

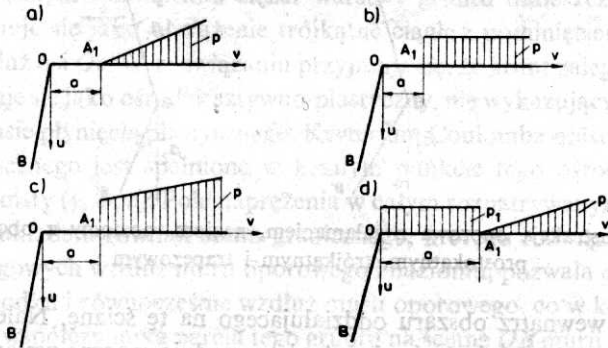
EUGENIUSZ DEMBICKI, CAO VAN CHI

Gdańsk

Specjalne przypadki obliczania parcia gruntu na konstrukcje oporowe

1. Wstęp

W sztywnych konstrukcjach oporowych mamy często do czynienia z dość złożonymi warunkami brzegowymi obejmującymi samą konstrukcję oporową jak i jej naziom. Konstrukcja oporowa może być wykonana jako prostoliniowa ściana oporowa, zakrzywiona ściana oporowa w poziomie (ściany wykonane z łukowych elementów studni) lub w postaci



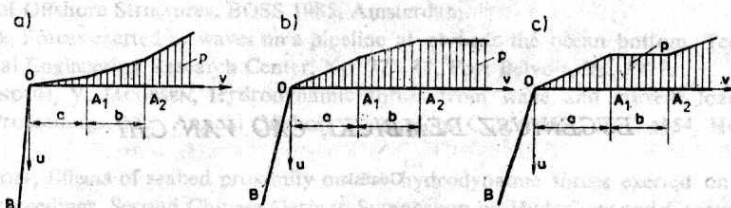
Rys. 1. Konstrukcja oporowa nachylona, naziom poziomy z nieciągłymi warunkami brzegowymi

prostoliniowej ściany z załamaniem występującym w przekroju pionowym. Naziom konstrukcji oporowej może być poziomy, nachylony w stosunku do poziomu o stałym nachyleniu lub zmiennym nachyleniu. Pomijając ściany oporowe zakrzywione, przedstawione warunki brzegowe dotyczące samej ściany oporowej i naziomu obejmują:

- konstrukcje oporowe przy nieciągłym obciążeniu naziomu (rys. 1)

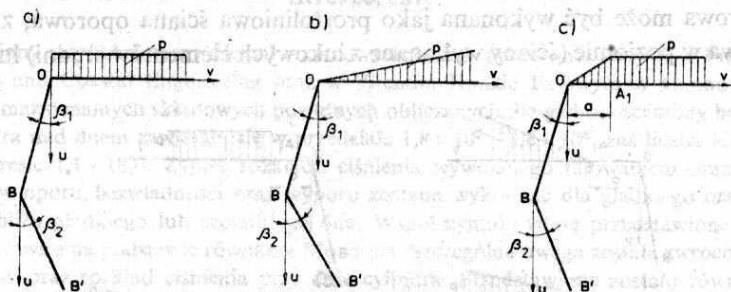
Prof. dr hab. inż. E. DEMBICKI, dr inż. C. Van CHI, Wydział Hydrotechniki, Politechniki Gdańskiej, ul. Majakowskiego 11, 80-953 Gdańsk.

- konstrukcje oporowe przy różnym nachylenym kształcie naziomu (rys. 2)
- konstrukcje oporowe o ścianie załamanej i obciążeniu naziomu w postaci prostokąta, trójkąta lub trapezu (rys. 3)



Rys. 2. Konstrukcja oporowa nachylona, naziom poziomy z różnymi trójkątnymi obciążeniami

Przedstawione na rysunkach 1 – 3 schematy obciążenia występują w praktyce budowy morskich i wodnych takich jak nabrzeża, obudowa klifów morskich, grobli morskich, kanałów, śluz itp. konstrukcji. W pracy podano rozwiązanie statyczne według teorii nośności granicznej. Obliczenia numeryczne przeprowadzono metodą charakterystyk. Celem ułatwienia analiz i umożliwienia korzystania z gotowych rozwiązań metodą charakterystyk w przypadku obciążeń nieciągłych podanych na rysunku 1 przyjmuje się, że stan parcia nie występuje wzdłuż odcinka OA_1 (a). Stan taki występuje jedynie wzdłuż ściany mu-

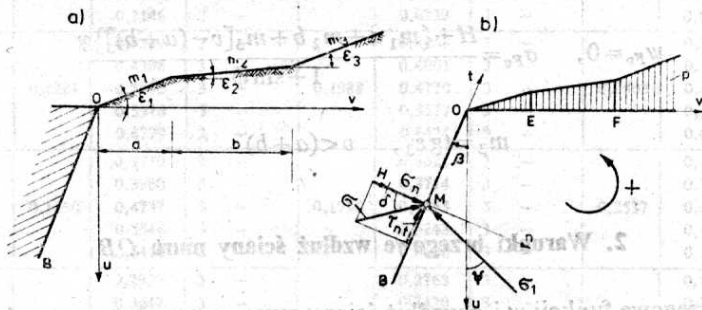


Rys. 3. Konstrukcja oporowa z załamaniem, naziom poziomy z obciążeniem prostokątnym, trójkątnym i trapezowym

