ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1984

Seria: BUDOWNICTWO z. 59 Nr kol. 813

Zbigniew KOŁACZ

WPŁYW POZIOMYCH PRZEMIESZCZEŃ PODŁOŻA GÓRNICZEGO NA PRACĘ STATYCZNĄ ODKSZTAŁCALNYCH BUDOWLI LINIOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono pewien sposób obliczania sił osiowych w budowli liniowej posadowionej na terenach objętych wpływami eksploatacji górniczej. Analizę wykonano przy zastosowaniu opisu współpracy budowli z podłożem w postaci modelu sprężysto-sprężysto-plastycznego. Model ten umożliwia lepszą odpowiedność odzwierciedlenia rzeczywistej nieliniowej charakterystyki podłoża gruntowego od modeli dotychczas wykorzystywanych przy rozwiązywaniu tego typu zadań.

1. Wstęp

Każda budowla inżynierska, niezależnie od miejsce jej usytuowania, podlega działaniu obciążeń programowych, dodatkowych oraz wyjątkowych. Szczególnym przypadkiem obciążeń wyjątkowych działających na budowle są obciążenia będące skutkiem prowadzenia pod nimi eksploatacji górniczej. Występujące wtedy poziome odkształcenia podłoża o charakterze rozluźniającym lub zagęszczającym powodują powstanie względnej różnicy przemieszczeń punktów podłoża i budowli, co aktywizuje poziome siły tarcia na styku obu współpracujących elementów.

Obciążenia te zmieniają więc warunki pracy statycznej budowli i prowadzą do powstawania w niej wyjątkowych sił wewnętrznych, przemieszczeń i odkształceń, które wraz z obciążeniami programowymi mogą doprowadzić do ograniczenia jej funkcji użytkowej bądź do jej uszkodzenia lub nawet zniszczenia. Istotnym staje się więc określenie wartości tych sił.

Dotychczas proponowane metody obliczania sił rozrywających uwzględniały w zasadzie tylko zjawiska zachodzące w podłożu budowli [1, 3, 7]. W ostatnim okresie zaczęły pojawiać się prace dotyczące tego zagadnienia, w których poza podłożem uwzględnia się również wpływ sprężystych odkształceń budowli na jej pracę np. [6]. Niniejsze opracowanie zalicza się właśnie do tej grupy metod, przy czym analiza prowadzona będzie dla wolno leżącego przęsła torowego. Niemniej jednak rozważania te mogą być odniesione również do innych budowli inżynierskich jak np. ławy fundamentowe czy segmenty rurociągów. Różnice w obliczeniach polegać będą jedynie na odmiennym określaniu parametrów modelu współpracy.

2. Założenia metody

Analiza pracy statycznej budowli prowadzona będzie przy założeniu, że budowla ta w kierunku swej osi pracuje w stanie sprężystym i dopuszcza się jej sprężyste odkształcenia.

Podstawowym równaniem metody jest równanie różniczkowe określające sprężyste przemieszczenia osiowe przekroju poprzecznego budowli w postaci [2, 4, 5, 6]:

$$\frac{d^2u}{dx^2} = \frac{-r_{1\bar{u}}}{EF}, \tag{1}$$

gdzie:

E - moduł sprężystości materiału budowli,

F - powierzchnia przekroju poprzecznego,

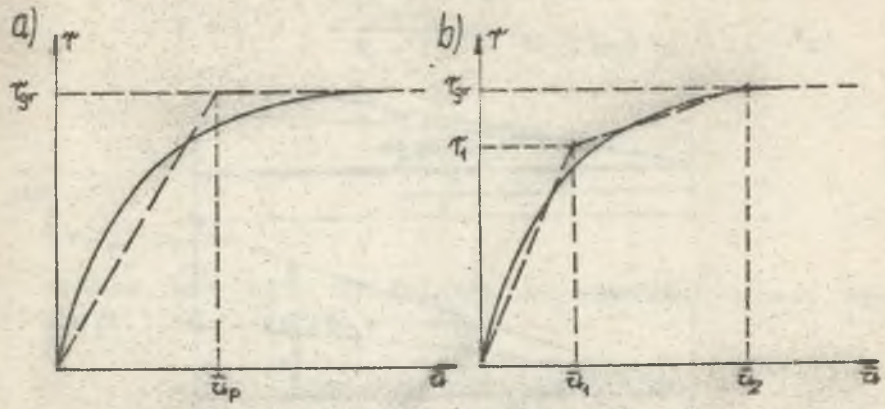
u - przemieszczenie przekroju poprzecznego budowli,

x - bieżąca odległość przekroju od środka budowli,

$r_{1\bar{u}}$ - obciążenie zewnętrzne - w tym przypadku opór podłużny toru w N/cm.

