

Lidia FEDOROWICZ, Jan FEDOROWICZ
Politechnika Śląska, Gliwice

WPLYW ZMIAN POZIOMU WÓD GRUNTOWYCH NA STAN PODŁOŻA ORAZ KONSTRUKCJI BUDOWLANEJ NA TERENACH GÓRNICZYCH

Streszczenie. W referacie przedstawiono inżynierski sposób numerycznego modelowania oraz obliczeń:

- stanu deformacji podłoża gruntowego, wywołanego odwodnieniem górotworu,
- i związanej z powyższym oceny wyężenia rzeczywistej konstrukcji budowlanej.

INFLUENCE OF CHANGE OF UNDERGROUND WATER LEVEL FOR A STATE OF SUBSOIL AND BUILDING STRUCTURE IN MINING AREA

Summary. Engineering task of numerical modelling and calculations concerned with:

- a subsoil deformation state caused by dewatering of ground
- and evaluation of building safety have been presented.

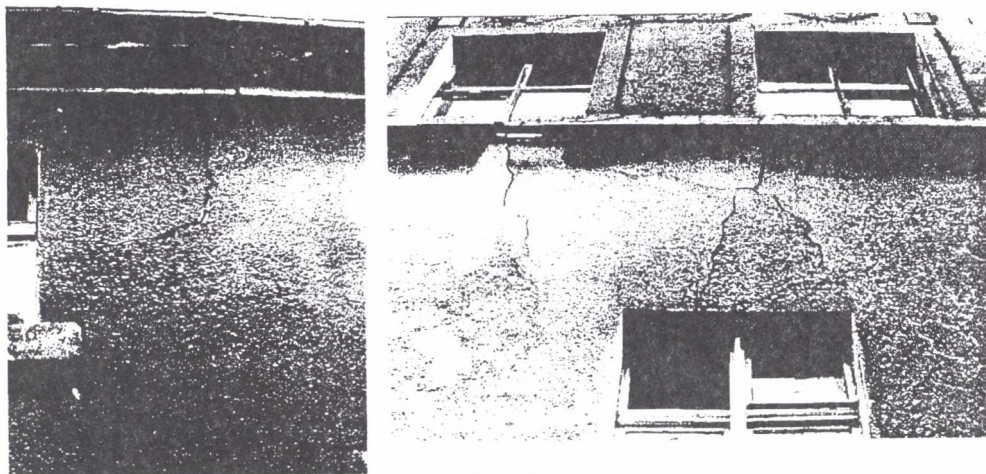
1. Wstęp

Jedną z konsekwencji naruszenia równowagi geostatycznej masywu skalnego, powstałych spękań i przemieszczeń jest zakłócenie układu krążenia wód i zmiany warunków wodnogruntowych. W referacie zaproponowano sposób numerycznego, a zarazem inżynierskiego opisu zadania kontaktowego: odkształcalna budowla - podłoże deformujące się w wyniku eksploatacji kopalni lub zmian warunków wodnych. Klasyczne postępowanie inżynierskie sprowadza się do tego, że prognozowane deformacje w górotworze, odniesione do deformacji wolnej (pozbawionej budowli) powierzchni terenu stanowią kinematyczne obciążenie dolnego brzegu budowli spoczywającej na uproszczonym, zwykle liniowo-

sprężystym modelu podłoża. Określenie wyężenia konstrukcji jest zatem uzależnione od zastąpienia rzeczywistej, złożonej pracy gruntu przez model pochodzący z przyjęcia stałego modułu ścisłości i rozkładu naprężeń wg Boussinesqa. W referacie proponuje się sposób numerycznej oceny stanu przemieszczeń zachodzących w podłożu uwarstwionym (narażonym na wpływ zmian warunków gruntowo-wodnych wynikających z odwodnienia górotworu) oraz zmian obciążeń konstrukcji znajdującej się na tym podłożu, z uwzględnieniem interakcyjnego działania układu budowla-podłoże.