ru oporowego OB i wewnątrz obszaru oddziałującego na tę ścianę. Należy zauważyć, że występujące wzdłuż naziomu nieciągłe obciążenie powoduje znaczną zmianę stanu naprężenia i odkształcenia w ośrodku gruntowym na skutek nieciągłych wartości brzegowych wzdłuż naziomu. Do rozwiązań zagadnienia parcia gruntu metodą różnic skończonych można wyznaczyć warunki brzegowe osobno dla każdego odcinka brzegu ośrodka z tym, że należy uwzględnić je jako całość do obliczenia parcia na mur oporowy. W przypadku podanym na rys. 2, wielkość p rozważano jako pionowe obciążenie równające się sumie ciężaru górnej warstwy gruntu. Obciążenia te są rozłożone nierównomiernie wzdłuż prostej Ov z tym, że pomija się składową styczną naprężenia działającą w każdym pionowym przekroju górnej warstwy gruntu. Do rozwiązania przypadków pokazanych na rys. 3 posłużyć się można metodą zaproponowaną przez autorów dla kątowych murów oporowych z uwzględnieniem przedziału ważności i schematów rozwiązania zagadnienia parcia. W niniejszej pracy podane będzie rozwiązanie dla schematu a z rys. 1 i schematu c z rys. 2.

2. Parcie gruntu na konstrukcję oporową przy załamaniu naziemie

Ogólny schemat rozwiązywanego w pracy zagadnienia podano na rys. 4a a jego schemat zastępczy na rys. 4b. Znaki dodatnie kątów przyjęto jako przeciwnie skierowane do kierunku ruchu wskazówek zegara. Kształt naziomu charakteryzuje się nachyleniem odcinków naziomu (zasypu) $m = \tan \varepsilon$ o szerokości a i b , przy czym ε przyjmuje kolejno wartości ε_1 , ε_2 , ε_3 . Parcie działające na sztywny mur oporowy pochodzące od zasypu naziomu o różnym nachyleniu zależy od tego nachylenia i długości odcinków a i b .



Rys. 4. Ogólny schemat naziomu (a). Schemat obciążenia zastępczego wzdłuż naziomu (b)

W proponowanym rozwiązaniu ciężar warstwy gruntu umieszczonej ponad poziomą osią Ov , przyjmuje się jako obciążenie trójkątne ciągłe z pominięciem składowej stycznej naprężenia wzdłuż osi Ov . W rozwiązaniu przyjmuje się, że grunt zalegający za murem oporowym zachowuje się jako ośrodek sztywno-plastyczny, nie wykazujący ani wzmocnienia ani osłabienia w czasie płynięcia plastycznego. Kryterium Coulomba opisujące stan statycznego płynięcia plastycznego jest spełnione w każdym punkcie tego ośrodka, przyjętego jako jednorodny i spoisty (γ , ϕ , c). Pole naprężenia w całym rozpatrywanym ośrodku opisuje się różniczkowym układem równań stanu granicznego, którego rozwiązanie, przy spełnieniu warunków brzegowych wzdłuż muru oporowego i naziomu, pozwala określić stan naprężenia w całym ośrodku i równocześnie wzdłuż muru oporowego, co w konsekwencji pozwala na wyznaczenie współczynnika parcia tego gruntu na ścianę OB muru oporowego.

2.1. Warunki brzegowe

1. Warunki brzegowe wzdłuż półprostej Ov (rys. 4b). Rozwiązując zagadnienie metodą różnic skończonych warunki brzegowe wyznacza się oddzielnie dla każdego odcinka brzegu OE , EF , Fv wzdłuż półprostej Ov (rys. 4b). Wielkości ψ i σ (gdzie ψ jest kątem nachylenia większej składowej naprężenia σ_1 z osią pionową Ou , a σ jest składową normalną naprężenia, rys. 4b) określone są następująco:

– wzdłuż odcinka OE

$$\psi_{OE} = 0, \quad \sigma_{OE} = \frac{H + m_1 \gamma v}{1 + \sin \phi} \quad (1)$$

gdzie:

$$H = c \operatorname{ctg} \phi, \quad 0 \leq v \leq a, \quad m_1 = \operatorname{tg} \varepsilon_1$$

- wzdłuż odcinka EF

$$\psi_{EF} = 0, \quad \sigma_{EF} = \frac{H + [m_1 a + m_2 (v - a)] \gamma}{1 + \sin \phi} \quad (2)$$

gdzie:

$$m_2 = \operatorname{tg} \varepsilon_2, \quad a < v \leq (a + b), \quad a \text{ i } b \text{ podano na rys. 4b}$$

- wzdłuż odcinka Fv

$$\psi_{Fv} = 0, \quad \sigma_{Fv} = \frac{H + \{m_1 a + m_2 b + m_3 [v - (a + b)]\} \gamma}{1 + \sin \phi} \quad (3)$$

gdzie:

$$m_3 = \operatorname{tg} \varepsilon_3, \quad v < (a + b)$$

2. Warunki brzegowe wzdłuż ściany muru OB

Warunki brzegowe funkcji ψ i σ wzdłuż ściany muru oporowego w zagadnieniu parcia wyznacza się z wzorów:

$$\psi_{OB} = \beta + \frac{1}{2}(\delta - \alpha) \quad (4)$$

$$\sigma_{02} = \sigma_{01} \exp [2(\psi_{02} - \psi_{01}) \operatorname{tg} \phi]$$

gdzie:

$$\alpha = \arcsin \frac{\sin \delta}{\sin \phi}$$

$\psi_{01}, \psi_{02}, \sigma_{01}, \sigma_{02}$ - wartości ψ i σ kolejno prawostronnej i lewostronnej granicy punktu O .

$$\psi_{01} = 0, \quad \psi_{02} = \psi_{OB}, \quad \psi_{01} = \frac{H}{1 + \sin \phi}$$

3. Przedział ważności rozwiązania

Opierając się na wzorach (1) - (4), którymi określano warunki brzegowe wzdłuż naziomu i ściany muru oporowego OB , poszukuje się krańcowych wartości kąta β nachylenia ściany, przy których ważny będzie przyjęty schemat rozwiązania zagadnienia parcia. Schemat rozwiązania z nieciągłości typu Prandtla istnieje w obszarze vOB (rys. 4) wtedy, jeżeli

$$\beta < \beta^* = \frac{1}{2}(\alpha - \delta) \quad (5)$$

gdzie: α i β określono we wzorze (4).

