
서울서이초등학교 내진성능평가 용역
지 반 조 사 보 고 서

2019. 03.

(주)태흥엔지니어링

제 출 문

라온구조안전기술(주) 귀하

서기 2019년 03 월 일자로 귀사와 당사간에 계약 체결한 「서울서이초등학교 내진 성능평가 용역」 중 시추조사 과업을 수행 완료하였기에 그 성과를 본 보고서에 수록하여 제출합니다.

2019. 03

경기도 시흥시 대야동 545-1번지

주 식 회 사

태흥엔지니어링

대 표 이 사

김 흥

책 임 기 술 자



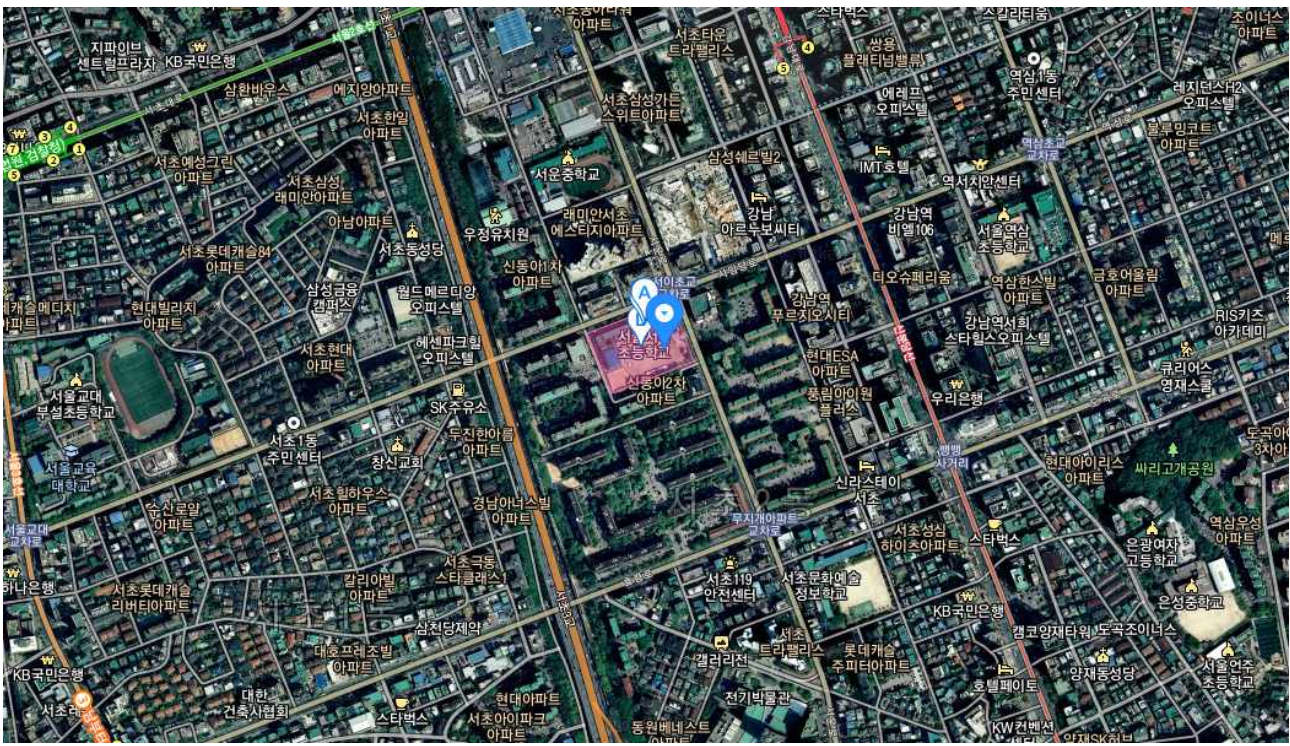
제1장 조사개요

1.1 조사 목적

- 본 조사는 "서울서초등학교 내진성능평가 용역 (서울 서초구 서초동 1334-2)"에 따른 기초부지의 지반조사로, 현장조사와 현장 원위치시험 및 공내탄성파탐사를 실시하여 조사부지내에 분포하고 있는 지반특성 및 구성 상태, 지하수위 등의 제반 토질조건을 파악하고, 이를 종합하여 구조물의 기초설계 및 시공관리 계획에 필요한 지반공학적 자료를 제공함으로써 보다 합리적이고 경제적인 설계와 시공이 수행되도록 하는데 그 목적이 있다.

1.2 조사 위치

- 서울 서초구 서초동 1334-2



1.3 조사 내용

항목	단위	수량	비고
시 주 조 사	공	1	NX-1개소 규격
탄성파 탐사	공	1	1공 30회
지하수위측정	회	1	24~48시간 후 측정
표준관입시험	회	19	지반의 상대밀도 파악

1.4 조사 기간

항목	조사기간	비고
현 장 조 사	2019. 03.17 ~ 2019. 03.17	시주조사, 지하수위 측정
현 장 시 험	2019. 03.17 ~ 2019. 03.17	표준관입시험, 공내탄성파탐사.
성 과 분 석	2019. 03.17 ~ 2019. 03.23	보고서 작성

1.5 조사 장비

항목	장비명	수량	비고
유압식 시주기	Power-4000S	1 조	
Pump	60 l /min	1 조	
표준관입시험기	KSF-2307	1 조	
Single코아바렐	KSF-2307	1 조	
지하수위측정기	전동식수위계	1 조	
기타부대장비	전동식수위계	1 식	

제2장 조사내용 및 방법

2.1 조사위치 선정

- 조사위치 선정은 발주처에서 제공한 현황측량도를 이용해 조사구역의 전체적인 지질을 파악하기 위하여 현장에서 발주처와 협의하여 위치를 선정하였다.(『부록1』 지반조사위치도 참조)
- 시추조사 위치 및 시추심도

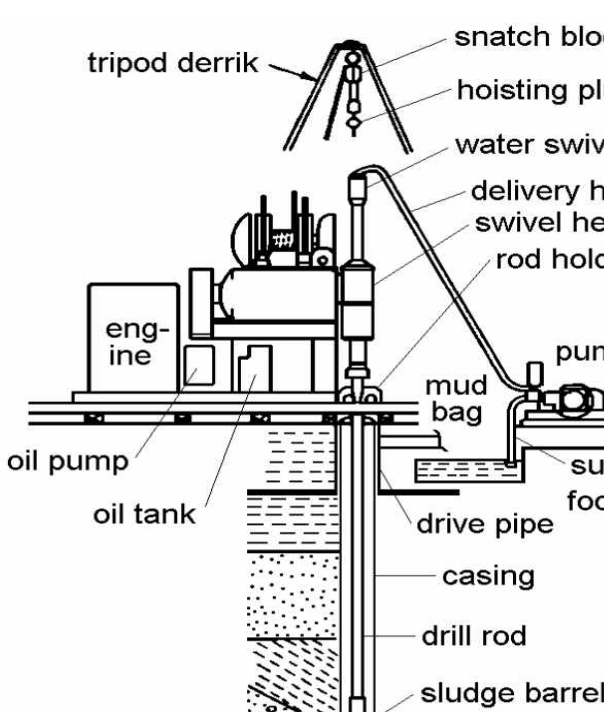


공번	위치	굴진심도(G.L(-), m)	굴진종료지층	비고
BH-	서울 서초구 서초동 1334-2	30.0	연암	

- 시추조사 위치도



2.2 시추조사

- 본 조사지역의 지반상태를 파악하고 설계에 필요한 기초 공학적 자료를 수집하기 위하여 총 1공 (NX-1공규격)의 위치에서 시추조사를 실시하였다. 시추심도는 시추공에서 최소 30.0m까지 확인하여 지반의 동적 물성치를 산정하는 것을 원칙으로 하였다.
 - 시추조사는 직접적으로 지반조건을 확인할 수 있는 가장 보편적인 시행방법으로서, 시추공에서 채취된 시료를 근거로 하여 다음과 같은 사항을 관찰 기록한다.
 - 암상, 강도, 풍화변질에 관한 육안관찰, 굴진시의 굴진 속도, 코아 채취율 등의 굴진 조건을 고려한 시추주상도 작성
 - 암반의 풍화 및 피복토의 두께, 균열의 다소, 단층 파쇄대의 위치 및 규모 등 기초 지반으로서 부적당한 요소 조사
 - 시추조사는 직접적으로 지반조건을 확인할 수 있는 방법인 동시에 시추공 자체를 이용하여 교란, 비교란 시료채취 및 원위치시험을 시행하여 지층의 공학적 특성을 파악할 수 있는 보조수단으로 이용되며, 본 조사에서는 표준관입시험, 지하수위측정 등의 현장 원위치시험을 실시하였다.
 - 각 시추공에 있어 시추시의 굴진 상황, Slime의 상태, 순환수의 색조, 표준관입시험에 의하여 채취된 시료 및 N치를 근거로 하여 수직 지층분포 상태를 확인하였다.(『부록2』 시추주상도 참조)
- 시추조사 모식도 및 전경

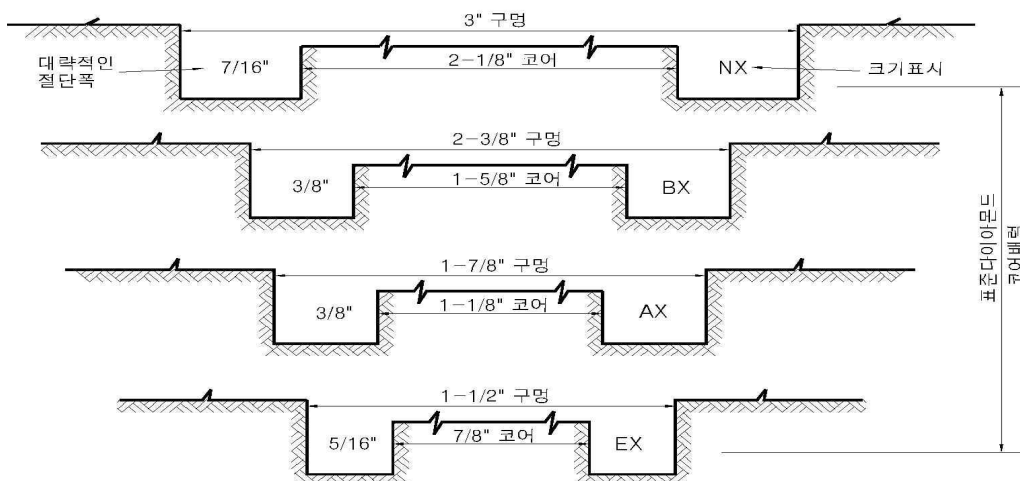
시추기 모식도	시추조사 전경
	 <p>공사명: 서이초등학교 내진성능평가용역 공번: BH-1 내용: 굴진전경 일자: 2019.03.</p>
	<p>BH-1 시추작업</p>
	 <p>공사명: 서이초등학교 내진성능평가용역 공번: BH-1 내용: SPT 시료 일자: 2019.03.</p>
	<p>BH-1 시료채취</p>

■ 시추조사는 BX, NX규격으로 구분하며, 규격에 따른 적용범위와 특성의 장단점은 다음과 같다.

규격	BX(Single core barrel)	NX(Double core barrel)	NX(D-3 core barrel)
시추공 직경	63.5mm	76.2mm	좌 동
코아샘플 직경	41.3mm	54.0mm	좌 동
현장시험 항목	<ul style="list-style-type: none"> 표준관입시험 현장투수시험 	<ul style="list-style-type: none"> BX항목 전부 암반수압시험 공내재하시험 각종 공내검층 	좌 동
조사 목적	<ul style="list-style-type: none"> 주로 토사층을 대상으로 개략적인 지층 구성상태, 두께, 층서 등을 파악 기반암의 분포위치를 확인하여 지지력 및 기초형식을 추정하기 위해 얕은심도(15.0m 미만)에 시행되는 가장 보편적인 방법 	<ul style="list-style-type: none"> 대상지반이 장심도(20.0m이상) 기반암층이 굴착지반에 해당될 경우 확실한 암석 코아시료를 채취하여 해당 지반의 안정성 분석 및 역학적 특성 분석을 통해 정밀하고 정확한 지반공학적 특성을 규명하기 위해 시행하는 방법 	좌 동
적용 범위	<ul style="list-style-type: none"> 지하2층 미만의 일반 건축공사 소규모 교량공사 지층확인 목적으로 주로 이용 	<ul style="list-style-type: none"> 지하3층 이상 건축공사 연약지반공사 지하구조물공사 터널,절토부공사 장대교량공사 	좌 동
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> 암석코아 채취율이 다소 불량하며, 코아의 비틀림력 때문에 조각코아 상태로 회수됨 암질지수(RQD) 평가가 불가능 코아시편에 따른 암질의 연구 및 평가가 불가능 조사비용이 상대적으로 저렴함 공기가 비교적 짧다 	<ul style="list-style-type: none"> 암석코아채취가 비교적 양호하며, 주상코아 상태로 회수됨 코아시편을 통한 암석평가 우수 현장지반조사의 정확성이 인정 시추공을 이용하여 다양한 현장시험이 가능하여 원지반의 특성 규명이 용이함 조사비용이 비교적 높다 	<ul style="list-style-type: none"> 코아시편을 통한 암석평가가 매우 뛰어나 내부 tube가 분리되어 채취된 코아의 원래 형태가 보존되어 자연상태의 절리면 관찰 가능 풍화 및 파쇄절리가 심한 지층에 유리함 조사비용이 비교적 높다
적 용			○

■ 시추공 규격에 따른 제원 및 케이싱, 로드, 코아배럴과 공에 대한 표준크기는 다음과 같다.

기호		케이싱의 직경	케이싱비트의 직경	코아배럴 비트의 직경	드릴로드의 직경	시추공의 개략직경	코아의 개략직경
케이싱,코아배럴	드릴로드						
EX	E	46.0	46.8	36.5	33.3	38.1	22.2
AX	A	57.1	58.7	41.2	47.6	47.6	28.5
BX	B	73.0	74.6	48.4	60.3	60.3	41.2
NX	N	88.9	90.4	60.3	76.2	76.3	53.9



2.3 지하수위 측정

- 본 조사구간에 분포하고 있는 지하수위에 따른 기초공법 선정시 지하수 영향과 지하굴착에 따른 지하수의 대책을 검토하기 위하여 공내 지하수위를 측정하였다. 수위측정은 지하수체(Groundwater body)의 상면의 위치 또는 시추공에 나타나는 정수면(Piezometric surface)의 위치를 지표면 또는 일정한 기준면을 거리로 하여 구한다.
- 조사지역내의 정확한 지하수위 분포상태를 파악하기 위해 시추지점에 대하여 시추종료 후 24간 경과 후 공내 지하수위를 측정하여 장기간에 걸친 안정된 지하수위를 얻을 수 있도록 하였다.
- 공내 지하수위의 변동을 일으키는 요인은 다음과 같다.

구분	대수종류		발생원인		영향기간				기후영향
	자유면	피압	자연적	인위적	단기	일간	계절	장기	
지하수 함양	○		○				○		○
식물 및 증발산작용	○		○			○			○
하천수위 변화	○		○				○		○
해안의 조석간만	○	○	○			○			
대기압 변화	○	○	○			○			○
외부 하중		○		○	○				
지진	○	○	○		○				
지하수 채수	○	○		○				○	
인공 함양	지표살수			○				○	
	심정주입		○	○				○	
농업용 관개/배수	○			○				○	○
굴착으로 인한 배수	○			○				○	

2.4 표준관입시험

- 시추작업과 병행하여 지층의 상대밀도와 구성성분을 파악하기 위하여 지층이 변하거나 또는 동일지층의 경우라도 1.0m간격으로 연속성 있게 실시하였으며, 표준관입시험시 빈번하게 발생하는 시추기능공의 개인오차 등을 방지하기 위하여 유압식 자동 Hammer를 사용하였다.
 - 시험방법은 KSF-2307의 규정에 의한 Split Barrel Sampler 및 부대장비를 이용하여 실시하였으며, Rod의 선단에 Sampler를 부착시켜 중량 63.5±0.5kg의 Drive Hammer를 75±1cm의 높이에서 자유 낙하시켜 N치를 규명하였다.
 - 타격회수 N치는 초기 15cm관입을 예비타격으로 하고, 이후 30cm를 관입시키는데 소요된 타격회수를 N치로 표기하였으며, 타격회수가 50회를 초과하는 경우에는 타격시의 관입심도를 기록하였다.
 - 채취된 교란시료 중 일부는 현장에서 육안에 의한 흙의 분류에 사용하였고, 나머지는 시료상자에 밀봉하여 정리, 보관하였다.
- 표준관입시험결과에 따른 N치로부터 토층의 경연상태, 다짐상태, 토층 구성의 판정 및 지지력의 추정 가능성이 가능하며, 관입시에 채취된 시료를 육안판별, 토질시험, 그리고 굴진의 Slime의 상태 및 색깔을 파악함으로써 토질에 따른 흙의 상대밀도와 연경도를 결정할 수 있다.

