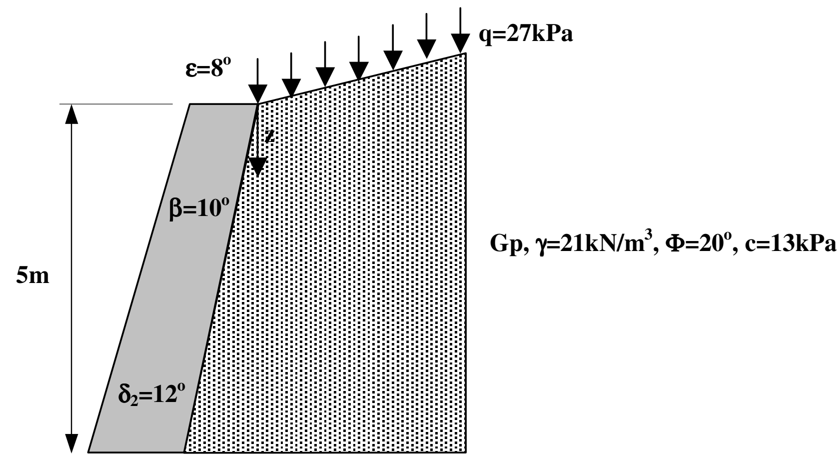
6. Parcie i odpór gruntu
(zadania uzupełniające)

Zadanie 1

Obliczyć rozkład czynnego parcia jednostkowego działającego na sztywną konstrukcję oporową oraz jej wartość wypadkową w warunkach przedstawionych na rysunku.



- wyznaczenie współczynnika parcia czynnego

$$\boxed{K_a = \frac{\cos^2(\beta - \Phi)}{\cos^2(\beta)\cdot\cos(\beta+\delta_2)\cdot\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\Phi+\delta_2)\cdot\sin(\Phi-\varepsilon)}{\cos(\beta+\delta_2)\cdot\cos(\beta-\varepsilon)}}\right]^2}}$$

po podstawieniu danych z zadania:

$$K_a = \frac{\cos^2(10-20)}{\cos^2(10)\cdot\cos(10+12)\cdot\left[1+\sqrt{\frac{\sin(20+12)\cdot\sin(20-8)}{\cos(10+12)\cdot\cos(10-8)}}\right]^2} = 0.596$$

- wyznaczenie wypadkowego obciążenia naziomu oraz jego nachylenia

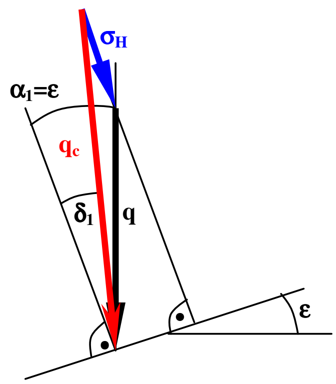
Ze względu na występowanie niezerowej wartości spójności gruntu napierającego na ścianę oporową, w obciążeniach oraz oddziaływaniach gruntu należy uwzględnić tzw. naprężenie izotropowe:

$$\boxed{\sigma_H = c\cdot\cot(\Phi)},$$

po podstawieniu danych

$$\sigma_H = 13\cdot\cot(20) = 35.72\ \text{kPa}$$

Naprężenie σ_H uwzględnia się w obciążeniu naziomu q wg następującego schematu składania wektorów:



Uwaga!
Zakładamy najczęściej spotykany w praktyce przypadek kierunku działania obciążenia **q**, tzn. kierunek pionowy.

tzn. wypadkowy wektor obciążający naziom **q_c** powstaje przez zsumowanie wektora rzeczywistego obciążenia **q** z wektorem naprężenia izotropowego **σ_H**, działającego prostopadle do naziomu. Wypadkowy wektor **q_c** jest nachylony w stosunku do normalnej do naziomu pod kątem **δ_1**, wyznaczanym wg wzoru (można go wyprowadzić ze schematu powyżej, rzutując wektory **q** i **σ_H** na kierunek naziomu oraz prostej normalnej do naziomu, a następnie dzieląc przez siebie oba rzuty wyznaczając w ten sposób tangens kąta **δ_1**):

$$\boxed{\delta_1 = \arctan\left(\frac{q \cdot \sin(\varepsilon)}{q \cdot \cos(\varepsilon) + \sigma_H}\right)},$$

zatem

$$\delta_1 = \arctan\left(\frac{27 \cdot \sin(8)}{27 \cdot \cos(8) + 35.72}\right) = 3.44°$$

