

## 2. 지반조사 보고서

---

# 제 1 장 조사개요

- 1.1 조사목적
- 1.2 조사위치 및 현황
- 1.3 조사항목 및 현황
- 1.4 조사장비
- 1.5 조사기간

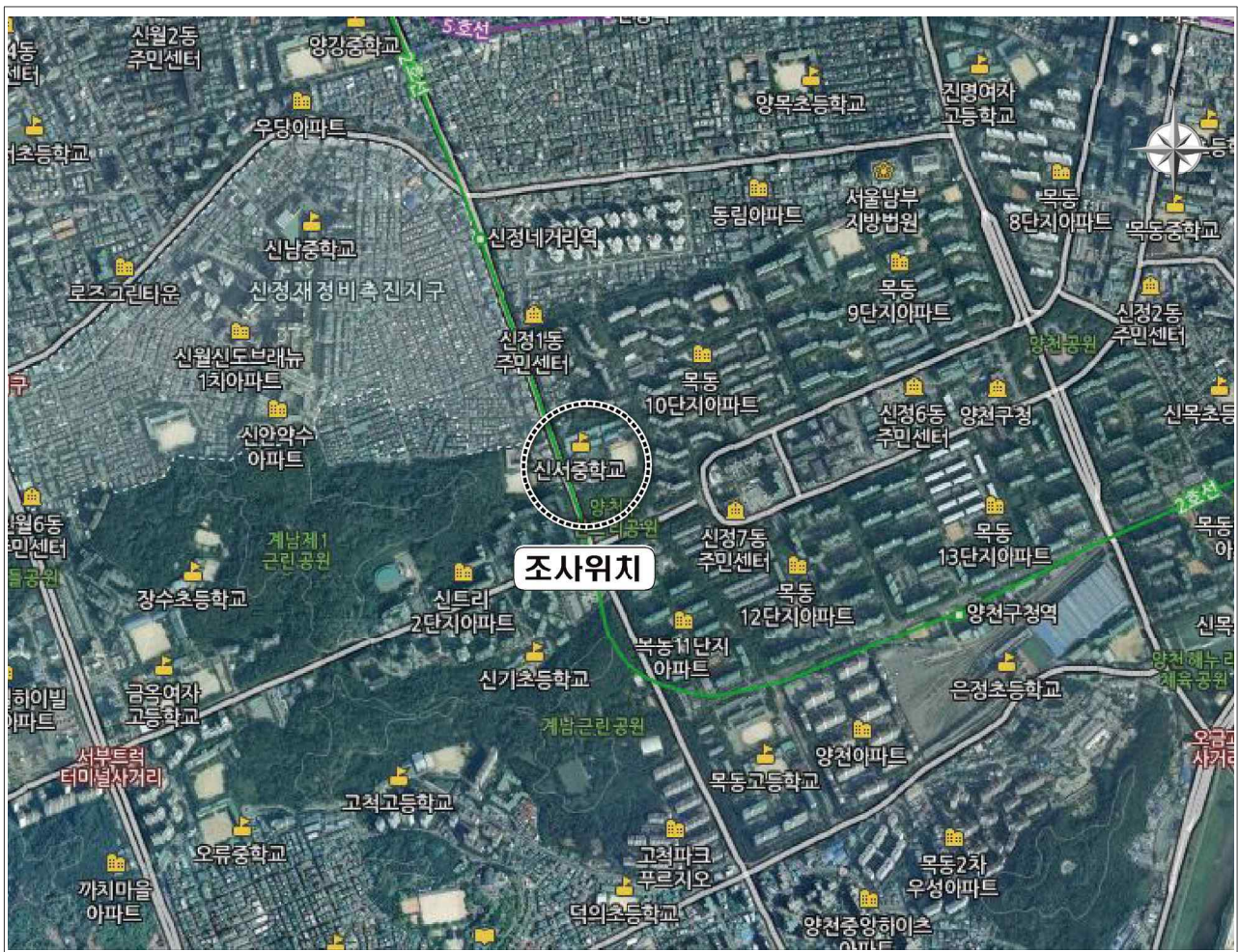
# 제 1 장 조사개요

## 1.1 조사목적

본 조사는 “양강중 외 3교 내진성능평가 용역”에 따른 지반조사로서 시추조사, 공내지하수위측정, 현장원위치시험(표준관입시험, 공내탄성파탐사(다운홀))을 실시하여 과업부지의 지질구조 상태 등 지반 공학적 특성을 파악하여 구조물의 안정성(내진성능평가) 및 설계에 필요한 기초 자료를 제공 함으로서 경제적이고 합리적인 설계가 이루어지도록 하는데 그 목적이 있다.

## 1.2 조사위치 및 현황

과업부지는 행정구역상 서울특별시 양천구 중앙로 206(신서중학교)이며 현황은 다음과 같다.



< 조사위치도 >

### 1.3 조사항목 및 현황

상기의 목적에 따라 다음과 같은 현장조사와 현장시험을 실시하였고 다음과 같다.

〈 조사항목 및 수량 〉

구분	조사항목	수량	내용 및 목적
현장조사	시추조사	1공	육안관찰에 의한 지층분포 확인
	공내지하수위측정	1회	과업부지내의 지하수위 분포 현황 파악
현장시험	표준관입시험	19회	지층의 상대밀도 및 구성성분 파악
물리탐사	공내탄성파탐사(다운홀테스트)	1회	각 지층별 동적 및 내진특성 파악

### 1.4 조사장비

상기 목적에 따라 다음과 같은 장비로 현장조사 및 현장시험을 실시하였고 다음과 같다.

〈 조사장비 일람 〉

조사항목	조사장비	수량
현장 조사 및 시험	시추조사 • OP-300형 회전수세식 시추기 1대 : NX Size 규격 • Engine(15HP) 및 Pump(60ℓ/min), •부대장비 : rod, casing, bentonite, core barrel, bit 등	1조
	표준관입시험 • 표준관입시험기(Split Barrel Sampler), • Drive Hammer(63.5kg)	1조
	공내탄성파탐사 (다운홀테스트) • Seismograph : Smartseis(Geometrics-USA) • Geophone : New Borehole pick3040(OYO-JAPAN)	1조
	지하수위측정 • 부저형 지하수위계(L : 50m)	1조

### 1.5 조사기간

본 과업의 현장조사 및 현장시험, 성과분석을 수행하였고 전체적인 공정 현황은 다음과 같다.

〈 조사기간 〉

구분	항목	조사기간
현장조사 및 시험	시추조사, 공내지하수위측정	2019년 05월 18일 ~ 05월 21일
물리탐사	공내탄성파탐사(다운홀테스트)	2019년 05월 21일 ~ 05월 21일
성과분석 및 보고서 작성		2019년 05월 15일 ~ 06월 10일

