

관리번호	
------	--

아현 산업정보학교 내진성능평가 용역  
**지 반 조 사 보 고 서**

2019. 7.

# 제 출 문

한국구조물안전연구원 귀중

귀사에서 의뢰하신 “아현산업정보학교 내진성능평가 지반조사” 용역을 성실히 수행하고 그 결과를 종합 분석 검토하여 이를 보고서로 작성 제출합니다. 본 조사를 실시함에 많은 지도와 협조를 베풀어주신 귀사의 담당자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

2019년 7월

서울특별시 송파구 법원로9길 26, 제씨동 1406호  
(주) 휴 먼 앤 어 스

대표이사 변 영 봉, 정호준



# 목 차

## 제1장 조사개요

1.1 조사목적 .....	1
1.2 조사위치 .....	1
1.3 조사내용 .....	2
1.4 조사장비 .....	2
1.5 조사기간 .....	2

## 제2장 조사내용 및 지반분류

2.1 기본방향 .....	4
2.1.1 검토사항 .....	4
2.1.2 지반조사 수행 흐름 .....	4
2.2 현장조사 및 시험 .....	5
2.2.1 시추조사 .....	5
2.2.2 하향식탄성파시험 .....	6
2.2.3 지하수위 측정 .....	7
2.2.4 표준관입시험 .....	8
2.3 지반의 분류 및 기재방법 .....	9
2.3.1 토질의 분류 및 기재방법 .....	9
2.3.2 토질과 암반의 구분 .....	12
2.3.3 암반의 분류방법 .....	13
2.3.4 암반의 기재방법 .....	24
2.4 시추공 폐공처리 .....	26

## 제3장 조사결과

3.1 지형 및 지질 .....	29
3.1.1 지형 .....	29
3.1.2 지질 .....	30
3.2 시추조사 결과 .....	31
3.2.1 시추조사 위치 .....	31
3.2.2 시추조사 결과 .....	32
3.2.3 지층 분포현황 .....	32

3.3	하향식탄성파 결과 .....	34
3.3.1	하향식탄성파탐사 심도별 결과 .....	34
3.3.2	하향식탄성파탐사 심도별 결과요약 .....	36
3.3.3	지반등급 산정 .....	39
3.4	지하수위 측정결과 .....	39
3.5	표준관입시험 결과 .....	40

## 부 록

1. 조사위치도
2. 시추주상도
3. 사진첩
4. 하향식탄성파탐사

# 제1장 조사개요

- 1.1 조사목적
- 1.2 조사위치
- 1.3 조사내용
- 1.4 조사장비
- 1.5 조사기간

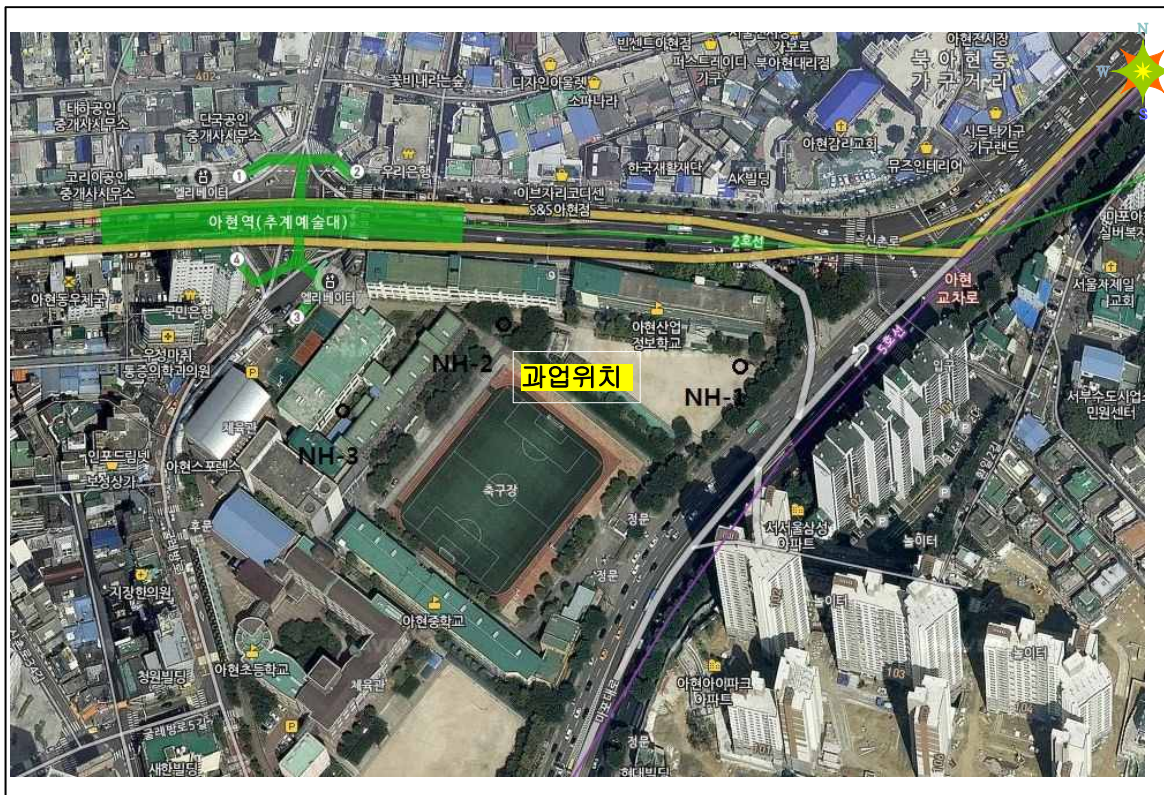
# 제1장 조사 개요

## 1.1 조사목적

본 조사는 “아현산업정보학교 내진성능평가 지반조사”로서 과업지역에 대한 지질 및 기초 상태를 파악하고 현장시험을 실시하여 경제적이고 합리적인 설계에 활용할 수 있는 제반 지반 공학적인 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

## 1.2 조사위치

- ▶ 과업명 : 아현산업정보학교 내진성능평가 지반조사
- ▶ 행정구역 : 서울특별시 마포구 마포대로 247 일원



< 과업 위치도 >

## 1.3 조사내용

조사 항목		수량	내용	비고
예비조사		1식	• 지형도, 지질도, 인근지역 조사자료 분석	
현장조사	시추조사	3개소	• 지층 및 지하수위 분포, 암질상태 등 파악	
	지하수위 측정	3회	• 48시간 경과 시 안정수위 측정	
현장시험	표준관입시험	19회	• 지층의 상대밀도 및 연경도 파악	
하향식탄성파시험		3회	• 지층별 탄성파속도 측정 및 동적물성치 산정	
성과분석 및 보고서 작성		1식	• 지층분석 및 보고서 작성	

## 1.4 조사장비

구분		투입 장비	수량	비고
시추조사	시추기	• POWER-4500 유압기(SP4500, NX용)	1 대	
	Engine 및 Pump	• Engine(15Hp), Pump(10Hp)	1 대	
	Single Core Barrel	• NX 규격	1 조	
	D-3 Core Barrel	• NX 규격	1 조	
현장시험	S.P.T Sampler	• Split Spoon Sampler (KS F 2307 규정)	1 조	
	지하수위측정	• 자동측정기(L=50m), YAMAYO, Japan	1 조	
기타		• 기타 부대장비	1 식	

## 1.5 조사기간

공종	2019년 6월		2019년 7월 (일)				비고
	1	2	2	2	2	2	
예비조사							
지반조사 계획수립							
시추조사 및 현장시험							
성과분석 보고서작성							

## 제2장 조사내용 및 지반분류

- 2.1 기본방향
- 2.2 현장조사 및 시험
- 2.3 지반의 분류와 기재방법
- 2.4 시추공 폐공처리

# 제2장 조사내용 및 지반분류

## 2.1 기본방향

- 조사지역에 대한 현장답사로 조사계획 수립 및 조사 방법 선정
- 현장조사 및 시험을 통한 지층별 공학적 특성 규명

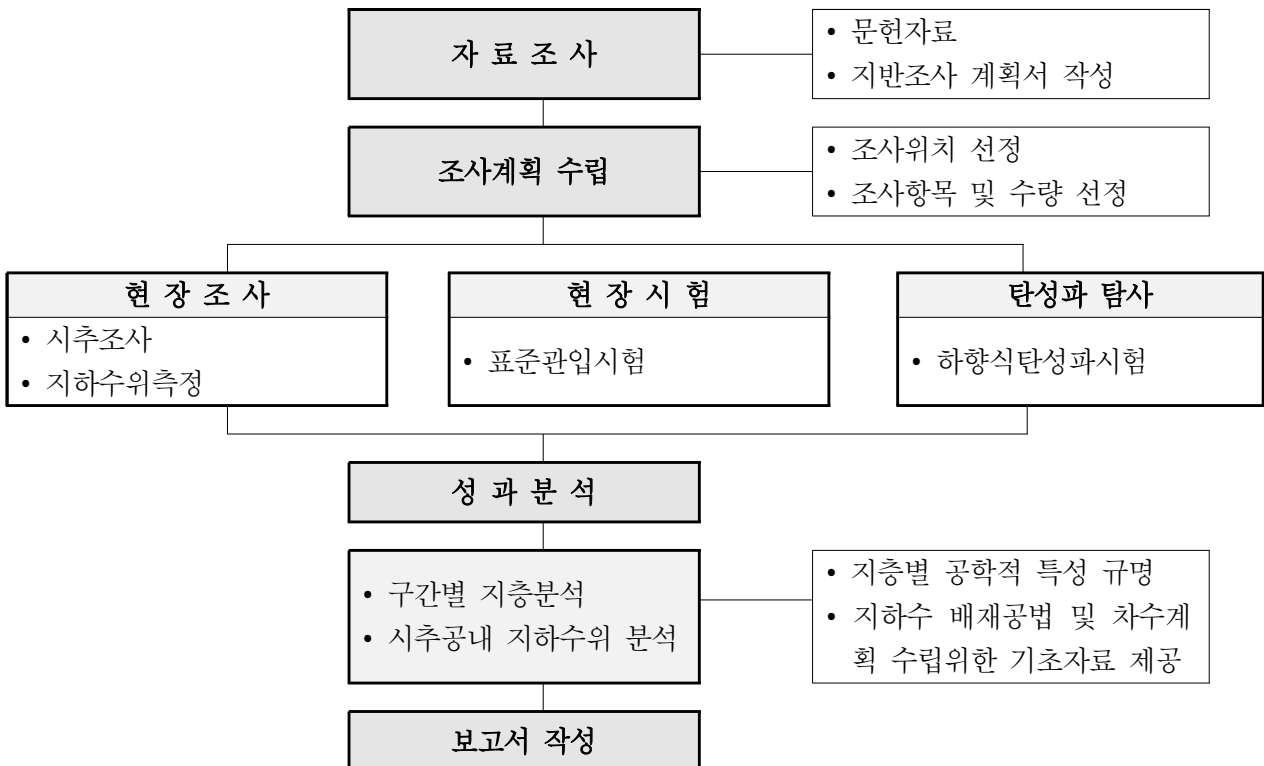


- 구간별 지층분포 현황 파악
- 퇴적모래층에 대한 투수특성 파악
- 기반암의 분포 심도 및 특성 파악

### 2.1.1 검토사항

계 획 단 계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 문헌자료를 통한 지역특성 파악 후 지반조사 계획서 작성</li> <li>• 조사지역에 대한 지형 및 지질특성 분석</li> <li>• 현장답사를 통한 지하매설물 위치 파악 및 시추조사 위치 선정</li> </ul>
조 사 단 계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조물기초의 예상 지지층을 고려하여 조사 심도 선정</li> <li>• 기초 지지층 결정을 위한 현장조사 및 시험 실시</li> <li>• 수리특성 평가를 위한 투수시험 및 지하수위 관련 현장 측정</li> </ul>
분 석 단 계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구간별 지층분포 현황 파악</li> <li>• 퇴적모래층에 대한 수리특성 평가</li> <li>• 기반암의 종류 및 암반상태 평가</li> </ul>

### 2.1.2 지반조사 수행 흐름



## 2.2 현장조사 및 시험

### 2.2.1 시추조사

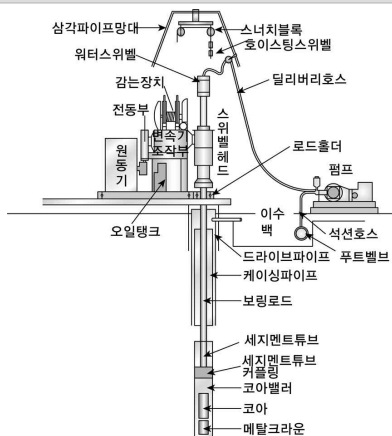
#### 가. 조사목적

- 과업구역내의 지층별 구성상태, 연약지반의 존재 유무, 지하수위 분포 현황, 기반암의 종류 및 분포 심도, 균열상태, 파쇄대 등을 파악
- 토질 및 암석시험을 위한 시료를 제공
- 지층별 지반공학적 정보를 취득할 목적으로 수행

