

Stanisław ZIMNOCH,
Andrzej ADAMSKI

WPLYW NIEKTÓRYCH WARUNKÓW GÓRNICZO-GEOLOGICZNYCH I TECHNOLOGICZNYCH NA STATECZNOŚĆ WYSOKICH NASYPÓW MAGISTRALI PÓŁNOCNEJ PMP-PW

Streszczenie. W artykule rozpatrzono wpływ eksploatacji górniczej na stateczność wysokich nasypów kłejowych. Analizę przeprowadzono na przykładzie wybranego odcinka Magistrali Północnej PMP-PW. Odcinek ten charakteryzował się najwyższymi nasypami rzędu 15 m, wymagającymi dalszego podnoszenia. Zbadano warunki gruntowe w sąsiedztwie nasypu i określono graniczną wysokość dalszego podwyższania rozpatrywanej budowli ziemnej. W zakończeniu sprecyzowano warunki techniczne i technologiczne dla wykonania przedmiotowych robót.

1. WPROWADZENIE

Przedmiotem rozważań niniejszego opracowania jest odcinek magistrali północnej sieci kolejowej PMP-PW. Badany odcinek charakteryzują wysokie nasypy narażone na wpływ eksploatacji górniczej IV i V kategorii. Wysokość nasypów osiągnęła już około 15 m wysokości. Ze względu na występujące intensywne osiadania i deformacje terenu, zachodzi konieczność dalszego podwyższania wspomnianej budowli ziemnej. Podnoszenie to warunkuje jednak nośność graniczna gruntu nasypowego oraz gruntu podłoża.

W artykule przedstawiono niektóre wnioski dotyczące deformacji terenu i konsekwencje tego zjawiska na zachowanie się i trwałość nasypu. Obliczono ponadto wysokość maksymalną nasypów oraz wpływ niektórych warunków górniczych na trwałość budowli ziemnej.

W zakończeniu sprecyzowano warunki techniczne, które powinny być przestrzegane przez wykonawcę robót, aby dalsze podwyższanie budowli nie zagroziło bezpieczeństwu ruchu pociągów.

Artykuł jest kontynuacją wcześniejszych prac na ten temat, a mianowicie [10], [11], [12] i [13].

2. CHARAKTERYSTYKA EKSPLOATACYJNA MAGISTRALI PÓŁNOCNEJ PMP-PW

Aktualne i przewidywane na najbliższe lata obciążenie eksploatacyjne magistrali północnej wynosi średnio 30 par pociągów na dobę. Ciężar obciążeniowy pociągu wynosi przeciętnie $Q_{poc} = 14,4$ MN, a pojazdami trakcyjnymi są lokomotywy elektryczne (ET-21) i parowe (Ty-2, Ty-45). Największe obciążenie na tor stanowią lokomotywy ET-21; wynosi ono około 190 kN na

oś. Z powodu wpływów eksploatacji górniczej, na magistrali północnej miały miejsce w ostatnich latach lokalne odkształcenia nasypu (osuwiska skarp) a także wytwarzające się niekorzystne pochylenia podłużne i poprzeczne toru. W następstwie tego stanu wystąpiło przyspieszone zużycie nawierzchni i deformacje korony torowiska. Zaisntniała potrzeba wprowadzenia stałego ograniczenia prędkości, a nawet stosowania w wielu przypadkach trakcji podwójnej.

W latach 1977-80, będącym okresem prowadzenia pomiarów, obserwacji i badań wymienionej linii nastąpiło dalsze pogorszenie stanu technicznego magistrali p.n. w stosunku do lat poprzednich. Współczynnik stateczności osiągnął krytyczną wartość $F = 1,0$ [10], podczas gdy według [2] powinien on wynosić $F_{\text{min}} = 1,2$. Stan techniczny / nawierzchni uległ dalszemu pogorszeniu. Odcinek będący przedmiotem obserwacji wymaga naprawy zarówno nawierzchni kolejowej, jak i podwyższania nasypów o dalsze 2-3 m w stosunku do stanu obecnego.

