

PARCIE CZYNNNE I BIERNE GRUNTU

Parcie gruntu jest jego oddziaływaniem na konstrukcję podpierającą (ściany i mury oporowe, ścianki szczelne, itp). Znajomość wartości tego oddziaływania jest konieczna przy projektowaniu tych konstrukcji.

Podane poniżej szczegółowe rozwiązania dotyczące tego zagadnienia uwzględniają szereg założeń upraszczających:

- ściana konstrukcji podpierającej jest pionowa,
- nie występuje tarcie pomiędzy ścianą a gruntem, z czego wynika, że kierunek siły parcia jest poziomy,
- naziom ze ścianą jest poziomy i nieobciążony,
- podstawa klina odłamu jest płaszczyzną nachyloną pod kątem α do poziomu.

Jednostkowe parcie czynne (e_a) oraz parcie bierne (e_p) za ścianą oporową oblicza się ze wzorów wynikających z analizy stanu granicznego w gruncie (rozwiązanie Rankine'a):

$$e_a = \sigma_z K_a - 2c\sqrt{K_a}$$
$$e_p = \sigma_z K_p + 2c\sqrt{K_p}$$

gdzie:

σ_z – naprężenie pionowe w gruncie, $\sigma_z = \gamma z$, [kPa]

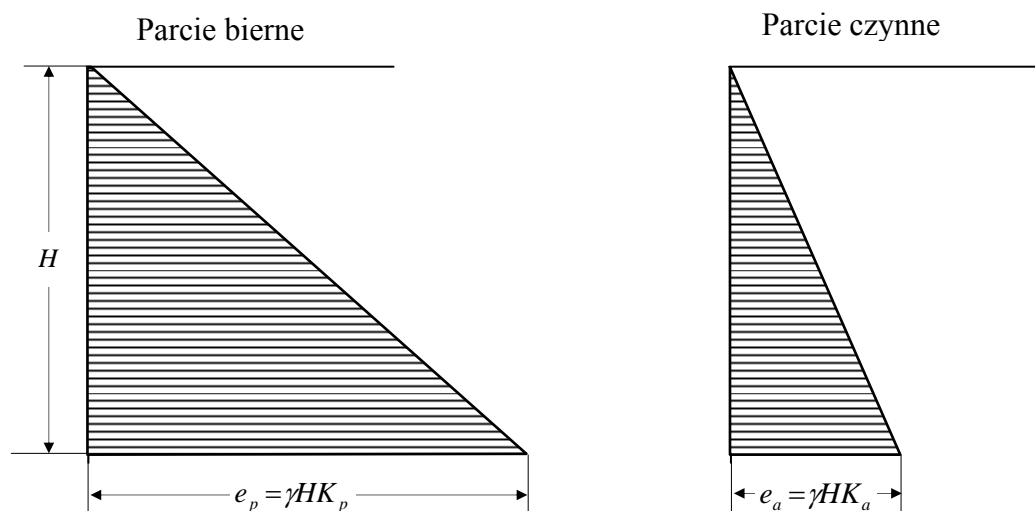
K_a – współczynnik parcia czynnego $K_a = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \phi/2)$, [-]

K_p – współczynnik parcia biernego $K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$, [-]

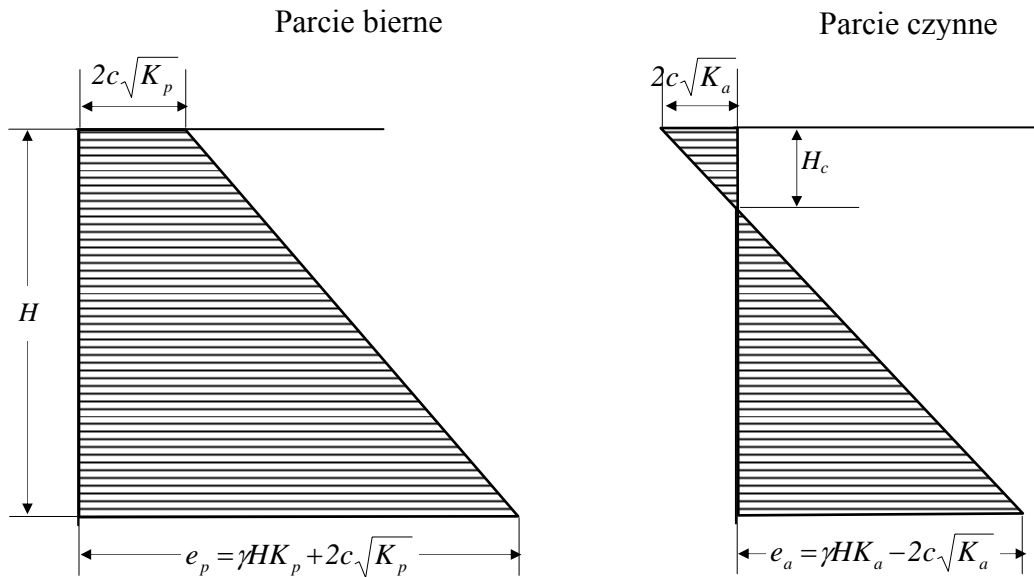
c – spójność gruntu [kPa].