#### 나. 조사방법

- 회전수세식(Rotary Wash Type) 시추기를 이용하여 표준관입시험과 병행하는 방법으로 실시
- 굴진은 NX( $\phi 76\text{mm}$ )구경으로 실시하고 공벽의 붕괴가 없는 견고한 지층까지 Casing을 삽입하는 Casing 방식을 채택
- 상부 토사구간은 원위치에서의 흙의 경연 및 다짐 정도를 파악하는데 지표가 되는 N치를 구하기 위하여 표준관입시험을 시행하였으며, 이와 병행하여 Split Barrel Sampler로 시료를 채취
- 채취된 시료에 대하여 흙의 상태 즉 점성토의 경우 연경도(Consistency), 사질토의 경우 상대밀도(Relative Density)를 기술하고 습윤도, 색, 구성토질 등을 육안 감별하여 기록하고 시료병에 넣어 보관
- 기반암층 구간에서는 Core 회수율을 높이고 정확한 암질상태를 파악하기 위해 Double Tube Core Barrel 및 Diamond Bit를 사용하여 굴진하였으며, 채취된 코아에 대하여는 코아회수율(TCR, Total Core Recovery), 암질지수(RQD, Rock Quality Designation)를 측정하고 균열정도, 풍화정도, 강도 등을 조사하여 시추주상도에 기록

시추장비 모식도



시추조사 광경



#### 다. 결과 활용

- 지층별 구성토질 및 분포상태 파악을 파악하고 각종 시험용 시료를 채취
- 기초 및 지지력 검토를 위한 기초자료 제공
- 지층별 설계지반정수 산정을 위한 기초자료 제공

## 2.2.2 하향식 탄성파탐사

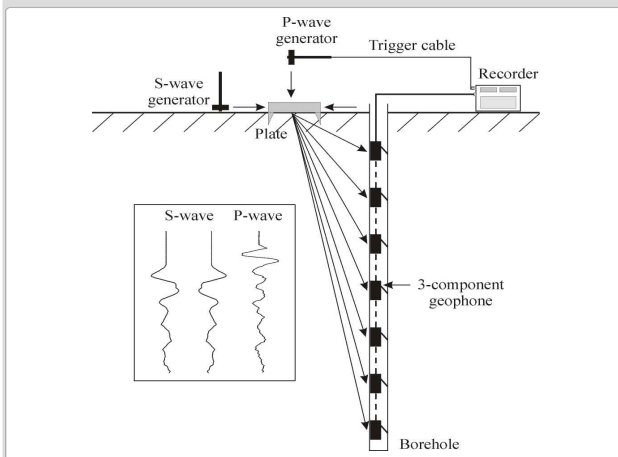
### 가. 시험목적

- 본 탐사는 시추공을 이용한 시험으로 사업 부지내 지층별 탄성파(P파, S파) 속도를 측정하여 동역학적 특성을 파악하고 구조물의 합리적인 설계를 위한 동적 물성치를 제공

### 나. 시험방법

- 송신원에서 발생시킨 탄성파는 수신기에 3축 지오폰을 이용하여 기록하는데, 3축 지오폰의 수직축에서 P파를, 2개의 수평축에서 S파를 감지
- 자료 측정 시 슬러지해머를 수직방향으로 타격할 때 주로 발생하는 P파를 기록하고, 수평방향 타격에서 S파를 기록
- S파는 탄성파 진행방향에 대하여 입자운동 방향이 수직한 수평 횡파(SH-wave)이기 때문에 Plate 타격 방향을 반대로 하면 S파의 위상은  $180^\circ$ 의 차이를 나타냄
- P파와 S파의 파형에 대해 각 파의 초동을 분석하여 도달시간을 측정한 후 수신기의 위치와 측정하고자 하는 실제 대상구간을 이동한 시간을 산출하여 P파 속도( $V_p$ )와 S파 속도( $V_s$ )를 산출하고 이를 이용하여 Dynamic Elastic Modulus, Dynamic Shear Modulus, Dynamic Poisson's Ratio를 산출

하향식탄성파탐사 모식도



하향식탄성파탐사 전 경



### 라. 결과 활용

- 검층결과 중 이상치를 제거한 후 평균값을 적용하여 지층별 동적 물성치 산정
- 산정된 동적 물성치를 주요 구조물의 내진설계 입력자료로 활용

### 2.2.3 지하수위 측정

#### 가. 조사목적

- 시추공의 지하수위를 측정하여 안정된 지하수위 분포현황을 파악
- 지하수위 변화에 따른 수압 및 유효상재하중을 고려하기 위하여 각 시추공에서 지하수위를 측정·기록

#### 나. 조사방법

##### 조사 방법

- 지하수위 변화에 따른 수압 및 유효상재하중을 고려하기 위하여 각 시추공에서 지하수위를 측정·기록
- 지하수위 측정은 시추작업 종료 후 케이싱 내에서 1차 실시하고, 시추작업 완료 후 48시간 경과한 후에 2차 측정을 실시하여 안정된 지하수위 측정
- 측정된 지하수위는 계절 및 기상현상에 따라 다소 변동이 있으므로 설계적용시 고려

##### 조사 전 경



#### 다. 결과활용

- 조사지역내 정수위 상태의 지하수위 분포현황 파악
- 지반의 수리특성 파악

### 2.2.4 표준관입시험

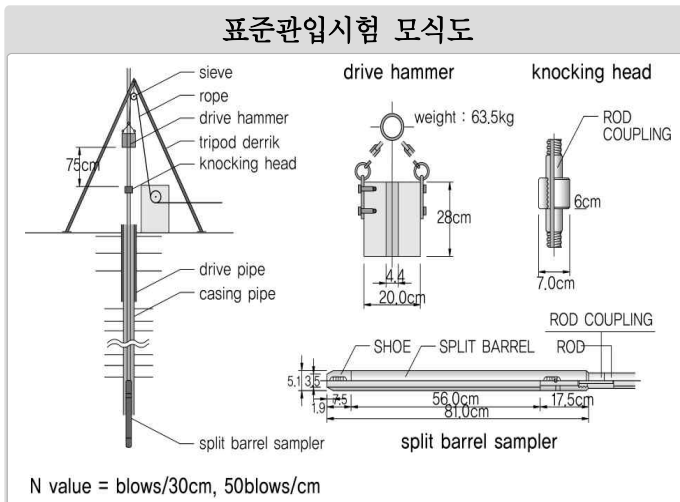
#### 가. 시험목적

- 시추조사와 병행하여 지층의 상대밀도(Relative Density) 및 연경도(Consistency)와 토층의 구성 성분을 파악하기 위하여 지층이 변화하는 경우 또는 동일지층의 경우라도 1.0m 간격으로 표준관입 시험(KS F 2307 기준)을 연속성 있게 실시
- 구성성분을 파악하기 위해서 교란된 시료도 함께 채취

#### 나. 시험방법

- 표준관입시험에 의한 N치는 중량  $63.5 \pm 0.5\text{kgf}$  해머를  $76 \pm 1\text{cm}$  높이에서 자유낙하시켜 표준외경  $51 \pm 1.0\text{mm}$ 의 Split Spoon Sampler가 30cm 관입하는데 소요되는 타격횟수를 말하며, 매 15cm 씩, 총 45cm에 관입에 대한 관입저항치를 구하고, 그 중 2, 3번째 관입저항치를 합하여 기록

- 지층이 매우 조밀하여 타격을 50회 이상 타격을 가하여도 30cm 관입이 불가능한 지층에서는 50회 타격에 의한 관입량을 측정하여 주상도에 기록
- 표준관입시료는 Split Spoon Sampler로 채취하였으며, 함수비의 변화가 없도록 시료병에 넣어 필요한 사항(조사명, 조사일자, 공번, 시료채취심도, N치, 토질명 등)을 기재하여 시료표본 상자에 정리 보관



#### 다. 결과 활용

구 분	판정 및 추정되는 사항	
N값에서 직접 판정되는 사항	사질토지반	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상대밀도, 내부마찰각</li> <li>• 지지력 계수, 탄성계수</li> </ul>
	점성토지반	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 컨시스턴시, 일축압축강도, 점착력</li> <li>• 파괴에 대한 극한 및 허용지지력</li> </ul>

## 2.3 지반의 분류와 기재방법

### 2.3.1 토질의 분류 및 기재방법

#### 가. 개요

토질의 분류는 성질이 다른 여러 흙을 간단한 시험을 근거로 몇 가지 무리로 나누어 사전에 그 공학적 성질을 파악할 목적으로 시행하는 것으로 다음의 내용들을 분류한다.

구 분	설 명
흙의분류	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 흙의 공학적 분류는 채취된 교란시료에 대한 육안관찰(1차 분류) 수행</li> <li>• 기본 물성시험을 근거하여 최종적으로 통일분류법(USCS)을 기준으로 분류</li> </ul>
기재방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시추주상도에 지층구분은 통일된 Symbol을 사용</li> <li>• 표준관입시험시 관입저항치(N치)에 의해 사질토의 상대밀도, 점성토의 연경도를 추정</li> </ul>
기술내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연경도 및 사질토의 상대밀도와 습윤상태, 색조, N치 등을 고려하여 기재</li> <li>• 함수상태는 건조(Dry), 습윤(Moist), 젖음(Wet) 및 포화상태(Saturated)로 구분</li> <li>• 색은 흑색, 갈색, 홍색, 적색, 황색 등에 담(연한)과 암(진한)의 접두어를 사용</li> </ul>

#### 나. 토질의 분류

##### ▣ 육안관찰에 의한 분류법(1차 분류)

구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓음		습윤상태에서 손가락으로 끈 모양으로 풀때
		건 조 상 태	습 윤 상 태	
모 래 (Sand)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개개의 입자크기가 판별되며 입상을 보임</li> <li>• 건조상태에서 흩어져내림</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덩어리로 되지 않고 흐트러짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덩어리거나 가볍게 건드리면 흩어짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 끈 모양으로 꼬아지지 않음</li> </ul>
실트섞인 모래 (Silty Sand)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 입상이나 실트, 점토가 섞여서 약간 점성이 있음</li> <li>• 모래질의 특성이 우세함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덩어리가 지나 가볍게 건드리면 흐트러짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덩어리지며 조심스럽게 다루면 부서지지 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 끈 모양으로 꼬아지지 않음</li> </ul>
모래섞인 실트 (Sandy Silty)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 적당량의 세립사와 소량의 점토를 함유하고 실트 입자가 50% 이상임</li> <li>• 건조되면 덩어리가 쉽게 부서짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음</li> <li>• 부서지면 밀가루와 같은 감촉</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덩어리지며 자유롭게 다루어도 부서지지 않음</li> <li>• 물을 부으면 서로 엉킴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 끈 모양으로 꼬아 지나 작게 끊어지고 부드러우며 약간의 점성이 있음</li> </ul>
실 트 (Silt)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세립사와 점토 함량이 극소량이고 실트입자의 함량이 80%이상</li> <li>• 건조되면 덩어리거나 쉽게 부서져서 밀가루 감촉의 가루가 됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않고 물에 젖으면 서로 엉킴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 완전히 꼬아지지 않는으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아지고 부드러움</li> </ul>
점 토 (Clay)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건조되면 아주 딱딱한 덩어리가 됨</li> <li>• 건조상태에서 잘 부서지지 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덩어리며 자유롭게 만져도 부서지지 않고 찰흙상태로 됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 길고 얇게 꼬아지며, 점성이 큼</li> </ul>

☐ 통일분류법 (2차 분류)

주요구분			기호	대표적인 흙	분류 기준				
조립토 (Coarse-Grained Soils)	자갈 (Gravel)	세립분이 약간 또는 거의 없는 자갈	GW	입도분포가 좋은 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음	세립분의 함유율에 의한 분류 :  200번체 통과율이 5% 이하인 경우 : GW, GP, SW, SP  200번체 통과율이 12% 이상인 경우 : GM, GC, SM, SC  200번체 통과율이 5~12%인 경우 : 2중 문자로 표시	$C_u > 4, C_u = D_{60}/D_{10}$ $1 < C_g < 3$ $C_g = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$			
			GP	입도분포가 나쁜 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음			GW의 조건이 만족되지 않을 때		
		세립분을 함유한 자갈	GM	실트질의 자갈, 자갈·모래·실트의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 밑 또는 소성지수가 4이하	소성 지수가 4~7 이면서 Atterberg 한계가 A선 위에 존재할 때는 2중 문자 표시		
			GC	점토질의 자갈, 자갈·모래·점토의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 위 또는 소성지수가 7이상			
	#200체 (0.075mm) 50% 이상 남음	모래 (Sand)	세립분이 약간 또는 거의 없는 모래	SW		입도분포가 좋은 모래 또는 자갈질의 모래, 세립분은 약간 또는 없음	2중 문자로 표시	$C_u > 6$ $1 < C_g < 3$	
				SP		입도분포가 불량한 모래 또는 자갈질 모래			SW의 조건이 만족되지 않을 때
		세립분을 함유한 모래	SM	실트질의 모래, 모래와 실트의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 밑에 있거나 소성지수가 5 이하		소성 지수가 4~7 이면서 Atterberg 한계가 A선 위에 존재 할 때는 2중 문자로 표시	
			SC	점토질의 모래, 모래와 점토의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 밑에 있거나 소성지수가 7 이상			
			액성한계 50% 이하인 실트나 점토	ML		무기질의 실트, 매우 가는 모래, 암분, 소성이 작은 실트질의 세사나 점토질의 세립사			<ul style="list-style-type: none"> <li>•소성도(Plasticity Chart)는 세립토에 함유된 세립분과 세립토를 분류하기 위해 사용</li> <li>•소성도의 빗금친 곳은 2중 기호 표기</li> </ul>
				CL		소성이 중간치 이하인 유기질 점토, 자갈질점토, 모래질점토, 실트질점토			
#200체 (0.075mm) 50% 이상 통과	액성한계 50% 이상인 실트나 점토	OL	소성이 작은 유기질 실트 및 점토	<p style="text-align: center;">세립토 분류를 위한 소성도</p>					
		MH	무기질 실트, 운모질 또는 규소의 세사 또는 실트질 흙, 탄성이 큰 실트						
		CH	소성이 큰 무기질 점토, 탄성이 큰 점토						
고유기성 흙		OH	탄성이 중간치 이상인 유기질 점토						
		Pt	이탄 및 그 밖의 유기질을 많이 함유한 흙						

다. 토질의 기재

흙의 상태에 대한 기재내용은 토질분류, 상대밀도, 연경도, 함수상태, 색깔 등이며, 다음과 같은 방법에 의하여 그 결과를 시추주상도에 기록한다.

