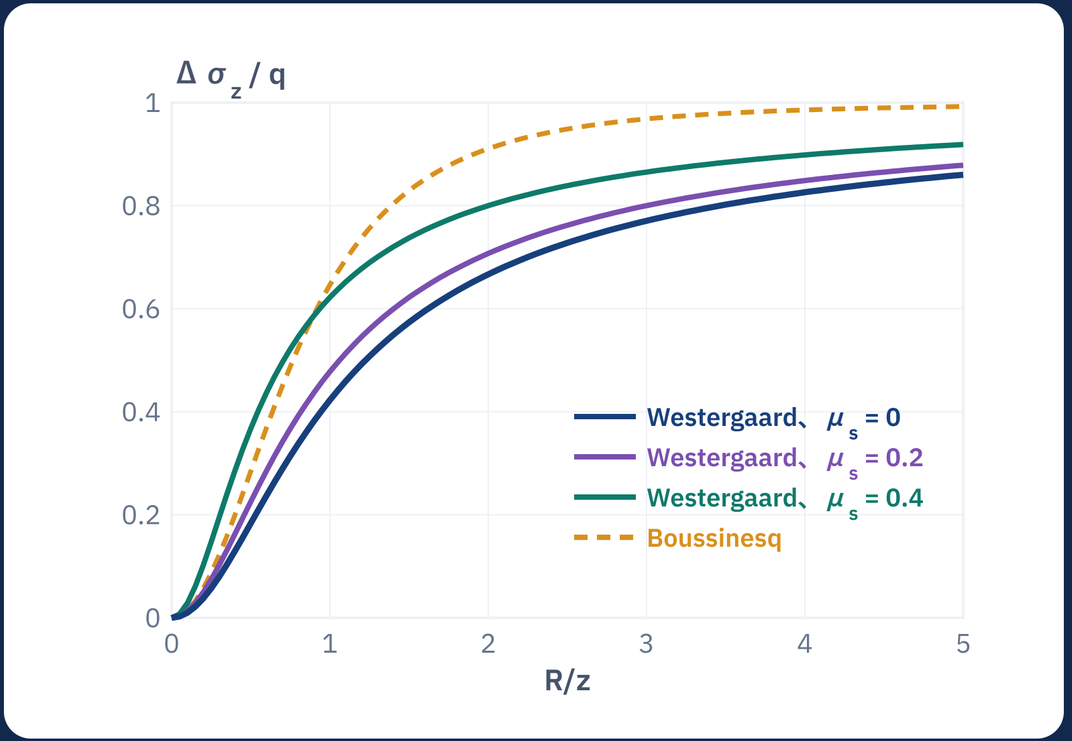
地盤工学の講義スライド・地盤内の応力

Westergaard：面積荷重下の応力

講義：Westergaard媒質中で等分布荷重を受ける円形および矩形基礎下の応力。円形の中心と矩形の角について手計算で解く。

Westergaard媒体　円の中心　長方形の角　角の長方形　重ね合わせ



はじめに

この講義で学ぶこと

- Westergaardの集中荷重解を**載荷領域上で積分する**こと：2つの閉形式解
- **円の中心**の下：$\Delta\sigma_z = q\{1 - \eta/[\eta^2 + (R/z)^2]^{1/2}\}$
- **長方形の角**の下：$\Delta\sigma_z = q\,I_W$、その他の点では符号付きの**四隅長方形**
- Westergaardと**Boussinesq**の応力の比較；ポアソン比μ_sの影響
- 複数領域の**重ね合わせ**；深さによる変化

