



말뚝基礎 設計와 土質定數

Design of Pile Foundation and Soil Parameters

柳 基 松*
Ryu, Ki Song

1. 서 언

토질공학에서 토질정수는 아직 명확히 정의되지는 않았으나 일반적으로 흙의 성질을 규정하는 정수를 총칭하는 말로 사용되고 있다. 설계에 필요한 토질정수로서 지금까지 가장 많이 이용되어 온 것은 강도정수와 압밀정수인데 강도정수는 지반의 지지력문제와 안정문제의 검토, 압밀정수는 지반 또는 흙구조물에 생기는 압밀침하문제 검토에 이용되고 있다.

여기서 말뚝기초설계에 사용되는 주요 토질정수는 표1과 같으며, *표시가 없는 것은 흙의 성상에 의하여 정해지는 토질정수, *표는 흙의 성상과 말뚝조건에 따라 정해지는 토질정수, **표는 흙, 말뚝 및 토층조건 등을 고려하여 정해

지는 넓은 의미의 토질정수를 나타낸다. 또한 이것은 흙 고유의 성상에 따른 토질정수로서 지반의 형태, 말뚝의 종류, 형상, 치수, 배치, 하중재하기간, 재하회수, 지지력 및 변위량을 구하는 방법 등 많은 조건과 연관되어 결정된다.

한편 말뚝의 지지력과 변위량은 토질정수로 취급하는데는 문제가 있으나 말뚝기초에서는 재하시험 등에 의하여 직접 이들을 판정하는 경우도 있으므로 본 고에서는 말뚝, 하중 및 지반 등을 종합하여 구하는 흙 고유의 정수로서 지반반력계수, 지지력도, 말뚝기초의 지지력 및 변위량에 관한 것을 주로 기술하고자 한다.

2. 토질조사

2.1 조사방법과 조사지점

표 1 말뚝기초 설계에 필요한 토질정수⁽¹⁾

구 분		토 질 정 수
지 지 력**	연 직	N치, 단위중량 γ , 점착력 c, 내부마찰각 ϕ , (지하수위)
	수 평	상기 외에 주동토압계수 K_u , 수동토압계수 K_p
탄 소 성 변 위 량**	연 직	지반의 변형계수 E_s , 연직방향지반반력계수* k_v , 수평방향탄성정수* K_h
	수 평	지반의 변형계수 E_s , 연직방향지반반력계수* k_h , 수평방향탄성정수* K_v
압	밀**	간극비 e, 압밀계수, c_v , 압축지수 C_c
응	력**	탄소성변위량과 같다.
기 타	지진시의 액상화	압도분포, N치, 일축압축강도 q_u , (지하수위)
	지반변위	안정계수** N_s , 원호활동안전도** γ , ϕ , c

* 農漁業土木技術士, 農漁村振興公社, 農工技術研究所 材料·土質試驗室長

말뚝기초 설계용 토질정수는 말뚝재하시험 및 토질조사시험 자료로부터 구하며, 이 방법은 각각 장단점이 있으므로 설계조건에 가장 적합한 조사방법을 복합적으로 조사하여 신뢰도가 높은 토질정수를 구하는 것이 좋다.

도로, 철도와 같이 긴 구간에 연속하여 설치되는 구조물 기초에서는 그림1과 같이 지형적으로 지지층이 가장 깊고 그 부근의 대표적인 토질로 예상되는 ㉓지점 및 지지층이 가장 낮고 토질조건이 다른 경계라고 예상되는 ㉑지점을 선정한다. 이들 지점의 간격이 너무 넓은 경우는 표2를 참조하여 간격을 조정하면 좋으며, ㉑지점은 먼저 조사한 중간모래 S₁층의 두께를 구

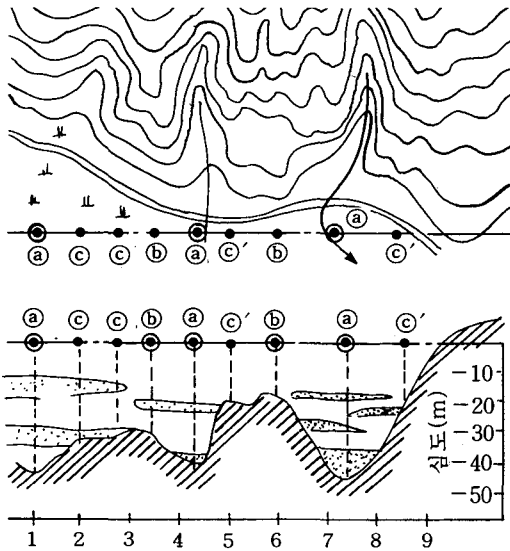


그림 1 지형과 보링조사 위치

표 2 토질조사간격기준(1)

구조물 형식	위 치	조 사 간 격
고 가 교	넓은평야	500m 정도
	좁은평야	200m 정도
	계 곡	100m 정도
	구 능 지	200m 정도
교 량	길고 큰 교량	양 교대 외에 200~300m 교대 각 1점
	작은교량	

하기 위하여, ㉑지점은 기반의 변화를 확인하기 위한 보완조사지점이다.

