



KOREAN GEO
CONSULTANTS

지반조사/설계/계측/감리/안전진단

은 평 소 방 서 이 전 건 립 공 사

지 반 조 사 보 고 서

2009. 2



(주)한국지오컨설턴트
Korean Geo-Consultants Co., Ltd.

제 출 문

(주)엠씨파트너스 종합건축사사무소 귀중

귀사에서 의뢰하신 “은평소방서 이전 건립공사 지반조사”에 대한 과업을 수행 완료하고 그 결과를 분석, 검토하여 이에 보고서를 작성 제출합니다.

2009 년 2월

서울특별시 서초구 양재동 317-1
주식회사 한국지오컨설턴트
대표이사 오 정 환
(공학박사 / 토질및기초기술사)

목 차

제 1 장 조 사 개 요

1.1 조사목적	2
1.2 조사위치	2
1.3 조사기간	2
1.4 조사장비	3
1.5 조사범위	3

제 2 장 조 사 방 법

2.1 위치선정	5
2.2 시추조사	5
2.3 표준관입시험	6
2.4 실내암석 시험 (점하중 강도 시험:Point Load Test)	8

제 3 장 토 질 및 암석의 분류방법

3.1 토 질	11
3.2 암 석	14

제 4 장 조 사 결 과

4.1 지형	21
4.2 시추조사	21
4.3 공내측정수위	22
4.4 실내암석시험 결과	25

제 5 장 성 과 분 석

5.1 기초공법에 대한 검토	27
5.2 직접기초의 지지력 검토	32
5.3 지지력검토 결과	33

제 6 장 결과에 대한 검토

6.1 개 요	35
6.2 지층개요	35
6.3 채취시료분석	37
6.4 기초지지력 산정결과	38

제 7 장 부 록

7.1 시추조사 위치도	
7.2 시추주상도	
7.3 실내암석시험 성과	
7.4 기초지지력 산정	

제 8 장 사 진 첩

제1장

조사개요

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

1. 조사개요

1.1 조사목적

본 조사는 행정구역상 서울특별시 은평구 진관동 240-9번지 일대에 위치하며 건립될 “은평소방서 이전 건립공사”에 대한 지반조사로 현장 시추조사를 실시하여 기초지반 및 지층의 구성상태를 파악하고 합리적인 설계 및 시공을 위한 제반자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

1.2 조사위치

본 조사지역은 서울특별시 은평구 진관동 240-9번지일대에 위치하고, 현장 위치는 그림 1.1와 같다.



그림 1.1 현장 위치도

1.3 조사기간

- 시추조사위치 측량 및 현장작업 : 2009년 1월 28일 ~ 2009년 1월 30일 (NX-7개소)
- 실내암석시험 : 2009년 1월 31일 ~ 2009년 2월 5일
- 성과분석 및 보고서 작성 : 2009년 2월 10일 ~ 2009년 2월 18일

1.4 조사장비

장 비 명	형 식 및 규 격	수 량	단 위	비 고
시 추 기	P4000SD	1	대	WASH ROTARY
P U M P	MG - 5	1	대	
E N G I N E	10HP	1	대	
표준관입시험기	KSF-2318규격품	1	조	
기타부대기구	-	1	식	

1.5 조사범위

상기 목적을 위하여 실시된 조사의 범위는 다음과 같다.

- 자료조사 : 조사지역과 주변지역에 대한 기출간된 지형도, 지질도, 기초 및 지하수 조사 관계 자료의 수집과 분석.
- 시추조사 : 계획부지를 대상으로 NX구경 7개소를 선정하여 시행하였다.
- 공내지하수위 조사
- 현장원위치 시험

조사항목	수량	조사내용 및 활용방안	설계적용
시추조사	7공 (NX-7개소)	• 지층현황 파악 및 지지층 확인	• 구조물기초 및 가시설 공법 선정
지하수위측정	7개소	• 지하수위 분포현황 파악	• 수리특성 분석
표준관입시험	1.0m 간 격	• 지반의 상대밀도 및 연경도 파악	• 지층에 따른 지반특성치 추정
실내 암석시험	3회	• 암반의 강도정수 산정	• 구조물기초 지내력 산정시 활용

제2장

조사방법

- 2.1 위치선정
- 2.2 시추조사
- 2.3 표준관입시험
- 2.4 실내암석시험

2. 조사방법

2.1 위치선정

본 조사를 위한 위치선정은 NX구경 7개소의 시추위치를 배치도에 도상 선정 후 현장 답사시 장비 투입, 작업여건을 고려하여 조사위치를 최종 선정하였으며, 본사에서 실시한 시추공 레벨측량을 실시하여 각 시추공의 지반고를 표 2.1에 정리 하였다.

표 2.1 시추공 지반고

(단위 : m)

공 번	지반고 (E.L(+))	공 번	지반고 (E.L(+))	TBM 위치
BH-1	53.37	BH-5	53.80	
BH-2	52.54	BH-6	54.75	
BH-3	53.51	BH-7	54.48	
BH-4	53.56			

*TBM은 부지 서쪽 보도에 통신맨홀 정중앙을 임의의 레벨 EL(+)52.95m로 가정하여 계산하였음.

2.2 시추조사

2.2.1 목 적

시추조사의 목적은 대상구간에서 채취되는 시료와 암석코어 등을 분석함으로써 지층의 층서(層序), 단층, 불연속면, 구성물질, 파쇄대 및 절리 등의 지질구조를 파악함과 동시에 시추공을 이용하여 제반 현장시험을 실시하기 위한 시험공의 형성에 있다.

2.2.2 방 법

- 1) 시추공경은 NX(ϕ 76mm)로 실시하였다.
- 2) 시추심도는 풍화암 5.0m이상 또는 연암층 까지 확인하는 것을 원칙으로 하였다.
- 3) 굴진용수는 청수(淸水)사용을 원칙으로 하였다.
- 4) 시추조사중 순환수의 색조, 토출Slime, 채취시료, 암석코어 등에 의하여 지층의 분포 상태를 확인 하였다.
- 5) 시추조사시 채취된 Slime과 표준관입시험 시료, 암석코어는 색조, 습도상태, 구성성분, 상대밀도, 풍화정도, 암석강도, 코어회수율(Core Recovery) 및 특이사항 등을 시추주 상도에 기재하였다.
- 6) 채취시료는 공번, 심도 등을 기재하여 각 공별로 시료상자에 보관하였다.

2.3 표준관입시험

시추조사와 병행하여 실시하는 표준관입시험의 목적은 지반(토사 및 풍화대)의 consistency, 상대 밀도, 지층의 구성상태 및 구성물질 등을 확인하기 위하여 행하는 원위치시험으로 교란시료(Disturbed sample)를 채취하는데 있다. 표준관입시험은 KS F 2307의 규정에 의하여 split spoon sampler를 사용하여 실시하였으며, 매 1.0m 깊이마다 실시하는 것을 원칙으로 하였다. 본 시험은 63.5kg의 해머를 낙하고 76cm로 자유낙하시켜 sampler가 30cm 관입시키는데 소요되는 타격회수를 측정하는 것이다. 이때 시험은 매 15cm를 관입시키는데 소요되는 타격회수로 측정하였으며 총 45cm를 관입시키는데 필요한 타격회수를 측정하였다. 이때 처음 15cm를 관입시키는데 소요된 타격회수는 예비타격이며, 마지막 30cm 관입에 소요되는 타격회수를 관입타격치(N치)로 하여 주상도에 기입하였다. 표준관입시험시 채취된 시료는 함수량이 변하지 않도록 시료용기에 넣고 밀봉하여 관입타격시험을 실행한 위치 및 심도 등을 기술하여 시료상자에 보관하였다. 표준관입시험은 Boring과 동시에 이루어지므로 그 결과로 얻어지는 토층의 판별, N-값 그리고 시료의 분류특성 등의 자료를 이용하여 표 2.2와 같은 사항을 추정 또는 산정할 수 있는 방법들이 제안되어 있다.

표 2.2 N-값으로부터 추정 또는 산정되는 사항

사 질 지 반	점 성 토 지 반	일 반 사 항
<ul style="list-style-type: none"> · 상대밀도 · 내부마찰각 · 지반의 지지력 · 액상화 가능성 	<ul style="list-style-type: none"> · Consistency · 일축압축강도 	<ul style="list-style-type: none"> · 지반의 극한 지지력 · 말뚝의 연직 지지력 · 지반반력계수 · 횡파속도

한편, 지반조사에서 이용되는 표준관입시험은 햄머(hammer)의 낙하방법, 측정자의 개인 오차, 지반상태에 따라 N-값이 심하게 변하므로, N-값은 합리적으로 보정하여 사용하여야 한다. 이들 보정에 관한 제안들을 분류하면 다음과 같다.

(1) 포화된 세립질 모래에 있어 ($D_{10}=0.05\sim 0.1\text{mm}$) N-값이 15이상으로 측정될 경우에는 Terzaghi-Peck(1948)은 다음과 같은 수정식을 제안하였다.

$$N = 15 + (N' - 15) / 2$$

$$N = N' \quad (N < 15\text{인 경우})$$

여기서, N = 수정치

N' = 실측치

(2) Rod 길이가 길어지면 Hammer와 Rod중량이 불균형 및 Rod의 변위 등으로 인해 hammer의 효율이 저하되는 점을 고려하여, Yoshinaka(1976)는 다음과 같은 수정 방법을 제안하였다.

$$N = N'(1 - X / 200)$$

여기서, N = 수정치

N' = 실측치

X = Rod 길이

(3) 사질지반에 있어 N-값의 측정치는 유효상재압의 크기에 따라 현저하게 커지는데, 유효상재압에 대한 수정방법으로는 여러 가지 방법이 있으나, 이 중 Peck, Hansen & Thornburn(1974)가 제시한 수정방법은 다음식과 같다.

$$N = N' \cdot C_n$$

$$C_n = 0.77 k' \text{ (for } k' > 0.25 \text{ kg/cm}^2\text{)}$$

여기서, N = 수정치

N' = 실측치

C_n = 수정계수

k' = 유효상재압 (kg/cm²)

2.4 실내암석 시험 (점하중 강도 시험:Point Load Test)

2.4.1 개요

이 시험은 암석의 강도에 따른 분류를 위한 index를 알아내는데 그 목적이 있다. 또한, index는 일축 인장강도, 단축 압축강도와 상관관계가 있어 강도를 구하는데 이용 되기도 한다. 시험의 종류로는 diametral test, axial test, block or irregular lump test 등이 있다. 시험기구가 운반이 가능한 간단한 것이기 때문에 현장과 시험실에서 모두 시험이 가능한 것이 특징이다.

2.4.2 시험기구

시험장치는 가압장치(지지대, 펌프, ram, 가압판), 하중측정장치, 두께 측정장치의 세부 분으로 나누어 진다.

1) 가압장치

아래, 위 가압판(platen)의 사이는 15~100mm 정도가 되어야 하며 ram과 lump의 용량은 암석을 파괴시키는데 충분해야 한다. 가압판의 형태는 60°의 원추형으로서 반경이 5mm 여야 한다. 시험 도중 지지대의 변형이 없어야 하며 가압판의 축은 $\pm 0.2\text{mm}$ 내에서 일 직선을 유지해야 한다. 또한 시험중에 가압판과 시료 사이에 spherical scale 등은 사용하지 않는다.

2) 하중측정장치

load cell, 유압 gage, ram에 연결된 transducer등을 사용할 수 있는데 이것들은 $\pm 5\%$ 이내의 오차의 범위를 가져야 한다.

3) 두께측정장치

시료의 두께를 측정하는 장치로서 직접 읽을 수 있는 자를 장치하거나 변형 transducer를 사용할 수 있다. 이들은 $\pm 2\%$ 이내의 오차 범위를 가져야 한다.

2.4.3 시험방법

1) 시료 선택 및 준비

시료는 그림 2.1에서와 같이 각 시험의 종류에 따라 알맞은 크기를 가지는 것을 선택하여야 하며 core나 lump시료 등은 톱으로 cutting하여 성형한 후에 시험을 한다.

2) Diametral test

그림 2.1의 (a)에 나타난 것과 같이 지름방향으로 가압하여 index를 구하는 시험이다. 시료는 길이 대 지름의 비가 1.0 이상인 것이어야 한다. 가압하는 점은 시료의 길이 중앙 부분으로서 축은 지름과 일치하는 방향이어야 한다. 이 시험에서는 시료의 지름(D)과 파괴시의 하중(P)을 기록한다.

3) Axial test

그림 2.1의 (b)와 같이 core 시료의 길이 방향으로 가압하는 시험을 말한다. 가압점은 시료단면의 중심으로 한다. 이 시험에서는 시료의 길이(D), 두께(W), 파괴시의 하중(P)을 기록한다.

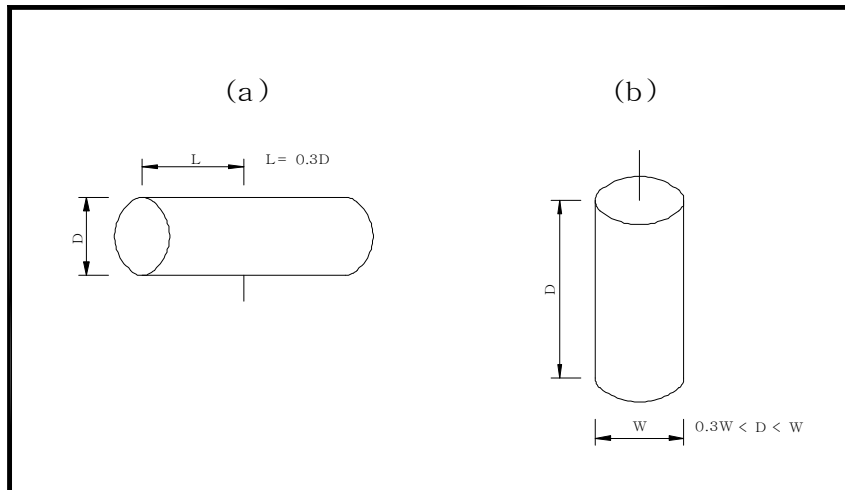


그림 2.1 Specimen shape requirements for
(a) The diametral test (b) The axial test

2.4.4 계산

시험에서 얻은 시료두께(D), 너비(W), 파괴시의 하중(P)으로부터 size 보정이 되지 않은 strength index를 구한다. 그 식은

$$s = \frac{P}{D_e^2}$$

이다. 여기에서 $D_e^2 = D^2$ (diametral test), $D_e^2 = 4A/\pi$ (axial, block and lump test)이고 $A = WD$ (가압판 접촉축이 포함된 면의 단면적)이다.

제3장

토질 및 암석의 분류방법

3.1 토질

3.2 암석

3. 토질 및 암석의 분류방법

3.1 토 질

3.1.1 흙의 분류방법

흙의 분류방법은 다음과 같은 방법을 사용하였다. 현장조사시 육안적 분류방법을 이용, 지층 구분에 활용하였으며 참고로 통일분류법에 의한 분류표를 수록하였다.