3. WYNIKI BADAŃ I OBSERWACJI TERENOWYCH

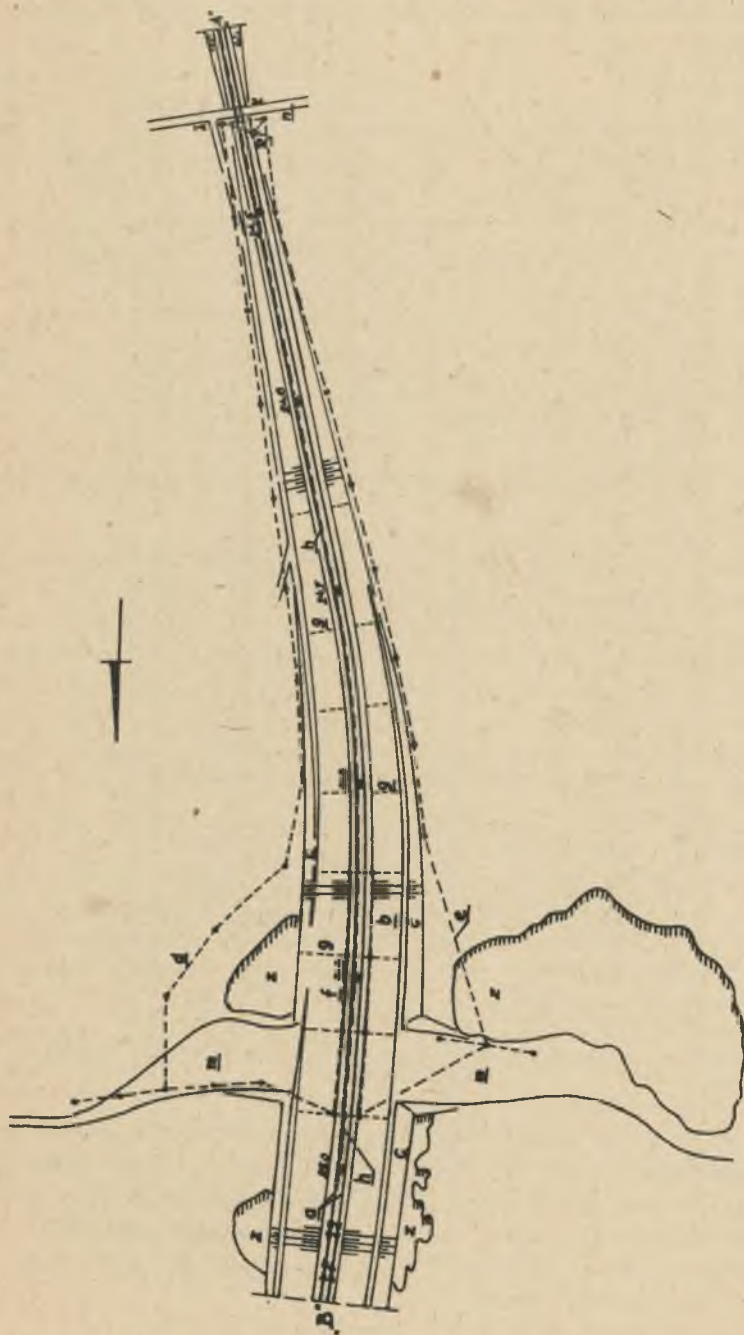
Obserwacje zachowania się nasypu prowadzono na założonych specjalnie w tym celu ciągach poligonowych (rys. 1).

Ciąg poligonowy górny, usytuowany w koronie nasypu, pozwalał na pomiary wielkości osiadań bryły nasypu, pomiary rozluźnień gruntu oraz pochyłeń wybranych punktów obserwacyjnych.

Te same wielkości były mierzone na ciągu poligonowym dolnym, usytuowanym obok podstawy nasypu. Usytuowanie ciągów poligonowych w rejonie wysokich nasypów miało na celu prześledzenie różnic występujących między określonymi wskaźnikami deformacji w koronie nasypu i w jego podstawie. Oprócz obserwacji ciągów, dokonywano również okresowo pomiarów zmian pochyłeń skarp w przyjętych przekrojach nasypu (tabl. 1, rys. 1).