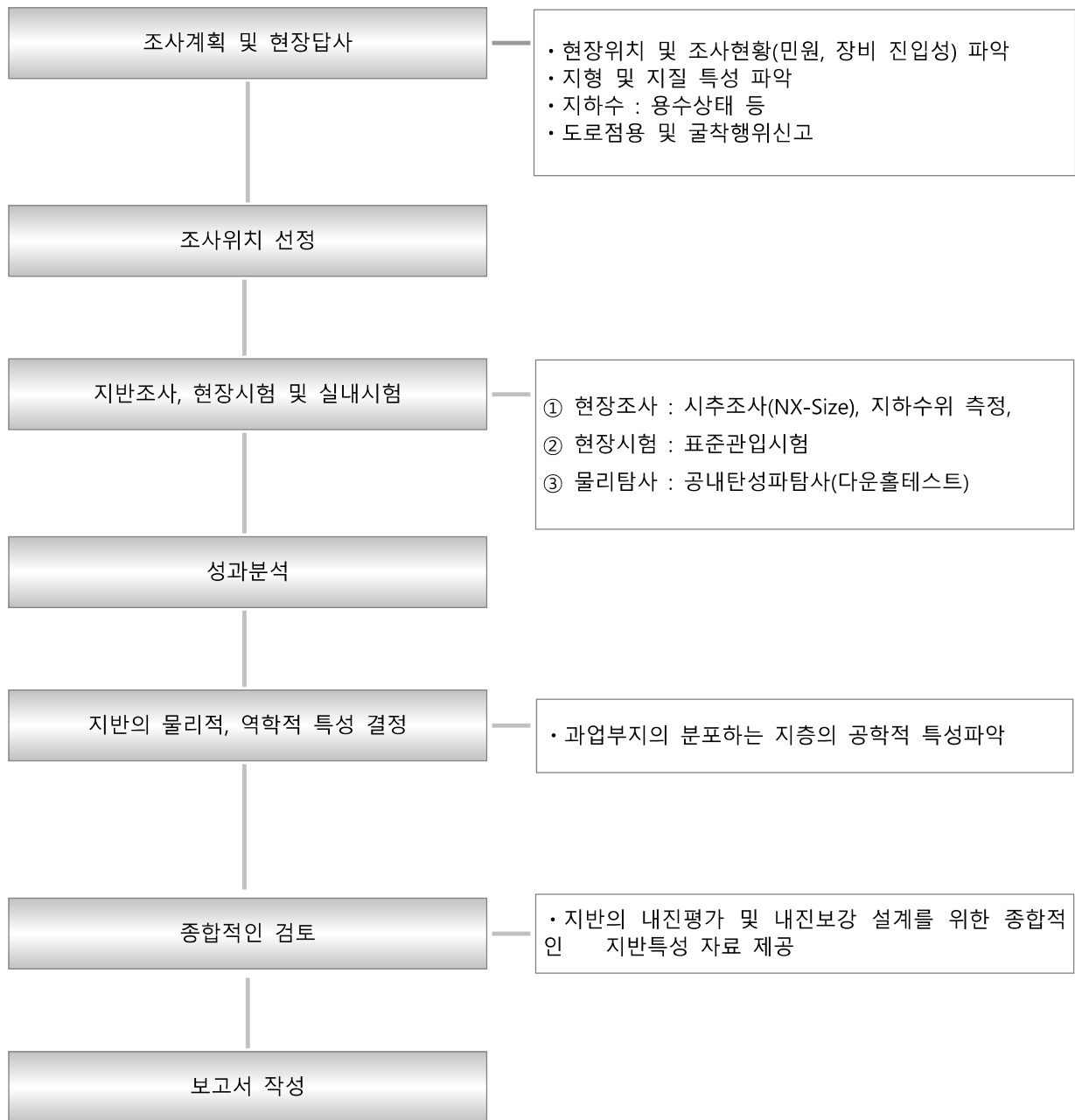
## 제2장 조사내용 및 방법

- 2.1 조사수행 절차
- 2.2 조사위치
- 2.3 시추조사
- 2.4 표준관입시험
- 2.5 공내지하수위 측정
- 2.6 공내탄성파탐사(다운홀테스트)
- 2.7 시추공 폐공처리 계획

# 제 2 장 조사내용 및 방법

## 2.1 조사수행 절차

금회 지반조사는 시추조사, 현장시험(표준관입시험), 공내탄성파탐사(다운홀테스트)을 계획하였고 지반 조사 수행 절차는 다음과 같다.



< 지반조사 절차 및 흐름도 >

## 2.2 조사위치

지반조사를 위한 위치선정은 지형현황도상에서 조사위치를 계획한 후 현장답사를 통하여 현장여건을 고려하여 최종적으로 조사위치를 결정(부록에 지반조사위치도 수록)하였고 다음과 같다.



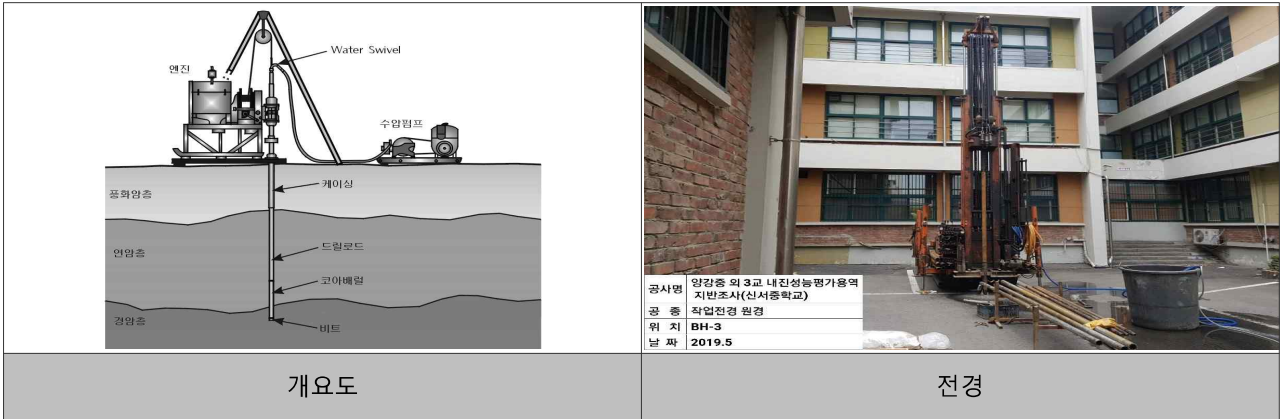
〈 시추조사 위치 현황 〉

## 2.3 시추조사

시추조사는 지표로부터 지하 깊은 곳을 직접 눈으로 볼 수 없으므로 시험공을 굴진하여 지반의 형상을 조사하고 시료를 채취하며 각종 원위치 공내시험을 시행하여 설계에 필요한 제반 자료를 제공하는 것을 목적으로 한다. 시추종료 심도 기준은 내진성능평가를 위해 지표하(GL, -m) : -30.0m이상을 확인하는 것을 원칙으로 하였다.

시추조사는 회전수세식(Rotary Wash Type)장비를 이용하였으며 NX-Size구경(Bit 외경 76mm)으로 굴진 하였다.

굴진 작업과 병행하여 표준관입시험을 실시하였으며 작업시 조사의 정확도를 향상시키기 위해 풍화암 상부까지 케이싱을 설치하여 시추공 내벽의 붕괴를 방지하였다.



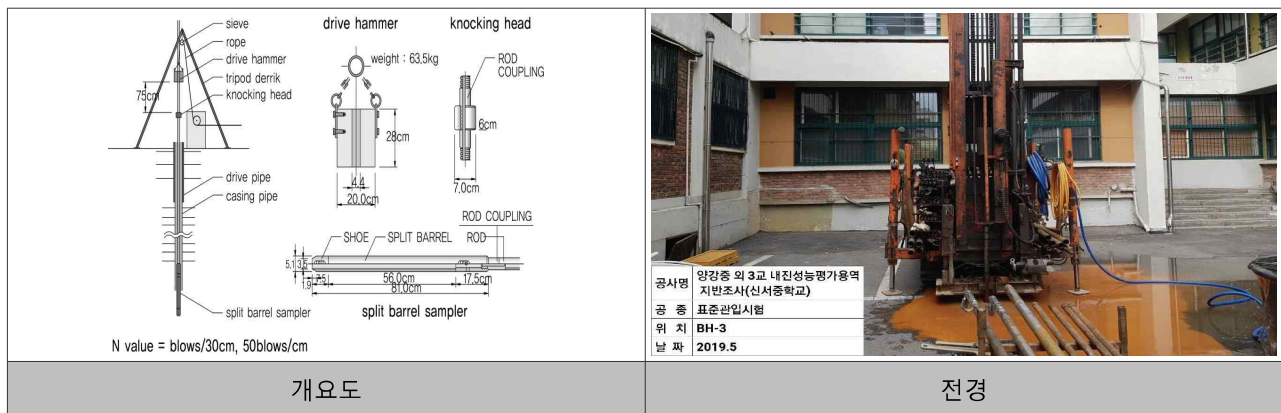
< 개요도 및 전경 >

또한 시추조사에 있어서 시추시 굴진 속도, Slime 상태, 순환수의 색조, 시료상태 및 N치 등을 근거로 하여 지층상태를 파악하고 각 지층의 층 두께를 확인하였다.

채취된 토질 및 암석시료는 시료상자에 넣어 공변, 심도, 지층 명, 색상 등을 기록하여 정리 보관하였다. 기반암층에서는 Core 회수율을 높이기 위해 Double core barrel 및 Diamond bit를 사용하여 암석시료를 채취하였다. 채취된 암석 Core는 육안관찰에 의하여 암석 내 분포된 불연속면 분포상태(간격 및 경사), 코어 회수율(TCR), 암질지수(RQD) 등 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 상세히 조사하여 부록의 시추주상도에 수록하였다.