Z kolej schemat rozwiązania z linią nieciągłości naprężenia istnieje w obszarze vOB (rys. 4) dla

$$\beta^* \leq \beta < \beta^{**} = \frac{1}{2}\psi_{OB} + \frac{1}{2}\arccos(\sin \phi \cos \psi_{OB}) \quad (6)$$

Tablica 1

Wartości kąta β^* i β^{**} stanowiące granicę stosowania rozwiązania schematu o trzech i dwóch obszarach

$\phi(^{\circ})$	$\frac{\delta}{\phi}$	$\frac{1}{3}$			$\frac{1}{2}$			$\frac{2}{3}$		
		β^* [rad.]	β^{**} [rad.]	Schemat rozwiązania	β^* [rad.]	β^{**} [rad.]	Schemat rozwiązania	β^* [rad.]	β^{**} [rad.]	Schemat rozwiązania
10	-30		0,3843	3 obszary		0,3498	3 obszary		0,3110	3 obszary
	-20		0,4632	3 -		0,4278	3 -		0,3879	3 -
	-10	0,1416	0,5444	3 -	0,2193	0,5080	3 -	0,3080	0,4669	3 -
	0		0,6282	3 -		0,5906	3 -		0,5483	3 -
	10		0,7146	2 -		0,6759	3 -		0,6322	3 -
15	-30		0,3559	3 -		0,3265	3 -		0,2931	3 -
	-20		0,4308	3 -		0,4001	3 -		0,3652	3 -
	-10	0,1281	0,5093	3 -	0,1988	0,4770	3 -	0,2805	0,4406	3 -
	0		0,5916	3 -		0,5577	3 -		0,5195	3 -
	10		0,6779	2 -		0,6424	3 -		0,6023	3 -
20	-30		0,3270	3 -		0,3021	3 -		0,2736	3 -
	-20		0,3980	3 -		0,3714	3 -		0,3412	3 -
	-10	0,1150	0,4737	3 -	0,1790	0,4453	3 -	0,2537	0,4131	3 -
	0		0,5546	3 -		0,5243	3 -		0,4898	3 -
	10		0,6410	2 -		0,6086	3 -		0,5719	3 -
25	-30		0,2977	3 -		0,2768	3 -		0,2528	3 -
	-20		0,3647	3 -		0,3420	3 -		0,3160	3 -
	-10	0,1023	0,4377	3 -	0,1598	0,4129	3 -	0,2275	0,3846	3 -
	0		0,5173	3 -		0,4920	3 -		0,4595	3 -
	10		0,6040	2 -		0,5746	2 -		0,5411	3 -
30	-30		0,2680	3 -		0,2508	3 -		0,2309	3 -
	-20		0,3310	3 -		0,3119	3 -		0,2898	3 -
	-10	0,0901	0,4013	3 -	0,1411	0,3799	3 -	0,2021	0,3553	3 -
	0		0,4797	3 -		0,4559	3 -		0,4284	3 -
	10		0,5669	2 -		0,5405	2 -		0,5099	3 -
35	-30		0,2382	3 -		0,2243	3 -		0,2080	3 -
	-20		0,2971	3 -		0,2812	3 -		0,2627	3 -
	-10	0,0783	0,3646	3 -	0,1232	0,3463	3 -	0,1775	0,3251	3 -
	0		0,4419	3 -		0,4210	3 -		0,3967	3 -
	10		0,5297	2 -		0,5061	2 -		0,4785	3 -

Schemat rozwiązania z jednym obszarem rozwiązania w obszarze vOB ważny jest przy warunku:

$$\beta > \beta^{**}. \quad (7)$$

Wartości liczbowe kątów β^* i β^{**} w radianach uzyskane z obliczeń numerycznych dla następujących danych:

$$\phi = 10^{\circ}, 15^{\circ}, 20^{\circ}, 25^{\circ}, 30^{\circ}, 35^{\circ}, \quad \varepsilon = 0, \quad \delta = \frac{1}{3}\phi, \frac{1}{2}\phi, \frac{2}{3}\phi,$$

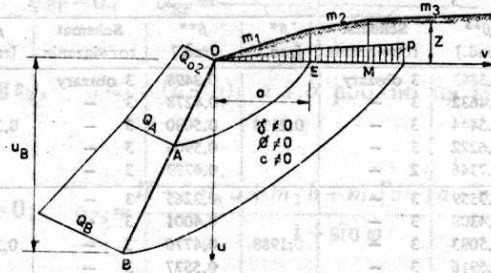
$$\beta = -30^{\circ}, -20^{\circ}, -10^{\circ}, 0^{\circ}, +10^{\circ}$$

podano w tablicy 1.