■ N치로부터 추정 또는 산정되는 사항

구분	판 별 . 주 정 되 는 사 항		
지반으로서 종합판정 사항	지반구성과 강도의 분포, 지지층의 위치, 말뚝이나 널말뚝관입의 가능성, 연약층의 위치, 투수층의 유무, 지반 개량의 방법과 효과의 판정, 활동파괴면의 유무, 굴착방법의 선정		
N치에서 직접 추정되는 사항	모래지반	상대밀도, 내부마찰각, 액상화, 지지력계수, 침하에 대한 지지력, 간극비	말뚝의 연직지지력, 말뚝의 수평변위, 지반 반력계수, 변형계수
	점토지반	권시스턴시, 일축압축강도(점착력), 파괴에 대한 지지력	

■ 사질토층에서의 N치와 상대밀도 및 전단저항각과의 관계

N치(회)	상대밀도(Relative density)(Dr)		전단저항각(ϕ , 단위 : °)	
			Peck	Meyerhof
0~4	대단히 느슨(Very loose)	0.0~0.2	< 28.5	< 30
4~10	느슨(Loose)	0.2~0.4	28.5~30	30~35
10~30	보통 조밀(Medium)	0.4~0.6	30~36	35~40
30~50	조밀(Dense)	0.6~0.8	36~41	40~45
> 50	대단히 조밀(Very dense)	0.8~1.0	> 41	> 45

* 구조물 기초설계기준 해설 (건설교통부, 2003년, P.66)

◦ Dunham의 공식에 의한 전단저항각의 산출방법은 다음과 같다.

$$\phi = \sqrt{12N} + 15 : \text{입자가 둥글고 입도분포 불량(균일한 입경)}$$

$$\phi = \sqrt{12N} + 20 : \text{입자가 둥글고 입도분포 양호, 모나고 입도분포 불량}$$

$$\phi = \sqrt{12N} + 25 : \text{입자가 모나고 입도분포 양호}$$

◦ N-치와 상대밀도의 관계는 구조물기초설계기준(건설부, 1986년, P49)에 의하면 Gibbs와 Holtz의 실험성과를 기초로 Meyerhof가 유효상재압(σ'_v , kgf/cm²)을 매개로 다음 식을 제시하였다.

$$Dr(\%) = 21\sqrt{\frac{N}{(\sigma'_v + 0.7)}}$$

■ 점성토층에서의 N치와 권시스턴시 및 일축압축강도와와의 관계

N치	권시스턴시(Consistency)	일축압축강도(qu, kgf/cm ²)
< 2	매우 연약 (Very Soft)	< 0.25
2~4	연약 (Soft)	0.25~0.5
4~8	보통 (Medium)	0.5~1.0
8~15	단단 (Stiff)	1.0~2.0
15~30	매우 단단 (Very Stiff)	2.0~4.0
> 30	고결 (Hard)	> 4.0

* 구조물 기초설계기준 해설 (건설교통부, 2003년, P.65)

■ 건축구조물 설계기준(건설교통부, 2005)에 따른 지반분류

지반분류	지반종류의 호칭	상부에 대한 평균 지반특성		
		전단파속도 (m/sec)	표준관입시험 \bar{N} (타격횟수/30cm)	비배수전단강도 \bar{S}_u (10 ⁻³ N/mm ²)
S _A	경암 지반	1500 초과	-	-
S _B	보통암 지반	760에서 1500	-	-
S _C	매우 조밀한 토사지반 또는 연암 지반	360에서 760	>50	>100
S _D	단단한 토사 지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
S _E	연약한 토사 지반	180 미만	<15	<50

2.5 하향식 탄성파 탐사원리

■ 시험 및 분석방법

조사지역에 대한 지반의 공학적·역학적 특성과 밀접한 관계가 있는 동포아송비(Dynamic Poissin's ratio, ν_d), 동체적탄성계수(Bulk modulus, K_d), 동전단탄성계수(Rigidity, G_d), 동탄성계수(Young's ratio, E_d)등의 동적상수들을 구하기 위하여 시추공 인접지역에서 탄성파(P, S파)의 수직적인 속도분포자료를 획득하여 분석하였다.

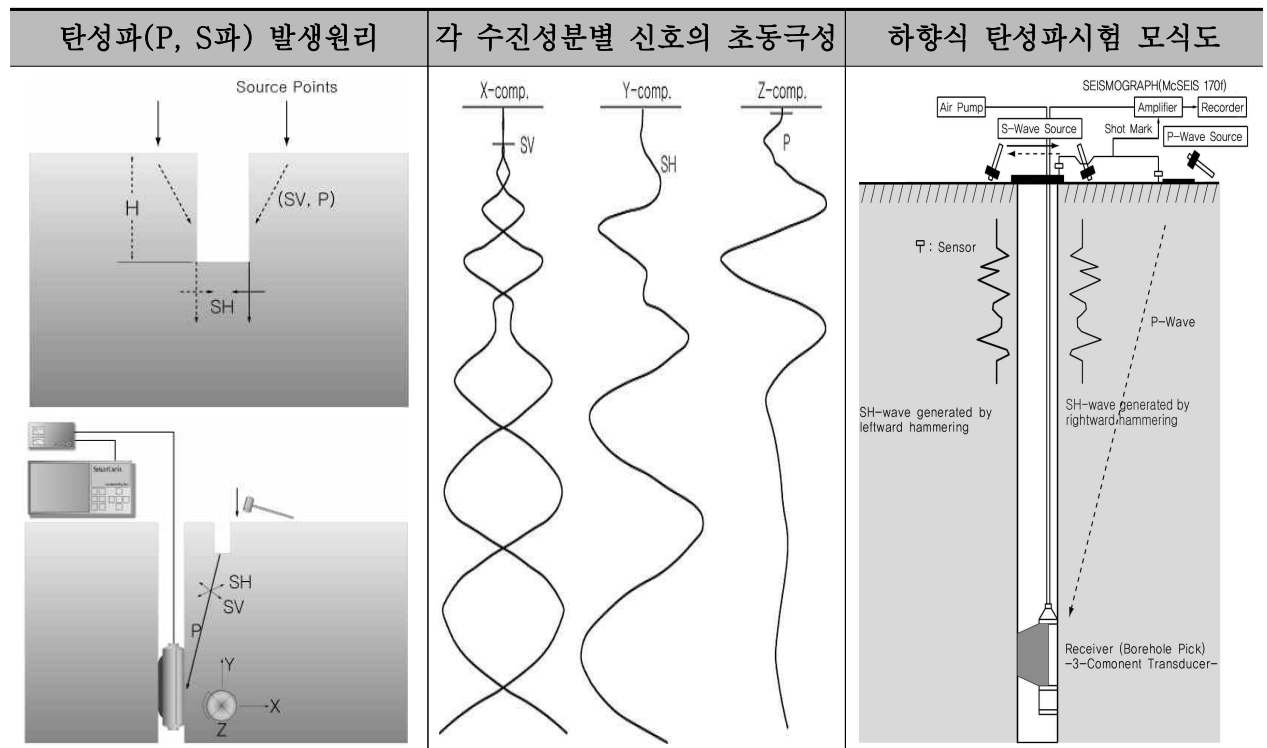
■ 시험 방법

하향식탄성파시험은 지표에서 탄성파를 발생시키고 시추공내에 삽입된 수신기(3성분 지오폰)를 통하여 심도별로 탄성파 도달시간을 기록·분석하여 원지반의 지층별 탄성파속도를 측정하는 방법이다.

지표에서의 탄성파 발생은 슬러지 행머를 이용하여 지표에 고정된 평판을 수직 혹은 수평 방향으로 가격함으로써 이루어진다.

수직 가격 시 입자의 운동이 파의 진행방향과 동일한 P파가 주로 발생되며 이는 지오폰의 수직성분에 기록된다. 수평 가격 시 입자의 운동이 파의 진행방향에 수직인 S파가 주로 발생되며 지오폰의 수평성분에 기록된다.

S파의 경우 가격 방향에 따라 180°의 위상차를 보이는데, 정확한 도달시간 기록을 위하여 좌·우 두 방향으로 가격하여 위상변화를 확인하게 된다.



■ 분석방법

각 심도별에서 측정된 수진성분별 3성분 파형에서 P파의 초동과 위상이 역전된 S파의 초동으로부터 탄성파의 구간별 V_p , V_s 를 산출하고, 관련문헌상의 밀도값을 이용하여 동적 지반특성치를 산출한다.

$$V = \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

여기서, V : 탄성파 속도(P파, S파)

ΔX : 주시곡선의 기울기가 일정하게 되는 구간의 심도차

Δt : 주시곡선의 기울기가 일정하게 되는 구간의 주시차

- 동 포아송비 $\nu_d = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2(V_p/V_s)^2 - 2}$
- 동 전단탄성계수(강성율) $G_d = \rho(V_s)^2$ (ρ : 밀도)
- 동 탄성계수(영율) $E_d = 2G_d(1 + \nu_d)$
- 동 체적탄성계수 $K_d = E_d/3(1 - 2\nu_d)$

상기 산정식을 적용하기 위해서는 지층에 대한 전단파속도(V_s)와 기본 물성치로써 단위중량(γ), 포아송비(ν)가 필요하다.

■ 토질종류 및 조성상태별 일반적인 포아송비(ν) 범위

Soil Type		Poisson's ration(ν)	
		Range (1)	Range (2)
Soft clay		0.40~0.50	0.20~0.50
Medium clay			
Stiff clay			
Loose		0.10~0.30	-
Silt		0.30~0.35	-
Fine sand	Loose	-	-
	Medium dense	0.25	-
	Dense	-	-
Sand	Loose	0.20~0.35	0.20~0.40
	Medium dense	-	0.25~0.40
	Dense	0.30~0.40	0.30~0.45
Silty sand		-	0.20~0.40
Sand and gravel		-	0.15~0.35

(1) Roy E. Hunt, "Geotechnical Engineering Techniques and Practices", Mc graw Hill, P.134, 1986

(2) Braja M Das, "Principles of Foundation Engineering", Pws Pub. Co.,3rd Edition, P.179, 1995

■ 일반적인 암석 및 흙의 밀도

암 석(1)		흙(2)		
종 류	밀도 (kN/m ³)	종 류	상 태	밀도 (kN/m ³)
화강암	26.3~26.7	자 갈	밀실한 것, 입도가 좋은 것	20
섬록암	30.2~30.3		밀실치 않은 것, 입도가 나쁜 것	18
반려암	30.2~30.5	모 래 자 갈	밀실한 것	21
휘록암	29.9~30.4		밀실치 않은 것	19
안산암	23.7	모 래	밀실한 것 입도가 좋은 것	20
현무암	28.2		밀실치 않은 것, 입도가 나쁜 것	18
편 암	26.8~27.0	사질토	밀실한 것	19
사 암	22.8~26.6		밀실치 않은 것	17
혈 암	26.3~26.7	점성토	굳은 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감)	18
응회암	16.0~27.6		약간 무른 것(손가락으로 중간정도 힘으로 눌러 들어감)	17
석회암	24.8~27.1		무른 것(손가락으로 눌러 쉽게 들어감)	17
대리석	27.1~27.6	점 토 및 실 트	굳은 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감)	17
백악암	28.3~28.7		약간 무른 것(손가락으로 중간정도 힘으로 눌러 들어감)	16
			무른 것(손가락으로 눌러 쉽게 들어감)	14

(1) Birch, 1996 미국, 캐나다

(2) 한국도로공사, 1992, “도로설계요령 제2권 토공 및 배수”

■ 전단파속도에 의한 지반의 분류

지 반 종 류	지반종류의 호칭	상부 30m에 대한 평균 지반특성		
		전단파속도 (m/s)	표준관입시험 N치(타격횟수/30cm)	비배수전단강도 S _u (kPa)
S _A	경암 지반	> 1,500	-	-
S _B	보통암 지반	760~1,500		
S _C	매우 조밀한 토사 지반 또는 연암 지반	360~760	> 50	> 100
S _D	단단한 토사 지반	180~360	15~50	50~100
S _E	연약한 토사 지반	< 180	< 15	< 50

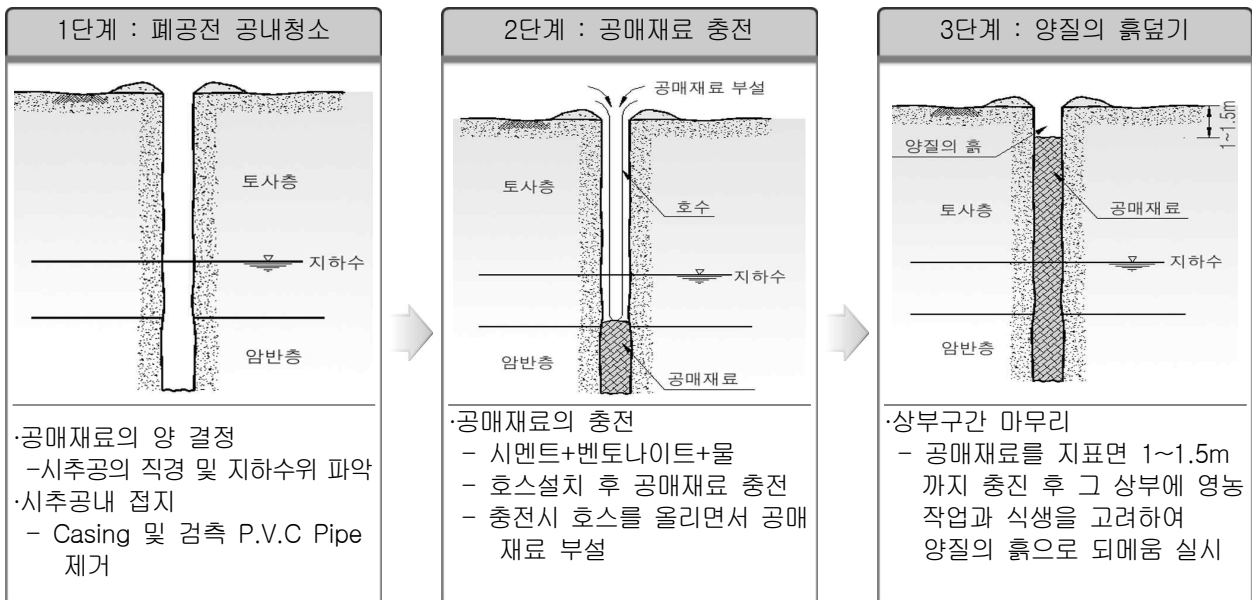
건설교통부(건축구조설계기준 제3장 설계하중)

2.6 폐공처리

기본방향

·설계단계나 시공시에 시추조사후 시추공을 그대로 방치하게 될 경우 환경오염 및 지하수 오염 등의 문제가 발생 → 시추조사후 시추공 폐공처리를 수행하여 지하수 오염원을 차단

■ 폐공처리 절차



·시추조사 및 현장시험 등을 실시한 후 시추공에 대하여 오염물질 유입에 의한 지하수 유입과 지하수위 저하 방지를 위하여 폐공처리를 수행함

2.7 토질 및 암반의 분류 및 기재방법

2.7.1 토질의 구분 및 기재방법

개 요	<ul style="list-style-type: none"> · 흙의 분류는 성질이 다른 여러 가지 흙을 간단한 시험을 통하여 분류하여 공학적 성질을 파악하여 흙의 기초자료로 활용 · 흙의 상태에 대한 기재 내용은 상대밀도 및 연경도, 함수상태, 색깔, 특이사항등을 시추주상도에 기록함
-----	--

● 개략적 기재방법

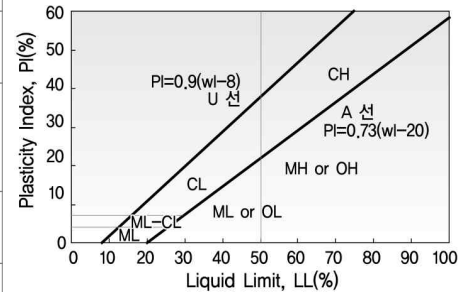
흙의 분류	흙의 공학적 분류방법(KS F 2324)인 통일분류법(U.S.C.S)을 기준으로 분류
기재 방법	<ul style="list-style-type: none"> · 흙의 공학적 분류는 1차 분류 수행 후, 최종적으로 통일분류법(USCS)을 기준으로 분류 · 기재방법으로 시추주상도의 지층구분은 통일된 기호를 사용하고, N값은 사질토의 상대밀도 및 점성토의 연경도 판단
기술 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 표준관입시험시 관입저항치(N치)에 의한 상대밀도(조립토) 및 연경도(세립토)와 습윤상태, 색조, N치 등을 기재 · 함수상태는 건조(Dry), 습윤(Moist), 젖음(Wet) 및 포화상태(Saturated)로 구분하였으며, 색은 흑색, 갈색, 홍색, 적색, 황색 등에 담(연한)과 암(진한)의 접두어를 사용