2.2 조사심도

말뚝기초 설계에서는 용도에 따라 조사대상 지층의 심도가 다르다. 예를 들면 지지층의 지지력 계산시는 말뚝 선단부근 지층의 강도를, 불완전지지 말뚝은 지지층 및 그 두께, 지지층 하부층의 강도 등의 조사가 필요하며, 수평변위량 및 수평하중에 의한 응력계산 시는 지표 부근 얕은 지층의 조사도 필요하므로 말뚝기초설계에 필요한 토질정수를 효율적으로 구하려면 사용목적에 적합한 심도의 토층에 대하여 필요한 조사를 해야 한다.

3. 토질정수를 구하는 방법

3.1 실내토질시험에 의한 토질정수

말뚝기초에 관한 실내토질시험은 주로 불교란 시료를 채취할 수 있는 점성토를 가지고 하며, 사질토는 N치시험으로는 판정하기 곤란한 입도 분포, 단위중량 등을 구하기 위하여 시험을 한다. 또한 N치로 토질정수를 구할 때는 신뢰도가 낮은 내부마찰각 등의 토질정수를 구하기 위하여 보완적으로 하는 경우도 있으며, 토질정수와 시험방법은 표3과 같다.

3.2 원위치시험에 의한 토질정수

3.2.1 말뚝재하시험

말뚝의 연직재하시험은 말뚝의 연직극한지지력, 침하량 및 이들에 연관되는 토질정수를 직접 구할 수 있는 가장 좋은 방법으로서 시험결과를 그림2와 같이 정리하여 말뚝의 극한지지력을 구할 수 있는데 하중조건 및 지반침하 등 몇 가지 문제점이 있다.

한편 수평재하시험에서는 말뚝의 수평변위량

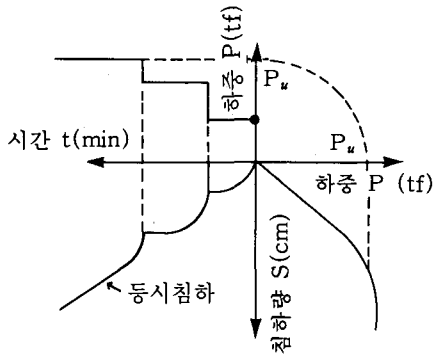


그림 2 극한지지력 판정

(δ), 수평방향탄성정수(K_h) 및 수평방향지반반력계수(k_h) 등을 구할 수 있으며, 이 시험방법은 시험말뚝과 실제 말뚝의 구속조건 차이 때문에 시험시 수평하중에 대한 수평변위량이 실제의 말뚝과 다른 경우가 많다.

표 3 비교관시료의 시험에 의한 토질정수와 시험방법(2)

토 질 정 수	시 험 방 법	비 고
점 착 력, c	일축, 삼축압축시험	연직지지력
내부마찰각, ϕ	삼축압축, 직접전단시험	
습윤단위중량 γ_w	단위중량측정	
건조단위중량 γ_d		
변형계수*, E_s	일축, 삼축압축시험	수평, 연직지지력, 말뚝응력
간극비*, e	압밀시험	압밀침하량
압밀계수*, C_v		

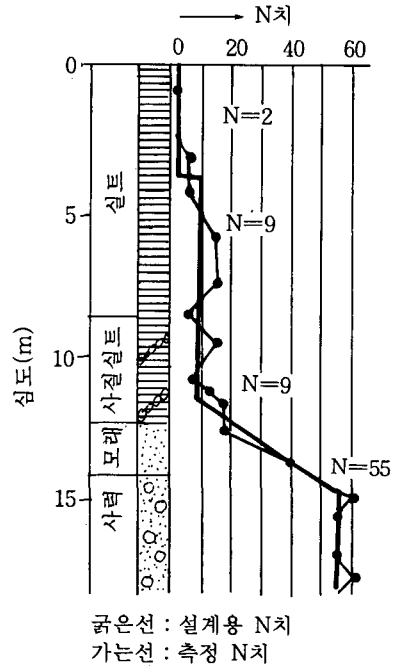
3.2.2 표준관입시험

이 시험으로 구한 N치는 설계에 필요한 지반의 성상을 그대로 나타내지 않는 경우도 있고 또한 그 값이 상당한 범위로 분산되어 있으므로 로드 및 토질에 대한 보정을 식(1) 및 (2)로 하고 그림3과 같이 설계용 N치를 구한다.

$$\text{로드에 대한 보정 : } N=N'(1-\frac{x}{200}) \dots \text{식(1)}$$

$$\text{토질에 대한 보정 : } N=15+\frac{1}{2}(N'-15) \dots \text{식(2)}$$

여기서, N: 보정한 N치
 N' : 측정된 N치
 x : 로드 길이(m)



