



ZYGMUNT MEYER, *meyer@zut.edu.pl*

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Geotechniki

MARIUSZ KOWALÓW, *m.kowalow@gco-consult.com*

Geotechnical Consulting Office Sp. z o.o. ul. Jagiellońska 90, 70-340 Szczecin, Poland

PROGNOZA OSIADANIA BUDYNKU W ZWIĄZKU ZE ZMIANĄ SPOSOBU POSADOWIENIA

THE PROGNOSIS OF BUILDING SETTLEMENT DUE TO CHANGES OF FOUNDATION

Streszczenie Przedmiotem opracowania jest analiza zmiany osiadania budynku wielkopowierzchniowego posadowionego na płycie fundamentowej w związku ze zmianą sposobu posadowienia – rezygnacji z posadowienia na palach i przyjęciu posadowienia bezpośredniego. Budynek położony jest na Węgrzech w miejscowości Szeged nad rzeką. Projekt posadowienia przewidywał posadowienie na palach z uwagi na przewidywane duże osiadanie (16 cm). Analiza warunków gruntowych oraz analiza współpracy płyty z podłożem w warunkach posadowienia bezpośredniego pozwoliła na prognozę osiadania nie większą niż 3 cm. Po trzech latach obiekt osiadł o 18 mm. W pracy przedstawiono sposób obliczenia osiadania w tych warunkach.

Abstract The paper presents an analysis of settlement of a building of department store, based upon a foundation plate after resigning of piling. The original project has assumed foundation plate based on piles. After changes the direct foundation was assumed. From original project calculations a big settlement, 16 cm was foreseen. The analysis of soil properties and the elastic settlement of the foundation plate gave much smaller settlement 30 mm. Three years after building was completed the measured settlement was 18 mm. The paper gives the way of calculations of settlement.

1. Wstęp

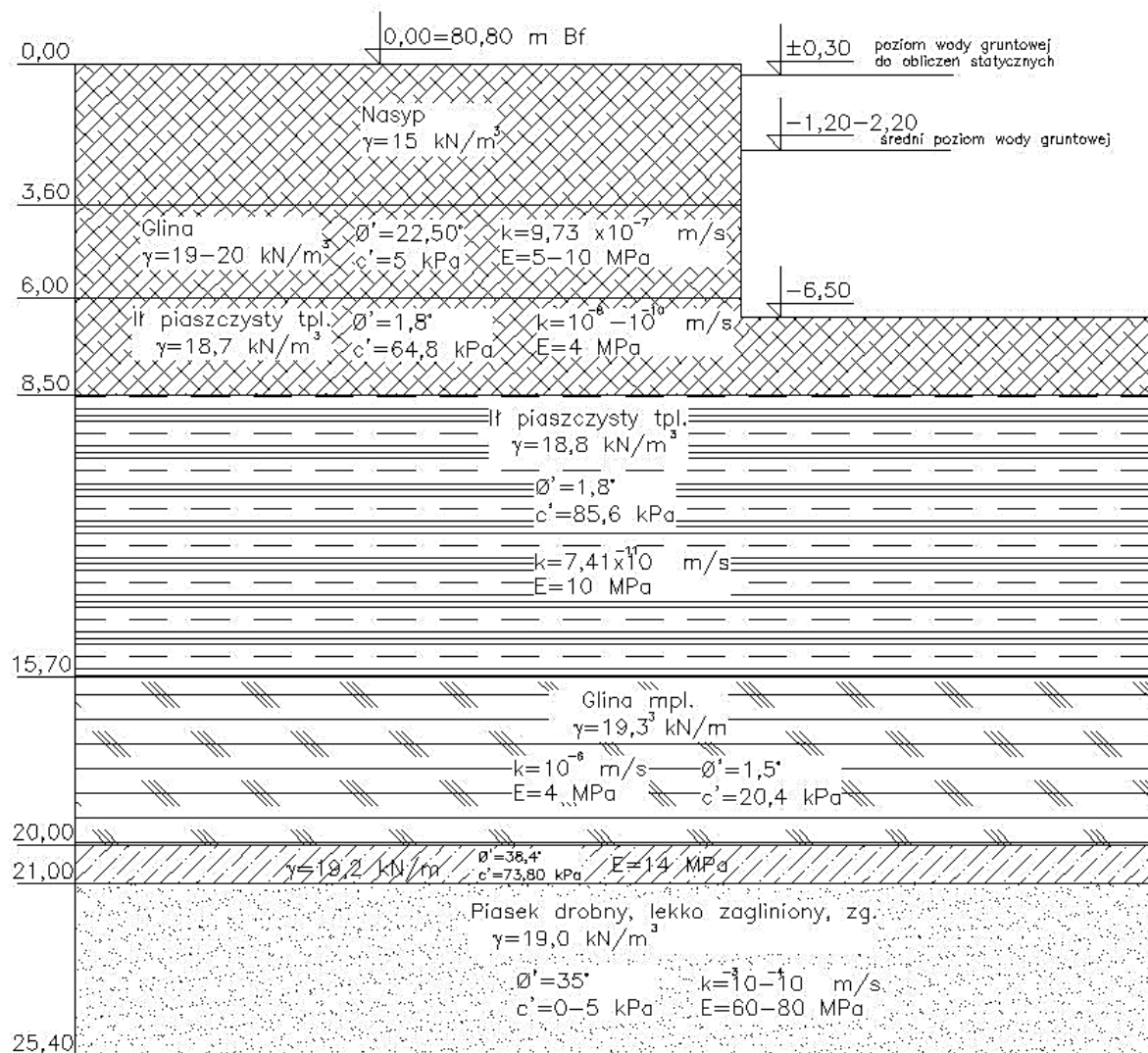
W miejscowości Szeged na Węgrzech przyjęto projekt wykonania budynku handlowego wielkopowierzchniowego. Budynek zlokalizowany jest w sąsiedztwie rzeki, gdzie występują złożone warunki gruntowe. Podłoże gruntowe jest uwarstwione, profil gruntowy reprezentatywny – pokazano na rys. 1.

