

Kazimierz KŁOSEK

NAPÓR GRUNTU NA ZBOCZA PODPARTE
W WARUNKACH GÓRNICZYCH RUCHÓW TERENU

Streszczenie. Rozpatrzono zagadnienie współpracy zbocza podparte-
go z rozdrobnionym ośrodkiem gruntowym w warunkach deformacji tere-
nu górniczego. W oparciu o metody mechaniki ośrodków rozdrobnionych
zmodyfikowane pod kątem możliwości odwzorowania procesów związanych
z odkształceniami podłoża wyznaczono wszystkie składowe stanu naprę-
żenia, ze szczególnym uwzględnieniem krawędzi styku podłoża - kon-
strukcja.

1. WSTĘP

Pośród całego szeregu problemów budownictwa lądowego na terenach pod-
legających wpływowi podziemnej eksploatacji górniczej, które nie dooczekal-
y się do chwili obecnej zadawałającego rozwiązania teoretycznego jak i
eksperymentalnego wymienia się w pierwszym rzędzie "określenie wielkości
poziomego parcia gruntu na ściany zagłębionych w nim budowli przy wystę-
powaniu $+ \xi$ (spełzania) ..." [6 s. 100].

W pracy podjęto próbę analizy teoretycznej tego zagadnienia w oparciu
o metody mechaniki rozporowych ośrodków ziarnistych i przyjętą funkcję
zmienności współczynnika rozporu boczno ξ [3].
Rozpatrzono wpływ poszczególnych elementów deformacji składowych charakte-
ryzujących podłoża górnicze na zbocza podparte [11] usytuowane prostopa-
dle do kierunku odkształceń ekstremalnych.

2. GÓRNICZE DEFORMACJE PODŁOŻA W OTOCZENIU ZBOCZA PODPARTEGO

Specyfika zagadnienia wymaga poczynienia na wstępie pewnych założeń o
charakterze ogólnym determinujących w sposób możliwie jednoznaczny wpływ
poszczególnych wskaźników deformacji podłoża górniczego na konstrukcje pod-
porowe. Wieloskładnikowe odkształcenia, uzewnętrzniające się na powierz-
chni terenu górniczego, można pod kątem ich wpływu na budowle inżynierskie
omawianego typu, podzielić na dwie zasadniczo różniące się grupy wzajem-
nych oddziaływań konstrukcji i podłoża gruntowego. Do pierwszej z nich za-
liczono poziome jednostkowe odkształcenia o charakterze zagęszczającym
" $+ \xi$ " względnie rozluźniającym " $- \xi$ ", potocznie zwane "spełzaniem i roz-
pełzaniem" terenu górniczego. Zakładając ciągłość przebiegu zjawiska pa-

rametry te oblicza się jako pochodne $\xi = \frac{du}{dx}$ funkcji opisującej składowe poziomych przemieszczeń elementów podłoża gruntowego, zlokalizowanych w aktywnej strefie niecki obniżeniowej. Praktycznie korzysta się tu najczęściej z propozycji Hencky'ego (1929), odnosząc każdorazowo pomierzone odkształcenia do tzw. "długości aktualnej" [9]:

