

표준품셈 1호

지반조사 표준품셈

지질조사, 토질 및 기초조사표준품셈 통합본

2004. 5.

한국엔지니어링진흥협회

서 언

인간의 생활환경 기반인 지각을 대상으로 하는 지반조사는, 농·공업을 비롯한 모든 산업의 생산 활동과 국민 생활 환경의 질을 보다 윤택하게 향상시키고자 하는 도로·철도 등의 이동·수송로와, 댐 등 에너지 개발 및 구조물 등 제반 시설물을 안전하게 지지할 수 있는지의 여부와 그 방법 등에서, 지반이 최대한의 역할을 할 수 있도록 하는 자연과학 응용기술의 한 분야이다.

효율적인 지하자원 개발에 기여하는 광상조사를 비롯하여, 지형·지질구조·지하수 부존상황과, 지반을 구성하는 흙이나 암석(암반)의 공학적 성질(물리·역학적)을 규명하고, 각종 구조물의 재료 조사와 현장에서의 시험·측정 및 실내 시험까지도 포함하여, 국토개발의 활용·보전을 좀 더 경제적이고 안전하게 합리적으로 이용할 수 있도록 하기 위하여 합리적인 조사대가를 표준화하여, 적정대가 산출 기준을 재정립하고 개선하고자 하였다.

자료의 수집과정으로부터 최종 성과까지, 신뢰성과 정확도와 충실도를 제고하여, 설계와 시공에 지대한 영향을 미치는 지반 자료의 제공 및 적용을 용이하게 하도록 하여, 엔지니어링 업무로서의 인식과 비현실성·불합리성을 개선하고 정보화에 부합되는 수정·보완·개정이 되도록 노력하였다.

2004. 5.

한국엔지니어링진흥협회
회 장 이 우 정

목 차

제1장 총 칙

1.1 일반사항 -----	3
1.1.1 지반조사 품의 설정목적 -----	3
1.1.2 품셈의 적용범위 및 작성근거 -----	3
1.1.2.1 범위 -----	3
1.1.2.2 근거 -----	3
1.1.3 지반·자원 기술분야의 업무범위 -----	3
1.1.4 품의 구성 -----	4
1.1.5 기준 인건비의 적용 -----	6
1.1.5.1 직종별·등급별 업무 내용 -----	6
1.1.5.2 인건비 품의 할증적용 -----	7
1.1.5.3 여비의 적용 -----	7
1.1.6 기계경비 산정(제10장 참조) -----	7
1.1.7 운반비 -----	8
1.1.8 보고서 인쇄 제본비 -----	9
1.1.9 지반의 분류 기준 -----	9
1.1.10 기타 항목 -----	10
1-2 시추의 개념 -----	11
1.2.1 토목지반조사 시추의 기준 -----	11
1.2.1.1 토목지반조사 시추의 주요목적 -----	12
1.2.1.2 토목지반 시추조사 수량 선정 기준 -----	12
1.2.2 core boring system -----	13
1.2.2.1 스피들식 core boring machine의 구성 -----	13
1.2.2.2 시추 장비의 주요 소모부속품. -----	14
1.2.2.3 현장시험등 조사용 강관 규격 -----	14
1.2.2.4 시험용 스테인리스강관 규격-----	15
1.2.3 시추의 주요 기구 -----	15
1.2.3.1 non-core bit류(wing · tricone · button · cross) -----	15
1.2.3.2 core boring bit류(metal crown & diamond) -----	17
1.2.3.3 rod & coupling -----	17
1.2.3.4 케이싱 튜브(flush joint · flush coupled) · 드라이브 파이프 -----	18
1.2.3.5 core barrel(tube) -----	19
1.2.3.6 코어 회수율과 barrel · bit 종류 및 공경과의 관계 -----	20
1.2.3.7 기타 주요 기구 -----	20

제2장 가 시 설

2.1 공통가시설 -----	23
2.1.1 준비비 -----	23
2.1.2 안전비 -----	26
2.1.3 보상비 -----	29
2.1.4 영선비 -----	29
2.1.5 기타 -----	30
가. 시추공 폐쇄 및 발파공 되매우기 -----	30
나. 매설물 사전확인 및 복구 -----	30
2.2 시추공 가시설 -----	32
2.2.1 육상 시추 가시설공 -----	32
가. 소운반 -----	32
나. 작업대(비계)의 설치 -----	33
다. 시추기 및 부대장비 설치조립·해체 -----	34
라. 용수 급수 -----	35
마. 이수(boring slime) 처리공 -----	36
2.2.2 해상 시추 가시설공 -----	37
가 가시설공 종류 및 범위 -----	37
나. 좌대(작업대)의 규모 및 종류 -----	37
2.2.2.1 작업대(float barge·drum 기준) 조립·해체. -----	38
2.2.2.2 장비 조립설치·해체 -----	39
2.2.2.3 가이드 파이프(guide pipe) 조립 설치·해체 철거 -----	39
2.2.2.4 해상작업대(jack-up barge)의 종류와 선정 -----	40

제3장 기술업무(consulting work)

3.1 지반조사의 기술업무 대상과 범위 -----	45
3.2 지반조사 종목 및 항목별 업무범위 -----	45
3.2.1 기술업무의 주대상과 범위 -----	45
3.2.2 조사업무(자료수집 수단 ; 공사와 유사)의 대상 -----	45
3.2.3 기술·조사의 복합업무 대상(주로 물리탐사) -----	46
3.3 기술업무품 적용대상(종목 및 항목) -----	46
3.4 일반지반조사 항목 -----	46
3.4.1 조사계획의 입안업무 -----	47
3.4.2 사전타협·협의·현지답사 -----	48
3.4.3 조사결과와 성과품 작성 -----	49
3.4.4 해석 업무 -----	51
3.4.4.1 일반적인 해석 -----	51

3.4.4.2	액상화의 예측·판정	52
3.4.4.3	1차원적 지진응답 해석(중복 반사법)	52
3.4.4.4	정적 응력 변형해석	53
3.4.4.5	2차원 지진응답 해석	54
3.4.4.6	침투류 해석	54
3.4.5	기술업무 품 적용의 예	55
3.4.5.1	조사내용과 규모 및 급별과의 관계	55
3.4.5.2	품셈구성 적용표	56
3.4.5.3	기술업무품	56
3.5	landsliding(활동지반 또는 사면활동)조사 기술업무	56
3.5.1	계획·준비 단계	56
3.5.1.1	계획·준비품의 보정 적용표	57
3.5.1.2	계획·준비품	57
3.5.2	종합해석	57
3.5.2.1	표준기구 해석 급별 조사 종목	58
3.5.2.2	지질해석품	58
3.5.2.3	기구해석합계품	58
3.5.2.4	안정해석품	59
3.5.2.5	방지공법계획품	59
3.5.2.6	안정도검토품	60
3.5.3	3차원 해석	60
3.5.3.1	3차원해석품(종합 및 방지공법 기본)	60
3.5.3.2	3차원안정해석품	61
3.5.3.3	3차원방지공법 계획 1사면 3단면당품	61
3.5.3.4	3차원방지공법 계획 1사면 4단면당품	61
3.5.4	대책공 설계	62
3.6	전문지질조사	62
3.6.1	지표지질답사	62
3.6.1.1	지표지질답사 대상별 목적별 분류표	63
3.6.1.2	지표지질답사의 기술업무 내용	64
3.6.2	항공(위성)사진 판독	65
3.6.3	갱도(adit)조사 및 갱내지질조사	66
3.7	기타 기술업무	67
3.7.1	암반전단시험	68
3.7.1.1	암석전단시험의 수행흐름	68
3.7.1.2	암반직접전단시험품(I·II)	69
3.7.2	trench조사	70
3.7.3	시추코어조사	71

제4장 물리탐사(geophysical prospecting survey)

4.1 물리탐사의 개요 -----	75
4.1.1 물리탐사의 종류 -----	75
4.1.2 물리검층(geophysical logging) -----	76
4.1.2.1 검층의 종류 -----	76
4.1.2.2 지오토포그래피(geotomography) -----	77
4.2 탄성파탐사의 개요 -----	78
4.2.1 굴절(refraction)법 탄성파탐사 -----	78
4.2.1.1 지반 지층별 탄성과 속도 -----	79
4.2.1.2 일반적인 측선 계획 -----	79
4.2.1.3 굴절법 탄성파탐사 능률 보정표 -----	80
4.2.1.4 탄성과 탐사의 기술업무 -----	80
4.2.1.5 탄성과 탐사의 조사업무 -----	81
4.2.2 반사(reflection)법 탄성파탐사 -----	82
4.2.2.1 천층반사법의 개요 -----	82
4.2.2.2 천층반사법 탄성파탐사 능률보정표 -----	83
4.2.2.3 천층반사법 탄성파탐사 기술업무품 -----	84
4.2.2.4 천층반사법 탄성파탐사 조사업무품 -----	84
4.2.3 표면파탐사 -----	85
4.2.3.1 표면파탐사 능률 보정표 -----	86
4.2.3.2 표면파(Rayleigh)탐사 기술업무품 -----	86
4.2.3.3 표면파탐사 조사업무(측점설정 · 측정)품 -----	86
4.2.4 상시미진동 측정 -----	87
4.2.4.1 상시미진동 측정 기술업무품 -----	87
4.2.4.2 상시미진동 측정 조사업무품 -----	88
4.3 전기 · 전자탐사 -----	88
4.3.1 자연전위(SP)탐사 -----	88
4.3.2 전기비저항(electrical resistivity)탐사 -----	89
4.3.2.1 조사계획 및 측정상의 유의사항 -----	90
4.3.2.2 일반적인 지층 및 암석의 비저항값($\Omega \cdot m$) -----	90
4.3.2.3 전기비저항탐사(수직법 수평법) 능률 보정표 -----	91
4.3.2.4 전기비저항탐사(수직법 수평법) 기술업무 -----	91
4.3.2.5 전기비저항탐사 조사업무 -----	92
4.3.3 전기비저항 2차원탐사 -----	93
4.3.3.1 전기비저항 2차원탐사 능률 보정표 -----	94
4.3.3.2 전기비저항 2차원탐사 기술업무 -----	94
4.3.3.3 전기비저항 2차원탐사 조사업무 -----	95
4.3.4 지표레이더탐사(GPR) -----	96
4.3.4.1 지표레이더탐사 능률 보정표 -----	97

4.3.4.2 지표레이더탐사 수행 업무별 품	98
4.4 해양조사	98
4.4.1 음파탐사	98
4.4.1.1 음파특성	99
4.4.1.2 수심측량	99
4.4.1.3 해저면조사	100
4.4.1.4 해저지반 조사	100
4.4.2 샘플링	101
4.4.3 기술업무	101
4.4.3.1 계획준비	101
4.4.3.2 자료처리 및 분석	102
4.4.3.3 분석결과의 해석	103
4.4.3.4 해양조사 보고서 집필품	104
4.4.4 조사업무	105
4.4.4.1 사전준비업무	105
4.4.4.2 현장조사팀의 구성	106
4.4.4.3 음파탐사 소요일수의 산출	106
4.4.4.4 시료채취 소요시간 산출	108
4.5 기타탐사	109
4.5.1 자력·중력·자연방사능·S.P 및 VLF 탐사	109
4.5.1.1 자력·중력·자연방사능·S.P 및 VLF탐사 기술업무품	109
4.5.1.2 자력·중력·자연방사능·S.P 및 VLF탐사 조사업무품	109
4.5.2 1m심도 지온탐사의 개요	109
4.5.2.1 1m 심도 지온탐사 능률보정표	110
4.5.2.2 1m 심도 지온탐사 기술업무품	110
4.5.2.3 1m 심도 지온탐사 조사업무품	111
4.6 협의의 검층(borehole logging)	111
4.6.1 속도검층	112
4.6.1.1 음파검층(sonic logging)	112
4.6.1.2 suspension PS 검층(부유형 PS파 속도검층)	112
4.6.2 전기검층(자연전위·전기비저항)	112
4.6.3 밀도검층(방사능· γ - γ)	113
4.6.4 온도검층	113
4.6.5 공경검층	113
4.6.6 물리검층 기술업무품(I·II)	113
4.6.7 물리검층 조사업무(현장) 측정품	114
4.6.8 물리검층 조사업무(실내) 자료정리·계산품	114
4.7 광의의 검층(시추공 탐사 및 원위치시험)	115
4.7.1 시추공을 이용한 탄성파탐사	115

4.7.1.1 시추공 이용 탄성파탐사 기술업무품 -----	116
4.7.1.2 시추공 이용 탄성파탐사 조사업무품 -----	117
4.7.2 수직탄성파탐사(VSP) -----	118
4.7.2.1 VSP의 측정·처리 -----	118
4.7.2.2 VSP 조사심도(m)별 능률보정표 -----	118
4.7.2.3 VSP탐사 수행업무별 품 -----	119
4.7.3 비저항 토모그래피 -----	120
4.7.3.1 비저항 토모그래피 기술업무품 -----	120
4.7.3.2 전기비저항 토모그래피 조사업무품 -----	121
4.7.4 레이더 토모그래피(radar tomography) -----	121
4.7.5 공내주사검층(borehole scanner) 측정 -----	122
4.7.5.1 시추공 내시경 검층(borehole optical television logging) -----	122
4.7.5.2 초음파주사검층(borehole televiwer or acoustic televiwer) -----	123
4.7.5.3 borehole scanner 능률 보정표 -----	123
4.7.5.4 borehole scanner 기술업무품 -----	123
4.7.5.5 borehole scanner 조사업무품 -----	124
4.7.5.6 borehole camera 기술업무품 -----	124
4.7.5.7 borehole camera 조사업무품 -----	125
4.7.6 공곡·공편향(deviation) -----	125

제5장 원위치시험

5.1 sounding의 개요 -----	129
5.1.1 dynamic sounding -----	130
5.1.1.1 표준관입시험(SPT) -----	130
5.1.1.2 동적콘관입시험(DCPT) -----	132
5.1.2 정적 콘 관입시험(static cone sounding) -----	133
5.1.2.1 스웨덴식 콘 관입시험(Swedish cone sounding) -----	133
5.1.2.2 휴대형 콘 관입시험(portable cone sounding) -----	134
5.1.2.3 소형정적 콘 관입시험품 -----	134
5.1.2.4 화란식 콘 관입시험(Dutch cone) -----	135
5.1.2.5 전기식 정적콘시험(CPT) -----	135
5.1.2.6 간극수압 소산시험 -----	135
5.1.2.7 대형 정적 콘 관입시험(Dutch, electrical piezocone)품 -----	136
5.1.3 기타의 cone sounding -----	136
5.1.4 원위치 베인 전단시험(field vane shear test) -----	137
5.1.5 공내전단시험(BST) -----	138
5.1.6 공내수평재하시험 (PMT) -----	139

5.1.6.1 공내수평재하시험 보정 및 적용기준	140
5.1.6.2 공내수평재하시험품	140
5.1.7 rotary sounding	141
5.1.8 stepped blade(ISB) & tapered blade	141
5.2 수압파쇄시험(hydraulic fracturing method)	142
5.2.1 수압파쇄시험 기술업무품	143
5.2.2 수압파쇄시험 조사업무품	144
5.3 재하시험	145
5.3.1 평판재하시험(PBT)	145
5.3.2 현장 CBR(노상토 지지력비)시험	146
5.3.3 Benkelman beam test(도로용 처짐량 측정시험)	146
5.3.4 노상노반 지지력(재하)시험품	147
5.4 현장밀도시험	147
5.4.1 현장밀도시험 분류	147
5.4.2 현장밀도시험품	148

제6장 시추조사

6.1 시추조사의 개념	151
6.2 토질(비교결층)조사 시추	151
6.2.1 토질조사 시추 작업능력 적용기준	151
6.2.2 토질조사 시추 조건별 보정률 적용	152
6.2.3 토질조사 시추 구경별 장비 적용기준	152
6.2.4 토질시추 $\phi 66\text{mm}$ 10m당품	152
6.2.5 토질시추 $\phi 76\text{mm}$ 10m당품	153
6.2.6 토질시추 $\phi 86\text{mm}$ 10m당품	153
6.2.7 토질시추 $\phi 101\text{mm}$ 10m당품	154
6.2.8 토질시추 $\phi 116\text{mm}$ 10m당품	154
6.2.9 토질시추 $\phi 131\text{mm}$ 10m당품	155
6.2.10 토질시추 $\phi 146\text{mm}$ 10m당품	155
6.3 시료채취(sampling)	156
6.3.1 시료채취의 종류	157
6.3.2 자연시료채취품	158
6.3.3 기타의 토층시료채취	158
6.3.4 오거보링(auger boring)	159
6.4 암반조사 시추	159
6.4.1 지반 상태별 암반분류	160
6.4.2 암반시추의 조건별 고려사항	160

6.4.3	암반시추 능력 보정(경사·위험도)	161
6.4.4	암반시추 규격별 호환성 및 소요량	161
6.4.5	토목조사 시추	161
6.4.5.1	토목암반조사 시추 공법별 작업능력 적용기준	162
6.4.5.2	토목암반조사 시추 공법별 장비 적용기준	162
6.4.5.3	토목암반 시추 ϕ BX 10m당품	163
6.4.5.4	토목암반 시추 ϕ NX 10m당품	164
6.4.5.5	토목암반 시추 ϕ HX 10m당품	165
6.4.5.6	토목암반 심부시추 보통공법 ϕ BX 10m당품	166
6.4.5.7	토목암반 심부시추 보통공법 ϕ NX 10m당품	167
6.4.5.8	토목암반 심부시추 보통공법 ϕ HX 10m당품	168
6.4.5.9	토목암반 시추 W.L공법 ϕ BQ 10m당품	169
6.4.5.10	토목암반 시추 W.L공법 ϕ NQ 10m당품	170
6.4.5.11	토목암반 시추 W.L공법 ϕ HQ 10m당품	171
6.4.6	자원광상조사 시추	172
6.4.6.1	자원광상조사 시추 wireline공법 일일 작업능력 적용기준	172
6.4.6.2	자원광상조사 시추 장비 적용기준	172
6.4.6.3	자원광상 시추 W.L공법 ϕ BQ 50m당품	173
6.4.6.4	자원광상 시추 W.L공법 ϕ NQ 50m당품	174
6.4.6.5	자원광상 시추 W.L공법 ϕ HQ 50m당품	175

제7장 지하수조사

7.1	지하수 조사의 중요성	179
7.1.1	수문조사의 방법과 그 필요성	179
7.1.1.1	수문조사 조건별 능력 보정표	180
7.1.1.2	수문조사 기술업무품	180
7.1.2	수문환경조사(수원별 물이용)	180
7.1.2.1	측정·관측(조사업무) 능력의 지형보정	181
7.1.2.2	수문환경조사 업무(수원별 물이용)품	181
7.1.3	물수지조사와 수원별 수량 조사	181
7.1.4	수문지질조사	183
7.2	지하수의 조사목적	184
7.2.1	지하수의 실태파악과 변화의 예측	184
7.2.1.1	사질토 지반 시추공에서의 지하수위 측정	184
7.2.1.2	사질토 지반에서의 관측공에 의한 지하수위 측정	184
7.2.1.3	지하수위의 변동원인	185
7.3	지하수 조사방법의 범위(시추공 내에서의 측정방법 중심)	185

7.3.1 현장투수시험(시추공 이용) -----	185
7.3.1.1 투수시험 방법별 분류 -----	185
7.3.1.2 현장투수시험품 -----	186
7.3.2 지하수 추적 -----	186
7.3.2.1 지하수추적 기술업무(수질분석결과 해석)품 -----	187
7.3.2.2 지하수 추적 조사업무품 -----	187
7.3.3 지중 가스 조사 -----	188
7.3.4 지하수 유량·유속 측정 -----	189
7.3.4.1 지하수 유량·유속 측정품(LD형) -----	189
7.3.4.2 지하수 유량·유속 측정품(SWM-K2형) -----	190
7.3.5 공내 미유속 측정 -----	190
7.3.6 지하수 검층 -----	191
7.3.7 간이 양수 시험 -----	192
7.3.8 다점온도검층 -----	192
7.4 암반투수시험 -----	193
7.4.1 정압 주수에 의한 암반의 투수시험 -----	193
7.4.2 용출수압에 의한 암반의 투수시험(J.F.T) -----	193
7.5 양수시험 -----	196
7.5.1 양수시험품 산출시방 -----	196
7.5.2 양수시험 조사업무 구성 -----	197
7.5.3 대구경 양수정 착정 일일 작업능력 적용기준 -----	197
7.5.4 양수정 착정 장비 적용기준 -----	197
7.5.5 양수정 공경별 설치 작업능력 적용기준 -----	198
7.5.6 공경별 대구경 양수정 착정 -----	198
7.5.6.1 대구경 양수정 착정($\phi 200\text{mm}$) 10m당품 -----	198
7.5.6.2 대구경 양수정 착정($\phi 250\text{mm}$) 10m당품 -----	199
7.5.6.3 대구경 양수정 착정($\phi 300\text{mm}$) 10m당품 -----	200
7.5.6.4 대구경 양수정 착정($\phi 350\text{mm}$) 10m당품 -----	201
7.5.7 구경별 양수정설치 및 양수시험 -----	202
7.5.8 양수정 관측공 시추 -----	206

제8장 실내시험

8.1 토질시험 -----	209
8.1.1 흙의 물성(물리)시험 -----	209
8.1.1.1 체가름(입도)품 -----	211
8.1.1.2 토질물성시험(밀도·함수비·입도)품 -----	212
8.1.1.3 흙의 세립분 함유율(입도) 및 습윤밀도 시험품 -----	213

8.1.1.4 토질물성시험(액성 · 소성 · 수축정수)품	213
8.1.1.5 토질물성시험(원심함수당량 · 상대밀도 · 강열감량)품	213
8.1.1.6 흙의 유기물 함량 & pH 시험품	214
8.1.1.7 흙의 수용성분 시험품	214
8.1.1.8 흙의 다짐 건조반복(동일시료)법 시험품	215
8.1.1.9 흙의 다짐 비건조, 습윤 비반복(loam등 특수시료)법 시험품	215
8.1.1.10 흙의 투수성 시험(투수, CBR)품	216
8.1.2 토질역학시험	217
8.1.2.1 흙(점성토)의 역학(압밀, 일축) 시험품	218
8.1.2.2 흙의 직접전단(표준형) 시험품	218
8.1.2.3 흙의 직접전단(개량형) 시험품	219
8.1.2.4 흙의 삼축압축 시험(UU, CD)품	219
8.1.2.5 흙의 삼축압축 점성토 압밀비배수(CU)시험품	220
8.1.3 동적시험	220
8.1.3.1 흙의 반복 비배수삼축(액상화특성) 시험	220
8.1.3.2 지반재료의 반복삼축(변형특성) 시험	221
8.1.3.3 반복 공동형 비틀림 시험	222
8.1.3.4 대형 삼축압축 시험	223
8.1.3.5 링 회전 전단시험	225
8.1.3.6 흙의 동상시험	225
8.1.3.7 흙의 공시체작성(안정처리)	226
8.2 암석시험	227
8.2.1 시험의 종류	227
8.2.2 시험 종류별 주요이용법	228
8.2.3 암석 시험의 종류별 시험방법과 목적 및 이용법	228
8.2.3.1 암석시료(공시체) 작성품	230
8.2.3.2 암석강도(압축 · 인장) 시험품	231
8.2.3.3 암석특수시험(초음파 · X선회절)품	231
8.2.3.4 암석물(리)성 시험품	232
8.2.3.5 암석물(리)성 기타시험품	232
8.2.3.6 암석(연암-풍화암) 일축변형량시험(creep, 반복)품	233
8.2.3.7 암석 3축압축강도 시험품	233
8.2.3.8 암석 전단강도 시험품	234
8.2.3.9 암석박편제작 · 현미경감정품	234
8.2.3.10 기타 암석 시험품	235

제9장 계측관리

9.1 계측관리 개요	239
9.1.1 계측관리 대상과 계획	239
9.1.2 측정(계측)방법	239
9.1.3 계측관리 과정	240
9.1.3.1 계측관리 과정의 적용기준	240
9.1.3.2 조사업무(설치·측정) 작업수행 조건별 보정	241
9.1.4 계획수립·설계 및 자료수집·답사	241
9.1.4.1 계측설계 기술업무품	241
9.1.4.2 설계대상별 규모적용 기준(수동계측 기준)	241
9.2 기기 설치	241
9.2.1 지반대상 계측항목 적용의 일반적인 분류	242
9.2.1.1 landsliding 지역 반자동화 시스템 설치품	242
9.2.1.2 성토단계별 추가연결(rod, casing, pipe) 10개소당 설치품	243
9.2.2 지표면 대상 변위 측정 항목(기종)	243
9.2.2.1 침하판(surface settlement plate)	243
9.2.2.2 침하핀(surface settlement pin) 및 부동점	245
9.2.2.3 부동점	245
9.2.2.4 변위말뚝(침하-수직, 이동향-수평)	246
9.2.2.5 지표면 신축계(extensometer)	246
9.2.2.6 단면측정기(full profile gauge)	247
9.2.2.7 액체침하계(liquid or overflow settlement cell)	249
9.2.2.8 버튼(button)식 깔판	250
9.2.2.9 지반표면경사계(ground surface tiltmeter)	250
9.2.2.10 cross arm식 변위계	251
9.2.3 지중 변위 측정용 설치공(계측공) 형성과 설치	252
9.2.3.1 계측공 시추 구경별 지층별 일일작업 능률 적용기준	253
9.2.3.2 계측공 시추장비 적용기준	253
9.2.3.3 계측공 시추 $\phi 66\text{mm}$ 10m당품	253
9.2.3.4 계측공 시추 $\phi 86\text{mm}$ 10m당품	254
9.2.3.5 계측공 시추 $\phi 116\text{mm}$ 10m당품	254
9.2.3.6 계측공 시추 $\phi 131\text{mm}$ 10m당품	255
9.2.3.7 계측공 시추 $\phi 146\text{mm}$ 10m당품	255
9.2.3.8 계측공 sealing(grouting & filling)	256
9.2.3.9 계측기 설치품 심도별 보정	256
9.2.4 계측공 활용 지중 변위 측정	257
9.2.4.1 단일 rod extensometer(층별침하)	257
9.2.4.2 지표침하계	257
9.2.4.3 고정점	257

9.2.4.4 다층지중변위계(borehole rod extensometer) -----	258
9.2.4.5 heave settlement point -----	259
9.2.4.6 연속식(rod) 및 와이어(신축계식) 침하계 -----	260
9.2.4.7 공벽 앵커에 의한 침하측정(와이어식, 다중 파이프식) -----	261
9.2.4.8 자석식 층별침하계(magnet extensometer) -----	262
9.2.4.9 와이어식 다층이동량계 -----	263
9.2.4.10 파이프 변위계(지중변위계) -----	263
9.2.4.11 삽입식 경사계(inclinometer) -----	265
9.2.4.12 고정식 경사계 -----	266
9.2.4.13 간극수압계(piezometer) -----	267
9.2.4.14 지하수위계(water level meter) 설치품 -----	268
9.2.5 토압측정 -----	269
9.2.5.1 토압계(total earth pressure cell) -----	269
9.2.5.2 벽면(체) 토압과 간극수압 측정 -----	269
9.2.5.3 하중계(load cell) -----	270
9.2.6 구조물 및 구조체 변형 특성 -----	271
9.2.6.1 변형계(strain gauge) -----	271
9.2.6.2 철근계(rebar stressmeter) -----	273
9.2.6.3 온도계(temperature gauge) -----	273
9.2.6.4 수직경사계(tiltmeter) -----	274
9.2.6.5 균열측정계기(crack gauge & jointmeter) -----	275
9.2.6.6 연통(수)관식 침하계(multipoint liquid level system) -----	275
9.2.7 터널 계측 -----	277
9.2.7.1 천단침하 및 내공변위계 -----	278
9.2.7.2 지중변위계(rod extensometer) -----	278
9.2.7.3 rock bolt 축력계(rock bolt stressmeter) -----	278
9.2.7.4 shotcrete stress cell(응력계) -----	279
9.2.8 동적특성계측 및 기타 -----	280
9.3 현장 계측(관측, 측정) -----	280
9.3.1 수동계측 -----	280
9.3.1.1 대상별·기종별 계측능력 -----	280
9.3.1.2 계측기기(readout unit) -----	281
9.3.1.3 데이터 정리 및 분석 -----	282
9.3.2 자동화 계측 -----	282
9.4 결과 해석, 보고서 작성 집필 등 기술업무 -----	283
9.4.1 해석 및 보고서 집필 -----	283
9.4.2 재해석 -----	284
9.4.2.1 공종별 재해석 품 -----	284
9.4.2.2 공종별 재해석 보정 -----	284

제10장 손울적용표

10.1 boring & drilling machine 및 부수·부대장비 손울 적용표 -----	287
10.2 현장(원위치)시험 장비 및 기기·기구 손울 적용표 -----	288
10.3 물리탐사용 장비 및 탐사기기·기구 손울 적용표 -----	288
10.4 계측기기, 기구 손울 적용표 -----	289
10.5 실내시험용 기기 및 기구 손울 적용표 -----	290
10.6 실내시험용 기계 및 장비, 기구손울 적용표 -----	291

제1장 총 칙

1.1 일반사항

1.1.1 지반조사 품의 설정목적

지반에 대한 제반정보를 제공하는 엔지니어링 사업의 적정대가(사업비)를 산정할 수 있는 기준을 설정하여, 제공 기술의 질적인 향상을 도모하고, 합리적인 설계·안정적인 시공 및 감리·유지관리와 환경영향 등에 경제성·안정성을 부여하고, 아울러 국가 산업 발전에 이바지할 수 있도록, 엔지니어링진흥법(이하 “진흥법”이라 한다) 제10조제2항¹⁾의 규정에 부합되는 기준을 정하는데 그 목적이 있다.

1.1.2 품셈의 적용범위 및 작성근거

1.1.2.1 범위

“진흥법” 제5조제1항²⁾ 각호의 자와 민간단체·회사 등 국내에서의 지반정보 수요자로부터, “진흥법” 제2조 규정의 사업자에게 엔지니어링 사업을 수탁할 경우에는, 특수한 상황이나 특별한 관계법령에 의한 경우 이외에는, 가장 보편적이고 일반화된 본 품셈을 적용한다.

1.1.2.2 근거

“진흥법”(제10조2항, 제2조2호, 제5조1호 등)에 의하여 과학기술부·처가 1975년부터 공고하고, 매년도마다 개정 공고되는 “엔지니어링사업 대가의 기준”(이하 “대가의 기준”이라 한다)에 근거하여, “지질조사표준품셈”(표준품셈 제1호, 1981년 제정 승인, 1983년 개정)과 “토질 및 기초조사표준품셈”(표준품셈 제4호, 1986년 제정 승인, 1996년 개정)을 지반·자원 기술협의회 주관하에 “지반조사표준품셈”으로 통합하여 보완·개정하였다.

1.1.3 지반·자원 기술분야의 업무범위

지반 진단이 주 업무인 지반정보의 수집·제공 업무는 조사단계별·업무영역별·대상지반과 종류별 등으로 다양하게 분류할 수 있다.

단계별로는 예비·타당성조사로 문제점을 파악하고, 조사방법과 수량을 선정하여 설계를 위한 조사를 수행하여, 시공감리·유지관리·환경영향 평가 등을 위한 계획을 수립하고 상세한 방법에 의한 현장조사를 실시하여, 각 단계마다에서 조사된 내용을 수집·정리·검토 한 후 그 성과를 분석·해석하여 설계 자료로 제공하는 것이 주 업무이다.

- 1) 제10조제2항 : 엔지니어링 사업에 대한 적정한 대가의 기준은 협회가 과학기술부 장관의 인가를 받아 정한다.
- 2) 제5조제1항 : 각호의 자라 함은 “정부·지방자치단체·정부투자기관관리기본법 제2조의 규정에 의한 정부투자기관(정부의 납입 자본금이 과반수 이상을 차지하는 기업)·기타 대통령이 정하는 기관 또는 단체”를 말함.

단계별 지반조사의 업무범위

단계별	업 무 범 위
예비(개략)	<ul style="list-style-type: none"> • 지형도·지질도·기존의 지반조사보고서 및 공사 관련 자료의 수집·정리 • 항공(위성)사진 판독 • 지형·지질·토질·지하수·환경 등의 개략적인 현지답사로 중점지역과 향후 조사방침을 결정하고 문제점을 파악 • 물리탐사·원위치시험·시추 등은 극히 제한적으로 시행
본(설계)조사	<ul style="list-style-type: none"> • 지반의 물성과 분포상태 등 설계 단계의 지반 상수 파악 • 시공단계의 지반조건 규명을 목적으로 한 설계·시공 이전 단계의 원위치시험·시추·시료채취·물리탐사 등의 조사 수행 • 예비·상세·세부설계 단계별 결과 자료를 제공하여, 기본·실시설계 및 시공계획 수립에 이바지할 수 있도록 한다.
시공 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 구조물의 구성재료·성토재의 품질관리 • 시공시의 거동에 대한 계측과 동태 파악으로 지반변위 영향파악 • 설계시의 불확실성을 보충하기 위한 안정성 검사
유지 관리	변형상태 등을 정기적으로 관찰·관측하여, 수선·복구 등의 변상 대책 공법을 검토하기 위한 조사

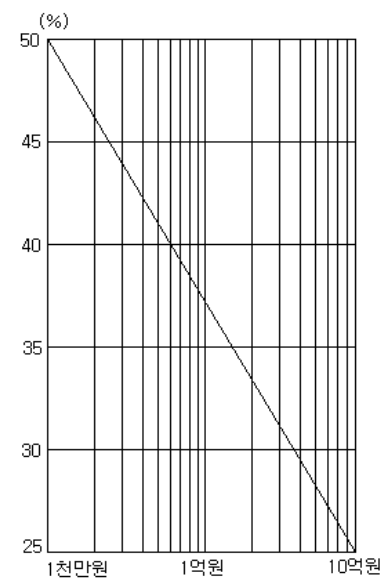
지반조사의 대상별로는 지질분포 상황을 비롯하여, 지하자원·지하수·오염지반·불연속면·공동·폐 갱도·지하구조물·시설물 등이 있으며, 종류별로는 지하구조물이나 시설물에 대한 제반조사, 그라우팅 등의 차수·지반보강, 침출수·폐기물 처리장 선정, 지반침하·누수 등 환경지질 영향의 개선과 보완대책의 강구, 토공방법의 검토, 지하자원·재료원의 경제성 평가, 항공(위성)사진 판독응용, 퇴적환경과 해안 침식여부, 해황에 영향을 미치는 조류·조석·파랑·기후 관측·수심 및 해저지형 측량과 지층 분포, 환경영향평가 등으로 분류할 수 있다.

최근의 지반조사 동향은 내용의 다양화와 더불어 3차원적인 지반정보와, 정보화 시공의 필요성 증대, 유지관리와 리모델링(remodeling) 수요, 원격탐사(remote sensing)의 활용과 정보의 데이터베이스화, 토양·지하수오염 및 지반침하에 대한 환경 보전의 증대 등에 따른 조사 방법의 자동화와 고도의 정밀성·신속화가 원위치시험·물리탐사·검층 등의 기술개발에 더욱더 절실히 요망되는 추세이다.

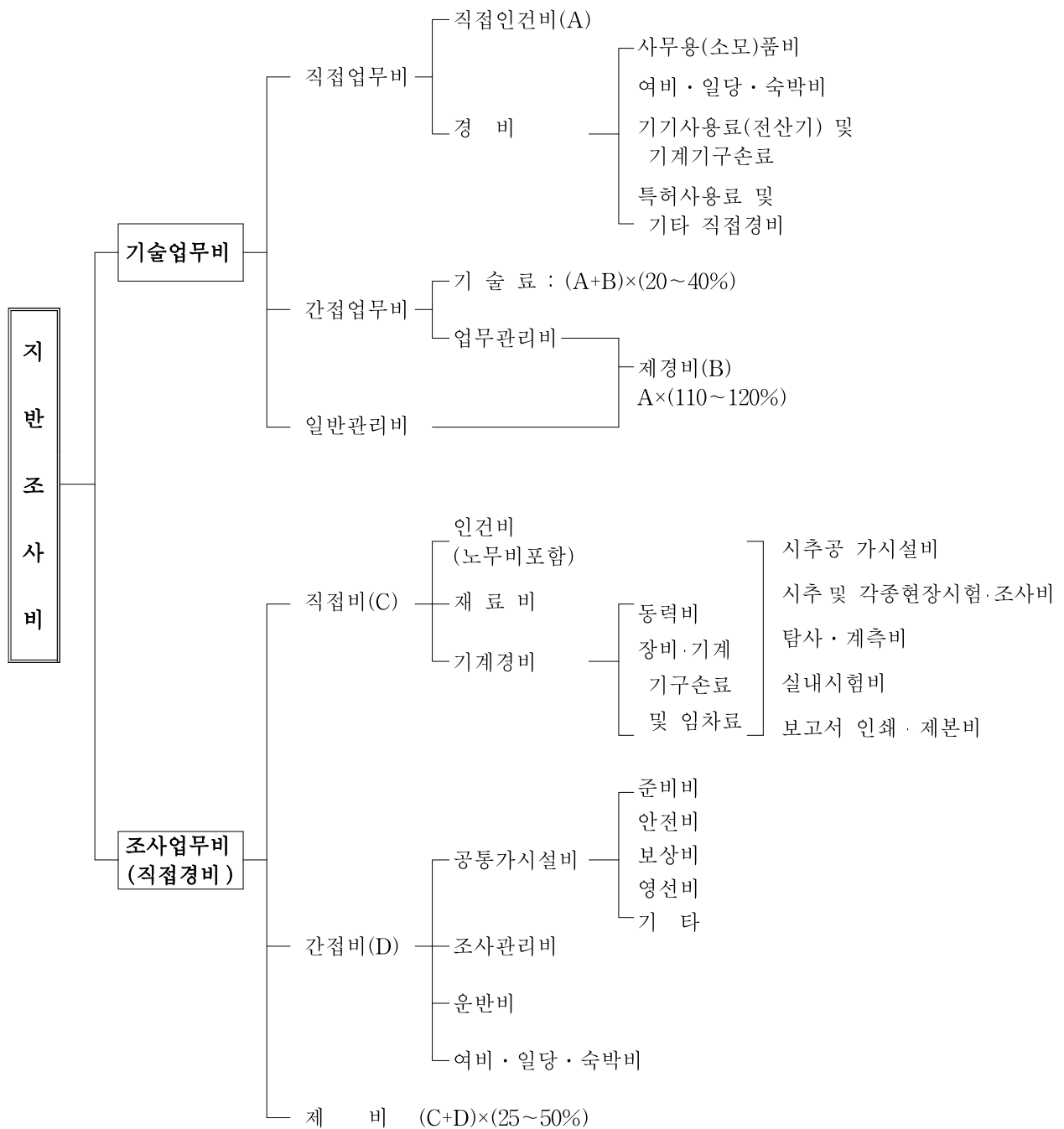
1.1.4 품의 구성

지반조사는 엔지니어링의 주 업무영역인 기술업무의 위탁된 프로젝트에 대한 기획·입안에 서부터, 설계(기본·실시)와 감리에 필요한 지반자료를 수집하여 제공하는 추가(부대)업무 중의 한 분야로, 측량·시험·검사·탐사·조사 및 시공·준공 후의 유지관리 단계에 이르기까지, 지반의 기초자료 수집·제공을 위한 업무수행의 전 과정에 대한 계획준비·현장답사와 검토·수집된 자료의 해석·결과에 대한 종합검토와 판정의 성과품 집필·기타 고도의 조사와 시험 등의 기술업무와, 자료수집 과정의 현장수행 업무·실내시험·자문·현장운영·보고서 인쇄제본 등의 직접경비에 속하는 조사업무로 그 체계가 구성된다.

- 지반조사 품셈의 구성 체계



조사업무비별 제비요율 적용표



부수적인 기술업무로서는 기술상담·위탁연구·법정증언·기술보증·탐문조사·기술지도 등이며, 전반적인 기술업무는 전문적인 기술자의 고도화된 기술능력으로, 고학력·풍부한 경험·경력기술자의 견해에 의한 지식기반 업무영역으로, 해당되는 직접인건비에는 제 경비·기술료가 적용되는 대상이다.

조사업무는 기술업무를 제외한 직접경비에 해당되며, 기술업무 수행에 수반되는 경비와 함께 실비로 처리되므로 시공공사와 유사한 현장수행업무이다.

따라서 지반에서의 각종 정보를 획득하기 위해 기계기구를 활용하는 현장 조사업무는 “건설공사 표준품셈 토목편”(이하 “건설토목품”이라 한다)의 제반 기준에 준하되, 엔지니어링 사업의 특수성이 고려된 “진흥법”과 “기술사법”의 직무규정 범주인 기술업무와 복합되어 구성된, “실비정액 가산방식”을 준용하여 대가가 산출된다.

1.1.5 기준 인건비의 적용

과학기술부 공고 “대가의 기준”에 의한 “실비정액가산방식”과 제19조 “기술자의 등급 및 자격기준”에 의한 별표4에 따라, 통계청 승인 “임금 실태조사 결과보고서”의 “건설 및 기타 부분” 기술자 등급별 임금과 건설교통부 공고 “측량용역 대가의 기준”의 “측량기술자의 자격기준”에 따른 측량기술자 노임 및 통계법에 의해 매년 공표되는 시중노임단가를 기준하여 적용하고, 근로기준법·산업안전 보건법·산업재해보상보험법·건설기술관리법 등 관계법령이 정하는 바에 따른다.

1.1.5.1 직종별·등급별 업무 내용

직종별	등급별	업무내용	비고
기술자	기술사	해당 기술분야에서 고도의 전문지식과 실무경험을 응용한 종합적이고 총체적인 기술업무를 수행하고 집필하는 총괄책임자로서 사업관리 업무를 수행하는 기술자	지질 및 지반, 토질 및 기초, 지하자원 등과 관련토목분야 기술자로서 기술업무의 수행영역이다. 하등급(중급이하) 해당자일수록 조사업무의 현장대리인 및 실무경험 취득 업무수행자에 해당된다.
	특 급	해당 기술분야의 실무경험에 입각한 수행계획·분석·시험 등, 전문지식에 대한 기술지도와 감리·운영의 사업관리를 수행하는 현장에 대한 기술 관리의 총괄책임기술자	
	고 급	해당 기술분야에 관한 공학적 전문지식과 응용능력으로, 고도의 현장시험과 기계·기구·계기 등의 조작과 자료의 해석 등의 기술업무 수행능력자로서 현장기술지도 책임기술자	
	중 급	해당 기술분야에 관한 기초지식과 적응능력으로, 제반시험과 기계·기구·계기의 조작과 자료의 해석 등의 기술업무 수행 능력자로서 현장대리인 및 관리 책임기술자	
	초 급	해당 기술분야에 관한 기초지식과 적응능력으로, 제반시험과 기계·기구·계기의 조작과, 자료수집 등의 기술업무 수행자로 현장기술 관리 보조 기술자	

직종별	등급별	업무내용	비고
기능사	고 급	해당 기술분야에서 현장 실무경험의 숙련된 기능을 응용한 다양한 수행능력 기능기술자로서, 기계·기구·계기 등을 조작하고, 시추장비와 함께 현장에서 조사·시험을 수행하는 기계·장비의 운영 책임기능자(기책급)	지반정보 수집 전과정에 참여하는 조사업무 현장 수행자로 일부 상위 등급에 한하여 기술업무 보조자라도 참여한다.
	중 급	해당 기술분야에서 각종 현장시험과 계측, 조사작업과 계기·기구 등을 조작 운영하는 기능자로, 기술지도와 함께 비교적 고도의 현장작업 수행 능력 기능공	
	초 급	해당 기술분야에서 현장의 제반 자료수집 작업에 참여하는 숙련공으로 현장작업 보조자(시추기능공 등)	
일 용 기능공	전문직종	각종 공사수행에 참여하는 전문직 종사자로서 시중노임 조사 직종에 준하여 적용함(제도공·보링공·용접공·시험사·철골공 등)	조사업무에 부수되는 전문직종과 이를 보좌하는 직종 노무자의 일급 기본급여
	보조공	현장작업 수행의 보조자로서 역할에 따라 일용 선택 (조력공·특수인부·보통인부·운전조수·보조수 등)	
측량기술자	기술·특·고·중·초	상기 기술자의 업무내용 범위와 유사	위치측량 등의 조사업무 수행자이며 직종별 등급은 측량업무 내용에 준함
측량기능 지도제작기능 도화기능 항공사진기능	기능별 고 급 중 급 초 급	상기 기능사의 업무내용 범위와 유사	

1.1.5.2 인건비 품의 할증적용

군 작전지구·소규모 도서지구·이착륙 빈도가 심한 공항·산악지역·해상과 협소한 장소 및 위해·위험개소와 갯내 등 작업능률이 현저하게 저하되는 경우에는, 손료나 재료비를 제외한 인건비에 한하여 50%까지 가산할 수 있다.

1.1.5.3 여비의 적용

여비·일당·숙박비는 “공무원 국내여비 규정”을 준용하거나, 인건비의 10%를 적용하고 사회의 일반적인 적용 사례에 준한다.

1.1.6 기계경비 산정(제10장 참조)

기계경비는 운전경비와 손료의 합계로 이루어진다.

운전경비 = 동력비(엔진소모 유류와 모터 소모전력) + 운전노무비

장비손료 = 기계·장비·기구·기기 등의 상각율 + 정비비율 + 관리비율

운전경비 : 장비의 선정기준 및 조사규모에 따라 장비별 운행속도와 거리·운전원별 노임과 유류산정, 손료의 보정과 이에 수반되는 경비의 보정, 장비능력 산정 등의 기준은 “건설토

목편” “기계화시공”과 “운전경비 산정”에 준하여 적용하고, 그외 선정기준에서 제외된 장비에서의 디젤 엔진 유류소모량은 시간당 마력당 0.15ℓ를 기준하고, 연료유의 단가적용은 주유소에서의 실수요자에 공급되는 가격을 적용한다.

장비(기계기구)손료 : 조사업무 수행에 이용되는 각종 장비·기계·기구·기기 등이 주 대상이며, 기술업무에 활용되는 전산 프로그램·정보처리 기기·기구와 소프트웨어는 대부분 제외되며, 이 또한 “건설 토목편” “건설기계 경비산정”과 “경비 적산요령”을 준용한 시간당 합계 손료율을 적용한다.

보정률의 적용 : 작업환경(위해 위험·심야·수상·해상·설한 등), 작업용수(무수·청수 등), 공경별 심도(기준치 이외의 공경·심도), 대상지반 상태에 의한 과부하·과소모율 등에 의한 능률저하(사력층·전석층·파쇄대 등의 중부하 및 소모율 증가 자재와 능률 저하), 시추 난이도(수직·경사·수평의 각도별) 등은 별도의 보정률을 적용한다.

손료의 산정 방식 : 복합·조립된 기계기구 장비로서 용이하게 분리하여 정비·관리 및 재조립 가능한 것은 그 특성에 따라 동일·유사장비의 상각률을 분리 적용하여 합산할 수 있으며, 건설전용 기계·기구가 아닌 지반조사 전용의 제반 시험기구·기기와 계측기기 등은 외국의 손료를 참조하여 적용하고, 도입 기계기구류의 적용가격은 한화(₩) 또는 미화(\$)로 계상·표기하되 환율의 적용은 변동환율제이므로 적용시점 이전의 전반기 개략적인 금융기관 매도 평균환율을 적용한다.

임차장비 사용료 : 지반조사 업무 활동에서 부수적으로 활용되고 사용빈도가 아주 낮은 일반적인 중기나 선박류를 비롯한 기계·기구 등에 적용되며, 산출되는 기계경비(장비손료+운전경비)에 50%를 가산하여 적용할 수 있으며, 임대차(lease·rent) 등 시장형성 가격도 활용한다.

1.1.7 운반비

운반비는 운반기구(차량)의 종류·규모·운반거리·운송로의 상태와 적재물, 즉 지반정보 획득에 투입되는 제반 장비·기계·기구·기기·계기 등과, 부품·재료·자재들의 규모(무게·길이·부피)와 종류 등을 기본으로 하여, 상·하역의 난이도와 운송수단(육운·해운·항운)별의 다양한 운반조건에 따라, 각 조건별로 “건설품 토목편”의 “운반” 및 “기계화시공”에 준하여 적용하며, 사용빈도에 비하여 복잡하거나 항운·해운·특수 육운과 같이 그 빈도가 아주 낮은 경우는 별도로 적용하고, 일반적인 지반조사에 투입되는 제반 기자재의 운송비용은 차량별·거리별 적재량을 기준한 “일반화물 자동차 운임 적용방법”에서의 “구역화물운임”을 준용하여 적용할 수 있다.

탐사 측정기·현장시험기구·코어 상자 및 시료 등의 운반은 2.5톤 트럭을, 지반조사 대상 시추장비는 4.5톤 트럭을, 장공·암반·광상시추 대상 장비와 부속기자재는 8톤 트럭을, 대형 장비와 중장비 및 크롤러(crawler) 등의 트랙 탑재 장비는 트레일러 활용을 기준으로 한다.

차량진입이 어려운 소로나 협소 개소·경사지·구릉지대 등에서의 장비진입 또는 소운반은, 대부분의 시추 장비가 탑재형(track mounted system)으로 기동력이 향상되어 운영되고 있으므로, 부품 등의 이동에는 경운기와 크롤러(crawler)를 임차 사용하고, 수상·산지 등 특수지역에서의 장비 거치용 비계 파이프 등 자재운반은 4.5톤 트럭을 그 지역에서의 리스나 렌트를 기준하여 적용토록 한다.

1.1.8 보고서 인쇄 제본비

인쇄 및 제본료는 조달청에서 고시되는 “인쇄기준요금”을 준용하고, 이 기준에 명시되지 않은 사항(포장비·스티커·카본인쇄 등)은 유사한 항목이나 시중거래가를 참고하여 별도로 가격을 산정할 수 있고, 수행계획 단계에서의 인쇄·제본비 산출은 다음과 같이 적용하여 설계 및 계획에 반영한다.

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{기술업무} \\ \hline \text{직접인건비} \\ \hline \text{(A)} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{조사업무} \\ \hline \text{직접비-가설비} \\ \hline \text{(C-가설비)} \\ \hline \end{array} > \times \begin{array}{|c|} \hline \text{보고서} \\ \hline \text{인쇄·제본} \\ \hline \text{비율(\%)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{보고서} \\ \hline \text{인쇄·제본} \\ \hline \text{설계비} \\ \hline \end{array}$$

인쇄·제본 비율 적용표(설계단계)

수행(조사)업무	비율(%)
지표지질·탄성파·전기 등 지구물리탐사 및 landsliding조사	3~7
다양한 시험이 포함된 토목공사 대상 지반조사	2.5~6
기타 비교적 단순한 지반조사 및 지하자원 시추	2~5

1.1.9 지반의 분류 기준

지반은 구성특성·성층상태·생성원인별 분포규모와 상태·지체구조 등에 따라 다양한 형태로 나타나지만, 암질·풍화 영향·강도·절리·파쇄 정도 등과 함께 시추·토공 및 암반절취 난이도를 기준으로 하여, 부지조성·구조물기초지반·도로·터널 등의 시설물 설계·시공 목적에 부합될 수 있도록, 지반의 지지력·투수성·안정성 및 시공성을 검토하여 분류하게 된다.

가장 대표적인 분류기준은 “건설품 토목편”의 “토질 및 암의 분류”와 토공에서의 굴착·터파기(인력·기계 암반), 암석 절취에서의 난이도에 따른 기준을 기본으로 준용하고, 높은 공학적 통일분류를 기준으로 하며, 시추 결과에 의한 RQD·압축강도·풍화영향·파쇄 규모·투수성·절리규모와 발달빈도·탄성파 속도와 내압강도 등을 고려하여, 도로공사 등 업무수행기관에 따라 다소 차별화되어 있는 적용기준과, RMR분류·Q-system에 의한 분류 등도 참고하여 분류한다.

지반조사는 토질과 지질조사·원위치 및 실내시험·현장계측 측정의 총칭이며, 그 대상지반도 자연지반(협의의 지반과 암반)·복합지반(개량지반)·조성지반(성토·매립 등)과 해저지반·연약지반 등으로 분류하기도 하고, 지반지층을 구성하는 입도에 따라 점토층·실트층·모래층·자갈층·호박돌층으로, 또 이들이 혼합된 토사·사력·흙(loam)·혼전석·붕적층과, 구성된 흙의 상태에 따라 사질토·점성토·세립토·조립토·연약토·경질토로도 구별하며, 이외에도 토층·지층·대수층·풍화대 등으로 다양하게 세분하며, 경우에 따라서는 용어의 혼란마저 초래하기도 한다.

그러나 고도의 해당 전문지식 기술자가 종합하여 판단하는 견해에 의한 시추조사 난이도와 능률을 기준한 분류는 본 품셈 적용에 가장 큰 영향을 미치게 된다.

개략적인 지반분류에 대한 견해에는 별 차이가 없으나, 암반의 생성시기 및 성인별·암종별에 따른 지반강도의 세분화 비교분류는, 압축강도 시험용 시료채취와 시험시료의 선택·방법·시험조건 등의 목적에 따라 다양하므로, 요구되는 사항에 부합되는 분류기준을 중심으로 적용하도록 하여야 한다.

1.1.10 기타 항목

품셈 적용에 관한 제반 기초적인 기준은 “건설 토목품”에 준하여 수량의 계산기준·단위 및 소수의 표준·금액 단위표준·재료의 할증률·재료의 단위중량·재료 및 자재의 단가 적용 등의 기준을 준용하되 대부분이 소량이므로, 단가 적용은 최종 수요자의 실거래 가격을 기준으로 하고, 구입장소로부터 현장까지의 운반비도 별도 계상할 수 있다.

대규모·장기간에 걸친 조사의 경우 영선비인 일반적인 가설공사인 사무소·식당·숙소·휴게실·탈의실·화장실·샤워장과 창고·시험실의 규모별 기준면적과 사용기간별 재료의 손율 등도 “건설품 토목편”의 가설공사 기준을 준용한다.

1.2 시추의 개념

일반적인 시추란 조사목적에 따라 지반이나 구조물에 구멍을 뚫는 행위로서, 석유·지하수·온천·광상 등 지하자원 개발을 위한 천공 굴착과, 지질학적인 조사 시추 및 토목 구조물의 안정성·건전도 판정을 위한 지반조사 등으로, 광범하고 다양하게 구별하여 복합적인 용어로도 사용된다.

시추(천공)는 mechanism·system·method·목적과 대상지반에 따라 여러 가지 방법으로 분류되어 수행되지만, 지반조사와 광상조사에는 $\phi 6"$ 이하의 공경이 형성되는 스핀들식 drive swivel core boring system이 주로 활용되고, 최근에는 leader형 chain feed의 rotated power head(torque) boring system으로도 발전되고 있으며, $\phi 6"$ 이상 대구경 시공굴착용은 조사업무의 보조용으로 활용되므로, $\phi 14"$ (350mm) 이하와 저속회전(20rpm 이하)의 percussion drilling 등과 기타 활용빈도가 낮은 굴착 시추(wing·tricone boring)에 대하여서는 비교적 간단히 취급코자 하였다.

대구경의 시추·굴착은 링 비트와 트리콘 비트를 사용하는 회전식 시추와, 버튼 비트를 에어 해머에 부착하여 굴착하는 깊은 심도용 compressed air hammer drilling system으로 구분되고, 후자는 저속회전의 percussion drilling으로, DTH(down the hole hammer method)로 분류하기도 한다.

$\phi 3\sim 6"$ 의 metal cross bit 장착의 소형 drifter는 R.P.D(rotary percussion drill)와 유압 해머 형이 있으며, 전자는 그라우트 주입공·계측기 매설공·rock anchor공 형성에 주로 사용되고, 후자는 earth anchor나 micro pile공 형성에 tricone bit system과 함께 활용되기도 한다.

기타 방법으로는 모래·자갈·사력 등 경질의 하상퇴적층을 얕은심도(20m이내)의 대구경($\phi 8"$ 이상)으로 굴착하는 percussion drill이 있고, 콘크리트·아스팔트·암반 등에서 심도 2m 이내 공경 $\phi 6"$ 이하의 시료를 채취하는 시공관리용의 diamond core cutter boring과, 연질 점성토 및 무수 사질토 지반을 대상으로 함수비나 토질분류용 교란시료를 채취하기 위한 시험공·지하수 관측공·SPT공 등을 수행하기 위하여, 심도 5m 이내의 흙을 채취하기 위한 auger boring도 있고, auger도 screw auger와 posthole auger 형의 수동식과 기계식으로 구분된다. 이외에도 trench와 test pit 방식을 광의의 시추범주로 취급하기도 한다.

1.2.1 토목지반조사 시추의 기준

대상지반상태 규명을 위한 조사중에서 시추는 가장 기초적이며 확실하게 관찰되고 정밀한 방법이므로, 각종 공내 원위치시험인 sounding과 물리검층·시료채취 등의 시험공으로서의 활용에 이르기까지를 고려한 계획을 수립하고 시행해야 하며, 설계 및 발주 관계기관이나 국가별로도 대상 구조물에 따라, 조사목적 달성을 위한 조건과 상황별 과업의 일률적인 설정기준은 없지만, 일반적인 공통기준은 어느 정도 수립되어 있으므로, 이를 종합한 시추기준을 설정코자 한다.

1.2.1.1 토목지반조사 시추의 주요목적

대상지반	시추조사 주요목적
도로·철도	굴착난이도, 절토·성토 법면의 안정성, 파쇄 암석의 골재·성토재 등의 유용성, 다짐 특성·토랑환산율, 동결심도, 포장두께 등의 결정·평가 해석 및 공법 선정을 위한 시추조사.
터널	지반 지층·암반을 분류하고, 단층·파쇄대 분포상태, 암반 투수성을 파악하여, 굴착공법·지보 형태와 파쇄암석의 유용성 검토.
절토사면	지층 분포 상태에 따른 굴착난이도, 사면안정성에 따른 구배·안정대책·공법 선정 및 지하수위 변환에 의한 식생환경 보전.
landsliding	지하수 분포상태 및 변화, 토괴의 특성에 의한 지반활동화 가능성 및 산사태의 범위 등에 대한 예측.
댐·저수지	기초대상 지지층에 대한 분포상태, 투수성·그라우트 심도 파악, 체체 사면 안정성, 재료의 특성, piping 등의 검토.
호안·방파제	개량 대상지반 상태와 치환공법, 대상 심도에 의한 침하와 시간 및 체체 사면 안정성 검토.
구조물기초	지지력·침하·지하수위 분포로 지지층 판단, 기초 형식 선정과 지하공동·연약·압축지반 등 부적합한 기초지반의 확인·평가.
지하토류벽	지층·지하수위 변화·분포에 의한 토압·piping·heaving·boiling 검토로 차수 및 토류벽 설치공법과 토공 방안 검토.
부지조성	지하수 변동·지하공동·고결물질의 용탈·piping 등에 의한 지반침하와, 액상화 가능 지반 확인 및 대책 검토, 기반암 및 지층분포 상태 확인.
연약지반	연약층 분포 특성·압밀침하 및 시간·성토고·사면안정성 압밀 이력 상태·지반 개량처리와 대책공법 선정·개량 효과 확인·장비 진입로 검토.

1.2.1.2 토목지반 시추조사 수량 선정 기준

구 분	수 량 (배치 간격)		시추 심도
노 반	노 반 연 장	개략 설계조사 : 300~500m	<ul style="list-style-type: none"> 성토·압밀침하·액상화 가능 지반 확인을 위해 기반암반 분포 확인.
		상세 설계조사 : 200~300m	
절 토	절 토 연 장	개소당 2개소 이상으로 절토고 20m 이상은 150~200m 간격	<ul style="list-style-type: none"> 사면안정성 검토 : 계획 수준 이하 2m까지.
		개략 설계조사 : 100~200m	
		상세 설계조사 : 50~100m	
교 량	<ul style="list-style-type: none"> 상, 하행선 각교대 교각마다. 기초당 4개소 불규칙한 지층이나, 활동예상 지반 침하 등의 영향권과, 지지력이 미흡한 지역에서는 교각간과 인접 주변 지반에 추가. 		<ul style="list-style-type: none"> 기초 최소폭의 2~4배 깊이까지, 신선한 암반 지지층이 연속 분포되거나, 최소 2m이상 확인.(응력영향 심도이하) 연약대·파쇄대·지하공동(석회) 예상 지역의 1개공은 장심도로 확인.

구 분	수 량 (배치 간격)		시추 심도
터 널	<ul style="list-style-type: none"> • 도심지 지하철 : 기본설계 200m간격 개착구간 및 실시설계 100m간격 • 산악터널 : 상·하행선 출·입구에는 각각 2개공 이상, 30~50m 간격 • 심한 암질 변화구간(연약대·파쇄대) 통과 예상구간 50m 간격 		<ul style="list-style-type: none"> • 노반계획 수준이하 1.0D까지나, 계획 수준까지의 1.2배까지로, 최소 2m까지와 신선한 기반 암반 연속 3m이상 확인.
댐 저수지	<ul style="list-style-type: none"> • 제체부 : 30~50m 간격. • 교대·여수로·방수로 등 주요 구조물에 대한 별도 배치. 		<ul style="list-style-type: none"> • 흙댐 : 지반 저폭의 0.5배 깊이. • 콘크리트댐 : 댐 높이의 1~1.5배 깊이. • 전단파괴·침하·piping 등 누수예상 심도.
호안·방파제	<ul style="list-style-type: none"> • 계획선상 100m 간격 		<ul style="list-style-type: none"> • 기반암 분포심도까지, 풍화암 3~5m
구조물 기 초	<ul style="list-style-type: none"> • 각 구조물당 1개공 및 15~30m 간격 • 개소(부지)당 4개공 이상. 		<ul style="list-style-type: none"> • 지지층 및 토공수준 이하 5m이상 또는 기반암 확인
연 약 지 반	<ul style="list-style-type: none"> • 개략조사 : 100~200m • 상세조사 : 50~100m 		<ul style="list-style-type: none"> • 견고한 지지층(풍화암·연암) • 기반암 3m 이상 확인
기 타	부지조성	연약지반 수량과 동일	<ul style="list-style-type: none"> • 연약지반 시추심도와 동일
	석산· 토취장	균일 : 150~300m 보통 : 50~150m 불규칙 : 15~50m 최소 2개공 이상.	<ul style="list-style-type: none"> • 심도 공당 10m이상, 정암 1m
비 고	지반의 물성·특성 파악을 위한 시험공, 구조물의 특성에 의한 것은 별도추가		

1.2.2 core boring system

회전식 기계 시추는 로드 선단의 비트를 고속 회전시켜 지반을 갈아서 파쇄하고, 순환수로 슬라임을 배출시키는 스핀들식과, 수동·유압식의 swivel type이 가장 일반적이며, 최근에는 drilling system과 혼용시킨 wire·chain guide leader·power swivel head system으로, 원치·파이프렌치·이수펌프·공기압축기·급수펌프·용접기·유압 drifter·clamp 등을 모두 탑재시킨 일체형 시추 장비가 개발되어, 장심도 암반 시추에서 성능과 능력을 향상시키고 있다.

1.2.2.1 스핀들식 core boring machine의 구성

주 장비구성은 스핀들과 변속기·동력원(엔진·모터)·원치·water & hoisting swivel·boring(grout or mud) pump·delivery & suction hose 등이 일체화되어 있으며, 이외에 hoisting swivel과 연결되는 wire block을 갖춘 derrick·믹서·급수용 펌프 및 호스는 별도로 구비되어야 한다.

주 장비의 이동기구로는 skid base에 장착된 형태와 combine 또는 crawler track에 탑재된 형태가 있으며, 트랙에 탑재된 형태는 장비의 상하차가 용이하도록 유압 잭의 leg까지 장착시킨 구조로 기동력을 향상시켰으나, 필요한 장비류가 모두 트랙에 탑재된 leader형 drilling machine과는 그 메커니즘에 다소 차이가 있다.

1.2.2.2 시추 장비의 주요 소모부속품.

구분 부품종류	토질 · 토목암반 (보통공법)			자원 · 암반(W.L공법)
	토질 50m이내	토질 · 암반 100m이내	암반 200~300m	자원 · 암반 500m까지
기계분해공구	기계용	기계 및 펌프용(jack · wrench · 일반공구류 포함)		
와이어 로프	φ 9mm×20m		φ12×30m	φ16×45m
hoisting swivel	천부용	bearing부 천부용	bearing부 심부용	
head pulley	φ100mm×1조	φ150mm×1조	φ200mm×1조	φ280mm×2조
rod holder	천부용(수동)		중대형(발조작) 심부용	
water swivel	저속형	고속용		고속 W.L용
delivery hose	φ20mm×10m		φ25mm×15m	φ32mm×15m
derrick top	로드용	로드 · 케이싱용	로드 · 케이싱용×2set	
유압 잭		10ft, 100톤 capacity×2set		
낙하 해머	자동해머			
기 타	seat · slime tank · mud-bag 등 규모에 따라			
비고	조사 규모에 따라 투입되는 장비별 소모성 부품으로 일괄 산출 적용함			

1.2.2.3 현장시험등 조사용 강관 규격(KSD3507, KSD3562 SCH 40)

소구경 φ4"이하 파이프(socket 이음쇠)					대구경 φ4"이상 파이프(coupling 이음쇠)				
호칭경		외경(φmm)	두께(t=mm)		호칭경		외경(φmm)	두께(t=mm)	
A(mm)	B(″)		3507	3562	A(mm)	B(″)		3507	3562
15	½	21.7	2.65	2.8	100	4	114.3	4.5	6.0
20	¾	27.2	2.65	2.9	125	5	139.8	4.85	6.6
25	1	34.0	3.25	3.4	150	6	165.2	4.85	7.1
32	1¼	42.7	3.25	3.6	200	8	216.3	5.85	8.2
40	1½	48.6	3.25	3.7	250	10	267.4	6.4	9.3
50	2	60.5	3.65	3.9	300	12	318.5	7	10.3
65	2½	76.3	3.65	5.2	350	14	355.6	7.6	11.1
80	3	89.1	4.05	5.5	400	16	406.4	7.9	12.7
90	3½	101.6	4.05	5.7	450	18	457.2	7.9	14.27

1.2.2.4 시험용 스테인리스강관 규격(KSD3576, STS304)

활용호칭경	외경×최대두께(mm)	활용호칭경	외경×최대두께(mm)
φ14	φ13.8×2.0	φ22	φ21.7 & 22.3×4.0
φ16	φ15.8×2.0	φ25	φ25.4×4.0
φ19	φ19.0 & 19.1×2.5	φ32	φ31.8×4.0

1.2.3 시추의 주요 기구

지반을 굴착하는 boring · percussion drilling · drifting system에 소요되는 각종 기구는, 그 방법과 형성코자 하는 공경에 따라 종류도 다양하다. 그러나 지반조사는 core boring에 의한 공경이므로 이를 중심으로 취급코자 한다.

공경은 사용되는 비트의 최대 외경이므로, 암반 시추에 사용되는 다이아몬드 비트의 국제 규격인 EX · AX · BX · NX를 기본으로 하고, 필요에 따라 가장 작은 XRT와 φ4"인 HX가 추가 되었으며, wireline system이 개발되어 AQ · BQ · NQ · HQ의 step bit와 core barrel 및 flush rod가 공경에 알맞게 상호 호환되도록 규격화되었다.

비고결지층(토층)을 대상으로 하는 지반조사에서는 공벽 보호용 케이싱 설치와 관련하여 국제 규격과의 호환성을 고려한 메탈크라운 비트의 외경인 φ66(BX) · φ86(NX) · φ116(HX)을 기준하고, non-coring의 나공상태 자립공용인 φ76(NX) · φ101(HX)와 케이싱 설치공인 φ131(5") · φ146(5½") 및 φ46(EX) · φ56(AX)용까지 점차 준표준화되고 있다.

나라마다 생산되는 제품의 일부(파이프류)는, 어느 정도의 범위 내에서 호환성이 있도록 표준화되어 활용되고는 있으나, 생산품의 시장성(소비량)에 따라 재질 · 규격 · 단위 등이 통일된 국제 규격화가 되지 못하고 있는 실정이기도 하다.

1.2.3.1 non-core bit류(wing · tricone · button · cross)

지반조사에 주로 이용되는 메탈크라운 비트와 다이아몬드 비트 이외에, φ6" 이상의 구경 형성용 윙 비트 · φ3" 이상의 트리콘 비트를 비롯하여, percussion drill용의 버튼 비트 · drifter용 φ6" 이하의 크로스 비트까지, 모두가 초경 metal chip(tip · segment)과 초경합금판이 용도에 알맞게 배열 · 삽입되어 지반 굴착에 이용되나, 조사에서는 공경 φ350mm 이하에 국한된 규격만을 취급하였고, 그 이상은 공사(시공)에서 주로 취급하게 된다.

가. 윙 비트(wing bit)

일반적으로 파이프 주변에 3~6편의 wing(steel plate)이 등간격으로 배치되어 있으며, wing과 파이프의 선단에 metal segment(tip)와 초경합금판을 용도에 알맞게 배열 · 삽입한 것으로, fish-tail type으로 대표되며, 점성토 · 사질토 · 사력과 풍화대 굴착에 주로 사용된다.

이는 시추 시작단계에서 공벽 붕괴를 방지하기 위하여 $\phi 6''$ 이상의 케이싱 설치공 형성에 주로 이용되고, 점성토 지반의 bored pile공에 활용되며, 확공용의 2step형이나 cross wing 등 사용목적에 따라 그 형태가 매우 다양하게 응용되어 활용된다.

나. 트리콘 비트(tricone bit)

non-core boring의 대표적인 비트로, 진동이 최소화된 암반 장공 시추에 효과적이며, metal tip이 나열된 제1·제2·제3열의 원판형 cutter cell이 nose pin축에 bearing system으로, 큰판 부터 차례로 포개져 setting되어 회전이 원활하게 될 수 있도록 조립된 3개축 트리콘형이 본 체와 일체화된 형태의 것이 대표적인 표준형이다.

삽입된 metal tip이 톱니형인 것은 연암용이고 원추형·원통형(ball)인 것은 경암용이다. 사이즈는 $\phi 3''$ 이상으로 $\phi 20''$ 이상인 대구경용도 사용되며, 대상 암질에 따라 여러가지 형(R·J·Z·B·K 등)이 활용된다.

(rollar bit, inset bit, under reaming ≡ tricone+roller+tricone ≡ 3step blind bit 등)

대구경 non core boring 공경과 metal bit 규격

형성 공경	호칭경(ϕ mm)		200	250	300	350	400	450	500
	casing pipe 외경		216.3	267.4	318.5	356.6	406.4	457.2	508.0
boring 공경	wing bit	ϕ mm	300	350	400	450	500	550	600
	tricone bit	ϕ mm	311.2	350	374.7	444.5	508	558.8	584.2
		ϕ inch	(12 $\frac{1}{4}$)	(13 $\frac{3}{4}$)	(14 $\frac{3}{4}$)	(17 $\frac{1}{2}$)	(20)	(22)	(23)

다. 버튼 비트(button bit)

에어 또는 유압 해머의 회전충격(rotary percussion)식 drilling에 사용되는 비트로서, 원통형(ball type)의 metal tip이 bit body의 바닥과 가장자리에 배열·삽입된 형태이며, 저속회전(20rpm)으로 암반을 굴착하는 다양한 장비(leader·wire·spindle feed형)에 장착된 해머에 부착되어 사용된다.

$\phi 4''$ 이상의 대구경 굴착용으로 암반집수정의 수평천공에서부터 rock anchor공·지하수공·온천개발공·CIP공 등에 사용되며, 암반굴착시 충격에 의한 지반진동과 공기압축기의 소음 발생이 단점이다.

라. 메탈 비트(metal bit)

rotary percussion drifting bit로 크기가 $\phi 2\sim 5''$ 정도이며, $\phi 3''$ 이하는 I자형이고 $\phi 3''$ 이상은 십자형(cross)이다. 용도는 shank에 끼워서 drifter로 굴착하는 그라우트공·그라우트의 시험공·암반 발파공·지하수·rock bolt·rock anchor공·터널의 계측기 설치공 등에 활용된다.

1.2.3.2 core boring bit류(metal crown & diamond)

암반을 주 대상으로 하는 다이아몬드 비트와 비고결 토사와 풍화대를 주 대상으로 하는 metal crown bit로 대별되며, coring bit와 reaming shell·casing bit & shoe로 구분되나 주종은 코어 비트이다.

가. metal crown & reamer

튜브형의 코어 비트로 외경이 $\phi 86$ 이하인 것은 길이가 6cm이고, 외경이 $\phi 101$ 이상인 것은 길이가 10cm이며, steel tube 선단에 다수의 metal tip을 규격별로 배열하고, 외경측은 튜브 외경에서 1.5mm 정도, 내경측은 0~1mm 정도가 돌출되도록 한 crown 형태이다.

용도는 연암·중경암까지 굴삭이 가능하나 토사와 풍화대가 주 대상이며, 코어회수율이 아주 낮은 지층의 보링·샘플링에 활용되며, 규격은 외경 기준으로 $\phi 66 \cdot \phi 86 \cdot \phi 116$ 이 주로 사용되고, $\phi 76 \cdot \phi 101 \cdot \phi 131 \cdot \phi 146$ 과 $\phi 46 \cdot \phi 56$ 정도가 일반화되어 있다.

나. diamond bit & reamer

경질암반의 coring에 사용되며, 선단의 형태와 매질에 따라 surface set bit와 impregnated bit로 구분된다.

surface set bit는 공업용 다이아몬드의 알맹이(piece stone, bortz, 1/25~1/35ct)를 shank 끝의 matrix에 심은 형태이며, 이는 보통 공법에 사용되는 튜브형과 wireline 전용의 stepped bit(3~5step)로 세분된다.

impregnated bit는 powder diamond(40·50·60mesh)를 matrix powder에 적정량을 혼합하여 제작한 튜브형으로 step형은 없으며, 다이아몬드 비트 모두는 대상암석의 매질과 보링 용수압에 따라 용수량과 슬라임 처리(제거)가 용이하도록 water way·hard facing(초경합금판)의 수가 다르게 제작된다. 이는 경질암일수록 굴삭 능력이 저하되므로 다이아몬드의 알맹이가 작은 것(powder)을 사용하여야 하며, 슬라임도 작고 부드러워서 matrix를 갈아내는 힘이 약하기 때문에 matrix hardness는 약한 것이 사용되고, 저압 용수로도 슬라임 배출이 가능하므로 water way와 hard facing의 수도 적어져야 한다. 반면 연질암에서는 반대의 현상이 일어나므로 대상 암질에 따라, 비트의 형태와 규격에 따른 다이아몬드의 삽입량도 일정하지는 않으나 표준화되어 있으므로, 비트의 선택은 시추 대상 암반의 연·경도에 따라 효율적으로 이루어져야 한다.

1.2.3.3 rod & coupling

로드는 비트에 회전굴삭의 힘을 전달하는 두꺼운 튜브(파이프)로 길이 3m(10ft)가 표준이지만, 필요에 따라 길이 1.5m(5ft)·0.5~1.0m 등도 사용된다.

로드 간을 상호 연결하기 위해 별도의 coupling을 가공하여 접속토록 한 extension rod(XRT, EW-HW)와, tapered type로 별도의 coupling 없이 연결되는 flush형의 wireline 전용 로드(AQ-HQ)로도 구분한다.

국내에서 활용되는 extension rod (보통공법) 종류

단위 : mm

규격	AW			BW			NW			HW	
구분	수입품	1 1/4"	규격품	1 1/2"	수입품	규격품	2"	규격품	2 1/2"	3"	규격품
외경(φ)	40.5	42.2	43.7	48.3	50.0	54.0	60.3	66.7	73.0	88.9	88.9
두께(t)	4.75	4.85	6.35	5.08	6.5	4.75	5.54	4.75	5.16 7.0	5.49 7.62	5.55
비고	φ"표시품은 국내 생산되는 ASTM 규격의 고장력 탄소 강관재임(SCH 80과 40).										

1.2.3.4 케이싱 튜브(flush joint · flush coupled) · 드라이브 파이프

케이싱류와 드라이브 파이프 모두는 시추공의 공벽 붕괴 방지와 공 보호 및 장심도 연속 시추를 위한 용구로서, 생산되는 규격품 파이프를 가공하여 활용한다.

연결방법(joint)에 따라 사용되는 파이프의 재질과 두께가 다르고, 가공 난이도 · 제작비 · 재료비 · 사용목적 · 용도 등에 대한 실용성에 차이가 있다.

가. 드라이브파이프는 시추 시작 단계에서 모래 · 자갈 등의 표토부 붕괴 방지를 위해 박아 넣는 가이드 파이프와, 얇은 심도의 공벽 붕괴 방지용이며, 0.5~1.0m 길이의 일반배관용 강관을 사용하고 coupling으로 접속한다(연결구 ; 파이프 바깥나사와 coupling 안 나사로 연결되어 외경이 파이프보다 크다. 소구경 파이프용 coupling은 기성제품의 소켓임.).

드라이브 파이프의 규격 (ℓ=0.5~1.0m) (KSD3507)

단위 : mm

drive 파이프의 규격	호칭	φ2 1/2"	φ3"	φ3 1/2"	φ4"	φ5"	φ6"
	외경(φ)	76.3	89.1	101.6	114.3	139.8	165.2
	두께(t)	3.65	4.05	4.05	4.5	4.85	4.85
	내경(φ)	69.0	81.0	93.5	105.3	130.1	155.2
coupling 외경(φ)		90.0	102.0	114.0	127.0	154.0	182.0
비고		토질지반조사에 일부 활용된다.					

나. 케이싱 튜브는 공벽 보호용으로서 깊은 심도까지 설치되므로, 연결 상태에서 내 · 외경이 동일하여야 하며, 별도의 외부 coupling을 이용한 flush coupled casing tube와 coupling 없이 내외 나사가공으로 연결되는 flush joint casing tube로 구분되나, 대부분 flush joint casing tube를 이용한다.

특히 wireline 전용의 로드는 taper식 나사로 연결되며, 그 자체로 케이싱 역할을 동시에 수행하는 flush joint casing tube이기도 하다.

다. 이용되는 케이싱 종류 및 비트류와의 상호관계 비교.

단위 : mm

	국 내 생 산	활용되는 casing pipe (tube)	호칭		2"	2½"	3"	3½"	4"	5"	6"
			외경		60.3	73.0	88.9	101.6	114.3	141.3	168.3
활 용 되 는 케 이 싱 류	국 제 공 인 규 격	flush joint casing tube	두께		5.54	5.16	5.49	5.74	6.02	6.55	7.11
			내경		49.22	62.68	77.92	90.12	102.26	128.2	154.08
			호칭	AW		BW	NW		HW		
			외경	57.1		73.0	88.9		114.3		
		flush coupled casing tube	두께	4.35		6.3	6.35		6.35		
			내경	48.4		60.4	76.2		101.6		
			호칭	AX		BX	NX		HX		
			외경	57.15		73.03	88.9		114.68		
		wire line rod (규격)	두께	3.17		5.16	5.55		4.95		
			내경	50.8		62.71	77.79		104.77		
			호칭	AQ	BQ	NQ	HQ				
			외경	44.5	55.6	69.9	88.9				
사 용 비 트	품	diamond bit	두께	4.8	4.8	4.8	5.55				
			내경	34.9	46.0	60.3	77.8				
		reamer	호칭		AX	BX	NX				
			외경		47.49	59.31	74.93				
	비 공 인	metal crown bit	외경		48.0	59.94	75.69				
			내경		59.3	74.93	91.44				
		metal crown bit	호칭	56	66	76	86	101	116	131	146
			외경	54.5	64.5	74.5	84.5	99.5	114.5	129.5	144.5
		metal crown bit	내경	40	50	60	70	84	99	114	129

1.2.3.5 core barrel(tube)

비트로 갈아내어(boring) 생긴 암심(core)을 받아내기 위한 튜브로 bit · reaming shell · core lifter · core tube · core tube head로 구성되며, 길이는 1.5m 정도이나 3m 정도까지의 제품도 사용되며 외경은 종류와 시추 규격에 따라 매우 다양하여 $\phi 33 \sim 180\text{mm}$ 까지에 이른다.

가 **single core tube** : 단관 내부가 시추 용수 통로이므로 코어회수율(recovery)이 가장 낮은 단일관 tube system이다.

나. **double core tube** : inner · outer의 2중관 사이로 시추 용수가 공급되어 코어회수율이 양호하며, inner tube와 head가 직결된 것과, head가 ball bearing swivel로 연결되어, outer tube 회전에 관계없이 inner tube는 회전하지 않는 구조의 swivel type이 많이 사용된다.

다. **triple core tube** : double core tube의 변형으로, inner tube를 split spoon type의 2 piece로 쪼개어 만든 두쪽을 taping으로 처리하여 jamming을 방지한 double tube 3 piece 인 D-3가 있고, inner tube내에 얇은 비닐관등을 내장하여, 회수되는 코어의 교란을 방지하는 형이 있으며, 코어 튜브와의 마찰을 최소화하기 위하여 sleeve·film(stocking형 섬유질 foil or 비닐 제품) tube와, inner tube와 일치되는 스프링을 head에 내장한 new triple type까지 다양하게 개발·활용되고 있다.

라. **wireline core barrel** : inner tube와 head가 결합된 barrel assembly를 로드 내부를 통해 와이어 로프로 끌어올려 코어를 제거하고 다시 수압으로 하강·setting하는 구조이며, 깊은 심도 시추에서 능률을 향상시킨 wireline공법 전용 core barrel이다.

1.2.3.6 코어 회수율과 barrel·bit 종류 및 공경과의 관계

시추시 코어 채취는 단순한 암석에서부터 균열이 많은 불균일층·이암·풍화대·비고결 토사·사력층에 이르기까지 다양한 상태의 코어링·샘플링이 수행되므로, 목적에 알맞게 코어를 회수해야 하며, 이때 회수율과 능률의 관계는 반비례한다.

동일 조건의 암석에 대해 시추하면 회수율은 공경이 클수록 양호하고, 복잡한 구조의 barrel과 다이아몬드 비트를 사용할수록 더욱 향상되나, 그 반면 능률은 저하되고 비용도 증가되므로 목적에 알맞게 선택하여야 한다.

1.2.3.7 기타 주요 기구

- water swivel·hoisting swivel with hose·wire rod holder·casing band·rod wrench
- inside tap(rod용·casing용·core tube용·bit용)
- surgement tube(surging slime barrel tube)

제2장 가시설

지반조사에서의 가시설 업무는 조사업무에 수반되는 직접비와 간접비 항목으로 직접경비에 해당된다.

2.1 공통가시설

조사업무 간접비로 다음과 같다.

가. 준비비 : 조사내용·장소·규모에 따라 다양하며, 다음과 같은 업무가 이에 속한다.

- 조사타협준비, 현지답사 : 기계장비·소요자재·각종기구 등을 정비하고, 시추기의 derrick 와 소모자재의 구입 및 각종 가시설물 건설 등과, 작업인력 투입 등 발주자와의 타협·준비를 위한 답사
- 각종섭외 : 용지교섭·점용·화약류 등의 허가수속·해상작업 신청수속.
- 지점측량 : 육상·해상·수준측량 및 지점측량과 사후 확인측량

나. 안전비

- 안전대책 : 보안·교통·항행·해상경계업무·해황·기상·해저점검.
- 작업대책 : 야간·설한·바지의 안정검토·잠수탐사(자기탐사)·도로보수
- 환경보전 : 폐기물(오수·오니·슬라임)·유류 유출방지·이수처리 등·해상오염(유류 유출 확산 방지)

다. 보상비 : 점용지 사용료·임차료·삼림훼손 복구·어업보상·농작물훼손 등의 보상.

라. 영선비 : 각종 가시설물인 사무실·자재창고·시험실·숙소·화약류 보관취급소 건설비용

마. 기타 : 시추공·발파공 폐쇄 및 매설물(매설관) 사전 확인조사 굴착 및 복구

2.1.1 준비비

규모(복잡도)별 적용(시추기준)

구분	육 상 시 추	해 상 시 추
소	토질 5공이내, 암반심도 50~200m, 2공이내	수심 5m이내, 3공이내, 심도 20m 정도
중	토질 6~15공, 암반심도 300~500m	수심 5~10m, 4~7공, 심도 20m 정도
대	토질 16공 이상, 암반심도 600~1000m	수심 10m 이상, 8~10공, 심도 20m 정도
단순	간단한 구조물의 단순조사	선박 수배 시에는 현격한 현장상황 차이가 있으므로 이에 필요한 인건비·여비·숙박비 등의 경비는 별도 가산
일반	토질과 암반의 일반조사	
복합	각종조사의 혼합조사	
비고	육상 암반을 제외한 시추심도 30m 이상일 때는 별도 가산할 수 있음. 특수굴착공법(대구경, 경사)이나, 시험·측정의 경우 20~40% 할증	

가. 조사타협 · 현지답사품

건당

종 별	세 목	구분 단위	육상(복잡도)			해상(규모별)		
			단순	일반	복합	소	중	대
인건비	중급기술자	인	2.0	4.0	6.0	4.0	6.0	8.0
경 비	여비·일당·숙박	식	1.0			1.0		

나. 기계 · 장비 · 자재 준비품(derrick 및 바지 포함)

건당

종 별	세 목	구분 단위	육상(규모별)				해상(규모별)			비고
			소	소 · 중	중 · 대	대	소	중	대	
인 건 비	중급기술자	인	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	심도20m 이상별도
	초급기술자	인				1.0				
	고급기능사	인				1.0				
	중급기능사	인				2.0				
	초급기능사	인				1.0				
	조 력 공	인				1.0				일용노무자

다. 용지교섭품

종 별	세 목	구분	시추 등 조사 (지점당)	탄성파탐사 (1km이내/건당)	전기탐사 (10점또는1km/건당)	해안육상기지 (개소당)
		단위				
인건비	중급기술자	인	0.5	2.0	2.0	2.0
	중급기능사	인		4.0	2.0	2.0
비 고	1km 또는 10점을 초과할 경우, 증가되는 1km·10점 초과마다에 대하여 20%씩 할증 국유림·다수의 토지소유자·입회 필요시 등 복잡한 경우 별도 계상					

라. 점용허가 · 작업신청 수속품

건당

종별	세 목	구분 단위	도로·하천 국유림	탄성파 탐사	물리검층 (밀도·속도)	신청서 작성	해안기지 사용신청	도면(해도) 작성	신청 수속
인 건 비	중급기술자	인	1.0	1.0	1.0	2.0		1.0	5.0
	초급기술자	인		2.0	1.0	4.0	1.0		
	중급기능사	인	1.0	2.0			1.0		
비 고			지도 별도	화약 사용 수속 별도		신청서 3-4부·지점의 경위도 거리 기입			

마. 육상측량품(수준·지점)

km당

종 별	세 목	구분 단위	수 준			지 점		
			평지	구릉지	산지	평지	구릉지	산지
인 건 비	고급측량사	인	0.4	0.5	0.6	2.0	2.3	3.5
	중급측량사	인	0.3	0.4	0.5	1.7	2.0	3.2
	중급측량기능사	인	0.3	0.4	0.5	1.7	2.0	3.2
재료비	잡 재 료	식	인건비의 1%					
손 료	측량기구 set	일	0.3	0.4	0.5	1.7	2.0	3.2
비 고			측량연장은 기준점으로부터, 1km이내는 km당을 적용					

바. 해상측량품

점당(기준점 제시 기준)

업무범위(가시거리 2km 기준)				위치선정		확인측량	
종별	세목	규격	구분 단위	투시가능 2km이내	투시불가 2km이상	투시가능 2km이내	투시불가 2km이상
인 건 비	고급측량사		인	0.5	0.5	1.0	1.0
	중급측량사		인	0.5	0.5	1.0	1.0
	중급측량기능사		인	0.5	0.5	1.0	1.0
	초급측량기능사		인	0.5	0.5	1.0	1.0
재 료 비	대나무장대	$\ell=2\text{m}$ 이상	본	1.0	1.0		
	방 추	장대·부표용	개	1.0	1.0		
	부 표		개	1.0	1.0		
	깃 발		매	1.0	1.0		
	잡 재 료		식	재료비의5%	재료비의5%	인건비의5%	인건비의5%
손료	측량기구 2set	광파기 및 부대품	일	0.5	0.5	1.0	1.0
임차	발 전 기	30kVA×2대	일		1.0		2.0
	작 업 선	5톤×20HP	일	0.5	0.5	1.0	1.0
비 고				기준점은 해안부근에 제시·기준점 별도			

2.1.2 안전비

안전비는 현장작업 수행과정에 대한 제반 안정작업·환경보전에 대한 대책을 수립하여 시행하는 비용으로, 조사작업에 동원되는 제반 기계·장비와 수행인력의 안전을 비롯하여, 현장의 자연상황 및 기후·기상에 대한 대책과, 작업에 의한 환경오염을 예방하는 대책수립 등으로, 아주 다양하고 복잡하며 복합·중복되기도 하여, 대책별·조건별로 필요시마다 발생하는 제비용은 실비 정산하며, 몇 가지 대표적이고 보편적인 항목에 대하여만 품을 산정한다.

가. 바지(barge ; 해상작업대)의 안정검토(기술업무)

해상작업대의 안전은 현지 상황에 따른 항행을 비롯하여, 안전작업 수행과 오염방지를 위한 인원과 장비가, 현지 조건에 알맞게 선택되어 결정되어야 하므로, 다음과 같은 사항과 조건이 구체적으로 검토되어야 한다.

(1) 검토조건

- 해황과 기상조건 : 설계 수심·파고·조류 및 조석·유속·풍속·주기 및 계절적 변화
- 바지의 채원 : 작업대의 넓이·지지대(spud)의 높이(길이)와 저면의 넓이 및 지지대의 구조·크기·부력 및 상재하중과 바지의 자중
- 바지의 구조 및 제작 설계도면

(2) 검토항목

- 하중검토 : 풍 하중·파력·유체력과 이에 대한 전도 모멘트 검토
- 부력검토 : 바지의 자중과 앵커 및 지지대의 지지력, 기타 flange·bracket·derrick 파이프류 등 제작 재료 점검과 시추용 장비·자재 등 상재압에 대한 저항 모멘트 검토
- 전도에 대한 안전율 검토 : 바지 구조 검토·부재에 대한 강도 계산 검토

바지의 안정검토품(기술업무비)

건당

종 별	세 목	단위	수량	비 고
직 접 인건비	특급기술자	인	2.0	barge 설계 및 구조 계산 검토 외 별도
	중급기술자	인	3.0	
경 비	전 산 비	일	1.0	
비 고			고도의 전문지식이 필요한 시험·계측 별도	

나. 보안대책

낙석·장비 및 기구·작업인력의 전락 방지시설 유무와 규모정도에 따라, 해상 바지 안정 대책과 구명복 착용 및 구명대·고정사다리·소화기 등 비치여부에 따라 실비 정산한다.

다. 교통·항행대책

시가지 도로상이나 항로부근에서 작업이 수행될 때, 교통안내원·보안책임자 및 대책 가시설·표지등·깃발·점멸등·등부표를 설치하여 안전하게 운행토록 한다.

교통항행대책품

종별	세목	규격	구분 단위	도로교통대책		항행 표지등 설치·철거	
				수량	비 고(일당/개소당)	수량	비 고(개소당)
인건비	초급기술자		인			0.5	지점선정
	중급기능사		인			0.5	설치·철거·보수
	조력공	일용노무자	인	0.2	설치·철거·보수	0.5	
	보통인부	일용노무자	인	0.2	설치·철거·보수		
재료비	공사표지판	≍ 1×2m목제	개	0.02	2EA×1%		(※재료비 소모량은 50일 기준)
	바리케이드	황색플라스틱	개	0.16	16EA×1%		
	로프		m	0.2	20m×1%		
	비계파이프	▼ ℓ=4m	본	0.6	12본×5%		
		▲ ℓ=2m	본	0.6	12본×5%		
	clamp		개	2.0	40EA×5%		5등×80개
	점멸등	▼ 대	개	0.03	3EA÷100일 사용		
		▲ 소	개	0.06	6EA÷100일 사용		
	건전지		개	2.57	9등×2개÷7일 사용	400.0	
	seat	텐트지	m²	6.4	32m²×20%		
	표시등	▼ 황색점멸등	개			4.0	50일당
		▲ 황색등	개			1.0	50일당
	표지깃발		개			1.0	깃발+장대
	잡재료	재료비의	%	5		1.0	
경비	등부표	ø500	일			50.0	임차
	작업선	5톤×20HP	일			0.5	임차

라. 해상 안전대책

- (1) 해상경계업무 : 조사작업 구역과 내용을 주지시키고 필요시 경계선박을 배치·운항하여 출입 선박 항행 안전을 확보해야 하며 해양경찰의 지시에 따른다
- (2) 해황·기상대책 : 갑작스러운 해황 변화에 대응할 수 있는 대책.
- (3) 잠수탐사 : 바지의 설치위치(시추 지점)의 해저현황을 파악하고, 안전하게 거치 되도록 노력한다.

