

Jerzy SĘKOWSKI

WPLYW UWARSTWIENIA NA ROZKŁAD NAPRĘŻEŃ
I PRZEMIESZCZEŃ W PODŁOŻU GRUNTOWYM

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki analizy wpływu uwarstwienia na składowe pola naprężenia i przemieszczenia w podłożu dwuwarstwowym znajdującym się w płaskim stanie odkształcenia. Obliczenia szczegółowe dla szeregu odpowiednio dobranych przykładów liczbowych przeprowadzono metodą elementów skończonych.

1. WPROWADZENIE

Model półprzestrzeni sprężystej, zaproponowany przez J. Boussineą i zastosowany w teorii mechaniki gruntów w latach trzydziestych, mimo dość istotnych nieścisłości jest wciąż podstawą codziennej praktyki inżynierskiej. Badania modelowe (m.in. Cesarski [3], Łazebnik [11]) - a zwłaszcza obszernie badania i pomiary w naturze (m.in. Burland [2], Dałmatow [5], Kostrzewski [10], Łączkowski [12], Stefanoff [17]) przekonują, że model ten nie odzwierciedla rzeczywistego zachowania się podłoża gruntowego. Nie uwzględnia on m.in. wpływu niejednorodności, a ściślej uwarstwienia na rozkład naprężeń i przemieszczeń w ośrodku gruntowym.

Podłoże uwarstwione to częsty przypadek w praktyce inżynierskiej. Buduje je układ warstw poziomych, z których każda jest ciałem izotropowym, jednorodnym, liniowo-sprężystym opisanym dwoma stałymi, tj. modułem sprężystości podłużnej E_{0i} oraz współczynnikiem Poissona μ_i . Ten typ niejednorodności nazywany jest niejednorodnością skokową.

Przez "efekt uwarstwienia" rozumiemy zmiany w rozkładzie naprężeń i przemieszczeń występujące w takim podłożu w odniesieniu do odpowiednich rozkładów w klasycznej półprzestrzeni lub półpłaszczyźnie. Problem ten ma stosunkowo bogatą literaturę. Szereg prac i monografii z mechaniki gruntów (m.in. prace: Cytowicza [4], Fłorina [6], Rossińskiego [9], Śliwy [18] i Wiłuna [19]) zawiera bardziej znane rozwiązania analityczne oraz tablice, wykresy i nomogramy, które mogą być wykorzystane w rozwiązaniach praktycznych.

Zagadnienie rozkładu naprężeń i przemieszczeń zostało teoretycznie rozwiązane w różnym zakresie dla podłoża jedno-, dwu- i trójwarstwowego. Skomplikowana postać analityczna tych rozwiązań nie sprzyja szerszemu ich praktycznemu wykorzystaniu. Znaczne możliwości w tym zakresie stworzyła

elektroniczna technika obliczeniowa, która z powodzeniem może być również wykorzystana do sporządzania tablic i nomogramów pomocniczych, jak również do obszernych analiz teoretycznych. Przykładem może być tutaj praca Yodera [20].

Pełne rozwiązania dla obciążonego wielowarstwowego podłoża gruntowego podali m.in. Nikiszyn i Szapiro [13] oraz Gryczmański [7].

Próbie zastosowania metody elementów skończonych do rozwiązywania dowolnie uwarstwionego podłoża budowli podjął m.in. w pracy [8] Gryczmański.

Dotychczasowe teoretyczne badania wpływu niejednorodności skokowej na rozkład naprężeń i przemieszczeń w ośrodku gruntowym wskazują, że jest on znaczny - szczególnie przy wyraźnym zróżnicowaniu odkształcalności poszczególnych warstw. Wnioski te potwierdzają analizy wykresów, nomogramów i tablic zamieszczonych m.in. w cytowanych powyżej pracach. Należy jednakże nadmienić, że dotychczasowe analizy koncentrują się głównie na ocenie wpływu odkształcalności warstw podłoża (szczególnie gdy $E_{01} > E_{02}$) na wybrane składowe pola naprężenia i przemieszczenia (σ_{zz}, w_0).

Badania empiryczne prowadzone na modelach fizycznych (np. Akai [1]) lub fotosprężystych (Rymaszewski [14]) potwierdzają praktycznie wnioski analiz teoretycznych.

