

WPLYW SZEROKOŚCI PODUSZKI PIASKOWEJ NA NOŚNOŚĆ I OSIADANIE PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Katarzyna Zabielska-Adamska¹, Maciej Zalewski²

¹Politechnika Białostocka, Białystok

²Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa

Streszczenie. W artykule przedstawiono sposób projektowania poduszek piaskowych jako płytkiej wymiany podłoża gruntowego. Przykłady obliczeniowe przedstawiają wpływ szerokości poduszki na nośność i osiadanie podłoża gruntowego pod ławami dwukondygnacyjnego budynku administracyjno-socjalnego, posadowionego na gruncie organicznym o miąższości 3 m. Rozważano poduszki o różnych szerokościach, określonych przez wartość kąta rozkładu naprężenia $\beta = 0^\circ, 30^\circ$ i 45° . Stwierdzono, że konieczna jest wymiana podłoża torfowego na całej wysokości warstwy, bez względu na szerokość poduszki piaskowej. Spełnienie SGU jest możliwe jedynie przy szerokości poduszki ponad 2-krotnie większej od szerokości fundamentu.

Słowa kluczowe: poduszka piaskowa, płytka wymiana gruntu, podłoże z gruntu organicznego, ława fundamentowa

WSTĘP

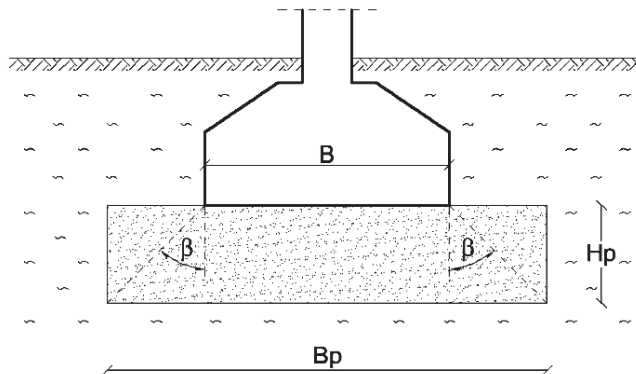
Płytką wymianą gruntu, obejmującą częściową lub pełną wymianę gruntu, stosowana jest w przypadku występowania w podłożu pod projektowanymi fundamentami lub nasypami gruntów słabonośnych. W przypadku miąższości warstw słabego podłoża 1–2 m można mówić o pełnej wymianie, polegającej na zastąpieniu słabonośnego podłoża najczęściej zagęszczonym piaskiem, pospółką czy żwirem. Jeżeli głębokość zalegania gruntu o małej nośności jest większa, to stosuje się częściową wymianę gruntu. W zależności od stosunku szerokości warstwy gruntu zamiennego do wymiarów obciążenia mamy do czynienia z pojęciem warstwy wzmacniającej (gdy szerokość wymienionego podłoża jest kilka-

Adres do korespondencji – Corresponding author: Katarzyna Zabielska-Adamska, Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Zakład Geotechniki, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok, e-mail: kadamska@pb.edu.pl

© Copyright by Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2016

krotnie większa niż strefa obciążenia) lub poduszki wzmacniającej mającej zastosowanie w przypadku fundamentów rozproszonych, takich jak: stopy, ławy oraz ruszty, co wynika z ograniczenia szerokości poduszki do wartości nie większej niż 3-krotna szerokość fundamentu [Sękowski 2002, Pisarczyk 2014]. Na podstawie analiz numerycznych [Gryczmański i Skibniewska 1978] wartość tę można przyjąć na poziomie 2,5. Zazwyczaj zastosowanie szerokości poduszek wzmacniających o wymiarach większych niż dwukrotność szerokości fundamentu jest mało efektywne [Bartoszek i Sękowski 2004].

