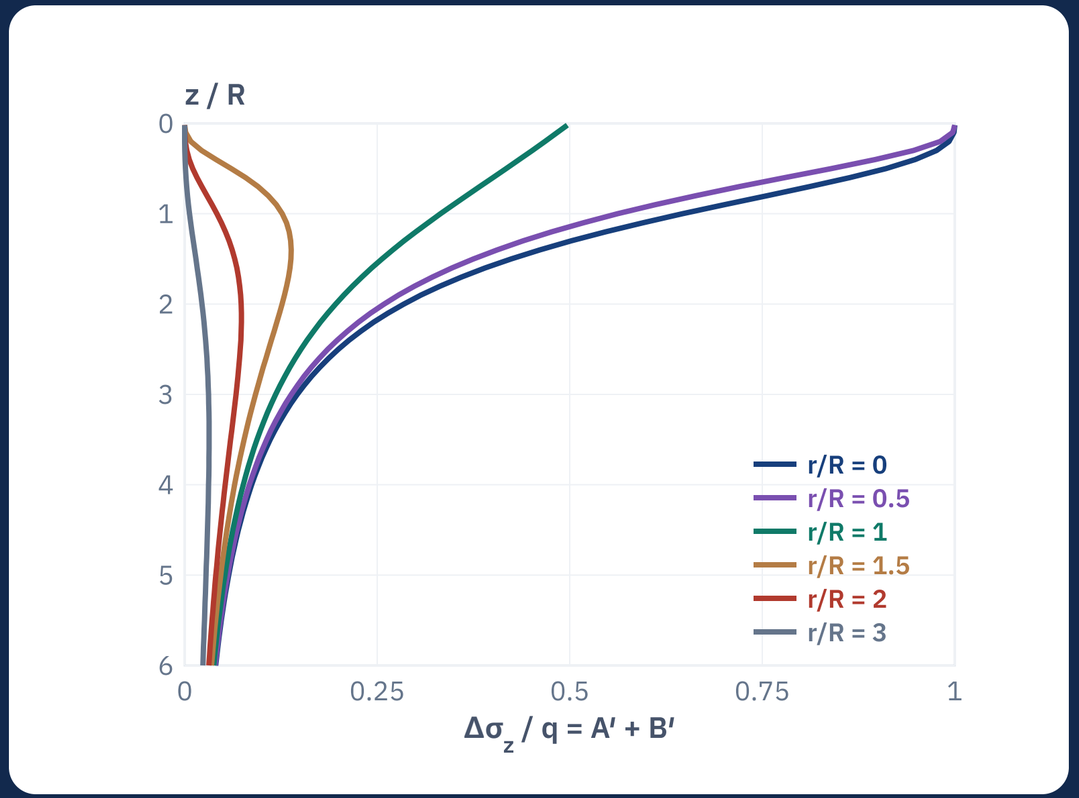
지반공학 강의 자료 · 지반 내 응력

원형 하중 아래의 응력

강의: 원형 하중 아래의 수직응력; 축 상에서는 닫힌 형태 식, 축 밖에서는 A′ + B′; 손계산으로 푸는 예제.

축 위 · A′ + B′ · 극좌표 적분 · 하중 밖 · 다중 원



개요

이 강의에서 다루는 내용

등분포하중이 작용하는 **원형 면적**(탱크, 사일로, 원형기초) 아래의 수직응력 증가량 $\Delta\sigma_z$를 구하는 방법

원의 중심축 위에서의 닫힌 형태 식: $\Delta\sigma_z = q\{1 - 1/[(R/z)^2 + 1]^{3/2}\}$

축에서 벗어난 위치(가장자리 아래와 그 옆): $\Delta\sigma_z = q\,(A' + B')$; $A' + B'$는 z/R과 r/R에만 의존한다

Boussinesq 적분을 **A점의 극좌표에서** 취하는 방법: ρ 적분은 닫힌 형태로, φ 적분은 수치적으로

하중 바깥에서 응력이 **먼저 증가한 뒤 감소한다는 점**과 여러 원의 응력이 **합산된다는 점**

강의 흐름

각 주제는 **세 단계**로 다룬다:

1 · **이론**: 공식과 그 근거

2 · **문제**: 조건과 구하는 값

3 · **풀이**: 단계별 수치 계산

예제 원: R = 3 m, q = 100 kN/m²; A점은 원의 축으로부터 r = 4.5 m 떨어져 있고 깊이 z = 3 m에 있다 (하중 바깥).