Zainteresowanie zagłębieniem niejednorodności podłoża gruntowego wydaje się rosnąć. Wynika ono głównie z powodu wyraźnego wpływu uwarstwienia, tak jakościowego jak i ilościowego na rzeczywisty rozkład naprężeń i przemieszczeń w ośrodku gruntowym. Innym powodem jest doskonalenie metod badawczych oraz metod obliczeniowych, jak również poszerzenie zakresu praktycznych zastosowań modelu warstwowego jako modelu obliczeniowego.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki obszernych badań numerycznych dwuwarstwowego podłoża gruntowego znajdującego się w płaskim stanie odkształcenia. W pracy skoncentrowano się na uchwyceniu wpływu niejednorodności skokowej na wartości liczbowe poszczególnych składowych pól naprężenia i przemieszczenia.

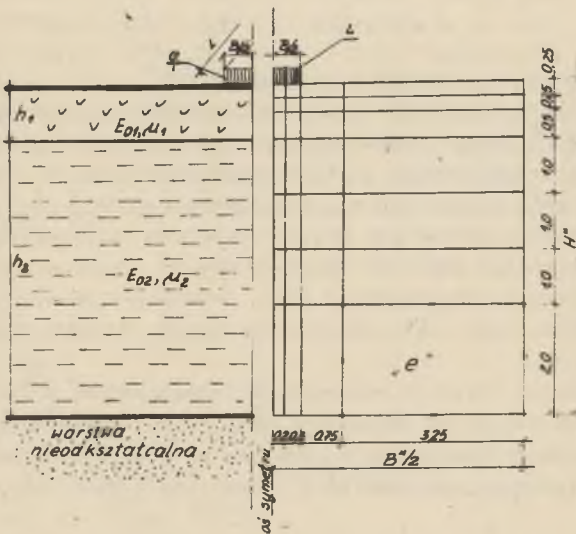
2. PRZEDSTAWIENIE PROBLEMU

W pracy podjęto próbę określenia wpływu uwarstwienia podłoża gruntowego na wartości składowe pola naprężenia (σ_{ij}) oraz przemieszczenia (w_i). W obliczeniach zastosowano metodę elementów skończonych, której system obliczeniowy wykorzystano do analizy statycznej liniowo-sprężystego, izotropowego, dwuwarstwowego podłoża gruntowego w płaskim stanie odkształcenia. W przyjętym modelu obliczeniowym zmienne były cechy mechaniczne i geometryczne budujących go warstw, niezmiennymi natomiast parametry wynikające z założeń modelu, tj. geometria modelu i obciążenia. Dobór schematu obliczeniowego podyktowany został: możliwościami stosowanego programu obliczeniowego oraz większą komunikatywnością w przedstawianiu wpływu uwarstwienia na przykładzie podłoża dwuwarstwowego.

3. MODEL OBLICZENIOWY ORAZ PROGRAM I ORGANIZACJA
OBLICZEŃ NUMERYCZNYCH

Obliczeniami szczegółowymi objęto szereg przykładów liczbowych, których dobór wynikał z przyjętego modelu obliczeniowego. Modelem stratygraficznym podłoża był ośrodek dwuwarstwowy spoczywający na warstwie nieodkształcalnej (rys. 1). Warstwy poszczególne charakteryzowały się zmiennością cech mechanicznych i geometrycznych (E_{0i}, μ_i, h_i).

Program obliczeń wraz z danymi wyjściowymi zawiera tablica 1.



Rys. 1. Przyjęty do analizy schemat oraz model dyskretny podłoża gruntowego

Tablica 1

Program obliczeń oraz dane wyjściowe do przyjętego modelu obliczeniowego

Parametry stałe					Parametry zmienne			Uwaga:
q	B	$\alpha = \frac{h_1}{h_2}$	h_1, h_2	Moz	h_i	$\beta = \frac{E_{01}}{E_{02}}$	μ_i	
MPa	m	-	B	MPa	B	-	-	
1	1	10	6	35	0.25	0.1	0.2	
					0.50	0.2		
					1.00	0.5		
					2.00	2.0		
					3.00	5.0		
4.00	10.0	0.4						

