

Mirosław KUGIEL
KWK „Wesoła”, Mysłówice
Mirosław CHUDEK
Politechnika Śląska, Gliwice

OCHRONA ŚRODOWISKA PRZED OSUWISKAMI ZBOCZY OBIEKTAMI TYPU PUNKTOWEGO

Streszczenie. W pracy scharakteryzowano jeden ze sposobów stabilizacji zboczy podatnych na osuwiska.

ENVIRONMENT PROTECTION FROM LANDSLIDES OF SLOPES BY POINT TYPE OBJECTS

Summary. In the paper was characterized one of method of stabilization of slopes susceptible to landslide.

1. Wymagania do projektowania przeciwosuwiskowych obiektów typu punktowego

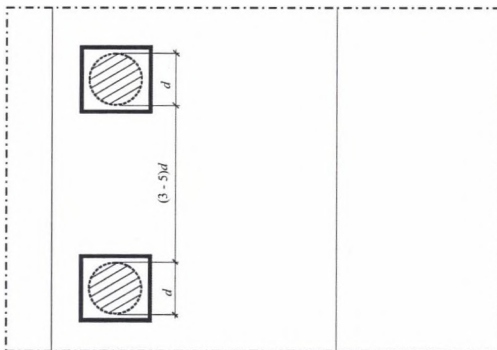
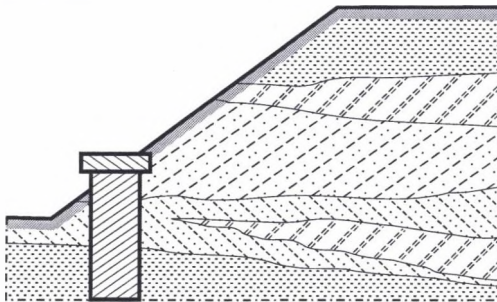
Do podtrzymujących antyosuwiskowych obiektów zalicza się obiekty, przejmujące ciśnienie osuwiskowe osuwających się lub skłonnych do osunięć mas gruntowych i zabezpieczających stateczność całego masywu osuwiskowego lub jego części, usytuowanej powyżej podtrzymującego obiektu (rys. 1).

Przy projektowaniu podporowych i podtrzymujących obiektów należy zapewnić ich niezawodność odpowiednią do klasy obiektu. Klasa obiektu podporowego określana jest według klasy obiektów zlokalizowanych w strefie przemieszczeń gruntu. Jeśli jakkolwiek awaria obiektu może mieć katastroficzne skutki lub podczas niej może ucierpieć ludność, to obiekt należy zaliczyć do pierwszej klasy ważności.

W przypadku obecności lub możliwości przedostawania się do gruntu, w którym znajduje się obiekt, wód agresywnych należy przewidywać profilaktykę przeciwko ośrodkowi agresywnemu i stosować do jego wznoszenia cementy odporne na siarczany i odczyny alkaliczne.

Pale wiercone obiektów antyosuwiskowych należy wykonywać bez poszerzania stopy z ześrodkowanym zbrojeniem (koncentracją wzdłużnego roboczego zbrojenia w strefach, gdzie występują największe siły ściskające i rozrywające), a także z nierównomiernym zbrojeniem wzdłuż otworu – częściowo skróconymi żerdziami szkieletów obudowy odpowiednio z krzywymi momentów zginających.

Pale wiercone obiektów podporowych mogą być łączone za pomocą rusztu lub bez niego. W zależności od charakteru połączenia z rusztem dzieli się je na sztywne – przy zakleszczeniu pala w ruszcie i podatne – przy przegubowym połączeniu pali z rusztem. Konstrukcja połączeń pali z rusztem jest dobierana w zależności od charakteru i wielkości działających obciążeń, liczby rzędów pali w kierunku działania siły. Przy jednym rzędzie pali w kierunku działania obciążenia konstrukcja połączenia pali z rusztem praktycznie nie wykazuje wpływu na pracę obiektu podporowego.