등분포하중을 받는 원형 재하면

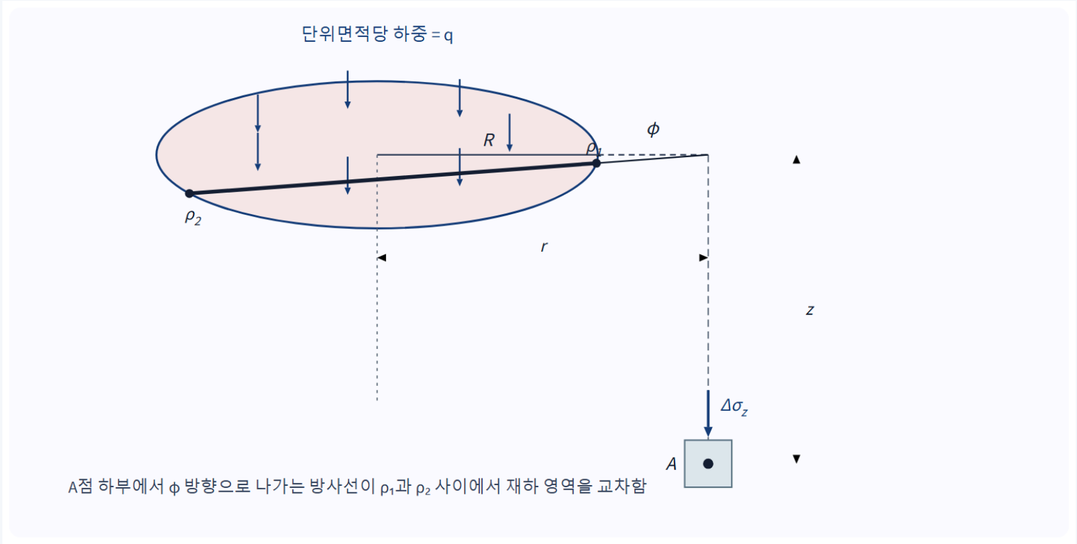
이론

등분포 압력 **q**를 받는 반지름 **R**의 **연성 원형 재하면적**(탱크, 사일로, 원형기초)

지반은 **균질하고 등방이며 선형 탄성인** 반무한 매질이며, $\Delta\sigma_z$는 하중에 의한 증가분만을 나타낸다

문제는 **축대칭**이다: 응력은 중심으로부터의 수평거리 **r**과 깊이 **z**에만 의존하며 방향에는 의존하지 않는다

중심 아래(r = 0)에는 **닫힌 형태의 식**이 있으며, 축에서 벗어난 점, 즉 가장자리 아래와 옆에 대해서는 Ahlvin과 Ulery(1962)가 적분을 계산하여 **A′와 B′**로 표를 만들었다



원의 중심 아래: 닫힌 형태의 해

이론

$$\Delta\sigma_z = q\left\{1 - \frac{1}{\left[(R/z)^2 + 1\right]^{3/2}}\right\}$$

지표면($z \to 0$)에서 $\Delta\sigma_z = q$이며, 깊이에 따라 **단조 감소**하여 매우 깊은 곳에서는 영에 수렴한다

응력은 오직 **R/z** 비에만 의존한다: 같은 z/R에서는 큰 원과 작은 원이 동일한 $\Delta\sigma_z/q$ 값을 준다

영향 깊이

$\Delta\sigma_z/q$	z/R
0.50	1.30
0.20	2.50
0.10	3.71
0.05	5.36

깊이가 3.7R이 되면 응력은 지표면 값의 십분의 일로 떨어진다.

$\Delta\sigma_z = q\,(A' + B')$

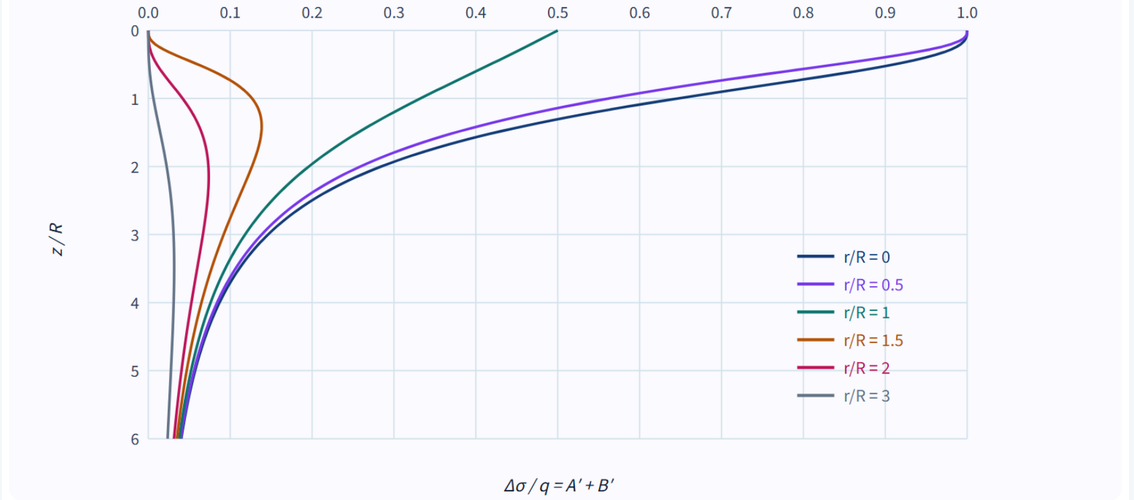
이론

$$\Delta\sigma_z = q\,(A' + B')$$

A′와 B′는 **z/R** 및 **r/R** 비에 따라 달라지는 두 부분이며, 적분을 분해하는 과정에서 나타나고, $\Delta\sigma_z$에는 **그 합**만 필요하다