Analizowana budowla jest budowlą o skończonej długości i jest stosunkowo krótka w porównaniu z promieniem zasięgu wpływów głównych. Można zatem przyjąć, że odkształcenia jednostkowe podłoża ε na długości budowli jest stałe.

Obciążenie zewnętrzne budowli wynikłe z odkształceń górniczych terenu, w prowadzonych rozważaniach - przyłożone jest na styku budowla - podłoże, przy czym pominięto mimośrodowość działania obciążenia względem osi podłużnej budowli. Wielkość tego obciążenia jest równa zaktywizowanemu odkształceniami górniczymi oporowi toru w funkcji względnego przesunięcia budowli i podłoża. Jest to zależność krzywoliniowa, trudna do matematycznych mniej lub bardziej dokładnie opisujących to zjawisko [2, 4, 5]. Zastosowanie ich jednak w analizie pracy przęsła torowego poddanego wpływom eksploatacji górniczej, znacznie komplikuje tok rozpatrywania tego zagadnienia i nie daje w efekcie końcowym rozwiązania w postaci zamkniętej. Dlatego też, dla celów praktyki dokonuje się uproszczenia charakteru współpracy opisując go modelem sztywno-plastycznym, sprężysto-plastycznym czy też innym (rys. 1a). W pracy zastosowano opis tej współpracy modelem sprężysto-sprężysto-plastycznym (rys. 1b), dokładniejszym i lepiej opisującym sam przebieg zjawiska niż modele sztywno-plastyczny lub sprężysto-plastyczny.



Rys. 1. Modele opisujące współpracę budowli z podłożem.
a) sprężysto-plastyczny, b) sprężysto-sprężysto-plastyczny

3. Schemat statyczny

Uwzględniając przyjęte założenia przy analizie dodatkowych sił w budowli posadowionej na terenie eksploatacji górniczej należy rozważyć schemat statyczny ustroju w postaci pręta o określonym przekroju i sprężystości, obciążonego pewnym układem sił podłużnych. Budowla taka odkształca się sprężyście lecz jej odkształcenia są zawsze mniejsze od występujących w tym czasie przemieszczeń gruntu pod budowlą. Różnica ta wynosząca $\bar{u} = u_g - u_i$ jest właśnie czynnikiem aktywizującym opór podłużny na styku budowla - podłoże.

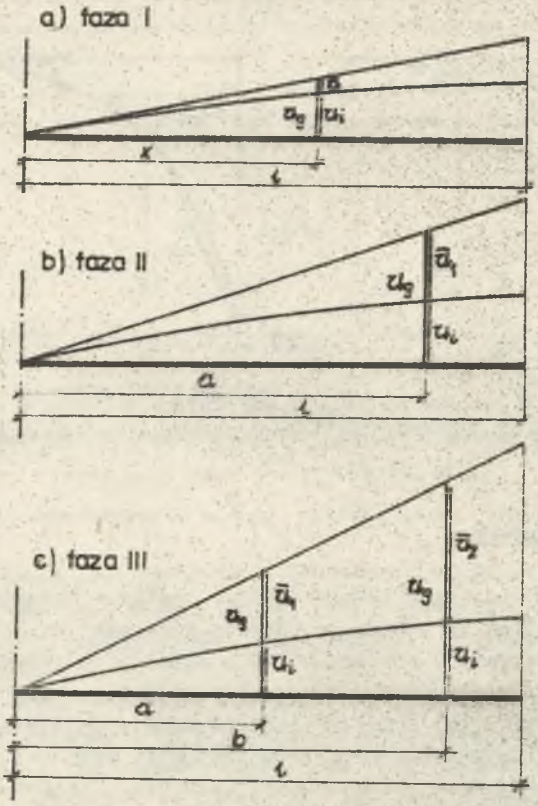
Przyjęty opis matematyczny tej zależności powoduje konieczność rozpatrzenia 3 faz pracy budowli:

Faza I - w żadnym punkcie budowli różnica przemieszczeń podłoża u_g i przekrojów budowli u_i nie przekracza wartości przemieszczenia $\bar{u}_1$ określonego z wykresu zależności oporu podłużnego od przemieszczenia, co oznacza, że cała budowla pracuje w strefie sprężystej pierwszej oporu podłużnego [rys. 2a].

Faza II - w żadnym punkcie budowli różnica przemieszczeń podłoża u_g i budowli u_i nie przekracza przemieszczenia $\bar{u}_2$ określonego z wykresu zależności oporu podłużnego od przemieszczenia, co oznacza, że całe budowla pracuje w strefie sprężystej pierwszej i drugiej oporu podłużnego [rys. 2b].

Faza III - różnica przemieszczeń podłoża i budowli $\bar{u}$ przekracza w pewnych punktach wartość przemieszczenia $\bar{u}_2$, co oznacza, że na pewnej części budowli osiągnięty został stan graniczny oporu podłużne-

go i budowla pracuje we wszystkich trzech strefach (sprężystej I i II oraz plastycznej) (rys. 2c).



Rys. 2. Przypadki współpracy przęsła torowego z podłożem gruntowym na terenach objętych wpływami eksploatacji górniczej

W dalszych rozważaniach, ze względu na symetrię układu obliczeniowego do analizy przyjęto połowę długości przęsła uwzględniając w obliczeniach warunki nierozdzielności przemieszczeń w osi symetrii.

4. Równania ogólne określające przemieszczenia przekrojów budowli

Dla przyjętego modelu współpracy ośrodka gruntowego z budowlą określono poszczególne jego elementy [rys. 1b]:

$$0 \leq \bar{u} \leq \bar{u}_1; \quad k_1 = \frac{r_1}{\bar{u}_1} \Rightarrow r_1\bar{u} = k_1 \cdot \bar{u} \qquad (2)$$

$$\bar{u}_1 \leq \bar{u} \leq \bar{u}_2; \quad k_2 = \frac{r_2 - r_1}{\bar{u}_2 - \bar{u}_1} \Rightarrow r_{2\bar{u}} = k_2 \cdot \bar{u} + \bar{u}_1(k_1 - k_2) \qquad (3)$$

$$\bar{u} \geq \bar{u}_2; \quad k_3 = 0 \quad \Rightarrow \quad r_{3\bar{u}} = r_2 = r_{gr} \qquad (4)$$

gdzie:

$\bar{u} = u_g - u_1$.

Podstawiając równania (2), (3), (4) do podstawowego równania różniczkowego (1) i rozwiązując go otrzymano:

$$0 \leq x \leq a; \quad 0 \leq \bar{u} \leq \bar{u}_1;$$

$$u_1 = \varepsilon \cdot x + C_1 \cdot e^{\beta x} + C_2 \cdot e^{-\beta x} \qquad (5)$$

$$a \leq x \leq b; \quad \bar{u}_1 \leq \bar{u} \leq \bar{u}_2;$$

$$u_2 = \varepsilon \cdot x + \bar{u}_1\left(\frac{\beta^2}{\gamma^2} - 1\right) + C_3 \cdot e^{\gamma x} + C_4 \cdot e^{-\gamma x} \qquad (6)$$

$$b \leq x \leq l; \quad \bar{u}_2 \leq \bar{u};$$

$$u_3 = -\frac{r_{gr} \cdot x^2}{2EF} + C_5 \cdot x + C_6 \qquad (7)$$

gdzie:

$$\beta = \sqrt{\frac{k_1}{EF}}; \quad \gamma = \sqrt{\frac{k_2}{EF}}.$$

Równania (5), (6) i (7) określają w postaci ogólnej przemieszczenia osiowe przekrojów poprzecznych analizowanej budowli w poszczególnych strefach współpracy podłoże-budowla. Celem określenia szczegółowych rozkładów tych przemieszczeń a następnie sił osiowych w budowli należy obliczyć stałe całkowania przy uwzględnieniu odpowiednich warunków nierozdzielności i brzegowych.