굵은선 : 실계용 N치
 가는선 : 측정 N치

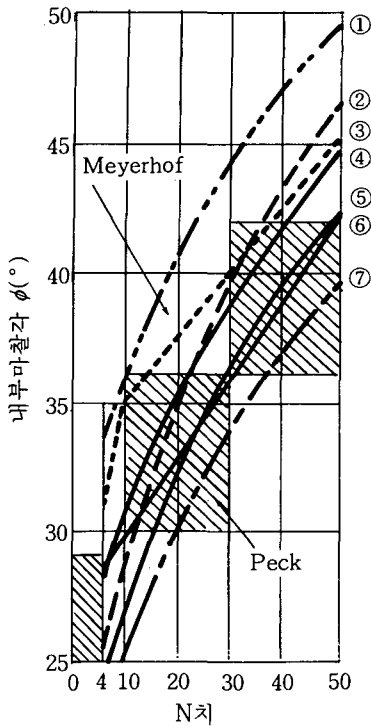
그림 3 설계용 N치

또한 그림4는 N치를 이용하여 사질토의 내부마찰각을 구하는 방법과 결과를 나타낸 것인데 N치가 같아도 판정방법에 따라서 그 값이 다르다. 정지토압계수는 표4를 이용하여, 흙의 단위중량은 N치와 흙의 단위중량 관계를 나타낸 표5를 이용하여 간접적으로 추정할 수 있으며, 사질토 지반의 변형계수는 다음 식으로 추정한다.

$$E_s = 28 \cdot N^{(3)} \dots \text{식(3)}$$

$$E_s = 25 \cdot N^{(4)}$$

여기서, E_s : 지반의 변형계수(kgf/cm²)
 N : 설계용 N치



- ① Dunham : $\phi = \sqrt{12N} + 25$
(모난 입자로서 입도양호)
- ② 大崎 : $\phi = \sqrt{20N} + 15$
 $\phi = \frac{5}{6}N + 26\frac{2}{3}$ ($10 \leq N \leq 50$)
- ③ Meyerhof : $\phi = \frac{1}{4}N + 32.5$ ($10 \leq N \leq 50$)
- ④ Dunham : $\phi = \sqrt{12N} + 20$
(동근입자로서 입도양호 또는 모난 입자로 균일입도)
- ⑤ 도로직접기초지침 : $\phi = \sqrt{15N} + 15$
- ⑥ 국철기초표준 : $\phi = 0.3N + 27$
- ⑦ Dunham : $\phi = \sqrt{12N} + 13$
(동근입자로서 균일입경)

그림 4 N치와 내부마찰각

표 4 N치와 정지토압계수⁽⁴⁾

흙의 종류	N 치	정지토압계수, K_0
모 래		0.5
균 은 점 토	$8 \leq N$	0.5
보 통 점 토	$4 \leq N < 8$	0.5
연 약 한 점 토	$2 \leq N < 4$	0.6
매우 연약한 점토	$N < 2$	0.7

표 5 N치와 흙의 단위중량⁽⁴⁾

구 분	N 치	단위중량, γ_i (tf/m ³)	
		일 반	수 중
사 질 토	50 이상	2.0	1.0
	40~50	1.9	0.9
	30~40	1.8	0.8
	30미만	1.6	0.6
점 토	20 이상	1.7	0.7
	20 미만	1.4~1.6	0.4~0.6

3.2.3. 정적콘관입시험

이 시험의 대표적인 것은 더치콘관입시험으로서 시험방법이 표준관입시험 보다 쉽고 측정치의 신뢰도가 높으나 말뚝의 지지층 및 단단한 모래, 자갈층은 관입이 어려우므로 말뚝기초에서는 지지층 및 중간 모래층의 심도확인, 수평변위량, 주변마찰력에 연관된 토질정수를 구할 경우 표준관입시험과 병행하여 시험하는 경우가 많다. 또한 토질정수는 콘지지력(q_c)과 N치 또는 점착력과의 상관관계도를 작성하여 구하는 경우가 많으며, 콘지지력으로 직접 말뚝의 지지력을 구하는 경우도 있다.

3.2.4. 평판재하시험

이 시험은 소요 심도까지 지반을 굴착해야 하기 때문에 심도가 깊을 경우는 곤란하므로 말뚝기초의 경우는 수평변위량 계산에 필요한 지표부근의 변형계수를 구하기 위하여 이 시험을 하며, 그림5를 이용하여 식(4)으로 변형계수를 구한다.

$$E_s = \frac{13 \cdot P \cdot I_p}{\Delta \delta} \dots \dots \dots \text{식(4)}$$

여기서, E_s : 지반의 변형계수(kgf/cm²)

P : 재하하중강도(kgf/cm²)

I_p : 형상계수(정방형:0.88, 원형:0.79)

$\Delta \delta$: 반복하중재하에 대한 변위량(cm)

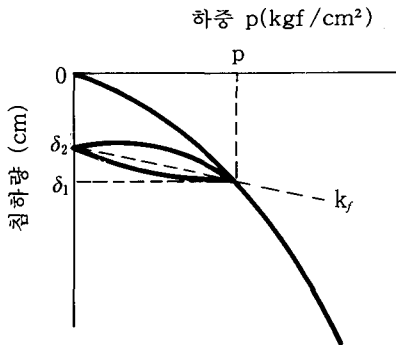


그림 5 평판재하시험의 E_s 판정

3.2.5 보링공내 수평재하시험

이 시험은 지반조건 및 심도 등에 제한이 없으므로 깊은 기초에 응용범위가 넓은 시험으로서 그림6을 이용하여 말뚝기초 설계에 이용되는 지반의 변형계수를 식(5)으로 구한다.

