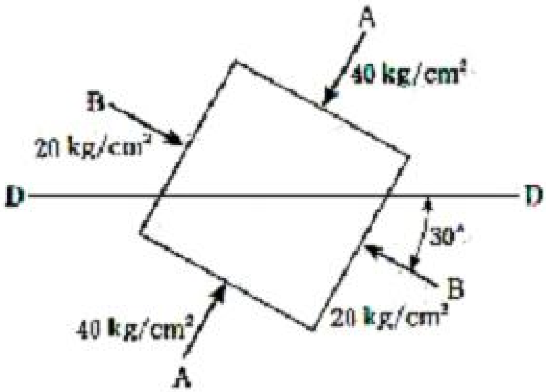
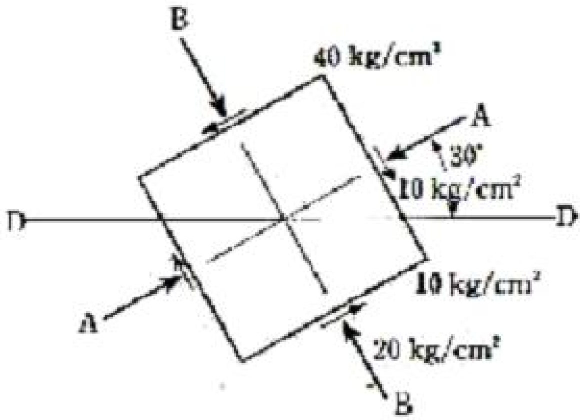
Homework #5

토질역학 교재 CHAPTER 1 연습문제

2.1 아래 그림과 같이 최대주응력 40 kg/cm^2, 최소주응력 20 kg/cm^2를 받는 요소가 있다. 수평평면 DD에 작용하는 응력상태를 해석적인 방법과 극점을 이용한 방법으로 구하라.

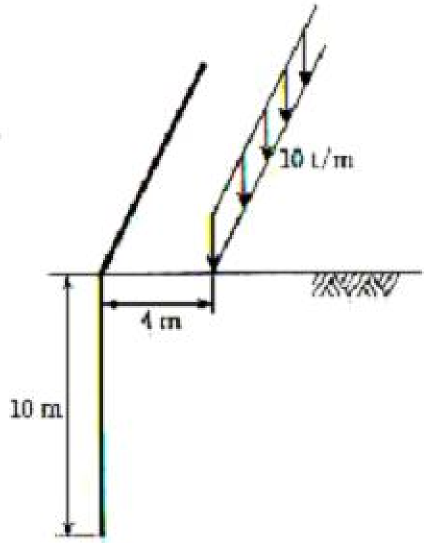


2.2 아래 그림과 같은 상태의 응력을 받고 있는 요소의 주응력의 크기 및 방향을 결정하라.

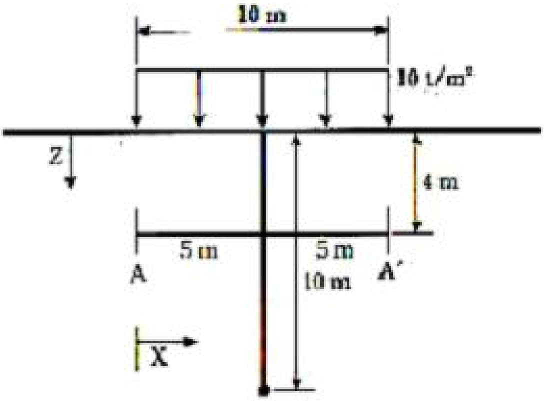


2.3 유류저항 탱크가 지하 5m 깊이에 설치되어 있는 곳으로부터 12m 떨어진 곳에서 10t 무게의 타워를 시공하였다고 한다. 이 타워에 의한 하중이 점하중으로 작용한다고 할 때 유류탱크에 작용하는 수직응력의 증가분을 구하라.

2.4 아래 그림과 같이 토류 구조물로부터 4m 떨어진 위치에 선하중이 10 t/m의 크기로 작용할 때, 토류 구조물에 발생하는 수평토압을 1m 간격으로 구하여 수평토압의 분포를 그리고 수평방향 총하중의 증가량을 구하라(단, 토류구조물의 변형은 없다고 가정한다).