Zróżnicowano również μ_i w poszczególnych warstwach

Zapis podany w tej tabelicy należy rozumieć w ten sposób, że dla jednego z ustalonych parametrów zmiennych (konkretnie h_1) dobrano po sześć przykładów (zmienny parametr β) odpowiednio dla $\mu_1 = 0,2; 0,3; 0,4$. Wykonano ponadto obliczenia dla przykładów o zróżnicowanych wartościach parametru μ_1 w poszczególnych warstwach podłoża, tj.

$$\begin{array}{ll} \mu_1 = 0,2 & \mu_2 = 0,3 \text{ lub } 0,4, \\ \mu_1 = 0,3 & \mu_2 = 0,2 \text{ lub } 0,4, \\ \mu_1 = 0,4 & \mu_2 = 0,2 \text{ lub } 0,3, \end{array}$$

przy czym

$$h_1 = 0,5 \text{ B} \quad \text{lub} \quad 1,0 \text{ B} \quad \text{oraz} \quad \beta = 0,1 \quad \text{lub} \quad 10.$$

Wartości parametru μ_1 przyjęto za Wiłunem [19].

Obliczenia wykonano metodą elementów skończonych, wykorzystując program Finesa 1 opracowany i udostępniony przez Gryczmańskiego [8]. Dla przyjętego dyskretnego modelu podłoża gruntowego (rys. 1) określono wartości składowe pola naprężenia i przemieszczenia ($\sigma_{zz}, \sigma_{xx}, \tau_{xz}, w, u$) w węzłach lub punktach pośrednich ośmio- względnie dziesięciowęzłowych ortogonalnych elementach płaskich. Wymiary modelu dyskretnego $B^* = 9 \text{ B}$, $H^* = 6 \text{ B}$ przyjęto za Gryczmańskim [8]. Wymiary elementów odpowiadały geometrii podłoża, tzn. nie obejmowały nigdy jednocześnie sąsiednich warstw.

Założony program obliczeń numerycznych zrealizowano w ZETO Politechniki Śląskiej w Gliwicach za pomocą EMC ODRA 1204. Niedokładności w wartościach szczegółowych wynikające z zaburzeń na krawędziach modelu eliminowano stosując interpolację graficzną do wyników w punktach pośrednich.

4. ANALIZA WYNIKÓW PRZEPROWADZONYCH OBLICZEŃ NUMERYCZNYCH

Szczegółowa analiza otrzymanych wyników obliczeń numerycznych stanowiła podstawę oceny wpływu uwarstwienia na rozkład naprężeń i przemieszczeń w ośrodku gruntowym. W analizie tej za poziom porównawczy przyjęto odpowiednie rozwiązania dla klasycznej jednorodnej półprzestrzeni sprężystej.

4.1. Pole naprężeń

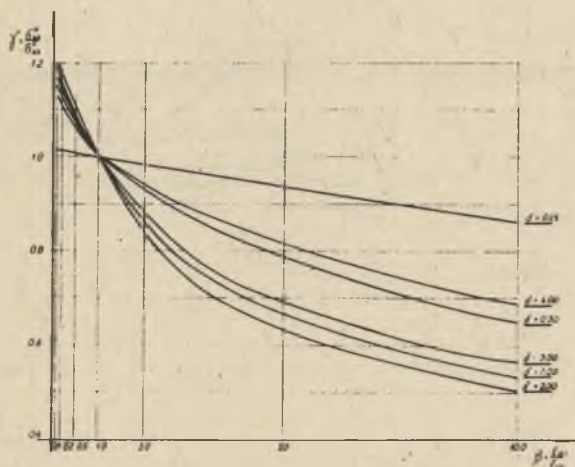
Uwarstwienie powoduje koncentrację ($\beta < 1$) lub dekoncentrację ($\beta > 1$) naprężeń pionowych σ_{zz} w podłożu gruntowym. Wyraża się to zmianą wartości tych naprężeń w stosunku do odpowiednich rozwiązań porównawczych (półprzestrzeń sprężysta). Wielkość zmian jest funkcją ilorazu odkształcalności (β), względnej miąższości warstwy górnej (ϑ) oraz wartości współczynników Poissona (μ_1) poszczególnych warstw podłoża.

Największe odchylenia w rozkładach naprężeń rozwiązań porównywanych obserwowano na stykach warstw, co potwierdzają wykresy przytoczone za Burminsterem przez Wiluna [19].