☐ 통일분류법(USCS)에 사용되는 기호

토질의 종류		제1문자	토질의 속성	제2문자	
조립토	자갈 (Gravel)	G	입도분포 양호 (Well-graded), 세립분 거의 없음	W	조립토
	모래 (Sand)	S	입도분포 불량 (Poorly-graded), 세립분 거의 없음	P	
세립토	실트 (Mo)	M	세립분 12%이상 함유, A선 아래 소성지수 4 이하	M	세립토
	점토 (Clay)	C	세립분 12%이상 함유, A선 위, 소성지수 7 이상	C	
	유기질의 실트 및 점토 (Organic Clay)	O	압축성 낮음 (Low compressibility), $WL \leq 50\%$	L	세립토
유기질토	이탄 (Peat)	Pt	압축성 높음 (High compressibility), $WL \geq 50\%$	H	

☐ 상대밀도 및 연경도

사질토의 상대밀도		점성토의 연경도	
관입저항값(N치)	상대밀도	관입저항값(N치)	연경도
4 이하	매우느슨 (Very Loose)	2 이하	매우연약 (Very Soft)
4 ~ 10	느슨 (Loose)	2 ~ 4	연약 (Soft)
10 ~ 30	보통조밀 (Medium Dense)	4 ~ 8	보통견고 (Medium Stiff)
30 ~ 50	조밀 (Dense)	8 ~ 15	견고 (Stiff)
50 이상	매우조밀 (Very Dense)	15 ~ 30	매우견고 (Very Stiff)
		30 이상	고결 (Hard)

☐ 함수비에 따른 분류 상태

함수비 (%)	상태	함수비 (%)	상태
0 ~ 10	건조 (Dry)	30 ~ 70	젖음 (Wet)
10 ~ 30	습윤 (Moist)	70 이상	포화 (Saturated)

☐ 색깔에 따른 분류

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

### 2.3.2 토질과 암반의 구분

토질과 암반의 분류기준은 표준관입시험 N값 50(회)/10cm 기준으로 하고, 시료를 관찰하여 더 단단하고 모암의 조직을 가진 풍화대층을 풍화암으로 구분한다.

#### ▣ 풍화토와 풍화암의 분류기준

구분	분류기준	지질특성
풍화토	N < 50/10 (회/cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>조암광물이 대부분 풍화되어 암석으로서의 결합력을 상실한 풍화잔류토로서 절리의 대부분은 풍화광물인 점토 등 2차 광물로 충전되어 흔적만 보이고 함수포화시에 전단강도가 현저히 저하되기도 하며, 손으로 쉽게 부수어지는 지반</li> </ul>
풍화암	N > 50/10 (회/cm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>심한 풍화로 암석자체의 색조가 변색되었으며 충전물이 채워지거나 열린 절리가 많고, 가벼운 망치 타격에 쉽게 부수어지며 칼로 흠집을 낼 수 있음</li> <li>절리간격은 좁음 이하이며 시추시 암편만 회수되는 지반</li> </ul>

#### ▣ 토사와 암반의 분류(표준품셈)

구분	내용	
토사	보통토사	• 보통상태의 실트 및 점토, 모래질 흙 및 이들의 혼합물로서 삽이나 췌이를 사용할 정도의 토질(삽 작업을 하기 위하여 상체를 약간 구부릴 정도)
	경질토사	• 견고한 모래질 흙이나 점토로서 췌이나 곡괭이를 사용할 정도의 토질(체중을 이용하여 23회 동작을 요할 정도)
	고사점토 및 자갈섞인 토사	• 자갈질 흙 또는 견고한 실트, 점토 및 이들의 혼합물로서 곡괭이를 사용하여 파낼 수 있는 단단한 토질
	호박돌 섞인 토사	• 호박돌 크기의 돌이 섞이고 굴착에 약간의 화약을 사용해야 할 정도로 단단한 토질
암반	풍화암	• 일부는 곡괭이를 사용할 수 있으나, 암질이 부식되고 균열이 110cm 정도로서 굴착 또는 절취에는 약간의 화약을 사용해야 할 암질
	연암	• 균열이 10~30cm 정도로서 굴착 또는 절취에는 화약을 사용해야 하나 석축용으로는 부적합한 암질
	보통암	• 풍화상태는 엿볼 수 없으나 굴착 또는 절취에는 화약을 사용해야 하며 균열이 30~50cm 정도의 암질
	경암	• 화강암, 안산암 등으로서 굴착 또는 절취에 화약을 사용해야 하며, 균열상태가 1m 이내로서 석축용으로 쓸 수 있는 암질
	극경암	• 암질이 아주 밀착된 단단한 암질

### 2.3.3 암반의 분류방법

#### 가. 기관별 암반분류기준

##### 1) 서울특별시 지반조사편람 (서울시 표준지반분류 기준)

토사(퇴적토층, 풍화토층)와 암반(풍화암, 연암, 보통암, 경암, 극경암)에 대하여 시추조사와 실내 시험을 통한 분류가 가능하도록 기준을 제시한다.

#### < 서울특별시 지반조사편람(서울시 표준지반분류 기준) >

지 반 명	지반명 및 정성적 특징 (노두나 굴착지의 노출지반조사시)	시추조사시의 분류기준	현장 탄성파속도
퇴적토층 (DS : Deposit Soil)	퇴적토층(DS) 원지반에서 분리 이동되어 다른 곳에 퇴적된 층으로 대체로 원지반보다 연약하며 입자의 크기나 구성에 따른 세분	흙의 통일분류 법으로 세분함	-
풍화토층 (RS : Residual Soil)	풍화토층(RS) 조암광물이 대부분 완전풍화되어 암석으로서의 결합력을 상실한 풍화잔류토로서 절리의 대부분은 풍화산물인 점토등 2차 광물로 충전되어 흔적만 보이고 함수포화시에 전단강도가 현저히 저하되기도 하여, 손으로 쉽게 부수어지는 지반	N<50회/10cm 흙의 통일분류 법으로 세분함	<1.2km/s
풍화암층 (WR : Weathered Rock)	풍화암층(WR) 심한 풍화로 암석자체의 새곳가 변색되었으며 충전물이 채워지거나 열린 절리가 많고, 가벼운 망치타격에 쉽게 부수어지며 칼로 흠집을 낼 수 있음. 절리간격은 좁음 이하이며 시추시 암면만 회수되는 지반	TCR≥10% RQD<10% N≥50회/10cm qu<100kg/cm <sup>2</sup>	1.0km/s~ 2.5km/s
연 암 층 (SR : Soft Rock)	연암층(SR) 절리면 주변의 조암광물은 중간풍화되어 변색되었으나 암석내부는 부분적으로 약한풍화가 진행중이며, 망치타격에 둔탁한 소리가 나면서 파괴되고, 일부 열린 절리가 있으며 절리간격은 중간정도인 지반	TCR≥30% RQD<10% qu>100kg/cm <sup>2</sup>	2.0km/s~ 3.2km/s
보통암층 (MR : Moderate Rock)	보통암층(MR) 절리면에서 약한풍화가 진행되어 일부 변색되었거나 암석은 강한 망치타격에 다소 맑은 소리가 나면서 깨어지고, 절리면의 대부분이 밀착되어 있고 절리 간격 넓음	TCR≥60% RQD<25% qu≥500kg/cm <sup>2</sup>	3.0km/s~ 4.2km/s
경 암 층 (HR : Hard Rock)	경암층(HR) 조암광물의 대부분이 거의 신선하며 암석은 강한 망치타격에 맑은 소리를 내며 깨어지고, 절리면은 잘 밀착되어 있고 절리간격이 매우 넓음	TCR≥80% RQD<50% qu≥1000kg/cm <sup>2</sup>	4.0km/s~ 5.0km/s
극경암층 (XHR:Extremely Hard Rock)	극경암층(XHR) 거의 완전하게 신선한 암으로서 절리면은 잘 밀착되어 있고 강한 망치 타격에 맑은 소리가 나며 잘 깨어지지 않으며 절리 간격이 극히 넓음	TCR≥80% RQD<75% qu≥1500kg/cm <sup>2</sup>	>4.5km/s

1) N:표준관입시험치, TCR:코아회수율, RQD:암질표시율, qu:자연함수비 상태의 코아시료 일축압축강도, Js : 절리면 간격

2) NX 공경 다이아몬드 비트와 이중코아배럴을 사용한 시추결과에서 측정치

2) 한국도로공사 암반분류기준

토공작업을 위한 토사, 리핑암(풍화암), 발파암의 분류기준과 RMR, Q값, TCR, RQD, 탄성파속도, 일축압축강도에 따른 암반분류기준(풍화토, 풍화암, 연암, 보통암, 경암)을 제시한다.

< 토사, 리핑암, 발파암 분류기준 (도로설계요령 제2권 3.3암의분류) >

구 분		토 공 작 업		
		토 사	리핑암	발파암
표준관입시험 (N치,회/mm)		50/10 미만	50/10이상	-
불연속면의 발달빈도	BX규격	-	TCR=5%미만 RQD=0%정도	TCR=5~10%이상 RQD=5%이상
	NX규격	-	TCR=25%이하 RQD=0%정도	TCR=25%이상 RQD=10%이상
탄성파속도	A그룹	700m/sec 미만	700~1,200m/sec	1,200m/sec 이상
	B그룹	1,000m/sec미만	1,000~1,800m/sec	1,800m/sec이상

A그룹 : 편마암, 사질편암, 녹색편암, 석회암, 안산암, 현무암, 유문암, 감람암, 화강암

B그룹 : 흑색편암, 휘록응회암, 셰일, 이암, 응회암, 집괴암

< 토사, 리핑암, 발파암 분류기준 (도로설계편람 제6편 조사 및 시험) >

표준 단위	암 질	특 징	TCR (%)	RQD (%)	RMR	Q값	탄성파 속도 (km/sec)	일축압축 강도 (kg/cm <sup>2</sup> )
I	경암	안정성이 있고 풍화, 변질 및 물리적, 화학적 영향을 거의 받지 않은 신선한 대과상의 암질	90이상	70이상	81 ~ 100	40 이상	4.5이상	1200이상
II	보통암	균열 및 편리가 다소 발달되어 있으며 일반적으로 절리가 존재하는 충상의 암질	70~90	40~70	80 ~ 61	10 ~ 40	4.0~4.5	800~1200
III	연암	층리, 절리 및 편리 등이 매우 발달된 상태이며 파쇄대가 존재하는 소과상의 암질	40~70	20~40	60 ~ 41	4 ~ 10	3.5~4.0	600~800
IV	풍화암	물리적, 화학적, 영향으로 파쇄대가 매우 발달된 파쇄상의 풍화된 암질	40이하	0~20 N>100	40 ~ 21	1 ~ 4	3.5~2.0	250~600
V	풍화토	풍화작용이 심하고 일부가 고화된 상태이며 쉽게 뜯어낼 수 있는 암질		20이하 N<100:	20 이하	1 이하	2.0이상	250이하

## 3) 한국철도시설공단 고속철도 시방서 암반분류기준

일축압축강도, 탄성파속도, 변형계수, 지반강도비, 시추코어상태(TCR, RQD 등), 현장육안관찰(해머타격, 균열상태) 결과를 토대로 암반분류기준(풍화암, 연암, 중경암, 경암, 극경암)을 제시한다.

## &lt; 한국철도시설공단 고속철도 시방서 암반분류기준 &gt;

지 반 판 정 기 준										
지반 등급	일축압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	탄성파속도 (kg/cm <sup>2</sup> )	변형계수 (kg/cm <sup>2</sup> )	지반강도비	시추코어 상태			현장육안관찰		굴착 후태상
					시추검종	TCR (%)	RQD (%)	해머타격	균열상태	
풍화암	<50	<1.2	1,000 ~ 4,000	1 이하	세편상으로 암편이 남아 있으나 단형 코어가 없음	-	-	약한 해머타격에 부서지고 일부 손으로도 부서짐	-	암내부 풍화 진행 암의 구조 및 조직이 남아 있음
연 암	50 ~ 250	1.2 ~ 2.5	4,000 ~ 10,000	1~4	암편상~세편상(각력상) 원형 코어가 적고 원형복구 곤란	40 이하	10 이하	해머로 치면 타격을 내며 부서지고 균열이 되면서 갈라짐	5cm 이하	암내부를 제외하고 풍화 진행 점성토가 절리면을 피복, 세편상으로 나옴
중경암	250 ~ 500	2.5 ~ 3.5	10,000 ~ 50,000	4이상	대암편상~단주상 균 일 간 격 10cm내외 5cm내외의 크기가 많고 코어가 원형 복구 가능	40 ~ 70	70 ~ 70	해머타격에 쉽게 갈라지며 연속면을 따라 비교적 작은 조각으로 갈라짐	10 cm 내외	균열을 따라 다소 풍화 진행 장식 및 유색광물 일부 반색
경 암	500 ~ 1,000	3.5 ~ 4.5	50,000 ~ 100,000	-	단주상, 봉상 대체로 20cm이하 코어가 1m당	70 이상	70 ~ 90	강한 해머타격에 갈라지나 절리면을 따라 비교적 크게 갈라짐	15 cm 내외	대체로 신선 균열을 따라 약간 풍화 암내부는 신선
극경암	1,000 이상	4.5 이상	100,000 이상	-	봉주상~장주상 코어가 거의 20cm 이상 세편은 거의 포함되지 않은 상태	90 이상	90 이상	해머타격시 튀어오르고 여러 번 타격시 갈라지나 신선한 면이 나타남	20 ~ 50 cm 이상	대단히 신선 변질되지 않음

## 4) 서울메트로 암반분류기준

암반의 탄성계수, TCR, 암편상태, 지하수위 영향을 고려한 암반분류기준(경암, 중경암, 연암, 풍화암(토))을 제시한다.

