KONFERENCJA ŚRODOWISKOWA
SEKCJI MECHANIKI GRUNTÓW I SKAŁ ORAZ FUNDAMENTOWANIA
KOMITETU INŻYNIERII LĄDOWEJ I WODNEJ PAN
„GEOTECHNIKA W OŚRODKU GLIWICKIM"

ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995
Seria: BUDOWNICTWO z. 80 Nr kol. 1288

Jerzy SĘKOWSKI

Katedra Geotechniki
Politechnika Śląska

ANALIZA SPRĘŻYSTO–PLASTYCZNA PODŁOŻA WZMOCNIONEGO PODUSZKĄ PIASKOWĄ

Streszczenie. W artykule przedstawiono wstępną ocenę wpływu plastyczności gruntu na osiadania i naprężenia w słabym podłożu ulepszonym poduszką piaskową. Podstawą tej oceny były analizy MES osiowo-symetrycznego układu fundament-grunt. Sprężysto-idealnie plastyczny model Druckera-Pragera był stosowany do opisu ulepszonego podłoża. Słaby grunt był alternatywnie modelowany przy użyciu Modified Cam-Clay. Jako tło zużytkowano wyniki odpowiadającej liniowo-sprężystej analizy interakcji.

W świetle powyższych badań, wpływ plastyczności gruntu okazał się w rozważanym przypadku znaczny.

ELASTO–PLASTIC ANALYSIS OF A SUBSOIL IMPROVED BY SAND CUSHION

Summary. In the paper an initial evaluation of the soil plasticity effect on settlement and stresses in a weak subsoil improved by a sand cushion has been presented. The base of this assessment were the FEM analyses of an axi-symmetric foundation-soil interaction problem. The Drucker-Prager elasto-perfectly plastic soil model was applied to an improved subsoil description. Weak soil was alternativelly modelled using the Modified Cam-Clay. As a background results for the corresponding linear elastic interaction analysis have been utilized.

In the light of the above investigations the soil plasticity effect in the case considered appeared to be considerable.

УПРУГО-ПЛАСТИЧЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВАНИЯ УСИЛЕННОГО ПЕСОЧНОЙ ПОДУШКОЙ

Резюме. В статье представлены результаты вступительной оценки влияния пластичности грунтовой среды на результаты расчетов слабого грунтового основания, усиленного песчаной подушкой. Основанием для этих расчетов служили численные

расчеты в МЭС для задания симметричного по оси, а для отображения системы фундамент-основание были использованы линейно-упругая, упруго-идеально пластичная Drucker-Prager, а также упруго-пластичная с плотностным усилением типа Modified Cam-Clay модели.

Влияние пластичности на полученные результаты оказалось большим.

1. WSTĘP

Częściowa lub całkowita wymiana gruntu słabego na starannie zagęszczony piasek lub żwir w formie tzw. poduszki to jedna z częściej stosowanych w praktyce inżynierskiej metod wzmacniania słabego podłoża gruntowego. Wykorzystanie do opisu i rozwiązania tego zagadnienia inżynierskiego modelu liniowo-sprężystego budzi uzasadnione zastrzeżenia. Chociażby z tej przyczyny, że w strefie stykowej silnie zróżnicowanych odkształceniowo gruntów występują poziome naprężenia rozciągające, nie przenoszone przez grunty, a więc uplastyczniające go. Konieczne zatem staje się zastosowanie do opisu i rozwiązania wspomnianego problemu modeli uwzględniających plastyczność ośrodka gruntowego. Mogą nimi być m.in. modele sztywno i sprężysto - idealnie plastyczne oraz modele sprężysto - plastyczne ze wzmocnieniem. Przy tak postawionym problemie próba pełniejszego opisu ośrodka gruntowego wymaga m.in. określenia parametrów wspomnianych modeli (zwykle czyni się to w precyzyjnych badaniach trójosiowych). Stąd zasadnicza przyczyna, dla której, jak się wydaje, przełożenie osiągnięć współczesnej geotechniki na język praktyki jest wciąż tak trudne.

Realnym wyjściem z tej sytuacji jest sięgnięcie do tych modeli sprężysto - plastycznych, których charakterystyka zawiera się w niewielkiej liczbie parametrów - lub łatwo wyznaczalnych, i ogólnie rzecz biorąc "akceptowanych". Autor ma tu na myśli model Coulomba-Mohra i Druckera-Pragera. Na pytanie, czy są to modele wystarczające do opisu zachowania się podłoża wzmocnionego poduszką, należy jednak poszukać odpowiedzi. Można to uzyskać m.in. poprzez analizę porównawczą z rezultatami odpowiednich obliczeń, wykonanych dla modeli bardziej zaawansowanych plastycznie. Przedstawiony referat jest próbą częściowej odpowiedzi na postawione pytanie. Ze względu na zakres wykonanej analizy otrzymane wyniki należy traktować jednak jako wstępne, rozpoznawcze.

2. STOSOWANE W ANALIZIE MODELE OŚRODKA GRUNTOWEGO

Jak już wspomniano, w prowadzonej analizie porównawczej wykorzystano trzy rodzaje modeli ośrodka gruntowego. Były to: model liniowo-sprężysty (LS), model sprężysto-idealnie

plastyczny Druckera-Pragera (D-P) oraz model sprężysto-plastyczny ze wzmocnieniem gęstościowym Modified Cam-Clay (MCC). Przybliżmy krótko ich podstawowe założenia [3].

