

**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

Stanisław MAJEWSKI, Grzegorz WANDZIK

Katedra Inżynierii Budowlanej
Politechnika Śląska

**NUMERYCZNA ANALIZA ZACHOWANIA ŻELBETOWEJ
STOPY FUNDAMENTOWEJ**

Streszczenie. W pracy opisano wyniki numerycznych analiz stóp fundamentowych poddanych osiowemu obciążeniu. Obliczenia wykonywano za pomocą programu bazującego na Metodzie Elementów Skończonych, z wykorzystaniem sprężysto-plastycznego modelu gruntu i betonu.

**NUMERICAL ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE
SPOT FOOTING**

Summary. Numerical tests of concrete spot footing under axial vertical loads are presented. Calculation was undertaken on basis of Finite Elements Method. Elasto-plastic properties of ground and concrete were taken into consideration.

**NUMERISCHE ANALYSE DER BEHWEHRENDEN BETON
FUßFUNDAMENT**

Zusammenfassung. In der vorliegenden Arbeit sind Ergebnisse der numerischen Analysen der Fußfundamenten unterworfen der axialen Belastung, vorgestellt. Die Berechnungen werden mit einem Computer Programm basieren auf der Finite-Elementen-Methode verwerten den elastisch-plastisch Modell für Grund und Beton, ausgeführt.

1. WPROWADZENIE

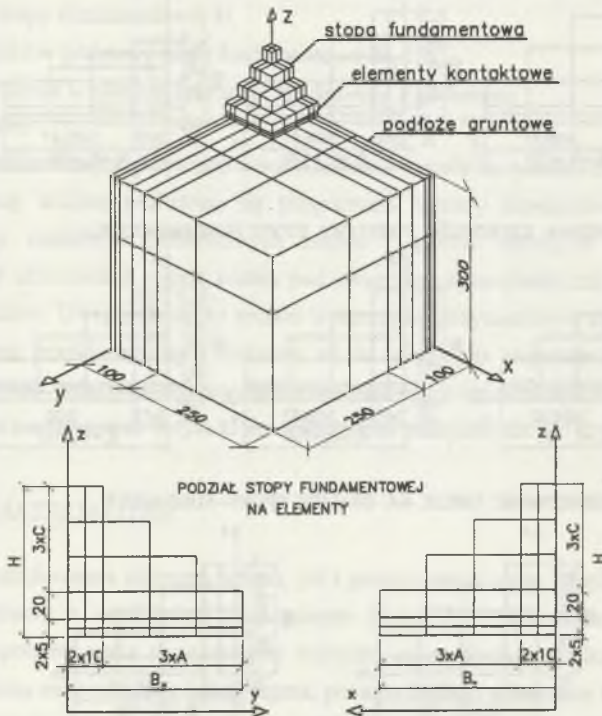
Powszechne w codziennej praktyce projektowej stosowanie uproszczonych modeli obliczeniowych można uznać za celowe i usprawiedliwione, jeżeli przyjęty model nie odbiega nadmiernie od reprezentowanej rzeczywistości. Złożoność zagadnień współpracy fundamentów z podłożem gruntowym zachęca do przyjmowania uproszczonego ich opisu. Zdążają się niestety uproszczenia idące tak daleko, że powstają wątpliwości, czy przyjęty model nie zniekształca rzeczywistego przebiegu analizowanych zjawisk. Jednym z takich zagadnień, w których wyjątkowa koncentracja założeń upraszczających budzi takie wątpliwości, jest projektowanie stóp fundamentowych. Założenie o nieskończonej sztywności tego typu fundamentów można uznać za dopuszczalne. Przyjmowany do obliczeń nierealistyczny, liniowo sprężysty model podłoża Winklera na pewno daleko odbiega od rzeczywistości, można jednak dyskutować, czy w odniesieniu do fundamentów stopowych stosowanie takiego modelu prowadzi do istotnych błędów w ocenie sił wewnętrznych w fundamencie i podłożu. Z całą pewnością natomiast niektóre metody obliczania zbrojenia stóp fundamentowych można uznać za rozwiązania kuriozalne. Mamy tu na myśli tzw. metody wsporników trapezowych i prostokątnych, w których przestrzenną bryłę fundamentu o wysokości porównywalnej z jej wymiarami w rzucie sprowadza się do prętowego schematu statycznego (wspornik zamocowany w przekroju środkowym). Trzecia ze stosowanych metod, metoda Lebella, podejmuje wprawdzie próbę uproszczonej analizy ustroju przestrzennego, jednakże założenia o braku tarcia w płaszczyźnie styku fundamentu z podłożem oraz o zerowej wytrzymałości na rozciąganie potężnego masywu betonowego budzą wątpliwości odnośnie do prawidłowości wyznaczonych tą metodą sił przekazywanych na zbrojenie.