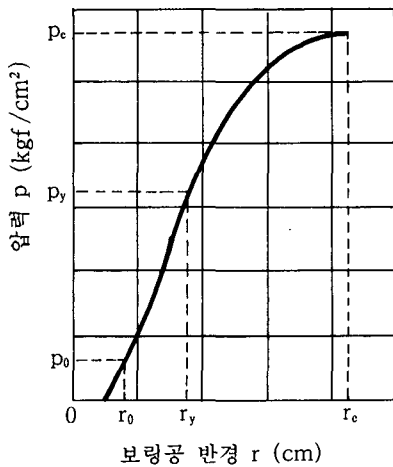


그림 6 p-r 곡선

$$E_s = (1-\nu) \cdot r_m \cdot \frac{p_0 - p_y}{r_0 - r_y} \dots\dots\dots \text{식(5)}$$

여기서, E_s : 지반의 변형계수(kgf/cm²)

ν : 포아슨비

r_m : $(r_0 - r_y) / 2$

p_0 : 정지토압(kgf/cm²)

p_y : 항복토압(kgf/cm²)

r_0 : p_0 시에 보링공의 반지름(cm)

r_y : p_y 시에 보링공의 반지름(cm)

3.3 말뚝기초 조건에 의한 토질정수

3.3.1 지반반력계수

수평방향 지반반력계수는 말뚝의 수평변위량 및 응력도 계산에 필요한 중요한 정수로서 변형계수, 말뚝지름 및 기타의 요인을 고려하여 구하며, 변형계수를 이용하여 구하는 예를 들면 식(6)⁽⁵⁾과 같다.

$$k_h = \alpha \cdot E_s \cdot D^{-3/4} \cdot \delta^{-1/2} \dots\dots\dots \text{식(6)}$$

여기서, k_h : 수평변위량 δ cm일 때의 수평방향 지반반력계수(kgf/cm³)

α : 변형계수 구하는 방법에 따른 계수(표6 참조)

E_s : 지반의 변형계수(kgf/cm²)

한편 말뚝주면마찰력이 부마찰력으로 작용할 경우, 중간층에 연약한 점토층이 있어 평상시 하중에 대한 지지력을 별로 기대할 수 없는 경우, 얕은기초 및 무리말뚝 등 주변면적 보다 저면적의 비가 클 경우 등의 침하량 계산시에 필요한 연직방향지반반력계수는 식(7)⁽⁴⁾로 구한다.

$$k_v = 0.4 \cdot \alpha \cdot E_s \cdot B^{-3/4} \dots\dots\dots \text{식(7)}$$

여기서, k_v : 연직방향지반반력계수(kgf/cm³)

α : 변형계수 구하는 방법에 따른 계수(표. 6 참조)

E_s : 지반의 변형계수(kgf/cm²)

B : 기초저면의 환산폭(= $\sqrt{A_n}$, cm)

A_n : 기초의 저면적(cm²)

표 6 E_s 와 α 의 관계⁽⁵⁾

지반의 변형계수, E_s (kgf/cm ²)	α
보링공 내에서 측정된 변형계수	0.8
일축 또는 삼축압축시험으로 구한 변형계수	0.8
표준관입시험치에 의한 변형계수($E_s = 28N$)	0.2

3.3.2 말뚝축방향탄성정수

이 탄성정수는 말뚝종류에 따라서 식(8)⁽⁵⁾, (9)⁽⁵⁾를 이용하여 구한다.

$L_p/D \geq 10$ 의 경우

$$\left. \begin{aligned} \text{강관말뚝} : a &= 0.027 \cdot \frac{L_p}{D} + 0.20 \\ \text{PC말뚝} : a &= 0.041 \cdot \frac{L_p}{D} - 0.27 \\ \text{현장치기말뚝} : a &= 0.022 \cdot \frac{L_p}{D} - 0.05 \end{aligned} \right\} \text{식(8)}$$

$$K_v = \frac{a \cdot A_p \cdot E_p}{L_p} \dots \dots \dots \text{식(9)}$$

여기서, a : 말뚝에 따른 계수

K_v : 말뚝의 축방향탄성정수(kgf/cm)

A_p : 말뚝의 순단면적(cm^2)

E_p : 말뚝의 탄성계수(kgf/ cm^2)

L_p : 말뚝의 길이(cm)

D : 말뚝의 지름(cm)

3.3.3 주면마찰력도

말뚝 주면에 작용하는 마찰력은 점착력, 일축

압축강도 및 N치를 이용하여 많은 재하시험자료로 작성한 표7 및 토질시험자료를 토대로 역학적인 검토를 하여 작성한 표8로 추정할 수 있다.

표 7 토질에 따른 주면마찰력도⁽⁵⁾

구 분	주 면 마 찰 력 도, $f_s(\text{tf.m}^2)$		
	타입말뚝공법	현장치기말뚝공법	속파기말뚝공법
사질토	$0.2N(\leq 10)$	$0.5N(\leq 20)$	$0.1N(\leq 5)$
점성토	c또는 $N(\leq 15)$	c또는 $N(\leq 15)$	c또는 $N(\leq 10)$

주) $N \leq 2$ 인 연약층은 신뢰성이 적으므로 주면마찰저항을 무시한다.