♦ W *modelu liniowo-sprężystym* (LS) podłoże gruntowe traktuje się jako materiał (ośrodek) spełniający następujące założenia:

- ciągłości (kontinuum materialne),
- ciała stałego (ograniczone obciążenia wywołują ograniczone odkształcenia),
- odpowiedniości pomiędzy tensorami naprężenia i odkształcenia,
- nieskończenie małych odkształceń oraz
- zależność $\delta\sigma = \mathbf{D}\cdot\delta\varepsilon$ jest liniowa, ciało jest izotropowe, jednorodne i nieważkie.

W praktyce geotechnicznej rozważaniom podlega podłoże liniowo-sprężyste ograniczone górną płaszczyzną (tzw. klasyczna półprzestrzeń sprężysta), dwoma płaszczyznami (tzw. warstwa sprężysta) lub tzw. półprzestrzeń wielowarstwowa. Podstawowe związki i zależności liniowej sprężytości znaleźć można w literaturze przedmiotu. Istotniejsze może jest to, że do opisu tzw. związków fizycznych potrzebne są dwa parametry materiałowe: E i ν zwane odpowiednio modułem odkształcenia i współczynnikiem Poissona. Pomimo istotnych nieścisłości modele liniowo-sprężyste są wciąż podstawą codziennej praktyki inżynierskiej.

♦ Przykładem klasycznych, sprężysto-idealnie plastycznych modeli gruntu są tzw. modele: Coulomba- Mohra i Druckera -Pragera. Standardowy warunek Coulomba-Mohra wyrażony przez niezmienniki p, q, Θ określa równanie powierzchni plastyczności w pierwszym z modeli. Powierzchnia ma postać ostrosłupa sześciościennego. Wprowadzenie powierzchni *Druckera-Pragera* zamienia go na stożek, którego osią jest nadal oś hydrostatyczna p, a wygładzeniu ulegają krawędzie plastyczne - charakterystyczne dla modelu Coulomba - Mohra. Równanie powierzchni plastyczności (rys.1) w modelu sprężysto-plastycznym Druckera-Pragera ma postać:

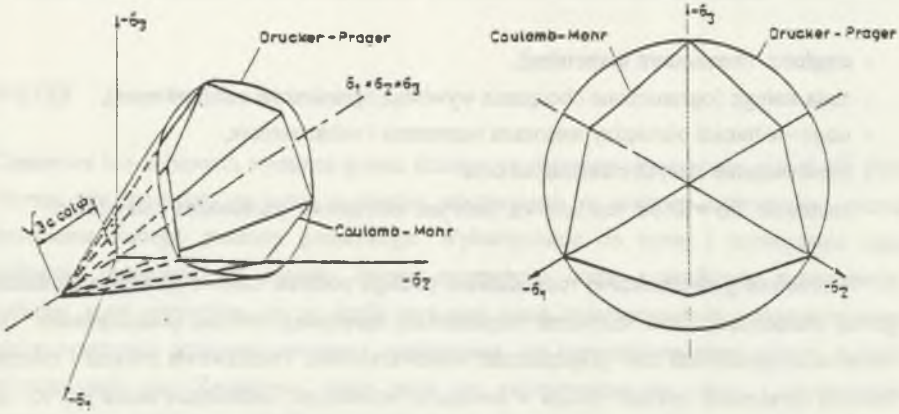
$$F = \alpha\cdot p + q - k = 0 \tag{1}$$

gdzie współczynniki α i k przyjmuje się zgodnie z definicją typu aproksymacji. Dla przykładu, gdy jest to zewnętrzna aproksymacja, tak jak w naszym przypadku:

$$\alpha = 6\cdot\sin\phi/(3 - \sin\phi),$$
$$k = 6\cdot c\cdot\cos\phi/(3 - \sin\phi). \tag{2}$$

Parametrami modelu Druckera-Pragera są:

$$E_0,\ \nu,\ c_0,\ \phi_r \tag{3}$$



Rys. 1. Powierzchnia plastyczności modelu Druckera-Pragera

Fig. 1. Yield surface of the Drucker-Prager model

← *Model Modified Cam-Clay* (MCC) jest podstawowym modelem mechaniki stanu krytycznego gruntów i zbudowany został przy następujących założeniach:

- graniczna powierzchnia stanu jest elipsoidą obrotową (rys.2) o równaniu:

$$F = q^2 + M^2 \cdot p \cdot (p - p_c) = 0 \tag{4}$$

gdzie: p jest naprężeniem średnim, q - intensywnością naprężenia, p_c - ciśnieniem prekonsolidacji, M - nachyleniem linii stanu krytycznego w układzie pq.

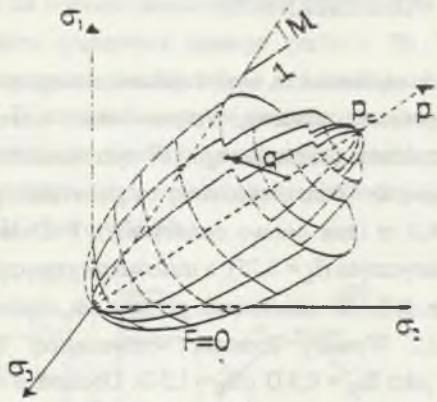
– parametrem izotropowego wzmocnienia jest plastyczny wskaźnik porowatości e^p lub jego całkowita zmiana Δe^p, powiązany z wartością ciśnienia prekonsolidacji p_c,

– grunt wewnątrz powierzchni plastyczności opisują moduł ścinania (G) i ściśliwości (K_t) oraz plastyczna zmiana wskaźnika plastyczności (Δe^p), a ogólna postać przyrostowych związków naprężenie-odkształcenie modelu MCC ma postać: $\delta\sigma = \mathbf{D}^{ep} \cdot \delta\varepsilon$.