## &lt; 서울메트로 암반분류기준(서울지하철 4호선(413공구) 설계기준) &gt;

구 분	TYPE I	TYPE II	TYPE III	TYPE IV	비 고
암 종	경 암	중경암	연 암	풍화암(토)	
강 도 (탄성파속도)	4.5km/sec	4.5~4.0km/sec	4.0~3.5km/sec	3.5km/sec	
암질상태	균열 및 절리가 거의 없고 견고하며 풍화변질 및 물리적, 화학적 교대작용을 거의 받지 않는 신선한 암질체로서 대과상의 암질	균열 및 절리가 다소 발달되어 있으며 약간의 파쇄대가 존재하며 다소의 소단층이 발달되어 있는 상태로써 약간의 절리도 포함하여 층상을 이루는 암석	풍화작용에 의한 암상에 교대작용을 받아 층리, 편리 및 절리가 발달되어 있는 암체로서 소괴상을 이루는 파쇄질의 암상	물리, 화학적 교대작용에 의하여 파쇄가 매우 발달된 상태로써 여러방향의 절리 및 다소의 단층을 포함하여 점토질이 많이 발달되어 있는 암상	절리 및 단층은 그 크기나 방향성에 따라 암종의 분류를 결정하여 특히 단층의 경우 상반과 하반의 간격으로 결정
시추코어 상 태	코어 채취율은 거의 90%이상으로 주상을 이루며 암괴는 20cm 이상으로 세편이 거의 없는 상태	코어 채취율은 70~90% 완전한 주상은 되지 않고 다소의 세편이 포함되어 있으며 편의 크기는 5cm이상의 상태	코어 채취율은 40~70%로서 균열이 많고 5cm이하의 세편이 다량 포함되어 있는 상태	코어 채취율은 40%이하로서 거의가 세편을 이루며 특히, 각력암이 포함된 모래상 또는 점토의 상태	
지하수위 영 향	누수량에 의한 영향은 적게 받고 최대 20 l/sec이상의 경우 Grouting 실시	누수량의 영향을 약간 받으며 최대 15 l/sec이상 일 경우 Grouting 실시	누수량에 의하여 Crack 자체가 영향을 받으며 최대 10 l/sec이상 일 경우 Grouting 실시	누수량에 의하여 암질자체가 상당한 영향으로 풍화되며 최대 100 l/sec이하 일 경우에도 Grouting 실시	누수량에 의하여 암종을 구분함은 곤란하나 용수량이 많은 경우 암종을 한 단계 낮추어 시공할 수 있음

5) 서울 도시철도공사 암반분류기준

지반의 종류 및 기초적인 분류기준은 서울시 표준지반분류 기준을 준용하되 RMR과 보조공법과 관련내용을 포함하여 암반분류기준을 제시한다.

< 서울 도시철도공사 암반분류기준(서울지하철 9호선 설계기준) >

지반명 및 정성적 특징 (노두나 굴착지의 노출지반조사시)	시추조사시의 분류기준	RMR~SYSYEM R1 R2 R3 R4	RMR~SYSYEM R5 R6	적용깊도 보조공법
퇴적도층(DS) 원지반에서 분리·이동되어 다른 곳에 퇴적된 층으로 대체로 원지반보다 연약하며 입자의 크기나 구성에 따른 세분	흙의 통일분류법으로 세분함	-	-	용수저감대책 붕락방지대책
풍화도층(RS) 조암광물이 대부분 완전풍화되어 암석으로서의 결합력을 상실한 풍화산류토로서 절리의 대부분은 풍화산물인 점토등 2차 광물로 충전되어 흔적만 보이고 함수포화시에 전단강도가 현저히 저하되기도 하여, 손으로 쉽게 부수어지는 지반	N<50회/10cm 흙의 통일분류법으로 세분함	-	-	용수저감대책 붕락방지대책
풍화암층(WR) 심한 풍화로 암석자체의 새겉가 변색되었으며 충전물이 채워지거나 열린 절리가 많고, 가벼운 망치타격에 쉽게 부수어지며 칼로 흠집을 낼 수 있음. 절리간격은 좁음 이하이며 시추시 암면만 회수되는 지반	TCR≥10% RQD<10% N≥50회/10cm qu<100kg/cm <sup>2</sup>	≤2≤3≤8≤20 RMR=<33	≤ 4. > -10	용수저감대책
			> 4. ≤ -10	붕락방지대책
연암층(SR) 절리면 주변의 조암광물은 중간풍화되어 변색되었으나 암석내부는 부분적으로 약한풍화가 진행중이며, 망치타격에 둔탁한 소리가 나면서 파괴되고, 일부 열린 절리가 있으며 절리간격은 중간정도인 지반	TCR≥30% RQD<10% qu>100kg/cm <sup>2</sup>	≤2≤3≤10≤25 33<RMR=<40	≤ 4. ≤ -10	붕락방지대책
			> 4. ≤ -10	여굴저감대책
보통암층(MR) 절리면에서 약한풍화가 진행되어 일부 변색되었거나 암석은 강한 망치타격에 다소 맑은 소리가 나면서 깨어지고, 절리면의 대부분이 밀착되어 있고 절리 간격 넓은	TCR≥60% RQD<25% qu≥500kg/cm <sup>2</sup>	≤7≤8≤15≤15 40<RMR=<55	≤ -10	여굴저감대책
경암층(HR) 조암광물의 대부분이 거의 신선하며 암석은 강한 망치타격에 맑은 소리를 내며 깨어지고, 절리면은 잘 밀착되어 있고 절리간격이 매우 넓은	TCR≥80% RQD<50% qu≥1000kg/cm <sup>2</sup>	≤12≤13≤20≤30 55<RMR=<75	≤ -10	여굴저감대책
극경암층(XHR) 거의 완전하게 신선한 암석으로서 절리면은 잘 밀착되어 있고 강한 망치 타격에 맑은 소리가 나며 잘 깨어지지 않으며 절리간격이 극히 넓은	TCR≥80% RQD<75% qu≥1500kg/cm <sup>2</sup>	≤12≤17≤15≤30 75<RMR=	-	-

- 1) TCR : 코아회수율, RQD : 암질표시율, qu : 시료일축압축강도, TCR 및 RQD는 NX공경 다이아몬드비트와 이중코아베럴을 사용한 시추시의 측정값이며, 삼중 코아베럴을 사용한 경우는 코아회수율이 현저히 증가되므로 분류기준의 TCR은 무시함.
- 2) RMR은 BIENIAWSKI 분류기준으로 암석의 강도(R1), RQD(R1), RQD(R2), 절리간격(R3), 및 절리상태(R4)의 평점의 합으로서, 동기준의 지하수상태(R5) 및 절리경사(R6)의 평점을 제외한 RMR값을 나타냄.

## 6) 한국엔지니어링협회 암반분류기준

시추시 굴진현황, 풍화변질, 균열, 코아상태, 햄머타격, 침수시험, 탄성파속도 및 일축압축강도를 기준으로 암반분류기준(경암, 중경암, 연암, 풍화암)을 제시한다.

## &lt; 한국 엔지니어링협회 암반분류기준 (지질조사 표준품셈) &gt;

암반 분류	시추굴진 현황	암 반 의 성 질						일축압 축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )
		풍화변질 상 태	균열상태	코아상태	햄머타격	침수시험	탄성파속도 (km/sec)	
풍 화 암	Mertal Crown bit 로 용이하게 굴진 가능하 며 때로는 무수보링도 가능	암내부까지 도 풍화진 행, 암의구 조 및 조 직이 남아 있음	균열은 많 으나 점토 화의 진행 으로 거의 밀착 상태 임	세편상 암 편이 남아 있고 손으 로 부수면 가루가 되 기도함. 원 형 코아가 없음	손으로 부 서짐	원형 보존 이 거의 불가능하며 세편상으로 분리됨	<1.2	125 이하
연 암	Mertal Crown bit 로 용이하게 굴진 가능한 암반	암 내부의 일부를 제외 하고는 풍화진 행, 장식, 운모 등 변색, 변질	균열이 많 이 발달, 균열 간격 은 5cm 이하이고 점토 협재	암편상, 세 편상(각력 상), 원형 코아가 적 고 원형 복구 곤란	햄마로 치 면 가볍게 부서짐	세편상으로 분리되고 암 괴로도 분리됨	1.2~2.5	125 ~400
중 경 암	Metal Crown bit 로 굴진가능 Diamond bit이용시 코아회수율 이 양호한 암반	균열을 따 라 다소 풍화진행, 장식 및 유색광물은 일부 변색 됨	균열발달, 일부는 점 토를 협재 함, 세편 상태로 잘 부서짐 균 열 간격은 10cm내외	대암편상, 단 주 상 10cm이하 이며, 특히 5cm내외 의 코아가 많음. 원형 복구가능	햄마로 치 면 탁음을 내고 부서 짐	암괴로 분 리하나 입 지의 분산 은 거의 없고 변화 하지 않음	2.5~3.5	400 ~800
경 암	Diamond bit 를 사용하지 않으면 굴진 하기 곤란한 암반	대체로 신 선한 균열 을 따라 약간풍화, 암 내부는 신선함	균열의 발 달이 적으 며 균열 간 격 은 5~15cm, 대체로 밀 착상태이나 일 부 는 open됨	단수상~봉 상, 대체로 20cm이하, 1m당 5~6 개 이상	햄마로 치 면 금속음 을 내고 잘 부서지 지 않으며 튀는 경향 을 보임	거의 변화 하지 않음	3.5~4.8	800 ~1200

## 7) 건설표준품셈

암종, 탄성과 속도(자연상태, 암석시편), 암편 내압강도를 기준으로 암반 구분기준을 제시하고 있으며, 현재에는 관련내용이 삭제되어 있으나 다른 문헌에서 이에 대한 기준을 제시하고 있다.(한국도로공사 도로설계요령 제2권 3.3 암의 분류)

## &lt; 건설표준품셈 암반분류기준 &gt;

## (1) 암종별 탄성과속도 및 내압강도

암 종	그룹 구분	자연상태의 탄성과속도 V(km/sec)	암편탄성과 속도 Vc(km/sec)	암편내압강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	비 고
풍화암	A	0.7~1.2	2.0~2.7	300~700	<b>■ 압축강도</b> 1. 시편:5cm 입방체 2. 노건조:24시간 3. 수증침윤:2일 4. 내압시험 5. 시험방향(가입방향) Z축(결면에수직) (탄성과 속도가 가장 느린 방향)
	B	1.0~1.8	2.5~3.0	100~200	
연 암	A	1.2~1.9	2.7~3.7	700~1,000	
	B	1.8~2.6	3.0~4.3	200~500	
보통암	A	1.9~2.9	3.7~4.3	1,000~1,300	
	B	2.8~4.1	3.7~4.7	500~800	
경 암	A	2.9~4.2	4.3~5.7	1,300~1,600	<b>■ 암편의 탄성과속도</b> 1. 시편 : 두께15~20cm상하면이 평행면 2. 측정방향 : X축 (탄성과 속도가 가장빠른방향) (결면에 평행)
	B	4.1이상	4.7~5.8	800이상	
극경암	A	4.2이상	5.8이상	1,600이상	

## (2) A, B 그룹 분류

구분	그룹분류	A	B
대표적인 암종명		편마암, 사질편암, 녹색편암, 각섬암, 석회암, 사암, 휘록용회암, 역암, 화강암, 섬록암, 감람암, 사문암, 유문암, 안산암, 현무암	흑색편암, 녹색편암, 휘록용회암, 혈암, 셰일, 니암, 용회암, 집괴암
함유물등에 의한 육안 판정		사질분, 석영분을 다량 함유하고 암질이 단단한 것, 결정도가 높은 것	사질분, 석영분이 거의 없고 응회분이 거의 없는 것, 천매상의 것
500~1,000gr 해머의 타격에 의한 판정		타격점의 암은 작은 평평한 암편으로 되어 비산되거나 거의 암분을 남기지 않는 것	타격점의 암자신이 부서지지 않고 분상이 되어 남으며 암편이 별도 비산되지 않는 것

8) 한국전력공사 암반분류기준

한국전력공사는 지층을 풍화정도에 따라 5단계로 구분하고 있으며 이를 위하여 RMR, 일축압축강도, 탄성파속도, 변형계수, 시추코아상태(RQD등), 현장육안관찰(햄머타격, 균열상태) 결과에 의한 기준을 제시하고 있다.