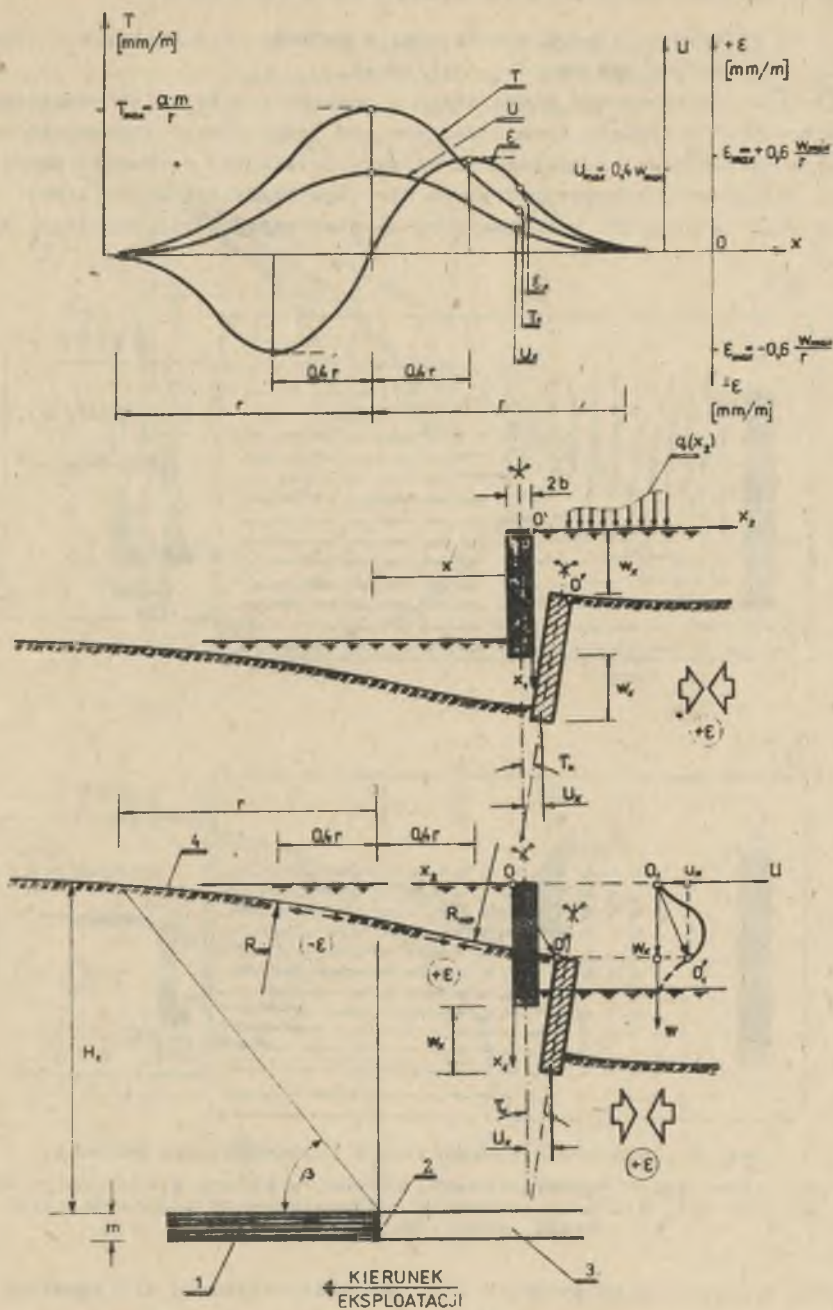
$$\begin{aligned} \xi &= \int_{l_0}^l \frac{dx}{x} = \ln x \Big|_{l_0}^l = \ln \frac{l}{l_0} = \ln \left(1 + \frac{\Delta l}{l_0} \right) = \\ &= \frac{\Delta l}{l_0} - \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta l}{l_0} \right)^2 + \dots \end{aligned} \quad (1)$$

Dla małych przyrostów $\frac{\Delta l}{l_0}$ wzór powyższy staje się równy znanej zależności zdefiniowanej przez Cauchy'ego (1827), gdzie przez " l_0 " oznaczono długość początkową, zaś przez " l " - długość aktualną. Odkształcenia te, w głównej mierze o charakterze zagęszczającym $+\xi$, działając jednostronnie na konstrukcję zbocza podpartego, wywierają zasadniczy wpływ na warunki jego stateczności [4, 5, 11]. Drugą grupę oddziaływań tworzą parametry związane z pionowymi osiadaniami punktów profilu niecki " w ". W aspekcie analizowanego zagadnienia istotnym elementem okazało się uwzględnienie w dalszych rozważaniach parametru opisującego nachylenie terenu $T = \frac{dw}{dx_2}$ oraz w mniejszym stopniu jego krzywiznę $K = \frac{d^2w}{dx_2^2}$.

Wymienione powyżej deformacje ozniłą podłoża gruntowe aktywne w stosunku do współpracującej z nim biernie konstrukcji. Fakt ten wpływa w sposób zasadniczy na zmianę warunków współpracy układu konstrukcja-ośrodek gruntowy. Zmianom ulegają wartości wzajemnych oddziaływań, prowadząc do powstania znacznych, dodatkowych sił i naprężeń w płaszczyźnie styku obu ośrodków. Określenie funkcji opisujących składowe tych naprężeń jest przedmiotem dalszych rozważań.

