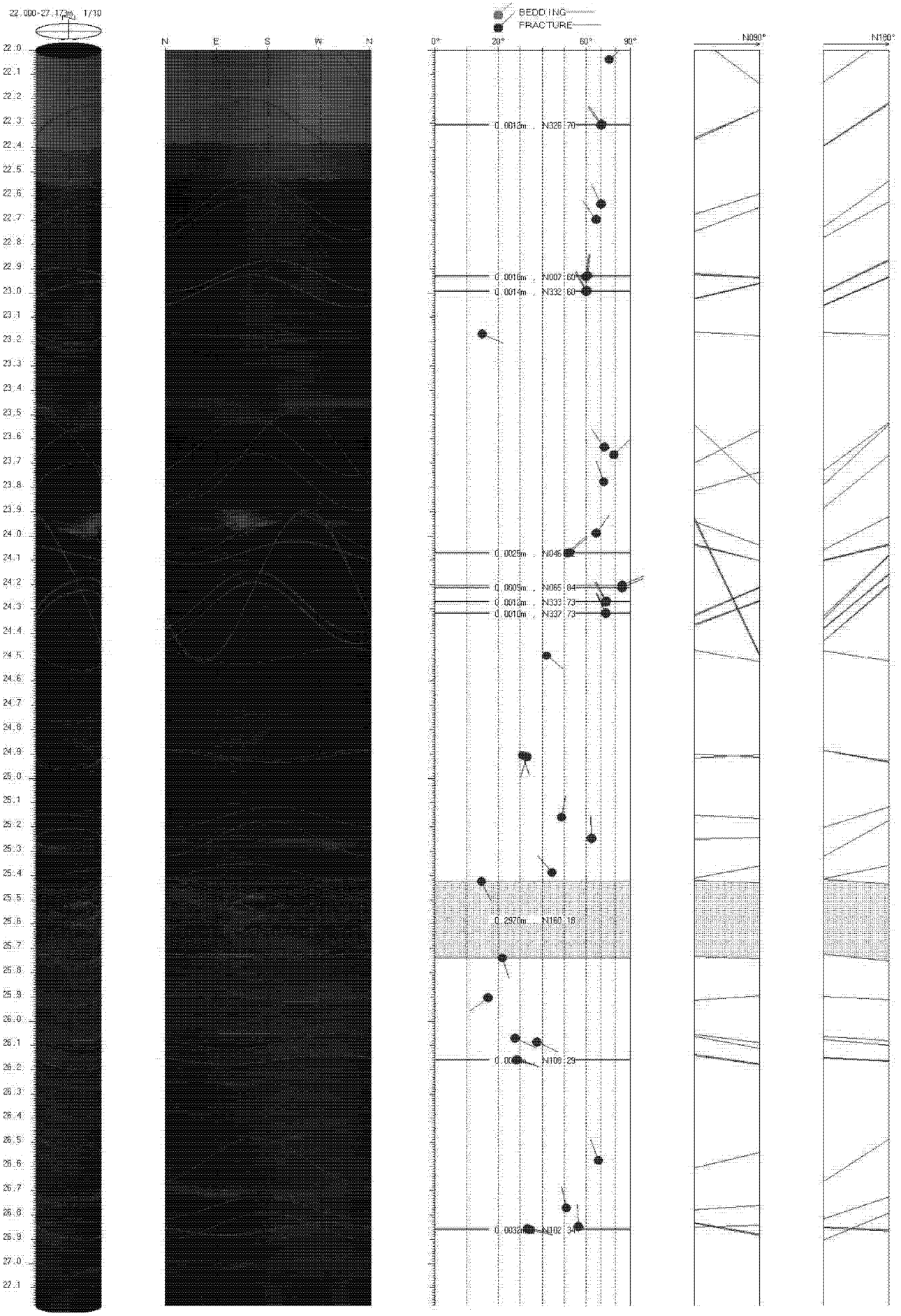
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
1	14.97	71/347	N77E/71NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
2	14.99	32/128	N38E/32SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
3	15.04	68/347	N77E/68NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
4	15.05	23/133	N43E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
5	15.18	57/20	N70W/57NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
6	15.51	83/45	N45W/83NE	2.3	Joint	Open-fracture	
7	15.55	5/336	N66E/5NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
8	15.56	4/165	N75E/4SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
9	15.57	52/321	N51E/52NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
10	15.63	27/74	N16W/27NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
11	15.73	42/100	N10E/42SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
12	15.78	25/139	N49E/25SE	2.0	Joint	Open-fracture	
13	15.84	21/94	N4E/21SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
14	15.90	23/19	N71W/23NE	2.4	Joint	Open-fracture	
15	15.94	7/45	N45W/7NE	2.4	Joint	Open-fracture	
16	15.99	26/309	N39E/26NW	4.2	Joint	Open-fracture	
17	16.08	58/331	N61E/58NW	4.0	Joint	Open-fracture	
18	16.23	32/113	N23E/32SE	3.3	Joint	Open-fracture	
19	16.33	31/138	N48E/31SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
20	16.35	60/353	N83E/60NW	2.9	Joint	Open-fracture	
21	16.40	24/126	N36E/24SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
22	16.75	26/124	N34E/26SE	4.6	Joint	Open-fracture	
23	16.93	75/218	N52W/75SW	0.0	Joint	Fracture-zone	
24	17.67	66/29	N61W/66NE	719.3	Joint	Fracture-zone	
25	17.72	67/35	N55W/67NE	2.2	Joint	Open-fracture	
26	18.06	21/128	N38E/21SE	2.8	Joint	Open-fracture	
27	18.19	55/11	N79W/55NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
28	18.39	48/275	N5E/48NW	2.7	Joint	Open-fracture	
29	18.67	23/231	N39W/23SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
30	18.89	21/286	N16E/21NW	3.8	Joint	Open-fracture	
31	18.90	32/63	N27W/32NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
32	19.01	73/59	N31W/73NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
33	19.41	39/109	N19E/39SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
34	19.42	71/344	N74E/71NW	1.5	Joint	Open-fracture	
35	19.46	71/341	N71E/71NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
36	19.48	45/131	N41E/45SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
37	19.60	45/340	N70E/45NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
38	19.67	56/9	N81W/56NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
39	19.71	20/173	N83E/20SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
40	19.74	27/151	N61E/27SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
41	19.76	65/47	N43W/65NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
42	19.86	23/78	N12W/23NE	3.2	Joint	Open-fracture	
43	19.89	64/41	N49W/64NE	2.4	Joint	Open-fracture	
44	20.08	77/1	N89W/77NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
45	20.12	66/6	N84W/66NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
46	20.28	38/330	N60E/38NW	2.4	Joint	Open-fracture	
47	20.44	66/25	N65W/66NE	2.0	Joint	Open-fracture	
48	20.45	58/333	N63E/58NW	3.0	Joint	Open-fracture	
49	20.59	48/350	N80E/48NW	7.3	Joint	Open-fracture	
50	20.69	72/45	N45W/72NE	1.3	Joint	Open-fracture	

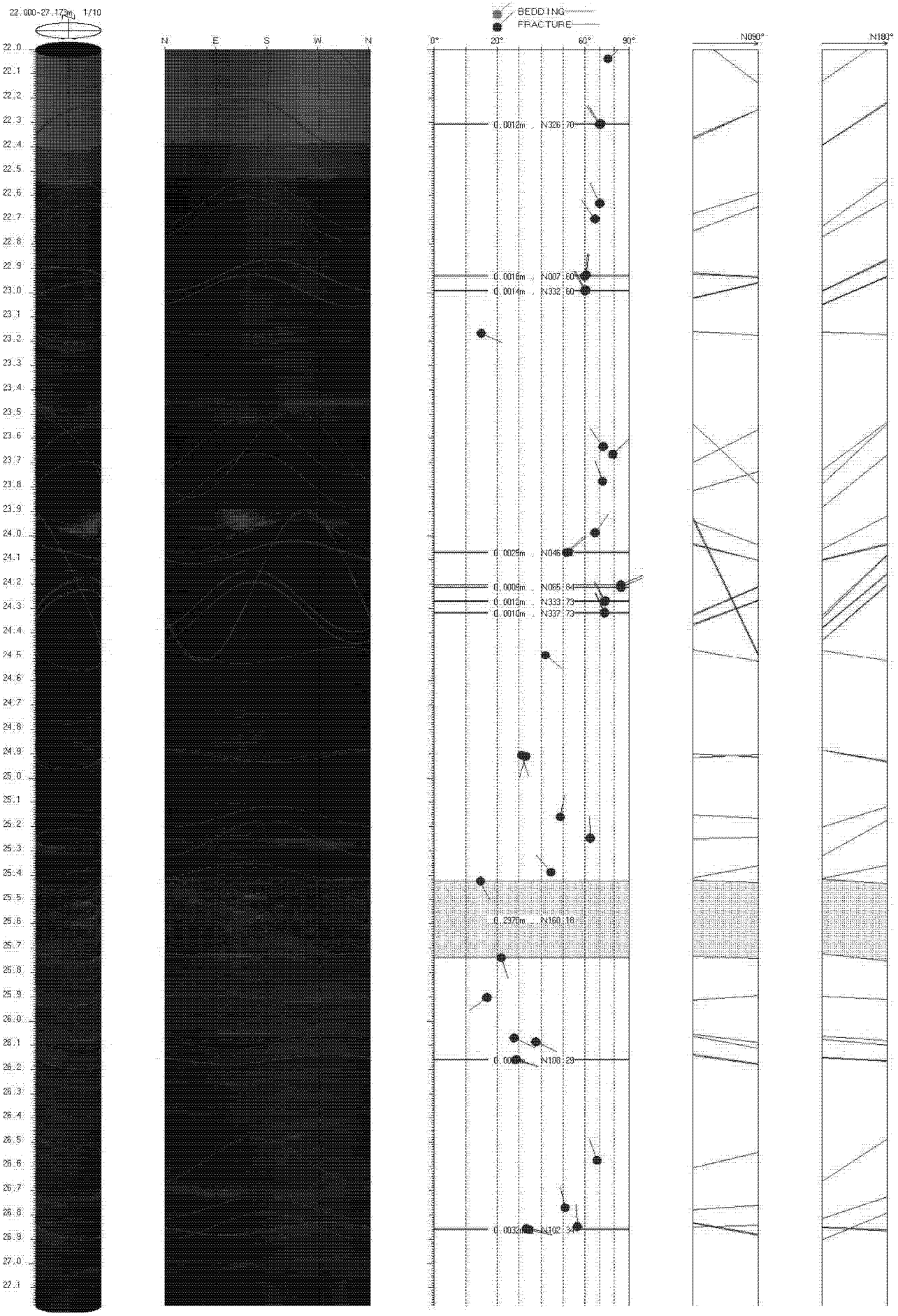
공내영상촬영 절리정보(BH-306)

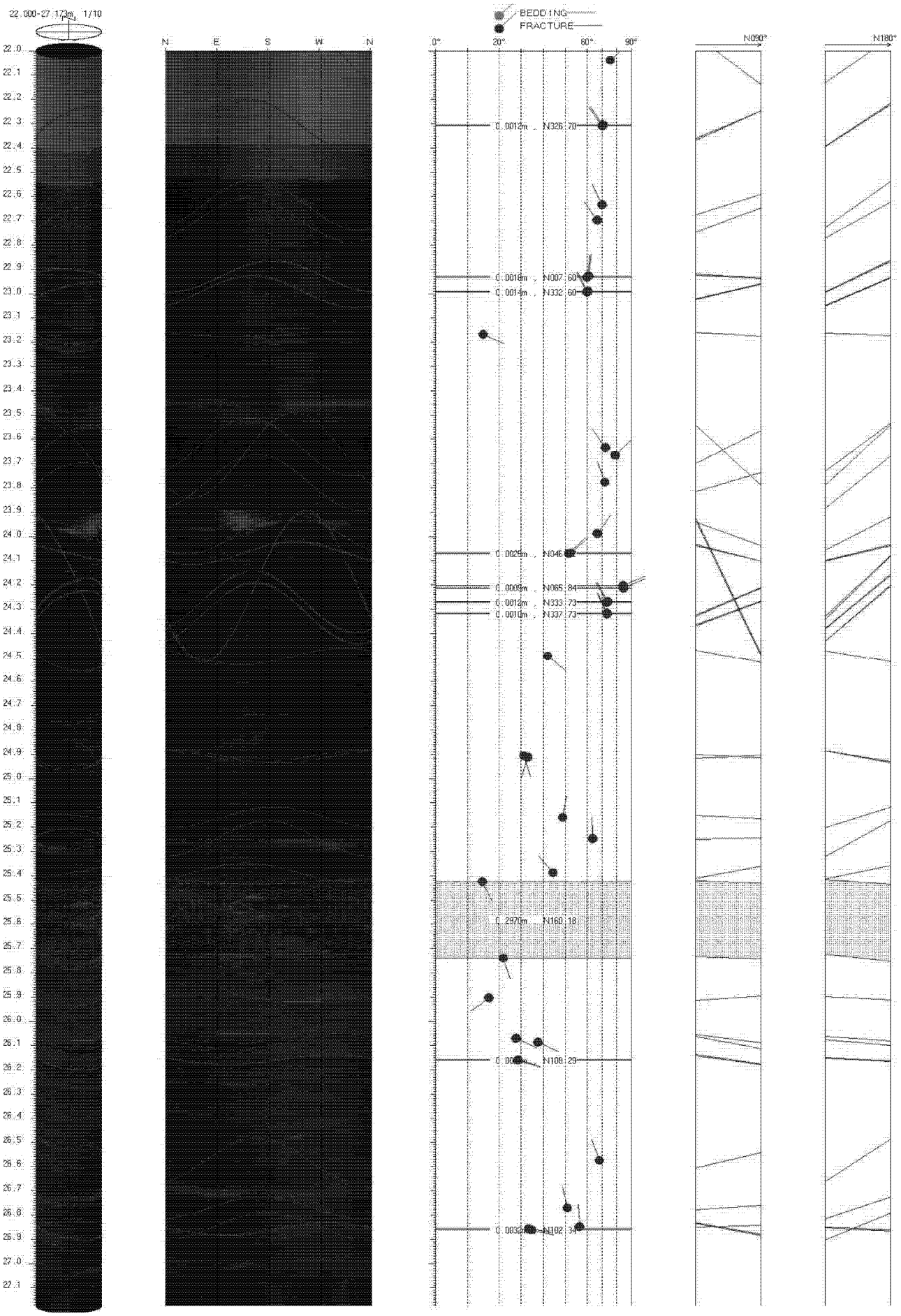
용역명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

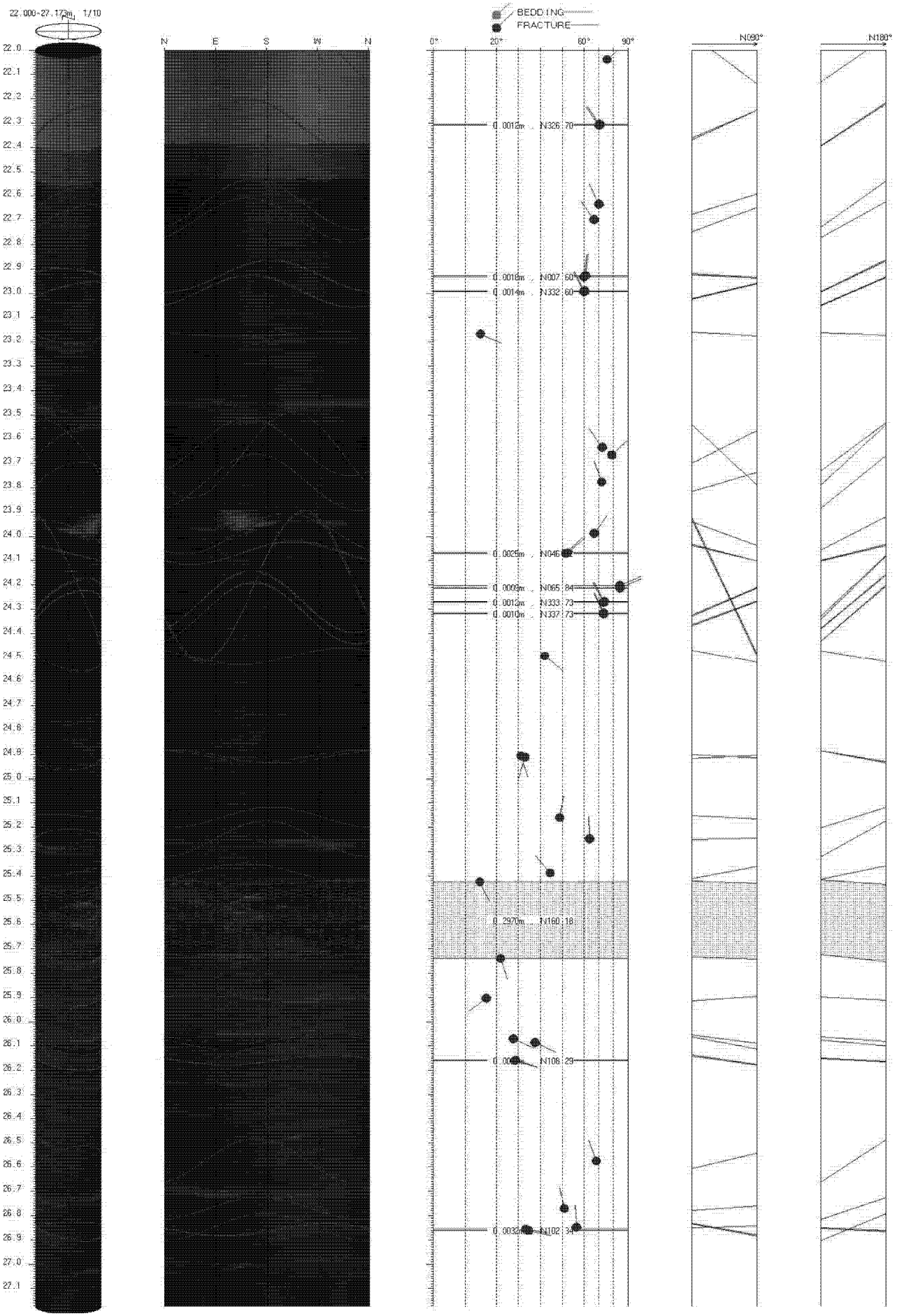
순번	심도(m)	경사/방향 (Dip/Dir)	주향/경사	간극(mm)	분 류	개구성	비 고
51	20.78	59/55	N35W/59NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
52	20.88	64/45	N45W/64NE	4.6	Joint	Open-fracture	
53	20.88	19/155	N65E/19SE	2.9	Joint	Open-fracture	
54	20.92	66/37	N53W/66NE	2.4	Joint	Open-fracture	
55	21.14	30/132	N42E/30SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
56	21.29	58/344	N74E/58NW	2.4	Joint	Open-fracture	
57	21.41	23/117	N27E/23SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
58	21.46	77/245	N25W/77SW	1.6	Joint	Open-fracture	
59	21.74	76/24	N66W/76NE	2.5	Joint	Open-fracture	
60	21.89	62/347	N77E/62NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
61	21.96	51/351	N81E/51NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
62	22.00	58/324	N54E/58NW	1.8	Joint	Open-fracture	
63	22.04	76/47	N43W/76NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
64	22.31	70/325	N55E/70NW	1.2	Joint	Open-fracture	
65	22.63	70/336	N66E/70NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
66	22.70	67/325	N55E/67NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
67	22.93	60/7	N83W/60NE	1.6	Joint	Open-fracture	
68	22.99	60/332	N62E/60NW	1.4	Joint	Open-fracture	
69	23.17	15/115	N25E/15SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
70	23.63	72/326	N56E/72NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
71	23.67	79/45	N45W/79NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
72	23.78	72/340	N70E/72NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
73	23.99	67/35	N55W/67NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
74	24.07	52/45	N45W/52NE	2.5	Joint	Open-fracture	
75	24.21	84/65	N25W/84NE	0.9	Joint	Open-fracture	
76	24.27	73/332	N62E/73NW	1.2	Joint	Open-fracture	
77	24.32	73/336	N66E/73NW	1.0	Joint	Open-fracture	
78	24.49	42/132	N42E/42SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
79	24.91	31/162	N72E/31SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
80	24.91	33/196	N74W/33SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
81	25.16	49/10	N80W/49NE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
82	25.25	64/359	N89E/64NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
83	25.39	44/321	N51E/44NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
84	25.43	15/154	N64E/15SE	0.0	Joint	Fracture-zone	
85	25.74	22/163	N73E/22SE	297.0	Joint	Fracture-zone	
86	25.90	17/234	N36W/17SW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
87	26.07	28/116	N26E/28SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
88	26.09	38/116	N26E/38SE	0.0	Joint	Hairline-fracture	
89	26.16	28/107	N17E/28SE	2.7	Joint	Open-fracture	
90	26.58	68/340	N70E/68NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
91	26.77	51/349	N79E/51NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
92	26.85	56/357	N87E/56NW	0.0	Joint	Hairline-fracture	
93	26.86	35/104	N14E/35SE	3.2	Joint	Open-fracture	


22.000-27.172m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.001m N326 70
0.001m N007 60
0.001m N332 60
0.002m N046
0.000m N065 84
0.001m N333 73
0.001m N337 73
0.297m N160 16
0.000m N108 29
0.003m N102 34


22.000-27.173m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m , N326 70
0.0018m , N007 60
0.0014m , N332 60
0.0025m , N046
0.0009m , N065 84
0.0012m , N333 73
0.0010m , N337 73
0.2970m , N160 19
0.0032m , N102 34


22.000-27.172m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.001m N326 70
0.001m N007 60
0.001m N332 60
0.002m N046
0.000m N065 84
0.001m N333 73
0.001m N337 73
0.297m N160 16
0.000m N108 29
0.003m N102 34


22.000-27.173m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0018m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0012m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
0.0032m N102 34


22.000-27.173m 1/10
N E S W N
BEDDING
FRACTURE
0° 20° 60° 90°
N090°
N180°
0.0012m N326 70
0.0010m N007 60
0.0014m N332 60
0.0025m N046
0.0009m N065 84
0.0013m N333 73
0.0010m N337 73
0.2970m N160 18
N108 29
0.0032m N102 34

2.4 밀도검층

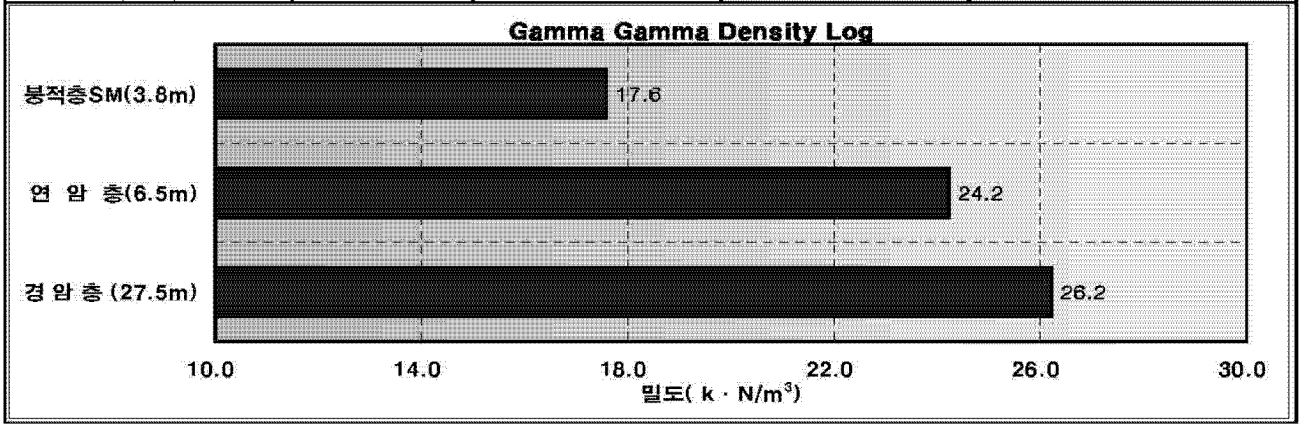
● 밀도검층 결과

DENSITY LOGGER SHEET

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사		
공 번	BH-242	시 험 자	S. H. LEE
시험일자	2012년 3월	지하수위	G.L-2.5M

(단위 : kN/m^3)

DEPTH RANGE(M)			DEPTH(M)	지 층	심도별 평균밀도	지층에 따른 평균 밀도
2.64	~	3.00	3.0	붕적층(SM)	17.2	17.6
3.00	~	3.80	3.8		17.8	
3.80	~	4.00	4.0	연 암 층	23.9	24.2
4.00	~	5.00	5.0		24.0	
5.00	~	6.00	6.0		24.8	
6.00	~	6.50	6.5		23.8	
6.50	~	7.00	7.0	경 암 층	22.8	26.2
7.00	~	8.00	8.0		25.7	
8.00	~	9.00	9.0		25.9	
9.00	~	10.00	10.0		26.2	
10.00	~	11.00	11.0		26.7	
11.00	~	12.00	12.0		25.9	
12.00	~	13.00	13.0		26.6	
13.00	~	14.00	14.0		25.9	
14.00	~	15.00	15.0		26.7	
15.00	~	16.00	16.0		25.2	
16.00	~	17.00	17.0		25.7	
17.00	~	18.00	18.0		25.8	
18.00	~	19.00	19.0		26.0	
19.00	~	20.00	20.0		25.9	
20.00	~	21.00	21.0		26.6	
21.00	~	22.00	22.0		26.6	
22.00	~	23.00	23.0		26.6	
23.00	~	24.00	24.0		27.1	
24.00	~	25.00	25.0		27.1	
25.00	~	26.00	26.0		27.0	
26.00	~	27.00	27.0		26.7	
27.00	~	27.50	27.5		26.1	

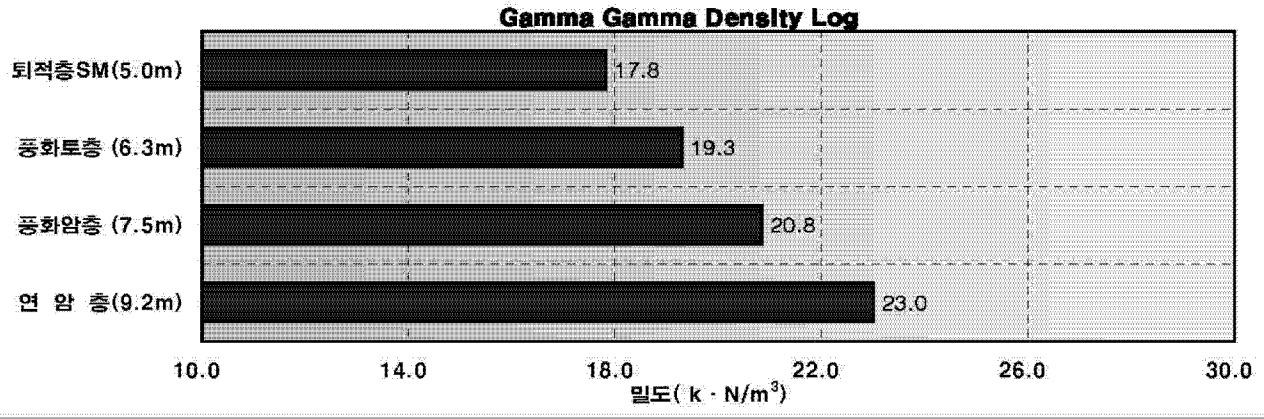


DENSITY LOGGER SHEET

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사		
공 번	BH-272	시 험 자	S. H. LEE
시험일자	2012년 3월	지하수위	G.L-1.1M

(단위 : kN/m^3)

DEPTH RANGE(M)			DEPTH(M)	지 층	심도별 평균밀도	지층에 따른 평균 밀도
2.63	~	3.00	3.0	퇴적층(SM)	16.8	17.8
3.00	~	4.00	4.0		18.2	
4.00	~	5.00	5.0		17.8	
5.00	~	6.00	6.0	풍화토층(SM)	19.1	19.3
6.00	~	6.30	6.3		20.0	
6.30	~	7.00	7.0	풍화암층	20.6	20.8
7.00	~	7.50	7.5		21.1	
7.50	~	8.00	8.0	연 암 층	22.3	23.0
8.00	~	9.00	9.0		23.1	
9.00	~	9.20	9.2		24.6	

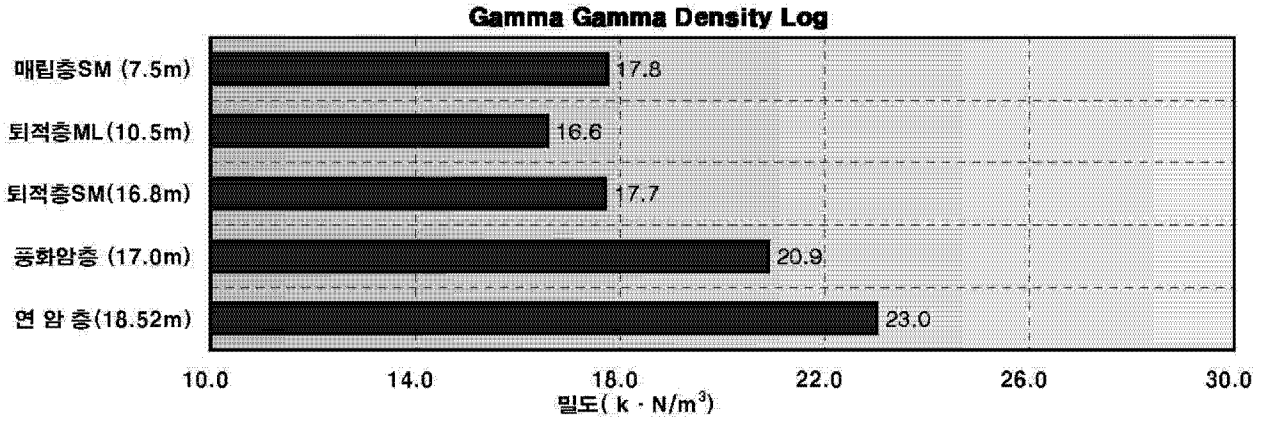


DENSITY LOGGER SHEET

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사		
공 번	BH-314-2	시 험 자	S. H. LEE
시험일자	2012년 12월	지하수위	G.L-7.0M

(단위 : kN/m^3)

DEPTH RANGE(M)			DEPTH(M)	지 층	심도별 평균밀도	지층에 따른 평균 밀도
2.60	~	3.00	3.0	매립층(SM)	17.1	17.8
3.00	~	4.00	4.0		17.9	
4.00	~	5.00	5.0		18.4	
5.00	~	6.00	6.0		16.9	
6.00	~	7.00	7.0		18.0	
7.00	~	7.50	7.5		17.8	
7.50	~	8.00	8.0	퇴적층(ML)	16.8	16.6
8.00	~	9.00	9.0		16.6	
9.00	~	10.00	10.0		16.3	
10.00	~	10.50	10.5		16.8	
10.50	~	11.00	11.0	퇴적층(SM)	17.5	17.7
11.00	~	12.00	12.0		17.1	
12.00	~	13.00	13.0		17.2	
13.00	~	14.00	14.0		17.1	
14.00	~	15.00	15.0		18.3	
15.00	~	16.00	16.0		18.1	
16.00	~	16.80	16.8		18.7	
16.80	~	17.00	17.0	풍화암층	20.9	20.9
17.00	~	18.00	18.0	연암층	22.6	23.0
18.00	~	18.52	18.5		23.8	



2.5 하향식탄성파탐사

◎ 하향식탄성파탐사결과

Down Hole Test Data

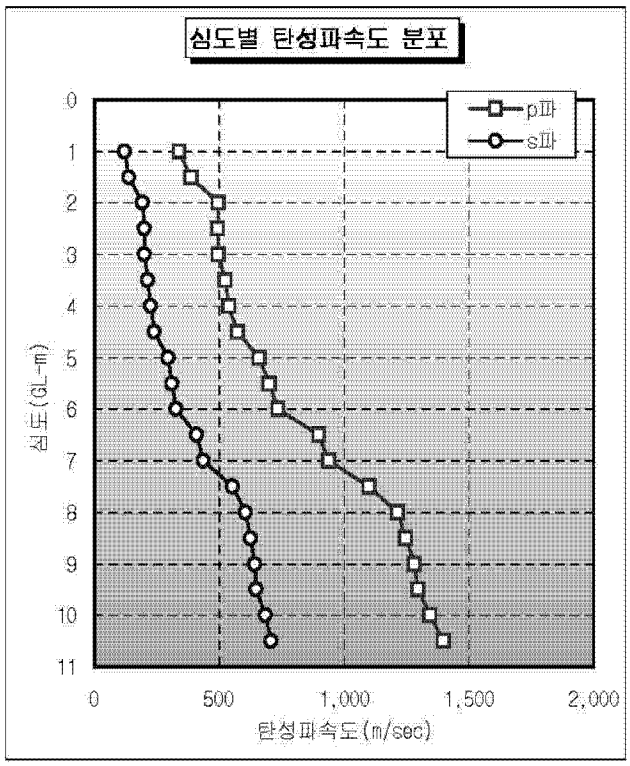
용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사						
공 번	BH-272						
시험일자	2012/3/26			측정심도	GL (-) 1.0m ~ 10.5m		
Depth	Soil&Rock	Vp	Vs	동탄성계수	동전단계수	동체적계수	단위중량	포아송비
GL.(-)m	type	(m/sec)	(m/sec)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/㎥)	υ_d
1.0	매립층	341	121	74	26	172	17.8	0.428
1.5		388	139	98	34	222	17.8	0.426
2.0	퇴적층 자갈섞인 실트질모래	496	193	187	66	350	17.8	0.411
2.5		495	200	200	71	341	17.8	0.402
3.0		497	200	200	71	345	17.8	0.403
3.5		524	214	227	81	381	17.8	0.400
4.0		538	227	255	92	393	17.8	0.392
4.5		575	241	288	103	451	17.8	0.393
5.0	풍화토층	662	295	462	168	622	19.3	0.376
5.5		699	311	514	187	695	19.3	0.377
6.0		735	327	568	206	767	19.3	0.377
6.5	풍화암	899	410	957	350	1,215	20.8	0.369
7.0		939	437	1,082	397	1,304	20.8	0.362
7.5	연암	1,100	553	1,872	703	1,846	23.0	0.331
8.0		1,214	605	2,247	842	2,268	23.0	0.335
8.5		1,248	625	2,395	898	2,385	23.0	0.333
9.0		1,282	644	2,540	954	2,509	23.0	0.331
9.5		1,297	649	2,582	969	2,575	23.0	0.333
10.0		1,343	686	2,865	1,082	2,706	23.0	0.324
10.5		1,399	707	3,055	1,150	2,971	23.0	0.329

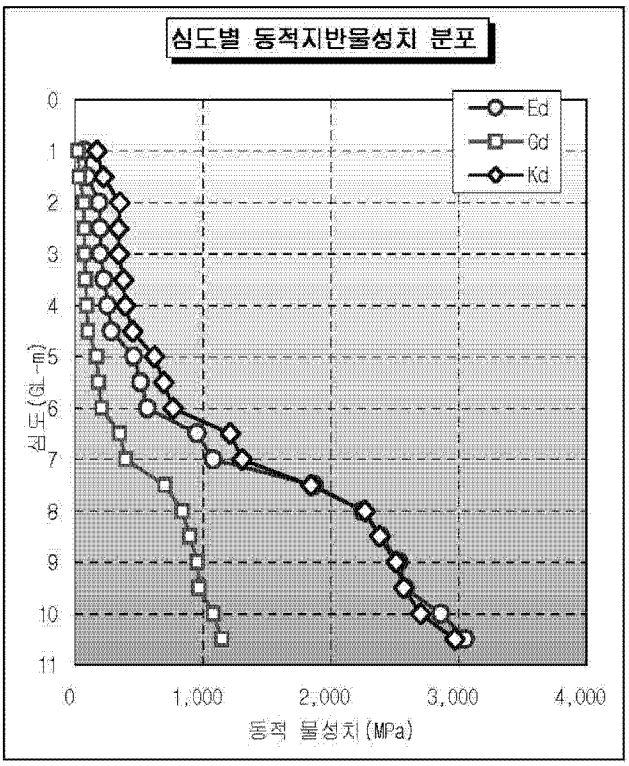
Soil&Rock type	평균값						비 고
	P-Wave	S-Wave	Ed(MPa)	Gd(MPa)	Kd(MPa)	ud	
매립층	364	130	86	30	197	0.427	
퇴적층	521	212	226	81	377	0.400	
풍화토층	699	311	515	187	695	0.376	
풍화암	919	424	1,019	373	1,260	0.365	
연암	1,269	638	2,508	943	2,466	0.331	

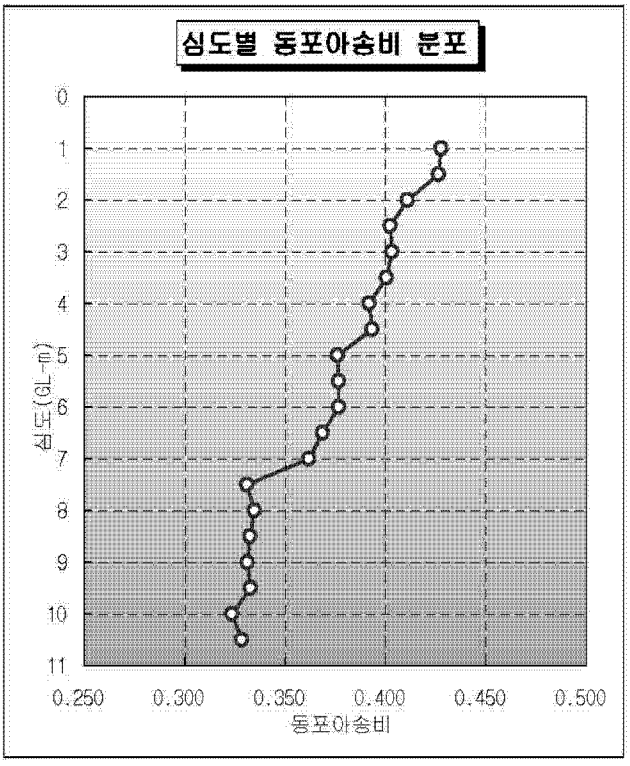
- 시 험 종 료 -

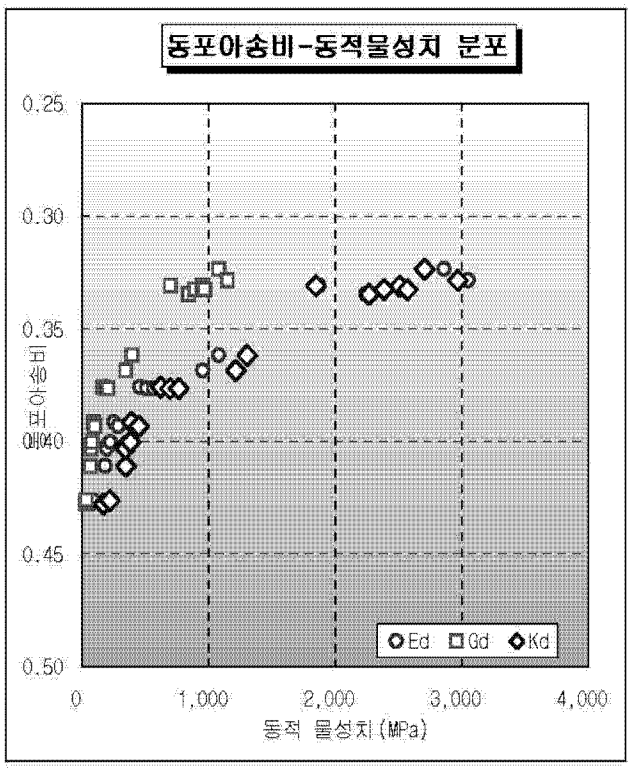
Down Hole Test Data

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사		
공 번	BH-272		
시험일자	2012/3/26	측정심도	GL (-) 1.0m ~ 10.5m









Down Hole Test Data

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사						
공 번	BH-314-2						
시험일자	2012/12/6			측정심도	GL (-) 1.0m ~ 20.0m		

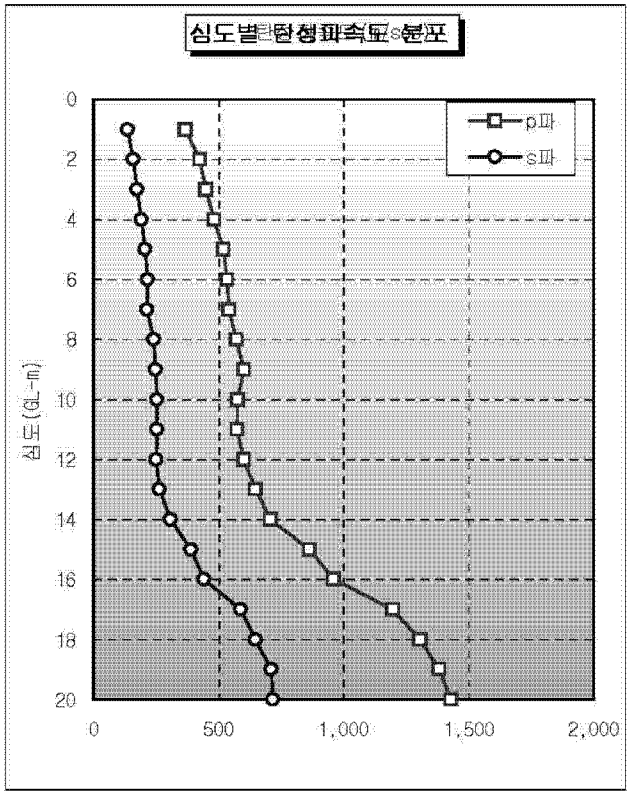
Depth	Soil&Rock	Vp	Vs	동탄성계수	동전단계수	동체적계수	단위중량	포아송비
GL.(-)m	type	(m/sec)	(m/sec)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/㎥)	υ_d
1.0	매립층	367	137	95	34	194	17.8	0.418
2.0		423	159	127	45	259	17.8	0.418
3.0		450	173	150	53	289	17.8	0.413
4.0		481	192	185	66	325	17.8	0.405
5.0		518	205	211	75	378	17.8	0.407
6.0		534	216	234	83	396	17.8	0.402
7.0		541	214	230	82	413	17.8	0.407
8.0	퇴적층 (실트)	570	241	269	97	410	16.6	0.391
9.0		601	248	284	102	464	16.6	0.398
10.0		575	253	294	107	406	16.6	0.379
11.0	퇴적층 (자갈섞인 실트질 모래)	572	253	312	113	429	17.7	0.379
12.0		601	251	312	112	491	17.7	0.394
13.0		648	263	342	122	581	17.7	0.402
14.0		708	307	463	167	665	17.7	0.384
15.0		865	389	736	268	965	17.7	0.373
16.0		961	442	945	346	1,173	17.7	0.366
17.0	연암	1,195	587	2,128	794	2,226	23.0	0.341
18.0		1,306	648	2,581	965	2,633	23.0	0.337
19.0		1,381	711	3,068	1,162	2,839	23.0	0.320
20.0		1,429	717	3,152	1,184	3,115	23.0	0.331

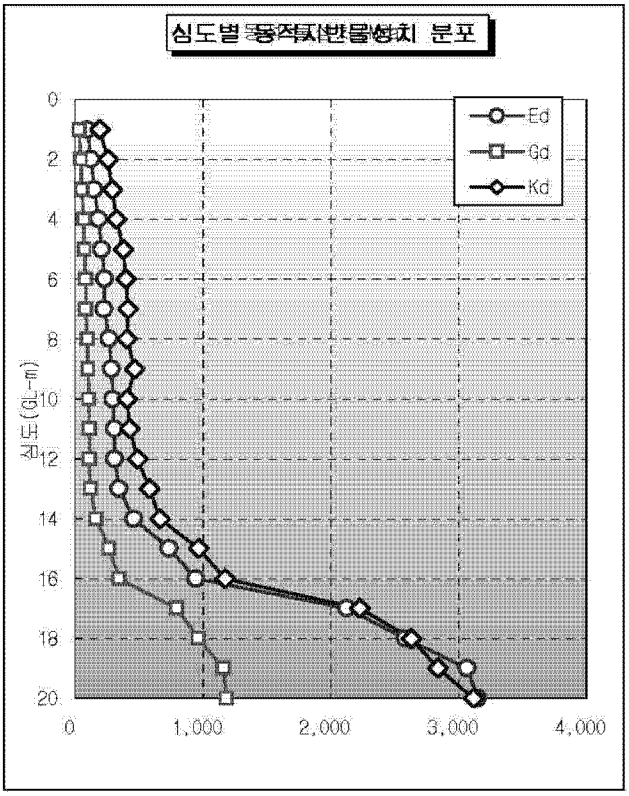
Soil&Rock type	평균값						비 고
	P-Wave	S-Wave	Ed(MPa)	Gd(MPa)	Kd(MPa)	υd	
매립층(0.0~7.5)	474	185	176	62	322	0.410	풍화암이 박층으로 존재
퇴적층(7.5~10.5m)	582	247	283	102	426	0.389	
퇴적층(10.5~16.8m)	726	318	518	188	717	0.383	
풍화암(16.8~17.0m)	박층으로 존재하여 값을 분석할 수 없음						
연암(17.0~20.0m)	1,328	666	2,732	1,026	2,703	0.332	

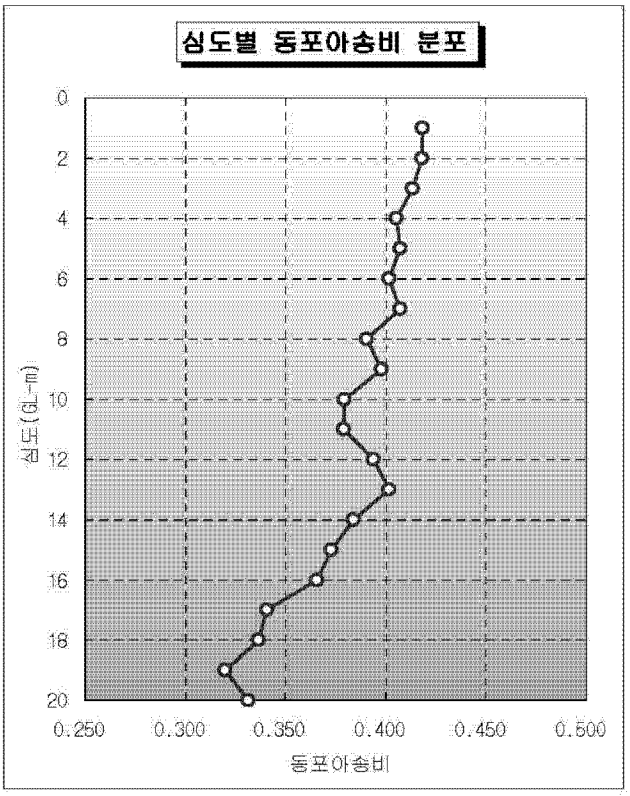
- 시 험 종 료 -

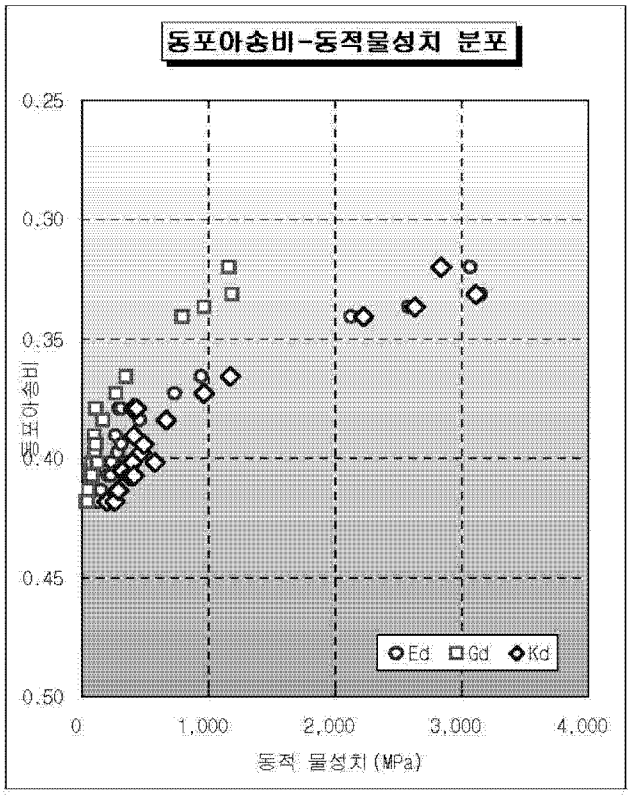
Down Hole Test Data

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사		
공 번	BH-314-2		
시험일자	2012/12/6	측정심도	GL (-) 1.0m ~ 20.0m







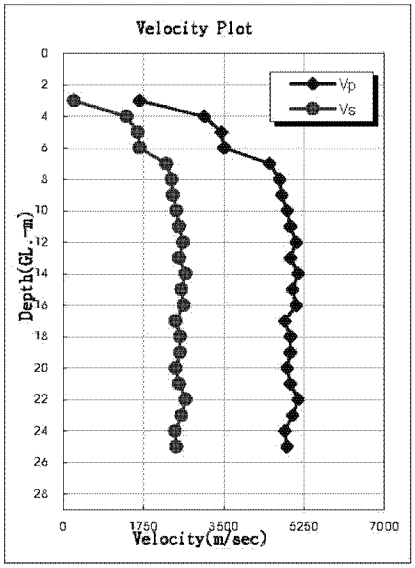


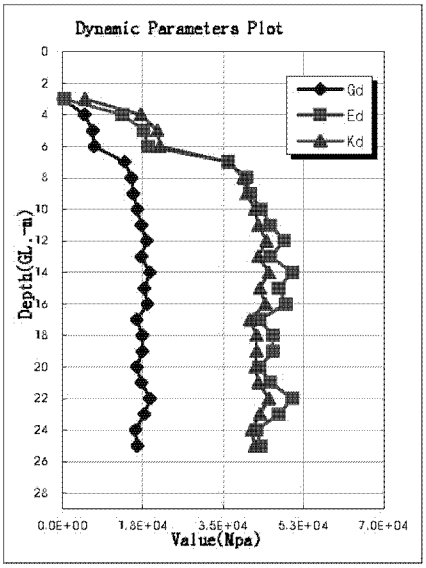
2.6 S-PS검증

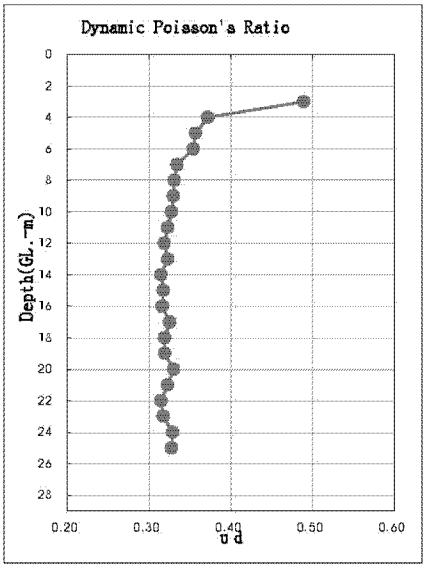
S-PS검층 결과

SUSPENSION PS LOGGER SHEET

용 역 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사		
공 번	BH-242	시 험 자	S. H. LEE
시험일자	2012년 3월	지하수위	G.L-2.5 M





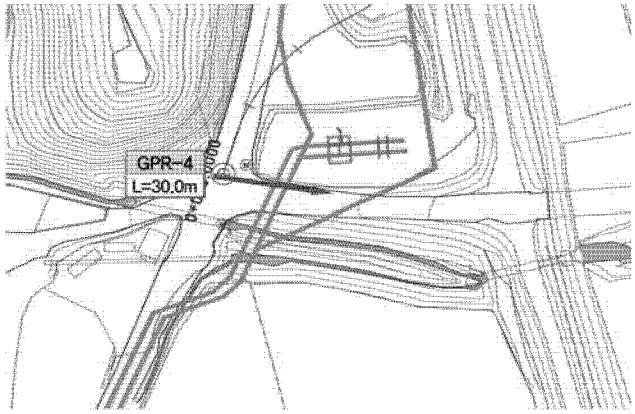


Depth (GL.-m)			지 층	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	동탄성계수 (MPa)	동전단계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)	적용밀도 (kN/m³)	동포아송비 υ
2.5	~	3.5	붕적층(SM)	1,667	238	3.03E+02	1.02E+02	4.86E+03	17.6	0.490
3.5	~	4.5	연 암 층	3,077	1,389	1.31E+04	4.76E+03	1.70E+04	24.2	0.372
4.5	~	5.5	"	3,448	1,626	1.77E+04	6.53E+03	2.07E+04	24.2	0.357
5.5	~	6.5	"	3,509	1,667	1.86E+04	6.86E+03	2.13E+04	24.2	0.354
6.5	~	7.5	경 암 층	4,505	2,247	3.60E+04	1.35E+04	3.63E+04	26.2	0.334
7.5	~	8.5	"	4,717	2,370	4.00E+04	1.50E+04	3.95E+04	26.2	0.331
8.5	~	9.5	"	4,762	2,398	4.09E+04	1.54E+04	4.01E+04	26.2	0.330
9.5	~	10.5	"	4,878	2,469	4.33E+04	1.63E+04	4.19E+04	26.2	0.328
10.5	~	11.5	"	4,950	2,532	4.53E+04	1.71E+04	4.27E+04	26.2	0.323
11.5	~	12.5	"	5,076	2,618	4.83E+04	1.83E+04	4.45E+04	26.2	0.319
12.5	~	13.5	"	4,950	2,532	4.53E+04	1.71E+04	4.27E+04	26.2	0.323
13.5	~	14.5	"	5,128	2,667	5.00E+04	1.90E+04	4.49E+04	26.2	0.315
14.5	~	15.5	"	5,000	2,584	4.70E+04	1.79E+04	4.30E+04	26.2	0.318
15.5	~	16.5	"	5,076	2,632	4.88E+04	1.85E+04	4.42E+04	26.2	0.316
16.5	~	17.5	"	4,832	2,457	4.28E+04	1.61E+04	4.09E+04	26.2	0.326
17.5	~	18.5	"	4,950	2,551	4.59E+04	1.74E+04	4.23E+04	26.2	0.319
18.5	~	19.5	"	4,950	2,551	4.59E+04	1.74E+04	4.23E+04	26.2	0.319
19.5	~	20.5	"	4,878	2,457	4.29E+04	1.61E+04	4.21E+04	26.2	0.330
20.5	~	21.5	"	4,950	2,532	4.53E+04	1.71E+04	4.27E+04	26.2	0.323
21.5	~	22.5	"	5,128	2,667	5.00E+04	1.90E+04	4.49E+04	26.2	0.315
22.5	~	23.5	"	5,000	2,584	4.70E+04	1.79E+04	4.30E+04	26.2	0.318
23.5	~	24.5	"	4,831	2,439	4.23E+04	1.59E+04	4.12E+04	26.2	0.329
24.5	~	25.5	"	4,878	2,469	4.33E+04	1.63E+04	4.19E+04	26.2	0.328

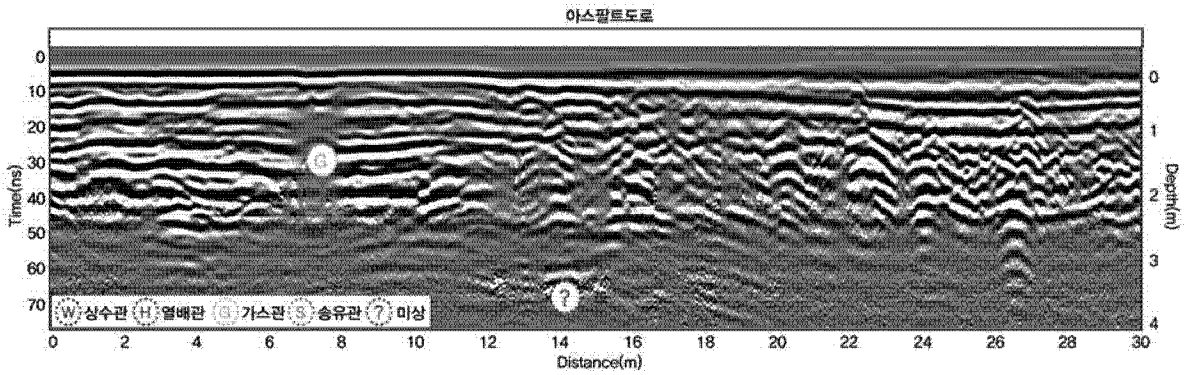
2.7 GPR탐사

GPR탐사 결과

GPR-1



결과단면



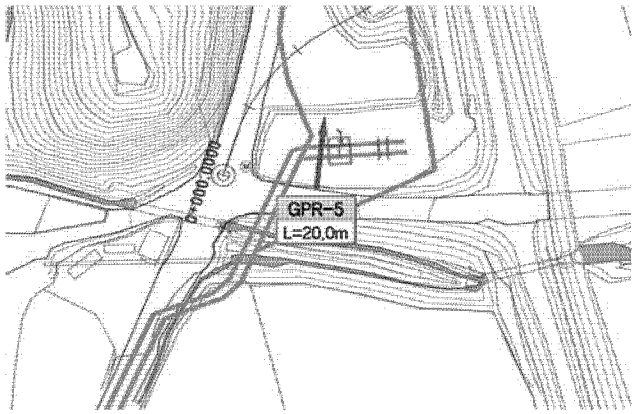
지장물 현황

종 류	위치/심도(m)	종 류	위치/심도(m)	종 류	위치/심도(m)
가 스 관	7.4/1.2				
미 상 관	14.2/3.2				

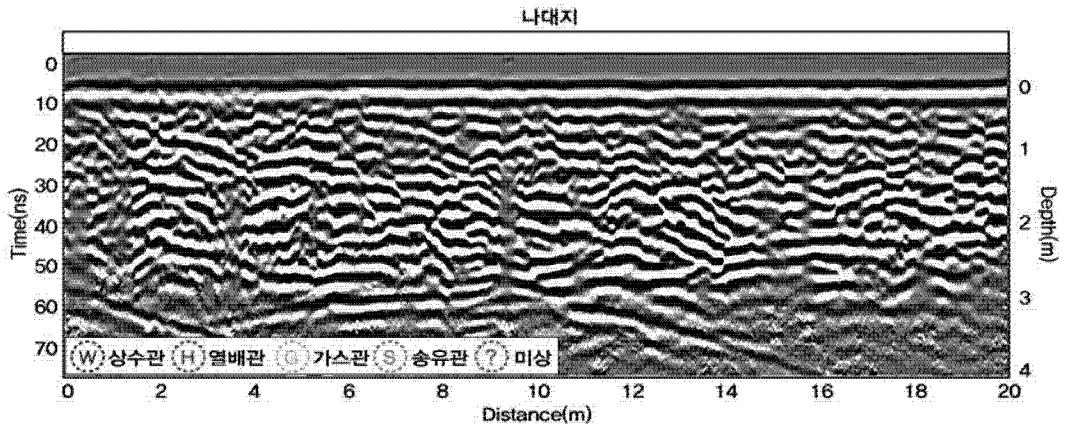
해석

- 지장물의 종류는 가스관과 광역상수관으로 나타남
- 가스관은 아스팔트 도로에 매설되어 있으며, 심도는 1.2m로 나타남
- 지장물도에 조사구간내 2열의 광역상수관이 매설되어 있으나 GPR탐사결과로 나타나지 않음
- 광역상수관으로 판단되는 미상물이 존재하나 1열만 나타나 정확하지 않음
- 광역상수관에 접지하고 RD탐사를 수행하였으나, 신호를 파악할 수 없었음
- 광역상수관의 예상심도는 최소 3.0m 이상으로 판단됨
- 시점좌표 : X 579246.0845, Y 180897.8968 종점좌표 : X 579241.0176, Y 180924.4658

GPR-2



결과단면



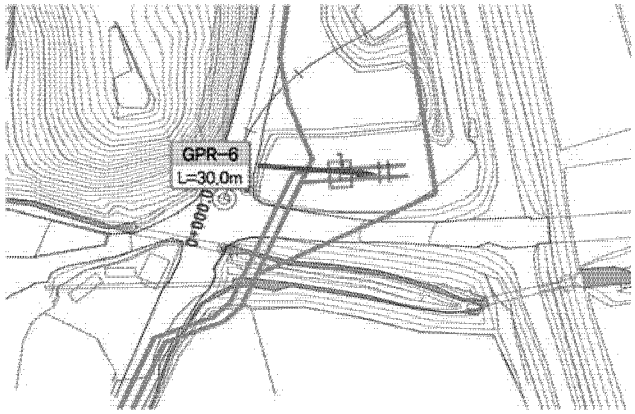
지장물 현황

종 류	위치/심도(m)	종 류	위치/심도(m)	종 류	위치/심도(m)

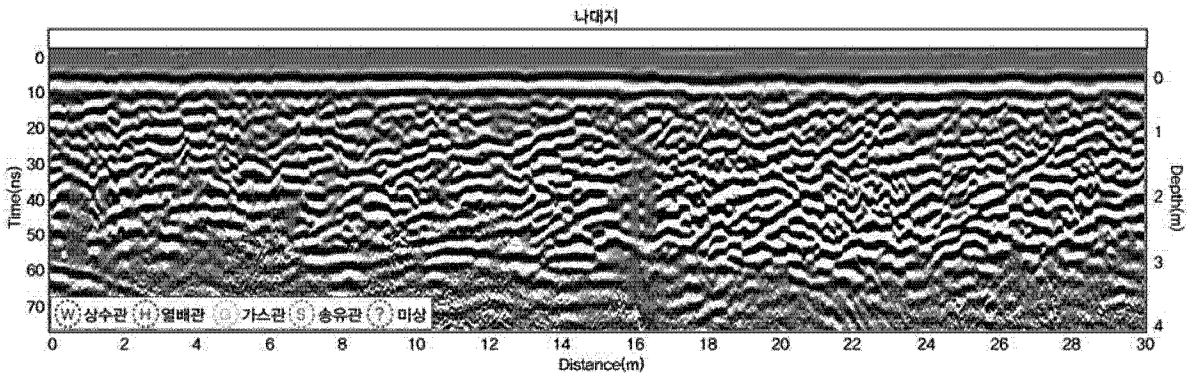
해석

- 지장물의 종류는 광역상수관임
- 지장물도에 조사구간내 2열의 광역상수관이 매설되어 있으나 GPR탐사결과로 나타나지 않음
- 광역상수관에 접지하고 RD탐사를 수행하였으나, 신호를 파악할 수 없었음
- 탐사결과 단면의 하부의 반사파는 지표면의 전력선에서 나타나는 신호임
- 밸브실을 개방하여 육안조사한 결과 바닥까지 심도는 약 4.2m임
- 광역상수관의 예상심도는 최소 3.0m 이상으로 판단됨
- 시점좌표 : X 579243.4063, Y 180919.7883 종점좌표 : X 579263.3687, Y 180921.0148

GPR-3



결과단면



지장물 현황

종 류	위치/심도(m)	종 류	위치/심도(m)	종 류	위치/심도(m)

해석

- 지장물의 종류는 광역상수관임
- 지장물도에 조사구간내 2열 이상의 광역상수관이 매설되어 있으나 GPR탐사결과로 나타나지 않음
- 광역상수관에 접지하고 RD탐사를 수행하였으나, 신호를 파악할 수 없었음
- 밸브실을 개방하여 육안조사한 결과 바닥까지 심도는 약 4.2m임
- 광역상수관의 예상심도는 최소 3.0m 이상으로 판단됨
- 시점좌표 : X 579255.4250, Y 180905.4758 종점좌표 : X 579253.0390, Y 180935.3808

제3장 현장시험 성과

3.1 공내재하시험
3.2 공내전단시험
3.3 투수시험
3.4 수압시험
3.5 지하수유향유속
3.6 순간충격시험
3.7 양수시험
3.8 수압파쇄시험
3.9 SPT효율시험
3.10 틈밀도시험

3.1 공내재하시험

3.1.1 LLT

공 내 재 하 시 험(LLT) 결 과

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

공번	심도(m)	지층	N Value	변형계수(Kpa)	비고
BH-268	2.0	점토층(점토)	8/30	9,665.7	
BH-277	3.5	퇴적층(점토)	3/30	3,892.6	

LATERAL LOADING TEST

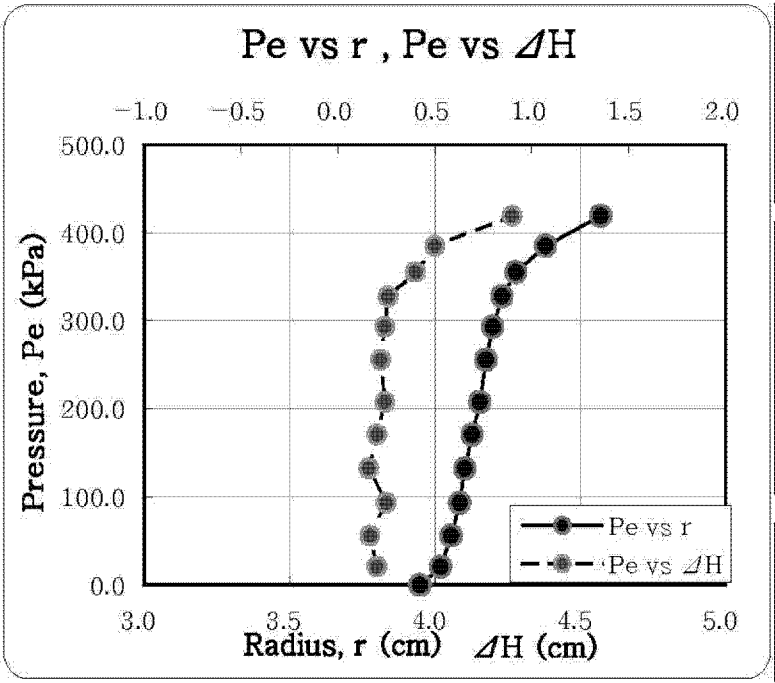
Project	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	Date.	2012. 03
Hole No.	BH-268	Depth	2.0 m
Soil	점토층(점토)	S.P.T	8 회/30cm

(A) 초기수두(Initial water level of standpipe), H_o : 10.5 cm

(B) 삽입후수두(Water level of standpipe after insertion) : 10.9 cm

(C) Ps가 최대일때 PG-P의 값(Ps is max. value of PG-P obtained) : 78.3

Cell PRESSURE (kPa)	WATER LEVEL OF STANDPIPE, H'(cm)				DH(cm)	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
	15"	30"	60"	120"	$H_{120}-H_{30}$	$H_{120}-H_0$	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(cm)
0.0				15.8		5.3	78.3	78.3	0.0	3.95
30.0	16.4	16.5	16.7	16.7	0.2	6.2	87.5	57.5	20.8	4.02
70.0	16.9	17.0	17.2	17.2	0.2	6.7	92.2	22.2	56.1	4.06
110.0	17.3	17.3	17.4	17.5	0.2	7.0	95.0	-15.0	93.3	4.09
150.0	17.6	17.6	17.7	17.8	0.2	7.3	96.0	-54.0	132.3	4.10
190.0	17.9	17.9	18.0	18.1	0.2	7.6	97.5	-92.5	170.8	4.13
230.0	18.2	18.2	18.3	18.4	0.2	7.9	100.3	-129.7	208.0	4.15
280.0	18.5	18.5	18.6	18.7	0.2	8.2	102.6	-177.4	255.7	4.18
320.0	18.8	18.8	18.8	19.0	0.2	8.5	105.0	-215.0	293.3	4.20
360.0	19.1	19.2	19.3	19.5	0.3	9.0	110.6	-249.4	327.7	4.23
400.0	19.6	19.7	19.9	20.1	0.4	9.6	122.8	-277.2	355.5	4.28
450.0	20.9	21.0	21.2	21.5	0.5	11.0	143.0	-307.0	385.3	4.38
500.0	22.8	23.3	23.8	24.2	0.9	13.7	158.8	-341.2	419.5	4.57



Earth pressure at rest Po (kPa)	56.10
Yield pressure Py (kPa)	327.70
Failure Pressure Pl (kPa)	-

Coefficient of Soil Reaction, Km (kPa)	1,555.0
Modulus of Elasticity Em (kPa)	**9,665.7**
Mean Radius of K value Calculation Curve Rm (kPa)	4.1

ro	4.06
ry	4.23
po	56.10
py	327.70

LATERAL LOADING TEST

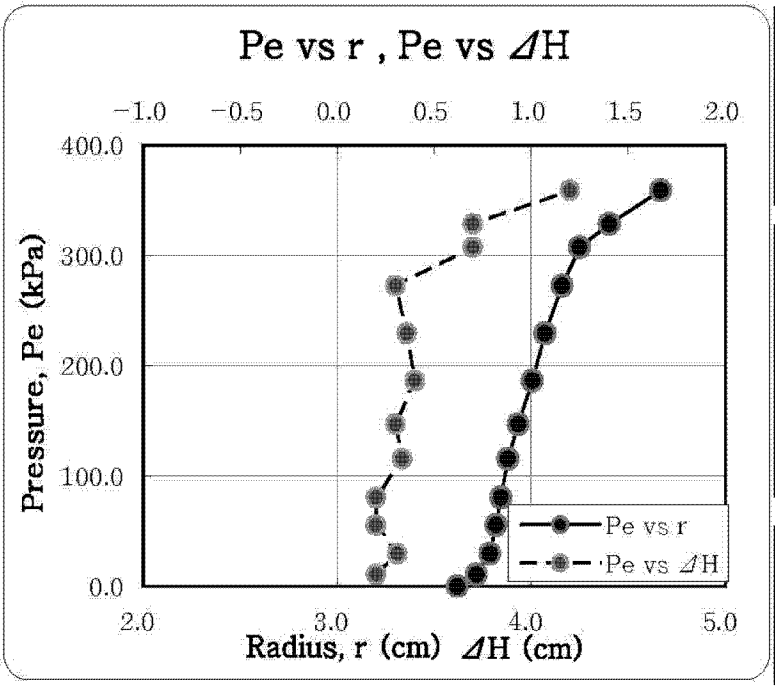
Project	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사	Date.	2012. 03
Hole No.	BH-277	Depth	3.5 m
Soil	퇴적층(점토)	S.P.T	3 회/30cm

(A) 초기수두(Initial water level of standpipe), H_o : 5.4 cm

(B) 삽입후수두(Water level of standpipe after insertion) : 5.9 cm

(C) Ps가 최대일때 PG-P의 값(Ps is max. value of PG-P obtained) : 23.1

Cell PRESSURE (kPa)	WATER LEVEL OF STANDPIPE, H'(cm)				DH(cm)	H(cm)	PG	PG-P	Pe	r
	15"	30"	60"	120"	$H_{120}-H_{30}$	$H_{120}-H_0$	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(cm)
0.0				6.7		1.3	23.1	23.1	0.0	3.62
30.0	7.7	7.7	7.8	7.9	0.2	2.5	42.5	12.5	10.6	3.72
60.0	8.3	8.4	8.6	8.7	0.3	3.3	53.6	-6.4	29.5	3.79
90.0	8.9	8.9	8.9	9.1	0.2	3.7	57.3	-32.7	55.8	3.82
120.0	9.2	9.2	9.3	9.4	0.2	4.0	62.5	-57.5	80.6	3.84
160.0	9.5	9.5	9.6	9.8	0.3	4.4	67.3	-92.7	115.8	3.88
200.0	10.0	10.2	10.3	10.5	0.3	5.1	76.1	-123.9	147.0	3.93
250.0	10.8	11.0	11.1	11.4	0.4	6.0	86.5	-163.5	186.6	4.00
300.0	11.7	11.9	12.0	12.3	0.4	6.9	93.6	-206.4	229.5	4.07
350.0	12.9	13.1	13.2	13.4	0.3	8.0	100.3	-249.7	272.8	4.16
400.0	13.8	13.9	14.2	14.6	0.7	9.2	115.6	-284.4	307.5	4.25
450.0	15.8	16.0	16.3	16.7	0.7	11.3	144.6	-305.4	328.5	4.40
500.0	18.9	19.3	19.7	20.5	1.2	15.1	163.9	-336.1	359.2	4.67



Earth pressure at rest Po (kPa)	29.50
Yield pressure Py (kPa)	272.80
Failure Pressure Pl (kPa)	-

Coefficient of Soil Reaction, Km (kPa)	653.2
Modulus of Elasticity Em (kPa)	**3,892.6**
Mean Radius of K value Calculation Curve Rm (kPa)	4.0

ro	3.79
ry	4.16
po	29.50
py	272.80

3.1.2 PMT

공 내 재 하 시 험(P.M.T)

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

공 번	심도(m)	지층	N값,RQD(%)	포아송비	변형계수(D, MPa)	탄성계수(E, MPa)	비고
BH-243	11.0	풍화암	50/10	0.30	1.49E+02	3.27E+02	
BH-246	25.0	풍화암	50/4	0.30	1.73E+02	2.87E+02	
BH-252-1	15.5	풍화암	50/6	0.30	2.65E+02	3.87E+02	
BH-254	12.0	풍화토	20/30	0.40	6.16E+01	7.83E+01	
BH-256	8.0	풍화암	50/7	0.30	3.18E+02	5.13E+02	
BH-261-5	14.5	풍화암	50/8	0.30	2.03E+02	3.49E+02	
BH-271	9.0	풍화암	50/5	0.30	2.44E+02	4.42E+02	
BH-282	15.0	연 암	11	0.25	6.25E+02	1.21E+03	
BH-284	10.5	연 암	8	0.25	4.80E+02	1.01E+03	
BH-286	13.0	연 암	31	0.25	5.43E+02	1.22E+03	
BH-287	18.5	보통암	70	0.25	1.39E+03	2.00E+03	
BH-293	15.4	연 암	18~46	0.25	3.41E+03	6.50E+03	
BH-293-1	10.0	풍화암	50/8	0.30	2.26E+02	4.82E+02	
BH-299	16.0	연 암	0~9	0.25	5.23E+02	8.58E+02	
BH-302	13.0	풍화암	50/4	0.30	2.58E+02	5.29E+02	
BH-302	18.0	연 암	23	0.25	5.81E+02	9.33E+02	
BH-306	25.0	연 암	32	0.25	1.19E+03	2.19E+03	
BH-309	16.0	연 암	14	0.25	6.21E+02	9.17E+02	
BH-315	22.0	풍화암	50/5	0.30	2.37E+02	4.36E+02	
BH-315	24.0	연 암	43	0.25	4.52E+02	8.85E+02	

공 내 재 하 시 험

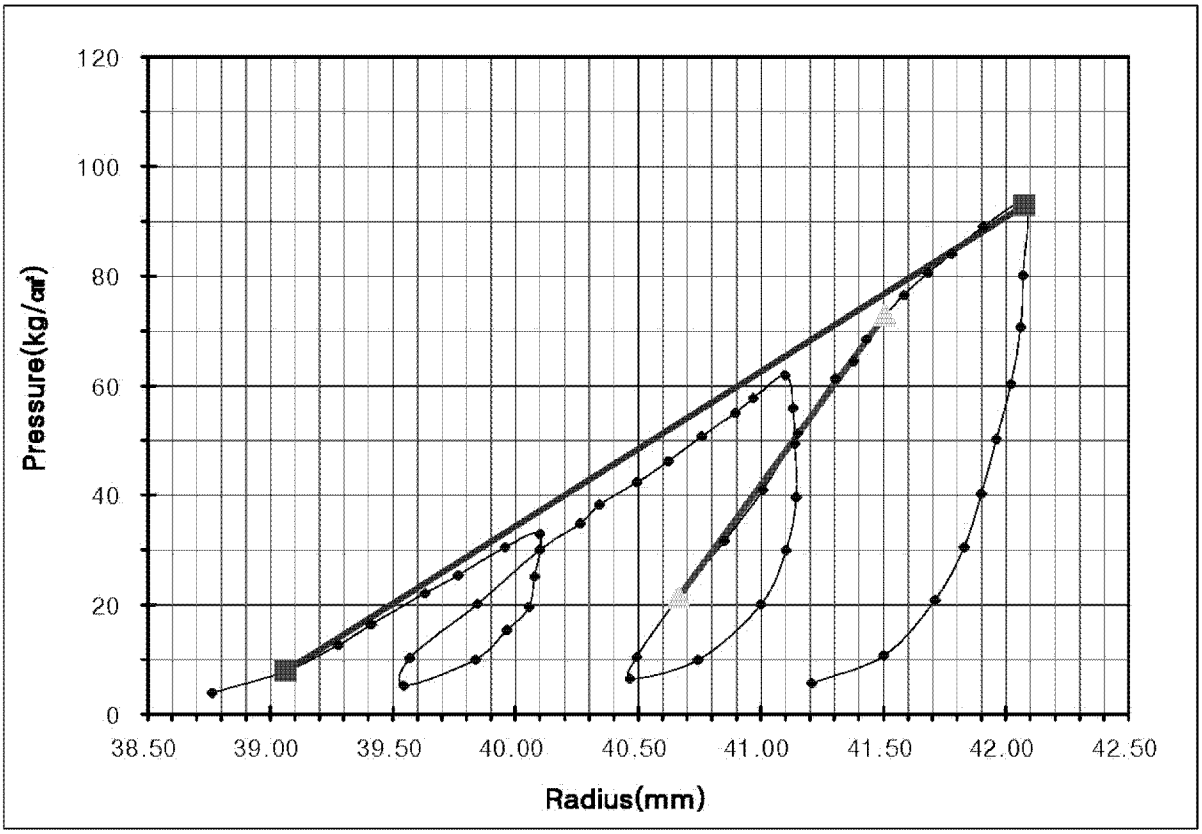
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-243 TEST DATE : 2012 . 04

GEOLOGY : 풍화암

DEPTH(m): 11.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.30



P_o = 7.9 Kg/cm^2	P_o = 21.4 Kg/cm^2
P_y = 92.9 Kg/cm^2	P_y = 72.9 Kg/cm^2
R_o = 39.06 mm	R_o = 40.67 mm
R_y = 42.08 mm	R_y = 41.51 mm
K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)	K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)
= 282 Kg/cm^3	= 612 Kg/cm^3
R_m = (Ry+Ro)/2	R_m = (Ry+Ro)/2
= 4.057 cm	= 4.109 cm
D = (1+υ) × Rm × Km	E = (1+υ) × Rm × Km
= 1.49E+03 Kg/cm^2	= 3.27E+03 Kg/cm^2
= 1.49E+02 Mpa	= 3.27E+02 Mpa

공 내 재 하 시 험

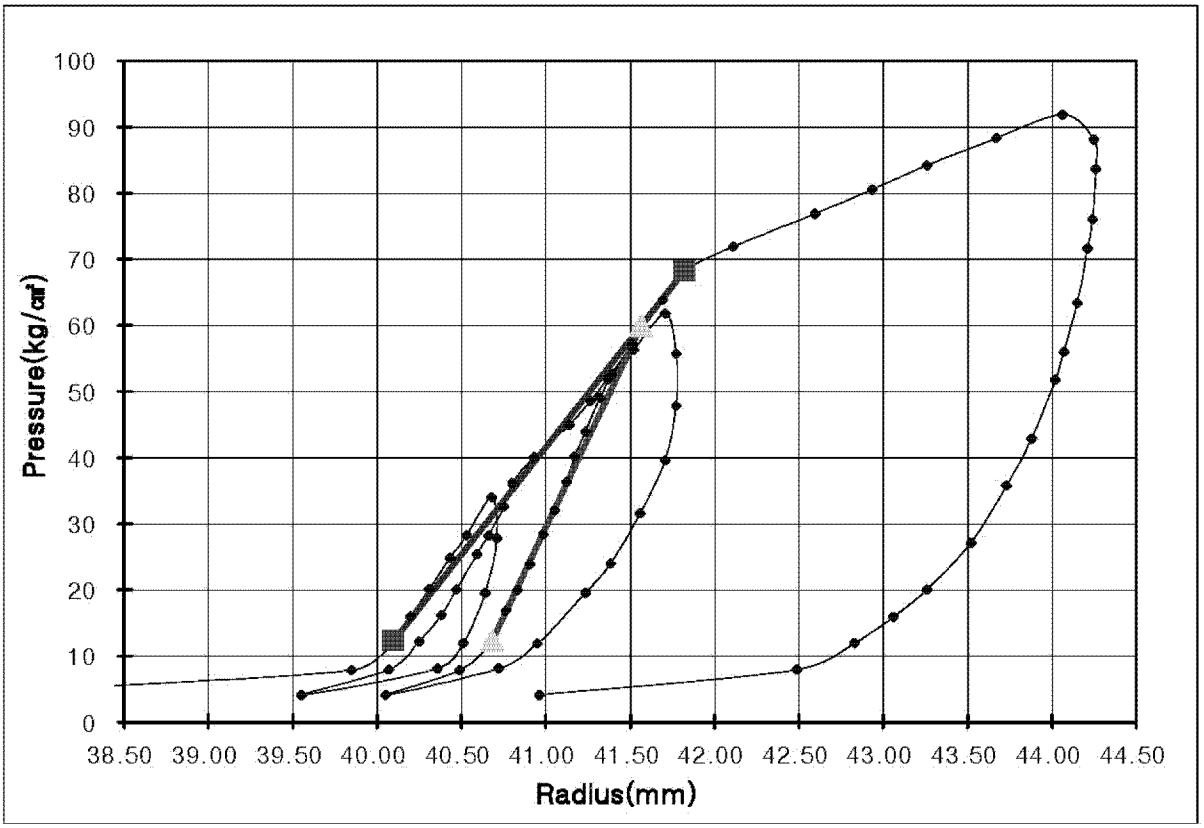
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-246 TEST DATE : 2012 . 10

GEOLOGY : 풍화암

DEPTH(m): 25.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.30



P_o = 12.4 Kg/cm^2

P_y = 68.3 Kg/cm^2

R_o = 40.10 mm

R_y = 41.82 mm

K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)

= 325 Kg/cm^3

R_m = (Ry+Ro)/2

= 4.096 cm

D = (1+υ) × Rm × Km

= 1.73E+03 Kg/cm^2

= 1.73E+02 Mpa

P_o = 12.4 Kg/cm^2

P_y = 59.9 Kg/cm^2

R_o = 40.68 mm

R_y = 41.57 mm

K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)

= 537 Kg/cm^3

R_m = (Ry+Ro)/2

= 4.112 cm

E = (1+υ) × Rm × Km

= 2.87E+03 Kg/cm^2

= 2.87E+02 Mpa

공 내 재 하 시 험

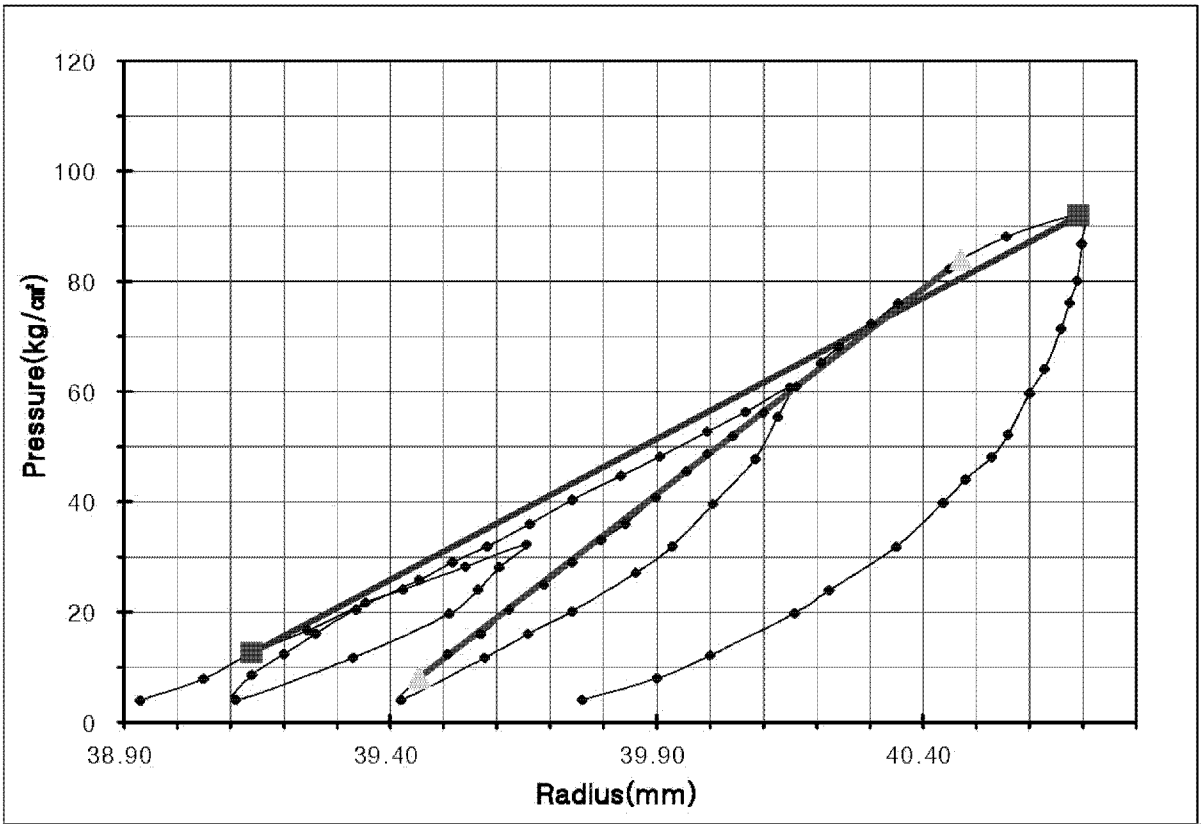
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-252-1 TEST DATE : 2012 . 11

GEOLOGY : 풍화암

DEPTH(m): 15.5 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.30



P_o = 12.6 Kg/cm^2

P_y = 91.9 Kg/cm^2

R_o = 39.14 mm

R_y = 40.69 mm

$K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)$

= 511 Kg/cm^3

$R_m = (Ry+Ro)/2$

= 3.992 cm

$D = (1+\upsilon) \times Rm \times Km$

= 2.65E+03 Kg/cm^2

= 2.65E+02 Mpa

P_o = 8.1 Kg/cm^2

P_y = 83.9 Kg/cm^2

R_o = 39.45 mm

R_y = 40.47 mm

$K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)$

= 745 Kg/cm^3

$R_m = (Ry+Ro)/2$

= 3.996 cm

$E = (1+\upsilon) \times Rm \times Km$

= 3.87E+03 Kg/cm^2

= 3.87E+02 Mpa

공 내 재 하 시 험

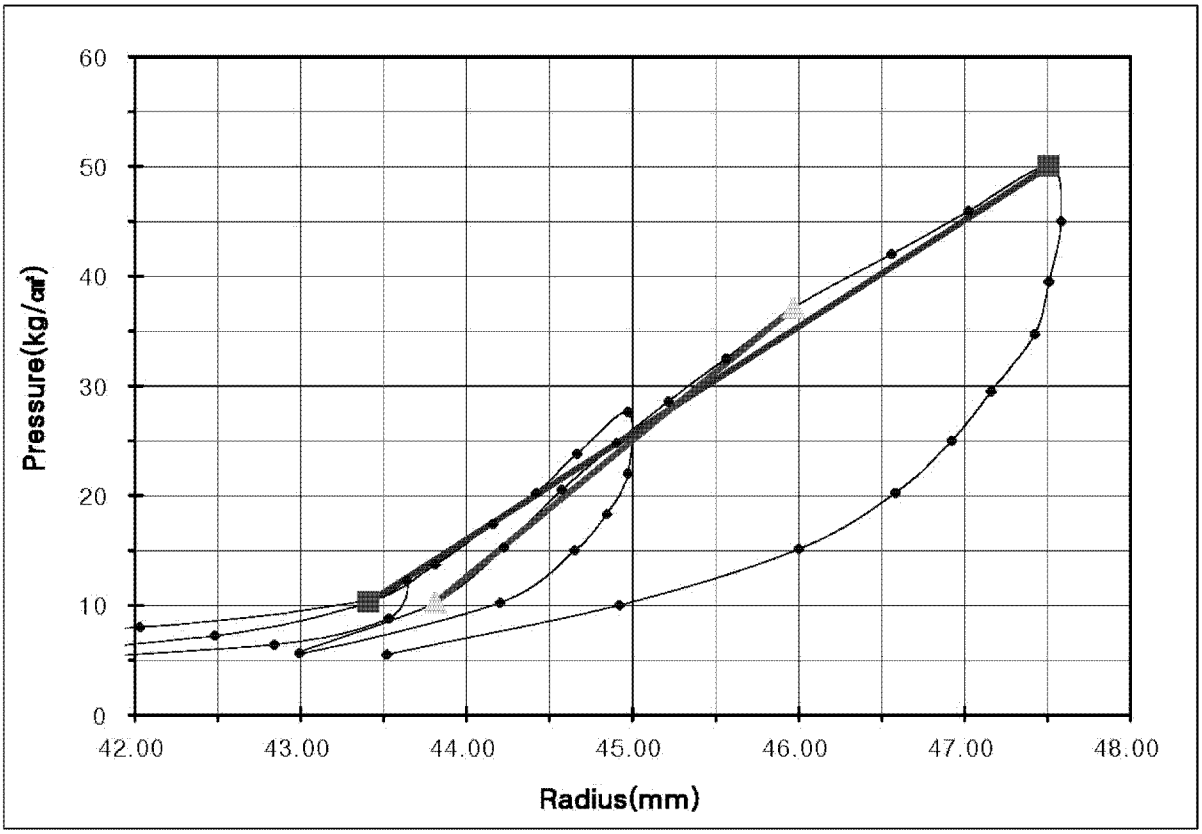
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-254 TEST DATE : 2012 . 03

GEOLOGY : 풍화토

DEPTH(m): 12.0 m ROCK TYPE : -

TUBE SIZE: NX υ = 0.40



P_o = 10.3 Kg/cm^2	P_o = 10.2 Kg/cm^2
P_y = 50.0 Kg/cm^2	P_y = 37.1 Kg/cm^2
R_o = 43.41 mm	R_o = 43.81 mm
R_y = 47.51 mm	R_y = 45.97 mm
K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)	K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)
= 97 Kg/cm^3	= 125 Kg/cm^3
R_m = (Ry+Ro)/2	R_m = (Ry+Ro)/2
= 4.546 cm	= 4.489 cm
D = (1+υ) × Rm × Km	E = (1+υ) × Rm × Km
= 6.16E+02 Kg/cm^2	= 7.83E+02 Kg/cm^2
= 6.16E+01 Mpa	= 7.83E+01 Mpa

공 내 재 하 시 험

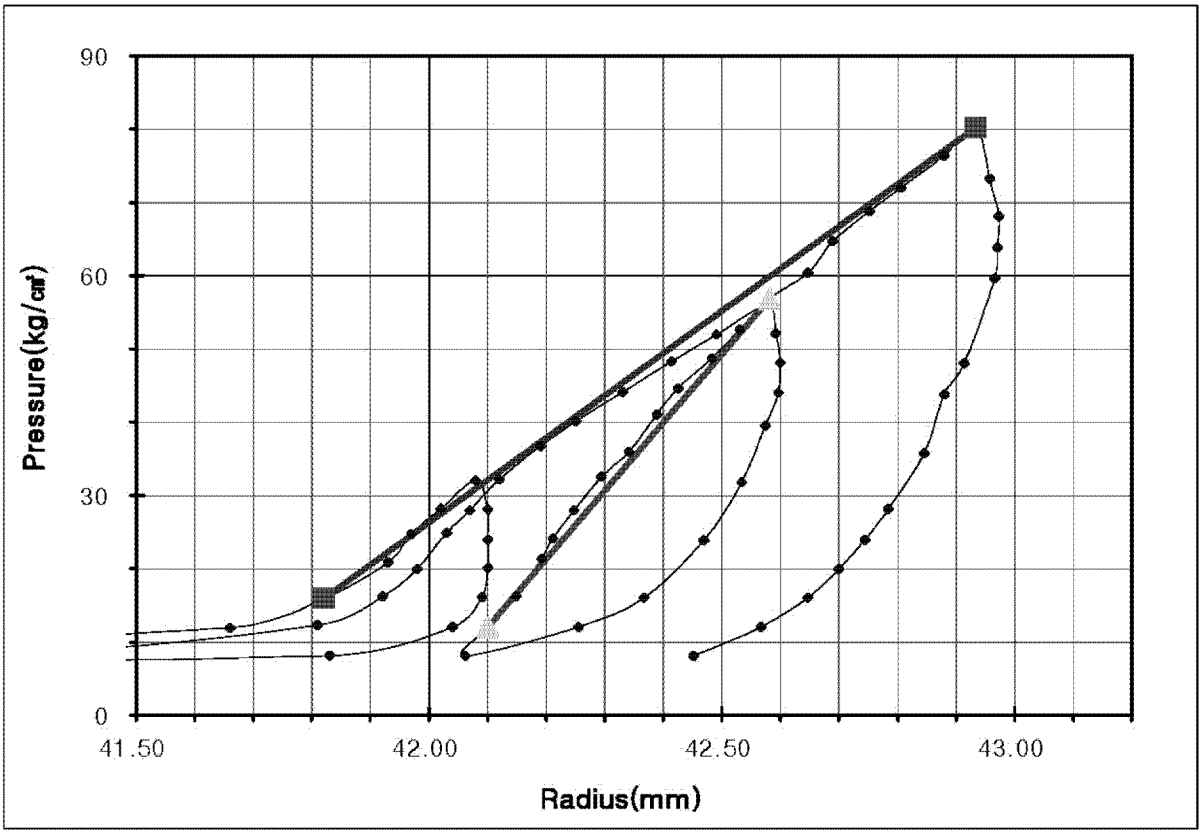
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-256 TEST DATE : 2012 . 03

GEOLOGY : 풍화암

DEPTH(m): 8.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.30



P_o = 15.9 Kg/cm^2	P_o = 12.0 Kg/cm^2
P_y = 80.2 Kg/cm^2	P_y = 56.8 Kg/cm^2
R_o = 41.82 mm	R_o = 42.10 mm
R_y = 42.93 mm	R_y = 42.58 mm
K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)	K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)
= 578 Kg/cm^3	= 931 Kg/cm^3
R_m = (Ry+Ro)/2	R_m = (Ry+Ro)/2
= 4.238 cm	= 4.234 cm
D = (1+υ) × Rm × Km	E = (1+υ) × Rm × Km
= 3.18E+03 Kg/cm^2	= 5.13E+03 Kg/cm^2
= 3.18E+02 Mpa	= 5.13E+02 Mpa

공 내 재 하 시 험

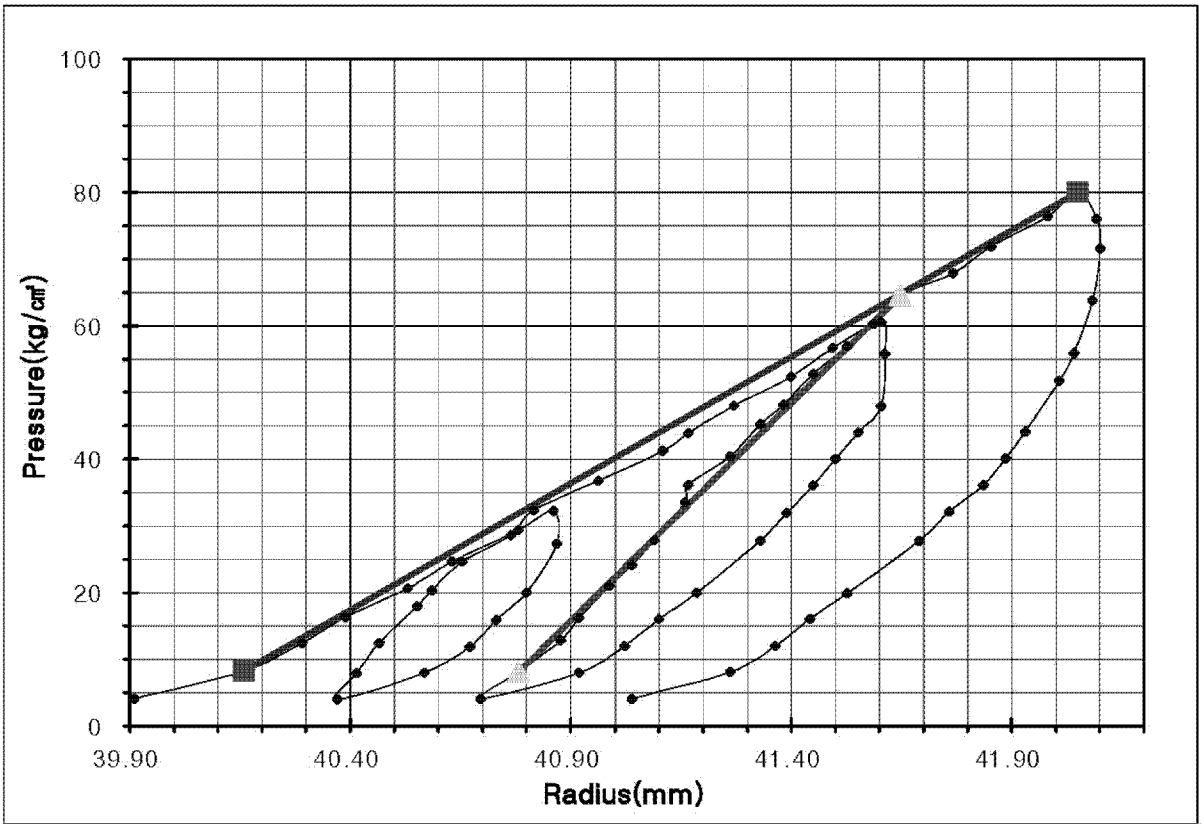
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-261-5 TEST DATE : 2012 . 11

GEOLOGY : 풍화암

DEPTH(m): 14.5 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.30



P_o = 8.3 Kg/cm^2

P_y = 80.0 Kg/cm^2

R_o = 40.16 mm

R_y = 42.05 mm

K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)

= 379 Kg/cm^3

R_m = (Ry+Ro)/2

= 4.111 cm

D = (1+υ) × Rm × Km

= 2.03E+03 Kg/cm^2

= 2.03E+02 Mpa

P_o = 8.1 Kg/cm^2

P_y = 64.5 Kg/cm^2

R_o = 40.78 mm

R_y = 41.65 mm

K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)

= 652 Kg/cm^3

R_m = (Ry+Ro)/2

= 4.121 cm

E = (1+υ) × Rm × Km

= 3.49E+03 Kg/cm^2

= 3.49E+02 Mpa

공 내 재 하 시 험

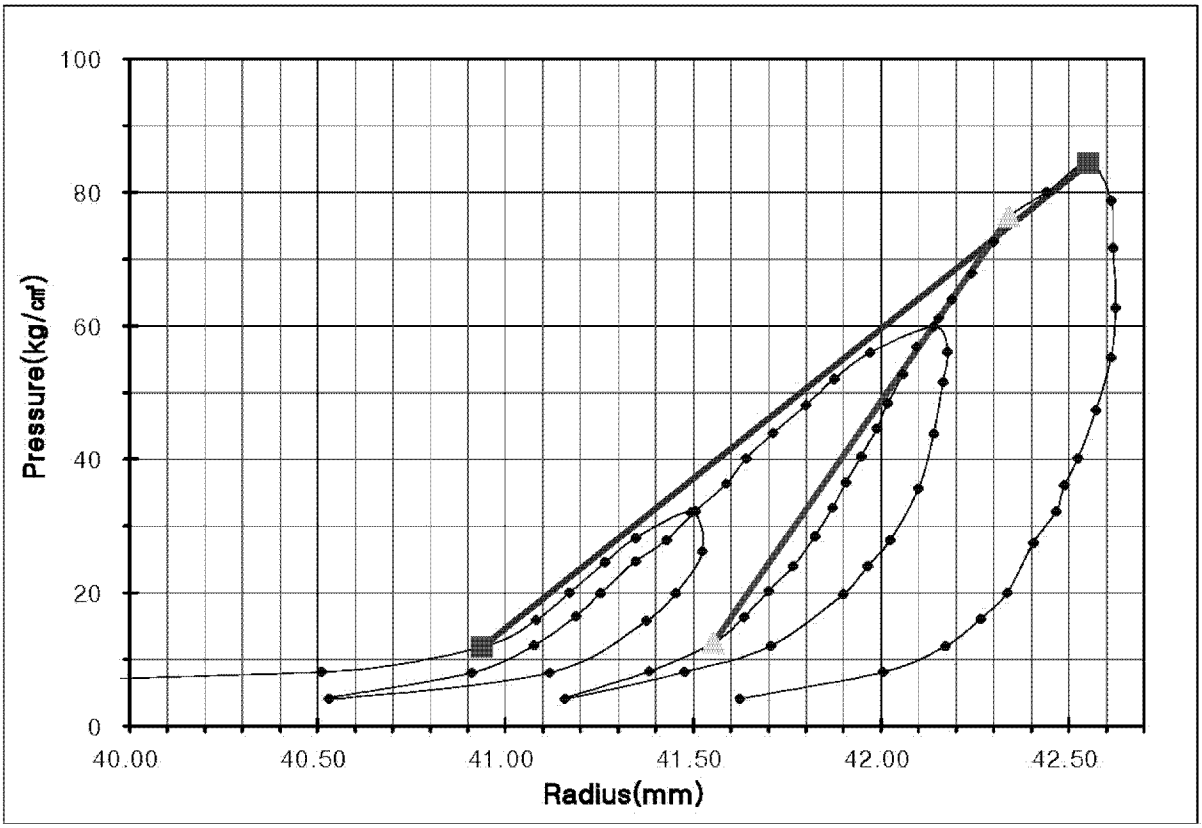
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-271 TEST DATE : 2012 . 03

GEOLOGY : 풍화암

DEPTH(m): 9.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.30



P_o = 11.9 Kg/cm^2

P_y = 84.4 Kg/cm^2

R_o = 40.94 mm

R_y = 42.55 mm

K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)

= 449 Kg/cm^3

R_m = (Ry+Ro)/2

= 4.175 cm

D = (1+υ) × Rm × Km

= 2.44E+03 Kg/cm^2

= 2.44E+02 Mpa

P_o = 12.4 Kg/cm^2

P_y = 76.3 Kg/cm^2

R_o = 41.55 mm

R_y = 42.34 mm

K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)

= 811 Kg/cm^3

R_m = (Ry+Ro)/2

= 4.195 cm

E = (1+υ) × Rm × Km

= 4.42E+03 Kg/cm^2

= 4.42E+02 Mpa

공 내 재 하 시 험

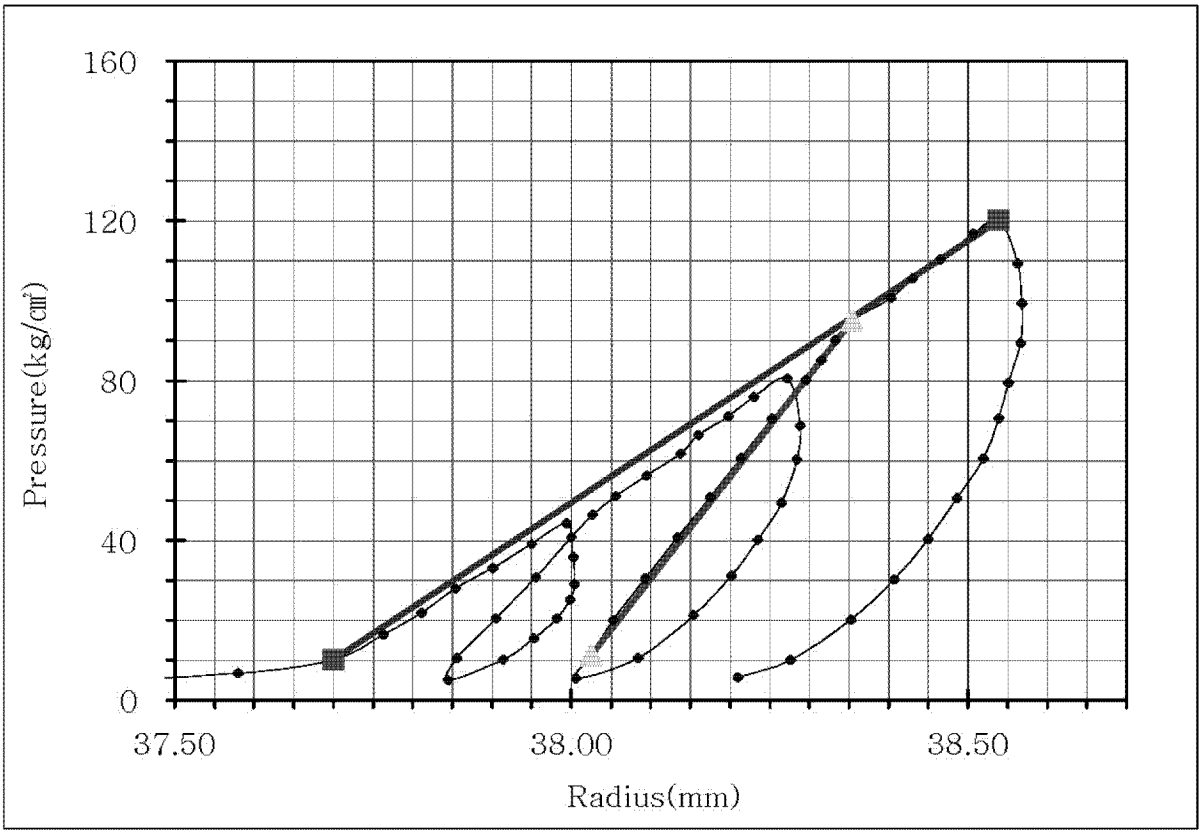
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-282 TEST DATE : 2012 . 04

GEOLOGY : 연 암

DEPTH(m): 15.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.25



P_o = 10.1 Kg/cm^2	P_o = 11.3 Kg/cm^2
P_y = 120.1 Kg/cm^2	P_y = 95.0 Kg/cm^2
R_o = 37.70 mm	R_o = 38.03 mm
R_y = 38.54 mm	R_y = 38.35 mm
K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)	K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)
= 1311 Kg/cm^3	= 2544 Kg/cm^3
R_m = (Ry+Ro)/2	R_m = (Ry+Ro)/2
= 3.812 cm	= 3.819 cm
D = (1+υ) × Rm × Km	E = (1+υ) × Rm × Km
= 6.25E+03 Kg/cm^2	= 1.21E+04 Kg/cm^2
= 6.25E+02 Mpa	= 1.21E+03 Mpa

공 내 재 하 시 험

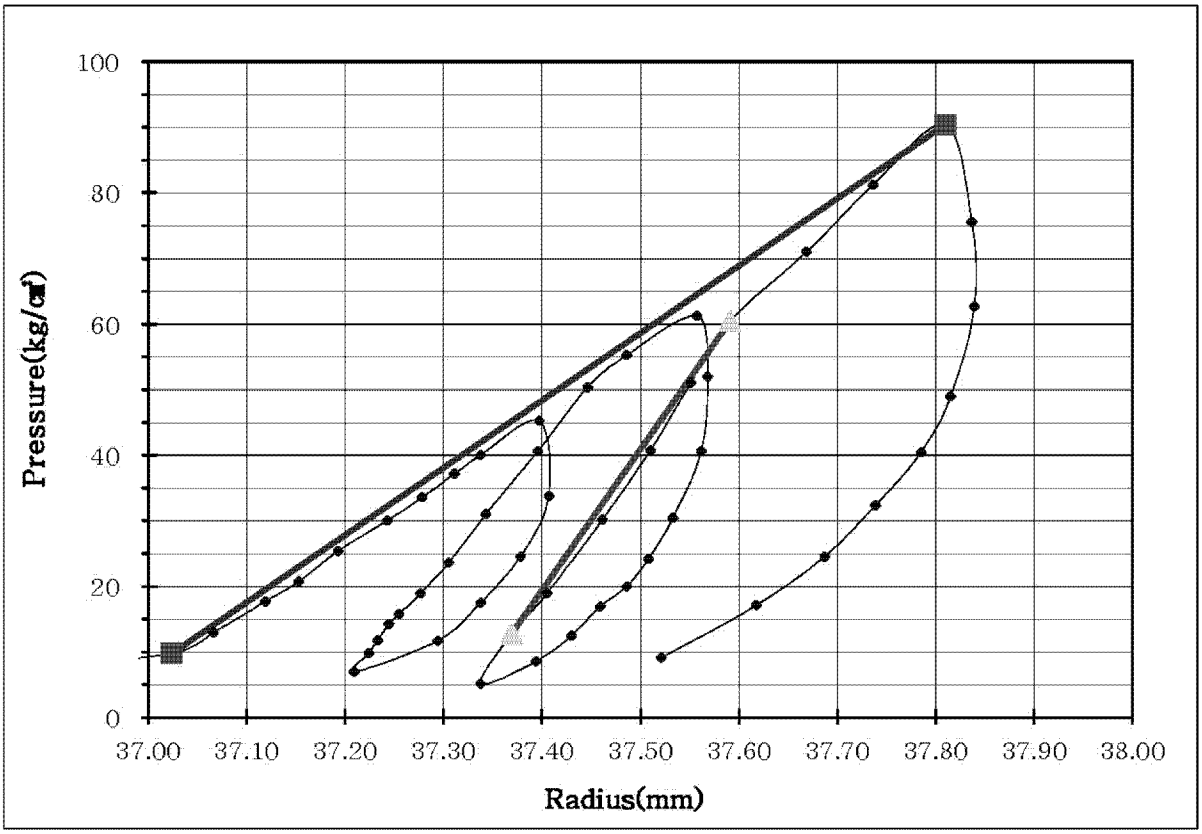
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-284 TEST DATE : 2012 . 04

GEOLOGY : 연 암

DEPTH(m): 10.5 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.25



P_o = 9.8 Kg/cm^2	P_o = 12.7 Kg/cm^2
P_y = 90.4 Kg/cm^2	P_y = 60.5 Kg/cm^2
R_o = 37.02 mm	R_o = 37.37 mm
R_y = 37.81 mm	R_y = 37.59 mm
K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)	K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)
= 1025 Kg/cm^3	= 2153 Kg/cm^3
R_m = (Ry+Ro)/2	R_m = (Ry+Ro)/2
= 3.742 cm	= 3.748 cm
D = (1+υ) × Rm × Km	E = (1+υ) × Rm × Km
= 4.80E+03 Kg/cm^2	= 1.01E+04 Kg/cm^2
= 4.80E+02 Mpa	= 1.01E+03 Mpa

공 내 재 하 시 험

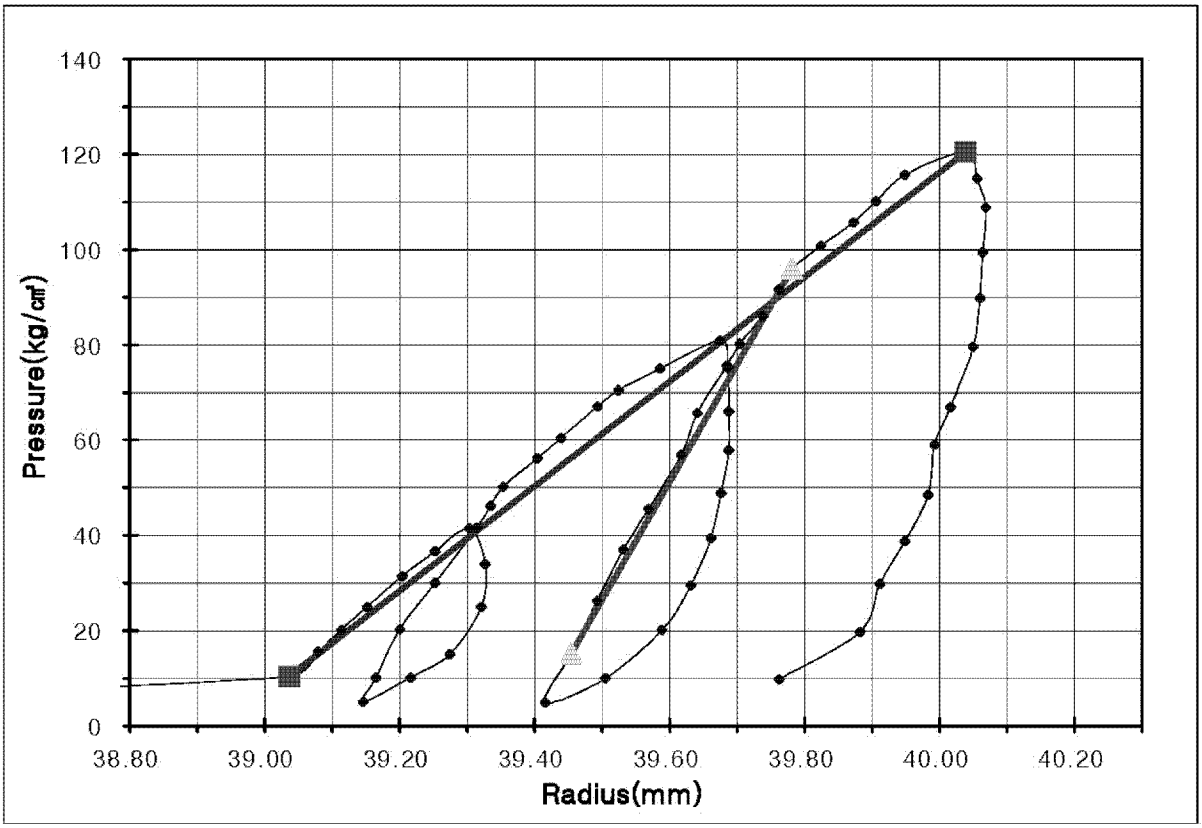
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-286 TEST DATE : 2012 . 11

GEOLOGY : 연 암

DEPTH(m): 13.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.25



P_o = 10.4 Kg/cm^2

P_y = 120.5 Kg/cm^2

R_o = 39.04 mm

R_y = 40.04 mm

K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)

= 1098 Kg/cm^3

R_m = (Ry+Ro)/2

= 3.954 cm

D = (1+υ) × Rm × Km

= 5.43E+03 Kg/cm^2

= 5.43E+02 Mpa

P_o = 15.2 Kg/cm^2

P_y = 95.9 Kg/cm^2

R_o = 39.45 mm

R_y = 39.78 mm

K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)

= 2468 Kg/cm^3

R_m = (Ry+Ro)/2

= 3.962 cm

E = (1+υ) × Rm × Km

= 1.22E+04 Kg/cm^2

= 1.22E+03 Mpa

공 내 재 하 시 험

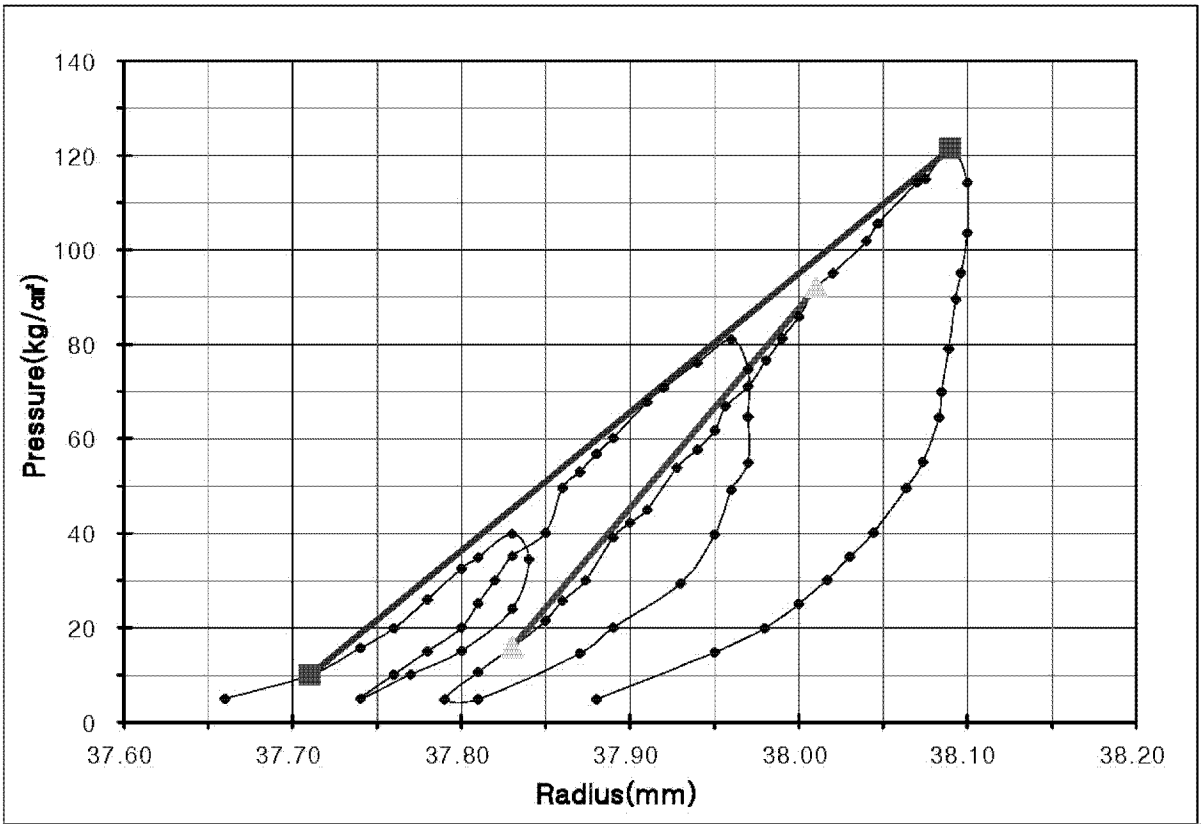
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-287 TEST DATE : 2012 . 11

GEOLOGY : 보통암

DEPTH(m): 18.5 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.25



P_o = 9.9 Kg/cm^2	P_o = 15.9 Kg/cm^2
P_y = 121.4 Kg/cm^2	P_y = 92.0 Kg/cm^2
R_o = 37.71 mm	R_o = 37.83 mm
R_y = 38.09 mm	R_y = 38.01 mm
K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)	K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)
= 2934 Kg/cm^3	= 4225 Kg/cm^3
R_m = (Ry+Ro)/2	R_m = (Ry+Ro)/2
= 3.790 cm	= 3.792 cm
D = (1+υ) × Rm × Km	E = (1+υ) × Rm × Km
= 1.39E+04 Kg/cm^2	= 2.00E+04 Kg/cm^2
= 1.39E+03 Mpa	= 2.00E+03 Mpa

공 내 재 하 시 험

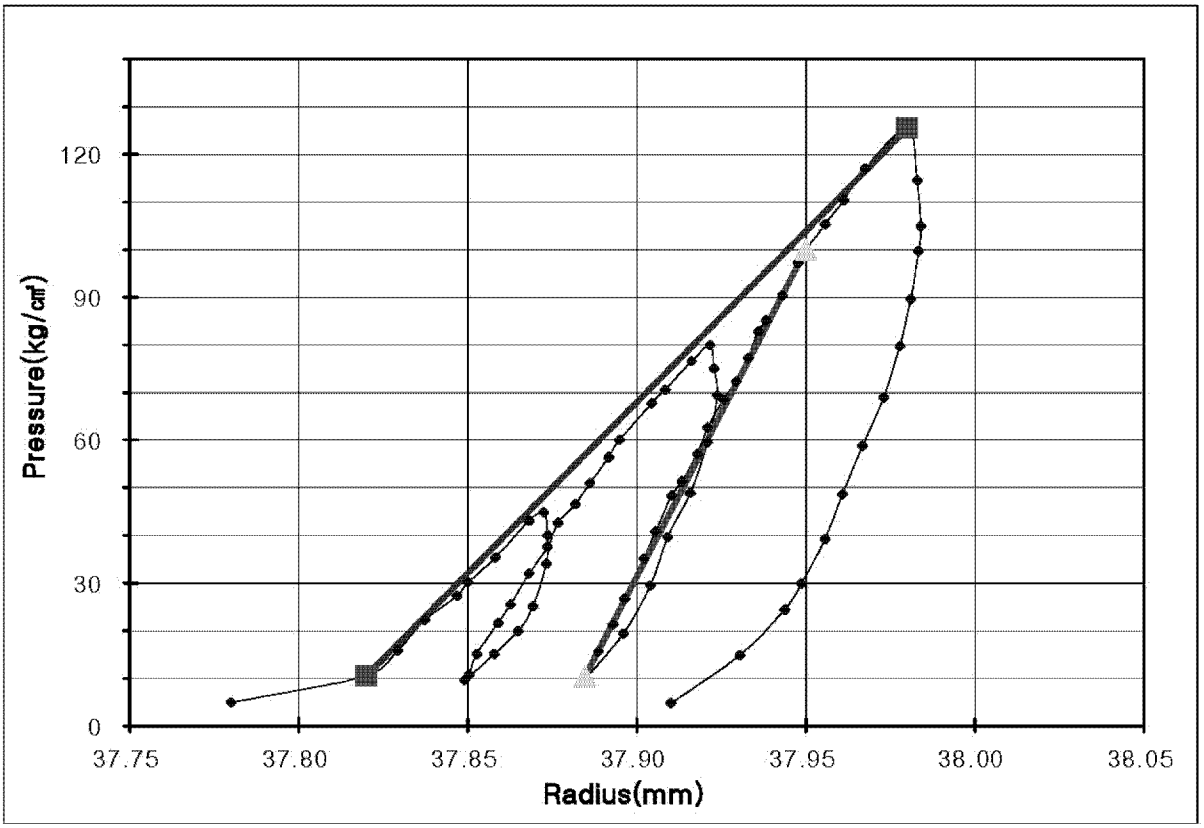
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-293 TEST DATE : 2012 . 11

GEOLOGY : 연 암

DEPTH(m): 15.4 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.25



P_o = 10.5 Kg/cm^2

P_y = 125.5 Kg/cm^2

R_o = 37.82 mm

R_y = 37.98 mm

K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)

= 7188 Kg/cm^3

R_m = (Ry+Ro)/2

= 3.790 cm

D = (1+υ) × Rm × Km

= 3.41E+04 Kg/cm^2

= 3.41E+03 Mpa

P_o = 10.3 Kg/cm^2

P_y = 100.0 Kg/cm^2

R_o = 37.88 mm

R_y = 37.95 mm

K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)

= 13716 Kg/cm^3

R_m = (Ry+Ro)/2

= 3.792 cm

E = (1+υ) × Rm × Km

= 6.50E+04 Kg/cm^2

= 6.50E+03 Mpa

공 내 재 하 시 험

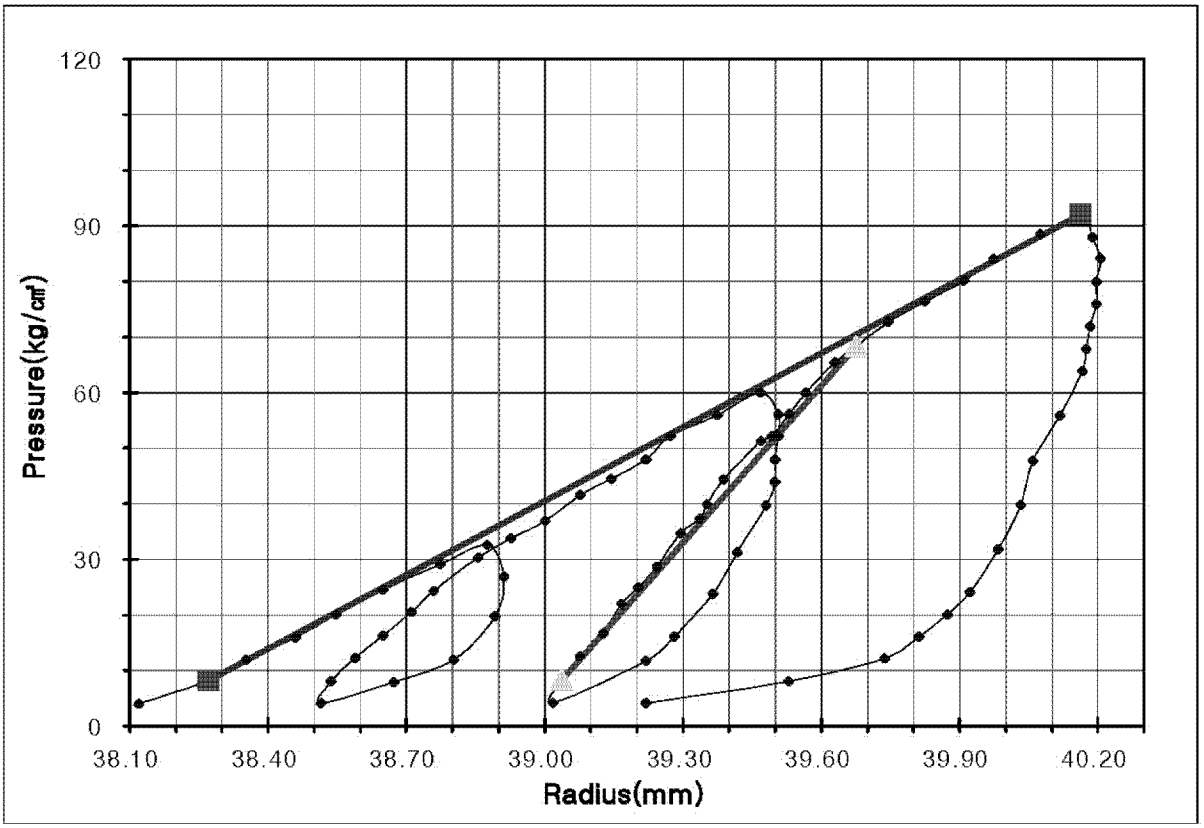
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-293-1 TEST DATE : 2012 . 11

GEOLOGY : 풍화암

DEPTH(m): 10.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.30



P_o = 8.1 Kg/cm^2	P_o = 8.2 Kg/cm^2
P_y = 92.0 Kg/cm^2	P_y = 68.3 Kg/cm^2
R_o = 38.27 mm	R_o = 39.04 mm
R_y = 40.16 mm	R_y = 39.68 mm
K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)	K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)
= 443 Kg/cm^3	= 942 Kg/cm^3
R_m = (Ry+Ro)/2	R_m = (Ry+Ro)/2
= 3.922 cm	= 3.936 cm
D = (1+υ) × Rm × Km	E = (1+υ) × Rm × Km
= 2.26E+03 Kg/cm^2	= 4.82E+03 Kg/cm^2
= 2.26E+02 Mpa	= 4.82E+02 Mpa

공 내 재 하 시 험

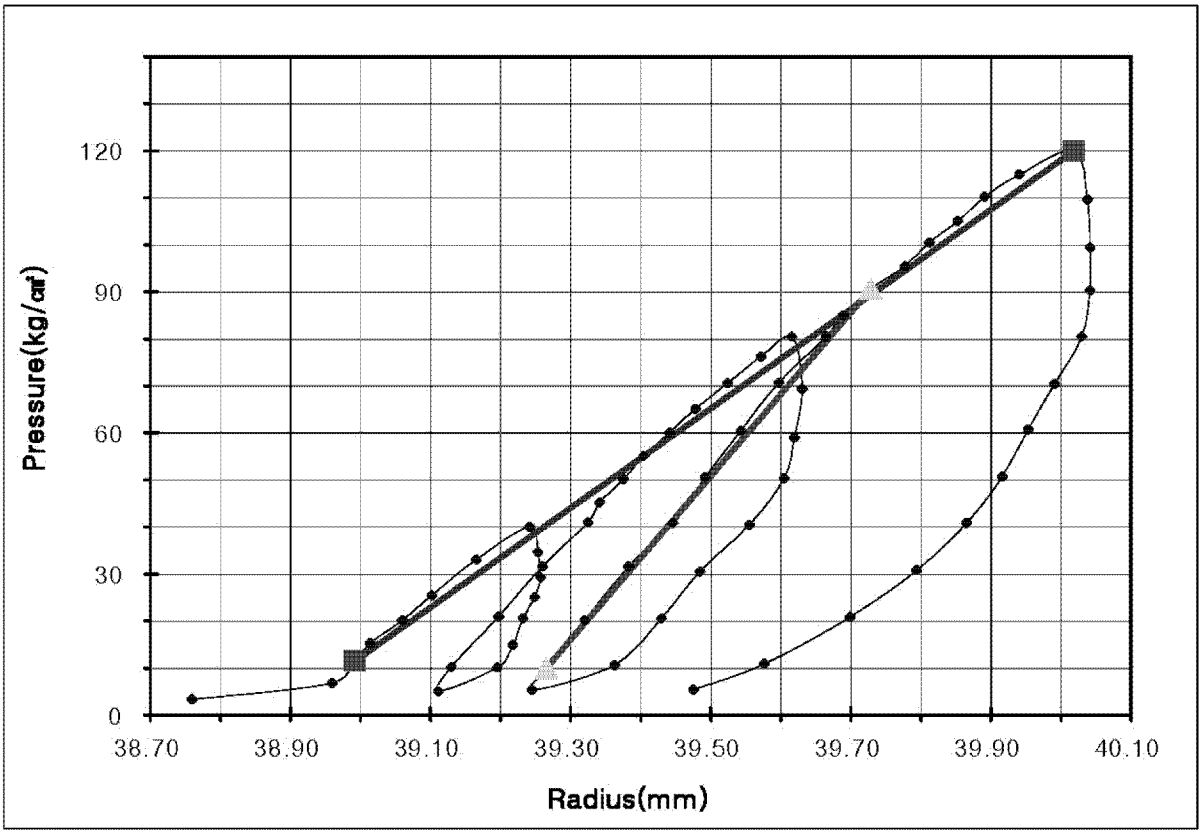
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-299 TEST DATE : 2012 . 03

GEOLOGY : 연 암

DEPTH(m): 16.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.25



P_o = 11.5 Kg/cm^2

P_y = 120.0 Kg/cm^2

R_o = 38.99 mm

R_y = 40.02 mm

K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)

= 1059 Kg/cm^3

R_m = (Ry+Ro)/2

= 3.951 cm

D = (1+υ) × Rm × Km

= 5.23E+03 Kg/cm^2

= 5.23E+02 Mpa

P_o = 10.0 Kg/cm^2

P_y = 90.5 Kg/cm^2

R_o = 39.27 mm

R_y = 39.73 mm

K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)

= 1739 Kg/cm^3

R_m = (Ry+Ro)/2

= 3.950 cm

E = (1+υ) × Rm × Km

= 8.58E+03 Kg/cm^2

= 8.58E+02 Mpa

공 내 재 하 시 험

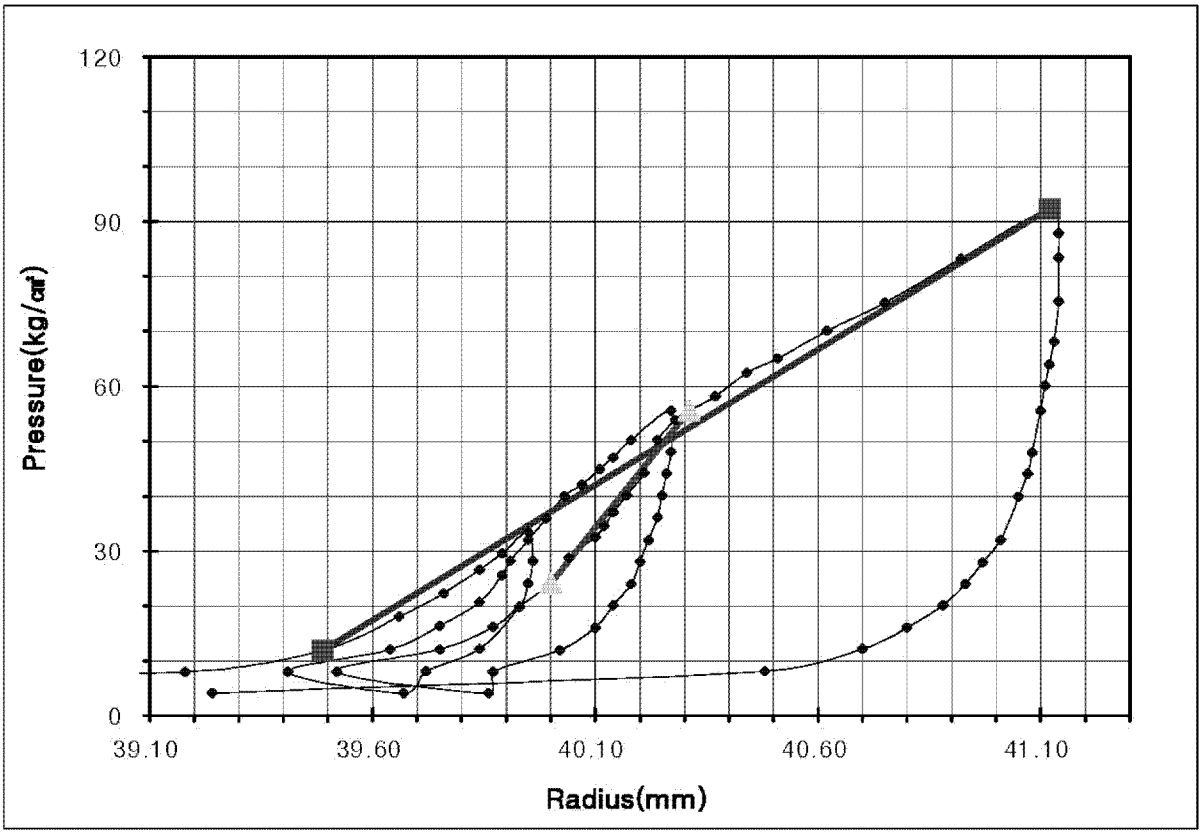
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-302 TEST DATE : 2012 . 03

GEOLOGY : 풍화암

DEPTH(m): 13.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.30



P_o = 11.9 Kg/cm^2

P_y = 92.3 Kg/cm^2

R_o = 39.49 mm

R_y = 41.12 mm

$K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)$

= 493 Kg/cm^3

$R_m = (Ry+Ro)/2$

= 4.031 cm

$D = (1+\upsilon) \times Rm \times Km$

= 2.58E+03 Kg/cm^2

= 2.58E+02 Mpa

P_o = 24.1 Kg/cm^2

P_y = 55.5 Kg/cm^2

R_o = 40.00 mm

R_y = 40.31 mm

$K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)$

= 1013 Kg/cm^3

$R_m = (Ry+Ro)/2$

= 4.016 cm

$E = (1+\upsilon) \times Rm \times Km$

= 5.29E+03 Kg/cm^2

= 5.29E+02 Mpa

공 내 재 하 시 험

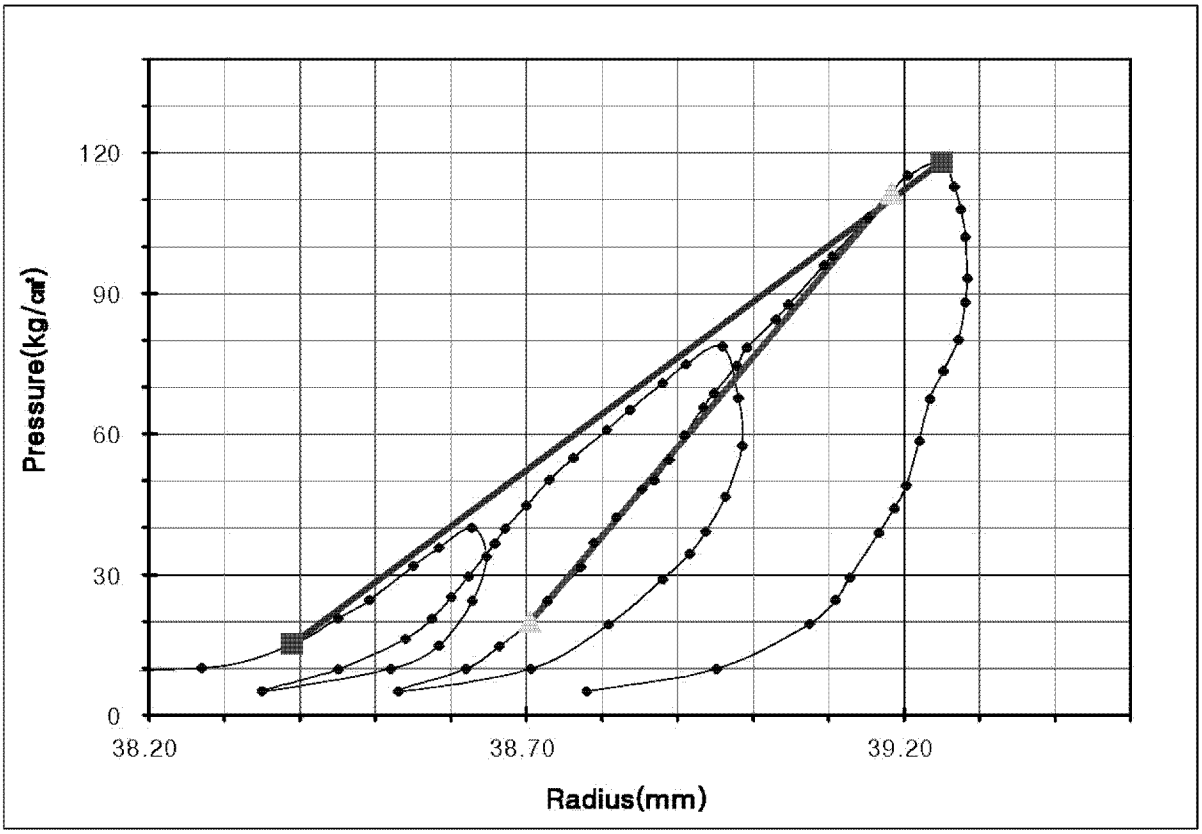
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-302 TEST DATE : 2012 . 03

GEOLOGY : 연 암

DEPTH(m): 18.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.25



P_o = 15.2 Kg/cm^2	P_o = 19.8 Kg/cm^2
P_y = 118.1 Kg/cm^2	P_y = 111.4 Kg/cm^2
R_o = 38.39 mm	R_o = 38.71 mm
R_y = 39.25 mm	R_y = 39.18 mm
K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)	K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)
= 1197 Kg/cm^3	= 1917 Kg/cm^3
R_m = (Ry+Ro)/2	R_m = (Ry+Ro)/2
= 3.882 cm	= 3.894 cm
D = (1+υ) × Rm × Km	E = (1+υ) × Rm × Km
= 5.81E+03 Kg/cm^2	= 9.33E+03 Kg/cm^2
= 5.81E+02 Mpa	= 9.33E+02 Mpa

공 내 재 하 시 험

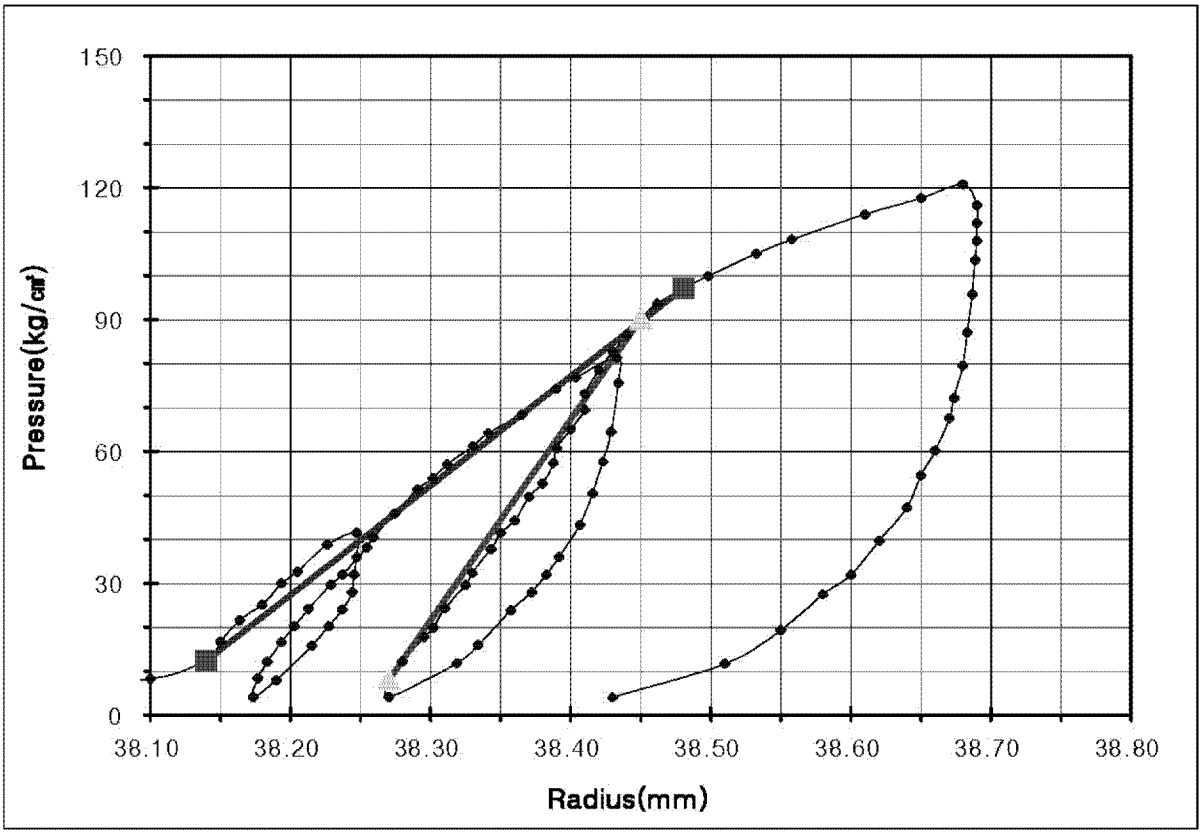
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-306 TEST DATE : 2012 . 03

GEOLOGY : 연 암

DEPTH(m): 25.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.25



P_o = 12.4 Kg/cm^2

P_y = 97.1 Kg/cm^2

R_o = 38.14 mm

R_y = 38.48 mm

$K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)$

= 2489 Kg/cm^3

$R_m = (Ry+Ro)/2$

= 3.831 cm

$D = (1+\upsilon) \times Rm \times Km$

= 1.19E+04 Kg/cm^2

= 1.19E+03 Mpa

P_o = 7.9 Kg/cm^2

P_y = 90.1 Kg/cm^2

R_o = 38.27 mm

R_y = 38.45 mm

$K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)$

= 4567 Kg/cm^3

$R_m = (Ry+Ro)/2$

= 3.836 cm

$E = (1+\upsilon) \times Rm \times Km$

= 2.19E+04 Kg/cm^2

= 2.19E+03 Mpa

공 내 재 하 시 험

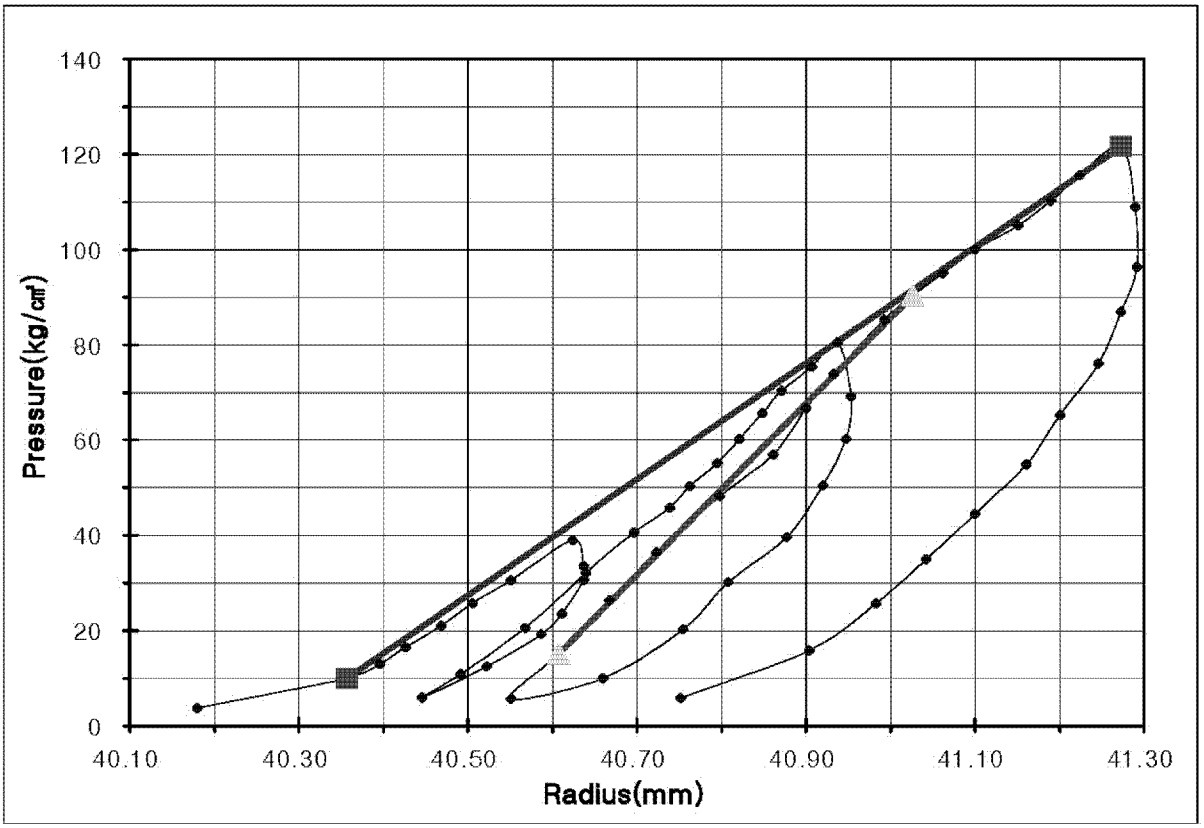
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-309 TEST DATE : 2012 . 11

