ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1991

Seria: MECHANIKA z.103 Nr kol. 1112

Stanisław Majewski

Instytut Konstrukcji Budowlanych
Politechnika Śląska

FIZYCZNIE NIELINIOWY MODEL PODŁOŻA GÓRNICZEGO WSPÓŁPRACUJĄCEGO ZE SPRĘŻYSTĄ KONSTRUKCJĄ BUDYNKU

Streszczenie. W referacie przedstawiono model podłoża górniczego współpracującego z konstrukcją budynku, uwzględniający fizycznie nieliniowe cechy gruntu i ich zmianę na skutek rozluźnienia wywołanego rozpełzaniem terenu. Analiza zachowania się modelu przy rozpełzaniu wskazuje na możliwość istotnych zmian w ocenie sił, jakie w konstrukcji wywołują deformacje górnicze.

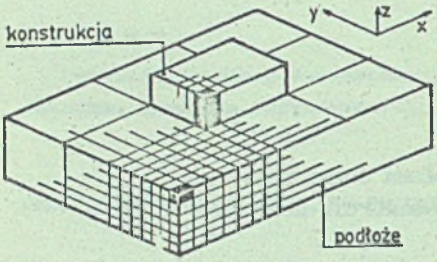
1. WSTĘP

Zasady obliczania sił, jakie powstają w budynkach na skutek górniczych deformacji terenu, oparte są na modelu opisanym w 1950 roku. W odniesieniu do odkształceń poziomych (rozpełzanie) model ten zakłada, że rozciągający się pod budynkiem grunt przekazuje w płaszczyźnie styku siły, których suma daje osiową siłę rozciągającą w fundamencie. Ten uproszczony mechanizm nie tylko nie uwzględnia interaktywnej współpracy podłoża z konstrukcją budynku, ale pomija również tak istotne parametry, jak podatność gruntu, sztywność fundamentu i opartej na nim konstrukcji oraz zmianę parametrów gruntu w wyniku rozluźnienia jego struktury przy rozpełzaniu. Jedyną siłą, jaka wynika z tego modelu, jest osiowe rozciąganie w poziomie fundamentu. W praktyce jednakże tylko wyjątkowo obserwuje się zarysowania w obrębie fundamentu. Występują natomiast uszkodzenia ścian piwnic i wyżej położonych kondygnacji. Wynikiem nadmiernie uproszczonego modelu obliczeniowego jest nieprawidłowa ocena zarówno wielkości, jak i rozkładu sił wywołanych w budynku przez górnicze deformacje podłoża.

W referacie przedstawiono opis modelu podłoża współpracującego z konstrukcją budynku. Uwzględnienie tej współpracy, a również zbliżony do rzeczywistości opis własności mechanicznych gruntu pozwalają ujawnić pomijane dotychczas aspekty pracy budynków narażonych na wpływ górniczych deformacji terenu.

2. OPIS MODELU

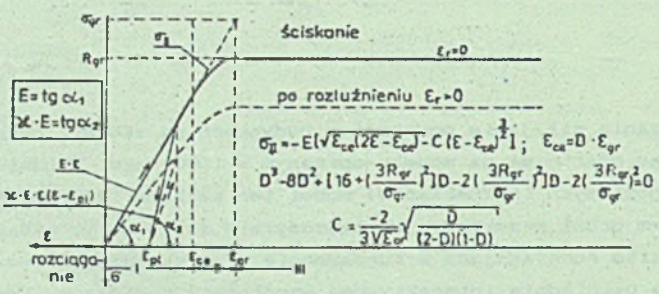
Zagadnienie rozwiązano metodą elementów skończonych, stosując, ze względu na efekty nieliniowe, przyrostowo-iteracyjny algorytm obliczeń.



Rys. 1 Widok ogólny modelu
Fig. 1 General view of the model

Konstrukcję budynku i podłoże podzielono na elementy prostopadłościenne o 24 stopniach swobody, przy czym konstrukcja modelowana jest zawsze przez jedną warstwę tych elementów (rys. 1). Elementy konstrukcji są wykonane z materiału liniowo sprężystego. Zmieniając jego moduł sprężystości można określać umowną sztywność konstrukcji budynku.

Wykres σ-ε oraz podstawowe związki konstytutywne pokazano na rysunku 2.



Rys. 2 Zależność $\sigma=f(\varepsilon)$ dla gruntu
Fig. 2. Stress-Strain diagram for the soil

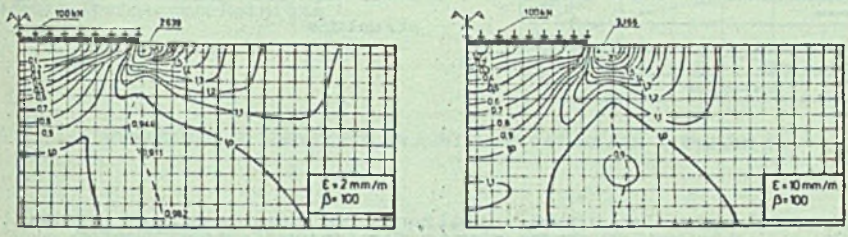
Moduł sprężystości gruntu E (rys. 2) uzależniono od maksymalnego rozpełzania, jakie w historii obciążenia elementu wystąpiło [1].

$$E = \frac{E_o}{1 + \beta \cdot \varepsilon_r}, \tag{1}$$

3. NIEKTÓRE WYNIKI ANALIZY MODELU

Analizie poddano płaskie zagadnienie wpływu rozpełzania równoległego do osi x na stan odkształcenia w konstrukcji nadziemnej. Na rysunku 3 przedstawiono izolinie obrazujące rozkład odkształceń ε_x w obrębie podłoża. Wyraźnie zaznacza się "kotwiący" efekt sztywnej konstrukcji budynku, pod którym wydziela się klin gruntu o znacznie zmniejszonym rozpełzaniu.

