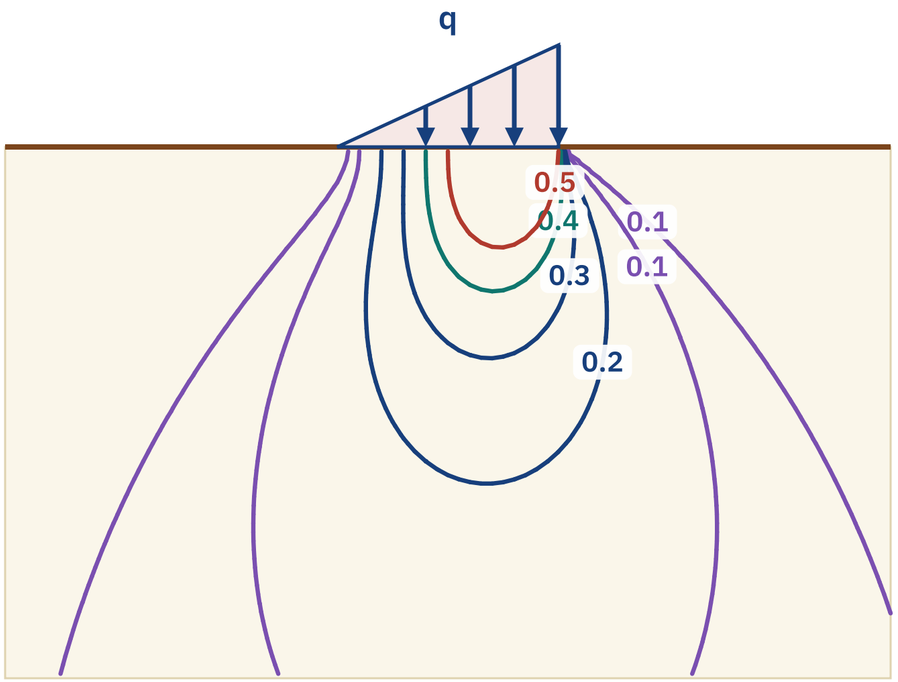
지반공학 강의 자료 · 지반 내 응력

삼각형 띠하중 아래의 응력

강의: 한쪽 가장자리에서 0부터 q까지 증가하는 삼각형 띠하중; 한 점의 수계산, 분포, 대칭 삼각형과 성토.

선하중의 적분 | 각도 형식 | 천단의 이동 | 성토 = 등분포 + 삼각형 | 손계산 가능



개요

이 강의에서 다루는 내용

한쪽 가장자리에서 0, 다른 쪽에서 q까지 **선형으로 증가하는** 띠하중(성토 비탈면, 벽에 기대어 쌓은 더미, 성토 비탈 끝) 아래의 연직응력 증가량: 크기가 (q/B) r dr인 선하중의 적분

각도 형태: $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\alpha - \sin 2\delta]$; α와 δ의 정의 및 δ의 **부호**

지표면에서는 응력이 하중을 따르고, 깊은 곳에서는 퍼지면서 **정점**이 띠하중 안쪽으로 이동한다는 것; 하중이 0인 가장자리가 오른쪽에 있는 **거울상** 경우

한 점의 **처음부터 끝까지 수계산**; 띠하중 둘로 구성한 **대칭 삼각형**; 등분포 띠하중 + 삼각형 둘로 구성한 **성토** 하중

강의 흐름

각 주제는 **세 단계**로 다룬다:

1 · **이론**: 공식과 그 근거

2 · **문제**: 조건과 구하는 값

3 · **풀이**: 단계별 수치 계산

예제: q = 100 kN/m², B = 2 m, 하중은 x = 0에서 영, x = B에서 q; 점 A는 x = −1 m, z = 1.5 m.

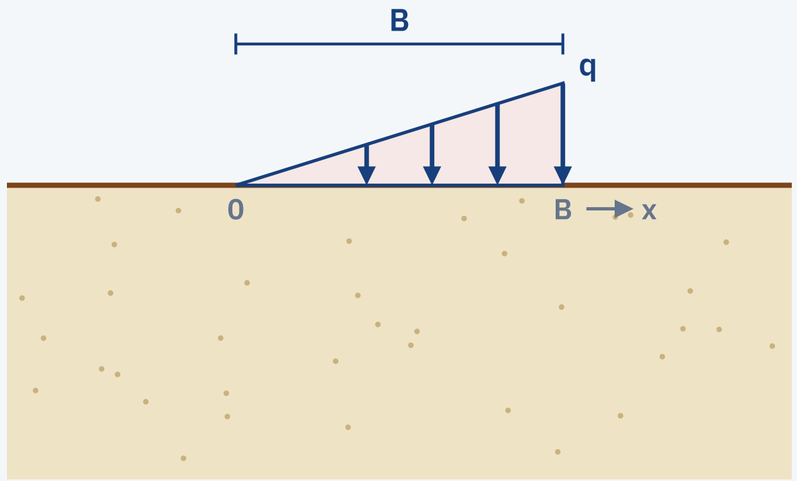
삼각형 띠하중: 한쪽 끝에서 0부터 q까지

이론

성토의 비탈면, 벽에 기대어 쌓은 더미, 성토의 비탈 끝: 크기가 한쪽 가장자리에서 0이고 다른 쪽 가장자리에서 **q**까지 증가하는 띠하중. 등분포 띠하중과 함께 **성토 하중**을 이룬다

