

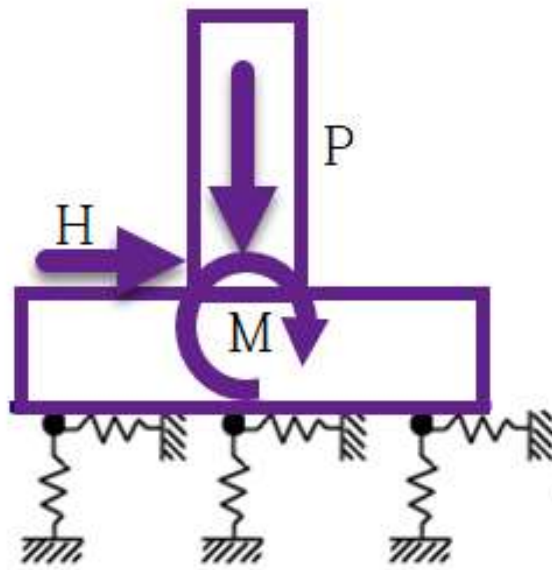
2. 말뚝기초 설계

1) 직접기초 하중 입력

건축구조계산서에서 기둥에 산정된 값중에 다음의 조건의 값을 찾는다.

- ① 상시 축력 최대 : 기둥의 축력(P), 전단력(H), 모멘트(M)
- ② 상시 모멘트 최대 : 기둥의 축력(P), 전단력(H), 모멘트(M)
- ③ 지진시 축력 최대 : 기둥의 축력(P), 전단력(H), 모멘트(M)
- ④ 지진시 축력 최소 : 기둥의 축력(P), 전단력(H), 모멘트(M)

지진시 축력 최소일 때 하는 이유는 말뚝에 인장력 발생시 검토조건인 경우를 검토하기 위함이다.
상시조건에 대하여 유한요소해석을 수행하여 말뚝 두부에 발생하는 축력과 전단력을 산정한다.



독립기초 검토조건

2) FEM 해석을 이용한 말뚝 두부 하중 계산

FEM 해석 검토조건

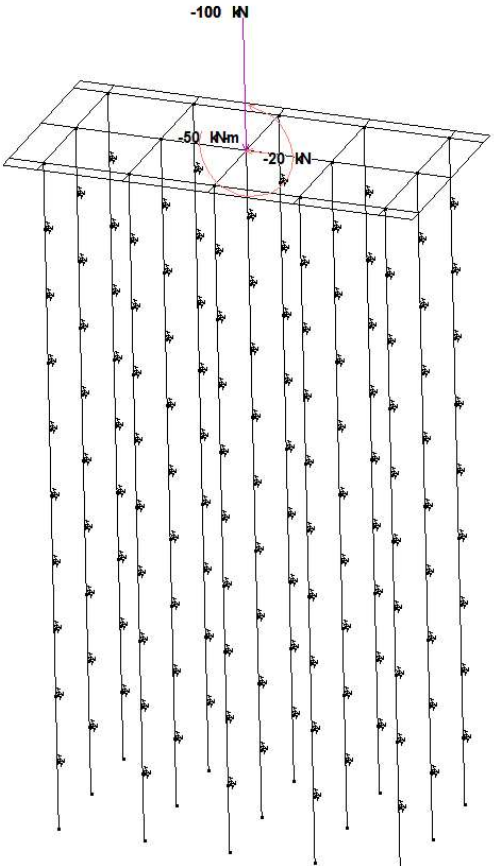
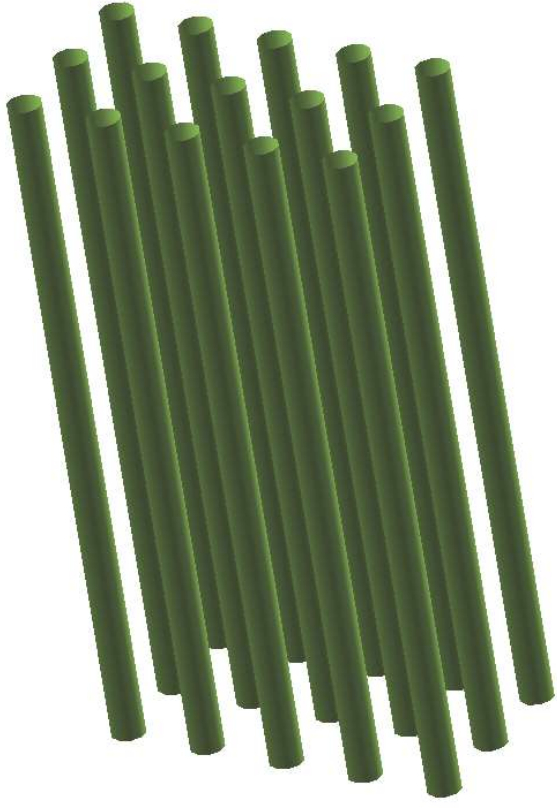
조 건	P	M	V	비 고
Load Case 1	550	16	5	상시 축력 최대
Load Case 2	350	35	8	상시 모멘트 최대
Load Case 3	620	125	95	지진시 축력 최대
Load Case 4	256	126	95	지진시 축력 최소