3. BADANIA MODELOWE

Szczegółowej analizie poddano dwa przypadki, różniące się głównie usytuowaniem konstrukcji podpierającej płaski naziem w stosunku do kierunku przesuwanego się frontu eksploatacyjnego. Założenie to ilustrują schematy przedstawione na rys. 1. Wynika z nich, iż głównymi czynnikami aktywizującymi stan ustalonego współdziałania budowli z ośrodkiem gruntowym są w najbardziej niekorzystnym przypadku superpozycji, odkształcenia zagęszczające $+\xi$ oraz nachylenie konstrukcji w stronę dennej strefy zbocza niecki. Zjawisko to potwierdziły w pełni obszernie badania modelowe wykonane głównie na prototypowej aparaturze badawczej własnej konstrukcji [4] oraz w ośrodku bezkohezyjnym na urządzeniu opisanym szczegółowo w [10]. Stwier-

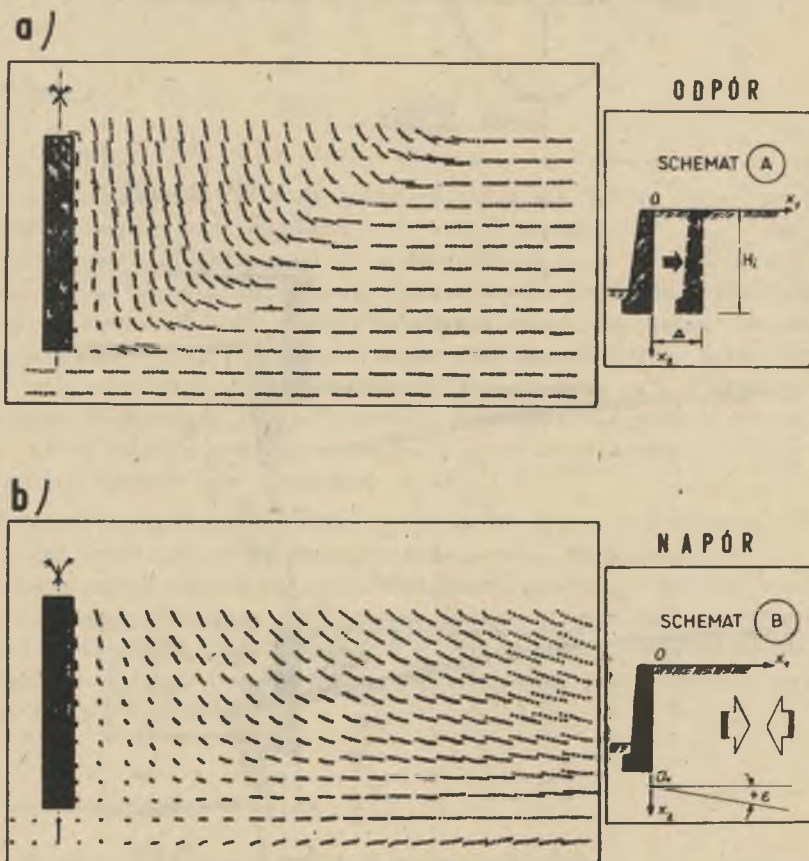


Rys. 1. Deformacje podłoża górniczego w strefie lokalizacji konstrukcji podporowej

1 - pokład węgla, 2 - front eksploatacji, 3 - wyrobisko, 4 - profil górniczej niecki obniżeniowej

dzono, że osiadania pionowe modelu wraz z podłożem nie wpływają w sposób istotny na składowe wzajemnych oddziaływań.

Analiza pól przemieszczeń ziarn ośrodka analogowego typu Schneebergera, zarejestrowanych w trakcie tych eksperymentów przy różnych schematach realizowanych odkształceń, pozwoliła na bliższe rozeznanie mechaniki samego zjawiska. Najbardziej charakterystyczne dla tego zagadnienia przypadki ilustrują rys. 2a oraz 2b. Przedstawiony na nich układ linii poślizgu ziarn