5. Określenie przemieszczeń przekrojów poprzecznych budowli osi osiowych i rozkładu oporu podłużnego

5.1. Faza I

Stan przemieszczeń w rozpatrywanej fazie pracy budowli opisuje równanie (5). Stałe całkowania określimy w tym przypadku z następujących warunków brzegowych:

$$x = 0, \quad u_1 = 0; \quad x = l, \quad \frac{du_1}{dx} = 0$$

Po obliczeniu stałych całkowania i podstawieniu do równania (5) funkcja u_1 przyjmie postać:

$$u_1 = \varepsilon\left(x - \frac{1}{\beta}\frac{\operatorname{sh}\beta x}{\operatorname{ch}\beta l}\right) \tag{8}$$

Natomiast wartości sił osiowych i rozkład oporu podłużnego po długości budowli określają zależności:

$$N_1 = EF\frac{du_1}{dx} = EF \cdot \varepsilon\left(1 - \frac{\operatorname{ch}\beta x}{\operatorname{ch}\beta l}\right) \tag{9}$$

$$t_1 = -EF\frac{d^2u_1}{dx^2} = EF \cdot \varepsilon \cdot \frac{\operatorname{sh}\beta x}{\operatorname{ch}\beta l} \cdot \beta \tag{10}$$

Przypadek ten będzie zachodził do momentu, gdy

dla $x = l, \quad u_g - u_1 = \bar{u}_1$

czyli dla

$$\varepsilon \leq \bar{u}_1 \cdot \beta \cdot \operatorname{cth}\beta l \tag{11}$$

5.2. Faza II

Stan przemieszczeń u_1 budowli opisują równania (5) i (6), przy czym funkcja (5) opisuje przemieszczenia w przedziale $0 \leq x \leq a$, tj. do momentu, w którym $\bar{u} = u_g - u_1 = \bar{u}_1$, natomiast funkcja (6) jest ważna dla przedziału $a \leq x \leq l$. Stałe całkowania C_1, C_2, C_3, C_4 oraz rzędną punktu a oddzielającego strefę sprężystą I od strefy sprężystej II określimy z następujących warunków brzegowych oraz warunku nierozdzielności:

$$x = 0, \quad u_1 = 0; \quad x = a, \quad u_g - u_1 = \bar{u}_1, \quad u_g - u_2 = \bar{u}_1 \quad \frac{du_1}{dx} = \frac{du_2}{dx};$$

$$x = l, \quad \frac{du_2}{dx} = 0,$$

Po obliczeniu stałych całkowania i podstawieniu ich do równań (5) i (6) otrzymamy następujące zależności określające przemieszczenia:

$$0 \leq x \leq a, \quad 0 \leq \bar{u} \leq \bar{u}_1,$$

$$u_1 = \varepsilon \cdot x - \bar{u}_1 \frac{sh\beta x}{sh\beta a} \tag{12}$$

$$a \leq x \leq 1, \quad \bar{u}_1 \leq \bar{u} \leq \bar{u}_2,$$

$$u_2 = \varepsilon \cdot x + \bar{u}_1\left(\frac{\beta^2}{\gamma^2} - 1\right) - \frac{\varepsilon}{\gamma} \frac{sh\gamma(x-a)}{ch\gamma(1-a)} - \frac{\beta^2}{\gamma^2} \cdot \bar{u}_1 \cdot \frac{ch\gamma(1-x)}{ch\gamma(1-a)} \tag{13}$$

Wartość a obliczamy ze wzoru:

$$ch\gamma(1-a) \cdot cth\,\beta a + \frac{\beta}{\gamma} sh\gamma(1-a) = \frac{\varepsilon}{\beta \cdot \bar{u}_1} \tag{14}$$

Rozkład sił osiowych i oporów podłużnych określają zależności $0 \leq x \leq a$

$$N_1 = EF\left(\varepsilon - \bar{u}_1 \cdot \beta \cdot \frac{ch\beta x}{sh\beta a}\right) \tag{15}$$

$$t_1 = EF \cdot \bar{u}_1 \cdot \beta^2 \cdot \frac{sh\beta x}{sh\beta a} \tag{16}$$

