

건축구조기준 및 해설

제4장 기초구조

제4장 기초구조

0401 일반사항 / 0402 지반조사 / 0403 기초계획 / 0404 기초지반의 지지력 및 침하 / 0405 하중 /
0406 직접기초 / 0407 말뚝기초 / 0408 병용기초 / 0409 케이슨기초 / 0410 옹벽 및 지하외벽 /
0411 흙막이구조물 / 0412 지반개량

기준

0401 일반사항

0401.1 적용범위

- (1) 이 장은 건축구조물의 기초, 지하벽, 옹벽 및 흙막이 등에 적용한다.
- (2) 특별한 조사·연구에 의하여 설계할 때에는 이 장을 적용하지 않을 수 있다. 그 경우에는 그 근거를 명시하여야 한다.
- (3) 이 장에서는 허용응력설계법을 기준으로 지반 및 말뚝의 안전성을 검토하도록 규정하였으나, 항복지지력이나 극한지지력을 사용할 경우에는 성능에 기반한 강도설계나 한계상태설계도 가능하다.

해설

0401 일반사항

0401.1 적용범위

이 장은 다음과 같은 각종 기초구조에 관련된 기준, 편람, 시방서 등을 참고하여 해설하였으며, 이 장에 포함되지 않은 내용은 전문학회의 설계기준을 참조한다.

- 구조물기초설계기준 해설(국토교통부/한국지반공학회, 2015)
- 건축기초구조설계기준(대한건축학회, 2005)
- 철도설계편람(지하구조물 편, 콘크리트 하부구조 편, 한국철도시설공단, 2005)
- 도로교표준시방서(국토교통부)

(3) 기초구조 설계에는 토압 및 수압 등의 하중의 평가, 하부구조의 설계, 즉 기초판, 지중보나 지중슬래브, 옹벽, 지하벽 등의 설계, 그리고 지반 및 말뚝 기초의 지지력 및 침하에 대한 평가 등이 주된 내용이며, 지반조건에 따라 가끔 지반보강설계가 포함되기도 한다.

이 기준에서 하중 및 하부구조의 설계는 극한강도설계법을 이용하고 있으나, 성능설계에 대한 연구성과, 지반조사 및 토질시험의 중요성, 기초구조의 안전성 등 국내의 제반 여건을 고려하여 지반 및 말뚝의 지지력은 아직 허용응력설계에 따른 안전율을 적용하고 있다.

그러나 대한건축학회에서 2005년 성능설계법에 기반한 '건축기초구조설계기준 및 해설'을 개정 발간하였으므로 이를 참조하여 지반 및 말뚝의 지지력에 대해 좀 더 합리적이고 경제적인 평가를 수행할 수 있을 것이다.

기준

0401.2 목적

- (1) 기초구조는 상부구조의 하중을 안전하게 지반에 전달하도록 응력과 변형을 검토하여야 한다.

0401.3 용어의 정의

강재말뚝 : 강관말뚝 또는 H형강말뚝

기성말뚝 : 공장에서 미리 제작된 콘크리트말뚝

기초 : 기초판과 지정 등을 뜻하며, 상부구조에 대응하여 부를 때는 기초구조라고 하기도 함

나무말뚝 : 생나무로 다듬어 만든 말뚝

독립기초 : 기둥으로부터의 축력을 독립으로 지반 또는 지정에 전달토록 하는 기초

마찰말뚝 : 지지력의 대부분을 주면의 마찰로 지지하는 말뚝

말뚝 : 기초판으로부터의 하중을 지반에 전달하도록 하기 위하여 기초판 아래의 지반 중에 만들어진 기둥 모양의 지정지반에 전달하도록 하는 형식의 기초

말뚝전면복합기초 : 병용기초 중 직접기초와 말뚝기초가 복합적으로 상부구조를 지지하는 기초형식

말뚝의 극한지지력 : 말뚝이 지지할 수 있는 최대의 수직방향 하중

말뚝의 허용지내력 : 말뚝의 허용지지력 내에서 침하 또는 부등침하가 허용한도 내로 될 수 있게 하는 하중

말뚝의 허용지지력 : 말뚝의 극한지지력을 안전율로 나눈 값

매입말뚝 : 기성말뚝의 전장을 굴착한 지반 속에 매입한 말뚝

병용기초 : 서로 다른 기초를 병용한 기초형식의 총칭

복합기초 : 2개 또는 그 이상의 기둥으로부터의 응력을 하나의 기초판을 통해 지반 또는 지정에 전달토록 하는 기초

부마찰력 : 지지층에 근입된 말뚝의 주위 지반이 침하하는 경우 말뚝 주면에 하향으로 작용하는 마찰력

분사현상 : 모래층에서 수압차로 인하여 모래입자가 부풀어 오르는 현상. 보일링

사운딩 : 로드와 연결한 저항체를 지반 중에 삽입하여 관입, 회전 및 인발 등에 대한 저항으로부터 지반의 성상을 조사하는 방법

성능설계법 : 건축구조물 등을 설정한 외력에 대해 사용한계상태, 손상한계상태, 극한한계상태에서의 소요성능을 만족하도록 설계하는 방법

해설

0401.2 목적

0401.3 용어의 정의

강재말뚝(Steel pile) :

기성말뚝(Precast pile) :

기초(Foundation) :

나무말뚝(Wooden pile) :

독립기초(Isolated shallow footing) :

마찰말뚝(Friction pile) :

말뚝(Pile) :

말뚝전면복합기초(Piled-Raft Foundation) :

말뚝의 극한지지력(Ultimate bearing capacity of pile) :

말뚝의 허용지내력(Allowable bearing pressure of pile) :

매입말뚝(Pre-drilled and driven pile) :

병용기초(Foundation used in combination) :

복합기초(Combined footing) :

부마찰력(Negative skin friction) :

분사현상(Boiling) :

사운딩(Sounding) :

성능설계법(Performance based on design) :

기준

슬라임 : 지반을 천공할 때 공벽 또는 공저에 모인 흙의 찌꺼기

액상화현상 : 물에 포화된 느슨한 모래가 진동, 충격 등에 의하여 간극수압이 급격히 상승하기 때문에 전단저항을 잃어버리는 현상

연성(軟性)옹벽 : 옹벽 전면이 여러 개의 콘크리트 판, 블록, 돌망태, 자연석 등의 형태로 구성되어 있고 배면에는 인장력이 강한 보강재(Geogrid, Strap 등)로 저항하거나 자중에 의하여 토압에 저항하며 각각의 구성요소가 횡토압에 대하여 독립된 변형 거동을 하는 옹벽구조

온통기초 : 상부구조의 광범위한 면적 내의 응력을 단일 기초판으로 연결하여 지반 또는 지정에 전달하도록 하는 기초

원위치시험 : 대상 현장의 위치에서 지표 또는 보링공 등을 이용하여 지반의 특성을 직접 조사하는 시험

응기현상 : 연약한 점성토 지반에서 팽파기 외측의 흙의 중량으로 인하여 팽파기된 저면이 부풀어 오르는 현상. 히빙

이음말뚝 : 2개 이상의 동종말뚝을 이음한 말뚝

접지압 : 직접기초에 따른 기초판 또는 말뚝기초에서 선단과 지반 간에 작용하는 압력

줄기초, 연속기초 : 벽 또는 일련의 기둥으로부터의 응력을 띠모양으로 하여 지반 또는 지정에 전달토록 하는 기초

지반의 개량 : 지반의 지지력 증대 또는 침하의 억제에 필요한 토질 개선을 목적으로 흙다짐, 탈수 및 환토 등으로 공학적 능력을 개선시키는 것

지반의 극한지지력 : 구조물을 지지할 수 있는 지반의 최대저항력

지반의 허용지지력 : 지반의 극한지지력을 안전율로 나눈 값

지정 : 기초판을 지지하기 위하여 그보다 하부에 제공되는 자갈, 잡석 및 말뚝 등의 부분

지지말뚝 : 연약한 지층을 관통하여 굳은 지반이나 암층까지 도달시켜 지지력의 대부분을 말뚝 선단의 저항으로 지지하는 말뚝

직접기초 : 기둥이나 벽체의 밑면을 기초판으로 확대하여 상부구조의 하중을 지반에 직접 전달하는 기초형식으로서 기초판 저면 지반의 전단저항력으로 하중을 지지한다. 일반적으로 기초판의 두께가 기초판의 폭보다 크지 않으며 독립기초, 줄기초, 복합기초, 온통기초 등이 있다.

측압 : 수평방향으로 작용하는 토압과 수압

해설

슬라임(Slime) :

액상화현상(Liquefaction) :

연성옹벽(Flexible Retaining Wall)

온통기초(Mat foundation) :

원위치시험(In-situ test) :

응기현상(Heaving) :

이음말뚝(Connected pile) :

접지압(Contact pressure) :

줄기초, 연속기초(Continuous footing) :

지반의 개량(Ground improvement) :

지반의 극한지지력(Ultimate bearing capacity of ground) :

지반의 허용지지력(Allowable bearing capacity of ground) :

지정(Base) :

지지말뚝(End bearing pile) :

직접기초(Shallow foundation) :

측압(Lateral Pressure) :

기준

케이슨 : 지반을 굴삭하면서 중공대형의 구조물을 지지층까지 침하시켜 만든 기초형식구조물의 지하 부분을 지상에서 구축한 다음 이것을 지지층까지 침하시켰을 경우의 지하 부분

타입말뚝 : 기성말뚝의 전장을 지반 중에 타입 또는 압입한 말뚝

허용지내력 : 지반의 허용지지력 내에서 침하 또는 부등침하가 허용한도 내로 될 수 있게 하는 하중

현장타설콘크리트말뚝 : 지반에 구멍을 미리 뚫어놓고 콘크리트를 현장에서 타설하여 조성하는 말뚝

흙막이구조물 : 땅파기에 있어 지반의 붕괴 및 주변의 침하, 위험 등을 방지하기 위하여 설치하는 구조물

흙파기 : 구조물의 기초 또는 지하 부분을 구축하기 위하여 행하는 지반의 굴삭

0401.4 주요기호

- A_c : 조사 단면에서의 말뚝의 순단면적(m^2)
- A_f : 기초판의 저면적(m^2), 기초하중의 작용면적(m^2)
- A_g : 무리말뚝의 외측을 이은 면으로 둘러싸인 다각기둥의 단면적(m^2)
- A_{GPi} : 각 말뚝의 부담면적(m^2)
- A_n : 인접한 기둥까지 거리의 1/2 범위를 택한 각 기둥의 지배면적(m^2)
- A_p : 말뚝의 단면적(재료의 순단면적)(m^2)
- A_{pm} : 말뚝의 실단면적(m^2)
- A_S : 말뚝의 중심에서 이웃말뚝의 중심간 거리를 반경으로 하는 원의 면적(m^2)
- B : 장방형 기초의 단변길이(원형의 경우는 지름)(m)
- B_1 : 재하판의 폭(m)
- B_2 : 기초의 폭(m)
- B_t : 시험재하판의 폭(m)
- C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수
- c : 기초저면 하부지반의 점착력(kN/m^2)
- D_f : 기초에 근접한 최저지반에서 기초저면까지의 깊이(m)
- D : 말뚝의 폭 또는 지름(m)
- D_0 : 무리말뚝의 영향을 무시할 수 있는 말뚝의 최소중심간격

해설

케이슨(Caisson) :

타입말뚝(Driven pile) :

허용지내력(Allowable bearing pressure of ground) :

현장타설콘크리트말뚝(Drilled cast-in-situ concrete pile) :

흙막이구조물(Earth retaining structure) :

흙파기(Earth work) :

0401.4 주요기호

d	: 말뚝의 지름(m)
E_S	: 지반의 탄성계수(kN/m ²)
E_p	: 말뚝의 탄성계수(kN/m ²)
e_1	: 응력 σ_{1Z} 에 대응하는 간극비
e_2	: 응력 $\sigma_{2Z}(=\sigma_{1Z} + \Delta\sigma_Z)$ 에 대응하는 간극비
f_{ck}	: 콘크리트의 설계기준강도
FS	: 안전율(극한하중시 3.0, 항복하중시 2.0)
f_e	: 허용지내력(kN/m ²)
f_s	: 말뚝재료의 단기허용응력(kN/m ²)
H_1	: 지하수위(m)
I_S	: 기초 저면의 형상과 강성에 따라 정해지는 계수
I_{S1}	: 재하판의 침하계수
I_{S2}	: 기초의 침하계수
K_{sp}	: 경험계수(암괴 간의 거리를 고려한 값)
L	: 말뚝의 길이(m)
L_b	: 말뚝의 근입깊이(m)
L_n	: 말뚝머리에서 중립점까지의 거리(m)
L	: 장방형 기초의 장변길이(m)
M'	: 모멘트(주각에 있어서 기둥의 휨모멘트)
M	: 기초 바닥면 중앙에 작용하는 모멘트($= M + Q_z'$)
N_c, N_r, N_q	: 지지력계수(내부마찰각의 함수)
n	: 재료의 허용압축응력을 저감하지 않아도 되는 세장비의 한계값(표 0407.7.3.1)
n_g	: 무리말뚝의 개수(개)
P	: 기초자중을 포함한 기초판에 작용하는 수직하중(kN)
P_c	: 지표면에 작용하는 연직집중하중(kN)
P_n	: 지배면적 안의 기초자중을 포함한 각 기둥의 연직하중(kN)
ΣP	: 기초자중을 포함한 연직하중의 합(kN)
P'	: 기둥으로부터의 연직하중(kN)
P_o	: 말뚝머리에 가해진 고정하중(kN)
P_{FN}	: 부마찰력에 따라 중립점에 생기는 말뚝의 최대축력(kN)
P_p	: 말뚝머리에 작용하는 장기하중(kN)
Q'	: 기둥으로부터의 수평력(주각에 있어서 기둥의 전단력)(kN)
Q	: 기초 바닥면에 작용하는 수평하중(kN) ($= Q'$)

기준

해설

- z : Q' 작용점과 기초판 바닥면과의 거리
- q_d : 말뚝의 단위면적당 극한선단지지력(kN/m²)
- Q'_a : 부주면마찰력을 고려하여 수정한 허용지지력(kN/m²)
- Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중(kN)
- Q_{fi} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중(kN)
- Q_{nf} : 부주면마찰력(kN/m²)
- Q'_u : 중립점보다 밑에 있는 지반에 따른 말뚝의 극한지지력, 즉 중립점과 말뚝선단 사이의 주면마찰력과 말뚝선단의 극한지지력(마찰말뚝의 경우에는 무시)의 합(kN/m²)
- q_a : 허용지지력(kN/m²)
- q : 기초에 작용하는 단위면적당 하중(kN/m²)
- q_a : 허용지지력(kN/m²)
- r : 말뚝의 반지름(m)
- R : 하중의 작용점에서 임의의 점까지 거리(m)
- ${}_tR_a$: 무리말뚝의 영향을 고려한 말뚝의 허용인발저항력(kN/개)
- R_F : 중립점에서 하부 말뚝주면의 마찰력에 따른 극한지지력(kN)
- R_{up} : 말뚝선단의 극한지지력(kN)
- S : 침하량(m)
- S_E : 즉시침하량(m)
- S_m : 철근 및 케이싱을 무시한 현장타설콘크리트말뚝의 단면 계수(mm³)
- S_s : 흙의 전단강도(kN/m²)
- S_1 : 평판의 침하량(m)
- S_2 : 기초의 침하량(m)
- U_c : ASTM D2938-71에서 제시하는 암석 평균일축압축강도
- W : 무리말뚝의 하단면상에 작용하는 말뚝과 흙의 단위면적당 중량으로 지하수위 이하의 부분에서는 부력을 고려한다.(kN/m²)
- W_B : 건물중량(kN)
- W_P : 말뚝과 말뚝 내부의 흙의 유효중량(kN)
- W' : 중립점보다 위쪽의 말뚝의 유효중량(kN)
- W'_s : 중립점보다 아래쪽의 말뚝으로 치환되는 부분의 흙의 유효중량(kN)

W_F	: 기초의 자중(kN)
W_S	: 기초 바로 위의 되메우기흙의 중량(kN)
Z	: 침하량을 산정하는 점에서 연직하방으로 측정한 깊이(m)
Z_S	: 지표면에서 임의의 점까지의 깊이(m)
α_s	: 말뚝의 주면마찰력 분포에 따른 계수
α	: 하중의 편심과 저면의 형상으로 정해지는 접지압계수
β_i	: 각 말뚝의 부담면적과 A_s 와의 비(A_{GPI}/A_s)
α, β	: 기초의 형상계수
α_t, β_t	: 시험에 사용한 재하판의 형상계수
γ_1	: 기초저면 하부지반의 단위체적중량(kN/m ³)
γ_2	: 기초저면 상부지반의 단위체적중량(kN/m ³)
γ	: 지반의 습윤단위체적중량(kN/m ³)
γ'	: 지반의 수중단위체적중량(kN/m ³)
λ	: 말뚝선단의 형상에 따른 계수
μ	: 세장비에 대한 저감률(%)
μ	: 기초바닥면과 지반의 마찰계수
ν	: 지반의 푸아송비
$\Delta\sigma_z$: 지중의 임의점에서의 연직응력증분(kN/m ²)
σ_{1Z}	: 건물시공 이전의 Z점에서의 유효지중응력(kN/m ²)
σ_{2Z}	: 건물시공 이후의 Z점에서의 유효지중응력(kN/m ²)
σ_y	: 말뚝재료의 항복응력(kN/m ²)
σ_e	: 설계용 접지압(kN/m ²)
τ	: 말뚝주면의 부마찰응력(kN/m ²)
ψ	: 말뚝의 주장(m)
ψ_g	: 무리말뚝의 외측의 말뚝표면을 이은 면으로 둘러싸인 다각기둥의 둘레길이(m)

0402 지반조사

0402.1 일반사항

기초의 설계에 필요한 자료를 얻기 위한 지반조사는 예비조사와 본조사로 나누어 실시한다.

0402 지반조사

0402.1 일반사항

기초설계를 위한 지반조사는 예비조사와 본조사, 그리고 필요한 경우 추가조사도 실시할 수 있다. 또한 지반조사와 관련한 각종 기준은 한국산업규격(KS)을 적용하여 실시한다.

기준

0402.2 예비조사

- (1) 예비조사는 기초의 형식을 구상하고, 본조사의 계획을 세우기 위하여 시행하는 것으로서, 대지 내의 개략적인 지반구성, 층을 구성하는 토질의 단단함과 연함 및 지하수의 위치 등을 파악하는 것이다.
- (2) 예비조사는 기초의 지반조사 자료의 수집, 지형에 따른 지반개황의 판단 및 부근 건축구조물 등의 기초에 관한 제조사를 시행하는 것으로 이것이 불충분하다고 생각될 때에는 대지조건에 따라 천공조사, 표준관입시험, 샘플링, 물리탐사, 시굴 등을 적절히 실시하는 것이다.

0402.3 본조사

본조사는 기초의 설계 및 시공에 필요한 제반 자료를 얻기 위하여 시행하는 것으로 천공조사 및 기타 방법에 따라 대지 내의 지반구성과 기초의 지지력, 침하(沈下) 및 시공에 영향을 미치는 범위 내의 지반의 여러 성질과 지하수의 상태를 조사하는 것이다.

본조사에서의 조사범위 및 조사항목은 다음에 따른다.

0402.3.1 조사범위

조사간격, 조사지점 및 조사깊이는 예비조사에서 추정되는 지반상향과 건축구조물 등의 규모, 종류에 따라 정하는 것으로 한다.

0402.3.2 조사항목

지반의 상황에 따라서 적절한 원위치시험과 토질시험을 하고,

해설

0402.2 예비조사

- (1) 지반조사계획을 입안하기 전에 기존 자료 등을 통해 지반 종별을 미리 파악해 두면 이후의 조사계획이 합리적이 된다. 이 자료에 따라 기초형식을 대략 예측할 수 있으며, 또한 구조물의 내진설계에 필요한 지반의 종류 판별에도 도움이 된다.
- (2) 기존 지반도, 주변지형도, 인근지역지반조사 결과의 입수, 관련문헌조사 및 시험천공조사를 실시한다. 특히, 조성지 등에서는 기초설계에 중요한 요인인 절토와 성토의 차이 등을 판단할 수 없는 경우 조성 전의 지형을 조사해 보면 판단이 가능해진다. 또한 천공조사 등의 지반조사 결과는 최종적인 판단에 참고가 된다.

0402.3 본조사

기초의 설계 및 시공에 필요한 제반 자료를 얻기 위하여 시행하는 것으로 부지 주변 상황, 지반의 불균일성에 따른 지층구성, 지반침하의 발생 유무와 인접 건축구조물의 기초 종류는 구조물의 시공계획에 많은 영향을 미치게 된다. 특히 지하공사에서의 양수 등이 주변지역의 물환경에 미치는 경우도 있어서 이용 상황을 포함한 지하수의 상태조사와 부지 자체에 기존 건축구조물 등의 지중장애가 있는지 관련자료 및 현지답사를 통해 상황을 파악하여야 한다. 또한 내진설계를 위한 지반의 동적 특성을 파악할 수 있는 시험을 계획하고 시행하여야 한다.