Należy zauważyć, że $K_a < 1$ i $K_p > 1$ z czego wynika, że w tym samym gruncie i na tej samej głębokości "z" poniżej naziomu jednostkowe parcie czynne posiada znacznie mniejszą wartość niż odpór gruntu ($e_a \leq e_p$).

Wykresy jednostkowego parcia w jednorodnym gruncie niespoistym:



Wykresy jednostkowego parcia w jednorodnym gruncie spoiстым:



Głębokość H_c na wykresie parcia czynnego gruntu spoiстого wyznaczamy z warunku $e_a = 0$,

$$H_c \cdot \gamma \cdot K_a - 2c\sqrt{K_a} = 0, \text{ z czego wynika, że:}$$

$$H_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$$

Całkowita siła parcia gruntu na mur oporowy jest równa objętości bryły parcia i wynosi:
parcie czynne gruntu niespoistego:

$$E_a = \frac{\gamma H^2}{2} K_a$$

parcie bierne gruntu niespoistego:

$$E_p = \frac{\gamma H^2}{2} K_p$$

parcie czynne gruntu spoiстого (nie uwzględnia się części wykresu parcia do głębokości H_c):

$$E_a = \frac{(H - H_c) \cdot (H \cdot \gamma \cdot K_a - 2c\sqrt{K_a})}{2} = \frac{\gamma H^2}{2} K_a - 2cH\sqrt{K_a} + \frac{2c^2}{\gamma}$$

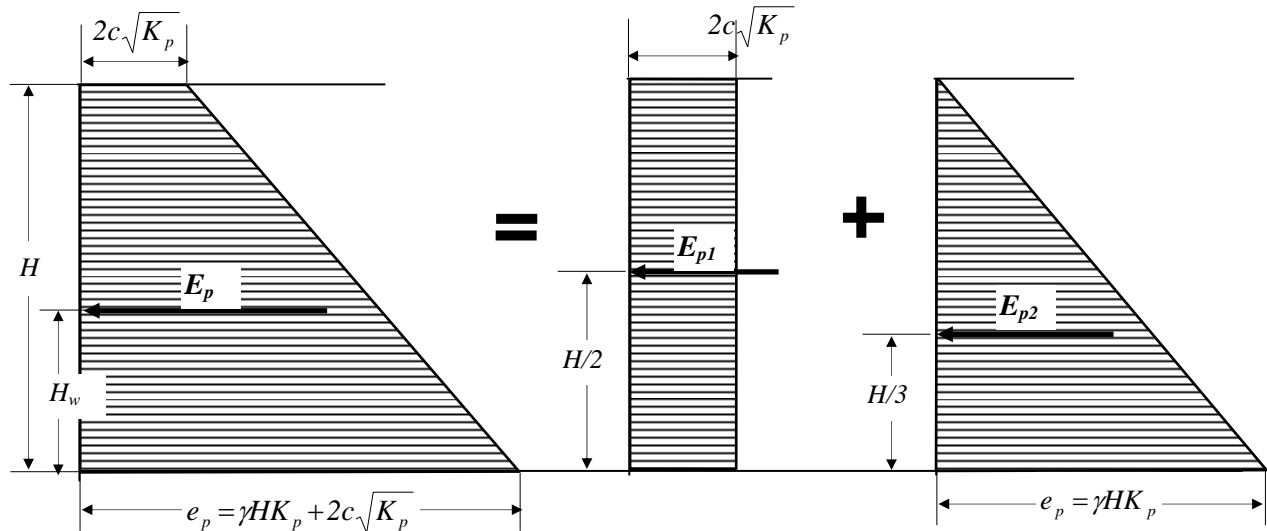
parcie bierne gruntu spoiстого:

$$E_p = \frac{4c\sqrt{K_p} + H\gamma K_p}{2} \cdot H = \frac{\gamma H^2}{2} K_p + 2cH\sqrt{K_p}$$