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia pali wierconych
Fig. 1. Schem of arrangement of drilling pile

W celu zmniejszenia sił w palach i poziomych przemieszczeń obiektów podporowych zaleca się stosować sztywne połączenia pali z rusztem. Długość mocowania zbrojenia pali z rusztem przy sztywnym połączeniu określa się obliczeniowo i powinna wynosić nie mniej jak 25 cm przy przegubowym połączeniu i $25d$ przy połączeniu sztywnym, gdzie d - średnica łączonego roboczego zbrojenia wzdłużnego. Przekrój i zbrojenie rusztu określa się według wymagań konstrukcyjnych oraz obliczeniowo. Odległość od brzegu rusztu do krawędzi pala winna być nie mniejsza niż 5 cm, a długość połączenia pala w ruszcie nie mniej niż 10 cm.

Przy wyborze średnicy pala, sposobu i procentu jego zbrojenia należy brać pod uwagę działające obciążenia, konstrukcję obiektu i warunki hydrogeologiczne. Do wykonania pali wierconych należy używać betonu marki B20-B30, do zbrojenia wzdłużnego ze stali.

Podporowe antyosuwiskowe objekty w postaci pali wierconych powinny być projektowane na bazie szczegółowo przeprowadzonych kompleksowych, inżyniersko-geologicznych i hydrogeologicznych poszukiwań, a także badań własności mechanicznych gruntów zbcocy o przewidywanych skłonnościach do osunięć.

Własności mechaniczne gruntów nasypanych, stykających się z obiektem podporowym, należy określać według ich nienaruszonej struktury. Głębokość wiercenia otworów w gruntach nieskalnych należy wyznaczyć poniżej projektowej głębokości stóp pala nie mniej niż 3 m.

Przy oparciu pala na gruncie skalnym lub utwierdzeniu go w tym gruncie głębokość otworów powinna być określona nie mniej jak 1 m poniżej stopy pala. W przypadku występowania w gruncie przewarstwień gruntu nieskalnego lub innych lokalnych osłabień liczba i głębokość otworów określana jest po przeprowadzeniu robót poszukiwawczych, uwzględniających specyfikę warunków inżyniersko-geologicznych.

Normatywne i obliczeniowe charakterystyki gruntów należy określać w stanie naturalnym (nienaruszonym) i przy pełnym nasyceniu wodnym. Obliczenia obiektów podporowych należy przeprowadzać według stanów granicznych grupy pierwszej i drugiej na maksymalne ciśnienie gruntu, które może powstać w okresie wznoszenia i eksploatacji, a także procesu strumienia osuwiskowego masywu gruntowego w zbcoczach.

Wytrzymałość obiektów podporowych winna spełniać warunek:

$$M \leq M_p; \quad Q \leq Q_p, \quad (1)$$

gdzie: M i Q – odpowiednio moment i siła poprzeczna, działające na rozpatrywany przekrój,

M_p i Q_p – odpowiednio moment i siła poprzeczna, możliwe do przyjęcia przez rozpatrywany przekrój.

2. Metodyka obliczeń kolumny giętego pala, utrzymującego stateczność masywu zbrocza

Określenie warunków granicznych w przekroju normalnym do osi wzdłużnej pala przeprowadza się wychodząc z następujących przesłanek:

- wytrzymałość na rozciąganie betonu jest równa zero,
- naprężenia w betonie strefy zaciśniętej rozkłada się równomiernie i określane jest przez R_{pr} ,
- naprężenie rozciągające i ściskające we wzdłużnym zbrojeniu określane jest jako R_a i $R_{a.c}$.

Obliczenia powinny być przeprowadzone na podstawie warunku (1), a wartość M_p określamy według wzoru:

$$M_p = R_{pr,\tau} \cdot S_b' + R_{a.c} \cdot S_a'' + R_a \cdot S_a, \quad (2)$$

gdzie: R_{pr} - obliczeniowa wytrzymałość słupowa betonu w rozpatrywanym przedziale czasowym t dla wartości granicznych grupy pierwszej,

S_b' ; S_a'' ; S_a - momenty statyczne względem powierzchni betonu w strefie ściskania, rozciągniętego i ściśniętego zbrojenia względem linii zerowej,

R_a i $R_{a.c}$ - obliczeniowa wytrzymałość zbrojenia odpowiednio na rozciąganie i ściskanie dla stanów granicznych grupy pierwszej.