기초구조 설계에 있어서 지반의 장기적 거동을 예상하여 설계에 반영해야 하므로 부지 내의 거동뿐만 아니라 주변 상황, 지층조건 등을 조사하는 신중한 계획의 수립이 필요하다.

0402.3.1 조사범위

지반조사계획 단계에서 천공조사를 어느 정도의 깊이까지 하여 어떤 지층의 지반성상을 조사할 필요가 있는지 등을 검토하여 정하여야 한다.

조사에 필요한 깊이는 구조물의 중요성 또는 기초형식에 따라서도 다르며, 직접기초의 경우 기초폭의 1~2배 범위가 필요하며, 말뚝기초의 경우 지지말뚝이면 말뚝선단에서 말뚝길이의 수 배에 이르는 곳까지의 조사가 필요하다.

0402.3.2 조사항목

조사항목은 지지력 및 침하를 검토하기 위해 지반의 강성, 강도, 지층의 두께, 지지층의 연속성, 경사,

지지력 및 침하량의 계산과 기초공사의 시공에 필요한 지반의 성질을 구하는 것으로 한다.

균일성 등 또한 지반의 동특성을 검토하기 위한 지층 순서, 지진파의 전달속도, 그리고 수압 검토를 위해 피압수를 포함시킨 층별 수위, 투수계수 등을 조사한다. 특히 사질지반에서는 표준관입시험의 N 값의 분포, 지하수위의 심도 및 피압상태 등, 또한 점성토 지반에서는 점착력과 내부마찰각의 분포, 압밀상태 등을 조사한다.

내진설계를 위하여 지반의 전단파측정 관련시험은 물리탐사 및 물리검층 중 많이 사용하는 방법으로 <해표 0402.1>과 같다. 각종 물리량은 지반의 역학적·공학적 성질을 그대로 나타낸 것이 아니고, 전체의 지반상태를 나타내는 것이므로 다른 조사를 병용해서 참고하여야 한다.

<해표 0402.1> 물리탐사법 및 물리검층법의 종류

구분	측정방법	측정항목
물리탐사법 (지표탐사법)	탄성파탐사	탄성파속도
	음파탐사	음향임피던스
	전기탐사	자연전위, 비저항
	기타	자기량, 방사능
물리검층법 (공내탐사법)	속도검층	P파속도
	PS검층	P파, S파속도
	전기검층	자연전위, 비저항
	밀도검층	γ 선강도
	기타	열중성자, 수온

0402.4 조사방법

토질시험, 표준관입시험, 샘플링, 원위치시험 및 지하수에 관한 조사는 다음과 같이 한다.

0402.4.1 토질시험

토질시험, 샘플링의 방법은 한국산업규격(KS)에 따른다.

0402.4.2 평판재하시험

평판재하시험의 재하판은 지름 300mm를 표준으로 하고, 최대 재하하중은 지반의 극한지지력 또는 예상되는 설계하중의 3배로

0402.4 조사방법

지반조사를 실시하는 데 있어서 한 가지 중요한 것은 지반이 교란된다는 것이다. 지반의 층 순서는 조사결과로부터 추정하지만 이 추정 자체에 오차가 포함되어 있다. 따라서 추정한 지층의 보다 명확한 지반특성을 구하기 위해서는 사운딩에 따른 경우, 샘플링에 따른 경우 등 그 지반특성에 맞는 방법으로 지반성상을 구한다. 그러나 조사결과에 대해서도 지반은 교란된다는 지반 자체의 성질에 기인한 오차가 있어 지반의 특성을 일률적으로 결정하는 것은 어려운 문제이다. 이 때문에 오차를 고려할 수 있는 정도의 데이터를 구하여 지반의 성상을 종합적으로 판단한다. 가능하면 조사데이터로부터 평균값과 편차를 구하여 데이터의 신뢰성 정도를 밝혀둔다.

기준

한다. 재하는 5단계 이상으로 나누어 시행하고 각 하중 단계에 있어서 침하가 정지되었다고 인정된 상태에서 하중을 증가한다.

0402.4.3 말뚝재하시험

말뚝재하시험은 0210 현장재하시험에 따르고, 말뚝의 재하시험에서 최대하중은 원칙적으로 말뚝의 극한지지력 또는 예상되는 설계하중의 3배로 한다.

0402.4.4 말뚝박기시험

말뚝박기시험에 있어서는 말뚝박기기계를 적절히 선택하고 필요한 깊이에서 매회의 관입량과 리바운드량을 측정하는 것을 원칙으로 한다.

0402.4.5 지하수 조사

지하수에 관한 조사는 각 지층별로 수위 및 투수계수를 측정한다.

0403 기초계획

0403.1 계획의 기본

- (1) 건축구조물 등의 기초는 상부구조에 대한 구조적인 성능을 충분히 파악하여 구조물 전체의 균형을 고려한 기초를 계획하여야 한다.
- (2) 기초구조의 성능은 상부구조의 안전성 및 사용성을 확보할

해설

0402.4.3 말뚝재하시험

말뚝재하시험은 한국산업규격(KS)에 따른다.

0402.4.4 말뚝박기시험

말뚝박기시험에 있어서 말뚝박기기계를 적절히 선택하고 필요한 깊이에서 매회의 관입량과 리바운드량을 측정하는 것을 원칙으로 한다. 그리고 동재하시험(PDA)을 통하여 말뚝의 지지력 및 건전도를 정량적으로 확인하여야 한다.

현장타설말뚝에 대한 허용지지력, 수평지지력 및 인발저항력을 확인하는 말뚝재하시험은 실험하중을 재하하는 정재하시험과 동적인 하중을 재하하여 말뚝의 지지력 및 건전도를 확인하는 동재하시험, 그리고 탄성파를 이용하여 건전도를 확인할 수 있는 탄성파시험(Sonic test)으로 구분할 수 있으며, 이 역시 한국산업규격(KS)에 준하여 시행한다.

특히 대구경현장타설말뚝에 대한 지지력 확인 재하시험은 정재하시험을 시행하기에는 시험용 적재하중이 상당히 크므로 오스터버그 셀(Osterberg-Cell)시험에 따라 말뚝의 지지력을 확인할 수 있다.

0402.4.5 지하수 조사

지반조사시 지하수, 자유수, 피압수 등 각 토층의 지하수위를 측정한다. 이 조사에는 측정오차가 다르며 조사방법에 따라서도 차이가 있다. 지반에 구멍을 뚫는 지하수위조사방법은 구멍지름이 큰 것일수록 오차가 적다.

0403 기초계획

0403.1 계획의 기본

기초계획에 있어서 상부구조의 특성, 즉 구조물의 용도, 평면형상, 구조물의 중량, 구조 종별, 하중의 종류(연직, 수평, 인발) 등을 충분히 고려하고 이에 따라 기초의 허용침하량이나 허용변형량을 적절하게 설정하여 구조체에 손상이나 기능장해가 발생하

수 있도록 계획하여야 한다.

0403.2 지반조사계획

0403.2.1 계획수립

기초설계에 필요한 지반정보를 얻기 위하여 건설이 예정된 부지 조건 및 구조물의 조건을 고려한 지반조사를 계획하여야 한다.

0403.2.2 검토항목 선정

기초구조의 성능을 만족할 수 있는 다음의 검토항목을 선정하고 효과적인 지반조사계획을 세워야 한다.

- (1) 지지력 및 침하
- (2) 지반의 동적특성
- (3) 수압 및 액상화

지 않도록 한다.

상부구조의 구조성능 외에도 의장계획, 설비계획 등 건축구조물 등에 소요되는 여러 가지 성능을 종합적으로 이해하는 것이 적절한 기초계획을 수립하기 위해 중요하다.

0403.2 지반조사계획

0403.2.1 계획수립

기초설계에서는 지반의 정보를 정량적으로 구하는 것이 필요하다. 그러나 그 항목은 부지조건뿐만 아니라 구조물에 따라 다르다. 지반조사계획 시 그 내용을 고려한 조사 혹은 실험을 포함시키는 것이 바람직하다. 경우에 따라 지반조사결과로부터 구조물 조건을 재검토해야 하는 경우도 있으므로 부지조건 혹은 구조물의 조건에 문제가 있다고 예상할 때에는 조사계획을 신중하게 수립하여야 한다.

〈해표 0403.2.1〉은 부지조건과 구조물의 조건으로 검토하여야 할 항목을 나타내고 있다.

〈해표 0403.2.1〉 지반조사계획시 고려항목

부지조건	지반종별	매립지, 충적지반, 홍적지반
	지형	평지, 산악지, 경사지
	지역	시가지, 해안지대, 공장지대
	주변환경	주변구조물, 호안, 하천, 호수, 옹벽, 단층, 지반활동 등
	부지환경	면적, 형상, 지중장애
건축구조물 조건	건축구조물 규모	
	형상(평면형상, 높이, 지하 깊이)	
	용도	
	기초구조의 성능	

0403.2.2 검토항목 선정

지반조사계획에 있어서 고려해야 할 중요한 요소로 지반의 불균일성이 있다. 부지지반의 지층순서에 변화가 있는 것이 보통이고, 지층 두께도 크게 변하는 것이 일반적이다. 따라서 지반조사계획 단계에서 천공조사를 어느 정도의 깊이까지 하여 어떤 지층의 지반성상을 조사할 필요가 있는지 등을 검토하여야 한다. 대표적인 검토항목에 따른 조사내용을 나타내면 〈해표 0403.2.2〉와 같다.

기준

해설

0403.3 지반의 안전성

0403.3.1 지반의 특성 파악

지반조사 또는 현장답사 등에 근거하여 지반의 특성을 정확히 파악하여야 한다.

0403.3.2 지반의 안정성 검토

다음의 사항에 대해 사전에 평가 및 검토를 하거나 필요에 따라 지반개량 등의 대책공법을 검토하여야 한다.

- (1) 지반침하에 따른 영향
- (2) 경사지에서의 부지를 포함한 사면의 붕괴나 변형의 가능성
- (3) 지진시 액상화 발생의 가능성

0403.4 지지지반 및 기초형식의 선정

0403.4.1 지지지반의 선정

기초는 양호한 지반에 지지하는 것을 원칙으로 한다.

0403.4.2 기초형식의 선정

- (1) 구조성능, 시공성, 경제성 등을 검토하여 합리적으로 기초형식을 선정하여야 한다.

〈해표 0403.2.2〉 대표적 검토항목과 조사내용

검토항목	조사내용
지지력, 침하	지반의 강성, 강도, 지층 순서(특히 지지층의 두께), 지지층의 연속성, 경사, 균일성
지반의 동특성	입력기반, 지반의 지층 순서, 지진파의 전달속도
액상화	액상화 강도, 입력지진파
수압	피압수를 포함시킨 총별 수위, 투수계수

0403.3 지반의 안전성

0403.3.1 지반의 특성 파악

기초구조의 계획을 할 때에는 지반조사나 부지답사의 결과를 분석하여 부지지반의 공학적인 여러 가지 조건을 충분히 파악하여야 한다. 부지지반의 조건으로 파악하여야 할 사항은 다음과 같다.

- (1) 기초구조의 설계에 필요한 지반의 여러 정수
- (2) 부지지반의 안전성에 관한 사항
- (3) 기초구조의 형식이나 시공법의 선정에 필요한 사항

0403.3.2 지반의 안정성 검토

지반의 안정성에 관한 검토는 상시나 지진, 강우 등에 따라 지반의 안정성이 붕괴되거나 또는 건설에 따라 같은 위험성이 조장되는지 등에 대한 검토가 필요하며 지반침하, 사면안정, 지반액상화 등이 주요 검토내용이다.

0403.4 지지지반 및 기초형식의 선정

0403.4.1 지지지반의 선정

지지지반의 선정은 기초형식과 밀접한 관계가 있으므로 각각 별개로 선정하는 것이 아니라 서로 조합되는 기초구조로 파악해야 한다.

양호한 지반이라 함은 상부구조물의 하중에 대하여 지반의 전단파괴나 과도한 침하 없이 충분히 지지할 수 있는 특성을 지닌 압밀된 세립토층이나 상대 밀도가 큰 조립토층 또는 암반층을 말한다.

0403.4.2 기초형식의 선정

기초형식은 구조성능, 시공성, 경제성 등을 종합적으로 검토하여 합리적으로 선정하여야 하며, 기초형

- (2) 기초는 상부구조의 규모, 형상, 구조, 강성 등을 함께 고려해야 하고, 대지의 상황 및 지반의 조건에 적합하며, 유해한 장해가 생기지 않아야 한다.
- (3) 기초형식 선정시 부지 주변에 미치는 영향을 충분히 고려하여야 하며, 또한 장래 인접대지에 건설되는 구조물과 그 시공에 따른 영향까지도 함께 고려하는 것이 바람직하다.

- (4) 동일 구조물의 기초에서는 가능한 한 이중형식기초의 병용을 피하여야 한다.

식 결정에 있어서 유해한 장해가 생기지 않도록 하기 위하여 다음 2가지 사항에 대해 면밀히 검토하여야 한다. 먼저 충분한 지지력을 가지고 있어야 하고, 또한 침하량이 허용범위 이내이어야 하며, 전체 기초에 대해서도 부등침하량이 허용범위 이내이어야 함을 의미한다. 기초형식을 적용하는 데 해당하는 주요 검토항목은 <해표 0403.4.1>과 같다

〈해표 0403.4.1〉 기초형식에 따른 검토항목 일람표

기초형식	기초부재	검토항목
직접기초	기초판, 온통기초, 연속기초, 독립기초 등	지반의 연직지지력, 활동저항력, 부상저항력 즉시침하, 압밀침하, 동결심도, 지하수위
병용기초 (이중기초)	기초판, 개량지반, 말뚝기초	직접기초, 지반개량공법, 말뚝기초의 해당 항목 이외, 경사지반의 연직지지력, 경계부응력, 기초의 비틀림
병용기초 (말뚝전면 복합기초)	온통기초, 마찰말뚝	직접기초의 항 이외, 배토종량, 지중응력 등 평균연직스프링정수, 기초판의 상대강성
직접기초 + 지반개량 공법	온통기초, 마찰말뚝 개량체, 개량지반	개량지반의 연직(수평)지지력, 개량지반의 활동저항력, 지지반의 연직지지력 즉시침하, 압밀침하 개량체의 설계기준강도, 발생응력도(압축, 전단) 층상지반의 연직지지력
말뚝기초	파일캡, 각종 말뚝종류, 말뚝공법	말뚝의 연직지지력, 인발저항력, 수평저항력 무리말뚝의 효율, 부마찰력, 지반변위를 고려한 내진설계, 액상화지반의 수평저항, 경사지반의 연직지지력, 수평저항력 말뚝기초의 즉시침하, 압밀침하, 기초의 변위각과 경사각 말뚝의 내력(압축, 휨, 전단), 말뚝접합부내력

- (4) 특별한 경우를 제외하고는 한 가지 유형의 기초형식을 채택하는 것이 설계의 원칙이다. 그러나 상부구조물의 하중조건 변화가 심하거나, 지층의 변화가 심한 경우 한 종류의 기초형식으로 처리가 어려워 불가피하게 다른 종류의 기초를 병용하여 사용할 수도 있는데 이러한 경우 기초상호 간의 부등침하량 크기가 상부구조물에 미칠 영향을 면밀히 검토하여야 하며, 지반 전체의 전단활동 등에 대해서도 특별히 검토하여야 한다.

기준

0403.5 지반침하

0403.5.1 침하예측

기초는 과도한 침하, 기울어짐 등이 일어나지 않도록 검토하여야 한다. 따라서 기존의 지반 관련자료나 지반조사결과를 검토하여 지반침하의 유무, 크기, 발생 가능성 등을 예측하여야 한다.

0403.5.2 침하대책 수립

- (1) 예상되는 지반침하에 대하여 구조물은 안전성과 사용성을 확보하여야 한다.
- (2) 지반침하가 구조물에 손상을 야기할 가능성이 있는 경우 다음 중 하나의 대책을 세워야 한다.
 - ① 지반침하에 따라 발생하는 응력에 대해 기초가 충분한 강도를 가지도록 한다.
 - ② 지반침하에 따라 기초도 변형하도록 한다.
 - ③ 지반침하의 진행에 따라 침하량을 조절하는 장치를 기초 구조에 사용한다.

0403.6 경사지반

0403.6.1 사면안정

건축부지의 경사면 특히 구조물의 공사과정에서 생길 수 있는 사면은 반드시 안정성을 확보하여야 한다.

해설

0403.5 지반침하

0403.5.1 침하예측

매립지반과 같이 과대한 침하량이 예상되는 경우, 대지에 접하는 층적지반과 같이 압축층 두께가 변화하는 경우 또는 지반의 성질이 불균일한 경우 등에 따라 그 위에 건설된 건축구조물 등이 부등침하를 일으킬 가능성이 있는 경우는 지반침하에 대하여 검토하여야 한다.

(1) 지반침하 예측시 파악할 사항

- ① 지반특성
 - ② 간극수압 분포
 - ③ 침하의 원인
- (2) 지반침하의 원인
- ① 지하수의 지나친 양수
 - ② 매립 지반의 압축
 - ③ 지반의 굴착에 따른 지반변위

0403.5.2 침하대책 수립

예상되는 지반침하에 대하여 구조물의 안전성 및 사용성을 검토하여야 한다. 지반침하에 대하여 구조물을 설계하는 경우 다음을 고려하여야 한다.

- (1) 저항형-선단지지 말뚝 작용 시에 지반침하가 발생하면 부마찰력을 고려하여야 한다.
- (2) 추종형-보상기초, 마찰말뚝, 말뚝전면복합기초(Piled Raft Foundation) 등의 경우 저항형의 문제는 없지만 구조물 자체가 주위의 지반과 동시에 침하하기 때문에 부등침하가 일어나지 않도록 주의하여야 하며, 침하량 차이로 인한 구조체 및 설비시설 손상 가능성, 각종 마감재 사용성 및 거주성 등에 대해 검토하여야 한다.
- (3) 조절형-지반에 직접 접하는 기초판(기초보도 포함)과 최하층 바닥판 사이에 잭-업장치를 미리 마련해 놓아 기초판의 부등침하에 따른 변형에 대응하여 최하층이 수평을 유지하도록 한다.

0403.6 경사지반

0403.6.1 사면안정

경사지반에 구조물을 계획할 때 구조물을 포함하는 사면 전체의 안정성을 확보하는 것이 가장 중요하다. 구조물의 건설시 균형상태에 있는 현재의 사면에 절토나 성토, 구조물의 설치 등에 따라서 사면의 안정성에 영향을 주게 되므로 부지의 선정단계에서

0403.6.2 기초형식의 적합성

기초형식은 구조물의 규모, 형상, 구조를 고려하여 선정하되 특히 경사지반 특유의 지형과 지반의 상황에 적합하도록 하여야 한다.

0403.6.3 편토압과 사면의 영향 평가

기초를 설계할 때 경사지반 특유의 작용하중과 지형 및 지반의 상황에 유의하여야 하고, 지반의 지지력과 말뚝의 수평저항 등은 사면의 영향을 고려하여 평가하여야 한다.

0403.7 지반개량

0403.7.1 연약지반의 문제점

연약지반에 구조물을 세우는 경우 시공과정이나 후에 여러 가지 문제가 발생하므로 연약지반의 공학적 조사와 더불어 개량공법 등의 대책을 수립하여야 한다.

사면붕괴나 사태 등의 위험성이 높은 지역은 원칙적으로 피하여야 한다.

0403.6.2 기초형식의 적합성

경사지반에 있어서 사면, 단차의 존재, 지층의 경사, 성토부와 절토부의 혼재 등 일반적으로 지형이나 지층구성이 수평지반과 비교하여 복잡하다.

따라서 구조물이 경사면에 계획되는 경우 사면의 안정성에 주는 영향을 고려하여야 한다. 예를 들면 사면 상부 또는 사면 중간에 계획되는 구조물에 직접기초를 사용하면 구조물에 따른 하중이 증가하여 사면의 안정성을 확보할 수 없는 경우 말뚝기초를 사용하여 말뚝선단을 안정성이 높은 지층까지 내린다.

0403.6.3 편토압과 사면의 영향 평가

구조물의 외벽에 편토압이 작용하는 경우 기초에는 구조물 자중에 더하여 수평력 및 구조물의 전도모멘트에 수반하는 압입력과 인발력이 상시하중으로서 작용한다. 이러한 편토압의 영향은 지진시 더욱 증가하기 때문에 직접기초의 경우 활동, 부상 또는 전도의 검토, 말뚝기초의 경우 수평저항, 인발 또는 전도의 검토가 중요하다. 또한 직접기초의 경우 기초저면에 작용하는 하중이 편심, 경사하중이 되는 경우 유의하여야 한다.