Wartość **q_c** wynika ze składania składowych wartości **q** i **σ_H**:

$$\boxed{q_c = \frac{q \cdot \cos(\varepsilon) + \sigma_H}{\cos(\delta_1)}}$$

po podstawieniu wartości

$$q_c = \frac{27 \cdot \cos(8) + 35.72}{\cos(3.44)} = 62.57 \text{ kPa}$$

- wyznaczenie zastępczej wysokości gruntu **h_z**, która wywołuje ekwiwalentne obciążenie naziomu w wartości **q_c**, z uwzględnieniem jego nachylenia **δ_1**

W obliczeniach parcia i odporu gruntu stosuje się praktykę zamieniania obciążeń równomiernie rozłożonych w naziomie na ekwiwalentną wysokość „wirtualnego nasypu” z gruntu o takich samych parametrach, jak grunt za ścianą oporową. W najczęstszych przypadkach, tzn. gdy ściana jest pionowa (β=0°), naziom jest poziomy (ε=0°) a obciążenie **q** działa pionowo (α_1=0°, zatem δ_1=0°), wysokość zastępczą gruntu **h_z** wyznacza się ze wzoru:

$$\boxed{h_z = \frac{q}{\gamma}}$$

gdzie γ jest ciężarem objętościowym gruntu za ścianą. W naszym zadaniu warunki są jednak bardziej skomplikowane ($\beta\neq0°$, $\varepsilon\neq0°$, $\alpha_1\neq0°$, $\delta_1\neq0°$) i $\mathbf{h_z}$ wyznacza się ze wzoru:

$$\boxed{h_z = \frac{q_c}{\gamma}\cdot\frac{\cos(\delta_1)\cdot\cos(\beta)}{\cos(\beta-\varepsilon)}}$$

po podstawieniu wartości

$$h_z = \frac{62.57}{21}\cdot\frac{\cos(3.44)\cdot\cos(10)}{\cos(10-8)} = 2.93\ \text{m}$$

tzn. „wirtualny nasyp" z gruntu o γ=21kN/m^3 i wysokości h_z=2.93m wywoła takie obciążenie naziomu, jak $\mathbf{q_c}$.

- wyznaczenie wartości jednostkowego parcia czynnego $\mathbf{e_a}$**'**, bez uwzględnienia naprężenia izotropowego (i stąd znaczek „prim" w e_a)

Jednostkowe parcie czynne $\mathbf{e_a}$**'** oblicza się wg wzoru bez uwzględnienia wpływu spójności gruntu, tzn.:

$$\boxed{e_a' = (h_z + z)\cdot\gamma\cdot K_a},$$

a wyznaczamy je w charakterystycznych punktach przekroju (w naszym przypadku w naziomie i w poziomie posadowienia ściany):

w naziomie: z=0m

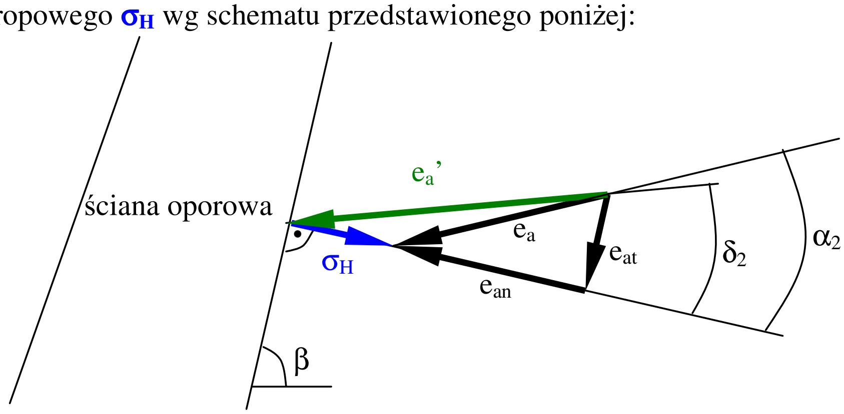
$$e_{a1}' = (2.93+0)\cdot21\cdot0.596 = 36.67\ \text{kPa}$$

w poziomie posadowienia ściany: z=5m

$$e_{a2}' = (2.93+5)\cdot21\cdot0.596 = 99.25\ \text{kPa}$$

- wyznaczenie wartości składowych normalnej $\mathbf{e_{an}}$ i stycznej $\mathbf{e_{at}}$ jednostkowego parcia czynnego

Ponieważ nasza ściana jest szorstka ($\delta_2\neq0°$), w oddziaływaniu gruntu pojawi się składowa normalna i styczna (w przypadku gładkiej ściany, oddziaływanie miałoby tylko składową normalną). Od wartości składowej normalnej $\mathbf{e_{an}}$ odejmuje się wartość naprężenia izotropowego $\boldsymbol{\sigma_H}$ wg schematu przedstawionego poniżej:



Jak można zauważyć, w przypadku gruntu niespoistego (tzn. $\sigma_H = 0$ kPa) $\alpha_2 = \delta_2$. Składowe **e_{an}** i **e_{at}** wyznacza się wg wzorów (zobacz schemat powyżej):

$$\boxed{e_{an} = e_a' \cdot \cos(\delta_2) - \sigma_H}$$

$$\boxed{e_{at} = e_a' \cdot \sin(\delta_2)}$$

po podstawieniu wartości:

w naziomie: z=0m

$$e_{an1} = 36.67 \cdot \cos(12) - 35.72 = 0.15 \text{ kPa}$$

$$e_{at1} = 36.67 \cdot \sin(12) = 7.62 \text{ kPa}$$

w poziomie posadowienia ściany: z=5m

$$e_{an2} = 99.25 \cdot \cos(12) - 35.72 = 61.36 \text{ kPa}$$

$$e_{at2} = 99.25 \cdot \sin(12) = 20.64 \text{ kPa}$$

- wyznaczenie wartości wypadkowej **e_a** jednostkowego parcia czynnego

Wypadkową wartość **e_a** wyznacza się ze składowych **e_{an}** i **e_{at}**:

$$\boxed{e_a = \sqrt{e_{an}^2 + e_{at}^2}}$$

po podstawieniu wartości

w naziomie: z=0m

$$e_{a1} = \sqrt{0.15^2 + 7.62^2} = 7.62 \text{ kPa}$$

w poziomie posadowienia ściany: z=5m

$$e_{a2} = \sqrt{61.36^2 + 20.64^2} = 64.74 \text{ kPa}$$

Parcie jednostkowe gruntu **e_a** jest nachylone w stosunku do normalnej do powierzchni ściany pod zmiennym kątem α_2 (odmierzanym od normalnej do ściany przeciwnie do ruchu wskazówek zegara)

$$\boxed{\alpha_2 = \arctan\left(\frac{e_{at}}{e_{an}}\right)}$$

w naziomie: z=0m

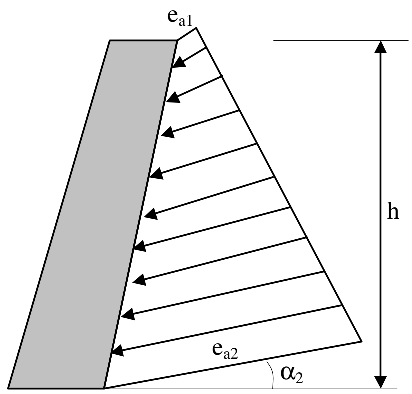
$$\alpha_{21} = \arctan\left(\frac{7.62}{0.15}\right) = 88.87°$$

w poziomie posadowienia ściany: z=5m

$$\alpha_{22} = \arctan\left(\frac{20.64}{61.36}\right) = 18.59°$$

- wyznaczenie wartości wypadkowej E_a parcia czynnego oraz punktu jej zaczepienia

Wartość $\mathbf{E_a}$ jest polem rozkładu wartości parcia jednostkowego.

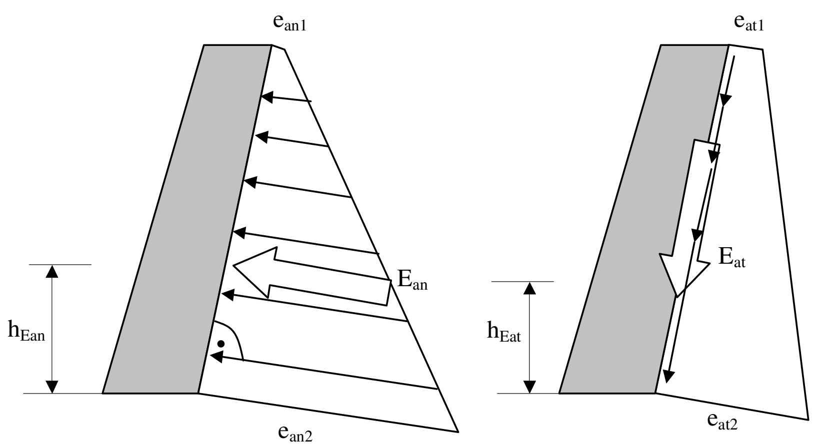


W przypadku rozkładu trapezowego $\mathbf{e_a}$ (tzn. gdy α_2 ma stałą wartość, np. dla gruntów niespoistych) można korzystać ze wzoru:

$$\boxed{E_a = \frac{e_{a1} + e_{a2}}{2} h}$$

W naszym przypadku łatwiej jest wyznaczyć wypadkowe wartości składowych normalnej i stycznej siły parcia $\mathbf{E_{an}}$ i $\mathbf{E_{at}}$ (bo $\mathbf{e_{an}}$ i $\mathbf{e_{at}}$ mają właśnie rozkłady trapezowe, a $\mathbf{e_a}$ już nie):

$$\boxed{E_{an} = \frac{e_{an1} + e_{an2}}{2} h} \qquad \boxed{E_{at} = \frac{e_{at1} + e_{at2}}{2} h}$$



