

BUDOWNICTWO KOMUNIKACJI LĄDOWEJ	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-88
	Podtorze i podłoże kolejowe	8932-02
	Roboty ziemne Wymagania i badania	Zamiast BN-72/8932-01 ¹⁾ Grupa katalogowa 0784

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są wymagania i badania dotyczące gruntowych podtorzy i podłoża kolejowych.

1.2. Zakres stosowania normy. Normę należy stosować przy projektowaniu, wykonywaniu i odbiorze robót ziemnych związanych z budową i przebudową podtorzy linii kolejowych normalnotorowych o nawierzchni, po której będzie jeździć tabor kolejowy z prędkością nie większą niż 160 km/h.

1.3. Nazwy i określenia należy stosować wg BN-88/8930-03.

2. WYMAGANIA DLA PODŁOŻA

2.1. Osiadanie podłoża. Podłoże nie powinno nadmiernie osiadać podczas użytkowania linii kolejowej. Osiadanie podłoża należy sprawdzić w sposób obliczeniowy przed budową lub przebudową podtorza. Dopuszczalne obliczeniowe osiadanie podłoża nie powinno przekraczać 10 cm.

Osiadanie podłoża należy obliczać według zasad podanych w załączniku 1.

Obliczenie osiadania podłoża może być pominięte, jeśli w podłożu do głębokości określonej w załączniku 1 występują grunty:

- skaliste i kamieniste,
- gruboziarniste i niespoiste w stanie średniozagęszczonym, zagęszczonym lub bardzo zagęszczonym,
- spoiste w stanie zwartym, półzwartym i twardoplastycznym.

W tych przypadkach przyjmuje się, że obliczeniowe osiadanie podłoża nie przekracza 10 cm.

2.2. Wzmocnienie podłoża. Podłoże, którego obliczeniowe osiadanie jest większe niż dopuszczalne, należy wzmocnić. Zaleca się następujące sposoby wzmocnienia podłoża:

- zagęszczenie gruntów, a zwłaszcza konsolidacja dynamiczna,
- odwodnienie gruntów,

- wymiana gruntów,
- obciążenia wstępne,
- stabilizacja gruntów,
- zbrojenie gruntów,
- wykonanie pali i wciniek piaskowych,
- ułożenie geowłóknin.

Sposób wzmocnienia powinien być podany w projekcie technicznym.

Podłoże wzmocnione stanowi dolną część podtorza. Suma osiadań podłoża i podłoża wzmocnionego nie powinna przekraczać 10 cm. Osiadanie podłoża i podłoża wzmocnionego należy obliczać według zasad podanych w załączniku 1.

Dopuszcza się inne metody obliczeń, jeśli sposób wzmocnienia podłoża nie pozwala na stosowanie zasad podanych w załączniku 1.

2.3. Inne wymagania

2.3.1. Spadki poprzeczne podłoża. W przypadku gdy w górnej części podłoża występują grunty o współczynniku filtracji $k_{10} \leq 1$ m/d powierzchnię podłoża należy wykonać ze spadkami poprzecznymi $3 \div 5\%$ w celu odwodnienia podłoża.

2.3.2. Podłoże pod nasyp na terenie pochyłym. W przypadku nasypu na zboczu o pochyleniu większym niż 1:4 należy sprawdzić stateczność całej budowli w projekcie technicznym. W podłożu o pochyleniu większym niż 1:5 należy wykonać stopnie o szerokości $1,0 \div 2,5$ m, wysokości $0,2 \div 0,4$ m i spadku $4 \pm 1\%$ zgodnym z pochyleniem terenu. Stopnie można nie wykonywać, jeśli w górnej części podłoża występują grunty o współczynniku filtracji $k_{10} \leq 5$ m/d.

2.3.3. Podłoże w przekopie na terenie pochyłym. W przypadku przekopu w zboczu o pochyleniu większym niż 1:4 należy sprawdzić stateczność całej budowli w projekcie technicznym.

2.3.4. Odkrycia wykopaliskowe i nie przewidziane urządzenia lub materiały. W przypadku odkryć wykopaliskowych oraz nie przewidzianych urządzeń lub materiałów należy stosować wymagania podane w PN-68/B-06050.