## 2.4 표준관입시험

시추작업과 병행하여 토층의 연경도 및 상대밀도와 구성상태를 파악하기 위하여 지층이 변하거나 또는 동일한 지층의 경우라도 1.0m 간격으로 한국산업규격 KS F-2307 규정에 의해서 연속성 있게 실시하였다.



< 개요도 및 전경 >

시험방법은 Rod 선단부에 Sampler를 부착하여 타격 부로부터 76cm 높이에서 63.5kg 중량의 해머를 자

## 제 2 장 조사내용 및 방법

유 낙하시켜 샘플러를 30cm 관입시키는데 소요되는 타격회수를 측정하는 것으로 매 15cm를 관입시키는데 소요되는 타격회수를 측정하여 총 45cm를 관입시키는데 필요한 타격회수를 측정하였다.

이때 처음 15cm를 관입시키는데 필요한 타격회수는 예비타로 하고 마지막 30cm관입에 소요되는 타격회수를 관입저항치(N값)로 하여 시추주상도에 기입하였다.

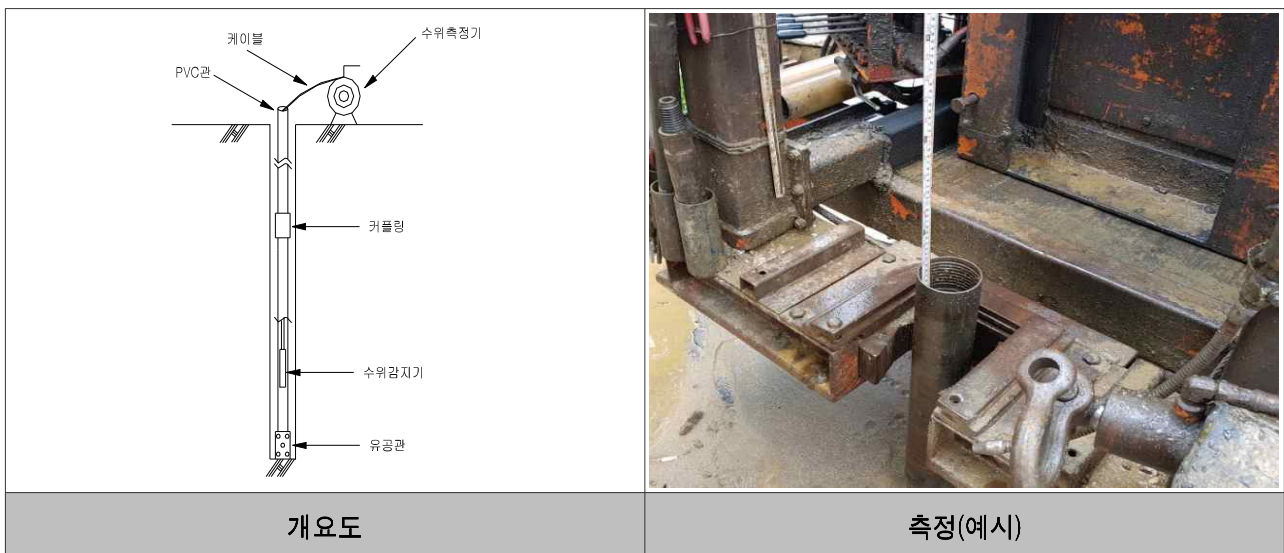
이때 50회 타격 후에도 30cm가 관입되지 않을 경우에는 타격회수 50회인 때의 관입량을 측정하여 시추주상도에 기록하였다(예, 50회/3cm)

표준관입시 채취된 흐트러진 시료는 함수비의 변화가 없도록 시료병에 넣어 필요한 사항(조사명, 조사일자, 공번, 시료채취심도, N값, 토질명 등)을 기재하여 시료표본 상자에 정리 보관하였다.

표준관입시험으로 추정 할 수 있는 사항을 요약하면 다음과 같다.

### 2.5 공내지하수위 측정

조사지역의 지하수위 분포상태를 확인하기 위하여 각 조사공에서 시추작업 완료 후 24시간 이상 경과한 후 지하수위가 안정된 상태에서 지표면 하 부터 공내에 형성된 지하수면까지의 수직거리를 측정하여 시추주상도에 기입하였다. 그러나 시추조사시 측정된 지하수위는 시추시기에 해당하는 일시적인 것이며 계절의 변화, 강우량, 주변지역의 토공작업에 따른 지하수 유출 등과 같은 요인으로 인하여 변화될 수 있다는 점에 유의하여야 한다.



< 개요도 및 전경 >

### 2.6 공내탄성파탐사(다운홀테스트)

속도검층은 일반적으로 시추공 주변 또는 시추공과 시추공 사이의 지반에서 P파(Primary wave)와 S파(Secondary wave)라고 하는 2종류의 탄성과 전파속도를 구해 지반의 물리적 성질을 조사하는 기법이다. P파는 종파 또는 압축파라고도 하며, 파동의 진행방향으로 진동하면서 전파하는 파동이고, S파는 횡파 또는 전단파라고 하며 파동의 진행방향에 수직한 방향의 면내에서 진동하면서 진행하는 파동이다. 속도검층의 측정 결과로부터 얻어진 탄성과속도( $V_p$  : P파 속도,  $V_s$  : S파 속도)를 사용해서 지반의 동적상수 Poisson's ratio( $\nu$ ), 동강성률( $G$ ), 동탄성계수( $E$ )를 산출할 수 있다.



< 개요도 및 전경 >

결과부터 얻어진 P파 및 S파의 속도치는 지하 매질의 동적지반상수인 동 포아송비(Poisson's ratio  $\nu$ ), 동 강성률(전단탄성계수  $G$ ), 동탄성계수( $E$ ) 등과 밀접한 관계가 있으며 이는 간단한 관계식을 통해 구할 수 있고 포아송비, 강성률, 탄성계수 등을 구하기 위한 산출식은 다음과 같다.

$$(1) \text{ 포아송비 : } \nu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2[(V_p/V_s)^2 - 1]}$$

여기서  $V_p$  : P파 속도 (m/s),  $V_s$  : S파 속도(m/s)

$$(2) \text{ 강성률(동 전단탄성계수) : } G_d = \rho \times V_s^2 / g \times 10^{-1} (\text{kgf/cm}^2)$$

여기서  $\rho$  : 밀도 ( $\text{g/cm}^3$ ),  $g$  : 중력가속도

$$(3) \text{ 영률(동 탄성계수) : } E_d = 2G_d(1 + \nu) (\text{kgf/cm}^2)$$

## 2.7 시추공 폐공처리 계획

### 2.7.1 개요

시추조사 후 시추공을 그대로 방치하게 될 경우 폐공을 통한 오수의 유입으로 지하수 오염 및 환경오염 등의 문제가 발생 할 수 있으므로 시추공 폐공처리를 수행하여 지하수 오염원을 차단하는데 그 목적이 있다.

### 2.7.2 폐공처리 목적 및 주안점

#### 1) 폐공처리 목적

- 폐공처리의 가장 중요한 목적은 지하수 오염 방지 · 폐공처리에 의한 지하수 오염방지 효과
- 폐공내로 유입되는 지표오염원 차단 · 오염유발 시설(케이싱 등) 제거
- 오염원의 수직적 이동통로 제어

#### 2) 폐공처리 주안점

- 폐공처리 명문화 지침 : 지반조사시 발생하는 폐공은 소기의 목적 달성 후 규정에 의거 처리토록 한다.
- 오염원의 수직적 이동통로 제어 : 폐공처리 위치, 폐공처리 사유, 폐공처리한 시추공의 구조(직경, 심도, 지하수위, 지질 등) 폐공처리 절차 및 공매재료의 사용량·배합비 등을 내용으로 하여 폐공처리 결과 보고서 작성 및 오염유발시설 제거 한다.