그리고 경사지반은 지형, 지반 및 지하수의 상황이 복잡하고, 기초검토용 해석모델의 단순화, 사면 가까이 있는 기초의 지진동에 따른 영향, 기초에 작용하는 하중 및 기초구조의 저항력 평가 등 불명쾌한 부분들이 현실적으로 많이 있으므로 사면 근방에 건축구조물을 계획하는 경우에는 설계의 여유를 갖고 충분한 안전율을 확보하는 것이 바람직하다.

0403.7 지반개량

0403.7.1 연약지반의 문제점

연약지반에 구조물을 세우는 경우 기초지반의 지지력이 부족하고, 침하가 크게 발생하여 건축구조물 등이 불안정해지거나 파괴가 일어난다. 또 연약지반에는 지진이나 진동에 따라 지반이 액상화되어 지지력이 저하되며, 공사 중 장비의 주행이 곤란하고, 굴착공사에서 분사현상이나 용기현상이 발생할 가능성이 많아진다.

기준

0403.7.2 개량공법의 선정

개량공법을 선정할 때는 각 공법의 타당성을 충분히 검토하여 지반의 특성 및 주위상황에 적합한 공법을 선정하여야 한다.

0403.8 지반의 액상화

0403.8.1 액상화 가능성 검토

포화모래지반 등 액상화 발생 가능성이 높은 지반 위에 놓이는 기초는 액상화의 피해를 입지 않도록 액상화 발생 가능성을 검토하여야 한다.

0403.8.2 액상화 평가

액상화 발생 가능성이 있는 지반에 대해서는 0306 지진하중에서 정의한 설계지진 규모 및 지반가속도를 사용하여 내진등급에 따라 현장시험결과를 이용하여 액상화를 평가하여야 한다.

0403.8.3 액상화 대책

액상화평가결과 대책이 필요한 지반의 경우는 지반개량공법 등을 적용하여 액상화 저항능력을 증대시키도록 하여야 한다.

해설

0403.7.2 개량공법의 선정

연약지반에서 발생할 수 있는 다양한 문제 해결과 안전하고 경제적인 설계 및 관리를 위해 공사대상 연약지반의 공학적 조사와 함께 필요한 대책을 수립할 필요가 있다. 개량공법 선정시 대상지반의 특성을 고려한 공법의 타당성을 검토함은 물론 주변의 지반, 기존 건축구조물 등이나 환경에 적합한 공법이 선정될 수 있도록 한다.

0403.8 지반의 액상화

액상화란 포화사질토가 비배수상태에서 급속한 재하를 받게 되면 과잉간극수압의 발생과 동시에 유효응력이 감소하며, 이로 인해 전단저항이 크게 감소하여 액체처럼 유동하는 현상을 말한다.

0403.8.1 액상화 가능성 검토

액상화한 지반은 지지력을 완전히 잃거나 외관의 강성이 저하되어 직접기초의 침하와 경사를 야기한다. 또한 액상화, 측방 유동지반에 생기는 동적 및 잔류수평변위와 침하가 말뚝기초의 피해에 연결되는 경우도 있다. 옹벽, 지하구조물에 대해서는 액상화보다 토압이 증가하여 이에 따른 피해의 가능성도 있다. 더욱이 액상화한 흙은 물의 약 2배의 단위부피중량을 갖는 액체와 같이 거동하기 때문에 단위체적중량이 작은 지중매설물은 부력의 증가와 마찰력 감소에 따라 떠오른다. 이러한 피해를 방지하기 위해 포화모래지반 등의 기초설계에 있어서 액상화 발생 가능성을 예측하고 필요에 따라 적절한 대책을 세워야 한다.

0403.8.2 액상화 평가

액상화평가는 대상지반의 주상도와 입도분포를 이용하여 액상화 가능성을 판단한 후 실시한다. 액상화 발생 가능성은 대상현장에서 액상화를 유발하는 최대전단응력(전단저항응력)과 지진에 따라 발생하는 진동전단응력의 비로써 평가한다.

0403.8.3 액상화 대책

지반의 액상화 저항을 증가시켜 액상화 발생을 방지하는 공법의 종류와 특징은 적용원리 및 적용깊이에 따라 다양하며, 그 중에서 가장 많이 사용하는 공법으로 흙의 밀도를 증가시키는 모래다짐말뚝공법이 있으며, 입도개량 또는 고결을 목적으로 하는 치환공법, 주입고화공법 및 혼합고화공법 등이 있

0404 기초지반의 지지력 및 침하

0404.1 기본방침

- (1) 기초는 상부구조를 안전하게 지지하고, 유해한 침하 및 경사 등을 일으키지 않도록 하여야 한다.
- (2) 기초는 접지압이 지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 하며, 또한 기초의 침하가 허용침하량 이내이고, 가능하면 균등해야 한다.
- (3) 기초형식은 지반조사결과에 따라 달라지며, 직접기초에서는 기초 저면의 크기와 형상, 그리고 말뚝기초에서는 그 제원, 개수, 배치 등을 결정하여야 한다.

0404.2 지반의 허용지지력

- (1) 지반의 허용지지력은 식(0404.2.1)로 산정한다.

허용지지력 :

$$q_a = \frac{1}{3}(\alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q)$$

(0404.2.1)

여기서, q_a : 허용지지력(kN/m²)

c : 기초저면 하부지반의 점착력(kN/m²)

γ_1 : 기초저면 하부지반의 단위체적중량(kN/m³)

γ_2 : 기초저면 상부지반의 단위체적중량(kN/m³)

(γ_1, γ_2 : 지하수위 위치를 고려하여 단위체적중량 값을 환산한다.)

α, β : <표 0404.2.1(1)>에 표시한 형상계수

N_c, N_r, N_q : <표 0404.2.1(2)>에 표시한 지지력

계수, 내부마찰각 ϕ 의 함수

D_f : 기초에 근접한 최저지반에서 기초 저면까지의 깊이(m), 인접 대지에서 흙파기를 시행할 경우가 예상될 때에는 그 영향을 고려

다. 또한 표층 부근의 다짐을 주로 하는 바이브로탐핑공법과 전압공법 등 액상화 대책으로 보조적 성격의 공법은 웰포인트공법 등 다른 공법과 병용하는 것이 효과적이다.

0404 기초지반의 지지력 및 침하

0404.1 기본방침

지반침하가 예상되는 지반상의 구조물에 대해서는 구조물하중에 따른 침하를 검토하고, 광역적인 지반 침하에 따라 구조물에 미치는 영향도 검토한다. 또한 지지말뚝의 경우는 주위 지반침하에 대하여 부마찰력이 작용하기 때문에 기초구조 선정 시 이러한 것들을 고려하여야 한다.

0404.2 지반의 허용지지력

(1) 직접기초 지반의 허용지지력은 테르자기(Terzaghi)의 지지력 공식을 기본으로 하고, 기초의 형식, 형상, 하중의 경사 및 편심 등을 고려한 수정지지력 공식을 적용하여 산정한다. 지반의 지지력은 다음의 3가지 요소에 따라 결정된다.

① 점착력의 영향

지반조건에 따른 것으로 지지력식의 1항인 $\alpha \cdot C \cdot N_c$ 는 지반의 점착력에 따라 지지력을 나타낸다. 특히 점성토지반에서 중요한 항목이다.

② 기초폭(B)의 영향

기초폭의 크기에 따라서도 지지력에 영향을 미치게 되며, 지지력식의 2항 $\beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r$ 는 기초폭에 따른 지지력을 나타낸다.

③ 기초 근입깊이(D_f)의 영향

기초의 근입깊이도 지지력에 중요한 요소로서 지지력식의 3항인 $\gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$ 는 기초 근입깊이에 따른 지지력을 나타낸다.

기준

하여야 한다.

B : 기초 저면의 최소폭(m), 원형일 때에는 지름

- (2) 지반의 허용지지력은 평판재하시험을 할 경우 재하시험의 최대접지압(q_{test})을 근거로 하여 지지력계수($c \cdot N_c$ 또는 $\gamma_1 \cdot N_r$)를 식(0404.2.2)와 식(0404.2.3)에 따라 산출한 후 기초의 치수효과와 근입효과를 고려하여 식(0404.2.1)로 산정할 수 있다. 다만, 이때에는 지반의 성층상태에 주의하여야 하며, 암반층의 경우 현장재하시험 및 경험적인 방법으로 허용지지력을 산정할 수도 있다.

점토지반의 경우 :

$$c \cdot N_c = q_{test} / \alpha_t \quad (0404.2.2)$$

사질지반의 경우 :

$$\gamma_1 \cdot N_r = q_{test} / \beta_t \cdot B_t \quad (0404.2.3)$$

여기서, α_t , β_t : 시험에 사용한 재하판의 형상계수로서 (표 0404.2.1(1)) α , β 를 사용할 수 있다.

B_t : 재하판의 폭(m)

〈표 0404.2.1(1)〉 형상계수

기초저면의 형상	연속	정방형	장방형	원형
α	1.0	1.3	$1.0 + 0.3B/L$	1.3
β	0.5	0.4	$0.5 - 0.1B/L$	0.3

B : 장방형 기초의 단변길이

L : 장방형 기초의 장변길이

해설

- (2) 암반의 허용지지력 결정방법

지반의 허용지지력을 결정하는 방법 중 초고층건축 구조물의 지지층으로 많이 선택하는 암반의 허용지지력을 결정하는 방법은 다음과 같은 방법 중 적절한 방법으로 산정할 수 있다.

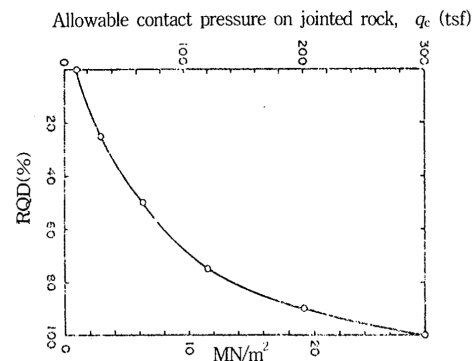
- ① RQD에 따른 반경험적인 방법

암반의 지지력은 RQD, RMR, NGI의 암반분류법을 사용하여 경험적으로 결정할 수 있다. 이러한 반경험적인 방법을 사용할 때에는 해당 지역에서의 경험을 반영하도록 한다.

지지력 공식에 따른 허용지지력이 암석의 일축압축강도와 기초콘크리트의 허용응력 중 어느 하나보다 크다면 암의 일축압축강도와 콘크리트의 허용응력 중에서 작은 값을 허용지지력으로 한다. 콘크리트의 허용응력은 $0.3f_{ck}$ 로 간주할 수 있다. 〈해표 0404.2.1〉과 [해그림 0404.2.1]에 있는 RQD값은 기초저면에 서부터 아래로 깊이 B 까지의 평균 RQD이다.

〈해표 0404.2.1〉 암반허용지지력(Peck, Hanson과 Thombum, 1974)

RQD	허용지지력		비고
	(MPa)	T/M ²	
100	28.7	2926	
90	19.2	1957	
75	11.5	1172	
50	6.23	635	
25	2.87	292	
0	0.96	97	



[해그림 0404.2.1] RQD를 이용한 암반의 지지력 (Peck et al., 1974)

〈표 0404.2.1(2)〉 지지력계수

ϕ	N_c	N_r	N_q
0°	5.7	0.0	1.0
5°	7.3	0.5	1.6
10°	9.6	1.2	2.7
15°	12.9	2.5	4.4
20°	17.7	5.0	7.4
25°	25.1	9.7	12.7
30°	37.2	19.7	22.5
35°	57.8	42.4	41.4
40°	95.7	100.4	81.3
45°	172.3	297.5	173.3
48°	258.3	780.1	287.9
50°	347.5	1153.2	415.1

② 일축압축강도에 따른 방법

실내 일축압축시험으로부터의 결과는 허용지지력(q_a)을 계산하는 데 기초자료로 사용된다.

Peck(1976)은 단단한 암이 $q_{ult} \geq 3U_c$ 라고 가정하였다. 시험할 때 암시편의 상태는 자연상태의 함수비를 유지해야 하는데, 이 상태를 유지하지 못하여 공기건조된 시편의 경우 강도가 75~90%로 저하된다.

〈해표 0404.2.2〉에서는 암의 절리상태에 따른 강도의 감소를 언급하고 있으며, 실제로 q_a 로서 U_c 의 1/5~1/8 사이의 값을 사용하고 있다(Teng (1962)). 또한 캐나다지반공학회(CGS (1978))에서도 같은 주장을 하고 있다.

〈해표 0404.2.2〉 절리간격과 K_{sp}

구분	간격	K_{sp}	비고
매우 넓은	>3m	0.4	
넓은	1~3m	0.25	
상당히 가까움	30cm~1m	0.1	

$$q_a = K_{sp} U_c$$

여기서, q_a : 허용지지력, U_c : ASTM D2938-71에서 제시하는 암석의 평균 일축압축강도, K_{sp} : 〈해표 0404.2.2〉에서 제시하는 경험적인 계수(암괴 간의 거리를 고려한 값)

③ 테르자기(Terzaghi) 공식에 따른 방법

암반상의 기초설계는 흙지반상의 기초와는 다음과 같은 관점에서 차이가 있다.

- (가) 흙지반과 달리 설계에 있어서 대부분은 침하가 제약조건이 되지는 않는다.
- (나) 암반의 지지력은 암 자체의 강도보다는 암반의 절함에 따라 좌우된다.
- (다) 암반상에 놓이는 기초는 암반의 큰 지지력으로 기초 건축구조물 자체의 강도가 큰 영향을 주며, 암석은 점착력과 내부마찰각을 동시에 갖고 있다. 그러나 이러한 시험기구가 흔하지 않기 때문에 일반적으로 암반의 지지력은 일축압축강도를 이용하여 산정된다. 일찍이 일축압축 시험은 50mm~150mm의 정육면체 시편에 대하여 시행해 왔으나 시험시 양단의 구속상태가 문제점으로 대두되고 최근에는 원추형 시편을 시험에 사용한다.

원추형 시편의 높이는 지름의 2배 이상이어야 하는데 이 결과는 정육면체의 시험결과의 0.6~0.9배 정도이

기준

해설

0404.3 침하량의 산정

0404.3.1 지중응력

기초의 연직하중에 따라 생기는 지중응력의 연직방향 성분은 식 (0404.3.1)에 따라 산정한다. 등분포하중에 따른 응력증분은 별도 식으로 정한다.

$$\Delta \sigma_z = \frac{P_c \cdot 3 Z_s^3}{2\pi \cdot R^5} \quad (0404.3.1)$$

여기서, $\Delta \sigma_z$: 지중의 임의점에서의 연직응력증분(kN/m²)

P_c : 지표면에 작용하는 연직집중하중(kN)

Z_s : 지표면에서 임의의 점까지의 깊이(m)

R : 하중의 작용점에서 임의의 점까지의 거리(m)

0404.3.2 압밀침하량

압밀침하량 산정은 식(0404.3.2)에 따른다. 단, 압축지수 C_c , 압

다. 주요 암석의 일축압축강도는 <해표 0404.2.3>과 같다.

그러나 시편이 풍화 등의 결함이 있으면 시험결과 는 표준치보다 매우 낮은 값을 나타내는 경우도 있다.

<해표 0404.2.3> 주요 암석의 일축압축강도

암석명	표준적인 최저치 (MPa)	표준적인 최대치 (MPa)
현무암, 규암	70	280
화강암, 편마암	70	210
편암	35	105
경한 석회암	35	140
백아질 석회암, 다공성 석회암	7	35
사암	17.5	70
혈암	7	35

$$q_u = 0.5 \cdot \gamma \cdot B N_r + c N_c + q' N_q$$

균질한 암반의 지지력은 위 식에 의하여 계산할 수 있는데, 만일 일축압축강도만 알 수 있다면 $\phi=0$, $C=q_u/2$ 로 계산하고 안전율 2.5로 나누어 안전측의 일축압축강도 값을 지지력으로 취할 수 있다.

0404.3 침하량의 산정

기초의 침하는 재하 즉시 발생하는 즉시침하와 점탄성적인 특성으로 시간이 지남에 따라 장기적으로 발생하는 압밀침하를 고려하여야 한다.

0404.3.2 압밀침하량

점성토지반의 압밀침하량은 하중 증가에 따른 점성토지반의 간극비 변화에 의하여 나타나는 체적변화를

밀계수 C_v 를 알 수 있는 경우 침하량을 별도 식으로 산정할 수 있다.

$$S = \int \frac{e_1 - e_2}{1 + e_1} \cdot dz \quad (0404.3.2)$$

여기서, S : 침하량(m)

Z : 침하량을 산정하는 점에서 연직하방으로 측정
한 깊이(m)

e_1 : 응력 σ_{1Z} 에 대응하는 간극비

e_2 : 응력 $\sigma_{2Z}(=\sigma_{1Z} + \Delta\sigma_Z)$ 에 대응하는 간극비

σ_{1Z} : 건물시공 이전의 Z점에서 유효지중응력(kN/m²)
 $= \gamma H_1 + \gamma'(Z_s - H_1)$

σ_{2Z} : 건물시공 이후의 Z점에서 유효지중응력(kN/m²)
 $= \sigma_{1Z} + \Delta\sigma_Z$

여기서, γ : 지반의 습윤단위체적중량(kN/m³)

γ' : 지반의 수중단위체적중량(kN/m³)

H_1 : 지하수위(지표면에서 지하수위 상단까지의 깊
이, m)

Z_s : 지표면에서 임의의 점까지의 깊이(m)

0404.3.3 즉시침하량

즉시침하량은 지반을 탄성체로 보고 탄성이론에 기초한 지반의 탄성계수와 푸아송비를 적절히 설정하여 식(0404.3.3)에 따라 산정하거나, 평판재하시험의 하중과 침하량의 관계식(0404.3.4)를 이용하여 추정한다.

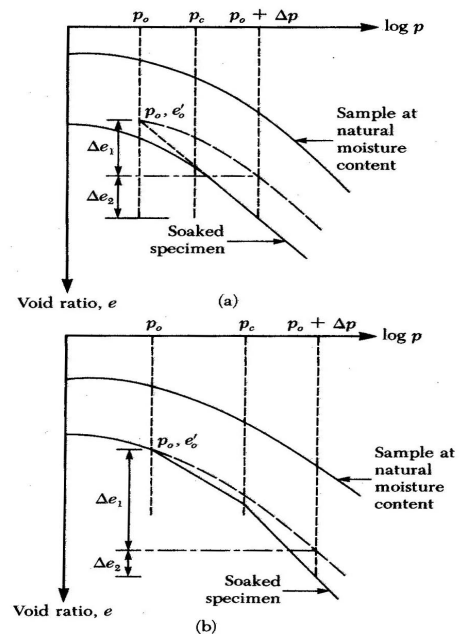
(1) 탄성이론에 따른 계산

$$S_E = I_S(1 - \nu^2)qB/E_S \quad (0404.3.3)$$

여기서, S_E : 즉시침하량(m)

I_S : 기초저면의 형상과 강성에 따라 정해지는

압밀침하량으로 산정하는 것으로 [해그림 0404.3.1]에 나타난 것과 같이 실내실험으로부터 구한 간극비-하중곡선으로부터 간극비변화를 구할 수 있다. 또한 침하량 산정법에는 점성토지반에서의 선행압밀하중을 고려하는 압밀침하량 산정법, 사질토지반에서의 N값을 이용하는 침하량산정법 및 슈머트만 기법 등의 방법이 있으며, 이에 대한 상세한 방법은 구조물기초설계기준 및 해설(국토교통부/한국지반공학회, 2015)을 참조할 수 있다.



[해그림 0404.3.1] 점성토의 간극비-하중곡선
(정규압밀점토, 과압밀점토)

0404.3.3 즉시침하량

(1) 기초침하하는 중앙부, 변중앙, 모서리에서 침하값이 서로 다르지만 건축구조물의 기초는 기둥 하부의 기초침하가 중요하다. 따라서 직접기초 기둥 하부인 기초 중앙부의 즉시침하를 실무적으로 간단히 계산하기 위해서는 건축구조물 독립기초의 경우 기초는 유연(flexible)체로, 지반은 균질한 무한두께의 탄성

기준

계수, <표 0404.3.3> 참조

q : 기초에 작용하는 단위면적당 하중(kN/m²)

B : 기초의 단변길이(원형의 경우는 지름)(m)

L : 기초의 장변길이(m)

E_s : 지반의 탄성계수(kN/m²)

ν : 지반의 푸아송비

<표 0404.3.3> 침하계수 I_g (유연한 기초의 경우)

기초저면 형상		기초저면 상의 위치	I_g
원형(지름 B)		중앙	1.00
장방형($B \times L$)	$L/B=1$	중앙	1.12
	1.5		1.36
	2.0		1.52
	2.5		1.68
	3.0		1.78
	4.0		1.96
	5.0		2.10
	10.0		2.54

(2) 평판재하시험에 따른 추정

$$S_2 = S_1 \cdot \frac{I_{s2} \cdot B_2}{I_{s1} \cdot B_1} \quad (0404.3.4)$$

여기서, S_1 : 평판의 침하량(m)

S_2 : 기초의 침하량(m)

I_{s1} : 재하판의 침하계수, <표 0404.3.3> 참조

I_{s2} : 기초의 침하계수, <표 0404.3.3> 참조

B_1 : 재하판의 폭(m)

B_2 : 기초의 폭(m)

해설

체로 가정하여 식(0404.3.3)에 따라 기초중앙부 침하를 계산할 수 있다. 한편 유한두께의 지반층을 고려하여 침하를 계산하기 위해서는 스테인브레너(Steinbrenner)의 근사식을 이용할 수 있으며, 지반을 유한두께로 가정한 이 근사식을 이용할 경우의 즉시 침하값이 무한두께로 가정한 식(0404.3.3)에 따라 계산한 값보다 상당히 작다. 그리고 온통기초는 하중상태 및 기초강성 등을 고려하여 정밀한 해석법에 따른다.