해상안전대책품

종별	세목	규격	구분 단위	경계업무	해황·기상대책	잠수탐사
				일당	회당	잠수일당
인건비	고급기술자	잠수사	인	1.0	1.0	1.0
	중급기술자	탐사·판정·관리	인			1.0
	초급측량사	측량(수심)	인			1.0
	고급기능사	정보수집·준비	인			1.0
	중급측량기능사	측량보조	인			1.0
재료비	표시재료	부표·깃발대	set			1.0
손료	측량기구	2set×1	일		1.0	2.0
	선박전화	설치장 통화	일			
경비	작업선	5톤×20HP	일	1.0		1.0

마. 환경보전대책

시가지 보도에서나 해상 작업시 인근에 대한 환경오염방지책의 가시설 울타리 등으로 통행자의 안전에 대비하고, 오염·폐기물(주로 슬라임·이수)처리와 오일 유출에 의한 예방대책이 주이며, 해저면의 점검 수복(복구 및 공 폐쇄)이 필요한 경우이다.

환경보전대책품

개소당

종별	세목	규격	구분 단위	가시설울타리 조립·해체	오일유출확산 방지제	슬라임 이수 처리		해저점검복구		
						준비	처리(회당)	점검	복구	
인건비	고급기술자	잠수사	인	0.5		0.2		2.0	2.0	
	중급기술자	기술관리	인					2.0	2.0	
	초급기술자	기술관리	인					2.0	2.0	
	고급기능사	잠수보조	인			0.2	0.5			
	중급기능사		인							
	조 력 공	일용노무자	인			0.5	0.2	0.5		
재료비	seat	텐트지	m²	6.4	35.0					
	비계파이프	▼ ℓ=4m	본	0.6						
		▲ ℓ=2m	본	0.6						
	clamp	40EA	개	2.0						
	오일 펜스		m			1.0				
	오일 매트	seat type	m²							
	이수 탱크	드럼	개							
	잡 재 료	재료비의	%			5	5			
경비	운반 트럭	2.5톤	회				1.0	1.0	2.0	
	작 업 선	▼ 탱크부	회				1.0			
	작 업 선	▲ 5톤×20HP	일							
	폐기물처리비	지정장소	식				1.0			

바. 작업대책

야간 및 터널작업에 대한 제반 대책은 관계 법령에 준하며, 설한 대책으로서 제설작업·작업장 난방·보온시설 등은 동기 할증으로 실비 정산하고, 도로의 보수·수리도 정도에 따라 실비 정산한다.

2.1.3 보상비

보상비는 지반조사 수행시 직접적으로나 간접적으로 현지 조사장소 사용과 관계되는 피해 보상과, 부지사용료 및 삼림훼손과, 출입허가에 대해 발생하는 비용 및 대민 민원해결 경비와, 작업해역을 생활권으로 하는 어민이나 어업조합 등에 대하여 예상되는 피해에 대한 보상비로, 상황피해보상·삼림훼손 복구·어업피해보상 및 부지사용에 대한 사용료 보상 등으로 분류되며 모두 실비로 정산한다.

공법별 필요부지 기준 면적

구 분	시추심도	수직	경사·수평
시추장 및 가시설면적	50m/공	4m×5m=20.0m ²	4m×10m=40.0m ²
	100m/공	5m×6.5m=32.5m ²	5m×10m=50.0m ²
	200m/공	6m×6.5m=39.0m ²	6m×12m=72.0m ²
	400m/공	6m×8m=48.0m ²	6m×12m=72.0m ²
탄성과·전기탐사	측선폭(2m) × 측선연장 = 필요 부지 면적		

2.1.4 영선비

일반적인 가시설은 “건설품 토목편”에 준하나, 탄성과탐사에서와 같이 화약류가 취급되어야 할 경우에 한하여, 소량의 화약류(약 25kg 정도 이하)를 보관할 수 있는 조립식 취급소를 화약류 관리법에 근거하여 숙소인근에 경보장치를 비치하여 설치하고, 뇌관상자를 보관하고 조작하는 취급소는 경비·감시인을 배치하여 엄격한 제한을 받도록 해야 한다.

화약류 보관·취급소 설치품

개소당

종별	세목	규격	구분 단위	화약류 취급소설치	뇌관 등 보관소설치
인건비	초급기술자		인	1.0	0.5
	중급기능사		인	1.0	0.5
재료비	텐트	10회 사용	set		0.1
	조립식화약류취급소	20회 사용	set	0.05	
	철 조 망	#14×25cm	kg	5.0	5.0
	나 무 말 뚝	ø9cm×2m	본	4.0	4.0
	잡 재 료	재료비의	%	5.0	5.0
비 고	참조사항	화약류 취급자·사용허가 수속·특수운반 별도			

2.1.5 기타

가. 시추공 폐쇄 및 발파공 되매우기

지하지반에 대해 조사를 수행하기 위해 인위적으로 형성된 시추공·탄성과 발파공·지하수 양수정 및 관측공 등은 이용목적이 종료되면, 수질오염을 방지하기 위해 원상복구 하여야 한다.

시추공 폐쇄 및 발파공 되매우기품

종별	세목	규격	구분 단위	시추공경별 (100m 기준)					탄성파발파공 km 기준
				φ66mm	φ86mm	φ116mm	φ131mm	φ146mm	
인건비	초급기술자	관리	인	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.0
	조력공	폐쇄작업,일용	인	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0
재료비	시멘트	40kg/대	대	5.4	9.0	16.5	21.0	26.0	인건비의5%
	모래	물탈용	m³	0.36	0.6	1.1	1.4	1.7	
	잡재료	재료비의	%	5	5	5	5	5	
경비	운반비	2.5톤 트럭	회	0.35	0.58	1.06	1.35	1.68	
비고	물탈	충진재	m³	0.35	0.58	1.06	1.35	1.68	인근토사
	증·감량은 기준량(100m·km)을 표준한 10m 환산품과 <4.2.1.3> <나>의 보정율을 적용..								

나. 매설물 사전확인 및 복구

도심시가지나 집단거주지역의 도로 및 인도상이나 기타 매설물이 예상되는 곳에 시추를 하려면, 지하매설물 유무를 확인해야 된다. 대부분은 관계기관의 자료로 확인하고 인력으로 터파기하여 확인하며, auger boring 또는 중기 굴착으로도 확인한다.

사전확인을 위해 파손된 지점의 원상복구 대상면적은 아주 좁고, 소수 개소이기 때문에 보편적인 도로보수비보다 아주 고비용이 소요된다. 특히 포장도로의 원상복구는 전문업자에게 위탁해야 하며, 이에 소요되는 cutter나 rammer·roller·breaker·vibrator 등의 포장장비는 임차(rent)하는 경우가 대부분이다.

다음 품의 예는 포장도로 굴착복구로, 아래와 같은 조건일 때를 전제로 한 것이므로 이를 참조하여 적용한다.

- (1) 품의 조건 · 교통규제 안내원 · 보안용구 등 별도
- 주간작업(야간할증 · 조명설비 별도)
 - 지하수 없음(지하수 배출시 배수설비 별도)
 - 포장절단은 1일 5개소 이상 연속일때
 - 굴착넓이 : CBR 1m×1.5m×깊이 1m = 1.5m³
매설관 1m×1.5m×깊이 2m = 3.0m³

(2) 개소당 평균 능률 :

작업분류 (일 기준)	매설관 3.0m³		CBR 1.5m³	
	아스팔트	콘크리트	아스팔트	콘크리트
cutter 절단	0.2	0.2	0.2	0.2
포장 파손	0.35	0.85	0.35	0.85
굴착터파기	0.3	0.3	0.15	0.15
되메우기	0.3	0.3	0.15	0.15
포설 · 다지기	0.25	0.25	0.25	0.25
포장처리	0.2	0.2	0.2	0.2
계(일)	1.6	2.1	1.3	1.8

포장도로 굴착 · 복구품

개소당

종별	세목	규격	구분 단위	매설관 3m³		CBR 1.5m³	
				아스팔트	콘크리트	아스팔트	콘크리트
인건비	중급기술자	관리	인	0.2	0.2	0.1	0.1
	초급기술자	작업지도	인	1.6	2.1	1.3	1.8
	고급기능사	바이브레타공	인	0.4	0.4	0.4	0.4
	중급기능사	포장공	인	3.6	5.1	2.7	4.2
	조력공	일용노무자	인	1.6	2.1	1.3	1.8
재료비	cutter 날	φ12"×3.2mm	매	0.1	0.2	0.1	0.2
	모래		m³		2.4		1.2
	잡석		m³	0.3		1.5	
	쇄석	기층용	m³	1.2	0.6	1.2	0.6
	상온보수재	가보수용 오일	kg	40.0	40.0	40.0	40.0
	아스팔트		m³	0.1		0.1	
	콘크리트	레미콘180강도	m³		0.4		0.4
동력비	경유		ℓ	34.0	42.0	21.0	42.0
	잡유	경유의	%	20	20	20	20
기계구손료	cutter	φ14"×10HP	일	0.25	0.25	0.25	0.25
	breaker	1.2m³/min	일	0.5	1.0	0.5	1.0
	generator	60kW · 75kVA	일	0.8	1.0	0.5	1.0
	roller	진동 · 1톤	일	0.6		0.6	
	rammer	80kg	일	0.4	0.4	0.4	0.4
경비 (운반비) 2.5t 트럭	cutter	φ14"×10HP	회	1.0	1.0	1.0	1.0
	잔토		회	1.0	1.0	1.0	1.0
	기계	장비	회	1.0	1.0	1.0	1.0
	재료	골재 · 자재	회	3.0	3.0	2.0	2.0
	소계	2.5톤	회	6.0	6.0	5.0	5.0

2.2 시추공 가시설

시추용 가시설공은 조사수행업무의 직접비로 하천·하상·습지·수상과 평지·구릉지·산악부 및 항만내·동·남·서해의 다양한 연·근해상 조건 등에 따라 불확정 요소가 많아서, 표준화하기는 매우 어려우며 다음과 같이 분류된다.

시추조사 가시설공의 분류

종 류	내 용
소운반	운반해야할 종류(시추기자재·작업대·derrick·측정기)와 형상 및 도로상태 등 현지조건과, 총 운반대상 중량에 따라 인력·리어카·경운기·트랙터·삭도·모노레일·헬기 등으로 매우 다양하나, 적용은 경운기·트랙터에 국한하며, 삭도·모노레일·헬기 경우는 실비 정산한다.
작업대 설치	시추 작업장 가시설도 지형조건에 따라, 진입로 개설·보수·별채 여부·시추 심도·경사에 따른 시추 장비의 거치방법·수심과 해황의 자연 조건·부대되는 장비인 급수 펌프·주입 펌프·믹서·derrick의 목적수행별 규모에 따라, 동원되는 재료와 가시설 방법에 차이가 많아, 표준화하기가 어려운 상태이다.
장비설치조립·해체	토질(심도 50m이내)·토목(100·200·300·500m)·자원광상(300·500·500m 이상)의 조사용으로 투입되는 시추 장비와 부대장비에 따라 다르다.
용수 급수	시추 용수의 수원에 따라 지형·거리·도로상태 등 여건에 의해, 급수펌프에 의한 배관급수와 차량(물탱크)급수 등의 방법에 의하게 된다.
이수 처리	시가지에서의 조사 시추에서 발생하는 슬라임 및 이수는 일종의 폐기물이므로 별도로 처리한다.

2.2.1 육상 시추 가시설공

가시설공 설계시 설계조건과 현장조건의 차이로 인해 설계상 오류가 많이 발생하므로, 조사 내용·지형지세 조건 등을 명확하게 파악하고, 조사수량과 지점 수와의 비례여부와, 토질 및 암반·수평 및 경사·운반거리 및 방법 등을 적절히 적용하여야 한다.

가. 소운반

경운기(10Hp) 소운반 거리별 품(1.2m폭 이상 평지도로 기준)

운반량 톤당

종별	세목	규격	거리 단위	100m	200m	400m	600m	800m
인건비	고급기능사	중기조장	인	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0
	중급기능사	중기운전기사	인	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0
	초급기능사	보링공	인	0.6	0.8	1.2	1.6	2.0
재료비	소 모 품	인건비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
경 비	장비사용료	경운기	일	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0

트랙터(35HP) 소운반 거리별 품

운반량 톤당

종별	세목	규격	거리 단위	100m	300m	500m	700m	1000m
인 건 비	고급기능사	중기조장	인	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7
	중급기능사	중기운전기사	인	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7
	초급기능사	보링공	인	0.4	0.6	0.8	1.0	1.4
재 료 비	소 모 품	인건비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
경 비	장비사용료	트랙터	일	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7

소운반 장비(경운기, 트랙터) 사용료

일당

종별	세목	규격	거리 단위	경운기	tractor	비고
재료비	경 유	장비용	ℓ	8.4	30.0	
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	
경비	경운기 임차	10HP	일	1.0	1.0	손료의1.5배
	트랙터 임차	35HP	일			
비고	운반대상	시추 장비는 crawler track 부착이므로 부대품이 대상임.				

나. 작업대(비계)의 설치

육상 평지·구릉지 이외의 산지나 수전습지 또는 수평·경사 시추와 얇은 수상에서 장비를 직접 설치할 수 없을 때 이용된다

육상작업대 설치조립·해체 품

개소당

조건	적용범위	육상 시추심도 50m이내, 지형(경사15°이내, 30°까지) 시추조건별								
종별	세목	규격	구분	수직		경사		수평		진입로벌채
			단위	15°	30°	15°	30°	15°	30°	100m당
인 건 비	중급기술자	총괄 지도	인			0.65	0.8	0.75	1.0	
	중급기능사	비계공	인	0.8	1.0	1.3	1.6	1.5	2.0	0.1
	초급기능사	보링공	인	0.8	1.0	1.3	1.6	1.5	2.0	0.3
	조 력 공	일용 보통인부	인	1.6	2.0	2.6	3.2	3.0	4.0	2.0
재 료 비	비계파이프·3회사용	φ48.6・ℓ=4m	본	40	50	60	75	80	100	
	clamp·3회사용	φ48.6용	개	120	150	180	225	240	300	
	상판(판재)·3회사용	4m×20cm×3.6cm	m²	20	20	32	32	40	40	
	벌채용구·기타	인건비의	%							5.0
	잡재료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
비 고	조건별 보 정	시추 심도별 (m)	시추 심도	보정률		지형경사 30°이상 (시추 방법별)		구분		보정률
			70-150		1.1			수직	1.5	
			150-200		1.2			경사	1.75	
			200-300		1.4			수평	2.0	

수상작업대 설치조립·해체품

개소당

종별	세목	규격	구분 단위	수전 습지	수상작업대 높이(m)	
					3.0	5.0
인건비	중급기술자	총괄 계획	인		0.5	1.0
	고급기능사	잠수부	인		2.0	2.5
	중급기능사	비계공	인	1.4	4.0	5.0
	초급기능사	보링공	인	1.4	4.0	5.0
	조력공	일용 보통인부	인	2.8	4.0	5.0
재료비	비계파이프·2회사용	$\phi 48.6 \cdot \ell = 6m$	본	40	68	98
	clamp·2회사용	$\phi 48.6$ 용	개	120	204	294
	상판(판재)·3회사용	$4m \times 20cm \times 3.6cm$	m ²	20	16	16
	비계원목·3회사용	$\phi 9^{cm} \times 6m$	본	10		
	각목·3회사용	$9^{cm} \times 9^{cm} \times 3m$	본		10	10
	잡재료	재료비의	%	2.0	5.0	5.0
경비	용선료	20HP 3~5톤	일		2.0	2.5

다. 시추기 및 부대장비 설치조립·해체

부대장비(펌프·믹서 등)와 derrick 및 주 장비 일체

토목지반조사 시추장비 설치조립·해체품

개소당

종별	세목	규격	대상별 장비 단위	토질지반50m이내		토목·암반 심도별(m)		
				수동30이내	유압50이내	100	200	300
인건비	중급기술자	총괄 계획	인					3.5
	고급기능사	시추기책	인				5.0	7.0
	중급기능사	시추기능공	인	1.0	1.5	2.0	5.0	14.0
	초급기능사	보링공	인	1.0	1.5	2.0	5.0	14.0
	조력공	일용보통인부	인	1.0	3.0	4.0	10.0	7.0
재료비	기 어 유		ℓ		10.0	10.0	15.0	25.0
	상판·3회사용	$t=3.6^{cm}$ 판재	m ²	5.0	5.0	15.0	20.0	30.0
	잡재료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
경비	트럭크레인 임차	운전자 부	일			2.0	2.0	2.0
비고	로드 취급		m	1분 3m	2분 6m		3분 9m	
	derrick 규모	넓이×높이	m	4×5×5	4×5×5	5×6.5×8	6×6.5×9	6×8×11.5
	대 구 경	양수정공		양수시험정 형성용은 50m급 적용				

자원광상조사 시추장비 설치조립·해체품

심도별 개소당

종별	세목	규격	구분 심도 단위	시추장 기초공사		장비설치조립해체	
				500m	1000m	500m	1000m
인 건 비	중급기술자	총괄 계획	인	4.0	6.0	11.0	16.0
	고급기능사	시추기책	인	4.0	6.0	11.0	16.0
	중급기능사	시추기능공	인	4.0	6.0	11.0	16.0
	중급기능사	비계공	인	4.0	6.0	11.0	16.0
	초급기능사	보링공	인	4.0	8.0	11.0	16.0
	조 력 공	일용 보통인부	인	8.0	16.0	33.0	48.0
재 료 비	콘크리트		m³	5.0	7.0		
	각목(3회사용)	받침대	m³	0.5	0.8		
	잡재료	재료비,인건비의	%	5.0	5.0	3.0	3.0
경비 (중기 임차)	dozer	0.7m³	일	1.0	1.0		
	back-hoe	0.12m³	일	1.0	1.0		
	트럭 크레인	10톤	일			5.0	9.0
비 고	용지면적	시추장 규모	평	60	75		
	소요일수	조립 및 해체	일	4.0	6.0	11.0	16.0
	derrick 규모	넓이×높이	m	4.5×4.5×15	6×6×20		
	설치장 규모	가로×세로	m			10×20	12.5×20

라. 용수 급수

용수 급수 적용기준

용수급수량		급수방법	배관급수의 배관기준표					
조건 (심도·m)	최소수량 ℓ/min	펌프 및 탱크	시추 종별 심도별(m)		최소송수량 ℓ/min	송수압 kgf/cm²	송수거리 (m)	사용배관재 호스구경(mm)
~100	20	배관 양정펌프	토질	~50	20 ℓ	5이하	200이내	φ20, 저압
100~300	40			~100	20 ℓ	15이하	500이내	φ20, 고압
300~	150	차량	암반	100~200	40 ℓ	20이하	500이내	φ25, 고압
투수시험	150	3~5m³		심부 및 투수시험	150 ℓ	25이하	500이내	φ32, 고압

시추용수 급수품

용수급수업무		적용기준 별		배관(100m당)			펌프운전(일당), $\ell \times \text{kgf/cm}^2$			차량 (회당)
종별	세목	규격	구분 단위	φ20 저압	φ25 고압	φ32 고압	20×15	40×20	150×25	3,000 ℓ
인 건 비	중급기능사	비계공	인							0.5
	초급기능사	보링공	인				0.05	0.05	0.05	
	조 력 공	일용 보통인부	인	0.4	0.5	0.6	0.15	0.2	0.25	0.5
재 료 비	밸 브 (5회사용)	▼ φ20m용	개	0.2						
		φ25m용	개		0.2					
		▲ φ32m용	개			0.2				
	호 스 (5회사용)	▼ φ20×100m roll	m	20						
		φ25×100m roll	m		20					
		▲ φ32×100m roll	m			20				
	잡재료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0				
동 작 비	경 유		ℓ				1.3	2.1	4.2	
	잡 유	경유의	%				20	20	20	
기 계 손 료	급수펌프	20×15×3Hp	일				1.0			
		40×20×5Hp	일					1.0		
		150×25×10Hp	일						1.0	
경 비	탱크차량임차	3~5m ³ ×4.5톤	일							1.0
	물 탱 크	FRP 15D/M 용량	일							1.0

마. 이수(boring slime) 처리공

이수처리품

종별	세목	규격	구분 단위	준비 (개소당)	처리·운반(회당)	비 고
인 건 비	중급기능사	시추기능공	인	0.2		
	중급기능사	차량운전공	인		0.5	
	초급기능사	보링공	인	0.2	0.5	
	조 력 공	일용 보통인부	인	0.2	0.5	
재 료 비	배니 탱크	FRP 15D/M	개	0.2		손모율20%
	상온포장재	보온재	대	2.0		
	잡 재 료	재료비의	%	5.0		
경 비	운 반 비	2.5톤 트럭	일		1.0	폐기처리전용
	폐 기 비	폐기물처리비	식		1.0	차량 렌트

2.2.2 해상 시추 가시설공

해상은 조사장비의 total capacity를 유지시킬 수 있는 작업대(좌대)의 규모에 따른 가시설 방법 및 선택이 가장 중요하며, 조사목적별 요구자료의 한계, 내항·외항·협수로·호소 등의 입지에 의한 장애(출입통제·진출입조건 등), 조차·최대수심·파랑의 상태·조류의 유속·해저지면의 상태 및 예상 토질분포 또는 지반지질·지형과 계절적인 특성에 따라, 시추심도·자료수집을 위한 구경·현장시험 종류와 방법 등을 검토하고, 개소당 예상되는 소요일수와 이동거리 및 방법, 지역별 예상 가동일수 등을 고려한 수행 시추장비의 총 상재하중과, 부대장비 및 가시설(창고·사무실 등)을 포함한 설치면적 등을 종합 검토하여, 안전하게 수행 가능한 작업대를 선택하여 투입함이 가장 중요하다.

해상 조사는 언급한 바와 같이 특수한 환경여건과, 이에 수반되는 방법상의 특수성으로 인해 표준화나 기준설정은 곤란하나, 가장 중요한 것은 작업장의 준비이다. 해상 작업대의 종류는 비계 파이프를 이용하거나, 타워형 강재로 제작하여 이동 설치하는 고정식 작업대 종류와, float형 바지와 반 잠수식의 pontoon barge 및 jack-up형 반고정식 바지 등이 활용되며, 작업대의 이동·운반에 이용되는 작업선·예인선·기중기선 등은 대부분이 임차로 수행되므로 규모나 능력에 알맞게 선택해야 한다.

가. 가시설공 종류 및 범위

구 분	방법 및 조건
이 동 · 운 반	시추장비·시험·측정기기·시료 등과 작업대(좌대)의 육상·해상 운반
작업대 설치	독립 이동식 파이프 작업대 및 파이프·강재 조립 작업대·float barge (공드럼)·jack-up barge 등.
장비 조립·해체	작업대에서의 장비 거치·작업준비 및 종료 후 장비 철수
작업대 제작·조립	육상제작공장 또는 작업장 인근 해안에서의 제작 및 조립

나. 좌대(작업대)의 규모 및 종류

좌대 구분	규 모	좌 대 종 류
바 지	소-중형	float(주로 공드럼)·pontoon(철강재 반잠수식)형
	중-대형	jack-up(철재·경량조립) system(와이어윈치·유압실린더·rack gear식)
작업대 가시설	소-중형	독립작업대, 이동식 작업대(비계 파이프)
	중-대형	이동식 작업대(철강재-강관 또는 철틀) 조립(tower형)
기 타	초대형	항만준설용·해상작업용 바지 및 잠수식 시추선
비 고		규모에 따라 작업선·예선 및 기중기선이 동원되며, 임차활용

2.2.2.1 작업대(float barge · drum 기준) 조립 · 해체.

해상 · 수상의 조사위치가 내항만 · 내해 또는 호소 · 수상으로, 수면변화(주로 조석 · 간만 조)가 작고 파랑 등의 영향이 적은 곳에서 시추조사를 수행하기 위해서 float형의 좌대를 조립 제작하여 이용한 후 해체하여 폐기하는 작업대이다. 해체 · 철수는 조립 · 설치품(인건비, 경비)의 1/2을 적용한다.

가. float barge(drum) 조립 · 해체 품(수심별, 기당)

회당

종 별	세 목	규 격	구분 단위	5m	7m	10m	15m
인 건 비	중급기술자	총괄	인	1.5	1.5	2.0	2.0
	고급기능사	시추기책	인	1.5	1.5	2.0	2.0
	중급기능사	시추기능공	인	3.0	3.0	4.0	4.0
	중급기능사	비 계 공	인	3.0	3.0	4.0	4.0
	초급기능사	보 링 공	인	3.0	4.0	6.0	8.0
	조 력 공	일용 보통인부	인	4.0	6.0	8.0	10.0
자 재 비	공드럼	중고200ℓ D/M	개	25.0	32.0	40.0	66.0
	비계 파이프	2회사용 φ48.6×6m	본	30.0	34.0	38.0	48.0
	clamp	2회사용	개	112.0	144.0	180.0	288.0
	철 선	#8	kg	100.0	134.0	167.0	268.0
	각 재		재	11.45	15.5	21.0	25.0
	합 판	2회사용 910×1820×7.5	매	6.0	8.0	10.0	14.0
	못	N50	kg	10.0	15.0	20.0	25.0
	앵커	100kg · 2회사용	개	4.0	4.0	6.0	6.0
	와이어 로프	φ16	m	400.0	400.0	600.0	600.0
	볼트 · 너트	φ8	조	54.0	72.0	96.0	120.0
	잡재료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0
경비	자재운반	4.5톤 truck	회	1.0	1.0	1.0	1.0
	크레인(트럭) 임차	5m, 7m : 50ton 10m, 15m : 100ton	일	1.0	1.0	1.0	1.0

나. float barge 이동설치 · 철수품(수심별, 기당)

회당

종별	세 목	규 격	구분 단위	5m	7m	10m	15m
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.5	0.5	0.5	0.5
	고급기능사	시추기책	인	1.0	1.0	1.0	1.0
	중급기능사	시추기능공	인	1.5	1.5	1.5	1.5
	초급기능사	보 링 공	인	1.5	1.5	1.5	1.5
	조 력 공	일용 보통인부	인	1.0	3.0	5.0	7.0
경비	예산 임차	목조 40HP	일	1.0	1.0	1.0	1.0
비고	임 차 료	예 선		운영인력 · 유류(동력비) 포함 설치위치 및 수준 측량비 별도 계상			

2.2.2.2 장비 조립설치·해체

수심과 시추 장비의 규모에 알맞은 바지(float·jack-up)를 선택하고, 부두에 접안된 상태에서 작업대 위에 조사장비를 조립하고 해체하는 것에 한하여 적용한다.

작업대(barge)상 장비 조립설치 및 해체품(장비규모별 조사대상 심도별)

회당

종 별	세 목	규 격	구분 심도 단위	유압 100m형		200m형	300m형
				30m이내	50m정도	50~100m	100~150m
인건비	중급기능사	시추기능공	인	1.0	1.5	2.0	2.5
	초급기능사	보 링 공	인	1.0	1.5	2.0	2.5
	조 력 공	일용보통인부	인	1.0	3.0	4.0	5.0
재료비	잡 품	인건비의	%	1.0	1.0	1.0	1.0
경 비	크레인(트럭) 임차	유압 100 : 50ton ≥ 유압 200 : 100ton	%	1.0	1.0	1.0	1.0

2.2.2.3 가이드 파이프(guide pipe) 조립 설치·해체 철거

해저면이 연약한 점성토나 사질토일 때, 조류나 파랑의 영향에 의한 시추공의 붕괴방지와 공 보호용으로 가이드 파이프를 설치하는 것이며 3m정도 깊이까지 타입한다.

적용 시추구경은 $\phi 66 \sim 86\text{mm}$ (BX~NX) 구경이 표준이나 $\phi 116$ (HX), $\phi 131$, $\phi 146\text{mm}$ 일 때는 각각 표준품의 1.2, 1.5, 2.0배수로 할증 적용한다.

가이드 파이프 조립설치 및 해체 철거품(수심별 ; 바지상)

공당

종 별	세 목	규 격	수심 단위	5~7m	10~12m	15m	20m	25m	30m
인건비	중급기술자	총 괄	인	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	중급기능사	시추기능공	인	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5
	초급기능사	보 링 공	인	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5	2.0
	조 력 공	일용 보통인부	인	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
재료비	가이드 파이프 10회 사용	$\phi 4'' \times 1.5\text{m}/\text{본}$	본	1.0	1.5	1.8	2.0	2.5	2.5
	casing head	HX용 2회사용	개	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	casing shoe	HX용 2회사용	개	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	잡 재 료	재료비의	%	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
동력비	경 유	100HP	ℓ	21.0	21.0	21.0	42.0	42.0	63.0
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추장비	100, 200, 300형	일	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5
경비	바지 임차	바 지 별	일	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5
	예선 임차	목조 40HP	일	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5

2.2.2.4 해상작업대(jack-up barge)의 종류와 선정

해상 지반조사는 시추뿐만 아니라 다양한 시험이 병행 수행되며, 이러한 시험을 위해서는 해상에서의 안정된 작업 여건이 필수적이다. 따라서 해상 작업대의 주류는 jack-up barge(SEP barge)이며, 안전도(위험도)를 고려하여 jack-up barge 선정시에는 최대수심, 초연약지반 두께, 파고, 조차, 조류, 풍속 등을 고려하여 신중하게 판단하고 선정해야 한다. 현재 국내에서 사용되는 지반조사용 jack-up barge는 중소형의 경량 조립식과 중대형의 철선으로 대별되며, 대부분 유압실린더시스템으로 작동된다. 일반적으로 jack-up barge의 선정은 spud의 길이를 기준으로 선정하나, 파고가 높은 동해안이나 조류가 빠른(2knot 이상) 해역에서는 수심과 관계없이 중대형의 철선 사용이 필수적이다.

가. jack-up barge 적용기준 (참고)

종별	barge 규격 (L×B×T)	spud 규격		작업가능수심 (m)	예인선 (HP)	비 고
		길이 (m)	외경 (mm)			
경량 조립식	7.5×7.5×1.3	18.0	318	8.0	180	분해, 조립 가능. 육상 대운반
	9.0×9.0×1.3	24.0	356	13.0	250	
	11×11×1.7	33.0	406	22.0	350	
	12×12×1.7	40.0	457	28.0	500	
철선	10×6×1.5	18.0	356	8.0	250	해상 예인
	15×10×1.5	30.0	508	19.0	350	
	22×16×2.4	42.0	762	30.0	1000	
비고	작업가능수심(만조시) 산출기준 D = spud길이 - spud 근입심도(5m) - 파고(2m) - barge두께 - 갑판상 spud지지대 높이 ※ 파고 및 spud 근입심도(초연약지반)는 현장 여건에 따라 조정.					

나. 경량조립식 jack-up barge 운반·조립설치 및 해체품 (spud 길이별) 회당

종별	세목	규격	spud 단위	18m	24m	33m	40m
인건비	중급기술자	총괄	인	3.0	3.0	5.0	6.0
	고급기능사	시추기책	인	3.0	3.0	5.0	6.0
	중급기능사	시추기능공	인	6.0	9.0	20.0	24.0
	중급기능사	비계공	인	6.0	9.0	20.0	24.0
	초급기능사	보링공	인	6.0	9.0	20.0	24.0
	조력공	일용보통인부	인	12.0	18.0	20.0	24.0
자재비	볼트·너트	고장력 φ24	개	50	80	120	150
	공구손료	인건비의	%	3.0	3.0	3.0	3.0
경비	대운반(왕복)	11톤 truck	회	6.0	8.0	8.0	12.0
		20톤 트레일러	회			4.0	4.0
	크레인(트럭)	50ton	일	3.0	3.0	5.0	6.0
		100ton	일	1.0	1.0	2.0	2.0

다. jack-up barge 이동설치 · 철수품 (이동거리 500m이내 기준)

개소당

종별	세 목	규 격	spud 단위	경량18m (70HP)	경량 24m 철선 18m (70HP)	경량 33m 철선 30m (100HP)	경량 40m (150HP)	철선 42m (200HP)
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0
	고급기능사	시추기책	인	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	중급기능사	시추기능공	인	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	초급기능사	보 링 공	인	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	조 력 공	일용보통인부	인	1.0	3.0	5.0	5.0	7.0
동 력 비	경 유	barge 작동	ℓ	15.2	19.0	32.4	65.2	86.8
	잡 품	경유의	%	30	30	30	30	30
	경 유	예선운전	ℓ	115.2	200.0	336.0	640.0	1280.0
	잡 품	경유의	%	50	40	40	35	30
비 고	barge 작동		시간	2.0	2.5	3.0	4.0	4.0
	예선사용	‘가’항 규격별	시간	4.0	5.0	6.0	8.0	8.0
	임 차 료	예선임차료(선원 포함)는 총조사기간 기준으로 별도계상						

라. jack-up barge 손료

규 격	내용시간	연간표준 가동시간	상각비율	정비비율	연간 관리비율	시간당 손료계수 ($\times 10^{-7}$)			
						상각비	정비비	관리비	계
경량조립식	3000	1000	0.9	0.9	0.14	3,000	3,000	980	6,980
철선	4000	800	0.9	0.9	0.14	2,250	2,250	1,120	5,620

라. 적용 기준

- 1) 예선 및 jack-up barge는 조사착수일~종료일 + 왕복 예인시간에 대한 임차료(운전원 포함)를 계상하며, 동력비는 실운전시간에 대해 계상한다.
- 2) 교통선은 조사착수일~종료일을 기준으로 임차료(운전원 포함)를 계상하며, 동력비는 실운전시간에 대해 계상한다.

선박운항 기준속도

종 류	규 격	평균 운항속도		운항거리 산출기준
		knot	km/h	
예 선	예인시	2.0	3.7	모항~현장 왕복 항로거리 적용 모항 : 부산·인천중 근거리 적용
교통선	목조40HP	5.0	9.3	기항~현장 3회/일 왕복거리 적용

제3장 기술업무(consulting work)

3.1 지반조사의 기술업무 대상과 범위

기술업무는 지반조사의 목적과 규모에 따라 현장답사·시추조사 및 각종시험·계측 등의 자료획득 수단인 조사업무가 수행되어, 수집된 결과를 고찰하고 판정·해석하여 제공하는 엔지니어링 전 과정에서의 지식을 활용한 고도의 전문기술업무 영역이 주 대상이다.

일반적인 기술업무의 범위는 조사계획을 수립하고 기존자료의 수집과 관련자료를 검토하며, 현지답사를 거쳐 수행된 중간보고서를 작성하여 계획변경을 협의하고, 특수시험 및 계측 등을 거쳐 수집된 지층의 토성 판정과 주상도 등을 검토하며, 조사위치도와 단면도를 작성하고 시험 계측 값을 고찰하여 기존자료와 비교 검토하고, 추후의 상세 계획도 수립하고 설정된 조건 별로 해석·판정하며, 특수한 기술도 종합적으로 함께 검토하여, 보고서를 작성·집필하고 최종 보고하는 전과정의 영역인 두뇌 활동의 지식을 활용하는 전문기술업무이다.

지표지질조사, 항공사진 판독, 고도의 기술을 요하는 원위치시험, 지구물리탐사 및 검층 업무, 토질 및 지질정수의 검토, 연약지반에 대한 안정해석, 압밀침하의 계산·산출업무, 특정기초공법의 검토 등과, 기술상담, 위탁연구, 법정증언, 기술보증, 탐문조사, 지질도 편집·작성 등도 전문지식을 요하는 대상 업무로, 고도의 전문적인 지식과 경험을 수반하는 기술업무이다.

3.2 지반조사 종목 및 항목별 업무범위

3.2.1 기술업무의 주대상과 범위

업무 종목	업무 범위
지표·갱내·시굴(trench) 및 각종 지질·지반조사 항공사진 및 위성사진 판독·평가 landsliding 안전조사, 암반 직접진단 시험 기술상담·기술보증·법정증언·위탁연구·탐문조사	조사계획의 입안 및 실시계획 작성 기존자료 수집 및 사전협의 현지답사·중간협의·보고 조사시추·시굴·시험계측 결과의 검토·평가 결과자료의 고찰·판정·해석 종합검토·보고서작성(집필)

3.2.2 조사업무(자료수집 수단 ; 공사와 유사)의 대상

업무 종목	업무 범위
시추·각종 시료채취 등 현장 수행 업무 시추공을 이용한 간단한 원위치시험 각종 현장원위치시험 및 투수시험 각종 sounding(cone) test 및 계측기 설치 실내시험(토질·암석) 및 분석(정량, 정성)	직접 가시설 작업 및 간접 공통 가설작업(안전·영선 등) 현장에서의 각종 자료수집에 수반되는 직접 수행업무 운반(육상·해상·항공)·이동 및 부대업무 보고서 인쇄, 복사 제본 및 부대업무 출장업무(여비·일당·숙박)

3.2.3 기술·조사의 복합업무 대상(주로 물리탐사)

업무 종목
탄성파탐사(굴절·반사) 및 토모그래피(cross·down·up-hole seismic) 천층반사법·수직탄성파탐사(VSP; vertical seismic profiling) 및 토모그래피 표면파(surface wave : Rayleigh·Love·Stonely·ground roll)탐사 유도분극(IP; induced polarization)·전자파탐사·VLF(very low frequency) 전기비저항(수직·수평)·2차원·3차원 탐사 및 토모그래피 지표레이더(GPR; ground penetrating radar) 및 VRP(vertical radar profiling) 각종 물리검층(음파·전기·밀도·온도·공경) 및 중성자·deviation 공내주사검층(borehole scanner ; optical television & televiewer ; OBI & ABI; optical borehole imager·acoustic borehole imager, BIPS & BH-TV ; borehole imaging processing system·borehole television) 해저지반 음파탐사·해저면조사·해저지형측정 및 시료채취 등의 해양조사 및 항공물리탐사 상시미동 측정, 1m심도 지온탐사, 지열·자력·중력·자연방사능, 자연전위, 전자(EM)탐사 수문환경 및 영향평가, 유향·유속검층(thermal pulse or electromagnetic flowmeter) 수압 파쇄시험(borehole hydrofracture test), auto-sounding 및 고도의 재하시험(SBP)

3.3 기술업무품 적용대상(종목 및 항목)

구 별	기술업무별 품 적용 구분	비 고
일반지반 조사항목	조사계획·입안업무(구조물별) 타협·협의·현지답사(규모별) 성과품 작성(급별)·해석(항목별)	성토·절토·제방 및 기타 소·중·대·시험 1~5급·적산예
landsliding 조사항목	계획준비 : 현황답사·조사종목·측량 종합해석 : 지질·기구·안정도·방지공법 대책공 설계	지형·측선설정·수문·물리탐사 답사·계획·대책수립 설계협의
전문지질 조사항목	지표지질답사 : 개략·정밀조사 항공·위성사진 판독 갱도조사(항내지질)	토목구조물·자원·기타 지역별·광역·개략조사 토목구조물 지반 및 지하자원
기타 조사 종목 및 업무	암반 직접 진단시험 시굴(trench)조사 시추 코어 조사 기술상담·보증·증언·연구·탐문조사	조건별 별도처리
비 고	기술 업무(직접인건비) 이외의 발생비용은 모두 경비로 처리	

3.4 일반지반조사 항목

시추를 중심으로 한 일반적인 지반조사는, 수반되는 현장 원위치시험과 실내시험이 조합된 형태이며, 이에 수반된 기술업무는 조사계획·입안업무와 타협·협의·현지답사업무 및 조사 성과품의 검토·해석과 결과에 대한 보고서 작성·집필의 4가지 업무로 대별된다

3.4.1 조사계획의 입안업무

지반조사는 주로 구조물의 설계·시공에 연관된 기초자료 획득과, 지하의 광상부존상황 여부 및 규모파악 등을 목적으로 실시되는 바, 복잡하게 구성된 지반인 흙과 암반의 기본물성도 시공조건·기상조건과 재료(골재)로서의 사용조건 등의 외적요인에 따라서도 민감하게 변화하게 된다.

따라서 구조물의 종류·규모·중요성·시공방법 등에 따라, 지반(흙·암석)의 균일성 파악을 위한 조사의 정밀도와 그 범위를 확인하고, 시험방법인 응력상태·시간의 변화에 따라 목적하는 시험내용과 빈도를 검토하여, 측정의 종류·적정수량 등 요소와 상호 관련성을 검토·계획하고, 조사기법과 결과를 고찰하여 목적에 알맞은 관정·해석 및 대책공법의 검토 등을 추정할 수 있도록, 사전에 면밀히 조사 계획을 입안하여야 된다.

조사계획 입안업무품(시추규모기준)

건당

범위	수행적용 목적별 공사의 종류	성토	도로·철도·부지조성			하천·해안·조절지의제방		
		절토	도로·철도			부지·급경사지,수로(하천·항만)		
		지상구조물				교각·교대·옹벽·방파제·안벽		
		landslide				각종사면 및 산사면		
종별	세목	규모 단위	소	중	대	소	중	대
직접 인건비	기술사	인						0.5
	특급기술자	인		0.5	1.5	0.5	1.0	1.5
	고급기술자	인	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	3.0
	중급기술자	인		1.0	1.0		1.0	1.0
	초급기술자	인	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
범위	수행적용 목적별 공사의 종류	지하구조물	터널·지하탱크·하수시설·지하철·파이프라인·기타					
		댐	콘크리트·fill					
		광상				지하자원·지하수자원		
종별	세목	규모 단위	소	중	대	소	중	대
직접 인건비	기술사	인		0.5	0.5			1.0
	특급기술자	인	1.0	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0
	고급기술자	인	2.0	2.0	3.0	1.0	1.0	2.0
	중급기술자	인		1.5	2.0	1.0	2.0	2.0
	초급기술자	인	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

조사규모별 기준표

육상시추 규모(심도 및 공수) 기준

구분 \ 규모	소	중	대
토 질	30m/공 이내 5공 이내	30m/공 이내 6-15공	30m/공 이내 16공 이상
암 반	50-100m/공 2개공 정도	100-200m/공 2개공 정도	중규모 이상
광 상	50-200m/공 2공 이내	200-500m/공 1-2공	500-1000m/공 1개공 이상
비 고	현장원위치시험 및 실내시험 포함, 특수시험 제외 해상·수상 및 경사시추의 경우 차상급 규모 적용		

3.4.2 사전타협·협의·현지답사

발주자의 요청사항에 부합되도록 조사를 원활하게 수행하기 위해서는, 조사착수 전에 기술적인 협의·제안·중간보고, 조사항목·기존자료의 수집·현지답사·해당 지역 지반의 토질·지질정보의 사전분석과, 원위치시험·실내시험의 종류와 최종 보고 및 기간 등에 대하여 충분한 협의가 요구되는 업무이다.

가. 사전타협·협의·현지답사 종합(합계)품

건당

종별	세목	규모 단위	소	중	대	원위치시험	실내시험
직접인건비	특급기술자	인	1.0	2.0	3.0		
	고급기술자	인	2.5	6.5	8.5	0.5	
	중급기술자	인	4.0	5.0	7.0	4.0	1.5
비 고		식	여비·일당·숙박비 별도				

나. 사전타협·협의·현지답사 수행목적별 분리품

범위	수행적용 목적별		실시계획서 작성 및 기술적 협의						기존자료(지반도·문헌) 현지 및 주변답사 수집검토			
종별	세목	규모 단위	소	중	대	원위치 시험	실내 시험	소	중	대	원위치 시험	실내 시험
직접인건비	특급기술자	인		0.5	1.0			0.5	0.5	0.5		
	고급기술자	인	1.0	1.0	1.0				1.5	2.0		
	중급기술자	인		0.5	0.5	1.0	0.5	1.5	2.0	3.0	1.0	
비 고		식							여비·일당·숙박비 별도			

범위	수행적용 목적별		조사내용의 변경제안 및 문제점지적					중간의 기술적보고 및 협의사항				
종별	세목	규모 단위	소	중	대	원위치 시험	실내 시험	소	중	대	원위치 시험	실내 시험
직접인건비	특급기술자	인		0.5	1.0			0.5	0.5	0.5		
	고급기술자	인	0.5	1.5	1.5	0.5		1.0	2.5	4.0		
	중급기술자	인	1.0			0.5	0.5	1.5	2.5	3.5	1.5	0.5
비 고		식	여비·일당·숙박비 별도					여비·일당·숙박비 별도				

다. 원위치시험 단독, 토질시추 소규모이하 사전타협·협의·현지답사 보정률표(중간보고서 제외)

조사항목	규모	보정률	조사항목	규모	보정률	조사항목	규모	보정률	
sounding(cone)	1-3개소	0.3	지반 평판재하 시험	1-3개소	0.5	도로용 변형량측정 (Benkelman법)	100개소까지	0.5	
Swedish · Dutch	4-10	0.5		4-10	1.0		101-500	1.0	
dynamic, auto-ram	11-20	1.0		11이상	1.5		501이상	1.3	
electrical C.P.T	21 이상	1.3		도로 평판재하, 현장CBR 시험	1-3개소	0.3	토질조사 소규모 일 때 (시추심도 30m×5공기준)		
휴대형 콘 시험 현장밀도시험	1-5개소	0.1	4-10		0.5	시추심도 30m정도	1개공	0.3	
	6-10	0.2	11-20		1.0		2개공	0.5	
	11-20	0.3	21이상		1.3		3개공	0.7	
	21-30	0.4	양수시험 단독일때		시추조사에 준함			4개공	0.9
	31이상	0.5							

3.4.3 조사결과의 성과품 작성

조사결과에 대한 최종정리 업무로 기술업무의 핵심이며, 그 내용은 평가·고찰·목적에 대한 판정·각종 해석·종합검토 결과를 보고서로 집필하는 업무이다.

이는 조사규모와 종목에 좌우되므로 다음과 같이 1급에서 5급까지로 분류하여 적용한다

가. 규모별, 종목별 급수분류표

급별 조사종목		5	4	3	2	1
지표지질답사 물 리 탐 사		소규모 ×	복합 소규모 ×	소규모 정밀 ×	중,소규모 정밀 보통	중,대규모정밀 대규모,정밀,특수
시 추 조 사 관 입 시 험 불교란시료채취		토질 소규모 ○ ×	토질중,암반소 ○ ○	토질대, 암반중 ○ ○	암반대,광상소 ○ ○	암반대,광상중이상 ○ ○
공 내 시 험 sounding 원위치시험 공 내 계 측		×	×	3종이내	4-6종목	7종목이상
특수한원위치시험 물 리 검 측		×	×	×	3종이내	3종이상
실내 시험	물 리	○	○	○	○	○
	역 학	×	○	○	○	○
	특수역학 압 석	×	×	×	○	○
종목수 합계		4	6	7-9	13-17	18이상

나. 조사결과 성과품 작성품(중규모 기준)

건당

업무내용	종별	세목	급별 단위	5	4	3	2	1
평가 고찰 판정	직접 인건비	기술사	인	0.5	1.0	1.0	1.0	2.5
		특급기술자	인	1.0	1.5	2.5	3.5	4.5
		고급기술자	인	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
		중급기술자	인	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
종합검토 보고서집필	직접 인건비	기술사	인	0.5	0.5	1.5	3.0	5.0
		특급기술자	인	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0
		고급기술자	인	1.0	2.0	2.0	2.5	3.0
보고서 작성 합계	직접 인건비	기술사	인	1.0	1.5	2.5	4.0	7.5
		특급기술자	인	3.0	3.5	5.5	6.5	8.5
		고급기술자	인	3.0	5.0	6.0	7.5	9.0
		중급기술자	인	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
비고		보정률		소규모 0.8, 대규모 1.3				

다. 업무범위의 한계

성과품 작성에 포함되는 사항	성과품 작성에 포함되지 않는 사항(별도)
주변 지형·지질·구조의 검토 및 판정 일반적인 기초형식의 비교 검토 현장 투수시험 결과에 의한 지반의 투수성 검토 지반의 공학적 성질 검토 및 지지 지반의 설정 조사·시험결과에 의한 토질정수 설정 설계·시공상의 유의점 검토 자원(광상)의 부존상태 및 여부 판단	말뚝지지력·압밀침하·사면안정의 산출 연약지반 등의 안정 및 액상화 해석 특정 기초공법 및 구조물에 대한 구체적인 검토 환경 문제에 대한 제반검토 광상의 성인·개발계획 고도의 종합적인 검토

라. 원위치시험 단독, 토질시추 소규모 이하 성과품작성 보정률표

5급기준

조사항목	규모	보정률	조사항목	규모	보정률	조사항목		규모	보정률
sounding(cone)	1-3개소	0.1	지반	1-3개소	0.3	실내 토질 시험	불교란 시료	10본이내	0.2
Swedish · Dutch	4-10	0.2	평판재하	4-10	0.5			11-20	0.3
dynamic, auto-ram	11-20	0.4	시험	11이상	0.7			21이상	0.4
electrical C.P.T	21 이상	0.6	도로	1-3개소	0.2		교란 시료	10개이내	0.1
휴대형 콘 시험 현장밀도시험	1-5개소	0.05	평판재하 · 현장CBR 시험	4-10	0.3	11-30		0.2	
	6-10	0.1		11-20	0.5	31-100		0.3	
	11-20	0.15		21이상	0.7	101이상		0.5	
	21-30	0.2	도로용 변형량 측정 (Benkelman법)	100개소까지	0.2	소규모이하 토질시추 시추심도 20m정도	1개공	0.3	
	31이상	0.25		101-500	0.4		2개공	0.5	
양수시험 단독일 때	토질조사에 준함			501이상	0.6		3개공	0.7	
								4개공	0.9

3.4.4 해석 업무

조사결과를 토대로 하는 해석업무는 토질 설계 정수를 설정하고, 지반공학적 제반 문제점을 정량적으로 검토하는 업무로서, 복잡한 지층상황과 계획구조물의 규모에 따라 다양하게 나타나는 공학적인 문제점을 다각도로 해석하고, 고도의 전문기술자와 상담도 하여 검토한 후, 해석항목과 내용을 결정하는 것이다.

3.4.4.1 일반적인 해석

일률적으로 결정할 수는 없으나 비교적 표준화되어 시행되는 해석(검토)항목으로, 지층의 단독 또는 다층구조의 경우와, 모래층(ϕ 값)·점토층(C값) 등이 1개층 또는 2개층 및 다층으로 복잡하게 구성될 경우와, 모래층을 협재할 때에는 할증의 필연적 적용이 필요하게 된다.

가. 말뚝의 지지력 산출품(검토·적용·계산업무)

종별	세목	구분 단위	연직지지력	수평지지력		부마찰력
			1종 1층	1층계	2층계	1종 2층계
직접인건비	특급기술자	인	0.2	0.1	0.1	0.1
	고급기술자	인	0.2	0.2	0.5	0.3
	중급기술자	인	0.5	0.5	0.7	0.3
경비	프로그램사용료	식	1.0	1.0	1.0	1.0

나. 직접기초와 압밀침하 산출품

종별	세목	구분 단위	지지력		응력분산각 30-45°계산	부시네스크식 응력분산 고찰
			1층계	2층계	2점 계산	2점 계산
직접인건비	특급기술자	인	0.1	0.2	0.2	0.2
	고급기술자	인	0.3	0.3	0.2	0.3
	중급기술자	인	0.5	0.6	0.5	0.5
경비	프로그램사용료	식	1.0	1.0	1.0	1.0

다. 배수공법검토·지중증가응력계산·상황판정품

종별	세목	구분 단위	토류 배수공법 검토		지중증가 응력분포 계산		노반·노상 판정
			배수공	토류공	심도방향, 10점	평면방향, 2심도20점	
직접인건비	특급기술자	인	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3
	고급기술자	인	0.5	0.5		0.2	0.5
	중급기술자	인	1.5	1.5	0.5	0.5	1.0
경비	프로그램사용료	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
비 고			배수구 굴착시 토류·배수공법 검토	근입장 계산 단면검토 별도	Osterberg식으로 계산		간이 포장 개략 계산

라. 연약지반의 성토침하와 안정해석품

단면당

종별	세목	구분 단위	현재 지반의 해석		연약지반 대책의 해석			
			해석조건 설	압밀침하량 시간·안정계산	대책공법 검 토	압밀침하량 시간계산	안정계산	계산결과 평가·고찰
직접 인건비	기술사	인	0.2		0.5			0.3
	특급기술자	인	0.3		0.3			0.5
	고급기술자	인		1.0		0.5	0.5	
	중급기술자	인			0.5	1.0	1.0	
	초급기술자	인		1.0		2.0	3.0	
경비	프로그램사용료	식	1.0					
비 고			연약지반 심도40m정도, 공법은 3가지 정도를 표준 현지반 개량후의 안정계산, 단면보정: 2단면 20% 3단면 40% 지반의 액상화 검토시 주변 지반에 대한 영향검토는 별도					

3.4.4.2 액상화의 예측·판정

액상화의 예측방법은 각종의 내진설계 지침과 기준이 그 난이도에 따라 다양하나, 토질 조사 결과(N치·입도D₅₀·지하수위·FC)와 일반적인 내진설계 기준을 참조한 것이다.

액상화 예측·판정품

건당

종별	세목	구분 단위	검토조건 의 설정	액상화 예측계산	검토결과·평가·고찰
직접 인건비	기술사	인	0.2		0.5
	특급기술자	인	0.5		
	중급기술자	인		1.0	
경비	프로그램사용료	식	1.0		
비 고		규모	소규모, 시추 30m × 4~5공 정도		

3.4.4.3 1차원적 지진응답 해석(중복 반사법)

지반거동은 지반의 지진응답해석이 더욱 복잡해져 가고 있으나, 요즈음은 전산기의 발달로 해석 기술도 진보되어, 비교적 간편하게 활용할 수 있도록 제시되어 있으며, 보통의 경우는 표층지반을 수평성층 지반으로 간주하고, 다양한 파동현상도 탄성 수평 성층 지반 내의 연직에 전파되는 실체파 만을 주요성분으로 고려한 해석법이 제안되었다.

그 중에서 1차원 지진원 지진응답 계산에 많이 이용되는 “SHAKE”를 사용하는 중복반사법을 적용하였으며, 집중질점법·유한요소법 등의 해석법도 제안되어 있다.

1차원적 지진응답 해석품(중복반사법)

건당

종별	세목	구분 단위	해석조건 설정	계산 실행	결과 정리 검토	계산결과·평가· 고찰
직접인건비	기술사	인			0.25	0.5
	고급기술자	인	0.25		0.25	
	중급기술자	인	1.0	1.0		
경비	프로그램사용료	식	SHAKE 기준 1.0			
비 고			지진 계속시간 20초 이내, 지층수 10-20정도, 지진파 1종			

3.4.4.4 정적 응력 변형해석

가. 2차원 유한요소법(FEM) 해석(선형 및 비선형)

굴착이나 성토시 고려되는 안정·침하 해석에는 FEM 해석법이 널리 이용되며, 이는 복잡한 구조물의 경계조건·시공과정을 고려한 지반구조물의 일체화 해석을 컴퓨터를 이용해 비교적 쉽게 활용할 수 있기 때문이다.

해석프로그램은 평이한 것부터 고난도의 것까지 다양한 종류가 실무에 활용되고 있으며, 보통 널리 활용되는 2차원 정적 FEM 해석을 대상으로 한 선형탄성 해석과, 이외의 해석프로그램이 조합된 비선형 해석으로는 Bi-Linear·Duncan-Chang model 정도가 제시되어 있다.

2차원 유한요소법 해석품(선형 및 비선형)

건당

종별	세 목	구분 단위	해석조건 설정	mesh 작성	계 산 실행	결 과 정 리 · 검 토	계 산 결 과 평 가 · 고 찰
직접인건비	기 술 사	인	1.0			0.5	1.5
	특급기술자	인	1.5	0.5	1.0	2.0	
	중급기술자	인	1.5	1.5	2.0	4.0	
경비	프로그램사용료	식	1.0				
비 고			시공공정(해석 step)은 지반, 구조물의 복잡도에 따라 상이하므로 3step, 1,500총절점수 정도를 대상으로 한다.				

나. 2차원 탄소성 유한요소법(FEM) 해석(탄소성 해석)

연약지반에서 토류·성토의 기초저면변형은 탄성변형으로만 보는 것이 아니고 국부 또는 전체적인 소성변형이 수반되는 것이 일반적이다.

근접시공시의 설계협의 과정에서도 탄소성 해석의 변형예측이 요구되기도 한다.

해석조건은 Mohr-Coulomb법칙의 항복기준(C, ϕ)을 사용하는 응력변형 모델이, 항복 후에 응력이 증가되어 완전소성 모델로 되어 계산할 때에는, 요소의 소성화에 수반된 불균형일 경우 반복해서 계산하여 재배분하므로, 보통 탄성해석보다 수배 내지 수십배의 계산량이 되기도 한다.

2차원 탄소성 해석품

종별	세목	구분 단위	해석조건 설정(건당)	mesh 작성 (단면당)	계산실행 (단면당)	결과 정리· 검토(단면당)	계산결과 평가·고찰 (건당)
직접인건비	기술사	인	1.0			0.5	1.5
	특급기술자	인		0.5	1.0	2.0	
	고급기술자	인	2.0	0.5	1.0	3.0	
	중급기술자	인	3.0	1.5	6.0	6.0	
경비	프로그램사용료	식	1.0				
비고			시공공정(해석 step)은 지반, 구조물의 복잡도에 따라 상이하므로 3step, 1,500총절점수 정도를 대상으로 한다.				

3.4.4.5 2차원 지진응답 해석(FLUSH 해석 소프트웨어에 준함)

지진시 거동이 구조물에 작용하는 영향 정도를 파악코자 하면, 정적 FEM해석과 같은 양식으로도 2차원 지진응답해석을 컴퓨터로 충분히 대응할 수 있도록 보급되어서, 다양하게 활용되고 있다.

지반공학상 지진응답을 대별하면, 시각력해석법(비선형탄성해석으로 과잉간극 수압의 상승을 고려한 유효응력 해석을 목적으로 함)과 주파수응답법(선형탄성 해석)으로 분류되나, 전자는 아직까지 연구 단계로서 특이한 경우 외에는 쓰여지지 않으므로 생략하였으며, 후자의 경우 흔히 통용되고 있는 FLUSH계(오리지날은 SHAKE 양식)의 해석 소프트웨어 사용의 경우를 수록하였다.

2차원 지진응답 해석품(FLUSH기준)

건당

종별	세목	구분 단위	해석조건 설정	계산실행	결과 정리·검토	계산결과 평가·고찰
직접인건비	기술사	인	1.0		0.5	2.0
	특급기술자	인	2.0	1.0	3.0	
	중급기술자	인	3.0	4.0	6.0	
경비	프로그램사용료	식	1.0			
비고			지반구조물의 복잡도에 따라 상이하므로 1,500 총절점수 정도 입력지진의 계속시간은 20초 정도 최종적인 등가강성을 얻기 위해 5회정도 반복조건			

3.4.4.6 침투류 해석(UNSAF 및 GWAP 소프트웨어에 준함)

최근 대규모 굴착이나 절토 등 지중 구조물의 건설이 증대되어, 이에 수반되는 지하수문제를 해석적으로 취급해야 하는 업무가 급증하고 있다. 즉 강우침투나 하천수위를 상승시키는 제체의 안정문제에 대한 여러 가지 해석이 불가피하게 되고 있다.

2차원 침투류해석의 대표적인 해석 소프트웨어인 UNSAF와 광역지하수 문제를 대상으로 하는 준3차원 침투류 해석 소프트웨어인 GWAP를 사용하는 경우의 품을 제시코자 한다.

2차원 침투류해석품(UNSAF 사용시)

건당

종별	세목	구분 단위	해석조건 설정	계산실행	결과 정리·검토	계산결과 평가·고찰
직접인건비	기 술 사	인	1.0		1.0	1.5
	특급기술자	인	2.0	1.5	3.0	
	중급기술자	인	3.0	4.0	6.0	
경비	프로그램사용료	식	1.0			
비 고			총절점수 1,500정도, 정상해석 전제 비정상해석은 1.5배 정도, 산악지·터널은 별도			

준3차원 침투류 해석품(GWAP 사용시)

건당

종별	세목	구분	해석조건 설정	계산실행	결과 정리·검토	계산결과 평가·고찰
		단위				
직접인건비	기술사	인	1.0		1.0	2.0
	특급기술자	인	2.0	1.0	3.0	
	중급기술자	인	6.0	6.0	6.0	
경비	프로그램사용료	식	1.0			
비 고			총절점수 1,500정도, 정상해석 전제 비정상해석은 1.5배 정도, 산악지·터널은 별도			

3.4.5 기술업무 품 적용의 예

3.4.5.1 조사내용과 규모 및 급별과의 관계

조 사 내 용				종목수	규모	해석유무
종 목	규 격	단 위	수 량			
토 질 시 추	30m/공	공	10	3	시추 10공	
표준관입시험		회	176			
불교란시료 채취	점성토 모래층	본 본	9 6			
공내수평재하시험		회	9	2	원위치시험	
현장투수시험		회	4			
실내토질시험	물 리 역 학	식 식	1 1	2	실내시험	
액상화 예측·판정		식	1			액상화
계	적 용 기 준		종합	7	3급, 중규모, 해석	

3.4.5.2 품셈구성 적용표

직접인건비	조사계획·입안 타협·협의·현지답사 성과품 작성 해 석	부지조성 합 계 중규모 액상화	중규모 중규모 3급 예측·판정
경 비	프로그램사용료 여비·일당·숙박비	1식 1식	
제 경 비	직접인건비×(110~120%)		
기 술 료	(직접인건비+제경비)×(20~40%)		

3.4.5.3 기술업무품

예제기준

종별	세목	구분 단위	조사계획·입안 부지조성 (중규모)	사전협의 현지답사 (중규모)	보고서 작성 중규모 (3급)	해 석 액상화에측 · 판정
직 접 인 건 비	기 술 사	인			2.5	0.7
	특급기술자	인	0.5	2.0	5.5	0.5
	고급기술자	인	2.0	6.5	6.0	
	중급기술자	인	1.0	5.0	2.0	1.0
	초급기술자	인	1.0			
경 비	프로그램사용료	식				1.0
	여비·일당·숙박비	식		1.0		
	기술업무비 합계	식	제경비 : 직접인건비×(110~120%) 기술료 : (직접인건비+제경비)×(20~40%)			
비 고			지반조사비 = 기술업무비+조사업무비			

3.5 landsliding(활동지반 또는 사면활동)조사 기술업무

3.5.1 계획·준비 단계

- (1) **계획·준비** : 조사목적별 세부 실시계획을 협의하고, 조사종류·수량·기간·완급정도에 따라 조사대상 지역의 면적(ha)규모를 기준한다.
- (2) **측선설정 답사** : 시추조사·탄성과·전기탐사·기타 활동지반 조사계획상 필요한 기준측선설정 작업의 계획수립을 위한 현장답사로 거리(km)를 기준한다.
- (3) **현황조사** : 활동지반 지역의 지형·지질·수문 및 활동현황에 대한 과거 이력 등을 조사하고, 활동현황을 좀더 명확하게 파악하여, 조사 및 응급대책에 대한 계획개요를 조사하는 것으로, 대상지역의 2~3배정도 면적(ha)의 인근지역까지가 조사대상이다.

3.5.1.1 계획·준비품의 보정 적용표

응급보전대책이 긴급하게 요구될 때의 추가품	세 목	계획·준비		현황조사의 답사		비 고	
	기술사 특급기술자	1.0 2.0		2.0~3.0		빈도에 따라	
측선설정 답사의 지형보정 벌채·측량(공통가설) 별도	지형경사	평지5°이내		구릉지5~15°		산지 15°이상	
	지세완급	완만	경사	완만	경사	완만	경사
	보정계수	0.7	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0
현황조사의 답사 면적 규모별 보정	대상면적(ha)	0~10		10~30	30~50		50~100
	보정계수	1.0		0.9	0.8		0.7

3.5.1.2 계획·준비품

종별	세목	구분 규격	계획·준비(건당)			측선설정 답사(km당)	현황조사(10ha당)	
			1ha 이하	1~5ha	5ha 이상		답사	해석·집필
직접인건비	기술사	인	0.5	1.0	2.0	1.0	0.5	1.0
	특급기술자	인	0.5	1.0	2.0	1.0		
	고급기술자	인	0.5	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0
	중급기술자	인					2.0	2.0
경비	조력공(보조)	인					2.0	
	제도공	인						1.0
	소모품	식					인건비의1%	
	조사용·해석용 기계등 손료	일					2.0	2.0
비 고			용지교섭·화약수속·기타 섭외비 등 간접비 별도					

3.5.2 종합해석

- (1) **지질해석** : 시추조사 결과를 종합하여, 활동면과 단면 및 지층 구분·지하수위와 간극수압의 분포를 기록한 활동단면도를 작성한다.
- (2) **기구해석** : 조사종목과 종목수를 급별로 분류하여 적용한다.
- (3) **안정해석** : 판정된 sliding층에 여러개의 단면을 설정하고 안정도를 검토하여, 가장 위험한 활동면을 결정한다.
안정해석 단면은 사면장의 길이에 대한 단면수의 증가에 따라, 표준해석 단면을 가정하여 표준사면장을 기준하여 산정한다.
- (4) **방지공법 계획** : 기구조사 결과를 기준으로 경제적인 방지공법을 계획하며, 이는 조사면적·내용의 정밀도 등이 표준에 가깝게 수행되어, 계획의 내용과 방침 및 방지공의 종류·배치·구조·수량·개략적인 공사비 등의 계획과 시공순서 및 주의사항 등의 시공요령이 요구된다.

- (5) 안정도 검토 : 1개 단면에 대한 배토공 · 지하수로공 · 집수정 및 억지공 · 제자리말뚝공 · 앵커공 및 억지공의 계획지점을 결정하고, 이에 대한 사면의 안정도를 검토한다.
공종의 종류 · 배치 · 사면장 정도와 시산회수에 준한다.

3.5.2.1 표준기구 해석 급별 조사 종목

조사종목은 5개항 24종목으로 구분하고, 해석순서는 종목수 증가에 따라 급별 구분되며 1급은 전항목 · 전종목을 종합 해석하는 경우이고 5급은 개사 정도이다

해석항목	조 사 종 목	급별 계	5	4	3	2	1
지 반	현황답사 · 탄성파 · 전기수평 · 수직 · 방사능탐사 · 시추조사	6	1	2	2	4	6
수 문	지하수위 · 수압 · 검층 · 추적, 전기검층 · 수질분석 · 양수시험	7		2	4	5	7
sliding면 이동량	파이프 · 공내 · 지표경사계 · 다층이동량 · 신축계 · 변위말뚝조사	6		2	3	4	6
기 상	우 량 조 사	1			1	1	1
토질시험	실내토질 · 표준관입 · 시험굴 · 원위치	4			1	2	4
계	(종목수)	24	1	6	11	16	24

3.5.2.2 지질해석품(시추 4-6공 기준)

단면당

종별	세목	사면장 단위	100m 이하	100~300m	300~1,000m	비 고
직접 인건비	기 술 사	인	0.5	0.5	1.0	판정, 해석
	고급기술자	인	0.5	1.0	1.0	자료검토
	중급기술자	인	0.5	1.0	3.0	도면작성
경비	제 도 공	인	0.5	0.5	1.0	trace
	소 모 품	식	1.0	1.0	1.0	인건비의 1%

3.5.2.3 기구해석합계품(답사+해석=합계)

건당

업무내용	종별	세목	급별 단위	1	2	3	4	5	비 고
합계	직 접 인 건 비	기 술 사	인	6.0	4.0	2.5	1.5	0.5	답사+해석
		특급기술자	인	4.0	3.5	1.0	1.0	0.5	
		고급기술자	인	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	
		중급기술자	인	4.0	3.0	2.0	2.0	1.0	
	경비	소 모 품	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	해석 인건비의 1%

기구해석품

건당

업무내용	종별	세목	급별 단위	1	2	3	4	5	비 고
답사	직접인건비	기술사	인	3.0	2.5	1.0	0.5		종합판정 현지검토
		특급기술자	인	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	
		고급기술자	인			1.0	1.0	1.0	
해석	직접인건비	기술사	인	3.0	1.5	1.5	1.0	0.5	종합판정 보고서집필
		특급기술자	인	2.0	2.0				
		고급기술자	인	4.0	3.0	2.0	1.0	1.0	자료검토
		중급기술자	인	4.0	3.0	2.0	2.0	1.0	자료정리
	경비	소모품	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	인건비의 1%

3.5.2.4 안정해석품(표준사면장별)

단면당

종별	세목	사면장 원호 단위	50m	50~100m	100~300m	300~500m	500~700m	비 고
			3	5	8	10	12	
직접인건비	특급기술자	인	0.5	0.7	1.0	1.3	1.5	sliding검토
	중급기술자	인	1.5	2.5	4.0	5.0	6.0	토질계수 결정 계산
경비	제도공	인	0.5	0.7	1.0	1.3	1.5	성과품 trace
	프로그램 사용료	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	소프트웨어
	소모품	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	인건비의1%

3.5.2.5 방지공법계획품(조사면적별)

건당

업무 내용	종별	세목	면적 (ha) 단위	3 이하 (150×200)	3~5 (250×200)	5~10 (500×200)	10~30 (1000×300)	30 이상	비 고 (사면장 × 폭) m
답사	직접인건비	기술사	인	0.2	0.5	0.5	1.0	1.5	총괄·계획
		특급기술자	인	0.5	1.0	1.0	1.5	2.0	구조 검토
		고급기술자	인	1.0	1.0	1.0	1.5	2.0	자료 정리
계획	직접인건비	기술사	인	0.6	1.0	1.5	2.0	2.5	총괄보고서작성
		특급기술자	인	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	계획
		중급기술자	인	1.0	1.0	2.0	2.0	2.5	구조 계산
	경비	제도공	인	1.0	2.0	2.0	2.5	2.5	trace
		소모품	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	인건비의 1%
계	직접인건비	기술사	인	0.6	1.5	2.0	3.0	4.0	
		특급기술자	인	1.5	2.0	2.0	3.5	4.0	
		고급기술자	인	1.0	1.0	1.0	1.5	2.0	
		중급기술자	인	1.0	1.0	2.0	2.0	2.5	
	경비	제도공	인	1.0	2.0	2.0	2.5	2.5	
		소모품	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	계획 인건비의 1%
비 고			긴급, 중요한 방지계획은 기술사 2.0인 가산 현황조사 실시개소는 답사제외·실시설계 계획은 별도						

3.5.2.6 안정도검토품(사면장, 공종별)

단면당

범위	사면장	m	50이하		50 - 100		100 - 300		비 고
	계획공종수		1	2	2	3	3	4	
종별	세목	시산수 단위	2~3	4~5	4~5	5~6	5~6	6~8	
직접인건비	기술사	인	0.3	0.3	0.5	0.5	1.0	1.0	위치·구조
	고급기술자	인	0.5	1.0	1.0	1.0	1.5	2.0	결정·검토
	중급기술자	인	0.5	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	계산·제도
경비	프로그램사용료	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	소프트웨어
	소모품	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	인건비의 1%

3.5.3 3차원 해석

(1) 3차원 종합해석 : 1개 사면에서의 3개, 4개 단면 기준

(2) 3차원 안정해석 : sliding 폭이 넓은 경우 3축선 이상의 단면을 활용하여 입체적인 안정 해석을 하는 방법은 복수단면의 평균안전율을 구하는 것이다.

(3) 3차원 방지공법 계획 : 검토공법의 작업난이도와 복잡성을 감안한 보정을 적용해야 하며, 복수의 공법도 단일공종의 합계이고, 기타공법은 복수이더라도 단일공종으로 계산한다. 공법별 원수 수량은 기본원수×(1+계수)로 산출하여 적용한다.

3.5.3.1 3차원해석품(종합 및 방지공법 기본)

사면당

종 별	세 목	구 분 단 위	3차원 종합해석		3차원 방지공법 계획 1사면당			
			3단면	4단면	기본원수	공법별 수정원수 산출식:기본원수×(1+계수)		
직 접 인 건 비	기 술 사	인	5.0	6.0	0.5	방 지 공 법 공 종 별	계수(단일공)	
	특급기술자	인	5.5	6.5	1.0		3단면	4단면
	고급기술자	인	9.5	11.5	2.0	지 하 수 배 수 공 역 지 공 배 토 공 성 토 공 기 타 공	0.6	0.7
	중급기술자	인	10.0	12.0	2.0		0.4	0.5
	초급기술자	인	3.0	3.0	1.0		0.4	0.5
	제 도 공	인	2.0	3.0	3.0		0.4	0.5
경 비	프로그램사용료	식			1.0			
	소 모 품	식	인건비의 1%					

3.5.3.2 3차원 안정해석품

사면당

범위	종별	세목	사면장 (m) 단위	100이하	100~200	200~300	300~500	500이상
1사면 3단면	직 접 인건비	기 술 사	인	0.6	0.6	0.9	1.2	1.4
		중급기술자	인	6.0	9.0	12.0	18.0	21.6
	경 비	제 도 공	인	2.1	3.0	4.2	6.0	7.2
		프로그램사용료	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		소 모 품	식	인건비의 1%				
1사면 4단면	직 접 인건비	특급기술자	인	0.8	0.8	1.2	1.6	1.9
		중급기술자	인	8.0	12.0	16.0	24.0	28.8
	경 비	제 도 공	인	2.8	4.0	5.6	8.0	9.6
		프로그램사용료	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		소 모 품	식	인건비의 1%				

3.5.3.3 3차원 방지공법 계획 1사면 3단면당품

단일공 기준

종 별	세 목	공법 계수 단위	기본원수	지하수배수공	억지배토(성토)	기타공	비 고
			0	0.6	0.4	0.2	
직 접 인 건 비	기 술 사	인	0.5	0.8	0.7	0.6	복수공종은 각 단일공 의 합으로 단일공 산출식 기본×(1+계수)
	특급기술자	인	1.0	1.6	1.4	1.2	
	고급기술자	인	2.0	3.2	2.8	2.4	
	중급기술자	인	2.0	3.2	2.8	2.4	
	초급기술자	인	1.0	1.6	1.4	1.2	
경 비	제 도 공	인	3.0	4.8	4.2	3.6	
	프로그램사용료	식	1.0	1.0	1.0	1.0	
	소 모 품	식	인건비의 1%				

3.5.3.4 3차원 방지공법 계획 1사면 4단면당품

단일공 기준

종별	세목	공 법 계 수 단위	기본원수	지하수배수공	억지배토(성토)	기타공	비 고
			0	0.7	0.5	0.2	
직 접 인 건 비	기 술 사	인	0.5	0.85	0.75	0.6	복수공종은 각 단일공 의 합으로 단일공 산출식 기본×(1+계수)
	특급기술자	인	1.0	1.7	1.5	1.2	
	고급기술자	인	2.0	3.4	3.0	2.4	
	중급기술자	인	2.0	3.4	3.0	2.4	
	초급기술자	인	1.0	1.7	1.5	1.2	
경 비	제 도 공	인	3.0	5.1	4.5	3.6	
	프로그램사용료	식	1.0	1.0	1.0	1.0	
	소 모 품	식	인건비의 1%				

3.5.4 대책공 설계

실측평면도, 종·횡단면도와 대책공 계획도 등으로 대책공사의 공종별 설계를 다음과 같이 완성하는 기술업무이다.

종 류	업 무 내 용	도면작성 축척범위	비 고
평 면 도	실측성가에 구조물 전체를 조명	1 : 500~1,000	강관타설
종 단 면	실측성가에 따라 구조물 조명	1 : 50~500	앵커
횡 단 면	실측성가에 따라 구조물 조명	1 : 50~100	집수정
구 조 도	구조물의 안정 계산과 용력을 계산하고 설계도를 완성	1 : 100~200 상세도 1 : 10~50	집수보링
수량계산	완성된 도면으로 공사 수요 수량 산출	설계내역 수량	수도·암거 배토(성토)

대책공종별 설계 품

설계공종별			강관타설	앵커	집수정	집수보링	수도·암거	배토(성토)	설계협의
종별	세목	기준 단위	건당		기당	건당			회당
			block당, 단계당20본		기당20m	2단20본	굴토200m	100~300m ²	
직 접 인 건 비	기 술 사	인	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
	특급기술자	인	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0
	고급기술자	인	3.0	3.0	5.0	2.0	10.0	3.0	
	중급기술자	인	5.0	5.0	10.0		15.0	5.0	
	초급기술자	인	5.0	5.0	10.0	2.0	15.0	5.0	
경비	소 모 품	식	인건비의 1%						
비 고			긴급한 응급 대책시 : 1.3				liner plate:1.0 shield : 1.5		
배토공 보정			배토면적	100m ² 이하	100~300	300~500	500~1,000	1,000이상	배토면 처리별도
			보정계수	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	

3.6 전문지질조사

- (1) 지표지질답사 : 전 지반에 대하여 다양한 목적에 따라 개략조사와 정밀조사로 수행된다.
- (2) 항공(위성)사진 영상판독 : 지표지질조사의 보조작업으로 좀더 광범위한 지역에 대하여 개략적이고 기초적인 자료가 획득된다.
- (3) 갱도조사 : 사향(incline)·입향(shaft·raise)·수평갱도(tunnel)조사·발전(원자력 폐기물 저장)·도로·철도·석산·지하자원·저장시설 등 지하굴착 갱도의 지질조사로 대부분 정밀 조사에 해당된다

3.6.1 지표지질답사

지표에 노출된 암반이나 지층의 성상을 관찰하여 대상지역의 지층분포와 구조, 지괴의 안정성, 지표수·지하수·지하자원·광상의 부존상황과 성인 등 광범위한 지반지질정보를 규명하는 일련의 조사과정이다.

전문기술자가 야외지질조사 도구를 이용하여 조사지역 내에 분포하는 모든 형태의 노두와 지형상에 나타난 사실을 관찰·기록하고 해석하여, 지형도에 기입·지질분포도 및 지질구조도 등을 작성하는 것으로, 노두가 적은 평지·구릉지·삼림지대는 지주권자의 허락하에 조사·굴토·trench로 관찰자료를 얻어서 지반상태를 입체적으로 추정하고, 이를 지질평면도와 단면도에 기입하여 표현한다.

지표지질답사에서 얻어진 성과는 보다 명확한 제반 지반정보로서, 물리탐사나 시추조사 등 관련 후속조사가 수행되지 않더라도, 기초적인 중요한 위치선정도 가능하게 된다. 따라서 다양한 토목지질상의 조사와 지하자원 개발조사에서는 기본적인 것이기도 하다.

정확한 지표답사가 먼저 수행되면 후속조사의 효과와 실시여부 및 적절한 계획과 확실한 판단을 하게도 된다.

3.6.1.1 지표지질답사 대상별 목적별 분류표

조 사 대 상	개략조사 축척 1 : 5,000~25,000		정밀조사		
	목 적	관련조사	목 적	관련조사	축척
댐 (dam)	적격지선정 타후보지점과의 비교 수역의 문제점파악 석산후보지 선정 정밀조사계획 수립	문헌조사 (지질·재해·수문·기상의 자료 정보 수집 정리)	site 암반 상황 수역내 문제점 검토 석산 가채량·재질 검토 설계·시공계획 자료 제공	시추조사·물리검층 갱내지질조사 암반·암석시험 그라우트·투수시험 재료시험	500 } 1,000
도 로 철 도	적정 노선 선정 비교 노선과의 대비 문제점 파악 토취·토사장 후보지선정 정밀조사계획 수립	항공사진 판독 (항공·위성)	교량·절토구간·성토지점 및 문제개소의 검토 토취·토사장의 토량·재질· 난이도의 검토 설계·시공계획용 자료제공	시추조사·물리검층 원위치시험 암석·토질시험 재료시험	1,000 } 2,500
터 널	적격지 및 노선 선정 비교 노선과의 대비 문제점 파악 사토장 후보지 선정 정밀조사계획 수립	물리탐사 (주르탄성파) 시추조사 trench조사	암반 용출수 상황 추정 파쇄대로 인한 예상문제 지점검토 설계·시공계획용 자료제공	시추조사·물리검층 용수압 측정 암석·토질시험 물리탐사	
재 해 지 진 sliding	재해발생·피해상황파악 피해·재해지 분포파악 지역성 검토 정밀조사계획 수립		landsliding 붕괴기구 해명 안정해석 대책공 검토	시추조사·물리검층 동태관측 원위치시험 피해상황 조사	500 } 1,000
지하자원 지열·온천 지하수· 광 상	지질구조 파악 부존가능성 검토 정밀조사계획 수립	물리탐사 (중력·전기·방사능포함) 물리검층· 시추조사	부존량·가채량 채취방법 경제성 검토	시추조사·물리검층 물리탐사·양수시험 수질시험·화학분석	1,000 } 2,500

3.6.1.2 지표지질답사의 기술업무 내용

(1) 계획준비

협의·계약 : 발주자가 결정하여 수립한 계획에서 요망되는 답사범위를 상호 협의하여 계약을 체결하고, 조사 정밀도에 따른 지형도·항공사진 등을 제공받거나 입수하여 자료의 설명 등으로 타협하고 수행지시를 받는다

기존자료의 검토 : 확보된 제반자료를 검토하고, 항공사진 판독으로 개략적인 답사계획 수립에 참조한다

답사계획 수립 : 발주지침과 목적에 따라 검토된 자료를 참고하여 수행계획을 수립한다.

(2) 현지조사 및 답사

수행저해요인 해결 : 현지에서의 각종 규제 및 인허가 사항과, 지주·주민 관계자와의 제반 관계를 발주자와 협의하고, 그 소요경비는 별도로 처리한다

현장답사 : 노두지점이나 제반 지질 상황을 지형도나 노선도(route-map)에 기록·정리한다

(3) 해석

도면작성 : 지질평면도·단면도를 작성하고, 기존문헌·자료 등을 재검토하며, 항공(위성)사진도 재차 정밀 판독한다.

종합검토 : 종합적으로 총괄하며 단면도·사진 등의 설명과 보고서 원고를 집필한다.

(4) 보고서집필

최종적으로 검토하고 평면도·단면도·사진 등의 설명서와 함께 대표적인 암석시료도 점검하여 보고준비를 완료한다.

가. 지표지질답사(계획·준비·현지조사)품

종별	세목	구분 단위	계획·준비 (건당)	현지조사 (축척별·기준면적당)		
				(25,000~10,000) ×10.0km ²	(5,000~2,500) ×1.0km ²	(1,000~500) ×0.1km ²
직접 인건비	기술사	인	3.0	3.0	3.0	2.0
	고급기술자	인	3.0	10.0	5.0	10.0
	중급기술자	인	3.0	10.0	5.0	10.0
경비	소모품	식		인건비의 3%	인건비의 3%	인건비의 3%
	여비·일당·숙박	식		(인원 × 소요일수 × 일경비/인) × 1.0		
	답사도구 손료	일		10.0	5.0	10.0
비고			중간보고 별도	특정지역 현지안내인 일용자 채용 별도		

나. 지표지질답사(해석·보고서집필)품

종별	세목	구분 단위	해석 (축척별·기준면적당)			보고서집필 (건당)
			(25,000~10,000) ×10.0km ²	(5,000~2,500) ×1.0km ²	(1,000~500) ×0.1km ²	
직접 인건비	기술사	인	1.5	2.0	2.0	3.0
	고급기술자	인	4.0	5.0	7.0	10.0
	중급기술자	인	4.0	5.0	7.0	
경비	제도공	인	3.0	3.0	7.0	
	소모품	식	인건비의 3%	인건비의 3%	인건비의 3%	
	답사도구 손료	일	4.0	5.0	7.0	

다. 지표지질답사 각 조건별 보정표

계획 준비 보고서집필		축척	25,000~10,000 : 1				5,000~2,500 : 1				1,000~500 : 1		
		면적(km ²)	10이하	10~25	25~50	50이상	5이하	5~10	10~20	20이상	0.1이하	0.1~0.5	0.5이상
		보정계수	0.7	1.0	1.3	1.5	0.7	1.0	1.3	1.5	0.9	1.0	1.1
현 지 조 사	축척	축척	25,000 : 1		10,000 : 1		5,000 : 1		2,500 : 1		1,000 : 1		500 : 1
		보정계수	1.0		1.5		1.0		1.5		1.0		1.5
	면적	축척	25,000~10,000 : 1				5,000~2,500 : 1				1,000~500 : 1		
		면적(km ²)	25이하	25~50	50이상	5이하	5~15	15이상	0.5이하	0.5이상			
		보정계수	1.0	0.9	0.8	1.0	0.9	0.8	1.0	0.9			
	지형	지형	평지-구릉지				보통산지				급준산지		
		보정계수	1.0				1.5				2.0~3.0		
해석		축척	25,000~10,000 : 1				5,000~2,500 : 1				1,000~500 : 1		
		면적(km ²)	50이하	50~100	100이상	5이하	5~10	10이상	0.3이하	0.3~0.5	0.5이상		
		보정계수	1.0	0.9	0.8	1.0	0.9	0.8	1.0	0.9	0.8		

3.6.2 항공(위성)사진 판독

항공사진은 비행기나 기구 또는 위성에서 수직과 경사로 촬영한 지상사진으로 흑백과 컬러가 있으며, 지질조사에는 수직 촬영한 흑백사진을 실체경으로 지형 패턴과 명암 상태를 주의 깊게 관찰하여, 지질과 관련된 지형 및 지질구조를 판독한다.

항공사진 판독은 판독목적과 그 내용에 따라, 지형도의 축척·사진수량·판독시간이 다르므로, 판독범위도 원형(지역)이나 선형(도로·철도·터널)에 따라 사진의 매수가 달라진다. 따라서 본 적용품은 지표지질조사에 보조적으로 실시되는 개략판독을 기준한다.

항공사진 판독품

10km² 기준 한 1km² 당

범위	개략판독 기준	10km ²	항공사진 1:20,000, 지형도 1:5,000, 25,000, 50,000			
종별	세목	구분 단위	1:50,000	1:25,000	1:5,000	대 여 (경비 등 삭제)
직접인건비	기술사	인	0.5	1.0	1.5	0.5
	고급기술자	인	1.5	3.0	6.0	1.5
	중급기술자	인	0.5	1.0	1.5	
경비	제도공	인	1.0	2.0	4.0	
	실체경 손료	일	1.0	2.0	4.0	
	항공사진	매	4.0	4.0	4.0	
	지형도	매	1.0	1.0	1.0	
	잡재료	식	재료비(사진·지형도)의 5%			

3.6.3 갱도(adit)조사 및 갱내지질조사

지반 특히 토목지질 중에서 갱도조사는 가장 효율적이고 직접적인 조사수단으로, 갱도굴착이 고비용으로 암반굴착에 큰 영향을 미치므로, 일반적인 여러가지 조사가 진행되는 단계에서는, 가장 효과적인 지점을 선택하여 실시하는 경우가 많다.

갱도조사는 댐과 원자력발전소에서는 필히 시행되어야 하며, 지하발전소·대규모 교량 기초·지질이 복잡한 장대 터널에서는 인입(출입) 지역(지점)을 겸해 시행되기도 한다.

댐조사 갱도에서는 산사면에 수평으로 굴착된 경우가 많고, 때로는 사갱(incline)이나 수갱(입갱·shaft)의 예도 있고, 원자력발전소에서는 해안선 부근의 단구하부에 시공되는 예가 많고, 댐과 같이 대개 수평갱도이며 수갱의 예는 희소하다.

석산에서는 콘크리트 시험용 골재를 찾는 것이 중요한 목적중의 하나이기도 하며 주로 석재 원석의 암질판정을 위하여 관찰하게 되며, 지하자원을 대상으로한 광상조사의 경우는 정밀한 갱내지질조사가 수행된다.

- (1) **계획준비** : 발주계획·갱도조사 시방지침에 따라 굴착시공사 가선정·계약 후, 시공지침 및 시공과정 확정 후에 갱도 조사의 방법·범위를 상호 협의하여, 계약 체결 및 시방에 따른 수행계획을 수립한다.
- (2) **현지조사·답사** : 예비조사와 더불어 필요시 중간보고·협의·타협으로 시공의 설계변경 등의 과정을 거치면서 갱도조사(주로 벽면 스케치)를 시행하고, 시추코어조사 및 관련조사 결과와 대비하고 검토하여 기록·정리한다.
- (3) **해석** : 도면화 정리·총괄검토·종합정리·원고집필
- (4) **보고서집필** : 최종검토·보고준비·집필완료

- 댐 갱도조사는 굴착된 갱도의 벽을 물로 청소하고 관찰한 후, 지표답사 자료와 시추 코어 관찰 결과를 참고하고, 갱도 전개도를 작성하여 종합적으로 검토해야 된다.
- 일반적으로 도로·철도·도수로·지하철 등 토목공사 터널은, 굴착진도에 따라 콘크리트 타설 및 지보가 설치되므로, 수시로 조사되어야 함이 댐이나 지하자원개발의 갱도조사와 차이가 있다.
- 전개도는 100 : 1 축척으로 3개면을 스케치하며, 방법은 협의·결정한다.
- 관찰사항 : 암반의 암질과 성상·주향·경사·단층·절리·기타 균열 등의 규모의 성상·협재물·빈도·주향·경사·연속성·개구·균열·암반의 풍화변질 상황과 용출·누수의 위치 및 유출수량을 관찰한다.
- 암반판정 : 제반 세부사항을 구분·정리·검토하여 종합판단 한다.

갱도조사품

종별	세목	구분 단위	계획·준비	현지조사	해 석	보고서집필
			건당	10m 기준	10m 기준	100m기준/건
직접인건비	기술사	인	2.0	0.1	0.05	1.5
	특급기술자	인	2.0	0.3	0.1	3.0
	중급기술자	인	2.0	0.3	0.2	
경비	조력공	인		0.3		
	제도공	인			0.4	1.0
	조사·제도용구손료	일		0.3	0.4	
	보고서인쇄·제본	식				1.0
	소모품	식		인건비의 3%	인건비의 3%	
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0		
비고	기준량(10m·100m/건) 이상의 증가량은 m당 환산품을 적용한다.					

3.7 기타 기술업무

- (1) **암반전단시험** : 암반의 역학성을 파악하여 구조물이 안전하고 경제적인 시공이 되도록 하기 위한 설계 자료를 확보하기 위한 현장 직접시험방법이다.
- (2) **trench 조사** : 국부적인 조사로 지층의 누층 관계나 단층 등 구조대 불연속면의 규모·방향·상태 등을 확인코자 하는 정밀조사이다.
- (3) **시추코어조사** : 시추 결과를 주상도로 작성한다.

3.7.1 암반전단시험

본 시험은 구조물 시공을 암반 위에나 암반 내부에 설계할 때, 암반의 역학성을 파악하여, 안전하고 경제적인 시공이 될 수 있도록 적절한 시공법을 적용하여 설계하기 위한 시험이다.

시험은 갱도 등의 암반 내에 60cm×60cm의 저면과 30cm 높이의 철근 콘크리트 블록을 타설한 block전단과, 암반 block을 잘 다듬어 철근 콘크리트로 정형하여 썬 rock전단의 두 종류가 있으며, block에 수직하중을 가하고, 수평방향(실제는 15°정도의 경사)으로 전단하중을 가하여, block하부 암반에 전단파괴가 일어나는 순간의 수평하중을 측정하여, 암반의 내부마찰각·점착력을 측정하는 시험이다.

전단시험은 예비재하시험 후 block 윗면에 수직으로 반복 재하하여, 암반의 변형특성을 파악하는 것으로, 시험지점과 수직하중은 암반상황에 따라 적절하게 결정하여야 하며, 시험이 종료되면 전단상황을 자세하게 관찰·기록하고 시험결과를 해석하여 자료화한다.

시험시에 유의할 것은 갱도굴착 후 별도의 비용으로 갱내 정밀지질조사를 시행하고 시험지점을 선정해야 한다. 이는 갱도가 발파로 인해 암반에 20~30cm의 균열이 생겨 시험지점을 택하기가 어렵고, block 제작이 갱도바닥에 신중하게 이루어져야 하기 때문이다.

그 성과물은 대개 조사위치도·하중-변형량도·전단 block 타설면·1:10~50축척의 전단면 스케치도·조사보고서 등이다.