Przy wymiarowaniu poduszki wzmacniającej najważniejsze jest określenie jej wymiarów: wysokości (H_p) i szerokości u podstawy (B_p), co wiąże się z określeniem kąta rozkładu naprężenia w podłożu (β) – rysunek 1. Głównym kryterium doboru wymiarów poduszki wzmacniającej jest spełnienie warunków nośności oraz kryterium osiadania. Na wysokość poduszki wpływają oba wymienione warunki, lecz nie może być ona mniejsza niż $1/4$ szerokości wymienianego gruntu oraz nie mniejsza niż 0,3 m. O szerokości podstawy poduszki decyduje szacowany kąt rozkładu naprężenia w podłożu (β) [Sękowski 2002]. Kąt ten wynosi zazwyczaj około 40° (zakładany zakres kąta 0° – 45°) [Gryczmański i Skibniewska 1978]. Gryczmański i Sękowski [1997] podają ogólne zalecenia dotyczące wymiarów poduszek wzmacniających: $H_p/B = 0,5$ – $1,2$ oraz $B_p/B = 1$ – $2,5$, gdzie B jest szerokością fundamentu. Zaproponowana przez Sękowskiego [2002] metoda nomogramów polega na przyjęciu wymiarów poduszki na podstawie kryterium osiadania. Nomogramy pozwalają na wstępny dobór H_p i B_p na podstawie szerokości i zagłębienia fundamentu, obciążenia przekazywanego na słabe podłoże przez fundament, rodzaju i stanu gruntu podłoża oraz rodzaju i stanu zagęszczenia materiału poduszki wzmacniającej. Nomogramów nie można jednak stosować, gdy słabonośne podłoże zbudowane jest z gruntów organicznych. Inną metodą projektowania poduszek jest metoda według EBGEO [2011], będąca podstawą do projektowania poduszek zbrojonych geosyntetykami.



Rys. 1. Schemat poduszki piaskowej
Fig. 1. Scheme of foundation pad

Celem pracy jest określenie wpływu szerokości poduszki piaskowej na nośność i osiadanie podłoża gruntowego pod ławami budynku posadwionego na gruncie organicznym. Obliczenia wykonano według zaleceń EBGEO [2011], jednak bez zbrojenia poduszki geosyntetykiem, aby umożliwić analizę wpływu szerokości poduszki na osiadanie podłoża.

METODA EBGEO

Projektowanie poduszki gruntowej według EBGEO [2011] polega na sprawdzeniu, czy przyjęte wymiary poduszki spełniają warunek nośności na wypieranie. Warunek nośności przedstawia wzór:

$$E_d \leq R'_{n,d} \quad (1)$$

gdzie: $R'_{n,d}$ – wartość obliczeniowa oporu granicznego gruntu, wyznaczana zgodnie ze wzorem:

$$R'_{n,d} = \frac{R'_{n,k}}{\gamma_R} \quad (2)$$

E_d – wartość obliczeniowa efektu oddziaływań, wyznaczana zgodnie ze wzorem:

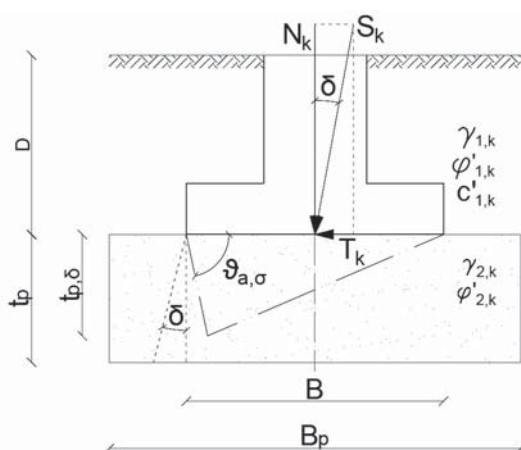
$$E_d = N_{G,K} \cdot \gamma_G + N_{Q,k} \cdot \gamma_Q \quad (3)$$

gdzie: $R'_{n,d}$ – wartość charakterystyczna oporu granicznego,

$N_{G,K}$ – wartość charakterystyczna siły od obciążeń pionowych stałych działających u podstawy fundamentu,

$N_{Q,k}$ – wartość charakterystyczna siły od obciążeń pionowych zmiennych działających u podstawy fundamentu,

$\gamma_R, \gamma_G, \gamma_Q$ – współczynniki wyznaczane na podstawie Eurokodu 7.



