

Jacek PIECZYRAK

GRANICZNE OBCIĄŻENIE PODŁOŻA GRUNTOWEGO FUNDAMENTEM
O PODSTAWIE KWADRATOWEJ W UJĘCIU BIERIEZANCEWA

Streszczenie. W artykule, na podstawie wyników przeprowadzonych badań numerycznych stwierdzono, iż metoda BIERIEZANCEWA obliczania nośności granicznej podłoża gruntowego, obciążonego fundamentem o podstawie kwadratowej, jest nieprzydatna do zastosowań praktycznych.

Określenie granicznej nośności podłoża gruntowego jest zadaniem z jednej strony bardzo trudnym, a z drugiej strony niezbędnym w codziennej praktyce projektowej.

Z uwagi na trudności natury matematycznej, jak dotąd znaleziono tylko przybliżone rozwiązanie zadania płaskiego stanu odkształcenia i zadania osiowo-symetrycznego.

Pierwszy przypadek odnosi się do fundamentów ciągłych, czyli łańcuchów fundamentowych i doczekał się wielu różnych rozwiązań przybliżonych [3]. Wszystkie znane rozwiązania podawane są w postaci kanonicznej, najpierw zaproponowanej przez TERZAGHI'ego [6]:

$$q_{gr} = c \cdot N_c + \gamma_D^D \cdot N_D + \gamma_B^B \cdot N_B. \quad (1)$$

Poszczególne rozwiązania różnią się między sobą postacią współczynników nośności N_c , N_D i N_B . W Polsce od dawna w powszechnym użyciu jest rozwiązanie Sokołowskiego [5]. Współczynniki nośności wg Sokołowskiego podaje między innymi norma gruntowa PN-81/B-03020.

Drugi przypadek odnosi się do stóp fundamentowych o podstawie kołowej. Tutaj liczba rozwiązań jest już znacznie mniejsza. Jedną z propozycji bardziej znaną polskiemu czytelnikowi, jest rozwiązanie Bieriezancewa [1], [2].

W niniejszym artykule zajmiemy się możliwością zastosowania rozwiązania Bieriezancewa do określenia nośności granicznej podłoża gruntowego stóp fundamentowych o podstawie kwadratowej. Na takie zresztą wykorzystanie swego rozwiązania wskazuje sam Bieriezancew. W szczególności celem referatu będzie porównanie rozwiązania uzyskanego przez Bieriezancewa dla stóp o podstawie kołowej z rozwiązaniem Sokołowskiego uzyskanym dla łańcuchów fundamentowych.

Bieriezancew nośność graniczną podłoża gruntowego fundamentu o podstawie kołowej wyraża wzorem o postaci analogicznej do wzoru (1):

$$q_{gr} = c \cdot C_K + \gamma D \cdot B_K + 0,5 \gamma B \cdot A_K. \quad (2)$$

Współczynniki nośności wg Bieriezancewa C_K , B_K i A_K mają bardzo złożoną postać matematyczną. W tabelicy 1 zamieszczono wartości liczbowe tych współczynników (odpowiednie obliczenia wykonali: mgr inż. Paweł Fedczuk i dr inż. Jerzy Sękowski).

Tabela 1

Współczynniki nośności wg Bieriezancewa

$\Phi, ^\circ$	C_K	B_K	A_K	$\Phi, ^\circ$	C_K	B_K	A_K
1	5,37	0,93	0,07	21	22,46	9,45	8,56
2	5,69	1,03	0,31	22	24,62	10,78	9,93
3	6,03	1,15	0,45	23	27,06	12,32	11,53
4	6,40	1,28	0,59	24	29,81	14,11	13,41
5	6,80	1,43	0,72	25	32,94	16,19	15,63
6	7,23	1,59	0,88	26	36,50	18,63	18,24
7	7,71	1,78	1,04	27	40,55	21,50	21,34
8	8,23	1,99	1,23	28	45,20	24,87	25,02
9	8,79	2,23	1,45	29	50,53	28,85	29,40
10	9,41	2,49	1,69	30	56,69	33,56	34,64
11	10,09	2,79	1,97	31	63,81	39,18	40,94
12	10,84	3,14	2,29	32	72,09	45,88	48,52
13	11,66	3,58	2,66	33	81,74	53,92	57,70
14	12,57	3,97	3,08	34	93,06	63,60	68,85
15	13,57	4,47	3,56	35	106,38	75,32	82,45
16	14,68	5,04	4,12	36	122,13	89,56	99,14
17	15,92	5,70	4,77	37	140,84	106,96	119,69
18	17,29	6,45	5,51	38	163,20	128,34	145,15
19	18,82	7,31	6,38	39	190,05	154,73	176,84
20	20,54	8,31	7,39	40	222,48	187,51	216,54
				41	261,8	228,4	266,5
				42	310,0	279,9	329,9