● 육안분류법

구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓음		습윤상태에서 손가락으로 끈 모양으로 풀 때
		건조상태	습윤상태	
모 래 (Sand)	<ul style="list-style-type: none"> · 개개의 입자크기가 판별되며 입상을 보임 · 건조상태에서 흩어져 내림 	<ul style="list-style-type: none"> · 덩어리지지 않고 흐트러짐 	<ul style="list-style-type: none"> · 덩어리거나 가볍게 건드리면 흩어짐 	<ul style="list-style-type: none"> · 끈 모양으로 꼬이지 않음
실트질 모 래 (Silty Sand)	<ul style="list-style-type: none"> · 입상이나 실트, 점토가 섞여서 약간 점성이 있음 · 모래질의 특성이 우세함 	<ul style="list-style-type: none"> · 덩어리가 지나 가볍게 건드리면 흐트러짐 	<ul style="list-style-type: none"> · 덩어리지며 조심스럽게 다루면 부서지지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> · 끈 모양으로 꼬이지 않음
모래질 실 트 (Sandy Silty)	<ul style="list-style-type: none"> · 적당량의 세립사와 소량의 점토를 함유하고 실트입자가 50% 이상임 · 건조되면 덩어리가 쉽게 부서져서 가루가 됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음 · 부서지면 밀가루 와 같은 감촉 	<ul style="list-style-type: none"> · 덩어리지며 자유롭게 다루어도 부서지지 않음 · 물을 부으면 서로 엉킴 	<ul style="list-style-type: none"> · 끈 모양으로 꼬이거나 작게 끊어지고 부드러우며 약간의 점성이 있음
실 트 (Silt)	<ul style="list-style-type: none"> · 세립사와 점토는 극소량을 함유하고 실트입자의 함량이 80% 이상 · 건조되면 덩어리거나 쉽게 부서져서 밀가루 감촉의 가루가 됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> · 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않고 물에 젖으면 서로 엉킴 	<ul style="list-style-type: none"> · 완전히 꼬이지는 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬여지고 부드러움
점 토 (Clay)	<ul style="list-style-type: none"> · 건조되면 아주 딱딱한 덩어리가 됨 · 건조상태에서 잘 부서지지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> · 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> · 덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 찰흙상태로 됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 길고 얇게 꼬이지며 점성이 큼

흙의 통일분류법(USCS)

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	$Cu > 4$ $Cu=D60/D10$ $1 < Cg < 3$ $Cg=(D30)^2/(D10 \times D60)$			
		GW	입도분포가 나쁜 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토, 세립분이 약간 또는 없음	GW의 조건이 만족되지 않을 때				
	조립토중에서 4번체 (4mm)에 50% 이상 남음	세립분을 함유한 자갈	GM	실트질의 자갈, 자갈-모래 실트의 혼합토	세립분의 함유율에 의한 분류 : 200번체 통과율이 5% 이하인 경우 GW, GP, SW, SP	Atterberg 한계가 A선 밑 또는 소성지수가 4 이하	소성지수가 4~7이면서 Atterberg 한계가 A선 위에 존재할 때는 이중문자 표시	
			GC	점토질의 자갈, 자갈-모래 점토의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 위 또는 소성지수가 7 이상		
	200번체 (0.075mm)에 50% 이상 남음	모래 (Sand)	세립분이 약간 또는 거의 없는 모래	SW	입도분포가 좋은 모래 또는 자갈질의 모래, 세립분은 약간 또는 없음	200번체 통과율이 12% 이상인 경우 GM, GC, SM, SC	$Cu > 6$ $1 < Cg < 3$	SW의 조건이 만족되지 않을 때
			SP	입도분포가 불량한 모래 또는 자갈질 모래				
	조립토중에서 4번체 (4mm)에 50% 이상 통과	세립분을 함유한 모래	SM	실트질의 모래, 모래와 실트의 혼합토	200번체 통과율이 5~12%인 경우 2중 문자로 표시	Atterberg 한계가 A선 밑에 있거나 소성지수가 4이하	소성지수가 4~7이면서 Atterberg 한계가 A선 위에 존재할 때는 2중 문자로 표시	
			SC	점토질의 모래, 모래와 점토의 혼합토		Atterberg 한계가 A선 밑에 있거나 소성지수가 7이상		
세립토 (Fine-Grained Soil)	액성한계 50% 이하인 실트나 점토	ML	무기질의 실트, 매우 가는 모래, 암반, 소성이 작은 실트질의 세사나 점토질의 세립사	소성도(Plasticity chart)는 세립토에 함유된 세립분과 세립토를 분류하기 위해 사용됨. 소성도의 빗금 친 곳은 이중 표기해야 하는 부분				
		CL	소성이 중간지 이하인 유기질점토, 자갈질점토, 모래질점토, 실트질점토					
		OL	소성이 작은 유기질 실트 및 점토					
	200번체 (0.075mm)에 50% 이상 통과	액성한계 50% 이상인 실트나 점토	MH			무기질 실트, 운모질 또는 규소의 세사 또는 실트질 흙, 탄성이 큰 실트		
			CH			소성이 큰 무기질 점토, 탄성이 큰 점토		
		OH	탄성이 중간지 이상인 유기질 점토					
고유기성 흙		Pt	이탄 및 그 밖의 유기질을 많이 함유한 흙					



[세립토의 분류를 위한 소성도]

● 모래의 상대밀도와 N치와의 관계

조 밀 상 태 (Gibbs-Holtz)	N 치	상 대 밀 도		현 장 관 찰 (Bowles)
		Gibbs-Holtz	Bowles	
매우 느슨 (Very Loose)	0 ~ 4	< 0.15	0.0 ~ 0.2	•엄지손가락 또는 주먹으로 쉽게 자국을 낼 수 있다.
느슨 (Loose)	4 ~ 10	0.15 ~ 0.35	0.2 ~ 0.4	•쉽게 삽질할 수 있다. •손가락으로 자국을 낼 수 있다.
보통조밀 (Medium Dense)	10 ~ 30	0.35 ~ 0.65	0.4 ~ 0.7	•힘을 주어서 삽질할 수 있다.
조 밀 (Dense)	30 ~ 50	0.65 ~ 0.85	0.7 ~ 0.9	•손으로 삽질이 가능하거나 손의 힘으로 삽을 이용하여 자국을 낼 수 있다.
매우 조밀 (Very Dense)	50 이상	0.85 ~ 1.00	0.9 ~ 1.0	•발파 또는 중장비에 의해서만 자국을 낼 수 있다.

● 점토의 Consistency, 일축압축강도와 N치와의 관계

점토의 연경도 (Consistency)	N 치	현 장 관 찰 (Peck - Hansen)	일축압축강도 q_u (kg/cm ²)
매우 연약 (Very Soft)	< 2	•주먹이 쉽게 10cm 들어간다.	< 0.25
연약 (Soft)	2 ~ 4	•엄지손가락이 쉽게 들어간다.	0.25 ~ 0.50
보통 견고 (Medium)	4 ~ 8	•노력하면 엄지손가락이 들어간다.	0.50 ~ 1.00
견고 (Stiff)	8 ~ 15	•엄지손가락으로 흙을 움푹 들어가게 할 수 있지만 흙속에 엄지손가락을 넣기는 힘들다.	1.00 ~ 2.00
매우 견고 (Very Stiff)	15 ~ 30	•손톱으로 흙에 자국을 낼 수 있다.	2.00 ~ 4.00
고결 (Hard)	> 30	•손톱으로 자국을 내기 힘들다.	> 4.00

● 함수상태

함 수 비 (%)	상 태
0 ~ 10	건 조 (Dry)
10 ~ 30	습 운 (Moist)
30 ~ 70	젖 음 (Wet)
70 이상	포 화 (Saturated)

● 색조

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

2.7.2 암석구분 및 기재방법

기본방향	<ul style="list-style-type: none"> • 암석 코어에 대한 서술내용은 색, 불연속면 간격, 풍화상태, 암석명, 강도 등 • 암석의 풍화상태, 불연속면 간격(절리나 층리면의 간격) 및 강도는 아래 기준에 따라 기술
------	--

● 암석의 풍화상태에 따른 분류기준

기 호	용 어	설 명
D-1	Fresh (신선한 암반)	<ul style="list-style-type: none"> • 모암의 색이 변하지 않고 결정이 광택을 보임 • Joint면이 부분적으로 얼룩이 져 있고 타격을 가했을 때 맑은 소리가 남
D-2	Slightly Weathered (약간 풍화)	<ul style="list-style-type: none"> • 일반적으로 Fresh한 상태를 보이나 절리면의 주변부가 다소 변색되어 있음. 모암의 강도는 Fresh한 경우와 별 차이가 없음. 장석이 다소 변색되어 있으며, Open Joint의 경우는 점토 등이 협재
D-3	Moderately Weathered (보통 풍화)	<ul style="list-style-type: none"> • 상당히 많은 부분이 변색되어 있으며 절리는 Open Joint로서 절리면 안쪽까지 변질되어 있음. 강도는 야외에서도 Fresh한 상태와 쉽게 구분됨. 대부분의 장석이 변질되어 있으며 일부는 점토화
D-4	Highly Weathered (심한 풍화)	<ul style="list-style-type: none"> • 석영을 제외한 대부분의 입자들이 변색되어 있으며, 절리는 거의 Open Joint로서 절리면으로부터 상당히 깊은 곳까지 변질되어 있음. Core의 상태는 그대로 유지
D-5	Completely Weathered (완전 풍화)	<ul style="list-style-type: none"> • 입자들이 부분적으로 존재하기는 하나, 완전히 변질을 받은 상태. 이 단계에서부터는 토질로 분류

● 암석의 육안판정에 따른 분류기준

기 호	용 어	설 명
S1	매우 강함 (Very Strong)	• 여러 번의 강한 햄머타격으로 패각상의 조각으로 깨지며 각이 날카로운 정도
S2	강함(Strong)	• 1~2회의 강한 햄머타격으로 깨지거나 모서리가 각이 지는 정도
S3	보통 강함 (Moderately Strong)	• 1회의 약한 햄머타격으로 쉽게 깨지며 모서리가 으스러지는 정도
S4	약함(Weak)	• 햄머로 눌러 으스러지는 정도
S5	매우 약함(Very Weak)	• 손가락 또는 엄지손가락의 압력으로 눌러 으스러지는 정도










● 암석의 절리간격에 따른 분류기준

기 호	용 어	Joint 간격	Joint 상태
F1	과상 (Solid)	100cm 이상	Very Wide
F2	약간 균열 (Slightly Fractured)	20~100cm	Wide
F3	보통 균열 (Moderately Fractured)	10~20cm	Moderately Close
F4	심한 균열 (Fractured)	5~10cm	Close
F5	매우 심한 균열 (Highly Fractured)	5cm 이하	Very Close

● 색조(Color)

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

● 절리면의 거칠기(Joint Roughness)에 따른 분류기준

계단형 Stepped	거칠음(불규칙) Rough		• 거칠기에 대한 표시방법 I. 소척도(수 cm) i) 거칠(불규칙) ii) 완만 iii) 매끄러움~매끄러움이란 불연속면을 따라 이전의 전단면위에 대한 분명한 흔적이 있을 경우에 사용 II. 중간 척도(수 m) i) 계단형 ii) 파동형 iii) 평면형
	완만 Smooth		
	매끄러움 Slinkensided		
파동형 Undulating	거칠음(불규칙) Rough		
	완만 Smooth		
	매끄러움 Slinkensided		
평면형 Planar	거칠음(불규칙) Rough		
	완만 Smooth		
	매끄러움 Slinkensided		

● 탄성파 속도에 따른 분류기준

구 분	A 그룹	B 그룹	암석종류	그룹	자연상태의 탄성파속도 V _p (km/s)	암편의 탄성파속도 V _p (km/s)	암편내압 강도 (kgf/cm ²)
대표적인 암석명	편암, 사질편암, 녹색편암, 각암, 석회암, 사암, 휘록용회암, 역암, 화강암, 섬록암, 감람암, 사문암, 유문암, 셰일, 안산암, 현무암	흑색편암, 녹색편암, 휘록용회암, 셰일, 이암, 용회암, 집괴암	풍화암	A	0.7~1.2	2.0~2.7	300~700
				B	1.0~1.8	2.5~3.0	100~200
			연암	A	1.2~1.9	2.7~3.9	700~1,000
				B	1.8~2.8	3.0~4.3	200~500
함유물 등에 의한 시각 판정	사질분, 석영분을 다량 함유하고 암질이 단단한 것, 결정도가 높은 것	사질분, 석영분 및 용회분이 거의 없는 암석전매상의 암석	보통암	A	1.9~2.9	3.7~4.7	1,000~1,300
				B	2.8~4.1	4.3~5.7	500~800
500~1,000g 해머의 타격에 의한 판정	타격점의 암은 작은 평평한 암으로 되어 비산하나, 거의 암분을 남기지 않는 것	타격점에 암 자신이 부서지지 않고 분상이 되어 남고 암편이 별로 비산되지 않는 암석	경암	A	2.9~4.2	4.7~5.8	1,300~1,600
				B	4.1이상	5.7이상	800이상
			극경암	A B	4.2이상	5.8이상	1,600이상

● 토공작업의 리퍼빌리티에 따른 분류기준

구 분	토 공 작 업		
	토 사	리 평 암	발 파 암
표준관입시험 (N치)	50/10 미만	50/10 이상	-
불연속면의 발달빈도	BX 크기	-	TCR = 5% 이하이고 RQD = 0% 정도
	NX 크기	-	TCR = 20% 이하이고 RQD = 0% 정도
탄성파속도	A 그룹	700m/sec 미만	700 ~ 1,200m/sec
	B 그룹	1,000m/sec 미만	1,000 ~ 1,800m/sec
			TCR = 5 ~ 10% 이하이고 RQD = 0 ~ 5% 이상
			TCR = 20% 이하이고 RQD = 10% 이상
			1,200m/sec 이상
			1,800m/sec 이상

● 개략적 분류 방법

암반 분류	<ul style="list-style-type: none"> ·지반조사시 암반의 분류는 TCR, RQD, 시추굴진 상태 및 풍화상태 등을 관찰하여 시추주상도에 기재하고, 한국도로공사 분류기준을 참고로 하여 풍화암, 연암 및 경암으로 분류 ·터널구간은 Rock Type으로 표시되 RMR 및 Q 분류에 의해 암반을 분류하고 분석 수행 ·토공의 작업성(리퍼빌리티)에 의거한 분류는 토사, 리핑암 및 발파암으로 구분
기재 방법	<ul style="list-style-type: none"> ·암석의 풍화상태, 불연속면의 간격(절리나 파쇄대의 간격) : 강도 및 암질표시는 ISRM(국제 암반역학회)의 분류방법에 의거 분류 ·조사과정에서 회수된 시추코어를 암석시험 및 육안관찰하여 American Institute of Professional Geologist에서 제시한 “공학적 목적을 위한 암석시료의 채취방법 및 시추주상도 작성방법 (Geological Logging and Sampling of Rock Core of Engineering Purpose)” 에 의거 시추주상도 작성
기술 내용	<ul style="list-style-type: none"> ·색, 불연속면(Discontinuity)의 간격과 상태, 풍화상태, 강도, 암석명 등 <ul style="list-style-type: none"> - 색(Color) : 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 청색 및 녹색)에 담(연한), 암(진한)의 명암 및 혼색의 서술용어를 사용 ·강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류

● 도로공사기준에 의한 암반분류

표준 단면	암질	특 징	RMR	Q값	RQD(%)	탄성파 속 도 (km/s)	일축압축 강 도 (MPa)	코 아 회수율 (%)
I	경 암	안정성이 있고 풍화, 변질 및 물리적, 화학적 영향을 거의 받지 않은 신선한 대괴상의 암질	80~100	40 이상	70 이상	4.5 이상	120 이상	90 이상
II	보통암	균열 및 편리가 다소 발달되어 있으며 일반적으로 절리가 존재하는 중상의 암질	70~80	10~40	40~70	4.0~4.5	80~120	70~90
III	연 암	층리, 절리 및 편리 등이 매우 발달된 상태이며, 파쇄대가 존재하는 소괴상의 암질	50~70	4~10	20~40	3.5~4.0	60~80	40~70
IV	풍화암	물리적, 화학적 영향으로 파쇄대가 매우 발달되고 절리가 불규칙으로 발달된 파쇄상의 풍화된 암질	25~50	1~4	20~40	3.5 이하	25~60	40 이하
V	풍화토	풍화작용이 심하고 일부가 토괴화된 상태이며, 매우 쉽게 부서지고 쉽게 뜯어낼 수 있는 암질	25 이하	1 이하	20 이하 N>10 : IV N<10 : V	3.0 이하	25 이하	-