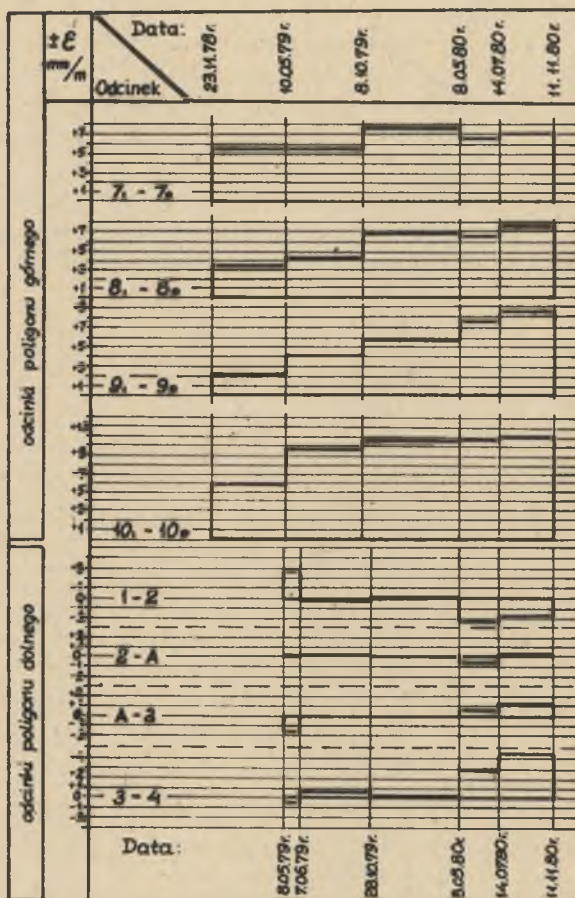
Dla ciągu poligonowego górnego w poszczególnych płaszczyznach obserwacji stwierdzono:

- dużą zgodność osiadań punktów pomiarowych w poszczególnych przedziałach czasu,
- osiadania punktów poligonu górnego były większe w stosunku do wielkości osiadań punktów poligonu dolnego,
- rozluźnianie się gruntu w górnych partiach nasypu było co najmniej dwukrotnie intensywniejsze niż u podstawy (rys. 2),
- stwierdzono, że istnieje związek pomiędzy wielkością rozluźnień w koronie nasypu a odpornością gruntu na rozluźnianie w podstawie,
- osiadanie punktów położonych po stronie lewej nasypu było większe, jak po prawej, tłumaczy się to zjawisko wpływem występujących tu pochyłeń terenu (średnio 40 mm/m),



Rys. 1. Ciągi pomiarowe założone w rejonie obszarowi odwołania Magistrali Północnej
 a - osie torów kolejowych, b - skarpy nasypów, c - przypory, d - ciąg poligonowy dolny (strona prawa), e -
 jak d (strona lewa), f - ciąg poligonowy górny, g - odwołanie obserwacji pochylenia skarpy nasypów, h - ciąg po-
 miarowy rzędnych główki szyny (tor. nr 1), m - nasyp bieżej drogi, n - droga Gospodarcza, R - reper wysoko-
 ści, Z - istniejące obszary zalewiskowe

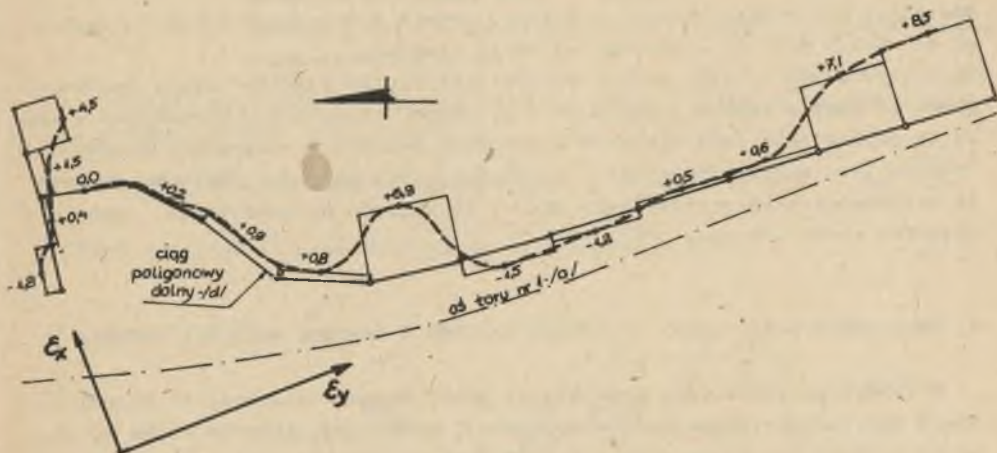
- nie stwierdzono zgodności w osiadananiu torów magistrali północnej z punktami poligonowymi w koronie torowiska - rozbieżność wynosiła około 7%, świadczyć to może o dodatkowym osiadananiu podtorza i jego nierównomiernym zagęszczeniu.