Model Modified Cam-Clay opisuje pięć stałych materiałowych, a mianowicie:

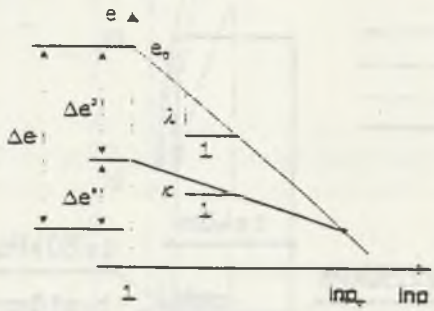
$$\lambda,\ \kappa,\ \Gamma,\ M,\ G \text{ lub } \nu \tag{5}$$

przy czym sposób ich wyznaczania przedstawiono poniżej (rys. 3 i wzory (6)).



Rys.2. Powierzchnia plastyczności modelu Modified Cam-Clay

Fig.2. Yield surface of the Modified-Cam-Clay model



Rys.3. Sposób określania parametrów λ, κ

Fig.3. Interpretation of parameters λ, κ

$$M = 6\cdot\sin\phi / (3-\sin\phi).$$

$$\Gamma = e_0 + 1 - \lambda + \kappa + \frac{3\cdot(1-K_0)}{1+2\cdot K_0}\cdot\frac{\lambda-\kappa}{M} \tag{6}$$

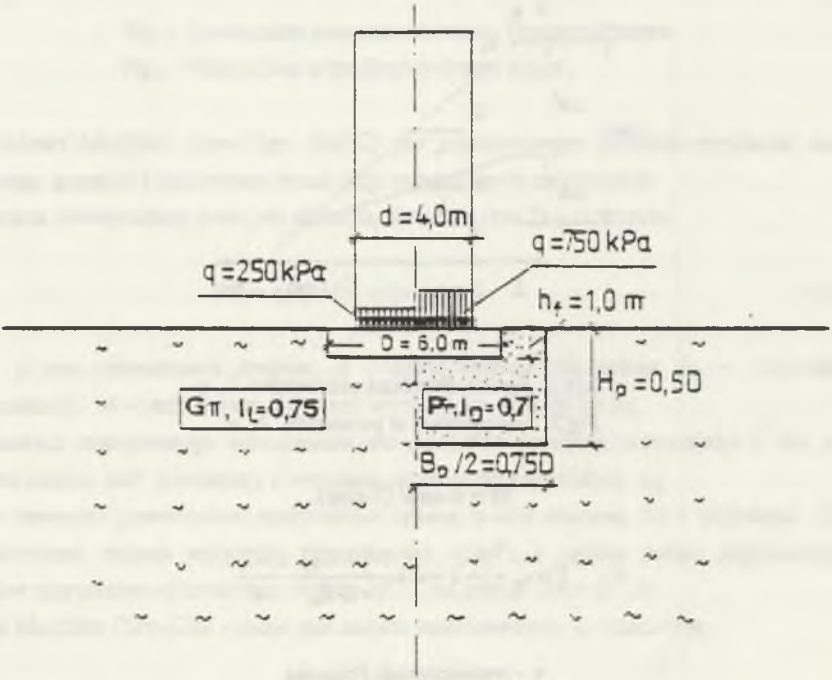
ν - współczynnik Poissona

gdzie:

$$K_0^{OC} = K_0^{NC}\cdot(OCR)^n$$

3. PROGRAM BADAŃ NUMERYCZNYCH

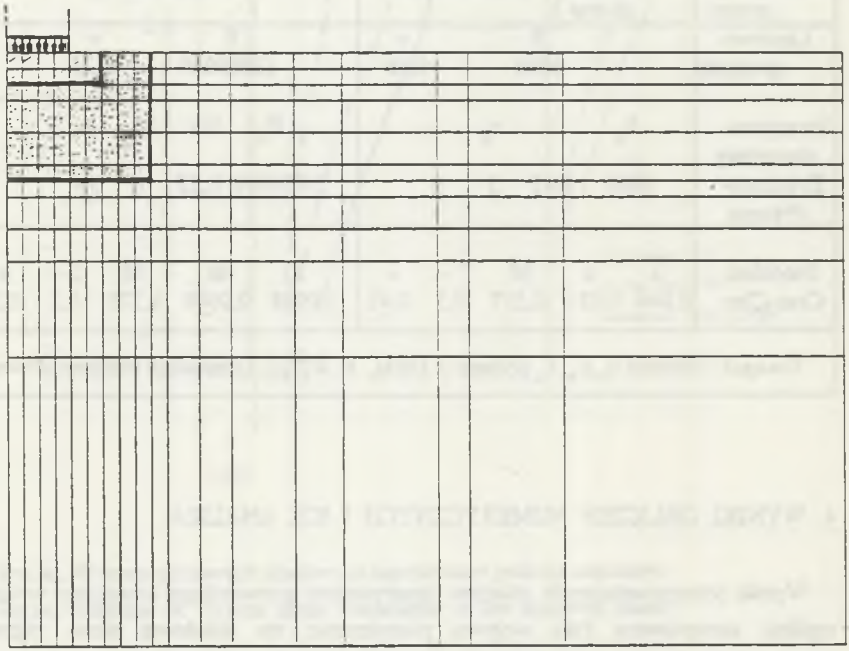
• Chcąc zbadać wpływ plastyczności na wyniki obliczeń słabego podłoża gruntowego oraz podłoża wzmocnionego poduszką piaskową, przeprowadzono szereg analiz numerycznych MES dla wybranego przykładu obliczeniowego. W tym konkretnym przypadku był to żelbetowy zbiornik o średnicy d=4,0 m, posadowiony na głębokości h_f = 1,0 m ppt., na płycie kolistej o średnicy D = 6,0 m (stan osiowo symetryczny). Podłoże słabe budowały gliny pylaste w stanie miękkoplastycznym (I_L = 0,75), a materiałem wzmacniającym był zagęszczony piasek gruby (Pr - I_D = 0,7). W obliczeniach przyjęto, iż obydwa grunty są normalnie skonsolidowane (OCR≈1). Wymiary poduszki wzmacniającej ustalono na podstawie doświadczeń autora [5] jako H_p = 0,5·D i B_p= 1,5·D. Obciążenie równomiernie rozłożone dobrano metodą prób na poziomie q=250 kPa i q=750 kPa odpowiednio: dla podłoża niewzmocnionego i podłoża wzmocnionego. Ogólny widok analizowanego przykładu obliczeniowego przedstawiono na rys.4a.