4. Rozwiązanie numeryczne zagadnienia parcia gruntu spoistego

Celem rozwiązań numerycznych jest uzyskanie rozkładu naprężenia (składowych stycznych i normalnych) działającego na ścianę muru oporowego oraz wyznaczenie współczynnika parcia gruntu na tę ścianę. Do obliczeń przyjęto grunt jednorodny i izotropowy

charakteryzujący się ciężarem objętościowym γ , kątem tarcia wewnętrznego ϕ , spójnością c i kątem tarcia gruntu o ścianę oporową δ . Schemat przyjętego ośrodka podano na rys. 5, z tym, że do rozwiązań numerycznych zastąpiono ciężar gruntu występujący ponad osią Ov

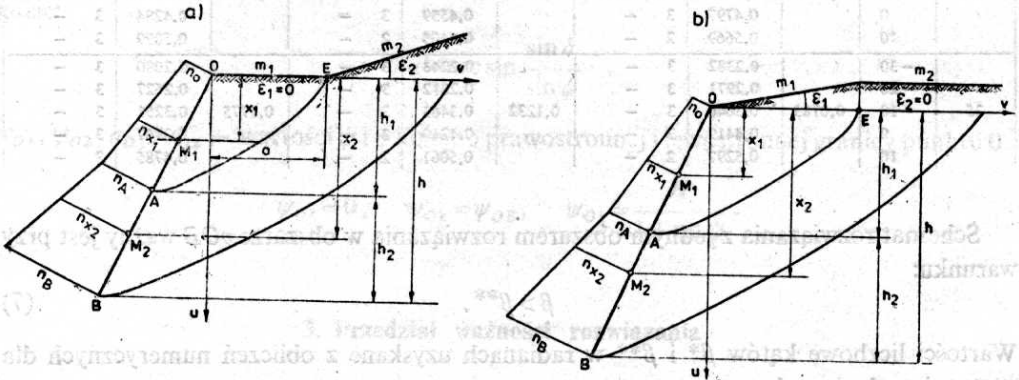


Rys. 5. Schemat oznaczeń

obciążeniem nierównomiernie rozłożonym: $p = \gamma z$, gdzie z – wysokość warstwy gruntu ponad punktem M . Rozwiązanie numeryczne przeprowadzono w zmiennych bezwymiarowych:

$$u' = \frac{\gamma}{H} u, \quad v' = \frac{\gamma}{H} v, \quad \sigma' = \frac{\sigma}{H}, \quad \psi' = \psi \quad (8)$$

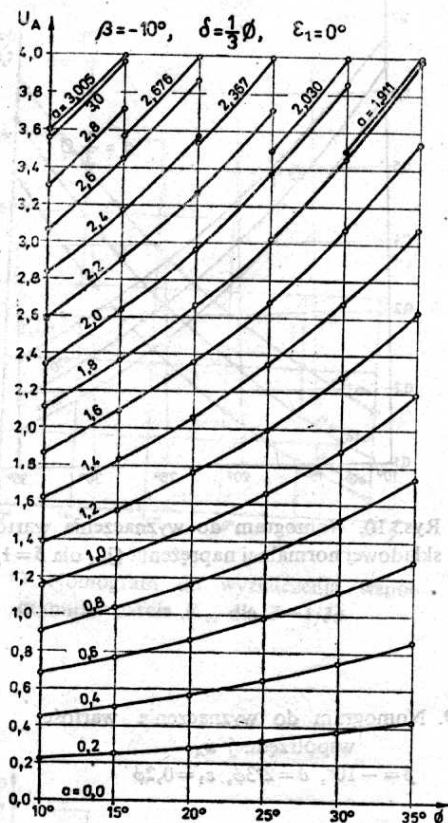
i przy wykorzystaniu kryterium Coulomba uplastycznienie gruntu: $\tau_{nz} = (\sigma_n + H) \operatorname{tg} \phi$. Obliczenia przeprowadzono na maszynie cyfrowej typu RIAD wg programu napisanego w języku



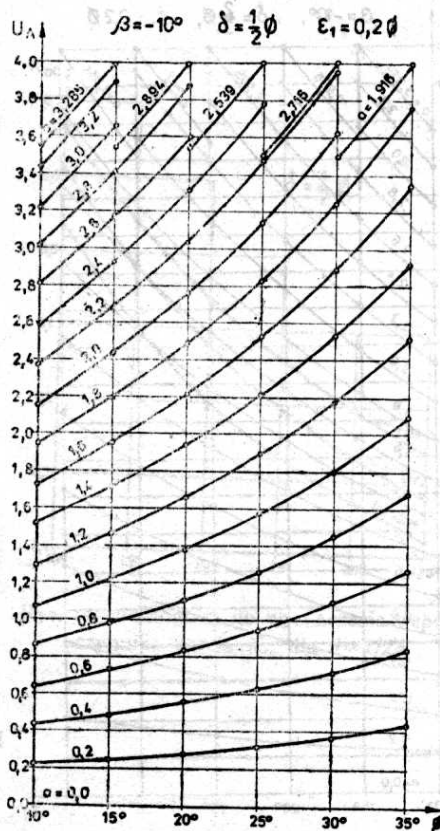
Rys. 6. Schemat wyznaczania parcia gruntu działającego na konstrukcję oporową o załamany naziemie

Fortran. Uzyskane wyniki obliczeń wykazały, że rozkład naprężenia wzdłuż ściany oporowej ma kształt linii załamanej składającej się z kilku odcinków krzywoliniowych. Liczba odcinków tego rozkładu równa jest liczbie odcinków załamanej linii naziomu. Do praktycznych obliczeń, krzywoliniowe rozkłady naprężenia zastąpiono odcinkami prostymi, co pozwala w prosty sposób ustalić współczynniki parcia gruntu wzdłuż ściany muru oporowego OB . Współczynnik parcia wzdłuż odcinka ściany oporowej OA :

$$K_{a1} = \frac{Q_A - Q_{O2}}{u_A} \cos \beta \quad (9)$$



Rys. 7. Nomogram do wyznaczenia wartości współrzędnej u_A
 $\beta = -10^\circ$, $\delta = 1/3\phi$, $\varepsilon_1 = 0^\circ$



Rys. 8. Nomogram do wyznaczenia wartości współrzędnej u_A
 $\beta = -10^\circ$, $\delta = 1/2\phi$, $\varepsilon_1 = 0,2\phi$

