

# 신기초등학교 내진성능 평가를 위한 지반조사보고서

2019. 03.



HANIL GEO ENG, CO., LTD.  
(주)한일지오이엔지



HANIL GEO ENG, CO., LTD.

(주)한일지오이엔지

135-080 서울특별시 강남구 삼성동 165-5 삼은B/D 202호

---

## 제 출 문

㈜아림구조엔지니어링

건축사사무소 / 구조기술사사무소 귀중

귀사에서 의뢰하신 “신기초등학교 내진성능 평가”를 위한 지반조사 과업을 완료하고 그 성과를 종합하여 본 보고서로 작성하여 제출합니다.

본 조사 진행시 많은 협조를 주신 귀사 관계직원 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

2019년 03월

서울특별시 강남구 삼성동 165-5  
주식회사 한 일 지 오 이 엔 지

대 표 이 사            한    정    훈  
공 학 박 사

# 목 차

## 제1장 서 론

1.1 과업명	2
1.2 과업목적	2
1.3 과업현장	2
1.4 과업의 범위 및 내용	3
1.5 과업 수행기간	4

## 제2장 조사 및 시험방법

2.1 현장조사	6
2.1.1 시추조사	6
2.1.2 공내지하수위 측정	7
2.2 표준관입시험	7
2.3 P·S 속도검층	9
2.3.1 원리 및 시험방법	9
2.3.2 해석방법	10
2.4 폐공처리	11
2.4.1 폐공처리 절차	11
2.4.2 폐공처리 방법	11
2.4.3 조사구간 폐공처리	12

## 제3장 토질·암반분류 및 기재방법

3.1 토질분류 및 기재방법	14
3.1.1 토질의 분류방법	14

3.1.2 토질의 기재사항	16
3.2 암반분류 및 기재사항	17
3.2.1 암반의 분류방법	17
3.2.2 암반의 기재사항	20

## 제4장 조사결과

4.1 지형 및 지질	22
4.1.1 지형조건	22
4.1.2 지질상태	22
4.1.3 수치지질도	23
4.2 시추조사 개요 및 위치	24
4.3 시추조사 결과	25
4.3.1 조사성과	25
4.3.2 지층단면도	25
4.3.3 지층분석	26
4.4 공내수위측정	27
4.5 표준관입시험 성과	27
4.6 P·S 속도검층 성과	28
4.6.1 조사결과	28
4.6.2 해석결과	30
4.6.3 지반분류	32

# 목 차

## 제5장 내진설계 자료

5.1 내진설계 기준 .....	35
5.1.1 기초구조물의 내진등급 및 성능목표 .....	35
5.1.2 지반 가속도계수 결정 .....	36
5.1.3 적용 지반 가속도계수 .....	39
5.2 내진해석을 위한 설계지반정수 .....	39
5.2.1 관련문헌 검토 .....	39
5.2.2 지반의 동적특성 산정방법 .....	40
5.2.3 탄성파속도 산정 .....	40
5.2.4 적용 설계지반정수 .....	41

## 부 록

1. 지반조사 위치도
2. 지층단면도
3. 시추주상도
4. P·S 속도검층
5. 지반조사 사진첩

# 제 1 장 서 론



1.1 과업명

1.2 과업목적

1.3 과업현장

1.4 과업의 범위 및 내용

1.5 과업수행기간

# 제 1 장 서 론

## 1.1 과업명

- 신기초등학교 내진성능 평가를 위한 지반조사

## 1.2 과업목적

- 본 과업의 목적은 “신기초등학교 내진성능 평가” 를 위한 지반조사로 시추조사 및 현장시험을 시행하여 지층의 구성 상태를 파악함과 동시에 각 지층의 토질공학적인 제반성질을 분석하여 설계에 대한 합리적인 공정을 수행할 수 있도록 필요한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

## 1.3 과업현장

- 서울특별시 양천구 신정로 292 (신정동, 신기초등학교)



## 1.4 과업의 범위 및 내용

- 시추조사에 사용된 시추기는 유압작동형 회전수세식 장비를 투입하였다.

### ● 조사 및 시험수량

구 분	항 목	수 량	단 위
현장조사 및 시 험	시 추 조 사 ( N X 규 격 )	1	공
	표 준 관 입 시 험	14	회
	P · S 속 도 검 증	1	회

### ● 조사장비

구 분	장 비 명	규격 및 모델명	수 량	단 위
현장조사 및 시 험	시 추 기	•유압기 : 회전수세식	1	대
	표준관입시험기	•KS F 2307, Split Spoon Sampler	1	조
	지하수위 측정기	• 지하수위계(30m)	1	조
	P·S 속도검증기	• BHG-3 (Geostuff, U.S.A)	1	조

### ● 조사항목별 설계활용

구 분	조 사 항 목	조 사 내 용	설 계 활 용
현장조사 및 시 험	시 추 조 사	• 지층분포현황 파악 • 개략적 지층별 토질 종류파악	• 과업구간에 대한 지층분포 파악 • 시추공을 활용한 현장시험
	표준관입시험	• N치 측정	• 지층별 특성 파악
	지하수위측정	• 공내수위 측정	• 부지 내 수위 변화 활용
	P·S 속도검증	• 탄성파 속도에 따른 동적 지반특성 파악	• 동적지반특성 파악하여 내진검토 활용

## 1.5 과업 수행기간

- 본 과업은 2019년 02 ~ 03월의 기간 동안 1개소에 대한 현장조사, 실내시험이 진행되었다.

### 총 과 업 기 간

• 현장조사 및 현장시험, 주상도 작성	2019. 02. 27 ~ 2019. 03. 03 (6일)
• 조사자료, 시험결과 정리 및 분석	2019. 03. 05 ~ 2019. 03. 12 (8일)
• 보고서 작성	2019. 03. 07 ~ 2019. 03. 15 (9일)

## 제 2 장 조사 및 시험방법

---

2.1 현장조사

2.2 표준관입시험

2.3 P-S 속도검층

2.4 폐공처리

# 제 2 장 조사 및 시험방법

## 2.1 현장조사

### 2.1.1 시추조사

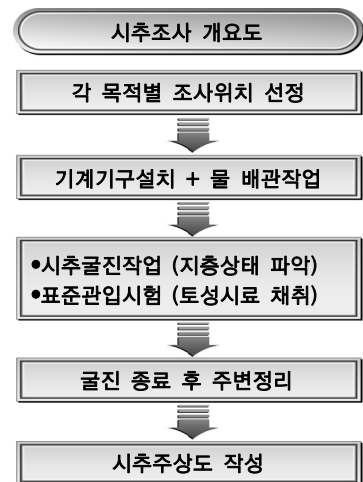
#### 개 요

- 지층의 성상과 각 지층의 지반공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도 등 파악
- 시료의 채취 및 각종 현장 원위치시험을 실시하여 설계에 필요한 지반자료 제공

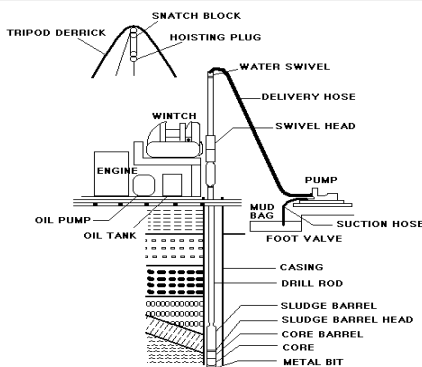
#### ● 조사방법

- 회전 수세식(Rotary Wash Type) 시추기를 사용하여, NX (Ø=76mm) 규격으로 시행
- 공벽붕괴 방지를 위해 풍화암까지 Casing 삽입
- 토사 시료채취는 시추조사 중 토사 분포구간에 대하여 1.0m 간격으로 Split Spoon Samplert를 사용하여 시료를 채취하고, 암반 시료채취는 Double Core Barrel을 사용하여 시료채취
- 채취된 시료는 육안관찰에 의하여 제반 성질들을 파악한 후 시추 주상도상에 기재
- 채취된 시료는 시료상자에 공번, 심도, 지층명, 색상 등을 기록하여 정리 보관

#### 시추조사 흐름도



#### 시추기 모식도



#### 시추작업 전경



#### 결 과 활 용

- 지층의 분포상태 파악 및 시료채취
- 지층단면 작성 및 지층분류의 기본 자료로 활용

### 2.1.2 공내지하수위 측정

**개 요**      • 시추공 지하수위를 측정하여 안정된 지하수위 분포현황 파악

● **조사방법 및 과업적용**

- 지하수위 측정은 지하수체 상면의 위치 또는 시추공에 나타나는 정수면의 위치를 지표면 또는 일정한 기준면부터의 심도를 측정함
- 각 시추공별 지하수위 측정은 일정시간 경과후에 측정하여 시추주상도에 기록

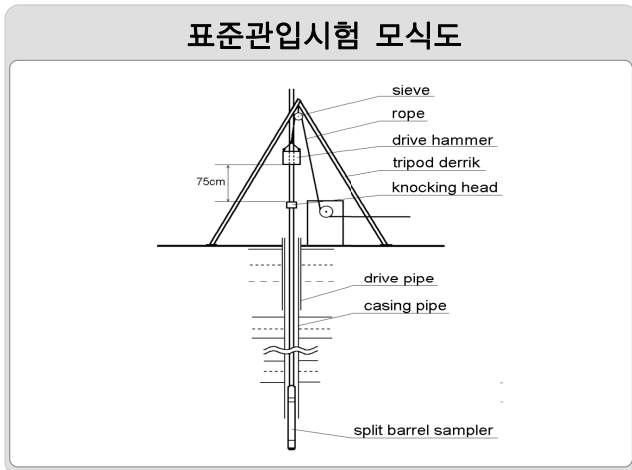
**결 과 활 용**      • 수리해석 자료로 활용  
 • 배수계획, 침투류 해석시 활용

## 2.2 표준관입시험

**개 요**      • N치로 지층의 상대밀도, 연경도, 지반 강도특성 및 변형특성 파악  
 • 교란시료를 채취하여 육안판별 및 물성시험 시료로 이용

● **원리 및 시험방법**

- 64kg의 해머를 76cm 높이에서 자유낙하시켜 Split Spoon Sampler를 30cm 관입시키는데 소요되는 타격회수(N)를 측정하는 시험으로, 이때 N치 측정은 15cm씩 3단계로 시행하며 1단계 15cm 관입시 소요되는 타격수는 예비타로 간주하여 고려하지 않음
- 지층이 조밀 또는 견고하여 30cm 관입이 곤란할 때는 50회까지 타격하고 그 때의 관입량을 표시, 50/3(50회 타격에 3cm에 관입)과 같이 기록
- 한국산업규격(KSF 2307)에 규정된 방법에 의거 실시
- 지층이 변하는 구간 또는 매 1.0m마다 연속적으로 시행하는 것을 원칙으로 함



### 결 과 활 용

<b>지반에 대한 종합 판정</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지층판별 및 토성추정</li> <li>• 기초의 지지층 분포심도</li> <li>• 연약층 유무 판단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 말뚝이나 널말뚝의 관입성</li> <li>• 투수층의 유무</li> <li>• 지반개량 방법과 효과 판정</li> </ul>	
<b>N치 이용 지반 특성 추정</b>	<b>사질토</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상대밀도(<math>D_r</math>)</li> <li>• 지지력 계수</li> <li>• 간극비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 내부마찰각(<math>\phi</math>)</li> <li>• 기초지반의 탄성침하</li> <li>• 기초지반 허용지지력</li> <li>• 액상화 가능성 판단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 말뚝의 연직지지력</li> <li>• 말뚝의 수평지지력</li> <li>• 지반반력계수</li> <li>• 변형계수</li> <li>• 토층 횡파속도추정</li> </ul>
	<b>점성토</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 컨시스턴시</li> <li>• 기초지지력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일축압축강도</li> <li>• 비배수점착력(<math>C_u</math>)</li> </ul>	

● N치에 영향을 주는 요인과 정도(Sshmertman, 1978)