Wypadkowa siła parcia czynnego i biernego w jednorodnym gruncie niespoistym jest położona w odległości $H/3$ od podstawy bryły parcia, w przypadku parcia czynnego

jednorodnego gruntu spoistego, wypadkowa ta znajduje się w odległości $(H-H_c)/3$ od podstawy bryły parcia.

Ustalenie położenia wypadkowej siły parcia biernego dla gruntu spoistego można przeprowadzić według następującego schematu:



wykorzystując równanie równowagi momentów mamy:

$$E_p \cdot H_w = E_{p1} \cdot \frac{H}{2} + E_{p2} \cdot \frac{H}{3}, \text{ skąd:}$$

$$H_w = \frac{E_{p1} \cdot \frac{H}{2} + E_{p2} \cdot \frac{H}{3}}{E_p}$$

gdzie:

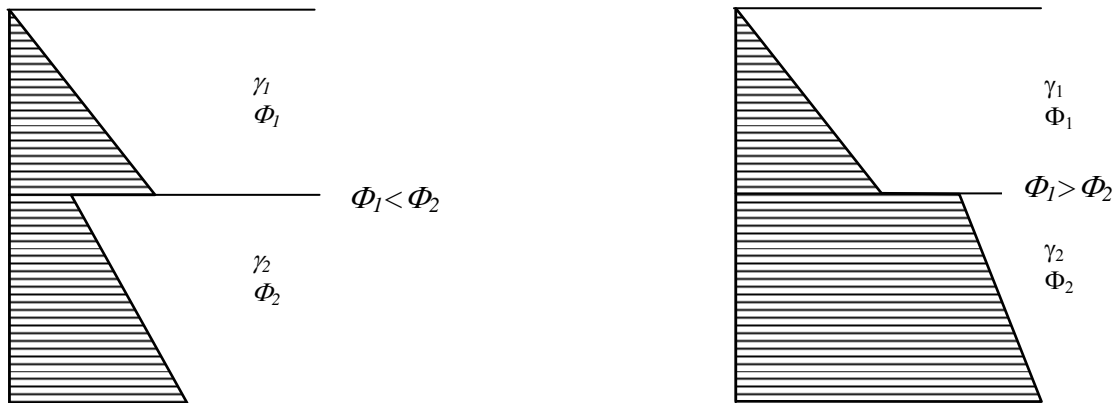
$$E_{p1} = H \cdot 2c\sqrt{K_p},$$

$$E_{p2} = \frac{\gamma H^2}{2} K_p,$$

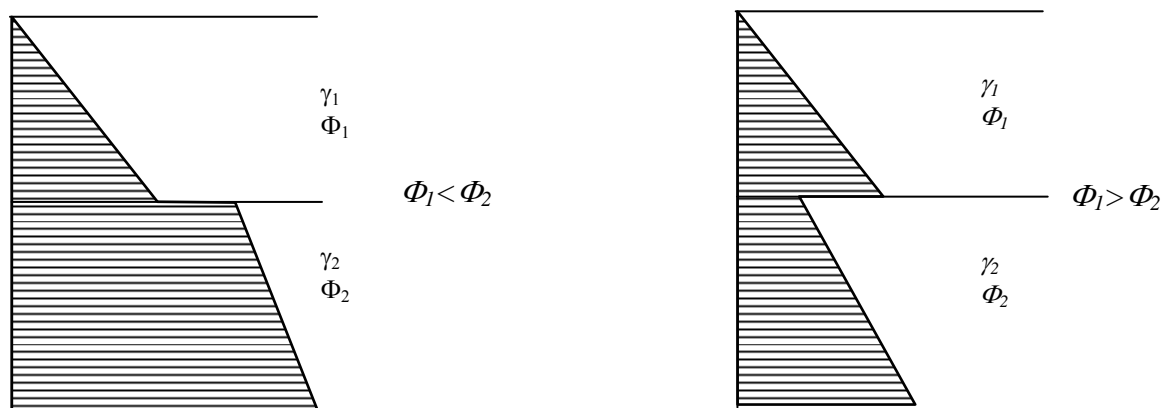
$$E_p = \frac{4c\sqrt{K_p} + H\gamma K_p}{2} H$$