Rys. 2. Porównanie wielkości rozluźnienia odcinków w dolnym i górnym ciągu pomiarowym

Omawiany odcinek magistrali północnej znajduje się na obszarze intensywnych wpływów eksploatacji górniczej [11] - kilka pokładów różnej grubości eksploatowanych jest w różnych kierunkach i różnym systemem. W wyniku tego stanu obserwowany obszar znalazł się w przestrzennym stanie odkształceń. Potwierdzają to pomiary wielkości rozluźnień ξ wybranych punktów pomiarowych poligonu dolnego.

Wartości ξ dla wybranych punktów przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Przykładowy stan odkształceń poziomych ϵ_x poligonu dolnego, w okresie 14,07 - 11.11.1980 r.

Według [7], zmiany stanu zagęszczenia ośrodka wywołują dodatkowo siły w torze. Potwierdziły to obserwacje złącz szynowych w kolejnych przesłach na badanym odcinku magistrali północnej [11].

Zauważono w strefie rozluźnień terenu nagminne ścinanie śrub łukowych oraz zniszczenie końców szyn, zaś w odległości kilkuset metrów od rejonu obserwacji, silne migracje torów, tam gdzie występowało dobro utrzymanie złącz, następowało wyginanie, a nawet ścinanie śrub stopowych. Na zaistniały stan zwiększonych uszkodzeń nawierzchni posiadały wpływ także pozostałe wskaźniki deformacji górniczej - T, u, R. Z przeprowadzonych obserwacji najistotniejszy wpływ na tor wywierał parametr T (mm/m). Wpływ pochylenia terenu powodował pogorszenie spadków podłużnych i poprzecznych magistrali oraz zmianę nachylenia skarp (tabl. 1).

Wpływ tego wskaźnika jest zatem tym bardziej niekorzystny, im bardziej budowa ziemna znajduje się w stanie zbliżonym do granicznego ($F = 1,0$) [12]. W pracy [12] wykazano, że stosowana dotychczas technologia budowy nasypu "od góry" nie gwarantuje bezpieczeństwa wysokich nasypów. Przy stosowanej technologii podnoszenia i budowy nasypów opisaną szerzej w [13] oraz dla gruntów sypkich kąt nachylenia skarpy (β) zbliżony jest wartościowo do kąta tarcia wewnętrznego (φ). W pracy [10] przedstawiono przykładowo wychylenie pionowej osi symetrii nasypu o kąt $\Delta\psi$, wskutek występujących deformacji terenu. Warunek zachowania stateczności dla skarp o nieskończonej długości przybierze postać [9]

$$\beta \pm \Delta\psi \leq \varphi$$

(1)

W przypadku pogorszenia pochylenia skarpy zastosowano znak "+", w przypadku polepszenia "-".

Dla skarpy niezabezpieczonych wcześniej będzie występowało zjawisko zsuwów, aż do utraty ogólnej stateczności bryły ziemnej.

Na obserwowanym odcinku bardzo wyraźnie wystąpiło zjawisko zsuwu ław torowiska od korony nasypu poczynając, w miejscach niewłaściwych pochylenia skarpy, aż do odsłonięcia czoł pokładów włącznie. W rezultacie szerokość korony torowiska jest niewystarczająca w kilku miejscach badanego odcinka, co wymaga natychmiastowej poprawy tego stanu, ze względu na zagrożenie bezpieczeństwa ruchu pociągów [14], [11].

4. OBLICZANIE MAKSYMALNEJ WYSOKOŚCI NASYPÓW Z WARUNKU NOŚNOŚCI PODŁOŻA

W każdym przypadku dla prawidłowej pracy budowli ziemnej, a szczególnie w przypadku występowania eksploatacji górniczej, istotny wpływ na właściwy kształt nasypu ma między innymi nośność podłoża oraz technologia budowy nasypu.

Budownictwo komunikacyjne na terenach wpływów górniczych wymaga z reguły stałego rektyfikowania budowli ziemnych, a stąd wynika potrzeba dużej dbałości o trafność w doborze materiałów i zabezpieczeniu podłoża ze względu na warunki wodne.