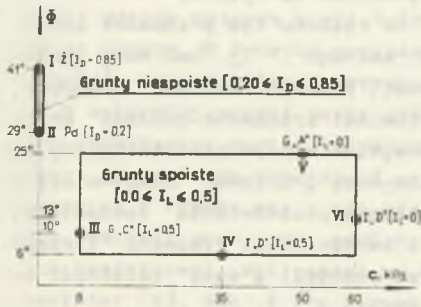
Porównanie obu rozwiązań przedstawione będzie w postaci relacji:

$$f_{glob} = \frac{q_{gr} \text{ wg Bieriezancewa, wzór (2)}}{q_{gr} \text{ wg Sokołowskiego, wzór (1)}}. \quad (3)$$

Powzechnie wiadomo, iż nośność graniczna podłoża obciążonego fundamentem o podstawie kwadratowej jest większa od nośności granicznej podłoża

obciążonego ławą fundamentową ($f_{glob} > 1$). Porównując metodę Bieriezan-cewa z metodą Sokołowskiego poszukiwać będziemy odpowiedzi, jaki charakter ma zależność (3) i od jakich czynników zależy najsilniej.

Współczynnik f_{glob} określono jako funkcję szerokości podstawy fundamen-tu B, głębokości posadowienia D oraz funkcję rodzaju gruntu i poziomu wody gruntowej. Do rozważań przyjęto sześć przypadków podłoża gruntowego, tak dobranych, aby ograniczały one przestrzeń gruntów nadających się do bezpośredniego posadowienia fundamentów (rys. 1).



Rys. 1. Rozważane przypadki grun-towe

Wpływ wody gruntowej oceniono po-równując podłoża "suche", tj. bez wody gruntowej, z przypadkiem, kie-dy piezometryczny poziom wody grun-towej pokrywa się z poziomem posado-wienia.

Dla rozważanych gruntów zesta-wiono wartości niezbędnych parametrów geotechnicznych oraz współczynniki nośności i przedstawiono je w tabli-cy 2.

Tablica 2

Wartości parametrów geotechnicznych i współczynników nośności

Lp	Rodzaj	q, gcm^{-3}	q', gcm^{-3}	c kPa	Φ ...°	N_c	N_D	N_B
	Stan	γ, kNm^{-3}	γ', kNm^{-3}			C_k	B_k	A_k
I	Ż	1,85	1,10	0	41	83,86	73,90	47,53
	$I_D = 0,85$	18,1	10,8			261,8	228,4	266,5
II	Pd	1,60	0,85	0	29	27,86	16,44	6,42
	$I_D = 0,2$	15,7	8,3			50,53	28,85	29,40
III	G „C”	2,00	1,00	8	10	8,34	2,47	0,19
	$I_L = 0,5$	19,6	9,8			9,41	2,49	1,69
IV	I „D”	1,80	0,80	35	6	6,81	1,72	0,06
	$I_L = 0,5$	17,7	7,8			7,23	1,59	0,88
V	G „A”	2,20	1,20	50	25	20,72	10,66	3,38
	$I_L = 0,0$	21,6	11,8			32,94	16,19	15,63
VI	I „D”	2,10	1,10	60	13	9,81	3,26	0,39
	$I_L = 0,0$	20,6	10,8			11,66	3,53	2,66

Kontur przestrzeni gruntów nadających się do bezpośredniego posadowienia, jaki pokazano na rys. 1, jest obrazem przybliżonym. Po pierwsze, nie pokazano na nim obszaru gruntów półzwartych i zwartych ($I_L < 0$) oraz gruntów bardzo zagęszczonych ($I_D > 0,85$). Po drugie, dla jego ograniczenia przyjęto kształt prostokątny. Tym niemniej jest on wystarczająco dokładny dla potrzeb niniejszej analizy kwalitatywnej.

Wyniki przeprowadzonych obliczeń porównawczych przedstawiono graficznie na rys. 2.

Na rysunku tym przypadek podłoża "suchego", tj. bez wody gruntowej, pokazano liniami ciągłymi, natomiast przypadek podłoża gruntowego, w którym piezometryczny poziom wody gruntowej pokrywa się z poziomem posadowienia fundamentu, dla odróżnienia, rysowano liniami przerywanymi, a samą zależność oznaczono f'_{glob} .

Z treści rys. 2 wynika, iż f_{glob} na ogół rośnie, gdy rośnie B i maleje, gdy rośnie D. Jedynie w przypadku gruntów niespoistych, charakteryzujących się dużą wartością $\bar{\phi}$ (grunt I), zależności te są odwrotne. Wpływ wody gruntowej na f_{glob} jest pomijalnie mały.