Rys. 2. Schemat obliczeniowy poduszki wzmocniającej według EBGEO [2011]

Fig. 2. Calculation scheme of foundation pad according to EBGEO [2011]

Opór graniczny podłoża wzmocnionego poduszką (rys. 2) oblicza się [EBGEO 2011]:

$$R'_{n,k} = A' \cdot (\gamma_{2,k} \cdot B' \cdot N_b \cdot k_b + \gamma_{1,k} \cdot D \cdot N_d \cdot k_d + c'_{2,k} \cdot N_c \cdot k_c) \quad (4)$$

gdzie: A' – efektywna powierzchnia fundamentu,

B', L' – efektywne szerokość i długość fundamentu,

- D – głębokość posadowienia,
 $\gamma_{2,k}$ – ciężar objętościowy gruntu tworzącego poduszkę wzmacniającą,
 $\gamma_{1,k}$ – ciężar objętościowy gruntu powyżej poziomu posadowienia,
 $c'_{2,k}$ – efektywna spójność gruntu poniżej poziomu posadowienia.

Wartości współczynników nośności oblicza się z następujących wzorów [EBGEO 2011]:

$$N_d = N_{d0} \cdot v_d \cdot i_d \cdot \lambda_d \cdot \zeta_d \quad (5)$$

$$N_c = N_{c0} \cdot v_c \cdot i_c \cdot \lambda_c \cdot \zeta_c \quad (6)$$

$$N_b = N_{b0} \cdot v_b \cdot i_b \cdot \lambda_b \cdot \zeta_b \quad (7)$$

gdzie: N_{d0} – współczynnik uwzględniający głębokość posadowienia fundamentu

$$N_{d0} = e^{\pi \tan \phi'_{1,k}} \cdot \tan^2(45^\circ + \phi'_{1,k} / 2) \quad (8)$$

N_{c0} – współczynnik uwzględniający wpływ kohezji

$$N_{c0} = (N_{d0} - 1) \cot \phi'_{1,k} \quad (9)$$

N_{b0} – współczynnik uwzględniający wpływ szerokości fundamentu

$$N_{b0} = (N_{d0} - 1) \tan \phi'_{1,k} \quad (10)$$

v_d, v_c, v_b – współczynniki kształtu; dla ławy fundamentowej $v_d = v_c = v_b = 1,0$,
 i_d, i_b, i_c – współczynniki nachylenia wypadkowej obciążenia

$$i_d = (1 - \tan \delta_E)^m \quad (11)$$

$$i_c = (i_d \cdot N_{d0} - 1) / (N_{d0} - 1) \quad (12)$$

$$i_b = (1 - \tan \delta_E)^{m+1} \quad (13)$$

gdzie: δ jest kątem nachylenia wypadkowej obciążenia (rys. 2), a m – współczynnikiem.

Współczynniki N_{d0} , N_{c0} , N_{b0} odpowiadają współczynnikom nośności według PN-EN 1997-1:2008. W przypadku braku nachylenia terenu oraz podstawy fundamentu współczynniki λ oraz ζ równe są 1,0, a współczynniki kształtu dla fundamentu ławowego $v_d = v_c = v_b = 1,0$ [EBGEO 2011].

Współczynniki korekcyjne występujące we wzorze (4) wyznacza się ze wzorów [EBGEO 2011]:

$$k_d = C \cdot k_{d,\delta} + 1 \quad (14)$$

$$k_c = C \cdot k_{c,\delta} + 1 \quad (15)$$

$$k_b = C \cdot k_{b,\delta} + 1 \quad (16)$$

gdzie: $k_{d,\delta}$, $k_{c,\delta}$, $k_{b,\delta}$ – współczynniki przyjmowane zgodnie nomogramem EBGEO [2011],

C – współczynnik zależny od kąta tarcia wewnętrznego gruntu podłoża $\phi'_{1,k}$ i kąta tarcia wewnętrznego gruntu tworzącego poduszkę wzmacniającą $\phi'_{2,k}$, [EBGEO 2011]

$$C = \left[\frac{2}{\phi'_{1,k}} \cdot \sqrt{40^\circ - \phi'_{2,k}} \cdot \left(\frac{\phi'_{2,k}}{\phi'_{1,k}} \right)^{0,7} + 1 \right]^{-1} \quad (17)$$

Według zaleceń, jeżeli kąt tarcia wewnętrznego materiału poduszki wzmacniającej jest nie mniejszy niż 40° , to współczynnik C należy przyjmować równy 1. Dodatkowo, w sytuacji gdy teoretyczna grubość poduszki wzmacniającej $t_{p,\delta}$ (przy $\delta \neq 0$) jest większa niż teoretyczna grubość poduszki wzmacniającej t_p (przy $\delta = 0$), to współczynniki k_d, k_c, k_b powinny być skorygowane i zastąpione współczynnikami k'_d, k'_c, k'_b .