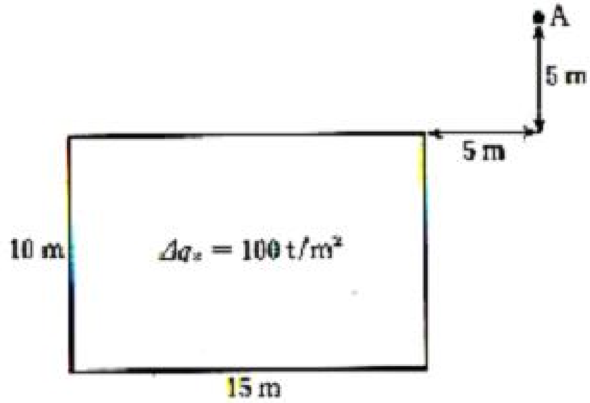


2.5 그림과 같이 지표면에 폭 10m의 등분포 띠하중이 작용하고 있다. 등분포 띠하중의 중심점 아래로 수직응력의 증가분(σ_v)을 1m 간격으로 10m까지 구하라. 또 깊이 4m에 있는 단면 AA′에서의 수직응력 증가분(σ_v)을 A부터 A′까지 1m 간격으로 구하라.

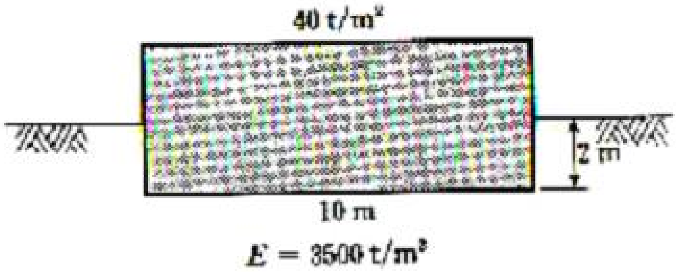


2.6 반무한 탄성지반(ν = 0.5) 위에 위치한 반지름 6m의 원형강성기초에 240 t/m^2의 등분포하중이 재하되었다. 재하된 원형의 중심 아래 3m 깊이에서 수직응력의 증가분을 구하라. 또 기초의 중심부분의 탄성침하를 Schleicher의 형상계수를 이용하여 구하라[지반의 탄성계수(E) = 3000 t/m^2].

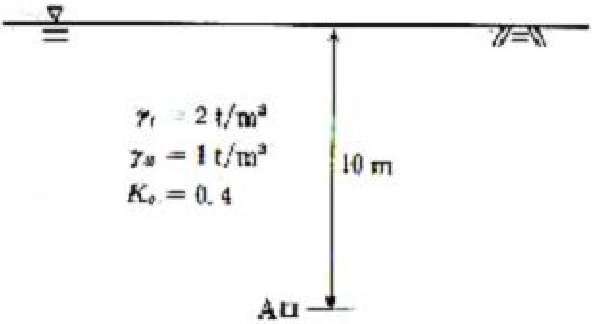
2.7 그림에서 보는 바와 같이 직4각형 전면기초에 100 t/m^2의 등분포하중이 가해졌을 때, A점 아래 10m 깊이에서 수직응력의 증분을 Fadum이 제안한 방법으로 구하라.



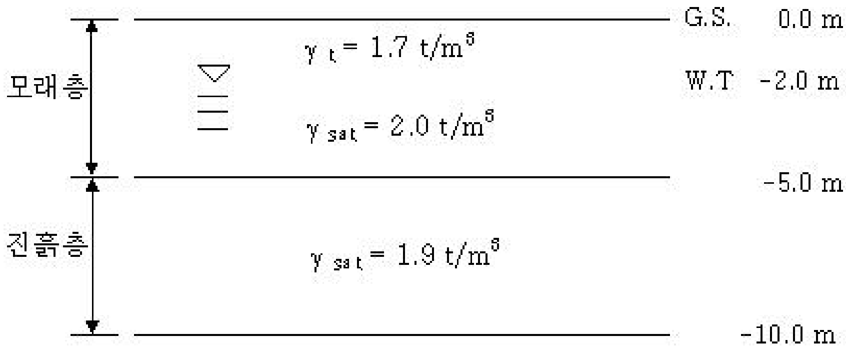
2.8 그림은 사질토층($v_t = 2.0\ t/m^3$)에서 폭 10m의 옹벽이 지표 아래 2m 깊이에 설치되어 40 t/m^2의 등분포하중을 발생시킬 때의 상황을 단순화한 것이다. 이 옹벽하중으로 인한 즉시탄성침하량과 10년 후 발생하는 총탄성침하량은 Schmertmann(1970)과 Modified Schmertmann(1978)의 방법으로 각각 구하라.