축 위(r = 0)에서는 전체 폐쇄형 식으로 단순화되고, **가장자리 아래**(r/R = 1)에서는 지표면에서 0.5로 시작한다

하중 옆에서는 값이 0에서 시작해 먼저 증가하다가 감소한다



점을 기준으로 한 극좌표 적분

이론

표 사이의 보간은 하지 않는다. Boussinesq 해는 A점 아래의 점을 중심으로 하는 **ρ, φ** 극좌표에서 원 위로 직접 적분한다

각 φ 방향에서 선은 하중 원을 **ρ_1**과 **ρ_2** 사이에서 가로지른다(A가 하중 아래에 있으면 $\rho_1 = 0$); 하중 요소는 q ρ dρ dφ이다

$$d\sigma_z = \frac{3q}{2\pi}\,\frac{z^3\,\rho}{(\rho^2+z^2)^{5/2}}\,d\rho\,d\varphi$$

$$\int_{\rho_1}^{\rho_2}\frac{3z^3\rho\,d\rho}{(\rho^2+z^2)^{5/2}} = \frac{z^3}{(\rho_1^2+z^2)^{3/2}} - \frac{z^3}{(\rho_2^2+z^2)^{3/2}}$$

A′ + B′와 수치 합계

이론

$$A' + B' = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left[\frac{z^3}{(\rho_1^2 + z^2)^{3/2}} - \frac{z^3}{(\rho_2^2 + z^2)^{3/2}} \right] d\varphi$$

$$\rho_{1,2} = -r\cos\varphi \mp \sqrt{R^2 - r^2 \sin^2\varphi}$$

남은 φ 적분의 피적분함수는 연속이며 **2880개 방향**에 대해 수치적으로 합산한다. r = 0에서는 $\rho_1 = 0$, $\rho_2 = R$이 되고 식은 **닫힌 형태의 해**로 환원된다

A′ + B′ 값

z/R	r/R	A′ + B′
1.0	1.0	0.33224
1.0	1.5	0.12664
2.0	0.4	0.26781
2.0	2.0	0.07334
0.5	0.8	0.64625
4.0	1.5	0.06487

중첩

이론

각 원은 자체 **q, R**과 지표면 위의 중심 (x_L, y_L)에 의해 정의된다(모듈에서는 최대 여덟 개의 원)

두 원은 서로 **접할 수 있으나 겹칠 수 없다**: 중심 간 거리는 최소 $R_1 + R_2$

지반이 탄성체이므로 각 원의 응력은 **A점에서 그 원의 중심까지의 자체 거리 r**로 구하며, 응력들을 합산한다

$$\Delta\sigma_z = \sum_k q_k \left(A' + B'\right)_k \qquad r_k = \sqrt{(x - x_{L,k})^2 + (y - y_{L,k})^2}$$

문제

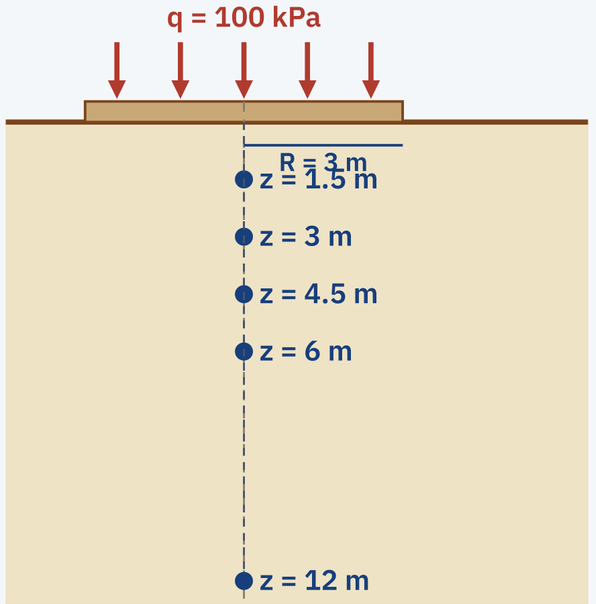
예제

조건

원	**연성**, $R = 3$ **m**, $q = 100$ **kN/m²**
점	**원의 축 위** ($r = 0$): $z = 1.5; 3; 4.5; 6; 12$ **m**

구하는 값

닫힌 형태 식으로 구한 $\Delta\sigma_z$ (먼저 z = 1.5 m에서 상세히), **A′ + B′**; $\Delta\sigma_z = 0.10\,q$가 되는 깊이.