Rys.4a. Przykład obliczeniowy

Fig.4a. Numerical example

• Założony dyskretny model geometryczny układu pokazano natomiast na rys.4b. Został on zbudowany z 198 prostokątnych elementów ośmiowęzłowych w układzie 11 pasm i 18 kolumn. Elementy są podparte przegubowo-przesuwnie wzdłuż pionowych ścian i poziomej podstawy. Wymiary modelu dyskretnego przyjęto jako: $B^* \cdot H^* = 53{,}0 \times 18{,}5$ m $\approx 9D \cdot 3D$. Przyjęty podział i wymiary modelu na potrzeby rozwiązywanego zagadnienia są zupełnie wystarczające, jakkolwiek wprowadzenie zmian nie nastręcza poważniejszych trudności.



Rys.4b. Siatka elementów skończonych dla układu fundament-podłoże

Fig.4b. FE mesh for foundation - subsoil system

• W prowadzonej analizie założono, że beton fundamentu jest materiałem liniowo-sprężystym o parametrach $E_b = 28500$ MPa i $\nu_b = 0.167$, natomiast glina i piasek materiałami spełniającymi postulaty modeli omówionych powyżej, tj. modelu LS, D-P i MCC. Wartości parametrów opisujące te grunty w każdym z przyjętych modeli, określone w myśl podanych reguł, zestawione zostały w tablicy 1.

• W prowadzonych obliczeniach numerycznych MES wykorzystano pakiet programów pod nazwą CRISP'93, którego szczegółowy opis zawiera opracowanie [1]. Same obliczenia

realizowano na komputerze klasy IBM PC 486 DX2/50. W uzupełnieniu należy dodać, że obliczenia wykonywane były przy założonym warunku swobodnego drenażu.

Tablica 1

Parametry opisujące grunty dla przyjętych modeli obliczeniowych

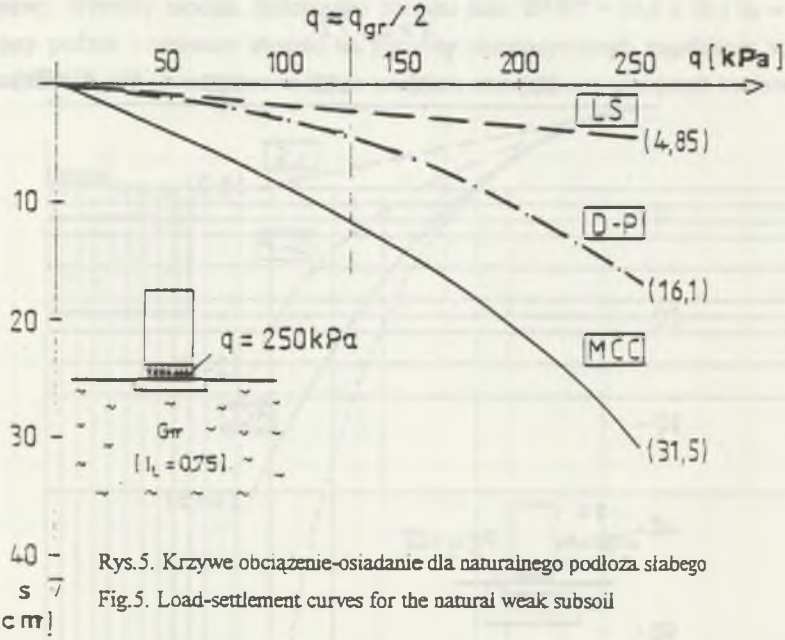
Model gruntu	Rodzaj gruntu	Glina pylasta					Piasek gruby				
Liniowo-sprężysty		E			ν		E			ν	
		6000			0,45		13000000			0,25	
Sprężysto-plastyczny Druckera-Pragera		E_0	ν	c_0	ϕ		E_0	ν	c_0	ϕ	
		6000	0,45	5	6		13000000	0,25	0	34	
Modified Cam-Clay		λ	κ	M	Γ-1	ν	λ	κ	M	Γ-1	ν
		0,046	0.021	0,217	0,5	0,45	0,0018	0,0008	1,375	0,3	0,25

Uwaga! Wartości E, E_0, c_0 podano w [kPa], ϕ w [°], - pozostałe bezwymiarowe.