● 국내 암반분류 기준

분류명	분류목적	분류요소	검토내용	비고
토목표준품셈	토 공	<ul style="list-style-type: none"> 탄성파속도 내압강도 암석종류 	<ul style="list-style-type: none"> 토공작업방법 결정을 위한 기준임 암편의 일축압축강도기준이 너무 높음 	건설교통부
용역협회기준	시추조사시 암석분류	<ul style="list-style-type: none"> 탄성파속도 일축압축강도 	<ul style="list-style-type: none"> 시추주상도의 암분류시 이용 	한국기술용역협회
서울시 표준지반분류	토목공사	<ul style="list-style-type: none"> SPT, TCR, RQD 일축압축강도 절리면 간격 	<ul style="list-style-type: none"> 지반의 정성적 분류 기준임 	서울시
서울 지하철 분류기준	터 널	<ul style="list-style-type: none"> SPT, TCR, RQD 일축압축강도 절리면 간격 RMR과 연계 	<ul style="list-style-type: none"> 서울시 표준지반분류를 근간으로 한 기준 RMR과 연계시 등급간격이 일정치 않음 	서울지하철 9호선 설계기준안(안) (1997)
고속철도 분류기준	터 널	<ul style="list-style-type: none"> 일축압축강도 탄성파속도 변형계수 지반강도비 TCR, RQD 현장 육안관찰 	<ul style="list-style-type: none"> 개별요소에 의한 분류보다는 종합분석 필요 국내 기존 분류방법 보완 	고속철도 시방서 지반분류(안)
한국도로공사 분류기준	터 널	<ul style="list-style-type: none"> TCR, RQD RMR Q-System 탄성파속도 일축압축강도 	<ul style="list-style-type: none"> RMR, Q-System이 주로 활용됨 개별요소에 의한 분류보다는 종합적인 판단 필요 	한국도로공사

● 외국의 암반분류 기준

- 1940년대 중반부터 암반분류가 도입된 이후 터널, 댐, 사면 등을 대상으로 하는 각종 공사에서 암반조사, 시험, 계측기술의 진보와 더불어 수치해석기법이 발달됨에 따라 여러 암반분류방법이 발전되고 있음
- 암반분류 체계의 발달과정에서 중요한 역할을 하였거나 현재까지 많이 이용되고 있는 세계 각국의 암반분류법의 분류요소를 요약하면 다음과 같음

분류 방법	제안자	평가요소															
		암반내 균열의 방향	파쇄상 양	중리파리상 태	절리간 거	절리상 태	절리 방향 · 간격 · 양	암강도	변형특성	평상 · 암강도의 차이	변형면	탄성파 속도	지반도비 · 지압	RQD	코아 채취율	유수점	지반의 안정성
암반사하중법	Terzaghi, 1946 Rose, 1982		○		○			○	○					◎			
Rabcewicz 암반분류	Rabcewicz & Pacher, 1957		○					○	○								
Muler 암반분류	Muler, 1967		○		○												
RQD	Deere, 1967				○	○	○							◎			
RSR	Wickham, 1974	○			○	○	○	○									
RMR	Bieniawski, 1974				◎	○		◎						◎		○	
Q-System	Barton, 1974		○					○					◎	◎		○	
스위스 지반분류	SAI 199호, 1975																○
오스트리아 지하공사 표준시방서	ONORM B2203, 1975							○		○							
프랑스터널협회 암반분류	AFTES, 1975	○						○		○							
일본국유철도 기준		○										◎	◎				
일본도로협회 기준		○	○		○	◎	○					○	◎			◎	
일본도로공단 기준		○	○		○	◎						○	◎	◎		◎	
일본농림수산성기준				○		○		◎	◎			◎	◎				
일본수자원개발공단기준		○	○		◎	○		◎				○	◎				

◎ : 정량적 요소, ○ : 정성적 요소

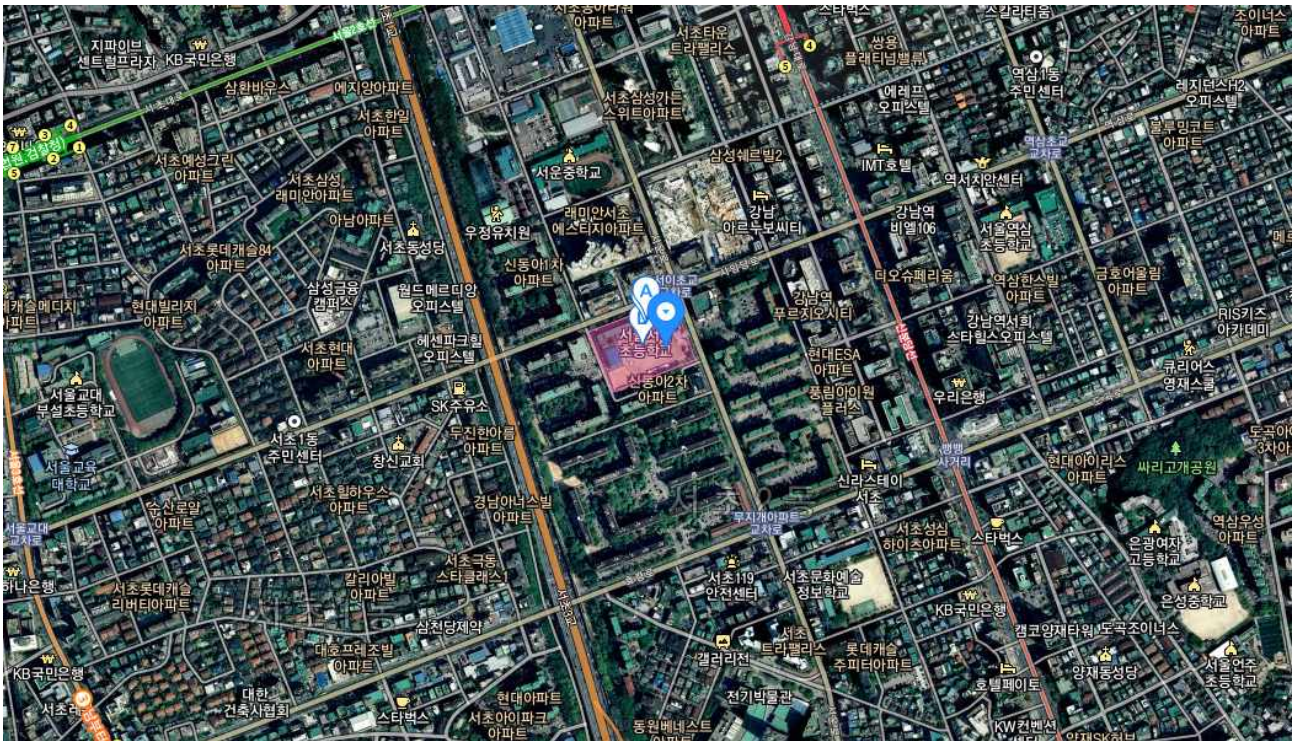
● RQD에 의한 암반분류(Deere, 1968)

RQD (%)	100 ~ 90	90 ~ 75	75 ~ 50	50 ~ 25	< 25
Rock Quality	매우 양호 (Excellent)	양호(Good)	보통(Fair)	불량(Poor)	매우 불량 (Very Poor)

제3장 조사 결과분석

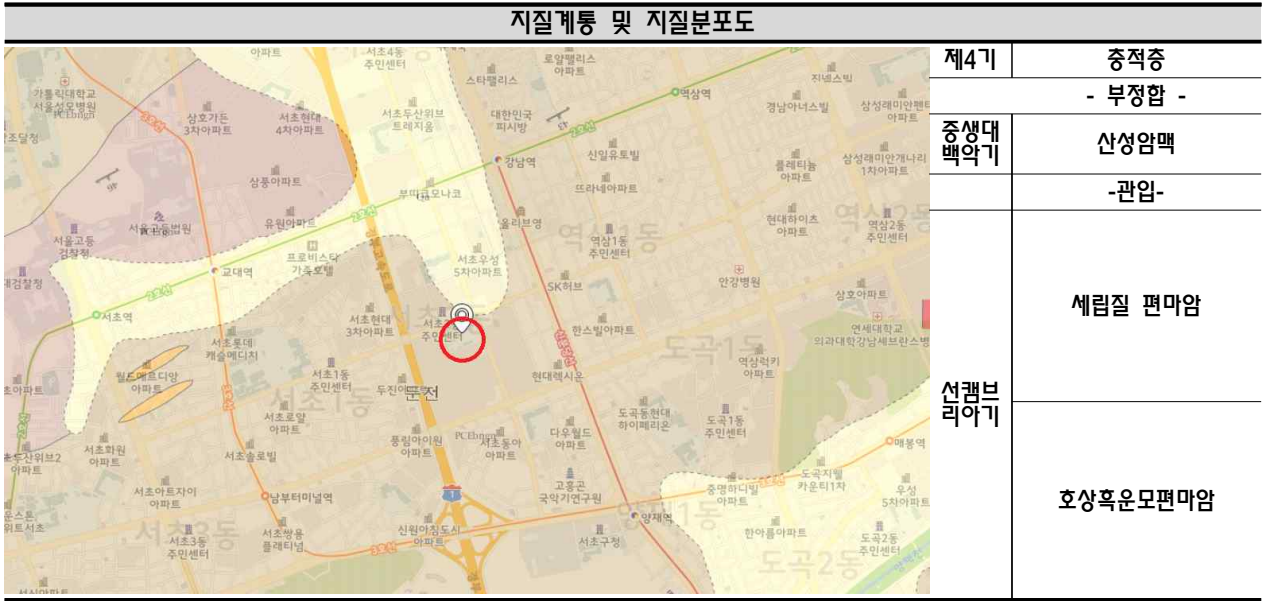
3.1 지 형

- 본 조사지역은 행정구역상 서울 서초구 서초동 1334-2번지 일원으로 "서울서이초등학교 내진성능평가 용역 지반조사" 1:25,000 서울 지형도의 중앙 남쪽 부분에 해당한다. 서울서이초등학교 내진성능평가 용역 지반조사" 기초부지와 인접하여 북쪽에는 강남역, 서쪽에는 역삼동이 남쪽에는 양재역과 서초구청이 위치하고 있다 또한 동쪽은 서울교대와 교대역이 위치하고 있다.
- 산계는 저구릉성 산지들이 가까이에 발달하여 있고 남쪽에는 해발 293m 짜리 우면산이 위치하고 있으며 서쪽에는 현충원이 있는 서달산이 위치하고 있다.
- 수계는 주변소수계들이 발달하고 있고 부지 북쪽에 반포천이 더욱더 북쪽에 한강으로 유입되고 있다.
- 위치 지형도



3.2 지 질

- 본 지역은 둔전지질도폭(1:50,000. 한국지질자원연구원. 2018)에 해당하고, 지질은 최하부로부터 선캠브리아기의 호상흑운모편마암,세립질 편마암 지층에 해당되고 이후 관입하여 중생대백악기의 산성암맥이 분포한다 , 이들 모두를 부정합에 의해 신생대 제4기 총적층이 피복하고 있다.
- 시추결과 매립토층,풍화토층, 풍화암층, 연암층,이 확인되었다..

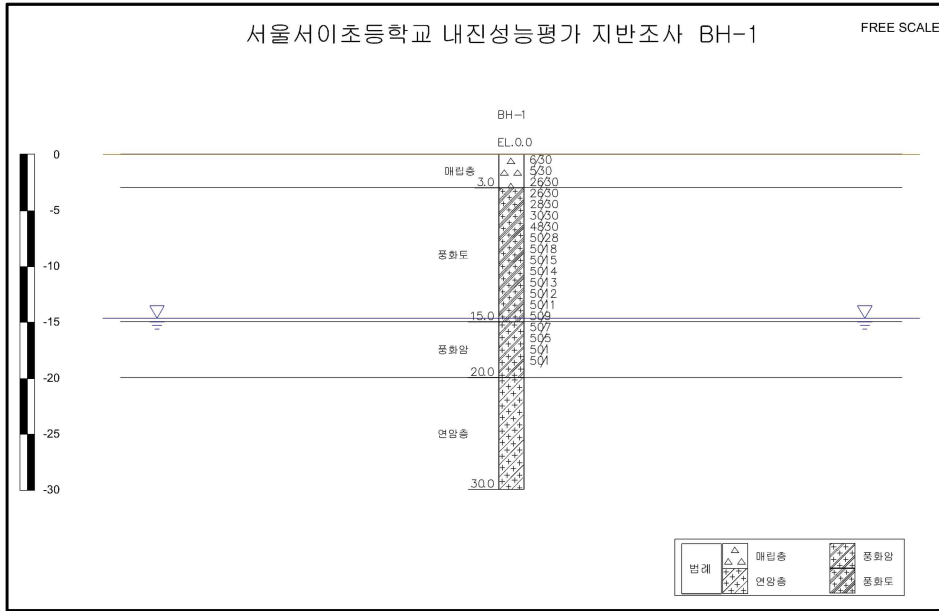


3.3 지반특성

- "서울서이초등학교 내진성능평가 용역 지반조사" 일원의 지층구성, 토성치, 지지층의 분포상태 등 지반특성을 파악하기 위하여 1개소의 시추조사를 실시하였다.



■ 단면 A-A' 방향



- 시추조사 결과 : 매립층 3.0m 풍화토층 12.0m, 풍화암층이 5.0m 연암층이 10.0m이상의 두께로 분포하는 것으로 확인되었다.

공번	매립층		풍화토		풍화암		연암		계 (m)
	심도	두께	심도	두께	심도	두께	심도	두께	
BH-1	0.0~3.0	3.0	3.0~15.0	12.0	15.0~20.0	5.0	20.0~30.0	10.0	30.0

■ 지층상태 및 특성

지층	지 층 상 태	두께 (m)	N치 범위 (TCR/RQD)	U.S.C.S	비 고
매립층	* 실트섞인 모래로 구성 * 자갈, 전석 함유 * 느슨한 상대밀도	3.0	5/30~6/30	SM	
풍화토	* 기반암 최상부의 풍화대 * 실트섞인 모래로 구성 * 보통조밀내지 매우조밀한 상대밀도	12.0	26/30~50/11	SM	
풍화암	* 실트섞인 모래로 파쇄 * 모암구조 잔존 * 암맥 존재	5.0	50/9~50/1	WR	
연암	* 편마암 * 신선, 강한 강도 * 파쇄대 발달 * 담회색	10.0	100%/0~48%	SR	

3.4 지층각론

■ 매립층

- 조사지역 최상부토층으로 구성토질은 실트 섞인 모래 지층으로 자갈,전석을 함유하고 있고, 심도 3.0m까지 분포하였다.
- 색상은 황갈색을 띠고 느슨한 상대밀도를 나타낸다.

■ 풍화토층(WEATHERED SOIL)

- 기반암이 풍화 및 변질작용을 받아 완전 풍화되어 원지반에 잔류하고 있는 지층으로, 지표면하 G.L(-) 3.0m 심도에서 15.0m 심도까지 분포한다.
- 황갈색의 실트 섞인 모래로 구성되어 있으며, 표준관입시험 결과 보통조밀내지 매우조밀한 상대밀도를 나타낸다.

■ 풍화암층(WEATHERED ROCK)

- 기반암의 풍화대로서 매우조밀한 지층이며 표준관입시험치(N)를 기준으로 50회 타격시 관입량 10cm 미만인 지층을 풍화암으로 분류 하였다.
- 기반암인 원지반이 풍화작용을 받아 타격에 의해 실트질모래 및 암편으로 분해되는 매우조밀한 지층으로, 황갈색을 띠며 지표면하 GL(-) 15.0m 에서 분포하여 20.0m 까지 확인하였다.