2.9 지표까지 포화된 지반 아래 10m 지점에서의 A요소에 작용하는 전체수직응력, 전체수평응력, 유효수직응력과 유효수평응력을 구하라.



2.10 그림과 같은 지층구조를 갖는 지반에서 지하수위는 지표아래 2m에 있다. 모세관 현상으로 지반은 지표아래 1m까지 포화되었다고 한다. 깊이에 따른 전체 수직응력(σ)과 유효수직응력($\bar{\sigma}$)의 분포도를 지표 아래 10m까지 그려라. 이 지반 위에 단위중량이 2 t/m^3이고 높이가 4m인 성토층이 넓은 범위에 걸쳐서 놓여졌을 때, 성토층이 놓이는 순간과 오랜 기간이 지난 후의 전체 수직응력과 유효수직응력의 분포도를 그려라



Homework #5 모범답안

토질역학 교제 CHAPTER 2 연습문제 풀이

2.1 최대주응력 40kg/cm^2, 최소주응력 20kg/cm^2를 받는 요소가 있다. 수평평면 DD에 작용하는 응력상태를 해석적인 방법과 극점을 이용한 방법으로 구하라.

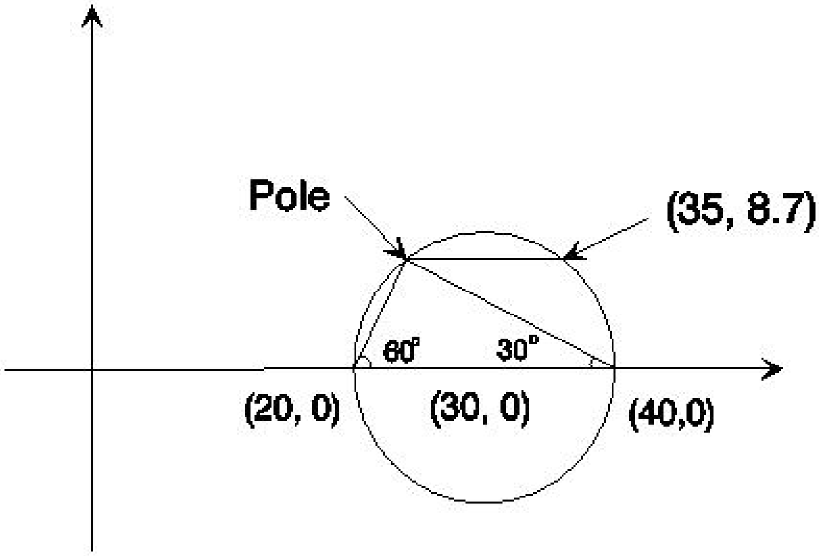
1) 해석적인 방법

$$\sigma_\theta = \frac{40+20}{2} + \frac{40-20}{2}\cos 60° = 35kg/cm^2$$

$$\tau_\theta = \frac{40-20}{2}\sin 60° = 8.66kg/cm^2$$

2) 극점을 이용하는 방법

극점을 이용하여 DD면에 작용하는 응력상태를 알아보려면 일단 모어 원 상에서 각 면에 작용하는 각으로 선을 연결하여 만나는 곳이 극점이 되고, 극점에서 DD면과 같은 기울기를 가진 직선 DD를 그어서 이 직선이 모어원과 만나는 점에서의 응력값을 구한다.



2.2 요소의 주응력의 크기 및 방향을 결정하라.