Te wątpliwości stały się przyczyną podjęcia dokładniejszej analizy zachowania prostej, osiowo obciążonej stopy żelbetowej współpracującej z podłożem gruntowym. Wyniki tej analizy są przedmiotem niniejszej pracy.

2. OPIS BADAŃ NUMERYCZNYCH

Badaniom numerycznym poddano stożkową stopę fundamentową poddaną osiowemu działaniu pionowej siły przyłożonej do jej górnej powierzchni. W analizie numerycznej wykorzystano programy obliczeniowe MES systemu MAFEM oraz indywidualnie opracowane programy do generacji modelu numerycznego układu stopa-podłoże i programy do graficznej prezentacji wyników obliczeń. Przygotowany do analizy ustrój przedstawiony został na rysunku 1.

Ze względu na symetrię analizowanej konstrukcji, założone jednolite podłoże gruntowe oraz symetrię obciążenia rozpatrywano 1/4 część stopy fundamentowej wraz z przylegającą bryłą gruntu. W węzłach znajdujących się na płaszczyznach symetrii założono podpory uniemożliwiające przemieszczanie się w kierunku prostopadłym do tych płaszczyzn. Dodatkowo uniemożliwiono przemieszczenia poziome węzłów znajdujących się na zewnętrznym obrysie bryły podłoża. Cała struktura podłoże-stopa fundamentowa zamodelowana została za pomocą elementów prostopadłościennych. W obliczeniach przyjęto stałą wytrzymałość betonu odpowiadającą klasie B20.



Rys. 1. Podział analizowanego układu na węzły i elementy MES

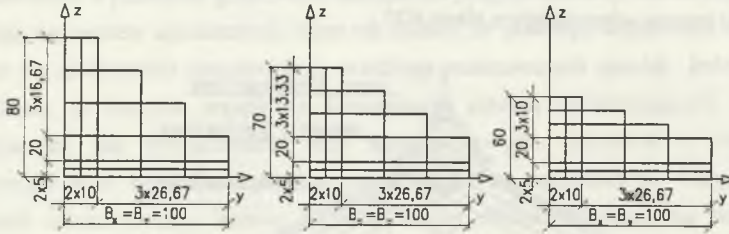
Fig. 1. FEM grid of nodes and elements of analysed system

Zbrojenie stopy fundamentowej zamodelowano poprzez zdefiniowanie elementów prętowych w ich rzeczywistym położeniu, to znaczy w odległości 5 cm od podstawy fundamentu. Elementy prętowe przebiegają w dwóch prostopadłych kierunkach x i y , a ich położenie wyznaczone jest przez węzły siatki elementów skończonych. Ilość zbrojenia w poszczególnych pasmach wynikała z przyjętego, nierównomiernego jego rozkładu na szerokości stopy (zagęszczenie zbrojenia w części środkowej stopy). Zbrojenie charakteryzowało się następującymi parametrami: granicą plastyczności $Q_r=250\text{MPa}$, wytrzy-