Obliczanie wysokości granicznej nasypów z warunku nośności podłoża poprzedzono badaniami geotechnicznymi [11], [12]. Podłoże na omawianym odcinku wykazywało dużą różnorodność budowy geologicznej. Z przekrojów geologicznych wynika, że przeważały tu piaski gliniaste, gliny pylaste i ilły oraz grunty organiczne [11]. Grunty organiczne jako warstwa górna będą musiały być usunięte - nie uwzględniono ich w obliczeniach granicznej wysokości nasypu.

Do obliczeń w dalszej części pracy przyjęto najniekorzystniejszy układ warstw, tj. o minimalnej kohezji gruntu (C_u) i najmniejszym kącie tarcia wewnętrznego (φ_u).

W omawianym przypadku, opisanym szerzej w pracy [11], ma miejsce ponadto czynny wpływ działania wody zalewiskowej na zachowanie stałości cech wytrzymałościowych gruntu. Obliczenia przeprowadzono dla stanu istniejącego z założeniem stałych warunków wodnych. Wartości kohezji (C_u) i kąta tarcia wewnętrznego (φ_u) obliczono według wzorów:

$$C_u = \frac{c_1 \cdot h_1 + c_2 \cdot h_2 + \dots + c_i \cdot h_i}{h_1 + h_2 + \dots + h_i} \quad (\text{kPa}), \quad (2)$$

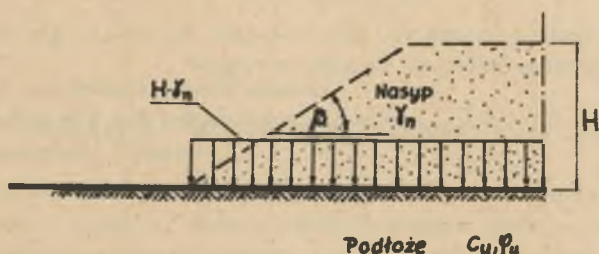
$$\varphi_u = \frac{\varphi_1 \cdot h_1 + \varphi_2 \cdot h_2 + \dots + \varphi_i \cdot h_i}{h_1 + h_2 + \dots + h_i} \quad (^\circ), \quad (3)$$

- C_u, φ_u - kohezja i kąt tarcia wewnętrzznego dla najniekorzystniejszego otworu badawczego,
 c_i, φ_i, h_i - kohezja, kąt tarcia wewnętrzznego, grubość kolejnych warstw w badanym otworze.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń otrzymano minimalne wartości kohezji gruntu podłoża, która wynosiła:

$$C_u = 38 \text{ kPa, zaś kąt tarcia wewnętrznego - } \varphi_u = 14^\circ 12' \text{ (tj. } 0,248 \text{ rad).}$$

Schemat odpowiednich wielkości przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Schemat obliczeniowy dopuszczalnej wysokości nasypu

Rozpatrzone dwa przypadki (fazy):

- 1 - gdy naprężenia w gruncie mieszczą się w granicach naprężeń sprężystych
- 2 - gdy naprężenia osiągają stan graniczny.

W fazie naprężeń sprężystych obciążenie nasypu nie wywołuje jeszcze w żadnym punkcie podłoża uplastycznienia gruntu, chociaż grunt osiągnął już stan graniczny.

1. Wysokość graniczną H_1 obliczono z warunku Coulomba [6], a mianowicie

$$H_1 = \frac{\gamma C_u \cdot \operatorname{ctg} \varphi_u}{\gamma_n \left(\operatorname{ctg} \varphi_u + \varphi_u - \frac{1}{2} \right)} = \frac{3,14 \cdot 3,8 \cdot \operatorname{ctg} 14^\circ}{1,65 \cdot 2,64} = 10,86 \approx 11 \text{ m,} \quad (4)$$

gdzie:

γ_n - ciężar objętościowy nasypu dla rozważanego przypadku równy $16,5 \text{ kNm}^{-3}$.

Po podstawieniu do wzoru (4) wartości $C_u = 38 \text{ kPa}$ i $\varphi_u = 0,248 \text{ rad}$ otrzymano, że dla naprężeń sprężystych gruntu graniczna wysokość nasypu powinna wynosić:

$$H_1 = 11 \text{ m.}$$

W stanie granicznym wytrzymałości tworzą się już płaszczyzny poślizgu, występują zwiększone osiadania gruntu i może mieć miejsce wypieranie gruntu.