N : N치, c : 점착력(tf/m^2)

표 8 토질에 따른 주면마찰력도⁽⁴⁾

구 분	주면마찰력도, $f_s(\text{tf.m}^2)$			부마찰력 $f_n(\text{tf/m}^2)$
	타입말뚝	현장치기말뚝	매입말뚝	
사질토	$\gamma L_s K_a \tan \delta$	$\gamma L_s K_a \tan \delta$	$\gamma L_s K_a \tan \delta$	$\gamma L_s K_a \tan \delta$
점성토	$q_u/3(\leq 10)$	$q_u/4(\leq 3)$	$q_u/2$	

(주) L_s : 고려지점의 말뚝유효깊이(m),

γ : L_s 구간 흙의 평균유효단위중량(tf/m^3)

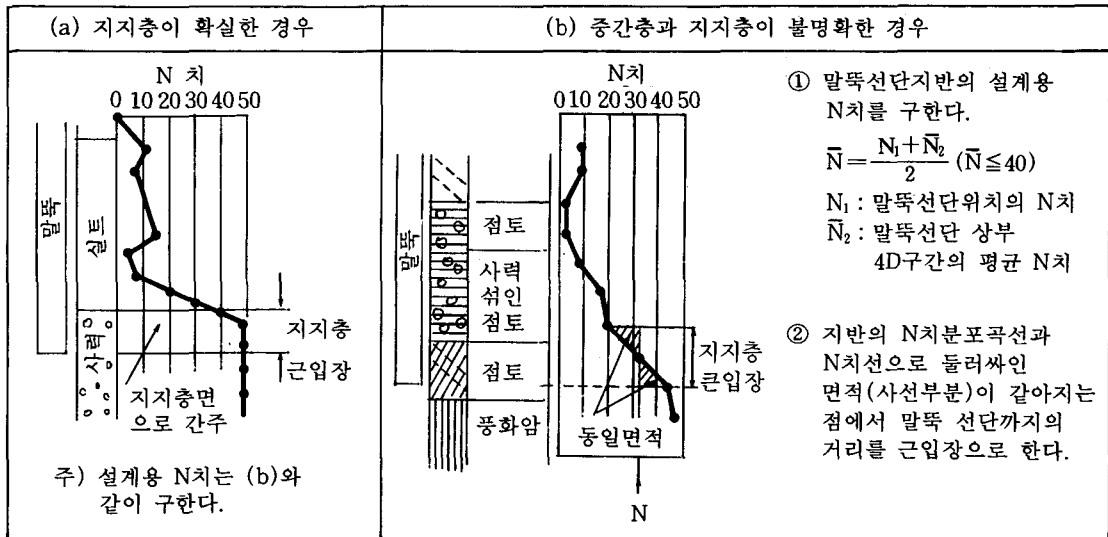


그림 8 지지층의 환산근입장

K_0, K_s : 정지 및 주동토압계수
 δ : 말뚝과 흙 사이의 마찰각($^\circ$)
 q_u : 일축압축강도(tf/m^2)
 (일반적으로 $2\phi/3$, 무리말뚝 ϕ)

3.3.4 선단지지력도

사질토 지반의 말뚝선단 지지력도는 일정 조건에 적합할 경우는 그림7과 같이 설계용 N치 {식(10)⁽⁶⁾ 참조}를 이용하여 직접 구할 수 있으며, 이때 지지층을 명확히 구분할 수 없는 경우의 지지층 환산근입장은 그림8의 사선과 같이 설계용 N치와 실측N치 분포선의 교점 상측과 하측 면적이 같아질 때의 길이로 한다.

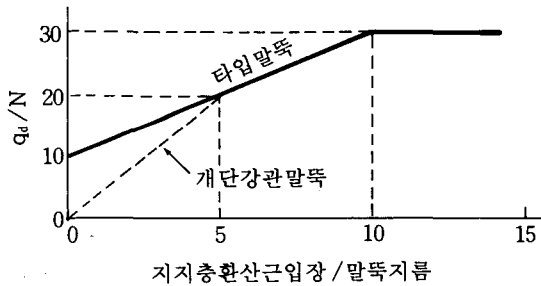


그림 7 말뚝선단지반의 극한지지력도(q_u)

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2} \leq 40 \dots\dots\dots \text{식(10)}$$

여기서, N: 설계용 N치
 N_1 : 말뚝선단지반의 N치
 N_2 : 말뚝선단 상부 4D구간의 평균N치

4. 토질정수의 적용

4.1 말뚝기초의 연직극한지지력

4.1.1 완전지지말뚝

완전지지말뚝은 전술한 주변마찰력도 및 선단 지지력도를 이용하여 연직극한지지력을 구하며, 타입말뚝의 경우 연직극한지지력 계산공식의 예⁽⁵⁾를 들면 식(11)과 같다.