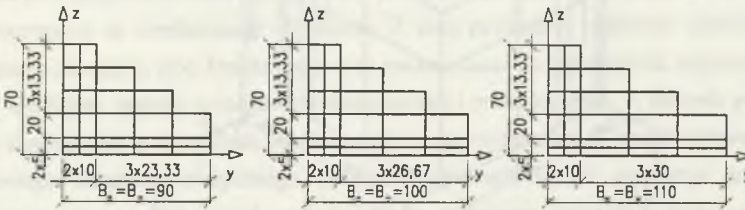
małością $R_a = 380$ MPa, modułem sprężystości $E_a = 210 \times 10^3$ MPa oraz granicznym odkształceniem $\epsilon_r = 0.01$.

Obciążenie przykładano do górnej powierzchni stopy fundamentowej w postaci sił w węzłach siatki leżących na niej, proporcjonalnie do wielkości elementów przylegających do tych węzłów. Całkowite obciążenie na górnej powierzchni stopy wynosiło 1500 kN i podzielone było na 20 równych przyrostów w kolejnych krokach.

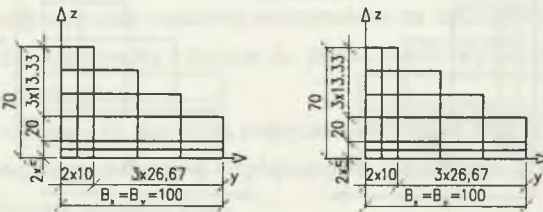
ZMIENNA WYSOKOŚĆ STOPY FUNDAMENTOWEJ



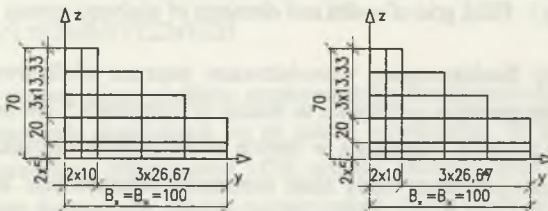
ZMIENNA SZEROKOŚĆ PODSTAWY STOPY FUNDAMENTOWEJ



ZRÓZNICOWANE TARCIE NA GRANICY GRUNT-FUNDAMENT



ZMIENNE PARAMETRY GRUNTU



GRUNT O CECHACH SPRĘŻYSTYCH

GRUNT O CECHACH PLASTYCZNYCH

Rys.2. Zestawienie analizowanych przypadków stóp fundamentowych

Fig.2. List of analysed samples of spot foundations

W celu zasymulowania zjawisk zachodzących pomiędzy podstawą stopy fundamentowej a podłożem gruntowym wprowadzono elementy kontaktowe. Dzięki temu zabiegowi możliwe było ograniczone przemieszczanie się punktów węzłowych położonych w dolnej części stopy względem węzłów na górnej powierzchni gruntu. Pozwoliło to uwzględnić ewentualny poślizg w płaszczyźnie styku fundamentu z gruntem. Poprzez odpowiedni dobór parametrów fizycznych i geometrycznych elementów kontaktowych zmieniana była wielkość sił tarcia.

Podczas obliczeń numerycznych wariantowane były następujące wielkości:

- wysokość stopy fundamentowej H ,
- wymiary boków podstawy stopy fundamentowej B_x i B_y ,
- wartość sił tarcia w płaszczyźnie styku fundamentu z podłożem,
- rodzaj gruntu.

Zestawienie analizowanych przykładów przedstawione zostało na rysunku 2.

W opisaney analizie posłużono się programami Metody Elementów Skończonych bazujących na modelach materiałowych betonu i gruntu opisanych w następných rozdziałach. W obliczeniach wzięte zostały pod uwagę sprężysto-plastyczne własności tych dwóch materiałów. Uwzględnione to zostało w iteracyjno-przyrostowym algorytmie MES, gdzie obciążenie przykładane było krokowo, aż do osiągnięcia zniszczenia. W każdym z kroków w sposób iteracyjny dokonywano rozkładu nierównoważonych sił węzłowych wynikających z powstających w tym kroku odkształceń plastycznych.