Po podstawieniu wartości:

$$E_{an} = \frac{0.15 + 61.36}{2} \cdot 5 = 153.78 \text{kN/m}$$

$$E_{at} = \frac{7.62 + 20.64}{2} \cdot 5 = 70.65 \text{kN/m}$$

Wypadkowy kąt nachylenia $\mathbf{E_a}$ można wyznaczyć ze wzoru:

$$\boxed{\alpha_2 = \arctan\left(\frac{E_{at}}{E_{an}}\right)}$$

po podstawieniu wartości:

$$\alpha_2 = \arctan\left(\frac{70.65}{153.78}\right) = 24.68°$$

Proszę zwrócić uwagę, że punkty zaczepienia składowych $\mathbf{E_{an}}$ i $\mathbf{E_{at}}$ leżą na różnych wysokościach (w środkach ciężkości figur obrazujących rozkłady składowych parcia jednostkowego $\mathbf{e_{an}}$ i $\mathbf{e_{at}}$):

$$\boxed{h_{Ean} = \frac{1}{3} h \frac{2e_{an1} + e_{an2}}{e_{an1} + e_{an2}}} \qquad \boxed{h_{Eat} = \frac{1}{3} h \frac{2e_{at1} + e_{at2}}{e_{at1} + e_{at2}}}$$

po podstawieniu wartości

$$h_{Ean} = \frac{1}{3} \cdot 5 \cdot \frac{2 \cdot 0.15 + 61.36}{0.15 + 61.36} = 1.67\text{m}$$

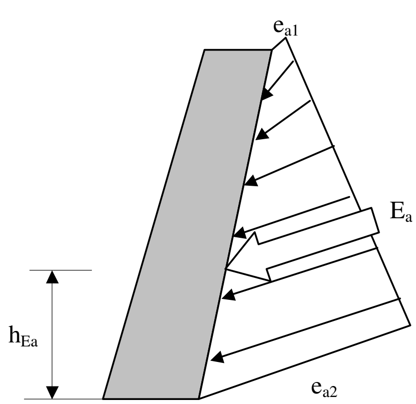
$$h_{Eat} = \frac{1}{3} \cdot 5 \cdot \frac{2 \cdot 7.62 + 20.64}{7.62 + 20.64} = 2.12\text{m}$$

W praktyce, zaniedbuje się zmienne nachylenie rozkładu e_a, co zwykle daje zwiększone wartości parcia (stan po bezpiecznej stronie), a wypadkową, całkowitą wartość E_a liczy się wg formuły:

$$\boxed{E_a = \frac{e_{a1} + e_{a2}}{2} h}, \text{ tj. } E_a = \frac{7.62 + 64.74}{2} \cdot 5 = 180.90 \text{ kN/m}$$

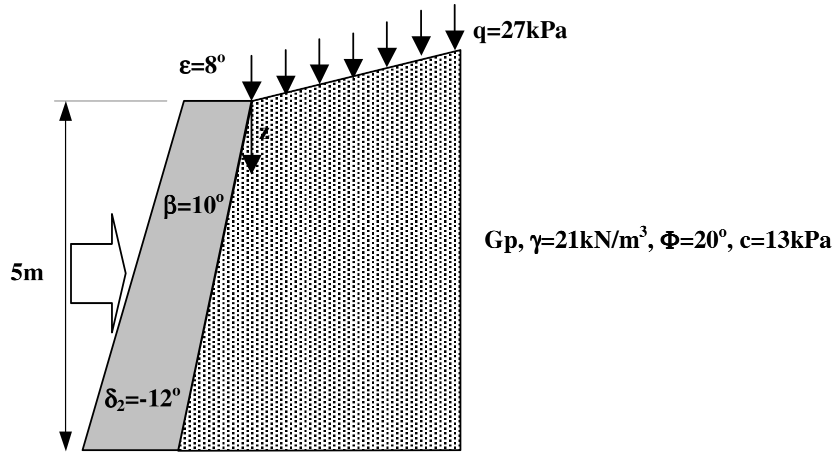
natomiast jej wysokość zaczepienia wg wzoru:

$$\boxed{h_{Ea} = \frac{1}{3} h \frac{2e_{a1} + e_{a2}}{e_{a1} + e_{a2}}} \text{ tj. } \boxed{h_{Ea} = \frac{1}{3} \cdot 5 \cdot \frac{2 \cdot 7.62 + 64.74}{7.62 + 64.74} =} 1.84 \text{ m}$$



<u>**Zadanie 2**</u>

Obliczyć rozkład jednostkowego odporu granicznego gruntu oraz jego wartość wypadkową za napierającą sztywną konstrukcją oporową w warunkach przedstawionych na rysunku.