기본적 사항	요 인 상 세 사 항	N치의 변화범위
<b>Boring 공저의 유효응력 (모래)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casing을 사용하고 청수 및 이수를 사용하는 경우</li> <li>• Boring 방법, 공내의 수위변화</li> <li>• 대경의 공(75mm)과 소경의 공(45mm)과의 차이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>± 100%</li> <li>± 100%</li> <li>+ 50%</li> </ul>
<b>Sampler에 전달되는 타격 Energy</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rope 이용 낙하와 자유낙하 Hammer와의 차</li> <li>• Locking Head의 대소에 의한 차</li> <li>• Rod 길이: 3m 이내 10 ~ 25m 30m</li> <li>• 낙하고의 변화</li> <li>• Rod 직경의 차이 (A Rod - Aw Rod)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>± 100%</li> <li>+ 50%</li> <li>+ 50%</li> <li>0%</li> <li>+ 10%</li> <li>± 10%</li> <li>± 10%</li> </ul>
<b>Sampler의 구조</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과대한 Sampler 내경: 모래 중간 내지 단단한 점토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10%</li> <li>- 10%</li> </ul>
<b>N치를 측정하는 구간 변경 시</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 예비타입 길이를 생략한 경우: 모래 중간 내지 단단한 점토</li> <li>• 예비타입 길이 30cm인 경우: 모래 중간 내지 단단한 점토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 15%</li> <li>+ 30%</li> <li>+ 15%</li> <li>+ 30%</li> </ul>

## 2.3 P·S 속도검층

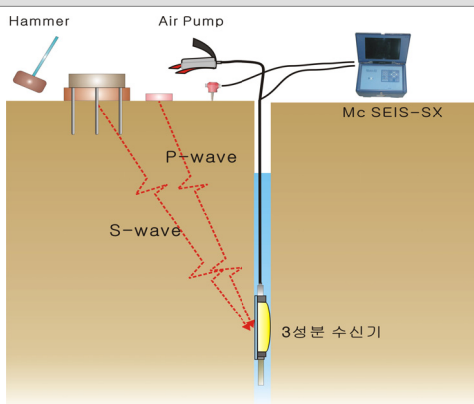
### 개요

- P·S 속도검층(Downhole test)은 시추공 내에 삽입된 3 성분(Three-component) 수진기를 이용하여 지반의 P파(Primary Wave)와 S파(Secondary Wave)의 구간속도를 구하는 검층법으로 1개소의 위치에서 시험이 수행되었다.
- P, S파의 구간속도를 계산하고 밀도 값을 이용하면 지반의 동탄성정수(동포아송비, 동전단계수, 동영률, 동체적탄성계수)를 계산할 수 있다. 이렇게 구한 지반의 동적물성치는 주로 내진설계에 필요한 입력 자료로서 사용되며, 시추조사 자료, N값들과의 비교 검토를 통해 지반의 특성을 보다 정량적으로 파악할 수 있다.

### 2.3.1 원리 및 시험방법

- P파의 경우 진원판에 해머를 이용하여 수직으로 타격, S파의 경우는 파형의 위상 역전을 위해 Sedge Hammer를 이용하여 수평 평판을 양방향에서 수평하게 타격을 가함으로써 파를 발생시킨다. 수진기는 P파를 측정하기 위한 수직성분과 S파를 측정하기 위한 2개의 수평성분으로 구성되어 있으며 이 수진기를 측정하고자 하는 심도에 위치하여 일정 간격(대부분 1m 간격)으로 시추공 전체 심도에 대하여 반복적으로 P파와 S파를 측정하게 된다.
- 수진기는 Pump의 압력에 의해 공기를 주입하여 공벽에 압착시키는 압착형 수진기로서 공내수의 유무에 상관없이 측정이 가능하다. 디스크에 Digital 수치로 저장된 파를 컴퓨터에서 P파와 S파로 분리하여 도달 시간을 발체하고, 주시곡선을 작성하여, 지반의 속도를 결정하고, 지반물성치를 계산한다.

P·S 속도검층 모식도



P·S 속도검층 전경

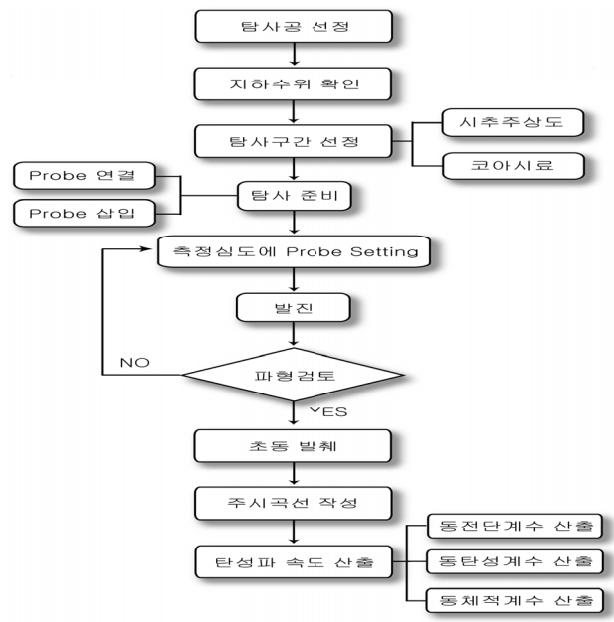


### 결과 활용

- 동적지반물성치 산정에 활용
- 내진설계시 입력자료로 활용

### 2.3.2 해석방법

- 본체에 기록된 파형을 컴퓨터로 읽어 들여 심도별 P파와 S파로 분리한 다음 trace 주파수 분석을 통하여 우세 주파수를 파악한 후, Zero-Phase Bandpass Filtering을 통하여 잡음을 최소화 시킨다. 이후 각 심도별 초동 시간을 발체한다. 초동 시간을 이용하여 주시곡선을 작성하고, 지반의 구간속도를 결정한다.



- PS 검층의 측정 결과로부터 얻게 되는 탄성파속도 ( $V_P$  : P파 속도,  $V_S$  : S파 속도)와 밀도검층이나 시추코어시료의 실내시험 등을 통하여 매질의 밀도가 측정된 경우 이러한 밀도 값을 이용하여 설계에 필요한 동탄성계수(포아송비, 강성률, 영율, 체적탄성율 등)을 아래의 식을 이용하여 계산한다.

■ 포아송비

$$\nu_d = \frac{(V_P/V_S)^2 - 2}{2(V_P/V_S)^2 - 2}$$

$V_P$  : P파 속도 (m/s)

$V_S$  : S파 속도 (m/s)

■ 강성률

$$G_d = \rho \times V_S^2$$

$\rho$  : 밀도(g/cm<sup>3</sup>),  $g$  : 중력가속도

■ 영률

$$E_d = 2 G_d (1 + \nu)$$

$G_d$  : 강성률,

$\nu$  : 포아송비

■ 체적탄성율 (체적계수)

$$K = \frac{E_d}{3(1-2\nu)}$$

(kgf/cm<sup>2</sup>),  $E_d$  : 영율

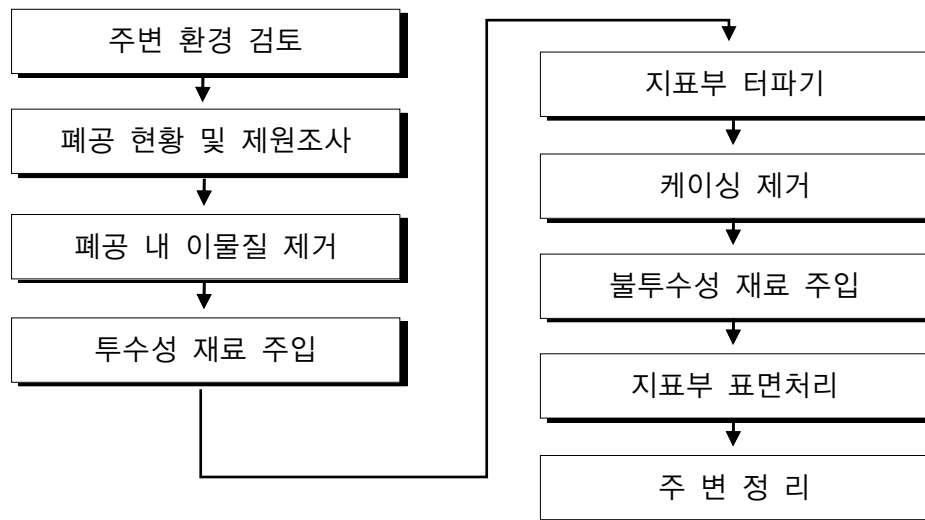
$\nu$  : 포아송비

## 2.4 폐공처리

### 개요

- 각종 조사시 과업 목적을 달성한 후 남게 되는 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.
- 폐공처리를 통하여 1) 폐공 내로 유입되는 지표 오염원 차단, 2) 오염원의 수직적 이동 경로 제거, 3) 오염유발시설(케이싱 등)제거 등의 지하수 오염방지 효과를 얻을 수 있다.

### 2.4.1 폐공처리 절차

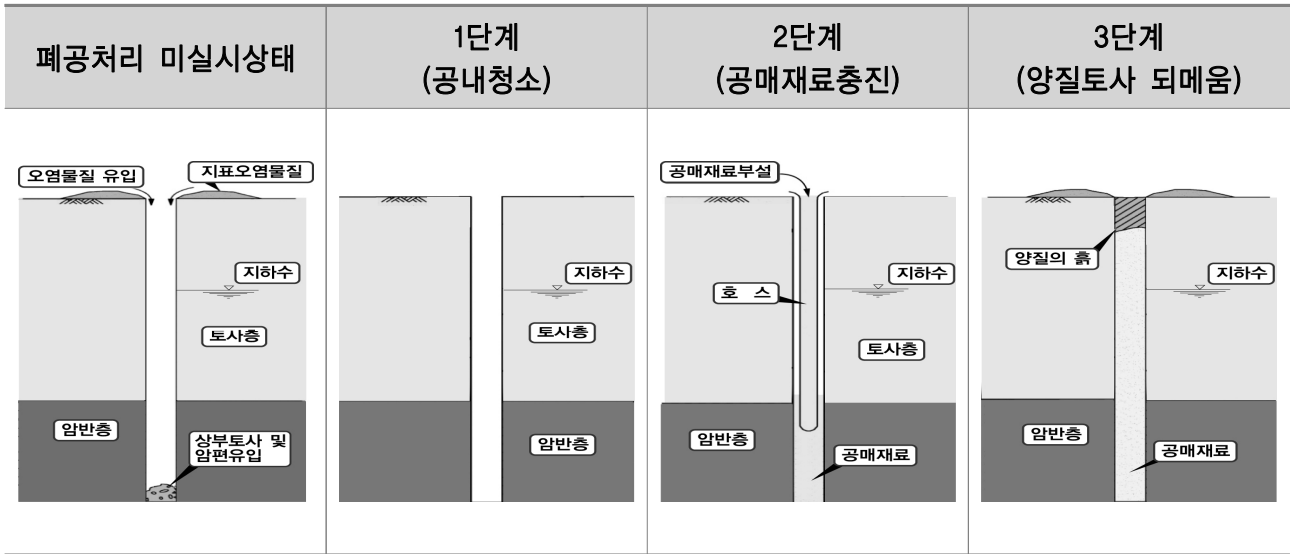


### 2.4.2 폐공처리 방법

구분	1 단계	2 단계	3 단계
폐공처리 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공매재료의 양 결정</li> <li>• 시추공의 직경, 깊이 및 지하수위 파악</li> <li>• 시추공내 접지</li> <li>• 케이싱 및 PVC Pipe 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공매재료의 충전(하부구간)</li> <li>• 투수성재료(모래)를 공저로부터 지하수위 5m 하부 지점까지 주입</li> <li>• 공매재료의 충전(상부구간)</li> <li>• 불투수성 재료(시멘트+물)를 지하수위 5m하부 지점부터 상부 일정구간까지 주입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상부구간 마무리               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 불투수성재료(시멘트+물)를 지표면하 1.0m까지 충전</li> <li>- 상부구간은 양질의 흙으로 되메움</li> </ul> </li> </ul>

### 2.4.3 조사구간 폐공처리

● 폐공처리 모식도



## **제 3 장 토질 · 암반 분류 및 기재방법**

---

### **3.1 토질분류 및 기재방법**

### **3.2 암반분류 및 기재방법**

## 제 3 장 토질·암반 분류 및 기재방법

### 3.1 토질분류 및 기재방법

<b>개 요</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 흙의 분류는 성질이 다른 여러 흙을 간단한 시험을 근거로 몇 가지 무리로 나누어 사전에 그 흙의 공학적 성질을 파악하여 흙의 기초자료로 활용할 목적으로 시행함</li> </ul>
<b>흙의 분류</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 흙의 공학적 분류는 1차 분류 수행후, 최종적으로 통일분류법(USCS)을 기준으로 분류</li> </ul>
<b>기재방법</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시추주상도의 지층구분은 통일된 기호를 사용하고 N값은 사질토의 상대밀도 및 점성토의 연경도를 추정하는데 사용</li> </ul>
<b>기술내용</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지층상태는 매립/붕적토, 퇴적토, 풍화암, 연암, 경암으로 지층 구분</li> <li>• 함수상태는 건조(Dry), 습윤(Moist), 젖음(Wet), 포화상태(Saturated)로 구분</li> <li>• 색조는 흑, 갈, 홍, 적, 황색 등에 담(연한)과 암(진한)의 접두어를 사용</li> </ul>