W wyniku zastosowania, przez użytkownika obiektu, zaleceń pracy [12] wcześniejsze tego typu zjawiska zanikły i w ostatnich latach (1976-80) nie obserwowano awarii nasypu.

2. Dla stanu granicznego, w oparciu o równanie Prandtla-Cagneta [6] obliczono maksymalną wysokość nasypu, zakładając prostokątny rozkład naprężeń. Teoretyczną wysokość nasypu obliczono ze wzoru

$$H_2 = \frac{c_u}{\gamma} \operatorname{ctg} \varphi_u \left[\exp(3\gamma \operatorname{tg} \varphi_u) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi_u}{2} \right) - 1 \right]. \quad (5)$$

Po podstawieniu do wzoru (5) odpowiednich wartości, jak w (4), otrzymano, że maksymalna wysokość nasypu wyniesie

$$H_2 = \frac{38}{16,5} \operatorname{ctg} 14^\circ 12' \left[\exp(3,14 \operatorname{tg} 14^\circ 12') \operatorname{tg}^2 (0,253 \cdot 3,14 + 0,124) - 1 \right] = \\ = 24,2 \text{ m.}$$

W metodzie tej nie uwzględnia się ciężaru gruntu podłoża oraz przyjmuje się prostokątny rozkład obciążenia, co dla bezpieczeństwa nasypu jest okolicznością korzystniejszą. Z powodów jak w pracy [12] przyjęto współczynnik bezpieczeństwa $F = 1,15$. Wysokość dopuszczalna nasypu H_d wyniesie ostatecznie

$$H_d = \frac{H_2}{F} = \frac{24,2}{1,15} = 21 \text{ m,} \quad (6)$$

gdzie:

H_d - wysokość dopuszczalna w metrach,

H_2 - teoretyczna wysokość nasypu w stanie granicznym podłoża w metrach.

Otrzymana wielkość jest graniczną wysokością podnoszenia nasypu dla zbadanych warunków gruntowo-wodnych. W przypadku powstania niecek zalewiskowych należy liczyć się z możliwością zmiany cech fizykomechanicznych kolejnych warstw. Zjawisko przenikania wody w głąb podłoża zachodzi tym łatwiej, im większe są spękania warstw i ich rozluźnienie [2], [9].

Na obszarach, na których wielokrotnie już była prowadzona eksploatacja, można liczyć na ułatwione przenikanie wody w głąb warstw i łatwiejsze uplastycznienie się gruntu w podłożu. Konsekwencją tego stanu jest potrzeba bądź zabezpieczenia podstawy nasypu przed działaniem wód zalewowych, bądź dokonanie wymiany gruntu dla wzmocnienia podłoża i podstawy nasypu.

5. WPLYW WARUNKÓW GÓRNICZYCH NA TRWAŁOŚĆ BUDOWLI ZIEMNEJ

W pracach [1], [3], [5], [8] wykazano, że na stateczność skarp w nasypach znajdujących się na terenach górniczych zasadniczo wpływ wywiera m.innymi wskaźnik deformacji ε .

Pomierzona wartość rozluźnień w kierunku prostopadłym do nasypu wykazała, że $\varepsilon = -1,6\%$ do $+4,5\text{‰}$ u podstawy nasypu i $\varepsilon = +2,1\%$ do $+11,1\%$ w koronie nasypu.

W pracy [8] podano wzory na dodatkowe naprężenia poziome rozciągające σ_{ε} działające w bryle nasypu, a mianowicie

$$\sigma_{\varepsilon} = \frac{2 G \cdot \varepsilon}{1 - \nu} \quad (7)$$

gdzie:

- G - moduł sprężystości poprzecznej,
- ε - rozluźnienie lub zagęszczenie gruntu,
- ν - współczynnik Poissona.

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że ε ma inną wartość w podstawie nasypu, a inną w koronie. Wymaga rozstrzygnięcia problem, którą z wielkości należy przyjmować do obliczeń?