Projekt posadowienia obiektu zakładał, że płyta fundamentowa będzie posadowiona na palach sięgających do warstwy piasku, tj. pale o długości ok. 20 m. Powodem przyjęcia takiego sposobu posadowienia było podłoże gruntowe, które zbudowane jest z szeregu warstw: gliny, ilów o konsystencji twardoplastycznej oraz gliny o konsystencji miękkoplastycznej (na głębokości ok. 16 m poniżej poziomu terenu). Głębiej zalegają piaski zagęszczone o bardzo dobrych parametrach geotechnicznych

$$(\phi = 35^\circ; E_0 = 80 \text{ MPa}).$$

Płyta fundamentowa w planie ma wymiary ok. 40×60 m. Z zestawienia obciążeń dostarczonego przez konstruktora wynikało, że obciążenia przekazywane przez płytę na grunt

w poziomie posadowienia nie przekraczają 50 kPa. W tej sytuacji przeprowadzono obliczenie osiadania fundamentu w warunkach posadowienia bezpośredniego.



Rys. 1. Profil gruntowy w miejscu posadowionego budynku

2. Obliczenie osiadanie

Obliczenie osiadania przeprowadzono metodą przedstawioną w literaturze [1, 2, 3, 4, 5, 6] z założeniem podłoża uwarstwionego [1]. Okazuje się, że często popełnianym błędem przy obliczaniu osiadania jest przyjęcie dużych – naturalnych wymiarów w planie – płyty fundamentowej. Badania analityczne wskazują, że przy założeniu stałego obciążenia płyty, jej osiadanie wraz ze wzrostem wymiaru poziomego też rośnie, ale tylko do pewnej granicy. ten poziomy wymiar powyżej którego osiadanie już nie rośnie został dokładnie określony w poprzedniej pracy [1]. Dla celów praktycznych obliczeń można przyjąć, że poziomy wymiar boku kwadratu B_{max} – wynosie:

$$B_{max} = \frac{\sigma_o}{\gamma} \quad (1)$$

gdzie:

σ_0 – są to obciążenia w poziomie posadowienia [kPa],
 γ – ciężar objętościowy gruntu w podłożu [kN/m³]

Na podstawie badań terenowych i badań analitycznych [4] sformułowano równanie, które opisuje osiadanie płyty w postaci:

$$S = \frac{\sigma_0 \cdot z_0}{E_0} \cdot \frac{1}{1 + \frac{z_0}{D}} \quad (2)$$

gdzie:

S – to osiadanie [mm];
 D – oznacza poziomy wymiar płyty fundamentowej [m] (średnica koła o równoważnej powierzchni);
 E_0 – edometryczny moduł ściśliwości [kPa],
 z_0 – oznacza głębokość, położenie dolnej granicy całkowania [m],
 σ_0 – to naprężenia w poziomie posadowienia [kPa].

Głębokość z_0 – określa się [4] wzorem:

$$z_0 = \frac{1}{2 \cdot \operatorname{tg} \phi} \cdot \frac{1}{\ln \left(\frac{E_0}{\sigma_0} \right)} \cdot \frac{\sigma_0}{\gamma} \quad (3)$$

gdzie:

ϕ – jest kątem tarcia wewnętrznego gruntu w podłożu.