Wartość $R_{pr,\tau}$ w czasie τ określamy według wzoru:

$$R_{pr,\tau} = 0,69 \cdot R_{pr} \cdot m_{b1} \cdot m_{b2} \cdot m_{b3} \cdot lgt, \quad (3)$$

gdzie: R_{pr} - obliczeniowa wytrzymałość słupowa betonu po 28 dniach dla wartości granicznych grupy pierwszej; przyjmuje się ją z norm dla betonu i żelbetu,

m_{b1} - współczynnik uwzględniający czas występowania obciążenia: $m_{b1} = 0,85$ dla $t \geq 50$ dób i z uwzględnieniem obciążeń stałych i długotrwałych,

$m_{b1} = 1,0$ dla $t \leq 50$ dób.; $m_{b1} = 1,1$ przy krótkotrwałych obciążeniach, których sumaryczny czas jest mały lub obciążeń szczególnych, nie wywołanych odkształceniami powierzchni ziemi,

m_{b2} - współczynnik uwzględniający pale betonowe usytuowane pionowo $m_{b2} = 0,85$,

m_{b3} - współczynnik uwzględniający sposób wykonania pali wierconych: $m_{b3} = 1,0$ przy gruntach gliniastych, których konsystencja umożliwia wykonywanie odwierów i betonowania bez wykonywania obudowy ścianek; $m_{b3} = 0,9$ przy gruntach, dla których wzmocnienie ścianek podczas wiercenia i betonowania wykonuje się za pomocą rur obsadowych i gdy w otworach nie występuje woda (tj. przy suchym betonowaniu); $m_{b3} = 0,8$ tak jak powyżej w przypadku betonowania pod wodą;

$m_{b3} = 0,7$ przy gruntach, w których ścianki otworu przy wierceniu i betonowaniu utrzymują się za pomocą zawiesziny gliniastej (przy wykonywaniu robót w zawieszinie gliniastej),

t – czas określany w dobach od wylania betonu do momentu przyłożenia obciążenia,

l_{gt} – przyjmuje się równe 2,6.

Wartość S'_b określamy według wzoru:

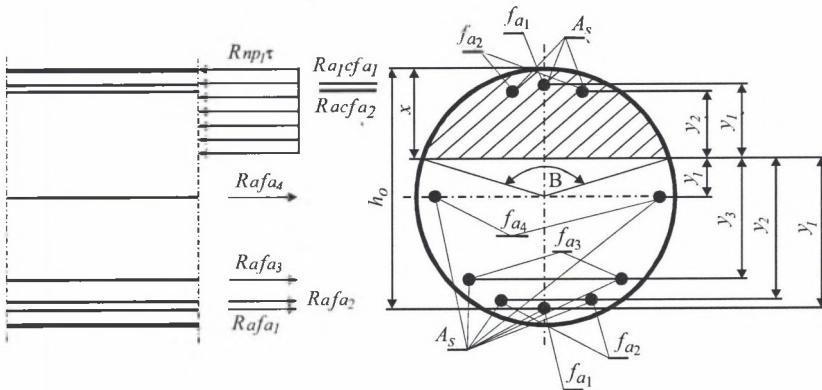
$$S'_b = r^3 \cdot u, \tag{4}$$

gdzie: r – promień poprzecznego przekroju pała,

u – wartość określana według wzoru:

$$u = \sin\beta - \frac{\sin^3\beta}{3} - \beta\cos\beta, \tag{5}$$

gdzie: β – połowa mniejszego kąta, utworzonego dwoma promieniami, odniesionymi od środka do dwóch skrajnych punktów zaciśniętej strefy przekroju (rys. 2).