풀이 (1/3)

풀이

1 비율

$$R/z = 3/1.5 = 2 \qquad (R/z)^2 + 1 = 4 + 1 = \mathbf{5}$$

2 지수와 역수

$$5^{3/2} = 11.1803 \qquad 1/11.1803 = 0.08944$$

3 연직응력

$$\Delta\sigma_z = q\,(1 - 0.08944) = 100\,(0.91056) = \mathbf{91.06}\ \text{kPa}$$

깊이 z = 1.5 m에서 **A′ + B′ = 0.91056**, **$\Delta\sigma_z$ = 91.06 kPa**: 지표면 하중의 91.1%가 전달된다.

풀이 (2/3)

풀이

z (m)	z/R	$(R/z)^2 + 1$	$[\ldots]^{3/2}$	$1 - 1/[\ldots]^{3/2}$	$\Delta\sigma_z$ (kPa)
1.5	0.50	5.000	11.1803	0.91056	**91.06**
3.0	1.00	2.000	2.8284	0.64645	**64.64**
4.5	1.50	1.444	1.7360	0.42397	**42.40**
6.0	2.00	1.250	1.3975	0.28446	**28.45**
12.0	4.00	1.062	1.0952	0.08692	**8.69**

중심축 상에서 응력은 한 방향으로 단조 감소한다: **91.1 → 8.7 kPa** (z = 1.5 m → 12 m). z = 1.5 m 행은 손으로 푼 계산이며, 모든 행은 같은 식으로 구한다. z = 3 m에서 응력은 지표면 하중의 약 65%이고 z = 12 m에서는 9%이다.

풀이 (3/3)

풀이

4 $\Delta\sigma_z$ = 0.10 q가 되는 깊이

$$\left[(R/z)^2+1\right]^{3/2} = 1/0.90 \;\Rightarrow\; (R/z)^2 = 1.0728 - 1 = 0.0728$$

$$z/R = 1/\sqrt{0.0728} = \mathbf{3.707} \;\Rightarrow\; z = 3\,(3.707) = \mathbf{11.12}\ \text{m}$$

$\Delta\sigma_z$ = 0.10 q가 되는 깊이는 **11.12 m**(z/R = 3.707)이다. 이 깊이에서 축 상의 응력은 지표면 하중의 10분의 1로 감소한다. 절반 값(0.50 q)은 z/R = 1.305, 즉 3.91 m에 있다.

GeoTerva에서 풀이 확인하기 ↗

문제

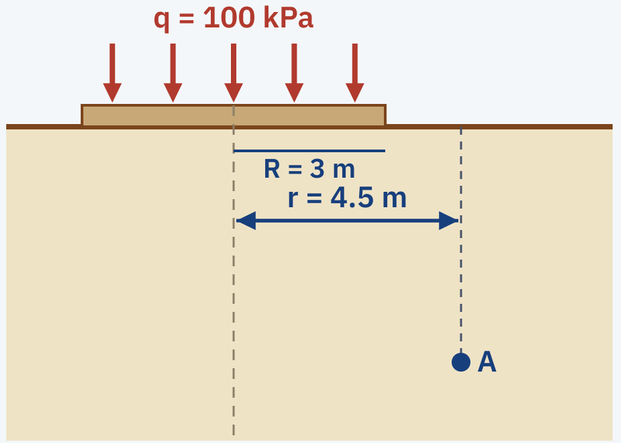
예제

조건

원	**연성, $R = 3$ m, $q = 100$ kN/m²**
점 A	**중심에서 $r = 4.5$ m ($r/R = 1.5$; 하중 바깥), $z = 3$ m ($z/R = 1$)**
방법	**극좌표 적분: 먼저 손계산으로 $N = 36$ 방향; 이어서 모듈의 2880개 방향**

구하는 값

A′ + B′ 및 **$\Delta\sigma_z$**; 방향 수가 결과에 미치는 영향.



풀이 (1/3)

풀이

1 광선이 원과 교차하는 거리

$$\rho_{1,2} = -r\cos\varphi \mp \sqrt{R^2 - r^2\sin^2\varphi} = -4.5\cos\varphi \mp \sqrt{9 - 20.25\sin^2\varphi}$$

2 어떤 방향에서 광선이 원에 닿는가?

$$R^2 - r^2\sin^2\varphi \geq 0 \;\Rightarrow\; |\sin\varphi| \leq R/r = 0.6667 \;\text{ 및 }\; \rho > 0 \;\Rightarrow\; \cos\varphi < 0$$

A점이 원 밖에 있으므로 원을 향하는 방향만 기여한다: **138.19° < φ < 221.81°**.

광선은 원에 **138.19° < φ < 221.81°** 범위에서만 닿는다. **N = 36**개 방향을 취하면 φ_i = 5°, 15°, 25°, …가 되는데, 이 중 **8**개만 이 범위에 속한다: 145°, 155°, 165°, 175° 및 이들과 대칭인 185°, 195°, 205°, 215°.