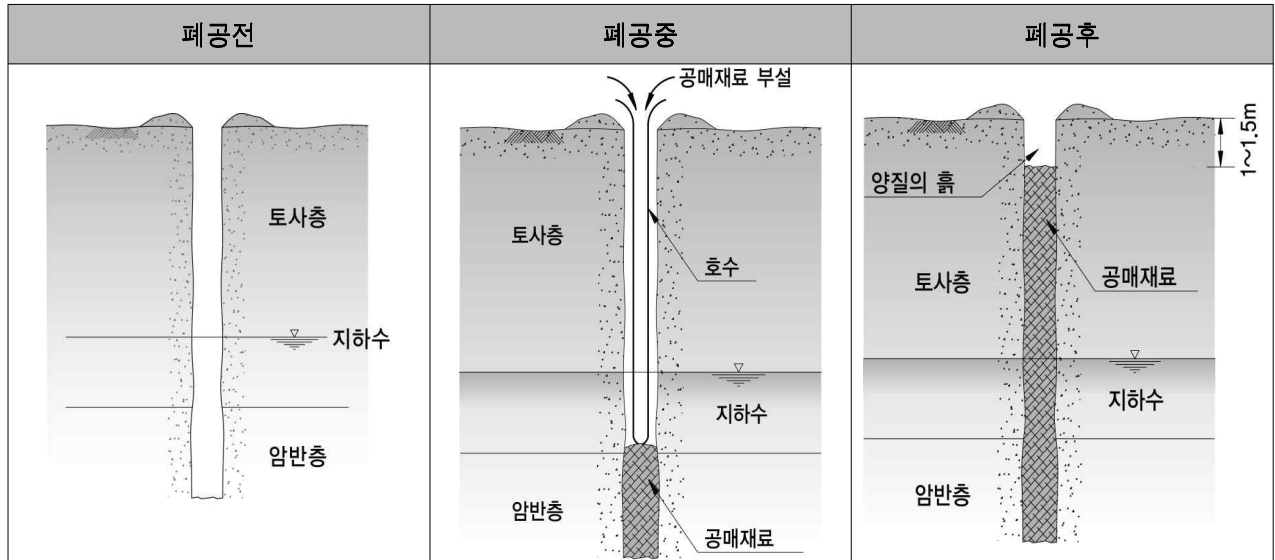
### 2.7.3 폐공처리 관련법규

#### 〈 폐공처리 관련법규 〉

다음의 각 호에 해당되는 경우 원상 복구하여야 한다.(지하수법 제 15조)	처리대책 (지하수 수질보존에 관한 규칙)	폐공의 정의 (건교부 지하수 업무수행 지침서)
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 허가·인가 등이 취소된 경우, 또는 개발·이용기간이 만료된 경우</li> <li>· 지하수 개발·이용을 위하여 굴착한 장소에서 지하수가 채취 되지 아니한 경우</li> <li>· 소요수량이 확보되지 아니하거나 수질불량으로 지하수를 개발·이용할 수 없는 경우</li> <li>· 지하수의 개발·이용을 종료한 경우</li> <li>· 기타 원상복구가 필요한 경우로서 대통령이 정하는 경우</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지표 하부에 그라우팅이 되어 있는 경우에는 굴착 깊이까지 불투수성 재료(시멘트 슬러리 등)를 주입하여 다짐하면서 되메움(공매작업) 한다.</li> <li>· 지표하부에 그라우팅이 되어 있지 않고 보호벽(케이싱)이나 유공관(파이프) 등이 설치되어 있는 경우에는 가능한 이를 제거한 후 굴착 깊이까지 불투수성 재료(시멘트 슬러리 등)를 다짐하면서 되메움(공매작업) 한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 현재 또는 미래에 이용할 계획이 없고 오염방지를 위한 별도의 조치 없이 방치되어 있는 지층을 굴착한 모든 공</li> </ul>

2.7.4 폐공처리 방안

원상복구처리는 “지하수법(2018) 및 지하수업무수행지침(2015)”에 명시 되어 있는 절차에 의하여 다음 그림과 같이 계획하였고 조사공은 다음과 같이 원상복구 처리하였다.



< 폐공처리 순서도 >

2.7.5 폐공처리 현황

본 과업부지의 시추공에 대하여 설계를 위한 조사 및 공내수위측정 후 지하수 오염방지를 폐공처리 계획에 따라 모든 시추 조사공은 2.7.4절의 폐공처리 방안에 의거하여 다음 과 같이 폐공처리 하였다.

< 폐공처리 작업 전경 및 현황 >

폐공전	폐공중 (투수성 재료 되메움)	폐공후
조사공번	시추조사 종료심도(GL, -m)	대상지층
BH-3	30.0	연암층

## **제 3 장 지반의 분류 및 기재방법**

**3.1 토질의 분류 및 기재방법**

**3.2 암석의 분류 및 기재방법**

# 제 3 장 지반의 분류 및 기재방법

## 3.1 토질의 분류 및 기재방법

흙의 분류는 성질이 다른 여러 흙을 간단한 시험을 근거로 몇 가지 무리로 나누어 사전에 그 흙의 공학적 성질을 파악하여 흙의 기초 자료로 활용할 목적으로 시행하고 토질의 개략적 기재방법은 아래와 같다.

〈 흙 분류 방법 〉

흙의 분류	• 흙의 공학적 분류는 1차 분류 수행후, 최종적으로 통일분류법(USCS)을 기준으로 분류
기재 방법	• 시추주상도의 지층구분은 통일된 기호를 사용하고 N치는 사질토의 상대밀도 및 점성토의 연경도를 추정하는데 사용
기술 내용	• 지층상태는 매립토, 퇴적토, 풍화암, 연암, 경암으로 지층 구분 • 함수상태는 건조(Dry), 습윤(Moist), 젖음(Wet), 포화상태(Saturated)로 구분 • 색조는 흑, 갈, 홍, 적, 황색 등에 담(연한)과 암(진한)의 접두어를 사용

### 3.1.1 토질의 분류방법

〈 육안관찰에 의한 분류법(1차 분류) 〉

구분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓음		습윤상태에서 손가락으로 끈 모양으로 꼰때
		건조상태	습윤상태	
모래 (Sand)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개개입자의 크기가 판별될 수 있는 입상을 보임</li> <li>• 건조 상태에서 흘러내림</li> </ul>	• 덩어리로 되지 않고 흐트러짐	• 덩어리거나 가볍게 건드리면 흐트러짐	• 끈 모양으로 꼬아 지지 않음
실트 섞인 모래 (Silty Sand)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 입상이나 실트, 점토가 섞여서 약간 점성 있음</li> <li>• 모래질의 특성 우세함</li> </ul>	• 덩어리거나 가볍게 건드리면 흐트러짐	• 덩어리지며 조심스럽게 다루면 부서지지 않음	• 끈 모양으로 꼬아 지지 않음
모래 섞인 실트 (Sandy Silt)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세립사와 소량의 점토를 함유하고 실트 입자 50%이상</li> <li>• 덩어리가 쉽게 부서져서 가루가 됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덩어리지며 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>	• 끈 모양으로 꼬아지지 않으나 작게 끊어지고 부드럽고 약간의 점성 있음

〈 육안관찰에 의한 분류법(1차 분류) 〉

### 제 3 장 지반의 분류 및 기재방법

구분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓음		습윤상태에서 손가락으로 끈 모양으로 끝때
		건 조 상 태	습 윤 상 태	
실트 (Silt)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세립사와 점토 함량이 극소량이고 실트입자 함량이 80% 이상</li> <li>• 건조되면 덩어리거나 쉽게 부서져서 밀가루 감촉의 가루로 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 않으며 물에 적으면 엉킴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 완전히 꼬아지지 않는으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아지고 부드러움</li> </ul>
점토 (Clay)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건조되면 아주 딱딱한 덩어리의 상태로 됨</li> <li>• 건조 상태에서 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>• 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 잘 흩어 상태로 됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 길고 얇게 꼬아 지며 점성 큼</li> </ul>

〈 통일분류법(2차분류) 〉

구조물기초 설계기준, 2015

구분		분류방법		기호
조립토 F < 50%	자갈질 흙 $F1 < \frac{100 - F}{2}$	#200체 통과량 < 5% #200체 통과량 < 5% #200체 통과량 > 12% #200체 통과량 > 12% #200체 통과량 > 12% 5≤#200체 통과량≤12% 5≤#200체 통과량≤12% 5≤#200체 통과량≤12% 5≤#200체 통과량≤12%	$Cu \geq 4$ 이고 $1 < Cg < 3$ GW 조건을 만족 못함 $PI < 4$ 또는 소성도의 A-선 아래 $PI > 7$ 이고 소성도의 A-선 위 소성도의 "CL-ML"부분 GW와 GM 조건을 만족함 GW와 GC 조건을 만족함 GP와 GM 조건을 만족함 GP와 GC 조건을 만족함	GW GP GM GC GC-GM GW-GM GW-GC GP-GM GP-GC
	모래질 흙 $F1 \geq \frac{100 - F}{2}$	#200체 통과량 < 5% #200체 통과량 < 5% #200체 통과량 > 12% #200체 통과량 > 12% #200체 통과량 > 12% 5≤#200체 통과량≤12% 소성도의 A-선 아래 5≤#200체 통과량≤12% 소성도의 A-선상 또는 위 5≤#200체 통과량≤12% 소성도의 A-선 아래 5≤#200체 통과량≤12% 소성도의 A-선상 또는 위	$Cu \geq 6$ 이고 $1 < Cg < 3$ SW 조건을 만족 못함 $PI < 4$ 또는 소성도의 A-선 아래 $PI > 7$ 이고 소성도의 A-선 위 소성도의 "CL-ML"부분 SW와 SM 조건을 만족함  SW와 SC 조건을 만족함  SP와 SM 조건을 만족함  SP와 SC 조건을 만족함	SW SP SM SC SC-SM SW-SM  SW-SC  SP-SM  SP-SC