GEOLOGY : 연 암

DEPTH(m): 16.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.25



P_o = 10.0 Kg/cm^2	P_o = 15.1 Kg/cm^2
P_y = 121.5 Kg/cm^2	P_y = 90.4 Kg/cm^2
R_o = 40.36 mm	R_o = 40.61 mm
R_y = 41.27 mm	R_y = 41.03 mm
K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)	K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)
= 1217 Kg/cm^3	= 1797 Kg/cm^3
R_m = (Ry+Ro)/2	R_m = (Ry+Ro)/2
= 4.082 cm	= 4.082 cm
D = (1+υ) × Rm × Km	E = (1+υ) × Rm × Km
= 6.21E+03 Kg/cm^2	= 9.17E+03 Kg/cm^2
= 6.21E+02 Mpa	= 9.17E+02 Mpa

공 내 재 하 시 험

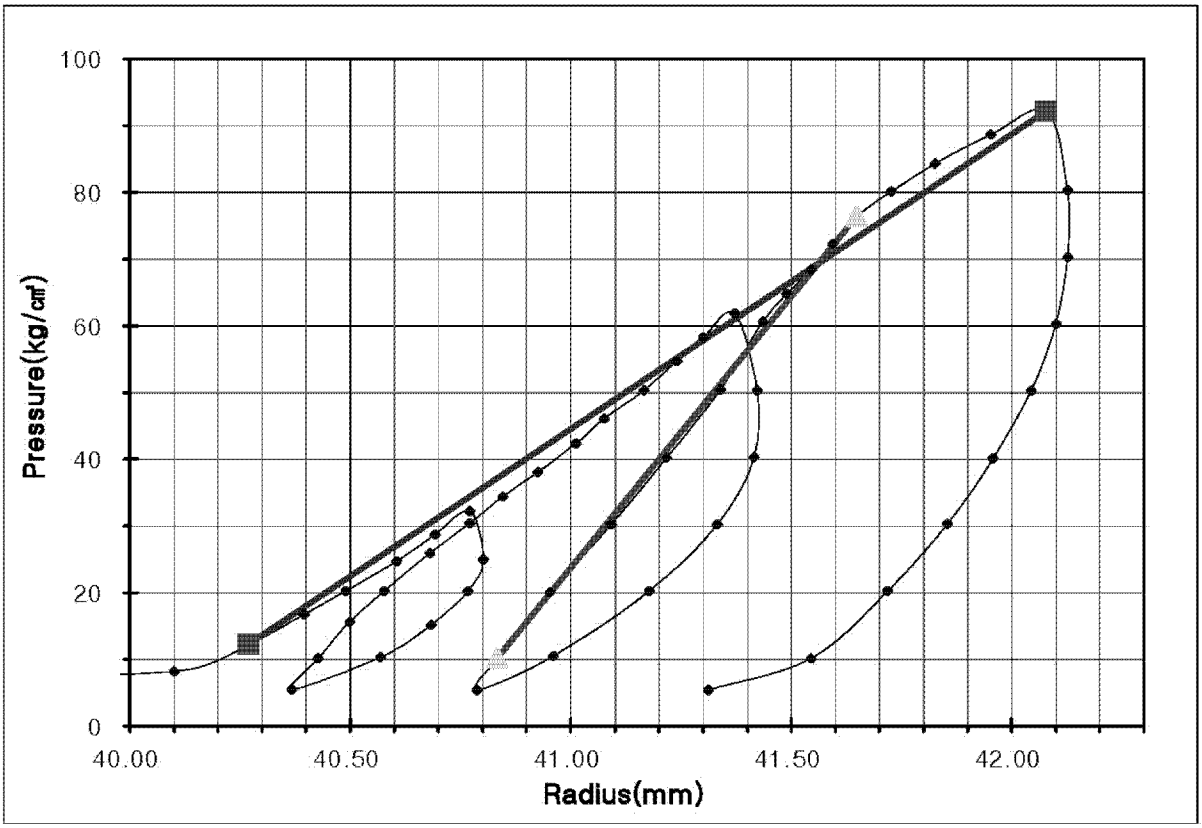
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-315 TEST DATE : 2012 . 12

GEOLOGY : 풍화암

DEPTH(m): 22.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.30



P_o = 12.3 Kg/cm^2	P_o = 10.2 Kg/cm^2
P_y = 92.2 Kg/cm^2	P_y = 76.4 Kg/cm^2
R_o = 40.27 mm	R_o = 40.83 mm
R_y = 42.08 mm	R_y = 41.65 mm
K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)	K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)
= 442 Kg/cm^3	= 813 Kg/cm^3
R_m = (Ry+Ro)/2	R_m = (Ry+Ro)/2
= 4.117 cm	= 4.124 cm
D = (1+υ) × Rm × Km	E = (1+υ) × Rm × Km
= 2.37E+03 Kg/cm^2	= 4.36E+03 Kg/cm^2
= 2.37E+02 Mpa	= 4.36E+02 Mpa

공 내 재 하 시 험

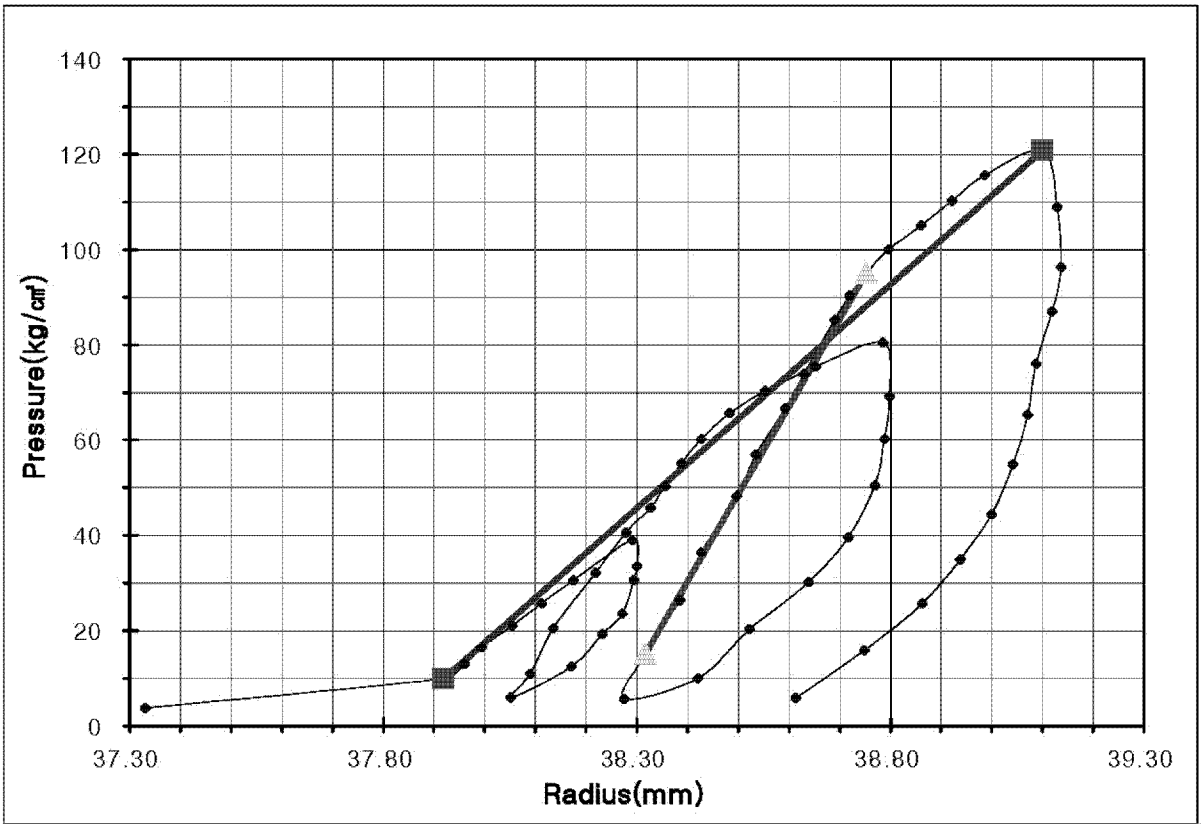
PROJECT : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

HOLE NO : BH-315 TEST DATE : 2012 . 12

GEOLOGY : 연 암

DEPTH(m): 24.0 m ROCK TYPE : 편마암

TUBE SIZE: NX υ = 0.25



P_o = 10.0 Kg/cm^2	P_o = 15.1 Kg/cm^2
P_y = 120.8 Kg/cm^2	P_y = 95.0 Kg/cm^2
R_o = 37.92 mm	R_o = 38.32 mm
R_y = 39.10 mm	R_y = 38.75 mm
K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)	K_m = (Py-Po)/(Ry-Ro)
= 939 Kg/cm^3	= 1837 Kg/cm^3
R_m = (Ry+Ro)/2	R_m = (Ry+Ro)/2
= 3.851 cm	= 3.853 cm
D = (1+υ) × Rm × Km	E = (1+υ) × Rm × Km
= 4.52E+03 Kg/cm^2	= 8.85E+03 Kg/cm^2
= 4.52E+02 Mpa	= 8.85E+02 Mpa

3.1.3 GMJ

공 내 재 하 시 험(G.M.J)

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

공 번	심도(GL. -m)	TCR/RQD	지 층	지반반력계수 (MN/m^3)	변형계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)	비고
BH-239	10.0	100/87	경 암	8,835.3	9,122.0	20,611.4	
BH-239	45.0	100/94	경 암	16,010.4	23,861.8	67,171.3	
BH-252-1	28.0	100/65	연 암	11,358.0	13,417.9	17,970.0	

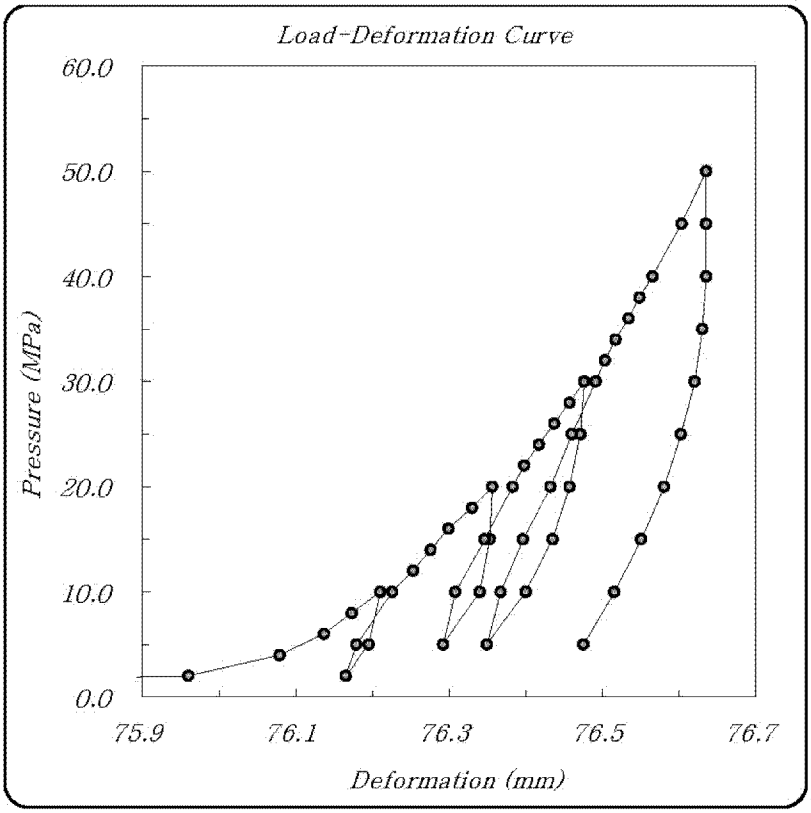
Goodmanjack Test Sheet

Project : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사 Hole No. BH-239 Depth : 10.0 (m)

Rock Name : 편마암 TCR/RQD: 100/87 (%) Test Date 2012.03. D= 9.12E+03 (MPa)

Rock Class : 경 암 Test by M.J.BANG Checked By Y.S.KIM E= 2.06E+04 (MPa)

Presure (MPa)	LVDT Displacement Reading (mm)			
	Near (mm)	Far (mm)	ΔAVG (mm)	Jack Dia(mm)
0	-1.32	-1.84	-1.580	74.620
2	-0.12	-0.36	-0.240	75.960
4	-0.07	-0.17	-0.121	76.079
6	-0.05	-0.08	-0.063	76.137
8	-0.02	-0.03	-0.027	76.173
10	0.00	0.02	0.010	76.210
5	0.00	-0.01	-0.005	76.195
2	-0.02	-0.05	-0.035	76.165
5	-0.01	-0.03	-0.021	76.179
10	0.01	0.04	0.026	76.226
12	0.03	0.08	0.053	76.253
14	0.05	0.10	0.076	76.276
16	0.07	0.13	0.099	76.299
18	0.10	0.16	0.130	76.330
20	0.12	0.19	0.156	76.356
15	0.12	0.19	0.153	76.353
10	0.12	0.16	0.140	76.340
5	0.09	0.09	0.092	76.292
10	0.10	0.12	0.108	76.308
15	0.12	0.17	0.146	76.346
20	0.14	0.23	0.183	76.383
22	0.16	0.24	0.196	76.396
24	0.17	0.26	0.217	76.417
26	0.19	0.28	0.237	76.437
28	0.21	0.30	0.257	76.457
30	0.23	0.32	0.276	76.476
25	0.23	0.31	0.271	76.471
20	0.23	0.28	0.257	76.457
15	0.23	0.24	0.235	76.435
10	0.20	0.20	0.200	76.400
5	0.16	0.14	0.149	76.349
10	0.16	0.17	0.167	76.367
15	0.19	0.20	0.196	76.396
20	0.21	0.25	0.232	76.432
25	0.23	0.29	0.260	76.460
30	0.25	0.33	0.291	76.491
32	0.26	0.35	0.303	76.503
34	0.27	0.36	0.317	76.517
36	0.28	0.39	0.334	76.534
38	0.29	0.41	0.348	76.548
40	0.30	0.43	0.365	76.565
45	0.35	0.46	0.403	76.603
50	0.38	0.49	0.435	76.635
45	0.38	0.49	0.435	76.635
40	0.38	0.49	0.435	76.635
35	0.38	0.48	0.430	76.630
30	0.37	0.47	0.420	76.620
25	0.35	0.45	0.402	76.602
20	0.32	0.44	0.380	76.580
15	0.30	0.40	0.350	76.550
10	0.28	0.35	0.315	76.515
5	0.24	0.31	0.275	76.475



Dc (Calculation Deformation Modulus)=0.86×e×T*×[ΔP/(ΔD/D)]

e : efficiency of jack's hydraulic system = 0.93

[Coeffcient Dependent on Poission's Ratio] = 1.438

Poission's Ratio	0.10	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
T*	1.519	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

D : jack operating point = 74.620 (mm)

ΔP = P_2- P_1 = 50 - 6 = 44 (MPa)

ΔD = D_2- D_1 = 76.635 - 76.137 = 0.498 (mm)

= 0.1132 (mm/10MPa)

Dc = 7.58E+03 (MPa) = 1.10E+06 (psi)

[* If Dc> 1E+06(psi), Use Fallowing Correction Data for Determining E_{true}]

E_{calc}	0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0
1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.1
2	3.4	3.7	4.0	4.3	4.7	5.1	5.6	6.0	6.5	7.0
3	7.6	8.2	9.0	9.7	10.6	11.5	12.5	13.4	14.3	15.3

Dt (True Deformation Modulus)

= 1.32E+06 (psi) = **9.12E+03** (MPa)

Ec(Calculation Elastic Modulus)

ΔP = P_2-P_1 = 45 - 10 = 35 (MPa)

ΔD = D_2-D_1 = 76.603 - 76.367 = 0.236 (mm)

Ec = 1.27E+04 (MPa) = 1.85E+06 (psi)

* Because Ec> 1E+06(psi), Correction data use

Et = 2.99E+06 (psi) = **2.06E+04** (MPa)

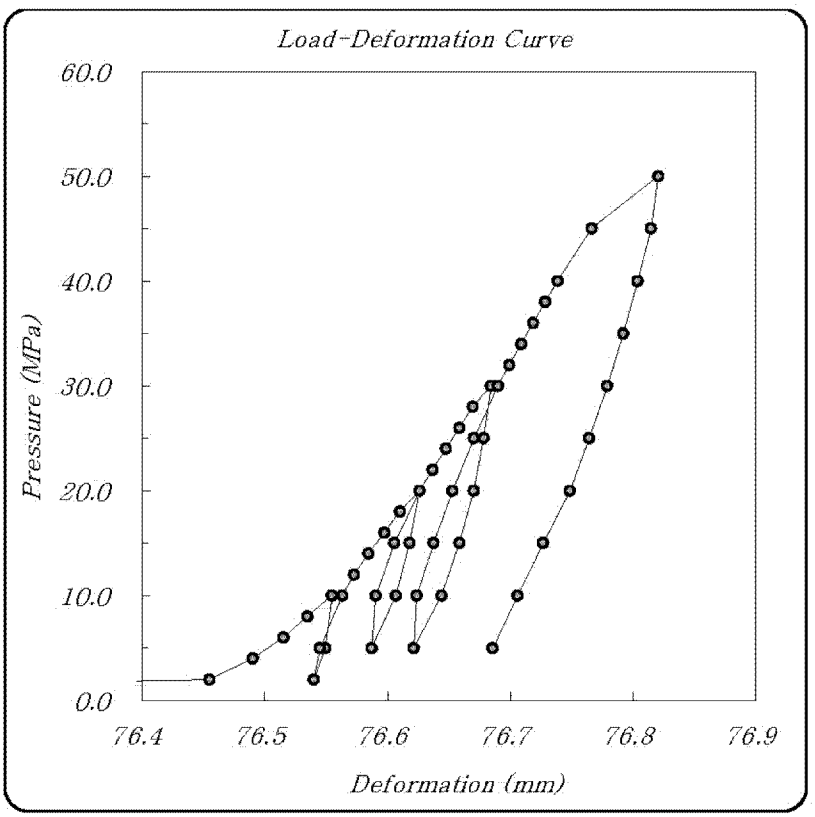
Goodmanjack Test Sheet

Project : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사 Hole No. BH-239 Depth : 45.0 (m)

Rock Name : 편마암 TCR/RQD: 100/94 (%) Test Date 2012.03. D= 2.39E+04 (MPa)

Rock Class : 경 암 Test by M.J.BANG Checked By Y.S.KIM E= 6.72E+04 (MPa)

Presure (MPa)	LVDT Displacement Reading (mm)			
	Near (mm)	Far (mm)	ΔAVG (mm)	Jack Dia(mm)
0	-0.54	-0.69	-0.615	75.585
2	0.32	0.19	0.255	76.455
4	0.33	0.25	0.290	76.490
6	0.36	0.27	0.315	76.515
8	0.38	0.29	0.335	76.535
10	0.40	0.31	0.355	76.555
5	0.40	0.30	0.349	76.549
2	0.39	0.29	0.340	76.540
5	0.40	0.29	0.345	76.545
10	0.41	0.32	0.363	76.563
12	0.42	0.33	0.373	76.573
14	0.44	0.33	0.385	76.585
16	0.45	0.34	0.397	76.597
18	0.47	0.35	0.410	76.610
20	0.48	0.37	0.426	76.626
15	0.47	0.37	0.418	76.618
10	0.46	0.35	0.407	76.607
5	0.46	0.31	0.387	76.587
10	0.46	0.32	0.391	76.591
15	0.46	0.35	0.406	76.606
20	0.48	0.37	0.426	76.626
22	0.49	0.39	0.437	76.637
24	0.50	0.39	0.448	76.648
26	0.51	0.40	0.459	76.659
28	0.52	0.42	0.469	76.669
30	0.53	0.43	0.484	76.684
25	0.53	0.43	0.478	76.678
20	0.52	0.42	0.470	76.670
15	0.51	0.41	0.459	76.659
10	0.50	0.39	0.444	76.644
5	0.49	0.35	0.421	76.621
10	0.49	0.36	0.424	76.624
15	0.49	0.38	0.437	76.638
20	0.51	0.40	0.453	76.653
25	0.51	0.43	0.470	76.670
30	0.53	0.45	0.490	76.690
32	0.54	0.46	0.499	76.699
34	0.54	0.48	0.509	76.709
36	0.55	0.49	0.519	76.719
38	0.56	0.50	0.529	76.729
40	0.57	0.51	0.538	76.739
45	0.61	0.53	0.566	76.766
50	0.68	0.56	0.620	76.821
45	0.67	0.56	0.614	76.815
40	0.65	0.56	0.604	76.804
35	0.64	0.55	0.592	76.792
30	0.62	0.54	0.579	76.779
25	0.60	0.52	0.564	76.764
20	0.59	0.51	0.548	76.748
15	0.58	0.48	0.527	76.727
10	0.55	0.46	0.506	76.706
5	0.53	0.44	0.486	76.686



Dc (Calculation Deformation Modulus)=0.86×e×T*×[ΔP/(ΔD/D)]

e : efficiency of jack's hydraulic system = 0.93

[Coeffcient Dependent on Poission's Ratio] = 1.438

Poission's Ratio	0.10	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
T*	1.519	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

D : jack operating point = 75.585 (mm)

ΔP = P_2- P_1 = 45 - 8 = 37 (MPa)

ΔD = D_2- D_1 = 76.766 - 76.535 = 0.231 (mm)

= 0.0625 (mm/10MPa)

Dc = **1.39E+04** (MPa) = 2.02E+06 (psi)

[* If Dc> 1E+06(psi), Use Fallowing Correction Data for Determining E_{true}]

E_{calc}	0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0
1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.1
2	3.4	3.7	4.0	4.3	4.7	5.1	5.6	6.0	6.5	7.0
3	7.6	8.2	9.0	9.7	10.6	11.5	12.5	13.4	14.3	15.3

Dt (True Deformation Modulus)

= 3.46E+06 (psi) = **2.39E+04** (MPa)

Ec(Calculation Elastic Modulus)

ΔP = P_2-P_1 = 40 - 10 = 30 (MPa)

ΔD = D_2-D_1 = 76.739 - 76.624 = 0.1148 (mm)

Ec = **2.27E+04** (MPa) = 3.29E+06 (psi)

* Because Ec> 1E+06(psi), Correction data use

Et = 9.74E+06 (psi) = **6.72E+04** (MPa)

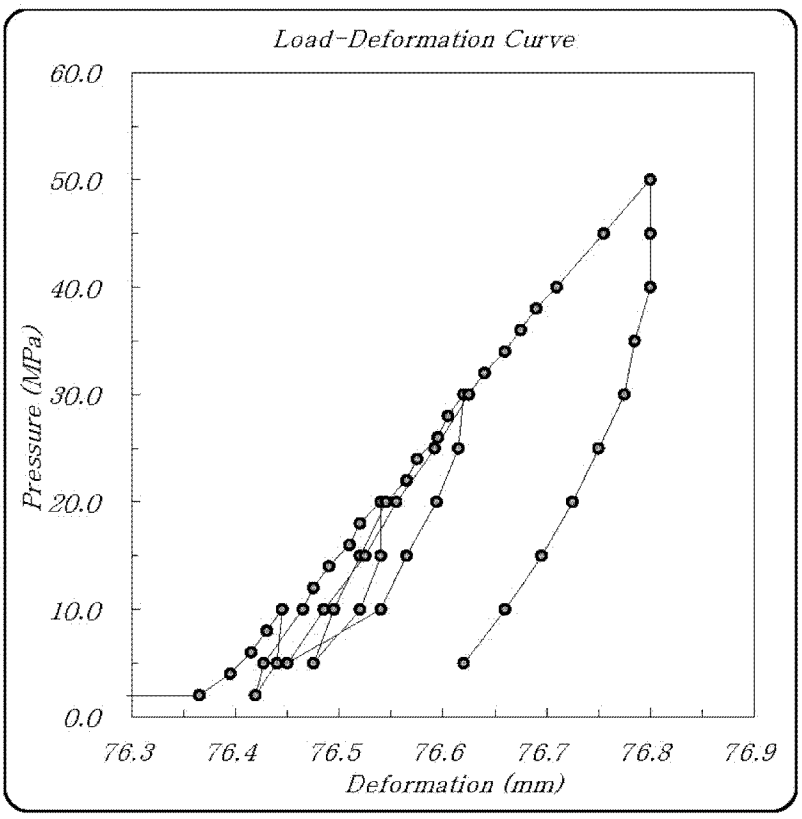
Goodmanjack Test Sheet

Project : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사 Hole No. BH-252-1 Depth : 28.0 (m)

Rock Name : 편마암 TCR/RQD: 100/65 (%) Test Date 2012.11. D= 1.34E+04 (MPa)

Rock Class : 연 암 Test by C.M.KIM Checked By M.I.JEON E= 1.80E+04 (MPa)

Presure (MPa)	LVDT Displacement Reading (mm)			
	Near (mm)	Far (mm)	ΔAVG (mm)	Jack Dia(mm)
0	-1.65	-1.87	-1.760	74.440
2	-0.07	0.40	0.165	76.365
4	-0.06	0.45	0.195	76.395
6	-0.05	0.48	0.215	76.415
8	-0.04	0.50	0.230	76.430
10	-0.03	0.52	0.245	76.445
5	-0.04	0.52	0.240	76.440
2	-0.05	0.49	0.219	76.419
5	-0.04	0.49	0.227	76.427
10	-0.02	0.55	0.265	76.465
12	-0.02	0.57	0.275	76.475
14	-0.01	0.59	0.290	76.490
16	0.01	0.61	0.310	76.510
18	0.02	0.62	0.320	76.520
20	0.04	0.64	0.340	76.540
15	0.04	0.64	0.340	76.540
10	0.00	0.64	0.320	76.520
5	0.00	0.55	0.275	76.475
10	0.01	0.58	0.295	76.495
15	0.02	0.62	0.320	76.520
20	0.04	0.65	0.345	76.545
22	0.06	0.67	0.365	76.565
24	0.07	0.68	0.375	76.575
26	0.09	0.70	0.395	76.595
28	0.10	0.71	0.405	76.605
30	0.11	0.73	0.420	76.620
25	0.10	0.73	0.415	76.615
20	0.06	0.73	0.394	76.594
15	0.04	0.69	0.365	76.565
10	0.03	0.65	0.340	76.540
5	-0.02	0.52	0.250	76.450
10	0.00	0.57	0.285	76.485
15	0.03	0.62	0.325	76.525
20	0.06	0.65	0.355	76.555
25	0.09	0.69	0.392	76.592
30	0.11	0.74	0.425	76.625
32	0.12	0.76	0.440	76.640
34	0.13	0.79	0.460	76.660
36	0.14	0.81	0.475	76.675
38	0.15	0.83	0.490	76.690
40	0.16	0.86	0.510	76.710
45	0.19	0.92	0.555	76.755
50	0.22	0.98	0.600	76.800
45	0.22	0.98	0.600	76.800
40	0.22	0.98	0.600	76.800
35	0.21	0.96	0.585	76.785
30	0.20	0.95	0.575	76.775
25	0.18	0.92	0.550	76.750
20	0.16	0.89	0.525	76.725
15	0.14	0.85	0.495	76.695
10	0.11	0.81	0.460	76.660
5	0.07	0.77	0.420	76.620



Dc (Calculation Deformation Modulus)=0.86×e×T*×[ΔP/(ΔD/D)]

e : efficiency of jack's hydraulic system = 0.93

[Coeffcient Dependent on Poission's Ratio] = 1.438

Poission's Ratio	0.10	0.20	0.25	0.30	0.33	0.40	0.50
T*	1.519	1.474	1.438	1.397	1.366	1.289	1.151

D : jack operating point = 74.440 (mm)

ΔP = P_2- P_1 = 50 - 4 = 46 (MPa)

ΔD = D_2- D_1 = 76.800 - 76.395 = 0.405 (mm)

= 0.0880 (mm/10MPa)

Dc = 9.72E+03 (MPa) = 1.41E+06 (psi)

[* If Dc> 1E+06(psi), Use Fallowing Correction Data for Determining E_{true}]

E_{calc}	0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0
1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.1
2	3.4	3.7	4.0	4.3	4.7	5.1	5.6	6.0	6.5	7.0
3	7.6	8.2	9.0	9.7	10.6	11.5	12.5	13.4	14.3	15.3

Dt (True Deformation Modulus)

= 1.95E+06 (psi) = **1.34E+04** (MPa)

Ec(Calculation Elastic Modulus)

ΔP = P_2-P_1 = 38 - 10 = 28 (MPa)

ΔD = D_2-D_1 = 76.690 - 76.485 = 0.205 (mm)

Ec = 1.17E+04 (MPa) = 1.70E+06 (psi)

* Because Ec> 1E+06(psi), Correction data use

Et = 2.61E+06 (psi) = **1.80E+04** (MPa)

3.2 공내전단시험

공 내 전 단 시 험(B.S.T)

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

공 번	시험심도(m)	지 층	점착력 (Mpa)	내부마찰각 (degree)	R Square	비고
BH-252-1	12.5	풍화토	0.0174	28.19	97.78	
BH-254	8.0	풍화토	0.0146	24.59	98.66	
BH-261-5	9.0	풍화토	0.0175	29.41	98.40	
BH-282	6.0	풍화암	0.0325	31.51	98.18	
BH-284	3.0	풍화토	0.0187	27.50	96.03	
BH-287	4.0	풍화암	0.0297	28.32	98.68	
BH-289	4.0	풍화암	0.0323	29.81	97.86	
BH-293	4.0	풍화토	0.0194	29.25	98.75	
BH-299	7.0	풍화토	0.0158	27.08	96.95	
BH-302	6.0	풍화토	0.0172	25.91	97.70	
BH-303-1	3.0	풍화토	0.0180	28.10	96.20	
BH-306	7.0	풍화토	0.0190	25.58	96.96	
BH-315	21.0	풍화암	0.0329	28.50	98.80	

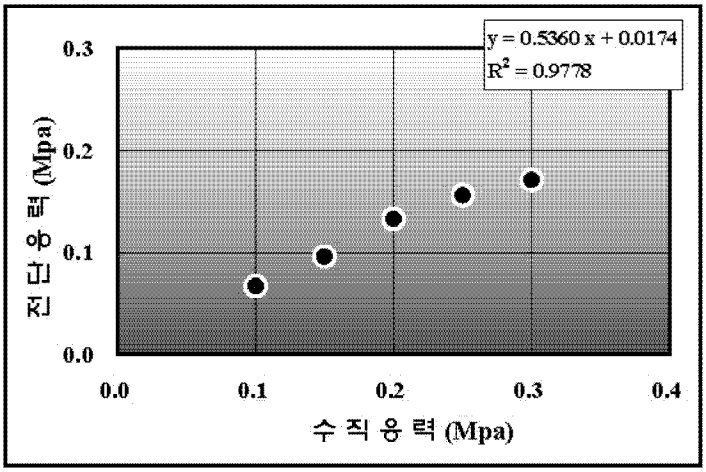
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-252-1	N - Value	25/30	지 층 명	풍화토
시험심도	(G.L. -m) 12.5	시험공경	NX	시험일자	2012. 11
지하수위	-	시 험 자	방명재	검 토 자	전민익

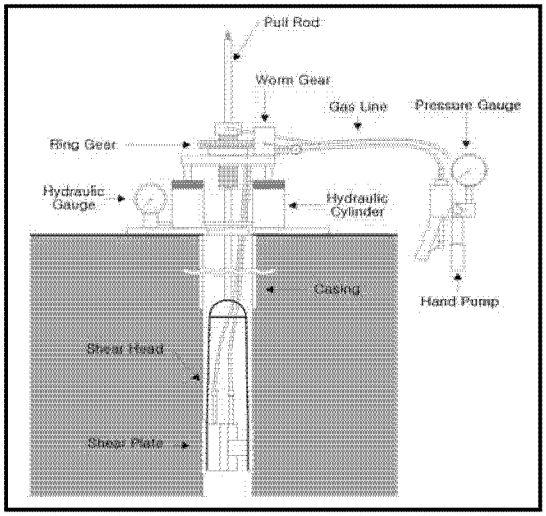
측 정 자 료

수직응력 (Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.061	0.067
0.150	0.086	0.096
0.200	0.118	0.133
0.250	0.138	0.156
0.300	0.151	0.171

수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경

* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.017	Mpa	
내부마찰각 (Φ)	28.19	degree	
R Square	97.78	%	

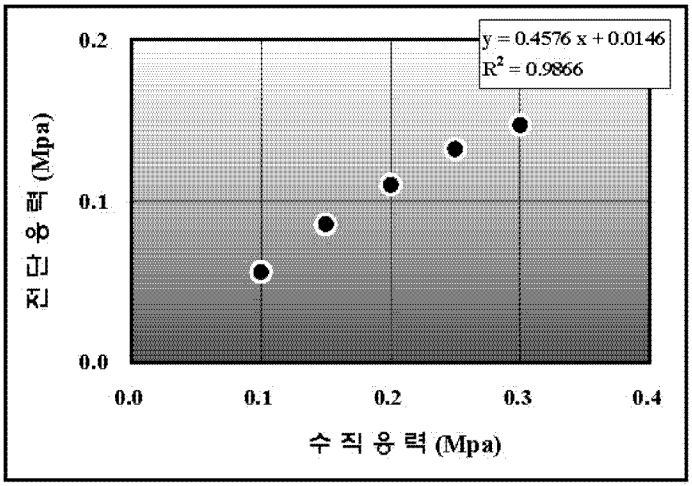
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-254	*N* - Value	18/30	지 층 명	풍화토
시험심도	(G.L. -m) 8.0	시험공경	NX	시험일자	2012. 03
지하수위	-	시 험 자	방명재	검 토 자	박진상

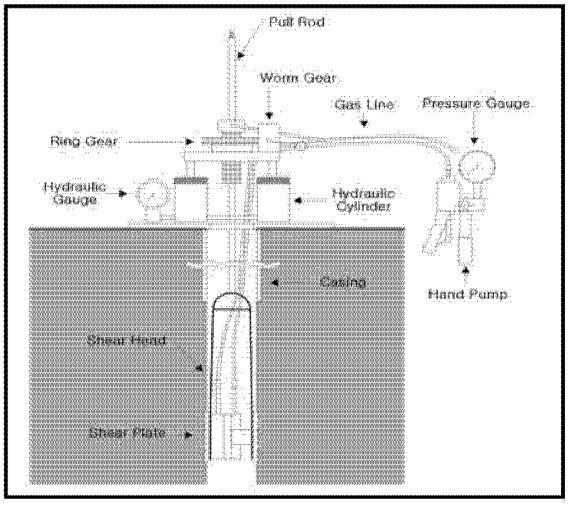
측 정 자 료

수직응력(Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.051	0.056
0.150	0.076	0.086
0.200	0.097	0.110
0.250	0.116	0.132
0.300	0.129	0.147

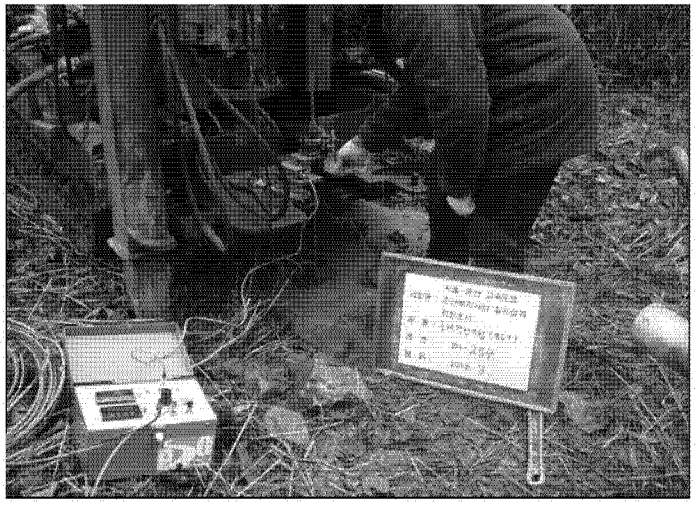
수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경



* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.015	Mpa	
내부마찰각 (ϕ)	24.59	degree	
R Square	98.66	%	

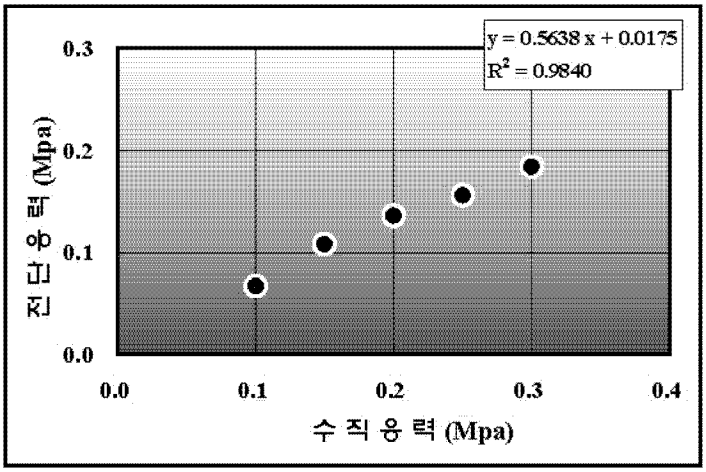
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-261-5	*N* - Value	50/17	지 층 명	풍화토
시험심도	(G.L. -m) 9.0	시험공경	NX	시험일자	2012. 11
지하수위	(G.L. -m) 9.2	시 험 자	방명재	검 토 자	유창균

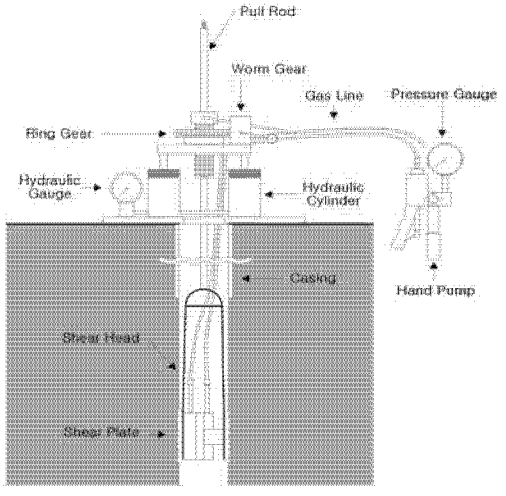
측 정 자 료

수직응력 (Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.060	0.067
0.150	0.096	0.108
0.200	0.120	0.136
0.250	0.137	0.156
0.300	0.161	0.184

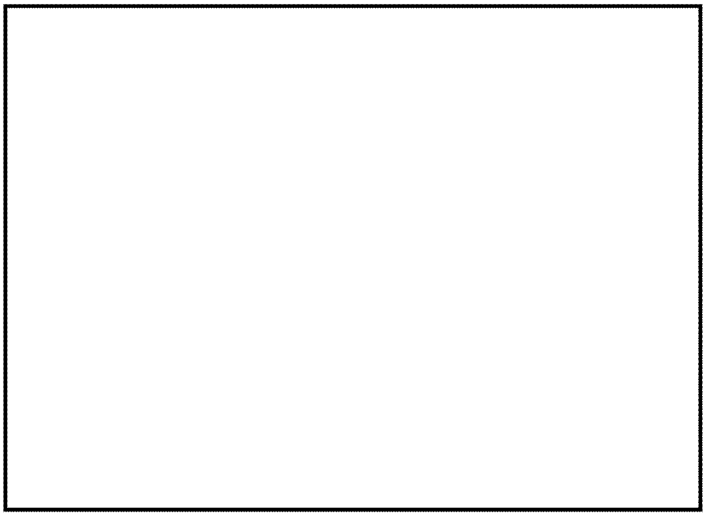
수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경



* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.017	Mpa	
내부마찰각 (Φ)	29.41	degree	
R Square	98.40	%	

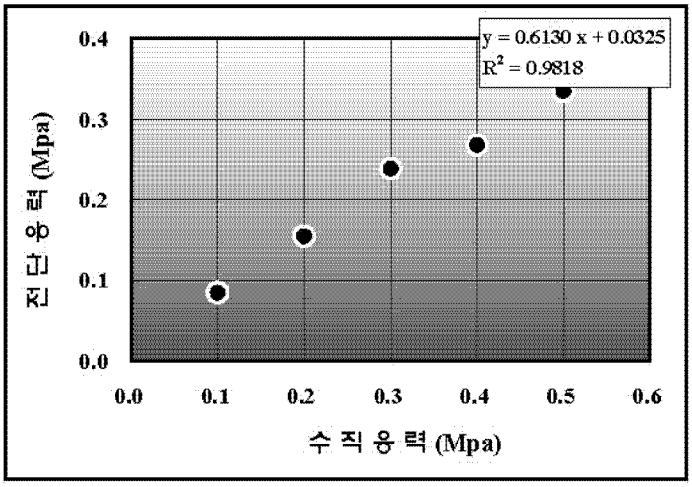
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-282	*N* - Value	50/7	지 층 명	풍화암
시험심도	(G.L. -m) 6.0	시험공경	NX	시험일자	2012. 04
지하수위	(G.L. -m) 29.7	시 험 자	방명재	검 토 자	박진상

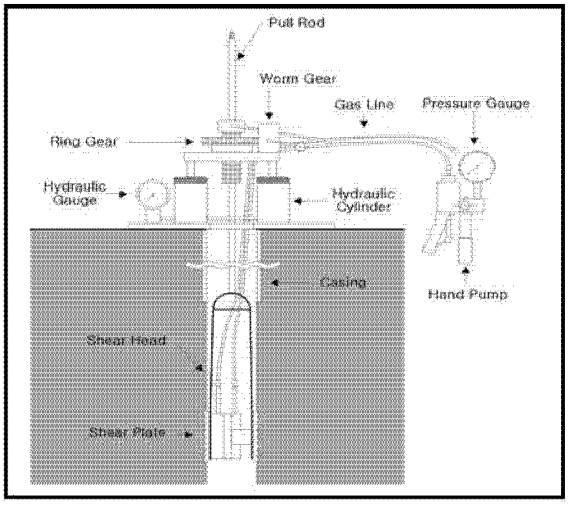
측 정 자 료

수직응력(Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.075	0.085
0.200	0.135	0.155
0.300	0.207	0.239
0.400	0.232	0.268
0.500	0.290	0.335

수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경

* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.033	Mpa	
내부마찰각 (ϕ)	31.51	degree	
R Square	98.18	%	

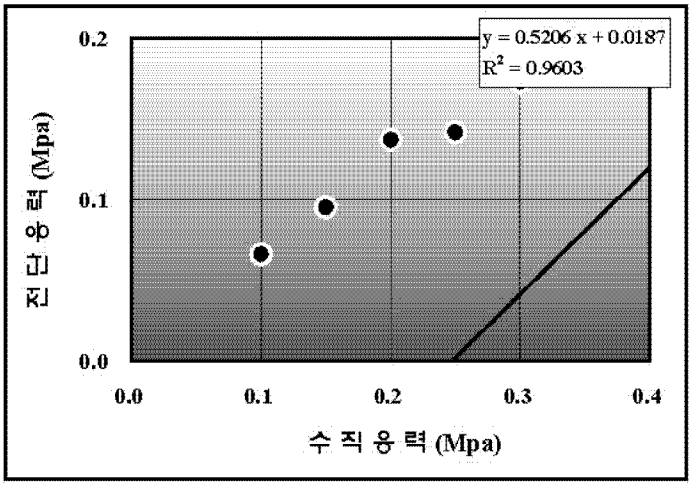
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-284	*N* - Value	50/15	지 층 명	풍화토
시험심도	(G.L. -m) 3.0	시험공경	NX	시험일자	2012. 04
지하수위	(G.L. -m) 24.2	시 험 자	방명재	검 토 자	박진상

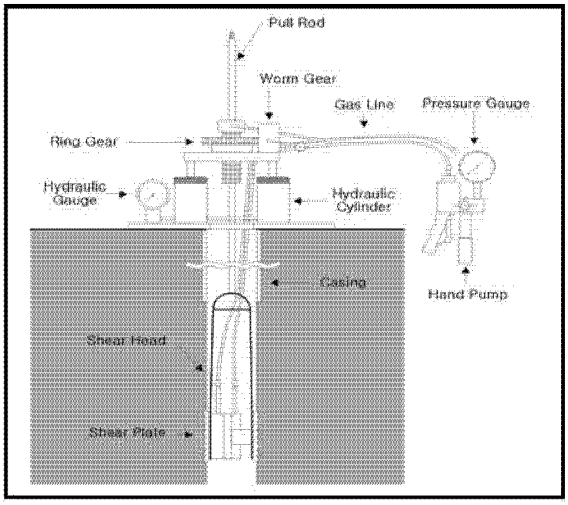
측 정 자 료

수직응력(Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.058	0.066
0.150	0.083	0.095
0.200	0.119	0.137
0.250	0.123	0.142
0.300	0.150	0.173

수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경

* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.019	Mpa	
내부마찰각 (ϕ)	27.50	degree	
R Square	96.03	%	

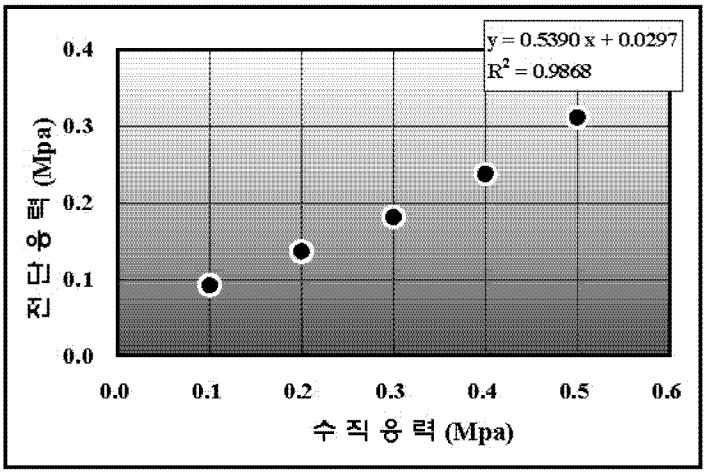
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-287	N - Value	50/8	지 층 명	풍화암
시험심도	(G.L. -m) 4.0	시험공경	NX	시험일자	2012. 11
지하수위	(G.L. -m) 19.0	시 험 자	방명재	검 토 자	전민익

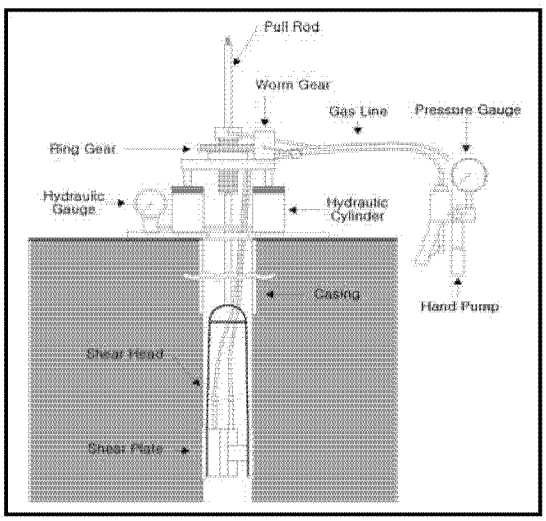
측 정 자 료

수직응력 (Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.080	0.092
0.200	0.118	0.136
0.300	0.157	0.181
0.400	0.205	0.237
0.500	0.269	0.311

수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경

* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.030	Mpa	
내부마찰각 (ϕ)	28.32	degree	
R Square	98.68	%	

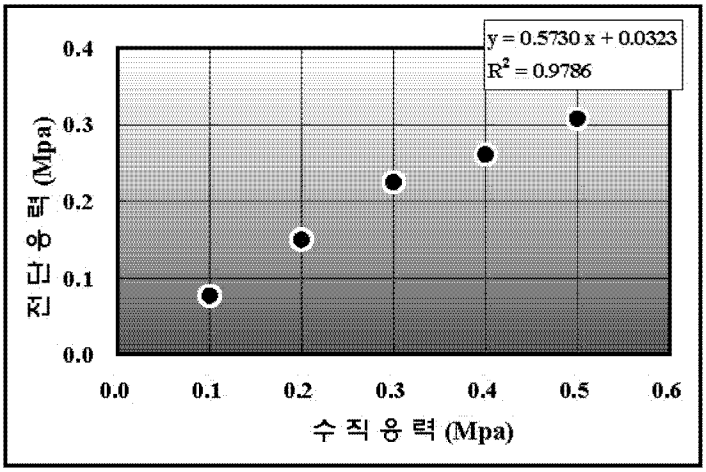
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-289	N - Value	50/7	지 층 명	풍화암
시험심도	(G.L. -m) 4.0	시험공경	NX	시험일자	2012. 11
지하수위	(G.L. -m) 1.4	시 험 자	방명재	검 토 자	유창균

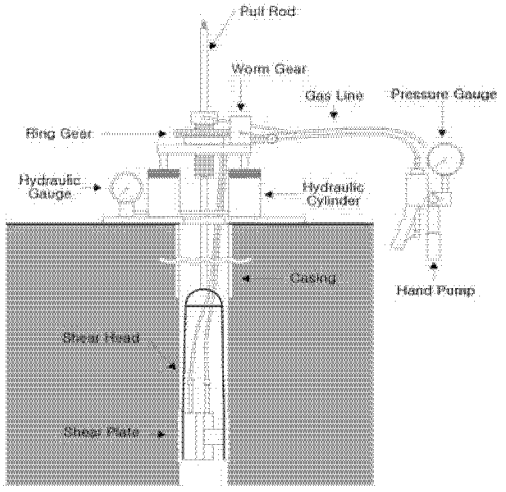
측 정 자 료

수직응력 (Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.067	0.077
0.200	0.130	0.150
0.300	0.195	0.225
0.400	0.226	0.261
0.500	0.266	0.308

수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경

* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.032	Mpa	
내부마찰각 (Φ)	29.81	degree	
R Square	97.86	%	

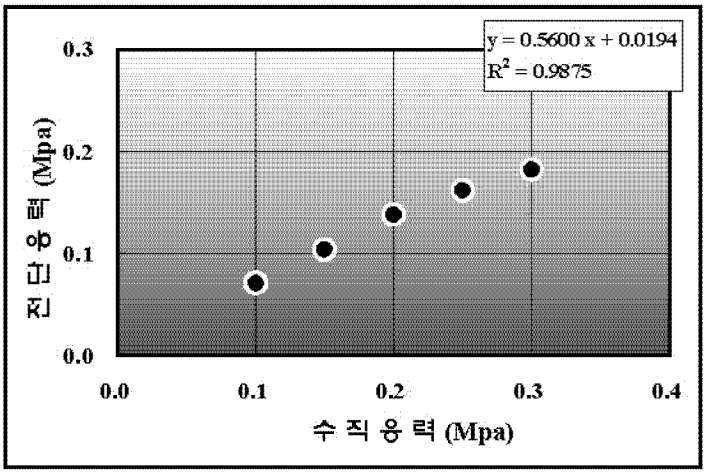
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-293	N - Value	50/18	지 층 명	풍화토
시험심도	(G.L. -m) 4.0	시험공경	NX	시험일자	2012. 11
지하수위	(G.L. -m) 6.8	시 험 자	방명재	검 토 자	유창균

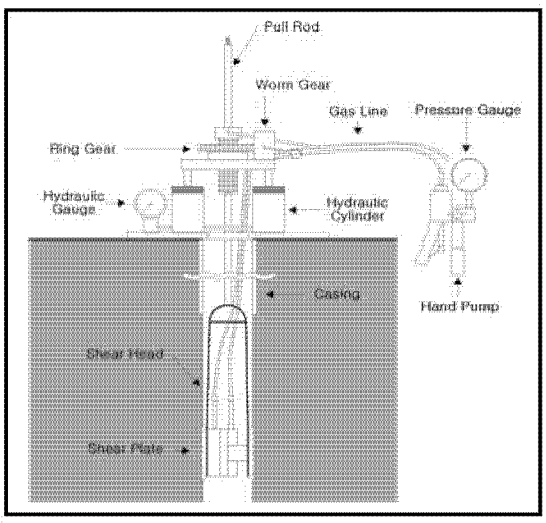
측 정 자 료

수직응력 (Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.062	0.071
0.150	0.091	0.104
0.200	0.120	0.138
0.250	0.141	0.162
0.300	0.158	0.182

수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경

* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.019	Mpa	
내부마찰각 (ϕ)	29.25	degree	
R Square	98.75	%	

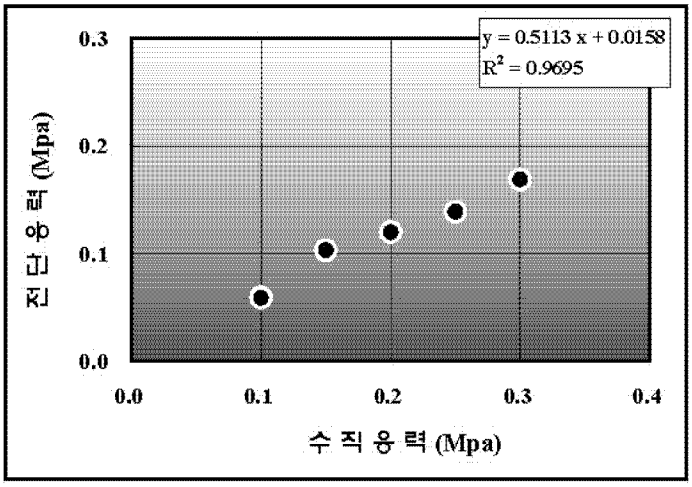
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-299	N - Value	50/28	지 층 명	풍화토
시험심도	(G.L. -m) 7.0	시험공경	NX	시험일자	2012. 03
지하수위	(G.L. -m) 19.3	시 험 자	방명재	검 토 자	사유진

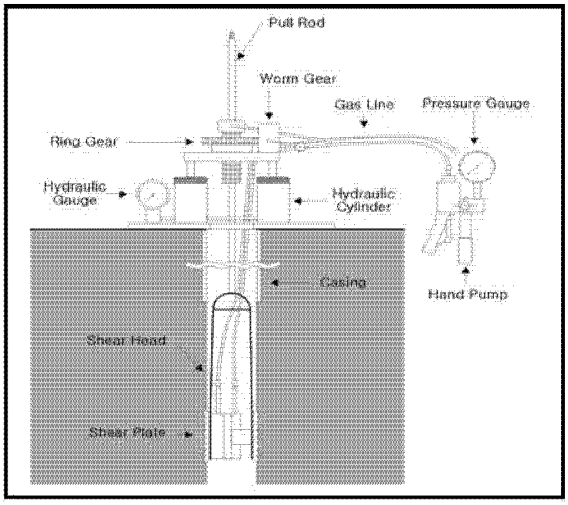
측 정 자 료

수직응력(Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.053	0.059
0.150	0.091	0.103
0.200	0.105	0.120
0.250	0.122	0.139
0.300	0.147	0.169

수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경

* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.016	Mpa	
내부마찰각 (Φ)	27.08	degree	
R Square	96.95	%	

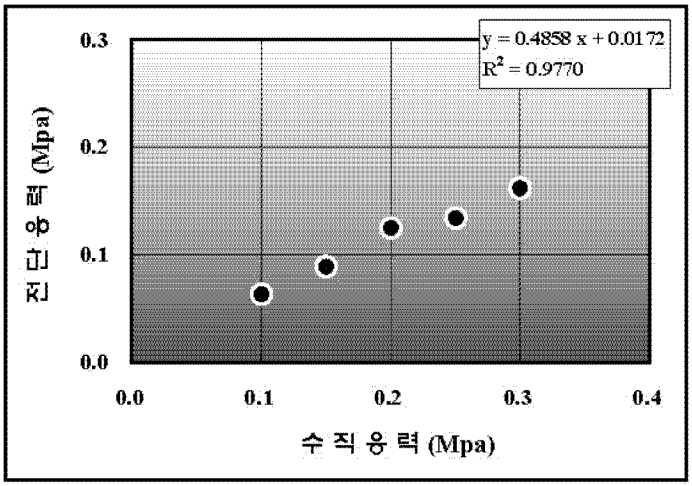
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-302	*N* - Value	50/27	지 층 명	풍화토
시험심도	(G.L. -m) 6.0	시험공경	NX	시험일자	2012. 03
지하수위	(G.L. -m) 24.6	시 험 자	방명재	검 토 자	사유진

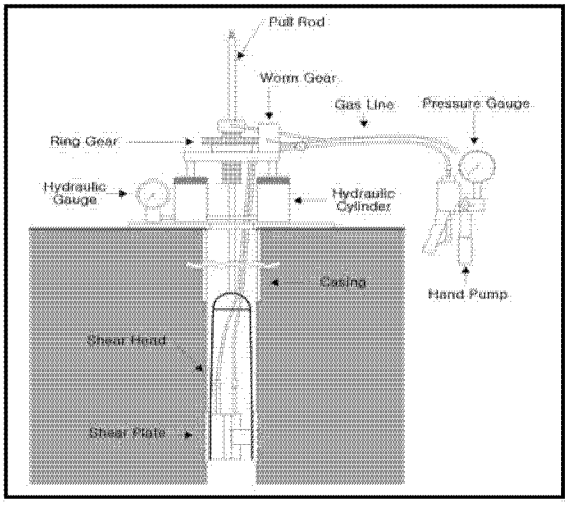
측 정 자 료

수직응력(Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.056	0.063
0.150	0.078	0.089
0.200	0.109	0.125
0.250	0.117	0.134
0.300	0.141	0.162

수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경

* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.017	Mpa	
내부마찰각 (ϕ)	25.91	degree	
R Square	97.70	%	

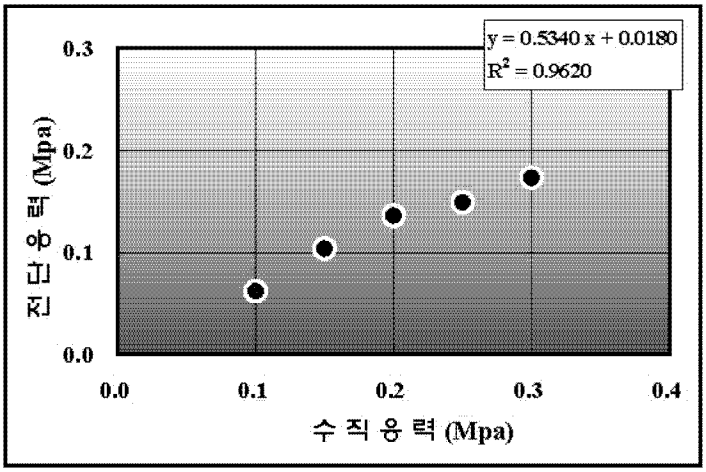
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-303-1	N - Value	50/30	지 층 명	풍화토
시험심도	(G.L. -m) 3.0	시험공경	NX	시험일자	2012. 11
지하수위	-	시 험 자	방명재	검 토 자	유창균

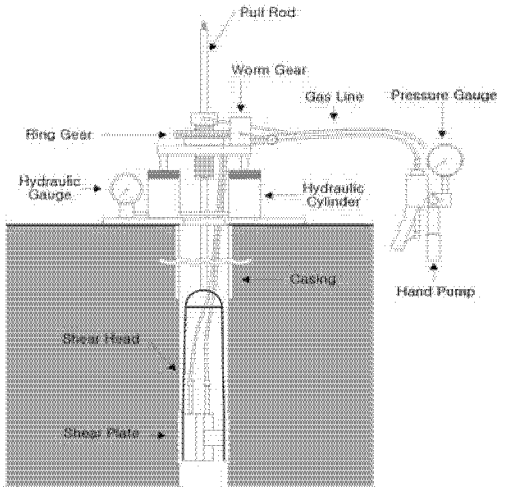
측 정 자 료

수직응력 (Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.054	0.062
0.150	0.090	0.104
0.200	0.118	0.136
0.250	0.129	0.149
0.300	0.150	0.173

수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경

* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.018	Mpa	
내부마찰각 (Φ)	28.10	degree	
R Square	96.20	%	

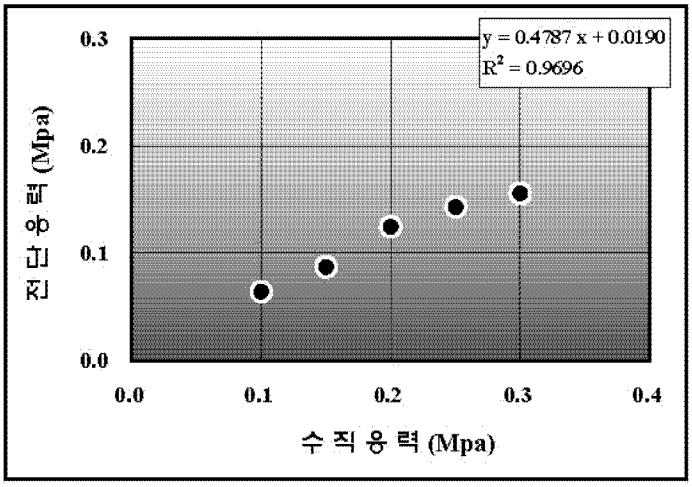
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-306	*N* - Value	50/15	지 층 명	풍화토
시험심도	(G.L. -m) 7.0	시험공경	NX	시험일자	2012. 03
지하수위	(G.L. -m) 20.1	시 험 자	방명재	검 토 자	사유진

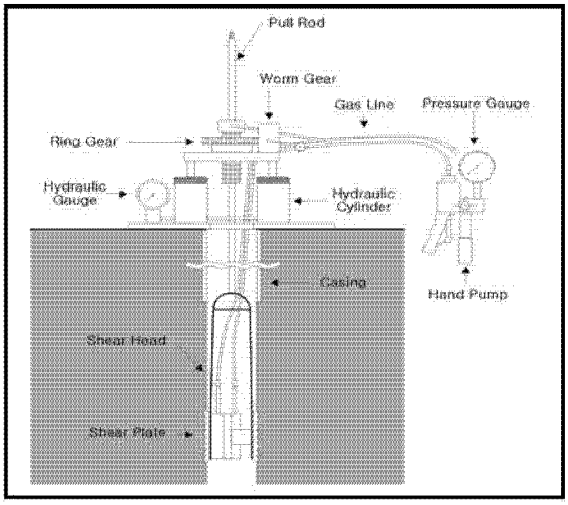
측 정 자 료

수직응력(Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.057	0.064
0.150	0.077	0.087
0.200	0.109	0.124
0.250	0.125	0.143
0.300	0.136	0.156

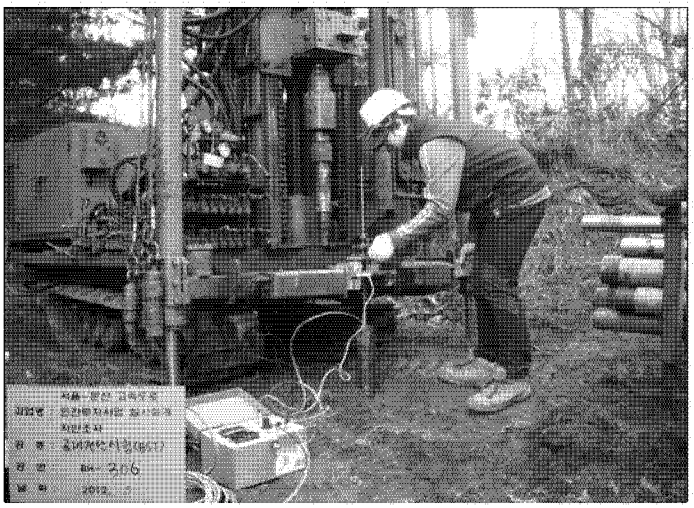
수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경



* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.019	Mpa	
내부마찰각 (ϕ)	25.58	degree	
R Square	96.96	%	

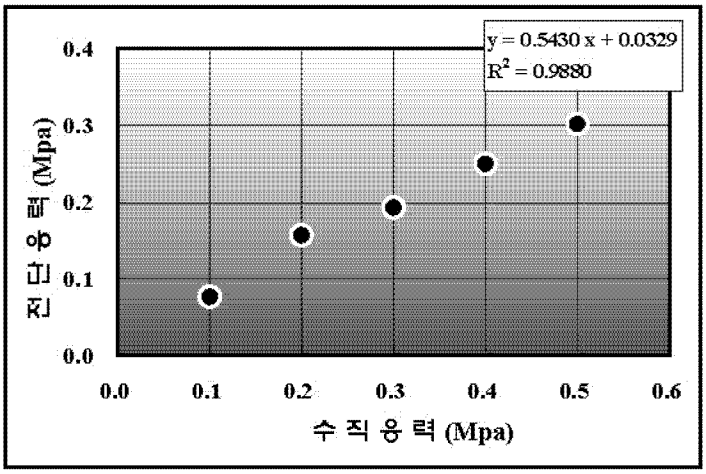
시추공 전단시험(Borehole Shear TEST)

과 업 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
공 번	BH-315	N - Value	50/8	지 층 명	풍화암
시험심도	(G.L. -m) 21.0	시험공경	NX	시험일자	2012. 12
지하수위	(G.L. -m) 10.2	시 험 자	방명재	검 토 자	유창균

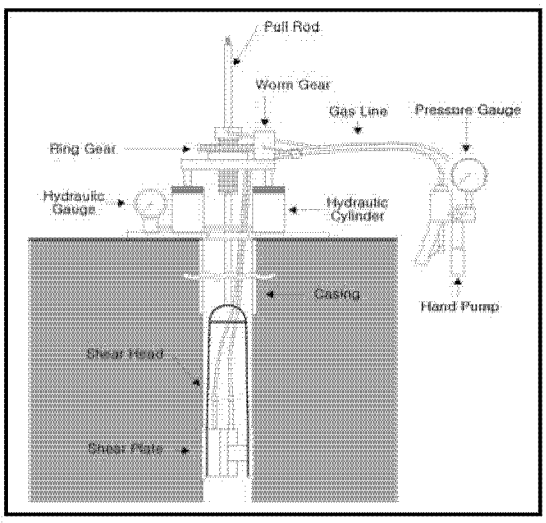
측 정 자 료

수직응력 (Mpa)	전단응력 (Mpa)	
	측정치	보정치
0.100	0.072	0.077
0.200	0.141	0.157
0.300	0.172	0.193
0.400	0.221	0.250
0.500	0.266	0.302

수직응력 - 전단응력 곡선



시 험 모 식 도



현 장 시 험 전 경

* 현장 Data 보정 : 보정치 = (측정치 × 1.162) - (심도 × 0.000342)

항 목	측 정 결 과	단 위	비 고
점 착 력 (C)	0.033	Mpa	
내부마찰각 (ϕ)	28.50	degree	
R Square	98.80	%	

3.3 투수시험

투 수 시 험 결 과

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

공번	심도(m)			지층	N값	투수계수 (m/sec)	비고
BH-243	3.0	~	4.0	풍화토	21/30	6.24E-04	
BH-245	5.0	~	6.0	풍화토	10/30	9.36E-04	
BH-246	15.0	~	16.0	풍화토	50/23	4.78E-04	
BH-247	6.0	~	7.0	퇴적층(SM)	21/30	4.47E-03	
BH-248	3.0	~	4.0	퇴적층(SM)	5/30	1.20E-03	
BH-249	3.0	~	4.0	퇴적층(SC)	7/30	1.09E-03	
BH-250	6.0	~	7.0	풍화토	10/30	5.02E-04	
BH-252-1	5.0	~	6.0	풍화토	22/30	9.18E-05	
BH-253	3.0	~	4.0	풍화토	24/30	5.50E-04	
BH-254	10.0	~	11.0	풍화토	13/30	1.23E-03	
BH-254-1	2.0	~	3.0	붕적층(SM)	7/30	1.94E-03	
BH-255	5.0	~	6.0	풍화토	44/30	2.17E-04	
BH-255-1	4.0	~	5.0	풍화토	8/30	9.21E-04	
BH-255-2	3.0	~	4.0	풍화토	22/30	1.63E-04	
BH-255-3	2.0	~	3.0	전답토(SC)	2/30	3.34E-04	
BH-256	4.0	~	5.0	붕적층(CL)	3/30	1.93E-04	
BH-258	5.0	~	6.0	풍화토	26/30	1.72E-03	
BH-261	4.0	~	5.0	풍화토	9/30	5.60E-03	
BH-261-1	7.0	~	8.0	풍화토	28/30	4.47E-03	
BH-261-2	4.0	~	5.0	풍화토	50/19	5.43E-04	
BH-261-3	10.0	~	11.0	풍화토	50/18	1.65E-04	
BH-261-4	6.0	~	7.0	풍화토	28/30	3.00E-04	
BH-261-5	4.0	~	5.0	풍화토	26/30	1.52E-04	
BH-261-6	3.0	~	4.0	풍화토	13/30	3.60E-04	
BH-261-7	3.0	~	4.0	풍화토	18/30	6.96E-04	
BH-261-8	4.0	~	5.0	풍화토	4/30	1.59E-04	
BH-267-1	3.0	~	4.0	풍화토	10/30	5.28E-04	
BH-268	8.0	~	9.0	풍화토	10/30	1.65E-03	
BH-269	5.0	~	6.0	풍화토	47/30	7.42E-04	
BH-272	3.0	~	4.0	퇴적층(SM)	6/30	5.98E-03	
BH-274	3.0	~	4.0	퇴적층(GM)	10/30	1.32E-02	
BH-276	11.0	~	12.0	퇴적층(SP)	11/30	1.48E-02	
BH-278	3.0	~	4.0	퇴적층(CL)	3/30	2.00E-04	
BH-279	8.0	~	9.0	퇴적층(GM)	19/30	2.32E-03	
BH-280	5.0	~	6.0	퇴적층(CL)	8/30	6.61E-04	
BH-281	6.0	~	7.0	퇴적층(CL)	4/30	9.71E-05	
BH-282	4.0	~	5.0	풍화토	50/17	2.81E-04	
BH-284	3.0	~	4.0	풍화토	50/15	2.48E-04	
BH-285-1	5.0	~	6.0	퇴적층(SC)	5/30	4.88E-04	
BH-285-2	4.0	~	5.0	퇴적층(ML)	2/30	6.81E-04	
BH-286	7.0	~	8.0	퇴적층(SM)	17/30	3.10E-03	
BH-286-1	2.0	~	3.0	퇴적층(SM)	5/30	3.77E-03	
BH-286-2	7.0	~	8.0	퇴적층(SM)	11/30	3.10E-03	
BH-287	2.0	~	3.0	풍화토	46/30	2.34E-04	

투 수 시 험 결 과

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

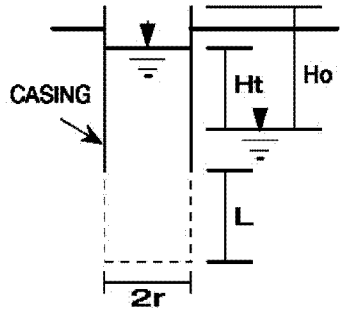
공번	심도(m)			지층	N값	투수계수 (m/sec)	비고
BH-287-1	4.0	~	5.0	퇴적층(SP)	6/30	1.08E-02	
BH-288	6.0	~	7.0	퇴적층(SM)	10/30	7.74E-03	
BH-288-1	3.0	~	4.0	풍화토	50/19	2.19E-04	
BH-289	2.0	~	3.0	풍화토	50/14	2.41E-04	
BH-291	3.0	~	4.0	풍화토	35/30	2.17E-04	
BH-291-1	2.0	~	3.0	퇴적층(SM)	3/30	5.61E-04	
BH-291-2	5.0	~	6.0	퇴적층(GP)	24/30	1.52E-03	
BH-293	5.0	~	6.0	풍화토	50/23	1.95E-04	
BH-293-1	6.0	~	7.0	풍화토	45/30	2.20E-04	
BH-294-1	3.0	~	4.0	퇴적층(CL)	2/30	2.28E-04	
BH-296	15.0	~	16.0	풍화토	50/23	4.78E-04	
BH-297	3.0	~	4.0	풍화토	50/27	3.20E-04	
BH-298	4.0	~	5.0	퇴적층(GM)	50/6	8.27E-03	
BH-298-1	3.0	~	4.0	풍화토	32/30	1.70E-04	
BH-299-1	4.0	~	5.0	풍화토	49/30	2.25E-04	
BH-299-2	3.0	~	4.0	풍화토	37/30	1.25E-04	
BH-303	3.0	~	4.0	풍화토	23/30	2.37E-04	
BH-303-1	10.0	~	11.0	풍화토	50/17	6.41E-05	
BH-304-1	3.0	~	4.0	풍화토	45/30	1.23E-04	
BH-304-2	5.0	~	6.0	퇴적층(GP)	50/2	2.48E-02	
BH-305	4.0	~	5.0	퇴적층(CL)	6/30	4.70E-04	
BH-305-1	5.0	~	6.0	퇴적층(SC)	4/30	2.95E-03	
BH-305-2	8.0	~	9.0	풍화토	41/30	2.32E-04	
BH-305-6	7.0	~	8.0	퇴적층(GP)	33/30	2.37E-02	
BH-308	6.0	~	7.0	퇴적층(CL)	3/30	3.30E-04	
BH-311	11.0	~	12.0	퇴적층(SM)	3/30	2.63E-04	
BH-313	18.0	~	19.0	퇴적층(SM)	15/30	5.89E-04	
BH-314-1	18.0	~	19.0	퇴적층(SM)	7/30	6.77E-04	
BH-315	17.0	~	18.0	퇴적층(SP)	13/30	8.55E-04	
BH-317	18.0	~	19.0	퇴적층(GP)	30/30	1.01E-02	

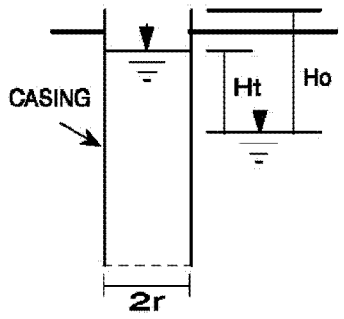
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-243			Tested By			최 석 중			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012. 4. 19			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	330.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	14.00			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	150	180	210	240	270	300
draw-down (cm)	0.0	32.0	62.5	108.5	130.4	150.7	174.2	178.8	181.5	182.9

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
330.0	298.0	0.0	30.0	30.0	8.03E-04
298.0	267.5	30.0	60.0	30.0	8.50E-04
267.5	221.5	60.0	120.0	60.0	7.43E-04
221.5	199.6	120.0	150.0	30.0	8.19E-04
199.6	179.3	150.0	180.0	30.0	8.44E-04
179.3	155.8	180.0	210.0	30.0	1.11E-03
155.8	151.2	210.0	240.0	30.0	2.36E-04
151.2	148.5	240.0	270.0	30.0	1.42E-04
148.5	147.1	270.0	300.0	30.0	7.45E-05
				Average	**6.24E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

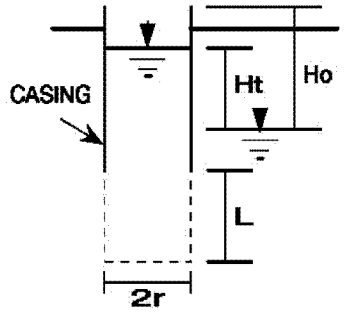
Ht : head when T2 (cm)

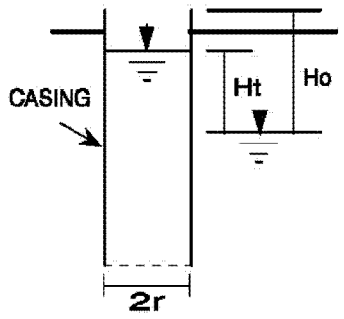
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-245			Tested By			최 석 중			
Test Section (m)	5.0	~	6.0	Date			2012. 3. 30			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	460.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	4.30			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	150	180	210	240	270	300
draw-down (cm)	0.0	60.0	113.0	194.3	229.5	267.1	298.0	314.0	319.0	322.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
460.0	400.0	0.0	30.0	30.0	1.10E-03
400.0	347.0	30.0	60.0	30.0	1.12E-03
347.0	265.7	60.0	120.0	60.0	1.05E-03
265.7	230.5	120.0	150.0	30.0	1.12E-03
230.5	192.9	150.0	180.0	30.0	1.40E-03
192.9	162.0	180.0	210.0	30.0	1.37E-03
162.0	146.0	210.0	240.0	30.0	8.18E-04
146.0	141.0	240.0	270.0	30.0	2.74E-04
141.0	138.0	270.0	300.0	30.0	1.69E-04
				Average	**9.36E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

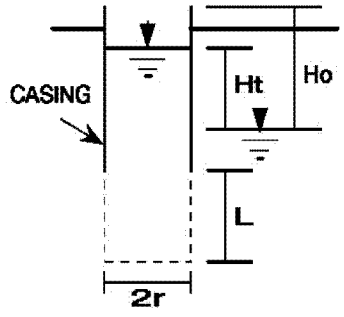
- k : permeability (cm / sec)
- r : radius of casing (cm)
- L : test length (cm)
- T : tested time (T2 - T1)
- Ho : head when T1 (cm)
- Ht : head when T2 (cm)

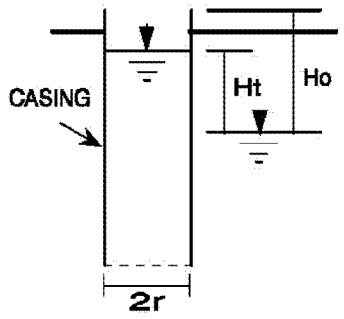
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-246			Tested By			전민익			
Test Section (m)	15.0	~	16.0	Date			2012.10.17			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	300.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	2.70			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	30.0	55.0	92.0	120.0	138.0	150.0	161.0	170.0	177.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
300.0	270.0	0.0	30.0	30.0	8.29E-04
270.0	245.0	30.0	60.0	30.0	7.65E-04
245.0	208.0	60.0	120.0	60.0	6.44E-04
208.0	180.0	120.0	180.0	60.0	5.69E-04
180.0	162.0	180.0	240.0	60.0	4.15E-04
162.0	150.0	240.0	300.0	60.0	3.03E-04
150.0	139.0	300.0	360.0	60.0	3.00E-04
139.0	130.0	360.0	420.0	60.0	2.63E-04
130.0	123.0	420.0	480.0	60.0	2.18E-04
				Average	**4.78E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

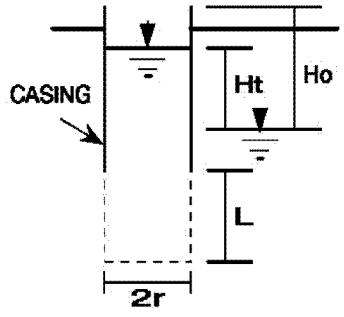
Ht : head when T2 (cm)

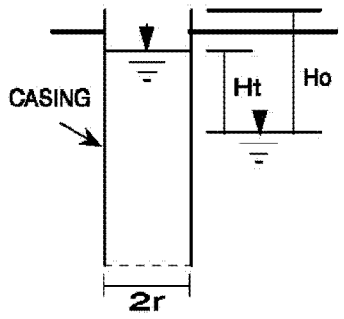
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
Bore Hole Number	BH-247		Tested By	전민익	
Test Section (m)	6.0	~ 7.0	Date	2012.10.18	
Test Length, L (cm)	100.0		Soil Class (USCS)	퇴적층(SM)	
Head (cm)	340.0		Radius of Casing, r (cm)	3.8	
Ground Water Depth, GWL (m)	3.10		Casing Height from Ground Surface (cm)	30.0	

Time (sec)	0	15	30	60	90	120	150			
draw-down (cm)	0.0	60.0	115.0	205.0	260.0	310.0	339.0			

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
340.0	280.0	0.0	15.0	15.0	3.06E-03
280.0	225.0	15.0	30.0	15.0	3.44E-03
225.0	135.0	30.0	60.0	30.0	4.02E-03
135.0	80.0	60.0	90.0	30.0	4.12E-03
80.0	30.0	90.0	120.0	30.0	7.72E-03
				Average	**4.47E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

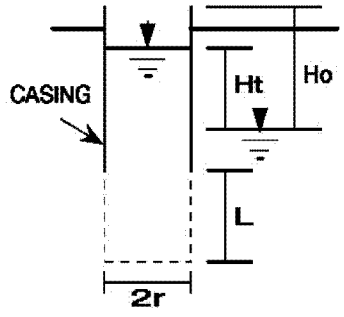
k	:	permeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

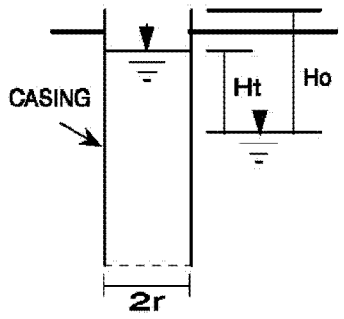
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-248			Tested By			전민익			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.12.2			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SM)			
Head (cm)	330.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	4.30			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	45.0	94.0	148.0	186.0	224.0	248.0	278.0	290.0	300.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
330.0	285.0	0.0	30.0	30.0	1.15E-03
285.0	236.0	30.0	60.0	30.0	1.48E-03
236.0	182.0	60.0	120.0	60.0	1.02E-03
182.0	144.0	120.0	180.0	60.0	9.22E-04
144.0	106.0	180.0	240.0	60.0	1.21E-03
106.0	82.0	240.0	300.0	60.0	1.01E-03
82.0	52.0	300.0	360.0	60.0	1.79E-03
52.0	40.0	360.0	420.0	60.0	1.03E-03
40.0	30.0	420.0	480.0	60.0	1.13E-03
				Average	**1.20E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

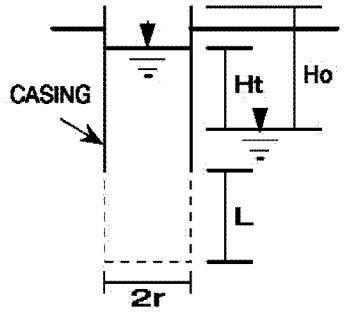
Ht : head when T2 (cm)

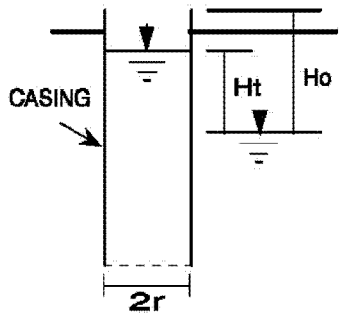
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-249			Tested By			전민익			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.10.16			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SC)			
Head (cm)	210.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.80			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	40.0	79.0	113.0	136.0	147.0	162.0	175.0	177.0	182.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
210.0	170.0	0.0	30.0	30.0	1.66E-03
170.0	131.0	30.0	60.0	30.0	2.05E-03
131.0	97.0	60.0	120.0	60.0	1.18E-03
97.0	74.0	120.0	180.0	60.0	1.07E-03
74.0	63.0	180.0	240.0	60.0	6.33E-04
63.0	48.0	240.0	300.0	60.0	1.07E-03
48.0	35.0	300.0	360.0	60.0	1.24E-03
35.0	33.0	360.0	420.0	60.0	2.32E-04
33.0	28.0	420.0	480.0	60.0	6.47E-04
				Average	**1.09E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

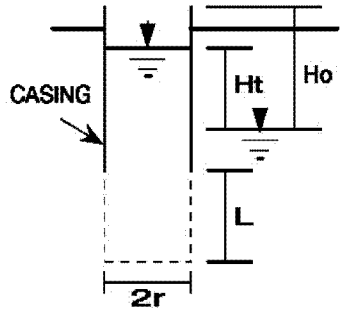
Ht : head when T2 (cm)

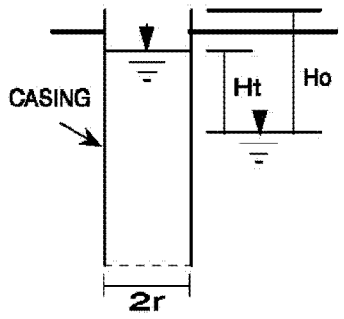
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-250			Tested By			전민익			
Test Section (m)	6.0	~	7.0	Date			2012.10.17			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	150.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.20			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	18.0	27.0	55.0	70.0	82.0	85.0	88.0	90.0	92.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
150.0	132.0	0.0	30.0	30.0	1.01E-03
132.0	123.0	30.0	60.0	30.0	5.56E-04
123.0	95.0	60.0	120.0	60.0	1.02E-03
95.0	80.0	120.0	180.0	60.0	6.76E-04
80.0	68.0	180.0	240.0	60.0	6.40E-04
68.0	65.0	240.0	300.0	60.0	1.78E-04
65.0	62.0	300.0	360.0	60.0	1.86E-04
62.0	60.0	360.0	420.0	60.0	1.29E-04
60.0	58.0	420.0	480.0	60.0	1.33E-04
				Average	**5.02E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

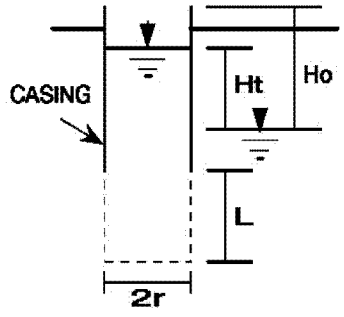
Ht : head when T2 (cm)

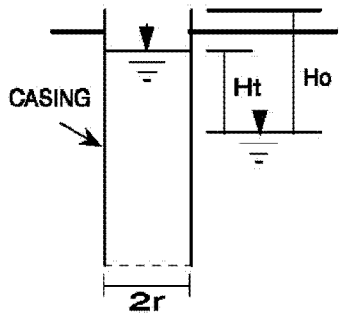
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-252-1			Tested By			전민익			
Test Section (m)	5.0	~	6.0	Date			2012.11.19			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	530.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	32.00			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	29.0	35.0	41.0	48.0	52.0	58.0	63.0	66.0	70.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
530.0	501.0	0.0	30.0	30.0	4.43E-04
501.0	495.0	30.0	60.0	30.0	9.48E-05
495.0	489.0	60.0	120.0	60.0	4.80E-05
489.0	482.0	120.0	180.0	60.0	5.67E-05
482.0	478.0	180.0	240.0	60.0	3.28E-05
478.0	472.0	240.0	300.0	60.0	4.97E-05
472.0	467.0	300.0	360.0	60.0	4.19E-05
467.0	464.0	360.0	420.0	60.0	2.54E-05
464.0	460.0	420.0	480.0	60.0	3.41E-05
				Average	**9.18E-05**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

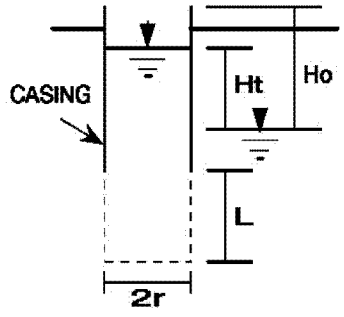
Ho : head when T1 (cm)

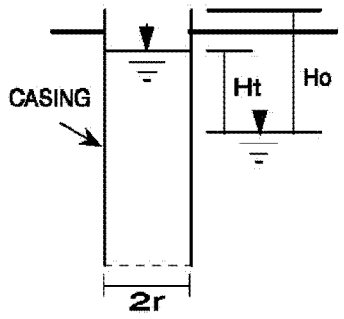
Ht : head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-253			Tested By			박진상			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.3.6			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	280.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	2.50			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			
Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	18.0	35.0	65.0	92.0	114.0	134.0	153.0	171.0	189.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
280.0	262.0	0.0	30.0	30.0	5.23E-04
262.0	245.0	30.0	60.0	30.0	5.28E-04
245.0	215.0	60.0	120.0	60.0	5.14E-04
215.0	188.0	120.0	180.0	60.0	5.28E-04
188.0	166.0	180.0	240.0	60.0	4.90E-04
166.0	146.0	240.0	300.0	60.0	5.05E-04
146.0	127.0	300.0	360.0	60.0	5.49E-04
127.0	109.0	360.0	420.0	60.0	6.01E-04
109.0	91.0	420.0	480.0	60.0	7.10E-04
				Average	**5.50E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

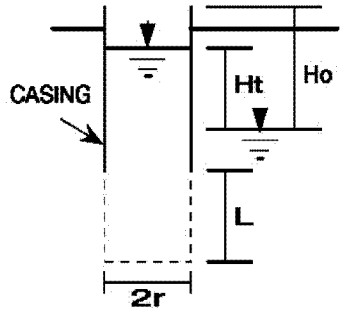
Ho : head when T1 (cm)

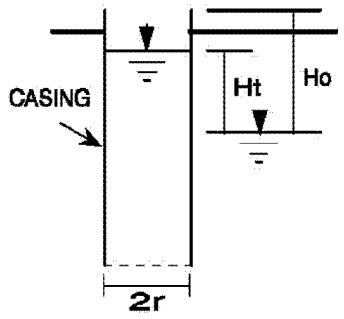
Ht : head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-254			Tested By			박진상			
Test Section (m)	10.0	~	11.0	Date			2012.3.7			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	1010.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	20.00			Casing Height from Ground Surface (cm)			10.0			
Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	100.0	180.0	320.0	445.0	561.0	666.0	767.0	856.0	936.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
1010.0	910.0	0.0	30.0	30.0	8.21E-04
910.0	830.0	30.0	60.0	30.0	7.24E-04
830.0	690.0	60.0	120.0	60.0	7.27E-04
690.0	565.0	120.0	180.0	60.0	7.86E-04
565.0	449.0	180.0	240.0	60.0	9.04E-04
449.0	344.0	240.0	300.0	60.0	1.05E-03
344.0	243.0	300.0	360.0	60.0	1.37E-03
243.0	154.0	360.0	420.0	60.0	1.79E-03
154.0	74.0	420.0	480.0	60.0	2.88E-03
				Average	**1.23E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

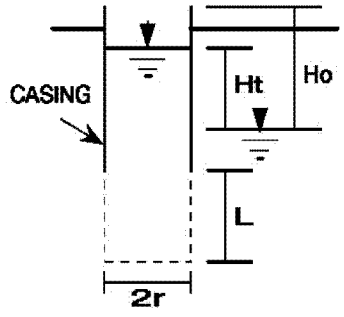
In above equation

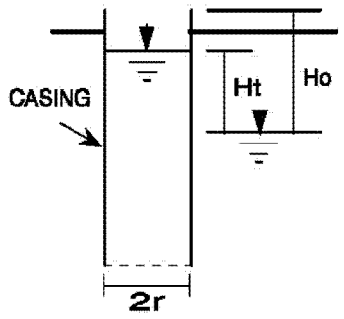
k	:	pemeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사										
Bore Hole Number	BH-254-1				Tested By			다이크(김민중)			
Test Section (m)	2.0	~	3.0		Date			2012.10.30			
Test Length, L (cm)	100.0				Soil Class (USCS)			붕적층(SM)			
Head (cm)	110.0				Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	0.70				Casing Height from Ground Surface (cm)			40.0			
Time (sec)	0.0	30	60	120	180						
draw-down (cm)	0.0	24.0	45.0	73.0	84.0						

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
110.0	86.0	0.0	30.0	30.0	1.94E-03
86.0	65.0	30.0	60.0	30.0	2.20E-03
65.0	37.0	60.0	120.0	60.0	2.22E-03
37.0	26.0	120.0	180.0	60.0	1.39E-03
				Average	**1.94E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

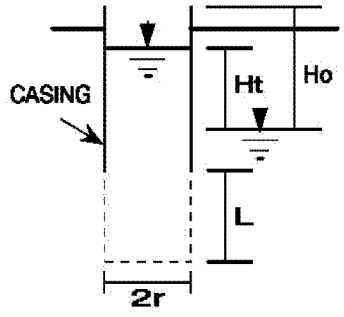
Ht : head when T2 (cm)

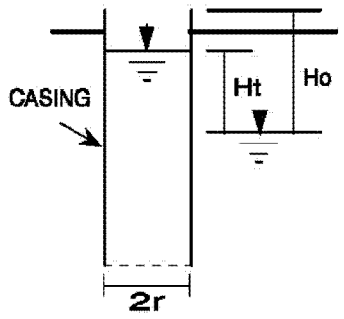
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-255			Tested By			다이크(김민중)			
Test Section (m)	5.0	~	6.0	Date			2012.10.31			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	420.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	4.00			Casing Height from Ground Surface (cm)			20.0			

Time (sec)	0.0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	10.0	19.0	38.0	57.0	78.0	98.0	115.0	131.0	152.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
420.0	410.0	0.0	30.0	30.0	1.90E-04
410.0	401.0	30.0	60.0	30.0	1.75E-04
401.0	382.0	60.0	120.0	60.0	1.91E-04
382.0	363.0	120.0	180.0	60.0	2.01E-04
363.0	342.0	180.0	240.0	60.0	2.35E-04
342.0	322.0	240.0	300.0	60.0	2.37E-04
322.0	305.0	300.0	360.0	60.0	2.13E-04
305.0	289.0	360.0	420.0	60.0	2.12E-04
289.0	268.0	420.0	480.0	60.0	2.97E-04
				Average	**2.17E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

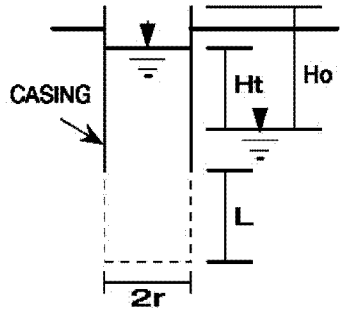
Ho : head when T1 (cm)

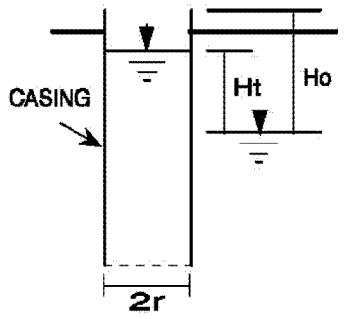
Ht : head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-255-1			Tested By			다이크(김민중)			
Test Section (m)	4.0	~	5.0	Date			2012.10.31			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	140.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.20			Casing Height from Ground Surface (cm)			20.0			
Time (sec)	0.0	30	60	120	180	240	300	360		
draw-down (cm)	0.0	15.0	28.0	51.0	68.0	82.0	94.0	106.0		

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
140.0	125.0	0.0	30.0	30.0	8.92E-04
125.0	112.0	30.0	60.0	30.0	8.64E-04
112.0	89.0	60.0	120.0	60.0	9.05E-04
89.0	72.0	120.0	180.0	60.0	8.34E-04
72.0	58.0	180.0	240.0	60.0	8.51E-04
58.0	46.0	240.0	300.0	60.0	9.12E-04
46.0	34.0	300.0	360.0	60.0	1.19E-03
				Average	**9.21E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

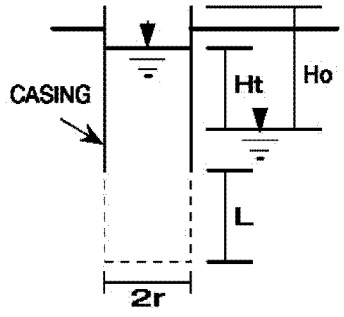
Ht : head when T2 (cm)

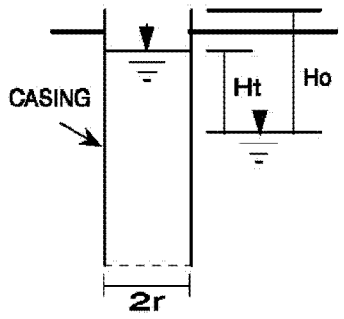
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-255-2			Tested By			다이크(김민중)			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.10.31			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	310.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	6.00			Casing Height from Ground Surface (cm)			10.0			

Time (sec)	0.0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	7.0	12.0	23.0	35.0	47.0	55.0	67.0	75.0	88.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
310.0	303.0	0.0	30.0	30.0	1.80E-04
303.0	298.0	30.0	60.0	30.0	1.31E-04
298.0	287.0	60.0	120.0	60.0	1.48E-04
287.0	275.0	120.0	180.0	60.0	1.68E-04
275.0	263.0	180.0	240.0	60.0	1.76E-04
263.0	255.0	240.0	300.0	60.0	1.22E-04
255.0	243.0	300.0	360.0	60.0	1.90E-04
243.0	235.0	360.0	420.0	60.0	1.32E-04
235.0	222.0	420.0	480.0	60.0	2.24E-04
				Average	**1.63E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

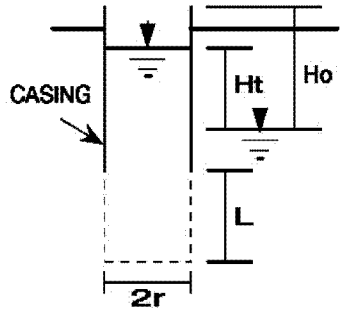
Ht : head when T2 (cm)

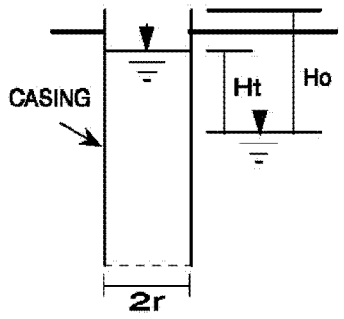
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-255-3			Tested By			다이크(김민중)			
Test Section (m)	2.0	~	3.0	Date			2012.11.1			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			전답토(SC)			
Head (cm)	190.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.40			Casing Height from Ground Surface (cm)			50.0			

Time (sec)	0.0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	8.0	15.0	30.0	42.0	51.0	60.0	69.0	76.0	94.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
190.0	182.0	0.0	30.0	30.0	3.39E-04
182.0	175.0	30.0	60.0	30.0	3.09E-04
175.0	160.0	60.0	120.0	60.0	3.53E-04
160.0	148.0	120.0	180.0	60.0	3.07E-04
148.0	139.0	180.0	240.0	60.0	2.47E-04
139.0	130.0	240.0	300.0	60.0	2.63E-04
130.0	121.0	300.0	360.0	60.0	2.82E-04
121.0	114.0	360.0	420.0	60.0	2.35E-04
114.0	96.0	420.0	480.0	60.0	6.76E-04
				Average	**3.34E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

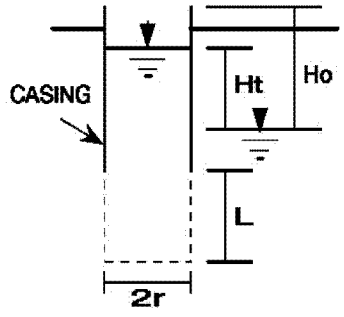
Ht : head when T2 (cm)

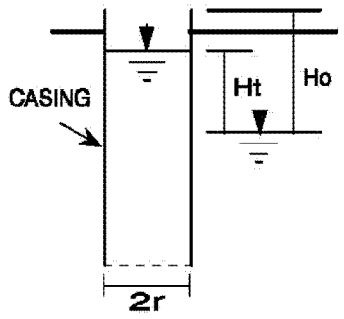
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-256			Tested By			박진상			
Test Section (m)	4.0	~	5.0	Date			2012.3.6			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			붕적층(CL)			
Head (cm)	410.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	4.00			Casing Height from Ground Surface (cm)			10.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	11.0	20.0	39.0	58.0	75.0	91.0	106.0	121.0	133.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
410.0	399.0	0.0	30.0	30.0	2.14E-04
399.0	390.0	30.0	60.0	30.0	1.80E-04
390.0	371.0	60.0	120.0	60.0	1.97E-04
371.0	352.0	120.0	180.0	60.0	2.07E-04
352.0	335.0	180.0	240.0	60.0	1.95E-04
335.0	319.0	240.0	300.0	60.0	1.93E-04
319.0	304.0	300.0	360.0	60.0	1.90E-04
304.0	289.0	360.0	420.0	60.0	1.99E-04
289.0	277.0	420.0	480.0	60.0	1.67E-04
				Average	**1.93E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

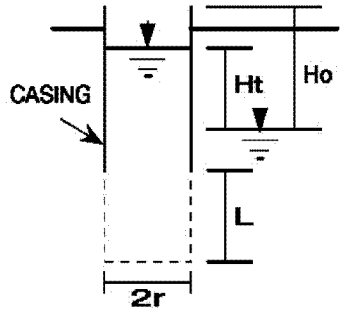
Ht : head when T2 (cm)

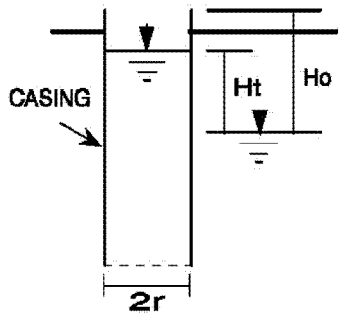
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-258			Tested By			박진상			
Test Section (m)	5.0	~	6.0	Date			2012.3.29			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	515.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	5.00			Casing Height from Ground Surface (cm)			15.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	58.0	115.0	208.0	297.0	382.0	467.0			

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
515.0	457.0	0.0	30.0	30.0	9.40E-04
457.0	400.0	30.0	60.0	30.0	1.05E-03
400.0	307.0	60.0	120.0	60.0	1.04E-03
307.0	218.0	120.0	180.0	60.0	1.35E-03
218.0	133.0	180.0	240.0	60.0	1.94E-03
133.0	48.0	240.0	300.0	60.0	4.01E-03
				Average	**1.72E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

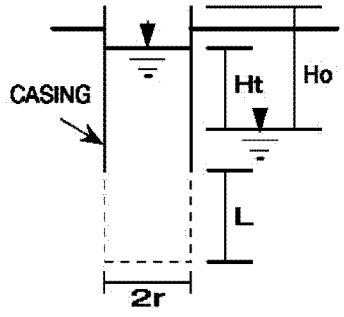
Ht : head when T2 (cm)

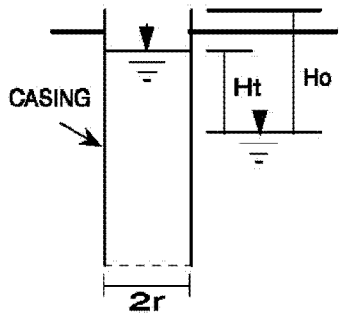
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
Bore Hole Number	BH-261		Tested By	전민익	
Test Section (m)	4.0	~ 5.0	Date	2012.11.14	
Test Length, L (cm)	100.0		Soil Class (USCS)	풍화토	
Head (cm)	120.0		Radius of Casing, r (cm)	3.8	
Ground Water Depth, GWL (m)	0.90		Casing Height from Ground Surface (cm)	30.0	

Time (sec)	0	15	30	60	120	180				
draw-down (cm)	0.0	36.0	54.0	74.0	90.0	119.0				

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
120.0	84.0	0.0	15.0	15.0	5.61E-03
84.0	66.0	15.0	30.0	15.0	3.80E-03
66.0	46.0	30.0	60.0	30.0	2.84E-03
46.0	30.0	60.0	120.0	60.0	1.68E-03
30.0	1.0	120.0	180.0	60.0	1.34E-02
1.0	120.0	180.0	0.0	-180.0	6.28E-03
				Average	**5.60E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

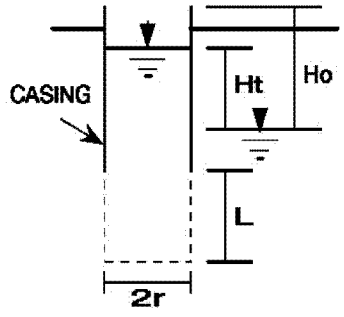
Ht : head when T2 (cm)

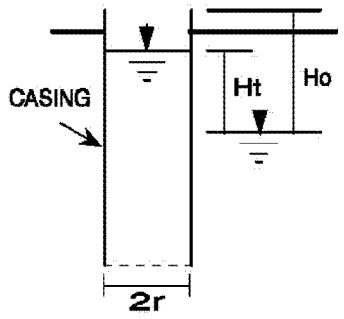
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사					
Bore Hole Number	BH-261-1			Tested By	전민익	
Test Section (m)	7.0	~	8.0	Date	2012.11.12	
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)	풍화토	
Head (cm)	200.0			Radius of Casing, r (cm)	3.8	
Ground Water Depth, GWL (m)	1.70			Casing Height from Ground Surface (cm)	30.0	

Time (sec)	0	30	60	120	180	240				
draw-down (cm)	0.0	35.0	64.0	115.0	165.0	199.0				

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
200.0	165.0	0.0	30.0	30.0	1.51E-03
165.0	136.0	30.0	60.0	30.0	1.52E-03
136.0	85.0	60.0	120.0	60.0	1.85E-03
85.0	35.0	120.0	180.0	60.0	3.49E-03
35.0	1.0	180.0	240.0	60.0	1.40E-02
				Average	**4.47E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

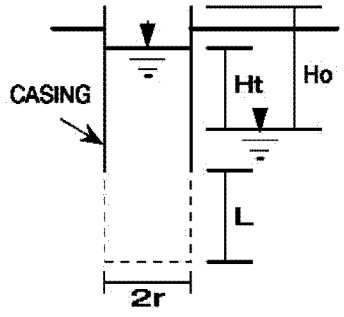
k	:	pemeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

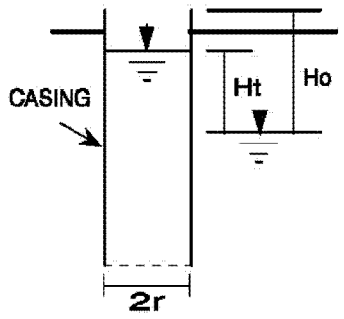
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-261-2			Tested By			전민익			
Test Section (m)	4.0	~	5.0	Date			2012.11.13			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	190.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.60			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	25.0	43.0	76.0	88.0	96.0	102.0	109.0	115.0	119.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
190.0	165.0	0.0	30.0	30.0	1.11E-03
165.0	147.0	30.0	60.0	30.0	9.09E-04
147.0	114.0	60.0	120.0	60.0	1.00E-03
114.0	102.0	120.0	180.0	60.0	4.38E-04
102.0	94.0	180.0	240.0	60.0	3.21E-04
94.0	88.0	240.0	300.0	60.0	2.60E-04
88.0	81.0	300.0	360.0	60.0	3.26E-04
81.0	75.0	360.0	420.0	60.0	3.03E-04
75.0	71.0	420.0	480.0	60.0	2.16E-04
				Average	**5.43E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

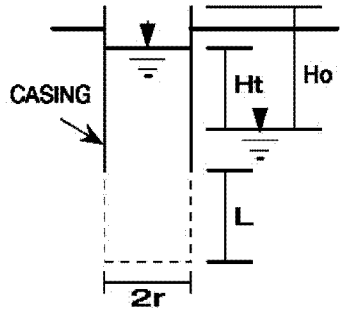
Ht : head when T2 (cm)

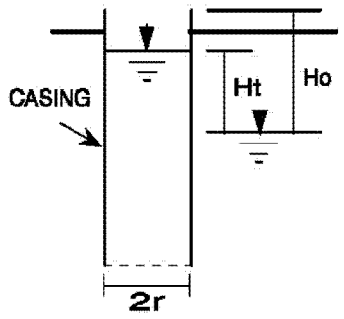
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-261-3			Tested By			전민익			
Test Section (m)	10.0	~	11.0	Date			2012.11.27			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	750.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	7.20			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	30.0	55.0	81.0	102.0	122.0	141.0	159.0	176.0	195.0

Ho (cm)	Ht (cm)		T2	T	k (cm/sec)
750.0	720.0	0.0	30.0	30.0	3.21E-04
720.0	695.0	30.0	60.0	30.0	2.78E-04
695.0	669.0	60.0	120.0	60.0	1.50E-04
669.0	648.0	120.0	180.0	60.0	1.26E-04
648.0	628.0	180.0	240.0	60.0	1.23E-04
628.0	609.0	240.0	300.0	60.0	1.21E-04
609.0	591.0	300.0	360.0	60.0	1.18E-04
591.0	574.0	360.0	420.0	60.0	1.15E-04
574.0	555.0	420.0	480.0	60.0	1.32E-04
				Average	**1.65E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

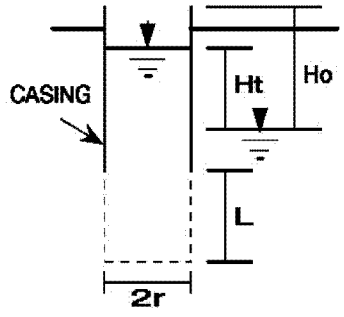
Ht : head when T2 (cm)

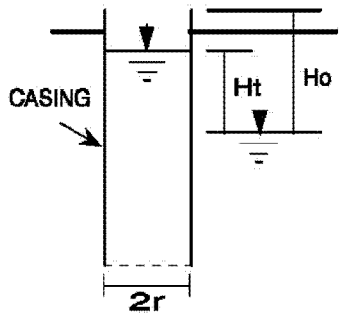
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-261-4			Tested By	전민익					
Test Section (m)	6.0	~	7.0	Date	2012.11.27					
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)	풍화토					
Head (cm)	630.0			Radius of Casing, r (cm)	3.8					
Ground Water Depth, GWL (m)	8.00			Casing Height from Ground Surface (cm)	30.0					

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	37.0	64.0	122.0	168.0	195.0	221.0	240.0	260.0	277.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
630.0	593.0	0.0	30.0	30.0	4.76E-04
593.0	566.0	30.0	60.0	30.0	3.67E-04
566.0	508.0	60.0	120.0	60.0	4.25E-04
508.0	462.0	120.0	180.0	60.0	3.74E-04
462.0	435.0	180.0	240.0	60.0	2.37E-04
435.0	409.0	240.0	300.0	60.0	2.43E-04
409.0	390.0	300.0	360.0	60.0	1.87E-04
390.0	370.0	360.0	420.0	60.0	2.07E-04
370.0	353.0	420.0	480.0	60.0	1.85E-04
				Average	**3.00E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

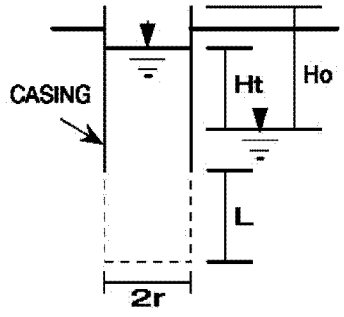
Ht : head when T2 (cm)

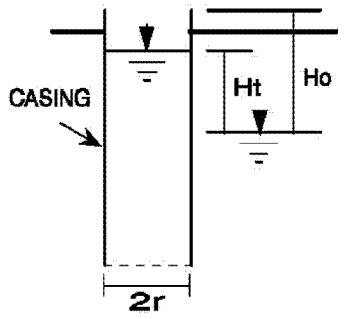
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-261-5			Tested By			다이크(김민중)			
Test Section (m)	4.0	~	5.0	Date			2012.11.1			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	430.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	9.20			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0.0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	8.0	17.0	33.0	46.0	59.0	72.0	85.0	100.0	114.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
430.0	422.0	0.0	30.0	30.0	1.48E-04
422.0	413.0	30.0	60.0	30.0	1.70E-04
413.0	397.0	60.0	120.0	60.0	1.55E-04
397.0	384.0	120.0	180.0	60.0	1.31E-04
384.0	371.0	180.0	240.0	60.0	1.36E-04
371.0	358.0	240.0	300.0	60.0	1.40E-04
358.0	345.0	300.0	360.0	60.0	1.46E-04
345.0	330.0	360.0	420.0	60.0	1.75E-04
330.0	316.0	420.0	480.0	60.0	1.71E-04
				Average	**1.52E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

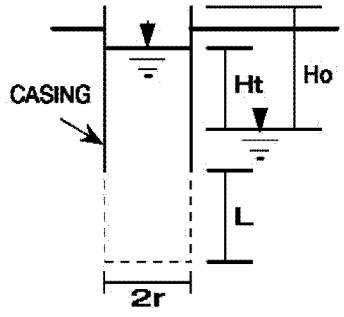
Ht : head when T2 (cm)

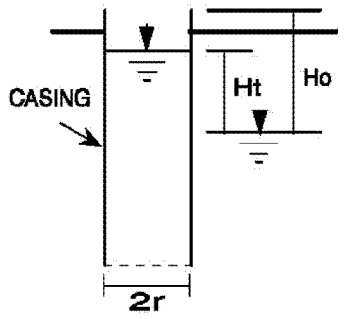
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-261-6			Tested By			다이크(김민중)			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.11.2			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	350.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	6.00			Casing Height from Ground Surface (cm)			50.0			

Time (sec)	0.0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	16.0	32.0	62.0	81.0	103.0	125.0	144.0	167.0	181.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
350.0	334.0	0.0	30.0	30.0	3.68E-04
334.0	318.0	30.0	60.0	30.0	3.86E-04
318.0	288.0	60.0	120.0	60.0	3.90E-04
288.0	269.0	120.0	180.0	60.0	2.69E-04
269.0	247.0	180.0	240.0	60.0	3.36E-04
247.0	225.0	240.0	300.0	60.0	3.67E-04
225.0	206.0	300.0	360.0	60.0	3.47E-04
206.0	183.0	360.0	420.0	60.0	4.66E-04
183.0	169.0	420.0	480.0	60.0	3.13E-04
				Average	**3.60E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

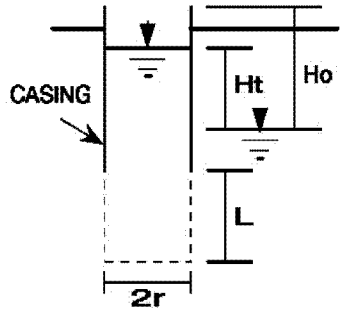
Ht : head when T2 (cm)

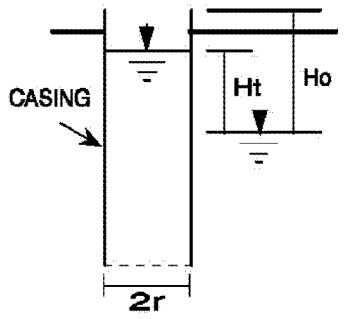
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-261-7			Tested By			다이크(김민중)			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.11.2			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	320.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	9.30			Casing Height from Ground Surface (cm)			20.0			

Time (sec)	0.0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	22.0	46.0	92.0	128.0	152.0	177.0	201.0	218.0	244.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
320.0	298.0	0.0	30.0	30.0	5.61E-04
298.0	274.0	30.0	60.0	30.0	6.61E-04
274.0	228.0	60.0	120.0	60.0	7.23E-04
228.0	192.0	120.0	180.0	60.0	6.76E-04
192.0	168.0	180.0	240.0	60.0	5.25E-04
168.0	143.0	240.0	300.0	60.0	6.34E-04
143.0	119.0	300.0	360.0	60.0	7.23E-04
119.0	102.0	360.0	420.0	60.0	6.07E-04
102.0	76.0	420.0	480.0	60.0	1.16E-03
				Average	**6.96E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

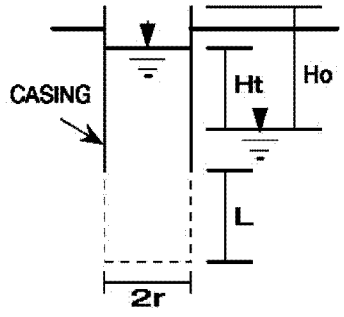
Ht : head when T2 (cm)

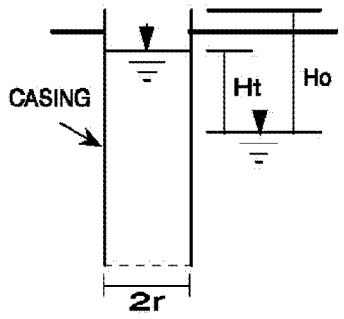
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-261-8			Tested By			다이크(김민중)			
Test Section (m)	4.0	~	5.0	Date			2012.11.1			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	440.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	4.30			Casing Height from Ground Surface (cm)			10.0			

Time (sec)	0.0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	10.0	19.0	36.0	55.0	70.0	86.0	100.0	108.0	120.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
440.0	430.0	0.0	30.0	30.0	1.81E-04
430.0	421.0	30.0	60.0	30.0	1.66E-04
421.0	404.0	60.0	120.0	60.0	1.62E-04
404.0	385.0	120.0	180.0	60.0	1.90E-04
385.0	370.0	180.0	240.0	60.0	1.56E-04
370.0	354.0	240.0	300.0	60.0	1.74E-04
354.0	340.0	300.0	360.0	60.0	1.59E-04
340.0	332.0	360.0	420.0	60.0	9.37E-05
332.0	320.0	420.0	480.0	60.0	1.45E-04
				Average	**1.59E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

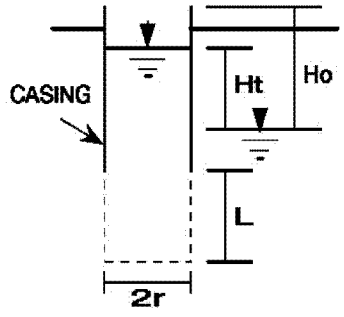
In above equation

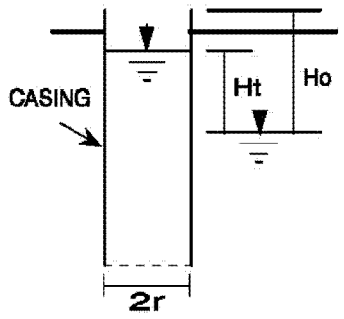
k	:	pemeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-267-1			Tested By			다이크(김민중)			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.11.2			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	230.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	2.10			Casing Height from Ground Surface (cm)			20.0			
Time (sec)	0.0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	18.0	30.0	48.0	73.0	94.0	112.0	127.0	139.0	151.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
230.0	212.0	0.0	30.0	30.0	6.41E-04
212.0	200.0	30.0	60.0	30.0	4.59E-04
200.0	182.0	60.0	120.0	60.0	3.71E-04
182.0	157.0	120.0	180.0	60.0	5.81E-04
157.0	136.0	180.0	240.0	60.0	5.65E-04
136.0	118.0	240.0	300.0	60.0	5.59E-04
118.0	103.0	300.0	360.0	60.0	5.35E-04
103.0	91.0	360.0	420.0	60.0	4.87E-04
91.0	79.0	420.0	480.0	60.0	5.56E-04
				Average	**5.28E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

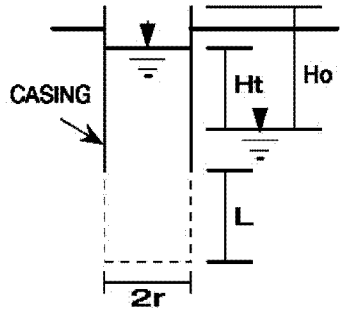
In above equation

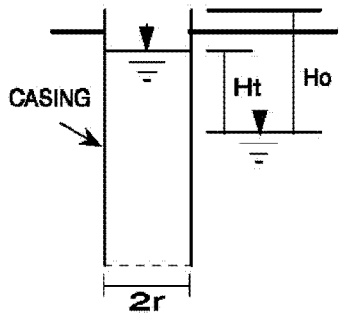
k	:	pemeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-268			Tested By			박진상			
Test Section (m)	8.0	~	9.0	Date			2012.3.28			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	455.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	4.50			Casing Height from Ground Surface (cm)			5.0			
Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	38.0	78.0	155.0	230.0	304.0	369.0	426.0		

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
455.0	417.0	0.0	30.0	30.0	6.86E-04
417.0	377.0	30.0	60.0	30.0	7.94E-04
377.0	300.0	60.0	120.0	60.0	8.99E-04
300.0	225.0	120.0	180.0	60.0	1.13E-03
225.0	151.0	180.0	240.0	60.0	1.57E-03
151.0	86.0	240.0	300.0	60.0	2.22E-03
86.0	29.0	300.0	360.0	60.0	4.28E-03
				Average	**1.65E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

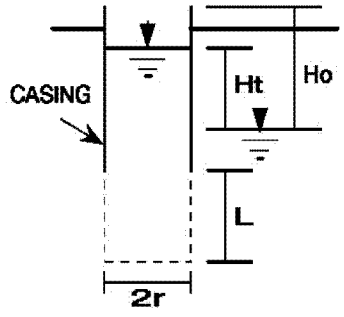
Ht : head when T2 (cm)

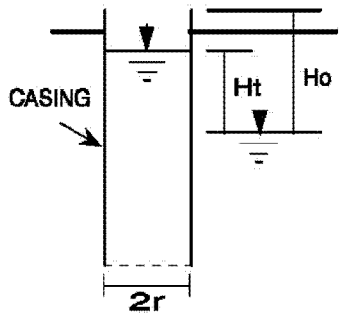
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-269			Tested By			전민익			
Test Section (m)	5.0	~	6.0	Date			2012.10.17			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	140.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.10			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	21.0	43.0	56.0	75.0	82.0	90.0	95.0	100.0	103.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
140.0	119.0	0.0	30.0	30.0	1.28E-03
119.0	97.0	30.0	60.0	30.0	1.61E-03
97.0	84.0	60.0	120.0	60.0	5.66E-04
84.0	65.0	120.0	180.0	60.0	1.01E-03
65.0	58.0	180.0	240.0	60.0	4.48E-04
58.0	50.0	240.0	300.0	60.0	5.84E-04
50.0	45.0	300.0	360.0	60.0	4.15E-04
45.0	40.0	360.0	420.0	60.0	4.63E-04
40.0	37.0	420.0	480.0	60.0	3.07E-04
				Average	**7.42E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

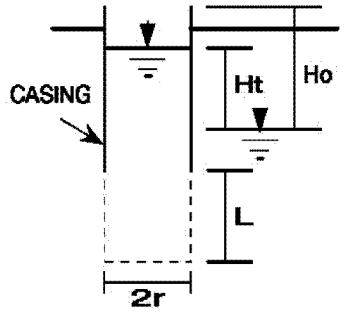
Ho : head when T1 (cm)

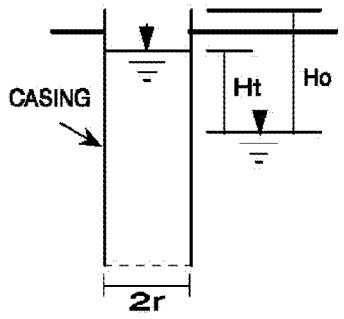
Ht : head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-272			Tested By			박진상			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.3.24			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SM)			
Head (cm)	210.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	0.50			Casing Height from Ground Surface (cm)			160.0			
Time (sec)	0	10	20	30	40	50	60			
draw-down (cm)	0.0	32.0	63.0	90.0	116.0	141.0	164.0			

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
210.0	178.0	0.0	10.0	10.0	3.90E-03
178.0	147.0	10.0	20.0	10.0	4.52E-03
147.0	120.0	20.0	30.0	10.0	4.79E-03
120.0	94.0	30.0	40.0	10.0	5.77E-03
94.0	69.0	40.0	50.0	10.0	7.30E-03
69.0	46.0	50.0	60.0	10.0	9.57E-03
				Average	**5.98E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

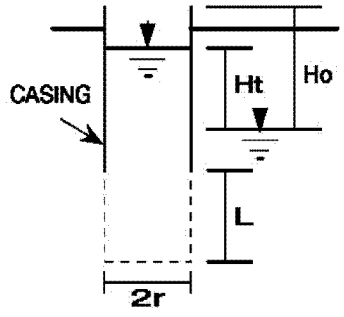
Ht : head when T2 (cm)

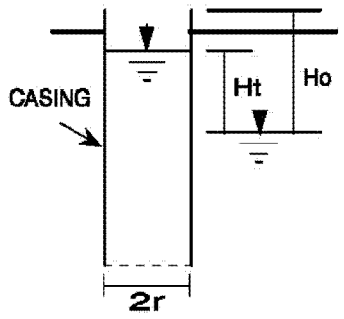
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사					
Bore Hole Number	BH-274			Tested By	전민익	
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date	2012.11.28	
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)	퇴적층(GM)	
Head (cm)	350.0			Radius of Casing, r (cm)	3.8	
Ground Water Depth, GWL (m)	3.20			Casing Height from Ground Surface (cm)	30.0	

Time (sec)	0	15	30	60	90					
draw-down (cm)	0.0	85.0	150.0	240.0	349.0					

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
350.0	265.0	0.0	15.0	15.0	4.38E-03
265.0	200.0	15.0	30.0	15.0	4.43E-03
200.0	110.0	30.0	60.0	30.0	4.71E-03
110.0	1.0	60.0	90.0	30.0	3.70E-02
1.0	350.0	90.0	0.0	-90.0	1.54E-02
				Average	**1.32E-02**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

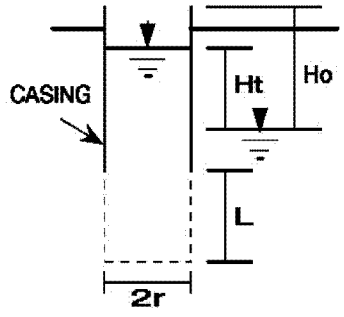
In above equation

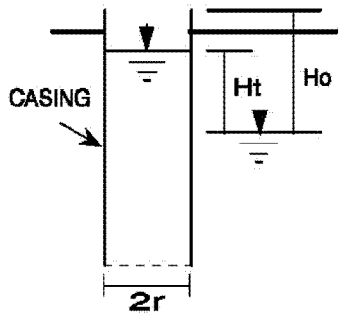
k	:	pemeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-276			Tested By			박진상			
Test Section (m)	11.0	~	12.0	Date			2012.3.29			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SP)			
Head (cm)	820.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	8.10			Casing Height from Ground Surface (cm)			10.0			
Time (sec)	0	10	20	30	40	50	60			
draw-down (cm)	0.0	152.0	300.0	442.0	572.0	697.0	801.0			

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
820.0	668.0	0.0	10.0	10.0	4.84E-03
668.0	520.0	10.0	20.0	10.0	5.91E-03
520.0	378.0	20.0	30.0	10.0	7.53E-03
378.0	248.0	30.0	40.0	10.0	9.95E-03
248.0	123.0	40.0	50.0	10.0	1.66E-02
123.0	19.0	50.0	60.0	10.0	4.41E-02
				Average	**1.48E-02**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

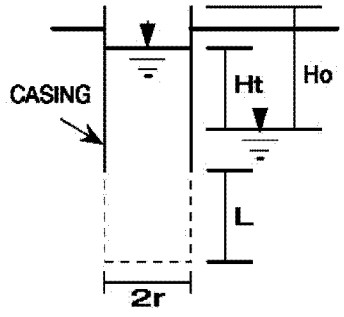
- k : pemeability (cm / sec)
- r : radius of casing (cm)
- L : test length (cm)
- T : tested time (T2 - T1)
- Ho : head when T1 (cm)
- Ht : head when T2 (cm)

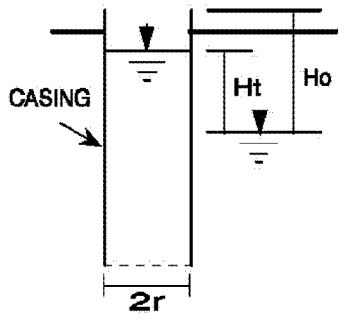
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-278			Tested By			전민익			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.11.21			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(CL)			
Head (cm)	330.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	4.60			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	17.0	30.0	52.0	68.0	79.0	84.0	89.0	95.0	100.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
330.0	313.0	0.0	30.0	30.0	4.16E-04
313.0	300.0	30.0	60.0	30.0	3.34E-04
300.0	278.0	60.0	120.0	60.0	3.00E-04
278.0	262.0	120.0	180.0	60.0	2.33E-04
262.0	251.0	180.0	240.0	60.0	1.69E-04
251.0	246.0	240.0	300.0	60.0	7.92E-05
246.0	241.0	300.0	360.0	60.0	8.08E-05
241.0	235.0	360.0	420.0	60.0	9.92E-05
235.0	230.0	420.0	480.0	60.0	8.46E-05
				Average	**2.00E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

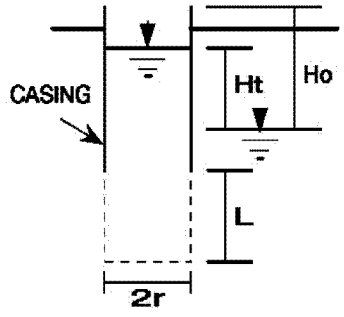
Ht : head when T2 (cm)

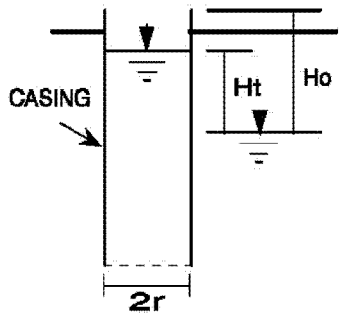
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-279			Tested By			전민익			
Test Section (m)	8.0	~	9.0	Date			2012.11.22			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(GM)			
Head (cm)	520.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	4.90			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	15	30	60	90	120	150			
draw-down (cm)	0.0	61.0	120.0	186.0	265.0	345.0	405.0			

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
520.0	459.0	0.0	15.0	15.0	1.96E-03
459.0	400.0	15.0	30.0	15.0	2.17E-03
400.0	334.0	30.0	60.0	30.0	1.42E-03
334.0	255.0	60.0	90.0	30.0	2.12E-03
255.0	175.0	90.0	120.0	30.0	2.96E-03
175.0	115.0	120.0	150.0	30.0	3.30E-03
				Average	**2.32E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

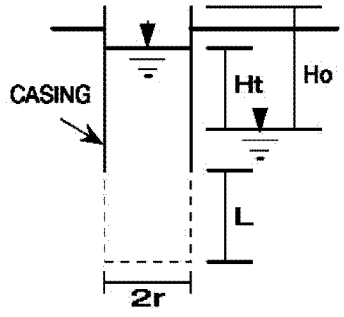
k	:	pemeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

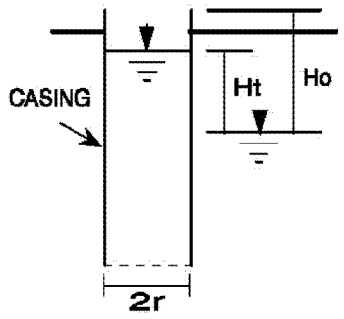
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-280			Tested By			전민익			
Test Section (m)	5.0	~	6.0	Date			2012.11.14			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(CL)			
Head (cm)	220.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.90			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	22.0	42.0	75.0	96.0	115.0	131.0	145.0	154.0	160.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
220.0	198.0	0.0	30.0	30.0	8.29E-04
198.0	178.0	30.0	60.0	30.0	8.38E-04
178.0	145.0	60.0	120.0	60.0	8.07E-04
145.0	124.0	120.0	180.0	60.0	6.16E-04
124.0	105.0	180.0	240.0	60.0	6.54E-04
105.0	89.0	240.0	300.0	60.0	6.51E-04
89.0	75.0	300.0	360.0	60.0	6.73E-04
75.0	66.0	360.0	420.0	60.0	5.03E-04
66.0	60.0	420.0	480.0	60.0	3.75E-04
				Average	**6.61E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

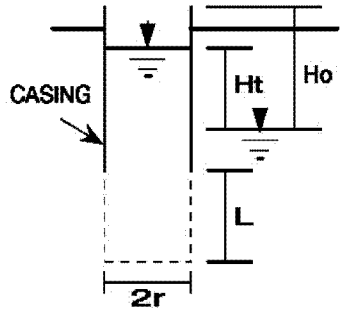
Ht : head when T2 (cm)

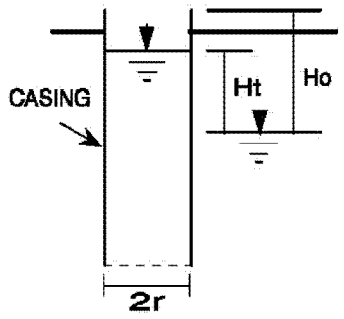
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-281			Tested By			전민익			
Test Section (m)	6.0	~	7.0	Date			2012.11.23			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(CL)			
Head (cm)	460.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	4.30			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	15.0	31.0	42.0	50.0	55.0	60.0	63.0	64.0	65.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
460.0	445.0	0.0	30.0	30.0	2.61E-04
445.0	429.0	30.0	60.0	30.0	2.88E-04
429.0	418.0	60.0	120.0	60.0	1.02E-04
418.0	410.0	120.0	180.0	60.0	7.60E-05
410.0	405.0	180.0	240.0	60.0	4.83E-05
405.0	400.0	240.0	300.0	60.0	4.89E-05
400.0	397.0	300.0	360.0	60.0	2.96E-05
397.0	396.0	360.0	420.0	60.0	9.92E-06
396.0	395.0	420.0	480.0	60.0	9.95E-06
				Average	**9.71E-05**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

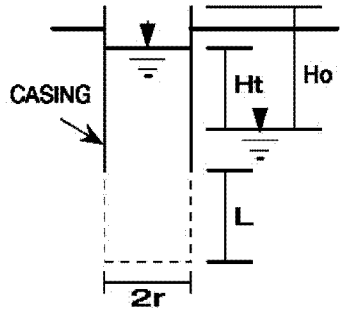
Ho : head when T1 (cm)

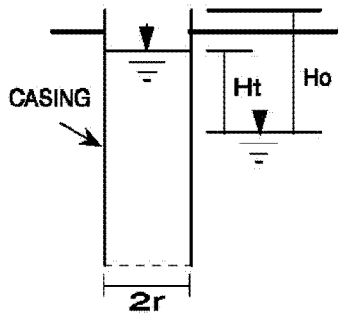
Ht : head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-282			Tested By			박진상			
Test Section (m)	4.0	~	5.0	Date			2012.4.25			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	415.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	29.70			Casing Height from Ground Surface (cm)			15.0			
Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	14.0	28.0	55.0	80.0	105.0	127.0	147.0	166.0	181.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
415.0	401.0	0.0	30.0	30.0	2.70E-04
401.0	387.0	30.0	60.0	30.0	2.80E-04
387.0	360.0	60.0	120.0	60.0	2.85E-04
360.0	335.0	120.0	180.0	60.0	2.83E-04
335.0	310.0	180.0	240.0	60.0	3.05E-04
310.0	288.0	240.0	300.0	60.0	2.90E-04
288.0	268.0	300.0	360.0	60.0	2.83E-04
268.0	249.0	360.0	420.0	60.0	2.89E-04
249.0	234.0	420.0	480.0	60.0	2.44E-04
				Average	**2.81E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

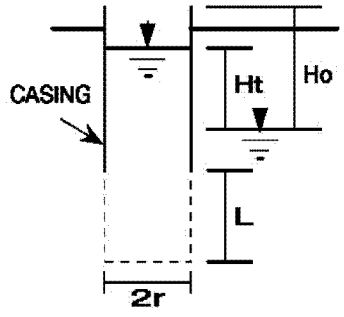
Ht : head when T2 (cm)

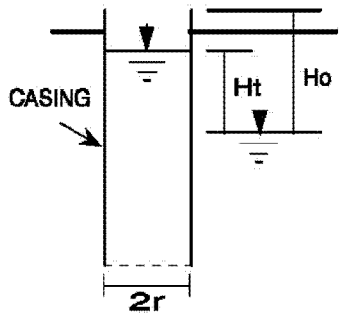
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-284			Tested By			박진상			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.4.23			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	310.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	24.20			Casing Height from Ground Surface (cm)			10.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	10.0	20.0	40.0	59.0	77.0	92.0	105.0	115.0	122.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
310.0	300.0	0.0	30.0	30.0	2.58E-04
300.0	290.0	30.0	60.0	30.0	2.67E-04
290.0	270.0	60.0	120.0	60.0	2.81E-04
270.0	251.0	120.0	180.0	60.0	2.87E-04
251.0	233.0	180.0	240.0	60.0	2.93E-04
233.0	218.0	240.0	300.0	60.0	2.62E-04
218.0	205.0	300.0	360.0	60.0	2.42E-04
205.0	195.0	360.0	420.0	60.0	1.97E-04
195.0	188.0	420.0	480.0	60.0	1.44E-04
				Average	**2.48E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

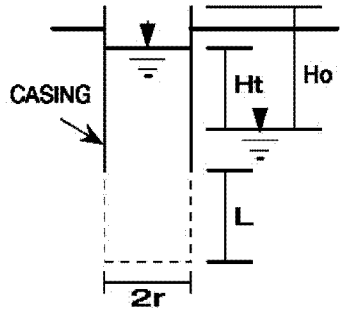
Ht : head when T2 (cm)

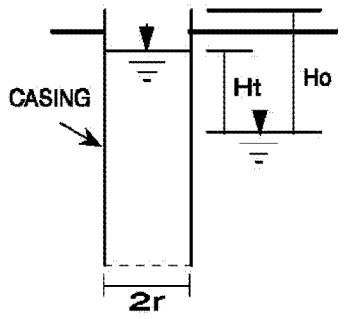
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-285-1			Tested By			전민익			
Test Section (m)	5.0	~	6.0	Date			2012.10.25			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SC)			
Head (cm)	380.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	3.50			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	24.0	47.0	79.0	130.0	160.0	186.0	202.0	221.0	238.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
380.0	356.0	0.0	30.0	30.0	5.13E-04
356.0	333.0	30.0	60.0	30.0	5.26E-04
333.0	301.0	60.0	120.0	60.0	3.98E-04
301.0	250.0	120.0	180.0	60.0	7.31E-04
250.0	220.0	180.0	240.0	60.0	5.03E-04
220.0	194.0	240.0	300.0	60.0	4.95E-04
194.0	178.0	300.0	360.0	60.0	3.39E-04
178.0	159.0	360.0	420.0	60.0	4.44E-04
159.0	142.0	420.0	480.0	60.0	4.45E-04
				Average	**4.88E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

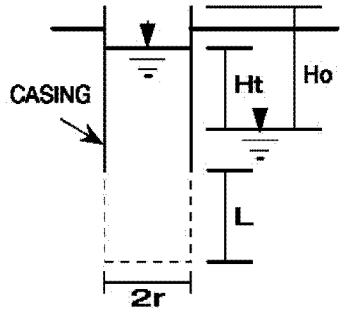
Ht : head when T2 (cm)

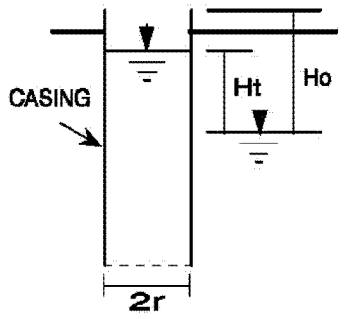
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-285-2			Tested By			전민익			
Test Section (m)	4.0	~	5.0	Date			2012.11.8			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(ML)			
Head (cm)	190.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.60			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	21.0	38.0	61.0	81.0	97.0	112.0	122.0	131.0	140.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
190.0	169.0	0.0	30.0	30.0	9.22E-04
169.0	152.0	30.0	60.0	30.0	8.34E-04
152.0	129.0	60.0	120.0	60.0	6.46E-04
129.0	109.0	120.0	180.0	60.0	6.63E-04
109.0	93.0	180.0	240.0	60.0	6.25E-04
93.0	78.0	240.0	300.0	60.0	6.92E-04
78.0	68.0	300.0	360.0	60.0	5.40E-04
68.0	59.0	360.0	420.0	60.0	5.59E-04
59.0	50.0	420.0	480.0	60.0	6.51E-04
				Average	**6.81E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

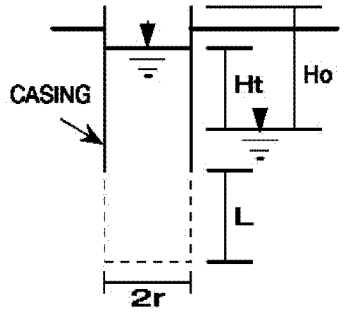
Ht : head when T2 (cm)

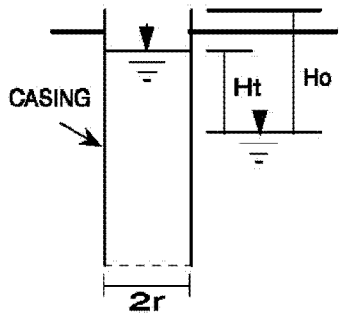
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
Bore Hole Number	BH-286		Tested By	전민익	
Test Section (m)	7.0	~ 8.0	Date	2012.11.9	
Test Length, L (cm)	100.0		Soil Class (USCS)	퇴적층(SM)	
Head (cm)	450.0		Radius of Casing, r (cm)	3.8	
Ground Water Depth, GWL (m)	4.20		Casing Height from Ground Surface (cm)	30.0	

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	
draw-down (cm)	0.0	41.0	78.0	125.0	160.0	250.0	340.0	410.0	449.0	

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
450.0	409.0	0.0	30.0	30.0	7.52E-04
409.0	372.0	30.0	60.0	30.0	7.46E-04
372.0	325.0	60.0	120.0	60.0	5.32E-04
325.0	290.0	120.0	180.0	60.0	4.48E-04
290.0	200.0	180.0	240.0	60.0	1.46E-03
200.0	110.0	240.0	300.0	60.0	2.35E-03
110.0	40.0	300.0	360.0	60.0	3.98E-03
40.0	1.0	360.0	420.0	60.0	1.45E-02
				Average	**3.10E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

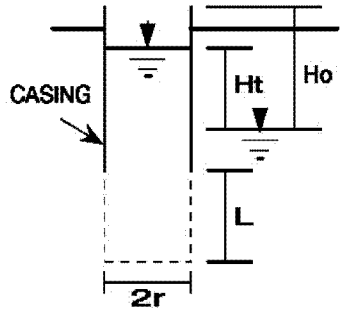
k	:	permeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

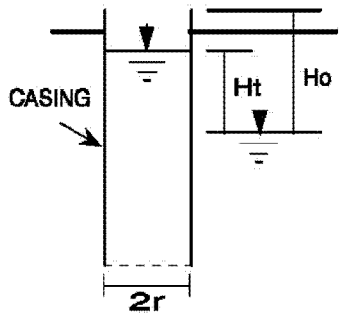
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-286-1			Tested By			전민익			
Test Section (m)	2.0	~	3.0	Date			2012.11.10			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SM)			
Head (cm)	230.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	4.60			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300			
draw-down (cm)	0.0	36.0	61.0	105.0	166.0	202.0	229.0			

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
230.0	194.0	0.0	30.0	30.0	1.34E-03
194.0	169.0	30.0	60.0	30.0	1.09E-03
169.0	125.0	60.0	120.0	60.0	1.19E-03
125.0	64.0	120.0	180.0	60.0	2.63E-03
64.0	28.0	180.0	240.0	60.0	3.25E-03
28.0	1.0	240.0	300.0	60.0	1.31E-02
				Average	**3.77E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

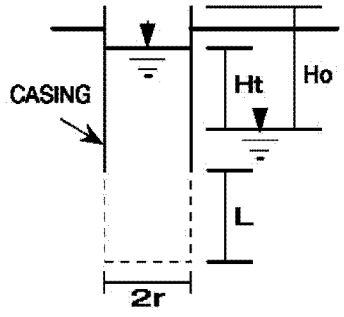
Ht : head when T2 (cm)

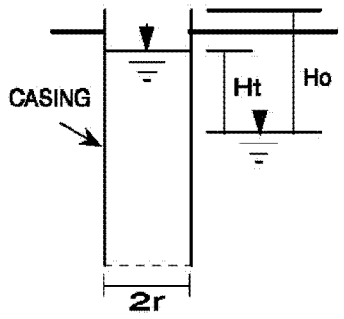
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-286-2			Tested By			전민익			
Test Section (m)	7.0	~	8.0	Date			2012.11.10			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SM)			
Head (cm)	410.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	3.80			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	53.0	102.0	187.0	246.0	300.0	350.0	380.0	409.0	

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
410.0	357.0	0.0	30.0	30.0	1.09E-03
357.0	308.0	30.0	60.0	30.0	1.16E-03
308.0	223.0	60.0	120.0	60.0	1.27E-03
223.0	164.0	120.0	180.0	60.0	1.21E-03
164.0	110.0	180.0	240.0	60.0	1.57E-03
110.0	60.0	240.0	300.0	60.0	2.39E-03
60.0	30.0	300.0	360.0	60.0	2.73E-03
30.0	1.0	360.0	420.0	60.0	1.34E-02
				Average	**3.10E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

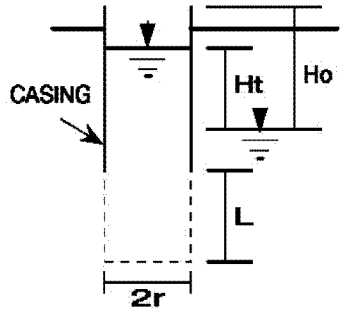
Ht : head when T2 (cm)