연성 띠, 폭 B, 무한 길이; 하중은 $0 \le x \le B$ 구간에서 **$q \cdot x/B$**이고 그 밖에서는 영이다(평면변형률)

지반은 균질, 등방, 선형탄성의 반무한 매질이며, $\Delta\sigma_z$는 하중에 의해서만 생기는 증가분이다



단면: 하중은 x = 0에서 0, x = B에서 q이며 모든 단면의 응력이 같다

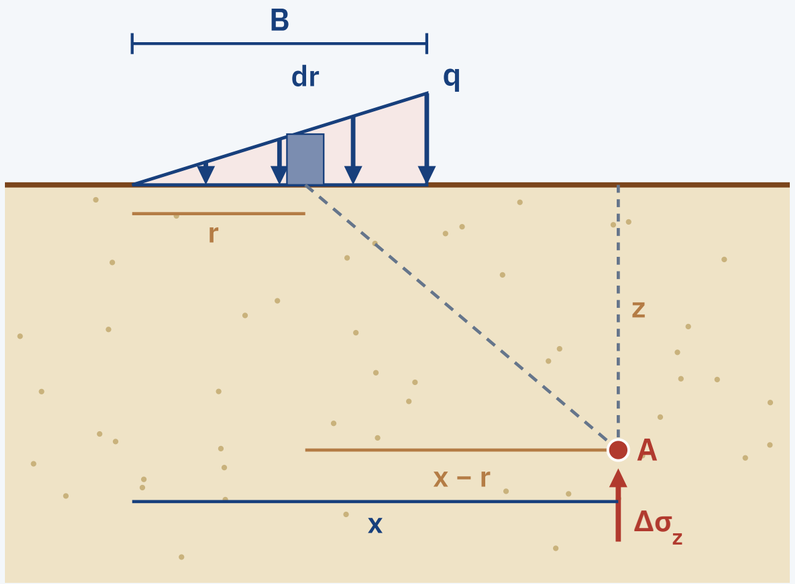
강도가 (q/B) r dr인 선하중

이론

r 위치의 기본 띠는 단위 길이당 **(q/B) r dr**의 하중을 받는다. 이를 A점으로부터 수평 거리 x – r에 있는 **선하중**으로 보고 폭 방향으로 합산한다

$$\Delta\sigma_z = \int_0^B \frac{2\,(q/B)\,r\,dr\,z^3}{\pi\,[(x-r)^2+z^2]^2} = \frac{1}{B}\,\frac{2q}{\pi}\int_0^B \frac{z^3\,r\,dr}{[(x-r)^2+z^2]^2}$$

이 적분은 **초등함수로 표현되며**, 그림의 각으로 나타낸 결과는 다음 슬라이드에 있다. 수치 검증(q = 100, B = 2, x = −1, z = 1.5): 적분의 Simpson 값 **4.4699 kPa**, 닫힌 형태의 해 **4.4699 kPa**



$\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\,\alpha - \sin 2\delta]$

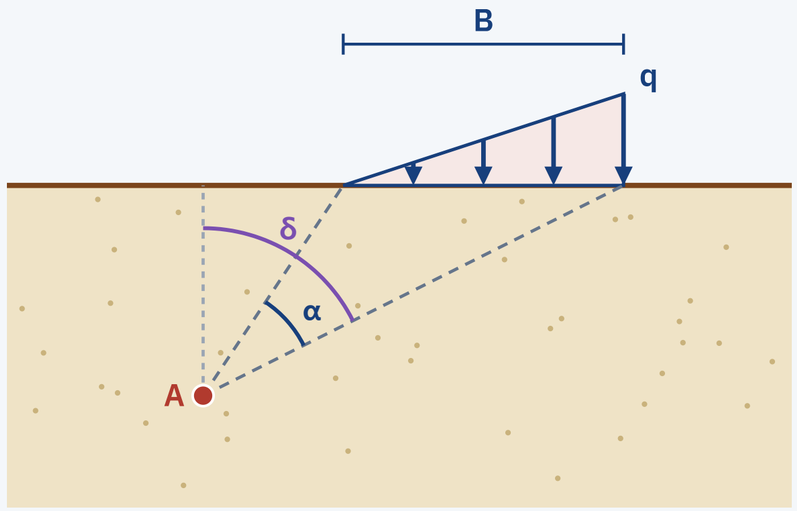
이론

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{2\pi}\left(\frac{2x}{B}\,\alpha - \sin 2\delta\right)$$

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{x}{z} - \tan^{-1}\frac{x-B}{z} \qquad \delta = \tan^{-1}\frac{x-B}{z}$$

α는 라디안 단위이다. **δ**는 A를 지나는 연직선에서 **하중이 큰 변** 쪽으로 그은 직선까지의 각이다. 부호가 중요하다: 하중이 큰 변이 A의 +x 쪽에 있으면 δ는 음수이다

아크탄젠트를 사용하면 부호가 자동으로 결정되며, 결과는 **모든 x에 대해** 유효하다: 띠의 옆, 아래 또는 그 바깥. x는 **하중이 0인 변**에서 하중이 큰 변 쪽으로 측정한다



A (x = −1, z = 1.5): α와 δ (δ는 음수)