Stwierdzono, że odchylenia te są największe dla wartości $\delta = h_1/B$ z przedziału $2 B \pm 3 B$ przy dowolnym β oraz μ_{sr} . Przez β, μ_{sr} oznaczono odpowiednio: iloraz odkształcalności poszczególnych warstw ($\beta = E_{O1}/E_{O2}$) oraz średnią (ważoną) wartość współczynnika Poissona dla analizowanego podłoża ($\mu_{sr} = \frac{\sum \mu_i h_i}{\sum h_i}$).

Przykładowo dla $\delta = 2$ oraz $\beta \in \langle 0,1 \pm 10 \rangle$ stanowią one od około +25% do około -50% wartości uzyskanych dla półprzestrzeni sprężystej. Wzrost β (tak powyżej jak i poniżej jedności) odchylenia te zwiększa, jakkolwiek przyrost ich jest wyraźnie malejący.

Stwierdzono, że dla $\delta < 0,25$ oraz $\delta > 4,0$ odchylenia w rozkładach naprężeń pionowych rozwiązań porównywanych są niewielkie i szybko maleją do zera. Znamiennej cechą rozkładu pionowego naprężeń σ_{zz} jest ich znacznie szybszy zanik w warstwie sztywniejszej, przy bardziej ustalonym przebiegu w warstwie słabszej. Podobnie jest ze zmiennością tej składowej w rozkładzie poziomym. Próba częściowej ilustracji powyższych wniosków jest

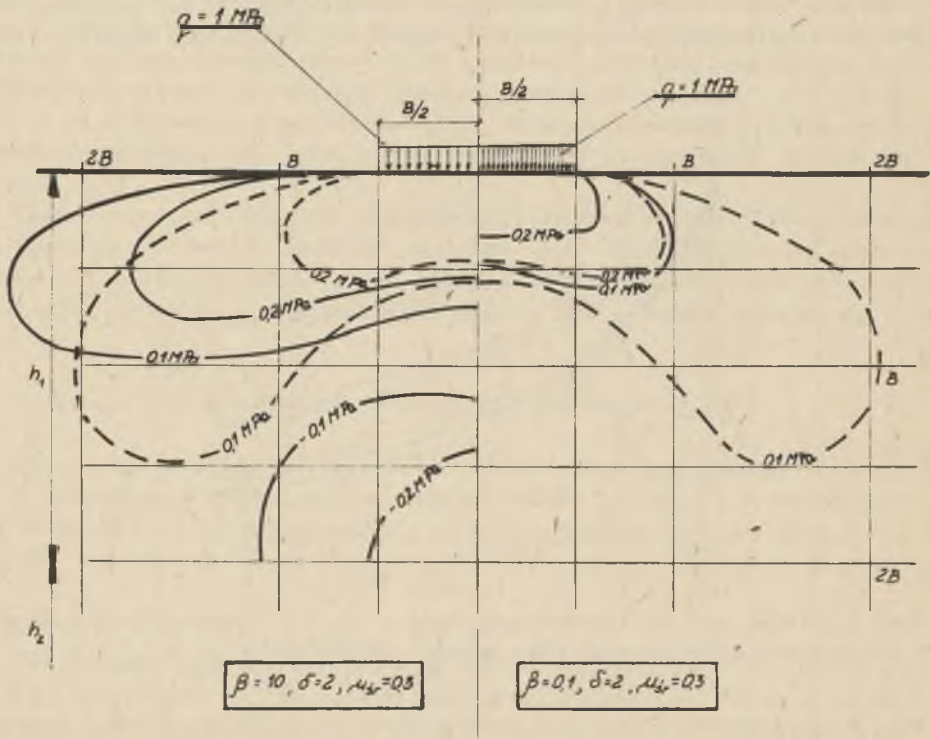


Rys. 2. Iloraz wartości naprężeń pionowych σ_{zz} na styku warstw podłoża z rozwiązań porównywanych jako funkcja parametrów β, δ dla $\mu_{sr} = 0,3$

rys. 2, na którym w funkcji parametrów β, δ dla $\mu_{sr} = \mu_1 = 0,3$ przedstawiono poprzez η iloraz wartości naprężeń pionowych na styku warstw podłoża określonych jak dla podłoża uwarstwowionego (metodą elementów skończonych) i podłoża jednorodnego (wg Steinbrennera za Rossińskim [9]) - $\eta = \frac{\sigma_{zz}^U}{\sigma_{zz}^I}$. Obliczenia dotyczyły również określenia wpływu wartości współ-