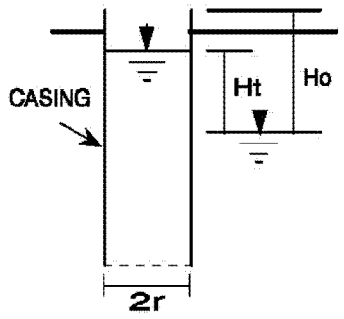
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-287			Tested By			전민익			
Test Section (m)	2.0	~	3.0	Date			2012.11.30			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	230.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	19.00			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	15.0	30.0	48.0	52.0	58.0	64.0	68.0	72.0	75.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
230.0	215.0	0.0	30.0	30.0	5.31E-04
215.0	200.0	30.0	60.0	30.0	5.69E-04
200.0	182.0	60.0	120.0	60.0	3.71E-04
182.0	178.0	120.0	180.0	60.0	8.75E-05
178.0	172.0	180.0	240.0	60.0	1.35E-04
172.0	166.0	240.0	300.0	60.0	1.40E-04
166.0	162.0	300.0	360.0	60.0	9.60E-05
162.0	158.0	360.0	420.0	60.0	9.84E-05
158.0	155.0	420.0	480.0	60.0	7.54E-05
				Average	**2.34E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

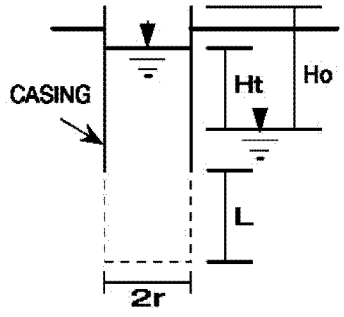
Ho : head when T1 (cm)

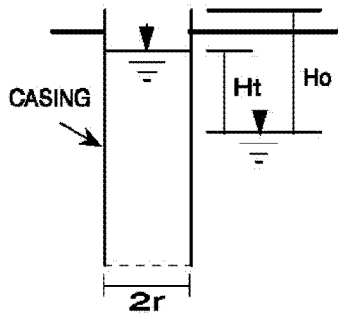
Ht : head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-287-1			Tested By	전민익					
Test Section (m)	4.0	~	5.0	Date	2012.11.15					
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)	퇴적층(SP)					
Head (cm)	130.0			Radius of Casing, r (cm)	3.8					
Ground Water Depth, GWL (m)	1.00			Casing Height from Ground Surface (cm)	30.0					
Time (sec)	0	15	30	60	90					
draw-down (cm)	0.0	30.0	60.0	110.0	129.0					

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
130.0	100.0	0.0	15.0	15.0	4.13E-03
100.0	70.0	15.0	30.0	15.0	5.61E-03
70.0	20.0	30.0	60.0	30.0	9.86E-03
20.0	1.0	60.0	90.0	30.0	2.36E-02
				Average	**1.08E-02**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

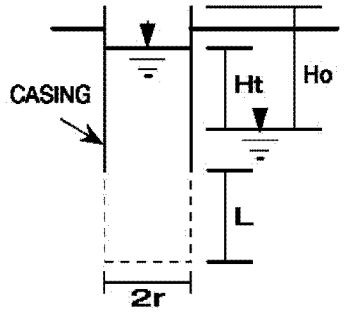
k	:	permeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

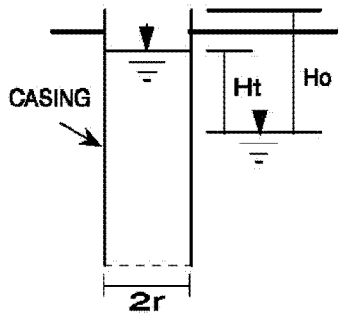
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
Bore Hole Number	BH-288		Tested By	전민익	
Test Section (m)	6.0	~ 7.0	Date	2012.10.26	
Test Length, L (cm)	100.0		Soil Class (USCS)	퇴적층(SM)	
Head (cm)	280.0		Radius of Casing, r (cm)	3.8	
Ground Water Depth, GWL (m)	2.50		Casing Height from Ground Surface (cm)	30.0	

Time (sec)	0	15	30	60	90	120	150			
draw-down (cm)	0.0	30.0	65.0	120.0	185.0	245.0	279.0			

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
280.0	250.0	0.0	15.0	15.0	1.78E-03
250.0	215.0	15.0	30.0	15.0	2.37E-03
215.0	160.0	30.0	60.0	30.0	2.33E-03
160.0	95.0	60.0	90.0	30.0	4.10E-03
95.0	35.0	90.0	120.0	30.0	7.86E-03
35.0	1.0	120.0	150.0	30.0	2.80E-02
				Average	**7.74E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

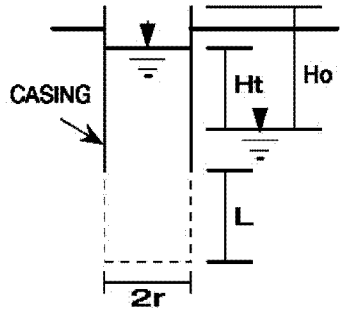
Ht : head when T2 (cm)

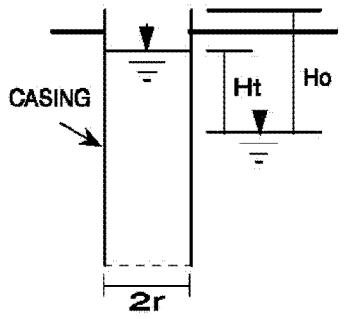
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-288-1			Tested By			전민익			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.10.17			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	270.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	2.40			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	14.0	27.0	50.0	62.0	70.0	76.0	81.0	85.0	88.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
270.0	256.0	0.0	30.0	30.0	4.19E-04
256.0	243.0	30.0	60.0	30.0	4.10E-04
243.0	220.0	60.0	120.0	60.0	3.91E-04
220.0	208.0	120.0	180.0	60.0	2.21E-04
208.0	200.0	180.0	240.0	60.0	1.54E-04
200.0	194.0	240.0	300.0	60.0	1.20E-04
194.0	189.0	300.0	360.0	60.0	1.03E-04
189.0	185.0	360.0	420.0	60.0	8.42E-05
185.0	182.0	420.0	480.0	60.0	6.43E-05
				Average	**2.19E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

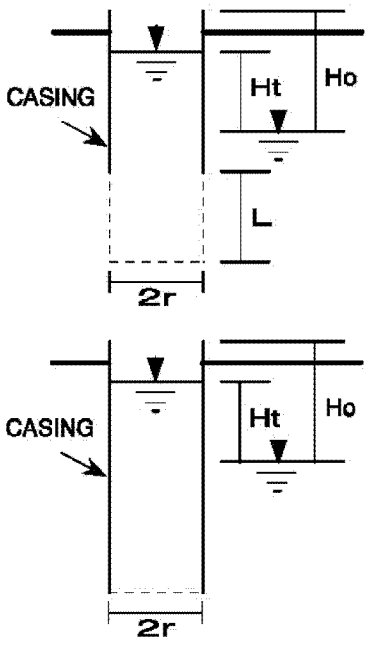
Ht : head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-289			Tested By			황현진			
Test Section (m)	2.0	~	3.0	Date			2012-11-19			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	170.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.40			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	8.0	13.0	20.0	29.0	37.0	45.0	55.0	58.0	64.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
170.0	162.0	0.0	30.0	30.0	3.79E-04
162.0	157.0	30.0	60.0	30.0	2.47E-04
157.0	150.0	60.0	120.0	60.0	1.79E-04
150.0	141.0	120.0	180.0	60.0	2.43E-04
141.0	133.0	180.0	240.0	60.0	2.30E-04
133.0	125.0	240.0	300.0	60.0	2.44E-04
125.0	115.0	300.0	360.0	60.0	3.28E-04
115.0	112.0	360.0	420.0	60.0	1.04E-04
112.0	106.0	420.0	480.0	60.0	2.17E-04
				Average	**2.41E-04**



REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

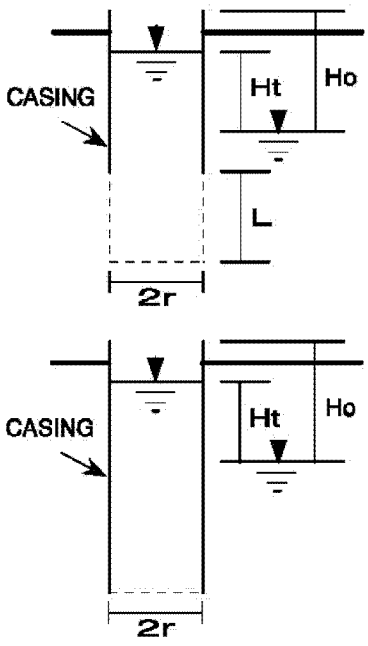
k	:	permeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-291			Tested By			황현진			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012-11-21			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	250.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	2.20			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	18.0	22.0	28.0	38.0	49.0	57.0	64.0	72.0	83.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
250.0	232.0	0.0	30.0	30.0	5.88E-04
232.0	228.0	30.0	60.0	30.0	1.37E-04
228.0	222.0	60.0	120.0	60.0	1.05E-04
222.0	212.0	120.0	180.0	60.0	1.81E-04
212.0	201.0	180.0	240.0	60.0	2.10E-04
201.0	193.0	240.0	300.0	60.0	1.60E-04
193.0	186.0	300.0	360.0	60.0	1.45E-04
186.0	178.0	360.0	420.0	60.0	1.73E-04
178.0	167.0	420.0	480.0	60.0	2.51E-04
				Average	**2.17E-04**



REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

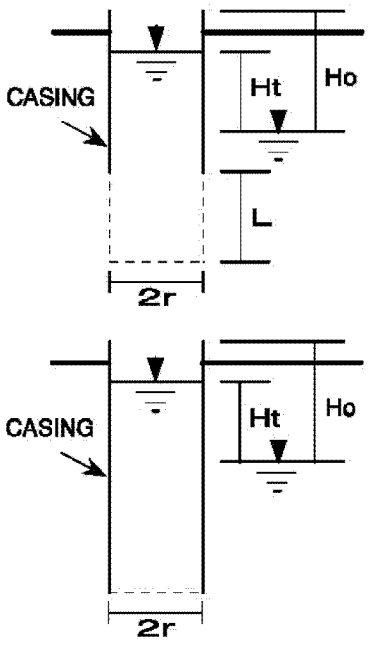
Ht : head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-291-1			Tested By			황현진			
Test Section (m)	2.0	~	3.0	Date			2012-11-22			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SM)			
Head (cm)	160.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.20			Casing Height from Ground Surface (cm)			40.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	23.0	31.0	48.0	56.0	65.0	75.0	83.0	90.0	105.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
160.0	137.0	0.0	30.0	30.0	1.22E-03
137.0	129.0	30.0	60.0	30.0	4.74E-04
129.0	112.0	60.0	120.0	60.0	5.56E-04
112.0	104.0	120.0	180.0	60.0	2.92E-04
104.0	95.0	180.0	240.0	60.0	3.56E-04
95.0	85.0	240.0	300.0	60.0	4.38E-04
85.0	77.0	300.0	360.0	60.0	3.89E-04
77.0	70.0	360.0	420.0	60.0	3.75E-04
70.0	55.0	420.0	480.0	60.0	9.49E-04
				Average	**5.61E-04**



REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

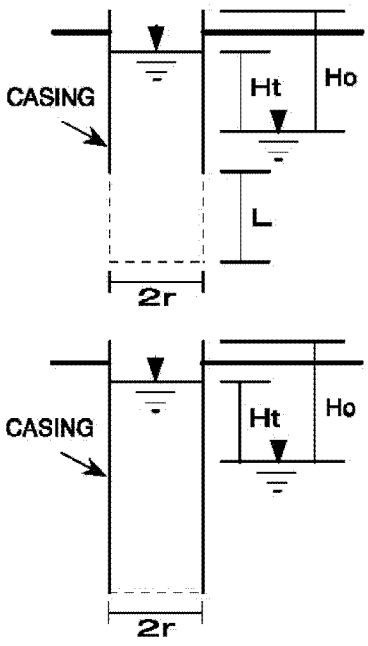
Ht : head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-291-2			Tested By			황현진			
Test Section (m)	5.0	~	6.0	Date			2012-11-23			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(GP)			
Head (cm)	200.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.60			Casing Height from Ground Surface (cm)			40.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	36.0	62.0	112.0	138.0	158.0				

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
200.0	164.0	0.0	30.0	30.0	1.56E-03
164.0	138.0	30.0	60.0	30.0	1.36E-03
138.0	88.0	60.0	120.0	60.0	1.77E-03
88.0	62.0	120.0	180.0	60.0	1.38E-03
62.0	42.0	180.0	240.0	60.0	1.53E-03
				Average	**1.52E-03**



REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

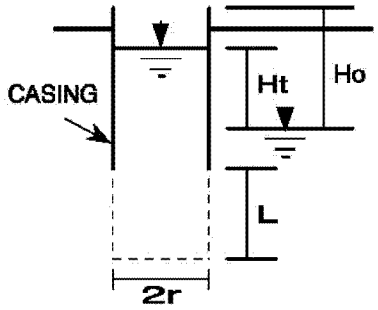
Ht : head when T2 (cm)

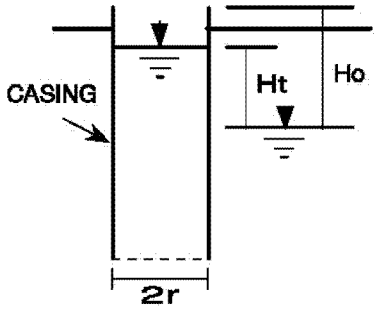
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-293			Tested By			김형준			
Test Section (m)	5.0	~	6.0	Date			2012-11-09			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	530.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	6.80			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	13.0	28.0	52.0	78.0	105.0	117.0	132.0	158.0	172.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
530.0	517.0	0.0	30.0	30.0	1.95E-04
517.0	502.0	30.0	60.0	30.0	2.32E-04
502.0	478.0	60.0	120.0	60.0	1.93E-04
478.0	452.0	120.0	180.0	60.0	2.20E-04
452.0	425.0	180.0	240.0	60.0	2.42E-04
425.0	413.0	240.0	300.0	60.0	1.13E-04
413.0	398.0	300.0	360.0	60.0	1.46E-04
398.0	372.0	360.0	420.0	60.0	2.66E-04
372.0	358.0	420.0	480.0	60.0	1.51E-04
				Average	**1.95E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

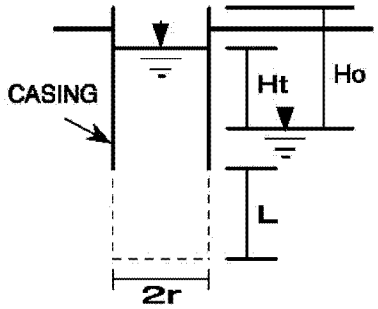
Ht : head when T2 (cm)

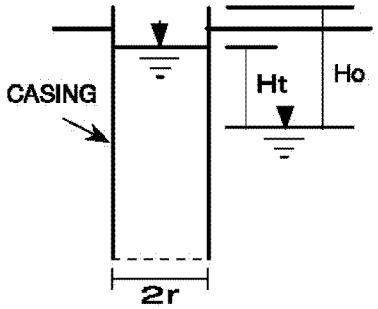
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-293-1			Tested By			김혁기			
Test Section (m)	6.0	~	7.0	Date			2012-11-09			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	630.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	7.30			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	18.0	33.0	58.0	84.0	115.0	132.0	168.0	199.0	228.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
630.0	612.0	0.0	30.0	30.0	2.28E-04
612.0	597.0	30.0	60.0	30.0	1.95E-04
597.0	572.0	60.0	120.0	60.0	1.68E-04
572.0	546.0	120.0	180.0	60.0	1.83E-04
546.0	515.0	180.0	240.0	60.0	2.30E-04
515.0	498.0	240.0	300.0	60.0	1.32E-04
498.0	462.0	300.0	360.0	60.0	2.95E-04
462.0	431.0	360.0	420.0	60.0	2.73E-04
431.0	402.0	420.0	480.0	60.0	2.74E-04
				Average	**2.20E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

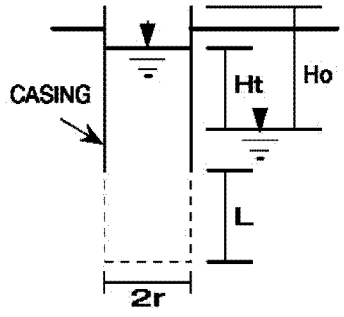
Ht : head when T2 (cm)

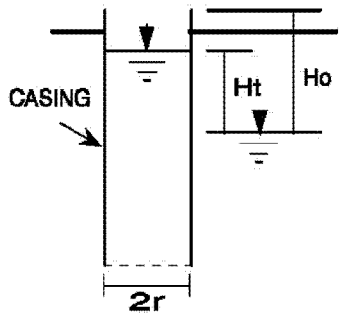
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-294-1			Tested By			전민익			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.10.23			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(CL)			
Head (cm)	360.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	3.30			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	30.0	55.0	72.0	84.0	90.0	95.0	100.0	104.0	108.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
360.0	330.0	0.0	30.0	30.0	6.85E-04
330.0	305.0	30.0	60.0	30.0	6.20E-04
305.0	288.0	60.0	120.0	60.0	2.26E-04
288.0	276.0	120.0	180.0	60.0	1.67E-04
276.0	270.0	180.0	240.0	60.0	8.65E-05
270.0	265.0	240.0	300.0	60.0	7.36E-05
265.0	260.0	300.0	360.0	60.0	7.50E-05
260.0	256.0	360.0	420.0	60.0	6.10E-05
256.0	252.0	420.0	480.0	60.0	6.20E-05
				Average	**2.28E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

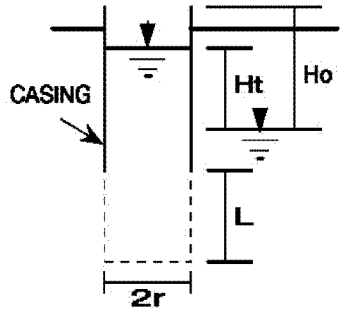
Ht : head when T2 (cm)

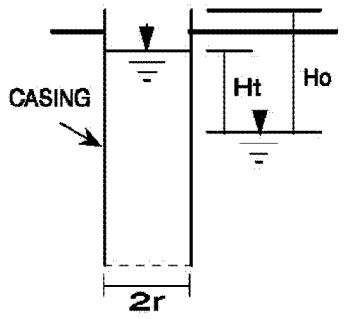
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-296			Tested By			전민익			
Test Section (m)	4.0	~	5.0	Date			2012.10.24			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(CL)			
Head (cm)	210.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.80			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	8.0	13.0	17.0	21.0	24.0	27.0	30.0	32.0	33.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
210.0	202.0	0.0	30.0	30.0	3.06E-04
202.0	197.0	30.0	60.0	30.0	1.97E-04
197.0	193.0	60.0	120.0	60.0	8.07E-05
193.0	189.0	120.0	180.0	60.0	8.24E-05
189.0	186.0	180.0	240.0	60.0	6.30E-05
186.0	183.0	240.0	300.0	60.0	6.40E-05
183.0	180.0	300.0	360.0	60.0	6.50E-05
180.0	178.0	360.0	420.0	60.0	4.40E-05
178.0	177.0	420.0	480.0	60.0	2.22E-05
				Average	**1.03E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

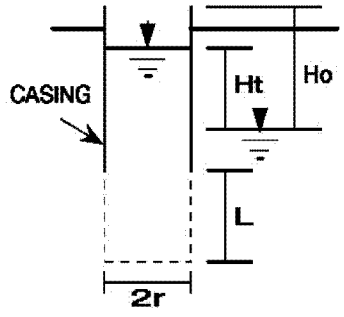
k	:	permeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

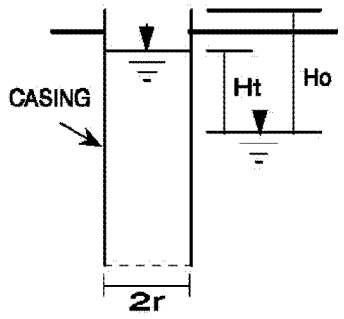
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-297			Tested By			전민익			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.11.21			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	240.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	2.10			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	24.0	42.0	58.0	70.0	80.0	86.0	92.0	96.0	100.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
240.0	216.0	0.0	30.0	30.0	8.29E-04
216.0	198.0	30.0	60.0	30.0	6.85E-04
198.0	182.0	60.0	120.0	60.0	3.32E-04
182.0	170.0	120.0	180.0	60.0	2.68E-04
170.0	160.0	180.0	240.0	60.0	2.39E-04
160.0	154.0	240.0	300.0	60.0	1.50E-04
154.0	148.0	300.0	360.0	60.0	1.56E-04
148.0	144.0	360.0	420.0	60.0	1.08E-04
144.0	140.0	420.0	480.0	60.0	1.11E-04
				Average	**3.20E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

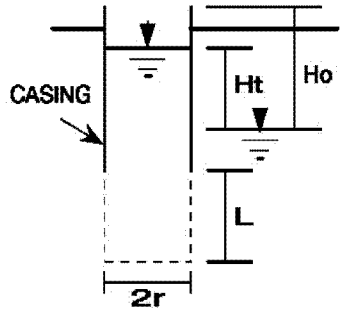
Ht : head when T2 (cm)

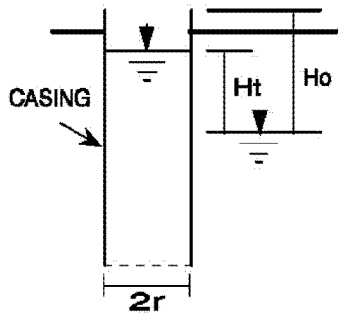
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-298			Tested By			전민익			
Test Section (m)	4.0	~	5.0	Date			2012.11.20			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(GM)			
Head (cm)	240.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	2.10			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	15	30	60	90	120	150			
draw-down (cm)	0.0	80.0	135.0	185.0	208.0	221.0	239.0			

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
240.0	160.0	0.0	15.0	15.0	6.38E-03
160.0	105.0	15.0	30.0	15.0	6.63E-03
105.0	55.0	30.0	60.0	30.0	5.09E-03
55.0	32.0	60.0	90.0	30.0	4.26E-03
32.0	19.0	90.0	120.0	30.0	4.10E-03
19.0	1.0	120.0	150.0	30.0	2.32E-02
				Average	**8.27E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

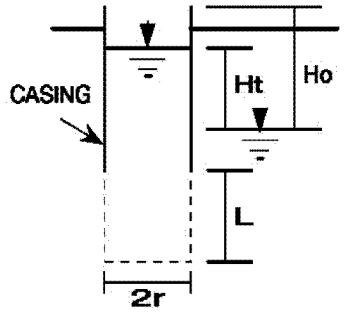
k	:	permeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

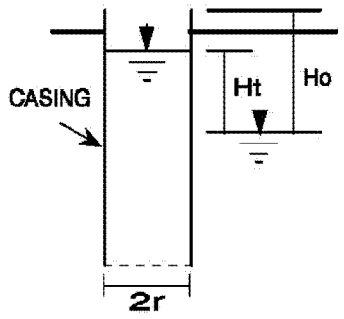
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-298-1			Tested By			전민익			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.10.20			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	330.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	17.50			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	21.0	36.0	44.0	52.0	59.0	65.0	71.0	75.0	79.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
330.0	309.0	0.0	30.0	30.0	5.17E-04
309.0	294.0	30.0	60.0	30.0	3.92E-04
294.0	286.0	60.0	120.0	60.0	1.09E-04
286.0	278.0	120.0	180.0	60.0	1.12E-04
278.0	271.0	180.0	240.0	60.0	1.00E-04
271.0	265.0	240.0	300.0	60.0	8.81E-05
265.0	259.0	300.0	360.0	60.0	9.01E-05
259.0	255.0	360.0	420.0	60.0	6.12E-05
255.0	251.0	420.0	480.0	60.0	6.22E-05
				Average	**1.70E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

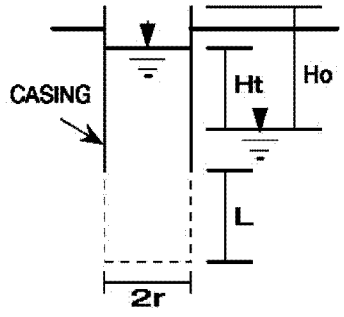
Ht : head when T2 (cm)

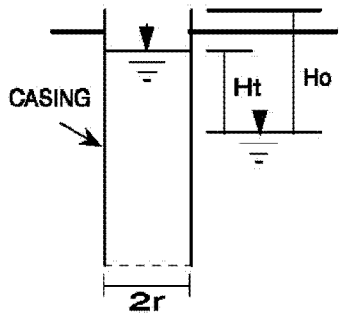
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-299-1			Tested By			전민익			
Test Section (m)	4.0	~	5.0	Date			2012.10.21			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	430.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	9.00			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	38.0	60.0	75.0	95.0	105.0	120.0	125.0	128.0	131.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
430.0	392.0	0.0	30.0	30.0	7.28E-04
392.0	370.0	30.0	60.0	30.0	4.55E-04
370.0	355.0	60.0	120.0	60.0	1.63E-04
355.0	335.0	120.0	180.0	60.0	2.28E-04
335.0	325.0	180.0	240.0	60.0	1.19E-04
325.0	310.0	240.0	300.0	60.0	1.86E-04
310.0	305.0	300.0	360.0	60.0	6.40E-05
305.0	302.0	360.0	420.0	60.0	3.89E-05
302.0	299.0	420.0	480.0	60.0	3.93E-05
				Average	**2.25E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

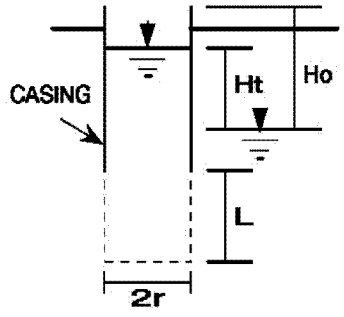
Ht : head when T2 (cm)

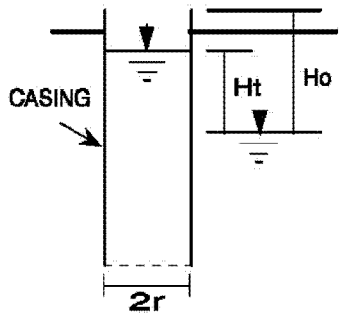
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-299-2			Tested By			전민익			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.11.3			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	330.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	21.00			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	16.0	25.0	40.0	48.0	53.0	56.0	58.0	60.0	62.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
330.0	314.0	0.0	30.0	30.0	3.91E-04
314.0	305.0	30.0	60.0	30.0	2.29E-04
305.0	290.0	60.0	120.0	60.0	1.98E-04
290.0	282.0	120.0	180.0	60.0	1.10E-04
282.0	277.0	180.0	240.0	60.0	7.04E-05
277.0	274.0	240.0	300.0	60.0	4.29E-05
274.0	272.0	300.0	360.0	60.0	2.88E-05
272.0	270.0	360.0	420.0	60.0	2.90E-05
270.0	268.0	420.0	480.0	60.0	2.93E-05
				Average	**1.25E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

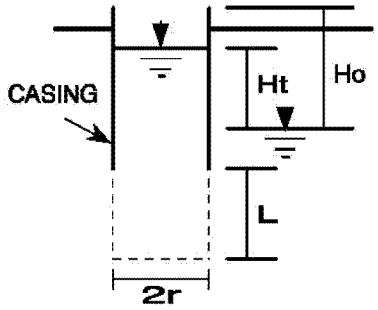
Ht : head when T2 (cm)

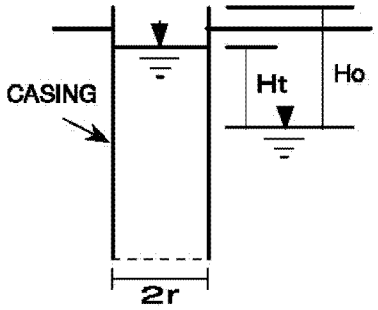
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-303			Tested By			유영준			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012-03-08			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	340.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	28.50			Casing Height from Ground Surface (cm)			40.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	31.0	54.0	69.0	79.0	83.0	88.0	95.0	101.0	105.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
340.0	309.0	0.0	30.0	30.0	7.52E-04
309.0	286.0	30.0	60.0	30.0	6.09E-04
286.0	271.0	60.0	120.0	60.0	2.12E-04
271.0	261.0	120.0	180.0	60.0	1.48E-04
261.0	257.0	180.0	240.0	60.0	6.08E-05
257.0	252.0	240.0	300.0	60.0	7.73E-05
252.0	245.0	300.0	360.0	60.0	1.11E-04
245.0	239.0	360.0	420.0	60.0	9.76E-05
239.0	235.0	420.0	480.0	60.0	6.64E-05
				Average	2.37E-04





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

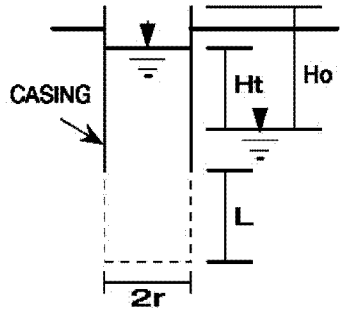
Ht : head when T2 (cm)

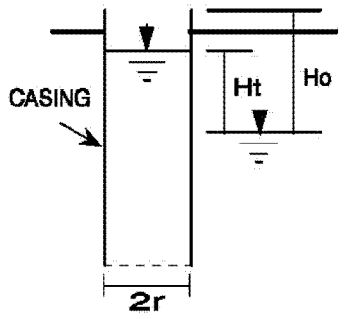
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-303-1			Tested By			전민익			
Test Section (m)	10.0	~	11.0	Date			2012.11.2			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	1030.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	21.00			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	35.0	48.0	60.0	70.0	78.0	85.0	90.0	94.0	97.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
1030.0	995.0	0.0	30.0	30.0	2.72E-04
995.0	982.0	30.0	60.0	30.0	1.04E-04
982.0	970.0	60.0	120.0	60.0	4.84E-05
970.0	960.0	120.0	180.0	60.0	4.08E-05
960.0	952.0	180.0	240.0	60.0	3.29E-05
952.0	945.0	240.0	300.0	60.0	2.90E-05
945.0	940.0	300.0	360.0	60.0	2.09E-05
940.0	936.0	360.0	420.0	60.0	1.68E-05
936.0	933.0	420.0	480.0	60.0	1.26E-05
				Average	**6.41E-05**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

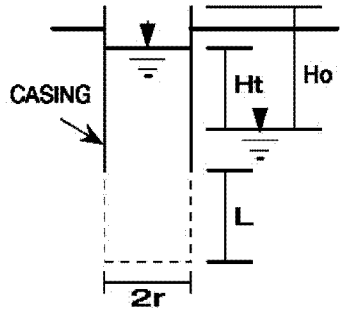
Ht : head when T2 (cm)

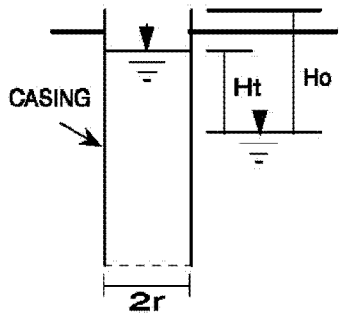
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-304-1			Tested By			전민익			
Test Section (m)	3.0	~	4.0	Date			2012.10.31			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	330.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	8.10			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	20.0	30.0	40.0	48.0	51.0	53.0	54.0	55.0	56.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
330.0	310.0	0.0	30.0	30.0	4.92E-04
310.0	300.0	30.0	60.0	30.0	2.58E-04
300.0	290.0	60.0	120.0	60.0	1.33E-04
290.0	282.0	120.0	180.0	60.0	1.10E-04
282.0	279.0	180.0	240.0	60.0	4.21E-05
279.0	277.0	240.0	300.0	60.0	2.83E-05
277.0	276.0	300.0	360.0	60.0	1.42E-05
276.0	275.0	360.0	420.0	60.0	1.43E-05
275.0	274.0	420.0	480.0	60.0	1.43E-05
				Average	**1.23E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

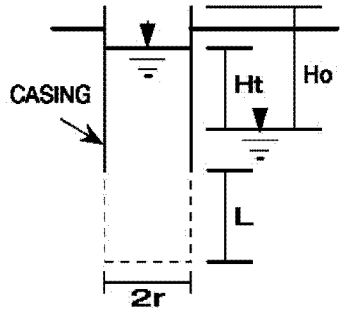
Ht : head when T2 (cm)

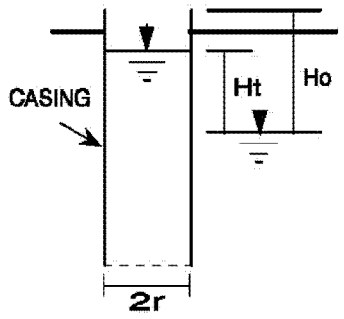
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사				
Bore Hole Number	BH-304-2			Tested By	전민익
Test Section (m)	5.0	~	6.0	Date	2012.10.30
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)	퇴적층(GP)
Head (cm)	190.0			Radius of Casing, r (cm)	3.8
Ground Water Depth, GWL (m)	1.60			Casing Height from Ground Surface (cm)	30.0

Time (sec)	0	10	20	30	40	50				
draw-down (cm)	0.0	55.0	95.0	140.0	175.0	189.0				

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
190.0	135.0	0.0	10.0	10.0	8.07E-03
135.0	95.0	10.0	20.0	10.0	8.30E-03
95.0	50.0	20.0	30.0	10.0	1.52E-02
50.0	15.0	30.0	40.0	10.0	2.84E-02
15.0	1.0	40.0	50.0	10.0	6.39E-02
				Average	**2.48E-02**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

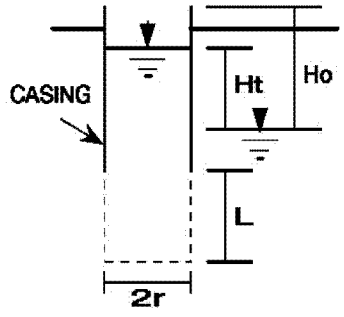
Ht : head when T2 (cm)

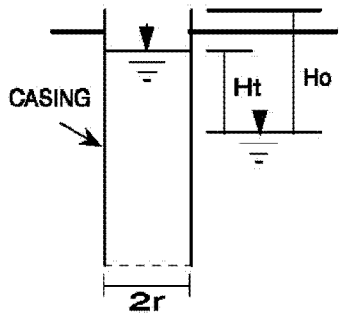
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-305			Tested By			전민익			
Test Section (m)	4.0	~	5.0	Date			2012.10.30			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(CL)			
Head (cm)	190.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	1.60			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	26.0	45.0	59.0	70.0	80.0	88.0	95.0	100.0	105.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
190.0	164.0	0.0	30.0	30.0	1.16E-03
164.0	145.0	30.0	60.0	30.0	9.69E-04
145.0	131.0	60.0	120.0	60.0	4.00E-04
131.0	120.0	120.0	180.0	60.0	3.45E-04
120.0	110.0	180.0	240.0	60.0	3.42E-04
110.0	102.0	240.0	300.0	60.0	2.97E-04
102.0	95.0	300.0	360.0	60.0	2.80E-04
95.0	90.0	360.0	420.0	60.0	2.13E-04
90.0	85.0	420.0	480.0	60.0	2.25E-04
				Average	**4.70E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

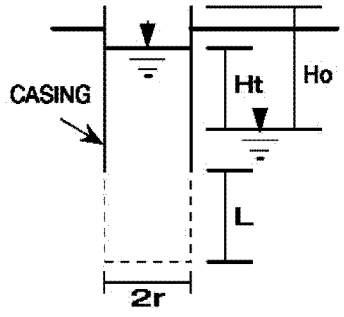
Ht : head when T2 (cm)

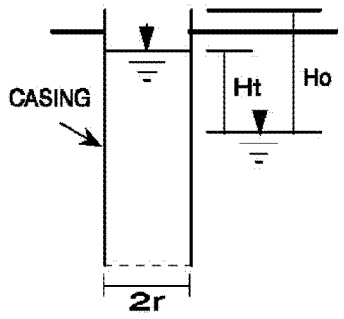
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-305-1			Tested By			전민익			
Test Section (m)	5.0	~	6.0	Date			2012.10.30			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SC)			
Head (cm)	290.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	2.60			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	
draw-down (cm)	0.0	45.0	80.0	140.0	180.0	220.0	255.0	280.0	289.0	

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
290.0	245.0	0.0	30.0	30.0	1.33E-03
245.0	210.0	30.0	60.0	30.0	1.21E-03
210.0	150.0	60.0	120.0	60.0	1.32E-03
150.0	110.0	120.0	180.0	60.0	1.22E-03
110.0	70.0	180.0	240.0	60.0	1.78E-03
70.0	35.0	240.0	300.0	60.0	2.73E-03
35.0	10.0	300.0	360.0	60.0	4.93E-03
10.0	1.0	360.0	420.0	60.0	9.06E-03
				Average	**2.95E-03**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

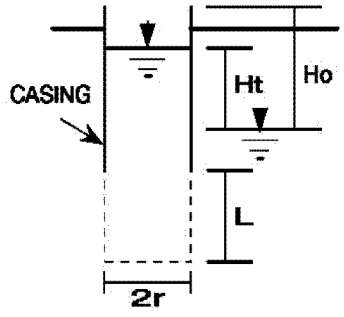
Ht : head when T2 (cm)

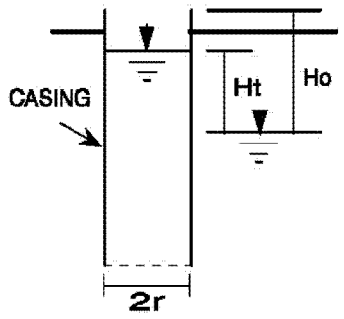
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-305-2			Tested By			전민익			
Test Section (m)	8.0	~	9.0	Date			2012.10.29			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			풍화토			
Head (cm)	250.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	2.20			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	28.0	40.0	53.0	60.0	65.0	68.0	71.0	73.0	75.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
250.0	222.0	0.0	30.0	30.0	9.35E-04
222.0	210.0	30.0	60.0	30.0	4.37E-04
210.0	197.0	60.0	120.0	60.0	2.51E-04
197.0	190.0	120.0	180.0	60.0	1.42E-04
190.0	185.0	180.0	240.0	60.0	1.05E-04
185.0	182.0	240.0	300.0	60.0	6.43E-05
182.0	179.0	300.0	360.0	60.0	6.54E-05
179.0	177.0	360.0	420.0	60.0	4.42E-05
177.0	175.0	420.0	480.0	60.0	4.47E-05
				Average	**2.32E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

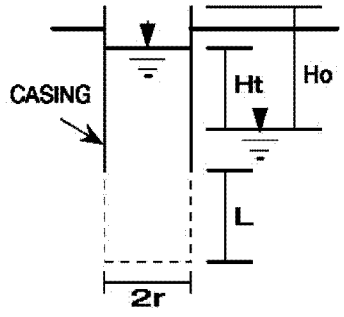
Ht : head when T2 (cm)

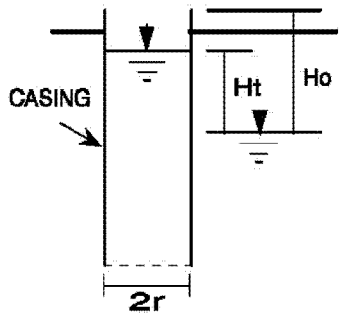
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-305-6			Tested By			전민익			
Test Section (m)	7.0	~	8.0	Date			2012.11.7			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(GP)			
Head (cm)	410.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	3.80			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	10	20	30	40	50	60			
draw-down (cm)	0.0	80.0	150.0	220.0	290.0	360.0	409.0			

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
410.0	330.0	0.0	10.0	10.0	5.13E-03
330.0	260.0	10.0	20.0	10.0	5.63E-03
260.0	190.0	20.0	30.0	10.0	7.41E-03
190.0	120.0	30.0	40.0	10.0	1.08E-02
120.0	50.0	40.0	50.0	10.0	2.07E-02
50.0	1.0	50.0	60.0	10.0	9.24E-02
1.0	410.0	60.0	0.0	-60.0	2.37E-02
				Average	**2.37E-02**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

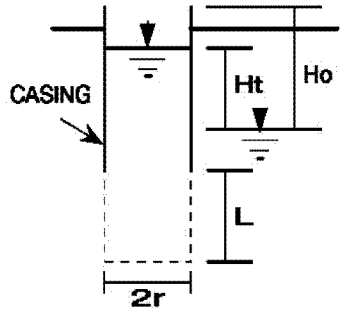
Ht : head when T2 (cm)

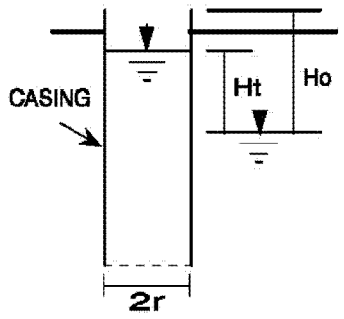
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-308			Tested By			전민익			
Test Section (m)	6.0	~	7.0	Date			2012.11.8			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(CL)			
Head (cm)	260.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	2.30			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	31.0	55.0	70.0	80.0	88.0	95.0	99.0	102.0	105.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
260.0	229.0	0.0	30.0	30.0	9.99E-04
229.0	205.0	30.0	60.0	30.0	8.71E-04
205.0	190.0	60.0	120.0	60.0	2.99E-04
190.0	180.0	120.0	180.0	60.0	2.13E-04
180.0	172.0	180.0	240.0	60.0	1.79E-04
172.0	165.0	240.0	300.0	60.0	1.63E-04
165.0	161.0	300.0	360.0	60.0	9.66E-05
161.0	158.0	360.0	420.0	60.0	7.40E-05
158.0	155.0	420.0	480.0	60.0	7.54E-05
				Average	**3.30E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2LT \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

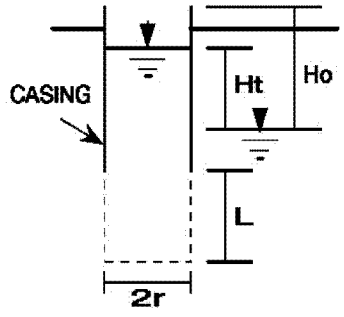
Ht : head when T2 (cm)

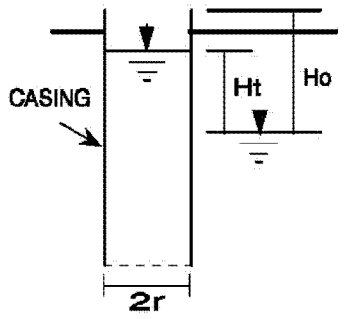
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-311			Tested By			전민익			
Test Section (m)	11.0	~	12.0	Date			2012.11.8			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SM)			
Head (cm)	510.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	4.80			Casing Height from Ground Surface (cm)			30.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	45.0	78.0	105.0	122.0	140.0	155.0	166.0	173.0	180.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
510.0	465.0	0.0	30.0	30.0	7.27E-04
465.0	432.0	30.0	60.0	30.0	5.79E-04
432.0	405.0	60.0	120.0	60.0	2.54E-04
405.0	388.0	120.0	180.0	60.0	1.69E-04
388.0	370.0	180.0	240.0	60.0	1.87E-04
370.0	355.0	240.0	300.0	60.0	1.63E-04
355.0	344.0	300.0	360.0	60.0	1.24E-04
344.0	337.0	360.0	420.0	60.0	8.09E-05
337.0	330.0	420.0	480.0	60.0	8.26E-05
				Average	**2.63E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

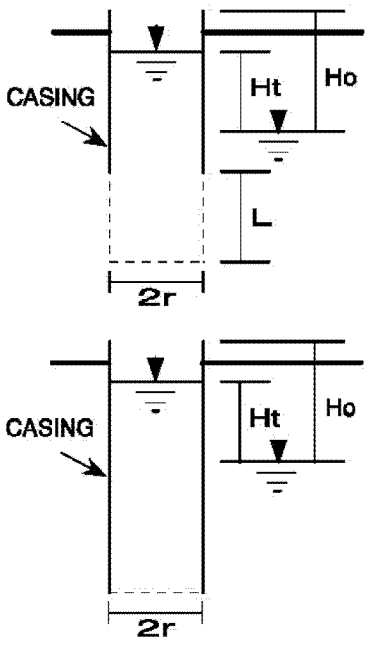
k	:	permeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-313			Tested By			이희복			
Test Section (m)	18.0	~	19.0	Date			2012-12-10			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SM)			
Head (cm)	1010.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	9.70			Casing Height from Ground Surface (cm)			40.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	54.0	114.0	221.0	304.0	398.0	461.0	512.0	597.0	714.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
1010.0	956.0	0.0	30.0	30.0	4.32E-04
956.0	896.0	30.0	60.0	30.0	5.10E-04
896.0	789.0	60.0	120.0	60.0	5.00E-04
789.0	706.0	120.0	180.0	60.0	4.37E-04
706.0	612.0	180.0	240.0	60.0	5.62E-04
612.0	549.0	240.0	300.0	60.0	4.27E-04
549.0	498.0	300.0	360.0	60.0	3.84E-04
498.0	413.0	360.0	420.0	60.0	7.36E-04
413.0	296.0	420.0	480.0	60.0	1.31E-03
				Average	**5.89E-04**



REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

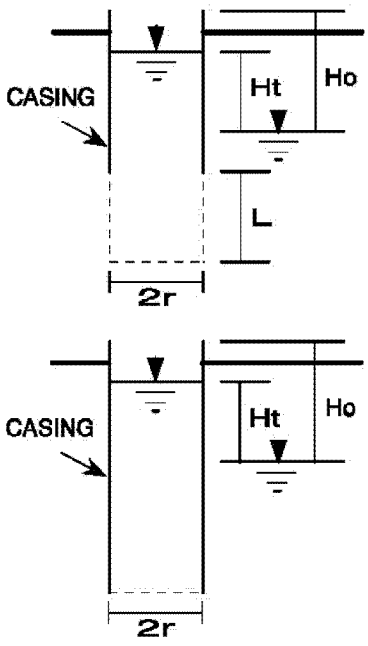
Ht : head when T2 (cm)

Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-314-1			Tested By			이희복			
Test Section (m)	18.0	~	19.0	Date			2012-12-10			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SM)			
Head (cm)	960.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	9.20			Casing Height from Ground Surface (cm)			40.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	64.0	127.0	232.0	327.0	406.0	472.0	528.0	615.0	725.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
960.0	896.0	0.0	30.0	30.0	5.43E-04
896.0	833.0	30.0	60.0	30.0	5.74E-04
833.0	728.0	60.0	120.0	60.0	5.30E-04
728.0	633.0	120.0	180.0	60.0	5.50E-04
633.0	554.0	180.0	240.0	60.0	5.25E-04
554.0	488.0	240.0	300.0	60.0	4.99E-04
488.0	432.0	300.0	360.0	60.0	4.80E-04
432.0	345.0	360.0	420.0	60.0	8.85E-04
345.0	235.0	420.0	480.0	60.0	1.51E-03
				Average	**6.77E-04**



REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

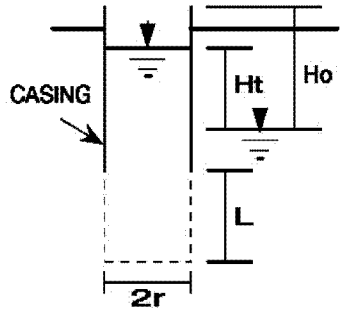
Ht : head when T2 (cm)

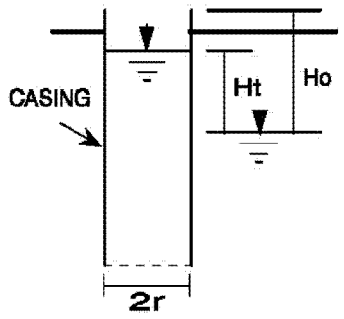
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-315			Tested By			유영준			
Test Section (m)	17.0	~	18.0	Date			2012-12-10			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(SP)			
Head (cm)	1060.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	10.20			Casing Height from Ground Surface (cm)			40.0			

Time (sec)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	65.0	114.0	216.0	268.0	337.0	438.0	586.0	724.0	892.0

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
1060.0	995.0	0.0	30.0	30.0	4.98E-04
995.0	946.0	30.0	60.0	30.0	3.97E-04
946.0	844.0	60.0	120.0	60.0	4.49E-04
844.0	792.0	120.0	180.0	60.0	2.50E-04
792.0	723.0	180.0	240.0	60.0	3.59E-04
723.0	622.0	240.0	300.0	60.0	5.92E-04
622.0	474.0	300.0	360.0	60.0	1.07E-03
474.0	336.0	360.0	420.0	60.0	1.35E-03
336.0	168.0	420.0	480.0	60.0	2.73E-03
				Average	**8.55E-04**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k : pemeability (cm / sec)

r : radius of casing (cm)

L : test length (cm)

T : tested time (T2 - T1)

Ho : head when T1 (cm)

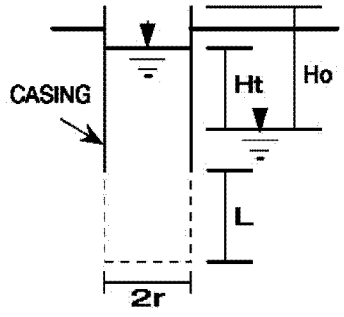
Ht : head when T2 (cm)

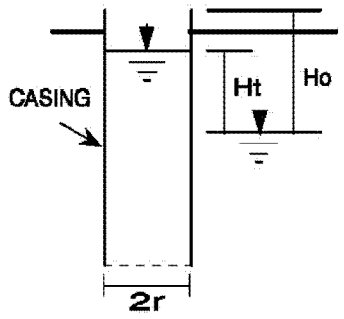
Field Permeability Test

Project	서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사									
Bore Hole Number	BH-317			Tested By			김영복			
Test Section (m)	18.0	~	19.0	Date			2013.2.27			
Test Length, L (cm)	100.0			Soil Class (USCS)			퇴적층(GP)			
Head (cm)	830.0			Radius of Casing, r (cm)			3.8			
Ground Water Depth, GWL (m)	7.90			Casing Height from Ground Surface (cm)			40.0			

Time (sec)	0	10	20	30	40	50	60	360	420	480
draw-down (cm)	0.0	286.0	496.0	594.0	654.0	705.0	766.0			

Ho (cm)	Ht (cm)	T1	T2	T	k (cm/sec)
830.0	544.0	0.0	10.0	10.0	9.97E-03
544.0	334.0	10.0	20.0	10.0	1.15E-02
334.0	236.0	20.0	30.0	10.0	8.20E-03
236.0	176.0	30.0	40.0	10.0	6.93E-03
176.0	125.0	40.0	50.0	10.0	8.08E-03
125.0	64.0	50.0	60.0	10.0	1.58E-02
				Average	**1.01E-02**





REMARKS

When borehole stay open without casing (length of test hole:L)

$k = r^2 / 2L\,T \times Ln(L / r) \times Ln(Ho / Ht)$: for $L \geq 8r$

When open-end test

$k = 2\pi r / 11\,T \times Ln(Ho / Ht)$

In above equation

k	:	permeability (cm / sec)
r	:	radius of casing (cm)
L	:	test length (cm)
T	:	tested time (T2 - T1)
Ho	:	head when T1 (cm)
Ht	:	head when T2 (cm)

3.4 수압시험

수 압 시 험 결 과

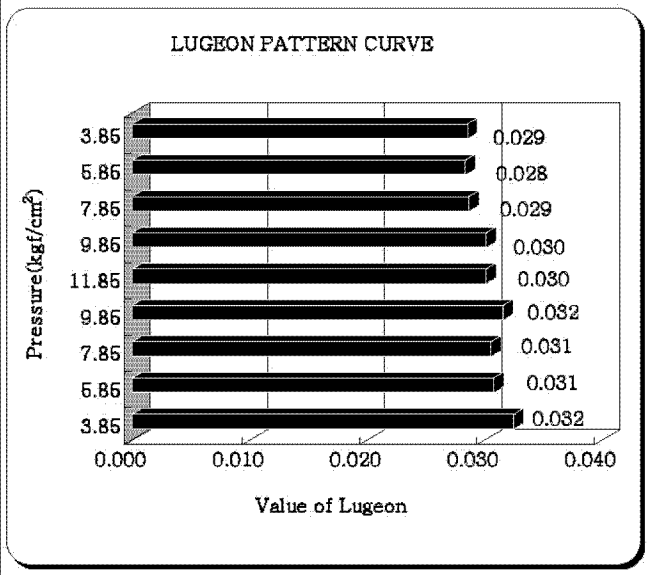
▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

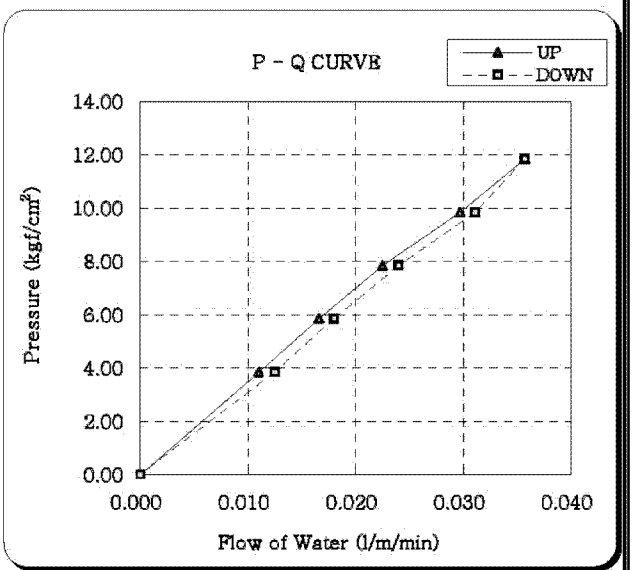
공번	심도 (GL.-m)			지층	투수계수(m/sec)	Lugeon	Pattern
BH-239	31.5	~	36.5	경 암	7.67E-07	0.060	Dilation
BH-239	40.5	~	45.5	경 암	3.89E-07	0.030	Laminar Flow
BH-240	7.5	~	12.5	경 암	1.62E-06	0.132	Dilation
BH-240	25.8	~	28.8	경 암	2.00E-07	0.016	Dilation
BH-241	6.5	~	9.5	보통암	3.21E-06	0.076	Turbulent Flow
BH-241	10.5	~	15.5	보통암~경암	6.01E-07	0.056	Dilation
BH-242	6.5	~	9.5	경 암	6.40E-06	0.586	Dilation
BH-242	10.5	~	15.5	경 암	3.44E-07	0.027	Dilation
BH-252-1	28.0	~	33.0	경 암	3.42E-05	2.680	Laminar Flow
BH-272	7.5	~	10.5	연 암	2.71E-05	2.353	Laminar Flow
BH-282	31.5	~	36.5	보통암	2.58E-06	0.239	Dilation
BH-284	24.9	~	29.9	보통암	3.72E-06	0.292	Dilation
BH-287	18.0	~	21.0	보통암	6.19E-05	5.002	Turbulent Flow
BH-289	12.0	~	15.0	연 암	6.55E-05	5.570	Laminar Flow
BH-291	12.0	~	15.0	연 암	7.31E-05	6.528	Dilation
BH-293	14.8	~	19.2	연암~보통암	4.75E-05	3.811	Dilation
BH-293	29.0	~	32.2	보통암	1.24E-05	1.032	Dilation
BH-293-1	19.3	~	22.3	경 암	7.33E-06	0.614	Dilation
BH-293-1	25.3	~	28.3	경 암	6.14E-06	0.514	Dilation
BH-299	24.5	~	27.5	보통암	1.73E-05	1.456	Dilation
BH-299-1	12.0	~	15.0	보통암	4.41E-05	3.889	Dilation
BH-299-2	30.0	~	33.0	보통암	4.87E-06	0.419	Dilation
BH-302	17.0	~	22.0	연 암	4.77E-05	3.709	Laminar Flow
BH-302-1	22.0	~	25.0	보통암	5.12E-05	4.068	Dilation
BH-303	10.0	~	13.0	보통암	1.48E-05	1.257	Dilation
BH-303	20.0	~	23.0	보통암	5.74E-06	0.516	Dilation
BH-303-1	25.0	~	28.0	보통암	4.67E-05	4.324	Dilation
BH-304-1	11.0	~	14.0	연 암	2.16E-04	18.832	Dilation
BH-306	21.0	~	24.0	연 암	5.23E-05	4.789	Dilation
BH-348	37.0	~	42.0	보통암	5.77E-06	0.498	Dilation
BH-362	9.7	~	12.7	연 암	6.82E-05	5.850	Laminar Flow

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-239		Geology			경 암	Date	2012-04-18
Test Section (m)	40.5	~ 45.5	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	28.00
Gauge Height from Ground (m)		0.50	Kind of Packer			Single	Tested by	최석중
Length of Injection (m)		5.00	Depth to Half an Injector (m)			43.00	Checked by	김영수

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	38.5	801.0	801.3	0.27	55.0	0.011	3.694E-07
5	3.0	58.5	841.0	841.4	0.41	83.0	0.017	3.669E-07
5	5.0	78.5	811.7	812.3	0.56	112.5	0.023	3.706E-07
5	7.0	98.5	844.0	844.7	0.74	148.5	0.030	3.898E-07
5	9.0	118.5	900.0	900.9	0.89	178.5	0.036	3.895E-07
5	7.0	98.5	907.2	908.0	0.78	155.5	0.031	4.082E-07
5	5.0	78.5	985.6	986.2	0.60	120.0	0.024	3.953E-07
5	3.0	58.5	958.0	958.5	0.45	90.0	0.018	3.978E-07
5	1.0	38.5	920.0	920.3	0.31	62.5	0.013	4.198E-07





Pattern of Lugeon : **Laminar Flow**

Value of Lugeon : **0.030**

Value of K : **3.89E-07** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

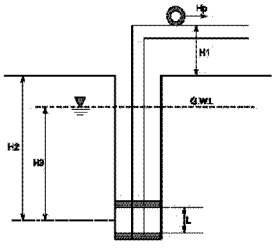
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

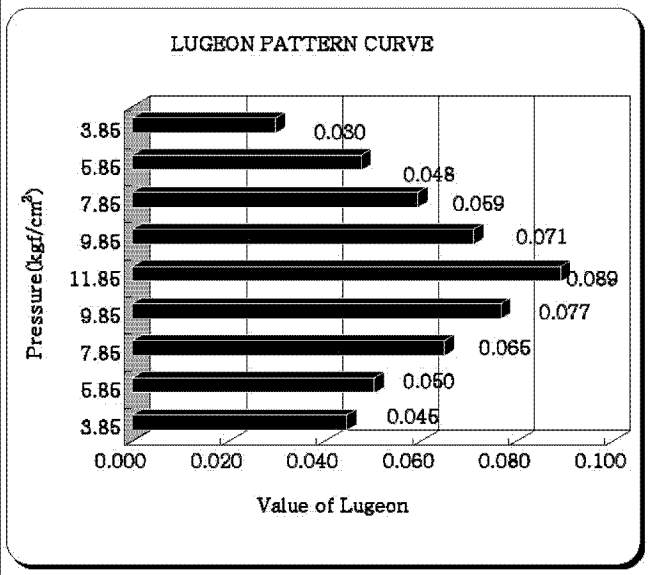


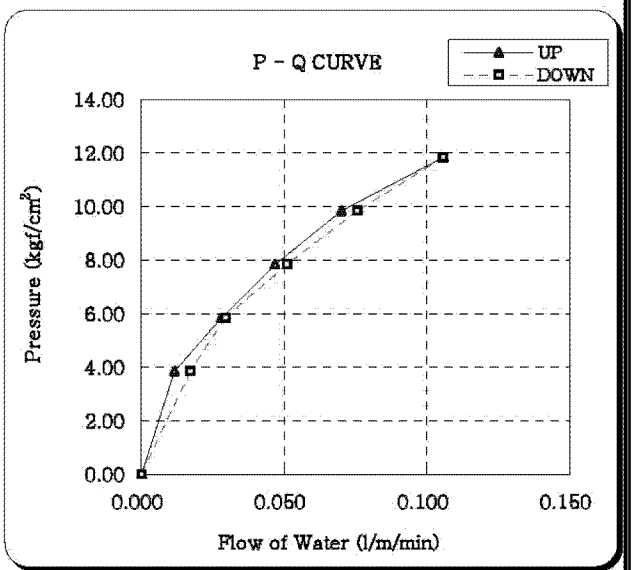
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-239		Geology			경 암	Date	2012-04-18
Test Section (m)	31.5	~ 36.5	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	28.00
Gauge Height from Ground (m)	0.50		Kind of Packer			Single	Tested by	최석중
Length of Injection (m)	5.00		Depth to Half an Injector (m)			34.00	Checked by	김영수

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	38.5	613.0	613.3	0.29	57.5	0.012	3.862E-07
5	3.0	58.5	617.8	618.5	0.70	139.5	0.028	6.166E-07
5	5.0	78.5	626.9	628.1	1.17	233.5	0.047	7.692E-07
5	7.0	98.5	638.4	640.2	1.75	350.0	0.070	9.188E-07
5	9.0	118.5	652.9	655.5	2.64	528.5	0.106	1.153E-06
5	7.0	98.5	669.2	671.1	1.89	378.0	0.076	9.923E-07
5	5.0	78.5	684.3	685.6	1.28	255.0	0.051	8.400E-07
5	3.0	58.5	696.5	697.2	0.74	147.5	0.029	6.520E-07
5	1.0	38.5	706.4	706.8	0.43	86.0	0.017	5.776E-07





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **0.060**

Value of K : **7.67E-07** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

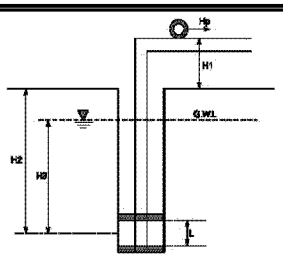
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

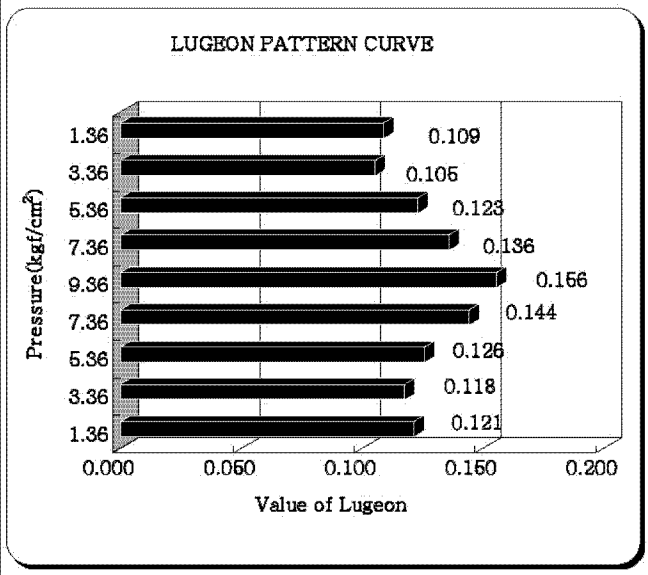


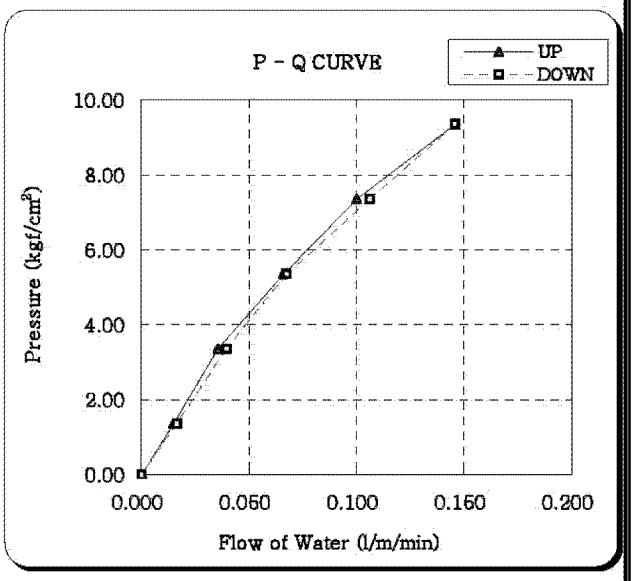
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-240		Geology			경 암	Date	2012-03-28
Test Section (m)	7.5	~ 12.5	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	3.10
Gauge Height from Ground (m)	0.50		Kind of Packer			Single	Tested by	최석중
Length of Injection (m)	5.00		Depth to Half an Injector (m)			10.00	Checked by	김영수

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	13.6	253.0	253.4	0.37	74.0	0.015	1.407E-06
5	3.0	33.6	256.1	257.0	0.88	177.0	0.035	1.362E-06
5	5.0	53.6	268.6	270.3	1.65	330.0	0.066	1.592E-06
5	7.0	73.6	291.6	294.1	2.50	500.0	0.100	1.757E-06
5	9.0	93.6	328.0	331.6	3.64	728.5	0.146	2.013E-06
5	7.0	73.6	380.8	383.5	2.65	531.0	0.106	1.866E-06
5	5.0	53.6	419.2	420.9	1.69	337.5	0.068	1.628E-06
5	3.0	33.6	443.6	444.6	0.99	197.5	0.039	1.520E-06
5	1.0	13.6	457.1	457.5	0.41	82.5	0.016	1.569E-06





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **0.132**

Value of K : **1.62E-06** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

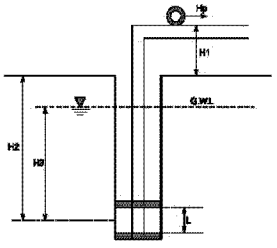
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

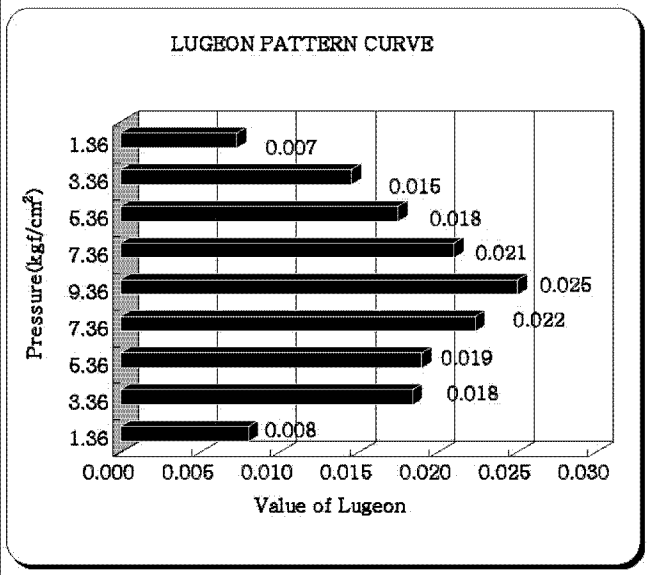


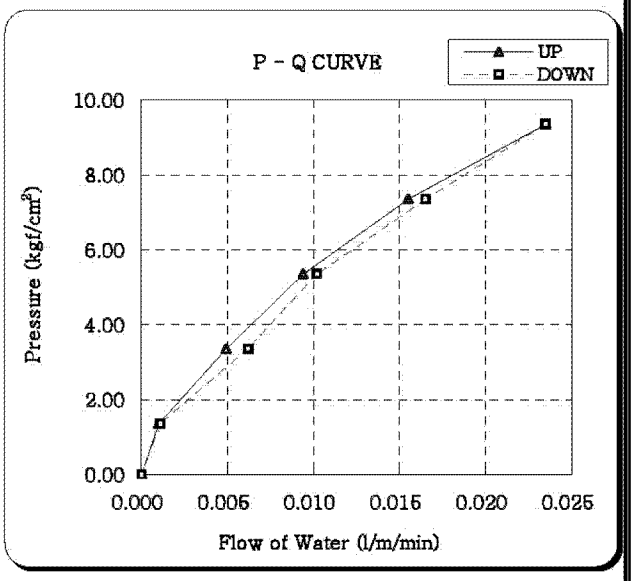
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-240		Geology			경 암	Date	2012-03-28
Test Section (m)	25.8	~ 28.8	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	3.10
Gauge Height from Ground (m)	0.50		Kind of Packer			Single	Tested by	최석중
Length of Injection (m)	3.00		Depth to Half an Injector (m)			27.30	Checked by	김영수

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	13.6	215.2	215.2	0.02	3.0	0.001	8.511E-08
5	3.0	33.6	215.5	215.6	0.07	14.7	0.005	1.688E-07
5	5.0	53.6	216.2	216.3	0.14	28.2	0.009	2.030E-07
5	7.0	73.6	217.2	217.4	0.23	46.5	0.016	2.438E-07
5	9.0	93.6	218.5	218.9	0.35	70.5	0.023	2.906E-07
5	7.0	73.6	219.9	220.1	0.25	49.5	0.017	2.595E-07
5	5.0	53.6	221.2	221.4	0.15	30.6	0.010	2.203E-07
5	3.0	33.6	222.0	222.1	0.09	18.6	0.006	2.136E-07
5	1.0	13.6	222.5	222.5	0.02	3.3	0.001	9.363E-08





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **0.016**

Value of K : **2.00E-07** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

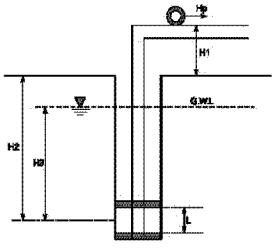
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

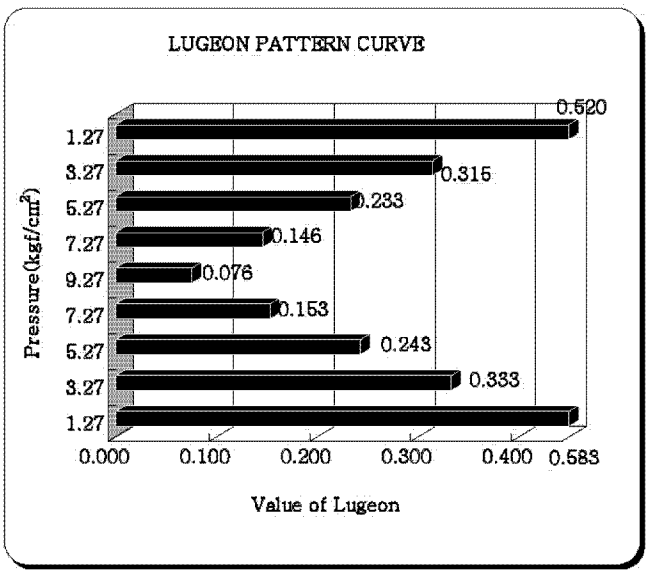


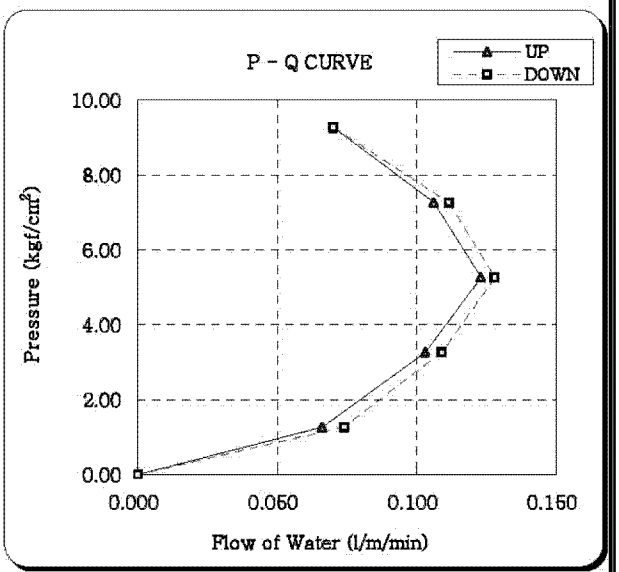
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-241		Geology			보통암	Date	2012-03-29
Test Section (m)	6.5	~ 9.5	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	2.20
Gauge Height from Ground (m)	0.50		Kind of Packer			Single	Tested by	최석중
Length of Injection (m)	3.00		Depth to Half an Injector (m)			8.00	Checked by	김영수

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	12.7	213.5	214.5	0.99	198.0	0.066	6.016E-06
5	3.0	32.7	235.0	236.5	1.54	309.0	0.103	3.646E-06
5	5.0	52.7	284.0	285.8	1.85	369.0	0.123	2.702E-06
5	7.0	72.7	445.0	446.6	1.59	318.0	0.106	1.688E-06
5	9.0	92.7	520.0	521.1	1.05	210.0	0.070	8.741E-07
5	7.0	72.7	625.0	626.7	1.67	334.5	0.112	1.775E-06
5	5.0	52.7	678.0	679.9	1.92	384.0	0.128	2.812E-06
5	3.0	32.7	715.0	716.6	1.63	327.0	0.109	3.859E-06
5	1.0	12.7	733.0	734.1	1.11	222.0	0.074	6.745E-06





Pattern of Lugeon : **Turbulent Flow**

Value of Lugeon : **0.076**

Value of K : **3.21E-06** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

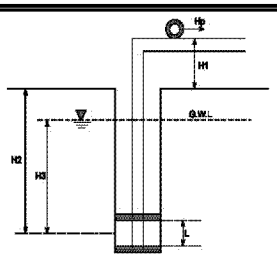
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

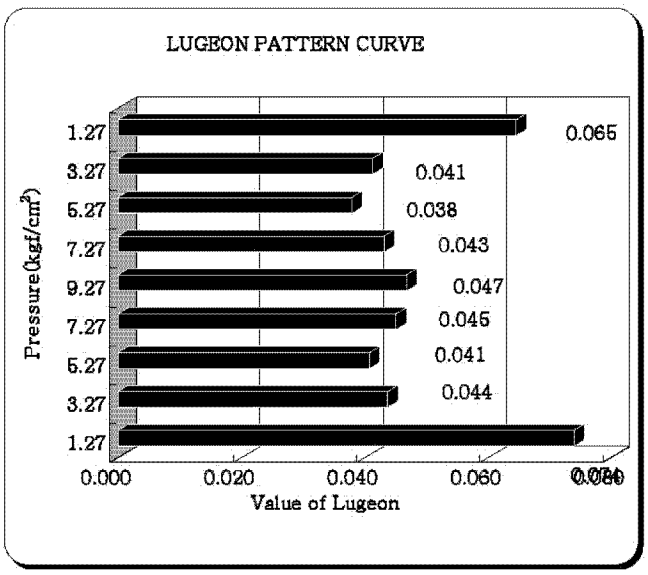


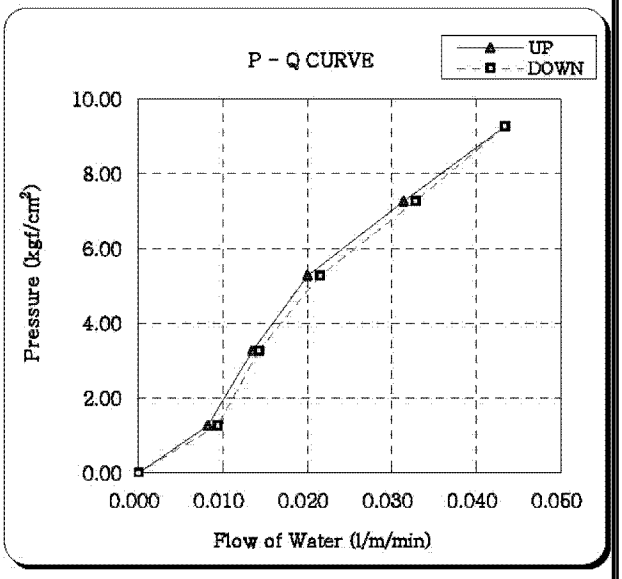
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-241		Geology			보통암~경암	Date	2012-03-29
Test Section (m)	10.5	~ 15.5	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	2.20
Gauge Height from Ground (m)		0.50	Kind of Packer			Single	Tested by	최석중
Length of Injection (m)		5.00	Depth to Half an Injector (m)			13.00	Checked by	김영수

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	12.7	67.3	67.5	0.20	41.0	0.008	8.348E-07
5	3.0	32.7	81.0	81.3	0.34	67.5	0.014	5.338E-07
5	5.0	52.7	88.0	88.5	0.50	100.0	0.020	4.907E-07
5	7.0	72.7	98.0	98.8	0.78	157.0	0.031	5.584E-07
5	9.0	92.7	114.0	115.1	1.08	217.0	0.043	6.053E-07
5	7.0	72.7	139.5	140.3	0.82	164.0	0.033	5.833E-07
5	5.0	52.7	144.5	145.0	0.54	107.5	0.021	5.275E-07
5	3.0	32.7	150.8	151.2	0.36	71.5	0.014	5.654E-07
5	1.0	12.7	154.5	154.7	0.24	47.0	0.009	9.570E-07





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **0.056**

Value of K : **6.01E-07** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

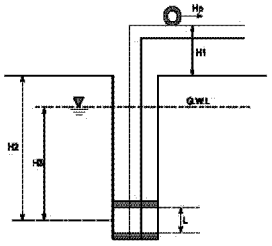
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

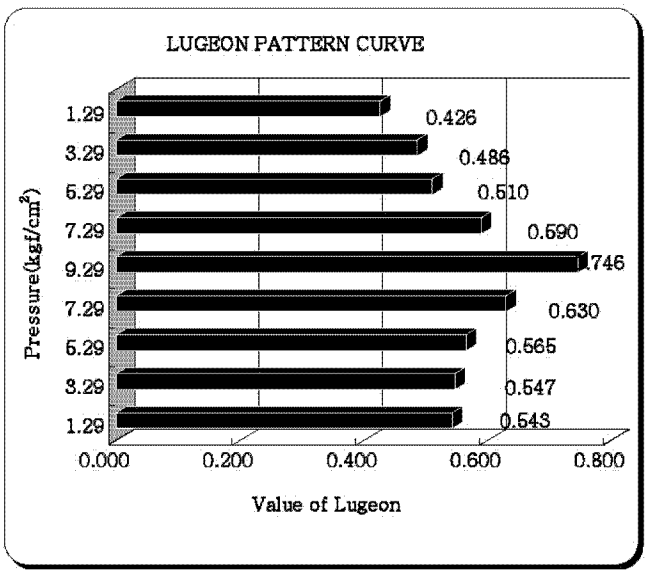


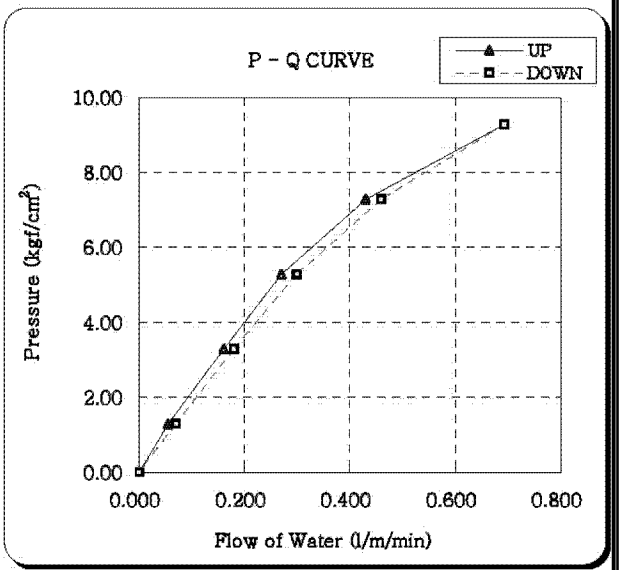
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-242		Geology			경 암	Date	2012-03-27
Test Section (m)	6.5	~ 9.5	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	2.40
Gauge Height from Ground (m)	0.50		Kind of Packer			Single	Tested by	최석중
Length of Injection (m)	3.00		Depth to Half an Injector (m)			8.00	Checked by	김영수

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	12.9	125.0	125.8	0.83	165.0	0.055	4.935E-06
5	3.0	32.9	128.0	130.4	2.40	480.0	0.160	5.629E-06
5	5.0	52.9	134.0	138.1	4.05	810.0	0.270	5.908E-06
5	7.0	72.9	143.0	149.5	6.45	1,290.0	0.430	6.828E-06
5	9.0	92.9	155.0	165.4	10.40	2,079.0	0.693	8.635E-06
5	7.0	72.9	174.0	180.9	6.88	1,377.0	0.459	7.288E-06
5	5.0	52.9	185.0	189.5	4.49	897.0	0.299	6.543E-06
5	3.0	32.9	193.0	195.7	2.70	540.0	0.180	6.333E-06
5	1.0	12.9	196.5	197.6	1.05	210.0	0.070	6.281E-06





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **0.586**

Value of K : **6.40E-06** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

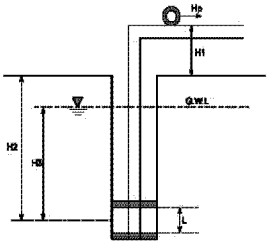
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

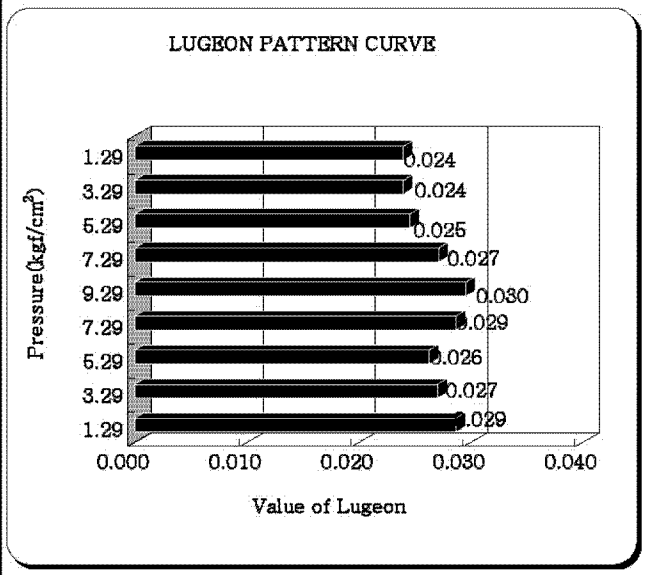


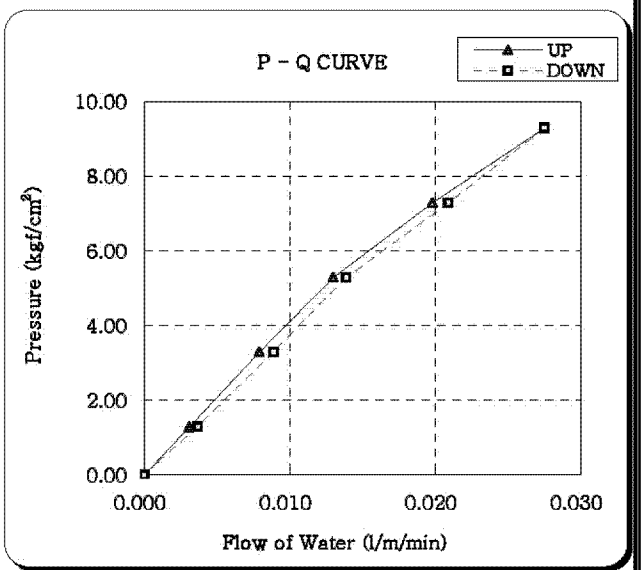
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-242		Geology			경 암	Date	2012-03-27
Test Section (m)	10.5	~ 15.5	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	2.40
Gauge Height from Ground (m)	0.50		Kind of Packer			Single	Tested by	최석중
Length of Injection (m)	5.00		Depth to Half an Injector (m)			13.00	Checked by	김영수

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	12.9	380.0	380.1	0.08	15.5	0.003	3.107E-07
5	3.0	32.9	382.2	382.4	0.20	39.5	0.008	3.105E-07
5	5.0	52.9	386.5	386.8	0.32	65.0	0.013	3.177E-07
5	7.0	72.9	396.8	397.3	0.50	99.0	0.020	3.512E-07
5	9.0	92.9	411.5	412.2	0.69	137.5	0.028	3.827E-07
5	7.0	72.9	428.3	428.8	0.52	104.5	0.021	3.707E-07
5	5.0	52.9	439.9	440.2	0.35	69.5	0.014	3.397E-07
5	3.0	32.9	448.4	448.6	0.22	44.5	0.009	3.498E-07
5	1.0	12.9	453.9	454.0	0.09	18.5	0.004	3.708E-07





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **0.027**

Value of K : **3.44E-07** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

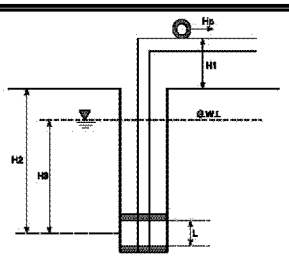
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

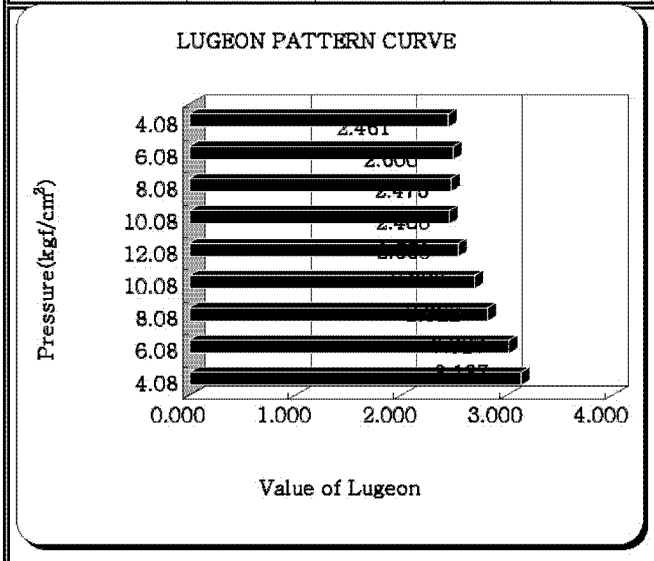


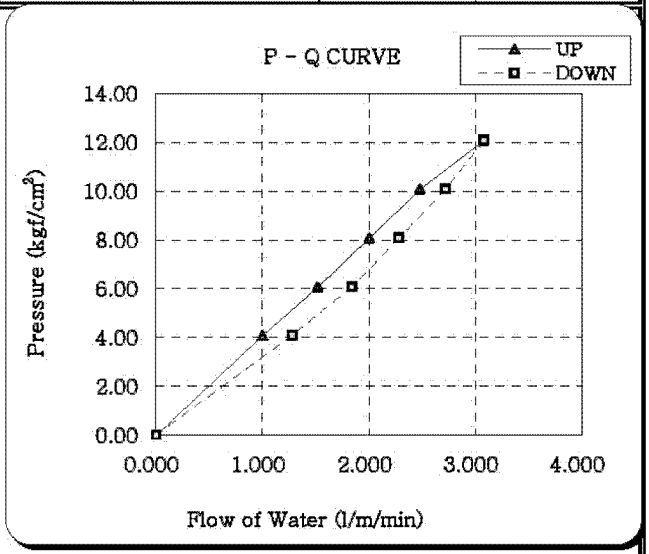
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-252-1		Geology			경 암	Date	2012-11-19
Test Section (m)	28.0	~ 33.0	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	32.00
Gauge Height from Ground (r		0.30	Kind of Packer			Single	Tested by	신대광
Length of Injection (m)		5.00	Depth to Half an Injector (m)			30.50	Checked by	전민익

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	40.8	7380.00	7435.00	25.00	5,000.0	1.000	3.169E-05
5	3.0	60.8	7470.00	7530.00	38.00	7,600.0	1.520	3.232E-05
5	5.0	80.8	7560.00	7620.00	50.00	10,000.0	2.000	3.200E-05
5	7.0	100.8	7643.00	7702.00	62.00	12,400.0	2.480	3.181E-05
5	9.0	120.8	7715.00	7792.00	77.00	15,400.0	3.080	3.296E-05
5	7.0	100.8	7792.00	7865.00	68.00	13,600.0	2.720	3.489E-05
5	5.0	80.8	7863.00	7930.00	57.00	11,400.0	2.280	3.648E-05
5	3.0	60.8	7940.00	7975.00	46.00	9,200.0	1.840	3.913E-05
5	1.0	40.8	7920.00	7994.00	32.00	6,400.0	1.280	4.056E-05





Pattern of Lugeon : **Laminar Flow**

Value of Lugeon : **2.680**

Value of K : **3.42E-05** **cm/sec**

REMARKS

$K = (2.30 \times Q/60) / (2 \times pi \times L \times H) \times \log(L/r)$

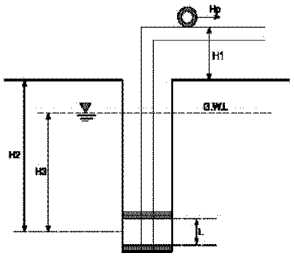
$H = Hp + H1 + H2 - H3$

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

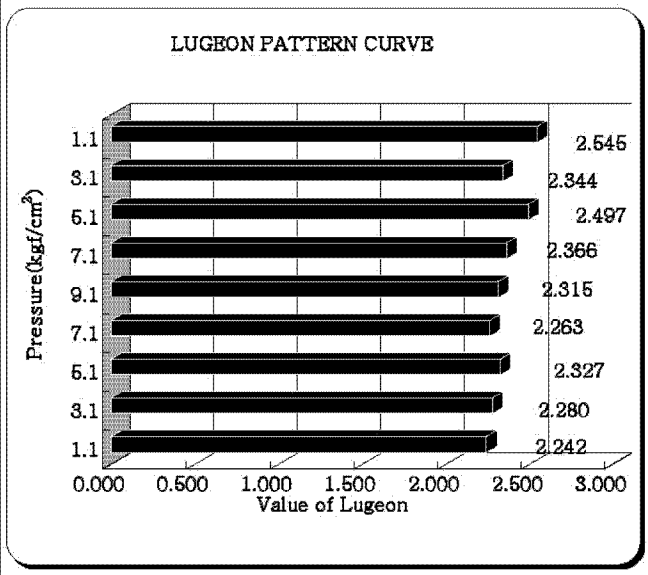


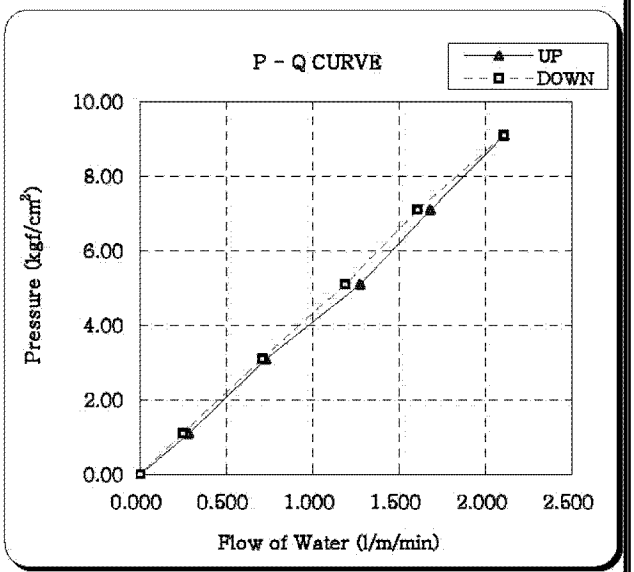
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-272		Geology			연 암	Date	2012-03-24
Test Section (m)	7.5	~ 10.5	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	0.50
Gauge Height from Ground (m)		0.50	Kind of Packer			Single	Tested by	문병일
Length of Injection (m)		3.00	Depth to Half an Injector (m)			9.00	Checked by	박진상

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	11.0	250.0	254.2	4.20	840.0	0.280	2.947E-05
5	3.0	31.0	260.0	270.9	10.90	2,180.0	0.727	2.713E-05
5	5.0	51.0	275.0	294.1	19.10	3,820.0	1.273	2.890E-05
5	7.0	71.0	300.0	325.2	25.20	5,040.0	1.680	2.739E-05
5	9.0	91.0	330.0	361.6	31.60	6,320.0	2.107	2.680E-05
5	7.0	71.0	365.0	389.1	24.10	4,820.0	1.607	2.619E-05
5	5.0	51.0	393.0	410.8	17.80	3,560.0	1.187	2.693E-05
5	3.0	31.0	415.0	425.6	10.60	2,120.0	0.707	2.639E-05
5	1.0	11.0	430.0	433.7	3.70	740.0	0.247	2.596E-05





Pattern of Lugeon : **Laminar Flow**

Value of Lugeon : **2.353**

Value of K : **2.71E-05** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

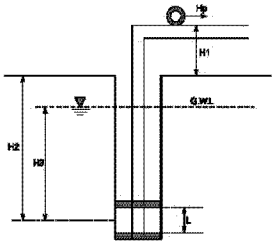
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

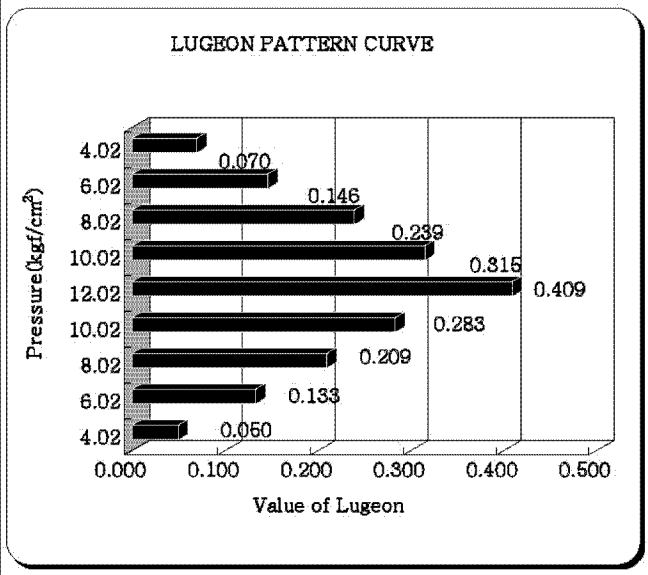


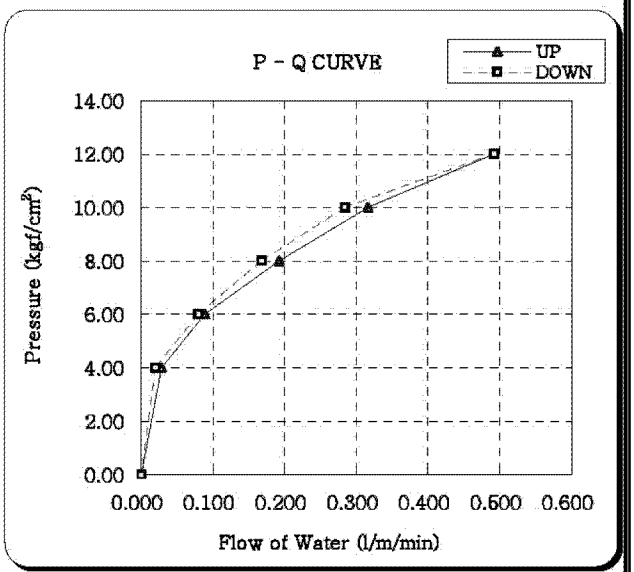
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-282		Geology			보통암	Date	2012-04-27
Test Section (m)	31.5	~ 36.5	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	29.70
Gauge Height from Ground (m)	0.50		Kind of Packer			Single	Tested by	문병일
Length of Injection (m)	5.00		Depth to Half an Injector (m)			34.00	Checked by	박진상

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	40.2	555.0	555.7	0.70	140.0	0.028	9.005E-07
5	3.0	60.2	558.0	560.2	2.20	440.0	0.088	1.890E-06
5	5.0	80.2	565.0	569.8	4.80	960.0	0.192	3.095E-06
5	7.0	100.2	575.0	582.9	7.90	1,580.0	0.316	4.077E-06
5	9.0	120.2	587.0	599.3	12.30	2,460.0	0.492	5.292E-06
5	7.0	100.2	603.0	610.1	7.10	1,420.0	0.284	3.665E-06
5	5.0	80.2	615.0	619.2	4.20	840.0	0.168	2.708E-06
5	3.0	60.2	622.0	624.0	2.00	400.0	0.080	1.718E-06
5	1.0	40.2	628.0	628.5	0.50	100.0	0.020	6.432E-07





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **0.239**

Value of K : **2.58E-06** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

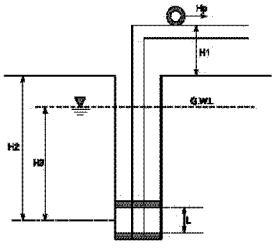
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

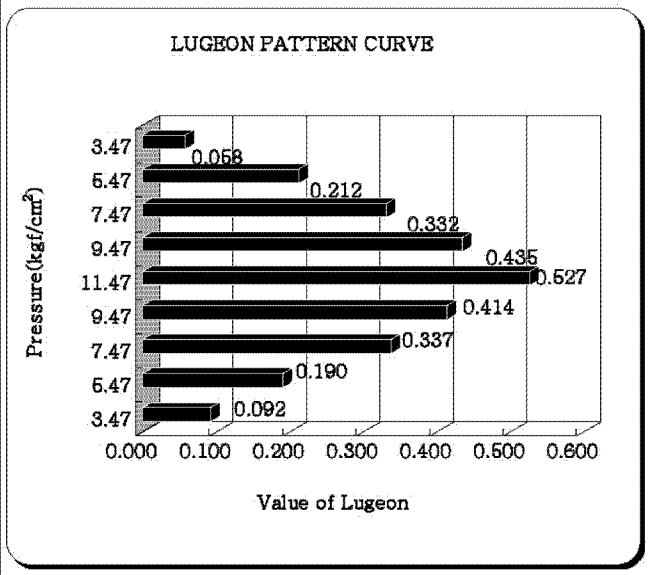


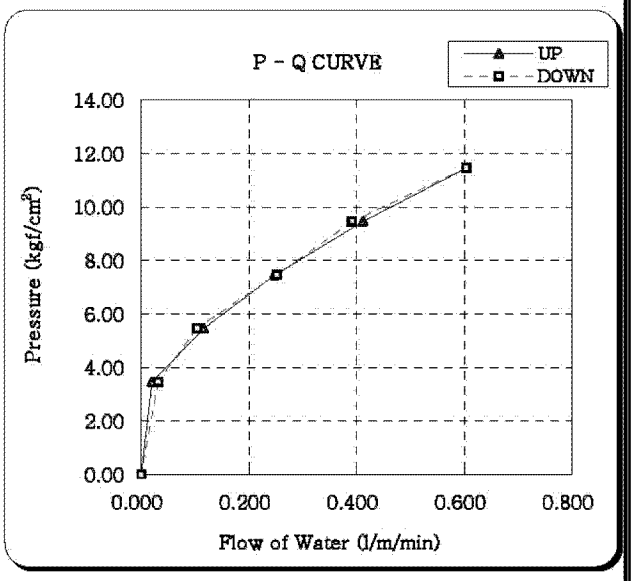
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-284		Geology			보통암	Date	2012-04-24
Test Section (m)	24.9	~ 29.9	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	24.20
Gauge Height from Ground (m)	0.50		Kind of Packer			Single	Tested by	문병일
Length of Injection (m)	5.00		Depth to Half an Injector (m)			27.40	Checked by	박진상

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	34.7	440.0	440.5	0.50	100.0	0.020	7.452E-07
5	3.0	54.7	445.0	447.9	2.90	580.0	0.116	2.742E-06
5	5.0	74.7	450.0	456.2	6.20	1,240.0	0.248	4.292E-06
5	7.0	94.7	460.0	470.3	10.30	2,060.0	0.412	5.625E-06
5	9.0	114.7	475.0	490.1	15.10	3,020.0	0.604	6.808E-06
5	7.0	94.7	495.0	504.8	9.80	1,960.0	0.392	5.352E-06
5	5.0	74.7	510.0	516.3	6.30	1,260.0	0.252	4.362E-06
5	3.0	54.7	520.0	522.6	2.60	520.0	0.104	2.458E-06
5	1.0	34.7	525.0	525.8	0.80	160.0	0.032	1.192E-06





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **0.292**

Value of K : **3.72E-06** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

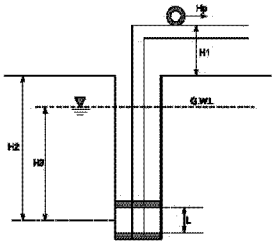
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

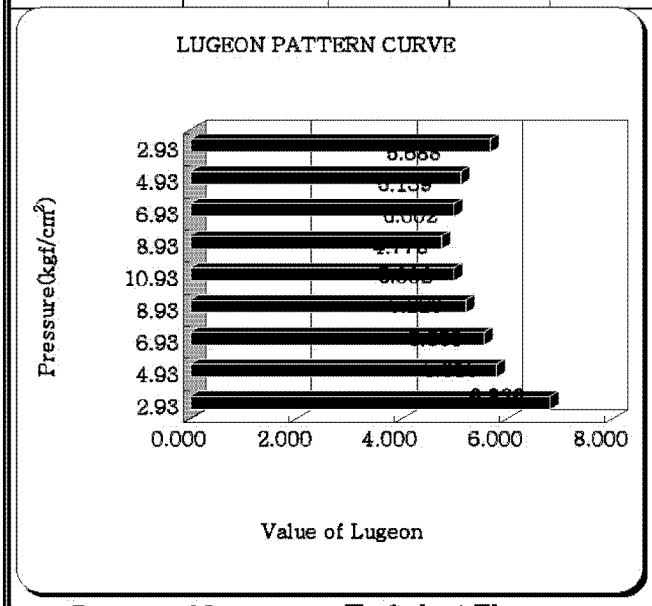


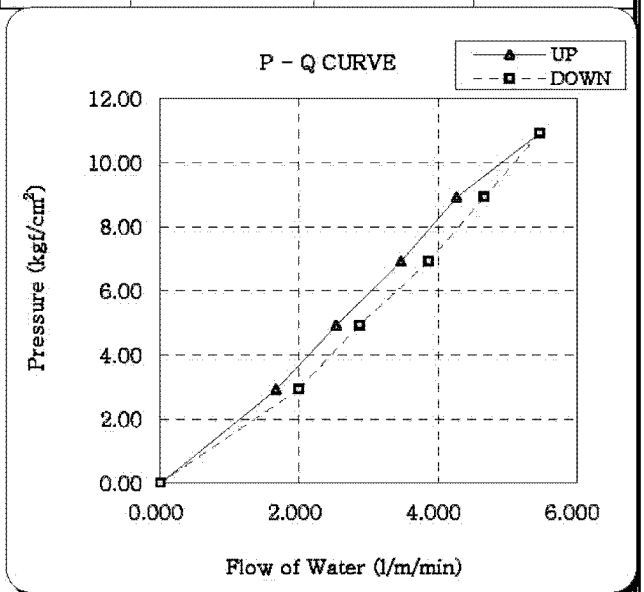
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-287		Geology	보통암	Date	2012-11-30
Test Section (m	18.0	~ 21.0	Hole Diameter (cm)	7.60	G.W.L (m)	19.00
Gauge Height from Ground (m	0.30		Kind of Packer	Single	Tested by	신대광
Length of Injection (m)	3.00		Depth to Half an Injector (m)	19.50	Checked by	전민익

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	29.3	8210.00	8275.00	25.00	5,000.0	1.667	6.584E-05
5	3.0	49.3	8290.00	8355.00	38.00	7,600.0	2.533	5.948E-05
5	5.0	69.3	8400.00	8452.00	52.00	10,400.0	3.467	5.791E-05
5	7.0	89.3	8470.00	8534.00	64.00	12,800.0	4.267	5.531E-05
5	9.0	109.3	8545.00	8627.00	82.00	16,400.0	5.467	5.790E-05
5	7.0	89.3	8640.00	8718.00	70.00	14,000.0	4.667	6.049E-05
5	5.0	69.3	8730.00	8794.00	58.00	11,600.0	3.867	6.459E-05
5	3.0	49.3	8810.00	8852.00	43.00	8,600.0	2.867	6.731E-05
5	1.0	29.3	8863.00	8916.00	30.00	6,000.0	2.000	7.901E-05





Pattern of Lugeon : **Turbulent Flow**

Value of Lugeon : **5.002**

Value of K : **6.19E-05** **cm/sec**

REMARKS

$K = (2.30 \times Q/60) / (2 \times pi \times L \times H) \times \log(L/r)$

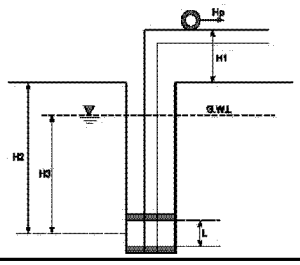
$H = Hp + H1 + H2 - H3$

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

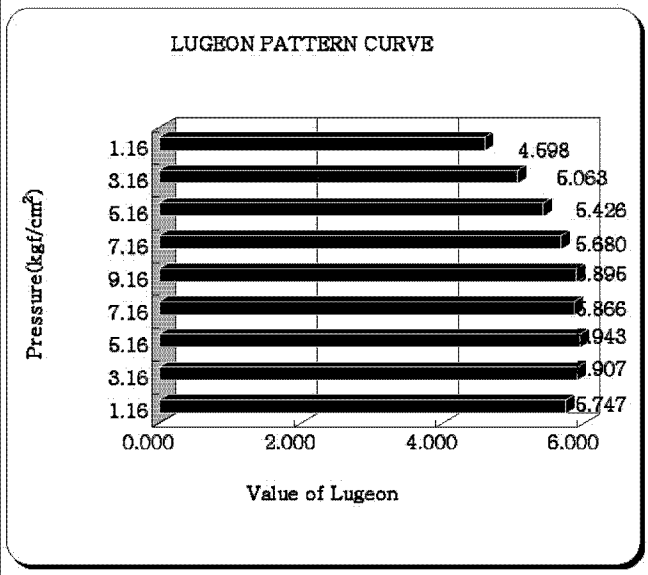


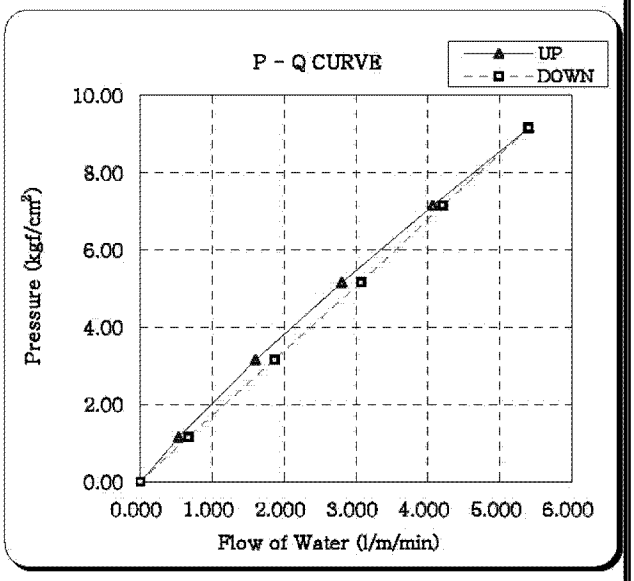
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-289		Geology			연 암	Date	2012-11-19
Test Section (m)	12.0	~ 15.0	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	1.40
Gauge Height from Ground (m)		0.20	Kind of Packer			Single	Tested by	황현진
Length of Injection (m)		3.00	Depth to Half an Injector (m)			13.50	Checked by	유창균

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	11.6	7102.0	7110.0	8.00	1,600.0	0.533	5.322E-05
5	3.0	31.6	7111.0	7135.0	24.00	4,800.0	1.600	5.861E-05
5	5.0	51.6	7136.0	7178.0	42.00	8,400.0	2.800	6.281E-05
5	7.0	71.6	7179.0	7240.0	61.00	12,200.0	4.067	6.575E-05
5	9.0	91.6	7241.0	7322.0	81.00	16,200.0	5.400	6.824E-05
5	7.0	71.6	7323.0	7386.0	63.00	12,600.0	4.200	6.790E-05
5	5.0	51.6	7387.0	7433.0	46.00	9,200.0	3.067	6.880E-05
5	3.0	31.6	7434.0	7462.0	28.00	5,600.0	1.867	6.838E-05
5	1.0	11.6	7463.0	7473.0	10.00	2,000.0	0.667	6.653E-05





Pattern of Lugeon : **Laminar Flow**

Value of Lugeon : **5.570**

Value of K : **6.55E-05** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

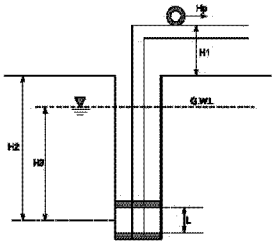
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

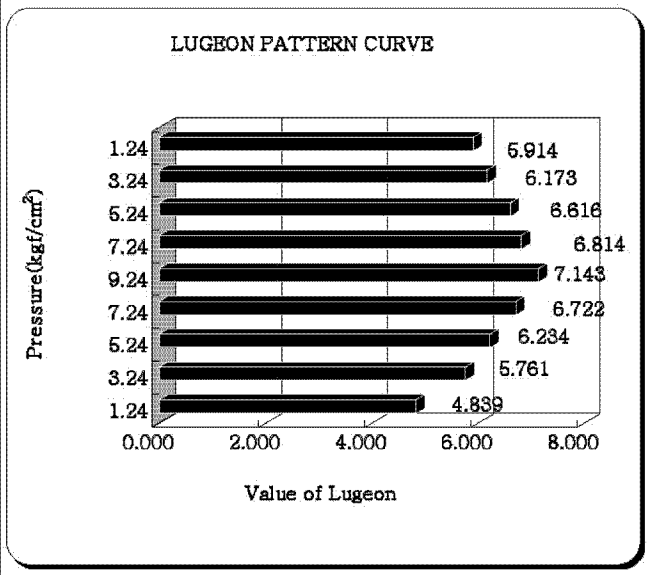


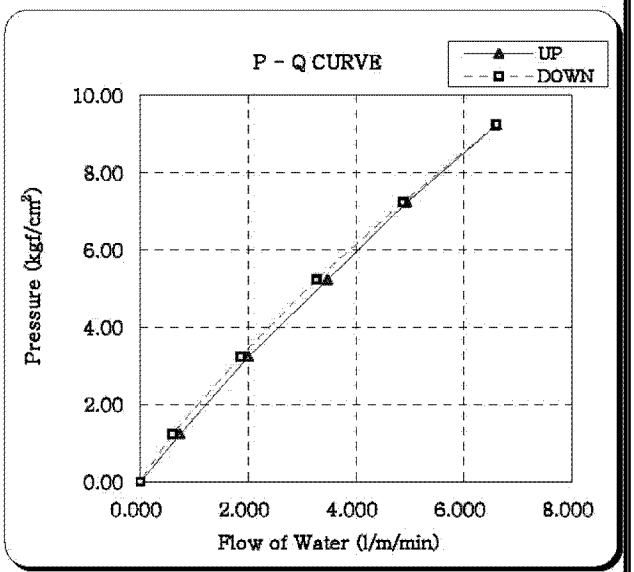
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-291		Geology			연 암	Date	2012-11-19
Test Section (m)	12.0	~ 15.0	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	2.20
Gauge Height from Ground (m)	0.20		Kind of Packer			Single	Tested by	황현진
Length of Injection (m)	3.00		Depth to Half an Injector (m)			13.50	Checked by	유창균

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	12.4	7500.0	7511.0	11.00	2,200.0	0.733	6.846E-05
5	3.0	32.4	7513.0	7543.0	30.00	6,000.0	2.000	7.145E-05
5	5.0	52.4	7544.0	7596.0	52.00	10,400.0	3.467	7.658E-05
5	7.0	72.4	7597.0	7671.0	74.00	14,800.0	4.933	7.888E-05
5	9.0	92.4	7672.0	7771.0	99.00	19,800.0	6.600	8.268E-05
5	7.0	72.4	7772.0	7845.0	73.00	14,600.0	4.867	7.781E-05
5	5.0	52.4	7846.0	7895.0	49.00	9,800.0	3.267	7.216E-05
5	3.0	32.4	7896.0	7924.0	28.00	5,600.0	1.867	6.669E-05
5	1.0	12.4	7925.0	7934.0	9.00	1,800.0	0.600	5.601E-05





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **6.528**

Value of K : **7.31E-05** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

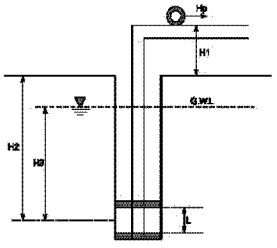
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

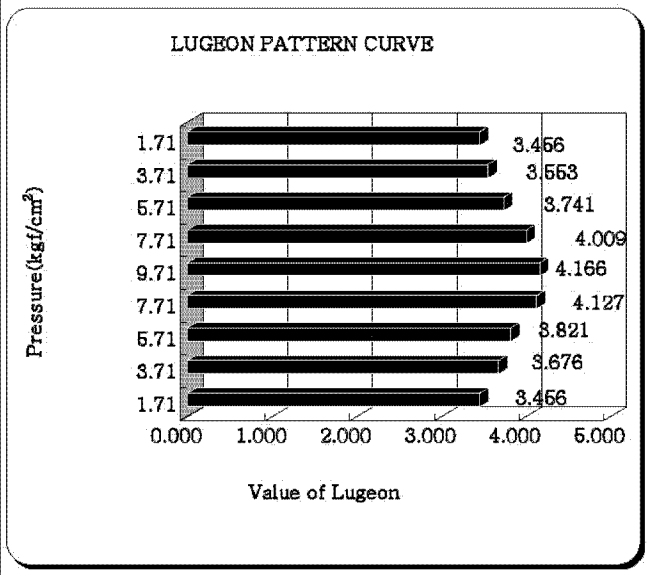


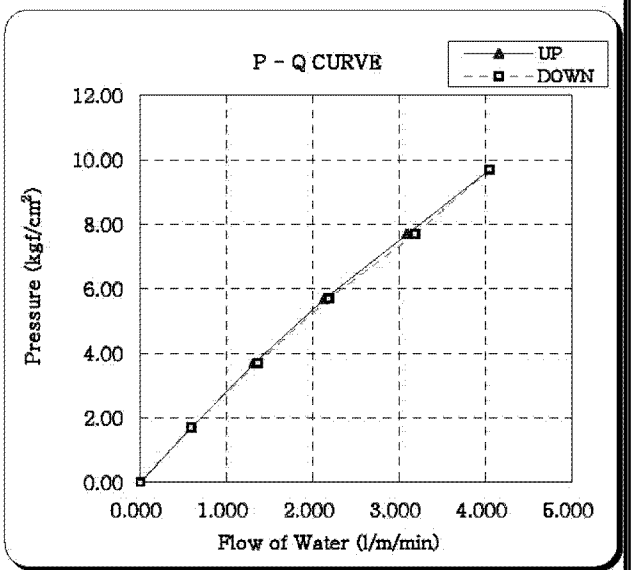
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-293		Geology			연암~보통암	Date	2012-11-09
Test Section (m)	14.8	~ 19.2	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	6.80
Gauge Height from Ground (m)	0.30		Kind of Packer			Single	Tested by	김현중
Length of Injection (m)	4.40		Depth to Half an Injector (m)			17.00	Checked by	유창균

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	17.1	12.0	25.0	13.00	2,600.0	0.591	4.351E-05
5	3.0	37.1	26.0	55.0	29.00	5,800.0	1.318	4.473E-05
5	5.0	57.1	56.0	103.0	47.00	9,400.0	2.136	4.711E-05
5	7.0	77.1	104.0	172.0	68.00	13,600.0	3.091	5.047E-05
5	9.0	97.1	173.0	262.0	89.00	17,800.0	4.045	5.245E-05
5	7.0	77.1	263.0	333.0	70.00	14,000.0	3.182	5.196E-05
5	5.0	57.1	331.0	379.0	48.00	9,600.0	2.182	4.811E-05
5	3.0	37.1	380.0	410.0	30.00	6,000.0	1.364	4.628E-05
5	1.0	17.1	411.0	424.0	13.00	2,600.0	0.591	4.351E-05





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **3.811**

Value of K : **4.75E-05** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

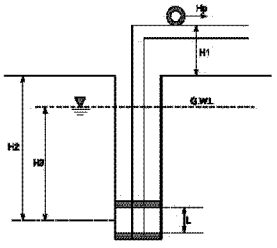
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

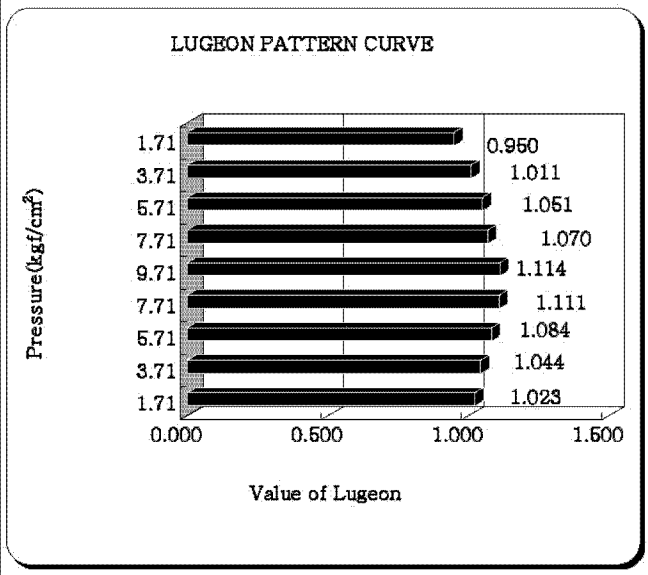


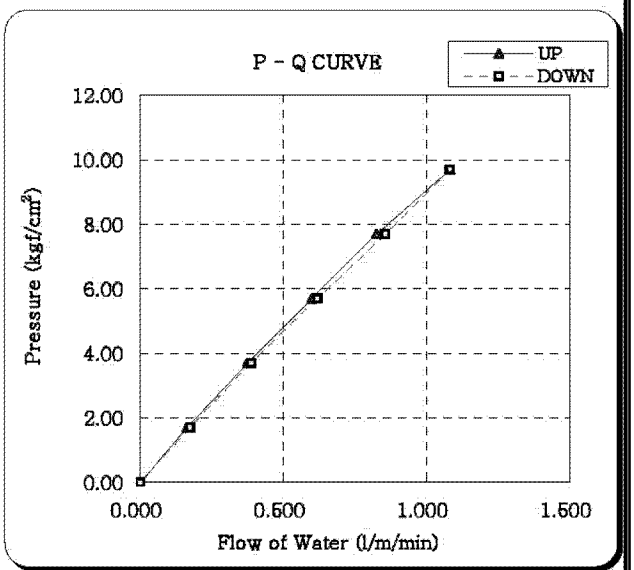
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-293		Geology			보통암	Date	2012-11-09
Test Section (m)	29.0	~ 32.2	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	6.80
Gauge Height from Ground (m)	0.30		Kind of Packer			Single	Tested by	김현중
Length of Injection (m)	3.20		Depth to Half an Injector (m)			30.60	Checked by	유창균

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	17.1	426.0	428.6	2.60	520.0	0.163	1.116E-05
5	3.0	37.1	430.0	436.0	6.00	1,200.0	0.375	1.187E-05
5	5.0	57.1	437.0	446.6	9.60	1,920.0	0.600	1.234E-05
5	7.0	77.1	447.0	460.2	13.20	2,640.0	0.825	1.257E-05
5	9.0	97.1	461.0	478.3	17.30	3,460.0	1.081	1.308E-05
5	7.0	77.1	479.0	492.7	13.70	2,740.0	0.856	1.305E-05
5	5.0	57.1	493.0	502.9	9.90	1,980.0	0.619	1.273E-05
5	3.0	37.1	503.0	509.2	6.20	1,240.0	0.387	1.227E-05
5	1.0	17.1	510.0	512.8	2.80	560.0	0.175	1.202E-05





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **1.032**

Value of K : **1.24E-05** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

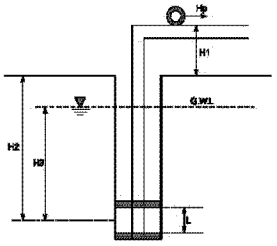
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

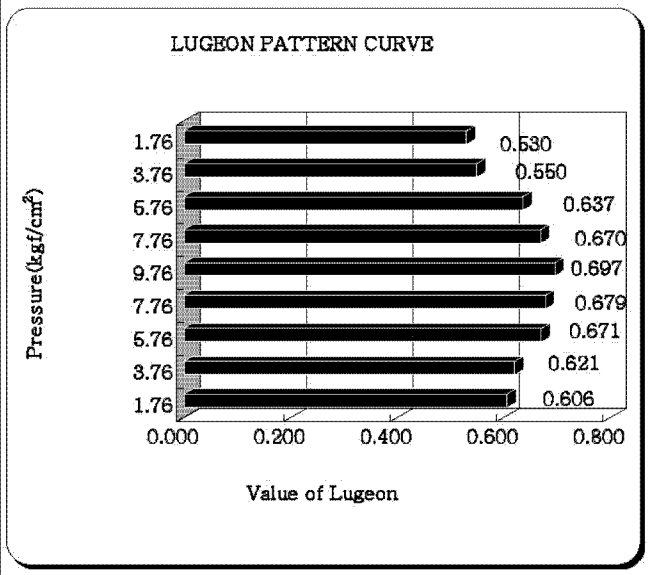


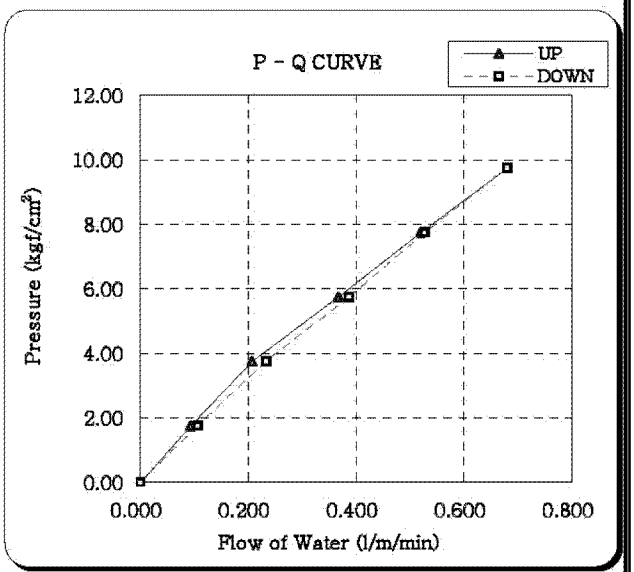
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-293-1		Geology			경 암	Date	2012-11-10
Test Section (m)	19.3	~ 22.3	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	7.30
Gauge Height from Ground (m)	0.30		Kind of Packer			Single	Tested by	김혁기
Length of Injection (m)	3.00		Depth to Half an Injector (m)			20.80	Checked by	유창균

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	17.6	3400.0	3401.4	1.40	280.0	0.093	6.139E-06
5	3.0	37.6	3402.0	3405.1	3.10	620.0	0.207	6.362E-06
5	5.0	57.6	3406.0	3411.5	5.50	1,100.0	0.367	7.369E-06
5	7.0	77.6	3412.0	3419.8	7.80	1,560.0	0.520	7.757E-06
5	9.0	97.6	3420.0	3430.2	10.20	2,040.0	0.680	8.065E-06
5	7.0	77.6	3431.0	3438.9	7.90	1,580.0	0.527	7.856E-06
5	5.0	57.6	3439.0	3444.8	5.80	1,160.0	0.387	7.771E-06
5	3.0	37.6	3445.0	3448.5	3.50	700.0	0.233	7.183E-06
5	1.0	17.6	3449.0	3450.6	1.60	320.0	0.107	7.015E-06





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **0.614**

Value of K : **7.33E-06** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

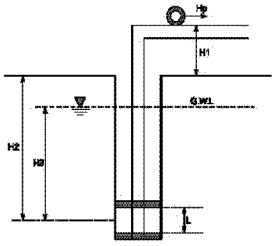
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

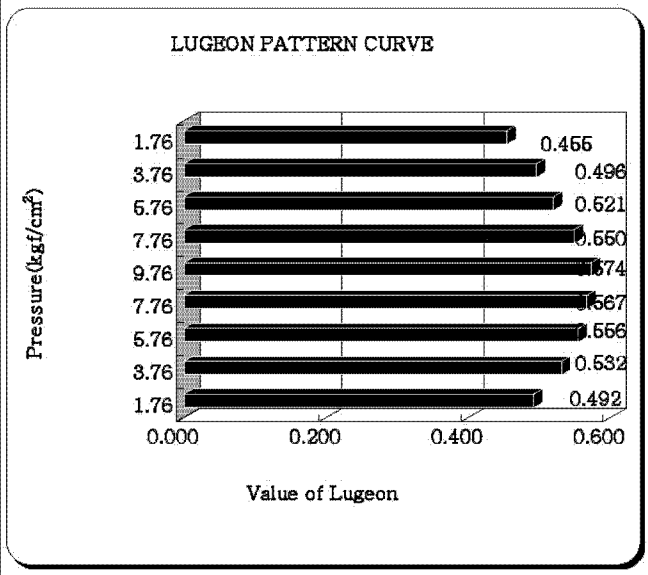


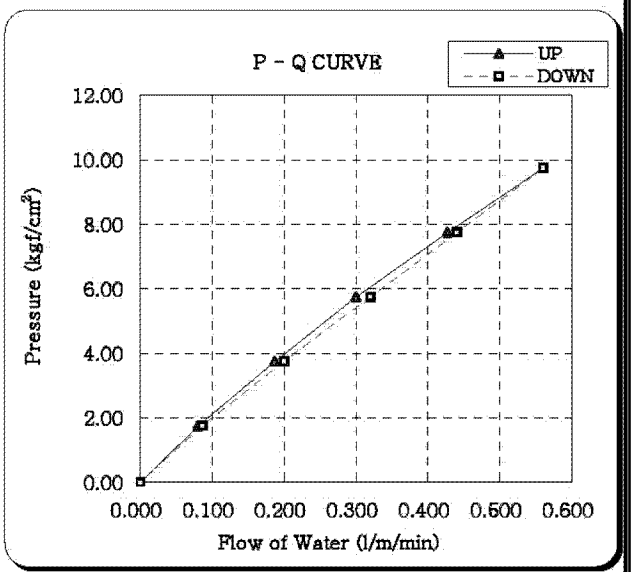
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-293-1		Geology			경 암	Date	2012-11-10
Test Section (m)	25.3	~ 28.3	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	7.30
Gauge Height from Ground (m)	0.30		Kind of Packer			Single	Tested by	김혁기
Length of Injection (m)	3.00		Depth to Half an Injector (m)			26.80	Checked by	유창균

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	17.6	3500.0	3501.2	1.20	240.0	0.080	5.262E-06
5	3.0	37.6	3502.0	3504.8	2.80	560.0	0.187	5.747E-06
5	5.0	57.6	3505.0	3509.5	4.50	900.0	0.300	6.029E-06
5	7.0	77.6	3510.0	3516.4	6.40	1,280.0	0.427	6.365E-06
5	9.0	97.6	3517.0	3525.4	8.40	1,680.0	0.560	6.642E-06
5	7.0	77.6	3526.0	3532.6	6.60	1,320.0	0.440	6.563E-06
5	5.0	57.6	3533.0	3537.8	4.80	960.0	0.320	6.431E-06
5	3.0	37.6	3538.0	3541.0	3.00	600.0	0.200	6.157E-06
5	1.0	17.6	3542.0	3543.3	1.30	260.0	0.087	5.700E-06





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **0.514**

Value of K : **6.14E-06** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

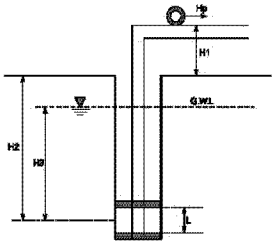
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

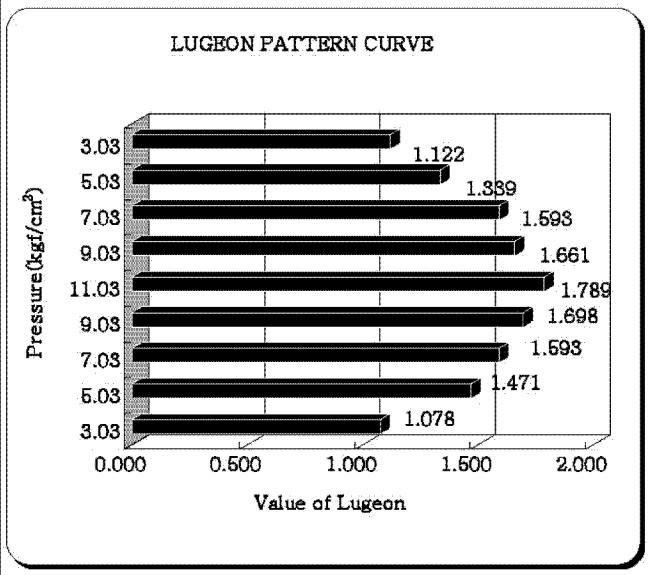


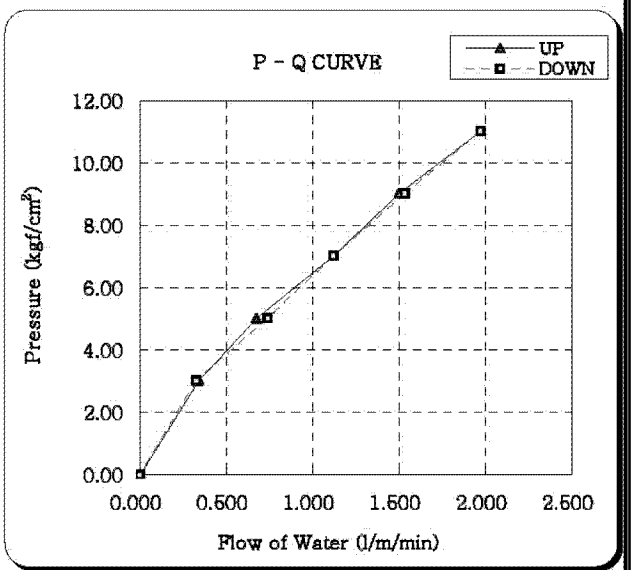
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-299		Geology			보통암	Date	2012-03-04
Test Section (m)	24.5	~ 27.5	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	20.00
Gauge Height from Ground (m)	0.30		Kind of Packer			Single	Tested by	유영준
Length of Injection (m)	3.00		Depth to Half an Injector (m)			26.00	Checked by	사유진

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	30.3	265.0	270.1	5.10	1,020.0	0.340	1.299E-05
5	3.0	50.3	280.0	290.1	10.10	2,020.0	0.673	1.550E-05
5	5.0	70.3	295.0	311.8	16.80	3,360.0	1.120	1.844E-05
5	7.0	90.3	319.0	341.5	22.50	4,500.0	1.500	1.923E-05
5	9.0	110.3	348.0	377.6	29.60	5,920.0	1.973	2.071E-05
5	7.0	90.3	384.5	407.5	23.00	4,600.0	1.533	1.966E-05
5	5.0	70.3	414.5	431.3	16.80	3,360.0	1.120	1.844E-05
5	3.0	50.3	438.0	449.1	11.10	2,220.0	0.740	1.703E-05
5	1.0	30.3	456.0	460.9	4.90	980.0	0.327	1.248E-05





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **1.456**

Value of K : **1.73E-05** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

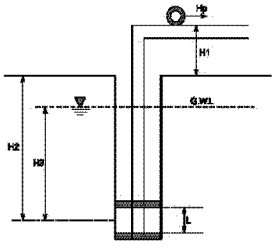
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

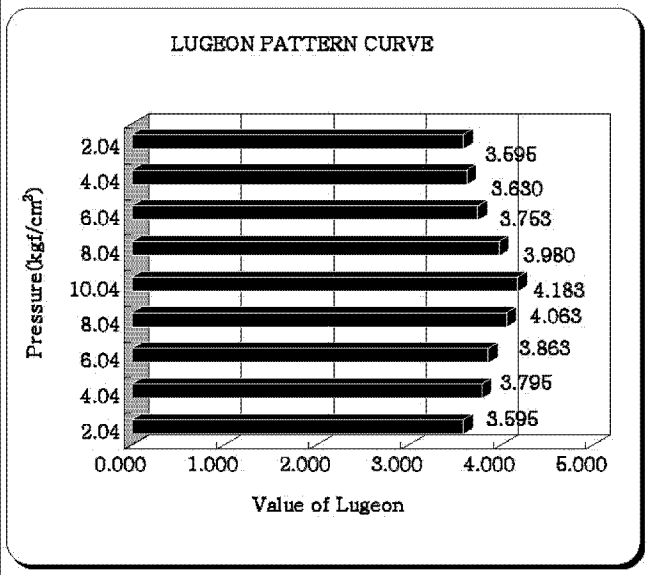


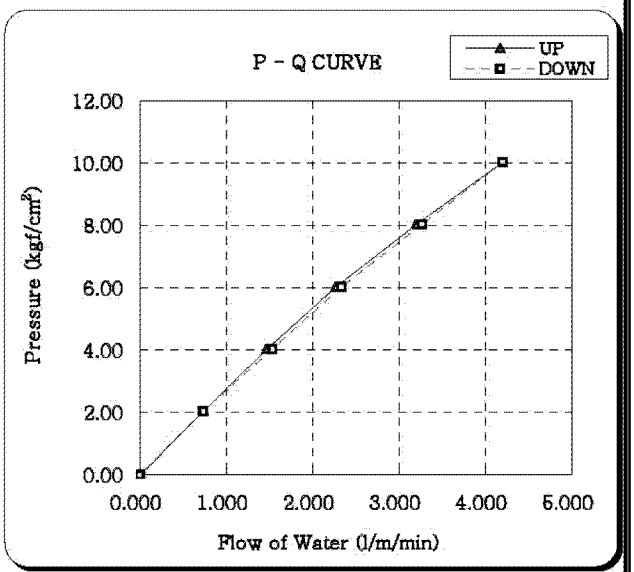
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-299-1		Geology			보통암	Date	2012-10-22
Test Section (m)	12.0	~ 15.0	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	10.00
Gauge Height from Ground (m)		0.40	Kind of Packer			Single	Tested by	신용석
Length of Injection (m)		3.00	Depth to Half an Injector (m)			13.50	Checked by	전민익

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	20.4	288.0	299.0	11.00	2,200.0	0.733	4.161E-05
5	3.0	40.4	300.0	322.0	22.00	4,400.0	1.467	4.202E-05
5	5.0	60.4	322.0	356.0	34.00	6,800.0	2.267	4.344E-05
5	7.0	80.4	357.0	405.0	48.00	9,600.0	3.200	4.607E-05
5	9.0	100.4	406.0	469.0	63.00	12,600.0	4.200	4.842E-05
5	7.0	80.4	470.0	519.0	49.00	9,800.0	3.267	4.703E-05
5	5.0	60.4	520.0	555.0	35.00	7,000.0	2.333	4.472E-05
5	3.0	40.4	556.0	579.0	23.00	4,600.0	1.533	4.393E-05
5	1.0	20.4	580.0	591.0	11.00	2,200.0	0.733	4.161E-05





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **3.889**

Value of K : **4.41E-05** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

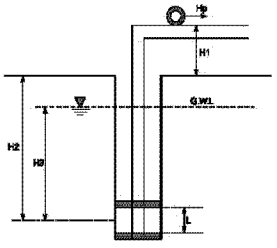
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

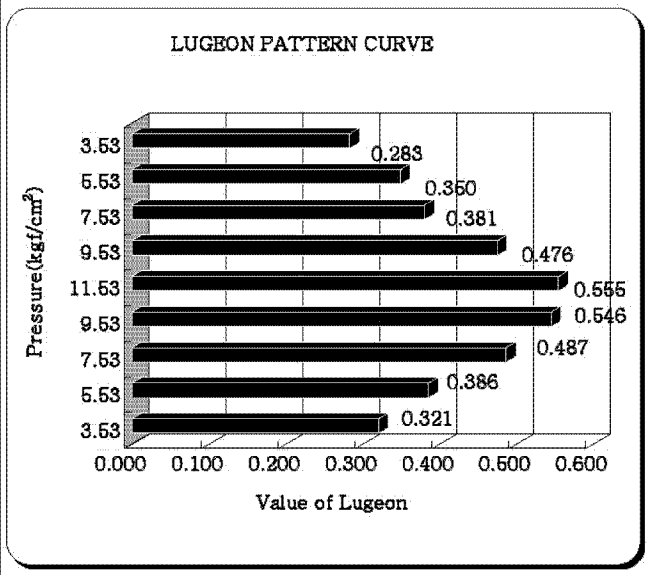


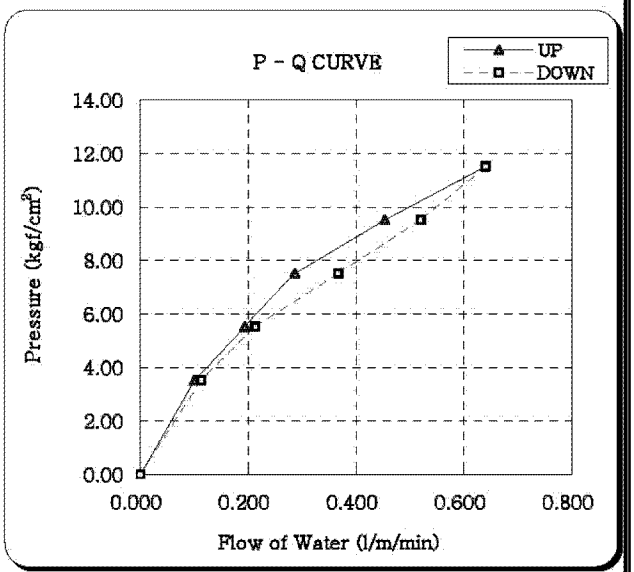
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-299-2		Geology			보통암	Date	2012-11-03
Test Section (m)	30.0	~ 33.0	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	25.00
Gauge Height from Ground (m)		0.30	Kind of Packer			Single	Tested by	신대광
Length of Injection (m)		3.00	Depth to Half an Injector (m)			31.50	Checked by	전민익

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	35.3	20.0	21.5	1.50	300.0	0.100	3.279E-06
5	3.0	55.3	22.0	24.9	2.90	580.0	0.193	4.047E-06
5	5.0	75.3	25.0	29.3	4.30	860.0	0.287	4.407E-06
5	7.0	95.3	30.0	36.8	6.80	1,360.0	0.453	5.506E-06
5	9.0	115.3	38.0	47.6	9.60	1,920.0	0.640	6.425E-06
5	7.0	95.3	48.0	55.8	7.80	1,560.0	0.520	6.316E-06
5	5.0	75.3	57.0	62.5	5.50	1,100.0	0.367	5.637E-06
5	3.0	55.3	63.0	66.2	3.20	640.0	0.213	4.466E-06
5	1.0	35.3	67.0	68.7	1.70	340.0	0.113	3.716E-06





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **0.419**

Value of K : **4.87E-06** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

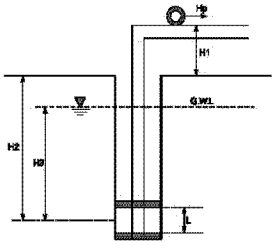
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

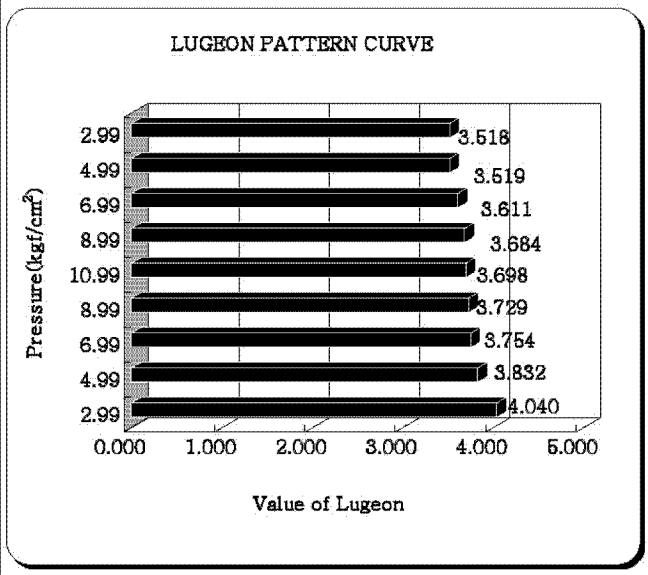


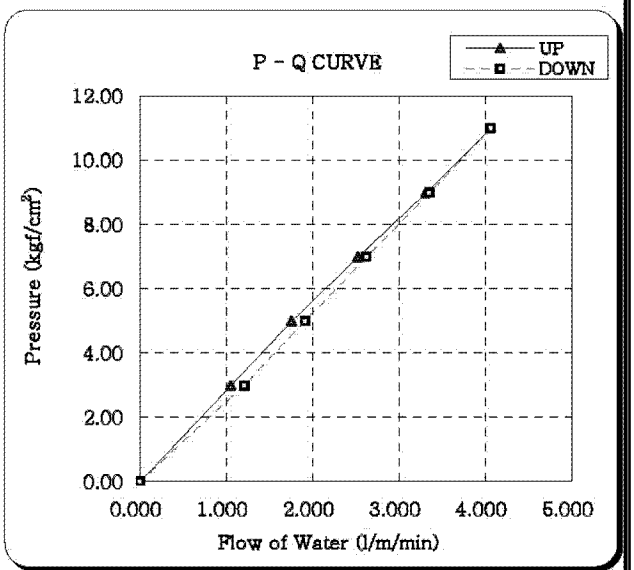
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-302		Geology			연 암	Date	2012-03-05
Test Section (m)	17.0	~ 22.0	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	28.50
Gauge Height from Ground (m)	0.40		Kind of Packer			Single	Tested by	유영준
Length of Injection (m)	5.00		Depth to Half an Injector (m)			19.50	Checked by	사유진

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	29.9	470.0	496.3	26.30	5,260.0	1.052	4.549E-05
5	3.0	49.9	498.5	542.4	43.90	8,780.0	1.756	4.550E-05
5	5.0	69.9	545.0	608.1	63.10	12,620.0	2.524	4.669E-05
5	7.0	89.9	611.0	693.8	82.80	16,560.0	3.312	4.763E-05
5	9.0	109.9	696.0	797.6	101.60	20,320.0	4.064	4.781E-05
5	7.0	89.9	800.0	883.8	83.80	16,760.0	3.352	4.821E-05
5	5.0	69.9	885.5	951.1	65.60	13,120.0	2.624	4.853E-05
5	3.0	49.9	953.5	1001.3	47.80	9,560.0	1.912	4.954E-05
5	1.0	29.9	1004.0	1034.2	30.20	6,040.0	1.208	5.224E-05





Pattern of Lugeon : **Laminar Flow**

Value of Lugeon : **3.709**

Value of K : **4.77E-05** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

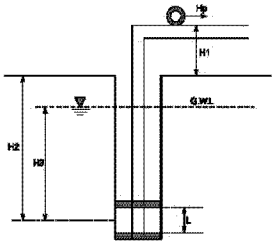
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

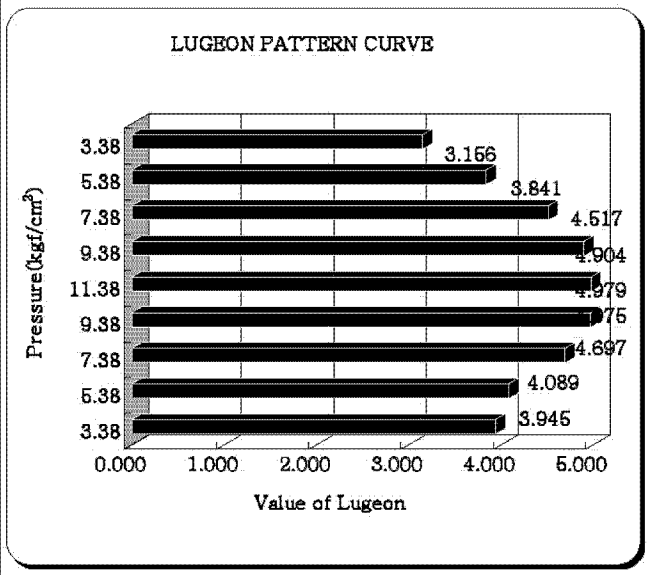


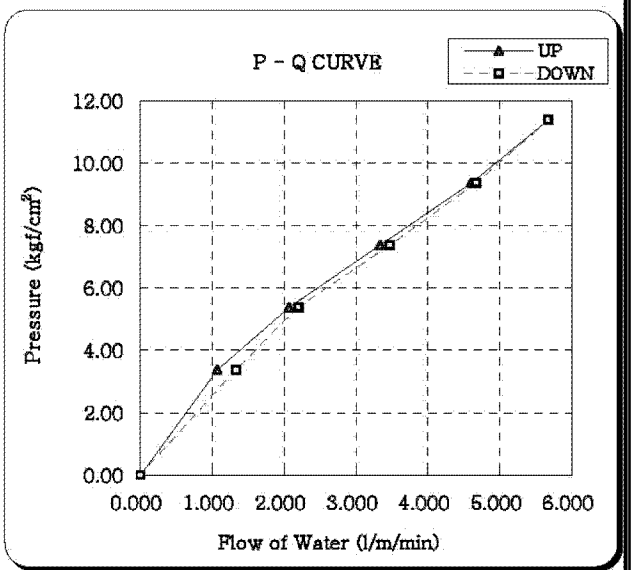
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-302-1		Geology			보통암	Date	2012-03-22
Test Section (m)	22.0	~ 25.0	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	23.70
Gauge Height from Ground (m)		0.30	Kind of Packer			Single	Tested by	유영준
Length of Injection (m)		3.00	Depth to Half an Injector (m)			23.50	Checked by	사유진

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	33.8	2500.0	2516.0	16.00	3,200.0	1.067	3.653E-05
5	3.0	53.8	2517.0	2548.0	31.00	6,200.0	2.067	4.447E-05
5	5.0	73.8	2549.0	2599.0	50.00	10,000.0	3.333	5.228E-05
5	7.0	93.8	2600.0	2669.0	69.00	13,800.0	4.600	5.677E-05
5	9.0	113.8	2673.0	2758.0	85.00	17,000.0	5.667	5.764E-05
5	7.0	93.8	2759.0	2829.0	70.00	14,000.0	4.667	5.759E-05
5	5.0	73.8	2829.0	2881.0	52.00	10,400.0	3.467	5.437E-05
5	3.0	53.8	2882.0	2915.0	33.00	6,600.0	2.200	4.733E-05
5	1.0	33.8	2916.0	2936.0	20.00	4,000.0	1.333	4.566E-05





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **4.068**

Value of K : **5.12E-05** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

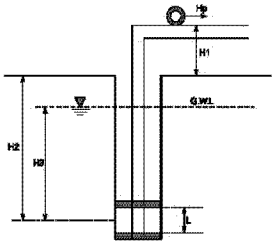
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

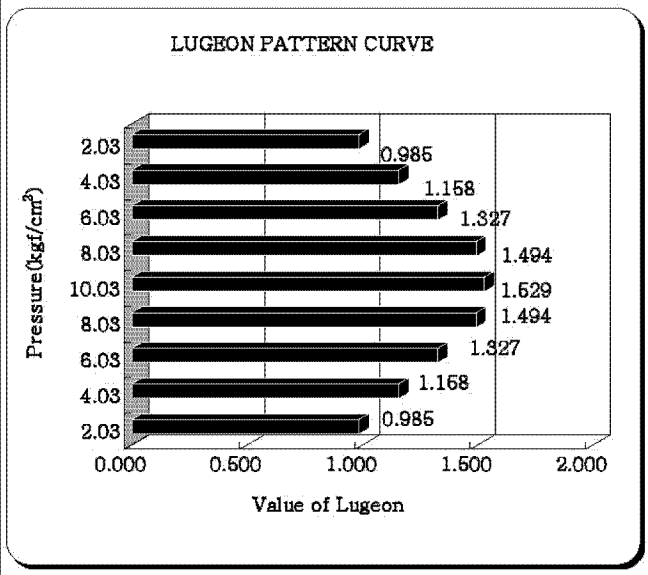


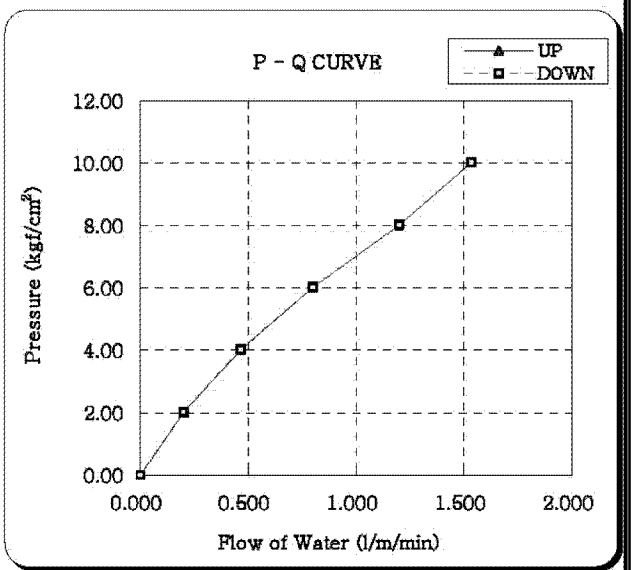
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-303		Geology			보통암	Date	2012-03-08
Test Section (m)	10.0	~ 13.0	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	10.00
Gauge Height from Ground (m)	0.30		Kind of Packer			Single	Tested by	유영준
Length of Injection (m)	3.00		Depth to Half an Injector (m)			11.50	Checked by	사유진

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	20.3	800.0	803.0	3.00	600.0	0.200	1.140E-05
5	3.0	40.3	805.0	812.0	7.00	1,400.0	0.467	1.340E-05
5	5.0	60.3	814.0	826.0	12.00	2,400.0	0.800	1.536E-05
5	7.0	80.3	827.0	845.0	18.00	3,600.0	1.200	1.730E-05
5	9.0	100.3	846.0	869.0	23.00	4,600.0	1.533	1.770E-05
5	7.0	80.3	867.0	885.0	18.00	3,600.0	1.200	1.730E-05
5	5.0	60.3	886.0	898.0	12.00	2,400.0	0.800	1.536E-05
5	3.0	40.3	898.0	905.0	7.00	1,400.0	0.467	1.340E-05
5	1.0	20.3	907.0	910.0	3.00	600.0	0.200	1.140E-05





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **1.257**

Value of K : **1.48E-05** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

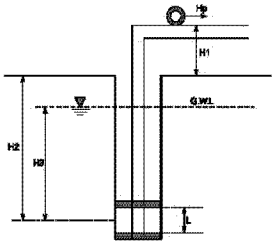
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

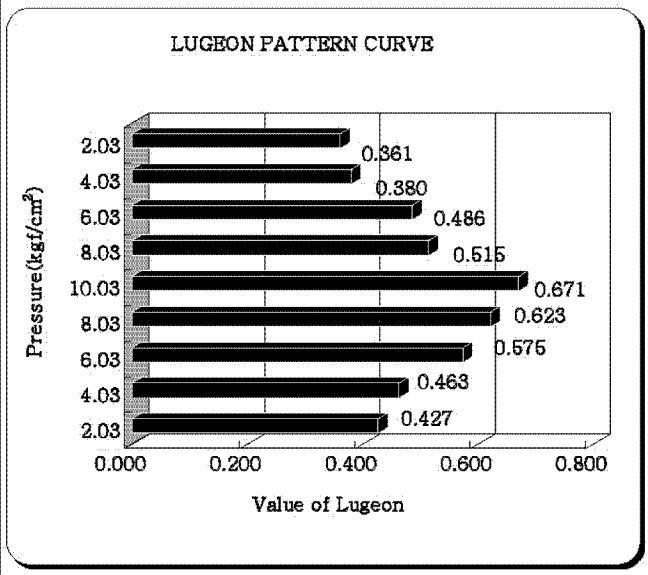


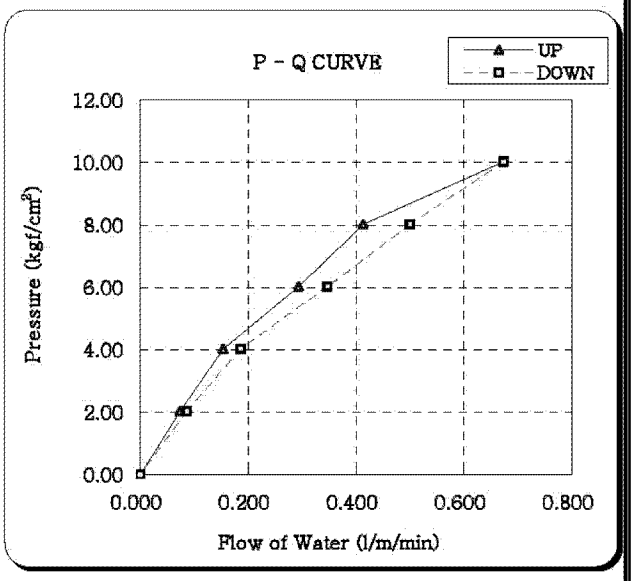
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-303		Geology			보통암	Date	2012-03-09
Test Section (m)	20.0	~ 23.0	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	10.00
Gauge Height from Ground (m)	0.30		Kind of Packer			Single	Tested by	유영준
Length of Injection (m)	3.00		Depth to Half an Injector (m)			21.50	Checked by	사유진

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	20.3	920.0	921.1	1.10	220.0	0.073	4.182E-06
5	3.0	40.3	922.0	924.3	2.30	460.0	0.153	4.404E-06
5	5.0	60.3	925.0	929.4	4.40	880.0	0.293	5.631E-06
5	7.0	80.3	930.0	936.2	6.20	1,240.0	0.413	5.958E-06
5	9.0	100.3	937.0	947.1	10.10	2,020.0	0.673	7.771E-06
5	7.0	80.3	948.0	955.5	7.50	1,500.0	0.500	7.208E-06
5	5.0	60.3	956.0	961.2	5.20	1,040.0	0.347	6.655E-06
5	3.0	40.3	962.0	964.8	2.80	560.0	0.187	5.362E-06
5	1.0	20.3	965.0	966.3	1.30	260.0	0.087	4.942E-06





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **0.516**

Value of K : **5.74E-06** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

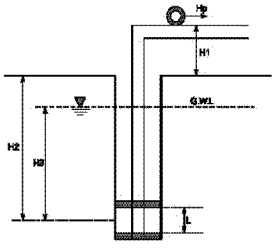
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

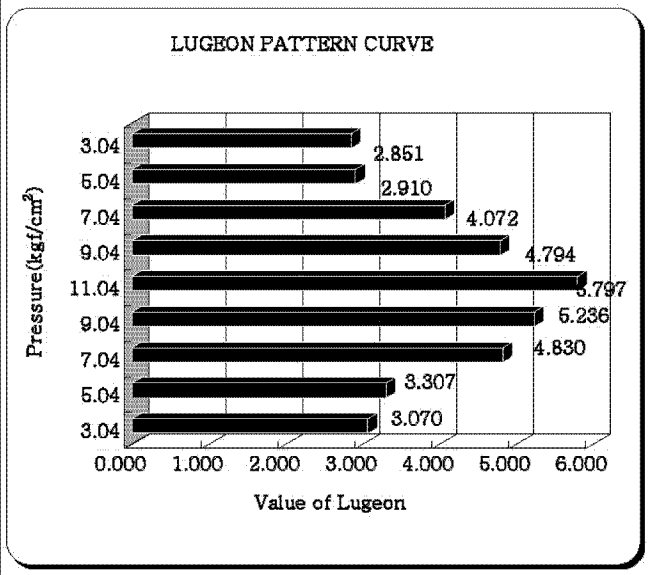


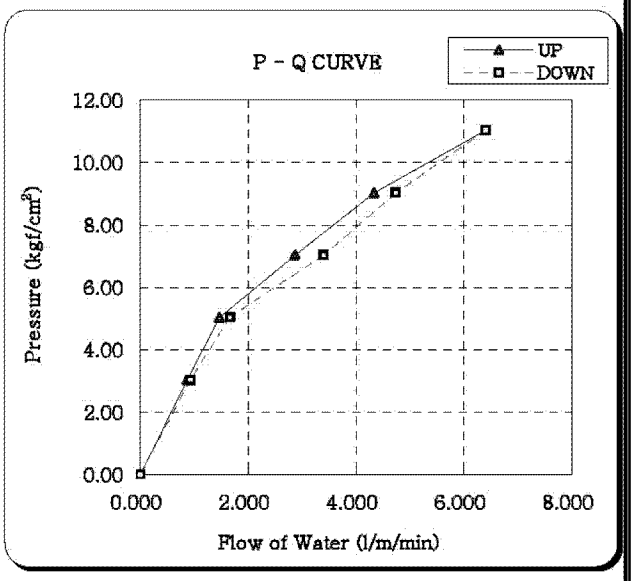
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-303-1		Geology			보통암	Date	2012-03-09
Test Section (m)	25.0	~ 28.0	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	20.00
Gauge Height from Ground (m)	0.40		Kind of Packer			Single	Tested by	신대광
Length of Injection (m)	3.00		Depth to Half an Injector (m)			26.50	Checked by	전민익

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	30.4	102.0	115.0	13.00	2,600.0	0.867	3.300E-05
5	3.0	50.4	116.0	138.0	22.00	4,400.0	1.467	3.369E-05
5	5.0	70.4	139.0	182.0	43.00	8,600.0	2.867	4.714E-05
5	7.0	90.4	183.0	248.0	65.00	13,000.0	4.333	5.549E-05
5	9.0	110.4	249.0	345.0	96.00	19,200.0	6.400	6.710E-05
5	7.0	90.4	346.0	417.0	71.00	14,200.0	4.733	6.061E-05
5	5.0	70.4	417.0	468.0	51.00	10,200.0	3.400	5.590E-05
5	3.0	50.4	473.0	498.0	25.00	5,000.0	1.667	3.828E-05
5	1.0	30.4	499.0	513.0	14.00	2,800.0	0.933	3.554E-05





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **4.324**

Value of K : **4.67E-05** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

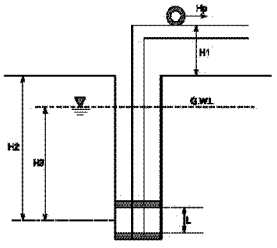
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector

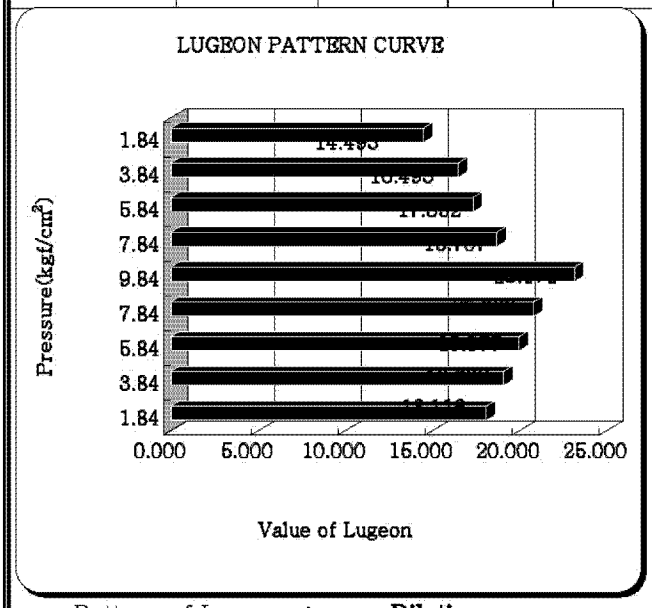


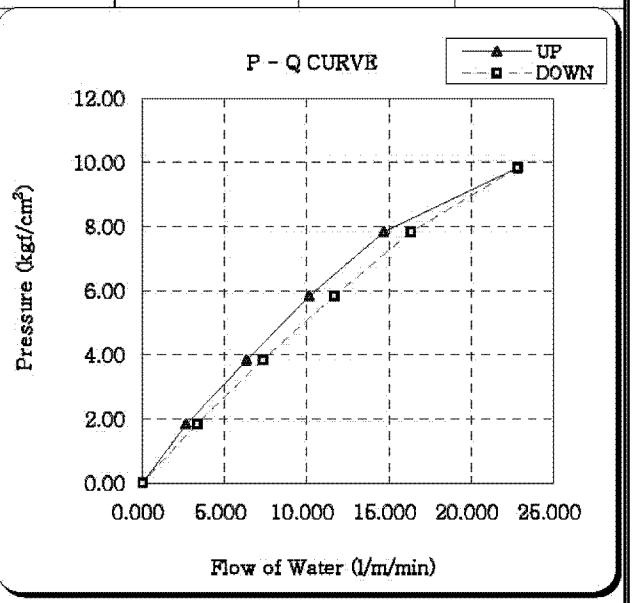
1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

WORKING SHEETS OF WATER PRESSURE TEST

Hole Number	BH-304-1		Geology			연 암	Date	2012-11-01
Test Section (m)	11.0	~ 14.0	Hole Diameter (cm)			7.60	G.W.L (m)	8.10
Gauge Height from Ground (m)	0.30		Kind of Packer			Single	Tested by	신대광
Length of Injection (m)	3.00		Depth to Half an Injector (m)			12.50	Checked by	전민익

Injection Time	Pressure	Total Head	Readings of Flow Meter (l)			Water Consumed	Flow of Water	K
(min)	(kgf/cm^2)	(m)	from	to	differences	(cm^3/min)	(l/m/min)	(cm/sec)
5	1.0	18.4	1488.00	1488.00	40.00	8,000.0	2.667	1.678E-04
5	3.0	38.4	1590.00	1754.00	95.00	19,000.0	6.333	1.909E-04
5	5.0	58.4	1780.00	2046.00	152.00	30,400.0	10.133	2.009E-04
5	7.0	78.4	2090.00	2625.00	220.00	44,000.0	14.667	2.165E-04
5	9.0	98.4	2720.00	4460.00	342.00	68,400.0	22.800	2.682E-04
5	7.0	78.4	4630.00	6348.00	245.00	49,000.0	16.333	2.412E-04
5	5.0	58.4	6460.00	7285.00	175.00	35,000.0	11.667	2.312E-04
5	3.0	38.4	7290.00	7415.00	110.00	22,000.0	7.333	2.211E-04
5	1.0	18.4	7365.00	7370.00	50.00	10,000.0	3.333	2.097E-04





Pattern of Lugeon : **Dilation**

Value of Lugeon : **18.832**

Value of K : **2.16E-04** **cm/sec**

REMARKS

K = (2.30 x Q/60) / (2 x pi x L x H) x log(L/r)

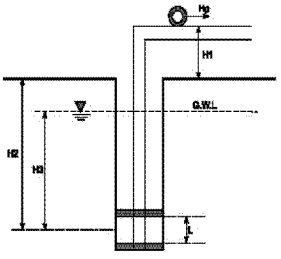
H = Hp + H1 + H2 - H3

Hp = variable head of water pressure

H1 = pressure gauge height from GL.