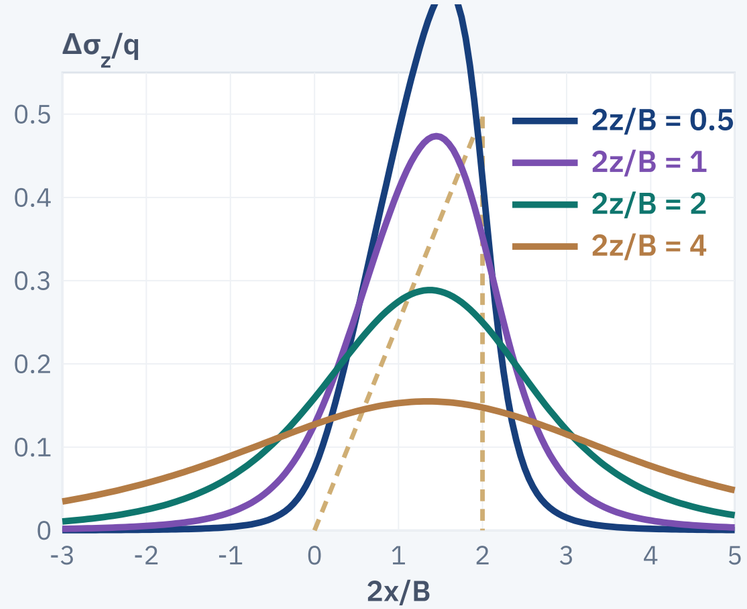
지표면에서는 하중을 따르고, 깊은 곳에서는 퍼진다

이론

지표면 부근에서는 응력이 **하중 자체를 따르고**, 깊어질수록 응력은 **퍼져 나가며** 그 최댓값은 **띠의 안쪽으로 이동한다**

최대점은 2z/B = 0.5에서 2x/B = 1.58 (0.65 q), 2z/B = 4에서 2x/B = 1.34 (0.15 q)에 위치한다. 매우 깊은 곳에서는 하중의 **도심**(x = 2B/3, 즉 2x/B = 1.33) 아래에 남는다

하중이 0인 가장자리 바깥(x < 0)에서 응력은 작지만 0은 아니다; 하중은 없어도 지반은 응력을 받는다



Δσz/q — 2x/B (하중은 노란색 점선 삼각형)

$\Delta\sigma_z/q$ 값

이론

2z/B \ 2x/B	-2.0	-1.0	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
0.25	0.0001	0.0006	0.0392	0.2516	0.4969	0.7272	0.4604	0.0024	0.0003
0.50	0.0008	0.0041	0.0749	0.2574	0.4797	0.6448	0.4220	0.0152	0.0019
1.00	0.0053	0.0217	0.1273	0.2620	0.4092	0.4726	0.3524	0.0622	0.0119
1.50	0.0140	0.0447	0.1528	0.2473	0.3341	0.3598	0.2952	0.1010	0.0285
2.00	0.0249	0.0643	0.1592	0.2235	0.2749	0.2870	0.2500	0.1206	0.0457
3.00	0.0448	0.0854	0.1469	0.1774	0.1979	0.2017	0.1872	0.1259	0.0691
4.00	0.0567	0.0894	0.1273	0.1431	0.1529	0.1545	0.1476	0.1154	0.0775
6.00	0.0622	0.0798	0.0955	0.1010	0.1042	0.1047	0.1024	0.0909	0.0740

$\Delta\sigma_z = q \cdot$ (표의 값). $2x/B = -1$, $2z/B = 1.5$인 칸의 값은 0.0447이며, 모듈의 초기 예제이다. 하중은 $0 \le 2x/B \le 2$ 구간에 있으며, 큰 쪽 가장자리는 $2x/B = 2$이다.

0인 가장자리가 오른쪽인 경우; 다중 띠하중

이론

띠하중은 **오른쪽 가장자리**에서도 영이 될 수 있다: 이는 예제에 나온 띠하중의 **거울상**이며, 같은 식을 사용하고 x는 **값이 영인 가장자리**에서 큰 쪽 가장자리를 향해 측정한다(오른쪽 가장자리가 영이면 $x = x_L + B - x_A$)

지반이 탄성체이므로 각 띠의 응력을 따로 구하여 합산한다. 띠는 서로 겹칠 수 없으며(가장자리에서 맞닿는 것은 가능), 모듈에는 최대 8개의 띠를 입력할 수 있고 각 띠에는 q, B, 왼쪽 가장자리, 방향이 있다

두 삼각형을 거울상 방향으로 나란히 놓으면 **대칭 삼각형** 하중이 되며; 등분포 띠 + 두 삼각형은 **성토** 하중을 이룬다

$$\Delta\sigma_z = \sum_k \Delta\sigma_{z(k)}$$

문제

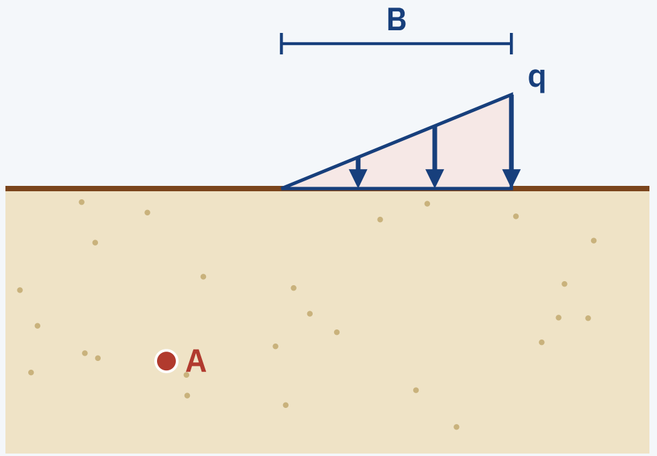
예제

조건

띠하중	**연성, 연직; $x = 0$에서 0, $x = B$에서 q까지 선형으로 증가: $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m**
점 A	**$x = -1$ m (0인 가장자리에서 1 m 바깥), $z = 1.5$ m**

구하는 값

α와 **δ** 각, **$\Delta\sigma_z/q$**, **$\Delta\sigma_z$**; 하중이 영인 변이 오른쪽에 있는 거울상 띠와의 비교.