Przy obliczeniach warunków zachowania stateczności proponuje się przyjmować liniową zmienność wskaźnika deformacji ε po długości. Zgodnie z [4] naprężenie poziome ulega zmniejszeniu wg następującej formuły

$$\sigma_{22} = \xi_e \cdot \gamma \cdot h - \frac{\bar{E}}{1 - \nu^2} \varepsilon, \quad (8)$$

gdzie:

σ_{22} - naprężenie poziome pochodzące od ciężaru gruntu i obciążenia w warunkach plastyczności,

$\xi_e = 1 - \sin \varphi$ - współczynnik stosunku $\frac{\sigma_{22}}{\sigma_{11}}$,

- \bar{E} - moduł odkształceń gruntu,
- ν - współczynnik Poissona.

W omawianym przypadku, zmniejszonym naprężeniom poziomym gruntu odpowiada większa podatność na jego uplastycznienie. Stan ten powoduje utratę nośności gruntu, a dla jej odzyskania konieczna jest wtórna komprymacja gruntu. Wydaje się, że drgania poprzeczne, podłużne i powierzchniowe, pochodzące od przejeżdżających pociągów, skutecznie poprawiają stopień zagęszczenia. Obliczona przykładowa częstotliwość drgań wynosiła $n = 120$ Hz [11]. Można tu stwierdzić, że wpływy te (powodujące zagęszczenie gruntu) sprzyjać będą zwiększaniu współczynnika stateczności nasypu.

Wskaźnik nachylenia terenu $T(x)$ kształtował się odmiennie w różnych przekrojach, mieścił się w granicach 0-5 mm/m.

Tablica 1

Zmiany pochylen skarp w wybranych przekrojach

Numer przekroju słupa	Pochylenie skarp - strona lewa 1:n = 1:1,75					Pochylenie skarp - strona prawa 1:n = 1:1,75				
	Stan na:		Zmiany			Stan na:		Zmiany		
	7.7. 77	3.11. 79	1977- -79	6.10. 80	1977- -80	7.7. 77	3.11. 79	1977- -79	6.10. 80	1977- -80
1	2	3	5	4	6	8	9	11	10	12
1 +10										
2		1:1,4							1:1,25	
3		1:1,3							1:1,45	
4		1:1,25							1:1,5/6/	
5	1:1,53	1:1,61	+0,09	1:1,5/6/	0	1,39	1:1,68	+0,29	1:1,5/6/	+0,11
6	1:1,26	1:1,58	+0,32	1:1,5/4/	+0,24	1:1,41	1:1,49	+0,08	1:1,7	+0,26
7	1:1,4	1:1,6	+0,2	1:1,5	+0,1	1:1,43	1:1,57	+0,14	1:1,6	+0,17
8 +50	1:1,43	1:1,65	+0,22	1:1,5	+0,07	1:1,47	1:1,58	+0,11	1:1,5/7/	0
9	1:1,45	1:1,66	+0,21	1:1,4	+0	1:1,47	1:1,70	+0,23	1:1,75	+0,28
10	1:1,53	1:1,65	+0,12	1:1,4	-0,13	1:1,67	1:1,67	+0,15	1:1,4	-0,12
11	1:1,5	1:1,53	0	1:1,4	-0,1	1:1,47	1:1,54	+0,07	1:1,5	0
12	1:1,45	1:1,58	+0,13	1:1,3	-0,15	1:1,46	1:1,51	+0,06	1:1,51	0
	1:1,45	1:1,56	+0,11	1:1,35	-0,11	1:1,27	1:1,60	+0,33	1:1,5	+0,23

W konsekwencji zmian pochyłeń terenu uległy zmianie również pochylenia skarp w nasypie, co przedstawiono w tabl. 1.

Wpływ krzywizny terenu $R(x,y)$ na nasyp, wykonanego z gruntu sypkiego, powodował mało zauważalne zmiany w kineście nasypu. Z pomiarów punktów ciągu poligonowego dolnego obliczono wielkości poziome przesunięć $u(x,y)$ w czasie. Wartość tych przesunięć wynosiła od 5 do 8 cm. Wpływy te mogą się kompensować lub redukować. Nie stwierdzono istotnych przemieszczeń w planie linii kolejowej.

6. ZAKOŃCZENIE

Warunki górniczo-geologiczne mają istotny wpływ na zachowanie stateczności nasypów linii kolejowych. Wymagane są okresowe badania zachowania się nasypów, zwłaszcza w warunkach wielokrotnej eksploatacji górniczej. Przeprowadzone w pracy [11] obserwacje wykazały, że najistotniejszy wpływ na zachowanie nasypu posiadało obniżenie (W) i pochylenie (T) terenu. Pozostałe wskaźniki zostały niejako "przeohwycone" przez podatny na odkształcenia korpus nasypu. Nie wywarły istotnego wpływu na pracę toru. Wykazane, że wysekość graniczna budowli ziemnej zależy również od właściwości gruntów podłoża.