4. WYNIKI OBLICZEŃ NUMERYCZNYCH I ICH ANALIZA

Wyniki przeprowadzonych obliczeń numerycznych potwierdzają intuicyjnie wyczuwalny i ogólnie akceptowany fakt wpływu plastyczności na składowe stanu naprężenia i przemieszczenia w obciążanym podłożu gruntowym. Ilustruje to rys.5, na którym przedstawiono zależności osiadania punktu pod środkiem fundamentu kołowego w funkcji obciążenia jednostkowego ($s_i = f_i(q)$), dla jednorodnego, normalnie skonsolidowanego słabego podłoża gruntowego, odwzorowywanego omówionymi wcześniej teoretycznymi modelami gruntu. Wpływ plastyczności obserwowany jest praktycznie od początku narastania obciążenia, jakkolwiek jego wielkość zależna jest od typu modelu (w modelu sprężysto-idealnie plastycznym jest on wyraźnie mniejszy niż w modelu sprężysto-plastycznym ze wzmocnieniem). Jeśliby ocenić wpływ plastyczności poprzez osiadania sztywnego fundamentu kołowego, to przykładowo dla obciążenia rzędu $q \approx q_{gr}/2 \approx q_{dop}$ jest ono większe ok. 2,2 i 4,5 raza (odpowiednio w modelu D-P i MCC) od osiadania wyznaczonego dla modelu liniowo-sprężystego (LS) (rys.5). Obliczenia numeryczne nie obejmowały oceny wpływu prekonsolidacji podłoża gruntowego na wartości składowych stanu naprężenia i przemieszczenia. W świetle wyników prowadzonych badań i analiz numerycznych (np. [2])

wpływu takiego należy jednak oczekiwać (w praktyce mamy bowiem do czynienia z gruntami prekonsolidowanymi (OCR > 1)). Wymaga to oczywiście szerszej analizy numerycznej, obejmującej również podłoże wzmocnione.