〈 통일분류법(2차분류) 〉

구조물기초 설계기준, 2015

### 제 3 장 지반의 분류 및 기재방법

구분		분류방법		기호
무기질 세립토 F ≥ 50%	LL < 50%	PI < 4 또는 소성도의 A-선 아래 PI > 7 이고 소성도의 A-선 위 4 ≤ PI < 7, 소성도의 "CL-ML"부분		ML CL CL-ML
	LL ≥ 50%	소성도의 A-선 아래 소성도의 A-선 위	통일분류법에 의한 소성도	MH CH
유기질 세립토 F ≥ 50%	LL < 50%	노건조시료 액성한계 공기전조시료 액성한계 < 0.75		OL
	LL ≥ 50%			OH

- (주) ① F : No. 200체 통과량(%)  
 ② F1 : No. 4체를 통과하고 No. 200체에 남은 흙의 양(%)

#### 3.1.2 토질의 기재방법

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

〈 통일분류법(USCS)에 사용되는 기호 〉

토질의 종류		제1문자	토질의 속성	제2문자	구분
조립토	자갈 GRAVEL	G	입도 분포 양호 세립분 거의 없음	W	조립토
	모래 SAND	S	입도 분포 불량 세립분 거의 없음	P	
세립토	실트 SILT	M	세립분의12%이상 함유. A선 아래 소성지수 4이하	M	세립토
	점토 CLAY	C	세립분12%이상 함유, A선 위, 소성지수 7이상	C	
유기 질토	유기질의 실트 및 점토	O	압축성 낮음(Low Compressibility) WL ≤ 50	L	세립토
	이탄	Pt	압축성 높음(High Compressibility) WL ≥ 50	H	

### 제 3 장 지반의 분류 및 기재방법

〈 상대밀도 및 연경도 〉

조립토(모래, 자갈)		세립토(점토, 실트)	
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)

〈 시료의 함수상태 〉

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

〈 시료의 색조 〉

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

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

### 3.2 암석의 분류 및 기재방법

- 지질조사 표준품셈에 의한 풍화토, 풍화암, 연암 및 경암으로 Rock Type을 표시한다.
- 암석의 풍화상태, 불연속면의 간격(절리나 파쇄대 간격), 강도 및 암질표기(국제암반역학회, ISRM의 분류방법에 의거 분류)한다.
- 채취된 시추코어를 암석시험 및 육안관찰하여 American Institute of Professional Geologist에서 제시한 “공학적 목적을 위한 암석시료의 채취방법 및 시추주상도 작성방법”에 의거 시추주상도 작성
- 색, 불연속면(Discontinuity)의 간격과 상태, 풍화상태, 강도, 암석명 등
- 색은 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 청색 및 녹색)에 담(연함), 암(진한)의 명암 및 혼색의 서술 용어를 사용한다.
- 강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류한다.

#### 3.2.1 암석의 분류방법

### 제 3 장 지반의 분류 및 기재방법

지반조사시 암반의 분류는 TCR, RQD, 시추굴진상태 및 시추굴진속도, 풍화상태를 관찰하여 시추주상도에 기재하고 “지질조사 표준품셈”의 분류기준을 참고로 하여 풍화암, 연암, 경암으로 구분하며 토공의 작업성(리퍼빌리티)에 의거한 분류는 토사, 리핑암, 발파암으로 구분한다.

〈 토공작업 리퍼빌리티에 따른 암반의 분류 〉

구분		토공작업		
		토사(도자)	리핑암	발파암
표준관입시험(N치)		50/10 미만	50/10 이상	-
불연속면의 발달 빈도	BX 크기	-	TCR=5% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=5~10% 이상이고 RQD=0~5% 이상
	NX 크기	-	TCR=20% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=20% 이상이고 RQD=10% 이상
탄성파속도	A 암종	700m/sec 미만	700~1,200m/sec 미만	1,200m/sec 이상
	B 암종	1,000m/sec 미만	1,000~1,800m/sec 미만	1,800m/sec 이상

- (주) ① A그룹 암종: 편마암, 사질편암, 석회암, 사암, 휘록응회암, 역암, 화강암, 안산암  
 ② B그룹 암종: 흑색편암, 녹색편암

〈 지질조사 표준품셈의 암반분류 기준 〉

암반	시추굴진 상황	암반의 성질			
		풍화변질상태	균열상태	코아상태	함마타격
풍화암	• Metal crown bit로 용이하게 굴진 가능하며 때로는 무수보링도 가능 함	• 암 내부까지도 풍화진행, 암의 구조 및 조직이 남아 있음	• 균열은 많으나 점토화의 진행으로 거의 밀착상태 임	• 세편상 암편이 남아 있고 손으로 부수면 가루가 되기도 함 • 원형 코아가 없음	• 손으로도 부서짐
연암	• Metal crown bit로 용이하게 굴진 가능한 암반	• 암내부의 일부를 제외 하고는 풍화 진행하며 장식, 운모 등 변색, 변질	• 균열이 많이 발달, 균열간격은 5cm 이하이고 점토 협재	• 암편상~세편상(각력상)원형 코아가 적고 원형 복구 곤란	• 함마로 치면 가볍게 부서짐

### 제 3 장 지반의 분류 및 기재방법

〈 지질조사 표준품셈의 암반분류 기준 〉

암반	시추굴진상황	암반의 성질			
		풍화변질상태	균열상태	코아상태	함마타격
중경암	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metal crown bit 로도 굴진 가능 하나 Diamond bit를 사용하면 코아 회수율이 양호한 암반</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 균열을 따라 다소 풍화진행, 장석 및 유색광물은 일부 변색됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 균열발달 일부는 점도를 협재함</li> <li>• 세편상태로 잘 부서짐. 균열간격은 10cm내외</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대암편상~단주상 10cm 이하이며 특히 5cm내외의 코아가 많음.</li> <li>• 원형복구 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 함마로 치면 탁음을 내고 부서 짐</li> </ul>
경암	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metal crown bit를 사용하지 않으면 굴진하기 곤란한 암반</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대체로 신선하며 균열을 따라 약간 풍화, 변질됨. 암내부는 신선함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 균열의 발달이 작고 균열간격은 5~15cm 대체로 밀착상태이나 일부는 open 됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단주상~봉상 대체로 20cm이하 1m당 5~6개 이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 함마로 치면 금속음을 내고 잘부서 지지 않으며 튀는 경향을 보임</li> </ul>
극경암 파쇄대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diamond bit의 마모가 특히 심한 암반 및 경암의 파쇄대로서 코아의 막힘이 많은 암반</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대단히 신선하고 풍화변질을 받지 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 균열의 발달이 적으며 그 간격은 20~50cm로 밀착 mosaic 상태의 열이 발달 그 간격은 5cm 이하</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 봉상~장주상 완전한 형태를 보유한 형태를 보유했다. 1m당 5~6개 (암편상 ~ 각력상으로 원형 코아가 적음)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 함마로 치면 금속음, 잘 부서지지 않고 튀는 경향</li> </ul>