풀이 (1/2)

풀이

1 지표면에서 측정한 각 (A에서 높은 쪽 변과 0인 변까지)

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\frac{1.5}{3} = 26.57^\circ \qquad \alpha_2 = \tan^{-1}\frac{1.5}{1} = 56.31^\circ$$

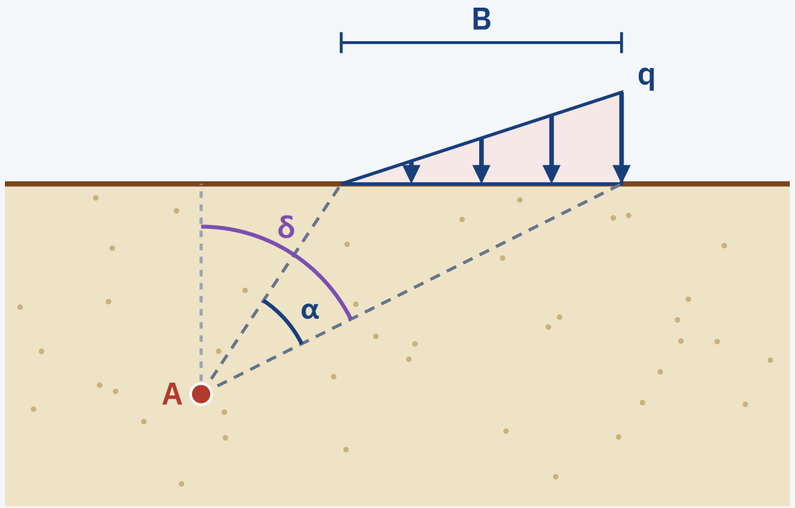
$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 = 29.74^\circ \qquad \delta = -(90^\circ - \alpha_2 + \alpha) = \mathbf{-63.43}^\circ$$

2 식으로 구한 동일한 각 (x = –1 m, B = 2 m, z = 1.5 m)

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{x}{z} - \tan^{-1}\frac{x-B}{z}$$

$$= \tan^{-1}(-0.6667) - \tan^{-1}(-2) = 29.74^\circ = \mathbf{0.5191}\ \text{rad}$$

$$\delta = \tan^{-1}\frac{x-B}{z} = \tan^{-1}\frac{-3}{1.5} = \mathbf{-63.43}^\circ$$



두 경로 모두 **동일한** 각을 준다: α = 29.74° (0.5191 rad), δ = -63.43°. δ는 **음수**이다. 이는 높은 쪽 모서리(x = B = 2 m)가 A의 +x 쪽에 있기 때문이다.

풀이 (2/2)

풀이

3 영향값과 응력

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[\frac{2x}{B}\,\alpha - \sin 2\delta\right] = \frac{1}{2\pi}\left[(-1)(0.5191) - \sin(-126.87^\circ)\right]$$

$$= \frac{1}{2\pi}\left[-0.5191 + 0.8000\right] = \mathbf{0.0447} \qquad \Delta\sigma_z = 0.0447\,(100) = \mathbf{4.47}\ \text{kPa}$$

4 대칭 띠하중: 하중이 사라지는 가장자리가 오른쪽 (왼쪽 가장자리 0, B = 2 m), 점 A는 x = 3 m

$$x = x_L + B - x_A = 0 + 2 - 3 = -1\ \text{m} \;\Rightarrow\; \text{동일한 값: } \Delta\sigma_z = \mathbf{4.47}\ \text{kPa}$$

하중이 0인 변의 **1 m 바깥**에는 하중이 없지만 응력은 **4.47 kPa**이다(q의 4.5%). 거울상 띠하중에서 A에 대응하는 점은 x = 3 m이며, 모듈은 두 경우에 같은 결과를 제시한다.

GeoTerva에서 풀이 확인하기 ↗

문제

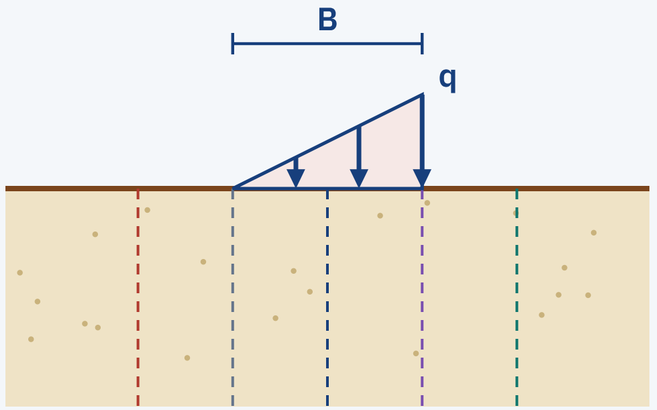
예제

조건

띠하중	**예제 1의 띠하중: $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m ($x = 0$ 영, $x = 2$ 큰 쪽 가장자리)**
수계산	**$z = 1.5$ m에서 높은 쪽 변 아래 ($x = B$) 및 0인 변 아래 ($x = 0$)**
프로필	**$x = -1,\ 0,\ 1,\ 2,\ 3$ m 직선; $z = 0.5$ … 8 m**

구하는 값

두 가장자리 점에서 **$\Delta\sigma_z$**의 수계산; 다섯 직선을 따른 깊이별 응력 변화.