H2 = depth to half an injector

H3 = length of G.W.L to half an injector



1. When the ground water level reveals above the upper packer the sign of H3 is minus (-)
2. When the ground water level reveals below the lower packer the sign of H3 is zero (0)

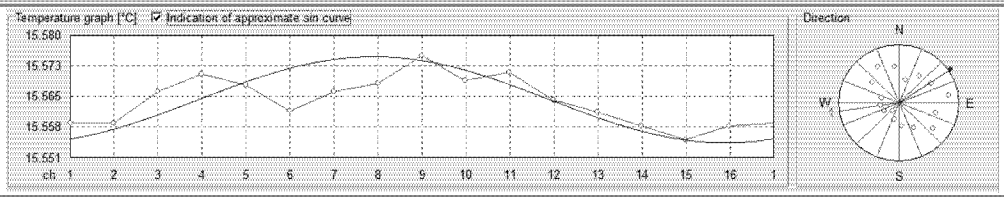
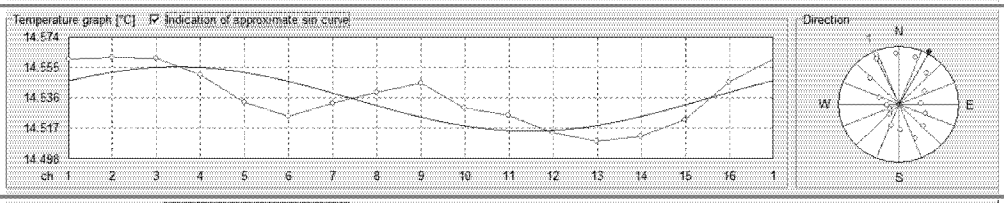
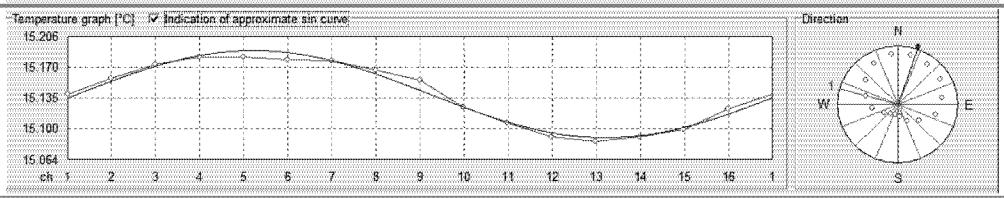
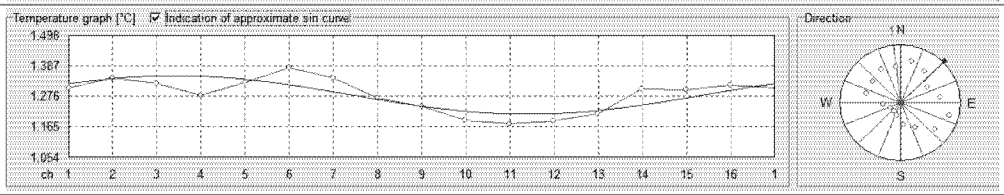
3.5 지하수유향유속

시험수량

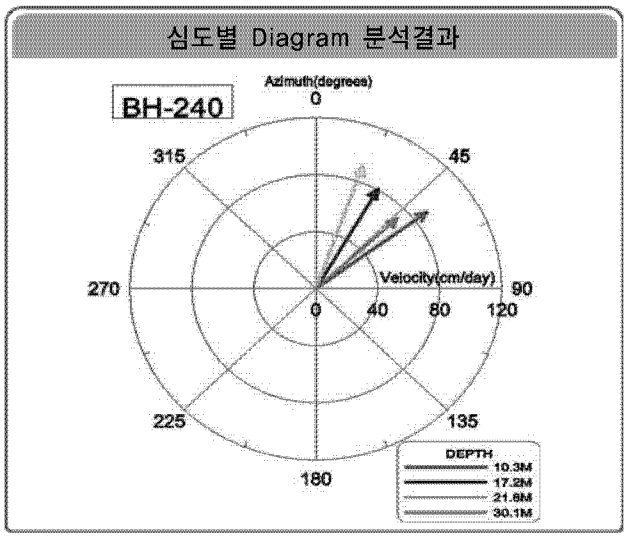
구분	단위	수량
BH-240	회	1

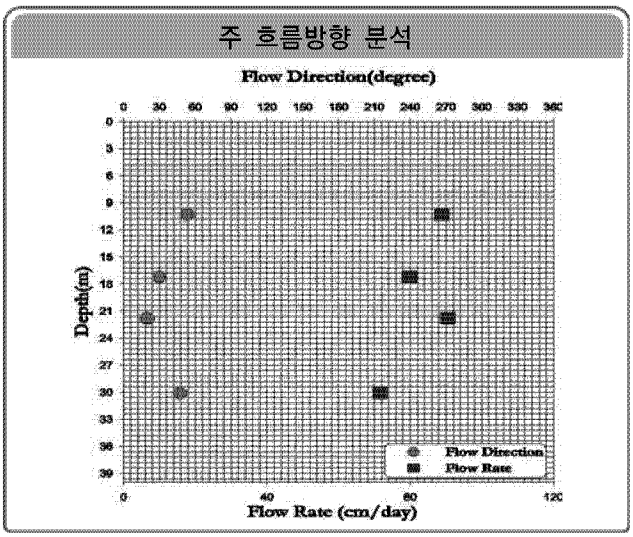
유향유속측정 결과

측정심도	유향	유속	주흐름방향	비고
10.3	53.2°	88.84	NNE~NE	
17.2	29.8°	79.78		
21.8	19.6°	90.43		
30.1	46.9°	71.57		

심도(GL.- m)	측정온도 및 지하수의 유향
10.3	
17.2	
21.8	
30.1	

심도별 Diagram 분석결과





3.6 순간충격시험

시험수량

구분	단위	수량
BH-240	회	1

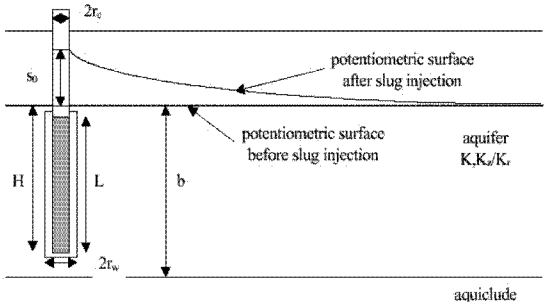
구분	단위	수량
BH-242	회	1

조사장비

품목	수량
Note-Book Computer	1 대
TROLL DATA LOGGER	1 개
수동수위측정기	1 식

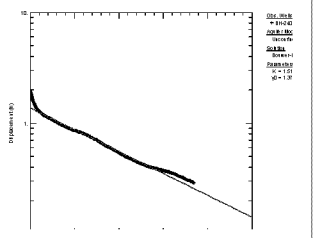
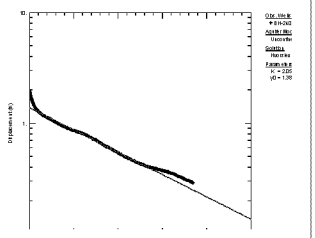
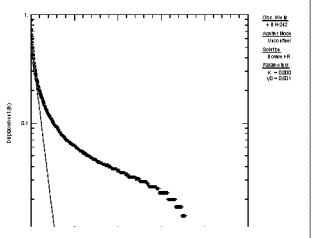
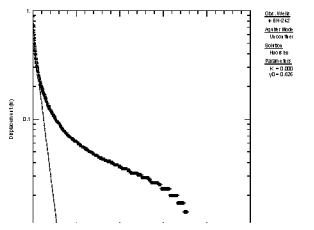
품목	수량
Digital Camera	1 대
Water Tank	1 대

분석 방법

Bouwer-Rice 해법	Hvorslev 해법
$\ln(S_o)-\ln(S_t)=\frac{2KLt}{r_{ce}^2\ln(r_e/r_{we})}$	$\ln(S_o)-\ln(S_t)=\frac{2KLt}{r_{ce}^2\ln(L/2r_{we}+\sqrt{1+(L/2r_{we})^2})}$
$r_{ce}=\sqrt{r_c^2+n(r_w^2-r_c^2)}, \quad r_{we}=r_w\sqrt{\frac{K_z}{K_r}}$	$r_{ce}=\sqrt{r_c^2+n(r_w^2-r_c^2)}, \quad r_{we}=r_w\sqrt{\frac{K_z}{K_r}}$
r_{ce} : 우물 케이싱의 반경, r_{we} : 자갈로 충진된 부분의 반경 r_e : 수두가 감소되는 유효반경의 거리, L : 스크린의 길이	

분석 결과

공 번	심도 (m)	초기수위 (m)	대수층두께 (m)	수리상수		
				분석방법	K(cm/sec)	T(㎠/sec)
BH-240	33.0	3.20	29.80	Bouwer-Rice	1.514×10-5	0.045
				Hvorslev	2.051×10-5	0.061
				평 균	1.783×10-5	0.053
BH-242	29.0	2.15	25.50	Bouwer-Rice	3.523×10-4	0.898
				Hvorslev	4.651×10-4	1.186
				평 균	4.087×10-5	1.042

BH-179		BH-180	
Bouwer-Rice법	Hvorslev법	Bouwer-Rice법	Hvorslev법
			

3.7 양수시험

시험수량

구분	단위	수량
BH-239	회	1

조사장비

품목	제조사 및 모델	수량
Notebook Computer	SAMSUNG	1
자동수위측정기	TROLL 100	1
수동수위측정기	YAMAYO	1
디지털카메라	SONY	1

품목	제조사 및 모델	수량
Stop Watch	-	1
수중모터펌프	GRUNDFOS(MP-1)	1
적산유량계	-	1
발전기	YAMAHA(7.5KW)	1

분석 방법

- HydroSOLVE, Inc.에서 개발한 전산 code인 AQTESOLV Version 3.5를 이용하여 분석
- 대수층은 자유면대수층으로 분석하고, 분석방법은 Theis식, Copper & Jacob식, Theis Recovery식으로 분석
- Theis Method

$$S=\frac{Q}{4\pi T}W(u),\quad u=\frac{r^2 S}{4Tt},\quad S=\frac{4Ttu}{r^2},\quad W(u)=\int_u^{\infty}\left(\frac{e^{-u}}{u}\right)du$$

- Cooper&Jacob Method

$$S=\frac{2.3Q}{4\pi T}\log_{10}\frac{2.25Tt}{Sr^2}$$

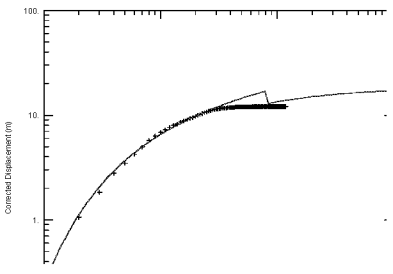
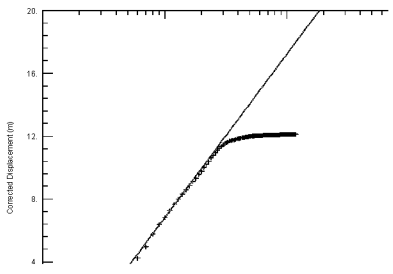
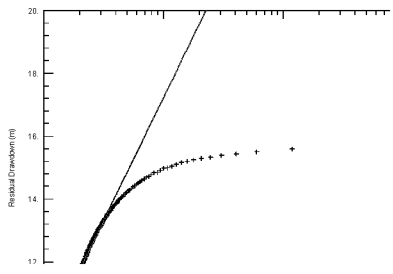
- Theis recovery

$$s=\frac{Q}{4\pi}T\left[\ln\left(\frac{t}{t'}\right)-\ln(S)\right],\qquad S'=\frac{2.3Q}{4\pi T}\log\frac{t}{t'}$$

분석 결과

공번	공경 (m)	심도 (m)	자연수위 (m)	케이싱 심도 (m)	대수층 두께 (m)	양수량 (㎥/day)	수 리 상 수			
							분석방법	T(㎠/sec)	S	K(㎝/sec)
BH-239	76	60.5	26.02	6.1	34.48	5	Theis	8.379×10^{-3}	1.245×10^{-4}	2.430×10^{-6}
							Cooper & Jacob	1.019×10^{-3}	1.253×10^{-4}	2.955×10^{-6}
							Recovery	1.357×10^{-3}	-	3.936×10^{-6}
기 하 평 균								1.071×10^{-3}	1.249×10^{-4}	3.107×10^{-6}

BH-239

Theis	Cooper&Jacob	Theis Recovery
		

3.8 수압파쇄시험

시험수량

구분	단위	수량
BH-239	회	1

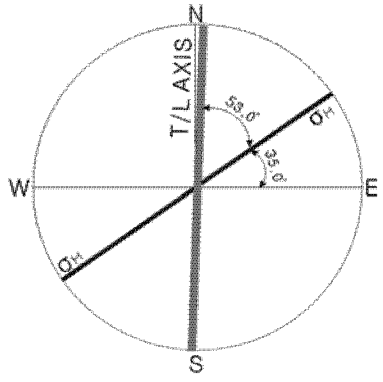
응력해석 결과

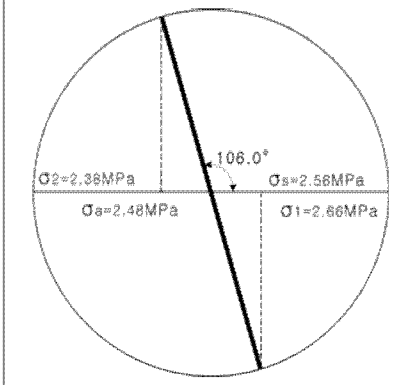
Depth (m)	Pb (MPa)	Ps (MPa)	Pr (MPa)	Po (MPa)	σ_v (MPa)	σ_h (MPa)	σ_H (MPa)	T (MPa)	K_h (σ_h/σ_v)	K_H (σ_H/σ_v)	σ_H 의 평균방향
37.5	5.73	2.36	4.54	0.02	1.01	2.36	2.51	1.19	2.33	2.48	N55° E±5°
41.7	5.99	2.35	4.22	0.07	1.13	2.35	2.77	1.77	2.09	2.46	
50.4	8.44	2.49	4.54	0.15	1.36	2.49	2.79	3.39	1.83	2.05	

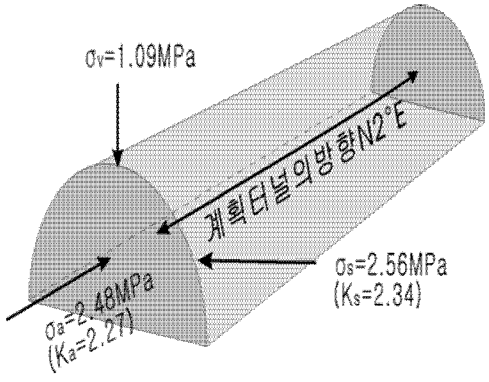
측압계수 적용값

심도 (m)	Kaxi (터널 축 방향)	Ksec (터널단면 방향)	최대수평응력의 방향	계획터널의 방향	최대수평응력방향 및 계획터널의 방향 교차각, (°)
37.5	2.38	2.43	N55° E±5°	N2° E°	53°
41.7	2.22	2.32			
50.4	1.91	1.97			

수압파쇄시험 결과에 의한 터널계획심도에서의 축변환		터널계획심도(14.3m) 축변환 측압계수







분석 결과

구분	BH-179 시추공
현지암반 인장강도	T = 1.19~3.90MPa, Tave = 2.29MPa
측압계수의 범위	Kh= 1.83~2.33, KH= 2.05~2.48
측압계수의 회귀식	Kh=4.6043×e(-0.018z), R2 = 0.98 KH=4.8548×e(-0.017z), R2 = 0.93
최대수평주응력 작용방향	N55° E±5°

3.9 SPT효율시험

에너지전달율 측정 성적서

사업명 : 서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

발주처 :

측정일자 : 2012년 4월

측정장치 : Pile Driving Analyzer(PAL 모델)

시추장비 : 유압형 시추기

공규격 : NX size

측정위치 : BH-243

굴착방법 : 수세식 로타리 보링

햄머형태 : 자동 햄머

측정심도 : 4.0m

측정지층 : N값-50/12 : 풍화토층

타격번호	실측에너지 Ton-M	이론에너지 Ton-M	에너지전달율 %	N60대비비
1	0.03231	0.04826	66.9	1.116
2	0.03168	0.04826	65.6	1.094
3	0.03066	0.04826	63.5	1.059
4	0.03208	0.04826	66.5	1.108
5	0.03150	0.04826	65.3	1.088
6	0.03242	0.04826	67.2	1.120
7	0.03145	0.04826	65.2	1.086
8	0.03144	0.04826	65.1	1.086
9	0.03227	0.04826	66.9	1.114
10	0.03165	0.04826	65.6	1.093
11	0.03157	0.04826	65.4	1.090
12	0.03083	0.04826	63.9	1.065
13	0.03100	0.04826	64.2	1.071
14	0.03044	0.04826	63.1	1.051
15	0.03213	0.04826	66.6	1.110
평균	0.03156	0.04826	65.4	1.090

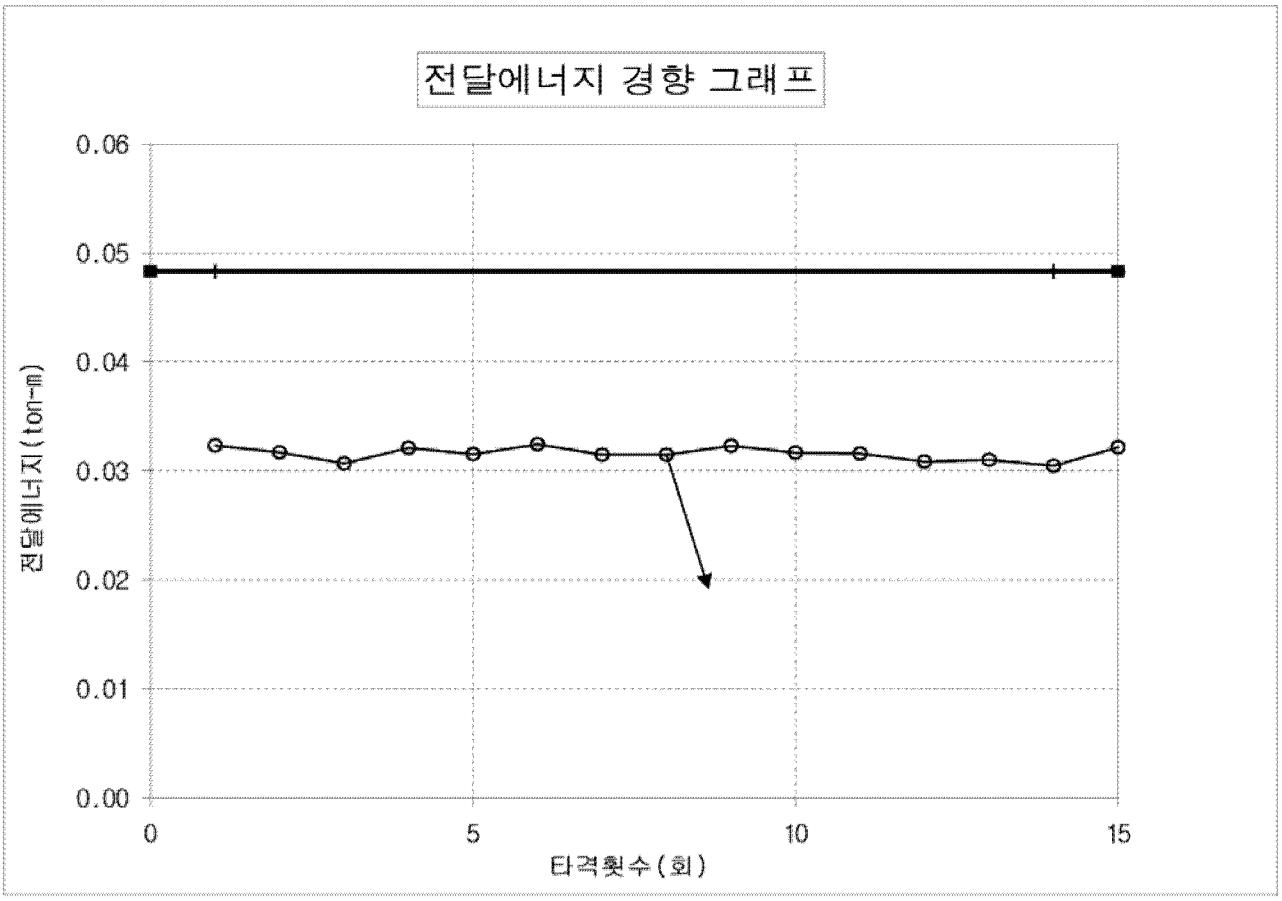
* 실측에너지 계산
  : PDA의 에너지 전달율(EMX 값)

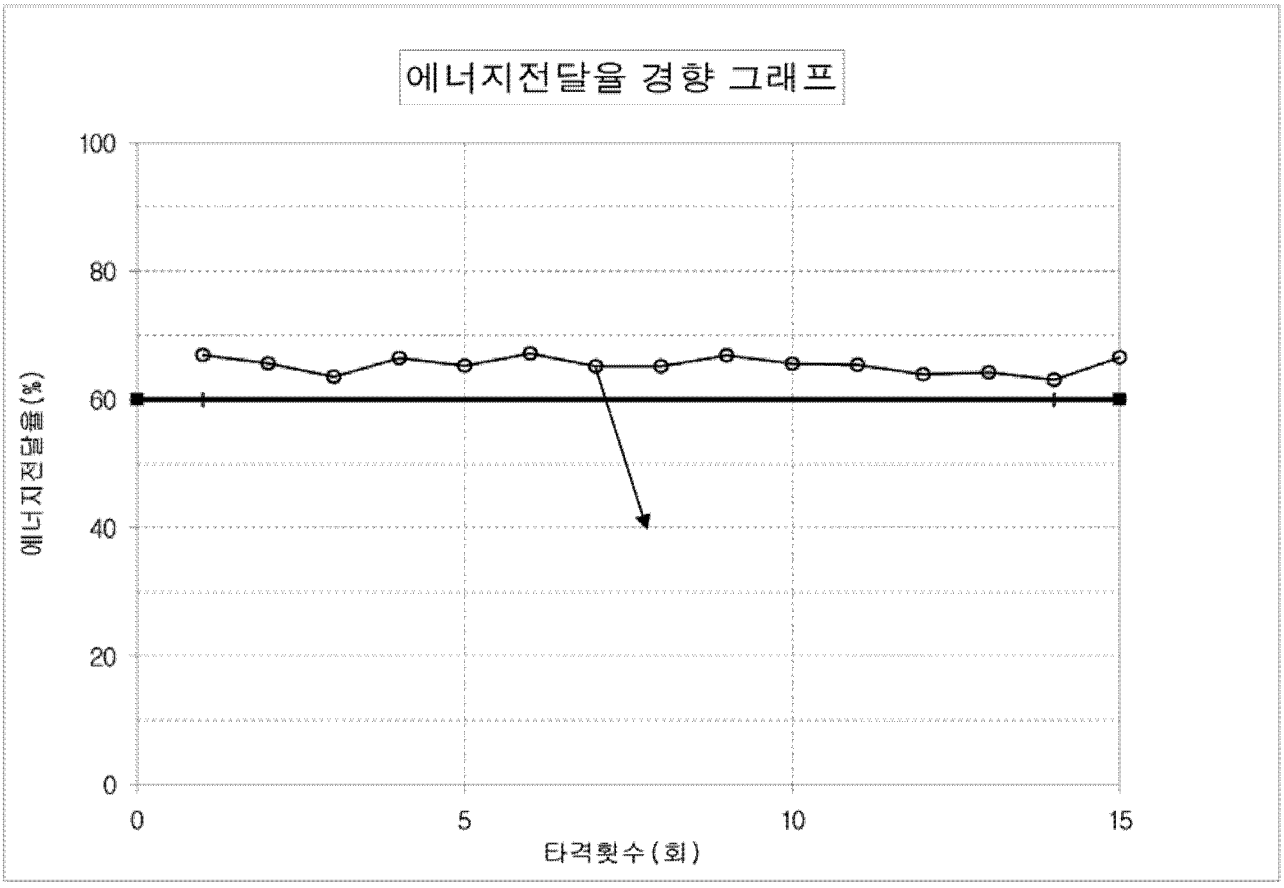
* 이론에너지 계산
  : 햄머중량(ton) X 햄머낙하고(m)

* 햄머효율의 계산
  : (실측에너지/이론치) X 100

* N60 대비비의 계산
  : 실측에너지 / N치 60%의 수치

에너지전달율 측정 그래프





에너지전달율 측정 성적서

사업명 : 서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

발주처 :

측정일자 : 2012년 11월

측정장치 : Pile Driving Analyzer(PAL 모델)

시추장비 : 유압형 시추기

공규격 : NX size

측정위치 : BH-278

굴착방법 : 수세식 로타리 보링

햄머형태 : 자동 햄머

측정심도 : 10.0m

측정지층 : N값-28/30 : 퇴적층

타격번호	실측에너지 Ton-M	이론에너지 Ton-M	에너지전달율 %	N60대비비
1	0.03108	0.04826	64.4	1.073
2	0.03054	0.04826	63.3	1.055
3	0.03105	0.04826	64.3	1.072
4	0.03026	0.04826	62.7	1.045
5	0.03022	0.04826	62.6	1.044
6	0.03045	0.04826	63.1	1.052
7	0.03019	0.04826	62.6	1.043
8	0.03064	0.04826	63.5	1.058
9	0.03106	0.04826	64.4	1.073
10	0.03058	0.04826	63.4	1.056
11	0.03048	0.04826	63.2	1.053
12	0.03179	0.04826	65.9	1.098
13	0.03198	0.04826	66.3	1.104
14	0.03057	0.04826	63.3	1.056
15	0.03128	0.04826	64.8	1.080
16	0.03143	0.04826	65.1	1.085
17	0.03012	0.04826	62.4	1.040
18	0.03051	0.04826	63.2	1.054
19	0.03013	0.04826	62.4	1.041
20	0.03039	0.04826	63.0	1.050
21	0.03127	0.04826	64.8	1.080
22	0.03017	0.04826	62.5	1.042
23	0.03119	0.04826	64.6	1.077
24	0.03028	0.04826	62.7	1.046
25	0.03014	0.04826	62.5	1.041
평균	0.03071	0.04826	63.6	1.061

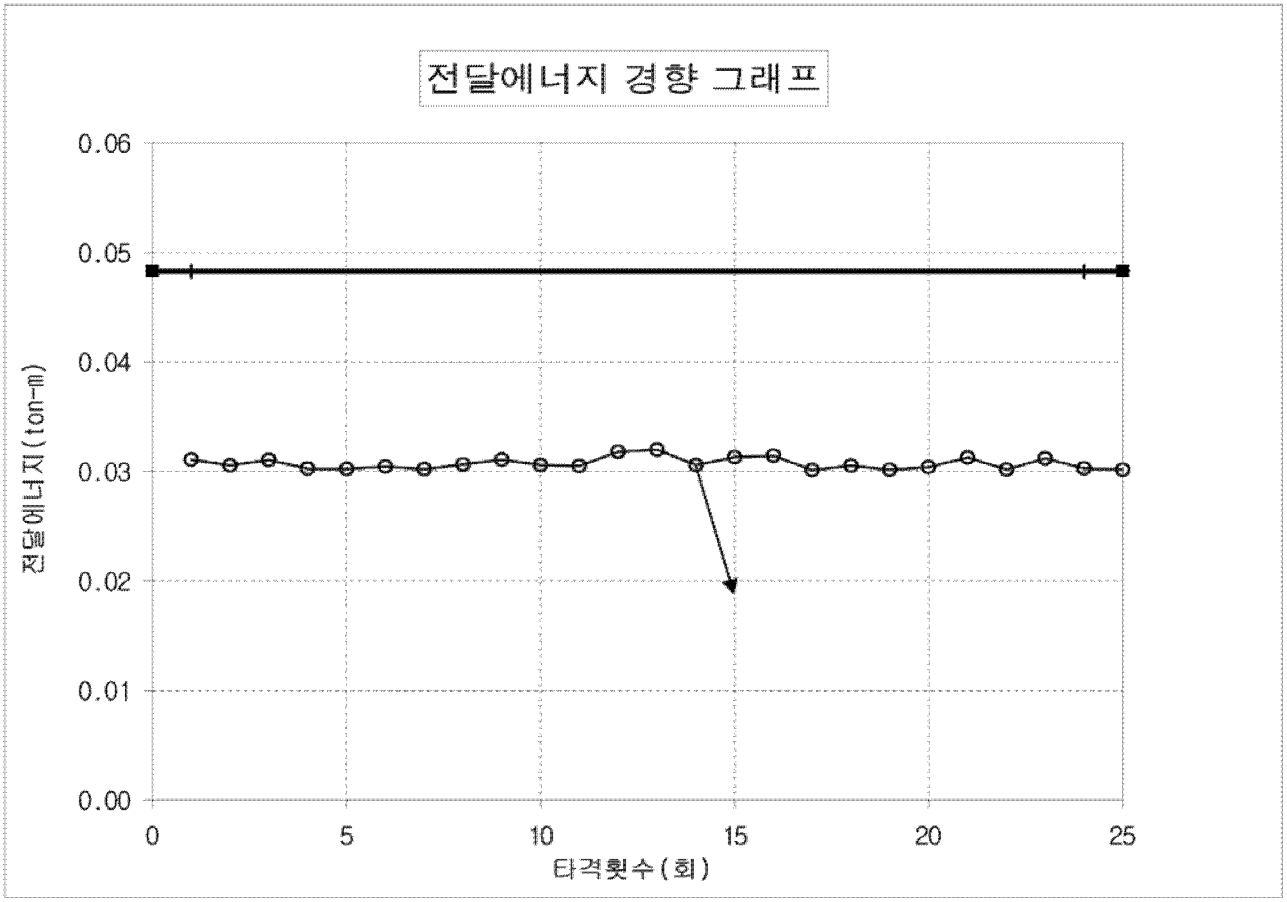
* 실측에너지 계산
  : PDA의 에너지 전달율(EMX 값)

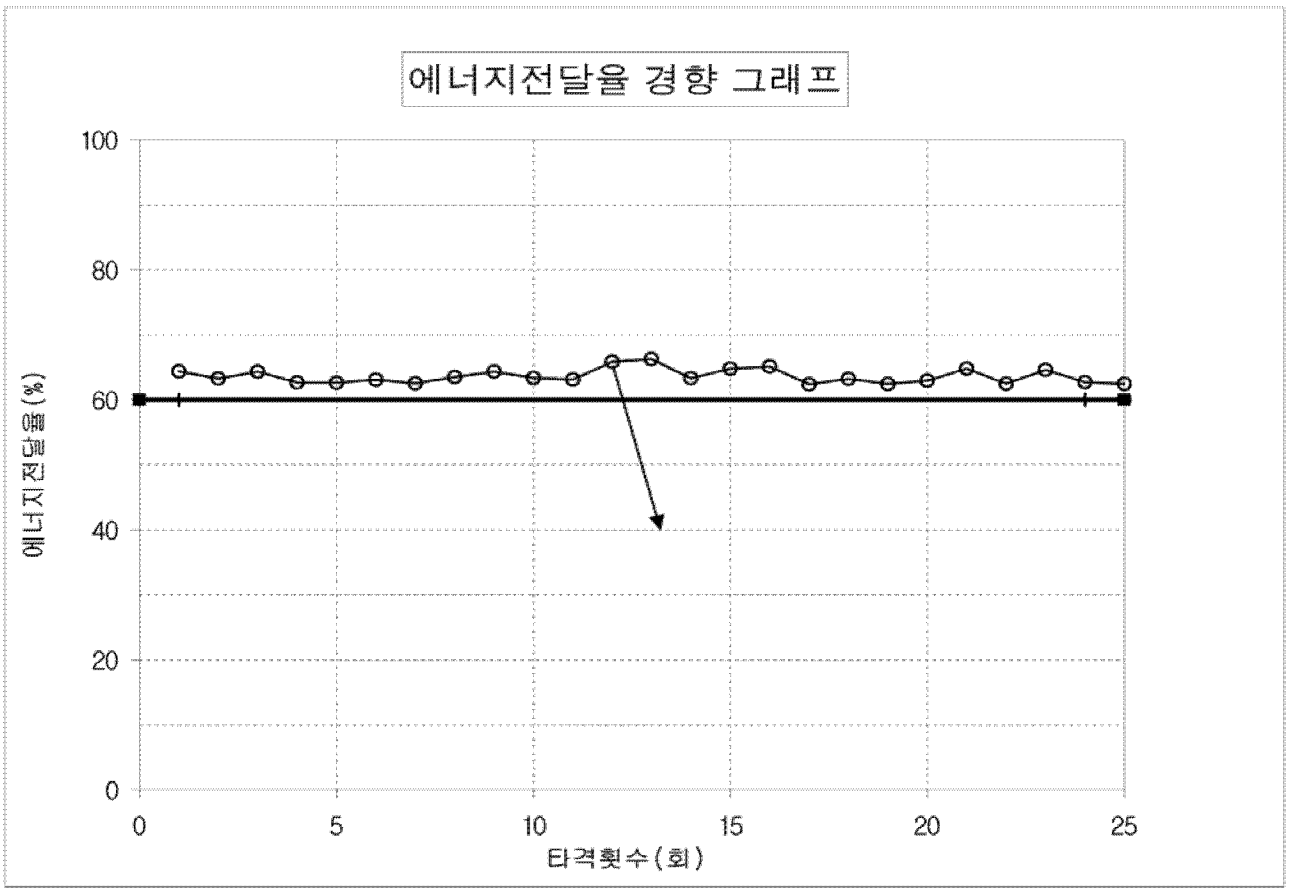
* 이론에너지 계산
  : 햄머중량(ton) X 햄머낙하고(m)

* 햄머효율의 계산
  : (실측에너지/이론치) X 100

* N60 대비비의 계산
  : 실측에너지 / N치 60%의 수치

에너지전달율 측정 그래프





에너지전달율 측정 성적서

사업명 : 서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사
발주처 :
측정일자 : 2012년 11월
측정장치 : Pile Driving Analyzer(PAL 모델)
시추장비 : 유압형 시추기
공규격 : NX size

측정위치 : BH-291-1
굴착방법 : 수세식 로타리 보링
햄머형태 : 자동 햄머
측정심도 : 7.0m
측정지층 : N값-17/30 : 퇴적층

타격번호	실측에너지 Ton-M	이론에너지 Ton-M	에너지전달율 %	N60대비비
1	0.03113	0.04826	64.5	1.075
2	0.03059	0.04826	63.4	1.056
3	0.03146	0.04826	65.2	1.086
4	0.03008	0.04826	62.3	1.039
5	0.03015	0.04826	62.5	1.041
6	0.03124	0.04826	64.7	1.079
7	0.03195	0.04826	66.2	1.103
8	0.03244	0.04826	67.2	1.120
9	0.03127	0.04826	64.8	1.080
10	0.03016	0.04826	62.5	1.042
11	0.03097	0.04826	64.2	1.070
12	0.03137	0.04826	65.0	1.083
13	0.03041	0.04826	63.0	1.050
14	0.03104	0.04826	64.3	1.072
15	0.03021	0.04826	62.6	1.043
평균	0.03096	0.04826	64.2	1.069

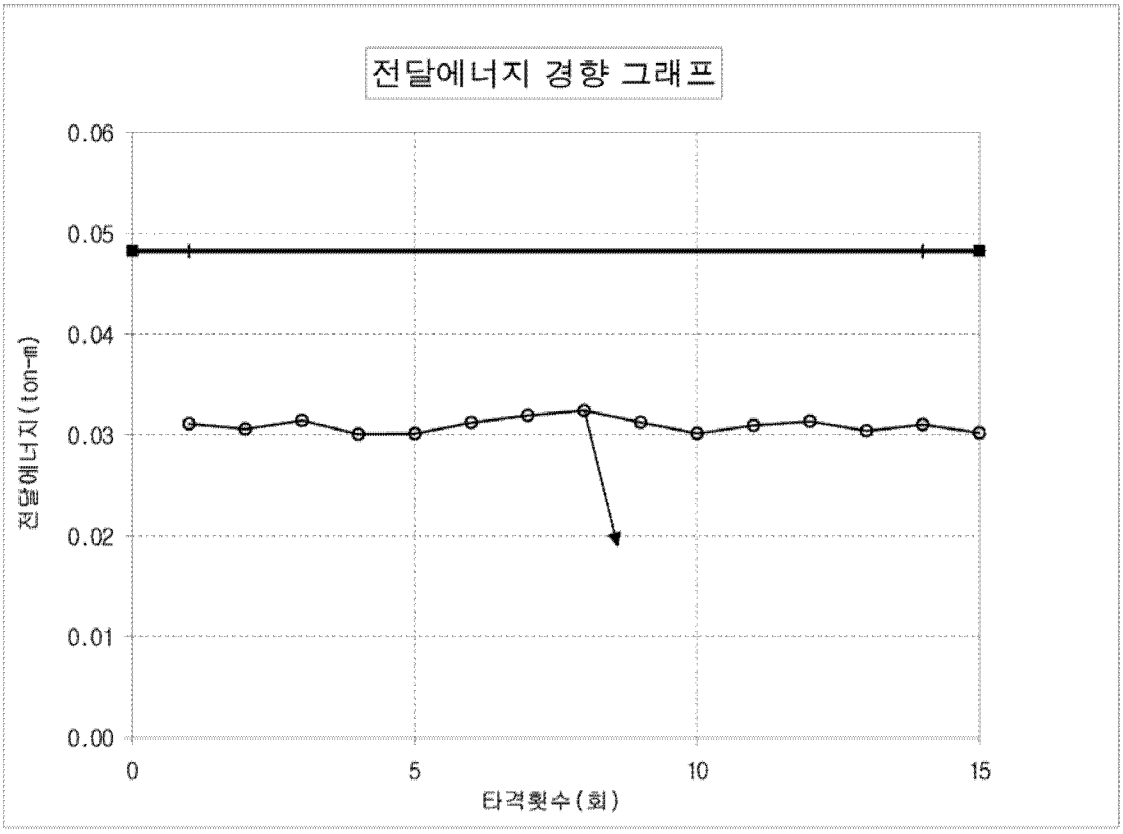
* 실측에너지 계산
: PDA의 에너지 전달율(EMX 값)

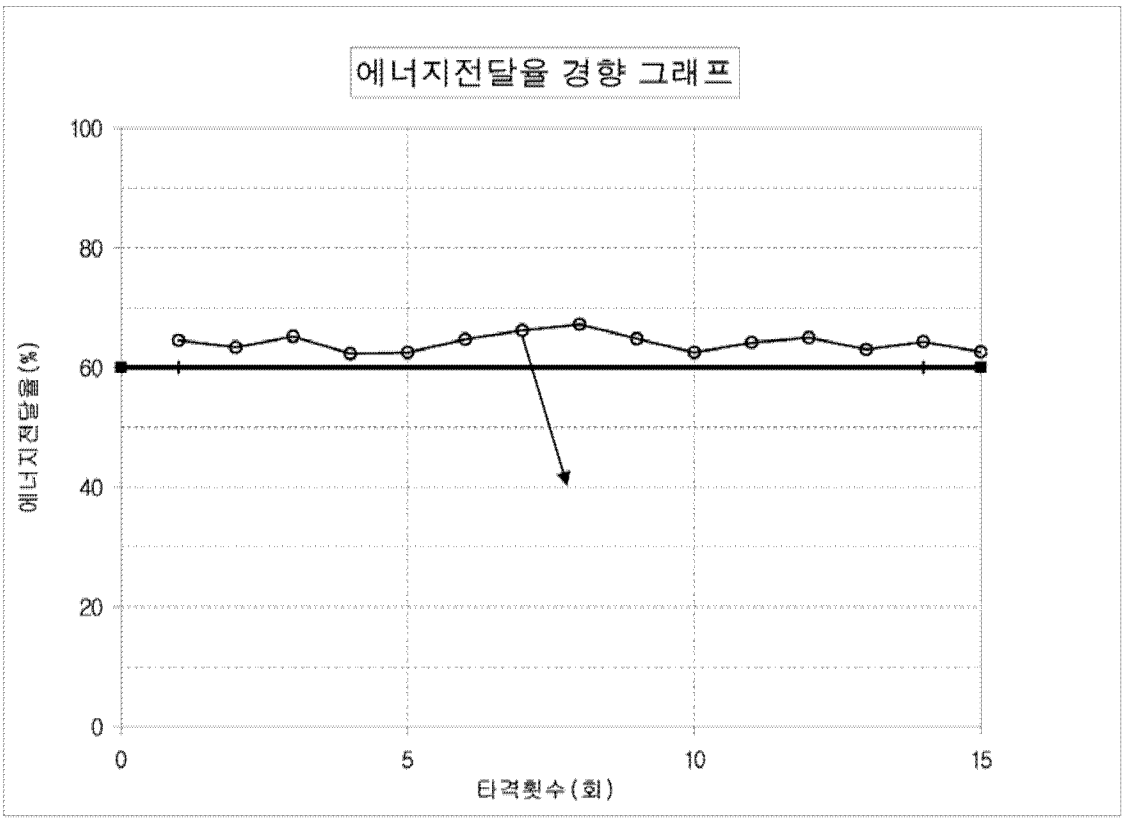
* 이론에너지 계산
: 햄머중량(ton) X 햄머낙하고(m)

* 햄머효율의 계산
: (실측에너지/이론치) X 100

* N60 대비비의 계산
: 실측에너지 / N치 60%의 수치

에너지전달율 측정 그래프





3.10 틀밀도시험

들밀도 시험 결과 리스트

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

번 호	심 도 (m)	함수비 (%)	단위중량(g/㎤)								토량 변화율 (L)	비 고
			불교란				교 란					
			습 윤	kN/㎥	건 조	kN/㎥	습 윤	kN/㎥	건 조	kN/㎥		
TP-1	1.0	21.4	1.48	14.54	1.22	11.97	1.17	11.50	0.97	9.47	1.26	1공구
TP-2	1.0	14.1	1.54	15.06	1.35	13.20	1.24	12.18	1.09	10.68	1.24	1공구
TP-3	1.0	11.5	1.52	14.90	1.36	13.36	1.14	11.15	1.02	10.00	1.34	1공구
TP-4	1.0	18.0	1.58	15.49	1.34	13.13	1.20	11.72	1.01	9.94	1.32	2공구
TP-5	1.0	6.6	1.57	15.36	1.47	14.41	1.27	12.47	1.19	11.70	1.23	3공구
TP-6	1.0	16.1	1.56	15.27	1.34	13.15	1.19	11.67	1.03	10.05	1.31	3공구
TP-7	1.0	20.1	1.51	14.85	1.26	12.36	1.18	11.54	0.98	9.61	1.29	3공구
TP-8	1.0	22.1	1.49	14.60	1.22	11.96	1.19	11.69	0.98	9.58	1.25	4공구
TP-9	1.0	21.9	1.53	15.05	1.26	12.34	1.06	10.38	0.87	8.51	1.45	4공구

제4장 실내토질시험 성과

4.1 토질시험 리스트
4.2 기본물성시험
4.3 일축압축강도시험
4.4 삼축압축강도(CU)시험
4.5 표준압밀시험
4.6 진동삼축시험
4.7 직접전단시험

4.1 토질시험 리스트

실내 토질 시험 결과

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_s (g/㎤)	ρ_t (avg.) (g/㎤)	ρ_d (min.) (g/㎤)	e_0	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than								U.S.C.S	Unconfined Test			Triaxial Compression Test			Consolidation		Re-marks
							W_L (%)	W_P (%)	I_P	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		q_u (kN/㎡)	q_{ur} (kN/㎡)	S_t	C_{uu} (kN/㎡)	C_{cu} (kN/㎡)	ϕ_{cu} (°)	C_c	P_c (kN/㎡)	
BH-239	4.0	13.2	2.656	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	98.2	92.2	78.3	47.3	24.3	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-240	1.0	19.2	2.659	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	76.8	67.8	56.6	35.5	22.3	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-241	3.0	29.8	2.684	-	-	-	33.3	21.7	11.6	-	-	-	-	100.0	97.7	81.0	14.2	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-242	2.0	19.0	2.661	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	90.1	82.6	73.8	48.1	23.8	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-243	3.0	16.7	2.659	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	97.9	95.5	88.4	58.8	22.0	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-243-1	10.0	20.4	2.661	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	94.8	58.8	21.6	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-243-2	5.0	12.9	2.655	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	99.4	90.3	58.1	29.0	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-244	8.0	21.0	2.663	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	99.1	75.3	24.4	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-245	5.0	20.4	2.661	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	96.0	65.9	21.1	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-246	3.0	28.9	2.686	-	-	-	32.5	22.1	10.4	-	-	-	-	100.0	99.7	84.1	17.3	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-247	4.0	28.2	2.684	-	-	-	31.6	19.6	12.0	-	-	100.0	97.9	97.2	91.5	54.2	11.2	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-248	3.0	14.3	2.659	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	98.7	90.4	53.6	27.9	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-248	5.0	36.3	2.695	-	-	-	45.4	24.3	21.1	-	-	-	-	100.0	99.3	96.0	19.5	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-248	6.0	15.2	2.644	-	-	-	NP	NP	NP	100.0	85.0	70.2	58.9	42.7	8.7	2.4	-	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-249	3.0	21.2	2.683	-	-	-	32.8	19.5	13.3	-	-	100.0	99.4	96.1	83.1	60.1	14.3	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-250	5.0	18.9	2.660	-	-	-	NP	NP	-	-	100.0	99.0	91.8	80.6	60.1	45.1	8.8	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-252-1	4.0	13.5	2.658	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	97.9	66.2	28.6	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-253	3.0	14.1	2.656	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	96.6	87.9	75.1	47.4	18.7	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-254	9.0	22.3	2.664	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	97.8	91.1	80.8	64.9	22.4	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-254-1	2.0	9.1	2.652	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	99.5	91.0	51.4	23.9	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-255	3.0	8.6	2.661	-	-	-	NP	NP	NP	-		100.0	96.6	90.4	64.2	25.4	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	

■ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_s (g/cm³)	ρ_t (g/cm³)	ρ_d (g/cm³)	e_o	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than								U.S.C.S	Unconfined Test			Triaxial Compression Test			Consolidation		Re-marks
							W_L (%)	W_P (%)	I_P	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		q_u (kN/m²)	q_c (kN/m²)	S_t	C_{cu} (kN/m²)	C_{cu} (kN/m²)	Φ_{cu} (°)	C_c	P_c (kN/m²)	
BH-255-1	2.0	12.1	2.641	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	99.1	86.4	31.4	1.2	-	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-255-2	5.0	24.5	2.665	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	88.2	83.2	74.5	52.1	26.3	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-255-3	3.0	20.5	2.670	-	-	-	30.4	20.6	9.8	-	100.0	89.3	82.7	75.3	64.6	46.6	7.8	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-256	4.0	30.8	2.685	-	-	-	34.5	21.8	12.7	-	-	100.0	99.4	97.3	87.9	69.2	13.2	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-258	3.0	12.6	2.655	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	81.3	71.2	57.4	32.0	18.4	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-261	5.0	22.5	2.667	-	-	-	NP	NP	-	-	-	100.0	99.1	94.7	63.5	29.2	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-261-1	7.0	18.3	2.664	-	-	-	NP	NP	-	-	-	100.0	99.4	97.1	71.3	28.0	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-261-2	3.0	15.8	2.667	-	-	-	NP	NP	-	-	-	-	100.0	95.8	74.2	29.2	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-261-3	6.0	23.1	2.662	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	93.7	84.5	61.9	28.8	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-261-4	6.0	13.8	2.654	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	88.7	72.1	62.5	41.8	22.9	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-261-5	2.0	10.5	2.655	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	96.5	74.8	35.1	22.8	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-261-6	5.0	20.2	2.661	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	93.9	87.5	72.8	47.6	11.3	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-261-7	6.0	18.1	2.658	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	98.3	97.8	94.3	57.4	24.3	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-261-8	7.0	7.1	2.650	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	90.6	77.8	43.7	25.7	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-267	7.0	17.8	2.659	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	98.6	96.4	87.7	52.3	22.9	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-267-1	5.0	11.6	2.656	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	97.8	93.8	84.5	54.2	31.6	4.8	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-268	3.0	21.8	2.679	-	-	-	29.5	19.6	9.9	-	-	100.0	99.7	97.7	86.4	60.4	11.9	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-269	4.0	20.3	2.663	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	96.9	83.5	51.3	25.8	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-270	10.0	14.7	2.657	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	98.2	89.5	54.1	18.2	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-271	4.0	18.7	2.662	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	95.7	88.6	64.4	28.7	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-272	4.0	17.7	2.660	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	90.7	82.1	71.6	34.9	12.2	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-273	2.0	22.2	2.665	-	-	-	30.4	20.7	9.7	100.0	91.1	87.3	80.4	75.8	61.9	37.0	5.5	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	

■ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_t (g/cm³)	ρ_d (avg.) (g/cm³)	ρ_d (min.) (g/cm³)	e_0	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than								U.S.C.S	Unconfined Test			Triaxial Compression Test			Consolidation		Re-marks
							W_l (%)	W_p (%)	I_p	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		q_u (kN/m²)	q_r (kN/m²)	S_t	C_{uu} (kN/m²)	C_{cu} (kN/m²)	ϕ_{cu} (°)	C_c	P_c (kN/m²)	
BH-274	2.0	23.3	2.675	-	-	-	32.9	21.4	11.5	-	100.0	87.8	81.6	73.9	66.3	46.3	7.5	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-274	4.0	27.0	2.642	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	99.9	85.1	4.1	-	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-275	5.0	10.3	2.650	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	90.2	74.7	62.3	34.1	14.3	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-276	9.0	41.5	2.694	-	-	-	44.2	24.2	20.0	-	-	100.0	97.5	94.0	88.3	62.3	13.2	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-277	3.0-3.8	34.5	2.688	1.858	1.381	0.946	38.8	23.4	15.4	-	-	-	-	100.0	94.8	67.9	12.7	CL	56.27	15.09	3.7	-	20.12	18.33	0.276	133.97	
BH-277	6.0	8.7	2.640	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	69.0	52.3	37.1	17.5	4.1	-	SW	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-278	7.0	36.6	2.662	-	-	-	NP	NP	-	-	-	-	100.0	97.9	76.8	39.5	5.6	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-279	10.0	12.0	2.634	-	-	-	NP	NP	-	-	100.0	82.6	72.3	57.4	29.6	4.5	-	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-280	5.0	23.1	2.679	-	-	-	29.7	20.4	9.3	-	100.0	91.1	71.8	66.3	59.5	55.0	10.9	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-281	6.7-7.5	34.4	2.694	1.870	1.391	0.936	39.6	21.0	18.6	-	-	-	-	100.0	99.3	94.2	23.4	CL	44.17	8.73	5.1	-	19.83	10.6	0.212	101.16	
BH-282	4.0	8.2	2.652	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	81.4	72.3	61.1	37.6	15.8	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-284	3.0	14.3	2.657	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	97.4	88.4	55.0	24.6	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-285	3.0	25.8	2.645	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	97.7	93.9	46.9	5.8	-	SP-SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-285	7.0	5.2	2.648	-	-	-	NP	NP	NP	100.0	74.5	46.0	35.7	27.5	15.9	7.7	-	GP-GM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-285-1	7.0	31.2	2.675	-	-	-	34.4	21.9	12.5	-	-	100.0	97.5	92.0	66.3	44.0	6.9	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-285-2	5.0	34.8	2.684	-	-	-	36.5	26.2	10.3	-	-	-	-	100.0	98.1	91.8	17.3	ML	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-286	4.0	16.3	2.673	-	-	-	NP	NP	-	-	95.4	89.6	86.5	82.9	70.7	59.3	5.4	ML	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-286-1	10.0	8.2	2.651	-	-	-	NP	NP	-	-	-	100.0	95.0	76.8	42.8	21.5	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-286-2	8.0	11.5	2.640	-	-	-	NP	NP	-	-	100.0	78.8	69.4	58.4	22.8	3.7	-	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-287	3.0	7.3	2.654	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	99.0	89.7	59.2	28.5	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-287-1	3.0	33.6	2.689	-	-	-	40.0	23.7	16.3	-	-	100.0	99.6	99.2	98.1	89.1	17.6	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-287-1	4.0	17.4	2.635	-	-	-	NP	NP	-	-	100.0	97.6	95.7	89.8	31.5	6.0	-	SP-SM	-	-	-	-	-	-	-	-	

▣ PROJECT명 : 서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_s (g/cm³)	ρ_t (avg.) (g/cm³)	ρ_d (avg.) (g_f/cm³)	e_0	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than							U.S.C.S	Unconfined Test			Triaxial Compression Test			Consolidation		Re-marks
							W_L (%)	W_P (%)	I_P	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		q_u (kN/m²)	q_u (kN/m²)	S_t	C_{uu} (kN/m²)	C_{cu} (kN/m²)	Φ_{cu} (°)	C_c	P_c (kN/m²)	
BH-287-1	5.0	16.0	2.638	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	84.1	36.5	7.6	0.9	-	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-288	6.0	23.1	2.665	-	-	-	NP	NP	-	-	-	100.0	97.0	92.3	64.5	35.0	5.2	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-288-1	3.0	11.2	2.661	-	-	-	NP	NP	-	-	-	100.0	99.4	96.7	65.4	27.0	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-289	4.0	13.6	2.655	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	94.1	85.9	64.7	29.7	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-291	2.0	11.2	2.654	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	97.2	73.0	37.2	24.1	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-291-1	2.0	23.2	2.662	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	99.8	95.3	72.4	28.3	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-291-1	5.0	5.1	2.651	-	-	-	NP	NP	NP	100.0	85.5	48.1	29.0	23.7	7.1	3.3	-	GP	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-291-2	2.0	14.9	2.659	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	98.8	85.4	45.9	27.0	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-291-2	4.0	8.6	2.648	-	-	-	NP	NP	NP	100.0	88.5	48.2	47.7	38.4	15.0	3.4	-	GP	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-293	5.0	13.6	2.668	-	-	-	NP	NP	NP	-	-		100.0	97.3	75.3	41.7	7.4	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-293-1	2.0	10.7	2.655	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	99.0	92.1	59.2	28.8	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-294-1	3.0	23.2	2.683	-	-	-	32.5	19.5	13.0	-	100.0	96.6	94.1	89.1	75.0	59.3	10.5	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-295	2.0	16.2	2.657	-	-	-	NP	NP	-	-	100.0	86.1	74.8	61.1	31.4	15.2	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-296	5.0	11.4	2.631	-	-	-	NP	NP	-	-	100.0	66.2	61.3	46.6	14.2	1.9	-	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-297	4.0	13.2	2.661	-	-	-	NP	NP	-	-	100.0	99.2	89.9	77.7	49.5	28.4	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-298	3.0	10.4	2.640	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	99.2	85.8	38.2	1.5	-	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-298	5.0	11.6	2.642	-	-	-	NP	NP	-	-	100.0	79.3	61.7	43.8	14.1	2.1	-	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-298-1	5.0	17.0	2.664	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	97.8	94.3	88.5	55.8	34.7	3.8	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-299	6.0	12.9	2.656	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	99.2	94.9	70.7	27.4	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-299-1	4.0	16.1	2.657	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	99.0	94.4	63.9	26.7	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-299-2	3.0	15.5	2.656	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	98.3	96.8	93.0	49.4	20.0	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-302	8.0	13.4	2.658	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	99.8	77.7	37.5	6.7	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	

■ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_s (g/cm³)	ρ_t (avg.) (g/cm³)	ρ_d (avg.) (g/cm³)	e_o	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than								U.S.C.S	Unconfined Test			Triaxial Compression Test			Consolidation		Re-marks
							W_L (%)	W_P (%)	I_P	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		q_u (kN/m²)	q_u (kN/m²)	S_t	C_{uu} (kN/m²)	C_{cu} (kN/m²)	ϕ_{cu} (°)	C_c	P_c (kN/m²)	
BH-302-1	4.0	18.9	2.662	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	97.5	90.7	81.7	56.5	26.1	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-303	3.0	14.7	2.659	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	80.0	79.8	78.6	57.9	25.6	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-303-1	4.0	9.2	2.648	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	98.3	91.4	33.6	10.6	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-304	1.0	15.2	2.657	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	85.6	83.2	75.1	52.2	26.8	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-304-1	3.0	12.9	2.660	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	97.5	92.3	63.4	25.3	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-304-2	2.0	17.9	2.668	-	-	-	NP	NP	-	-	100.0	95.9	90.9	83.2	58.6	28.5	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-305	5.0	23.1	2.680	-	-	-	29.4	18.7	10.7	-	100.0	97.5	93.8	91.2	76.2	57.9	11.9	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-305-1	5.0	23.7	2.676	-	-	-	32.6	19.4	13.2	-	100.0	92.1	88.2	81.5	66.0	45.3	8.4	SC	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-305-2	4.0	24.5	2.668	-	-	-	NP	NP	-	-	100.0	95.2	91.8	84.8	63.4	39.3	6.2	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-305-4	4.0	28.7	2.676	-	-	-	36.1	22.7	13.4	-	-	-	-	100.0	99.8	96.6	18.4	CL									
BH-305-6	4.0	18.3	2.664	-	-	-	NP	NP	-	-	100.0	92.4	86.8	78.9	58.1	33.7	4.4	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-305-7	3.0	8.0	2.652	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	98.0	86.6	49.7	28.3	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-306	9.0	22.7	2.662	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	96.0	87.6	49.2	19.9	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-307	4.0	30.3	2.685	-	-	-	34.3	21.6	12.7	-	-	100.0	99.1	98.0	95.1	85.6	14.5	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-307	4.0-4.8	37.8	2.698	1.835	1.332	1.026	44.2	21.3	22.9	-	-	-	100.0	97.5	94.6	90.9	22.1	CL	68.58	13.75	5.0	-	29.61	18.2	0.285	123.88	
BH-307	9.0	9.1	2.654	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	98.6	87.9	51.6	24.6	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-308	5.0	34.7	2.690	-	-	-	36.7	18.8	17.9	-	-	-	-	100.0	99.7	98.7	20.0	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-309	7.0	35.2	2.680	-	-	-	36.1	27.3	8.8	-	-	-	-	100.0	99.8	99.2	18.2	ML	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-310	4.0	35.6	2.692	-	-	-	40.2	24.1	16.1	-	-	100.0	99.6	98.4	92.9	80.2	15.8	CL	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-310	7.0	29.9	2.677	-	-	-	30.5	23.2	7.3	-	-	-	-	100.0	99.1	94.1	13.6	ML	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-310	7.0-7.8	31.5	2.682	1.906	1.449	0.851	39.2	26.9	12.3	-	-	-	-	100.0	99.5	99.1	19.8	ML	63.15	14.18	4.5	-	29.82	14.8	0.193	96.38	
BH-310	14.0	7.8	2.684	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	94.8	62.8	26.8	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	

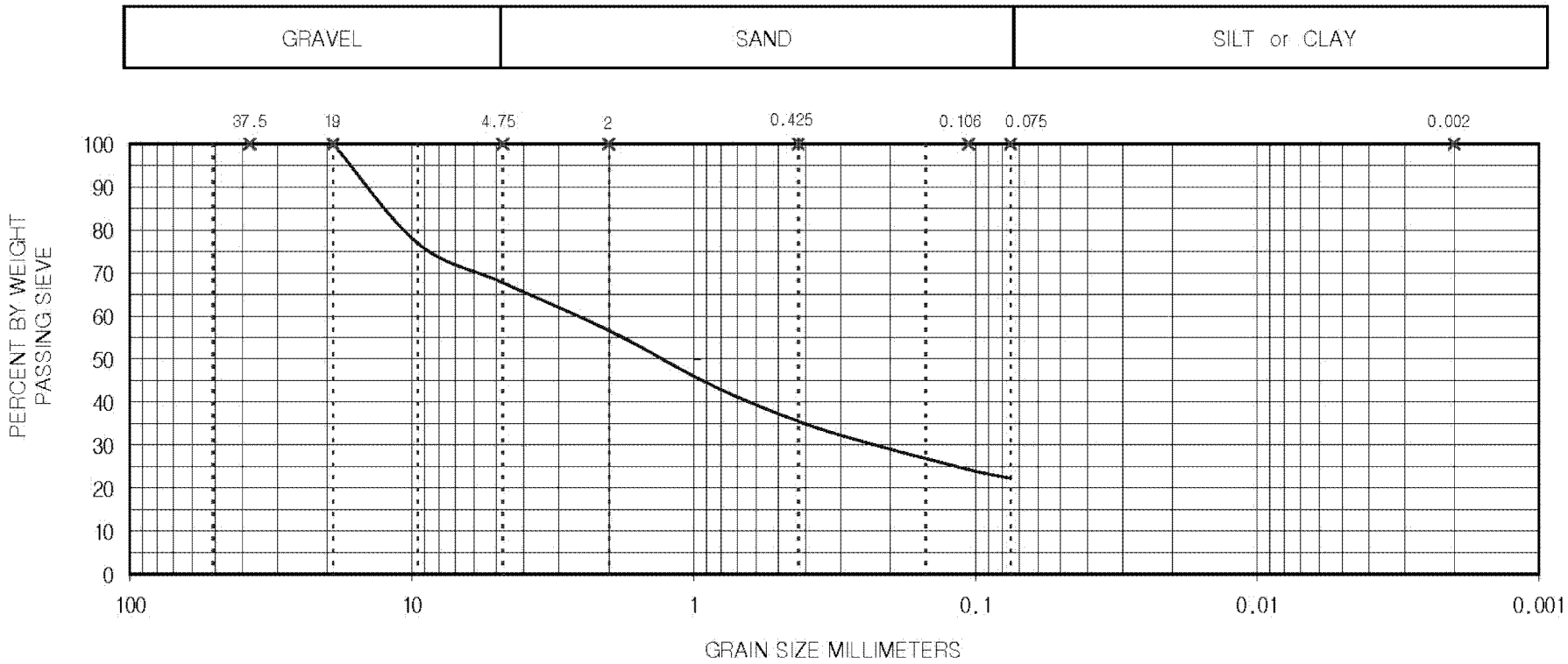
■ PROJECT명 : 서울-문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

Boring No.	Depth (m)	W (%)	ρ_s (g/㎤)	ρ_t (sat.) (g/㎤)	ρ_d (avg.) (g/㎤)	e_0	Atterberg			Grain Size Distribution %, Finer than								U.S.C.S	Unconfined Test			Triaxial Compression Test			Consolidation		Remarks
							W_L (%)	W_P (%)	I_P	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		q_u (kN/㎡)	q_{ur} (kN/㎡)	S_t	C_{uu} (kN/㎡)	C_{cu} (kN/㎡)	Φ_{cu} (°)	C_c	P_c (kN/㎡)	
BH-311	9.0	30.7	2.659	-	-	-	NP	NP	-	-	-	-	100.0	97.6	74.5	48.1	7.1	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-313	19.0	16.4	2.659	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	98.8	87.8	58.0	22.5	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-314-1	8.0	20.2	2.671	-	-	-	30.4	23.8	6.6	-	-	-	-	100.0	98.6	89.8	13.5	ML									
BH-314-2	8.0	42.9	2.681	-	-	-	41.4	26.2	15.2	-	-	-	-	100.0	99.4	96.6	12.4	ML	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-314-2	9.0	36.0	2.687	-	-	-	37.2	26.8	10.4	-	-	-	-	100.0	99.7	98.8	19.4	ML	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-314-2	12.0	8.7	2.655	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	100.0	99.5	91.8	55.4	27.0	-	SM	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-315	9.0	33.5	2.673	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	-	-	100.0	89.5	62.0	8.6	ML	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-315	16.0	15.9	2.647	-	-	-	NP	NP	NP	100.0	71.0	66.0	65.1	56.8	29.4	4.2	-	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-316	10.0	32.9	2.677	-	-	-	NP	NP	NP	-	-	-	-	100.0	99.9	98.4	12.3	ML	-	-	-	-	-	-	-	-	
BH-317	14.0	20.8	2.656	-	-	-	NP	NP	NP	-	100.0	97.6	93.5	83.6	37.8	3.8	-	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	

4.2 기본물성시험

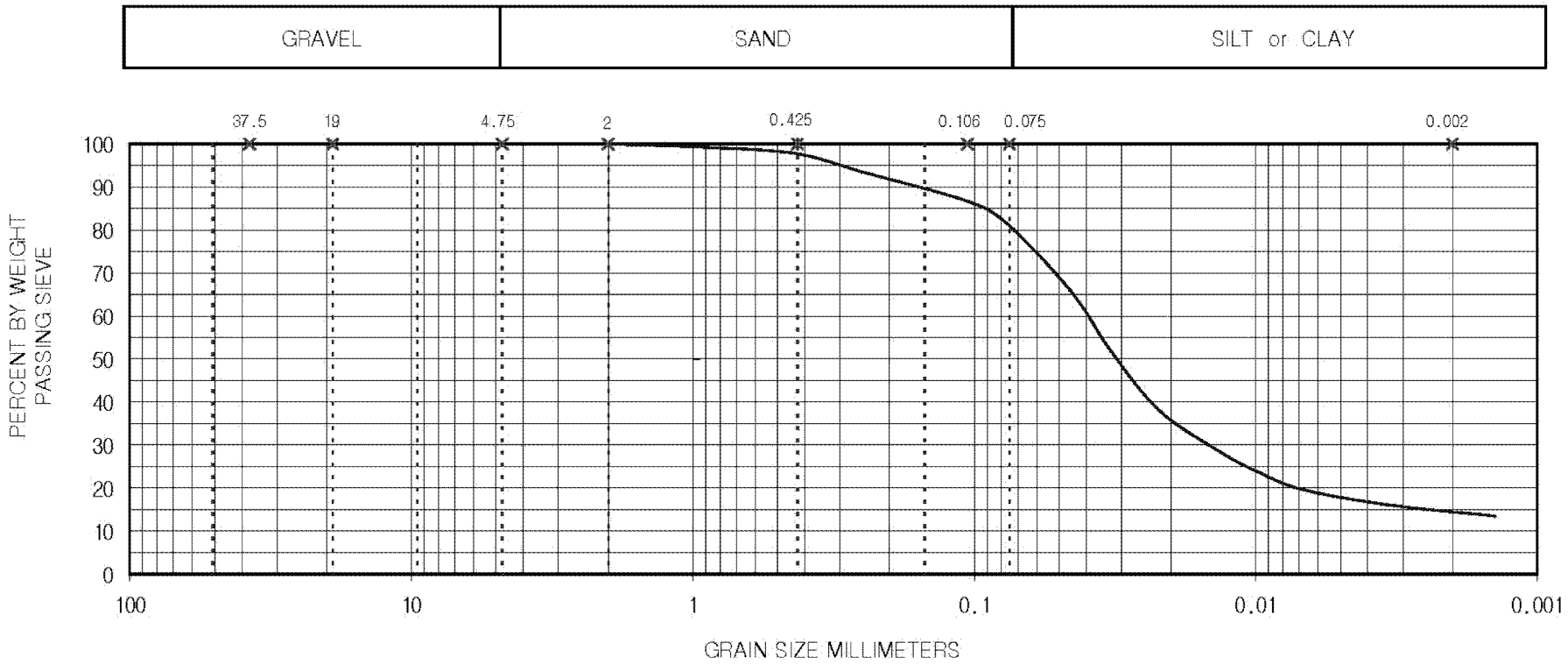
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-240	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	1.0 m	Silty Sand with Gravel	19.2	2.659	NP	NP	NP	SM



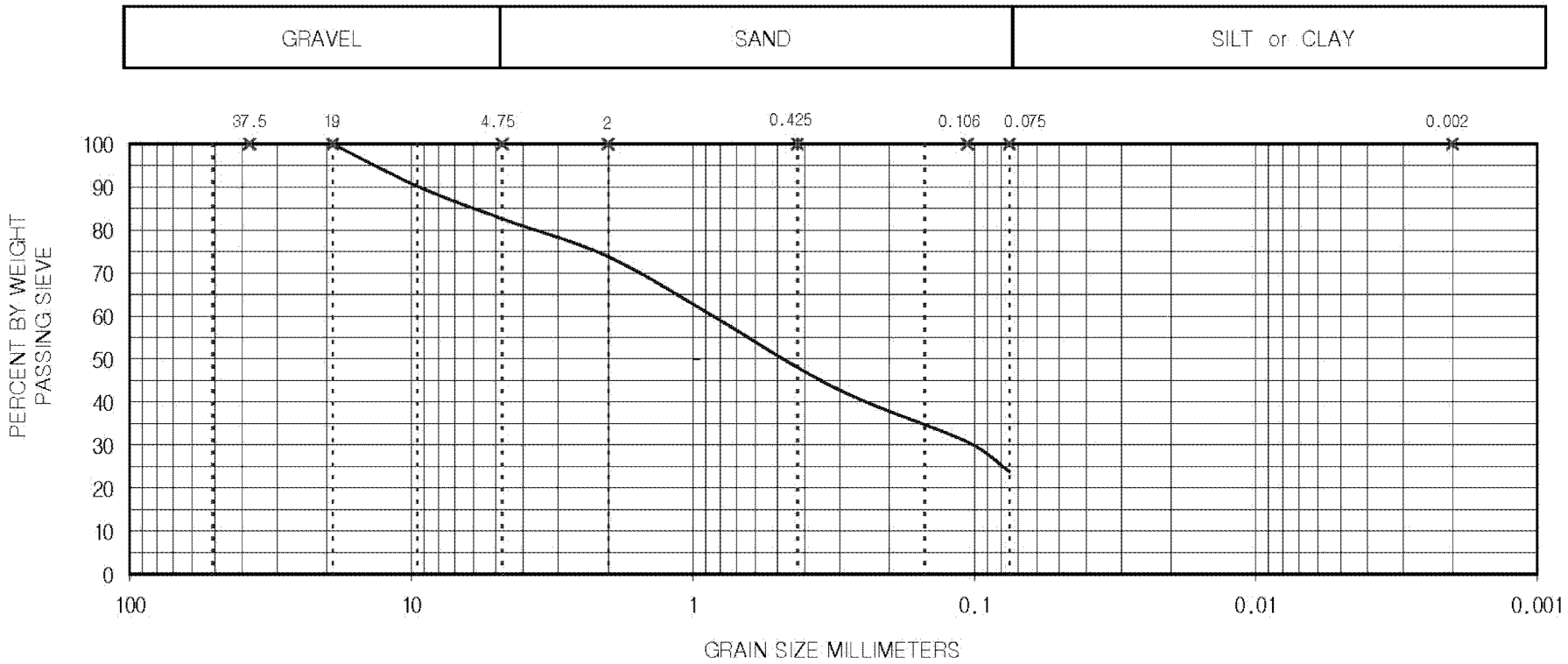
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-241	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0 m	Lean Clay with Sand	29.8	2.684	33.3	21.7	11.6	CL



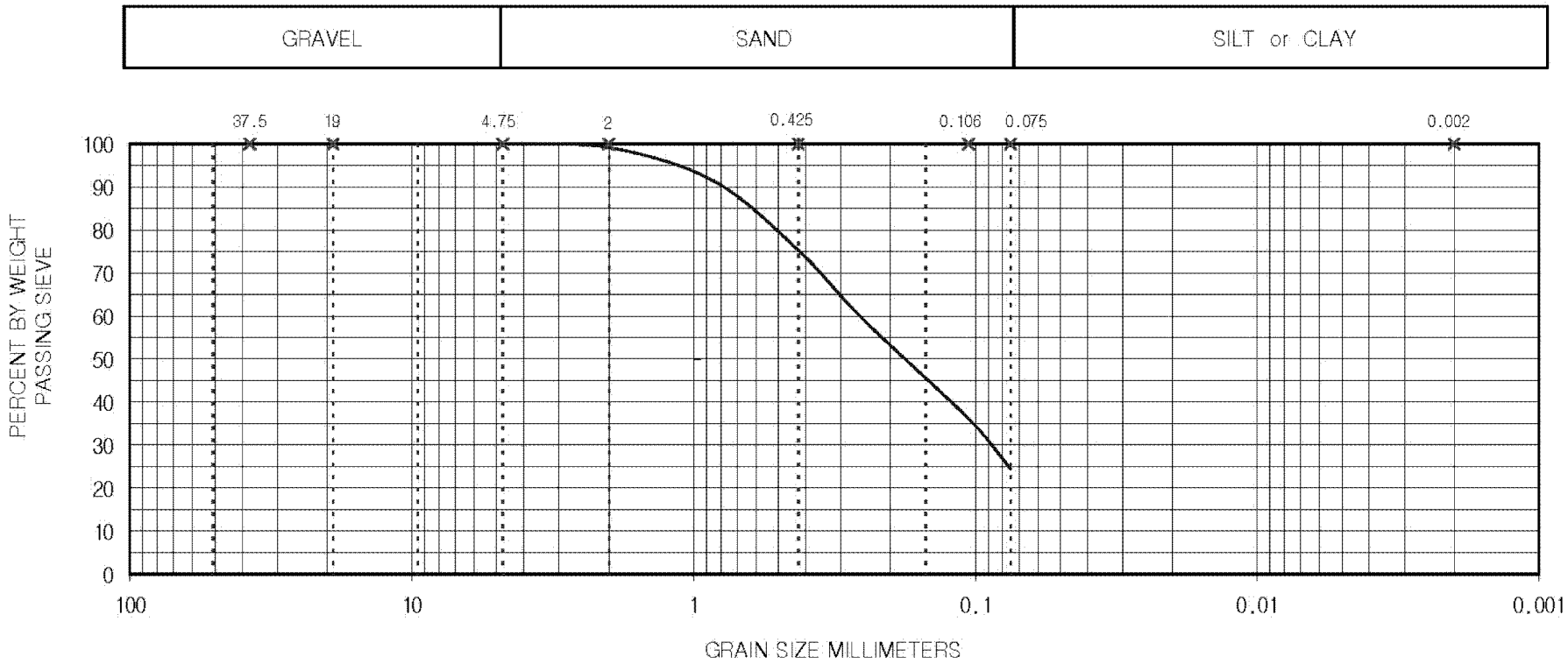
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-242	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	2.0 m	Silty Sand with Gravel	19.0	2.661	NP	NP	NP	SM



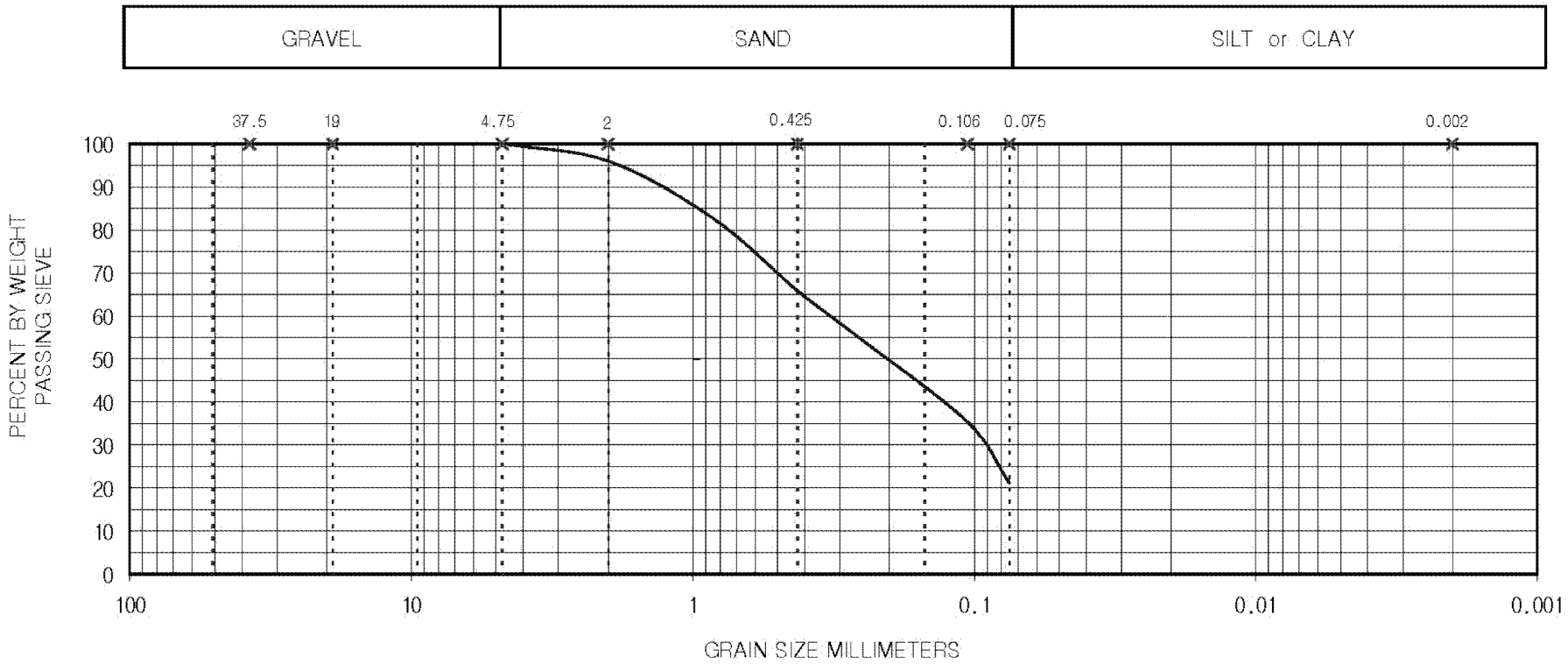
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-244	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Silty Sand	21.0	2.663	NP	NP	NP	SM



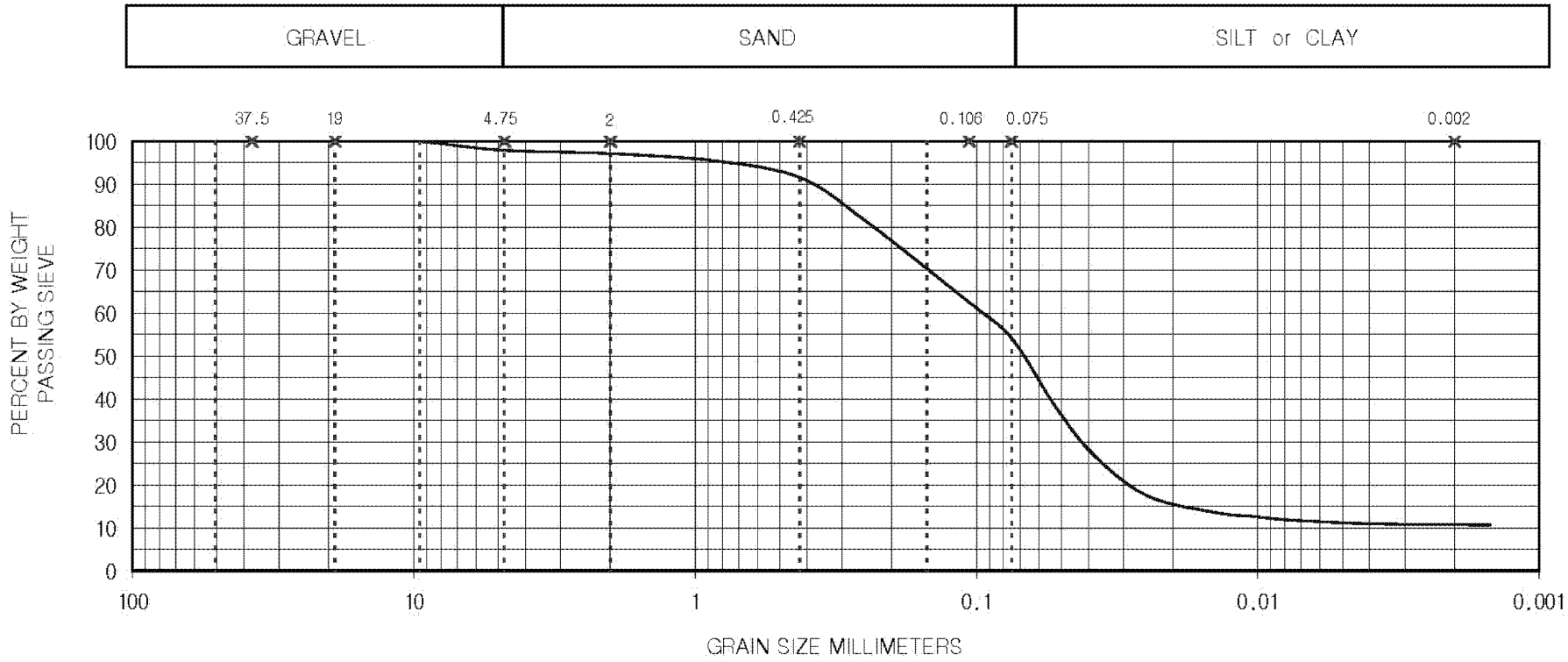
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-245	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0 m	Silty Sand	20.4	2.661	NP	NP	NP	SM



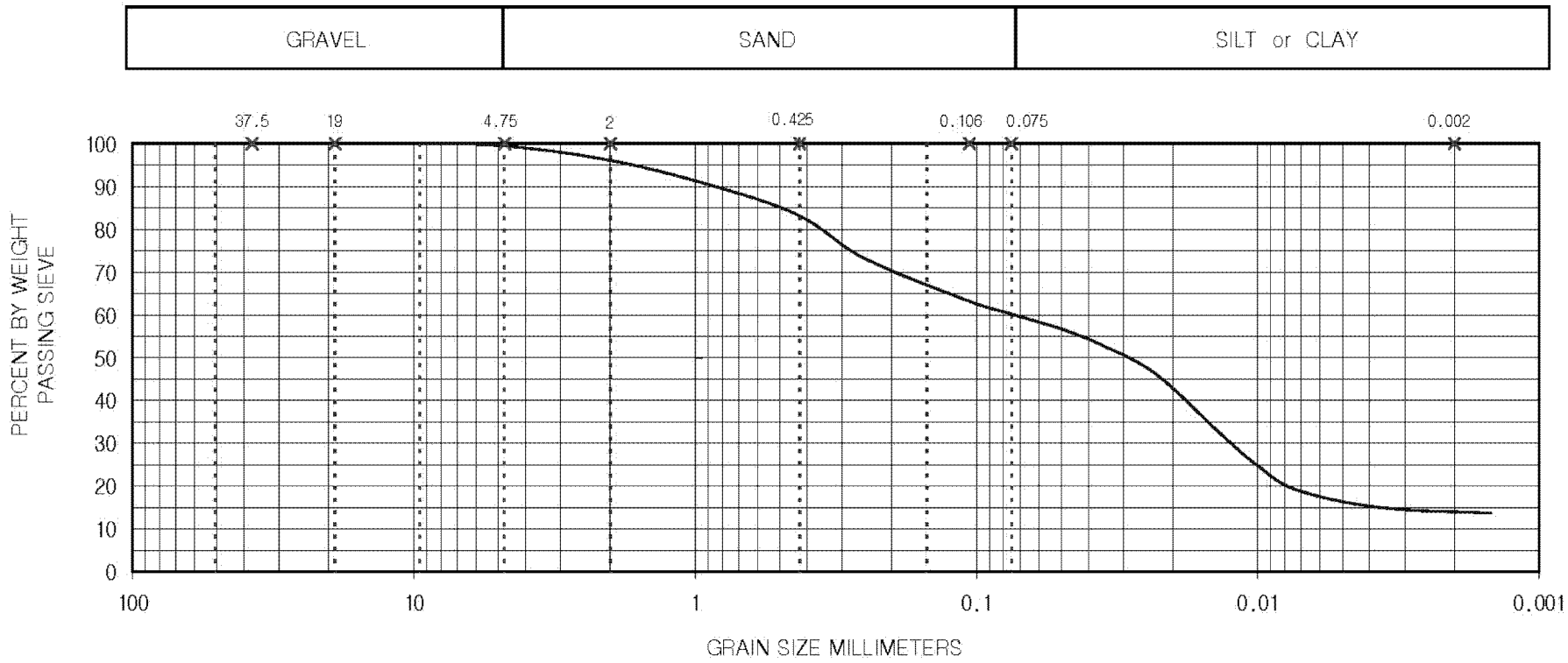
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-247	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0m	Sandy Lean Clay	28.2	2.684	31.6	19.6	12.0	CL



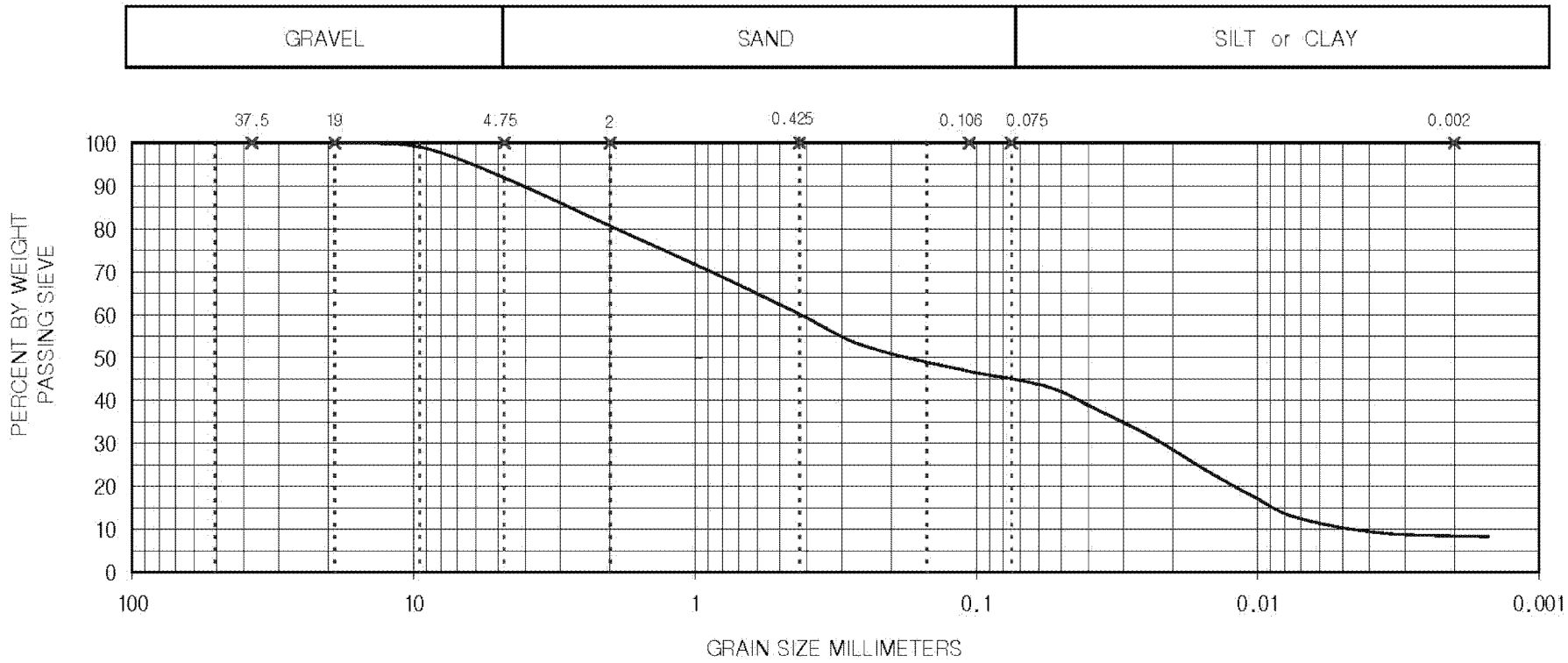
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-249	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0m	Sandy Lean Clay	21.2	2.683	32.8	19.5	13.3	CL



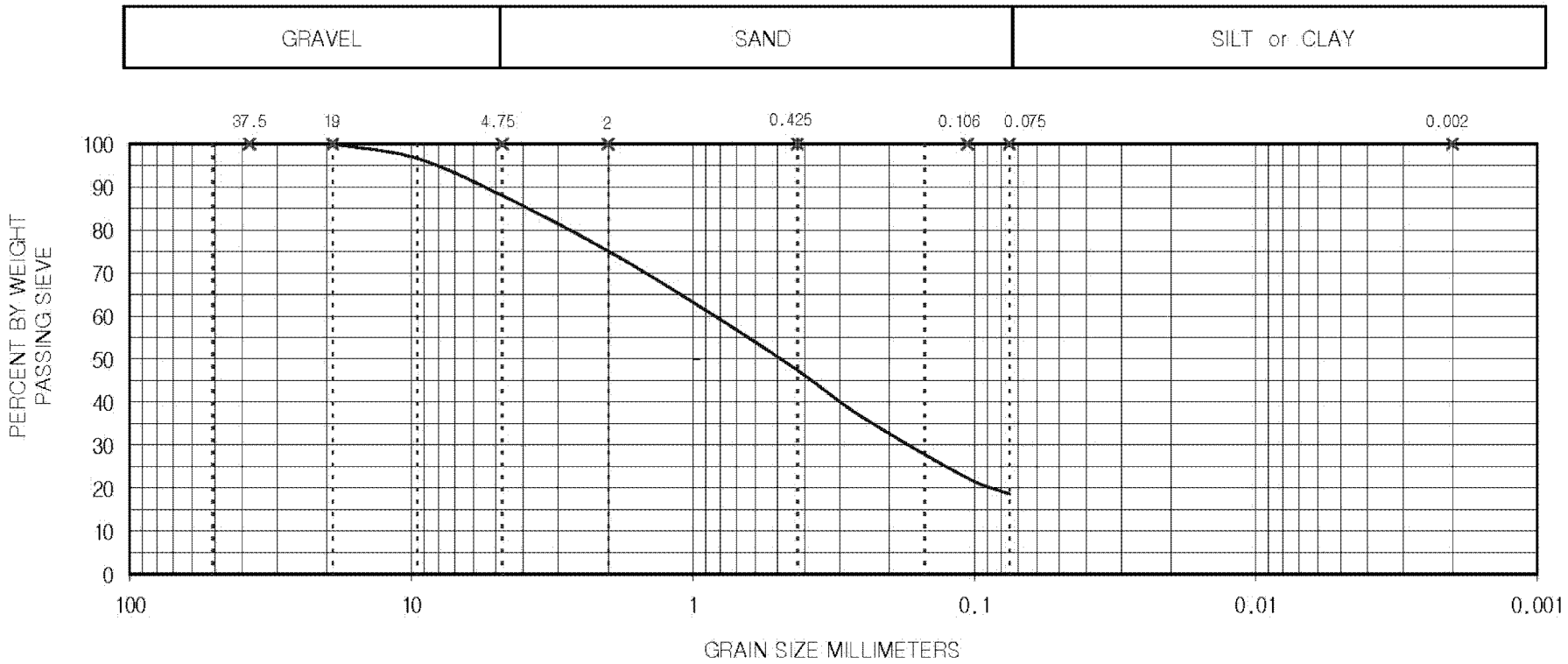
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		Boring No.		BH-250	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0m	Silty Sand	18.9	2.660	NP	NP	NP	SM



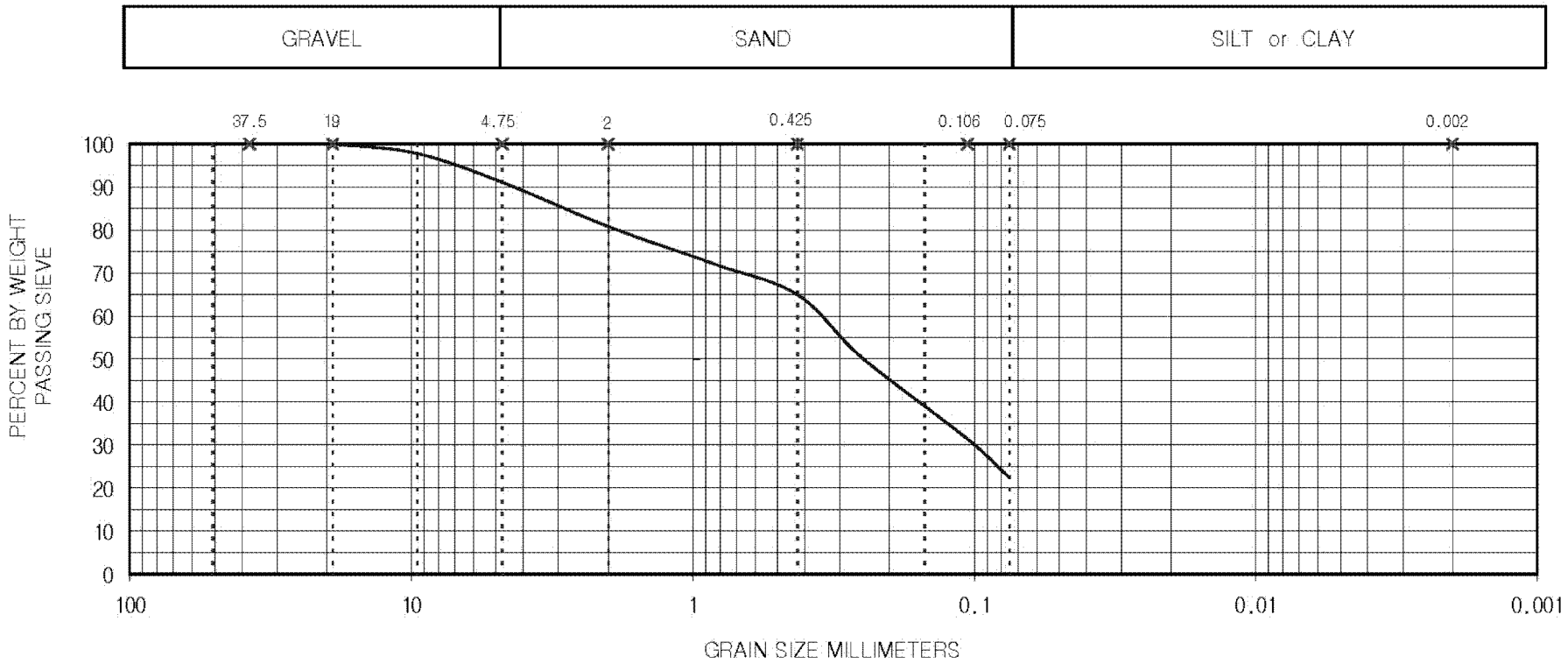
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-253	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0 m	Silty Sand	14.1	2.656	NP	NP	NP	SM



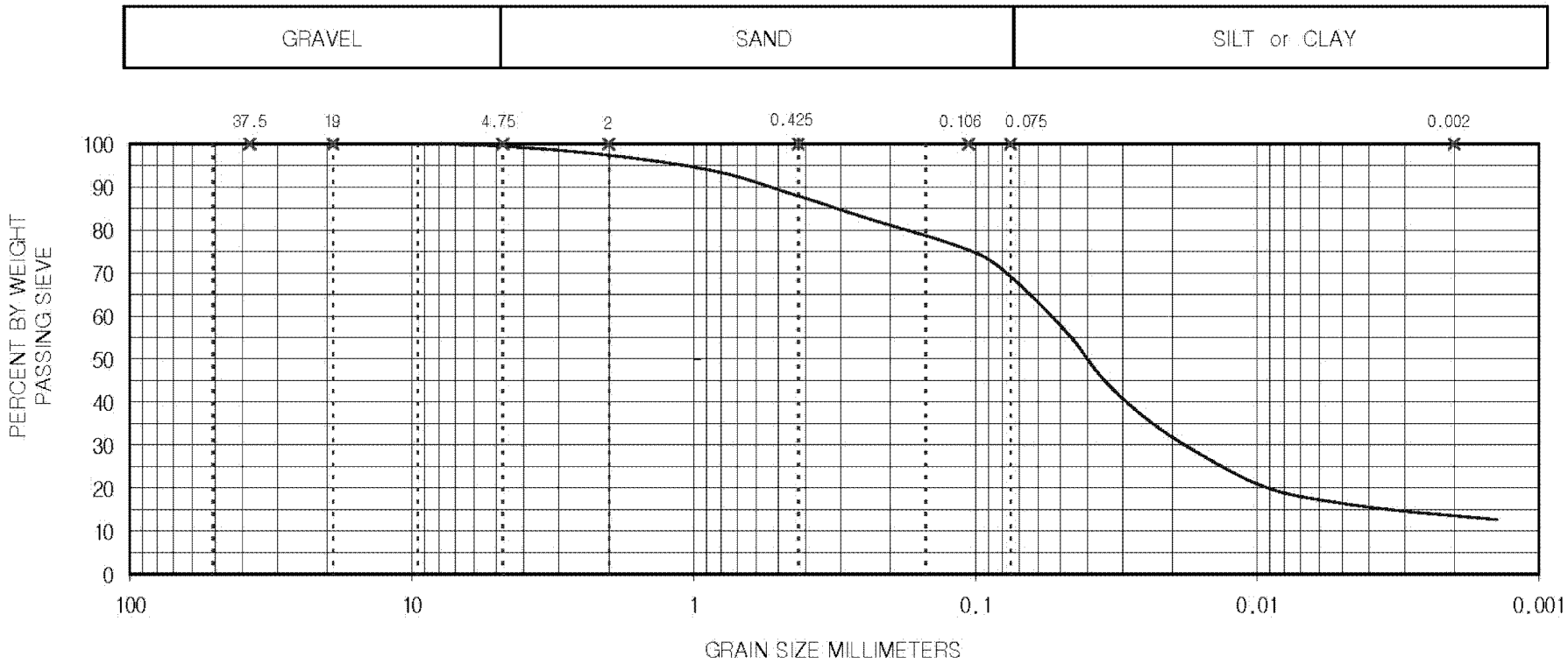
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-254	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	9.0 m	Silty Sand	22.3	2.664	NP	NP	NP	SM



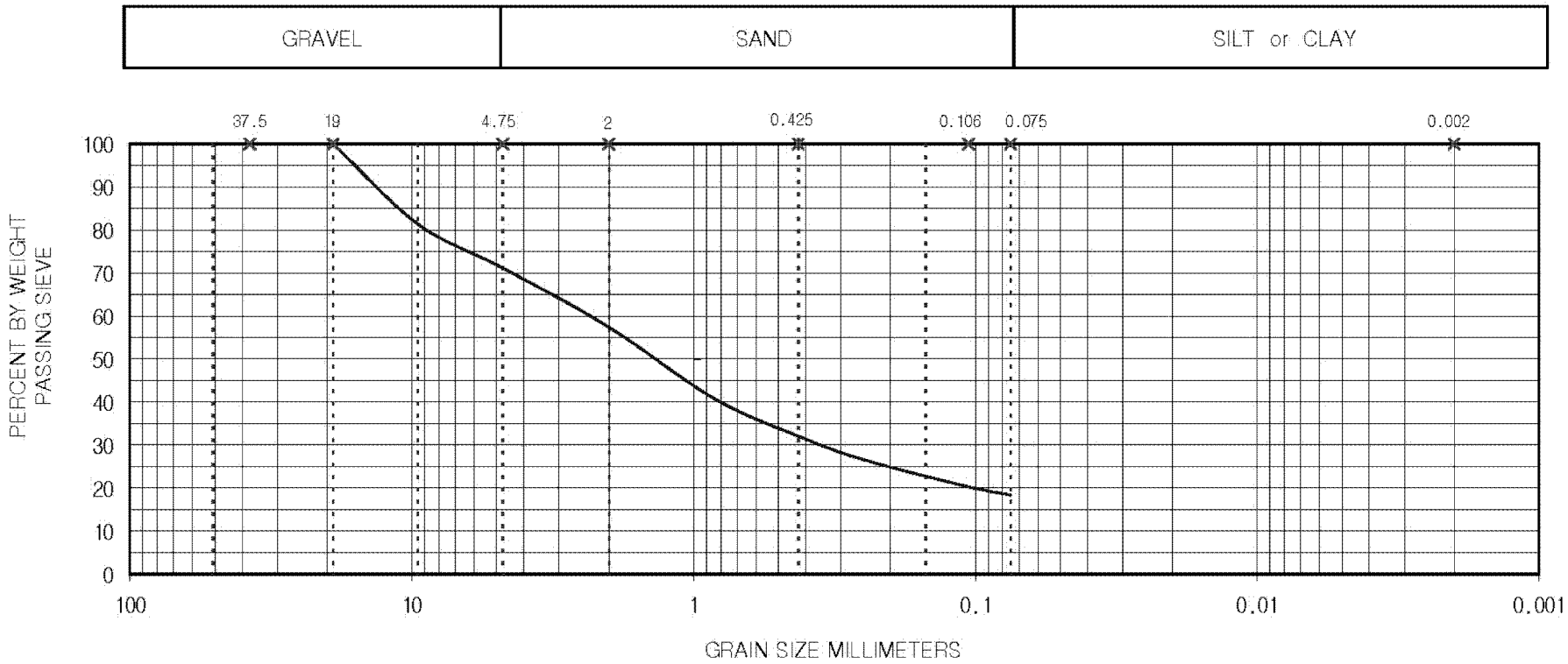
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-256	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0 m	Sandy Lean Clay	30.8	2.685	34.5	21.8	12.7	CL



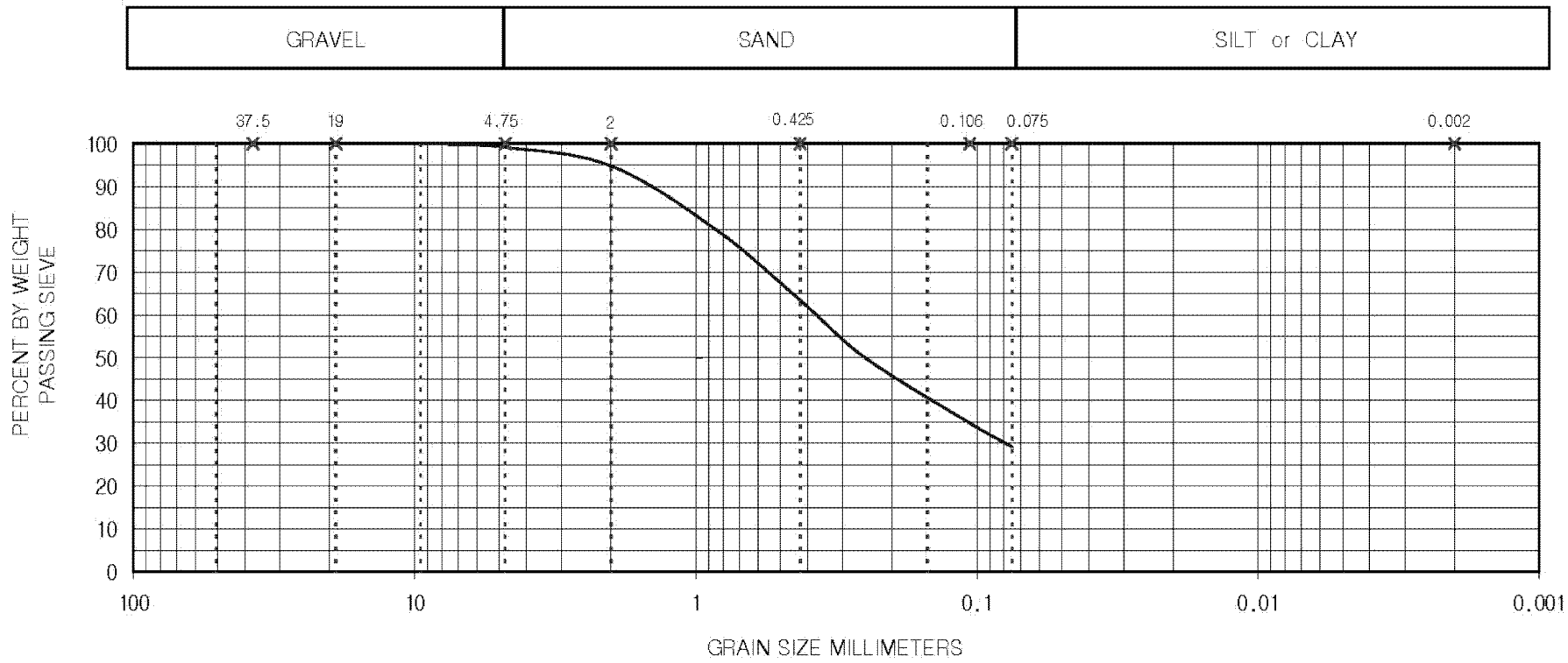
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-258	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0 m	Silty Sand with Gravel	12.6	2.655	NP	NP	NP	SM



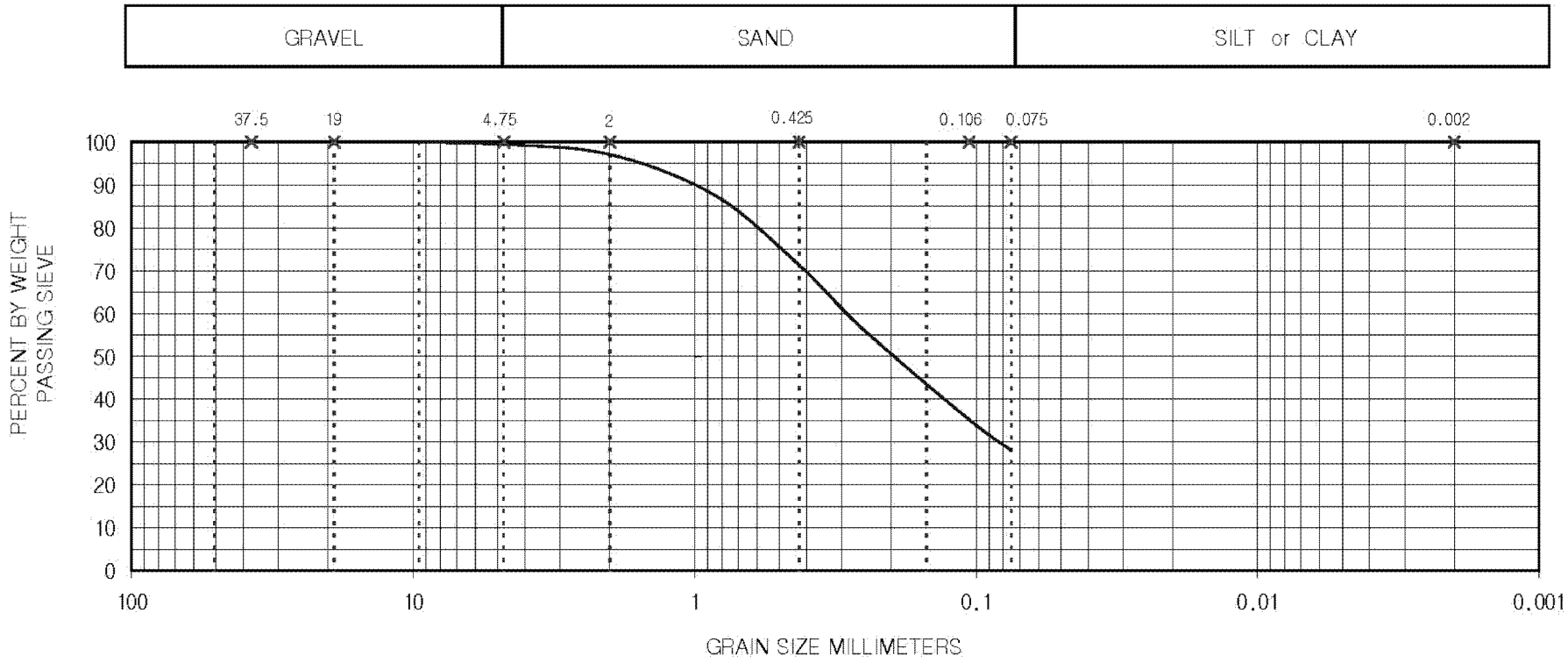
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-261	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0m	Silty Sand	22.5	2.667	NP	NP	-	SM



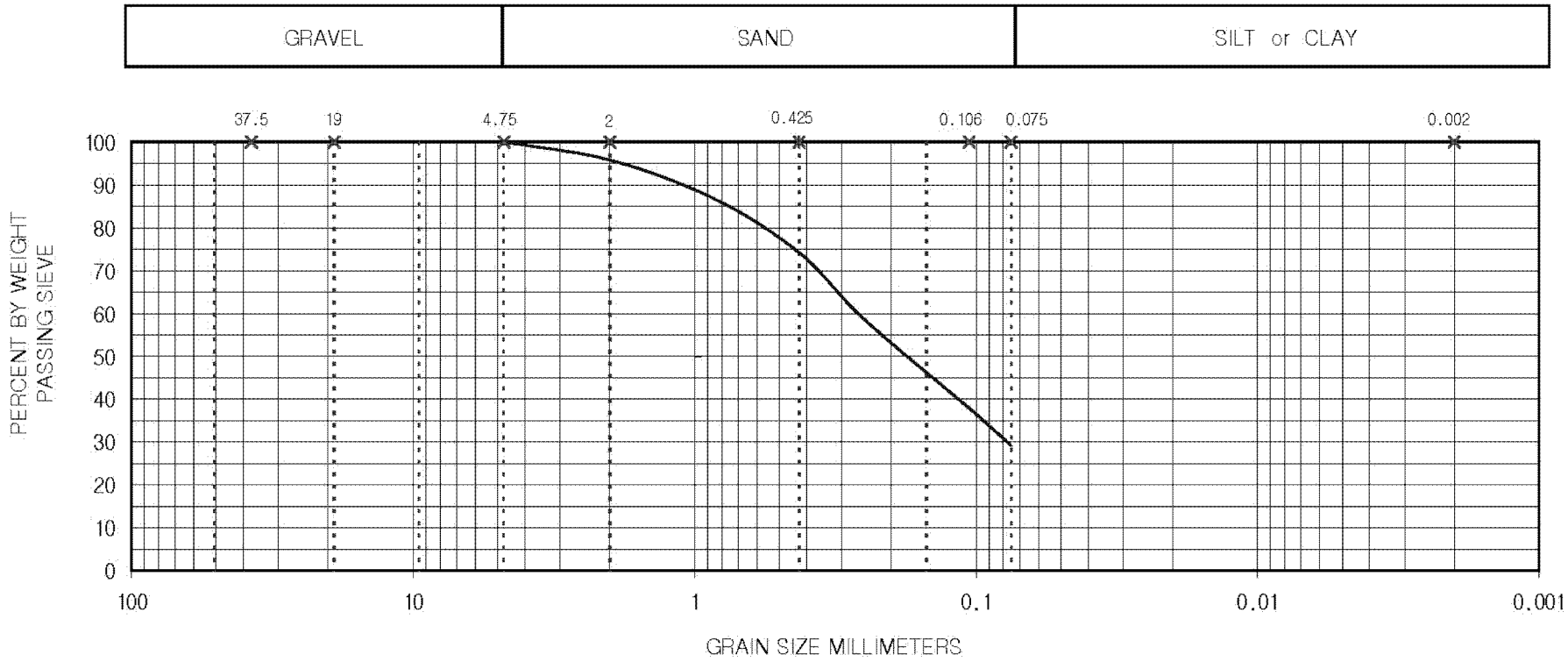
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-261-1	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0m	Silty Sand	18.3	2.664	NP	NP	-	SM



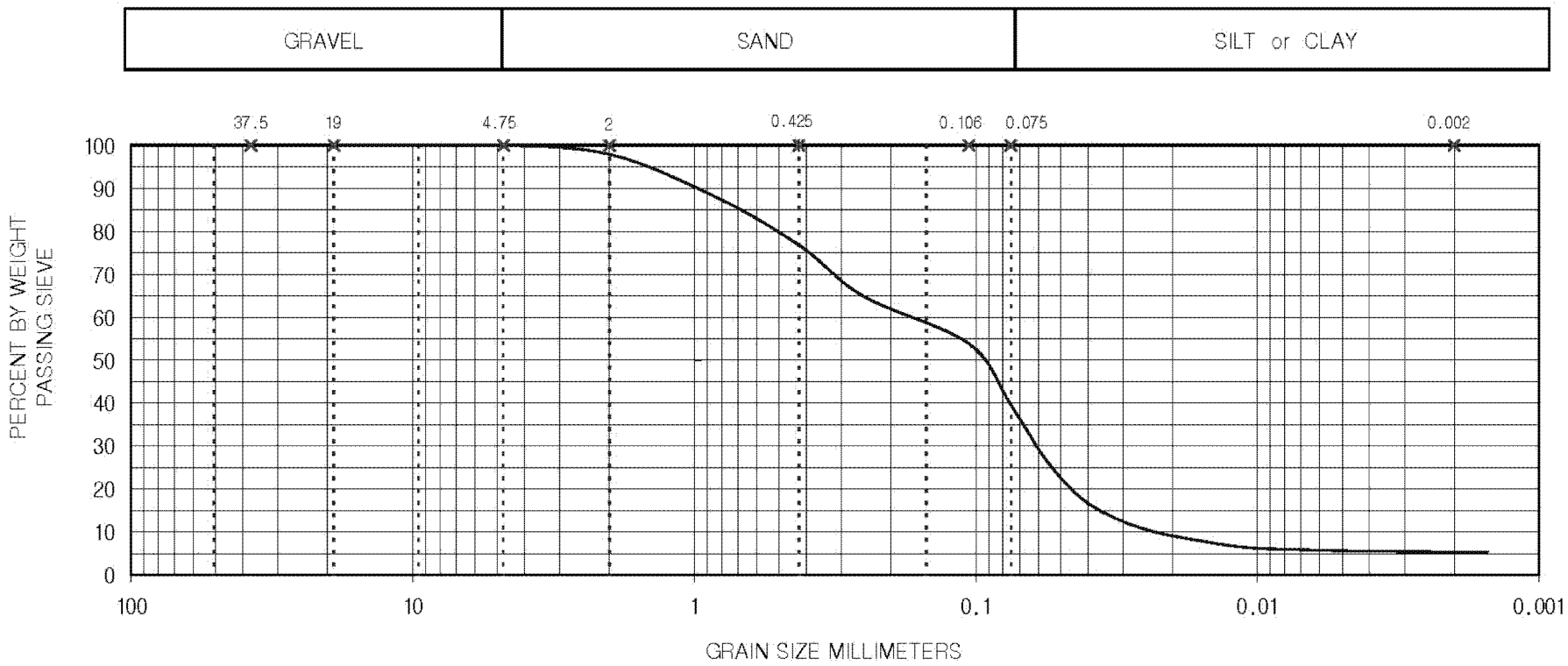
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-261-2	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0m	Silty Sand	15.8	2.667	NP	NP	-	SM



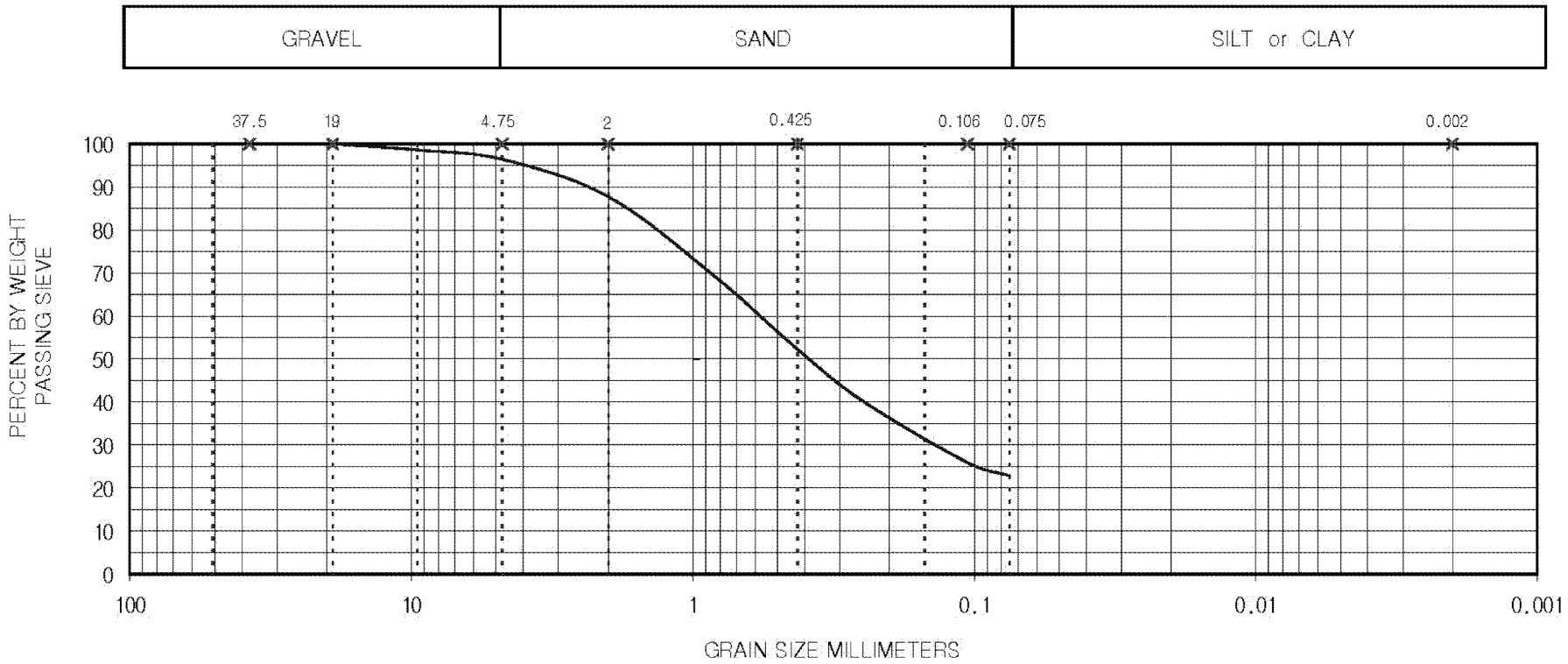
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-278	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0m	Silty Sand	36.6	2.662	NP	NP	-	SM



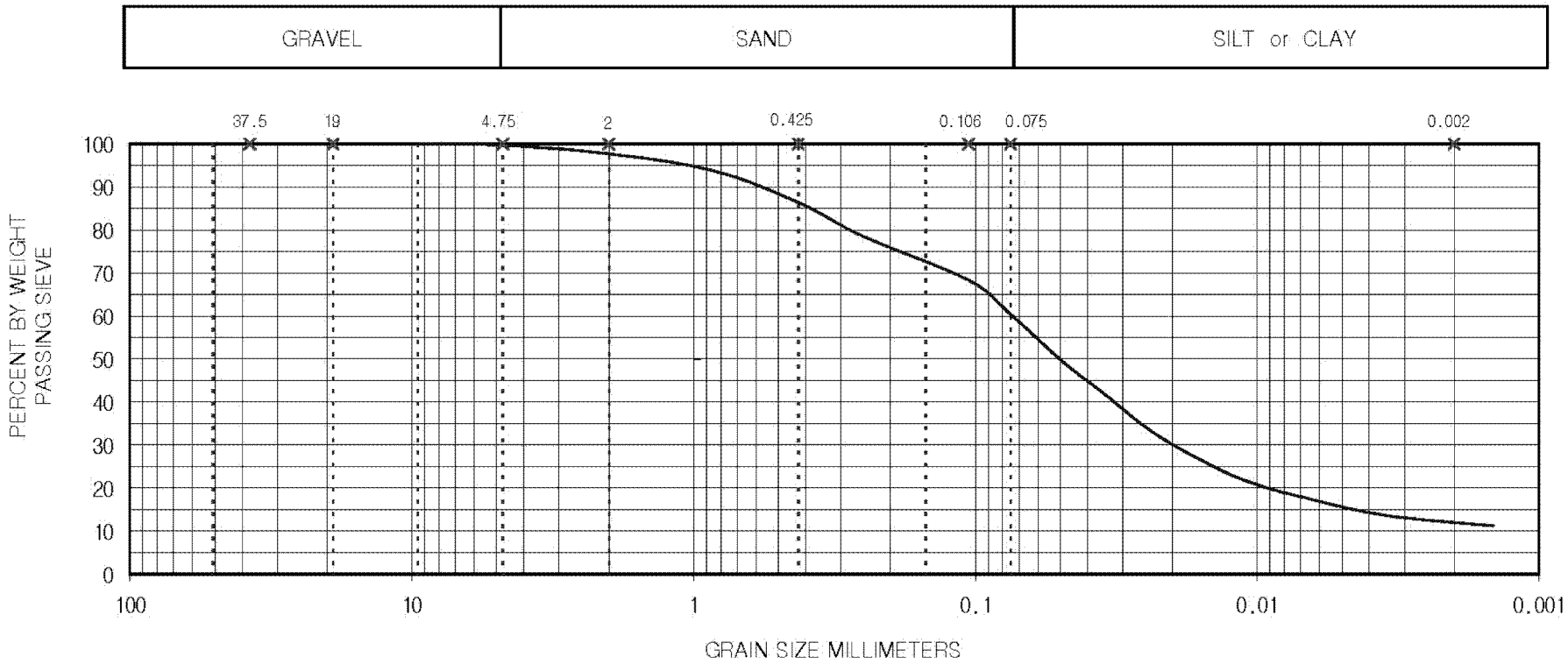
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-267	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0 m	Silty Sand	17.8	2.659	NP	NP	NP	SM



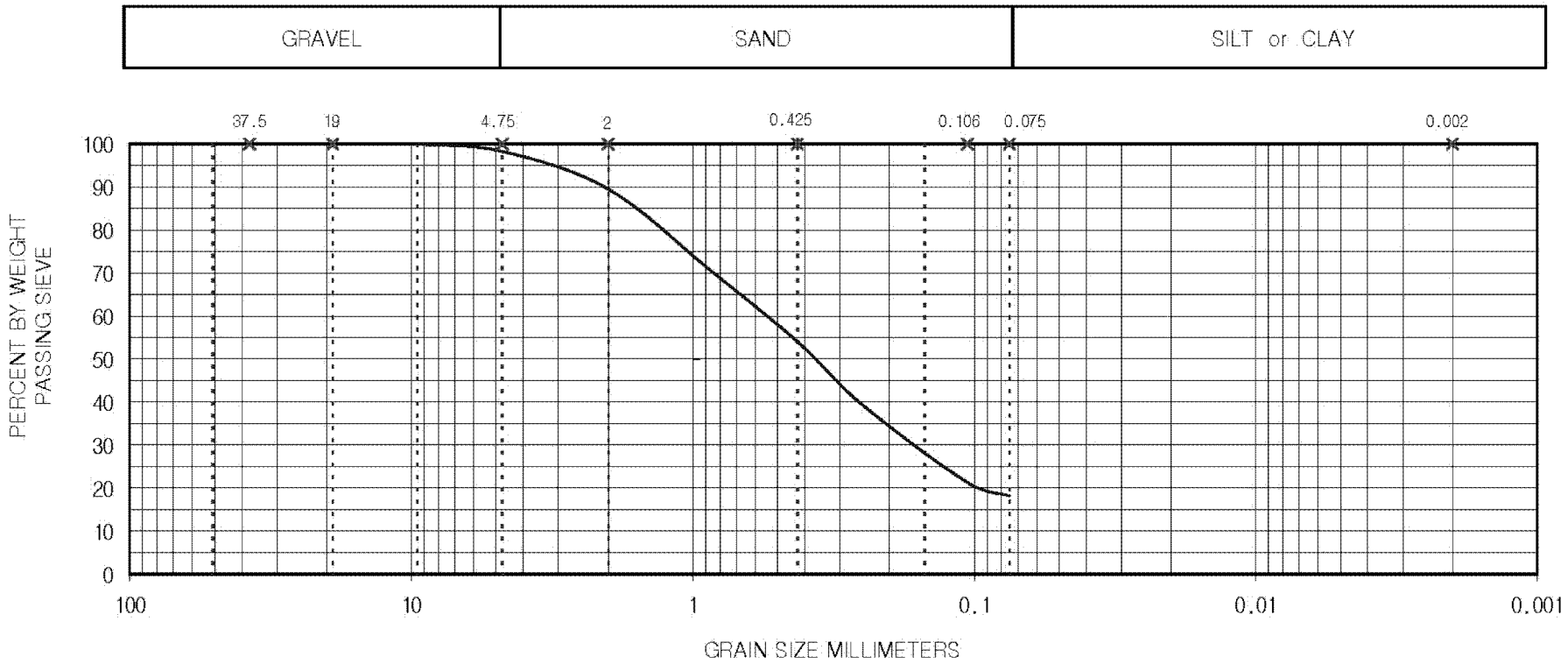
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-268	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0 m	Sandy Lean Clay	21.8	2.679	29.5	19.6	9.9	CL



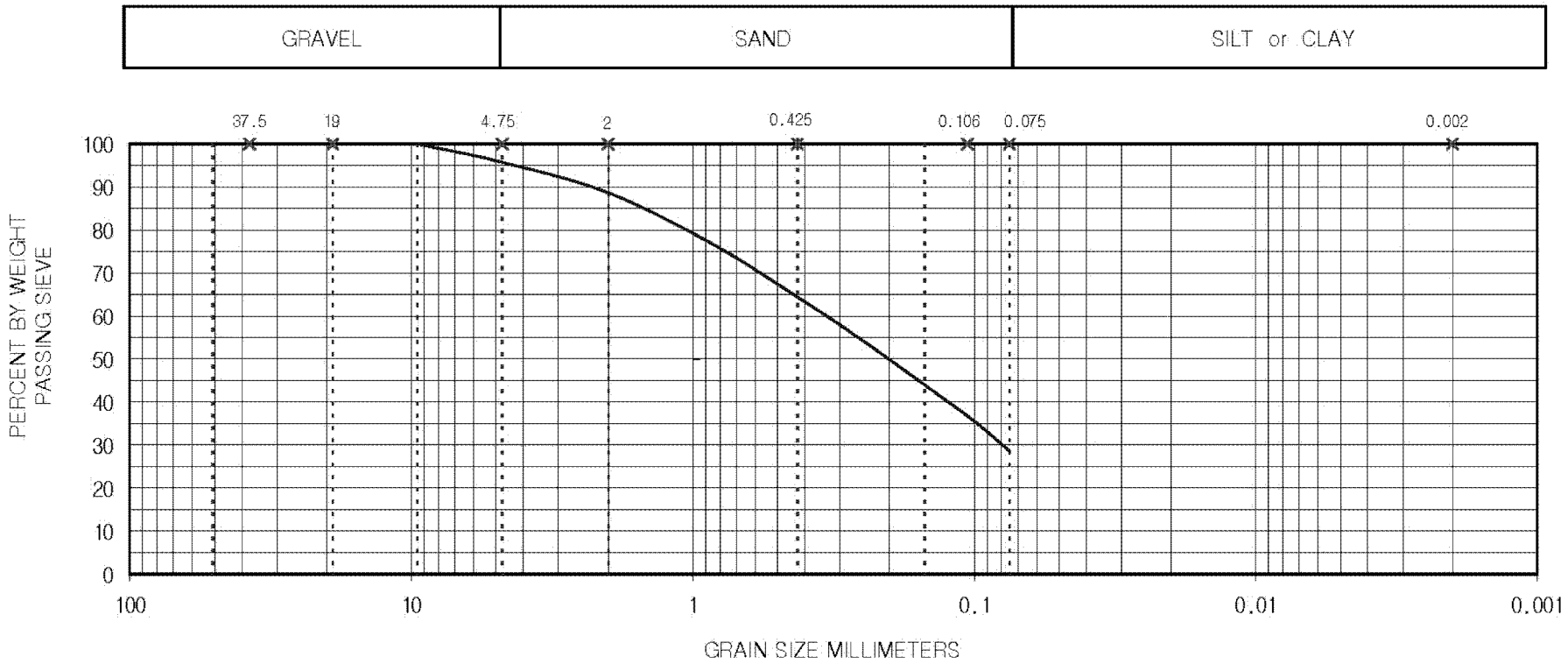
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-270	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	10.0 m	Silty Sand	14.7	2.657	NP	NP	NP	SM