Teoretyczną grubość poduszki, przy kącie nachylenia obciążenia $\delta \neq 0$, oblicza się ze wzoru:

$$t_{p,\delta} = \frac{\sin \vartheta_{a,\delta} \cdot \cos(\vartheta_{a,\delta} - \phi'_{2,k})}{\cos \phi'_{2,k}} \cdot B \quad (18)$$

gdzie $\vartheta_{a,\delta}$ jest kątem płaszczyzny poślizgu klina odłamu (rys. 2)

$$\vartheta_{a,\delta} = \arccot \left[\sqrt{(1 + \tan^2 \phi'_{2,k}) \cdot \frac{\tan \phi'_{2,k} - \tan \delta}{\tan \phi'_{2,k} + \tan \delta}} - \tan \phi'_{2,k} \right] \quad (19)$$

Ostatecznie współczynniki k'_d, k'_c, k'_b wynoszą:

$$k'_c = 1 + (k_c - 1) \left(\frac{t_p}{t_{p,\delta}} \right) \quad (20)$$

$$k'_d = 1 + (k_d - 1) \left(\frac{t_p}{t_{p,\delta}} \right) \quad (21)$$

$$k'_b = 1 + (k_b - 1) \left(\frac{t_p}{t_{p,\delta}} \right) \quad (22)$$

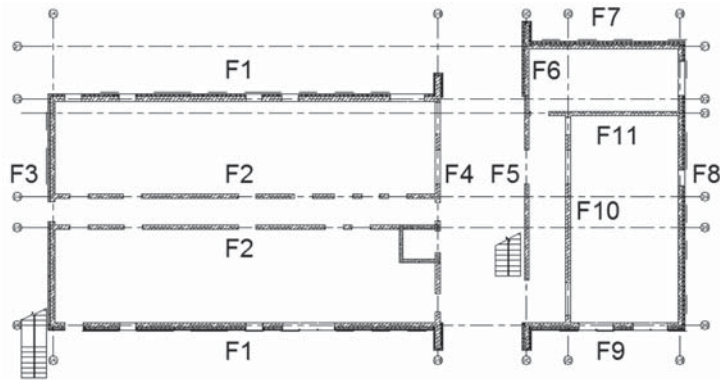
Wzór (4) z uwzględnieniem skorygowanych współczynników przyjmuje postać [EBGEO 2011]:

$$R'_{n,k} = A' \cdot (\gamma_{2,k} \cdot B' \cdot N_b \cdot k'_b + \gamma_{1,k} \cdot D \cdot N_d \cdot k'_d + c'_{2,k} \cdot N_c \cdot k'_c) \quad (23)$$

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem artykułu jest posadowienie wybranych ław fundamentowych budynku administracyjno-socjalnego Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych (ZUOK) w Białymstoku, realizowane w ramach projektu „Zintegrowany system gospo-

darki odpadami dla aglomeracji białostockiej” przez konsorcjum firm: Budimex, Cespa oraz KeppelSaghers [Sieradzki i in. 2013]. Jest to budynek dwukondygnacyjny o konstrukcji ścianowo-płytywowej w technologii murowanej, niepodpiwniczony. Podstawowe dane geometryczne obiektu wynoszą: długość – 35,26 m (w osiach 34,70 m), szerokość – 15,96 m (w osiach 15,40 m), wysokość – 8,76 m. Na rysunku 3 pokazano schemat fundamentów budynku, a w tabeli 1 – zestawienie obciążeń [Zalewski 2015] dla wybranych fundamentów F5 i F8.



Rys. 3. Schemat fundamentów budynku administracyjno-socjalnego
Fig. 3. Scheme of administration building foundations.