(2) 독립기초나 줄기초와 같은 소규모 기초는 평판재하시험 결과에 대해 식(0404.3.4)로 침하량을 계산할 수 있다.

평판재하시험의 하중-침하곡선을 침하 추정에 이용하는 경우 기초 하부의 지반이 재하시험을 행한 지반과 같고 균질한 것이어야 한다. 기초 아래의 지반이 균질할 경우 일반적으로 깊이에 비례하여 지반의 강성이 높아지므로 식(0404.3.4)는 기초폭이 커질수록 과대하게 평가할 수 있다. 따라서 재하판과 실제 기초 크기의 차이에 따라 침하에 영향을 주는 범위도 다르다는 것을 충분히 고려하여야 한다.

그리고 기초 바닥면에서 깊이 방향으로 기초폭 크기의 지반이 시험지반과 다른 경우 또는 그 보다 깊은 지반에 시험지반보다 연약한 지반이 있는 경우 등에는 시험결과와 적용에 주의해야 한다.

0404.4 허용침하량

0404.4.1 부등침하

(1) 허용침하량은 지반의 조건, 기초의 형식, 상부구조의 특성, 주위상황들을 고려하여 유해한 부등침하가 생기지 않도록

0404.4 허용침하량

정하여야 한다.

- (2) 지반의 상황에 따라 과대한 침하를 피할 수 없을 때에는 적당한 개소에 신축조인트를 두거나 상부구조의 강성을 크게 하여 유해한 부등침하가 생기지 않도록 하여야 한다.

0404.4.2 기초의 증강

기초는 지반의 복잡성, 계산의 정도, 시공의 부실, 부식 또는 인접지에서의 영향 등을 고려하여 필요에 따라 증강한다.

〈해표 0404.4.1〉 허용침하량

지리지반	구조종별	기초형식	하한변형각 $\times 10^{-3} \text{rad}$	상한변형각 $\times 10^{-3} \text{rad}$
압밀층	<i>RC</i>	독립 · 줄 · 온통 기초	0.7	1.5
	<i>RCW</i>	줄기초	0.8	1.8
	<i>CB</i>	줄기초	0.3	1.0
	<i>W</i>	줄기초	1.0	2.0~3.0
풍화 화강암	<i>RC</i>	독립기초	0.6	1.4
	<i>RCW</i>	줄기초	0.7	1.7
모래층	<i>RC</i> , <i>RCW</i>	독립 · 줄 · 온통 기초	0.5	1.0
	<i>CB</i>	줄기초	0.3	1.0
홍적 점성토	<i>RC</i>	독립기초	0.5	1.0
모든 지반	<i>S</i>	독립 · 줄 기초(비변형 틀성 마감)	2.0	3.5

하한변형각 : 균열이 발생하는 구간수가 발생하지 않는 구간수를 초과하는 변형각을 말하며, 균열발생확률이 50% 초과하는 변형각 또는 균열발생 구간 누적수가 30%를 넘는 변형각이다.

상한변형각 : 거의 균열이 나오는 변형각으로, 균열발생 구간 누적수가 70%를 넘는 변형각이다.

* 약어는 다음의 구조종별을 나타낸다.

RC : 철근콘크리트조 *RCW* : 벽식 철근콘크리트구조
CB : 콘크리트블록구조 *W* : 목조 *S* : 철골조

0405 하중

0405.1 하중일반

건축구조물 등의 기초설계용 하중은 다음에 따른다.

- (1) 지반의 지지력을 산정할 때는 제3장에서 규정한 값으로 한다. 다만, 실정에 따라 상부구조 또는 말뚝에 접하여 지지력에 영향을 미치는 흙의 중량을 가산한다.
- (2) 침하량을 산정할 때, 구조물의 자중, 침하에 영향을 미치는 적재하중 및 흙의 중량을 가산한 값으로 한다. 다만, 실정에 따라 흙막이에 따른 배토중량 또는 이것의 일부를 감할 수 있다.

0405 하중

0405.1 하중일반

구조물의 기초설계용 하중은 제3장에서 제시하는 하중 및 하중조합을 기준으로 하되 기초구조에 필요한 최대의 하중을 고려하여 적용하여야 한다. 특히 기초나 구조물에 작용하는 하중으로서 지반의 변형에 기인하는 하중, 즉 지반침하를 수반하는 말뚝기초에 작용하는 부마찰력, 지진시의 액상화 발생처럼 느슨한 모래층의 성상 변화에 따르는 하중, 모터 등 기계류의 기초와 같이 진동을 발생시키는 기초의 하중 등도 고려한다.

- (2) 지반의 침하량을 계산하는 경우에는 터파기에 따른 배토중량을 상황에 따라 그 전부 또는 일부를 감할 수 있다. 터파기를 행하면 일반적으로 터파기 바닥은 탄성적으로 팽창한다. 또 배수공법, 흙막이 공법에 따라서 지반의 용기현상, 분사현상 등에 따라 지반이 흐트러지는 일도 있다. 이상과 같은 현상

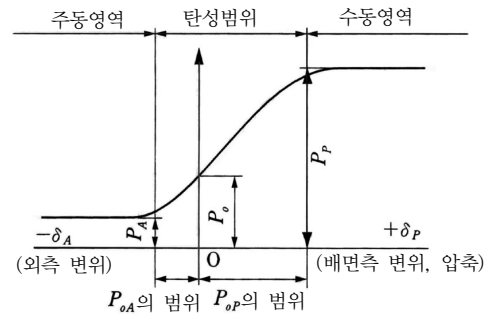
0405.2 토압 · 수압 · 접지압

지하구조부에서 흙과 접하는 벽에 대해서는 토압과 수압을, 기초판에 대해서는 상부에서 오는 하중에 대응하는 접지압을 고려하여야 한다.

은 기초판을 시공하고 상부구조의 공사가 진행됨에 따라 발생하는 즉시침하의 원인이 된다. 이러한 침하량에 대한 안전측의 고려로 일반적인 상황에 따라 2/3부터 3/4까지의 정도를 공제한다. 특히 압밀이 완료되지 않은 기초지반인 경우 이 공제비율은 더욱 낮아진다.

0405.2 토압 · 수압 · 접지압

기초 및 지하구조물에 작용하는 토압은 구조물과 흙 사이의 상대적인 변위조건에 따라 주동토압, 수동토압 및 정지토압으로 분류하며, 3종류의 토압 중에서 구조체와 흙의 상태가 같다면 다음 그림과 같이 주동, 정지, 수동토압의 순으로 크게 된다.



[해그림 0405.1] 변위와 토압의 관계

여기서,

$$P_A = K_A \gamma z : \text{주동토압}$$

$$P_0 = K_0 \gamma z : \text{정지토압}$$

$$P_P = K_P \gamma z : \text{수동토압}$$

$$P_{0A} = K_0 \gamma z - K_1 \delta_A : \text{탄성범위에서 흙 속의 측방응력이 } P_0 \text{에서 } P_A \text{로 감소하고 있을 때의 토압}$$

$$P_{0P} = K_0 \gamma z + K_2 \delta_P : \text{탄성범위에서 흙 속의 측방응력이 } P_0 \text{에서 } P_P \text{로 증가하고 있을 때의 토압}$$

$$K_1 : P_{0A} \text{ 범위에서의 지반반력계수}$$

$$K_2 : P_{0P} \text{ 범위에서의 지반반력계수}$$

$$\gamma : \text{흙의 단위체적중량}$$

$$z : \text{지표면에서 토압을 구하고자 하는 위치까지의 깊이}$$

$$\delta_A : \text{굴착측으로의 변위량}$$

$$\delta_P : \text{배면측으로의 변위량}$$

0405.3 말뚝작용력

말뚝에 대하여 상부구조에서 전달되는 하중 및 자중에 대응하는 축방향 압축력 또는 인발력이 작용하는 것으로 보고 실정에 따라 상부구조에서 전달되는 수평력 또는 이의 일부를 횡력으로 고려하여야 한다. 또한 지반침하에 따른 부의 주면마찰력이 발생할 우려가 있을 때에는 이를 고려하여야 한다.

0405.4 진동·반복하중

진동 또는 반복하중을 받는 기초의 설계는 상부구조의 사용상 지장이 없도록 하고 또한 주위에 미치는 영향도 고려하여 하중을 결정해야 한다.

0405.5 하중의 조합

기초구조물의 강도와 지반 및 말뚝의 지지력은 0301.5에 규정한 하중조합에 따라 적절하게 검토하여야 한다.

0406 직접기초

0406.1 기본사항

0406.1.1 허용지내력

허용지내력은 0404.2에 규정한 지반의 허용지지력 이하가 되도록 하며, 또한 0404.3에 따라 산정한 침하량이 0404.4의 허용 침하량 이하가 되도록 정하여야 한다.

0406.1.2 안전성·사용성·내구성

직접기초는 예상 최대하중에 대해서 상부구조가 파괴되거나 전도되지 않아야 하고, 일상적으로 작용하는 하중상태에서는 구조물의 사용성이나 내구성에 지장을 주는 과도한 침하나 변형이 발생되지 않도록 하여야 한다.

0406.1.3 기초깊이

직접기초의 저면은 온도변화에 의하여 기초지반의 동결 또는 체적변화를 일으키지 않으며, 또한 우수 등으로 인하여 세굴되지 않는 깊이에 두어야 한다.

0405.3 말뚝작용력

동일 부지 내의 점토층에 시공된 파일도 차량통과 빈도에 따라 압밀침하량 및 부주면 마찰력이 상이한 사례가 있으므로 연약하고 함수비가 큰 점토층 등 압밀 발생 우려가 있는 지역에 시공되는 파일에 대해서는 부주면 마찰력을 피하는 공법의 검토가 요구된다.

0406 직접기초

0406.1 기본사항

0406.1.2 안전성·사용성·내구성

기초 성능을 확인하기 위하여 기초의 변형각, 경사각에 따른 상부구조의 영향을 검토하고, 기초부재에 대해서는 부재의 응력 또는 균열폭을, 지반에 대해서는 활동저항과 침하량을 검토한다. 그리고 기초가 부득이하게 성토지반 위에 놓일 경우, 성토지층다짐 시의 다짐밀도는 90% 이상을 유지하도록 하여야 한다.

0406.1.3 기초깊이

직접기초의 저면은 온도변화에 의하여 기초지반의 동결 또는 체적변화를 일으키지 않으며, 또한 우수 등으로 인하여 세굴되지 않는 깊이에 두어야 하므로 국내 지역별 동결지수를 고려하여 동결심도를 산정

기준

0406.1.4 비탈면과 직접기초의 이격

0406.1.4.1 연성옹벽과 직접기초의 이격

보강토옹벽 및 석축 등 연성옹벽의 배면에서 건축물 직접기초까지의 거리 및 연성옹벽 전면에서 건축물까지의 이격거리는 상호 구조물의 안전에 영향을 주지 않는 범위까지 확보하여야 한다.

0406.1.4.2 비탈면과 직접기초의 이격

비탈면의 상부 및 하부에서 건축물의 직접기초는 지반 및 구조물의 안전에 영향을 주지 않을 정도의 충분한 이격거리를 확보하여야 한다.

해설

한 후 동결심도 이하에 기초를 설치하여야 한다.
또한 건조에 따른 수축과 동결 또는 흡수로 기초바닥면의 변화가 발생하므로 다음과 같은 경우에는 특히 주의하여야 한다.

- (1) 점성토의 경우 보일러실, 건조실의 영향으로 지반이 건조하여 수축의 정도가 크다.
- (2) 실트질의 지반은 기온저하로 지반의 체적변화가 크므로 동결선 이하에 반드시 기초 저면이 위치하여야 하며 그 깊이가 얕은 경우에는 지반치환작업이 바람직하다.

0406.1.4 비탈면과 직접기초의 이격

0406.1.4.1 연성옹벽과 직접기초의 이격거리

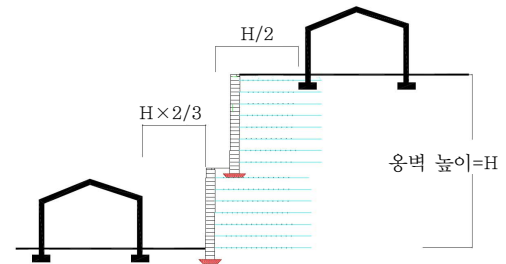
근래에 집중호우시 보강토옹벽과 같은 연성옹벽이 붕괴 또는 배부름 사례가 많이 발생하고 있으며, 이를 사전에 방지하기 위해서는 설계 시에 배면 건축물의 하중을 정확히 고려하여야 하고, 배면토의 다짐시공 및 배수계통의 정밀시공이 필요하며, 또한 철저한 설계 및 시공감리가 요구된다.

옹벽의 배면 및 전면에 옹벽과 근접하여 건축물이 축조될 경우 옹벽의 변형시 건축물도 함께 영향을 받을 수 있으므로 적절한 이격거리를 두어 안전성을 확보하여야 한다.

[해그림 0406.1]과 같이 연성옹벽(보강토옹벽 및 석축 등)의 배면에서 건축물 직접기초까지의 이격거리는 연성옹벽 높이의 1/2 이상, 그리고 연성옹벽 전면에서 건축물까지의 이격거리는 옹벽 높이의 2/3 이상을 확보할 것을 권장한다.

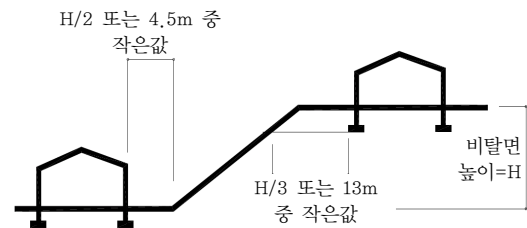
0406.1.4.2 비탈면과 직접기초의 이격

집중호우시 비탈면의 대규모 활동 파괴에 대비하여 일정거리를 이격함으로써 거주안전성을 확보해야 한다. 참고로 IBC2012(1808절)에 따르면 다음 [해그림 0406.2]와 같이 비탈면의 상부에서는 비탈면 높이의 1/3 또는 12M 중 작은 값, 비탈면의 하부에서는 비탈면 높이의 1/2 또는 4.5M 중 작은 값 이상 이격하도록 정하고 있다.



연성 옹벽 경계 이격거리

[해그림 0406.1] 연성옹벽 이격거리



비탈면 경계 이격거리

[해그림 0406.2] IBC2012(1808.7.1~1808.7.2)

0406.1.5 내진설계

직접기초의 내진설계를 할 때에는 기초에 대한 하중분포를 고려하여 기초 전체의 안정을 검토하고 특히 지진으로 액상화가 예측되는 경우에는 적절한 대책을 강구해야 한다.

0406.1.6 활동저항

구조물의 양측에서 지표면의 고저차가 있거나 지진 등으로 구조물에 수평력이 작용할 경우 바닥면의 마찰저항, 근입된 부분의 수동저항 및 그 외 미끄럼방지 돌기에 따른 기초의 활동저항을 검토하여야 한다.

0406.1.5 내진설계

내진설계는 0306 지진하중과 내진설계기준에 제시된 내진성능기준에 따라 설계한다.

0406.1.6 활동저항

상시 수평력이 작용하는 경우 활동저항력을 다음과 같이 계산하여 안정성을 검토한다.

(1) 바닥면의 마찰저항

$$R_f = W_B \cdot \mu$$

여기서, W_B : 건물 중량

μ : 기초바닥면과 지반의 마찰계수

μ 에 대해서는 지반조건이나 기초의 시공조건을 고려하여 결정한다. 대부분 마찰계수로 0.4~0.6의 범위를 사용하는 것이 적절하며 점성토의 경우 접지압에 마찰계수를 곱하여 점착력보다 작은지 확인하여야 한다.

(2) 근입부의 저항

기초면이 상당히 묻혀 있는 경우 이로 인한 저항을

기준

0406.1.7 지반개량

지반개량을 실시하여 직접기초를 적용하는 경우에는 0412 지반개량에 따라야 한다.

0406.1.8 단면설계

직접기초의 단면설계는 0512 기초판에 따라야 한다.

0406.2 접지압

0406.2.1 독립기초

- (1) 독립기초 기초판 저면의 도심에 수직하중의 합력이 작용할 때에는 접지압이 균등하게 분포된 것으로 가정하여 식(0406.2.1)로 산정할 수 있다.

$$\sigma_e = \frac{P}{A_f} \leq f_e \quad (0406.2.1)$$

여기서, σ_e : 설계용접지압(kN/m²)

P : 기초자중을 포함한 기초판에 작용하는 수직하중(kN)

A_f : 기초판의 저면적(m²)

f_e : 허용지내력(kN/m²)

- (2) 편심하중을 받는 독립기초판의 접지압은 직선적으로 분포된다고 가정하여 식(0406.2.2)로 산정할 수 있다.

$$\sigma_e = \alpha \cdot \frac{P}{A_f} \leq f_e \quad (0406.2.2)$$

여기서, σ_e : 설계용접지압(kN/m²)

α : 하중의 편심과 저면의 형상으로 정해지는 접지압계수

P : 기초자중을 포함한 기초판에 작용하는 수직하중(kN)

A_f : 기초판의 저면적(m²)

f_e : 허용지내력(kN/m²)

0406.2.2 복합기초

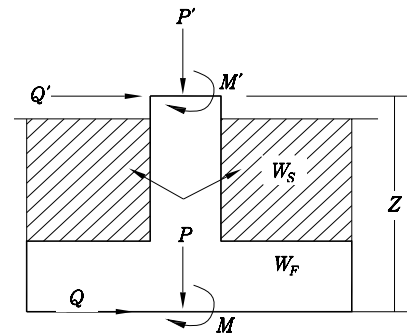
복합기초의 접지압은 직선분포로 가정하고 하중의 편심을 고려

해설

고려할 수 있다. 근입부 저항은 원칙적으로 기초전면 지반의 수동토압으로 산정한다. 수동토압으로 충분히 저항하기 위하여 큰 수평변위가 발생되지 않도록 유의하여야 한다.

0406.2 접지압

기둥에서의 연직하중, 수평하중 및 모멘트, 기초자중과 기초판 바로 위의 되메우기 흙의 중량에 따른 기초판 저면의 하중 및 모멘트는 다음 그림과 같다.



P : 기초바닥면에 작용하는 연직하중($=P' + W_S + W_F$)

Q : 기초바닥면에 작용하는 수평하중($=Q'$)

M : 기초바닥면 중앙에 작용하는 모멘트($=M' + Q'z$)

P' : 기둥으로부터의 연직하중

W_S : 기초 바로 위의 되메우기흙의 중량

W_F : 기둥의 자중

Q' : 기둥으로부터의 수평력(주각에 있어서 기둥의 전단력)

M' : 기둥으로부터의 모멘트(주각에 있어서 기둥의 휨모멘트)

z : Q' 작용점과 기초판 바닥면과의 거리

[해그림 0406.3] 기초판에 작용하는 하중과 모멘트

0406.2.2 복합기초

2 이상의 기초가 강한 기초보로 연결된 경우에는

하여 식(0406.2.3)으로 산정할 수 있다.

$$\sigma_e = \alpha \cdot \frac{\Sigma P}{A_f} \leq f_e \quad (0406.2.3)$$

여기서, σ_e : 설계용접지압(kN/m²)

α : 하중의 편심과 저면의 형상으로 정해지는
접지압계수

ΣP : 기초자중을 포함한 연직하중의 합(kN)

A_f : 기초판의 저면적(m²)

f_e : 허용지내력(kN/m²)

0406.2.3 연속기초

연속기초의 접지압은 각 기둥의 지배면적 범위 안에서 균등하게 분포되는 것으로 가정하여 식(0406.2.4)로 산정할 수 있다.

$$\sigma_e = \frac{P_n}{A_n} \leq f_e \quad (0406.2.4)$$

여기서, σ_e : 설계용접지압(kN/m²)

A_n : 인접한 기둥까지 거리의 1/2 범위를 택한
각 기둥의 지배면적(m²)

P_n : 지배면적 안의 기초 자중을 포함한 각 기둥
의 연직하중(kN)

f_e : 허용지내력(kN/m²)

0406.2.4 온통기초

온통기초는 그 강성이 충분할 때 복합기초와 동일하게 취급할 수 있고 접지압은 식(0406.2.3)에 의하여 산정할 수 있다.