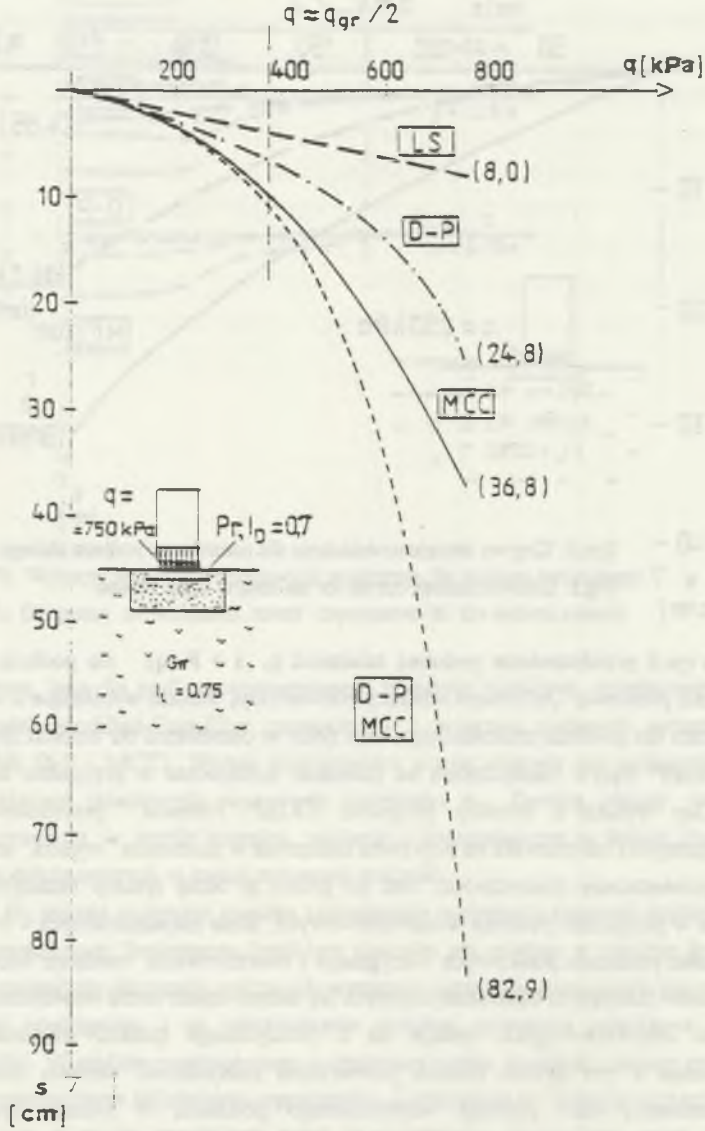


Rys.5. Krzywe obciążenie-osiadanie dla naturalnego podłoża słabego

Fig.5. Load-settlement curves for the natural weak subsoil

Na rys.6 przedstawiono podobną zależność tj. s = F (q) dla podłoża wzmocnionego poduszką piaskową. Otrzymane rezultaty potwierdzają wnioski wynikające z analizy podobnej zależności dla podłoża jednorodnego, lecz tylko w odniesieniu do modelu Druckera-Pragera. Zbyt "mały" wpływ plastyczności na osiadania fundamentu w przypadku modelu Modified Cam-Clay wynika z formuły programu CRISP. Formuła przyrostowa (bez iteracji wewnętrznych) nie pozwala na poprawne obliczenia w momencie "wyjścia" ścieżki naprężenia poza powierzchnię plastyczności. Jest po prostu w takiej sytuacji bezużyteczna. A ma to miejsce w przypadku podłoży wielowarstwowych, silnie niejednorodnych - w tym również w przypadku poduszek piaskowych. Rezygnacja z odwzorowania modelem Modified Cam-Clay materiałów ziarnistych (charakteryzujących się dużym kątem tarcia wewnętrzego ϕ) na rzecz modelu Druckera-Pragera wydaje się z praktycznego punktu widzenia dopuszczalna. Przekonuje o tym analiza kształtu powierzchni plastyczności obydwu modeli i różnic w odwzorowaniu nimi podłoża wzmocnionego poduszką w sytuacji opisanej powyżej. Alternatywą może być również kombinacja modeli sprężysto-plastycznych, np.: Druckera-Pragera dla materiału poduszki i Modified Cam-Clay dla materiału wzmacnianego. Wynik takiej kombinacji przedstawiono na cytowanym już rys.6. Oszacujmy jeszcze wpływ

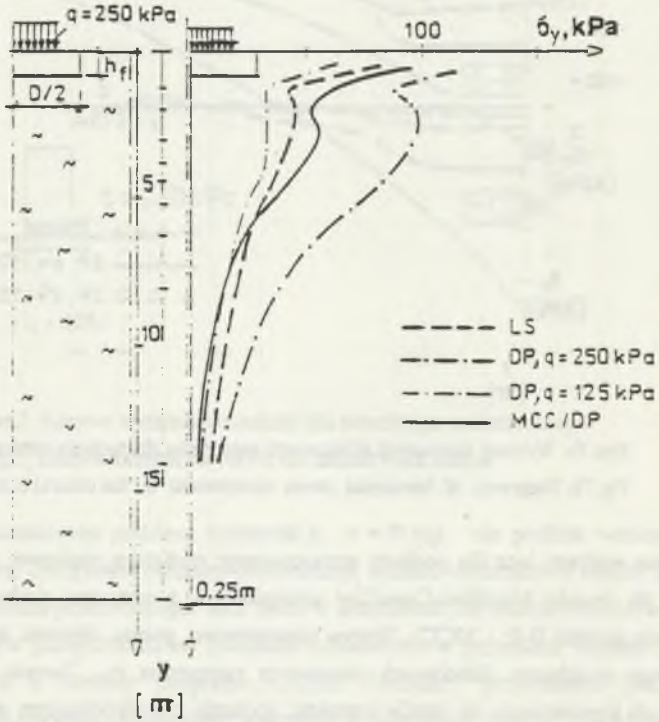
plastyczności na osiadania fundamentu dla podłoża wzmocnionego. Osiadania te dla obciążenia $q \approx q_{gr}/2 \approx q_{dop}$ są ok. 1,7 i 2,7 raza większe od tych, które wynikają z liniowej sprężystości (odpowiednio dla modeli D-P i kombinacji modeli D-P/MCC).



Rys.6. Krzywe obciążenie - osiadanie dla podłoża ulepszonego

Fig.6. Load - settlement curves for the improved subsoil

Wpływ plastyczności na wybrane składowe stanu naprężenia w jednorodnym, normalnie skonsolidowanym podłożu gruntowym ilustruje rys.7a i 7b. Na pierwszym z nich przedstawiono wykresy naprężeń pionowych (σ_y) pod środkiem fundamentu, określone dla modeli LS, D-P i MCC. W modelach sprężysto-plastycznych mamy do czynienia z większą niż w modelu liniowo-sprężystym (intuicyjnie wyczuwaną) koncentracją naprężeń pionowych pod fundamentem, narastającą w miarę wzrostu obciążenia (wykresy dla modelu D-P obrazują naprężenia σ_y dla q=125 kPa i q=250 kPa).

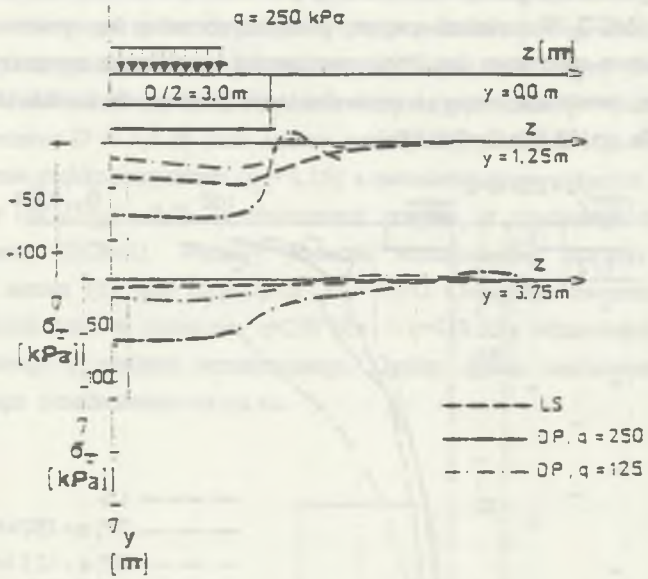


Rys.7a. Wykresy pionowych składowych naprężenia dla podłoża naturalnego

Fig.7a. Diagrams of vertical stress components in the natural subsoil

Towarzyszy temu nieco odmienny od klasycznego rozkład naprężeń poziomych σ_z, co zilustrowano na rys.7b. Przedstawiono na nim wykresy naprężeń σ_z na dwóch poziomach (y=1,25 m i y= 3,75 m), określonych dla modelu Druckera-Pragera. Bazę porównawczą stanowią odpowiednie wyniki dla modelu liniowo-sprężystego. Poziome naprężenia ściskające (o większej tendencji wzrostowej niż σ_y) mają wartości końcowe wyższe niż naprężenia otrzymane według modelu LS. Niewielkie rozciągania pojawiają się jedynie w strefie przykrawędziowej fundamentu. Oznacza to, że w analizie sprężysto-plastycznej jednorodnego,

normalnie skonsolidowanego podłoża gruntowego mamy pod fundamentem zdecydowanie większą koncentrację naprężeń składowych, niż w analizie liniowo-sprężystej.