3.7.1.1 암석전단시험의 수행흐름

- (1) **계획·준비** : 발주자와 타협·협의하고 계약을 체결한 후 시방에 따라 수행계획을 수립한다.
- (2) **현지조사, 자료검토** : 갱도상황 및 갱도폭 등을 조사하여 제반 자료를 검토하고 시험기와 소요기자재를 점검한다.
- (3) **소요기자재 운반·정비·점검** : 타설자재 및 시험기자재의 운반방법과 계획 및 반입·반출에 대한 제반 문제 점검
- (4) **지점선정** : 시험개소별 지점을 결정하고, block과 rock전단의 방법을 결정하며, 암반 block을 다듬거나 block 설치규모·방법에 따라 재료 및 기자재를 반입하도록 지도한다.
- (5) **block 타설·관찰** : 타설면을 다듬고 정리하여 거푸집을 설치하고, 철근을 배근해서 콘크리트를 타설하고, 양생 후 거푸집을 철거하고 시험기기를 반입하여 block 장치함
- (6) **측정** : 전단시험 실시, 시험과정 관찰 및 시험값 기록·정리
- (7) **해석** : 시험결과 정리·점검 및 종합검토
- (8) **보고서집필** : 최종검토, 보고준비, 집필완료

3.7.1.2 암반직접전단시험품(I·II)

암반직접전단시험품 I

종별	세목	구분 단위	계획·준비 사전협의	현지조사 자료검토	전단시험		지점선정 기구설치
			건당	건당	건당		block당
					block	rock	
직접인건비	기술사	인	3.0	2.0			
	특급기술자	인	3.0	2.0	1.0	1.0	1.0
	중급기술자	인	3.0	4.0	3.0	3.0	4.0
경비	조력공	인			8.0	12.0	12.0
	재료비	식					부표1참조
	기자재운반비	회			4.0	4.0	부표2참조
	기계등손료	식					
	소모품	식		인건비의 2%			
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
비고			중간보고 별도		시험기계, 소요기자재, 운반, 정비점검 타설기구 : 1일 반출입		

암반직접전단시험품 II

종별	세목	구분 단위	block타설관찰(건당)		측정	해석	보고서집필
			block	rock	block당		4B/L기준 (건당)
직접인건비	기술사	인			0.5	1.5	1.5
	특급기술자	인	1.0	1.0	1.5	1.5	5.0
	고급기술자	인	5.0	8.0	2.5		5.0
	중급기술자	인			5.0	2.5	
	초급기술자	인				2.5	
경비	조력공	인	6.0	15.0	4.5		
	제도공	인				2.0	
	재료비	식	부표1참조	부표1참조			
	소모품	식			인건비의2%	인건비의2%	
	기계기구손료	일	부표2참조	부표2참조	부표3		
	보고서인쇄·제본	식					1.0
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0	1.0		

부표1 소요재료 block당				부표2 기계등 손료 block당				부표3 시험기계 손료 Block당		
재료품명	종류 단위	block	rock	기계장비	규격 및 수량	수량(손료일수)		시험기계	단위	수량
						block	rock			
모래, 자갈	m³	0.3	0.5	공기압축기	3.5m³×125cfm	4.0	4.0	유압잭 100t	대	1
철근	kg	22.0	32.0	con'c breaker	2대	4.0	4.0	유압잭 200t	대	2
조강시멘트	kg	4.0	7.2	믹 서	0.1m³	2.0	2.0	변위계	개	10
경유	ℓ	43.0	58.0	cutter	diamond, 대형		7.0	data logger	set	1
거푸집	식	1.0	1.0	derrick 판	목재, 판재	4.0	7.0	재하판	매	4
diamond blade	매		0.25	발전기	17HP, 10kVA	4.0	7.0	철강재지주	본	5
잡품	%	재료비의 5%	재료비의 5%	기타기구	손수레 등	8.0	11.0	변위계지지장치	set	1
								전단하중Jack대	개	1
								block당 손료 일수		2.5

3.7.2 trench조사

지층 분포상황이나 단층의 활동성 등 상세한 지반정보를 국부적인 곳에서 얻고자 할 때, 중기나 인력으로 trench나 pit를 굴착하여 그 벽면의 지층을 관찰하고, 필요에 따라 시험 분석용 시료를 채취하기도 하며, 그 필요 규모와 굴착목적에 따라 방법에 차이가 있다

활동층조사의 경우는 충적층과 같은 신기층에서 많이 수행되므로, 논밭 등 사유지 사용에 대한 용지교섭·보상이 충분히 고려되어야 한다.

성과물은 trench 스케치도로서 1:10~100 축척의 전개도가 적당하며, 관찰사항의 기록은 지층의 분포상황에 수반되는 암질·주향 및 경사·단층·절리·기타 구조대의 규모·성상·협재물·빈도·방향성·연속성·균열·암반의 풍화변질 상황과, 용출수 상황 등이 파악되어야 한다.

(1) **계획·준비** : 발주자의 계획에 의한 굴삭공사와 더불어 용지의 교섭·보상과 굴착방법 등 제반문제를 협의·타협하여 조사계약을 체결하고, 시방에 따른 trench 시공이 착수될 수 있도록 계획을 수립하여 제공한다.

(2) **현지조사** : 예비조사로 trench 시공에 대한 변경·중간보고·필요한 시료채취 및 연관 답사 자료 등을 검토하고, 현장 상황을 스케치하여 관찰결과를 수록하고 자료화한다.

(3) **해석** : 자료분석 결과와 제반 관찰사항 및 자료 등을 종합·검토하여 지질도를 결과에 따라 수정한다.

(4) **보고서 집필** : 최종검토, 보고준비, 집필완료

trench 조사품

종별	세목	구분 단위	계획·준비	현지조사(㎡ 당)		해석(㎡ 당)		보고서집필
			건당	1 : 100	1 : 20	1 : 100	1 : 20	건당
직접인건비	기술사	인	2.0	0.05	0.1	0.05	0.1	1.0
	특급기술자	인	2.0	0.25	0.5	0.25	0.5	2.0
	중급기술자	인	2.0	0.25	0.5	0.25	0.5	5.0
경비	조력공	인		0.05	0.1			1.0
	제도공	인						
	소모품	식		인건비의 1%				
	여비·일당·숙박	식		1.0				

3.7.3 시추코어조사

암반 시추의 코어를 관찰하여 주상도를 작성하는 중요한 기술업무

- (1) 계획·준비 : 사전협의
- (2) 현지 조사 : 코어조사(암질·절리·균열·빈도·규모·풍화변질 상태)
- (3) 해석 : 암반·암질 판정
- (4) 보고서 집필 : 종합 검토·집필

시추코어조사품

종별	세목	구분 단위	계획·준비	현지조사	해 석	보고서집필
			건당	10m 기준	10m 기준	건당
직접인건비	기 술 사	인	1.0	0.05	0.05	1.5
	특급기술자	인	1.0	0.15	0.1	3.0
	중급기술자	인	2.0	0.15	0.1	
경비	조 력 공	인		0.13		1.0
	소 모 품	식		인건비의 2%		
	보고서인쇄·제본	식				
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0		
비고	기준량(10m) 이상의 증가량은 m당 환산품을 적용한다.					

제4장 물리탐사(geophysical prospecting survey)

4.1 물리탐사의 개요

물리탐사는 지하지반의 물리적 성질에 관한 현상을 매개로 하여, 간접적인 지반정보를 지상에서 조사하는 탐사기술의 총칭으로, 시추공을 이용한 국한된 구역에서의 보다 상세한 지반정보를 얻어내는 협의의 물리검층 및 광의의 검층(borehole logging)까지도 이에 포함된다.

지하지반에 대한 탐사방법은 탄성과 · 전류 · 전자기파 등의 신호를 지하지반으로 보내서, 그것이 지하의 지질구조를 투과 · 굴절 · 반사하거나, 2차유도에 의한 물리특성 변화 등에의 반응신호를 수신하여, 지질구조와 지하지반의 물성분포를 밝히는 기술로 건설토목 · 지반환경 · 지반재해 등의 분야에까지, 최근의 컴퓨터 발달과 함께 복잡한 분석에 필요한 전산 프로그램의 개발로, 방대한 자료를 비교적 쉽게 처리 · 해석할 수 있어서 품질향상과 함께, 정밀도가 높은 영상화 기법이 점차 광범위하게 실용화가 되어 가고 있는 추세이다.

물리탐사는 지하지반의 특성을 파악하는 총체적인 기술분야로, 현장조사 업무와 이를 계획 · 검토하고 관측(측정) 결과를 해석 · 정리하는 기술업무가 상호 복합된 대표적인 기술분야이다.

4.1.1 물리탐사의 종류

분류	탐 사 종 류	물리현상이용, 측정 항목
탄성과 탐 사	탄성과굴절법(발파 · 중합) 반사법 · 천층반사법 · 음파(sonar) 표면파(Rayleigh파) 상시미진동측정	탄성과속도(P · S파) · 진폭 · 탄성계수 반사계수 · 음향 impedance 표면파 전파속도 우세주기 · 증폭특성
전 기 탐 사	비저항법(수직 · 수평) · 2차원 · 3차원탐사 유도분극법(IP; induced polarization) 자연전위법(S.P; spontaneous potential)	전류 · 전기전도도, 전위차 · 겉보기비저항 주파수효과 · 충전율 · 분극전위 변화 자연전위차 · 산화전위 · 전기전도도 · 공극율
전 자 탐 사	지표 레이더(GPR) MT법(magnetotelluric) · AMT 및 CSAMT EM법(electromagnetic)	전자기파 파동의 전파현상 · 반사계수 · 전자파속도 자기지전류 · 전위차 · 가청주파수 전자기파, VLF(초저주파) · 투자율 · 위상변화
기 타 탐 사	자력탐사 중력탐사(지표 · 공중 · 해상 · 해저 · 시추공) 방사능탐사 지온(지중열)탐사 해상탄성과탐사(음파탐사) 원격탐사(remote sensing) 항공전자탐사(airborne EM)	자기(자화율)이상(자화물질) · 정적자기장강도 변화 중력이상(밀도, 비중) · 중력가속도 변화 방사선 강도(γ 선) · γ 선활동 · 방사능원소함량 지중온도 · 열전도율 · 열영상시스템 탄성계수 · echo sounding · side scan sonar · sub-bottom profiling 전자파 · 분광(spectrum) · 지표면 반사영상 전기전도도 · 겉보기 비저항 등고선도

탐사를 수행여건에 따라 분류하면, 대부분이 육상에서 수행되고 있으나, 항공기를 활용하는 항공물리탐사(airborne geophysical survey)와, 해양·해저지각을 대상으로 선박을 이용하는 해양물리탐사로 분류되나, 본 품에서는 지상수행을 위주로 하여 취급코자 한다.

항공탐사는 자력(자성체-광상)·자연방사능(광상)·전자파 (환경오염·측심)·중력(중력가속도 측정) 등을 이용하여 광역적인 개략조사에 활용하고, 해상탐사는 수중의 음속이 대기보다 몇 배나 빠른 점을 이용하여, air gun·sleeve exploder(gun)·maxipulse·aquapulse·sparker·boomer(물속방전)·flexotir·vapor chock 등 다양한 음원발생장치(seismic source)로 음원을 발생시켜, 여러 개의 hydrophone이 내장된 특수 streamer cable(sonobuoy)로 수신하는 수중음파 측정장치(sonar, sound navigation and ranging)로 해저지형과 지반분포 상황을 탐사하는 방식이다.

4.1.2 물리검층(geophysical logging)

검층은 시추공이나 정호 내에 sonde나 probe를 삽입하여, 공벽 및 시추공 주변 지층의 물리적 성질을 파악하는 원위치시험으로, 지반을 구성하는 토사·암반에서 직접 채취한 코어에서의 색조·암질과 굳기(경연도)·절리발달 빈도 등을 파악하는 borehole core logging에 대비하여, 지층의 전기적 성질·속도·방사능 강도(밀도, 자연 γ 선) 등 제반물성을 탐지하는 검층이며, 공내 원위치시험 분야로 취급하기도 하지만, 대부분이 물리탐사 방법을 활용하게 되므로 이에 포함시켜 취급토록 하였다.

4.1.2.1 검층의 종류

분 류	검 층 종 류	물리현상이용 측정 항목
탄성파	탄성파 속도 검층·토모그래피 VSP(반사법); 주로 offset방식 음파(초음파)검층	P(종파)·S(횡파) 속도, 진폭, 초동주시 음향 impedance 음파속도
전 기 전 자	전기(전류·전위)검층·비저항토모그래피 자연전위(S.P)검층 레이더 토모그래피	겉보기비저항변화·전기전도도 산화전위·전도도·전위변화 시간영역 및 주파수영역·유도분극
방사능	자연 γ 선 검층 밀도검층(γ - γ) 중성자검층	자연방사선강도 감마(γ)선 강도· γ 의 콤프턴 산란 중성자강도(Pu-Be·Am-Be)·열중성자·지층공극율
기 타	온도(지층온도)검층 공경(공벽변화)검층 borehole deviation log 공내주사검층 (borehole scanner)	시추공내 온도 공경변화(caliper log) 공편향 초음파주사검층(acoustic televiewer; ABI)와 시추공내시경검층(optical television; OBI or BIPS)
	수압파쇄시험 유량(유체이동)검층 유향·유속검층	hydraulic fracturing method 유수량·농도·밀도 thermal pulse or electromagnetic flow meter

물리검층은 물리탐사 방법 중 가장 정밀도가 높고, 지하구조와 관련된 물성을 보다 정확하게 파악할 수 있는 것으로, 그 활용도와 방법이 점차 확산·응용되어 지표와 지중을 상호 연관시키기도 하고, 전산화의 진보에 따라 영상화(scanner or image processing)되기도 하여, acoustic televiewer(ABI)와 borehole optical television(OBI·BIPS) 및 geotomography까지, 시추공을 이용하는 모든 탐사방법을 내포하는 광의의 검층(borehole logging)에 공곡(deviation)·formation tester·음향(acoustic)·자력(대자율)·전자기파·중력까지도 활용하는, 다양한 기기와 기술이 개발·발전되고 있으며, 그 중에서 지반조사 특히 토목지질 지반조사에 이용되는 협의의 검층까지 물리탐사 영역에 포함시켜 취급되고 있다.

4.1.2.2 지오토포그래피(geotomography)

의료용 단층촬영법(CT ; computed tomography)과 동일한 원리를 이용하여, 시추공과 시추공 사이·지표와 시추공 및 갱도 사이 등에 다수의 발진·수진점을 배치하고, 수신점에서 얻어진 다양한 방향에서 취득한 데이터를 역해석(inversion)하여 물성치의 분포를 재구성한 후, 정밀도가 높은 2차원 단면상으로 영상화하는 물리탐사 기술의 총칭으로, 탄성과·전기비저항·전자기파인 레이더 토모그래피도 실용화되어 있다.

탐사방법은 음원(seismic source)에서 발생된 탄성과 또는 전자기파가 지반매질을 통과하여, 수신되는 전파시간이나 진폭으로부터, 지나온 단면의 속도·흡수성·전기비저항과 같은 물성 분포를 영상화하는 기법이다.

이들을 원론적으로 구분하면 파선이론에 기초한 것과, 파동이론을 바탕으로 한 파의 산란 현상을 이용하는 회절 토모그래피로 구분하고, 전자를 투과 또는 주시역산(travel time) 토모그래피·seismic velocity tomogram으로도 구분하며, 후자를 진폭역산(amplitude) tomography·흡수율 seismic transparency tomogram으로도 구분한다.

이외에도 탄성과속도 분포를 영상화하기 위해 송·수신 배열상태를 달리하는 시추공간(cross hole) 토모그래피, VSP와 같이 하나의 시추공과 지표면에 의해 구성되는 수직 토모그래피, 반사법 자료를 이용하는 반사 토모그래피, 굴절법 토모그래피로도 구분하나, 대부분은 통상 2개의 시추공과 공간 지표를 둘러싼 시추공간 토모그래피 또는 굴절법 토모그래피가 대표적이다.

2차원 영상의 정밀도는 측선방향·측점배치·측정기기의 정밀도와 분해능력·해석 방법에 좌우되므로, 자료취득 전에 개략적인 지질구조를 파악하여, 지질구조선에 직교하는 방향으로 측선을 배치하고 목적하는 조사범위를 충족하도록 측정점을 배치하여야 하며, 반면 측선 하에 존재하지 않는 지하구조의 위상(ghost)이 해석단면에 표현되지 않도록 주의하여야 한다.

또한 측정에 이용되는 시추공·갱도의 심도·거리, 발진·수신점 간격, 취득 자료 등 현장상황과 목적·대상 등은 다양한 조건에 따라 적절하게 대처하여야 한다.

4.2 탄성과탐사의 개요

탄성과 탐사는 지진탐사라고도 하며, 지반에 전파되는 탄성파를 이용하여 지하지반 매질의 밀도 및 탄성과 속도 등 물성 차이를 조사하는 대표적인 물리탐사법으로 굴절(refraction)법과 반사(reflection)법이 있다.

구분	방식	원리		활용
굴절법	화약발파(발파법) stacking방식(중합법)	지층내에서의 탄성과 속도가	굴절	지반의 역학적 (암질)과 구조판정
반사법	얕은 심도 반사법 깊은 심도 반사법	서로 다른 지층 경계면에서	반사	지질구조(불연속면) 자원탐사 : 관련조사

그 외에도 표면파탐사법(Rayleigh파 탐사)과, 전자파의 반사를 이용한 지표레이더(GPR), 음원·음향(acoustic or sonic) 방사의 ultrasonic acoustic radar까지, 전자파동의 전파현상이 탄성파와 유사하여 이 분야에 포함시키기도 한다.

4.2.1 굴절(refraction)법 탄성과탐사

굴절법 탄성과탐사는 지표나 시추공 내에서 화약발파나 spike로 소규모 인공지진을 일으키면, 발생한 탄성파가 지반내로 전파되어 탄성이 서로 다른 지층 경계면에서 반사·굴절·회절되는데, 이때 굴절되어 되돌아오는 모든 실체파 중 주로 P파를 지표의 측선에 배열된 수진기로 수진·측정한 탄성과 속도분포로, 지하의 지질구조와 지반의 역학적(암질) 등의 정보를 파악하는 탐사방식이다.

토목지반조사에서는 큰 에너지가 발생하는 발파법이 많이 활용되고는 있으나, 발파방식에 의한 제반 문제들을 고려하고, 또한 20m 이하의 얕은 심도에서는 비폭약진원인 weight drop·sledge hammer(중추낙하)·seis-gun 등 작은 에너지원의 stacking방식의 진동을 반복(중복) 발생시켜서 관측기록을 얻는 중합법이 많이 활용되는 경향이다.

이 stacking방식은 각 수진기에서 수진된 진동파형을 기억 가산한 평균 진동파형을 구하는 방법으로, 불규칙한 노이즈의 상승 효과로 동일시간 영역과 위상이 강조된 양호한 관측 기록을 얻을 수 있으며, 절토지·landsliding지역·시가지·철도 또는 도로와 같이 화약 사용이 곤란하거나, 사용이 제한되는 지역에서의 구조물 기초지반이나 노이즈가 많은 곳에서는 대단히 효과적인 방법이다. 그러나 적은 에너지원이므로 탄성파의 도달 거리가 짧아 긴 터널 등 깊은 심도 조사에는 부적당하며, 1매의 기록자료를 얻는 데에도 여러번 반복해서 기진해야 하므로 작업능률이 저하되어 관측비도 또한 증가하게 된다.

탄성과탐사의 해석은 관측결과 얻어진 기록에서, 초동전파 시간을 읽고 시간-거리의 주시곡선을 작성하여, 탄성과 속도분포를 구하고 속도층 단면도로 표시하여, 표토나 풍화대층의 두께·기반암의 형상·암반내의 단층파쇄대 위치와 규모 등을 해석하고, 연관된 다른 조사자료도 함께 검토하여, 지반의 탄성과 속도와 지질·지층의 역학을 판정하게 된다.

4.2.1.1 지반 지층별 탄성과 속도

암반지층과 암석에서는 탄성과속도가 빠른 것은 단단하며 굳은 물체에서 탄성계수가 크고, 탄성과속도는 광물조성·입도·고결도·암석의 종류·2차질리·공극과 지하수의 유무·풍화 변질 등에 의해 탄성과 속도의 변화폭이 결정되며 일반적으로 400~6,000m/s를 보인다.

지층, 암석별 현장 탄성과(P파) 전파 속도표(m/sec)

구분	지층 및 암석	P파속도	구분	지층 및 암석	P파속도	구분	지층 및 암석	P파속도
신기(4기)	표토·loam 점토·건조 사력	350~750	중·고기 퇴적암층	사암층류	3,200~6,000	화성암	반암류	3,000~5,000
	화산 쇄설암	500~2,200		회록응회암층류	3,500~6,000		화강암류·반암류	4,000~6,000
	건조 사력	700~1,800		석회암층류	4,500~6,000		섬록·감람·회록암류	4,500~6,500
	사력	1,500~2,500		규암층류	4,500~7,000		반려암류	5,000~6,500
제3기층	응회암·집괴암	1,200~3,200	화산암	부석질용암	1,500~2,500	변성암	사문암류	1,500~5,000
	shale(혈암)	1,500~2,500		석영조면암	2,000~4,000		천매암류	2,500~4,500
	규질 shale·사암·응회각력암	2,000~4,000		안산암류	2,500~5,000		석영질편암 hornfels	3,500~7,000
중생	사암·역암·점판암	3,000~5,500		현무암류	3,500~5,500		편마암류	5,000~6,000

4.2.1.2 일반적인 측선 계획

육상 지표탐사에서의 측선계획은 측선의 길이와 측선수 및 방향을, 조사목적에 알맞게 배치하여 해석 정밀도를 만족시킬 수 있도록 수진점과 음원의 간격 및 탐사심도를 설정하여야 하며, 이때 최대 수진거리는 심도의 7~10배정도 되도록 결정하고, 수진점 간격은 얕은심도와 깊은 심도를 고려하여 주로 5m·10m간격으로 하며, 기진점은 보통 수진점 6~12점마다(30~60m) 선정하게 된다.

측 선 계 획			탄 성 파 탐 사 기 기		
geophone 계획, spread 당			종 류	규 격	수 량
수진점간격	5m	10m	geophone	4~40Hz, 12ch·24ch	1set
12ch	55m	110m	수진 케이블	24core·12단자, 200m/12ch	1~2roll
24ch	115m	230m	중계 케이블	48core·24성분, 200m/12·24ch	2~3roll
계 획 기 준			증폭기·기록기	24~48ch, A/D 일체형	1~2set
최대수진거리	탐사심도 7~10배		발파기·전화기	일체형	4~5대
수진점간격	5m간격·10m간격		발파모선·전화선		수백m
기진점간격	30m~60m, 수진점 6~12마다		측량기구	부품일체포함	1set
비 고	조사목적 고려		비 고	총중량	400kg 정도

측선상에 배열된 수진기(geophone)는 보통 12개 또는 24개를 사용하고, 설치된 일직선상의 수진기 들을 1 spread로 하며, 계획된 측선은 여러 개의 spread로 분할하여 측정하고 주시 곡선도를 작성한다.

지표의 수진기는 상하 진동성분의 속도형 geophone으로서, 고유주파수 10~40Hz 정도가 일반적으로 사용되나, 물로 채워진 시추공 내부·물속·해상탐사에서는 hydrophone이 사용되며, 재래식의 downhole test에는 3성분 geophone이 사용된다.

측정기기는 24 channel 또는 48 channel 증폭기(amplifier)와 A/D(analog/digital) converter (변환기), 자료저장장치(magnetic tape recorder) 등의 일체형 기록장치로 관측한다.

4.2.1.3 굴절법 탄성파탐사 능력 보정표

1km 이상	현지답사·자료검토·해석·측선설정·관측 k=(1-0.25log ℓ) ℓ	측선장(ℓ)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		보정계수(k)	1.0	1.85	2.64	3.4	4.13	4.83	5.52	6.19	6.85	7.5
1km 이하	계획준비·현지답사·자료검토·해석·측선설정·관측 k=0.22+0.78 ℓ	측선장(ℓ)	0.1이하	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
		보정계수(k)	0.3	0.38	0.45	0.53	0.61	0.69	0.77	0.84	0.92	1.0
측선장별(km)	보고서 집필 k=1.00+log ℓ	측선장(ℓ)	1.0이하		2.0		3.0		4.0		5.0이상	
		보정계수(k)	1.0		1.3		1.48		1.6		1.7	
비고	적설·한냉지 : 측선설정·관측비는 현지조건 감안 30%이상 할증.											

4.2.1.4 탄성과 탐사의 기술업무

굴절탄성파탐사(발파법·중합법; stacking)의 기술업무로서, 굴절·반사·회절되는 탄성과 현상의 탄성파속도·반사계수로 지반지질 상황을 추정하는 대표적인 탄성파탐사에 적용하여 그 결과를 판정하는 고도의 전문지식과 경험이 복합된 물리 탐사의 기술업무이다.

굴절법 탄성파(발파법·중합법)탐사 기술업무품

종별	세 목	구분 단위	계획준비 타협·협의 (건당)	현지답사 자료검토 (km당)	해석(km당), 수진간격별		보고서집필(건당) 평가·고찰·검토
					5m	10m	
직접인건비	기술사	인	3.0	1.0	2.2	1.8	1.5
	특급기술자	인	4.0	2.0	3.0	3.0	4.0
	고급기술자	인			4.0	3.0	
	중급기술자	인	2.0				
경비	소모품(해석)	식			인건비의 1%	인건비의 1%	
	승용차량 렌트	일		1.0			
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0			
	프로그램사용료	시간			17	12	12

4.2.1.5 탄성과 탐사의 조사업무

조사업무는 측선(점) 설정을 거쳐 측정·조사하는 현장수행업무이다.

가. 굴절법 탄성파탐사(발파법·중합법) 측선설정품

km당

종 별	세 목	규 격	간격 지형 단위	수진점 간격 5m			수진점 간격 10m		
				구릉지	보통산지	급준지	구릉지	보통산지	급준지
인건비	고급측량사	계획·측량	인	3.0	3.5	6.0	2.5	3.0	5.5
	중급측량사	계산·측량	인	3.0	3.5	6.0	2.5	3.0	5.5
	중급측량기능사	측량 보조	인	3.0	3.5	6.0	2.5	3.0	5.5
	초급측량기능사	측량 조력공	인	9.0	10.5	18.0	7.5	9.0	16.5
재료비	나무말뚝	6cm×6cm×60cm	본	200.0	200.0	200.0	100.0	100.0	100.0
기구손료	측량기구	부품포함 set	일	3.0	3.5	6.0	2.5	3.0	5.5
경 비	승합차량렌트	7~9인승	일	3.0	3.5	6.0	2.5	3.0	5.5
	여비 일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
비 고	지형구분	지형		구릉지		보통산지		급준지	
	기 준	지형경사		20° 이하		20° ~ 30°		30° 이상	

나. 탄성과 발파법 측정품

km당

종별	세 목	규 격	간격 지형 단위	수진점 간격 5m			수진점 간격 10m		
				구릉지	보통산지	급준지	구릉지	보통산지	급준지
인건비	중급기술자	총괄 계획·관측	인	4.0	5.0	7.0	3.0	4.0	6.0
	초급기술자	관측·정리	인	8.0	10.0	14.0	6.0	8.0	12.0
	중급기능사	화약취급공	인	2.0	2.5	3.5	1.5	2.0	3.0
	초급기능사	관측 보조	인	8.0	10.0	14.0	6.0	8.0	12.0
재료비	다이너마이트		kg	25.0	25.0	25.0	12.5	12.5	12.5
	전기뇌관		개	250.0	250.0	250.0	125.0	125.0	125.0
	절연테이프	19mm×20m	개	30.0	30.0	30.0	20.0	20.0	20.0
	발파모선소모	2core	m	60.0	60.0	60.0	40.0	40.0	40.0
	수진케이블소모	200m set, 20km 사용	set	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	건 전 지	발파기용6×4대×일수	개	48.0	60.0	84.0	36.0	48.0	72.0
	총 전 료	1회/일	회	2.0	2.5	3.5	1.5	2.0	3.0
	안전대책기구	표지판	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	소 모 품	재료비의	%	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
손 료	탄성파탐사기	일체형(수신기+증폭기+기록기 디지털)	일	2.0	2.5	3.5	1.5	2.0	3.0
	발 파 기	일체형	일	2.0	2.5	3.5	1.5	2.0	3.0
경 비	승합차량 렌트	7~9인승	일	2.0	2.5	3.5	1.5	2.0	3.0
	여비 일당 숙박		식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
비고	산림훼손복구·화약류 사용허가 수속·저장 취급소·발파용 시추공·보안요원 배치 별도								

다. 탄성과 중합법(stacking) 관측품

km당

종별	세 목	규 격	간격 지형 단위	수진점 간격 5m			수진점 간격 10m		
				구릉지	보통산지	급준지	구릉지	보통산지	급준지
인 건 비	중급기술자	총괄·계획·관측	인	7.0	9.0	13.0	5.0	7.0	11.0
	초급기술자	관측 정리	인	14.0	18.0	26.0	10.0	14.0	22.0
	중급기능사	stacking 관리	인	3.5	4.5	6.5	2.5	3.5	5.5
	초급기능사	관측 보조	인	14.0	18.0	26.0	10.0	14.0	22.0
재 료 비	절연테이프	19mm×20m	개	10.0	10.0	10.0	5.0	5.0	5.0
	수신기케이블소모	200m set, 20km사용	set	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	중계케이블소모	200m×2set	set	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	총 전 료	1회/일	회	3.5	4.5	6.5	2.5	3.5	5.5
	소 모 품	재료비의	%	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
손료	탄성파탐사기	디지털 중합	일	3.5	4.5	6.5	2.5	3.5	5.5
임차	승합차량 렌트	7~9인승	일	3.5	4.5	6.5	2.5	3.5	5.5
경비	여비 일당 숙박		식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

4.2.2 반사법(reflection) 탄성파탐사

반사법은 지표부에서 발생된 탄성파가 음향 impedance(탄성파속도×밀도)가, 서로 다른 지층 경계면(반사면)에서 반사되어 되돌아오는 미약한 반사신호들의 전파시간 및 진폭변화 상황을 수진·기록해서, 지하 반사면의 심도분포로부터 복잡한 지질구조를 파악하는 것으로, 지하심부(수km)의 석유·천연가스 등 지하자원과, 대규모 지질구조를 탐사하기 위한 목적으로 발전되었다.

원리는 지표레이더(GPR)나 음향측심법(echo sounding)과도 유사하나, 반사법 탄성파탐사의 성과는 반사단면으로부터 지하구조를 시각적으로 판독할 수 있도록 이미지화 한 것이 굴절법과는 다소 다르다. 이는 CDP 또는 CMP(common depth 또는 mid point, 공심점 혹은 공통반사점) 중합(stack)을 대상으로 하는 데이터 취득과, 전산기를 사용한 자료 처리가 3차원적인 자료획득 및 처리도 가능하게 하므로, 토목지반 지질분야에서는 천층 반사법과 시추공을 이용한 VSP(vertical seismic profiling) 및 토모그래피까지도 활용하고 있다.

4.2.2.1 천층반사법의 개요

천층반사법은 석유탐사에서 심부 반사법과 구분하여, 지반조사와 같이 상대적으로 얇은 심도 탐사에 적용되는 것이며 육상·해상·수상탐사로 분류되나, 본편에서는 육상만을 취급하고 해양편에서 단일·다중 채널을 취급코자 한다.

반사파는 지층의 음향 impedance에 비례하여 반사의 강도가 결정되고, 속도의 역전층(고속도층 하의 저속도층)이 있는 경우에도 측정가능 하며, 왕복주기를 나타내는 반사시간 단면(반사의 pattern)으로부터 지질상황이나 지층의 연속성을 파악할 수 있으며, 단층과 같은 구조선의 낙차·규모·경사 등도 추정할 수 있다.

해석은 CDP중합 과정에서 얻어진 구간속도가 지층의 탄성과 속도와 근사하므로, 시간 단면에서 반사면 해석으로 반사파의 초점을 찾게되고, 그 연속성과 패턴으로부터 음향적인 지층 구조로부터 심도추정이 가능해진다.

이에 더하여 시추공을 이용한 VSP와 이론적인 반사응답의 합성 반사파형을 사용하는 외에도, 주변의 기존지질조사 자료와 시추·물리검층 자료 등 지질 정보로부터 지질해석 단면을 작성하게 된다.

반사법은 조사지역의 환경조건과 지질구성 및 분해능에 적합한 자료 취득과 처리조건을 검토하여, 직선 또는 곡선으로 측선을 설정하고, 기진·수진 간격과 기진방법(폭약·비폭약)에 따른 기진 에너지와, 심도방향의 분해능 등에 관계되는 기진주파수는, 탐사심도까지 투과·반사되어 지표에 되돌아 올 수 있는 필요한 에너지 크기와, 작업 능률이나 비용 검토·수평 중합수·반사파의 S/N비 향상에 관계되는, 1회 기진에 대한 일련의 수진점 수 등의 검토를 거쳐 조사계획을 책정하고, 취득한 데이터에 포함된 미약한 반사신호는 강조하며, 잡음성분을 제거하는 기본처리와, 반사점의 위치를 보정하는 migration 처리도 할 수 있도록 해야 한다.

수진기는 1개소의 수진점에 복수로 설치하는 grouping 방식이 많이 채택되며, 이 수진기군의 중앙에서 기진하고, 측선 상에서 상대적인 위치 하에 측정 시스템을 이동하면서 데이터를 취득하는 반복전개와, 수진기군의 종단까지 그 연장상에서 기진하는 종단전개법이 있으나, 천층반사법탐사는 반복전개방식이 많이 쓰인다.

본 천층반사법은 지질구조탐사 이외에도, 퇴적구조 파악·복잡한 지질구조·활동층조사 등에 이용되고, 아주 얇은 천부를 대상으로 한 S파이용의 반사법으로, 지반개량 전후의 개량 효과를 반사파의 진폭이나 속도 등을 이용하여, 물성을 해석·판정하는 수단으로 확대·활용되고도 있다.

4.2.2.2 천층반사법탄성파탐사 능률보정표

100m 이상	답사검토·데이터처리, 해석 관측·측선설정 $k=(1.4-0.2\log \ell)\ell/100$ $k=1.51\log \ell -2$, 보고서집필	측선장(ℓ)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000이상
		보정계수(k)	1.0	1.88	2.71	3.52	4.30	5.07	5.82	6.56	7.28	8.0
		보정계수(k)	1.0	1.45	1.72	1.90	2.05	2.17	2.27	2.35	2.48	2.5
100m 이하	데이터처리 해석·관측 측선설정 $k=0.008\ell +0.2$	측선장(ℓ)	50이하	60	70	80	90	100				
		보정계수(k)	0.6	0.68	0.76	0.84	0.92	1.0				
500m 이하	계획준비 $k=0.715\log \ell -0.931$	측선장(ℓ)		100이하	200	300	400	500이상				
		보정계수(k)		0.5	0.71	0.84	0.93	1.0				

4.2.2.3 천층반사법 탄성파탐사 기술업무품

종별	세 목	구분 단위	계 획 · 준 비 건 당	현지답사·자료검토 100m당	데이터처리·해석 수진간격2m, 100m당	보고서 집필 평가·고찰·검토 100m/건당
직접인건비	기술사	인	3.0	0.3	3.0	1.5
	특급기술자	인	4.0	0.5	2.0	3.0
	고급기술자	인			3.0	
	중급기술자	인	2.0			
경비	전 산 비	시간			35.0	
	해석소모품	식			인건비의 1%	
	승용차량 렌트	일		0.5		
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0		

4.2.2.4 천층반사법 탄성파탐사 조사업무품(수진·기진점간격 2m) 100m당

종별	세 목	규 격	구분 단위	측 선 설 정		관 측	
				평지-구릉지	보통산지	평지-구릉지	보통산지
인건비	고급측량사	측량 계획	인	1.0	1.5		
	중급측량사	계산·측량	인	1.0	1.5		
	중급기술자	총괄 계획, 관측	인			4.0	5.0
	초급기술자	관측 정리	인			8.0	10.0
	중급측량기능사	측량 보조	인	1.0	1.5		
	초급측량기능사	측량 조력	인	3.0	4.5		
	중급기능사	화약취급공	인			2.0	2.5
	초급기능사	관측 보조	인			8.0	10.0
재료비	기록지	thermal plot	roll			1.0	1.0
	충전료	1회/일	회			2.0	2.0
	건전지	발파기용	개			6.0	6.0
	절연테이프	19mm×20m	개			5.0	5.0
	다이너마이트	25×100g	kg			2.0	2.0
	전기뇌관	순발	개			4.0	4.0
	발파모선소모	2core	m			50.0	50.0
	전선소모	trigger선	m			100.0	100.0
	수진기케이블소모 (10km사용)	48~90ch용 200m set	식			0.01	0.01
	중계케이블소모 (10km사용)	48~90ch용 100m set	식			0.01	0.01
	안전대책기구	안전표지판등	식			1.0	1.0
	나무말뚝	6cm×6cm×60cm	본	50.0	50.0		
	소모품	재료비의	%			2.5	2.5
기구손료	탐사기	48ch digital일체형	일			2.0	2.5
	발파기	기진용	일			2.0	2.5
	측량기구	부품포함set	일	1.0	1.5		
경비	승합차량렌트		일	1.0	1.5	2.0	2.5
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0	1.0

4.2.3 표면파탐사

일명 Rayleigh파 탐사 또는 정상진동법이라고 하는 새로운 탄성파탐사 기법이며, 기본적인 이론적 배경이나 측정 시스템은 탄성파탐사와는 다르다.

이 탐사법은 지중에 전파되는 탄성파동(진동) 중 종파(P파) 및 횡파(S파)에 의해 합성된 표면파(Rayleigh파)는 큰 에너지를 지니고 있으며, 주파수에 따라 속도가 달라지는 분산현상의 속도분포에서, 지하구조와 지반의 역학적 성질을 추정하는 방법이다.

Rayleigh파의 구간속도가 횡파(S파)속도와 유사(0.92배)한 것에서 파장별로 표면파의 구간속도를 계산하여, 깊이 변화에 따른 횡파속도 변화를 유추해 낼 수 있으며, 또 Rayleigh파의 평균속도-심도곡선에서 불연속점을 찾아내어 지하의 이상 개소를 검출하여 지하 공동이나 매설물 조사와 S파 속도분포 단면을 얻는데 활용한다.

가. 표면파 탐사의 특징

- 비파괴적인 미진동 기진기(5kg부터) 진원이므로 안전하게 조사 가능하다.
- 주파수 1Hz~10kHz 까지의 표면파를 1/1,000 간격으로 기진할 수 있어서 정밀도가 높고, 상세한 속도변화에 대응할 수 있다.
- 지반 중에 속도가 빠른 지층이 협재해 있어도 그 하부정보를 정확히 얻을 수 있다.
- 측정장치에 연산기(해석기)가 내장되어 있어서, 현장에서 즉시 탐사결과가 얻어진다.
- 좁은 스페이스(1점당 4~5m정도)에서도 직하의 지반상황 측정이 가능하다.
- 탐사심도 30~50m 정도면 일당 5점 정도의 측정이 가능하다.

나. 측정방법

기진기와 수신기를 직선상에 배치하고 측정심도 및 측정 대상층의 탄성속도에 알맞게 임의의 기진 주파수를 선정하여 단계적으로 지반에 진동을 주어, 각 주파수별로 전파되는 Rayleigh파 전파시간을 수신·측정한다.

다. 이용분야와 탐사한계

Rayleigh파의 파동에 기초하여 평균 속도를 비파괴적으로 구하는 방법이므로, 심도와 광역 조사에는 한계가 있으나, landsliding·진동(지진)지반·성토·조성지반 등 매립층의 다짐도 판별 등 소규모 일반 지반조사와, 지하의 공동·매설물·유적·유구 조사에 효과적인 탐사법이다.

탐사한계는 기진기의 능력에 지배되고, 지반의 감쇠정수와 지형지세에도 영향을 받으므로, 산악지대나 광범위한 지역과 지하심부까지 조사하는 댐이나 터널의 광역조사에는 부적합하며, 전용의 휴대형 탐사기도 개발되어 있다.

4.2.3.1 표면파탐사 능력 보정표

10점 이상	현지답사·자료검토·해석 측점설정·측정 $k=(1.25-0.25\log P)P/10$	측점수(P)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		보정계수(k)	1.0	1.85	2.64	3.4	4.13	4.83	5.52	6.19	6.85	7.5
10점 이하	계획준비·현지답사·자료검토·해석·측점설정·측정 $k=0.22+0.78P$	측점수(P)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		보정계수(k)	0.3	0.38	0.45	0.53	0.61	0.69	0.77	0.84	0.92	1.0
측점수 별(10점)	보고서 집필 $k=1.43\log P-0.43$	측점수(P)	10이하		20		30		40		50이상	
		보정계수(k)	1.0		1.43		1.68		1.86		2.0	

4.2.3.2 표면파(Rayleigh)탐사 기술업무품

종별	세 목	구분 단위	계획준비 타협·협의 (건당)	현지답사 자료검토 (10점당)	해석 심도별(m), (10점당)				보고서 집필 평가·고찰 (건당)
					10	20	30	50	
직접인건비	기술사	인	2.0	1.0	0.5	0.8	1.0	1.5	1.0
	특급기술자	인	3.0	2.0	1.0	1.5	2.0	3.0	3.0
	중급기술자	인	2.0		1.0	1.5	2.0	3.0	
경비	해석 소모품	식			인건비의 1%				
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0					

4.2.3.3 표면파탐사 조사업무(측점설정·측정)품

10점당

종별	세 목	규 격	구분 단위	측점설정	측정, 심도별(m)			
					10	20	30	40
인건비	중급기술자	총괄·계획·관측	인		1.6	2.0	3.0	4.0
	중급측량사	측점설정·측량	인	0.5				
	초급기술자	측정·정리	인		0.8	1.0	1.5	2.0
	중급측량기능사	측량보조	인	0.5				
	보통인부	기진기이동	인	0.5	0.8	1.0	3.0	4.0
재료비	나무말뚝	6cm×6cm×60cm	본	10.0				
	경 유	기진기 연료	ℓ		25.0	31.0	47.0	62.0
	기 록 지	6"×10ft	roll		0.5	0.7	1.0	1.5
	소 모 품	재료비의	%		10.0	10.0	10.0	10.0
기계 손료	표면파탐사기	측정차량포함	일		0.8	1.0	1.5	2.0
	측량기구	부품포함set	일	0.5				
비고	지형보정	지형	평지		구릉지		보통산지	
		지형경사	10°이하		10~20°		20°이상	
		보정계수	1.0		1.5		2.0	

4.2.4 상시미진동 측정

지반의 어느 곳에서도 어떤 원인에 의한 여러 성질의 미세한 진동이 발생되고 있으며, 그 중에서 0.5~20Hz 정도인 것을 상시미진동 또는 단주기 미진동·잡진동이라고 하며, 이는 지반내 실체파 중 S파(횡파)의 중복반사 현상이거나 표면파로부터의 영향이라고도 한다.

건물의 진동특성과 지진시의 지반거동 진동특성을 파악하여, 지진 방재대책을 수립하는데 이용되며, 측정기기는 지진시 지반의 특정주기와 상시미진동 특정주기가 비교적 상호 유사하기 때문에 고유주기 1초(주파수 1Hz) 정도의 수신기를 사용하나, 지반 진동성 중에 장주기 영역의 특성을 검출하기 위해서는 장주기 수신기(고유주기 10초 정도, 주파수 0.1Hz)를 사용하기도 한다.

측정은 보통 진동이 적을 때나 심야에 실시하고, 지반내의 측정점에서 측정할 때에는 시추공 굴착과 시추기능사가 별도로 동원되어야 한다.

해석은 전산기를 이용해서 측정된 파형기록을 주파수 분석으로 해석하여, 지반 종별 판정(암반·사질·사력층 및 점토질)과 지반의 증폭특성 파악 등 지하구조 탐사에 이용되기도 한다.

4.2.4.1 상시미진동 측정 기술업무품

종별	세 목	구분 단위	계획준비 타협협의의 (건당)	해석 (개소당)			보고서 집필 평가·고찰·검토 (건당)
				지표1점	지표1점, 지중2점		
					장주기 제외	장주기 포함	
직접인건비	기술사	인	2.0	0.5	1.0	1.0	0.5
	특급기술자	인	3.0	1.0	2.0	2.0	2.0
	고급기술자	인		3.0	6.0	8.0	
	중급기술자	인	1.0				
	초급기술자	인		3.0	6.0	8.0	
경비	해석 소모품	식		인건비의1%	인건비의1%	인건비의1%	
	미진동수록장치손료	일		1.0	1.0	1.0	
	스펙트럼 해석	trace		3.0	9.0	15.0	
	여비·일당·숙박	식	1.0				

4.2.4.2 상시미진동측정 조사업무품

개소당

종 별	세 목	규 격	구분 단위	지표1점	지표1점, 지중2점	
					장주기 제외	장주기 포함
인건비	중급기술자	측정·관리	인	3.0	4.5	4.5
	초급기술자	측정 보조	인	1.5	2.0	2.0
	중급기능사	시추기능공	인		1.0	1.0
	초급기능사	보링공	인		2.0	2.0
재료비	디 스 켓	φ3.5 "	매	1.0	1.0	1.0
	기 록 지	열감지식	roll	1.0	1.0	1.0
	소 모 품	재료비의	%	10.0	10.0	10.0
동력비	경 유	80HP	ℓ		34.0	34.0
	잡 유	경유의	%		20.0	20.0
기 계 기 구 손 료	환진기	▼ 지표용	일	3.0	3.0	3.0
	(전자식속도형 지진계 내장)	지중용	일		2.0	2.0
	미진동수록장치	▲ 장주기용	일			2.0
	시추장비	증폭모니터일체형	일	1.0	1.0	1.0
		200m형derrick포함	일		1.0	1.0
경 비	승용차량렌트		일	1.0	1.0	1.0
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0
비 고		지중용 시추공			시추공 형성비 별도	

4.3 전기·전자탐사

지반의 전기적 성질(전기전도도 또는 비저항 및 유전율)의 차이를 여러가지 방법으로 측정하여, 지하지반의 상태와 특성 등 지반 물성을 추정하는 탐사법으로, 전류의 흐름을 이용하는 탐사법(전기비저항)과 전자기 유도현상을 이용하는 탐사법(induction EM) 및, 전자파 전파현상을 이용하는 탐사법(GPR)으로 분류할 수 있으며, 지표탐사 방법과 시추공을 이용하는 시추공 탐사방법·항공탐사방법이 있다.

한편 유도분극(IP)탐사는 지하에 흘려보낸 일정한 전류를 갑자기 차단할 때 발생하는 2차 전위를 측정하여 지반상태를 파악하는 것으로 이 또한 전기·전자탐사법의 일종이다.

4.3.1 자연전위(SP ; self potential or spontaneous potential)탐사

SP탐사는 지하에서의 자연적인 산화와 환원에 의해 형성되어 존재하는 전위차를 측정·해석하여, 지하수 유동과 황화광물의 금속광상탐광(전도체 광상·유화광물 광상)에 이용해 왔으며, 지열대(온도차 구배에 의한 전위구배)·풍화대의 발달상태 파악·방조제 누수부위 탐지에 이용되기도 하였다.

측정방법으로는 하나의 전극을 조사지역에서 멀리 떨어진 곳에 설치하여 이를 자연전위의 기점으로 간주하고, 다른 전극을 각 측정점으로 이동하면서 기점에 대한 상대적인 전위차를 측정하여, 이를 절대전위로 간주하는 절대전위 측정방법과, 두 개의 전극을 일정간격(통상

측점 간격)으로 유지하면서 두 전극간의 전위차를 측정하여, 이를 측정 간격으로 나누어준 전위 변화율(gradient)을 구하는 방법으로 분류하고, 전극과 대지간에 분극현상이 발생되지 않도록 제작된 비분극전극을 사용하여 측정해야 한다.

4.3.2 전기비저항(electrical resistivity)탐사

자연상태의 암석·광물·지반암체의 단위체적당 전기비저항 크기는 암석의 공극율·공극의 유체포화물·유체의 성질·조암광물의 종류·암석 구성입자의 크기 및 성질, 암석의 고화도 등에 따라 다르게 나타나며, 지반 내의 파쇄대·균열대·단층 및 기타 지질구조 등의 전기비저항 변화에 영향을 미치므로, 이들의 조사에는 인위적으로 전류를 흘려보내서, 전위분포로부터 전기비저항을 구하여 지하정보를 얻는다.

지반의 겉보기비저항 분포를 측정한 후 각층의 진비저항치를 산출하여, 점성토층·사력층·풍화대 등의 지층분포 두께와 기반암의 형상 등을 추정하고, 대수층의 두께와 심도·landsliding층의 두께와 형태 판정 등, 탄성과 탐사로서는 파악하기 어려운 고속도·저속도 협재층을 검출하는 목적으로도 활용된다.

전기비저항탐사는 탐사목적과 대상체에 따른 최적의 전극배열 방법·범위선정·가탐심도·전원공급장치·측정장치 등 기기의 성능 등의 조건에 따라 배치가 되어야 하며, 누전방지를 위한 전선 연결상태·전극의 접지불량 상태 등을 점검해야 하고, 전극배열 방법 및 전개 방법에 따라 수평·수직(1차원)·2차원·3차원탐사법으로 구분한다.

수평법은 전극간격을 변화시키지 않고, 전극배열 전체를 일정간격으로 측선 상에서 이동시키면서 측정위치의 변화에 따른 수평적 변화를 조사하는 방법으로, Wenner·삼점법 및 쌍극자 전극배치가 주로 이용되고 있으며, 지하수 분포의 개략조사·단층 파쇄대·변질대 검출에 적합하다.

수직법은 전극 배열의 중심점을 측점에 두고 고정한 채, 전극간 간격을 변화시키며 수직적 변화를 측정하는 것으로, Schlumberger 배열법과 Wenner 배열법을 이용할 수 있으며, 대지에 공급되는 전류가 전류전극 사이의 간격이 넓어질수록 보다 깊은 곳을 통과하므로, 심부의 정보를 반영하게 된다.

Wenner 배열법은 중심점을 그대로 유지하면서 전위와 전류전극 들의 간격을 동일하게 유지하면서 바깥쪽으로 점차 증가시키나, Schlumberger 배열법은 중간의 전위전극을 고정하고 전류전극만 중심으로부터 양측으로 간격을 넓혀가며 이동시키므로, 작업이 보다 간편하고 자료획득이 조금은 편리하다.

전극간의 간격·전극의 전개범위 및 방법에 따라 어느 배열법도 수평·수직탐사가 가능하나, 전극배치는 일반적으로 50~100m 정도의 천부탐사에는 Wenner방법이, 100m 이상의 심부탐사에는 Schlumberger방법이 보다 효과적이다.

쌍극자배열법(dipole-dipole)은 전위 및 전류전극 간격을 모두 일정하게 고정하고, 단계적으로 이동하면서 전위차를 측정하는 방법으로, 이는 신속하게 2차원적 수직-수평탐사를 할 수 있으므로 광역적인 지층 및 구조파악에 장점이 있다.

최근에는 컴퓨터의 발전에 따라 역해석 방법을 이용한 2차원 영상표시의 고밀도 해석방법이 활용되고, 시추공을 이용한 비저항 토모그래피도 할 수 있도록 한 고밀도 전기탐사의 한 예로 비저항영상해석법이 시행되기도 한다.

또 지반의 전기적 분극효과(IP효과)를 측정하는 IP법(induced polarization; 유도분극), 전자탐사의 VLF법(very low frequency; 초저주파)·MT법(magnetotellurics; 자기지전류)·CSAMT(controlled source audio frequency MT; 인공송신원) 등도 광의의 전기탐사에 속하고, 지하수 분포와 단층·파쇄대·변질대 등의 조사에 이용되며, 토목기초지반 지질조사 분야에서는 특수하게 취급되고 있다. 그러나 MT법·CSAMT·3차원전기탐사 등은 일반적으로는 사용되지 않고 특별한 경우에만 적용되므로, 본품에서는 취급하지 않았으며 이 방법을 적용하는 경우는 실비정액가산방식으로 적용함이 타당할 것으로 사료된다.

4.3.2.1 조사계획 및 측정상의 유의사항

- 예비조사로 지형 및 지질구조를 파악하고, 탐사심도와 지층상태를 추정하여, 탐사구역의 측선·측점배치를 목적과 조사대상에 알맞도록 결정한다.
- 2차원 탐사시 측정방향은 지형과 지질을 고려하여 가능하면 주향에 수직방향으로 직선이 되도록 설정한다.
- 측점간격은 탐사심도와 목적에 따라 결정된다.
- 전극간격도 수직법에서는 대수적으로 10m까지는 1m마다, 20m까지는 2m, 30m까지는 3~5m, 50m까지는 10m씩 증가시켜 배치하고, 수평에서는 1m·2m·4m·6m·8m식으로 최대 탐사심도를 근거로 정수 확대한다.
- 최대전극간격(측선장)은 Wenner식일 때는 탐사심도의 3배, Schlumberger식일 때는 2배 정도를 고려해서 측선을 설정한다.

4.3.2.2 일반적인 지층 및 암석의 비저항값($\Omega \cdot m$)

지층 및 암석	비저항값($\Omega \cdot m$)	지층 및 암석	비저항값($\Omega \cdot m$)	지층 및 암석	비저항값($\Omega \cdot m$)
시추 이수	0.4~4×10	shale(혈암)	2×10~5×10 ³	안 산 암	4×10~4×10 ⁴
점 토	0.7~2×10 ²	현 무 암	2×10~7×10 ³	마른자갈	10 ² ~7×10 ³
지 하 수	1~4×10 ²	점 판 암	2×10~4×10 ²	화산재·모래	10 ² ~4×10 ³
하 천 수	2×10~3×10 ²	사 암	2×10~8×10 ²	회록응회암	2×10 ² ~10 ³
이암, shale	3×10~2×10 ²	응 회 암	2×10~7×10 ²	사 문 암	2×10 ² ~3×10 ³
점토섞인 모래	10~10 ³	일반 표토	2×10~3×10 ³	안산암질각력응회암	2×10 ² ~5×10 ⁴
모래섞인 점토	10~3×10 ²	점토섞인 자갈	3×10~10 ³	결정편암·편마암	2×10 ² ~3×10 ⁴
젖은 모래	10~2×10 ³	규 암	3×10~2×10 ⁴	화 강 암	3×10 ² ~5×10 ⁴
젖은 자갈	2×10~10 ³	집 괴 암	4×10~3×10 ²	섬 록 암	10 ³ ~5×10 ⁴

지반의 비저항은 구성암석과 지층의 입도조성·간극비·간극수의 비저항과 함수율에 좌우되어, 전기전도성 물질의 함량이 많은 점토광물은 매우 낮은 값을 갖는다. 동일지층에서도 광범위한 비저항 값을 갖는데, 습하거나 연질지층이나 암석은 그 값이 낮고, 건조하거나 굳은 지층 및 암석은 높은 값으로 불량도체에 가까워진다.

4.3.2.3 전기비저항탐사(수직법·수평법) 능력 보정표

10점 1km 이상	탐사검토·해석·설정 측선(점)설정 관측 $k=(1.25-0.25\log P)P/10$ $k=(1-0.25\log \ell)\ell$	측점수(P)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100이상
		측선장(ℓ)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10이상
		보정계수(k)	1.0	1.85	2.64	3.4	4.13	4.83	5.52	6.19	6.85	7.5
10점 1km 이하	계획준비·답사검토·해석 측선(점)설정·관측 $k=0.22+0.078P$ $k=0.22+0.78\ell$	측점수(P)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		측선장(ℓ)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
		보정계수(k)	0.3	0.38	0.45	0.53	0.61	0.69	0.77	0.84	0.92	1.0
측점수 측선장 별	보고서집필 $k=1.43\log P-0.43$ $k=1.43\log \ell+1.0$	측점수(P)	10이하		20		30		40		50이상	
		측선장(ℓ)	1이하		2		3		4		5이상	
		보정계수(k)	1.0		1.43		1.68		1.86		2.0	

4.3.2.4 전기비저항탐사(수직법·수평법) 기술업무

지반의 전기전도도 차이를 직류전기를 이용하여 전기비저항을 측정하는 가장 보편적이고 대표적인 전기비저항 측정방법으로 지층 및 지질구조를 추정하는 기술업무이다.

전기비저항탐사(수직법·수평법) 기술업무품

종별	세 목	구분 단위	계획준비 (건당)	답사·검토 (10점당, km당)	수직탐사심도 및 최대전극간격별 해석 (10점당)				수평탐사 해석 (km당)	보고서 집필 (건당)
					30m ~ 100m	50m ~ 150m	100m ~ 300m	200m ~ 600m		
직 접 인 건 비	기 술 사	인	2.0	1.0	0.5	1.0	1.2	1.5	1.0	1.0
	특급기술자	인	3.0	2.0	1.5	2.0	2.5	4.0	3.0	4.0
	고급기술자	인							5.0	
	중급기술자	인	2.0		1.5	2.0	2.5	4.0	5.0	
	초급기술자	인							8.0	
경 비	해석 소모품	식			인건비의 1%					
	승용차량 렌트	일		1.0						
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0						

4.3.2.5 전기비저항탐사 조사업무

현지답사로서 선정된 방법(수직·수평)에 따라 측선(점)설정 후 관측하여 그 자료가 정리되어 해석할 수 있도록 대비하는 현장조사 업무이다.

가. 전기비저항수직탐사 측정설정품

10점당

종별	세 목	규 격	구분 단위	탐사심도 및 최대전극간격별(m)				비 고
				30~100	50~150	100~300	200~600	
인건비	중급측량사	측량·계산	인	1.0	1.5	2.0	3.0	최대전극 간격≦ 탐사심도 ×3배
	중급측량기능사	측량 보조	인	1.0	1.5	2.0	3.0	
	초급측량기능사	측량 조력공	인	2.0	3.0	4.0	6.0	
재료비	나무말뚝	6cm×6cm×60cm	본	30.0	40.0	70.0	130.0	매50m당1본
기구손료	측량기구	부품포함set	일	1.0	1.5	2.0	3.0	
경 비	승합차량렌트	7~9인승	일	1.0	1.5	2.0	3.0	벌채불필요
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0	1.0	
비 고	삼림벌채시의 지형 경사 보정	20° 이하	벌채 필요시	2	2	3	4	1.0
		20 ~ 30°		3	3	4.5	6	1.3
		30° 이상		4	4	6	8	2.0
	수준측량	B.M(기준점)이 1km 이상일 때는 공통가설의 수준측량을 가산						

나. 전기비저항수평탐사 측선설정품

km당

종 별	세 목	규 격	구분 단위	벌채불필요			벌채필요		
				구릉지	보통산지	급준지	구릉지	보통산지	급준지
인건비	고급측량사	계획·측량	인	1.5	1.8	3.0	2.5	3.0	5.5
	중급측량사	계산·측량	인	1.5	1.8	3.0	2.5	3.0	5.5
	중급측량기능사	측량보조	인	1.5	1.8	3.0	2.5	3.0	5.5
	초급측량기능사	측량조력공	인	3.0	5.4	9.0	7.5	9.0	16.5
재료비	나무말뚝	6cm×6cm×60cm	본	100	100	100	100	100	100
기구손료	측량기구	부품포함set	일	1.5	1.8	3.0	2.5	3.0	5.5
경 비	승합차량렌트	7~9인승	일	1.5	1.8	3.0	2.5	3.0	5.5
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
비 고	수준측량	B.M(기준점)이 1km이상일 때는 공통가설의 수준측량 품을 가산							

다. 전기비저항(수직법·수평법) 관측품

종별	세 목	규 격	구분 단위	수직탐사심도 및 최대전극간격별(m), (10점 당)				수평탐사 관측비 (km당)
				30~100	50~150	100~300	200~600	
인 건 비	중급기술자	총괄·계획·관측	인	2.0	3.0	4.0	6.0	6.0
	초급기술자	관측·정리	인	2.0	3.0	4.0	9.0	8.0
	조 력 공	일용관측보조자	인	2.0	3.0	6.0	12.0	16.0
재 료 비	충 전 료	12V 1회/일	회	1.0	2.0	2.0	3.0	4.0
	절연테이프	19mm×20m	개	1.0	1.0	1.0	1.0	8.0
	전선소모	2core	m	50.0	100.0	250.0	400.0	100.0
	전극소모	전극봉	본	1.0	2.0	4.0	8.0	2.0
	소 모 품	재료비의	%	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
경비	전기탐사기	7~9인승	일	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
	승합차량렌트		일	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
비고	지형보정	수직, 수평		지형	평지-구릉지	보통산지	급준지	
				경사	20°이하	20~30°	30°이상	
				보정계수	1.0	1.3	2.0	
	수평탐사는 평탄한 지형에서 탐사심도 30~50m를 기준으로 측정간격 10m·측점수 100점·한 측점에서 각각 8~12회 측정하고, 매 50m마다 1점 수직해석하는 조건임.							

4.3.3 전기비저항 2차원탐사

비저항 2차원탐사도 전기탐사 직류 비저항법의 일종이지만, 수평과 수직법을 조합한 조사 방법으로, 광역적인 지하의 구조가 비교적 복잡한 2차원 구조이기 때문에, 지표 측선상에 배치된 전극만을 이용하여 얻은 자료에서 컴퓨터에 의해 역해석(inversion) 방법을 활용하여, 지하의 진비저항 분포를 2차원 단면화상으로 구하는 방법으로, 탐사기술과 전산기술이 복합 발전된 보다 정밀한 해석이 가능한 탐사법으로, 비저항 토모그래피와는 구별된다.

전극배치도 조사지역의 조건과 목적에 따라, 2극·3극·4극법으로 분류하여 사용되고 있으며, 2극법은 1set의 전극(전류전극 C_2 와 전위전극 P_2)을 양측의 무한 연장지점(원거리전극, 최대 측정심도에 대한 최대 전극간격의 10배 이상 15배정도)에 고정하고, 다른 1set의 전극(C_1 과 P_1)만을 측선을 따라 이동·전개(이동전극)해서 지층의 비저항을 측정하는 것이 2극법이고, 이동전극의 수에 따라 3극·4극법으로 분류된다.

따라서 쌍극자배열법(dipole-dipole)이 선호되나, pole-dipole배열이나 Wenner배열법도 이용되며, 전극간격이 좁으면 얇은 심도(20~30m)에 대해 정밀도가 높고, 전극간격이 넓으면 심부탐사가 가능하나 정밀도가 저하되고, 원거리 전극 배치 때문에도 제약을 받게되고 얇은 심도 탐사에는 노이즈에도 주의해야 한다.

측선장 1km당 표준취득 데이터수(탐사심도, 전극간격 별)

탐사심도(m)		30	50	75	100	150	200	225
전극간격(m)		2	2.5	5	5	10	10	15
데이터 수	2극	7,395	7,810	2,895	3,810	1,395	1,810	900
	4극	7,260	7,580	2,760	3,580	1,260	1,580	765

해석방법에는 α -center법과 유한요소법(FEM, finite element method, 수치 modeling 법)이 있으며, 전산기에 의한 역해석(inversion) 수법을 이용하여 초기 모델에서 계산된 전위의 이론치와 실측치를 비교하고, 잔차가 최소화될 때까지 계산을 반복하고, 모델 단면을 수정하여 해석하며, 이때 해석 단면 주변부에서 해석 정밀도(신뢰도)가 저하되고, 실제 측선하에는 존재하지 않는 지하구조의 위상(ghost)이 나타나는 경우가 있으므로 유의해야 한다.

이 탐사방법은 다른 전기탐사에 비해 정밀도가 높고 고분해능이므로 지하구조를 비교적 상세히 조사코자 할 때 효과적이며, 터널·댐·landsliding·지하수·온천 및 단층 등의 구조 조사에 적합하며, 탄성파탐사와 시추 등 다른 조사와 병행하여 이용하는 것이 더욱 효과적이다.

4.3.3.1 전기비저항 2차원탐사 능력 보정표

1km 이상	답사검토 데이터처리 해석·측정 $k=(1-0.25\log \ell)\ell$	측선장(ℓ)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		보정계수(k)	1.0	1.85	2.64	3.4	4.13	4.83	5.52	6.19	6.85	7.5
1km 이하	계획준비·답사검토·data 처리·해석·측선설정·측정 $k=0.22+0.78\ell$	측선장(ℓ)	0.1이하	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
		보정계수(k)	0.3	0.38	0.45	0.53	0.61	0.69	0.77	0.84	0.92	1.0
측선장 (km 별)	보고서 집필 $k=1+1.43\log \ell$	측선장(ℓ)	1이하	2	3	4	5이상					
		보정계수(k)	1.0	1.43	1.68	1.86	2.0					

4.3.3.2 전기비저항 2차원탐사 기술업무

고분해능의 영상(image profiling) 기법으로서, 전기탐사를 수행하기 어렵고 비효율적인 산악지형이나, 해안 근처의 지반에서도 탐사가 가능하다. 해석 가능한 구조의 분해능은 지표 부근에서 최소 전극간격으로 크게 하고 심부로 갈수록 점차 저하되게 하는 것이 효과적이며, 전극 간격은 탐사심도의 1/10~1/15 정도로 하고, 측선은 탐사 예정구간 양측에 탐사심도의 1/2~1배정도 설정하여, 측선장을 탐사 예정구간보다 길게 결정한다. 4극법인 경우에는 원전극이 불필요하며, 기술업무는 이상의 제반사항을 면밀히 검토하여 결과자료를 얻어 해석 판단하는 업무영역이다.

전기비저항 2차원탐사 기술업무품

종별	세 목	구분 단위	계획·준비 (건당)	답사·검토 (km당)	자료 처리·해석 (km당) (심도/전극간격)				보고서집필 (건당)
					30m (2.0m)	50m (2.5m)	100m (5.0m)	200m (10.0m)	
직접인건비	기술사	인	3.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	1.5
	특급기술자	인	4.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	4.0
	고급기술자	인			4.0	4.0	2.0	1.0	
	중급기술자	인	2.0		11.0	11.0	7.0	5.0	
	초급기술자	인			8.0	8.0	4.0	2.0	
경비	프로그램사용료	시간			20.5	21.7	10.5	5.0	
	해석소모품	식			인건비의 1%				
	승용차량렌트	일		1.0					
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0					
비고	표준데이터수	2극법			7,395	7,810	3,810	1,810	

4.3.3.3 전기비저항 2차원탐사 조사업무

선정된 전극배열 방법에 따라 측량으로 측선을 설정하고 탐사장비와 측정팀이 투입되어 측정하여 자료를 확보한다.

가. 전기비저항 2차원탐사 측선설정품

km당

종별	세 목	규 격	구분 단위	측정(탐사)심도 / 전극간격별			
				30m (2.0m)	50m (2.5m)	100m (5.0m)	200m (10.0m)
인건비	고급측량사	계획·측량	인	7.0	5.5	3.5	3.0
	중급측량사	계산·측량	인	7.0	5.5	3.5	3.0
	중급측량기능사	측량보조	인	7.0	5.5	3.5	3.0
	초급측량기능사	측량조력공	인	21.0	16.5	10.5	9.0
재료비	나무말뚝	6cm×6cm×60cm	본	500.0	400.0	200.0	100.0
손료	측량기구	부품포함set	일	7.0	5.5	3.5	3.0
경비	승합차량렌트	7~9인승	일	7.0	5.5	3.5	3.0
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0	1.0
비고	지형보정			지 형	평지-구릉지	보통산지	급준지
				지형경사	20°이하	20 ~ 30°	30°이상
				보정계수	0.85	1.0	1.77

나. 전기비저항 2차원탐사 측정품

km당

종별	세 목	규 격	구분 단위	측정(탐사)심도, 전극간격별(m)			
				30m (2.0m)	50m (2.5m)	100m (5.0m)	200m (10.0m)
인 건 비	중급기술자	총괄·계획·측정	인	24.0	24.0	16.0	12.0
	초급기술자	측정·정리	인	24.0	24.0	16.0	12.0
	중급기능사	장비관리, 측정	인	12.0	12.0	8.0	6.0
	조력공	일용측정보조자	인	48.0	48.0	32.0	24.0
재 료 비	총 전 료	1회/일	회	12.0	12.0	8.0	6.0
	절연테이프	19mm×20m	개	30.0	30.0	20.0	15.0
	지표등간격케이블소모	20km사용	set	0.05	0.05	0.05	0.05
	전극소모	전압전극봉	본	5.0	5.0	5.0	5.0
	소모품	재료비의	%	10.0	10.0	10.0	10.0
기기 손료	전기탐사기	2차원영상법	일	12.0	12.0	8.0	6.0
	컴퓨터		일	12.0	12.0	8.0	6.0
경비	승합차량렌트	7~9인승	일	12.0	12.0	8.0	6.0
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0	1.0
비고	지형보정			지형	평지-구릉지	보통산지	급준지
				지형경사	20°이하	20 ~ 30°	30°이상
				보정계수	0.77	1.0	1.54

4.3.4 지표 레이더탐사(GPR ; ground probing or penetrating radar)

radar(radio detecting and ranging)라는 전자기 유도현상(유전율, 전기전도도)의 활용으로, 발생된 전자기파 방사(탄성파와 유사) 파동의 전파현상을 이용하는 전자기탐사의 일종으로, 선박·항공기 등에서 이용되는 레이더의 원리를 지중에 적용하여, 전자파를 방사하고 반사·산란되는 특성을 측정하는 것으로, 지하의 상태인 불균질대·파쇄대·지층의 불연속면·지하 매설물·공동·동토지역의 얼음두께 및 상태·매설관·매장문화재 탐사와 지하 토층구조 등의 조사에 이용된다.

지중에 전파하는 전자파는 유전률이 상이한 경계(함수율·공극율·비저항·대자율 등)에서 반사되므로 이를 이용하여 지하지질상태 판단이 가능하다. 전자기파 pulse인 레이더파는 감쇠가 크고 투과력이 약하여, 비저항이 낮은 지층에서는 가탐심도가 극히 얇아 4~5m 정도가 한계이며, 고주파를 이용하면 분해능은 높게 되나 탐사심도는 얇게 되고, 저주파를 이용하면 탐사심도는 깊게 되나 분해능이 저하된다.

지표레이더는 탐사심도와 분해능의 면에서, 극히 얇은 지하구조를 상세히 조사하여 고해상도로 영상화하는 탐사법으로, 수십 MHz에서 수 GHz의 고주파를 사용하나 보통 80MHz~1GHz 정도가 많이 사용되고, 150MHz에서 점성토층은 1~2m·토사층(loam)은 3~4m 정도 투과한다. 그러나 지하수위가 높은 지반에서는 투과심도가 얇고, 염수나 해수에서는 사용할 수 없으며, 평지와 구릉지에서도 지표면에 지나친 요철이나 장애물이 없어야 한다.

지표 레이더 시스템은 고주파 pulse 신호를 방사하므로 송·수신안테나 시스템 선택이 중요하며, 지표형·bore hole형·air borne형·수상형의 4종이 있다. 지표형은 송·수신안테나의 간격을 일정하게 유지시킨 일체형을, 측선상에서 이동해 가면서 측선하의 반사면 형상을 시간단면으로 기록하여, 지하구조를 직접적으로 파악하는 profiling 측정법과, 송신 안테나를 어느 한 점에 고정하고 수신 안테나만을 이동시켜, 전자파의 관측주시에서 지중의 전자파 속도 분포를 구하는 분리형 안테나 시스템의 wide angle 측정법으로 분류할 수 있다.

따라서 시추공 간 암반내의 파쇄대·층리면·암맥·암반 경계면 등의 불균질대를 규명할 수 있고, TBM(tunnel boring machine)과 같은 암반내의 터널 굴착시에 전진 시추공을 이용한 굴진 전방의 정보를 쉽게 파악할 수 있어서, 지하철·연약 지반내의 NATM공·지하 폐기물 저장소·고속전철 터널 등에서, 지하 지질상태·구조 등의 지질공학적·수문학적으로 철저한 규명이 요구되는 대규모 지하 공간 이용을 목적으로 하는 사회 간접투자 사업인 지하 교통수단, 통신·전력 공급망의 지하 매설, 도시 계획 중의 상·하수도망 건설, 원유·가스의 지하 비축기지, 원자력 폐기물 저장소 등이나 석재자원 개발에서의 경제성·안정성 제고에 이용되기도 한다.

4.3.4.1 지표 레이더 탐사 능력 보정표

1km 10개소 이상	답사검토·해석, 측선설정·측정(개소/km) k=(1-0.3log ℓ) ℓ k=(1.3-0.3logn)n/10	측선장(ℓ)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10이상
		개소(n)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100이상
		보정 계수(k)	1.0	1.82	2.57	3.28	3.95	4.6	5.23	5.83	6.42	7.0
1km 10개소 이하	계획준비·답사검토·해석 측선설정·측정(개소/km) k=0.22+0.78 ℓ k=0.22+0.078n	측선장(ℓ)	0.1이하	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
		개소(n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		보정 계수(k)	0.3	0.38	0.45	0.53	0.61	0.69	0.77	0.84	0.92	1.0
측선장 측정 개소별	보고서집필(개소/km) k=1+0.715log ℓ k=0.285+0.715logn	측선장(ℓ)	1이하	2		3		4		5이상		
		개소(n)	10이하	20		30		40		50이상		
		보정 계수(k)	1.0	1.22		1.34		1.43		1.5		
비고	별도 및 할증적용	도로교통안전원, 교통대책은 공통가설비품적용 별도. 적설한냉지대 제설비 별도, 측선설정비 30%이상 할증										

4.3.4.2 지표 레이더 탐사 수행 업무별 품

수행업무별			기 술 업 무				조사업무	
종별	세 목	구분 단위	계 획 · 준 비 (건 당)	현 지 답 사 자 료 검 토 (km · 10개 소)	해 석 · 자 료 처 리 (km · 10개 소)	보 고 서 집 필 (건 당)	측 선 설 정 (km · 10개 소)	측 정 (km · 10개 소)
직접인건비	기 술 사	인	1.0	0.5	0.5	0.5		
	특급기술자	인	2.0	1.0	1.0	3.0		
	중급기술자	인	2.0		2.0			
	초급기술자	인			2.0			
인건비	중급기술자	인						1.0
	중급측량사	인					0.5	
	초급기술자	인						0.5
	중급기능사	인						1.0
	중급측량기능사	인					0.5	
재료비	나무말뚝 6×6×60	본					20.0	
	자기 테이프	roll						2.0
	필름	통						1.0
	소모품	식			인건비의10%			재료비의10%
손료	지표레이더	일						0.5
	측량기구set	일					1.0	
경비	승용차량렌트	일		1.0			0.5	0.5
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0			1.0	1.0

4.4 해양조사

해양조사는 두 가지로 분류된다. 음파를 이용하여 수심(해저지형)·해저면(해저의 평면적 지반 형태)·해저지반(퇴적구조와 지반심도) 등을 조사하는 음파탐사와, 해저퇴적물을 채취하여 제반 지질공학적인 특성(물성)을 분석하는 시료채취이다.

4.4.1 음파탐사

음파탐사의 원리는 적절한 주파수 대역의 음향신호를 수중에서 발생시키면, 해저면이나 해저 퇴적층지반의 음향학적 불연속면에서 되돌아오는 미약한 반사와 음향신호를, 연속적이고 반복적으로 수신하고 기록하여, 조사측선에 대한 해저의 지질 상태를 파악하는 것이다.

음파탐사의 구분은 해저수심을 조사하는 음향측심(echosounding), 해저면을 2차원적인 평면형태로 조사하는 해저면조사(seafloor mapping), 그리고 해저퇴적층의 형태와 두께(암심)를 조사하는 지반조사(sub-bottom profiling) 등 세가지 유형으로 분류할 수 있다.

4.4.1.1 음파특성

음파의 일반적인 특성은 고주파 음원일수록 해상력(resolution)은 향상되지만, 투과력(penetration)이 저하되며 저주파는 그 반대로 나타난다. 수심측량과 해저면 조사에서는 주로 고주파 음원을 사용하는데, 수중에서 발신된 음향에너지의 대부분이 해저에 투과되지 않고, 다시 반사되어 되돌아와야 효과적이기 때문이다. 그러나 해저지반조사에서는 음향 에너지가 해저 퇴적층을 투과해야 하므로 저주파 음원을 사용한다. 또한 음향에너지의 감쇠량(attenuation) 입장에서는 고주파보다는 저주파가 손실이 적으므로, 심해용일수록 채택되는 음원의 주파수는 낮아진다. 따라서 해양조사의 대상과 목적에 따라서 채택되는 음원의 주파수 대역이 조금씩 다르게 된다.

음파특성에 따른 해양조사의 적용분야

음파특성				해양조사 적용분야		
음원	해상력	투과력	감쇠량	수심측량 (echosounding)	해저면조사 (seafloor mapping)	해저지반조사 (sub-bottom profiling)
고주파	증가	감소	증가	천해용	고해상 정밀조사	천부퇴적층
저주파	감소	증가	감소	심해용	저해상 광역조사	심부퇴적층

4.4.1.2 수심측량

해저수심은 수면에서 발신된 음파가 해저면에서 되돌아 올 때까지의 소요시간을 측정하고, 수중에서의 음속(약 1,500m/sec)을 적용하여 거리로 환산하는 원리를 이용한 음향측심기(echosounding)로, 음파를 연속적으로 발신하고 수신하는 과정을 반복하여 기록하도록 설계된 장비로, 측량된 수심자료는 롤(roll) 형태의 기록지로 출력되며 디지털 자료로 변환되어 hard disk에 저장된다. 음향 주파수는 천해용의 경우 200kHz 정도이며, 측량가능 수심은 약 200m 까지이다. 심해용은 측량할 수심에 따라서 차이는 있지만 12~34kHz의 주파수 대역에서 10,000m 정도까지 가능하다.

음향측심기는 음파를 발신·수신하는 송수파기의 형태에 따라서 single beam과 multi beam 두 가지로 구분된다. single beam은 선박이 항해한 조사측선 직하부에 대한 수심자료가 획득되지만, multi beam은 항해하는 조사측선을 중심으로 수심의 약 2~3배 정도의 면적에 대한 수심자료를 획득할 수 있다. 따라서 multi beam이 대단히 경제적이지만 조사장비가 고가이고, 획득되는 자료의 양이 방대하여 자료처리에 많은 시간과 전문인력이 요구되는 반면, single beam으로 측량한 조사결과보다 훨씬 상세한 해저 정보를 얻을 수 있으며, GIS(지리정보)와 연계된 해저지형의 입체적인 모의구현(3-D simulation) 등 그 활동 분야가 다양하다.

4.4.1.3 해저면조사

해저면을 평면적인 개념으로 조사함을 의미하며, 육상지형을 항공사진으로 촬영하는 것과 유사한 형태로, 해양에서는 측면주사음향 탐사기(side scan sonar)가 사용된다. 수중예인체(tow-fish)에서 초음파펄스(pulse)를 해저면에 발신하여, 후방산란(back scattering)으로 돌아오는 반사신호를 수신한다. 탐사기록의 특징은 해저지질이나 해저면의 기복·이상물체의 형체 등의 반사강도 차이에 의한 명암차(농담차)로 표현되어, 해저면이 일정한 경사로 조감하는 듯한 영상기록으로 출력된다.

조사목적에 따라서 조사해역의 지질분포나 해저형태 등의 조사에는, 비교적 주파수가 낮은 음원(100~200kHz)의 장비로 조사폭(survey range)을 넓게 수행하고, 이상물체나 침몰체 탐색이면 보다 높은 주파수 대역의 음원(500~1,000kHz) 장비로 조사폭을 좁게 수행한다. 이 두가지 경우 모두 수중예인체의 고도(height)는 조사폭의 10~20% 범위 안에서 예인되어야 가장 양호한 해저면 음향영상 기록을 획득할 수 있다.

4.4.1.4 해저지반 조사

해저지반 조사는 해저면 하부지반까지 음파가 투과해야 하므로, 수심측량이나 해저면 음향영상에 비하여 비교적 낮은 주파수 대역의 음원이 사용되며, 해저지반의 심도가 깊을수록 대용량의 음향에너지가 필요하다. 음파탐사 방법은 육상에서와 마찬가지로 반사법과 굴절법으로 구분되지만, 일반적으로 연근해에서는 반사법으로 수행되는 음파탐사가 대부분이며, single channel 개념의 지층탐사장비가 해상·하천·호수와 늪 등 수상 천부반사법 탐사에, 보다 간편하고 기동성과 적은 비용으로 측정·수행이 가능하여 폭넓게 활용되고 있다.

single channel 탐사는 천부해저 퇴적층의 지층구조나 지반압반의 형상을, 반사기록으로부터 시각적으로 파악할 수 있으므로, 교량·방파제·부교 등의 기초지반 심도 확인이나, 인공섬·매립예정지의 연약지반 분포상황, 해저터널의 노선선정과 같은 해양구조물의 기초지반조사와, 해역에서의 지질구조 조사나 활성단층(capable fault)의 활동성(activity) 조사 및 광역의 해저지질과 구조조사에도 활용된다.

조사장비는 음파를 발신하는 발신부(sound source), 해저면(또는 퇴적층)에서 반사되어 되돌아오는 음파를 수신하여 전기적인 음향신호로 변환시키는 수신부(hydrophone), 음향신호의 입·출력 과정에서 전기·전자적으로 증폭·여과·조정하는 제어부(control unit), 그리고 취득자료를 출력하고 저장하는 기록부(recording unit) 등으로 구성된다. 그러나 발신부와 수신부가 하나로 통합되어 있는 압전식 변환기(piezoelectric transducer) 형태의 조사장비도 상당수가 보급되어 있으므로, 적합한 장비선택과 수행방법이 고려되어야 한다.

4.4.2 샘플링

해저지반의 퇴적물을 직접 채취하여 관찰하는 샘플링도, 해상작업대(barge 등)에 상재된 시추장비로 여러 가지 방법의 샘플링을 하거나, 인력으로 소형 선박을 활용하는 이외에, 탐사선급을 이용하게 되는 샘플링 기구도 구조적으로는 단순하지만, 현장 상황에 알맞게 표층 시료(빨)는 채니기(grab)로, 해저면에 산재하는 자갈(암편) 퇴적물은 drag형으로 끌어서 채취하는, 자루모양의 채석기(dredger)를 이용하는 방법 등의 다양한 도구가 응용된다.

주상시료는 piston corer라는 채취장비를 이용하여, 해저면 하부 약 1~3m 정도의 시료를 연직 튜브 형태로 채취한다. 이 장비는 파이프 모양의 채취기가 해저면에 닿는 순간 피스톤 원리를 이용하여 해저시료를 빨아들이면서, 자체하중으로 퇴적층을 파고 들어가는 방법으로 운영된다.

채취된 시료는 실내실험을 통하여 지질공학적 특성과 물리화학적 성분 등이 분석된다. 표층 시료는 조사해역에 대한 수평적인 분포퇴적물의 범위·특성·종류 등을 파악하는 데 이용되며, 주상시료는 수직적인 퇴적환경과 물성변화를 확인하는 자료로 활용된다. 해저지반조사에서 상부지층의 지질구조를 해석하고 정확한 지반심도를 결정하기 위하여, 주상시료의 분석결과와 음파탐사기록을 서로 대비하는 작업이 필수적이다.

4.4.3 기술업무

해양조사업무는 기술업무와 조사업무 두 단계로 구분된다. 기술업무에서는 (1)사업을 입안하는 계획준비, (2)조사자료의 처리와 분석, (3)분석결과와 해석과 도면제작 (4)보고서의 작성 등을 포함하는 내업에 해당되며, 조사업무는 주로 현장자료를 취득하는 외업을 의미한다.

4.4.3.1 계획준비

- (1) **조사계획의 입안** : 조사대상 해당지역의 기상·해황·선박·항만 등의 제반 해양환경과 해저지형·지반지질 등의 기존자료를 이용하여 파악하고, 필요에 따라서는 현장을 사전에 방문하는 조사방안·수행공정·소요예산 등을 포함하는 조사계획을 수립한다.
- (2) **실시계획서 작성** : 조사계획에 의한 실시계획서를 작성하고, 조사해역을 관할하는 군·관·민 등의 관계기관 협조사항과 절차를 확인하고, 필요서류를 준비한다.
- (3) **협의 및 조정** : 실시 계획에 대하여 사업 발주측과 상호 협의하여 수행내역과 집행 예산을 조정하고 최종적인 사업내용을 확정한다.

해양조사(계획준비) 기술업무품

건당

종별	세 목	구분 단위	조사계획입안	실시계획서작성	타협·협의(3회/건)	비 고
직접 인건비	기 술 사	인	2.0	1.0	3.0	건당 품이므로
	특급기술자	인	2.0	2.0	3.0	조사 규모의
	고급기술자	인	2.0	2.0		대소에 따라
	중급기술자	인	1.0	3.0		다소의 조정을
	초급기술자	인	1.0	2.0		고려함
경비	여비·일당·숙박	식			1.0	

4.4.3.2 자료처리 및 분석

(1) **위치자료** : 해상위치 관측장비로는 인공위성항법장치(GPS 또는 DGPS)가 이용되고 있으며, 현장조사가 수행되는 당시의 시각과 위치자료는 전산파일로 관리된다. 위치신호 수신 상태에 따라서 가끔씩 불량한 자료가 포함되므로 조사항적도 등의 도면제작과 지구물리 탐사 자료를 분석하기 전에 반드시 품질검사(quality check) 후 교정이 필요하다.

(2) **single beam 측심자료** : 대부분의 측심자료는 roll 형태의 기록지와 디지털로 변환된 자료 file로 기록된다. 기록지 자료는 현장에서 장비의 정상적인 작동에 대한 확인용이며, 자료처리에서는 주로 디지털 자료가 사용된다. 정밀한 수심측량이 요구되는 경우에는 조사해역 내에 조석계(tide gauge)를 설치·운영하여 관측된 조석자료를 사용한다.

(3) **multi beam 측심자료** : 다중빔 측심자료는 주로 운영시스템의 hard disk에 저장되며, 현장에서는 내장된 프로그램에 의하여 등수심도 혹은 3차원 그래픽으로 측심결과를 출력한다. 자료처리에서 각종 센서 들의 상태기록을 이용하여, 수심자료를 면 개념으로 투영하게 된다. 등수심도 도면제작에서는 조사해역의 측심자료 전체를 통합적으로 재처리한 격자 형태의 자료를 이용하게 된다.

(4) **해저면자료(음향영상)** : 해저면조사 역시 면개념의 탐사작업이므로 취득자료는 운영시스템의 내장디스크에 저장된다. 현장자료는 수층이 포함된 기록으로 출력되며, 수중예인체가 선박의 뒤쪽에서 예인되므로 선박의 위치와 탐사기록의 위치는 차이가 난다. 경사거리 보정작업을 통하여 수층을 제거한 다음, 수중예인체의 실제 위치로 좌표를 변환하고 좌현과 우현의 음압(acoustic pressure)이 평형을 이루도록 조정된 각각의 주사선 자료(scan strip imagery)를, 조사측선의 수직방향으로 투영(projection)하여 결과도면을 제작한다.

자료처리의 전반적인 개념은 multi beam 측심자료와 비슷하며, 해저면자료 전체를 통합적으로 재처리한 격자형태의 자료를 이용하여 최종적으로 모자이크된 해저면 음향영상 도면을 완성하게 된다.

(5) **해저지반자료(지층탐사)** : 지층탐사 기록의 대부분은 수심자료와 유사하게 roll 형태의 기록지로 출력되며 운영시스템의 hard disk에 저장되지만, 기록단면이 수심자료와는 달리 시간축의 스케일로 표현된다. 그 이유는 수층에서의 음속은 1,500m/sec 정도로 비교적 일정하지만 해저면 하부의 퇴적층에서는 구성물에 따라서 음속이 다르기 때문이다. 따라서 해저기반까지의 정확한 암심을 구하기 위해서는 해상시추자료의 분석결과와 대비하는 분석작업이 필수적이다.

지층탐사 결과로부터 부정합면·단층의 상태와 연결성 등의 지질구조를 분석할 수 있으며, 퇴적구조에 따른 해저환경의 변화와 퇴적상·수직적인 물성변화 등도 분석 가능하다. 도면작업은 각각 탐사측선별 단면도(section profile)로 작성되며, 해석단면도에는 암심의 깊이와 함께 중요한(특징적인) 음향학적 불연속면·단층·퇴적층의 음속분포 등이 함께 기재된다. 조사해역의 전체적인 해저지반의 형태는 암심분포도 또는 퇴적층별 등층후도(isopach map)를 작성하여 분석한다.

(6) **퇴적물자료** : 퇴적물의 분석내용은 퇴적상(펄·모래·자갈의 함량)을 포함하여, 평균입도(mean grain size)·밀도(density)·함수율(porosity) 등이 있다. 주상시료인 경우 음속(p-wave velocity)과 응력(shear strength) 등의 지질공학적 특성과 퇴적물 내에 포함되어 있는 가스 또는 유기물의 함량까지도 분석이 가능하며, 표층부터 일정한 간격으로 시료를 분석하면 수직적인 물성분포·퇴적환경의 변화추이·생물활동의 흔적 등을 파악할 수 있다.

4.4.3.3 분석결과의 해석

음파라는 간접적인 정보전달자를 이용한 조사결과이므로, 음파탐사의 기본원리·특성·이론 등에 의하여 다양하게 나타날 수 있는 지질현상의 결과임을 충분히 숙지하고 탐사결과를 해석하여야 한다.

가. 해저지반 음파탐사 자료처리 및 분석결과 해석품(탐사거리별) km당

종 별	세 목	구분 단위	탐 사 거 리, km이내										
			10	20	30	50	100	200	300	500	600	800	1,000
직접 인건비	기 술 사	인	3	5	7	10	15	20	23	25	27	29	30
	특급기술자	인	7	12	15	20	35	46	54	58	63	68	70
	고급기술자	인	5	8	11	17	25	32	38	42	45	48	50
	중급기술자	인	4	6	8	13	20	27	31	33	36	39	40
	초급기술자	인	3	5	7	10	15	20	23	25	27	29	30
경 비	제 도 공	인	5	8	11	17	25	32	38	42	45	48	50
	복사 및 재료비	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
비 고	할 증	식	탐사기록이 해저지형 병용의 2종일 경우 50% 할증										

나. 도면제작

해저면 조사결과와 기록정리 및 해석은 정리도면의 축척도(1/500, 1/1,000, 1/5,000, 1/10,000)와 도면의 크기(size : A0, A1)에 따라 정밀도까지에도 영향을 미치므로 최종 제출도면의 소요 매수에 따라 적용한다.

해저지반 음파탐사 분석결과 도면제작품

종별	세 목	구분 단위	A0(80×115cm), 매수별				A1(55×80cm), 매수별			
			2	8	14	20	2	8	14	20
직접 인건비	기 술 사	인	1.0	3.0	5.0	7.0	1.0	2.0	3.0	4.0
	특급기술자	인	4.0	14.0	24.0	34.0	2.0	8.0	14.0	20.0
	고급기술자	인	6.0	21.0	36.0	51.0	3.0	12.0	21.0	30.0
	중급기술자	인	4.0	14.0	24.0	34.0	2.0	8.0	14.0	20.0
	초급기술자	인	4.0	14.0	24.0	34.0	2.0	8.0	14.0	20.0
경비	제 도 공	인	6.0	21.0	36.0	51.0	3.0	12.0	21.0	3.0
	복사 및 재료비	식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
비고	할 증	식	조사기록과 해저지형이 병용인 경우 50% 할증							

4.4.3.4 해양조사 보고서 집필품(거리(km)별)

건당

구 별	종 별	세 목	구분 단위	탐 사 거 리 km 이 내					
				20	50	100	200	500	1,000
수 심 조 사 single beam	직접 인건비	기 술 사	인	2	3	4	5	7	9
		특급기술자	인	4	5	7	9	11	13
		고급기술자	인	3	4	5	7	9	11
		중급기술자	인	2	3	4	6	7	9
		초급기술자	인	2	3	4	5	6	7
해 저 지 반 탐 사	직접 인건비	기 술 사	인	2	3	4	6	8	10
		특급기술자	인	5	7	10	13	18	22
		고급기술자	인	5	7	10	13	18	22
		중급기술자	인	3	5	8	10	13	16
		초급기술자	인	3	5	8	10	13	16
비 고		수중조사(다중빔) 및 해저면조사(음향영상)는 해저지반조사에 준한다.							

4.4.4 조사업무

조사업무에서는 본격적인 해양조사를 위한 사전조사와 해양조사로 구분되며, 조사내용에 따라서 적절한 전문가(기술자)들로 탐사팀이 구성되어야 한다. 사전준비에는 계획준비, 장비의 탑재·조정·해체, 시험운영, 육상측량 등의 작업이 포함되며, 해상조사시 정확한 위치자료의 취득을 위하여 해안선과 기준점에 대한 측량작업은 사전에 완료되어야 한다.