2.3.5. Oczyszczenie terenu podłoża. Z podłoża powinny być usunięte drzewa, krzewy, darnina i ziemia urodzajna.

¹⁾ W części dotyczących budowli kolejowych.

Zgłoszona przez Centralne Biuro Projektowo-Badawcze Budownictwa Kolejowego
Ustanowiona przez Ministra Transportu, Żeglugi i Łączności dnia 21 grudnia 1988 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 października 1989 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 3/1989, poz. 6)

2.3.6. Dokładność przygotowania podłoża. Oś podłużna i szerokość podłoża powinny być wyznaczone z dokładnością ± 10 cm. Niweleta podłużna powinna być wyznaczona z dokładnością ± 2 cm, a nierówności powierzchni podłoża nie powinny przekraczać ± 10 cm.

3. WYMAGANIA DLA PODTORZA

3.1. Wymagania ogólne. Podtorze należy projektować i wykonywać w sposób zapewniający stateczność całej budowli. Pochylenia skarp powinny być ustalone na podstawie analizy ich stateczności. W przypadku wysokich nasypów lub głębokich przekopów zaleca się stosować zmienne pochylenie skarp lub wykonywać ławy w skarpach.

Moduł odkształcenia wtórnego mierzony na torowisku powinien wynosić:

- dla linii magistralnych i pierwszorzędnych $E_0 \geq 80$ MPa,
- dla linii drugorzędnych i znaczenia miejscowego $E_0 \geq 60$ MPa.

Wymagane warstwy konstrukcyjne podtorza w przypadku nasypu i przekopu podano na rys. 1.

3.2. Warstwa ochronna. Warstwę ochronną należy wykonywać do głębokości przemarzania, przyjmowanej wg PN-81/B-03020, licząc od górnej powierzchni podsypki. W przypadku stosowania do budowy warstwy ochronnej materiałów o współczynniku przewodności

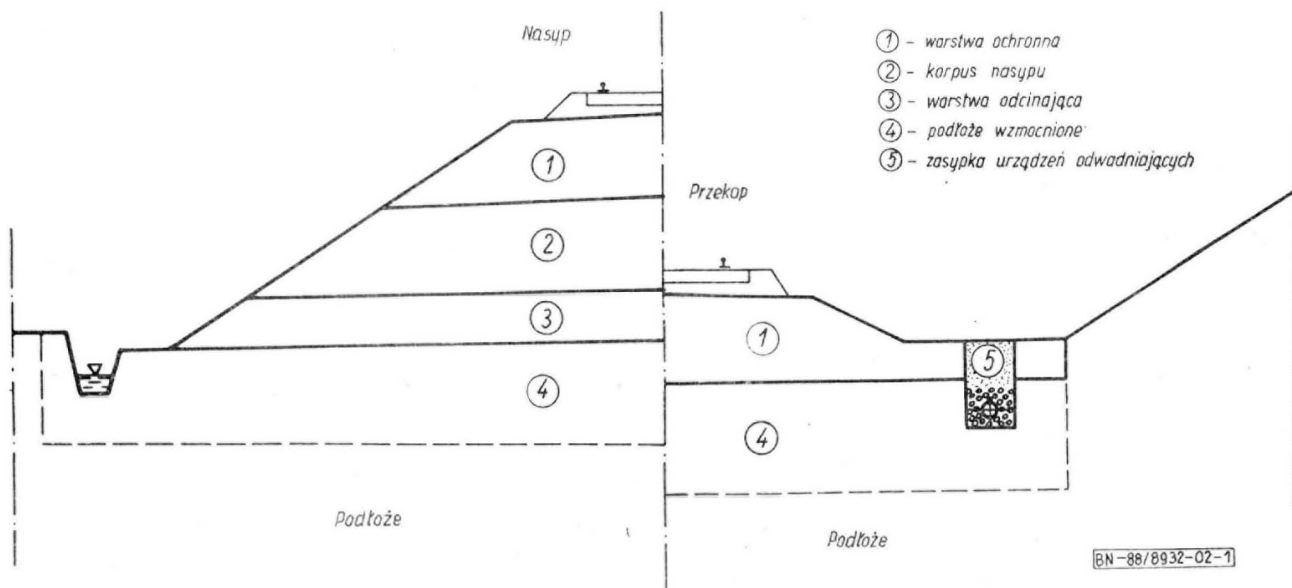
cieplnej $\lambda \geq 0,5 \frac{W}{m \cdot K}$ zaleca się obliczać głębokość przemarzania według zasad podanych w załączniku 2.