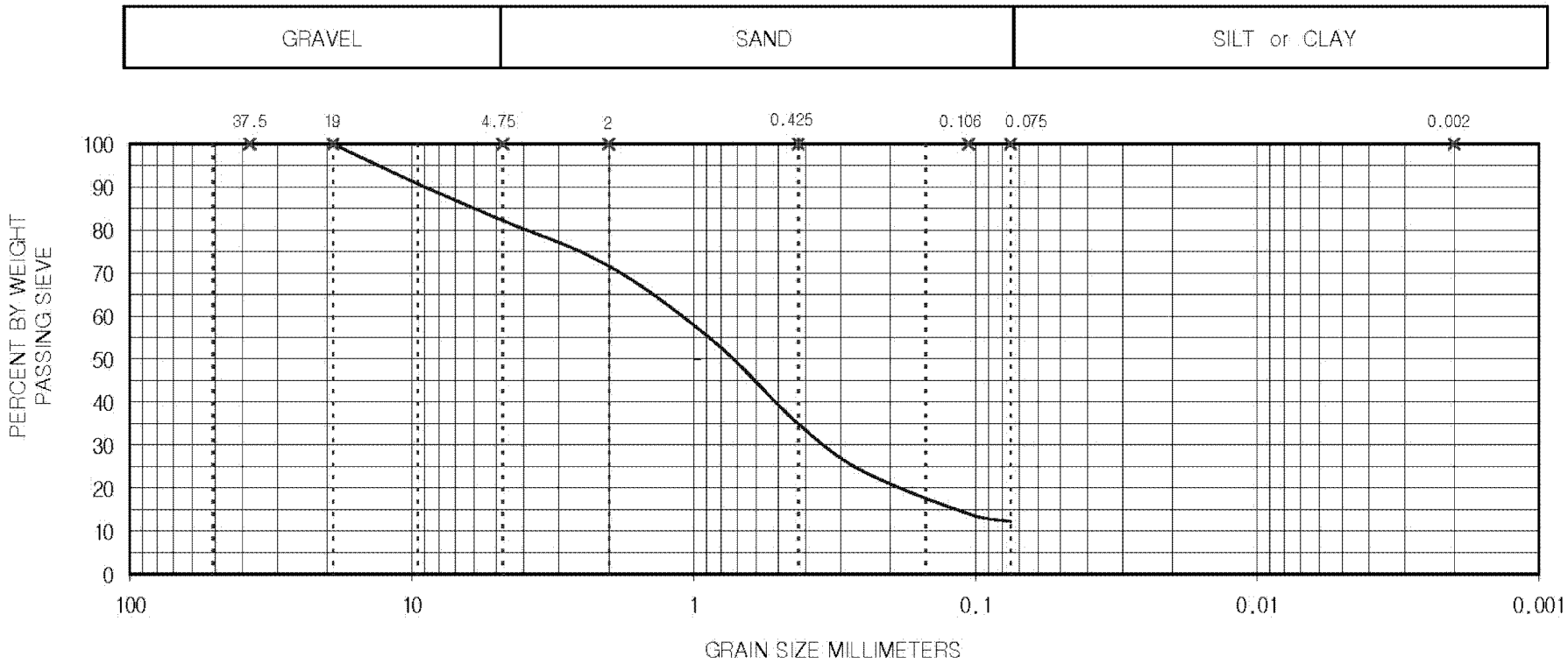
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-271	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0 m	Silty Sand	18.7	2.662	NP	NP	NP	SM



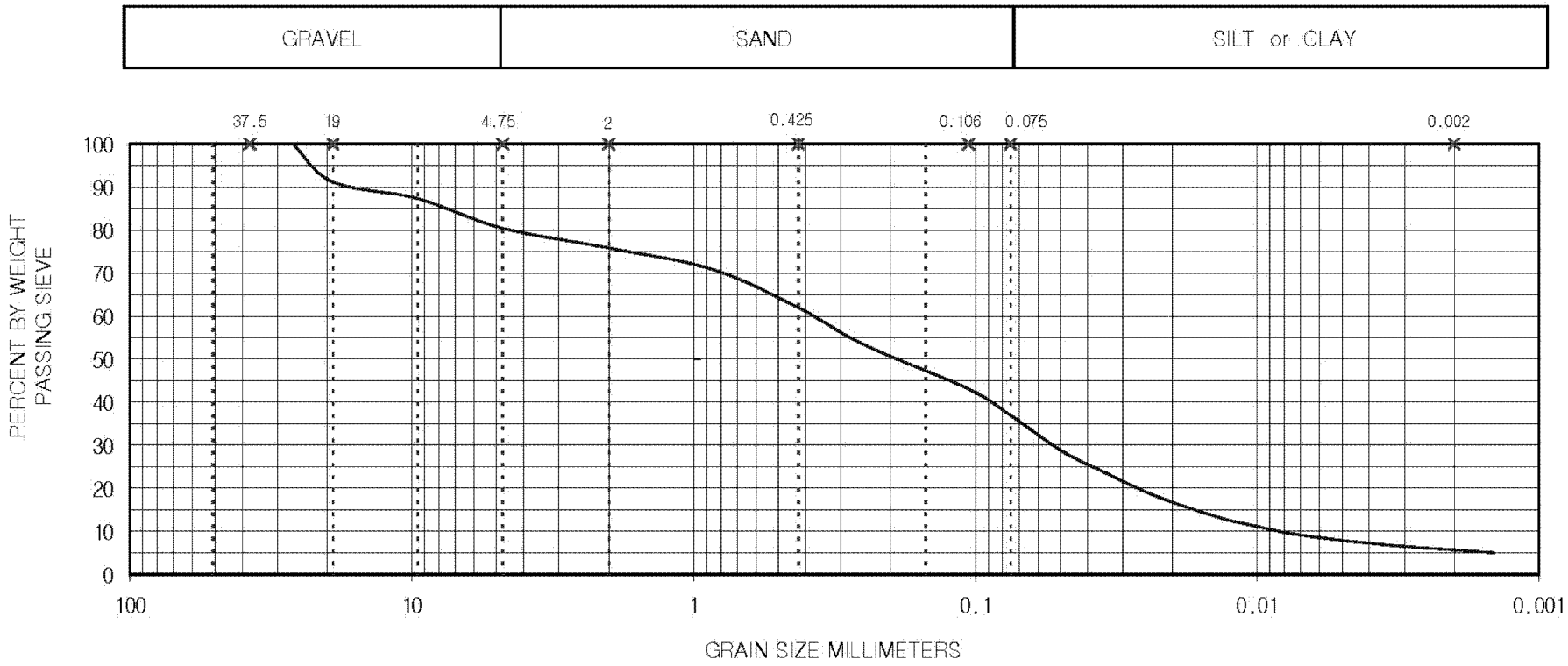
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-272	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0 m	Silty Sand with Gravel	17.7	2.660	NP	NP	NP	SM



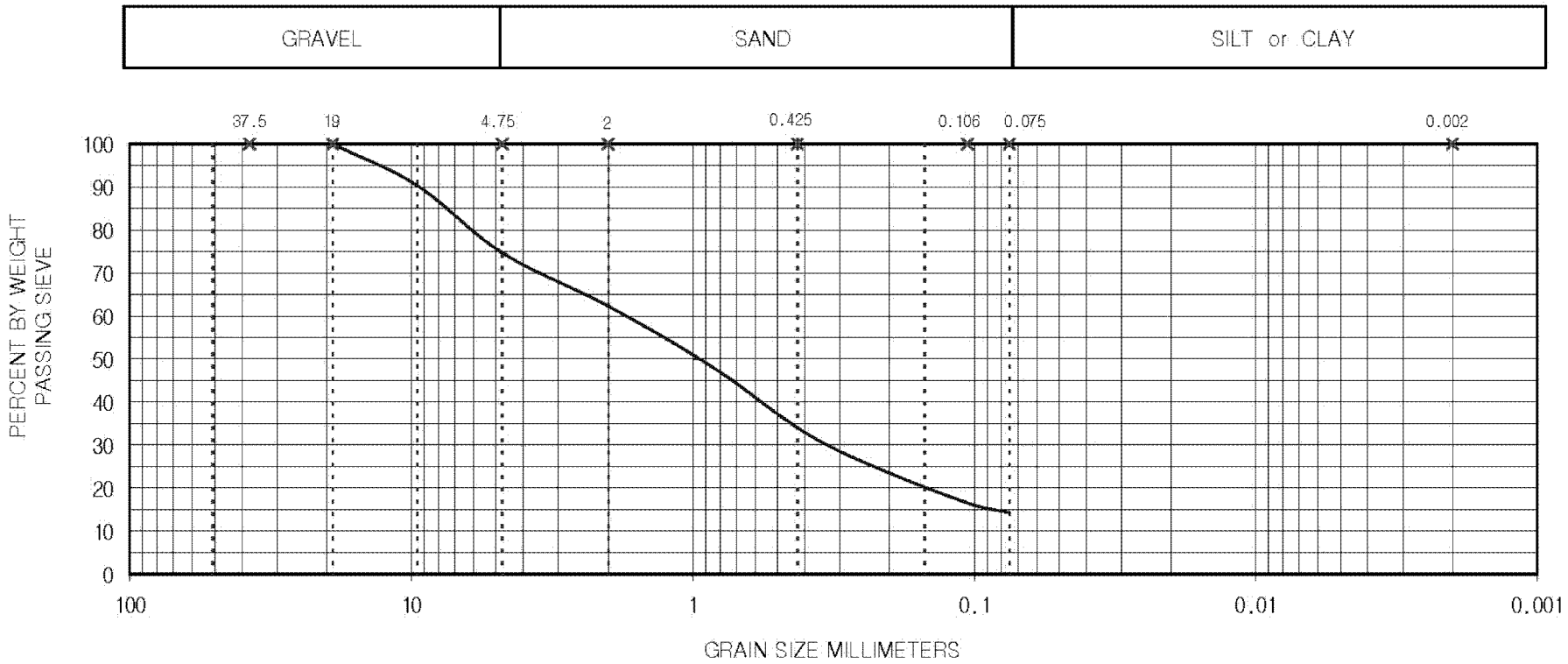
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-273	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	2.0 m	Clayey Sand with Gravel	22.2	2.665	30.4	20.7	9.7	SC



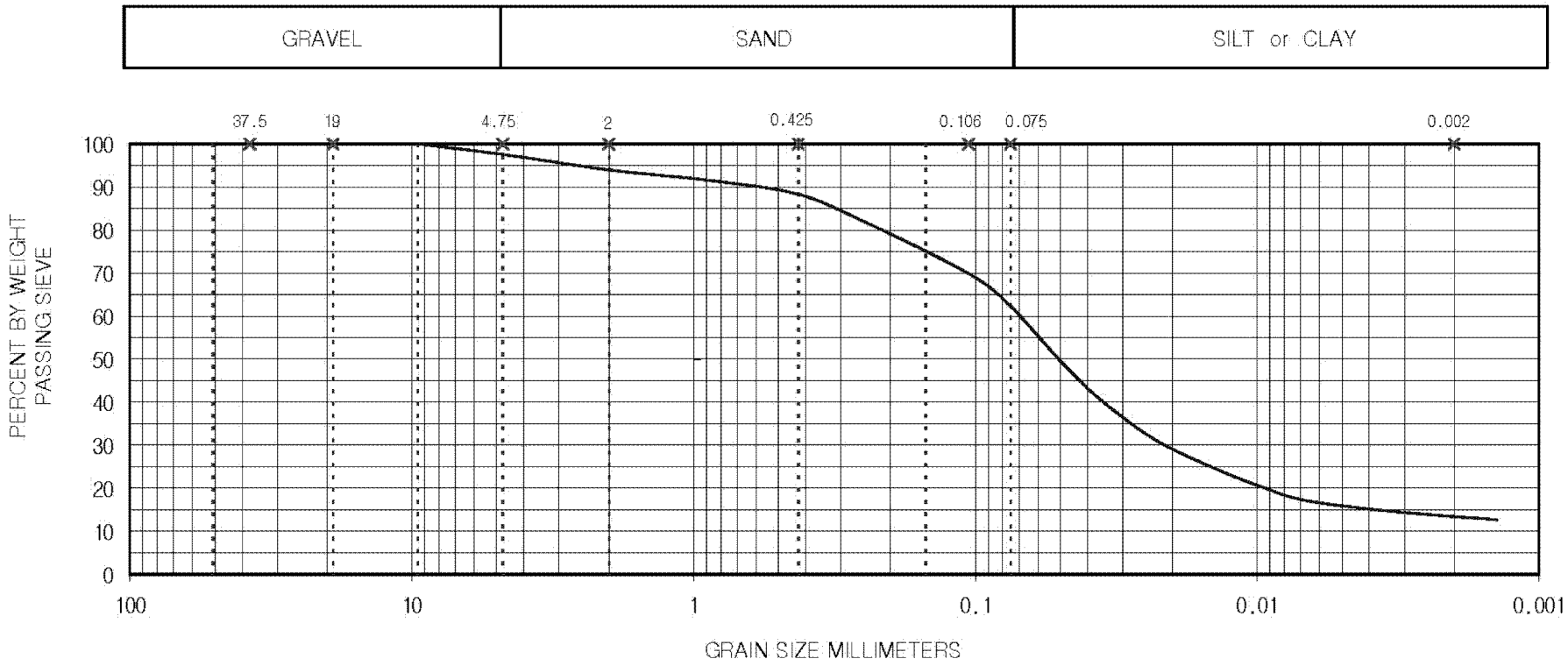
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-275	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0 m	Silty Sand with Gravel	10.3	2.650	NP	NP	NP	SM



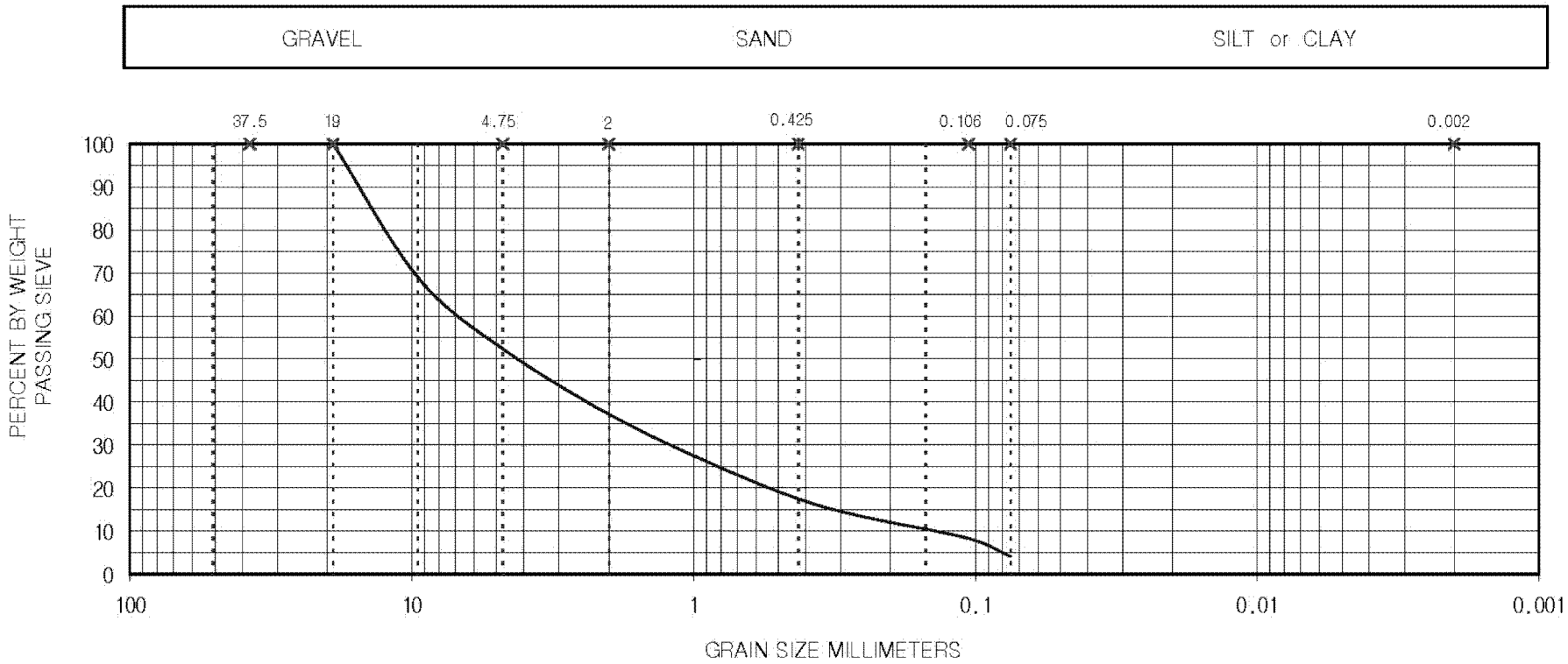
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-276	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	9.0 m	Sandy Lean Clay	41.5	2.694	44.2	24.2	20.0	CL



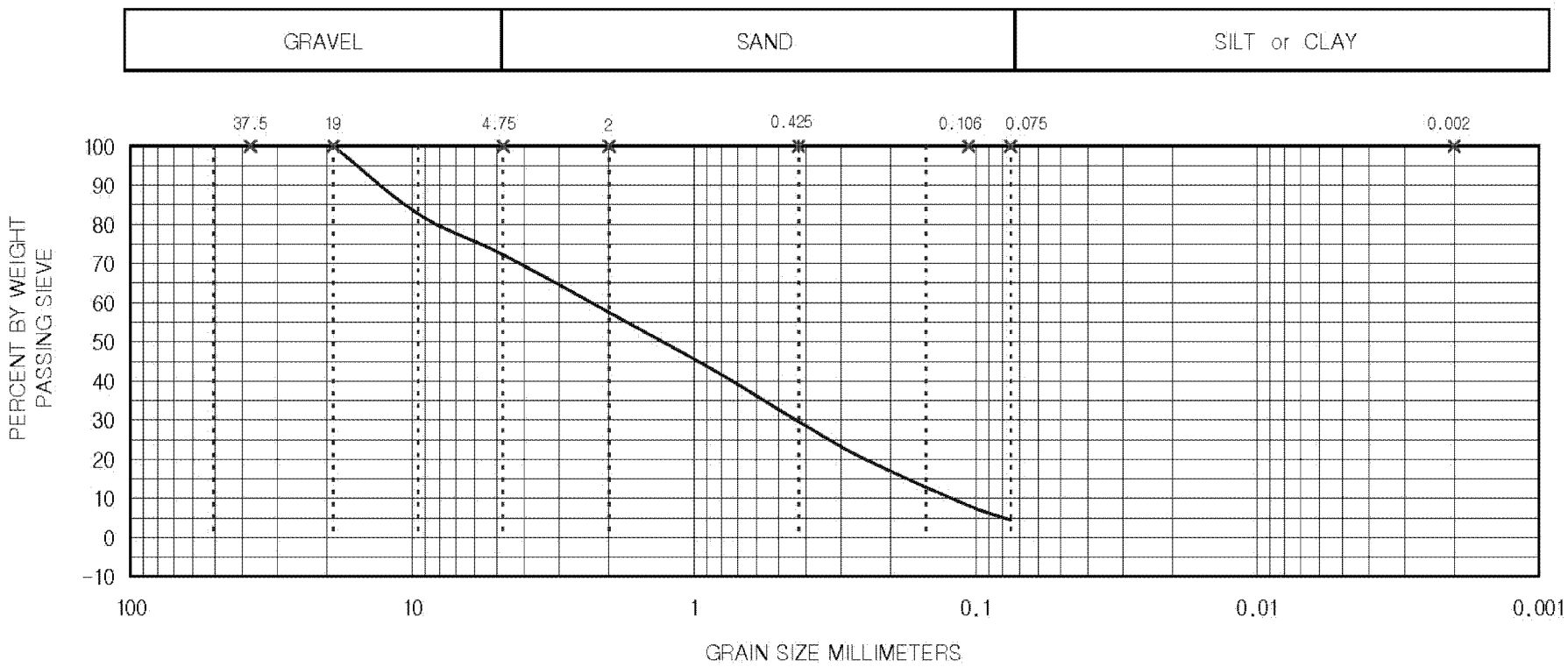
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-277	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Well-graded Sand with Gravel	8.7	2.640	NP	NP	NP	SW



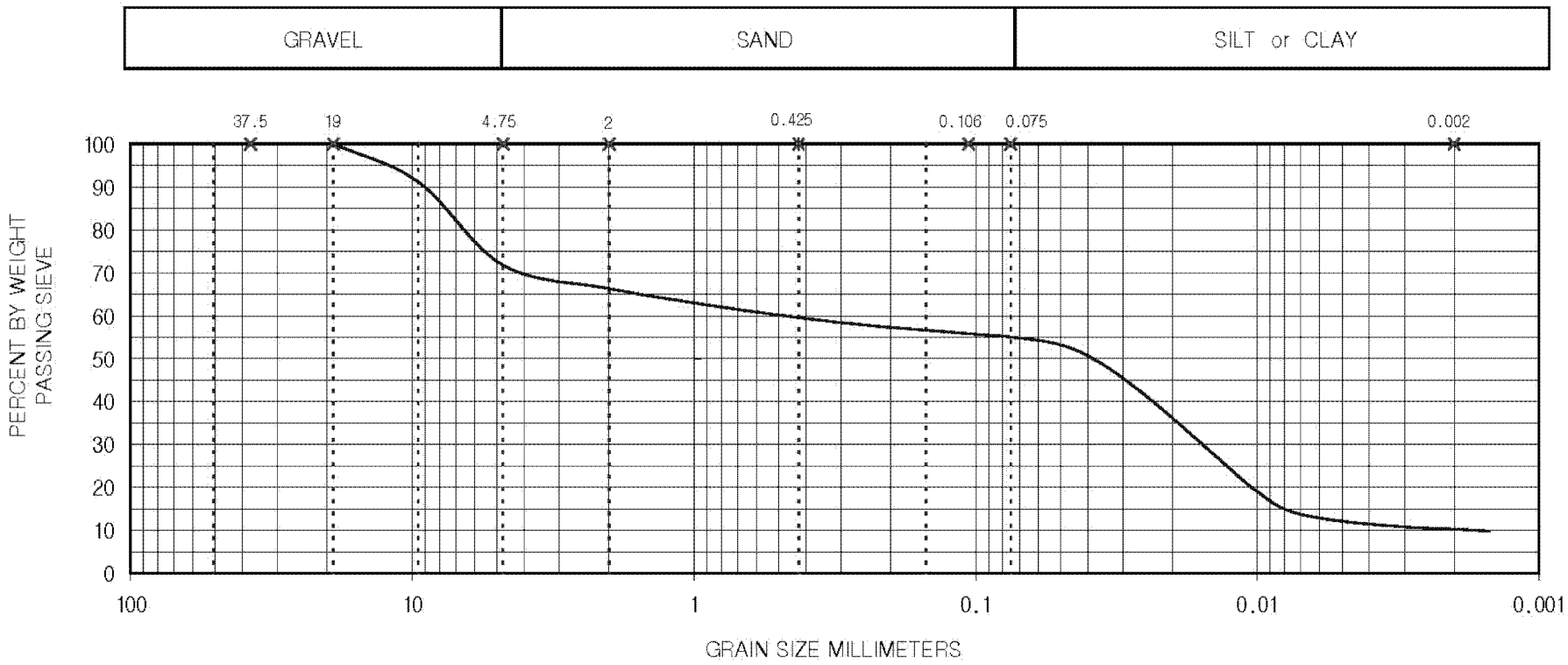
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-279	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	10.0m	Poorly-graded Sand with Gravel	12.0	2.634	NP	NP	-	SP



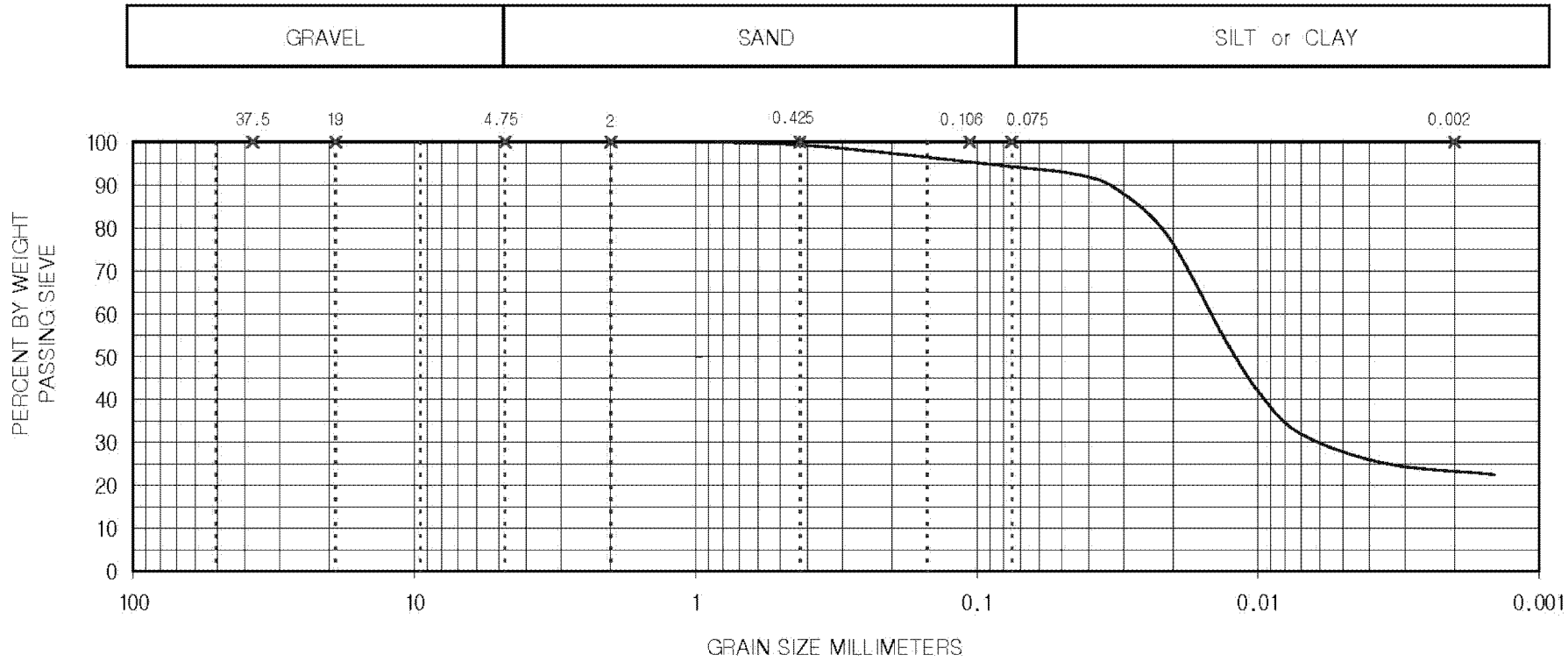
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-280	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0m	Gravelly Lean Clay with Sand	23.1	2.679	29.7	20.4	9.3	CL



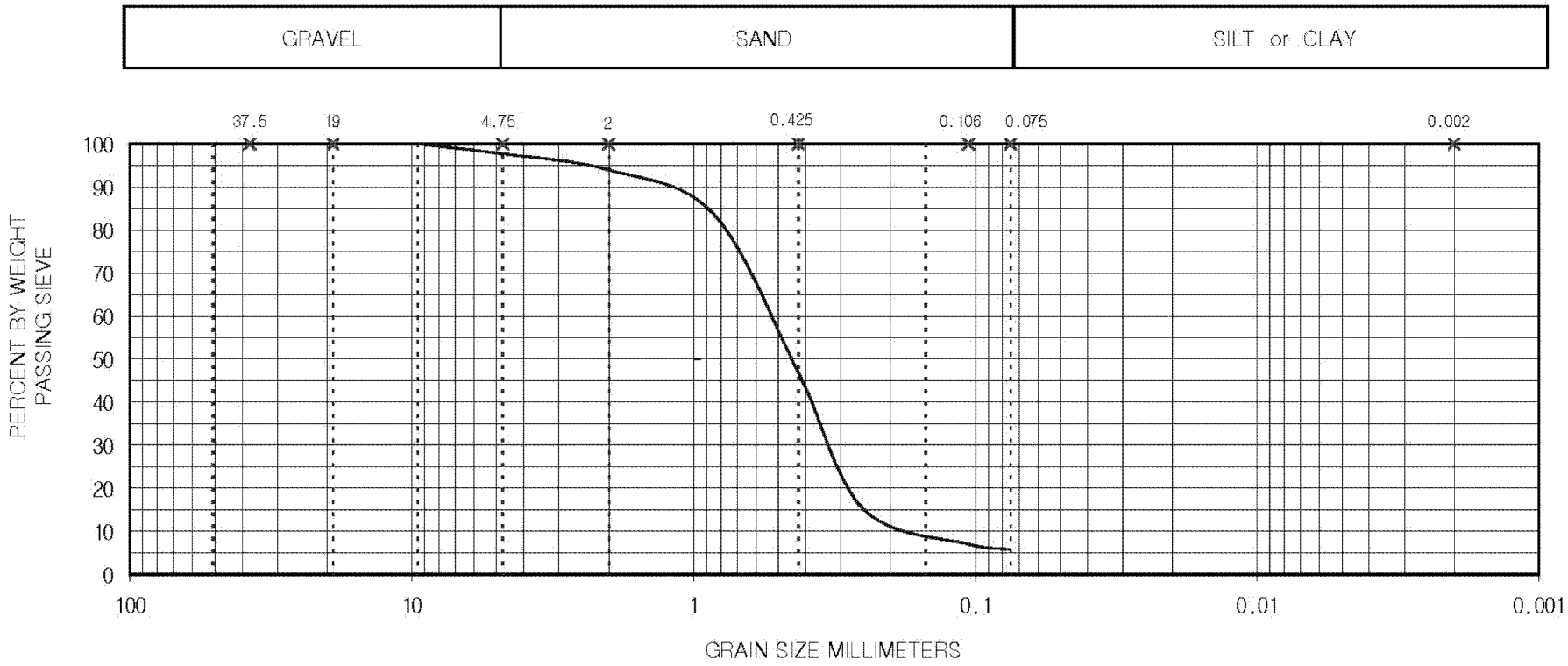
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-281	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.7-7.5m	Lean Clay	34.4	2.694	39.6	21.0	18.6	CL



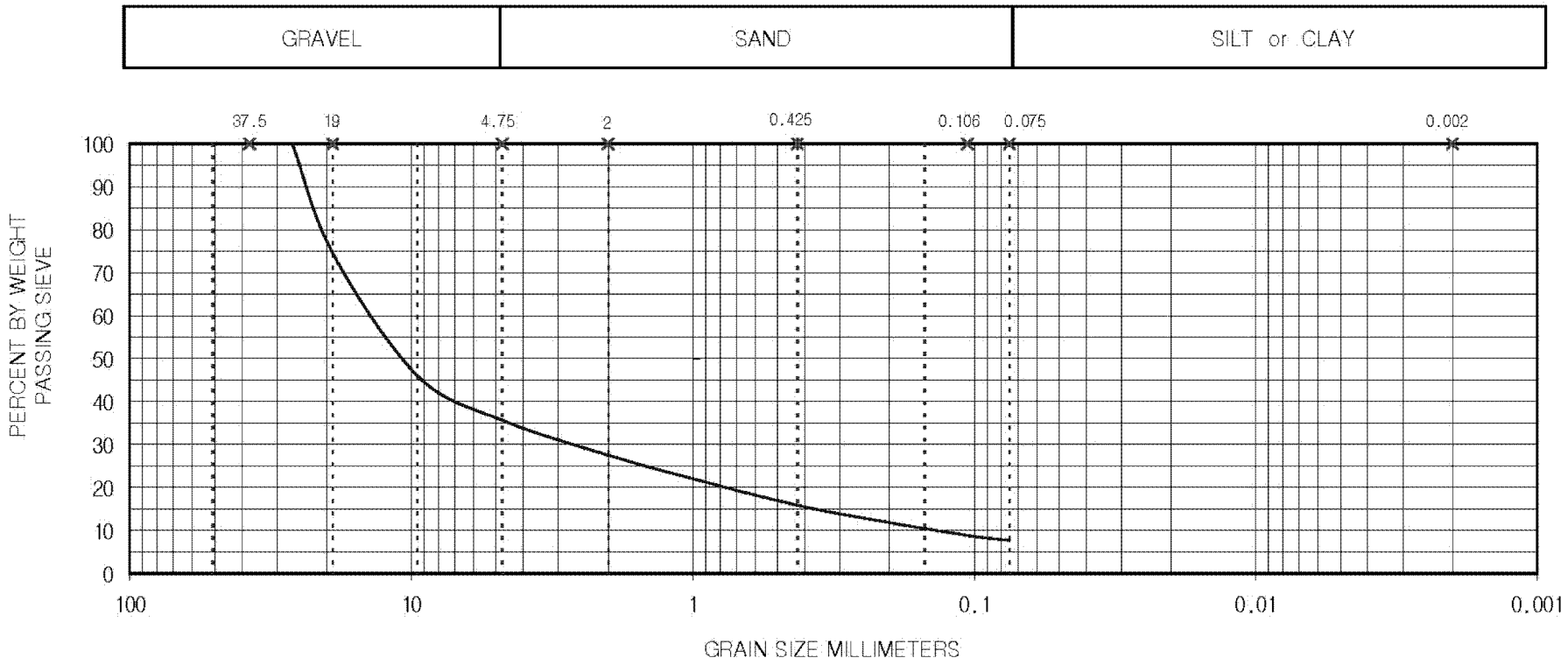
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-285	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0 m	Poorly-graded Sand with Silt	25.8	2.645	NP	NP	NP	SP-SM



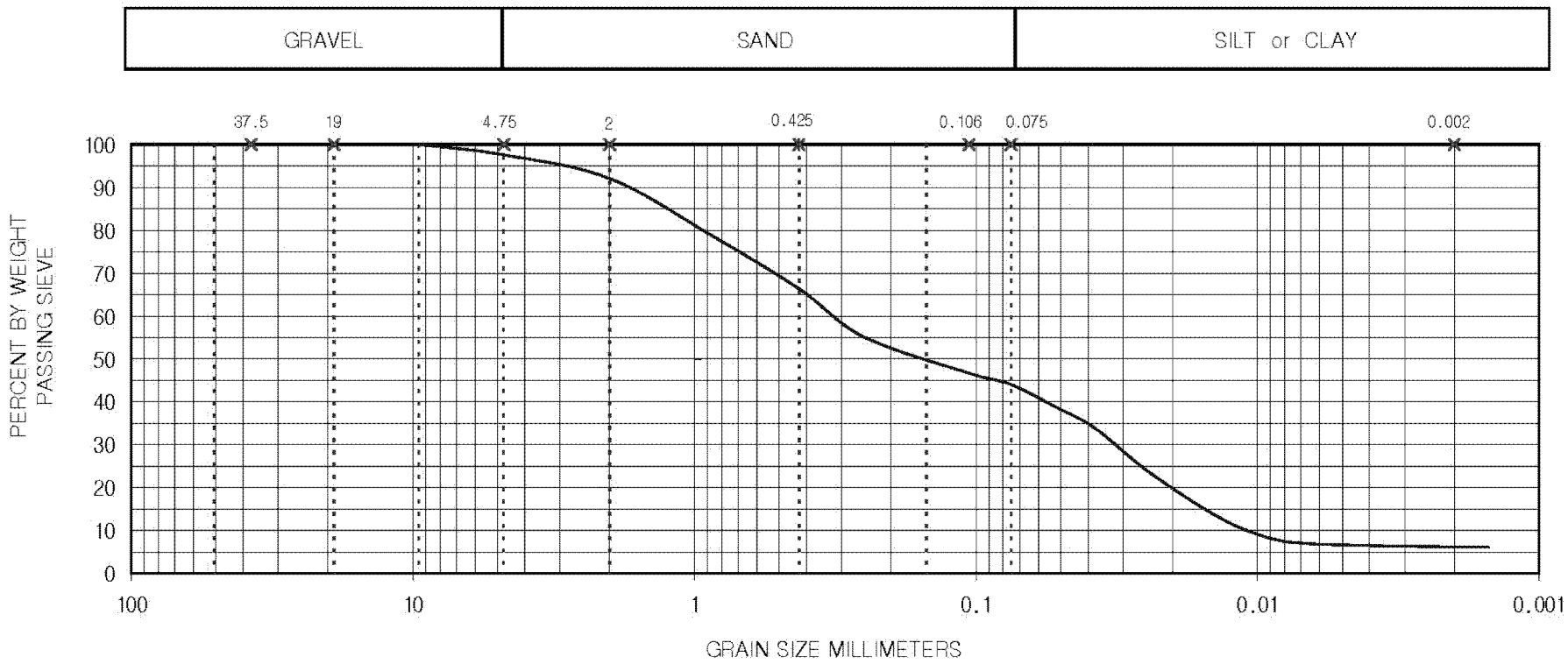
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-285	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0 m	Poorly-graded Gravel with	5.2	2.648	NP	NP	NP	GP-GM



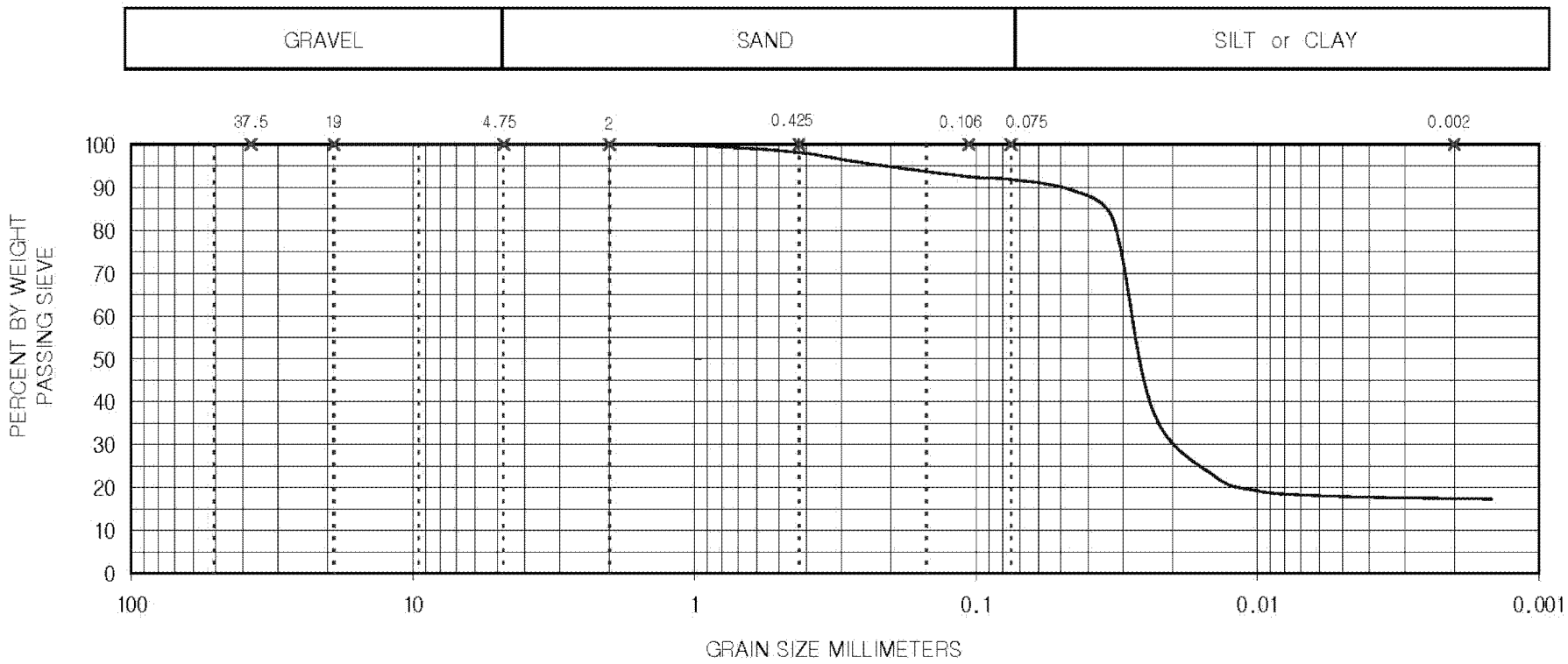
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-285-1	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0m	Clayey Sand	31.2	2.675	34.4	21.9	12.5	SC



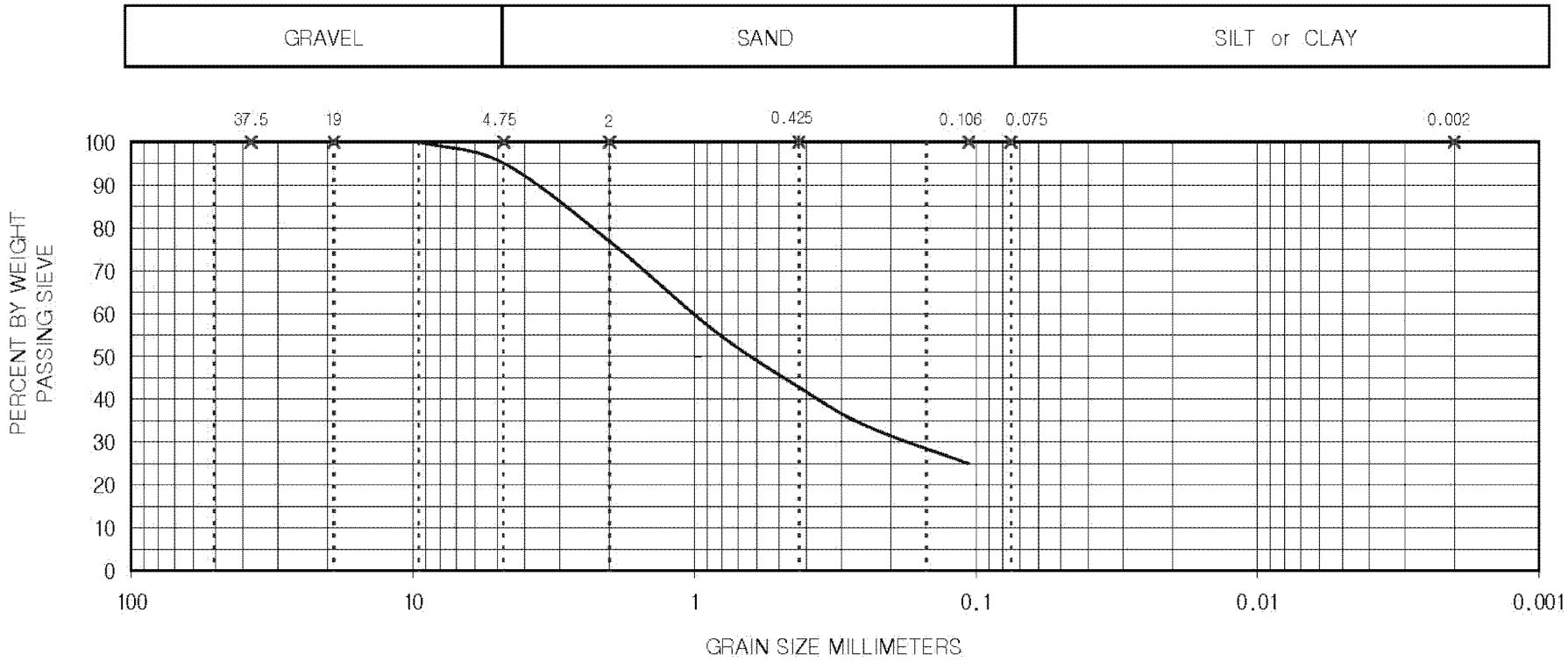
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-285-2	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0m	Silt	34.8	2.684	36.5	26.2	10.3	ML



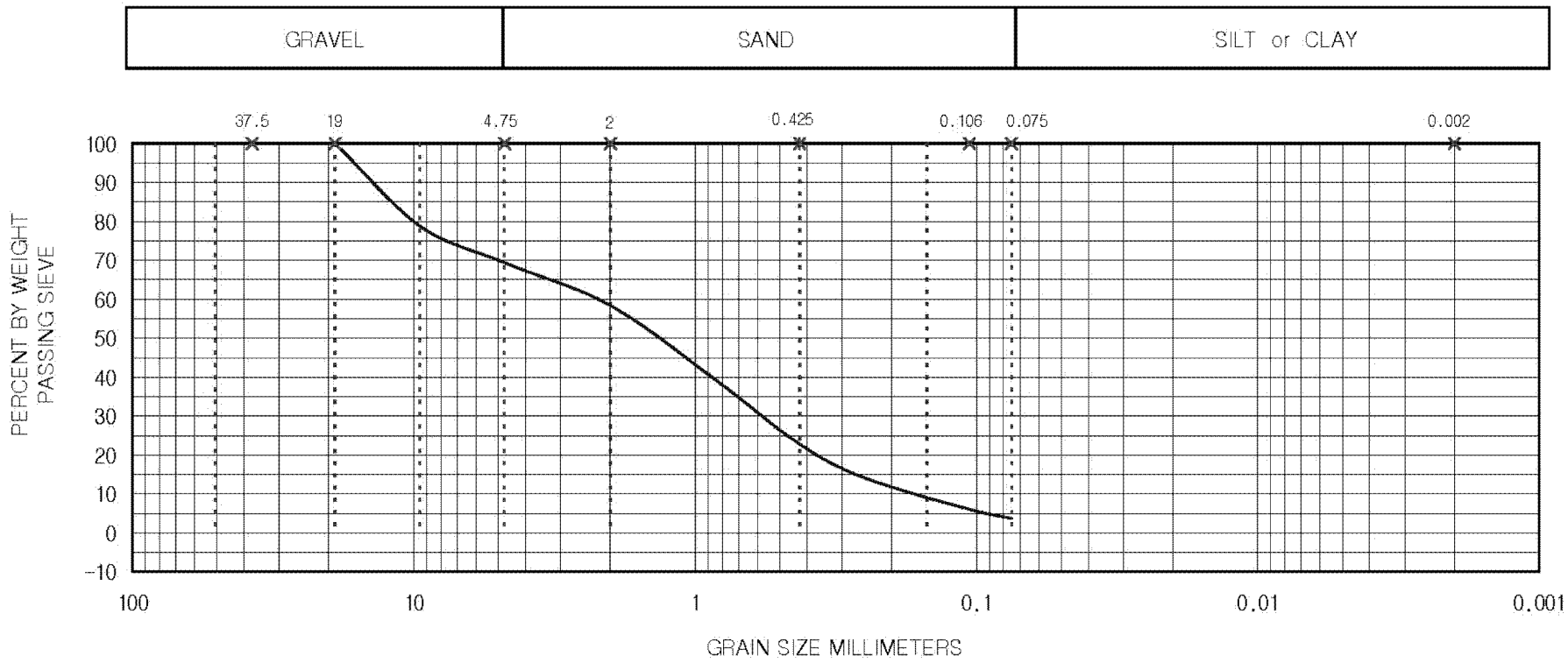
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-286-1	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	10.0m	Silty Sand	8.2	2.651	NP	NP	-	SM



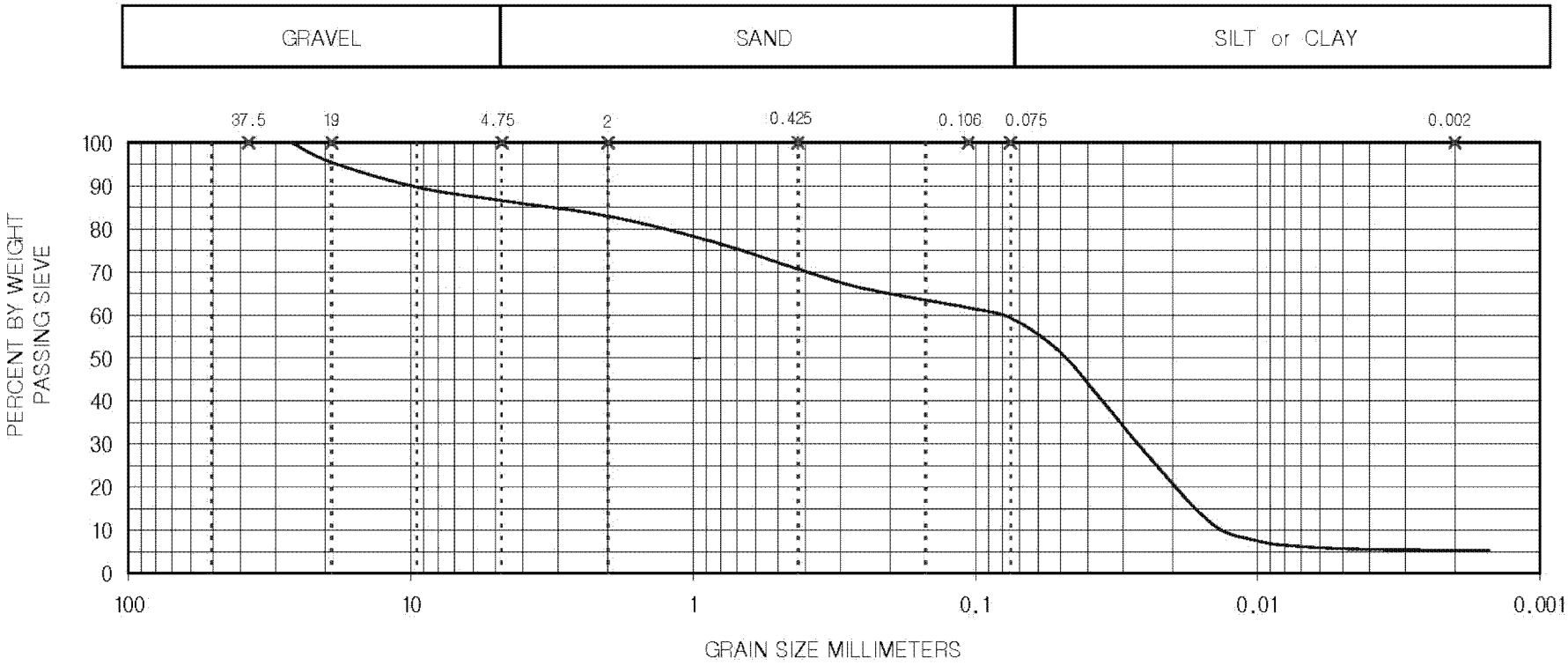
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-286-2	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0m	Poorly-graded Sand with Gravel	11.5	2.640	NP	NP	-	SP



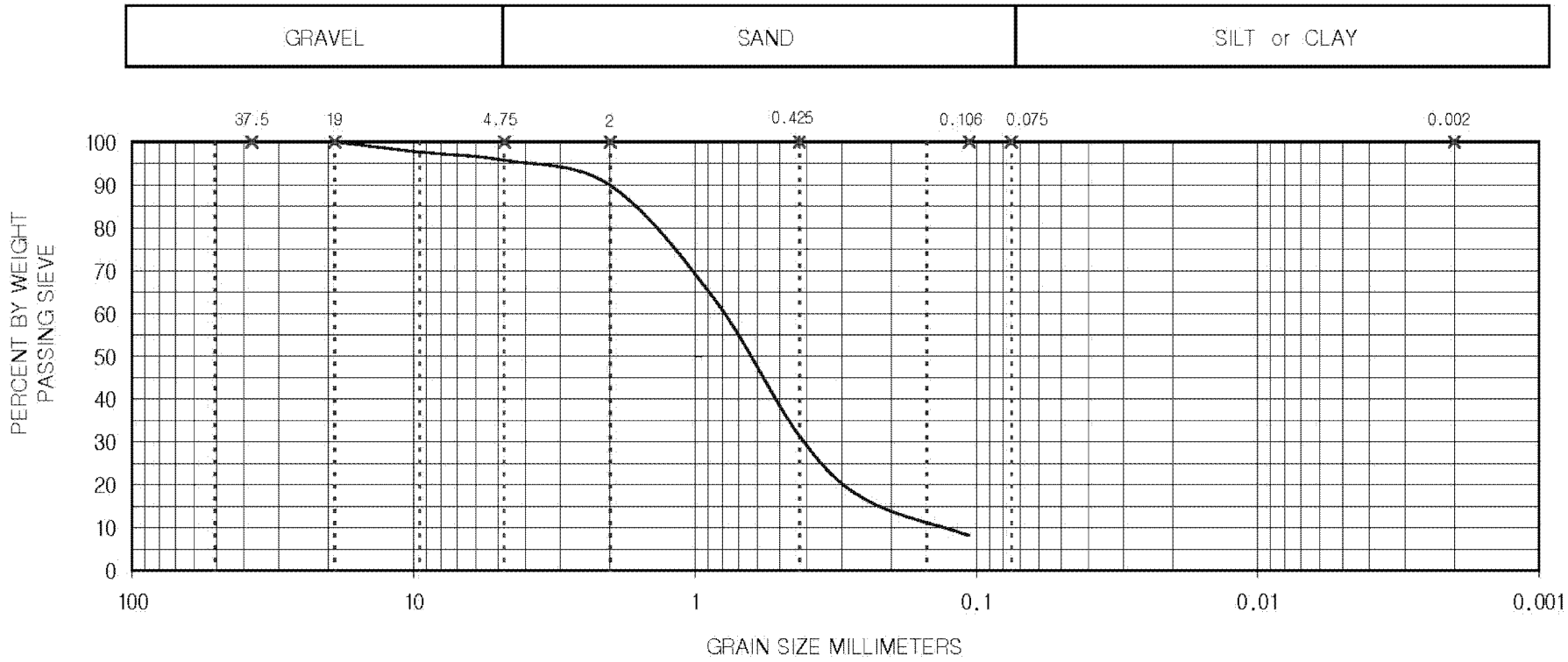
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		Boring No.		BH-286	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0m	Sandy Silt	16.3	2.673	NP	NP	-	ML



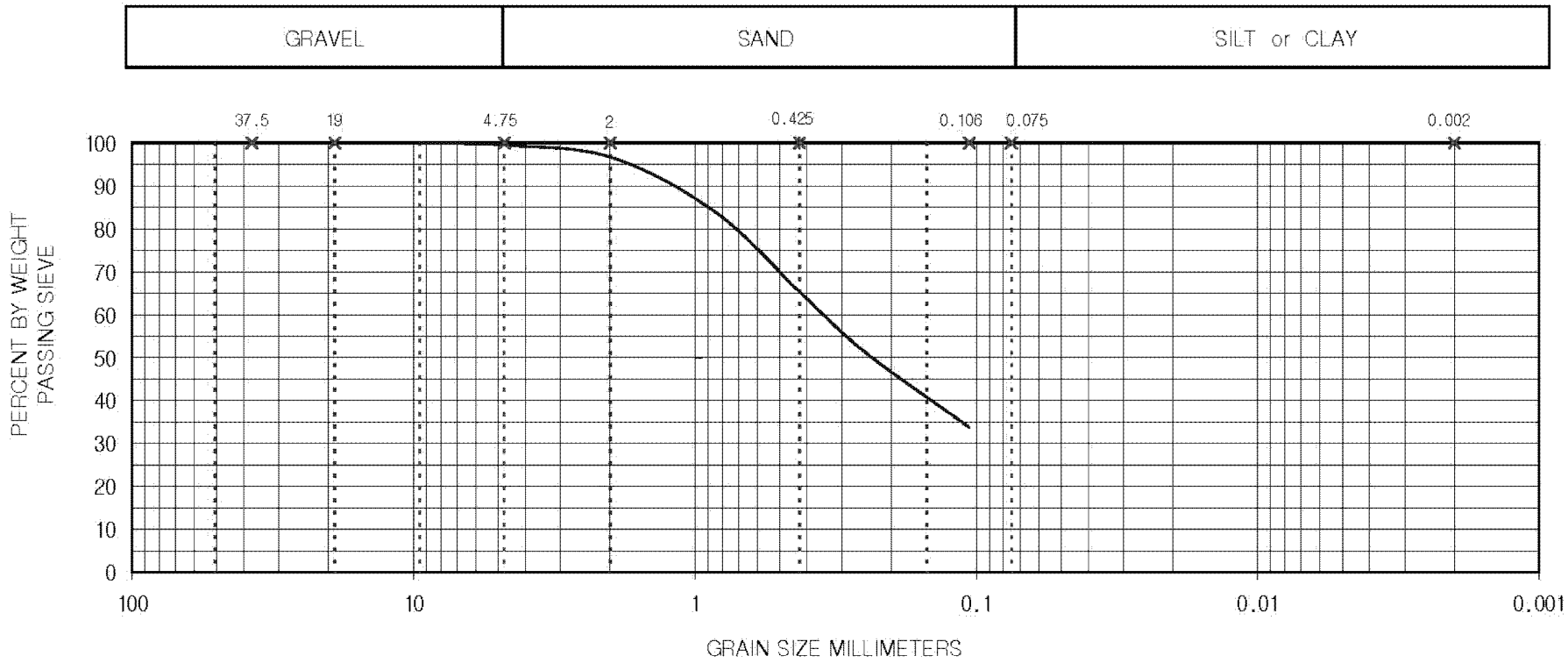
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-287-1	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0m	Poorly-graded Sand with Silt	17.4	2.635	NP	NP	-	SP-SM



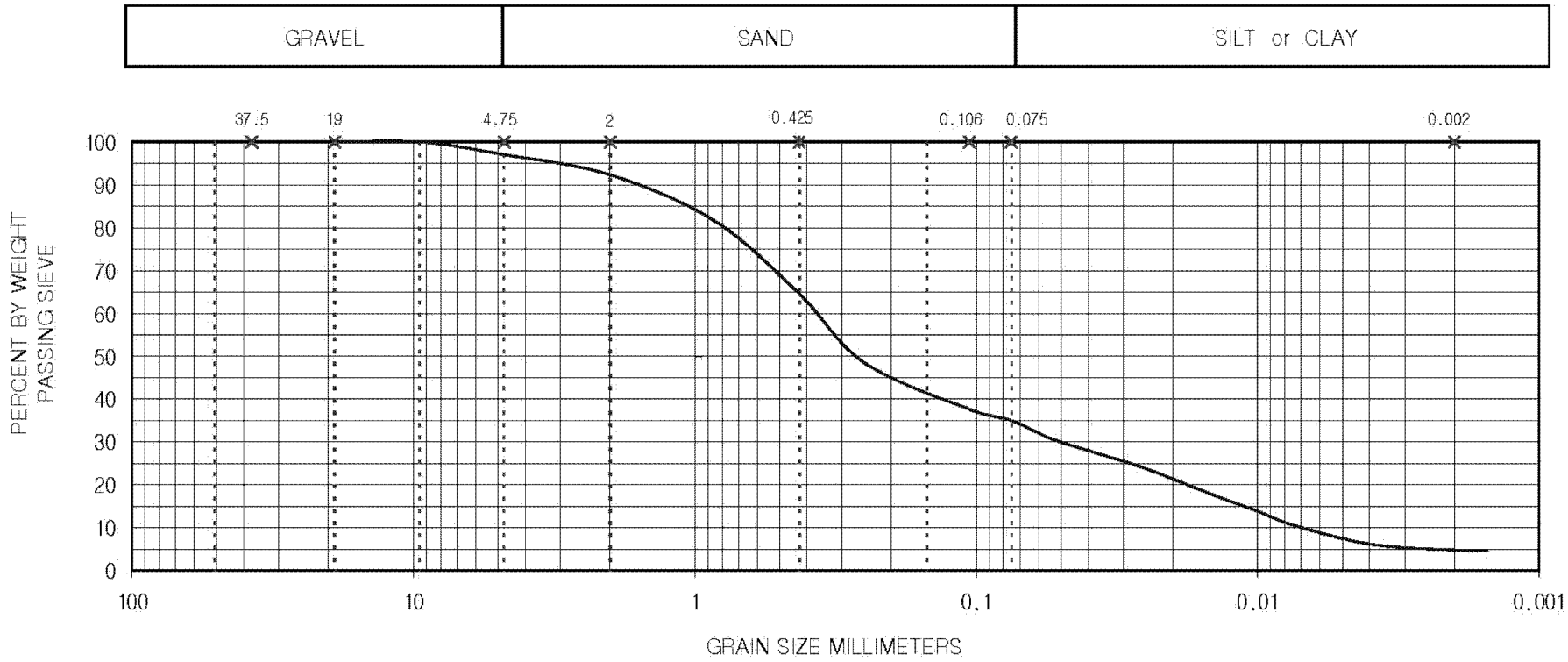
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-288-1	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0m	Silty Sand	11.2	2.661	NP	NP	-	SM



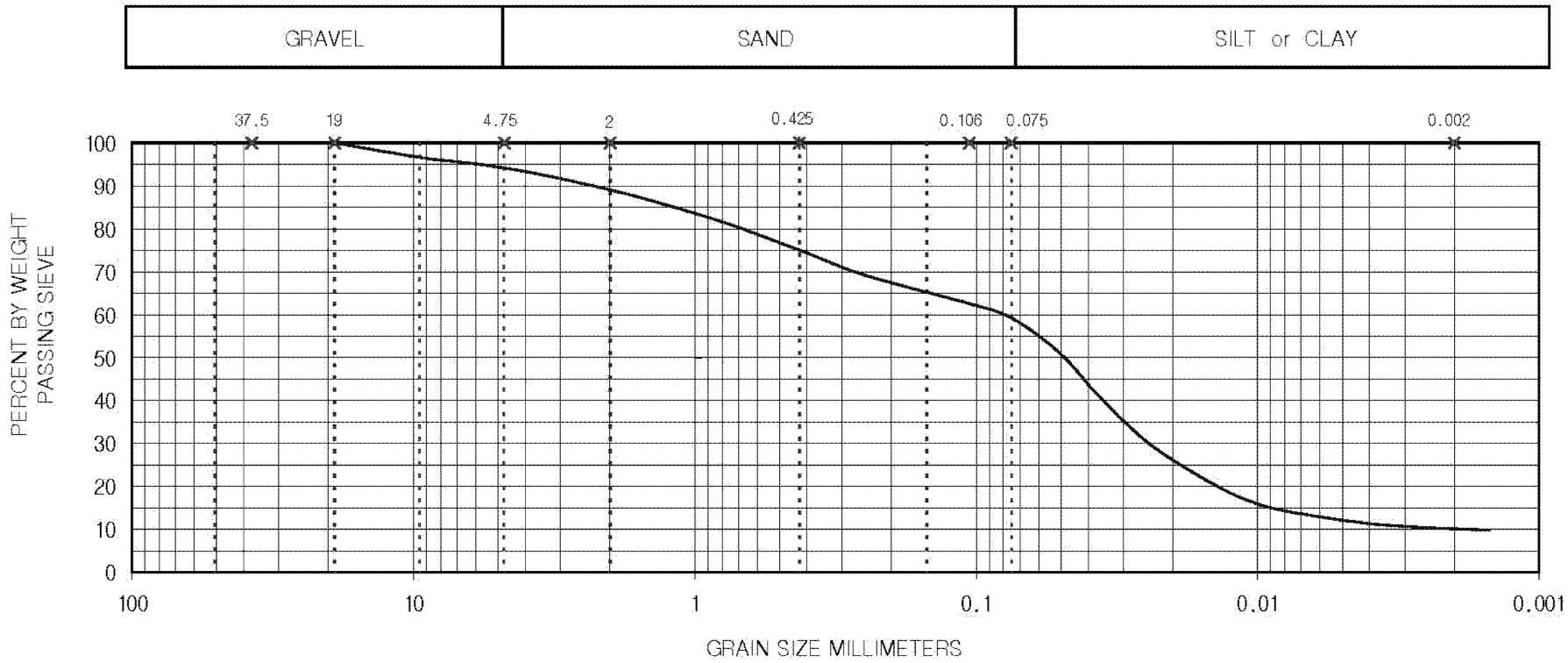
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-288	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0m	Silty Sand	23.1	2.665	NP	NP	-	SM



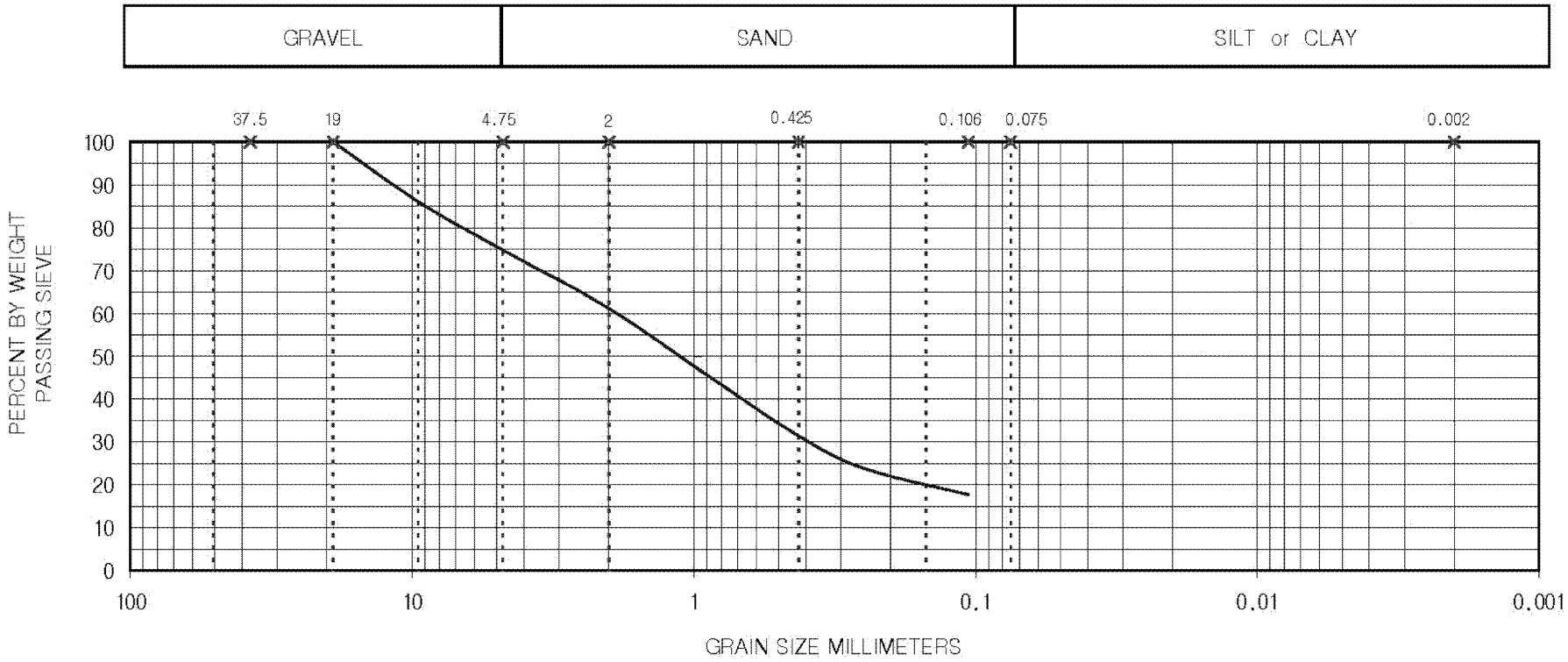
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-294-1	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0m	Sandy Lean Clay	23.2	2.683	32.5	19.5	13.0	CL



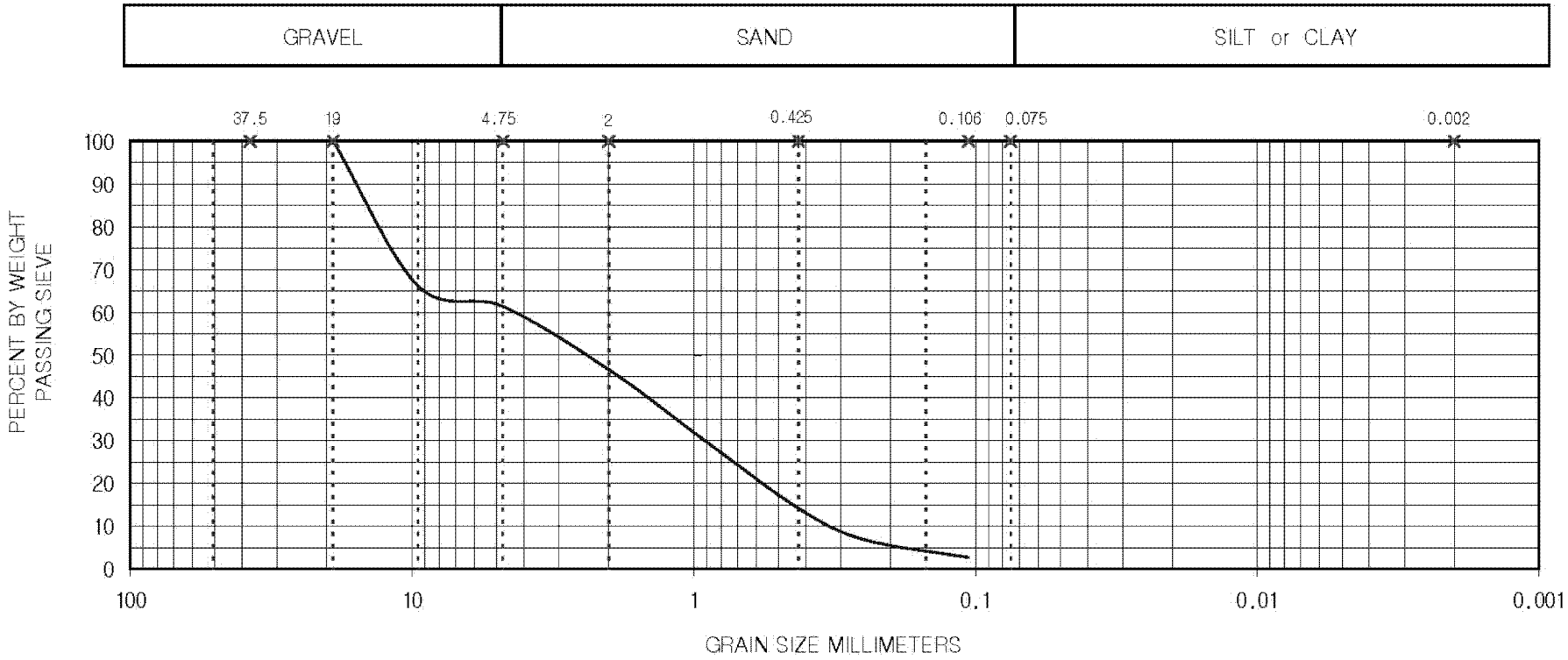
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-295	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	2.0m	Silty Sand with Gravel	16.2	2.657	NP	NP	-	SM



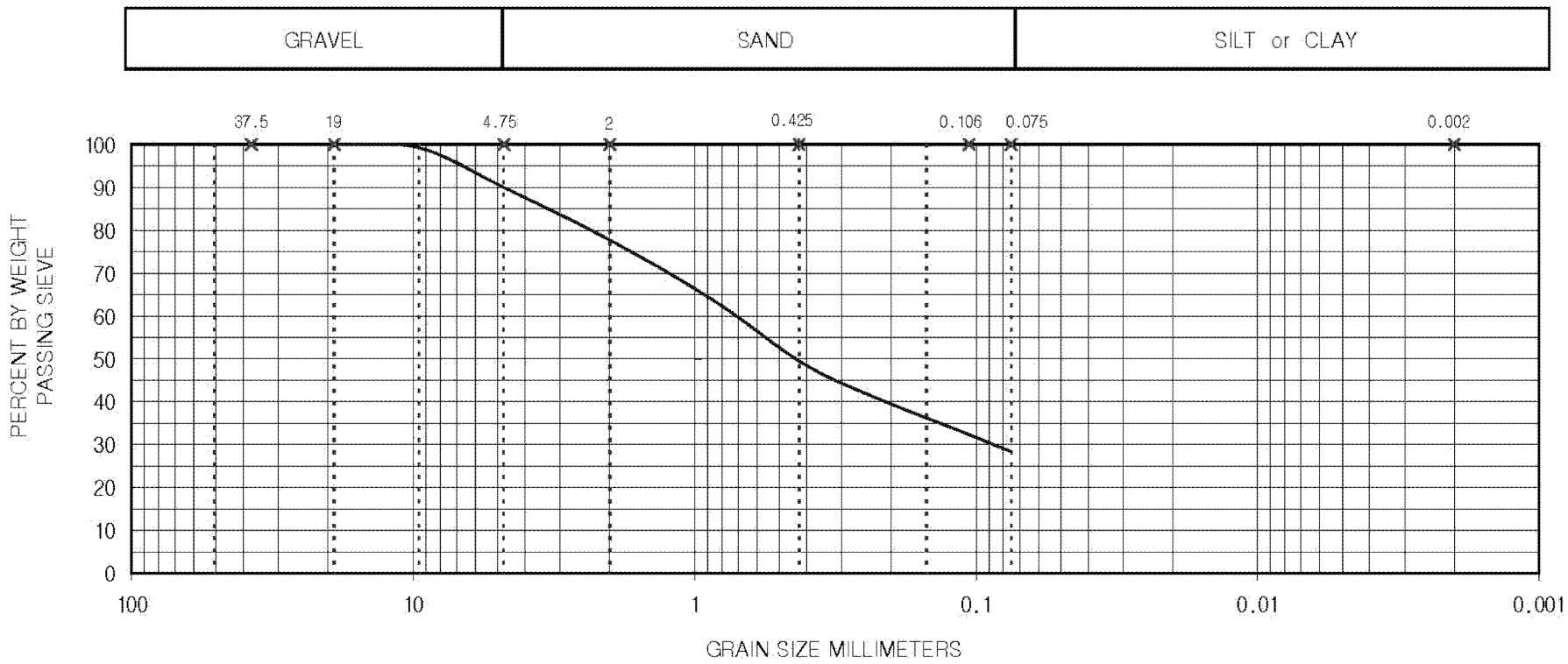
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-296	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0m	Poorly-graded Sand with Gravel	11.4	2.631	NP	NP	-	SP



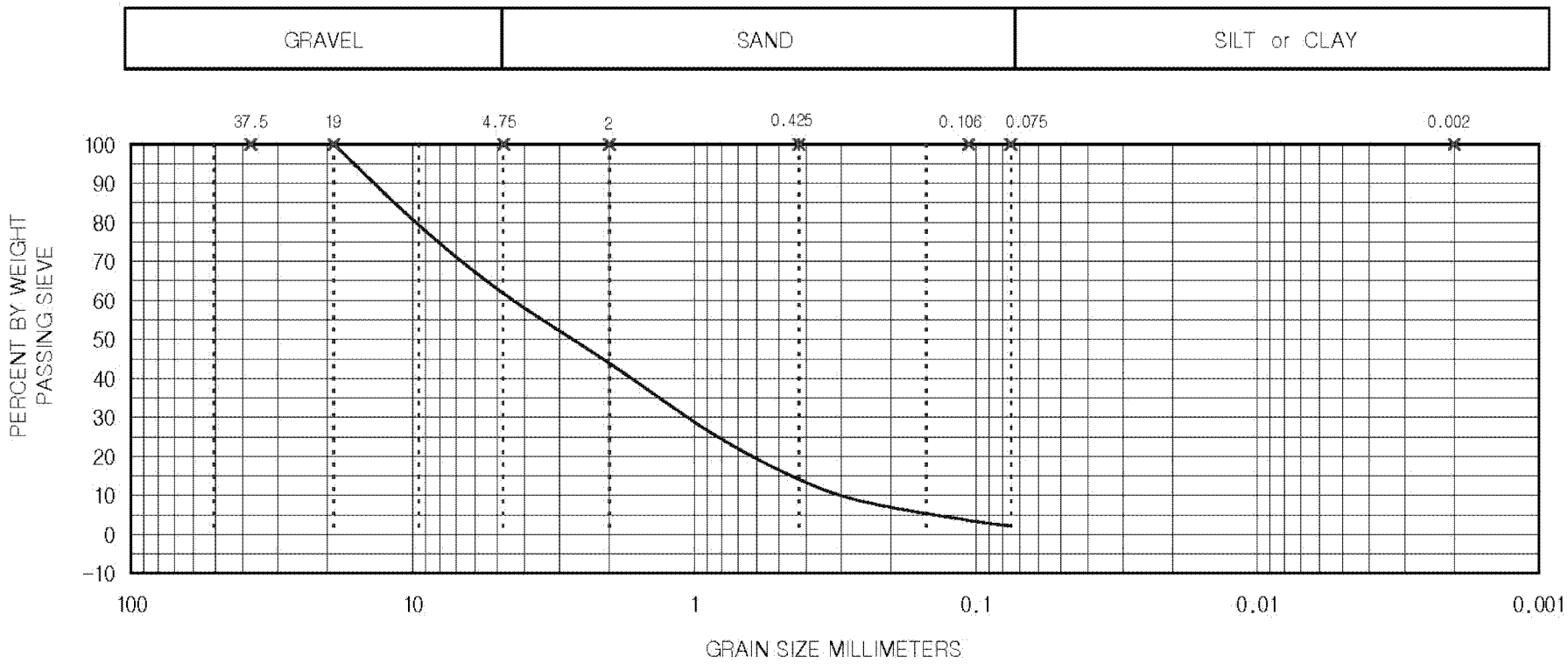
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-297	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0m	Silty Sand	13.2	2.661	NP	NP	-	SM



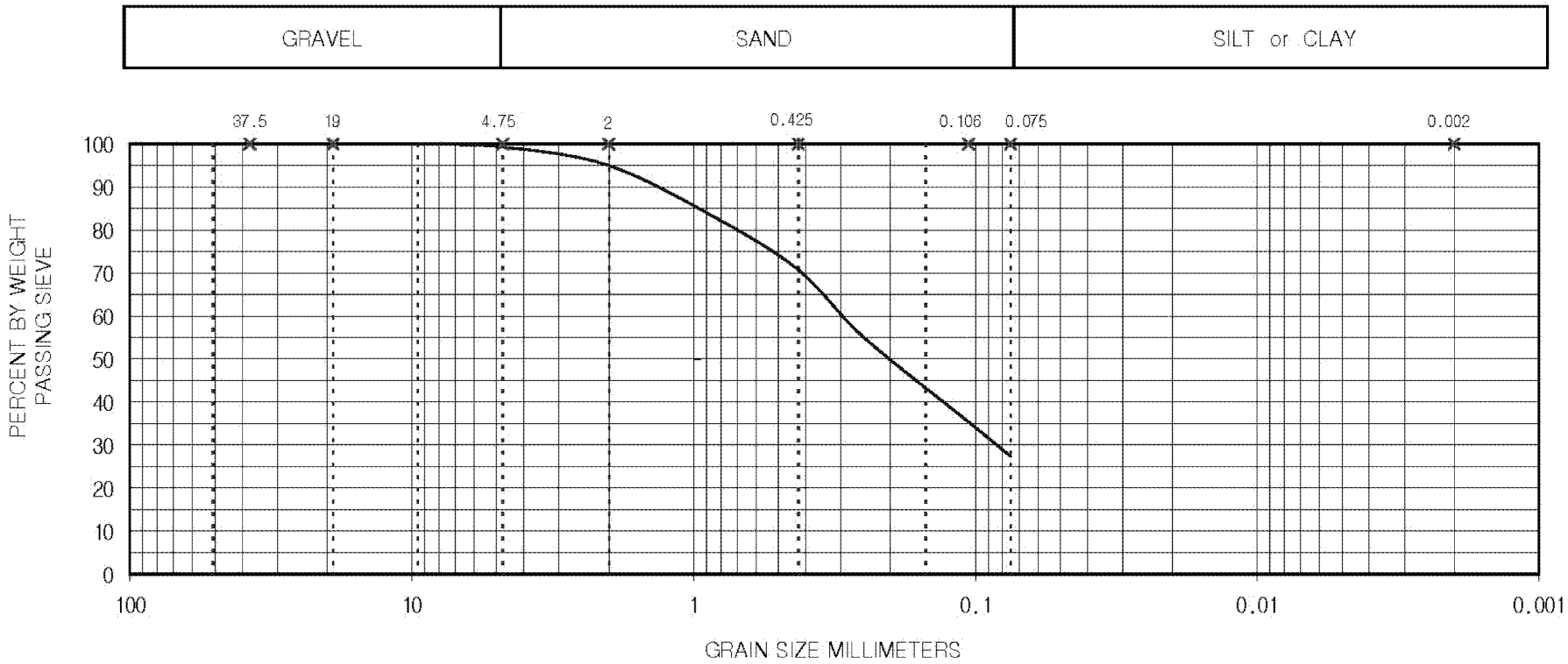
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-298	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0m	Poorly-graded Sand with Gravel	11.6	2.642	NP	NP	-	SP



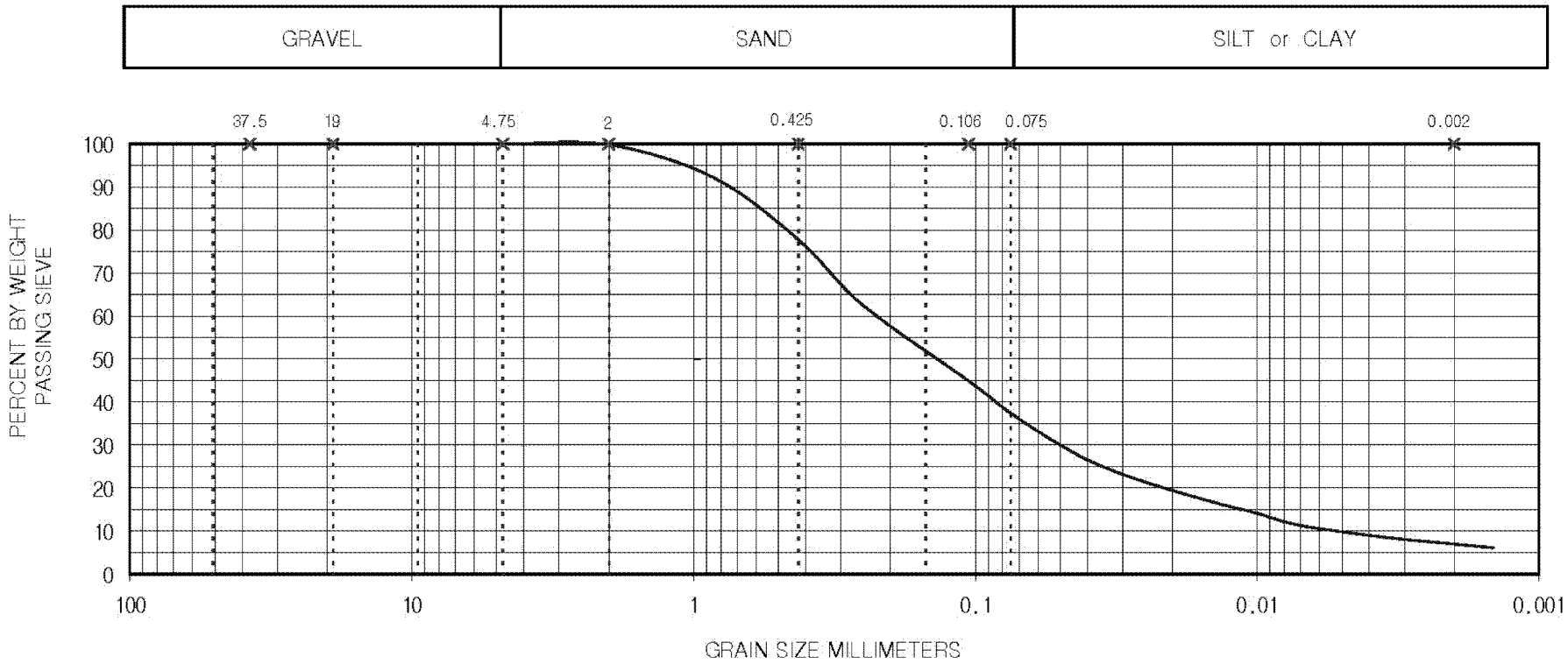
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-299	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	6.0 m	Silty Sand	12.9	2.656	NP	NP	NP	SM



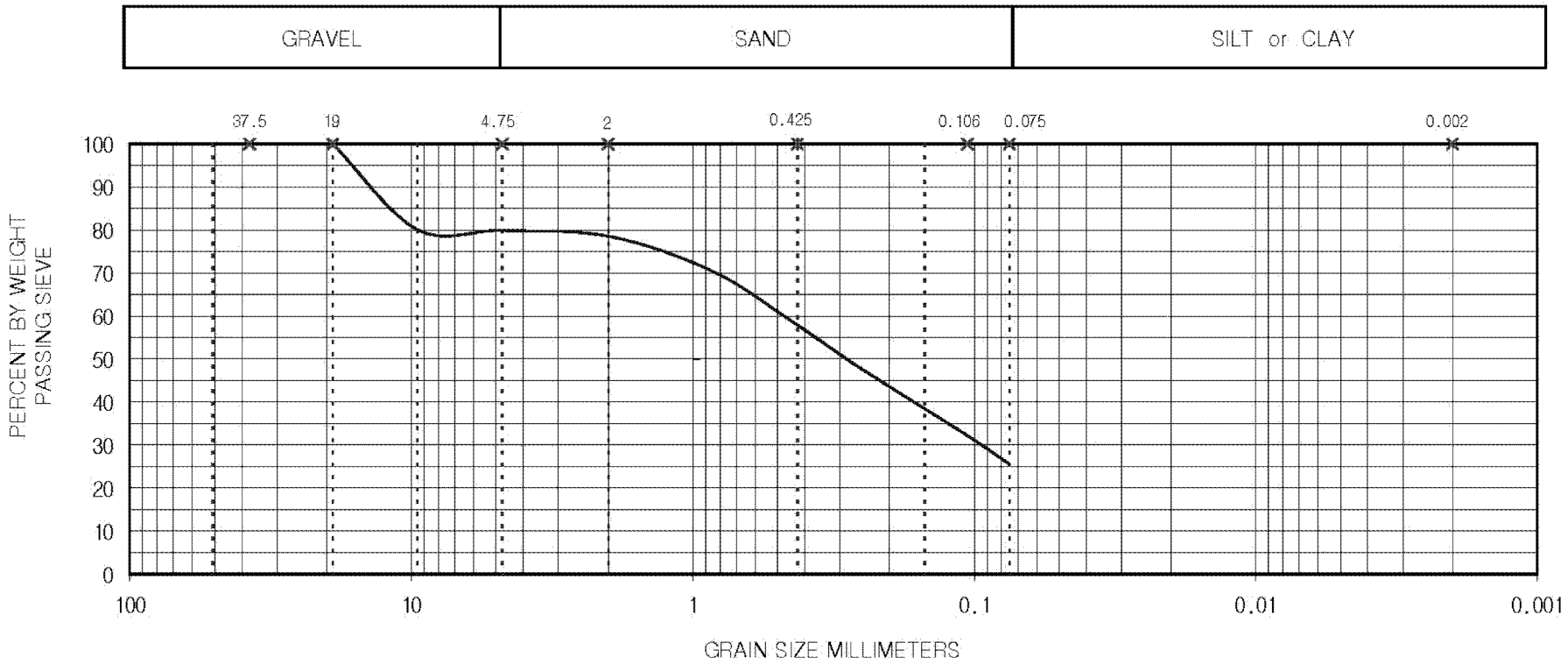
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-302	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Silty Sand	13.4	2.658	NP	NP	NP	SM



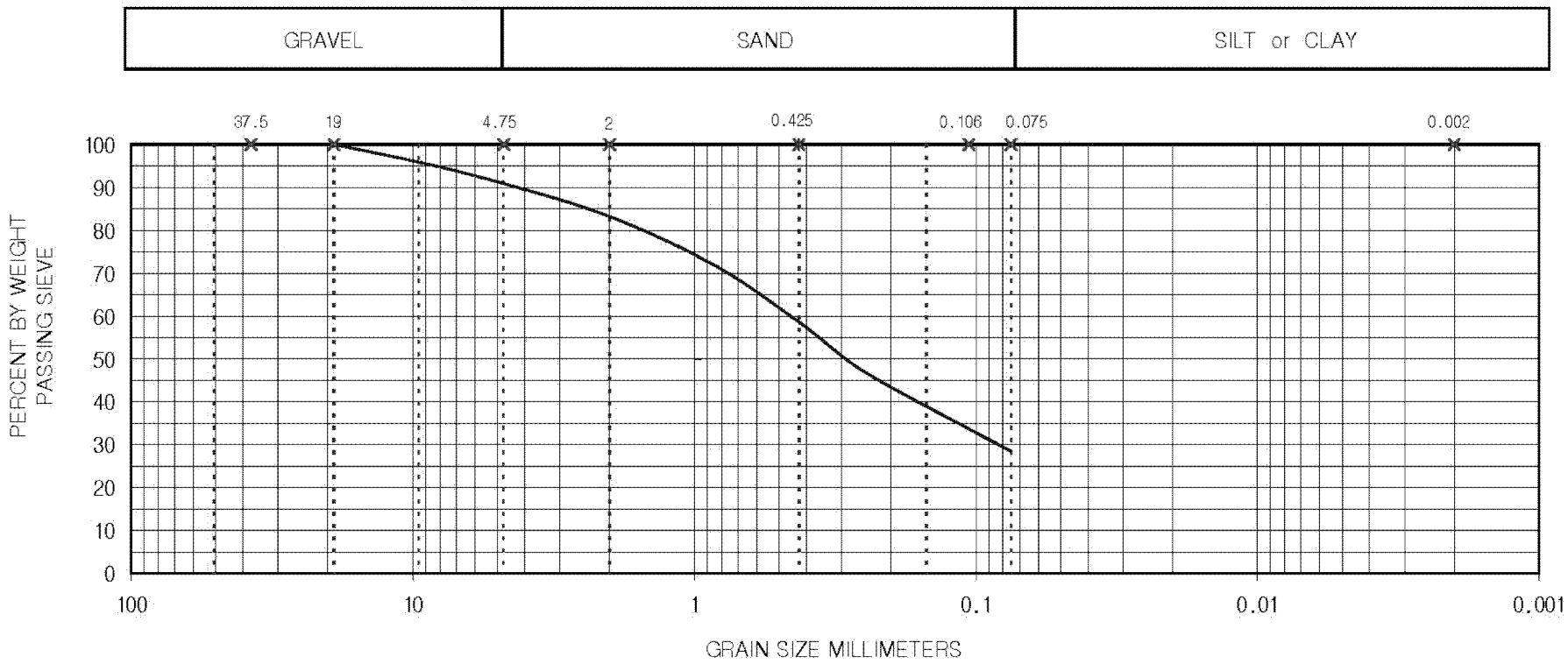
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-303	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	3.0 m	Silty Sand with Gravel	14.7	2.659	NP	NP	NP	SM



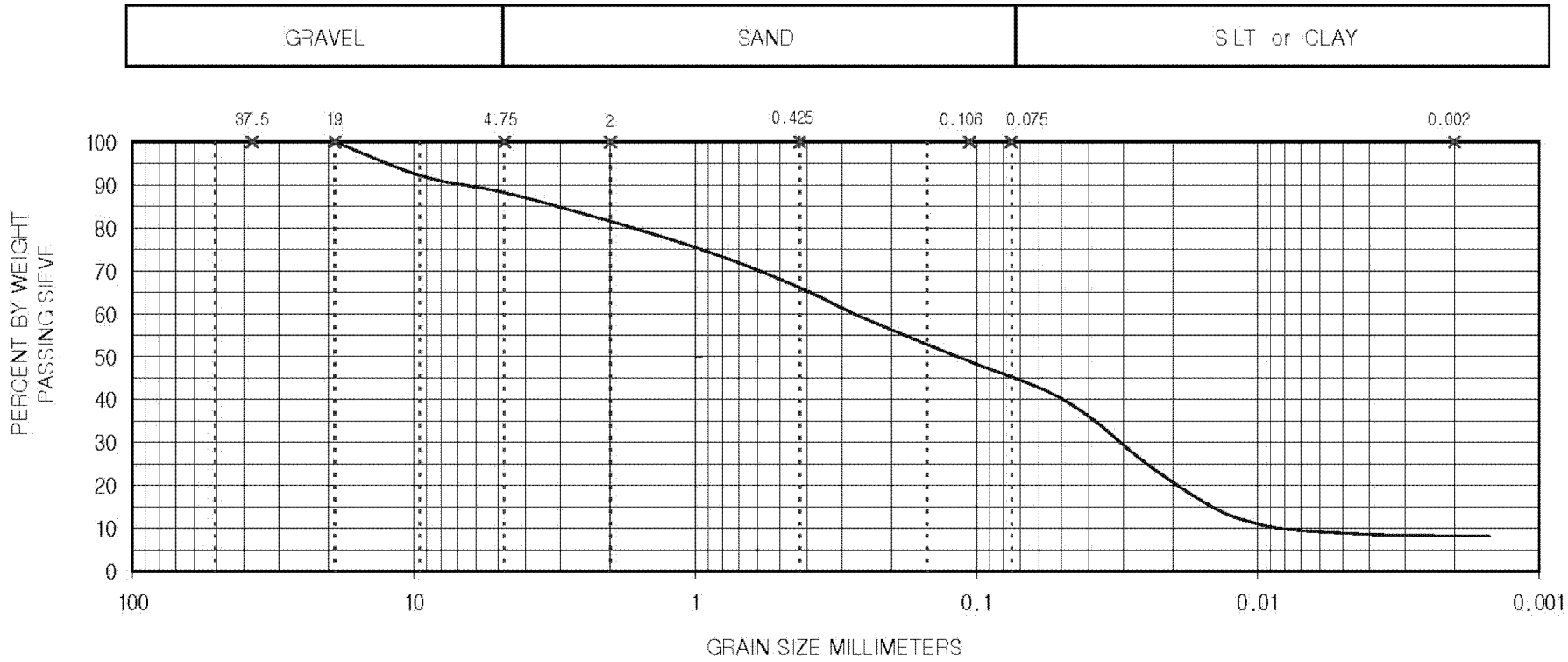
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-304-2	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	2.0m	Silty Sand	17.9	2.668	NP	NP	-	SM



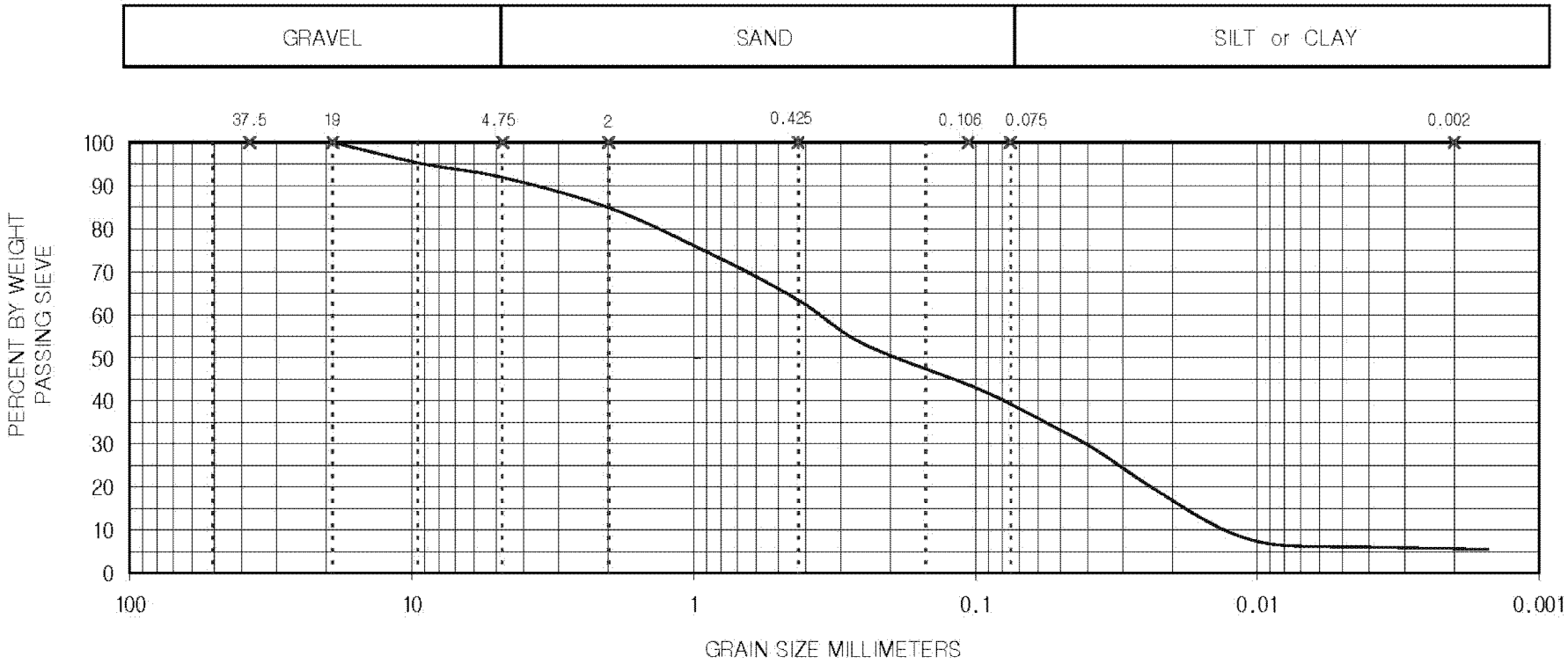
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-305-1	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0m	Clayey Sand	23.7	2.676	32.6	19.4	13.2	SC



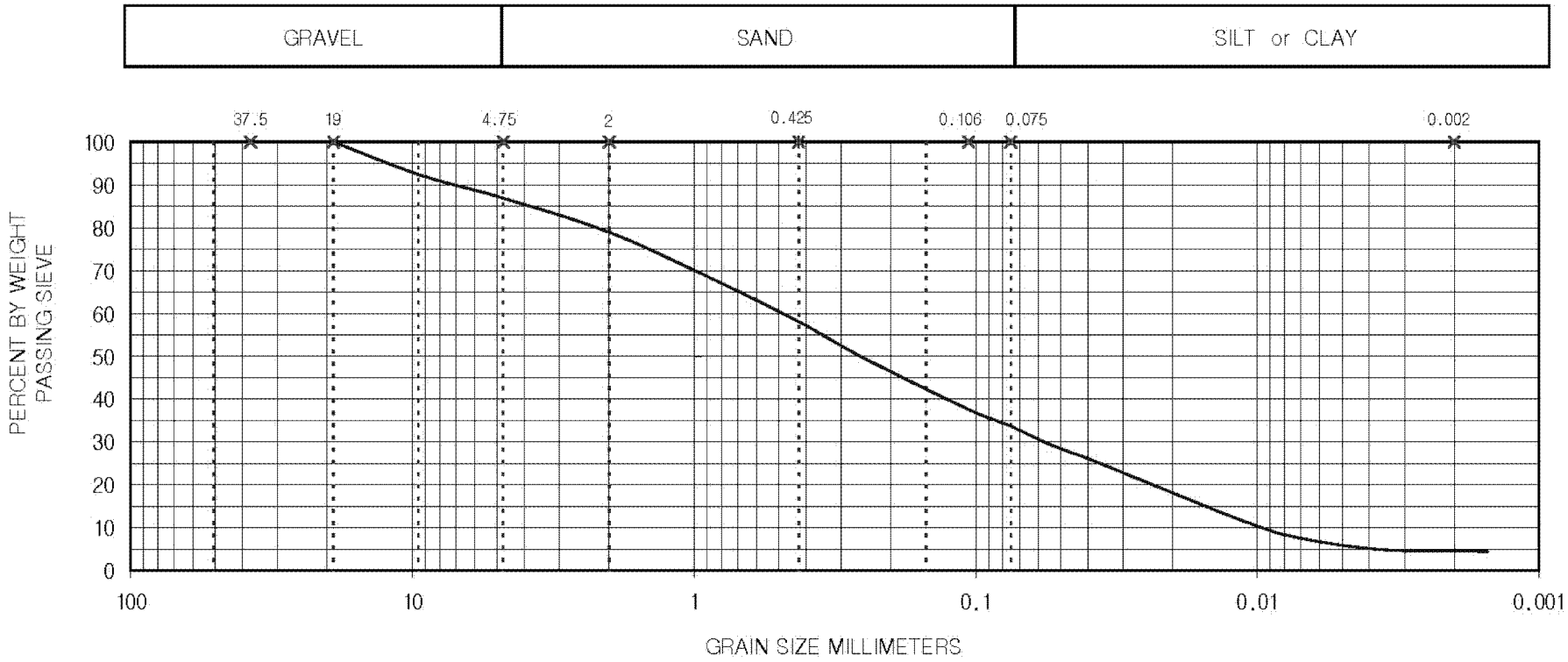
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-305-2	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0m	Silty Sand	24.5	2.668	NP	NP	-	SM



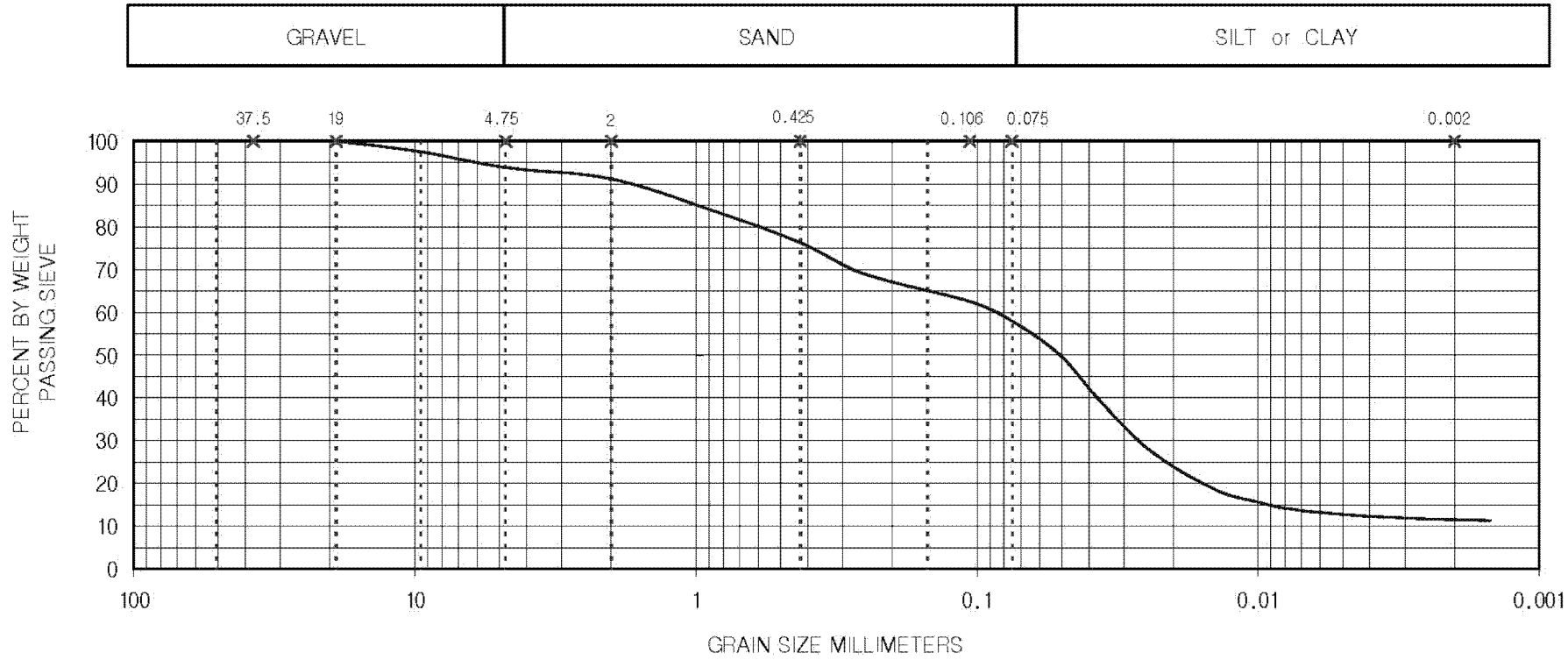
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-305-6	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0m	Silty Sand	18.3	2.664	NP	NP	-	SM



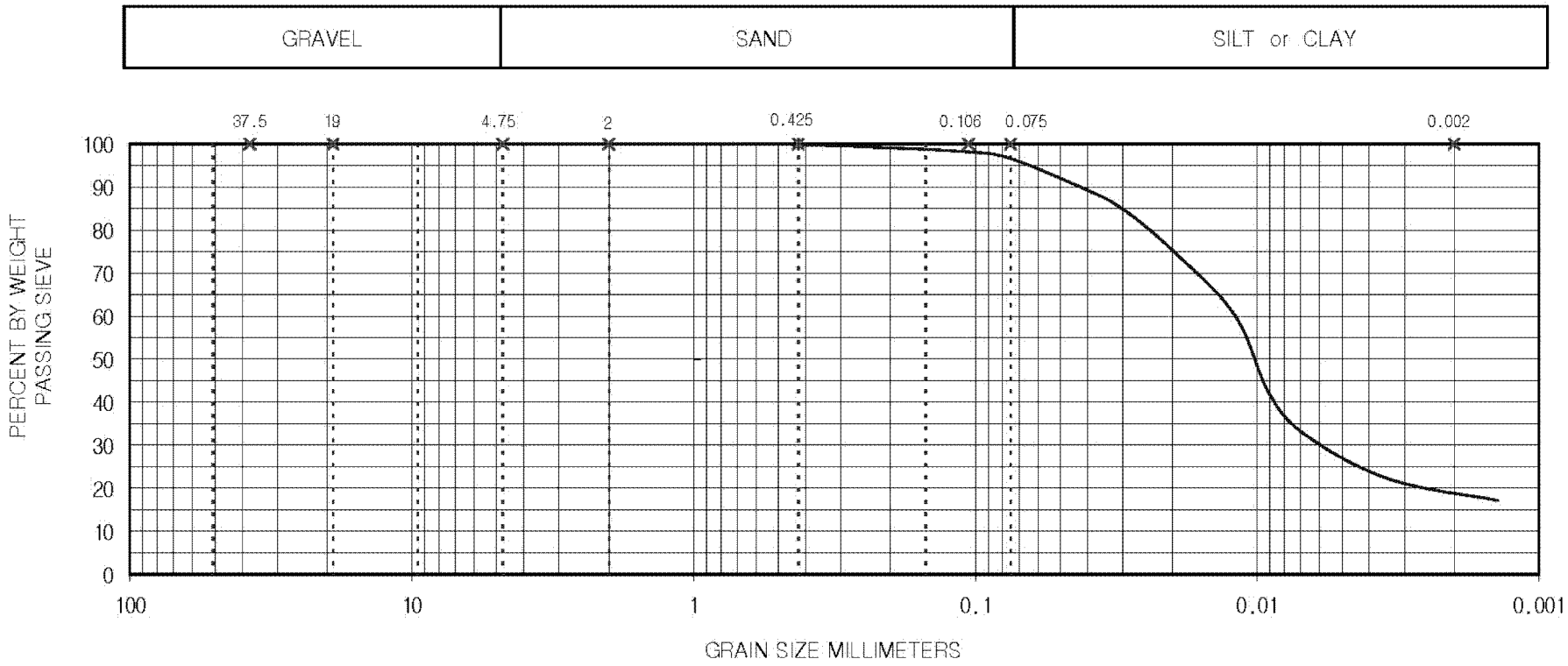
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-305	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0m	Sandy Lean Clay	23.1	2.680	29.4	18.7	10.7	CL



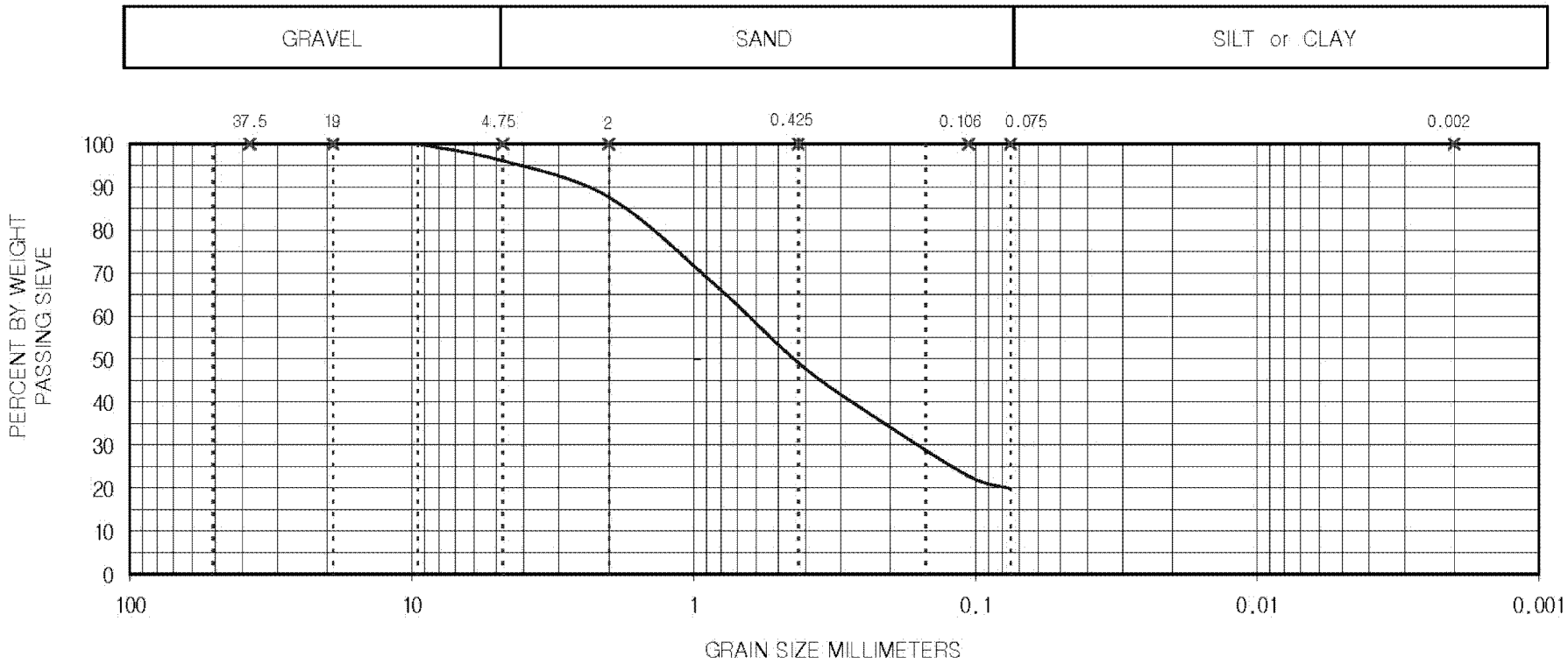
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-305-4	Test Date	2013-04-26
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0 m	Lean Clay	28.7	2.676	36.1	22.7	13.4	CL



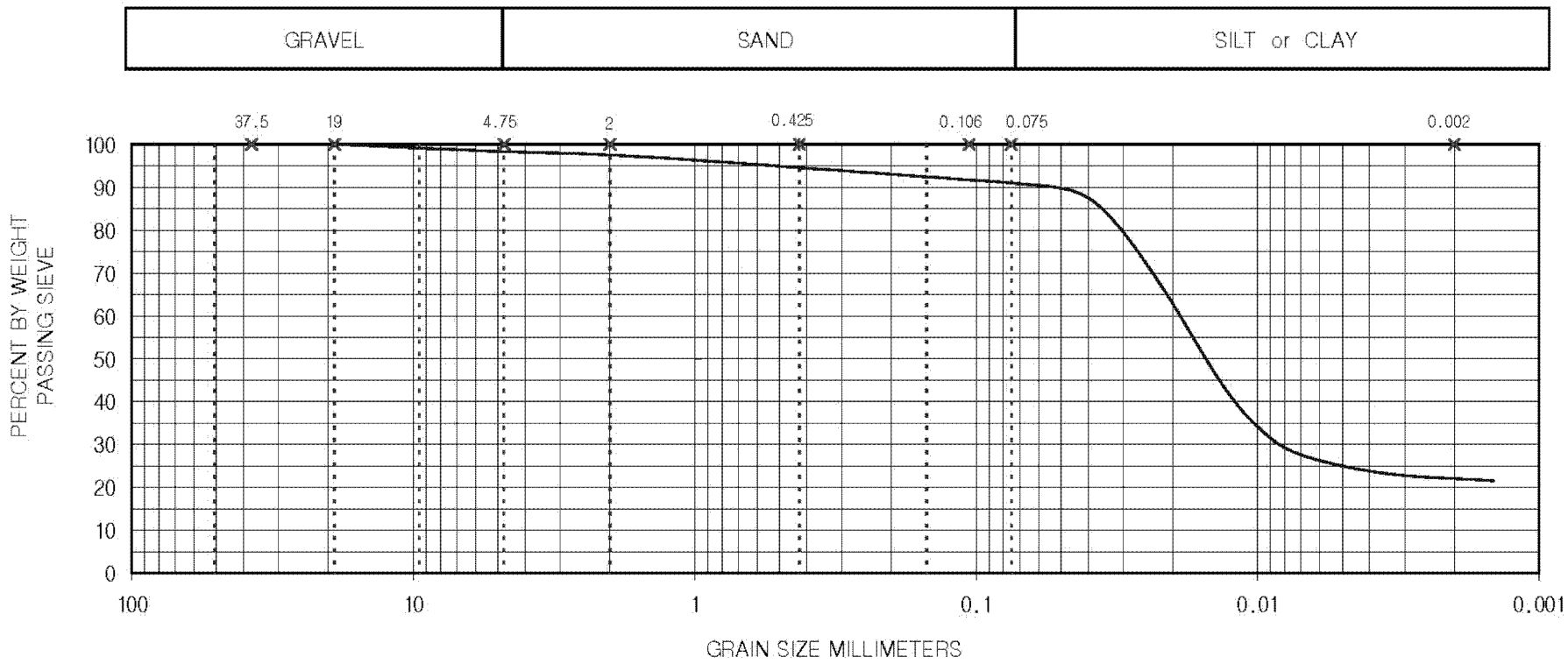
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-306	Test Date	2012-04-25
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	9.0 m	Silty Sand	22.7	2.662	NP	NP	NP	SM



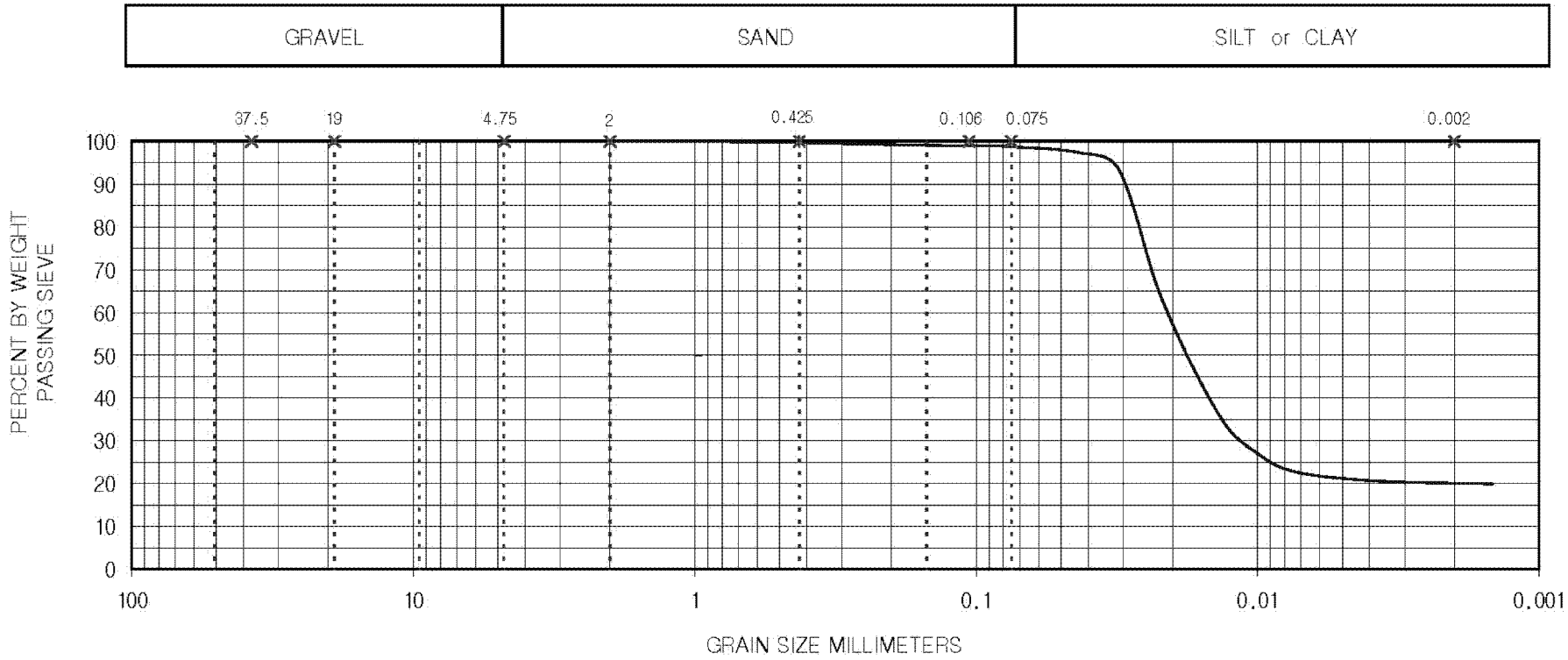
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-307	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	4.0-4.8m	Lean Clay	37.8	2.698	44.2	21.3	22.9	CL



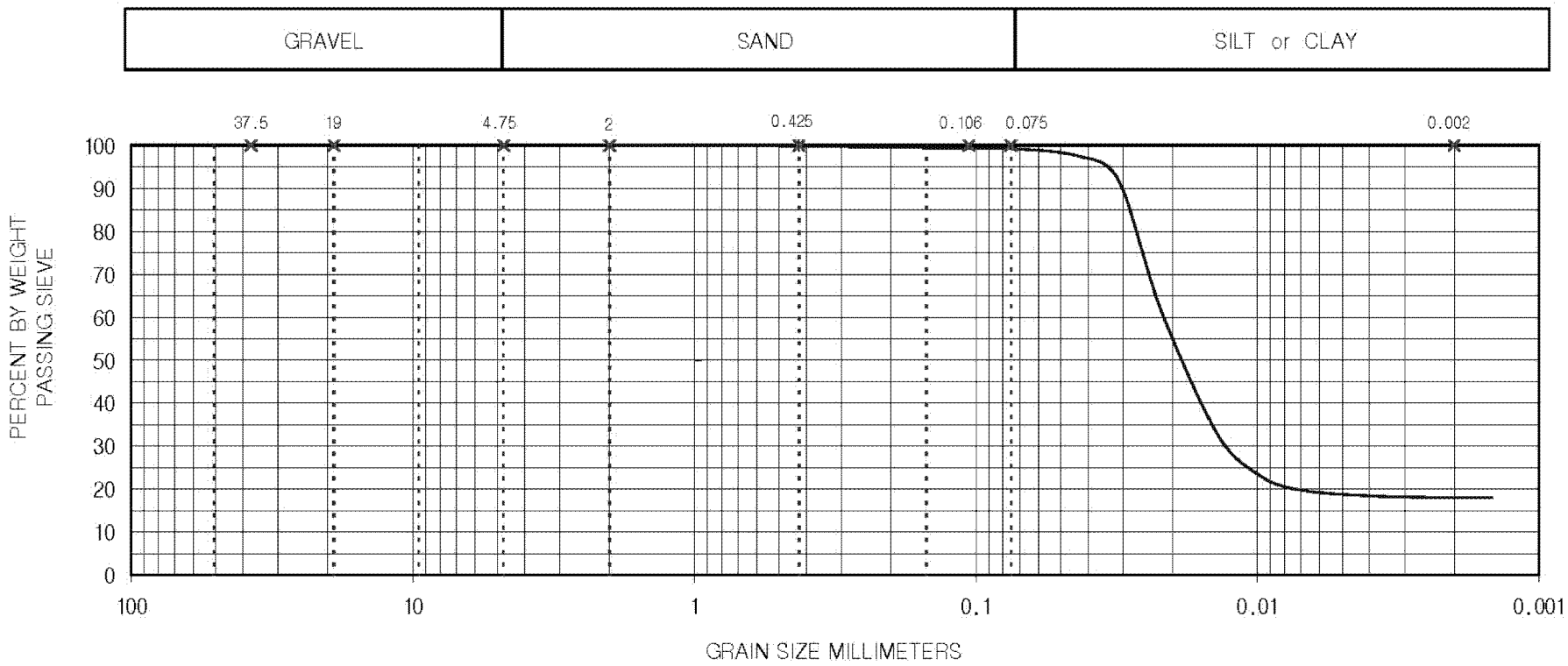
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-308	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	5.0m	Lean Clay	34.7	2.690	36.7	18.8	17.9	CL



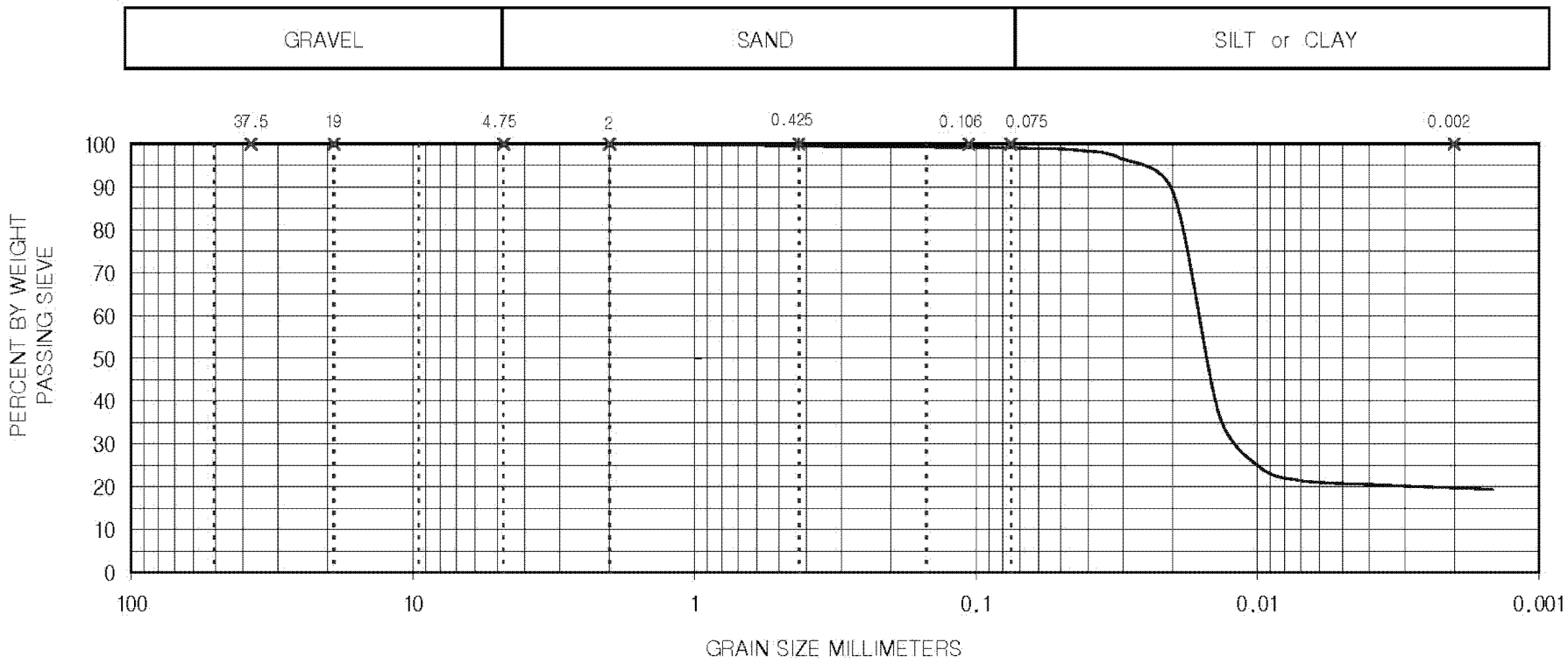
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-309	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0m	Silt	35.2	2.680	36.1	27.3	8.8	ML



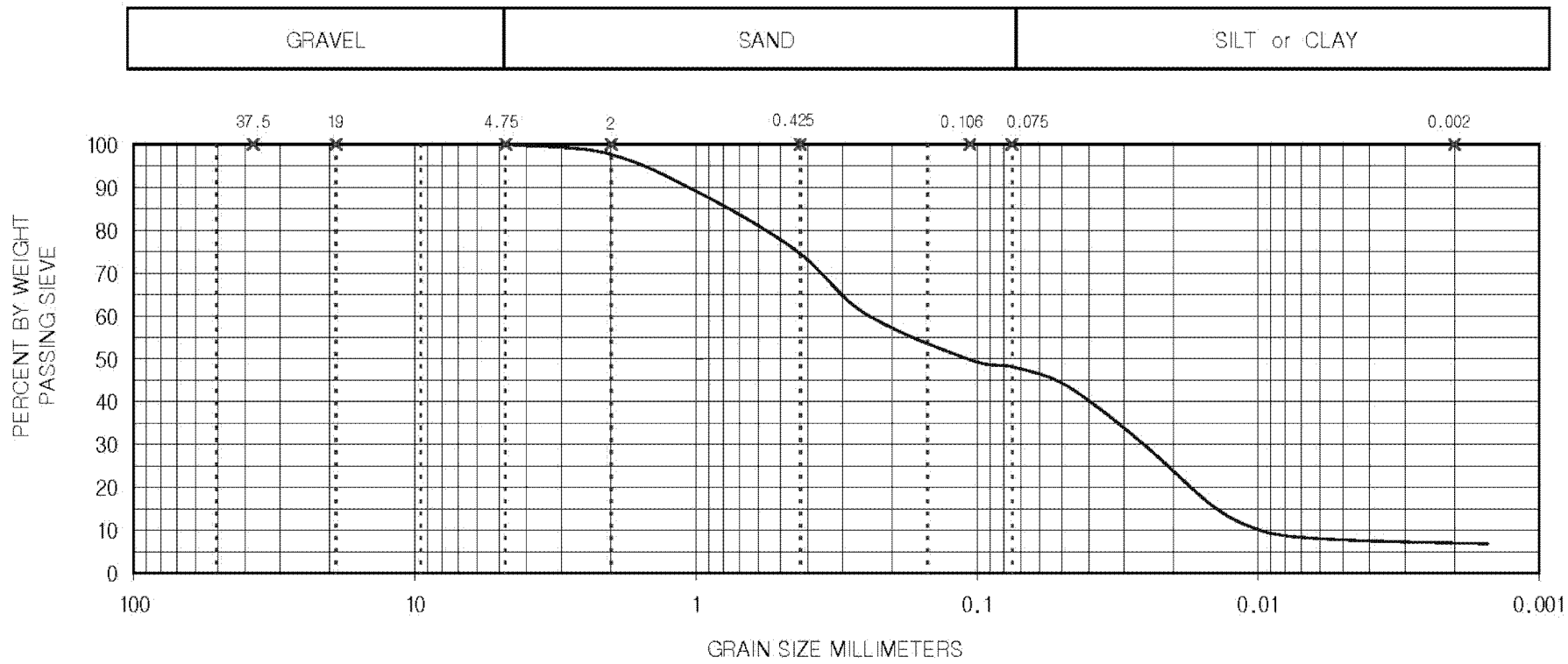
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-310	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	7.0-7.8m	Silt	31.5	2.682	39.2	26.9	12.3	ML



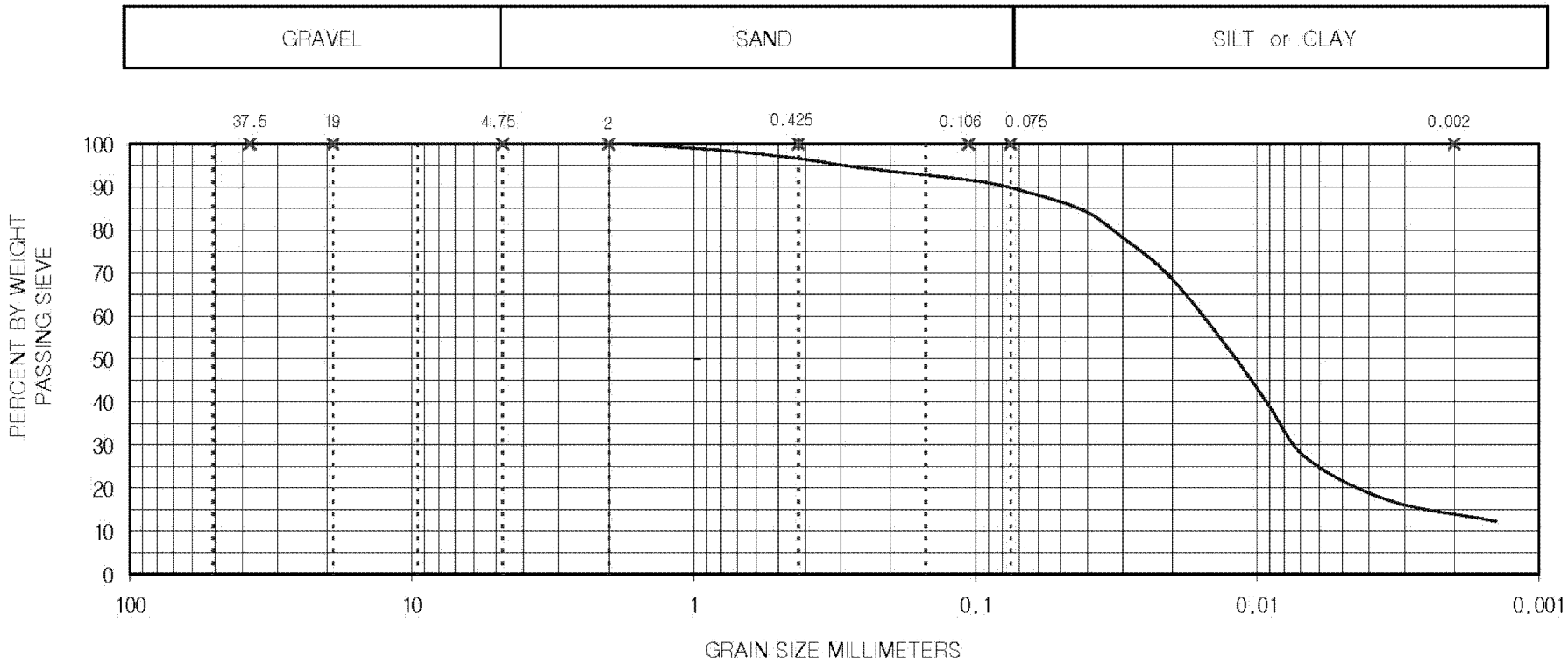
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-311	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	9.0m	Silty Sand	30.7	2.659	NP	NP	-	SM



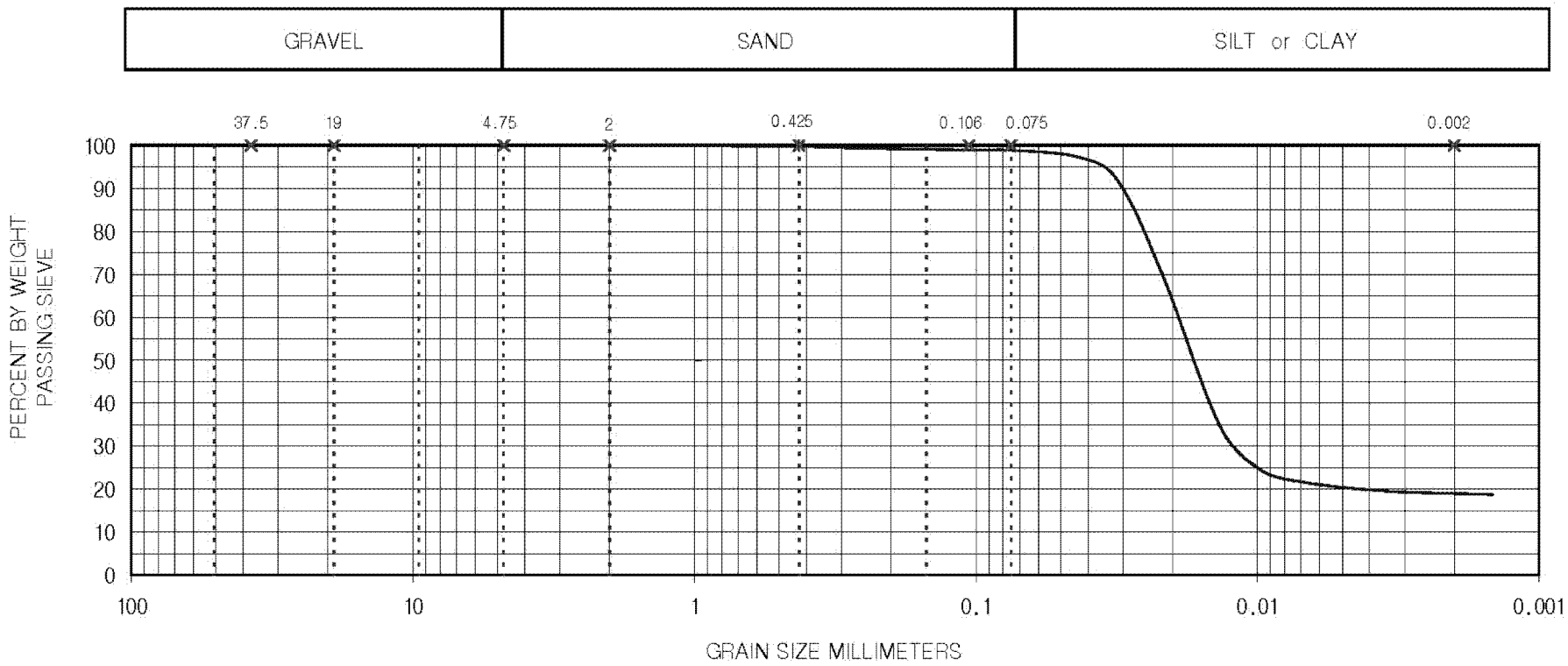
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-314-1	Test Date	2013-04-26
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	8.0 m	Lean Clay	20.2	2.671	30.4	23.8	6.6	ML



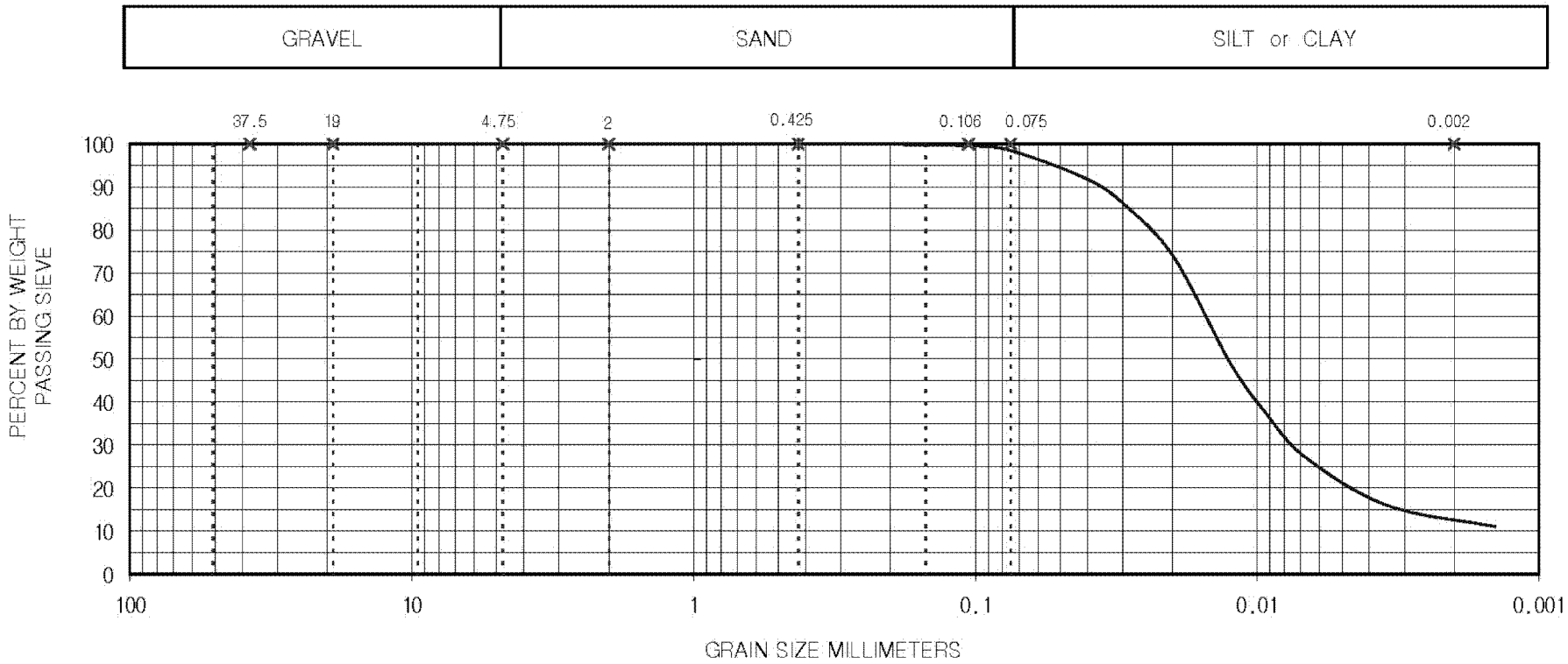
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-314-2	Test Date	2012-12-10
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	9.0m	Silt	36.0	2.687	37.2	26.8	10.4	ML



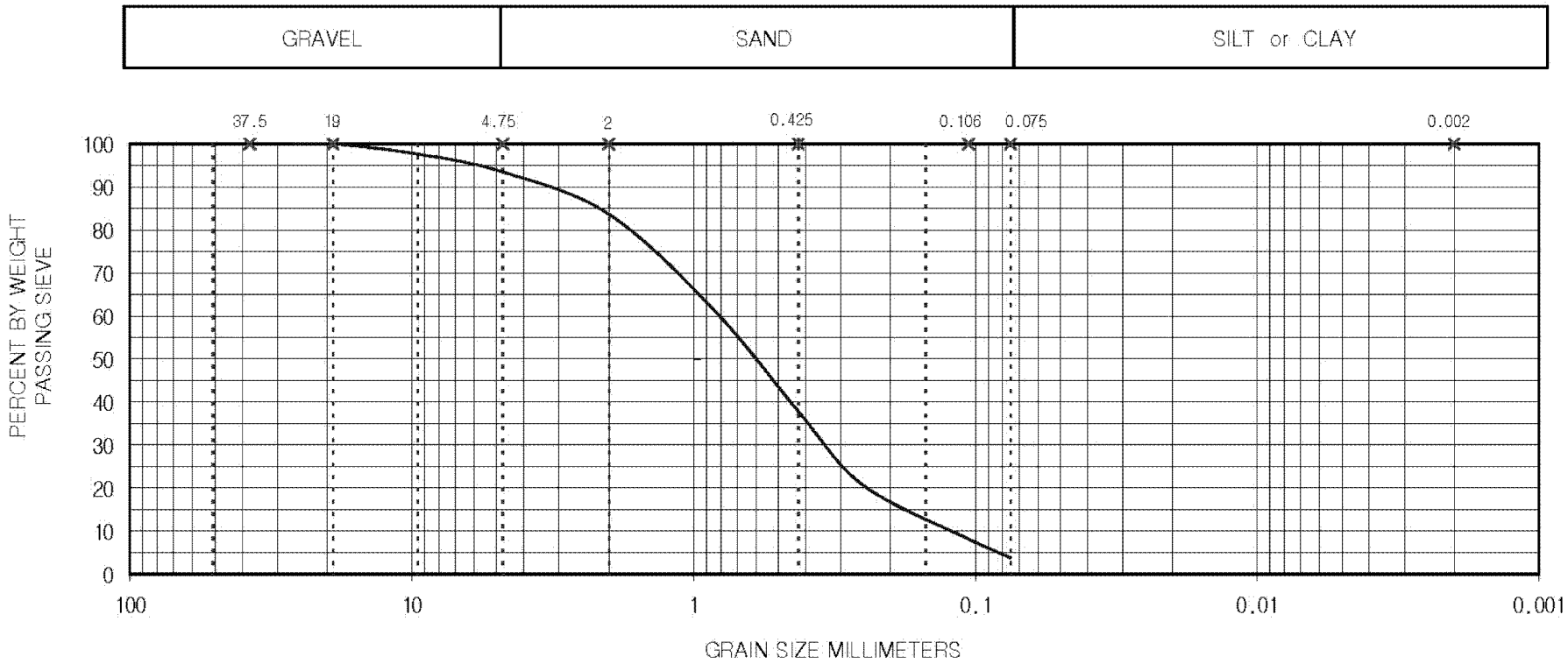
GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-316	Test Date	2013-04-26
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	10.0 m	Silt	32.9	2.677	NP	NP	NP	ML



GRADATION CURVES

Project	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)			Boring No.		BH-317	Test Date	2013-04-26
Sample No.	Depth	Description	W (%)	ρs (g/㎤)	WL (%)	WP (%)	IP	U.S.C.S
1	14.0 m	Poorly-graded Sand	20.8	2.656	NP	NP	NP	SP

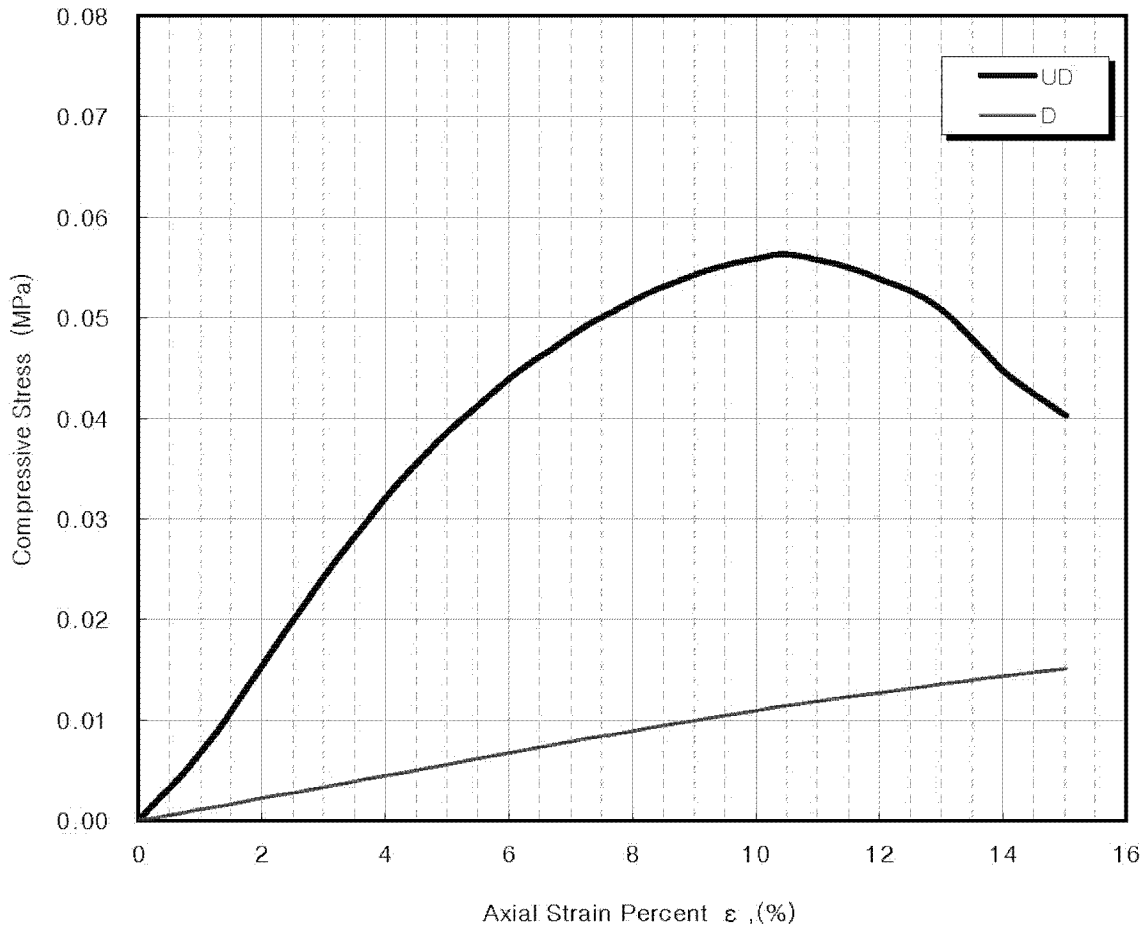


4.3 일축압축강도시험

일축압축시험(KS F 2314)