2. Opis problemu

Odwodnienie górotworu wywołuje wtórnie, w wyniku obniżenia zwierciadła wód podziemnych, osiadania powierzchni terenu porównywalne nieraz z deformacjami wywołanymi bezpośrednią eksploatacją kopalnin. Jeżeli osiadania te są nierównomierne, to budynki znajdujące się w obszarze wpływu leja depresji ulegają uszkodzeniom takim, jak w przypadku bezpośredniej eksploatacji górniczej (rys. 1).



Rys. 1.

Obraz powstających lub przewidywanych osiadań powierzchni terenu, wywołanych likwidacją sił wyporu wody w strefie odwadniającej, może być przy odpowiednim rozpoznaniu podłoża gruntowego stosunkowo prosto otrzymywany numerycznie. Analiza obliczeniowa

przeprowadzana na numerycznym modelu podłoża daje dodatkowo możliwość wiarygodnego określenia wyężenia konstrukcji posadowionej na tym podłożu [1]. Otrzymywane tak wyniki, opisujące stan przemieszczeń i naprężeń w podłożu oraz wartości sił kontaktowych działających między budowlą a podłożem, dają zazwyczaj obraz rzeczywistości pełniejszy w porównaniu z tym, jaki potrafi dać czysto inżynierska ocena istniejącego stanu.

3. Szczegółowa analiza numeryczna

Zadanie sformułowano następująco:

- Przy istniejącym rozpoznaniu geologicznym podłoża można przeprowadzić jednoznaczna analizę numeryczna, która pozwoli określić wartości oraz charakter aktualnych i przewidywanych osiadań powierzchni terenu (I etap obliczeń).
- Analiza taka daje możliwość realistycznej oceny wpływu stanu zaistniałego w podłożu na zabudowę powierzchni (II etap obliczeń).

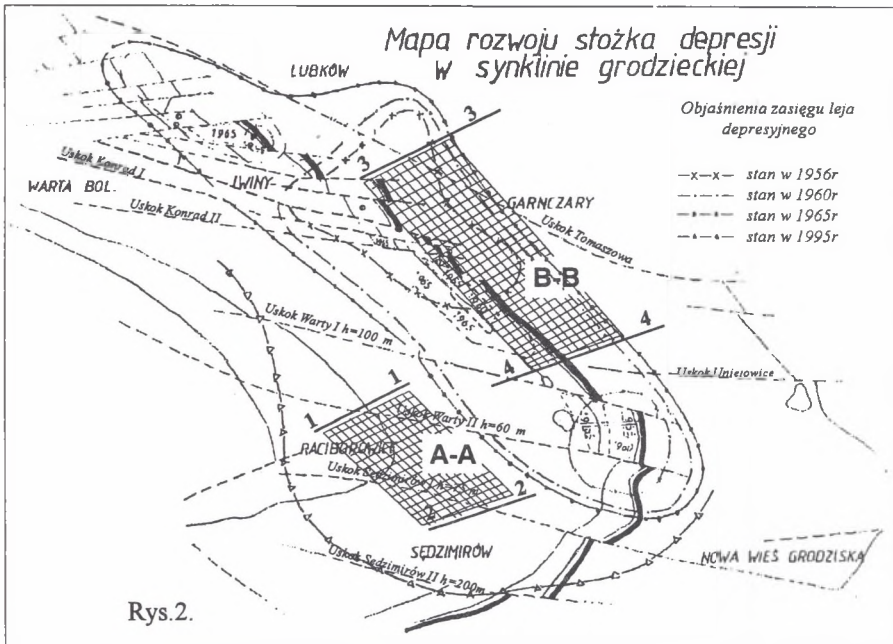
Na rysunku 2 pokazano obraz przykładowego leja depresji (obszar Synkliny Grodzieckiej – Województwo Dolnośląskie) wywołanego głębokim i intensywnym odwodnieniem górotworu. O przebiegu i dużym zasięgu zjawiska decyduje charakterystyczna dla tego rejonu niezmiernie urozmaicona budowa geomorfologiczna podłoża [2].