$\sigma_x = 40kg/cm^2$ $\sigma_z = 20kg/cm^2$ $\tau_{xz} = 10kg/cm^2$

1) 최대주응력

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_z + \sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_z - \sigma_x}{2}\right)^2 + (\tau_{xz})^2} = 30 + \sqrt{10^2 + 10^2} = 44.14kg/cm^2$$

2) 최소주응력

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_z + \sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_z - \sigma_x}{2}\right)^2 + (\tau_{xz})^2} = 30 - 10\sqrt{2} = 15.86kg/cm^2$$

3) 방향

$$\tan 2\theta = \frac{-2\tau_{xz}}{\sigma_z - \sigma_x} = \frac{-20}{20-40} = 1$$

$\theta = 22.5°$　　∴수평면과 주응력면의 각도 = 22.5° + 30° = 52.5°

2.3 유류저장탱크가 지하 5m 깊이에 설치되어 있는 곳으로부터 12m 떨어진 곳에서 10t 무게의 타워를 시공하였다고 한다. 이 타워에 의한 하중이 점하중으로 작용한다고 할 때 유류탱크에 작용하는 수직응력의 증가분을 구하라.

r=12m z=5m Q=10t이므로,

$$\sigma_z = \frac{3Q}{2\pi z^2}\left[\frac{1}{1+(r/z)^2}\right]^{\frac{5}{2}} = \frac{3\times 10}{2\pi \times 5^2}\left[\frac{1}{1+(12/5)^2}\right]^{\frac{5}{2}} = 0.0016 t/m^2$$

2.4 토류구조물로부터 4m 떨어진 위치에 선하중이 10t/m의 크기로 작용할 때, 토류 구조물에 발생하는 수평토압을 1m 간격으로 구하여 수평토압의 분포를 그리고 수평방향 총하중의 증가량을 구하라. (단 토류구조물의 변형은 없다고 가정한다)

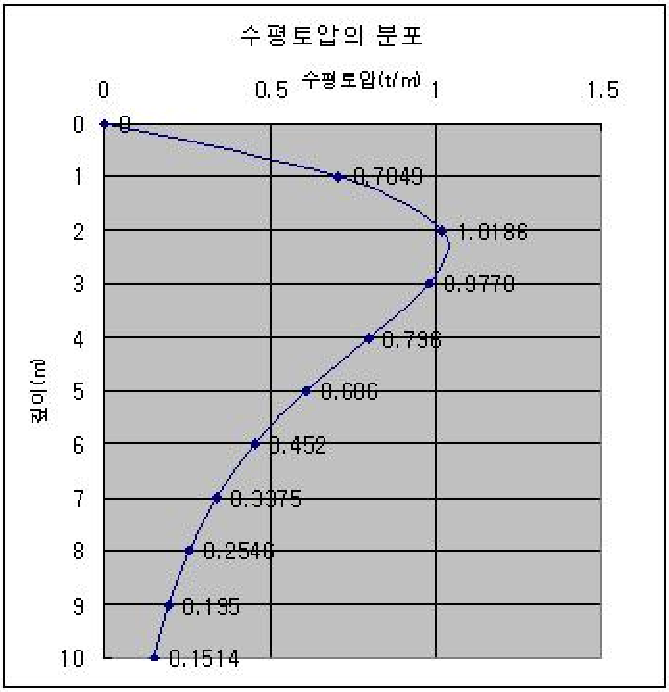
토류구조물의 변형이 없고, 강성이므로 반무체한 지반에서 발생가능한 횡방향 변위 구속.

토류벽 반대편에 동일 크기 선하중이 또 존재하는 것으로 가정하고 응력계산.

$$p_x = \frac{4Q}{\pi h}\frac{m^2 n}{(m^2+n^2)^2}$$

mh=4m, h=10m, ∴m=0.4

z	n	m	p_x
0	0	0.4	0
1	0.1	0.4	0.704908
2	0.2	0.4	1.018592
3	0.3	0.4	0.977848
4	0.4	0.4	0.795775
5	0.5	0.4	0.605944
6	0.6	0.4	0.452038
7	0.7	0.4	0.337521
8	0.8	0.4	0.254648
9	0.9	0.4	0.194863
10	1	0.4	0.151396