직접기초에 기둥에 작용되는 축력, 모멘트, 전단력을 적용하여 말뚝에 발생하는 부재력을 산정하여 말뚝의 안정성을 평가한다.

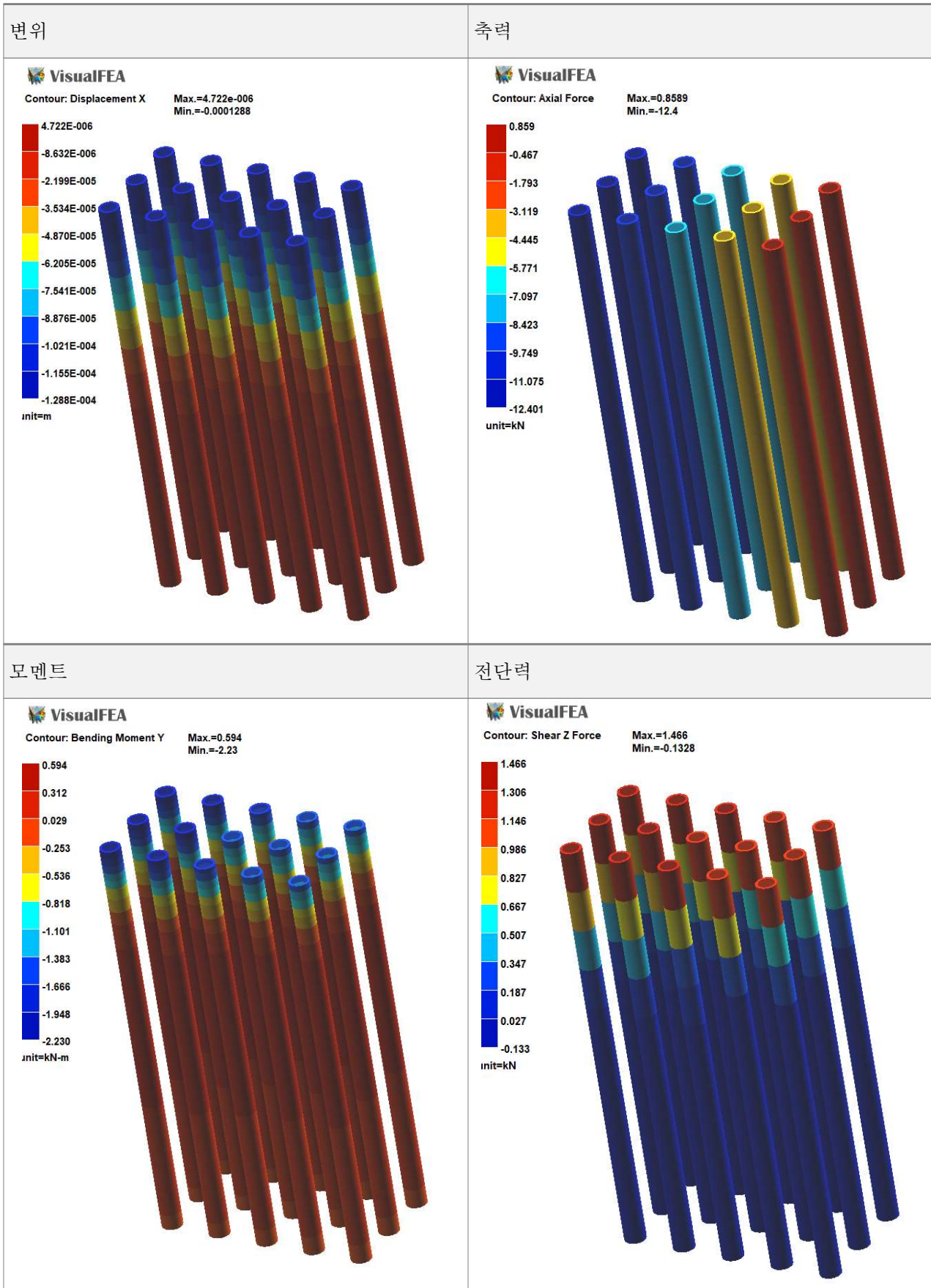
- 직접기초 매트 : 3.0m × 6.0m
- 말뚝 간격 : 1.25m

- 말뚝 본수 : $3 \times 5 = 15ea$

무리말뚝의 FEM 해석

직접기초 말뚝 부재력 모델 하중	무리말뚝 모델링
 <p>A 3D finite element model of a pile group. The model consists of a rectangular pile cap at the top and 15 vertical piles extending downwards. The piles are arranged in a 3x5 grid. A vertical load of -100 kN is applied to the center of the pile cap. A moment of -50 kNm is applied to the left side of the pile cap, and a horizontal load of -20 kN is applied to the right side. The piles are connected to the cap, and the model is used for structural analysis.</p>	 <p>A 3D model of 15 individual piles. The piles are represented as green cylindrical rods. They are arranged in a 3x5 grid, matching the layout of the FEM model. The piles are shown from a perspective view, highlighting their vertical orientation and spacing.</p>

무리말뚝의 FEM 해석 결과



2.3.2 극한한계상태의 지지력

가. 일반사항

일반적으로 고려하여야 할 지지력에는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 말뚝의 지지력
- ② 말뚝의 인발저항력
- ③ 연약한 지층 위에 있는 단단한 층의 말뚝 편칭에 대한 저항력
- ④ 말뚝 재료의 강도

나. 말뚝의 축방향 하중

1) 말뚝 항타나 말뚝재하시험에서 측정한 현장 계측치를 참고로 정적해석 방법에 의해 설계한다. 비슷한 조건을 가진 인접 지반의 말뚝재하시험 결과를 적용할 수도 있다. 말뚝의 지지력은 해석적 방법이나 현장 원위치시험 방법 등으로 산정할 수 있다.