Do obliczeń numerycznych przyjęto przekroje syntetyczne, sporządzone na podstawie dokumentacji geologicznej. Poczynione uogólnienia potraktowano jako dozwolone i umożliwiające analizę skutków odwodnienia w badanym obszarze. Przeanalizowano dwie sytuacje zachowania się podłoża:

A - silnie uwarstwionego, z warstwą gruntu organicznego (na rys.2 obszar zawarty między przekrojami 1-1 i 2-2).

B - prawie jednorodnego (na rys.2 obszar między przekrojami 3-3 i 4-4).

Obniżenia poziomu wody przyjęto jako wartości średnie z pomiarów wykonanych w ciągu ostatnich 2 lat w studniach kontrolnych i w piezometrach na obszarach objętym badanymi przekrojami.



Etap I. Na rys.3a pokazano siatkę tworzącą dyskretny model podłoża z oznaczeniem strefy doznającej odwodnienia [3]. Przyjęta siatka dyskretna jest wspólna dla podłoży A i B. Na marginesach rysunku podano oznaczenia warstw i ich parametrów dla obu podłoży. W miarę obniżania poziomu wody w podłożu następuje wzrost efektywnego ciężaru strefy odwadniającej. Wynikającą stąd nową siłę masową przeliczono na przyrost obciążenia siłami skupionymi przykładanymi, w blokach przyrostowych, w węzłach siatki (rys 3 a) w strefie odwadniającej. Na rys.3 b pokazano wykresy nierównomiernych przemieszczeń pionowych powierzchni podłoża A, powstających w miarę opadania poziomu wody kolejno o wartości: $a=3$ m, $b=2$ m, $c=3$ m. Linia przerywana stanowi „tło” rozwiązania, pokazując końcowy stan przemieszczeń powierzchni terenu otrzymany przy przyjęciu modelu sprężystej pracy gruntu. Rys.3c pokazuje stan odkształceń pionowych, zaistniałych w podłożu A po spłynięciu wody do ostatniego zarejestrowanego w piezometrach poziomu, z zaznaczonymi obszarami uplastycznienia podłoża. Rys.3d zestawia końcowe stany pionowych przemieszczeń powierzchni terenu dla podłoży A i B, otrzymane dla modelu sprężysto-plastycznego Coulomba-Mohra. Widzimy zdecydowanie równomierniejszy, korzystniejszy dla budowli, stan osiadań podłoża

B w stosunku do podłoża A. Otrzymane różnice w obrazie deformacji obu podłoży wynikają m.in. z wystąpienia rozległego stanu uplastycznienia w podłożu A.

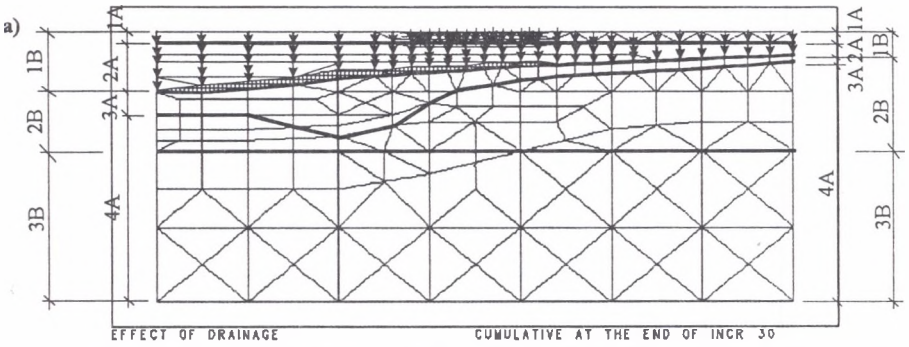
Etap II. Na nawodnionym podłożu A zlokalizowano budynek o regularnym rozkładzie poprzecznych ścian nośnych (rys.4). Położenie łąw poprzecznych pod ścianami nośnymi ujęto w siatce dyskretnej podłoża. Konstrukcję budynku wymodelowano zastępczą ramą o węzłach z przyjętą nieliniowo-sprężystą funkcją uwzględniającą możliwe zarysowanie materiału konstrukcji podlegającej dużym deformacjom podłoża [4]. Wstępne, stałe naprężenia na grunt wynosiły 210 kPa.