Rys. 2. Układ sił i wykres naprężeń w przekroju prostopadłym do zginanej osi wzdłużnej pała wierconego przy obciążeniach jego wytrzymałości

Fig.2. Configuration of forces and graph of stresses in cross-section of drilling pile, at strength calculation

Wartości S'_a i S_a określamy wzorami:

$$S_a = \sum_{i=1}^n f_{ai} \cdot y_{ai}; \quad S'_a = \sum_{i=1}^n f'_{ai} \cdot y'_{ai}, \tag{6}$$

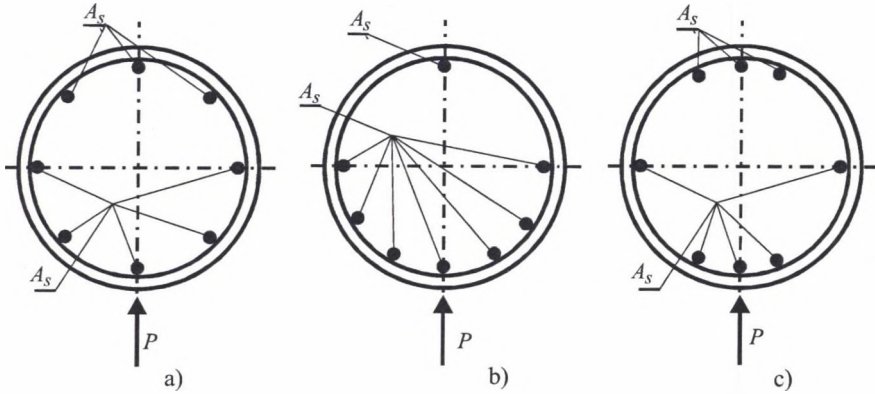
gdzie: f_{ai}, f'_{ai} - powierzchnie, odpowiednio, rozciąganych i ściskanych prętów zbrojenia,

y_{ai}, y'_{ai} - najmniejsza odległość od odpowiednich rozciągniętych i ściśniętych prętów zbrojenia do linii zerowej.

Powierzchnię ściśniętej strefy betonu F_b określa się w zależności od sposobu zbrojenia:

- dla pali ze zbrojeniem ześrodkowanym niesymetrycznym (rys. 3b) i równomiernie rozmieszczonym (rys. 3a):

$$F_b = \frac{R_a \cdot A_s - R_{a.c} \cdot A'_s}{R_{pr.r}} \quad (7)$$



Rys. 3. Przekroje zbrojenia wzdłużnego pali wierconych; a) rozmieszczenie równomierne, b) skupione niesymetryczne, c) skupione symetryczne

Fig. 3. Cross-section of reinforcement drilling pile; a) uniform arrangement, b) concentrated asymmetrical, c) concentrated symmetrical

- dla pali z ześrodkowanym symetrycznym (rys. 3) zbrojeniem:

$$F_b = \frac{R_a \cdot A_s - 0,5R_{a.c} \cdot A'_s}{R_{pr.r}} \quad (8)$$

Powierzchnia ściśniętej strefy betonu, określona według wzoru (7) i (8), nie powinna przekraczać połowy powierzchni przekroju poprzecznego elementu, tj. wartości $\pi r^2/2$.

Obliczenia wytrzymałości przekrojów rekomenduje się przeprowadzać w sposób następujący:

- wyznaczamy wartości r , R_{pr} , zbrojenie A_s i A'_s i jego rozmieszczenie w zależności od rodzaju zbrojenia określamy wartości F_b ze wzoru (7) lub (8),

- określamy wartość funkcji l według wzoru:

$$l = \beta - 0,5 \sin 2\beta = \frac{F_b}{r^2}, \quad (9)$$

- określamy wartości kąta β i wartości u według wzoru (5),

- określamy wysokość ściśniętej strefy betonu x według wzoru:

$$x = r(1 - \cos \beta), \quad (10)$$

- sprawdzamy czy prawidłowo przyjęto zbrojenie względem A_s i A_s' (w przypadku błędu obliczenia należy przeprowadzić powtórnie),
- znajdując wartości y_{ai}, y_{ai}' określamy wartości S_a' i S_a i sprawdzamy, czy potwierdza się warunek (1).