표 3.1 입도에 따른 분류 (단위 : mm)

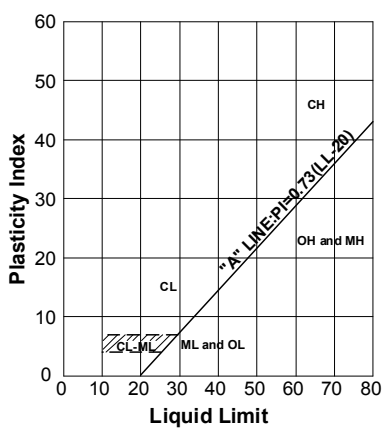
규정 명칭	자갈/모래/실트/점토/콜로이드 등의 입경 범위(mm)							
통일분류법 (USCS)	Gravel		Sand				Silt	clay
			coarse		fine			
	4.75		0.425		0.075		0.002	
KS F2302-64	자 갈 (G)			모 래 (S)			실트(M)	점토(C)
	굵은	중간	작은	굵은	가는			
	75	19	4.75	2.0	0.425	0.075	0.005	

표 3.2 육안적 분류

구 분	토립자의 육안적 판별과 일반적인 상태	손으로 쥐었다 놓음		손가락으로 끈모양으로 풀때
		건조상태	습윤상태	
모래 (sand)	개개의 입자 크기가 판별될 수 있는 입상을 보임. 건조상태에서 흩어져 내림.	덩어리지지않고 흐트러짐.	덩어리거나 가볍게 건드리면 흩어짐.	꼬아지지 않음.
실트질 모래 (silty sand)	입상이나 실트 또는 점토가 섞여 약간 점성이 있음. 모래질의 특성이 우세	덩어리거나 가볍게 건드리면 흩어짐.	덩어리지며 조심스럽게 다루면 부서지지 않음.	
사 질 실트 (sand silt)	상당량의 세립사와 소량의 점토를 함유하고 실트 입자가 반이상 건조되면 덩어리가 쉽게 부서져 가루가 됨.	덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음. 부서지면 밀가루 감촉	덩어리지며 자유롭게 다루어도 부서지지 않음. 부서지면 서로 엉긴다.	끈모양으로 꼬아지지 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아 지고 부드러움.
실트 (silt)	세립사와 점토는 극소량을 함유하고 실트가 80% 이상이며 건조되면 덩어리거나 쉽게 부서져 밀가루 감촉.	덩어리지며 자유롭게 만져도 부서지지 않음.	덩어리지면 자유롭게 만져도 부서지지 않으며 물에 젖으면 엉긴다.	완전히 꼬아지지 않으나 작게 끊어지는 상태로 꼬아지고 부드러움.
점토 (clay)	건조되면 아주 딱딱한 덩어리가 된다. 건조상태에서 잘 부서지지 않음.	상동	덩어리지며 부서지지 않으며 찰흙상태로 된다.	길고 얇게 꼬아짐. 점성이 큼.

흙의 입도와 consistency 한계에 의하여 흙을 공학적으로 분류하는 방법으로 A.Casagrande가 고안한 통일분류법(Unified Standard Classification System)은 흙의 공학적 성질을 분류 하는데 많이 활용되고 있으며 이를 요약하면 표 3.3과 같다.

표 3.3 통일분류법

주요구분		문자	대표적인 흙	분류기준
조립토 : 200번체 (0.075mm)에 50% 이상 남음	자갈(Gravel) :조립토중 4번체(4.76mm)에 50% 이상 남음	세립분이 약간 또는 없는 자갈	GW 입도분포가 좋은 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토 세립분이 약간 또는 없음	세립분의 함유율에 의한 분류 $C_u > 4 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ $1 < C_c < 3$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$
			GP 입도분포가 나쁜 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토 세립분이 약간 또는 없음	
		세립분을 함유한 자갈	GM 실트질의 자갈 또는 자갈, 모래, 점토의 혼합토	200 번체 통과율이 5% 이하인 경우 GP, SW, SP, GW
			GC 점토질의 자갈 또는 자갈·모래·점토의 혼합토	
	모래(Sand) : 조립토중 4번체(4.76mm)에 50% 이상 통과	세립분이 약간 또는 없는 모래	SW 입도분포가 좋은 모래 또는 자갈질의 모래 세립분은 약간 또는 없음	200 번체 통과율이 12% 이상인 경우 GC, SM, SC, GM
			SP 입도분포가 나쁜 모래 또는 자갈질의 모래 세립분은 약간 또는 없음	
		세립분을 함유한 모래	SM 실트질의 모래 모래·점토의 혼합토	200 번체 통과율이 5-12% 인 경우 2중 문자로 표시
			SC 점토질의 모래 모래·점토의 혼합토	
	세립토 : 200번체 (0.075mm)에 50% 이상 통과	액성한계 50% 이하인 실트나 점토	ML 무기질의 실트 매우 가는 모래, 압분, 소성이 작은 실트질의 세사나 점토질의 세사	소성도(Plasticity Chart)는 조립토에 함유된 세립분과 세립토를 분류하기 위해 사용된다. 소성도의 빗금친 곳은 2 중 표기해야 하는 부분이다. 
			CL 소성이 중간치 이하인 무기질 점토, 자갈질 점토, 모래질 점토, 실트질 점토, 소성이 작은 점토	
OL 소성이 작은 실트 및 실트질 점토				
액성한계 50% 이상인 실트나 점토		MH 무기질의 실트, 운모질 또는 규사의 세사 및 실트질 흙, 소성이 큰 실트		
		CH 소성이 큰 무기질의 점토, 소성이 큰 점토		
		OH 소성이 중간치 이상인 유기질 점토		
		Pt 이탄 및 그밖의 유기질을 많이 함유한 흙		

* 참고문헌 : ASTM D-2487(Unified Soil Classification System)

3.1.2 흙의 색조

흙의 색조는 3단계로 나누어 기재하였다. 첫번째 단계는 옅음(淡-light)과 진함(暗-dark)의 명암을 구분하였으며 두 번째 단계는 混色에 기술, 세 번째 단계는 기본색을 표현하였다.

표 3.4 흙의 색조

色	1	淡(담)					暗(암)				
	2	粉紅(분홍)	紅(홍)	黃(황)	褐(갈)	橄欖(감람)	綠(녹)	灰(회)			
	3	粉紅(분홍)	赤(적)	黃(황)	褐(갈)	橄欖(감람)	綠(녹)	靑(청)	白(백)	灰(회)	黑(흑)

3.1.3 표준관입시험치(N치)에 의한 흙의 연경도 및 상대밀도

시추조사와 병행하여 실시하는 원위치시험인 표준관입시험치(N치)에 의한 사질토의 상대밀도와 점성토의 연경도 대비기준은 표 3.5 및 표 3.6과 같다.

표 3.5 사질토의 상대밀도(Relative Density)

N - 치	상대밀도 (Relative Density)	내부마찰각(ϕ)		Feel or touch
		Peck	Meyerhof	
0~4	매우느슨	28.5°이하	30°이하	D13 철근이 속으로 쉽게 관입
4~10	느슨	28.5~30°	30~35°	삽으로 굴착가능
10~30	보통	30~36°	35~40°	D13 철근이 5파운드 함마로 쉽게 타입
30~50	조밀	36~41°	40~45°	D13 철근이 5파운드 함마로 쳐서 30cm 정도 타입
50 이상	매우조밀	41°이상	45°이상	D13 철근이 5파운드 함마로 5-6cm정도 관입 굴착시 곡괭이가 필요하며 타입시 금속음 발생

표 3.6 점성토의 연경도(Consistency)

N - 치	연경도 (Consistency)	일축압축강도 (kg/cm^2)	Feel or touch
2 이하	매우연약	0.25이하	주먹이 쉽게 10여cm 관입
2~4	연약	0.25~0.50	엄지손가락이 쉽게 10여cm관입
4~8	보통	0.50~1.00	노력하면 엄지손가락이 10여cm 관입
8~15	단단	1.00~2.00	손가락으로 관입이 힘이 든다
15~30	매우단단	2.00~4.00	손톱으로 자국이 남
30 이상	견고	4.00이상	손톱으로 자국을 내기가 어려움

3.1.4 함수상태

흙속에 함유된 수분의 정도를 나타내는 함수비는 4가지 상태로 나누어 기재하였으며 그 내용은 표 3.7과 같다.

표 3.7 함수상태

함 수 비(%)	상 태
0 ~ 10	건조(Dry)
10 ~ 30	습기(Moist)
30 ~ 70	습윤(Wet)
70 이상	포화(Saturated)

3.2 암 석

시추조사에 있어 암석의 분류는 일반적으로 풍화암, 연암, 보통암, 경암, 극경암의 다섯가지 등급으로 분류할 수 있으며 그 분류방법과 기재방법은 다음과 같다.

3.2.1 현장관찰 및 강도에 의한 분류

1) 풍화도에 의한 분류

암석기재에 사용되는 풍화도의 분류는 표 3.8와 같으며 신선(fresh), 다소풍화(slightly weathered)등으로 분류한다.

표 3.8 풍화도의 분류(ISRM, 1978)

풍 화 도	기 호	풍 화 상 태
잔류토(Residual Soil)	RS	풍화가 매우 심해 소성을 띠는 흙으로 변한 상태로 암의 조직과 구조는 완전히 파괴되어 있다. 체적변화가 크다.
완전풍화(Completely weathered)	CW	광물은 풍화되어 흙으로 변했지만 암의 조직과 구조는 남아 있다. 시료는 쉽게 부서지거나 관입된다.
많이풍화(Highly weathered)	HW	대부분 광물이 풍화되어 있으며 암시료는 손으로 힘들여 부러뜨릴 수 있으며 칼로 긁어낼 수 있다. 암반에 핵석(core stone)이 있을 수 있다. 조직은 뚜렷치 않지만 구조는 남아 있다.
보통풍화(Moderately weathered)	MW	전체적으로 풍화변색되고 장석과 같이 풍화에 약한 광물은 풍화되어 있다. 신선한 암보다 약하지만 손으로 부러뜨리거나 칼로 긁을 수 없다. 암조직은 남아 있다.
다소풍화(Slightly weathered)	SW	갈라진 틈의 내부에 다소 풍화변색된 상태를 제외하곤 신선(F)과 비슷하다.
신선(Fresh)	F	풍화된 흔적이 없으며 지질조사용 해머로 타격시 금속음을 내며 울린다.

2) 불연속면에 의한 분류

불연속면의 간격을 좁은(close), 넓은(wide)등으로 분류한다. 조사목적에 따라 절리의 형태(계단모양, 부드러운 모양, 평평한 모양등), 경사도, 표면형태(거칠다, 부드럽다, 매끄럽다), 균열이 벌어진 틈의 크기와 균열의 충전물(없다, 모래, 점토, 암편)등을 기술한다.

표 3.9 암반의 절리간격(ISRM, 1978)

절리(Joint) 간격	불연속면에 대한 기술
6.0m 이상	극히 넓은(extremely wide)
2.0 ~ 6.0m	매우 넓은(very wide)
0.6 ~ 2.0m	넓은(wide)
0.2 ~ 0.6m	보통(moderate)
6.0 ~ 20.0cm	좁은(close)
2.0 ~ 6.0cm	매우 좁은(very close)
2.0cm 이하	극히 좁은(extremely close)

3) 강도에 의한 분류

표 3.10에 따라 매우 약한, 약한 등으로 분류하고 표 3.10의 강도는 균열없는 신선한 암(intact rock)에 대한 범위를 나타낸다.

표 3.10 강도에 의한 분류(ISRM, 1978)

분 류	상 태	일축압축강도 (kg/cm ²)
극히강함(extremely strong)	여러번의 해머타격으로도 잘 깨어지지 않음	2,500 이상
매우강함(very strong)	여러번의 해머타격으로 깨어짐	1,000 ~ 2,500
강 함(strong)	1회 이상의 타격으로 깨어짐	500 ~ 1,000
보통강함(moderately strong)	해머의 1회 타격으로 깨어지는 정도	250 ~ 500
약 함(weak)	휴대용 칼로 긁어지지 않음	50 ~ 250
매우약함(very weak)	해머의 끝으로 타격해 부서지는 정도. 휴대용 칼로 쉽게 긁어짐	10 ~ 50
극히약함(extremely weak)	엄지손톱으로 자국이 나는 정도	2.5 ~ 10

3.2.2 국내의 암반의 분류기준

국내에서 적용되는 암반분류는 토목공사의 절토 및 성토, 기초굴착, 터널공사등에 이용되고 있는데 일반적으로 발주처에서 설계, 시공의 품셈 적용시에 이용되고 있다.

1) 고속철도공단의 분류기준

한국고속철도 공단이 “고속철도 터널 표준시방서(안)”에서 제시한 암반분류 방법은 표 3.11과 같이 일축압축강도, 탄성파속도, 변형계수등을 기준으로 분류하고 있다.

표 3.11 고속철도 시방서 지반분류(안)

지반등급	지반판정기준									
	일축 압축강도 (kg/cm ²)	탄성파 속도 (km/sec)	변형 계수 (kg/cm ²)	지반 강도비	시추코아상태			현장육안관찰		굴착후 상태
					시추점층	코아 회수율 (%)	RQD (%)	해머타격	균열 상태	
풍화암	<50	<1.2	1,000 ~ 4,000	1 이하	세편상으로 암편이 남아 있으나 원형코아가 없음	-	-	약한 해머 타격에 의해 부서지고 일부 손으로도 부서짐	-	암내부에 풍화진행 암의 구조 및 조직이 남아 있음
연암	50 ~ 250	1.2 ~ 2.5	4,000 ~ 10,000	1 ~ 4	암편상~세편상(각력상) 원형코아가 적고 원형복구가 곤란	40 이하	10 이하	해머로 치면 탁음을 내며 부서지고 균열이 되면서 갈라짐	5cm 이하	암내부를 제외하고 풍화진행 점성도가 절리면을 피복, 세편상으로 나옴
보통암	250 ~ 500	2.5 ~ 3.5	10,000 ~ 50,000	4 이상	대암편상~단주상 균열간격 10cm내외 5cm내외의 크기가 많고 원형복구가 가능	40 ~ 70	10 ~ 70	해머타격에 쉽게 갈라지며 연속면을 따라 비교적 작은 조각으로 갈라짐	10cm 내외	균열을 따라 다소 풍화진행 장식 및 유색광물 일부 변색
경암	500 ~ 1,000	3.5 ~ 4.5	50,000 ~ 100,000	-	단주상~봉상 대체로 20cm이하. 코아가 1m당 5~6개 이상	70 이상	70 ~ 90	강한 해머타격에 갈라지나 절리면을 따라 비교적 크게 갈라짐	5 ~ 15	대체로 신선 균열을 따라 약간 풍화 암내부는 신선
극경암	1,000 이상	4.5 이상	100,000 이상	-	봉상~장주상 코아가 거의 20cm이상 세편은 거의 포함되지 않은 상태	90 이상	90 이상	해머타격시 튀어오르고 여러번 타격시 갈라지나 신선한 면이 나타남	20 ~ 50	대단히 신선 변질되지 않음

주)중생대 퇴적암류는 경암 이하, 퇴적암 및 응회암류는 중경암 이하로 분류하며 화산암, 심성암, 변성암류 및 규화된 퇴적암류는 지반등급의 제한이 없음

2) 서울시의 분류기준

서울시에서는 토목공사와 관련하여 지반분류는 표 3.12의 서울시 표준지하분류 기준에 의하여 수행하는 것을 원칙으로 하고 있다. 본 분류는 강도외에 시추시의 코아시료의 상태와 절리의 간격등에 근거한 분류방법이다.