3. MODELE MATERIAŁOWE

Do opisu zachowania zarówno betonu, jak i gruntu zastosowano sprężysto-plastyczny model materiałowy z osłabieniem izotropowym [2,3,4,5]. Powierzchnia plastyczności modelu jest reprezentowana w przestrzeni naprężeń przez ciągłą i gładką powierzchnię obrotową złożoną ze stożka Druckera-Pragera, przechodzącego w nasadkę kulistą w strefie naprężeń rozciągających i zamkniętego nasadką elipsoidalną w strefie dużych naprężeń ściskających. Obydwie nasadki są styczne do powierzchni stożkowej. Dla obydwu tych materiałów zastosowano tak samo ukształtowany model. Różnice polegały jedynie na różnych wartościach parametrów opisujących poszczególne fragmenty tych powierzchni. Dla kompletności opisu przedstawimy tu podstawowe równania modelu, których bardziej szczegółowy opis można znaleźć w pracach [2,3,4,5]. Stożkową część powierzchni plastyczności opisuje równanie:

$$F_1 = \bar{\sigma} + (3\alpha\sigma_m - \beta) \cdot Y(\kappa) = 0, \quad (1)$$

w którym σ_m jest pierwszym niezmiennikiem stanu naprężenia, $\bar{\sigma}$ pierwiastkiem kwadratowym z drugiego niezmiennika dewiatora stanu naprężenia, $Y(\kappa)$ funkcją określającą przebieg wzmocnienia lub osłabienia materiału. Współczynniki α i β są dane wzorami:

a) dla betonu:

$$\alpha = \frac{f_c - f_t}{f_c + f_t} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}, \quad \beta = \frac{2f_c f_t}{\sqrt{3}(f_c + f_t)}, \quad (2)$$

b) dla gruntu:

$$\alpha = \frac{2 \sin(\Phi)}{\sqrt{3}(3 - \sin(\Phi))}, \quad \beta = \frac{6 \sin(\Phi)}{\sqrt{3}(3 - \sin(\Phi))} c, \quad (3)$$

We wzorach tych f_c i f_t są parametrami zależnymi od wytrzymałości betonu określanymi w próbach jednoosiowego ściskania i rozciągania, Φ oznacza kąt tarcia wewnętrznego, a c współczynnik kohezji gruntu. Nasadki kulista i elipsoidalna, zamykające powierzchnię plastyczności, zostały zdefiniowane tak, że są one styczne do powierzchni stożkowej, co upraszcza proces numerycznego iterowania. Wzory opisujące obydwie powierzchnie można znaleźć w pracach [2,3,4,5].

W stadium sprężystym dla betonu przyjęto nieliniowe związki konstytutywne wynikające z aproksymacji zależności $\sigma - \varepsilon$ uzyskanej z jednoosiowego ściskania za pomocą równania hiperboli. Macierz sprężystości w przyrostowym równaniu konstytutywnym wyrażono przez stały moduł ściśliwości K i moduł ścinania G zależny od poziomu obciążenia.

Prawo osłabienia przyjęto w postaci:

$$Y(\kappa) = C_4 + (1 - C_4)(1 + C_2 \kappa) \exp(-C_2 \kappa) \quad (4)$$

W obliczeniach przyjmowano dla betonu $C_2 = 1000$ i $C_4 = 0.05$ bardziej na podstawie doświadczeń z prowadzonych wcześniej testów numerycznych niż na podstawie badań laboratoryjnych.

Dla stosowanej do zbrojenia stopy fundamentowej stali zbrojeniowej zastosowano sprężysto-idealnie-plastyczny model materiałowy.

4. WYNIKI OBLICZEŃ

Badania numeryczne poprzedzone zostały prostymi obliczeniami za pomocą trzech metod wymiarowania stóp żelbetowych. Obliczono zbrojenie następującymi sposobami:

- metodą Lebella,
- metodą wsporników trapezowych,
- metodą wsporników prostokątnych.