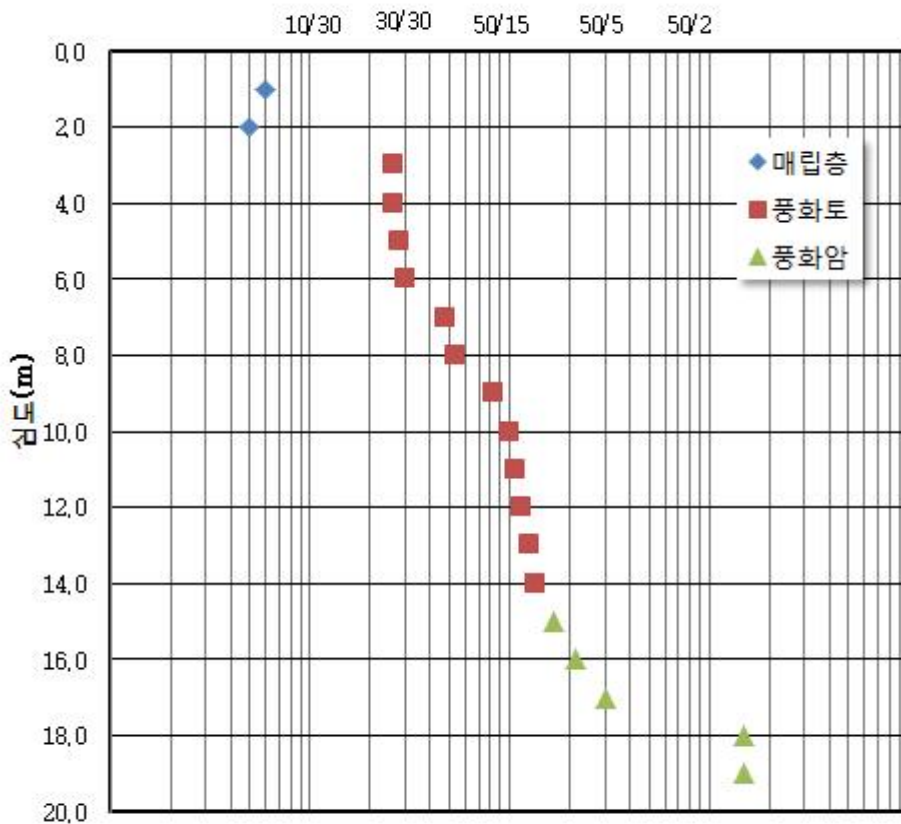
■ 연암(soft rock)

- 편마암층으로 신선,강한강도를 가지면서 파쇄대가 발달하였다.
- 시추시 담회색을 띠며 코어회수율 TCR:100% RQD:0~48%을 보였다

3.5 표준관입 시험결과

- 표준관입시험결과 ,매립층은 (느슨), 풍화토층은(보통조밀~매우조밀) 한 연경도 및 상대밀도를 나타내고 .풍화암은 N치 50/10(회/cm)이상으로 매우조밀(Very Dense)한 상대밀도를 보인다.

심도별 N치 분포도



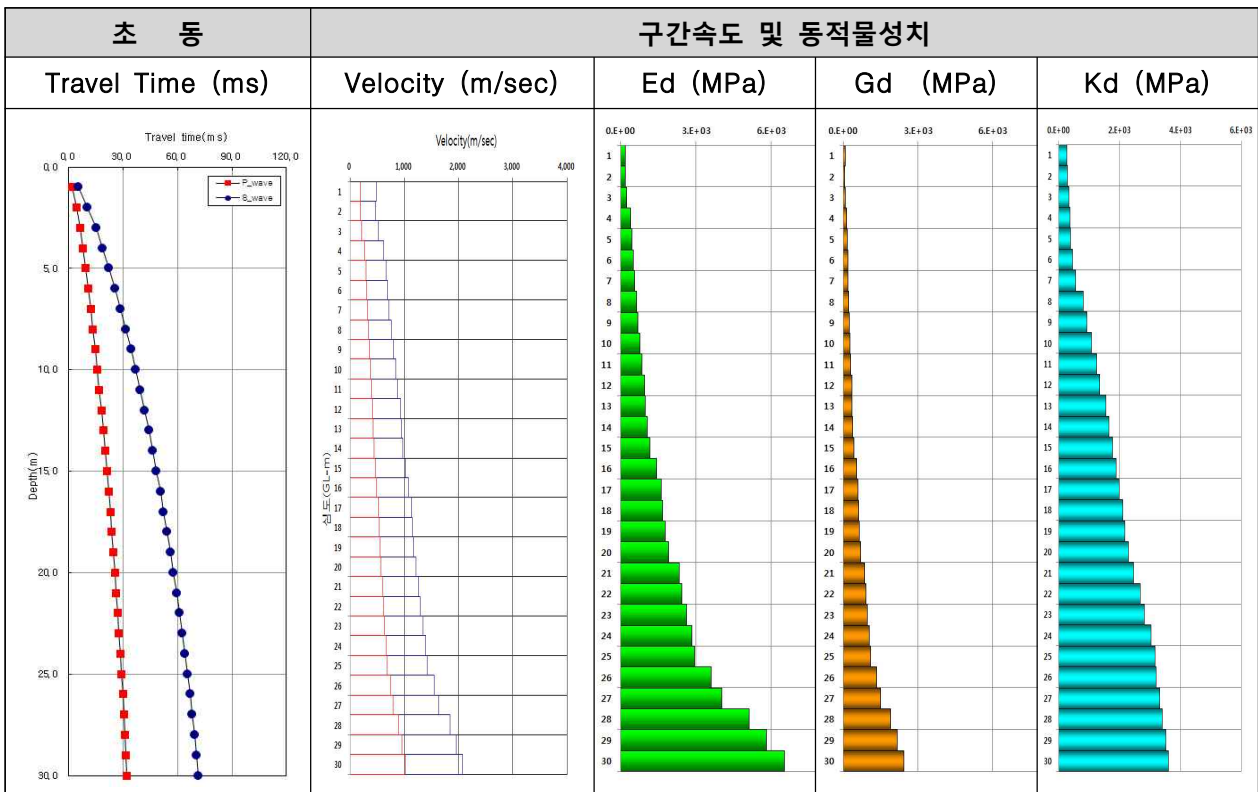
3.6 탄성파 탐사결과

■ 시험결과(BH-1)

BH-1 시추공에서 지반의 탄성파속도 및 동포아송비, 동탄성계수, 동전단탄성계수, 동체적탄성계수 등과 같은 동적상수들을 구하기 위하여 하향식탄성파시험을 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

DOWN HOLE TEST SHEET										
공사명		서울서이초등학교 내진성능평가 용역 지반조사								
공번		BH-1	시험자		김정선		발주처			
시험장비				검토자				시험일자		2019.03.17
심도 (m)	Soil/Rock Type	P파 (msec)	S파 (msec)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	동탄성계수 (MPa)	동전단계수 (MPa)	동체적계수 (MPa)	γ	(kN/m ³)
1.0	매립층	2.05	5.15	488	194	1.94E+02	6.91E+01	3.45E+02	0.406	18.00
2.0	매립층	4.17	10.42	472	190	1.86E+02	6.63E+01	3.21E+02	0.403	18.00
3.0	매립층	6.10	15.03	518	217	2.41E+02	8.65E+01	3.78E+02	0.394	18.00
4.0	풍화토	7.70	18.75	624	268	3.87E+02	1.40E+02	5.69E+02	0.387	19.00
5.0	풍화토	9.20	22.17	668	293	4.60E+02	1.66E+02	6.43E+02	0.381	19.00
6.0	풍화토	10.64	25.40	695	309	5.10E+02	1.85E+02	6.90E+02	0.377	19.00
7.0	풍화토	12.02	28.53	722	320	5.47E+02	1.99E+02	7.46E+02	0.378	19.00
8.0	풍화토	13.33	31.45	764	342	6.23E+02	2.27E+02	8.29E+02	0.375	19.00
9.0	풍화토	14.57	34.24	805	359	6.88E+02	2.50E+02	9.23E+02	0.376	19.00
10.0	풍화토	15.76	36.87	845	380	7.69E+02	2.80E+02	1.01E+03	0.373	19.00
11.0	풍화토	16.90	39.39	876	397	8.38E+02	3.06E+02	1.08E+03	0.371	19.00
12.0	풍화토	17.97	41.76	932	421	9.43E+02	3.44E+02	1.23E+03	0.372	19.00
13.0	풍화토	19.02	44.09	950	429	9.79E+02	3.57E+02	1.27E+03	0.372	19.00
14.0	풍화토	20.05	46.34	977	445	1.05E+03	3.84E+02	1.34E+03	0.369	19.00
15.0	풍화토	21.02	48.47	1,027	470	1.17E+03	4.28E+02	1.47E+03	0.368	19.00
16.0	풍화암	21.95	50.49	1,076	495	1.43E+03	5.25E+02	1.78E+03	0.366	21.00
17.0	풍화암	22.83	52.39	1,132	526	1.62E+03	5.93E+02	1.96E+03	0.362	21.00
18.0	풍화암	23.71	54.26	1,147	534	1.66E+03	6.11E+02	2.00E+03	0.362	21.00
19.0	풍화암	24.55	56.08	1,177	551	1.77E+03	6.51E+02	2.10E+03	0.360	21.00
20.0	풍화암	25.38	57.83	1,217	570	1.89E+03	6.96E+02	2.25E+03	0.359	21.00
21.0	연암	26.16	59.49	1,271	604	2.32E+03	8.56E+02	2.65E+03	0.354	23.00
22.0	연암	26.93	61.10	1,298	620	2.44E+03	9.02E+02	2.75E+03	0.352	23.00
23.0	연암	27.68	62.66	1,342	643	2.62E+03	9.70E+02	2.93E+03	0.351	23.00
24.0	연암	28.40	64.15	1,395	670	2.84E+03	1.05E+03	3.16E+03	0.350	23.00
25.0	연암	29.10	65.62	1,420	682	2.94E+03	1.09E+03	3.28E+03	0.350	23.00
26.0	연암	29.74	66.94	1,556	754	3.59E+03	1.33E+03	3.90E+03	0.347	23.00
27.0	연암	30.35	68.20	1,641	798	4.02E+03	1.49E+03	4.33E+03	0.345	23.00
28.0	연암	30.89	69.31	1,845	899	5.10E+03	1.90E+03	5.46E+03	0.344	23.00
29.0	연암	31.40	70.35	1,958	960	5.80E+03	2.16E+03	6.11E+03	0.342	23.00
30.0	연암	31.89	71.33	2,075	1,016	6.50E+03	2.42E+03	6.87E+03	0.342	23.00

심도 (GL-m)	지층	탄성파속도 (평균)		동적물성치 (평균)			
		Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	동포아송비 vd	동탄성계수 Ed (MPa)	동전단계수 Gd (MPa)	동체적계수 Kd (MPa)
0.0~3.0	매립층	493	200	0.401	2.07E+02	7.40E+01	3.48E+02
3.0~15.0	풍화토	824	369	0.375	7.47E+02	2.72E+02	9.84E+02
15.0~20.0	풍화암	1,150	535	0.362	1.68E+03	6.15E+02	2.02E+03
20.0~30.0	연암	1,580	765	0.348	3.82E+03	1.42E+03	4.15E+03
비고	<ul style="list-style-type: none"> · 밀도값 : 동적물성치 산정에 있어서 물리검층에 의한 정확한 밀도값이 없는 관계로 문헌 및 지층의 일반적인 값을 사용. · 연암층에서의 S파의 평균 속도는 765m/s의 분포를 보이며, 평균 v_d값은 0.348의 분포를 보임 · 연암층에서의 동적물성치중 평균 Ed값은 3.82E+03MPa, 평균 Gd값은 1.42E+03MPa, 평균 Kd값은 4.15E+03MPa의 분포를 보임 						



지반종류 산정

공번	시험방법	적용심도	설계적용 전단탄성파속도 Vs (m/sec)	지반등급	비고
BH-1	DHT	0.0~26.0m	388.4	Sc	매우 조밀한 토사 또는 연암 지반

3.7 공내지하수위 측정결과

- 시추조사후 케이싱내에서 1차로 실시하고, 안정된 지하수위를 측정하기 위해 시추완료된후 24~48시간 후 2차 측정을 실시하였으며, 측정된 지하수는 계절 및 기상현상에 따라 다소 변동이 있을 수 있다.

지하수위 측정측정은 2회를 실시하였으며, 지하수위 측정결과 GL -14.7m로 풍화토 구간에 분포하는 것으로 나타났다.

공 번	지 층	지하수위 GL(-)m	비 고
BH-1	풍화토	14.7	

제4장 성과분석

4.1 기초형식의 검토

- 전술한 현장조사, 현장 원위치시험을 종합 분석한 결과에 따라, 본 부지에 계획중인 구조물 기초의 설계 및 시공에 참고할 사항들을 요약 기술하였다.
- 기초의 형식은 지층의 구성상태, 지하수위, 상부 구조물의 하중조건 및 기초의 근입깊이 등의 조건에 따라 상이하나, 일반적으로 중요한 중량 구조물 또는 침하에 민감한 구조물 등의 기초는 대부분 매우조밀한 상태를 보이는 지층내지 기반암 위에 놓이게 해야 한다. 그러나 이러한 지지층이 비교적 깊은심도에 형성되어 있는 경우에는 말뚝기초(Pile foundation)와 같은 깊은기초(Deep foundation) 공법을 채택하는 것이 유리하며, 반대로 지지층이 비교적 낮은 심도에 분포되어 있는 경우에는 얕은기초(Shallow foundation) 공법을 채택하는 것이 경제적이다.
- 얕은기초는 구조물을 지반상에 축조하는데 있어 구조물을 지지하는 좋은 지반이 지표면 혹은 얕은 위치에 존재하고, 그 층이 충분한 두께를 가진 경우에 특수한 기초를 갖지 않고, 구조물을 지반에 직접 지지시키는 기초이다.
- 깊은기초는 지표면 근처의 지반이 지지층으로 부적당할 때, 구조물의 하중을 상대적으로 깊은 지지층에 전달하기 위한 수단으로 사용되는 기초형태이다.

공번	매립층			풍화토			풍화암, 연암(지지층)		
	심도	중후	N치	심도	중후	N치	심도	중후	N치 또는 TCR/RQD
BH-1	0.0~3.0	3.0	5/30~6/30	3.0~15.0	12.0	26/30~50/11	15.0~30.0	15.0	50/9~50/1 100%/0~48%

- 상기와 같은 지반조건을 근거로 신축 구조물의 기초형식을 검토하면, 일반적인 지지층에 해당하는 풍화암층(n치 50/10) 이상의 지층(풍화암)이 G.L(-) 15.0m 에 분포하는 것으로 조사되었다. , 건축 계획에 의한 구조물 기초의 계획고와 구조물의 하중조건이 결정되면, 이에 적합한 기초형식을 결정해야 할 것으로 판단된다.

4.2 얕은기초

- 얕은기초 혹은 직접기초는 근입깊이(Df)와 Footing 저면의 폭(B)이 대체로 $Df \leq 1 \sim 4$ 인 경우로 구조물의 하중이 가법든지 또는 지지층이 얇고 양호한 토층이 지표면 부근에 있는 경우 상부구조물의 하중을 지반으로 직접 전달시키기 위하여 지반 위에 직접 설치하는 기초로서, 일반적으로 점성토에서는 N치가 20이상, 사질토에서는 N치가 30이상인 경우에 적용한다.

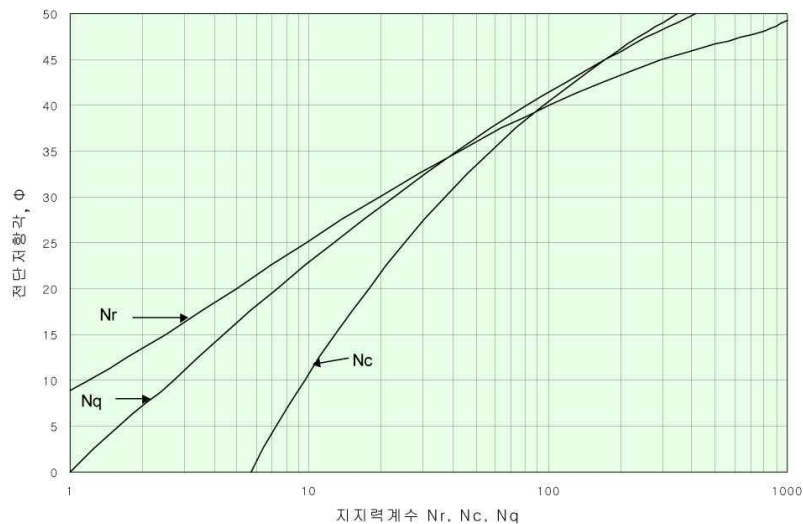
[이론식에 의한 지지력 산정-정역학적 공식에 의한 방법(Terzaghi 지지력공식)]

$$Q_{ult} = \alpha \cdot C \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + \gamma_2 \cdot Df \cdot N_q$$

Q_{ult} : 기초의 극한지지력 (t/m^2) $N_c \cdot N_q \cdot N_\gamma$: 지지력 계수 [표 참조]
 C : 기초지반의 전단강도 (t/m^2) γ_1 : 기초지반의 유효단위중량 (t/m^3)
 γ_2 : 기초 근입부 지반의 유효단위중량 (t/m^3) α, β : 기초의 형상계수 [표 참조]

구분	연속	정방향	원형	장방향	비고
α	1.0	1.3	1.3	$1.0+0.3B/L$	B = 기초의 최소폭
β	0.5	0.4	0.3	$0.5-0.1B/L$	L = 장방향의 장변의 길이

내부마찰각(φ)	Terzaghi와 Meyerhof의 지지력 계수					
	Terzaghi			Meyerhof		
	Nc	N_γ	N_q	Nc	N_γ	N_q
0	5.7	0	1.0	5.1	0	1.0
5	7.3	0.5	1.6	6.5	0.1	1.6
10	9.6	1.2	2.7	8.3	0.4	2.5
15	12.9	2.5	4.4	11.0	1.1	3.9
20	17.7	5.0	7.4	14.8	2.9	6.4
25	25.1	9.7	12.7	20.7	6.8	10.7
30	37.2	19.7	22.5	30.1	15.7	18.4
35	57.8	42.4	41.4	46.1	37.1	33.3
40	95.7	100.4	81.3	75.3	93.7	64.2
45	172.3	297.5	173.3	133.9	262.7	134.9
48	258.3	780.1	287.9			
50	347.5	1153.2	415.1	266.9	873.7	319.0



[표준관입시험에 의한 지지력 산정]

- Bowles(1982)은 경험과 실측결과에 의하여 표준관입시험에서 얻은 N치를 이용하여 지반의 지지력을 추정할 수 있는 식을 다음과 같이 제안하였다.

$$Qa = N / 0.5 (t/m) (B \leq 1.2 m)$$

$$Qa = \frac{N}{0.8} \left(\frac{B + 0.3}{B} \right) (t/m^2) \quad (B > 1.2 m)$$

- 기초바닥이 지표면 아래에 있다면 깊이 계수 K_d 를 다음 식으로 계산하여 위에서 계산된 허용지지력에 곱한다.

$$Kd = \left(1 + 0.33 \frac{D_f}{B} \right) \quad (D_f < B)$$

- 이 식에서 N치는 기초저면 위로 0.5B 와 아래로 2B 까지의 평균값으로 한다.