Przy obliczeniach elementów na oddziaływanie siły poprzecznej należy zachować warunek:

$$Q \leq 0,35 \cdot R_{pr,\tau} F_b' , \quad (11)$$

gdzie: Q – siła poprzeczna, występująca w przekroju poprzecznym, od sumy obciążeń zewnętrznych, znajdujących się z jednej strony od rozpatrywanego przekroju,

F_b' - powierzchnia betonu znajdującego się w przedziałach wysokości h_0 .

Obliczenia na oddziaływanie siły poprzecznej nie wykonuje się, jeśli spełniony zostaje warunek:

$$Q \leq 0,8 \cdot R_{p,\tau} F_b' , \quad (12)$$

gdzie $R_{p,\tau}$ - obliczeniowa wytrzymałość betonu na rozciąganie w danym momencie czasu τ dla stanów granicznych grupy pierwszej.

Wartości $R_{p,\tau}$ określamy według wzoru:

$$R_{p,\tau} = 0,69 \cdot R_p \cdot m_{b1} \cdot m_{b2} \cdot m_{b3} \cdot lgt , \quad (13)$$

gdzie R_p – obliczeniowa wytrzymałość betonu na rozciąganie osiowe, po 28 dniach sezonowania, dla stanów granicznych grupy pierwszej. Pozostałe oznaczenia są takie same jak we wzorze (3).

Przy niespełnieniu warunku (12) obliczenia przeprowadza się według wzoru:

$$Q = \sum_{i=1}^n R_{a,x} \cdot A_{s,x} + Q_b , \quad (14)$$

gdzie: $\sum_{i=1}^n R_{a,x} \cdot A_{s,x}$ - suma sił poprzecznych, działających na strzemiona,

Q_b - siła poprzeczna, działająca na beton,

$R_{a,x}$ - obliczeniowa wytrzymałość zbrojenia strzemion dla stanów granicznych grupy pierwszej na oddziaływanie siły poprzecznej,

$A_{s,x}$ - powierzchnia przekroju zbrojenia poprzecznego, który przecina pęknięcie nachylone,

$$Q_b = \frac{R_{p,\tau} \cdot F'_b \cdot h_0}{t \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha)}, \quad (15)$$

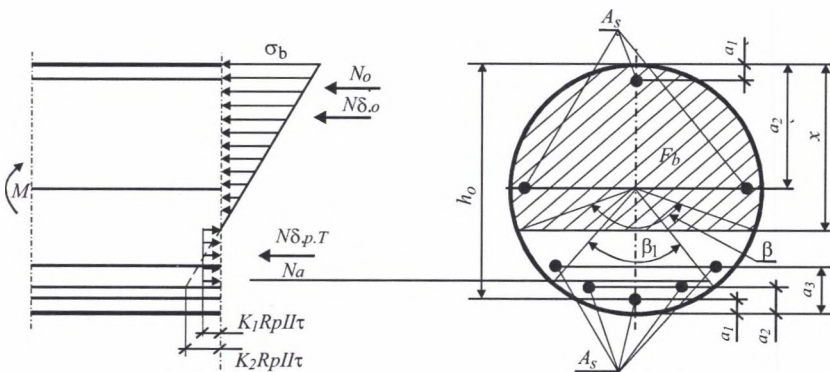
gdzie α – mniejszy kąt między osią wzdłużną pała i pęknięciem nachylnym.

Siłę, jaka działa na przekrój normalny do osi wzdłużnej elementu określamy wychodząc z następujących przesłanek:

- przekroje po odkształceniach pozostają płaskie,
- naprężenia w betonie strefy ściśniętej określa się uwzględniając odkształcenia sprężyste i odkształcenia pełzające,
- krzywa naprężeń w strefie ściskanej posiada kształt trójkąta,
- naprężenia w betonie w strefie rozciągania są rozłożone, równomierne i liczbowo równe $K_1 R_{p,\tau}$,
- naprężenia w zbrojeniu są równe sumie algebraicznej naprężenia, wywołanego pełzaniem betonu i naprężenia, odpowiadającego przyrostowi odkształceń betonu otaczającego,
- maksymalne wydłużenie skrajnej powłoki betonu w strefie rozciągania są równe:

$$\frac{K_2 R_{p,\tau}}{E_b} (1 + \varphi_{t1} - t_2), \quad (16)$$

- krzywa naprężeń w ściskanym i rozciągany zbrojeniu zmienia się według zależności liniowych.