표 3.12 서울시 표준지반분류

지반분류	정성적 특징(노두조사 및 막장조사시)	시추조사시의 분류기준	개략현장 탄성파속도
			Vp(km/sec)
퇴적토층(DS)	원지반에서 분리, 이동되어 다른곳에 퇴적된 층으로 대체로 원지반 보다 연약하며 입자의 크기나 구성에 따라 세분. 흙의 통일분류법으로 세분	흙의 통일분류법으로 세분됨	-
풍화토층(RS)	조암광물이 대부분 완전 풍화되어 암석으로서의 결합력을 상실한 풍화잔류토로서 절리의 대부분은 풍화산물인 점토등 2차광물로 충전되어 흔적만 보이고 함수 포화시에 전단강도가 현저히 저하되기도 하며, 손으로 쉽게 부수어지는 지반	N < 50회/10cm 흙의 통일분류법으로 세분함	< 1.2
풍화암층(WR)	심한 풍화로 암석자체의 색조가 변색되었으며 충전물이 채워지거나 엷리, 절리가 많고, 가벼운 해머타격에 쉽게 부수어지며 칼로 흠집을 낼 수 있음. 절리간격은 좁음 이하이며 시추시 불편만 회수되는 지반	TCR ≥ 10% N ≥ 50회/10cm qu < 100kg/cm ²	1.0 ~ 2.5
연암층(SR)	절리면 주변의 조암광물은 중간 풍화되어 변색되었으나 암석내부는 부분적으로 약한 풍화가 진행중이며 해머타격시 둔탁한 소리를 내면서 파괴되고, 일부 열린 절리가 있으며 절리간격은 중간 정도인 지반	TCR ≥ 30% RQD ≥ 10% qu ≥ 100kg/cm ² Js ≥ 20cm	2.5 ~ 3.2
보통암층(MR)	절리면에서 약한 풍화가 진행되어 일부 변색되었으나 암석은 강한 해머타격에 다소 맑은 소리를 내면서 깨어지고, 절리면의 대부분은 밀착되어 있고 절리간격이 넓음	TCR ≥ 60% RQD ≥ 25% qu ≥ 250kg/cm ² Js ≥ 60cm	3.0 ~ 4.2
경암층(HR)	조암광물의 대부분이 거의 신선하며 암석은 강한 해머타격에 맑은 소리를 내며 깨어지고, 절리면은 잘 밀착되어 있고 절리간격이 매우 넓음	TCR ≥ 80% RQD ≥ 50% qu ≥ 500kg/cm ² Js ≥ 200cm	4.0 ~ 5.0
극경암층(XHR)	거의 완전하게 신선한 암으로서 절리면은 잘 밀착되어 있고 강한 망치타격에 맑은 소리를 내며 잘 깨어지지 않으며 절리간격이 극히 넓음	TCR ≥ 90% RQD ≥ 75% qu ≥ 1,000kg/cm ² Js ≥ 300cm	> 4.8

주) N: 표준관입시험, TCR : 코아회수율, RQD : 암질지수, qu : 코아시료의 일축압축강도,

Js : 절리면 간격, TCR 및 RQD는 NX공경 다이아몬드 비트와 이중 코아배럴을 사용한 시추시의 측정치임

3.2.3 R.Q.D(Rock Quality Designation)에 의한 분류방법

Deere(1967)에 의해 암반의 정량적인 평가방법의 하나로 제안된 R.Q.D(Rock Quality Designation)는 가장 널리 사용되는 시추 코아 회수율인 T.C.R(Total Core Recovery)를 발전시킨 개념으로 회수된 Core중 길이가 10cm 이상인 코아들의 길이의 합으로 다음과 같이 정의된다. 암질이 양호할수록 R.Q.D.값은 크며 심하게 풍화된 암석의 경우는 R.Q.D가 거의 "0" 의 값을 갖게 된다.

표 3.13 암반 양호도 평가(Deere, 1968)

R.Q.D (%)	Rock Quality
0~25	매우 불량(Very Poor)
25~50	불량(Poor)
50~75	보통(Fair)
75~90	좋다(Good)
90~100	매우 좋다(Excellent)

3.2.4 R.Q.D 및 T.C.R에 대한 계산 예

<ul style="list-style-type: none"> T.C.R(Total Core Recovery) : 코아회수율 $T.C.R(\%) = \frac{\text{회수된 Core의 길이}}{\text{총 시추길이}} \times 100(\%)$ <p>우측 그림에서 TCR = (38+17+7+20+43)/200×100% = 63%</p>	
<ul style="list-style-type: none"> R.Q.D(Rock Quality Designation) : 암질상태 $R.Q.D(\%) = \frac{\text{10cm 이상인 Core 길이의 합}}{\text{총 시추길이}} \times 100(\%)$ <p>우측 그림에서 RQD = (38+17+20+43)/200×100% = 59%(보통)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> 코어의 형상에 따라 암질이 다를 수 있음. 오른쪽 그림에서 코아 상태를 볼 때 10cm 이상의 코아길이의 합만을 고려하면 이 암반의 R.Q.D값이 크게 되나 암반상태는 아래쪽이 더 불량하므로 주상도에 암반의 풍화상태, 절리간격, 절리형태, 거칠기, 절리각도 등을 반드시 기재하여야 한다. 	

3.2.5 주상도 적용 기준

금번 조사시에는 서울시 표준지반분류를 이용하여 분류하였으며, 구조물형태 및 현장 지반조건을 고려하여 다음과 같은 분류기준으로 주상도에 반영하여 정리하였다.

표 3.14 금회 지반조사 암반분류 기준

지 층	정성적 특징	금번 주상도 분류기준	추가 분류기준
풍화암 (WR)	심한 풍화로 암석자체의 색조가 변색되었으며 충전물이 채워지거나 열린 절리가 많고, 가벼운 해머타격에 쉽게 부서지며 칼로 흠집을 낼 수 있음. 절리간격은 좁음 이하이며 시추시 암편만 회수되는 지반	TCR≥10% N≥50회/15cm qu<100kg/cm ²	시추속도 모양 및 크기 (암편 함유)
연 암 (SR)	절리면 주변의 조암광물은 중간 풍화되어 변색되었으나 암석내부는 부분적으로 약한 풍화가 진행 중이며 해머 타격시 둔탁한 소리를 내면서 파괴되고, 일부 열린 절리가 있으며 절리간격은 중간 정도인 지반	TCR≥30% RQD≥10% qu<100kg/cm ² Js≥20cm	시추속도 모양 및 크기 (단주상 코아 함유)
보통암 (MR)	절리면에서 약한 풍화가 진행되어 일부 변색되었으나 암석은 강한 해머타격에 다소 맑은 소리를 내면서 깨어지고, 절리면의 대부분이 밀착되어 있고 절리간격이 넓음	TCR≥60% RQD≥25% qu<250kg/cm ² Js≥50cm	시추속도 모양 및 크기 (단주~장주상 코아 함유)
경 암 (HR)	조암광물의 대부분이 거의 신선하며 암석은 강한 해머타격에 맑은 소리를 내며 깨어지고, 절리면은 잘 밀착되어 있고 절리간격이 매우 넓음	TCR≥80% RQD≥50% qu<500kg/cm ² Js≥100cm	시추속도 모양 및 크기 (장주상 코아 함유)

제4장

조사결과

- 4.1 지형
- 4.2 시추조사
- 4.3 공내측정수위
- 4.4 실내암석시험 결과

4. 조사결과

4.1 지형

행정구역상 서울시 은평구 진관동 240-9번지 일대에 위치한다 서쪽으로는 40m도로가 지나고, 북쪽으로 은평택지 개발지구 사무실이 위치해 있으며, 동쪽으로는 야산이 인접해 있다. 조사부지는 현재 나대지로 이용되고 있으며 본 사에서 실시한 현황 측량 결과 부지 내부는 EL.(+)52.54~54.75m로 2.21m정도의 고저차를 보이고 있다.

4.2 시추조사

본 조사지역의 지층구조는 최상부로부터 일부 성토층, 풍화토 그리고 기반암층인 풍화암, 연암의 순서로 분포하고 있다.

4.2.1 성토층

조사부지 최상부에 위치한 지층으로 BH-1, 4번 시추지역에서 확인되었으며 1.3~2.7m의 한 두께로 확인되었다. 주 구성성분은 점토 섞인 모래 등으로 구성되며 표준관입시험 결과 N치는 8회/30cm~27회/30cm로 느슨(loose)~보통조밀(medium dense)한 상대밀도를 나타낸다. 채취된 시료는 황갈색의 색조를 띠고 있다.

4.2.2 풍화토

최상부 또는 매립층 하부에서 확인된 지층으로 모든 시추공에서 2.7~8.4m의 두께로 분포한다. 모암이 오랜 기간 풍화를 받아 변질, 변색되어 미세한 조각으로 분해되어 원위치에 그대로 잔적된 지층에 해당되며 주 구성성분은 세립-중립의 모래로 구성된다. 시추조사와 병행하여 실시한 표준관입시험 결과 N치는 6회/30cm~50회/12cm로 느슨(loose)~매우조밀(very dense)한 상대밀도를 나타내며, 황갈색의 색조를 띠고 있다.

4.2.3 풍화암

본 층은 BH-1~6번 시추공에서 나타난 지층으로 상부의 풍화토층과 점이적인 관계를 가지며, 2.7~10.4m의 심도에서 확인되었다. 모암이 오랜 기간 풍화를 받아 변질, 변색되어 미세한 조각 및 암편으로 회수된다. 표준관입시험 및 시추작업 시 채취된 시료는 황갈색의 색조를 띠고 있으며, 풍화된 암의 구조를 보존하고 있고, 매우 조밀한 상대밀도를 나타낸다.

4.2.4 연암층

본 층은 BH-2, 5, 6, 7번 시추공에서 확인되었으며 조각상-장주상의 형태로 코아가 회수되며, 심한풍화상태를 나타낸다. 코아회수율은(T.C.R)이 100~86%, 암질지수(R.Q.D)가 0~49%로 나타나 보통암층에 해당되나 풍화정도, 강도, 절리간격을 관찰하여 연암으로 분류 하였다.

표 4.1은 금번 지반조사시 각 시추공의 대한 토층구성을 요약한 것이며, 그림 4.1~4.5은 시추조사위치도와 시추주상도를 토대로 하여 각 시추지역의 지층구조를 지층단면도로 도식화한 것이다.

표 4.1 지반조사 총괄표 (단위 : m)

공변 \ 토층	성토층	풍화토	풍화암	연 암	계	비 고
BH-1	0.0~1.3 (1.3)	1.3~9.7 (8.4)	9.7~15.0 (5.3)	-	15.0	
BH-2	-	0.0~7.9 (7.9)	7.9~10.6 (2.7)	10.6~11.6 (1.0)	11.6	
BH-3	-	0.0~3.6 (3.6)	3.6~14.0 (10.4)	-	14.0	
BH-4	0.0~2.7 (2.7)	2.7~10.8 (8.1)	10.8~15.0 (4.2)	-	15.0	
BH-5	-	0.0~2.8 (2.8)	2.8~10.4 (7.6)	10.4~11.4 (1.0)	11.4	
BH-6	-	0.0~3.9 (3.9)	3.9~10.2 (6.3)	10.2~11.2 (1.0)	11.2	
BH-7	-	0.0~2.7 (2.7)	-	2.7~5.7 (3.0)	5.7	

4.3 공내측정수위

각 시추공에 대하여 시추조사가 완료된 후 지하수위가 안정될 수 있는 24시간이 경과한 다음 공내수위를 측정한 결과를 정리하면 표 4.2와 같다.

표 4.2 공내측정수위 (단위 : m)

공 변	공내수위		공 변	공내수위		비 고
	G.L(-)	E.L(+)		G.L(-)	E.L(+)	
BH-1	10.8	42.57	BH-5	10.2	43.60	
BH-2	8.9	43.64	BH-6	9.7	45.05	
BH-3	10.4	43.11	BH-7	시추심도이하		
BH-4	10.3	43.26				

공내수위는 GL(-) 8.9~시추심도이하로로 측정되었으나 이는 기후 또는 계절적인 영향에 변화할 수 있으므로 굴착시 최종 지하수위를 확인하여야 할 것으로 판단된다.

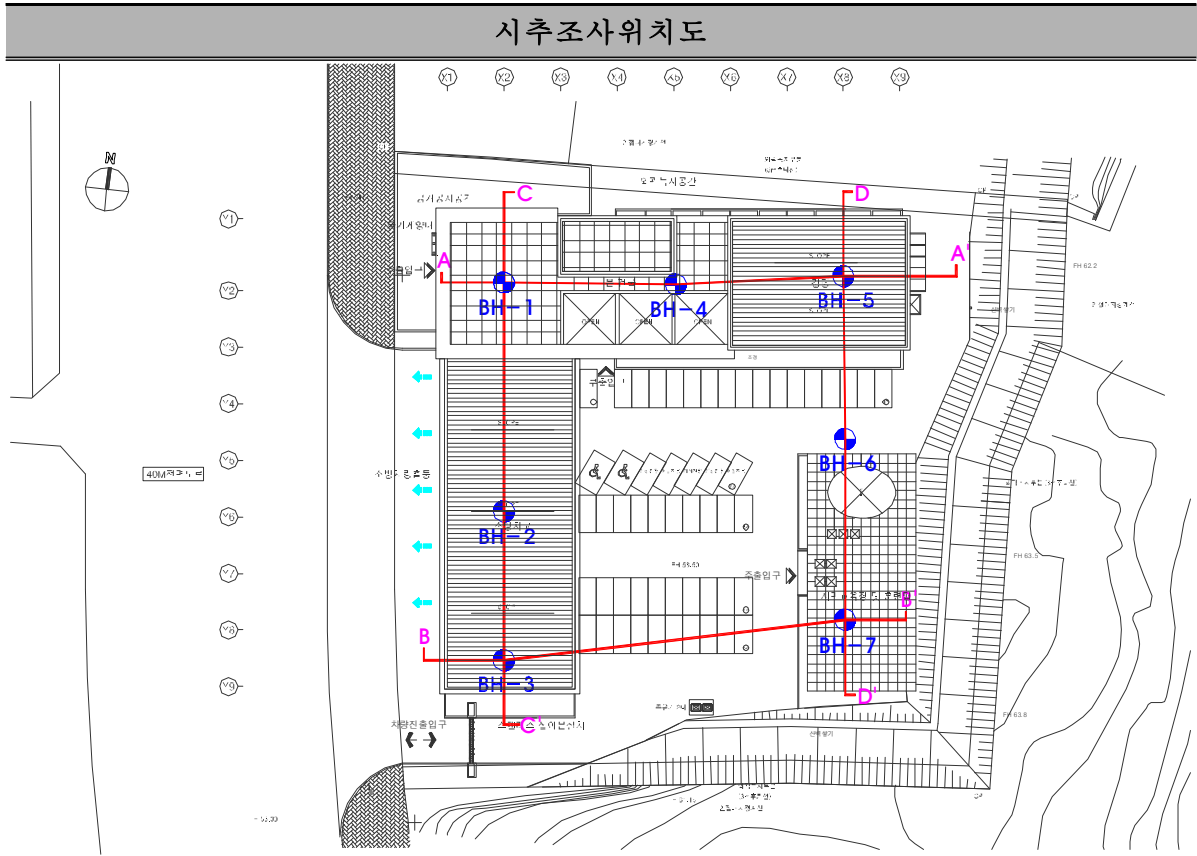


그림 4.1 시추 조사위치도

SECTION (A - A')