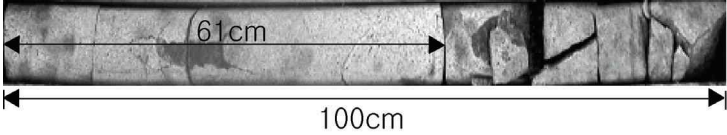
〈 RQD에 의한 암반분류 〉

<ul style="list-style-type: none"> <li>• T.C.R(Total Core Recovery) : 코아회수율</li> </ul> $T.C.R(\%) = \frac{\text{회수된 Core의 길이}}{\text{총 시추길이}} \times 100(\%)$	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• R.Q.D(Rock Quality Designation) : 암질상태</li> </ul> $R.Q.D(\%) = \frac{\text{10cm이상인 Core 길이의 합}}{\text{총 시추길이}} \times 100(\%)$	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 채취된 Core의 형상에 따라 암질이 다를 수 있음</li> <li>• 오른쪽 그림에서 코아 상태를 볼 때 10cm 이상의 코아 길이의 합만을 고려하면 이 암반의 RQD값이 크게 되나 암반상태는 아래쪽이 더 불량하므로 주상도에 암반의 풍화상태, 절리간격, 절리형태, 거칠기, 절리각도 등을 반드시 기재하여야 한다.</li> </ul>	

### 제 3 장 지반의 분류 및 기재방법

〈 시추코아 RQD 산정 예 〉

• R.Q.D(Rock Quality Designation) 암질상태



$R.Q.D(\%) = \frac{10\text{cm 이상인 Core 길이의 합}}{\text{총 시추길이}} \times 100(\%)$

• R.Q.D(Rock Quality Designation) 산정 계산 예  
 위 그림에서 RQD=61/100×100% = 61%, “암반등급:Ⅲ등급, 암질상태:보통”

〈 RQD에 의한 암반분류 〉

RQD 범위	100 ~ 91	90 ~ 76	75 ~ 51	50 ~ 26	25 ~ 0
암반등급	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	V
암질상태	매우양호	양호	보통	불량	매우불량

#### 3.2.2 암석의 기재방법

암반의 기본색(황색, 갈색, 회색, 청색 또는 녹색)에 담(연한)과 암(진한)의 명암 및 혼색에 대한 서술 용어를 사용한다.

〈 불연속면의 간격 〉

기재방법	기호	Joint 간격	균열상태
불연속면 간격의 최대 값, 최소 값, 평균 값을 시추주상도에 수록	F5	5cm 이하	매우 심한균열(Highly Fractured)
	F4	5 ~ 10cm	심한균열(Fractured)
	F3	10 ~ 20cm	보통균열(Moderately Fractured)
	F2	20 ~ 100cm	약간균열(Slightly Fractured)
	F1	100cm 이상	괴상(Massive)

### 제 3 장 지반의 분류 및 기재방법






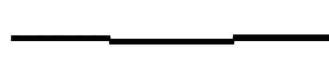
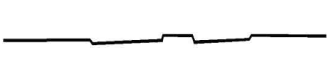


#### < 풍화상태 >

기호	용어	풍화상태
D6	잔적토 (Residual Soil)	· 전풍화되고 토립자들의 재구성이 일어나 암석조직이 관찰 되지않는 흙
D5	완전풍화 (Completely Weathered)	· 암석전체가 완전풍화를 받아 흙으로 변화되었으나 모암의 원 조직과 구조를 지니며 간혹 풍화를 받지 않은 암편을 함유한 상태
D4	심한풍화 (Highly Weathered)	· 암석내부까지 풍화가 진행중이며 점토물질이 협재되어있어 부분적으로 쉽게 부술 수 있는 상태
D3	보통풍화 (Moderately Weathered)	· 전 암석 표면에서부터 풍화가 진행 중이며 색조는 변화하였으나 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	신선 (Fresh)	· 풍화작용의 흔적이 없는 상태

#### < 강도(Strength) >

기호	용어	강도상태
S5	매우약함 (Very Weak)	· 손가락 또는 엄지손톱의 압력으로 눌러 으스러지는 정도
S4	약함 (Weak)	· 해머로 눌러 으스러지는 정도
S3	보통강함 (Moderately Strong)	· 1회의 약한 해머 타격으로 쉽게 깨지며 모서리가 으스러지는 정도
S2	강함 (Strong)	· 1~2회의 강한 해머 타격으로 깨지거나 모서리가 각이지는 정도
S1	매우강함 (Very Strong)	· 여러번의 강한 해머 타격으로 패각상의 조각으로 깨지며 각이 날카로운 정도

#### < 절리면 거칠기 >

구 분	계단형(Stepped)	파동형(Undulating)	평면형(Planar)
거칠음 (Rough)			
완만 (Smooth)			
경면 (Slickensided)			

## 제 4 장 현장조사 및 시험결과

- 4.1 지형 및 지질
- 4.2 시추조사
- 4.3 지층개요
- 4.4 표준관입시험
- 4.5 공내지하수위
- 4.6 공내탄성파탐사(다운홀테스트)

# 제 4 장 현장조사 및 시험결과

## 4.1 지형 및 지질

### 4.1.1 지형

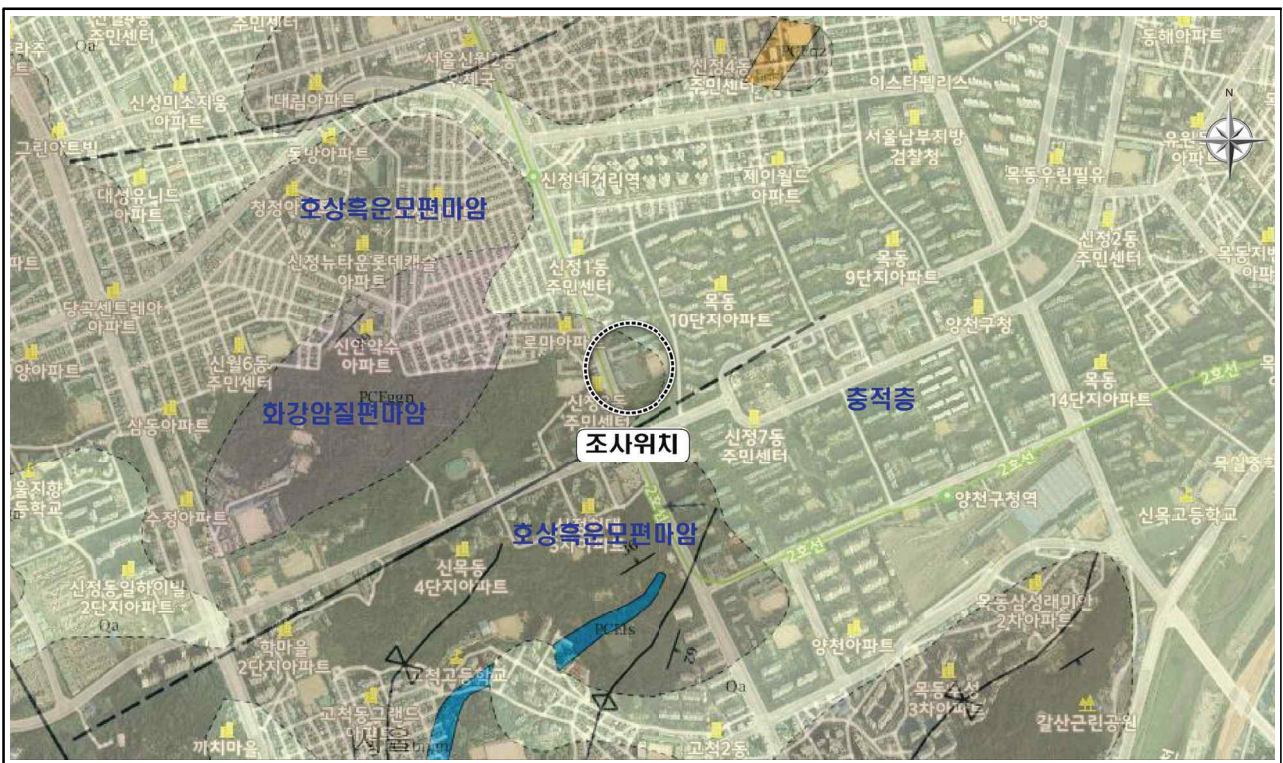
산계는 뚜렷하게 나타나지는 않으나 대표적으로 서측으로 지양산(△125.7m), 능곡산이 위치하고 있으며 조사부지는 충적층의 영향으로 비교적 평탄한 지형을 보이고 있다.

주변현황으로는 과업부지를 중심으로 대부분 공동주택(목동아파트) 밀집지역이며, 지하철 2호선이 인접하게 위치하고 있다.