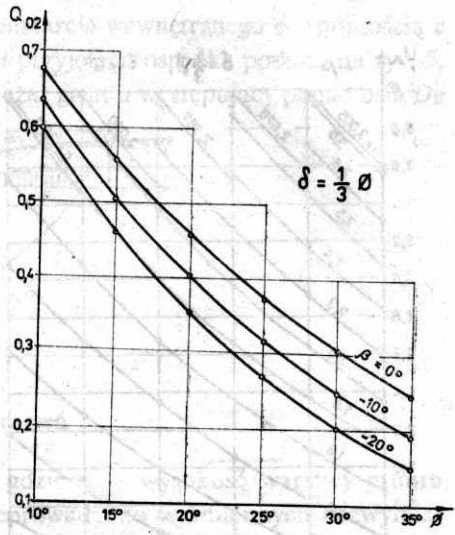
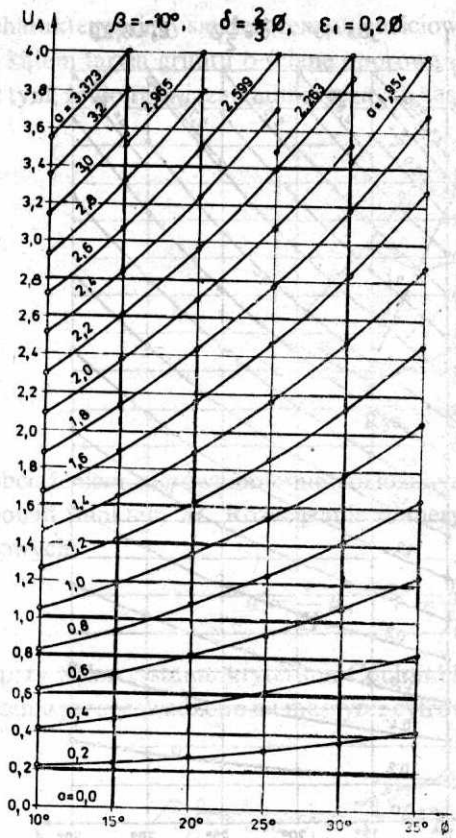
a wzdłuż odcinka AB :

$$K_{a2} = \frac{Q_B - Q_A}{u_B - u_A} \cos \beta \quad (10)$$

gdzie: Q_{O2} , Q_A , Q_B – składowe normalne naprężenia w lewostronnej granicy punktu O i w punktach A i B .

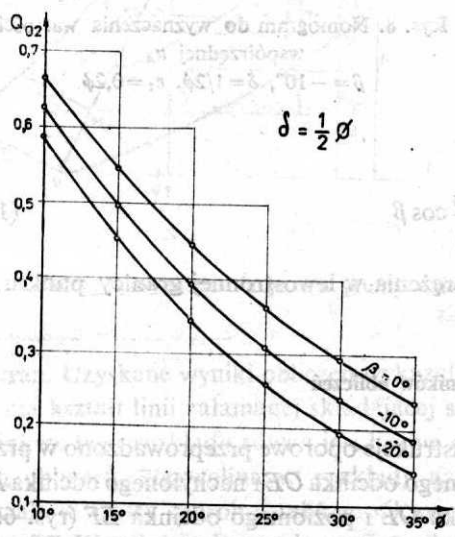
4.1. Zestawienie wyników obliczeń

Obliczenie parcia gruntu działającego na konstrukcje oporowe przeprowadzono w przypadku, gdy załamany naziom składa się z poziomego odcinka OE i nachylnego odcinka EF (rys. 6a) oraz w przypadku nachylnego odcinka OE i poziomego odcinka EF (rys. 6b). W obliczeniach numerycznych przyjęto współrzędną punktu B równą $u_B = 4$ (w zmiennych bezwymiarowych) co daje w zmiennych wymiarowych w przypadku $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 20^\circ$ i $c = 10 \text{ kN/m}^3$, $u_B = 6,12 \text{ m}$.

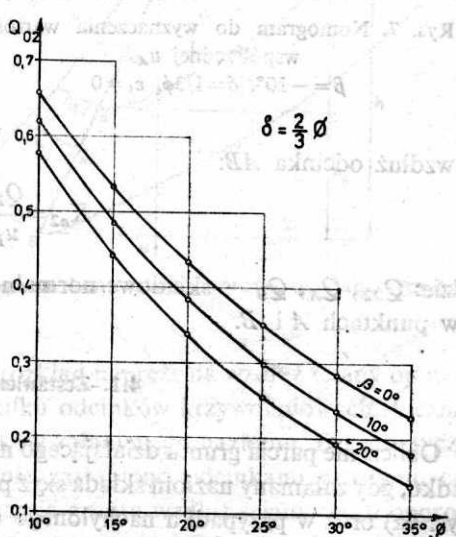


Rys. 10. Nomogram do wyznaczenia wartości składowej normalnej naprężenia Q_{02} dla $\delta = 1/3\phi$

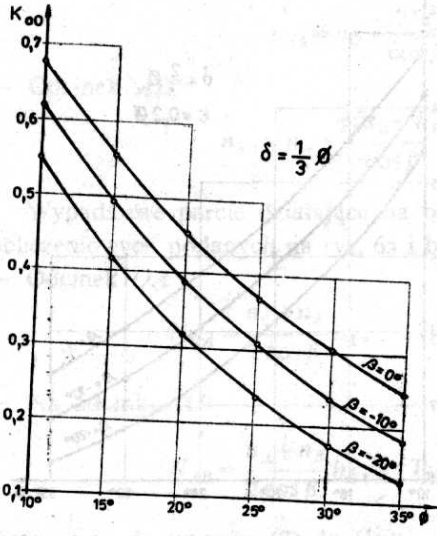
Rys. 9. Nomogram do wyznaczenia wartości współrzędnej u_A
 $\beta = -10^\circ, \delta = 2/3\phi, \epsilon_1 = 0,2\phi$