[경험에 의한 지지력 산정]

다음 기초지반의 허용지지력표는 일반적으로 이용되는 각 지층별 기초지반의 허용지지력을 수록한 것으로서, 개략적인 지지력 예측이 필요하거나 정밀한 토성치 조사를 시행할 여건이 안되는 경우 경험에 의한 지지력을 이용할 수 있다.

지층	장기허용 지지력(t/m ²)	목표하는 값		비고	
		N 값	일축강도 (kg/cm ²)		
암반	균열이 적은 균질 경암	250	-	1000 이상	표준관입시험의 N치가 15 이하인 경우에는 기초지반으로 부적당
	균열이 많은 경암	100	-	100 이상	
	연암, 풍화암	60	-	10 이상	
자갈층	조밀한 것	60	-	-	
	중간	30~50	-	-	
	조밀하지 않은 것	30	-	-	
모래지반	조밀	30	30~50	-	
	중간	10~20	10~30	-	
	느슨	5	5~10	-	
	대단히 느슨	0	5 이하	-	
점성토지반	대단히 견고	20	15~30	2.5 이상	
	견고	10	8~15	1.0~2.5	
	중간	5	4~8	0.5~1.0	
	연약	2	2~4	0.25~0.5	
	대단히 연약	0	0~2	0.25 이하	

주) 도로설계 실무편람

4.3 깊은기초

- 깊은기초는 기초깊이(Df)의 비인 Df/B 값이 4~5이상인 경우로, 구조물의 하중이 크든지, 지지층이 깊고 지표면 부근에 연약층이 있어 얕은기초로 지지가 불가능하거나 비경제적인 경우 상부구조물의 하중을 지지가 확실한 심층까지 전달시키는 기초형식으로서 그 형식과 기능에 따라 말뚝기초와 케이슨 기초로 구분한다. 깊은기초의 지지층은 사질토층에서는 N=30~50 정도의 지층을 대상으로 하는 것이 일반적이다.

[말뚝공법의 특징]

- 말뚝기초를 공법별로 분류하면 타입말뚝공법, 매입말뚝공법, 현장타설말뚝공법으로 분류할 수 있으며, 이들 공법별 특징을 열거하면 다음과 같다.

구분	장 점	단 점	시공관리 난이도	비 고
타입말뚝	<ul style="list-style-type: none"> •시공이 용이하다. •개개의 지지력을 체크할 수가 있다. •동일직경의 말뚝에 지지력이 가장 크다. 	<ul style="list-style-type: none"> •진동 소음이 크다. •대구경 말뚝의 시공이 어렵다. 	비교적 용이하다	<ul style="list-style-type: none"> •지반이 경사진 경우 말뚝의 파손 구부러짐이 생긴다. •선단폐쇄 말뚝에는 리바운드가 큰 비중 (세사, 실트)의 관입이 곤란하다. •전석층 또는 호박돌층이 있는 지반은 말뚝이 파손된다.
매입말뚝	<ul style="list-style-type: none"> •진동 소음이 비교적 작다. •작은 직경부터 큰직경 말뚝(1m 전후)까지 시공 가능 	<ul style="list-style-type: none"> •시공방법 시공자에 의한 차이가 크다. •Slurry의 처리가 곤란하다 •비교적 새로운 공법으로 숙련자가 적다. •지지력이 작다. •지반조건에 따른 시공방법을 바꿀 필요가 있다 . 	어렵다	<ul style="list-style-type: none"> •피압수를 가진 모래층은 보일링이 생긴다. •전석층 또는 호박돌층이 있는 지반은 굴착에 시간이 걸리며, 시공이 불가능한 경우도 많다.
현장타설말뚝	<ul style="list-style-type: none"> •진동 소음이 비교적 작다. •큰직경 말뚝의 시공이 가능 •말뚝길이 변경이 용이하게 된다. 	<ul style="list-style-type: none"> •시공자에 의한 차이가 크다. •지지력이 작다. •작은 직경말뚝의 시공에 문제가 있는 공법이 많다. •Slurry의 처리가 곤란하다 •말뚝체에 결손이 생길 수가 있다. •지반조건에 따라 시공방법을 바꿀 필요가 있다. 	어렵다	<ul style="list-style-type: none"> •피압수를 가진 모래층은 보일링이 생긴다. •수위가 낮은 모래자갈층은 Slurry가 유출하여 공벽이 붕괴된다. •경사진 지반은 구부러진다 •전석층, 호박돌층이 있는 지반은 굴착에 시간이 든다. •지하수류가 있는 지반은 시멘트분이 유출된다.

[말뚝기초공법의 선정기준]

- 말뚝기초공법의 선정은 부지, 지반, 지하수 등에 관한 조건을 고려하여 종합적인 평가를 거쳐 이루어져야 한다. 말뚝기초공법의 주요 선정조건 및 선정기준은 다음과 같다.

선정조건	말뚝종류	타입 말뚝			내부 말뚝		현장 타설 말뚝			
		RC 말뚝	PC(PHC) 말뚝	강관 말뚝	내부 굴착 공법	시멘트 밀크공법	어스드릴 공법	올케이싱 공법	RCD 공법	심초공법
시가지·주택지 등		×	×	×	○	○	○	△	○	○
지하수위가 높다		○	○	○	△	△	○	△	○	×
지지층이 깊다		×	△	○	△	△	△	△	○	×
다져진(호박돌 함유) 중간층의 관통		×	×	△	△	△	×	○	△	○

주) ○ : 적당, △ : 시공에 충분히 주의하면 적용 가능, × : 곤란

선정기준	말뚝기초형식	직접기초	타입말뚝				내부 굴착 PHC	현장타설말뚝			케이스			
			RC 말뚝	PC 말뚝	PHC 말뚝	강관 말뚝		RCD 공법	올케이싱	어스드릴	심초공법	오픈 케이스	뉴매틱 케이스	
지형 및 지질	굴착하는 지반의 상태	중간층이 극히 연약하다.	△	○	○	○	○	○	○	×	×	○	△	
		중간층이 연약하다.	△	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	
		중간층에 극히 단단한 층이 있다.	○	×	△	△	○	○	○	○	○	△	○	
		중간층에 큰 자갈층이 있다.	○	×	×	×	×	△	△	△	○	△	○	
		중간층에 5m이상의 세사층이 있다.	○	△	○	○	○	○	○	△	△	○	○	
		상층이 연약하고 하층은 양호하다.	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○
		5cm 이하의 자갈층이 있다.	○	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○
		5-10cm의 자갈층이 있다.	○	△	△	△	△	△	○	△	○	○	○	○
		10-50cm의 자갈층이 있다.	○	×	×	×	△	×	×	△	×	○	△	○
		지반 상태	경사되었다(30이상)	○	△	△	○	○	○	△	○	△	○	○
요철이 심하다.	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
지하수의 상태	지하수위가 지표면에 가깝다.	△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○		
	용수량이 극히 많다.	△	○	○	○	○	○	○	○	△	×	○		
	지표에서 2m이상 피압지하수가 있다.	×	○	○	○	○	×	×	×	×	×	△		
	지하수유속 3m/min 이상이다.	×	○	○	○	○	×	×	×	×	×	△		
구조물의 특성	하중규모	연직하중의 적다(지간 20m 이하)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	
		연직하중의 보통(지간 20-50m)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		연직하중이 크다(지간 50m 이상)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		수평하중이 적다	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	
		수평하중이 크다	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		지지방식	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		선단 마찰	×	○	○	○	○	○	△	△	△	×	×	
유동화되는 지반	×	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○			
시공	시공의 깊이(m)	2~15	○	○	△	△	△	△	×	×	△	○	△	
		5~15	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	
		15~25	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		25~40	×	×	○	○	○	○	○	○	△	×	○	
		40~55	×	×	△	○	○	○	○	△	×	×	△	
	55~70	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×	×		
	기초의 지름	0.15~0.3m	×	○	△	△	×	△	×	×	×	×	×	
		0.3~0.5m	×	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	
		0.5~0.8m	×	△	○	○	○	○	×	×	×	×	×	
		0.80~1.0m	×	×	○	○	○	○	○	○	○	×	×	
		1.0~1.2m	×	×	○	×	○	×	○	○	○	×	×	
		1.2~1.5m	○	×	△	×	○	×	○	○	△	○	×	
		1.5~2.0m	○	×	×	×	△	×	○	○	△	○	×	
		2.0~4.0m	○	×	×	×	×	×	○	△	×	○	×	
	4.0m 이상	○	×	×	×	×	×	△	×	×	△	○		
	수상 시공	수심 5m 미만	○	○	○	○	○	△	○	×	×	×	○	
		수심 5m 이상	×	△	△	△	△	×	△	×	×	×	○	
환경영향	작업공간이 좁다	○	△	△	△	△	△	○	△	△	○	○		
	경사말뚝의 시공	-	○	○	○	○	×	×	△	×	×	-		
	저소음, 저진동	○	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○		
	근접구조물에 대한 영향	○	×	×	×	×	○	○	○	○	△	○		
유해가스의 영향	△	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○			

주) ○ : 시공실적이 많음. ○ : 시공실적이 있음. △ : 시공실적이 적음. × : 시공실적이 거의 없음.

- 타입말뚝으로서 방음커버, 유압해머 등의 대책공법을 사용하는 경우 소음을 줄일 수 있다.
- 내부 굴착말뚝의 선단처리 방법은 시멘트밀크 분출도반 방식으로 한다.
- PC엘은 오픈케이스기초에 준하는 것으로 한다.
- 강관널판기초는 타입말뚝으로 한다.

■ 말뚝기초형식 선정기준

구 조 규 모		저중 RC조 : 2층 이하 S조 : 3층 이하		중저중 RC조 : 3~6층 S조 : 4~6층		중고중 각종구조 7~9층	저중~중저중 ~중고중 지하실 있음
필요한 N값의 표준	말뚝의 종별	지지말뚝	마찰말뚝	지지말뚝	마찰말뚝	지지말뚝	지지말뚝
	사질토지반	N ≥ 5	액상화 염려가 있는 경우는 제외	N ≥ 10	액상화 염려가 있는 경우는 제외	N ≥ 50	N ≥ 20~30~50
	점성토지반	N ≥ 5		N ≥ 8		N ≥ 30	N ≥ 15~20~30
필요한 지지층의 깊이		5~10m	10m이상	5~20m	20m이상	7~30m	10~30m
필요한 지지층 두께		2~3m이상		3m이상		3m이상 5~10m가 바람직함	3~5m이상 5~10m가 바람직함
말뚝종별 지름	기성말뚝	φ 300~450mm		φ 300~600mm		φ 450~600mm	φ 450~600mm
	현장치기 콘크리트말뚝	-	-	φ 800~1000mm		φ 1000~2000mm	φ 1000~2000mm
선정하는 기초의 종류		독립기초	연속기초 독립기초	독립기초	연속기초 독립기초	독립기초	독립기초+내압판

주) 본 기준도표는 원칙적으로 Df = 1.5~5m 간에 지지지반이 없는 경우에 해당됨.

■ 기초지반의 지지력 차이로 인해 발생하는 부등침하의 원인 및 영향은 다음과 같다.

구분	부등침하의 원인	부등침하의 영향
부등 침하	<ul style="list-style-type: none"> · 기초구성 요소 관련된 구조적 재하에 의한 용력의 변화 · 지중 조건의 변화 · 비교적 경량이거나 보통의 건물에서 지반공학적 원인에 대하여 부적합한 기초를 설치한 경우 (두께가 두껍고 넓게 분포되어 있는 연약점토 또는 유기질 흙과 팽창성 점토) · 사질토 지반에서의 누수 및 유출수로 인한 경우 	<ul style="list-style-type: none"> · 벽체의 대각선 방향 균열 · 문이 뻑뻑하게 됨 · 창문의 깨짐 · 기둥의 과재하와 파괴 · 보의 어긋남

■ 여러 가지 구조물의 최대 허용침하량 및 각 변위의 한계(Sowers, 1962) 자료는 다음과 같다.

침하 형태	구조물의 종류	최대침하량
전체 침하	배수시설	15.0~30.0 cm
	출입구	30.0~60.0 cm
	부등침하의 가능성	
	석적 및 벽돌구조	2.5~5.0 cm
	뼈대구조	5.0~10.0 cm
전 도	굴뚝, 사이로, 매트	7.5~30.0 cm
	탐, 굴뚝	0.004 S
	물품적재	0.01 S
부등 침하	크레인 레일	0.003 S
	빌딩의 벽돌 벽체	0.0005~0.002 S
	철근콘크리트 뼈대구조	0.003 S
	강 뼈대구조 (연속)	0.002 S
	강 뼈대구조 (단순)	0.005 S

주) S : 기둥 사이의 간격 또는 임의의 두 점 사이의 거리

4.4 지하굴착에 따른 지하수 문제와 대책

- 대부분의 건축물 기초 혹은 지중 구조물을 축조하기 위해서는 지하굴착이 필요하게 되기 때문에 굴착구간에 지하수가 분포되어 있으면 지하수에 대한 적절한 조치가 필요하다. 지하수 대책이라고 하면 한마디로 광범위하고 각종 공법들이 있지만, 공법의 원리에 따라 배수공법과 지수공법으로 대별할 수 있으며, 이들 공법 모두 지반내의 침투류를 조절하여 굴착공사를 하는 지점의 지하수위를 저하시키는 것을 목적으로 하고 있다.
- 배수공법은 양수에 의해 지하수를 강제적으로 저하시키는 대표적인 공법으로서 웰포인트(Well point)공법과 딥웰(Deep well)공법이 가장 널리 이용되고 있다.
- 일반적으로 배수공법은 경제적이고 공사 지점의 지하수위를 저하시켜 흙막이 벽이나 지반의 안정성을 증가시키고, 굴착저면에서의 공사를 용이하게 하는 등 매우 효과적이지만, 다른 한편 대량의 지하수 양수는 지반침하를 일으키게 하고 인접한 구조물이나 지중 매설물에 변형을 발생시켜 피해를 주게 될 우려가 있기 때문에 공법선정에 신중을 기하여야 한다.
- 지수공법은 굴착 공사 장소를 물이 투과하기 어려운 지수벽으로 둘러싸고 굴착장소에 용수, 침투수의 유입을 방지하는 공법이다. 지수벽을 설치하는 공법으로는 많은 것이 있지만 가장 잘 사용되고 있는 것은 지수널말뚝공법, 연속지중벽공법, 주열벽공법, 고압분사공법 등이 있다.
- 본 조사지역은 시추조사 결과 지하수위가 G.L(-) 14.7m에 분포하는 것으로 조사되었으므로, 지하굴착시 지하수에 대한 대책공법이 요구된다.

4.5 양압력에 대한 검토

- 일반적으로 지하수위 하부에 구조물을 축조할 경우에는 지하수위면 하부측 구조체면에 연직방향으로 수압이 작용하여 구조체의 바닥면에 작용하는 상향력인 양압력(Uplift pressure)이 발생한다. 따라서 지하층이 지하수위 아래에 설치되는 경우, 각 시공 단계별 및 구조물 완성시에 대해 제반 현장여건을 고려하여 지하구조물의 양압력에 대해 안정성을 유지하는지 여부를 검토하여야 한다. 양압력에 대한 안정성이 확보되지 않는 경우의 처리대책공법은 다음과 같은 방법들이 고려되고 있다.