czynnika Poissona μ_i na rozkład naprężeń pionowych. Stwierdzony wpływ ma jedynie charakter ilościowy. I tak, jeśli by za podstawę przyjąć rozkłady uzyskane dla $\mu_{sr} = 0,3$, to przyjęcie μ_i z przedziału $0,2 \div 0,4$ zmienia wartości naprężeń σ_{zz} max o 8%. W przypadku zróżnicowanych wartości współczynników Poissona w poszczególnych warstwach obserwowane zmiany w wartościach naprężeń były również nieznaczne, jakkolwiek różne w obrębie każdej z warstw. Ogólnie można jednak przyjąć, że wpływ ten jest nieznaczny i wyraża się praktycznie kilkoma procentami. Szczegółowsze omówienie problemu rozkładu naprężeń pionowych w podłożu uwarstwionym zawiera praca autora [16].

Nieco inaczej uwarstwienie podłoża gruntowego wpływa na rozkład naprężeń poziomych σ_{xx} . W podłożu jednorodnym naprężenia poziome w całym obszarze posiadają ten sam znak - znak naprężeń ściskających. W podłożu uwarstwionym naprężenia poziome posiadają również znak przeciwny, tzn. znak naprężeń rozciągających. Wartość naprężenia rozciągającego zależy od

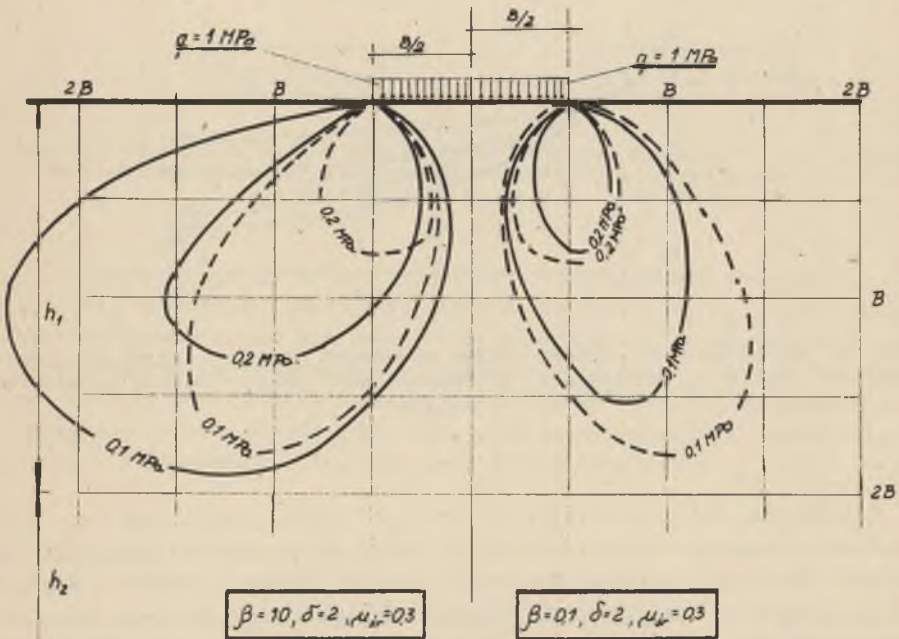


Rys. 3. Ilustracja wpływu uwarstwienia podłoża gruntowego na przebieg izobar naprężeń poziomych σ_{xx} na wybranych przykładach liczbowych dla ustalonych: $\mu_{sr} = 0,3$ oraz β, δ

———— podłożo uwarstwione, - - - - podłożo jednorodne

ilorazu odkształcalności i geometrii warstw budujących podłoże gruntowe. Należy zaznaczyć, że zjawisko to wyraźniej występuje w przypadku sztywniejszej warstwy górnej ($E_{01} > E_{02}$). Mamy wówczas do czynienia z tworzeniem się we wnętrzu podłoża (praktycznie w warstwie górnej) obszaru naprężeń rozciągających. Maksymalne wartości ciągnięć występują pod środkiem obszaru obciążenia nieco ponad spągłem warstwy górnej. Ilustracją może być rys. 3, na którym przedstawiono wykresy izobar naprężeń poziomych dla dwóch przypadków podłoża gruntowego o ogólnej charakterystyce: $\beta = 0,1$ i 10 ; $\delta = 2,0$; $\mu_{sr} = 0,3$.