풀이 (1/2)

풀이

1 높은 쪽 가장자리 아래 (x = B = 2 m, z = 1.5 m): δ = 0

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{2}{1.5} - \tan^{-1}(0) = \mathbf{0.9273} \qquad \delta = 0 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = 0$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(2)(0.9273) - 0\right] = 0.2952 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{29.52}\ \text{kPa}$$

2 0인 가장자리 아래 (x = 0, z = 1.5 m): 2x/B = 0

$$\alpha = \tan^{-1}(0) - \tan^{-1}\frac{-2}{1.5} = 0.9273 \qquad \delta = -0.9273 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = -0.9600$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(0)(0.9273) - (-0.9600)\right] = 0.1528 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{15.28}\ \text{kPa}$$

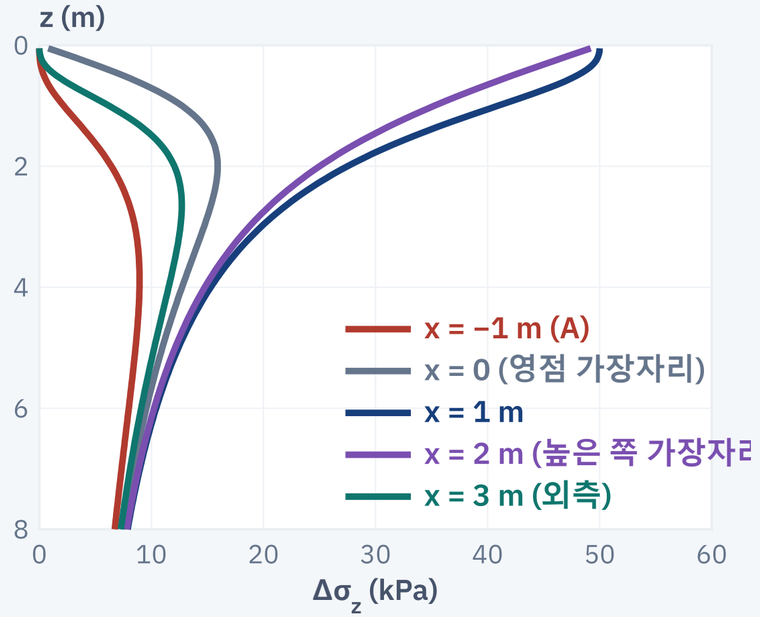
높은 쪽 가장자리 아래 깊이 z = 1.5 m에서 **29.52 kPa**(q의 30%)이며, 하중이 0인 가장자리 아래에서도 **15.28 kPa**의 응력이 존재한다: 응력은 하중 바로 아래뿐 아니라 그 주변에도 존재한다.

풀이 (2/2)

풀이

z (m)	x = −1 m (A)	x = 0 (영)	x = 1 m	x = 2 m (높음)	x = 3 m (외측)
0.5	0.41	7.49	47.97	42.20	1.52
1.0	2.17	12.73	40.92	35.24	6.22
1.5	**4.47**	**15.28**	**33.41**	**29.52**	**10.10**
2.0	6.43	15.92	27.49	25.00	12.06
3.0	8.54	14.69	19.79	18.72	12.59
4.0	8.94	12.73	15.29	14.76	11.54
6.0	7.98	9.55	10.42	10.24	9.09
8.0	6.73	7.49	7.88	7.80	7.27

높은 쪽 가장자리 아래에서 응력은 지표면에서 **q/2 = 50 kPa**에 가깝게 시작하여(z = 0.5 m에서 42.2 kPa) 깊어질수록 감소하며, **0인 쪽 가장자리 아래**에서는 먼저 증가하여 z ≈ 2 m에서 15.9 kPa로 정점을 이룬다. 띠 바깥(x = −1 m)에서는 값이 z ≈ 4 m 부근에서 가장 크다(z = 4 m에서 8.9 kPa).



GeoTerva에서 풀이 확인하기 ↗

문제

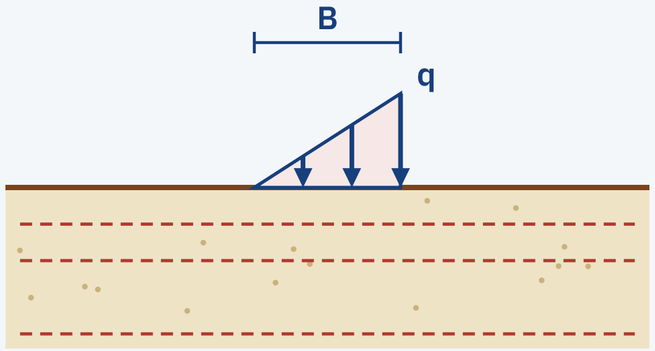
예제

조건

띠하중	$q = 100$ kN/m², $B = 2$ m: $2x/B = x$ (m), $2z/B = z$ (m)
직선	깊이 $z = 0.5,\ 1,\ 2,\ 4$ m의 수평 직선; $x = -2 \ldots 4$ m
수계산	$z = 2$ m에서 $x = 2B/3 = 1.333$ m (하중의 도심)

구하는 값

각 깊이에서 $\Delta\sigma_z$의 x 방향 변화, **최댓값의 위치와 크기**; 최댓값이 깊이에 따라 이동하는 양상.