- wyznaczenie współczynnika odporu granicznego

$$K_p = \frac{\cos^2(\beta+\Phi)}{\cos^2(\beta)\cos(\beta+\delta_2)\left[1-\sqrt{\frac{\sin(\Phi-\delta_2)\sin(\Phi+\varepsilon)}{\cos(\beta+\delta_2)\cos(\beta-\varepsilon)}}\right]^2}$$

po podstawieniu wartości

$$K_p = \frac{\cos^2(10+20)}{\cos^2(10)\cos(10-12)\left[1-\sqrt{\frac{\sin(20+12)\sin(20+8)}{\cos(10-12)\cos(10-8)}}\right]^2} = 3.084$$

- wyznaczenie wypadkowego obciążenia naziomu oraz jego nachylenia

Analogicznie do parcia gruntu (zobacz poprzednie zadanie), wystąpienie niezerowej wartości spójności gruntu, który odpiera napór ściany, w obciążeniach oraz oddziaływaniach gruntu należy uwzględnić naprężenie izotropowe σ_H.

Po podstawieniu danych

$$\sigma_H = 13 \cdot \cot(20) = 35.72 \text{ kPa}$$

Naprężenie σ_H uwzględnia się w obciążeniu naziomu q wg schematu składania wektorów przedstawionego w poprzednim zadaniu. Zatem kąt nachylenia wypadkowego obciążenia **q_c**:

$$\delta_1 = \arctan\left(\frac{27 \cdot \sin(8)}{27 \cdot \cos(8) + 35.72}\right) = 3.44°$$

a wartość **q_c**:

$$q_c = \frac{27 \cdot \cos(8) + 35.72}{\cos(3.44)} = 62.57 \text{ kPa}$$

- wyznaczenie zastępczej wysokości gruntu **h_z**, która wywołuje ekwiwalentne obciążenie naziomu w wartości **q_c**, z uwzględnieniem jego nachylenia **δ_1**

Wysokość zastępczą gruntu $\mathbf{h_z}$ wyznacza się z tego samego wzoru, który podano w przypadku parcia czynnego gruntu:

$$h_z = \frac{62.57}{21} \cdot \frac{\cos(3.44) \cdot \cos(10)}{\cos(10-8)} = 2.93 \text{ m}$$

- wyznaczenie wartości jednostkowego odporu granicznego $\mathbf{e_p}$**'**, bez uwzględnienia naprężenia izotropowego

Jednostkowe odpór graniczny $\mathbf{e_p}$**'** oblicza się wg wzoru bez uwzględnienia wpływu spójności gruntu, tzn.:

$$\boxed{e_p' = (h_z + z) \cdot \gamma \cdot K_p},$$

a wyznaczamy je w charakterystycznych punktach przekroju (w naszym przypadku w naziomie i w poziomie posadowienia ściany):

w naziomie: z=0m

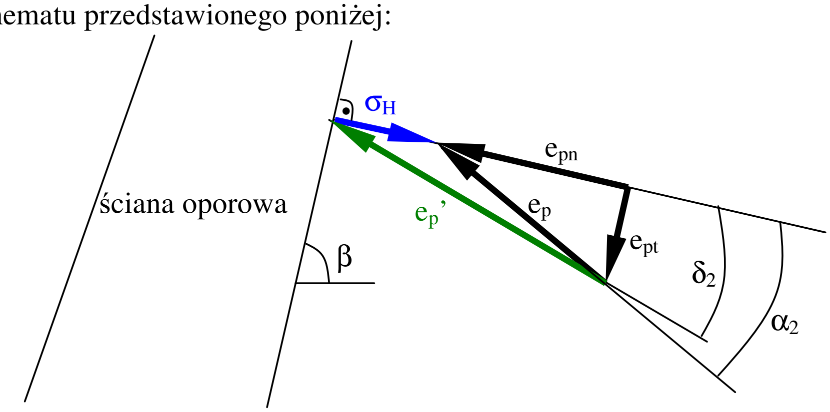
$$e_{p1}' = (2.93 + 0) \cdot 21 \cdot 3.084 = 189.76 \text{ kPa}$$

w poziomie posadowienia ściany: z=5m

$$e_{p2}' = (2.93 + 5) \cdot 21 \cdot 3.084 = 513.58 \text{ kPa}$$

- wyznaczenie wartości składowych normalnej $\mathbf{e_{pn}}$ i stycznej $\mathbf{e_{pt}}$ jednostkowego odporu granicznego

Ponieważ nasza ściana jest szorstka ($\delta_2 \neq 0°$), w reakcji gruntu pojawi się składowa normalna i styczna (w przypadku gładkiej ściany, reakcja miałaby tylko składową normalną). Od wartości składowej normalnej $\mathbf{e_{pn}}$ odejmuje się wartość naprężenia izotropowego $\boldsymbol{\sigma_H}$ wg schematu przedstawionego poniżej:



Składowe $\mathbf{e_{pn}}$ i $\mathbf{e_{pt}}$ wyznacza się wg wzorów (zobacz schemat powyżej):

$$\boxed{e_{pn} = e_p' \cdot \cos(\delta_2) - \sigma_H}$$

$$\boxed{e_{pt} = e_p' \cdot \sin(\delta_2)}$$

po podstawieniu wartości:

w naziomie: z=0m

$$e_{pn1} = 189.76 \cdot \cos(12) - 35.72 = 149.89 \text{ kPa}$$

$$e_{pt1} = 189.76 \cdot \sin(12) = 39.45 \text{ kPa}$$

w poziomie posadowienia ściany: z=5m

$$e_{pn2} = 513.58 \cdot \cos(12) - 35.72 = 466.64 \text{ kPa}$$

$$e_{pt2} = 513.58 \cdot \sin(12) = 106.78 \text{ kPa}$$

- wyznaczenie wartości wypadkowej $\mathbf{e_p}$ jednostkowego odporu granicznego

Wypadkową wartość $\mathbf{e_p}$ wyznacza się ze składowych $\mathbf{e_{pn}}$ i $\mathbf{e_{pt}}$:, uwzględniając współczynnik poprawkowy η, uwzględniający „zbyt optymistyczne” założenie, że powierzchnia odłamu jest płaszczyzną (takie założenie stawia rozwiązanie po stronie mniej bezpiecznej i dlatego niezbędna jest korekcja):

$$\boxed{e_p = \eta\sqrt{e_{pn}^2 + e_{pt}^2}}$$

Współczynnik η, zależy od czterech czynników (tab.4, PN-83/B-03010):

- od rodzaju gruntu: spoisty
- od wartości stosunku ε/Φ = 8/20 = 0.4
- od wartości stosunku δ_2/Φ = -12/20 = -0.6
- od wartości kąta β = 10°

W tab.4 mamy podane wartości η dla gruntu spoistego i naszego ε/Φ = 0.4 lecz w innych przypadkach δ_2/Φ i β:

$$\left.\begin{array}{l}\delta_2/\Phi = -0.5\\ \beta = 0^\circ\end{array}\right\} \rightarrow \eta = 0.62 \qquad \left.\begin{array}{l}\delta_2/\Phi = -0.5\\ \beta = 20^\circ\end{array}\right\} \rightarrow \eta = 0.61$$

$$\left.\begin{array}{l}\delta_2/\Phi = -1.0\\ \beta = 0^\circ\end{array}\right\} \rightarrow \eta = 0.36 \qquad \left.\begin{array}{l}\delta_2/\Phi = -1.0\\ \beta = 20^\circ\end{array}\right\} \rightarrow \eta = 0.37$$

Aby wyznaczyć η odpowiadające dokładnie naszym danym, należy posłużyć się interpolacją:

- pierwsza interpolacja liniowa: jako funkcja kąta β (wartości w połowie zakresu η, bo 10° jest w połowie zakresu 0°-20°)

$$\eta = \frac{0.62 + 0.61}{2} = 0.615 \qquad \eta = \frac{0.36 + 0.37}{2} = 0.365$$

$$\left.\begin{array}{l}\delta_2/\Phi = -0.5\\ \beta = 10^\circ\end{array}\right\} \rightarrow \eta = 0.615 \qquad \left.\begin{array}{l}\delta_2/\Phi = -1.0\\ \beta = 10^\circ\end{array}\right\} \rightarrow \eta = 0.365$$

- druga interpolacja liniowa: jako funkcja proporcji δ_2/Φ

$$\eta = \frac{0.615 - 0.365}{-0.5 - (-1.0)} \cdot (-0.6 - (-1.0)) + 0.365 = 0.565$$

po podstawieniu wartości

w naziomie: z=0m

$$e_{p1} = 0.565 \cdot \sqrt{149.89^2 + 39.45^2} = 87.57 \text{ kPa}$$

w poziomie posadowienia ściany: z=5m

$$e_{p2} = 0.565 \cdot \sqrt{466.64^2 + 106.78^2} = 270.47 \text{ kPa}$$

Odpór jednostkowy gruntu $\mathbf{e_p}$ jest nachylony w stosunku do normalnej do powierzchni ściany pod zmiennym kątem α_2 (odmierzanym od normalnej do ściany zgodnie z ruchem wskazówek zegara)