풀이 (2/3)

풀이

3 한 반직선의 기여와 평균

$$F(\rho) = \frac{z^3}{(\rho^2 + z^2)^{3/2}} = \frac{27}{(\rho^2 + 9)^{3/2}} \qquad g(\varphi) = F(\rho_1) - F(\rho_2)$$

$$A' + B' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} g(\varphi_i) \qquad \varphi_i = \left(i - \tfrac{1}{2}\right) \frac{360^\circ}{N}$$

φ (°)	cos φ	$R^2 - r^2 \sin^2\varphi$	ρ_1	ρ_2	$F(\rho_1)$	$F(\rho_2)$	$g = F(\rho_1) - F(\rho_2)$
145	−0.8192	2.3380	2.1571	5.2152	0.5352	0.1240	**0.4112**
155	−0.9063	5.3832	1.7582	6.3986	0.6422	0.0765	**0.5657**
165	−0.9659	7.6435	1.5820	7.1114	0.6921	0.0587	**0.6334**
175	−0.9962	8.8462	1.5086	7.4571	0.7131	0.0520	**0.6611**

185°, 195°, 205°, 215° 반직선은 175°, 165°, 155°, 145° 반직선의 대칭이다: 같은 g 값을 준다. g(145°) = 0.4112이고 g(175°) = 0.6611이다.

풀이 (3/3)

풀이

4 합계 (N = 36)

$$\sum g = 2\,(0.4112 + 0.5657 + 0.6334 + 0.6611) = 4.5427$$

$$A' + B' \approx \frac{4.5427}{36} = 0.12619 \quad \Rightarrow \quad \Delta\sigma_z \approx 100\,(0.12619) = \mathbf{12.62}\ \text{kPa}$$

5 방향 수가 증가할수록 결과가 수렴한다

N	6	12	24	36	72	180	720	2880
$\Delta\sigma_z$ (kPa)	16.856	10.556	13.200	12.619	12.541	12.688	12.667	12.664

모듈은 **2880개의 방향**을 사용한다: **A′ + B′ = 0.12664**, **$\Delta\sigma_z$ = 12.664 kPa**. 같은 점에 대한 표의 값은 0.12663이며, 36개 방향으로 수계산한 결과(12.62)는 이와 0.4%만 차이가 난다.

GeoTerva에서 풀이 확인하기 ↗

문제

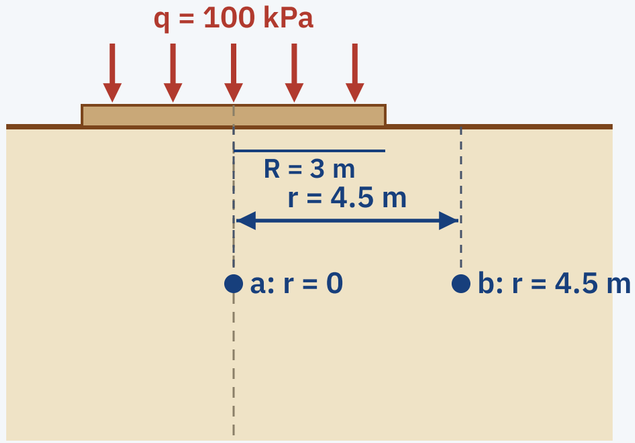
예제

구하는 값

두 선에서의 $\Delta\sigma_z$; (b)선의 **최대 응력**과 그 깊이.

조건

원	**연성**, $R = 3$ m, $q = 100$ kN/m²
점	**(a) 축**, $r = 0$; **(b)** $r = 4.5$ m $(r/R = 1.5)$
깊이	$z = 1.5; 3; 4.5; 6; 12$ m



풀이 (1/3)

풀이

z (m)	z/R	(a) A′ + B′	(a) $\Delta\sigma_z$ (kPa)	(b) A′ + B′	(b) $\Delta\sigma_z$ (kPa)
1.5	0.50	0.91056	91.06	0.06044	**6.04**
3.0	1.00	0.64645	64.64	0.12664	**12.66**
4.5	1.50	0.42397	42.40	0.13793	**13.79**
6.0	2.00	0.28446	28.45	0.12646	**12.65**
12.0	4.00	0.08692	8.69	0.06487	**6.49**

축: 91.1 → 8.7 kPa, 한 방향으로 감소한다. **하중 바깥(r = 4.5 m):** 6.04 → 13.79 → 6.49 kPa; 먼저 **증가**한 뒤 감소한다: 하중이 깊이에 따라 옆으로 퍼진다.

각 행은 2880 방향으로 구한 A′ + B′ 값이며, (b) 열의 z = 3 m 행이 예제 2의 결과이다.

풀이 (2/3)

풀이

1 r/R = 1.5 선을 따른 A′ + B′, 깊이별

z/R	z (m)	A′ + B′	$\Delta\sigma_z$ (kPa)
1.00	3.00	0.12664	**12.66**
1.20	3.60	0.13569	**13.57**
1.41	4.23	0.13833	**13.83**
1.60	4.80	0.13670	**13.67**
1.80	5.40	0.13238	**13.24**
2.00	6.00	0.12646	**12.65**

r/R = 1.5 선상에서 **최대 응력은 z ≈ 4.23 m** (z/R = 1.41) 깊이에서 **13.83 kPa**이다. 재하 영역 밖에서는 응력이 어느 깊이에서 최댓값에 도달한 뒤 감소한다.