< 한국전력공사 전력구 암반분류 기준 (전력구설계 표준화 용역 TBM 기준) >

풍화상태	RMR	지 반 산 정 기 준						
		일축압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	탄성파속도 (km/s)	변형계수 (kg/cm <sup>2</sup> )	시추코아상태		햄머타격	균열상태
					시추조사	RQD (%)		
완전풍화 (Completely Weathered)	<20	<10	<0.7	<1,000	토사화 되어 코아형성이 불가능하며 교란된 토사사료, 채취가능 N<50/15cm	-	손으로 1개 부서짐	-
심한풍화 (Highly Weathered)	21 ~ 42	10 ~ 50	0.7 ~ 1.2	1,000~ 10,000	세편상으로 암편이 남아있으나 단형코아 없음	<10	약한 햄머타격에 부서지고 일부 손으로도 부서짐	일부코아상태로 회수되거나 시추작업으로 균열상태 확인 불가능
보통풍화 (Moderately Weathered)	43 ~ 60	50 ~ 250	1.2 ~ 3.5	10,000~ 50,000	단주상~봉상 시료 길이가 10~20cm 봉상~장주상 코아 길이가 20cm이상 세편상은 거의 포함되지 않은 상태	<25	햄머타격시 탁음을 내고 부서지나 용이하게 갈라지며 불연속면을 따라 비교적 소연으로 갈라짐	균열이 많이 발달, 부분적으로 점토협재
약간풍화 신선 (Slightly Weathered Fresh)	61 ~ 100	>250	>3.5	>50,000	단주상~봉상 시료 길이가 10~20cm 봉상~장주상 코아 길이가 20cm이상 세편상은 거의 포함되지 않은 상태	>25	강한 햄머타격에 갈라지거나 절리면을 따라 비교적 크게 갈라짐 신선한 면이 나타남	균열발달이 적고, 일부 점토협재되며, 대체로 밀착상태이나 일부는 OPEN

## 나. 기관별 지반분류 기준 비교

정량적 평가가 가능한 항목을 중심으로 기관별 지반분류 기준을 비교한 결과는 기관별로 다소 차이가 있는 항목이 존재한다.

## &lt; 기관별 지반분류 기준 &gt;

기관별기준		암반분류	풍화도	풍화암	연 암	중경암 (보통암)	경 암	극경암
서울시 표준지반 분류기준	일축압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	-	<100	100~500	500~1,000	>1500	-	
	TCR(%)	-	10~30	30~60	60~80	>80	-	
	RQD(%)	-	<10	10~25	25~50	>75	-	
	표준관입시험	N<50/10	N≥50/10	-	-	-	-	
	탄성파속도 (km/sec)	<1.2	1.0~2.5	2.0~3.2	3.0~4.2	4.0~5.0	>4.5	
한국도로 공사	일축압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )		250~800	600~800	800~1,200	>1,200	-	
	탄성파속도 (km/sec)	0.7 미만	2.0~3.5	3.5~4.0	4.0~4.5	>4.5	-	
	TCR(%)		<40	40~70	70~90	>90	-	
	RQD(%)		0~20	20~40	40~70	>70	-	
	표준관입시험	N<50/10	N≥50/10	-	-	-	-	
한국철도 시설공단 고속철도	일축압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )		<50	50~250	250~500	500~1,000	>1,000	
	탄성파속도 (km/sec)		<1.2	1.2~2.5	2.5~3.5	3.5~4.5	>4.5	
	변형계수 (kg/cm <sup>2</sup> )		1,000~ 4,000	4,000~ 10,000	10,000~ 50,000	50,000 ~100,000	>100,000	
서울메트로 4호선	탄성파속도 (km/sec)		<3.5	3.5~4.0	4.0~4.5	>4.5	-	
서울도시 철도공사 지하철 9호선	일축압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )		<100	100~500	500~1,000	>1500	-	
	TCR(%)		10~30	30~60	60~80	>80	-	
	RQD(%)		<10	10~25	25~50	>75	-	
	표준관입시험	N<50/10	N≥50/10	-	-	-	-	
한국엔지니어링 협회	일축압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )		<125	125~400	400~800	800~1,200	-	
	탄성파속도 (km/sec)		<1.2	1.2~2.5	2.5~3.5	3.5~4.5	-	
건설표준 품셈	암편내암강도 (kg/cm <sup>2</sup> )		300~700	700~ 1,000	1,000~ 1,300	1,300~ 1,600	>1,600	
			100~200	200~500	500~800	>800	>5.8	
	암편탄성파 속도(km/sec)		2.0~2.7	2.7~3.7	3.7~4.7	4.7~5.8	-	
한국전력 공사	일축압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )		10~50	50~250	-	>250	-	
			<10	10~50	50~250	-	>250	
	탄성파속도 (km/sec)		<0.7	0.7~1.2	1.2~3.5	-	>3.5	
	변형계수 (kg/cm <sup>2</sup> )		<1,000	1000 ~10,000	10,000 ~50,000	-	>50,000	
표준관입시험	N<50/15	N≥50/15	-	-	-	-		

## 다. 지반분류 기준 수립 분석

### 1) 풍화토층(토사) 및 풍화암층(암반) 분류기준

- 총 4개 기관(서울특별시, 한국도로공사, 도시철도공사, 한국전력공사)이 풍화토층과 풍화암층 경계에 대한 분류기준을 제시하고 있음.
- 분류기준 : N치 50회/10cm (미만시 풍화토, 이상시 풍화암)
- 탄성파속도에 대한 기준도 제시되어 있으나 자료의 부족과 신뢰성의 부족으로 본 분석에서는 반영하지 않음.

### 2) 암반층 지반분류 단계

- 대부분 국내기관이 4단계 분류방법을 적용하고 있으며, 일부 기관은 5단계 분류기준을 적용함
  - 5단계 분류 : 풍화암, 연암, 중경암(보통암), 경암, 극경암
  - 4단계 분류 : 풍화암, 연암, 중경암(보통암), 경암
  - 3단계 분류 : 풍화암, 연암, 경암

구 분	암반 분류 기준				
5단계 분류	풍화암	연 암	중경암(보통암)	경 암	극경암
4단계 분류	풍화암	연 암	중경암(보통암)	경 암	
3단계 분류	풍화암	연 암	경 암		

- 한국전력공사 지반조사 발주기준은 3단계의 지반분류를 채택하고 있으며, 기준 수립 시 중경암(보통암), 경암, 극경암을 경암으로 통합 적용함.

### 3) 풍화암층, 연암층, 경암층 분류기준

- 본 조사에서 시행된 시추조사 및 각종시험 결과 중 암반분류에 활용이 가능한 항목은 코아회수율(TCR), 암질지수(RQD), 일축압축강도, 탄성파속도와 암반분류 평가방법에 의한 결과(RMR) 등으로 이를 기준으로 암반에 대한 분류기준을 수립하였다.
- 지반분류 활용항목 : 5개 항목(TCR, RQD, 일축압축강도, 탄성파속도, RMR)
- 분류기준의 총 5개 항목 중 3개 항목이 일치하는 경우 해당 지층으로 분류하였다.

## 라. 지반분류 기준 적용(안)

## 1) 정량적 분류기준

- 암반분류는 5개 기준을 대상으로 분석 후 3개 기준 이상 만족 시 해당 암반층으로 분류한다.
- 여기서, TCR : 코아회수율, RQD : 암질표시율,  $q_u$  : 시료일축압축강도를 의미한다.
- TCR 및 RQD는 NX 공경의 다이아몬드비트와 이중코아베럴을 사용한 시추시의 측정값이며, 삼중 코아베럴을 사용한 경우 코아회수율이 현저히 증가되므로 분류기준의 TCR은 무시한다.
- RMR은 Bieniawski 분류기준으로 암석강도(R1), RQD(R1), RQD(R2), 절리간격(R3), 및 절리상태(R4)의 평점의 합으로서, 동 기준의 지하수상태(R5) 및 절리경사(R6)의 평점을 제외한 RMR값을 나타낸다.

지 반 명	표준관입시험	시추코아 분류		실내실험 분류		RMR
		TCR (%)	RQD (%)	일축압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	탄성파속도 (km/sec)	
풍화토층	50회/10cm미만	-	-	-	-	-
풍화암층	50회/10cm이상	10~30	10미만	100 미만	1.2미만	20이하
연 암 층	-	30~60	10~25	100~500	1.2~2.5	20~40
경 암 층	-	60~100	25~100	500이상	2.5이상	40~100

## 2) 정성적 분류기준(참고)

지 반 명	정성적 특성
풍화토층	조암광물이 대부분 완전 풍화되어 암석으로서의 결합력을 상실한 풍화잔류토로서 절리의 대부분은 풍화산물인 점토등 2차 광물로 충전되어 흔적만 보이고 함수포화시에 전단강도가 현저히 저하되기도 하여, 손으로 쉽게 부수어지는 지반
풍화암층	심한 풍화로 암석자체의 색깔이 변색되었으며 충전물이 채워지거나 열린 절리가 많고, 가벼운 망치타격에 쉽게 부수어지며 칼로 흠집을 낼 수 있음. 절리간격은 좁음 이하이며 시추시 암면만 회수되는 지반
연 암 층	절리면 주변의 조암광물은 중간 풍화되어 변색되었으나 암석내부는 부분적으로 약한풍화가 진행중이며, 망치타격에 둔탁한 소리가 나면서 파괴되고, 일부 열린 절리가 있으며 절리간격은 중간정도인 지반
경 암 층	조암광물의 대부분이 약간 풍화 또는 거의 신선하며 암석은 강한 망치타격에 맑은 소리를 내며 깨어지거나 깨어지지 않고, 절리면은 잘 밀착되어 있고 절리간격이 매우 넓음

### 2.3.4 암반의 기재방법

암석 코어에 대한 기술내용은 TCR, RQD, 색, 불연속면의 간격, 풍화상태, 암석명, 강도 등을 기재하며, 암석의 풍화상태, 불연속면의 간격(절리나 층리면의 간격) 및 강도는 아래 기준에 따라 기술한다.

#### < 코아회수율(Total Core Recovery : TCR) >

개 요	<ul style="list-style-type: none"> <li>코아회수율은 시추심도에 대한 회수된 코어의 백분율로서 암석의 연경도와 풍화도를 간접적으로 반영하는 값임</li> </ul>
평 가	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>TCR(\%) = \frac{\text{회수된 Core의 길이}}{\text{총 시추길이}} \times 100</math></li> </ul>
특 징	<ul style="list-style-type: none"> <li>코아회수율은 시추기의 회전속도, 시추구경, 사용 비트(bit) 및 시추압력 등의 작업 조건에 따라서 코아회수율이 달라짐</li> </ul>

#### < 암질지수(Rock Quality Designation : RQD) >

개 요	<ul style="list-style-type: none"> <li>D. U. Deere(1964)는 다이아몬드 보링으로 채취한 보링코어의 관찰에 의해서 암질을 정량적으로 표시하는 지표로 RQD를 제안</li> <li>RQD는 코아길이 1m 중에 포함된 10cm 이상의 봉상코어의 비율로 정의되며 암반의 상대적인 절리상태와 연경도 등을 반영하는 값임</li> </ul>
평 가	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>RQD(\%) = \frac{\sum(10\text{cm 이상되는 채취된 암석의 시편})}{\text{총 시추길이}} \times 100</math></li> </ul>
특 징	<ul style="list-style-type: none"> <li>RQD는 절리의 방향, 충전물(Filing material) 등의 절리의 성질을 충분히 반영하지 못하는 단점을 가지고 있음</li> </ul>

#### < 색조에 대한 기재방법 >

색 (Color)	<ul style="list-style-type: none"> <li>암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 녹색)에 담(연한)과 암(진한)의 명암 및 혼색에 대한 접두용어를 사용</li> </ul>
-----------	---

#### < 불연속면의 간격 >

기 재 방 법	기 호	Joint 간격	상 태
불연속면 간격의 최대값, 최소값, 평균값을 주상도에 수록	F5	5 cm	매우심한균열(Highly Fractured)
	F4	5~10 cm	심한균열(Fractured)
	F3	10~20 cm	보통균열(Moderately Fractured)
	F2	20~100 cm	약간균열(Slightly Fractured)
	F1	100cm 이상	괴 상(Massive)

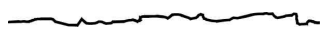


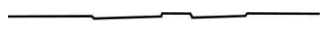





## &lt; 암석의 풍화상태에 따른 분류기준 &gt;

기 호	용 어	설 명
D6	잔 적 토 (Residual Soil)	• 완전풍화되고 토립자들의 재구성이 일어나 암석조직이 관찰되지 않는 흙
D5	완전풍화 (Completely Weathered)	• 암석전체가 완전풍화를 받아 흙으로 변화되었으나 모암의 원조직과 구조를 지니며 간혹 풍화를 받지 않은 암편을 함유한 상태
D4	심한풍화 (Highly Weathered)	• 암석내부까지 풍화가 진행중이며 점토물질이 협재되어 있어 부분적으로 쉽게 부술 수 있는 상태
D3	보통풍화 (Moderately Weathered)	• 전 암석 표면에서부터 풍화가 진행중이며 색조는 변화했으나 손으로 부술 수 없는 상태
D2	약간풍화 (Slightly Weathered)	• 기반암내 발달된 불연속면을 따라 미약한 풍화작용이 시작되고 있으나 암석 자체에는 아무런 풍화작용이 일어나지 않는 상태
D1	신 선 (Fresh)	• 풍화작용의 흔적이 없는 상태

## &lt; 암석의 강도에 따른 분류 &gt;

기 호	용 어	설 명
S5	매우약함 (Very Weak)	• 손가락 또는 엄지손톱의 압력으로 눌러 으스러지는 정도
S4	약 함 (Weak)	• 해머로 눌러 으스러지는 정도
S3	보통강함 (Moderately Strong)	• 1회의 약한 해머 타격으로 쉽게 깨지면 모서리가 으스러지는 정도
S2	강 함 (Strong)	• 1~2회의 강한 해머 타격으로 깨지거나 모서리가 각이지는 정도
S1	매우강함 (Very Strong)	• 여러번의 강한 해머 타격으로 쾌각상의 조각으로 깨지며 각이 날카로운 정도

## &lt; 절리면 거칠기에 따른 분류 &gt;

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

## 2.4 시추공 폐공처리

### 가. 개요

각종 조사 시 소기의 목적을 달성한 후 남게되는 시추공을 폐공이라 하는데, 최근 들어 폐공을 통한 오수의 유입으로 지하수 오염 등의 환경오염 문제가 빈번히 발생하고 있으므로 시추조사 등에 의한 시추공은 조사완료 후 폐공처리를 하여야 한다.