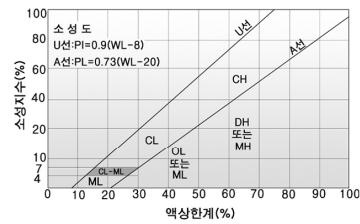
#### 3.1.1 토질의 분류방법

구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓음		습윤상태에서 손가락으로 끈 모양으로 풀때
		건 조 상 태	습 윤 상 태	
<b>모 래 (Sand)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개개의 입자의 크기가 판별되며 입상을 보임</li> <li>• 건조상태에서 흘러내림</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 흐트러짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 끈 모양으로 꼬아지지 않음</li> </ul>
<b>실트섞인 모 래 (Silty Sand)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 입상이나 실트, 점토가 섞여서 약간 점성 있음</li> <li>• 모래질의 특성 우세함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덩어리거나 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>
<b>모래섞인 실트 (Sandy Silt)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 당량 세립사와 소량의 점토를 함유, 실트입자 50%이상</li> <li>• 건조되면 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 엉킴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 끈 모양으로 꼬아 지나 작게 끊어지고 부드러우며 약간의 점성 있음</li> </ul>
<b>실트 (Silt)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세립사와 점토 함량이 극소량이고 실트입자 함량 80% 이상</li> <li>• 건조되면 덩어리거나 쉽게 부서져서 밀가루처럼 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 젖으면 엉킴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 완전히 꼬아지지 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아지고 부드러움</li> </ul>
<b>점토 (Clay)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건조되면 아주 딱딱한 덩어리 상태로 됨</li> <li>• 건조상태에서 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 찰흙상태로 됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 길고 얇게 꼬아지며, 점성 큼</li> </ul>

● 통일분류법(2차 분류)

(구조물기초 설계기준, 2010)

구 분		분 류 방 법		기 호
조립토 F < 50%	자갈질 흙 $F_1 < \frac{100-F}{2}$	NO.200체 통과량 < 5%	$C_u \geq 4$ 이고 $1 < C_g < 3$	GW
		NO.200체 통과량 < 5%	GW 조건을 만족 못함	GP
		NO.200체 통과량 > 12%	$PI < 4$ 또는 소성도의 A-선 아래	GM
		NO.200체 통과량 > 12%	$PI > 7$ 이고 소성도의 A-선 위	GC
		NO.200체 통과량 > 12%	소성도의 "CL-ML" 부분	GC-GM
		5 ≤ 200체 통과량 ≤ 12%	GW와 GM 조건을 만족함	GW-GM
		5 ≤ 200체 통과량 ≤ 12%	GW와 GC 조건을 만족함	GW-GC
	모래질 흙 $F_1 \geq \frac{100-F}{2}$	NO.200체 통과량 < 5%	$C_u \geq 6$ 이고 $1 < C_g < 3$	SW
		NO.200체 통과량 < 5%	SW 조건을 만족 못함	SP
		NO.200체 통과량 > 12%	$PI < 4$ 또는 소성도의 A-선 아래	SM
		NO.200체 통과량 > 12%	$PI > 7$ 이고 소성도의 A-선 위	SC
		NO.200체 통과량 > 12%	소성도의 "CL-ML" 부분	SC-SM
		5 ≤ 200체 통과량 ≤ 12%	SW와 SM 조건을 만족함	SW-SM
		소성도의 A-선 아래		
5 ≤ 200체 통과량 ≤ 12%	SW와 SC조건을 만족함	SW-SC		
소성도의 A-선상 또는 위				
5 ≤ 200체 통과량 ≤ 12%	SP와 SM 조건을 만족함	SP-SM		
소성도의 A-선 아래				
5 ≤ 200체 통과량 ≤ 12%	SP와 SC 조건을 만족함	SP-SC		
무기질 세립토 F ≥ 50%	LL < 50%	$PI < 4$ 또는 소성도의 A-선 아래 $PI > 7$ 이고 소성도의 A-선 위 $4 \leq PI < 7$ , 소성도의 'CL-ML' 부분	ML CL CL-ML	
	LL ≥ 50%	소성도의 A-선 아래 소성도의 A-선 위	MH CH	
유기질 세립토 F ≥ 50%	LL < 50%	노건조시료 액성한계 공기건조시료 액성한계 < 0.75	OL	
	LL ≥ 50%		OH	



통일분류법에 의한 소성도

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

### 3.1.2 토질의 기재사항

**개 요** • 흙의 상태에 대한 기재내용은 토질분류 연경도, 함수상태, 색깔 등이며, 다음과 같은 방법에 의하여 그 결과를 시추주상도에 기록함

● 통일분류법(USCS)에 사용되는 기호

토질의 종류		제1문자	토질의 속성	제2문자	
조립토	자갈 (GRAVEL)	G	입도분포 양호, 세립분 거의 없음	W	조립토
	모래 (SAND)	S	입도분포 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	
	유기질의 실트 및 점토	O	압축성 낮음(Low Compressibility) $WL \leq 50$	L	
유기질토	이탄	Pt	압축성 높음(High Compressibility) $WL \geq 50$	H	이탄

● 상대밀도 및 연경도

조립토(모래, 자갈)		세립토(점토, 실트)	
관입저항값(N치)	상 대 밀 도	관입저항값(N치)	연 경 도
4 이하	매우느슨 (Very Loose)	2 이하	매우연약 (Very Soft)
4~10	느 슨 (Loose)	2~4	연 약 (Soft)
10~30	보통조밀 (Medium Dense)	4~8	보통견고 (Medium Stiff)
30~50	조 밀 (Dense)	8~15	견 고 (Stiff)
50 이상	매우조밀 (Very Dense)	15~30	매우견고 (Very Stiff)
		30 이상	고 결 (Hard)

● 시료의 함수상태

함수비(%)	함 수 상 태	함수비(%)	연 경 도
0~10	건조(Dry)	30~70	젖음(Wet)
10~30	습윤(Moist)	70 이상	포화(Saturated)

● 시료의 색

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 암반분류 및 기재사항

- “한국도로공사 분류기준” 을 참고로 하여 풍화토, 풍화암, 연암 ~ 경암으로 구분 (Type1~Type5)
- 암석의 풍화상태, 불연속면의 간격(절리나 파쇄대 간격), 강도 및 암질 표기 (국제암반역학회, ISRM의 분류방법에 의거 분류)
- 조사과정에서 회수된 시추코어를 암석시험 및 육안 관찰하여 American Institute of Professional Geologist 에서 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(진함)의 명암 및 혼색의 서술용어를 사용
- 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류

#### 3.2.1 암반의 분류방법

- 지반조사시 암석의 분류는 TCR, RQD, 굴진상태, 굴진속도, 풍화상태, 강도 등을 관찰하여 주상도에 기술
- 건설교통부 표준품셈 및 한국도로공사의 분류기준에 의거하여 풍화암, 연암, 보통암 및 경암으로 구분
- 토공의 작업성(리퍼빌리티)에 의거한 분류는 토사, 리핑암, 발파암으로 구분

#### ● 건설표준품셈에 의한 분류

암 종	그룹	자연상태의 탄성파 속도 V <sub>p</sub> (km/sec)	암편탄성파 속도 V <sub>c</sub> (km/sec)	암편내압강도 (MPa)	비 고
풍화암	A	0.7~1.2	2.0~2.7	30~70	• 내압강도 1. 시편 : 5cm 입방체 2. 노건조 : 24hr 3. 수중침윤 : 2일 4. 내압시험 5. 시험방향(가압방향) Z축(결면에 수직) (탄성파속도가 가장 느린 방향) • 암편 탄성파 속도 1. 시편 : 두께 15~20cm 상하면이 평행면 2. 측정방향 X축 (탄성파속도가 가장 빠른 방향) - 평면에 평행
	B	1.0~1.8	2.5~3.0	10~20	
연 암	A	1.2~1.9	2.7~3.7	70~100	
	B	1.8~2.8	3.0~4.3	20~50	
보통암	A	1.9~2.9	3.7~4.7	100~130	
	B	2.8~4.1	4.3~5.7	50~80	
경 암	A	2.9~4.2	4.7~5.8	130~160	
	B	4.1 이상	5.7 이상	80 이상	
극경암	A	4.2 이상	5.3 이상	180 이상	

#### ● 그룹에 따른 대표암석 및 판정기준

구 분	A	B
대표적 암석	• 편마암, 사질편암, 녹색편암, 각암, 석회암, 사암, 휘록 응회암, 역암, 화강암, 섬록암, 감람암, 사교암, 유교암, 현무암, 안산암	• 흑색편암, 녹색편암, 휘록응회암, 혈암, 이암, 응회암, 점괴암
함유물 등에 의한 시각 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 비산도나 거의 암분을 남기지 않는 것	• 타격점의 암 자신이 부서지지 않고 분상이 되어 남으며 암편이 별로 비산되지 않는 것

● 한국도로공사 분류기준

표준면	암질	특징	RMR	Q 값	RQD (%)	탄성파속도 (km/sec)	일축압축강도 (MPa)	TCR (%)
I	경암	• 안정성이 있고 풍화, 변질 및 물리적, 화학적 영향을 거의 받지 않은 신선한 대괴상의 암질	80~100	40 이상	70%이상	4.5 이상	100 이상	90 이상
II	보통암	• 균열 및 편리가 다소 발달되어 있으며 일반적으로 절리가 존재하는 층상의 암질	70~80	10~40	40~70%	4.0~4.5	80 ~ 100	70~90
III	연암	• 층리, 절리 및 편리 등이 매우 발달된 상태이며 파쇄대가 존재하는 괴상의 암질	50~70	4~10	20~40%	3.5~4.0	60 ~ 80	40~70
IV	풍화암	• 물리적, 화학적 영향으로 파쇄대가 매우 발달되고 절리가 불규칙적으로 발달된 파쇄상의 풍화된 암질	25~50	1~4	20~20%	3.5 이하	25 ~ 60	40 이하
V	풍화암 (토)	• 풍화작용이 심하고 일부가 토괴화된 상태이며 매우 쉽게 부서지고 쉽게 뜯어낼 수 있는 암질	25 이하	1 이하	20% 이하 N > 100 : IV N < 100 : V	3.0 이하	25 이하	-

● 토공작업 리퍼빌리티에 따른 암반의 분류

구분		토 공 작 업		
		토 사 (Dozer)	리 핑 암	발 파 암
표준관입시험 (N값)		50/10 미만	50/10 이상	-
불연속면의 발달 빈도	BX 크기	-	TCR=5% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=5~10% 이상이고 RQD=0~5% 이상
	NX 크기	-	TCR=20% 이하이고 RQD=0% 정도	TCR=20% 이상이고 RQD=10% 이상
탄성파속도	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) A그룹 암종 : 편마암, 사질편암, 석회암, 사암, 휘록응회암, 역암, 화강암, 안산암, 현무암  
 B그룹 암종 : 흑색편암, 녹색편암

● 건설교통부 및 서울시 표준지반분류

지반명 및 정성적 특징(노두나 굴착지의 노출지반 조사시)	시추조사시의 분류기준 (동시 충족조건)
<p><b>퇴적토층(DS)</b> 원지반에서 분리·이동되어 다른 곳에 퇴적된 층으로 대체로 원지반보다 연약하며 입자의 크기나 구성에 따라 세분</p>	<p>흙의 통일분류법으로 세분함</p>
<p><b>풍화토층(RS)</b> 조암광물이 대부분 완전풍화되어 암석으로서의 결합력을 상실한 풍화잔류토로서 절리의 대부분은 풍화산물인 점토 등 2차 광물로 충전되어 흔적만 보이고 함수포화시에 전단 강도가 현저히 저하되기도 하며 손으로 쉽게 부수어지는 지반</p>	<p><math>N &lt; 50</math>회/10cm 흙의 통일분류법으로 세분함</p>
<p><b>풍화암층(WR)</b> 심한 풍화로 암석자체의 색조가 변색되었으며 충전물이 채워지거나 열린 절리가 많고, 가벼운 망치 타격에도 쉽게 부수어지며 칼로 흠집을 낼 수 있음. 절리간격은 좁음 이하이며 시추시 암편만 회수되는 지반</p>	<p><math>TCR \geq 10\%</math> <math>RQD &lt; 10\%</math> <math>N \geq 50</math>회/10cm <math>qu &lt; 10</math> MPa</p>
<p><b>연암층(SR)</b> 절리면 주변부의 조암광물은 중간풍화되어 변색되었으나 암석내부는 부분적으로 약한 풍화가 진행 중이며 망치 타격에 둔탁한 소리가 나면서 파괴되고, 일부 열린 절리가 있으며 절리간격은 중간 정도인 지반</p>	<p><math>TCR \geq 30\%</math> <math>RQD \geq 10\%</math> <math>qu \geq 10</math> MPa</p>
<p><b>보통암층(MR)</b> 절리면에서 약한 풍화가 진행되어 일부 변색되었으나 암석은 강한 망치 타격에 다소 맑은 소리가 나면서 깨어지고, 절리면의 대부분이 밀착되어 있고 절리간격이 넓은.</p>	<p><math>TCR \geq 60\%</math> <math>RQD \geq 25\%</math> <math>qu \geq 50</math> MPa</p>
<p><b>경암층(HR)</b> 조암광물의 대부분이 거의 신선하며 암석은 강한 망치타격에 맑은 소리를 내며 깨어지고, 절리면은 잘 밀착되어 있으며 절리간격이 매우 넓은.</p>	<p><math>TCR \geq 80\%</math> <math>RQD \geq 50\%</math> <math>qu \geq 100</math> MPa</p>
<p><b>극경암층(XHR)</b> 거의 완전하게 신선한 암으로서 절리면은 잘 밀착되어 있고 강한 망치 타격에 맑은 소리가 나며 잘 깨어지지 않으며 절리간격이 극히 넓은.</p>	<p><math>TCR \geq 80\%</math> <math>RQD \geq 75\%</math> <math>qu \geq 150</math> MPa</p>