풀이 (1/3)

풀이

z (m)	x = -2 m	x = -1 m	x = 0 m	x = 0.5 m	x = 1 m	x = 2 m	x = 2 m	x = 3 m	x = 4 m
0.5	0.08	0.41	7.49	25.74	47.97	64.48	42.20	1.52	0.19
1	0.53	2.17	12.73	26.20	40.92	47.26	35.24	6.22	1.19
2	2.49	6.43	15.92	22.35	27.49	28.70	25.00	12.06	4.57
4	5.67	8.94	12.73	14.31	15.29	15.45	14.76	11.54	7.75

지표면 가까이(z = 0.5 m)에서 응력은 하중을 따르며 하중이 큰 쪽 가장자리 부근에서 크다(65 kPa 정도). 깊어질수록 곡선은 **퍼지고** 최대값은 **감소한다**(z = 4 m에서 15.5 kPa). 띠하중의 왼쪽(x < 0)에서 값은 작지만 0은 아니다.

풀이 (2/3)

풀이

1 x = 2B/3 = 1,333 m, z = 2 m

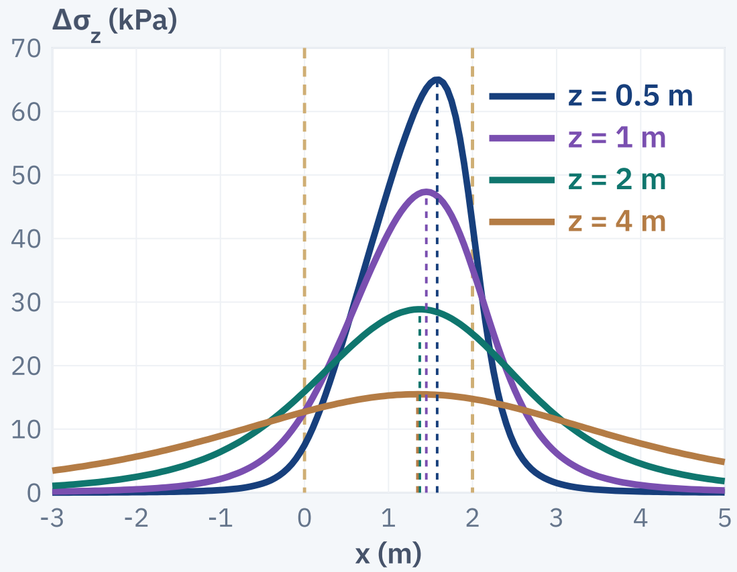
$$\alpha = \tan^{-1}\frac{1.333}{2} - \tan^{-1}\frac{-0.667}{2} = 0.9098$$

$$\delta = -0.3218 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = -0.6000$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(1.333)(0.9098) - (-0.6000)\right] = 0.2885$$

$$\Delta\sigma_z = \mathbf{28.85}\ \text{kPa}$$

z = 2 m에서 곡선의 최댓값은 28.87 kPa이며, 하중 도심 아래의 값(28.85 kPa)은 이에 매우 가깝다.



풀이 (3/3)

풀이

z (m)	2z/B	정점: x (m)	최댓값: 2x/B	최대: $\Delta\sigma_z$ (kPa)	천단: $\Delta\sigma_z/q$
0.5	0.5	1.579	1.579	**65.04**	0.6504
1	1	1.450	1.450	**47.36**	0.4736
2	2	1.372	1.372	**28.87**	0.2887
4	4	1.344	1.344	**15.49**	0.1549
8	8	1.336	1.336	**7.90**	0.0790

최댓값의 위치는 지표면 가까이에서는 높은 쪽 가장자리보다 약간 안쪽($2x/B \approx 1.58$)에서 시작하며, 깊어질수록 **하중의 도심**($2x/B = 1.333$)에 가까워진다: $z = 8$ m에서 1.336. 최댓값은 깊이에 따라 **감소한다**: 65.0 kPa → 7.9 kPa.

GeoTerva에서 풀이 확인하기 ↗

문제

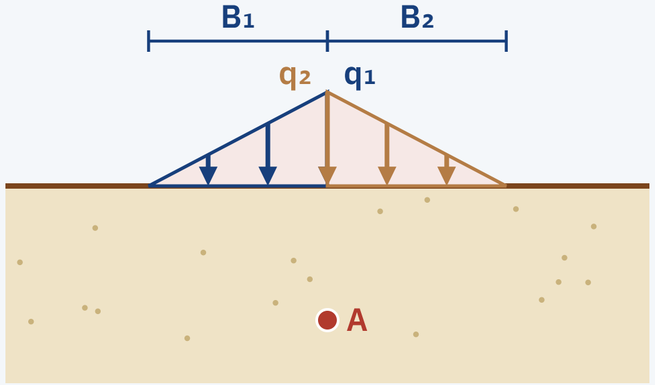
예제

조건

1번째 띠	$q_1 = 100$ kN/m², $B_1 = 2$ m, 왼쪽 변 $x_{L1} = 0$, 왼쪽이 0 (0 … 2 m)
2번째 띠	$q_2 = 100$ kN/m², $B_2 = 2$ m, 왼쪽 가장자리 $x_{L2} = 2$ m, 오른쪽에서 영 (2 … 4 m); 두 띠하중은 $x = 2$ 위치에서 합쳐진다
점	$z = 1.5$ m에서 $x = 2$ m (정점 아래) 및 $x = 0$ (왼쪽 영점 가장자리); $x = 0 \dots 5$ m

구하는 값

두 점에서 $\Delta\sigma_z$ 합의 수계산; 대칭 하중에 의한 응력이 **대칭**임을 보이기.