Praktyczne obliczenia wskazują, że dla dużych płyt fundamentowych stosunek z_0/D jest wielkością bardzo małą i dlatego:

$$S = \frac{\sigma_0}{E_0} \cdot z_0 \quad (4)$$

Ze wzoru tego otrzymano od razu współczynnik sprężystości podłoża, który występuje w sprężystym modelu współpracy płyty fundamentowej i podłoża, k_s [MN/m³]. Wtedy [5]:

$$\sigma_0 = k_s \cdot S \quad (5)$$

i otrzymano

$$k_s = \frac{\sigma_0}{S} \cdot \frac{E_0}{z_0} \quad (6)$$

Dla podłoża uwarstwionego wprowadza się funkcję wpływu [1]:

$$S(z) = S_\infty \cdot F(z) \quad (7)$$

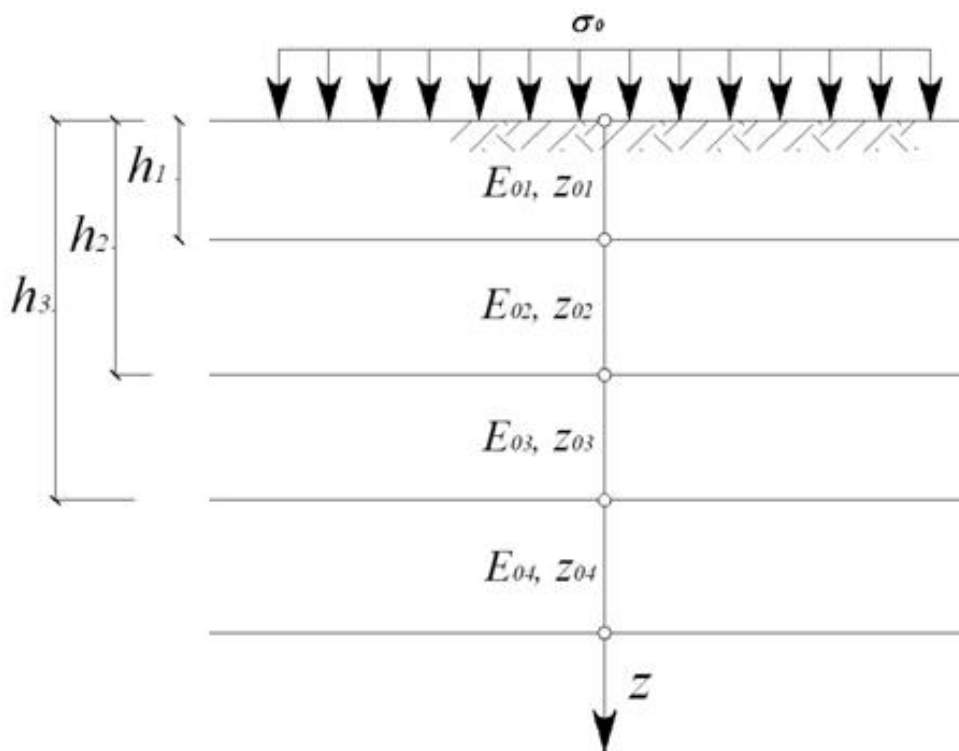
gdzie

$$F(z) = \frac{z}{z + z_0} \quad (8)$$

W równaniu (7) oraz (8) zmienna z oznacza położenie warstwy gruntu poniżej terenu. Jeżeli na całej głębokości znajduje się jedna warstwa, to:

$$F(z) = \lim_{z \rightarrow \infty} \frac{z}{z + z_0} = 1 \quad (9)$$

Schematycznie podłoże uwarstwione pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Schemat osiadania płyty na podłożu uwarstwowym

Dla warstwy 1 otrzymano wzór:

$$S_1 = \frac{\sigma_0}{E_{01}} \cdot z_{01} \cdot \frac{h_1}{h_1 + z_{01}} \quad (10)$$

$$S_2 = \frac{\sigma_0}{E_{02}} \cdot z_{02} \cdot \frac{z_{02}(h_2 - h_1)}{h_1 + z_{01}} \quad (11)$$

Podobnie oblicza się osiadanie warstwy 3, natomiast osiadanie warstwy 4 wyniesie:

$$S_4 = \frac{\sigma_0}{E_{04}} \cdot z_{04} \cdot \frac{z_{04}}{z_{04} + h_3} \quad (12)$$

Poszczególne symbole występujące w równaniach od (10) do (12) pokazano na rys. 2. Odpowiednio wtedy całkowite osiadanie płyty wyniesie:

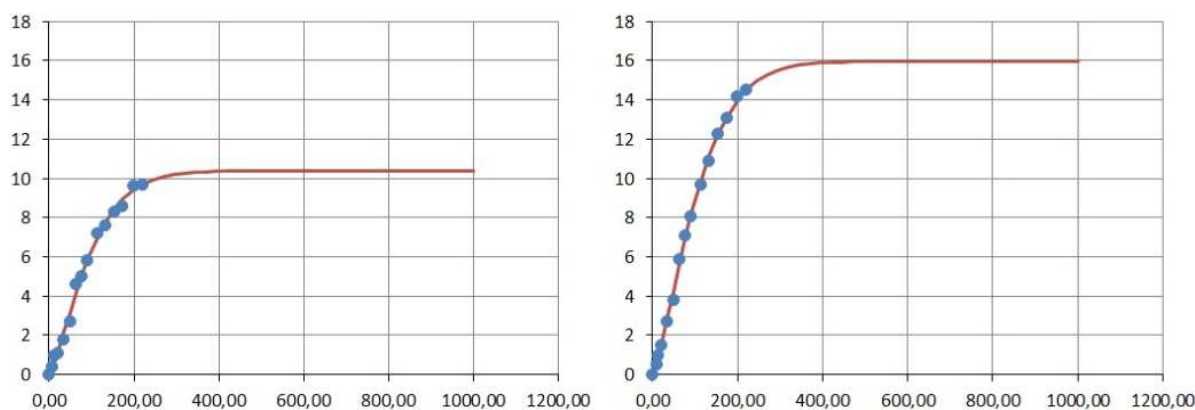
$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 \quad (13)$$

Wtedy dla wzoru (13) otrzymuje się współczynnik sprężystej podatności podłoża uwarstwionego w postaci:

$$k_s = \frac{1}{\frac{S_1}{\sigma_0} + \frac{S_2}{\sigma_0} + \frac{S_3}{\sigma_0} + \frac{S_4}{\sigma_0}} \quad (14)$$

2. Wyniki obliczeń

Po wykonaniu obliczeń metodą przedstawioną w poprzednim rozdziale, otrzymuje się osiadanie $S = 24$ mm. W związku z tym przyjęto, że nie przekroczy ona osiadania dopuszczalnego $S_{dop} = 30$ mm. Obliczenia te były podstawą do przyjęcia posadowienia bezpośredniego. Po wykonaniu obiektu osiadanie było monitorowane. Na podstawie pomiarów osiadania w ciągu pierwszego roku wykonano prognozę osiadania. Wyniki osiadania minimalnego i maksymalnego pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Wykres osiadania płyty na podłożu uwarstwionym. Punkty na wykresie oznaczają osiadanie pomierzone, linia ciągła osiadanie prognozowane.

4. Wnioski

1. W pracy przedstawiono analizę warunków osiadania fundamentu płytowego w związku ze zmianą sposobu posadowienia. Po analizie przyjęto posadowienie bezpośrednie, w miejsce wcześniej zaprojektowanego posadowienia na palach.
2. Obliczenie osiadania płyty fundamentowej przeprowadzono w oparciu o wyniki badań prezentowanych w literaturze uwzględniając zmianę parametrów gruntowych wraz z osiadaniem.
3. Obliczenia tak wykonane, wskazują na fakt, że pomimo złożonych warunków gruntowych podłoża uwarstwionego, osiadanie nie przekracza określonego przez konstruktora osiadania dopuszczalnego.
4. Metoda obliczeniowa pozwala również na określenie współczynnika podatności sprężystego podłoża. Parametru, który występuje w modelu współpracy płyty i gruntu. Zadanie to jest zwykle jest rozwiązywane numerycznie. Parametr ten wpływa na stosunek osiadań minimalnych i maksymalnych płyty i ma wpływ na dobór zbrojenia.
5. Monitoring osiadania przeprowadzony na obiekcie wskazuje, iż po 3 latach osiadanie to nie przekroczyło 20 mm.

Literatura

1. Meyer Z.: Obliczenia inżynierskie osiadania fundamentów, Szczecin 2012.
2. Meyer Z., Szmechel G.: Uwagi do obliczania osiadania dużych płyt fundamentowych, *Inżynieria Morska i Geotechnika* nr 1/2012.
3. Meyer Z., Żarkiewicz K.: Analiza rozkładu oporów na pobocznicy i podstawę kolumny betonowej na podstawie wyników próbnego obciążenia statycznego, *XX Regionalne Problemy Inżynierii Środowiska*, Szczecin, 2012.
4. Wiłun Z.: *Zarys geotechniki*, WKiŁ, Warszawa 2000.
5. Norma: Fundamenty bezpośrednie, PN-B-03020, 1981.
6. Norma: Pale, PN-B-02482, 1983.