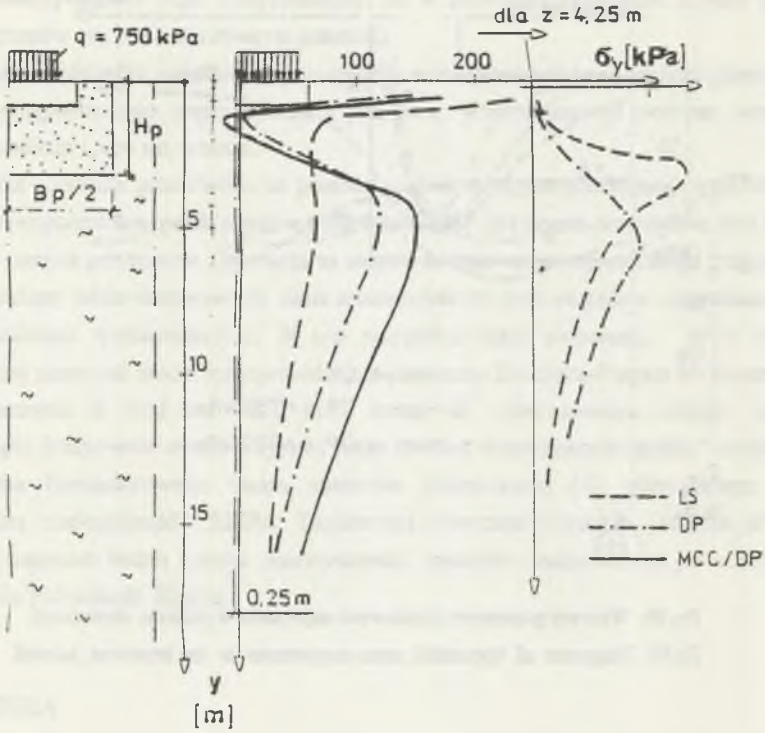


Rys.7b. Wykresy poziomych składowych naprężenia dla podłoża naturalnego

Fig.7b. Diagrams of horizontal stress components in the natural subsoil

Podobne wykresy, lecz dla podłoża wzmocnionego poduszką piaskową, przedstawiono na rys.8a i 8b (model Modified-Cam-Clay zastąpiono - z przyczyn podanych wcześniej - kombinacją modeli D-P i MCC). Wpływ plastyczności gruntu objawia się odmiennym od klasycznego rozkładem składowych pionowych naprężenia σ_y. Zwraca uwagę (rys.8a) wyraźna ich koncentracja w strefie kontaktu poduszki z podścielającym ją słabym gruntem, przy jednoczesnej dekoncentracji w części stropowej poduszki.

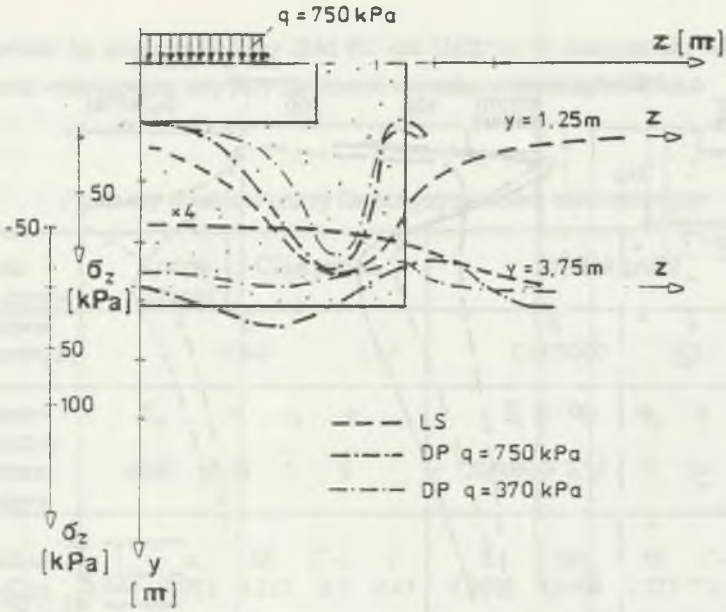
Analizując rys.8b, można zauważyć znaczną koncentrację poziomych naprężeń ściskających w części przykrawędziowej fundamentu (podobne zjawisko ma miejsce w analizie liniowo-sprężystej). W pozostałych obszarach stykowych występują niewielkie rozciągania (w analizie liniowo-sprężystej rozciągania, i to zdecydowanie większe, występują jedynie w części spągowej poduszki). W efekcie powstaje więc w centralnej części poduszki obszar poddany zmiennym i niesymetrycznym składowym naprężeniom. Zagadnienie to wymaga szczegółowej analizy, zmierzającej w swojej zasadniczej treści do wyjaśnienia mechanizmu pracy układu "obciążenie-poduszka wzmacniająca-słabe podłoże gruntowe", w ujęciu sprężysto-plastycznym.