$a \leq x \leq 1$

$$N_2 = EF \cdot \left\{\varepsilon \cdot \left[1 - \frac{ch\gamma(x-a)}{ch\gamma(1-a)}\right] + \frac{\beta^2}{\gamma^2} \cdot \bar{u}_1 \cdot \gamma \cdot \frac{sh\gamma(1-x)}{ch\gamma(1-a)}\right\} \tag{17}$$

$$t_2 = EF\left[\varepsilon \cdot \gamma \cdot \frac{sh\gamma(x-a)}{ch\gamma(1-a)} + \beta^2 \cdot \bar{u}_1 \cdot \frac{ch\gamma(1-x)}{ch\gamma(1-a)}\right] \tag{18}$$

Przypadek ten będzie zachodził do momentu, gdy dla $x = 1$, $u_g - u_2 = \bar{u}_2$, tzn. wtedy gdy spełniona będzie następująca nierówność:

$$\bar{u}_2 + \bar{u}_1\left(\frac{\beta^2}{\gamma^2} - 1\right) \geq \frac{\varepsilon}{\gamma} sh\gamma(1-a) + \frac{\beta^2}{\gamma^2} \cdot \bar{u}_1 \cdot \frac{1}{ch\gamma(1-a)} \tag{19}$$

5.3. Faza III

Stan przemieszczeń u_1 budowli opisują w tym przypadku równania (5), (6) i (7). Funkcja (5) określona jest w przedziale $0 \leq x \leq a$ funkcja (6) w przedziale $a \leq x \leq b$, funkcja (7) w przedziale $b \leq x \leq 1$.

Stałe całkowania C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6 oraz rzędne a i b określimy z następujęcych warunków:

$$x = 0, \quad u_1 = 0; \quad x = a, \quad u_g - u_1 = \bar{u}_1 \quad u_g - u_2 = \bar{u}_1, \quad \frac{du_1}{dx} = \frac{du_2}{dx};$$

$$x = b, \quad u_g - u_2 = \bar{u}_2, \quad u_g - u_3 = \bar{u}_2, \quad \frac{du_3}{dx} = \frac{du_3}{dx}; \quad x = l, \quad \frac{du_3}{dx} = 0;$$

Po obliczeniu stałych całkowania i podstawieniu ich do równań (5), (6) i (7) otrzymamy następujące zależności określające przemieszczenia przekrojów budowli:

$$0 \leq x \leq a, \qquad 0 \leq \bar{u} \leq \bar{u}_1$$

$$u_1 = \varepsilon \cdot x - \bar{u}_1 \frac{\operatorname{sh}\beta x}{\operatorname{sh}\beta a} \tag{20}$$

$$a \leq x \leq b, \qquad \bar{u}_1 \leq \bar{u} \leq \bar{u}_2$$

$$u_2 = \varepsilon \cdot x + \left(\frac{\beta^2}{\gamma^2} - 1\right)\bar{u}_1 - \frac{1}{\operatorname{sh}\gamma(b-a)} \left\{ \operatorname{sh}\gamma(x-a)\left[\bar{u}_2 + \bar{u}_1\left(\frac{\beta^2}{\gamma^2} - 1\right)\right] + \frac{\beta^2}{\gamma^2}\bar{u}_1 \cdot \operatorname{sh}\gamma(b-x) \right\} \tag{21}$$

$$b \leq x \leq l, \qquad \bar{u}_2 \leq \bar{u};$$

$$u_3 = \frac{r_{gr}}{2EF}(-x^2 + b^2 + 2lx - 2lb) + \varepsilon \cdot b - \bar{u}_2 \tag{22}$$