토류구조물에 작용하는 수평방향 총하중의 증가량은

$$P_x = \int_0^1 p_x h\, dn = \frac{2Q}{\pi}\frac{1}{m^2+1} = \frac{2\times 10}{\pi}\frac{1}{0.16+1} = 5.49t$$

2.5 지표면에 폭 10m의 등분포 피하중이 작용하고 있다. 등분포 피하중의 중심점 아래로 수직응력 증가분(σ_v)을 1m 간격으로 10m까지 구하라. 또 깊이 4m에 있는 단면 AA'에서의 수직응력 증가분(σ_v)을 A부터 A'까지 1m 간격으로 구하라.

$\alpha = 2\arctan(\frac{5}{z}) \qquad \beta = -\frac{\alpha}{2}$

$\sigma_z = \frac{q}{\pi}[\alpha + \sin\alpha\cos(\alpha + 2\beta)]$

z(m)	α	β	$\sigma_z(t/m^2)$
0	3.142	-1.571	10.000
1	2.747	-1.373	9.968
2	2.381	-1.190	9.773
3	2.061	-1.030	9.369
4	1.792	-0.896	8.810
5	1.571	-0.785	8.184
6	1.389	-0.695	7.552
7	1.240	-0.62	6.958
8	1.117	-0.559	6.416
9	1.014	-0.507	5.930
10	0.927	-0.464	5.497

$\alpha = \arctan(\frac{10-x}{4}) + \arctan(\frac{x}{4})$

$\beta = -\arctan(\frac{10-x}{4})$

$\sigma_z = \frac{q}{\pi}[\alpha + \sin\alpha\cos(\alpha + 2\beta)]$

x(m)	α	β	$\sigma_z(t/m^2)$
0	1.190	-1.190	4.886
1	1.398	-1.153	6.379
2	1.571	-1.107	7.546
3	1.695	-1.052	8.295
4	1.768	-0.983	8.689
5	1.792	-0.896	8.810
6	1.768	-0.785	8.689
7	1.695	-0.644	8.295
8	1.571	-0.464	7.546
9	1.398	-0.245	6.379
10	1.190	0.000	4.886

2.6 반무한 탄성지반 (v=0.5)위에 위치한 반지름 6m의 원형강성기초에 240t/㎡의 등분포하중이 재하되었다. 재하된 원형의 중심 아래 3m 깊이에서 수직응력의 증가분을 구하라. 또 기초의 중심부분의 탄성침하율 Schleicher의 형상계수를 이용하여 구하라. (지반의 탄성계수 (E) = 3000t/㎡)

r=6m z=3m q=240t/㎡)

1) 원형의 중심 아래 3m 깊이에서의 수직 응력의 증가분

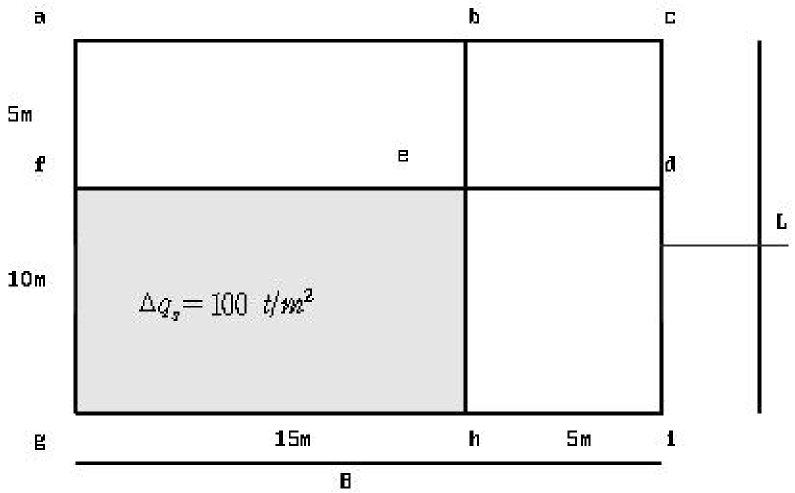
$$\Delta\sigma_z = q[1-[\frac{1}{1+(R/z)^2}]^{3/2}] = 240[1-[\frac{1}{1+2^2}]^{3/2}] = 218.5t/m^2$$