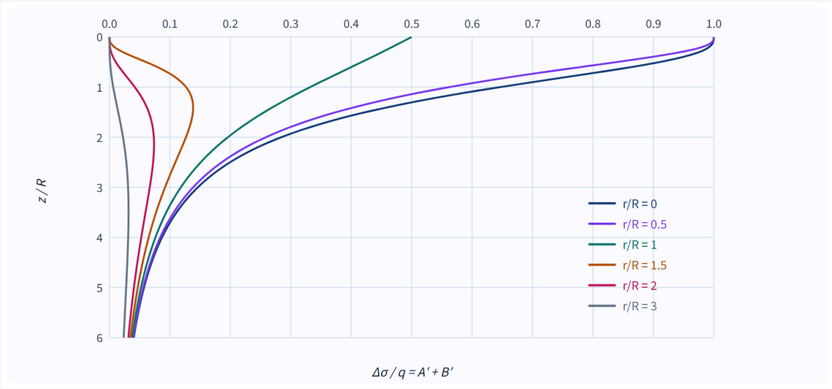
풀이 (3/3)

풀이

2 바깥쪽 방향 최댓값

r/R	최대 A′ + B′	깊이 z/R
1.5	0.1383	1.41
2.0	0.0737	2.15
3.0	0.0317	3.48

점이 원에서 멀어질수록 최대 응력은 **더 깊은 곳에서, 더 작은 값으로** 나타난다: r/R = 1.5이면 z/R = 1.41, r/R = 3이면 z/R = 3.48.



GeoTerva에서 풀이 확인하기 ↗

문제

예제

조건

표	$A' + B'$ **값:** $z/R = 0.25 \ldots 6$; $r/R = 0 \ldots 3$
다른 활동원호	$R = 5$ **m,** $q = 120$ **kN/m²; 점** $r = 7.5$ **m,** $z = 5$ **m**

구하는 값

A′ + B′ 표; 두 번째 원에서의 $\Delta\sigma_z$ (표 값) 및 직접 계산 값.

풀이 (1/2)

풀이

z/R \ r/R	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
0.25	0.9857	0.9658	0.4596	0.0142	0.0016	0.0001
0.50	0.9106	0.8396	0.4175	0.0604	0.0105	0.0010
1.00	0.6464	0.5622	0.3322	0.1266	0.0418	0.0062
1.50	0.4240	0.3750	0.2562	0.1379	0.0650	0.0146
2.00	0.2845	0.2589	0.1960	0.1265	0.0733	0.0225
3.00	0.1462	0.1384	0.1181	0.0919	0.0666	0.0309
4.00	0.0869	0.0840	0.0761	0.0649	0.0526	0.0311
6.00	0.0403	0.0396	0.0377	0.0349	0.0314	0.0236

r/R = 0 열은 닫힌 형태의 해이다. **r/R = 1**에서 값은 지표면에 가까워질수록 0.5에 접근하며(z/R = 0.25에서 0.4596), **r/R ≥ 1.5** 열에서는 값이 먼저 증가한 후 감소한다. 표의 모든 수치는 2880방향 적분으로 구한 값이다.

풀이 (2/2)

풀이

1 비율

$$\frac{z}{R} = \frac{5}{5} = 1.0 \qquad \frac{r}{R} = \frac{7.5}{5} = 1.5$$

2 표에서 읽은 계수와 응력

$$A' + B' \,(z/R = 1;\; r/R = 1.5) = 0.12664$$

$$\Delta\sigma_z = q\,(A' + B') = 120\,(0.12664) = \mathbf{15.20}\ \text{kPa}$$

$\Delta\sigma_z/q$는 **z/R**과 **r/R**에만 의존한다. R = 5 m인 원에서 같은 비율은 예제 2의 R = 3 m 원의 계수(**0.12664**)를 주며, 응력은 q에 비례해서만 달라진다(15.20 kPa).

GeoTerva에서 풀이 확인하기 ↗

문제

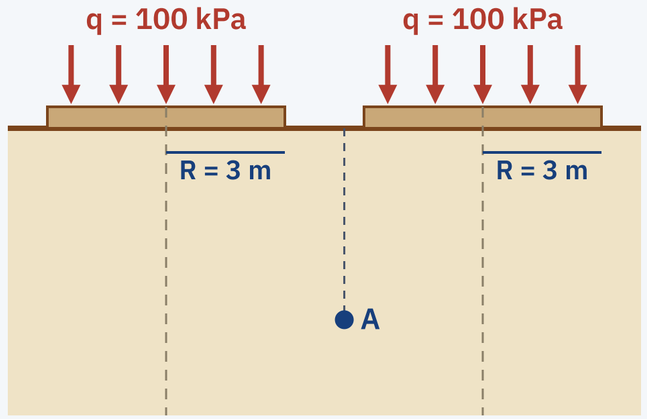
예제

조건

원 1	$R = 3$ m, $q = 100$ kN/m², 중심 $x = 0$
원 2	$R = 3$ m, $q = 100$ kN/m², 중심 $x = 8$ m
점 A	$x = 4.5$ m, $y = 0$; $z = 3$ m (그 밖에 1.5; 4.5; 6; 12 m)

구하는 값

두 원의 개별 및 합산 $\Delta\sigma_z$; 깊이별 분포.