### 4.1.2 지질

본 조사지역의 지질은 한국지질자원연구소에서 발간(1982년)한 서울 도폭(S=1:50,000)을 참조하였으며, 현장 조사를 통해 이를 확인하여 기술하였다. 지질도폭에 의하면 선캠브리아기의 호상흑운모편마암류가 분포하고 있으며 이들은 충적층(Alluvium)이 부정합으로 피복하고 있는 것으로 나타난다.

제 4 기 충적층은 수계를 따라 발달되어 있으며 주로 점토, 자갈, 모래 등으로 구성되어 있다.



〈 과업부지 및 주변 지질도 〉

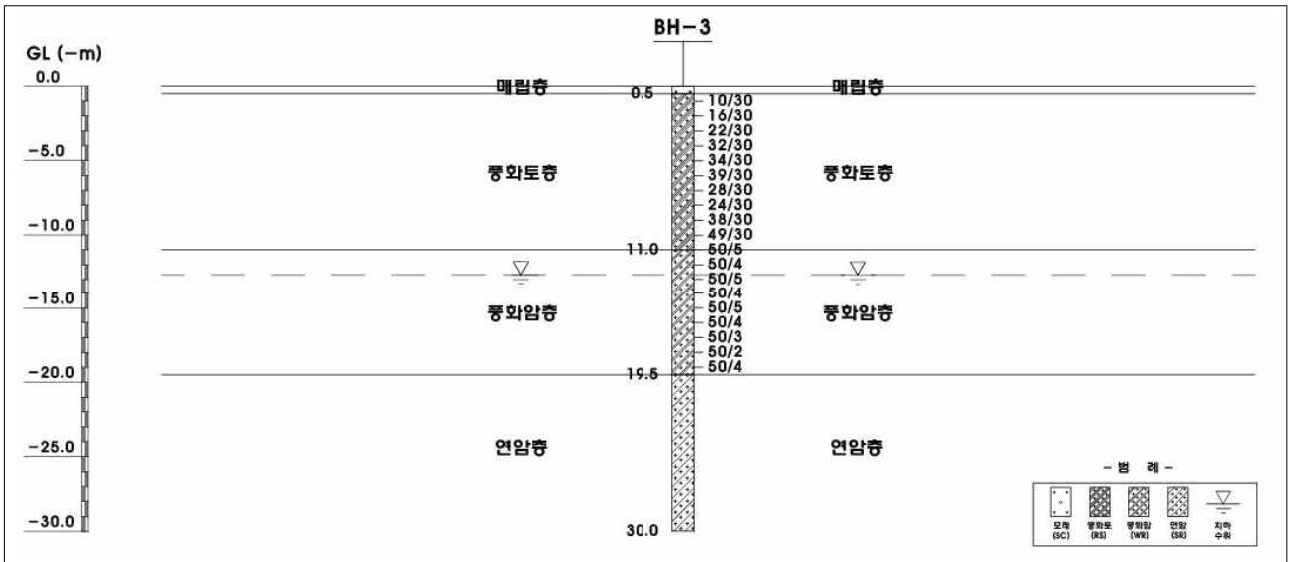
## 4.2 시추조사

과업부지의 전반적인 지층상태를 파악할 수 있도록 대표적인 위치에 발주처에서 선점하여 준 총 1개소를 조사하였고 결과를 요약하면 다음과 같다.

〈 시추조사 결과 요약 〉

조사공번	매립층(m)	풍화대층(m)		기반암층(m)	계(m)
	모래	풍화토층	풍화암층	연암층	
BH-3	0.5	10.5	8.5	10.5	30.0

## 4.3 지층개요



〈 지층단면도 〉

### 가) 매립층

인위적으로 이루어진 본 층은 최 상부의 약 0.5m의 두께로 분포하고 있으며 색깔은 암갈색을 띠고 있는 자갈 섞인 모래로 구성되어 있다.

### 나) 풍화대층

본 층은 기반암이 물리적, 화학적 풍화작용에 의해 형성된 것으로 모암의 조직과 형태는 그대로 보존하고 있으나 역학적 성질은 거의 상실한 층으로 표준관입시험 결과에 따라 N=50회/10cm 관입을 기준으로 풍화토와 풍화암으로 구분하였다.

① 풍화토

본 층은 매립층 하부에 10.5m정도의 두께로 비교적 두껍게 분포하고 있으며 색깔은 암갈색을 띠고 있는 실트질 모래로 구성되어 있다.

표준관입시험시 N값은 10회/30cm ~ 49회/30cm로 보통 ~ 조밀한 상태의 상대밀도를 나타낸다.

② 풍화암

본 층은 8.5m정도의 두께로 분포하고 있으며 색깔은 암갈색을 띠고 있다.

심한풍화상태로 인하여 굴진작업 및 표준관입시험시 외부 충격에 의해서 실트 섞인 모래로 분쇄되어 회수되었다. 표준관입시험시 N값은 50회/5cm ~ 50회/2cm로 매우 조밀한 상태의 상대밀도를 나타낸다.

다) 연암층

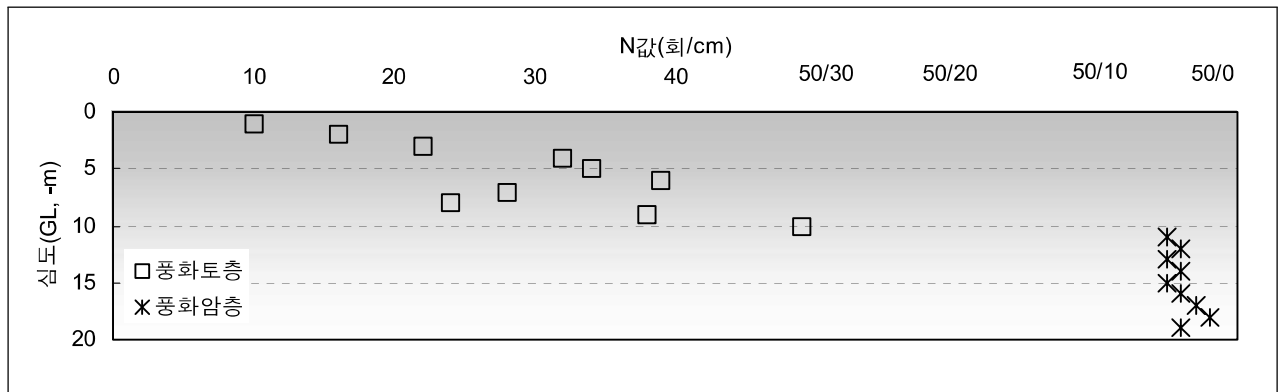
본 층은 지표하심도(GL, -m) : 약 19.5m정도에서 출현하는 것으로 확인 되었다.

암종은 편마암류로 현장 육안관찰시 풍화정도는 심함 ~ 보통풍화, 강도는 약함 ~ 보통강함 정도이며 코어회수율(TCR) / 암질지수(RQD)는 27 ~ 61% / 0 ~ 4%정도로 확인되었다.

### 4.4 표준관입시험

각 지층의 상대밀도를 파악하고자 KS F 2307에 의거 총 19회 실시하였고 결과는 다음과 같다.

〈 지층별 N값 분포 현황 및 요약 〉

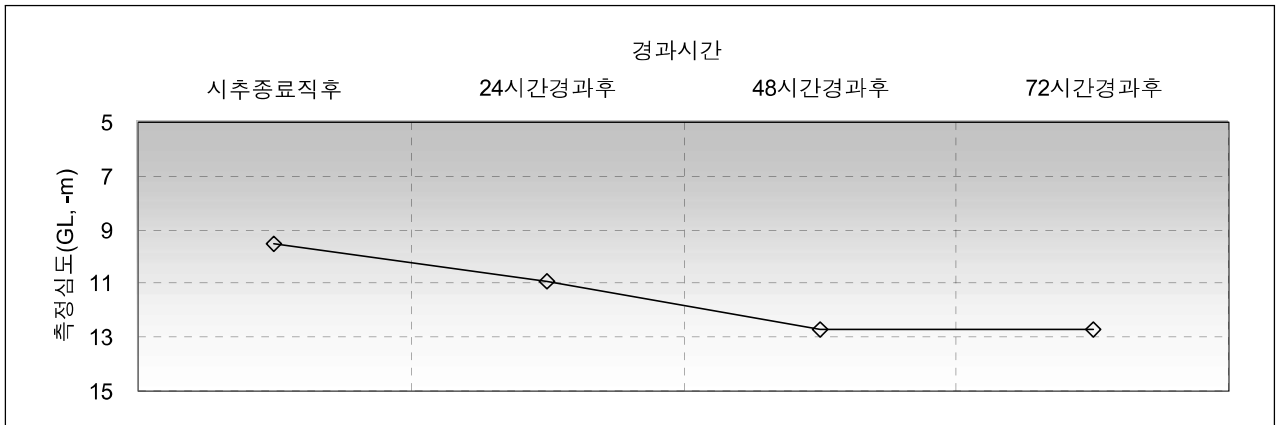


조사공번	지층명	심도 (GL, -m)	N값	구성성분	횟수 (회)
BH-3	매립층	0.0 ~ 0.5	-	자갈 섞인 실트질 모래	-
	풍화토층	0.5 ~ 11.0	10/30 ~ 49/30	실트질 모래	10
	풍화암층	11.0 ~ 19.5	50/5 ~ 50/2	표준관입시험시 외부 충격에 의해서 실트 섞인 모래로 분쇄되어 회수	9

## 4.5 공내지하수위

공내지하수위 측정은 1차 시추작업 완료 후 2차 24시간 경과, 3차 48시간 경과, 4차 72시간 경과 후 4회에 걸쳐 측정하였고 마지막 4차 72시간 경과 후의 측정값을 최종적으로 시추주상도에 기재하고 다음과 같다.