Rys. 4. Układ sił i wykres naprężeń w przekroju poprzecznym giętego pała przy obliczeniach na okoliczność powstania pęknięć, w strefie rozciągania, normalnych do jego osi wzdłużnej

Fig. 4. Configuration of forces and graph of stresses in cross-section of bending pile, at calculation of crack generation, in zone of tension

Obliczenia na powstawanie pęknięć (rys. 4) przeprowadza się z warunku:

$$M \leq M_T, \quad (17)$$

gdzie: M – moment zginający, występujący w rozpatrywanym przekroju,

M_T – moment, który przyjmuje przekrój, normalny do osi wzdłużnej, przy powstaniu pęknięć, określany wzorem:

$$M_T = \sigma_b S_{b,o} + nS_{a,o}' + nS_{a,o} + K_1 R_{p//,\tau} \cdot S_{b,p}, \quad (18)$$

gdzie: $S_{b,o}$ i $S_{b,p}$ – momenty statyczne odpowiednio ściskanej i rozciąganej strefy betonu względem linii zerowej,

$n = E_a/E_b$ – współczynnik zmodyfikowany,

E_a – moduł sprężystości zbrojenia,

E_b – początkowy moduł sprężystości betonu, przyjmowany z tablic dla żelbetu,

$S_{a,o}', S_{a,o}$ – momenty statyczne odpowiednio ściskanego i rozciąganego zbrojenia względem linii zerowej,

K_1 i K_2 – współczynniki, uwzględniające sposób wykonania pali wierconych:

$K_1 = 1,0$ i $K_2 = 6$ – przy braku płużki gliniastej w otworach w czasie betonowania,

$K_1 = 0,5$ i $K_2 = 3$ – przy kontakcie szkieletu zbrojeniowego z gliniastym roztworem w czasie betonowania.

Wartości pochodzące z wyrażenia (18) określamy według wzoru:

Dla $x \leq r$

$$\sigma = \frac{K_2 \cdot R_{p//,\tau} (1 - \cos\beta)}{1 + \cos\beta} \quad (19)$$

$$S_{b,o} = r^3 \cdot c_1; \quad S_{b,p} = r^3 \cdot q \quad (20)$$

$$nS_{a,o}' = \frac{\varepsilon_{b,\tau}}{r(1 - \cos\beta)} \cdot \sum E_{ai} \cdot f_{ai}' \left[r(1 - \cos\beta) - a_i \right]^2 \quad (21)$$

$$nS_{a,o} = \frac{\varepsilon_{b,\tau}}{r(1 - \cos\beta)} \cdot \sum E_{ai} \cdot f_{ai} \left[r(1 - \cos\beta) - a_i \right]^2 \quad (22)$$

$$c_1 = \frac{3\beta(1 + 4\cos^2\beta) - \sin\beta\sin\beta c(13 + 2\cos^2\beta)}{12(1 - \cos\beta)} \quad (23)$$

$$q = 2\sin\beta \cdot \cos^2\beta + \cos\beta(\pi - \beta - \sin 2\beta) + \sin\beta - \frac{\sin^3\beta}{3}, \quad (24)$$

gdzie: $\varepsilon_{b,\tau}$ – odkształcenia względne skrajnego włókna ściśniętej strefy betonu, określane według wzoru:

$$\varepsilon_{b,\tau} = \frac{K_2 R_{p//,\tau} (1 - \cos\beta)}{E_b (1 + \cos\beta)} \cdot (1 + \varphi_{t_1 - t_2}) \quad (25)$$