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관:	신우엔지니어링	접수번호:	-
개시일자:	2012년 5월 11일	접수일자:	2012년 5월 11일
완료일자:	2012년 5월 25일	시험공번:	BH-277
시 료 명 :	불교란(자연)시료	시험심도:	3.0 m ~ 3.8 m
시 험 자 :	Kim, Jin-Chul	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Sample No.	Sample Size		Water Content	Total Unit Weight	Comp. Strength		Sensitivity Ratio
	D (㎝)	H (㎝)	W (%)	ρt (g/㎤)	qu (kN/㎡)	qu (Mpa)	St
UD	5.0	10.0	34.5	1.858	56.27	0.0563	3.7
D	5.0	10.0	34.3	1.815	15.09	0.0151	



Remarks : UD : Undisturbed Sample D : Disturbed(Remolded) Sample

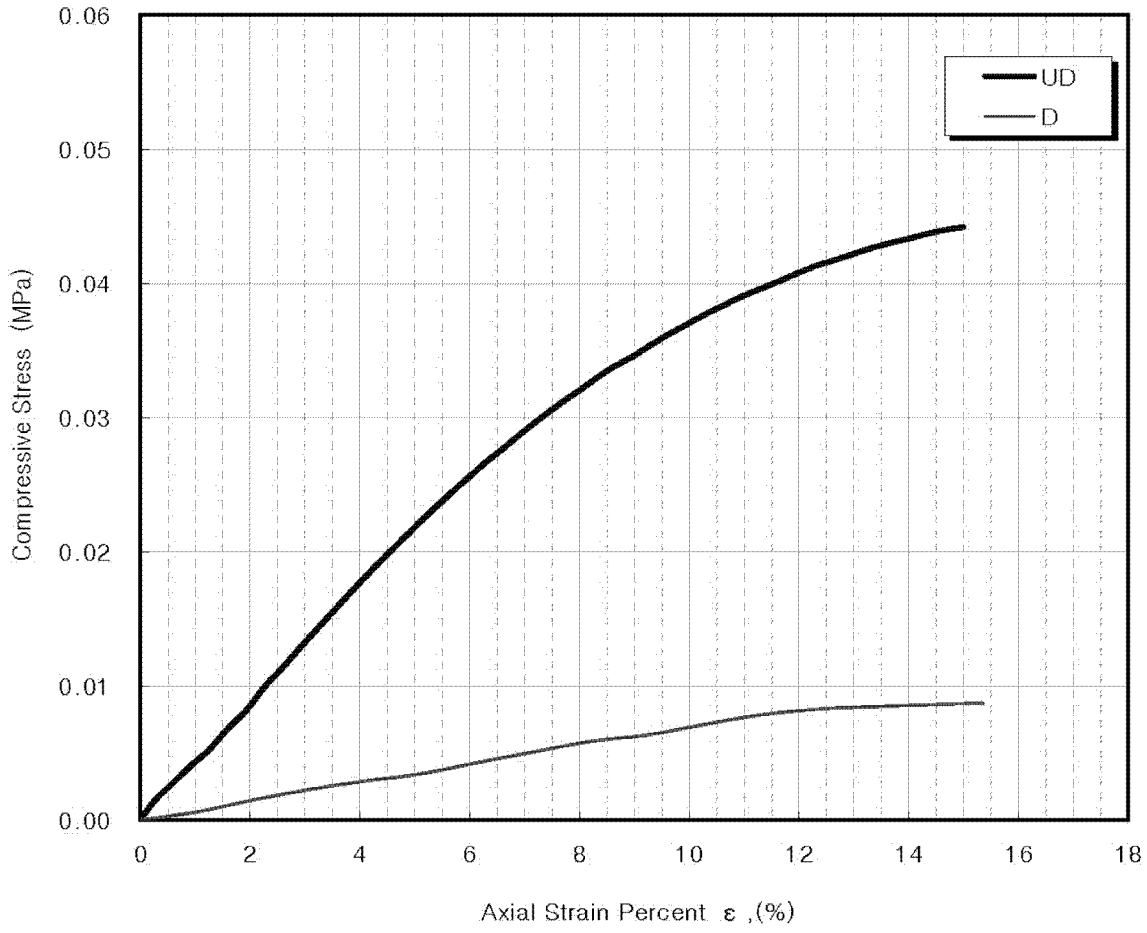
※.사용장비명:압축(일축)시험기

1)기기번호:

일축압축시험(KS F 2314)

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관:	신우엔지니어링	접수번호:	-
개시일자:	2012년 12월 3일	접수일자:	2012년 12월 3일
완료일자:	2012년 12월 10일	시험공번:	BH-281
시 료 명 :	불교란(자연)시료	시험심도:	6.7 m ~ 7.5 m
시 험 자 :	Noh, Gab-Gi	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Sample No.	Sample Size		Water Content	Total Unit Weight	Comp. Strength		Sensitivity Ratio
	D (㎝)	H (㎝)	W (%)	ρt (g/㎤)	qu (kN/㎡)	qu (Mpa)	St
UD	5.0	10.0	34.4	1.860	44.17	0.0442	5.1
D	4.9	9.8	34.4	1.844	8.73	0.0087	



Remarks : UD : Undisturbed Sample D : Disturbed(Remolded) Sample

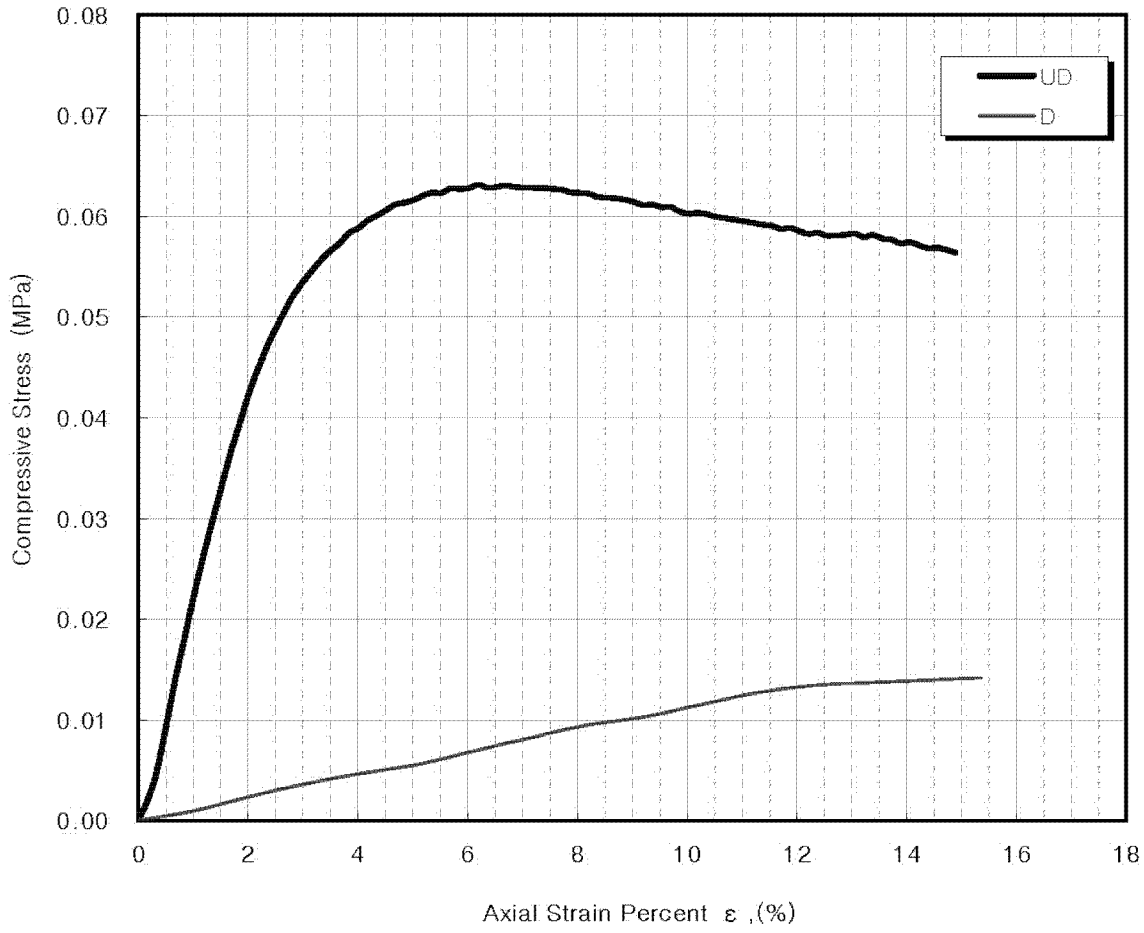
※.사용장비명:압축(일축)시험기

1)기기번호:

일축압축시험(KS F 2314)

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관:	신우엔지니어링	접수번호:	-
개시일자:	2012년 12월 3일	접수일자:	2012년 12월 3일
완료일자:	2012년 12월 10일	시험공번:	BH-310
시 료 명 :	불교란(자연)시료	시험심도:	7.0 m ~ 7.8 m
시 험 자 :	Noh, Gab-Gi	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Sample No.	Sample Size		Water Content	Total Unit Weight	Comp. Strength		Sensitivity Ratio
	D (㎝)	H (㎝)	W (%)	ρt (g/㎤)	qu (kN/㎡)	qu (Mpa)	St
UD	5.0	10.0	31.5	1.904	63.15	0.0632	4.5
D	4.9	9.8	31.5	1.870	14.18	0.0142	



Remarks : UD : Undisturbed Sample D : Disturbed(Remolded) Sample

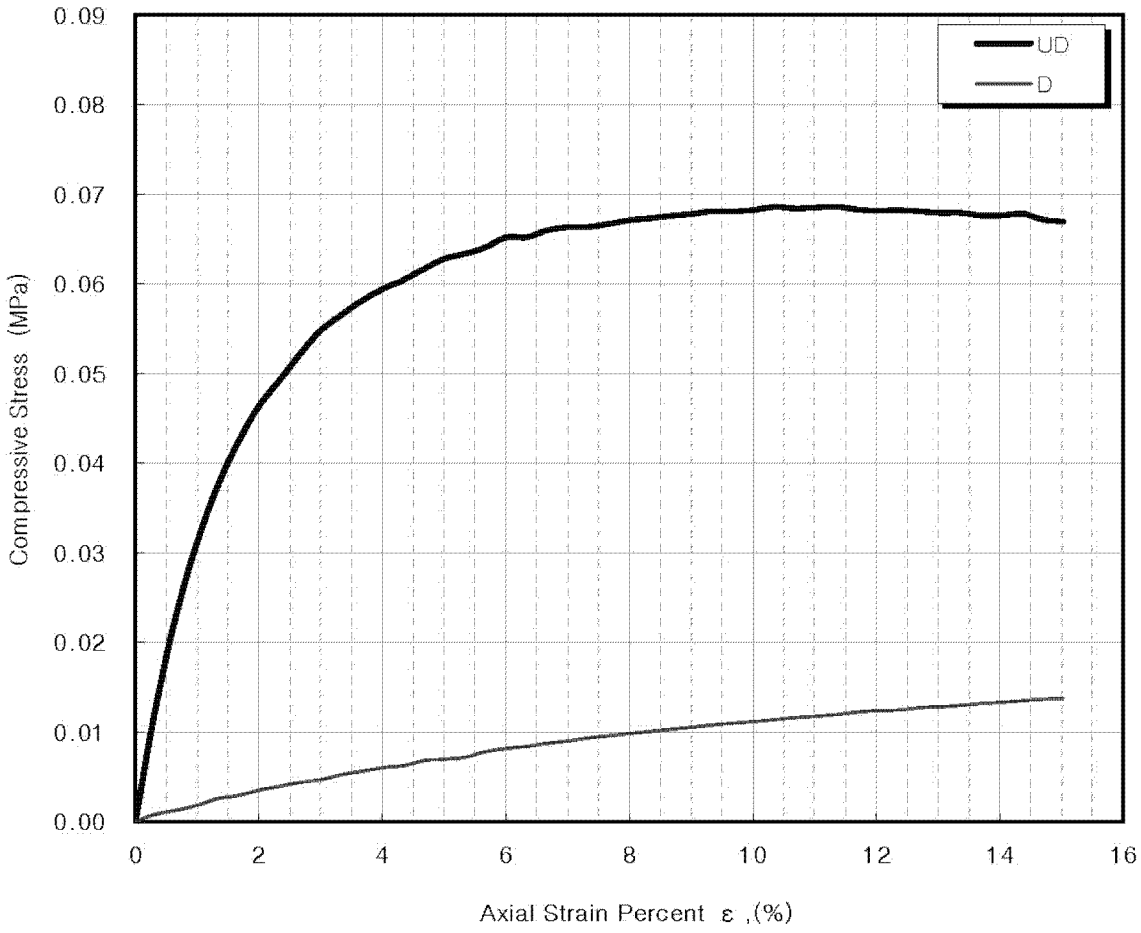
※.사용장비명:압축(일축)시험기

1)기기번호:

일축압축시험(KS F 2314)

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관:	신우엔지니어링	접수번호:	-
개시일자:	2012년 12월 3일	접수일자:	2012년 12월 3일
완료일자:	2012년 12월 10일	시험공번:	BH-307
시 료 명 :	불교란(자연)시료	시험심도:	4.0 m ~ 4.8 m
시 험 자 :	Noh, Gab-Gi	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Sample No.	Sample Size		Water Content	Total Unit Weight	Comp. Strength		Sensitivity Ratio
	D (㎝)	H (㎝)	W (%)	ρt (g/㎤)	qu (kN/㎡)	qu (Mpa)	St
UD	5.0	10.0	37.8	1.834	68.58	0.0686	5.0
D	5.0	10.0	37.8	1.809	13.75	0.0138	



Remarks : UD : Undisturbed Sample D : Disturbed(Remolded) Sample

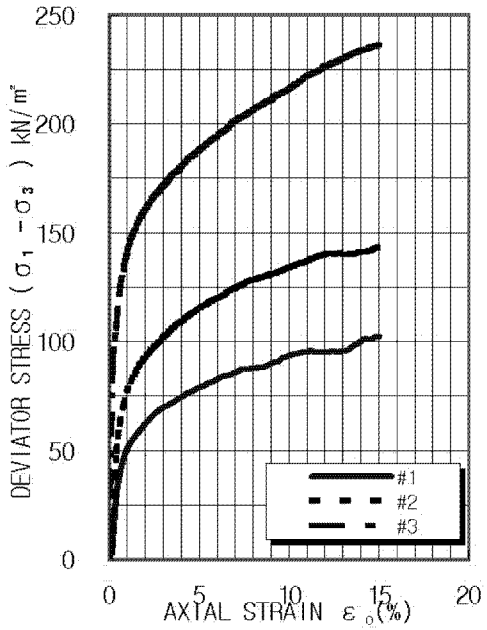
※.사용장비명:압축(일축)시험기

1)기기번호:

4.4 삼축압축강도(CU)시험

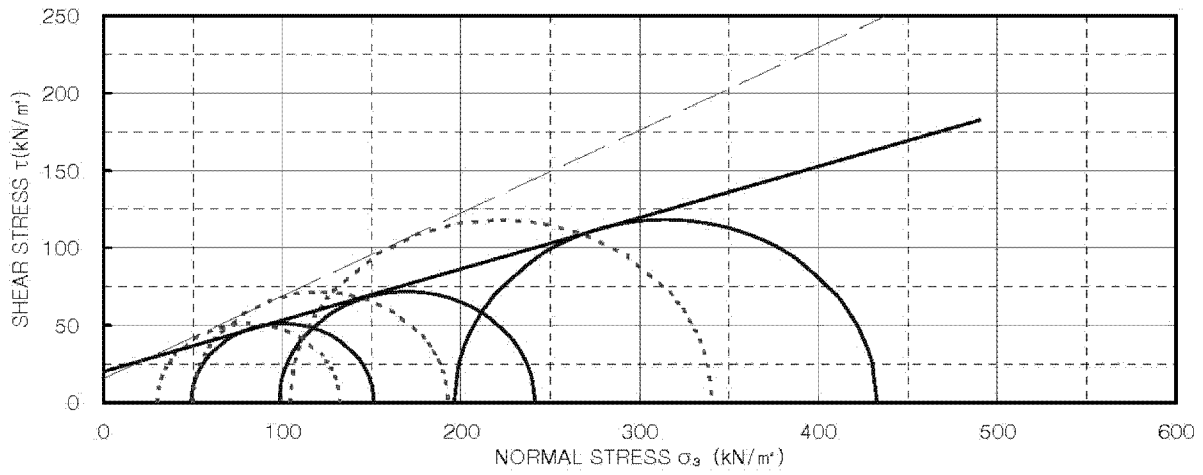
삼축압축시험(KS F 2346)

공 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관	신우엔지니어링	접수번호	
개시일자	2012년 5월 11일	접수일자	2012년 5월 11일
완료일자	2012년 5월 25일	시험공번	BH-277
시험번호	불교란(자연)시료	시험심도	3.0 m ~ 3.8 m
시 험 자	Noh, Gab-Gi	확 인 자	Kwon, Bong-Geun



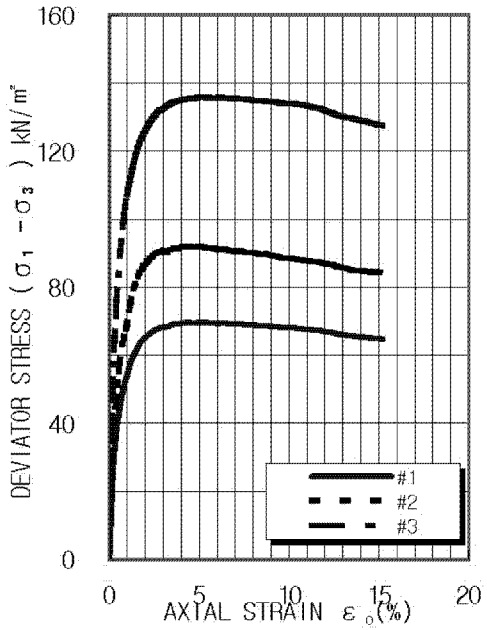
Condition of Sample : U.D			Type of Test :		CU-bar
	Specimen No.		1	2	3
Initial	Moisture Content, (%)	Wn	34.5	34.5	34.4
	Dry Density, (g/㎤)	rd	1.381	1.381	1.382
	Saturation, (%)	S	98.0	97.9	97.9
	Void Ratio	e	0.946	0.947	0.945
Final	Moisture Content, (%)	Wf			
	Dry Density, (g/㎤)	rdf			
	Saturation, (%)	Sf			
	Void Ratio	ef			
	Final Back Press.,(kN/㎡)	Uf'			
Confined Stress, (kN/㎡)		σ3	49.0	98.1	196.1
(σ1 -σ3) max, (kN/㎡)			102.3	143.3	236.5
Strain Rate, (%/min)			1.0	1.0	1.0
Pore Press, (kN/㎡)		Uf	19.13	48.46	91.98
Initial Diam., (㎝)		D	5.0	5.0	5.0
Initial Length, (㎝)		H	10.0	10.0	10.0

Strain Controlled					C = 20.115 kN/㎡	C' = 15.36 kN/㎡
WL (%)	WP (%)	IP	ρs (g/㎤)	USCS	ø = 18.33 °	ø' = 28.16 °
38.8	23.4	15.4	2.688	CL	tan ø = 0.331	tan ø' = 0.535



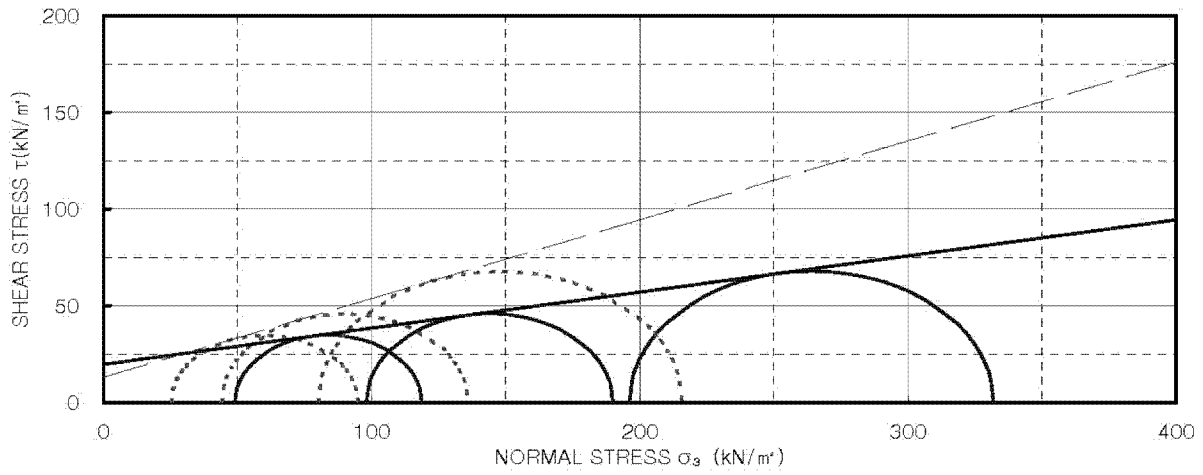
삼축압축시험(KS F 2346)

공 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관	신우엔지니어링	접수번호	
개시일자	2012년 12월 3일	접수일자	2012년 12월 3일
완료일자	2012년 12월 10일	시험공번	BH-281
시험번호	불교란(자연)시료	시험심도	6.7 m ~ 7.5 m
시 험 자	Noh, Gab-Gi	확 인 자	Kwon, Bong-Geun



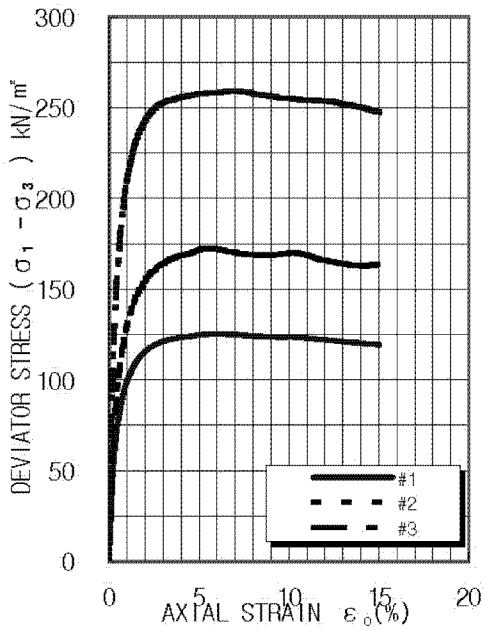
Condition of Sample : U.D			Type of Test :		CU-bar
	Specimen No.		1	2	3
Initial	Moisture Content, (%)	Wn	34.4	34.4	34.4
	Dry Density, (g/㎤)	rd	1.394	1.390	1.390
	Saturation, (%)	S	99.4	98.8	98.7
	Void Ratio	e	0.932	0.938	0.939
Final	Moisture Content, (%)	Wf			
	Dry Density, (g/㎤)	rdf			
	Saturation, (%)	Sf			
	Void Ratio	ef			
	Final Back Press.,(kN/㎡)	Uf'			
Confined Stress, (kN/㎡)		σ3	49.0	98.1	196.1
(σ1 -σ3) max, (kN/㎡)			69.7	91.9	135.8
Strain Rate, (%/min)			1.0	1.0	1.0
Pore Press, (kN/㎡)		Uf	23.79	54.03	116.11
Initial Diam., (㎝)		D	5.0	5.0	5.0
Initial Length, (㎝)		H	10.0	10.0	10.0

Strain Controlled					C = 19.83 kN/㎡	C' = 13.11 kN/㎡
WL (%)	WP (%)	IP	ρs (g/㎤)	USCS	ø = 10.6 °	ø' = 22.10 °
39.6	21.0	18.6	2.694	CL	tan ø = 0.187	tan ø' = 0.407



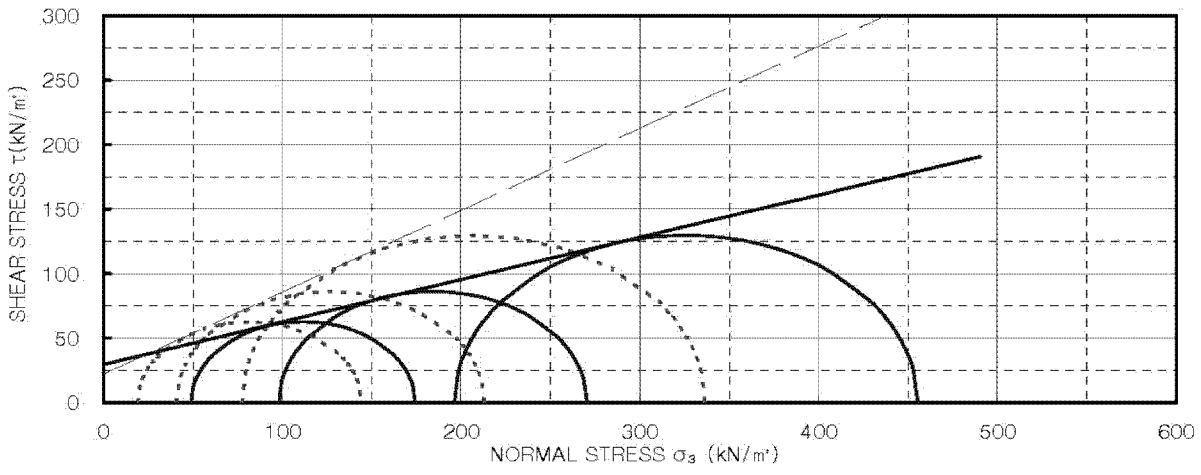
삼축압축시험(KS F 2346)

공 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관	신우엔지니어링	접수번호	
개시일자	2012년 12월 3일	접수일자	2012년 12월 3일
완료일자	2012년 12월 10일	시험공번	BH-307
시험번호	불교란(자연)시료	시험심도	4.0 m ~ 4.8 m
시 험 자	Noh, Gab-Gi	확 인 자	Kwon, Bong-Geun



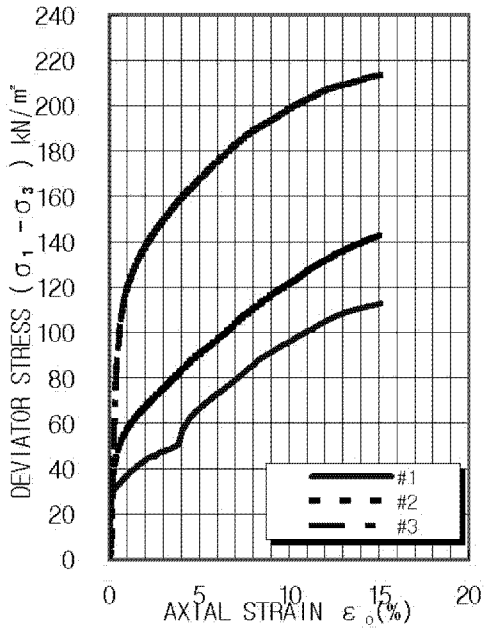
Condition of Sample : U.D			Type of Test :		CU-bar
	Specimen No.		1	2	3
Initial	Moisture Content, (%)	Wn	37.8	37.8	37.8
	Dry Density, (g/㎤)	rd	1.328	1.331	1.327
	Saturation, (%)	S	98.9	99.3	98.7
	Void Ratio	e	1.032	1.027	1.033
Final	Moisture Content, (%)	Wf			
	Dry Density, (g/㎤)	rdf			
	Saturation, (%)	Sf			
	Void Ratio	ef			
	Final Back Press.,(kN/㎡)	Uf'			
Confined Stress, (kN/㎡)		σ3	49.0	98.1	196.1
(σ1 -σ3) max, (kN/㎡)			125.3	172.4	259.3
Strain Rate, (%/min)			1.0	1.0	1.0
Pore Press, (kN/㎡)		Uf	30.02	57.39	118.91
Initial Diam., (㎝)		D	5.0	5.0	5.0
Initial Length, (㎝)		H	10.0	10.0	10.0

Strain Controlled					C = 29.609 kN/㎡	C' = 22.03 kN/㎡
WL (%)	WP (%)	IP	ρs (g/㎤)	USCS	ø = 18.19 °	ø' = 32.42 °
44.2	21.3	22.9	2.698	CL	tan ø = 0.228	tan ø' = 0.635



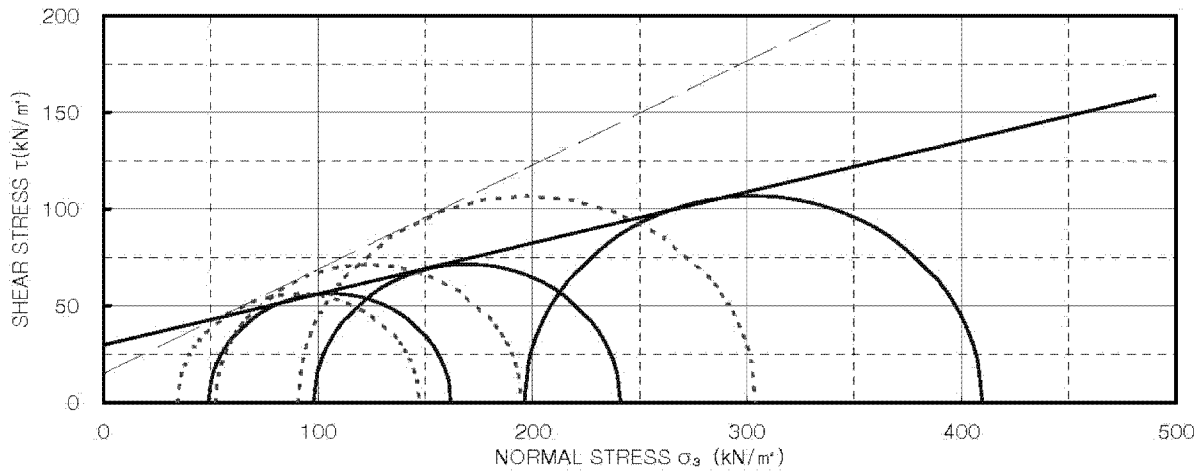
삼축압축시험(KS F 2346)

공 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관	신우엔지니어링	접수번호	
개시일자	2012년 12월 3일	접수일자	2012년 12월 3일
완료일자	2012년 12월 10일	시험공번	BH-310
시험번호	불교란(자연)시료	시험심도	7.0 m ~ 7.8 m
시 험 자	Noh, Gab-Gi	확 인 자	Kwon, Bong-Geun



Condition of Sample : U.D			Type of Test :		CU-bar
	Specimen No.		1	2	3
Initial	Moisture Content, (%)	Wn	31.5	31.5	31.5
	Dry Density, (g/㎤)	rd	1.445	1.450	1.448
	Saturation, (%)	S	98.7	99.5	99.1
	Void Ratio	e	0.856	0.849	0.853
Final	Moisture Content, (%)	Wf			
	Dry Density, (g/㎤)	rdf			
	Saturation, (%)	Sf			
	Void Ratio	ef			
	Final Back Press.,(kN/㎡)	Uf'			
Confined Stress, (kN/㎡)		σ3	49.0	98.1	196.1
(σ1 -σ3) max, (kN/㎡)			112.9	142.9	213.6
Strain Rate, (%/min)			1.0	1.0	1.0
Pore Press, (kN/㎡)		Uf	14.57	46.08	105.61
Initial Diam., (㎝)		D	5.0	5.0	5.0
Initial Length, (㎝)		H	10.0	10.0	10.0

Strain Controlled					C = 29.82 kN/㎡	C' = 14.98 kN/㎡
WL (%)	WP (%)	IP	ρs (g/㎤)	USCS	ø = 14.75 °	ø' = 28.29 °
39.2	26.9	12.3	2.682	ML	tan ø = 0.263	tan ø' = 0.538



4.5 표준압밀시험

CONSOLIDATION TEST

공 사 명:	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관:	신우엔지니어링	접수번호:	-
개시일자:	2012년 5월 11일	접수일자:	2012년 5월 11일
완료일자:	2012년 5월 25일	시험공번:	BH-277
시 료 명:	불교란(자연)시료	시험심도:	3.0 m ~ 3.8 m
시 험 자:	Noh, Gab-Gi	확 인 자:	Kwon, Bong-Geun

Classification	CL		Specific Gravity	2.688	g/㎤
Liquid Limit	38.8	%	Plastic Limit	23.4	%

Load p (kN/㎡)	Void Ratio e	Primary Consolidation Ratio rp (%)	Coefficient of Compressibility av (㎡/kN)	Coefficient of Consolidation cv (㎠/sec)	Coefficient of Permeability k (㎝/sec)	Coefficient of Volume Change mv (㎡/kN)
0.0	0.946					
9.8	0.927	25.88	1.92E-03	6.30E-03	6.26E-07	9.94E-04
19.6	0.908	29.34	2.00E-03	4.23E-03	4.45E-07	1.05E-03
39.2	0.882	33.78	1.29E-03	3.64E-03	2.50E-07	6.88E-04
78.5	0.845	32.93	9.45E-04	3.24E-03	1.66E-07	5.12E-04
156.9	0.795	36.02	6.36E-04	2.15E-03	7.61E-08	3.54E-04
313.8	0.732	35.83	4.03E-04	2.51E-03	5.84E-08	2.33E-04
627.6	0.653	33.79	2.52E-04	2.07E-03	3.16E-08	1.52E-04
1255.3	0.570	34.14	1.33E-04	2.28E-03	1.93E-08	8.46E-05
156.9	0.624					
19.6	0.657					

REMARKS :

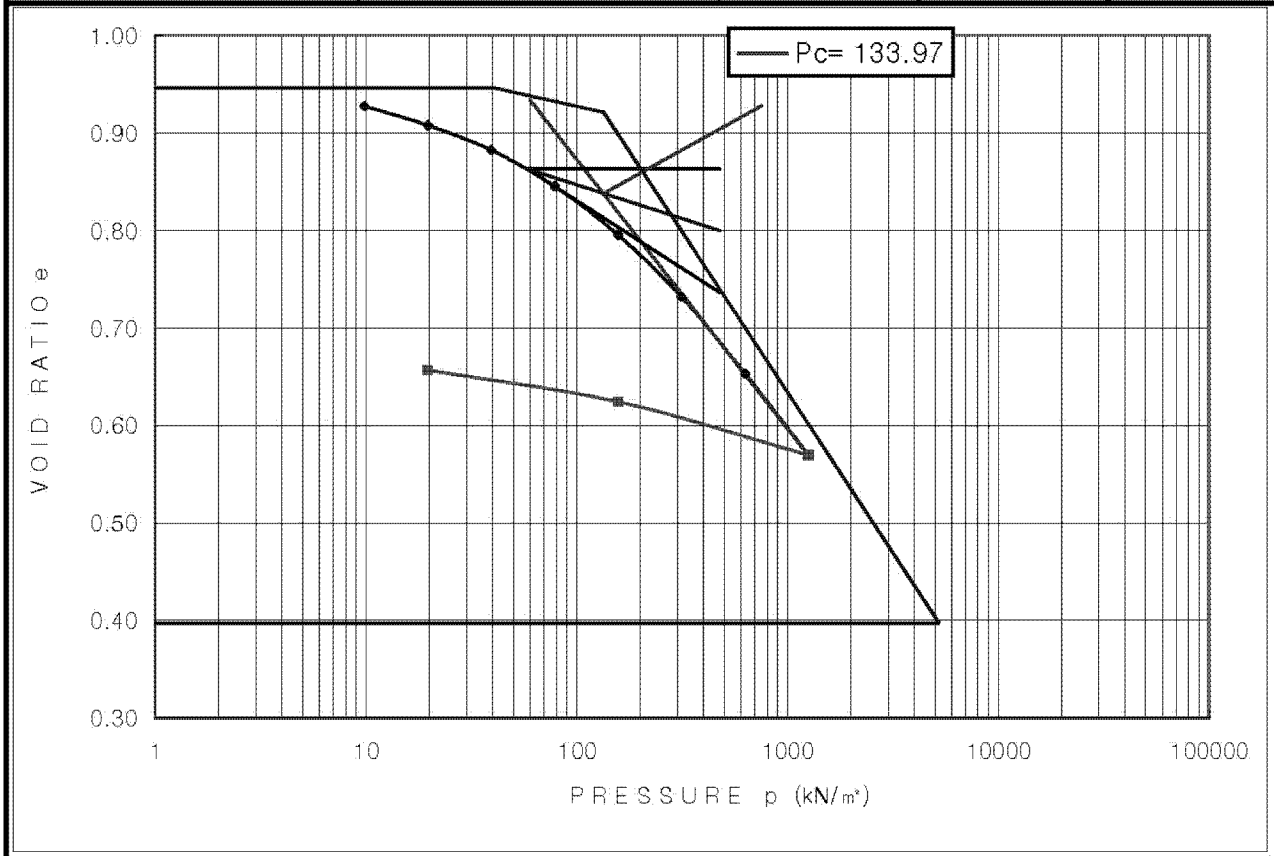
※.사용장비명: 압밀시험기(디지메틱인디게이터)

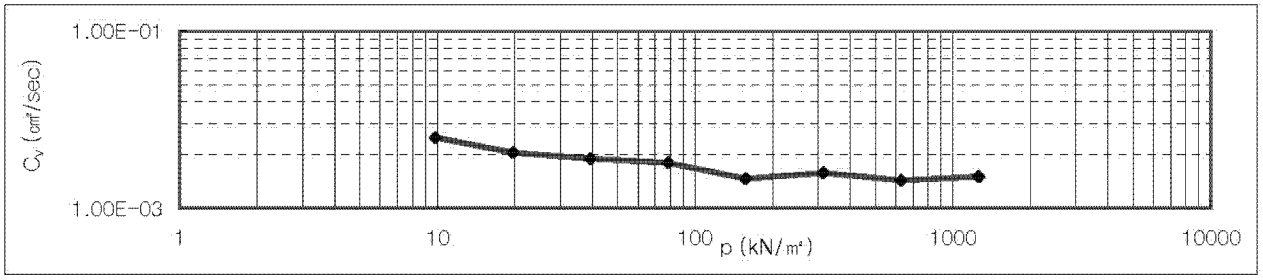
1)기기번호: 053273

CONSOLIDATION TEST

공 사 명:	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관:	신우엔지니어링	접수번호:	-
개시일자:	2012년 5월 11일	접수일자:	2012년 5월 11일
완료일자:	2012년 5월 25일	시험공번:	BH-277
시 료 명:	불교란(자연)시료	시험심도:	3.0 m ~ 3.8 m
시 험 자:	Noh, Gab-Gi	확 인 자:	Kwon, Bong-Geun

Apparatus Measurements				Specimen No.	Initial
Ring Diam	6.00	Ring Area	28.27	Moisture Content	34.5
Ring Height	2.00	Ring Vol.	56.55	Void Ratio, e	0.946
Overburden Pressure, Po		40.30	kN/㎡	Saturation, S, (%	98.0
Pre-Consolidation Pressure, Pc		133.97	kN/㎡	Dry Density, rd	1.381
Compression Index, Cc Cc'		0.276	0.329	OCR	3.324
Solid Height, 2Hs		-		Cr value	0.048





※.사용장비명: 압밀시험기(디지메틱인디게이터)

1)기기번호: 053273

CONSOLIDATION TEST

공 사 명:	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관:	신우엔지니어링	접수번호:	-
개시일자:	2012년 12월 4일	접수일자:	2012년 12월 4일
완료일자:	2012년 12월 10일	시험공번:	BH-281
시 료 명:	불교란(자연)시료	시험심도:	6.7 m ~ 7.5 m
시 험 자:	Noh, Gab-Gi	확 인 자:	Kwon, Bong-Geun

Classification	CL		Specific Gravity	2.694	g/㎤
Liquid Limit	39.6	%	Plastic Limit	21.0	%

Load p (kN/㎡)	Void Ratio e	Primary Consolidation Ratio rp (%)	Coefficient of Compressibility av (㎡/kN)	Coefficient of Consolidation cv (㎠/sec)	Coefficient of Permeability k (㎝/sec)	Coefficient of Volume Change mv (㎡/kN)
0.0	0.936					
9.8	0.909	56.09	2.72E-03	9.40E-04	1.34E-07	1.43E-03
19.6	0.891	54.33	1.86E-03	8.38E-04	8.23E-08	9.81E-04
39.2	0.863	45.30	1.43E-03	8.14E-04	6.25E-08	7.68E-04
78.5	0.825	59.37	9.65E-04	9.89E-04	5.23E-08	5.29E-04
156.9	0.783	61.19	5.38E-04	1.35E-03	4.09E-08	3.02E-04
313.8	0.732	61.82	3.27E-04	1.55E-03	2.93E-08	1.89E-04
627.6	0.671	65.08	1.92E-04	1.42E-03	1.64E-08	1.15E-04
1255.3	0.608	74.23	1.02E-04	1.40E-03	8.87E-09	6.33E-05
156.9	0.634					
19.6	0.659					

REMARKS :

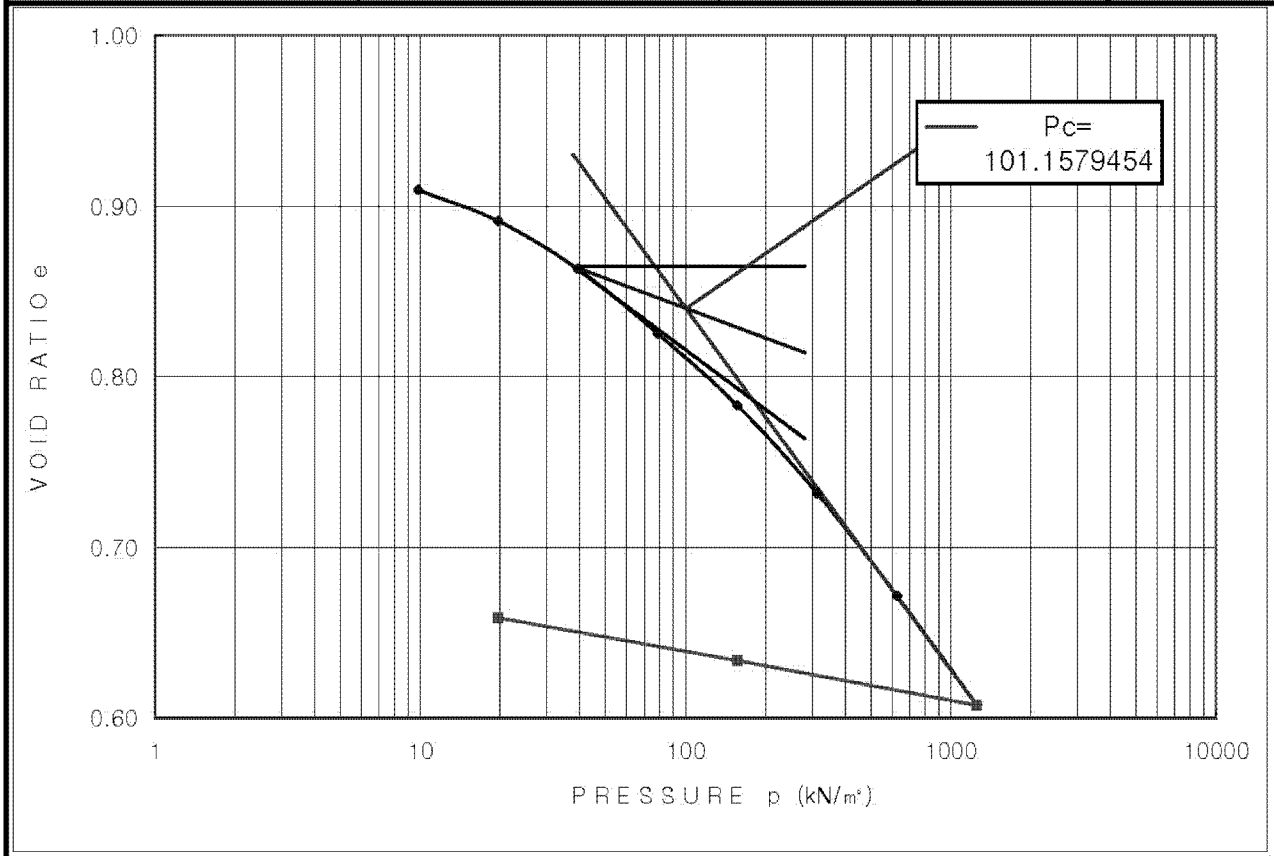
※.사용장비명: 압밀시험기(디지메틱인디게이터)

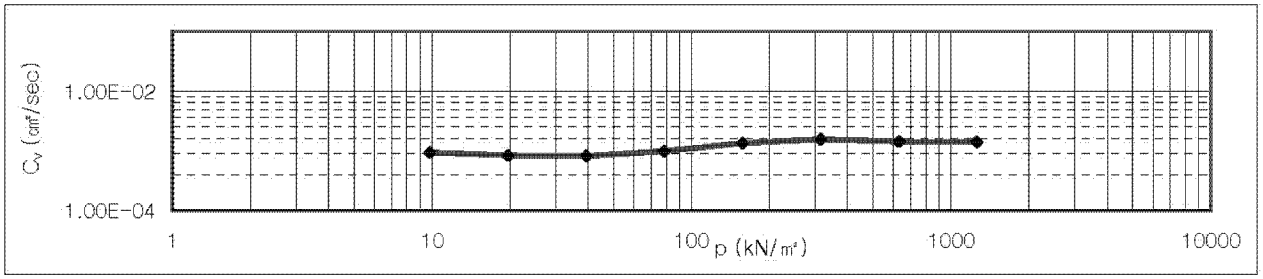
1)기기번호:

CONSOLIDATION TEST

공 사 명:	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관:	신우엔지니어링	접수번호:	-
개시일자:	2012년 12월 4일	접수일자:	2012년 12월 4일
완료일자:	2012년 12월 10일	시험공번:	BH-281
시 료 명:	불교란(자연)시료	시험심도:	6.7 m ~ 7.5 m
시 험 자:	Noh, Gab-Gi	확 인 자:	Kwon, Bong-Geun

Apparatus Measurements				Specimen No.	Initial
Ring Diam	6.00	Ring Area	28.27	Moisture Content	34.4
Ring Height	2.00	Ring Vol.	56.55	Void Ratio, e	0.936
Overburden Pressure, Po		-	kN/㎡	Saturation, S, (%	99.0
Pre-Consolidation Pressure, Pc		101.16	kN/㎡	Dry Density, rd	1.391
Compression Index, Cc		0.212		OCR	-
Solid Height, 2Hs		-		Cr value	0.028





※.사용장비명: 압밀시험기(디지메틱인디게이터)

1)기기번호:

CONSOLIDATION TEST

공 사 명:	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관:	신우엔지니어링	접수번호:	-
개시일자:	2012년 12월 4일	접수일자:	2012년 12월 4일
완료일자:	2012년 12월 10일	시험공번:	BH-307
시 료 명:	불교란(자연)시료	시험심도:	4.0 m ~ 4.8 m
시 험 자:	Noh, Gab-Gi	확 인 자:	Kwon, Bong-Geun

Classification	CL		Specific Gravity	2.698	g/㎤
Liquid Limit	44.2	%	Plastic Limit	21.3	%

Load p (kN/㎡)	Void Ratio e	Primary Consolidation Ratio rp (%)	Coefficient of Compressibility av (㎡/kN)	Coefficient of Consolidation cv (㎠/sec)	Coefficient of Permeability k (㎝/sec)	Coefficient of Volume Change mv (㎡/kN)
0.0	1.026					
9.8	1.004	46.77	2.22E-03	6.65E-03	7.37E-07	1.11E-03
19.6	0.989	42.50	1.57E-03	5.71E-03	4.51E-07	7.89E-04
39.2	0.961	42.78	1.40E-03	8.33E-03	5.96E-07	7.16E-04
78.5	0.924	45.53	9.40E-04	7.03E-03	3.43E-07	4.88E-04
156.9	0.873	48.14	6.56E-04	5.10E-03	1.79E-07	3.50E-04
313.8	0.808	62.44	4.14E-04	2.11E-03	4.83E-08	2.29E-04
627.6	0.723	57.44	2.70E-04	2.22E-03	3.47E-08	1.56E-04
1255.3	0.636	60.04	1.39E-04	2.55E-03	2.18E-08	8.52E-05
156.9	0.676					
19.6	0.706					

REMARKS :

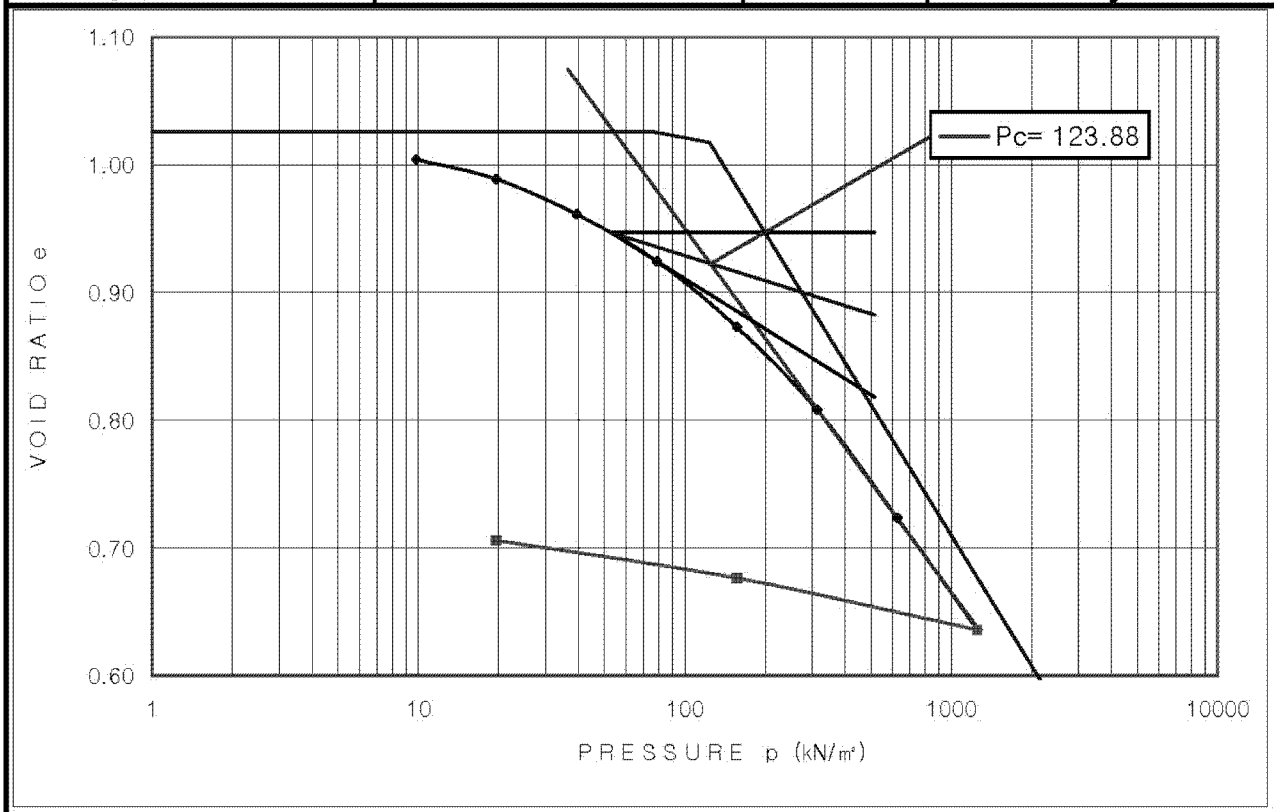
※.사용장비명: 압밀시험기(디지메틱인디게이터)

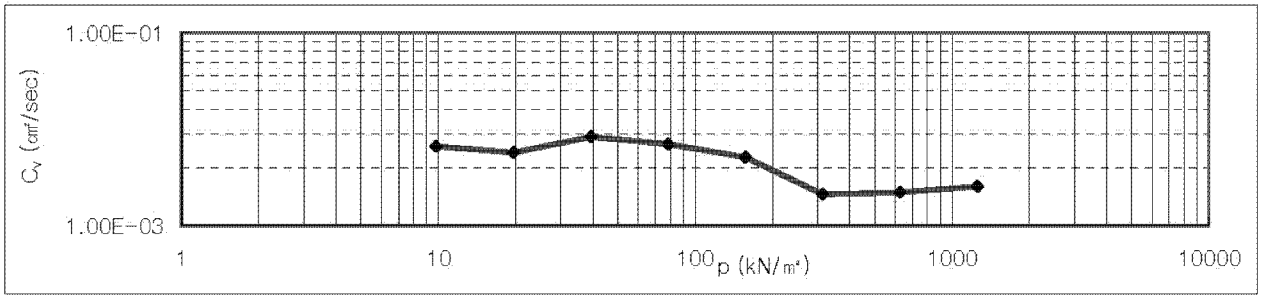
1)기기번호:

CONSOLIDATION TEST

공 사 명:	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관:	신우엔지니어링	접수번호:	-
개시일자:	2012년 12월 4일	접수일자:	2012년 12월 4일
완료일자:	2012년 12월 10일	시험공번:	BH-307
시 료 명:	불교란(자연)시료	시험심도:	4.0 m ~ 4.8 m
시 험 자:	Noh, Gab-Gi	확 인 자:	Kwon, Bong-Geun

Apparatus Measurements				Specimen No.	Initial
Ring Diam	6.00	Ring Area	28.27	Moisture Content	37.8
Ring Height	2.00	Ring Vol.	56.55	Void Ratio, e	1.026
Overburden Pressure, Po		74.80	kN/㎡	Saturation, S, (%	99.4
Pre-Consolidation Pressure, Pc		123.88	kN/㎡	Dry Density, rd	1.332
Compression Index, Cc	Cc'	0.285	0.339	OCR	-
Solid Height, 2Hs		-		Cr value	0.039





※.사용장비명: 압밀시험기(디지메틱인디게이터)

1)기기번호:

CONSOLIDATION TEST

공 사 명:	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관:	신우엔지니어링	접수번호:	-
개시일자:	2012년 12월 4일	접수일자:	2012년 12월 4일
완료일자:	2012년 12월 10일	시험공번:	BH-310
시 료 명:	불교란(자연)시료	시험심도:	7.0 m ~ 7.8 m
시 험 자:	Noh, Gab-Gi	확 인 자:	Kwon, Bong-Geun

Classification	ML	Specific Gravity	2.682
Liquid Limit	39.2 %	Plastic Limit	26.9

Load p (kN/㎡)	Void Ratio e	Primary Consolidation Ratio rp (%)	Coefficient of Compressibility av (㎡/kN)	Coefficient of Consolidation cv (㎠/sec)	Coefficient of Permeability k (㎝/sec)	Coefficient of Volume Change mv (㎡/kN)
0.0	0.851					
9.8	0.816	52.63	3.54E-03	1.92E-03	3.73E-07	1.95E-03
19.6	0.793	48.46	2.39E-03	1.31E-03	1.75E-07	1.33E-03
39.2	0.762	51.97	1.59E-03	1.55E-03	1.40E-07	9.03E-04
78.5	0.721	52.67	1.03E-03	1.46E-03	8.73E-08	5.99E-04
156.9	0.670	50.09	6.52E-04	2.34E-03	9.15E-08	3.91E-04
313.8	0.616	55.10	3.45E-04	2.07E-03	4.42E-08	2.14E-04
627.6	0.563	57.02	1.69E-04	2.19E-03	2.38E-08	1.08E-04
1255.3	0.503	56.11	9.45E-05	2.38E-03	1.49E-08	6.29E-05
156.9	0.540					
19.6	0.555					

REMARKS :

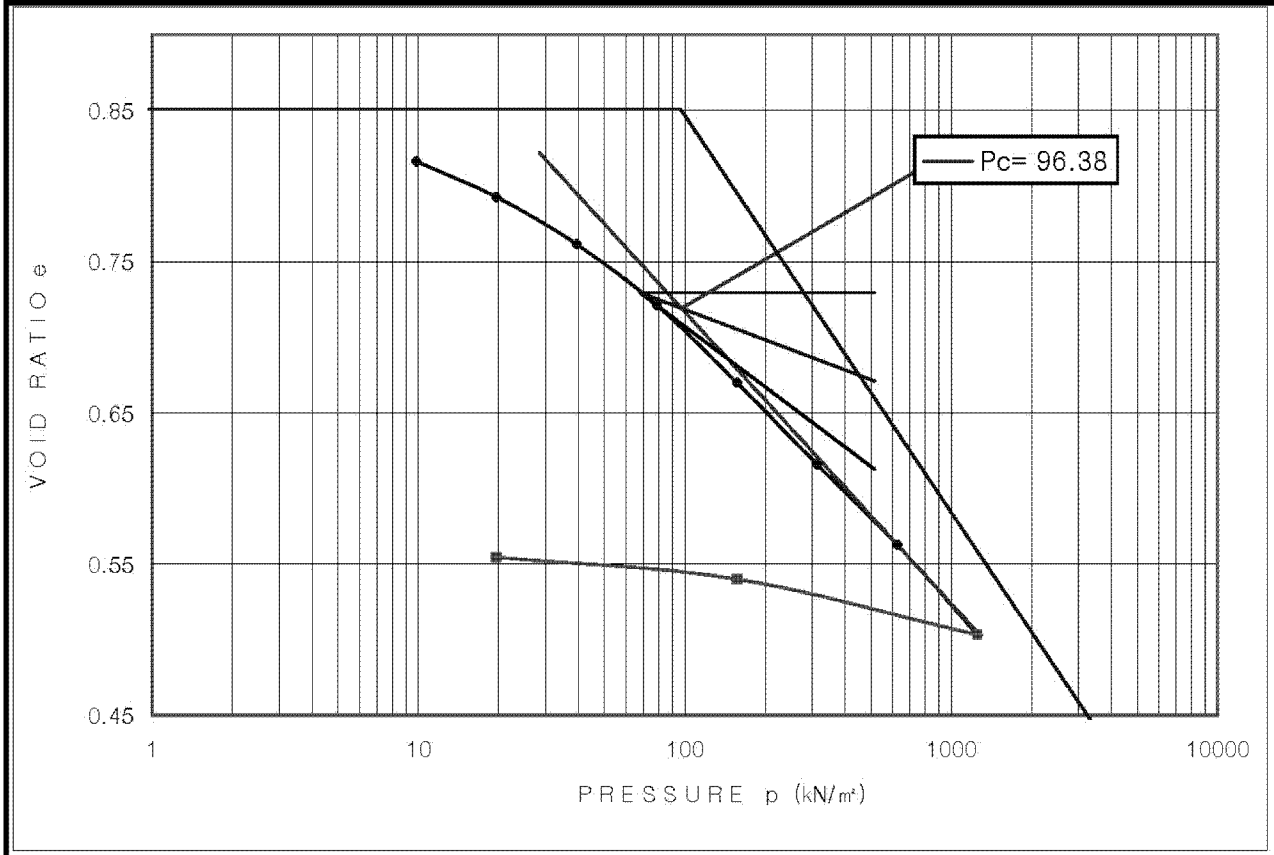
※.사용장비명: 압밀시험기(디지메틱인디게이터)

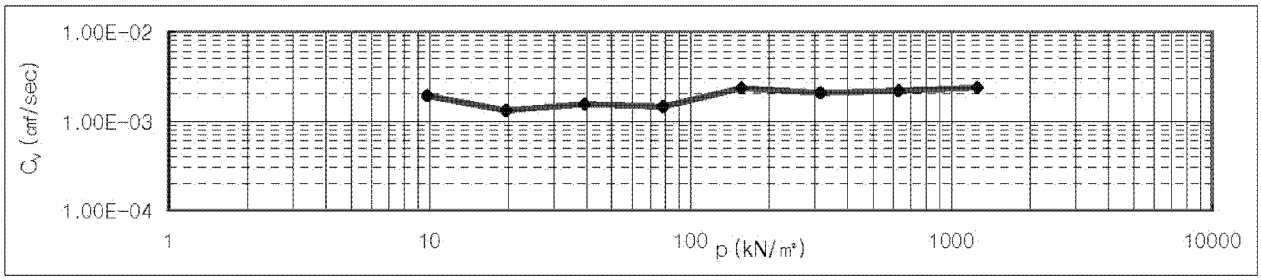
1)기기번호:

CONSOLIDATION TEST

공 사 명:	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관:	신우엔지니어링	접수번호:	-
개시일자:	2012년 12월 4일	접수일자:	2012년 12월 4일
완료일자:	2012년 12월 10일	시험공번:	BH-310
시 료 명:	불교란(자연)시료	시험심도:	7.0 m ~ 7.8 m
시 험 자:	Noh, Gab-Gi	확 인 자:	Kwon, Bong-Geun

Apparatus Measurements				Specimen No.	Initial
Ring Diam	6.00	Ring Area	28.27	Moisture Content	31.5
Ring Height	2.00	Ring Vol.	56.55	Void Ratio, e	0.851
Overburden Pressure, Po		107.90	kN/㎡	Saturation, S, (%	99.3
Pre-Consolidation Pressure, Pc		96.38	kN/㎡	Dry Density, rd	1.449
Compression Index, Cc	Cc'	0.193	0.263	OCR	-
Solid Height, 2Hs		-		Cr value	0.028





※.사용장비명: 압밀시험기(디지메틱인디게이터)

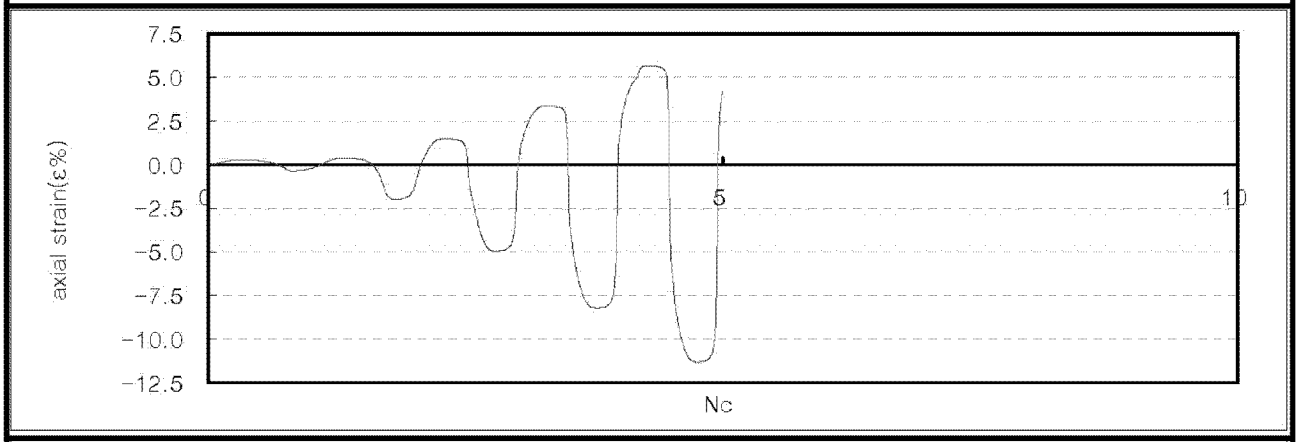
1)기기번호:

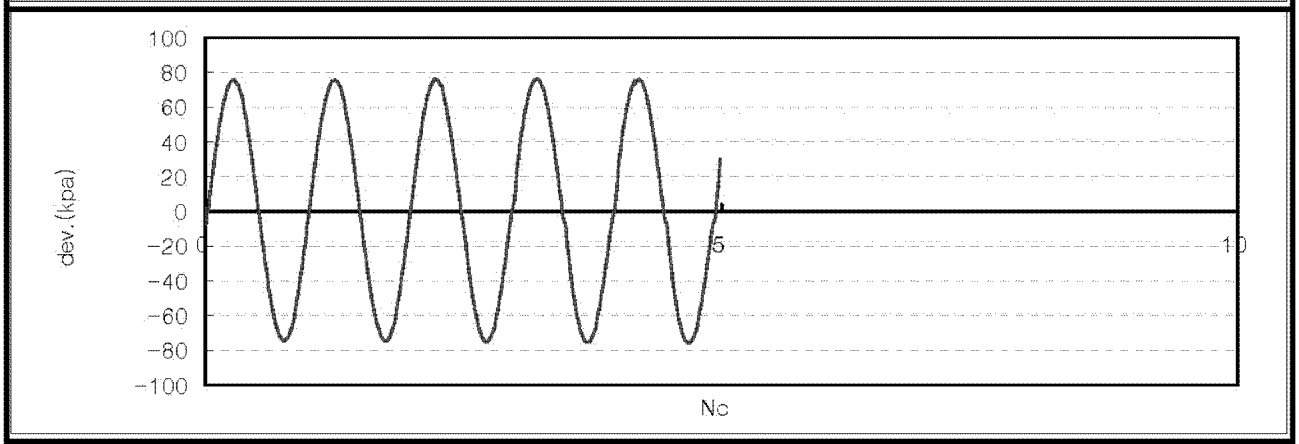
4.6 진동삼축시험

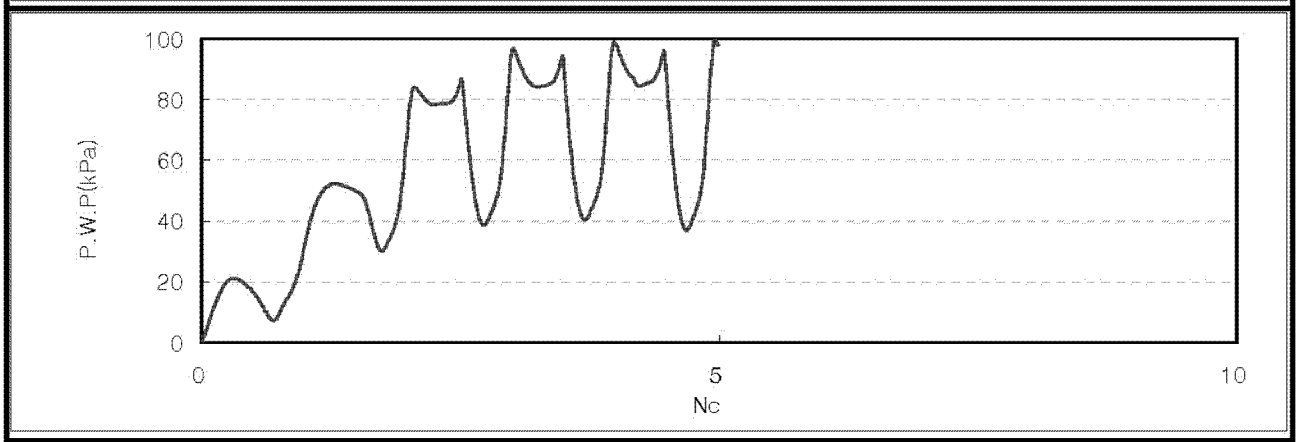
TRIAXIAL CYCLIC TEST(1)

Project :	서울-문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)	Test Date :	2013 년 4 월 12 일
B/H :	BH-272	Depth (m) :	(4.0) m
Tested By :	Cho, Tae-Gyu	Checked By :	Kwon, Bong-Geun

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	17.7	Saturation(%)	95.9
ρ_t(g/㎤)	1.700	ρ_d(g/㎤)	1.444
f(Hz)	0.1	σ_c'(kPa)	100
축차응력(kPa)	75	응력비(CSR)	0.375





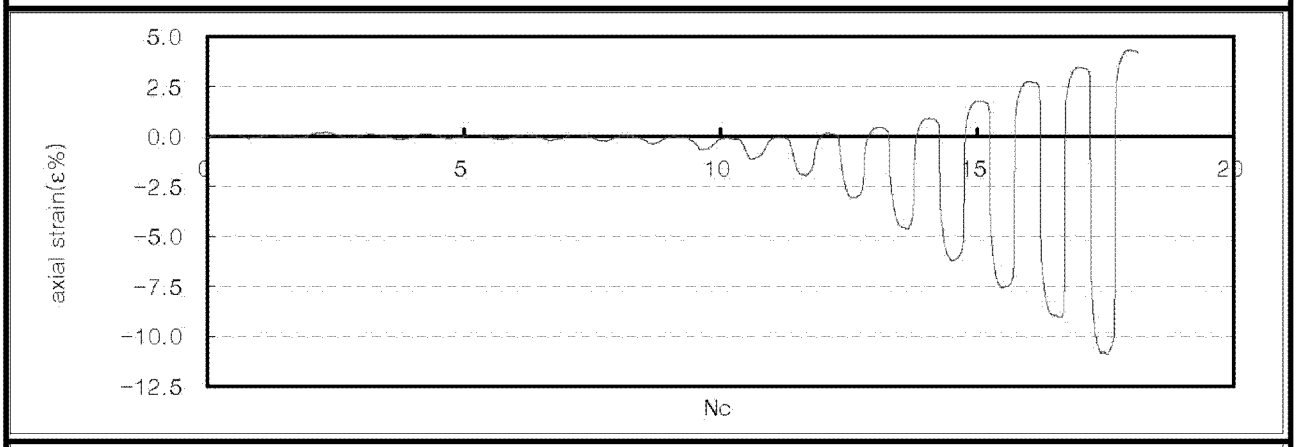


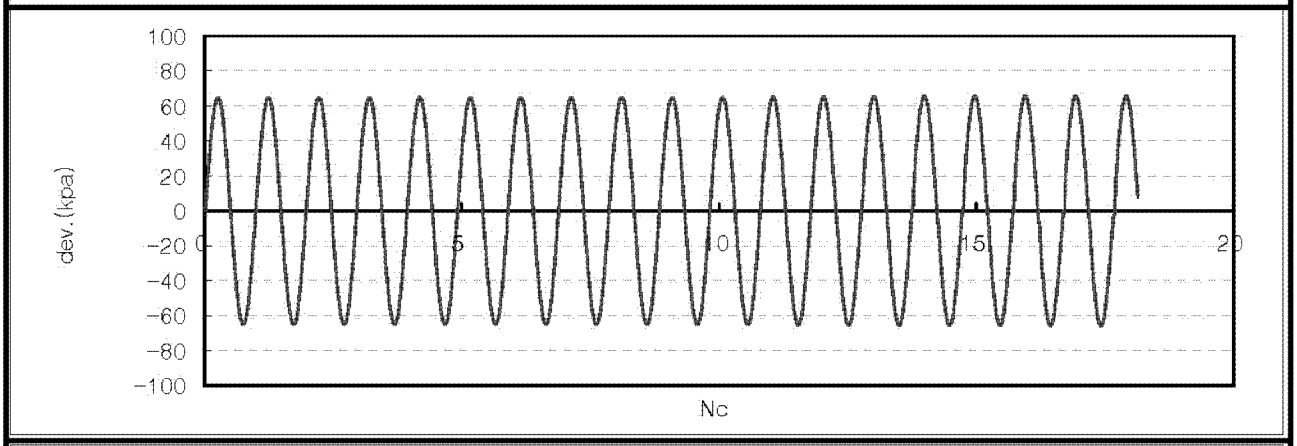
Remarks :

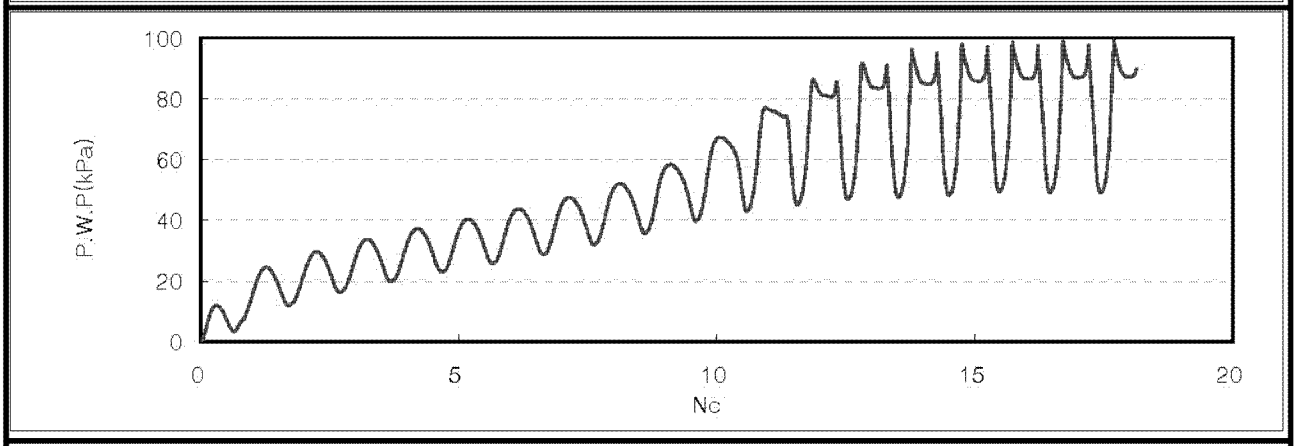
TRIAXIAL CYCLIC TEST(2)

Project :	서울-문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)	Test Date :	2013년 4월 12일
B/H :	BH-272	Depth (m) :	(4.0) m
Tested By :	Cho, Tae-Gyu	Checked By :	Kwon, Bong-Geun

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	17.7	Saturation(%)	96.7
ρ_t(g/㎤)	1.700	ρ_d(g/㎤)	1.444
f(Hz)	0.1	σ_c'(kPa)	100
축차응력(kPa)	65	응력비(CSR)	0.325





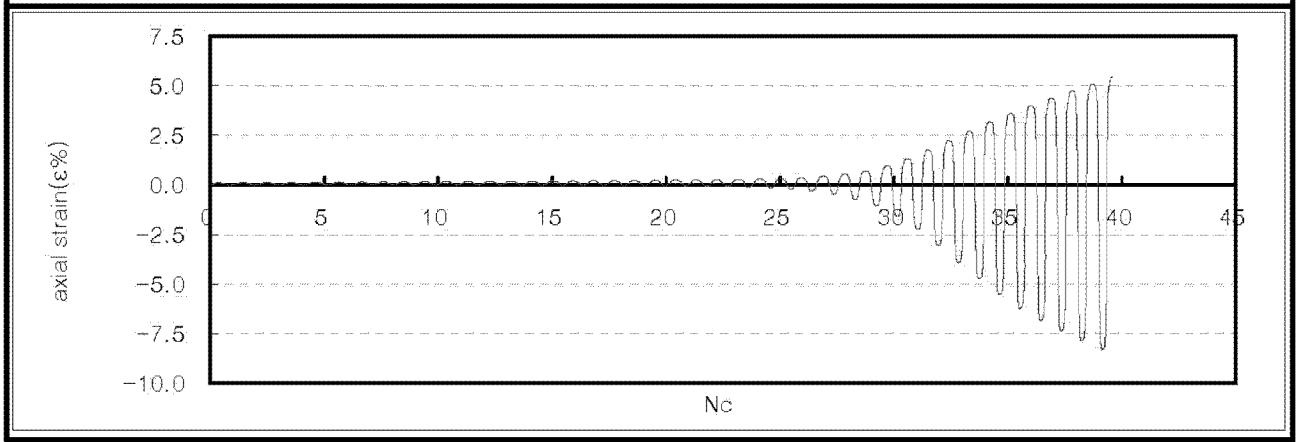


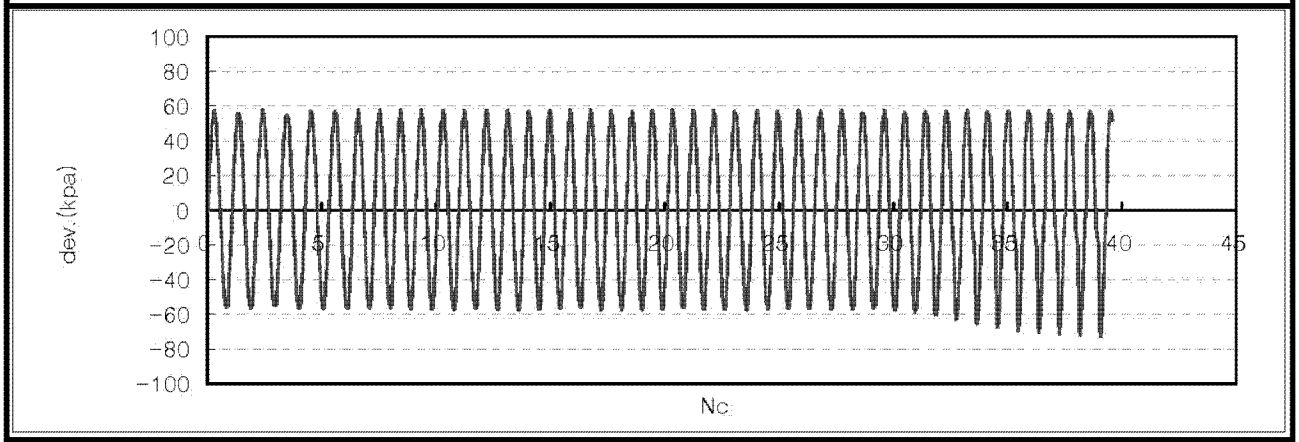
Remarks :

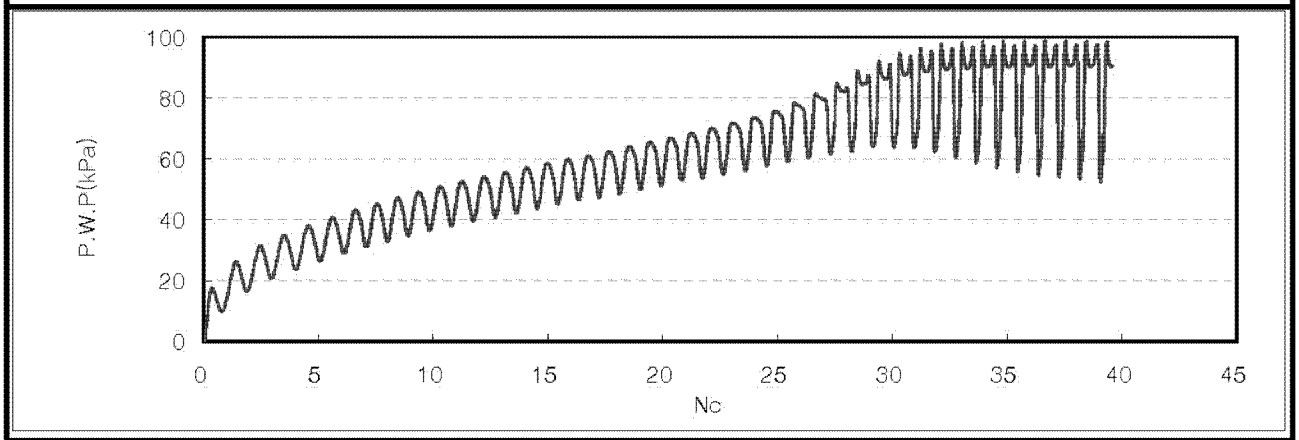
TRIAXIAL CYCLIC TEST(3)

Project :	서울-문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)	Test Date :	2013년 4월 12일
B/H :	BH-272	Depth (m) :	(4.0) m
Tested By :	Cho, Tae-Gyu	Checked By :	Kwon, Bong-Geun

D (㎝)	5.00	H (㎝)	10.00
Wn (%)	17.7	Saturation (%)	96.5
ρ_t (g/㎤)	1.700	ρ_d (g/㎤)	1.444
f (Hz)	0.1	σ_c' (kPa)	100
축차응력 (kPa)	55	응력비 (CSR)	0.275







Remarks :

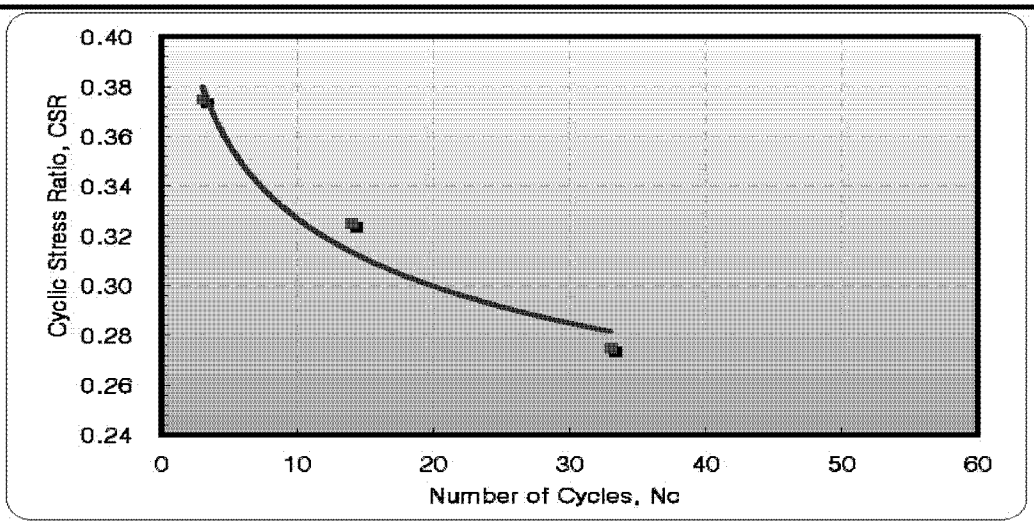
Project : 서울-문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

B/H : BH-272

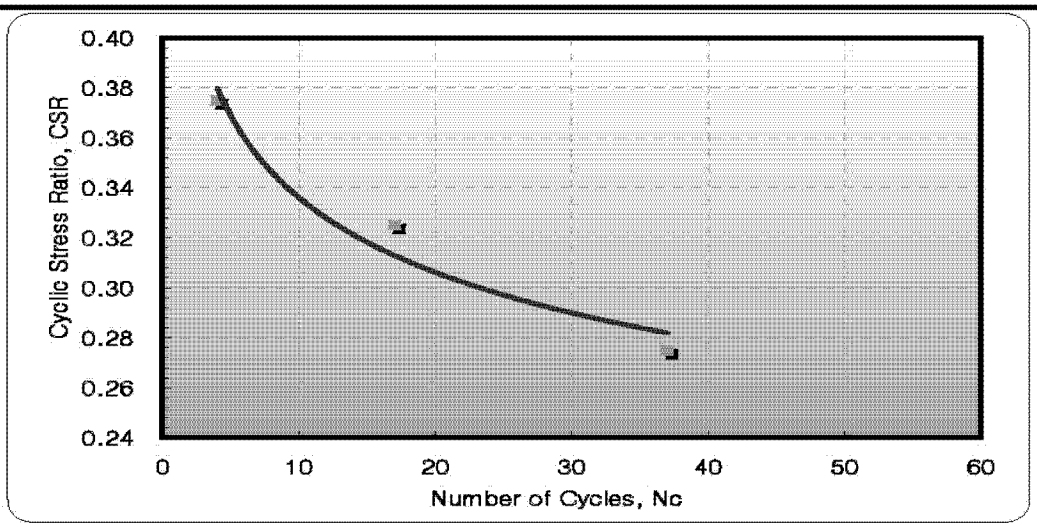
Depth(m) : (4.0) m

양단변형(%)	DA : 5%			DA : 10%		
축차응력(kPa)	75	65	55	75	65	55
횟수, Nc	3	14	33	4	17	37
압밀압력(kPa)	100			100		
반복전단응력비 (CSR)	0.375	0.325	0.275	0.375	0.325	0.275
Nc_{10}	0.327			0.336		
Nc_{20}	0.300			0.306		

N-CSR,(5%)



N-CSR,(10%)



4.7 직접전단시험

RESULT OF SOIL TEST

■ Proect : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

Test No	Description	Wn (%)	ρ_s	Atterberg Limits (%)			Grain Size Distribution % Finer Than										U.S.C.S	Compaction Test A-a		Compaction Test D-a		C.B.R. (95% of ρ_{dmax}, %)	Direct Shear Test		Remarks
				LL	PL	PI	53.0 (mm)	37.5 (mm)	26.5 (mm)	19.0 (mm)	9.5 (mm)	4.75 (mm)	2.00 (mm)	0.425 (mm)	0.075 (mm)	0.002 (mm)		OMC (%)	pdmax (g/cm³)	OMC (%)	ρ_{dmax} (g/cm³)		C (KN/m²)	Φ (°)	
TP-8 (1.0m)	Silty Sand	22.1	2.664	NP	NP	NP	-	-	-	-	-	100.0	98.4	78.9	38.1	6.3	SM	14.9	1.719	11.8	1.877	14.2	14.11	28.4	
TP-9 (1.0m)	Silty Sand	21.9	2.662	NP	NP	NP	-	-	-	100.0	97.8	96.1	90.9	64.8	43.3	7.2	SM	14.3	1.766	11.5	1.913	16.1	11.46	32.1	

제5장 실내암석시험 성과

5.1 암석시험 리스트

5.2 기본물성 및 일축압축강도시험

5.3 삼축압축강도시험

5.4 인장강도시험

5.5 절리면전단시험

5.6 점하중강도시험

5.7 공진주시험

5.8 AE/DRA시험

5.9 이방성시험

5.10 암유용성시험

5.1 암석시험 리스트

실내 암석 시험 결과

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

Hole No.	Depth (m)	Bulk Density (kN/㎥)	Sp./G	Absorption Ratio (%)	Comp. Strength (MPa)	Possion's Ratio	Young's Modulus (GPa)	Wave Velocity		Tensile Strength (MPa)	Triaxial comp. Str		Note
								P-Wave (m/sec)	S-Wave (m/sec)		Cohesion (MPa)	Friction Angle (deg)	
BH-239	37.0-37.3	27.07	2.775	0.05	161.4	0.18	94.79	5679	3948				
BH-239	39.8-40.0	27.10	2.778	0.05	158.6	0.23	76.68	5727	4175				
BH-240	6.0-6.2	26.67	2.728	0.14	61.6	0.25	37.30	4679	3129				
BH-240	12.9-13.1	26.69	2.739	0.07	89.0	0.26	38.91	5536	3543				
BH-241	5.5-5.7	26.62	2.721	0.09	74.5	0.30	31.98	4957	3056				
BH-241	8.8-9.3									6.0	9.2	52.1	
BH-241	13.3-13.5	26.60	2.728	0.05	63.4	0.28	30.29	5670	3580				
BH-242	5.6-5.8	26.98	2.753	0.03	71.9	0.25	35.78	5537	3718				
BH-242	7.1-7.8									5.2	7.6	48.3	
BH-242	8.1-8.3	26.47	2.709	0.09	47.1	0.27	26.72	5221	3148				
BH-252-1	31.4-32.1	27.36	2.811	0.23	124.3	0.24	40.22	4662	2885	10.9	16.5	50.2	
BH-261-3	23.5-23.6	26.31	2.703	0.24	129.9	0.25	52.10	4602	2833				
BH-273	10.1-10.3	25.57	2.679	0.08	131.9	0.25	53.97	4250	2440				
BH-280	9.4-9.5	26.09	2.686	0.29	77.3	0.24	31.31	4525	2760				
BH-282	22.8-22.95									15.4			
BH-282	23.25-23.45	26.42	2.698	0.19	133.5	0.17	63.33	4594	2913				
BH-282	30.9-31.9										21.8	53.7	
BH-284	24.8-24.9									16.9			
BH-284	28.85-29.5										23.4	55.9	
BH-284	33.5-33.85	26.42	2.707	0.12	92.6	0.30	34.51	4549	2791				

▣ PROJECT명 : 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사

Hole No.	Depth (m)	Bulk Density (kN/㎥)	Sp./G	Absorption Ratio (%)	Comp. Strength (MPa)	Possion's Ratio	Young's Modulus (GPa)	Wave Velocity		Tensile Strength (MPa)	Triaxial comp. Str		Note
								P-Wave (m/sec)	S-Wave (m/sec)		Cohesion (MPa)	Friction Angle (deg)	
BH-285-1	13.9-14.0	25.52	2.620	0.47	52.6	0.25	18.56	3290	1950				
BH-287	29.2-29.7	25.76	2.640	0.34	130.6	0.22	45.71	3699	2231	11.8	20.1	53.9	
BH-289	14.7-14.8	24.75	2.540	1.26	14.0	0.28	5.62	1253	706				절리
BH-291	12.8-13.1	24.09	2.472	2.54	3.5	-	-						절리
BH-291-1	12.2-12.4	25.16	2.567	0.21	143.3	0.21	55.76	4662	2953				
BH-293	17.8-18.0	25.09	2.577	1.12	17.5	0.31	5.56	1683	925				절리
BH-293	25.5-26.0									8.0	12.4	47.7	
BH-293-1	18.3-18.4	26.09	2.683	0.48	66.1	0.21	38.67	3229	1973				절리
BH-298-1	24.8-25.5	27.05	2.780	0.21	123.4	0.24	42.34	4498	2778	11.7	19.1	53.2	
BH-302-1	23.2-23.35	28.73	2.931	0.06	68.2	0.22	52.33	4622	2941				절리
BH-302	23.3-23.5	26.60	2.722	0.14	69.6	0.23	26.33	4511	2649				
BH-302	26.7-27.25									16.7	21.5	57.3	절리
BH-303	9.75-9.95	25.57	2.624	0.18	253.3	0.28	56.60	4451	2796				절리
BH-305	19.0-19.15	26.16	2.683	0.11	61.4	0.23	24.87	4096	2440				
BH-305-7	13.8-13.9	26.54	2.721	0.22	72.6	0.21	25.93	3961	2430				
BH-306	24.6-24.8	27.06	2.791	0.02	87.4	0.21	46.22	4580	2850				절리
BH-309	17.7-17.8	26.10	2.680	0.64	59.7	0.20	28.72	3304	1986				
BH-316	19.9-20.1	26.48			54.2	0.23	22.59	3643					
BH-317	23.2-23.4	27.06	2.788	0.41	52.8	0.28	21.50	4117	2437				
BH-286	13.1-13.3	25.63	2.637	0.37	72.9	0.24	25.75	3549	2128				
BH-294-1	9.6-9.7	25.95	2.667	0.71	82.9	0.23	27.37	3768	2326				
BH-308	16.7-17.0	26.18	2.699	0.28	68.4	0.25	31.70	3579	2123				

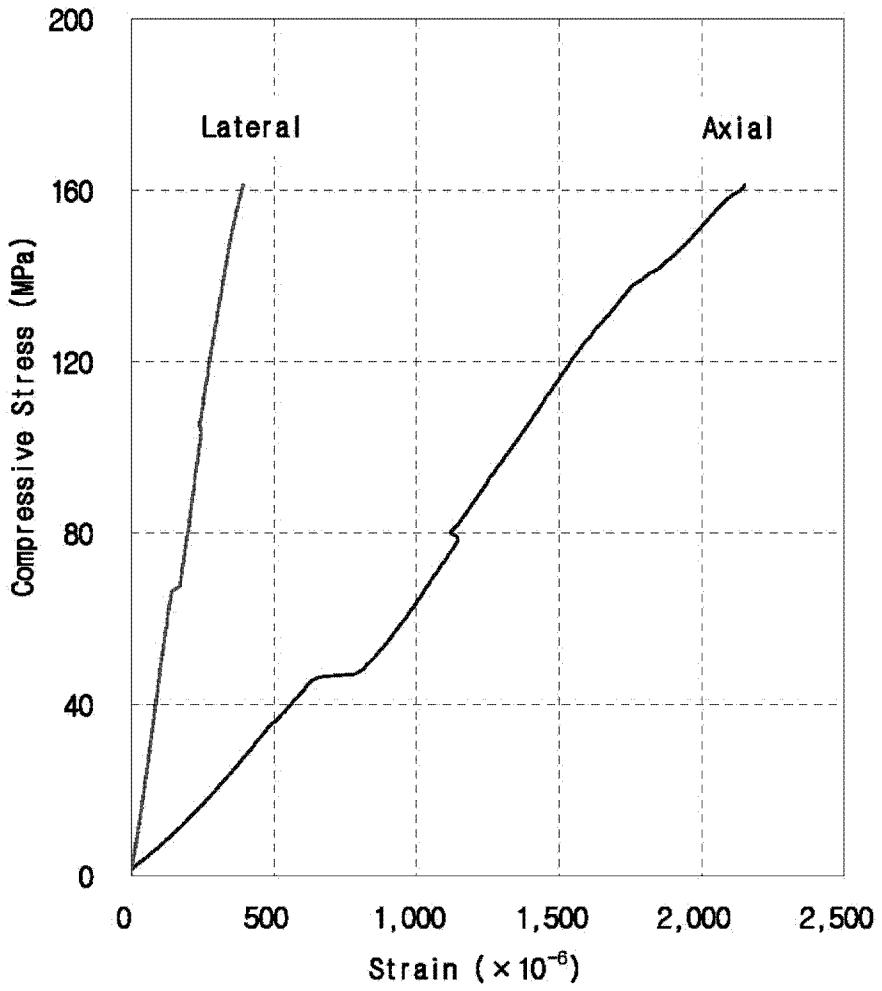
5.2 기본물성 및 일축압축강도시험

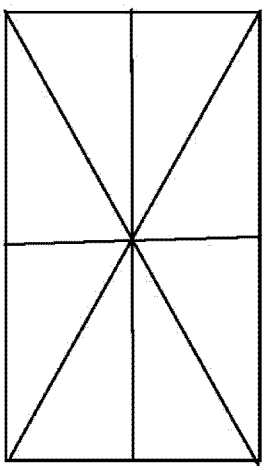
UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

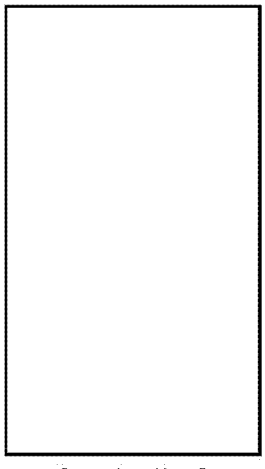
의뢰기관 : 신우엔지니어링	접수번호 :
개시일자 : 2012년 5월 10일	접수일자 : 2012년 5월 9일
완료일자 : 2012년 5월 18일	시험공번 : BH-239
시 료 명 : 암석코아	시험심도 : 37.0 m - 37.3 m
시 험 자 : Kim, Jong Bo	확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.60	
Specimen Height (mm)	106.20	
Specimen Weight (g)	589.60	
Bulk Density (kN/m³)	27.07	
Comp. Strength (MPa)	161.4	
Young's Modulus (GPa)	94.79	
Poisson's Ratio	0.18	
Elastic Wave Velocity (m/s)	5679	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

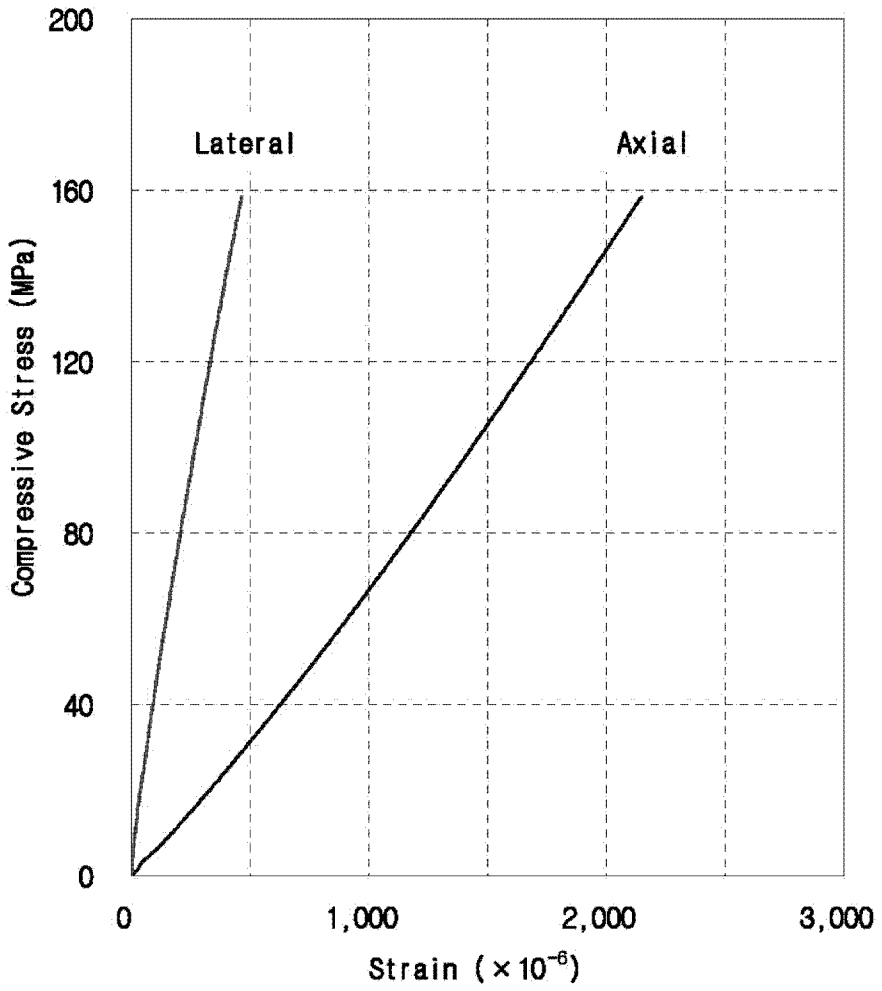
개시일자 : 2012년 5월 10일 접수일자 : 2012년 5월 9일

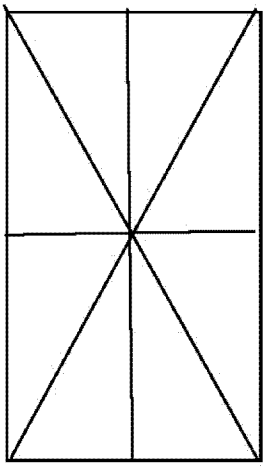
완료일자 : 2012년 5월 18일 시험공번 : BH-239

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 39.8 m - 40.0 m

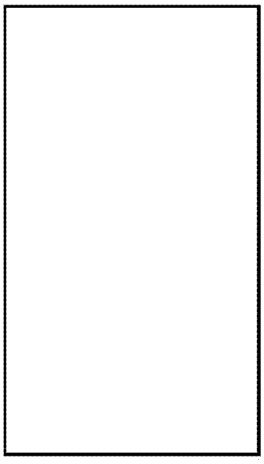
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.70	
Specimen Height (mm)	104.80	
Specimen Weight (g)	584.80	
Bulk Density (kN/m³)	27.10	
Comp. Strength (MPa)	158.6	
Young's Modulus (GPa)	76.68	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	5727	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

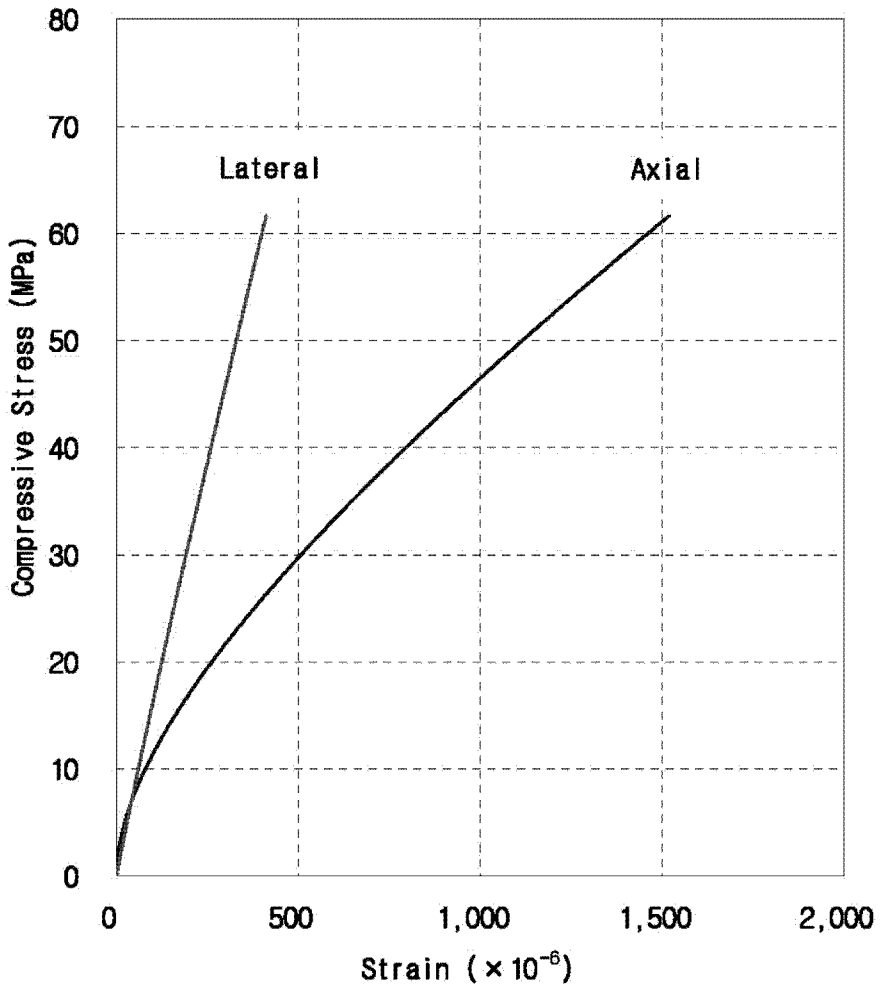
개시일자 : 2012년 4월 16일 접수일자 : 2012년 4월 13일

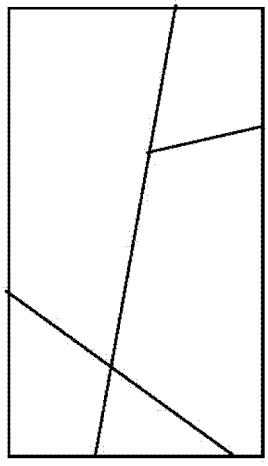
완료일자 : 2012년 4월 24일 시험공번 : BH-240

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 6.0 m - 6.2 m

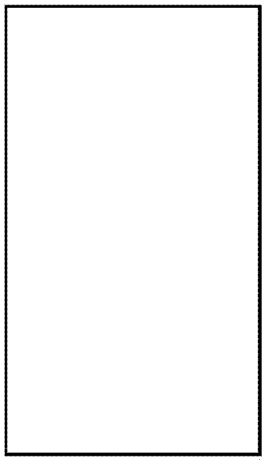
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.60	
Specimen Height (mm)	102.00	
Specimen Weight (g)	557.80	
Bulk Density (kN/m³)	26.67	
Comp. Strength (MPa)	61.6	절리발달
Young's Modulus (GPa)	37.30	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4679	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

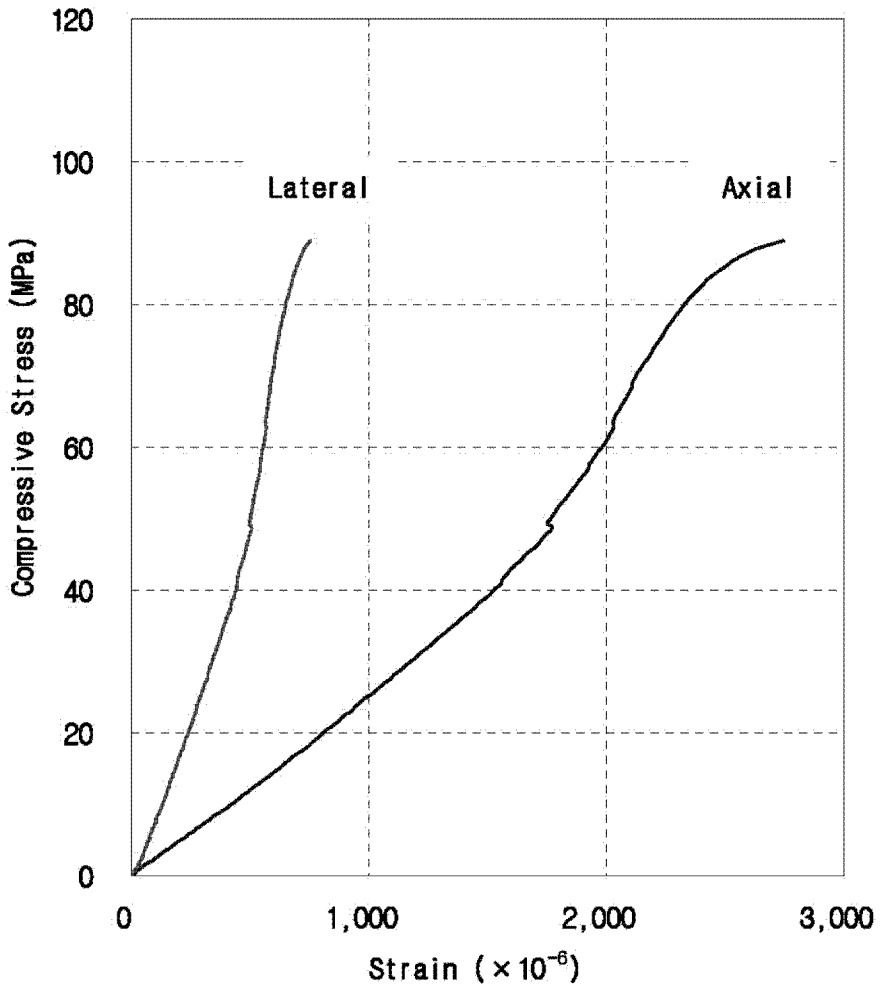
개시일자 : 2012년 4월 16일 접수일자 : 2012년 4월 13일

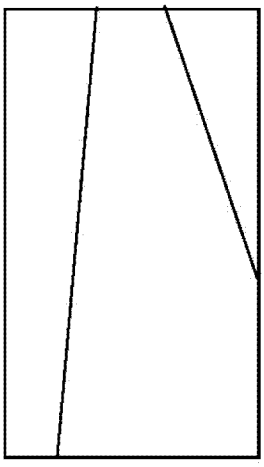
완료일자 : 2012년 4월 24일 시험공번 : BH-240

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 12.9 m - 13.1 m

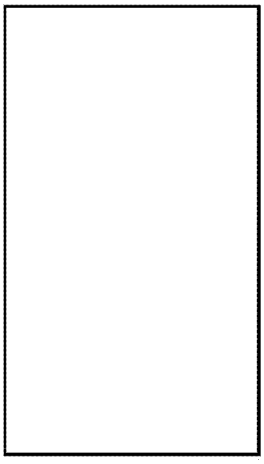
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.30	
Specimen Height (mm)	106.30	
Specimen Weight (g)	574.90	
Bulk Density (kN/m³)	26.69	
Comp. Strength (MPa)	89.0	
Young's Modulus (GPa)	38.91	
Poisson's Ratio	0.26	
Elastic Wave Velocity (m/s)	5536	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

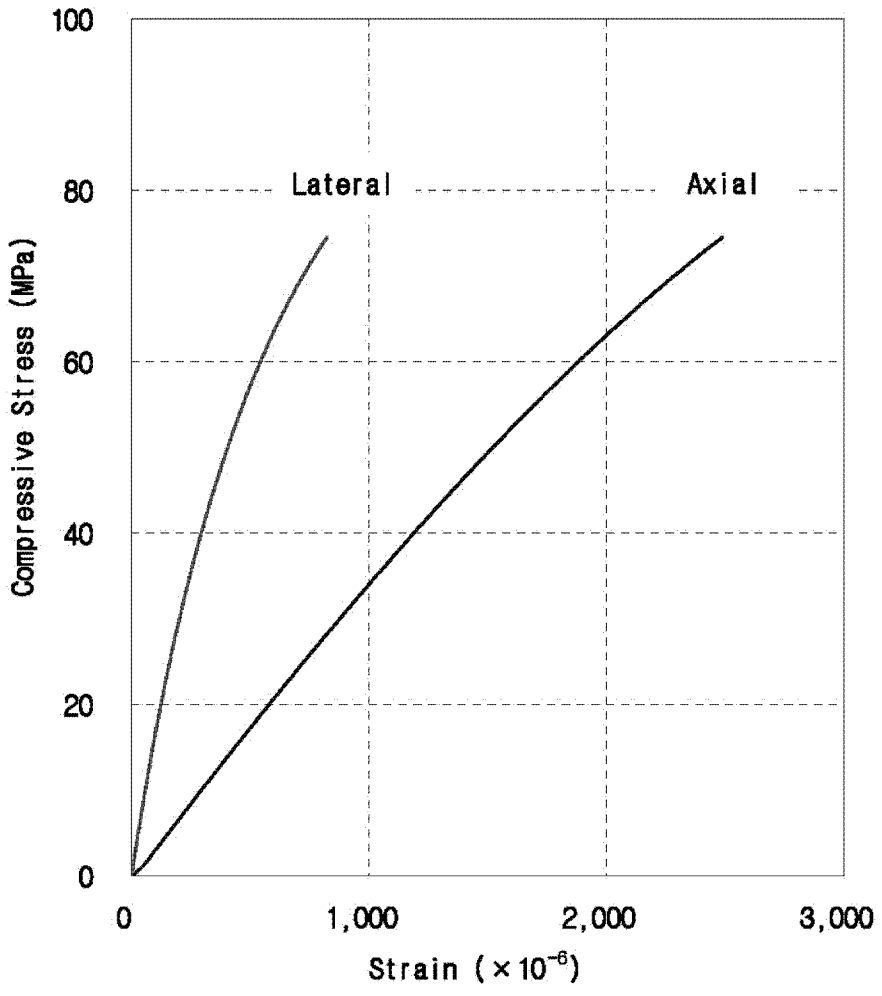
개시일자 : 2012년 4월 16일 접수일자 : 2012년 4월 13일

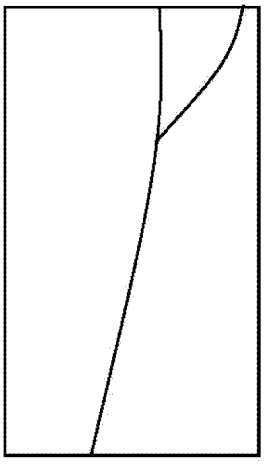
완료일자 : 2012년 4월 24일 시험공번 : BH-241

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 5.5 m - 5.7 m

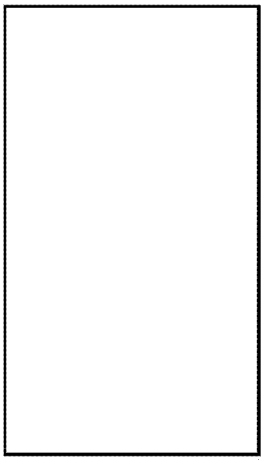
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.50	
Specimen Height (mm)	103.60	
Specimen Weight (g)	563.30	
Bulk Density (kN/m³)	26.62	
Comp. Strength (MPa)	74.5	
Young's Modulus (GPa)	31.98	
Poisson's Ratio	0.30	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4957	





Sample No.1



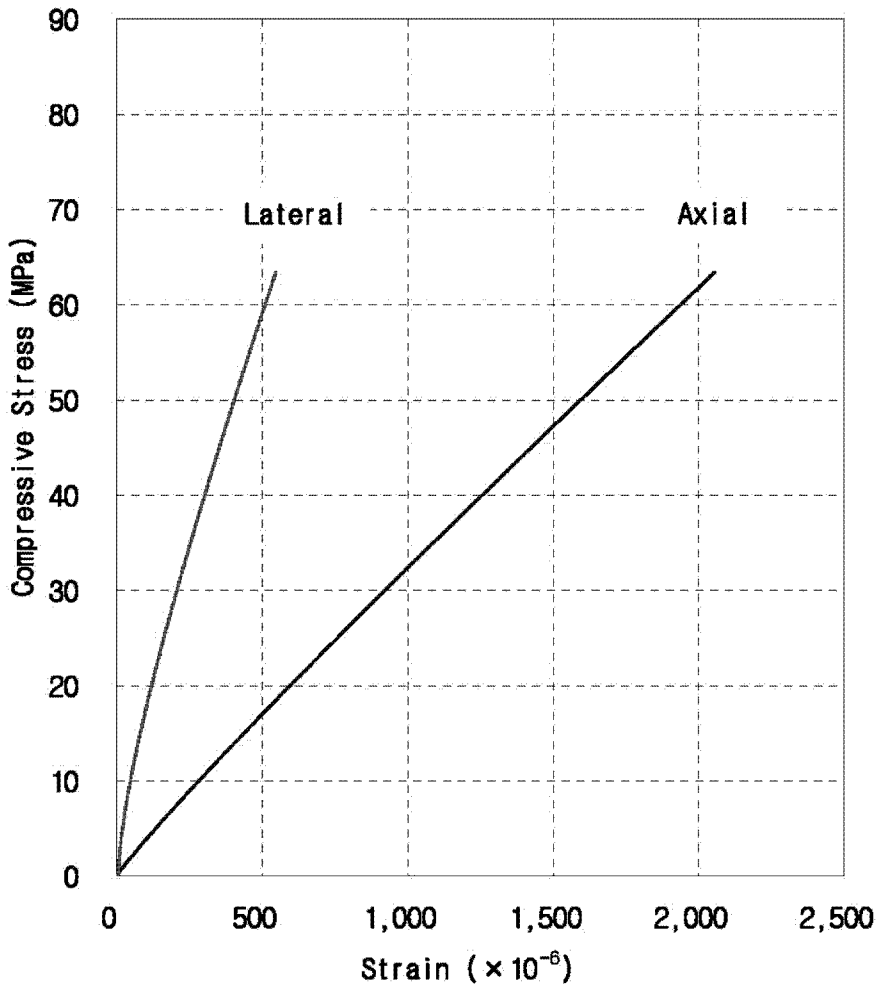
Sample No.2

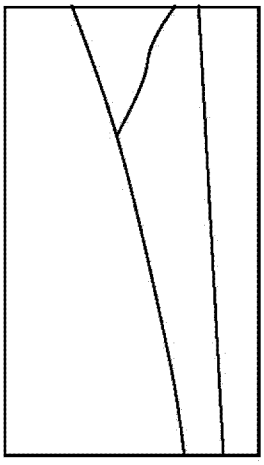
UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

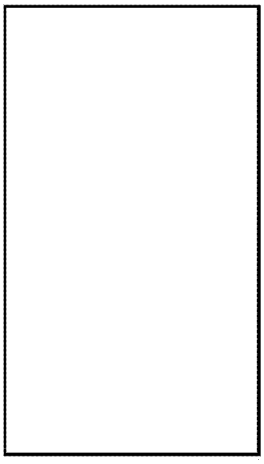
의뢰기관 : 신우엔지니어링	접수번호 :
개시일자 : 2012년 4월 16일	접수일자 : 2012년 4월 13일
완료일자 : 2012년 4월 24일	시험공번 : BH-241
시 료 명 : 암석코아	시험심도 : 13.3 m - 13.5 m
시 험 자 : Kim, Jong Bo	확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.70	
Specimen Height (mm)	104.90	
Specimen Weight (g)	574.50	
Bulk Density (kN/m³)	26.60	
Comp. Strength (MPa)	63.4	
Young's Modulus (GPa)	30.29	
Poisson's Ratio	0.28	
Elastic Wave Velocity (m/s)	5670	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

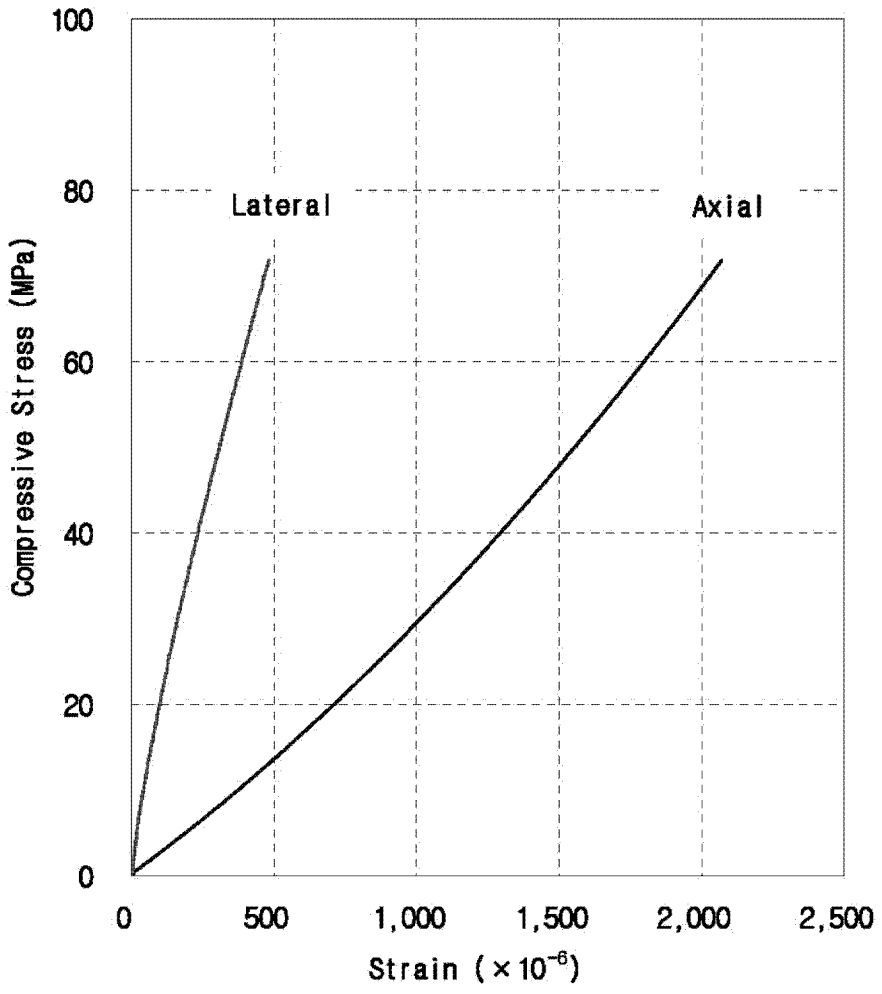
개시일자 : 2012년 4월 16일 접수일자 : 2012년 4월 13일

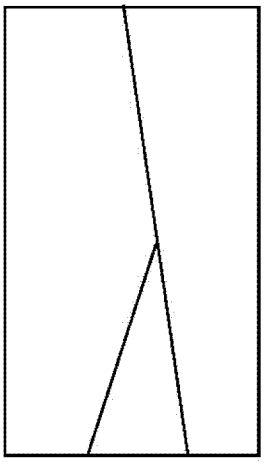
완료일자 : 2012년 4월 24일 시험공번 : BH-242

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 5.6 m - 5.8 m

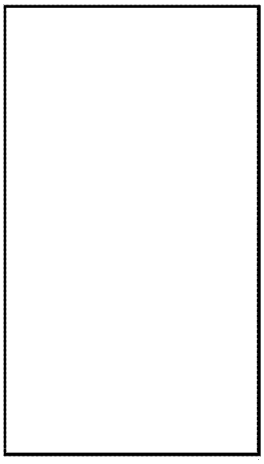
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.50	
Specimen Height (mm)	104.10	
Specimen Weight (g)	573.70	
Bulk Density (kN/m³)	26.98	
Comp. Strength (MPa)	71.9	
Young's Modulus (GPa)	35.78	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	5537	





Sample No.1



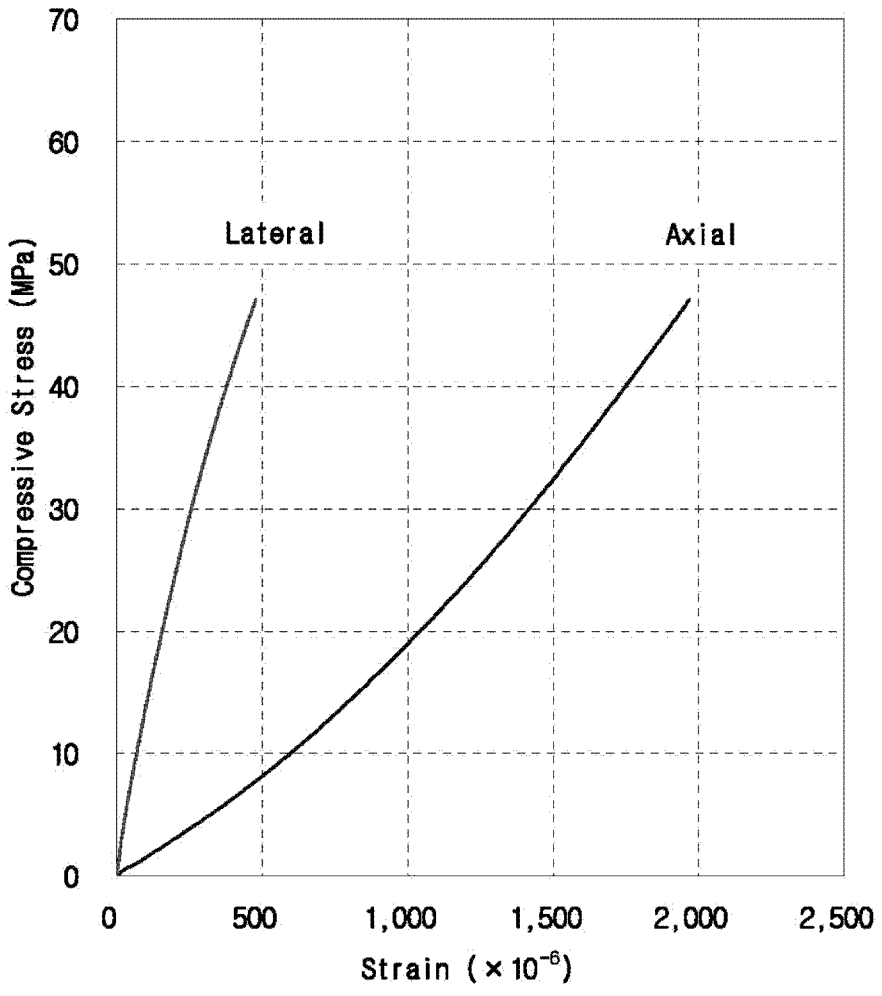
Sample No.2

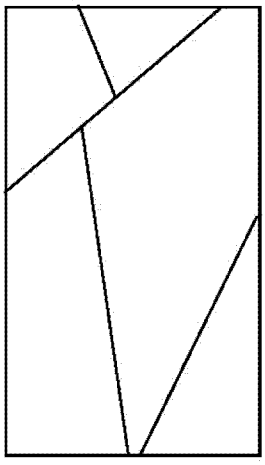
UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

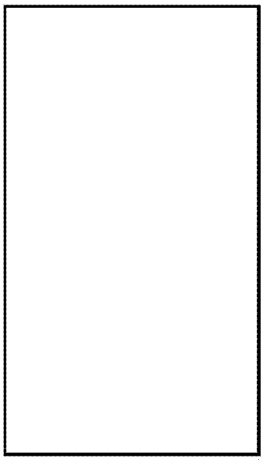
의뢰기관 : 신우엔지니어링	접수번호 :
개시일자 : 2012년 4월 16일	접수일자 : 2012년 4월 13일
완료일자 : 2012년 4월 24일	시험공번 : BH-242
시 료 명 : 암석코아	시험심도 : 8.1 m - 8.3 m
시 험 자 : Kim, Jong Bo	확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.40	
Specimen Height (mm)	103.90	
Specimen Weight (g)	559.60	
Bulk Density (kN/m³)	26.47	
Comp. Strength (MPa)	47.1	절리발달
Young's Modulus (GPa)	26.72	
Poisson's Ratio	0.27	
Elastic Wave Velocity (m/s)	5221	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

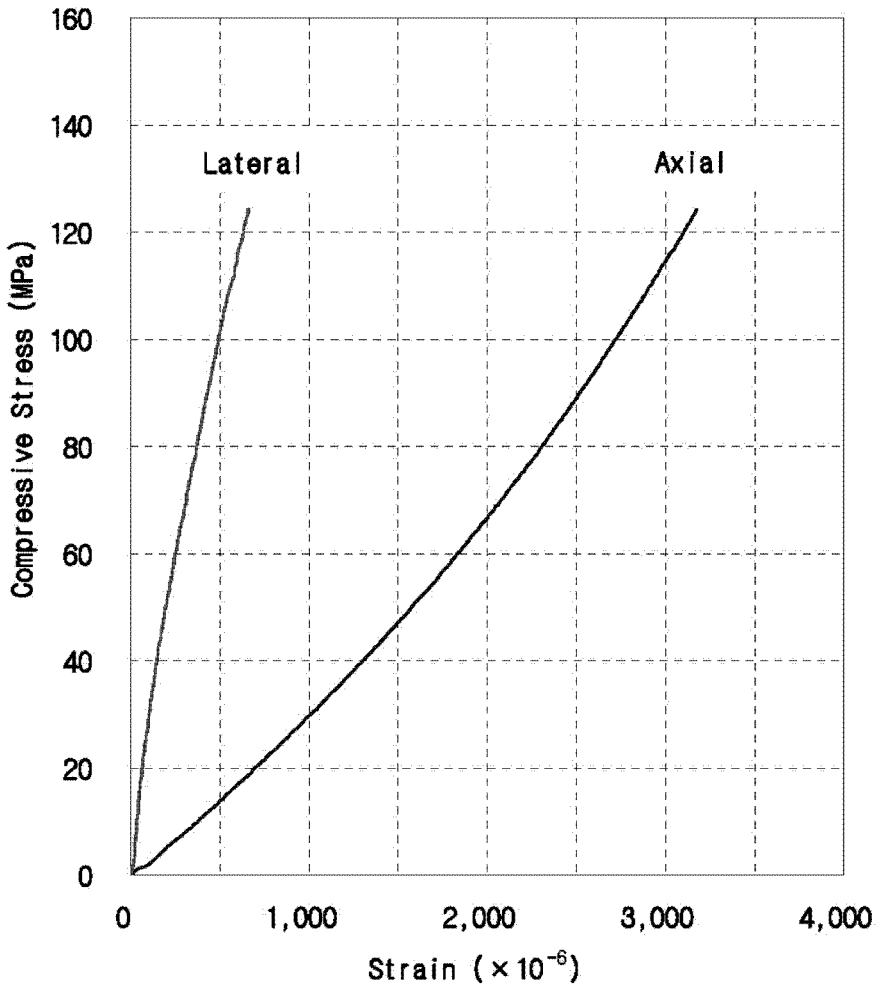
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

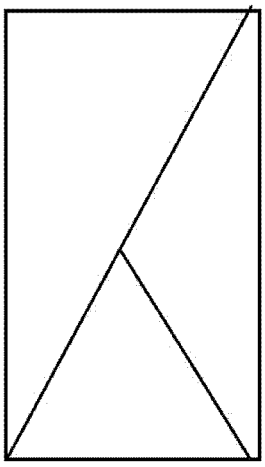
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-252-1

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 31.4 m - 32.1 m

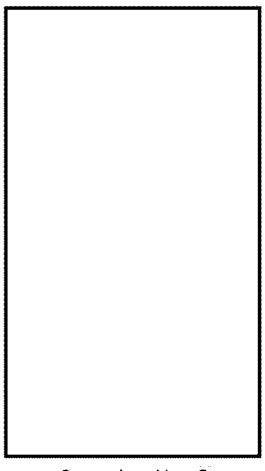
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.70	
Specimen Height (㎜)	100.70	
Specimen Weight (g)	567.30	
Bulk Density (kN/㎥)	27.36	
Comp. Strength (MPa)	124.3	
Young's Modulus (GPa)	40.22	
Poisson's Ratio	0.24	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4662	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

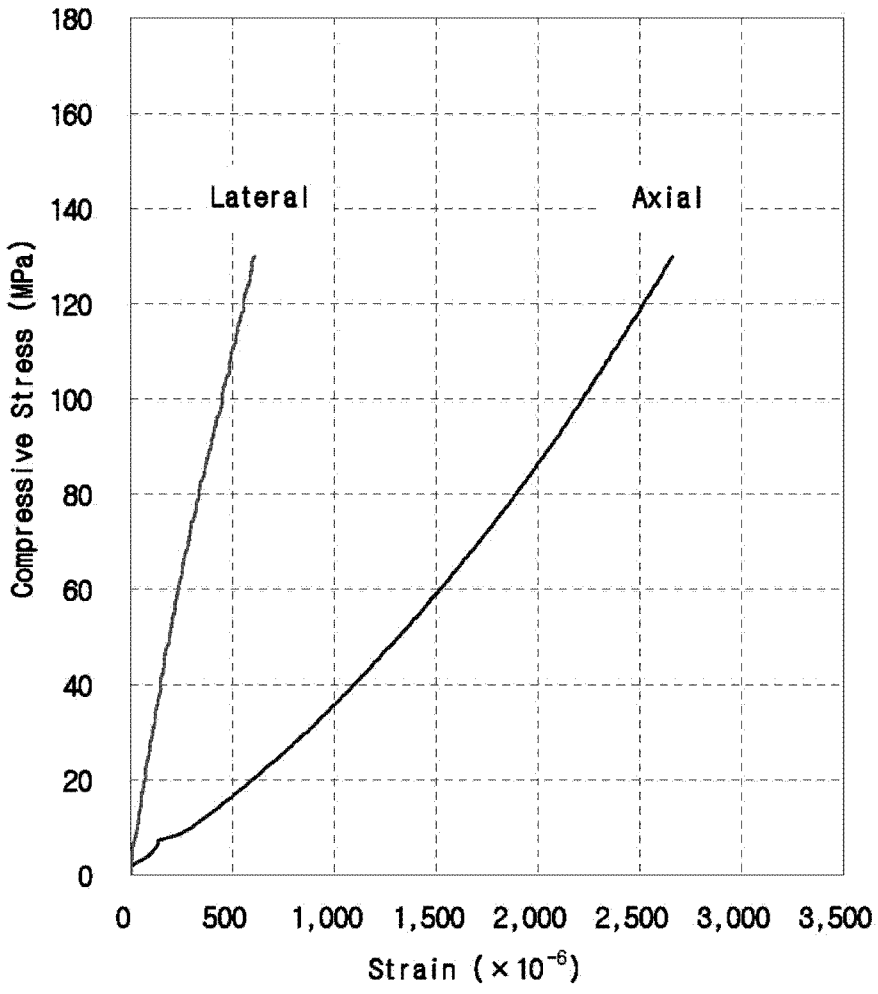
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

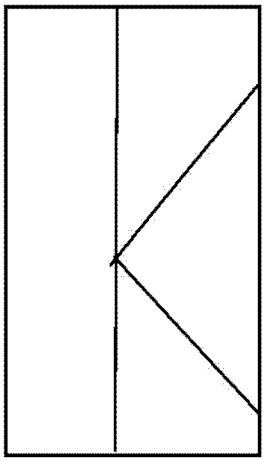
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-261-3

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 23.5 m - 23.6 m

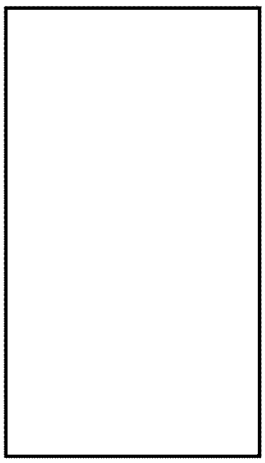
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.60	
Specimen Height (㎜)	101.70	
Specimen Weight (g)	548.80	
Bulk Density (kN/㎥)	26.31	
Comp. Strength (MPa)	129.9	
Young's Modulus (GPa)	52.10	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4602	





Sample No.1



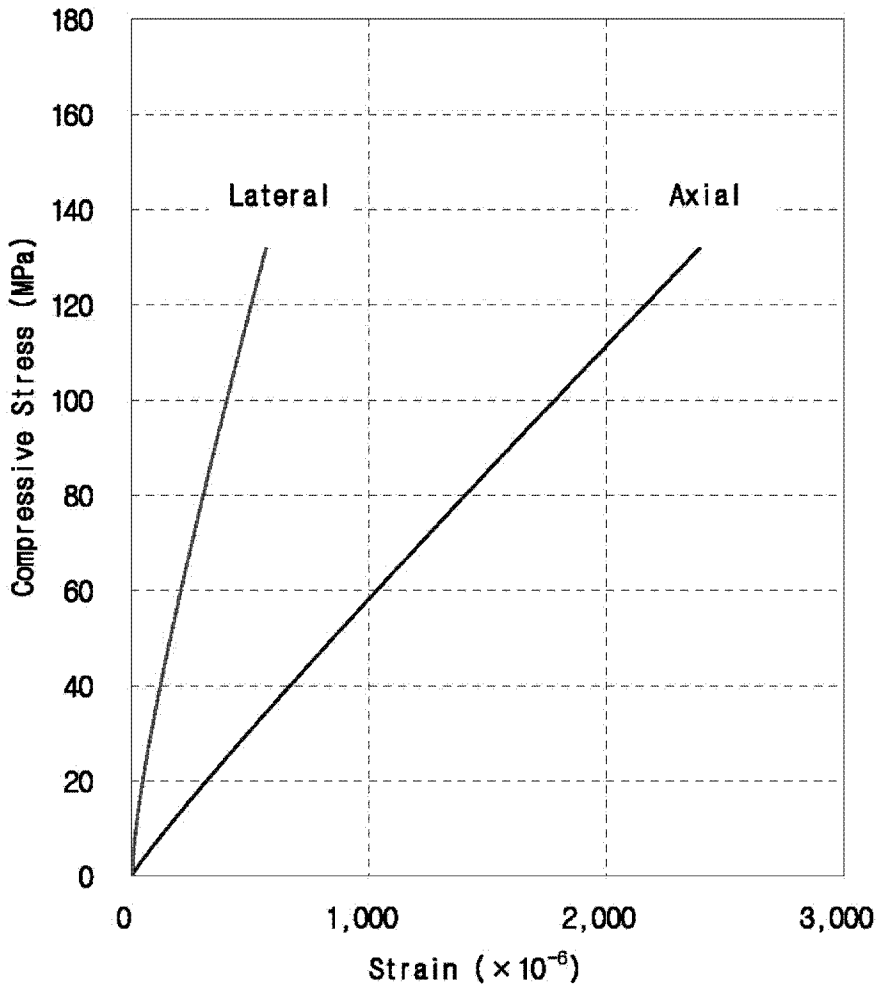
Sample No.2

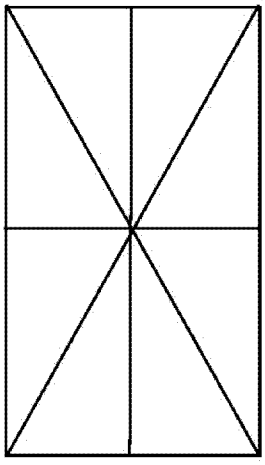
UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

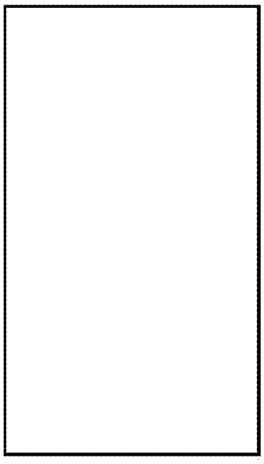
의뢰기관 : 신우엔지니어링	접수번호 :
개시일자 : 2012년 4월 16일	접수일자 : 2012년 4월 13일
완료일자 : 2012년 4월 24일	시험공번 : BH-273
시 료 명 : 암석코아	시험심도 : 10.1 m - 10.3 m
시 험 자 : Kim, Jong Bo	확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	49.90	
Specimen Height (mm)	102.00	
Specimen Weight (g)	520.20	
Bulk Density (kN/m³)	25.57	
Comp. Strength (MPa)	131.9	
Young's Modulus (GPa)	53.97	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4250	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

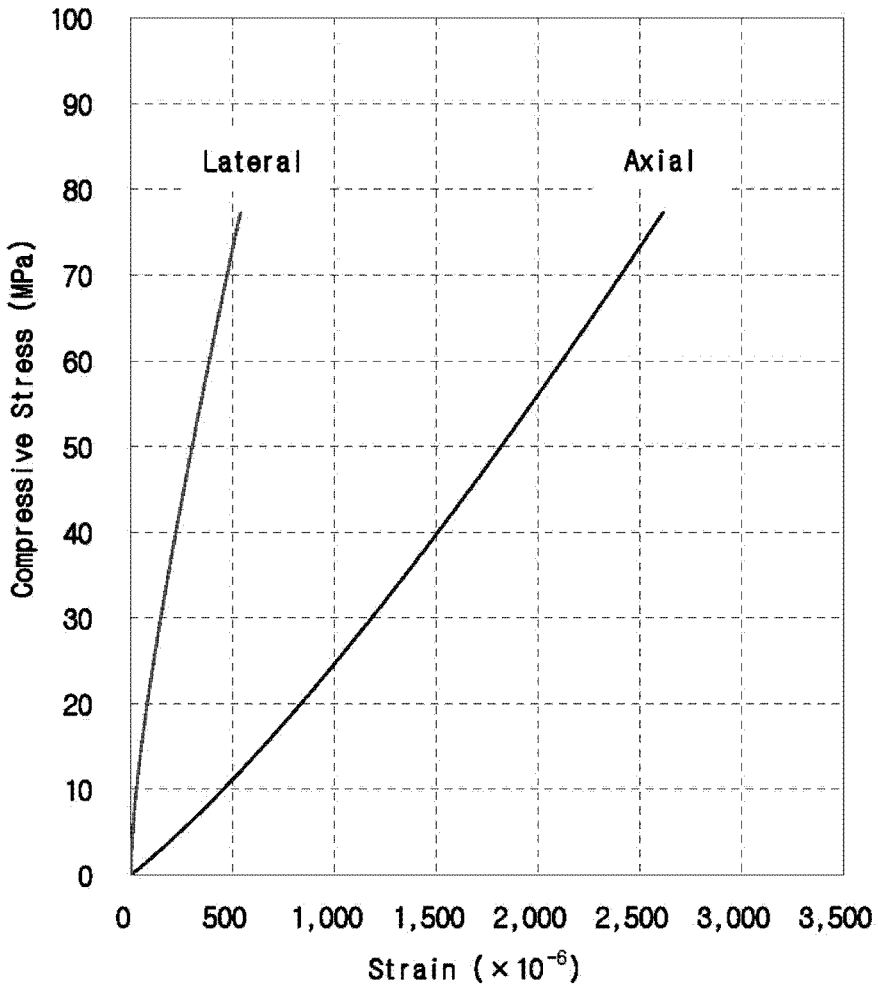
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

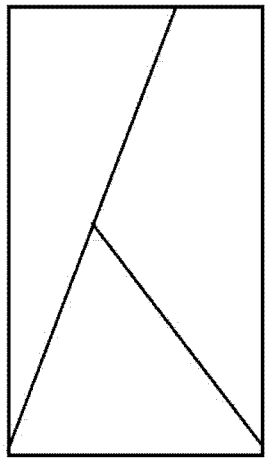
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-280

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 9.4 m - 9.5 m

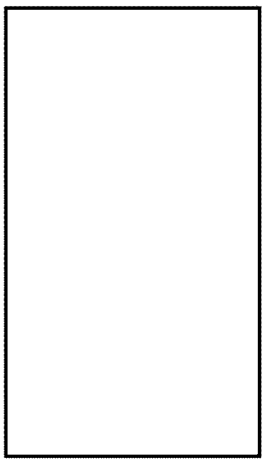
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.20	
Specimen Height (㎜)	99.10	
Specimen Weight (g)	521.90	
Bulk Density (kN/㎥)	26.09	
Comp. Strength (MPa)	77.3	
Young's Modulus (GPa)	31.31	
Poisson's Ratio	0.24	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4525	





Sample No.1



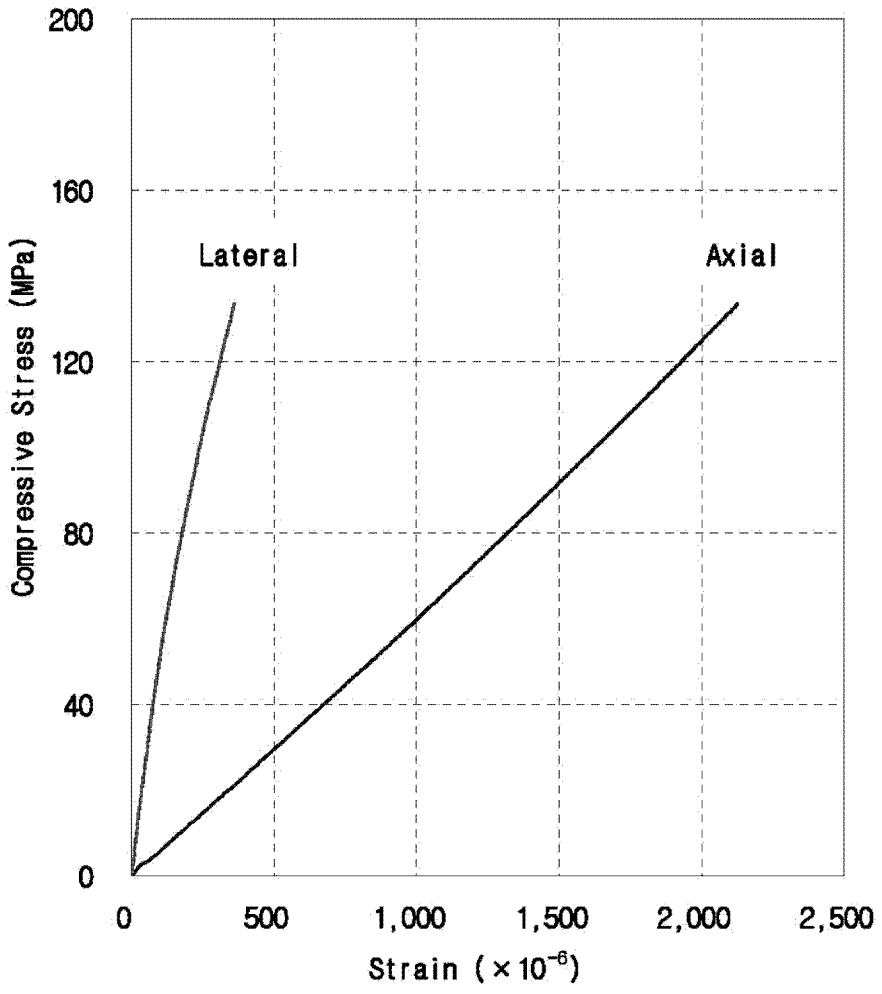
Sample No.2

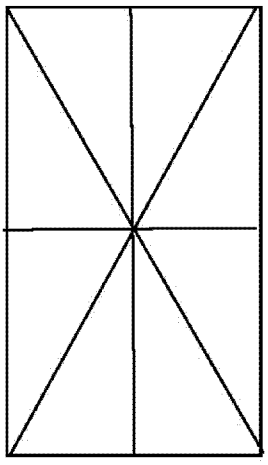
UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

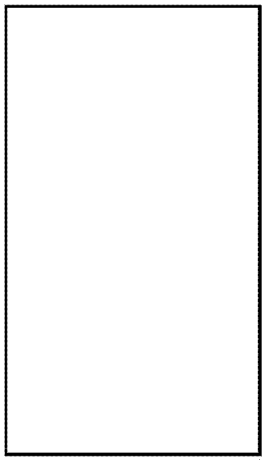
의뢰기관 : 신우엔지니어링	접수번호 :
개시일자 : 2012년 5월 10일	접수일자 : 2012년 5월 9일
완료일자 : 2012년 5월 18일	시험공번 : BH-282
시 료 명 : 암석코아	시험심도 : 23.25 m - 23.45 m
시 험 자 : Kim, Jong Bo	확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.60	
Specimen Height (mm)	107.50	
Specimen Weight (g)	582.40	
Bulk Density (kN/m³)	26.42	
Comp. Strength (MPa)	133.5	
Young's Modulus (GPa)	63.33	
Poisson's Ratio	0.17	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4594	