주1) N : 표준관입시험(SPT)의 관입저항치, TCR: 코아회수율, RQD : 암질표시율,

qu : 자연함수비 상태의 코아시료 일축압축강도, TCR 및 RQD는 NX 구경 다이아몬드 비트와 이중 코아배럴을 사용한 시추시의 측정치임

주2) 본 분류는 관습적으로 사용하여 오던 강도만을 기준으로한 암석분류가 아니라 강도 외에도 시추시의 코아시료의 상태, 절리면의 간격 등에 근거한 지반(암반) 분류이므로 강도만을 분류 기준으로 고려하는 경우에는 본 분류안을 적용할 수 없음.

### 3.2.2 암반의 기재사항

● 색(Color)

• 색상은 3개의 요소(밝기, 보조색, 색)에 의해 양적으로 표현하며 “색”은 기본색상의 혼합이고, “보조색”은 색상의 명도나 농도, “밝기”는 색상의 밝기로 색상분포가 일정하지 않은 경우 부가적인 어구를 3개의 기본용어에 결합하여 사용

● 불연속면의 간격

기 재 방 법	기 호	Joint 간격	균 열 상 태
불연속면 간격의 최대값, 최소값, 평균값을 주상도에 수록	F5	6cm 이하	매우심한균열 (Highly Fractured)
	F4	6~20cm	심 한 균 열 (Fractured)
	F3	20~60cm	보 통 균 열 (Moderately Fractured)
	F2	60~200cm	약 간 균 열 (Slightly Fractured)
	F1	200cm 이상	과 상 (Massive)

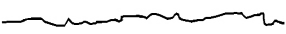

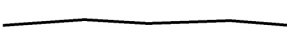
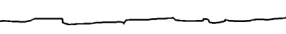
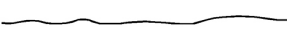

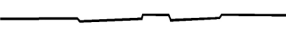


● 풍화상태

기호	용 어	풍 화 상 태
D6	잔적토(Residual Soil)	완전 풍화되고 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 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	용 어	강 도 상 태
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(Undurating)	평면형(Plannar)
거칠음(Rough)			
완만(Smooth)			
경면(Slikensided)			

## 제 4 장 조사결과

---

4.1 지형 및 지질

4.2 시추조사 개요 및 위치

4.3 시추조사 결과

4.4 공내수위측정

4.5 표준관입시험 성과

4.6 P·S 속도검층 성과

## 제 4 장 지형 및 지질

### 4.1 지형 및 지질

#### 4.1.1 지형조건

- 본 조사지역은 행정구역상 서울특별시 양천구 신정로 292(신정동)에 위치하는 신기초등학교 모듈러동에 해당된다.
- 광역적 지형으로는 북동측으로 약 1.0km 떨어진 곳에 양천구청이 위치하며, 서남측으로 약 1.4km 떨어진 곳에는 서부화물터미널이 위치하고, 그 앞으로는 남부순환도로가 북서에서 서남 방향으로 뻗어 있다. 또한, 지하철 2호선이 사업부지 하부를 관통하고 있는 상태이다.
- 수계의 발달은 부지 동측의 안양천이 북측의 한강으로 유입되는 주 수계로 위치하며, 지형적인 윤회로 보아 노년기 지형에 속한다.

#### 4.1.2 지질상태

- 본 조사지역은 경기육괴에 놓여 있어 그 지질은 선캠브리아기에 속하는 경기 편마암복합체, 쥐라기로 속하는 대보화강암과 시대미상의 반상화강암, 제 4기에 속하는 홍적층과 충적층 등으로 구성된다.
- 본 지역의 경기편마암복합체를 이루는 변성암류는 변성작용의 정도와 결정변화에 의하여 크게 편암류와 편마암류로 구분된다. 편암류는 그들의 원암의 성질에 지배된 광물조성에 따라 운모편암, 석영편암, 규암, 각섬석편암, 각섬석 등으로 세분되었고, 편마암류는 변성작용의 양상에 따른 그 구조에 따라 혼성편마암 등으로 세분되었다.
- 본 조사지역의 기저는 호상흑운모편마암으로 본 암은 유색광물과 우백질광물이 서로 교호되어 있는 것이 특징이다. 유색광물은 대체로 흑운모로 구성되어 있으며, 우백질광물은 장석과 석영의 집합체로 되어 있다.
- 석영은 세립의 집합체이나 부분적으로 재결정 작용을 받아 큰 결정입자를 이루기도 하며, 또 파쇄되어 많은 균열을 보인다. 사장석은 세립질로서 석영과 함께 집합체로 나타나며, 정장석은 사장석에 비하여 큰 결정을 이루며 반상변정으로 나타나기도 한다. 흑운모는 세립의 석영 및 사장석의 집합체 주변부에서 흔히 보인다.

### 4.1.3 수치지질도

수치 지질도 (1 : 50,000)

지  
형  
도



지  
질  
도



## 4.2 시추조사 개요 및 위치

### 개요

- 과업목적 : 구간별 지층의 성상과 각 지층의 지반공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도 등을 파악하고자 시추조사 실시
- 시추위치 : 현장답사를 통하여 기 제시된 조사지점을 확인한 후 발주처와의 최종 협의를 통해 1개소(NX Size)를 해당 부지 내에서 실시



● 지반조사 위치도 (총 1개소 (NX Size))

● 조사위치

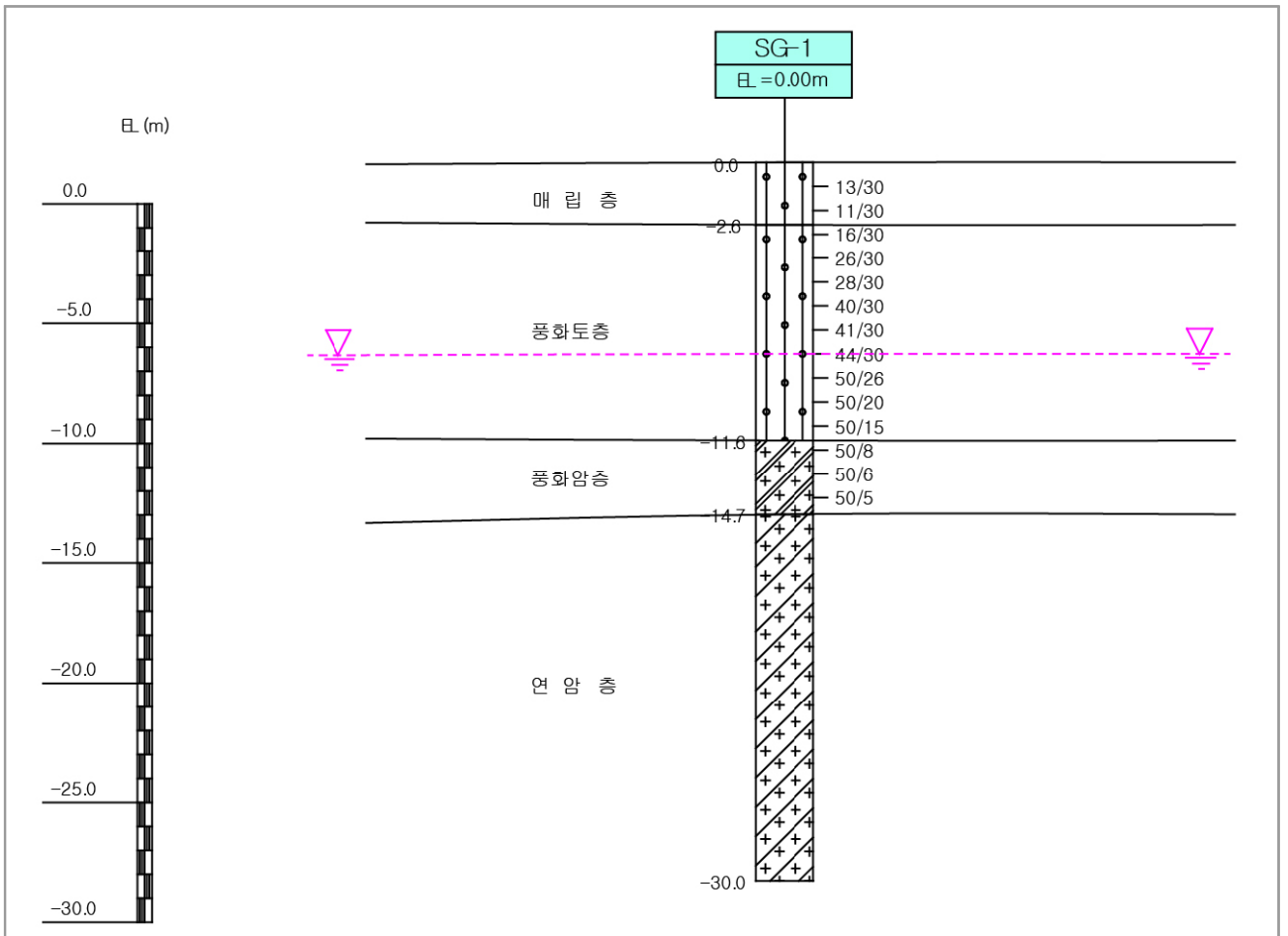
시추공번	조사위치	시추조사 수행	P·S 검층 수행	비 고
SG-1	모듈러동	1 개소	1 회	

### 4.3 시추조사 결과

#### 4.3.1 조사성과

구 분	매립층	풍화토	풍화암	연 암	계	SPT (회)
SG-1	2.6	9.0	3.1	15.3	30.0	14

#### 4.3.2 지층단면도





### 4.4 공내수위측정

● 공내수위측정 결과

공 번	공 내 수 위 (G.L(-), m)	비 고
SG-1	8.0	본 공내수위는 계절적인 영향 즉, 건기, 우기에 따라 변동될 수 있음

### 4.5 표준관입시험 성과

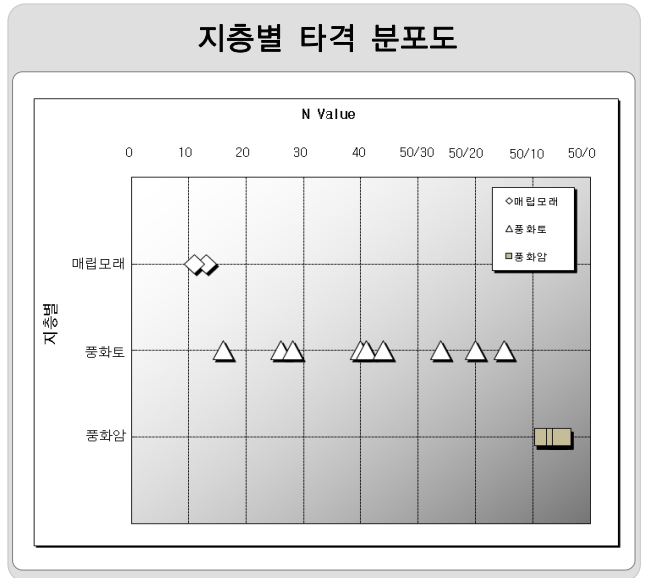
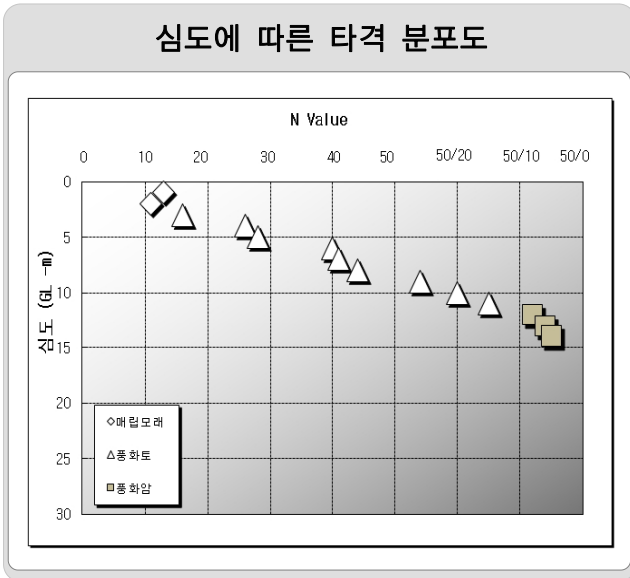
● 표준관입시험 결과