Obliczenia przeprowadzone były dla trapezowej stopy fundamentowej o podstawie kwadratowej o boku 200 cm i wysokości 70 cm poddanej działaniu siły osiowej o wartości 1000kN. Ostatecznie dla poszczególnych metod otrzymano następujące pola powierzchni zbrojenia przypadającego na 1 m szerokości stopy:

- dla metody Lebella $F_a = 6,15 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{m}$,

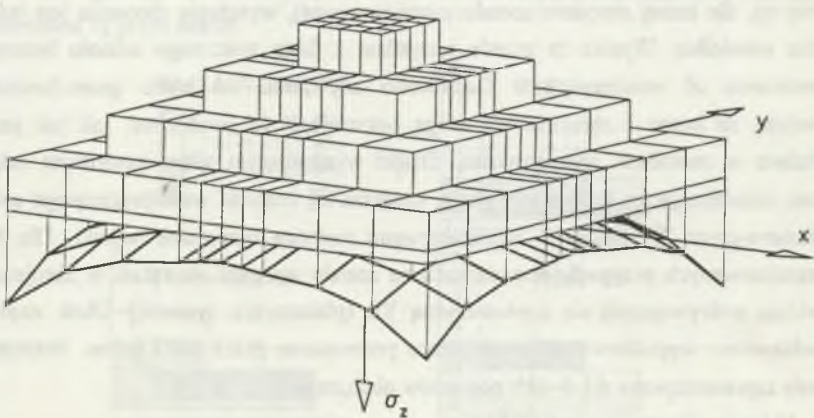
- dla metody wsporników trapezowych $F_a = 3,98 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{m}$,
- dla metody wsporników prostokątnych $F_a = 5,47 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{m}$.

Już ten przykład wskazuje, jak duże zróżnicowanie rezultatów występuje przy tak podstawowym zagadnieniu jak obliczenie stopy na osiowe działanie pionowego obciążenia. I właśnie występujące znaczne rozbieżności otrzymanych wyników skłoniły autorów do podjęcia tych rozważań.

Otrzymane w wyniku obliczeń metodą Lebella pole powierzchni zbrojenia zastosowano następnie w analizach numerycznych. Następnie zbrojenie to rozłożono nierównomiernie (25%, 15%, 7%, 3% na poszczególnych odcinkach o szerokości 1/8 całkowitej szerokości podstawy licząc od osi symetrii). Takie samo zbrojenie było stosowane dla wszystkich rozpatrywanych przypadków stóp, niezależnie od ich wielkości.

Przeprowadzając obliczenia Metodą Elementów Skończonych, zauważono kilka faktów, które znacznie odbiegają od założeń powyżej wspomnianych metod. Wyniki obliczeń numerycznych zawierają pełną informację na temat obrazu deformacji oraz stanu naprężenia i odkształcenia we wszystkich elementach analizowanego układu w kolejnych krokach odpowiadających wzrostowi pionowej siły. Pozwala to określić stopień wyczerpania materiału dla różnych poziomów obciążenia. Dla większej przejrzystości starano się w ramach badań różnicować tylko jeden parametr w porównywanych ze sobą elementach próbnym.

Analiza Metodą Elementów Skończonych wykazała, że nawet przy osiowym pionowym obciążeniu rozkład naprężeń σ_z pod stopą posadowioną na jednolitym gruncie jest dosyć znacznie zróżnicowany. Przykładowy rozkład naprężeń σ_z pod stopą zaprezentowany został na rysunku 3.