Tabela 1. Obciążenie fundamentów F5 i F8 na 1mb
Table 1. Loading of the F5 and F8 foundations on 1 running metre

Obciążenie Loading	SGN ULS		SGU SLS	
	F5	F8	F5	F8
N [kN·m ⁻¹]	167,26	117,39	221,47	157,00
M [kNm·m ⁻¹]	-1,67	-2,2	-2,23	-3,01
T [kN·m ⁻¹]	-7,50	-14,92	-10,07	-19,82

Zgodnie z dokumentacją geotechniczną [Antczak i in. 2012] od przyjętego poziomu terenu (138,80 m n.p.m.) stwierdzono zaleganie gruntów organicznych – torfu (O_s) o miąższości 2,80 m. Poniżej, do głębokości 4,70 m, zalega piasek drobny (FSa) oraz pylasty (piasek z pyłem – siSa) o uśrednionym stopniu zagęszczenia $I_d = 0,50$, podścielony gliną piaszczystą (iłem z piaskiem – saCl) w stanie półzwarłym o stopniu plastyczności $I_L = 0,00$. Nawiercony, ustabilizowany poziom wody gruntowej stwierdzono na głębokości 3,03 m. W tabeli 2 przedstawiono parametry geotechniczne gruntów występujących w podłożu i parametry materiału poduszki.

Wysokość łąw przyjęto jako 40 cm, co pozwala na zastosowanie przekroju prostokątnego, bez konieczności stosowania łąw schodkowych. Głębokość posadowienia przyjęto równą 1,20 m jako minimalną głębokość przemarzania dla Białegostoku. Szerokości łąw przyjęto: F5 – 1,20 m, F8 – 1,00 m.

Tabela 2. Parametry geotechniczne gruntów podłoża (parametry torfu przyjęto za Rowe i Soderman [1985] oraz materiału poduszki

Table 2. Geotechnical parameters of subgrade (peat parameters after Rowe and Soderman [1985]) and pad material

Rodzaj gruntu, miąższość Soil, thickness	I_D	I_L	ρ [t·m ⁻³]	ρ' [t·m ⁻³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	M_0 [kPa]	M [kPa]	ν –
T/peat, w 0,00–2,80 m	–	–	1,03	–	27,0	1,8	225	–	0,15
Pd/FSa, m 2,80–3,03 m	0,50	–	1,90	–	32,0	–	61 900	77 400	0,30
Pd/FSa, nw 3,03–3,10 m	0,50	–	1,90	0,95	32,0	–	61 900	77 400	0,30
Pp/siSa, nw 3,10–4,70 m	0,50	–	1,90	0,95	32,0	–	61 900	77 400	0,30
Gp/saCl, mw 4,70 m – 0,00	2,25	–	1,29	22,0	40,0	–	65 000	86 700	0,29
Ps/MSa, mw	0,70	–	1,80	–	37,2	–	110 000	122 200	0,25

Wykonane obliczenia posadowienia bezpośredniego ław F5 i F8 według Eurokodu 7 [PN-EN 1997-1:2008, PN-EN 1997-1:2008/Ap2:2010] wskazały na konieczność pełnej wymiany gruntu słabonośnego – torfu, ze względu na niespełnienie SGU przy wymianie częściowej, bez względu na szerokość poduszki wzmacniającej [Zalewski 2015], a zatem wysokość poduszki wzmacniającej wyniesie $H_p = 1,60$ m. Wyznaczone analitycznie osiadania ław posadowionych bezpośrednio na torfie wynoszą w przypadku F5 74,3 cm, a F8 – 60,1 cm. Rozpatrzono 3 warianty poduszek piaskowych (tab. 2), w zależności od przyjętej wartości kąta $\beta = 0^\circ, 30^\circ$ i 45° . Warunek nośności sprawdzono w poziomie posadowienia oraz w spągu poduszki piaskowej. Poduszki piaskowe zostały zaprojektowane analitycznie i za pomocą programu GEO5 – Fundament Bezpośredni. Wykorzystanie programu GEO5 jest konieczne ze względu na brak możliwości uwzględnienia w obliczeniach analitycznych osiadania poduszki o wymiarach większych niż szerokość ławy.