시험 결과	• 1개소의 시추공에서 총 14회 실시	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 매립층 : 11/30cm ~ 13/30cm</li> <li>• 풍화토 : 16회/30cm ~ 50회/15cm</li> <li>• 풍화암 : 50회/8cm ~ 50회/5cm</li> </ul>	보통조밀한 상대밀도 보통조밀 ~ 매우조밀한 상대밀도 매우조밀한 상대밀도

● 상대밀도 및 연경도

조립토(모래, 자갈)		세립토(점토, 실트)	
관입저항값(N치)	상 대 밀 도	관입저항값(N치)	연 경 도
4 이하	매우느슨 (Very Loose)	2 이하	매우연약 (Very Soft)
4~10	느 슨 (Loose)	2~4	연 약 (Soft)
10~30	보통조밀 (Medium Dense)	4~8	보통단단 (Medium Stiff)
30~50	조 밀 (Dense)	8~15	단 단 (Stiff)
50 이상	매우조밀 (Very Dense)	15~30	매우견고 (Very Stiff)
		30 이상	고 결 (Hard)

● 표준관입시험에 따른 분포특성



## 4.6 P-S 속도검층 성과

### 4.6.1 조사결과

- 내진검토를 위해 금회 수행된 P-S 속도검층은 1개소의 조사공에서 수행되었으며, 측정심도는 지표하 심도 GL(-) 1.0~30.0m 구간까지이다.

시험 결과	공 번	굴진심도	조사 심도	검층간격
	SG-1	30.0 m	GL.(-) 1.0 ~ 30.0 m	1.0 m

#### ● 화성암과 변성암의 풍화도 및 파쇄도에 따른 P파 속도(m/s)

구 분	등 급	P파속도(m/s)
신선한 기반암	F	5,000 이상
약간풍화/균열간격 넓은	WS	4,000~5,000
중간풍화/균열간격 중간	WM	3,000~4,000
심한풍화/균열간격 좁음	WH	2,000~3,000
풍화암	WC	1,200~2,000
풍화토(치밀)	RS	600~1,200
풍화토(느슨)	RS	300~600

● 토질종류 및 조성 상태별 포아송비( $\nu$ ) 범위

soil type		poisson's ratio( $\nu$ )	
		range (1)	range (2)
soft clay		0.4 ~ 0.5	0.2 ~ 0.5
medium clay			
stiff clay			
loose		0.1 ~ 0.3	-
silt		0.3 ~ 0.35	-
fine sand	loose	-	-
	medium dense	0.25	-
	dense	-	-
sand	loose	0.2 ~ 0.35	0.2 ~ 0.4
	medium dense	-	0.25 ~ 0.4
	dense	0.3 ~ 0.4	0.3 ~ 0.45
silty sand		-	0.2 ~ 0.4
sand and gravel		-	0.15 ~ 0.35

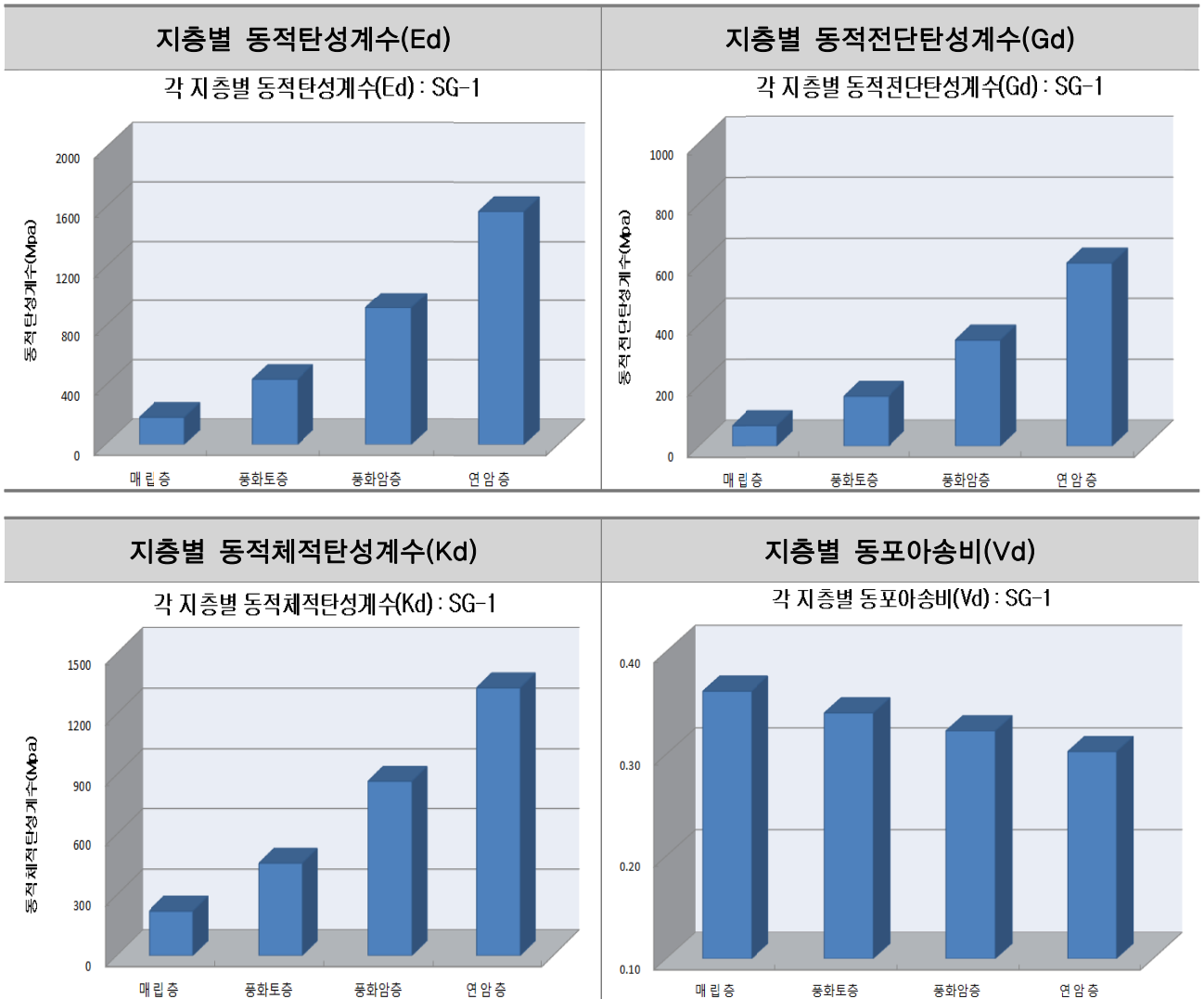
주) (1) Roy E. Hunt, "Geotechnical Engineering Techniques and Practices", Mc graw Hill, P.134, 1986  
 (2) Braja M Das, "Principles of Foundation Engineering", Pws Pub. Co.,3rd Edition, P.179, 1995

### 4.6.2 해석결과

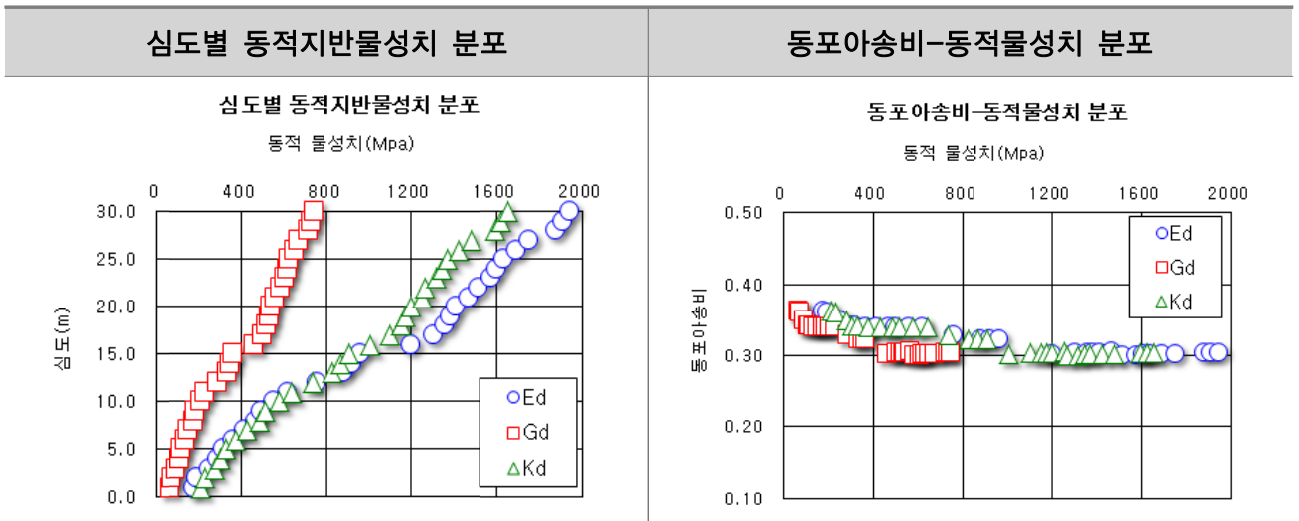
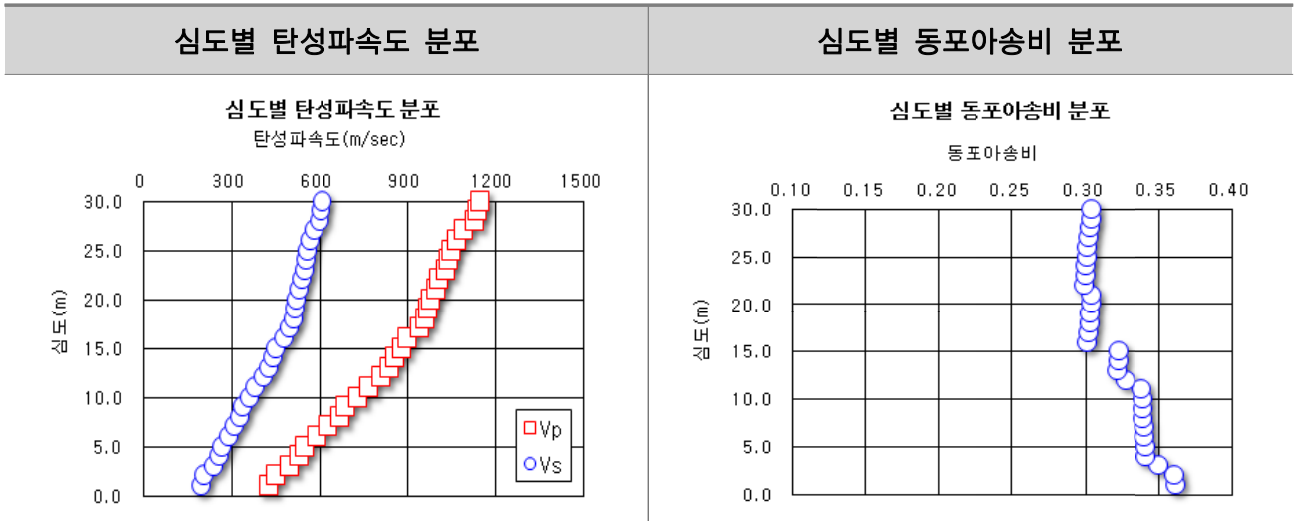
● 해석결과

심도 (m)	지층구분	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Ed (Mpa)	Gd (Mpa)	Kd (Mpa)	Vd	밀도 (kN/m <sup>3</sup> )
0.0~2.6	매립층	442	204	181.82	66.64	223.13	0.36	16.0
2.6~11.6	풍화토층	645	318	439.09	163.84	457.39	0.34	16.0
11.6~14.7	풍화암층	860	440	922.20	348.60	866.96	0.32	18.0
14.7~30.0	연암층	1,031	548	1,574.32	604.29	1,329.43	0.30	20.0

● 지층별 동적계수 분포그래프



● 심도별 분포도



● 지층별 평균전단파 속도

심도 (m)	지층구분	층별속도비 $d_i/V_{si}$	지층별 평균전단파 (m/sec)	지반분류	비고
0.0~2.6	매립층	0.0098	204.88	$S_D$	단단한 토사지반
2.6~11.6	풍화토층	0.0256	312.44	$S_D$	단단한 토사지반
11.6~14.7	풍화암층	0.0068	439.85	$S_C$	매우 조밀한 토사지반 및 연암지반
14.7~30.0	연암층	0.0275	545.64	$S_C$	매우 조밀한 토사지반 및 연암지반
0.0~30.0	전체평균	0.0763	393.27	$S_C$	매우 조밀한 토사지반 및 연암지반

### 4.6.3 지반분류

• 지반분류  
 지반운동은 지반의 특성에 따라 달라지므로 지반의 특성을 반영할 수 있도록 하기 위하여 지반을 분류하여 그에 따른 지반계수를 정의한다. 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 원칙적으로 지반을 다음의 표와 같이 S<sub>A</sub>, S<sub>B</sub>, S<sub>C</sub>, S<sub>D</sub>, S<sub>E</sub>의 5종으로 분류한다.