講義の流れ

各項目は**3つの手順**で扱う：

1. **理論**：式とその根拠
2. **問題**：与条件と求めるもの
3. **解答**：数値を用いて手順ごとに

例題：弾性円形載荷、R = 4 m、q = 300 kN/m²。中心直下z = 4 m。板間の地盤で$\mu_s = 0$。

Westergaard媒体中の載荷領域

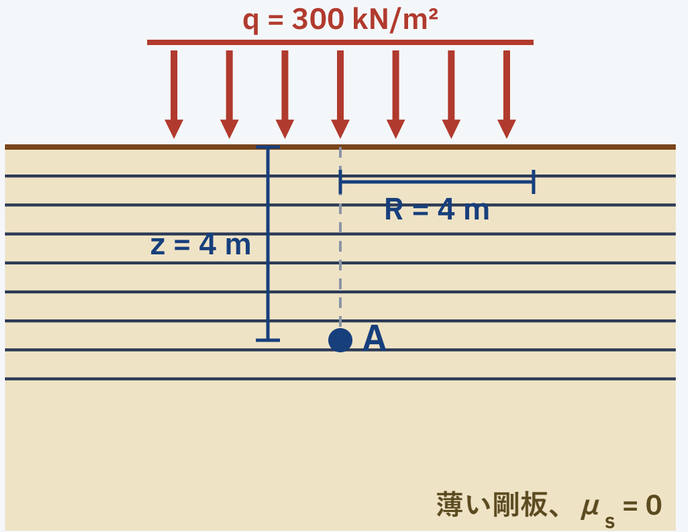
理論

Westergaardの集中荷重解は、Boussinesq解を円形や矩形について行ったのと同様に、載荷された**面積にわたって積分**することができる

弾性で等分布荷重を受ける領域に対して**2つの閉形式解**が得られる。**円の中心**直下および**長方形の角**直下の応力である。

μ_sは剛体層間の地盤のポアソン比である。$\mu_s = 0$のとき$\eta = 1/\sqrt{2}$

$$\eta = \sqrt{\frac{1 - 2\mu_s}{2 - 2\mu_s}}$$



中心下で

理論

等分布荷重を受ける半径**R**の柔軟な円形載荷面の中心直下では：

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

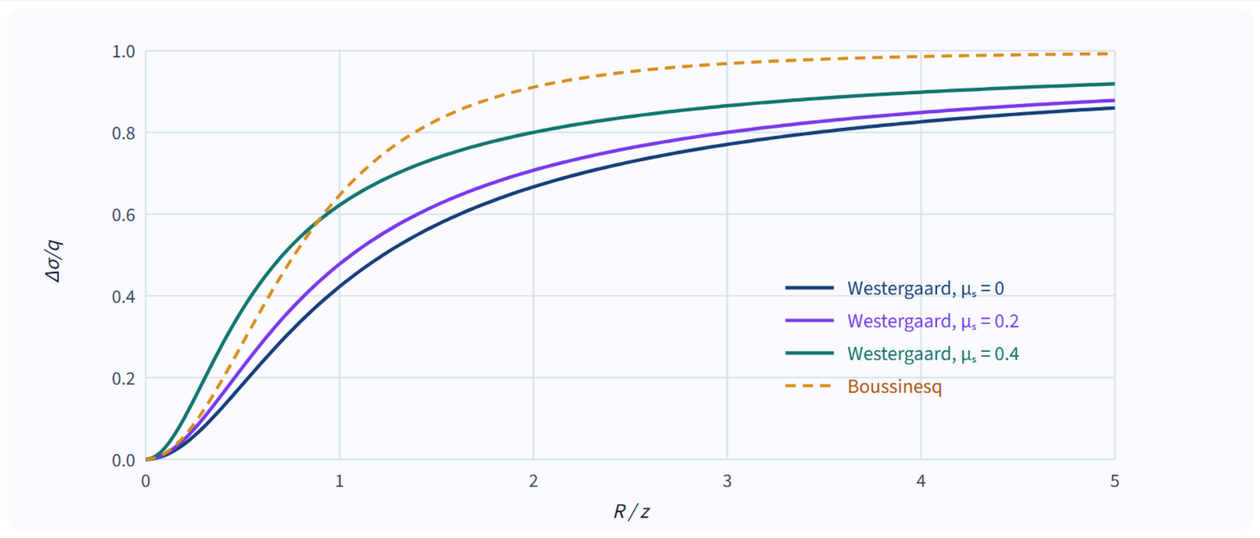
関係式は集中荷重解から得られる：**r dr d α** の要素は**q r dr d α** の荷重を負担する；集中荷重の$\mathbf{I_5}$影響係数とのrに関する積分は初等関数で求められる

$$\Delta\sigma_z = q\int_0^R \frac{r\,dr}{\eta^2 z^2}\left[\left(\frac{r}{\eta z}\right)^2 + 1\right]^{-3/2} = q\left\{1 - \left[\left(\frac{R}{\eta z}\right)^2 + 1\right]^{-1/2}\right\}$$

Δ σz/q の R/z による変化

理論

R/z	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	10
Westergaard（$\mu_s = 0$）	0.0572	0.1835	0.3140	0.4226	0.5076	0.5736	0.6667	0.7278	0.7706	0.8259	0.8600	0.9295
Boussinesq	0.0869	0.2845	0.4880	0.6464	0.7562	0.8293	0.9106	0.9488	0.9684	0.9857	0.9925	0.9990



隅角部下：I_w

理論

等分布荷重を受ける**B × L**の寸法をもつ弾性矩形基礎の角の下で、**m = B/z**および**n = L/z**とするとき：

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{2\pi}\left[\cot^{-1}\sqrt{\eta^2\left(\frac{1}{m^2}+\frac{1}{n^2}\right)+\eta^4\left(\frac{1}{m^2 n^2}\right)}\right] = q\,I_w$$