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

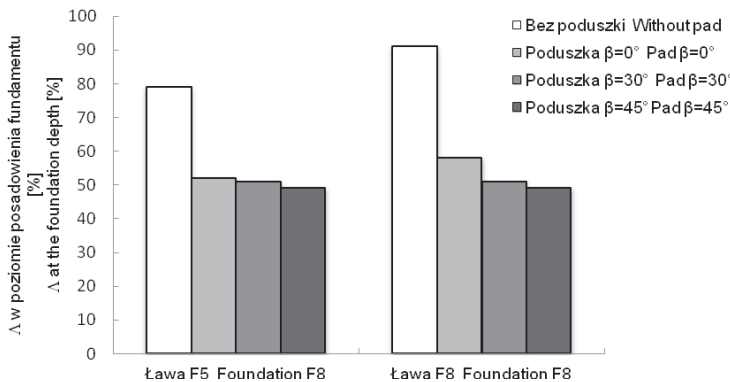
Wyniki obliczeń wzmocnienia podłoża gruntowego za pomocą wymiany gruntu do stropu warstwy nośnej w postaci poduszek piaskowych o różnej szerokości [Zalewski 2015] zostaną przedstawione w przypadku SGN w formie procentowego wykorzystania nośności zgodnie ze wzorem (24), a dla SGU – jako wyliczone wartości osiadania:

$$\Lambda = \frac{E_d}{R_d} \cdot 100 \leq 100\% \quad (24)$$

gdzie: E_d – wartość obliczeniowa siły wypadkowej, działającej w poziomie posadowienia lub w spągu poduszki,

R_d – wartość obliczeniowa oporu granicznego przeciw oddziaływaniu, zależna od sytuacji obliczeniowej.

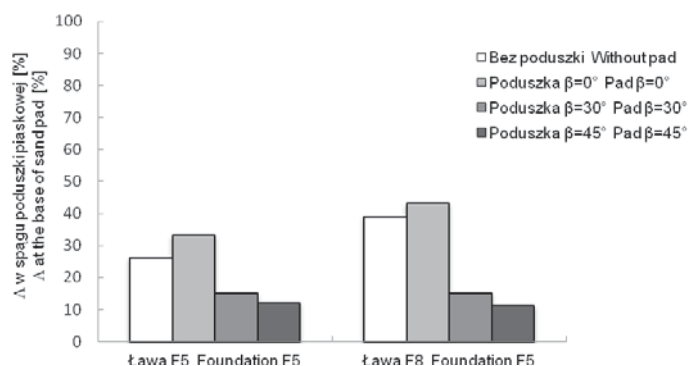
Wymiana słabonośnego gruntu – torfu na poduszkę piaskową z piasku średniego (MSa) o $I_D = 0,7$ spowodowała wzrost nośności ze względu na wypieranie gruntu spod fundamentu w poziomie posadowienia średnio o 30% w stosunku do posadowienia bezpośredniego na torfie. Ze względu na konieczną stałą wysokość poduszki można stwierdzić, że szerokość poduszki (kąt β) nieznacznie wpływa na obliczoną nośność gruntu w poziomie posadowienia – uzyskane wyniki nośności ze względu na wypieranie gruntu spod fundamentu mają zbliżone wartości, niezależne od kąta β . Wykorzystanie nośności podłoża gruntowego w poziomie posadowienia fundamentu (na poduszce piaskowej) ze względu na wypieranie gruntu spod fundamentu przedstawia rysunek 4.



Rys. 4. SGN ze względu na wypieranie gruntu spod fundamentu w poziomie posadowienia fundamentu (na poduszce piaskowej)

Fig. 4. ULS due to bearing resistance at the foundation depth (on sand pad)