Górną część warstwy ochronnej o grubości $10 \div 20$ cm należy wykonywać z następujących materiałów:

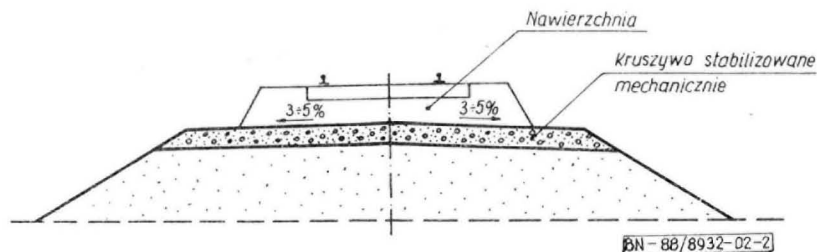
- kruszyw stabilizowanych mechanicznie,
- gruntów stabilizowanych spoiwami.

Warstwa kruszywa stabilizowanego mechanicznie powinna być wykonana na całej szerokości torowiska (rys. 2).

Kruszywo do wykonywania tej warstwy powinno spełniać wymagania podane w tabl. 1 i 2.



Rys. 1. Konstrukcja podtorza na nasypie i w przekopie



Rys. 2. Warstwa ochronna z kruszywa stabilizowanego mechanicznie

Tablica 1. Wymagane właściwości kruszywa stabilizowanego mechanicznie

Lp.	Właściwość	Jednostka	Wymaganie
1	Uziarnienie	—	wg tabl. 2
2	Wskaźnik różnoziarnistości U	—	≥ 5
3	Współczynnik filtracji k_{10} kruszywa o wskaźniku zagęszczenia $I_p = 1,00^{1)}$	m/d	≥ 5
4	Zanieczyszczenia obce	%	≤ 2
5	Mrozoodporność po 25 cyklach zamrażania — strata masy M_e	%	≤ 10
6	Odporność na rozpad — strata masy ²⁾	%	≤ 5

¹⁾ Należy sprawdzać dla kruszywa poddanego 25 cyklom zamrażania i odmrażania.
²⁾ Dotyczy kruszyw pochodzenia antropogenicznego.

Tablica 2. Wymagane uziarnienie dla kruszywa stabilizowanego mechanicznie

Wymiar oczka sita (mm)	Przechodzi przez sito (%)
60	100
40	90 ÷ 100
25	70 ÷ 100
10	50 ÷ 100
2	0 ÷ 90
0,5	0 ÷ 30
0,075	0 ÷ 10

Warstwa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie powinna spełniać wymagania dotyczące stabilności mechanicznej, określone z zależności

$$4D_{15} < d_{15} < 4D_{85}$$

w której:

D_{85}, D_{15} — średnice ziarn kruszywa (gruntu) o drobniejszym uziarnieniu, poniżej których masa ziarn stanowi odpowiednio 85 i 15% masy materiału,

d_{15} — średnica ziarn kruszywa (gruntu) o grubszym uziarnieniu, poniżej której masa ziarn stanowi 15% masy materiału.

Powyższe wymaganie powinno być spełnione:

- na torowisku, tj. na styku podsypki z warstwą kruszywa stabilizowanego mechanicznie,
- na styku warstwy kruszywa stabilizowanego mechanicznie z gruntem dolnej części warstwy ochronnej,
- w przypadku, jeśli nie ma dolnej części warstwy ochronnej, na styku warstwy kruszywa stabilizowanego mechanicznie z korpusem nasypu, podłożem wzmocnionym lub podłożem.

Warunek stabilności mechanicznej może być nie spełniony, jeśli pomiędzy warstwami zostanie ułożona geowłóknina, folia lub inny materiał trwale oddzielający te warstwy, którego wymagania powinny być podane w projekcie technicznym.