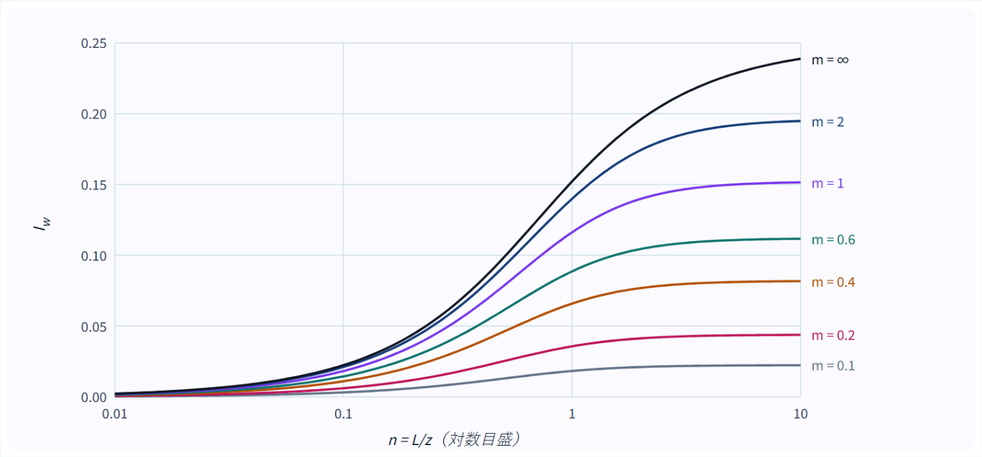
その他のすべての点については、Boussinesqの矩形の場合と同様に、**符号付き四隅矩形**を用いる；モジュールはこの操作を行う。

$$\Delta\sigma_z = q\,\left[\pm I_w(m_1,n_1) \pm I_w(m_2,n_2) \pm I_w(m_3,n_3) \pm I_w(m_4,n_4)\right]$$

I_w の値（$\mu_s = 0$）

理論

m	n = 0.1	n = 0.4	n = 1	n = 2	n = 5	n = 10
0.1	0.0031	0.0110	0.0182	0.0211	0.0221	0.0223
0.2	0.0061	0.0214	0.0357	0.0413	0.0434	0.0438
0.5	0.0129	0.0459	0.0781	0.0916	0.0969	0.0977
1	0.0182	0.0658	0.1161	0.1398	0.1498	0.1515
2	0.0211	0.0768	0.1398	0.1743	0.1916	0.1948
10	0.0223	0.0817	0.1515	0.1948	0.2250	0.2341



円に対する極座標積分

理論

円の中心以外の点に対する閉形式の関係式は存在しない：モジュールはWestergaardの集中荷重解を、点A直下の点に対して**極座標**で円上にわたって積分する

各放射線上では動径方向の積分は解析的に閉じた形で表され、角度方向の積分のみ数値積分となる。中心（r = 0）ではこの結果は上記の閉形式に帰着する

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\oint \left[G(\rho_1) - G(\rho_2)\right] d\varphi \qquad G(\rho) = \left[\left(\frac{\rho}{\eta z}\right)^2 + 1\right]^{-1/2}$$

重ね合わせ

理論

それぞれが独自の**q**値、寸法、地盤上の中心で定義される円形および長方形を入力できる（最大8個）。2つの領域は接してもよいが、重なってはならない

Westergaardの媒体は**弾性**であるため、各領域の応力はA点までのそれぞれの距離から求められ、応力は**合計**される；Boussinesqの比較値も同様に合計される

$$\Delta\sigma_z = \sum_k \Delta\sigma_{z(k)} \qquad \Delta\sigma_{z(k)} = q_k \left\{ 1 - \frac{\eta}{\sqrt{\eta^2 + (R_k/z)^2}} \right\} \text{ または } q_k \sum \pm I_w$$

問題

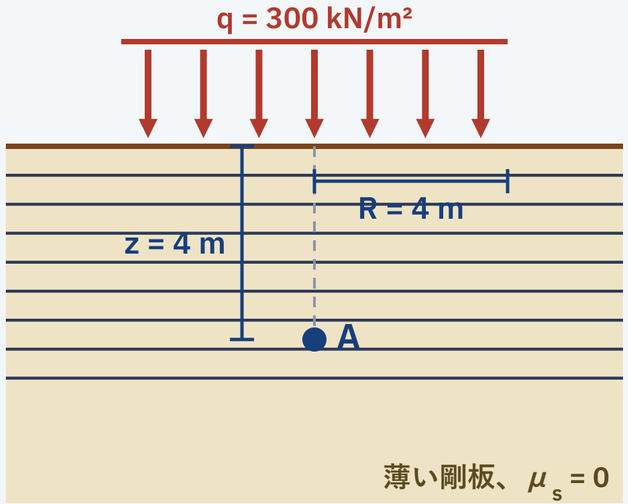
例題

与条件

荷重	**弾性、等分布円形荷重：$q = 300$ kN/m²、$R = 4$ m**
点A	**円の中心直下、$z = 4$ m**
地盤	**板の間の$\mu_s = 0$**