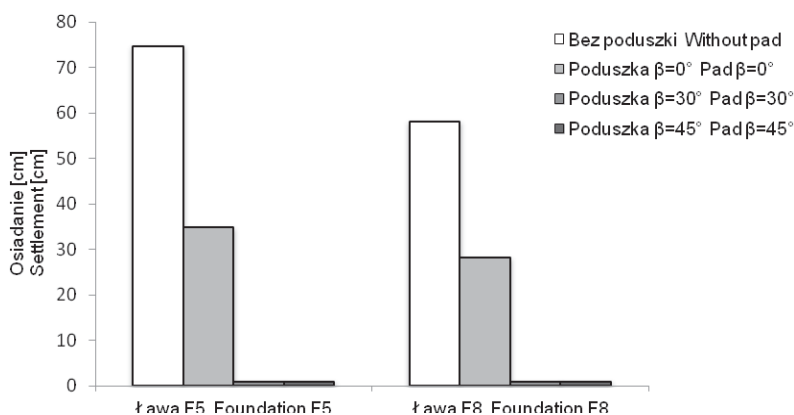
Rysunek 5 przedstawia wykorzystanie nośności ze względu na wypieranie gruntu w spągu poduszki piaskowej. Zastosowanie poduszki piaskowej z piasku średniego przy kącie rozkładu naprężenia $\beta = 0^\circ$ nie poprawiło nośności, lecz ją zmniejszyło, co spowodowane zostało większym ciężarem gruntu poduszki wzmacniającej oraz większą wartością naprężenia w stropie warstwy nośnej, przy szerokości poduszki równej szerokości fundamentu. Wzrostowi obciążeń oraz większemu mimośrodowi sił działających w spągu poduszki piaskowej, ze względu na dużą wysokość poduszki, towarzyszyło zmniejszenie efektywnego pola zastępczego fundamentu. Zastosowanie szerszych poduszek o podstawach $\approx 2,5B$ i $3,5B$ (kąty β równe odpowiednio 30° i 45°) sprawiło zwiększenie nośności podłoża w spągu poduszki piaskowej średnio o 50% w stosunku do posadowienia bezpośredniego.



Rys. 5. SGN ze względu na wypieranie gruntu spod fundamentu w spągu poduszki piaskowej
 Fig. 5. ULS due to bearing resistance at the base of sand pad

Nośność podłoża ze względu na przesunięcie (poślizg) w warunkach z odpiływem [PN-EN 1997-1:2008] zależy od materiału poduszki piaskowej – kąta tarcia wewnętrznego i gęstości objętościowej gruntu, która ma wpływ na oddziaływanie pionowe. Zastosowanie piasku średniego o większym kącie tarcia wewnętrznego w stosunku do kąta tarcia wewnętrznego torfu spowodowało wzrost nośności w poziomie posadowienia fundamentów, niezależny od szerokości poduszki. W spągu poduszki piaskowej wzrasta nośność podłoża na skutek wzrostu wartości obliczeniowej efektywnego oddziaływania pionowego. W związku z tym można zauważyć nieznaczną poprawę nośności ze względu na przesunięcie przy zastosowaniu szerszych poduszek, przy czym większą w przypadku ławy skrajnej F8.

Rysunek 6 przedstawia porównanie wartości osiadania podłoża w zależności od szerokości zastosowanej poduszki piaskowej (założonego kąta rozkładu naprężenia β), czyli najistotniejszą kwestię w przypadku posadowienia obiektów budowlanych na gruntach organicznych. Należy stwierdzić, że zastosowanie poduszki wzmacniającej o wymiarach



Rys. 6. SGU – osiadanie ław fundamentowych
 Fig. 6. SLS – strip foundation settlement

zbliżonych do wymiarów fundamentu nie daje pożądanych rezultatów. Spowodowane jest to parciem materiału poduszki, obciążonej na całej powierzchni fundamentem, na otaczający torf. Torf charakteryzuje się bardzo niskim współczynnikiem Poissona, co umożliwia jego ściśnięcie przez warstwy piaskowe, a w konsekwencji powoduje osiadanie fundamentów. Można stwierdzić, że osiadania stabilizują się na poziomie dopuszczalnym, tzn. poniżej $s_{\max} = 50$ mm [PN-EN 1997-1:2008/Ap2:2010] przy zastosowaniu szerokości poduszki wynikającej z założonego kąta rozkładu naprężenia $\beta = 30^\circ$. Dalsze zwiększanie szerokości poduszki jest nieefektywne i wiąże się z większymi kosztami, co stwierdził również Sękowski [2002].

WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że przy posadowieniu fundamentów pod dwupiętrowy budynek administracyjno-socjalny na 3-metrowej warstwie gruntu organicznego konieczna jest jego wymiana na całej miąższości ze względu na niespełnienie SGU przy wymianie częściowej, bez względu na szerokość poduszki wzmacniającej.

2. W danej sytuacji projektowej najefektywniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie poduszki wzmacniającej o szerokości podstawy $B_p \approx 2,5B$, czyli przy założonym kącie rozkładu naprężenia $\beta = 30^\circ$. Dalsze zwiększanie szerokości poduszki nie powoduje zmniejszenia osiadania fundamentów. Zaprojektowanie poduszki biernej o $\beta = 0^\circ$ może powodować utratę nośności ze względu na wypieranie gruntu spod fundamentu w spągu poduszki piaskowej i niespełnienie stanu granicznego użyteczności.