Dla $x \geq r$

$$\tau_b = \frac{K_2 R_{p//\tau} (1 + \cos\beta)}{(1 - \cos\beta)} \quad (26)$$

$$S_{b,o} = r^3 \cdot b_1; \quad S_{b,p} = r^3 \cdot u_1 \quad (27)$$

$$nS'_{a,o} = \frac{\varepsilon_{b,\tau}}{r(1 + \cos\beta)} \cdot \sum E_{ai} \cdot f'_{ai} [r(1 + \cos\beta) - a_i]^2 \quad (28)$$

$$nS_{a,o} = \frac{\varepsilon_{b,\tau}}{r(1 + \cos\beta)} \cdot \sum E_{ai} \cdot f_{ai} [r(1 - \cos\beta) - a_i] \quad (29)$$

$$c_1 = \frac{\sin\beta \sin\beta c (25 + 58 \cos^2\beta) \cdot (\pi - \beta)}{12(1 + \cos\beta)} \quad (30)$$

$u_1 = u$ – ta sama wielkość, co we wzorze (5),

$$\varepsilon_{b,\tau} = \frac{K_2 R_{p//\tau} (1 + \cos\beta)}{E_b (1 - \cos\beta)} \cdot (1 + \varphi_{t_1-t_2}) \quad (31)$$

We wzorach (19) – (31):

a'_i, a_i – najmniejsza odległość od środka ciężkości ściśniętego i rozciągniętego pręta uzbrojenia do płaszczyzn prostopadłych do płaszczyzny zginania i przechodzących odpowiednio przez najbardziej ściśnięte lub najbardziej rozciągnięte włókno przekroju,

$R_{p//\tau}$ – obliczeniowa wytrzymałość betonu na osiowe rozciąganie w momencie czasu τ dla stanów granicznych grupy drugiej, określana wzorem:

$$R_{p//\tau} = 0,69 \cdot R_{p//} \cdot m_{b_1} \cdot m_{b_2} \cdot m_{m_3} \cdot lgt, \quad (32)$$

gdzie: $R_{p//}$ – obliczeniowa wytrzymałość betonu na osiowe rozciąganie, po 28 dniach dojrzewania; dla granicznych stanów grupy drugiej, przyjmuje się z tablic dla żelbetu,

$\varphi_{t_1-t_2}$ – charakterystyka pękania, gdzie t_1 i t_2 określa czas w dobach odpowiednio od wylania betonu i momentu przyłożenia obciążenia do rozpatrywanego momentu czasu τ ,

$$\varphi_{t_1-t_2} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 (1 - e^{0,04t_2 - 0,04t_1}), \quad (33)$$

gdzie: η_1 – współczynnik uwzględniający warunki gruntowe i przyjmowany w zależności od stopnia wilgotności ośrodka Sr , otaczającego pał; $\eta_1 = 0,85$ dla $Sr < 0,8$; $\eta_1 = 0,7$ dla $Sr > 0,8$,

η_2 – współczynnik, zależny od średnicy pala d i przyjmowany: $\eta_2 = 0,8$ dla $d = 400mm$;
 $\eta_2 = 0,75$ dla $d = 500mm$; $\eta_2 = 0,7$ dla $d = 600mm$; $\eta_2 = 0,625$ dla $d = 700mm$;
 $\eta_2 = 0,55$ dla $d = 800mm$; $\eta_2 = 0,525$ dla $d = 900mm$; $\eta_2 = 0,5$ dla $d = 1000mm$;
 $\eta_2 = 0,45$ dla $d = 1100mm$; $\eta_2 = 0,4$ dla $d = 1200mm$,

η_3 – współczynnik zależny od czasu t i przyjmowany: $\eta_3 = 1,0$ dla $t = 28$; $\eta_3 = 0,8$ dla
 $t = 40$; $\eta_3 = 0,7$ dla $t = 60$; $\eta_3 = 0,6$ dla $t = 90$; $\eta_3 = 0,5$ dla $t = 180$; $\eta_3 = 0,45$ dla
 $t \geq 360$,

e – podstawa logarytmu naturalnego, $e = 2,71$.

W celu określenia położenia linii zerowej należy wykorzystać równanie równowagi:

$$N_{b,o} + N_a' - N_a - N_{b,p} = 0, \quad (34)$$

gdzie: $N_{b,o}, N_{b,p}$ - wypadkowa sił w betonie odpowiednio w ściskanej i rozciąganej strefie przekroju;

N_a', N_a - wypadkowa sił odpowiednio w ściskanej i rozciąganej strefie przekroju zbrojenia.