Sample No.1



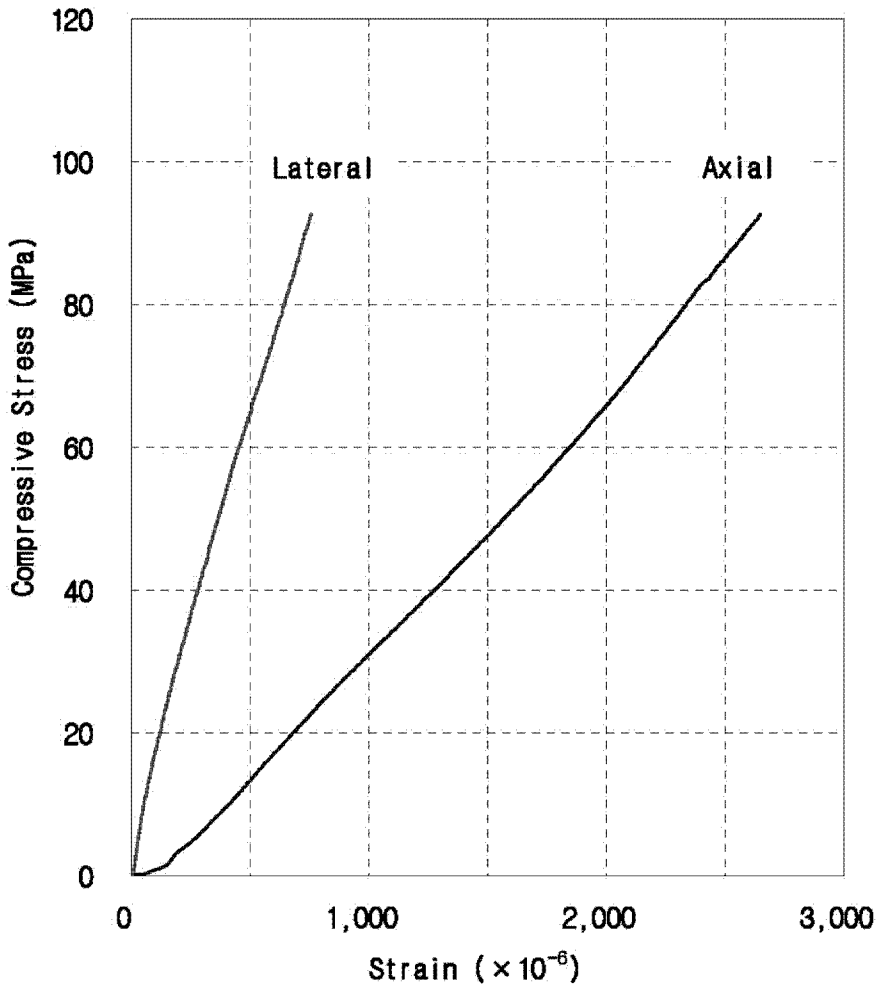
Sample No.2

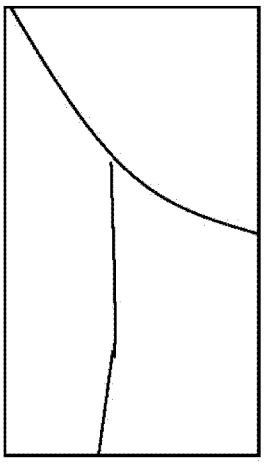
UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

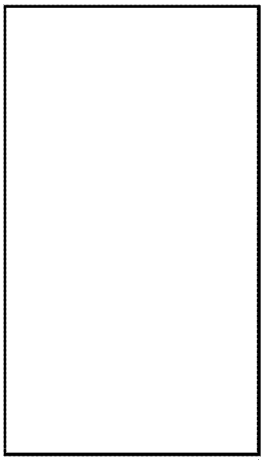
의뢰기관 : 신우엔지니어링	접수번호 :
개시일자 : 2012년 5월 10일	접수일자 : 2012년 5월 9일
완료일자 : 2012년 5월 18일	시험공번 : BH-284
시 료 명 : 암석코아	시험심도 : 33.5 m - 33.85 m
시 험 자 : Kim, Jong Bo	확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.60	
Specimen Height (mm)	106.90	
Specimen Weight (g)	579.20	
Bulk Density (kN/m³)	26.42	
Comp. Strength (MPa)	92.6	
Young's Modulus (GPa)	34.51	
Poisson's Ratio	0.30	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4549	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

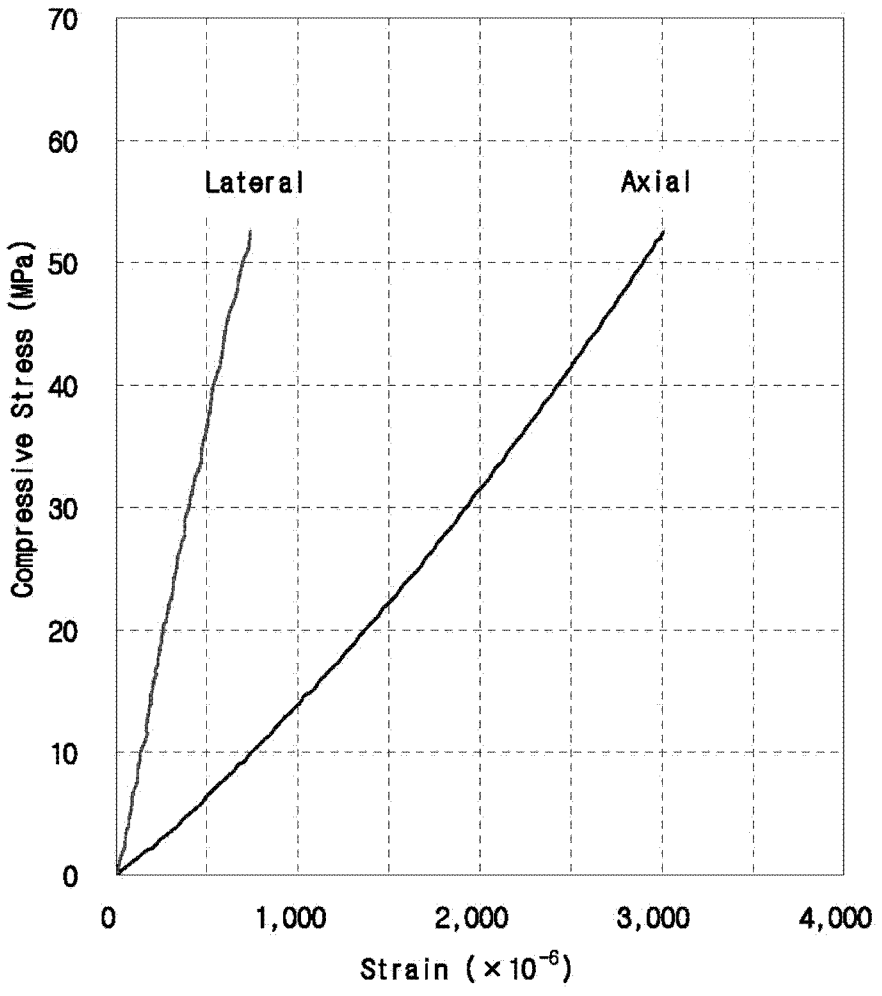
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

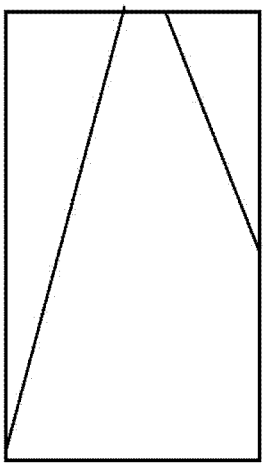
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-285-1

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 13.9 m - 14.0 m

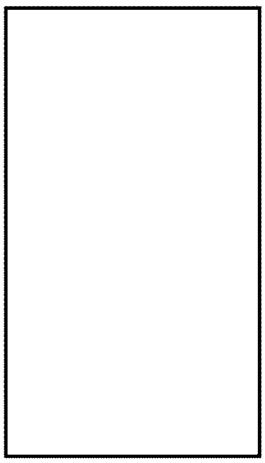
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.50	
Specimen Height (㎜)	101.00	
Specimen Weight (g)	569.10	
Bulk Density (kN/㎥)	25.52	
Comp. Strength (MPa)	52.6	
Young's Modulus (GPa)	18.56	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3290	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 | 접수번호 :

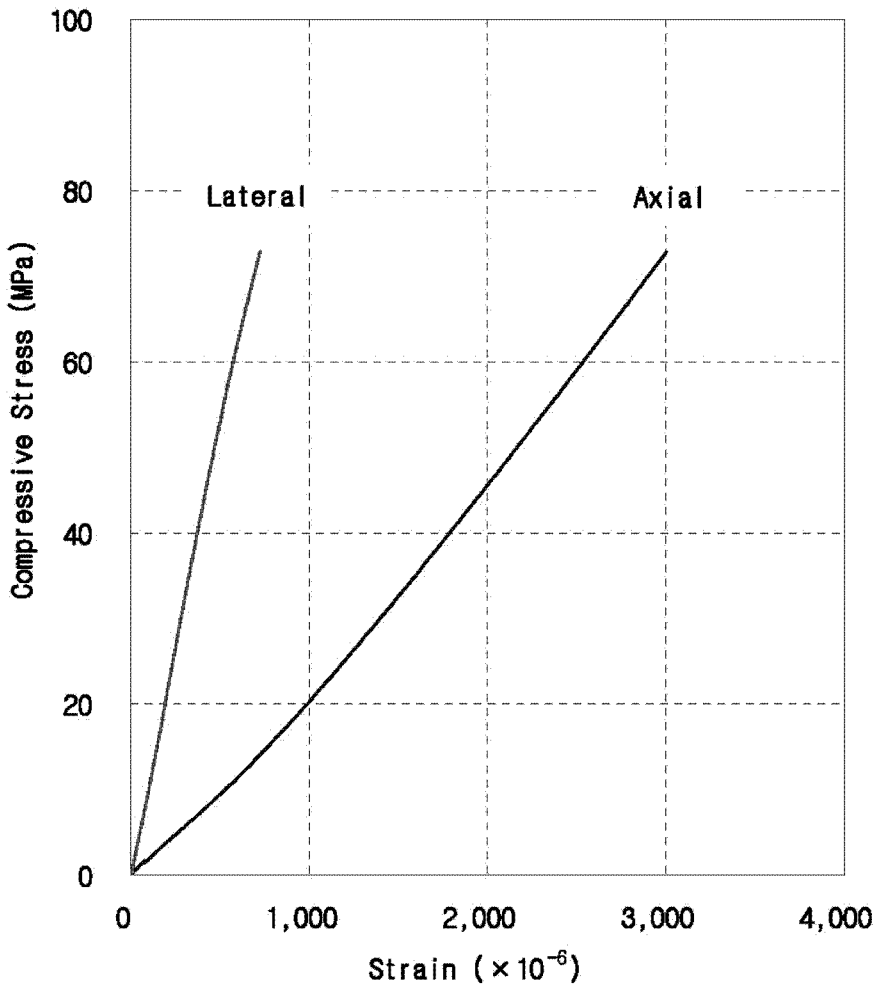
개시일자 : 2013년 4월 4일 | 접수일자 : 2013년 4월 3일

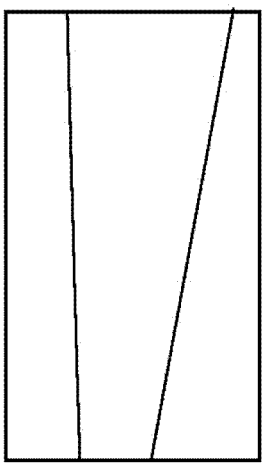
완료일자 : 2013년 4월 11일 | 시험공번 : BH-286

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 13.1-13.3m

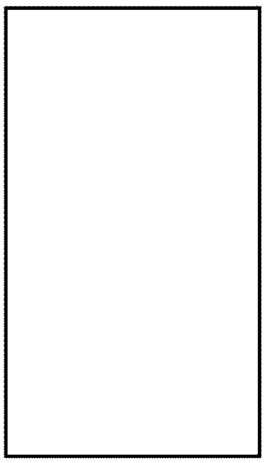
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.40	
Specimen Height (㎜)	107.90	
Specimen Weight (g)	562.70	
Bulk Density (kN/㎥)	25.63	
Comp. Strength (MPa)	72.9	
Young's Modulus (GPa)	25.75	
Poisson's Ratio	0.24	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3549	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

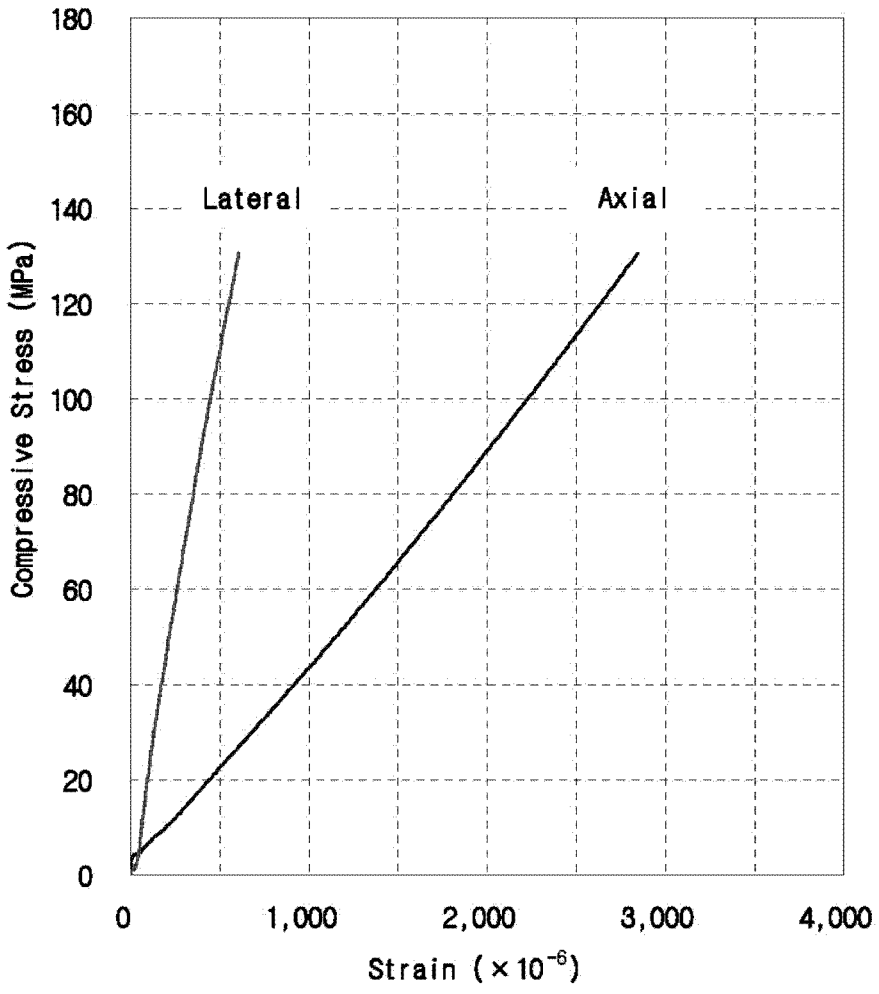
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

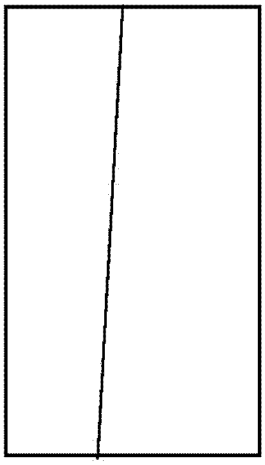
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-287

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 29.2 m - 29.7 m

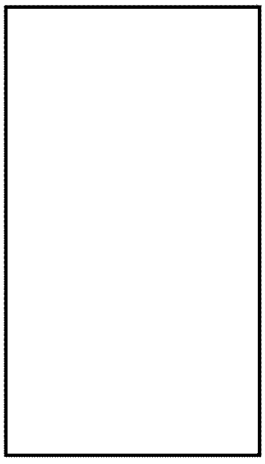
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.80	
Specimen Height (㎜)	99.50	
Specimen Weight (g)	529.80	
Bulk Density (kN/㎥)	25.76	
Comp. Strength (MPa)	130.6	
Young's Modulus (GPa)	45.71	
Poisson's Ratio	0.22	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3699	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

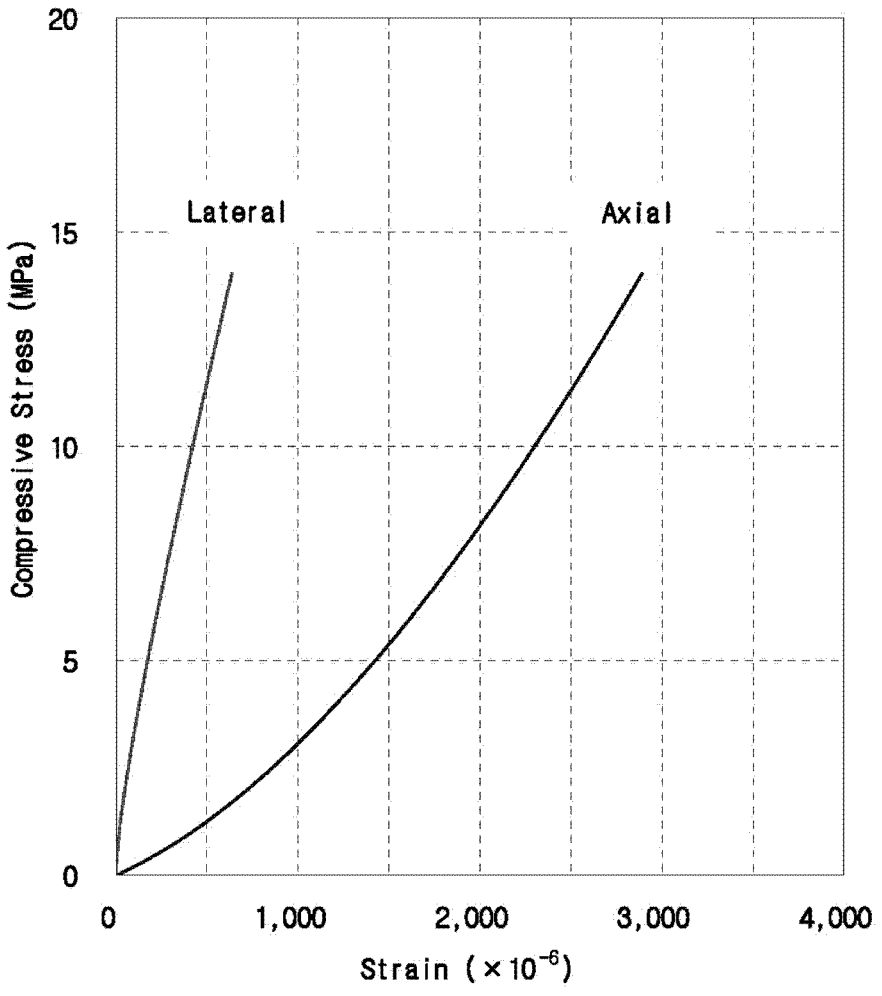
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

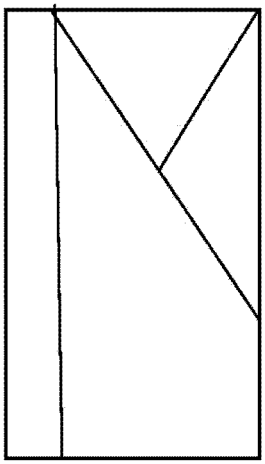
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-289

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 14.7 m - 14.8 m

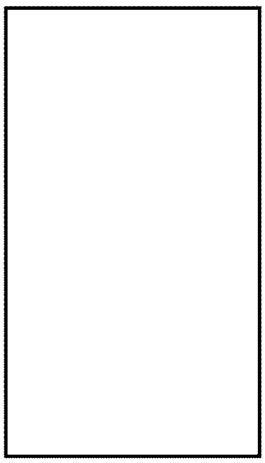
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.00	
Specimen Height (㎜)	99.50	
Specimen Weight (g)	493.20	
Bulk Density (kN/㎥)	24.75	
Comp. Strength (MPa)	14.0	절리발달
Young's Modulus (GPa)	5.62	
Poisson's Ratio	0.28	
Elastic Wave Velocity (m/s)	1253	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

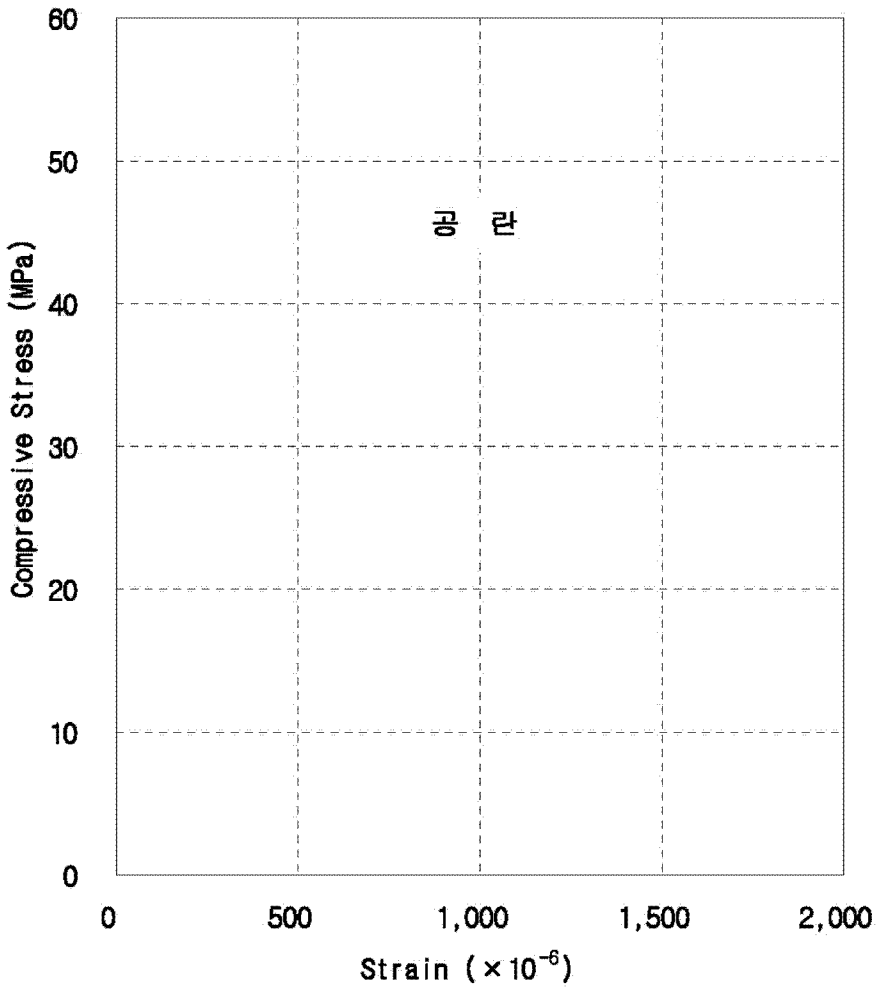
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

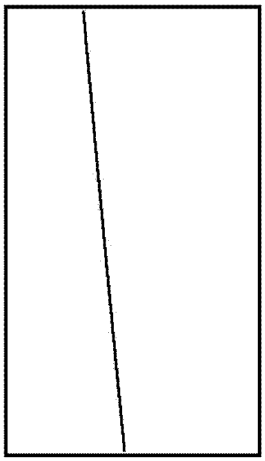
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-291

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 12.8 m - 13.1 m

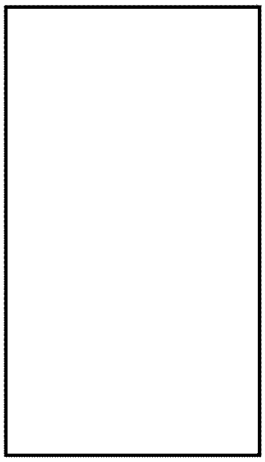
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.30	
Specimen Height (㎜)	102.80	
Specimen Weight (g)	501.90	
Bulk Density (kN/㎥)	24.09	
Comp. Strength (MPa)	3.5	절리발달
Young's Modulus (GPa)	-	
Poisson's Ratio	-	
Elastic Wave Velocity (m/s)	-	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

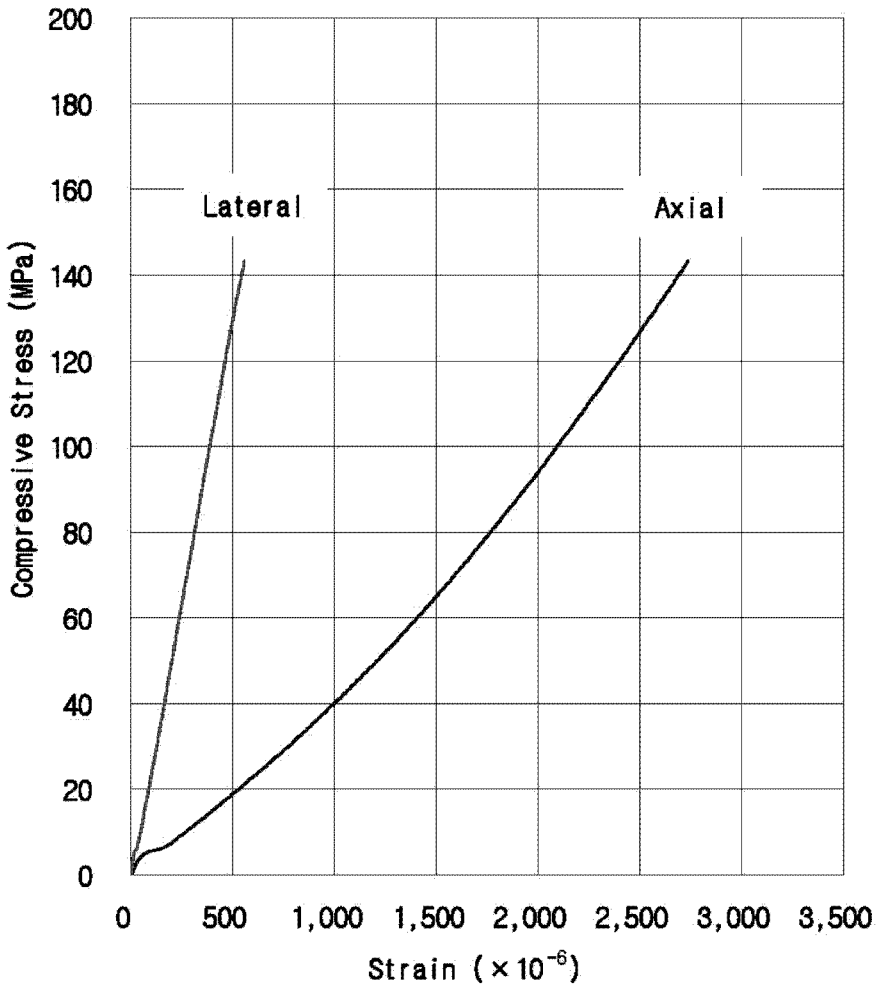
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

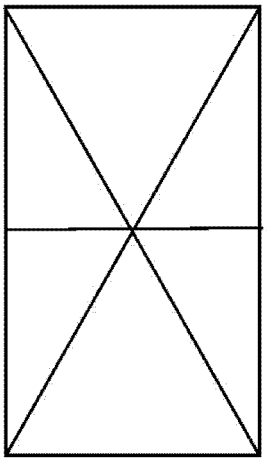
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-291-1

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 12.2 m - 12.4 m

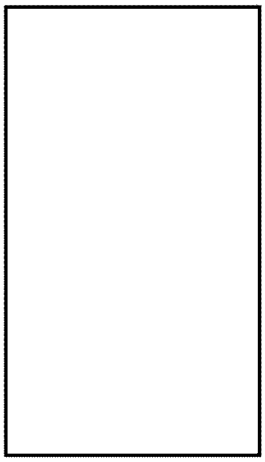
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.30	
Specimen Height (㎜)	100.70	
Specimen Weight (g)	513.40	
Bulk Density (kN/㎥)	25.16	
Comp. Strength (MPa)	143.3	
Young's Modulus (GPa)	55.76	
Poisson's Ratio	0.21	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4662	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 | 접수번호 :

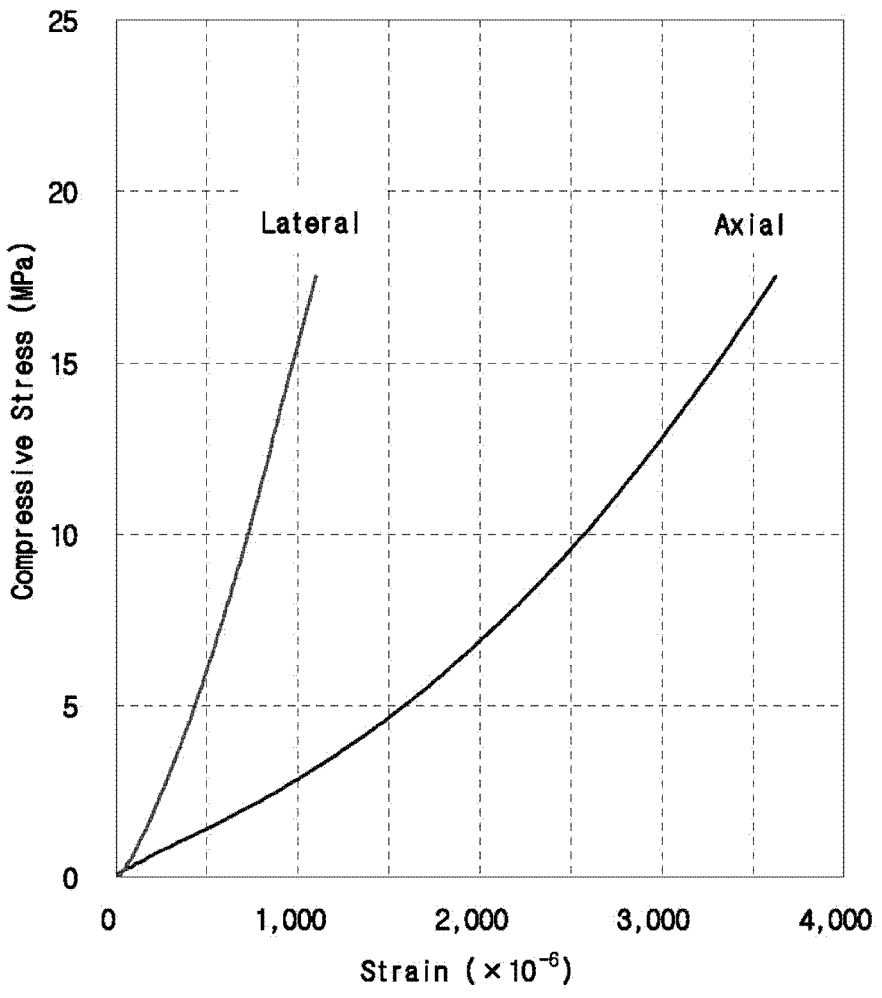
개시일자 : 2012년 12월 21일 | 접수일자 : 2012년 12월 20일

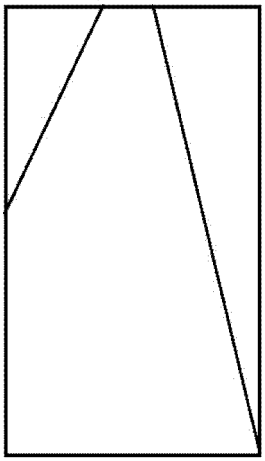
완료일자 : 2012년 12월 27일 | 시험공번 : BH-293

시 료 명 : 암석코아 | 시험심도 : 17.8 m - 18.0 m

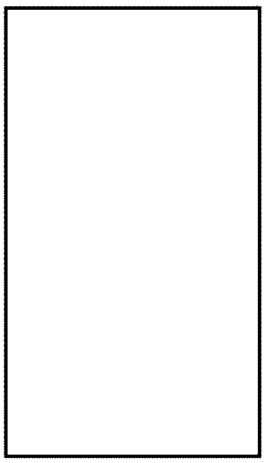
시 험 자 : Kim, Jong Bo | 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.50	
Specimen Height (㎜)	100.30	
Specimen Weight (g)	555.60	
Bulk Density (kN/㎥)	25.09	
Comp. Strength (MPa)	17.5	절리발달
Young's Modulus (GPa)	5.56	
Poisson's Ratio	0.31	
Elastic Wave Velocity (m/s)	1683	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

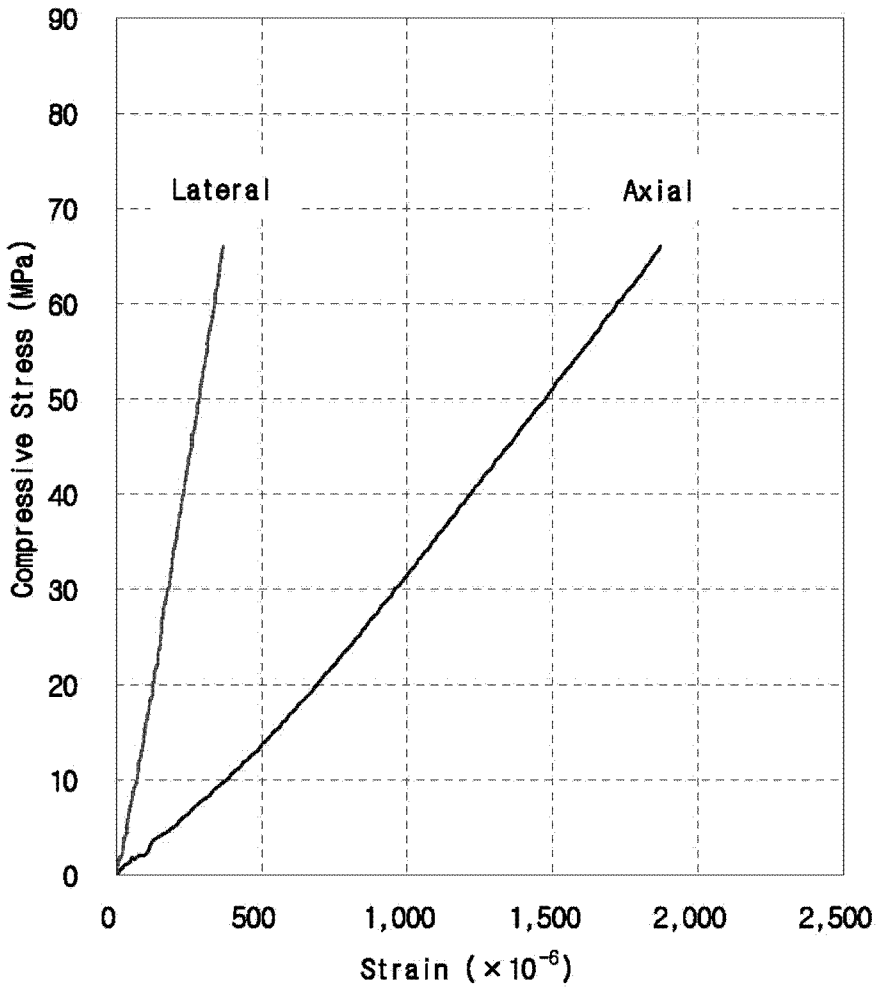
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

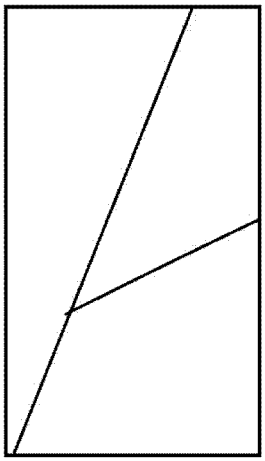
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-293-1

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 18.3 m - 18.4 m

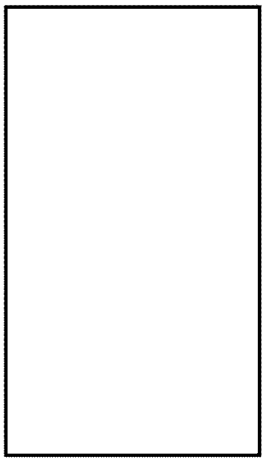
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.30	
Specimen Height (㎜)	101.40	
Specimen Weight (g)	536.10	
Bulk Density (kN/㎥)	26.09	
Comp. Strength (MPa)	66.1	절리발달
Young's Modulus (GPa)	38.67	
Poisson's Ratio	0.21	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3229	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

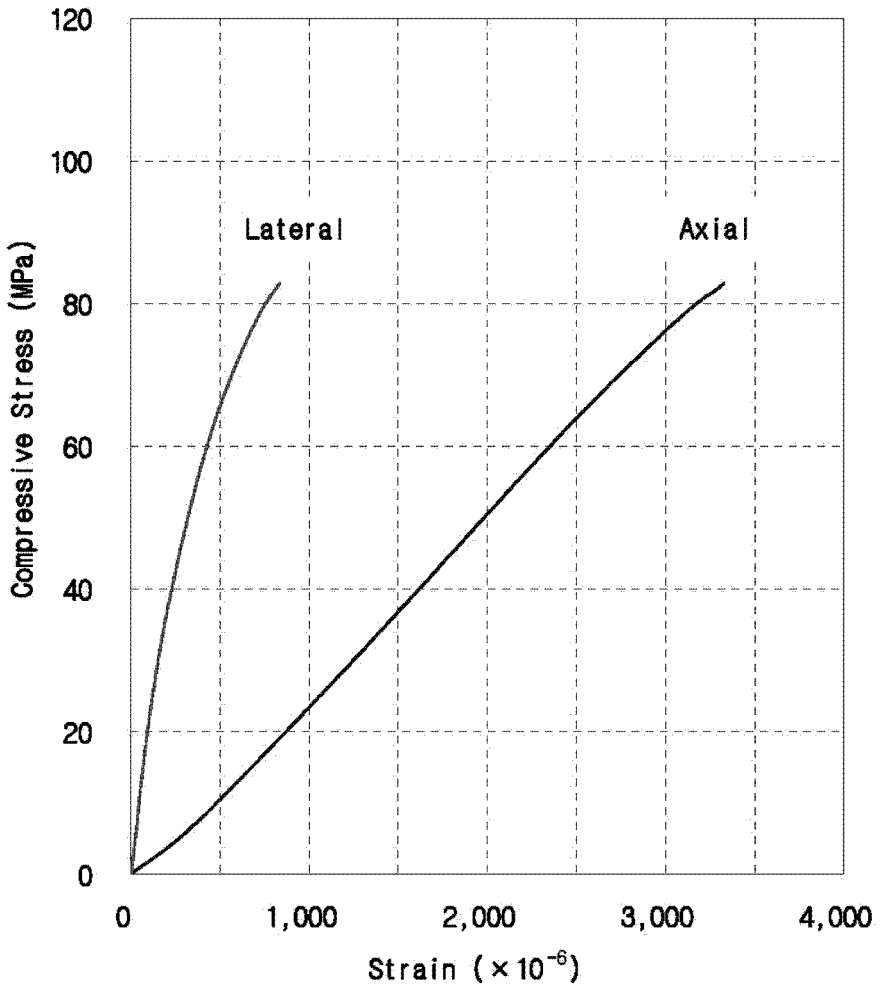
개시일자 : 2013년 4월 4일 접수일자 : 2013년 4월 3일

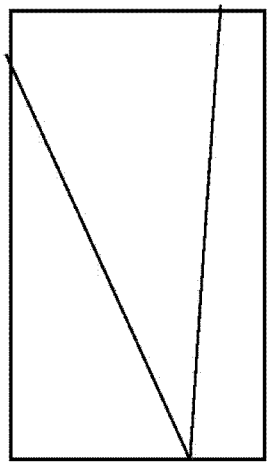
완료일자 : 2013년 4월 11일 시험공번 : BH-294-1

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 9.6-9.7m

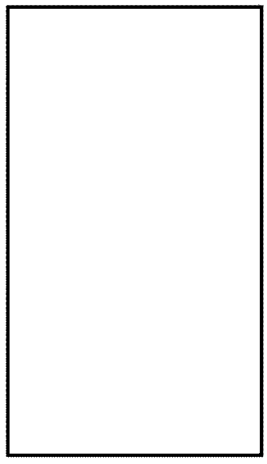
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.40	
Specimen Height (㎜)	107.00	
Specimen Weight (g)	564.90	
Bulk Density (kN/㎥)	25.95	
Comp. Strength (MPa)	82.9	
Young's Modulus (GPa)	27.37	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3768	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

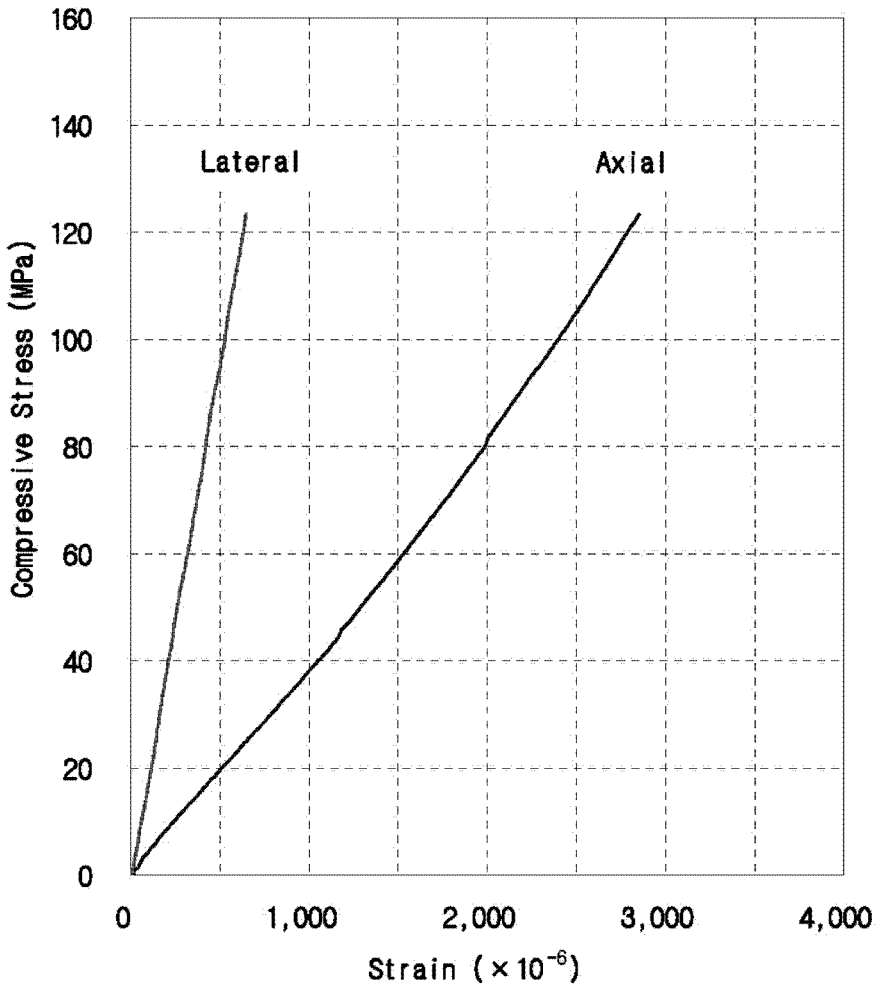
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

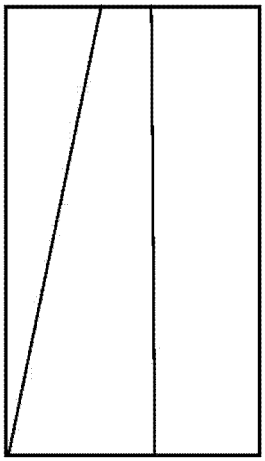
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-298-1

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 24.8 m - 25.5 m

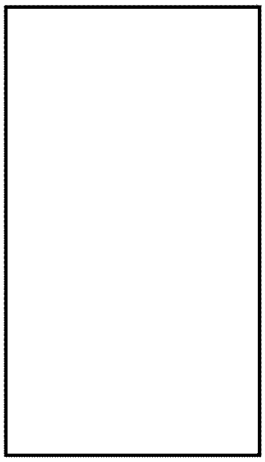
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	52.40	
Specimen Height (㎜)	103.90	
Specimen Weight (g)	618.10	
Bulk Density (kN/㎥)	27.05	
Comp. Strength (MPa)	123.4	
Young's Modulus (GPa)	42.34	
Poisson's Ratio	0.24	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4498	





Sample No.1



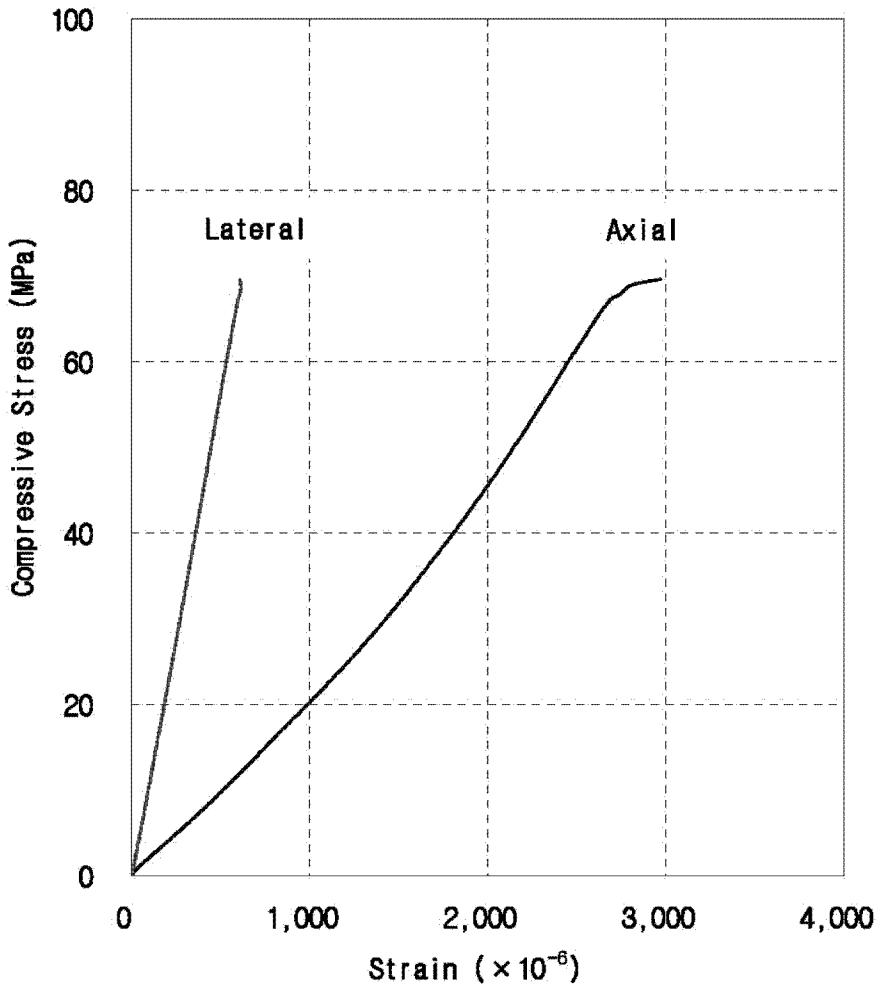
Sample No.2

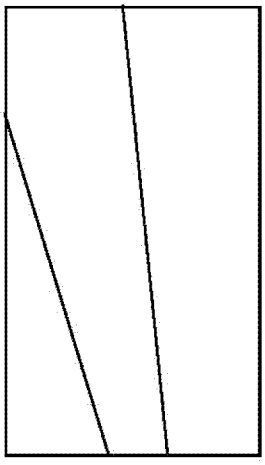
UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

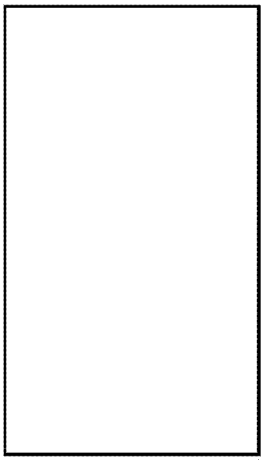
의뢰기관 : 신우엔지니어링	접수번호 :
개시일자 : 2012년 4월 16일	접수일자 : 2012년 4월 13일
완료일자 : 2012년 4월 24일	시험공번 : BH-302
시 료 명 : 암석코아	시험심도 : 23.3 m - 23.5 m
시 험 자 : Kim, Jong Bo	확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.80	
Specimen Height (mm)	103.30	
Specimen Weight (g)	568.00	
Bulk Density (kN/m³)	26.60	
Comp. Strength (MPa)	69.6	
Young's Modulus (GPa)	26.33	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4511	





Sample No.1



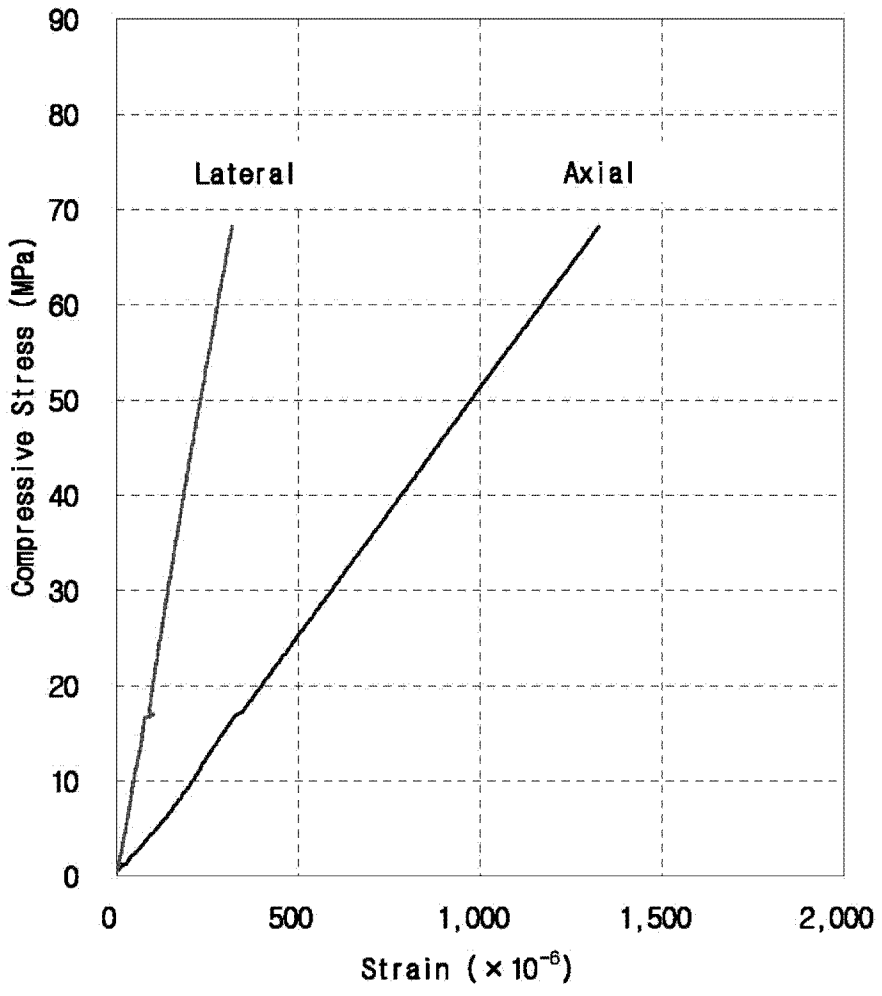
Sample No.2

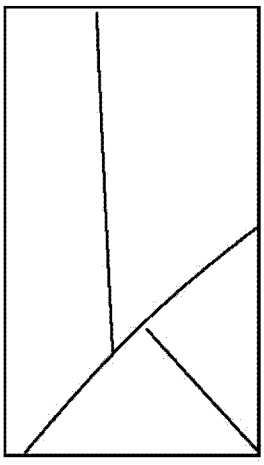
UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

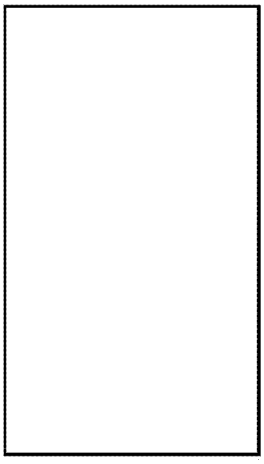
의뢰기관 : 신우엔지니어링	접수번호 :
개시일자 : 2012년 5월 22일	접수일자 : 2012년 5월 21일
완료일자 : 2012년 5월 29일	시험공번 : BH-302-1
시 료 명 : 암석코아	시험심도 : 23.2 m - 23.35 m
시 험 자 : Kim, Jong Bo	확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.70	
Specimen Height (mm)	110.00	
Specimen Weight (g)	650.70	
Bulk Density (kN/m³)	28.73	
Comp. Strength (MPa)	68.2	절리발달
Young's Modulus (GPa)	52.33	
Poisson's Ratio	0.22	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4622	





Sample No.1



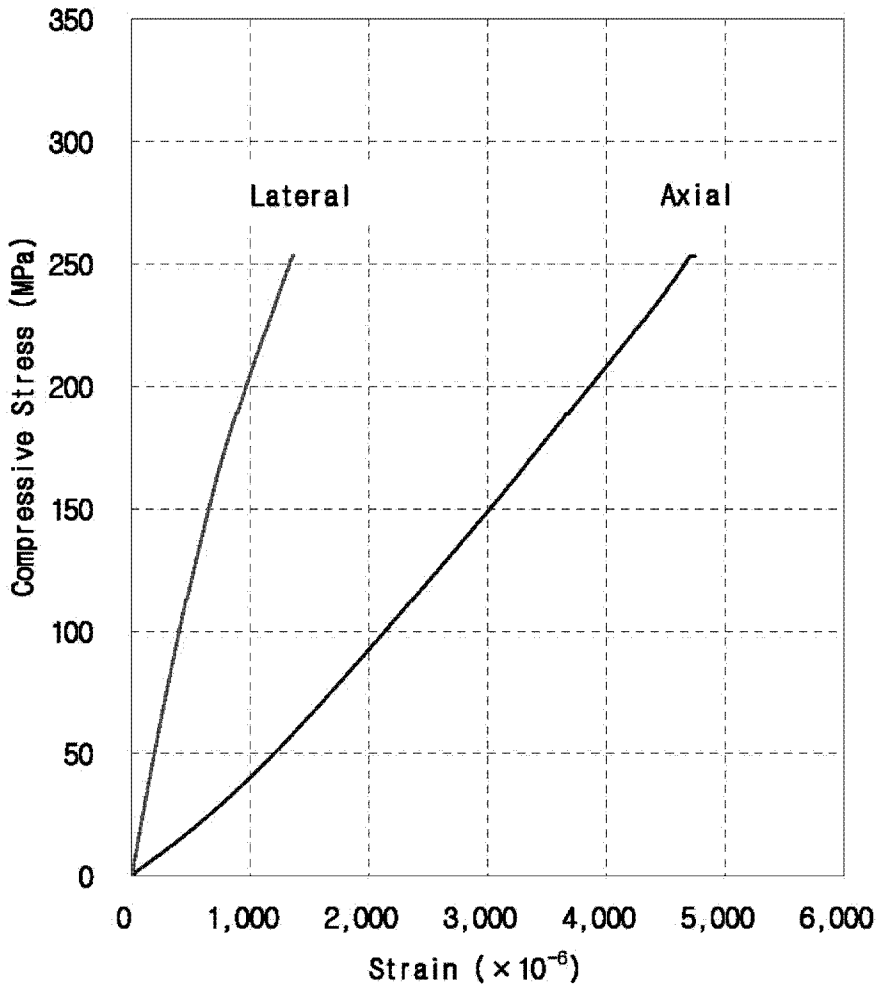
Sample No.2

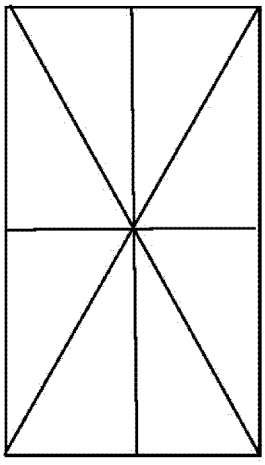
UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

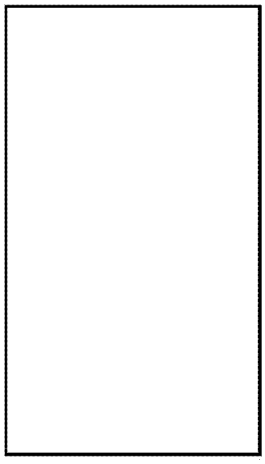
의뢰기관 : 신우엔지니어링	접수번호 :
개시일자 : 2012년 5월 22일	접수일자 : 2012년 5월 21일
완료일자 : 2012년 5월 29일	시험공번 : BH-303
시 료 명 : 암석코아	시험심도 : 9.75 m - 9.95 m
시 험 자 : Kim, Jong Bo	확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.70	
Specimen Height (mm)	113.50	
Specimen Weight (g)	597.50	
Bulk Density (kN/m³)	25.57	
Comp. Strength (MPa)	253.3	
Young's Modulus (GPa)	56.60	
Poisson's Ratio	0.28	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4451	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

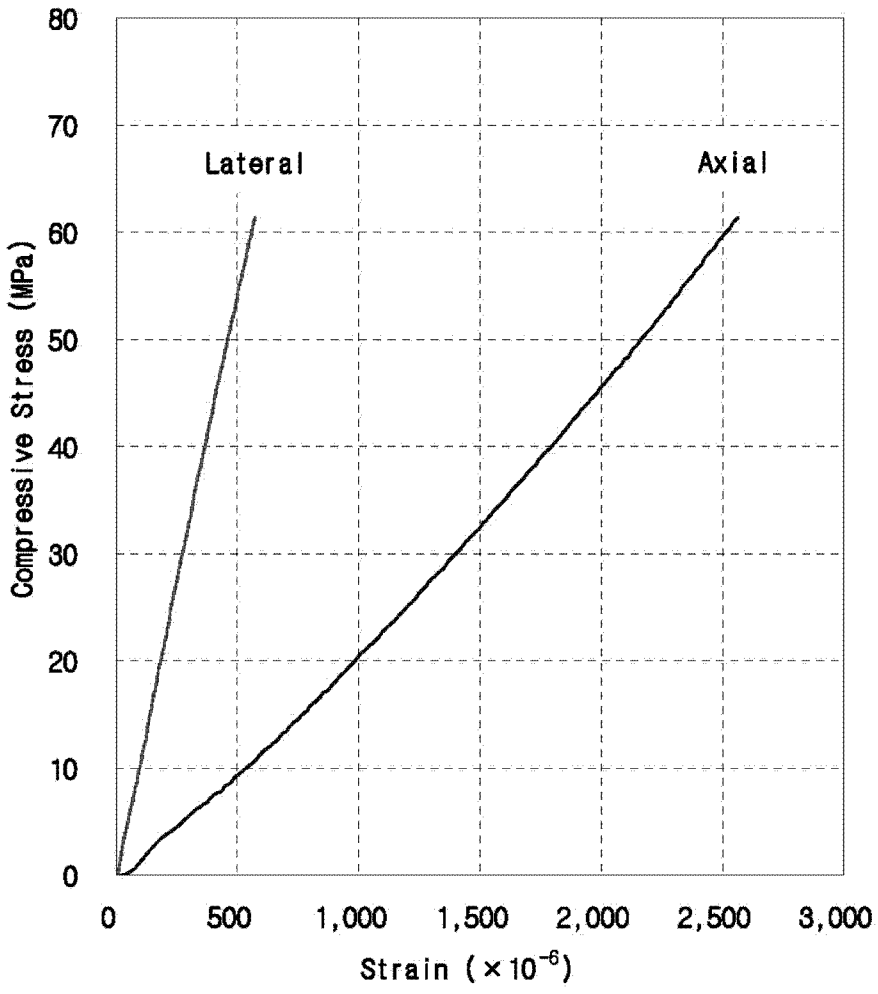
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

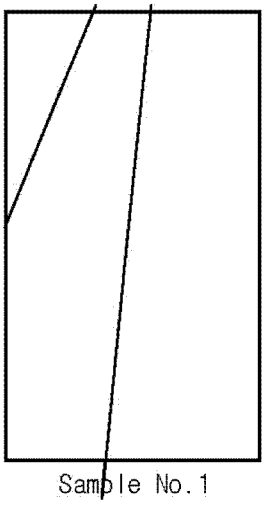
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-305

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 19.0 m - 19.15 m

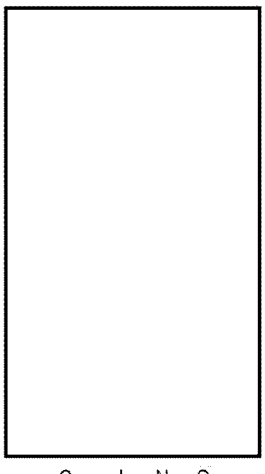
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.00	
Specimen Height (㎜)	102.00	
Specimen Weight (g)	534.20	
Bulk Density (kN/㎥)	26.16	
Comp. Strength (MPa)	61.4	절리발달
Young's Modulus (GPa)	24.87	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4096	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

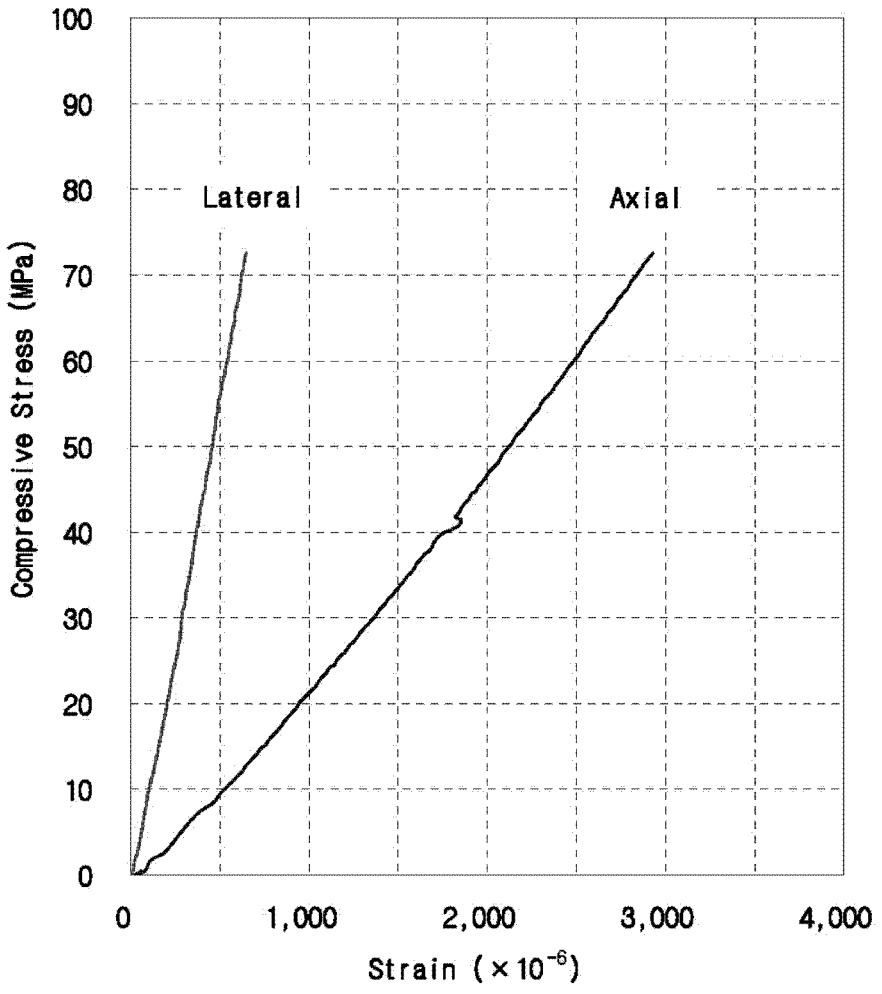
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

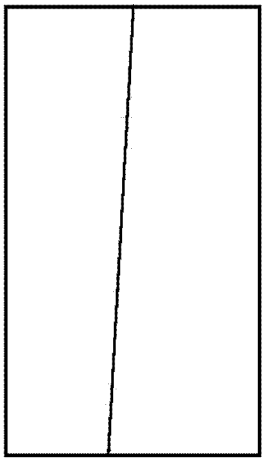
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-305-7

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 13.8 m - 13.9 m

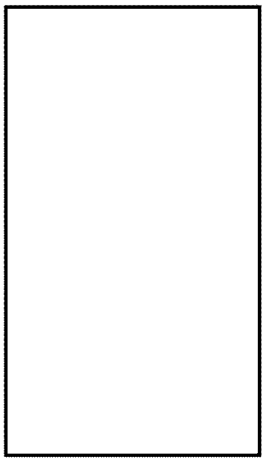
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.40	
Specimen Height (㎜)	101.80	
Specimen Weight (g)	549.70	
Bulk Density (kN/㎥)	26.54	
Comp. Strength (MPa)	72.6	절리발달
Young's Modulus (GPa)	25.93	
Poisson's Ratio	0.21	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3961	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

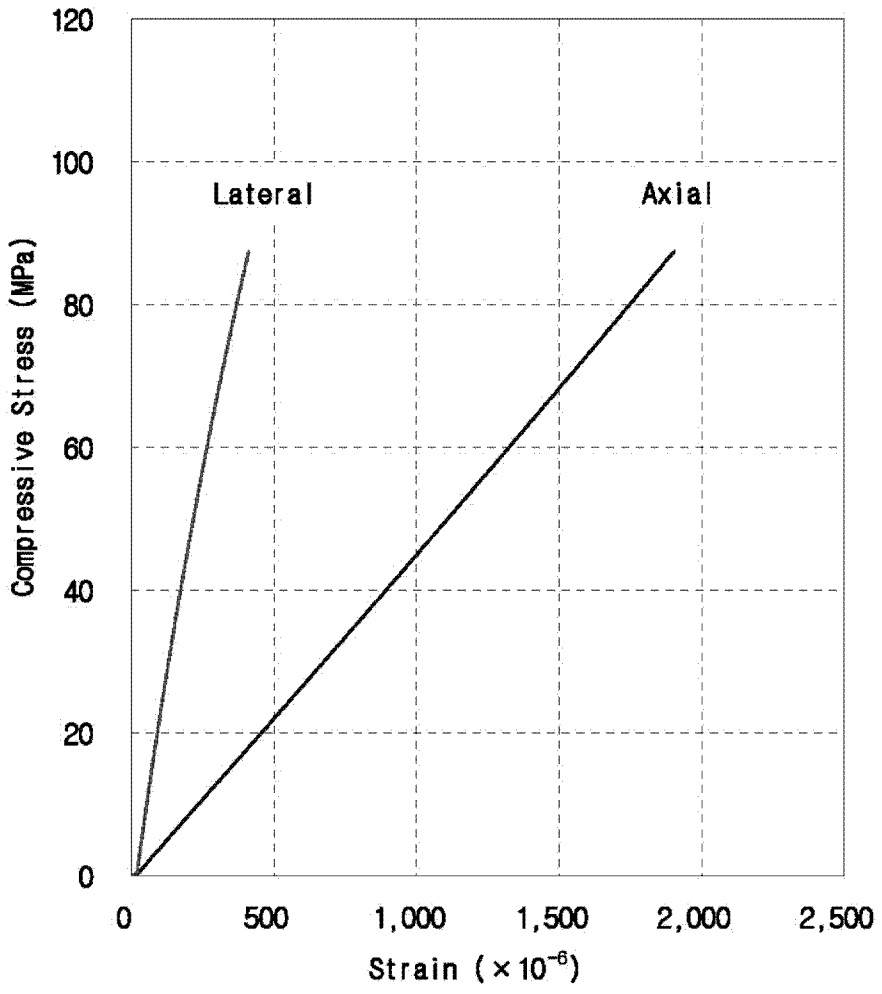
개시일자 : 2012년 4월 16일 접수일자 : 2012년 4월 13일

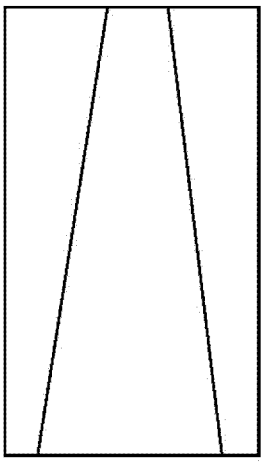
완료일자 : 2012년 4월 24일 시험공번 : BH-306

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 24.6 m - 24.8 m

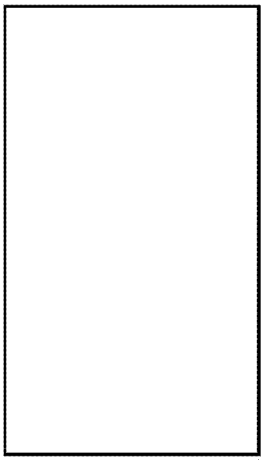
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Im, Yong Hyeok

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (mm)	50.80	
Specimen Height (mm)	102.60	
Specimen Weight (g)	573.80	
Bulk Density (kN/m³)	27.06	
Comp. Strength (MPa)	87.4	
Young's Modulus (GPa)	46.22	
Poisson's Ratio	0.21	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4580	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

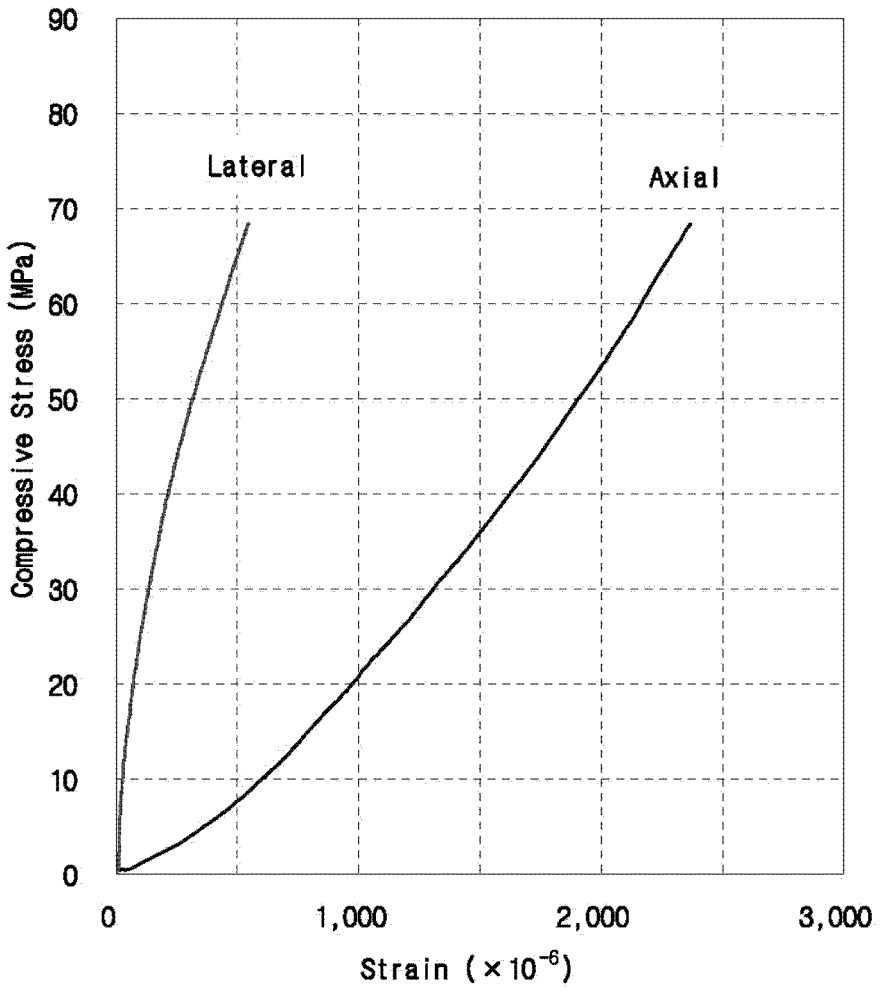
개시일자 : 2013년 4월 4일 접수일자 : 2013년 4월 3일

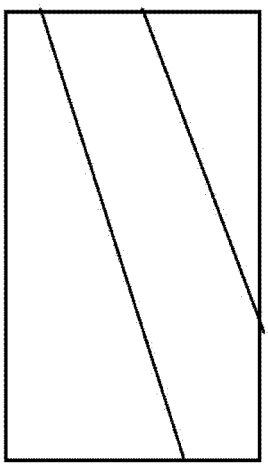
완료일자 : 2013년 4월 11일 시험공번 : BH-308

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 16.7-17.0m

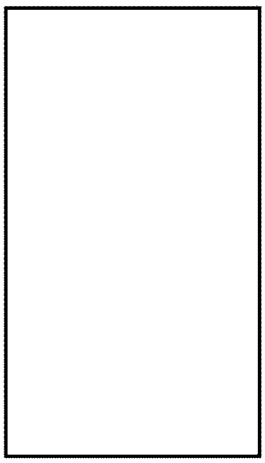
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.70	
Specimen Height (㎜)	107.00	
Specimen Weight (g)	576.80	
Bulk Density (kN/㎥)	26.18	
Comp. Strength (MPa)	68.4	
Young's Modulus (GPa)	31.70	
Poisson's Ratio	0.25	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3579	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

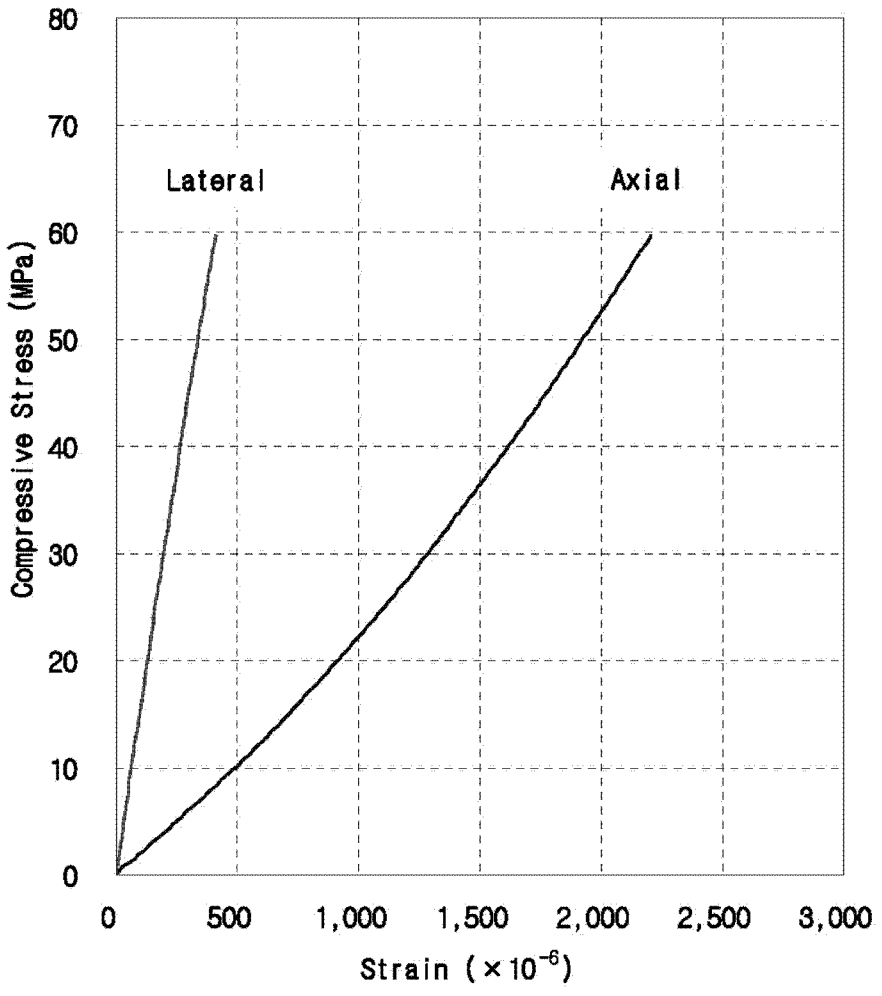
개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

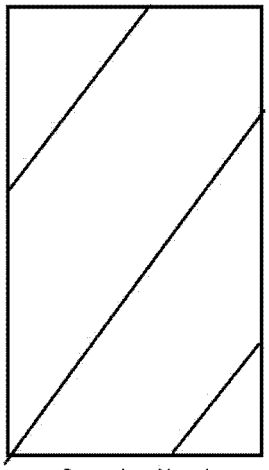
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-309

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 17.7 m - 17.8 m

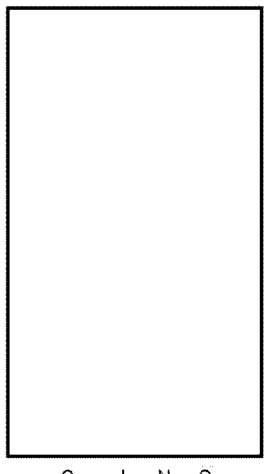
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.70	
Specimen Height (㎜)	102.10	
Specimen Weight (g)	548.60	
Bulk Density (kN/㎥)	26.10	
Comp. Strength (MPa)	59.7	절리발달
Young's Modulus (GPa)	28.72	
Poisson's Ratio	0.20	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3304	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

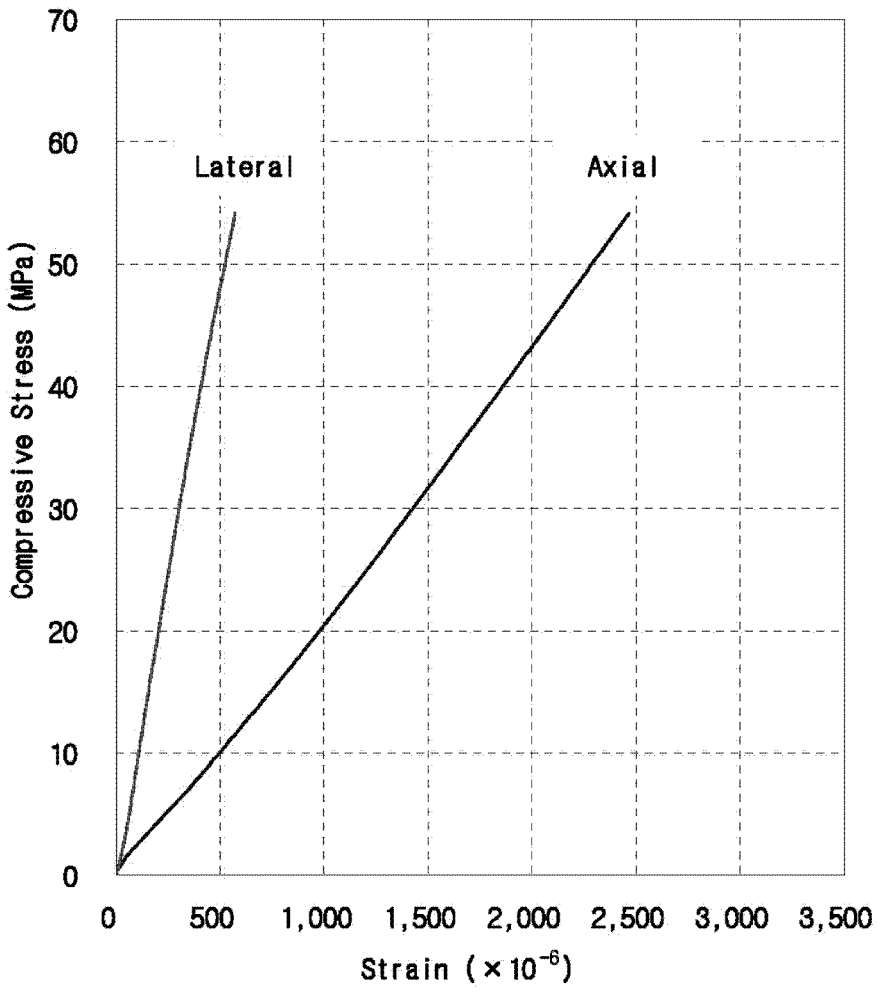
개시일자 : 2013년 3월 7일 접수일자 : 2013년 3월 6일

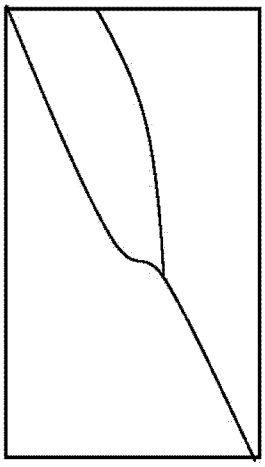
완료일자 : 2013년 3월 13일 시험공번 : BH-316

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 19.9 m - 20.1 m

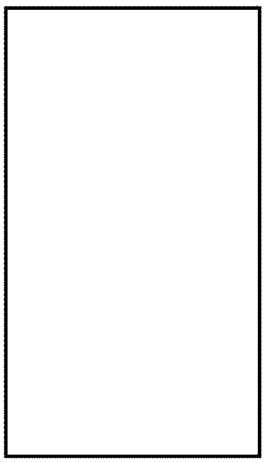
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.40	
Specimen Height (㎜)	107.10	
Specimen Weight (g)	577.10	
Bulk Density (kN/㎥)	26.48	
Comp. Strength (MPa)	54.2	
Young's Modulus (GPa)	22.59	
Poisson's Ratio	0.23	
Elastic Wave Velocity (m/s)	3643	





Sample No.1



Sample No.2

UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR CORE

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

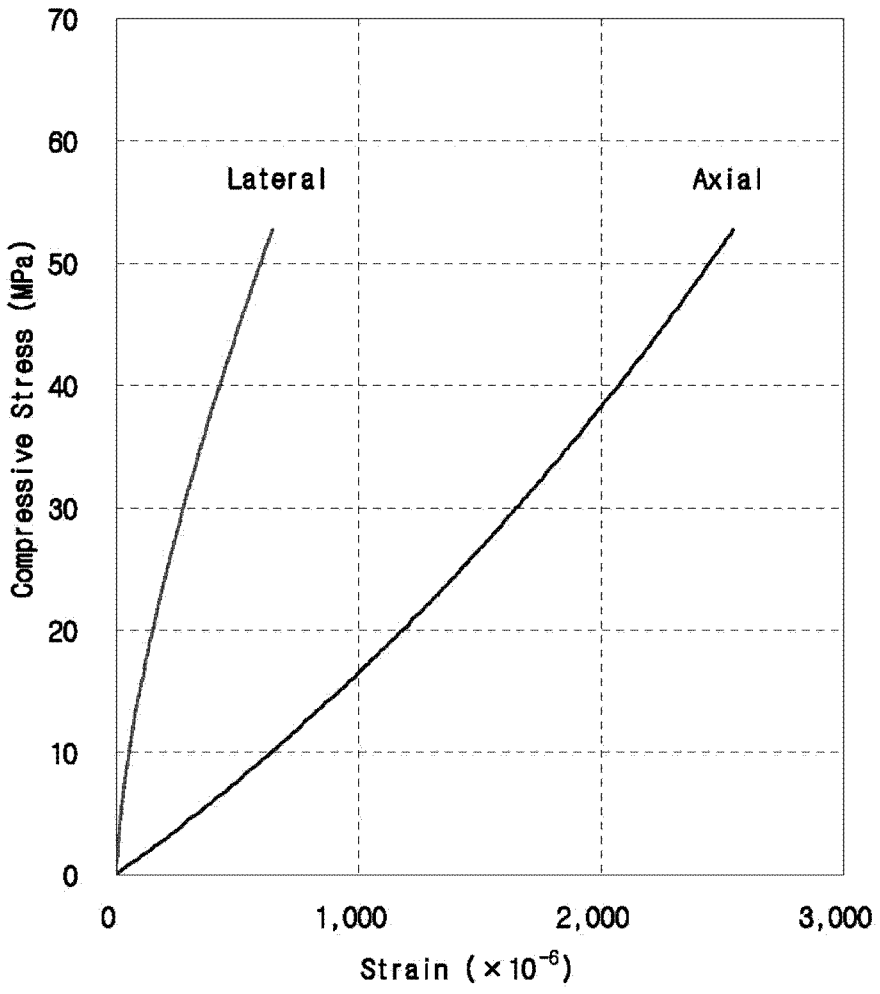
개시일자 : 2013년 4월 18일 접수일자 : 2013년 4월 17일

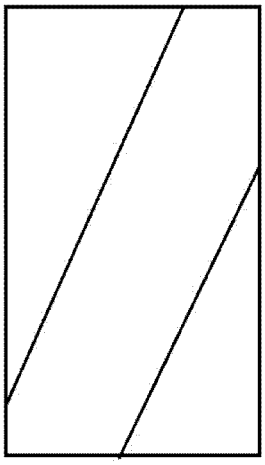
완료일자 : 2013년 4월 26일 시험공번 : BH-317

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 23.2 m - 23.4 m

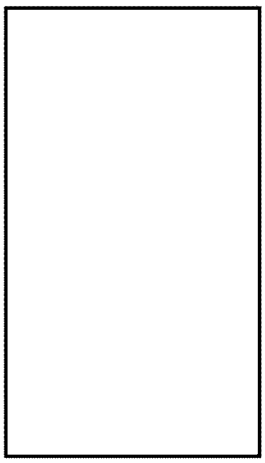
시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Kwon, Bong-Geun

	Specimen No.1	Specimen No.2
Specimen Diameter (㎜)	50.60	
Specimen Height (㎜)	102.10	
Specimen Weight (g)	566.50	
Bulk Density (kN/㎥)	27.06	
Comp. Strength (MPa)	52.8	
Young's Modulus (GPa)	21.50	
Poisson's Ratio	0.28	
Elastic Wave Velocity (m/s)	4117	





Sample No.1



Sample No.2

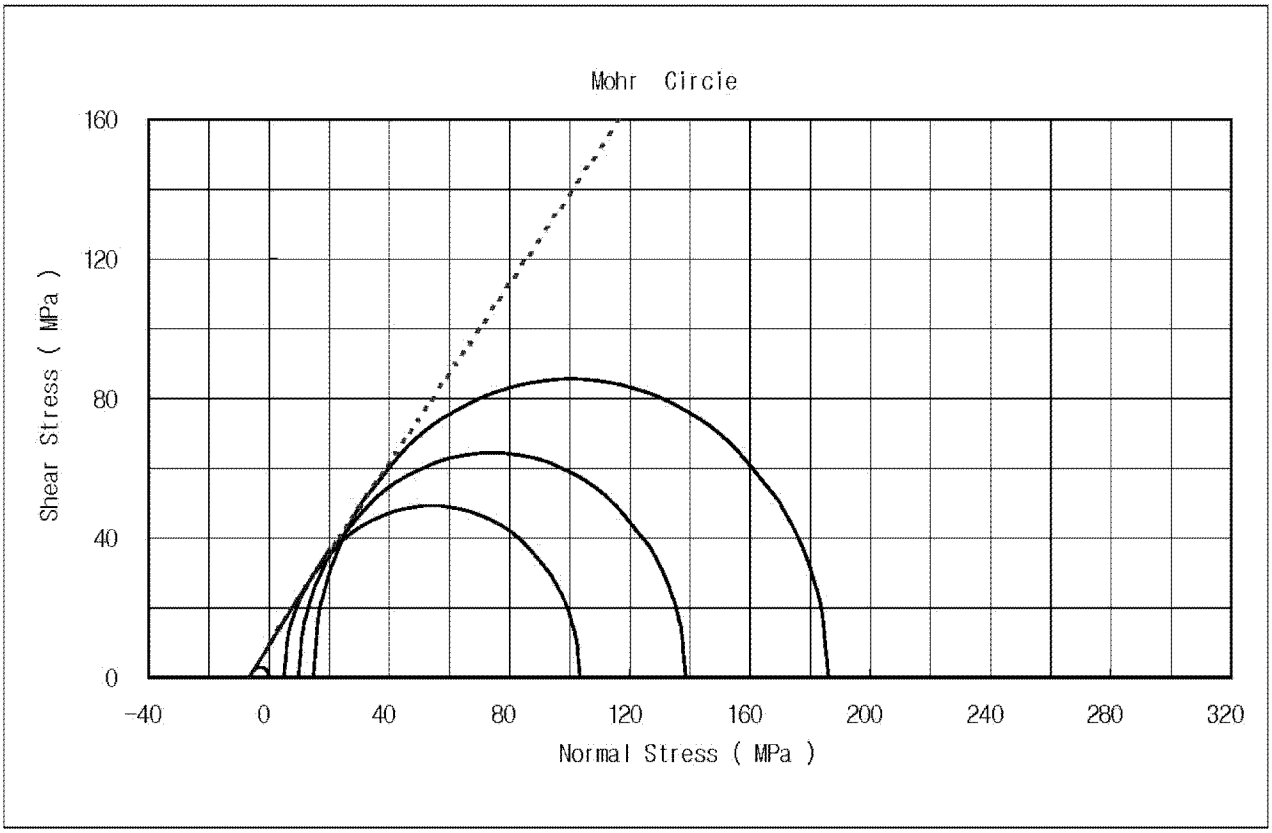
5.3 삼축압축시험

ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관 :	신우엔지니어링	접수번호 :	
개시일자 :	2012년 4월 16일	접수일자 :	2012년 4월 13일
완료일자 :	2012년 4월 24일	시험공번 :	BH-241
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	8.8 m - 9.3 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Im, Yong Hyeok

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.5	50.5	50.5	50.5	
Initial Height (mm)	H_0	31.7	105.3	104.7	99.6	
Initial Weight (g)	W_0	172.5	575.9	570.4	542.5	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.717	2.731	2.720	2.719	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-6.0	98.5	128.7	171.2	

C=9.2Mpa	Φ=52.1°	tanΦ=1.283

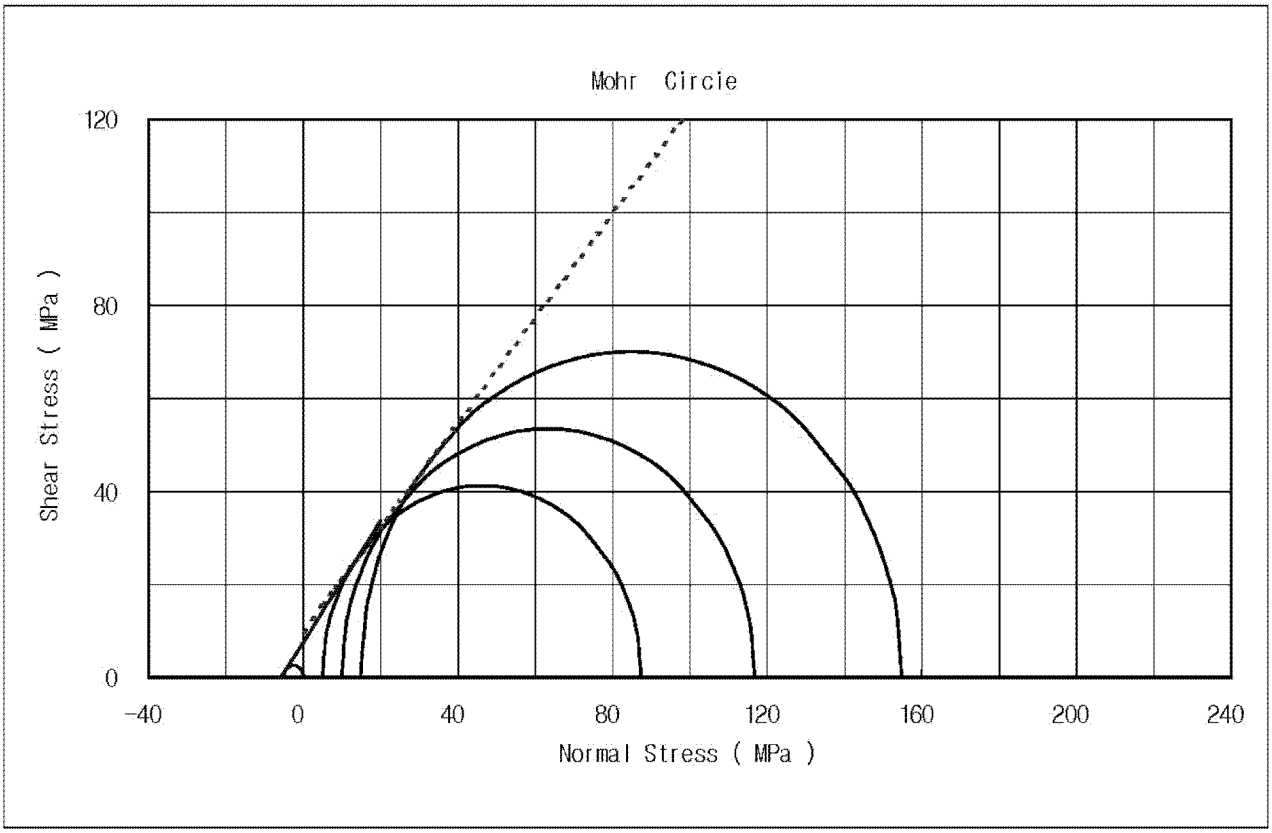


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관 :	신우엔지니어링	접수번호 :	
개시일자 :	2012년 4월 16일	접수일자 :	2012년 4월 13일
완료일자 :	2012년 4월 24일	시험공번 :	BH-242
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	7.1 m - 7.8 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Im, Yong Hyeok

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.5	50.5	50.5	50.5	
Initial Height (mm)	H_0	43.0	102.8	101.0	100.8	
Initial Weight (g)	W_0	230.1	554.0	540.4	544.5	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.672	2.691	2.671	2.697	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-5.2	82.5	106.9	140.1	

C=7.6Mpa	Φ=48.3°	tanΦ=1.124

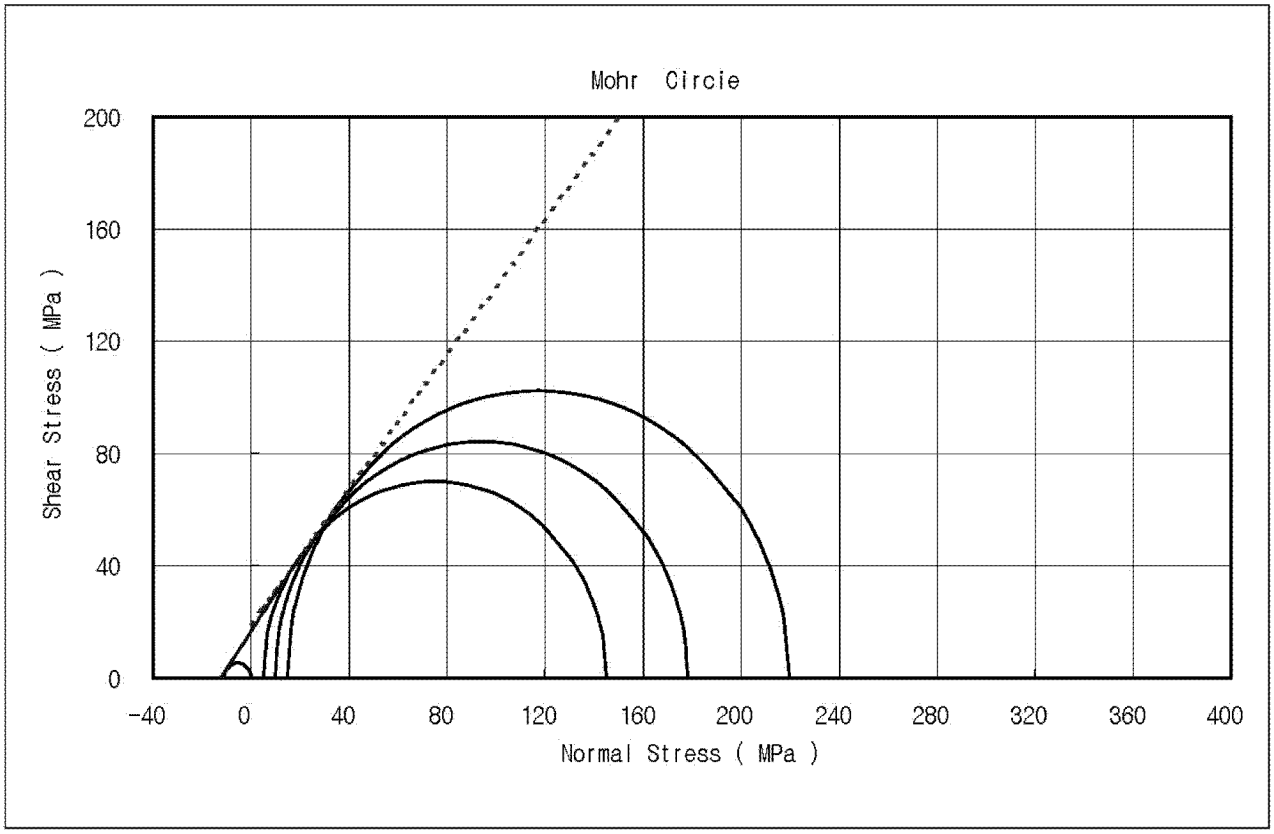


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관 :	신우엔지니어링	접수번호 :	
개시일자 :	2012년 12월 21일	접수일자 :	2012년 12월 20일
완료일자 :	2012년 12월 27일	시험공번 :	BH-252-1
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	31.4 m - 32.1 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.7	50.7	50.7	50.7	
Initial Height (mm)	H_0	39.3	100.9	102.4	101.6	
Initial Weight (g)	W_0	219.3	564.0	578.4	574.1	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.764	2.769	2.798	2.799	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-10.9	140.1	168.5	204.9	

C=16.5Mpa	Φ=50.2°	tanΦ=1.200

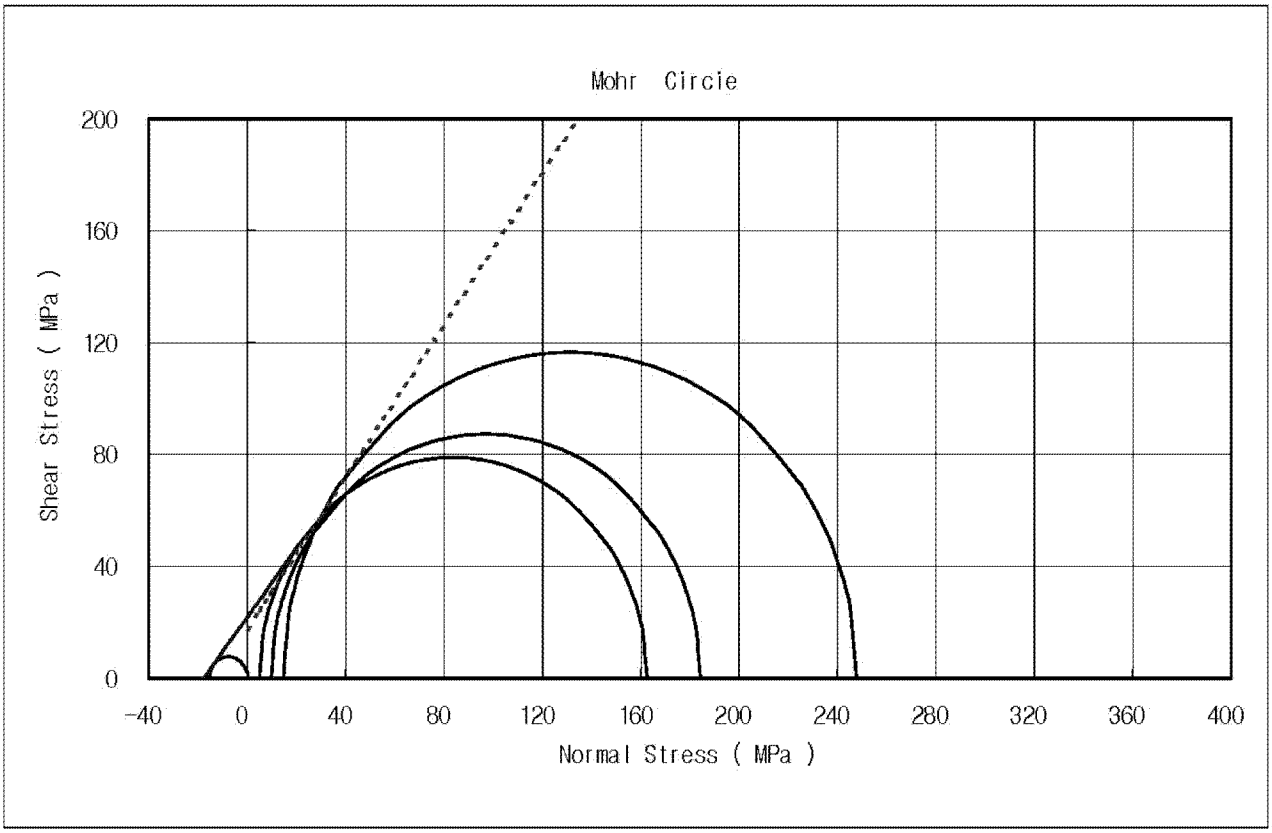


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관 :	신우엔지니어링	접수번호 :	
개시일자 :	2012년 5월 10일	접수일자 :	2012년 5월 9일
완료일자 :	2012년 5월 21일	시험공번 :	BH-282
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	30.9 m - 31.9 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Im, Yong Hyeok

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.7	50.7	50.7	50.7	
Initial Height (mm)	H_0	41.5	106.3	101.7	104.6	
Initial Weight (g)	W_0	227.6	580.6	554.0	567.6	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.717	2.705	2.698	2.688	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-15.4	157.6	174.5	233.0	

C=21.8Mpa	Φ=53.7°	tanΦ=1.362

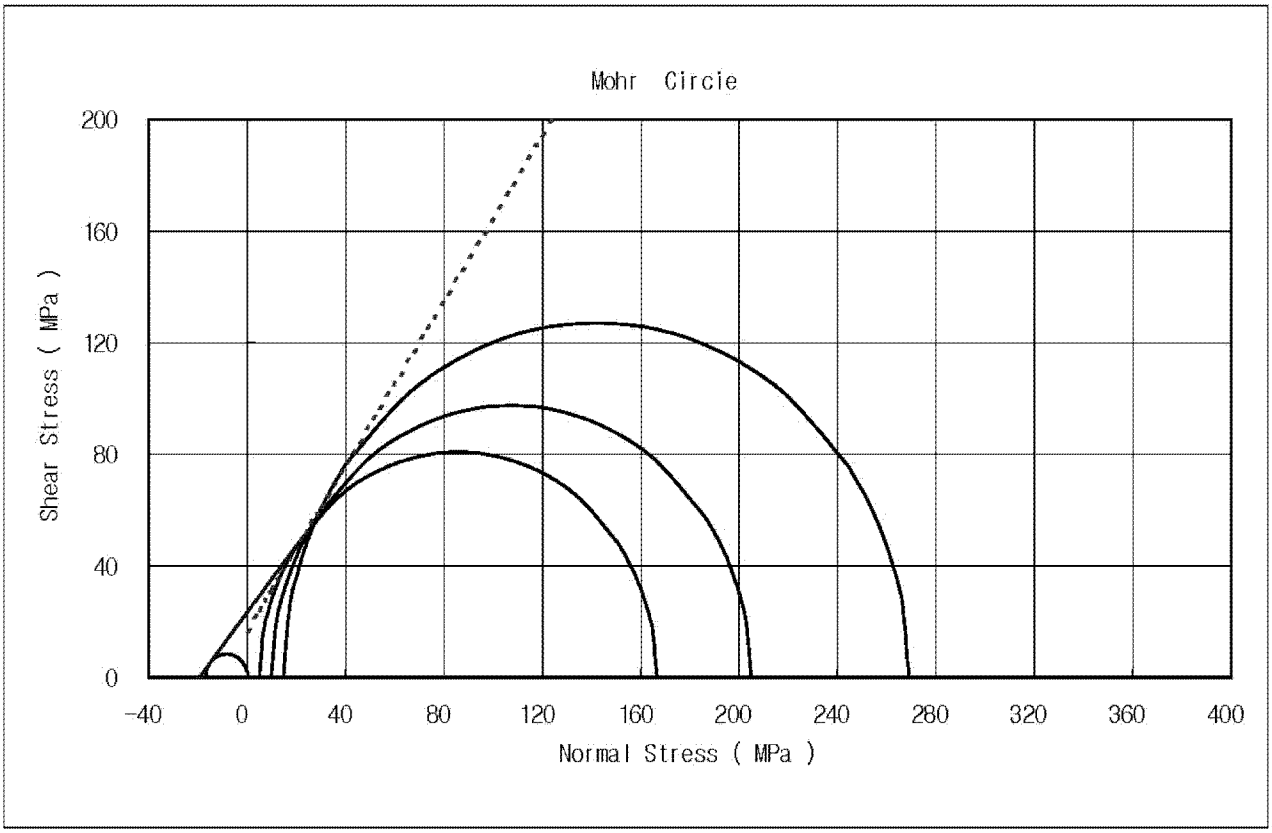


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관 :	신우엔지니어링	접수번호 :	
개시일자 :	2012년 5월 10일	접수일자 :	2012년 5월 9일
완료일자 :	2012년 5월 21일	시험공번 :	BH-284
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	28.85 m - 29.5 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Im, Yong Hyeok

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.7	50.6	50.6	50.6	
Initial Height (mm)	H_0	42.9	101.9	104.9	102.2	
Initial Weight (g)	W_0	235.0	558.8	575.5	560.4	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.713	2.727	2.728	2.727	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-16.9	161.7	195.0	254.3	

C=23.4Mpa	Φ=55.9°	tanΦ=1.479

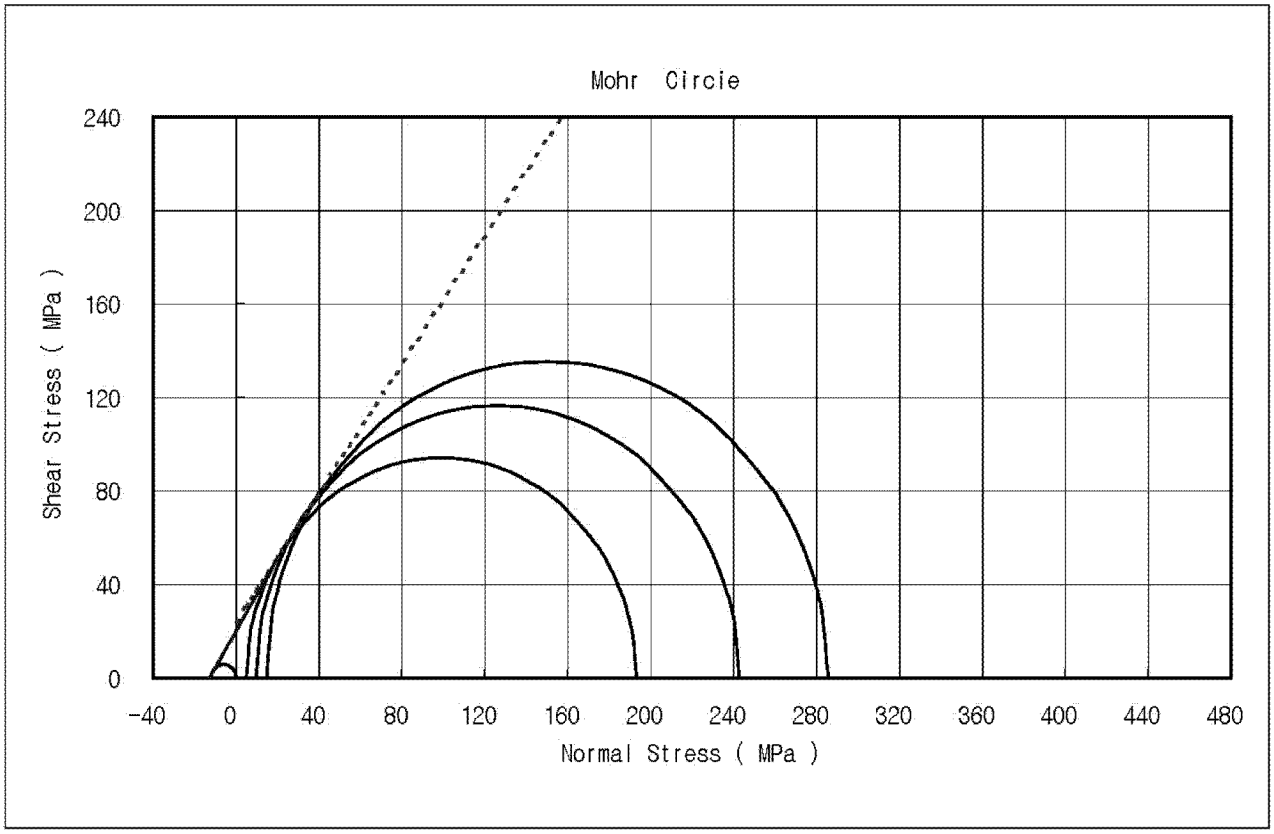


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관 :	신우엔지니어링	접수번호 :	
개시일자 :	2012년 12월 21일	접수일자 :	2012년 12월 20일
완료일자 :	2012년 12월 27일	시험공번 :	BH-287
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	29.2 m - 29.7 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.8	50.8	50.8	50.8	
Initial Height (mm)	H_0	39.6	101.4	103.7	100.3	
Initial Weight (g)	W_0	211.8	538.0	552.2	534.1	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.639	2.618	2.627	2.627	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-11.8	188.3	232.9	270.9	

C=20.1Mpa	Φ=53.9°	tanΦ=1.373

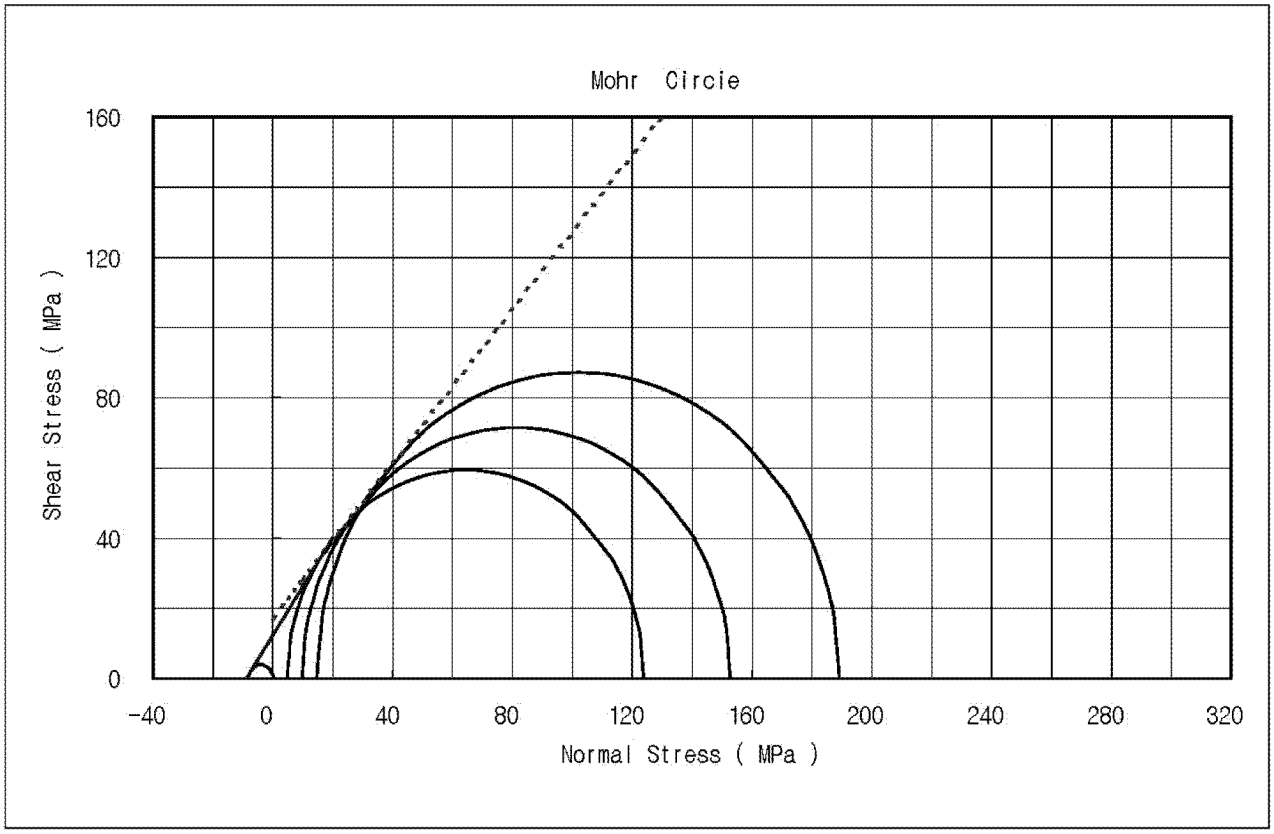


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관 :	신우엔지니어링	접수번호 :	
개시일자 :	2012년 12월 21일	접수일자 :	2012년 12월 20일
완료일자 :	2012년 12월 27일	시험공번 :	BH-293
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	25.5 m - 26.0 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	52.6	50.7	50.7	50.7	
Initial Height (mm)	H_0	40.0	103.2	102.6	97.7	
Initial Weight (g)	W_0	237.2	564.6	561.0	534.5	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.729	2.710	2.708	2.710	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-8.0	119.0	143.0	174.5	

C=12.4Mpa	Φ=47.7°	tanΦ=1.099

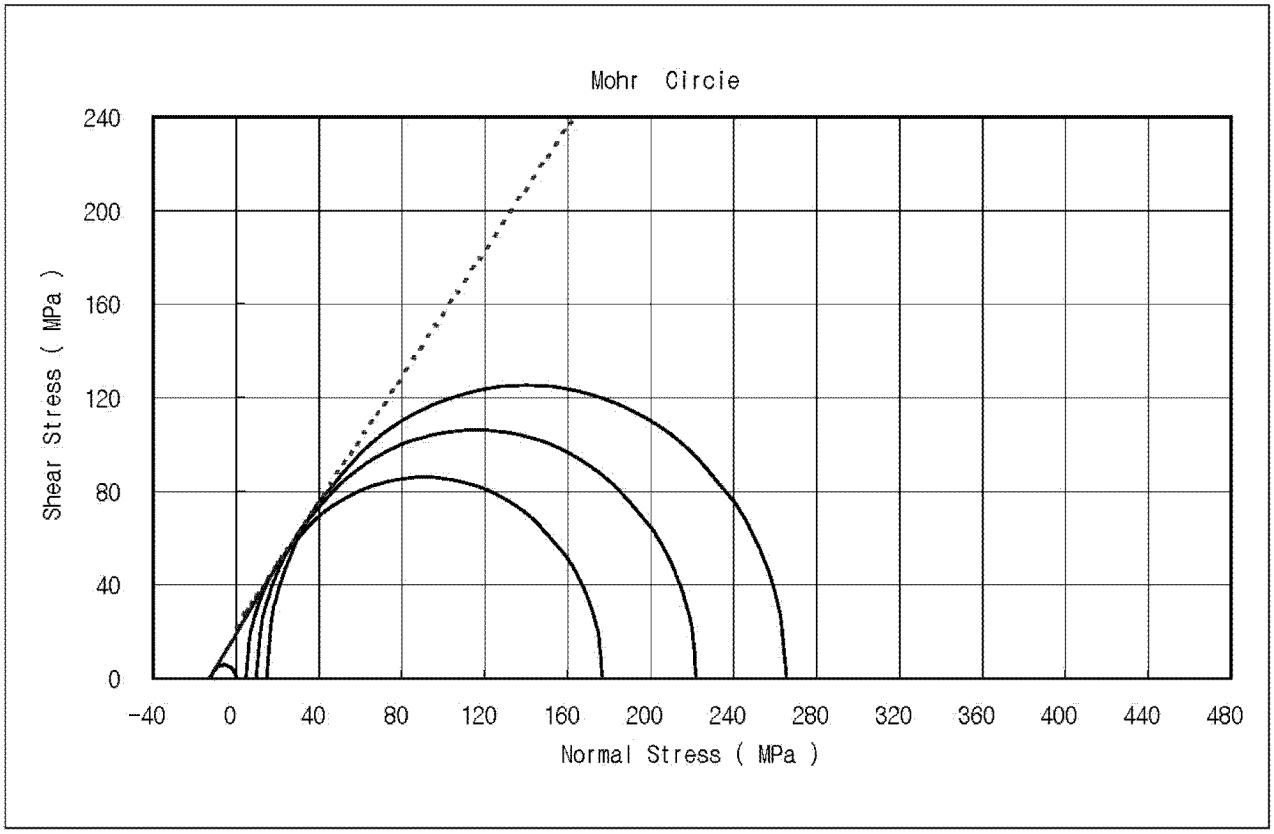


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관 :	신우엔지니어링	접수번호 :	
개시일자 :	2012년 12월 21일	접수일자 :	2012년 12월 20일
완료일자 :	2012년 12월 27일	시험공번 :	BH-298-1
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	24.8 m - 25.5 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Kwon, Bong-Geun

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	52.4	52.4	52.4	52.4	
Initial Height (mm)	H_0	40.1	100.8	101.5	102.1	
Initial Weight (g)	W_0	240.6	602.8	607.2	608.1	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.782	2.773	2.774	2.762	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-11.7	172.0	212.3	250.8	

C=19.1Mpa	Φ=53.2°	tanΦ=1.337

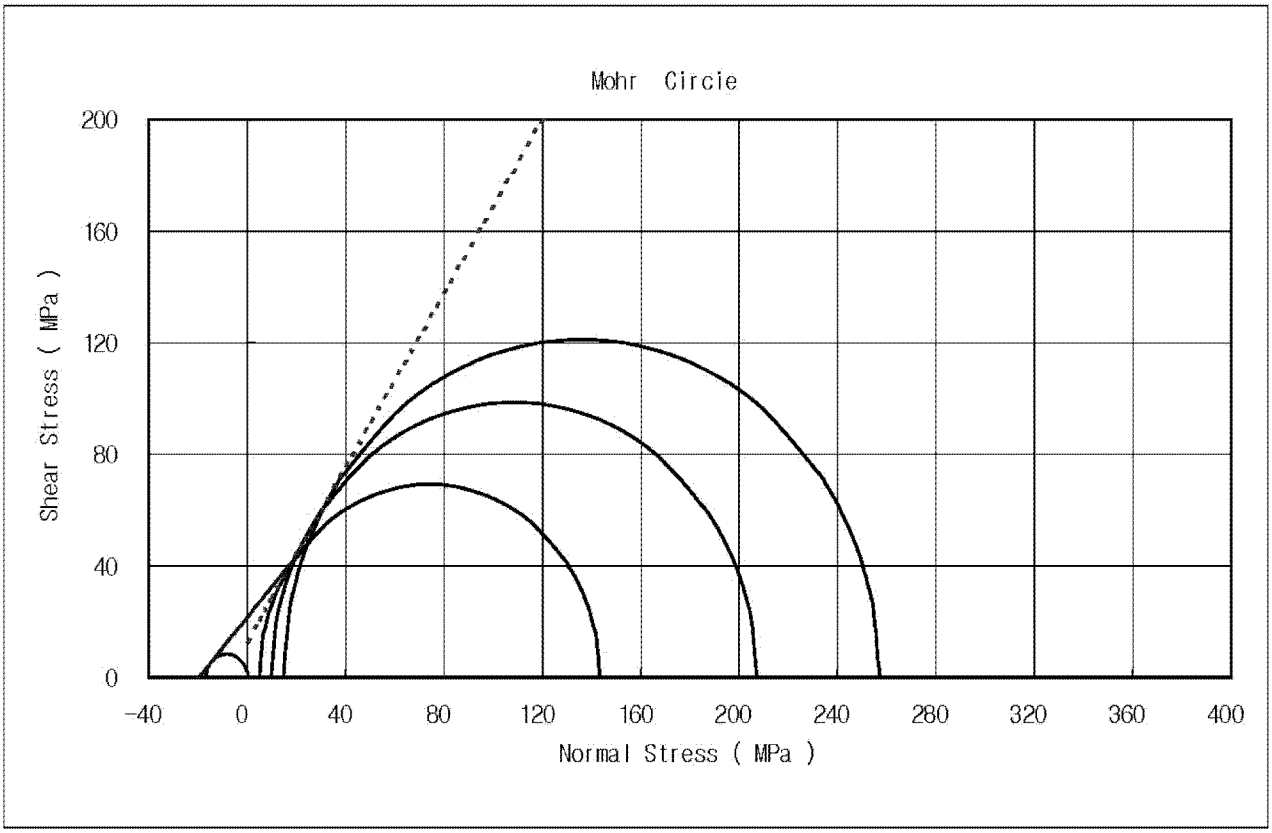


ROCK TRIAXIAL COMPRESSION TEST

공 사 명 :	서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)		
의뢰기관 :	신우엔지니어링	접수번호 :	
개시일자 :	2012년 4월 16일	접수일자 :	2012년 4월 13일
완료일자 :	2012년 4월 24일	시험공번 :	BH-302
시 료 명 :	암석코아	시험심도 :	26.7 m - 27.25 m
시 험 자 :	Kim, Jong Bo	확 인 자 :	Im, Yong Hyeok

Test No.		TE	1	2	3	4
Initial Diameter (mm)	D_0	50.8	50.8	50.8	50.8	
Initial Height (mm)	H_0	43.7	104.3	102.7	104.2	
Initial Weight (g)	W_0	241.2	574.6	566.1	575.1	
Bulk Density (g/㎤)	r_{d0}	2.723	2.718	2.720	2.723	
Minor Principal Stress (MPa)	σ_3	0.0	4.9	9.8	14.7	
Dev.Stress (MPa) ($\sigma_1-\sigma_3$)		-16.7	138.4	197.2	242.3	

C=21.5Mpa	Φ=57.3°	tanΦ=1.559



5.4 인장강도시험

TEST FOR TENSILE STRENGTH OF ROCK CORE

Project : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

Client 신우엔지니어링
Date In 2012.05.09,12.20
Date Out 2012.05.21,12.27

Hole No.	Depth (m)	Specimen Diameter (㎜)	Specimen Height (㎜)	Max Failure. Load (N)	Tensile. Strength (MPa)	Remark
BH-241	8.8-9.3	50.5	31.7	15121	6.0	
BH-242	7.1-7.8	50.5	43.0	17856	5.2	
BH-252-1	31.4-32.1	50.7	39.3	34261	10.9	
BH-282	22.8-22.95	50.7	41.5	50784	15.4	
BH-284	24.8-24.9	50.7	42.9	57595	16.9	
BH-287	29.2-29.7	50.8	39.6	37269	11.8	
BH-293	25.5-26.0	52.6	40.0	26578	8.0	
BH-298-1	24.8-25.5	52.4	40.1	38710	11.7	
BH-302	26.7-27.25	50.8	43.7	58281	16.7	

5.5 절리면전단시험

ROCK JOINT SHEAR TEST

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

개시일자 : 2012년 4월 16일 접수일자 : 2012년 4월 13일

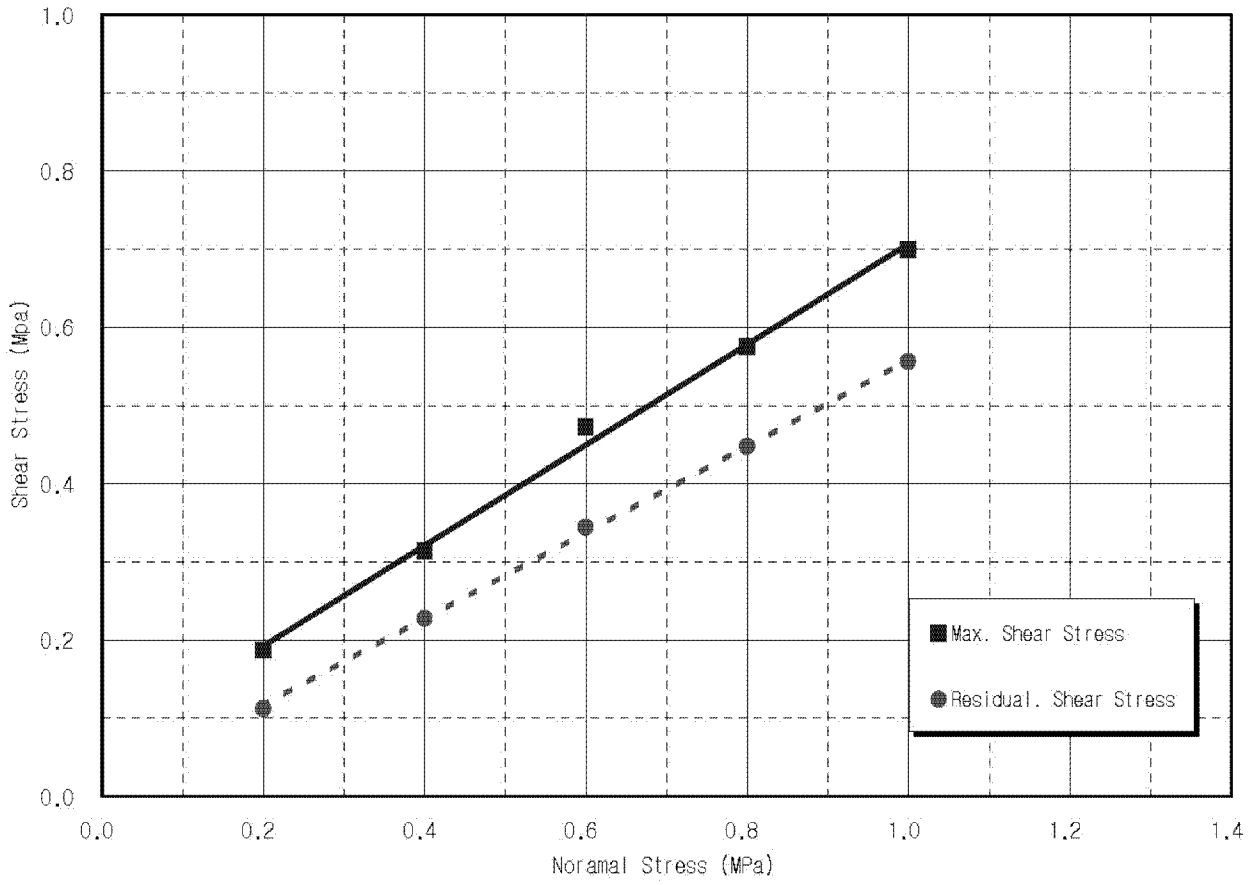
완료일자 : 2012년 4월 25일 시험공번 : BH-241

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 8.5 m - 8.8 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Im, Yong Hyeok

TEST No.	1	2	3	4	5		
Normal Stress, (MPa)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00		
Max. Shear Stress, (MPa)	0.187	0.314	0.472	0.575	0.699		
Resiual Shear Stress (MPa)	0.112	0.228	0.344	0.447	0.556		

Cohesion :	0.06 MPa	Friction Angle :	32.8 °
		Residual Friction Angle :	29.0 °



Sample Area(A)	34.35	㎠	JCS	40.02	MPa
Joint Lengt	86.80	mm	Kn	-	GPa/m
JRC Value	0-2		Ks	-	GPa/m

ROCK JOINT SHEAR TEST

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

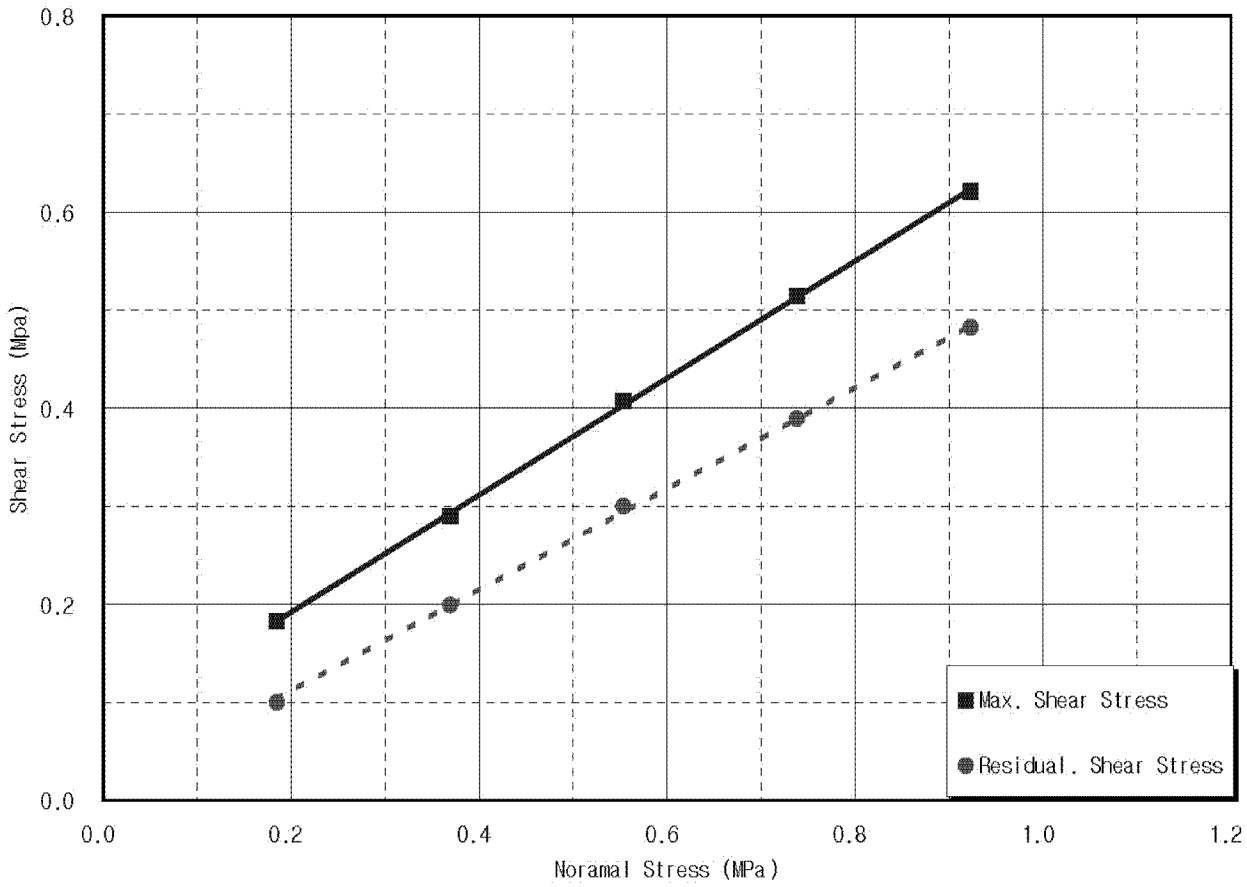
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-252-1

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 31.4 m - 32.0 m

시 험 자 : 김 종 보 확 인 자 : 권 봉 근

TEST No.	1	2	3	4	5		
Normal Stress, (MPa)	0.18	0.37	0.55	0.74	0.92		
Max. Shear Stress, (MPa)	0.183	0.290	0.407	0.514	0.621		
Resiual Shear Stress (MPa)	0.100	0.199	0.300	0.389	0.482		

Cohesion :	0.07	MPa	Friction Angle :	30.8 °
			Residual Friction Angle :	27.4 °



Sample Area(A)	31.88	㎠	JCS	43.07	MPa
Joint Lengt	80.80	mm	Kn	15.82	GPa/m
JRC Value	2-4		Ks	1.15	GPa/m

ROCK JOINT SHEAR TEST

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

개시일자 : 2012년 5월 10일 접수일자 : 2012년 5월 9일

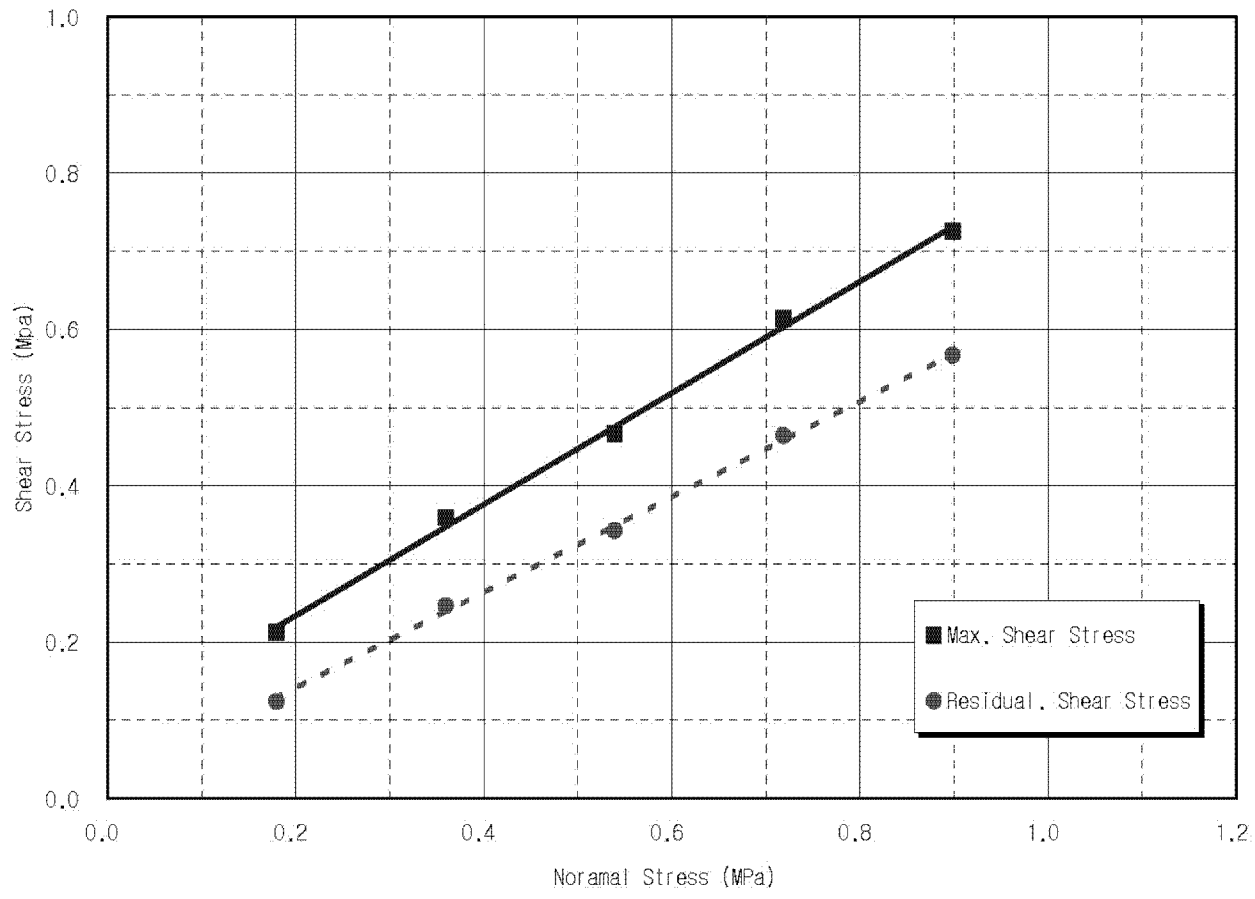
완료일자 : 2012년 5월 21일 시험공번 : BH-284

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 25.7 m - 25.9 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Im, Yong Hyeok

TEST No.	1	2	3	4	5		
Normal Stress, (MPa)	0.18	0.36	0.54	0.72	0.90		
Max. Shear Stress, (MPa)	0.212	0.359	0.466	0.613	0.725		
Resiual Shear Stress (MPa)	0.124	0.246	0.342	0.464	0.567		

Cohesion :	0.09	MPa	Friction Angle :	35.5 °
			Residual Friction Angle :	31.6 °



Sample Area(A)	27.29	㎠	JCS	81.21	MPa
Joint Lengt	68.90	mm	Kn	-	GPa/m
JRC Value	4-6		Ks	-	GPa/m

ROCK JOINT SHEAR TEST

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

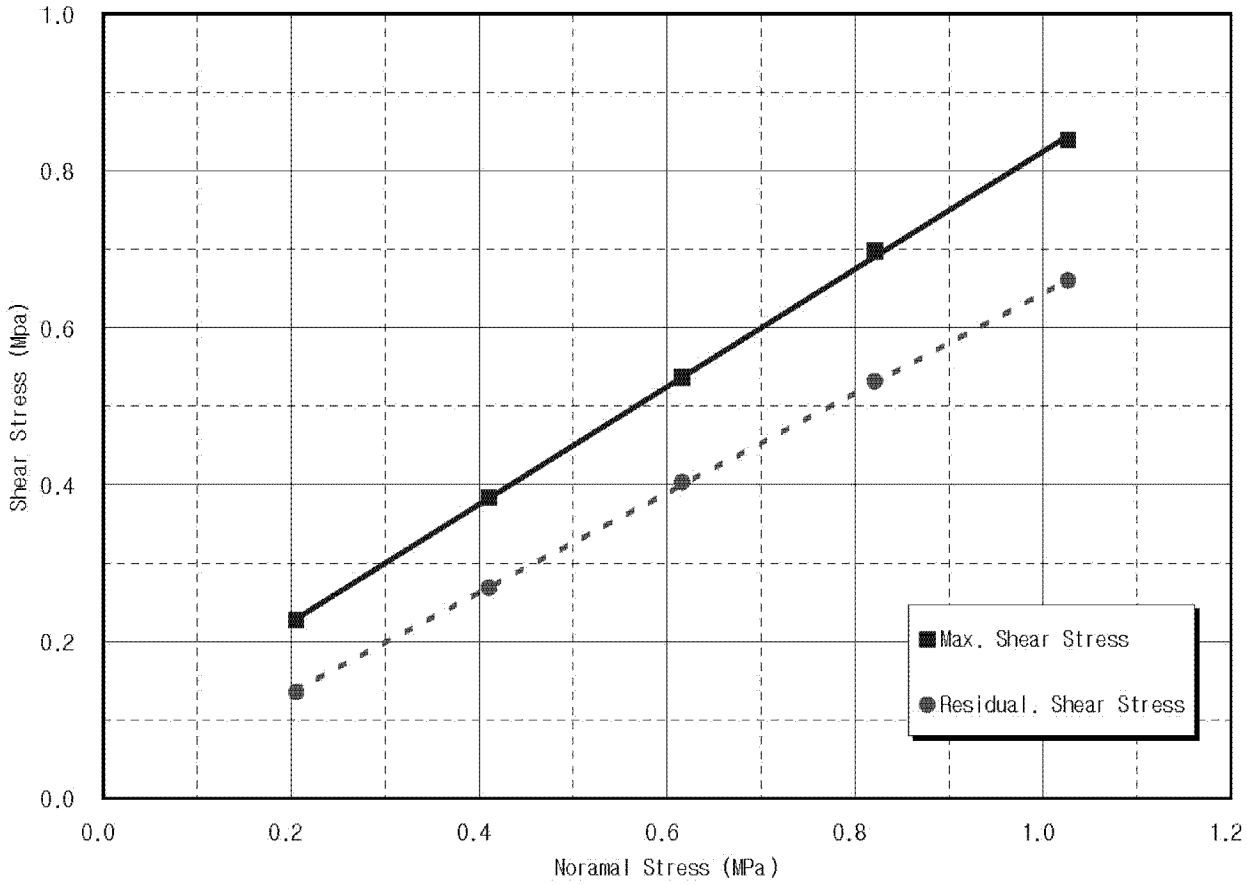
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-287

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 24.9 m - 25.2 m

시 험 자 : 김 종 보 확 인 자 : 권 봉 근

TEST No.	1	2	3	4	5		
Normal Stress, (MPa)	0.21	0.41	0.62	0.82	1.03		
Max. Shear Stress, (MPa)	0.227	0.383	0.537	0.698	0.839		
Resiual Shear Stress (MPa)	0.135	0.269	0.403	0.532	0.660		

Cohesion :	0.08 MPa	Friction Angle :	36.9 °
		Residual Friction Angle :	32.6 °



Sample Area(A)	28.67	㎠	JCS	37.27	MPa
Joint Lengt	72.50	mm	Kn	16.16	GPa/m
JRC Value	8-10		Ks	1.41	GPa/m

ROCK JOINT SHEAR TEST

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

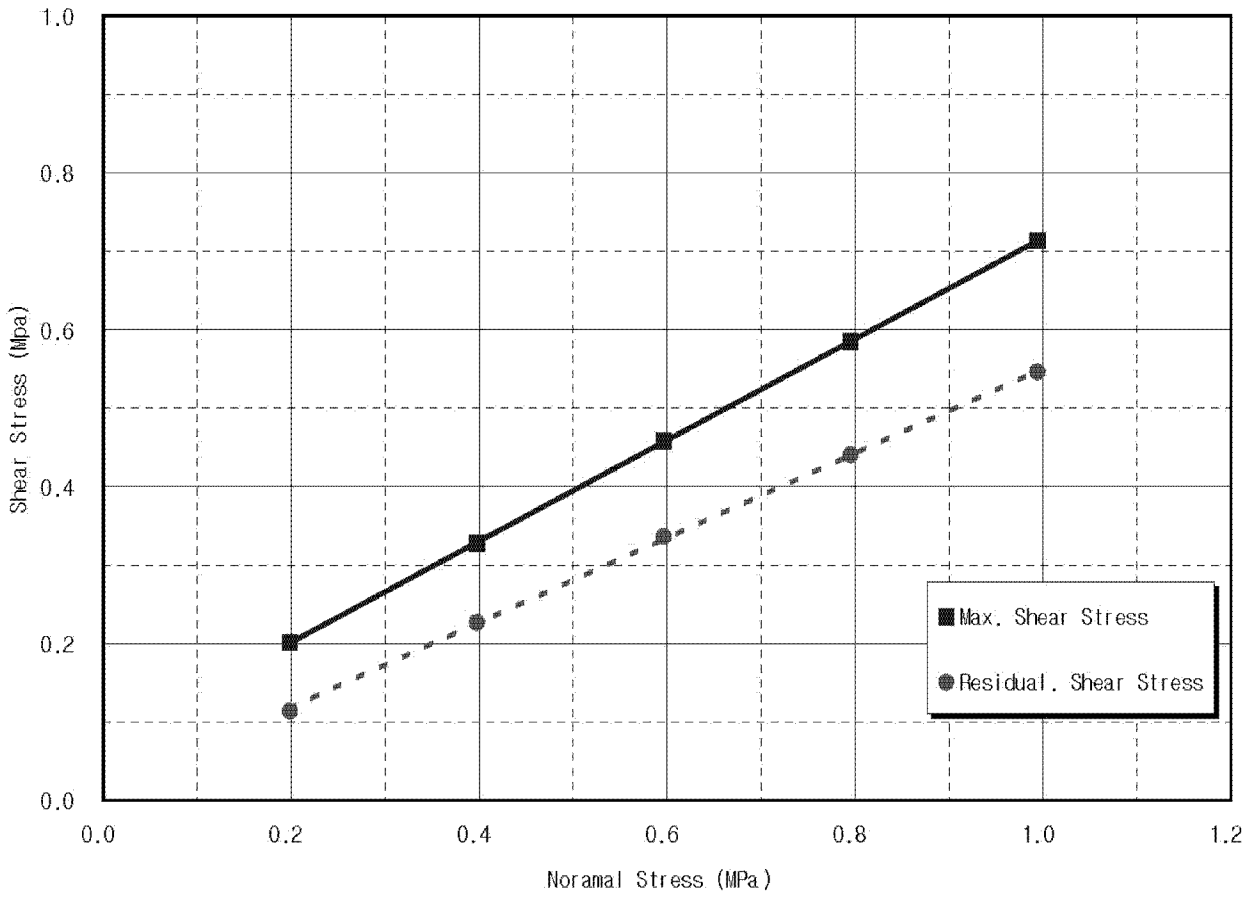
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-293

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 29.0 m - 29.5 m

시 험 자 : 김 종 보 확 인 자 : 권 봉 근

TEST No.	1	2	3	4	5		
Normal Stress, (MPa)	0.20	0.40	0.60	0.80	0.99		
Max. Shear Stress, (MPa)	0.201	0.328	0.458	0.585	0.713		
Resiual Shear Stress (MPa)	0.114	0.227	0.336	0.440	0.546		

Cohesion :	0.07	MPa	Friction Angle :	32.8 °
			Residual Friction Angle :	28.5 °



Sample Area(A)	29.60	㎠	JCS	46.77	MPa
Joint Lengt	72.10	mm	Kn	16.54	GPa/m
JRC Value	6-8		Ks	1.22	GPa/m