4.4.4.1 사전준비업무

- (1) **계획준비** : 해양조사에 앞서 현지답사로 기지(현장본부)를 확보하고, 허가·신고수속, 조사선박의 수배, 소요기자재의 정비·조달·반출 등의 업무가 선행된다.
- (2) **장비의 탑재·조정·해체** : 조사선박에 장비와 제반 비품을 탑재·설치하고, 작동시험을 통해 장비상태를 점검한다. 현장조사가 완전히 종료되면 설치장비를 해체·반송하고, 관계기관에 조사종료 및 철수를 통보한다.
- (3) **장비의 시험운영** : 탐사장비의 성능과 작동상태를 조정하고, 탐사해역의 해양환경과 지리조건 등을 파악한다.
- (4) **육상측량** : 조사해역의 인근해안에 기준점 설치대상 지점을 선정하고, 그 위치를 측량하여 좌표를 확정한다. 측량팀 구성은 고급 및 중급측량사와 중급측량기능사 등 3명으로 구성하며 광파측량기를 사용하여 측량성과의 신뢰도를 높인다.

해양조사 사전준비 업무품

건당

종별	세 목	규 격	구분 단위	계획준비	탑재·조정·해체	시험운영	육상측량
인건비	특급기술자	총괄·기술지도	인		3.0	1.0	
	고급기술자	장비운영	인	2.0	6.0	2.0	
	고급측량사	선상·육상측량	인				3.0
	중급기술자	탐사보조	인	3.0	6.0	2.0	
	중급측량사	위치측량(육상)	인				3.0
	초급기술자	탐사조력	인	1.0	6.0	2.0	
	중급측량기능사	측량보조(육상)	인				3.0
재료비	잡재료	인건비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0
장비 손료	해상위치장비	DGPS	일		3.0	1.0	
	육상측량기	광파기능	일				3.0
	음파탐사장비	고해상, 천해용	일		3.0	1.0	
	시료채취기	grab·corer	일			1.0	
경 비	탐사선임대	연안선박	일		3.0	1.0	
	교통선임대	소형선박	회	1.0			1.0
	중기임대	크레인·지게차	회		2.0		
	승용차렌트		일	2.0			
	승합차렌트	7~9인승	일		3.0	1.0	3.0
	장비운송트럭	5톤·왕복	회		2.0		
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0	1.0

4.4.4.2 현장조사팀의 구성

현장조사팀은 현장을 운영하는 팀장을 중심으로 육상팀과 해상팀으로 구성된다. 육상팀은 해양조사의 위치관측 장비운동을 위한 인근해안 기준점 측량이 주업무이며, 해양조사가 시작되기 전까지 측량작업이 완료되어야 한다. 인공위성항법장치를 이용하는 경우에는 육상측량이 생략되기도 하지만, 정밀한 탐색이나 수색작업, 또는 어업구획 관리측량 등의 목적으로 수행되는 해양조사에서는, 육상에 별도의 고정관측국(reference station)을 설치·운영하여 해상위치의 정밀도를 높이고 있다.

해양조사업무 팀 구성표

세목 (직급별)	규격 (주수행 업무)	탐 사 선 상		육상측량	비 고
		음파탐사	시료채취		
특급기술자	팀 총괄	1.0	1.0	1.0	음파탐사는 조사항목별로 각 직급의 기술자 1인씩 3명의 추가배치를 원칙으로 함.
고급기술자	조사기기운영	1.0	1.0		
고급측량사	총괄책임(GPS 등)	1.0	1.0		
중급기술자	조사 및 채취	1.0		1.0	
중급측량사	위치측량(육상)				
초급기술자	조사보조	1.0	1.0	1.0	
중급측량기능사	측량조력(육상)				
계		5.0	4.0	3.0	

4.4.4.3 음파탐사 소요일수의 산출

가. **측선거리 산출** : 해양조사는 조사측선을 따라서 탐사항해로 진행되므로, 조사방법에 의한 측선간격과 측선수에 따라 작업량이 산출되며, 탐사항목과 조사해역의 수심분포에 따라서 결정된다.

나. **소요일수 산출** : 탐사선박은 일출 후 정박항을 출항하여 일몰전까지 입항하게 되므로 평균 하루에 작업할 수 있는 시간은, 계절마다 차이는 있겠지만 약 6시간 정도이다. 또한 가장 양호한 조사기록을 취득할 수 있는 탐사항해 속도는 약 $2.5 \sim 3\text{knot} < 1852\text{m} \times (2.5 \sim 3) \div 5\text{km} >$ 이므로 일일작업거리는 30km가 되나, 정박항에서 조사해역까지 이동항해(왕복), 조사측선이 바뀔 때마다 선박이 옮겨 다니는 시간, 그리고 기상악화로 인한 출항대기 등의 소요시간을 반영하여야한다. 순 소요일수에 적용계수를 곱하여, 총 소요일수가 산출되며, 여기서 장해계수는 0.7, 해역장해는 0.8 정도를 적용하는 것이 일반적이다. 그러나 평균 측선 거리나 목적에 따라 측선간격별로 진행능률에 차이가 있으며 계절·해상별·해역 조업가능 기간 등의 조건 상황에 따라 가동율에 차이가 있다.

다. 음파탐사 소요일수의 산출에 적용되는 기본항목

기본항목	내 용	비 고
일일조사시간	6시간	일출후 출항, 일몰전 입항
탐사항해속도	2.5~3knot	5km/hour
적용계수	$0.7 \times 0.8 = 0.56$	조건장해×해역장해
총탐사측선거리	조사구역에 설계되는 탐사측선 길이의 총합	
순소요일수	$(\text{총탐사측선거리})/30\text{km}$	
총소요일수	$(\text{순소요일수}) \times 0.56$, 소수이하는 반올림	

라. 음파탐사 팀당 일표준진행 거리

단위 : km

구분	거리 간격		평 균 측 선 거 리 (m)											
			100	200	300	400	500	600	800	1,000	2,000	3,000	5,000	10,000
해저면 조 사	측 정 범 위 (m)	50이내	10.7	15.5	18.2	19.9	21.2	22.1	23.3	24.1	25.9	26.6	27.1	27.6
		100	10.2	14.9	17.1	19.5	20.8	21.7	23.0	23.9	25.8	26.5	27.1	27.5
		200	8.5	13.0	15.9	17.8	19.2	20.3	21.8	22.8	25.1	26.0	26.8	27.4
해저지반 조 사	측 선 간 격 (m)	50이내	8.2	12.0	14.2	15.6	16.6	17.4	18.4	19.1	20.7	21.2	21.7	22.1
		100	7.6	11.3	13.6	15.0	16.1	16.9	18.0	18.8	20.5	21.1	21.6	22.0
		200	5.9	9.4	11.6	13.2	14.4	15.3	16.6	17.6	19.7	20.6	21.3	21.9

마. 조건별 조사 표준 소요일수 적용표

단위 : 일

구 분	총거리(km)		50이내	100	200	300	500	비 고
해저면 조 사	평 균 측 선 거 리 (m)	300	2.20	4.40	8.79	13.19	21.98	총조사거리/일 진행량×계수(0.8) side scan sonar · tide-recorder, echo sounder · navigator · GPS 등
		500	1.89	3.77	7.55	11.32	18.87	
		1,000	1.66	3.32	6.64	9.96	16.60	
해저지반 조 사	(m)	300	2.82	5.63	11.27	16.90	28.17	총탐사거리/일 진행량×계수 sonobuoy · sparker ray navigator · uni-boom 등
		500	2.48	4.97	9.94	14.91	24.85	
		1,000	2.09	4.19	8.38	12.57	20.94	

4.4.4.4 시료채취 소요시간 산출

해저퇴적물 시료채취에 소요되는 시간은 사용장비(방법)·정점의 수심·정점간의 거리 등이 고려되어야 한다. 연직 grab 방식인 경우 정점에서 채니기를 내렸다가 올려서 준비된 용기에 옮기면 되나, 수평 dredging 방식은 채석기를 내려 일정시간 동안 끌어서 바닥퇴적물을 채취하므로 grab 방식보다는 다소 시간이 걸린다.

연직시추 piston coring 방식은 grab 방식과 유사하지만, 해저에 내리기 전에 장비를 조립하고 채취된 튜브형 내용물을 제거한 다음 다시 조립하는 과정을 반복하게 되고, 약 300~500kg 정도의 중장비이므로 장비운영에도 상당한 시간과 인력이 요구된다.

조사정점의 수심과 정점간의 거리에 작업 시간이 좌우되며, 채취된 시료의 분류·정리, 육안관찰에 의한 시료 특징의 현장기재, 조사장비의 조작 등으로 인하여, 조사선박이 다음 정점에 도착하더라도 바로 채취작업에 착수하지 못하는 경우도 있고, 시료채취에 실패했을 때에는 다시 시도하는 경우도 자주 발생하므로, 일률적인 소요시간 산출방법을 구체적으로 제시하기는 어려우나 대개 일30점 정도 내외이다.

해저퇴적물 시료채취 일일조사 정점수

구분 \ 방법		연직 grab 방식			수평 dredging 방식			piston coring 방식			
수심(m)		20	50	100	20	50	100	20	50	100	
조사정점 간 격(m)	20	49	39	29	40	27	18	13	12	11	
	50	47	38	28	39	26	17	12	11	10	
	100	45	36	27	37	25	16	11	10	9	
	200	40	33	25	34	23	15	10	9	8	
비 고 (소요일수)	수심 간격	20	50		20	50		비 고			
	20	1.5	1.2		1.2	0.8		grab · dredging 수심, 구간 50m 이내			
	50	1.6	1.3		1.3	0.9					
			점당 10~12분 소요되어 일 30점 정도 채취								
			기지 항만과의 거리 5km 이내, 해역장해 계수 0.8 적용								

4.5 기타탐사

4.5.1 자력·중력·자연방사능·S.P 및 VLF 탐사

지반 내의 자연 에너지인 지자기장·중력, 방사능 물질에 의한 γ 선, 전자파 반사강도, 전기전도성·산화전위 등을 이용한 불균질대의 위치 등을 찾아내어, 철광상·유화금속광상·우라늄광상 등의 부존여부를 파악하고, 능동적인 인공 송신원으로의 전류를 흘려, 전기적 양도체 탐사의 VLF 전자탐사 및 매질에서 생기는 유도분극 현상 등을 활용하여, 지하 지반에서의 불연속면이나 불균질대의 위치·규모 등을 파악코자하는 탐사로 지반조사에도 일부 이용되기는 하나 수행 빈도가 낮고 전자기파 유도·분극에 의한 탐사도 전기·전자탐사로 포괄 수행되어 간단히 취급코자 한다.

4.5.1.1 자력·중력·자연방사능·S.P 및 VLF탐사 기술업무품

종별	세 목	구분 단위	계획·준비 (건당)	답사·검토 (km/건당)	해 석 (km 당)	보고서 집필 (건 당)
직 접 인건비	기 술 사	인	2.0		1.5	1.0
	특급기술자	인		0.5	3.0	2.0
	중급기술자	인	2.0	1.0	3.0	2.0
경비	해석 소모품 여비·일당·숙박	식		1.0	인건비의 1%	

4.5.1.2 자력·중력·자연방사능·S.P 및 VLF탐사 조사업무품(10m간격, 1km기준)

종 별	세 목	규 격	구분 단위	측선설정(km당)			관측(km, 100점당)			준비 (건당)
				구릉지	보통산지	급준지	구릉지	보통산지	급준지	
인건비	고급측량사	계획·측량	인	1.0	1.0	1.0				
	중급기술자	총괄·관측	인	1.0	1.5	1.0	0.5	0.65	1.0	2.0
	초급기술자	관측보조	인				0.5	0.65	1.0	4.0
	중급측량기능사	측량	인	3.0	3.5	6.0				
	초급측량기능사	측량조력공	인	3.0	3.5	6.0				
	초급기능사	보 링 공	인	3.0	3.5	18.0	1.0	1.3	2.0	
재료비	말 목		본	100.0	100.0	100.0				
	잡 자 재	인건비의	%				5.0	5.0	5.0	
기기손료	탐사장비		일				0.5	0.65	1.0	
	측량기구	부품포함	일	3.0	3.5	6.0				
비고	보 정			전기탐사 조건별 보정에 준함						

4.5.2 1m심도 지온탐사의 개요

열은 전도·대류·복사로 전달(이동·운반)되지만, 지반에서는 주로 전도와 물에 의한 대류가 열 이동의 주체가 된다.

지표면 부근의 지온과 유동 지하수의 온도간에는 계절에 따라 상당한 온도 차이가 생기고, 지중에 수온이 낮은 지하수의 유동이 있으면 그 주위의 지중온도는 유동이 없는 개소에 비해 낮게 되는데, 그 지하 얕은 개소의 온도분포와 이상대를 탐사하여 지하수 부존을 추정하는 방법이다.

지중에 일변화가 거의 없는 지표하 1m 심도까지 측정공(φ25mm)을 파고, 측온계(온도계 : thermometer)를 삽입한 후 공저의 온도를 측정하고, 온도차로 지하수의 부존 심도 및 규모 등을 추정하는 것으로, 측정 간격은 보통 10m로 하며, 온도차가 적은 봄과 가을은 시기적으로 부적당하다.

지열조사는 지층내를 전도하는 열이 단위면적 내에서 시간당 얼마만큼 지표로 운반되는지를 조사하는 지각 열류량 조사와, 실제의 지온지열 조사는 1m심도 지온탐사 이외에도, 적외선 열영상 조사·온도분포 조사·시추공내 지하수 온도 경사와, 지층내의 열전도율을 구하고, 지하수의 흐름을 지온 분포에서 조사하여, landsliding을 예측하고 지열 조사로 지진·화산을 예지하는 데 활용하기도 한다.

4.5.2.1 1m 심도 지온탐사 능률보정표

100점 1km 이상	답사검토·해석 측점설정·측정 $k=(1.5-0.25\log P)P/100$ $k=(1-0.25\log \ell)\ell$	측점수(P)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000이상
		측선장(ℓ)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10이상
		보정계수(k)	1.0	1.85	2.64	3.4	4.13	4.83	5.52	6.19	6.85	7.5
100점 1km 이하	계획준비·답사검토 해석·측선설정·측정 $k=0.22+0.0078P$ $k=0.22+0.78\ell$	측점수(P)	10이하	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		측선장(ℓ)	0.1이하	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
		보정계수(k)	0.3	0.38	0.45	0.53	0.61	0.69	0.77	0.84	0.92	1.0
측점수 측선장 별	보고서집필 $k=0.715\log P-0.43$ $k=0.715\log \ell+1.0$	측점수(P)	100이하	200	300	400	500이상					
		측선장(ℓ)	1이하	2	3	4	5이상					
		보정계수(k)	1.0	1.22	1.34	1.43	1.5					

4.5.2.2 1m 심도 지온탐사 기술업무품

종 별	세 목	구분 단위	계 획 · 준 비 (건 당)	현 지 답 사 · 검 토 (100점 당)	해 석 (100점 당)	보 고 서 집 필 (건 당)
직접 인건비	기 술 사	인	1.0	1.0	0.5	1.0
	특급기술자	인	2.0	2.0	2.0	3.0
	중급기술자	인	2.0		4.0	
경 비	해석 소모품	식			인건비의1%	
	차량임대	일		1.0		
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0		

4.5.2.3 1m 심도 지온탐사 조사업무품

종별	세 목	규 격	구분 단위	측선설정 (100점/km)	측정 (100점)	비 고							
인 건 비	중급기술자	총괄계획·측정	인	1.0	2.0								
	중급측량사	측선설정·측량	인										
	초급기술자	측정 정리	인		2.0								
	중급측량기능사	측량 보조	인	1.0	4.0	지형	평지	구릉지	보통산지				
	초급측량기능사	측량 조력	인	1.0		경사	10°이하	10 ~ 20°	20°이상				
	조 력 공	일용측정보조자	인										
재 료 비	나무말뚝	6cm×6cm×60cm	본	100.0		측선설정	1.0	1.2	1.5				
	철 제 봉		본		1.0	측정	1.0	1.5	2.0				
	해 머	대형	본		1.0								
	온도계소모	측온계	본		1.0								
	소 모 품	재료비의	%		5.0								
기기 손료	정밀온도계		일		2.0								
	측량기구	부품포함 set	일	1.0									
경비	차량임대		일	1.0	2.0								
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0								

4.6 협의의 검층(borehole logging)

검층은 공내에 삽입되는 검지기(sonde, probe)와 지표의 측정기록기(측정·기록·증폭·전류·전압·scaler 등)와 연결 와이어·케이블 및 winch sheave(도르레) system으로 수행되며, 시추공을 이용하므로 측정기구와 공경·심도가 합치되어야 하고, 공경과 공곡의 변화·이수사용 여부·공벽 보전상태에 따라, 기구의 파손·손실의 위험성이 있고, 방사능물질·화약취급·교류전원 이용은 관계법규에 따른 제반 수속절차에 따라 공정을 조정하여야 한다.

공내검층은 공벽의 상태(공곡·밀도·구조대)와 공 주변의 상태(밀도·구조·물성)를 파악하는 것이므로, 검층코자 하는 목적에 따라 종류·방법·수단을 달리하여 수행한다.

물리검층의 심도별 능률보정표

100m 이상	해석 측정 자료정리·계산 k=(1.8-0.4logd)×d/100	측정심도(d)	100	150	200	250	300	350	450	500이상
		보정계수(k)	1.0	1.39	1.79	2.10	2.43	2.74	3.04	3.60
100m 이하	계획 준비 해석·측정 자료정리 계산 k=0.0063d+0.375	측정심도(d)	20이하	30	40	50	60	70	80	90
		보정계수(k)	0.5	0.56	0.63	0.69	0.75	0.82	0.88	0.94
심도 별	보고서 집필 k=1.43logd-1.86	측정심도(d)	200		300		400		500이상	
		보정계수(k)	1.43		1.68		1.86		2.0	
비고	화약류 사용의 경우와 방사성 동위원소 사용의 경우 관계법령에 의한 절차수속.									

4.6.1 속도검층

4.6.1.1 음파검층(sonic logging)

시추공내에 압전형 음파발진자와 음파수진자가 내장된 probe를 삽입하여, 공벽에 전파되는 음파 속도를 probe의 상하조작에 따라 연속으로 측정한다. 음파검층에서 얻어진 시간은 암상의 종류 및 공극율에 따라 변화하므로 만일 암상 유형에 대한 정보가 있다면 공극율을 구하는데 효과적으로 사용될 수 있다. 음파검층에는 공벽보상형음파검층과 완전파형 음파검층 방법이 있다.

공벽보상형음파검층(borehole compensated sonic log)은 속도값 유도에서 시추공경의 변화나 probe tilt의 영향을 배제할 목적으로 상하 두개의 신호발생장치와 그 사이에 또 두개의 신호 수신장치를 사용하는 음파검층방식이다. 짧은 거리에서 신속하고 정확한 속도 값이 구해지는 장점이 있으나, 4개 종류의 P파 초동만이 기록되므로 S파 속도는 구할 수 없다.

완전파형 음파검층(full wave sonic log)은 이같은 단점을 보완하기 위해서 관심대상이 되는 파형의 대부분을 기록하는 음파검층으로, 한개의 신호발생장치와 두개의 신호 수신장치를 사용하는 음파검층방식이다. P파·S파·표면파 측정뿐만 아니라, 진폭·각 속도비·주파수효과 등 다양한 추가정보 획득이 가능하다.

4.6.1.2 suspension PS 검층(부유형 PS파 속도검층)

원리적으로는 음파 검층과 거의 같으나, S파·P파를 발생시키는 발진원과 두 개의 수신기(수진기간 거리 1m)를 일체화시킨 probe를 공저로부터 상승시켜 가며 상향 1m마다의 지층 구간 속도정보를 구하므로, 얇은 지층에 대한 해석이 가능하며, 정밀도가 높고 시험 심도에 제한이 없으며, 수상(해상)지반에서도 시험이 가능한 것이 육상의 downhole test(공벽 압착형)방식과 차이점이기도 하다.

수진은 hydrophone을 사용하므로 반드시 지하수위 하부에서만 가능하며, 검층 전에 공내수위를 확인한 후 탐사지점이나 구간을 설정해야 한다. 붕괴지층에서는 얇은 PVC관을 삽입하고 관 외부를 grouting하여 시험이 가능토록 준비해야 한다.

4.6.2 전기검층(자연전위·전기비저항)

공내의 두 전극(전류·전위)과 지표의 2개 전극(원거리 전극)을 설치(2극법)하고, 원거리 전류전극으로 전류를 흘려 전위를 측정하는 것으로, 공내의 전극을 상·하로 조정하며 공벽 주변의 겉보기 비저항과 공내에서 발생하는 자연전위를 연속적으로 측정하는 것이다.

이때 공내 두 전극간격을 16, 64inch로 각각 장·단 normal의 비저항과, micro(2.5cm)·lateral(수평, 0cm)·이수(공내수)로 인한 비저항과, SP(자연전위) 등을 일체형 탐사기로 검층하고 지반의 전기저항 변화로, 지층 변화의 판정(점토층·사력층 등)·풍화대의 범위·단층과 쉘대의 소재 검출·대수층의 위치와 두께 등을 파악할 수 있으며, micro에서의 미세구조(2.5cm)로부터 점차 거리를 넓히면 조밀 구조(정밀·세밀)와, 수평 및 이수검층은 석유탐사나 오염물질 등의 탐사에도 활용할 수 있다.

4.6.3 밀도검층(방사능 · γ - γ)

공내에 방사성물질(γ 선원)과 probe를 삽입하여, 공벽 주변지층에 의한 방사선 산란으로부터 밀도를 측정하는 것으로, 방사성 동위원소로는 ^{60}Co 이나 ^{137}Cs 이 이용되며, 검출기로 산란된 방사선강도를 검출하여 지층의 밀도를 측정하게 된다.

방사성물질은 방사성 동위원소에 의한 방사선 장애방지에 관한 법에 따라 신고 또는 허가를 득하여 취급해야 한다.

4.6.4 온도검층

공내의 감온체(thermister 등)인 probe를 상승·하강시켜 가며, 소정의 심도에서 공내 수온을 측정하는 것으로, 수온 분포는 평형상태 하에서는 지반 지층의 열전도율에 기초한 지온구배로 나타나게 된다.

지하수나 온천수의 공내 유입·유출로 강제대류가 일어나 온도분포에 변화를 주게 되면, 암반의 균열대나 대수층의 유무·온천수의 용출온도 등을 조사할 수 있고, 미세한 온도변화를 감지코자 하면 측정시간을 충분히 배려해야 하며, 시추 종료 시에는 일정시간 경과 후에 측정해야 하고, 가급적 중복 체크하여야 한다.

4.6.5 공경검층

caliper probe의 arm을 clamp 상태로 공내에 강하하여, 공저에서 probe arm을 열어 공벽에 밀착시켜 끌어올리면, 공경의 변화에 대한 arm의 개폐량이 transducer에서 전기량으로 도출되고 연속적으로 기록되어 공경의 변화 상태가 파악된다. 공경 및 공벽의 변화는 다른 검층 결과의 해석에 자료가 되며, 공벽이 붕괴되었거나 두꺼운 니벽의 형성 구간에서는 부정확하므로 이에 대처해야 한다.

4.6.6 물리검층 기술업무품(I · II)

물리검층 기술업무품 I

건당

업 무 범 위			계획 · 준비	보고서집필(평가·고찰·검토)		비 고	
종별	세 목	구분 단위	보고·타협·협의 실시계획·작성	속도·전기·밀도	온도·공경	복합검층 보정	
직접 인건비	기 술 사	인	2.0	1.0	1.0	검층종류	보정계수
	특급기술자	인	3.0	3.0	1.0	1종류	1.0
	중급기술자	인	2.0			2종류	1.3
경비	여비·일당·숙박	식	1.0			3종이상	1.5

물리검층 기술업무품 II

심도 100m당

업 무 범 위			해 석		
종별	세 목	구분	P파 속도	P파 및 S파 속도	전기, 밀도 온도, 공경
		단위	공벽보상형 음파	suspension PS, 완전파형 음파	
직 접 인 건 비	기 술 사	인	1.0	1.0	0.5
	특급기술자	인	2.0	4.0	1.0
	중급기술자	인	4.0	6.0	2.0
	초급기술자	인	6.0	10.0	3.0
경비	해석소모품	식	인건비의 1%		

4.6.7 물리검층 조사업무(현장) 측정품

심도 100m당

종별	세 목	규 격	구분	P파속도	P파 및 S파 속도	전기, 밀도 온도, 공경
			단위			
인 건 비	중급기술자	총괄·계획·측정	인	3.0	6.0	2.0
	초급기술자	측정·정리	인	1.5	3.0	1.0
	중급기능사	측정·장비 관리	인	3.0	6.0	1.0
	초급기능사	보 링 공	인	1.5	3.0	1.0
재 료 비	총 전 료	1회/일	회	1.0	1.0	1.0
	절연테이프	19mm×20m	개	2.0	2.0	2.0
	케이블 소모	200mset, 30회사용	식	0.033	0.033	0.033
	sonde 소모	항목종류별	식	1.0	1.0	1.0
	잡 품	재료비의	%	5.0	5.0	5.0
기계 기구 손료	검 측 기	부품조합set	일	1.5	3.0	1.0
	derrick		일	1.5	3.0	1.0
경비	승합차량렌트	7~9인승	일	1.5	3.0	1.0
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0

4.6.8 물리검층 조사업무(실내) 자료정리·계산품

심도 100m당

종 별	세 목	규 격	구분	P파속도	P파 및 S파 속도	전기·밀도 온도·공경
			단위			
인건비	중급기술자	자료정리	인	1.0	1.0	4.0
	초급기술자	계산	인	2.0	2.0	2.0
재료비	소 모 품	인건비의	%	1.0	1.0	1.0

4.7 광의의 검층(시추공 탐사 및 원위치시험)

공내 원위치시험으로 취급되어 오던 물리검층과 함께, 시추공을 이용하는 제반 물리탐사 방법을 포괄한 각종의 tomography · borehole test · scanning과 제반 공내시험까지도, 광의의 검층이라 할 수 있으나 지반의 물성을 imaging화 · 영상화하고, 전산 프로그램으로 각종정보를 수치화 한 자료로 분석하여 시각적으로 판단할 수 있도록 하는, 제반 물리탐사 영역의 검층을 이 범주에서 취급코자 한다.

4.7.1 시추공을 이용한 탄성과탐사

탄성과 토모그래피(crosshole seismic tomography)는 다수의 시추공이나 갱도 및 지표면을 이용하여 TSP(tunnel seismic profiling) · HSP(horizontal seismic profiling) 등 터널을 대상으로 하는 것과, 1개의 시추공을 이용하여 기진점과 수신점을 공내 또는 지표에 배치한 탐사방식을 총칭하는 것으로, 대상영역을 투과해서 온 초동주시(도달시간) 데이터에서, 영역내부의 속도 구조를 2차원 단면으로 재구성하는 탄성과 영상화 조사방법이다.

해석은 반복법에 의한 역해석(inversion) 기법을 이용하여, 측정에서 얻은 많은 데이터에서 속도 분포의 초기 모델을 설정하고, 파선(탄성과경로)의 굴절을 고려한 이론주시(simulation)를 계산하며, 이론주시와 실측주시와의 차이 값이 최소화될 때까지 충분히 반복 계산하고, 모델을 반복 수정해서 구하며, 이때 재구성 화상에 위상(ghost)이 나타나지 않도록 기진점 · 수신점 배치에도 유의하여야 한다.

발진원(seismic source)은 화약류(뇌관)를 주로 이용하였으나, 허가수속 · 보관소 · 취급자격 등 어려운 점이 많아, 최근에는 OWS · sparker · 시추공 air gun등의 시추공 발진장치가 이용되며, 시추공내에는 고유주파수가 높은 여러 개의 hydrophone 등의 공내수진기를 사용하며, 지표에는 3성분 geophone을 설치하여 수진한다.

다량의 데이터를 높은 시간정밀도로 효율적으로 취득하기 위하여, 고속 샘플링 기능을 가진 탄성과탐사기를 이용하며, 일반적인 탄성과탐사로는 해석이 어려운 지질공학적으로 약한 지질구조(고속도층 하에 협재된 저속도층 · 단층파쇄대 · 변질대 등)의 파악이나, 그라운드 효과 판정 및 공동조사 등에도 이용되며, S파 속도를 구하기 위한 crosshole test와는 탐사목적과 방법에서는 차이가 있다.

탄성과 tomography 측정은 심도 50~100m, 공간거리 50m 정도에서 발진간격 1~4m · 수신간격 1~2m를 한 예로 하여 digital seismograph 탐사기로 최소 1,800data를 기준으로 한 공간 물성을 2차원적으로 image화하는 단면당 품을 작성하나 음원 · 수신기의 배열은 대상에 따라 변하게 된다.

시추공간 탄성과탐사(crosshole test)는 시추공 사이의 수평적인 탄성과속도(S파)를 산출하여, 암반공학적 특성을 파악하고 지반해석의 기초 자료로 활용하며, 구조물 내진설계인자를

도출하고 활용하는 탐사방법으로, 진원 도달거리를 감안하여 10m 내외로 이격된 2개의 시추공에서, 지층별로 개소당 3~5회 측정하여 횡파의 속도를 파악하는 것으로, 지표탄성과 탐사를 2개 시추공간에 수직적으로 응용하는 것과 마찬가지로 S파 속도분포를 측정하는 것이다.

발진원은 shear wave hammer를 주로 이용하며, 수신기는 hydrophone·3성분 geophone 등을 사용하여 수신자료를 저장한다. 이때 시추공의 공곡(hole deviation)을 측정하여 수신점과 기진점의 정확한 거리를 계산하여 해석 오차를 최소화하도록 하여야 한다.

1개공을 이용하는 downhole test 방식은 지상의 진원으로부터 발진한 탄성파를, 공내에 삽입된 공벽 압착형 3성분 geophone으로 수신하여, 수직적인 구간의 평균 탄성과 속도를 측정하는 것이며, 그 반대인 공내발진·지표수진의 uphole test 방식이 채택되기도 한다.

탄성과 발진은 sledge hammer를 이용하여 P파와 S파를 각각 발진시키는데, P파는 지표면에 설치된 철제판을 수직으로 타격하며, S파는 특별히 제작된 plate를 지표에 고정하고 plate좌우를 sledge hammer로 타격한다.

지층별로 개소당 3~5회 측정하여 P파 및 S파 각각의 전파속도 값에서 Poisson's ratio·강성율·Young's ratio·동탄성·동전단계수를 구하고, 구조물(터널·교량 등)의 내진설계시 기초 자료로 활용한다.

4.7.1.1 시추공 이용 탄성파탐사 기술업무품

종별	세 목	구분 단위	계획준비 타협합의 (건당)	현지답사 자료검토 (개소당)	데이터처리·해석 (개소당)			보고서집필 평가·고찰·검토 (건당)
					토모그래피	crosshole test	downhole test	
직접 인건비	기술사	인	3.0	1.0	1.0	0.5	0.5	1.5
	특급기술자	인	4.0	2.0	2.0	1.0	1.0	4.0
	고급기술자	인			4.0	2.0	3.0	
	중급기술자	인	2.0		11.0	5.0	6.0	
	초급기술자	인			15.0	12.5	12.0	
경비	소모품	식			인건비의 1%			
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0				
	승용차량렌트	일		1.0				
	프로그램사용료	시간			7.0	3.0	2.5	
비고	토모그래피		50m/공×2개공, 공간거리 50m 정도					
	cross-hole		50m이내공×2개공, 공간거리 10m 내외, 3~5회 측정					
	down-hole		50m이내공×1개공, 3~5회 측정					

4.7.1.2 시추공 이용 탄성파탐사 조사업무품

개소당

종별	세 목	규 격	구분 단위	측선설정	토모그래피	crosshole test	downhole test
직접 인건비	특급기술자	기술지도	인		1.0	1.0	1.0
	고급기술자	기술지도	인		1.0	1.0	1.0
인 건 비	중급기술자	총괄·계획·관측	인	1.0	4.0	3.0	2.0
	중급측량사	측량·계산	인	1.0			
	초급기술자	관측·정리	인		4.0	3.0	2.0
	중급기능사	화약취급공	인		4.0		
	초급측량기능사	측량보조	인	2.0			
	초급기능사	측량·관측보조	인	2.0	8.0	3.0	4.0
재 료 비	전기뇌관	순발	개	25.0	120.0		
	총 전 료	1회/일	회		3.0	2.0	1.0
	건 전 지	발파기용12V	개		36.0		
	절연테이프	19mm×20m	개		15.0	2.0	1.0
	나무말뚝	6cm×6cm×60cm	본				
	packer blade		개			7.0	3.5
	trigger		개		1.0	1.0	1.0
	발파선소모		m		100.0		
	deviation 케이블		m		5.0	5.0	
	수진기케이블소모	takeout cable	set		0.05		
	trigger cable소모		m		15.0	10.0	10.0
	소 모 품	재료비의	%		5.0	5.0	5.0
공내수진기소모	3성분 geophone	개	0.3	0.2	0.2		
기 계 기 구 손 료	탄성파탐사기	seismograph	일	1.0	2.5	1.5	0.8
	공극 측정기	deviation check	일		0.5	0.5	
	shear wave hammer	수동(Bison), 자동(SH-60)	일			1.5	
	펌 프	packer용	일			1.5	0.8
	측량기구	부품포함set	일				
경비	승합차량렌트	7~9인승	일	1.0	3.0	2.0	1.0
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0	1.0
비고	수진간격	공내	m		1~2	지층별	
	수진빈도	공내	회		50정도	3~5	
	시추공심도	φ76(NX)별도	m		50m×2공		50m×1공
	공간거리		m		50m정도	10m내외	
	탐사성과	주탐사자료			Vp분포단면	Vs 산정	
	심도별능률보정	시추공 측정심도		물리검층 심도별 능률보정에 준함			
	지형보정	시추공 위치		전기비저항 관측 지형보정에 준함			

4.7.2 수직탄성과탐사(VSP ; vertical seismic profiling)

시추공을 이용한 반사법 탄성과탐사로 지층의 속도구조와 반사구조 및 지질과의 관계를 직접 구하는 방법이다.

데이터 처리로 얻을 수 있는 VSP 파형과 시추주상을 대비하여, 반사파의 생성과 지층 및 심도와의 관계를 구하고, 이를 시간 단면에 적용하여 심도 단면에서 심도 변환속도로 사용하고, 음파·밀도검층 결과로부터 반사계수를 산정하여 지층경계의 반사성상을 결정한다. 그러므로 VSP는 단독 실시의 예는 적고, 반사법탐사와 병행하는 경우가 많다.

4.7.2.1 VSP의 측정·처리

시추공내의 수신점에서 시추공 주변 지반의 반사정보 획득을 위한 탄성파를 일정간격으로 관측하기 위하여, 기진원(발파점)을 공 주변 가깝게 설정하는 zero offset VSP와, 공 주변의 먼 곳 여러 지점에서 기진하는 offset VSP가 있으며, 지표상의 측선을 따라 일정 간격으로 이동하며 기진하고, 수신점을 고정한 walk way VSP방법과, 역으로 지표에 수신기를 배열하고 공내에서 발파 등으로 기진하는 역VSP방법도 있다.

zero offset VSP에서는 time shift 파형 및 VSP 파형(반사기록)도 얻을 수 있어서, 지층의 속도구조를 파악할 수 있고, offset VSP에서는 VSP-CDP 변환에 의한 중합단면도로 시추공 주변의 지질구조 파악이 가능하며, 해석은 반사법 지진탐사의 데이터 처리에 준하여 전산기를 사용한다.

측정에는 공내수진기(hydrophone + geophone<공벽 변위측정> + 3성분 geophone)와 cramp·데이터 수록장치 및 윈치 등을 이용하고, 기진원은 downhole hammer 등 비폭약 진원 또는 다이내마이트 등의 폭약진원을 이용하며 downhole test와도 유사한 방식이다.

4.7.2.2 VSP 조사심도(m)별 능률보정표

100m 이상	데이터처리 해석·측정 $k=(1.8-0.4\log d)\times d/100$	측선심도(d)	150	200	250	300	400	500이상
		보정계수(k)	1.39	1.76	2.10	2.43	3.04	3.6
100m 이하	계획준비,data처리 해석 측정 $k=0.004d+0.6$	측선심도(d)	50이하	60	70	80	90	100
		보정계수(k)	0.8	0.84	0.88	0.92	0.96	1.0
측점 심도별	보고서집필 $k=1.43\log d-1.86$	측선심도(d)	100이하	200	300	400	500이상	
		보정계수(k)	1.0	1.43	1.68	1.86	2.0	
비고	수진점간격 2m·심도 100m 기준·기진은 비폭약 기준이나 심부 탐사시는 화약류를 사용하며, 이에 따르는 허가수속 등과 시추공을 기진공으로 활용할 때는 케이싱은 전량 소모이며 시추공은 $\phi 76(NX)$ 기준이고 시추비는 별도임.							

4.7.2.3 VSP탐사 수행업무별 품(공심도 100m, 수진·기진간격 2m 기준)

종별	세 목	규 격	구분 단위	기술업무			조사업무
				계획준비 (건당)	data처리·해석 수진2m(100m당)	보고서집필 (건당)	측정(100m당) 중추낙하
(직접) 인건비	기술사		인	2.0	1.0	1.5	
	특급기술자		인	3.0	3.0	3.0	
	중급기술자		인	2.0	6.0		4.0
	초급기술자	관측 정리	인		4.0		4.0
	중급기능사		인				(2.0)
	초급기능사	관측 보조	인				6.0
재료비	기록지	thermal plot	roll				1.0
	충전료	1회/일	회				2.0
	건전지	발파기용	개				(6.0)
	절연테이프	19mm×20m	개				5.0
	다이너마이트	25×100g	kg				(2.0)
	전기뇌관	순발	개				(15.0)
	발파모선소모	2core	m				(50.0)
	전선소모	trigger선	m				100.0
	수진기케이블소모	48~90ch용, 200m set	식				0.01
	중계케이블 소모	48~90ch용, 100m set	식				0.01
	공내수진기소모						0.05
	안전대책기구	안전표지판 등	식				1.0
	해석소모품	인건비의	%		1.0		
	소모품	재료비의	%				2.5
기구손료	탐사기	48ch 디지털일체형	일				2.0
	발파기	기진용	일				(2.0)
경비	프로그램사용료	전산프로그램	시간		7.0		
	승합차량렌트		일				2.0
	여비·일당·숙박		식	1.0			1.0
비고	측정			()내는 다이너마이트 사용시			

4.7.3 비저항 토모그래피

탄성과 토모그래피와 개념적으로는 같은 것이나, 전기비저항 토모그래피는 전류에 의한 지반의 전위분포를 투영 데이터로 취하여, 비저항분포 단면을 재구성하는 조사방법으로, 전류·전위전극이 탄성과의 기진점·수진점과 대비되는 것이다.

2개의 시추공과 공 사이의 지표에 다수의 전극을 배치하고, 전류를 어느 전극으로 흘려보내면, 지반의 특성인 비저항분포에 따라 형성되는 전위분포를, 다른 전극으로 측정하여 비저항값을 구하게 된다. 이때 전류전극과 전위전극의 배치를 순차적으로 이동시켜 가면서, 반복 측정한 외견비저항값을 토대로 역해석하여, 관측값과 정합하는 최적 모델의 비저항 단면도를 도출(출력)해 낸다.

이용분야는 지하구조 조사 외에도, 단층·투수성 지반이나 침투성 지반의 파악, 그라운드 효과의 판정, 공동조사 및 landsliding 거동의 모니터 등을 들 수 있다.

전기비저항 3차원 토모그래피 방법이 최근 개발되어, 연구목적이나 공동조사 등에 사용되고 있지만, 이는 극히 제한적으로 사용되고 아직 일반화되지 않은 기법이므로, 본품에서는 적용하지 않았다. 만일 사용할 경우 실비정액가산방식으로 적용함이 타당할 것이다.

4.7.3.1 비저항 토모그래피 기술업무품

종별	세 목	구분 단위	계 획 · 준 비 (건 당)	답 사 · 검 토 (기 준 개 소 당)	데 이 터 처 리 · 해 석 (기 준 개 소 당)	보 고 서 집 필 (건 당)
직 접 인 건 비	기 술 사	인	3.0	0.5	0.5	1.5
	특급기술자	인	4.0	1.0	1.0	4.0
	고급기술자	인			3.0	
	중급기술자	인	2.0		3.0	
	초급기술자	인			6.0	
경 비	프로그램사용료	시간			5.0	
	해석소모품	식			인건비의1%	
	승용차량렌트	일		1.0		
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0		
비고		기준개소 조건	시추공100m×2공 · 공간격 50m · 전극간격 5m · 단면당 tomogram 작성 기준			

4.7.3.2 전기비저항 토모그래피 조사업무품

종별	세 목	규 격	구분 단위	측선설정 (개소당)	측 정 (기 준 개소당)
직접 인건비	특급기술자	기술지도	인		1.0
인 건 비	고급측량사	측량계획	인	1.0	
	중급기술자	측정계획	인		3.0
	중급측량사	측량계산	인	1.0	
	초급기술자	측정, 정리	인		3.0
	중급기능사	장비관리측정	인		3.0
	중급측량기능사	측량보조	인	1.0	
	초급기능사	조력공	인		3.0
	초급측량기능사	측량조력	인	2.0	
재 료 비	총 전 료	1회/일	회		3.0
	절연테이프	19mm×20m	개		15.0
	지표등간격케이블소모	20km사용	set		0.05
	전극소모	공내용	본		1.0
	나무말뚝	6cm×6cm×60cm	본	25.0.	
	소 모 품	재료비의	%		5.0
기기 손료	전기탐사기	토모그래피용	일		3.0
	측량기구	부품포함set	본	1.0	
경비	승합차량렌트	7~9인승	일	1.0	3.0
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0

4.7.4 레이더 토모그래피(radar tomography)

bore hole radar 탐사는 단일 시추공을 이용하여, 송·수신 일체형 안테나를 시추공에 설치하고, 측정간격을 1m 이내로 하는 반사법탐사와, 2개 이상의 시추공을 이용하여 측정간격을 2m 이내로 하는 cross hole radar or tomography와, 시추공 지표간의 VRP(vertical radar profiling)로 분류하여 고해상도의 지하단면 영상을 얻는 탐사 방법으로 분류된다.

crosshole radar tomography는 안테나가 지중(암반)에 위치하므로, 감쇠가 적고 가탐거리가 20m~100m로 비교적 길며, 감쇠계수 tomogram과 속도 tomogram으로 분류하기도 한다. 그러나 국내에서는 아직까지 보편화되지 못하여, 표준화 품은 검토하지 않았으며, 가까운 장래에 도입 실현될 것으로 사료된다.

4.7.5 공내주사검층(borehole scanner) 측정

시추공 내벽을 영상화하는 검층방법으로서는 광학 카메라로 촬영하는 것과 초음파(0.5~2.5MHz)를 주사하여 영상화하는 것으로 분류된다.

4.7.5.1 시추공 내시경 검층(borehole optical television logging)

OBI(optical borehole imager) 또는 BIPS(borehole image processing system)와, borehole camera inspection system(water well & borehole television inspection system; downhole TV; DH-TV)등의 장비가 도입 활용되는 시추공내시경검층은 공내에 광학 카메라를 삽입하여 공벽의 영상을 촬영하는 검층으로, probe에 나침반이 내장되어 수직촬영과 측면촬영이 가능하고, 영상화된 자료에 의해 공내 암반상태를 직접 관찰하고, 불연속면에 대한 각종 정보를 수치화한 데이터로 나타내어 주향과 경사를 계산하며, 이를 이용하여 stereonet · rose diagram · rock condition을 작성하고 분석한다.

시추공내시경검층은 CCD(charge coupled device) camera(광검출 소자)로 공벽을 직접 관찰하는 검층의 일종이며, 댐 site의 지반지질 구조나 그라우트 효과 확인 · 지하 공동 주변의 변형 · 암반 시추에서의 암석 조직과 균열의 주향 · 경사와, 불연속면의 규모 등의 지반지질 정보를 공벽의 전방위(360°) 전개 영상으로, real time에서의 아날로그 신호를 디지털로 변환(A/D)한 데이터를, 대용량 저장장치인 광자기 디스크(MO, magneto optical disc)에 기록하여, 자료의 보전성 · 재현성이 뛰어나, 컴퓨터 처리에 의한 다양한 정보해석이 가능한 검층방법이다.

optical camera를 사용하므로 공내수의 청정도에 영향을 받으며, 물이 있을 경우에는 백반 등을 투입하여 부유물질을 제거하고, 풍화대 및 파쇄대 등 불량구간에서는 probe 보호용 투명 아크릴관을 설치하고, hole deviation이 내장되어 있으므로 centralizer를 반드시 설치해야 하며, depthmeter · sheave 및 winch system이며, 상향식으로 천천히 측정한다.

해석은 데이터 프로그램인 소프트웨어를 이용하여 전개 화상을 축척하고 가상 공벽원에 투영하여, 임의의 시점으로부터 관찰하는 3차원 화상으로, 불연속면 등에서의 충전물 협재나 절리면의 거칠기 · 연속성 등의 데이터로, stereonet의 투영도 · contour map 등을 작성하여, 시추공 내의 지반상태를 분석하고 해석한다.

DH-TV도 지하수 착정공이나, 구조물의 노후화 · 손상 등, 수중이나 대구경 착정공 내의 공벽 영상을 비디오테이프에 기록하여, TV-monitor로 관찰 · 파악할 수 있는 것으로, 불연속면의 방향 · 경사 · 파쇄대의 빈도 · 부분적인 함몰위치 · 규모 · 상태와, 지하수의 유입 및 용출개소 등 공내의 물리적 변형상태를 cm단위 심도로 측정 · 관측하고 그 상태를 직접 관찰할 수 있는 것으로, 광학 카메라를 이용하는 시추공내시경검층보다 이전에 개발된 것이며, 시추공내시경검층은 카메라의 정밀화 · 소형화 기술 발전과 더불어 전산화와의 결합으로 최근에 실용화된 기법이다.

4.7.5.2 초음파주사검층(borehole televiewer or acoustic televiewer)

초음파주사검층은 송신과 수신 역할을 교대로 수행하는 압전형(piezo-electric) 초음파 transducer와 자력계로 구성된 probe를 공내에 삽입하고, 천천히 나선형으로 회전(분당수회) 시키면서, 초음파 pulse(0.5~2.5MHz)를 시추공벽에 scan(주사·발사)하여, 되돌아오는 반사파(음파 반사율·acoustic reflectance)의 진폭과 자북의 방향을 매순간 측정하므로써, 시추공 전체에 주사한 시추공 벽면을 고해상도로 영상화하고, 암반에 분포하는 불연속면(절리·단층 등)의 주향·경사·간격·틈새 충전물의 유무 등을 판단하고, 암석의 상대강도를 산출하는 검층이다.

내장된 3성분 자력계로 자극(방향성)이 측정되어, 층리면·1mm이상의 파쇄대와 미세균열(0.1mm)의 연장·방향·크기 및 연결상태, 박층의 주향 및 경사, 암석의 조직까지 탐지가능하며, 공내수에 포함된 부유입자에 의해 야기되는 초음파 신호의 산란정도와 공벽 상태에 따라 해상력이 좌우된다. 공벽은 나공상태여야 하고, 초음파이므로 반드시 공내에 물이 채워져 있어야하고, 자력계에 영향을 미치는 자성물체(금속 및 철광 등)가 근방에 없어야 하며, 측정된 불연속면이 실제와 일치하도록 주기적으로 probe의 방위를 보정하고, probe centralizer로 공 중심을 맞추어야 하며, 속도 1~1.5m/min까지 가능한 원치의 sheave system이며, 상향식으로 측정한다.

4.7.5.3 borehole scanner 능률 보정표

50m당

측정심도 (m)	해석·측정·자료정리 전산비 $k=2.31-0.77\log d$	측정심도(d)	50미만	70	100	150	200
		수정계수(k)	1.0	0.89	0.77	0.64	0.54
비고	$k=\text{심도}/50 \times \text{수정계수}$	보정계수	1.0	1.25	1.54	1.92	2.16

4.7.5.4 borehole scanner 기술업무품

종별	세 목	규 격	구분 단위	계획·준비 (건당)	해석 (50m/공당)		보고서집필 (건당)
					시추공내시경	초음파주사검층	
직접인건비	기술사		인	1.0	1.0	1.0	1.0
	특급기술자		인	2.0	3.0	4.0	3.0
	중급기술자		인	2.0	6.0	8.0	
	초급기술자		인		3.0	4.0	
경비	해석소모품	인건비의	%		2.0	2.0	
	해석장비손료	해석·출력장치	일		3.0	4.0	
	전산비	해석·화상출력	일		3.0	4.0	
	소모품비	화상출력료	식		1.0	1.0	
	여비·일당·숙박		식	1.0			
비고	업무내용 별도가산	해석 해석		공벽전개화상, 불연속계 해석, stereonet 3차원 화상의 작성			

4.7.5.5 borehole scanner 조사업무품

50m당

종 별	세 목	규 격	구분 단위	현 장 측 정		자료정리 전산(계산)
				시추공내시경	초음파주사검층	
인 건 비	중급기술자	총괄·측정정리	인	8.0	6.0	5.0
	초급기술자	측정·계산	인	4.0	3.0	3.0
	중급기능사	시추 기능공	인	4.0	3.0	
	초급기능사	보 링 공	인	4.0	3.0	
재 료 비 (측 정 소 모 품)	sonde 소모	MO 200m set	식	1.0	1.0	1.0
	광자기 디스크		매	2.5	2.5	
	케이블 소모		조	0.033	0.033	
	조명용 램프		개	5.0		
	절연테이프	실리콘, 튜브	개	0.5	1.0	
	그리스		개	0.3	0.5	
	아크릴창		개	0.3		
	잡 재 료	재료비의	%	5.0	5.0	
	자료정리소모품	인건비의	%			
동력비		측정재료비의	%	1.0	1.0	
기기 손료	측 정 기 (main body)	▼ 화상처리unit	일	4.0	3.0	
		sonde	일	4.0	3.0	
		▲ cable winch	일	4.0	3.0	
경비	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	
비고	별도 조건	시추공내시경 수직공 이외		붕괴성 지반 공벽 보호 아크릴관 설치 경사·수평 시추공에서의 경사각도 측정방법		

4.7.5.6 borehole camera 기술업무품

종별	세 목	구분 단위	계획·준비 (건당)	현지답사 (개소당)	해 석 (50m당)			보고서집필 (건당)
					300m까지	300~600m	600~900m	
직 접 인 건 비	기 술 사	인	1.0		0.2	0.15	0.1	1.0
	특급기술자	인	1.0		0.2	0.15	0.1	1.0
	중급기술자	인	1.0	1.0	0.4	0.3	0.2	2.0
	초급기술자	인	2.0	1.0	0.4	0.3	0.2	
경비	해석 소모품	식			인건비의2%	인건비의2%	인건비의2%	
	여비·일당 숙박	식		1.0				

4.7.5.7 borehole camera 조사업무품

종별	세 목	규 격	구분 단위	관측(검층), (10m당)			자료정리
				300m이내	300~600m	600~900m	편집(개소당)
인건비	중급기술자	총괄·관측	인	0.1	0.125	0.143	1.0
	초급기술자	검층	인	0.1	0.125	0.143	1.0
	중급기능사	시추 기능공	인	0.2	0.25	0.286	2.0
	초급기능사	보 링 공	인	0.1	0.125	0.143	1.0
재료비	camera light	100W 1EA/100m	개	0.05	0.05	0.05	1.0
	O-ring	1EA/200m	개	0.005	0.005	0.005	
	램프 커버	1EA/500m	개	0.005	0.005	0.005	
	퓨즈	1set/200m 1.75,80Amp	set	0.005	0.005	0.005	
	비디오테이프	1EA/500m T-120 일반용	개	0.002	0.002	0.002	
	잡 품	재료비의	식	3.0	3.0	3.0	
동력비	경 유	125HP	ℓ	5.3	6.6	7.5	
	잡 유	경유의	%	20	20	20	
기계기구 손료	borehole camera assembly	main body	일	0.1	0.125	0.143	1.0
	video cable	φ1/4·1,000ft	일	0.1	0.125	0.143	
	generator	3.2kW	일	0.1	0.125	0.143	
	carrier	125HP·1톤	일	0.1	0.125	0.143	
	VCR & TV		일				
	그래픽 삽입기		일				
경비	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0	

4.7.6 공곡·공편향(deviation)

나침반과 추로 구성된 probe로 수평·수직 gyroscope가 내장되어 있으며 정밀도가 높다. 이는 crosshole test(tomography 등)와 같은 시추공과 공간 시험에서는 필수적으로 수행되어야 하며, 장공 시추와 원위치(실제)에서의 각종 불연속면 데이터 확보를 위한 시추공에서도 반드시 검층되어야 한다. 대부분의 측정장비는 자력의 영향을 받기 때문에 케이싱이 설치된 시추공에서는 사용할 수 없는 것도 있다.

공곡·공편향 검층품은 다양한 공심도와 목적별·방법·방식과 기기종류에 따라 검층수행에 현격한 차이가 있으므로 별도품으로 가산 취급토록 한다.

제5장 원위치시험

5.1 sounding의 개요

비고결층을 대상으로 각종 저항체(cone · shoe · bit · sonde · probe · tube · blade 등)를 각종의 로드 및 봉로드(단관 · 2중관 · 내관 · 외관)와 결합 또는 연결하고, 이를 지중에 삽입하여 관입 · 팽창 · 회전 · 인발 등의 저항에서 토층의 성상을 조사하는, 현장에서의 원위치시험(in situ test)을 광의의 sounding이라 하나 협의로는 cone시험에 국한하기도 한다.

이는 시료채취나 실내토질시험이 어려운 사질토와 연약 점성토지반의 연속적인 지반정보를 얻고자 할 때 수행되며, 토층지반의 관입저항 · 수압 · 전단저항값 등으로, 원지반 흙의 강도 · 변형특성 · 밀도 등의 심도분포를 직접 추정하여, 지층단면도와 그 특성 · 원위치 수평응력 · 투수특성 · 사질토지반의 강성 등을 평가하고, 그 지반구조물에 대한 기초의 지지력 및 침하계산에 필요한 점착력(c) · 내부마찰각(ϕ) · 전단강성율(G) 등의 토질상수를, 다른 원위치시험과 실내토질시험 결과에 비교한 경험식으로 제시하게 된다. 그러므로 토층에 대한 제반 물성자료를 얻고자 하는 시험이므로 대부분 조사업무 영역이다.

sounding의 분류

시 험 구 분			시 험 종 류		
동적 (dynamic)		dynamic cone	tube 형	SPT · 대형관입	
		cone 형	대형 · 중형 · auto-ram · portable간이		
정적 (static)	cone 시험	static cone	Swedish	screw point · 6단계 재하물 · ϕ19mm rod	
			Dutch	mantle cone · 2중 관식(ϕ36mm-ϕ16mm) · ϕ15mm×1m봉	
			piezocone	electric CPT	
			portable	단관식	ϕ16mm×50cm rod
				2중관식	ϕ22mm~ϕ13mm×50cm rod
			기 타	RI-cone, seismic cone · memory cone(codeless cone) Kroezen · 진동 cone · vane cone device	
	원위치 vane 전단시험	borehole식	hole 직경의 5배이상 깊이 (50cm 정도)		
		압입식	hand & strain control · 변형 gauge식		
	공내전단시험		BST(borehole shear test)		
	공내수평재하시험	고무튜브형(1실 · 3실), steel blade형(고압)			
		기 타	SBP(self boring) · DMT(dilatometer)		
기 타		stepped blade(ISB) · tapered blade			
기 타	rotary sounding	시추 속도 · torque 회전속도(rpm) · 비트 저항(하중 · 급압) · 이수압력 등을 sensing하여 자동기록			
	수압파쇄시험	암반의 초기응력 측정으로 측압계수 산정			
비 고	심도보정		계측기 설치품 심도보정(9.2.3.9)에 준하여 보정		

5.1.1 dynamic sounding

drop hammer 등으로 저항체를 지반 속에 충격식(타격)으로 일정량 관입시키는데 필요한 타격회수를 측정하는 시험이며, 튜브형과 콘형으로 분류된다.

튜브형은 시료채취가 동시에 수행되는 SPT와 대형관입시험으로 세분되고, 콘형은 SPT 에너지를 그대로 응용하는 대형 동적 콘과 에너지를 반감시킨 중형 동적 콘 및 automatic ram sounding과 휴대형 간이 동적 콘으로 세분된다.

dynamic sounding의 종류

구 분	시험별	콘(mm)	에너지(kg, cm)		rod(mm)		측정값(cm)		적 용 성
		최대경	해머	낙하고	외경	내경	관입량	기준(m)	
튜브형 (sampling)	SPT	51	63.5	76	AW	30.5	30	30	점토·모래
	대형관입	73	100	150	60	48	30	40	사질토·자갈
콘형 (침단형)	대형	50.8	63.5	76	AW	30.5	30	15	SPT 보조
	중형	50.4	30.0	35	33.5	23.0	10	10	"
	auto-ram	45.0	63.5	50	32	-	20	30	반자동
	휴대형 간이dynamic	30	5.0	50	25	-	15	1.0	얕은도로노상
		25	5.0	50	16	-	10	3.0	급경사 landsliding
비 고	기준(m)은 유효 최대 적용 심도 기준·콘의 침단각은 60°이며 tube ram은 90°								

5.1.1.1 표준관입시험(SPT ; standard penetration test)

가장 일반적인 동적관입시험으로 시추와 동시에 샘플링을 수행하는 불연속 sounding으로, 일종의 시험타 시험의 경험적 통계를 계수화한 것이라 할 수 있다. 이는 주로 점성토층과 모래층 및 사질토층을 대상으로 하며, 연약한 점토층이나 사력층·자갈층·풍화잔류토층에서는 참조 비교값으로만 활용된다.

SPT는 시추장비를 활용하므로 AW rod($\phi 43.5 \sim 42\text{mm}$)에 외경 $\phi 51\text{mm}$ ·내경 $\phi 35\text{mm}$ ·침단각도 $\pm 19^\circ$ 정도의 선단 콘(shoe)을 장착한 길이 68cm 정도의 split spoon sampler를 로드 연결하고, 63.5kg(140 Lbs)의 drop hammer를 76cm(30ft) 높이에서 자유낙하하여, 지중으로 30 cm(1ft) 관입시키는 타격회수(blow counter)를 N값으로 나타낸다.

N값은 모래지반에서는 상대밀도·내부마찰각·허용지지력을, 점토지반에서는 일축압축강도·허용지지력·점착력(consistency) 등으로 지층의 심도와 지지력 판정에 이용되며, 모래지반의 강도변화와 점토층에서는 $N=4$ 이상에서 효과적이다. 따라서 초연약지반에 대한 적용은 명확하지 못하며, 사력층·자갈층 등의 굵은 입도 지층이나, 완전히 풍화되지 못한 풍화대에서도 적합치 않으므로, 이에는 대형관입방법이 응용되기도 한다.

시험방법에서도 수동과 자동낙하장치로 수록·기록하거나(반자동), 자동낙하·자동기록의 완전자동으로 구분되며, 각각의 장치에 대해 SPT 효율시험을 실시하여, 표준과 대비하고 보정하여야 한다. SPT는 지반의 지층 상태에 따라 수행 난이도에서도 차이가 있으므로 대상지층별로 품을 산정한다.

회당(1/10) 환산적용

구분	종별	세 목	규 격	지층별	점성토	사질토	사력	고결질 실타 점토
				단위				
수 								

5.1.1.2 동적콘관입시험(DCPT ; dynamic cone penetration test)

대형 콘관입시험은 SPT의 energy system을 이용하여 보조자료로서 비교코자 하는 것이며, 콘 최대직경이 $\phi 50.8\text{mm}$ 이고 침단각이 60° 인 콘을 타입하여 매 30cm마다의 타격수를 측정하고, 중형 콘관입시험은 최대직경 $\phi 50.4\text{mm}$ 이고 침단각이 60° 인 콘을, 반감된 에너지인 30kg의 해머를 35cm 낙하고로 10cm 마다의 타격수를 측정하는 것으로, 대형은 심도 15m정도이고 중형은 10m 정도의 적정심도까지 지층의 연속적인 저항값을 측정하며, 그 이상 심도에서는 마찰에 의해 점차 자료의 신뢰도가 떨어진다.

휴대형 간이 동적콘은 도로상이나, 급경사의 landsliding 지역 얕은심도에 대한 동적콘의 효과를 아주 간결하게 적용시킬 수 있는 것으로, 5kg의 해머를 50cm 높이에서 자유낙하하며, 노상용은 최대직경 $\phi 30\text{mm}$ 콘을 $\phi 25\text{mm}$ 봉 로드로 15cm 관입하는 저항값을 심도 1m 정도까지 측정하고, 급경사의 landsliding 지역에서는 최대직경 $\phi 25\text{mm}$ cone을 $\phi 16\text{mm}$ 봉 로드로 10cm 관입하는 저항값을 심도 3m까지 측정하는 것이다.

automatic ram sounding은 유압시스템을 사용하는 자동 연속 관입장치이며, 해머(63.5kg)를 50cm 높이에서 봉 로드($\phi 32\text{mm}$)에 타격하여 20cm 관입량 마다 타격저항값을 구하는 것이다. 20cm 관입에 5회 이하의 연약층이면 로드(1m) 연결시 마다, 5회 이상이면 매 20cm 마다, rod를 시계방향으로 2회전시켜 시행하여 주변마찰에 대해 보정을 하여야 하며, 이의 결과는 SPT와 거의 유사한 결과의 값을 얻을 수 있다.

가. 동적 콘 관입시험(중형 · 대형)품(심도 10m기준)

개소당

종 별	세 목	규 격	구분 단위	중 형	대 형	비 고
인건비	중급기술자	총괄 · 자료정리	인	0.2	0.3	현장소운반 100m 이내 평탄지 기준
	고급기능사	시추기책	인	0.5	0.9	
	중급기능사	시추	인	0.5	0.9	
	초급기능사	보링공, 조력	인	1.0	1.8	
재료비	cone	▼ $\phi 50.8$	개	1.0	0.66	15m/공당 1EA 10m/공당 1EA
		▲ $\phi 50.4$	개			
	rod	▼ AW×3m	본	1.0	0.33	
		▲ $\phi 33.5 \times 1\text{m}$	본			
	잡 품	재료비의	%	5.0	5.0	삼발이 부품 등
동력비	경 유	시추기용 80HP	ℓ	17.0	30.0	
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	
기구 손료	시 험 기	▼ 63.5kg 해머	일	0.5	0.9	knocking head guide rod 포함
	(낙하장치)	▲ 30kg 해머	일			
	시추장비	200m형 set	일	0.5	0.9	
비고	표준측정심도	m/공	m	최대 10m 기준 10m	최대 30m 기준 15m	개소당
	SPT(N)와의 비교			10cmNd/10≒N	30cmNd≒N	

나. 동적 콘 관입시험품

종 별	세 목	규 격	구분 단위	automatic ram sounding(10m당)	휴대형 간이 dynamic (개소당)	
					도로노상	급경사 landsliding
인건비	중급기술자	총괄·자료정리	인	0.85		
	고급기능사	측정	인	0.64		
	중급기능사	측정보조	인	0.64	0.1	0.2
	초급기능사	조력공	인	0.64	0.1	0.2
재료비	관입 로드	φ32mm×1m	본	0.08		
	선단 로드	φ32mm×1m	본	0.08		
	rod(봉)	▼ φ25mm×1m	본		0.03	0.05
		▲ φ16mm×1m	본			
	선단 콘	φ45~32×90	개	1.0		
	60° 콘	▼ φ35mm	개		1.0	1.0
		▲ φ25mm	개			
	잡 품	재료비의	%	10.0	10.0	10.0
동력비	혼 합 유	auto-ram용	ℓ	6.0		
	오 일	DP hydraulic	ℓ	0.4		
	그 리 스		kg	0.5		
기구 손 료	관입장치	auto-ram set	일	0.64		
	인발장치	유압 시스템	일	0.64		
	해 머	5kg	일		0.1	0.2
	오일 탱크	인발장치용	일	0.64		
	유압 펌프	인발장치용	일	0.64		
	부 속 품		일	0.64		
비고	적용기준	기준심도 ÷ 관입기준	회/개소	최대심도30m 10m/개소 Nd≒N	1m ÷ 15cm 6~7회/개소	3m심도÷10cm 30회/개소

5.1.2 정적 콘 관입시험(static cone sounding)

선단이 뾰족한 여러가지 형태의 콘형 선단저항체를 지중에 일정한 속도로, 연속적인 하중을 가하여 관입하였을 때의 관입저항을 주로 하고, 이에 수반되는 주변마찰이나 간극수압도 측정하는 현장 원위치시험으로 주로 점성토의 점착력과 사질토의 지지력을 콘의 관입저항값으로 판정하는데 효과적인 시험이다.

5.1.2.1 스웨덴식 콘 관입시험(Swedish cone sounding)

하중 관입과 회전 관입 병행의 정적 콘 관입으로, 점토의 일축압축강도나 사질토의 지지력(N값)과의 관계자료로, SPT의 보조법으로 활용되어 토층의 구성상태를 파악하는 것으로, 깊이 10~15m 정도의 연약층을 대상으로 시험한다.

screw point는 길이 200mm의 4각뿔을 오른쪽으로 1회 비튼 형상으로, 최대경 $\phi 33\text{mm}$ 의 선단에 $\phi 19\text{mm}$ 환봉($\ell=80\text{cm}$ & 1m, 매25cm마다 눈금)를 연결해 가면서, 5·15·25·50·75·100kg의 재하물(수동은 판형, 자동은 추)을 순차적으로 가할 경우의 각 재하량별 관입량을 기록하고, 100kg 하중에서 로드의 침하가 정지되면 반회전(180°)시켜 25cm 눈금까지 관입되는 반회전수를 기록한 후, 다시 순차적인 하중을 재하한 침하량과 최종 100kg 하중 침하량 정지후의 반회전에 의한 25cm 관입 반회전을 되풀이하여 기록하고 50회 반회전에서 5cm 이하 관입이면 종료시키고, 1m당 반회전회전수를 산출하며, 시험시의 시험자 촉감에 따른 상황도 기록한다.

자동은 전동장치(motor system)로 압입관입량계·회전계·감속기·원치 등의 기능이 내장되어 있고, 수동은 핸들로 조립되어 있다.

5.1.2.2 휴대형 콘 관입시험(portable cone sounding)

선단각 30° ·최대경 $\phi 28.6\text{mm}$ (밀면적 6.45cm^2)·길이 53.5mm의 선단 cone을 점성토·부식토 등의 연약지반에 관입하고, 이때의 저항치로 점성토의 점착력과 지층의 구성·두께 등을 추정하는 것이다.

단관식($\phi 16\text{mm}$ 봉 로드)과 2중관식($\phi 22\text{mm}$ 외관과 $\phi 13\text{mm}$ 내관 봉 로드)이 있으며, 길이는 모두 50cm이고, 매 10cm 마다 눈금이 새겨져 있는 시험기구를 인력으로 지중에 관입하는 시험으로, 매 10cm 마다 초당 1cm 정도($1\sim 1.5\text{cm/s}$)의 속도에 대한 cone 관입저항치를 하중계·다이얼 게이지 등 proving ring gauge(double gauge) 등으로 측정하며, 대상 심도는 3~5m 정도이다.

5.1.2.3 소형정적 콘 관입시험품

개소당

종 별	세 목	규 격	구분 단위	Swedish cone (10m/개소)	휴대형 콘 (5m/개소)	
					단관식	2중관식
인건비	중급기술자	총괄, 자료정리	인	0.2	0.1	0.2
	고급기능사	측정	인	0.5	0.2	0.4
	중급기능사	측정보조	인	0.5	0.2	0.4
	초급기능사	조력공	인	1.0		
재료비	screw point	$\phi 33\text{mm} \times 20\text{cm}$	개	0.5		
	콘	$\phi 28.6\text{mm}$	개		0.1	0.1
	로드(sus)	▼ $\phi 19\text{mm}$ 봉×1m	본	0.06		
		$\phi 16\text{mm}$ 봉×50cm	본		0.05	
		$\phi 22\text{mm}$ 관×50cm	본			0.05
	잡 품	▲ $\phi 13\text{mm}$ 봉×50cm	본			0.05
		재료비의	%	10.0	5.0	5.0
손 료	시험기구	Swedish set portable set	일 일	0.5	0.2	0.4

5.1.2.4 화란식 콘 관입시험(Dutch cone, mechanical friction cone penetrometer)

2중관 로드를 외관(외경 $\phi 36\text{mm}$ · 내경 $\phi 16\text{mm}$)과 내관봉($\phi 15\text{mm}$)을 사용하여 마찰력을 제거하고, 이에 연결되는 관입선단인 화살형 mantle cone(최대직경 $\phi 35.7\text{mm}$, 7/100 taper형, head $\phi 36\text{mm}$ · $\ell = 20\text{cm}$)을, 관입속도 1cm/s 정도로 5cm 연속 관입시키는 콘 관입 저항값을 25cm 마다 5회 반복 측정하는 것이다.

10t과 2t 규모의 2종이 있으며, 10t 규모는 외관(외경 $\phi 36\text{mm}$ · 내경 $\phi 16\text{mm}$)에 내관봉($\phi 15\text{mm}$ 의 길이 1m 단위 로드)으로 연약층 최대심도 30m 정도까지 관입시험하고, 2t 규모는 외관(외경 $\phi 28$ · 내경 $\phi 16\text{mm}$)에 coupling부만 $\phi 36\text{mm}$ 이며, 내관봉은 10톤과 동일하고 최대심도 15m 까지가 일반적인 시험적용 한계이다.

콘 압입장치와 고정장치(screw anchor) · 측정장치(압력계 · 유압계 · 스프링형 proving ring gauge) 등은 2t과 10t 규모에 알맞게 조립되어 압입 및 인발이 되도록 구성되어 있다.

콘의 관입저항(q_c)과 마찰저항(f_s)으로 흙(연약지반)의 굳기(강도)를 추정하고, 지반의 토층구성상태를 추정하여 흙의 역학적 성질을 파악하고, 기초지반의 지지력 분포와 모래지반에서의 말뚝기초 지지력 및 직접기초의 침하 등, 말뚝의 시공성과 지반 지지력을 평가할 수 있는 현장 원위치시험이다.

5.1.2.5 전기식 정적콘시험(CPT, electrical piezocone test, friction cone penetrometer)

이는 Dutch cone의 일종으로 관입저항값(q_c) · 관입 중의 주변 마찰저항(negative friction, f_s)과 간극수압(u) 등을 동시에 연속적으로 측정하여, 지반 강도와 토질분류정보를 정확히 얻을 수 있는 원위치시험 장비로, 부수적으로는 지반경사계 · 심도계(depth-meter) · 토압 센서 · 온도계 등도 내장되어, 과잉간극수압의 소산시험까지도 수행할 수 있으며, 전기신호를 증폭 · 수치화하고 결과를 정리하여 보존하는 기능을 갖춘 전산 프로그램(software)을 내장한 전용 field computer system으로 운영된다.

국내에 도입된 기종으로서는 관입저항값(q_c)을 기준으로 10t형과 20t형이 대부분이며, 최대시험심도는 개략 30m 정도이고, 20m 심도 기준으로 $1.0 \sim 2.0\text{cm/s}$ 관입속도로 매 10cm 이내의 간격(보통 5cm 간격)으로 측정하여, 점성토층 내의 얇은 모래박층도 쉽게 관측하고, 선단저항과 간극수압 · 마찰비(f)로 Robertson이 제안한 흙의 판별(12종 분류)을 할 수 있도록 자료와 그래프로 출력된다.

5.1.2.6 간극수압 소산시험

점성토층에서 관입시의 과잉간극수압이 관입 중단으로 소산되어, 관입 이전의 간극수압에 복귀되는 소산 속도로부터 압밀계수(c_u)를 구하는 시험으로 piezocone test 과정에서 필요시에 수행할 수 있도록 시스템화 되어있다.

5.1.2.7 정적 콘 관입시험(Dutch, electrical piezocone)품

개소당

종별	세 목	규 격	구분 단위	Dutch cone(10m)		electrical piezocone(20m)		
				2t,수동식	10t,유압식	CPT	병행소산	단독소산
인건비	중급기술자	측정·자료정리	인	0.3	0.5	1.7	0.5	2.1
	고급기능사	장비관리·측정	인	1.0	1.0	1.2	1.1	1.6
	중급기능사	측정	인	1.0	2.0	1.2	1.1	1.6
	초급기능사	측정 보조	인	2.0	2.0	1.2	1.1	1.6
재료비	mantle cone	φ33mm×20cm	개	0.15	0.2			
	로 드 (ℓ=1m)	▼ φ28~φ36	본	0.08				
		φ36(10t)	본		0.1			
	필 터	▲ piezocone전용 with tip	본			0.1	0.1	0.1
	전용케이블	12core×50m	개			0.3	0.1	0.2
	잡 재 료	재료비의	식			0.05	0.05	0.05
동력비	경 유		ℓ			6.0	5.0	9.0
	잡 유	경유의	%			20.0	20.0	20.0
기계 기구 손료	시험장비	▼ 2t Dutch set	일	1.0				
		10t Dutch set	일		1.0			
		▲ CPT set	일			1.2	1.1	1.6
	sonde	piezocone	일			1.2	1.1	1.6
	반력하중	screw auger set	일			1.2	1.1	1.6
	data logger	프로그램	일			1.2	0.4	1.6
	발 전 기	1kVA	일			1.2	1.1	1.6
경비	트럭 렌트	2.5t	〃			1.2		1.6
비고	기 종 별 시험기준	시험구분	단위	Dutch	CPT	CPT의 단독소산시험에서의 시험 심도에 의한 보정은 20m 기준에서의 측정, 인발 (0.7)을 심도에 비례한 능률로 환산하여 적용함.		
		장비설치	일	0.2	0.2			
		시험준비	일		0.3			
		측 정	일	0.5	0.5			
		인 발	일	0.3	0.2			
		자료정리	일		0.5			
		계	일	1.0	1.7			

5.1.3 기타의 cone sounding

electrical cone system을 활용한 다양한 sounding이 개발되어 활용되고 있으며, 그 중에서도 대표적인 것으로는 다음과 같은 것이 응용되고 있으나 보편화되지 못하고 있다.

- (1) RI cone : radioisotope(방사성 동위원소) 선원과 검출기를 콘에 내장해서, 지반의 함수비나 밀도를 측정하는 것으로, nuclear density cone이라고도 한다.
- (2) seismic cone : 지반에서 P파나 S파(지반의 전단파) 속도를 측정할 수 있도록 콘에 지진계를 내장한 수평 응력 콘과, 수신 콘-진원 콘의 crosshole방식 및 수신 콘-지표 stacking의 downhole방식 등으로 지반의 전단강성율을 추정하고, 경사계 센서를 내장하여 보정할 수도 있도록 하였다.
- (3) memory cone : 케이블 처리의 대체 방안인 codeless cone(전자 코일 내장 콘) 방식으로, 지반의 전기저항을 측정하여 밀도를 추정하는 원위치 밀도측정기이며 Kroezen이라고도 한다.
- (4) 진동 콘 : 저항체 콘을 진동시키면서 관입시켜 모래의 액상화를 추정함.
- (5) vane cone device : 베인과 콘을 복합시켜 수직과 원주방향의 특성을 동시에 파악함.

5.1.4 원위치 베인 전단시험(field vane shear test)

베인 시험은 연약한 점성토지반(N치 2이하)을 대상으로, 지반안정 계산에 사용되는 전단강도를 구하는 현장 원위치시험이다.

점성토의 강도시험은 자연시료(U/D)로 실내시험의 일축압축시험에서 점착력을 구하는 것이 보통이나, 현장에서의 베인 전단시험은 vane blade를 지중에 삽입하여 회전시켰을 때의 회전 저항으로부터, 점성토지반의 전단강도를 구하는 원위치시험이다.

시험방법은 시추공 저면(시추공 지름의 5배 이상 깊이 · 보통 50cm) 이하에서나, 보호관과 함께 지중에 압입하는 시추공을 제외한 방법으로 얇은 심도에서 수행되며, vane blade는 4개의 직사각형 날개가 +자형으로 달려있고, 2종류의 표준형(대형 · 소형)이 있다.

종 류	blade(d×h×t) mm	shaft mm	전단강도(적용성)	시험기기
대 형	75×150×3	φ16×750	0.5kgf/m ² 이하	hand control & strain control
소 형	50×100×1.5	φ13×500	0.5kgf/m ² 이상	

재하측정장치는 회전속도의 제어가 용이한 변형제어식으로, torque meter와 하중계로 회전 각 1°까지 정확하게 측정할 수 있는 strain control형의 레버식이 양호하며, hand control형 field vane은 보다 간편하지만 오차가 심하고 대개 소형이며, pocket hand vane은 실내시험 시료용 U/D sample에 적용하는 시험실용이고, 변형 게이지식 vane은 blade 바로 위 shaft에 변형 게이지를 장착하여 케이블로 변형측정기와 결합하여 직접 측정하는 방법으로 계측기화한 것이다.

원위치 베인 전단시험품(심도 10m이내)

회당

종별	세 목	규 격	구분	hand vane	field vane	borehole식
			단위	압입식 · 소형	압입식 · 대형	strain · 대형
인건비	중급기술자	지도·기록	인	0.2	0.3	0.4
	고급기능사	시추기책	인	0.3	0.4	0.6
	중급기능사	시추	인	0.3	0.4	0.6
	초급기능사	보링공·조력	인	0.3	0.4	0.6
재료비	vane blade	▼ 소형 50×100	개	0.15		
		▲ 대형 75×150	개		0.1	0.1
	전용 로드(봉)	▼ ϕ13×500	본	0.25		
		▲ ϕ16×750	본		0.15	0.15
		▼ ϕ40.5×1m	본		0.20	0.20
		▲ AW×3m	본			0.1
	로 드	재료비의	%	20.0	20.0	20.0
동력비	경 유	시추기용80HP	ℓ			20
잡 유	경유의	%			20.0	
기구 손료	베인전단시험기	▼ hand set	일	0.3	0.4	
		▲ strain set	일			0.6
	시추장비	200형 set	일			0.6
비고	적 용 성	비 표 준	borehole · 압입 · 대형 · 소형을 필요에 따라 혼용			

5.1.5 공내전단시험(BST ; borehole shear test)

불교란시료 채취가 어려운 지반의 점착력(C, cohesion) 및 내부마찰각(ϕ , friction angle)을 산정하기 위해 시추공내에서 실시하는 직접전단시험이다. 공내전단시험기는 1999년 Iowa 대학의 Handy교수가 개발한 장비로서, 전단기(shear head : shear plate가 부착된 수평 잭) · 펌프 · 인발 잭 · 수평압력계 · 전단압력계 · 인발로드 등으로 구성되며, soil BST와 rock BST로 구분된다.

soil BST는 토사~풍화토를 대상으로 하며, shear plate가 넓은 경량의 전단기를 에어 펌프(또는 CO₂ 가스)로 가압하여(0~2.2MPa) 기어형 잭으로 인발한다. rock BST는 풍화암~연암을 대상으로 하며, shear plate가 작고 수평압력 및 인발은 유압실린더와 펌프로 가압(0~80MPa) 한다.

시험방법은 ϕNX 정도($\phi NX \cdot \phi 76 \cdot \phi 86$)를 이용하여, 최대한 교란되지 않은 균질한 구간을 시추 즉시 선정하고, 전단기(shear head)를 공벽에 부착시켜 수평압력(normal stress)을 가한 후 잭으로 인발시의 전단력(shear stress)을 구하는 방식으로, 시험위치를 조금씩 상향 이동하면서 3단계 이상의 시험을 실시한 후, 수평압력과 전단압력을 X, Y축에 입력하여 선형회귀분석을 실시, 그래프상의 Y축과 만나는 지점을 점착력(C), 기울기를 내부마찰각(ϕ)으로 산정한다.

공내전단시험품(심도 20m이내)

3단계/회당

종별	세 목	규 격	구분 단위	soil BST	rock BST
				가스압, 경량	유압
인건비	중급기술자	지도·분석	인	1.8	2.0
	초급기술자	측정·기록	인	1.3	1.5
	고급기능사	설치·조작	인	0.8	1.0
	중급기능사	시추·설치	인	0.8	1.0
재료비	스테인리스 로드	▼ $\phi 10 \times 1000$	본	1.0	1.0
		▲ $\phi 19 \times 1000$	본		
	에어 호스	$\phi 5 \times 30m$	개	0.1	0.1
	유압 호스	$\phi 13 \times 20m$, 4P	개		
	shear plate	▼ large	개	0.2	0.33
		▲ small	개		
	잡 품	재료비의	%	20.0	20.0
기구 손료	soil BST		일	0.8	1.0
	rock BST		일		
	시추장비	200형 set	일	0.8	1.0

5.1.6 공내수평재하시험 (PMT ; pressure meter test in borehole)

지반의 수평방향 변형특성을 결정하기 위한 수단으로, 압력-변위량 곡선으로부터 지반의 변형·강도 상수를 추정할 수 있는 시험으로, 시추공에 측정관(probe 또는 sonde)을 삽입하는 PBP(pre borehole pressure) 형식으로, 압력-공벽변위량(또는 체적변위량)과의 관계에서의 지반의 변형계수와, 경사가 급변할 때의 압력에서 항복압력 및 지반이 견딜 수 있는 최대압력인 극한압력을 구하여 활용하는 시험이다.

공벽에 횡압을 가하는 방식에서 등분포 하중방식은 고무 튜브 측정관이 1실인 것과, main 및 상하의 guard cell로 구성된 3실형이 있고, 등변위 방식으로는 원통형의 측정관 일부가 금속재 재하관으로 구성되어 유압 피스톤으로 blade를 가압하는 형태가 있다.

튜브형은 가압수로 질소가스압이나 수동 유압펌프압으로, 3실형은 main과 guard cell의 압력차를 압력계와 변위량 제어측정기를 이용하여, 일정하게 유지되도록 자동제어 시키는 감압제어 밸브를 사용하고, blade형은 압력제어 유압 펌프와 압력계 및 피스톤식 유압 cell로 가압시키며, 이들 연결관은 모두 가압에 대한 팽창이 거의 없는 관을 사용해야 한다.

시험결과에 의한 압력-변위량(체적 또는 creep) 곡선도에서 초기 항복 극한압력과 변형계수로, 점토의 비배수 전단강도·사질토(모래)의 내부마찰각·수평 방향의 지반 반력(압밀)계수로 지지력을 산정하여, 얕은기초·말뚝기초·흙막이 토류벽·earth anchor 등의 설계에 활용하게 된다.

5.1.6.1 공내수평재하시험 보정 및 적용기준

보 정			적 용 성	
구분		보정율	초연약 및 연약 점성토 : DMT, LLT	
심도 (m)	50~80	25%할증	LLT : BX ; 단관 튜브, NX·HX ; 2중튜브	
	80~100	50%할증	Menard : BX·NX, 자갈·사력·매립토	
5회/공 이상 연속		80%적용	elastmeter I·II	암반(풍화암·연암·경암)
반복재하		적정 할증	probex I·II	
creep측정				Goodmanjack

5.1.6.2 공내수평재하시험품(심도 50m 이내, NX-hole 규격)

회당

종별	세 목	규 격	구분 단위	고무튜브형(저압-중압-고압)				steel blade
				저압	저압	중압	고압	고압
				LLT형	Menard	elast I·II	probex I·II	Goodman
인건비	중급기술자	지도·데이터정리	인	1.2	1.3	1.0	1.1	1.2
	고급기능사	시추기책	인	0.6	0.65	0.5	0.55	0.7
	중급기능사	시추·기록	인	0.6	0.65	0.5	0.55	0.7
	초급기능사	보링공, 조력	인	0.6	0.65	0.5	0.55	0.7
재료비	시험기구소모 (membrane·probe·sonde·고압호스·케이블)	▼ probe·membrane·호스	조	0.33	0.33	0.25	0.25	0.2
		probe·membrane·호스	"					
		sonde·membrane·호스·케이블	"					
		▲ sonde·jack·호스·케이블	"					
	로 드	AW×3m	본	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
동력비	경 유	80HP	ℓ	20.0	22.0	17.0	19.0	24.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20
기계기구손료	재하시험측정기	▼ LLT	일	0.6	0.65	0.5	0.55	0.7
		Menard	일					
		elastmeter	일					
		probex	일					
		▲ Goodman jack	일					
	수동 펌프	hydraulic	일			0.5	0.55	0.7
	시추장비	200m형set	일	0.6	0.65	0.5	0.55	0.7

지금까지 일반적으로 적용되고 있는 PBP는 시추 후 측정 시스템을 재삽입하면, 연약지반인 점토층에서 공벽면의 파손·응력 해방의 영향을 받게되어 신뢰성이 다소 떨어지므로, 신뢰성

이 보다 높은 지반정보를 얻기 위한 SBP(self boring pressure test, 자기 굴착형 공내수평재하시험)시험은, self boring이 가능한 지반을 제외한 암반 등에서는 불가능하고, 까다로운 현장시험 과정으로 고도기술이 요망되어 적용성이 매우 낮은 방법이며, 국내에는 미도입된 기술시험으로 아직까지 보편화되지 못하고 있다.

DMT(dilatometer test)는 해저 점토지반의 시추공 저면이나 연약지반에 blade형의 dilatometer를 관입시켜, 그 깊이에서 수평재하시험을 하는 flat형 기구로, 이 blade(w93×t16×ℓ 230mm의 가래모양)의 중앙에 내장된 φ60mm의 박편강판 membrane을, rod 내의 에어 tube를 통해서 가스로 가압하여 2cm/s 속도로 관입한 후, membrane을 1.1mm 팽창시키는 수평재하시험으로, blade에 접했던 시점의 압력으로 토질상수를 추정하여, 지반 개량효과 등을 간편하고 신속하게 추정할 수 있는 시험방법이나 현장상황에 따른 현격한 수행난이도로 별도 적용한다.

5.1.7 rotary sounding

시추 시의 저항으로 지반의 강도를 추정코자 하는 sounding 방법으로, 시추 속도·회전속도·선단 비트에의 시추 저항(비트에의 하중·torque·마모율)·이수의 수압(압력) 등을 비트 바로 위에 내장 설치된 센서와 지상의 프로그램이 내장된 data logger로 연결·측정·기록하는 방법이다.

이는 센서를 탑재한 sensing machine을 중심으로 sensing rod(로드 선단의 배럴에 해당되어 비트부·센서부·계측 메모리부·배터리부로 구성)와 지상 계측 및 해석장치(해석 소프트웨어 내장)로 구성되어 있다.

이는 석유탐사에서 시도된 이래 토목기초처리 분야에 응용되어, 연약지반 고화개량의 품질 관리 수단으로 활용되고 자료가 연속적으로 얻어지기 때문에 개량체 강도를 연속적으로 파악할 수 있으므로 심층 혼합처리 공법의 성과에 이용되기도 하나 적용빈도가 낮아 보편화되지 못하여 별도로 적용한다.

5.1.8 stepped blade(ISB ; Iowa stepped blade) & tapered blade

ISB는 수평 방향의 정지토압을 간이 수평재하시험기(DMT) 시스템을 응용하여 측정코자 개발된 것으로, blade부가 step으로 선단에서 순서(차례)대로 두께가 두꺼운 step by step 형식이며, 각 step의 중앙에 소형 토압판이 내장되어 있는 구조로 재하시험이 아닌 토압계가 내장된 토압측정기이다.

blade 선단의 각 step은 두께가 5·7·9mm인 3 step이며, 폭이 80mm이고, 길이는 step당 70mm 정도 내에 각각 수압판이 내장되어 blade head부의 센서부와 결합되어 code로 연결된다.

tapered blade는 ISB를 응용하여 7개의 수압판을 내장한 taper형($t=6.35\sim12.7$, $\ell \approx 350$, $\omega=95.25\text{mm}$)으로 blade의 두께를 taper식으로 변화시켜서 토층내에 삽입시 연속적으로 blade 선단부 두께가 변화하므로 시험의 신뢰성을 좀더 높인 시험기라고 주장하기도 하나 보편화되지 못하고 있다.

5.2 수압파쇄시험(hydraulic fracturing method)

본 시험은 지반내 지하공간에 구조물시공(주로 터널)을 설계할 때, 현지암반의 초기응력(virgin stress) 상태·특히 터널 단면 설계에서의 수평응력 성분에 영향을 미치는 측압 계수(수평·연직성분비) 산정을 위하여, 지반조사 단계에서의 시추공을 이용한 암반의 공학적 설계에 중요한 요인으로 이용되는 초기응력을 직접 측정하여, 지진의 예측 및 메커니즘을 규명하므로써, 응력에 의해 발생하는 터널의 불안정성을 밝혀내고자 하는 현장 원위치시험이다.

터널이 굴착되면 초기 응력이 교란되어 유도응력(induced stress)으로 재배치되고, 중력(gravitational)·지체(지각운동·plate tectonics) 및 지각의 물리·화학적 변화에 의한 침식 후의 잔류(residual) 응력으로 분류되게 된다.

이러한 응력을 측정하는 방법으로서는 대개 응력보상법(flat jack) 또는 회복법(recovery)과 음향방출(AE)법이 이용되며, 응력개방(해방)법(over coring)으로서는 공경(diametral)·공저(doorstoper)·공벽(Leeman) 변형법과, 수압파쇄(hydraulic fracturing)법이 활용된다.

수압파쇄시험은 시추공을 이용하므로, 굴착 이전 단계에서 지하심부까지 직접응력을 측정하여 설계에 반영할 수 있어서, 여러 가지 시험결과에 의해 얻어진 탄성계수로 응력을 환산하는 과정에서의 오차(error)가 줄어드는 유용한 기법으로, 방법과 해석 등의 과정이 복잡하고 난해하였으나, 시험장비와 전산 프로그램의 발전으로 근래에 도입·실용화되어, 터널 설계에 많이 활용되는 시험이다.

수압파쇄시험에서는 먼저 시추공내의 상태가 체크되어 시험 위치가 선정되어야 하므로, boring core logging과 함께 borehole caliper(공경), borehole scanner(OBI·BIPS·borehole camera TV·ABI·televiwer) logging의 수행자료가 검토되어야 하며, 검토 선정된 구간에는 1단계로 straddle packer system으로 packing하고, 물 또는 유체를 고압펌프로 가압하여, 암반이 break down(임계치)되어 인장파괴(tension failure)가 일어나면 압입을 중지하고, 압력저하를 관찰(계측)하는 과정을 3~4회 반복하여, 압력-시간곡선에서 수압파쇄 균열의 거동을 조사하고, 지반의 응력성분 중 최대·최소 수평 주응력을 산정한다. 또한 공방향 측정기(gyroscope)가 내장된 impression(압입) packer나 scanning(주사)으로 최대 수평 주응력의 균열 방향을 측정하고, 수직응력(대개 심도×암반의 평균밀도)에 대한 비(ratio)로 측압계수(K)를 산정한다.

공내시험은 주로 시추 장비를 이용하는 로드형과, 고압 호스를 활용하는 수정보안된 rod type system이 이용되나, 고압 호스 3개·signal cable 2개·filter cable 5개를 일체화시켜 가운데(center)의 bearing wire와 함께 outer jacketing한 특수한 multihose의 steelcable wireline type도 개발 이용되지만, 비용과다와 문제 발생시의 수리 난제 등이 단점이기도 하다. 그러므로 시추공 상태가 불량하거나 심도가 얕은 공에서는 로드형이 운영되고, 지하에너지(유류·가스) 비축기지·양수발전소·도수 터널·핵폐기물 처분장 등 깊은 심도의 시추공에 대한 시험에서는 wireline과 로드형이 복합된 별도의 단일 또는 복수 고압 호스형의 wireline 시스템이 운영되기도 한다.

자료의 해석은 초기파쇄(initial breakdown)·균열파쇄(shut-in)·균열 확장 또는 개구(fracture propagation 또는 reopening) 압력($P_b \cdot P_s \cdot P_p$ or P_r)과 균열의 방향이 필수적인 변수이며, P_b 는 첫 번째 가압 사이클에서의 최대구간압이므로 쉽게 결정되나, P_s 는 P_b 관찰 후 가압을 중지하면 균열 유지 필요압으로 균열면에 수직으로 작용하는 최소수평주응력(minimum horizontal principle stress; Sh)으로 나타나서 $Sh=P_s$ 가 된다.