풀이 (1/2)

풀이

1 겹침 검토 (원들은 겹치지 않으며 그 사이는 2 m) 및 이격거리

$$d = 8\ \text{m} \ \geq R_1 + R_2 = 6\ \text{m}$$

$$r_1 = 4.5\ \text{m}\ (r_1/R = 1.5) \qquad r_2 = 8 - 4.5 = 3.5\ \text{m}\ (r_2/R = 1.1667)$$

2 각 원의 영향계수와 응력 (z/R = 1)

$$A' + B'_{(1)} = 0.12664 \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_{z(1)} = 100\,(0.12664) = 12.664\ \text{kPa}$$

$$A' + B'_{(2)} = 0.25049 \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_{z(2)} = 100\,(0.25049) = 25.049\ \text{kPa}$$

3 중첩

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(1)} + \Delta\sigma_{z(2)} = 12.664 + 25.049 = \mathbf{37.714}\ \text{kPa}$$

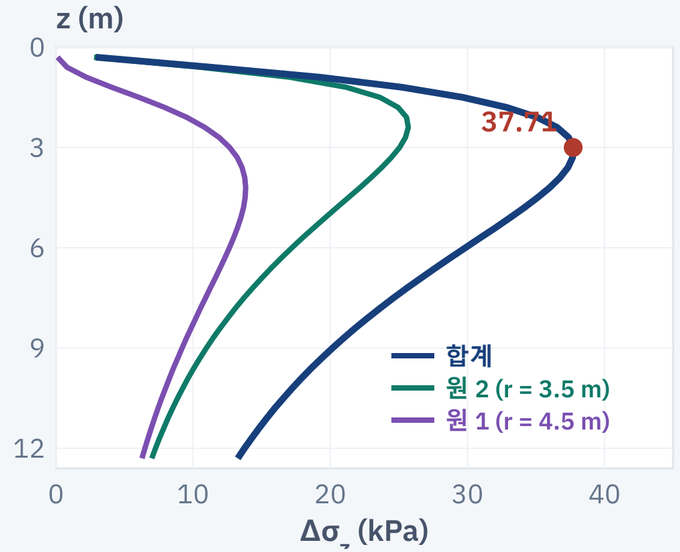
A는 두 번째 원에 더 가깝다(3.5 m와 4.5 m): **2번 원이 전체의 66%**를 차지한다. 전체 $\Delta\sigma_z$ = **37.71 kPa**; 단일 원의 값은 12.66 kPa이었다.

풀이 (2/2)

풀이

z (m)	z/R	r_1/R = 1.5	r_2/R = 1,167	$\Delta\sigma_{z(1)}$	$\Delta\sigma_{z(2)}$	합계
1.5	0.50	0.06044	0.23608	6.04	23.61	**29.65**
3.0	1.00	0.12664	0.25049	12.66	25.05	**37.71**
4.5	1.50	0.13793	0.21324	13.79	21.32	**35.12**
6.0	2.00	0.12646	0.17204	12.65	17.20	**29.85**
12.0	4.00	0.06487	0.07258	6.49	7.26	**13.75**

합산 응력은 z = 3 m에서 **37.71 kPa**이다; 원 2의 기여분은 깊이에 따라 감소하는 반면 원 1의 기여분은 4.5 m까지 증가한다. 결과는 각 원의 고유 거리 r로 구한 값들의 합이다.



GeoTerva에서 풀이 확인하기 ↗

문제

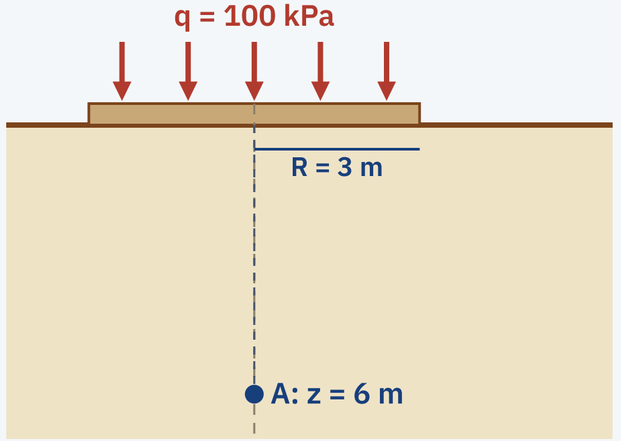
예제

조건

원	$R = 3$ m, $q = 100$ kN/m²; 총 하중 $Q = q\pi R^2 = 2827.4$ kN
집중하중	동일한 Q 원의 중심에서: $\Delta\sigma_z = Q\, I_1/z^2$, $I_1 = \frac{3}{2\pi}\left[(r/z)^2 + 1\right]^{-5/2}$
점	축 위 ($r = 0$) 및 $r = 2R$에서; $z/R = 1;\ 2;\ 3;\ 5;\ 10$

구하는 값

두 풀이의 비; 집중하중 근사는 어느 깊이 이후부터 허용할 수 있는가?