• **Iteracja 1.** Z uwagi na znaczną podatność rozważanego podłoża rzeczywiste (ustalone) obciążenie fundamentów i ich osiadanie określono iteracyjnie. Oszacowano mianowicie na podstawie wstępnych analiz, że dla konstrukcji o możliwie równomiernym rozkładzie sztywności (budynek o regularnym rzucie łąw poprzecznych – rys.4) funkcje przemieszczeń i sił kontaktowych w styku budynek-podłoże są ciągłe i opisywalne funkcją $y=Ax^2$. Określenie zatem poszukiwanych wartości w wybranym i-tym fundamencie pozwala na jednoznaczne określenie sił i przemieszczeń dla pozostałych fundamentów. Na rys.4, w układzie osi $(\Delta V_i, 1/2A_i)$ pokazano funkcje opisane „Budynek” oraz „Podłoże”, reprezentujące kolejno:

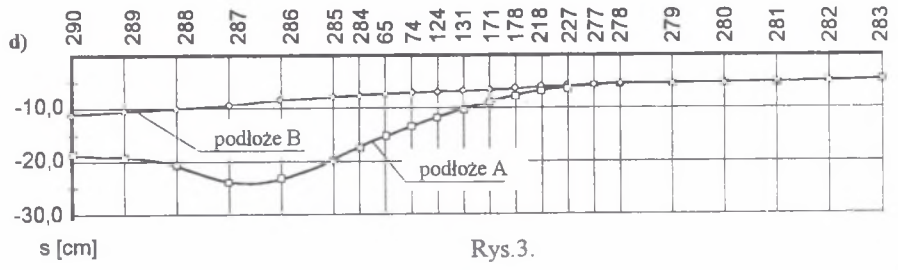
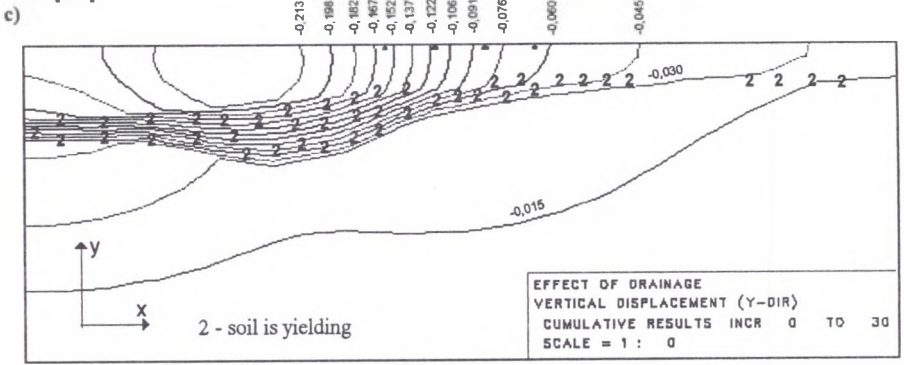
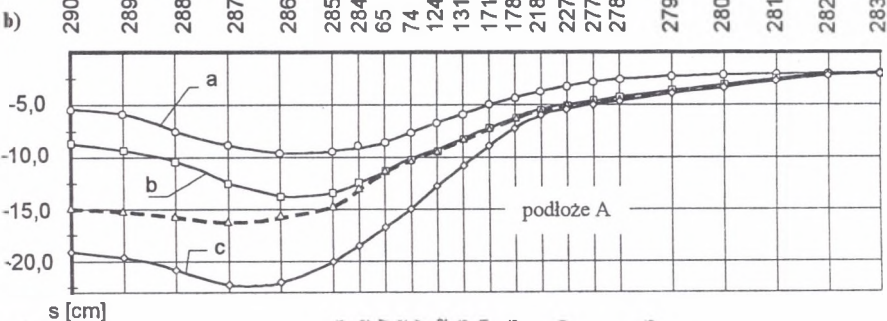
- zmiany reakcji (przyrosty sił kontaktowych V_{ij}), otrzymywane w miejscu i-tego fundamentu budynku oddzielonego od podłoża, którego dolny brzeg doznaje w j-tym obliczeniu deformacji wg założonej funkcji $y_{ij}=A_jx_i^2$,
- zmiany pionowych przemieszczeń podłoża (przemieszczeń kontaktowych), które tworzą nową funkcję $\bar{y}_{i,j} = \bar{A}_jx_i^2$, otrzymaną przy obciążeniu podłoża reakcjami deformującego się budynku.