求めるもの

η、R/z、$\Delta\sigma_z/q$、$\Delta\sigma_z$および Boussinesq応力との比較。



解答 (1/2)

解答

1 Westergaardの定数 η

$$\eta = \sqrt{\frac{1-2\mu_s}{2-2\mu_s}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \mathbf{0.7071} \qquad \eta^2 = 0.5000$$

2 比と応力

$$\frac{R}{z} = \frac{4}{4} = 1 \qquad \sqrt{\eta^2 + (R/z)^2} = \sqrt{0.5000 + 1} = 1.2247$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = 1 - \frac{\eta}{\sqrt{\eta^2 + (R/z)^2}} = 1 - \frac{0.7071}{1.2247} = \mathbf{0.4226}$$

$$\Delta\sigma_z = q\,\frac{\Delta\sigma_z}{q} = 300\,(0.4226) = \mathbf{126.79}\ \text{kN/m}^2$$

Westergaard応力は**126.79 kN/m²**（qの42.3%）と求められる。

解答 (2/2)

解答

4 Boussinesq（比較）

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = 1 - \frac{1}{\left[(R/z)^2+1\right]^{3/2}} = 1 - \frac{1}{2^{3/2}} = \mathbf{0.6464}$$

$$\Delta\sigma_{z,B} = 300\,(0.6464) = \mathbf{193.93}\ \text{kN/m}^2 \qquad \frac{\Delta\sigma_z}{\Delta\sigma_{z,B}} = \frac{126.79}{193.93} = 0.654$$

Westergaard **126.79 kN/m²**、Boussinesq **193.93 kN/m²**：剛性版は荷重を側方に分散させるため、中心下のWestergaard応力はBoussinesqの応力のわずか**65.4%**である。

GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

例題

与条件

荷重	円 $R = 4$ m, $q = 300$ kN/m², $\mu_s = 0$
深さ	$z = 0.4;\ 2;\ 4;\ 6;\ 8;\ 10;\ 12$ m ($z/R = 0.1 \ldots 3$)

求めるもの

各深さにおける $\Delta\sigma_z/q$、WestergaardおよびBoussinesqの応力；z = 2 mおよび12 mについて手計算による確認。

解答 (1/2)

解答

z (m)	z/R	R/z	$\Delta\sigma_z/q$	$\Delta\sigma_z$ Westergaard	$\Delta\sigma_z$ Boussinesq	比 W/B
0.4	0.1	10.00	0.9295	**278.84**	299.70	0.930
2	0.5	2.00	0.6667	**200.00**	273.17	0.732
4	1.0	1.00	0.4226	**126.79**	193.93	0.654
6	1.5	0.67	0.2724	**81.72**	127.19	0.642
8	2.0	0.50	0.1835	**55.05**	85.34	0.645
10	2.5	0.40	0.1296	**38.88**	59.88	0.649
12	3.0	0.33	0.0955	**28.64**	43.86	0.653

Westergaardの応力はどの深さでもBoussinesqの応力より小さい（z = 4 m：126.79と193.93 kN/m²；z = 12 m：28.64と43.86 kN/m²）。比は地表面近くの0.930から始まり、z = 4 mで0.654となり、深部では0.65程度にとどまる。

解答 (2/2)

解答

1 z = 2 m (R/z = 2)

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = 1 - \frac{0.7071}{\sqrt{0.5000 + 4}} = 1 - \frac{0.7071}{2.1213} = \mathbf{0.6667}$$

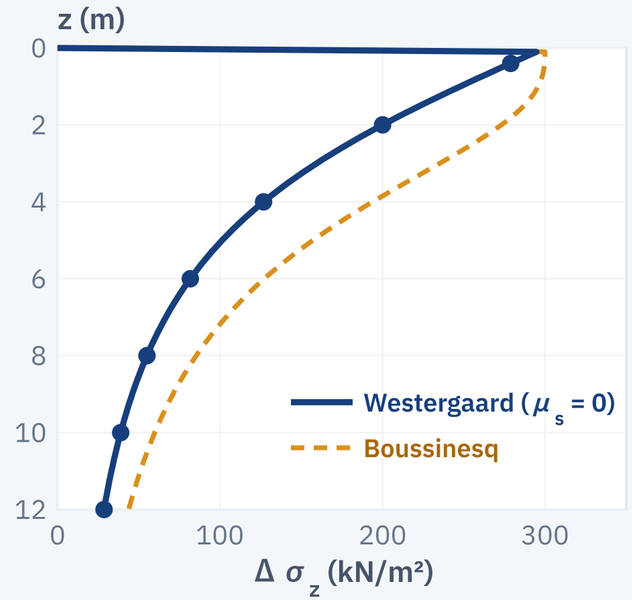
$$\Delta\sigma_z = 300\,(0.6667) = \mathbf{200.00}\ \text{kN/m}^2$$