[사하중 증가]

- 건물의 순수하중과 건물에 작용하는 마찰력이 양압력보다 크도록 설계하는 방법으로서, 사하중에 의한 지하수압의 저항은 건물기초에서 흔히 이중매트, 단일매트 형식을 이용한다. 국내 건물기초 바닥슬라브의 상향수압 처리방법으로 가장 널리 이용되고 있으며, 추가하중은 저층부의 구조체 및 기초의 두께를 증가시키거나, 하중균형을 위한 비중이 큰 재료(자갈, 잡석 등)를 채움으로써 이루어진다. 이 방법은 비교적 지하수위가 낮고 얇은 지하굴착에 효과적이다.

[영구부력앵커]

- 건물의 순수하중과 건물에 작용하는 마찰력이 양압력보다 작은 경우, 그 차이에 대한 부분만큼을 기초바닥 아래 암반중에 강제적으로 긴장된 스트랜드 다발강선(Anchor cable)을 설치하여 저항하는 방법으로 확실한 방법이다. 영구앵커를 이용한 방법은 양압력의 크기에 따라 앵커의 규모 및 간격의 선택이 자유롭고 슬라브 바닥을 통하여 지지층에 설치된 앵커는 슬라브에 작용하는 휨모멘트를 감소시키는 효과가 있으나, 결점은 앵커설치를 위한 장비동원이 어려우며, 공사비 부담이 크다.

[외부 배수처리 방법]

- 지하벽체 외부의 소정 심도에 배수층을 만들어 배수관을 통하여 집수정으로 지하수를 모은 후 펌프에 의한 배수처리로 지하벽체에 작용하는 양압력을 감소시켜 지하외벽의 단면을 조절할 수 있는 방법이다. 이 방법은 강제배수로 자연지하수위를 조절하는 인공수위저하방법으로서 인접 구조물의 침하 등의 위해가 발생할 수 있기 때문에 건물밀집 지역에서는 적용성 여부를 신중히 고려하여 적용하여야 한다.

[내부 배수처리 방법]

- 기초 슬라브 아래에 인위적인 배수층을 만들고 배수관을 통하여 집수정으로 지하수를 모아 펌프에 의한 배수처리로 수압을 감소시키는 방법이다. 이 방법은 지하벽체 선단이 투수성이 적은 지반까지 시공되었을 때 이 지층을 통해 부지내로 유입된 지하수의 처리에 효과적이며, 외부의 지하수 처리를 위한 양수작업으로 인해 야기되는 주변 침하 문제는 해결될 수 있다. 지하수가 많고 터파기 하부 지층이 견고한 지반(풍화대)에서 수압을 완화시키는 방법으로 널리 적용되고 있다. 기초 슬라브의 경제적인 단면설계가 가능하고 이로 인한 토공량 절감 및 시공이 간편하여 공사비가 저렴하나, 인위적으로 설치한 배수층이 시간의 경과와 함께 기능이 감소되어 정기적인 유지관리가 요구되고 있어 항구적인 대책으로는 비효율적이다.

4.6 토공작업에 대한 검토

[토공작업]

- 토공이라 함은 흙을 재료로 한 시공 작업에 있어서 깎기 및 쌓기 작업과 기타 흙에 대한 제반 작업을 경제적이고 안정되게 시공하는 것을 말한다. 절취계획은 절취대상 지층의 구성 토질상태, 암질, 풍화상태, 절리발달 상태 등에 따라 차이가 나며, 깎기부의 높이에 따라서도 방식을 달리하므로 정량적으로 절취 방식을 규정하기란 매우 어렵다. 절취시공을 할 경우에 절취방법 결정과 절취비용을 산출하기 위하여 절취난이도를 Digging Soil, Ripping, Blastic Rock 으로서 구분하여 판별한다.
- 토목공학적 측면에서의 흙과 암석은 토사, 풍화암, 연암 보통암 및 경암 등으로 분류되나, 이러한 지반분류는 토공작업시 굴착방법의 선정을 위한 분류로는 적절치 않기 때문에 깎기 작업시에는 표준관입시험에 의한 N치, 탄성파속도, 암질의 등급 및 강도, 풍화상태, TCR 및 RQD, 균열 및 절리 발달상태 등과 같은 제반 공학적 자료에 근거하여 토사, 리핑암, 발파암 등으로 지층을 구분한다.

[건설표준 품셈에 의한 토질 및 암의 분류]

- 건설표준 품셈에 의하면 토질 및 암의 분류는 다음과 같다.

구분	설명
보통토사	보통상태의 실트 및 점토, 모래질 흙 및 이들의 혼합물. 삽, 팽이를 사용할 정도의 토질
경질토사	견고한 모래질 흙이나 점토. 팽이, 곡팽이를 사용할 정도의 토질
고사점토 및 자갈섞인 토사	자갈질 흙 또는 견고한 실트, 점토 및 이들의 혼합물. 곡팽이를 사용하여 파낼 수 있는 단단한 토질
호박돌섞인 토사	호박돌이 섞이고 굴착에 약간의 화약을 사용해야 할 정도로 단단한 토질
풍화암	일부는 곡팽이를 사용할 수 있으나, 암질이 부식되고 균열이 1~10cm 정도로서 굴착 또는 절취에는 약간의 화약을 사용해야 할 암질
연암	혈암, 사암 등으로서 균열이 10~30cm 정도이고, 굴착 또는 절취에는 화약을 사용하여야 하나 석축용으로는 부적합한 암질
보통암	풍화상태는 없으나, 굴착 또는 절취에는 화약을 사용하며, 균열이 30~50cm정도의 암
경암	화강암, 안산암 등으로서 굴착 또는 절취에 화약을 사용하며, 균열상태가 1m이내로 석축용으로 쓸 수 있는 암질
극경암	암질이 매우 밀착된 단단한 암질

- 토공의 적산 및 시공계획에서는 시공의 난이도에 따라서 토사, 리핑암, 발파암으로 분류한다. 이들의 구분은 공사비나 공기에 중대한 영향을 주기 때문에 설계에 있어, 시추조사결과 등을 충분히 검토하고 현지조사나 주변의 공사기록 등을 참고해서 신중히 결정해야 한다.
- 토사, 리핑암, 발파암의 최종적인 구분은 시공시 사용할 불도저의 가동능력을 기준하여 판정한다. 즉, 토사와 리핑암의 판정은 배토판을 사용한 불도저의 착암능력에 따라 구분하고, 리핑암과 발파암에 대해서는 불도저에 장착된 리퍼(Ripper)의 능력에 따라서 구분한다. 토사는 불도저가 유효하게 사용될 수 있는 정도의 흙, 모래, 자갈 및 호박돌이 섞인 토질이며, 리핑암은 불도저에 장착된 유압식 리퍼가 유효하게 사용될 수 있을 정도로 풍화가 상당히 진행된 지층이며, 발파암은 발파를 하는 것이 가장 효과적인 지층으로 정의된다.

4.7 흙막이 공법의 검토

- 흙막이공법은 터파기공사중 주변지반의 토압, 수압 등의 축압을 지지하고 주변지반의 침하를 방지하기 위하여 가설구조물인 흙막이벽을 설치하는 공법으로, 공법의 선정에 있어 각 공법이 지닌 특성을 충분히 검토 후, 토질 및 대지조건, 주변에 미치는 영향, 공사비, 공기, 시공성 등을 고려하여 결정한다. 일반적으로 많이 사용되는 흙막이벽체의 종류 및 특징은 다음과 같다.

[토류판벽체]

- 토류판을 굴착 이전에 설치하여 놓은 엄지말뚝 사이에 끼워서 벽체를 형성하는 방법으로서 엄지말뚝으로는 H-형 강, Rail강, 강관 등이 사용되며 토류판으로는 주로 목재가 사용되며, 가장 공사비가 저렴하여 널리 적용되는 공법이다. 이러한 벽체는 차수성이 좋지 않으므로 토류판 사이로 토사유출의 가능성이 매우 크며, 토류판을 굴착선 이하로 설치할 수 없으므로 Piping에 대하여 매우 취약하고 또한 강성이 적어 벽체변형도 많이 일어난다. 이 형식의 흙막이벽체가 가장 널리 쓰이고 있으나 주변지반과 구조물에 가장 피해를 많이 주는 공법으로 현장에서 철저한 시공관리가 요구된다.

[널말뚝벽체]

- 널말뚝은 목재, 콘크리트, 강판 등으로 만들어지는데 지반 굴착시 흙막이벽체로서는 강널말뚝이 주로 사용된다. 널말뚝은 Hammer로 타입 되거나 진동하중으로 지반에 근입 되므로 전석층이나 풍화암층 이상의 암반에는 설치할 수 없다. 거의 완전한 벽체를 굴도 이전에 설치함으로써 배면의 토사유실을 방지할 수 있는 장점이 있으나 벽체의 강성이 적으므로 가용성이 크다.

[Soil-Cement 말뚝벽체]

- 굴착 이전에 지반에 Soil-Cement 말뚝을 연결 설치하여 벽체를 형성하는 공법으로서 Soil-cement 말뚝을 설치하는 방법에는 Auger굴착으로 지반을 교반하여 Soil과 Cement를 혼합하는 공법과 Jet Grouting 공법이 많이 적용되고 있다. Soil-Cement 벽체는 뮌모멘트에 취약하므로 적절히 보강되어야 하며, 시공장비의 특성상 풍화암 이하에서는 시공이 불가능하므로 토사지반에만 설치가능한 단점이 있으나, 이 벽체는 말뚝간에 연결성이 좋으므로 차수성이 매우 좋으며, 토사유실의 가능성도 매우 적고 강성도 큰 편이다. 따라서 시공이 간편하고 공기가 빠른 장점이 있어 지반조건만 허락하는 현장에는 많이 적용되고 있다.

[현장타설 콘크리트말뚝 벽체]

- 굴착 이전에 지반에 현장타설 콘크리트말뚝을 연결 설치하여 벽체를 형성하는 공법으로 Soil-Cement 말뚝벽체에 비하여 강성이 크고 특수 장비가 필요하지 않으며 천공할 수 있는 모든 지반조건에 설치할 수 있다. 이 벽체는 기둥간의 연결성이 좋지 않아 벽체의 차수성이 나쁘며 토사유실의 가능성도 매우 높다.

[현장타설 콘크리트판 벽체]

- 굴착 이전에 현장타설 콘크리트판을 연결 설치하여 벽체를 형성하는 공법으로 벽체의 두께는 보통 80~120cm로 두꺼우며 철근으로 보강되어 뮌모멘트에 대한 저항력과 강성이 매우 크다. 콘크리트판 사이의 연결성이 매우 좋으므로 거의 완전한 차수성을 갖고 있으므로 이 벽체는 단순한 흙막이벽체로만 사용되는 것이 아니라 지하구조물의 벽체로 이용되기 때문에 지하구조물 벽체를 따로 시공하지 않아도 되는 장점이 있다.

■ 주요 흙막이벽의 특성 및 문제점들은 다음과 같다.

흙막이벽 종류	장점	단점	
		시공상의 문제점	지하수에 대한 문제점
엄지말뚝 및 수평널말뚝	<ul style="list-style-type: none"> • 시공이 간단하다. • 단가가 저렴하다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 히빙을 일으킬 우려가 있는 연약한 지반에서는 적용이 불가능하다. • 타입깊이가 불충분하면 주변지반침하가 크게 발생한다. • 전석층에서는 타입이 곤란하다 • 시공시 소음, 진동의 문제가 발생한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 지하수가 있는 지역에서는 사전에 지하수위를 내리는 배수공법을 병용한다. • 모래층 아래에 불투수층이 있어 호증이 되어 있는 경우 배수처리하기가 어렵다.
강널말뚝	<ul style="list-style-type: none"> • 연약지반이나 지하수가 많은 곳에서 비교적 용이하며 또한 저렴한 가격으로 시공할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 사력층이나 조밀한 모래지반에서 시공이 곤란하다. • 시공시 소음, 진동의 문제가 발생한다. • 오거를 병용하여 박아넣으면 지반이 교란된다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 맞물림이 불안전하면 그곳에 지하수가 집중하므로, 모래의 유입이 심해지고 터파기 저부에서는 보일링이 생기는 경우가 있다. • 강널말뚝이 노후된 경우에는 맞물림부의 지수성이 상당히 나쁘다.
주열식벽	<ul style="list-style-type: none"> • 강성을 자유롭게 선정하여 설계할 수 있다. • 소음, 진동이 그다지 문제가 되지 않는다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 지중 매설물을 사전에 철거할 필요가 있다. • 사력층이나 전석층에서는 시공이 어렵다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 보조공법(약액주입 등)을 이용하지 않으면 지수성이 상당히 나쁘다.
지하연속벽	<ul style="list-style-type: none"> • 지수성이 좋다. • 벽의 강성을 자유롭게 설계한다. • 소음, 진동이 그다지 문제가 되지 않는다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 지중 매설물을 사전에 철거할 필요가 있다. • 철거후 되메우기시 주의 • 전석층에서는 불가능한 경우도 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 부재의 연결부에서 누수가 발생하기 쉽다.

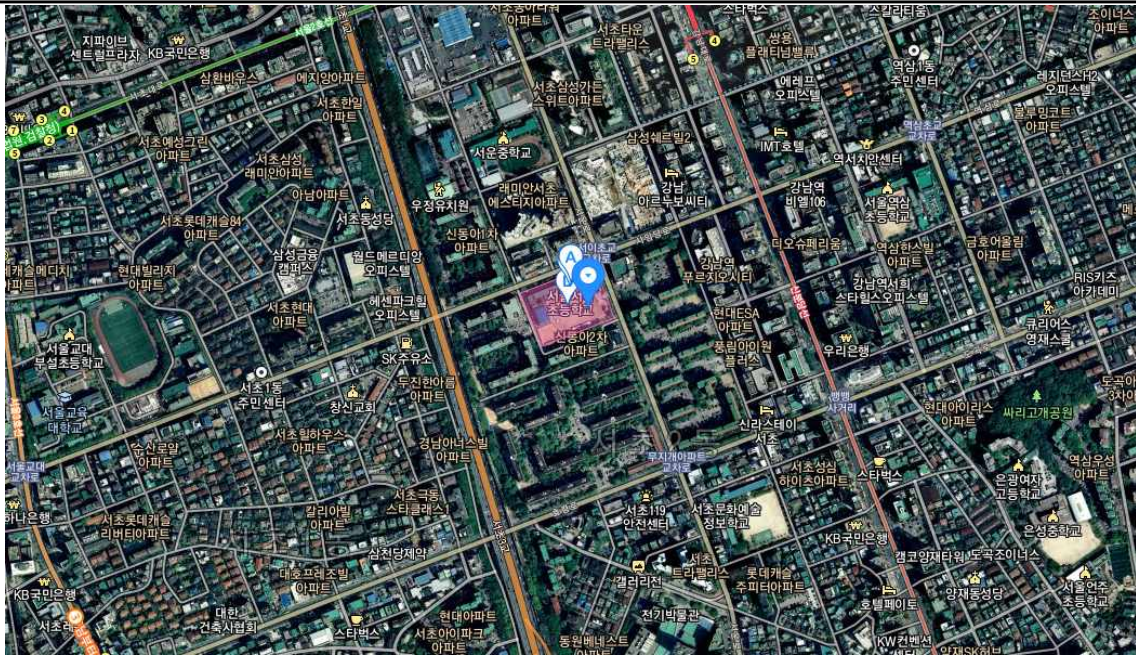
주) 지하굴착공사 안전관리편람(건설교통부, 1996)

제5장

요약 및 결론

본 조사는 "서울서이초등학교 내진성능평가용역"에 따른 기초부지 지반조사로, 현장조사 및 원위치시험을 실시하여 부지내 분포하는 지반특성 및 구성상태, 지하수위 등의 제반 토질조건을 파악하고, 이를 종합하여 구조물의 기초설계 및 시공관리 계획에 필요한 지반공학적 자료를 제공함으로써 보다 합리적이고 경제적인 설계와 시공이 수행되도록 하는데 그 목적이 있다.