#### ● 지반의 분류

지반 분류	지반종류의 호칭	상부 30m에 대한 평균 지반 특성		
		전단파 속도 (m/s)	표준관입시험 $\overline{N}$ (타격횟수/30cm)	비배수전단강도 $\overline{S}_u(10^{-3}N/mm^2)$
S <sub>A</sub>	경암 지반	1,500 초과	-	-
S <sub>B</sub>	보통암 지반	760에서 1500		
S <sub>C</sub>	매우 조밀한 토사 지반 또는 연암 지반	360에서 760	>50	>100
S <sub>D</sub>	단단한 토사 지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
S <sub>E</sub>	연약한 토사 지반	180 미만	<15	<50

• 조사결과의 활용

- 원위치(in-situ) 탄성계수를 이용한 내진설계
- 구조물의 지진응답해석 및 지반의 동적물성치를 산정하여 내진 설계시 적용
- 탄성파속도에 의한 암반분류 및 지층구분과 구조물 설계의 기초자료로 활용
- V<sub>p</sub>-탄성계수 및 V<sub>s</sub>-탄성계수 관계식을 이용하여 탄성파 탐사의 속도 값으로부터 동탄성계수 유추

● 전단파속도( $V_s$ )와 지반분류

공 번	시험심도 GL.(-m)	지하수위 (GL. -m)	보통암 이상 출현심도 전단파 탄성파속도(m/sec)	지반 분류
			설계적용 $V_s$	
SG-1	0.0 ~ 30.0	8.0	393.27	$S_c$

- 공내 탄성파탐사 결과 분석시 전단파속도 분석구간은 0.0~30.0m 구간의 값이다.
- 본 조사지역의 공내 탄성파탐사 결과를 지층별 전단파속도에 의해 분류하면 매립층, 풍화토층은 단단한 토사지반인  $S_D$  급이고, 풍화암층은 매우 조밀한 토사지반 및 연암지반인  $S_C$  급으로 분류된다.

## 제 5 장 내진설계 자료



### 5.1 내진설계 기준

### 5.2 내진해석을 위한 설계지반정수

## 제 5 장 내진설계 자료

### 5.1 내진설계 기준

#### 5.1.1 기초구조물의 내진등급 및 성능목표

- 구조물의 내진등급은 특등급, I 등급, II 등급으로 구분하고, 기초 구조물의 내진등급은 해당 구조물의 내진등급을 따른다. 구조물의 내진등급은 구조, 규모 등에 따라서 일률적으로 적용될 성격이 아니며, 시설물의 사회적, 경제적, 기능적 측면에 따라서 변화될 수 있다.

#### ● 구조물의 등급분류와 등급별 적용대상

구조물 분 류	등급구분	적 용 대 상
기 초 구조물	내진특등급	<ul style="list-style-type: none"> <li>「내진 I 등급교」 중 복구의 난이도가 높고 경제적인측면에서 특별하게 분류되는 구조물</li> </ul>
	내진 I 등급	<ul style="list-style-type: none"> <li>피해를 입는 경우 많은 인명과 재산상의 손실을 발생시키는 구조물</li> <li>지진재해 복구에 중요한 역할을 담당하는 구조물</li> <li>국방상의 필요성에 의하여 분류된 구조물</li> </ul>
	내진 II 등급	<ul style="list-style-type: none"> <li>내진특등급, 내진 I 등급에 포함되지 않는 구조물</li> </ul>

주) 구조물 기초 설계기준 해설, 한국지반공학회(2009), P.776-777

#### ● 지반운동 수준

성능목표	특등급	1등급	2등급
기능수행	평균재현주기 200년	평균재현주기 100년	평균재현주기 50년
붕괴방지	평균재현주기 2400년	평균재현주기 1000년	평균재현주기 500년

주) 구조물 기초 설계기준 해설, 한국지반공학회(2009), P.777

#### ● 내진성능수준 결정

내진 등급	내진성능수준	재현주기	검토내용	성 능 수 준
내진 I 등급	붕괴방지구준	1,000년	구조물	<ul style="list-style-type: none"> <li>설계지진 작용시 구조물에 변형, 손상은 발생할 수 있지만 대규모 피해가 초래 되는 것은 방지할 수 있는 수준</li> </ul>

### 5.1.2 지반 가속도계수 결정

• 지진가속도계수는 지진구역도를 이용하는 방법과 지진재해도를 이용하는 방법을 사용할 수 있으나, 지진구역도 및 지진재해도에서의 지반가속도계수는 보통암 노두를 기준으로 평가하므로, 지표면에서의 지반가속도 계수는 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

#### (1) 지진구역도를 이용하는 방법

비탈면이 위치한 지역의 지진구역계수(Z)와 내진등급별 재현주기에 따른 위험도 계수(I)의 곱으로 지반가속도계수를 산정한다.

● 위험도 계수

재현주기	50년	100년	200년	500년	1,000년	2,400년
위험도 계수, I	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00

주) 구조물 기초 설계기준 해설, 한국지반공학회(2009), P.775

● 지진지역 구분 및 지진구역계수(재현주기 500년)

지진구역	행정구역		지진구역계수 Z (g값)
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시	0.11
	도	경기도, 강원도 남부 <sup>1)</sup> , 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부 <sup>2)</sup>	
II	도	강원도 북부 <sup>3)</sup> , 전라남도 남서부 <sup>4)</sup> , 제주도	0.07

- 주. 1) 강 원 도 남부(군, 시) : 영월, 정선, 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시  
 2) 전라남도 북부(군, 시) : 장성, 담양, 곡성, 구례, 장흥, 보성, 여천, 화순, 광양시, 나주시, 여천시, 여수시, 순천시  
 3) 강 원 도 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제 고성, 양양, 춘천시,속초시  
 4) 전라남도 남부(군, 시) : 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시

주) 구조물 기초 설계기준 해설, 한국지반공학회(2009), P.774

● 지반가속도 결정

내진등급	재현주기	지진구역계수	위험도계수	설계지반가속도
내진 I 등급	1,000년	0.11g	1.40	0.154g

(2) 지반분류를 고려한 지반가속도 계수

• 지표면에서의 지반가속도계수는 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 다음 표와 같은 지반의 분류에 따른 지반가속도 계수를 산정한다.

● 지반계수

내진등급	지 반 종 류			
	S <sub>A</sub> , S <sub>B</sub>	S <sub>C</sub>	S <sub>D</sub>	S <sub>E</sub>
지반계수	1.0	1.2	1.5	2.0

● 지반의 분류

지반종류	지반종류의 호칭	상부 30.480m에 대한 평균지반 특성		
		전단파 속도 (m/s)	표준관입시험 N (blow/foot)	비배수 전단강도 S <sub>u</sub> (kPa)
S <sub>A</sub>	경암지반	1,500 초과	-	-
S <sub>B</sub>	보통암지반	760에서 1,500		
S <sub>C</sub>	매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반	360에서 760	> 50	> 100
S <sub>D</sub>	단단한 토사지반	180에서 360	15에서 50	50에서 100
S <sub>E</sub>	연약한 토사지반	180미만	< 15	< 50
S <sub>F</sub>	부지 고유의 특성평가가 요구되는 지반			

여기서, S<sub>F</sub> 부지 고유의 특성 평가가 요구되는 다음 경우에 속하는 지반은

- 1) 액상화가 일어날 수 있는 흙, Quick Clay와 매우 민감한 점토, 붕괴될 정도로 결합력이 약한 붕괴성 흙과 같이 지진하중 작용시 잠재적인 파괴나 붕괴에 취약한 지반
- 2) 이탄 또는 유기성이 매우 높은 점토지반 (지층의 두께, H>3.048m)
- 3) 매우 높은 소성을 갖은 점토지반 (H>7.620m 이고 PI>75)
- 4) 층이 매우 두꺼우며 연약하거나 중간 정도로 단단한 점토 (H>36.580m)

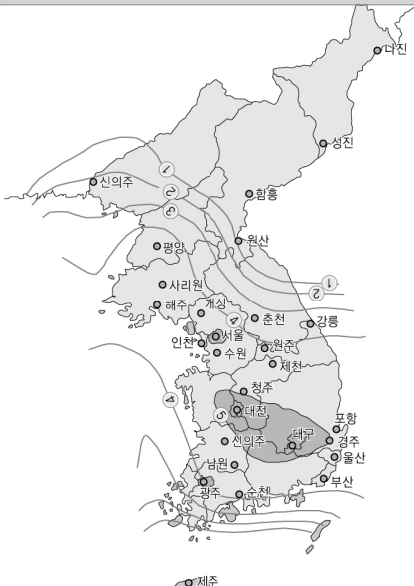
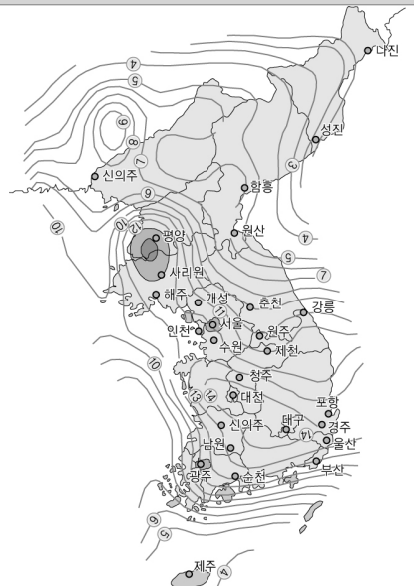
주) 구조물 기초 설계기준 해설, 한국지반공학회(2009), P.783

● 지반가속도 계수 산정표

구 분	지 진 구 역	내 진 등 급		
		특등급	I 등급	II 등급
S <sub>A</sub>	I	0.18	0.13	0.09
	II	0.10	0.07	0.05
S <sub>B</sub>	I	0.22	0.15	0.11
	II	0.14	0.10	0.07
S <sub>C</sub>	I	0.26	<b>0.18</b>	0.13
	II	0.16	0.11	0.08
S <sub>D</sub>	I	0.32	0.22	0.16
	II	0.22	0.15	0.11
S <sub>E</sub>	I	0.44	0.31	0.22
	II	0.34	0.24	0.17

(3) 지진재해도를 이용하는 방법

● 재현주기별 지진재해도

구 분	평균재현주기 100년 지진재해도	평균재현주기 1000년 지진재해도
지 진 재해도		
주요도시	청진, 신의주, 함흥, 평양, 해주, 춘천, 서울, 청주, 대전, 대구, 전주, 광주, 부산	청진, 신의주, 함흥, 평양, 해주, 춘천, 서울, 청주, 대전, 대구, 전주, 광주, 부산
내진적용등급	I 등급	I 등급
지진가속도	0.04g	0.13g
적용사유	평균재현주기 1000년에 대한 지진재해도에 따른 지반가속도 검토결과 0.13g 적용	

### 5.1.3 적용 지반 가속도계수

- 본 사업구간은 전라북도 전주시에 위치하고 있으므로 지진구역계수 산정시 I에 해당하며, 지반분류상 S<sub>c</sub>에 해당(부분적으로 S<sub>D</sub>)한다. 지진구역도, 지진재해도 및 지반분류에 의한 방법으로 산출된 가속도계수를 비교하여 큰 가속도계수를 적용한다.