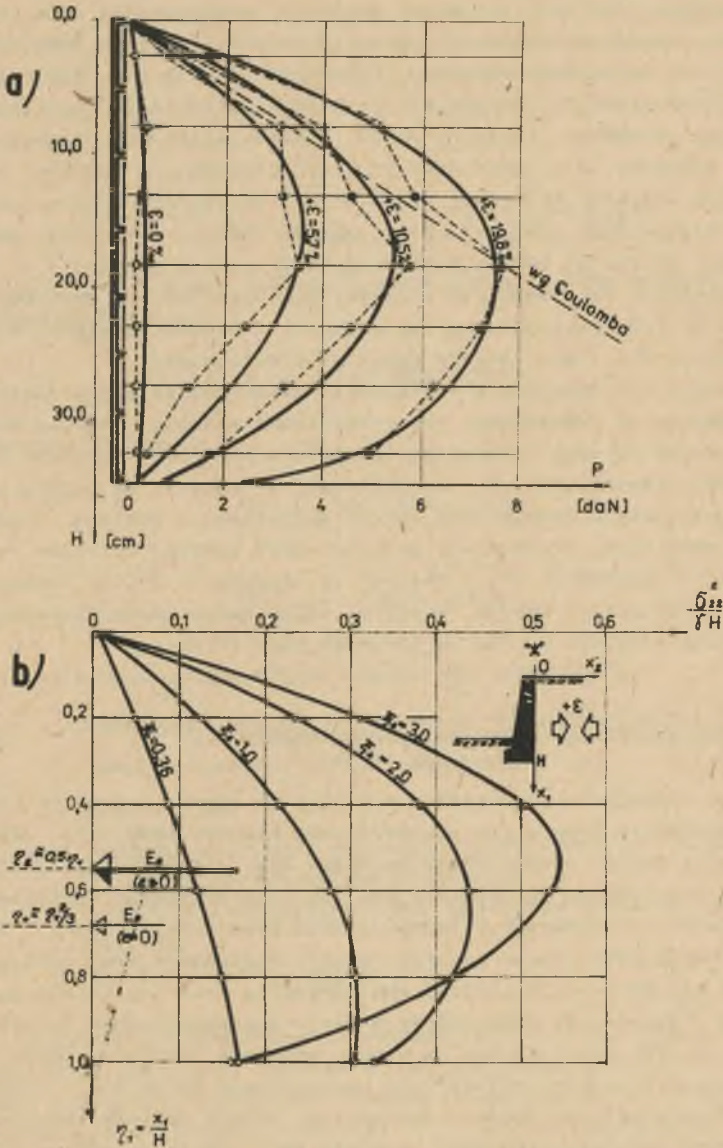


Rys. 2. Pole przemieszczeń ziarn bezkohezyjnego ośrodka:

a - przy równoległym przemieszczaniu ścianki w stronę nieruchomego ośrodka - schemat "A", b - przy poziomych odkształceniach zagęszczających podłoża górniczego - schemat "B"

ośrodka nie pozwala na wyodrębnienie charakterystycznej dla zjawiska odporu - trójkątnej bryły klina odłamu (rys. 2a), czy też jakiegoś innego układu ziarn współpracującego trwale ze ścianką. Analiza rozkładu naprężeń poziomych, działających na modelową ściankę w przypadku odkształceń jednostkowych ϵ współpracującego z nią ośrodka, wykazała ponadto wy-

rażnio krzywoliniowy charakter tych oddziaływań. Wzrostowi poziomych "spełzeń" podłoża towarzyszyła mobilizacja wypadkowej siły naporu, której położenie zmieniło się od $H_0 \cong 1/3 H$ w stanie wyjściowym do około $H_{gr} < 0,5 H$ w stanie granicznym, co ilustruje rys. 3a.



Rys. 3. Rozkład poziomych oddziaływań w strefie kontaktu konstrukcji podporowej z ośrodkiem gruntowym

- a - wynik doświadczenia w poziomo zagęszczonym ośrodku piaskowym ($b \cong 0, T \cong 0$)
- b - rozkład naprężeń poziomych w ujęciu teoretycznym wg (6c)

W niektórych pracach, np. [5, 12], porównuje się otrzymane drogą badań modelowych wykresy wzrostu wypadkowych sił odporu (naporu - w przypadku odkształceń górniczych), sprowadzając je do pozornie porównywalnych współrzędnych bezwymiarowych $u = \frac{s}{\epsilon_{gr}}$ lub $\frac{\epsilon}{\epsilon_{gr}}$ oraz $e = \frac{P-P_0}{P_{gr}-P_0}$ względnie $e = \frac{E}{E_p}$, niezależnie od realizowanych schematów badawczych. Zgodność otrzymanych tą drogą wykresów jest bardzo myląca, gdyż nie odzwierciedla ona w żadnym przypadku całkowicie odmiennej mechaniki badanych zjawisk. Nie można więc, sugerując się tylko tymi wykresami, wysnuwać żadnych wniosków o podobieństwie zjawisk, gdyż nie znajduje w nich odzwierciedlenia najbardziej istotny dla tego przypadku fizyczny aspekt analizowanego zagadnienia. W związku z tym wskazana jest ostrożność przy wykorzystaniu w praktyce tak interpretowanych wyników. Pośrednią konsekwencją takiego podejścia jest bowiem fakt, iż zdecydowana większość istniejących obecnie propozycji obliczeniowych naporu gruntu na terenach górniczych przyjmuje założenie o możliwości aproksymacji tego zjawiska przypadkiem odporu gruntu występującym w warunkach podłoża nieruchomego (pasywnego). W świetle wyników najnowszych badań postępowanie takie należy uznać za niewłaściwe.