2 z = 12 m (R/z = 1/3)

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = 1 - \frac{0.7071}{\sqrt{0.5000 + 0.1111}} = 1 - \frac{0.7071}{0.7817} = \mathbf{0.0955}$$

$$\Delta\sigma_z = 300\,(0.0955) = \mathbf{28.64}\ \text{kN/m}^2$$

z = 2 mにおける応力はちょうど**2q/3 = 200.00 kN/m²**（Boussinesq：273.17）であり、z = 12 mでは**28.64 kN/m²**（Boussinesq：43.86）である。



GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

例題

与条件

載荷重と点	**円形** $R = 4$ **m、** $q = 300$ **kN/m²、中心直下** $z = 4$ **m**
変化する	$\mu_s = 0;\ 0.1;\ 0.2;\ 0.3;\ 0.4;\ 0.49$

求めるもの

各μ_sについてη、$\Delta\sigma_z/q$、$\Delta\sigma_z$およびBoussinesqとの比；$\mu_s = 0.2$と0.4については手計算で行う。

解答 (1/2)

解答

μ_s	η	$\Delta\sigma_z/q$	$\Delta\sigma_z$ Westergaard	$\Delta\sigma_z$ / Boussinesq
0.00	0.7071	0.4226	**126.79**	0.654
0.10	0.6667	0.4453	**133.59**	0.689
0.20	0.6124	0.4778	**143.33**	0.739
0.30	0.5345	0.5286	**158.58**	0.818
0.40	0.4082	0.6220	**186.61**	0.962
0.49	0.1400	0.8613	**258.40**	1.332

μ_sが大きくなるほど中心下のWestergaard応力は**増加**する：$\mu_s = 0$で126.79、$\mu_s = 0.4$で186.61 kN/m²（Boussinesq：193.93）。$\mu_s = 0.49$では258.40 kN/m²となりBoussinesqの値を**上回る**。

解答 (2/2)

解答

1 μ_s = 0.2

$$\eta^2 = \frac{1-0.4}{2-0.4} = 0.3750\,,\quad \eta = 0.6124\,,\quad \sqrt{\eta^2+1} = 1.1726$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = 1 - \frac{0.6124}{1.1726} = 0.4778 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = 300\,(0.4778) = \mathbf{143.33}\ \text{kN/m}^2$$

2 μ_s = 0.4

$$\eta^2 = \frac{1-0.8}{2-0.8} = 0.1667\,,\quad \eta = 0.4082\,,\quad \sqrt{\eta^2+1} = 1.0801$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = 1 - \frac{0.4082}{1.0801} = 0.6220 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = 300\,(0.6220) = \mathbf{186.61}\ \text{kN/m}^2$$

η が小さくなると応力は大きくなる：**143.33 → 186.61 kN/m²**（μ_s = 0.2 → 0.4）。

GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

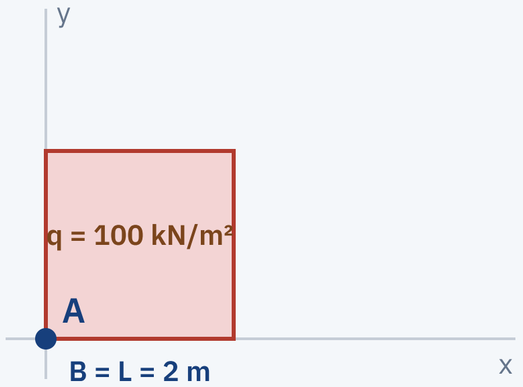
例題

与条件

荷重	**柔軟な等分布正方形：$B = L = 2$ m, $q = 100$ kN/m²**
点A	**正方形の一つの角の下、$z = 2$ m**
地盤	**板の間の$\mu_s = 0$**

求めるもの

m、**n**、**I_w**、**$\Delta\sigma_z$**；Boussinesqの値との比較；μ_sの影響。



解答 (1/2)

解答

1 m、nおよびη

$$m = \frac{B}{z} = \frac{2}{2} = 1\,,\quad n = \frac{L}{z} = 1\,,\quad \eta^2 = \frac{1}{2} = 0.5000$$

2 影響値 I_w

$$\sqrt{\eta^2\left(\frac{1}{m^2}+\frac{1}{n^2}\right)+\frac{\eta^4}{m^2n^2}} = \sqrt{0.5\,(2)+0.25} = \sqrt{1.25} = 1.1180$$

$$I_w = \frac{1}{2\pi}\cot^{-1}(1.1180) = \frac{0.7297}{2\pi} = \mathbf{0.1161}$$