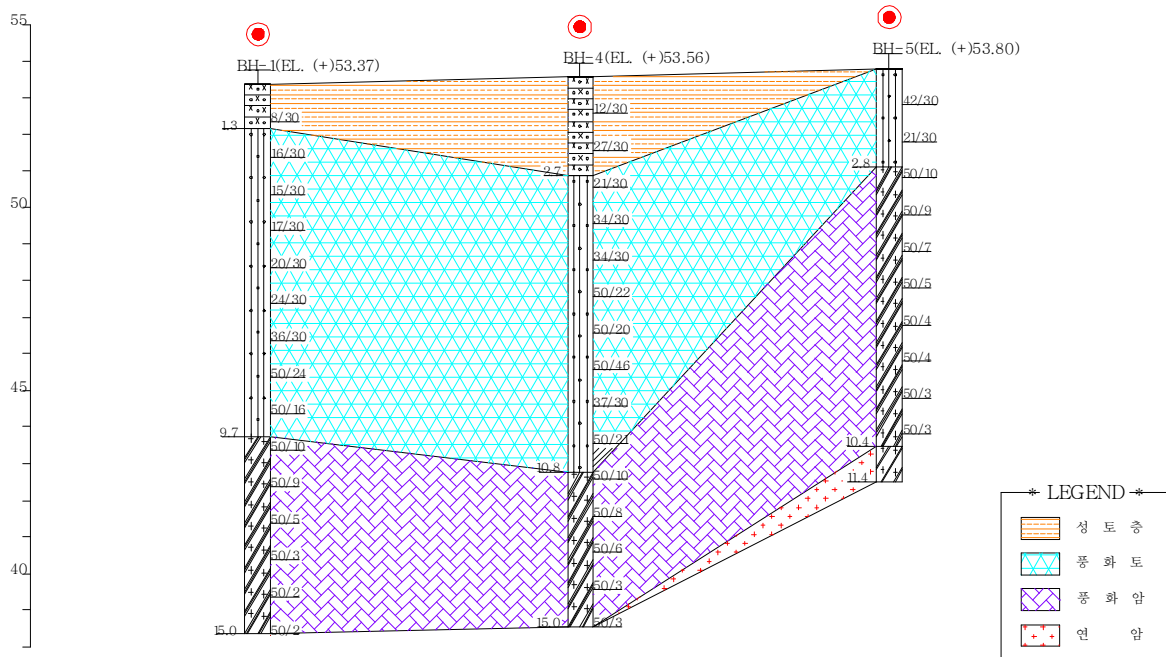


그림 4.2 시추 조사위치도

SECTION (B - B')

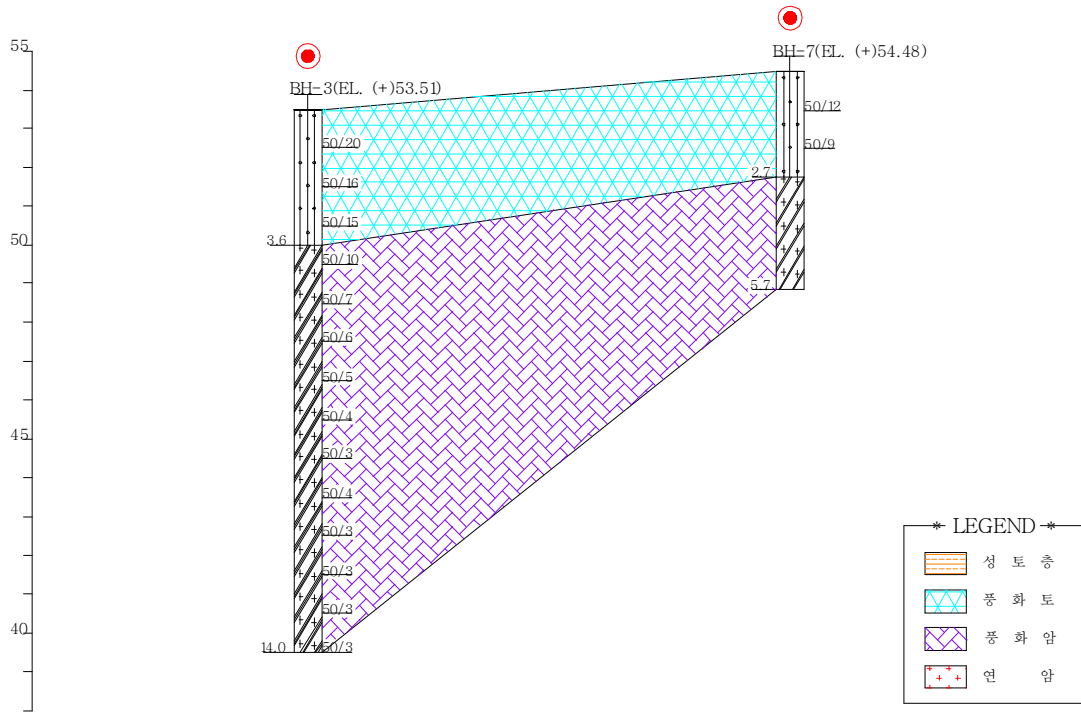


그림 4.3 지층단면도

SECTION (C - C')

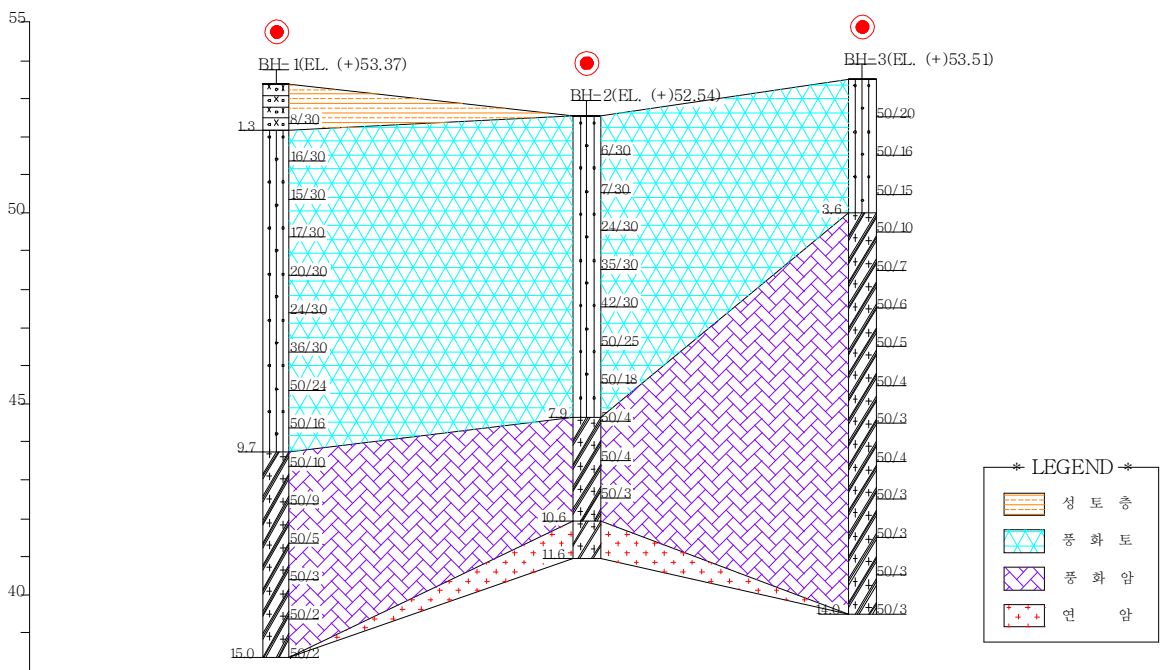


그림 4.4 지층단면도

SECTION (D - D')

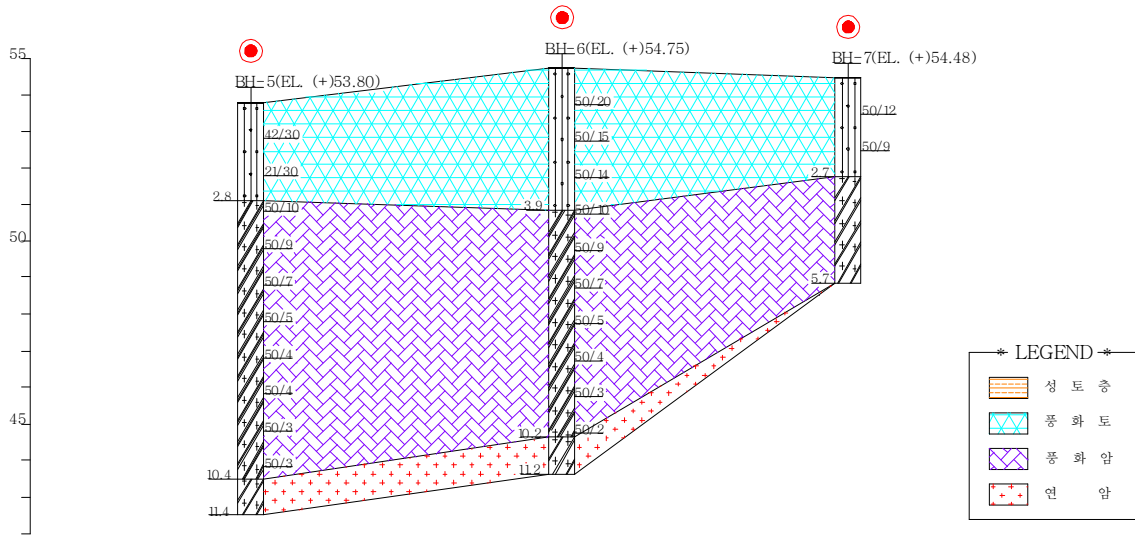


그림 4.5 지층단면도

4.4 실내암석시험 결과

본 시험은 채취된 코아시료 가운데 대표적인 시료를 선택하여 2.4절의 방법으로 시험을 실시하여 일축압축강도를 추정하였으며, 이에 대한 결과는 표 4.6과 같다.

표 4.3 일축압축강도시험 결과

구 분	지 층 명	시험심도(m)	강도(kgf/cm ²)	비 고
BH-2	연 암	11.5	406.5	
BH-5	연 암	10.7	225.8	
BH-7	연 암	2.8	542.0	

제5장

성과분석

- 5.1 기초공법에 대한 검토
- 5.2 직접기초의 지지력 검토
- 5.3 지지력 검토 결과

5. 성과분석

5.1 기초공법에 대한 검토

5.1.1 기초에 대한 일반사항

기초의 형식은 얇은기초(Shallow Foundation)와 깊은기초(Deep Foundation)로 나누어진다. 이러한 기초의 형식은 토층의 구성상태, 상부구조물의 하중조건 및 기초의 근입깊이 등에 따라 그 선택을 달리하게 된다.

얇은기초란 상부구조로부터 하중을 직접 지반에 전달시키는 형식의 기초로서 기초의 최소폭(B)과 근입깊이(Df)와의 비가 대체로 1.0이하($Df/B < 1$)인 경우를 말한다. 얇은기초는 그 형식과 기능에 따라 푸팅기초(Footing Foundation)와 전면기초(Mat 또는 Raft Foundation)로 나눈다. 푸팅기초는 지지하는 기둥과 벽의 관계로부터 다시 3종류로 나눌 수 있는데, 독립기초는 기둥만을 지지하는 경우이며, 연속기초라 함은 기둥수가 많다거나 또는 하중이 벽면의 벽을 통하여 전달되는 경우를 말하며, 이는 확대기초 라고도 한다. 전면기초란 상부 구조 전달면 아래의 지지토층위에 있는 단일슬래브 형식의 기초를 말한다.

깊은기초는 지표근처의 지층이 구조물 하중을 지지할 수 없을 경우 지중깊이 있는 견고한 지층에 하중을 전달시키는 형식의 기초이며, 이러한 깊은 기초에서 말뚝기초는 시공이 간편하고, 공사비가 저렴하여 깊은 기초공법으로서는 가장 대표적인 공법이다. 말뚝에는 이미 완성된 말뚝체를 타격이나 관입 또는 진동등에 의하여 지중에 박는 방법과 지중에 구멍을 뚫고, 그 속에 콘크리트를 쳐서 말뚝을 만드는 방법이 있다. 대체적으로 기초의 근입깊이가 6.0m이상 요구될때, 즉 지지지반이 6m이하의 깊이에서 출현할 때는 깊은기초인 말뚝기초 공법이 더 경제성이 있다.

어느 기초형식이든 다음에 설명하는 방법은 경험에 의하여 제안된 공식들이며, 현장여건에 맞는 정확한 지반지지력은 현장에서 평판재하시험 또는 말뚝재하시험에 의하여 확인되어야 한다. 특히, 성토 지역은 작업과정에 따라 지지력은 큰 차이를 나타내게 되므로 재하시험의 필요성은 더 크다. 또한, 기초는 다음과 같은 조건을 구비하여야 한다.

- ①최소 기초 깊이를 가지고 있을 것
- ②안전하게 하중을 지지할 것
- ③침하가 허용치를 초과하지 않을 것
- ④기초 시공이 가능할 것.

5.1.2 기초형식의 선정

전술한 바와 같이 구조물의 기초가 설치되는 지반이 계획 건축물의 작용하중과 현장재하시험에 의한 지반의 허용지내력과 상관계수로 볼 때 상부 구조물에 작용하는 하중을 충분히 지지할수 있으나에 따라 기초형식이 좌우된다.

일반적으로 직접기초는 양호한 지지지반에 사용된다. 계획건축물의 하중에 따라 다르지만 통상 사질토인 경우 N치 30회 이상, 점성토인 경우 N치 20회 이상으로 적용한다. 그러나 양호한 지지지반이라도 상부 구조물의 하중이 크거나 침하량이 허용변위량에 대한 제한이 있는 경우는 예외이며, 양호한 지지지반이라도 하부에 연약한 토층이 있는 경우는 직접기초공법을 적용할 수 없으며 연약지반을 개량하여 허용지내력(지지력+침하)에 문제가 없는 경우에 적용한다.

기초지반의 지지력은 지반의 강도와 기초크기 및 기초 근입깊이 등에 의해 결정되는데 지반의 강도가 부족한 경우 기초를 내려 양호한 지지지반에 기초를 설치하는 방법이 가장 확실하다. 그러나 하중이 큰 경우 양호한 지지지반에 독립 및 확대기초를 적용할 경우 터파기 효율, 중기의 작업조건, 토류시설의 설치 및 배수처리 등을 고려할 때 4m이상 깊이의 터파기는 비경제적이다. 지표근처의 토층이 구조물 하중을 지지할수 없는 경우 지중에 있는 견고한 지반에 하중을 전달시켜야 하므로 이때 말뚝기초와 같은 깊은기초를 적용한다.