Reasumując powyższe można stwierdzić, że mechanika odkształceń towarzyszących procesowi wymuszonego przemieszczenia ścianki w stronę nieruchomego - pasywnego ośrodka gruntowego (odpór) ma niewiele wspólnych cech natury zarówno fizycznej jak i mechanicznej ze zjawiskiem naporu na ściankę współpracującą w charakterze zbrocza podpartego z poziomo zagęszczanym podłożem górniczym. Całokształt przytoczonych powyżej wniosków wynikających z badań modelowych jak i obserwacji terenowych [4, 10] wskazuje na konieczność opracowania nowych, bardziej adekwatnych rzeczywistości sposobów obliczania naporu gruntu na terenach górniczych.

4. PROPONOWANY SPOSÓB OBLICZANIA NAPORU GRUNTU

Istotną trudność w rozwiązaniu zagadnienia naporu gruntu na zbrocza podpartą w warunkach górniczych ruchów terenu stanowi przyjęcie właściwego fizykomechanicznego modelu obliczeniowego dla analizowanego zjawiska. Musi on bowiem uwzględniać najistotniejszą dla tego przypadku specyfikę procesów i zjawisk zachodzących w samym ośrodku gruntowym, złożony charakter przekazywanych oddziaływań na styku grunt-konstrukcja oraz możliwość wystąpienia wzajemnych odkształceń obu ośrodków. Opis pracy takiego układu w oparciu o teorie ośrodków ciągłych staje się praktycznie niemożliwy. W pracy [6, s. 73] stwierdzono: "z punktu widzenia mechaniki obchodzi zatem o rozwiązanie dyskretnego zagadnienia kontaktowego dwóch ciał odkształcalnych". Poszukiwania w kierunku stosownego modelu podłoża traktowanego jako rozporowy ośrodek ziarnisty, mającego przy tym cechy modelu stochastycznego [8] doprowadziły do rozwiązania dającego w analizowanym zagadnieniu możliwość pełnego uwzględnienia istoty problemu. Proponowany sposób da-

Je bowiem możliwość powiązania parametrów cechujących deformacje podłoża górniozego ze składowymi stanu naprężenia poprzez uwzględnienie ich zmian w funkcji współczynnika rozporu bocznego ξ rozdrobnionego ośrodka gruntowego tworzącego najczęściej materiał zasypki zbocza podpartego. Sens metody polega na identyfikacji stałego współczynnika ξ_0 występującego w podstawowym układzie równań teorii ośrodków dyskretnych z jego uzmiennionym odpowiednikiem $\xi_\varepsilon = f(\pm \varepsilon)$. Matematyczne określenie funkcji zmienności tego współczynnika wyprowadzono m.in. w [3], skąd wynikało, że dla przypadku odkształceń zagęszczających $+\varepsilon$ można przyjąć opis poszukiwanej wielkości następującym równaniem

$$\xi_\varepsilon = \frac{\sigma_{22}^\varepsilon}{\sigma_{11}} = \xi_0 + E_{(e)s} (1 + qv) \alpha \cdot \sigma_{11}^{-1} \varepsilon \leq K_{\max}. \quad (2)$$

Ograniczenia wynikające z warunku plastyczności podłoża przyjmą dla gruntów niespoistych postać

$$K_{\max} = \operatorname{tg}^2 (\pi/4 + \Phi/2),$$

a dla gruntów spoistych

$$K_{\max} = \operatorname{tg}^2 (\pi/4 + \Phi^*/2),$$

gdzie:

$$\Phi^* = \operatorname{arc} (\operatorname{tg} \Phi + c/\sigma_{11}).$$

W powyższych równaniach przyjęto następujące oznaczenia:

- σ_{22}^ε - naprężenia poziome w warunkach odkształceń górniczych $+\varepsilon$,
- $E_{(e)s}$ - moduł podatności podłoża górniozego,
- q - współczynnik Poissona,
- $v = \frac{\varepsilon_{33}}{\varepsilon_{22}}$ - stosunek wielkości poziomych odkształceń na kierunkach głównych profilu niecki obniżeniowej,
- α - współczynnik uwzględniający zmienność modułu ścisłości,
- c - kohezja,
- Φ - kąt tarcia wewnętrznego gruntu.