正方形の角の下、z = 2 mで**I_w = 0.1161**が得られる（ページの表の値：$I_w(1;1)$ = 0.1161）。

解答 (2/2)

解答

3 応力とBoussinesq

$$\Delta\sigma_z = q\,I_w = 100\,(0.1161) = \mathbf{11.61}\ \text{kN/m}^2$$

Boussinesq： $I_3(1;1) = 0.1752 \Rightarrow \Delta\sigma_{z,B} = \mathbf{17.52}\ \text{kN/m}^2$

μ_s	η	I_w (m = n = 1)	$\Delta\sigma_z = q\,I_w$ (kN/m²)	Boussinesq I_3	$\Delta\sigma_{z,B}$ (kN/m²)
0.0	0.7071	0.1161	**11.61**	0.1752	17.52
0.2	0.6124	0.1296	**12.96**	0.1752	17.52
0.3	0.5345	0.1418	**14.18**	0.1752	17.52
0.4	0.4082	0.1639	**16.39**	0.1752	17.52

正方形の角の下でWestergaard応力は**11.61 kN/m²**、Boussinesq応力は17.52 kN/m²（比0.663）。μ_sが増すとI_wは大きくなる：0.1161 → 0.1639（μ_s = 0 → 0.4）；Boussinesqの値はI_3 = 0.1752である。

GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

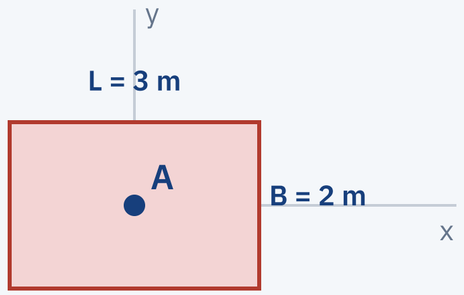
例題

与条件

荷重	**弾性矩形：$L = 3$ m（x方向）、$B = 2$ m、$q = 300$ kN/m²**
点A	**中心の下方、$z = 4$ m；$\mu_s = 0$**
ヒント	**中心は4つの等しい隅角長方形の共通隅角である**

求めるもの

四隅の長方形法による $\Delta \sigma_z$ とBoussinesqの値；深さによる変化の表。



解答 (1/2)

解答

1 4つの等しい隅角矩形（1.5 m × 1.0 m）

$$m = \frac{1.0}{4} = 0.2500\,, \quad n = \frac{1.5}{4} = 0.3750\,, \quad \eta^2 = 0.5000$$

2 I_w（各隅角矩形について）

$$\sqrt{\eta^2\left(\frac{1}{m^2}+\frac{1}{n^2}\right)+\frac{\eta^4}{m^2 n^2}} = \sqrt{0.5\,(23.1111)+28.4444} = \sqrt{40} = 6.3246$$

$$I_w = \frac{1}{2\pi}\cot^{-1}(6.3246) = \frac{0.15682}{2\pi} = \mathbf{0.02496}$$

各隅角長方形について**I_w = 0.02496**が得られる。中心は4つの等しい隅角長方形の共通の角である。

解答 (2/2)

解答

3 応力（4つの隅の矩形）とBoussinesq

$$\Delta\sigma_z = 4\,q\,I_w = 4\,(300)\,(0.02496) = \mathbf{29.95}\ \text{kN/m}^2$$

$$\Delta\sigma_{z,B} = 4\,q\,I_3(0.25;\,0.375) = 4\,(300)\,(0.03830) = 45.96\ \text{kN/m}^2$$

4 各深さで同じ方法（m = 1.0/z、n = 1.5/z）

z (m)	1	2	4	6	8	12
Δ σ_z Westergaard (kN/m²)	**158.69**	**82.80**	**29.95**	**14.62**	**8.52**	**3.89**
Δ σ_z Boussinesq (kN/m²)	232.37	128.49	45.96	22.21	12.88	5.86
比 W/B	0.683	0.644	0.652	0.658	0.662	0.664

Westergaard応力はどの深さでもBoussinesqの応力より小さい：z = 1 mで158.69および232.37 kN/m²、z = 12 mで3.89および5.86 kN/m²。比はz = 1–12 mの範囲で0.644から0.683の間に留まる。

GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

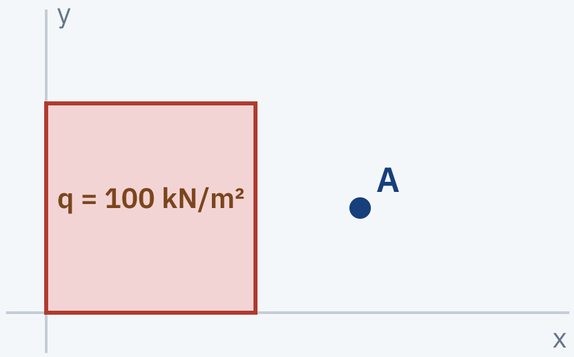
例題

与条件

荷重	**柔軟な正方形 $[0;\,2]\times[0;\,2]$ m、$q=100$ kN/m²**
点A	**$x=3$ m、$y=1$ m（縁から1 m外側）、$z=2$ m**
地盤	**板の間の$\mu_s=0$**