$$R_u = q_u \cdot A + U \cdot \sum f_i \cdot L_i \dots\dots\dots \text{식(11)}$$

여기서, R_u : 연직극한지지력(tf)
 q_u : 그림7에서 구하는 계수
 N: 말뚝선단의 설계용 N치
 A: 말뚝의 선단면적(m^2)
 f_i : i토층의 주변마찰력도(tf/m^2), 표 7 참조
 U: 말뚝의 주장(m)
 L_i : i토층의 두께(m)

4.1.2 불완전지지말뚝의 선단극한지지력

불완전지지말뚝은 그림9와 같이 하부지층에 말뚝선단에서 하중이 어느 각도(일반적으로 분산각 $\theta=30^\circ$)로 분산되는 것으로 보아 가상재하 면적 A' 를 하층의 연약층 상면에 설정하여 A' 에 대한 하부 토층의 극한지지력을 구하고, 이것을 말뚝선단 극한지지력과 비교하여 작은 편을 불완전지지말뚝의 연직극한지지력으로 하며, 이때 외말뚝은 말뚝선단 단면적, 무리말뚝은 그림10과 같이 무리말뚝 외측을 연결한 케이슨상의 가상기초 저면적을 기준으로 한다.

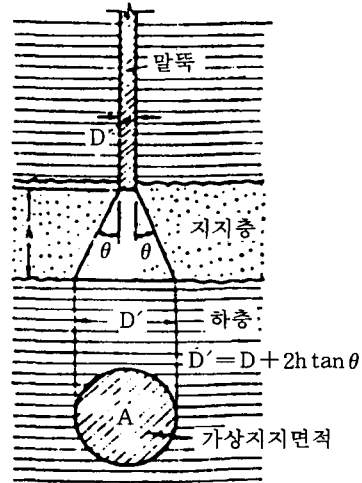


그림 9 불완전지지말뚝의 하층지지면적

4.1.3 중간층의 조건과 주변마찰지지력

주변마찰 지지력에 관한 중간층의 조건은 의

말뚝, 무리말뚝 모두 같으나 외말뚝은 말뚝과 흠사이의 마찰지지력을 고려하며, 무리말뚝은 그림10에 나타난 가상기초 외주와 흠사이의 마찰지지력을 고려한다.

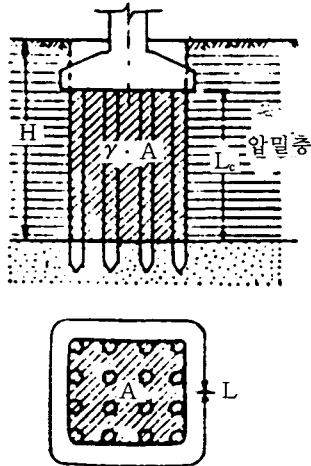


그림 10 무리말뚝의 가상기초

4.1.4 부마찰력

중간층은 조건에 따라 주변마찰지지력을 기대할 수 없는 경우 또는 지지력이 아니라 작용하중(부마찰력)으로서 고려해야 되는 경우가 있는데 그 조건은 다음과 같다.

- ① 지진시에 액상화하는 층 및 그 상부 층은 지진시에 지지력을 기대할 수 없고 또한 연약 점성토층은 평상시의 하중에 대한 지지력을 기대할 수 없으며, 이때 연약점성토층의 판정⁽²⁾은 일축압축강도 0.25 kgf/cm² 이하로 한다.
- ② 압밀침하를 일으키는 층과 그 상층 주변마찰력의 대부분은 침하가 허용되지 않는 구조물의 경우 및 말뚝단면의 응력을 검토할 경우는 부마찰력으로 고려해야 한다. 무리말뚝의 부마찰력은 그림10과 같이 가상기초를 고려하여 부마찰력을 식(12)⁽⁵⁾으로 계산하는 방법과 식(13)⁽⁵⁾으로 구한 반지

름(그림11 참조)의 흠기둥 무계에서 말뚝을 제외한 무계로 하는 방법이 있다.

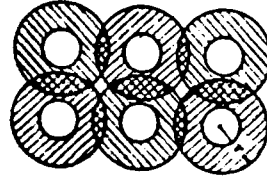


그림 11 무리말뚝에 작용하는 부마찰력

$$R_{nr} = \frac{L \cdot H \cdot s + A \cdot \gamma \cdot L_c}{n} \dots\dots \text{식(12)}$$

$$r = \left(\frac{D \cdot f}{\gamma} + \frac{D^2}{4} \right)^{1/2} \dots\dots \text{식(13)}$$

- 여기서, R_{nr} : 무리말뚝 1개당 부마찰력(tf)
 L : 무리말뚝의 외주길이(m)
 H : 지표면에서 압밀층까지의 심도(m)
 s : 흠의 평균전단저항(tf/m²)
 A : 가상 무리말뚝의 저면적(m²)
 γ : 압밀토층의 평균단위중량(tf/m³)
 L_c : 압밀토층 중의 말뚝길이(m)
 n : 말뚝의 개수(개)
 r : 흠기둥의 반지름(m)
 D : 말뚝의 지름(m)
 f : 말뚝과 흠사이의 평균마찰력도(tf/m²)