W analizowanym przypadku potraktowano wartość v jako testowy wskaźnik identyfikacyjny materiału, natomiast $E_{(e)s}$, ξ_0 jako nośniki informacji o procesach zachodzących wewnątrz obszaru elementarnego [1]. Rozwiązanie zadania podstawowego dotyczy płaskiego stanu odkształcenia przy równoczesnym założeniu, że konstrukcja podporowa jest usytuowana prostopadle do kierunku ekstremalnych poziomych deformacji zagęszczających podłoża. Składo-

we stanu naprężenia panującego w ważkim ośrodku ziarnistym opisuje układ równań różniczkowych typu parabolicznego [2]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x_1} = \sum_{\varepsilon} \varepsilon x_1 \frac{\partial^2 \sigma_{11}}{\partial x_2^2} + \delta; \quad (3a) \\ \sigma_{12} = - \sum_{\varepsilon} \varepsilon x_1 \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x_2}; \quad (3b) \\ \sigma_{22} = \sum_{\varepsilon} \varepsilon (\sigma_{11} + \sum_{\varepsilon} \varepsilon x_1^2 \frac{\partial^2 \sigma_{11}}{\partial x_2^2}) \quad (3c) \end{array} \right.$$

Rozwiązaniem pierwszego z równań układu (3a) w oparciu o założone warunki brzegowe i graniczne, właściwe przyjętemu schematowi obliczeniowemu zadania, jest składowa σ_{11} . Pozostałe składowe stanu naprężenia wyznaczają pochodne cząstkowe dwóch dalszych równań układu. Warunki uwzględniające kształt i obciążenie naziomu, szorstkość zewnętrznych krawędzi konstrukcji oraz rozporowy charakter przekazywanych oddziaływań w ważkim ośrodku rozdrobnionym można zapisać:

$$\left\{ \begin{array}{l} q(x_2) = \sigma_{11}(0; x_2) = 0, \quad (4a) \\ \partial \sigma_{11}(x_1; 0) + D [\delta x_1 - \sigma_{11}(x_1; 0)] = 0; \quad (4b) \\ \frac{\partial \sigma_{22}(x_1; \infty)}{\partial \sigma_{11}(x_1; \infty)} = \sum_{\varepsilon} \varepsilon; \quad (4c) \end{array} \right.$$

W toku dalszych rozważań uproszczono założenia wyjściowe, przyjmując do analizy przypadek płaskiego i nieobciążonego naziomu oraz pionową płaszczyznę styku konstrukcji z gruntem.

Druga grupa warunków uwzględnia dyskretny charakter rozprzestrzeniania się naprężeń w ośrodku [8] oraz charakter przemieszczeń krawędzi konstrukcji względem ośrodka gruntowego zasypki:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lim_{x_2 \rightarrow \infty} \frac{\partial \sigma_{11}(y; \infty)}{\partial x_1} = 0; \quad (5a) \\ \frac{-E(e) \cdot \mathcal{K} \cdot f(y, 0)}{\Pi} = \sum_{\varepsilon} \varepsilon \left[\sigma_{11}(x_1; 0) + 2y \sum_{\varepsilon} \varepsilon \frac{\partial^2 \sigma_{11}(x_1; 0)}{\partial x_2^2} \right]; \quad (5b) \end{array} \right.$$

gdzie:

- Π - wysokość zbocza podpartego,
- \mathcal{K} - współczynnik uwzględniający wyjściowo zagęszczenie,
- $f(y; 0)$ - funkcja przemieszczeń konstrukcji względem gruntu,

$y = 0,5 x_1^2$ - zamiana zmiennych w równaniu (3c),

$D = \frac{1}{K}$ - szorstkość zewnętrznych krawędzi konstrukcji.

Współczynnik szorstkości "K" określa się doświadczalnie lub analitycznie np. ze wzoru przytoczonego w [4].