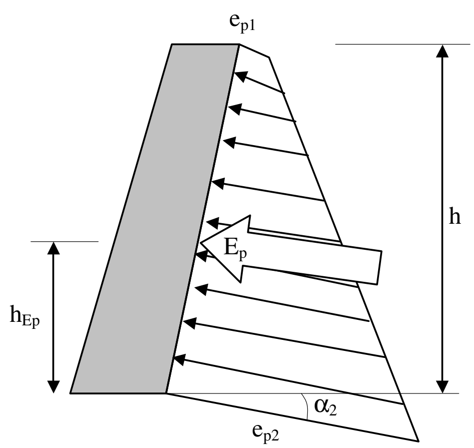
$$\boxed{\alpha_2 = \arctan\left(\frac{e_{pt}}{e_{pn}}\right)}$$

w naziomie: z=0m

$$\alpha_{21} = \arctan\left(\frac{39.45}{149.89}\right) = 14.74°$$

w poziomie posadowienia ściany: z=5m

$$\alpha_{22} = \arctan\left(\frac{106.78}{466.64}\right) = 12.89°$$



i znów: w praktyce zaniedbuje się zmienność wartości α_2, stosując wzory na wypadkową wartość E_p oraz jej punkt zaczepienia h_{Ep} wg formuł przedstawionych w zadaniu poprzednim.

Zatem

$$\boxed{E_p = \frac{e_{p1} + e_{p2}}{2} h}, \text{ tj. } E_p = \frac{87.57 + 270.47}{2} \cdot 5 = 895.10 \text{ kN/m}$$

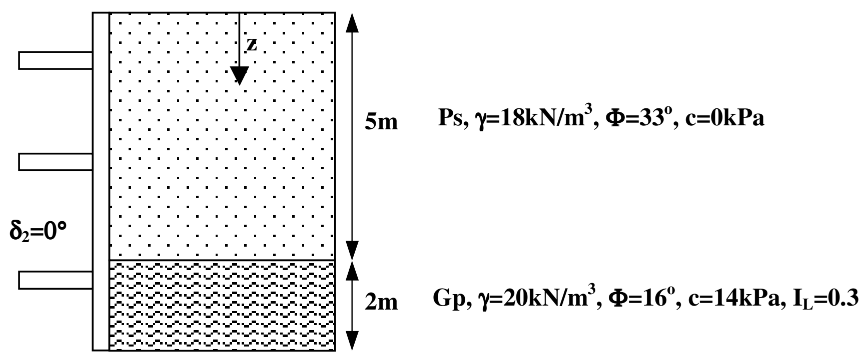
natomiast jej wysokość zaczepienia wg wzoru:

$$\boxed{h_{Ep} = \frac{1}{3} h \frac{2e_{p1} + e_{p2}}{e_{p1} + e_{p2}}} \text{ tj. } \boxed{h_{Ep} = \frac{1}{3} \cdot 5 \cdot \frac{2 \cdot 87.57 + 270.47}{87.57 + 270.47} =} 2.07 \text{ m}$$

Uwaga! W przypadku gruntu uwarstwionego całą procedurę należy powtórzyć dla każdej warstwy gruntu, zamieniając ciężar wyżej leżących warstw gruntowych na wysokość zastępczą h_z. Niniejsza uwaga dotyczy zarówno zjawiska odporu granicznego jak i parcia czynnego gruntu.

Zadanie 3

Obliczyć rozkład parcia na obudowę wykopu w warunkach przedstawionych na rysunku.



Obliczenia wg załącznika nr 1, pkt. 7, PN-83/B-03010.

- współczynniki parcia czynnego

W następujących, uproszczonych warunkach: β=0°, ε=0°, δ_2=0°, współczynniki parcia i odporu wyznacza się ze wzorów:

$$\boxed{K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\Phi}{2}\right)} \qquad \boxed{K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\Phi}{2}\right)}$$

zatem dla Ps:

$$K_{a1} = \tan^2\left(45 - \frac{33}{2}\right) = 0.295$$

dla Gp:

$$K_{a2} = \tan^2\left(45 - \frac{16}{2}\right) = 0.568$$

- maksymalna wartość parcia jednostkowego liczona indywidualnie dla każdej warstwy gruntu:

Jednostkowe wartości parcia i odporu w uproszczonych warunkach: β=0°, ε=0°, δ_2=0°, wyznacza się z następujących wzorów

$$\boxed{e_a = (q + \gamma \cdot z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}} \qquad \boxed{e_p = \eta \cdot \left[(q + \gamma \cdot z) \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}\right]}$$

lub stosując wysokości zastępcze $\mathbf{h_z}$ zamiast obciążenia naziomu **q**:

$$\boxed{e_a = (h_z + z) \cdot \gamma \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}} \qquad \boxed{e_p = \eta \cdot \left[(h_z + z) \cdot \gamma \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}\right]}$$