Najważniejszy wynik analizy porównawczej przedstawionej na rys. 2 sprowadza się do spostrzeżenia, że

f'_{glob} w zależności od rodzaju gruntu, może się zmieniać w bardzo szerokich granicach:

$$1 < f_{glob} < 3.$$

Oznacza to, że dla jednych gruntów nośność graniczna podłoża fundamentów o podstawie kwadratowej (kołowej) wg Bieriezancewa jest niemal taka sama jak nośność graniczna podłoża gruntowego łąw fundamentowych wg Sokołowskiego (rys. 2, grunt IV). Natomiast dla innych gruntów nośność graniczna podłoża stóp o podstawie kwadratowej wg Bieriezancewa jest około 3 razy większa od nośności granicznej podłoża gruntowego łąw fundamentowych ustalonej wg metody Sokołowskiego (rys. 2, grunt I).

Porównując wyniki przedstawione na rys. 2 ze schematyczną klasyfikacją gruntów pokazaną na rys. 1, dochodzimy do wniosku, iż wartość f_{glob} naj-

silniej zależy od kąta tarcia wewnętrznego gruntu φ i w dużo mniejszym stopniu od spójności gruntu c .

Taka duża rozbieżność wartości f_{glob} nasuwa podejrzenie, iż jedna z porównywanych tu metod jest mało precyzyjna. Brak jest dokładnych wyników badań, zarówno teoretycznych, jak i eksperymentalnych, tak więc z konieczności trudno o danie rozstrzygającej odpowiedzi. Tym niemniej analiza innych metod obliczania nośności granicznej podłoża gruntowego fundamentów o podstawie kwadratowej wskazuje, iż f_{glob} nie osiąga tak dużych wartości i realizuje się w znacznie węższym przedziale wartości liczbowych [4]. Ponadto metody opisane w artykule [4] są powszechniejsze, a tym samym bardziej uznane. W świetle wyników analiz przedstawionych zarówno tutaj, jak i w [4], trudno polecać metodę Bieriezancewa.

W ostatniej wersji normy gruntowej (PN-81/B-03020) wprowadzono wyraźnie podwyższoną wartość współczynnika kształtu f_D - z dotychczasowej wartości $f_D = 1$ do obecnej $f_D = 2,5$. Tak znaczny wzrost jest zbyt kontrowersyjny i trudno się z nim pogodzić [4]. Mimo to jednak f_{glob} , ustalone dla nośności granicznej podłoża gruntowego stóp fundamentowych o podstawie kwadratowej, obliczanej wg PN-81/B-03020, nie osiąga tak znacznych wartości [4], jak f_{glob} uzyskane dla omawianej tu propozycji Bieriezancewa.

W przedstawionym stanie rzeczy metodę Bieriezancewa określania nośności granicznej podłoża gruntowego fundamentów o podstawie kwadratowej należy uznać za metodę nieprzydatną do zastosowań praktycznych.

LITERATURA

- [1] Bieriezancew W.G.: Obliczanie nośności podłoża budowli (tłum. z wydania rosyjskiego z roku 1960); Arkady, Warszawa 1964.
- [2] Bieriezancew W.G.: Rasczot osnovanij sooruzhenij. Leningrad 1970.
- [3] Dembicki E. Parcie, odpór i nośność gruntu. Arkady, Warszawa 1979.
- [4] Pięczyrak J.: Współczynniki kształtu uwzględniające wpływ przestrzennej pracy podłoża gruntowego na jego nośność graniczną. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Budownictwo, Nr 61, Gliwice 1985.
- [5] Sokołowski W.W.: Statyka ośrodków sypkich. PWN, Warszawa 1958.
- [6] Terzaghi K.: Theoretical Soil Mechanics. Wiley, London 1943.

ПРЕДЕЛЬНАЯ НАГРУЗКА ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ПОДОШВЫ ФУНДАМЕНТА В ВИДЕ КВАДРАТА ПО МЕТОДУ БЕРЕЗАНЦЕВА

Резюме

В статье, на основе результатов проведённых вычислительных исследований указывается, что метод Березанцева, относительно расчётов предельной нагрузки грунтового основания подошвы фундамента, в виде квадрата, не может быть использован в практике.

ON THE BEREZANCEV'S FOUNDATION BEARING CAPACITY FORMULA
APPLICATION TO THE SQUARE FOOTING CASE

Summary

In the paper it has been proved using numerical tests results, that the BEREZANCEV's method of subsoil bearing capacity computation is useless for the practice in the case of square footings.