Warstwa z gruntu stabilizowanego spoiwem może być wykonana na całej szerokości torowiska (rys. 3a) lub tylko pod nawierzchnią, przy czym szerokość tej warstwy powinna być większa niż szerokość podsypki (rys. 3b).

Grunt stabilizowany spoiwem powinien spełniać następujące wymagania:

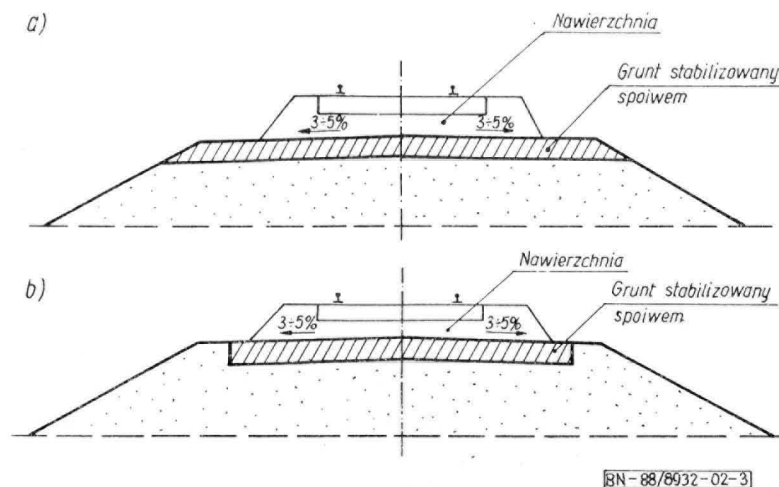
- wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach — $1,5 \div 5,0$ MPa,
- wskaźnik mrozoodporności — $\geq 0,7$.

Dopuszcza się przyjęcie powyższych wymagań po czasie dłuższym niż 28 dni, lecz nie dłuższym niż 90 dni od wykonania warstwy stabilizowanej spoiwem.

Dolną część warstwy ochronnej należy wykonywać z gruntów spełniających wymagania podane w tabl. 3. Wymagania te stosuje się do gruntów w ławach torowiska w przypadku przedstawionym na rys. 3b).

Pochylenie poprzeczne torowiska powinno wynosić $3 \div 5\%$ (rys. 2 i 3). Na stacjach dopuszcza się stosowanie pochyleń poprzecznych $1 \div 5\%$.

W przekrobie warstwę ochronną mogą stanowić grunty rodzime, jeśli spełniają przedstawione wymagania oraz wymagania dotyczące zagęszczenia podane w 3.8.



BN-88/8932-02-3

Rys. 3. Warstwa ochronna z gruntu stabilizowanego spoiwem

a) na całej szerokości torowiska, b) pod nawierzchnią

Tablica 3. Wymagane właściwości gruntów przydatnych do dolnej części warstwy ochronnej

Lp.	Właściwość	Jednostka	Wymaganie
1	Maksymalna średnica ziarn $d_{\max}$	mm	< 120
2	Wskaźnik różnoziarnistości U	—	≥ 3
3	Wskaźnik piaskowy WP	—	≥ 40
4	Zawartość części organicznych I_{om}		
	— w gruntach naturalnych	%	≤ 2
	— w gruntach antropogenicznych	%	≤ 5
5	Mrozoodporność po 25 cyklach zamrażania	%	≤ 10
	— strata masy M_x		
6	Odporność na rozpad		
	— strata masy $r^{(1)}$	%	≤ 10

¹⁾ Dotyczy gruntów antropogenicznych.

3.3. Korpus nasypu. Do budowy korpusu nasypu należy stosować grunty spełniające wymagania podane w tabl. 4.

W przypadku jednoczesnego stosowania gruntów o dużej i małej wodoprzepuszczalności, poszczególne warstwy korpusu nasypu powinny być wykonane ze spadkami poprzecznymi $3 \div 5\%$ w kierunku skarp, aby zapewnić odprowadzenie wód opadowych poza nasyp.