한편 균열파쇄 이후 다시 가압하면 P_b 보다 낮은 일정압력에 도달하게되는 2차파쇄(secondary breakdown) 압력(P_{sb})을 P_r (균열개구압력)이라 하며, 현장 암반의 인장강도(in-situ tensile strength) T 는 $T=P_b-P_{sb}$ 를 이용하고 시험 측정치로서 응력해석이 가능해진다. 그러나 압력-시간곡선에서 압력값을 유추하는 과정에서, 시험자나 해석자의 주관적 판단이 포함될 가능성이 농후하여, 이를 배제하고자 확률론적 접근 방법을 통한 자료처리 프로그램이 개발되어, 압력-시간곡선·압력-유량곡선에서 매개변수가 결정된다.

지반거동을 평가하는 수치해석법에서 터널의 안정성 해석에는, 유한차분법을 사용한 동적과정의 지반거동 연속체 모델 해석프로그램과, 개별요소법 이론에 입각한 불연속체 모델 프로그램 등으로, 터널의 안정성을 해석하고 현지지반의 강도 및 변형특성, 초기 지압의 상태(수평/수직응력비)·터널 단면형태 및 지보보강 패턴을 결정할 수 있도록 하였다.

5.2.1 수압파쇄시험 기술업무품

종별	세 목	구분 단위	계획·준비 사전협의 (건당)	현지답사·자료 검토 (건당)	시험구간선정 검증검토(공/개소)	현장시험지도 점검(공/개소당)
직접인건비	기술사	인	1.0		1.0	
	특급기술자	인	2.0	2.0	2.0	2.0
	고급기술자	인	1.0	2.0		2.0
	중급기술자	인	2.0	2.0	2.0	
	초급기술자	인		2.0		
경비	승용차량렌트	일		2.0	2.0	2.0
	여비·일당 숙박	식		1.0	1.0	1.0
비고	별도조건		각종 검증·시추 조사공(ϕNX) 별도		core·scanner 등 검출결과 검토	시험과정·장비 설치·방법 지도

종별	세 목	구분 단위	지반거동평가해석 (구간/공당)			보고서집필 평가·고찰·검토 (건당)
			조건설정	계산실행	결과 정리 검토	
직접인건비	기술사	인	1.0		1.0	3.0
	특급기술자	인	2.0	1.0		3.0
	고급기술자	인	2.0	3.0	3.0	3.0
	중급기술자	인	3.0	6.0	6.0	6.0
	초급기술자	인	3.0			6.0
경비	프로그램사용료	식	1.0	1.0	1.0	
	소모품 (인건비의5%)	식	1.0	1.0	1.0	1.0

5.2.2 수압파쇄시험 조사업무품(심도별)

구간/공당

종별	세 목	규 격	구분 단위	장비 조립설치·해체		시험측정, 1단계(3~4회/구간), 2단계		
				시추기	시험장비	심도100m이내	100m이상	방향(압인)
인건비	중급기술자	총괄,시험,측정	인	1.0	1.0	0.5	1.0	
	초급기술자	시험,측정보조	"		2.0	1.0	2.0	0.5
	고급기능사	공기압축기, 발전기	"	2.0	1.0	1.0	2.0	0.5
	중급기능사	펌프, 시추기	"	2.0	1.0	1.0	2.0	0.5
	초급기능사	보링공	"	2.0	1.0	1.0	2.0	0.5
	조력공	일용직 노무자	"	4.0		1.0	2.0	1.0
재료비	케이블 소모	200mset, 50회사용	m			4.0	4.0	4.0
	고압호스소모	100mset, 30회사용	"			3.33	3.33	3.33
	와이어로프소모	200mset, 10회사용	"			20.0	20.0	20.0
	packer소모	50회사용	set			0.02	0.02	
	전선소모		m			10.0	10.0	10.0
	impression packer	압인용, 10회사용	set					0.1
	잡재료	재료비의	%			5.0	5.0	5.0
동력비	경유	180HP	ℓ			38.0	76.0	20.0
	잡유	경유의	%			20.0	20.0	20.0
기계장비손료	수압파쇄시험기		일		1.0	0.5	1.0	0.25
	고압펌프	15HP	"		1.0	0.5	1.0	0.25
	공기압축기		"		1.0	0.5	1.0	0.25
	발전기	50kW 75HP	"		1.0	0.5	1.0	0.25
	시추장비	200m 80HP set	"	1.0		0.5	1.0	0.25
	derrick	5m	"	1.0		0.5	1.0	0.25
	급수펌프	3HP	"			0.5	1.0	0.25
	시험차량	van 125HP	"		1.0	0.5	1.0	0.25
	전산장비	컴퓨터, 프린터	"		1.0	0.5	1.0	0.25
경비	프로그램사용료		식			1.0	1.0	1.0
	여비·일당·숙박		"		1.0	1.0	1.0	1.0
비고	기 준	조 건		기존 시추공(φNX) 및 검층 완료공 기준				
		능 른		심도 100m이내 2구간/일 기준				

5.3 재하시험

대상지반(자연·조성·공내·말뚝기초 등 지반)을 균질한 연속체로 가정하고, 재하판에 직접 하중을 가하여 지반의 변형·강도 등 지지력에 관한 상태를 관찰하는 원위치시험으로, 재하판의 크기·반복재하여부·재하시간 등의 방법에 따라 그 특성이 종합검토 된다.

재하시험의 분류

시험종류	대상지반	적용한계	재하방법
지반의 평판재하	구조물기초 (암반제거)	지반반력계수·극한지지력(설계) 직접·케이슨기초 등 지지력관리(시공)	단계 반복재하·하중제어 (φ30cm재하판)
도로의 평판재하	도로·활주로 철도 노상노반 탱크 기초	도로포장의 손상·콘크리트 노반설계 다층탄성 노상노반의 지지력계수· 공항 활주로·철도 성토·노상노반 품질관리	단계식재하·하중제어 (φ30·40·75cm재하판)
현장 CBR	도로·활주로	도로의 자연지반 지지력, 도로·활주로 노상노반 품질관리	φ5cm관입피스톤 시험기. 연속재하·변위제어
Benkelman beam 처짐량	도로·활주로	도로포장 손상·포장설계 처짐량 도로·활주로 노상노반 품질관리	일정 하중량 재하 (덤프트럭)
심층재하	심층기초	말뚝·케이슨·대규모 구조물의 심층기초 수직 지지력 특성	borehole 저면, 단계·반복하중, 하중제어
천층 개량 지반재하	초연약 천층 개량대상	개량대상 지반의 반력계수 개량 두께 결정 및 강도 확인	직접 단계식 하중재하, 하중제어
공내수평재하	토층·암반	sounding편 참조	본편에서 제외
말뚝재하	기초말뚝	별도 취급(시공)	
point load test	점재하시험	별도 취급	

5.3.1 평판재하시험(PBT ; plate bearing test)

하중과 재하판 침하량으로 어느 심도까지의 지반변형·강도 등 지지력 특성을 조사하기 위한 현장 원위치시험으로, 구조물의 기초설계에 필요한 지반반력계수나 극한지지력 등의 특성을 파악코자하는 지반 평판재하시험과, 도로의 노상·노반을 주대상으로 하는 도로평판재하시험으로 분류된다.

이외에도 대형재하판에 의한 대형재하시험, 장기 creep변형을 요구하는 연암지반을 대상으로 하는 장기재하시험, 지반의 수평방향 지지력을 구하고자 하는 횡방향(수평)재하시험 및 기초가 지진의 영향을 받는 경우의 급속반복재하시험 등이 있다.

지반과 도로용의 차이는 대상지반과 시험준비 과정에서, 지반시험은 GL-1.5m정도까지 터파기로 시험장소를 준비해야 하며, 따라서 지하수나 용출수에 대비한 배수설비 및 토공이 수행되어야 하고, 하중이 5-10t 이상이 요망되면 screw anchor나 earth anchor의 반력장치를 강구해야 한다.

그러나 도로는 노상노반에서 시행된다.

평 판재 하 시험 품

종별	세목	규격	구분 단위	시험준비(토공)		재하시험		
				지반	도로	지반(개소당)		도로
				(개소당)	(3개소당)	5t 이내	10t 이내	(3개소당)
인 건 비	중급기술자	총괄시험·데이터 정리	인	1.0	0.3	2.5	2.5	1.4
	중급기능사	시험·준비	인	1.5	0.6	5.5	6.5	2.0
	조력공	시험보조	인			2.0	4.0	2.0
	보통인부	준비·토공	인	2.0	2.0			
재 료 비	H-beam	▼ 300×150×3m	본			0.1	0.2	
		▲ 150×75×2m	본			0.4	0.8	
	screw anchor	10회 사용	본			0.4	0.8	
손료	재하시험장치	재하판·잭·링· 다이얼게이지	일			2.0	3.0	1.0
경 비	운반비	임대차·왕복	회	2.0	2.0			
	여비·일당·숙박	현지답사	식	1.0	1.0			
비고	추가	기술업무비		규모별 타협협의·현지답사·성과품 작성				

5.3.2 현장 CBR(California bearing ratio, 노상토 지지력비)시험

노상이나 노반의 지지력 크기를 나타내는 지표로서, 표준치수의 관입 피스톤을 땅속에 관입 시키는데 필요한 하중강도를 측정해서, 표준 하중강도와 비교하여 상대적 강도를 구하고, 점성토로부터 자갈·사력에 이르는 모든 흙(토양)에 적용하여, 노상·노반의 강도(지지력) 평가 값으로 이용된다. 즉 소정의 관입분량에서의 하중강도의 그 관입량에서의 표준 하중강도에 대한 백분율이다.

현장 CBR이 노반의 시공관리를 위한 현장시험인데 비해, 실내 CBR은 아스팔트 포장두께 결정시의 노상토를 실내에서 시험하는 것이며, 수침 CBR은 노반재료를 평가하고 선정하기 위해 시험하며, 수정 CBR은 각층 92회 다짐의 3층 다짐지반 최대 조밀도에 대한 성토 제체 높이도에 상당하는 수침 CBR이다. 이 실내 CBR시험은 mold 내의 시료로 시험하는 것이, 원지반에서 직접 관입하는 것인 현장 CBR과 아주 다르다.

5.3.3 Benkelman beam test(도로용 처짐량 측정시험)

도로성토 노체·노상의 평면적인 균일성과 포장의 불량개소에서 처짐량으로 지지력을 측정하여, 포장의 피로도 추정과 포장유지 수선 공법검토 등을 위해, 포장면에서 수행하는 시공관리 수단의 시험이다.

5.3.4 노상노반 지지력(재하)시험품

종별	세목	규격	구분 단위	현장CBR (4개소당)		Benkelman beam(50개소)	
				준비	시험	준비	시험
인 건 비	중급기술자	총괄데이터정리	인	1.0	1.0	2.0	1.5
	고급기능사	장비설치관리	인		1.25		
	중급기능사	시험 준비	인	0.5	0.25		2.3
	조력공	시험 보조	인		1.0		1.0
	보통인부	안전(교통), 토공	인	2.0		2.0	
손료	CBR시험기 Benkelman beam	잭·링·게이지	일 일		1.0		1.0
경 비	차량 임차	▼ 골재적재트럭 ▲ 덤프트럭	일 일		1.0		1.0
	운 반 비	임차·왕복	회	2.0		2.0	
	여비·일당·숙박	현지답사	식	1.0		1.0	
비고	추 가	기술업무비	식	규모별 타협협의·현지답사·성과품 작성			
	별 도	시 험 비	CBR	현장밀도시험·함수비시험			

5.4 현장밀도시험

토목공사 구조물 성토재는 원지반에서 파괴(교란)된 재료이므로, 성토의 높이(체고)에 대한 품질관리(체고관리)로서, 토공설계의 기본이 되는 현장밀도시험은 토구조물 안정화로 침하·붕괴를 예방하는 항구성을 향상시키는데 기여하게 된다.

이 시험은 주로 성토재의 밀도와 함수비를 측정하므로서, 단위체적의 질량(밀도)·공극률·포화도 등 함수비를 직접 측정하게 되며, 체적은 모래나 물로 치환하는 방법에 따라 분류되고, 방사선(γ 선·중성자선)의 물리량으로 간접 측정되는 RI(radio-isotope)법이 이용되기도 한다.

5.4.1 현장밀도시험 분류

통칭 시험방법		적용범위	특징
모래치환	현장밀도시험기	최대입경53mm이하	가장 표준적인 방법이며 표준사로 치환
다짐모래	시험공 $\phi 15 \cdot 20 \cdot 25 \cdot 30\text{cm}$	최대입경150mm이하	준 동적(다짐)으로 모래를 다져서 치환하는 것으로, 고속도로·fill dam 등에 활용
물·기름 치환	얇은 비닐 또는 고무(rubber)	자갈·사력 등 모래 치환법 적용이 어려운 지반	seat(film)를 밀착시켜 물로 치환하는 것으로, 암석질재료(자갈·사력 등)로 함수비가 높거나 공벽자립이 불량한 곳
core cutter	core cutter & cutter head	cutter 삽입이 쉬운 세립토사	mold형 cutter로 눌러서 일정체적을 확보하는 것으로 신속성이 장점
RI법	γ 선(밀도) 중성자선	자갈질 이하의 모든 사질토·점성토사	비파괴시험으로 단시간에 건조밀도·함수비를 구하고, 모래에 효과적이다
비 고	RI법을 제외한 방법에서의 함수비시험은 실내시험의 노건조법 또는 급속건조법, pycnometer법 등으로 구한다 RI법은 방사성동위원소 취급에 관한 법령에 따라야 한다		

5.4.2 현장밀도시험품

종별	세목	규격	구분	치환법(개소당)			RI법 (10개소당)	모래밀도 RI법(공당)
			단위	모래	물	core	표층 (도로·성토)	삽입10m/공 이내
인 건 비	중급기술자	총괄방사능취급	인	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5
	초급기술자	측정·데이터정리	인	0.25	0.25	0.25	0.5	0.5
	중급기능사	시추공	인					0.5
	초급기능사	측정 보조	인	0.25	0.25	0.25	0.5	0.5
재 료 비	표준사	25kg/대	대	1.0				
	시험도구	spoon 등	식	1.0	1.0			
	잡품	인건비의	%			1.0	1.0	5.0
동 력 비	경유	시추기용, 80HP	ℓ					17.0
	잡유	경유의	%					20.0
기 구 손 료	밀도시험기	모래치환	일	0.25				
	core cutter	mold	일			0.5		
	RI-meter	▼ 표층용	일				0.5	
		▲ 삽입형	일					0.5
	시추장비	200m형 set	일					0.5
비고	별도	시험비	치환	실내 함수비 시험				

제6장 시추조사

6.1 시추조사의 개념

시추란 rotary(회전) system으로 지반을 시추하여 조사하는 대표적인 현장 조사업무로, non-coring과 core boring으로 분류할 수 있으며, 협의의 지반조사 시추는 후자인 core boring을 의미한다. 그러나 non-coring의 왕이나 트리콘 시추는 조사시추라고는 할 수 없다.

비고결지층인 토질을 대상으로 하는 토질조사시추와, 암반을 대상으로 하는 암반조사시추로 구분한다. 이외에도 얇은 토질지반을 대상으로 하는 시료채취용의 소구경 auger boring이나, 구조물의 샘플링을 위한 diamond cutter 등은 조사시추 범주에 속한다. 그러나 percussion이나 drifter system의 drilling이나 drifting은 충격식의 굴착이므로, 시추와는 굴진 능력·공형성 목적과 장비규모 및 mechanism에서 현격한 차이가 있음을 인식하고 별도로 적용하여야 한다.

시추는 회전압으로 갈아내는 것에 반하여 drilling·drifting은 회전충격으로 쪼개는 시스템이나, 이와 달리 석유탐사에서 트리콘 시추는 drilling으로 호칭하는 것이 일반화된 개념이기도 하다.

6.2 토질(비고결층)조사 시추

토질 조사는 비교적 소형 시추기와 적정용량·압력의 펌프 및 동력과, 기타 수요장비(믹서·derrick·작업대 등)로, 지반 표층부에서의 각종 시료채취 및 공내에서 실시하는 각종 원위치 시험을 위한 공형성의 수단이며, 시추 자체가 그 목적의 전부는 아니다.

시추기는 보통 수동과 유압식 스피들형의 소형으로 수행하나, 보다 큰 구경이나 깊은 심도 및 특수시험 등에서는 적합한 중형을 활용하는 경우가 많으며, 경우에 따라서는 무수 시추로 시료를 채취하기도 하고, 얇은 심도(-3m정도)의 연질점성토나 사질토에서는 auger boring으로 시료를 채취하기도 한다.

6.2.1 토질조사 시추 작업능력 적용기준(30m/공 기준)

m/일

구경별(mm)	점성토	사질토	사력(자갈)	호박돌 (전석·사석)	풍화대 (고결실트·점토)	비고
φ66	6.5	5.3	3.0	2.3	5.2	BX, φ2"
φ76	6.0	4.8	2.8	2.1	4.9	NX, φ2½"
φ86	5.6	4.5	2.6	2.0	4.7	NX, φ3"
φ101	5.2	4.2	2.4	1.8	4.5	HX, φ3½"
φ116	4.9	3.9	2.2	1.7	4.3	HX, φ4"
φ131	4.6	3.6	2.1	1.6	4.1	φ5"
φ146	4.2	3.4	2.0	1.5	3.9	φ6"
부하율(%)	50		60		50	

6.2.2 토질조사 시추 조건별 보정률 적용

시추 심도별		조건별		coring(sampling) boring	
심도(m)	보정계수	조건	보정계수	대상 지층별	보정계수
30이내	1.0	해상·심야	1.5	점성토(N=4~10)	1.4
30초과, 50이내	1.1	수 상	1.2	고결점토·실트·풍화대·잔적토층	1.5
50초과, 80이내	1.25	청 수	1.3	사질토(사질우세 loam까지)	1.4~1.7
80초과, 100이내	1.5	무 수	1.8	사력층(호박돌·전석·사석제외)	2.5

6.2.3 토질조사 시추 구경별 장비 적용기준

구경별 구분		main body		펌프(ℓ/min·HP)		기 타		
		형식	엔진	조사시추	급수	로드	믹서	derrick
φ116mm이하		200m형	80HP	30ℓ×3HP	특수지역 별도	AW	특수지층 별도	5m
φ131, 146mm		300m형	100HP	50ℓ×5HP		BW		
비고	할 증	장비손료	사력층·전석·사석의 중부하 대상지층 15%					
	기준외	적용장비	현장시험이 포함되지 않는 φ66·30m이내 수동형					

6.2.4 토질시추 φ66mm 10m당품(심도 30m 기준)

m당(1/10)환산적용

종 별	세 목	규 격	지층별 능률 단위 (m)	점성토	사질토	사력	호박돌	고결토
				6.5	5.3	3.0	2.3	5.2
인건비	중급기술자	총괄	인	0.51	0.63	1.11	1.45	0.64
	고급기능사	시추기책	인	1.54	1.89	3.33	4.35	1.92
	중급기능사	시추기능공	인	1.54	1.89	3.33	4.35	1.92
	초급기능사	보링공	인	3.08	3.77	6.67	8.70	3.85
재료비	core barrel	single φ64×1.5m	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16
	metal bit	crown φ66	개	0.13	0.27	6.67	10.0	0.25
	로 드	AW, ℓ=3m	본	0.1	0.14	0.32	0.6	0.13
	케 이 싱	φ2½"×1.5m	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1
	부 속 품	소모성부품	조	0.011	0.015	0.034	0.064	0.013
	시 멘 트	40kg/대	대				5.33	
	벤 토 나이트	25kg/대	대	0.7	1.3	4.0	7.4	0.8
	잡 재 료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
동력비	경 유	80HP	ℓ	52.0	63.0	134.0	175.0	65.0
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추 장비	200m형 set	일	1.54	1.89	3.84	5.0	1.92
비고	부 하 율		%	50	50	60	60	50

6.2.5 토질시추 $\phi 76\text{mm}$ 10m당품(심도 30m 기준)

m당(1/10)환산적용

종 별	세 목	규 격	지층별 능률	점성토	사질토	사력	호박돌	고결토
			단위 (m)	6.0	4.8	2.8	2.1	4.9
인건비	중급기술자	총괄	인	0.56	0.70	1.19	1.59	0.68
	고급기능사	시추기책	인	1.67	2.08	3.57	4.76	2.04
	중급기능사	시추기능공	인	1.67	2.08	3.57	4.76	2.04
	초급기능사	보링공	인	3.33	4.17	7.14	9.52	4.08
재료비	core barrel	single $\phi 74 \times 1.5\text{m}$	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16
	metal bit	crown $\phi 76$	개	0.13	0.27	6.67	10.0	0.25
	로 드	AW, $\ell = 3\text{m}$	본	0.11	0.15	0.35	0.66	0.15
	케 이 싱	$\phi 3'' \times 1.5\text{m}$	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1
	부 속 품	소모성부품	조	0.012	0.016	0.037	0.072	0.014
	시 멘 트	40kg/대	대				5.9	
	벤 토 나이트	25kg/대	대	0.9	1.7	5.2	9.6	1.0
	잡 재 료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
동력비	경 유	80HP	ℓ	56.0	70.0	144.0	192.0	69.0
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추 장비	200m형 set	일	1.67	2.08	4.11	5.48	2.04
비고	부 하 율		%	50	50	60	60	50

6.2.6 토질시추 $\phi 86\text{mm}$ 10m당품(심도 30m 기준)

m당(1/10)환산적용

종 별	세 목	규 격	지층별 능률	점성토	사질토	사력	호박돌	고결토
			단위 (m)	5.6	4.5	2.6	2.0	4.7
인건비	중급기술자	총괄	인	0.60	0.74	1.28	1.67	0.71
	고급기능사	시추기책	인	1.79	2.22	3.85	5.0	2.13
	중급기능사	시추기능공	인	1.79	2.22	3.85	5.0	2.13
	초급기능사	보링공	인	3.57	4.45	7.69	10.0	4.26
재료비	core barrel	single $\phi 84 \times 1.5\text{m}$	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16
	metal bit	crown $\phi 86$	개	0.13	0.27	6.67	10.0	0.25
	로 드	AW, $\ell = 3\text{m}$	본	0.12	0.17	0.38	0.72	0.18
	케 이 싱	$\phi 3\frac{1}{2}'' \times 1.5\text{m}$	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1
	부 속 품	소모성부품	조	0.013	0.017	0.04	0.08	0.015
	시 멘 트	40kg/대	대				6.4	
	벤 토 나이트	25kg/대	대	1.1	2.2	6.8	12.5	1.4
	잡 재 료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
동력비	경 유	80HP	ℓ	60.0	75.0	155.0	202.0	72.0
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추 장비	200m형 set	일	1.79	2.22	4.42	5.75	2.13
비고	부 하 율		%	50	50	60	60	50

6.2.7 토질시추 $\phi 101\text{mm}$ 10m당품(심도 30m 기준)

m당(1/10)환산적용

종 별	세 목	규 격	지층별 능률 단위 (m)	점성토	사질토	사력	호박돌	고결토
				5.2	4.2	2.4	1.8	4.5
인건비	중급기술자	총괄	인	0.64	0.81	1.39	1.85	0.74
	고급기능사	시추기책	인	1.92	2.44	4.17	5.56	2.22
	중급기능사	시추기능공	인	1.92	2.44	4.17	5.56	2.22
	초급기능사	보링공	인	3.85	4.88	8.33	11.11	4.44
재료비	core barrel	single $\phi 99 \times 1.5\text{m}$	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16
	metal bit	crown $\phi 101$	개	0.13	0.27	6.67	10.0	0.25
	로 드	AW, $\ell = 3\text{m}$	본	0.13	0.19	0.41	0.78	0.23
	케 이 싱	$\phi 4'' \times 1.5\text{m}$	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1
	부 속 품	소모성부품	조	0.015	0.018	0.043	0.088	0.018
	시 멘 트	40kg/대	대				6.42	
	벤 토나이트	25kg/대	대	1.6	3.1	9.6	17.6	2.3
	잡 재 료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
동력비	경 유	80HP	ℓ	65.0	82.0	168.0	224.0	75.0
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추 장비	200m형 set	일	1.92	2.44	4.79	6.39	2.22
비고	부 하 율		%	50	50	60	60	50

6.2.8 토질시추 $\phi 116\text{mm}$ 10m당품(심도 30m 기준)

m당(1/10)환산적용

종 별	세 목	규 격	지층별 능률 단위 (m)	점성토	사질토	사력	호박돌	고결토
				4.9	3.9	2.2	1.7	4.3
인건비	중급기술자	총괄	인	0.68	0.86	1.52	1.96	0.78
	고급기능사	시추기책	인	2.04	2.56	4.55	5.88	2.33
	중급기능사	시추기능공	인	2.04	2.56	4.55	5.88	2.33
	초급기능사	보링공	인	4.08	5.13	9.09	11.77	4.65
재료비	core barrel	single $\phi 114 \times 1.5\text{m}$	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16
	metal bit	crown $\phi 116$	개	0.13	0.27	6.67	10.0	0.25
	로 드	AW, $\ell = 3\text{m}$	본	0.14	0.2	0.44	0.84	0.27
	케 이 싱	$\phi 4\frac{1}{2}'' \times 1.5\text{m}$	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1
	부 속 품	소모성부품	조	0.017	0.019	0.046	0.096	0.02
	시 멘 트	40kg/대	대				6.43	
	벤 토나이트	25kg/대	대	2.1	4.1	12.4	22.8	3.2
	잡 재 료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
동력비	경 유	80HP	ℓ	69.0	86.0	183.0	237.0	78.0
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추 장비	200m형 set	일	2.04	2.56	5.23	6.75	2.33
비고	부 하 율		%	50	50	60	60	50

6.2.9 토질시추 $\phi 131\text{mm}$ 10m당품(심도 30m 기준)

m당(1/10)환산적용

종 별	세 목	규 격	지층별 능률	점성토	사질토	사력	호박돌	고결토
			단위 (m)	4.6	3.6	2.1	1.6	4.1
인건비	중급기술자	총괄	인	0.73	0.93	1.59	2.08	0.81
	고급기능사	시추기책	인	2.17	2.78	4.76	6.25	2.44
	중급기능사	시추기능공	인	2.17	2.78	4.76	6.25	2.44
	초급기능사	보링공	인	4.35	5.56	9.52	12.50	4.88
재료비	core barrel	single $\phi 129 \times 1.5\text{m}$	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16
	metal bit	crown $\phi 131$	개	0.13	0.27	6.67	10.0	0.25
	로 드	AW, $\ell = 3\text{m}$	본	0.18	0.26	0.56	1.08	0.33
	케 이 싱	$\phi 5'' \times 1.5\text{m}$	본	0.03	0.03	0.3	0.3	0.15
	부 속 품	소모성부품	조	0.019	0.021	0.052	0.112	0.022
	시 멘 트	40kg/대	대				7.46	
	벤 토나이트	25kg/대	대	2.6	5.1	15.6	28.7	4.0
	잡 재 료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
동력비	경 유	100HP	ℓ	91.0	117.0	240.0	315.0	102.0
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추 장비	300m형 set	일	2.17	2.78	5.48	7.19	2.44
	derrick	삼발이 5m	일	2.17	2.78	4.76	6.25	2.44
비고	부 하 율		%	50	50	60	60	50

6.2.10 토질시추 $\phi 146\text{mm}$ 10m당품(심도 30m 기준)

m당(1/10)환산적용

종 별	세 목	규 격	지층별 능률	점성토	사질토	사력	호박돌	고결토
			단위 (m)	4.2	3.4	2.0	1.5	3.9
인건비	중급기술자	총괄	인	0.79	0.98	1.67	2.22	0.86
	고급기능사	시추기책	인	2.38	2.94	5.0	6.67	2.57
	중급기능사	시추기능공	인	2.38	2.94	5.0	6.67	2.57
	초급기능사	보링공	인	4.76	5.88	10.0	13.33	5.13
재료비	core barrel	single $\phi 144 \times 1.5\text{m}$	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16
	metal bit	crown $\phi 146$	개	0.13	0.27	6.67	10.0	0.25
	로 드	AW, $\ell = 3\text{m}$	본	0.22	0.32	0.68	1.32	0.30
	케 이 싱	$\phi 6'' \times 1.5\text{m}$	본	0.03	0.03	0.3	0.3	0.15
	부 속 품	소모성부품	조	0.21	0.023	0.058	0.128	0.024
	시 멘 트	40kg/대	대				8.0	
	벤 토나이트	25kg/대	대	3.3	6.4	19.6	36.0	4.4
	잡 재 료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
동력비	경 유	100HP	ℓ	100.0	124.0	252.0	336.0	108.0
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추 장비	300m형 set	일	2.38	2.94	5.75	7.67	2.57
	derrick	삼발이 5m	일	2.38	2.94	5.0	6.67	2.57
비고	부 하 율		%	50	50	60	60	50

6.3 시료채취(sampling)

시료채취는 지반을 대상으로 한 기초의 설계와 시공에 필요한 지반정보를 확보하기 위하여, 지반내부를 관찰하고 각종 실내시험용 시료를 얻기 위한 일체의 행위이며, 지반상태나 방법에 따라 교란되지 않은 자연상태의 시료(U/D; undisturbed)와 교란된 시료(disturbed)로 구분되고, 교란시료가 단순한 물성인 함수비, 액·소성한계의 점착력과 수축의 특성, CBR 등의 시험시료로 쓰이는 반면, block sampling을 비롯한 자연시료는 구조물 설계에 있어서 지반의 안정성·침하·투수성 등의 검토에 필요한 제반 역학성을 구하는 시험시료와, 이를 위한 공시체 형성에 활용되고, 일부는 교란 시료와 마찬가지로 물리시험용으로 이용된다.

대상지반은 대부분이 비고결 토층 지반이지만, 시추와 병행되는 연암 정도까지와 암반의 시추 코어까지도 암석시험 시료이므로 시료채취라 간주할 수는 있으나, 관찰이 우선되므로 coring은 제외되는 것이 일반적이다.

주 대상은 시추공에서의 자연시료채취이고, thin wall tube와 core barrel식으로, 단순한 thin wall tube 단관식과, 샘플러를 이용한 단관식(고정 피스톤) thin wall tube식과, swivel 구조를 이용한 외관의 rotary boring·내관 thin wall tube(denison)식, 내관에 플라스틱 비닐관을 catcher로한 tripple sampler와, double core barrel system을 응용한 D-3 barrel형 2중관식, sleeve를 내장하고 plastic film이나 합성섬유의 원통형(nylon stocking) 주머니 또는 metal foil(금속종이)로 어느 정도 연속 채취가 가능토록 한 소위 new tripple system과, 내관속의 liner를 long tube로 한 tripple 및 이 liner를 split spoon sampler와 같이 2piece로 쪼갠 상태를 활용하는 것까지 다양하며, 최근에는 wire line barrel system을 활용한 대구경 wireline barrel이라 할 수 있는 샘플러(barrel)로, 연암지반까지 시료를 채취하는데 이용하기도 한다.

이외에도 점착력이 낮은 모래·자갈 등 사력층 지반에서, 공저로 냉매(액체질소· -196°C , 냉동기로 냉각한 염화칼슘 용액· -30°C 브라인, 드라이아이스로 냉각한 에탄올· -60°C)를 공저나 주위 지반에 주입 또는 동결관내로 순환시켜 동결시킨 후, 시료를 채취하는 동결(freezing)공법까지 개발되어 있고, 쓰레기 매립지 등에서의 무수 시추나, silt pond 등의 gel 상태를 대상으로 하는 것과, sand sampler의 완전 밀폐형 twist sampler, 토압 balance식 rotary 3중관식 샘플러까지, 필요에 따라서 응용방식이 아주 다양하게 이용되기도 한다.

자연 시료는 흙의 강도·압밀 상태 등 지반의 역학성과 물리적 성질을 파악하고, 원위치에서의 데이터를 얻을 수 있으므로, 기존의 제반조사 자료를 참고하고 토질조건에 알맞은 채취계획 하에, 교란되지 않도록 신중하게 시료를 채취해야 한다.

thin wall tube($\phi 75\text{mm}$)는 대부분의 점성토 지반과, 일부 사질토의 샘플링에 활용되는 sample catcher로, 주로 황동재($t=1.9\text{--}2.0\text{mm}$)를 사용하나 재질강도의 한계성에 의해 스테인리스 강재($t=1.5\text{--}2.0\text{mm}$) 또는 철재(비표준 extension rod식 또는 shelby-2piece- $\phi 75$)도 활용된다.

6.3.1 시료채취의 종류

sampling & sampler 종류				sampler 구조	소요공경	적용대상 지층
고정피스톤식 thin wall sampler		extension rod식		thin wall tube 단관식	φ86이상	연질 점성토
		수압식	free piston	thin wall tube를 샘플러의 내관으로		
rotary boring sampling	swivel tube형 metal crown bit	단관 2piece	shelby tube	내관이 split spoon식으로 쪼개지는 2piece형	φ116이상	연질사질토
		2중관식	denison	샘플러 내관은 주로 thin wall tube를 고정 피스톤식으로 내장		중정도 이상의 경질 점성토 풍화 잔적토
		3중관식	tripple	내관에 플라스틱비닐관을 liner catcher로 내장		
		double core barrel식	D-3식 2중관	barrel의 내관을 2piece로 하여 taping으로 내장	φ76이상	풍화대-연암 암반 core
	tripple		내관 liner를 split spoon 식으로 하여 barrel 내에 내장한 것			
	new tripple용		sleeve에 plastic film을 내장한 연속형			
	wire line core barrel식	taper식 HQ 이상의 케이싱 로드 및 outer casing 수반	대형 wire line core barrel형으로 연속 채취 가능 (coring)	φ10 " (267) φ8 " (216) φ6 " (165) rod(135)	경질 사질토 자갈질 사력층 풍화대의 파쇄대	
boring machine system 활용	SPT	split spoon		split shoe	φ66이상	점성토 · 사질토
	SPT 응용	대구경 샘플러		튜브내경 φ208mm×ℓ 660mm	φ8 " 이상	사력층
	무수 시추	대형double core tube		저속회전 시추	φ76이상	쓰레기 매립지
	freezing	특수 냉매이용		대상지반 냉동 동결	coring	모래 · 자갈
	twist sampler(sand)			밀폐형 sand sampler	valve	연약 모래층
	토압balance식 샘플러			rotary 3중관		
기타	block sampling(boxing)			베어내기 · 눌러자르기식		일반토사
	basket ball cover boring			중추식 (heavy ball drop)		gel상태 silt
	auger boring			screw & post-hole auger		일반토사

6.3.2 자연시료채취품

본당(회당)

종 별	세 목	규 격	구분 단위	thin wall tube		rotary	
				extension rod	수압식	2중관 denison	3중관 liner식
인건비	중급기술자	총괄·기술지도	인	0.08	0.08	0.13	0.2
	고급기능사	시추기책	인	0.25	0.25	0.4	0.4
	중급기능사	시추	인	0.25	0.25	0.4	0.4
	초급기능사	보링공·조력	인	0.25	0.25	0.4	0.4
재료비	sampling tube	thin wall tube	개	1.0	1.0	1.0	
	liner	플라스틱 튜브	개				1.0
	sampler tube		개				0.07
	metal bit	φ116	개			0.1	0.07
	core catcher		개				0.1
	로 드	AW×3m	본	0.01	0.01	0.01	0.01
동력비	경 유	80HP	ℓ	8.4	8.4	13.4	13.4
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0
기계 기구 손료	고정 피스톤식 샘플러	▼ extension ▲ 수압식 피스톤	일	0.25	0.25	0.4	
	rotary tube	denison	일				
	rotary barrel	tripple	일				0.4
	시추장비	200m형 80HP	일	0.25	0.25	0.4	0.4
비고	적 용 성	borehole식	tube식	core barrel식의 각종은 별도 산출			

6.3.3 기타의 토층시료채취

시료채취 종류	채취 목적별 내용	비 고
block sampling	시추에 의한 thin wall tube sampling이 곤란한 경우, 짧은 튜브 (ℓ=15cm, φ75mm)로 1시료당 5분 정도의 불교란시료를 채취	test-pit지점 집수정 계획지점
test-pit	토층에 원위치시험이나 자연시료 및 교란시료를 채취하기 위한 터파기로 토질을 직접 파악	터파기 : 인력·중기 심도 : 1m 이내·2m 이내

토층시료채취품

개소당

종 별	세 목	규 격	구분 단위	block	test pit	
				5분/시료당/개소	심도1m이내/개소	심도2m이내/개소
인건비	중급기술자	총괄	인	0.1	0.1	0.15
	중급기능사	시추기능공	인	0.25	0.25	0.35
	초급기능사	보링공	인	0.25	0.25	0.35
	조 력 공	일용보통인부	인	0.25	0.5	0.7
재료비	thin wall tube	φ75×15cm	본	5.0		
	마 대		개		3.0	3.0
	채취용구	10회 사용	조	0.1	0.1	0.1
	잡 품	재료비의	%	3.0	20.0	20.0

6.3.4 오거보링(auger boring)

연약한 점성토나 사질토 지반의 얕은심도에서 시료채취를 위한 오거보링은 수동식이 주로 사용되나, 일부 기계식도 수행된다. 수동식은 공경 $\phi 100\text{mm}$ 정도로 post-hole형과 screw형으로 구별되며, 대구경($\phi 10''$ 이상)의 제자리말뚝 설치용이나 파일 삽입용 또는 soil cementing용의 guide leader식 기초공사용으로 중기와 함께 사용되는 auger machine과는 구분되어야 한다.

수동식 오거 보링(post-hole auger boring)품(평지 · 도로변, $\phi 100\text{mm}$ 기준) 개소당

종 별	세 목	규 격	구분 단위	점 성 토		사 질 토	
				3m 이내	5m 이내	3m 이내	5m 이내
인건비	중급기술자	총괄	인	0.13	0.19	0.16	0.25
	중급기능사	시추기능공	인	0.38	0.57	0.49	0.74
	초급기능사	보링공	인	0.38	0.57	0.49	0.74
	조 력 공	일용보통인부	인	0.76	1.14	0.99	1.48
재 료비	auger 날	post hole형	개	0.08	0.12	0.1	0.15
	잡 품	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0
손료	auger set	post hole	일	0.38	0.57	0.49	0.74
비고	할 증	지형조건		구릉지 : 10%		산지 : 15%	
	기 타	screw hand auger · mechanical auger 별도					

6.4 암반조사 시추

암반을 대상으로 하는 core boring이 협의의 시추이고, 토목조사와 자원광상조사로 분류되며, 지반 암질이 대상이므로 비교적 깊은 심도(100m이상)이고, 다이아몬드 비트와 double core barrel을 사용하여 양호한 코어회수율과 능률을 향상시킬 수 있는 방식이 조합 · 선택되어 활용된다.

보통공법은 채취된 코어를 회수할 때마다 로드를 모두 인발한 후 다시 삽입하여야 하므로, 심도가 깊어질수록 비능률적이며 대개는 심도 200m 이내이고, 지반의 지질조건이 불량하여 로드의 인발 · 재삽입이 빈번한 상황에서는 보다 효과적이다.

wireline공법은 비트를 교환할 때만 로드를 인발·삽입하고, 코어는 로드 내부를 통하여 core barrel만 wireline으로 인발하여 회수하므로 효율적이나, 얇은 심도이거나 비트를 빈번하게 교체해야 하는 복잡한 대상지층 및 균열·절리가 많은 지반에서는 보통공법에 비해 비효율적이다. 즉 매질이 균질한 장심도 시추에 매우 효과적인 방식이다

wireline공법은 장비의 규모가 대형이고, 로드·비트·배럴 등 모든 시스템이 전용품이므로 별도 규격품을 사용해야 하며, 비트의 소모량과 경비의 상승 및 jamming 사고에 대한 대처에서의 손실율이 높아, 심도 200m 이상의 균질한 암반이나 자원광상조사의 장심도 시추에 많이 활용된다.

6.4.1 지반 상태별 암반분류

암반분류	시추 상황(비트기준)	대표적인 지층 및 암층	일축압축강도 (kgf/cm ²)	암반탄성파속도 (km/s)
풍화암	metal crown bit로 굴삭·무수가능	풍화진행 조직관찰	50이하	1.2이하
연 암	metal crown bit로 굴삭 용이	3기층 이암·사암	300이하	2.5이하
중경암	diamond bit로 굴삭 core recovery 양호	연질퇴적층군 화산 쇄설암	300-800	2.5-3.5
경 암	diamond bit로만 굴삭 metal crown bit 굴삭 비효율	고대변성암류 화성암반	800-1,500	3.5-4.8
극경암	diamond bit의 마모율이 높은 암반	규질암류 hornfels·chert	1,500-1,800	4.5이상
파쇄대	diamond bit의 파쇄마모, R.Q.D저하, 붕괴암반	단층파쇄대 파쇄구조대		상대적인 저속도대

6.4.2 암반시추의 조건별 고려사항

분 류	사 양 조 건	적 용 요 인
수행요구사항	조사심도·방향·수직·수평·경사·최종공경· 각종 공내시험·탐사·검층·종별·시험조건	장비능력·능률·가설규모· 공정·측정기 준비
지 형 상 태	운반거리·고저차·도로사항·지형경사·식생· 용수원 위치·급수량·방법·거리	운반방법·능률·작업대· 급수설비·운전비
지 반 지 질	피복층(표층)의 상황·풍화정도· 균열·파쇄대·암질 등 일반상황	능률·케이싱 계획· 비트 마모성(소모율)
기 타	보안상·측량·지역여건·특수 요구조건	공정·경비발생

6.4.3 암반시추 능력 보정(경사·위험도)

경사 시추 보정			공내사고 위험도 보정	
분 류	경사각도(°)	보정률(%)	심도별(m)	보정률(%)
수 직	-90 ~ -85	100	200	96
	-80 ~ -60	90~80	300	94
경 사	-60 ~ -40	80~70	400	92
	-40 ~ -10	70~50	500	90
수 평	-10 ~ +10	50~40	1,000	80

6.4.4 암반시추 규격별 호환성 및 소요량

공법별 구분	보통	W.L공법	표층(토질)	core box 수량 산출
구경별	BX	BQ	φ66mm	NX(NQ) 이하 BX(BQ), AX(AQ), EX, XRT까지 5m 심도당 1개 HX(HQ) 이상 PQ까지 3m 심도당 1개 PQ이상은 별도 적용
	NX	NQ	φ86mm	
	HX	HQ	φ116mm	
주 사용 bit	풍화·연암까지 metal bit	연암반부터 diamond bit	규격별 metal bit	

6.4.5 토목조사 시추

터널 등 토목설계에 활용되는 지반조사 시추는, 심도 100m 이내의 암반 시추가 주종이며, 때로는 200-300m까지·그 이상의 400-500m를 조사하는 경우도 있으나, 대개는 터널 입·출구 등에서 각종 시험·검층이 실시되므로, 보통공법의 스피들형과 leader형이 활용된다.

대개의 대상지반은 암질의 변화가 심하고 표층부가 두꺼운 계곡부 사면지대로 지반지질 조건이 불량한 곳이며, 코어회수율이나 RQD가 저조한 토석절취 대상이거나, 구조물 설치 예정의 평지·구릉지 대상인 경우가 많아, 단층과쇄대·지하수 유출이 심한 곳으로 탄성과 저속도 지역에 속하는 경우가 많다.

가. 토목조사 시추 심도별 케이싱 설치기준

시 추 심도(m)	보 통 공 법						wireline 공 법			
	케이싱설치 구경별심도(m) · 최종구경 BX						케이싱과 최종구경 BQ			
	25이내	50	100	150	200	300	25이내	50	150	200이하
50	φ2½"	BX								
100	φ3"	BW	BX							
200	φ4"	NW	BW		BX		φ4" - φ3"	HW-NW	NQ	BQ
300	φ4"	φ3½"	NW	BW		BX	φ4" - φ3"	HW-N	W-BW	NQ-BQ

나. 토목조사 시추 공법별 심도별 능률 비교

단위 : %, m

공법 \ 심도별(m)	50이내	100	200	300	400	최대 능력
보통공법	100	92	78	65	50	100m 이내
wireline공법		105	102	100	97	300m 내외
비 고	보통공법은 100m 심도 이상에서는 점차 매우 비능률적이거나, wireline은 300m 내외에서 효율이 아주 높다.					

6.4.5.1 토목암반조사 시추 공법별 작업능률 적용기준

m/일

구분	구경별	풍화암	연 암	중경암	경 암	극경암	파쇄대	비 고
보통 공법	BX	5.9	5.1	4.2	3.6	2.8	2.6	심도 100m이내 기준
	NX	5.5	4.8	3.9	3.4	2.7	2.4	
	HX	5.0	4.4	3.6				
wireline 공법	BQ	(8.8)	7.7	6.3	5.4	4.2	3.7	심도 300m이내 기준
	NQ	(8.0)	7.0	5.6	4.9	3.8	3.2	
	HQ	(7.1)	6.2	4.9	(4.3)	(3.4)	(2.9)	
비 고		leader형 보통공법은 본 능률에 준하여 적용한다.						

6.4.5.2 토목암반조사 시추 공법별 장비 적용기준

공법별 심도별 적용 구분		main body		펌프(ℓ/min HP)		기 타		
		형식	엔진	시추	급수	로드	믹서	derrick
보 통 공 법	100m이내	200m형	100HP	30ℓ×3HP	40ℓ×5HP	AW	100ℓ×3HP	8m
	300m이내	leader형	180HP	200ℓ×10HP	150ℓ×10HP	BW	200ℓ×5HP	
W.L	300m이내	W.L38형	100HP	200ℓ×10HP	150ℓ×10HP	BQ-HQ	200ℓ×5HP	12m
비 고		스핀들형, 300m 이내, 보통공법은 100m 이내 기준을 심도할증으로 보정						

6.4.5.3 토목암반 시추 ϕ BX 10m당품(심도 100m이내)

m당(1/10)환산적용

종별	세 목	규 격	저층별 능력 단위 (m)	풍화암	연 암	중경암	경 암	극경암	파쇄대
				5.9	5.1	4.2	3.6	2.8	2.6
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.57	0.66	0.79	0.93	1.19	1.28
	고급기능사	시추기책	인	1.70	1.96	2.38	2.78	3.57	3.85
	중급기능사	시추기능공	인	1.70	1.96	2.38	2.78	3.57	3.85
	초급기능사	보링공	인	3.40	3.92	4.76	5.56	7.14	7.69
재 료 비	metal bit	crown ϕ 66	개	3.0	5.6				
	diamond bit	BX impreg	개			0.55	1.0	2.0	2.0
	core barrel	doubleBX \times 1.5m	본	0.18	0.2	0.25	0.29	0.33	0.35
	metal reamer	ϕ 66용	개	0.3	0.56				
	diamond reamer	BX용	개			0.19	0.35	0.53	0.55
	core lifter	case포함 BX용	개	1.0	1.4	1.43	1.86	2.5	2.9
	로 드	AW \times 3m	본	0.2	0.3	0.37	0.44	0.52	0.56
	케 이 싱	ϕ BW \times 3m	본	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5
	부 속 품	소모성부품	조	0.013	0.016	0.019	0.023	0.027	0.029
	코어 박스	1EA/5m	개	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0
	벤 토나이트	25kg/대	대	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	이수첨가제		kg	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
	시 멘 트	40kg/대	대	8.5	7.4	5.5	7.0	9.4	11.0
	잡 재 료	재료비의	%	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
동 력 비	경 유	110HP	ℓ	78.0	91.0	132.0	154.0	198.0	213.0
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
기 계 손 료	시추 장비	200m형100HP	일	1.70	1.96	2.44	2.78	3.57	3.85
	급수 펌프	40 ℓ /min \times 5HP	일	1.70	1.96	2.44	2.78	3.57	3.85
	믹서	100 ℓ \times 3HP	일	1.70	1.96	2.44	2.78	3.57	3.85
	derrick	삼발이 8m	일	1.70	1.96	2.44	2.78	3.57	3.85
비고	부 하 율		%	50	50	60	60	60	60

6.4.5.4 토목암반 시추 ϕ NX 10m당품(심도 100m이내)

m당(1/10)환산적용

종별	세 목	규 격	저층별 능률 단위 (m)	풍화암	연 암	중경암	경 암	극경암	파쇄대
				5.5	4.8	3.9	3.4	2.7	2.4
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.61	0.70	0.86	0.98	1.24	1.39
	고급기능사	시추기책	인	1.82	2.08	2.57	2.94	3.71	4.17
	중급기능사	시추기능공	인	1.82	2.08	2.57	2.94	3.71	4.17
	초급기능사	보링공	인	3.64	4.17	5.13	5.88	7.41	8.34
재 료 비	metal bit	crown ϕ 86	개	4.0	6.27				
	diamond bit	NX impreg	개			0.55	1.0	2.0	2.0
	core barrel	doubleNX \times 1.5m	본	0.18	0.2	0.25	0.29	0.33	0.35
	metal reamer	ϕ 86용	개	0.4	0.63				
	diamond reamer	NX용	개			0.19	0.35	0.53	0.55
	core lifter	case포함 NX용	개	1.09	1.57	1.51	1.9	2.67	3.1
	로 드	AW \times 3m	본	0.23	0.33	0.41	0.48	0.57	0.62
	케 이 싱	ϕ NW \times 3m	본	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5
	부 속 품	소모성부품	조	0.014	0.017	0.021	0.025	0.029	0.031
	코어 박스	1EA/5m	개	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0
	벤 토나이트	25kg/대	대	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	이수첨가제		kg	19	19	19	19	19	19
	시 멘 트	40kg/대	대	12.6	11.0	7.7	9.9	13.3	15.6
	잡 재 료	재료비의	%	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
동 력 비	경 유	110HP	ℓ	84.0	116.0	166.0	190.0	240.0	270.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20	20
기 계 손 료	시추 장비	200m형100HP	일	1.82	2.08	2.57	2.94	3.71	4.17
	급수 펌프	40 ℓ /min \times 5HP	일	1.82	2.08	2.57	2.94	3.71	4.17
	믹 서	100 ℓ \times 3HP	일	1.82	2.08	2.57	2.94	3.71	4.17
	derrick	삼발이 8m	일	1.82	2.08	2.57	2.94	3.71	4.17
비고	부 하 율		%	50	60	70	70	70	70

6.4.5.5 토목암반 시추 ϕ HX 10m당품(심도 100m이내)

m당(1/10)환산적용

종별	세 목	규 격	지층별 능률 단위 (m)	풍화암	연 암	중경암
				5.0	4.4	3.6
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.67	0.76	0.93
	고급기능사	시추기책	인	2.0	2.27	2.78
	중급기능사	시추기능공	인	2.0	2.27	2.78
	초급기능사	보링공	인	4.0	4.55	5.56
재 료 비	metal bit	crown ϕ 116	개	5.0	6.5	
	diamond bit	HX impreg	개			0.55
	core barrel	doubleHX \times 1.5m	본	0.18	0.2	0.25
	metal reamer	ϕ 116용	개	0.5	0.65	
	diamond reamer	HX용	개			0.19
	core lifter	case포함 HX용	개	1.15	1.62	1.64
	로 드	AW \times 3m	본	0.25	0.36	0.45
	케 이 싱	ϕ HW \times 3m	본	0.5	0.3	0.3
	부 속 품	소모성부품	조	0.015	0.018	0.023
	코어 박스	1EA/3m	개	2.0	3.33	3.33
	벤토나이트	25kg/대	대	2.3	2.3	2.0
	이수첨가제		kg	24.0	24.0	24.0
	시 멘 트	40kg/대	대	17.5	15.2	11.0
	잡 재 료	재료비의	%	3.0	3.0	3.0
동 력 비	경 유	110HP	ℓ	111.0	147.0	205.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20
기 계 손 료	시추 장비	200m형100HP	일	2.0	2.27	2.78
	급수 펌프	40 ℓ /min \times 5HP	일	2.0	2.27	2.78
	믹 서	100 ℓ \times 3HP	일	2.0	2.27	2.78
	derrick	삼발이 8m	일	2.0	2.27	2.78
비고	부 하 율		%	60	70	80

6.4.5.6 토목암반 심부시추 보통공법 ϕ BX 10m당품(심도 300m기준) m당(1/10)환산적용

종별	세 목	규 격	저층별 능률 단위 (m)	풍화암	연 암	중경암	경 암	극경암	파쇄대
				8.8	7.7	6.3	5.4	4.2	3.7
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.57	0.65	0.80	0.93	1.19	1.35
	고급기능사	시추기책	인	1.14	1.30	1.59	1.85	2.38	2.70
	중급기능사	시추기능공	인	1.14	1.30	1.59	1.85	2.38	2.70
	초급기능사	보링공	인	2.27	2.60	3.2	3.71	4.76	5.41
재 료 비	metal bit	crown ϕ 66	개	3.0	5.6				
	diamond bit	BX impreg	개			0.55	1.0	2.0	2.0
	core barrel	doubleBX \times 1.5m	본	0.18	0.2	0.25	0.29	0.33	0.35
	metal reamer	ϕ 66용	개	0.3	0.56				
	diamond reamer	BX용	개			0.19	0.35	0.53	0.55
	core lifter	case포함	개	1.0	1.4	1.43	1.86	2.5	2.9
	로 드	AW \times 3m	본	0.2	0.3	0.37	0.44	0.52	0.56
	케 이 싱	ϕ BW \times 3m	본	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5
	부 속 품	소모성부품	조	0.013	0.016	0.019	0.023	0.027	0.029
	코어 박스	1EA/5m	개	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0
	벤 토 나이트	25kg/대	대	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	이수첨가제		kg	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
	시 멘 트	40kg/대	대	8.5	7.4	5.5	7.0	9.4	11.0
	잡 재 료	재료비의	%	3	3	3	3	3	3
동 력 비	경 유	200HP	ℓ	95.0	109.0	160.0	187.0	240.0	272.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20	20
기 계 손 료	시추 장비	leader형180HP	일	1.14	1.30	1.59	1.85	2.38	2.70
	급수 펌프	150 ℓ /min \times 10HP	일	1.14	1.30	1.59	1.85	2.38	2.70
	믹 서	200 ℓ \times 5HP	일	1.14	1.30	1.59	1.85	2.38	2.70
비고	부 하 율		%	50	50	60	60	60	60

6.4.5.7 토목암반 심부시추 보통공법 ϕNX 10m당품(심도 300m기준) m당(1/10)환산적용

종별	세 목	규 격	저층별 능력 단위 (m)	풍화암	연 암	중경암	경 암	극경암	파쇄대
				8.0	7.0	5.6	4.9	3.8	3.2
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.63	0.72	0.89	1.02	1.32	1.56
	고급기능사	시추기책	인	1.25	1.43	1.79	2.04	2.63	3.13
	중급기능사	시추기능공	인	1.25	1.43	1.79	2.04	2.63	3.13
	초급기능사	보링공	인	2.5	2.86	3.57	4.08	5.27	6.25
재 료 비	metal bit	crown $\phi 86$	개	4.0	6.27				
	diamond bit	NX impreg	개			0.55	1.0	2.0	2.0
	core barrel	doubleNX \times 1.5m	본	0.18	0.2	0.25	0.29	0.33	0.35
	metal reamer	$\phi 86$ 용	개	0.4	0.63				
	diamond reamer	NX용	개			0.19	0.35	0.53	0.55
	core lifter	case포함 NX용	개	1.09	1.57	1.51	1.9	2.67	3.1
	로 드	AW \times 3m	본	0.23	0.33	0.41	0.48	0.57	0.62
	케 이 싱	$\phi NW \times 3m$	본	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5
	부 속 품	소모성부품	조	0.014	0.017	0.021	0.025	0.029	0.031
	코어 박스	1EA/5m	개	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0
	벤 토나이트	25kg/대	대	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	이수첨가제		kg	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
	시 멘 트	40kg/대	대	12.6	11.0	7.7	9.9	13.3	15.6
	잡 재 료	재료비의	%	3	3	3	3	3	3
동 력 비	경 유	200HP	ℓ	105.0	144.0	210.0	240.0	310.0	368.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20	20
기 계 손 료	시추 장비	leader형 180HP	일	1.25	1.43	1.79	2.04	2.63	3.13
	급수 펌프	150 ℓ /min \times 10HP	일	1.25	1.43	1.79	2.04	2.63	3.13
	믹 서	200 ℓ \times 5HP	일	1.25	1.43	1.79	2.04	2.63	3.13
비고	부 하 율		%	50	60	70	70	70	70

6.4.5.8 토목암반 심부시추 보통공법 ϕ HX 10m당품(심도 300m기준) m당(1/10)환산적용

종별	세 목	규 격	지층별 능률 단위 (m)	풍화암	연 암	중경암
				7.1	6.2	4.9
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.71	0.81	1.02
	고급기능사	시추기책	인	1.41	1.62	2.04
	중급기능사	시추기능공	인	1.41	1.62	2.04
	초급기능사	보링공	인	2.82	3.23	4.08
재 료 비	metal bit	crown ϕ 116	개	5.0	6.5	
	diamond bit	HX impreg	개			0.55
	core barrel	doubleHX \times 1.5m	본	0.18	0.2	0.25
	metal reamer	ϕ 116용	개	0.5	0.65	
	diamond reamer	HX용	개			0.19
	core lifter	case포함 HX용	개	1.15	1.62	1.64
	로 드	AW \times 3m	본	0.25	0.36	0.45
	케 이 싱	ϕ HW \times 3m	본	0.5	0.3	0.3
	부 속 품	소모성부품	조	0.015	0.018	0.023
	코어 박스	1EA/3m	개	2.0	3.33	3.33
	벤 토나이트	25kg/대	대	2.3	2.3	2.3
	이수첨가제		kg	24.0	24.0	24.0
	시 멘 트	40kg/대	대	17.5	15.2	11.0
	잡 재 료	재료비의	%	3	3	3
동 력 비	경 유	200HP	ℓ	142.0	190.0	274.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20
기 계 손 료	시추 장비	leader형 180HP	일	1.41	1.62	2.04
	급수 펌프	150 ℓ/min \times 10HP	일	1.41	1.62	2.04
	믹 서	200 ℓ \times 5HP	일	1.41	1.62	2.04
비고	부 하 율		%	60	70	80

6.4.5.9 토목암반 시추 W.L공법 ϕ BQ 10m당품(심도 300m기준) m당(1/10)환산적용

종별	세 목	규 격	지층별 능률 단위 (m)	연 압	중경압	경 압	극경압	파쇄대
				7.7	6.3	5.4	4.2	3.7
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.65	0.80	0.93	1.19	1.35
	고급기능사	시추기책	인	1.30	1.59	1.85	2.38	2.70
	중급기능사	시추기능공	인	1.30	1.59	1.85	2.38	2.70
	초급기능사	보링공	인	2.60	3.18	3.71	4.76	5.41
재 료 비	diamond bit	BQ	개	0.2	0.31	0.57	1.33	1.35
	diamond reamer	BX용	개	0.07	0.11	0.2	0.35	0.40
	core barrel	W.L BQ용×3m	본	0.06	0.064	0.068	0.072	0.074
	로 드	BQ×3m	본	0.3	0.36	0.42	0.48	0.51
	케 이 싱	BW×3m	본	0.46	0.48	0.5	0.52	0.56
	부 속 품	소모성부품	조	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023
	코어 박스	1EA/5m	개	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0
	벤 토 나이트	25kg/대	대	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
	이수첨가제		kg	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
	시 멘 트	40kg/대	대	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	잡 재 료	재료비의	%	6	6	6	6	6
동 력 비	경 유	120HP	ℓ	79.0	96.0	112.0	144.0	164.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20
기 계 손 료	시추 장비	W.L 100HP	일	1.30	1.59	1.85	2.38	2.70
	급수 펌프	150 ℓ/min×10HP	일	1.30	1.59	1.85	2.38	2.70
	믹 서	200 ℓ×5HP	일	1.30	1.59	1.85	2.38	2.70
	derrick(m)	3.5×3.5×12	일	1.30	1.59	1.85	2.38	2.70
비고	부 하 율		%	60	60	60	60	60

6.4.5.10 토목암반 시추 W.L공법 ϕ NQ 10m당품(심도 300m기준) m당(1/10)환산적용

종별	세 목	규 격	지층별 능률	연 암	중경암	경 암	극경암	파쇄대
			단위 (m)	7.0	5.6	4.9	3.8	3.2
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.72	0.89	1.02	1.32	1.56
	고급기능사	시추기책	인	1.43	1.79	2.04	2.63	3.13
	중급기능사	시추기능공	인	1.43	1.79	2.04	2.63	3.13
	초급기능사	보링공	인	2.86	3.57	4.08	5.27	6.25
재 료 비	diamond bit	NQ	개	0.2	0.31	0.57	1.33	1.35
	diamond reamer	NX용	개	0.07	0.11	0.2	0.35	0.40
	core barrel	W.L NQ용×3m	본	0.06	0.064	0.068	0.072	0.074
	로 드	NQ×3m	본	0.3	0.36	0.42	0.48	0.51
	케 이 싱	NW×3m	본	0.46	0.48	0.5	0.52	0.56
	부 속 품	소모성부품	조	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
	코어 박스	1EA/5m	개	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0
	벤 토나이트	25kg/대	대	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	이수첨가제		kg	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
	시 멘 트	40kg/대	대	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
	잡 재 료	재료비의	%	6	6	6	6	6
동 력 비	경 유	120HP	ℓ	101.0	126.0	144.0	186.0	221.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20
기 계 손 료	시추 장비	W.L×100HP	일	1.43	1.79	2.04	2.63	3.13
	급수 펌프	150 ℓ/min×10HP	일	1.43	1.79	2.04	2.63	3.13
	믹 서	200 ℓ×5HP	일	1.43	1.79	2.04	2.63	3.13
	derrick(m)	3.5×3.5×12	일	1.43	1.79	2.04	2.63	3.13
비고	부 하 율		%	70	70	70	70	70

6.4.5.11 토목암반 시추 W.L공법 ϕ HQ 10m당품(심도 300m기준) m당(1/10)환산적용

종별	세 목	규 격	지층별 능률 단위 (m)	연 압	중경압	경 압	극경압	파쇄대
				6.2	4.9	4.3	3.4	2.9
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.81	1.02	1.17	1.47	1.72
	고급기능사	시추기책	인	1.62	2.04	2.33	2.94	3.45
	중급기능사	시추기능공	인	1.62	2.04	2.33	2.94	3.45
	초급기능사	보링공	인	3.23	4.08	4.65	5.88	6.90
재 료 비	diamond bit	HQ	개	0.2	0.31	0.57	1.33	1.35
	diamond reamer	HX용	개	0.07	0.11	0.2	0.35	0.40
	core barrel	W.L HQ용×3m	본	0.06	0.064	0.068	0.072	0.074
	로 드	HQ×3m	본	0.3	0.36	0.42	0.48	0.51
	케 이 싱	HW×3m	본	0.46	0.48	0.5	0.52	0.56
	부 속 품	소모성부품	조	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
	코어 박스	1EA/5m	개	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
	벤 토 나이트	25kg/대	대	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
	이수첨가제		kg	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
	시 멘 트	40kg/대	대	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	잡 재 료	재료비의	%	6	6	6	6	6
동 력 비	경 유	120HP	ℓ	130	165	188	237	278
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20
기 계 손 료	시추 장비	W.L×100HP	일	1.62	2.04	2.33	2.94	3.45
	급수 펌프	150 ℓ/min×10HP	일	1.62	2.04	2.33	2.94	3.45
	믹 서	200 ℓ×5HP	일	1.62	2.04	2.33	2.94	3.45
	derrick(m)	3.5×3.5×12	일	1.62	2.04	2.33	2.94	3.45
비고	부 하 율		%	80	80	80	80	80

6.4.6 자원광상조사 시추

광상탐사를 위한 장심도 시추로 대개 200~300m 이상으로 100m 이내의 대상도 있지만 500·1000m와 그 이상인 것이 대상이다. 비교적 massive한 암반이 대상인 경우가 많고 코어 회수율이 양호하며, 풍화대 심도가 얇은 구릉지·산지가 주 대상이며 각종 공내시험이 거의 없으므로 시추 능률이 높아 wireline 장비를 주로 활용하고, leader형과 대형 스핀들형도 사용된다.

가. 자원광상조사 시추 wireline공법 심도별 케이싱 설치기준

케이싱 심도	25이내	250	400	500	800	1000
500m	φ4" —	NQWL-BW	CP —	BQWL		
1000m	φ5" —	HQWL —	NW —	NQWL —	BWCP —	BQWL

나. wireline 공법의 효율

심도 500m를 기준(100%)으로 한 1000m 심도에서의 효율이 약 82%이고, 200m 심도에서는 110% 정도이며, 토목지반 조사와의 효율차는 심도 200~500m 구간에서 평균 30%정도 그 효율이 높다.

6.4.6.1 자원광상조사 시추 wireline공법 일일 작업능력 적용기준(심도 500m/공 기준)

구경별	연 압	중경압	경 압	극경압	과채대
BQ	10.4	9.0	7.2	4.7	4.6
NQ	9.2	7.8	6.1	4.1	4.0
HQ	8.2	6.8	5.2	3.6	3.5

6.4.6.2 자원광상조사 시추 장비 적용기준

wire line 공법		main body		펌프(ℓ/min · HP)		기 타		
		형식	엔진	시추	급수	로드	믹서	derrick
500m정도	48형	W.L형	100HP	5HP	150ℓ×10HP	BQ-HQ	200ℓ×5HP	15m
1000m이내		W.L형	180HP		150ℓ×10HP	BQ-HQ	200ℓ×5HP	20m
비 고	능률적용	500m 심도 100%와 1,000m 기준 82%에 비례하여 500m이상을 보정.						

6.4.6.3 자원광상 시추 W.L공법 ϕ BQ 50m당품(심도 500m기준) m당(1/50)환산적용

종별	세 목	규 격	지층별 능률	연 압	중경압	경 압	극경압	파쇄대
			단위 (m)	10.4	9.0	7.2	4.7	4.6
인 건 비	중급기술자	총괄	인	4.81	5.56	6.94	10.64	10.87
	고급기능사	시추기책	인	4.81	5.56	6.94	10.64	10.87
	중급기능사	시추기능공	인	9.62	11.11	13.89	21.28	21.74
	초급기능사	보링공	인	9.62	11.11	13.89	21.28	21.74
재 료 비	diamond bit	BQ	개	1.0	1.54	2.86	6.67	6.75
	diamond reamer	BX용	개	0.35	0.54	1.01	1.77	2.0
	core barrel	W.L BQ용×3m	본	0.3	0.32	0.34	0.36	0.37
	로 드	BQ×3m	본	1.5	1.8	2.1	2.4	2.55
	케 이 싱	BW×3m	본	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8
	부 속 품	소모성부품	조	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115
	코어 박스	1EA/5m	개	10.0	10.0	10.0	10.0	5.0
	벤 토 나이트	25kg/대	대	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
	이수첨가제		kg	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
	시 멘 트	40kg/대	대	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
	잡 재 료	재료비의	%	6	6	6	6	6
동 력 비	경 유	190HP	ℓ	460	532	665	1,019	1,041
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20
기 계 손 료	시추 장비	W.L×100HP	일	4.81	5.56	6.94	10.64	10.87
	급수 펌프	150 ℓ/min×10HP	일	4.81	5.56	6.94	10.64	10.87
	믹 서	200 ℓ×5HP	일	4.81	5.56	6.94	10.64	10.87
	derrick(m)	4.5×4.5×15	일	4.81	5.56	6.94	10.64	10.87
	발 전 기	50kW, 70HP	일	4.81	5.56	6.94	10.64	10.87
비고	부 하 율		%	60	60	60	60	60

6.4.6.4 자원광상 시추 W.L공법 ϕ NQ 50m당품(심도 500m기준) m당(1/50)환산적용

종별	세 목	규 격	저층별 능률	연 압	중경압	경 압	극경압	파쇄대
			단위 (m)	9.2	7.8	6.1	4.1	4.0
인 건 비	중급기술자	총괄	인	5.44	6.41	8.20	12.20	12.50
	고급기능사	시추기책	인	5.44	6.41	8.20	12.20	12.50
	중급기능사	시추기능공	인	10.87	12.82	16.39	24.39	25.00
	초급기능사	보링공	인	10.87	12.82	16.39	24.39	25.00
재 료 비	diamond bit	NQ	개	1.0	1.54	2.86	6.67	6.75
	diamond reamer	NX용	개	0.35	0.54	1.01	1.77	2.0
	core barrel	W.L NQ용×3m	본	0.3	0.32	0.34	0.36	0.37
	로 드	NQ×3m	본	1.5	1.8	2.1	2.4	2.55
	케 이 싱	NW×3m	본	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8
	부 속 품	소모성부품	조	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
	코어 박스	1EA/5m	개	10.0	10.0	10.0	10.0	5.0
	벤 토나이트	25kg/대	대	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6
	이수첨가제		kg	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
	시 멘 트	40kg/대	대	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	잡 재 료	재료비의	%	6	6	6	6	6
동 력 비	경 유	190HP	ℓ	607	716	916	1,362	1,397
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20
기 계 손 료	시추 장비	W.L×100HP	일	5.44	6.41	8.20	12.20	12.50
	급수 펌프	150 ℓ/min×10HP	일	5.44	6.41	8.20	12.20	12.50
	믹 서	200 ℓ ×5HP	일	5.44	6.41	8.20	12.20	12.50
	derrick(m)	4.5×4.5×15	일	5.44	6.41	8.20	12.20	12.50
	발 전 기	50kW, 70HP	일	5.44	6.41	8.20	12.20	12.50
비고	부 하 율		%	70	70	70	70	70

6.4.6.5 자원광상 시추 W.L공법 ϕ HQ 50m당품(심도 500m기준) m당(1/50)환산적용

종별	세 목	규 격	지층별 능률 단위 (m)	연 압	중경압	경 압	극경압	파쇄대
				8.2	6.8	5.2	3.6	3.5
인 건 비	중급기술자	총괄	인	6.10	7.35	9.62	13.89	14.29
	고급기능사	시추기책	인	6.10	7.35	9.62	13.89	14.29
	중급기능사	시추기능공	인	12.20	14.71	19.23	27.78	28.57
	초급기능사	보링공	인	12.20	14.71	19.23	27.78	28.57
재 료 비	diamond bit	HQ	개	1.0	1.54	2.86	6.67	6.75
	diamond reamer	HX용	개	0.35	0.54	1.01	1.77	2.0
	core barrel	W.L HQ용×3m	본	0.3	0.32	0.34	0.36	0.37
	로 드	HQ×3m	본	1.5	1.8	2.1	2.4	2.55
	케 이 싱	HW×3m	본	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8
	부 속 품	소모성부품	조	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135
	코어 박스	1EA/5m	개	16.7	16.7	16.7	16.7	8.5
	벤 토나이트	25kg/대	대	69.2	69.2	69.2	69.2	69.2
	이수첨가제		kg	145.0	145.0	145.0	145.0	145.0
	시 멘 트	40kg/대	대	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	잡 재 료	재료비의	%	6	6	6	6	6
동 력 비	경 유	190HP	ℓ	779	939	1,228	1,773	1,824
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20
기 계 손 료	시추 장비	W.L×100HP	일	6.1	7.35	9.62	13.89	14.29
	급수 펌프	150 ℓ/min×10HP	일	6.1	7.35	9.62	13.89	14.29
	믹 서	200 ℓ×5HP	일	6.1	7.35	9.62	13.89	14.29
	derrick(m)	4.5×4.5×15	일	6.1	7.35	9.62	13.89	14.29
	발 전 기	50kW, 70HP	일	6.1	7.35	9.62	13.89	14.29
비고	부 하 율		%	80	80	80	80	80

제7장 지하수조사

7.1 지하수 조사의 중요성

지하수도 인간의 문명사회를 구축하기 위한 중요한 지하자원이므로, 이를 이용하기 위한 지구 물리·화학, 지반지질, 지리·지형, 수리수문, 농업토양 등 많은 분야에서 연구되어 오고 있다.

이는 지하수의 근원인 지표수에 대한 광범위한 정보인 수문조사로부터, 지하수의 거동을 파악하는 여러 가지 조사방법이 결집되고, 종합적인 판단을 거쳐 물의 부존상태·거동·물수지의 상호 인과관계를 명확히 하여, 수자원의 부존량에 대한 개발과 영향 등을 예측하고, 발생 가능한 제반문제를 최소화하는 광범위한 조사항목과 위치선정이 매우 중요하다.

7.1.1 수문조사의 방법과 그 필요성

수문조사의 다양한 기법이나 조사방법은 그 목적과 규모·조사 단계별로 요망되는 내용과 사항 및 정밀정도 등을 충분히 검토하여 계획되어야 하며, 그중 일부의 항목들은 landsliding 조사·지표지반지질답사·물리탐사와 물리검층에 취급되어 있고, 수문환경조사·물수지조사의 각 조사항목과 지하수 모의실험(simulation) 등의 예측해석에 관해서는, 개개의 경우에 의하여 계산상의 경계조건 결정방법이 아주 다른 것이 많아서 표준화하기 어렵다.

수리영향과 기타 검토범위			조사항목 및 검토방법	
수리현황 및 장래 계획 파악	수문환경조사	수원	유효우량과 용천·하천·호소·저수지·정호 및 깊은우물	
		물이용	피복형태와 상하수도·공업용수·관개용수·기타 물이용량	
예측·대비· 용출량 및 범위 용천·하천유량 지하수simulation	물수지조사		강우량과 하천유량·증발산량·지하수위 측정	
	수문지질조사	대수층 구조	자료조사·지표지반지질답사(수문지질) 지구물리(탄성과 전기)탐사 시추조사와 물리검층 및 수질시험분석	
		대수층 능력	대수층상수 결정	양수시험과 용수압·투수시험 정호수위·비유속 및 지하수추적
			토양침투성 결정	침투도시험·강하수심 측정 PH치 측정 토질실내시험
비 고	사례조사			

조사대상별 주업무로서는

- landsliding에 대한 사전 방재계획
- 터널 굴착에 수반되는 용출수에 대한 안정성과 시공방법의 검토
- 갈수문제 등에 관한 환경보전의 검토
- 지하수의 적정 양수량과 이에 따른 시설의 검토
- 지반침하 대책과 환경보전에 대한 지하수 상태파악
- 적정 수자원의 이용계획

7.1.1.1 수문조사 조건별 능률 보정표

① 계획 준비	노선장기준	노선장km(ℓ)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10이상
	$k=0.22+0.078\ell$	보정계수(k)	0.3	0.38	0.45	0.53	0.61	0.69	0.77	0.84	0.92	1.0
	지구기준	조사지구개소(P)	1	2	3	4	5이상					
	$k=0.375+0.125P$	보정계수(k)	0.5	0.63	0.75	0.88	1.0					
② 답사 검토 집필	노선장+지구기준	노선장km(ℓ)	1	2	3	4	5이상					
	$k=1.0+\log \ell$	조사지구개소(P)	1	2	3	4	5이상					
	$k=1.0+\log P$	보정계수(k)	1.0	1.3	1.48	1.6	1.7					

7.1.1.2 수문조사 기술업무품

종별	세목	구분 단위	계획·준비 10km 건당	현지답사, 자료검토 km or 개소당	해석		보고서집필 1km×1개소 건당
					관측자료 개소당	영향 예측 km²당	
직접인건비	기술사	인	3.0	1.0	0.1	3.0	1.5
	특급기술자	인	4.0	2.0		3.0	4.0
	고급기술자	인					
	중급기술자	인	2.0			2.0	
경비	해석소모품	식			인건비의1%	인건비의1%	
	보고서인쇄·제본	식		2.0			
	여비·일당·숙박	식	1.0	1.0			
비고			①기준보정	②기준보정			②기준보정

7.1.2 수문환경조사(수원별 물이용)

지표수와 지하수 등 물의 공급수원과 물이용 수요의 수지실태를 파악하는 현장답사·조사로 다음과 같은 조사업무이다.

- 피복형태조사 : 수계, 용수계통, 식생이나 농경지·화전 등 지표의 피복형태를 토지이용도와 항공사진 판독으로 도면화하고 현지답사로 확인.
- 상·하수도 및 공업용수 조사 : 수원지 지하수의 사용량과 이용 형태별 자료를 공공기관에서 수집.
- 수원지·호수·저수지 조사 : 분포 및 용도별 유출입 경로와 수량을 확인하고, 수질을 측정.
- 정호조사 : 분포 용도별 형상과 수위·수질을 측정.
- 용천조사 : 지역내의 용천분포와 용도·용출량·수질을 관측.
- 하천조사 : 하천분포와 취수위치·용도조사와 함께 유량과 수질을 측정.
- 관개용수조사 : 취수원 하강수심과 면적·관개 방식·수량·수리권리·기타 물이용 상황을 공공기관에서 자료를 수집하고, 지주들에게 탐문하여 확인 조사한다.
면적이나 조합수 등을 현지의 조건에 따라 별도로 계상한다.

7.1.2.1 측정·관측(조사업무) 능력의 지형보정

구릉지·보통산지 정도의 지형을 기준으로 하고, 최저의 측정·관측수를 만족시킬 때와 수문환경조사와 물수지조사에서의 중복사항에 주의하고, 적설·한냉지에서는 공통가설편의 재설비를 별도 계상한 후 측정·관측비도 30%까지 할증한다.

지 형 별	평 지	구릉지 - 보통산지	급사면 험준지
보정계수	0.8	1.0	1.3

7.1.2.2 수문환경조사 업무(수원별 물이용)품

종 별	세 목	규 격	구분 단위	피복형태 km ² 당	상하수도 공업용수 건당	수원지·호수 ·저수지 5개소당	정호 10개소당	용천 5개소/회당	하천 5개소/km 당	비고
인 건 비	중급기술자	총괄 자료정리	인	0.5						관개 용수 별도
	초급기술자	자료정리 답사	인	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	
	중급기능사		인			1.0	1.0	1.0	1.0	
재 료 비	항공사진	흑백, 밀착	매	2.0						기타 물 이용 조사 별도
	소 모 품	인건비의	%	3.0	5.0	3.0	3.0		3.0	
	poly-basket		개					1.0		
	meas-cylinder		개					1.0		
기 구 손 료	잡 재 료	재료비의	%					5.0		
	실 체 경		일	0.5						
	전기수질계		일			1.0	1.0	1.0	1.0	
	pH meter		일			1.0	1.0	1.0	1.0	
경 비	테스터형수위계	휴대형	일				1.0			
	승용차량 렌트		일	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	
	여비·일당·숙박		식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	

7.1.3 물수지조사와 수원별 수량 조사

조사대상지역의 강수량·지표수와 지하수의 유입량은 공급측면에서, 그 지역의 증발산량·지표수·지하수의 유출량은 소비측면에서 수지(balance)년간의 기상자료를 수집하여, 일별·를 파악하는 조사이다.

자연적인 물수지에는 터널 굴착 등의 인위적인 공사에 의한 용출수나 갈수문제도 포함되며, 수원조사는 수원별 물 이용의 질적·양적 변화를 모두 파악하는 조사이기도 하다.

- 강수량조사 : 기상청 등의 공공기관으로부터 과거 10월별·연간 강수량과 분포도를 작성하고, 월별 기온분포도·증발산도·유효우량도 등의 자료로 정리하여, 무 강수일수와 단계별

강수 등 강수의 특성을 파악할 수 있도록 한다.

- 하천유량조사 : 대상지역의 소택지나 중소 하천에서 유량과 수질을 정기적으로 측정하는 조사로서, 측정 방법은 염분희석법의 용기법·유속계를 이용하는 단면법·삼각 V-notch를 이용하는 방법과 수압식 자기수위계로 연속 측정하는 경우의 방법들이 활용된다.
- 지하수위 관측 : 주로 정호수위를 관측하는 것으로 자기수위계와 테스트형 수위계를 이용해서 관측한다.

물수지조사업무(수원별 수량)품

조사업무범위			구분 단위	강수량	하 천 유 량 조 사					
종별	세목	규격		10년분 건당	용기법 회당/개소	단면법 회당/개소	V-notch, 개소당 설치 철거 측정		자기수위계, 개소당 설치 관측, 월간	
인 건 비	중급기술자	총괄·자료정리	인							0.11
	초급기술자	자료취득 도면	인		0.1	0.2		0.05	0.5	
	중급기능사	자료수집	인	5.0	0.1	0.2	1.0	0.1	1.0	0.7
	조 력 공	토 공	인				3.0			
재 료 비	poly-basket		개		1.0					
	meas-cylinder		개		1.0					
	measure(자·척)		개			0.05				
	보호상자		개						1.0	
	철판제V-notch		기				1.0			
	나무 말뚝		본				4.0			
	고정용통나무		본				8.0		4.0	
	마대		매				30.0			
	발전기용 경유		ℓ				5.0			
	소 모 품	인건비의	%	5.0		3.0		3.0		3.0
기 구 손 료	전기수질계		일		0.1	0.2		0.1		
	pH meter		일		0.1	0.2		0.1		
	유 속 계		일			0.2				
	발 전 기	1kW 이상	일				1.0			
	수중펌프	1HP 이상	일				1.0			
	수압식 수위계		일						0.5	30.0
경비	승합차량 렌트	7~9인승	일		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	여비·일당·숙박		일		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
비고				5일 소요						10개소/ 일기준

7.1.4 수문지질조사

• 수문지질조사비

수문지질조사는 지표지반지질답사로 작성된 지질도를 기준으로 하여, 조사지역내에 분포된 하천과 소류지를 중심으로 그 수원지 및 용출수의 위치와 수량·수질을 조사하고, 상류와 하류에서의 수량의 증감을 추정하여 지질구조와 지하수와의 관계를 밝힐 수 있는 자료를 얻고자 하는 것이다.

물수지조사(지하수위) 및 수문지질조사 업무(현장답사)품

조사업무범위			구분 단위	수위계설치	지하수위 관측		수문지질조사	
종별	세목	규격		자기수위계 기당	자기수위계 월간/개소	테스터형 수위계 회당/개소	현장답사 유로·km 당	비고(기타)
인 건 비	중급기술자		인	0.1	0.11	0.01	0.1	◦ 지표지반 지질답사 ◦ 물리탐사 ◦ 물리검층 ◦ 공내계측 ◦ 시험 ◦ 분석 등은 별도항목 품 참조
	초급기술자		인				1.0	
	중급기능사		인	0.5	0.6	0.1	1.0	
	조력공		인	1.0				
재 료 비	보호상자		개	1.0				
	추달린 floater		개	1.0				
	기록용특수펜		개	1.0				
	와이어	50m×0.63mm	권	1.0				
	나무 말뚝		개	4.0				
	poly-basket		개				1.0	
	meas-cylinder		개				1.0	
	소모품	인건비의	%		3.0	3.0		
기 구 손 료	자기수위계		일		30.0			
	테스터형수위계	휴대형	일			0.05		
	전기수질계		일				1.0	
	pH meter		일				1.0	
경 비	승합차량 렌트	7~9인승	일		0.6	0.05	1.0	
	여비 일당 숙박		일		1.0	1.0		
비고					20개소/일 관측기준			

7.2 지하수의 조사목적

지하수도 지하자원이므로 이를 이용하기 위하여, 저류량·공급원·수질조사로서 농공업 용수 및 생활용수·음용수로서의 활용성 여부를 파악하고, landsliding·지반침하·누수·염수화·오염수의 지하 침투 등과, 토목 시공 현장에서의 출수문제 등의 재해 대상에서의 극복 방안을 강구하기 위한, 지하수의 실태파악·장래의 상태변화 예측 등 지하수의 거동규명과 온천부존·개발 등에 따른 관광휴양지 개발에 대한 영향도 평가해야 하며, 공장 폐수의 지하침투·골프장의 농약살포·리조트 개발, 대기오염과 산성비 등에 의한 복합적인 지하수 오염의 증대, 대규모 도시 개발에 수반되는 자연 대수층의 차단 등, 여러 가지 제기되는 문제들에 대한 해명을 하기 위하여, 지하수 조사의 중요성이 점차 증대되고 있는 실정이다.

7.2.1 지하수의 실태파악과 변화의 예측

- 지하수량 : 수위(수두)·수압·유속·유향·유량 등 수리학적인 물리량과, 대수층의 유효간극율·투수(투수량)계수·저류(비저류)계수 등의 수리정수 파악
- 지하수질 : 생성(부존)연대·체류(부존)중인 수질과 수질변화 등 지하수의 존재 실태를 파악하여, 산업용·생활용수와 생태계에의 적합성을 평가한다.

7.2.1.1 사질토 지반 시추공에서의 지하수위 측정

지진시의 모래지반 액상화 현상이나, 호우시의 급격한 지하수위 상승에 의한 구조물에 미치는 영향과 굴착지반의 불안정 등을 예측코자, 수위측정기(water level meter)로 일정 시간마다 수위를 측정하여, 시간당 1cm미만의 수위변화가 있을 때의 평형수위를 구한다.

사질토 지반에서 투수계수 10^{-4} cm/s보다 크면 토층의 간극을 통해 수위가 대기와 접하는 자유 지하수 상태로 부존하나, 10^{-4} cm/s이하의 silt·점성토 지반에서는 난투수층에 협재된 대수층에서, 지하수면이 없는 대기압 이상의 수압을 유지하는 피압 지하수가 부존된다.

7.2.1.2 사질토 지반에서의 관측공에 의한 지하수위 측정

일정 위치에서 관측공으로 장기간의 수위변동을 관측하여, 지하수의 보전·개발, 지반침하·landsliding·사면안정과 대책공법 설계, 공사에 수반되는 주변지역의 지하수위 변동이나 도시개발 후 수십년간에 걸친 지하수위 변화를 파악하여, 시공계획에 정보를 제공하기 위한 광역적인 장기 관측도 요망된다.

7.2.1.3 지하수위의 변동원인

- 자연현상 : 강우, 융설수 침투, 증발산, 기압변동, 지진영향, 하천수 증감, 조석의 영향
- 인위적현상 : 우물양수, 상하수도 누수, 하천수 관개용수의 침투, 지하 건설공사의 영향
- 지하수의 저해(토목시공) 및 영향 : 토공에 수반되는 유수·수압에 의한 지반의 파괴, boiling이나 piping에 의한 출수사고, 지하수의 저하공법, 널말뚝 물막이 공법, 그라우트 주입공법으로 인한 기존 정호(well)의 고갈과 지반침하, 널말뚝 설치, chemical grouting에 의한 오탐·오염의 영향
- 조사계획(사전상황확인) : 양과 질, 강우량과 수위와의 관계(계절적 변동), 지층구성(지반 지질)과 지형, 장기간의 기상 상태 변화(조건), 광역조사(광역분포의 연속성), 상호 간섭되지 않도록 각각의 대수층마다의 독립적인 존재로서의 흐름상태와 수질과악

7.3 지하수 조사방법의 범위(시추공 내에서의 측정방법 중심)

- 문헌자료 : 지형·지질·지하수 분포 등 기존 문헌 자료와 기압·강수량·해수면의 변화 등에 의한 기존 자료와 연관된 지하수의 상황 파악
- remote sensing : 광역조사 수단으로서 인공위성으로부터의 정보처리 기술을 활용
- 전기탐사를 이용하는 지표에서의 탐사
- 실내시험으로서의 투수시험, 수질분석
- simulation : 수치 해석에 따라 지하수의 상태 추정이나 장래예측, 시추공이나 우물에서의 수위·유속·유향, 지반의 투수계수, 공내에서의 채수방법, 암반대상의 Lugeon test, 용수압 투수시험(J.F.T), 정압주수에 의한 송수시험 등에 대한 simulation

7.3.1 현장투수시험(시추공 이용)

대상 지반 지층은 포화된 사질토층으로서 투수계수 10^{-2}cm/s 를 기준하여, 이하인 투수계수가 낮은 지반에서는 비정상법으로 공내에 주수하여 지하수위의 변화를 파악하고, 10^{-2}cm/s 이상의 투수계수가 높은 지반에서는 팩커로 강제주입하거나 양수하여, 주입·양수량과 일정한 수위일 때의 값으로 지반 지층의 투수성을 파악한다.

7.3.1.1 투수시험 방법별 분류

투수시험방법			공보호 방법	지하수상태	사질토상태	지하수위 분포
비정상법	auger(주수·회복)법		non-casing	자유수	공벽자립	얕은심도
	tube법 (케이싱) (piezometer)	주수용케이싱			공벽붕괴	
		single	casing	피압수	불투수층 분포	깊은심도
		double			다층계 지반	
정상법	packer(정수위)법		packer	피압수 또는 자유수	strainer로 대체되기도 함	
	양수법		casing			

7.3.1.2 현장투수시험품

회당

종별	세 목	규 격	구분 단위	5m/공		15m/공			
				auger	non-casing	single	double	packer	양수법
인 건 비	중급기술자	총괄	인	1.0	1.5	2.0	2.3	2.0	2.0
	고급기능사	시추기책	인	0.6	1.0	1.5	1.8	1.5	1.5
	중급기능사	시추기능공	인	0.6	1.0	1.5	1.8	1.5	1.5
	초급기능사	보링공	인	0.6	1.0	1.5	1.8	1.5	1.5
재 료 비	케이싱 파이프 소모 (ℓ=1.5m 50회사용)	▼ 80A×5m	m		0.1				
		80A×15m	m			0.3	0.3	0.3	0.3
		▲ 50A×15m	m				0.3		
	잡 재 료	재료비의	%		20	20	20	20	20
동 력 비	경 유	80HP		20.0	34.0	50.0	61.0	50.0	50.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20	20
기 계 기 구 손 료	투수시험기	수위측정기	일	0.6	1.0	1.5	1.8	1.5	1.5
	수중모터펌프	소형2HPφ45	일						1.5
	유 량 계		일					1.5	
	시추 장비	200m형 set	일	0.6	1.0	1.5	1.8	1.5	1.5
시 험 심 도 보 정	시험방법별		m	5이내	6-10	10이내	11-20	21-30	31-50
	auger법 · non-coring		보정 계수	1.0	1.3				
	케이싱법 · packer · 양수법					0.8	1.0	1.3	1.5

7.3.2 지하수 추적

활동 지반에서의 지하수 유동상황(지하 유로 · 유속 등)을 파악하여 활동지반의 패턴(기구) 해석 데이터를 얻고자 tracer를 활용한다. 조사방법은 활동지반 지역에서 보다 높은 지점의 투입공(시추공 1개공 또는 몇개공)을 형성하고 tracer를 투입한 후, 보다 낮은 곳의 각 지점에서 지하수를 채수하고, tracer의 도달여부를 정량분석이나 육안판별 · 비저항 값 등으로 찾아내는 방법이다.

일반적인 tracer 검출법		채수빈도 및 기간	
식 염	정량분석 · 전기비저항 값	기 간	투입전5일+투입25일=1개월간
유산망간	정량분석 · 정성분석	채수개소	10~20개소
형광염료	육안관찰 · 형광광도계	투입채수거리	100m
비 고	점토입자에 tracer흡착 발생 위험에 대한 주의	채수방법	투입일 : 4회 · 제 2 일 : 3회 제 3 일 : 2회 · 제4-25일 : 1회/일

7.3.2.1 지하수추적 기술업무(수질분석결과 해석)품

종별	세목	구분 단위	tracer채수 (정성분석)	수질분석 (10성분)	비고(tracer 채수분석 시약 및 성분)			
			(1,000시료당)	(시료당)	구분	투입품	검출품	소요량(g)
직 접 인 건 비	특급기술자	인	1.0	0.2	정성분석	황산망간 MnSO ₄	초산은 암모니아수	50 500
	고급기술자	인	2.0	0.5	정량분석	식 염	중크롬 산카리 황산은 0.02N	500 500
	초급기술자	인	5.0	0.5		후로렛싱	형광광도계 측정	
경 비	제 도 공	인	2.5	0.5	수질분석 10성분	HCO ₃ ⁻ · Cl ⁻ · SO ₄ ⁻ · Na ⁺ · Ca ⁺⁺ K ⁺ · Mg ⁺⁺ · pH · RpH · SiO ₂		
	잡 재 료	식	인건비의1%					

7.3.2.2 지하수 추적 조사업무품

종별	세 목	규 격	구분 단위	지하수 추적(1개월간)			수질분석(시료당)	
				투입·채수	정성분석	비 고	채수	분석
인 건 비	중급기술자	총괄	인	2.0	2.5	정량	5인	0.1
	초급기술자	채수·분석	인	10.0	15.0	분석	25인	0.2
	중급기능사	시험기능공	인			투입전5일 투입 후5일 채수30일		0.4
	중급기능사	시험공	인					1.0
	초급기능사	시험사	인					1.0
	조 력 공	보통인부	인	35				
재 료 비	투입약품	MnSO ₄	kg		0.5	정성분석조건 20개×(4+3+2+27)		
	채 수 기	특수채수기	개	20				
		▼ 100cc	본	720				
	채 수 병	1000cc	본				1.0	
		▲ tracer검출용	식		1.0			
	시 약 류	▼ 현장용시약	식				1.0	
		▲ 실내분석시약	식					1.0
	시험기구		식		1.0			
	잡 재 료	재료비의	%	3.0	10.0		10.0	10.0
손료	분석기구	수질분석	일		10.0			
비고	투입·채수 거리별 약품량 채수기간	채수거리	m	50m이하		100m이하		200m이하
		약품	식 염	kg	50	100		300
			황산망간	kg	30	40		60
			후로렛싱	kg	3	4		7
		채수기간	일	25		30-40		60

7.3.3 지중 가스 조사

지하(지중) 공사 등에서 발생하는 지중 가스의 존재를 휴대용 가스 검지기·압력계 등으로 확인하고, 시료를 채취하고 분석(화학)하여 사고를 미연에 방지코자 하는 조사이다.