2) 기초 중심부분의 탄성침하율

$E = 3000t/m^2$ $\nu = 0.5$ $B = 12$ $C_s = 0.79$ (B는 원형일 경우 지름이므로)

$$S_e = C_s q B \frac{1-\nu^2}{E} = 0.79 \times 240 \times 12 \times \frac{1-0.5^2}{3000} = 0.569m$$

2.7 직4각형 전면기초에 100t/㎡의 등분포하중이 가해졌을 때, A점 아래 10m 깊이에서 수직응력의 증분을 Fadum 이 제안한 방법으로 구하라.



기초	$m(\frac{L}{z})$	$n(\frac{B}{z})$	I_r	$\sigma_z(=I_r \times q)$
acig	1.5	2	0.220	22
acdf	0.5	2	0.132	13.2
bcih	1.5	0.5	0.129	12.9
bcde	0.5	0.5	0.081	8.1

$\therefore \sigma_z = 22 - 13.2 - 12.9 + 8.1 = 4.0t/m^2$

2.8 사질토층에서($\gamma_t = 2.0t/m^3$) 폭 10m의 옹벽이 지표 아래 2m 깊이에 설치되어 $40t/m^2$의 등분포하중을 발생시킬 때의 상황을 단순화. 이 옹벽하중으로 인한 즉시탄성침하량과 10년 후 발생하는 총탄성 침하량을 Schmertmann의 방법으루 구하라.

1) Schmertmann방법

$$S_e = \frac{\Delta q}{E}\int_0^{2B} I_z dz$$

$$\Delta q = q - \gamma_t d = 40 - 2 \times 2 = 36(t/m^2)$$

$$\int_{z=0}^{2B} I_z dz = \frac{1}{2} \times 0.6 \times (2 \times 10) = 6$$

$c_1 = 1 - 0.5 \times \dfrac{\sigma_0}{\Delta q} = 1 - 0.5 \times \dfrac{4}{36} = 0.944$

∴ 즉시탄성침하량 : $S_e = 0.94 \times \dfrac{36 \times 6}{3500} = 0.058\text{m}$

$(\sigma_0 = 2 \times 2 = 4(t/m^2))$

$c_2 = 1 + 0.2\ \log_{10}(\dfrac{t}{0.1}) = 1 + 0.2\ \log_{10}(\dfrac{10}{0.1}) = 1.4$

∴ 10년후 총탄성 침하량 : $S_e = 0.944 \times 1.4 \times 0.0617 = 0.081\text{m}$

2) Modified Schmertmann(1978)방법

$\Delta q = 40 - 2.0 \times 2 = 36(t/m^3)$

$\sigma_{vp} = 2.0 \times 2 + 2.0 \times 10 = 24.0(t/m^3)$

$I_{zp} = 0.5 + 0.1 \times \sqrt{\dfrac{\Delta q}{\sigma_{vp}'}} = 0.6225$

modified schmertmann 방법에서 옹벽은 길이 방향으로 매우 긴 구조물이므로 L/B은 10보다 크다라고 가정하면

$\int_0^{4B} I_z\, dz = (\frac{1}{2} \times 3B \times Izp) + \left[\frac{1}{2} \times B(0.2 + Izp)\right] = 13.49$

$c_1 S_e = c_1 \dfrac{\Delta q}{E} \int_0^{4B} I_z\, dz = 0.944 \times \dfrac{36 \times 13.49}{3500} = 0.130m$

∴ 즉시탄성침하량 : 0.130m

10년후의 총탄성침하량 : 0.182m

2.9 지표까지 포화된 지반 아래 10m 지점에서의 A요소에 작용하는 전체수직응력, 전체수평응력, 유효수직응력과 유효수평응력을 구하라.