4.2 말뚝기초의 침하

4.2.1 압밀침하량

가) 분포하중강도

압밀침하량 계산에 이용하는 상부하중의 분포하중강도는 마찰지지말뚝의 경우는 그림12(a)의 말뚝선단에서부터 상부로 말뚝길이의 1/3되는 b-b지점에서, 불완전말뚝의 경우는 그림12(b)와 같이 말뚝 선단에서 각각 어떠한 각도(θ)로 분산되는 것으로 보고 각각 c-c지점의 분포 하

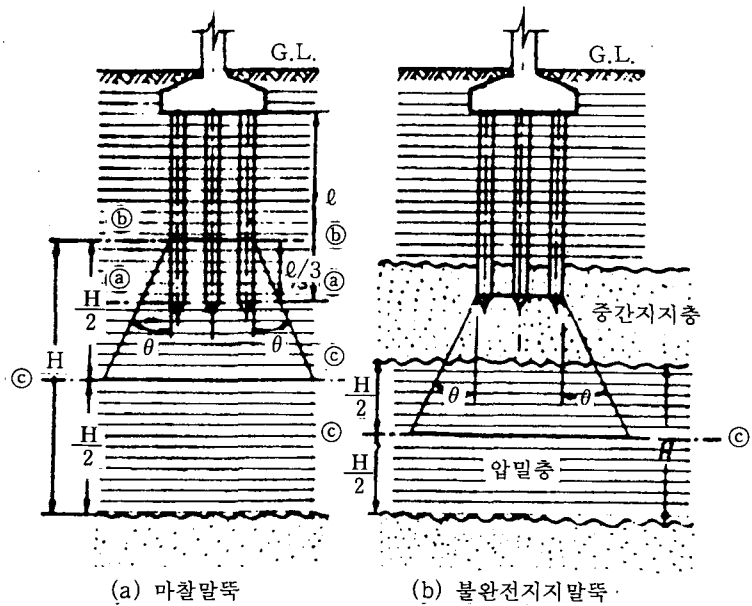


그림 12 압밀침하량계산

중강도(Δp)를 계산한다.

나) 최종압밀침하량

최종압밀침하량은 그림13, 그림14를 이용하여 식(14)으로 구하는데 먼저 그림12의 c-c지점에 대한 초기유효토압($p_0 = \gamma_s \cdot L_0$)을 계산한 후 p_0 에 분산하중강도 Δp 를 더한 $p_1 = p_0 + \Delta p$ 에 대한 간극비(e_1)를 그림13에서 구하여 계산한다.

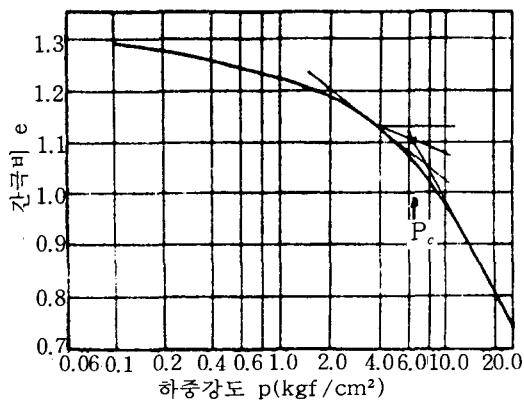


그림 13 e-logp 곡선

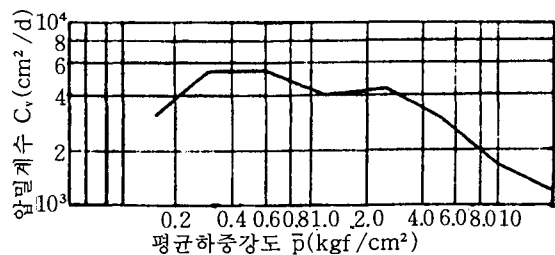


그림 14 log Cv - log p 곡선

$$S_c = \sum \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} \cdot \Delta H \dots\dots\dots \text{식(14)}$$

여기서, S_c : 최종압밀침하량(cm)

e_0 : 각 토층의 초기간극비

e_1 : 각 토층의 최종간극비

ΔH : 각 압밀토층의 두께(cm)

4.2.2 침하시간

말뚝기초에 하중을 재하한 후 t시간 경과시의 압밀침하량(S_t)은 식(15)으로 계산한다. 토성이 다른 압밀토층이 있을 경우는 압밀계수가 같은

토층으로 환산한 토층두께를 식(16)으로 구하고 식(17)으로 압밀도에 따른 침하시간을 식(17)으로 계산하며, 시간계수에 대한 압밀도는 그림15를 이용하여 구한다.