지중 가스의 채취상황(부존)은 지하수에 녹아있는 용존 gas와, 분리되어 있는 유리 gas 상태로 구분되며, 현장 투수시험 과정에서 나타나기도 하여, double tube(casing) 방식과 동시에 조사되는 전제로 이에 추가되는 품을 작성한다.

지중 가스 조사품(double tube 투수시험공, 심도 21m~30m/공)

개소당

종별	세 목	규 격	구분 단위	관측공 설 치	현지 측정	가스 시료채취		가스 화학분석	
						용존	유리	용존	유리
인 건 비	중급기술자	총괄	인	1.3	0.5	0.5	0.2		
	고급기능사	시추기책	인	1.0	0.5	0.5	0.2		
	중급기능사	시추기능공	인	1.0	0.5	0.5			
	초급기능사	보 링 공	인	1.0					
재 료 비	가스관 소모 (단관)	▼ 80A×1.5m×20 ▲ 50A×1.5m×20	본 본	0.4 0.4					
	안정장치	밸브, 기타	조	0.02					
	샘플러 pack	압력유지식 샘플러	본 개			0.2	1.0		
	잡 재 료	재료비의	%	20		20	20		
동 력 비	경 유	80HP	ℓ	34					
	잡 유	경유의	%	20					
기 계 기 구 손 료	농도측정기	휴대용 가스검지기	일		0.3				
	압 력 계		일		1.0				
	채 수 기		일			0.5			
	흡 인 기		일				0.2		
경 비	시추 장비	200m형set	일	1.0	1.0	0.5	0.2		
	실 내 가스분석 (화학)	▼ 기체분리	회					1.0	
		메탄	식					1.0	1.0
		산소	식					1.0	1.0
		질소	식					1.0	1.0
		2산화염소	식					1.0	
비 고	설치심도보정	관측공설치심도	m	20이하	21-30	31-40	41이상		
		보정계수		0.8	1.0	1.3	1.5		
	별도계상	현지측정		수위강하(양수)·기온·수위·수온측정 별도					

7.3.4 지하수 유향·유속 측정

지하수의 유향과 유속은 지형·지질·기상·수문과 그 외의 기존자료 및 시추자료 등의 지하수 환경을 검토하여, 하천유역이나 분지 등 수문학적 분야의 광역적인 물리측정방법으로서 수온·환경 동위체·수질을 측정하고, 작은 구역에서는 지온측정(1m지하)으로 유향만을 파악하기도 하며, 식염수 등을 투입하여 지하수의 흐름에 따른 유동전위변화로 유속을 측정하기도 한다.

지하수의 성상인 대수층의 깊이·대수층 두께와, 그 연속성을 파악하기 위한 공학적 분야인 시추공에서의 측정 방법으로서, tracer제의 투입공과 측정을 위한 관측공의 복수시추공을 이용하는 방법으로 유향·유속을 측정한다.

복수의 공에서 수위를 측정하여 유선망으로 유향을 파악하고, 동수구배로 Darcy의 식에 따라 유속을 파악하기도 한다. 단일공에서의 측정방법으로서는 Lagrang(교체입자형)수법과 Euler(용액형)수법이 대표적이며, TV-카메라법·레이저(laser)법과 가열된 지하수를 tracer로 이용하는 열량법 등의 여러 가지 방법이 있기도 하다.

- LD형 : $\phi 86-116$ hole에서 차수 패커로 공내 지하수의 변동을 방지하고, 비저항이 다른 정제수를 센서 부에 치환하여 공내에 삽입하고, 지하수 유동에 의한 비저항값 변화를 전위차로 검출한다.
- SWM-K2형 : $\phi 150$ hole에 strainer를 설치하고 filtering(콩자갈 packing)한 후 측정기를 pack에 고정하여 파이프 내에 삽입하고 tracer와 함께 각 방향에서 측정한다.

7.3.4.1 지하수 유향·유속 측정품(LD형)(심도15m/공 이내)

회당

종별	세 목	규 격	구분 단위	계획준비	장비설치 · 철거	측 정	자료정리
인 건 비	고급기술자	기술지도관리	인	0.8		1.1	1.0
	중급기술자	총괄데이터정리	인	0.8	1.1	1.1	
	고급기능사	시추기책	인	0.8	1.1	1.1	
	중급기능사	시추기능공	인	0.8	1.1	1.1	
	초급기능사	보 링 공	인	0.8	1.1	1.1	
재 료 비	케이싱 파이프	$\phi 50A \times 15m$	m			0.3	
	질소 가스	$47 \ell \times 99.9\%$	통			0.2	
	차수 rubber	packer용	개			0.1	
	정 제 수	2,000cc	병			3.0	
	glass ball	유리구슬	kg			0.3	
	자기 테이프		roll			0.02	
	총 전 료	1회/일	회			1.0	
	잡 재 료	재료비의	%			10.0	
동 력 비	경 유	80HP	ℓ			40.0	
	잡 유	경유의	%			20	
손 료	유속유향계	센서부 LD형	일	0.8	1.1	1.1	
	시추 장비	200m형 set	일	0.8	1.1	1.1	
비 고	시험심도보정	시추심도	m	15이내	16-30	31-50	51이상
		보정계수		1.0	1.05	1.1	1.15

7.3.4.2 지하수 유량·유속 측정품(SWM-K2형)(심도 30m 이내/공) 2심도 측정당

종별	세 목	규 격	구분 단위	계 획 준 비	관측정 준 비	계기설치 tracer준비	측정	케이싱 철거	자료 정리
인 건 비	고급기술자	기술지도,관리	인	0.5		0.5	1.0		
	중급기술자	총괄자료정리	인	0.5	0.5	1.0	1.0		0.5
	고급기능사	시추기책	인		2.0	1.0		0.5	
	중급기능사	시추기능공	인		2.0		1.0	0.5	
	초급기능사	보 링 공	인		2.0				
재 료 비	strainer	φ80mm	m		10.0				
	케이싱 파이프	φ80mm	m		20.0				
	필 터 제	콩자갈	m³		0.5				
	철 망		m²		3.0				
	end cap		개		1.0				
	써징 호스	φ32×35m	조		0.2				
	질소 가스	47ℓ×99.9%	통		0.1				
	암 모 늪		병			1.0			
	에틸알코올	500cc入	병			1.0			
	기 록 지	50m/roll	roll				0.4		
	잡 재 료	재료비의	%		3.0	3.0	3.0		
동 력 비	경 유	150HP	ℓ				63.0		
	잡 유	경유의	%				20		
기계 기구 손료	측 정 기	SWM-K2형	일		0.5	0.5	1.0	0.5	
	발 전 기	35HP·25kW	일		2.0	1.0	1.0	0.5	
	공기압축기	125cfm	일		2.0	1.0	1.0	0.5	
	시추 장비	200m형 set	일		2.0	1.0	1.0	0.5	

7.3.5 공내 미유속 측정

공내의 지하수가 수직방향으로 흐르는 유속을 심도마다의 수두차로 측정하고, 지층의 투수성이나 지하수의 유동·압반균열의 존재 등을 확인하는 것으로, 프로펠러방식과 방열량 검출방식이 있다.

프로펠러식은 φ66-86의 시추공에 sonde를 내려, 자연상태와 배수(양수)·주수(주입)의 3가지 상태에서 0.1m-0.5m 마다를 전심도에 걸쳐서 조용히 상승·하강하여, sonde의 프로펠러회전수의 변화(증·감)로, 공내수의 상향·하향의 흐름방향과 유속을 심도별로 측정하게 된다.

측정의 결과로 공벽에서의 용출·일수 위치를 구하게 되고, 각 상태(3가지)의 수두차·유속의 차이에 의한 구배가 단위 구간당의 유량 증가량을 구하게 되고, 그 구간은 수평상의 균일한 연속층이란 가정하에 투수계수를 구하게 된다.

7.3.6 지하수 검층

시추공 내의 지하수를 고농도(일정농도)의 전해용액(보통 식염수)으로 치환하면, 시간이 지날수록 지하수의 유동면을 따라 점차 희석되므로, 저항값의 변화를 측정하여 유동대(면)의 유무와 그 심도를 검지하는 것으로, 보통은 0.25m마다 5·10·20·30·60·120·180분과 back ground(반대) 1회로 검층하여, 수직검층해석과 저항변화도를 작성하고 유동면을 고찰·판정한다.

공내미유속측정, 지하수검층품

업 무 범 위				공내미유속측정	지하수 검층	
				40m/공, 회당	30m이내/공 기준, 공당	
종별	세 목	규 격	구분 단위	조 사 업 무		기술업무
				관 측 · 측 정		해 석
(직접) 인건비	특급기술자	총괄·측정	인	3.5	1.0	0.2
	고급기술자		인			0.5
	중급기술자		인			0.5
	초급기술자	교반 측정보조	인	1.0	1.5	
	중급기능사	시추기능공	인	1.0		
	중급기능사	제 도 공	인			0.5
	초급기능사	보 링 공	인	1.0	1.5	
재 료 비	back-up tube	YZ-72A, 72B	개		0.05	1.0
	공 드럼		개		0.02	
	배터리충전	재료비의	회	1.0		
	호 스		m	5.0	65	
	잡 재 료		%	10.0	3.0	
	소 모 품		%			
동 력 비	경 유	20HP	ℓ	8.4		
	잡 유	경유의	%	20		
기 기 손 료	펌 프	30 ℓ /min	일	1.0	1.0	
	디젤엔진	10HP	일	1.0		
	미유속계		일	1.0		
	비저항측정기	ME-48, 150p	일			
	에어 펌프	양수용	일			
비고	심도보정	지하수검층	관측		31m/공이상 1.3	

7.3.7 간이 양수 시험

지하수 부존상태와 수량을 확인하는 것으로 단공식 간이방법이며, 집수보링·집수정·배수터널 계획 이전에 실시하여 수량을 확인코자 하는 시험으로, 친 정호법의 정식 양수시험을 참조(비교)하면, 단순히 개략적인 수량확인의 간이방법이다.

7.3.8 다점온도검층

시추공 전구간의 온도를 동시에 측정하여, 지하수 유동층의 유무와 층수·분포심도와 층두께 및 상대적인 침투속도의 대소에 관한 정보를 얻어내는 방법이다.

간이양수시험, 다점온도검층품

업 무 범 위			구분 단위	간이양수시험	다점온도검층 30m/공,개소당	
종별	세 목	규 격		시험및자료정리 120분 이내(회당)	조사업무 관 측	기술업무 해 석
(직접)인건비	특급기술자	총괄·측정 교반·시험 시추기능공 제 도 공 보 링 공	인			0.3
	고급기술자		인			0.5
	중급기술자		인	0.2	1.0	1.0
	초급기술자		인	0.33	1.5	
	중급기능사		인	0.53		
	중급기능사		인	0.1		
	초급기능사		인	0.33	2.0	
재료비	poly tank	20ℓ×5개, 30회사용	개		0.17	1.0
	탱 크	100ℓ×2개, 30회사용	개		0.7	
	소형펌프	1대, 30회사용	대		0.033	
	가스 곤로	2대, 50회사용	대		0.04	
	sensor cable	200m, 30회사용	m		6.7	
	호 스		m		35	
	프로판 가스		m ³		0.25	
잡 재료	해석소모품	인건비의	%	1.0		
		인건비의	%	5.0		
		재료비의	%		10.0	
동력비	경 유	80HP, 1HP	ℓ	11.2	1.0	
	잡 유	경유의	%	20	20	
기기 손료	다점온도검층기	0.75kW·1HP	일		1.0	1.0
	발 전 기		일		1.0	
	에어 펌프	200m형 set	일	0.33		
	시추 장비		일	0.33		
컴 퓨 터			일			
비고	심도보정	다점온도검층			31m-50m: 1.3, 51m이상별도	

7.4 암반투수시험

암반에서의 투수시험은 지반의 투수성에 따라 여러가지 방법이 활용되고 있으며, 투수성이 양호한 지반 즉 용출개소나 일수개소로 투수량계수가 큰 지반에서는 J.F.T(용수압시험)으로 시험하고, 저투수성 암반에서는 일정한 주수압으로 주수한 수량으로 투수량계수를 산출하는 정압주수에 의한 암반투수시험(injection system)을 실시하여 투수성을 파악한다.

7.4.1 정압 주수에 의한 암반의 투수시험

주수시험·packer법으로도 불리워지며, Lugeon test(댐 기초지반)나 용수압시험(JFT)·그라우트 시험 등이 모두 이 범주에 속하나, 투수성·시험목적·방법에 차이가 있을 뿐이다.

- 10압식 투수시험 : 이용되는 packer는 air·expansion(2중관)·로드 방식이며, 풍화대나 단층 파쇄대 등에서는 expansion 방식이 활용되고, 일반적으로는 air packer식이다.
- 저수압 투수시험 : 10압식 시험으로는 한계압력이하이거나, 지하수위가 현저히 낮을 때에 인위적으로 일정한 수위가 되게 하고, 공내에 압력 센서를 설치하여 측정값이 일정하도록 펌핑 밸브를 조작하면서 주수하여 수량을 조절한다.

Lugeon 값은 시험구간 1m당 10kgf/cm²의 수압으로 1분간의 주수량을 표현한 것이며, 보통 $\phi 66\text{mm}$ 공에서 5m구간마다 double air packer system으로 펌프나 물탱크의 정수압을 이용하여 주수하고 댐의 위치선정이나 제체기초 굴착깊이·그라우트 계획에 이용된다.

7.4.2 용출수압에 의한 암반의 투수시험(J.F.T)

암반의 투수성 평가를 위한 시험으로, J.F.T.(Johnston's formation tester)의 약자로 표기되며, 시추공 내의 수압변화를 수두변화로 측정할 수 있도록 한 것으로, 10^{-4}cm/s 이상의 투수성이 높은(좋은) 암반에서, 수위측정관 끝에 setting(packing)된 trip valve를 순간적으로 개방하여, 관내로 임의의 용출수 구간에서 상승하는 수위 변화와, 최종적인 평형수위 및 이에 소요되는 시간으로, 시간당 수위변화량으로부터 투수량 계수와 공저수압을 구하는 시험(Hvorslev<보슈레브>이론식)으로 공벽 자립이 가능한 암반이 시험대상 지반이다.

댐 조사에서 수행되는 Lugeon test(주수법, 그라우트 시험)와 터널조사에 활용되며, 주로 AQ 로드·trip valve·packer·strainer·수위측정기(다전극수위계; 압력 센서식 수위계)로 상승수위-시간과의 관계와 최고안정수위(압력수두) 측정으로 투수량계수와 공저수압을 구한다.

가. 암반투수시험품

종별	세 목	규 격	구분 단위	10압식 50m/공 기준	그라우트시험(회당)	
					5kgf/cm ² , 5단계	10kgf/cm ² , 10단계
인 건 비	중급기술자	총괄	인	2.0	0.45	0.6
	고급기능사	시추기책	인	1.3	0.33	0.5
	중급기능사	시추기능공	인	1.3	0.33	0.5
	초급기능사	보 링 공	인	1.3	0.33	0.5
재 료 비	패커 고무	rubber	개		0.12	0.18
	패커 부품	심도50m	조	0.017		
	펌프 부품		조	0.01	0.016	0.024
	manifold부품		조	0.01	0.2	0.3
	주입 호스	φ20×60m	m	0.3	0.5	0.8
	잡 재 료	재료비의	%	3.0	3.0	3.0
동 력 비	경 유	120HP	ℓ	66.0	17.0	25.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20
기계 기구 손료	자기압력계		일		0.33	0.5
	자기압력유량계	120 ℓ /min	일	1.3		
	급수 펌프	150 ℓ /min 10HP	일	1.3	0.33	0.5
	발 전 기	1kW · 1.5HP	일	1.3	0.33	0.5
	믹 서	200 ℓ ×5HP	일		0.33	0.5
	시추 장비	200m형 set	일	1.3	0.33	0.5
	derrick	삼발이 5m	일	1.3		
	물 탱 크	1000 ℓ	일	1.3		
	패 커	30m	일		0.33	0.5
비고	작업능률	그라우트시험	회/일		3.0	2.0
	심도보정	10압식		40m이내 70%, 61m이상 130%		

나. 암반투수시험품(J.F.T, 저수압)

종별	세 목	규 격	구분 단위	용수압, 100m/공, 개소당		저수압, 50m/공, 회당	
				준비	측정	준비	측정
인 건 비	중급기술자	총괄, 측정	인	0.25	1.5	0.5	2.5
	고급기능사	시추기책	인	0.25	0.75	0.5	1.5
	중급기능사	시추기능공	인	0.25	0.75	0.5	1.5
	초급기능사	보링공	인	0.5	1.5	0.5	1.5
재 료 비	패커 고무	고압용 $\phi 65 \times 200\text{m}$ 200m \times 30회 $\phi 43\text{A} \times 3\text{m}$	개		0.1		0.7
	에어 호스		m		20.0		
	센서 케이블		m		6.7		6.7
	측 정 관		본		0.3		0.15
	펌프 부품		조				0.01
	manifold부품		조				0.01
	충 전 료		회		1.0		
	절연테이프		개		5.0		
	sealing tape		개		5.0		
	질소 가스		통		0.2		
	잡 재 료		%		5.0		5.0
동 력 비	경 유	110HP	ℓ		46.0		69.0
	잡 유	경유의	%		20		20
기계 기구 손료	수압측정기		일		1.0		1.5
	발 전 기	1kW · 1.5HP	일				1.5
	derrick	삼발이 5m	일		1.0		1.5
	물 탱 크	1000 ℓ	일				1.5
	시추 장비	200형 set	일		1.0		1.5
비고	심도보정	저수압		40m이내 70%, 61m이상 130%			

용수압 시험 측정심도별 보정표

심도(m)	측정심도(d)		50	100	150	200	250	300
보정계수 (k)	준비	$k=0.6+0.04d$	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
	측정	$k=0.74+0.0027d$	0.87	1.0	1.13	1.27	1.4	1.53

7.5 양수시험

사질 및 사력지층(10^{-4} cm/s 이상)의 피압지하수 지반을 대상으로, 보다 넓은 지역의 투수량계 수 또는 저류계수 등 비고결층의 투수성을 구하는 대규모 시험으로, 양수정과 복수의 관측정을 이용하여 양수량·양수시간과 지하수위가 평형상태(안정수위)가 되는 수위(수두)를 측정하고, 양수 중단에 의한 회복시간 및 수위를 체크하여, 대수층의 투수량·저류계수를 파악하고, 정호의 적정양수량을 결정코자 하는 현장시험이다.

이는 배수공법 설계를 위한 시험으로 5~6단계로 변화시켜 각 단계별 수위 강하량을 구하고 한계양수량을 결정한 후 적정양수량을 정한다.

관측정 배치는 한 방향 일렬에 3~5개로, 대수 그래프상에 등간격이 되도록 배치하고, 공수는 많을수록 좋으나 하천·저수지·지층변화 예상지역·정밀조사결과 요구지역 등에서는 2~4 방향으로도 배치할 수 있다.

다수의 대수층일 때 분리측정을 하려면 패커 효과가 문제시되며, 사력층 등 투수계수가 높은 층을 제외한 세립질 모래층 등에서는 필터층을 설치하고, 청수 굴진과 함께 충분한 슬라임 제거 등으로 정호를 청소하여 시험결과와 신뢰도를 높여야 한다.

표준시방에 의한 양수시험의 예

수행 규모 단 계 별	기술업무 : 계획준비, 현지답사, 시험결과 해석, 보고서 집필
	조사업무 : 양수정·관측정 설치, 양수시험

7.5.1 양수시험품 산출시방

양수정(착정)mm, 3개공경			관측정(공당3개소×2방향=6개소)				예상지층구성(m)·20m심도			
공 경	착정공경	심도(m)	공 경	굴진공경	심도(m)	수 량	토층별	점성토	사질토	사력층
φ150	φ250	20	φ50	φ86	10	2	분 포	0~7	7~17	17~20
φ200	φ300				15	2	층두께	7	10	3
φ250	φ350				20	2	계 20m			

업무내용(개소)	양수정 착정 1공/개소	관측정 6공/개소	양수시험 9일/개소
	φ250(150) ~ φ350(250)	φ86(50)	예비 + 단계별 + 연속

양수시험 기술업무품

시방조건, 회/건별

종별	세목	구분 단위	계획·준비 (중규모)	현지답사 (중규모)	해석 (평가·고찰·판정)	보고서집필 (1급)
직 접 인 건 비	특급기술자	인			0.5	2.0
	고급기술자	인	0.5	0.5	2.0	3.0
	중급기술자	인	1.0	1.5	4.5	4.0
	초급기술자	인	0.5	2.0	9.0	3.0

7.5.2 양수시험 조사업무 구성

시방조건 : 개소별/건별

구 분	세 목		구 별	단위	수량 및 적용			
가 설	장비조립 해 체	착정	300형 100HP	개소	φ250(150A)-φ350(250A) 중 1공/개소			
		관측	200형 80HP	개소	φ86(50A) 6개공/개소			
	작업대 · 급수		여건별	개소	지형경사 · 작업조건 · 용수원에 따라			
시험공 형성 및 설치	양 수 정 (대구경) 관 측 정 (φ86mm)		점성토	m	7m/공	대구경 양수정 20m/공		
			사질토	m	10m/공	관측공 6개공	점성토 7×6=42	
			사력층	m	3m/공		사질토 (10+8+3)×2=42	
			계	m	20m/공		사력층 3×2=6	
	케이싱설치 철거		대구경	20m/공	φ150A-250A 중 1개공/개소			
	필터 설치		대구경	20m/공	φ150A(250)-250A(350) 1개공 충전			
	에어 셔징		대구경	20m/공	φ150A(250)-250A(350) 1개공 세정			
	수중모터설치		대구경	회	10HP(7.5kW)-25HP(18.5kW) 중 1대			
양수 시험	양 수	예비(7h)	1일	φ150A-φ250 양수정에				
	회 복	6단계(15h)	3.1일	φ50A-100A 양수파이프에				
	수 위	연속(24h)	4.3일	10HP-25HP 수중모터펌프로				
	수 량	계(46h)	9일	46시간 예비 · 단계 · 연속 시험 수행				
경비	운반·임대장비 · 예비·일당·숙박			식				

7.5.3 대구경 양수정 착정 일일 작업능력 적용기준(30m/공 기준)

착정공경(φ", mm)		점성토	사질토	사력(자갈)	호박돌(전석·사석)	고결토(풍화암)
8"	(200)	7.4/70	5.7/75	4.1/80	2.4/85	5.6/75
10"	(250)	6.4/75	4.9/80	3.4/85	1.9/90	4.8/80
12"	(300)	5.6/80	4.3/85	3.0/90	1.6/95	4.2/85
14"	(350)	5.0/80	3.9/85	2.7/90	1.4/95	3.7/85
관측공	φ86mm	8.4/50	6.8/50	3.9/60	3.0/60	7.0/50
	비고	능력기준 : 토질 φ86 시추의 1.5배정도 적용				
비 고		능력 : m/일 · 부하율 : % (능력/부하율)				

7.5.4 양수정 착정 장비 적용기준

보통공법 (대구경 양수정)	main body		펌프(ℓ/min HP)		기 타		
	형식	엔진	착정	급수	로드	믹서	derrick
φ200-φ350(wing)	300m형	100HP	150ℓ×10HP	20ℓ×3HP	φ73	200ℓ×5HP	5m
비 고		호박돌·전석·사석층은 트리콘 비트 병용으로, 시추 장비 손료 15% 할증					

7.5.5 양수정 공경별 설치 작업능력 적용기준(30m/공 기준)

10m당

대상양수정		케이싱		필터 설치			에어 서징	
착정공경	케이싱공경	설치	철거	능력(m/일)	일/10m당	공자갈(m³)	능력(m/일)	일/10m당
φ8 " (200)	φ4 " (100A)	0.4	0.1	50m	0.2	0.3	60m	0.17
φ10 " (250)	φ6 " (150A)	0.5	0.2	45m	0.22	0.4	55m	0.18
φ12 " (300)	φ8 " (200A)	0.7	0.3	40m	0.25	0.55	50m	0.2
φ14 " (350)	φ10 " (250A)	0.9	0.4	35m	0.29	0.65	45m	0.22

7.5.6 공경별 대구경 양수정 착정

7.5.6.1 대구경 양수정 착정(φ200mm) 10m당품(심도 30m 기준)

m당 환산적용

종별	세 목	규 격	지층별 능력 단위 (m)	점성토	사질 토	사력층	호박돌	고결 토
				7.4	5.7	4.1	2.4	5.6
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.68	0.88	1.22	2.08	0.89
	고급기능사	시추기책	인	1.35	1.75	2.44	4.17	1.79
	중급기능사	시추기능공	인	1.35	1.75	2.44	4.17	1.79
	초급기능사	보링공	인	2.70	3.51	4.88	8.33	3.57
재 료 비	메탈 비트	φ116mm	개	0.12	0.2	0.4	1.5	0.15
	코어 튜브	singleφ114×1.5m	본	0.025	0.04	0.05	0.02	0.028
	윙 비트	φ200mm	개	0.12	0.16	0.24		0.14
	트리콘 비트	φ200mm	개				0.35	
	로 드	φ73×3m	본	0.01	0.025	0.07	0.075	0.015
	벤토나이트	25kg/대	대	2.0	5.0	12.0	15.0	3.0
	케 이 싱	φ8 " ×1.5m	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1
	drill collar	φ200mm	본				0.02	
	sub socket	φ200mm	개				0.01	
	소모성부품	재료비의	%	10	10	10	10	10
동 력 비	경 유	225HP	ℓ	179	249	369	669	253
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20
기 계 기 구 손 료	sand 펌프	▼ 3HP ▲ 5HP	일 일	1.35 1.35	1.75 1.75	 2.44	 4.17	1.79
	급수 펌프	20ℓ×3HP	일	1.35	1.75	2.44	4.17	1.79
	시추 장비	300형100HP	일	1.35	1.75	2.81	4.79	1.79
	믹 서	200ℓ×5HP	일	1.35	1.75	2.44	4.17	1.79
	용 접 기	200Amp	일	1.35	1.75	2.44	4.17	1.79
	물 탱 크	5m³	일	1.35	1.75	2.44	4.17	1.79
	발 전 기	▼ 50kVA ▲ 80kVA	일 일	1.35 1.35	1.75 1.75	 2.44	 4.17	1.79
	derrick	삼발이 5m	일	1.35	1.75	2.44	4.17	1.79
비고	부 하 율		%	70	75	80	85	75

7.5.6.2 대구경 양수정 착정(φ250mm) 10m당품(심도 30m 기준) m당 환산적용

종별	세 목	규 격	자충별 능률 단위 (m)	점성토	사질 토	사력층	호박돌	고결토
				6.4	4.9	3.4	1.9	4.8
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.78	1.02	1.47	2.63	1.04
	고급기능사	시추기책	인	1.56	2.04	2.94	5.26	2.08
	중급기능사	시추기능공	인	1.56	2.04	2.94	5.26	2.08
	초급기능사	보 링 공	인	3.13	4.08	5.88	10.53	4.17
재 료 비	메탈 비트	φ131mm	개	0.18	0.29	0.43	1.8	0.21
	코어 튜브	singleφ129×1.5m	본	0.028	0.042	0.06	0.025	0.03
	윙 비트	φ250mm	개	0.12	0.16	0.25		0.14
	트리콘 비트	φ250mm	개				0.4	
	로 드	φ73×3m	본	0.012	0.027	0.08	0.085	0.015
	벤토나이트	25kg/대	대	3.0	8.0	15.0	26.0	4.0
	케 이 싱	φ10 " ×1.5m	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1
	drill collar	φ250mm	본				0.021	
	sub socket	φ250mm	개				0.011	
	소모성부품	재료비의	%	10	10	10	10	10
	잡 재 료	재료비의	%	5	5	5	5	5
동 력 비	경 유	225HP	ℓ	222	309	473	895	315
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20
기 계 기 구 손 료	sand 펌프	▼ 3HP	일	1.56	2.04			2.08
		▲ 5HP	일			2.94	5.26	
	급수 펌프	20 ℓ ×3HP	일	1.56	2.04	2.94	5.26	2.08
	시추 장비	300형100HP	일	1.56	2.04	3.38	6.05	2.08
	믹 서	200 ℓ ×5HP	일	1.56	2.04	2.94	5.26	2.08
	용 접 기	200Amp	일	1.56	2.04	2.94	5.26	2.08
	물 탱 크	5m³	일	1.56	2.04	2.94	5.26	2.08
	발 전 기	▼ 50kVA	일	1.56	2.04			2.08
		▲ 80kVA	일			2.94	5.26	
	derrick	삼발이 5m	일	1.56	2.04	2.94	5.26	2.08
비고	부 하 율		%	75	80	85	90	80

7.5.6.3 대구경 양수정 착정(φ300mm) 10m당품(심도 30m 기준) m당 환산적용

종별	세 목	규 격	자충별 능률 단위 (m)	점성토	사질토	사력층	호박돌	고결토
				5.6	4.3	3.0	1.6	4.2
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.89	1.16	1.67	3.13	1.19
	고급기능사	시추기책	인	1.79	2.33	3.33	6.25	2.38
	중급기능사	시추기능공	인	1.79	2.33	3.33	6.25	2.38
	초급기능사	보 링 공	인	3.57	4.65	6.67	12.5	4.76
재 료 비	메탈 비트	crown φ146	개	0.2	0.29	0.45	1.6	0.25
	코어 튜브	single φ144×1.5m	본	0.03	0.045	0.068	0.03	0.04
	윙 비트	φ300mm	개	0.13	0.17	0.27		0.15
	트리콘 비트	φ300mm	개				0.45	
	로 드	φ73×3m	본	0.015	0.02	0.09	0.10	0.017
	벤토나이트	25kg/대	대	5.5	16.0	21.0	23.0	7.0
	케 이 싱	φ12 " ×1.5m	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1
	drill collar	φ300mm	본				0.022	
	sub socket	φ300mm	개				0.013	
	소모성부품	재료비의	%	10	10	110	10	10
동 력 비	경 유	225HP	ℓ	253	374	567	1,122	383
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20
기 계 기 구 손 료	sand 펌프	▼ 3HP	일	1.79	2.33			2.38
		▲ 5HP	일			3.33	6.25	
	급수 펌프	20 ℓ ×3HP	일	1.79	2.33	3.33	6.25	2.38
	시추 장비	300형100HP	일	1.79	2.33	3.83	7.19	2.38
	믹 서	200 ℓ ×5HP	일	1.79	2.33	3.33	6.25	2.38
	용 접 기	200Amp	일	1.79	2.33	3.33	6.25	2.38
	물 탱 크	5m³	일	1.79	2.33	3.33	6.25	2.38
	발 전 기	▼ 50kVA	일	1.79	2.33			2.38
		▲ 80kVA	일			3.33	6.25	
	derrick	삼발이 5m	일	1.79	2.33	3.33	6.25	2.38
비고	부 하 율		%	80	85	90	95	85

7.5.6.4 대구경 양수정 착정(φ350mm) 10m당품(심도 30m 기준) m당 환산적용

종별	세 목	규 격	자충별 능률 단위 (m)	점성토	사질 토	사력층	호박돌	고결토
				5.0	3.9	2.7	1.4	3.7
인 건 비	중급기술자	총괄	인	1.0	1.28	1.85	3.57	1.35
	고급기능사	시추기책	인	2.0	2.56	3.70	7.14	2.70
	중급기능사	시추기능공	인	2.0	2.56	3.70	7.14	2.70
	초급기능사	보 링 공	인	4.0	5.13	7.41	14.29	5.41
재 료 비	메탈 비트	crown φ200	개	0.2	0.3	0.49	1.7	0.25
	코어 튜브	singleφ198×1.5m	본	0.034	0.052	0.074	0.04	0.045
	윙 비트	φ350mm	개	0.13	0.17	0.29		0.15
	트리콘 비트	φ350mm	개				0.52	
	로 드	φ73×3m	본	0.018	0.023	0.1	0.12	0.02
	벤토나이트	25kg/대	대	7.0	20.0	34.0	40.0	9.0
	케 이 싱	φ14 " ×1.5m	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1
	drill collar	φ350mm	본				0.024	
	sub socket	φ350mm	개				0.015	
	소모성부품	재료비의	%	10	10	10	10	10
	잡 재 료	재료비의	%	5	5	5	5	5
동 력 비	경 유	250HP	ℓ	336	458	700	1,425	482
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20
기계 기구 손료	sand 펌프	5HP	일	2.0	2.56	3.70	7.14	2.70
	급수 펌프	20 ℓ ×3HP	일	2.0	2.56	3.70	7.14	2.70
	시추 장비	300형100HP	일	2.0	2.56	4.29	8.21	2.70
	믹 서	200 ℓ ×5HP	일	2.0	2.56	3.70	7.14	2.70
	용 접 기	200Amp	일	2.0	2.56	3.70	7.14	2.70
	물 탱 크	5m³	일	2.0	2.56	3.70	7.14	2.70
	발 전 기	▼ 80kVA	일	2.0	2.56	3.70		2.70
		▲ 100kVA	일				7.14	
	derrick	삼발이 5m	일	2.0	2.56	3.70	7.14	2.70
비고	부 하 율		%	80	85	90	95	85

7.5.7 구경별 양수정설치 및 양수시험

가. 양수정설치($\phi 200\text{mm} \times 100\text{mm}$) 10m당품(30m/공 기준)

m당(1/10) 환산적용

종별	세 목	규 격	구분 단위	케이싱		필터 설치	에어 서징	수중펌프(회당)	
				설치	철거			설치	철거
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.2	0.05	0.1	0.09	0.7	0.15
	고급기능사	시추기책	인	0.4	0.1	0.2	0.17	1.4	0.3
	중급기능사	시추기능공	인	0.4	0.1	0.2	0.17	1.4	0.3
	초급기능사	보링공	인	0.8	0.2	0.4	0.34	2.8	0.6
재 료 비	케이싱 파이프	100A($\phi 4''$)	m	7.5					
	strainer	100A($\phi 4''$)	m	2.5					
	철 망		m ²	0.8					
	공 자 갈	필터용	m ³			0.3			
	모 래	공폐쇄용	m ³		0.4				
동 력 비	경 유	100HP	ℓ	17.0	4.0	8.0	7.0	59.0	13.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20	20
손 료	시추 장비	300형 100HP	일	0.4	0.1	0.2	0.17		
	derrick	삼발이 5m	일	0.4	0.1				
경 비 (임 대)	발 전 기	50kVA	일	0.4	0.1				
	공기압축기	600cfm	일				0.17		
	용 접 기	200Amp	일	0.4	0.1				
	수중모터펌프	3.7kW, 5HP	일/회					1.4	0.3
	양수 파이프	40A×30m	일/조					1.4	0.3
	원 치	수동1톤 15HP	일/대					1.4	0.3

양수시험($\phi 200\text{mm} \times \phi 100\text{mm}$, $\phi 40\text{A}$, 5HP 펌프)품(30m/공 기준)

회당

종별	세 목	규 격	구분 단위	예비	단계(6)	연속	계
				7h(1일)	15h(3.1일)	24h(4.3일)	46h/회
인 건 비	중급기술자	총괄	인	1.0	3.1	4.3	9.0
	고급기능사	수중펌프운전공	인	1.0	3.1	4.3	9.0
	중급기능사	시추기능공	인	2.0	6.2	8.6	18.0
	초급기능사	보 링 공	인	2.0	6.2	8.6	18.0
동 력 비	경 유	35HP	ℓ	15.0	32.0	50.0	97.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20
경 비 (임 대)	양수파이프 30m	소켓부 $\phi 40\text{A}$	일/조	1.0	3.1	4.3	9.0
	수중모터펌프	5HP	일	1.0	3.1	4.3	9.0
	발 전 기	25kVA	일	1.0	3.1	4.3	9.0
	V-notch		일	1.0	2.0	2.0	5.0
	수위측정기7대	piezometer	일	1.0	2.0	2.0	5.0
	센서측정기		일	1.0	2.0	2.0	5.0
	여비·일당·숙박		일	1.0	2.0	2.0	5.0

나. 양수정 설치($\phi 250\text{mm} \times 150\text{mm}$) 10m당 품(30m/공 기준)

m당(1/10) 환산적용

종별	세 목	규 격	구분 단위	케이싱		필터 설치	에어 서징	수중펌프(회당)	
				설치	철거			설치	철거
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.25	0.1	0.11	0.09	0.75	0.25
	고급기능사	시추기책	인	0.5	0.2	0.22	0.18	1.5	0.5
	중급기능사	시추기능공	인	0.5	0.2	0.22	0.18	1.5	0.5
	초급기능사	보 링 공	인	1.0	0.4	0.44	0.36	3.0	1.0
재 료 비	케이싱 파이프	150A($\phi 6''$)	m	7.5					
	strainer	150A($\phi 6''$)	m	2.5					
	철 망		m ²	1.3					
	공 자 갈	필터용	m ³			0.4			
	모 래	공폐쇄용	m ³		0.6				
	잡 재 료	재료비의	%	5	5	5			
동 력 비	경 유	100HP	ℓ	21.0	8.0	9.0	8.0	63.0	21.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20	20
손 료	시추 장비	300형 100HP	일	0.5	0.2	0.22	0.18		
	derrick	삼발이 5m	일	0.5	0.2				
경 비 (임대)	발 전 기	50kVA	일	0.5	0.2				
	공기압축기	600cfm	일				0.18		
	용 접 기	200Amp	일	0.5	0.2				
	수중모터펌프	7.5kW, 10HP	일/회					1.5	0.5
	양수 파이프	50A×30m	일/조					1.5	0.5
	원 치	수동1톤 15HP	일/대					1.5	0.5

양수시험($\phi 250\text{mm} \times \phi 150\text{mm}$, $\phi 50\text{A}$, 10HP 펌프) 품(30m/공 기준)

회당

종별	세 목	규 격	구분 단위	예비	단계(6)	연속	계
				7h(1일)	18h(3.1일)	24h(4.3일)	49h(9일)/회
인 건 비	중급기술자	총괄	인	1.0	3.1	4.3	9.0
	고급기능사	수중펌프운전공	인	1.0	3.1	4.3	9.0
	중급기능사	시추기능공	인	2.0	6.2	8.6	18.0
	초급기능사	보 링 공	인	2.0	6.2	8.6	18.0
동 력 비	경 유	35HP	ℓ	15.0	32.0	50.0	97.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20
경 비 (임대)	양수파이프30m	소켓부 $\phi 50\text{A}$	일/조	10	3.1	4.3	9.0
	수중모터펌프	10HP	일	10	3.1	4.3	9.0
	발 전 기	25kVA	일	10	3.1	4.3	9.0
	V-notch		일	1.0	2.0	2.0	5.0
	수위측정기7대	piezometer	일	1.0	2.0	2.0	5.0
	센서측정기		일	1.0	2.0	2.0	5.0
	여비·일당·숙박		일	1.0	2.0	2.0	5.0

다. 양수정 설치(φ300mm×200mm) 10m당 품(30m/공 기준)

m당(1/10) 환산적용

종별	세 목	규 격	구분 단위	케이싱		필터 설치	에어 서징	수중펌프(회당)	
				설치	철거			설치	철거
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.35	0.15	0.13	0.1	0.85	0.35
	고급기능사	시추기책	인	0.7	0.3	0.25	0.2	1.7	0.7
	중급기능사	시추기능공	인	0.7	0.3	0.25	0.2	1.7	0.7
	초급기능사	보 링 공	인	1.4	0.6	0.5	0.4	3.4	1.4
재 료 비	케이싱 파이프	200A(φ8 ")	m	7.5					
	strainer	200A(φ8 ")	m	2.5					
	철 망		m ²	1.75					
	공 자 갈	필 터 용	m ³			0.55			
	모 래	공 폐 쇄 용	m ³		0.85				
	잡 재 료	재료비의	%	5	5	5			
동 력 비	경 유	100HP	ℓ	29.0	13.0	11.0	8.0	71.0	29.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20	20
손 료	시추 장비	300형 100HP	일	0.7	0.3	0.25	0.2		
	derrick	삼발이 5m	일	0.7	0.3				
경 비	발 전 기	50kVA	일	0.7	0.3				
	공기압축기	600cfm	일				0.2		
	용 접 기	200Amp	일	0.7	0.3				
	수중모터펌프	15kW, 20HP	일/회					1.7	0.7
	양수 파이프	80A×30m	일/조					1.7	0.7
	원 치	수동1톤 15HP	일/대					1.7	0.7

양수시험(φ300mm×φ200mm, φ80A, 20HP 펌프) 품(30m/공 기준)

회당

종별	세 목	규 격	구분 단위	예비	단계(6)	연속	계
				7h(1일)	18h(3.1일)	24h(4.3일)	49h(9일)/회
인 건 비	중급기술자	총괄	인	1.0	3.1	4.3	9.0
	고급기능사	수중펌프운전공	인	1.0	3.1	4.3	9.0
	중급기능사	시추기능공	인	2.0	6.2	8.6	18.0
	초급기능사	보 링 공	인	2.0	6.2	8.6	18.0
동 력 비	경 유	75HP	ℓ	32.0	68.0	108.0	207.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20
경 비	양수파이프30m	소켓부φ80A	일/조	1.0	3.1	4.3	9.0
	수중모터펌프	20HP	일	1.0	3.1	4.3	9.0
	발 전 기	50kVA	일	1.0	3.1	4.3	9.0
	V-notch		일	1.0	2.0	2.0	5.0
	수위측정기7대	piezometer	일	1.0	2.0	2.0	5.0
	센서측정기		일	1.0	2.0	2.0	5.0
	여비·일당·숙박		일	1.0	2.0	2.0	5.0

라. 양수정 설치(φ350mm×250mm) 10m당품(30m/공 기준)

m당(1/10) 환산적용

종별	세 목	규 격	구분 단위	케이싱		필터 설치	에어 서징	수중펌프(회당)	
				설치	철거			설치	철거
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.45	0.2	0.65	0.11	0.9	0.4
	고급기능사	시추기책	인	0.9	0.4	0.29	0.22	1.8	0.8
	중급기능사	시추기능공	인	0.9	0.4	0.29	0.22	1.8	0.8
	초급기능사	보 링 공	인	1.8	0.8	0.58	0.44	3.6	1.6
재 료 비	케이싱 파이프	250A(φ10 ")	m	7.5					
	strainer	250A(φ10 ")	m	2.5					
	철 망		m²	2.5					
	공 자 갈	필터용	m³			0.65			
	모 래	공폐쇄용	m³		1.15				
	잡 재 료	재료비의	%	5	5	5			
동 력 비	경 유	100HP	ℓ	38.0	17.0	12.0	9.0	76.0	34.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20	20
손 료	시추 장비	300형 100HP	일	0.9	0.4	0.29	0.22		
	derrick	삼발이 5m	일	0.9	0.4				
경 비	발 전 기	50kVA	일	0.9	0.4				
	공기압축기	600cfm	일				0.22		
	용 접 기	200Amp	일	0.9	0.4				
	수중모터펌프	18.5kW, 25HP	일/회					1.8	0.8
	양수 파이프	100A×30m	일/조					1.8	0.8
	원 치	수동1톤 15HP	일/대					1.8	0.8

양수시험(φ350mm×φ250mm, φ100A, 25HP 펌프)품(30m/공 기준)

회당

종별	세 목	규 격	구분 단위	예비	단계(6)	연속	계
				7h(1일)	18h(3.1일)	24h(4.3일)	49h(9일)/회
인 건 비	중급기술자	총괄	인	1.0	3.1	4.3	9.0
	고급기능사	수중펌프운전공	인	1.0	3.1	4.3	9.0
	중급기능사	시추기능공	인	2.0	6.2	8.6	18.0
	초급기능사	보 링 공	인	2.0	6.2	8.6	18.0
동 력 비	경 유	75HP	ℓ	32.0	68.0	108.0	207.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20
경 비	양수파이프30m	소켓부φ100A	일/조	1.0	3.1	4.3	9.0
	수중모터펌프	25HP	일	1.0	3.1	4.3	9.0
	발 전 기	50kVA	일	1.0	3.1	4.3	9.0
	V-notch		일	1.0	2.0	2.0	5.0
	수위 측정기7대	piezometer	일	1.0	2.0	2.0	5.0
	센서 측정기		일	1.0	2.0	2.0	5.0
	여비·일당·숙박		일	1.0	2.0	2.0	5.0

7.5.8 양수정 관측공 시추

양수정 관측공 시추(φ86mm) 10m당품(심도30m 기준)

m당(1/10) 환산적용

종별	세 목	규 격	지층별 능률	점성토	사질토	사력층	호박돌	고결토
			단위	8.4	6.8	3.9	3.0	7.0
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.40	0.49	0.86	1.11	0.48
	고급기능사	시추기책	인	1.19	1.47	2.56	3.33	1.43
	중급기능사	시추기능공	인	1.19	1.47	2.56	3.33	1.43
	초급기능사	보 링 공	인	2.38	2.94	5.13	6.67	2.86
재 료 비	코어 튜브	singleφ84×1.5m	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16
	메탈 비트	crown φ86	개	0.13	0.07	6.67	10.0	0.25
	로 드	AW ℓ=3m	본	0.12	0.17	0.38	0.72	0.18
	케 이 싱	φ3½"×1.5m	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1
	부 속 품	소모성부품	조	0.013	0.017	0.04	0.08	0.015
	모 래	공폐쇄용	m³	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	벤 토 나이트	25kg/대	대	1.1	2.2	6.8	12.5	1.4
	관측파이프	50A(φ2")	m	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	strainer	50A(φ2")	m	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	잡 재 료	재료비의	%	5	5	5	5	5
동 력 비	경 유	80HP	ℓ	40.0	49.0	103.0	134.0	48.0
	잡 유	경유의	%	20	20	20	20	20
손료	시추 장비	200m형 set	일	1.19	1.47	2.95	3.83	1.43
비고	부하율		%	50	50	60	60	50

제8장 실내시험

지반을 구성하는 흙이나 암석의 성질을 파악하기 위한 실내시험은, 구조물 기초의 설계·시공에 필수적인 기초자료로서, 안전하고 경제적인 시공법이 적용될 수 있도록 지반의 평가 기준 값과 물성의 값·변형의 예측·검토에 활용되는 제반의 값을 획득하고 해석하는 것이다.

실내시험은 시험대상에 따라 토질과 암석시험으로 대별되며 조사업무 영역이다.

8.1 토질시험

토질시험은 흙의 정량적인 성질을 일정한 통일된 방법으로 측정하고 그 값을 과학적으로 판단하기 위해 필요하며, 시험대상은 조사시에 채취된 시료이므로 정밀도가 높은 지반조사가 선행되어야 한다.

일반적인 지반조사에서는 토성을 판정하기 위한 물성시험, 지지력·침하특성·사면안정성·지반개량 필요성과 그 방법·구조물 기초형식의 결정과 지지력 산정 등 흙의 공학적 검토의 역학시험, 액상화 강도특성·흙의 동적변형특성과 지진응답해석 등의 내진설계에 이용하기 위한 동적시험으로 크게 3대별하기도 한다.

8.1.1 흙의 물성(물리)시험

물리시험은 교란된 시료를 이용하며, 밀도·함수비·입도·액성·소성한계를 기본 1식으로 하고, 상호의 값으로 포화도·간극비·건조밀도를 산정하는 협의 시험과 수축한계(수축정수·유동지수)·습윤·상대밀도, 유기물의 강열감량·부식성·수용성분(염소·황산 ion) 함량 시험과, 최적함수비·최대건조밀도(함수비-밀도곡선)·투수성·투수량(투수계수)·pH(산성·알칼리성 판정)시험 등이 포함되는 광의 시험으로 구별하기도 한다.

물성(물리, 토성) 시험의 종류

시험종류	시험목적 및 방법	이용법과 구하는 값	비고
입도(size)시험 체(sieve)분석 비중계분석 (hydrometer)	토입자의 분포상태를 질량 백분율로 표시 흙의 입도배합 파악 No.200체 이상 ; 체분석(sieve analysis) No.200체 이하 ; 비중계분석	흙의분류·입경가적 곡선도 일정 입경에 대한 질량비 균등계수·곡률계수·투수성· 압축성	(%), D ₁₀ , D ₃₀ D ₆₀ , D ₈₅ , Cu, Cg USCS AASHTO
밀도(density) 비중(gravity)	단위체적당의 중량 토입자의 비중은 보통 2.65 정도이나 유기물· 암편 함유시는 2.5이하가 일반적임	간극비(e), 상대밀도(Dr), 입도 포화도(S), 수축한계(S _L), 다짐 다짐정도 파악, piping 검토	γ, Gs (g/cm ³)
함수비 (water content)	습윤상태(자연상태)의 흙에 함유되었던 수분(물)의 110℃ 노건조 상태에 대한 무게비를 산출	$w = \frac{\text{수분무게}}{\text{건조무게}} \times 100$ (습윤-건조무게)	W (%)

시험종류	시험목적 및 방법	이용법과 구하는 값	비고
습윤(wet)밀도 (단위체적중량)	자연상태(습윤·불교란)의 단위체적당 중량 다짐정도 파악·토압산출에 활용	공시체중량(W), 체적(V) $\gamma=W/V$	γ_t (g/cm ³ , t/m ³)
액성(liquid) 한 계	액성한계 측정 접시에 담긴 흙을 양분한 후 1cm 높이에서 25회의 반복낙하로 양분된 흙 이 1.5cm 정도 합류시의 함수비	소성의 최대함수비 · 액성의 최소함수비 흙의분류·활성도(A) 소성지수(PI), 액성지수(LI)	LL or W _L (%)
소성(plastic) 한 계	점성토를 유리판 위에 손으로 $\phi 3\text{mm}$ 의 실과 같이 비벼서 부스러지는 상태의 함수비 지반의 침하 · drain추정에 활용	흙분류 소성의 최소함수비 소성(PI)·액성(LI)·활성도(A)	PL or W _p (%)
수축정수 (shrinkage) 한 계	흙의 체적이 감소되지 않는 한계의 함수비 토공의 적정성·동토성·기초지반의 적정성· 허용지지력 추정에의 보조역할	반고체 상태 변화 경계 함수비 수축비(SR)·체적함수율(Sv) 동상성 판정	SL or W _s (%)
원 심 함수당량	물로 포화된 시료가 중력의 1000배와 같은 원심력을 1시간에 걸쳐 받은 후의 시료 함 수비	PF값 2.0~2.4까지에 한하여 적용 흙의 모세관 판정·동상성· 투수성 파악	CME (%)
모래의 상대밀도 (relative)	모래의 최대밀도와 최소밀도를 구하여 모래의 압축성·변형특성·액상화 현상 검토 간극비로 모래의 상대적인 다짐상태 파악	최소밀도 : 수두법 최대밀도 : 수평타격법 상대밀도	$\gamma_{dmin}(\text{g/cm}^3)$ $\gamma_{dmax}(\text{g/cm}^3)$ Dr(%)
유기물 (organism) 함유량 (강열 감량법)	공기에 건조시킨 흙을 700~800℃ 온도로 강 열하여, 그 감량을 유기물량으로 보는 것. 이탄 및 유기물 함유량이 50% 이상인 흙에 적용	흙의 물리적 성질, 압축성, 전단강도 등에의 영향 광물의 종별 판단 · 추정에 참고	가열시간 사질토1, 점토2 유기질3, 이탄4
유기물 (organism) 함유량 (중크롬산법)	유기물 중의 탄소를 탄산가스로 변환시키는 데 소요되는 중크롬산의 양으로부터 반응한 탄소 량을 구하여 유기물량으로 환산하는 것. 이탄을 제외한 유기물 함유량이 50% 이하인 흙에 적용	흙의 종류 · 기후 · 식생 및 수문 환경 등에 따라 다양 하게 영향을 미치는 유기물 의 함량	(%) 중크롬산법 이탄, 흑니등제외
부식성 함유량	흙의 부식성(유기물)함유량을 구하는 것이며 칼륨에 녹을 수 있는 유기물로 생명이 있었던 동식물과 잔해를 제외한 분해가 진전되는 흑색~갈색의 무정형이 아닌 부분의 부식 유기물	수산화나트륨(NaOH) 용액 에서 추출된 흙속의 유기물 함유량(질량)의 노건조 질량 에 대한 백분율	(%)
pH 시험	콘크리트 구조물기초·금속류·도료 등의 내구 성 조정용 토양선정시, 산성·알칼리도의 측정	도료피막파괴, 약액주입효과 soil cementing공법에의 영향	H ₂ O, KCl 2종 glass 전극법
수 용 성분시험	간극 수 중에 용해되어 있는 무기·유기 성분의 함계량. 수용성 성분함량은 노건조토 1g당 의 수용성 성분의 질량 백분율로 표시. 흙에 포함된 주된 수용성 성분은 Na·Mg· Ca 등의 염화물·초산염·황산염과 탄산염, 또 한 Ca·Fe·Al 등의 인산염, 그리고 부식산과 규산염 화합물 등이 있다.	수용성 성분 함량은 토질안 정처리공법과 약액주입공법 등의 적합성과 공종의 선정 및 흙 속에 매설된 강재와 콘크리트 등의 부식의 정도 를 추정하기 위한 기초적 인 자료로 이용된다.	water soluble materials (%)

시험종류	시험목적 및 방법	이용법과 구하는 값	비고
다짐시험 (compaction)	<p>자연건조시킨 흙 시료에 함수비를 변화시키며, 동일한 부피와 에너지로 다져서, 함수비-건조밀도 관계 곡선을 그려서 최대 건조밀도와 최적함수비를 구한다.</p> <p>다짐방법은 흙의 종류와 사용목적, 소요다짐도로 결정(표준다짐, 수정다짐, KSF 2312)</p> <p>· 준비 : 건조, 습윤-건조 후 또는 습윤(자연) 상태의 시료에 순차적으로 가수 또는 건조시키는 것</p> <p>· 사용방법 : 반복(동일)·비반복(신선)</p>	<p>도로·철도·제체·택지조성 등에의 다짐에너지별 포장 두께와 성토회수를 결정하기 위한 시험</p> <p>다짐 현장의 함수비 범위를 시방하며, 최대건조밀도는 다져진 지반의 상대 다짐도의 평가 기준으로 이용된다.</p> <p>25kg rammer 30cm 낙하 45kg rammer 45cm 낙하</p>	<p>a. 건조반복법 b. 건조비반복법 c. 습윤비반복법</p> <p>최적함수비(%) 최대건조밀도(g/cm³) 함수비-밀도곡선 (다짐곡선) 래머무게, 낙하높이, 최대입경·mold부피, 층수·타격회수</p>
투수시험 (permeability)	<p>포화 상태에 있는 흙 속에 층류(層流)로 침투할 때 투수계수를 구하는 시험</p> <p>정수위 : 투수계수가 큰 시료, 일정수위차와 시간의 침투수량</p> <p>변수위 : 투수계수가 작은 시료, 침투수위강하와 시간과의 관계</p>	<p>제체 등의 기초지반내에 작용하는 양압력, landslide나 사면안정, 지하공사시의 배수방법 선정 등의 검토목적으로 한 투수시험</p>	<p>k (cm/sec) (투수계수)</p>
CBR시험 (California bearing ratio)	<p>시공관리 시험으로 노반·기층·표층 등의 설계에, 흙에 대한 지지력의 대소를 판정하는 것으로, 다짐 에너지를 변화시켜 다진 공시체를 수침한 후의 관입 저항력 측정 결과로, 수정 지지력비(CBR)를 구한다. (D다짐 실시)</p>	<p>최악의 CBR 추정에 활용하고, asphalt의 포장두께 설계에 이용</p> <p>교란된 다짐시료는 노반재료의 수정CBR과 자연함수비에 의한 설계CBR·자연상태 흙의 CBR</p>	<p>변상토 CBR 수정·설계 현상토 CBR 수침법</p>

8.1.1.1 체가름(입도)품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	시 료 의 양(kg)			
					0.5이하	0.5~2.0	2.0~4.0	4.0이상
인건비	중급기능사	시험기사1급		시간	2.5	4.5	6.5	8.5
시험 기구 손료	표준체(A)	원형, 12종	200	시간	1.0	2.0	3.0	4.0
	목상자체(B)	5~100mm, 8종	200	시간			3.0	4.0
	pan 소, 중형		300	시간	15.0	15.0	15.0	15.0
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.5	1.0	1.5	2.0
	탁상용저울	20kg-0.1g	400	시간			1.5	2.0
	drying oven	15개 시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	24.0
	체진동기	전동식	800	시간	1.0	2.0	3.0	4.0
기계 손료	전산기			시간	0.5	1.0	1.5	2.0
경비	프로그램사용료			식	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0
비고	체분석	별도조건			밀도(비중)시험 별도			

8.1.1.2 토질물성시험(밀도·함수비·입도)품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	밀도(비중) 3개/시료당	함 수 비 3개/시료당	침강분석 1개/시료당	비 고
인건비	중급기능사	시험기사1급		시간	2.25	1.25	4.7	준비·시험·측정·계산
시험 기구 손료	시험용기		60	시간	5.0	24.0		can·dish·깔때기· flask, spatula
	비중병	50cc·100cc	100	시간	5.0			pycnometer
	비중계	부유형	100	시간			0.8	hydrometer
	씻기전용체	No. 200	100	시간			0.5	
	표준체	▼ 원형 12종 ▲ No. 10	200	시간			1.0	표준형, 시험용체
	beaker	1000cc	200	시간	0.5		0.5	
	온도계	보호관부	200	시간	2.0		24.0	polyethylene제 thermometer
	desiccator	φ36cm	300	시간	2.0	2.0		시료보관·냉각용
	혼합용구	pan, 사발	300	시간	3.0			스테인리스제 spoon
	흙분리 파쇄용구	막자(손절구)	300	시간	0.5			
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.5	0.5	0.5	
	meas cylinder	원통형(B) 500cc	600	시간			24.0	입도시험용
	stop watch		600	시간			24.0	
	분산장치	분산기	600	시간			0.5	교반기본체, 분산용cup
	가열장치	삼발이	800	시간	2.0			alcohol lamp
	drying oven	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	소형전기정온기
	항온 수조	15개시료용	800	시간			24.0	개량형
재료비	소모품	시약(분산제등)		식			1.0	6% H_2O_2 $NaPO_3$ 수용액
손료	전산기			시간	0.25	0.15	1.0	7시간계산
경비	프로그램사용료			식	1.0	1.0		
	수도광열비	시험비의		%	2.5	5.0	5.0	부대설비 포함
비고	침강분석	조건			75 μm 잔류분 체분석 포함, 밀도시험 별도.			

8.1.1.3 흙의 세립분 함유율(입도) 및 습윤밀도 시험품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	시료의 양(kg), 1개/시료당			습윤밀도(단위체적 중량) 3개/시료당
					0.5이하	0.5~2.0	2.0이상	
인건비	중급기능사	시험기사1급		시간	1.25	2.25	3.25	1.25
시험 기구 손료	표준체(C)	2종, cover부	200	시간	1.0	1.75	2.5	
	vernier calipers	$\ell = 20cm$	400	시간				0.4
	줄톱		400	시간				0.8
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.5	0.5	0.5	0.4
	탁상저울	20kg-0.1g	400	시간			0.5	
	miter box	원형·φ35	400	시간				0.8
	trimmer·기타		600	시간				0.8
손료	drying oven	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	
	전산기			시간	0.25	0.5	0.75	0.25
경비	프로그램사용료			식	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	2.5

8.1.1.4 토질물성시험(액성·소성·수축정수)품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	액성한계 4~6점·시료당	소성한계 3개/시료당	수축정수 1개/시료당	비 고
인건비	중급기능사	시험기사1급		시간	2.75	1.2	1.75	준비 시험·계산·정리
시험 기구 손료	시험용기	액·소성시험용	60	시간	24.0	24.0	24.0	can·dish·sprayer 등 소도구
	흙내기 날	grooving tool	200	시간	2.0			casagrande type
	spatula	스테인리스	200	시간	2.0	1.0	1.0	
	glass plate	sanding	200	시간	2.0	1.0		액성한계 시험용
	표준체	No.40			2.0			
	수축정수시험장치	plate 80 ² ×20	300	시간			1.0	수축접시·수은등기타
	pipette	with stand	300	시간	1.5	1.0		
	desiccator	φ36cm	300	시간	2.0	2.0		시료보관·냉각용
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.5	0.2	0.3	
	meas cylinder		600	시간			1.0	수축정수시험용(A)
	액성한계측정기	LL tester	600	시간	2.0			
	drying oven	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	소형전기정온기
기계 손료	전산기			시간	0.25	0.2	0.25	7시간계산
경비	프로그램사용료			식	1.0	1.0	1.0	
	수도광열비	시험비의		%	2.5	5.0	5.0	부대설비 포함
비고	수축정수시험	별도조건			밀도(비중)시험 별도			

8.1.1.5 토질물성시험(원심함수당량·상대밀도·강열감량)품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	원심함수당량 3개/시료당	모래의 상대밀도 최대 최소 시료당	강열감량 3개/시료당	비 고
인건비	고급기능사			시간		2.0	0.25	시료조정·준비·
	중급기능사	시험기사1급		시간	1.8	2.75	2.5	시험·계산·정리
시험 기구 손료	나무망치		60	시간		3.0		
	깔대기, 기타	flask, spatula	60	시간	28.0		6.0	can·dish
	straight edge	ℓ=30cm	200	시간		3.0		곧은 knife
	desiccator	φ36cm	300	시간	2.0	2.0	1.0	시료보관·냉각용
	습기상자		300	시간	12.0			
	전자저울	micro, 0.001g	400	시간	0.5	0.5	0.3	
	mold	φ6cm	600	시간		3.0		스테인리스제
	drying oven	15개시료용	800	시간	24.0		24.0	소형전기정온기
	원심분리기		800	시간	1.0			
	hot plate	전기곤로	800	시간		24.0		건조로
	강열장치		800	시간			6.0	가스 버너
기계 손료	전산기			시간	0.35	0.75	0.25	7시간계산
경비	프로그램사용료			식	1.0	1.0	1.0	
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	2.5	부대설비 포함

8.1.1.6 흙의 유기물 함량 & pH 시험품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	유기물함유량 중크롬산법	부식성함유량 노건조법	pH(glass전극) H ₂ O, KCl 2종	비 고
인건비	고급기능사 중급기능사	시험기사1급		시간 시간	3.25	3.25 2.0	0.5 2.25	시료조정·준비· 시험·계산·정리
시험 기구 손료	깔대기, 기타	막대, 시약병	60	시간			6.0	flask·hole pipette sieve 막사발·막자 polyethylene제
	표준체	No.10	200	시간	0.5			
	초자 기구	도가니·집개	200	시간	3.0	7.0		
	beaker 기타	1000·500cc	200	시간			2.5	
	pipette stand		300	시간				시료보관·냉각용
	desiccator	φ36cm	300	시간	1.0	24.0		
	전자저울	micro, 0.001g	400	시간	0.5	0.25	0.5	
	pH meter		400	시간			2.0	
	광전광도계		400	시간		2.0		소형전기정온기
	drying oven	15개시료용	800	시간	24.0			
	oven	연소로	800	시간		24.0		
	원심분리기		800	시간		0.25		
재료비	소모품	시약		식	1.0		1.0	H ₂ PO ₄ H ₃ PO ₄ 기타
기계 손료	전산기			시간	0.25	0.25	0.25	7시간계산
경비	프로그램사용료			식	1.0	1.0		부대설비 포함
	수도광열비	시험비의		%	2.5	2.5	2.5	

8.1.1.7 흙의 수용성분 시험품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	시료조정	수용성분 함 유 량	염소이온 함 유 량	황산이온 함 유 량
인건비	중급기능사	시험기사1급		시간	1.0	3.75	1.75	3.25
시험 기구 손료	시험용기	flask, dish등	60	시간	2.0	10.0	1.5	7.0
	desiccator	φ36cm	300	시간		2.0		1.0
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.2	1.0	0.5	1.0
	진공펌프	간이진공흡입장치	600	시간	1.0			
	교반기	분산장치	600	시간	0.2			
	drying oven	15개시료용	800	시간		24.0		
	수 조	중 형	800	시간		3.0		3.0
	강열장치	gas burner	800	시간				1.0
재료비	소모품비 (시 약)	시료조정용		식	1.0			
		초산은·크롬산		식			1.0	
		칼륨·중류수 염화헬륨 염산·중류수		식				1.0
기계 손료	전산기			시간		0.25	0.25	0.25
경비	프로그램사용료			식		1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	2.5	2.5	2.5	2.5
비고	시료조정	별도조건			함수비시험 별도			

8.1.1.8 흙의 다짐 건조반복(동일시료)법 시험품

6점정도/시료당

종별	세 목	규 격	내 용 일수	구분 단위	mold의 크기(직경)별, rammer(무게)별			
					φ10cm		φ15cm	
					2.5kg	4.5kg	2.5kg	4.5kg
인건비	중급기능사	시험기사1급		시간	7.5	9.5	9.5	12.0
시험 기구 손료	조립,해체기구,기타	끝·망치·붓·삽	60	시간	1.0	1.0	1.0	1.0
	straight edge	ℓ=30cm	200	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
	표준체(B)	5-100, 8종	200	시간	0.5	0.5	0.8	0.8
	양생용기	대형 pan	300	시간	6.0	6.0	7.5	7.5
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
	탁상저울	20kg-0.1g	400	시간	0.5	0.5	0.8	0.8
	대평저울	100kg	400	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
	rammer	▼ 2.5kg	500	시간	4.0		5.0	
		▲ 4.5kg	500	시간		6.0		7.5
	mold	▼ φ10cm	600	시간	4.0	6.0		
	with collar	▲ φ15cm	600	시간			5.0	7.5
	mold stand		600	시간	4.0	6.0	5.0	7.5
	항온건조로	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	24.0
	시료압출기	mold용	800	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
기계 손료	전산기			시간	0.5	0.5	0.5	0.5
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0
비고	별도조건				비반복(신선시료) 인건비 20% 할증, 밀도시험 별도			

8.1.1.9 흙의 다짐 비건조, 습윤 비반복(loam등 특수시료)법 시험품 6점정도/시료당

종별	세 목	규 격	내 용 일수	구분 단위	mold의 크기(직경)별, rammer(무게)별			
					φ10cm		φ15cm	
					2.5kg	4.5kg	2.5kg	4.5kg
인건비	중급기능사	시험기사1급		시간	16.5	20.5	24.5	30.5
시험 기구 손료	조립,해체기구,기타	끝·망치·붓·삽	60	시간	1.0	1.0	1.0	1.0
	straight edge	ℓ=30cm	200	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
	표준체(B)	5-100, 8종	200	시간	1.0	1.0	1.5	1.5
	양생용기	대형 pan	300	시간	12.0	12.0	18.0	18.0
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
	탁상저울	20kg-0.1g	400	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
	대평저울	100kg	400	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
	rammer	▼ 2.5kg	500	시간	8.0		12.0	
		▲ 4.5kg	500	시간		12.0		18.0
	mold	▼ φ10cm	600	시간	8.0	12.0		
	with collar	▲ φ15cm	600	시간			12.0	18.0
	mold stand		600	시간	8.0	12.0	12.0	18.0
	항온건조로	15개시료용	800	시간	144.0	144.0	144.0	144.0
	시료압출기	mold용	800	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
기계 손료	전산기			시간	0.5	0.5	0.5	0.5
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	2.5	2.5	2.5	2.5
비고	별도조건				밀도시험 별도			

8.1.1.10 흙의 투수성 시험(투수, CBR)품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	투수시험		실내 CBR 시험		
					정수위	변수위	변상토(교란,노상·노반)		현상토(자연)
					조립·사질토	세립·점성토	수정(9mold)	설계(2mold)	수침법
인건비	고급기능사			시간	2.75	4.75	11.0	4.0	1.55
	중급기능사	시험기사1급		시간	6.0	9.5	31.0	8.5	4.3
시험 기구 손료	sprayer		100	시간			2.0		
	beaker	500cc	100	시간		3.0			
	온도계	thermometer	200	시간	0.5	0.5			
	straight edge	ℓ=30cm	200	시간			2.0	1.0	0.5
	양생용기	대형 pan	300	시간			14.0	10.0	
	vernier calipers		400	시간	0.5	0.5			
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.5	0.5			
	탁상저울	20kg-0.1g	400	시간	0.5	0.5	2.0	1.0	0.2
	대평저울	100kg	400	시간			2.0	1.0	
	rammer	4.5kg	500	시간			6.0	2.0	
	meas cylinder	1000cc	600	시간	3.0	6.0			
	투수용mold	유공base일체형	600	시간	20	8.0			
	stop watch		600	시간	3.0	6.0			
	mold with collar	CBR전용 φ15cm	600	시간			936.0	200.0	100.0
	mold stand	with cap	600	시간		8.0			
	진공pump	간이진공흡인장치	600	시간		6.0			
	가열장치	alcohol lamp, 삼발이	600	시간	2.0				
	hot plate	전기곤로	800	시간	24.0	24.0			
	팽창측정장치	30mm gauge holder·유공판	800	시간			864.0	192.0	96.0
	수 조		800	시간	3.0	8.0	96.0	96.0	96.0
기계 손료	투수시험기	정수위·변수위		시간	3.0	8.0			
	CBR시험기	mold 전용		시간			6.0	2.0	1.0
	전산기			시간	0.75	0.75			
경비	프로그램 사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0			
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
비고	별도조건				밀도시험 별도		최적함수비 로 조정	자연≒최적 3층 67회	mold 1개

8.1.2 토질역학시험

역학시험은 교란되지 않은 자연시료를 이용하며, 압밀시험·1축·3축 압축시험과 전단시험 등이 있으며, 침하량과 점착력으로 압축강도·마찰력을 산정하고 지지력을 판정하게 된다.

역학 시험의 종류 : 자연시료(U/D) 대상, 밀도시험 별도

시험종류	시험목적 및 방법	이용법과 구하는 값	비고
압밀시험 (consolidation)	투수성이 낮은 포화 점성토에 대해 1차원적인 변형이 일어나도록 단계 하중을 가하여, 시료 내부에 과잉간극수압을 발생시키고, 이를 연직방향으로 소산시켜 시료의 변형을 일으킴으로서 압밀정수를 구한다.	- 압밀변형량에 대한 해석 선형압밀압력(P_c)과 과압밀비(OCR) 압축지수(C_c)와 팽창지수(C_s) - 압밀시간에 대한 해석 압밀계수(C_v), 체적변화계수(M_v), 투수계수(K), 이차압축지수(C_a)	$C_v(\text{cm}^2/\text{sec})$ C_c C_s $P_c(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ $M_v(\text{cm}^2/\text{kgf})$ $K(\text{m}/\text{sec})$
일축압축 강도시험 (uniaxial compression)	점성토의 일축압축강도(q_u)를 파악하기 위해 수행되는 간편한 시험방법이다. 시험은 원통형의 시료에 연직방향으로 압축하중을 가하면서 하중-변위관계를 측정한다.	일축압축강도는 최대 압축하중을 단면적으로 나눈 값이며, 비배수 전단강도(C_u)는 일축압축강도의 $\frac{1}{2}$ 로 본다. 변형계수(E_{50}), 예민비(St)	$q_u(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ $E_{50}(\text{kgf}/\text{cm}^2)$
직접전단 (direct-shear)	지반의 강도특성을 파악하기 위한 간편한 시험방법이며, 2개의 분리된 전단상자에 시료를 넣고 연직하중을 가한 후, 수평하중을 증가시킴으로써 시료를 전단시키는 방법이며, 수평하중과 수평변위 및 연직변위를 측정한다.	흙의 배수전단강도(c' , ϕ') 측정	$c'(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ $\phi'(^{\circ})$
삼축압축 강도시험 (UU, CU, \overline{CU} , CD)	원주상 공시체를 압력실이라 부르는 압력 원통 속에 넣고 고무막 등의 불투수막을 매개로 공시체에 등방(等方)적인 유체압을 가한(압밀과정) 후 축압(axial stress)을 증가시키면서 공시체를 전단파괴(전단과정)시키는 시험이다. 압밀과 배수조건에 따라 비압밀비배수시험(UU), 압밀비배수시험(CU, \overline{CU}), 압밀배수시험(CD)으로 구분된다.	UU : 시공직후의 안정해석 즉, 구조물의 시공속도가 과잉간극수압이 소산되는 속도보다 더 빠를 때의 안정계산에 이용 CU, \overline{CU} : 지반이 외력의 작용으로 완전히 압밀되어 평형을 유지하고 있다가 외력이 추가로 작용할 때의 안정계산(CU)·과잉간극수가 소산될 만한 시간적 여유를 두고 시공하는 경우의 안정계산(유효응력해석, \overline{CU})에 이용 CD : \overline{CU} 시험으로 구한 강도정수와 동일하며, 점성지반의 장기안정(유효응력해석) 조사에 이용	전응력해석 $C(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ $\phi(^{\circ})$ 유효응력해석 $c'(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ $\phi'(^{\circ})$

8.1.2.1 흙(점성토)의 역학(압밀, 일축) 시험품

시료당

종 별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	압밀(φ60mm)	일축압축·2공시체/시료당		비고
					1공시체/시료당	(φ35-50mm)	반복공시체	
인건비	고급기능사 중급기능사	시험기사1급		시간 시간	1.5 13.8	0.5 2.75	0.75 4.15	준비·성형·시험· 철거·계산·정리
시험 기구 손료	시험용 기구	spatula, dish등	60	시간	0.5	0.5	0.5	원형 시료분리, 정형
	miter box	φ35-50mm	400	시간		0.5	0.75	
	줄 톱		400	시간	0.5	1.0	1.5	
	vernier calipers	ℓ =20cm	400	시간		0.25	0.38	
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.7	0.4	0.6	universal trimmer 소형전기정온기 thin wall tube용
	stop watch		600	시간	9.0			
	공시체형성용구	trimmer, 기타	600	시간	0.5	1.0	1.5	
	가열장치	alcohol lamp 및 삼발이 기타	600	시간	2.0	2.0	2.0	
	항온건조로	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	
시료압출기	유압, 수평U/D용	800	시간	0.5	0.5	0.5		
기계 손료	압밀시험기	3연식		시간	216.0			7시간 계산 7시간 계산 7시간 계산
	일축압축시험기	전동식		시간		0.5	1.0	
	XY recorder			시간		0.5	1.0	
	data logger			시간	7.0	1.5	3.0	
경비	프로그램사용료	전산프로그램		식	1.0	1.0	1.0	부대설비 포함
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	
비고	별도조건	압밀시험			곡선정규법 또는 √t법 산출시, 고급 1.5, 중급 3.0 추가			
					공시체경이 큰 것이나, 12.8kgf 이상의 고압재하는 별도			

8.1.2.2 흙의 직접전단(표준형) 시험품

3개공시체/시료당

종 별	세 목	규 격	내 용 일수	구분 단위	비압밀비배수	압밀비배수	압밀배수(CD)	
					(UU)점성·사질	(CU)점성토	모래·사질토	점성토
인건비	고급기능사			시간	1.5	3.75	2.75	5.5
	중급기능사	시험기사1급		시간	5.05	11.5	7.5	15.0
시험 기구 손료	유리판	glass plate	200	시간	1.0	1.0	1.0	1.0
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
	줄 톱		400	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
	공시체형성용구	trimmer, 기타	600	시간	1.0	1.0	1.0	1.0
	시료성형mold	60 ^{mm} ×60 ^{mm} ×20 ^{mm}	600	시간	1.5	1.5	1.5	1.5
	항온건조로	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	24.0
	시료압출기	유압,수평U/D용	800	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
기계 손료	전단시험기	표준형		시간	2.0	16.0	8.0	16.0
	data logger			시간	1.5	2.0	2.0	2.0
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0

8.1.2.3 흙의 직접전단(개량형) 시험품

3개공시체/시료당

종별	세 목	규 격	내 용 일수	구분 단위	비압밀 정체적 (UU)점성·사질	압밀 정체적(CU)		압밀정압(CD)	
						점성토	사질토	모래·사질토	점성토
인건비	고급기능사			시간	2.75	5.75	3.75	4.0	7.0
	중급기능사	시험기사1급		시간	5.8	12.0	8.0	9.75	15.75
시험 기구 손료	유리판	glass plate	200	시간	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	줄톱		400	시간	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	공시체형성용구	trimmer, 기타	600	시간	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	시료성형mold	60 ^{mm} ×60 ^{mm} ×20 ^{mm}	600	시간	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	항온건조로	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
	시료압출기	유압,수평,U/D용	800	시간	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
기계 손료	전단시험기	개량형		시간	4.0	24.0	8.0	12.0	24.0
	data logger			시간	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

8.1.2.4 흙의 삼축압축 시험(UU, CD)품

φ35-φ50mm 3개공시체/시료당

종별	세 목	규 격	내 용 일수	구분 단위	비압밀비배수	압밀배수-모래·사질토		비고
					점성토(UU)	(CD)	냉동시료	
인건비	고급기능사			시간	1.5	4.5	4.5	성형·준비·압밀·포화· 시험·철거·계산·정리
	중급기능사	시험기사1급		시간	4.5	10.0	12.0	
시험 기구 손료	vernier calipers	ℓ=20cm	400	시간	0.5	0.5	0.5	공시체에 따라선택 "membrane
	줄톱		400	시간	0.5	0.5	0.5	
	miter box	원형 φ35-φ50	400	시간	0.75	0.75	0.75	
	jacket	φ35-φ50	400	시간	0.5	0.5	0.5	
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.8	0.8	0.8	
	공시체형성용구	trimmer·기타	600	시간	1.0	2.0	4.0	universal trimmer 간이진공흡인장치
	진공펌프		600	시간		1.5	1.5	
	compressor		600	시간	0.5	1.5	1.5	소형전기정온기
	항온 건조로	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	
	시료압출기	유압,수평,U/D용	800	시간	0.5	0.5	0.5	
	냉동고		800	시간			48.0	
재료비	O-ring	membrane용		개	6.0	6.0	6.0	공시체에 따라선택
	membrane	φ35-50		개	3.0	3.0	3.0	
	잡재료	재료비의		%	10.0	10.0	10.0	
기계 손료	삼축압축 시험기	▼ 보급형1개cell ▲ 보급형4개cell		시간	3.0			UU, 12시간 계산 CD, 7시간 계산 7시간계산
				시간		9.0	9.0	
	data logger			시간	3.5	5.5	5.5	
경비	프로그램 사용료	전용프로그램		식				부대설비 포함
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	
비고	별도조건	전단속도			1%/min	0.5%/min		

8.1.2.5 흙의 삼축압축 점성토 압밀비배수(CU)시험품

3개공시체/시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	공시체 크기(직경)별 (φ, mm)			
					CU		CU (간극수압 포함)	
					φ35	φ50	φ35	φ50
인건비	고급기능사	시험기사1급		시간	5.0	8.0	15.0	18.0
	중급기능사			시간	11.5	14.5	19.0	22.0
시험 기구 손료	vernier calipers	ℓ =20cm	400	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
	줄 톱		400	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
	miter box	▼ φ35	400	시간	0.75		0.75	
	(원형)	▲ φ50	400	시간		0.75		0.75
	membrane	▼ φ35	400	시간	0.5		0.5	
	jacket	▲ φ50	400	시간		0.5		0.5
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.8	0.8	0.8	0.8
	공시체형성용구	universal trimmer·기타	600	시간	1.0	1.0	1.0	1.0
	진공pump	간이진공흡인장치	600	시간	3.0	3.0	3.0	3.0
	항온 건조로	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	24.0
	시료압출기	유압,수평,U/D용	800	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
재료비	O-ring			개	6.0	6.0	6.0	6.0
	membrane	▼ φ35용		개	3.0		3.0	
		▲ φ50용		개		3.0		3.0
	잡재료	재료비의		%	10.0	10.0	10.0	10.0
기계 손료	삼축압축 시험기	▼ 보급형4개cell		시간	27.0	36.0		
		▲ 간극수압측정부		시간			35.0	45.0
	data logger			시간	5.0	5.0	24.0	24.0
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	2.5	2.5	2.5	2.5
비고	별도조건	CU			전단속도 1%/min 기준			

8.1.3 동적시험

동적시험은 자연시료를 이용하고, 반복삼축압축·동적전단·대형삼축압축시험이 있으며, 밀도는 별도로 시험한다.

결과의 시험값은 내진설계를 하고자 할 때의 주요 요소로 제공되며, 모래지반에서의 액상화 강도특성·동적인 전단강성·감쇠정수 등을 위한 반복하중으로 반복응력·축변형·간극수압을 측정된 흙의 동적변형 특성을 파악하여 지진응답해석 등에 활용하며, 마찰력 산출로 지지력도 판정하게 된다.

8.1.3.1 흙의 반복 비배수삼축(액상화특성) 시험

지반의 강도특성(액상화)을 구하기 위한 시험으로, 보통의 삼축압축시험기와 거의 유사하나, 축하중만을 반복 재하하기 위한 특수재하장치와 빠른 재하속도에 대처하는 전기식 측정 장치에 차이가 있다.

액상화는 모래·사질토의 포화된 공시체에 3~4회 정도의 반복하중을 가하여 액상화 응력비(R)·축변형·간극수압곡선을 구하여 액상화 강도특성을 파악하므로 3~4개 공시체가 필요하다. 하중 파형은 0.5~1.0Hz 정현파가 활용되나 이외의 파형은 별도사항이다.

8.1.3.2 지반재료의 반복삼축(변형특성) 시험

지반의 등가 Young's modulus(ratio)나 이력 감쇄율을 실험적으로 구하기 위한 시험으로, 계측장치가 포함된 반복비배수삼축 액상화 특성과 같으나, 축변위계 만은 아주 정밀도 높은 미소변위계를 사용한다.

시험은 포화된 공시체를 압밀한 뒤 하중·변위·간극수압 등을 측정하여 점성토·사질토의 동적변형특성으로 지진응답해석·응력변형이력곡선·전단변형과 전단탄성계수·감쇠정수간의 상호관계에 활용되며, 반복하중은 30주파수 이내의 파로 0.2~3Hz 정도로 8~10단계를 가하여 10^{-4} ~ 10^{-2} 정도 측정되도록 하며 2~3개의 공시체가 필요하다.

흙의 반복(진동)삼축(액상화 및 동적변형특성)시험품

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	액상화특성(사질토)		변형특성· $\phi 50 \times 100$ 공시체당		
					4공시체 /시료당	냉동시료	점성토	사질토	사질·냉동
인건비	중급기술자	시험계산		시간	3.0	3.0	1.5	1.5	1.5
	고급기능사	준비, 압밀포화		시간	16.0	16.0	4.5	3.5	3.5
	중급기능사	시험기사1급		시간	23.0	26.0	8.75	6.75	8.25
시험 기구 손료	vernier calipers	$\ell = 20\text{cm}$	400	시간	0.5	0.5	0.25	0.25	0.25
	miter box	원형 $\phi 50\text{mm}$	400	시간	1.0	1.0	0.25	0.25	0.25
	membrane jacket	$\phi 50\text{mm}$ 용	400	시간	0.5	0.5	0.25	0.25	0.25
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.8	0.8	0.2	0.2	0.2
	공시체형성용구	universal trimmer·기타	600	시간	3.0	6.0	0.75	0.75	1.5
	진공펌프	간이진공흡인장치	600	시간	2.0	2.0	1.0	0.5	0.5
	향온건조로	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
	냉동고	시료보관용	800	시간		48.0			48.0
재료비	membrane	$\phi 50\text{mm}$		개	4.0	4.0	1.0	1.0	1.0
	잡재료	재료비의		%	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
기계 손료	반복삼축압축시험기	특수주문제작품		시간	8.0	8.0	2.5	2.5	2.5
	반복삼축cell압밀장치	12시간계산		시간	24.0	24.0	24.0	15.0	15.0
	cap sensor	7시간계산		시간			3.0	3.0	3.0
	data logger			시간	7.0	7.0	3.0	3.0	3.0
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

8.1.3.3 반복 공동형 비틀림 시험

지반의 변형특성이나 강도특성(액상화)을 구하기 위한 시험으로, 변형특성인 등가전단강성율·이력감쇄율을 시험대상으로 한다.

시험장치는 삼축cell·재하·제어·기록의 4개 장치로 삼축cell내에 가운데 공동형의 공시체를 setting하고, 수평방향의 반복비틀림으로 재하·제어장치에 힘을 가하여, 그 움직임을 기록장치로 얻어내는 것이다.

변형특성이므로 동적변형의 관계와 동일하며, setting된 공시체를 완전 포화시켜 소정의 응력상태로 압밀시킨 후 미소한 반복력에서 큰반복전단력까지 단계적으로 0.05-1.0Hz 전후의 10단계 정도의 정현파형이 활용된다.

반복 공동형 비틀림(변형특성)시험품

공시체당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	공시체(φ70, 내경φ30×h70)			비 고
					점성토	사질토	사질, 냉동	
인건비	중급기술자	시험·계산		시간	2.5	2.0	2.0	시험준비·압밀 포화·시험 철거 계산·정리
	고급기능사	준비·압밀포화		시간	6.5	5.5	6.5	
	중급기능사	시험기사1급		시간	11.0	8.5	8.5	
시험 기구 손료	vernier calipers	ℓ=20cm	400	시간	0.5	0.5	0.5	공시체에 따라 공시체에 따라
	miter box	원형	400	시간	1.0	1.0	1.0	
	jacket	membrane	400	시간	0.5	0.5	0.5	
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.2	0.2	0.2	universal trimmer 간이진공흡인장치 소형전기정온기
	공시체형성용구	trimmer, 기타	600	시간	1.0	1.0	2.0	
	진공펌프		600	시간	2.0	1.0	1.0	
	항온건조로	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	
	냉동고	시료보관용	800	시간			48.0	
재료비	membrane	▼ φ30mm		개	1.0	1.0	1.0	
		▲ φ70mm		개	1.0	1.0	1.0	
	잡재료	재료비의		%	10.0	10.0	10.0	
기계 손료	동적비틀림시험기	특수주문제작품		시간	4.0	3.5	3.5	12시간 계산
	동적비틀림cell 압밀장치			시간	24.0	24.0	24.0	12시간 계산
	data logger			시간	7.0	7.0	7.0	7시간 계산
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	부대설비 포함
	수도광열비	시험비의		%	10.0	5.0	5.0	

8.1.3.4 대형 삼축압축 시험

대형삼축압축시험은 일반적인 삼축압축시험과 같이 흙의 지지력·마찰력·점착력·내부마찰각을 산정하기 위한 것이나 정밀도를 향상시키고 원지반지지력과 마찰력 산출의 오차를 최소화하기 위한 시험이다.

일반적인 삼축압축시험이 U/D 시료에서 $\phi 35 \sim \phi 50\text{mm}$ 공시체를 만들어 이용하나, 대형삼축압축시험은 풍화암과 풍화잔류토의 원암반을 대상으로 한 중압삼축압축시험과 대구경 특수시료로 작성된 중형공시체($\phi 100 \times 200 \cdot \phi 150 \times 300$) 및 대형공시체($\phi 300 \times 600$)를 이용하는 것으로 분류된다.

가. 중압삼축압축시험(풍화암·풍화잔류토)품

3개 공시체/시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	mold경 $\phi 35\text{mm}$		mold경 $\phi 50\text{mm}$	
					비압밀비배수	압밀비배수	비압밀비배수	압밀비배수
					(UU)	(CU)	(UU)	(CU)
인건비	고급기능사			시간	8.0	14.0	10.5	18.5
	중급기능사	시험기사1급		시간	8.5	23.0	18.0	30.0
시험 기구 손료	vernier calipers	$\ell = 30\text{cm}$	400	시간	0.5	0.5	0.7	0.7
	miter box (원형)	▼ $\phi 35\text{mm}$	400	시간	4.0	4.0		
		▲ $\phi 50\text{mm}$	400	시간			5.0	5.0
	mambrane jacket	▼ $\phi 35\text{mm}$ 용	400	시간	1.0	1.0		
		▲ $\phi 50\text{mm}$ 용	400	시간			1.3	1.3
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.8	0.8	1.0	1.0
	공시체형성용구	universal trimmer, 기타	600	시간	4.0	4.0	5.0	5.0
	진공펌프	간이진공흡인	600	시간	3.0	3.0	4.0	4.0
	건조로	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	30.0	30.0
재료비	membrane	▼ $\phi 35\text{mm}$		시간	3.0	3.0		
		▲ $\phi 50\text{mm}$		시간			3.0	3.0
	잡재료	재료비의		%	10.0	10.0	10.0	10.0
기계 손료	중압삼축압축 시험기	특수주문 제작품		시간	7.5	81.0	10.0	105.0
	data logger			시간	7.0	10.0	14.0	14.0
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	2.5	2.5	2.5	2.5
비고	별도조건	재하능력 전단속도			최대축하중 2톤·최고축압 50kgf 0.25%/min			

나. $\phi 100\text{mm} \times h200\text{mm}$ 중형삼축압축시험품

3개 공시체/시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	비압밀비배수 UU	압밀비배수 CU(점성토)	압밀배수	
							CU(점성, 간극수압)	CD(모래)
인건비	고급기능사	시료조정 공시체 작성·준비·시험		시간	5.25	10.5	24.0	9.0
	중급기능사	시험기사1급		시간	8.0	20.0	30.0	17.0
시험 기구 손료	membrane jacket	중형삼축용 $\phi 100\text{mm}$	400	시간	1.0	1.0	1.0	1.0
	저울	대형삼축용	400	시간	1.0	1.0	1.0	1.0
	공시체형성용구	중형삼축용	600	시간	3.0	3.0	3.0	3.0
	진공펌프	간이진공흡인장치	600	시간		9.0	9.0	6.0
	건조기	대형삼축용	600	시간	24.0	72.0	72.0	49.0
재료비	고무sleeve	중형삼축용 $\phi 100\text{mm}$		개	3.0	3.0	3.0	3.0
	잡재료	재료비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0
기계 손료	중형삼축시험기	12시간계산 특수주문제작품		시간	3.0	51.0	59.0	21.0
	data logger			시간	3.0	7.0	24.0	6.0
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0
비고	전단속도	분당		%	1.0	0.5	0.1	0.5

다. $\phi 150\text{mm} \times h300\text{mm}$ 중형삼축압축시험품

3개 공시체/시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	비압밀비배수 UU	압밀비배수 CU(점성토)	압밀배수	
							CU(점성, 간극수압)	CD(모래)
인건비	고급기능사	시료조정 공시체 작성·준비·시험		시간	8.75	17.5	39.0	15.5
	중급기능사	시험기사1급		시간	16.5	32.0	41.5	29.0
시험 기구 손료	membrane jacket	중형삼축용 $\phi 150\text{mm}$	400	시간	1.0	1.0	1.0	1.0
	저울	대형삼축용	400	시간	1.0	1.0	1.0	1.0
	공시체형성용구	중형삼축용	600	시간	6.0	6.0	6.0	6.0
	진공펌프	간이진공흡인장치	600	시간		12.0	12.0	7.5
	건조기	대형삼축용	600	시간	24.0	72.0	72.0	48.0
재료비	고무sleeve	중형삼축용 $\phi 150\text{mm}$		개	3.0	3.0	3.0	3.0
	잡재료	재료비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0
기계 손료	중형삼축시험기	12시간계산 특수주문제작품		시간	4.5	68.0	88.5	29.0
	data logger			시간	3.0	7.0	24.0	6.0
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0
비고	전단속도	분당		%	1.0	0.5	0.05	0.5

라. $\phi 300\text{mm} \times h600\text{mm}$ 대형삼축압축시험품

3개 공시체/시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	비압밀비배수 UU	압밀비배수 CU(점성토)	압밀배수	
							CU(점성, 간극수압)	CD(모래)
인건비	중급기술자	준비·시험·계산		시간	10.0	14.0	27.0	14.5
	고급기능사	시료조정 공시체 작성·준비·시험		시간	36.0	57.0	81.0	46.5
	종급기능사	시험기사1급		시간	52.0	72.0	81.0	60.0
시험 기구 손료	저울	대형삼축용	400	시간	3.0	3.0	3.0	3.0
	진공펌프	간이진공흡인장치	600	시간		15.0	15.0	6.0
	건조기	대형삼축용	600	시간	72.0	72.0	72.0	72.0
	공시체형성용구	대형삼축용	800	시간	6.0	6.0	6.0	6.0
재료비	고무sleeve	대형삼축용 $\phi 300\text{mm}$		개	3.0	3.0	3.0	3.0
	잡재료	재료비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0
기계 손료	대형삼축시험기	12시간계산 특수주문제작품		시간	14.0	96.0	168.0	24.0
	data logger			시간	8.0	12.0	48.0	14.0
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0
비고	전단속도	분당		%	1.0	0.5~1.0	0.05	0.25~0.5
	공시체 조건	포화기간			포화공시체	압밀포화1일	압밀포화 2일	압밀포화 3시간

8.1.3.5 링 회전 전단시험

직접전단이 전단변위의 제약에 의해 pick강도(과압밀점토)·완전연화강도(정규압밀점토)에 국한되나, 회전전단으로 일정한 변형을 주면서 전단변위를 무한히 크게하여 점토의 잔류강도 측정이 가능토록 하는 전단시험이다.