W przypadku parcia gruntu na obudowy wykopów, każdą warstwę traktuje się w obliczeniach niezależnie (**h** w indeksie dolnym $e_{\mathbf{ah}}$ oznacza maksymalną wartość e_a, którą liczy się dla całej wysokości obudowy):

zatem dla Ps (z=h=7m):

$$e_{ah1} = (10 + 18 \cdot 7) \cdot 0.295 - 2 \cdot 0\sqrt{0.295} = 40.09\text{kPa}$$

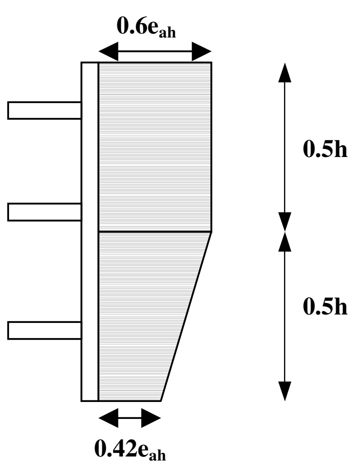
dla Gp (z=h=7m):

$$e_{ah2} = (10 + 20 \cdot 7) \cdot 0.568 - 2 \cdot 14\sqrt{0.568} = 64.08\text{kPa}$$

- predefiniowane rozkłady parcia:

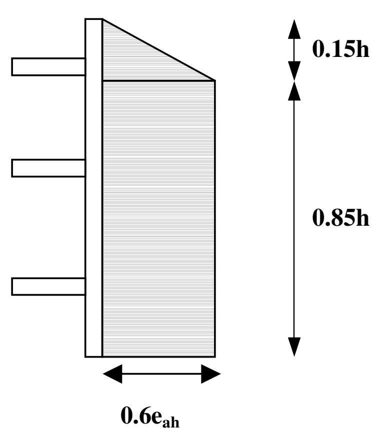
Chcąc wyznaczyć rozkład parcia jednostkowego na całej wysokości ściany, należy skorzystać z predefiniowanych rozkładów zamieszczonych w załączniku nr 1 do PN-83/B-03010, na rysunkach Z1-9. W przypadku naszego zadania będą to następujące rozkłady:

schemat nr 4



grunty niespoiste, $\delta_2 < \Phi/3$

schemat nr 5



grunty spoiste, plastyczne

zatem dla Ps:

$$0.6e_{ah1} = 0.6 \cdot 40.09 = 24.06\text{kPa}$$

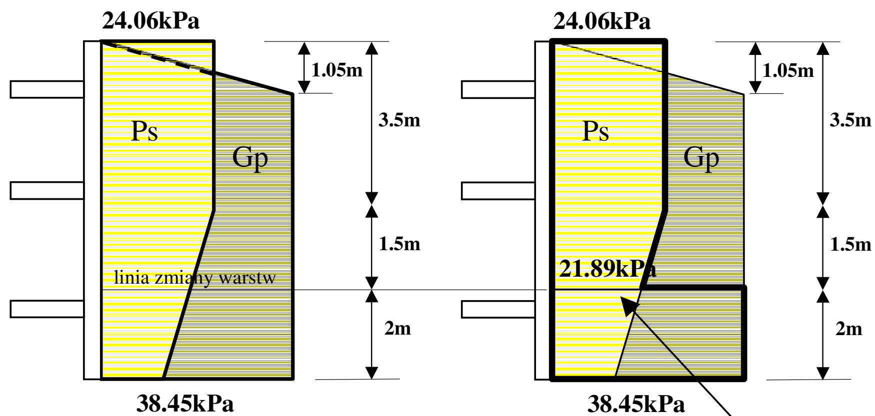
$$0.42e_{ah1} = 0.42 \cdot 40.09 = 16.84\text{kPa}$$

dla Gp:

$$0.6e_{ah2} = 0.6 \cdot 64.08 = 38.45\text{kPa}$$

- wykres parcia jednostkowego:

Wykres wypadkowego parcia jednostkowego jest obwiednią predefiniowanych rozkładów, tzn. na wykres końcowy składa się część rozkładu $\mathbf{e_{ah1}}$ przypadająca na warstwę Ps i część rozkładu $\mathbf{e_{ah2}}$ przypadająca na warstwę Gp_i:



Aby określić skok wartości jednostkowego e_a na granicy warstw Pd i Gp, trzeba wyinterpolować liniowo wartość „odciętą" z rozkładu e_{a1} dla Pd przez linię rozgraniczającą warstwy:

$$\frac{1.5}{x} = \frac{5}{24.06 - 16.84}, \quad x = \frac{1.5}{5}(24.06 - 16.84) = 2.17\text{kPa}, \quad e_{ah3} = 24.06 - 2.17 = \boxed{21.89\text{kPa}}$$

Wartości wypadkowe E_a (tak, jak poprzednio) są polami rozkładów jednostkowych parcia.

KONIEC