0406.2.5 강성 등의 고려

강성이 적거나 기둥 하중의 분포에 심한 차이가 있는 연속기초나 온통기초에 대해서는 접지압 분포를 고려하여야 한다.

기초판에 작용하는 모멘트의 전부를 기초보에 전달시키고 기초판에는 연직하중과 수평하중을 부담시켜 설계할 수 있다. 이 경우의 모멘트는 지진이나 바람에 따른 각 방향의 모멘트를 대상으로 하며, 큰 모멘트가 작용하는 경우에는 중심을 기초바닥판 저면의 도심에서 M/P 만큼 이동하여 모멘트를 상쇄시키고 설계할 수 있다.

0407 말뚝기초

0407.1 기본사항

- (1) 말뚝은 시공상 지장이 없고 신뢰할 만한 내력이 있는 것을 선택하여야 한다.
- (2) 말뚝의 허용내력은 0407.3에 따른다.
- (3) 말뚝기초의 허용지지력은 말뚝의 지지력에 따른 것으로만 하고, 특별히 검토한 사항 이외는 기초판 저면에 대한 지반의 지지력은 가산하지 않는 것으로 한다.
- (4) 말뚝기초의 설계에 있어서 하중의 편심에 대하여 검토하여야 한다. 특히 1본의 말뚝에 따라 기둥을 지지하는 경우에는 기초보의 강성 및 내력을 증대시키는 등 주각의 고정에 대한 대책을 강구하여야 한다.
- (5) 충격력, 반복력, 횡력, 인발력 등을 받는 기초에 있어서는 말뚝기초에 대한 지반의 저항력 및 말뚝에 발생하는 복합응력에 대하여 안전성을 검토하여야 한다.
- (6) 동일 구조물에서는 지지말뚝과 마찰말뚝을 혼용해서는 안 된다. 또한 타입말뚝, 매입말뚝 및 현장타설콘크리트말뚝의 혼용, 재종이 다른 말뚝의 사용은 가능한 한 피해야 한다.
- (7) 말뚝의 최소간격은 0407.10의 규정에 따른다.
- (8) 말뚝머리 부분, 이음부, 선단부는 충분히 응력을 전달할 수 있는 것으로 하여야 한다.

0407.2 말뚝의 허용지지력

0407.2.1 타입말뚝

타입말뚝의 허용지지력은 0407.2.5에 따른 허용압축응력에 최소 단면적을 곱한 값 이하, 재하시험을 할 경우에는 항복하중의 1/2 및 극한하중 이하 값의 1/3 중 작은 값으로 하고, 재하시험을 하지 않는 경우는 지지력산정식에 따라 구해지는 극한지지력의 1/3 중에서 가장 작은 값으로 한다.

0407 말뚝기초

0407.1 기본사항

- 말뚝기초 설계시에는 지반침하, 지반의 액상화, 연약점성토 지반의 과대한 측방변위, 경사지에서 지반의 활동, 사면 붕괴 등 부지지반의 안정성에 유의하여야 한다.
- (3) 말뚝 기초판 저면에 있는 지반의 지지력은 통상 무시하는 것이 원칙이나 전면기초판(Mat Slab)을 말뚝간격이 큰 마찰말뚝으로 지지하는 경우에는 마찰말뚝의 지지력에 더하여 전면기초판 저면의 지반지지력을 기대할 수 있다. 이와 같은 기초를 말뚝전면복합기초라 하며 설계시 말뚝, 기초판, 지반 사이의 지지력, 변형에 관한 상호작용을 고려하여야 하며, 이에 대한 설계기준은 0408 병용기초 및 「건축기초구조설계기준(대한건축학회, 2005)」 제7장(병용기초) 7.3절(말뚝직접기초)를 참조한다.
 - (4) 1본 또는 2본의 말뚝이나 1열의 말뚝으로 배열된 기초는 시공시 말뚝의 편심을 예상해서 설계하고, 기초판은 편심에 따른 회전이 발생하지 않도록 기초보의 강성 및 내력을 증대시키는 등 주각의 고정에 대한 대책을 강구하여야 한다. 특히 말뚝머리와 캡의 지지조건을 고려하여 말뚝머리보강을 검토하여야 하며, 이에 대한 상세검토 방법은 「건축기초구조설계기준」 제6장(말뚝기초) 6.8절 (기초판 및 말뚝머리 접합부)를 참조한다.
 - (6) 다른 종류의 말뚝 혼용은 원칙적으로 피하고, 특히 하중-침하 특성이 크게 다른 타입말뚝과 매입말뚝 또는 타입말뚝과 현장타설콘크리트말뚝의 혼용은 피해야 한다.

0407.2 말뚝의 허용지지력

말뚝의 허용지지력, 수평지지력 및 인발저항력을 확인하는 말뚝재하시험은 0210 현장재하시험에서 규정하고 있는 내용에 따르며, 그 외에는 한국산업규격(KS)에 준하여 시행하여야 한다. 말뚝의 지지력을 확인하기 위한 시험방법은 실험하중을 재하하는 정재하시험과 동적인 하중을 재하하여 말뚝의 지지력 및 건전도를 확인하는 동재하시험으로 구분할 수 있으며, 이 역시 0210 현장재하시험에서 규정하고

0407.2.2 매입말뚝 및 현장타설콘크리트말뚝

매입말뚝 및 현장타설콘크리트말뚝의 허용지지력은 0407.2.5에 따른 허용압축응력에 최소단면적을 곱한 값 이하, 재하시험결과에 따른 항복하중의 1/2 및 극한하중의 1/3 중 가장 작은 값으로 한다. 다만, 현장타설콘크리트말뚝에서 재하시험을 하지 않을 경우에는 지지력산정식에 따라 구해지는 극한지지력의 1/3 이하의 값으로 할 수 있다.

0407.2.3 선단개방말뚝

0407.2.1에 있어서 선단개방말뚝의 허용지지력을 지지력산정식에 따라 구할 경우에는 선단폐쇄효과를 고려할 수 있다.

0407.2.4 마찰말뚝

점성토 중의 마찰말뚝에 대하여는 토질, 말뚝개수, 말뚝간격 및 길이에 따라 무리말뚝으로서 지지력을 검토한다.

0407.2.5 말뚝재료의 허용응력

말뚝재료의 허용응력은 0407.6에서 정하는 값으로 하고, 이음 및 세장비에 따른 저감은 0407.7에 따른다.

0407.2.6 지반침하의 고려

지반이 침하할 염려가 있는 지층을 관통하고 있는 지지말뚝의 허용지지력에 대해서는 유효한 방법에 따라 부마찰력을 저감하거나 또는 0407.8에 따라 말뚝에 작용하는 부마찰력을 고려하는 것으로 한다.

0407.3 말뚝의 허용내력

말뚝기초를 설계할 때 말뚝의 허용내력은 0407.2에 규정하는 말뚝의 허용지지력 이하로 하며, 침하에 따라 상부구조에 유해한 영향을 주지 않아야 한다.

0407.3.1 무리말뚝

(1) 다수의 말뚝에 의하여 지지되는 기초에 있어서 무리말뚝으로서의 지지력 및 침하를 검토하여 그 내력을 정하여야 한다. 이때 무리말뚝의 효율은 식(0407.3.1)로 산정할 수 있다.

$$\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_u} \quad (0407.3.1)$$

여기서, η : 무리말뚝효율

$Q_{g(u)}$: 무리말뚝의 극한지지력

있는 내용에 따르며, 그 외에는 한국산업규격에 준하여 시행한다. 그리고 말뚝의 지지력 산정방법은 크게 재하시험을 이용하는 방법과 각종 제안식에 따르는 방법으로 나눌 수 있다. 재하시험을 하지 않고 각종 제안식으로 지지력을 산정하는 방법에는 정역학적 지지력 산정식을 이용하는 방법, 원위치 시험결과를 이용하는 방법, 경험식에 따르는 방법 등 다양한 방법들이 있다. 그러나 이들 방법은 어떤 것을 사용하더라도 그 신뢰도는 재하시험을 통하여 얻는 것에 비해 낮으며 실제 말뚝기초의 지지력과 는 차이가 있다.

0407.3 말뚝의 허용내력

특히 개개의 말뚝에 대한 전체 침하뿐만 아니라 말뚝과 말뚝 사이의 부등침하에 대하여 면밀히 검토하여 상부구조에 부등침하로 인한 유해한 영향이 없도록 하여야 한다.

0407.3.1 무리말뚝

무리말뚝의 축방향 압축지지력은 말뚝 중심간격이 넓은 경우, 외말뚝의 지지력에 말뚝의 개수를 곱한 것으로 산정할 수 있다. 그러나 말뚝 중심간격이 임의 한계치보다 좁은 경우 각 말뚝에 의하여 지반에 전달되는 응력이 중복되어 이 보다 작아지게 된다. 이 경우 무리말뚝효과를 고려하여야 한다. 말뚝을 무리지어 설치할 경우에는 무리말뚝의 지지력이 단일말뚝지지력의 합보다 작지 않도록 간격을 결정하

기준

ΣQ_u : 외말뚝들의 지지력 합

- (2) 최근 공동주택 수직증축시 기존 말뚝에 보강말뚝을 추가하는 경우에도 무리말뚝효과를 검토하여 파일의 내력을 결정하여야 한다.

0407.3.2 압밀침하

압밀침하의 우려가 있는 말뚝기초에 있어서 0404.3에 따라 하부 지반에 따른 압밀침하량을 검토하여 상부구조에 유해한 침하가 발생할 우려가 없는가를 확인하여야 한다.

0407.3.3 말뚝기초의 침하량

말뚝기초의 침하량 산정에 있어서 지지말뚝의 경우는 그의 선단면을, 마찰말뚝의 경우는 마찰반력의 합력이 작용하는 면을 기초하중의 작용면으로 생각하며, 그 면내에서 하중은 균등하게 분포하는 것으로 볼 수 있다.

해설

는 것이 바람직하며, 말뚝의 중심간격은 최소말뚝지름의 2.5배 이상이 되도록 하는 것이 바람직하다. 무리말뚝의 영향을 무시할 수 있는 말뚝의 최소중심간격은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$D_o = 1.5 \sqrt{rL} \quad (\text{해식0407.1})$$

여기서, D_o : 무리말뚝의 영향을 무시할 수 있는 말뚝의 최소중심간격

r : 말뚝의 반지름

L : 말뚝의 길이

0407.3.3 말뚝기초의 침하량

단일말뚝의 말뚝머리침하량(S_t)은 말뚝 자체의 길이방향 변형(S_s)과 말뚝선단부 침하량의 합이며, 말뚝선단부 침하량은 말뚝선단부에 가해지는 하중에 따른 침하량(S_p)과 주변마찰력에 따라 지반에 전달된 하중에 따른 침하량(S_{ps})의 합으로 다음 식으로 표시할 수 있다.

$$S_t = S_s + S_p + S_{ps} \quad (\text{해식0407.2})$$

단일말뚝의 말뚝머리 침하량을 구성하고 있는 3가지 성분 S_s , S_p , S_{ps} 는 (해식0407.3), (해식0407.4), (해식0407.5)와 같은 경험식으로 구할 수 있다. 말뚝 자체의 길이방향 탄성변형은 다음 식으로 구한다.

$$S_s = (Q_{pa} + \alpha_s Q_{fi}) L / A_p E_p \quad (\text{해식0407.3})$$

여기서, Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중

Q_{fi} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝주면에 전달되는 하중

L : 말뚝길이

A_p : 말뚝의 단면적(재료의 순단면적)

E_p : 말뚝의 탄성계수

α_s : 말뚝주면마찰력분포에 따른 계수

Vesic(1977)은 균등분포 또는 포물선분포의 주변마찰력의 경우에는 $\alpha_s = 0.5$, 삼각형분포(지표면에서는 0, 말뚝선단부에서 최대)의 경우에는 $\alpha_s = 0.67$ 을 적용하도록 권장하고 있다. 실제 주변마찰력 분포는 계측장치가 설치된 말뚝재하시험결과로부터 얻는 것이 가장 좋지만 지반조사결과를 검토하여 유추할 수도 있다. 이는 Sharma and Joshi(1988)의 연구결과

에서도 나타난 것처럼 α_s 값은 전체 침하량에 큰 영향을 미치지 않으므로 지반조사결과 N값을 이용하여 개략적인 주변마찰력분포를 추정한 후 $\alpha_s = 0.5$ 또는 $\alpha_s = 0.67$ 을 적용한다. 말뚝선단부의 하중에 따른 침하량은 다음 식으로 구한다.

$$S_p = C_p Q_{pa} / D q_d \quad (\text{해식0407.4})$$

여기서, C_p : 흙의 종류와 말뚝시공법에 따른 경험계수, 〈해표 0407.1〉 참조

Q_{pa} : 말뚝에 설계하중이 재하되었을 때 말뚝선단부에 전달되는 하중

D : 말뚝의 폭 또는 지름

q_d : 말뚝의 단위면적당 극한선단지지력

〈해표 0407.1〉 C_p 값

흙의 종류	타입말뚝	굴착말뚝
모래(조밀~느슨)	0.02~0.04	0.09~0.18
점토(굳은~연약)	0.02~0.03	0.03~0.06
실트(조밀~느슨)	0.03~0.05	0.09~0.12

주변마찰력에 따른 말뚝선단부의 침하량은 다음 식으로 구한다.

$$S_{ps} = C_s Q_{fi} / L_b q_d \quad (\text{해식0407.5})$$

여기서, $C_s = (0.93 + 0.16 \sqrt{L_b/D}) C_p$

L_b : 말뚝의 근입깊이

위와 같은 계산은 말뚝의 선단지지층이 충분히 깊어 선단부 아래쪽으로 말뚝지름의 10배 이상이 되며 충분히 견고한 경우를 가정한 방법이므로 선단부 아래쪽의 지반조건이 이와 다를 때는 적용할 수 없다.

신선한 암(Fresh rock)에 위치하는 현장타설말뚝의 침하량은 일반적으로 무시할 수 있다. 그러나 연약한 암(Soft rock)에 위치하는 말뚝에 대해서는 침하량을 고려해야 한다. 일반적으로 전체 하중이 현장타설말뚝의 저부에 걸린다고 가정하고 선단지지를 일으키기 위한 침하량에 탄성수축량(Elastic shortening)을 더함으로써 현장타설말뚝 두부의 침하량을 계산하면 안전측의 설계가 된다.

암반이 탄성적으로 거동할 것이라고 가정할 때의 현장타설말뚝 저부의 침하량(Settlement)은 다음 식으로 구한다.

$$w = \frac{Q_{ST} I_p}{B_b E_m} \quad (\text{해식 0407.6})$$

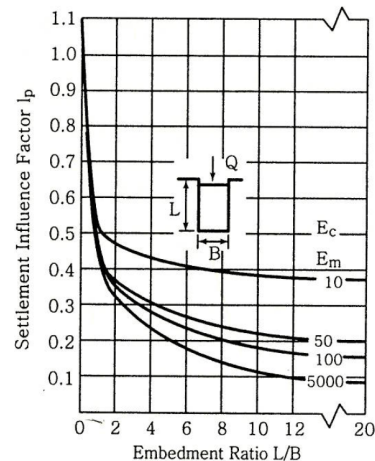
여기서, w : 현장타설말뚝 저부의 침하량

Q_{ST} : 소켓(socket) 두부의 하중

I_p : 영향계수, [해그림 0407.1] 참조

B_b : 현장타설말뚝의 직경

E_m : 현장 압반의 탄성계수



[해그림 0407.1] 탄성침하 영향계수 I_p (after Donald, Sloan and Chiu, 1980)

0407.4 말뚝의 수평내력

- (1) 수평력을 받는 말뚝에 대하여는 말뚝재료의 응력이 그 허용 값을 넘지 않도록 검토하고 또한 말뚝이 전 깊이에 걸쳐 회전 또는 횡이동과 같은 지반의 파괴에 대해서 충분히 안전 한가를 확인하여야 한다.
- (2) 수평력을 받는 말뚝에 대하여는 그의 변위가 상부구조에 유 해한 영향을 미치지 않는가를 확인하여야 한다.

0407.4 말뚝의 수평내력

수평력을 받는 말뚝은 말뚝과 지반 중 어느 것이 움직이는 주체인가에 따라 주동말뚝과 수동말뚝으로 분류된다.

주동말뚝은 말뚝머리에 수평력이 재하되어 말뚝이 변형함에 따라 말뚝주변지반이 저항하게 되고 하중이 지반에 전달된다. 즉 먼저 움직이는 주체가 말뚝이 되고 말뚝의 변위가 주변지반의 변형을 일으키는 경우는 주동말뚝으로 정의하여 해석한다.

주동말뚝의 허용수평지지력을 산정하는 방법에는 극한평형법, 지반반력법, p - y 곡선 해석법이 있다.

수동말뚝은 주변지반에서의 성토나 절토 등으로 인하여 말뚝주변지반이 먼저 변형을 일으켜 그 결과로서 말뚝에 측방토압이 작용하는 경우이다. 즉 말뚝주변지반이 먼저 움직이는 주체가 되어 지반이 말뚝에 하중을 가하는 경우는 수동말뚝이라 정의하여 해석한다.

<해표 0407.2>에서 보는 바와 같이 수평하중을 받는

말뚝의 수평변위기준은 국외의 경우 주로 38mm 이내, 국내의 경우 기초 폭의 1% 이내(또는 15mm)로 규정하고 있어 차이가 있음을 알 수 있다. 각 기관별 수평변위에 대한 구체적인 크기 또는 규정은 명확하지 않으며, 대부분 경험적으로 제안된 것으로 주로 토목구조물의 수평변위 기준에 해당된다. 따라서 수평변위의 제한은 해당 기준 및 지역의 경험에 따라 상부구조 및 말뚝부재의 안정성이 확보되는 변위까지로 규정하는 것이 바람직하고, 건축구조물의 경우에는 성능기준에 따라 조정하여 적용한다.

〈해표 0407.2〉 국내외 말뚝의 수평변위 기준

구분	수평변위 기준
구조물기초설계기준 해설(2009)	말뚝머리의 수평방향 변위량이 상부구조에서 정해지는 허용변위량을 넘어서지 않는 조건을 만족
도로교설계 기준(2001)	말뚝의 수평변위는 기초폭의 1%이며, 최소 15mm, 최대 50mm
AASHTO (2007)	말뚝의 수평변위는 Barker 방법 또는 p-y 해석 절차 적용 수평변위는 지반-말뚝 상호작용을 고려 말뚝의 수평변위는 선택된 허용수평 변위 이내 수평방향 변위는 38mm로 제한
Canadian Foundation Engineering Manual (1992)	수평지지력은 3가지 조건에 따라 제한 그 중 말뚝머리 변위에 따라 상부구조의 존립이 가능하여야 함
FHWA (1999)	교대의 수평 변위는 연직변위보다 구조물 손상에 더 큰 영향을 미치며, 사용성 예측에 따라 38mm보다 작아야 함

0407.5 말뚝의 허용인발저항력

0407.5.1 허용인발저항력

말뚝에 인발력이 작용하는 경우의 허용인발저항력은 다음과 같이 정한다.

- (1) 단일말뚝의 허용인발저항력은 0407.2.5의 허용인장응력에 최소단면적을 곱한 값 이하, 또한 다음 ① 또는 ②에서 정하는 값 이하로 한다.
 - ① 인발시험을 할 경우는 극한하중의 1/3 또는 항복하중의 1/2 중 작은 값

기준

해설

- ② 인발시험을 하지 않을 경우는 말뚝의 인발저항력 산정식에 따라 구해진 값 또는 재하시험에 따른 허용인발저항력의 추정값 중 작은 값
- (2) 무리말뚝에 인발력을 작용시킬 경우는 0407.5.1(1)에 정하는 값 외에 식(0407.5.1)의 값 이하로 한다.

$${}_tR_a = (1.5A_g \cdot W + \psi_g \cdot L \cdot S_s) / 3 \cdot n_g \quad (\text{kN/개})$$

(0407.5.1)

여기서, ${}_tR_a$: 무리말뚝의 영향을 고려한 말뚝의 허용인발저항력(kN/개)

S_s : 흙의 전단강도(kN/m²)

n_g : 무리말뚝의 개수(개)

L : 말뚝길이(m)

A_g : 무리말뚝의 외측을 이은 면으로 둘러싸인 다각기둥의 단면적(m²)

W : 무리말뚝의 하단면상에 작용하는 말뚝과 흙의 단위면적당의 중량으로 지하수위 이하의 부분에서는 부력을 고려한다.(kN/m²)

ψ_g : 무리말뚝의 외측의 말뚝표면을 이은면으로 둘러싸인 다각기둥의 둘레길이(m)

0407.5.2 말뚝이음의 인장강도

인발력을 받는 말뚝이음의 인장강도는 모재와 동등 이상의 값을 확보하여야 한다.