반복조정시료를 소정의 각응력상태(4개공시체)로 압밀시켜서 1개 시료로 시험한다.

공시체 전단변위는 360° 이상의 대변위로 전단속도(간극수압발생방지)는 $0.02\text{mm}/\text{min}$ 로 시행된다.

8.1.3.6 흙의 동상시험

지반의 동결·융해 반복에 의하여 지반 지지력이 저하되는 흙의 동상성 판정을 위한 시험으로, 한랭지에서의 유해한 동상여부와 이에 대한 기초 검토자료로 활용하기 위한 시험이다.

공시체 작성전에 다짐시험을 선행한 후 CBR 수행 및 정적다짐(4.5kg rammer $\times 45\text{cm}$ 낙하)으로 동상성을 판정한다. 공시체는 $\phi 8\text{cm} \times h3\text{cm}$ 와 $\phi 15\text{cm} \times h17.5\text{cm}$ 로 시험한다.

흙(점성토)의 링 전단 및 동상성 시험품

시료당

종별	세 목	규 격	내 용 일수	구분 단위	ring전단	동상(동결·융해)시험		비 고
					($\phi 150-100$) $\times 20$	3개공시체/시료당		
					4개공시체/시료당	$\phi 8\times 3\text{cm}$	$\phi 15\times 17.5\text{cm}$	
인건비	고급기능자			시간	21.0	3.0	9.5	시험·계산정리· 공시체작성· 준비·관입·철수
	중급기능자	시험기사1급		시간	41.0	10.0	21.0	
시험 기구 손료	straight edge	$\ell = 30\text{cm}$	200	시간	2.0	1.0	1.0	micro천평·200g 3개 4개 universal trimmer 소형전기정온기
	표준체	cover부 원형 12종	200	시간				
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간		1.0	1.0	
	rammer	4.5kg	500	시간			4.0	
	mold	▼ $\phi 8\text{cm}$	600	시간	360.0		864.0	
		▲ $\phi 15\text{cm}$	600	시간				
	공시체형성용구	trimmer·기타	600	시간	6.0			
	교반기		600	시간	1.0			
	잭	1.0톤	600	시간		3.0		
	항온 건조로	15개시료용	800	시간	96.0	24.0	24.0	
	항온 수조	개량형	800	시간		24.0	96.0	
재료비	실리콘			g	80.0			
	잡재료	재료비의		%	10.0			
기계 기구 손료	링전단시험기			시간	336.0	96.0	196.0	16시간계산
	링전단압밀장치			시간	168.0			16시간계산
	air compressor			시간	504.0			16시간계산 보조tank부
	전용data logger			시간	336.0			16시간계산
	universal scanner			시간	336.0			16시간계산
	동결·융해시험기			시간				12시간계산
	CBR시험기			시간				3.0
	data logger			시간	336.0			2.0
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	부대설비 포함
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	
비고	별도조건					동결·융해빈도(cycle) 증가		

8.1.3.7 흙의 공시체작성(안정처리)

흙의 역학시험(주로 일축·CBR)에서 안정재를 혼합하고 양생하여 공시체를 작성하고 이를 시험하게 되며, 양생기간은 1, 3, 7, 10, 14, 28일 중 선택하고 다짐 및 정적다짐 공시체작성은 7일, 다짐하지 않은 공시체 작성은 7일과 28일 양생을 기준하여 공시체를 작성하게 되므로 손질이 많이 소요된다.

흙의 공시체 작성품

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	다짐공시체		정적다짐 배합당3개 공시체 7일양생	비다짐 배합당3개×7일 3개×28일합6개
					배합당3개 mold×7일양생			
					φ10cm×2.5kg	φ15cm×4.5kg		
인건비	중급기능사	시험기사1급		시간	5.5	8.5	6.5	7.0
시험 기구 손료	양생용기	▼ (B)	300	시간	504.0	504.0	504.0	2520.0
		(C)	300	시간				
		▲ (D)	300	시간				
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.5	0.5	0.5	0.5
		대평저울	100kg	400	시간	0.5	0.5	
	rammer	▼ 2.5kg	500	시간	1.5	2.0	504.0	2520.0
		▲ 4.5kg	500	시간				
		▼ φ5cm, 밀도용	600	시간				
	mold	φ5cm, con'c용	600	시간				
		φ10cm	600	시간	504.0			
		▲ φ15cm	600	시간		504.0		
	항온건조로 mixer	15개시료용	800	시간	24.0	24.0	24.0	24.0
		3HP, 시험용	800	시간			1.0	1.0
재료비	소모품	기구손료의		%	7.0	7.0		
기계 손료	압축장치	CBR시험기		시간			1.5	
경비	수도광열비	작성비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0
비고	별도조건				공시체수·양생기간의 표준과의 차는 별도			

8.2 암석시험

암석 시험이란 지표노두·갱내 등에서 채취한 신선한 상태의 암석시료나 boring core를 실내 실험실에서 시험하여, 암석의 물리적 성질과 역화성을 파악하여 암반성상 평가의 기준과 물성 값을 결정하고, 팽창성 유무와 그 정도를 예측하여 시공성 검토에 활용할 수 있는 기초자료로 활용할 수 있도록 하는 것이다.

8.2.1 시험의 종류

구 분	시 험 종 류
물리적 성질	밀도(비중)·흡수율·함수율·유효간극율·흡수팽창·침수붕괴도·안정성·slaking·건습반복(풍화도)·초음파속도시험 등
역 화 성	압축강도·인장강도·shore 경도(hardness)·파쇄시험(파괴강도)·AE측정 등
기 타	X선 회절시험·현미경 감정·교환성 이온 측정(CEO) 시험

8.2.2 시험 종류별 주요이용법

시험종류	시험대상 상태	측정값과 이용법
밀도 (비중)	자연상태·강제습윤상태	암석의 자연상태·강제습윤상태·강제건조상태의 밀도(비중)를 구한다.
흡수율	강제습윤	포화된 암석의 함수비(포화함수비)
함수율	자연상태	자연상태 암석에 함유된 물과 암석중량백분율
유효간극율		공극 체적과 전체적과의 백분율
초음파 전파속도	강제습윤·강제건조 자연상태의 종·횡파	암석중의 탄성과 전단속도로 탄성과탄사와 비교하여 암반의 균열계수 예상
압축강도	강제습윤·강제건조	축방향의 압축력에 의한 암석의 파괴강도
인장강도	자연상태	횡방향의 하중에 의한 암석의 인장과파괴강도

8.2.3 암석 시험의 종류별 시험방법과 목적 및 이용법

시험의 종류		시험방법과 목적	측정치와 이용법
시료 (공시체) 작성	block 시료 공시체 작성 (시험비와는 별도)	일변이 20~30cm 정도되는 부정형 입방체 암석시료를, 일변 50cm 정도의 나무틀 속에 넣어 cementing한 후 diamond bit(φ46~66mm)로 coring (직경 : 높이 = 1 : 2)하여 core 상하면을 연마한다.	초음파 전파속도 측정시와 일축·인장과 동일시료 사용시는 시료당 1개 정형이나 일축·인장시험을 동시에 실시할 때는 2개를 정형한다.
	연·경암 시료	φ46~66mm core 1 : 2 정도	절단·연마·1개 공시체
암석강도 시험 (압축·인장)	압축(일축) 강도시험 (uniaxial strength test)	공시체에 연속적으로 1~10kgf/cm ² /sec 범위의 속도로 축하중을 가하여, 파괴될 때까지의 최대하중값을 구한다.	· 압축시험기·가압판 시험편 (공시체) · 편심하중에 주의하고 마찰감소 요인용 모눈지 삽입
	정탄성계수 (압축강도와 동시) (Young's modulus)	공시체에 strain gauge를 붙여 자동 기록된 연속 축하중의 변형량을 측정하여 응력-변형곡선도에서 직선 접선 탄성율을 구한다.	strain meter로 파괴시까지 체크 한다. 정탄성계수 = $\frac{\text{응력}(\sigma)}{\text{종방향변형}(\epsilon v)}$ (kgf/cm ²)
	정Poisson's비 (Poisson's ratio) (정탄성과 동시)	종·횡방향 변형 측정용 strain gauge로 동일 응력하에 변형량을 측정하여 종·횡변형을 비교한 것	Poisson's ratio $\nu_s = \frac{\text{횡방향}(\epsilon h)}{\text{종방향}(\epsilon v)}$
	인장강도 (tensile strength)	공시체(core)를 가압판 사이에 횡으로 끼워 0.1~1.0kgf/cm ² /sec 범위 속도로 가하여 파괴될 때까지의 하중을 원주×길이로 나눈값	인장과파괴강도 = $\frac{\text{최대횡하중}}{\text{core원주} \times \text{길이}}$
	점재하 (point load strength test)	불규칙한 암괴를 상하 2개의 point 사이에 끼워 넣고 하중을 가하여 간접 인장강도를 구한다.	일축압축시험의 대응 시료당 10개정도

시험의 종류		시험방법과 목적	측정치와 이용법
기 타 특수시험	초음파탄성속도 (탄성파, P·S)	시편에 탄성파가 통과하는 시간을 측정하여, P파와 S파속도를 구하는 비파괴 시험이다.	· oscilloscope 상의 파형으로부터 10^{-7} 초 단위로 계측 · 1축, 3축시험편 활용
	흡수, 팽창	흡수에 의한 체적증가현상 발생 흡수(expansion)·팽창	swelling(팽윤·팽창) test 유효간극율·함수율
	slaking	응력해방·흡수팽창·풍화 등에 의한 고결력의 저하로 조직 파괴현상	건·습 반복, 풍화도 시험
	X선회절	팽윤성광물(montmorillonite·chlorite· vermiculite 등)을 함유한 암석의 함 수비 변화를 점토광물의 정성분석으 로, 지반의 변형을 사전에 예방코자 하는 시험	X선 통과로 존재상태에 따라 독특한 회절무늬를 띄우고, 이 를 정성분석하여 구성광물과 상태·함량을 파악코자하는 시 험
일축압축 (연암·풍화암) 응력-변형량 시 험	일축압축 creep시험 (5개공시체)	시험은 A공시체에 압축강도 평균값 에 0.2, 0.4, 0.6, 0.7, 0.8의 계수를 곱한 하중을 연속적으로 각각 120분 씩 가하고 0.8 단계에서는 파괴시까지 재하하며, B·C·D·E에도 공히 24 시간 각 하중을 재하하여 시간·변형 을 계측하고 그 creep곡선도에서 creep 정수를 구한다.	· 일정하중하의 시간-변형량 곡 선도에서 creep 정수 획득 · 1시료당 5~6개 공시체 · 연암·풍화암이 시험대상
	일축압축 반복시험 (10회반복)	10회정도 반복재하에서 3~4회까지는 peak 강도까지 재하하고, peak후 6~7회까지 시험한 응력-변형량 곡 선도에서 변형 증대에 따른 탄성계 수의 변화·잔류강도·강도비율(잔류 강도/압축강도) 등을 구함	· 일축압축강도시험에 준한 변 형제어법에 의한 반복재하로 응력-변형과의 관계를 구함 · 연암·풍화암이 시험대상
3축압축 강도시험 (triaxial compression)	3축압축강도 (응력제어법)	$\phi 32 \sim 50\text{mm} \times \text{길이} 64 \sim 100\text{mm}$ 정도의 공 시체에 strain gauge를 부착하고, 고무 sleeve(silicon rubber)를 씌워 금 속 원통형 고압3축압축실 내에 설치 하고, 일정한 구속압(주위압)하에 $1 \sim 10\text{kgf/cm}^2/\text{sec}$ 의 축하중으로, 파괴 될때까지의 최대하중(축압 및 축압) 을 구하는 시험	· 원통형 공시체에 축하중과 등 방압을 가하여 압축파괴를 일 으키는 시험 · 일축압축강도시험에 준함 $(\sigma_1 - \sigma_3) = P/(\pi d^2/4)$ · 축압은 ()내에 표시 · 3개공시체/시료당 · 자연시료 원칙이나, 건습도 가능

시험의 종류		시험방법과 목적	측정치와 이용법
	잔류강도시험 (변형제어법)	3축 압축시험에 준하며, 파괴강도 이후의 강도하강의 변형을 시험하고 일정화한 잔류강도를 구하여 Mohr 원에서 잔류강도 시점에 있어서의 점착력·내부마찰각·강도비율을 구한다.	·측압은 sampling 개소의 토피압을 감안하여 4단계로 측압을 설정함 ·공시체당 1단계 측압으로 측압을 가하고 파괴시까지의 측차응력이 일정하게 될 때까지의 연속된 잔류강도
전단강도 시험 (shear test)	Mohr응력원법	일축·인장·3축강도 시험결과에 의한 Mohr의 응력원에서 공통접선과 축의 교점에서 전단강도를 구한것 일축·인장강도시험에서 근사법에 의한 계산식으로 전단강도를 구한것	시험결과 자료를 기초로한 응력원을 그려서 공통접선과 축의 교차점을 읽고 계산하여 결정
	직접전단 (direct shear) (1 또는 2면) (수직하중유무)	공시체에 정해진 전단면(1면 또는 2면)에 강제적으로 전단파괴를 일으켜서 파괴시의 전단응력(최대하중)으로 강도를 구하는 시험	
			1, 2면 전단 : 파괴시의 전단하중을 1, 2 단면적으로 나누어 전단 응력을 구하며 수직하중의 유무에 따라 구분

8.2.3.1 암석시료(공시체) 작성품

시료(개)당

종별	세 목	규 격	구분 단위	core 제작	기존 core cutting		비고
				core ; 직경 : 높이 = 1 : 2			
				block	연암	경암	
인건비	중급기술자	관찰·측정	시간	0.5	0.3	0.5	정형·시료작성
	중급기능사	시험기사1급	시간	4.5	1.5	2.5	
시험 기구 손료	boring기	DD80E	시간	1.5	1.0	1.5	sampling용
	diamond cutter	φ14 "	시간	1.5			core cutter
	diamond bit	φ66·shoe	개	0.05	0.01	0.01	sampling용
	cutter saw plate	φ12 "×3.2, φ300mm	개	0.01			diamond plate
재료비	연마판	유리	개	0.05	0.05	0.05	300×300×5 core상하면 연마 cementing용 나무틀
	연마제	powder	g	10.0	10.0	10.0	
	cement	40kg/대	대	3.0			
	판 재	30cm×3.5×2m	매	1.0			
	잡재료	재료비의	%	10.0	5.0	5.0	
기계 손료	정밀연마판	평면형	시간	0.5	0.5	0.5	
	grinder		시간	0.5	0.5	0.5	
	planner plate		시간	0.5	0.5	0.5	
	dial gauge with magnetic base		시간	0.5	0.5	0.5	
경비	수도광열비	시험비의	%	5.0	5.0	5.0	부대설비포함

8.2.3.2 암석강도(압축·인장) 시험품

시료(시험편)당

종별	세 목	규 격	구분 단위	일축압축강도 (종방향)	정탄성계수 (압축포함)	Poisson's비 (정탄성포함)	인장강도 (횡방향)
인건비	중급기술자	계산·정리	시간	0.2	0.3	0.5	0.2
	고급기능사	준비·시험·계산	시간	2.5	5.0	6.0	3.0
재료비	strain gauge	▼ 단축형	개		2.0		
		▲ 90°2축형	개			2.0	
	순간접착제	2개소	개		0.5	0.5	
	잡재료	재료비의	%		5.0	5.0	
기계 손료	압축시험기	100톤	시간	2.5	2.5	2.5	2.0
	변형측정기록기		시간		2.5	2.5	
	data logger		시간	0.5	2.0	4.0	0.5
경비	프로그램사용료	전용프로그램	식	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0
비고	별도조건			정형(시험편)비 별도			

8.2.3.3 암석특수시험(초음파·X선회절)품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	초음파 전파속도 측정		X선 회절시험	
					자연상태	자연 및 강제 건조·습윤상태	비정방위 함유광물 종별	정방위 팽윤성점토광물
인건비	중급기술자	측정·계산·정리		시간	0.75	2.75	2.0	2.0
	고급기능사	준비·시험·조정		시간	0.7	2.0	5.0	9.5
시험 기구 손료	전자저울	4kg-0.01g	400	시간		0.6		
	진공펌프	간이진공흡입장치	600	시간		72.0		
	건조로	소형전기정온기	800	시간		24.0		
	수 조		800	시간		72.0		
재료비	시 약 (소모품)	acetone		식			1.0	1.0
		ethylene glycogen		식				1.0
기계 손료	gyroscope	초음파속도 측정기		시간	1.0	3.0		
	X선 회절장치			시간			1.0	0.5
	data logger			시간	0.5	1.5		
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0			
	수도광열비	시험비의		%	5.0		5.0	5.0
비고	별도조건	초음파전파 속도측정			정형비 별도·시험후 Poisson's 시험가능			
					동Poisson's비·동탄성계수계산포함			

8.2.3.4 암석물(리)성 시험품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	밀도 (비중)	흡수율 및 유효간극율	자 연 함수율	암석의 안정성	shore 경도	암석의 흡수·팽창
인건비	고급기능사	계산·정리		시간	0.1	0.1	0.1	0.5	0.25	0.5
	중급기능사	준비·측정·시험		시간	0.6	0.6	0.4	15.0	3.0	4.5
시험 기구 손료	함수시험용기	can 등	60	시간			24.0			
	desiccator	φ36·암석용	300	시간			2.0			
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.5	0.5	0.5	8.0		
	진공펌프	간이진공흡입장치	600	시간	8.0	8.0				
	shore경도계	D형	600	시간					1.0	
	흡수·팽창시험기	guide부·앵커 core형 센서	600	시간						240.0
	건조로	소형전기정온기	800	시간	24.0	24.0	24.0	120.0		
	수조		800	시간	72.0	72.0				
재료비	황산나트륨	Na ₂ SO ₄		식				1.0		
	염화바륨	BaCl ₂		식				1.0		
기계 손료	전산기			시간	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	5.0		5.0
비고	별도조건								정형비 별도	

8.2.3.5 암석물(리)성 기타시험품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	건습반복10회 풍화도시험	암(석)의 slaking시험	암(석)의 파쇄시험	비 고
인건비	고급기능사	시험, 계산		시간		3.5	2.25	시험준비 시험 계산·정리
	중급기능사	시험기사1급		시간	10.5	14.0	9.0	
시험 기구 손료	시험용기		60	시간		122.0		can·dish 등 cover부12조
	표준체	원형12조	200	시간		4.0	4.0	
	beaker	1000cc	200	시간	720.0			
	desiccator	φ36cm	300	시간	20.0			
	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	5.0	2.3	1.5	
	CBR mold		500	시간			4.5	
	건조로	15개시료용	800	시간	480.0	144.0		소형전기정온기
	수 조		800	시간	240.0	122.0	24.0	
재료비	소모품	사진		매	10.0			
기계 손료	재하장치			시간			4.5	
	변위·응력측정기			시간			4.5	
	전산기			시간	15.0	2.0	1.0	
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	부대설비 포함
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	

8.2.3.6 암석(연암-풍화암) 일축변형량시험(creep, 반복)품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	일축creep(연암), 5개공시체		일축압축반복	비 고
					A공시체 5단계2시간재하	B-E공시체 24시간재하	(연암)1개공시체 반복재하10회	
인건비	중급기술자	계산, 정리		시간	0.5	0.5	0.5	시험총괄
	고급기능사			시간	3.5	4.0	4.5	시험준비·시험
	중급기능사	시험기사1급		시간	4.0	8.5	5.5	계산·정리
시험 기구 손료	전자저울	4kg-0.01g	400	시간	0.3	1.5	0.3	micro천평·200g
	변위계측기		600	시간	11.0	97.0		
재 료비	기록지	기타		매	1.0	4.0	1.0	
	strain gauge	단축형		개			2.0	
	접착제	2개소		개			0.5	
기계 손료	압축시험기	100톤·자동 부하제어장치		시간	11.0	97.0	4.0	반복시험용
	변형측정기록기			시간	11.0	97.0	4.0	
	data logger			시간	1.0	2.0	2.0	
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	부대설비포함
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	
비고	별도조건				정형비 별도			

8.2.3.7 암석 3축압축강도 시험품

시료당

종별	세 목	규 격	내용 일수	구분 단위	응력제어법 φ32-φ50mm 3개공시체 /시료당	변형제어법 잔류강도(연암UU) 4개공시체/시료당	AE측정 공시체당	비 고
인건비	중급기술자	시험총괄		시간	1.0	1.0	14.0	시험준비 시험 계산·정리
	고급기능사	시험		시간	9.0	9.0	22.0	
	중급기능사	시험기사1급		시간	8.0	10.0		
기구 손료	전자저울	4kg-0.01g	400	시간		1.3		20분×4=80분
	변위계측기		600	시간		13.0		
재 료비	기록지 등	기타		매	3.0	4.0		
	membrane	중압3축용		개		4.0		
	고무sleeve	고압3축용		개	3.0			
	유압 오일	2ℓ 정도		식	1.0	1.0		
	strain gauge	단축형		개	6.0		2.0	
	접착제	1개/4개소		개	1.5		0.5	
기계 손료	고압3축압축시험기	축압100톤 축압50kg/cm ²		시간	8.0			전 동 유압식
	중압3축압축시험기	축하중10톤 축압50kg/cm ²		시간		13.0		
	변형측정기록기	압축시험기포함		시간	8.0	13.0		
	AE장치			시간			4.0	
	data logger			시간	2.0	4.0	4.0	
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	1.0	1.0	1.0	부대설비포함
	수도광열비	시험비의		%	5.0	5.0	5.0	
비고	별도조건				정형비 별도			

8.2.3.8 암석 전단강도 시험품

종별	세 목	규 격	구분 단위	Mohr응력원형 근사법포함 건당	직접전단·3개공시체/시료당		비 고
					수직하중하 최저3공시체	복수공시체 평균 1개공시체도가능	
인 건 비	중급기술자	계산·정리	시간	0.5	1.5	0.75	시험총괄
	고급기능사	준비·시험	시간		6.5	6.5	시험준비
	중급기능사	시험기사1급	시간		4.5		시험
기계 손료	압축시험기	100톤	시간		6.5	6.5	rod·cell·anchor 1식포함
	전단시험장치	특수주문제작품	시간		6.5	6.5	
	변형측정기록기		시간		6.5		
	data logger		시간	0.5	3.0	1.5	
경비	프로그램사용료	전용프로그램	식	1.0	1.0	1.0	부대설비포함
	수도광열비	시험비의	%		5.0	5.0	

8.2.3.9 암석박편제작·현미경감정품

시료당

종별	세 목	규 격	구분 단위	암석박편(chip)제작		현미경 감정	
				일반박편	수지충진	관찰·사진촬영	관찰·사진·분석
인건비	중급기술자	계산·정리	시간			2.0	2.0
	고급기능사	준비·시험·분석	시간	4.0	4.0	4.0	6.5
	중급기능사	시험기사1급	시간		1.5		
기구 손료	diamond cutter	φ14 "	시간	0.5	0.5		
	cutter plate	φ12 "×3.2×φ300mm	개	0.01	0.01		
재료비	slide glass	연미제·기타	식	1.0	1.0		
	필 림	24매	통			1.0	1.0
기계 손료	grinding wheel	박편제작용	시간	1.5	1.5		
	편광현미경	광학	시간			2.0	3.0
	배경장치		시간			0.5	0.5
	전산기		시간			1.5	2.5
경비	프로그램사용료	전용프로그램	식			1.0	1.0
	수도광열비	시험비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0

8.2.3.10 기타 암석 시험품

시료당

종별	세 목	규 격	내 용 일수	구분 단위	침수붕괴도시험 건·습1회반복	교환성ion측정 (CEO시험)	팽윤압시험 3개공시체 /시료	미화석분석
인건비	중급기술자 고급기능사	시험·정리·계산 준비·시료 조정등		시간	0.5	3.0	4.0	2.0
				시간	3.0	3.0	17.0	8.5
기구 손료	beaker 건조로	15개시료용	200 800	시간 시간	24.0	6.0		
재료비 (소모품)	소모품(사진 등)	인건비의		%	2.5			
	시약	▼ 초산암모늄 에 탄올·NaCl ▲ naphtha· H ₂ O ₂		식 식 식		1.0		1.0
	slide glass			통				1.0
	필름	24매						1.0
기계 손료	증유장치			시간		1.0		
	토양침출장치	24×7hr		시간		168.0		
	압밀시험장치	3연식		시간			240.0	
	draught	분리·분석대		시간				48.0
	현미경	▼ 광학 실체		시간				2.0
	배경장치	▲ 주사형전자		시간				2.0
	전산기			시간				0.5
경비	프로그램사용료	전용프로그램		식	3.0	3.0	4.0	5.0
	수도광열비	시험비의		%	1.0 5.0	1.0 5.0	1.0 5.0	1.0 5.0

제9장 계측관리

9.1 계측관리 개요

제반 건설공사에 수반되는 계측은 계획·설계의 예측단계에서부터 시공과정 및 완공 후의 유지관리 단계에 이르기까지의 지반 거동과 사용부재의 변형을 파악하여, 기초지반의 동태(상태변화)가 구축물에 미치는 변형·변위와 그 원인을 규명하여, 설계의 타당성 여부와 적용사례의 축적·지반거동 이론의 재검토·시공과정 분쟁시의 증거확보 등의 검증목적에 활용하게 된다.

또한 지반공학적인 특성·지하수 분포상태 및 주변지반의 응력·거동변화가 주요 매설물이나 인접구조물에 미치는 영향을 예측하고 평가하여, 비용절감 효과를 얻을 수 있는 자료의 수집과 시공방법 개선을 위한 대책공법의 제공으로, 경제적으로 안전한 시공관리와 유지관리 및 품질관리 목적의 정보를 획득하는 관리수단의 업무이다.

9.1.1 계측관리 대상과 계획

계측의 주 대상은 자연(원)지반·성토지반·연약지반·활동지반·천해저지반 등과 같은 지반이며, 이에 수반되는 구조물·구조체 등이 포함된다.

구조물로는 댐·항만·산업단지·공항·도로·철도 등의 구축에 수반되는 제방·방조제·방파제·부두·교량교각·지하철·터널·비축기지 등이며, 조성에 동반되는 지반개량 및 부지조성공사·지하터파기(굴토)의 흙막이(토류) 가시설공·성토 및 절토공사·지하공사·사면안정공사 등의 과정이 대상이다

계측은 지표·지중에 작용하는 하중·토압·수압의 변화와, 응력·축력에 의한 변위·변형의 수직·수평·경사방향 진행상황을, 각 공종의 계측 목적에 따라 수집·정리하여, 대상별로 그 결과를 합리적으로 분석·해석하고 종합하여 제공하는 과정이다.

따라서 대상별로 요망되는 정밀도·측정방식·계측항목과 형식·기종·기능 및 단계별 측정빈도·기간 등을 복합적으로 고려하여, 계측대상·설치조건과 설치·측정기기별 계측방식에 수반되는 경제성 등을 적절하게 응용하고, 데이터 값의 상호관련성과 계측 이외의 조사·시험자료와의 연관성 등도 상호 보완하여 시공진행 상황과 동태변화에 알맞도록 시스템을 계획하고 설계하여야 한다.

9.1.2 측정(계측)방법

대상 공종에 따라 계획시에 수립된 항목·위치·기기 및 계기·빈도·방식의 설정에 의하여 측정방법이 선정되어야 하며, 수행된 계측 데이터는 기하학적 분포와 시간적 변동을 효과적으로 표시하고 정리하여, 그 결과가 정확하게 판단될 수 있도록 한다.

측정방식은 거동의 주 대상인 하중·변위·압력·진동 등을 계기의 기능·구조·측정원리와 특징에 부합되는 변환방식으로, 기계식(지시계)과 전기식 변환의 센서식이 일반적이다.

계측 시스템화는 이들 데이터를 수집하고, 변환방식에 적합한 각종 센서·수록기기(datalogger)·컴퓨터·프린터·소프트웨어 및 작도 등, 작업 기능을 갖춘 요소들을 조합해서 일련의 계측을 수행하도록 하는 것이다.

전기식 변환기의 특성(회로)

변 환 기 형 식	전기저항형 strain gauge	linear, rotary potentiometer	칼슨 형 (calson type)	차동트랜스형 (LVDT)	진동현식(V/W; vibrating wire)	가속도계식 (accelerometer)
변환방식	변위→전기저항	변위·전기저항		변위·유도전압	변위→공진주파수	전자가속도→전압
절연저하영향	100MΩ이상 필요	100kΩ이상가능	100MΩ이상 필요	50kΩ이상 가능		
기계적강도 (내진,내충격성)	가장 크다	작다	보통	보통	작다	크다

계측시스템의 구축은 설치장소·상호거리·데이터 전달방법·전원확보·현장장애 유무 등 환경조건과, 기기·장치·기구·설치·유지비 등 경제성을 함께 검토하여야 한다.

이는 대형구조물 조성대상인 성토지반 부지조성과, 연약지반의 개량이나 댐·항만·산업단지 등에서, 다양한 기종·광범위한 항목·장기간에 걸친 단계별 계측빈도 변화로 과도한 수동계측 인력투입이 예상되는 경우, 오지의 landsliding 예상지역·연근해 천해저에서의 구조물 시공관리를 위한 계측 등과 같이, 환경조건이나 계절적인 요인으로 인해 수동계측이 비효율적이거나 불가능한 경우와, 완공 후 유지관리를 위한 영구계측에는 주로 자동화·반자동화로 대처하고, 기계식은 변환기를 사용한 센서와 함께 수동식이 활용되며, 비교적 저렴한 비용이 소요되어서 규모(point수 및 측정빈도)가 적거나 단기간의 시공과정에서 주로 활용된다. 그러므로 수동계측은 계측빈도에 따라 측정 회수와 구성 팀별 계측기간을 고려하여 수행하게 된다.

9.1.3 계측관리 과정

계측관리의 전과정은 관리대상과 각 공종의 목적에 부합되는 측정방식의 선정에 따라 계측 계획을 수립하고, 제반자료를 수집할 수 있는 적합한 기종을 선정하여, 적정한 위치·심도·개소 및 포인트에 설치하고, 기간별·단계별 계측빈도에 따라 관측·측정자료를 정리하고 분석·해석하여, 보고하는 기간과 횟수 및 그 방법과 방안 등의 제반 과정을 설계하는 단계와, 계측결과와 평가 의견 및 재해석 견해를 보고서에 수록·제출하는, 시공·유지·품질관리의 감리과정까지의 전반적인 수행업무 범주가 모두 본 계측관리 과정에 속한다.

특히 계측관리에서는 설계된 목적에 알맞게 가장 효과적인 적정한 계기를, 가장 합리적으로 설치하는 것이 가장 중요한 기술수행 과정이라 할 수 있다.

9.1.3.1 계측관리 과정의 적용기준

업무별	과정별	적 용 기 준	일반적인 활용기준
기술업무	계획·수립·답사 자료수집·설계	공종·목적·지역지반상황 및 단계별 기간·방식·기종	대상 공종·규모·급별·건별
조사업무 (현장조사)	기기 설치	개소당·공당·센서별	기준심도·수량·회/공/개소
	관측·측정	기종별·계측빈도·기간별	단계별·기간별 수시·일·주·월간빈도
기술업무	자료수집·정리	기종별 정리난이도와 방법	관측결과의 단위기간 및 변화비교
	분석·해석	계측결과 요구빈도 및 일정기간	월·분기·반기·년간·총기간
	재해석	수시·요청시·필요시·이상발견시	공종별·대상별·기간별·필요시

9.1.3.2 조사업무(설치·측정) 작업수행 조건별 보정

작업장별	평지·구릉지	경사·산지	폐기물매립장	지하 작업장	해상작업
보정계수	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5

9.1.4 계획수립·설계 및 자료수집·답사

계측 대상별·환경조건·경제성을 검토하고, 현장답사 및 지반자료를 수집하여, 대상체의 동태를 예측한 관측·측정에 알맞는 시스템을 설계하는 것이 첫 단계의 기본적인 기술업무이다.

9.1.4.1 계측설계 기술업무품(규모별)

건당

종별	세 목	구분 규모 단위	계획수립·설계			현지답사·자료수집		
			소	중	대	소	중	대
직접인건비	기술사	인		0.5	1.0			
	특급기술자	"	1.0	1.5	2.0	1.0	2.0	3.0
	고급기술자	"	2.0	2.5	3.0	3.0	6.0	8.0
	중급기술자	"	1.0	1.5	2.0	2.0	4.0	6.0
	초급기술자	"	1.0	1.0	1.0			
비 고		식				여비·일당·숙박비 별도		

9.1.4.2 설계대상별 규모적용 기준(수동계측 기준)

계 측 설 계 대 상	규모 기준	소	중	대
· 항만·방파제·방조제·안벽·부두 등에 수반되는 해안·해저지반 및 구축·구조물	기중수량 개소수		5이하 30이하	6이상 31이상
· 공항·산업단지등 부지조성·지반개량등 대규모·광역·장기간·단계별 안정관리	기중수량 개소수	5이하 50이하	6~10 51~100	11이상 101이상
· 댐·제방·교각·교대·옹벽·수로·도로·철도·pipeline 등 선형의 성토·절토지반 및 구조물	기중수량 개소수	5이하 30이하	6~10 31~50	11이상 51이상
· 가시설 흙막이공, 각종 사면안정, 각종 구조물 자체의 동태관측 및 변형계측	기중수량 개소수	5이하 30이하	6이상 30이상	
· 지하철·터널·지하비축기지·지하탱크 등 지하 구조물 구축에 수반되는 계측	기중수량 개소수	5이하 50이하	6~10 51~100	11이상 101이상
비 고	자동 및 반자동의 경우 차상급 규모 적용			

9.2 기기 설치

기기의 설치·계획수립·설계단계에서의 목적을 충분히 달성할 수 있도록, 대상지반·구조물·환경 조건을 고려하여, 선정된 측정기기의 특성과 방법 및 설치조건에 따라 현장에서 수행되는 가장 중요한 조사업무이다.

주 대상이 지반의 동태파악이므로, 지표와 지중의 변위·변형 요인인 하중과 압력·진동 등이 상호 복합되어 작용하게 되나, 지반을 대상으로 하는 현지 계측은 일반적으로 다음과 같이 분류하여 적용하게 되고, 산간오지의 landsliding 지역 등지에서의 동절기 등 특수환경하의 반자동 시스템 설치와, 단계별 성토에 의한 추가연결 요인에 따른 설치가 수반되기도 하며, 자동화의 정도에 따른 시스템의 설치는 그 한계가 매우 다양하여 별도로 취급코자 한다.

9.2.1 지반대상 계측항목 적용의 일반적인 분류

주대상별분류		일반적인 적용항목	비 고
지표면 변 위	수 직 수 평 경 사	지표침하판, 침하판, 부동점, 변위말뚝, 침하계, 신축계, 단면측정기, 버튼식 깔판, 변위계, 지반경사계, cross-arm식 변위계, 연속침하계	· 확실한 부동점 확보 · 레벨측량, 기계식 지시계, 센서식 probe 측정방식 · 다양한 공경, rod·wire·anchor·cable 방식 · grouting & filling설치
지 중 변 위	시추공 이 용	지표침하계, 고정점, rod식 (층별)침하계 : 앵커식 (screw·cone·packer·prong·hydraulic·spring·groutable) 와이어식(중추·공벽 앵커·다층이동량계), 다중 파이프식 침하계, 파이프 변위계, 경사계, 간극수압계, 수위계	
압력	토 압	토압계, 벽면토압, 하중계	수압제외
구조물	변 형 변 위	변형계, 철근계, 온도계, 고정경사계(tilt), 상대침하계 crack gauge & jointmeter,	대상별 수량, 종류 조정
터널 변위		내공변위(천단, 내공), 지중변위(rod식) rock-bolt 축력, shotcret 응력	터널 규모별 센서 수, 개소 조정

9.2.1.1 landsliding 지역 반자동화 시스템 설치품

set당

종별	세 목	규 격	단위	수량	비 고
인 건 비	중급기술자	기술지도	인	0.2	각 기종별 설치품 외에 별도 추가 가산되며, 평지·광역의 전자동과는 차이가 많은 간이 자동임.
	초급기술자	설치·점검	인	0.8	
	특수인부	운반·설치	인	0.8	
	조 력 공	운반·설치	인	1.6	
재 료 비	data logger		대	1.0	국한된 협소개소·동절기·산간오지 등 수동계측 한계 지역에서, 데이터의 현지 처리장치로 기억 매체에 기록·수납하는 시스템
	수납상자	장치보호 cover	개	1.0	
	earth봉	φ6.1mm×30cm	본	1.0	
	earth선	φ2mm 동선	m	5.0	
	배터리		개	2.0	
	나무말뚝	φ7cm×1m	본	4.0	
	con'c pad	30cm×30cm×12cm	m ³	0.013	
	잡 재 료	재료비의	%	1.0	
비고	landsliding 지역 적용성	표면경사계, 지표면신축계, 파이프변위계, 다층이동량계, 우량관측, 지하수위계, 간극수압계, 고정식 공내경사계 등에 활용			

9.2.1.2 성토단계별 추가연결(rod, casing, pipe) 10개소당 설치품 개소당(1/10) 환산적용

종별	세 목	규 격	단위	수량	비 고
인건비	초급기술자		인	1.5	계측과정 동시수행
	중급기능사		인	3.0	
재료비	측정봉rod	φ $\frac{3}{4}$ " × 1m 백관	본	10.0	with socket, φ1" 로 대체 활용가능
	보호관	φ3" × 1m HI-3P	본	10.0	φ2", 2 $\frac{1}{2}$ ", gas관, pvc 대체 활용가능
	보호관 이음관	coupling & socket	개	10.0	φ2", 2 $\frac{1}{2}$ ", 3" 용 대체 활용가능
	접재료	인건비의	%	5.0	접착제 등

9.2.2 지표면 대상 변위 측정 항목(기종)

연약지반상의 성토나 매립에 의한 침하토량과 장기침하량의 추정, pre-load(P/L) 제거시기 결정여부에 관계되는 침하량·압밀진행 상황과, 침하예측·성토량의 산출·구조물 등의 침하 대책에 대한 침하관리, 성토하중에 의한 압밀진행 과정에서의 전단강도 증가에 의한 단계적 성토, 지반과피 위험성의 유무 판단에 의한 성토속도·시공순서 등의 안정관리에는, 수직변위를 주로 한 계측 자료와 수평변위가 활용되고, 자연사면이나 절토 인접지반에서의 균열이나 단차·조성지반의 landsliding은 경사변동량까지도 파악하여 활용하게 된다.

9.2.2.1 침하판(surface settlement plate)

침하판은 가장 보편적이고 단순하며 효과적인 total settlement 측정기구로, 침하측정의 기본이고 저렴하며 간단하고 신뢰성도 높다.

침하판은 자체중량이 고려되지 않음(무게=0)이 전제되므로, 판의 크기(넓이·면적)가 넓을수록 오차가 최소화되나, 실재는 성토재의 최대구성 입자와 성토높이에 비례하고, 대상지반의 상태와 조건(균기·지지력·취급방식 등)에 따라, 판의 크기·측정봉·보호관 등의 규격이 알맞게 설계·제작·적용되어야 성토하중에 대한 실용성이 높아진다.

침하판은 연약지반에서는 강판을 사용하나, 사석 등으로 매립한 지반에서는 콘크리트 block판을 제작·이용하기도 하고, 해저구조물(방파제 등)의 구축에는 초대형의 특수침하판이 설치·운영되기도 한다. 강판(steel plate)으로 제작되는 침하판은 3' × 6' (90×180cm)와 4' × 8' (120×240cm)의 기성철판을 이용하고, 절단기 성능과 크기(넓이×두께)에 대한 제작의 편이성 등을 고려하여 두께 6mm 정도를 선정한다. 이는 인력에 의한 운반·설치의 한계도 반드시 고려하여, 적절한 크기와 무게로 제작되는 합리적인 제품이 개선·보급되면, 비합리적인 설계제작품(100×100cm×10mm 강판, φ1" 침하봉·φ6" 보호관·flange 연결구 등)은 점차 근절될 것이라 사료된다.

가. 일반적인 침하판의 설치대상 지반별 적용성

대상 지반	넓이(cm)	두께(mm)	중량(kg)	비 고
토사매립·도로성토·단지조성 지반	60 × 60	6	17.5~19.4	4' × 8' 철판의 1/8
육상·해상 연약지반 매립지역	90 × 90	6	39.4~42.2	3' × 6' " 1/2
해저·개량대상 초연약지반	120 × 120	6	70.0~74.0	4' × 8' " 1/2
해저 초연약지반	240 × 240	12	560~564	4' × 8' " 2개

침하봉(rod : 파이프 또는 환봉)은 $\phi 13\text{mm}$ 이상의 강봉이나 외경 $\phi 22\text{mm}$ 이상의 강관을 1m 길이로 절단하고, 상부를 슛나사로 가공하여 연결되도록 하며, 최하단 rod는 강판에 용접된 adapter에 삽입되도록 하거나 직접 용접 부착한다. rod는 보통 $\phi \frac{3}{4}"$ (외경 $\phi 27.2\text{mm}$: $\phi 1"$ 이상) KS 백관을 절단하여 가공·이용하게 되며, $\phi 1"$ 강관의 외경은 $\phi 34\text{mm}$ 임을 참조하여 선택한다.

침하봉 보호관도 주변흙(성토재)과 rod와의 마찰이 흡입되지 않도록, 봉직경의 5배이내 내경 파이프를, 충격에 대한 파손 내구성이 강하고 가벼운 경질염화 PVC관으로, ABS레진 재질의 $\phi 3"$ 정도 가스관이나 수도용관(HI-3P)을 PVC소켓으로 접착 연결하여 사용하는 방식이, 가장 적합하고 합리적인 활용방식이다.

보호관 지지대(지지발이)는 침하판의 크기와 설치 대상지반에 따라, 지지대 철근의 굵기($\phi 19 \cdot 22 \cdot 25\text{mm}$) · 길이($\ell = 1.5 \cdot 2.0 \cdot 2.5\text{m}$) · 수량(3·4·8개)과 지지철판의 크기($\phi 30\text{cm}$)를 적절히 조합하여, 측정봉과 보호관의 기울어짐이나 파손을 예방하며 지지되도록 하여야 하고, 성토매립이 앞을 경우에는 강판에 용접된 adapter에 받침대를 부착하여, 지지발이 없이 보호관을 올려놓을 수 있도록 하기도 한다.

나. 침하판의 적용규격별 표준제작품과 중량

침 하 판 구성부분		재료(자재) 규격	단위	중량 kg	60cm×60cm		90cm×90cm		120cm×120cm		240cm×240cm	
					수량	중 량	수량	중 량	수량	중 량	수량	중 량
침 하 판	강판 steel plate	4'×8'×6mm	매	140.0	1/8	17.5			1/2	70.0		
		4'×8'×12mm	매	280.0							2.0	560.0
		3'×6'×6mm	매	78.8			1/2	39.4				
	adapter (판+봉연결)	φ1¼" 강판	m	3.16	0.1	0.316	0.13	0.411	0.13	0.411		
		φ1½" 강판	m	3.63							0.13	0.472
	bracket	3'×6'×4mm	매	52.5	1/81	0.65	1/36	1.46	1/36	1.46	1/36	1.46
	plate-pin (sliding방지)	φ19mm철근	m	2.25	0.1×4	0.9	0.1×4	0.9				
		φ22mm철근	m	3.04					0.15×4	1.824	0.15×4	1.824
소계		개당중량	kg			19.4		42.2		74.0		564.0
지 지 대	강판coupling (보호관연결)	φ3" 흑관	m	8.49	0.5	4.245	0.5	4.245	0.5	4.245	0.5	4.245
		φ3½" 흑관	m	13.5	0.15		0.15	1.274	0.15	1.274	0.15	1.274
	고장력철근 (지지발이)	φ19mm철근	m	2.25	1.5×3	10.125						
		φ22mm철근	m	3.04			2.0×4	24.32	2.5×4	30.4		
		φ25mm철근	m	3.98							3.0×8	95.52
	원형역지판	4'×8'×4mm	매	93.3	3/32	6.87	4/32	9.16	4/32	9.16	8/32	18.32
	소계		개당중량	kg			17.0		33.5		39.6	
비 고	설치방식	지반별 규격별	식		인력 운반				인력목도		선박, 바지	
	침하봉(rod) 및 소켓	φ¾" (27.2mm)백관	m	1.6	ℓ=1m 가공제작품 및 steel socket로 매립 소요 단계별로 보호관과 함께 선택 연결							
		φ1" (34mm)백관	m	2.46								
보호관		경량의 내충격용 φ3" 가스관 또는 수도용(HI-3P) 파이프를 PVC소켓으로 단계별로 접착연결										

지표침하판 5기당 설치품

기당(1/5) 환산적용

적용 조건	·인력운반 ·모래포설설치 ·단계별성토시의 추가연결 별도		적용규격	60 ^{cm} ×60 ^{cm} ×6 ^{mm}	90 ^{cm} ×90 ^{cm} ×6 ^{mm}	120 ^{cm} ×120 ^{cm} ×6 ^{mm}	con'c,초대형별도
			운반중량 (kg)	2000	3000	5000	모래
				(20+0)×5	(45+35)×5	(75+40)×5	(판+지지대)×개소
종별	세 목	규 격	구분 단위	60×60	90×90	120×120	비 고
인 건 비	중급기술자	일용 노무자	인	0.313	0.5	0.625	기술지도
	초급기술자		인	1.25	2.0	2.5	설치,점검
	특수인부		인	1.25	2.0	2.5	운반터파기
	조 력 공		인	2.5	4.0	5.0	포설, 설치
재 료 비	침 하 판	▼ 60×60	기	5.0	5.0	5.0	적 용 규격별
		90×90	기				
		▲ 120×120	기				
		▼ 2m×4발	기				
	지 지 대 (지지발이)	▲ 2.5m×4발	기		5.0		
		모 래	m³	0.2×5	0.3×5	0.5×5	포설용
	모래주머니	10kg입	대	4×5	8×5	12×5	지지용
	잡 재 료	재료비의	%	3.0	3.0	5.0	
기구 손료	포설용구	인건비의	%	1.0	1.0	1.0	삽 등 기구
경비	운반차량렌트	2.5t 트럭	일	0.5	0.8	1.0	인력포함
	작업선렌트	5톤 20HP	일			2.5	
비고	설치 지역별 5개소이상에 적용	φ ³ / ₄ " 백관 침하봉 φ3 " HI-3P 수도용 보호관	간이받침대 지지대 별도	육상화된 개랑대상지반	간조시 육상화 되는 천해저	con'c block · 해저특수용별도	
	적용지반별 규격선택의 호환성 별도 · 작업수행 조건별 보정 적용						

9.2.2.2 침하핀(surface settlement pin) 및 부동점

침하핀은 지하터널 굴착시 굴착라인 상부 지표에 설치하여, 터널 상부 지반의 이완에 의한 수직변위 측정용으로 활용된다. 침하핀의 설치는 가급적 tunneling에 의한 변위가능 라인상에, 각목말뚝(5×5×50cm 정도)에 핀(나사못 등)을 박고, 터파기(50×50×30cm 정도)한 지반상에 콘크리트로 타설하여 고정시킨다. 그리고 인근의 부동지반 상에도 유사 규격으로 소규모 부동점을 설치하여, 침하량 측정의 기준점(base point)으로도 이용한다.

9.2.2.3 부동점

일반적인 말뚝은 길이 1~1.5m 정도의 각목(일변 10~15cm) 또는 통나무(말구 φ10cm 내외 굵기)로, 설치는 1×1×1.5m 이내로 터파기한 지반에 콘크리트 타설로 고정시키는 것이며, 연약 지반에서의 침하변위말뚝 측정용이나 이동변위말뚝 측정 등에도 사용하고, landsliding 위험성이 있는 활동지반에서는 수직·수평 변형량을 측정하는 기준점으로도 활용되며, 때로는 변위말뚝 설치와 마찬가지로 20~30m 연장상의 변위 영향권 밖의 적정개소에 타입하여 부동점으로 이용하기도 한다.

적정한 부동지반이 인근에 없는 곳에서는 지하 부동지지층까지 시추하여, rod(강봉)를 공저에 고정시키고, 보호관을 설치하는 고정점(reference point)이나, 지표침하계 방식으로 설치하여 이용하게도 되므로, 이들은 시추공 활용편(9.2.4.1)에 기술하고자 한다.

9.2.2.4 변위말뚝(침하-수직, 이동항-수평)

연약지반이나 부지조성 성토 시 하중에 의한 전단응력 증가로 지반 변형이 증대되어, 측방유동이나 heaving 현상 등으로 지반이 파괴되거나, 자연지반이나 산사태 위험성이 있는 활동지반에서 전단강도가 저하되면 지표면에 균열이 발생하게 된다. 변위말뚝은 이러한 지표면의 수평변위와 slip·slop 이동량을 간단하고 쉽게 측정하여 전단파괴를 예방하고, 균열발생 개소의 지반운동 상황을 조기에 파악하여, 성토·절토사면의 안정관리나 연약지반 성토의 단계적 시공관리, 산사태의 예측과 대책공 수립 등에 활용하게 된다.

연약지반 성토에서는 성토사면 끝에서 일직선상에 2~3m 등간격으로 10본 이내를 수평되게 설치하며, 산사태 위험지역에서는 운동(이동) 방향에 직교되는 측선에 5~10m 간격으로 말뚝을 배치하고, 양측 연장선상에 부동말뚝을 설치하여 국소적인 변동에 대처하는 방식이고, 복수 측선을 설치하기도 하며, 측량기구로 수동 측정한다.

지표면 변위(침하핀, 변위말뚝) 설치품

개소당

적용 조건	·이동항 인력 때려 박기 ·인력터파기, 되메움·다지기		적용규모	50 ^{cm} ×50 ^{cm} ×30 ^{cm}	5본, 20m	6본, 50m	부동점 포함
			말뚝	5 ^{cm} ×5 ^{cm} ×50 ^{cm}	10 ^{cm} ×10 ^{cm} ×1.5 ^m	φ9 ^{cm} ×1 ^m	말뚝규격
종별	세 목	규 격	구분 단위	침하핀 (부동점)	변 위 말 뚝		비 고
					연약지반	활동지반	
인건비	중급기술자		인	0.05	0.1	0.2	기술지도
	초급기술자		인	0.25	0.5	1.0	설치점검
	특수인부	일용 노무직	인	0.25	0.5	1.0	운반,터파기
	조력공	일용 노무직	인	0.5	1.0	2.0	되메움,타설설치
재료비	침하핀,부동점	5×5×50 ^{cm} 각목	본	2.0			핀+부동점
	변위말뚝 및 부동말뚝	▼ 10 ^{cm} ×10 ^{cm} ×1.5 ^m ▲ φ9 ^{cm} ×1.0 ^m	본		5.0		각목
	concrete pad	▼ 50 ^{cm} ×50 ^{cm} ×12 ^{cm} ▲ 1.0 ^m ×1.0 ^m ×0.2 ^m	본	0.06	1.0	6+1	통나무
	타설재		m ³				핀+부동점
	모래		m ³	0.1	0.1	0.05	부동말뚝
	잡재료	재료비의	%	5.0	3.0	3.0	
기구손료	작업용구	인건비의	%	3.0	3.0	3.0	삽, 곡괭이, 햄머
경비	운반차량렌트	2.5톤 트럭	일	0.2	0.25	0.5	
비고	설치방식	현장 상황에 따라 선택되어 가감적용, 수행 조건별 보정 적용					

9.2.2.5 지표면 신축계(extensometer)

신축계는 변위말뚝의 수동측정방식을 기계식 측정기록 장치로 대체한 것으로, 20m 이내의 상대말뚝간 거리변화를, 와이어(invar 강선)를 이용하여 연속적으로 자동기록하는 것이다. 이는 pulley가 설치된 와이어 지지대·보호관(pipe)·파이프 지지말뚝 그리고 신축계 보호박스로 구성되며, 보통 5~10배 확대율의 신축계가 선호되어 이용된다.

지표면 신축계(extensometer) 설치품

기(개소)당

종별	세 목	규 격	단위 구분	연약지반	활동지반	비 고
인 건 비	중급기술자		인	0.25	0.5	기술지도
	초급기술자		인	0.5	1.0	설치, 점검
	특수인부	일용 노무직	인	1.0	2.0	운반, 말뚝항타 설치
	조 력 공	일용 노무직	인	1.0	2.0	보호판 및 계기설치
재 료 비	변위말뚝	▼ 10 ^{cm} ×10 ^{cm} ×1.5 ^m ▲ 10 ^{cm} ×10 ^{cm} ×1.0 ^m	본	1.0	1.0	각목
	부동말뚝	15 ^{cm} ×15 ^{cm} ×1.5 ^m	본	1.0		
	con'c pad	1.0 ^m ×1.0 ^m 용	m ³	0.15	0.13	연약지반 신축계 설치용 부동말뚝
	모 래		m ³	0.1	0.05	
	보호관지지 말뚝(통나무)	▼ 말구 φ9 ^{cm} ×1.5 ^m ▲ 말구 φ7 ^{cm} ×1.0 ^m	본	10.0	22.0	4m 파이프 본당 2본 5m 마다2본+설치대4본 변위말뚝에 설치
	pulley	와이어 지지	개	4.0		
	보호관	φ100 ^{mm} ×4 ^m PVC	본	5.0	13.0	와이어 보호
	보호관 소켓	φ100 ^{mm} A PVC	개		12.0	
	와이어선	sus. 30 ^m /roll	roll	1.0	2.0	invar 강선
	판재	t=20mm	m ²		0.5	
	보호상자		개	1.0	1.0	신축계 설치 받침대 측정기 보호박스
	특수 펜	자기기록용	개	1.0	1.0	
	신축계(측정기)	▼ 확대율 5배 ▲ 확대율 10배	set	1.0	1.0	현장고정설치
	잡재료	재료비의	set			
			%	1	1	
기구 손료	설치작업용구	인건비의	%	3.0	3.0	햄머, 삽, 곡괭이 등
경비	운반차량렌트	2.5t 트럭	일	0.5	0.5	
비고	설치방식	현장 상황에 따라 선택되어 가감 적용, 수행 조건별 보정 적용				

9.2.2.6 단면측정기(full profile gauge : 측정계기 삽입식, 센서 고정식)

단면측정기는 연약지반에서의 도로성토나 단계별 성토, 방조제·방파제·부두 등 점안시설 축조에 수반되는 천해저 연약지반의 성토·매립, 해저 shield 터널에 의한 해저면(sea bottom or floor) 등에서 침하·하중침하변형을 측정하기 위한 것이다. 방법은 예정지 기저면의 횡단방향으로 연성(flexible) tube나 가도관(access pipe)을 신축이음관(telescoping coupling)으로 연결하여 포설하고, 수압계(torpedo)나 삽입식 경사계(horizontal inclinometer probe) 등의 측정계기(readout unit)를 와이어로 연결하여 tube내로 이동시키면서 측정을 수행한다. 이는 수압이나 경사 변동상태를 추적하여 침하현상을 파악하는 것이며, 파이프 외부에 plate magnet sensor를 추가 부착·설치하면 평면이동의 수평 변위상태까지도 magnet sensor probe로 파악하게 되어 경사계 추적과 대비할 수도 있게 된다.

센서 고정식은 경사계 센서를 access pipe(φ85mm ABS telescoping coupling & casing) 내에 일정간격으로 horizontal IPI 또는 tilt sensor를 내장한 horizontal beam을 고정 설치하는 방식

으로, 침하현상을 자동측정하기 위해서 활용되나 고비용이 소요되므로 적용빈도가 낮아 활용성이 저하된다.

따라서 가장 저렴한 flexible tube의 수압식 torpedo 계기삽입식으로부터, ABS 케이싱 내의 inclinometer probe 삽입식과 telescopic ABS 케이싱에 beam sensor의 고정식·IPI sensor 고정식까지, 기능과 정밀도에 따라 점차 고가의 시스템이 선정되어 설치된다.

특히 fill dam과 같은 고성토 제체 내부에서, 동일수준(EL) 상의 상·하류 방향 각각의 zone (core, filter, rock) 간에서 발생하는 부등침하(상대변위) 측정에도, tube나 파이프 끝에 dead end pulley를 설치한 측정계기 삽입식(수동계측), 또는 고정식 경사계 센서 내장식(“zone간 침하계”라고도 함)이 활용되기도 하나, 액체 침하계를 이용하는 zone간 침하측정 방식이 가장 보편화된 방법이다.

단면측정기(profiler) 설치 품

개소당

적용 조건	·50m 구간 full profiling ·적용방식은 상호대치·선택		설치방식	삽입식수동계측		센서 고정식 자동		zone간 별도
			계측방식	수압식torpedo	경사계probe	센서식 readout		
종별	세 목	규 격	구분 단위	연성tube	가도관	IPI	beam	비고
인 건 비	중급기술자		인	1.0	1.5	2.5	2.0	기술지도
	초급기술자		인	2.0	3.0	5.0	4.0	설치,점검
	고급기능사		인			2.0	1.5	센서
	중급기능사		인			2.0	1.5	연결 설치
	특수인부	일용 노무직	인	4.0	6.0	10.0	8.0	운반,터파기
	조 력 공	일용 노무직	인	4.0	6.0	10.0	8.0	con'c타설,설치
재 료 비	flexible tube	φ70mm	m	60.0				15m×4
	access pipe	▼ φ70 ^{mm} ABS casing	본		19.0			변위에
	(ℓ=3m/본)	▲ φ85 ^{mm} ABS casing	본			19.0	19.0	대처한
	telescoping	▼ φ70 ^{mm} 용	개	3.0	18.0			신축성 확보
	ABS coupling	▲ φ85 ^{mm} 용	개			18.0	18.0	선택사항
	plate magnet	φ300mm	개	20.0	20.0			horizontal
	고정식	▼ IPI	set			20.0		
	센 서	▲ beam	set				20.0	
	견인wire cable	sus φ1 ¹ / ₈ "	m	70.0	70.0	60.0	60.0	측정용
	cable reel	100m용	set	2.0	2.0	1.0	1.0	측정개소
	end housing	protection	set	2.0	2.0	1.0	1.0	수압식용
	부동액		ℓ	40.0				
	잡재료	재료비의	%	3.0	3.0	1.0	1.0	
기구 손료	작업용구	인건비의	%	3.0	3.0	2.0	2.0	삽등
경비	중기렌트	0.2m ³ backhoe	일	0.5	0.5	0.5	0.5	터파기
	운반차량렌트	2.5t 트럭	일	0.5	0.5	0.5	0.5	
비고	호 환 성	계측별의 설치길이 증감에 따라 가감적용, 수행 조건별 보정 적용						

9.2.2.7 액체침하계(liquid or overflow settlement cell)

액체침하계는 직접계측이 어려운 환경조건인 해저매립 대상지반이나, 초연약지반의 표면부침하 또는 천부층별침하 측정에 활용되며, 진동현식(vibrating wire)과 공기식(pneumatic) 침하계가 활용된다.

침하계는 정방형 침하판(steel plate)에 cell이 부착 조립되어 있으며, 제체 zone간의 침하 측정 계기 설치에 twin tube와 cable code가 손상되지 않고 신축에 적응할 수 있도록, 10cm 깊이 정도로 굴착 절개한 도랑을 따라 모래를 채우고, 예상치 못한 침하에 대비한 여유분을 고려하여 지그재그로 terminal 저수조(reservoir) 방향으로 여유있게 포설한 후, 예비시험 과정과 terminal 설치 후에 다시 모래로 도랑을 back filling하여 설치 완료한다.

액체 침하계 설치품

개소당

적용 조건	sensor-terminal 간거리 100m 이내 · 센서대체, 상호대치 선택사항		적용조건	연약지반	zone간 침하	천해저 설치 별도
			센서수	1개, 공기식	5개, 진동현식	개소당 적용 설치량
종별	세 목	규 격	구분 단위	연약지반침하	댐체 zone간	비 고
인 건 비	중급기술자		인	0.25	1.5	기술지도
	초급기술자		인	0.5	3.0	설치, 점검
	고급기능사		인	0.5	3.0	센서연결,설치
	특수인부	일용 노무직	인	1.0	6.0	운반, 터파기, 포설
	조 력 공	일용 노무직	인	1.0	6.0	고르기, 타설설치
재 료 비	settlement cell	▼ pneumatic ▲ vibrating wire	EA EA	1.0	5.0	침하계는 상호교체 호환성 선택
	liquid twin tube	with connector	m	100.0	500.0	structure terminal까지 연결 lead line의 충분한 길이
	electrical cable	with connector	m		450.0	
	protective tube	with coupling	m	80.0	400.0	
	reservoir tank	▼ 전용 소형 ▲ 전용 중형	개 개	1.0	1.0	liquid tank
	침하판	45×45×9mm	개	1.0	5.0	steel plate
	보호커버	센서보호용	개	1.0	5.0	terminal 구축용
	structure	terminal	set	1.0	1.0	
	지지말뚝	φ9cm×1.5m	본	5.0	8.0	
	모 래		m³	0.5	5.0	센서 및 lead line 포설
	잡재료	재료비의	%	2.0	1.0	tool & kit
기구 손료	작업용구	인건비의	%	3.0	2.0	괭이, 삽 등
경비	운반차량렌트	2.5t 트럭	일	0.5	0.5	자재 및 모래
비고	호환성	센서 종류·수량·거리증감은 가감적용, 수행 조건별 보정 적용				

9.2.2.8 버튼(button)식 깔판

버튼식 깔판은 crack gauge 원리를 응용하여 현장에서 간단하게 조립하여 활용하는 단순한 계측방식이다. landsliding 지역의 운동상황을 조기에 파악하고자 균열발생 개소에 대형 목재판을 서로 끼워 변위판을 만들고, 균열을 사이에 둔 말뚝을 고정시켜서, 미리 비스듬하게 잘라진 톱니틈새의 변형량으로 수직·수평 이동방향과 이동량을 변위자국으로 파악하는 간단한 방법이며, 주측선·부측선 및 각처에 변위말뚝과 함께 다수를 설치하여 활용한다.

9.2.2.9 지반표면경사계(ground surface tiltmeter)

자연사면이나 조성지반 지표면의 경사변형을 측정하는 것으로, 수준기를 응용한 수관식 경사계를 주로 활용하며, 추를 사용한 자기(自己)식 경사계도 사용되어 왔으나, 최근에는 전기식 경사계도 실용화되고 있다. 전기식은 수직추에 의한 경사변동을 차동 트랜스나 변형 게이지 등의 방식으로 data logger에 접속시킨 반자동화 계측기로 장기 연속기록도 가능하다.

수관식은 주각 및 양측지각에 의해 떠받쳐진 기포관대 위의 주·부기포관으로 경사를 조정할 수 있도록 한 구조로, 주각에는 회전 분도판이 고정되어 있어서 경사각이 환산되며, 지각은 좌우 수평조정용의 구조이다.

설치는 말구 $\phi 7\text{cm}$ 정도의 말뚝 5개를 40cm 이내의 정방형 코너와 중앙에 박아 고정하고, 사방을 콘크리트 타설로 땅 속에 묻고, 수평유리판 위에 2기의 수관식 경사계를 서로 직각이 되도록 주각과 지각을 조정하면 된다. 이때 양 주기포관에 의한 경사각을 합성하여 지반의 경사변동량을 파악하게 되는 것이다.

자기식과 전기식은 구조물 측정편에서 기술코자 한다.

지표면변위계(버튼식 깔판, 표면경사계) 설치품

기당

적용 조건	· landsliding 지역 설치 · 일 4개소 타설 설치		규모	5m이내	50×50×50cm	전기, 자기식 경사계 별도
			말뚝	10cm×10cm×1.0m	$\phi 7\text{cm} \times 1.0\text{m}$	
종별	세 목	규 격	구분 단위	버튼식 깔판	표면경사계	비고
인건비	종급기술자		인	0.25	0.25	설치, 점검, 지도
	특수인부	일용 노무직	인	0.5	1.0	말뚝향타, 타설설치
	조력공	일용 노무직	인	2.0	2.0	운반제작, 터파기
재료비	지지말뚝	▼ 10cm×10cm×1.0m ▲ $\phi 7\text{cm} \times 1.0\text{m}$	본	4.0		양측각목 각 2본
	물 탈	50cm×50cm용	본		5.0	기포관식(수관식)
	유리판	40cm×40cm×5mm	m ³		0.02	표면경사계 설치대
	판재	t=20cm, $\ell=3.6\text{m}$	매	6.0	1.0	깔판 제작용
	표면경사계	기포관식(수관식)	대		2.0	측정기
	보호상자	수납상자	개		1.0	측정기 보호
	잡재료	재료비의	%	5.0	2.0	
기구손료	작업용구	인건비의	%	3.0	3.0	햄머, 톱 등
비고	설치방식	현장 상황에 따른 깔판 규모·수량은 가감적용, 수행 조건별 보정 적용				

9.2.2.10 cross arm식 변위계

cross arm식은 성토층 내에서의 성토단계별 심도상의 침하변위와 수평변위 측정을 목적으로 하며, 주로 fill dam·성토 높이 15m 이상의 고성토 댐체·공항 도로 성토·택지조성 고성토에 적용된다. 변위계는 cross arm·extensometer(strainmeter)·extension pipe로 구성되고, 침하변위 측정용은 기초 고정관이 소요된다.

cross arm은 길이 1.5~2m×높이 8~10cm×폭 4cm 정도의 부식방지 처리된 ㄷ형강으로 성토 변위에 견딜 수 있는 강도의 재질(두께)이 이용된다.

extensometer는 길이 0.5~2m의 telescoping pipe에 센서가 내장되어 있으며, extension pipe는 1.5~3m의 경질염화비닐관(PVC pipe)이나 강관으로 되어 있으며, extensometer에 연결하여 측정간격을 조정한다.

침하변위 측정용은 보호tube와 같은 규격의 기초 고정관을 end capping한 후, 기초지반 상의 $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ 정도 기초공에 cementing하여 기준점으로 고정하고, 단계별 성토에 따라 성토 선단까지 3~5m 간격으로 cross arm을 포설된 모래위에 설치한다. 설치개소는 측정 목적에 따라 결정되나, fill dam에서는 상·하류 방향 최대 단면의 core zone과 상·하류측 rock zone에 각 1개소씩이며 필요에 따라서는 댐축 단면의 좌·우안측에 각 1개소씩 추가하기도 하며, 도로 성토에서는 종단 중심부에 설치하는 방식이 가장 보편적이다.

수평변위계(horizontal extensometer)는 침하 시스템을, 제체상의 단면 방향 평면으로 배열하여 제체 내부의 수평방향 변위를 측정하기 위한 것이므로, 성토 단계별 평면상에 적정한 거리를 두고 필요에 따라 여러 기(set)를 설치하게 된다.

침하 측정용은 성토시공에 따라 계속적으로 연결·설치하는 과정의 어려움이 수반되나, 수평 변위용은 어느 일정 단계에서 개소당 설치가 완료된다. 검출부는 침하측정에서는 각 rod sensor의 위치측정이 가능한 steel tape와 probe의 기계식이나 전자 유도를 이용한 차동 트랜스дук터 검색자로 측정하는 전기식 변환기를 사용하는 방식 등이며, 수평변위용은 다음단계 성토로 모두 매설되므로 전기식만 활용 가능하다.

cross arm식 변위계 설치품

개소당

적용 조건	· fill dam 제체상의 설치기준 · 삽입침하식은 3단완성후 1기기준		계측방식	삽입식 수동	센서식 자동	수동·자동계측시스템
			규모	5 ^m 간격 3단1기	3 ^m 간격 3열3기	단계별 수량 ; 선택사양
종별	세 목	규 격	구분 단위	수직형	수평형	비 고
인 건 비	중급기술자		인	2.25	2.5	기술지도
	초급기술자		인	4.5	5.0	설치 점검
	중급기능사		인	1.5	2.0	센서 부착, 연결
	특수인부	일용 노무직	인	9.0	10.0	운반, 터파기, 고르기
	조 력 공	일용 노무직	인	9.0	10.0	모래포설, 설치
재 료 비	cross arm	1.5 ^m ×4 ^{cm} ×10 ^{cm} ㄷ형강	본	3.0	12.0	
	extensometer		본	3.0	9.0	with sensor
	extension pipe	1.5m	본	3.0	9.0	with sleeve
	기초고정관	φ2 " ×1.0 ^m , steel pipe	본	1.0		with end cap
	시멘트	40kg입	대	0.5		기초 고정관 고정용
	케이블		m	45.0	120.0	제체 영역외 별도
	전선관	φ1 " flexible	m	45.0	120.0	제체 영역외 별도
	모 래		m ³	0.3	6.0	bar,rod,pipe,cable 포설용
	잡 재 료	재료비의	%	2.0	2.0	
기구 손료	작업용구	인건비의	%	3.0	2.0	괘이, 삽 등
경비	운반차량 렌트	2.5t truck	일	0.6	1.0	자재 및 모래
	중기 렌트	0.2m ³ backhoe	일		0.5	설치용 도랑파기
비고	활용방식	수량·규격·제체규모(성토고, 폭)에 따라 가감적용, 수행 조건별 보정 적용				

9.2.3 지중 변위 측정용 설치공(계측공) 형성과 설치

지반지중의 거동은 성토자중·재하하중이나 구조물에 의한 변위와 자연지반에서의 지중변위도 결과적으로는 지표면 변위에 영향을 미치게 되어 모두가 보완 관계라 할 수 있으며, 지중에서도 각 지층·성층·토층간의 공학적 특성에 따라 상이한 변위가 발생되므로, 층별이나 심도별 연속변위량 등을 파악코자 하는 방식은 시추공을 활용하는 경우가 대부분이다.

변위측정 대상은 주로 비고결층의 침하와 수평변위 이동상황을 파악코자 하는 것이며, 일부는 암반대상이기도 하나 이는 터널과 구조물 대상에서 언급하게 되며, 본편에서의 계측기 설치공 형성은 지반조사가 선행된 조사공 자체를 활용하거나 별도로 시추하게 되므로, 토질조사 boring 보다는 비교적 단순하여 1.5배정도 향상된 능율을 적용하고, 적용 항목별 기중에 따른 공경·심도와 지지층 암반(풍화대·풍화암·연암)도 metal crown bit boring을 기준한다.

9.2.3.1 계측공 시추 구경별 지층별 일일작업 능률 적용기준(30m/공 기준) m/일

구경별(mm)	점성토	사질토	사 력	전석·사석	풍화토	풍화암	연 암
φ66	9.4	7.6	4.5	3.4	7.9	6.0	5.0
φ86	8.4	6.8	3.9	3.0	7.0	5.3	4.4
φ116	7.5	6.0	3.3	2.7	6.2	4.6	3.8
φ131	6.8	5.4	3.0	2.4	5.7	4.2	3.5
φ146	6.2	4.8	2.8	2.2	5.2	3.8	3.2
부하율(%)	50		60	70	50	50	60
비 고	토질시추 심도별 보정 및 조사업무 수행 조건별 보정에 준하여 적용						

9.2.3.2 계측공 시추장비 적용기준

구경별 구분	main body		pump(ℓ/min·HP)		기 타		
	형식	engine	boring	급수	rod	mixer	derrick
φ116mm 이하	200m형	80HP	30ℓ×3HP	특수지역	AW	특수지층	
φ131, 146mm	300m형	100HP	50ℓ×5HP	별 도	BW	별 도	5m
비 고	할증	장비손료	사력층·전석·사석의 중부하 대상지층 15%				

9.2.3.3 계측공 시추 φ66mm 10m당품(심도 30m 기준)

m당(1/10) 환산적용

종별	세 목	규 격	지층별 단위	점성토	사질토	사 력	전석 사석	풍화토	풍화암	연 암
				9.4	7.6	4.5	3.4	7.9	6.0	5.0
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.36	0.44	0.74	0.98	0.42	0.51	0.67
	고급기능사	시추기책	인	1.06	1.32	2.22	2.94	1.27	1.54	2.0
	중급기능사	시추기능공	인	1.06	1.32	2.22	2.94	1.27	1.54	2.0
	초급기능사	보링공	인	2.13	2.63	4.44	5.88	2.53	3.08	4.0
재 료 비	core barrel	singleφ64×1.5m	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16	0.18	0.2
	metal bit	crown φ66	개	0.13	0.27	6.67	10.0	0.25	3.0	5.6
	로 드	AW ℓ=3m	본	0.1	0.14	0.32	0.6	0.13	0.2	0.3
	케이싱	φ2½"×1.5m	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1	0.5	0.3
	부속품	소모성부품	조	0.011	0.015	0.034	0.064	0.013	0.013	0.016
	시멘트	40kg/대	대				5.33		8.5	7.4
	벤토나이트	25kg/대	대	0.7	1.3	4.0	7.4	0.8	1.4	1.4
	잡재료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
동력비	경 유	80HP	ℓ	35.7	44.2	89.6	138.4	42.5	51.7	80.6
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추장비	200m형 set	일	1.06	1.32	2.56	3.38	1.27	1.54	2.0
비고	부하율		%	50	50	60	70	50	50	60

9.2.3.4 계측공 시추 $\phi 86\text{mm}$ 10m당품(심도 30m 기준)

m당(1/10) 환산적용

종별	세 목	규 격	지층별 단위	점성토	사질토	사 력	전석 사석	풍화토	풍화암	연 암
				8.4	6.8	3.9	3.0	7.0	5.3	4.4
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.40	0.49	0.86	1.11	0.48	0.63	0.76
	고급기능사	시추기책	인	1.19	1.47	2.56	3.33	1.43	1.89	2.27
	중급기능사	시추기능공	인	1.19	1.47	2.56	3.33	1.43	1.89	2.27
	초급기능사	보링공	인	2.38	2.94	5.13	6.67	2.86	3.77	4.55
재 료 비	core barrel	single $\phi 84 \times 1.5\text{m}$	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16	0.18	0.2
	metal bit	crown $\phi 86$	개	0.13	0.27	6.67	10.0	0.25	4.0	6.27
	로 드	AW $\ell = 3\text{m}$	본	0.12	0.17	0.38	0.72	0.18	0.23	0.33
	케이싱	$\phi 3\frac{1}{2}'' \times 1.5\text{m}$	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1	0.5	0.3
	부속품	소모성부품	조	0.013	0.017	0.04	0.08	0.015	0.014	0.017
	시멘트	40kg/대	대				6.4		12.6	11.0
	벤토나이트	25kg/대	대	1.1	2.2	6.8	12.5	1.4	1.8	1.8
	잡재료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
동력비	경 유	80HP	ℓ	40.0	49.4	103.4	156.8	48.0	63.4	91.6
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추장비	200m형 set	일	1.19	1.47	2.95	3.83	1.43	1.89	2.27
비고	부하율		%	50	50	60	70	50	50	60

9.2.3.5 계측공 시추 $\phi 116\text{mm}$ 10m당품(심도 30m 기준)

m당(1/10) 환산적용

종별	세 목	규 격	지층별 단위	점성토	사질토	사 력	전석 사석	풍화토	풍화암	연 암
				7.5	6.0	3.3	2.7	6.2	4.6	3.8
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.44	0.56	1.01	1.24	0.54	0.73	0.88
	고급기능사	시추기책	인	1.33	1.67	3.03	3.70	1.61	2.17	2.63
	중급기능사	시추기능공	인	1.33	1.67	3.03	3.70	1.61	2.17	2.63
	초급기능사	보링공	인	2.67	3.33	6.06	7.41	3.23	4.35	5.26
재 료 비	core barrel	single $\phi 114 \times 1.5\text{m}$	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16	0.18	0.2
	metal bit	crown $\phi 116$	개	0.13	0.27	6.67	10.0	0.25	5.0	6.5
	로 드	AW $\ell = 3\text{m}$	본	0.14	0.2	0.44	0.84	0.27	0.25	0.36
	케이싱	$\phi 4\frac{1}{2}'' \times 1.5\text{m}$	본	0.02	0.02	0.2	0.2	0.1	0.5	0.3
	부속품	소모성부품	조	0.017	0.019	0.046	0.096	0.02	0.015	0.018
	시멘트	40kg/대	대				6.43		17.5	15.2
	벤토나이트	25kg/대	대	2.1	4.1	12.4	22.8	3.2	2.3	2.3
	잡재료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
동력비	경 유	80HP	ℓ	44.8	56.0	122.2	174.2	54.2	73.0	106.1
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추장비	200m형 set	일	1.33	1.67	3.49	4.26	1.61	2.17	2.63
비고	부하율		%	50	50	60	70	50	50	60

9.2.3.6 계측공 시추 $\phi 131\text{mm}$ 10m당품(심도 30m 기준)

m당(1/10) 환산적용

종별	세 목	규 격	지층별	점성토	사질토	사 력	전석 사석	풍화토	풍화암	연 암
			단위	6.8	5.4	3.0	2.4	5.7	4.2	3.5
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.49	0.62	1.11	1.39	0.59	0.79	0.95
	고급기능사	시추기책	인	1.47	1.85	3.33	4.17	1.75	2.38	2.86
	중급기능사	시추기능공	인	1.47	1.85	3.33	4.17	1.75	2.38	2.86
	초급기능사	보링공	인	2.94	3.70	6.67	8.33	3.51	4.76	5.71
재 료 비	core barrel	single $\phi 129 \times 1.5\text{m}$	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16	0.18	0.2
	metal bit	crown $\phi 131$	개	0.13	0.27	6.67	10.0	0.25	5.5	6.9
	로 드	AW $\ell = 3\text{m}$	본	0.18	0.26	0.56	1.08	0.33	0.27	0.37
	케이싱	$\phi 5'' \times 1.5\text{m}$	본	0.03	0.03	0.3	0.3	0.15	0.5	0.3
	부속품	소모성부품	조	0.019	0.021	0.052	0.112	0.022	0.016	0.019
	시멘트	40kg/대	대				7.46		19.3	18.5
	벤 토나이트	25kg/대	대	2.6	5.1	15.6	28.7	4.0	2.7	2.7
	잡재료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
동력비	경 유	100HP	ℓ	61.8	77.8	168.0	245.0	73.7	100.0	144.0
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추장비	300m형 set	일	1.47	1.85	3.83	4.79	1.75	2.38	2.86
	derrick	삼발이5m	일	1.47	1.85	3.33	4.17	1.75	2.38	2.86
비고	부하율		%	50	50	60	70	50	50	60

9.2.3.7 계측공 시추 $\phi 146\text{mm}$ 10m당품(심도 30m 기준)

m당(1/10) 환산적용

종별	세 목	규 격	지층별	점성토	사질토	사 력	전석·사석	풍화토	풍화암	연 암
			단위	6.2	4.8	2.8	2.2	5.2	3.8	3.2
인 건 비	중급기술자	총괄	인	0.54	0.69	1.19	1.52	0.64	0.88	1.04
	고급기능사	시추기책	인	1.61	2.08	3.57	4.55	1.92	2.63	3.13
	중급기능사	시추기능공	인	1.61	2.08	3.57	4.55	1.92	2.63	3.13
	초급기능사	보링공	인	3.23	4.17	7.14	9.09	3.85	5.26	6.25
재 료 비	core barrel	single $\phi 144 \times 1.5\text{m}$	본	0.07	0.17	0.67	1.0	0.16	0.18	0.2
	metal bit	crown $\phi 146$	개	0.13	0.27	6.67	10.0	0.25	6.0	7.4
	로 드	AW $\ell = 3\text{m}$	본	0.22	0.32	0.68	1.32	0.30	0.29	0.39
	케이싱	$\phi 6'' \times 1.5\text{m}$	본	0.03	0.03	0.3	0.3	0.15	0.5	0.3
	부속품	소모성부품	조	0.21	0.023	0.058	0.128	0.024	0.017	0.020
	시멘트	40kg/대	대				8.0		21.5	19.7
	벤 토나이트	25kg/대	대	3.3	6.4	19.6	36.0	4.4	3.1	3.1
	잡재료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
동력비	경 유	100HP	ℓ	67.7	87.5	180.0	267.3	80.8	110.5	157.5
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
손료	시추장비	300m형 set	일	1.61	2.08	4.11	5.23	1.92	2.63	3.13
	derrick	삼발이5m	일	1.61	2.08	3.57	4.55	1.92	2.63	3.13
비고	부하율		%	50	50	60	70	50	50	60

9.2.3.8 계측공 sealing(grouting & filling)

계측공에 기기를 설치하는 과정에서는 guide pipe · stand pipe · 보호용 tube나 케이싱 등을 공내에 삽입하거나, 기기와 계기 및 이에 수반되는 anchor · cone · probe · package와 cable · code · wire · hose 등을 설치하게 되며, 필요에 따라 공내를 grouting하거나 모래 등으로 충전하게 된다.

이에 소요되는 주입제나 충전제량은 선택된 공경과 삽입 내장재의 유무 · 종류와 규격 · 지반상태 · 재료의 배합비 · 대상공의 심도에 따라 상이하나 소량 소모의 필수공종이므로 일반적인 적정기준으로 산출하여 적용하게 된다.

구경별 삽입파이프(tube)별 sealing제 심도10m당 소요량 적용기준

소요량(m³)	구분 구별	구 경 별 (φmm, φ")				
		66	86	116	131	146
0.02	공내	φ48~φ2"	φ70~φ2"			
0.04	삽입	0~φ1"	φ48~φ2"			
0.05	내장			φ85		
0.06	파이프		0~φ1"			
0.07	tube			φ70		
0.08	의			φ60		
0.09	일반			φ48~φ2"	φ85	
0.1	적용			0~φ1"	φ70	φ85
0.15	규격				0~φ1"	φ1"~φ2"
m³당 grout 재료적용기준	kg	cement 700kg (17.5대) bentonite 40kg (2대) milk m³당 기준 소요량(kg)				
산출방식		$\frac{\text{대상공 적용심도}}{10} \times \text{구경별적용기준 소 요 량 (m³)} \times \text{grout milk 재료 기준소요량 (kg)}$				

9.2.3.9 계측기 설치품 심도별 보정

계측기종에 따른 조건별 기준 적용심도 이외의 심도 증감에 대한 설치품 보정은 설치공 기준 심도가 상이하여 50m까지를 설치 한계로 하여 기준심도로부터 매 심도 10m마다 20%를 가산하고 50m이상에서는 각각 30%를 가산한 보정계수를 적용하며, 재료비는 실수요량을 기준하여 계상한다.

설치공심도(m)	기준심도 이하	기준심도 초과 50m까지	51m 이상
보정계수	1.0	매 10m당 20% 가감 적용	매 10m당 30% 가산

9.2.4 계측공 활용 지중 변위 측정

연약지반의 개량이나 성토공사에서 성토나 구조물 등에 의한 토층별 침하와 수평변위를, 공 내에 설치된 계측기를 통하여 파악코자 하는 계측이다.

지반 토층내의 변위측정은 주로 지중 층별침하와 경사계에 의한 수평변위이며, 실제로는 하중과 함께 토압·수압(간극수압)도 작용하게 되어, 이들의 복합 변위가 발생하게 된다. 특히 층별 침하 측정은 그 방법이 아주 다양하며, screw point·anchor·spider magnet 소자 등을 이용하는 각종 extensometer 방식으로, 고정점(reference point)과 비교한 침하량을 구하게 된다.

토층별 변위 특성을 파악하는 지중변위 계측은, 기중설치 이전에 각 설치개소마다 측정대상 지층 분포상황을 사전에 철저하게 조사하여, 센서나 소자 등이 적정한 심도에 매설될 수 있도록 결정하여야 한다.

설계와 시공단계에서의 지반조사와 확인조사로, 전반적이고 개략적인 분포는 파악된 상태라 하더라도, 구체적인 기중별 설치개소에 대한 위치 파악을 위해서는, 특히 연약지반 성토시공에서의 침하·안정관리 과정에서는, 침하판과 층별침하계·간극수압계·지하수위계 간의 상호연관성이 지대하여, 보통 1개소에 group으로 설치되므로 지층분포 확인이 필수적이다. 따라서 시추조사나 원위치 시험에서의 각종 cone test 방식이 선행되며, 최근에는 CPT 방식이 가장 효과적인 수단으로 선정 수행되고 있다.

9.2.4.1 단일 rod extensometer(층별침하)

단일 rod extensometer는 연약지반에서의 층별침하 측정용이며, 다른 방식의 층별침하나 간극수압측정 결과와 동일 층준에 대하여 비교하는 한 방법이다. 설치는 압밀대상 지층마다 각 심도까지의 별도 시추로 screw cone·anchor를 공저에 고정하고, rod(강봉)와 보호관을 침하판용 $\phi\frac{3}{4}$ "($\phi 27.2\text{mm}$)백관과 이음쇠(또는 $\phi 2$ " 경질염화 PVC관과 이음관)로 연결하여 각 지층별 침하량을 파악할 수 있게 성토(지표)상에 노출시킨다.

9.2.4.2 지표침하계

지표 침하계도 터널 line 상부 지표에서 동결심도이하까지(1.5m 이내) 시추하고, 공내에 침하봉 rod($\phi 19\sim 22\text{mm}$ 철근) 끝을 공저에 단단하게 고정시켜서, 1m 이내 심도까지는 rod 보호관 파이프를 마찰을 예방하고, 지표는 보호박스과 커버로 보호하여, tunneling에 의한 지표부침하여부를 측정하는 침하핀과 같은 역할을 활용하는 방식이다.

9.2.4.3 고정점

고정점(reference point)은 연약지반 상에서 인근에 부동지반이 없을 경우 지지층까지 시추하여, rod($\phi\frac{3}{4}$ " KS백관)를 고정 타설하고 보호관($\phi 2$ " HI-3P 수도관)으로 보호하여 설치한다. 이는 소규모 부동점·부동말뚝·고정점 등을 상황에 알맞게 이용하고, 각종의 측량기기를 사용하여 수동식 계측으로 변위량을 측정하기 위한 침하기준점(base point)으로 활용하게 된다.

rod 지중침하(층별) 및 고정점 설치품

개소당

조건	· 시추공별도, 장비활용 연속설치		설치공	φ86 ^{mm} 3개공 (7+10+15)m		φ86 ^{mm} × 30m	φ66 ^{mm} × 1.5m	heave point별도
종별	세 목	규 격	구분 단위	screw point	groutable anchor	reference point	지 표 침 하 계	비 고
인 건 비	중급기술자	총 팔	인	0.25	0.3	0.167	0.067	기술지도
	고급기능사	시추기책	인	1.0	1.2	0.5	0.2	설치, 점검
	중급기능사	시추기능공	인	1.0	1.2	0.5	0.2	삽입설치
	초급기능사	보 링 공	인	2.0	2.4	1.0	0.4	grouting
재 료 비	rod anchor point	▼ φ3 " screw cone ▲ φ20 ^{mm} grout anchor	개 개	3.0				steel ℓ =25cm bar
	측정봉rod·소켓	φ4×6m 백관	m	35.0	35.0	31.0		with socket
	측정봉rod	φ22mm 철근	m				2.0	이형철근
	측정봉rod	▼ φ2 " HI-3P	m	32.0	32.0	31.0		수도관 또는 가스관용
	보 호 관	▲ φ1 " HI-3P	m				1.0	
	보호관 소켓	50A	개	6.0	6.0	8.0		장 소켓
	주입 호스	poly φ20mm	m	50.0	50.0	35.0	5.0	grout용
	보호 박스		개	3.0	3.0	1.0	1.0	head cover
	casing & sealing	grouting	m	32.0	32.0	30.0	1.5	별도부표
	잡재료	재료비의	%	5.0	5.0	5.0	5.0	
동 력 비	경 유	80HP	ℓ	33.6	40.3	16.8	3.4	casing sealing 공내설치
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	
손료	시추장비	200형set	일	1.0	1.2	0.5	0.1	
비고	연약지반 성토, 침하	단계별 성토에 따른 rod, 보호관 연장연결 별도(screw, reference) 층별침하는 대상층에 따른 각 심도별로 개소당 3point 정도 설치						

9.2.4.4 다층지중변위계(borehole rod extensometer)

상대적인 지중지층별 변위를 측정용 anchor rod의 침하나 용기로 인한 각 지층의 안정성을, 지표면의 기준점에서 계측할 수 있도록 센서로 일체화시킨 sensor head · protective cover · signal cable system의 전기식 계측 변위계로, heave settlement point나 단일형 수직변위계(9.2.4.1)를 응용한 것이다.

설치는 비고결층에서는 hydraulic anchor를 portable hand pump로 정착시키고, 암반에서는 groutable anchor를 grouting하여 정착시킨다. 이때 protective tube(φ $\frac{1}{2}$ " 이내의 nylon tube)를 통한 각 앵커에 일체화시킨 extension rod(φ $\frac{1}{4}$ " 유리섬유 tube)의 신축으로 지중 변위를 자동으로 측정하게 된다.

암반대상인 groutable anchor식은 tunneling line의 지표부에서 침하핀(9.2.2.2)·지표침하계(9.2.4.2)와 함께 이용되며, 터널내 암반에서의 내공변위 측정용 rod extensometer(9.2.7.2)도 rock bolt 축력계(9.2.7.3)와 함께 필수적으로 이용되며, 이들은 터널 계측편에서 취급코자 한다.

tunneling에 의한 지하 암반내의 상대변위를 측정하기 위하여, 지표로부터 영향을 받지 않는 심도까지 시추하고, grout anchor를 암반에 고정한 고정점과의 상대적인 변위를 측정하는 단일형 수직변위계(borehole rod extensometer)도 있으나, 이는 주로 다단식이 이용된다.

9.2.4.5 heave settlement point

heave settlement point는 소규모의 portable type anchor로, 연약지반 10m 내외 심도에 일체화된 앵커($\phi 1"$ pipe 내의 $\phi \frac{1}{4}"$ rod에 연결)를 공저의 대상 연약층에 압입하고, rod의 좌우 회전 방향에 따라 anchor prong을 개폐시켜 고정하는 휴대형이다.

(다층) 지중변위계(borehole anchor rod식) 설치품

공(개소)당

조건	· anchor rod식은 4point식		설 치 공	$\phi 116^{\text{mm}} \times 20^{\text{m}}$	$\phi 86^{\text{mm}} \times 30^{\text{m}}$	$\phi 66^{\text{mm}} \times 10^{\text{m}}$	터널내 변위별도
종별	세 목	규 격	구분 단위	packer식	groutable	portable heave	비 고
인 건 비	중급기술자	총 팔	인	0.2	0.25	0.05	기술지도
	초급기술자	점 검	인	0.8	1.0	0.2	설치점검
	고급기능사	시추기책	인	1.0	1.5		삽입, 설치
	중급기능사	시추기능공	인	1.0	1.5	0.2	grouting
	초급기능사	보 링 공	인	2.0	3.0	0.4	sealing
재 료 비	sensor head	4point용	set	1.0	1.0		3m cable w/cover, bracket
	anchor point	▼ packer식	본	4.0			
		groutable	본		4.0		
	anchor rod	▲ anchor prong	본			1.0	with coupling socket
		$\phi \frac{1}{4}"$ 유리섬유tube	m	50	90.0	10.0	
		▼ $\phi 1"$ nylon tube	m	50		10.0	
	protective (rod보호)tube	▲ $\phi \frac{1}{2}"$ nylon tube	m		90.0		grout용 별도 부표
	주입 호스	poly $\phi 20^{\text{mm}}$	m	25.0	35.0	15.0	
	sealing	grouting	m	20.0	30.0	10.0	
동 력 비	경 유	80HP	ℓ	13.4	16.8		시추장비제외 별도수행시 제외사항
	잡 유	경유형	%	20.0	20.0		
손 료	시추장비	200형set	일	0.4	0.5		
	hand pump	portable	일	0.4			
비고	borehole식	sensor head 별도 terminal 구축시 signal cable, structure 별도					

9.2.4.6 연속식(rod) 및 와이어(신축계식) 침하계

성토나 지상구조물(비축탱크등)의 하중 침하를 연속적인 기계식 방식으로 측정코자 하는 것으로 연속식과 와이어식이 있다. 연속식은 원지반 지지층까지 시추한 공저에 rod anchor를 고정하고 지표부 침하판에 작용하는 하중에 의하여, 침하하는 판의 상대변위를 전기식으로 연속하여 변환계측하는 방식이고, rod가 돌출되지 않아 성토 제거 시 rod의 파손예방과 rebound량을 측정할 수 있도록, 예상 침하량을 고려하여 공내 rod 보호관과 침하판상의 침하계 보호관(cover)을 알맞게 설치하여야 한다. 와이어식은 공내에 섭동되는 케이싱 파이프(telescoping casing & coupling)나 수축 가능한 주름관(corrugated pipe)내에, 공저 중추와 연결된 와이어(invar 강선)가 지표부의 roller system과 일체화된 침하판·보호관을 거쳐, pulley·sheeve·counter weight·scale(지시기구)의 측정 시스템으로, 침하의 압축·팽창량을 구하게 되는 신축계식 방식이며, rod 설치가 어렵거나 불가한 지역 등의 환경조건에서 주로 적용하게 된다.