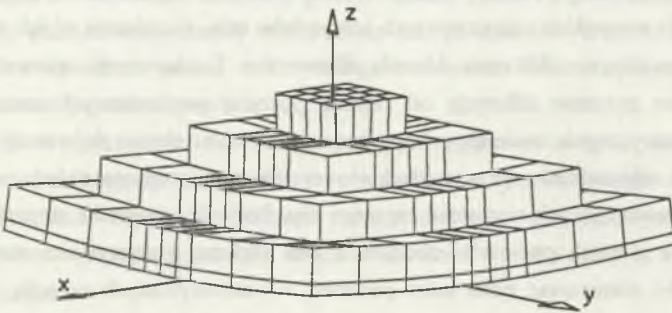


Rys.3. Typowy rozkład naprężeń σ_z pod podstawą stopy

Fig.3. Typical distribution of stresses σ_z below the bottom of spot footing

Wzrost zróżnicowania naprężeń σ_z postępował wraz ze zwiększającą się wartością obciążenia. Potwierdza to wątpliwość dotyczącą założenia równomiernego odporu gruntu, niezależnie od poziomu naprężeń w gruncie.

Otrzymany jako wynik obliczeń obraz przemieszczeń węzłów siatki elementów skończonych odpowiada założonej postaci odkształcenia w metodach wsporników. Oczywistą rzeczą jest fakt, że odkształcenia gruntu są nieporównywalnie większe od deformacji bloku betonowego. Niemniej jednak masywna konstrukcja stopy fundamentowej nie jest wolna od deformacji. Przykładowy obraz odkształcenia stopy fundamentowej otrzymany w wyniku analizy komputerowej zaprezentowano na rysunku 4.



Rys.4. Odkształcenie stopy fundamentowej pod wpływem pionowej siły skupionej

Fig.4. Deformation of spot footing under the axial vertical concentrated force

Dosyć ciekawe wnioski nasuwa obserwacja naprężeń w betonie i zbrojeniu. Na poziomie 13 kroku obciążenia, co odpowiada sile $P=975$ kN (a więc sile w przybliżeniu równej tej, dla której zbrojenie zostało zaprojektowane), wyężenie zbrojenia jest jeszcze bardzo niewielkie. Wynika to przede wszystkim z faktu znacznego udziału betonu w przenoszeniu sił rozciągających. Dodatkowo siły tarcia na styku grunt-fundament powodują, że beton i zbrojenie nie mogą odkształcać się swobodnie, tak jak jest to zakładane w metodach wymiarowania. Dzięki występującym siłom poziomym odporu gruntu, zmniejszającym deformację stopy, zwiększa się nośność współpracującego układu fundament-grunt. W tabelicy 1 zaprezentowano niektóre otrzymane wyniki. Dla kilku przeanalizowanych przypadków zamieszczone zostały wartości naprężeń w zbrojeniu w przekroju pokrywającym się z płaszczyzną YZ (płaszczyzna symetrii). Obok naprężeń przedstawiono wypadkowe siły rozciągające przenoszone przez stal i beton. Wartości te zostały zaprezentowane dla dwóch poziomów obciążenia:

- 13 kroku obciążenia, czyli 975 kN,
- dla najmniejszego obciążenia, które dla danego przypadku wywołało uplastycznienie stali.

Tablica 1

Naprężenia oraz siły rozciągające przenoszone przez zbrojenie i beton

H [cm]	70	80	60	70	70	70	70
$B_x = B_y$ [cm]	200	200	200	180	220	200	200
tarcie ¹	+	+	+	+	+	-	+
grunt ²	SP-PL	SP-PL	SP-PL	SP-PL	SP-PL	SP-PL	SP
OBCIĄŻENIE 975 kN							
$\bar{\sigma}_a$ – w stali	53,5	31,5	125,2	46,1	62,8	63,5	40,7
[MPa]	47,4-60,2	26,8-33,5	98,6-169,2	42,0-50,8	54,8-72,5	54,4-78,2	30,8-42,3
Z_a [kN]	32,9	19,4	77,2	28,4	38,6	39,1	25,1
Z_b [kN]	298,8	260,6	308,0	253,9	345,0	316,2	270,3
P_{pl} [kN]	1275	1500	1050	1350	1050	1200	1425
OBCIĄŻENIE P_{pl}							
$\bar{\sigma}_a$ – w stali	175,1	171,9	175,1	191,5	161,7	164,7	187,9
[MPa]	132,8-250,0	128,3-250,0	129,5-250,0	143,8-250,0	121,9-250,0	123,4-250,0	155,4-250,0
Z_a [kN]	107,9	105,9	107,9	117,9	99,6	101,5	115,7
Z_b [kN]	283,1	304,2	268,3	212,0	353,8	308,0	247,7