0407.6 말뚝재료의 허용응력

0407.6 말뚝재료의 허용응력

0407.6.1 나무말뚝

나무말뚝의 허용압축응력은 소나무, 낙엽송, 미송에 있어서 5MPa, 기타의 수종에 있어서는 제8장에서 표시한 상시 습윤상태에 있는 경우의 값과 5MPa 중 작은 값을 택한다.

여기서 허용지지력은 나무말뚝의 최소단면에 대해 구하는 것으로 한다.

0407.6.2 기성콘크리트말뚝

기성콘크리트말뚝의 허용압축응력은 콘크리트설계기준강도의 최대 1/4까지를 말뚝재료의 허용압축응력으로 한다. 사용하는 콘크리트의 설계기준강도는 35MPa 이상으로 하고 허용지지력은

말뚝의 최소단면에 대하여 구하는 것으로 한다.

0407.6.3 현장타설콘크리트말뚝

- (1) 현장타설콘크리트말뚝의 최대 허용압축하중은 각 구성요소의 재료에 해당하는 허용압축응력을 각 구성요소의 유효단면적에 곱한 각 요소의 허용압축하중을 합한 값으로 한다.
- (2) 콘크리트의 최대 허용압축응력은 <표 0407.6.3>에 따른다. 단, 수중 또는 안정액 속에서 타설하여야 하는 경우에는 콘크리트가 물 또는 안정액과 섞이지 않도록 트레미공법 등에 의해 소정의 콘크리트 품질이 확보되어야 한다. 표의 케이싱 재료는 강재로 제한한다.

<표 0407.6.3> 압축을 받는 콘크리트의 허용압축응력

조건	최대허용응력
① 영구케이싱이 없는 현장타설콘크리트	$0.30f_{ck}$
② 강관 및 이외 영구케이싱 또는 암 내부의 현장타설콘크리트	$0.33f_{ck}$
③ 영구케이싱 내부의 현장타설콘크리트	$0.40f_{ck}$
③의 조건은 다음 사항을 모두 만족시키는 경우에 해당한다. 1. 케이싱의 단면적은 허용압축하중의 계산에 포함하지 않는다. 2. 케이싱은 주변 흙과 접촉되는 전체길이를 축회전방식(mandrel)으로 설치되어야 한다. 3. 케이싱의 두께는 1.75mm 이상으로 한다. 4. 케이싱의 단면은 콘크리트를 구속할 수 있도록 이음부가 없거나 이음부의 강도가 모재 이상이어야 한다. 5. 케이싱 강재의 설계기준항복강도는 콘크리트의 설계기준압축강도의 6배 이상이어야 한다. 6. 케이싱의 공칭직경은 406mm 이하이어야 한다.	

- (3) 철근의 허용압축응력은 항복강도의 40% 이하로 하고, 형강의 허용압축응력은 항복강도의 50% 이하로 한다.

0407.6.4 강재말뚝

강재말뚝의 허용압축력은 일반의 경우 부식부분을 제외한 단면에 대해 재료의 항복응력과 국부좌굴응력을 고려하여 결정한다.

0407.6.5 허용인장응력

말뚝재료의 허용인장응력은 0407.6.1부터 0407.6.4까지 기술한 단면에 대하여 구하는 것으로 한다.

0407.6.6 허용전단응력 및 허용부착응력

휨 및 전단을 받는 콘크리트말뚝의 콘크리트 허용전단응력 및 콘크리트에 대한 철근의 허용부착응력은 말뚝의 종별 및 시공조건에 따라 0407.6.2, 0407.6.3에 표시한 콘크리트의 허용압축응력

0407.6.4 강재말뚝

강재말뚝의 부식속도에 관한 기준은 <해표 0407.3>에서 보여지는 것처럼 2mm를 부식한도(외면)의 표준값으로 하고 있다. 부식속도는 말뚝 외면에 대한 값이고, 말뚝 내면에 대해서 장기적으로는 산소량이 0이 되므로 부식량을 무시할 수 있다고 간주한다. 그러나 이와 같이 부식속도를 획일적으로 정하는 것이 곤란한 환경도 있으므로 부식속도를 결정할 때에는 제반 조건을 충분히 파악하여 신중하게 판단해야 한다.

기준

에 대응하여 결정한다.
나무말뚝에 대해서는 제8장, 강재말뚝은 제7장에 준한다.

0407.7 말뚝재료의 허용응력 저감

이음말뚝 및 세장비가 큰 말뚝에 대해서는 0407.6에 정한 말뚝 재료의 허용압축응력을 다음과 같이 저감한다.

0407.7.1 이음말뚝의 저감

이음말뚝에 있어서 이음의 종류와 개수에 따라 말뚝재료의 허용 압축응력을 저감한다.

0407.7.2 무타격말뚝의 저감

타격력을 전혀 사용하지 않고 시공하는 말뚝의 이음에 대해서는 타입말뚝 이음저감률의 1/2을 택할 수 있다.

0407.7.3 세장말뚝의 저감

말뚝의 세장비가 큰 말뚝에 있어서 그 말뚝의 재질, 단면의 형상, 지반상황 및 시공방법에 따라 다음 식으로 산정되는 $\mu(\%)$ 에 해당하는 비율만큼 말뚝재료의 허용압축응력을 저감한다.

$$\mu = \frac{L}{d} - n \quad (0407.7.1)$$

여기서, μ : 세장비에 대한 저감률(%)

L/d : 말뚝의 세장비

n : 재료의 허용압축응력을 저감하지 않아도 되는 세장비의 한계값<표 0407.7.3>

해설

<해표 0407.3> 강재말뚝의 부식속도에 관한 기준 (일본 예)

기준 · 지침 · 시방서	부식속도 또는 부식한계
건축기초구조설계 기준 · 동해설(1975.5) (일본건축학회)	부식한계(0.02mm/yr를 고려하면 총 분)×내용년수
건설성주택국 건축지도 과장통달 806호 (1978.11)	지반의 부식성 시험을 행한 경우는 연간부식한계(mm/yr)×80(또는 내 용년수) 부식성 시험을 행하지 않은 경우는 2mm
동경도 건축구조 설계지침(1979.5)	연간부식한계(mm/yr)×80 말뚝의 주변 흙에 접한 표면 2mm 강재로 둘러싸인 안쪽 표면(개단말 뚝) 0.5mm

0407.7 말뚝재료의 허용응력 저감

0407.7.2 무타격말뚝의 저감

타격력을 전혀 사용하지 않고 선굴착 후 시공된 말뚝의 경우에는 타격에 따른 이음부 손상이 없으므로 말뚝의 이음에 대해서는 타입말뚝 이음저감률의 1/2을 택할 수 있다.

〈표 0407.7.3〉 세장비에 따른 허용응력 감소의 한계값

말뚝 종류	n	세장비의 상한값*
RC말뚝	70	90
PC말뚝	80	105
PHC말뚝	85	110
강관 말뚝	100	130
현장타설콘크리트말뚝	60	80

주) 세장비에 따른 말뚝재료의 허용응력 감소를 감안하더라도 세장비의 상한값 이상의 긴 말뚝은 설계하지 않는 것이 좋다.

0407.7.4 세장이음말뚝의 저감

이음말뚝으로 세장비가 n 보다 큰 경우의 허용압축응력에 적용하는 저감률은 위의 각항에 따라 정해진 각 저감률의 합으로 한다.

0407.8 말뚝에 작용하는 부마찰력

지반침하가 생기는 지역 및 그 가능성이 있는 지역으로 15m 이상에 걸쳐 압밀층 및 그 영향을 받는 층을 관통하여 타설된 말뚝 설계에 있어서 일반하중에 대한 검토 외에 말뚝 주변에 하향으로 작용하는 부마찰력에 대해 다음의 각항에 따라 말뚝내력의 안정성을 검토하여야 한다.

0407.8.1 부마찰력의 검토

부마찰력 검토는 다음 식(0407.8.1) 및 식(0407.8.2)에 따른다.

$$(P_p + P_{FN})/A_{pn} \leq f_s \quad (0407.8.1)$$

$$P_p + P_{FN} \leq (R_{up} + R_F)/1.2 \quad (0407.8.2)$$

여기서, P_p : 말뚝머리에 작용하는 하중(kN)

P_{FN} : 부마찰력에 따라 중립점에 생기는 말뚝의 최대축력(kN)

A_{pn} : 말뚝의 실단면적(m²)

f_s : 말뚝재료의 허용응력(kN/m²)

R_{up} : 말뚝선단의 극한지지력(kN)

R_F : 중립점에서 하부 말뚝 주변의 마찰력에 따른 극한지지력(kN)

0407.8 말뚝에 작용하는 부마찰력

0407.8.1 부마찰력의 검토

부주면 마찰력이 작용하는 말뚝의 허용지지력은 (해식0407.7)로 수정하여 구한다.

$$Q'_a = \frac{1}{FS} (Q'_u - W'_s - Q_{nf}) + W'_s - W_p \quad (\text{해식0407.7})$$

여기서, Q'_a : 부주면 마찰력을 고려하여 수정한 허용지지력

Q'_u : 중립점보다 밑에 있는 지반에 따른 말뚝의 극한지지력. 즉 중립점과 말뚝 선단 사이의 주면 마찰력과 말뚝선단의 극한지지력(마찰말뚝의 경우에는 무시)의 합.

Q_{nf} : 부주면 마찰력. 즉 중립점보다 위쪽의 최대주면 마찰력의 합. 최대주면 마찰력을 계산하되, $N \leq 2$ 의 연약층이라도 무시해서는 안 된다.

W'_s : 중립점보다 아래쪽의 말뚝으로 치환되는 부분의 흙의 유효중량

0407.8.2 단일말뚝

단일말뚝의 P_{FN} 과 R_F 는 다음의 식(0407.8.3) 및 식(0407.8.4)에 따라 산정한다.

$$P_{FN} = \lambda \cdot \psi \cdot \int_0^{L_n} \tau \cdot dz \quad (0407.8.3)$$

$$R_F = \lambda \cdot \psi \cdot \int_{L_n}^L \tau \cdot dz \quad (0407.8.4)$$

여기서, λ : 말뚝선단의 형상에 따른 계수 λ 값은, 타입 콘크리트말뚝이 개단선단으로 지름이 600mm 이상 : 0.8
타입말뚝, 매입말뚝은 실정에 따라 : 1.0~0.6
기타 : 1.0으로 한다.

ψ : 말뚝의 주장(m)

τ : 말뚝주면의 부마찰력(kN/m²)

L_n : 말뚝머리에서 중립점까지의 거리(m)

L : 말뚝의 전길이(m)

0407.8.3 무리말뚝

무리말뚝의 각 말뚝에 작용하는 부마찰력은 말뚝상호간의 영향을 고려하여 단일말뚝의 P_{FN} 을 저감하여 구한다.

$$P_{FNi} = \beta_i \cdot P_{FN} \quad (0407.8.5)$$

여기서, β_i : 각 말뚝의 부담면적과 A_s 와의 비($=A_{GPi}/A_s$)

A_{GPi} : 각 말뚝의 부담면적(m²)

A_s : 말뚝의 중심에서 이웃 말뚝의 중심간 거리를 반경으로 하는 원의 면적(m²)

W_p : 말뚝과 말뚝 내부의 흙의 유효중량

FS : 안전율(극한하중시 3.0, 항복하중시 2.0)

(해식0407.7)로 산정한 허용지지력이 (해식0407.8)로 구한 값보다 큰 경우에는 (해식0407.8)로 구한 값을 사용한다. 이때, 주면 마찰력을 고려하는 층의 두께는 정주면 마찰력이 작용하는 층의 두께로 한다. 말뚝 본체에 작용하는 응력이 (해식0407.8)을 만족하는지를 검토한다.

$$1.2 \times (P_o + Q_{nf} + W') \leq \sigma_y A_c \quad (\text{해식0407.8})$$

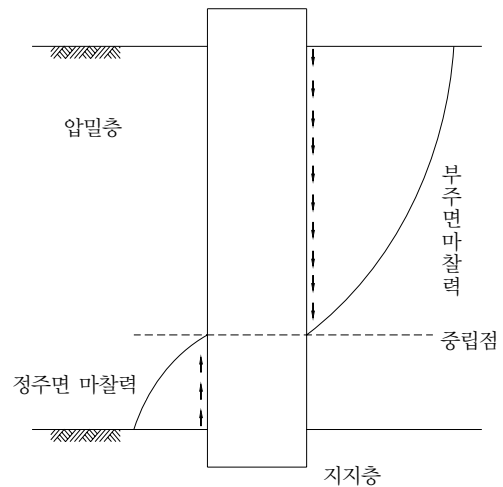
여기서, P_o : 말뚝머리에 가해진 고정하중

Q_{nf} : 부주면마찰력

σ_y : 말뚝재료의 항복응력

A_c : 조사단면에서 말뚝의 순단면적

W' : 중립점보다 위쪽의 말뚝의 유효중량



[해그림 0407.1] 부주면마찰력과 중립점

말뚝의 침하량과 주변 지반의 침하량이 같은 지점을 중립축(neutral point)이라 한다(해그림 0407.1 참조). 따라서 이면을 경계로 마찰력은 부주면 마찰력에서 양의 주면 마찰력으로 바뀐다. 부주면 마찰력 산정 시 정확한 중립축 산정이 중요하다. 따라서 말뚝의 근입깊이에 따른 말뚝과 주면 지반의 침하해석이 선행되어야 하나 그렇지 못한 경우 중립축까지의 거리 L_n 는 다음과 같이 결정할 수 있다.

① 마찰말뚝 또는 불완전지지말뚝($N \leq 20$)의 경우

$$L_n = 0.8L_a \quad (\text{해식0407.9})$$

0407.9 말뚝의 침하

0407.9.1 침하검토

예상되는 하중에 따른 말뚝의 침하량 및 부등침하량과 말뚝의 침하에 따라 발생하는 기초부재 또는 상부구조의 응답값이 설계용 한계값에 이르지 않도록 검토하여야 한다. 침하검토가 중요하지 않은 말뚝기초에서는 말뚝하중이 설계용 한계값인 극한지지력의 1/3 이하인 경우에 한해 침하검토를 생략할 수 있다.

0407.9.2 지중응력

말뚝의 침하량은 말뚝머리에 작용한 하중이 말뚝본체에서 지반에 전달되어 생기는 지중응력을 산정하여 지중응력의 증가에 따른 지반의 변형을 적분해서 평가한다.

0407.9.3 압밀침하

말뚝기초가 일상적으로 작용하는 하중에 대해서 압밀침하가 발생할 우려가 있는 연약점성토층이나 중간모래층에 지지된 경우에는 말뚝침하량을 즉시침하량과 압밀침하량의 합으로 한다.

0407.9.4 단일말뚝의 침하량

단일말뚝의 침하량은 연직재하시험 또는 말뚝-지반계를 적절히 모델화한 침하해석에 따라 평가할 수 있다.

0407.9.5 무리말뚝의 즉시침하량

무리말뚝의 즉시침하량은 간이계산법이나 상세계산법으로 산정할 수 있다.

여기서, L_a 는 압밀층 두께이다.

- ② 모래층 또는 모래자갈층에 관입된 지지말뚝의 경우
 $L_n = 0.9L_a$ (해식0407.10)
- ③ 단단한 지지층에 관입된 지지말뚝의 경우
 $L_n = 1.0L_a$ (해식0407.11)

0407.9 말뚝의 침하

0407.9.2 지중응력

말뚝기초는 일반적으로 다수의 말뚝으로 구성되므로 무리말뚝효과를 고려하여 침하량을 계산한다. 1개의 기둥을 1개의 말뚝으로 지지하는 경우에도 건물 전체로 볼 때 말뚝 간의 상호작용에 따른 무리말뚝효과를 무시할 수 없는 경우에는 무리말뚝으로 침하량을 계산하여야 한다. 상대적으로 연약한 지층을 관통해서 견고한 지층에 선단을 지지시킨 말뚝으로 말뚝간격이 말뚝지름의 약 5배 이상인 경우에는 무리말뚝효과의 평가를 생략하고 단일말뚝으로 침하량을 계산할 수 있다. 지진 또는 폭풍 시에는 무리말뚝효과가 주로 건물 외주부의 말뚝에 한정되므로 침하량 계산에서 무리말뚝효과를 무시할 수 있다.

0407.9.5 무리말뚝의 즉시침하량

간이계산법(등가하중면법, 등가피어법)은 무리말뚝 전체를 직접기초나 대구경 단일말뚝으로 바꿔 개략의 침하성상을 구하고, 상세계산법은 개개의 말뚝을 모델화해서 말뚝 간의 상호작용을 고려하여 상세한 검토가 가능하지만 상세계산법은 복잡한 모델화와

기준

0407.9.6 기초의 변형각 및 경사각

기초의 변형각 및 경사각은 원칙적으로 상부구조의 강성을 고려한 해석에 따라 평가하여야 한다.

0407.9.7 지진의 영향

지진시 액상화 가능성이 있는 지반에 설치된 말뚝은 액상화 영향을 고려하여 침하량을 평가하여야 한다. 또 지진시 말뚝에 인발력이 작용하는 경우에는 기초의 변형이 인발력에 따른 말뚝의 부상에 따라 발생하기 때문에 말뚝기초 전체에 대해 검토하여야 한다.

해설

고도의 해석을 필요로 하기 때문에 일반적으로 간이계산법이 적당하다.

0407.9.6 기초의 변형각 및 경사각

기초의 변형각은 상부구조 기둥 위치에 따른 기초의 침하량에서 인접한 기초 사이의 상대침하량을 구해 기초 사이의 수평거리로 나뉘서 구한다. 말뚝 기초의 침하량 및 부등침하량이 비교적 작아 기초 부재응력에 미치는 영향이 작다고 판단되는 경우에는 안전하게 상부구조의 강성을 무시하고 기초의 변형각을 산정할 수 있다.

건물 전체에 경사가 생길 가능성이 있는 경우에는 기초경사각을 건물 양쪽 바깥 가장자리에서의 침하량 차이를 건물폭으로 나뉘서 산정한다.

기초 변형각 및 경사각의 검토에 필요한 말뚝머리의 침하량은 중립점에서 지반의 침하량과 말뚝머리에서 중립점까지의 말뚝 본체 압축량의 합으로 한다.

0407.9.7 지진의 영향

말뚝의 내진설계에서 지진력을 받는 말뚝의 설계는 일반설계에서의 요구조건 이외에 다음의 요구조건을 만족시켜야 한다.

- (1) 말뚝의 내진설계에서는 극한지지력 개념을 사용하며, 0301.5의 하중조합에 따른 하중효과에 설계 지진하중에 대하여 충분한 지지력을 확보하여야 한다.
- (2) 말뚝은 파일캡에 적절히 연결하여야 한다.
- (3) 콘크리트로 채운 말뚝에 특별한 정착장치를 설치하지 않는 경우에는 말뚝으로 인발력이 전달될 수 있도록 충분한 길이의 철근을 매립하여 정착하여야 한다.
- (4) 속채움이 없는 강관말뚝, 나무말뚝, 강말뚝은 말뚝의 허용지지력 10% 이상인 인발력이 전달될 수 있도록 정착하여야 한다.
- (5) 보강철근은 말뚝과 파일캡을 일체로 하며 하중전달을 용이하게 하기 위해 파일캡까지 연장되어야 한다.
- (6) 말뚝의 내진설계에서는 기둥이 지표면 위에서 휨모멘트에 의하여 항복하기 이전에 말뚝이 지표면 아래에서 파괴되지 않도록 하여야 한다.
- (7) 말뚝기초 주변지반에 대하여 액상화 가능성, 말뚝머리의 횡방향 변위 및 침하, 말뚝 본체의 파괴가능성 등을 검토한다. 액상화 가능성이 있는 지반에서는 말뚝의 주변마찰력을 무시한다.

0407.10 말뚝재료별 구조세척**0407.10 말뚝재료별 구조세척****0407.10.1 나무말뚝**

- (1) 나무말뚝은 갈라짐 등의 흠이 없는 생통나무 껍질을 벗긴 것으로 말뚝머리에서 끝마구리까지 대체로 균일하게 지름이 변화하고 끝마구리의 지름이 120mm 이상의 것을 사용한다.
- (2) 나무말뚝의 양단 중심점을 이은 직선은 말뚝 밖으로 나와서는 안 된다.
- (3) 나무말뚝은 항상 그 전장이 지하수위 아래에 있는 경우 또는 균해, 충해에 대한 적절한 조치에 따라 내구성이 보증된 경우 이외에는 사용해서는 안 된다.
- (4) 나무말뚝을 타설할 때 그 중심간격은 말뚝머리지름의 2.5배 이상 또한 600mm 이상으로 한다.