① 말뚝의 감가된 지지력 Q_R 은 다음과 같다.

$$Q_R = \phi Q_n = \phi_q Q_{ult}$$

또는

$$Q_R = \phi Q_n = \phi_{qp} Q_p + \phi_{qs} Q_s$$

여기서, $Q_p = q_p A_p$

$$Q_s = q_s A_s$$

여기서, $\phi_q =$ KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정된 외말뚝의 지지력에 대한 저항계수, 총 저항력에
서 선단지지력과 주변마찰력을 구분하지 않음.

$$Q_{ult} = \text{외말뚝의 지지력(N)}$$

$$Q_p = \text{말뚝의 선단지지력(N)}$$

$$Q_s = \text{말뚝의 주변마찰력(N)}$$

$$q_p = \text{말뚝의 단위 선단지지력(MPa)}$$

$$q_s = \text{말뚝의 단위 주변마찰력(MPa)}$$

$$A_s = \text{말뚝 주변면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_p = \text{말뚝 선단면적(mm}^2\text{)}$$

$\phi_{qp} =$ 선단과 주변 저항을 구별하는 방법일 경우 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정된
말뚝의 선단지지에 대한 저항계수

$\phi_{qs} =$ 선단과 주변 저항을 구별하는 방법일 경우 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정된
말뚝의 주변마찰에 대한 저항계수

② 표준관입시험에 의한 값을 적용하는 경우 저항계수는 다음과 같이 정하며, 주로 사용하는 방법이 정
역학적 지지력 공식과 한국지반공학회의 SPT 방법으로 0.45를 적용한다.

타입말뚝 저항계수

조건 / 지지력 결정 방법		저항계수
외말뚝의 연직압축저항 력-정역학적 해석법과 정재하시험, ϕ_{stat}	주변마찰력과 선단지지: 사질토 Nordlund/Thurman 방법 (Hannigan et al., 2005)	0.45 0.30
	SPT 방법 (Meyerhof)	0.50
	CPT 방법 (Schmertmann)	0.45
	암반에 선단근입된 경우(Canadian Geotech. Society, 1985)	0.45

2) 표준관입시험(SPT)을 이용한 방법은 사질토 및 비소성 실트에 대해 적용한다.