*1 - tarcie pomiędzy stopą, a podłożem: [(+) - uwzględnione; (-) - zredukowane do 0],

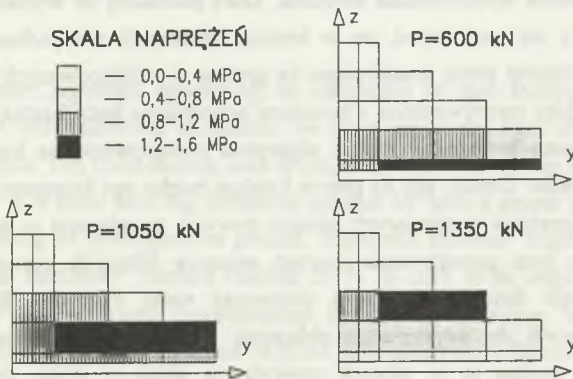
*2 - rodzaj gruntu: [(SP-PL) - o cechach sprężysto-plastycznych; (SP) - grunt o cechach sprężystych o niewielkiej podatności],

* P_{pl} - siła wywołująca uplastycznienie zbrojenia,

* Z_a - wypadkowa siła rozciągająca w zbrojeniu,

* Z_b - wypadkowa siła rozciągająca w betonie.

Obserwując wyniki w tablicy 1, można łatwo zauważyć, jak znaczne siły rozciągające przenoszone są przez beton.



Rys.5. Rozkłady naprężeń rozciągających σ_x w płaszczyźnie symetrii YZ

Fig.5. Distribution of tensile stresses σ_x in symmetry plane YZ

Wartość wypadkowa sił w betonie nie maleje nawet po osiągnięciu przez stal granicy plastyczności, czemu towarzyszy zarysowanie w strefie rozciąganej betonu. Jednakże spada zdolność do przenoszenia przez beton momentu zginającego w stopie ze względu na fakt oddalania się wypadkowej od krawędzi podstawy.

Spadek naprężeń rozciągających w dolnej części stopy można łatwo zaobserwować na rysunku 5 przedstawiającym rozkłady σ_x dla różnych poziomów obciążenia dla stopy fundamentowej o wysokości 70 cm i wymiarach podstawy 200x200 cm.

5. WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonych obliczeń w pełni potwierdzone zostały zastrzeżenia do stosowanych dotychczas metod wymiarowania fundamentów. Należy skromnie stwierdzić, że niniejsze opracowanie dotyka jedynie obrzeży tych złożonych zagadnień rozgrywających się na styku konstrukcja-podłoże. Miało ono jedynie wskazać, jak odległe od rzeczywistości są stosowane aktualnie algorytmy postępowania. Nie było naszym zamiarem sformułowanie ogólnych zależności, które miałyby stanowić modyfikację dotychczas używanych schematów postępowania. Uwzględnienie plastycznych cech materiałów (a przez to nieliniowych rozkładów naprężenia) oraz przestrzennej pracy żelbetowej stopy w analizach numerycznych prowadzi do uzyskania znacznie niższych naprężeń w zbrojeniu w porównaniu z klasycznymi metodami. Równocześnie ujawnia się nieliniowy charakter deformacji i naprężeń na górnej powierzchni gruntu wynikający z nieliniowej sprężystości i plastyczności ośrodka gruntowego. Dodatkowo w analizie układu fundament-grunt uwzględniono niebagatelny wpływ przenoszenia części naprężeń rozciągających przez maszyną konstrukcję betonową. Wypływa stąd wniosek, że należy poszukiwać metod, które próbują dokładniej opisywać zachodzące zjawiska. Nie można równocześnie proponować sposobów wymiarowania zbrojenia, które prowadzą do wyników różniących się o 50%. Należy się spodziewać, że w bardziej złożonych przypadkach, takich jak mimośrodowo obciążone stopy posadowione na gruncie o zróżnicowanych własnościach, rozbieżności pomiędzy rzeczywistością a metodami wsporników będą jeszcze większe.