(정지토압계수)$K_0 = \dfrac{\sigma_h}{\sigma_v}$

σ_h = 지반내의 한 요소에 작용하는 수평응력

σ_v = 동일한 요소에 작용하는 수직응력

$\gamma_t = 2t/m^3 \quad \gamma_w = 1t/m^3 \qquad z = 10m$

전체 수직 응력 : $\sigma_{1,t} = z \times \gamma_t = 10m \times 2.0t/m^3 = 20t/m^2$

전체 수평 응력 : $\sigma_{3,t} = 10m \times (1.0t/m^3 \times 0.4 + 1.0t/m^3) = 14t/m^2$

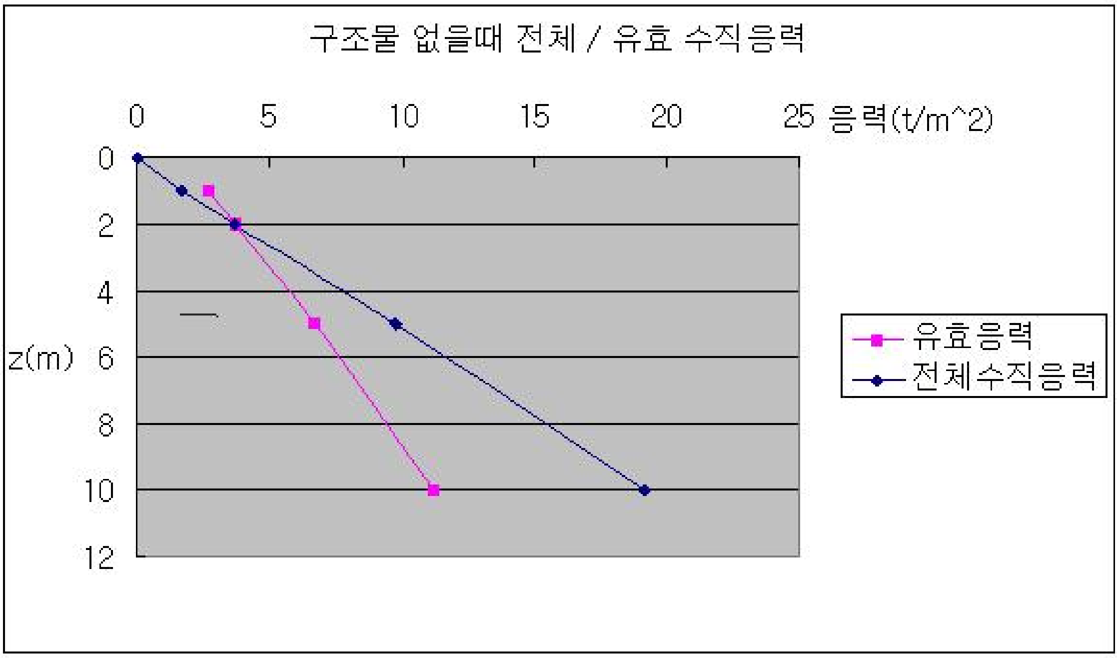
유효 수직 응력 : $\overline{\sigma_{1,t}} = z \times (\gamma_{sat} - \gamma_w) = 10m \times (2.0t/m^3 - 1.0t/m^3) = 10t/m^2$

유효 수평 응력 : $\overline{\sigma_{3,t}} = 10m \times 1.0t/m^3 \times 0.4 = 4t/m^2$

2.10 깊이에 따른 전체 수직응력과 유효수직응력의 분포도를 지표 아래 10m까지 그려라. 이 지반 위에 단위중량 $2t/m^3$이고 높이 4m인 성토층이 넓은 범위에 걸쳐서 놓여졌을 때, 성토층이 놓이는 순간과 오랜기간이 지난 후의 전체 수직응력과 유효수직응력의 분포도를 그려라.