- 말뚝 선단지지력

① 사질토에서 깊이 D_b 까지 타입된 말뚝의 공칭 단위 선단지지력은 다음과 같고, 단위는 MPa이다.

$$q_p = \frac{0.038N_{corr}D_b}{D} \leq q_t$$

여기서,

$$N_{corr} = \left[0.77 \log_{10} \left(\frac{1.92}{\sigma'_v} \right) \right] N$$

여기서,

$N_{corr} =$ 상재응력 σ'_v 에 대하여 수정한 말뚝 선단근처의 대표적인 SPT 타격횟수(타/300 mm)

$N =$ SPT 타격횟수(타/300 mm)

$D =$ 말뚝의 폭 또는 직경(mm)

D_b = 지지층에 관입된 말뚝길이 (mm)

q_t = 한계 선단지지력으로 사질토인 경우 $0.4N_{corr}$, 비소성 실트인 경우 $0.3N_{corr}$ 을 사용한다 (MPa).

② 사질토에 설치된 말뚝의 공칭 주면마찰력 q_s 는 다음과 같으며, 단위는 MPa이다.

• 배토 말뚝

$$q_s = 0.0019 \bar{N}$$

• 비배토 말뚝(예, 형 강말뚝)

$$q_s = 0.00096 \bar{N}$$

여기서, q_s = 타입말뚝에 대한 단위 주면마찰력(MPa)

\bar{N} = 말뚝 주면을 따라 얻은 보정하지 않은 평균 SPT 타격횟수(타/300 mm)

2.3.3 암반지지 말뚝

암반층에 지지되는 말뚝의 선단지지력에 대한 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 언급된 값을 사용한다. 말뚝 폭(또는 직경)과 암반의 불연속면 간격이 300 mm보다 크거나, 속이 차 있지 않은 불연속면의 폭이 6.4 mm보다 작은 경우, 혹은 흙 또는 암편으로 차있는 불연속면의 폭이 25 mm보다 작은 경우에 대해서 암반에 설치된 타입말뚝의 공칭 단위 선단지지력 q_p (MPa)는 다음 식을 통해 구한다.

$$q_p = 3q_u K_{sp} d$$

위의 식에서,

$$K_{sp} = \frac{3 + \frac{s_d}{D}}{10 \sqrt{1 + 300 \frac{t_d}{s_d}}}$$

$$d = 1 + 0.4H_s/D_s \leq 3.4$$

여기서, q_u = 암석시편의 평균 일축압축강도(MPa)

d = 무차원 깊이계수

K_{sp} = [그림 2.3-15]의 무차원 지지력계수

(KDS 11 50 20 : 2018 깊은기초 설계기준(한계상태설계법))

s_d = 불연속면 간격(mm)

t_d = 불연속면 폭(mm)

D = 말뚝 폭(mm)

H_s = 암반에 근입된 말뚝의 근입깊이로서 기반암에 위에 놓인 경우 0으로 본다.

D_s = 암반 근입부 말뚝 폭(mm)

- 설계 계산(예) : N=40, 지지층 6.0m인 경우 지지력 산정

① 선단지지력

$$\sigma_v = \gamma' H_{ave} = (19 - 10) \frac{1}{2} (6 + 12) = 81 \text{ kPa}$$

$$N_{corr} = \left[0.77 \log_{10} \left(\frac{1.92}{\sigma_v'} \right) \right] N = \left[0.77 \log_{10} \left(\frac{1.92}{0.081} \right) \right] 40 = 32.6$$

$$q_p = \frac{0.038 N_{corr} D_b}{D} = \frac{0.038 \times 32.6 \times 3000}{500} = 7.432 \text{ MPa}$$

$$q_l = 0.4N = 0.4 \times 40 = 16 \text{ MPa}$$

$$Q_P = q_p A_p = 7.432 \times \frac{\pi 0.5^2}{4} = 1.458 \text{ MPa}$$

② 주변마찰력

$$q_s = 0.0019 \bar{N} = 0.0019 \times 40 = 0.076 \text{ MPa}$$

$$Q_S = q_s A_s = 0.076 \times \pi \times 0.5 \times 6 = 0.716 \text{ MPa}$$

③ 강도설계법에 의한 설계지지력

$$Q_R = \phi Q_n = 0.45(1.458 + 0.716) = 0.978 \text{ MPa}$$