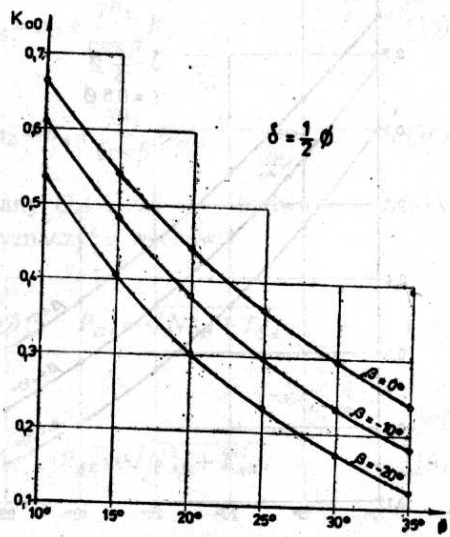
Rys. 11. Nomogram do wyznaczenia wartości składowej normalnej naprężenia Q_{02} dla $\delta = 1/2\phi$



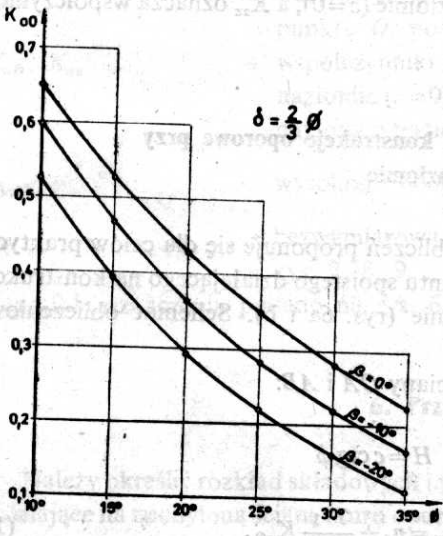
Rys. 12. Nomogram do wyznaczenia wartości składowej normalnej naprężenia Q_{02} dla $\delta = 2/3\phi$



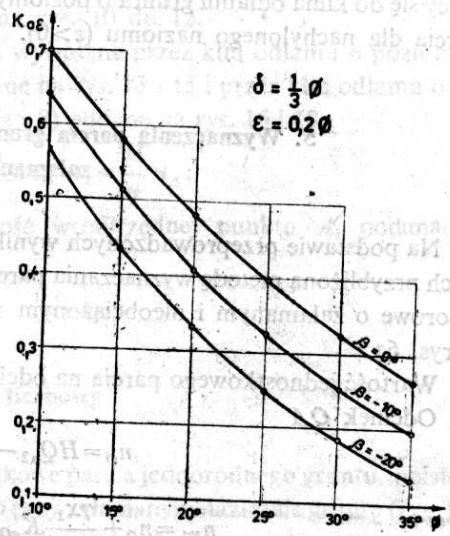
Rys. 13. Nomogram do wyznaczenia współczynnika parcia K_{oo} dla $\delta = 1/3\phi$



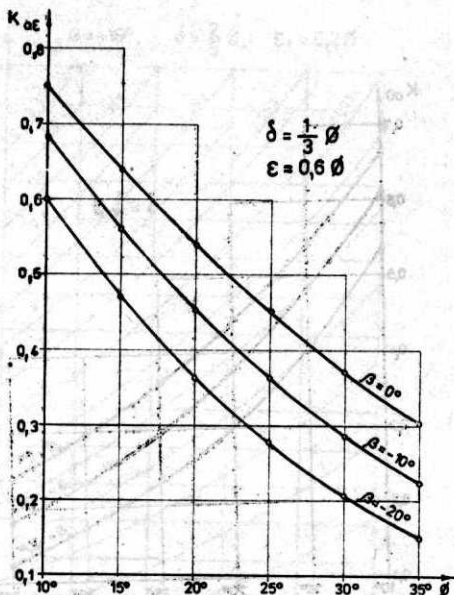
Rys. 14. Nomogram do wyznaczenia współczynnika parcia K_{oo} dla $\delta = 1/2\phi$



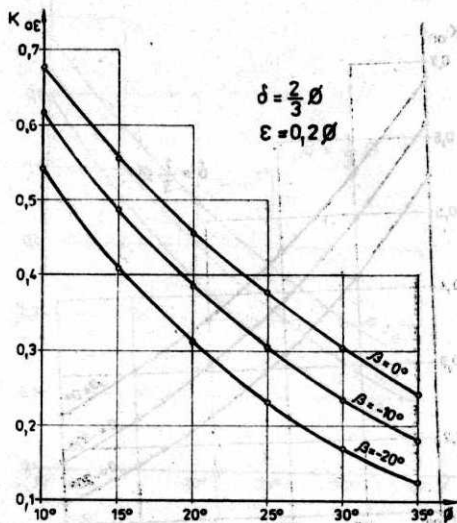
Rys. 15. Nomogram do wyznaczenia współczynnika parcia K_{oo} dla $\delta = 2/3\phi$



Rys. 16. Nomogram do wyznaczenia współczynnika parcia K_{oo} dla $\delta = 1/3\phi$ i $\epsilon = 0,2\phi$



Rys. 17. Nomogram do wyznaczenia współczynnika K_{oe} dla $\delta = 1/2\phi$ i $\epsilon = 0,6\phi$



Rys. 18. Nomogram do wyznaczenia współczynnika K_{oe} dla $\delta = 2/3\phi$ i $\epsilon = 0,2\phi$

Na rysunkach 7 do 9 podano przykładowo niektóre nomogramy do wyznaczenia współrzędnej u_A w funkcji parametrów ϕ , δ , β i a , a na rys. 10 do 18 niektóre nomogramy do wyznaczenia wielkości Q_{o2} , K_{ao} i K_{ae} . K_{ao} oznacza współczynnik parcia gruntu odnoszący się do klina odłamu gruntu o poziomym naziomiu ($\epsilon = 0$), a K_{ae} oznacza współczynnik parcia dla nachylonego naziomiu ($\epsilon > 0$).