0407.10.2 기성콘크리트말뚝

- (1) 기성콘크리트말뚝은 운반, 타입 또는 매입 등에 따라 균열 또는 파손이 생기지 않는 것이어야 한다.
- (2) 말뚝의 철근배치 및 피복두께는 원심력을 이용하여 제조한 말뚝의 경우는 KS F 4301 「원심력철근콘크리트말뚝」, KS F 4303 「프리텐션방식 원심력 PC말뚝」, KS F 4306 「프리텐션방식 원심력 고강도콘크리트말뚝」에 따르는 것으로 하고, 기타 말뚝의 경우는 다음에 따른다.
 - ① 주근은 6개 이상 또한 그 단면적의 합은 말뚝의 실단면적의 0.8% 이상으로 하고, 띠철근 또는 나선철근으로 상호 연결한다.
 - ② 주근의 피복두께는 30mm 이상으로 한다.
- (3) 기성콘크리트말뚝을 타설할 때 그 중심간격은 말뚝머리지름의 2.5배 이상 또한 750mm 이상으로 한다.

0407.10.3 강재말뚝

- (1) 강재말뚝은 운반, 타입 또는 매입 등에 대해 충분한 강도를 갖도록 그 단면을 정하고 필요에 따라 보강재를 설치하여야 한다.
- (2) 강재는 부식에 대해 검토하고 필요하면 유효한 대책을 강구하여야 한다.
- (3) 강재말뚝을 타설할 때 그 중심간격은 말뚝머리의 지름 또는 폭의 2.0배 이상(다만, 폐단강관 말뚝에 있어서 2.5배) 또한

기준

750mm 이상으로 한다.

0407.10.4 타입말뚝

- (1) 타입에 사용하는 기성말뚝은 나무말뚝, 기성콘크리트말뚝 및 강재말뚝의 각각에 대하여 0407.10.1부터 0407.10.3까지를 만족하는 것이어야 한다.
- (2) 타입말뚝의 사용에 있어서 타격에 따라 말뚝체를 손상함이 없이 소정의 관입조건이 얻어지기까지 타입하여야 한다.

0407.10.5 매입말뚝

- (1) 매입말뚝에 사용하는 기성콘크리트말뚝 및 강재말뚝에 대하여는 각각 0407.10.2 및 0407.10.3을 만족하는 것으로 한다.
- (2) 매입말뚝의 저부는 지지층에 확실히 도달시키는 것으로 하고, 선단지지력이 유효하게 발휘되도록 조치를 강구하여야 한다.
- (3) 매입말뚝을 배치할 때 그 중심간격은 말뚝머리지름의 2.0배 이상으로 한다.

0407.10.6 현장타설콘크리트말뚝

- (1) 현장타설콘크리트말뚝의 시공에 있어서 공벽의 붕괴, 보링 및 굴착기기를 뺄 때의 흡인현상 등에 따라 지지층이 교란되지 않도록 충분한 고려를 하여야 한다. 또한 공저의 슬라임에 대한 제거대책을 강구하여야 한다.
- (2) 현장타설콘크리트말뚝의 단면적은 전길이에 걸쳐 각 부분의 설계단면적 이하이어서는 안 된다.
- (3) 현장타설콘크리트말뚝의 선단부는 지지층에 확실히 도달시켜야 한다.
- (4) 현장타설콘크리트말뚝은 특별한 경우를 제외하고 주근은 4개 이상 또한 설계단면적의 0.25% 이상으로 하고 띠철근 또는 나선철근으로 보강하여야 한다. 이 경우 철근의 피복두께는 60mm 이상으로 한다.
- (5) 저부의 단면을 확대한 현장타설콘크리트말뚝의 측면경사가 수직면과 이루는 각은 30° 이하로 하고 전단력에 대해 검토하여야 한다.
- (6) 현장타설콘크리트말뚝을 배치할 때 그 중심간격은 말뚝머리지름의 2.0배 이상 또한 말뚝머리 지름에 1,000mm를 더한 값 이상으로 한다.
- (7) 케이싱이 없는 현장타설콘크리트말뚝의 설계균열모멘트(ϕM_n)는 식(0407.10.1)에 따라 구할 수 있다.

해설

0407.10.6 현장타설콘크리트말뚝

- (4) 철근의 피복두께는 케이싱이 있는 경우는 60mm 이상, 케이싱 없이 타설할 경우는 80mm 이상으로 하며, 특히 수중타설인 경우는 100mm 이상으로 한다.

$$\phi M_n = 0.25 \sqrt{f_{ck}} \cdot S_m \quad (0407.10.1)$$

여기서, f_{ck} = 콘크리트의 압축강도(MPa)

S_m = 철근 및 케이싱을 무시한 단면계수 (mm^3)

0407.11 말뚝기초의 기초판 설계

- (1) 말뚝기초에 있어서 말뚝의 반력을 기초판 저면에 작용하는 집중하중으로 보고 0512의 규정에 따라 단면을 산정한다.
- (2) 기초판 주변으로부터 말뚝 중심까지의 최단거리는 말뚝지름의 1.25배 이상으로 한다. 다만, 말뚝머리에 작용하는 수평하중이 크지 않고 철근의 정착에 문제가 없는 경우의 기초판은 말뚝의 수직 외면으로부터 최소 100mm 이상 확장한다.

0407.12 말뚝기초의 내진해석

- (1) 말뚝기초의 내진해석에서는 기초지반과 상부구조물의 특성을 고려하여 지진하중을 말뚝머리에 작용하는 등가정적하중으로 환산한 후 정적해석을 수행한다.
- (2) 무리말뚝의 경우 무리말뚝 해석을 통하여 구조물의 하중을 각 단일말뚝에 분배하고, 이 때 가장 큰 하중을 받는 단일말뚝에 대하여 등가정적해석을 수행한다.

0407.13 말뚝의 내진상세

- (1) 내진설계범주 C 또는 D로 분류된 구조물에 사용하는 콘크리트 말뚝의 띠철근 및 나선철근은 0505 및 0520에서 규정하고 있는 갈고리 상세에 따라 배근하여야 한다.
- (2) 내진설계범주 C 또는 D로 분류된 구조물에 사용하는 말뚝의 이음부는 다음 중 작은 값에 견딜 수 있어야 한다.
 - ① 말뚝재료의 공칭강도
 - ② 0306.2.3의 특별지진하중으로부터 발생된 축력, 전단력, 모멘트
- (3) 내진설계범주 C 또는 D로 분류된 구조물에서 프리텐션이 사용되지 않은 기성콘크리트말뚝의 종방향 주철근비는 전체 길이에 대해 1% 이상으로 하고, 횡방향철근은 직경 9.5mm 이상의 폐쇄띠철근이나 나선철근을 사용하여야 한다.
- (4) 내진설계범주 C로 분류된 구조물의 현장타설말뚝에서 종방향 주철근은 4개 이상 또한 설계단면적의 0.25% 이상으로

기준

하고, 말뚝머리로부터 다음에 규정하는 최대값의 구간에 배
근하여야 한다.

- ① 말뚝길이의 1/3
 - ② 말뚝최소직경의 3배
 - ③ 3.0m
 - ④ 말뚝의 상단으로부터 식(0407.10.1)에 따라 계산한 설계
균열모멘트가 0301.5의 하중조합을 반영하여 산정한 소
요휨강도를 초과하는 지점까지의 거리
- (5) 현장타설말뚝의 횡방향철근은 직경 10mm 이상의 폐쇄띠철
근이나 나선철근을 사용하고, 간격은 말뚝머리부터 말뚝직
경의 3배의 구간에는 주철근직경의 8배와 150mm 중 작은
값 이하로 하고, 나머지 구간의 간격은 주철근직경의 16배를
초과하지 않아야 한다.
- (6) 내진설계범주 D로 분류된 구조물에 사용되는 현장타설말뚝
의 종방향 주철근은 4개 이상 또한 설계단면적의 0.5% 이상
으로 하고, 말뚝머리로부터 다음에 규정하는 최대값의 구간
에 배근하여야 한다.
- ① 말뚝길이의 1/2
 - ② 말뚝최소직경의 3배
 - ③ 3.0m
 - ④ 말뚝의 상단으로부터 식(0407.10.1)에 따라 계산한 설계
균열모멘트가 0301.5의 하중조합을 반영하여 산정한 소
요휨강도를 초과하는 지점까지의 거리
- (7) 내진설계범주 D로 분류된 구조물에 사용되는 현장타설말뚝
의 횡방향철근은 직경 508mm 이하의 말뚝에 대해서는 최소
직경 10mm, 그 이상의 말뚝에 대해서는 최소직경 13mm의
폐쇄띠철근이나 나선철근을 사용한다. 횡방향구속이 되어 있
는 영역 이외의 구간에서의 횡방향철근의 간격은 다음의 값
중 최소값을 초과하지 않아야 한다.
- ① 종방향 주철근 직경의 12배
 - ② 말뚝 최소직경의 1/2
 - ③ 305mm
- (8) 내진설계범주 D로 분류된 구조물에 사용하는 말뚝은 기초판
과의 구속에 따른 인발력 및 휨모멘트에 의해 발생하는 축
력을 조합하여 설계하여야 하며, 말뚝의 인장강도의 25% 이
상 발휘할 수 있도록 기초판 속으로 정착하여야 한다. 또한

해설

말뚝머리의 정착은 다음의 규정을 만족하여야 한다.

- ① 인발에 대한 정착은 다음 중 최소값에 저항할 수 있어야 한다.
 - (가) 말뚝의 종방향 주철근의 공칭인장강도
 - (나) 철골부재의 공칭인장강도
 - (다) 말뚝과 지반 사이의 마찰력의 1.3배
- ② 비틀림저항에 대한 정착은 0306.2.3의 특별지진하중에 의해 발생하는 축력, 전단력, 휨모멘트를 저항하도록 설계하거나 또는 말뚝의 축력, 휨, 전단에 대한 공칭강도를 저항할 수 있어야 한다.

0408 병용기초

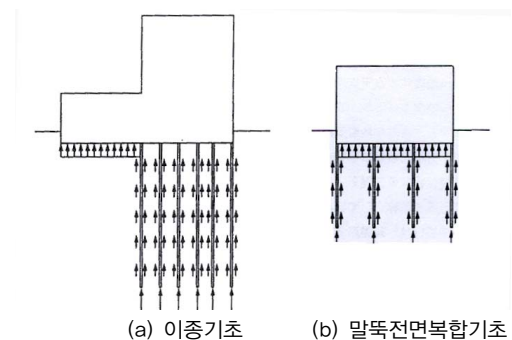
0408.1 기본사항

병용기초는 각기 다른 2종류 이상의 기초형식을 병용하는 것으로 병용기초의 설계에 있어서 단독의 직접기초 또는 말뚝기초보다 그 거동이 복잡하기 때문에 기초와 지반의 상호 조건을 신중하게 고려해서 설계하여야 한다.

0408 병용기초

0408.1 기본사항

병용기초는 [해그림 0408.1]처럼 하나의 구조물에 서로 다른 두 종류 이상의 기초형식을 병용한 것으로서 (a)와 같이 건물의 형태 및 지반조건에 따라 다른 기초형식을 적용한 경우와 (b)와 같이 동일 평면에서 다른 기초형식을 복합적으로 사용하는 경우로 크게 분류할 수 있다. 병용기초는 서로 다른 기초형식의 연직 지지성능 및 지진시의 수평지지 성능을 갖게 되므로 구조물 전체의 기초 거동이 복잡해지고 일반적인 지반조건이나 구조물의 조건으로 볼 때 가능한 피해야 하는 기초형식이라고 할 수 있다. 그러면서도 경사지반 등의 특수한 조건이나 상부구조물이 병용기초의 복잡한 거동에 대해 정밀검토에 의해 충분히 견딜 수 있다고 확인된 경우에는 이러한 기초형식을 적용할 수도 있다.



(a) 이종기초 (b) 말뚝전면복합기초

[해그림 0408.1] 병용기초

0408.2 병용기초의 형식 및 설계조건

병용기초의 형식은 크게 이중기초 및 말뚝전면복합기초(Piled Raft Foundation)로 분류할 수 있으며, 다른 기초와 마찬가지로 지지력과 침하량에 대하여 검토해야 하고, 설계에서 요구하는 지지력 이상과 구조적인 안전을 확보할 수 있는 허용침하량을 확인하여야 한다.

0408.3 이중기초

(1) 일반사항

이중기초에는 여러 가지의 조합이 가능하지만 다음과 같은 기초형식의 조합에 적용한다.

- ① 직접기초와 말뚝기초
- ② 기초슬래브의 형식 또는 지지층이 다른 직접기초
- ③ 지지형식 또는 시공법이 다른 말뚝기초 및 지지층이 다른 말뚝기초

(2) 직접기초 부분 및 말뚝기초 부분은 각각 개별적으로 다음에 대하여 검토하여야 한다.

① 직접기초 부분

- a) 기초지반의 지지력, 침하량(전체침하량 및 부등침하량), 활동저항을 0406(직접기초)에 준해서 검토한다.

0408.2 병용기초의 형식 및 설계조건

병용기초는 복수의 기초형식(직접기초와 말뚝기초)을 복합하여 하나의 구조물에 사용하는 기초형식으로서 크게 이중기초와 말뚝전면복합기초(Piled Raft Foundation)로 분류할 수 있다. 이 이중기초와 말뚝전면복합기초의 차이는 직접기초와 말뚝기초가 평면 위치에서 부분적으로 단독적인 기초형식으로 구성되는지 아니면 두 개의 기초형식이 평면상의 어느 위치에서든지 복합적으로 작용하는지에 있다.

어느 쪽의 병용기초도 기초만의 설계로 끝나는 것이 아니라 상부구조(예로 기초 및 보 등)를 통해서 기초 전체의 거동을 검토하고 구조물 기초의 요구조건을 만족할 수 있는지 판단하는 것이 중요하다. 그리고 말뚝전면복합기초(Piled Raft Foundation)는 이중기초와 달리 기초의 변형량을 감소시키기 위하여 적용되는 기초형식이다. 이 기초형식은 직접기초만으로 지지력은 충분히 확보되나 침하 또는 부등침하에 의한 변형량이 기둥, 보 등의 상부구조 허용치를 초과하는 경우 말뚝기초를 병용해서 설계하는 기초형식으로 지반이 비교적 경질의 점토 또는 밀도가 높은 모래의 경우에 적합한 것으로 알려져 있다. 따라서 표층지반의 강도가 현저히 낮은 경우나 지반침하가 광범위하게 발생하는 경우 및 지진시 액상화의 우려가 있는 지반등 기초판 하부의 지반저항을 장기적으로 기대하기 어려운 지반에는 적합하지 않다.

이는 지금까지와는 다른 비교적 새로운 기초형식으로서 지반과 상부구조를 일체로 한 설계가 필수적인 고도의 설계기술이 요구된다. 따라서 이중기초 혹은 말뚝전면복합기초의 적용 여부는 지반조건, 건물의 형상 및 규모, 구조적 특성, 유사 사례 등을 바탕으로 한 설계자의 합리적인 판단이 요구되며, 지반과 기초의 상호작용을 포함한 구조물과 기초의 안전성에 대해 책임구조기술자와 지반전문가의 충분한 상호 검토가 요구된다.

- b) 각 하중조합에 따라 산정된 부재응력에 대해 기초판을 검토한다.
- ② 말뚝기초 부분
 - a) 각 하중조합에 따른 말뚝기초의 연직지지력 및 침하량, 인발저항력 및 인발량, 수평지지력 및 수평변위량을 0407(말뚝기초)에 준해서 검토한다.
 - b) 각 하중에 따라 말뚝체 및 이음부에 발생하는 응력에 대해 말뚝체의 단면을 설계한다.
- (3) 이종기초에 있어서는 개개의 기초에 대한 연직 및 수평방향의 지지특성과 변형특성을 정밀하게 평가하고, 기초보를 포함한 상부구조와 기초구조와의 변위의 적합조건과 응력의 평형조건을 고려한 해석을 수행하여야 한다. 또한 침하나 변형에 따라 상부구조에 유해한 장애가 생기지 않아야 하며, 부가응력에 대해서도 각 부재가 충분한 내력을 확보하고 있는지 확인하여야 한다.

0408.4 말뚝전면복합기초

- (1) 일반사항

말뚝전면복합기초는 직접기초와 말뚝기초가 복합적으로 상부구조를 지지하는 기초형식으로서 직접기초의 설계요구조건을 기본으로 하고, 말뚝체 및 말뚝머리 접합부 등의 관련 부분에 대한 설계요구조건을 동시에 만족하여야 한다.
- (2) 검토항목

말뚝전면복합기초는 다음의 사항을 검토하여 안전성을 확인하여야 한다.

 - ① 상부구조에 대한 영향 검토

상부구조에 대하여 영향을 줄 수 있는 기초부재의 변형 및 변형각이 구조적인 안전성을 확보할 수 있는 허용치 이내가 되도록 해야 한다.
 - ② 기초부재

기초부재에 작용하는 각 부재의 응력, 변형각, 균열폭 등에 대하여 검토하여야 한다.
 - ③ 기초지반

기초지반의 연직지지력, 침하량을 검토하고 전면기초판 하부 지반의 다짐도를 확인해야 한다. 또한 0210 현장재

0408.4 말뚝전면복합기초

- (1) 일반사항

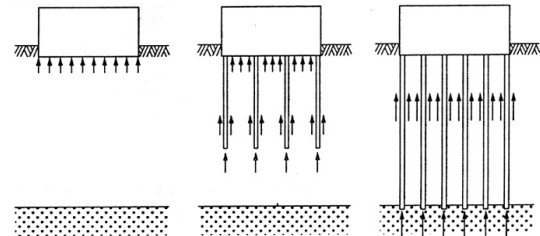
말뚝전면복합기초는 일반적으로 줄기초나 매트기초 등의 직접기초와 말뚝기초를 병용한 기초형식으로서 작용하중에 대해 직접기초로서의 전면기초판(Mat Slab)과 그 하부의 말뚝기초가 복합적으로 저항하는 것을 말한다. 일반적으로 말뚝기초의 설계에서 기초판 저면의 지반 저항력을 무시하는 것이 원칙이지만, 말뚝전면복합기초에서는 어느 정도의 침하를 허용할 때 기초판 저면에서의 지반 저항력을 기대할 수 있는 경우에 대해 그러한 저항력을 적극적으로 이용하여 기초의 합리화를 기대하는 것이다.

말뚝전면복합기초는 [해그림 0408.2]와 같이 직접기초와 말뚝기초 중간에 해당하는 기초형식으로서 그 중에는 직접기초에 가까운 것 혹은 말뚝기초에 가까운 것도 포함된다. 직접기초 단독으로는 설계상의 요구조건을 만족하지 않는 경우에 침하량 및 부등침하량을 줄이기 위해 말뚝을 직접기초에 부가하여 말뚝전면복합기초로 적용하여 구조물 기초 전체로서의 하중~침하특성의 개선을 도모하는 경우를 대상으로 한다. 이 경우 말뚝전면복합기초는 직접기초의 적용범위를 확대하는 기초형식이라고도 생각할 수 있다. 그리고 이 기초형식은

기준

하실험에 따라 시험을 실시하여 말뚝 및 기초지반의 안전성을 확인하여야 한다.

해설



(a) 전면기초 (b) 말뚝전면복합기초 (c) 말뚝기초

[해그림 0408.2] 기초형식

0409 케이슨기초

0409.1 기본원칙

케이슨은 상부구조로부터의 응력, 토압, 수압 외에 시공 중의 각 조건에 대해 충분히 안전하도록 그 각 부분을 설계하여야 한다.

0409.2 지지력

케이슨기초의 지지력 산정에 있어서 그 지지력은 선단지지력만으로 하고 지지력과 침하량은 0406(직접기초)의 설계에 준한다.

0410 옹벽 및 지하외벽

0410.1 옹벽

0410.1.1 일반사항

이 절은 건축구조물 등의 부지에 사용되는 철근콘크리트옹벽, 무근콘크리트옹벽 및 보강콘크리트블록옹벽에 적용한다.

0409 케이슨기초

케이슨기초는 「구조물기초설계기준(국토교통부, 2015)」 제5장(깊은기초) 5.5(케이슨기초)를 참조한다.

0409.1 기본원칙

- (1) 케이슨기초 저면에서의 연직지반반력은 지반의 허용연직지지력을 초과하지 않도록 하여야 한다.
- (2) 케이슨기초 전면에서의 최대수평지반반력은 지반의 허용수평지지력을 초과하지 않도록 하여야 한다.
- (3) 케이슨기초 저면에서의 전단지반반력은 케이슨기초 저면과 지반 사이에서 발휘되는 허용전단저항력을 초과하지 않도록 하여야 한다.
- (4) 케이슨기초의 변위량은 허용변위량을 초과하지 않도록 하여야 한다.