풀이 (1/2)

풀이

1 총 하중

$$Q = q\pi R^2 = 100\,\pi\,(3)^2 = \mathbf{2{,}827.4}\ \text{kN}$$

2 집중하중 (Boussinesq), 축선상 r = 0

$$\Delta\sigma_z = \frac{Q}{z^2}\,\frac{3}{2\pi} = \frac{2{,}827.4}{36}\,(0.4775) = \mathbf{37.50}\ \text{kPa}$$

3 원 (닫힌 형태 식, z = 6 m)

$$\Delta\sigma_z = 100\left(1 - \frac{1}{(0.25+1)^{3/2}}\right) = \mathbf{28.45}\ \text{kPa}$$

z = 2R 깊이에서 집중하중 근사는 응력을 **1.318배**(31.8%) 크게 준다: 37.5 kPa 대신 28.4 kPa.

풀이 (2/2)

풀이

r/R	z/R	원 $\Delta\sigma_z$ (kPa)	집중하중 $\Delta\sigma_z$ (kPa)	집중하중 / 원형
0	1	64.645	150.000	**2.320**
0	2	28.446	37.500	**1.318**
0	3	14.619	16.667	**1.140**
0	5	5.713	6.000	**1.050**
0	10	1.481	1.500	**1.013**
2	1	4.181	2.683	**0.642**
2	2	7.334	6.629	**0.904**
2	3	6.663	6.647	**0.997**
2	5	4.048	4.140	**1.023**
2	10	1.346	1.360	**1.010**

축 상에서 z/R = 1일 때 집중하중 가정은 응력을 **2.32배** 과대평가하며, z = 5R에서 차이는 5.0%, z = 10R에서는 1.3%로 줄어든다. r = 2R에서 근사식은 지표 부근에서 **과소평가**(0.64)이고, z ≥ 3R에서는 차이가 3%를 넘지 않는다.

GeoTerva에서 풀이 확인하기 ↗

요약

핵심 정리

축 위: $\Delta\sigma_z = q\{1 - 1/[(R/z)^2 + 1]^{3/2}\}$; z = 1.5 m일 때 91.06 kPa($A' + B' = 0.91056$); $\Delta\sigma_z = 0.10\ q$가 되는 깊이는 **3.71R**(11.12 m)

일반 점: $\Delta\sigma_z = q\ (A' + B')$; $A' + B'$는 z/R과 r/R에만 의존한다. **예제(r = 4.5 m; z = 3 m):** $A' + B' = 0.12664$, **$\Delta\sigma_z$ = 12.664 kPa**

계산: A점에서의 극좌표에 대한 Boussinesq 적분; ρ는 닫힌 형태, φ는 수치적분(2880개 방향). 36개 방향으로 손계산하면 12.62 kPa

하중 바깥(r/R = 1.5)에서는 응력이 먼저 증가한다: 최댓값은 z ≈ 4.23 m에서 13.83 kPa; 가장자리 아래의 지표면에서는 0.5 q

원 두 개: 응력은 각 원의 고유 거리 r로 구하여 합산한다: 12.66 + 25.05 = 37.71 kPa. **집중하중** 근사는 하중 부근에서 오차가 크며(z = 2R에서 ×1.32), z ≥ 5R에서 부합한다

참고문헌

Das, B.M. (2018). Principles of Geotechnical Engineering, 9th ed. Cengage Learning.

Ahlvin, R.G. and Ulery, H.H. (1962). Tabulated values for determining the complete pattern of stresses, strains, and deflections beneath a uniform circular load on a homogeneous half space. Highway Research Bulletin 342, 1–13.

참고

수치 예제는 모두 모듈 자체의 계산 엔진으로 산출하였으며, 모듈도 같은 값을 제시한다. 모듈의 초기 예제는 R = 3 m, q = 100 kN/m²인 원형하중과 A점(r = 4.5 m; z = 3 m)이다.

GeoTerva

온라인 지반공학 계산

이론에서 실무로

원(q, R, 중심), A점, 깊이를 GeoTerva에 입력하면 모듈이 $A' + B'$, $\Delta\sigma_z$ 값, 등응력선, 깊이별 분포, 단계별 풀이 및 보고서를 함께 제공한다.

모듈 열기 →

이론 페이지 →

스마트폰으로 열기

체험 모듈은 가입 없이 이용할 수 있습니다.