Jeszcze niedawno propozycje zmiany algorytmu postępowania na bardziej złożony mogły budzić sprzeciw. Dzisiaj, gdy na prawie każdym biurku stoi komputer, należy dążyć do stworzenia programów analizujących opisane powyżej zagadnienia w sposób bardziej realistyczny. Tego typu postępowanie, oprócz znacznie bliższych prawdziwym wynikom dotyczących samego fundamentu, może dostarczać wielu istotnych dla projektanta wielkości potrzebnych do poprawnego obliczenia konstrukcji naziemnej. Do takich wielkości zaliczyć można m.in. stopień utwierdzenia słupa w stopie fundamentowej, wpływający w decydujący sposób na wartości momentów zginających w konstrukcji.

LITERATURA

- [1] Kobiak J., Stachurski W.: Konstrukcje żelbetowe. Tom 2, Arkady, Warszawa 1984.
- [2] Majewski S.: Elasto-Plastic Double-Cap-Model for Structure-Subsoil Interaction Problems. Archiwum Inżynierii Lądowej, vol. XL, z.3-4, 1994, s. 487-506.
- [3] Majewski S.: Sprężysto-plastyczny model betonu. Materiały XL Konferencji Naukowej KILiW PAN i KN PZITB w Krynicy, tom Konstrukcje betonowe, Rzeszów-Krynica-Warszawa 1994, s.129-136.
- [4] Majewski S.: Sprężysto-plastyczny model współpracującego układu budynek-podłoże poddanego wpływom górniczych deformacji terenu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Budownictwo, z.79, Gliwice 1995.
- [5] Majewski S., Wandzik G.: Jedno- i dwuosiowe testy numeryczne sprężysto-plastycznego modelu betonu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, nr 1266, Mechanika, z.121, 1995, s. 219-224.
- [6] Starosolski W.: Konstrukcje żelbetowe, PWN, Warszawa 1985.

Recenzent: Dr hab. Zbigniew Sikora
Prof. Politechniki Gdańskiej

Wpłynęło do Redakcji 9.05.1995 r.

Abstract

In this paper, problems concerning on calculating of spot footing have described. Before we start with numerical calculation, we have solved this kind of foundation using analytical methods. The cross-section area of reinforcement in the lower part of foundation was calculated. It is show how big difference appears for such a simple problem as axially loaded spot footing on homogeneous ground. Difference between "trapezoidal cantilever" and "rectangular cantilever" method reached 50 %. It can't to be neglected that way of determining of reinforcement recommended by popular literature are so divergent. Therefore numerical calculations, based on FEM have undertaken. Elasto-plastic properties of materials were taken into account during the numerical analysis. We use special pre-processor to generate 3D model of spot footing on the soil, then we solve such an example using our own program. Results getting from FEM analysis looks differently, than these

obtain from analytical methods. On figures in the text, distribution of vertical stresses under then bottom of foundation was presented. These stresses are strongly unequal, otherwise than in analytical method, where it is assumed that there are equal. Various examples of axially loaded spot footings were analysed. For the same vertical load we varied geometrical dimensions (height, width), properties of ground (elasto-plastic, strongly elastic), friction between foundation and ground (average friction, no friction). Results of these investigations were presented in table no.1 (chapter: Results). It is absolutely clear how considerably influence have interaction foundation-ground and tensile stresses taken by a concrete. General conclusion of this researches is that there is necessity to create new way of calculation of foundations, which in much more realistic way will describe behaviour of this structure.