말뚝(pile)에는 기성제품(R.C pile, P.C pile, 강관 pile)을 타격이나 압입, 사수, 진동 등에 의하여 지중에 설치하는 것과 지중에 구멍(hole)을 뚫고 그속에 콘크리트를 타설하여 말뚝을 형성시키는 방법이 있다. 말뚝을 선택시 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 상부 구조물의 중요도, 내구연한, 하중조건
- ② 지지층 깊이와 그 변화정도
- ③ 말뚝재료 구입 가능성
- ④ 지하수위 변동 가능성
- ⑤ 인접구조물이나 주위 환경과의 관계
- ⑥ 경제성

깊은 기초로서의 말뚝은 그 소요지지력이나 말뚝깊이 뿐만 아니라 시공중에 발생 할 수 있는 여러 가지 문제를 예상하여 선택하여야 한다.

기초형식 선정의 일반적인 기준은 표 5.1와 같으며 이는 일반적인 기준이며 절대적인 평가기준이 아니므로 전술한 바와 같이 제반 조건을 감안하여 선정하여야 한다.

표 5.1 기초형식 선정표 (참고 : “기초설계시공 핸드북” 福岡正巳 著 p161)

선정조건		기초형식	직접 기초	말뚝기초			피어기초			케이슨기초	
				RC	PC	강관	RCD	베노토	어스	오 픈	뉴머틱
				말뚝	말뚝	말뚝			드릴	케이슨	케이슨
지지 방식	완전지지 (Df지지층의심도)	Df : 0-5m	○	△	△	△	×	×	×	△	△
		5-10m	△	○	○	△	△	△	△	△	△
		10-20m	×	○	○	△	○	○	○	○	○
		20-30m	×	△	△	○	○	○	○	○	○
		30-60m	×	×	×	○	○	△	△	△	△
	불완전지지	△	○	○	△	○	○	○	○	○	
	미참지지	×	○	○	△	×	×	×	×	×	
지지층면 상태	평탄(30°정도이하)		○	○	○	○	○	○	○	○	○
	경사(30°정도이상)		△	△	△	○	△	○	△	△	○
	요철(울퉁불퉁)이심함		△	△	△	○	○	○	○	△	△
중간층 상 태	점 성 토	N치 4이하	-	○	○	○	○	○	○	△	○
		4-10	-	△	○	○	○	○	○	○	○
		10-20	-	×	△	○	○	○	○	○	○
	사 질 토	N치 15이하	-	○	○	○	○	○	○	○	○
		15-30	-	×	○	○	○	○	○	○	○
		30이상	-	△	×	△	○	○	△	△	○
느슨한 사질토 (N치<10의층이 5m정도 이상)		-	○	○	○	△	△	△	△	△	
전 석	10cm	-	△	△	○	○	○	△	○	○	
	10-30cm	-	×	×	△	×	△	×	○	○	
	30cm이상	-	×	×	×	×	△	×	△	○	
중간층과지 지층상태	지하수위가 기초하면 이상		△	○	○	○	○	○	○	○	○
	지하수위가 기초하면 이하		○	○	○	○	○	○	○	○	○
	지하수위가 말뚝선단 이하		-	○	○	○	○	○	○	○	○
	지표하 2m이상에 피압지하수 존재		△	○	○	○	△	△	△	△	○
	지표하 2m이상에 피압지하수 존재		×	○	○	○	×	×	×	×	△
	유동지하수 유속 3m/min정도 이상		△	○	○	○	×	×	×	△	○
표층 강도	보통의 경우		○	○	○	○	○	○	○	○	○
	연약점성토(N치< 2)		△	△	△	△	△	△	△	△	△
	느슨한 포화사질토(N치<10)		△	△	△	△	△	△	△	△	△
표층의 지 형	평탄(10°이하)		○	○	○	○	○	○	○	○	○
	경사(10°이상)		△	△	△	△	△	△	△	△	△
	요철(울퉁불퉁)이 심함.		△	△	△	△	△	△	△	△	△
하중 규모	기초1기당 (상시 + 일시하중)	200ton이하	○	○	○	○	△	△	△	×	×
		200 - 500	○	○	○	○	○	○	○	×	×
		500 - 1500	○	△	△	△	○	○	○	△	△
		1500ton이상	○	×	×	△	○	○	○	○	○
환 경	수상시공		△	○	○	○	○	×	△	△	△
	소음진동 대책		○	×	×	×	△	△	△	△	△
	인접구조물에 대한 영향		△	△	△	△	△	△	△	△	△
	작업공간이 협소할 경우		○	×	×	△	△	×	×	△	△
	유해 Gas의 영향		△	○	○	○	○	×	○	○	△

주 : 1) 지지층 강도 표준 <사질토 : N치 30이상, 점성토 : N치 20이상>

2) ○ : 조건이 적합하여 시공실적이 많음, △ : 조건이 보통이고 시공실적이 적음
× : 부적합하며 시공실적이 거의 없음.

5.1.3 경험에 의한 지지력 추정

개략적인 지지력 예측이 필요하거나 정밀한 토성치 조사를 시행할 여건이 못되는 경우 표 5.2와 같이 경험에 의한 지지력표를 이용할 수 있다.

표 5.2 지반의 허용지지력

기초지반의 종류	상시 (t/m ²)	지진시 (t/m ²)	목표하는 값		비고	
			N치	일축압축강도 (kg/cm ²)		
암반	균열이 적은 균일한 사암	250	375	-	100 이상	
	균열이 많은 경암	100	150	-	100 이상	
	연암, 풍화암	60	90	-	100 이상	
자갈층	밀실한 것	60	90	-	-	
	밀실하지 않은 것	30	45	-	-	
사질토지반	밀실한 것	30	45	30~50	-	표준관입 시험의 N치가 15이하인 경우에는기초지 반으로서 부적당
	보통의 것	20	30	15~30	-	
점성토지반	몹시 단단한 것	20	30	15~30	2.0~4.0	
	단단한 것	10	15	8~15	1.0~2.0	
	보통의 것	5	7.5	4~8	0.5~1.0	

주) ① 도로설계요령 제2권 P.472, 도로설계실무편람(토질 및 기초) P.222
 ② 암반의 허용지지력은 도로교 표준시방서(P.623) 기준임.

5.1.4 참조자료(설계정수 산정)

지반정수는 현장 및 실내시험으로 결정하는 것이 원칙이나 현장 및 실내시험을 할 수 없을 때 다음 표 5.3 및 표 5.4를 참고로 한다.

표 5.3 고속도로 설계에 적용된 설계정수

구분	호남 고속도로			88 고속도로		영동 고속도로	
풍화토	γ (t/m ³)	1.70	1.75	1.70	1.70	1.75	
	c (t/m ²)	0.25	0.3	0.25	0.3	0.35	0.2-0.25
	ϕ (deg)	35	31	31	30	35	25 - 30
풍화암	γ (t/m ³)	-	-	-	-	-	-
	c (t/m ²)	4.0	3.5	3.0	5.5-8.5	3.5	-
	ϕ (deg)	35	34	34	35	34	33
연암	γ (t/m ³)	-	-	-	-	-	-
	c (t/m ²)	-	-	-	-	-	13
	ϕ (deg)	-	-	-	-	-	35

표 5.4 토공재료의 개략적인 토질정수(일본)

종 류	재료의 상태		단위	내 부	점착력 c(t/m ²)	분류기호 (통일분류)	
			중량 (t/m ²)	마찰각 ø(deg)			
흙	자갈 및 자갈섞인 모래		다진것	2.0	40	0	GW, GP
	모 래	다진것	입도가 좋은 것	2.0	35	0	SW, SP
			입도가 나쁜 것	1.9	30	0	
	사 질 토	다진것		1.8	25	3 이하	SW, SC
점 성 토	다진것		1.8	15	5 이하	ML, CL MH, CH	
자	자 갈	밀실한 것, 입도가 좋은 것		2.0	40	0	GW, GP
		밀실치 않은 것, 입도가 나쁜 것		1.8	35	0	
	자갈섞인 모래	밀실한 것		2.1	40	0	GW, GP
		밀실치 않은 것		1.9	35	0	
	모 래	밀실한 것, 입도가 좋은 것		2.0	35	0	SW, SC
		밀실치 않은 것, 입도가 나쁜 것		1.8	30	0	
사 질 토	밀실한 것		1.9	30	3 이하	SM, SC	
	밀실치 않은 것		1.7	25	0		
점 성 토	굳은 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감. N=8~15) 약간, 무른 것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감, N=4~8) 무른 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감. N=2~4)		굳은 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감. N=8~15)	1.8	25	5 이하	ML, CL
			약간, 무른 것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감, N=4~8)	1.7	20	3 이하	
			무른 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감. N=2~4)	1.7	20	1.5이하	
점토 및 실트	굳은 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감. N=8~15) 약간 무른 것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감. N=4~8) 무른 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감. N=2~4)		굳은 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감. N=8~15)	1.7	20	5 이하	CH, MH, ML
			약간 무른 것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감. N=4~8)	1.6	15	3 이하	
			무른 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감. N=2~4)	1.4	10	1.5 이하	

한국도로공사 도로설계요령 제2권 “토공 및 배수”

5.2 직접기초의 지지력 검토

5.2.1 개요

일반적으로 기초가 구조물의 하중을 지반에 전달하고 구조물의 안정성 및 사용성을 확보하기 위해서는 다음과 같은 기본적인 요건을 만족시켜야 한다.

- ① 기초지반이 상부하중을 지지할 수 있는 능력, 즉 지지력(Bearing Capacity)이 충분히 확보되어야 한다.
- ② 기초의 침하량이 구조물의 종류 및 용도에 따른 허용치 이내이어야 한다.
- ③ 계절적 용적변화인 동결, 융해 등의 영향을 받는 이른바, 활동층(Active layer)에 의하여 기초의 손상이 생기지 않을 최소 근입깊이를 확보하여야 한다.

5.2.2 사질토 및 풍화암의 지지력 검토

기초의 극한지지력(Ultimate Bearing Capacity) 계산방법으로는 지반을 완전소성체로 보는 것과 탄성이론적인 견해 및 원호활동면을 가정한 것 등 여러 가지 방법이 있다. 이러한 여러 가지 방법중 어떠한 방법을 사용하여 기초의 지지력을 산정하느냐 하는 것은 대단히 어려울뿐만 아니라 또한 사용된 방법에 따라 그 값이 달라지므로 구조물의 안정성과 경제성이 좌우된다. 이들 식중에서도 Terzaghi, Meyerhof 및 Hansen 식이 가장 널리 사용되는 지지력 산정식이며 표 5.5와 같다.

표 5.5 지지력공식

<p>Terzaghi</p> $q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$ <p>N_c N_r N_q : 기초 지지력 계수</p>				
기초형상계수	연속	정사각형	직사각형	원형
α	1.0	1.3	$1+0.3B/L$	1.3
β	0.5	0.4	$0.5-0.1B/L$	0.3
<p>Meyerhof</p> $q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$ <p>s_c s_r s_q : 형상계수, d_c d_r d_q : 깊이계수, i_c i_r i_q : 경사계수</p>				
<p>Hansen</p> $q_u = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_1 \cdot B' \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r \cdot g_r \cdot b_r + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q$ <p>s_c s_r s_q : 형상계수 d_c d_r d_q : 깊이계수 i_c i_r i_q : 경사계수 g_c g_r g_q : 지반계수</p>				

5.3 지지력검토 결과

지반조사 결과 당 현장의 기초는 발주처에서 제시한 평면도 및 단면도를 참조해 볼 때 기초 면의 위치는 대략 본건물 구간이 G.L(-)5.6m, 주차장, 소방차고, 교육장 구간은 G.L(-)1.5m로 지반조사 결과 풍화토 및 풍화암층에 해당되어 이에 대한 지지력을 검토하였다.

표 5.6 풍화토 및 풍화암층의 허용지지력 산정결과(지지력공식 이용)

기초지반	해당지층 N값	기초크기 (B×L)	허용지지력 (t/m ²)			비 고
			Terzaghi	Meyerhof	Hansen	
풍화토	6~30	1.0×1.0m	9.1	11.5	14.1	
풍화토	30이상	1.0×1.0m	27.1	36.1	41.8	
풍화암	50	1.0×1.0m	50.8	70.9	78.4	
풍화토 : 단위중량 1.7(t/m ³), 내부마찰각 25.0(deg), 점착력 0.0(t/m ²) 풍화토 : 단위중량 1.9(t/m ³), 내부마찰각 30.0(deg), 점착력 0.5(t/m ²) 풍화암 : 단위중량 2.0(t/m ³), 내부마찰각 33.0(deg), 점착력 1.0(t/m ²)						

기초가 위치하는 예상지층의 지지력을 산정한 결과 N값 10~30 정도의 풍화토층에서 약 9.1~14.1/m², N값 30이상의 풍화토층에서 약 27.1~41.8/m² 정도의 지지력이 산정되었으며 풍화암층에서는 약 50.8~78.4t/m²의 지지력이 산정되었다. 그러나, 풍화토층의 경우 심도에 따라 N값의 변화가 6~50으로 매우 다양하게 확인되었고 산정된 지지력은 기초지반의 토질 정수를 가정하여 산출한 값이므로 굴착시 토층의 교란 등으로 인해 지지력이 상기의 값과 크게 상이 할 수 있으므로 기초면이 노출된 상태에서 현장재하시험을 반드시 실시하여 지지력 검증의 과정이 필요할 것으로 판단된다.

제6장

결과에 대한 검토

- 6.1 개 요
- 6.2 지층개요
- 6.3 채취시료 분석
- 6.4 기초지지력 산정결과

6. 결과에 대한 검토

6.1 개요

▶ 시추조사

조사항목	수량	조사내용 및 활용방안	설계적용
시추조사	7공 (NX-7개소)	• 지층현황 파악 및 지지층 확인	• 구조물기초 및 가시설 공법 선정
지하수위측정	7개소	• 지하수위 분포현황 파악	• 수리특성 분석
표준관입시험	1.0m 간 격	• 지반의 상대밀도 및 연경도 파악	• 지층에 따른 지반특성치 추정
실내 암석시험	3회	• 암반의 강도정수 산정	• 구조물기초 지내력 산정시 활용

6.2 지층개요

▶ 본 조사지역에서 지층구조는 최상부로부터 성토층, 풍화토, 기반암층인 풍화암 연암, 순서로 분포하고 있다.