연속식(rod) 및 와이어(신축계식) 침하계 설치품(20m/공 기준)

공(개소)당

적용 조건	·비고결 점토지반 및 지상구조물 지반			anchor	grout cone	heavy weight	corrugated식별도
	설치공				φ66mm×20m	φ116mm×20m	공경×심도
종별	세 목	규 격	구분 단위	연속식(rod)	wire식(신축계)	비 고	
인 건 비	중급기술자	총 괄	인	0.2	0.3	기술지도	
	고급기능사	시추기책	인	1.0	1.5	설치 점검	
	중급기능사	시추기능공	인	1.0	1.5	조립, 삽입, 설치	
	초급기능사	보 링 공	인	2.0	3.0	grouting, sealing	
재 료 비	sensor head	2point용 with plate	set	1.0		침하판+침하계+cable	
	head보호관	φ4 "×0.5m HI-3P	개	1.0		sensor head cover	
	침 하 판	with roller	개		1.0	steel plate, wire용	
	anchor point	▼ grout cone	개	1.0		screw or groutable	
		▲ heavy weight	개		1.0	중추식	
	anchor rod	φ4 " 유리섬유 tube	m	21.0		with coupling	
	와이어선	sus 30m/roll	roll		1.0	invar 강선	
	rod보호관	φ1 " nylon tube	m	18.0		with coupling	
	와이어보호관	φ4 "×4m·HI-3P	본		3.0	with socket	
	ABS casing	φ85×3m telescoping	본		6.0	와이어보호 및	
	ABS coupling	φ85mm telescoping용	개		5.0	신축용	
	주입 호스	poly φ20mm	m	25.0	25.0	(corrugated 대체가능)	
	counter weight	with scale	set		1.0	신축계식 측정기구	
동 력 비	경 유	80HP	ℓ	16.8	33.6		
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0		
손료	시추장비	200m형 set	일	0.5	1.0		
비고				센서식	기계식 수동		

9.2.4.7 공벽 앵커에 의한 침하측정(와이어식, 다중 파이프식)

지표면 이동량을 기계식으로 자동기록하는 신축계(extensometer)를 응용하여, 층별침하량을 측정하는 것으로 와이어식과 다중파이프식이 있다

와이어식은 공내 압밀대상 지층에 복수의 anchoring으로 각 층별 침하량을 와이어(invar 강선)의 길이(심도) 변화로 측정하는 것이며, 다중 파이프식은 내·외측 파이프가 상호 섭동되는 지름(구경)과 길이가 서로 다른 규격 파이프 말단에, 상이한 각각의 앵커 장치를 부착하여 대상 지층별로 anchoring한 후, 지표에 노출된 각각의 파이프 상단에서 dial gauge로 앵커 파이프의 침하량을 기계식으로 측정하는 것이다.

이러한 방식은 공경에 의한 지층별 한계와, 공내 유입토·공벽 붕괴에 의한 와이어·파이프의 마찰저항 영향으로 공당 2~3개 층으로 국한되는 재래식의 침하측정 방식이다.

다층지중변위계(9.2.4.4)도 자동 측정방식의 공벽 앵커식이며, 자석식 층별침하계(9.2.4.8)도 이 방식의 한 종류가 응용된 것이라 할 수 있다.

공벽 앵커식 침하측정(와이어식, 다중파이프식) 설치품(15m/공 기준)

공(개소)당

조건	·3개 point 층별 침하측정		설치공	φ86mm×15m×3point		앵커방식
종별	세 목	규 격	구분 단위	와이어식	다중파이프식	비 고
인 건 비	중급기술자	총 팔	인	0.167	0.167	기술지도
	고급기능사	시추기책	인	0.5	0.5	설치 점검
	중급기능사	시추기능공	인	0.5	0.5	조립, 삽입, 설치
	초급기능사	보 링 공	인	1.0	1.0	sealing
재 료 비	앵커	spider식	개	3.0		invar 강선
	와이어선	sus 30m roll	roll	2.0		
	앵커 (stand) 파이프	▼ φ22~16mm HI-3P	m		16.0	
		φ38~30mm HI-3P	m		11.0	
		▲ φ60~50mm HI-3P	m		6.0	with 내경 연결용 coupling system (외경~내경)
	케이싱 파이프	φ3"×4m PVC	본	1.0	1.0	
	con'c pad	50cm×50cm×5cm	m³	0.013	0.013	
	측정장치	▼ extensometer(신축계)	set	1.0		
경비	운반차량렌트	▲ dial gauge식 stand	set		1.0	측정장치 설치대
		재료비의	%	3.0	3.0	with 3 counter weight with 3 dial gauge
비고	적용성	내경 coupling	파이프 외경이 일치되고 내경이 거의같은 가공관이음 coupling			
	앵커 종류 및 point 수량		설치심도 및 공경에 따라 가감적용			

9.2.4.8 자석식 층별침하계(magnet extensometer)

가장 보편화된 수동계측의 층별침하계로서, end cap으로 막은 guide 파이프($\phi 1''$, HI-3P 수도용)를 비자성 이음쇠(황동제 또는 PVC)로 연결하여, 시추공($\phi 116 \sim \phi 146\text{mm}$) 공저 부동지층에 파이프 말단의 datum(ring) magnet 소자부분을 고정시켜 cementing하고, 침하대상 지층별로 spider magnet으로 공벽에 anchoring하여, reel readout(측정기)로 측정하는 것이 일반적인 방식이며, 필요에 따라서는 상부 매립 성토층에도 단계별로 telescoping coupling으로 연장하면서 plate magnet를 추가로 설치하기도 한다.

이외에도 경사계 측정용 가도관(ABS casing)의 규격에 일치되는 $\phi 70\text{mm} \cdot \phi 85\text{mm}$ 용 spider magnet sensor를 부착하는 방식, 케이싱에 삽동되는 $\phi 32\text{mm}(\phi 1'') \cdot \phi 48\text{mm} \cdot \phi 70\text{mm}$ 규격의 corrugated tube에 magnet sensing ring sensor를 정착시켜서 수평변위 측정과 복합하여 이용하는 방식, sensing ring이 내장된 corrugated pipe를 이용하는 sondex settlement system까지 매우 다양한 방식이 활용된다.

자석식 층별침하계 (수동) 설치품(30m/공 기준)

공(개소)당

적용 조건	· 대상층별 20m이내 3개 층 · 부동지반까지 30m이내공		guide pipe	φ32mm	경사계에 추가		φ85mm pipe φ146 공경 별도	
			설치공	φ116×30m	φ116	φ131	ABS제 외 pipe· sondex별도	
종별	세 목	규 격	구분 단위	standard	φ48mm	φ70mm	비 고	
인 건 비	중급기술자	총 팔	인	0.25	0.1	0.1	기술 지도	
	고급기능사	시추기책	인	1.0	0.2	0.3	설치 점검	
	중급기능사	시추기능공	인	1.0	0.2	0.3	운반, 조립, 삽입, 설치	
	초급기능사	보 링 공	인	2.0	0.4	0.6	grouting, sealing	
재 료 비	가이드파이프	φ32mm(25)HI-3P	본	8.0	3.0	3.0	4m/본 with 내경 coupling	
	end cap	φ32mm용	개	2.0			bottom & cap용	
	spider(spring) magnet	▼ φ32mm용	개	3.0			φ85mm용 3EA 별도	
		▲ φ48mm용	개					
	datum(ring) magnet	▼ φ70mm용	개		1.0	φ85mm용 1EA 및 sondex용 소요량 별도		
		▼ φ32mm용	개	1.0				
		▲ φ48mm용	개					
	plate magnet	▲ φ70mm용	개		1.0			
	corrugated tube	외경φ300mm	개			소요량 선택사항		
	비	주입 호스	φ32, φ48, φ70용	m	30.0	30.0	30.0	공경별 선택사항
		grouting· sealing	poly φ20mm	m	35.0			· telescoping casing & coupling 소요시 별도 · sensing ring magnet 내장의 corrugated tube인 sondex system 별도
잡 재 료		재료비의	%	3.0	3.0	3.0		
동 력 비	경 유	80HP	ℓ	16.8				
	잡 유	경유의	%	20.0				
손료	시추장비	200m형set	일	0.5				
비고	적용성	가이드파이프와 magnet sensor와의 일치성에 의해 다양한 규격 활용						
	내경coupling	파이프 외경이 일치되고 내경이 거의 같은 가공관이음 coupling						

9.2.4.9 와이어식 다층이동량계

지표면 변위측정용 신축계(9.2.2.3)의 와이어(invar 강선)를 시추공내에 수직으로 설치하는 것으로, 와이어식 침하계(9.2.4.3)·공벽 앵커에 의한 와이어식 침하측정(9.2.4.7)을 응용하여 지층의 sliding면 이동을 직접 측정하는 방식이다.

설치방식은 예상되는 sliding면보다 1m정도 더 깊게 시추하고, 공저에 와이어보호관을 고정한다. 와이어 보호관에는 지층중의 각 심도 깊이 1m 마다 단계별로 와이어를 고정단으로 일체화시킨 지하부 다층이동량계가 공내에 내장되어, 지상부 스테인리스강제 다층신축계라 할 수 있는 측정장치와 연결되며, 지층 토층의 변위에 따라 이동·굴곡·절단되어 일어나는 와이어 신축량을 측정하여, 지층지층의 거동과 활동면 위치를 파악하게 되는 것이다. 측정수가 24channel 이하이면 외경 $\phi 48\text{mm}(\phi 40)$, 25~40channel이면 외경 $\phi 60\text{mm}(\phi 50)$ 의 파이프가 주로 이용된다.

다층이동량계(와이어식) 설치품

공(개소)당

종별	세 목	규 격	구분 단위	20channel φ48mm(φ40)	30channel φ60mm(φ50)	비 고
인 건 비	중급기술자	총 괄	인	1.0	1.5	기술 지도
	고급기능사	시추기책	인	2.0	3.0	설치, 점검
	중급기능사	시추기능공	인	2.0	3.0	삽입, 설치
	초급기능사	보 링 공	인	4.0	6.0	grouting
재 료 비	지상부 다층이동량계	▼ 20channel	set	1.0	1.0	스테인리스강제 측정기 with pulley & scale 와이어 & 보호관(φ40· φ50) 1m간격 고정단 일체화
		▲ 30channel	set			
	지하부 다층이동량계	▼ 20channel	set	1.0	1.0	
		▲ 30channel	set			
	주입 호스	poly φ20mm	m	25.0	35.0	별도 부표
	sealing	grouting	m	20.0	30.0	
	모 래		m³	0.1	0.1	
	커 버	보호상자	개	1.0	1.0	
	설치대	지상부	set	1.0	1.0	
	잡재료	재료비의	%	3.0	3.0	
동력비	경 유	80HP	ℓ	33.6	50.4	
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	
손료	시추장비	200형set	일	1.0	1.5	
비고	설치공시추	별 도		φ86mm×20m	φ116mm×30m	공경×심도

9.2.4.10 파이프 변위계(지중변위계)

시추공내에 변형계(strain gauge)를 부착한 flexible pipe를 삽입·매설하여, 지중 수평변위에 의한 파이프 굴곡현상을 측정하는 것으로, 주로 landsliding 지역에 대한 현장답사·각종의 조사·시험자료 검토결과로 예상 활동지반에서의 파괴이전 수평변위 분포상태와, 전단파괴시의 지중 sliding면 위치·규모·활동상황을 조사하여, 효과적인 대책공법 설계와 역지공 시공이 가능토록 하는 계측의 한 방식이다.

설치방식은 sliding 위치가 예측되는 심도까지 3개소이상 지점에 $\phi 86\text{mm}$ 이상 공경으로 시추하고, 외경 $\phi 38\text{mm}$ (호칭경30) 이상 · $\phi 48\text{mm}$ (호칭경40) · $\phi 60\text{mm}$ (호칭경50) 정도의 경질 PVC 파이프 둘레에 0.5~2m 간격으로, 예측 sliding 축방향과 직교하는 방향에 부합되도록, 방수성이 좋고 내구성이 1~2년 정도되는 우수한 1대2매형 strain gauge를, 각각 대칭되도록 최대 1개점에 4매를 접착제로 부착하여 최소 5개점 정도로, 파이프를 5m 이상 공저에서 조금 뜨게 삽입하여 자중에 의해 처지지 않도록 하고, 모래 또는 고화성 재료로 공극을 충전하고, 지표상부는 정방형 concrete pad(두께; 10cm 이상, 면적; 30cm×30cm 정도)를 cementing으로, 파이프와 lead선을 고정설치하는 것이 일반적인 방식이다.

측정은 축방향 1대2매 게이지의 공통 lead선을 지시기의 공통용 단자에, 나머지는 측정 및 보상용 게이지 단자에 각각 알맞게 접속하는 정변형 측정기로 게이지의 출력 전압을 측정하여, flexible pipe의 굴곡상황으로부터 sliding면과 활동지반의 전단파괴 상황을 예측하고 파악하는 계측이다.

지중파이프변위(strain gauge) 설치품

공당

조건	·500m이내 landsliding지역		설치공	$\phi 66 \times 20\text{m}$ $\times \phi 38(30)$	$\phi 86 \times 30\text{m}$ $\times \phi 48(40)$	$\phi 116 \times 30\text{m}$ $\times \phi 60(50)$	공경×심도×외경(내경)
종별	세 목	규격	구분 단위	0.5×1×1	1.0×1×2	2.0×2×4	간격 · 방향 × gauge수
인 건 비	중급기술자	총 괄	인	0.75	1.0	1.2	기술 지도
	고급기능사	시추기책	인	1.5	2.0	2.4	설치 점검
	중급기능사	시추기능공	인	1.5	2.0	2.4	운반, 조립, 삽입
	초급기능사	보 링 공	인	3.0	4.0	4.8	설치grouting
재 료 비	변위및중간 파이프와 소켓	▼ $\phi 38(30) \times 0.5\text{m}$ $\phi 48(40) \times 1\text{m}$ ▲ $\phi 60(50) \times 2\text{m}$	본 본 본	41.0 	 31.0 	 16	with socket 40EA with socket 30EA with socket 15EA
	strain gauge	파이프 변위용	매	40.0	60	60	접착형
	케이블	lead선	m	355	533	1065	
	필 터		m	100	150	200	
	절연테이프		개	6.0	12.0	15.0	
	접착제		개	0.5	1.0	1.5	
	주입 호스	poly $\phi 20\text{mm}$	m	25.0	35.0	35.0	
	모 래	충 진 재	m ³	0.05	0.1	0.15	filling
	물 탈	30cm×30cm×20cm×1.1	m ³	0.02	0.02	0.02	공입구 막음 pad
	보호박스	50cm×50cm×30cm	개	1.0	1.0	1.0	
	잡 재 료	재 료비의	%	3.0	3.0	3.0	
동 력 비	경 유	80HP	ℓ	26.9	33.6	33.6	
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	
손료	시추장비	200형set	일	0.8	1.0	1.0	

9.2.4.11 삽입식 경사계(inclinometer)

지반지중의 수평변위를 파악하기 위한 계기 설치는 $\phi 66\text{mm}(\phi 48\text{mm}\text{용}) \cdot \phi 86\text{mm}(\phi 70\text{mm}\text{용}) \cdot \phi 116\text{mm}(\phi 85\text{mm}\text{용})$ 설치공 내에, 상호 직교하는 내벽 4방향 guide rail의 가도관(경사계용 파이프)을 이음쇠(coupling)로 연결하여 end cap으로 막아 부동지반의 공저에 고정 매설하고, 지상에서 roller가 부착된 길이 50cm이상(보통 74cm정도)의 경사계 probe를 삽입하여, 0.5~1.0m 마다의 각 심도에서 공내의 경사량과 방향을 연속적으로 측정하고, 지중 수평의 X·Y 방향을 구하여, 연약지반의 성토안정·흙막이벽의 시공관리와 미약한 활동지반의 sliding 측정자료로 활용하게 된다.

가도관의 재질은 ABS레진이 일반적이거나 알루미늄·스테인리스강 제품도 이용되고, 구경은 $\phi 70\text{mm}$ 가 표준형이나 $\phi 48\text{mm}(\text{small}) \cdot \phi 85\text{mm}(\text{large})$ 의 원형관과 일변 75mm의 정방형 금속각관도 이용된다. ABS casing & coupling의 연결방식은 o-ring seal을 이용한 quick connect(QC: $\phi 70 \cdot \phi 85$), 2 nylon shear-wire flush joint($\phi 70 \cdot \phi 85$), standard flush joint($\phi 48 \cdot \phi 70 \cdot \phi 85$), EPIC coupled($\phi 70$), oversize coupling(CPI; $\phi 48 \cdot \phi 70 \cdot \phi 85$), telescoping($\phi 48 \cdot \phi 70 \cdot \phi 85$) type 등으로 아주 다양하다. 케이싱의 길이는 10feet가 표준이나 5feet가 부재로 이용되며, telescoping coupling의 길이는 6inch(15cm)로 신축성이 있어 큰 침하에도 대처가 가능하다.

삽입식(수동식) 경사계 설치품(30m/공 기준)

공(개소)당

조건	· 심도30m · ABS 가도관 이용		시추공경	φ66	φ86	φ116	φ131	금속제별도	
종별	세 목	규 격	구분 단위	φ48, 표준	φ70, 표준	φ85, QC	φ85, tele	비고	
인 건 비	중급기술자	총 팔	인	0.4	0.5	0.5	0.75	기술지도	
	고급기능사	시추기책	인	0.8	1.0	1.0	1.5	설치, 점검	
	중급기능사	시추기능공	인	0.8	1.0	1.0	1.5	삽입, 설치	
	초급기능사	보 링 공	인	1.6	2.0	2.0	3.0	grouting	
재 료 비	원형ABS 케이싱 & (ℓ=3m) other's	▼ φ48 표준형 φ70 표준형 φ85 QC형 ▲ φ85 tele형	본 본 본 본	11.0	11.0	11.0	11.0	with coupling & end cap (1EA)	
	rivet	알미늄1000개들이	box	0.1					0.15
	주입hose	poly, φ20mm	m	35.0	35.0	35.0	35.0		
	protective cover	steel box	개	1.0	1.0	1.0	1.0		
	sealing	grouting	m	30.0	30.0	30.0	30.0	별도부표	
	잡 재 료	재료비의	%	3.0	3.0	3.0	3.0		
	동 력 비	경 유	80HP	ℓ	16.8	26.9	26.9	33.6	
		잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	20.0	
손료	시추장비	200m형set	일	0.5	0.8	0.8	1.0		
비고	별도사항	층별침하 tunnel line twisting점검	복합 상부	plate magnet설치(차상크기 시추공경) inorex system (ring sensor) 수동 spiral sensing					
	호 환 성	적용방식	파이프, coupling, 심도, 공경에 따라 가감적용						

수동계측 방식인 삽입식에는 계측공경을 한 단계 넓히고, 경사계관 외부에 각종 규격의 층별 침하 측정용 magnet sensor를 부착하여, 경사와 층별침하를 복합하여 측정하는 방식도 흔히 이용되며, 설치된 가도관의 twist 상황은 수동의 spiral sensor로 확인이 가능하고, 터널 line 상부에서는 increx system 방식을 활용하기도 한다.

9.2.4.12 고정식 경사계

초연약지반 등에서는 변위가 과도할 경우, 수동삽입식 probe를 공내에 삽입하는 데에는 한계가 있으므로, 보다 높은 정밀도의 수평변위를 상시 검지하기 위하여서는 자동계측시스템인 고정식이 선택된다.

고정식은 여러 개(보통 12개 정도가 한계)의 경사센서를 가도관내에 1~2m 간격으로 배치하고 지상의 측정기록 장치와 연결하게 된다. 이때 케이블·파이프·연결기구·와이어 등을 공내로 삽입 설치하여야 하므로 적절한 구경과 센서 수량을 고려하여야 하며, 배치길이의 한계·설치난이도·회수불능 등에 수반되는 고비용 부담으로 자동계측 시스템에 주로 선택되며, 큰 침하에도 대처할 수 있는 telescoping방식(φ85mm 구경, φ70mm도 활용)이 주로 이용된다.

고정식(sensor) 경사계 설치품(30m/공, 10EA sensor 기준)

공(개소)당

적용 조건	· 상호대치, 혼용, 선택		적용구분	φ116, IPI	φ131, IPI	φ146, sled beam	설치공경, 센서
종별	세 목	규 격	구분 단위	φ70·wire	φ85·telescope	φ85·oversize	비 고
인건비	중급기술자	총 팔	인	0.75	1.5	1.25	기술지도
	초급기술자		인	1.5	3.0	2.5	설치, 점검
	고급기능사	시추기책	인	1.0	1.5	1.0	센서연결
	중급기능사	시추기능공	인	1.0	1.5	1.0	설치
	초급기능사	보 링 공	인	3.0	6.0	5.0	운반, 삽입, 설치
	특수인부	일용 노무직	인	3.0	6.0	5.0	
재료비	ABS casing (ℓ=3m) & coupling·end cap	▼ φ70 wire	본	11.0			규격별, 방식별
		φ85 표준	본			11.0	
		▲ φ85 tele	본		11.0		
	고정식	▼ IPI	set	10.0	10.0		
	센서	▲ tilt (sled)	set			10.0	vertical with cable
	와이어	sus φ $\frac{1}{8}$ "	m	35.0	35.0	35.0	
	주입 호스	poly φ20mm	m	35.0	35.0	35.0	
	보호커버	steel box	개	1.0	1.0	1.0	
	sealing	grouting	m	30.0	30.0	30.0	별도부표
	잡재료	재료비의	%	1.0	1.0	1.0	
동력비	경 유	80HP	ℓ	50.4	67.2	50.4	
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	
손료	시추장비	200형set	일	1.5	2.0	1.5	
비고	적용성	센서 설치	30m/공에서 10EA 센서 20m 이내에 균등 설치 센서 종류 간격에 따른 심도·공경과 수량에 따라 가감적용				

고정식은 고정식 profiler의 수직설치 방식으로, vertical IPI sensor를 설치하거나 tilt sensor가 내장된 sled sensor beam을 설치하는 2가지 방식이 있으며, 필요에 따라서 biaxial·uniaxial sensor가 선택되고, 흠막이벽의 변위나 옹벽·널말뚝·산사태의 파괴면 추적 등에 삽입식과 같은 목적으로 활용되며, 자동화 계측이 특징적이나 고비용 부담은 가장 큰 단점이다.

9.2.4.13 간극수압계(piezometer)

지반에 작용하는 압력은 크게 토압과 수압으로 분류할 수 있으며, 토압은 간극수압을 포함한 진토압과 간극수압을 제외한 유효토압으로 나누며, 수압은 정수압과 간극압으로 나눌 수 있다. 일반적으로 간극압이란 지반 내 존재하는 공기나 물에 작용하는 압력으로 공기에 작용하는 압력을 간극공기압, 간극수에 작용하는 압력을 간극수압으로 분류하게 되며, 물의 침투나 흡입자의 변위 등에 의해 발생하게 되며, 통상적으로 간극공기압은 무시하게 된다.

지반의 간극수압 측정은 성토나 구조물 침하의 안정성과 landsliding 대책·토공 굴착시의 배수 검토 등에 필수적인 기초 데이터이며, 유효응력에 기인한 지반 모델의 검토와 압밀침하 해석에도 활용되고, 동적간극수압 측정으로 과잉간극수압의 역학에 기인되는 지진시의 액상화 현상 유무도 판정하게 된다.

간극수압계는 압력계의 일종이며, 수압만을 측정하도록 필터와 일체화되어 있어서, 수침·boiling·진공 펌프 등을 이용해서 기포를 철저히 제거하는 것이 필수적이며, 변형 게이지형(4 core)·차동트랜스형(6 core)·calson형(4 core) 등의 전기식과, 공기식(pneumatic)·진동현식(VW : vibrating wire)으로 분류되며, 삽입형과 매설형으로도 구분된다.

측정은 투수성에 따라 그 측정방법이 다르다. 투수성이 높은 모래나 자갈층에서는 상층과의 차수가 불가능하므로 지하수위계로 수두를 측정하지만, 투수성이 낮은 점성토층은 지하수의 흐름이 둔하고 수압이 낮으므로 간극수압계로 측정한다.

설치방식은 공저로부터 1m정도 띄워서 설치하고, 측정값의 변화가 없는 안정수위를 구해서 간극수압을 측정한다. 수위계도 지하수위의 변화를 측정하여 지반의 지지력 저하·구조물의 침하·지하수 유로의 재편성에 의한 고갈·부력(양압력 : 지하수위 변동)에 의한 구조물 변형 등의 영향검토 요인으로, 강우량 관측 결과와 함께 자료가 제공되면 효과적이다. 간극수압계 설치하는 sand filter층과 상부의 bentonite grout 차수층 처리로, 공내 벽면 지층간의 간섭이 차단되도록 주의하고, 수위계는 stand(riser) pipe 주변 공극에 모래를 충전하여, 수위(수두) 변화에 영향이 없도록 주의해야 한다.

측정결과는 말뚝의 negative friction이나 시공시의 안정성 검토와 토공 굴착시의 피압 대수층 여부, piping·boiling의 예견, 배수공법의 판단 기초데이터, 점성토층의 압밀상태를 파악하여, 주변 지반의 침하 예상·간극수압 변화에 의한 landsliding 여부도 예측하게 된다.

액상화는 지진 진동을 대상으로 진동수 측정범위 0.1~20Hz로 하여, 유효 흙 피복압력에 대한 과잉간극수압의 비로 정리하여 액상화 유무를 판정한다.

사질토 지반에서는 소산이 쉽게 일어나지만, 점성토 지반의 경우는 진동시의 간극수압 상승뿐만 아니라, 진동 정지후의 잔류수압 소산에 의한 압밀현상이 일어나기도 한다.

삽입형(push-in type)은 cone형으로 rod와의 연결을 위한 나사형이며, 매설형은 봉형으로 제작되어 있다.

간극수압계(sensor식) 설치품(20m/공, 1EA sensor 기준)

공당

종별	세 목	규 격	구분 단위	진동현식	공기식	전기식	비 고
인 건 비	중급기술자	총 팔	인	0.2	0.3	0.25	기술지도
	고급기능사	시추기책	인	0.4	0.6	0.5	설치 · 점검
	중급기능사	시추기능공	인	0.4	0.6	0.5	운반 · 조립
	초급기능사	보 링 공	인	0.8	1.2	1.0	삽입 · grouting
재 료 비	간극수압계 센서 with 25m cable	▼ VW sensor pneumatic	set	1.0			piezometer tip with 4-core cable
		▲ electrical	set		1.0	1.0	
	twin tube	pneumatic용	set		1.0		
	filter bag	package	개	1.0	1.0	1.0	w/connector
	pellet	23.5kg/DM	D/M	0.1	0.1	0.1	bentonite
	주입 호스	poly φ20mm	m	25.0	25.0	25.0	
	sealing	grouting	m	20.0	20.0	20.0	별도 부품
	보호파이프	φ48mm×3.6t×4m	본	1.0	1.0	1.0	with socket
	잡 재 료	재료비의	%	1.0	1.0	1.0	
동 력 비	경 유	80HP	ℓ	13.4	13.4	13.4	
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	
손료	시추장비	200m형 set	일	0.4	0.4	0.4	
비고	적 용 성		센서종류, 심도, 공경에 따라 가감적용				φ86mm ~ φ116mm

9.2.4.14 지하수위계(water level meter) 설치품(10m/공 기준)

공당

종별	세 목	규 격	구분 단위	수동측침식	센서식	자기기록식	비 고
인 건 비	중급기술자	총 팔	인	0.063	0.1	0.2	기술지도
	고급기능사	시추기책	인	0.25	0.4	0.8	설치, 점검
	중급기능사	시추기능공	인	0.25	0.4	0.8	운반, 조립
	초급기능사	보 링 공	인	0.5	0.8	1.6	삽입, filling
재 료 비	stand pipe	φ48mm×3.6t	m	10.0	10.0	10.0	with socket riser pipe
	filter tip	strainer	본	1.0	1.0	1.0	casagrande type
	수압센서	전기식	set		1.0		with 15m cable
	와이어강선	▼ sus φ $\frac{1}{8}$ "	m		10.0		센서고정
		▲ sus φ0.063×30m	roll			1.0	invar강선
	plotter	φ32mm중추포함 특수 펜 포함	set			1.0	자기기록장치
	보호커버		set	1.0	1.0	1.0	
	잡재료	재료비의	%	3.0	3.0	3.0	
동 력 비	경 유	80HP	ℓ	6.7	10.1	10.1	
	잡 유	경유의	%	20.0	20.0	20.0	
손료	시추장비	200형 set	일	0.2	0.3	0.3	
비고	적용성	측정 방식		수동	자동	반자동	φ66mm ~ φ86mm
			설치심도, 공경과 측정방식에 따라 가감적용				

9.2.5 토압측정

지반에서의 토압측정은 토사붕괴나 구조체 벽면에 작용하는 것과, fill dam · 흙 구조물 · 조성 지반 및 기초지반의 흙 속에 작용하는 3차원적인 응력상태를 파악하는 것이다. 토압은 수압 · 간극수압과 함께 토중토압으로 작용하므로, 구조체 및 인접구조물의 기초하중 · 지표적재물 등에 의한 지중응력 등 전체적인 하중토압이 결합된 전응력으로 나타나게 된다.

토압측정은 구조물 설계타당성과 적용한계 검증 및 시공과정과 완공 후의 안정관리 및 경제성을 고려한, 다음단계에서의 최적설계 · 시공관리 및 새로운 공사설계에 유용하게 활용된다.

계측기종은 수압판에 작용하는 토압에 의한 힘(압력)의 역제로 변환되는 간접방식과, 수압판 변위를 전기신호로 변환하여 힘을 측정하는 직접방식이 있으며, 공내수평재하시험은 PMT와 manometer형의 압력수 주입형 간극수압계와 같이 간접적으로 정지토압을 구하는 방식과, 매설형 토압계 및 원지반에 직접 삽입하여 토압을 측정하는 DMT · ISB · tapered blade 등이 직접적인 방식으로 분류되고, 이는 이미 현장원위치시험에 언급되어 있다.

9.2.5.1 토압계(total earth pressure cell)

직접방식의 매설형 토압계는 토입자 50배 이상 직경의 수압판으로부터 압력을 검출하게 되며, 정밀도와 신뢰성이 높은 우수한 수압기이고, 변환방식은 진동현식과 공기식의 transducer type이 일반적이다.

설치방식은 상재하중의 수직방향 토압측정이지만, 2차원 상태의 임의의 면에 작용하는 토압까지를 구하기 위해 다수를 한 곳에 설치하는 예도 흔하다. 설치코자 하는 굴착된 지반에 모래나 채로 친 흙을 포설하고 충분히 다진 후, 하중판(steel base plate : 1m×1m×16mm정도)을 토압계가 움직이지 않도록 고정하고, 상재하중에 의한 판의 변형을 감지하기 위한 2축 tiltmeter도 함께 설치하여, 다시 모래 · 흙으로 signal cable까지 매설완료하고 초기값을 측정한 후, 매립 단계에 따라 하중토압을 측정하게 된다.

9.2.5.2 벽면(체) 토압과 간극수압 측정

지중에 구축되는 구조물에 작용하는 지중응력의 수평성분이 측방하중으로 작용하여, 측압(lateral pressure)으로 지하벽(지하연속벽)이나 옹벽 · 흙막이 방지벽 · 널말뚝 등 가설구조물에 작용하게 되므로, 토압과 간극수압 측정이 시공관리 · 설계확인 · 자료확보 · 유지보수 · 안전관리의 한 수단으로 반영되게 된다.

특히 응력이나 변형이 커지는 연약한 충적 점성토지반이나 지하수위가 높은 사질지반에서는, 위치 · 측정방식과 빈도에 따른 용량과 기종선정 및 설치방법에 특히 유의해야 한다.

RC 지중벽에의 설치에는 보통 80cm×50cm×9mm의 설치용 철판에 유압 jackout형 토압계 · (간극)수압계를 bolt로 일체화하여 철근망에 고정하여 건입한 후, 콘크리트 타설 전 jackout하여 굴착측이나 배면에 확실하게 접촉시킨다. 짙은 stroke가 충분히 긴 것을 이용해야 한다. steel pile이나 강관 널말뚝에서는 곡면부 설치개소를 wire mesh와 고무판으로 기기를 cover하고, 철근(φ16mm) · 철판의 protector와 capture code (lead선 및 유압hose 등) 보호용 파이프(φ2") 등을 용접으로 알맞게 설치하여, 강재 타입시에 손상되지 않도록 유의해야 하고, 건물의 지하벽이나 옹벽 등 구조물에서는 구조체의 벽면과 수압면이 동일면이 되도록, 석고나 몰탈을 채우고 code pipe와 함께 거푸집에 고정시켜서, 콘크리트 타설에 의한 손상이 없도록 세심히 주의해서 설치해야 한다.

토압계 설치품

개소(기)당

적용 조건	· sensor cable code 포함 · 벽체con'c 타설전 구조체에 설치		설치대상	성토지반	GL-20m	GL-5m	설치위치
			설치개소	성토하중	연속벽체배면	철강제말뚝벽면	code보호별도
종별	세 목	규 격	구분 단위	토압계	연속벽 벽체	sheet pile 벽체	비 고
인 건 비	중급기술자	용접공 일용 노무직 일용 노무직	인	0.167	0.222	0.167	기술지도
	초급기술자		인	0.5	0.667	0.5	설치 점검
	중급기능사		인		0.4	0.3	기기부착, 설치
	특수인부		인	0.5	0.667	0.5	운반, 터파기
	조 력 공		인	1.0	0.333	1.0	고르기,포설설치
재 료 비	토압계 (pressure cell)	▼ $\phi 9'' \times 11t$ ▲ jackout cell	set	1.0			with sensor & connecting tube, code
	cable		set		1.0	1.0	충분한 소용량
	tiltmeter	고정식 경사계	m	15.0	25.0	15.0	선택사양
	수압계		set	1.0			with cable
	유압 잭	설치용	set		1.0		with hose
	steel plate (설치용판)	▼ $80cm \times 50cm \times 9t$ ▲ $1m \times 1m \times 16t$	set		1.0		토압+간극용
	steel protector	$25^{cm} \times 9^{cm} \times 80^{cm} \times 9t$	set	1.0			total토압용
	steel 전선관	$\phi 1''$ with socket	set			1.0	철근등 잡철물포함
	모 래		m	10.0	20.0	10.0	code 보호용
	잡재료	재료비의	m ³	0.5			포설용
			%	1.0	1.0	1.0	
손료	hand pump	유압	일		0.1		철근망 설치후
비고	설치단계	터파기,포설,용접	설치	원지반에설치	타설전 구조물에 cell설치		준비과정 포함
	설치개소 조건	설치심도	센서종류 에 따라 가감적용				

9.2.5.3 하중계(load cell)

가시설 흙막이 벽에 작용하는 측압하중(토압+수압) 측정은, 터파기 진행에 수반되는 지하수나 지반상황의 변화와 흙막이 벽의 변형에 의한 토압의 재분포에 의한 분담벽면 하중을 파악하고, 안정성을 확인해야 하는 안전관리의 한 수단이며, 버팀대(strut)용 원주형과 earth anchor 공 및 암반사면의 rock bolt 축력 측정에도 적용할 수 있는 center hole형이 일반적이다.

일반적인 load cell의 공법별 적용특성

공법별	버팀대(strut)용 원주형	earth anchor(rock bolting)용 center hole형
축력방향	버팀대에 작용하는 수평측압 하중	앵커 정착제와 head 간의 인장력
설치위치	잭과 버팀대 사이에 개재	띠장에 부착 설치된 bracket와 anchor head 간의 상·하 가압판 받침대(bearing place) 사이에 삽입
비 고	상대적으로 대형	상대적으로 소형이나 용량과 규모가 매우 다양한 (rock bolt 축력용) 원통형

하중계의 원통은 하중이 cell의 관통구멍에 장착된 strain gauge에 균등하게 등분되어 작용하도록 한 구조이며, 3·4·6·8·10point 등분형으로 다양하나 3point형이 일반적이며, 설치시 편심하중이 일어나지 않도록 주의하여야 한다.

load cell은 그 용도(anchor·strut)와 하중(100톤~200톤)과 설치장소에 따라 가압판 형태(원형, 사각)와 크기 등이 상호 부합되어야 하고, 센서의 종류(진동현식, 전기식)에 따라 측정기기(read out unit)가 선택된다.

하중계(load cell) 설치품

기(개소)당

종별	세 목	규 격	구분 단위	원통형 (strut)	centerhole형 (anchor)	비 고
인 건 비	중급기술자	일용 노무직	인	0.25	0.125	기술지도
	초급기술자		인	1.0	0.5	설치, 점검
	특수인부		인	1.0	0.5	운반, 설치
	조 력 공		인	2.0	1.0	
재 료 비	하중계 (load cell)	▼ 원통형	개	1.0	1.0	3-point, 센서별
		▲ center hole형	개			상호호환성, 용량별
	가압판 (bearing plate)	▼ strut전용 4각형	조	1.0		cell과 고정식
		▲ 원형상·하1조	조		1.0	load cell과의 일체성
	anchor head	strand용	개		1.0	strand code수 참조
	잡 재 료	재료비의	%	2.0	2.0	
비고	적용성	다양한 cell의 종류와 측정개소별 거리에 따라 가감적용				

9.2.6 구조물 및 구조체 변형 특성

구조물의 변형도 대부분 기초지반의 변화 영향에 기인되고, 구조물 자체의 재료 특성과 지반에 미치는 동적 특성인 지진·기상(바람·기온·천동·낙뢰·강우)·조류(파랑·조석·해류) 등 지구환경적인 영향에 의해서도 발생되므로 지반변위와 불가분의 관계이지만, 구조체 자체의 직접적인 변형이 주 계측 대상이 되는 항목들을 분리하여 취급코자 한다.

지반에서는 하중이나 압력에 의한 변형이나 변동량이 주 대상이 되어 상대적으로 큰 변화가 발생되지만, 구조물에서는 이의 영향과 함께 구조체 재료 부재 특성에 의한 미량의 변위측정도 대상이 된다. 이의 측정에는 변형계(strain gauge)의 소자·단자 종류를 활용한 센서를 이용한 방식과 차동트랜스형(transducer) 변환방식이 상호 응용된 변환기기와 센서를 이용한 방식 등이 대부분이고, 아주 다양한 종류의 기기가 활용되고 있다.

9.2.6.1 변형계(strain gauge)

strain gauge는 기계·선박·항공기·차량 등과 토목·건축 및 의료분야에 이르기까지 센서의 검출소자로 광범위하게 사용되고 있으며, 특히 토목계측에서는 빌딩·교량·터널·파이프라인 등의 구조물 시공에 수반되는 주열식연속벽(SCW; soil cement mixing wall)·제자리 말뚝공·횡널말뚝의 H-pile과 버팀보(strut)용 H형강·sheet pile 등의 응력·축력 측정에 여러가지 형태로 다양한 개소에서 활용되고 있다.

strain gauge의 형태는 소자의 종류·개수·배치형태와 게이지의 길이·측정대상을 고려한 회로 특성과 결선방법에 의한 측정내용을 파악하여, 이에 적합한 센서를 선택하고 이를 계측 목적에 알맞게 적용하고 설치해야 한다.

설치방식은 지중변위에서의 파이프 변위계와 같이 게이지 단자를 강력 접착제로 PVC 파이프나 판에 고정시키는 접착형을 비롯하여, 주로 철재 beam이나 파이프에 나란히 포개어 표면에 부착하고 방수·방습용 커버를 bending하는 점용접형(spot-weldable), 고정 jig 등(surface mounting block)을 용접한 후 여기에 변형계를 bolting·bending으로 고정하는 arc-weldable dummy 설치형, 콘크리트 수화열에 의한 응력 측정용의 flange형과 무응력(no-stress strain)용 등의 일체화된 dummy를 콘크리트 구조체 내에 내장시키는 매설형(embedment) 등이 있으며, 이외에도 온도센서(thermister)의 내장여부 및 열전대 방식 등과 함께 설치대상 구조체의 인장(tensile)·압축(compressive) 응력을 측정하게 되는 것 등도 이들 분류에 포함시키기도 한다.

특히 버팀보 등 H형강 부재에서는 부재 자체의 응력으로 버팀보의 축력하중을 계산하게 되고, load cell과 함께 압축·인장의 휨응력이 동시에 작용하여 응력분포가 일정하지 못하므로, 예측되는 축력 분포에 따라 측정단면에 다수의 게이지 설치가 요망되기도 한다.

strain gauge는 비교적 저렴하고 정밀하므로, 각종의 측정장치에 다수의 소자와 단자가 1·2·3 축으로 복합 삽입되어, lead선 배열에 따라 여러 종류로 활용되고 있으며, 철근계(rebar stress meter)·wire strandmeter·rock bolt 축력계 등 각종의 측정장치에 이용되어 그 종류가 아주 다양하다.

변형계(strain gauge) 설치품

개소당

종별	세 목	규 격	구분 단위	점용접형	설치형	매설형	무응력	비 고
인 건 비	중급기술자		인	0.067	0.1	0.167	0.25	기술지도
	초급기술자		인	0.2	0.3	0.5	0.75	설치,점검
	중급기능사	용접공	인	0.2	0.3	0.5	0.75	용접설치
	초급기능사	배관공	인	0.4	0.6	1.0	1.5	배선,배관
재 료 비	strain gague (sensor) with 2m cable	▼ spot weldable arc weldable embedment	개 개 set	2.0	1.0	1.0		표면부착 dummy
	cable	▲ no-stress ▼ 4core	set m		25.0	25.0	1.0 25.0	
		▲ lead선	m	25.0				충분한 소요량
	steel 전선관	φ1 " with socket	식	20.0	20.0	20.0	20.0	
	소모재료	용접봉,전기,gas등	식	1.0	1.0			
	잡 재 료	재료비의	%	2.0	2.0	1.5	1.0	
손료	portable welder	용접장비		0.05	0.05			
비고	적용성	센서종류, 설치방식의 호환성과 소요량에 따라 가감적용						

9.2.6.2 철근계(rebar stressmeter)

철근계는 변형계의 일종으로 철근 응력 측정용이며, 철근의 규격별로 그 종류가 다양하게 제작되어 있다.

철근계는 벽체의 응력 측정용이며, RC연속지중벽(slurry wall : S/W)의 철근망에서는 콘크리트의 선팅창율이 달라 수화열에 의한 응력이 발생하고, 벽체 시공후에 지반개량이나 pile공사가 시공되면 변위가 생기고 응력이 발생되어 콘크리트에 균열이 생길 수 있으므로, 이에 대한 품질관리를 위해 계측이 필요하게 된다.

철근계는 대부분 온도측정 기능이 내장되어 있어서 열응력 측정이 가능하며, 설치도 가스 압접 · sleeve · wiring(결선)방식 등으로 다양하다.

9.2.6.3 온도계(temperature gauge)

구조물의 구조체나 재료 및 부재의 변형은 온도변화에 민감하게 반응하므로 온도계가 수반되며, 이는 금속의 선팅창계수 차이를 이용하여 온도를 측정할 수 있는 고감도의 센서이다.

온도응력은 토질 · 흙막이 등바리의 종류 · 시공상황과 H-beam의 구속여부에 따라 서로 다르게 나타나고, 부재온도는 옥외 일사의 영향을 받기 때문에 부재의 길이 · 방향 · 단면 위치에 따라서도 다르게 나타나며, 일별 · 월별 · 계절별로도 차이가 많아 기온의 변동과 밀접한 상관관계를 가진다.

대규모 지하공사인 가스 비축기지 저장탱크 공사에서는, 설치형 변형계의 자동화 계측이 종합적인 안정관리상의 수행과정에서 온도계가 필수 계측기종이며, 열전대식 온도계도 선택되어 함께 활용된다.

구조물 변형 측정기기(철근계 · 온도계 · 열전대) 설치품

point당

종별	세 목	규 격	구분 단위	철근계	온도계	열전대	비 고
인 건 비	중급기술자		인	0.063	0.05	0.1	기술지도
	초급기술자		인	0.25	0.2	0.4	설치, 점검
	중급기능사	용접공	인	0.25	0.2	0.4	용접, 설치
	초급기능사	배관공	인	0.5	0.4	0.8	배선, 배관
재 료 비	철근계	with 3m cable	개	1.0			D10~D32용 각종 -20℃~+80℃ 0.32 & 0.65 충분한 소요량
	온도계	with 3m cable	개		1.0		
	열전대		point			1.0	
	cable	4core	m	25.0	25.0	25.0	
	steel 전선관	φ1" with socket	m	20.0	20.0	25.0	
	소모재료	설치, 부착재	식	1.0	1.0	1.0	
	잡재료	재료비의	%	2.0	2.0	2.0	
손료	용접기		일	0.05			

9.2.6.4 수직경사계(tiltmeter)

벽체의 상대적인 수평변위량을 파악하기 위한 경사계는 지중수평변위 측정의 삽입식·고정식경사계와 같이 가도관을 이용하는 것이며, 철제 4각관을 철근망에 용접하여 벽체가 콘크리트로 타설 설치된 후에, 철제 관내에 가도관을 설치하고, 삽입식 또는 고정식을 필요에 따라 선택하여 RC연속지중벽의 전체 변위상태를 확인하는 방식이다.

단일센서의 거치형 tilmeter는 철근망에 설치하는 고정식(형)경사계로 철근계와 함께 콘크리트 내에 매설되어 매 벽체마다의 변위를 파악하게 되는 방식이다.

portable tilmeter는 구조물 표면에 tilt plate만을 접착제나 나사못으로 고정해 놓고 수동계측하는 방식이다.

구조물 tilmeter는 벽체·교각·pile 등의 수직변위를 계측하기 위해 센서와 signal cable terminal을 상하로 내장시킨 vertical beam sensor형과, 교량 상판처짐 등의 수평변위를 계측하기 위해 수평으로 내장시킨 horizontal beam sensor형의 전기식 변환용이 있고, 교각 기울기 등을 signal point로 세워 설치한 수동의 삽입식과, 센서를 내장한 벽체 고정용의 monopod tilmeter등 다양한 형태와 방식이 이용된다.

차동트랜스(transducer)형 변환기를 이용한 거치형·내충격형 등도, 삽입형과 함께 벽면용·매설형 등의 종류로 분류되기도 한다.

tiltmeter(구조물 경사계) 설치품

기(개소)당

적용 조건	·건설, 토목, 구조물 계측 ·수직방향 설치기준		적용성 및 형식	연속삽입식	매설형	표면, 벽면 거치형		
				철제4각가도관	철근망,구조물	수동식	센서식	가도관
종별	세 목	규 격	구분 단위	수동식(20m)	매설형	portable	EL-monopod	수동삽입식
인 건 비	중급기술자	용접공 배관공	인	0.5	0.031	0.025	0.063	0.05
	초급기술자		인	1.0	0.125	0.1	0.25	0.2
	중급기능사		인	2.0	0.125			
	초급기능사		인	2.0	0.25	0.2	0.5	0.4
재 료 비	access pipe w/steel end cap	▼ 75 ^{mm} 정방향4각관	m	20.0				
	tilt plate	▲ ϕ70mmABS	m					2.0
	tiltmeter(sensor)	portable전용	개			1.0		
	with 3m cable	▼ 매설형	개		1.0			
	cable	▲ 거치형	개				1.0	
	steel 전선관	4core	m		20.0			
잡 재 료	설치용 부속품	ϕ1 " with socket	m		20.0			
	bracket & plate	재료비의	set				1.0	
손료	용접기r	용접장비	%	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0
손료	용접기r	용접장비	일	0.5	0.05			

9.2.6.5 균열측정계기(crack gauge & jointmeter)

건설토목 시공과정이나 지진 등 자연재해로, 건축구조물·콘크리트 구조체·도로 등 지반(암반) 표면부에 발생하는 균열과, 구조체 이음부·접속부 틈새의 상대적인 변위·변형 크기와 진행상태를 측정하는 계측방식이다.

전술한 landsliding 지역의 button식 깔판(9.2.2.6 : 지표면 변위)을 비롯하여, 각종 균열계(1·2·3축형)와 상대변위계(jointmeter or extensometer : 수직·수평)로 transducer·potentiometer·strain gauge 등 다양한 변환 방식으로, 이동량의 측정 한계(mm단위)·설치개소와 방법별(지표설치·매설)로, normal×parallel×perpendicular의 3개 jointmeter를 1개조로 한 perimetric jointmeter(3 dimension형)까지의 여러 형태 계기들을 mounting·bracket·flange로 bolting·grouting하여 고정하거나, portable fissure meter(dial gauge 측정형)나 submersible displacement transducer를 ball joint anchoring으로 설치하는 방식 등, 다양한 형태와 종류의 측정기기가 목적에 따라 선정할 수 있도록 제작되어 응용되고 있다.

가장 간단한 방식으로는 고정point(button type)를 표면에 부착하고 버튼 간을 vernier calipers 또는 micrometer로 측정하는 수동식이 흔히 이용된다.

구조물 균열측정계기 설치품

기(개소)당

종별	세 목	규 격	구분 단위	균열(crack)측정계기		상대변위(joint)계 (수직·수평)	비 고
				portable	고정식(2축)		
인 건 비	중급기술자	용접공 배관공	인	0.1	0.125	0.25	기술지도
	초급기술자		인	0.2	0.25	0.5	설치, 점검
	중급기능사		인	0.2	0.25	0.5	설치용접
	초급기능사		인	0.4	0.5	1.0	배선, 배관
재 료 비	crack gauge (meter)	▼ portable	set	1.0	1.0	1.0	표면설치형 with 3m cable
	jointmeter	▲ 2축형 고정식	set				
		수직, 수평 extensometer	set				
	cable 및 connector	4core	m		50.0	100.0	매설형 충분한 소요량
	전선관과 소켓	cable보호	m		48.0	96.0	
	보호 box		set	1.0	1.0	1.0	
	잡 재료	재료비의	%	5.0	5.0	3.0	
손료	용 접 기	portable	일	0.2	0.25	0.5	
비고	설치대상	적용기준		기종, 개소여건 방식에 따라 선택적용			

9.2.6.6 연통(수)관식 침하계(multipoint liquid level system)

건축물이나 지하구조물·터널·철도·도로·교량교각 등의 기존 구조체에 대한 근접시공시의 침하영향을 관측하기 위한 방식으로, 연통(수)관(tube)을 통한 동일 수위(수준) 형성의 원리를 응용하여, 구조체의 침하나 융기(heaving)에 따른 수위변동을 측정하는 것으로, 부동지반의 (자동)기준 (물)탱크로부터 각 측정점의 수준변위를 상대적으로 측정하게 되는 수성(관)식 상대변위 측정시스템이다.

침하계에 수위나 수압측정 센서를 내장하여, 더욱 정밀하고 용이하게 합리적인 계측이 되도록 제작된 수성(관)식과 수(액)압식의 센서식의 상대 변위계가 주로 활용되고 있다.

수압식은 기준점과 각 측정점 간의 수준차가 큰 경우와 인접된 근거리 시설물이라도 전망이 불가능한 기설 교각이나 지하구조체에 근접하여 시공할 경우와, 해저 shield tunneling line상의 해저면 변위 측정을 위하여, 액체침하계(liquid settlement cell : 9.2.1.5)의 댐체 zone간 설치방식을 천해저 지반에 적용하여, 다수의 침하계를 해저면에 설치하고, 측정작업대에 설치된 기준 침하계와의 상대적인 침하변위를 측정하도록 응용한 방식이 주로 활용된다.

연통(수)관식 침하계 설치품(센서간 30m×5EA/개소 기준)

개소당

종별	세 목	규 격	구분 단위	air 연통관식	센서식		비 고
				수관식 수동	수성식	수압식	
인 건 비	종급기술자		인	2.0	3.0	5.0	기술지도
	초급기술자		인	4.0	6.0	10.0	설치 점검
	중급기능사		인	4.0	6.0	10.0	설치 배선
	초급기능사		인	8.0	12.0	20.0	배관, 용접
재 료 비	air연통식침하계	수동식	set	5.0			수위식
	센서식침하계	▼ 수성식	set		5.0		수위식
		▲ 수압식	set			6.0	기준침하계부
	reservoir	liquid tank	대	1.0	1.0	1.0	기준 물탱크
	물 탱크	5m³	대	1.0	1.0	1.0	저장용 탱크
	펌 프	1HP	대	1.0	1.0		
	침하판	45 ^{cm} ×45 ^{cm} ×9 ^{mm}	개			6.0	steel plate
	연통수관	φ25mm tube	m	150+100	150+100	(100+100+50)×2	
	air hose	φ20mm	m	200	200	300×5	
	cable		m			1500	
	protective pipe		m			200	
	structure	terminal	set	1.0	1.0		
	측정대	수상구조물	set			1.0	
	data logger		set			1.0	
	잡 재 료	재료비의	%	3.0	3.0	3.0	
손료	설치작업용구	인건비의	%	3.0	2.0	2.0	
경 비	운반차량렌트	▼ 2.5t	일	1.0	1.5	2.5	
		▲ 4.5t	일			1.0	
	barge 리스		일			2.0	1/5월
	작업선렌트		일			5.0	교통선
비고	설치대상	적용기준		교량 교각 총거리 250m		천해저수상	

9.2.7 터널 계측

종방향 지하선형의 특수구조물인 터널에서, 굴착으로 인한 지반이완이 일어나기 이전에, 그 지반과의 유연성·부착성이 좋은 지보공을 설치하여, 굴착에 의한 응력·강도의 저하를 최대한 방지하고, 지반 자체의 지지력을 최대한 활용한 arch를 형성시켜서, 터널 시공의 안정성을 확보하기 위하여, 주변지반과 지보공의 응력·변위·거동을 파악하고 굴착시공을 제어·조정하기 위한 수단으로, 터널의 내공변위·지중변위·rock bolting 축력·shotcrete 응력 등의 지보공 변형과 주변지반의 변위에 대한 계측의 시행이 필요하게 되는 것이다.

터널의 설계·시공은 지반에 대한 사전 정보 획득에 한계가 있고, 굴착방법·시공순서·공정 관리·quality에 따라 응력강도 발생에 한계가 있으므로, 지반거동·지보공 효과·구조물 안정 상태·인접구조물의 안정성을 확인하고 대처하기 위하여서는, 변위의 영역·속도·가속도와 허용지지력을 파악하고, 이완영역 범위내의 지표부 침하·지중변화·터널 내공의 변위 등을 계측하여, 지보효과를 극대화하기 위한 지보의 수량 보완·공법의 개선변경·붕괴 붕락 등의 변형 파괴를 사전에 방지하여 안정성·경제성을 확보하고자 하는 것으로, 터널 시공관리 단계의 한 수단이다.

계측데이터는 터널 단면의 평형상태·변위속도·상대적인 변형과, 집중현상·단면폐합시기 결정 등 최종적인 변위량을 예측하고, shotcrete·rock bolt의 추가설치 여부와, 2차 콘크리트 lining 타설시기 판단 등, 시공의 안정성·지보효과·시공시기와 방법·붕괴 예측 등의 안정상태 파악에 최우선적으로 이용되며, 특히 터널 line 상부 지표부 지반 토피가 얇은 경우나, 고결도가 낮은 지반 또는 층리·절리·단층·파쇄대 등 붕괴 우려지역에서는, 이완영역 예상 지표면 직하부의 tunneling은 3주정도 이전에 grout anchor식의 다층지중변위계(9.2.4.2 : 4~6 stage borehole rod extensometer)와 침하핀(9.2.2.2) 또는 지표침하계(9.2.4.2)를 설치하여, 지표면의 침하변화와 지표에 미치는 이완영역을 감시하고, 터널에 작용하는 하중 영향에 의한 천단침하(tunnel roof settlement) 및 내공변위와, rock bolt의 적정길이·지보효과와 주변지반의 안전을 확인해야 한다.

지반 상황에 따라서는, 지반표면경사계(9.2.2.9)나 지중매설형경사계(embedment tiltmeter : 9.2.6.4)와 increx system(9.2.4.11) 등을 설치하나, 지중변위계를 자석식 층별침하계(9.2.4.8)로 tunneling에 의한 지반 이완상태 파악의 수단으로 대체하는 경우도 발생한다.

터널 계측은 그 규모와 환경조건에 의해, 계측의 목적·방법·설치위치·측정수단에 따라 상호보완적 관계로 선택되고, 선정된 대표 단면상에 주로 배열되며, 계측항목별·기기종류별·규모별로 설치난이도에도 큰 차이가 있다.

터널 내공폭에 따른 보정

내공폭(m)	8이하	8.1~12	12.1~16	16.1~20	20.1이상
보정계수	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6

9.2.7.1 천단침하 및 내공변위계

내공변위를 측정하기 위해서는 터널 단면의 대각방향에 2·4·6·8의 복수 point와 천단암반에, 내공변위핀($\phi 19 \sim 22\text{mm} \times 20\text{cm}$ 정도)을 착암기로 천공하여 삽입하고 grouting으로 고정하여, 내공변위계(tape extensometer : steel tape)의 hook를 걸어 변위 상태를 측정하게 된다. 최근에는 변위핀 대신 bireflex target을 설치하고 광파 측량하여 변위를 3차원으로 측정하는 방식도 사용되고 있다.

터널 천단침하 및 내공변위계 설치품

단면당

종별	세 목	규 격	구분	천단침하핀	내공변위핀	비고 지표침하핀 별도
			단위	1p/단면	4p/단면	
인 건 비	중급기술자		인	0.04	0.1	기술지도
	초급기술자		인	0.08	0.2	설치점검
	중급기능사		인	0.15	0.4	천공, 설치
	초급기능사		인	0.3	0.8	
재 료 비	anchor pin	φ20mm×20cm	개	1.0	4.0	steel bar
	잡 재 료	재료비의	%	10.0	10.0	cementing grout제
경비	drifting천공	설치공 형성	공	1.0	4.0	0.2m/공, tunneling team활용
	작업대설치	drifting 작업	식	1.0	1.0	
비고	설치대상	적용기준		내공폭에 따라 보정하고, 단면당 설치 point는 적정설계에 의해 선택적용		

9.2.7.2 지중변위계(rod extensometer)

터널 내의 반경방향 이완영역을 파악하고, 내공변위(9.2.7.1)·지표부 다층지중변위계(9.2 .4. 4)·rock-bolt 축력측정(9.2.7.3) 결과와 연관하여, rock bolt의 적정길이 설정 판단에 활용하게 되므로, rock bolt 축력계와 연관된 개소에 착암기 천공공($\phi 38\text{mm}$)에 적용할 수 있도록 2~6m 길이의 단면당 3개소 측정 방식이 주로 이용되며 6개소 측정 방식까지도 활용된다.

이는 다층지중변위계(borehole rod extensometer)의 하향 앵커방식을 터널내 암반에의 rock bolting 방향으로 상향 착암공에 장착하는 방식의 차이가 있을 뿐이다.

변위 측정 방식에 따라 dial gauge로 측정하는 수동식과 센서(potentiometer, V/W readout unit) type으로 측정할 수 있는 종류로 구별되며 개소당 4point체가 주로 이용된다.

9.2.7.3 rock bolt 축력계(rock bolt stressmeter)

shotcrete와 함께 tunneling에의 대표적인 지보공인 rock bolting의 축력을 계측하여, rock bolt의 유효성(유효깊이·수량·응력 등)을 검증하기 위한 계측이다.

설치방식은 2~6m의 앵커체($\phi 4 \sim 5 \text{吋}$, 고탄소강관) 내에 균등하게 배분된 4point에, strain gauge sensor를 방수·방습·방청처리로 내장하고, ribs를 용접한 앵커 파이프를 암반 착암공($\phi 38\text{mm}$)에 grouting하여 암반과 일체화되게 고정시킨다.

계측은 암반의 거동이나 이완·절리 등에서 하중에 의한 축력으로 발생하는 미세한 변형을 각 지점에서 측정하게 되어서, 인발 항복점과 강도와와의 관계와 이완 영역 파악에 의한 장력·정착효과의 판단으로, 적정길이·증설여부를 결정하는 계측수단이다.

9.2.7.4 shotcrete stress cell(응력계)

tunnel shotcrete lining의 배면 토압 크기와 분포, 암반팽창 등 shotcrete 파괴 감시를 위하여, 원지반과의 경계면과 shotcrete 내에 설치하여, 축방향 응력·축압계수·내응력측정으로 shotcrete의 안정성과 추가 지보공의 필요성, 1·2차 타설 두께 등을 설정하게 하는 계측수단이다.

터널 반경방향의 radial cell과 직각방향의 tangential cell로 조합된 pair cell로 응력을 측정하며, rock bolt stressmeter(9.2.7.3)·rod extensometer(9.2.7.2)·내공변위계(9.2.7.1)와 조합되어, lining에 작용하는 힘의 크기와 방향을 계측하게 되고, lining의 두께와 2차 타설시기 등의 결정에 이용된다.

터널 변위 계측기기 설치품

대표단면당

종별	세 목	규 격	구분 단위	지중변위계 3개소×4점	rock-bolt축력계 4개소×4점	shotcrete응력계 5개소	비 고
인 건 비	중급기술자		인	0.3	0.4	0.5	기술지도
	초급기술자		인	0.6	0.8	1.0	설치 점검
	중급기능사		인	1.2	1.6	2.0	천공, 설치
	초급기능사		인	2.4	3.2	4.0	
재 료 비	sensor head (4p sensor용)	지중변위용	set	3.0			3개소/단면
		rock-bolt용	set		4.0		4개소/단면
	rod extensometer	with anchor	set	3.0			4point/set
	stress-meter	rock-bolt용	set		4.0		4point/set
	pressure (stress) cell	radial	set			5.0	shotcrete cell 5point/단면
		tangential	set			5.0	
	cable		m	10×3	10×4	10×5	10m × 개소당
	protective tube	φ20mm	m	30.0	40.0	50.0	
	grouting	cementing	m	15.0	20.0	10.0	
	잡 재 료	재료비의	%	3.0	3.0	3.0	
경비	drifting 천공	설치공 형성	공	3.0	4.0		5~6m/공
	작업대 설치사용	drifting 작업	식	1.0	1.0	1.0	tunneling team 활용
비고	설치대상	적용기준		내공폭에 따라 보정하고, 단면당 개소, 개소당 sensor point, 천공길이 등은 적절한 설계에 의해 선택적용			

9.2.8 동적특성계측 및 기타

동적특성의 계측은 지구환경적인 영향에 의하여 발생하는 제반 요인 중, 특히 구조물과 기초지반 변형에 지대한 영향을 미치는, 지진·진동을 비롯하여 조위·우량과 소음진동 등에 대한 계측이며, 지진응답계(seismic accelergraph:가속도계)·조위계·우량관측·진동측정 등의 대표적인 기기가 활용되며, 필요에 따라 적정개소에 설치된다.

또한 계측의 정밀도 향상과 편의도 및 특수조건에 따라, 목적에 알맞게 개발된 특정기기나 시스템의 설치가 요구되기도 하며, IT와의 접목과 기존 기종의 성능을 복합한 기종들이 개발되어, 연속 침하 측정기(continuous settlement tube)나 다층 정밀 층별 침하계(multi-layer settlement)·자동삼입식 경사계·고감도 간극수압계·누수량 측정 장치(leakage measuring device) 등이 개발되어 실용화되었으나, 이들은 범용화된 기기가 아니므로 수요시에는 별도의 품을 적용하여야 할 것이다.

9.3 현장 계측(관측, 측정)

현지 계측은 계획·설계단계에 수립된 시스템에 따라 계측대상과 목적·설치조건 및, 경제성을 고려한 측정기기의 종류와 성능·정밀도·편의성 등이 고려되어, 측정 방식과 빈도·기간이 설정되어,, 수동계측이나 자동계측 방식으로 수행된다. 이러한 측정방식도 PC기술의 진보에 따라 완전 수동에서부터 점차 반자동화 및, 변환방식을 응용한 센서화 측정기기(readout unit·indicator·gauge 등)로 점차 용이하고 간편한 방식으로 기계식과 센서식을 혼용하여 측정하는 수동계측과, 계측데이터 수집에서부터 정리·분석·해석까지의 전 과정을 시스템화한 자동계측으로 분류할 수 있으며, 이러한 현지 데이터 수집 과정은 현장조사 업무에 해당된다.

9.3.1 수동계측

수동계측은 계측기기를 휴대하고 설치된 기종으로부터 변위·변형 데이터를 수집하는 과정이므로 2~3인의 team이 구성되어야 하며, 대상물이나 지역조건 및 기종별 분포수량과 계측 빈도 및 측정소요시간·난이도에 따라, 구성 team 수와 상주·비상주 여부 및 규모가 선정된다. 그러므로 수동측정은 측정점수(분포수량)와 빈도가 적거나, 위치가 분산되어 있고 빈도가 많지 않은 경우에 주로 적용된다. 측정비의 적용은 능율에 의한 빈도별 산출을 우선 적용하나, 상주 계측 시에는 최소 측정 team 인건비 이상의 측정비를 기간별 계측비용으로 산정하여 적용한다.

9.3.1.1 대상별·기종별 계측능률

수동계측의 능률은 계측대상과 항목 및 기종과 방식에 따라 다양하나, 계측 개소별 회당 소요시간과 난이도를 일 수행가능 횟수로 급별 분류하여 적용한다. 단 지역내의 각 개소별 이동시간이 도보 10분 이내의 거리이고 특수조건이 배제된 일반적인 현장여건이 전제되어야 하며, 특수한 환경조건일 경우는 기종별로 별도 계상한다.

수동측정 계측기종 · 대상별 표준능력 적용분류표

회당

능력 적용분류			계 측 대 상 (설 치 개 소) 별 항 목 (기 종)			
급 별	빈도 회/일	시간/회 (분)	지표면	borehole	구조체·기타	터널·제체
1	20	±20	지표침하판·침하판 부동점등의 레벨측정	고정점·portable heave point침하 level 측정	침하판 레벨측정	지표침하계·침하판 침하level 측정
2	16	±25	변위말뚝(10p 이내) 버튼식 깔판 수관식 표면지반경사계 자기식·전기식 경사계 등의 지표변위 검지	rod식 층별지중침하계 (개소·screw cone· packer·groutable) 의 층별침하 측정	토압계(성토·벽체토압) 벽체 간극수압계 각종 하중계·변형계 철근계 온도계 균열측정 센서식 tiltmeter	지표rod extensometer (지중변위계)
3	14	±30	와이어식 신축계(연약·활 동지반, extensometer, 5~10배 확대율) 지표면 변위측정	연속식(rod)침하계 와이어식(신축계)침하계 파이프변위계(strain) 간극수압계(진동현·공기· 전기) 센서식·자기식 수위계	portable tiltmeter crack gauge jointmeter 우량관측	천단침하측정 (tape extensometer)
4	12	±35	센서고정식단면측정 (IPI·tilt sensor) 액체침하계(연약) 수평cross arm변위계	공벽다중앵커식 침하계 다중파이프식 침하계 와이어식 다층이동량계 삽입(촉침식) 수위계	삽입식 tiltmeter	내공변위계(4~6p) 갱내rod extensometer rock bolt stressmeter shotcrete stress cell
5	10	±40	cross arm삽입식 수직침하계	spider식층별침하계(자석) sled beam tiltmeter 고정센서식 경사계 increx system(자석식)	반자동 자료수집(각종) 조위계(해상:tide) 센서(수정·수압식) 내장연통수관침하계	센서식 자동cross arm식, 수평변위계(제체) increx system(자석식)
6	5	±90	해상침하판 레벨측정 해저센서 고정삽입식 단면측정(profile)	삽입식(probe) 경사계	연속삽입식경사계 (tilt: 연속벽체) 지진응답계(가속도계)	
7	2	±200	삽입식단면측정(50~100 m, 수압 경사계센서) 해저특수침하판 해저액체침하계(multi)		연통수관식 침하계	zone간 삽입식 침하계 (제체: profile system)
비 고			특수조건 : 해상측정대, landslide지역, 터널내, 댐 체제시공, 폐기물 매립장, 산간오지 등의 계측 등 위치분산, 위해·위험지역과 저 빈도 등의 상주 필요시 표준빈도적용 이외는 기종별로 별도 계상			

9.3.1.2 계측기기(readout unit)

계측기기는 변위·변형의 하중·응력·torque·축력·전단·온도·압력 등의 변화를 기계적으로 관측 측정하는 지시기(계)·검지(출)기류인 dial·ring gauge, caliper, level 측정기, tape extensometer, 신축계식 자기기록장치, 광파기, GPS 등이 있고, 하중이나 힘, 구조물의 변위·변형, 액체·기체의 압력, 가속도·진동의 크기 등을 전기적으로 변환시킨 하중계·중력계·변위계·압력계·가속도계의 transducer식과 strain gauge식의 센서식 read-out unit가 복합 이용된 것이 있으며, data logger(static·dynamic strainmeter), histogram recorder system, signal conditioner 및 special instrumentation으로 measuring software를 활용할 수 있도록 응용 가능한 데이터 수집 기법이 내장된 것까지, 아주 다양한 성능의 기기 들을 이용한 노트북 컴퓨터까지 포함된다. 계측team이 휴대하는 기기 들이 모두 이에 속한다.

수동계측 급별 빈도별 품

회당

종별	세 목	구분 단위	수동계측(관측·측정)							비고 급별 빈도(회/일)
			1	2	3	4	5	6	7	
			20	16	14	12	10	5	2	
인 건 비	중급기술자	인	0.025	0.031	0.036	0.042	0.05	0.1	0.25	계측·지도
	초급기술자	인	0.05	0.063	0.071	0.083	0.1	0.2	0.5	측정·관측
	중급기능사	인	0.05	0.063	0.071	0.083	0.1	0.2	0.5	측정·관측
손료	계측기기	일	0.05	0.063	0.071	0.083	0.1	0.2	0.5	readout unit
비고	상주계측비산출		team 인건비 × 측정기간 × 1.7 (상여금+퇴직충당금+휴지계수)							

9.3.1.3 데이터 정리 및 분석

현지 계측으로 수집된 데이터를 기하학적 분포와 시간적 변동에 따른 거동 동태 변화여부의 상황이 표시되어, 그 결과를 효과적으로 정확하게 판단할 수 있도록 분석하고 해석할 수 있도록, 기종별로 면밀하게 정리하여 분석하는 기법이며, 이는 계측관리 과정의 기술업무이다.

시간적인 거동 변화분석은 4~5회의 계측 결과가 누적되어야 하며, 그 이하의 계측빈도라도 계속되는 누적데이터가 정리되어서 최소 월간마다는 1회의 분석빈도를 기준으로 하여 상호연관성 있는 기종의 계측자료와 함께 정리·분석하게 된다.

수동계측 데이터 정리 및 분석품

5회 이내(주간 또는 월간 이내)

종별	세 목	기종별 (항목) 단위	침하판·핀·계	변위말뚝, 신축계	수직cross-arm	각종profiler
			crack·joint	각종층별침하계	다점액체침하계	수평corss arm
			단일rod침하	다중침하,pipe변위	삼입식tilt,토압계	각종경사계
직 접 인건비	특급기술자	인	0.03	0.05	하중계,천단·내공변위	zone간 침하
	중급기술자	인	0.06	0.1	rock-bolt 축력	연통관식침하
	초급기술자	인	0.09	0.15	shotcrete,지중변위	
비고	정리,분석기준		빈도 4~5회 기준, 기준빈도 이하는 월간을 기준함			

계측과정에서 지반거동의 동태변화가 극심해서 설치된 계측기종의 파괴로, 기능이 중지되는 경우가 필연적으로 발생되어 10~15%정도는 소멸되므로, 변위진행 상태에서 소실된 재설치 가능 기종은 상호협의해서 별도의 비용부담으로 설치하여 반영하고, 재설치 불가분은 기기설치 하자의 경우를 제외하고는 10% 범위 이내의 소멸은 인정토록 한다.

9.3.2 자동화 계측

자동화 계측 시스템의 구축은 계획·설계에서부터, 기계식이 제외된 센서식 검지(출)로부터 전기식 변환을 전제로, 유·무선식 전송방식(on·off line)의 선택에 의한 cable의 유무 및 그 한계와 범위(현장 또는 운영본부 및 중앙집중식·영구관리)에 따라 real-time control system으로 운영되어야 하므로, 설치과정에서부터 선정 기종에 의한 설치방식과, 전원공급 확보(배터리,

태양전지, 전력 등), 안전상태 감지에 수반되는 기상조건(온도, 습도, 기압, 풍속, 강우, 적설, 조위, 낙뇌, 압력) 및 수행기간과 목적(시공관리, 영구운영관리)에 부합되는 제반 부대시설 설치, 데이터의 정밀도·정확성·편의성과 함께 관리비용(경제성)이 비교 검토되어, 사전·사후 연속성과 기대효과(결과 해석)가 극대화되어, 정보화 시공의 결과를 획득할 수 있어야 한다.

따라서 data control system이 시공현장 중심 또는 중앙집중식과 전용선 on·off line이나 cordless(무선 : RF·PCS·초음파) 방식의 선택과, 복합정도·한계를 활용한 데이터의 수록·저장장치와 변환장치의 data logger와 computer·plotter·printer 등의 기능이 복합된 시스템에, 소프트웨어(분석·해석 프로그램)의 확보와 개발로 feedback 할 수 있는 운영 시스템이 구축되어야 하므로 다양한 설계에 따른 설치비는 별도로 실비정액가산방식을 적용하여 정산하며, 이에 소요되는 기술인력 team이 함께 구성되어야 한다.

계측team은 지반분야 전문 기술인력과 토목 및 제어계측 전기 전자 등 정보통신 기술분야의 기술자로 구성되어, 시스템 운영을 전담하는 기술업무 수행조직이 되어야 한다.

자동계측 운영시스템의 team 구성(현장조사 및 분석)

team당

종별	세 목	단위	수량	비고(참여자 기술분야 및 능력)
직 접 인건비	특급기술자	인	1.0	지반분야 전문기술자
	중급기술자	인	2.0	지반 및 정보통신 전공 기술자와
	초급기술자	인	2.0	토목계열 및 기초시공설계 기술자

9.4 결과 해석, 보고서 작성 집필 등 기술업무

계측 결과를 분석 정리한 데이터를 검토하고, 지반 공학적인 제반 문제점을 다양하게 해석하여, 지반거동 상황에 알맞게 대처할 수 있는 공법의 선정·변경과 원인분석 및 침하·안정해석(쌍곡선법, 호시노법, logt법, 淺岡法, 門田法 등)으로, 시공공정의 수정이나 잔류 침하량 등을 추정하고, 지반의 압밀진행과 전단강도 증가에 의한 위험성을 파악하여 안정성에 대한 필요성을 제시하게 되고, 구조물 자체에 대한 변위·변형도 억지하여, 그 한계 범위내에서의 시공운영관리가 이루어지도록, 제3장의 해석업무(3.4.4)와 사면안정의 종합해석(3.5.2), 3차원해석(3.5.3) 등과 함께 공중별로 기간별(월간, 분기, 반기, 년 등)까지의 상황을, 제반 지반조사 자료를 참고한 견해를 보고서로 작성하는 것으로 고도의 전문기술업무이다.

9.4.1 해석 및 보고서 집필

해석 및 보고서 집필 품

회당/공종별

종별	세 목	구분 단위	부지조성(성토 연약 지반)	흙막이토류벽 (구조물기초)	터널(철도 도로,지하철)	사면안정(절토 landsliding)	제체(dam 호안,방파제)
직 접 인건비	기 술 사	인	2.0	2.0	3.0	2.0	1.0
	고급기술자	인	6.0	3.0	8.0	4.0	3.0
	중급기술자	인	12.0	9.0	18.0	10.0	8.0

9.4.2 재해석

계측 결과의 feedback에 의해서 단계별과 수시 필요 요청에 의해 각 공종별 특성 파악을 위하여 단면별로 재해석을 실시한다.

9.4.2.1 공종별 재해석 품

단면당

종 별	세 목	구분 단위	연약지반	흙막이굴착	터널	사면안정	댐 제체
			성토·개량단계별 확인조사단계별	굴착·개착단계별 지지구조설치단계별	지층,단면크기 변화구간마다	굴착,보강단계별 소단부,보강제설치	성토단계별 유선망,사면해석
직 접 인 건 비	기 술 사	인	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0
	특급기술자	인	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
	고급기술자	인	4.0	3.0	6.0	2.0	3.0
	중급기술자	인	6.0	4.0	10.0	3.0	5.0
	초급기술자	인	9.0	6.0	12.0	6.0	8.0

9.4.2.2 공종별 재해석 보정

공종별	보정 기준					
연약 지반	연약층의 두께와 분포범위에 따라서 분석해야 할 내용이 서로 차이가 심하게 발생 되나 단면을 기준하므로 단면 증가가 있을 경우(통상 50m 간격 1개단면 검토) 이를 검토한다.					
흙막이 굴착	대표단면이 심도 및 지층조건에 따라 상이하하여 심도별 위험요인이 가중되므로 굴 착심도에 따라 보정한다.					
	굴착심도(m)	10미만	10~20	21~30	31이상	
	보정계수	1.0	1.2	1.5	2.0	
터널	주변지반현황과 지층조건·굴착폭 등에 따라 과업내용이 증감되므로 내공폭에 따 라 보정한다.					
	내공 폭(m)	8이하	8.1~12.0	12.1~16.0	16.0~20.0	20.1이상
	보정계수	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
사면 안정	토층조건과 지하수유입 가능성·사면높이 등에 따라서 조정하여야 하나, 위험요인 은 사면높이가 가장 크므로 사면높이에 따라 보정한다.					
	사면 고(m)	10이하	11~20	21~30	31~40	41이상
	보정계수	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0
댐 제체	사면고와 제체의 폭·제방의 높이 및 토층조건에 따라 상이하나, 침투해석과 사면 의 문제이므로 제체의 높이를 기준으로 보정한다.					
	제체높이(m)	20이하	21~40	41~60	61~100	101이상
	보정계수	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0
비고	재해석은 3D를 제외시킨 것이므로 이는 별도 계상한다					

제10장 손올적용표

10.1 boring & drilling machine 및 부수·부대장비 손올 적용표

분 류	기계, 장비, 기구 종류	시간당손올 계수($\times 10^{-7}$)
boring & drilling main body (system)	hand feed type 소형(15HP 이하, 100m형 이하, 수동형 boring machine) screw hand auger, (portable) core drill (boring ; sampling, coring) machine(DD80E)	4497
	oil(hydraulic) feed형(20HP 이상, 100m~500m형 및 wire line전용, 스핀들식 rotary boring system set) leader형 chain feed rotary power head boring system rotary percussion drilling(air & oil hammer) system mechanical auger, oscillator, rotator, RCD, power pack	3935
drill & drifter	RPD(rotary percussion drill) drifter crawler drifter(15m ³ /min), hydraulic drifter	1811
	Wagon drill(7.4m ³ /min), crawler drill(17m ³ /min)	2914
	drifter(암반용, 2.7m ³ /min 및 jumbo drifter)	2778
pump	boring, grouting 및 고압 pump(mud pump)	4677
	수중-motor pump류(submersible, 양정)	4080
	급수·양수 및 일반 pump류(자흡식), air pump류	3375
power unit	엔진(diesel & gasoline)	3432
	모터(electrical motor, hydraulic motor)	1848
	발전기(generator), 용접기(welder)	2860
	portable air compressor(piston·screw식, 저압·중압·고압)	2027
mixer	grouting용(mortar & milk mixing)	4677
	JSP용(milk & chemical mixing)	3708
	bentonite mixing & chemical mixing	3696
mounting plant	mounting truck(tire식, boring, drilling, auger)	3291
	crawler track(boring, drilling, drifting)	2148
	combine(boring), tractor(경운기)	4296
기 타	water tank, derrick, mixing plant, winch, chain block	2533
	측량기구(transit, level, staff, 평판 등), 조사기구(clino compass, hammer 등)	1332
	jack-up barge(조립경량식)	6980
	jack-up barge(철선)	5620

10.2 현장(원위치)시험 장비 및 기기·기구 손율 적용표

분 류	장비 및 기기, 기구 종류	시간당손율 계수($\times 10^{-7}$)
sounding	표준관입시험장치(자동, 반자동) 및 자동기록장치 CPT(전기식 piezocone, RI, seismic, memory, 진동, vane cone) vane borer(strain control, 대형 기계식, 자동motor식) 공내전단시험(BST)장비 (soil용, rock용) 공내수평재하시험(PMT)장비(LLT형, Menard형, elastmeter I·II형, probex I·II형, Goodman jack 등) SBP(self boring pressure test) 장비set	6214
	동적cone관입시험장치(SPT수동, 대형, 중형, 휴대형, 간이) 정적cone관입시험장치(Swedish, 단관·2중관식 휴대형, Dutch) 수동vane tester(pocket, hand, field vane), DMT, ISB.	
원위치 시험기	point load tester, 평판재하시험장비(5, 10t) 현장CBR시험장비, Benkelman beam, RI-tester(밀도) 공내자연시료채취기(피스톤식, 2중관, 3중관식) 현장밀도시험기(모래·액체 치환, mold형 cutter) 현장투수시험기, 지하수 유량·유속측정기, 지중gas 농도측정기 저수압·용수압 측정장치, 미유속측정기, 지하수비저항 측정기	4980
	전기·자기수질계, 유량·유속측정기 채수기, 흡인기(가스 채취) 자기유량압력계, 수압계, 수질분석기	4497
	실체경, 형광광도계, 유량계, 수위계, packer, dial(ring) gauge	4427

10.3 물리탐사용 장비 및 탐사기기·기구 손율 적용표

분 류	장비 및 기기, 기구 종류	시간당손율 계수($\times 10^{-7}$)
탐사용 주장비	전층 반사법 및 수직탄성파(VSP)탐사기(디지털, 데이터 수록장치, 중추낙하장 치, 윈치 포함 기진장치 등 일체형) 해상음파탐사장치(음향측심기, side scan sonar, 발신·수신·제어·기록장치 및 cable 일체) borehole scanner(televiewer or ABI) 일체 수압파쇄 시험장비 일체set	6214
	탄성파 탐사기(발파 및 중합법, 12·24·48성분, 디지털 일체형 및 토모그래피용, amplifier, converter 일체) 표면파(Rayleigh) 탐사기, 지표레이더 및 토모그래피용 전기(비저항)탐사기(탐사심도 50m~100m~300m~1000m용, 디지털, 수신· 증폭·기록장치 일체형, 비저항 2차원, 토모그래피용) 물리검층기(속도, 밀도, 전기, 음파, 온도, 공경, 공극, PS 검층용) 미진동수록장치(증폭, 기록기 및 지표·지중·장주기용 환진기 일체) 정밀 온도계 및 다점온도 검층기, SP·IP·자력·중력 탐사기 borehole camera(BIPS or OBI)	4980

분 류	장비 및 기기, 기구 종류	시간당손울 계수($\times 10^{-7}$)
부 수 장 비 및 기 기	TV-monitor, VCR, 전용computer & printer, 그래픽 삽입기 시험용 고압 펌프, shear wave hammer 3성분 geophone, 24~48ch amplifier(증폭기) A/D변환기(analog/digital converter), DGPS(위성측량장비)	4427
	발파기, 기진장치(sparker, air gun, OWS 등), winch, reel(cable-용), sonde, probe, 전극, hydrophone, geophone, grab, corer, dredger	1960

10.4 계측기기, 기구 손울 적용표

분류	기계, 장비, 기구종류(상세규격)	시간당손울 계수($\times 10^{-7}$)
read out unit & other's	water level indicator or read out(수동식 tape with reel)(수위계) magnet reed switch probe extensometer(수동식 tape with reel)(층별침하계) biaxial inclinometer readout or indicator(jump cable with reel & data-mate portable) convex(steel) tape extensometer(수동식)(내공변위계)	4980
	pneumatic pressure indicator(portable, 공기식, 수압식 diaphragm transducer 변환방식, 수압 표시계, 간극수압계) vibrating wire readout or indicator(portable, 진동현식, 전압식 pressure transducer 변환방식, 간극수압계) electrical indicator(전기적 변환식 transducer방식, 간극수압계) strain indicator readout & electrical strain gauge vibrating wire strain gauge water level meter(sensor식 수압계, 자기수위계) linear potentiometer(LVDT transducer형)	4497
	차동transducer식 검출기(readout or indicator), 검지기 torpedo, 와이어(invar선) extensometer(신축계) 수관식 수준 경사계, 자기 우량계, 자기수위계 지하수 검출기(비저항, 유수량, 유동상황 검출기) dial gauge, depth indicator, micrometer data logger, 전용computer & monitor, multiplexer	4427

10.5 실내시험용 기기 및 기구 손율 적용표

표준사용 (내용)일수	기기 및 기구 종류		상세 규격 및 종류, 용도	시간당손율 계수($\times 10^{-7}$)
60	각종시험 용 기 류	시험일반 및 수용성분 시료조정 수용성분 함유량 염소, 유산이온 함유량 유기물 함유량 부식 함유량 용 등	원형접시류($\phi 60, 90, 100\text{mm}$ dish) can, beaker(50, 100, 500cc) 내압핀, 여과기(flask, 여과지) 증발접시, pipette, silica gel등 burette, 깔때기, 시약병, 유리막대, 나무망치, 끌, 붓, 손삽등 기타 시험용 소도구	23810
100		비중병(pycnometer) 비중계(hydrometer) 씻기 전용체(sieve) 분무기(sprayer)	50, 100cc 부유형 cover부 2종set(No.200)	14286
200		온도계(thermometer) beaker 입도분류용표준체(A) 입도분류용표준체(B) 입도분류용표준체(C) burette with stand 홈내기날(grooving tool) 유리판(sanding glass plate) 초자기구 및 기타 유리제품 straight edge(knife), spatula	보호관부 막대온도계($0 \sim 200^{\circ}\text{C}$) polyethylene제 1,000cc 원형12종set(cover, base부) 5~100mm 8종 목상자체set cover부 2종set(세립분 함유율) 50cc 액성한계 시험용 소성, 액성한계 시험용 도가니, 집게, 유발유봉	7143
300		흡분리, 혼합, 파쇄용구 수축정수시험 측정장치 desiccator pipette, 깔때기 각종양생용기(A, B, C, D), 습기상자	pan(소,중,대), spoon, 막자, 사발, 손절구 수축시험용 접시 및 수은(Hg), 기타 시료보관, 냉각용($\phi 36\text{cm}$) 50cc	4762
400		각종저울(balance) 각종저울(scale) 원형miter box membrane jacket vernier calipers(20cm), 줄톱 pH-meter, 광전광도계	micro(0.001g), 전자(4kg~0.01g), 탁상(20kg~0.1g) 대평(100kg), 대형3축용 $\phi 35, 50\text{mm}$ $\phi 35, 50, 100, 150\text{mm}$ 용	3571
500		시험실 시험용rammer	수동 및 자동(2.5kg, 4.5kg)	2857
600		교반기, 분산기 └ 수축정수 시험용 meas cylinder ┤ 입도용 └ 투수시험용기	교반기 본체 및 분산용cup 100~200cc 비중계용 원통형 500~1000cc	2381

600	┌ 일반시험용 └ 콘크리트용 mold ┌ 모래밀도시험용 └ CBR전용 └ 시료성형용 mold stand with cap 공시체형성용구 공시체형성기 건조기 암석 흡수, 팽창 시험기 진공pump, 소형compressor 가열장치 액성한계시험기, hydraulic jack stop watch, shore경도계, 변위계측기	ϕ5, 6, 8, 10, 15cm ϕ5cm ϕ7.6cm ϕ15cm with collar, base plate 60mm×60mm×20mm universal trimmer, 기타 중형3축압축시험용 대형3축압축시험용 guide부, core형 sensor, 앵커 간이진공흡입장치 alcohol lamp, 삼발이 기타	2381
800	팽창량측정장치(sensor tester) 건조기, 건조로(hot plate, oven) 항온건조로(drying oven) 수조 및 항온수조, 체진동기 공시체 형성기 gas burner 시료압출기 mixer(소형), 냉동고, 원심분리기	dial gauge(30mm) holder, 유공판, 재하판 소형전기정온기, 전기곤로 15개 시료용 대형3축압축시험용 가열장치 수정형 수평시료축출기(U/D용) 및 mold-용	1786

10.6 실내시험용 기계 및 장비, 기구손울 적용표

분류	기계, 장비, 기구종류(상세규격)	시간당손울 계수($\times 10^{-7}$)
토 질 시 험	투수시험기(정수위, 변수위), CBR시험기(mold전용), 압밀시험기(3연식) 일축압축시험기(전동식), 3축압축시험기(UU, CU, CD, \overline{CU} : 중압, 중형, 대형) 전단시험기(일면전단: 표준형·개량형, ring전단, ring압밀장치) air compressor(보조tank부), universal scanner data logger, 동결·융해 시험기	1960
	반복3축압축시험기 및 cell압밀장치, 동적비틀림시험기 및 cell 압밀장치 XY recorder, cap sensor, 시험실용 전산기(계산기, computer)	4427
암 석 시 험	core cutter(diamond), grinder(thin section용), planner plate 정밀평면연마판, 압축시험기(100t, rod, cell, anchor부 일체) 변형측정기록기, 반복시험용 압축시험기(자동부하제어장치부) 초음파전파속도측정기(pulse발생기, gyroscope, P·S파 진동자) X선 회절장치, 재하장치(파쇄시험), 변위·응력 측정기 전단시험장치, AE장치(압축시험포함), 압밀시험장치(3연식) 현미경(편광, 광학, 실체, 주사형 전자현미경), 배경(촬영)장치 turntable(박편제작용), 증유장치, 토양침출장치 draught(=draft, 분리, 분석대)	1960

지반조사표준품셈 개정 경위

- 1981. 10. 26. : 「지질조사표준품셈」 제정 (표준품셈 제1호)
 - 한국기술용역협회(한기협 제510-164호)
 - 과학기술처장관 승인(기관 622.4-18351, 1981. 11. 4)
- 1983. 12. 2. : 지질조사표준품셈 개정
 - 과학기술처장관 승인(기관 622.4-14178)
- 1986. 2. 5. : 「토질 및 기초조사 표준품셈」 제정 (표준품셈 제4호)
 - 과학기술처장관 승인(기제 16331-1249)
- 1996. 2. 15. : 토질 및 기초조사 표준품셈 개정(협회 이사회 승인)
- 2002. : 지반조사표준품셈 개정안 의결(협회 이사회)
- 2002. 9. : 「지반조사표준품셈 개정 및 보완용역」 계약 체결
- 2003. 2. 5. : 중간평가회의(발주기관 5인, 자문위원 3인)
- 2003. 3. 26. : 최종보고서 평가회의(심의위원 9인)
- 2003. 8. : 「지반조사표준품셈」과 「토질 및 기초조사표준품셈」 통합안
 - (사)토질 및 기초 기술사회로부터 통합품셈 제정 찬성의견 접수
- 2003. 11. 21 : 지반조사표준품셈 개정(협회 이사회 승인)
- 2003. 11. : 지반조사표준품셈(통합본) 관련회의 개최
- 2003. 11. : 「지반조사표준품셈(통합본)개정 및 보완용역」 계약 체결
- 2004. 2. : 중간평가회의 (자문위원 6인, 발주기관 3인)
- 2004. 3. 23. : 최종보고서 평가회의 (자문위원 5인, 발주기관 3인)
- 2004. 4. 27. : 「지반조사표준품셈」 통합본(협회 이사회 승인)
- 2004. 5. 1. : 「지반조사표준품셈」 통합본 공표

본 표준품셈 내용에 대한 일반적인 사항은
지반자원기술협의회 (☎ 02-553-0313)로
문의하여 주시기 바랍니다

지 반 조 사 표 준 품 셈

=====

2004 년 5 월 일 인 쇄

2004 년 5 월 일 발 행

발 행 인 : 이 우 정

발 행 처 : 한국엔지니어링진흥협회

T E L : 02 - 3019 - 3200

F A X : 02 - 3019 - 3305

홈페이지 : www.kenca.or.kr

=====