W przypadku, gdy za ścianą oporową znajduje się grunt uwarstwiony, na granicy warstw dochodzi do skokowych zmian wartości parcia jednostkowego. Wartość skokowych zmian jednostkowego parcia jest uzależniona od wzajemnych relacji parametrów wytrzymałościowych (kąta tarcia wewnętrznego i kohezji) w sąsiadujących warstwach geotechnicznych, co przedstawia kilka poniższych przykładów:

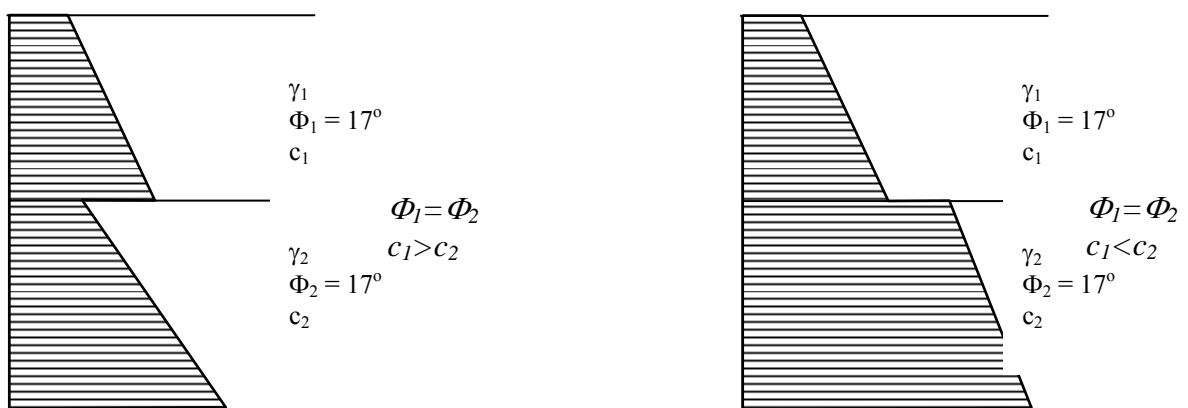
Wykresy parcia czynnego w gruncie niespoistym, uwarstwowionym:



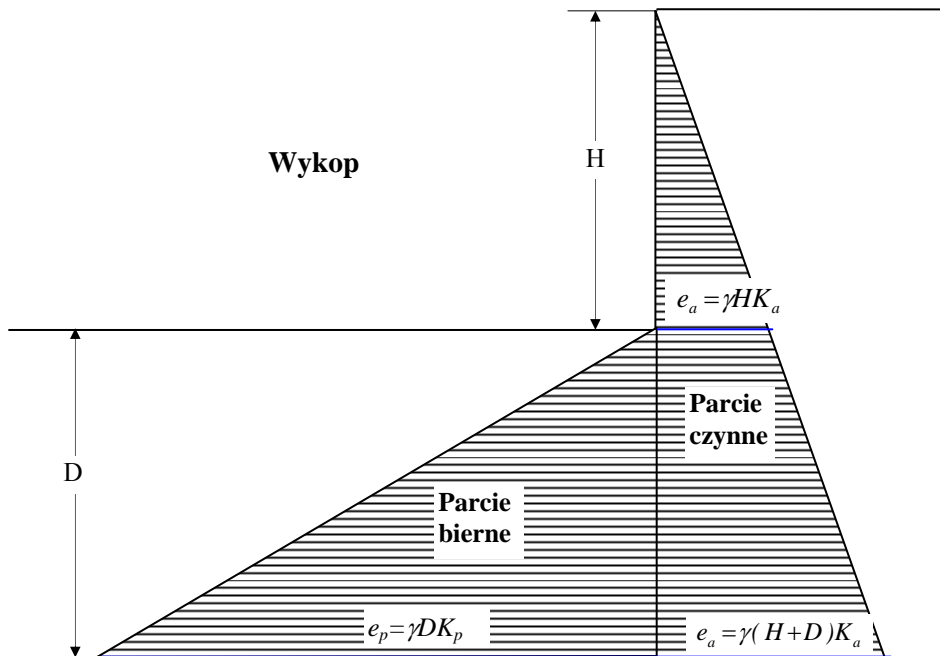
Wykresy parcia biernego w gruncie niespoistym, uwarstwowionym:



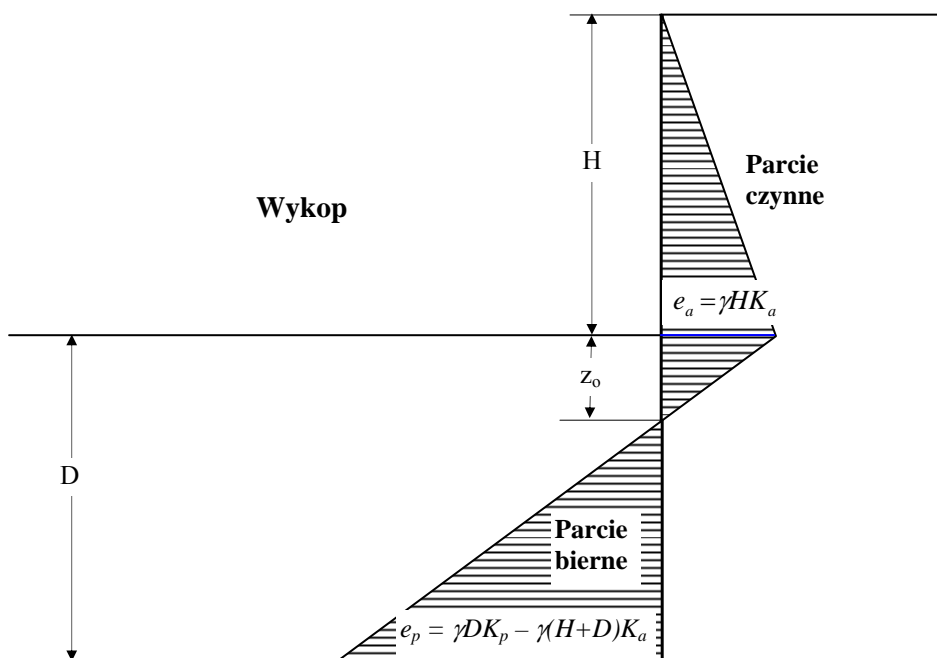
Wykresy jednostkowego parcia biernego w gruncie spoistym, uwarstwowionym:



W przypadku ścianki szczelnej zagłębionej w gruncie poniżej dna wykopu, po prawej stronie ścianki działa parcie czynne gruntu (grunt przemieszcza ściankę do wykopu), zaś po lewej stronie ścianki (poniżej dna wykopu) występuje parcie bierne (ścianka jest dociskana do gruntu).



Wykres sumarycznego parcia jednostkowego gruntu na ściankę otrzymuje się odejmując od wartości parcia czynnego parcie bierne na określonej głębokości poniżej dna wykopu jak na wykresie:



Głębokość z_o poniżej dna wykopu dla prostego przypadku jednorodnego gruntu niespoistego należy obliczyć wykorzystując równość:

$$e_p = e_a$$

$$z_o \gamma K_p = \gamma (H + z_o) K_a$$

$$z_o = \frac{H \cdot K_a}{K_p - K_a}$$

Dla bardziej złożonych przypadków (gruntów uwarstwionych i spoistych) głębokość z_o znacznie łatwiej jest wyznaczyć metodą graficzną, sporządzając wykresy parcia gruntu w określonej skali.

Podane powyżej wzory dotyczą przypadków, gdy naziom (powierzchnia gruntu za ścianą) jest poziomy i nieobciążony. W sytuacji poziomego naziomu, obciążonego obciążeniem równomiernie rozłożonym o intensywności q wzory na jednostkowe parcie czynne i bierne należy odpowiednio zmodyfikować, uwzględniając wartość obciążenia naziomu według wzorów:

$$e_a = \sigma_z \cdot K_a - 2c \sqrt{K_a} = (\gamma \cdot z + q) \cdot K_a - 2c \sqrt{K_a}$$

$$e_p = \sigma_z \cdot K_p + 2c \sqrt{K_p} = (\gamma \cdot z + q) \cdot K_p + 2c \sqrt{K_p}$$

Rozwiązania bardziej skomplikowanych przypadków układu obciążeń oraz warunków geologicznych (np. nachylony naziom, uwzględnienie tarcia pomiędzy ścianą a gruntem) można znaleźć w literaturze przedmiotu (Pisarczyk 1998, Wiłun 1987).