● 적용 지반가속도계수

결정방법	설계가속도	적 용	비 고
지진지역도	0.154g		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기초 구조물의 안정성을 위하여 지진지역도에 의한 방법과 지진재해도에 의한 방법 및 지반분류에 의한 방법 중 큰 가속도 계수 적용</li> </ul>
지반분류	0.18g	◎	
지진재해도	0.13g		

• 수평지진계수(K<sub>h</sub>) = 지표면 최대가속도(a<sub>max</sub>)/2g = 0.09 (적용)

## 5.2 내진해석을 위한 설계지반정수

### 5.2.1 관련문헌 검토

● 전단파속도에 의한 지반분류(건축구조설계기준, 2005)

지반등급	지 반 설 명	상부 30m에 대한 평균 지반특성		
		전단파속도 (m/s)	N 값	Su (×10 <sup>-3</sup> N/mm <sup>2</sup> )
S <sub>A</sub>	경 압 지 반	1,500 초과	-	-
S <sub>B</sub>	보 통 압 지 반	760~1,500		
S <sub>C</sub>	매우 조밀한 토사/연암지반	360~760	50 <	100 <
S <sub>D</sub>	단단한 토사 지반	180~360	15~50	50~100
S <sub>E</sub>	연약한 토사 지반	180 미만	< 15	< 50

### 5.2.2 지반의 동적특성 산정방법

#### (1) 경험식에 의한 전단파속도( $V_s$ ) 산정

제안자	제안 경험식	적용시 유의사항
今井, 吉村(1970)	$V_s = 76 \times N^{0.33}$	• 今井(1997) 제안식 지층별 적용계수 - 충적점토 : $a = 102, b = 0.29$ - 홍적점토 : $a = 114, b = 0.29$ - 충적모래 : $a = 81, b = 0.33$ - 홍적모래 : $a = 97, b = 0.32$
Imai(1982)	$V_s = 97 \times N^{0.314}$	
岡本(1989)	$V_s = 125 \times N^{0.3}$	
大場, 鳥海(1990)	$V_s = 84 \times N^{0.31}$	
今井(1997)	$V_s = a \times N^b$	

#### (2) 동적 변형특성 산정

##### 지반의 동적 변형특성 산정식

- 동포아송비 :  $\nu_d = [(V_p / V_s)^2 - 2] / [2(V_p / V_s)^2 - 2]$
- 동전단계수 :  $G_d = \rho V_s^2$
- 동탄성계수 :  $E_d = 2G_d(1 + \nu_d)$
- 동체적계수 :  $K_d = E_d / 3(1 - 2\nu_d)$

여기서,  $V_p$  : 압축파(P파)속도,  $V_s$  : 전단파(S파)속도,  
 $\rho = \gamma_t / g$

### 5.2.3 탄성파속도 산정

구분	관련문헌	경험식(m/s)		시험결과(m/s)		설계적용(m/s)	
	$V_s$ (m/s)	$V_p$	$V_s^{1)}$	$V_p$	$V_s$	$V_p$	$V_s$
토사층	180 미만	-	203	442	204	440	200
풍화토	180~360	-	301	645	318	645	300
풍화암	360~760	-	318	860	440	850	400
연암	760~1,500	-	-	1,031	548	1000	550

주) 1) 경험식 전단파속도 : 제안자별 경험식에 의하여 산정된  $V_s$ 의 평균 값

5.2.4 적용 설계지반정수

구 분	탄성파속도		동적 변형계수			동포아송비
	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	E <sub>d</sub> (MPa)	G <sub>d</sub> (MPa)	K <sub>d</sub> (MPa)	
토사층	440	200	181.82	66.64	223.13	0.36
풍화토	645	300	439.09	163.84	457.39	0.34
풍화암	850	400	922.20	348.60	866.96	0.32
연 암	1000	550	1,574.32	604.29	1,329.43	0.30

## 부 록

1. 지반조사 위치도

2. 지층단면도

3. 시추주상도

4. P·S 검층 성과

5. 지반조사 사진첩



# 조사 위치도



입구 정문

302 109.9㎡

181.8㎡ 17F-2

1-14F 1-10F 2-15F

정문

후문

신기스포렉스

신기초등학교  
292

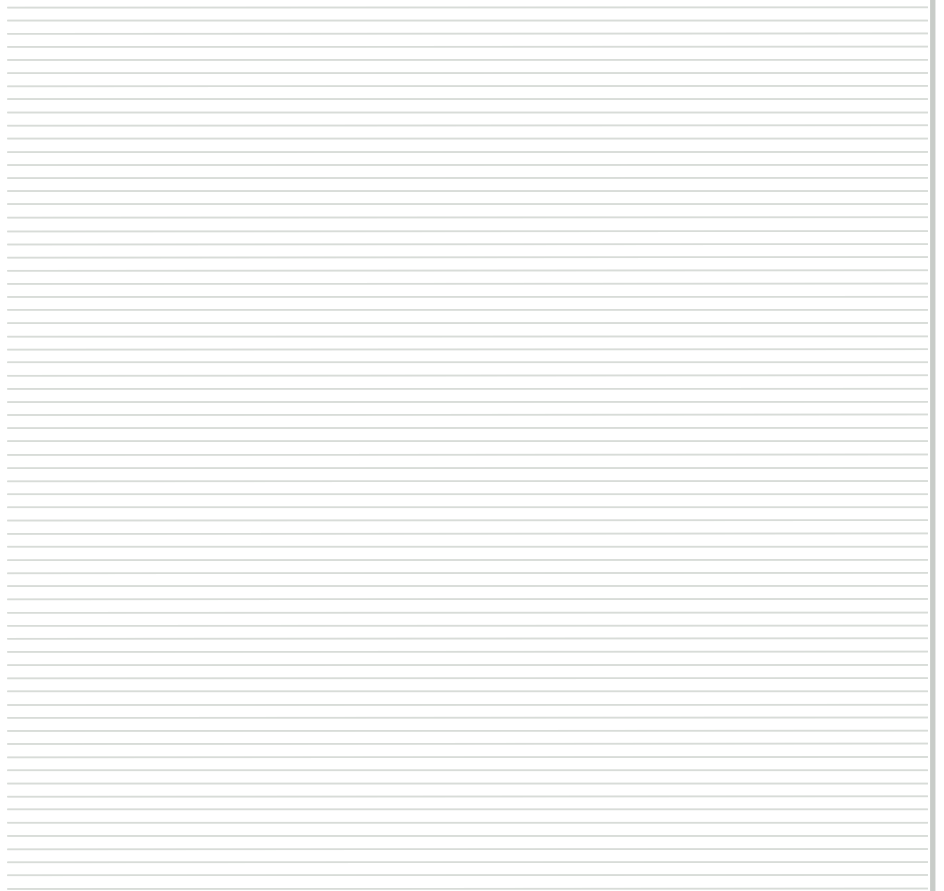


신기초(모듈러동)

SG-1

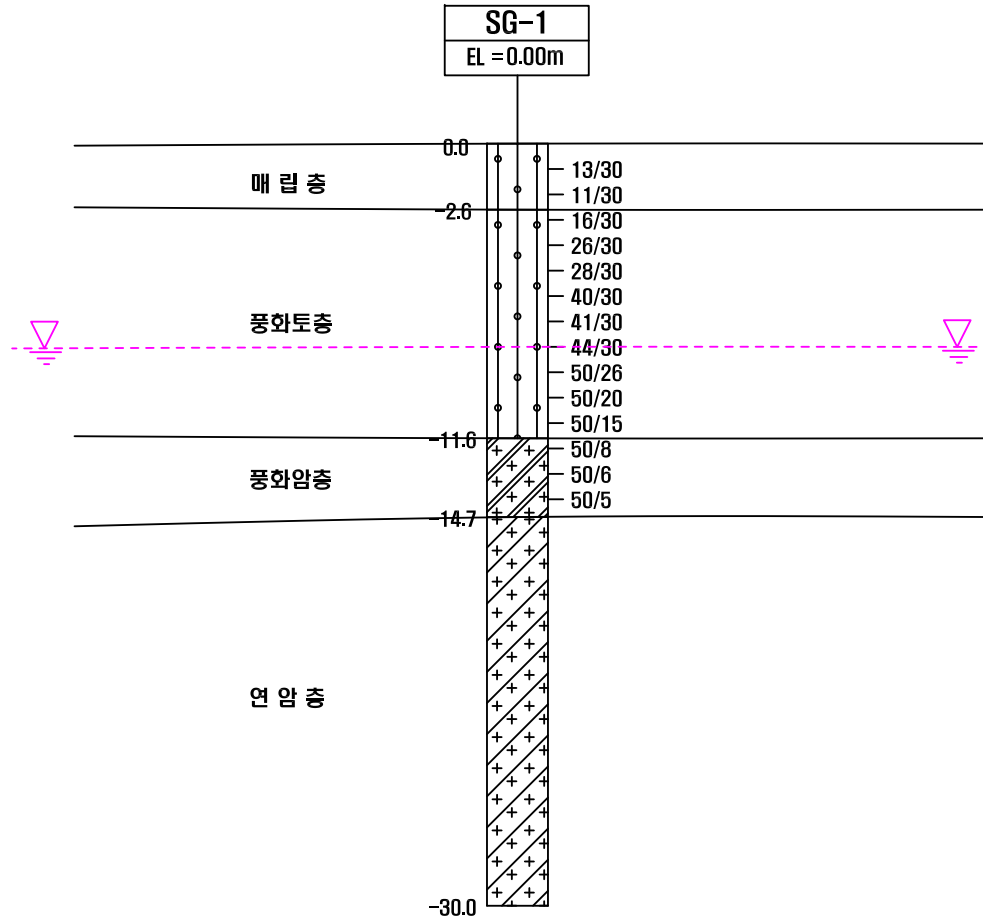
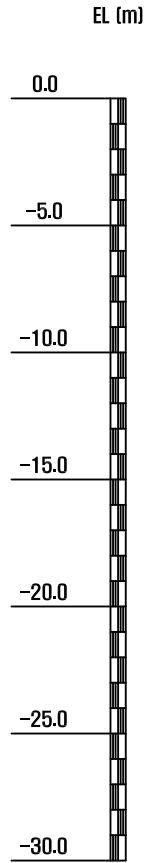
3-18F-4

## 2. 지층단면도



GRAPHIC  
SCALE

# 지 층 단 면 도



LEGEND



PROJECT

신기초등학교 학교시설 내진성능평가에 따른 지반조사

SCALE

V = 1 : 300

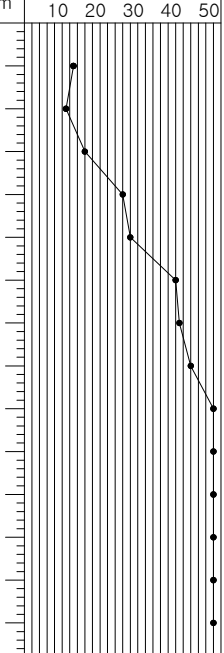
H = None

### 3. 시추주상도

# 시추주상도 DRILL LOG

조 사 명 PROJECT	신기초등학교 학교시설 내진성능평가에 따른 지반조사			시 추 번 호 HOLE NO.	SG-1
위 치 LOCATION	모들러동	좌 표 COORDINATES	X : Y :	표 고 ELEVATION	EL
시추 완료일 DATE	2019.02.27.	시 추 구 경 HOLE DIA.	NX	지 하 수 위 G.W.L.	GL (-) 8.0 m
사 용 장 비 DRILL RIG	유압기	시 추 자 DRILLER	한진영	조 사 자 INSPECTOR	황용호

심 도 DEPTH	표 고 ELEVATION	층 후 THICKNESS	주 상 도 SYMBOLIC LOG	지 반 명 SOIL OR ROCK 색 조 COLOR	현 장 관 찰 기 록 DESCRIPTION OF MATERIAL	FRACTURE LOG	코 아 회 수 율 TCR / ROD (%)	시 료 형 태 및 심 도 SAMPLE TYPE & DEPTH	cm/sec	투 수 계 수 PERMEABILITY, 10 <sup>N</sup>
									BLOWS /30cm	표 준 관 입 시 험 (S.P.T.) 10 20 30 40 50
2.6	-2.6	2.6	●	모 래 황갈색	<b>( 매 립 층 )</b> * Depth : 0.0 - 2.6 m .습윤상태 .보통조밀 .자갈 및 실트섞인 세립질 모래 .부분적으로 소량의 점토분 함유			1.0 2.0 3.0	13/30 11/30 16/30	
			●	풍 화 토 갈 색	<b>( 풍 화 토 층 )</b> * Depth : 2.6 - 11.6 m .습윤상태 .보통조밀~매우조밀함 .실트질 모래 .완전풍화상태			4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0 11.0	26/30 28/30 40/30 41/30 44/30 50/26 50/20 50/15	
11.6	-11.6	9.0	+	풍 화 암 갈 색	<b>( 풍 화 암 층 )</b> * Depth : 11.6 - 14.7 m .매우조밀함 .타격에 의해 실트섞인 모래로 분해 .14.3m 양편협재 많음 .심한풍화상태			12.0 13.0 14.0	50/8 50/6 50/5	
14.7	-14.7	3.1	+	연 암 암회색	<b>( 연 암 층 )</b> * Depth : 14.7 - 30.0 m .편마암 .강도 강함~부분적으로 보통상태 .풍화도 : 신선~약간풍화상태 .3조의 절리군 .절리각 < 10, 35, 60 .절리면 파동형/거침 .균열 및 절리의 발달이 부분적으로 심함 .22.0~24.0m : 파쇄대 발달			44/0 79/45 82/20 56/0 66/30 83/24		
16.0	-16.0		+							
19.0	-19.0		+							
22.0	-22.0		+							
24.0	-24.0		+							
27.0	-27.0		+							
30.0	-30.0	15.3	+							



<b>범 시 추 종 료</b> LEGEND	■ : 자연시료 UNDISTURBED SAMPLE	☒ : 흐트러진시료 DISTURBED SAMPLE	● : 코 아 시 료 CORE SAMPLE
	●—● : 관입저항치 N VALUE		☐ : 시 료 없 음 LOST SAMPLE
			▨ : 투 수 계 수 PERMEABILITY COEFF.