Wartości wchodzące w skład równania (34) określamy wzorami:

Dla $x \leq r$

$$N_{b,o} = \frac{K_2 \cdot r^2 R_{p, //, \tau} (1 - \cos \beta) \cdot m}{1 + \cos \beta} \quad (35)$$

$$N_{b,p} = K_1 \cdot r^2 \cdot R_{p, //, \tau} \cdot K \quad (36)$$

$$N_a' = \frac{\epsilon_{b, \tau}}{r(1 - \cos \beta)} \cdot \sum E_{ai} \cdot f_{ai}' [r(1 - \cos \beta) - a_i']; \quad (37)$$

$$N_a = \frac{\epsilon_{b, \tau}}{r(1 - \cos \beta)} \cdot \sum E_{ai} \cdot f_{ai} [r(1 + \cos \beta) - a_i]; \quad (38)$$

$$m = \frac{\left(\sin \beta - \frac{\sin^3 \beta}{3} - \beta \cos \beta \right)}{(1 - \cos \beta)} \quad (39)$$

$$K = \pi - \beta + 0,5 \sin 2\beta \quad (40)$$

Dla $x \geq r$

$$N_{b,o} = \frac{k_2 r^2 R_{p, //, \tau} (1 - \cos \beta) \cdot a_1}{1 - \cos \beta} \quad (41)$$

$$N_{b,p} = k_1 r^2 R_{p, //, \tau} \cdot 1 \quad (42)$$

$$N'_a = \frac{\varepsilon_{b,\tau}}{r(1 + \cos\beta)} \cdot \sum E_{ai} \cdot f'_{ai} [r(1 + \cos\beta) - a_i] \quad (43)$$

$$N_a = \frac{\varepsilon_{b,\tau}}{r(1 + \cos\beta)} \cdot \sum E_{ai} \cdot f_{ai} [r(1 - \cos\beta) - a_i] \quad (44)$$

$$a_1 = \frac{\left(\sin\beta - \frac{\sin^3\beta}{3} - \beta\cos\beta + \pi \cdot \cos\beta \right)}{(1 + \cos\beta)} \quad (45)$$

Wartość l taka jak we wzorze (9), $\varepsilon_{b,\tau}$ – określa się według wzoru (31).

W ten sposób powstanie pęknięć normalnych (prostopadłych) do osi wzdłużnej elementu można obliczyć metodą kolejnych przybliżeń, zadając β (przy $x > r$ jego wartość zwykle wynosi nie mniej jak 1,3 rad.), przyjmując, że $x \leq r$; z równania (34) określamy wartość β ; wzorem (18) znajdujemy wartość M_T i sprawdzamy, czy zostaje zachowana zależność (17). Jeśli dla zadanej wartości $\beta = \pi/2$ równanie (34) daje wynik ujemny, to $x > r$. W tym przypadku obliczenia prowadzi się w takiej samej kolejności, a wartości kąta β , poczynając od wartości $\pi/2$, stale zmniejsza się do spełnienia warunku (34).

3. Podsumowanie

Wykorzystując opracowane wzory można dla konkretnych warunków naturalnych zbocza zaprojektować konstrukcję utrzymującą zbocze w stanie statecznym.

LITERATURA

1. M. Chudek (red.): Kompleksowa metoda prognozowania oddziaływania wpływu podziemnej eksploatacji złóż oraz wstrząsów górotworu na chronione obiekty powierzchniowe w brzeżnym obszarze niecki obniżeniowej. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
2. Kugiel M.: Opracowanie metod prognozowania i profilaktyki osuwisk w zboczach na terenach podbieranych. Praca niepublikowana.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Majcherczyk

Abstract

With the aid of presented in paper formulas possible is design of structures holding slope in stability. Supporting and antilandslide objects in the shape of drilling pile should be designed on base of complex geological and hydrogeological searches and investigation of ground mechanical property. At chose of pile diameter and concrete reinforcement should be take into consideration action of load, structure of object and hydrogeological condition.