5. Wyznaczenia parcia gruntu na konstrukcje oporowe przy załamanym naziomiu

Na podstawie przeprowadzonych wyników obliczeń proponuje się dla celów praktycznych przybliżoną metodę wyznaczania parcia gruntu spoiстого działającego na konstrukcje oporowe o załamanym i nieobciążonym naziomiu (rys. 6a i b). Schemat obliczeniowy z rys. 6a.

Wartość jednostkowego parcia na odcinku ściany OA i AB :

– Odcinek OA

$$n_o = HQ_{o2} - H, \quad H = c \operatorname{ctg} \phi$$

$$n_{x1} = n_o + \frac{\gamma x_1}{\cos \beta} K_{ao}, \quad n_A = n_o + \frac{\gamma h_1}{\cos \beta} K_{ao}. \quad (11)$$

– Odcinek AB

$$n_{x2} = n_A + \frac{\gamma(x_2 - h_1)}{\cos \beta} K_{ae}, \quad n_B = n_A + \frac{\gamma h_2}{\cos \beta} K_{ae}. \quad (12)$$

Schemat obliczeniowy z rys. 6b

– Odcinek OA

$$n_{x1} = n_o + \frac{\gamma x_1}{\cos \beta} K_{ae}, \quad n_A = n_o + \frac{\gamma h_1}{\cos \beta} K_{ae}. \quad (13)$$

– Odcinek AB

$$n_{x2} = n_A + \frac{\gamma(x_2 - h_1)}{\cos \beta} K_{a0}, \quad n_B = n_A + \frac{\gamma h_1}{\cos \beta} K_{a0}. \quad (14)$$

Wypadkowe parcie działające na odcinek ściany OA i AB dla obydwu schematów obliczeniowych podanych na rys. 6a i b można wyznaczyć z wzorów:

– Odcinek OA

$$N_{OA} = \frac{n_o + n_A}{2 \cos \beta} h_1, \quad T_{OA} = N_{OA} \operatorname{tg} \delta, \quad P_{OA} = \sqrt{N_{OA}^2 + T_{OA}^2} \quad (15)$$

– Na odcinku AB

$$N_{AB} = \frac{n_A + n_B}{2 \cos \beta} h_2, \quad T_{AB} = N_{AB} \operatorname{tg} \delta, \quad P_{AB} = \sqrt{N_{AB}^2 + T_{AB}^2}. \quad (16)$$

Oznaczenia do wzorów (8) do (16):

- n_o, n_A, n_B – wartości parcia jednostkowego kolejno w punkcie O, A, B .
- n_{x1}, n_{x2} – wartości parcia jednostkowego w dowolnym punkcie M leżącym kolejno wzdłuż odcinka OA i AB ,
- $N_{OA}, N_{AB}, T_{OA}, T_{AB}$ – składowe normalne i styczne parcie działające na odcinki ściany OA i AB
- Q_{O2} – wartość składowej normalnej naprężenia w lewostronnej granicy punktu O , podana na rys. 10 do 12,
- K_{a0}, K_{ae} – współczynniki parcia wywołane przez klin odłamu o poziomym naziomiu ($\varepsilon=0$) podane na rys. 13 - 15 i przez klin odłamu o nachylonym naziomiu ($\varepsilon>0$) podane na rys. 16 i 18.
- h_1 – wysokość odcinka OA , $h_1 = \frac{H}{\gamma} u_A$,
- u_A – bezwymiarowa wartość współrzędnej punktu A , podana na rys. 7, 8, 9.

Pozostałe oznaczenia podano na rys. 6.

6. Przykład liczbowy

Należy określić rozkład składowych i wypadkowe parcia jednorodnego gruntu spoistego działające na nachyloną ścianę muru oporowego przy załamany naziomie gruntu (rys. 19).

Przyjęte parametry geotechniczne zasypu gruntowego:

ciężar objętościowy gruntu: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

spójność gruntu: $c = 10 \text{ kN/m}^2$

kąt tarcia wewnętrznego: $\phi = 20^\circ$

Parametry kształtu naziomu:

szerokość poziomego ($\varepsilon_1=0$) odcinka naziomu: $a=2\text{ m}$

kąt nachylenia nachylonego odcinka naziomu: $\varepsilon_2=12^\circ$

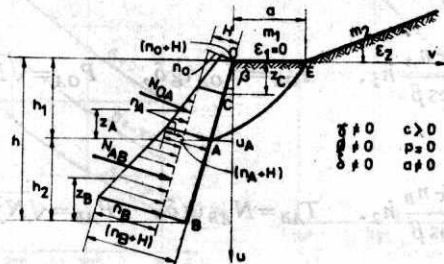
Parametry ściany muru oporowego:

wysokość ściany muru oporowego $h=6\text{ m}$

kąt nachylenia ściany muru oporowego $\beta=-10^\circ$

kąt tarcia między ścianą oporową a gruntem $\delta=1/3\phi$

Schemat obliczenia podano na rys. 19.



Rys. 19. Schemat obliczenia parcia gruntu o załamany naziemie

Korzystając z nomogramów podanych na rys. 10, 13 i 17 dla danych podanych wyżej odczytuje się:

$$Q_{02}=0,4025, \quad K_{a0}=0,3907, \quad K_{a2}=0,4520$$

6.1. Określenie wysokości h_1 i h_2

$h_1 = \frac{H}{\gamma} u_A$, gdzie u_A – współrzędna punktu w zmiennych bezwymiarowych.