폐공처리는 다음과 같은 효과가 있다.

- 폐공 내로 유입되는 지표 오염원 차단
- 오염원의 수직적 이동 통로 제거
- 오염 유발시설(케이싱 등) 제거 등의 지하수 오염 방지

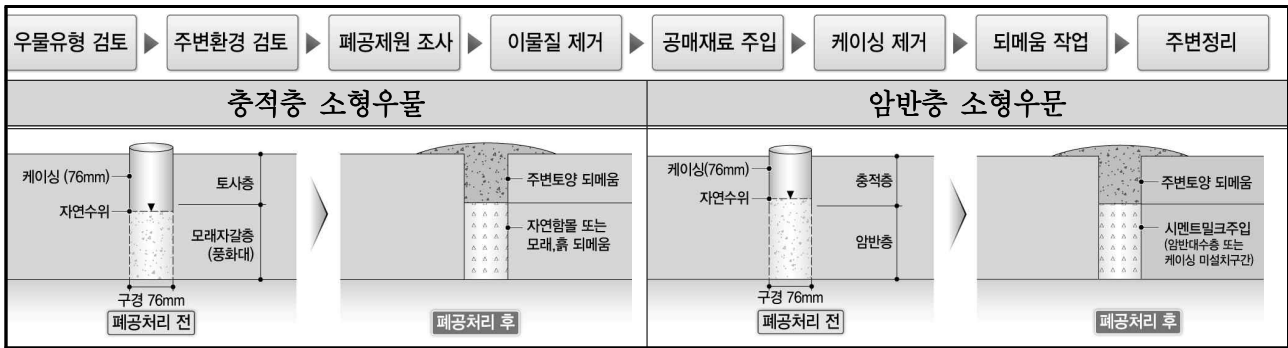
### 나. 관련법규

폐공처리에 관한 관련법규는 다음과 같다.

폐공의 정의	•현재 또는 미래에 이용할 계획이 없고 오염방지를 위한 별도의 조치없이 방치되어 있는 지층을 굴착한 모든 공
원상복구 명령 (지하수법 제15조) 아래의 각호에 해당되는 경우	•허가인가 등이 취소된 경우 또는 개발이용기간이 만료된 경우 •지하수 개발·이용을 위해 굴착한 장소에서 지하수가 채취되지 않는 경우 •소요수량이 확보되지 않고, 수질 불량으로 지하수를 개발·이용할 수 없는 경우 •지하수의 개발·이용을 종료한 경우 •기타 원상복구가 필요한 경우로서 대통령이 지정하는 경우
처리대책 (지하수의 수질보전에 관한 규칙)	•지표하부에 그라우팅이 되어 있는 경우에는 토지굴착 깊이까지 불투수성 재료(시멘트, 슬러리 등)를 주입하여 다짐하면서 되메움(공매작업) •지표하부에 그라우팅이 되어 있지 않고 보호벽(케이싱)이나 유공관(파이프) 등이 설치되어 있는 경우에는 가능한 이를 제거한 후 토지굴착 깊이까지 불투수성 재료(시멘트, 슬러리 등)를 다짐하면서 되메움(공매작업)

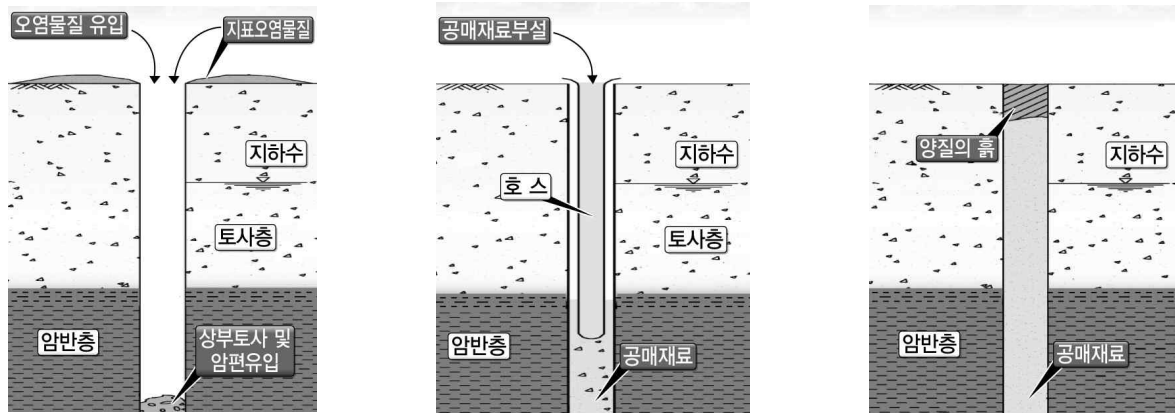
### 다. 조사구간의 폐공처리

폐공은 충적층 소형우물과 암반층 소형우물로 구분한다. 충적층 폐공은 암반층까지 굴착하지 않고 암반층 상부의 모래, 자갈, 실트 등 퇴적층 구간까지만 굴착한 시추조사공에 대한 폐공을 말하며, 원상복구 방법은 케이싱을 인발하여 공 내부에 지하수위 상부까지 세사로 되메움을 실시하고 상부는 주변 토양으로 되메움을 실시한다. 암반층 폐공은 암반까지 굴착한 시추조사공을 말하며, 원상복구 방법은 폐공 전 구간을 투수성 재료 되메움 구간과 불투수성 재료 되메움 구간 및 표면 처리구간으로 구분하여 각 구간별로 적합하게 되메우기를 실시하며, 현장 여건에 따라 지표부 표면처리 구간은 생략하여 되메움을 실시한다.



라. 폐공순서 및 방법

본 조사구간의 모든 시추공에 대하여 원상복구 명령(지하수법 제15조) 및 처리대책(지하수의 수질보전에 관한 규칙)에 의거하여 다음과 같이 폐공 조치하였다.



- 공매재료의 양 결정
  - 시추공의 직경, 깊이, 지하수 위 파악
- 시추공내 접지
  - 케이싱 및 검측 PVC 제거

- 공매재료 충전
  - 시멘트+벤토나이트+물
  - 호스설치후 공매재료 충전
  - 충전시 호스를 올리면서 공매재료 부설

- 상부구간 마무리
  - 공매 재료를 지표면 1.0~1.5m까지 충전후 그 상부에 영농작업과 식생을 고려하여 양질의 흙으로 되메움

## 제3장 조 사 결 과

- 3.1 지형 및 지질
- 3.2 시추조사 결과
- 3.3 하향식탄성파탐사 결과
- 3.4 지하수위 측정 결과
- 3.5 표준관입시험 결과

## 제3장 조사 결과

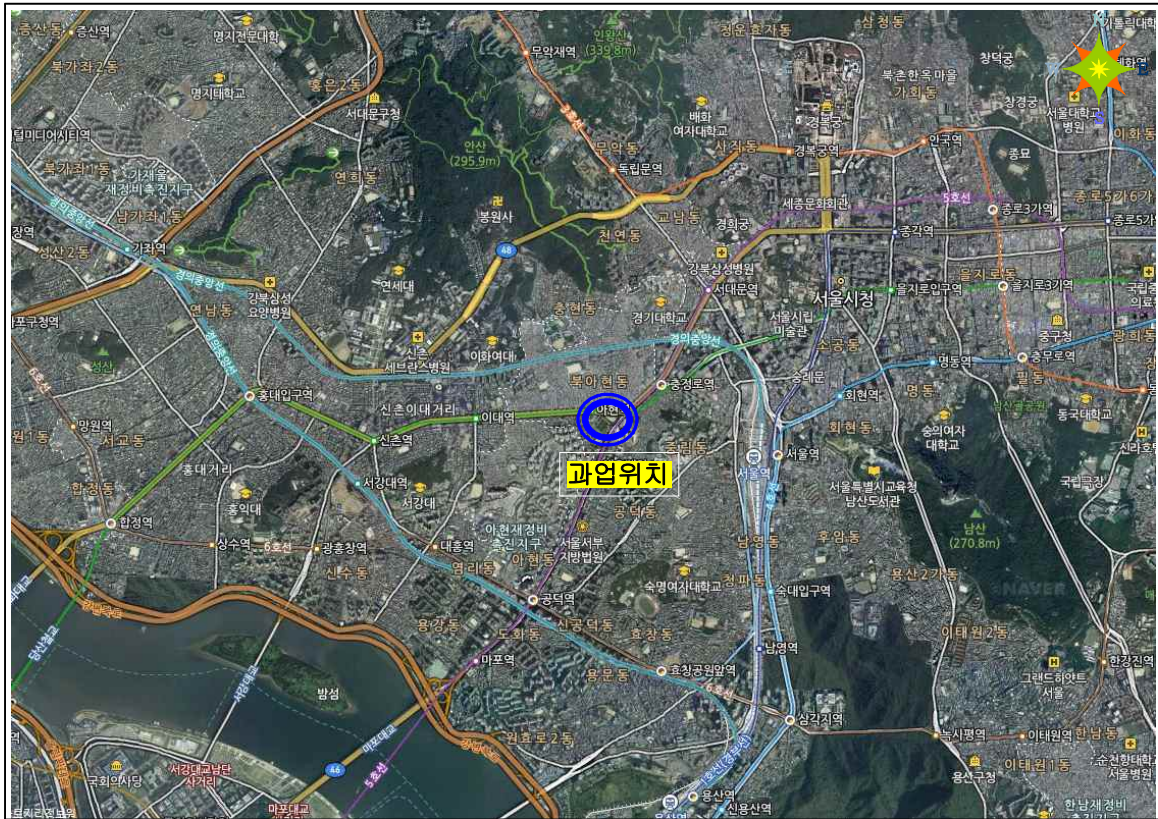
### 3.1 지형 및 지질

#### 3.1.1 지형

본 과업구간은 행정구역상 서울특별시 마포구 마포대로 247일원이다. 북쪽으로는 지하철 2호선 아현역이 위치하며 동쪽으로는 지하철 5호선이 위치하고 있고, 남쪽에 아현중학교가 인접해서 자리하고 있다.

산계는 과업지역의 북서쪽으로 ▲안산(295.9m)이 위치하며, 동쪽으로 남산(270.8m)이 위치하고 있다.

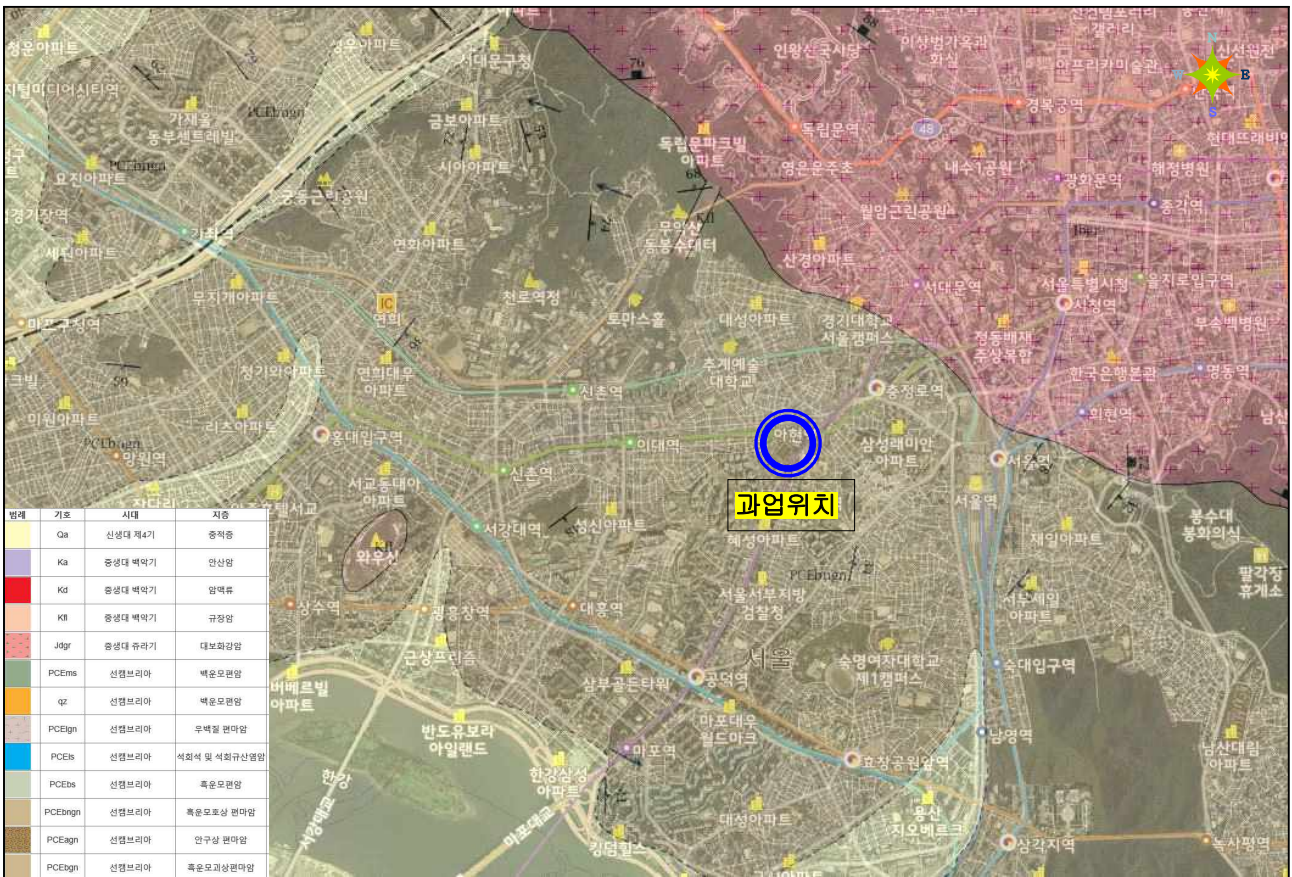
수계는 과업지역의 남쪽으로 한강이 동쪽에서 서쪽으로 흐른다.