Wyznaczenie punktu przecięcia obu krzywych (II) określa rzeczywiste położenie rozważanego i-tego fundamentu budynku ugiętego na podatnym podłożu, kończąc pierwszy proces iteracyjnego „złożenia” obu rozdzielonych podukładów – budowla-podłoże.

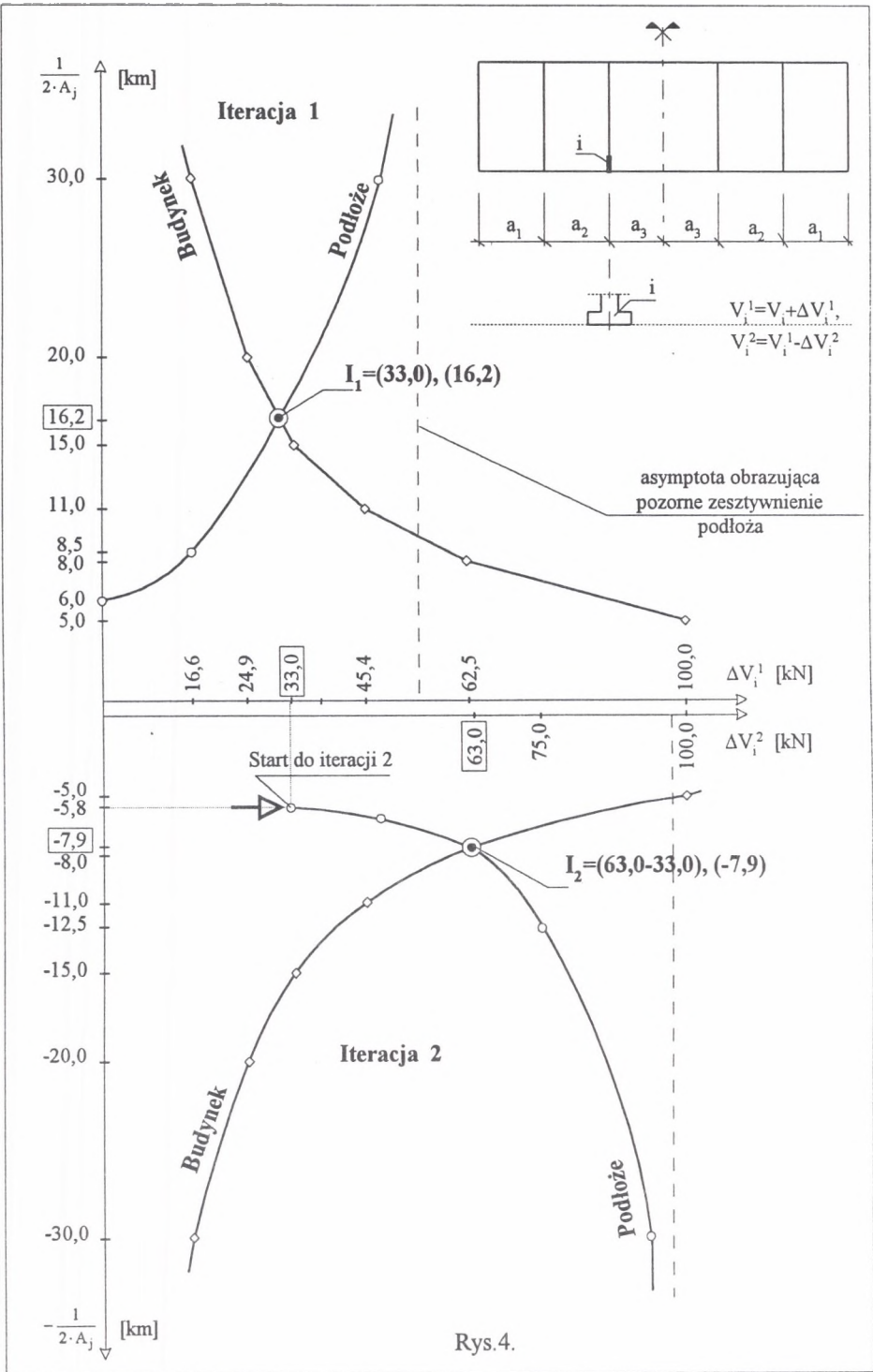
• **Iteracja 2.** Budynek, dla którego rzeczywiste przemieszczenia i oddziaływania ustalono powyżej, doznaje w miarę odwadniania podłoża nowych odkształceń. Siły działające na fundament, przy uwzględnieniu sztywności konstrukcji redystrybują się, tworząc nowy układ obciążeń.