W zakresie naprężeń stycznych τ_{xz} uwarstwienie powoduje ich koncentrację ($\beta > 1$) lub też dekoncentrację ($\beta < 1$) w dużych obszarach podkrawędziowych. Naprężenia te szybko maleją w kierunku środka obciążenia, zwłaszcza przy przejściu do warstw słabych. Wpływ niejednorodności skokowej na rozkład naprężeń stycznych jest jednakże wyraźnie mniejszy niż ma to miejsce w przypadku naprężeń pionowych i poziomych. Ilustruje to przykładowo rys. 4, na którym pokazano wykresy izobar naprężeń stycznych dla tych samych przykładów liczbowych co powyżej.

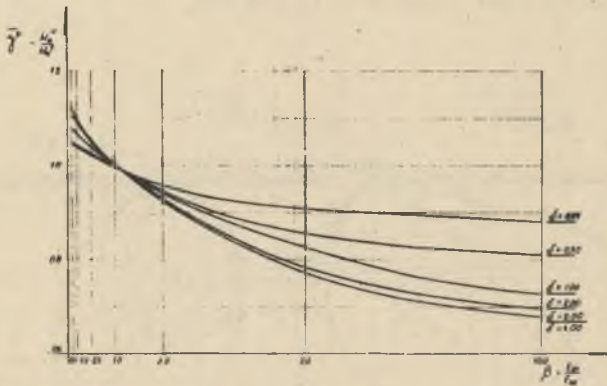


Rys. 4. Ilustracja wpływu uwarstwienia podłoża gruntowego na przebieg izobar naprężeń stycznych τ_{zx} na wybranych przykładach liczbowych dla ustalonych: $\mu_{sr} = 0,3$ oraz β, δ

———— podłoże uwarstwione, - - - - - podłoże jednorodne

4.2. Pole przemieszczeń

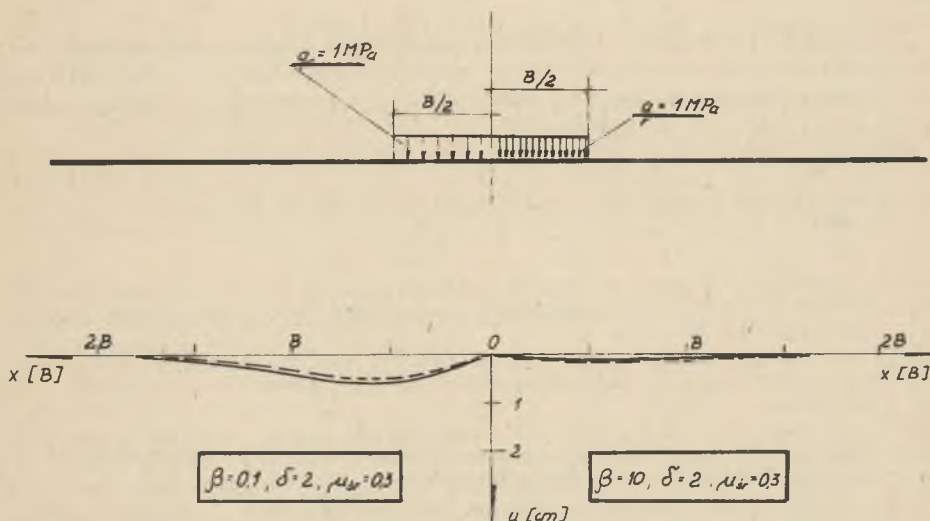
Wartości przemieszczeń określonych z uwzględnieniem uwarstwienia podłoża gruntowego również w sposób wyraźny różnią się od odpowiednich przemieszczeń określonych wg założeń półprzestrzeni sprężystej. Rozbieżności pomiędzy wartościami przemieszczeń pionowych określonych metodą odkształceń (w_0^I) [19] i metodą elementów skończonych (w_0^U) (rozwiązania porównywane) zależą również od parametrów β , δ , $\mu_{\delta r}$. Ilustruje to rys. 5, na którym przedstawiono w funkcji β , δ przy $\mu_{\delta r} = \mu_1 = 0,3$ wartości przemieszczeń pionowych pod środkiem geometrycznym obciążenia, określone wymienionymi powyżej metodami. Przemieszczenia te wyrażono współczynnikiem $\bar{\eta}$ oznaczającym $\bar{\eta} = w_0^U/w_0^I$. Z analizy otrzymanych wyników obliczeń szczegółowych wynika, że dla $\delta < 0,25$ rozbieżności w rozwiązaniach porównywanych są niewielkie i praktycznie pomijalne. Natomiast dla $\delta > 1,0$ oraz $\beta > 1,0$ są znaczne i dochodzą one do kilkudziesięciu procent.