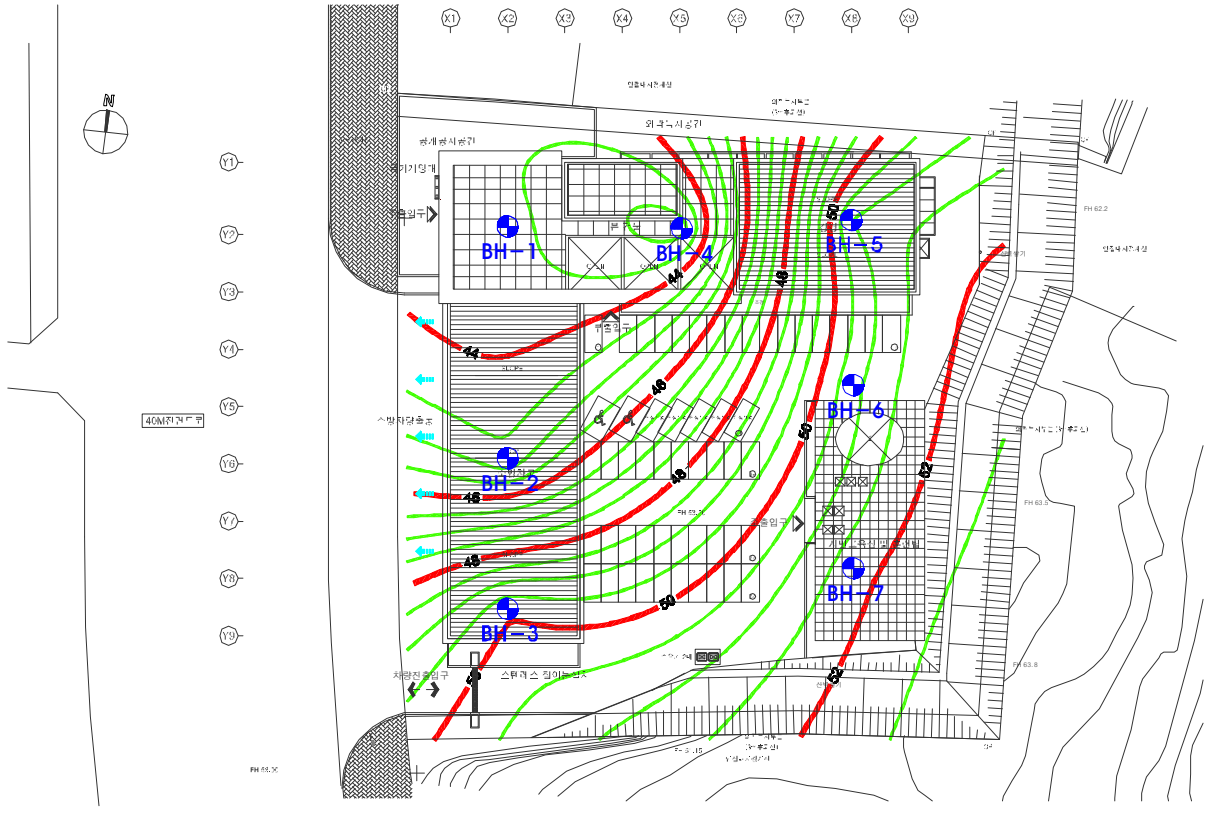
▶ 시추조사 결과

토층 공변	성토층	풍화토	풍화암	연 암	계	비 고
BH-1	0.0~1.3 (1.3)	1.3~9.7 (8.4)	9.7~15.0 (5.3)	-	15.0	
BH-2	-	0.0~7.9 (7.9)	7.9~10.6 (2.7)	10.6~11.6 (1.0)	11.6	
BH-3	-	0.0~3.6 (3.6)	3.6~14.0 (10.4)	-	14.0	
BH-4	0.0~2.7 (2.7)	2.7~10.8 (8.1)	10.8~15.0 (4.2)	-	15.0	
BH-5	-	0.0~2.8 (2.8)	2.8~10.4 (7.6)	10.4~11.4 (1.0)	11.4	
BH-6	-	0.0~3.9 (3.9)	3.9~10.2 (6.3)	10.2~11.2 (1.0)	11.2	
BH-7	-	0.0~2.7 (2.7)	-	2.7~5.7 (3.0)	5.7	

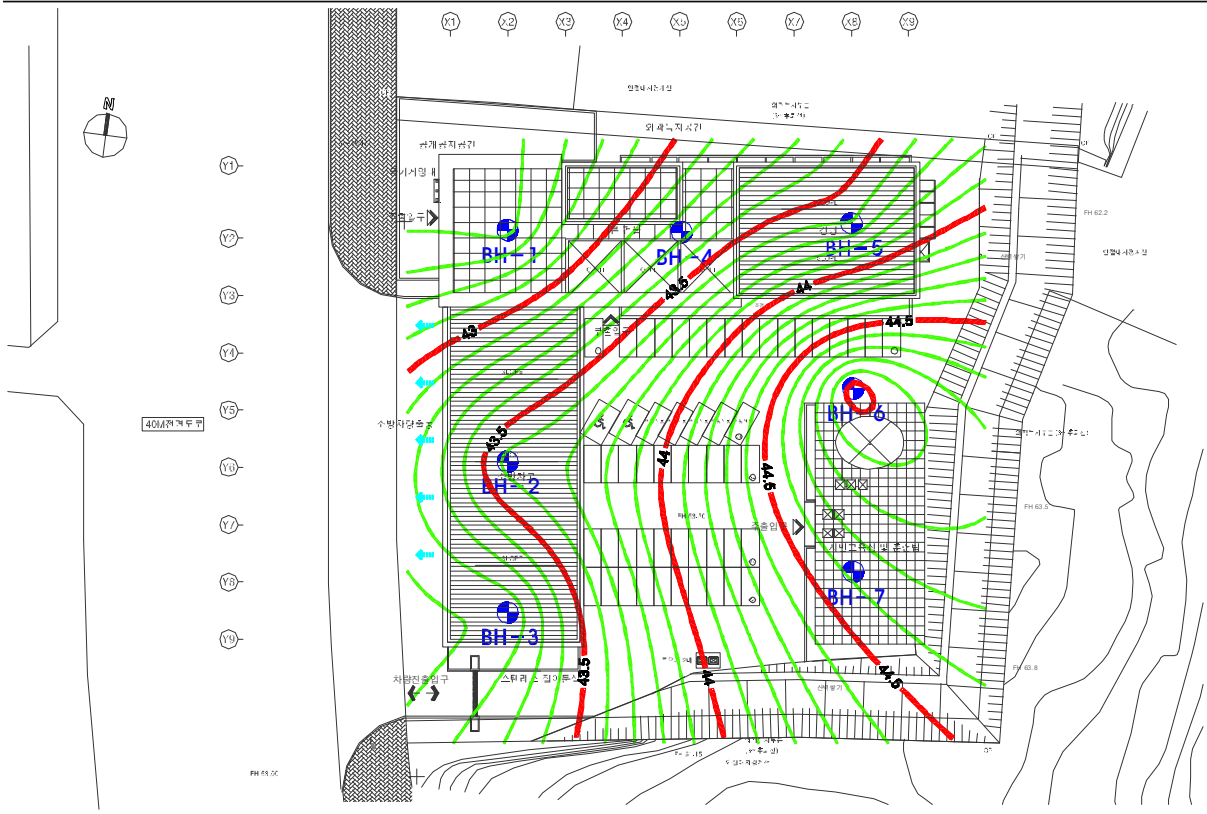
▶ 지하수위 측정

공 변	공내수위		공 변	공내수위		비 고
	G.L(-)	E.L(+)		G.L(-)	E.L(+)	
BH-1	10.8	42.57	BH-5	10.2	43.60	
BH-2	8.9	43.64	BH-6	9.7	45.05	
BH-3	10.4	43.11	BH-7	시추심도이하		
BH-4	10.3	43.26				

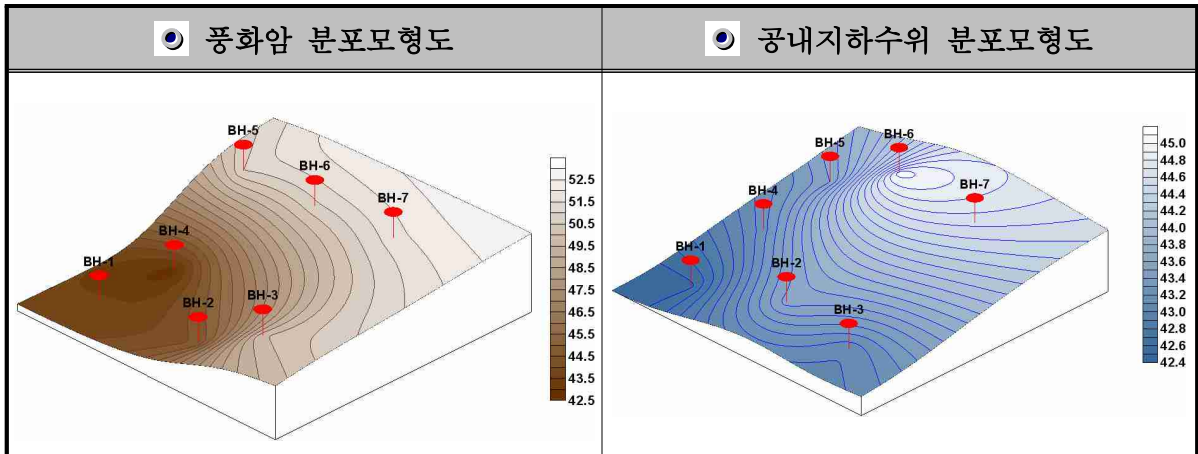
▶ 풍화암 등고선도



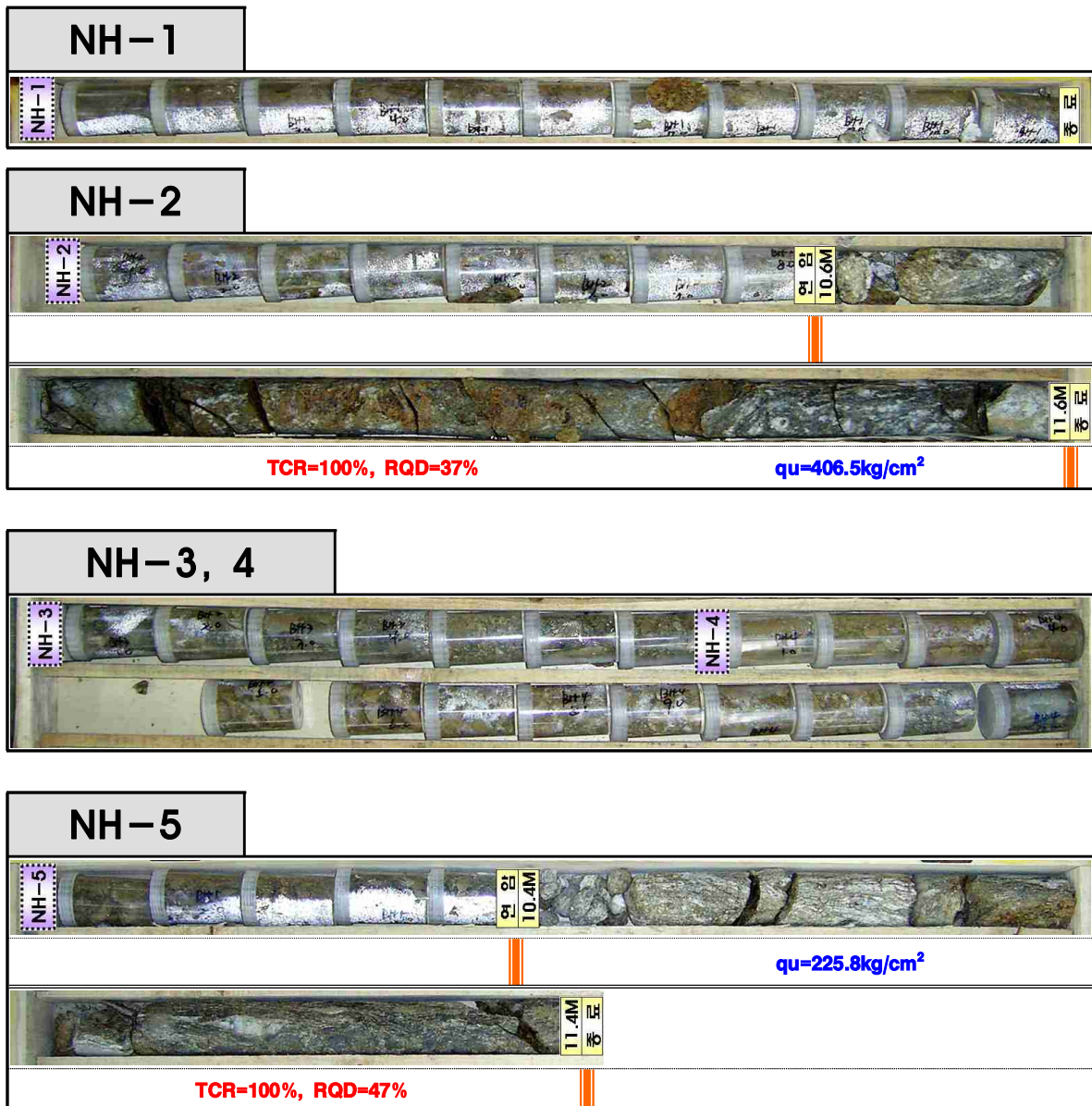
▶ 공내지하수위 등고선도

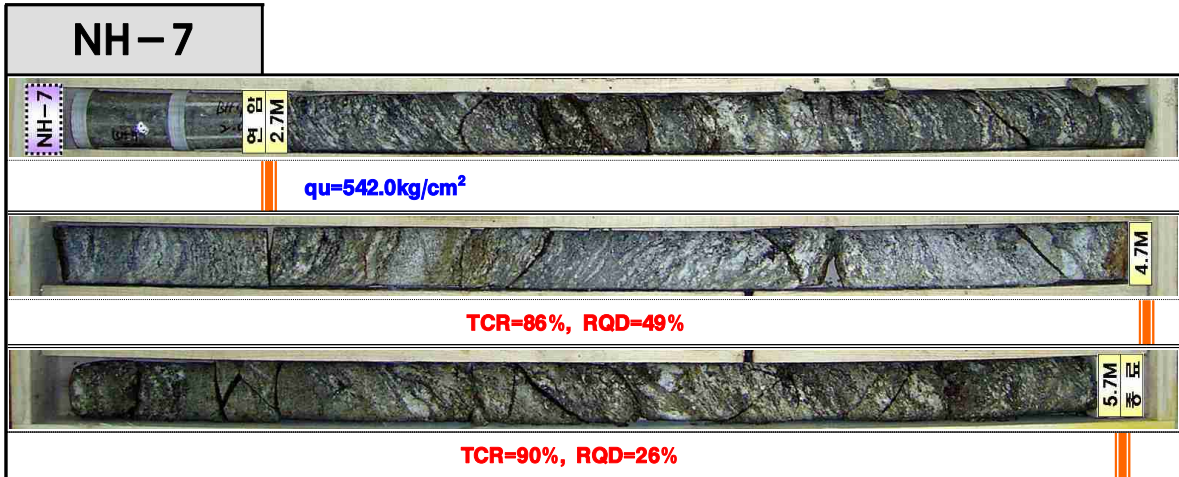
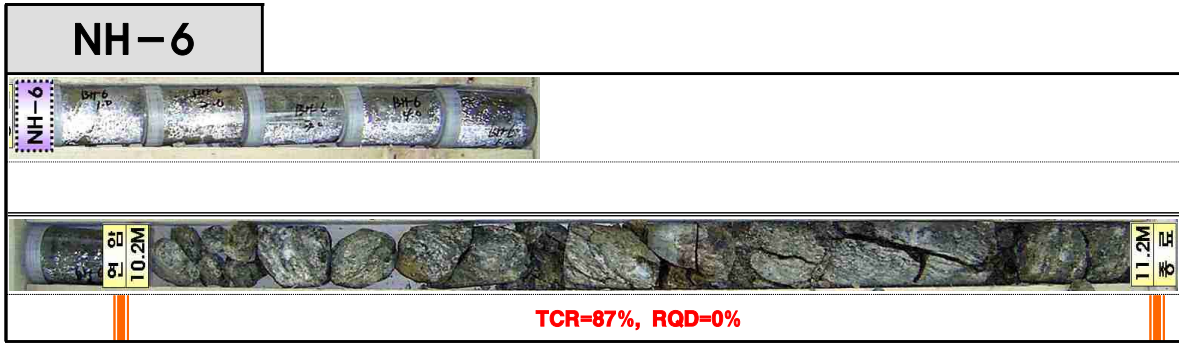