- 1A: P_g; E=25 MPa, c=20 kPa, φ=19°, ν=0,29
- 1B: P_π; E=34 MPa, c=10 kPa, φ=30°, ν=0,30
- 2A: P_π; E=34 MPa, c=0 kPa, φ=30°, ν=0,30
- 2B: G_p; E=32 MPa, c=30 kPa, φ=20°, ν=0,29
- 3A: N_mπ; E=7 MPa, c=10 kPa, φ=6°, ν=0,32
- 3B,4A: skała



Rys. 3.



Na rys.4, w układzie osi $(\Delta V_p - 1/2A_p)$ punkt (I2) określa:

- bezwzględną, końcową wartość przyrostu obciążenia redystrybującego się na fundament i-ty,
- oraz stan jego pionowego przemieszczenia, określony funkcją $y_{i,*} = A_*^{i,z} x_i^2$.

Promień budynku, wygiętego na odwadnianym podłożu, wynosi $R_{(B)} = 1/2A_*^{i,z} = 7,9$ km.

Końcowa redystrybucja sił, jaka zaszła w badanym budynku między fundamentami, określona dla fundamentu i-tego wynosi $\Delta V = \Delta V_i^2 - V_i^1 = 63 - 33 = 30$ kPa .

4. Wnioski

W celu uzyskania realnych wartości przemieszczeń w przypadkach złożonej pracy podłoża gruntowego wskazane jest w obliczeniach posłużyć się modelem numerycznym, dającym możliwość właściwego opisu zachodzących w tym podłożu zmian. Przedstawiony w referacie sposób uproszczonego rozwiązania zadania kontaktowego, prawidłowy przy spełnionym warunku możliwie równomiernego rozkładu sztywności konstrukcji, pozwala na prostą, inżynierską ocenę wartości sił i przemieszczeń powstających na styku budowli i podłoża. Wielkości te możemy określić zarówno w przypadku „normalnej” pracy konstrukcji, gdy chcemy uwzględnić wpływ odkształcalności podłoża na redystrybucję sił w konstrukcji (iteracja 1), jak również w stanach dodatkowego wyciężenia, wywołanego kinematycznym obciążeniem budowli (iteracja 2).

LITERATURA

1. Gryczmański M.: Doświadczalne i teoretyczne podstawy geotechniki. Modele matematyczne i metody obliczeń, badania teoretyczne i numeryczne, Referat Generalny IX Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Kraków 1992.
2. Fedorowicz L., Fedorowicz J.: Geotechnical reasons of building development failure in Legnica-Głogów copper mining area, The 5th International Conference Geotechnics 2000, Slovakia 2000.

3. Britto A.M.: Crisp 92 PC version. Users and programs guide, vol.3. Cambridge University Research Reports, 1992.
4. Andermann F., Fedorowicz L., Fedorowicz J.: Zestaw programów profesjonalno-badawczych do obliczeń budynków o konstrukcji ścianowej na terenach górniczych, Inżynieria i Budownictwo nr 12, 1992, s.484-486.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Marian Kawulok

Abstract

Surface deformations caused by dewatering of ground there are quite often identical in respect of character as continuous basins that accompany mining activity.

In this task a proposal of usage of elastic-plastic subsoil model for:

- estimation of dewatering ground subsidens,
- and influence of those onto the existing building development was presented.

The example of engineering semi-iteration method for force estimation within of building-subsoil contact was shown.