〈 측정결과 〉



조사공번	분포심도(GL, -m)	분포지층
BH-3	12.7	연암층

(주) 시추조사시 측정된 지하수위는 조사시기에 해당하는 일시적인 것이며 또한 공내지하수위는 계절의 변화, 강우량, 주변지역의 토공작업 등에 따른 지하수유출과 같은 요인으로 인하여 변화 될 수 있다는 점에 유의하여야 한다.

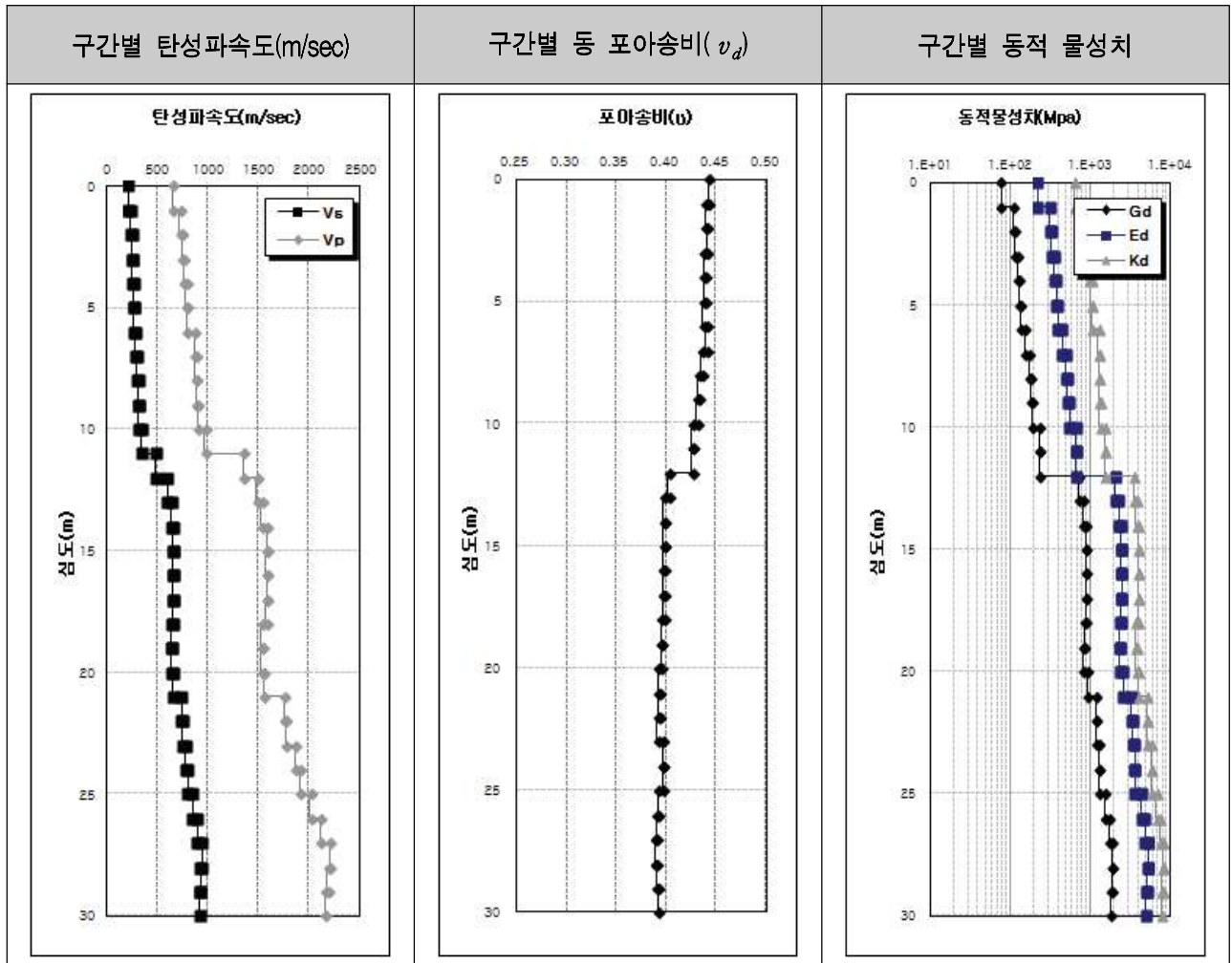
## 4.5 공내탄성파탐사(다운홀테스트)

원지반의 각 층별 동적특성 파악을 위해 시추조사공에서 실시하였고 공내탄성파탐사(다운홀테스트) 결과 (전체 내용은 부록 참조)를 요약하면 다음과 같다.

〈 탐사결과 요약 〉

조사공번	지층	심도 (GL, -m)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$v_d$	Dynamic Parameter		
							Gd(MPa)	Ed(MPa)	Kd(MPa)
BH-3	매립층	0.0~0.5	650	210	17.0	0.442	77	221	630
	풍화토	0.5~11.0	825	280	19.0	0.435	154	442	1,126
	풍화암	11.0~19.5	1,521	620	20.0	0.400	791	2,212	3,675
	연암	19.5~30.0	1,946	822	21.0	0.392	1,465	4,076	6,258

< 탐사결과 요약 >



금회 탐사에서 시험공에 다운홀 시험을 실시하여 전단탄성파( $V_s$ )의 속도를 산출하였으며 각 층후별 전단탄성파속도 결과와 산술적 평균은 위와 같이 나타내었다.

지반등급의 산정은 건축구조기준(2016년)에 의거하여 기준면으로부터 보통암까지의 지반에 대한 평균 지반특성 자료를 적용한 결과 금회 시추조사공의 지반등급은 다음과 같이 평가 되었다.

< 지반등급 산정 기준 >

기준면으로부터 보통암 ( $V_s = 760\text{m/sec}$ 이상 위치)	지반종류의 호칭
5m이하	기준면으로부터 상부 30m에 대한 평균 지반특성
30m이상	
5 ~ 30m이내	기준면으로부터 보통암까지의 지반에 대한 평균 지반특성

〈 설계지반등급(지반의 분류) 〉

지반 분류	지반종류의 호칭	평균지반 특성		
		Vs(m/sec)	표준관입시험(N')	비배수전단강도 ( $S_u, \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ )
Sa	경암 지반	1,500 초과	-	-
Sb	보통암 지반	760 ~ 1,500		
Sc	매우 조밀한 토사 또는 연암 지반	360 ~ 760	> 50	> 100
Sd	단단한 토사 지반	180 ~ 360	15 ~ 50	50 ~ 100
Se	연약한 토사 지반	180 미만	< 15	< 50

〈 전단탄성파(Vs)의 평균속도 및 지반분류 〉

조사공번	시험심도 (GL, -m)	760m/s 출현심도	지반등급	비 고
		설계적용 Vs		
BH-3	30.0	23.0m이후	Sc	기준면으로부터 보통암까지의 지반에 대한 평균지반특성
		385		

상기에서 언급된 지반의 등급은 공내탄성파탐사(다운홀테스트)에 의하여 산출된 Vs와 속도 값을 이용하여 시추조사 결과를 토대로 지반을 분류한 것이므로 실제 설계적용 시 참고자료로서 활용해야 할 것으로 판단된다.