Nieznane rzędne granic przedziałów pracy budowli a i b określamy ze wzorów:

$$\operatorname{cth}\beta a \cdot \operatorname{sh}\gamma(b-a) + \frac{\beta}{\gamma}\operatorname{ch}\gamma(b-a) = \frac{\bar{u}_2 + \bar{u}_1\left(\frac{\beta^2}{\gamma^2} - 1\right)}{\frac{\beta}{\gamma}\bar{u}_1} \tag{23}$$

$$\frac{\frac{r_{gr}}{EF}(l-b) - \varepsilon}{\gamma} \cdot \operatorname{sh}\gamma(b-a) = \frac{\beta^2}{\gamma^2}\bar{u}_1 - \operatorname{ch}\gamma(b-a)\left[\bar{u}_2 + \bar{u}_1\left(\frac{\beta^2}{\gamma^2} - 1\right)\right] \tag{24}$$

Wartości sił osiowych oraz rozkłady oporu podłużnego określają zależności:

$$0 \leq x \leq a$$

$$N_1 = EF\left(\varepsilon - \bar{u}_1 \cdot \beta \frac{ch\beta x}{sh\beta a}\right) \tag{25}$$

$$t_1 = EF \cdot \bar{u}_1 \cdot \beta^2 \cdot \frac{sh\beta x}{sh\beta a} \tag{26}$$

$$a \leq x \leq b$$

$$N_2 = EF\left\{\varepsilon - \frac{q}{shq(b-a)}\left\{chq(x-a)\left[\bar{u}_2 + \bar{u}_1\left(\frac{\beta^2}{q^2} - 1\right)\right] - \frac{\beta^2}{q^2}\bar{u}_1 chq(b-x)\right\}\right\} \tag{27}$$

$$t_2 = EF\,\frac{q^2}{shq(b-a)}\left\{shq(x-a)\left[\bar{u}_2 + \bar{u}_1\left(\frac{\beta^2}{q^2} - 1\right)\right] + \frac{\beta^2}{q^2}\bar{u}_1 shq(b-x)\right\} \tag{28}$$

$$b \leq x \leq l$$

$$N_3 = r_{gr}(l-x) \tag{29}$$

$$t_3 = r_{gr} = const. \tag{30}$$

6. Przykład liczbowy

Przęsło torowe o długości $L = 2l = 30$ m z szynami S 49 spoczywa w podsypce tłuczniowej o następującej charakterystyce:

$$r_1 = 64\ \frac{N}{cm};\quad \bar{u}_1 = 0{,}5\ cm;\quad r_2 = 90\ \frac{N}{cm};\quad \bar{u}_2 = 1{,}4\ cm;$$

$$\beta = 2{,}2 \cdot 10^{-4}\ \frac{1}{cm};\quad q = 1{,}05 \cdot 10^{-4}\ \frac{1}{cm}$$

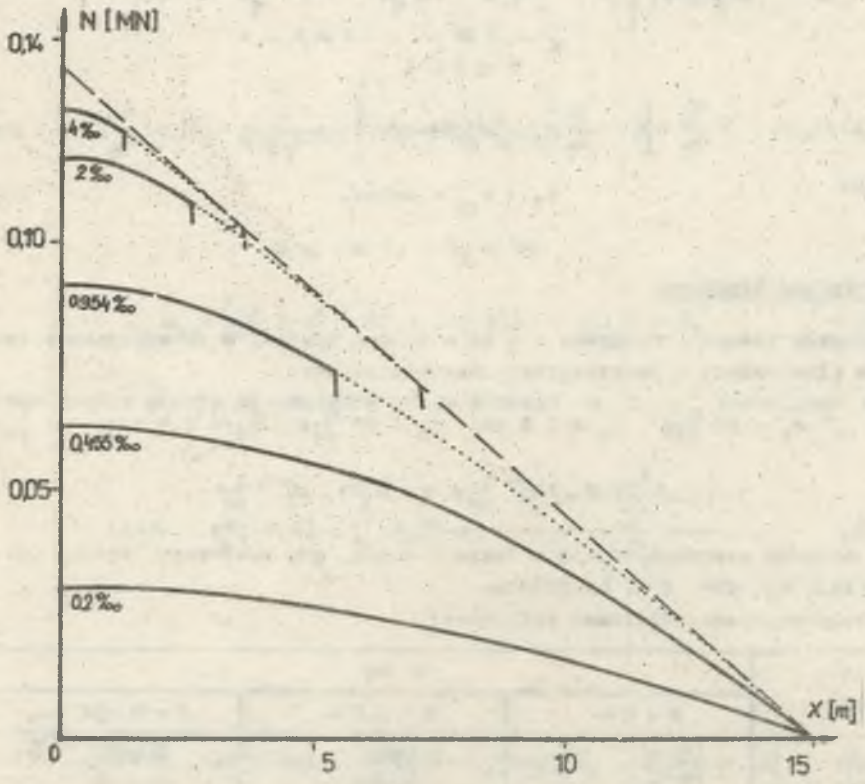
Całe przęsło pracować będzie w fazie I wtedy, gdy spełniony będzie warunek (11), tj. dla $\varepsilon \leq 0{,}45534‰$.
Po przeprowadzeniu obliczeń otrzymamy:

X [cm]	N MN		
	$\varepsilon = 0‰$	$\varepsilon = 0{,}2‰$	$\varepsilon = 0{,}455‰$
0	0	0,0303	0,0627
500	0	0,0269	0,0556
1000	0	0,0169	0,0349
1500	0	0	0

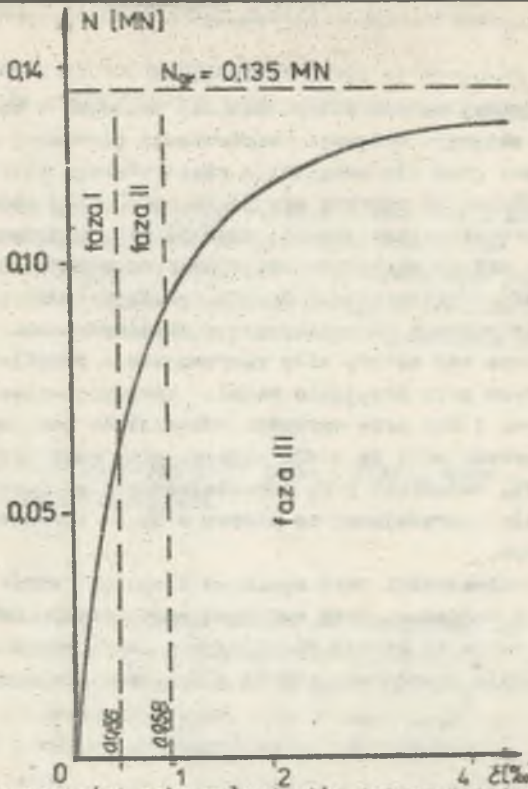
Wartości sił obliczono wzorem (9).

Przęsło pracować będzie w fazie II wtedy, gdy spełniony będzie warunek (19), tj. dla $\varepsilon \leq 0{,}9543‰$ natomiast granice stref pracy budowli wynosi wtedy $e = 542{,}25$ cm.

X [cm]	N [MN]			
	$\varepsilon = 0{,}521‰$		$\varepsilon = 0{,}954‰$	
0	0,0657	strefa sprężysta I	0,0910	strefa spr. I
250	0,0637		0,0873	
500	0,0578		-	
542,25	-		0,0734	
1000	0,0382		0,0744	strefa spr. II
	0,0389	strefa spr. II	0,0420	
1500	0		0	



Rys. 3. Rozkład sił osiowych po długości przęsła dla różnych wartości poziomych odkształceń gróniczych podłoża



Rys. 4. Zmiana wartości maksymalnej siły rozrywającej w osi przęsła przy wzroście poziomych odkształceń górniczych podłoża

Wartości sił osiowych obliczono wzorami (15) i (17).
Powyżej $\varepsilon = 0{,}954‰$ przęsło pracuje w fazie III.
Obliczenia prowadzono wzorami (25), (27) i (29).

X [cm]	N MN			
	$\varepsilon = 2‰$			$\varepsilon = 4‰$
0	0,1166	strefa sprężysta I	0,1268	str. spr. I
126,4	0,1146		0,1226	
255,5	0,1085		0,1245	strefa sprężysta II
	0,1090	strefa sprężysta II	0,1153	
353,8	0,1024		0,1070	
713,5	0,0717		0,1031	strefa plastyczna
	0,0708	str. plast.	0,0708	
1500	0		0	

Zestawienie obliczonych rozkładów sił osiowych po długości przęsła przedstawia rys. 3, natomiast wartości siły rozrywającej w osi przęsła w zależności od wielkości poziomych odkształceń podłoża przedstawia rys. 4.