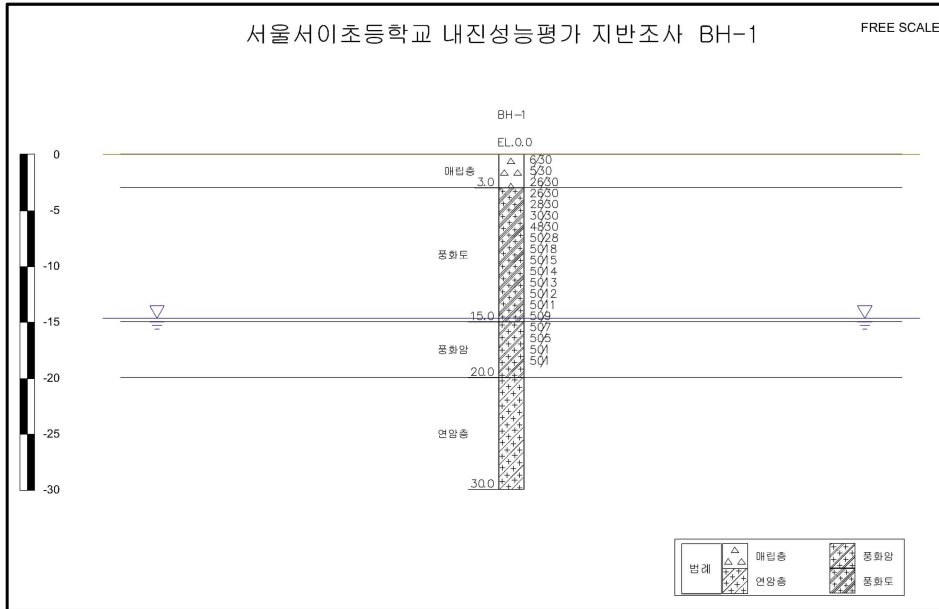
1. 조사 지역 위치



2. 시주조사 위치



3. 지층현황



- 시추조사 결과 : 매립층 3.0m 풍화토층 12.0m, 풍화암층이 5.0m 연암층이 10.0m이상의 두께로 분포하는 것으로 확인되었다.

공변	매립층		풍화토		풍화암		연암		계 (m)
	심도	두께	심도	두께	심도	두께	심도	두께	
BH-1	0.0~3.0	3.0	3.0~15.0	12.0	15.0~20.0	5.0	20.0~30.0	10.0	30.0

- 지층상태 및 특성

지층	지층상태	두께 (m)	N치 범위 (TCR/RQD)	U.S.C.S	비고
매립층	* 실트섞인 모래로 구성 * 자갈, 전석함유 * 느슨한 상대밀도	3.0	5/30~6/30	SM	
풍화토	* 기반암최상부의 풍화대 * 실트섞인 모래로 구성 * 보통조밀내지 매우조밀한 상대밀도	12.0	26/30~50/11	SM	
풍화암	* 실트섞인 모래로 파쇄 * 모암구조 잔존 * 암맥존재	5.0	50/9~50/1	WR	
연암	* 편마암 * 신선, 강한강도 * 파쇄대 발달 * 담회색	10.0	100%/0~48%	SR	

4. 지층각론

■ 매립층

- 조사지역 최상부토층으로 구성토질은 실트 섞인 모래 지층으로 자갈,전석을 함유하고 있고, 심도 3.0m까지 분포하였다.
- 색상은 황갈색을 띠고 느슨한 상대밀도를 나타낸다.

■ 풍화토층(WEATHERED SOIL)

- 기반암이 풍화 및 변질작용을 받아 완전 풍화되어 원지반에 잔류하고 있는 지층으로, 지표면하 G.L(-) 3.0m 심도에서 15.0m 심도까지 분포한다.
- 황갈색의 실트 섞인 모래로 구성되어 있으며, 표준관입시험 결과 보통조밀내지 매우조밀한 상대밀도를 나타낸다.

■ 풍화암층(WEATHERED ROCK)

- 기반암의 풍화대로서 매우조밀한 지층이며 표준관입시험치(N)를 기준으로 50회 타격시 관입량 10cm 미만인 지층을 풍화암으로 분류 하였다.
- 기반암인 원지반이 풍화작용을 받아 타격에 의해 실트질모래 및 암편으로 분해되는 매우조밀한 지층으로, 황갈색을 띠며 지표면하 GL(-) 15.0m 에서 분포하여 20.0m 까지 확인하였다.

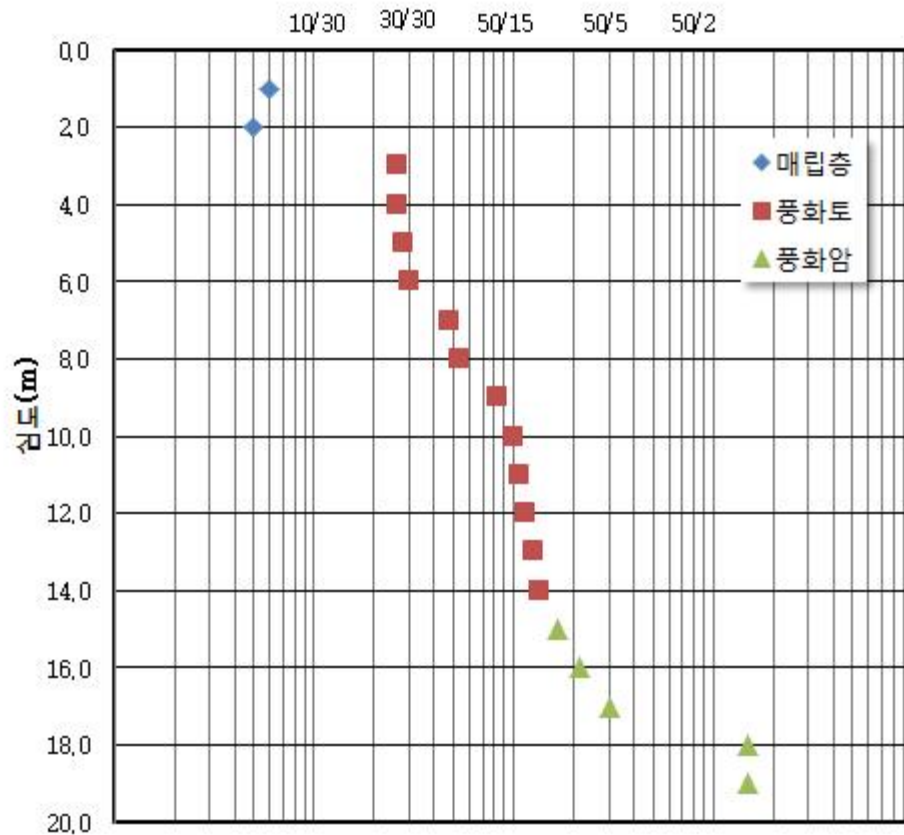
■ 연암(soft rock)

- 편마암층으로 신선,강한강도를 가지면서 파쇄대가 발달하였다.
- 시추시 담회색을 띠며 코어회수율 TCR:100% RQD:0~48%을 보였다

5. 표준관입시험 결과

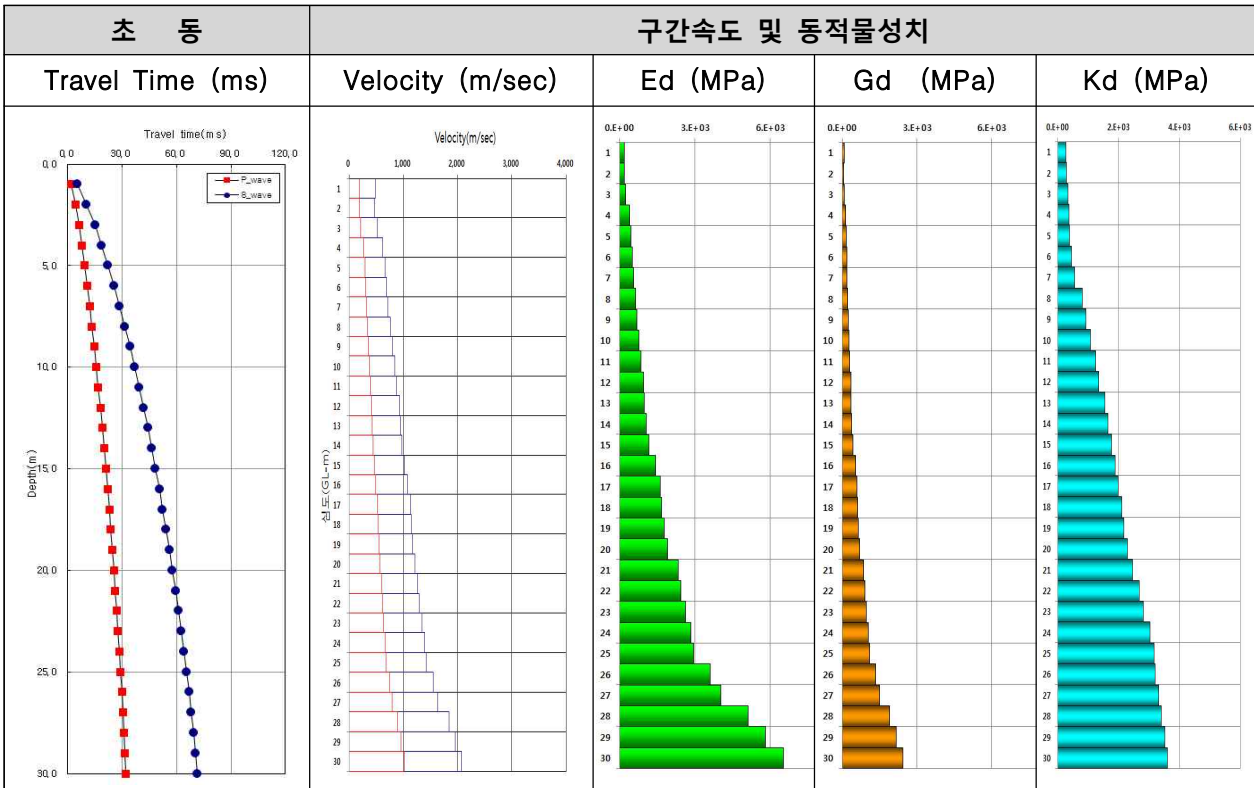
- 표준관입시험결과 ,매립층은 (느슨), 풍화토층은(보통조밀~매우조밀) 한 연경도 및 상대밀도를 나타내고 .풍화암은 N치 50/10(회/cm)이상으로 매우조밀(Very Dense)한 상대밀도를 보인다.

심도별 N치 분포도



6. 탄성파탐사 결과

심도 (GL-m)	지층	탄성파속도 (평균)		동적물성치 (평균)			
		Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	동포아송비 ν_d	동탄성계수 Ed (MPa)	동전단계수 Gd (MPa)	동체적계수 Kd (MPa)
0.0~3.0	매립층	493	200	0.401	2.07E+02	7.40E+01	3.48E+02
3.0~15.0	풍화토	824	369	0.375	7.47E+02	2.72E+02	9.84E+02
15.0~20.0	풍화암	1,150	535	0.362	1.68E+03	6.15E+02	2.02E+03
20.0~30.0	연암	1,580	765	0.348	3.82E+03	1.42E+03	4.15E+03
비고	<ul style="list-style-type: none"> · 밀도값 : 동적물성치 산정에 있어서 물리검층에 의한 정확한 밀도값이 없는 관계로 문헌 및 지층의 일반적인 값을 사용. · 연암층에서의 S파의 평균 속도는 765m/s의 분포를 보이며, 평균 ν_d값은 0.348의 분포를 보임 · 연암층에서의 동적물성치중 평균 Ed값은 3.82E+03MPa, 평균 Gd값은 1.42E+03MPa, 평균 Kd값은 4.15E+03MPa의 분포를 보임 						



지반종류 산정

공번	시험방법	적용심도	설계적용 전단탄성파속도 Vs (m/sec)	지반등급	비고
BH-1	DHT	0.0~26.0m	388.4	Sc	매우 조밀한 토사 또는 연암 지반

7. 지하공내수위 측정결과

- 시추조사후 케이싱내에서 1차로 실시하고, 안정된 지하수위를 측정하기 위해 시추완료된후 24~48시간 후 2차 측정을 실시하였으며, 측정된 지하수는 계절 및 기상현상에 따라 다소 변동이 있을 수 있다.

지하수위 측정측정은 2회를 실시하였으며, 지하수위 측정결과 GL -14.7m로 풍화토 구간에 분포하는 것으로 나타났다.

공 번	지 층	지하수위 GL(-)m	비 고
BH-1	풍화토	14.7	

8. 기초형식

- 상기와 같은 지반조건을 근거로 신축 구조물의 기초형식을 검토하면, 일반적인 지지층에 해당하는 풍화암, 이 G.L(-) 15.0m에 분포하므로 **깊은기초**가 적합할 것으로 조사되었다. , 건축계획에 의한 구조물 기초의 계획고와 구조물의 하중조건이 결정되면, 이에 적합한 기초형식을 결정해야 할 것으로 판단된다.

공번	매립층			풍화토			풍화암, 연암(지지층)		
	심도	중후	N치	심도	중후	N치	심도	중후	N치 또는 TCR/RQD
BH-1	0.0~3.0	3.0	5/30~6/30	3.0~15.0	12.0	26/30~50/11	15.0~30.0	15.0	50/9~50/1 100%/ 0~48%

부 록

부록1 지반조사 위치도

부록2 시추주상도

부록3 시추단면도

부록4 현장사진대지

부록1 지반조사 위치도

서울 서이초등학교 내진성능평가 지반조사

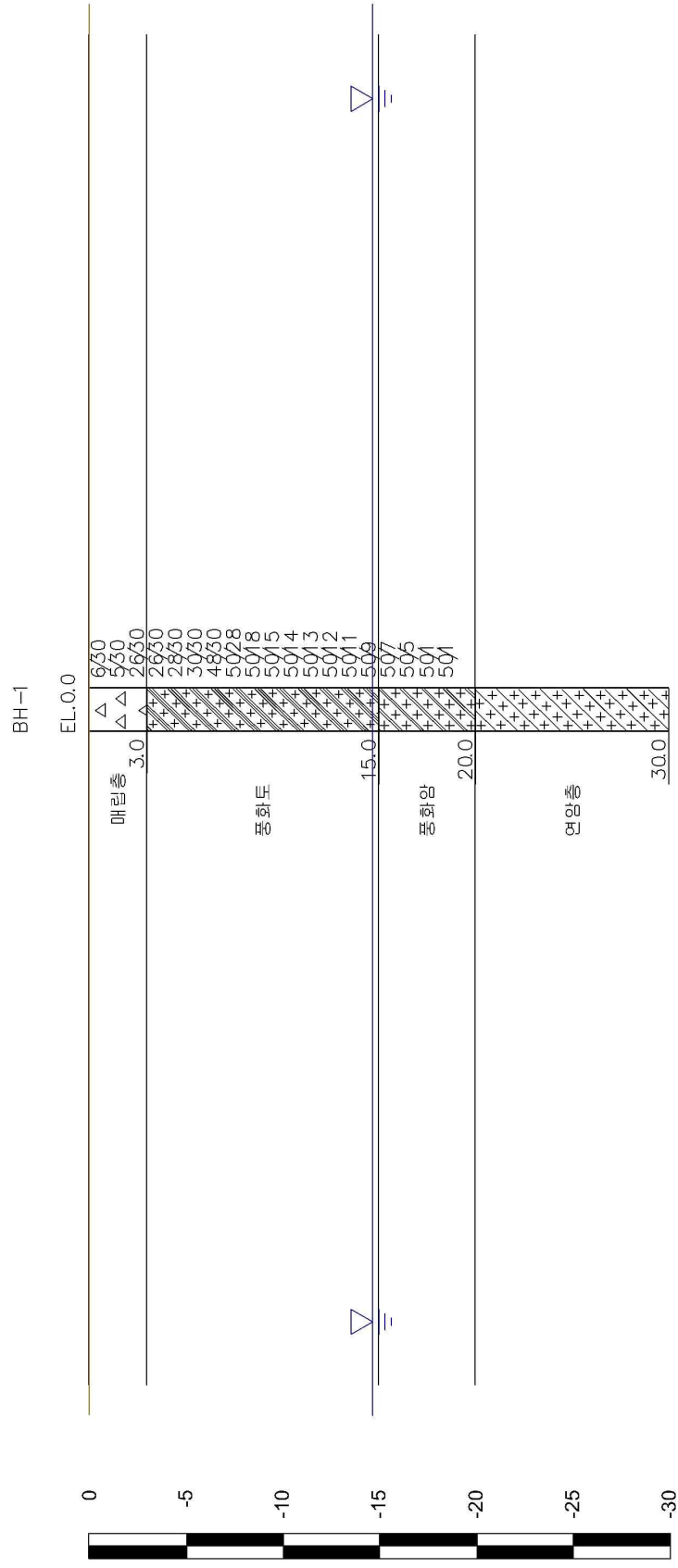


부록2 시추 주상도

부록3 시추단면도

서울서이초등학교 내진성능평가 지반조사 BH-1

FREE SCALE



△	매립층	+	풍화암	△	풍화암
△	매립층	+	풍화암	△	풍화암
+	매립층	+	풍화암	+	연암층
+	매립층	+	풍화암	+	연암층