Rozwiązanie zadania dla przypadku deformacji jak na rys. 1 prowadzi w efekcie do następującego układu równań:

$$\sigma_{11} = \gamma H \sqrt{\frac{H}{2\xi\varepsilon}} K \left[1 - \exp\left(0,5\xi\varepsilon \frac{\varphi_1^2}{K^2}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{\varphi_1}{K} \sqrt{0,5\xi\varepsilon}\right) \right] + \frac{E(e) s \cdot \alpha \cdot \kappa}{\xi\varepsilon} \left[T(1 - \varphi_1) + \frac{b}{H} \varepsilon \right]; \quad (6a)$$

$$\sigma_{12} = \gamma H \varphi_1 \sqrt{0,5\xi\varepsilon} \left[\exp\left(0,5\xi\varepsilon \frac{\varphi_1^2}{K^2}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{\varphi_1}{K} \sqrt{0,5\xi\varepsilon}\right) - 1 \right] + \quad (6b)$$

$$+ \frac{E(e) s \cdot \alpha \cdot \kappa}{\xi\varepsilon} \left[T(0,8 - 1,25 \varphi_1) + 0,8 \frac{b}{H} \varepsilon \right];$$

$$\sigma_{22} = \gamma H K \sqrt{0,5\xi\varepsilon} \left\{ 1 - \exp\left(0,5\xi\varepsilon \frac{\varphi_1^2}{K^2}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{\varphi_1}{K} \sqrt{0,5\xi\varepsilon}\right) \left[1 + \xi\varepsilon \frac{\varphi_1^2}{K^2} \right] \right\} + \quad (6c)$$

$$+ E(e) s \cdot \alpha \cdot \kappa \left[T(1 - 2\varphi_1) + \frac{b}{H} \varepsilon \right];$$

gdzie:

$\varphi_1 = \frac{x_1}{H}$ - współrzędna bezwymiarowa,

b - połowa szerokości konstrukcji,

$\operatorname{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} \exp(-x^2) dx$ - dopełnienie funkcji błęd.

Przedstawione na rys. 1a wyniki badań modelowych w zestawieniu z wynikami obliczeń opartych na analizie równania (6c) wskazują na ich zadowalającą jakościowo zgodność. Uwagę zwraca charakter zmienności naprężeń poziomych, zasadniczo różny od wyników bazujących na powszechnie dotąd stosowanych rozwiązaniach, np. Coulomba i innych [11]. Krzywoliniowy rozkład tych naprężeń po wysokości konstrukcji wskazuje ponadto na tendencję do przemieszczenia się wypadkowej siły naporu z poziomu wyjściowego $\varphi_1^* \cong 0,66$ dla $\varepsilon = 0$, do poziomu $\varphi_1^* \cong 0,5$ przy $\varepsilon \geq \varepsilon_{gr}$, co zwiększa dodatkowo wielkość momentu wywracającego konstrukcję wokół krawędzi jej podstawy. Efekt tego zjawiska, polegający na znacznym, dodatkowym nachylaniu się konstrukcji podporowych ponad wartość "T", zaobserwowano na etapie badań modelowych, jak również i na niektórych obiektach naturalnych [10]. Należy w tym miejscu nadmienić, iż zjawisko to występowało również w przypadku badań, gdy wartość współczynnika na przesuw wynosiła $s_1 \cong 1,5$, współczynnika na obrót $s_2 \cong 2,5 \div 3,0$ a wartość współczynnika na obrót odpowiadająca poziomemu przesuwowi ściany $\bar{s}_2 \cong 1,4 \div 1,6$ [7].

W zakończeniu należy podkreślić, że przedstawiony powyżej układ równań stanowi rozwiązanie szczególne i został otrzymany po podstawieniu do rozwiązania ogólnego $x_2 = 0$. Analiza rozwiązania pełnego pozwala bowiem przeanalizować charakter zmienności wszystkich składowych stanu naprężenia nie tylko na krawędzi styku konstrukcji z gruntem, lecz również i w dowolnym punkcie współpracującego z nią masywu w funkcji narastania deformacji podłoża górniożeg. Przedstawienie wyników tych rozważań wykracza jednak poza ramy niniejszej publikacji.

5. UWAGI KOŃCOWE

Podziemna eksploatacja górniożeg powoduje modyfikację ogółu geotechnicznych uwarunkowań charakteryzujących wzajemne oddziaływanie zbocza podpartego i współpracującego z nim ośrodka gruntowego. Jest to problem bardzo złożony i trudny do odwzorowania w postaci modelu matematycznego procesu. Zastosowanie w tym przypadku niektórych rozwiązań mechaniki ośrodków dyskretnych do oceny charakteru rozkładu, jak i wielkości naporu gruntu na konstrukcje podporowe, można uznać w aspekcie proponowanej interpretacji współczynnika rozporu bocznego za praktycznie przydatny sposób rozwiązania zagadnienia.