< 산계 및 수계 >

### 3.1.2 지 질

본 지역의 지질은 대부분 선캠브리아기의 편마암류인 경기편마암 복합체 일부로서 주로 편마암류, 그 후기에 관입한 화성암류, 충적층 등으로 이루어져 있다. 선캠브리아기의 것으로서 안상 편마암, 흑운모괴상편마암, 규암, 백운모 편암, 석회암 및 석회 규산염암, 흑운모 편암, 우백질 편마암, 흑운모호상편마암 등으로 구성되어 있다. 이들 변성암류를 관입한 화성암류들은 주라기의 서울화강암과 백악기로 생각되는 안산암, 규장암, 암맥류 등으로 되었으며, 이들 모든 암체는 제4기 충적층에 부정합으로 덮여있다.



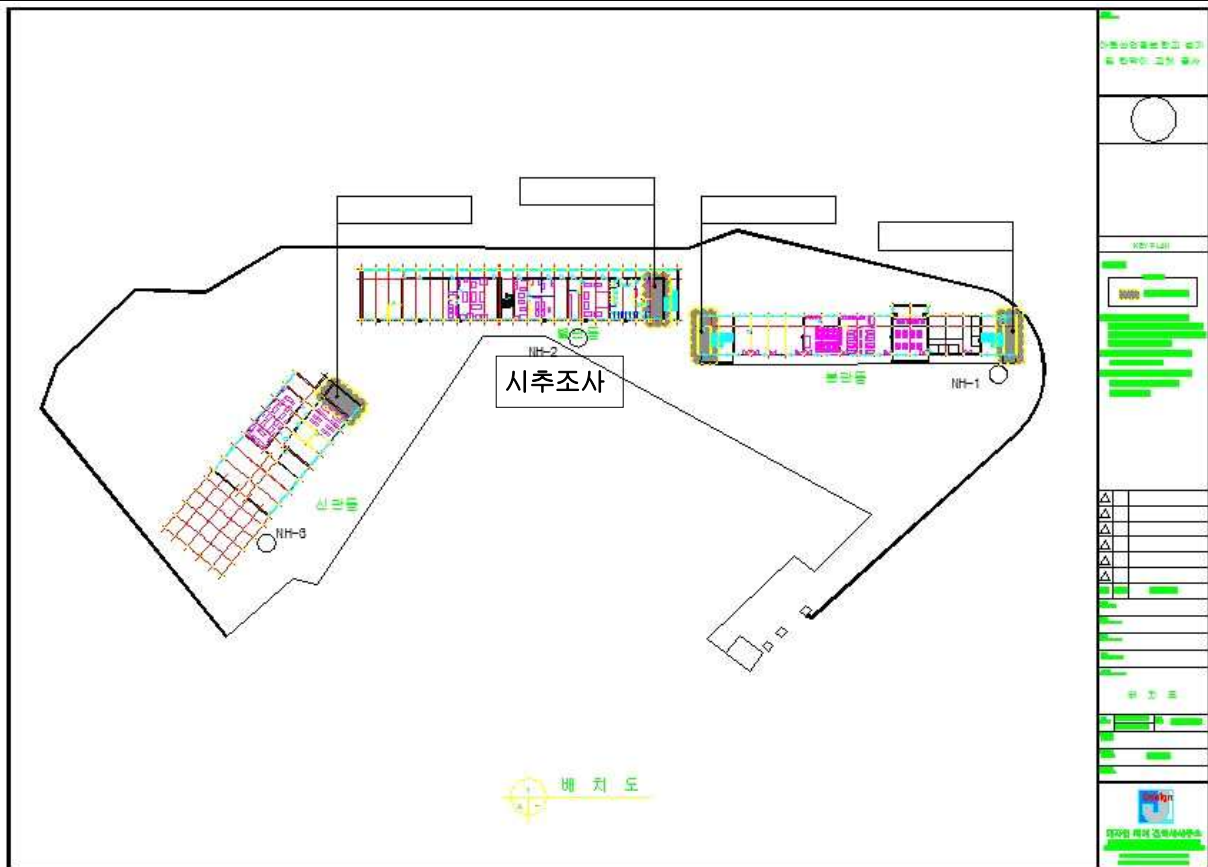
< 지질도, 서울도폭 >

### 3.2 시추조사 결과

#### 3.2.1 시추조사 위치

시추조사 위치는 평면도상에서 계획한 후 현장을 답사하여 시추조사 가능성 여부를 판단하였고 지하매설물을 확인하여 최종 위치를 선정하였다.

< 시추조사 위치 >



< 시추조사 좌표 현황 >

공 변	X 좌표	Y 좌표	지반고 (GL.-)	비 고
NH-1	사업부지내(본관)		현지반고	NX
NH-2	사업부지내(별관)		“	NX
NH-3	사업부지내(신관)		“	NX

## 3.2.2 시추조사 결과

## &lt; 지층분포 현황 &gt;

공 변	매립층	퇴적층	풍화토	풍화암	연 암	경 암	굴진심도 (m)	SPT(회)
NH-1	9.7	-	-	2.5	5.8	5.7	23.7	12
NH-2	2.2	-	-	1.8	6.5	11.0	21.5	3
NH-3	2.6	-	2.2	-	4.7	9	18.5	4

## 3.2.3 지층 분포현황

시추조사 결과 본 조사지역은 지표로부터 매립층, 풍화토, 풍화암, 연암, 경암의 층서를 보이고 있으며, 각 지층별 분포 특성을 정리하면 다음과 같다.

## &lt; 구간별 지층분석 결과 &gt;

지 층	출현심도 (GL.(-), m)	두께 (m)	구 성 토 질	N 치 (TCR/RQD, %)
매립층	0.0	2.2~9.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자갈섞인 실트질 모래</li> <li>• 건축폐기물 혼재</li> </ul>	5/30~31/30
풍화토	2.6	2.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실트질모래</li> </ul>	7/30~50/16
풍화암	2.2~9.7	1.8~2.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 굴진시 실트질 모래로 분해</li> <li>• 소량의 세편상 core회수</li> </ul>	50/9~50/2
연 암	4.0~12.2	4.7~6.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 흑운모호상편마암</li> <li>• 암편상 core회수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TCR:64~80%</li> <li>• RQD:0~45%</li> </ul>
경 암	9.5~18.0	5.7~11.0 이상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 흑운모호상편마암</li> <li>• 암편상 core회수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TCR:67~99%</li> <li>• RQD:49~92%</li> </ul>

## 1) 매립층

본 층은 인위적으로 매립·형성된 지층이다. 본 층은 시추조사 3개소 모두에서 현 지표면으로부터 출현하며 2.2~9.7m의 층두께를 보이고 있다. 본 층은 건축폐기물과 호박돌 및 자갈섞인 실트질 모래로 구성되었으며, 표준관입시험 결과 N값은 5/30~31/30으로 느슨~조밀한 상대밀도를 나타낸다. 함수상태는 습윤 상태를 나타내고 색조는 암갈색~황갈색을 보인다.

특히, NH-1번공은 인근지역 공사시 영향으로 매립층이 다소 깊게 형성된 듯 판단되며, 호박돌등의 영향으로 암편상코아가 다수 회수되었다.

## 2) 풍화토

본 층은 NH-3번공에서만 모암이 풍화를 받아 완전풍화된층으로 굴진시 실트질 모래로 분해되어

나타난다. 본 층은 매립층 하부에 지표면으로부터 2.6m에서 출현하며 2.2m의 층후를 나타낸다. 함수비는 습윤 상태를 나타내고 색조는 황갈색을 보이고 있다. 표준관입시험 결과 N값은 7/30~50/16으로 느슨~매우조밀한 상대밀도를 나타낸다.

### 3) 풍화암

본 층은 심한풍화대층으로 굴진시 실트질 모래로 분해된다. 조사공 NH-1, 2번 공에서 현 지표면으로부터 2.2~9.7m 심도에서 출현하였으며. 1.8~2.5m 이상의 층후를 나타낸다. 함수비는 습윤 상태를 나타내고 색조는 암갈색~황갈색을 보이고 있다. 2개소 모두 암편상의 core가 일부 회수 되었다. 표준관입시험 결과 N값은 50/4~50/2으로 매우조밀한 상대밀도를 나타낸다.

### 4) 연 암

본 층은 기반암인 흑운모호상편마암으로 절리면 변색 및 절리 간격이 좁게 나타난다. 지표면으로부터 4.0~12.2m 심도에서 출현하였으며. 4.7~6.5m 이상의 층후를 나타내고 색조는 담갈색~암회색을 보이고 있다. TCR : 64~80%, RQD : 0~45%를 보이고 있다.

특히, NH-1번공 15.0~16.0m부근에서 과거 지하공사중이었던 흔적으로 목재 및 콘크리트 코아가 소량 회수되었다.

### 5) 경 암

흑운모호상편마암을 기반암으로 절리면이 일부 변색이거나 깨끗하며 및 절리 간격은 좁게~넓게 나타난다. 지표면으로부터 9.5~18.0m 심도에서 출현하였으며. 5.7~11.0m 이상의 층후를 나타내고 색조는 담갈색~암회색을 보이고 있다. TCR : 67~99%이상, RQD : 49~75% 이상을 보이고 있다.

### 3.3 하향식탄성파 결과

#### 3.3.1 하향식탄성파시험 심도별 결과

NH-1 Downhole test 결과

지 층	심도 (GL.-m)	$\rho$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	동적 물성값(MPa)			동 포아송비 ( $\nu_d$ )
					전단탄성계수 ( $G_d$ )	동탄성계수 ( $E_d$ )	체적탄성계수( $K_d$ )	
매립층	1	19	-	-	-	-	-	-
	2	19	396	158	49	137	239	0.405
	3	19	637	256	128	358	616	0.403
	4	19	912	370	265	743	1,259	0.402
	5	19	1,146	468	425	1,190	1,981	0.400
	6	19	1,318	542	570	1,593	2,608	0.398
	7	19	1,436	595	685	1,914	3,081	0.396
	8	19	1,515	632	775	2,161	3,418	0.395
	9	19	1,570	660	843	2,349	3,653	0.393
풍화암	10	22	1,608	695	1,084	3,004	4,357	0.385
	11	22	1,635	728	1,189	3,272	4,415	0.376
	12	22	1,655	759	1,293	3,535	4,421	0.367
연암	13	24	1,669	768	1,445	3,948	4,897	0.366
	14	24	1,680	776	1,474	4,024	4,949	0.365
	15	24	1,689	782	1,499	4,088	4,987	0.363
	16	24	1,696	788	1,522	4,145	5,014	0.362
	17	24	1,701	793	1,541	4,196	5,032	0.361
경암	19	24	1,707	799	1,563	4,251	5,055	0.360
	21	24	1,713	804	1,584	4,305	5,076	0.359

NH-2 Downhole test 결과

지 층	심도 (GL.-m)	$\rho$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	동적 물성값(MPa)			동 포아송비 ( $\nu_d$ )
					전단탄성계수 ( $G_d$ )	동탄성계수 ( $E_d$ )	체적탄성계수( $K_d$ )	
매립층	1	19	-	-	-	-	-	-
	2	19	500	210	86	239	371	0.393
퇴적층	3	22	729	317	226	625	893	0.383
	4	22	958	428	411	1,130	1,513	0.376
연암	5	24	1424	640	1,003	2,755	3,628	0.373
	6	24	1633	739	1,338	3,669	4,751	0.371
	7	24	1777	810	1,605	4,395	5,593	0.369
	8	24	1874	860	1,810	4,947	6,188	0.367
	9	24	1940	896	1,967	5,368	6,597	0.364
	10	24	1987	924	2,091	5,695	6,877	0.362
경암	12	24	2031	951	2,217	6,028	7,150	0.359
	14	24	2068	975	2,330	6,324	7,367	0.357
	16	24	2089	1001	2,456	6,634	7,418	0.351
	18	24	2103	1024	2,568	6,906	7,404	0.345
	20	24	2112	1045	2,676	7,159	7,351	0.338