求めるもの

印を付けた**四隅矩形**により**Δ σ_z**を求める；Boussinesqの値と比較する。



解答

解答

1 Aから各隅までの距離 $a = x_{corner} - x_A$、$b = y_{corner} - y_A$；四隅の長方形

隅角の長方形	(a ; b) (m)	m = |a|/z	n = |b|/z	I_w	符号
1	(−1 ; 1)	0.50	0.50	0.05409	−
2	(−3 ; 1)	1.50	0.50	0.08745	+
3	(−1 ; −1)	0.50	0.50	0.05409	−
4	(−3 ; −1)	1.50	0.50	0.08745	+

2 合計

$$\Delta\sigma_z = q\,[-I_w(0.5;0.5) + I_w(1.5;0.5) - I_w(0.5;0.5) + I_w(1.5;0.5)]$$

$$= 2q\,[0.08745 - 0.05409] = 200\,(0.03336) = \mathbf{6.673}\ \text{kN/m}^2$$

$$\Delta\sigma_{z,B} = 9.466\ \text{kN/m}^2$$

点Aは荷重の外側にあるにもかかわらず**6.67 kN/m²**の応力を受ける。Boussinesqの値は9.47 kN/m²である。1回の操作は、3 m × 1 mの2つの矩形から1 m × 1 mの2つを差し引くことである。

GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

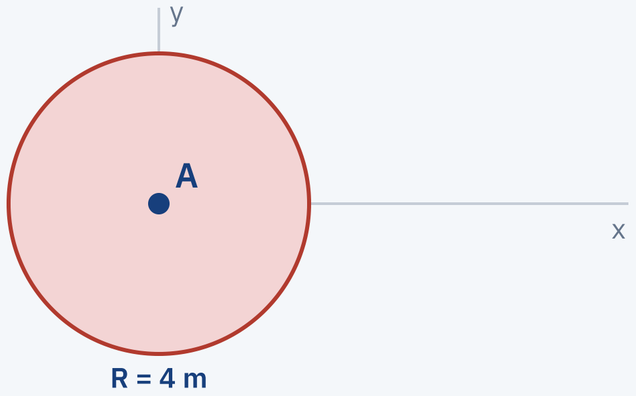
例題

与条件

荷重	円形 $R = 4$ m、$q = 300$ kN/m²；$\mu_s = 0$、$z = 4$ m
点A	中心からの水平距離$r = 0;\ 0.5R;\ R;\ 1.5R;\ 2R;\ 3R$

求めるもの

各距離におけるWestergaard応力とBoussinesq応力（モジュールの極積分）。



解答

解答

r (m)	r/R	Δ σ_z Westergaard	Δ σ_z Boussinesq	比 W/B
0	0.0	**126.79**	193.93	0.654
2	0.5	**111.97**	168.67	0.664
4	1.0	**69.51**	99.67	0.697
6	1.5	**30.71**	37.99	0.808
8	2.0	**13.75**	12.54	1.096
12	3.0	**4.05**	1.87	2.163

中心（r = 0）では閉形式の値は126.79 kN/m²と求められる。円の縁（r = R）では69.51 kN/m²（Boussinesq：99.67）。円の外側へ出るにつれてWestergaardの応力はより緩やかに減少し、**r = 1.5Rから2Rの間**でBoussinesqの値を上回る（r = 12 m：4.05と1.87 kN/m²）。

GeoTervaで解答を確認する ↗

問題

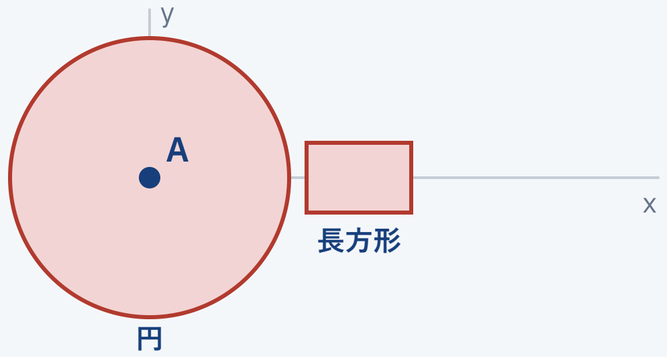
例題

与条件

面積1	**円形**$R = 4$ **m**、$q = 300$ **kN/m²**、**中心**$(0;\ 0)$
面積2	**長方形**3×2 **m**（x**方向に3 m**）、$q = 300$ **kN/m²**、**中心**$(6;\ 0)$
点A	$x = 0, y = 0, z = 4$ **m**；$\mu_s = 0$（**領域は重ならない**）