Rys.8a. Wykresy pionowych składowych naprężenia w podłożu ulepszonym

Fig.8a. Diagrams of vertical stress components in the improved subsoil

Następstwem częściowej wymiany gruntu słabego jest wzmocnienie podłoża gruntowego, wyrażające się wzrostem jego nośności i sztywności. Przeprowadzone obliczenia numeryczne w całości to potwierdziły. Wyraziło się to około 3,5-krotnym wzrostem nośności podłoża i około dwukrotnym wzrostem jego sztywności.



Rys.8b. Wykresy poziomych składowych naprężenia w podłożu ulepszonym

Fig.8b. Diagrams of horizontal stress components in the improved subsoil

5. SPOSTRZEŻENIA

W przedstawionejto próbę określenia wpływu plastyczności na zachowanie się układu "fundament-podłoże niewzmocnione lub wzmocnione poduszką piaskową" na tle rowiązań wynikających z liniowo-sprężystej analizy interakcji. Założono, iż obciążenia będą narastać od zera do wartości granicznej. Próba ta, stanowiąc pewne studium teoretyczne, dotyczyła zagadnienia osiowo-symetrycznego i obejmowała wybrane modele sprężysto-plastyczne. Analiza oparta została na zastosowaniu przyrostowej opcji MES przy wykorzystaniu pakietu programów CRISP'93. Otrzymane wyniki mają tę zaletę, że bazują na założeniach teoretycznych, znacznie bliższych rzeczywistości niż stosowana dotychczas liniowa sprężystość. Przeprowadzone obliczenia numeryczne wykazały m.in., że efekty plastyczne w podłożu gruntowym obserwowane są praktycznie od początku procesu narastania obciążeń. Dla gruntów normalnie skonsolidowanych (OCR ≈ 1) wpływ plastyczności wyraża się narastającą rozbieżnością zależności $s = F(q)$, w odniesieniu do tej, jaką otrzymujemy dla klasycznej półprzestrzeni liniowo-sprężystej. Efekt plastyczności determinuje rodzaj modelu odwzorowującego podłoże gruntowe, a także, co wymaga potwierdzenia, stopień

prekonsolidacji gruntu OCR (przypomnijmy, że w prowadzonej analizie przyjęto go dla obydwu gruntów na poziomie równym jedności).

Wykonane obliczenia numeryczne potwierdziły wzmocnienie słabego podłoża gruntowego poprzez zastąpienie jego części poduszką piaskową. Wzmocnienie to oceniano wzrostem nośności podłoża i jego sztywności.

Analiza podłoża gruntowego za pomocą modelu sprężysto-plastycznego typu MCC w formule zaproponowanej przez autorów programu CRISP jest czysto przyrostowa, bez iteracji wewnątrz samych przyrostów. Ogranicza to niestety zastosowanie wspomnianego programu w analizie podłoży wielowarstwowych, silnie zróżnicowanych pod względem odkształcalności - w tym poduszek wzmacniających. W tym przypadku autor proponuje, by w analizie numerycznej stosować model sprężysto-idealnie plastyczny Druckera-Pragera lub ewentualnie jego połączenie z modelem MCC (ten ostatni do odwzorowania słabego podłoża gruntowego). Pozytywne wyniki przynieść może również wykorzystanie modelu "double-cap" i programu komputerowego Mafem autorstwa Majewskiego [4], eliminującego m.in. wspomnianą niedogodność CRISPA. Zagadnienia powyższe wymagają jednakże przeprowadzenia szerokich badań i analiz numerycznych, częściowo realizowanych już w Katedrze Geotechniki Politechniki Śląskiej.

LITERATURA

[1] Britto A.M., Gunn M.J.: Critical State Soil Mechanics via Finite Elements. Ellis Horwood, Chichester 1987.

[2] Bzówka J., Gryczmański M., Jastrzębska M., Sternik K.: Wpływ plastycznych deformacji gruntu na osiadania i siły wewnętrzne w fundamencie pasmowym. Referat przyjęty do opublikowania w materiałach XLI Konferencji Krynickiej, 1995.

[3] Gryczmański M.: Sprężysto-plastyczne modele ośrodków rozdrobnionych Seminarium nt. „Modele ośrodków rozdrobnionych", Instytut Konstrukcji Budowlanych Politechniki Śląskiej, 1993, Materiały seminaryjne (maszynopis).

[4] Majewski S.: Sprężysto-plastyczny model współpracującego układu budynek podłoże poddanego wpływom górniczych deformacji terenu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Budownictwo, 79, 1995.

[5] Sękowski J.: Исследования влияния размеров песчаной подушки на осадку ленточного фундамента. Строительство и Архитектура. ИВУЗ. 8. 1990. сс. 130-131.

Recenzent: Dr hab. inż. Alojzy Szymański
Profesor SGGW

Wpłynęło do Redakcji dnia 4. 05. 1995 r.

Abstract

A very often applied method of soil stabilization is basing on partly or total replacement of weak soil by a cushion of consolidated sand or gravel. An application of a linear-elastic model to solve the a.m. problem seemstobe doubtful as it does not take into consideration the plasticity of the soil medium. The plasticity of the soil will be takes into accourit in elasto-plastic models and therefore this method is often used in geotechnics. This paper describes assessment of the influence of the soil plasticity in the Drucker-Prager and Modified Cam-Clay Models on the stress and sedimentation components of the subsoil being in an axial-symmetrical state. For the numerical analysis the software package CRISP 93 has been applied. The said analysis emphasised the significant influence of plasticity on the results of the calculations indicating importance of the proper selection of the parameters for the models.