Tablica 4. Wymagane właściwości gruntów przydatnych do budowy korpusu nasypu

Lp.	Właściwość	Jednostka	Wymaganie
1	Maksymalna średnica ziarn $d_{\max}^{(1)}$	mm	< 200
2	Wskaźnik różnoziarnistości U	—	≥ 3
3	Granica płynności frakcji przechodzącej przez sito 0,425 mm lub 0,5 mm w_L	%	≤ 40
4	Zawartość części organicznych I_{om}		
	— w gruntach naturalnych	%	≤ 2
	— w gruntach antropogenicznych	%	≤ 10
5	Zagęszczalność	—	uzyskanie wymaganego wskaźnika zagęszczenia I_p
6	Odporność na rozpad — strata masy ²⁾	%	≤ 10
7	Pęcznienie pod wpływem wody P	%	≤ 5

¹⁾ Dopuszcza się stosowanie gruntów o ziarnach powyżej 200 mm, lecz nie większych niż 500 mm pod warunkiem wypełnienia porów gruntem o drobniejszym uziarnieniu, tak aby wskaźnik różnoziarnistości mieszaniny gruntów $U \geq 5$.

²⁾ Dotyczy gruntów antropogenicznych.

3.4. Warstwa odcinająca. Do budowy warstwy odcinającej należy stosować grunty spełniające wymagania podane w tabl. 5. Grubość warstwy odcinającej nie powinna być mniejsza niż 50 cm. Zamiast warstwy odcinającej z gruntów można stosować geowłókniny lub inne materiały trwale zabezpieczające nasyp przed kapilarnym podsiąkaniem wody. Warstwy odcinającej można nie wykonywać, jeśli grunt znajdujący się pod nasypem do głębokości 1,0 m charakteryzuje się współczynnikiem filtracji $k_{10} \geq 5$ m/d, a poziom wody gruntowej jest poniżej 1,0 m, licząc od podstawy nasypu.

Tablica 5. Wymagane właściwości gruntów przydatnych do budowy warstwy odcinającej

Lp.	Właściwość	Jednostka	Wymaganie
1	Maksymalna średnica ziarn $d_{\max}$	mm	< 120
2	Wskaźnik różnoziarnistości U	—	≥ 5
3	Zawartość części organicznych I_{om}		
	— w gruntach naturalnych	%	≤ 2
	— w gruntach antropogenicznych	%	≤ 10
4	Współczynnik filtracji k_{10} gruntu o wskaźniku zagęszczenia $I_p = 1,00$	m/d	≥ 5
5	Odporność na rozpad		
	— strata masy ¹⁾	%	≤ 5

¹⁾ Dotyczy gruntów antropogenicznych.

3.5. Podłoże wzmocnione powinno spełniać wymagania podane w 2.2 i 2.3.

3.6. Materiał filtracyjny do urządzeń odwadniających. Materiałem filtracyjnym do urządzeń odwadniających powinny być grunty mineralne o następujących właściwościach:

— mrozoodporność po 25 cyklach zamrażania i odmrażania, strata masy $M_x \leq 10\%$,

— współczynnik filtracji gruntu poddanego 25 cyklom zamrażania i odmrażania, zagęszczonego do wskaźnika zagęszczenia $I_p = 1,00$, $k_{10} \geq 5$ m/d.

Materiał filtracyjny należy dobierać stosując zasadę filtru odwrotnego według Terzagiego lub filtru jednowarstwowego według Richtera.

3.7. Wypełnienie przyczółków budowli inżynierskich. Przyczółki budowli inżynierskich powinny być wypełnione gruntami spełniającymi wymagania podane w tabl. 5.

3.8. Zagęszczenie podtorza. Podtorze powinno być zagęszczone zgodnie z wymaganiami podanymi w tabl. 6.

Dopuszcza się zastąpienie wymagań podanych w tabl. 6 przez sprawdzenie stosunku modułu odkształcenia wtórnego E'_0 do pierwotnego E'_0 , który nie powinien być większy niż 2,2.