ROCK JOINT SHEAR TEST

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

개시일자 : 2012년 12월 21일 접수일자 : 2012년 12월 20일

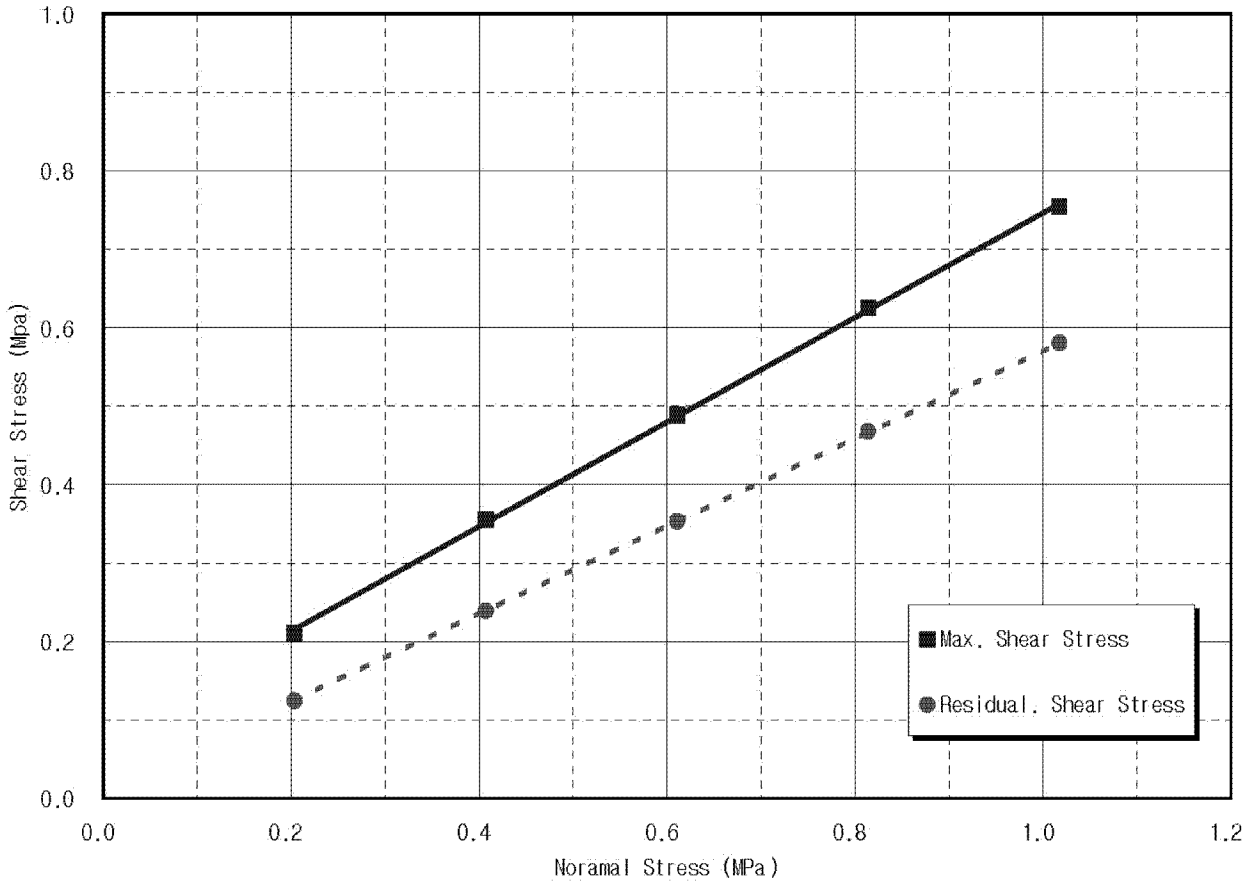
완료일자 : 2012년 12월 27일 시험공번 : BH-298-1

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 24.8 m - 25.5 m

시 험 자 : 김 종 보 확 인 자 : 권 봉 근

TEST No.	1	2	3	4	5		
Normal Stress, (MPa)	0.20	0.41	0.61	0.81	1.02		
Max. Shear Stress, (MPa)	0.211	0.356	0.489	0.625	0.754		
Resiual Shear Stress (MPa)	0.125	0.239	0.353	0.468	0.581		

Cohesion :	0.08 MPa	Friction Angle :	33.7 °
		Residual Friction Angle :	29.3 °



Sample Area(A)	21.69	㎠	JCS	52.16	MPa
Joint Lengt	52.70	mm	Kn	18.95	GPa/m
JRC Value	4-6		Ks	1.50	GPa/m

ROCK JOINT SHEAR TEST

공 사 명 : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

의뢰기관 : 신우엔지니어링 접수번호 :

개시일자 : 2012년 4월 16일 접수일자 : 2012년 4월 13일

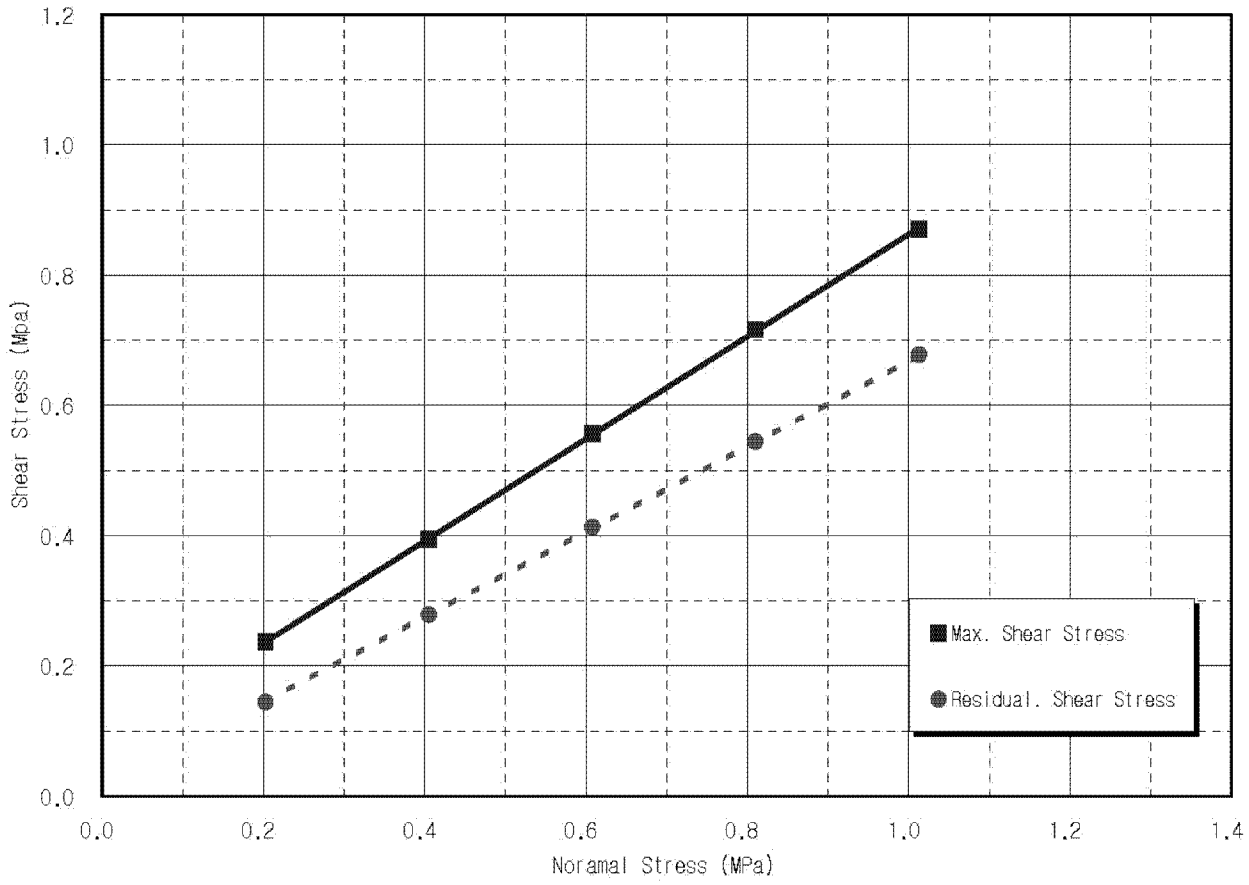
완료일자 : 2012년 4월 25일 시험공번 : BH-302

시 료 명 : 암석코아 시험심도 : 34.0 m - 34.3 m

시 험 자 : Kim, Jong Bo 확 인 자 : Im, Yong Hyeok

TEST No.	1	2	3	4	5		
Normal Stress, (MPa)	0.20	0.41	0.61	0.81	1.01		
Max. Shear Stress, (MPa)	0.236	0.394	0.556	0.716	0.870		
Resiual Shear Stress (MPa)	0.144	0.279	0.413	0.544	0.678		

Cohesion :	0.08 MPa	Friction Angle :	38.1 °
		Residual Friction Angle :	33.3 °



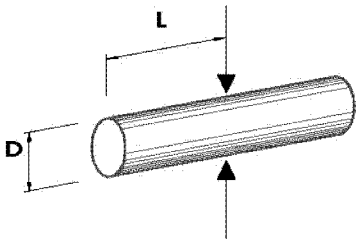
Sample Area(A)	21.79	㎠	JCS	74.92	MPa
Joint Lengt	54.90	mm	Kn	-	GPa/m
JRC Value	2-4		Ks	-	GPa/m

5.6 점하중강도시험

점하중 시험(Point Load Test)

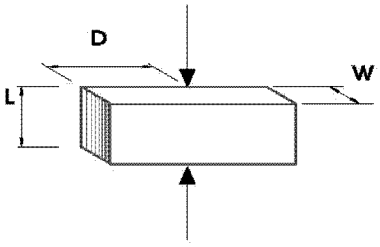
공 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계	시험일자	2012. 05	환산계수	20

A-방법



B-방법

축방향 L>0.5D

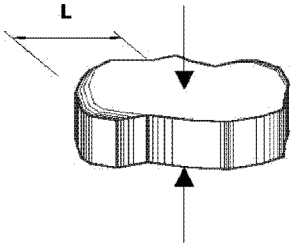


0.3W<D<W

$D_e^2=4WD/P$

C-방법

임의의 방향 L>0.5D



L>0.5D

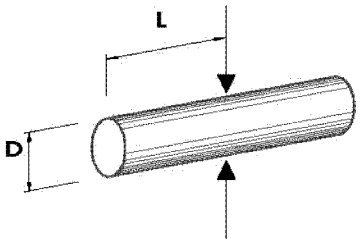
0.3W<D<W

공 번	심 도	시료폭	직경	시험하중	D_e^2	I_s	보정계수	$I_{s(50)}$	q_u
	(m)	W(mm)	D_e(mm)	P(kgf)	(cm^2)	(kg/cm^2)	F	(MPa)	(MPa)
BH-239	10.5~10.7	-	51.0	780	26.0	30.0	1.0	3.03	60.5
BH-239	14.5~14.7	-	51.0	550	26.0	21.1	1.0	2.13	42.7
BH-239	15.5~15.6	-	51.0	650	26.0	25.0	1.0	2.52	50.4
BH-239	18.2~18.3	-	51.0	580	26.0	22.3	1.0	2.25	45.0
BH-239	21.5~21.6	-	51.0	920	26.0	35.4	1.0	3.57	71.4
BH-239	24.5~24.7	-	51.0	1,100	26.0	42.3	1.0	4.27	85.3
BH-239	27.5~27.7	-	51.0	1,200	26.0	46.1	1.0	4.65	93.1
BH-239	32.6~32.9	-	51.0	1,350	26.0	51.9	1.0	5.24	104.7
BH-239	35.8~36.0	-	51.0	1,400	26.0	53.8	1.0	5.43	108.6
BH-239	36.5~36.7	-	51.0	1,260	26.0	48.4	1.0	4.89	97.8
BH-239	41.3~41.4	-	51.0	1,150	26.0	44.2	1.0	4.46	89.2
BH-239	44.1~44.5	-	51.0	1,680	26.0	64.6	1.0	6.52	130.3
BH-239	47.5~47.8	-	51.0	1,720	26.0	66.1	1.0	6.67	133.4
BH-239	49.5~49.8	-	51.0	1,640	26.0	63.1	1.0	6.36	127.2
BH-239	52.5~52.8	-	51.0	1,550	26.0	59.6	1.0	6.01	120.3
BH-239	54.5~54.8	-	51.0	1,700	26.0	65.4	1.0	6.59	131.9
BH-239	59.5~59.8	-	51.0	1,820	26.0	70.0	1.0	7.06	141.2
BH-239	6.2~6.5	-	51.0	750	26.0	28.8	1.0	2.91	58.2
BH-239	8.4~8.5	-	51.0	720	26.0	27.7	1.0	2.79	55.9
BH-240	10.6~10.8	-	51.0	1,280	26.0	49.2	1.0	4.97	99.3
BH-240	13.4~13.5	-	51.0	770	26.0	29.6	1.0	2.99	59.7
BH-240	15.4~15.5	-	51.0	1,000	26.0	38.4	1.0	3.88	77.6
BH-240	18.3~18.5	-	51.0	1,130	26.0	43.4	1.0	4.38	87.7
BH-240	2.5~2.6	-	51.0	720	26.0	27.7	1.0	2.79	55.9
BH-240	21.4~21.5	-	51.0	940	26.0	36.1	1.0	3.65	72.9
BH-240	24.2~24.3	-	51.0	1,180	26.0	45.4	1.0	4.58	91.5

점하중 시험(Point Load Test)

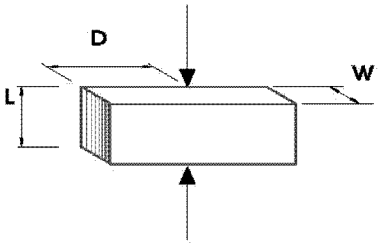
공 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계	시험일자	2012. 05	환산계수	20

A-방법



B-방법

축방향 L>0.5D

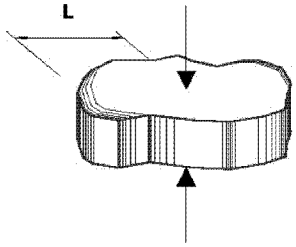


0.3W<D<W

$D_e^2=4WD/P$

C-방법

임의의 방향 L>0.5D



L>0.5D

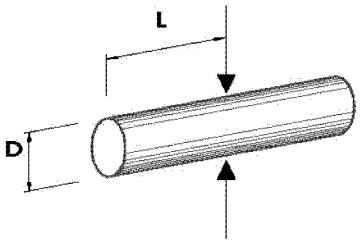
0.3W<D<W

공 번	심 도	시료폭	직경	시험하중	D_e^2	I_s	보정계수	$I_{s(50)}$	q_u
	(m)	W(mm)	D_e(mm)	P(kgf)	(cm^2)	(kg/cm^2)	F	(MPa)	(MPa)
BH-240	28.7~28.8	-	51.0	1,500	26.0	57.7	1.0	5.82	116.4
BH-240	28.9~29.1	-	51.0	1,240	26.0	47.7	1.0	4.81	96.2
BH-240	3.8~3.85	-	51.0	1,230	26.0	47.3	1.0	4.77	95.4
BH-240	31.8~32.0	-	51.0	1,500	26.0	57.7	1.0	5.82	116.4
BH-240	6.3~6.5	-	51.0	1,000	26.0	38.4	1.0	3.88	77.6
BH-241	15.3~15.4	-	51.0	1,050	26.0	40.4	1.0	4.07	81.5
BH-241	15.5~15.7	-	51.0	1,120	26.0	43.1	1.0	4.34	86.9
BH-241	18.5~18.7	-	51.0	1,500	26.0	57.7	1.0	5.82	116.4
BH-241	20.1~20.4	-	51.0	1,260	26.0	48.4	1.0	4.89	97.8
BH-241	22.5~22.6	-	51.0	1,080	26.0	41.5	1.0	4.19	83.8
BH-241	5.4~5.5	-	51.0	1,700	26.0	65.4	1.0	6.59	131.9
BH-241	7.0~7.2	-	51.0	800	26.0	30.8	1.0	3.10	62.1
BH-241	9.7~9.8	-	51.0	650	26.0	25.0	1.0	2.52	50.4
BH-242	12.5~12.7	-	51.0	1,170	26.0	45.0	1.0	4.54	90.8
BH-242	15.6~15.7	-	51.0	1,480	26.0	56.9	1.0	5.74	114.8
BH-242	18.6~18.8	-	51.0	1,670	26.0	64.2	1.0	6.48	129.6
BH-242	21.5~21.7	-	51.0	2,000	26.0	76.9	1.0	7.76	155.2
BH-242	24.5~24.6	-	51.0	1,850	26.0	71.1	1.0	7.18	143.5
BH-242	27.5~27.7	-	51.0	1,450	26.0	55.7	1.0	5.62	112.5
BH-242	6.3~6.4	-	51.0	880	26.0	33.8	1.0	3.41	68.3
BH-242	8.3~8.4	-	51.0	1,000	26.0	38.4	1.0	3.88	77.6
BH-242	9.5~9.7	-	51.0	1,240	26.0	47.7	1.0	4.81	96.2
BH-247	21.6~21.75	-	50.8	1,240	25.8	48.1	1.0	4.84	96.8
BH-249	10.7~10.98	-	50.8	1,965	25.8	76.1	1.0	7.67	153.4
BH-250	12.1~12.34	-	50.8	1,830	25.8	70.9	1.0	7.14	142.8
BH-252-1	23.8~24.0	-	50.8	1,675	25.8	64.9	1.0	6.54	130.7

점하중 시험(Point Load Test)

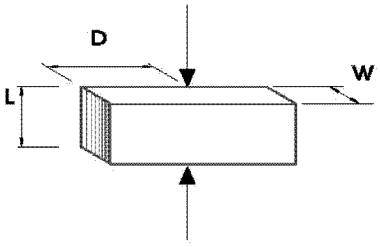
공 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계	시험일자	2012. 05	환산계수	20

A-방법



B-방법

축방향 L>0.5D

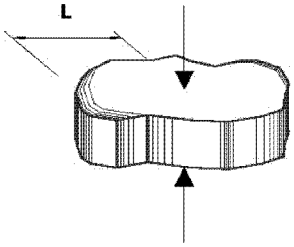


0.3W<D<W

$D_e^2=4WD/P$

C-방법

임의의 방향 L>0.5D



L>0.5D

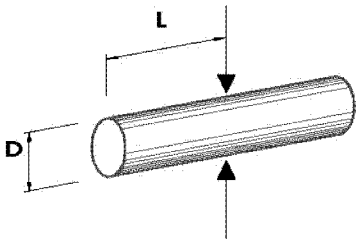
0.3W<D<W

공 번	심 도	시료폭	직경	시험하중	D_e^2	I_s	보정계수	$I_{s(50)}$	q_u
	(m)	W(mm)	D_e(mm)	P(kgf)	(cm^2)	(kg/cm^2)	F	(MPa)	(MPa)
BH-252-1	27.6~27.7	-	50.8	1,480	25.8	57.4	1.0	5.78	115.5
BH-252-1	29.5~29.6	-	50.8	1,710	25.8	66.3	1.0	6.67	133.5
BH-252-1	31.4~31.64	-	50.8	1,900	25.8	73.6	1.0	7.42	148.3
BH-278	11.85~12.0	-	50.8	1,820	25.8	70.5	1.0	7.10	142.1
BH-279	12.9~13.0	-	50.8	1,050	25.8	40.7	1.0	4.10	82.0
BH-280	9.15~9.25	-	50.8	885	25.8	34.3	1.0	3.45	69.1
BH-281	11.9~12.0	-	50.8	780	25.8	30.2	1.0	3.04	60.9
BH-282	11.7~11.8	-	51.0	250	26.0	9.6	1.0	0.97	19.4
BH-282	14.8~14.95	-	51.0	350	26.0	13.5	1.0	1.36	27.2
BH-282	17.65~17.8	-	51.0	860	26.0	33.1	1.0	3.34	66.7
BH-282	20.88~20.94	-	51.0	780	26.0	30.0	1.0	3.03	60.5
BH-282	22.63~22.77	-	51.0	1,420	26.0	54.6	1.0	5.51	110.2
BH-282	24.28~24.45	-	51.0	1,100	26.0	42.3	1.0	4.27	85.3
BH-282	28.9~29.0	-	51.0	1,020	26.0	39.2	1.0	3.96	79.1
BH-282	30.5~30.6	-	51.0	1,140	26.0	43.8	1.0	4.42	88.4
BH-282	33.35~33.45	-	51.0	1,500	26.0	57.7	1.0	5.82	116.4
BH-282	37.2~37.28	-	51.0	1,280	26.0	49.2	1.0	4.97	99.3
BH-282	39.0~39.1	-	51.0	1,020	26.0	39.2	1.0	3.96	79.1
BH-282	41.3~41.5	-	51.0	650	26.0	25.0	1.0	2.52	50.4
BH-284	10.35~10.45	-	51.0	800	26.0	30.8	1.0	3.10	62.1
BH-284	11.25~11.38	-	51.0	600	26.0	23.1	1.0	2.33	46.5
BH-284	15.18~15.3	-	51.0	450	26.0	17.3	1.0	1.75	34.9
BH-284	17.3~17.44	-	51.0	250	26.0	9.6	1.0	0.97	19.4
BH-284	18.0~18.06	-	51.0	300	26.0	11.5	1.0	1.16	23.3
BH-284	20.92~21.05	-	51.0	1,300	26.0	50.0	1.0	5.04	100.9
BH-284	24.4~24.5	-	51.0	1,550	26.0	59.6	1.0	6.01	120.3

점하중 시험(Point Load Test)

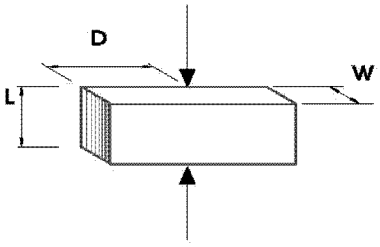
공 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계	시험일자	2012. 05	환산계수	20

A-방법



B-방법

축방향 L>0.5D

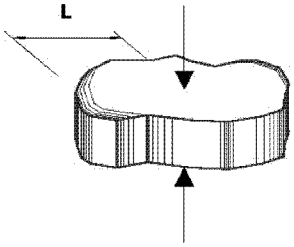


0.3W<D<W

$D_e^2=4WD/P$

C-방법

임의의 방향 L>0.5D



L>0.5D

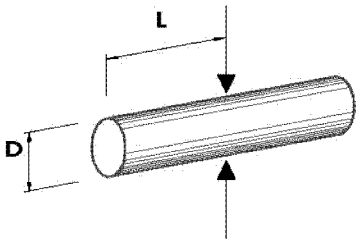
0.3W<D<W

공 번	심 도	시료폭	직경	시험하중	D_e^2	I_s	보정계수	$I_{s(50)}$	q_u
	(m)	W(mm)	D_e(mm)	P(kgf)	(cm^2)	(kg/cm^2)	F	(MPa)	(MPa)
BH-284	26.6~26.7	-	51.0	1,850	26.0	71.1	1.0	7.18	143.5
BH-284	28.0~28.45	-	51.0	1,600	26.0	61.5	1.0	6.21	124.1
BH-284	30.3~30.36	-	51.0	1,700	26.0	65.4	1.0	6.59	131.9
BH-284	33.9~34.25	-	51.0	1,200	26.0	46.1	1.0	4.65	93.1
BH-284	6.3~6.38	-	51.0	500	26.0	19.2	1.0	1.94	38.8
BH-284	8.85~8.95	-	51.0	750	26.0	28.8	1.0	2.91	58.2
BH-285-1	12.5~12.6	-	50.8	465	25.8	18.0	1.0	1.81	36.3
BH-285-2	12.0~12.13	-	50.8	525	25.8	20.3	1.0	2.05	41.0
BH-286	13.8~13.9	-	50.8	495	25.8	19.2	1.0	1.93	38.6
BH-286-1	13.6~13.73	-	50.8	645	25.8	25.0	1.0	2.52	50.3
BH-286-2	11.3~11.4	-	50.8	575	25.8	22.3	1.0	2.24	44.9
BH-287	16.5~16.65	-	50.8	820	25.8	31.8	1.0	3.20	64.0
BH-287	19.7~19.8	-	50.8	1,020	25.8	39.5	1.0	3.98	79.6
BH-287	21.9~22.0	-	50.8	1,110	25.8	43.0	1.0	4.33	86.6
BH-287	24.0~24.2	-	50.8	1,660	25.8	64.3	1.0	6.48	129.6
BH-287	26.5~26.8	-	50.8	2,200	25.8	85.3	1.0	8.59	171.7
BH-287	28.8~29.0	-	50.8	2,350	25.8	91.1	1.0	9.17	183.4
BH-287-1	11.5~11.58	-	50.8	740	25.8	28.7	1.0	2.89	57.8
BH-288	12.0~12.1	-	50.8	540	25.8	20.9	1.0	2.11	42.2
BH-288-1	10.0~10.1	-	50.8	460	25.8	17.8	1.0	1.80	35.9
BH-289	10.7~10.83	-	50.8	260	25.8	10.1	1.0	1.01	20.3
BH-289	13.8~13.86	-	50.8	420	25.8	16.3	1.0	1.64	32.8
BH-289	17.5~17.62	-	50.8	380	25.8	14.7	1.0	1.48	29.7
BH-291	14.5~14.56	-	50.8	340	25.8	13.2	1.0	1.33	26.5
BH-291-1	11.1~11.2	-	50.8	845	25.8	32.7	1.0	3.30	66.0
BH-293	16.4~16.6	-	50.8	680	25.8	26.4	1.0	2.65	53.1

점하중 시험(Point Load Test)

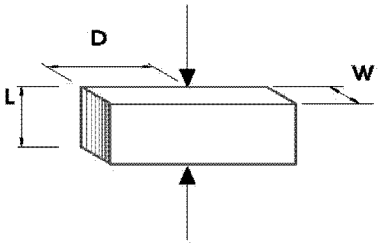
공 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계	시험일자	2012. 05	환산계수	20

A-방법



B-방법

축방향 L>0.5D

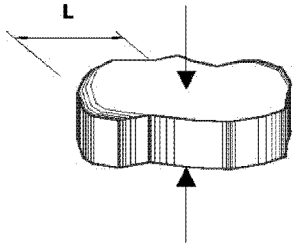


0.3W<D<W

$D_e^2=4WD/P$

C-방법

임의의 방향 L>0.5D



L>0.5D

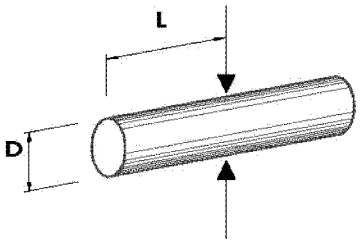
0.3W<D<W

공 번	심 도	시료폭	직경	시험하중	D_e^2	I_s	보정계수	$I_{s(50)}$	q_u
	(m)	W(mm)	D_e(mm)	P(kgf)	(cm^2)	(kg/cm^2)	F	(MPa)	(MPa)
BH-293	18.2~18.33	-	50.8	920	25.8	35.7	1.0	3.59	71.8
BH-293	20.7~20.8	-	50.8	1,105	25.8	42.8	1.0	4.31	86.3
BH-293	22.5~22.6	-	50.8	1,310	25.8	50.8	1.0	5.11	102.3
BH-293	25.1~25.2	-	50.8	1,520	25.8	58.9	1.0	5.93	118.6
BH-293	27.0~27.25	-	50.8	2,250	25.8	87.2	1.0	8.78	175.6
BH-293	30.2~30.4	-	50.8	2,450	25.8	94.9	1.0	9.56	191.2
BH-293	31.3~31.45	-	50.8	1,750	25.8	67.8	1.0	6.83	136.6
BH-293	32.7~32.85	-	50.8	1,680	25.8	65.1	1.0	6.56	131.1
BH-293	35.1~35.25	-	50.8	1,565	25.8	60.6	1.0	6.11	122.2
BH-293-1	13.2~13.3	-	50.8	480	25.8	18.6	1.0	1.87	37.5
BH-293-1	15.5~15.65	-	50.8	1,620	25.8	62.8	1.0	6.32	126.5
BH-293-1	17.2~17.4	-	50.8	2,000	25.8	77.5	1.0	7.81	156.1
BH-293-1	21.3~21.4	-	50.8	1,760	25.8	68.2	1.0	6.87	137.4
BH-293-1	23.4~23.5	-	50.8	1,870	25.8	72.5	1.0	7.30	146.0
BH-293-1	26.3~26.4	-	50.8	2,150	25.8	83.3	1.0	8.39	167.8
BH-293-1	30.4~30.7	-	50.8	2,260	25.8	87.6	1.0	8.82	176.4
BH-294-1	7.3~7.4	-	50.8	655	25.8	25.4	1.0	2.56	51.1
BH-295	10.8~10.88	-	50.8	535	25.8	20.7	1.0	2.09	41.8
BH-296	9.4~9.55	-	50.8	945	25.8	36.6	1.0	3.69	73.8
BH-297	11.3~11.4	-	50.8	1,010	25.8	39.1	1.0	3.94	78.8
BH-298	8.7~8.83	-	50.8	555	25.8	21.5	1.0	2.17	43.3
BH-298-1	17.1~17.2	-	50.8	410	25.8	15.9	1.0	1.60	32.0
BH-298-1	18.6~18.73	-	50.8	845	25.8	32.7	1.0	3.30	66.0
BH-298-1	21.1~21.3	-	50.8	640	25.8	24.8	1.0	2.50	50.0
BH-298-1	25.0~25.25	-	50.8	1,905	25.8	73.8	1.0	7.43	148.7
BH-298-1	27.9~28.12	-	50.8	1,860	25.8	72.1	1.0	7.26	145.2

점하중 시험(Point Load Test)

공 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계	시험일자	2012. 05	환산계수	20

A-방법

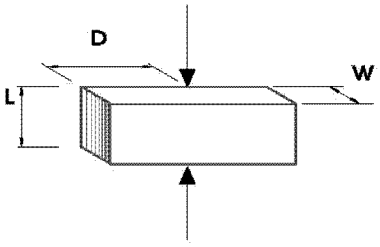


0.3W<D<W

$D_e^2=4WD/P$

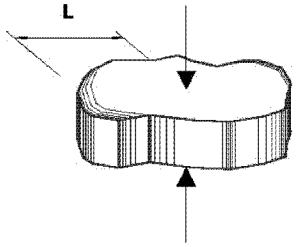
B-방법

축방향 L>0.5D



C-방법

임의의 방향 L>0.5D



L>0.5D

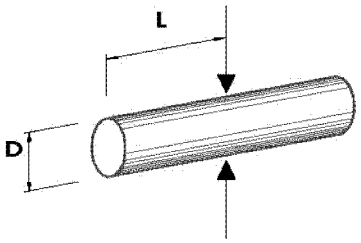
0.3W<D<W

공 번	심 도	시료폭	직경	시험하중	D_e^2	I_s	보정계수	$I_{s(50)}$	q_u
	(m)	W(mm)	D_e(mm)	P(kgf)	(cm^2)	(kg/cm^2)	F	(MPa)	(MPa)
BH-299	17.1~17.24	-	50.8	408	25.8	15.8	1.0	1.59	31.9
BH-299	21.73~21.8	-	50.8	510	25.8	19.8	1.0	1.99	39.8
BH-299	25.6~25.74	-	50.7	561	25.7	21.9	1.0	2.20	44.0
BH-299	27.9~28.1	-	50.6	612	25.6	23.9	1.0	2.40	48.0
BH-299	31.1~31.45	-	50.6	1,632	25.6	63.7	1.0	6.41	128.1
BH-299-1	6.8~6.94	-	50.8	585	25.8	22.7	1.0	2.28	45.7
BH-299-1	10.1~10.2	-	50.8	620	25.8	24.0	1.0	2.42	48.4
BH-299-1	13.2~13.35	-	50.8	685	25.8	26.5	1.0	2.67	53.5
BH-299-1	16.9~17.0	-	50.8	495	25.8	19.2	1.0	1.93	38.6
BH-299-1	18.45~18.58	-	50.8	620	25.8	24.0	1.0	2.42	48.4
BH-299-1	23.5~23.62	-	50.8	585	25.8	22.7	1.0	2.28	45.7
BH-299-1	24.7~24.85	-	50.8	715	25.8	27.7	1.0	2.79	55.8
BH-299-2	20.3~20.5	-	50.8	815	25.8	31.6	1.0	3.18	63.6
BH-299-2	23.15~23.4	-	50.8	670	25.8	26.0	1.0	2.61	52.3
BH-299-2	25.5~25.6	-	50.8	275	25.8	10.7	1.0	1.07	21.5
BH-299-2	28.6~28.9	-	50.8	1,350	25.8	52.3	1.0	5.27	105.4
BH-299-2	30.5~30.6	-	50.8	1,120	25.8	43.4	1.0	4.37	87.4
BH-299-2	34.0~34.1	-	50.8	1,580	25.8	61.2	1.0	6.17	123.3
BH-302	15.65~15.73	-	50.7	357	25.7	13.9	1.0	1.40	27.9
BH-302	17.0~17.08	-	50.7	510	25.7	19.9	1.0	2.00	40.0
BH-302	20.4~20.59	-	50.6	714	25.6	27.9	1.0	2.80	56.1
BH-302	23.6~23.71	-	50.7	1,020	25.7	39.7	1.0	3.99	79.8
BH-302	26.6~26.69	-	50.7	1,835	25.7	71.4	1.0	7.19	143.7
BH-302	29.3~29.41	-	50.6	1,428	25.6	55.8	1.0	5.61	112.1
BH-302	32.1~32.21	-	50.6	1,275	25.6	49.8	1.0	5.01	100.1
BH-302	34.3~34.39	-	50.7	918	25.7	35.7	1.0	3.59	71.9

점하중 시험(Point Load Test)

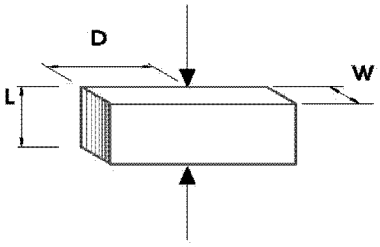
공 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계	시험일자	2012. 05	환산계수	20

A-방법



B-방법

축방향 L>0.5D

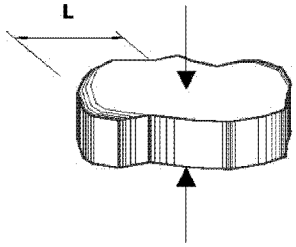


0.3W<D<W

$D_e^2=4WD/P$

C-방법

임의의 방향 L>0.5D



L>0.5D

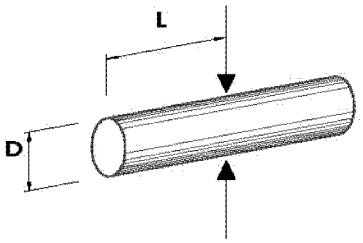
0.3W<D<W

공 번	심 도	시료폭	직경	시험하중	D_e^2	I_s	보정계수	$I_{s(50)}$	q_u
	(m)	W(mm)	D_e(mm)	P(kgf)	(cm^2)	(kg/cm^2)	F	(MPa)	(MPa)
BH-302	35.5~35.65	-	50.7	1,632	25.7	63.6	1.0	6.40	127.9
BH-302	37.17~37.57	-	50.6	1,632	25.6	63.8	1.0	6.42	128.3
BH-302	41.7~41.82	-	50.7	1,224	25.7	47.7	1.0	4.80	96.0
BH-302	45.4~45.52	-	50.7	2,141	25.7	83.5	1.0	8.40	167.9
BH-302	47.3~47.45	-	50.6	1,020	25.6	39.8	1.0	4.00	80.1
BH-302-1	15.9~16.03	-	50.6	357	25.6	13.9	1.0	1.40	28.0
BH-302-1	21.0~21.15	-	50.8	408	25.8	15.8	1.0	1.59	31.8
BH-302-1	23.9~24.05	-	50.7	408	25.7	15.9	1.0	1.60	31.9
BH-302-1	25.8~26.0	-	50.6	408	25.6	15.9	1.0	1.60	32.0
BH-302-1	28.65~28.72	-	50.7	306	25.7	11.9	1.0	1.20	24.0
BH-303	10.5~10.64	-	50.8	510	25.8	19.8	1.0	1.99	39.9
BH-303	14.55~14.75	-	50.8	1,020	25.8	39.5	1.0	3.98	79.6
BH-303	16.6~16.74	-	50.8	1,224	25.8	47.4	1.0	4.78	95.5
BH-303	21.4~21.6	-	50.8	1,122	25.8	43.6	1.0	4.38	87.7
BH-303	23.1~23.38	-	50.7	1,326	25.7	51.6	1.0	5.19	103.8
BH-303	8.4~8.59	-	50.7	612	25.7	23.8	1.0	2.40	47.9
BH-303-1	21.0~21.25	-	50.8	330	25.8	12.8	1.0	1.29	25.8
BH-303-1	24.7~24.85	-	50.8	530	25.8	20.5	1.0	2.07	41.4
BH-303-1	26.9~27.1	-	50.8	1,220	25.8	47.3	1.0	4.76	95.2
BH-303-1	29.5~29.8	-	50.8	1,810	25.8	70.1	1.0	7.06	141.3
BH-304	2.6~2.74	-	50.8	670	25.8	26.0	1.0	2.61	52.3
BH-304-1	12.2~12.3	-	50.8	595	25.8	23.1	1.0	2.32	46.4
BH-304-2	8.9~9.2	-	50.8	710	25.8	27.5	1.0	2.77	55.4
BH-305	17.8~17.9	-	50.8	795	25.8	30.8	1.0	3.10	62.1
BH-305-2	13.5~13.7	-	50.8	680	25.8	26.4	1.0	2.65	53.1
BH-305-6	11.5~11.64	-	50.8	595	25.8	23.1	1.0	2.32	46.4

점하중 시험(Point Load Test)

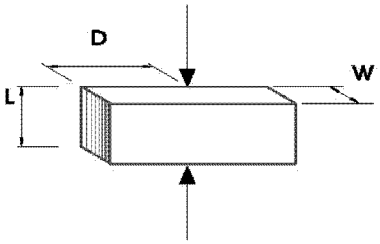
공 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계	시험일자	2012. 05	환산계수	20

A-방법



B-방법

축방향 L>0.5D

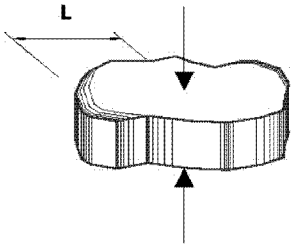


0.3W<D<W

$D_e^2=4WD/P$

C-방법

임의의 방향 L>0.5D



L>0.5D

0.3W<D<W

공 번	심 도	시료폭	직경	시험하중	D_e^2	I_s	보정계수	$I_{s(50)}$	q_u
	(m)	W(mm)	D_e(mm)	P(kgf)	(cm^2)	(kg/cm^2)	F	(MPa)	(MPa)
BH-306	15.0~15.14	-	50.8	459	25.8	17.8	1.0	1.79	35.9
BH-306	19.7~19.78	-	50.8	408	25.8	15.8	1.0	1.59	31.8
BH-306	23.2~23.35	-	50.8	663	25.8	25.7	1.0	2.59	51.7
BH-306	24.8~24.95	-	50.9	714	25.9	27.6	1.0	2.78	55.6
BH-306	26.2~26.28	-	50.8	765	25.8	29.6	1.0	2.98	59.7
BH-306	27.9~27.99	-	50.8	510	25.8	19.8	1.0	1.99	39.8
BH-308	18.1~18.2	-	50.8	485	25.8	18.8	1.0	1.89	37.9
BH-309	17.5~17.62	-	50.8	520	25.8	20.2	1.0	2.03	40.6
BH-314-1	27.5~27.63	-	50.8	1,650	25.8	63.9	1.0	6.44	128.8
BH-314-2	18.9~19.0	-	50.8	535	25.8	20.7	1.0	2.09	41.8
BH-315	24.1~24.22	-	50.8	580	25.8	22.5	1.0	2.26	45.3

5.7 공진주시험

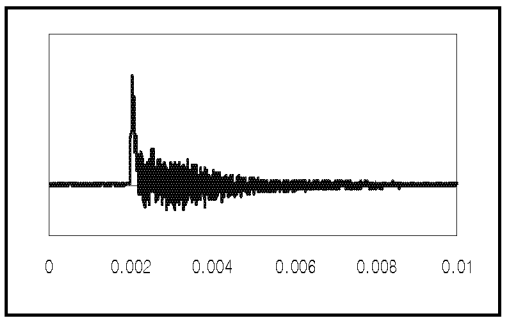
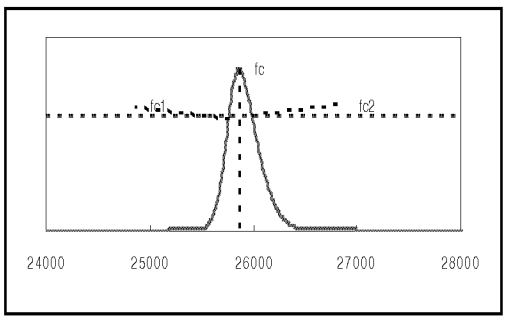
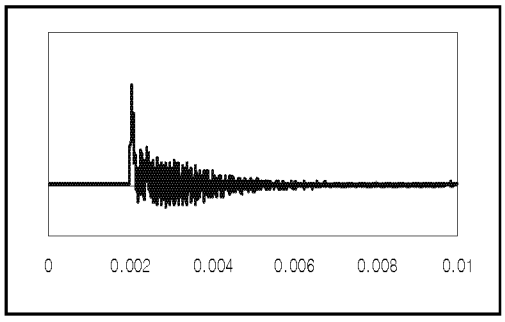
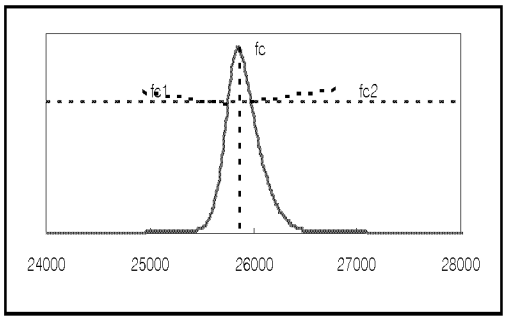
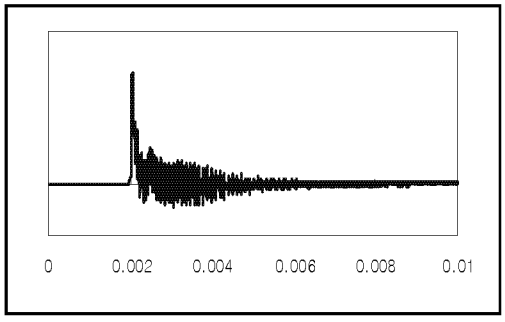
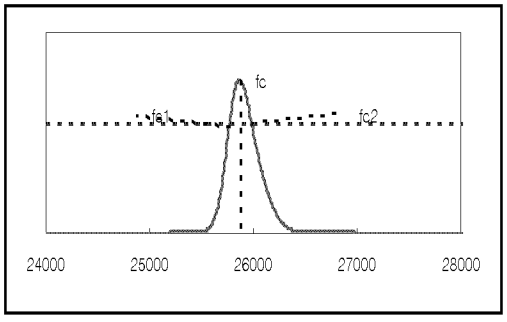
암석 공진주 시료 물성

공 번	심 도 (m)	직 경 (cm)	길 이 (cm)	질 량 (g)	단위중량(kN/m^3)
BH-239	37.3~37.6	5.07	10.21	569.3	24.34

암석 공진주 시험 결과

구분	공 번	심 도 (m)	No.	f_r (Hz)	V_c (m/sec)	E (GPa)	D (%)	비 고
Compression Wave	BH-239	37.3-37.6	1	25863.65	5395.16	72.29	0.43	
			2	25856.02	5393.57	72.25	0.43	
			3	25871.28	5396.75	72.34	0.42	
			평균	25863.65	5395.16	72.29	0.43	
Shear Wave	BH-239	37.3-37.6	1	16082.76	3354.86	27.95	0.31	
			2	16067.50	3351.68	27.90	0.30	
			3	16098.02	3358.05	28.01	0.31	
			평균	16082.76	3354.86	27.95	0.31	

Compression Wave

Time Domain 1~3	Frequency Domain 1~3
	
	
	

5.8 AE/DRA시험

지오메카닉스 GEO MECHANICS
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교 자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

AE/DRA 시험결과 요약표 (SUMMARY TABLE) 2012-024

시료 (Specimen)				시험결과 (Test Result)				
시추공번 Borehole I.D.	심도 Depth (m)	방향 Direction	상태 Condition	현장 응력 추정값 in-situ stress level (MPa)		측압계수(K) $K = (\sigma_{h1}+\sigma_{h2})/2\sigma_v$ (MPa)		신뢰도 Reliability
				AE	DRA	AE	DRA	
BH-239	37.6-37.9	Vertical	Good	0.95	0.96	1.79	1.79	Medium
		Horizontal-1	Good	1.39	1.43			
		Horizontal-2	Good	2.02	2.00			
	제출 시료에 한함				이 하 여 백			

Client	(주)신우엔지니어링	Affirmation			
Test Date	2012년 5월 16일 ~ 2012년 5월 18일	Tested by	지 훈	Technical Manager	장 현 식

지오메카닉스
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

AE

시험결과 (Test Result)

2012-024

Specimen				Test Condition	
Borehole ID	BH-239			Test Date	2012-05-17
Depth	37.6-37.9 m			Testing Machine	3 ton Loading machine
Lithology					μDisp system (PAC)
Size (㎝)	Direction	Diameter/Length	Condition		2 miniature AE sensor
	vertical	2.48 / 4.80	Good	Frequency Range	125~750 kHz
	Horizontal(h1)	2.48 / 4.32	Good	Threshold	45 dB
	Horizontal(h2)	2.48 / 4.41	Good	Stress Rate	10 MPa/min

Test Method

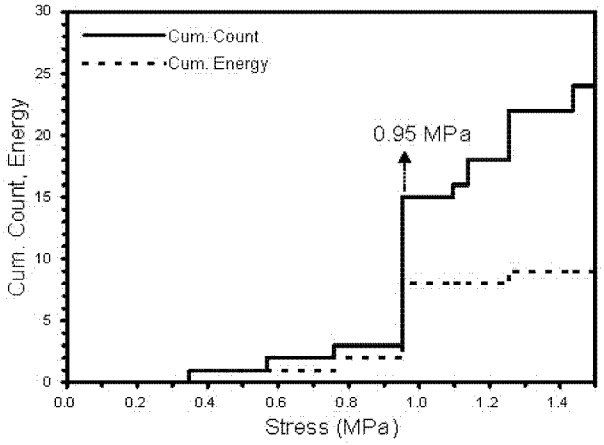
Seto, M., Nag, D. K. and Vutukuri, V. S., 1999, In situ rock stress mearsurement from rock cores using the acoustic emission method and deformation rate analysis, Geothechnical and geological Engineering, pp.1-26.

Villaescusa, E., Seto, M., Baird, G., 2002, Stress measurements from oriented core. International Journal of Rock Mechanics, Mining Science and Geo. Abst., V39, pp.603-615.

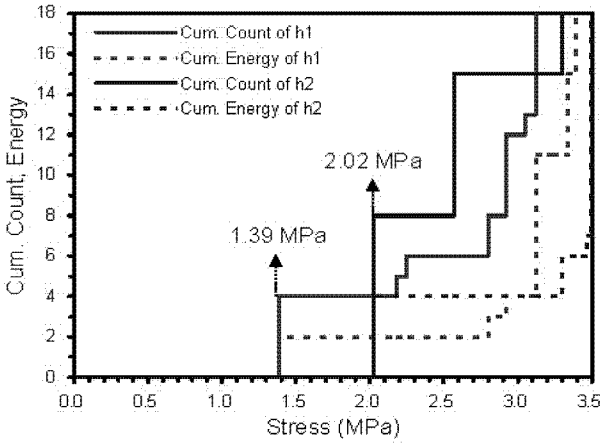
Test Result

Direction	In-situ stress level	K ($(\sigma_{h1}+\sigma_{h2})/2\sigma_v$)	Reliability
vertical	0.95 MPa	**1.79**	Medium
Horizontal (h1)	1.39 MPa		
Horizontal (h2)	2.02 MPa		

Cumulative AE Count & Energy vs. Stress Curve



Vertical direction



Horizontal direction

Remark

Affirmation

Tested by	지 훈
Technical Manager	장 현 식

지오메카닉스
강원도 춘천시 효자동 192 강원대학교
자연과학대학 3호관 305호
TEL : 033) 244-9275 | FAX : 033) 244-9276
www.geomech.co.kr | geomech@geomech.co.kr
KNU 강원대학교

DRA

시험결과 (Test Result)

2012-024

Specimen				Test Condition	
Borehole ID	BH-239			Test Date	2012-05-17
Depth	37.6-37.9 m			Testing Machine	3 ton Loading machine
Lithology					Uniaxial strain gage (5mm)
Size (㎝)	Direction	Diameter/Length	Condition		2300 Amplifier system
	vertical	2.48 / 4.80	Good	Sample rate	300 Hz
	Horizontal(h1)	2.48 / 4.32	Good	Resolution	0.1 με
	Horizontal(h2)	2.48 / 4.41	Good	Stress Rate	10 MPa/min

Test Method

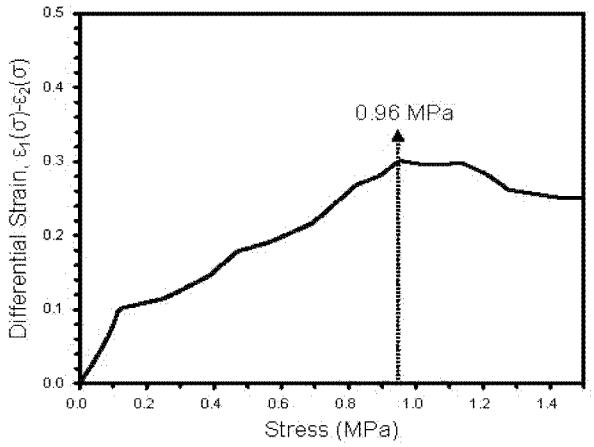
Seto, M., Nag, D. K. and Vutukuri, V. S., 1999, In situ rock stress mearsurement from rock cores using the acoustic emission method and deformation rate analysis, Geothechnical and geological Engineering, pp.1-26.

Villaescusa, E., Seto, M., Baird, G., 2002, Stress measurements from oriented core. International Journal of Rock Mechanics, Mining Science and Geo. Abst., V39, pp.603-615.

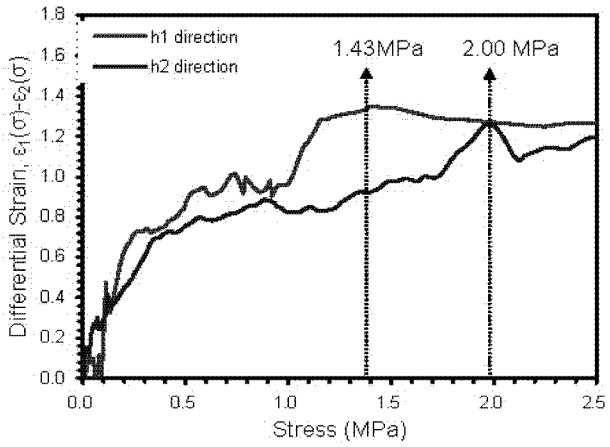
Test Result

Direction	In-situ stress level	K ($(\sigma_{h1}+\sigma_{h2})/2\sigma_v$)	Reliability
vertical	0.96 MPa	1.79	Medium
Horizontal (h1)	1.43 MPa		
Horizontal (h2)	2.00 MPa		

Differential Strain vs. Stress Curve



Vertical direction



Horizontal direction

Remark

Affirmation

Tested by	지 훈
Technical Manager	장 현 식

5.9 이방성시험

Rock Deformability Test

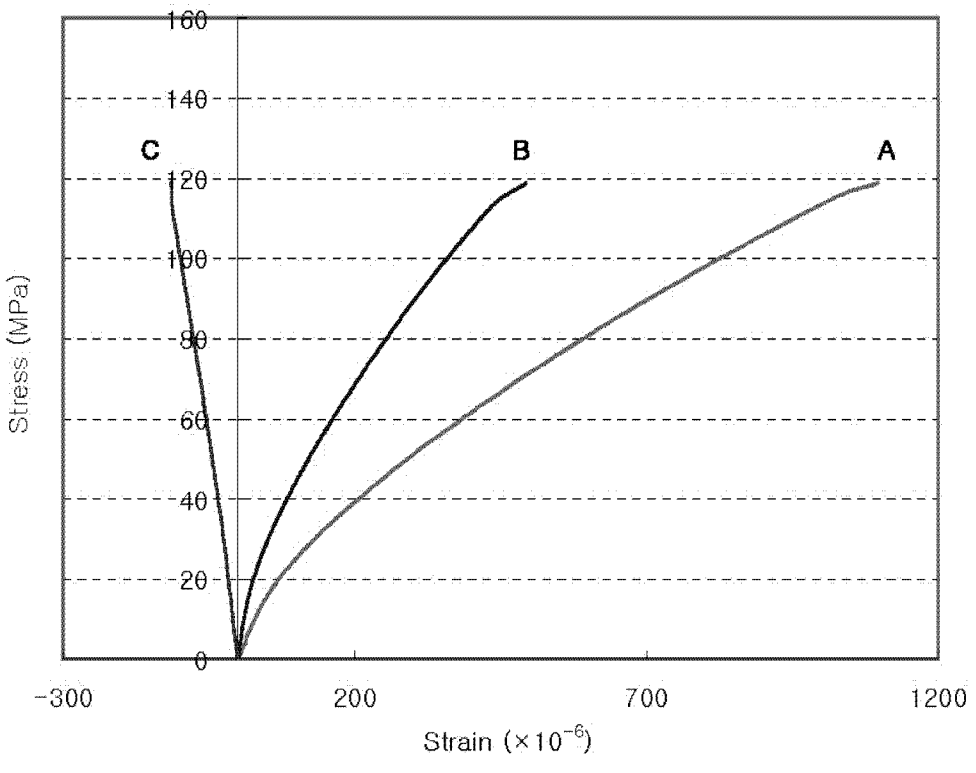
서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

1. 접수번호 : -	Test Result
2. 시 험 일 : 2012-5-17	
3. 의 뢰 자 : 신우엔지니어링	
4. 시 험 자 : 김 종 보	

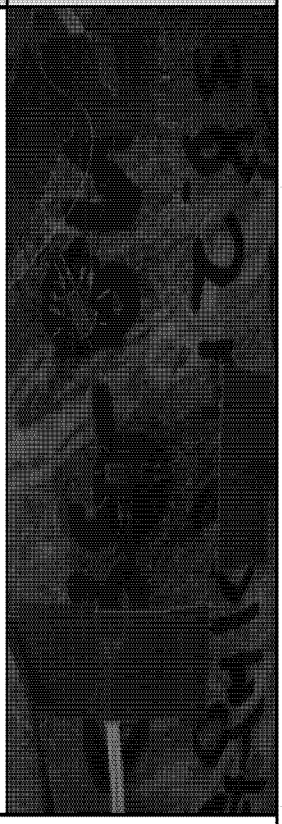
Specimen		
시 료 명	BH-239	
심 도	37.9-38.2 m	
지 름	5.07	cm
높 이	10.61	cm

Angle of Anisotropy		48.0
압축강도 (Uni. Comp. Strength)		118.9 (MPa)
Young's Modulus	E1	97.94 (GPa)
	E2	77.25 (GPa)
Shear Modulus		44.47 (GPa)
Anisotropy coefficient (E1/E2)		1.27 (E1/E2)
포아송비 (Poisson's Ratio)		0.24

Stress-Strain Curve



Pictures of Sample



Remarks

5.10 암유용성시험

ROCK CORE TEST DATA

Project : 서울~문산 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사(실시설계)

Hole No.	Depth (m)	표건밀도 (g/㎤)	절건밀도 (g/㎤)	흡수율 (%)	마모감량 (B방법) (%)	안정성 (Na_2SO_4) (%)	Note
BH-241	15.4-20.9	2.74	2.73	0.45	21.7	5.6	

제6장 기타

6.1 RMR 분류표
6.2 Q-System 분류표
6.3 재료원 조사

6.1 RMR 분류

Rock Mass Rating 산정결과

<3매중 1매>

조 사 명 | 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사 | 작 성 자 | 류성곤 | 방법/강도 | 원방법 사용 | 점하중지수 | 단 위 | MPa

공 번	구 간(m)	지층	점하중지수 (MPa)		RQD(%)		절리간격		불연속면의 상태										지하수 상 태		방 향 보 정			평 가		
									연 장 성		간 극		거 칠 기		충 전 물		풍화정도		총 점							
			지 수	평점	상태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상태	평점		상태	점수	구분	상 태	점수	BRMR	RMR	등급
◈ 터널구간																										
BH-239	6.1 ~ 7.6	경암	2.91	7	73	13	20~60cm	50	3~10m	20~60cm	1~5mm	10~20m	약간거침	3	없 음	6	MW	3	12	Wet	7	터널	유 리	-2	89	87	I
BH-239	7.6 ~ 9.5	경암	2.79	7	51	13	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	Slicken.	0	없 음	6	MW	3	9	Wet	7	터널	유 리	-2	61	59	III
BH-239	9.5 ~ 12.5	경암	3.03	7	87	17	20~60cm	50	3~10m	20~60cm	< 0.1mm	1~3m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Wet	7	터널	유 리	-2	95	93	I
BH-239	12.5 ~ 15.5	경암	2.13	7	87	17	20~60cm	50	3~10m	20~60cm	< 0.1mm	1~3m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Wet	7	터널	유 리	-2	95	93	I
BH-239	15.5 ~ 18.5	경암	2.52	7	71	13	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	Slicken.	0	없 음	6	MW	3	9	Wet	7	터널	유 리	-2	61	59	III
BH-239	18.5 ~ 21.5	경암	2.25	7	79	17	20~60cm	50	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	Slicken.	0	없 음	6	MW	3	9	Wet	7	터널	유 리	-2	90	88	I
BH-239	21.5 ~ 24.5	경암	3.57	7	94	20	20~60cm	50	3~10m	20~60cm	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	터널	유 리	-2	104	102	Error
BH-239	24.5 ~ 27.5	경암	4.27	12	100	20	20~60cm	50	1~3m	0.6~2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	터널	유 리	-2	109	107	Error
BH-239	27.5 ~ 30.5	경암	4.65	12	88	17	20~60cm	50	3~10m	20~60cm	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	터널	유 리	-2	106	104	Error
BH-239	30.5 ~ 33.5	경암	5.24	12	91	20	20~60cm	50	3~10m	20~60cm	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	터널	유 리	-2	109	107	Error
BH-239	33.5 ~ 36.5	경암	5.43	12	76	17	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	터널	유 리	-2	81	79	II
BH-239	36.5 ~ 39.5	경암	4.89	12	92	20	0.6~2m	75	< 1m	> 2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	140	138	Error
BH-239	39.5 ~ 42.5	경암	4.46	12	89	17	20~60cm	50	1~3m	0.6~2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	112	110	Error
BH-239	42.5 ~ 45.5	경암	6.52	12	94	20	0.6~2m	75	< 1m	> 2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	140	138	Error
BH-239	45.5 ~ 48.5	경암	6.67	12	86	17	20~60cm	50	1~3m	0.6~2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	112	110	Error
BH-239	48.5 ~ 51.5	경암	6.36	12	98	20	20~60cm	50	1~3m	0.6~2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	115	113	Error
BH-239	51.5 ~ 54.5	경암	6.01	12	91	20	20~60cm	50	1~3m	0.6~2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	115	113	Error
BH-239	54.5 ~ 57.5	경암	6.59	12	95	20	0.6~2m	75	1~3m	0.6~2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	140	138	Error
BH-239	57.5 ~ 60.5	경암	7.06	12	94	20	20~60cm	50	1~3m	0.6~2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	115	113	Error
BH-240	2.0 ~ 3.6	연암	2.79	7	18	3	6~20cm	25	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	약간거침	3	없 음	6	MW	3	12	Wet	7	터널	유 리	-2	54	52	III
BH-240	3.6 ~ 6.5	보통암	4.77	12	58	13	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Wet	7	터널	유 리	-2	71	69	II
BH-240	6.5 ~ 9.5	경암	3.88	7	81	17	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Wet	7	터널	유 리	-2	70	68	II

Rock Mass Rating 산정결과

<3매중 2매>

조 사 명 | 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사 | 작 성 자 | 류성곤 | 방법/강도 | 원방법 사용 | 점하중지수 | 단 위 | MPa

공 번	구 간(m)	지층	점하중지수 (MPa)		RQD(%)		절리간격		불연속면의 상태										지하수 상 태		방 향 보 정			평 가		
									연 장 성		간 극		거 칠 기		충 전 물		풍화정도		총 점							
			지 수	평점	상태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상태	평점		상태	점수	구분	상 태	점수	BRMR	RMR	등급
BH-240	9.5 ~ 12.5	경암	4.97	12	76	17	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	터널	유 리	-2	81	79	II
BH-240	12.5 ~ 15.3	경암	2.99	7	84	17	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	터널	유 리	-2	76	74	II
BH-240	15.3 ~ 18.3	경암	3.88	7	72	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	터널	유 리	-2	72	70	II
BH-240	18.3 ~ 21.3	경암	4.38	12	90	20	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	터널	유 리	-2	85	83	I
BH-240	21.3 ~ 23.8	경암	3.65	7	50	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	.1~1mm	3~10m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	터널	유 리	-2	73	71	II
BH-240	23.8 ~ 25.8	경암	4.58	12	64	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	1~5mm	10-20m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	터널	유 리	-2	77	75	II
BH-240	25.8 ~ 28.8	경암	5.82	12	79	17	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	.1~1mm	3~10m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	터널	유 리	-2	81	79	II
BH-240	28.8 ~ 31.8	경암	4.81	12	85	17	20~60cm	50	3~10m	20-60cm	.1~1mm	3~10m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	터널	유 리	-2	106	104	Error
BH-240	31.8 ~ 33.0	경암	5.82	12	100	20	20~60cm	50	1~3m	0.6-2m	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	터널	유 리	-2	110	108	Error
BH-241	3.5 ~ 6.5	보통암	6.59	12	58	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	.1~1mm	3~10m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Wet	7	터널	유 리	-2	74	72	II
BH-241	6.5 ~ 9.5	보통암	3.1	7	66	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	1~5mm	10-20m	매우거침	6	단단>5mm	2	MW	3	11	Flow	0	터널	유 리	-2	56	54	III
BH-241	9.5 ~ 12.5	보통암	2.52	7	60	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	터널	유 리	-2	72	70	II
BH-241	12.5 ~ 15.5	경암	4.07	12	83	17	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	터널	유 리	-2	82	80	II
BH-241	15.5 ~ 18.5	경암	4.34	12	77	17	6~20cm	25	1~3m	0.6-2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	87	85	I
BH-241	18.5 ~ 19.5	경암	5.82	12	61	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	터널	유 리	-2	78	76	II
BH-241	19.5 ~ 22.5	경암	5.8	12	74	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	터널	유 리	-2	78	76	II
BH-241	22.5 ~ 26.0	경암	4.89	12	75	17	20~60cm	50	1~3m	0.6-2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	터널	유 리	-2	107	105	Error
BH-242	3.8 ~ 6.5	연암	3.41	7	31	8	6~20cm	25	10~20m	6-20cm	.1~1mm	3~10m	약간거침	3	없 음	6	SW	5	14	Drop	4	터널	유 리	-2	58	56	III
BH-242	6.5 ~ 9.5	경암	3.8	7	80	17	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	터널	유 리	-2	77	75	II
BH-242	9.5 ~ 12.5	경암	4.81	12	93	20	20~60cm	50	3~10m	20-60cm	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	115	113	Error
BH-242	12.5 ~ 15.5	경암	4.54	12	97	20	20~60cm	50	1~3m	0.6-2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	115	113	Error
BH-242	15.5 ~ 18.5	경암	5.74	12	94	20	20~60cm	50	1~3m	0.6-2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	115	113	Error
BH-242	18.5 ~ 21.5	경암	6.48	12	80	17	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	터널	유 리	-2	82	80	II

Rock Mass Rating 산정결과

<3매중 3매>

조 사 명 | 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사 | 작 성 자 | 류성곤 | 방법/강도 | 원방법 사용 | 점하중지수 | 단 위 | MPa

공 번	구 간(m)	지층	점하중지수 (MPa)		RQD(%)		절리간격		불연속면의 상태											지하수 상 태		방 향 보 정			평 가		
									연 장 성		간 극		거 칠 기		충 전 물		풍화정도		총 점							
			지 수	평점	상태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상태	평점		상태	점수	구분	상 태	점수	BRMR	RMR	등급
BH-242	21.5 ~ 24.5	경암	7.76	12	88	17	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	터널	유 리	-2	87	85	I
BH-242	24.5 ~ 27.5	경암	7.18	12	94	20	20~60cm	50	3~10m	20~60cm	없 음	< 1m	거 침	5	없 음	6	F	6	17	Damp	10	터널	유 리	-2	109	107	Error
BH-242	27.5 ~ 29.0	경암	5.62	12	85	17	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	없 음	< 1m	거 침	5	없 음	6	F	6	17	Damp	10	터널	유 리	-2	81	79	II

Rock Mass Rating 산정결과

<1매중 1매>

조 사 명 | 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사 | 작 성 자 | 류성곤 | 방법/강도 | 원방법 사용 | 일축강도 | 단 위 | MPa

공 번	구 간(m)	지층	일축강도 (MPa)		RQD(%)		절리간격		불연속면의 상태												지하수 상 태		방 향 보 정			평 가		
									연 장 성		간 극		거 칠 기		충 전 물		풍화정도		총 점									
			강 도	평점	상태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상태	평점			상태	점수	구분	상 태	점수	BRMR	RMR	등급
◈ 교량구간																												
BH-270	17.3 ~ 20.3	연암	43.9	4	12	3	< 6cm	0	10~20m	6-20cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	SW	5	16	Wet	7	기초	보 통	-7	30	23	IV
BH-272	7.5 ~ 10.5	연암	43.9	4	12	3	< 6cm	0	10~20m	6-20cm	1~5mm	10-20m	약간거침	3	없 음	6	HW	1	10	Drop	4	기초	보 통	-7	21	14	V
BH-273	7.0 ~ 10.5	연암	43.9	4	17	3	< 6cm	0	10~20m	6-20cm	1~5mm	10-20m	약간거침	3	없 음	6	MW	3	12	Drop	4	기초	보 통	-7	23	16	V
BH-285	10.5 ~ 12.0	연암	43.9	4	7	3	< 6cm	0	10~20m	6-20cm	> 5mm	> 20m	약간거침	3	연함<5mm	2	CW	0	5	Drop	4	기초	보 통	-7	16	9	V
BH-285	12.0 ~ 13.5	연암	43.9	4	21	3	< 6cm	0	10~20m	6-20cm	1~5mm	10-20m	거 침	5	연함<5mm	2	HW	1	8	Wet	7	기초	보 통	-7	22	15	V

Rock Mass Rating 산정결과

<3매중 1매>

조 사 명 | 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사 | 작 성 자 | 류성곤 | 방법/강도 | 원방법 사용 | 점하중지수 | 단 위 | MPa

공 번	구 간(m)	암 종	지층	점하중지수 (MPa)		RQD(%)		절리간격		불연속면의 상태												지하수 상 태		방 향 보 정			평 가		
										연 장 성		간 극		거 칠 기		충 전 물		풍화정도		총점									
				지 수	평점	상태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상태	평점		상태	점수	구분	상 태	점수	BRMR	RMR	등급
◆ 깎기구간																													
BH-282	10.5 ~ 12.5		연암	0.97	2	10	3	< 6cm	0	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	평 활	1	연함<5mm	2	HW	1	4	Drop	4	사면	유 리	-5	13	8	V
BH-282	12.5 ~ 15.6		연암	1.36	4	11	3	< 6cm	0	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	약간거침	3	연함<5mm	2	HW	1	6	Drop	4	사면	유 리	-5	17	12	V
BH-282	15.6 ~ 18.3		연암	3.34	7	19	3	< 6cm	0	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	약간거침	3	단단<5mm	4	HW	1	8	Wet	7	사면	유 리	-5	25	20	V
BH-282	18.3 ~ 21.0		보통암	3.03	7	56	13	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Wet	7	사면	유 리	-5	66	61	II
BH-282	21.0 ~ 24.0		보통암	5.51	12	52	13	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Damp	10	사면	유 리	-5	74	69	II
BH-282	24.0 ~ 27.0		보통암	4.27	12	43	8	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	약간거침	3	없 음	6	SW	5	14	Wet	7	사면	유 리	-5	66	61	II
BH-282	27.0 ~ 30.0		보통암	3.96	7	57	13	6~20cm	25	1~3m	0.6~2m	.1~1mm	3~10m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	사면	유 리	-5	72	67	II
BH-282	30.0 ~ 33.0		보통암	4.42	12	62	13	6~20cm	25	1~3m	0.6~2m	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	사면	유 리	-5	78	73	II
BH-282	33.0 ~ 36.5		보통암	5.82	12	67	13	20~60cm	50	1~3m	0.6~2m	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	사면	유 리	-5	103	98	I
BH-282	36.5 ~ 39.0		보통암	4.97	12	55	13	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	약간거침	3	없 음	6	MW	3	12	Damp	10	사면	유 리	-5	72	67	II
BH-282	39.0 ~ 40.0		보통암	3.96	7	10	3	< 6cm	0	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	약간거침	3	없 음	6	SW	5	14	Wet	7	사면	유 리	-5	31	26	IV
BH-282	40.0 ~ 43.0		보통암	2.52	7	65	13	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	< 0.1mm	1~3m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Damp	10	사면	유 리	-5	69	64	II
BH-284	5.6 ~ 6.6		연암	1.94	4	10	3	< 6cm	0	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	약간거침	3	단단<5mm	4	HW	1	8	Flow	0	사면	유 리	-5	15	10	V
BH-284	6.6 ~ 9.4		연암	2.91	7	15	3	< 6cm	0	> 20m	< 6cm	> 5mm	> 20m	매우거침	6	없 음	6	HW	1	13	Flow	0	사면	유 리	-5	23	18	V
BH-284	9.4 ~ 11.2		연암	3.1	7	8	3	< 6cm	0	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	약간거침	3	없 음	6	MW	3	12	Wet	7	사면	유 리	-5	29	24	IV
BH-284	11.2 ~ 12.6		연암	2.33	7	16	3	< 6cm	0	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	약간거침	3	없 음	6	HW	1	10	Wet	7	사면	유 리	-5	27	22	IV
BH-284	12.6 ~ 15.6		연암	1.75	4	3	3	< 6cm	0	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	약간거침	3	없 음	6	HW	1	10	Drop	4	사면	유 리	-5	21	16	V
BH-284	15.6 ~ 17.8		연암	0.97	2	9	3	< 6cm	0	> 20m	< 6cm	1~5mm	10~20m	약간거침	3	단단<5mm	4	HW	1	8	Flow	0	사면	유 리	-5	13	8	V
BH-284	17.8 ~ 19.6		연암	1.16	4	0	3	< 6cm	0	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	거 침	5	없 음	6	HW	1	12	Wet	7	사면	유 리	-5	26	21	IV
BH-284	19.6 ~ 21.5		연암	5.04	12	37	8	< 6cm	0	3~10m	20~60cm	1~5mm	10~20m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Wet	7	사면	유 리	-5	41	36	IV
BH-284	21.5 ~ 24.5		보통암	6.01	12	58	13	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	SW	5	16	Damp	10	사면	유 리	-5	76	71	II
BH-284	24.5 ~ 27.3		보통암	7.18	12	41	8	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	1~5mm	10~20m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Wet	7	사면	유 리	-5	66	61	II

Rock Mass Rating 산정결과

<3매중 2매>

조 사 명 | 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사 | 작 성 자 | 류성곤 | 방법/강도 | 원방법 사용 | 점하중지수 | 단 위 | MPa

공 번	구 간(m)	암 종	지층	점하중지수 (MPa)		RQD(%)		절리간격		불연속면의 상태												지하수 상 태		방 향 보 정			평 가		
										연 장 성		간 극		거 칠 기		충 전 물		풍화정도		총 점									
				지 수	평점	상태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상태	평점		상태	점수	구분	상 태	점수	BRMR	RMR	등급
BH-284	27.3 ~ 29.9		보통암	6.21	12	58	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	.1~1mm	3~10m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	사면	유 리	-5	77	72	II
BH-284	29.9 ~ 31.9		보통암	6.59	12	50	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Wet	7	사면	유 리	-5	74	69	II
BH-284	31.9 ~ 35.0		보통암	4.65	12	70	13	6~20cm	25	1~3m	0.6-2m	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	사면	유 리	-5	77	72	II
BH-299	14.7 ~ 16.0		연암	1.9	4	9	3	< 6cm	0	10~20m	6-20cm	.1~1mm	3~10m	약간거침	3	없 음	6	HW	1	10	Wet	7	사면	유 리	-5	24	19	V
BH-299	16.0 ~ 16.5		연암	1.9	4	0	3	< 6cm	0	> 20m	< 6cm	> 5mm	> 20m	평 활	1	없 음	6	HW	1	8	Flow	0	사면	유 리	-5	15	10	V
BH-299	16.5 ~ 19.0		연암	1.59	4	5	3	< 6cm	0	10~20m	6-20cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Wet	7	사면	유 리	-5	28	23	IV
BH-299	19.0 ~ 22.0		연암	1.99	4	0	3	< 6cm	0	3~10m	20-60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Wet	7	사면	유 리	-5	28	23	IV
BH-299	22.0 ~ 24.5		연암	1.9	4	5	3	< 6cm	0	10~20m	6-20cm	1~5mm	10-20m	약간거침	3	없 음	6	MW	3	12	Wet	7	사면	유 리	-5	26	21	IV
BH-299	24.5 ~ 25.5		보통암	2.2	7	61	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Wet	7	사면	유 리	-5	66	61	II
BH-299	25.5 ~ 27.5		보통암	2.2	7	44	8	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	SW	5	16	Wet	7	사면	유 리	-5	63	58	III
BH-299	27.5 ~ 29.0		보통암	6.4	12	75	17	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	SW	5	16	Wet	7	사면	유 리	-5	77	72	II
BH-299	29.0 ~ 30.5		보통암	6.4	12	20	3	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Wet	7	사면	유 리	-5	61	56	III
BH-299	30.5 ~ 32.0		경암	6.41	12	81	17	6~20cm	25	1~3m	0.6-2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	사면	유 리	-5	87	82	I
BH-302	14.5 ~ 16.0		연암	1.4	4	0	3	< 6cm	0	> 20m	< 6cm	1~5mm	10-20m	평 활	1	없 음	6	HW	1	8	Drop	4	사면	유 리	-5	19	14	V
BH-302	16.0 ~ 19.0		연암	2	7	23	3	< 6cm	0	10~20m	6-20cm	.1~1mm	3~10m	평 활	1	없 음	6	HW	1	8	Wet	7	사면	유 리	-5	25	20	V
BH-302	19.0 ~ 22.0		연암	2.8	7	18	3	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	.1~1mm	3~10m	약간거침	3	없 음	6	MW	3	12	Wet	7	사면	유 리	-5	54	49	III
BH-302	22.0 ~ 25.0		보통암	3.99	7	45	8	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	< 0.1mm	1~3m	거 침	5	없 음	6	SW	5	16	Damp	10	사면	유 리	-5	66	61	II
BH-302	25.0 ~ 28.0		보통암	7.19	12	60	13	20~60cm	50	1~3m	0.6-2m	< 0.1mm	1~3m	거 침	5	없 음	6	F	6	17	Damp	10	사면	유 리	-5	102	97	I
BH-302	28.0 ~ 31.0		보통암	5.61	12	76	17	20~60cm	50	1~3m	0.6-2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	사면	유 리	-5	112	107	Error
BH-302	31.0 ~ 34.0		보통암	5.01	12	73	13	20~60cm	50	1~3m	0.6-2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	사면	유 리	-5	108	103	Error
BH-302	34.0 ~ 37.0		보통암	6.4	12	63	13	20~60cm	50	1~3m	0.6-2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	사면	유 리	-5	103	98	I
BH-302	37.0 ~ 40.0		보통암	6.42	12	53	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	사면	유 리	-5	78	73	II
BH-302	40.0 ~ 43.0		보통암	4.8	12	67	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	사면	유 리	-5	77	72	II
BH-302	43.0 ~ 46.0		보통암	8.4	12	70	13	20~60cm	50	1~3m	0.6-2m	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	사면	유 리	-5	108	103	Error
BH-302	46.0 ~ 48.0		보통암	4	12	56	13	6~20cm	25	3~10m	20-60cm	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Damp	10	사면	유 리	-5	78	73	II
BH-302-1	15.7 ~ 19.0		연암	1.4	4	18	3	< 6cm	0	10~20m	6-20cm	1~5mm	10-20m	거 침	5	단단<5mm	4	MW	3	12	Drop	4	사면	유 리	-5	23	18	V

Rock Mass Rating 산정결과

<3매중 3매>

조 사 명 | 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조사 | 작 성 자 | 류성곤 | 방법/강도 | 원방법 사용 | 점하중지수 | 단 위 | MPa

공 번	구 간(m)	암 종	지층	점하중지수 (MPa)		RQD(%)		절리간격		불연속면의 상태												지하수 상 태		방 향 보 정			평 가		
										연 장 성		간 극		거 칠 기		충 전 물		풍화정도		총 점									
				지 수	평점	상태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상태	평점			상태	점수	구분	상 태	점수	BRMR	RMR	등급
BH-302-1	19.0 ~ 22.0		연암	1.59	4	15	3	6~20cm	25	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	거 침	5	단단<5mm	4	MW	3	12	Drop	4	사면	유 리	-5	48	43	III
BH-302-1	22.0 ~ 25.0		연암	1.6	4	36	8	6~20cm	25	10~20m	6~20cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Wet	7	사면	유 리	-5	58	53	III
BH-302-1	25.0 ~ 28.0		연암	1.6	4	31	8	6~20cm	25	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	약간거침	3	단단<5mm	4	MW	3	10	Drop	4	사면	유 리	-5	51	46	III
BH-302-1	28.0 ~ 30.0		연암	1.2	4	11	3	< 6cm	0	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	약간거침	3	단단<5mm	4	MW	3	10	Drop	4	사면	유 리	-5	21	16	V
BH-303	6.6 ~ 7.4		연암	1.9	4	0	3	< 6cm	0	> 20m	< 6cm	> 5mm	> 20m	평 활	1	연함<5mm	2	HW	1	4	Flow	0	사면	유 리	-5	11	6	V
BH-303	7.4 ~ 10.0		연암	2.4	7	46	8	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	단단<5mm	4	MW	3	12	Wet	7	사면	유 리	-5	59	54	III
BH-303	10.0 ~ 13.0		연암	1.99	4	24	3	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	SW	5	16	Damp	10	사면	유 리	-5	58	53	III
BH-303	13.0 ~ 16.0		경암	3.98	7	80	17	20~60cm	50	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	SW	5	16	Damp	10	사면	유 리	-5	100	95	I
BH-303	16.0 ~ 19.0		경암	4.78	12	77	17	20~60cm	50	< 1m	> 2m	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	사면	유 리	-5	112	107	Error
BH-303	19.0 ~ 22.0		경암	4.38	12	78	17	20~60cm	50	< 1m	> 2m	없 음	< 1m	매우거침	6	없 음	6	F	6	18	Dry	15	사면	유 리	-5	112	107	Error
BH-303	22.0 ~ 24.0		경암	5.19	12	83	17	20~60cm	50	1~3m	0.6~2m	< 0.1mm	1~3m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Damp	10	사면	유 리	-5	106	101	Error
BH-306	14.9 ~ 15.8		연암	1.79	4	11	3	< 6cm	0	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	거 침	5	없 음	6	MW	3	14	Drop	4	사면	유 리	-5	25	20	V
BH-306	15.8 ~ 18.8		연암	1.9	4	3	3	< 6cm	0	> 20m	< 6cm	1~5mm	10~20m	거 침	5	단단<5mm	4	HW	1	10	Flow	0	사면	유 리	-5	17	12	V
BH-306	18.8 ~ 21.0		연암	1.59	4	5	3	< 6cm	0	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	거 침	5	단단<5mm	4	MW	3	12	Wet	7	사면	유 리	-5	26	21	IV
BH-306	21.0 ~ 24.0		연암	2.59	7	25	8	6~20cm	25	10~20m	6~20cm	.1~1mm	3~10m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Wet	7	사면	유 리	-5	64	59	III
BH-306	24.0 ~ 25.8		연암	2.78	7	32	8	6~20cm	25	3~10m	20~60cm	.1~1mm	3~10m	매우거침	6	없 음	6	SW	5	17	Wet	7	사면	유 리	-5	64	59	III
BH-306	25.8 ~ 27.5		연암	2.98	7	15	3	6~20cm	25	10~20m	6~20cm	.1~1mm	3~10m	거 침	5	없 음	6	SW	5	16	Damp	10	사면	유 리	-5	61	56	III
BH-306	27.5 ~ 29.0		연암	1.99	4	32	8	6~20cm	25	10~20m	6~20cm	1~5mm	10~20m	거 침	5	없 음	6	SW	5	16	Wet	7	사면	유 리	-5	60	55	III

6.2 Q-System 분류

Q - System 산정 결과

<2매중 1매>

조 사 명 | 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반 | 작 성 자 | 류 성 곤 | R.Q.D | 반올림 사용 | SRF 입력 | 직접입력

공 번	구 간(m)	지 층	R.Q.D (%)	절리군 수(J_n)		절리거칠기(J_r)		변질정도(J_a)		지하수상태(J_w)		응력감소계수(SRF)		$\frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a}$	평 가		
				상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점		Q_c	Q	등 급
◈ 터널구간																	
BH-239	6.1 ~ 7.6	경암	75	하나+부분	3	E 상태	1.5	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	18.8	0.33	4.95	III
BH-239	7.6 ~ 9.5	경암	55	두개+부분	6	G 상태	0.5	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	2.29	0.02	0.61	IV
BH-239	9.5 ~ 12.5	경암	90	두개+부분	6	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	15.0	0.10	3.96	III
BH-239	12.5 ~ 15.5	경암	90	두개+부분	6	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	15.0	0.16	3.96	III
BH-239	15.5 ~ 18.5	경암	75	두개+부분	6	G 상태	0.5	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	3.13	0.04	0.83	IV
BH-239	18.5 ~ 21.5	경암	80	두개+부분	6	G 상태	0.5	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	3.33	0.05	0.88	IV
BH-239	21.5 ~ 24.5	경암	95	두개+부분	6	B 상태	3	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	47.5	1.10	19.0	II
BH-239	24.5 ~ 27.5	경암	100	하나+부분	3	A 상태	4	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	133.3	2.61	53.3	I
BH-239	27.5 ~ 30.5	경암	90	하나+부분	3	B 상태	3	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	90.0	1.23	36.0	II
BH-239	30.5 ~ 33.5	경암	95	하나+부분	3	B 상태	3	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	95.0	1.44	38.0	II
BH-239	33.5 ~ 36.5	경암	80	하나+부분	3	B 상태	3	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	80.0	1.54	32.0	II
BH-239	36.5 ~ 39.5	경암	95	하나+부분	3	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	168.9	3.07	67.6	I
BH-239	39.5 ~ 42.5	경암	90	하나+부분	3	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	160.0	3.67	64.0	I
BH-239	42.5 ~ 45.5	경암	95	하나+부분	3	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	168.9	4.38	67.6	I
BH-239	45.5 ~ 48.5	경암	90	하나+부분	3	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	160.0	4.97	64.0	I
BH-239	48.5 ~ 51.5	경암	100	하나+부분	3	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	중간응력	1	177.8	12.8	177.8	I
BH-239	51.5 ~ 54.5	경암	95	하나+부분	3	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	중간응력	1	168.9	9.49	168.9	I
BH-239	54.5 ~ 57.5	경암	95	하나+부분	3	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	중간응력	1	168.9	0.00	168.9	I
BH-239	57.5 ~ 60.5	경암	95	하나+부분	3	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	중간응력	1	168.9	0.00	168.9	I
BH-240	2.0 ~ 3.6	연암	20	두개+부분	6	E 상태	1.5	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	2.50	0.00	0.66	IV
BH-240	3.6 ~ 6.5	보통암	60	하나+부분	3	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	20.0	0.00	5.28	III
BH-240	6.5 ~ 9.5	경암	85	두개+부분	6	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	14.2	0.00	3.74	III
BH-240	9.5 ~ 12.5	경암	80	두개+부분	6	B 상태	3	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	40.0	0.00	16.0	II
BH-240	12.5 ~ 15.3	경암	85	두개+부분	6	B 상태	3	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	42.5	0.00	17.0	II

Q - System 산정 결과

<2매중 2매>

조 사 명 | 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조 | 작 성 자 | 류 성 곤 | R.Q.D | 반올림 사용 | SRF 입력 | 직접입력

공 번	구 간(m)	지 층	R.Q.D (%)	절리군 수(J_n)		절리거칠기(J_r)		변질정도(J_a)		지하수상태(J_w)		응력감소계수(SRF)		$\frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a}$	평 가		
				상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점		Q_c	Q	등 급
BH-240	15.3 ~ 18.3	경암	75	하나+부분	3	B 상태	3	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	75.0	0.00	30.0	II
BH-240	18.3 ~ 21.3	경암	90	하나+부분	3	B 상태	3	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	120.0	0.00	48.0	I
BH-240	21.3 ~ 23.8	경암	50	두 개	4	B 상태	3	C 상태	2	A 상태	1	낮은응력	2.5	18.8	0.00	7.50	III
BH-240	23.8 ~ 25.8	경암	65	두 개	4	B 상태	3	C 상태	2	A 상태	1	낮은응력	2.5	24.4	0.00	9.75	III
BH-240	25.8 ~ 28.8	경암	80	하 나	2	B 상태	3	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	120.0	0.00	48.0	I
BH-240	28.8 ~ 31.8	경암	85	하 나	2	B 상태	3	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	127.5	0.00	51.0	I
BH-240	31.8 ~ 33.0	경암	100	하 나	2	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	266.7	0.00	106.7	I
BH-241	3.5 ~ 6.5	보통암	60	하나+부분	3	B 상태	3	B 상태	1	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	60.0	0.00	15.8	II
BH-241	6.5 ~ 9.5	보통암	70	하나+부분	3	J 상태	1	F 상태	4	D 상태	0.33	낮은응력	2.5	5.83	0.00	0.77	IV
BH-241	9.5 ~ 12.5	보통암	60	하나+부분	3	B 상태	3	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	60.0	0.00	24.0	II
BH-241	12.5 ~ 15.5	경암	85	하나+부분	3	B 상태	3	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	113.3	0.00	45.3	I
BH-241	15.5 ~ 18.5	경암	80	하나+부분	3	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	142.2	0.00	56.9	I
BH-241	18.5 ~ 19.5	경암	65	하나+부분	3	B 상태	3	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	86.7	0.00	34.7	II
BH-241	19.5 ~ 22.5	경암	75	하나+부분	3	B 상태	3	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	100.0	0.00	40.0	II
BH-241	22.5 ~ 26.0	경암	75	하나+부분	3	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	133.3	0.00	53.3	I
BH-242	3.8 ~ 6.5	연암	35	두개+부분	6	E 상태	1.5	B 상태	1	C 상태	0.5	낮은응력	2.5	8.75	0.00	1.75	III
BH-242	6.5 ~ 9.5	경암	80	두개+부분	6	B 상태	3	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	53.3	0.00	21.3	II
BH-242	9.5 ~ 12.5	경암	95	하 나	2	B 상태	3	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	190.0	0.00	76.0	I
BH-242	12.5 ~ 15.5	경암	100	하 나	2	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	266.7	0.00	106.7	I
BH-242	15.5 ~ 18.5	경암	95	하 나	2	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	253.3	0.00	101.3	I
BH-242	18.5 ~ 21.5	경암	80	하 나	2	B 상태	3	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	160.0	0.00	64.0	I
BH-242	21.5 ~ 24.5	경암	90	하 나	2	B 상태	3	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	180.0	0.00	72.0	I
BH-242	24.5 ~ 27.5	경암	95	두 개	4	C 상태	2	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	63.3	0.00	25.3	II
BH-242	27.5 ~ 29.0	경암	85	두 개	4	C 상태	2	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	56.7	0.00	22.7	II

Q - System 산정 결과

<1매중 1매>

조 사 명 | 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조 | 작 성 자 | 류 성 곤 | R.Q.D | 반올림 사용 | SRF 입력 | 직접입력

공 번	구 간(m)	지 층	R.Q.D (%)	절리군 수(J_n)		절리거칠기(J_r)		변질정도(J_a)		지하수상태(J_w)		응력감소계수(SRF)		$\frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a}$		평 가	
				상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점		Q_c	Q	등 급
◆ 교량구간																	
BH-270	17.3 ~ 20.3	연암	15	하 나	2	C 상태	2	B 상태	1	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	15.0	0.00	3.96	III
BH-272	7.5 ~ 10.5	연암	15	하 나	2	E 상태	1.5	J 상태	10	C 상태	0.5	낮은응력	2.5	1.13	0.00	0.23	IV
BH-273	7.0 ~ 10.5	연암	20	하 나	2	E 상태	1.5	C 상태	2	C 상태	0.5	낮은응력	2.5	7.50	0.00	1.50	III
BH-285	10.5 ~ 12.0	연암	10	두개+부분	6	E 상태	1.5	J 상태	10	D 상태	0.33	낮은응력	2.5	0.25	0.01	0.03	V
BH-285	12.0 ~ 13.5	연암	25	파 쇄 됨	20	C 상태	2	G 상태	6	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	0.42	0.12	0.11	IV

Q - System 산정 결과

<3매중 1매>

조 사 명 | 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조 | 작 성 자 | 류 성 곤 | R.Q.D | 반올림 사용 | SRF 입력 | 직접입력

공 번	구 간(m)	지 층	R.Q.D (%)	절리군 수(J_n)		절리거칠기(J_r)		변질정도(J_a)		지하수상태(J_w)		응력감소계수(SRF)		$\frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a}$	평 가		
				상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점		Q_c	Q	등 급
BH-282	10.5 ~ 12.5	연암	10	두 개	4	F 상태	1	G 상태	6	D 상태	0.33	낮은응력	2.5	0.42	0.00	0.06	V
BH-282	12.5 ~ 15.6	연암	15	두개+부분	6	E 상태	1.5	G 상태	6	D 상태	0.33	낮은응력	2.5	0.63	0.01	0.08	V
BH-282	15.6 ~ 18.3	연암	20	두개+부분	6	E 상태	1.5	F 상태	4	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	1.25	0.02	0.33	IV
BH-282	18.3 ~ 21.0	보통암	60	파 쇄 됨	20	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	3.00	0.05	0.79	IV
BH-282	21.0 ~ 24.0	보통암	55	파 쇄 됨	20	C 상태	2	C 상태	2	A 상태	1	낮은응력	2.5	2.75	0.02	1.10	III
BH-282	24.0 ~ 27.0	보통암	45	두 개	4	E 상태	1.5	B 상태	1	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	16.9	0.09	4.46	III
BH-282	27.0 ~ 30.0	보통암	60	두개+부분	6	A 상태	4	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	40.0	0.45	16.0	II
BH-282	30.0 ~ 33.0	보통암	65	세 개	9	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	38.5	0.61	15.4	II
BH-282	33.0 ~ 36.5	보통암	70	세 개	9	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	41.5	1.19	16.6	II
BH-282	36.5 ~ 39.0	보통암	55	두 개	4	E 상태	1.5	C 상태	2	A 상태	1	낮은응력	2.5	10.3	0.23	4.13	III
BH-282	39.0 ~ 40.0	보통암	10	두개+부분	6	E 상태	1.5	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	1.25	0.02	0.33	IV
BH-282	40.0 ~ 43.0	보통암	65	파 쇄 됨	20	C 상태	2	C 상태	2	A 상태	1	낮은응력	2.5	3.25	0.08	1.30	III
BH-284	5.6 ~ 6.6	연암	10	파 쇄 됨	20	E 상태	1.5	F 상태	4	D 상태	0.33	낮은응력	2.5	0.19	0.00	0.02	V
BH-284	6.6 ~ 9.4	연암	15	파 쇄 됨	20	B 상태	3	J 상태	10	D 상태	0.33	낮은응력	2.5	0.23	0.00	0.03	V
BH-284	9.4 ~ 11.2	연암	10	두개+부분	6	E 상태	1.5	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	1.25	0.03	0.33	IV
BH-284	11.2 ~ 12.6	연암	20	두 개	4	E 상태	1.5	J 상태	10	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	0.75	0.01	0.20	IV
BH-284	12.6 ~ 15.6	연암	10	파 쇄 됨	20	E 상태	1.5	J 상태	10	C 상태	0.5	낮은응력	2.5	0.08	0.00	0.02	V
BH-284	15.6 ~ 17.8	연암	10	두개+부분	6	E 상태	1.5	F 상태	4	D 상태	0.33	낮은응력	2.5	0.63	0.00	0.08	V
BH-284	17.8 ~ 19.6	연암	10	두개+부분	6	C 상태	2	J 상태	10	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	0.33	0.00	0.09	V
BH-284	19.6 ~ 21.5	연암	40	세 개	9	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	4.44	0.02	1.17	III
BH-284	21.5 ~ 24.5	보통암	60	두 개	4	C 상태	2	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	30.0	0.14	12.0	II
BH-284	24.5 ~ 27.3	보통암	45	세 개	9	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	5.00	0.03	1.32	III
BH-284	27.3 ~ 29.9	보통암	60	세개+부분	12	B 상태	3	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	15.0	0.14	6.00	III
BH-284	29.9 ~ 31.9	보통암	50	두개+부분	6	B 상태	3	B 상태	1	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	25.0	0.13	6.60	III
BH-284	31.9 ~ 35.0	보통암	70	두 개	4	A 상태	4	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	70.0	1.11	28.0	II
BH-299	14.7 ~ 16.0	연암	10	두 개	4	E 상태	1.5	J 상태	10	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	0.38	0.00	0.10	V
BH-299	16.0 ~ 16.5	연암	10	두 개	4	F 상태	1	J 상태	10	D 상태	0.33	낮은응력	2.5	0.25	0.00	0.03	V
BH-299	16.5 ~ 19.0	연암	10	하 나	2	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	5.00	0.07	1.32	III

Q - System 산정 결과

<3매중 2매>

조 사 명 | 서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조 | 작 성 자 | 류 성 곤 | R.Q.D | 반올림 사용 | SRF 입력 | 직접입력

공 번	구 간(m)	지 층	R.Q.D (%)	절리군 수(J_n)		절리거칠기(J_r)		변질정도(J_a)		지하수상태(J_w)		응력감소계수(SRF)		$\frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a}$	평 가	
				상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점		Q_c	Q	등 급
BH-299	19.0 ~ 22.0	연암	10	하나+부분	3	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	3.33	0.02	0.88	IV
BH-299	22.0 ~ 24.5	연암	10	세 개	9	E 상태	1.5	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	0.83	0.00	0.22	IV
BH-299	24.5 ~ 25.5	보통암	65	두 개	4	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	16.3	0.07	4.29	III
BH-299	25.5 ~ 27.5	보통암	45	두 개	4	C 상태	2	B 상태	1	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	22.5	0.15	5.94	III
BH-299	27.5 ~ 29.0	보통암	75	두 개	4	C 상태	2	B 상태	1	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	37.5	0.28	9.90	III
BH-299	29.0 ~ 30.5	보통암	20	파 쇄 됨	20	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	1.00	0.01	0.26	IV
BH-299	30.5 ~ 32.0	경암	85	두 개	4	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	113.3	0.90	45.3	I
BH-302	14.5 ~ 16.0	연암	10	하 나	2	F 상태	1	J 상태	10	C 상태	0.5	낮은응력	2.5	0.50	0.00	0.10	V
BH-302	16.0 ~ 19.0	연암	25	세 개	9	F 상태	1	J 상태	10	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	0.28	0.00	0.07	V
BH-302	19.0 ~ 22.0	연암	20	하 나	2	E 상태	1.5	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	7.50	0.08	1.98	III
BH-302	22.0 ~ 25.0	보통암	45	하 나	2	C 상태	2	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	45.0	0.58	18.0	II
BH-302	25.0 ~ 28.0	보통암	60	하 나	2	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	160.0	4.47	64.0	I
BH-302	28.0 ~ 31.0	보통암	80	하 나	2	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	213.3	5.79	85.3	I
BH-302	31.0 ~ 34.0	보통암	75	하 나	2	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	200.0	4.79	80.0	I
BH-302	34.0 ~ 37.0	보통암	65	하 나	2	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	173.3	4.17	69.3	I
BH-302	37.0 ~ 40.0	보통암	55	하 나	2	B 상태	3	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	110.0	3.47	44.0	I
BH-302	40.0 ~ 43.0	보통암	70	하 나	2	B 상태	3	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	105.0	3.04	42.0	I
BH-302	43.0 ~ 46.0	보통암	70	하 나	2	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	186.7	4.86	74.7	I
BH-302	46.0 ~ 48.0	보통암	60	하 나	2	B 상태	3	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	120.0	1.98	48.0	I
BH-302-1	15.7 ~ 19.0	연암	20	하 나	2	C 상태	2	F 상태	4	C 상태	0.5	낮은응력	2.5	5.00	0.04	1.00	IV
BH-302-1	19.0 ~ 22.0	연암	15	하 나	2	C 상태	2	F 상태	4	C 상태	0.5	낮은응력	2.5	3.75	0.03	0.75	IV
BH-302-1	22.0 ~ 25.0	연암	40	하 나	2	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	20.0	0.11	5.28	III
BH-302-1	25.0 ~ 28.0	연암	35	하 나	2	E 상태	1.5	F 상태	4	C 상태	0.5	낮은응력	2.5	6.56	0.05	1.31	III
BH-302-1	28.0 ~ 30.0	연암	15	하 나	2	E 상태	1.5	F 상태	4	C 상태	0.5	낮은응력	2.5	2.81	0.03	0.56	IV
BH-303	6.6 ~ 7.4	연암	10	하 나	2	F 상태	1	J 상태	10	D 상태	0.33	낮은응력	2.5	0.50	0.00	0.07	V
BH-303	7.4 ~ 10.0	연암	50	하 나	2	C 상태	2	D 상태	3	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	16.7	0.23	4.40	III
BH-303	10.0 ~ 13.0	연암	25	하 나	2	C 상태	2	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	25.0	0.53	10.0	III
BH-303	13.0 ~ 16.0	경암	80	하 나	2	C 상태	2	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	80.0	1.75	32.0	II

Q - System 산정 결과

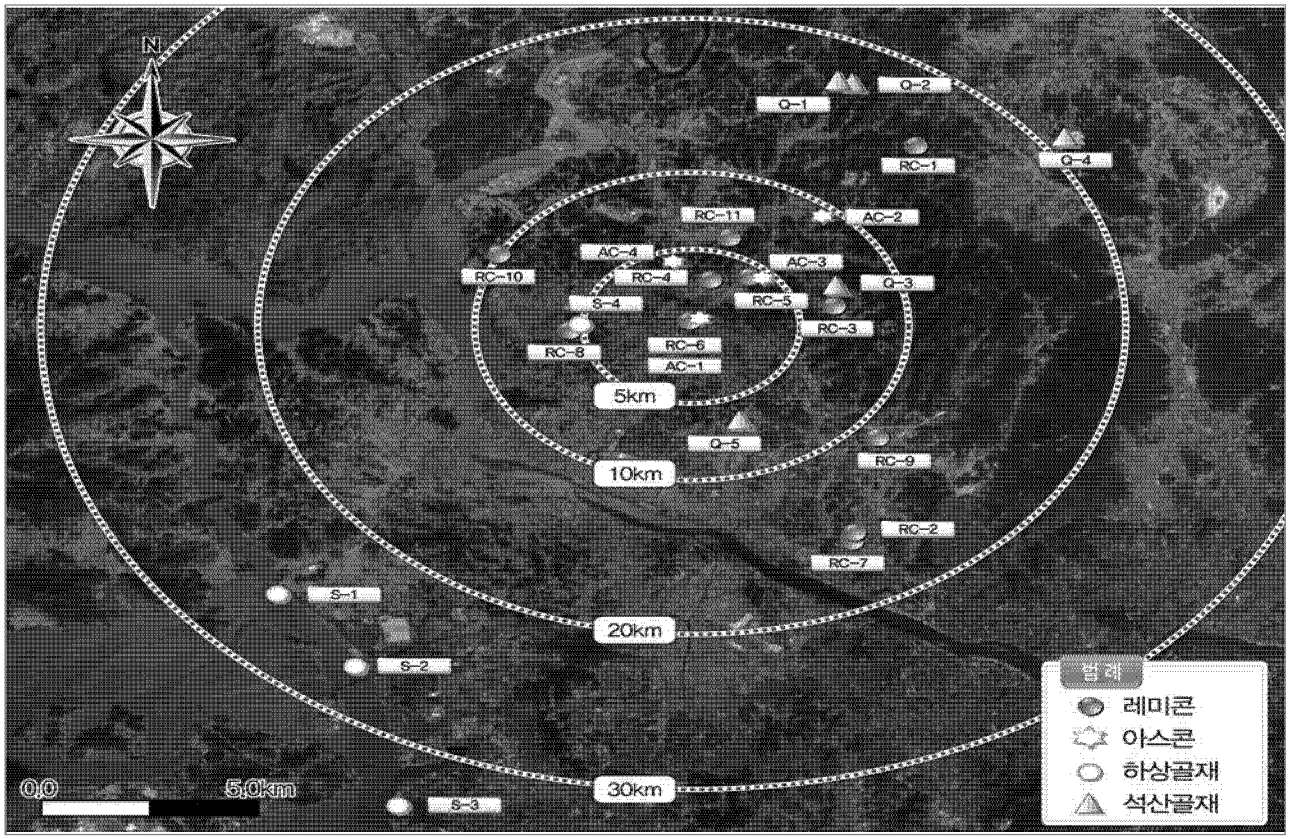
<3매중 3매>

조 사 명	서울~문산 고속도로 민간투자사업 실시설계 지반조	작 성 자	류 성 곤	R.Q.D	반올림 사용	SRF 입력	직접입력

공 번	구 간(m)	지 층	R.Q.D (%)	절리군 수(J_n)		절리거칠기(J_r)		변질정도(J_a)		지하수상태(J_w)		응력감소계수(SRF)		$\frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a}$	평 가		
				상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점	상 태	평점		Q_c	Q	등 급
BH-303	16.0 ~ 19.0	경암	80	하 나	2	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	213.3	4.50	85.3	I
BH-303	19.0 ~ 22.0	경암	80	하 나	2	A 상태	4	A 상태	0.75	A 상태	1	낮은응력	2.5	213.3	4.82	85.3	I
BH-303	22.0 ~ 24.0	경암	85	하 나	2	A 상태	4	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	170.0	3.84	68.0	I
BH-306	14.9 ~ 15.8	연암	15	하 나	2	C 상태	2	C 상태	2	C 상태	0.5	낮은응력	2.5	7.50	0.03	1.50	III
BH-306	15.8 ~ 18.8	연암	10	하 나	2	C 상태	2	F 상태	4	D 상태	0.33	낮은응력	2.5	2.50	0.01	0.33	IV
BH-306	18.8 ~ 21.0	연암	10	하 나	2	C 상태	2	F 상태	4	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	2.50	0.02	0.66	IV
BH-306	21.0 ~ 24.0	연암	25	하 나	2	B 상태	3	B 상태	1	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	37.5	0.29	9.90	III
BH-306	24.0 ~ 25.8	연암	35	하 나	2	B 상태	3	B 상태	1	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	52.5	0.24	13.9	II
BH-306	25.8 ~ 27.5	연암	15	하 나	2	C 상태	2	B 상태	1	A 상태	1	낮은응력	2.5	15.0	0.14	6.00	III
BH-306	27.5 ~ 29.0	연암	35	하 나	2	C 상태	2	C 상태	2	B 상태	0.66	낮은응력	2.5	17.5	0.16	4.62	III

6.3 재료원 조사

6.3.1 위치도



6.3.2 재료원 현황

레미콘

구분	업체명	생산량 (m^3/hr)	위치	연락처	운반거리 (km)
RC-1	미화콘크리트(주)	390	경기도 파주시 법원읍 갈곡리 13-1	031-958-8111~4	23.9
RC-2	(주)삼표-서부공장	540	경기도 고양시 덕양구 도내동 625-5	031-978-8630~1	16.1
RC-3	(주)삼표-파주공장	480	경기도 파주시 광탄면 분수리 205	031-943-0963	12.4
RC-4	성신양회(주)	570	경기도 파주시 조리읍 오산리 48-2	031-947-1001	8.4
RC-5	신성콘크리트공업(주)	450	경기도 파주시 월롱면 영태리 787-1	031-945-3381~2	8.3
RC-6	(주)신흥	420	경기도 파주시 금능동 11번지	031-943-1100	5.7
RC-7	아주산업(주)	720	경기도 고양시 덕양구 도내동 625-3	031-971-5111~2	18.2
RC-8	(주)우신	420	경기도 파주시 교하읍 하지석리 439-3	031-941-4900	8.2
RC-9	유진기업(주)	840	경기도 고양시 덕양구 대자동 255-1	031-966-9111	18.2
RC-10	(주)파주레미콘	420	경기도 파주시 탄현면 금산리 345-1	031-942-0171	18.15
RC-11	한일산업(주)-파주	420	경기도 파주시 파주읍 백석리 27번지	031-943-0101	10.84

아스콘

구분	업체명	생산량 (m^3/hr)	위치	연락처	운반거리 (km)
AC-1	신흥아스콘(주)	360	경기도 파주시 금릉동 11-1번지	031-944-4123	5.7
AC-2	(주)대원아스콘	320	경기도 파주시 광탄면 방축리 5-6	031-941-0871	14.9
AC-3	태창아스콘(주)	280	경기도 파주시 월롱면 영태리 14-12	031-943-7611	8.07
AC-4	아스콘플러스	270	경기도 파주시 월롱면 위전리 546-4	031-945-3381	9.15

석산

구분	업체명	허가량 (m^3)	위치	연락처	운반거리 (km)
Q-1	아주산업(주)	6,183,889	경기도 파주시 법원읍 금곡리 산20-2	031-959-7341	25.5
Q-2	유진기업	5,392,676	경기도 파주시 법원읍 금곡리 102-2번지	031-958-8227	25.5
Q-3	(주)삼표 일산사업소	-	경기도 파주시 광탄면 분수리 206-5	031-943-0963	19.0
Q-4	(주)삼표 양주사업소	-	경기도 양주시 은형면 도하리 산345-7	031-867-6095	34.8
Q-5	인선 ENT(주)	-	경기도 고양시 일산동구 식사동 725-1	031-969-1500	10.3

하상골재

구분	업체명	생산량 (m^3/hr)	위치	연락처	운반거리 (km)
S-1	(주)백석해운	8,000	경기도 김포시 대곶면 대벽리 701-1	031-987-6272	42.32
S-2	(주)삼표	3,000	인천광역시 서구 오류동 1469-11	032-568-1280	50.31
S-3	선광공사	18,000	인천광역시 중구 북성동1가 97	032-763-0113	59.99
S-4	교하환경	1,000	경기도 파주시 교하읍 하지석리 438-1	031-943-9988	9.5

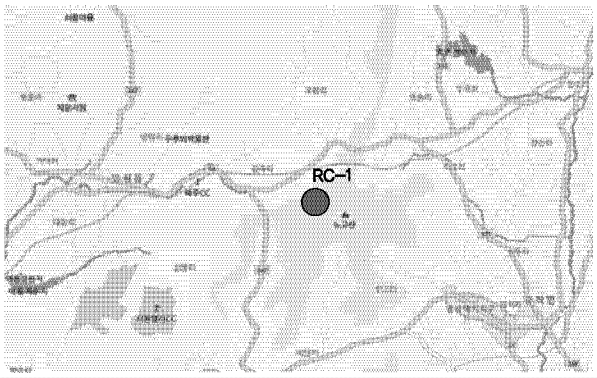
재료원 현황

구분	레미콘	아스콘	석산	하상골재	합계
파주시	8	4	3	1	16
고양시	3	-	1	-	4
기타	-	-	1	3	4
합 계	11	4	5	4	24

6.3.3 재료원 상세 현황

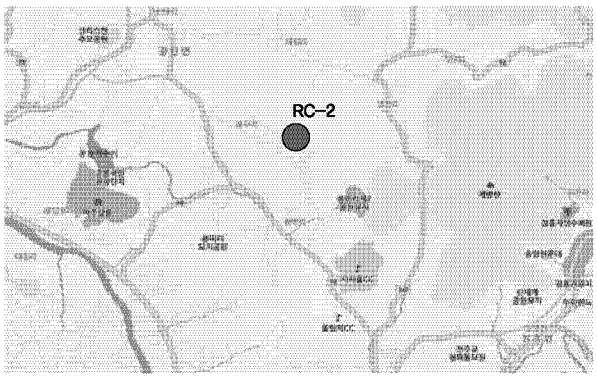
레미콘

RC-1 미화레미콘

상세위치도	현장사진
	

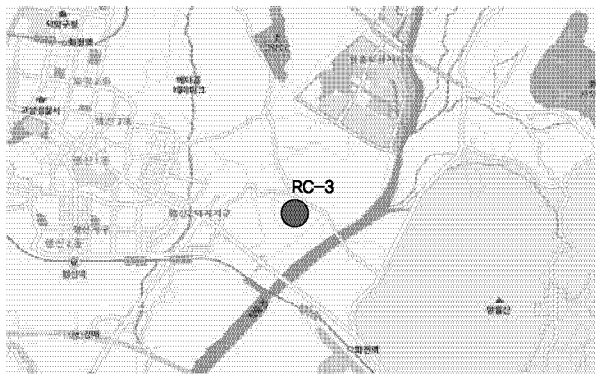
주소	· 경기도 파주시 법원읍 갈곡리 13-1	전화번호	· 031-958-8111~4
생산골재	· 부순 잔골재 · 부순 굵은골재 25mm	생산능력	· 280㎥/h 1기, 210㎥/h 1기 (총 490㎥/h)
회사현황	· 믹서트럭 40대 보유 · 1976년 03월 창립	· KS인증(제 10722호) · 종업원 : 32명	
운반거리 (23.9km)	미화레미콘 - 화합로 548번길(692m) - 화합로(1.04km) - 부흥로 21번길(12.51km) - 혜음로(316m) - 등원로(3.06km) - 잔모래길(2.41km) - 뇌조로(854m) - 통일로(441m) - 봉일천사거리 - 통일로(718m) - 고봉로(2.75km) - 노선 중간점		

RC-2 삼표레미콘-일산공장

상세위치도	현장사진
	

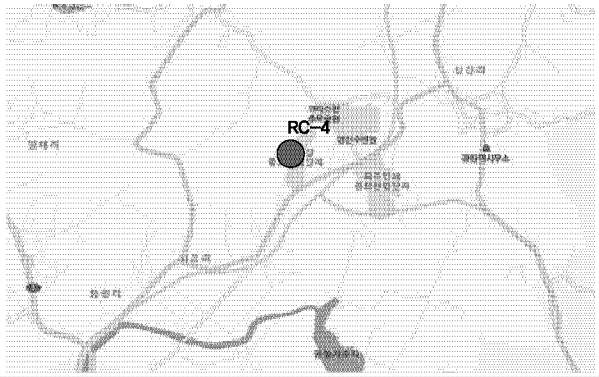
주소	· 경기도 파주시 광탄면 분수리 205	전화번호	· 031-943-0963
생산골재	· 부순 잔골재 · 부순 굵은골재 25mm	생산능력	· 210㎥/h, 270㎥/h 1기 (총 480㎥/h)
회사현황	· 믹서트럭 26대 보유 · 2005년 09월 설립	· KS F 4009 레디믹스트 콘크리트 · 종업원 : 41명	
운반거리	· 12.4km(노선 중간점) 삼표산업(파주공장)- 진입로(119m) - 장지산로(1.38km) - 분수1리 교차로 - 혜음로(1.74km) - 명봉산로(3.21km) - 통일로(3.24km) - 고봉로(2.75km) - 노선 중간점		

RC-3 삼표레미콘-서부 공장

상세위치도	현장사진
	

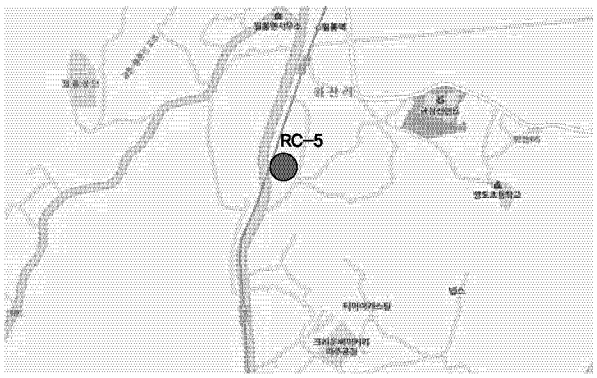
주소	· 경기도 고양시 덕양구 도내동 625-5	전화번호	· 031-978-8630~1
생산골재	· 부순 잔골재 · 부순 굵은골재 25mm	생산능력	· 270㎥/h 2기 (총 540㎥/h)
회사현황	· 믹서트럭 100대 보유 · 2000년 09월 설립	· KS인증 : 제 02-2449호 · 종업원 : 12명	
운반거리 (16.1km)	삼표산업(일산공장) - 진입로(50m) - 홍도로(3.36km) - 성사IC - 서오릉로(1.39km) - 고양대로(6.32km) - 중산로(1.9km) - 고봉산삼거리 - 고봉로(3.1km) - 노선 중간점		

RC-4 성신레미콘

상세위치도	현장사진
	

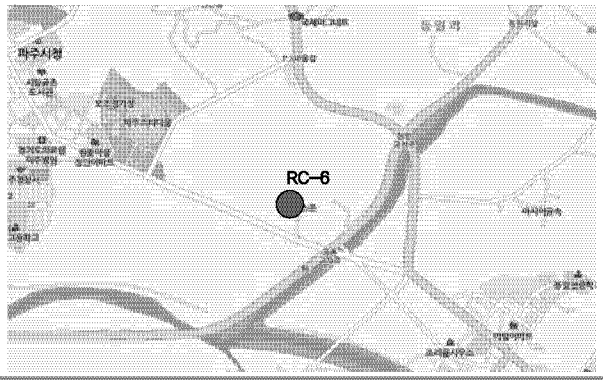
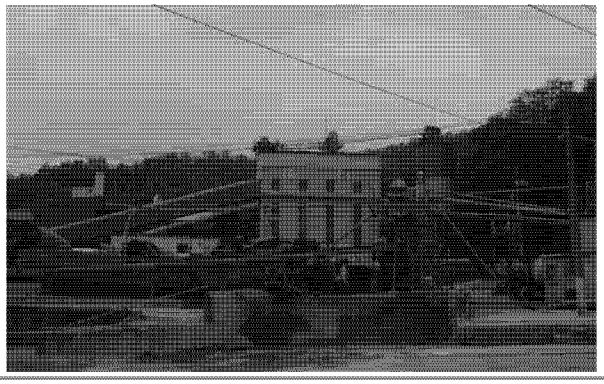
주소	· 경기도 파주시 조리읍 오산리 48-2	전화번호	· 031-947-1001
생산골재	· 부순 잔골재 · 부순 굵은골재 25mm	생산능력	· 360㎥/h 1기, 210㎥/h 1기 (총 570㎥/h)
회사현황	· 믹서트럭 40대 보유 · 2000년 07월 설립	· KS F 4009 레디믹스트 콘크리트 · 종업원 : 5명	
운반거리	· 8.4km(노선 중간점) 성신양회(파주공장) - 매봉재길(26m) - 작은연당길(375m) - 등원로(813m) - 잔모래길(2.41km) - 뇌조로(854m) - 통일로(441m) - 봉일천사거리 - 통일로(718m) - 고봉로(2.75km) - 노선 중간점		

RC-5 신성레미콘

상세위치도	현장사진
	

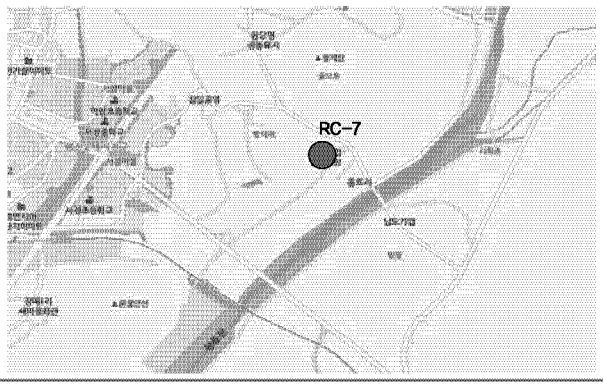
주소	· 경기도 파주시 월롱면 영태리 787-1	전화번호	· 031-945-3381~2
생산골재	· 부순 잔골재 · 부순 굵은골재 25mm	생산능력	· 210㎥/h 1기, 240㎥/h 1기 (총 450㎥/h)
회사현황	· 믹서트럭 45대 보유 · 1999년 12월 설립	· KS F 4009 레디믹스트 콘크리트 · 종업원 : 24명	
운반거리	· 8.3km(노선 중간점) 신성레미콘 - 누현길(4.81km) - 봉일천사거리 - 통일로(718m) - 고봉길(2.75km) - 노선 중간점		

RC-6 신흥레미콘

상세위치도	현장사진
	

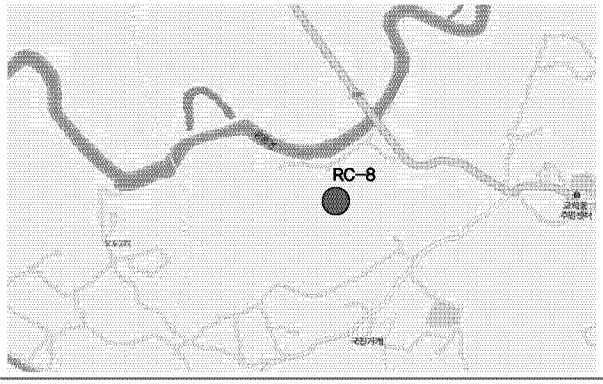
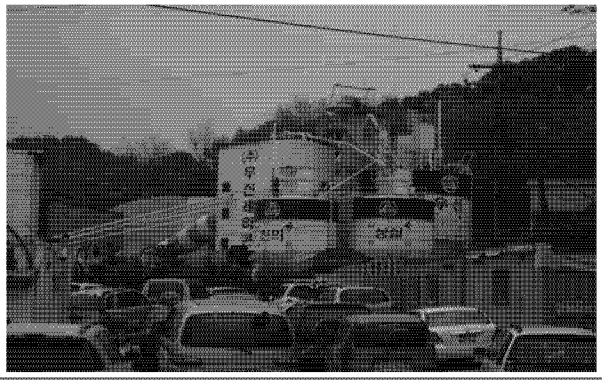
주소	· 경기도 파주시 금능동 11번지	전화번호	· 031-943-1100
생산골재	· 부순 잔골재 · 부순 굵은골재 25mm	생산능력	· 210㎥/h 2기 (총 420㎥/h)
회사현황	· 믹서트럭 40대 보유 · 1989년 08월 설립	· KS F 4009 레디믹스트 콘크리트 · 종업원 : 21명	
운반거리	· 5.7km(노선 중간점) 신흥레미콘 - 중앙로(568m) - 파주스타디움 - 중앙로(2.35km) - 고봉길(2.75km) - 노선 중간점		

■ RC-7 아주산업(주)-상암공장

상세위치도	현장사진
	

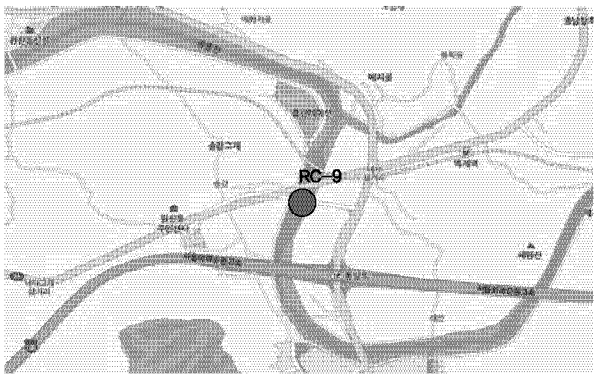
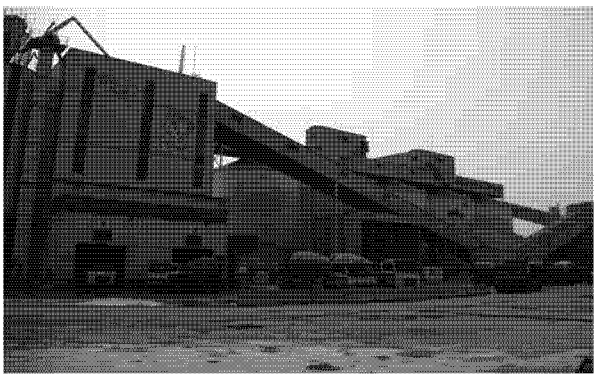
주소	· 경기도 고양시 덕양구 도내동 625-3번지	전화번호	· 031-971-5111~2
생산골재	· 부순 잔골재 · 부순 굵은골재 25mm	생산능력	· 240㎥/h 3기 (총 720㎥/h)
회사현황	· 믹서트럭 100대 보유 · 2002년 12월 설립	· KS 제 02-3021호 · 종업원 : 30명	
운반거리	· 18.2km(노선 중간점) 아주산업(상암공장) - 진입로(724m) - 중앙로(6.63km) - 백마주유소사거리 - 경의로(1.03km) - 열병합발전소삼거리 - 경의로(4.31km) - 일산교사거리 - 고봉로(5.51km) - 노선중간점		

■ RC-8 (주)우신

상세위치도	현장사진
	

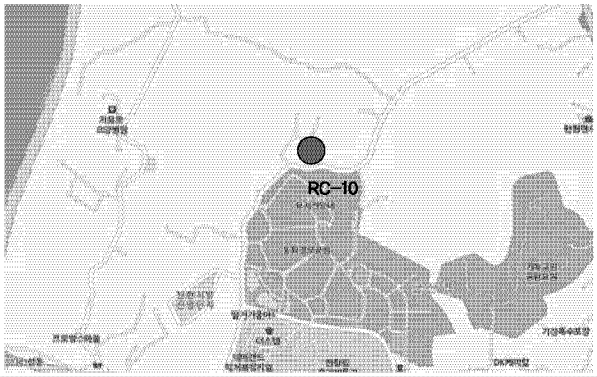
주소	· 경기도 파주시 하지석동 439-3	전화번호	· 031-941-4900
생산골재	· 부순 잔골재 · 부순 굵은골재 25mm	생산능력	· 210㎥/h 2기 (총 420㎥/h)
회사현황	· 믹서트럭 40대 보유 · 1990년 07월 설립	· KS 제 8244호	
운반거리	· 8.2km(노선 중간점) 우신레미콘 - 대골길(1.15km) - 교하로(875m) - 교하삼거리 - 경의로(2.06km) - 책향기로(1.20km) - 운정역길(301m) - 운정로(1.65km) - 고봉로(450m) - 노선 중간점		

■ RC-9 유진기업(주)

상세위치도	현장사진
	

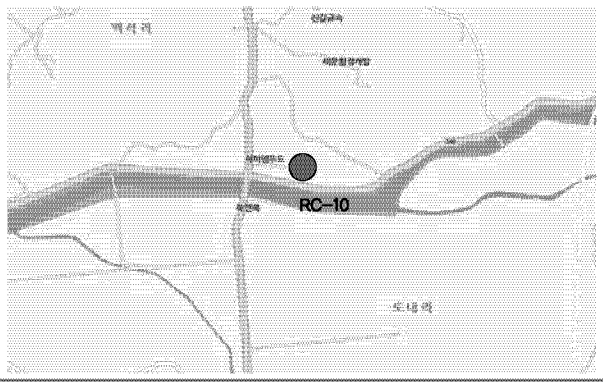
주소	· 경기도 고양시 덕양구 대자동 255-1	전화번호	· 031-966-9111
생산골재	· 부순 잔골재 · 부순 굵은골재 25mm	생산능력	· 210㎥/h 4기 (총 840㎥/h)
회사현황	· 믹서트럭 180대 보유 · 1985년 01월 설립	· KS F 4009 · 직원수 : 11명	
운반거리	· 18.2km(노선 중간점) 유진기업 – 서울외곽순환도로(444m) – 통일로톨게이트 – 서울외곽순환도로(6.01km) – 고양IC – 서울외곽순환도로(713m) – 고양톨게이트 –서울외곽순환도로(479m) – 고양대로(5.35km) – 일산복음병원삼거리 – 고봉로 278번길(5.12km) – 노선 중간점		

■ RC-10 (주)파주레미콘

상세위치도	현장사진
	

주소	· 경기도 파주시 탄현면 금산리 345-1	전화번호	· 031-942-0171
생산골재	· 부순 잔골재 · 부순 굵은골재 25mm	생산능력	· 210㎥/h 2기 (총 420㎥/h)
회사현황	· 믹서트럭 35대 보유 · 2010년 05월 설립	· KS F 4009 · 직원수 : 11명	
운반거리	· 18.15km(노선 중간점) 파주레미콘 – 헤이리로(1.89km) – 성동사거리 – 평화로(3.46km) – 갈현사거리 – 방촌로(2.82km) – 교하로(875m) – 교하삼거리 – 경의로(1.08km) – 와동교차로 – 파주로(4.08km) – 금촌교차로 – 중앙로(1.19km) – 고봉로(2.75km) – 노선 중간점		

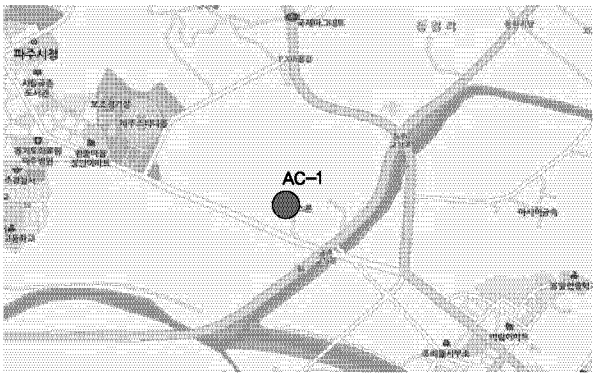
■ RC-11 한일산업(주)-파주

상세위치도	현장사진
	

주소	· 경기도 파주시 파주읍 백석리 27번지1	전화번호	· 031-943-0101
생산골재	· 부순 잔골재 · 부순 굵은골재 25mm	생산능력	· 210㎥/h 2기 (총 420㎥/h)
회사현황	· 믹서트럭 40대 보유 · 2010년 02월 설립	· KS F 4009 · 직원수 : 15명	
운반거리	· 10.84km(노선 중간점) 한일산업(파주공장) - 광탄천로(230m) - 정문로(5.87km) - 등원로(471m) - 등원교차로 - 통일로(800m) - 봉일천사거리 - 통일로(718m) - 고봉로(2.75km) - 노선 중간점		

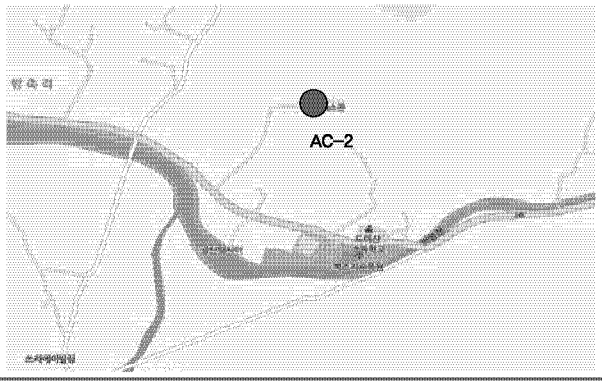
아스콘

AC-1 신흥아스콘(주)

상세위치도	현장사진
	

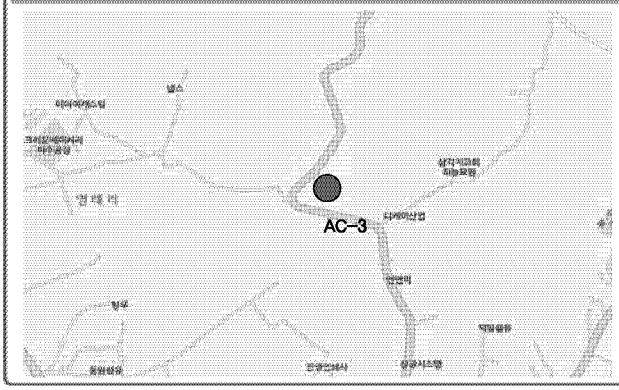
주소	· 경기도 파주시 금능동 11-1	전화번호	· 031-944-4123
생산골재	· 굵은 골재 #57, #67, #78, #467 · 잔골재 NO.4	생산능력	· 150㎥/h 1기, 210㎥/h 1기 (총 360㎥/h)
회사현황	· 트럭 7대 보유 · 1989년 08월 설립	· KS F 2349 · 직원수 : 10명	
운반거리	· 5.7km(노선 중간점) 신흥레미콘 – 중앙로(568m) – 파주스타디움 – 중앙로(2.35km) – 고봉길(2.75km) – 노선 중간점		

AC-2 (주)대원아스콘

상세위치도	현장사진
	

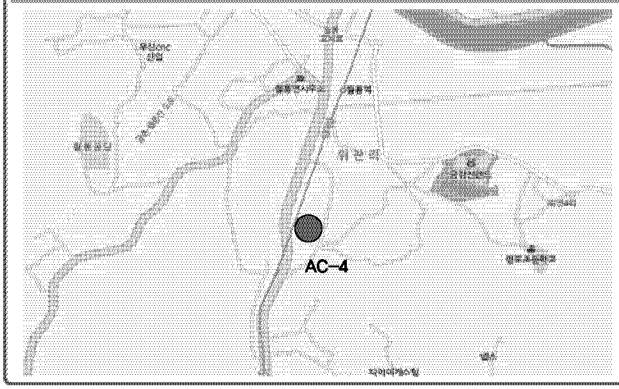
주소	· 경기도 파주시 광탄면 방축리 5-6번지	전화번호	· 031-941-0871
생산골재	· 굵은 골재 13mm, 20mm, 25mm, 40mm · 잔골재 NO.4	생산능력	· 160㎥/h 2기 (총 320㎥/h)
회사현황	· 트럭 35대 보유 · 2001년 01월 설립	· KS F 2349 · 직원수 : 9명	
운반거리	· 14.9km(노선 중간점) 대원아스콘 – 부흥로 169번길(805m) – 부흥로(1.67km) –방축삼거리 – 혜음로(2.83km) – 등원로(5.33km) – 봉일천사거리 – 통일로(1.52km) – 고봉로(2.75km) – 노선 중간점		

■ AC-3 태창아스콘(주)

상세위치도	현장사진
	

주소	· 경기도 파주시 월롱면 영태리 14-12	전화번호	· 031-943-7611~3
생산골재	· 굵은 골재 467, 57, 67, 78 · 잔골재 NO.4	생산능력	· 120㎥/h 1기, 160㎥/h 1기 (총 280㎥/h)
회사현황	· 1996년 11월 설립 · 직원수 : 11명	· KS F 2349	
운반거리	· 8.07km(노선 중간점) 태창아스콘 - 정문로(2.53km) - 등원교차로 - 등원로(471m) - 통일로(800m) - 봉일천사거리 - 통일로(1.52km) - 고봉로(2.75km) - 노선 중간점		

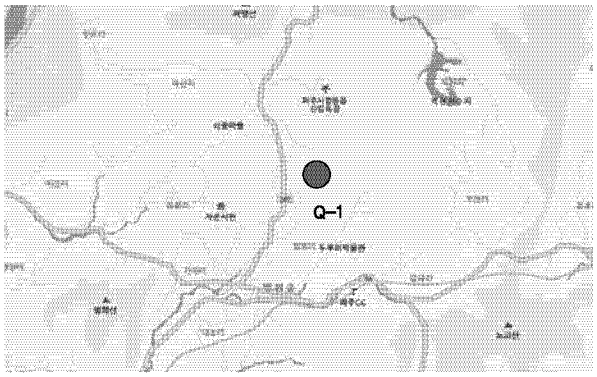
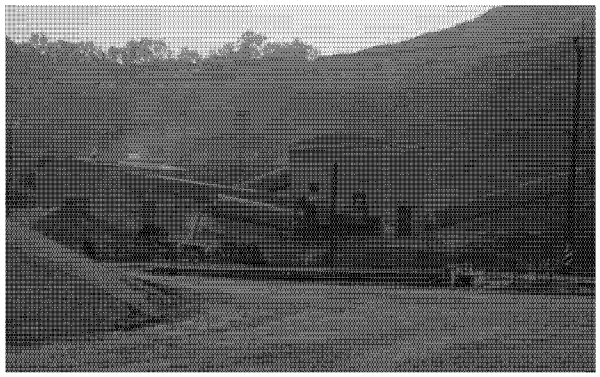
■ AC-4 아스콘플러스(주)

상세위치도	현장사진
	

주소	· 경기도 파주시 월롱면 위전리 546-4	전화번호	· 031-945-3381
생산골재	· 굵은 골재 13mm, 20mm, 25mm, 40mm · 잔골재 NO.4	생산능력	· 120㎥/h 1기, 150㎥/h 1기 (총 270㎥/h)
회사현황	· 1999년 06월 설립 · 직원수 : 15명	· KS F 2349	
운반거리	· 9.15km(노선 중간점) 아스콘플러스 - 누현길(4.88km) - 봉일천사거리 - 통일로(1.52km) - 고봉로(2.75km) - 노선 중간점		

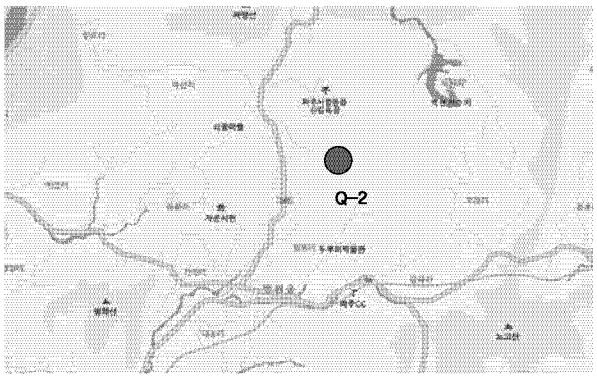
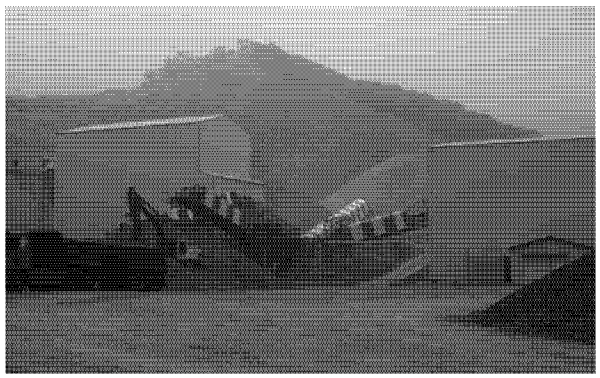
석산

Q-1 아주산업(주)

상세위치도	현장사진
	

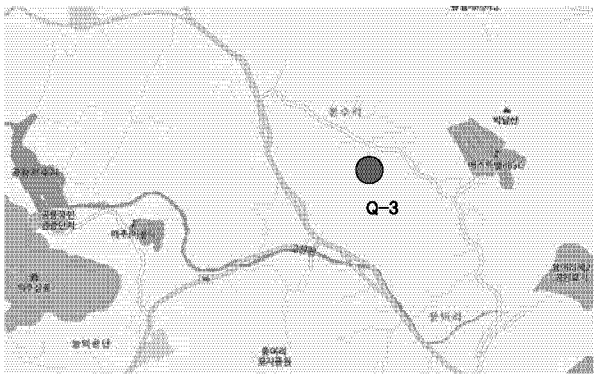
주소	· 경기도 파주시 법원읍 금곡리 산 20-2	전화번호	· 031-940-4621
생산골재	· 부순 굵은 골재 25mm · 혼합골재 40mm	장비현황	· 크라샤 2기 · 포크레인 및 페로더
회사현황	· 채석기간 : 2010. 04. 02 ~ 2016. 04. 02 · 신고면적 : 196,579㎡ · 채석물량 : 6,183,889㎥(편마암)		
운반거리	· 25.5km(노선 중간점) 아주산업 - 술이홀로 1282번길(1.16km) - 술이홀로(12.67km) - 주라위삼거리 - 통일로(8.96km) - 고봉로(2.75km) - 노선 중간점		

Q-2유진산업(주)

상세위치도	현장사진
	

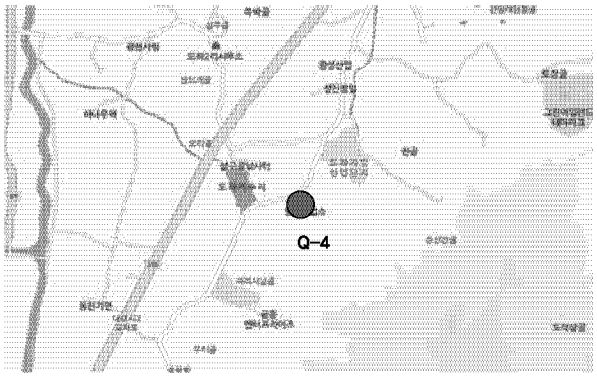
주소	· 경기도 파주시 법원읍 금곡리 102-2	전화번호	· 031-958-8227
생산골재	· 부순 굵은 골재 25mm	장비현황	· 크라샤 2기 · 포크레인 및 페로더
회사현황	· 채석기간 : 2010. 04. 28 ~ 2016. 04. 28 · 신고면적 : 195,934㎡ · 채석물량 : 5,392,676㎥(편마암)		
운반거리	· 25.5km(노선 중간점) 아주산업 - 술이홀로 1282번길(1.16km) - 술이홀로(12.67km) - 주라위삼거리 - 통일로(8.96km) - 고봉로(2.75km) - 노선 중간점		

■ Q-3 (주)삼표 일산사업소

상세위치도	현장사진
	

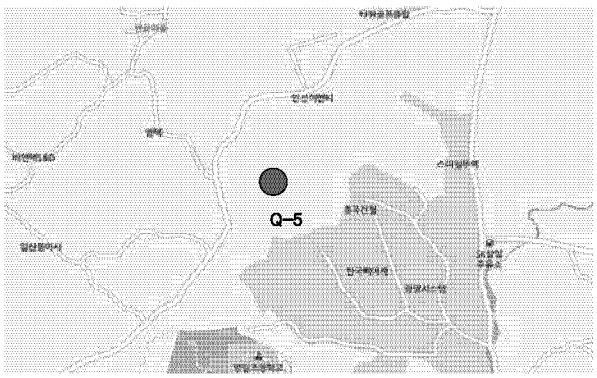
주소	· 경기도 파주시 광탄면 분수리 206-5	전화번호	· 031-943-0963
생산골재	-	장비현황	-
회사현황	-		
운반거리	· 19.0km(노선 중간점) 삼표 - 제청삼거리(2.3km) - 내유삼거리(7.0km) - 봉일천사거리(3.8km) - 설문삼거리(4.5km) - 노선 중간점(1.4km)		

■ Q-4 (주)삼표 양주사업소

상세위치도	현장사진
	

주소	· 경기도 양주시 은현면 도하리 산345-12	전화번호	· 031-867-6095
생산골재	· 부순 굵은 골재 25mm	장비현황	-
회사현황	-		
운반거리	· 34.8km(노선 중간점) 삼표 - 방성사거리(2.5km) - 농협사거리(18.8km) - 대선삼거리(4.8km) - 관산삼거리(3.2km) - 노선 중간점(5.5km)		

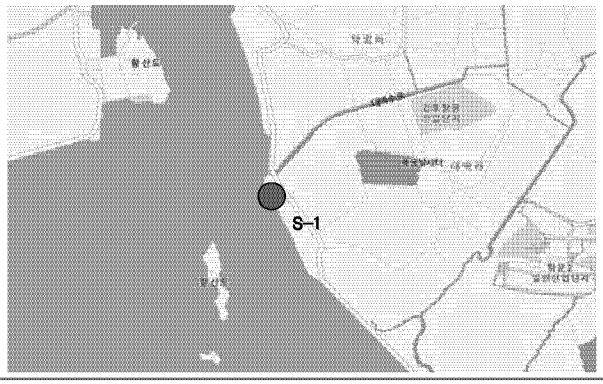
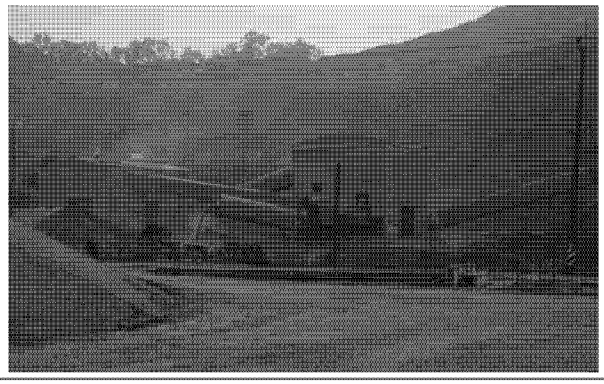
■ Q-5 인선 ENT(주)

상세위치도	현장사진
	

주소	· 경기도 고양시 일산동구 식사동 725-1	전화번호	· 031-969-1500
생산골재	· 부순 굵은 골재 25mm	장비현황	-
회사현황	-		
운반거리	· 10.3km(노선 중간점) 인선 ENT - 식사삼거리(1.5km) - 탄현사거리(4.0km) - 설문삼거리(3.4km) - 노선 중간점(1.4km)		

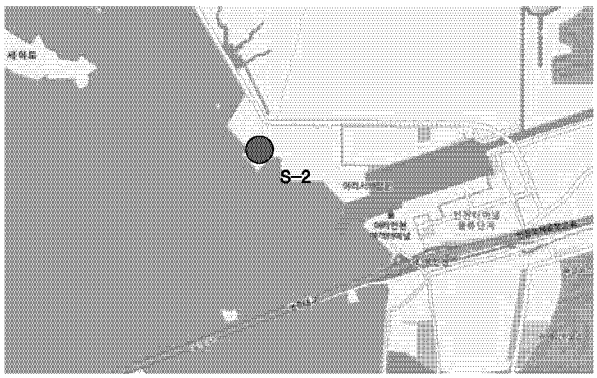
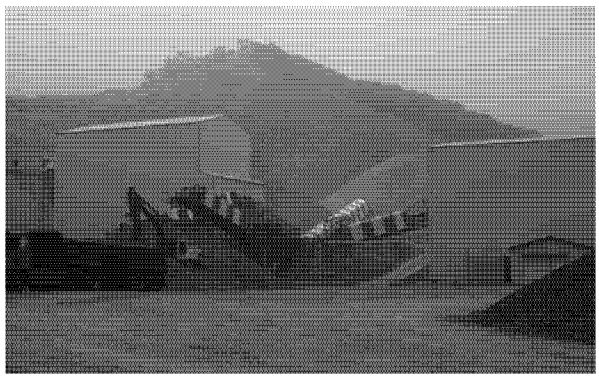
하상골재

S-1 (주)백석해운

상세위치도	현장사진
	

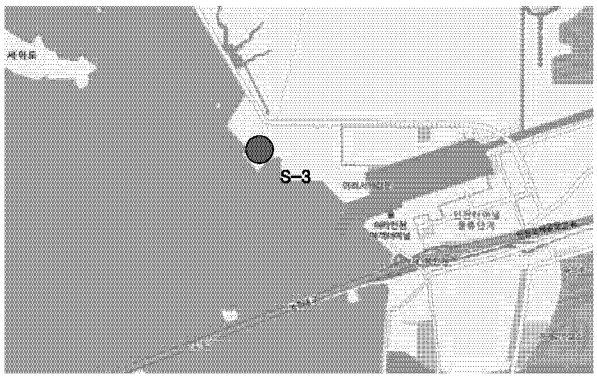
주소	· 경기도 김포시 대곶면 대벽리 701-1	전화번호	· 031-987-6272
생산골재	-	장비현황	-
회사현황	-		
운반거리	· 42.9km(노선 중간점) 백석해운 - 약암로(2.0km) - 356번 지방도(16.5km) - 일산대교 - 자유로(9.62km) -이산포IC - 56번 지방도(14.78km) - 노선 중간점		

S-2 (주)삼표

상세위치도	현장사진
	

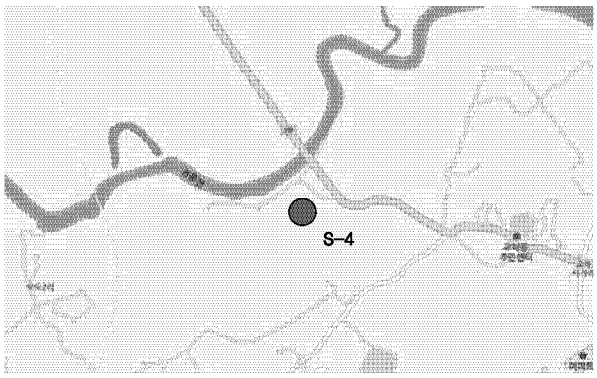
주소	· 인천광역시 서구 오류동 1469-11	전화번호	· 032-568-1280
생산골재	-	장비현황	-
회사현황	-		
운반거리	· 32.59km(노선 중간점) (주)삼표 - 원당대로 117번길(16.53km) - 일산대교 요금소 - 98번 지방도(14.66km) - 봉천로(1.4km) - 노선 중간점		

■ S-3 선광공사

상세위치도	현장사진
	

주소	· 인천광역시 서구 오류동 1539	전화번호	· 032-763-0113
생산골재	-	장비현황	-
회사현황	-		
운반거리	· 32.59km(노선 중간점) 선광공사 - 원당대로 117번길(16.53km) - 일산대교 요금소 - 98번 지방도(14.66km) - 봉천로(1.4km) - 노선 중간점		

■ S-4 교하환경

상세위치도	현장사진
	

주소	· 경기도 파주시 교하읍 하지석리 438-1	전화번호	· 031-943-9988
생산골재	-	장비현황	-
회사현황	-		
운반거리	· 9.5km(노선 중간점) 교하환경 - 교하삼거리(1.7km) - 운정사거리(2.7km) - 설문삼거리(3.7km) - 노선 중간점(1.4km)		