1) 깊이에 따른 전체 수직응력과 유효수직응력의 분포

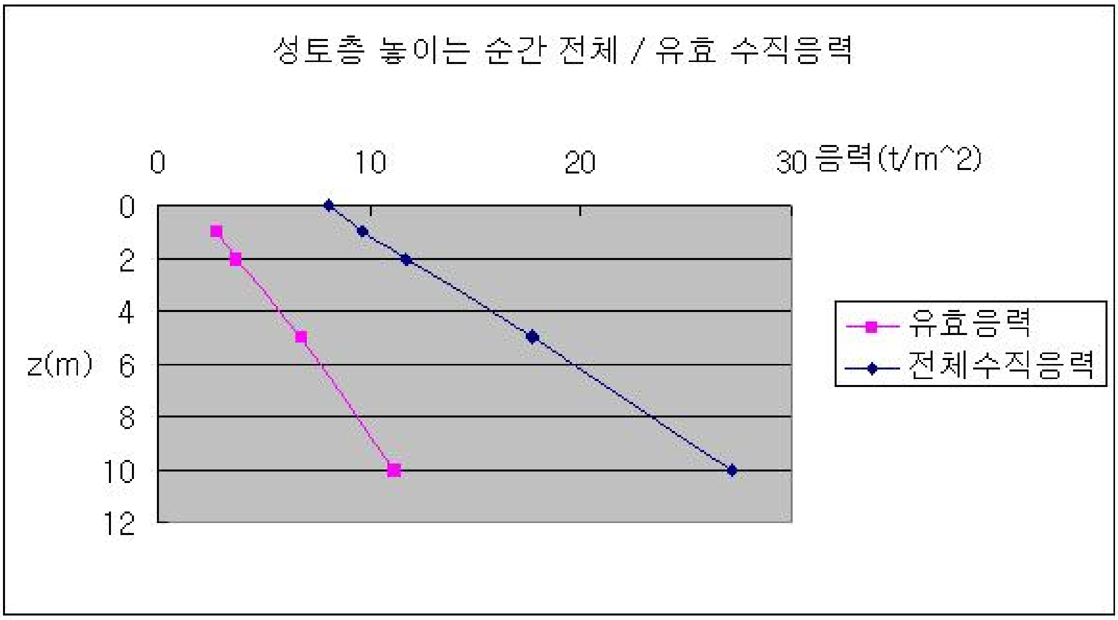
깊이(m)	수직응력(σ_v, t/m^2)	간극수압 (u, t/m^2)	유효응력 ($\overline{\sigma_v}$, t/m^2)
0	0	0	0
1	1×(1.7)=1.7	0→-1	2.7
2	1×(1.7)+1×(2.0)=3.7	0	3.7
5	1×(1.7)+4×(2.0)=9.7	3×(1.0)=3	6.7
10	1×(1.7)+4×(2.0)+5×(1.9)=19.2	8×(1.0)=8	11.2



2) 성토층이 놓이는 순간 전체 수직응력과 유효수직응력 분포

성토층이 넓은 범위에 걸쳐 놓여 있기 때문에 수평변형률 없다고 가정. 급속히 성토를 한 직후에는 과잉간극수압 소실은 거의없다.

깊이(m)	수직응력(σ_v, t/m^2)	간극수압 (u, t/m^2)	유효응력 ($\overline{\sigma_v}$, t/m^2)
0	4(2.0)=8	0	8
1	4(2.0)+1(1.7)=9.7	7	2.7
2	4(2.0)+1(1.7)+1(2.0)=11.7	8	3.7
5	4(2.0)+1(1.7)+1(2.0)+3(2.0)=17.7	4(2.0)+3(1.0)=11.0	6.7
10	4(2.0)+1(1.7)+1(2.0)+3(2.0)+5(1.9)=27.2	4(2.0)+8(1.0)=16.0	11.2



3) 성토층이 놓이고 오랜 기간이 지난 후의 전체 수직응력과 유효수직응력 분포

성토를 하고 오랜 기간이 지나게 되면, 과잉간극수압은 완전히 소실됨.

깊이(m)	수직응력(σ_v, t/m^2)	간극수압 (u, t/m^2)	유효응력 ($\overline{\sigma_v}$, t/m^2)
0	4(2.0)=8	0	8
1	4(2.0)+ 1(1.7)=9.7	-1	10.7
2	4(2.0)+ 1(1.7)+ 1(2.0)=11.7	0	11.7
5	4(2.0)+ 1(1.7)+ 4(2.0)=17.7	3(1.0)=3.0	14.7
10	4(2.0)+ 1(1.7)+ 4(2.0)+ 5(1.9)=27.2	8(1.0)=8.0	19.2