Tablica 6. Wymagane wskaźniki zagęszczenia podtorza

Oznaczenie wg rys. 1	Część podtorza	Metoda porównywania poszczególnych wyników pomiarów	Metoda statystyczna	
		Wskaźnik zagęszczenia I_{ρ}	Średni wskaźnik zagęszczenia I_{ρ}	Współczynnik zmienności z_{ρ} (%)
Linie magistralne i pierwszorzędne				
1	Warstwa ochronna ¹⁾	≥ 1,00	≥ 1,00	≤ 2
2	Korpus nasypu	≥ 0,95	≥ 0,95	≤ 2,5
3	Warstwa odcinająca	≥ 0,95	≥ 0,95	≤ 2,5
5	Materiał filtracyjny do urządzeń odwadniających	≥ 0,92	≥ 0,92	≤ 2,5
Linie drugorzędne i znaczenia miejscowe				
1	Warstwa ochronna ¹⁾	≥ 0,97	≥ 0,97	≤ 2
2	Korpus nasypu	≥ 0,92	≥ 0,92	≤ 3
3	Warstwa odcinająca	≥ 0,92	≥ 0,92	≤ 3
5	Materiał filtracyjny do urządzeń odwadniających	≥ 0,92	≥ 0,92	≤ 3

¹⁾ Nie dotyczy gruntów stabilizowanych spoiwami.

¹⁾ Nie dotyczy gruntów stabilizowanych spoiwami.

3.9. Inne wymagania

3.9.1. Podtorze na terenach zalewowych. Wymagania dotyczące konstrukcji podtorza na terenach zalewowych powinny być każdorazowo podane w projekcie technicznym. Szczególną uwagę należy zwracać na dobór odpowiednich materiałów do budowy podtorza i umocnienie skarp.

3.9.2. Podtorze na terenach szkód górniczych. Wymagania dotyczące konstrukcji podtorza na terenach szkód górniczych powinny być każdorazowo podane w projekcie technicznym.

3.9.3. Poszerzenia lub dobudowa nasypów. Przy poszerzaniu lub dobudowie nasypu należy odpowiednio połączyć nowy nasyp z istniejącym, aby zapewnić stateczność całej budowli. Sposób połączenia oraz wymagania powinny być każdorazowo podane w projekcie technicznym.

3.9.4. Umocnienie skarp. Na skarpach powinna być wytworzona warstwa ziemi urodzajnej zawierającej co najmniej 2% części organicznych. Grubość tej warstwy powinna wynosić $10 \div 20$ cm. Warstwę ziemi urodzajnej należy obsiać mieszanką nasion traw, roślin motylkowych i bylin w ilości $20 \div 30$ g/m², dobraną odpowiednio do warunków siedliskowych. Po upływie 12 miesięcy od wykonania obsiewu łączna powierzchnia nie zadarnionych miejsc nie może być większa niż 2% powierzchni skarpy, a maksymalny wymiar pojedynczych nie zadarnionych miejsc nie powinien przekraczać 0,5 m².

W uzasadnionych przypadkach można stosować inne sposoby umocnienia skarp, np. darniowanie według indywidualnego projektu technicznego.

3.9.5. Dokładność wykonania podtorza. Elementy podtorza ziemnego powinny być wykonane z dokładnością podaną w tabl. 7.

Tablica 7. Dokładność wykonania podtorza

Lp.	Część podtorza	Jednostka	Dokładność
1	2	3	4
1	Warstwa ochronna		
	— oś torowiska	cm	± 10
	— nierówność torowiska	cm	≤ 2
	— długość odcinka z wykonaną warstwą	cm	+50 -20
	— grubość całkowita	% grubości	± 10
	— grubość poszczególnych warstw	% grubości	± 10
	— szerokość poszczególnych warstw	cm	± 5
2	Korpus nasypu		
	— szerokość górnej powierzchni	cm	± 10
	— nierówności górnej powierzchni	cm	≤ 10
	— pochylenie poprzeczne górnej powierzchni	%	± 2
	— niweleta górnej powierzchni	cm	± 5
	— pochylenie poprzeczne górnej powierzchni warstw z gruntów o małej przepuszczalności	%	± 2
3	Warstwa odcinająca		
	— grubość	% grubości	± 10
	— szerokość górnej powierzchni	cm	± 20
	— nierówność górnej powierzchni	cm	≤ 10
4	Podłoże wzmocnione	—	wg 2.3.6
5	Zasyпка urządzeń odwadniających		
	— grubość całkowita	% grubości	± 10
	— grubość poszczególnych warstw	% grubości	± 10
	— szerokość	cm	± 5
	— nierówność górnej powierzchni	cm	≤ 5

ed. tabl. 7

Lp.	Część podtorza	Jednostka	Dokładność
1	2	3	4
6	Skarpy		
	— pochylenia 1:m	% pochylenia	±10
	— nierówność powierzchni pod warstwą ziemi urodzajnej	cm	≤ 10
	— nierówność górnej powierzchni ziemi urodzajnej	cm	≤ 5