풀이 (1/2)

풀이

1 천단 아래 (x = 2 m): 두 띠하중 모두 각각의 높은 쪽 변 위치에 있다

$$x_1 = 2 - 0 = 2\ \text{m} \qquad x_2 = x_{L2} + B - x_A = 2 + 2 - 2 = 2\ \text{m}$$

$$\Delta\sigma_{z(1)} = \Delta\sigma_{z(2)} = 29.52\ \text{kPa}\ \ (\text{예제 2}) \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_z = \mathbf{59.03}\ \text{kPa}$$

2 왼쪽 영인 가장자리 아래 (x = 0)

$$x_1 = 0 - 0 = 0 \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_{z(1)} = 15.28\ \text{kPa}\ \ (\text{예제 2})$$

$$x_2 = 2 + 2 - 0 = 4\ \text{m} \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_{z(2)} = 2.85\ \text{kPa};\qquad \Delta\sigma_z = 15.28 + 2.85 = \mathbf{18.13}\ \text{kPa}$$

정점 아래의 응력은 **59.03 kPa**, 하중이 0인 왼쪽 가장자리 아래에서는 **18.13 kPa**이다. 모듈은 두 띠하중에 대해 같은 값을 준다.

풀이 (2/2)

풀이

x (m)	1번째 띠 (kPa)	2번째 띠 (kPa)	합계 (kPa)
0	15.28	2.85	**18.13**
1	33.41	10.10	**43.50**
2	29.52	29.52	**59.03**
3	10.10	33.41	**43.50**
4	2.85	15.28	**18.13**
5	0.97	4.47	**5.44**

합계 응력은 제방 축(x = 2 m)에 대해 **대칭이다**: x = 0 및 x = 4 m에서 18.13 kPa, x = 1 및 x = 3 m에서 43.50 kPa. 두 띠의 값은 서로 거울상이다. 띠 1의 x에서의 값은 띠 2의 4 – x에서의 값과 같다.

GeoTerva에서 풀이 확인하기 ↗

문제

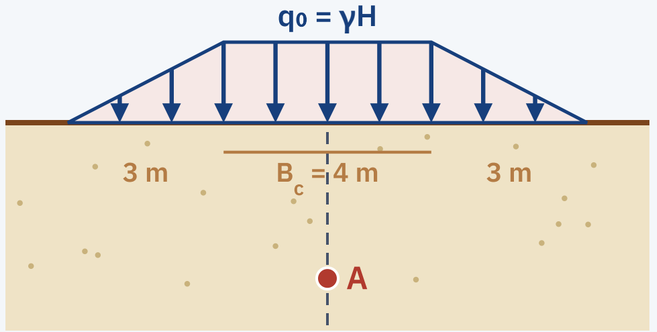
예제

조건

매립토	**상단 폭 $B_c = 4$ m ($x = -2 \ldots 2$), 두 사면의 수평 폭 3 m + 3 m; $q_0 = \gamma H = 100$ kN/m²**
풍화	**등분포 띠하중 $B = 4$ m (연직 띠하중 풀이) + 삼각 띠하중 2개 $B = 3$ m (바깥쪽 가장자리에서 0)**
점 A	**축 아래 $x = 0, z = 3$ m**

구하는 값

세 부분의 분담분과 **합계 $\Delta\sigma_z$**; 깊이별 분포, 그리고 같은 하중을 하나의 넓은 등분포 띠로 계산한 결과와의 비교.



풀이 (1/3)

풀이

1 균일(정상부) 구간: x = 0, b = 2 m, z = 3 m

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{b}{z} + \frac{bz}{b^2+z^2}\right] = \frac{2}{\pi}\left[0.5880 + 0.4615\right] = 0.6682 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_{z,c} = \mathbf{66.82}\ \text{kPa}$$

2 왼쪽 사면: 0인 변 x = −5 m, B = 3 m; A에 대해 x = 0 − (−5) = 5 m

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{5}{3} - \tan^{-1}\frac{5-3}{3} = 0.4424 \qquad \delta = 0.5880 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = 0.9231$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(3.333)(0.4424) - (0.9231)\right] = 0.0878 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_{z,s} = \mathbf{8.78}\ \text{kPa}$$

오른쪽 사면은 거울상이므로 점 A에 대해 같은 값을 준다: x = x_L + B − x_A = 2 + 3 − 0 = 5 m.

합계: 66.82 + 2(8.78) = **84.37 kPa**이며, 모듈의 등분포 띠하중 및 삼각하중 해도 동일한 값을 준다.