Wartość bezwymiarowej szerokości a :

$$a = \frac{\gamma}{H} a' = \frac{\gamma a'}{c \operatorname{ctg} \phi} = \frac{18,2}{10 \operatorname{ctg} 20^\circ} = 1,310.$$

Z nomogramu podanego na rys. 7 odczytuje się:

$$u_A = 1,928$$

stąd

$$h_1 = \frac{H u_A}{\gamma} = \frac{c \operatorname{ctg} 20^\circ u_A}{\gamma} = \frac{10 \cdot 2,7475 \cdot 1,928}{18} = 2,943 \text{ m}$$

$$h_2 = h - h_1 = 6,0 - 2,943 = 3,057 \text{ m}$$

6.2. Obliczenie wielkości n_o , n_A i n_B

$$n_o = HQ_{O2} - H = 27,4748 \cdot 0,4025 - 27,4748 = -16,411 \text{ kN/m}^2$$

$$n_A = n_o + \frac{\gamma h_1}{\cos \beta} K_a^{OA} = -16,411 + \frac{18 \cdot 2,943}{\cos(-10^\circ)} 0,3907 = 4,605 \text{ kN/m}^2$$

$$n_B = n_A + \frac{\gamma h_2}{\cos \beta} K_a^{AB} = 4,605 + \frac{18 \cdot 3,057}{\cos(-10^\circ)} 0,4520 = 29,861 \text{ kN/m}^2$$

6.3. Obliczenie składowych parcia gruntu N_{OA} , T_{OA} , oraz parcia wypadkowego P_{OA} .

$$z_c = \frac{(H - Q_{O2}H) \cos \beta}{\gamma K_a^{OA}} = 2,299 \text{ m}$$

$$N_{OA} = \frac{n_A(h_1 - z_c)}{2 \cos \beta} = \frac{4,605(2,943 - 2,299)}{2 \cdot 0,984} = 1,506 \text{ kN/m}$$

$$T_{OA} = N_{OA} \operatorname{tg} \delta = 1,506 \operatorname{tg}(\frac{1}{3}20^\circ) = 1,506 \cdot 0,1169 = 0,176 \text{ kN/m}$$

$$P_{OA} = \sqrt{N_{OA}^2 + T_{OA}^2} = \sqrt{1,506^2 + 0,176^2} = 1,516 \text{ kN/m}$$

6.4. Obliczenie składowych parcia N_{AB} , T_{AB} i wypadkowej parcia P_{AB} .

$$N_{AB} = \frac{(n_B + n_A) h_2}{2 \cos \beta} = \frac{(29,861 + 4,605)}{2 \cdot 0,9848} 3,057 = 53,494 \text{ kN/m}$$

$$T_{AB} = N_{AB} \operatorname{tg} \delta = 53,494 \operatorname{tg}(\frac{1}{3}20^\circ) = 53,494 \cdot 0,1169 = 6,253 \text{ kN/m}$$

$$P_{AB} = \sqrt{53,494^2 + 6,253^2} = 53,858 \text{ kN/m}$$

6.5. Określenie położenia składowych parcia N_{OA} i N_{AB}

$$Z_A = \frac{h_1 - z_c}{3} = \frac{2,943 - 2,299}{3} = 0,215 \text{ m}$$

$$Z_B = \frac{2n_A + n_B}{n_A + n_B} \frac{h_2}{3} = \frac{2 \cdot 4,605 + 29,861}{4,605 + 29,861} \frac{3,057}{3} = 1,155 \text{ m}$$

Uzyskany rozkład parcia podano na rys. 19.

LITERATURA

1. CAO VAN CHI: Stateczność kątowych murów oporowych. Praca doktorska, Instytut Budownictwa Wodnego PAN, Gdańsk 1973.
2. E. DEMBICKI: Stany graniczne gruntów. Teoria i zastosowania. Wyd. GTN, Gdańsk 1970.
3. E. DEMBICKI: Poussée, butée et la portance des sols. Ed. Cebedoc, Lavoisier, Liège-Paris, 1982.
4. W. W. SOKOŁOWSKI: Statyka sypuczej sriedy. Moskwa 1960.

Special cases of calculations earth pressure on retaining structures

Summary

In the paper the practical equations and some monographs to calculate components of earth pressure of cohesive (γ , ϕ , c), homogeneous soil acting on the rigid retaining structures with the refracted surcharge loading are given. The solution is based on the static equations of the limiting state in soil given by Sokolowski. Three schemes of solutions were developed, discontinuity of Prandtl type, discontinuity line of stress and continuity solution. An example of pressure calculation is enclosed.

Специальные случаи расчета давления грунта на опорные конструкции

Содержание

Приводятся практические формулы и некоторые номограммы служащие для определения составляющих давления связного однородного грунта (γ , ϕ , c), действующего на жесткие опорные конструкции с преломленным наездом нагрузки. Решение основано на уравнениях статического предельного состояния в грунте, записанных Соколовским. Рассмотрены три схемы решения хватаывающие: разрыв типа Прандтля, линия разрыва напряжения и непрерывность решения. Приведен численный пример расчета давления.

- ЛІТЕРАТУРА
1. CAO VAN CHI, DEMBICKI, E. "Dynamical earth pressure on retaining structures", *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 1, No. 1, 1973.
 2. E. DEMBICKI, "The earth pressure on retaining structures", *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 1, No. 1, 1973.
 3. E. DEMBICKI, "The earth pressure on retaining structures", *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 1, No. 1, 1973.
 4. W. W. SOKOLOWSKI, *Statika sprężonej ziemi*, Moskwa 1960.