W doborze cech wytrzymałościowych gruntów należy uwzględniać ich czynniki fizyczne, bowiem rzutują one na obniżenie parametrów wytrzymałościowych budowli ziemnej.

Ustalono, że graniczna wysokość nasypu dla warunków występujących na magistrali północnej nie może przekroczyć 21 m.

W stosunku do obecnej wysokości nasypów (15 m), ustalenie to pozwala na dokonanie dalszych prac rektyfikacyjnych i poprawę zaistniałych warunków eksploatacji badanej linii.

Technologia wykonania omawianych robót będzie przedmiotem oddzielnego opracowania.

LITERATURA

- [1] Budzianowski Z., Lessaer S., Szumierz W.: Wpływ niecki górniczej na budowle liniowe. Inżynieria i Budownictwo, 1973, nr 3.
- [2] Glazer Z.: Mechanika gruntów. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, 1977.
- [3] Glinko K., Wojtowicz U.: Moduły odkształcenia gruntów poddanych wpływom zagęszczenia górniczego. Materiały konferencyjne, Katowice 1978.
- [4] Kwiatek J.: Wpływ poziomego rozluźnienia podłoża na budowle. Ochrona Terenów Górniczych, Katowice, nr 35, 1976.
- [5] Litwinowicz L.: Oddziaływanie poziomych odkształceń górniczych terenu na budowle nasypowe w ujęciu mechaniki ośrodków dyskretnych. Materiały Konferencyjne, Katowice 1977.
- [6] Sozański J.: Stateczność wykopów hałd i nasypów. Wyd. "Śląsk", Katowice 1977.

- [7] Szumierz W., Bieniek M.: Wpływ eksploatacji górniczej na budowę liniowe na przykładzie toru kolejowego. Materiały Konferencyjne, Katowice 1977.
- [8] Szumierz W.: Stateczność podtorza kolejowego na terenach eksploatacji górniczej. Przegląd Drogowy Kolejowy. WKiŁ, 1978, nr 7-8.
- [9] Wiłun Z.: Zarys geotechniki. WKiŁ, Warszawa 1976.
- [10] Zimnoch S., Bączkowiec J., Adamski A.: Wpływ eksploatacji górniczej na stateczność wysokich nasypów kolejowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Budownictwo z. 50, Gliwice 1980.
- [11] Zimnoch S. i inni: Obserwacje stateczności wysokich nasypów kolei piskowych PMP-PW znajdujących się na obszarze górniczym KWK "Rozbark" w związku z prowadzeniem eksploatacji górniczej węgla kamiennego w latach 1978-1980. Praca NB-95/RB-3/78, Politechnika Śląska, Gliwice 1980 (praca nie publikowana).
- [12] Zimnoch S. i inni: Określenie stateczności wysokich nasypów w rejonie trójkąta bytomskiego znajdujących się na eksploatowanym obszarze górniczym KWK "Rozbark". Praca NB-472/RB-3/76, Politechnika Śląska, Gliwice 1977 (praca nie publikowana).
- [13] Zimnoch S.: Technologia wykonywania wysokich nasypów kolejowych w warunkach eksploatacji górniczej. Ochrona Terenów Górniczych, Katowice 1979 nr 48.

Recenzent: Doc. dr inż. Hubert Przybyła

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1981 r.

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВЫСОКИХ НАСЫПЕЙ СЕВЕРНОЙ МАГИСТРАЛИ ПМП-ПВ

Р е з ю м е

В статье представлено влияние горной эксплуатации на устойчивость высоких насыпей в случае дальнейшего их повышения. Определены допустимая высота насыпи и технология повышения для данного случая.

INFLUENCE OF SOME MINING, GEOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL CONDITIONS
ON THE STABILITY OF THE PMP-PW NORTH LINE HIGH EMBANKMENTS

S u m m a r y

In the paper, the mining influence on the stability of high embankments in case of their further heightening is presented. Allowable embankment height and the technique of heightening for a given case are defined.