▶ 지층구성 분포 모형도



6.3 채취시료분석





*TCR : 코아회수율, RQD : 암질지수, qu : 일축압축강도

6.4 기초지지력 산정결과

- ▶ 기초설치 심도는 대략 G.L(-) 1.5m, 5.6m로 풍화토층 및 풍화암에 해당된다.
- ▶ 직접기초 허용지지력 산정결과

기초지반	해당지층 N값	기초크기 (B×L)	허용지지력 (t/m ²)			비고
			Terzaghi	Meyerhof	Hansen	
풍화토	6~30	1.0×1.0m	9.1	11.5	14.1	
풍화토	30이상	1.0×1.0m	27.1	36.1	41.8	
풍화암	50	1.0×1.0m	50.8	70.9	78.4	

풍화토 : 단위중량 1.7(t/m³), 내부마찰각 25.0(deg), 점착력 0.0(t/m²)

풍화토 : 단위중량 1.9(t/m³), 내부마찰각 30.0(deg), 점착력 0.5(t/m²)

풍화암 : 단위중량 2.0(t/m³), 내부마찰각 33.0(deg), 점착력 1.0(t/m²)

- ▶ 상기의 지지력은 개략적인 검토이므로 정확한 설계하중을 검토하여 경제성 및 시공성 등을 고려하여 기초형식을 선정하여야 한다
- ▶ 기초형식 선정시 기초의 침하 영향 및 지하수위의 영향 등을 고려하여야 하며 풍화토층의 경우 N값이 6~50으로 매우 다양하게 분포하므로 기초면이 노출된 상태에서 현장 재하시험을 반드시 실시하여 지지력 검증의 과정이 필요함.

제7장

부 록

- 7.1 시추조사 위치도
- 7.2 시추 주상도
- 7.3 실내암석 시험 성과
- 7.4 기초지지력 산정

시 추 주 상 도

DRILL LOG

1 매 층 1

PROJECT 공사명	은평소방서 이전 건립공사 지반조사	HOLE No. 시추번호	BH- 6	Sampling Method ○ Undisturbed 자연시료
LOCATION 위치	서울시 은평구 진관동 240- 9 일원	ELEVATION 지반 표고	54.75 m 지표면하	⊙ Sampled by penetration test 관입시험기에 의한 시료
DATE 년 월 일	2009. 1. 30.	Ground Water 지하수위	9.7 m	● Core sample 코아시료
		Inspector 검사자	K . L . YU	⊕ Disturbed sample 흐트러진시료

Depth 심도 m	Thick- ness 층후 m	Colum- nar Section 주상도	SAMPLE LENGTH (TCR%) (RQD%)	Description 기 사	층 일 분 류	샘 플 번 호	Sample		Standard Penetration Test 표준 관입 시험				
							Sampling method 채취 심도	N/ 30CM	N Blow 10 20 30 40				
0.0	3.9	●●		* 풍화토 심도 : 0.0 - 3.9m 세립- 중립의 모래. 매우조밀함. 습윤상태. 황갈색.		1	⊙ 1.0	50/20					
		●●				2	⊙ 2.0	50/15					
		●●				3	⊙ 3.0	50/14					
		●●				4	⊙ 4.0	50/10					
5		+ +		* 풍화암 심도 : 3.9 - 10.2m 모암의 구조를 보이며 타격에 의해서 세립 - 중립의 모래로분해됨. 매우조밀함. 황갈색.		5	⊙ 5.0	50/9					
		+ +						50/7					
		+ +						50/5					
		+ +						50/4					
		+ +						50/3					
10	6.3	+ +						50/2					
		+ +		* 연암 심도 : 10.2 - 11.2m 기반암의 연암으로 균열 및 절리가 발달 하였음. 암회색. 조각상- 단주상코아회수. 수평절리우세. 심한풍화 D- 3, S- 3, F- 4. TCR=87%, RQD=0%.									
15	1.0	+ +		* 11.2m에서 시추종료									
20													

POINT LOAD TEST FOR ROCK CORE

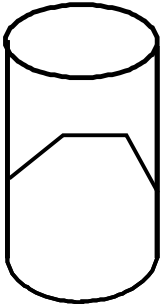
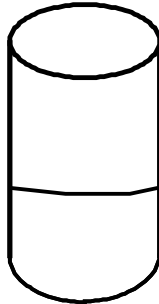
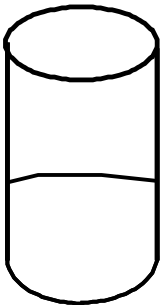
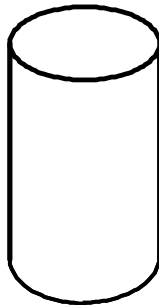
PROJECT : 은평소방서 이전 건립공사 지반조사

BORING NO. BH-2,5,7

DATE : 2009. 2.

NO	TEST.NO DEPTH (m)	DIAMETER (cm)	ABSORPTION (%)	WEIGHT (kg)	Is (kg/cm ²)	F	Is(50) (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
1	BH-2 11.5	-	-	450	16.642	1.018	16.9	406.5
2	BH-5 10.7	-	-	250	9.246	1.018	9.4	225.8
3	BH-7 2.8	-	-	600	22.189	1.018	22.6	542.0
4								

REMARKS

<p>1.</p> 	<p>2.</p> 
<p>3.</p> 	<p>4.</p> 

§ 직접 기초의 지지력 산정 §

1. 기초의 하중조건 및 지반조건 검토

- 검토 구조물의 기초형상, 하중조건, 지반조건은 다음과 같다.

구조물 기초 일반조건					지반조건						
구조물명	기초형상		근입깊이 Df (m)	하중조건 (tonf)	지반반력 (tf/m ²)	기초지반 지지층	평균 N치	γ ₁ (tf/m ³)	γ ₂ (tf/m ³)	c (tf/m ²)	φ (°)
	B (m)	L (m)									
은평소방서	1	1	1.00	-	-	풍화암	50	2.0	2.0	1	33

2. 직접기초의 허용지지력 산정

2.1 Terzaghi의 지지력공식에 의한 방법

1) 극한지지력 산정

$$\begin{aligned}
 q_u &= \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_1 \times B \times N_r + \gamma_2 \times D_f \times N_q \\
 &= 1.30 \times 1.0 \times 48.09 + 0.40 \times 2.00 \times 1.0 \times 31.94 \\
 &\quad + (2.00 \times 1.0 + \quad \times \quad) \times 32.23 \\
 &= \mathbf{152.53} \quad \text{tf/m}^2
 \end{aligned}$$

여기서, α, β : 기초의 형상에 따라 결정되는 계수(아래표 참조)

기초형식 형상계수	연 속	정사각형	직사각형	원 형	적 용
α	1.0	1.3	1 + 0.3 B/L	1.3	1.30
β	0.5	0.4	0.5 - 0.1 B/L	0.3	0.40

γ₁ : 기초저면 아래 지반의 단위중량 (tf/m³) = 1.0
 γ₂ : 근입지반의 단위중량 (tf/m³) = 2.0
 c : 기초지반의 점착력 (tf/m²) = 1.0 φ : 내부마찰각(°) 33
 B : 기초의 폭(m) = 1.0 L : 기초의 길이(m) 1.0
 D_f : 기초의 근입깊이 = 1.00 기초지반 지하수위 (m) = 1.00
 N_c, N_r, N_q : 기초의 지지력 계수
 N_c = 48.09 N_r = 31.94 N_q = 32.23

2) 허용지지력 산정 및 안정성 검토결과

- 안전율(F.S)을 3.0으로 채택하여 구한 허용지지력(qa)은 다음과 같다.

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{152.53}{3.0} = \mathbf{50.84}$$

2.2 Meyerhof의 지지력공식에 의한 방법

1) 극한지지력 산정

$$\begin{aligned}
 q_u &= c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \\
 &= 1 \times 38.64 \times 1.68 \times 1.37 \times 1 + 0.5 \times 2 \times 1 \times 26.09 \times 1.34 \times 1.18 \times 1 \\
 &\quad + 2 \times 26.16 \times 1.34 \times 1.18 \times 1 \\
 &= \mathbf{212.81} \quad \text{tf/m}^2
 \end{aligned}$$

여기서,

$$\gamma_1 : \text{기초저면 아래 지반의 단위중량 (tf/m}^3\text{)} = 1.0$$

$$\gamma_2 : \text{근입지반의 단위중량 (tf/m}^3\text{)} = 2.0$$

$$c : \text{기초지반의 점착력 (tf/m}^2\text{)} = 1.0 \quad \Phi : \text{내부마찰각 (}^\circ\text{)} = 33$$

$$B : \text{기초의 폭(m)} = 1.0 \quad L : \text{기초의 길이(m)} = 1.0$$

$$D_f : \text{기초의 근입깊이} = 1.00 \quad \text{기초지반 지하수위 (m)} = 1.00$$

형상계수 : s_c, s_r, s_q

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot K_p \cdot (B/L) = 1.68$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \cdot K_p \cdot (B/L) = 1.34$$

$$\therefore K_p = \tan^2(45 + \Phi/2) = \tan^2(45 + 33/2) = 3.39$$

깊이계수 : d_c, d_r, d_q

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot K_p^{1/2} \cdot (D_f/B) = 1.37$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \cdot K_p^{1/2} \cdot (D_f/B) = 1.18$$

경사계수 : i_c, i_r, i_q

$$i_c = i_q = (1 - \theta / 90)^2 = 1.00$$

$$i_r = (1 - \theta / \Phi)^2 = 1.00$$

$$\therefore \theta : \text{작용하중의 경사 (} \tan^{-1}(P_h / P_v)\text{)} = 0.0$$

기초의 지지력계수 : N_c, N_r, N_q

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \Phi} = 38.64$$

$$N_q = e^{(\pi \times \tan \Phi)} \tan^2(45 + \Phi/2) = 26.09$$

$$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4 \Phi) = 26.16$$

기초바닥위의 유효토피하중 : $= 2.00 \text{ t/m}^2$

2) 허용지지력 산정 및 안정성 검토결과

- 안전율(F.S)을 3.0으로 채택하여 구한 허용지지력(qa)은 다음과 같다.

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{212.81}{3.0} = \mathbf{70.94} \text{ tf/m}^2$$

2.3 Hansen의 지지력공식에 의한 방법

1) 극한지지력 산정

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_1 \cdot B^1 \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r \cdot g_r \cdot b_r + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \\ &= 1 \times 38.64 \times 1.68 \times 1.4 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &\quad + 0.5 \times 1 \times 1 \times 24.44 \times 0.6 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &\quad + 2 \times 26.09 \times 1.65 \times 1.59 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &= \mathbf{235.11} \text{ tf/m}^2 \end{aligned}$$

여기서,

형상계수 : s_c, s_r, s_q

$$s_c = 1 + (B/L) \times (N_q/N_c) = 1.68$$

$$s_r = 1 - 0.4 \times (B/L) = 0.60$$

$$s_q = 1 + (B/L) \times \tan \Phi = 1.65$$

깊이계수 : d_c, d_r, d_q ($D_f / B \leq 1$ 일때)

$$d_c = 1 + 0.4 \times (D_f/B) = 1.40$$

$$d_r = 1.00$$

$$d_q = 1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi) \times (D_f/B) = 1.59$$

경사계수 : i_c, i_r, i_q

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 1.00$$

$$i_r = [1 - (0.7 \cdot H) / (V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \Phi)]^5 = 1.00$$

$$i_q = [1 - (0.5 \cdot H) / (V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \Phi)]^5 = 1.00$$

$$\therefore H = \text{수평하중} = 0.0 \text{ tonf} \quad V = \text{연직하중} = 1.0 \text{ tonf}$$

지반계수 : g_c, g_r, g_q

$$g_c = 1 - \beta / 147 = 1.00 \quad g_r = g_q = (1 - 0.5 \times \tan \beta)^5 = 1.00$$

$$\therefore \beta = \text{지표면의 경사각 (수평면 기준)} = 0$$

기초저면 경사계수 : b_c, b_r, b_q

$$b_c = 1 - \eta / 147 = 1.00 \quad \therefore \eta = \text{기초의 저면이 수평면과 이투} = 0$$

$$b_r = \exp(-2.7 \eta \times \tan \Phi) = 1.00$$

$$b_q = \exp(-2 \eta \times \tan \Phi) = 1.00$$

기초의 지지력계수 : N_c, N_r, N_q

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \Phi} = 38.64$$

$$N_q = e^{(\pi \times \tan \Phi)} \tan^2 (45 + \Phi / 2) = 26.09$$

$$N_r = 1.5 (N_q - 1) \tan \Phi = 24.44$$

$$\text{기초바닥위의 유효토포하중} : = 2.00 \text{ tf/m}^2$$

2) 허용지지력 산정 및 안정성 검토결과

- 안전율(F.S)을 3.0으로 채택하여 구한 허용지지력(qa)은 다음과 같다.

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{235.11}{3.0} = 78.37$$

3. 직접기초의 허용지지력 평가방법 및 산정결과 요약

검토방법	제안자 및 기준	산정결과 (tf/m ²)	적용허용지지력 (tf/m ²)	비 고
정역학적 지지력 공식	Terzaghi	50.8	50.8	
	Meyerhof	70.9		
	Hansen	78.4		

§ 직접 기초의 지지력 산정 §

1. 기초의 하중조건 및 지반조건 검토

- 검토 구조물의 기초형상, 하중조건, 지반조건은 다음과 같다.