Zastosowane w pracy połączenie dwóch modeli matematycznych gruntu (analogów obszarów elementarnych wg [1]) polegające na uwzględnieniu cech nieliniowo sprężystego ośrodka z ograniczonym warunkiem plastyczności Coulomba w modelu ośrodka dyskretnego; na etapie formułowania zadania w odkształceniach, dało możliwość zadowalającego odwzorowania większości istotnych dla tego zagadnienia parametrów. Mając na uwadze praktyczną możliwość zastosowania przytoczonych rozwiązań należy zauważyć, iż w dalszym ciągu zagadnieniem otwartym pozostaje określenie adekwatnych wartości parametrów obciążeniowych, cechujących aktywne podłoża górniożeg ze szczególnym uwzględnieniem jego cech reologicznych oraz pełniejsze rozeznanie rzeczywistych wymuszeń na styku układu konstrukcja-ośrodek gruntowy.

LITERATURA

- [1] Dmítruk St.: Niektóre problemy formułowania modeli matematycznych w teorii szkód górniożeg. Konf. Nauk. nt.: "Budowle ziemne na terenach górniożeg" PAN Oddz. w Katowicach, 1977.
- [2] Kandaurov I.I.: Míechanika ziarnistych sried i jejo promíenienije w stroitelstwie. Strojizdat, Leningrad 1966.
- [3] Kłosek K.: Dodatkowe osiadania budowli i parcie gruntu w ośrodkach poziomo odkształconych. Ochrona Terenów Górniożeg 48/1979.
- [4] Kłosek K. i inni: Oddziaływanie podłoża gruntowego na fundamenty budowli w warunkach górniożeg ruchów terenu. Zadanie etapu IV, ITB Oddz. w Gliwicach (maszynopis), 1979.

- [5] Kołacz Z.: Zależność wielkości parcia od odkształceń zagęszczających w ośrodku na przykładzie badań modelowych. Zesz.nauk. Pol. Śl. - Budownictwo z. 50, 1980.
- [6] Król W., Król A.: Wpływ deformacji terenu górniczego na konstrukcje budowli. Praca zbiorowa pt. "Współpraca konstrukcji budowlanych z podłożem", Ossolineum, Wrocław 1978.
- [7] Kwiatek J.: Parcie na budowie gruntu zagęszczanego poziomo. Inż. i Bud. 6/1978.
- [8] Pietuchow I.A.: Rol dyskretности процесса сдвигения горных пород и земной поверхности в вопросах охраны сооружений. Строительные Конструкции, Вып. XXVI, Киев 1975.
- [9] Reiner M.: Reologia teoretyczna. PWN, Warszawa 1958.
- [10] Rosikoń A.: Budownictwo komunikacyjne na terenach objętych szkodami górniczymi. WKL, Warszawa 1979.
- [11] Wiłun Z.: Zarys geotechniki. WKL, Warszawa 1977.
- [12] Wytyczne techniczno-budowlane projektowania i wykonywania obiektów mostowych na terenach eksploatacji górniczej (pod red. A. Rosikonie), Ministerstwo Komunikacji, Warszawa 1977.

Recenzent: doc. dr inż. Hipolit Glinko

Wpłynęło w listopadzie 1980 r.

НАПОР ГРУНТА НА ОПОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ДЕФОРМАЦИИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ

Р е з ю м е

На основании собственных наблюдений, а также теоретических исследований и модельных испытаний разработан метод аналитического определения ценности давления грунта на вертикальные, шероховатые опорные конструкции. Этот метод основывается на идентификации коэффициента бокового распора, выступающего в основных уравнениях механики дискретных сред с его изменяющимся эквивалентом, зависящим от типов деформации горного основания.

TOTAL PRESSURE OF GROUND ON A SUPPORTED SLOPE UNDER CONDITIONS OF THE MINING AREA UNREST

S u m m a r y

The problem of a supported slope collaboration with a desintegrated ground medium under conditions of the mining area deformation is discussed. On the basis of the methods of desintegrated media mechanics, improved with

regard to the possibilities of the ground deformation process projection, all the stress components have been determined with special attention paid to the ground - construction joint line.