Rys. 5. Iloraz wartości przemieszczeń pionowych w_0 pod środkiem geometrycznym obciążenia z rozwiązań porównywanych jako funkcja parametrów β , δ dla $\mu_{\delta r} = 0,3$

Przykładowo dla $\beta \in <0,1 \div 10>$ i $\delta = 2,0$ wynoszą one od +8% do -30% wartości uzyskanej metodą odkształceń. Wpływ współczynnika Poissona ma jedynie charakter ilościowy i stanowić może do około 6% wartości przyjętej za poziom odniesienia. Powierzchnia obciążona ulega silnemu odkształceniu w obrębie pewnego obszaru, związanego ściśle z geometrią podłoża (δ) oraz w niewielkim stopniu ze współczynnikiem Poissona $\mu_{\delta r}$. Przy stałych miąższościach warstw, lecz zmiennych ich ściśliwościach krzywe przemieszczeń powierzchni przecinają się w jednym punkcie. Położenie tego punktu

jest funkcją parametru δ oraz w mniejszym stopniu parametru μ_{sr} . Przemieszczenia poza punktem są nieznaczne i niewiele różniące się pomiędzy sobą. Bardziej szczegółowe przedstawienie wpływu uwarstwienia na wartości pionowych przemieszczeń powierzchni obciążonej zawiera praca autora [15].



Rys. 6. Ilustracja wpływu uwarstwienia podłoża gruntowego na wartości przemieszczeń poziomych powierzchni na wybranych przykładach liczbowych dla ustalonych: $\mu_{sr} = 0.3$ oraz β, δ

Najmniejszy udział "efektu uwarstwienia" zaobserwowano w przypadku przemieszczeń poziomych. Jakościowy wpływ parametrów β, δ, μ_{sr} jest podobny jak dla przemieszczeń pionowych, przy czym zmiany w wartościach liczbowych przemieszczeń poziomych są nieznaczne. Na rys. 6 pokazano przykładowo przebieg przemieszczeń poziomych dla dwóch wybranych przypadków uwarstwionego podłoża gruntowego. Linią przerywaną zaznaczono rozwiązanie dla podłoża jednorodnego o średnich wartościach parametrów E_{0sr}, μ_{sr} .

5. WNIOSKI

Analiza uzyskanych rozwiązań szczegółowych pozwala na sformułowanie następujących wniosków ogólnych:

1. Uwarstwienie podłoża gruntowego w sposób znaczący wpływa na rozkład naprężeń i przemieszczeń w ośrodku gruntowym. Wpływ ten wyrażający się zmianą wartości liczbowych poszczególnych składowych pola naprężenia i przemieszczenia w odniesieniu do odpowiednich rozwiązań otrzymanych wg

założeń półprzestrzeni sprężystej dochodzić może do kilkudziesięciu procent ($\beta_{zz} \cdot w_0$).

2. Zakres wpływu uwarstwienia na wartości składowych naprężeń i przemieszczeń jest funkcją ilorazu odkształcalności warstw, miąższości względnej warstwy górnej (β, δ) oraz w mniejszym stopniu współczynników Poissona (μ_1).

3. Wnioski szczegółowe zamieszczone w punkcie 4 pracy odnoszą się do wybranego modelu podłoża gruntowego (podłoża dwuwarstwowe w płaskim stanie odkształcenia). Wydaje się jednak, że dla innych modeli ulegnie zmianie jedynie ich aspekt ilościowy.