NH-3 Downhole test 결과

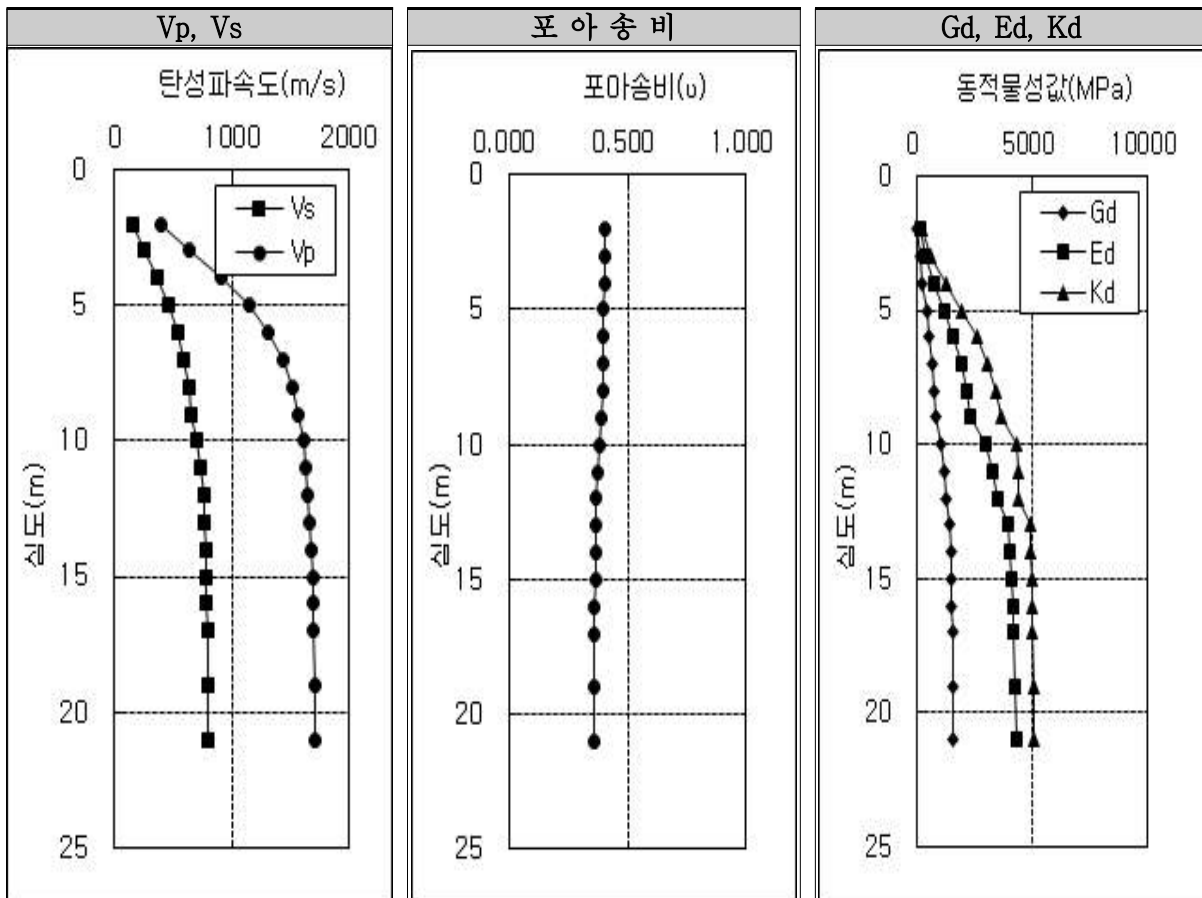
지 층	심도 (GL.-m)	$\rho$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	동적 물성값(MPa)			동 포아송비 ( $\nu_d$ )
					전단탄성계수 ( $G_d$ )	동탄성계수 ( $E_d$ )	체적탄성계수( $K_d$ )	
매립층	1	19	-	-	-	-	-	-
	2	19	383	164	52	144	215	0.388
퇴적층	3	22	543	238	128	352	493	0.381
	4	22	698	314	221	608	799	0.373
연암	5	24	812	374	343	937	1,156	0.365
	6	24	887	420	432	1,171	1,351	0.356
	8	24	1,692	823	1,658	4,461	4,798	0.345
경암	10	24	1,874	892	1,949	5,276	5,997	0.353
	12	24	1,965	947	2,197	5,926	6,529	0.349
	14	24	2,015	983	2,366	6,359	6,788	0.344
	16	24	2,044	1,009	2,495	6,680	6,904	0.339
	17	24	2,058	1,030	2,598	6,926	6,911	0.333

## 3.3.2 하향식탄성파시험 결과요약

획득한 자료에서 초동주시를 발췌하여 이로부터 주시곡선을 작성하여 구간속도를 산출하고 이로부터 얻어진 종파(P파) 및 횡파(S파)의 구간속도와 지반동적물성치와의 상관관계로부터 동탄성계수( $E_d$ ), 동전단계수( $G_d$ ), 동체적계수( $K_d$ ) 등을 도출하였으며 이는, 원지반측정치로써 현지암반의 물성치를 대변한다.

NH-1 지층별 Downhole test 결과

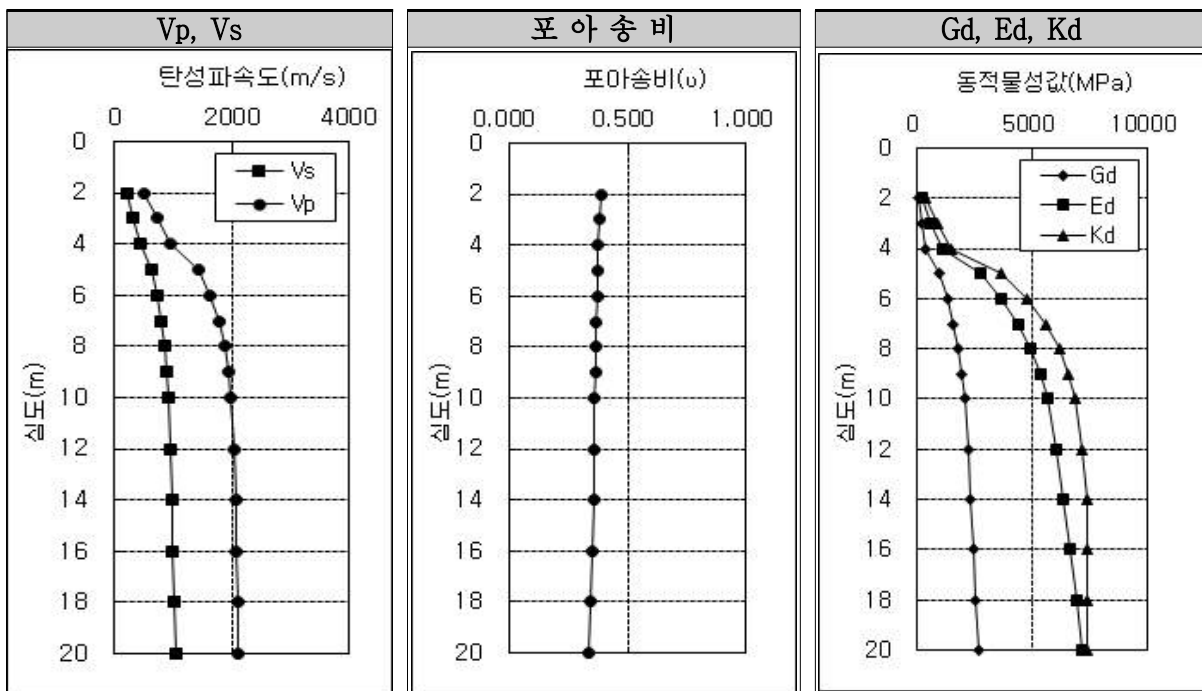
지 층	심도 (GL.-m)	탄성파속도(m/sec)		동적물성치(MPa)			동 포아송비 ( $\nu_d$ )
		$V_p$	$V_s$	$G_d$	$E_d$	$K_d$	
매립	0.0~9.7	1116	460	410	1,147	1,868	0.398
풍화암	9.7~12.2	1632	727	1,187	3,267	4,399	0.376
연암	12.2~18.0	1687	782	1,496	4,080	4,976	0.363
경암	18.0~23.7	1710	802	1,574	4,278	5,065	0.359



NH-1 Downhole test 결과그래프

NH-2 지층별 Downhole test 결과

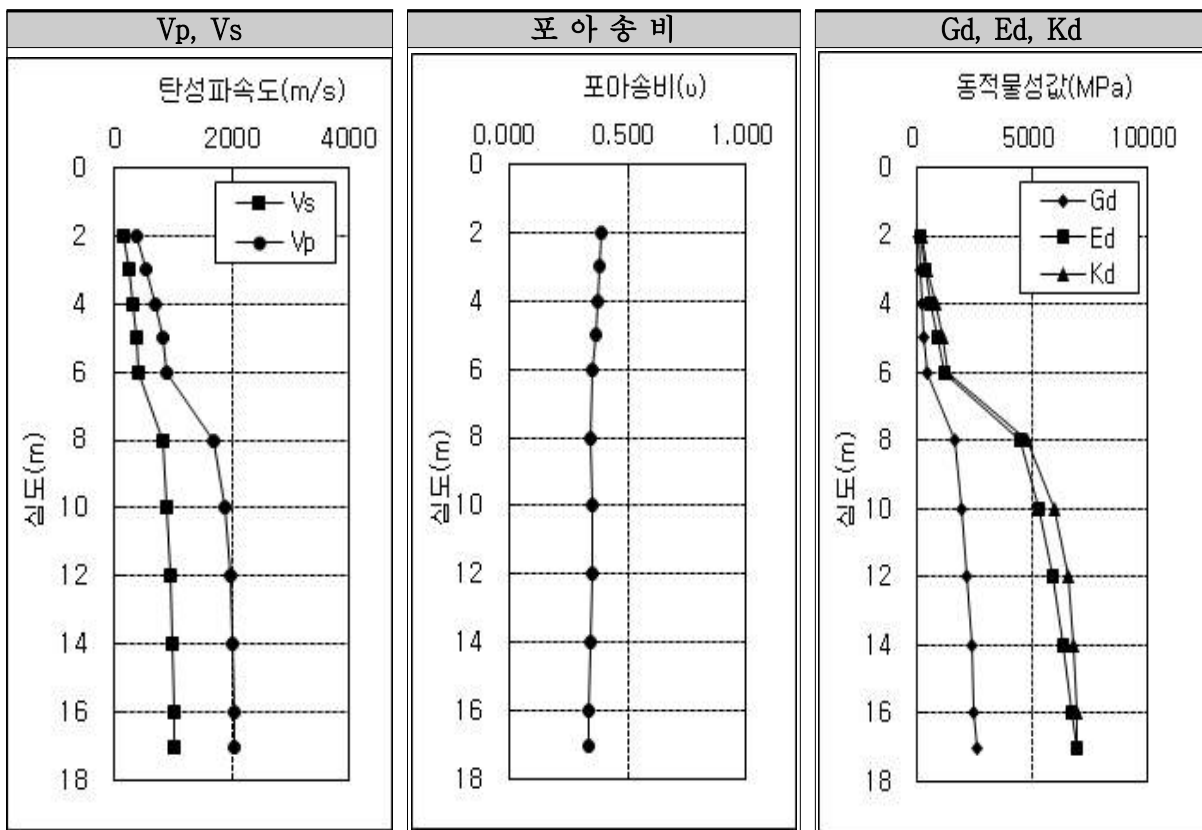
지 층	심도 (GL.-m)	탄성파속도(m/sec)		동적물성치(MPa)			동 포아송비 ( $\nu_d$ )
		$V_p$	$V_s$	$G_d$	$E_d$	$K_d$	
매립	0.0~2.0	500	210	86	239	371	0.393
풍화암	2.0~4.0	844	372	311	859	1,183	0.379
연암	4.0~10.5	1773	811	1,612	4,410	5,545	0.367
경암	10.5~21.5	2081	1000	2,447	6,606	7,339	0.350



NH-2 Downhole test 결과그래프

NH-3 지층별 Downhole test 결과

지 층	심도 (GL.-m)	탄성파속도(m/sec)		동적물성치(MPa)			동 포아송비 ( $\nu_d$ )
		$V_p$	$V_s$	$G_d$	$E_d$	$K_d$	
매립	0.0~2.6	383	164	52	144	215	0.388
풍화토	2.6~4.8	621	276	171	471	637	0.377
연암	4.8~9.5	1130	539	712	1,926	2,179	0.353
경암	9.5~18.5	1991	972	2,315	6,221	6,623	0.343



NH-3 Downhole test 결과그래프

### 3.3.3 지반등급 분류

당 현장에서는 NH-1~3번 시험공에서 Down-Hole Test를 실시하여 전단탄성파(Vs)의 속도를 산출하였다.

지반등급산정 결과

공 번	시험방법	시험심도 (GL.-m)	전단탄성파속도 (m/sec)	지반등급	비 고
			설계적용 Vs		
NH-1	DHT	1.0~21.0	537	Sc	매우조밀한 토사 또는 연암 지반
NH-2	DHT	1.0~20.0	684	Sc	매우조밀한 토사 또는 연암 지반
NH-3	DHT	1.0~17.0	527	Sc	매우조밀한 토사 또는 연암 지반

### 3.4 지하수위 측정결과

지하수위 측정은 시추종료 후 시추공 내에서 1차로 실시하고 시추작업 완료 후 48시간 이상 경과한 뒤에 재측정하여 안정된 지하수위를 기록하였으며, 시추공별 지하수위 측정결과는 다음과 같다.

< 시추공별 지하수위 측정 결과 >

공 번	지 하 수 위		분포지층	비 고
	GL.-, m	EL.+, m		
NH-1	10.2	-	풍화암	
NH-2	6.4	-	연 암	
NH-3	2.5	-	매립층	

※ 지하수위는 계절에 따라 또 공급수원의 원근에 따라 갈수기나 홍수기에 따라 달라지고 인근 지역의 지하수 이용여부, 토공사로 인한 지하수 유출 등에 따라 변화될 수 있는 점에 유의하여야 함.

### 3.5 표준관입시험 결과

본 시험은 지반의 연경도(consistency) 및 상대밀도, 지층의 성상 및 구성물질 등을 파악하기 위하여 실시한 원위치 시험으로 시추조사와 병행하여 1.0m 간격으로 시행하였으며 시험 결과는 다음과 같다.

< 표준관입시험 결과 >

공변	타격심도 (GL.-, m)															수량
	타격횟수 (회/cm)															
NH-1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	12
	11/30	8/30	14/30	11/30	23/30	25/30	29/30	18/30	31/30	50/4	50/2	50/2				
	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	
NH-2	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	3
	14/30	50/9	50/3													
	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	
NH-3	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	4
	8/30	5/30	7/30	50/16												
	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	

지층별 N값 분포도	지층명	N값 범위
	매립층	5/30~31/30 (평균 16/30)
	퇴적토	-
	풍화토	7/30~50/16 (평균 36/30)
	풍화암	50/9~50/2 (평균 50/4)