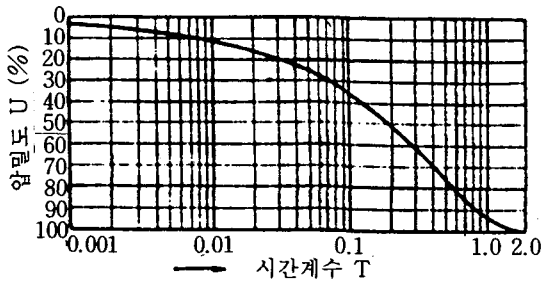


그림 15 압밀도-시간계수(T-U)곡선

$$S_t = \frac{\sum S_c \cdot U_i}{100} \dots\dots\dots \text{식(15)}$$

$$H' = H_1 \sqrt{\frac{C_{v0}}{C_{v1}}} + H_2 \sqrt{\frac{C_{v0}}{C_{v2}}} + \dots + H_n \sqrt{\frac{C_{v0}}{C_{vn}}} \dots\dots\dots \text{식(16)}$$

$$t = \frac{T \cdot H'^2}{C_{v0}} \dots\dots\dots \text{식(17)}$$

여기서, H' : 압밀계수를 C_{v0}로 환산한 토층두께(cm)

H₁, H₂ + ... + H_n : 각 토층의 두께(cm)

C_{v0} : 임의로 선정한 기준압밀계수(cm²/s)

C_{v1}, C_{v2} + ... + C_{vn} : 각토층의 압밀계수(cm²/s), (p₀+p₁)/2에 대한 값

T : 시간계수

t : 경과시간(일)

S_t : t일 후 말뚝의 압밀침하량(cm)

S_c : 최종압밀침하량(cm)

U_i : t일 후의 압밀도(%)

4.2.3 지반과 말뚝기초의 침하

완전지지말뚝이라도 지반이 침하되면 대부분의 주변마찰력이 부마찰력으로 작용하여 말뚝을 침하시키는 경우가 있는데 이렇게 되면 그림16과 같이 외측 말뚝이 내측 말뚝 보다 침하가 많아 말뚝머리를 푸팅에 정착시키지 않은 말뚝은 말뚝머리가 푸팅에서 이탈되는 예도 있으며, 또한 말뚝과 지표면의 침하차이 만큼 푸팅이 지표로 솟아 올라온 형상으로 되어 말뚝머리 부근에는 간극이 생기는 예도 있으므로 주의해야 한다. 한편 마찰말뚝 및 불완전 지지말뚝의 경우는 주변 지반이 침하하면 말뚝이 지반과 함께 침하되므로 지반과의 침하차가 적고 부등침하량 및 기초저면과 말뚝머리사이에 생기는 간극도 적게 된다.

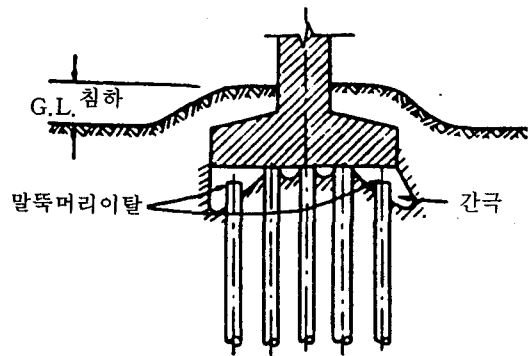


그림 16 지반침하와 완전지지말뚝

5. 결 언

이상으로서 말뚝기초 설계시의 토질정수에 대하여 기술하였는데 자연지반의 퇴적과정과 그 후의 이력에 따라 토성의 변화, 이방성 등은 수가 적은 시험치로 정확히 파악하기는 곤란하며, 또한 많은 조사시험을 해도 시험치의 편차만 증가되어 토질정수를 단일화할 수 없는 경우도 있다.

또한 말뚝에 작용하는 하중의 크기도 마찰말뚝과 지지말뚝, 외말뚝과 무리말뚝 또한 무리말

뚝의 경우 외측말뚝과 내측말뚝이 서로 다르므로 말뚝기초 설계시에는 지반이 말뚝기초에 미치는 특성을 충분히 파악한 후 지반조건에 적합한 가장 합리적인 말뚝기초가 되도록 설계를 해야만 한다.

참 고 문 헌

1. 鹽井幸武, 森重龍馬(1979): “杭基礎の設計に関する土質定數の求め方(その1)”, 土と基礎, 27~11, pp. 81~89.
2. 鹽井幸武, 森重龍馬(1979): “杭基礎の設計に関する土質定數の求め方(その2)”, 土と基礎, 27~12, pp. 51~58.
3. 日本道路協會 編(1976): “道路橋下部構造設計指針 同解説-くい基礎の設計編”, (社)日本道路協會, 東京.
4. 日本國有鐵道 編(1974): “建造物設計標準解説, 基礎構造物及び抗土壓構造物”
5. 土質工學會 編(1977): “クイの設計”, クイ基礎の調査 設計から施工まで, 土質工學會, 東京, pp. 93~176.
6. 土質工學會 編(1985): “杭基礎の設計法とその解説”, 土質工學會, 東京.
7. 日本道路協會 編(1986): “調査, 設計”, 杭基礎設計便覽, (社)日本道路協會, 東京, pp. 67~128.
8. 박용원(1986): “말뚝기초”, 구조물기초설계기준, 건설부, pp. 185~309.
9. 한국지반공학회 편(1993): “깊은 기초”, 한국지반공학회, 서울
10. 류기승(1994): “설계·시공에 있어서의 토질정수”, 대한토목학회지, 42~5, pp. 38~42.

• 신간도서안내 게재 요령 •

이번호 부터 기술사들이 저술한 서적 및 기술관련 서적에 대하여 신간안내 및 근착자료 안내를 하고 있사오니 신간안내 광고 문안을 참조하시어 많은 참여를 기대합니다.

—홍보실—