求めるもの

各領域の寄与、全応力およびBoussinesqの重ね合わせ；深さ方向の表。



解答 (1/2)

解答

1 領域1（円形、中心の下方）

$$\Delta\sigma_{z(1)} = 300\left\{1 - \frac{\eta}{\sqrt{\eta^2 + (R/z)^2}}\right\} = 300\,(0.4226) = \mathbf{126.79}\ \text{kN/m}^2 \quad \text{(例題1)}$$

2 領域2（長方形；Aからx = 4.5および7.5 m、y = ±1 m）

$$\Delta\sigma_{z(2)} = q\left[I_w\left(\tfrac{7.5}{4};\tfrac{1}{4}\right) - I_w\left(\tfrac{4.5}{4};\tfrac{1}{4}\right)\right] \times 2 = 600\,[0.05048 - 0.04553]$$

$$\Delta\sigma_{z(2)} = 600\,(0.00495) = \mathbf{2.97}\ \text{kN/m}^2 \qquad \Delta\sigma_{z(2),B} = 3.18$$

長方形Aは点から遠いため寄与は小さい：**2.97 kN/m²**（Boussinesq：3.18）。円形の寄与は126.79 kN/m²である。

解答 (2/2)

解答

1 応力を合計する（z = 4 m）

$$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_{z(1)} + \Delta\sigma_{z(2)} = 126.79 + 2.97 = \mathbf{129.76}\ \text{kN/m}^2$$

$$\Delta\sigma_{z,B} = 193.93 + 3.18 = 197.11\ \text{kN/m}^2$$

2 同一点直下の深さ方向分布

z (m)	2	4	6	8	12
領域1（円）	200.00	126.79	81.72	55.05	28.64
領域2（長方形）	1.91	2.97	3.18	2.95	2.17
合計 Westergaard	**201.91**	**129.76**	**84.90**	**58.00**	**30.81**
Boussinesqの合計	274.02	197.11	131.63	89.82	47.27

点Aでは2つの領域が合わさって**129.76 kN/m²**を生じる（Boussinesqの合計：197.11 kN/m²）。側方領域の寄与は深さとともに増加し、z = 12 mでは合計の約7.0%となる。

GeoTervaで解答を確認する ↗

まとめ

ポイントのまとめ

円形、中心：$\Delta\sigma_z = q\{1 - \eta/[\eta^2 + (R/z)^2]^{1/2}\}$、$\eta = \sqrt{[(1-2\mu_s)/(2-2\mu_s)]}$；**長方形、隅角**：$\Delta\sigma_z = q\,I_W$、$I_W = (1/2\pi)\cot^{-1}\sqrt{[\eta^2(1/m^2 + 1/n^2) + \eta^4/(m^2n^2)]}$

例題（R = 4 m、q = 300、z = 4 m、$\mu_s = 0$）：$\eta = 0.7071$；$\Delta\sigma_z/q = 0.4226$ → **$\Delta\sigma_z$ = 126.79 kN/m²**；Boussinesqでは193.93 kN/m²

長方形：角点（2 m × 2 m、z = 2 m）では$I_W = 0.1161$；中心では4つの等しい角点長方形（3 × 2 m、z = 4 m：29.95 kN/m²）；外側の点では**符号付き**の4つの角点長方形（6.67 kN/m²）。

μ_sが大きくなるほど中心下の応力は増大する（0 → 0.4：126.79 → 186.61 kN/m²）。$\mu_s = 0$では荷重直下のWestergaard応力はBoussinesq応力の約65%であり、荷重から離れるとこの大小関係は逆転する

重ね合わせ：各領域はそれぞれの距離で扱い、応力を合計する（円＋矩形：129.76 kN/m²）

参考文献

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

Westergaard, H.M. (1938). A problem of elasticity suggested by a problem in soil mechanics: soft material reinforced by numerous strong horizontal sheets. In Contributions to the Mechanics of Solids, Stephen Timoshenko 60th Anniversary Volume. Macmillan, New York, 268–277.

注記

数値例はすべてモジュール自身の計算エンジンで作成したものであり、モジュールは同じ値を与える。モジュールの起動例：円形 R = 4 m、q = 300 kN/m²、$\mu_s = 0$、中心直下 z = 4 m。

GeoTerva

オンライン地盤工学計算

理論から実務へ

GeoTervaに独自の円と長方形、点A、μ_sの値を入力する。モジュールはη、I_wの値、隅角長方形、Boussinesqとの比較、深さ方向の分布、手順ごとの解答、レポートをまとめて出力する。

モジュールを開く →　理論ページ →

スマートフォンで開く
お試しモジュールは登録不要です。

講義で使用したい場合：info@geoterva.com