구조물 기초 일반조건					지반조건						
구조물명	기초형상		근입깊이 Df (m)	하중조건 (tonf)	지반반력 (tf/m ²)	기초지반 지지층	평균 N치	γ ₁ (tf/m ³)	γ ₂ (tf/m ³)	c (tf/m ²)	φ (°)
	B (m)	L (m)									
은평소방서	1	1	1.00	-	-	풍화토	30이상	1.9	1.9	0.5	30

2. 직접기초의 허용지지력 산정

2.1 Terzaghi의 지지력공식에 의한 방법

1) 극한지지력 산정

$$\begin{aligned}
 q_u &= \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_1 \times B \times N_r + \gamma_2 \times D_f \times N_q \\
 &= 1.30 \times 0.5 \times 37.16 + 0.40 \times 1.90 \times 1.0 \times 19.13 \\
 &\quad + (1.90 \times 1.0 + \quad \times \quad) \times 22.46 \\
 &= \mathbf{81.37} \quad \text{tf/m}^2
 \end{aligned}$$

여기서, α, β : 기초의 형상에 따라 결정되는 계수(아래표 참조)

기초형식 형상계수	연 속	정사각형	직사각형	원 형	적 용
α	1.0	1.3	1 + 0.3 B/L	1.3	1.30
β	0.5	0.4	0.5 - 0.1 B/L	0.3	0.40

γ₁ : 기초저면 아래 지반의 단위중량 (tf/m³) = 0.9
 γ₂ : 근입지반의 단위중량 (tf/m³) = 1.9
 c : 기초지반의 점착력 (tf/m²) = 0.5 φ : 내부마찰각(°) 30
 B : 기초의 폭(m) = 1.0 L : 기초의 길이(m) 1.0
 D_f : 기초의 근입깊이 = 1.00 기초지반 지하수위 (m) = 1.00
 N_c, N_r, N_q : 기초의 지지력 계수
 N_c = 37.16 N_r = 19.13 N_q = 22.46

2) 허용지지력 산정 및 안정성 검토결과

- 안전율(F.S)을 3.0으로 채택하여 구한 허용지지력(qa)은 다음과 같다.

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{81.37}{3.0} = \mathbf{27.12}$$

2.2 Meyerhof의 지지력공식에 의한 방법

1) 극한지지력 산정

$$\begin{aligned}
 q_u &= c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \\
 &= 0.5 \times 30.14 \times 1.6 \times 1.35 \times 1 + 0.5 \times 1.9 \times 1 \times 18.4 \times 1.3 \times 1.17 \times 1 \\
 &\quad + 1.9 \times 15.67 \times 1.3 \times 1.17 \times 1 \\
 &= \mathbf{108.37} \quad \text{tf/m}^2
 \end{aligned}$$

여기서,

$$\gamma_1 : \text{기초저면 아래 지반의 단위중량 (tf/m}^3\text{)} = 0.9$$

$$\gamma_2 : \text{근입지반의 단위중량 (tf/m}^3\text{)} = 1.9$$

$$c : \text{기초지반의 점착력 (tf/m}^2\text{)} = 0.5 \quad \Phi : \text{내부마찰각 (}^\circ\text{)} = 30$$

$$B : \text{기초의 폭(m)} = 1.0 \quad L : \text{기초의 길이(m)} = 1.0$$

$$D_f : \text{기초의 근입깊이} = 1.00 \quad \text{기초지반 지하수위 (m)} = 1.00$$

형상계수 : s_c, s_r, s_q

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot K_p \cdot (B/L) = 1.60$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \cdot K_p \cdot (B/L) = 1.3$$

$$\therefore K_p = \tan^2(45 + \Phi/2) = \tan^2(45 + 30/2) = 3.00$$

깊이계수 : d_c, d_r, d_q

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot K_p^{1/2} \cdot (D_f/B) = 1.35$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \cdot K_p^{1/2} \cdot (D_f/B) = 1.17$$

경사계수 : i_c, i_r, i_q

$$i_c = i_q = (1 - \theta / 90) ^ 2 = 1.00$$

$$i_r = (1 - \theta / \Phi) ^ 2 = 1.00$$

$$\therefore \theta : \text{작용하중의 경사 (} \tan^{-1}(P_h / P_v)\text{)} = 0.0$$

기초의 지지력계수 : N_c, N_r, N_q

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \Phi} = 30.14$$

$$N_q = e^{(\pi \times \tan \Phi)} \tan^2(45 + \Phi/2) = 18.40$$

$$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4 \Phi) = 15.67$$

기초바닥위의 유효토피하중 : $= 1.90 \text{ t/m}^2$

2) 허용지지력 산정 및 안정성 검토결과

- 안전율(F.S)을 3.0으로 채택하여 구한 허용지지력(qa)은 다음과 같다.

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{108.37}{3.0} = 36.12 \text{ tf/m}^2$$

2.3 Hansen의 지지력공식에 의한 방법

1) 극한지지력 산정

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_1 \cdot B^1 \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r \cdot g_r \cdot b_r + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \\ &= 0.5 \times 30.14 \times 1.61 \times 1.4 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &\quad + 0.5 \times 0.9 \times 1 \times 15.07 \times 0.6 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &\quad + 1.9 \times 18.4 \times 1.58 \times 1.58 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &= 125.31 \text{ tf/m}^2 \end{aligned}$$

여기서,

형상계수 : s_c, s_r, s_q

$$s_c = 1 + (B/L) \times (N_q/N_c) = 1.61$$

$$s_r = 1 - 0.4 \times (B/L) = 0.60$$

$$s_q = 1 + (B/L) \times \tan \Phi = 1.58$$

깊이계수 : d_c, d_r, d_q ($D_f / B \leq 1$ 일때)

$$d_c = 1 + 0.4 \times (D_f/B) = 1.40$$

$$d_r = 1.00$$

$$d_q = 1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi) \times (D_f/B) = 1.58$$

경사계수 : i_c, i_r, i_q

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 1.00$$

$$i_r = [1 - (0.7 \cdot H) / (V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \Phi)]^5 = 1.00$$

$$i_q = [1 - (0.5 \cdot H) / (V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \Phi)]^5 = 1.00$$

$$\therefore H = \text{수평하중} = 0.0 \text{ tonf} \quad V = \text{연직하중} = 1.0 \text{ tonf}$$

지반계수 : g_c, g_r, g_q

$$g_c = 1 - \beta / 147 = 1.00 \quad g_r = g_q = (1 - 0.5 \times \tan \beta)^5 = 1.00$$

$$\therefore \beta = \text{지표면의 경사각 (수평면 기준)} = 0$$

기초저면 경사계수 : b_c, b_r, b_q

$$b_c = 1 - \eta / 147 = 1.00 \quad \therefore \eta = \text{기초의 저면이 수평면과 이투} = 0$$

$$b_r = \exp(-2.7 \eta \times \tan \Phi) = 1.00$$

$$b_q = \exp(-2 \eta \times \tan \Phi) = 1.00$$

기초의 지지력계수 : N_c, N_r, N_q

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \Phi} = 30.14$$

$$N_q = e^{(\pi \times \tan \Phi)} \tan^2 (45 + \Phi / 2) = 18.40$$

$$N_r = 1.5 (N_q - 1) \tan \Phi = 15.07$$

$$\text{기초바닥위의 유효토포하중} : = 1.90 \text{ tf/m}^2$$

2) 허용지지력 산정 및 안정성 검토결과

- 안전율(F.S)을 3.0으로 채택하여 구한 허용지지력(qa)은 다음과 같다.

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{125.31}{3.0} = 41.77$$

3. 직접기초의 허용지지력 평가방법 및 산정결과 요약

검토방법	제안자 및 기준	산정결과 (tf/m ²)	적용허용지지력 (tf/m ²)	비 고
정역학적 지지력 공식	Terzaghi	27.1	27.1	
	Meyerhof	36.1		
	Hansen	41.8		

§ 직접 기초의 지지력 산정 §

1. 기초의 하중조건 및 지반조건 검토

- 검토 구조물의 기초형상, 하중조건, 지반조건은 다음과 같다.

구조물 기초 일반조건					지반조건						
구조물명	기초형상		근입깊이 Df (m)	하중조건 (tonf)	지반반력 (tf/m ²)	기초지반 지지층	평균 N치	γ ₁ (tf/m ³)	γ ₂ (tf/m ³)	c (tf/m ²)	φ (°)
	B (m)	L (m)									
은평소방서	1	1	1.00	-	-	풍화토	30이하	1.7	1.7	0	25

2. 직접기초의 허용지지력 산정

2.1 Terzaghi의 지지력공식에 의한 방법

1) 극한지지력 산정

$$\begin{aligned}
 q_u &= \alpha \times c \times N_c + \beta \times \gamma_1 \times B \times N_r + \gamma_2 \times D_f \times N_q \\
 &= 1.30 \times 0.0 \times 25.13 + 0.40 \times 1.70 \times 1.0 \times 8.34 \\
 &\quad + (1.70 \times 1.0 + \quad \times \quad) \times 12.72 \\
 &= \mathbf{27.30} \quad \text{tf/m}^2
 \end{aligned}$$

여기서, α, β : 기초의 형상에 따라 결정되는 계수(아래표 참조)

기초형식 형상계수	연 속	정사각형	직사각형	원 형	적 용
α	1.0	1.3	1 + 0.3 B/L	1.3	1.30
β	0.5	0.4	0.5 - 0.1 B/L	0.3	0.40

γ₁ : 기초저면 아래 지반의 단위중량 (tf/m³) = 0.7
 γ₂ : 근입지반의 단위중량 (tf/m³) = 1.7
 c : 기초지반의 점착력 (tf/m²) = 0.0 φ : 내부마찰각(°) 25
 B : 기초의 폭(m) = 1.0 L : 기초의 길이(m) 1.0
 D_f : 기초의 근입깊이 = 1.00 기초지반 지하수위 (m) = 1.00
 N_c, N_r, N_q : 기초의 지지력 계수
 N_c = 25.13 N_r = 8.34 N_q = 12.72

2) 허용지지력 산정 및 안정성 검토결과

- 안전율(F.S)을 3.0으로 채택하여 구한 허용지지력(qa)은 다음과 같다.

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{27.30}{3.0} = \mathbf{9.10}$$

2.2 Meyerhof의 지지력공식에 의한 방법

1) 극한지지력 산정

$$\begin{aligned}
 q_u &= c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + 0.5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \\
 &= 0 \times 20.72 \times 1.49 \times 1.31 \times 1 + 0.5 \times 1.7 \times 1 \times 10.66 \times 1.25 \times 1.16 \times 1 \\
 &\quad + 1.7 \times 6.76 \times 1.25 \times 1.16 \times 1 \\
 &= \mathbf{34.61} \quad \text{tf/m}^2
 \end{aligned}$$

여기서,

$$\gamma_1 : \text{기초저면 아래 지반의 단위중량 (tf/m}^3\text{)} = 0.7$$

$$\gamma_2 : \text{근입지반의 단위중량 (tf/m}^3\text{)} = 1.7$$

$$c : \text{기초지반의 점착력 (tf/m}^2\text{)} = 0.0 \quad \Phi : \text{내부마찰각 (}^\circ\text{)} = 25$$

$$B : \text{기초의 폭(m)} = 1.0 \quad L : \text{기초의 길이(m)} = 1.0$$

$$D_f : \text{기초의 근입깊이} = 1.00 \quad \text{기초지반 지하수위 (m)} = 1.00$$

형상계수 : s_c, s_r, s_q

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot K_p \cdot (B/L) = 1.49$$

$$s_r = s_q = 1 + 0.1 \cdot K_p \cdot (B/L) = 1.25$$

$$\therefore K_p = \tan^2(45 + \Phi/2) = \tan^2(45 + 25/2) = 2.46$$

깊이계수 : d_c, d_r, d_q

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot K_p^{1/2} \cdot (D_f/B) = 1.31$$

$$d_r = d_q = 1 + 0.1 \cdot K_p^{1/2} \cdot (D_f/B) = 1.16$$

경사계수 : i_c, i_r, i_q

$$i_c = i_q = (1 - \theta / 90) ^ 2 = 1.00$$

$$i_r = (1 - \theta / \Phi) ^ 2 = 1.00$$

$$\therefore \theta : \text{작용하중의 경사 (} \tan^{-1}(P_h / P_v)\text{)} = 0.0$$

기초의 지지력계수 : N_c, N_r, N_q

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \Phi} = 20.72$$

$$N_q = e^{(\pi \times \tan \Phi)} \tan^2(45 + \Phi/2) = 10.66$$

$$N_r = (N_q - 1) \tan(1.4 \Phi) = 6.76$$

기초바닥위의 유효토피하중 : $= 1.70 \text{ tf/m}^2$

2) 허용지지력 산정 및 안정성 검토결과

- 안전율(F.S)을 3.0으로 채택하여 구한 허용지지력(qa)은 다음과 같다.

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{34.61}{3.0} = 11.54 \text{ tf/m}^2$$

2.3 Hansen의 지지력공식에 의한 방법

1) 극한지지력 산정

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + 0.5 \cdot \gamma_1 \cdot B^1 \cdot N_r \cdot s_r \cdot d_r \cdot i_r \cdot g_r \cdot b_r + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \\ &= 0 \times 20.72 \times 1.51 \times 1.4 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &\quad + 0.5 \times 0.7 \times 1 \times 6.76 \times 0.6 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &\quad + 1.7 \times 10.66 \times 1.47 \times 1.54 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &= 42.44 \text{ tf/m}^2 \end{aligned}$$

여기서,

형상계수 : s_c, s_r, s_q

$$s_c = 1 + (B/L) \times (N_q/N_c) = 1.51$$

$$s_r = 1 - 0.4 \times (B/L) = 0.60$$

$$s_q = 1 + (B/L) \times \tan \Phi = 1.47$$

깊이계수 : d_c, d_r, d_q ($D_f / B \leq 1$ 일때)

$$d_c = 1 + 0.4 \times (D_f/B) = 1.40$$

$$d_r = 1.00$$

$$d_q = 1 + 2 \times \tan \Phi \times (1 - \sin \Phi) \times (D_f/B) = 1.54$$

경사계수 : i_c, i_r, i_q

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 1.00$$

$$i_r = [1 - (0.7 \cdot H) / (V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \Phi)]^5 = 1.00$$

$$i_q = [1 - (0.5 \cdot H) / (V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \Phi)]^5 = 1.00$$

$$\therefore H = \text{수평하중} = 0.0 \text{ tonf} \quad V = \text{연직하중} = 1.0 \text{ tonf}$$

지반계수 : g_c, g_r, g_q

$$g_c = 1 - \beta / 147 = 1.00 \quad g_r = g_q = (1 - 0.5 \times \tan \beta)^5 = 1.00$$

$$\therefore \beta = \text{지표면의 경사각 (수평면 기준)} = 0$$

기초저면 경사계수 : b_c, b_r, b_q

$$b_c = 1 - \eta / 147 = 1.00 \quad \therefore \eta = \text{기초의 저면이 수평면과 이투} = 0$$

$$b_r = \exp(-2.7 \eta \times \tan \Phi) = 1.00$$

$$b_q = \exp(-2 \eta \times \tan \Phi) = 1.00$$

기초의 지지력계수 : N_c, N_r, N_q

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \Phi} = 20.72$$

$$N_q = e^{(\pi \times \tan \Phi)} \tan^2 (45 + \Phi / 2) = 10.66$$

$$N_r = 1.5 (N_q - 1) \tan \Phi = 6.76$$

$$\text{기초바닥위의 유효토포하중} : = 1.70 \text{ tf/m}^2$$

2) 허용지지력 산정 및 안정성 검토결과

- 안전율(F.S)을 3.0으로 채택하여 구한 허용지지력(qa)은 다음과 같다.

$$q_a = \frac{q_u}{F.S} = \frac{42.44}{3.0} = 14.15$$

3. 직접기초의 허용지지력 평가방법 및 산정결과 요약

검토방법	제안자 및 기준	산정결과 (tf/m ²)	적용허용지지력 (tf/m ²)	비 고
정역학적 지지력 공식	Terzaghi	9.1	9.1	
	Meyerhof	11.5		
	Hansen	14.1		