풀이 (2/3)

풀이

x (m)	최댓값 (kPa)	좌측 사면	우측 사면	합계
0	66.82	8.78	8.78	**84.37**
1	60.71	4.57	16.15	**81.43**
2	44.80	2.44	25.00	**72.24**
5	7.72	0.51	15.92	**24.15**
8	1.51	0.16	2.49	**4.16**

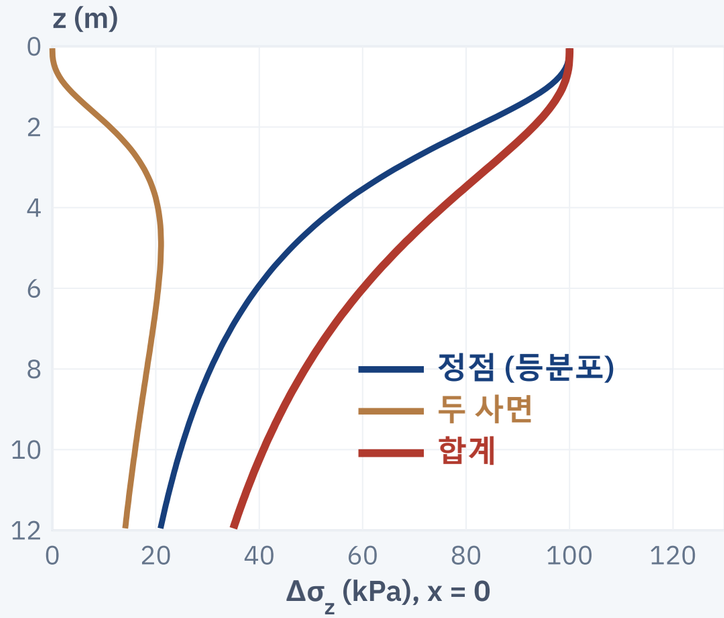
깊이 z = 3 m에서 성토 아래의 응력은 축에서 **84.37 kPa**, 사면 하단(x = 5 m)에서 **24.15 kPa**, 하단으로부터 3 m 바깥(x = 8 m)에서 **4.16 kPa**이다. 오른쪽 점(x > 0)에서는 오른쪽 사면이, 왼쪽 점에서는 왼쪽 사면이 지배적이며, 합산은 축(x = 0)을 **대칭**축으로 취급한다.

풀이 (3/3)

풀이

z (m)	정점 (등분포)	두 사면	성토 합산	단일 띠 (B = 10 m)
1	95.95	2.79	**98.73**	99.68
2	81.83	11.13	**92.96**	97.73
3	66.82	17.55	**84.37**	93.68
4	54.98	20.42	**75.40**	88.10
6	39.58	20.48	**60.06**	75.54
8	30.58	18.30	**48.87**	64.17
12	20.84	14.04	**34.88**	47.74

지표면에서 응력은 q_0 = 100 kPa에 가까우며, 깊어질수록 천단의 비중은 줄고 **사면부의 비중**이 커진다(z = 4 – 6 m에서 최대, 20.5 kPa). 같은 하중이 하나의 넓은 등분포 띠하중(B = 10 m)이었다면 z = 6 m에서 75.5 kPa이 구해졌을 것이다: 삼각형 사면부가 하중의 절반을 부담한다.



GeoTerva에서 풀이 확인하기 ↗

요약

핵심 정리

각도 형식: $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\,\alpha - \sin 2\delta]$; $\alpha = \tan^{-1}(x/z) - \tan^{-1}[(x - B)/z]$, $\delta = \tan^{-1}[(x - B)/z]$; x는 값이 영인 가장자리로부터 측정하며, 큰 쪽 가장자리가 +x 쪽에 있으면 δ는 음수이다; 이 결과는 모든 x에 대해 성립한다

예제 (q = 100 kPa, B = 2 m; A: x = −1, z = 1.5 m): α = 29.74° (0.5191 rad), δ = -63.43° → $\Delta\sigma_z/q$ = **0.0447**; **$\Delta\sigma_z$ = 4.47 kPa**; 대칭 위치의 띠하중에서도 동일한 값

가장자리 (z = 1.5 m): 높은 쪽 가장자리 아래는 29.52 kPa, 0인 쪽 가장자리 아래는 15.28 kPa이다. **최대점**은 깊어질수록 감소하며 하중의 도심(x = 2B/3) 쪽으로 이동한다

중첩: 거울상인 두 띠하중이 대칭 삼각형을 이룬다(정점 아래 59.03 kPa); 등분포 띠하중 + 삼각형 2개가 성토를 구성한다(축 아래 z = 3 m에서 84.37 kPa)

참고문헌

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

참고

수치 예제는 모두 모듈 자체의 계산 엔진으로 산출하였으며, 모듈에서도 같은 값이 얻어진다. 모듈은 $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m, $A(x = -1$ m, $z = 1.5$ m) 조건의 초기 예제로 시작하며, 0인 가장자리가 오른쪽에 있는 띠하중은 이 띠하중의 거울상이다.

GeoTerva

온라인 지반공학 계산

이론에서 실무로

삼각형 띠하중(q, B, 좌측 가장자리, 방향)과 점 A를 직접 GeoTerva에 입력한다. 모듈은 응력, 등응력선, 깊이별 분포, 단계별 풀이와 보고서를 함께 제공한다.

모듈 열기 →

이론 페이지 →

스마트폰으로 열기

체험 모듈은 가입 없이 이용할 수 있습니다.

강의에서 사용하려면: info@geoterva.com