LITERATURA

- [1] K. Akai, S. Shiomi, T. Kiuchi.: Model studies on the stress distribution in layered soil systems. Proc. Japan Soc. Civ. Engrs, 185, 1971, ss. 83-94.
- [2] J.B. Burland, G.C. Sils, R.E. Gibson: A field and theoretical study of the influence of non-homogeneity on settlement. 8 th ICSMFE, 1, 3, 1973, ss. 39-46.
- [3] A.A. Cesarskij, J.N. Murzienko: Eksperymentalnoje issledowanija sowniestnoj raboty zielezobetonnych plit i piesczanogo osnowanija. Osnowanija, fundamenti i miechanika gruntow, 5, 1970, ss. 7-9.
- [4] N.A. Cytowicz: Mechanika gruntów. Wyd. Geologiczne, Warszawa 1958.
- [5] B.I. Dałmatow, S.M. Salnikow, M.N. Doroszkiewicz, W.W. Znamienskij: Issledowanije deformacii gruntow w osnowanii sooruzienii. Trudy k 8 Miedzunarodnomu kongressu po miechanike gruntow i fundamentostroieni. Moskwa 1973.
- [6] W.A. Florin: Osnowy miechaniki gruntow. T. 1. Gosstroizdat, Moskwa 1959.
- [7] M. Gryczmański: Rozwiązanie zagadnienia równowagi wielowarstwowego podłoża obciążonego pionowo w obszarze prostokąta z zastosowaniem szeregów trygonometrycznych. Archiwum Hydrotechniki, 2, 1969, ss. 251-268.
- [8] M. Gryczmański: Metoda elementów skończonych w analizie podłoża budowli. Zeszyty Naukowe WSI Opole, Budownictwo 2, 1975 (dysertacja doktorska).
- [9] Ł. Jeske, T. Przedecki, B. Rossiński: Mechanika gruntów PWN, Warszawa-Poznań 1974.
- [10] W. Kostrzewski, J. Orzechowski: Analiza osiadań budowli posadowionych na gruntach o różnej ścisłości. Zeszyty Naukowe Pol. Poznańskiej, Budownictwo Lądowe, 7, 1965, ss. 23-44.
- [11] G.E. Łazebnik: Issledowanije razpredielienija napriazienii po podoszwie fundamentnych plit zdaniij. Osnowanija, fundamenti i miechanika gruntow, 6, 1970, ss. 15-18.
- [12] A. Łączkowski, Z. Młynarek, J. Przysański: Osiedlenia silosów zbożowych posadowionych na gruntach piaszczystych. Inżynieria i Budownictwo, 7, 1973, ss. 305-307.
- [13] W.S. Nikiszyn, G.S. Szapiro: Zadaczi teorii uprugostii dla mnogo-słożonych sried. Izd. Nauka, Moskwa 1973.

- [14] M. Rymaszewski: Elastooptyczne badanie stanu naprężenia w podłożu uwarstwowym obciążonym na powierzchni. Dysertacja doktorska, Wrocław, Inst. Geotechniki, 1976.
- [15] J. Sękowski: Wpływ uwarstwienia podłoża gruntowego na wartości pionowych przemieszczeń powierzchni obciążonej. V Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Katowice 1978, ss. 69-76.
- [16] J. Sękowski: O wpływie uwarstwienia na rozkład naprężeń w podłożu gruntowym. Zeszyty Naukowe Pol. Śląskiej, Budownictwo, 47, 1980, ss. 45-52.
- [17] G. Stefanoff, K. Zlatew, M. Grantcharew, G. Milew: Anticipate observed settlement of a High Chimney. Proc. 6th ICSMFE, 2, 1965, ss. 202-204.
- [18] J. Śliwa, M. Gryczmański: Geotechnika, Mechanika gruntów, cz. I. Skrypt Politechniki Śląskiej, Gliwice 1975.
- [19] Z. Wiłun: Zarys geotechniki. Wyd. Komunikacji i łączności, Warszawa 1976.
- [20] E.J. Yoder, M.W. Witczak: Principles of pavement design. New York 1975.

ВЛИЯНИЕ СЛОИСТОСТИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ
И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ

Резюме

В работе представлены результаты анализа влияния слоистости на составляющие поля напряжения и перемещения в двухслойном основании находящимся в плоском деформированном состоянии. Подробные расчеты для ряда соответственно подобранных численных примеров были проведены при помощи метода конечных элементов.

THE EFFECT OF STRATIFICATION ON THE DISTRIBUTION
OF STRESSES AND DISPLACEMENTS IN THE SUBSOIL

Summary

The paper presents results of an analysis concerning the influence of stratification upon stress and displacement components in a two-layer subsoil in a plane strain. Calculations for selected examples have been carried out by the finite elements method.