0410 옹벽 및 지하외벽

0410.1 옹벽

옹벽에 작용하는 설계하중으로는 제3장(설계하중)에 서술되어 있듯이 고정하중, 상재압을 포함한 토압, 수압, 지진하중, 지반변형에 수반되는 하중 등이 있으며, 또한 옹벽과 사면의 단면형상과 배면토의 역학적 모든 정수를 고려하여 설계할 필요가 있다. 옹벽 및 지하외벽과 관련한 상세 해설 및 참고자료는 대한건축학회 2009년 「건축기초구조설계기준 및 해설」

0410.1.2 옹벽의 안정

옹벽은 구조물 부지 전체의 활동에 대한 안정성을 확보한 후 0405에서 규정한 하중에 대하여 다음 사항을 만족하여야 한다.

- (1) 옹벽설계를 위해서는 지반조건, 하중조건 등의 설계조건을 적절히 설정한다.
- (2) 옹벽, 지반계를 적절하게 모델화하여 해석할 수 있다.
- (3) 옹벽의 안정성 평가는 다음의 조건에 대하여 검토한다.

0410.1.2.1 전도에 대한 안정

옹벽에 대한 전도모멘트값은 안전율을 고려한 안정모멘트값을 초과하지 않아야 한다.

0410.1.2.2 활동에 대한 안정

옹벽에 작용하는 토압의 수평성분에 따른 수평방향의 활동에 대하여 안전하여야 한다.

0410.1.2.3 지지력에 대한 안정

0404(기초지반의 지지력 및 침하)에서 규정한 기초의 조건을 만족하고 유해한 침하 및 지반의 지지력에 대하여 안전하여야 한다.

제10장(옹벽 및 지하외벽)과 국토교통부 제정 「구조물 기초설계기준 해설」 제6장 옹벽을 참조한다.

0410.1.2 옹벽의 안정

옹벽은 전도, 활동지지력, 사면활동에 대한 안정에 대하여 모두 만족하도록 검토하여야 한다.

- (1) 옹벽의 설계에 있어서 흙의 단위체적중량과 내부마찰각 등의 토질조건과 토압 및 수압, 자중 등의 하중조건 등을 적절히 설정할 필요가 있다. 설계에 사용되는 토압에 있어서는 주동토압 및 지진동을 고려한 토압을 사용한다.
- (2) 옹벽-지반계를 모델화하여 해석하는 방법으로 유한요소법(FEM)과 유한차분법(FDM)이 있다. 유한요소(차분)법에서는 옹벽의 형상과 복잡한 지층구성 등을 모델화하고 옹벽과 지반을 일체화하여 해석하는 것이 가능하다.
- (3) 전도, 활동, 지지력, 사면활동에 대해서 일정한 안전율을 확보하여야 한다.

0410.1.2.1 전도에 대한 안정

옹벽의 전도에 대한 안전율은 2.0 이상이어야 한다. 작용하중의 합력이 저판폭 중앙 1/3(암반의 경우 1/2, 지진시 토압에 대해서는 2/3) 이내에 있다면 전도에 대한 안정성 검토는 생략할 수 있다.

0410.1.2.2 활동에 대한 안정

토압의 수평 성분에 따른 수평방향의 활동에 대한 안전율은 1.5(지진시 토압에 대해서 1.2) 이상이어야 한다. 옹벽 저판의 깊이는 동결심도보다 깊어야 하며 최소한 1.0m 이상으로 한다.

일반적으로 옹벽 전면의 수동토압은 기초근입이 특히 깊은 경우 이외에는 고려하지 않는다. 이는 수동토압이 유효하게 작용하는 것은 변형이 상당히 진행된 후이며, 더욱이 옹벽 전면의 흙이 기초공사의 굴착으로 실제 교란되는 경우가 많으며, 또한 옹벽 설치 후에 이루어지는 공사와 우수에 따른 세굴 등으로 교란되기 쉽기 때문이다. 한편, 기초 저면과 지반 간의 마찰계수 μ 는 지반이 흙일 때 내부마찰각 ϕ 에 대하여 $\tan(2/3\phi)$ 를 마찰계수로 하고, 암반일 때는 $\tan(2/3\phi)$ 또는 0.6중 작은 값으로 한다.

0410.1.2.3 지지력에 대한 안정

기초지반에 작용하는 최대압축응력은 기초지반의 허용지지력 이하가 되도록 한다. 옹벽기초 아래에 있는 기초지반은 0404(기초지반의 지지력 및 침하)

기준

0410.1.2.4 사면활동에 대한 안정

옹벽을 포함한 사면 전체의 활동에 대하여 안전하여야 한다.

0410.1.3 구조체 설계

- (1) 옹벽구조체의 응력, 균열폭 및 부재변형각에 대해서는 제5장 (콘크리트구조)에 준하여 검토한다.
- (2) 철근콘크리트옹벽 구조체의 설계 세부사항은 0512(기초판) 및 0513(옹벽 및 지하외벽)에 따른다. 다만, 부벽식 옹벽의 경우에는 수평방향의 연속성을 유지하도록 적절한 보강을 하여야 한다.

0410.1.4 신축이음

옹벽이 수평방향으로 긴 경우 상황에 맞도록 적절히 신축이음을 설치한다.

0410.1.5 배면배수

옹벽은 배면 지하수가 원활하게 배수되도록 설계하여 옹벽에 수압이 작용하지 않도록 하여야 한다. 다만, 특수한 경우나 공공의 안전에 영향이 있다고 판단될 경우에는 수압을 고려하여 설계할 수 있다.

0410.1.6 지반액상화

옹벽 주변지반에 액상화의 가능성이 있는 경우 그 영향을 고려한다.

해설

에서 규정한 충분한 지지력과 허용침하량 이내이어야 한다. 부벽 혹은 지지벽이 없는 역T형 또는 L형 옹벽에서는 세로벽 혹은 기초슬래브의 내면 부분을 전부 캔틸레버로 취급하되 적당한 간격으로 횡철근을 배근하는 등 직접 계산되지 않는 응력에 대해서 안전하게 배려하고, 특히 세로벽 하부에는 복배근으로 하는 것이 좋다. 또한 기초 저면에는 벽면에 평행한 방향의 배근을 하고, 지반의 변형 등에 따른 부동침하에도 대응할 수 있도록 하여야 한다.

0410.1.2.4 사면활동에 대한 안정

기초에 형성되어 있는 자연사면을 절취한 후 옹벽을 시공하는 경우 절취시공 중의 사면안정성 확보 여부와 옹벽시공 후 절취사면에 대한 장기적인 안정성을 검토할 필요가 있다.

0410.1.3 구조체 설계

0410.1.4 신축이음

철근콘크리트옹벽이 대단히 길게 연속되는 경우에는 기초지반의 토질이 변화할 수도 있고, 옹벽형상이 달라질 수도 있으므로 상황에 따라 다르지만 보통 20m 이내에 신축이음을 설치하는 것이 좋다.

0410.1.5 배면배수

일반적으로 옹벽설계에서는 옹벽배면에서의 배수층의 효과를 기대하고 강우에 따른 수압을 설계에 고려하지 않는다. 옹벽배면의 배수층 규정에 따라서는 지하수 유선망의 형상이 변화하고 옹벽에 작용하는 수압의 영향도 변화하며 충분한 배수를 해도 자중의 증대와 활동선상의 수압 때문에 강우 등에 따라 옹벽의 토압은 커진다.

0410.1.6 지반액상화

액상화가 생기는 지반은 저지대와 평지에서 많으므로 옹벽이 설치되어야 하는 지반에 액상화의 문제가 생기는 곳은 사구지의 조성택지와 사질토를 사용한 성토지반 등이다. 특히 모래성토지반에서는 지

0410.1.7 철근콘크리트구조 이외의 옹벽

철근콘크리트구조 이외의 옹벽에 대하여는 0410.1.2와 0410.1.4부터 0410.1.6까지의 규정에 따른다. 이 외에 벽체·기초 등 옹벽의 구조가 강도, 변형 및 내·외적 안정에 대하여 안전하도록 설계한다.

0410.2 지하외벽

지하외벽은 한쪽 면이 직접 지반에 접하고 면외방향으로 토압 및 수압 등이 작용하는 벽으로서 다음과 같은 구조로 한다.

- (1) 지반을 절취한 후 상부구조처럼 거푸집을 사용하여 현장타설된 철근콘크리트구조벽
- (2) 지하연속벽공법에 따라 구축된 철근콘크리트구조의 흙막이벽을 건축구조물의 지하외벽으로 이용하는 벽 및 내측에 구축되는 철근콘크리트벽과의 합성구조벽

0410.2.1 적용하중

구조물의 지하구조부로 주위 지반에 접하는 지하외벽은 상부구조에서 오는 응력과 함께 0405.2에서 규정한 토압 및 수압에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다.

0410.2.2 흙막이한 지하외벽

지반의 흙막이를 한 후에 지상 부분과 동일한 공법에 따라 구축하는 콘크리트구조의 지하외벽 설계는 면외방향 하중의 경우 슬래브로 간주하여 응력을 검토하고 면내방향 하중의 경우 전단벽으로 간주하여 응력을 검토하며 설계 세부사항은 0513에 따른다.

0410.2.3 지하연속벽의 지하외벽

지하연속벽공법은 현장타설 콘크리트지하연속벽과 PC지하연속벽 등이 있으며, 대심도 굴착에서 주변지반의 이동이나 침하를 억제하고 인접구조물에 대한 영향을 최소화하도록 설계한다. 지하연속벽은 하중지지벽과 현장타설말뚝의 역할을 할 수 있으며, 내부의 지하층 슬래브와 연결될 경우에는 영구적인 구조체로 설계할 수 있다.

하수위 조건에 따라 지반 전체의 액상화 대책을 강구할 필요가 있고, 옹벽기초지반의 대책만으로는 불충분한 것이 많으므로 물빼기에 따른 지하수위의 저하 등 근본적인 대책을 최우선으로 고려하고, 말뚝기초를 사용한 지반변형 억제공법 등의 검토를 병용하여 실시하여야 한다.

0410.1.7 철근콘크리트구조 이외의 옹벽

철근콘크리트구조 이외의 옹벽 중 대표적인 것이 보강토옹벽이다. 보강토옹벽과 이에 대한 상세한 해설은 국토교통부 제정 「구조물기초설계기준 해설」 제 6장(옹벽) 6.6절(보강토옹벽)을 참조한다.

0410.2 지하외벽

이 기준에서의 지하외벽은 어느 한 면이 주변지반에 직접 접하는 건축구조물의 지하층 외벽에 대해 규정한다. 또한 지하연속벽공법에 의하여 지중 내에 구축되는 철근콘크리트 흙막이벽을 건축구조물의 지하층구조와 일체화하는 지하벽의 경우 및 새로이 타설되어 기존 지하벽과 일체화한 합성벽과 같은 경우도 지하외벽으로 규정한다.

0410.2.2 흙막이한 지하외벽

지하외벽의 설계는 면외방향 외력에 대해서는 일반적으로 콘크리트 슬래브의 설계와 동일하고, 면내방향 외력에 대해서는 콘크리트내진벽과 동일하게 설계한다.

0410.2.3 지하연속벽의 지하외벽

현장타설 지하연속벽공법은 안내벽 설치 후 안정액속에서 클램셀로 패널 크기의 트렌치를 굴착한 후 엔드파이프와 철근망을 근입하고, 트레미파이프로 콘크리트를 타설하여 시공한다. PC지하연속벽은 안정액을 사용하여 트렌치를 굴착한 후 미리 제작된 PC패널을 굴착된 트렌치 내로 근입하여 조립식 지하벽체를 연속적으로 형성한다. [해그림 0410.2]는

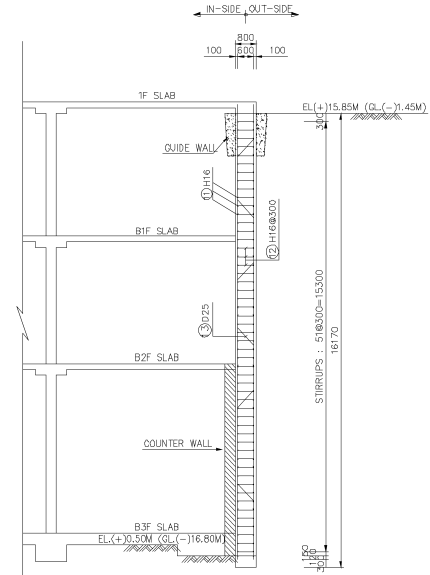
기준

0410.2.4 시공 중 측압 및 완성 후 측압

- (1) 전항의 방법으로 구축하는 지하벽에 대하여는 0410.2.1에 명시한 건축구조물의 완성 후에 작용하는 토압 및 수압 외에 0411.2에 따라 시공 중에 가해지는 측압에 대하여도 안전하게 설계하여야 한다.
- (2) 현장타설철근콘크리트 주열 흙막이벽과 0410.2.3에 따른 방법으로 구축한 흙막이벽이 구조체의 일부로 사용될 경우에는 시공 중 또는 구조물을 완성한 후의 모든 기간에 가해지는 토압과 수압에 대하여 안전하게 설계하여야 한다.

해설

지하연속벽공법에 따른 지하외벽과 건축구조물의 지하층 슬래브의 연결 예를 나타낸다.



[해그림 0410.2] 지하연속벽공법에 따른 지하외벽과 지하슬래브의 연결 예

0411 흙막이구조물

0411.1 일반사항

흙막이구조물은 지반을 개착식으로 굴착할 때 작업장의 안정성 확보와 주변구조물의 피해를 방지하기 위하여 설치하는 구조물로서 설계시 굴착공사 단계별로 흙막이벽 자체의 안정성을 검토하고 지하매설물과 인접구조물에 미치는 영향을 검토하여야 한다.

0411.2 흙막이구조물

흙막이는 지반굴착에 따른 지반의 붕괴 혹은 과대한 변형을 방지할 수 있도록 공사 중에 작용하는 측압에 대해 안전한 구조로 하고 충분한 강도와 강성을 갖는 것이어야 한다.

0411 흙막이구조물

0411.1 일반사항

흙막이구조물과 관련한 상세자료 및 해설은 국토교통부 제정 「구조물기초설계기준」 및 「구조물기초설계기준 해설」 제7장(가설흙막이구조물)을 참조한다.

0411.2 흙막이구조물

구조물 기초나 지하구조물에 대한 흙파기에 있어 흙막이설계는 횡방향 압력이나 하부 지반의 융기현상(Heaving) 또는 파이핑(Piping)에 대해 안전하도록 흙파기 대상 지반의 분류, 지하수위 및 주변상황에 따라 적합한 지반굴착공법 및 흙막이방법을 선정하여야 하며, 주변의 구조물이나 매설물에 대해서도 피해가 발생하지 않도록 필요한 안전조치와 충분한 검토가 있어야 한다.

0411.2.1 배면측압

흙막이구조물의 설계에서는 벽의 배면에 작용하는 측압을 깊이
에 비례하여 증대하는 것으로 하고 토압계수는 토질 및 지하수
위에 따라 다르게 적용해야 한다.

0411.2.2 상재하중

구조물이나 기타 재하물 등에 근접하여 굴토하는 경우에는
0411.2.1에 따라 구한 측압에 구조물의 기초하중 또는 재하물
등에 따른 지중응력의 수평성분을 가산한다.

0411.2.3 흙막이구조의 형식

흙막이벽은 구조적 안전성, 인접건물의 노후화 및 중요도, 지하
수위, 굴착깊이, 공기, 공사비, 민원발생 가능성, 장비의 진출입
가능성, 공사시기 등을 검토하여 가장 유리한 형식을 선정한다.
그리고 흙막이벽의 지지구조는 벽의 안전성, 시공성, 민원발생
가능성, 인접건물의 이격거리 및 지하층 깊이와 기초형태 등을
검토하여 가장 유리한 형식을 선정한다.

0411.3 굴착저면의 안정

용기현상 및 분사현상 등에 따른 파괴의 우려가 있는 지반에 있
어서는 각각 안정성을 검토하여야 한다.

0411.4 흙파기 사면의 안정

사면형성을 위해 흙파기를 하는 경우는 사면의 안정성을 검토하
여야 한다.

0411.2.1 배면측압

흙막이구조물의 설계에서 벽의 배면에 작용하는 측
압은 토압과 수압으로 나눌 수 있으며, 근접하여 구
조물이나 매설물이 있는 경우 이에 대한 상재하중
으로 고려하게 되며, 토압과 수압은 지반조사를 통
하여 확인된 지반조건 및 지층의 특성, 그리고 지하
수위에 따라 토압계수를 결정하여야 한다.

그리고 흙막이벽에 작용하는 토압은 벽의 종류와
시공방법, 지지구조물의 종류, 설치위치, 설치시기
등에 따라 변화하므로 지반조건, 지하수위, 주변상황
등을 고려하여 시공 단계별 토압분포를 검토한다.

또한 흙막이벽은 굴착에 따라 생기는 벽의 뒷면과
앞면에서의 주동토압과 수동토압에 대해서 안정하
게 되는 깊이까지 충분히 근입하여야 한다.

0411.2.2 상재하중

상재하중에는 장비하중, 굴착 영향범위 내의 건물하
중, 교통하중을 포함한다. 지표면에 등분포상재하중
이 작용할 경우에는 등분포상재하중에 적합한 토압
계수를 곱하여 수평토압을 환산한다. 집중하중이나
선하중 및 국부분포하중이 작용하는 경우에는 탄성
이론이나 한계이론에 의하여 수평토압을 구한다.

0411.2.3 흙막이구조의 형식

흙막이구조 형식은 일반적으로 다음의 5가지 중에
서 주어진 조건에 적합한 형식을 선택한다.

- ① 강널말뚝(Sheet Pile)
- ② 얹지말뚝과 토류판
- ③ 주열식 벽체(CIP)
- ④ 소일시멘트벽(SCW)
- ⑤ 지하연속벽(Diaphragm wall, Slurry Wall)

위의 형식 외에 설계 및 시공성이 검증된 벽을 또
한 선정할 수 있다.

0411.3 굴착저면의 안정

흙막이구조물의 안정 검토시 연약점토지반의 경우,
굴착저면의 용기현상(Heaving)에 대한 검토가 필요하
고, 사질토지반의 경우 지하수위 아래를 굴착하는 경
우 또는 굴착 바닥면 아래에 피압대수층이 있는 경
우에는 굴착면 안팎의 수위차로 인한 침투수압으로 파
이핑(Piping) 또는 분사현상(Boiling)이 생기는데 이에
대한 충분한 방지대책이 있어야 한다.

기준

0411.5 지하수의 처리

지하수위가 높고 투수성이 좋은 지반 또는 피압대수층을 갖는 지반 등을 굴착할 때는 상세한 조사를 하고 배수공법 또는 지수 공법에 따른 지하수의 처리에 대하여 검토해야 한다. 또한 이때는 주변에 미치는 영향을 충분히 고려해야 한다.

또한 지하굴착공사 중 및 굴착완료 후 주변지반에 대한 지반침하, 함몰 등에 대한 지하 공극조사 계획을 수립하여 필요한 경우 지반공극에 대한 그라우트충진 등의 조치를 취하여야 하며, 지하구조체공사 완료 후의 지하수위 회복에 따른 주변지반에 미치는 영향을 충분히 고려하여야 한다.

0411.6 흙막이구조물의 시공중 안정

흙막이구조물의 시공중 안정성을 위하여 필요한 경우 계층계획을 수립하여야 한다.

0412 지반개량

0412.1 개량공법

지반을 개량할 경우는 공법의 적용성을 충분히 고려하여 지반의 성상 및 주위 상황에 적합한 개량 방법을 사용한다.

0412.2 확인시험

지반개량을 실시한 후의 지반에 대하여는 지반조건에 적합한 시험법에 따라 개량의 목적에 대해 충분히 적합한가를 확인하여야 한다.

0412.3 부등침하의 안전 확인

지반을 부분적으로 개량할 때에는 개량 부분 지반의 상황에 따라 그 하부지반에 대해서도 지지력과 함께 부등침하에 대해 건축구조물이 안전한가를 확인해야 한다.

해설

0411.5 지하수의 처리

최근 흙막이구조물의 시공 후 지하굴착을 실시하면서 지하수 유출에 동반한 흙막이 배면토사의 유출로 인하여 배면지반의 함몰(일명 싱크홀)이 발생하는 사례가 다수 있으므로 지하굴착공사 중 지하수의 처리에 있어서 지하수유출과 동반한 토사의 유출이 있는지 여부를 현장에서 주의 관찰하여야 하며, 아울러 굴착공사에 따른 지하수의 유출에 대비하여 반드시 사전에 이를 차단할 수 있는 조치를 취하여야 한다.

0412 지반개량

0412.1 개량공법

지반의 개량과 관련한 상세해설 및 참고자료는 「건축기초구조설계기준 및 해설」 제4장(기초구조의 계획) 4.12절(지반개량)과 국토교통부 제정 「구조물기초설계기준 해설」 제9장(항만구조물기초) 9.6절(지반개량)을 참조한다.