Bezpośrednio pod fundamentem, w jego środkowej części, jest ono mniejsze niż 0.1 odkształcenia wymuszonego. Bardzo silne rozluźnienie gruntu występuje natomiast w strefie przypowierzchniowej, bezpośrednio przy budynku. Jego wartość nawet trzykrotnie przekracza wymuszane rozpełzanie.



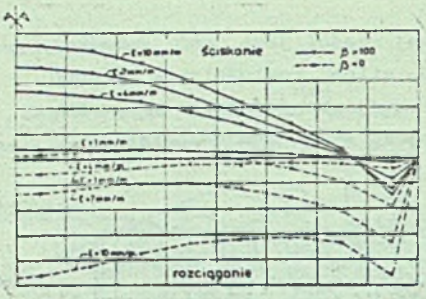
Rys. 3 Izolinie odkształceń poziomych w podłożu

Fig. 3 Isolines of horizontal strains in the subsoil

Na taki rozkład rozpełzania w podłożu wskazywano już wcześniej, nie zwracając jednak uwagi na wszystkie jego konsekwencje dla rozkładu sił w konstrukcji. Trzeba bowiem zauważyć, że w wyniku nierównomiernego rozluźnienia podłoża nastąpi zróżnicowane zmniejszenie modułu sprężystości gruntu (wzór 1). Efektem jest obserwowane w praktyce wtórne osiadanie budynków w strefie rozpełzania. Grunt w środkowej części fundamentu jest jednak mniej rozluźniony, a zatem pozostaje sztywniejszy niż grunt położony na skraju budynku. Tak więc w wyniku rozpełzania podłoże pod zewnętrznymi partiami budynku staje się bardziej podatne, a oparta na nim i obciążona konstrukcja zmienia charakter osiadania, wyginając się wypukłością ku górze. Powoduje to oczywiście ściskanie w fundamentach i rozciąganie w wyższych częściach budynku. Są więc dwie przyczyny powstania sił od rozpełzania terenu w konstrukcji:

- uwzględniane dotychczas siły poziome przekazywane przez tarcie w płaszczyźnie styku gruntu z fundamentem (rozciąganie fundamentu zanikające w wyższych częściach budynku),
- pomijane w obecnie przyjmowanym modelu zginanie związane z niejednorodnym rozluźnieniem gruntu pod fundamentem i zmianą charakteru osiadania budynku (na ogół ściskanie fundamentu i rozciąganie w partiach wyżej położonych).

Na rysunku 4 pokazano wykres odkształceń dolnych włókien fundamentu na skutek rozpełzania przy różnych wartościach parametru β (wzór 1), uzyskany na podstawie analizy zaproponowanego modelu. Możliwe jest, że pomijane dotychczas siły spowodowane redystrybucją osiadania i związanym z nią zginaniem budynku, przewyższą wartości sił rozciągających od rozpełzania. Zmienia to radykalnie obraz sił w konstrukcji, ale też uzasadnia obserwowany w praktyce obraz uszkodzeń.



Rys. 4 Rozkład odkształceń dolnych włókien fundamentu

Fig. 4 Strains distribution along the lower extreme filament of the structure

4. WNIOSKI

Opisany model pozwala ujawnić zbliżony do rzeczywistości rozkład odkształceń w podłożu i w konsekwencji odmienny od uzyskiwanego dotychczas rozkład sił w konstrukcji. Dalsze analizy zachowania się tego modelu przy różnorodnych przebiegach deformacji terenu pozwolą uściślić zasady projektowania zabezpieczeń budynków poddanych wpływom eksploatacji górniczej. Istnieje możliwość istotnego zmniejszenia kosztu tych zabezpieczeń.

LITERATURA

[1] Barycz S.: Wyznaczanie modułu ściśliwości gruntu zmienionego wpływem podziemnej eksploatacji górniczej w postaci poziomych odkształceń właściwych. Praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 1981.

НЕЛИНЕЙНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГОРНОГО ОСНОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩЕГО С УПРУГОЙ КОНСТРУКЦЕЙ ЗДАНИЯ

Р е з ю м е

В работе представлено модель горного основания сотрудняющего с упругой конструкцеи здания учитывающии нелинейные характеристики грунта и их зависимость от горных горизонтальных деформацеи.

THE NONLINEAR MODEL OF THE MINING SUBSOIL COOPERATING WITH THE ELASTIC STRUCTURE

S u m m a r y

In the paper the nonlinear model of the subsoil subjected for the mining deformations cooperating with the elastic superstructure is presented. First analysis of this model assign at the possibility of serious changes in the determination of internal forces caused in the structure by the mining deformations.