7. Wnioski

Przedstawiony powyżej sposób obliczenia sił osiowych w budowlach usytuowanych na terenach objętych wpływami eksploatacji górniczej z uwzględnieniem ich sprężystości choć nie uwzględnia rzeczywistego charakteru współpracy budowli z podłożem to poprzez przyjęcie modelu tej współpracy w postaci sprężysto-sprężysto-plastycznej daje bliższy rzeczywistości opis przebiegu zjawiska, niż to określano dotychczas przyjmując modele sztywno-plastyczne czy sprężysto-plastyczne. Sposób ten daje rozwiązanie w postaci zamkniętej i jest niezbyt skomplikowany w obliczeniach.

Obliczone za pomocą tej metody siły rozrywające w przęśle nieco różnią się od sił obliczonych przy przyjęciu modelu sprężysto-plastycznego dla jednakowych warunków. I tak przy wartości odkształceń poziomych $\varepsilon = 0{,}2‰$ wg zaproponowanej metody siły są o 40% wyższe, przy wartości $\varepsilon = 0{,}5‰$ różnice dochodzą do 27%, natomiast przy odkształceniach poziomych wyższych niż 2‰ wartości siły rozrywającej są niższe o 5% w porównaniu z modelem sprężysto-plastycznym.

Taki charakter rozbieżności jest wynikiem długości stref sprężystych współpracy obiektu z podłożem. Przy wyższych wartościach odkształceń poziomych decydujący wpływ ma strefa plastyczna i wtedy różnice te są małe, gdyż przy opisie modelu współpracy strefa plastyczna ustalana jest na takim samym poziomie.

LITERATURA

[1] Kwiatek J.: Wpływ rozpełzania podłoża na siły rozciągające w fundamentach budowli. Prace doktorska GIG, Katowice 1965.

[2] Perszin S.P.: O napriażenno - deformirowannom sostojanii relsow pri izmiennych temperaturach. Vestnik W.N.I.I.Ż.T. Moskwa, Nr 5/67.

[3] Rosikoń A., Malcharek K., Kłosek K., Kołacz Z.: Oddziaływanie podłoża gruntowego na fundamenty budowli w warunkach górniczych ruchów terenu. Maszynopis, Gliwice 1977.

[4] Szachunianc G.M.: Osnownye swiazi miedzu paramietrami temperaturno - napriażennowo sostajania relsa. Vestnik W.N.I.I.Ż.T. Moskwa, Nr 8/66.

[5] Szachunianc G.M.: Rasczet napriażenno - deformirowannowo sostajania dlinnych relsow pod wozdiejstwiem temperatury. Vestnik W.N.I.I.Ż.T. Moskwa, Nr 5/67.

[6] Szumierz W.: Analiza pracy statycznej fundamentów ławowych na górniczym podłożu rozpełzającym. OTG, nr 44.

[7] Wasilkowski F.: Wpływ rozpełzania podłoża na fundamenty budowli posadowionych na terenach eksploatacji górniczej. Inżynieria i Budownictwo Nr 7 i 10/66.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Wiesław Szumierz

ВЛИЯНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ГРУНТА НА ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ НА СТАТИЧЕСКУЮ РАБОТУ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Р е з ю м е

В работе представлен способ расчета осевых сил в линейном сооружении построенном на подрабатываемых территориях. Анализ был выполнен применением описания взаимодействия сооружения с грунтом в виде упруго-упруго - пластической модели. Эта модель в отличии от других, до сих пор применяемых, дает возможность более точного отображения действительной нелинейной характеристики грунта.

AN EFFECT OF BASE DISPLACEMENTS UPON A STATIC WORK OF DEFORMED LINEAR BUILDINGS

S u m m a r y

A way of finding of axial forces in the linear buildings built in the region of mining is presented. Elastic-elastoplastic model of the collaboration of buildings and a base is used tec analyse the problem. The model is more accurate than used before because of better accuracy of mapping of real nonlinear characteristic of thebase.