3. Zastosowanie poduszki wzmacniającej powoduje wzrost nośności podłoża ze względu na warunek na wypieranie w poziomie posadowienia fundamentu. Wpływ wzrostu szerokości poduszki wzmacniającej na nośność jest nieznaczny, przy czym jest on bardziej widoczny w przypadku ławy skrajnej. Ze względu na warunek nośności na wypieranie w spągu poduszki wzmacniającej konieczne jest projektowanie poduszek o szerokości większej od podstawy fundamentu ze względu na zmniejszenie wartości naprężenia pod poduszką piaskową, co jest szczególnie ważne w przypadku wymiany lekkiego gruntu organicznego na grunt mineralny.

4. Metody analityczne nie pozwalają na analizę wpływu szerokości poduszki na spełnienie stanu granicznego użyteczności. Jest to spowodowane brakiem możliwości uwzględnienia w obliczeniach analitycznych osiadania podłoża obciążonego fundamentem i poduszką o wymiarach większych niż szerokość fundamentu, a także wpływu warstwy słabej. Konieczne jest zatem wykorzystanie specjalistycznego oprogramowania.

PIŚMIENICTWO

Antczak, T. i in. (2012). Dokumentacja badań podłoża gruntowego dla określenia warunków grunto-wodnych i geotechnicznych w podłożu projektowanego Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych w Białymstoku. Geoprojekt, Warszawa.

- Bartoszek, Z., Sękowski, J. (2004). Słabe podłoże wzmocnione poduszką zbrojoną geomateracem. Analiza numeryczna układu. Mat. II Problemowej Konferencji Geotechniki, Białystok – Białowieża.
- EBGEO (2011). Recommendations for design and analysis of earth structures using geosynthetic reinforcements. Ernst & Sohn Verlag, Berlin.
- Gryczmański, M., Sękowski, J. (1997). Model układu poduszki piaskowa – słabe podłoże dla praktyki fundamentowania. Mat. XLIII Konferencji Naukowej KILiW PAN i KN PZITB, Krynica.
- Gryczmański, M., Skibniewska, A. (1978). Osiadanie fundamentów na podłożu wzmocnionym przez wymianę gruntów. Mat. V Krajowej Konferencji Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Katowice.
- Pisarczyk, S. (2014). Geoinżynieria. Metody modyfikacji podłoża gruntowego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- PN-EN 1997-1:2008. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- PN-EN 1997-1:2008/Ap2:2010. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- Rowe, R.K., Soderman, K.L. (1985). Geotextile reinforcement of embankments on peat. Geotextiles & Geomembranes, 2, 277–298.
- Sękowski, J. (2002). Podstawy wymiarowania poduszek wzmacniających. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Sieradzki, J. i in. (2013). Projekt architektoniczno-budowlany Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych (ZUOK) w Białymstoku. Zleceniodawca: konsorcjum firm Budimex, Cespa, Képpel Seghers.
- Zalewski, M. (2015). Płytki wymiana podłoża gruntowego. Praca magisterska. Politechnika Białostocka, Białystok.

INFLUENCE OF FOUNDATION PAD WIDTH ON BEARING CAPACITY AND DEFORMATIONS OF SUBGRADE

Abstract. A method of designing the foundation pad as a shallow replacement of organic soil is presented in the paper. The design examples present the influence of the pad width on bearing capacity and deformations of subgrade under strip foundations of a two-storey administration building, constructed on organic ground with thickness of 3 m. The pads with different width, determined by the value of the stress distribution angle $\beta = 0^\circ, 30^\circ$ and 45° , were taken into consideration. It was stated that peat replacement is needed on the whole organic layer thickness, regardless of the width of the sand pad. The ultimate limit state fulfillment is possible only for the pad width over twice greater than the width of the foundation.

Key words: foundation pad, soft soil replacement, organic subgrade, strip foundation

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 12.06.2016

Cytowanie: Zabielska-Adamska, K., Zalewski, M. (2016). Wpływ szerokości poduszki piaskowej na nośność i osiadanie podłoża gruntowego. Acta Sci. Pol. Architectura, 15 (2), 91–101.