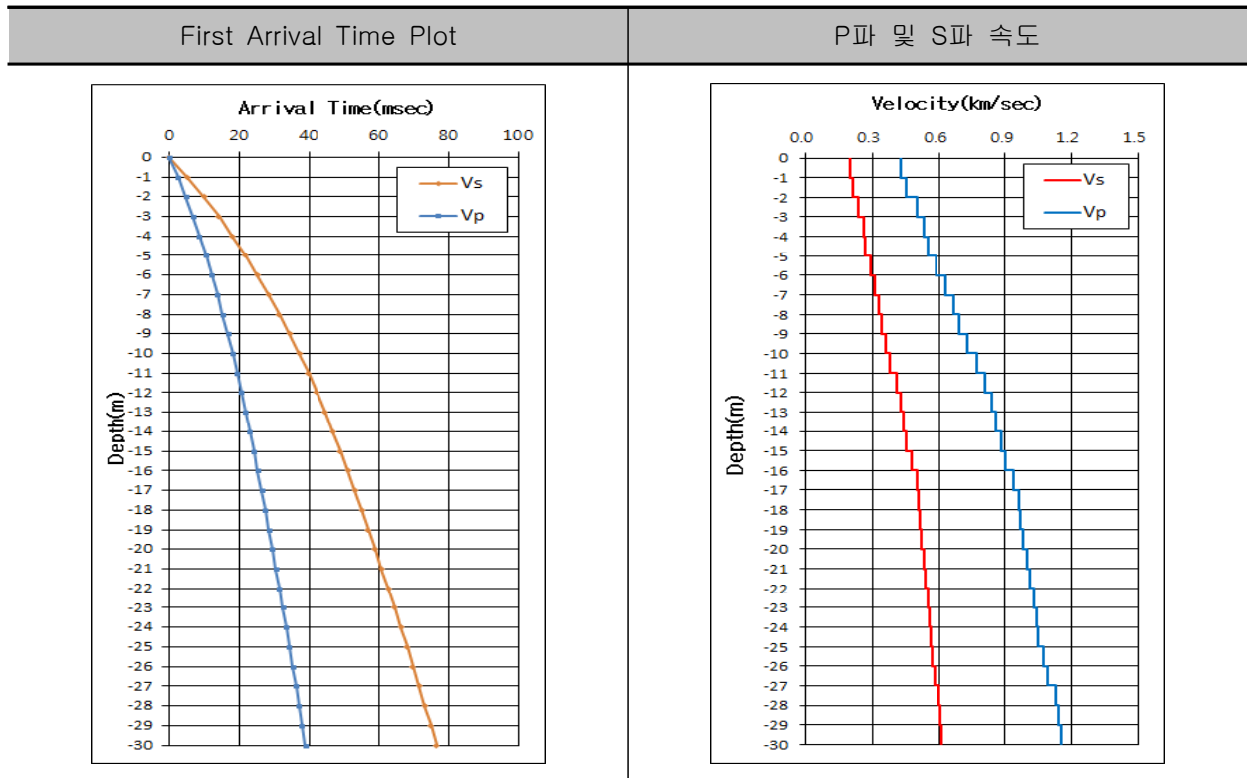
### [SG-1 구간별 지반 동적 물성치]

심도 (GL.-m)	Soil/Rock Type	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Dynamic Parameter			U <sub>d</sub>	γ (t/m <sup>3</sup> )
				Ed (Mpa)	Gd (Mpa)	Kd (Mpa)		
1.0	매립층	433	198	171.60	62.73	216.35	0.37	1.60
2.0	매립층	451	209	192.04	70.56	229.92	0.36	1.60
3.0	매립/풍화토층	500	240	248.89	92.16	277.12	0.35	1.60
4.0	풍화토층	530	260	290.20	108.16	305.23	0.34	1.60
5.0	풍화토층	550	270	312.89	116.64	328.48	0.34	1.60
6.0	풍화토층	590	290	360.81	134.56	377.55	0.34	1.60
7.0	풍화토층	630	310	412.16	153.76	430.03	0.34	1.60
8.0	풍화토층	670	330	466.91	174.24	485.92	0.34	1.60
9.0	풍화토층	690	340	495.57	184.96	515.15	0.34	1.60
10.0	풍화토층	730	360	555.45	207.36	576.16	0.34	1.60
11.0	풍화토층	770	380	618.73	231.04	640.59	0.34	1.60
12.0	풍화토/풍화암층	810	410	758.87	285.77	734.34	0.33	1.70
13.0	풍화암층	840	430	880.28	332.82	826.32	0.32	1.80
14.0	풍화암층	860	440	921.88	348.48	866.64	0.32	1.80
15.0	풍화암층	880	450	964.44	364.50	907.92	0.32	1.80
16.0	연암층	900	480	1,199.22	460.80	1,005.60	0.30	2.00
17.0	연암층	940	500	1,302.71	500.00	1,100.53	0.30	2.00
18.0	연암층	960	510	1,356.06	520.20	1,149.60	0.30	2.00
19.0	연암층	970	515	1,383.13	530.45	1,174.53	0.30	2.00
20.0	연암층	980	520	1,410.47	540.80	1,199.73	0.30	2.00
21.0	연암층	1,000	530	1,465.95	561.80	1,250.93	0.30	2.00
22.0	연암층	1,010	540	1,516.16	583.20	1,262.60	0.30	2.00
23.0	연암층	1,030	550	1,573.69	605.00	1,315.13	0.30	2.00
24.0	연암층	1,040	555	1,602.85	616.05	1,341.80	0.30	2.00
25.0	연암층	1,050	560	1,632.28	627.20	1,368.73	0.30	2.00
26.0	연암층	1,070	570	1,691.94	649.80	1,423.40	0.30	2.00
27.0	연암층	1,090	580	1,752.66	672.80	1,479.13	0.30	2.00
28.0	연암층	1,130	600	1,877.31	720.00	1,593.80	0.30	2.00
29.0	연암층	1,140	605	1,909.14	732.05	1,623.13	0.30	2.00
30.0	연암층	1,150	610	1,941.23	744.20	1,652.73	0.30	2.00

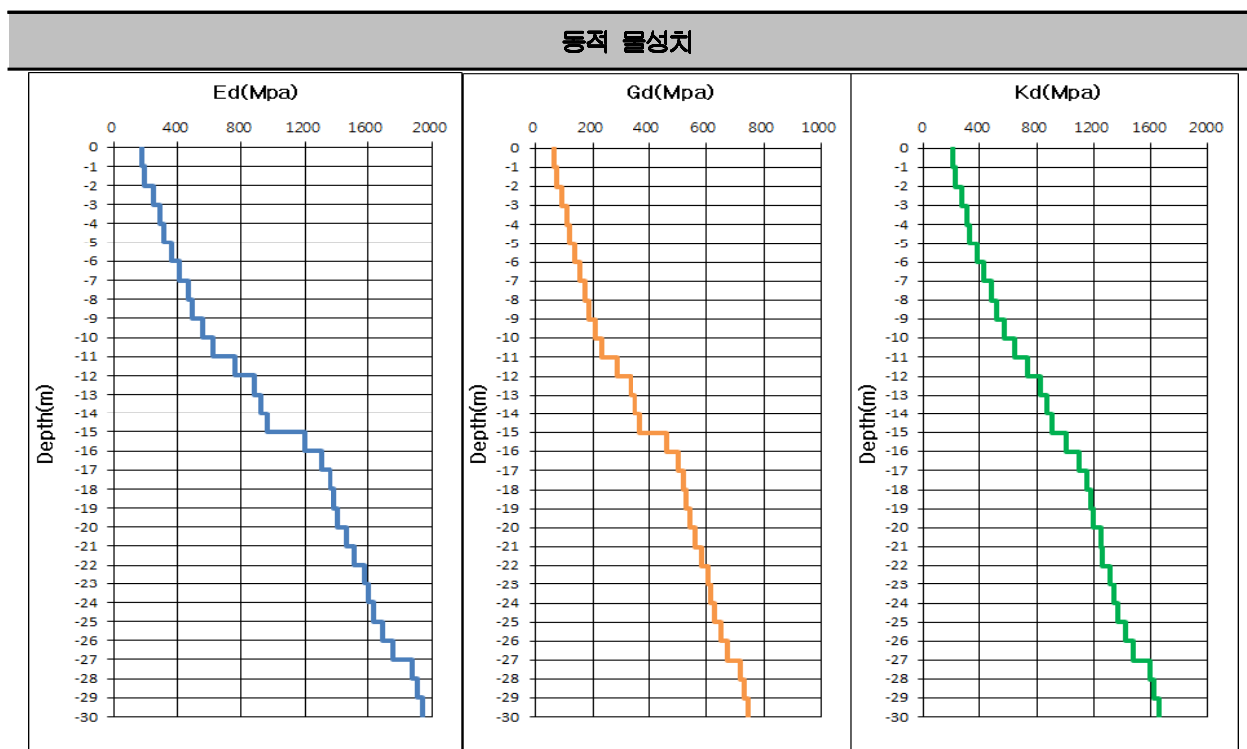
### [SG-1 구간별 전단파속도]

심 도 (m)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	di (m)	di/Vsi
1.0	433	198	1.0	0.0050
2.0	451	209	1.0	0.0048
3.0	500	240	1.0	0.0042
4.0	530	260	1.0	0.0038
5.0	550	270	1.0	0.0037
6.0	590	290	1.0	0.0034
7.0	630	310	1.0	0.0032
8.0	670	330	1.0	0.0030
9.0	690	340	1.0	0.0029
10.0	730	360	1.0	0.0028
11.0	770	380	1.0	0.0026
12.0	810	410	1.0	0.0024
13.0	840	430	1.0	0.0023
14.0	860	440	1.0	0.0023
15.0	880	450	1.0	0.0022
16.0	900	480	1.0	0.0021
17.0	940	500	1.0	0.0020
18.0	960	510	1.0	0.0020
19.0	970	515	1.0	0.0019
20.0	980	520	1.0	0.0019
21.0	1,000	530	1.0	0.0019
22.0	1,010	540	1.0	0.0019
23.0	1,030	550	1.0	0.0018
24.0	1,040	555	1.0	0.0018
25.0	1,050	560	1.0	0.0018
26.0	1,070	570	1.0	0.0018
27.0	1,090	580	1.0	0.0017
28.0	1,130	600	1.0	0.0017
29.0	1,140	605	1.0	0.0017
30.0	1,150	610	1.0	0.0016
<b>토층두께의합(m)</b>			<b>30.0</b>	
<b>토층별전단파속도비</b>			<b>0.07628</b>	
<b>평균전단파속도(m/sec)</b>			<b>393.27</b>	

## [SG-1 초동파 도착시간 및 구간별 탄성파속도]



## [SG-1 지반 동적 물성치 그래프]





# SG - 1



사진내용

시추광경 (원경)

사진내용

시추광경 (근경)



사진내용

표준관입시험

사진내용

흙시료 채취



사진내용

암석시료채취

사진내용

시추공 정리

# P · S 검증



사진내용 3축 지오폰 삽입 (SG-1)



사진내용 Hammer 타격 및 기록(P파 측정)



사진내용 Hammer 타격 및 기록(S파 측정)