4. BADANIA PODŁOŻA

4.1. Zakres badań. Badania podłoża należy wykonać w następującym zakresie:

- badanie budowy i odkształcalności podłoża (2.1),
- badanie wzmocnienia podłoża (2.2),
- sprawdzenie pochylenia podłoża (2.3.1, 2.3.2, 2.3.3),
- sprawdzenie odkryć wykopaliskowych i nie przewidzianych urządzeń (2.3.4),
- sprawdzenie oczyszczenia terenu podłoża (2.3.5),
- sprawdzenie wymiarów i pochyłeń stopni wyciętych w podłożu (2.3.2),
- sprawdzenie dokładności przygotowania podłoża (2.3.6).

4.2. Opis badań

4.2.1. Badanie budowy i odkształcalności podłoża. Do wstępnego rozpoznania podłoża zaleca się stosować badania geofizyczne. Cechy podłoża należy ustalać na podstawie wierceń badawczych lub wykopów badawczych, sondowań i badań makroskopowych wykonanych wg PN-74/B-04452 oraz badań laboratoryjnych wykonanych wg PN-75/B-04481. Podłoże powinno być rozpoznane do głębokości podanej w załączniku 1.

Odległości pomiędzy punktami badawczymi w terenie nie powinny przekraczać 100 m. W przypadku budowli ziemnych o szerokościach większych niż 100 m, punkty badawcze należy rozmieścić w siatce o boku nie przekraczającym 100 m.

4.2.2. Badania wzmocnienia podłoża należy wykonać wg projektu technicznego wzmocnienia podłoża.

4.2.3. Sprawdzenie odkryć wykopaliskowych i nie przewidzianych urządzeń. Sprawdzenie należy wykonać w sposób wizualny.

4.2.4. Sprawdzenie oczyszczenia terenu podłoża. Sprawdzenie należy wykonać w sposób wizualny.

4.2.5. Sprawdzenie pochylenia podłoża. Pochylenie podłoża należy sprawdzić metodami geodezyjnymi w przekrojach poprzecznych oddalonych od siebie o nie więcej niż 100 m.

4.2.6. Sprawdzenie wymiarów i pochyłeń stopni wyciętych w podłożu. Wymiary i pochylenia stopni wyciętych w podłożu należy sprawdzać w przekrojach poprzecznych oddalonych o nie więcej niż 50 m, przy czym liczba przekrojów nie powinna być mniejsza niż 2 na całym odcinku z wykonanymi stopniami. Wymiary i pochylenia stopni należy sprawdzać metodami geodezyjnymi.

4.2.7. Sprawdzenie dokładności przygotowania podłoża. Oś podłużną, szerokość i niweletę podłoża należy sprawdzać metodami geodezyjnymi na wszystkich krzywiznach poziomych oraz na prostych nie rzadziej niż co 100 m.

Nierówności powierzchni podłoża należy sprawdzać metodami geodezyjnymi na reprezentatywnych obszarach podłoża o powierzchniach nie mniejszych niż 100 m² oddalonych o nie więcej niż 100 m.

5. BADANIA PODTORZA

5.1. Zakres badań. Badania podtorza należy wykonać w zakresie podanym w tabl. 8.

Tablica 8. Zakres badań podtorza

Lp.	Zakres badań	Badania przed rozpoczęciem budowy podtorza lub jego części	Badania w czasie budowy podtorza lub jego części	Badania po zakończeniu budowy podtorza lub jego części
1	2	3	4	5
1	Sprawdzenie wykonania podtorza lub jego części (3.1)	—	+	+
2	Sprawdzenie kształtu przekroju poprzecznego i pochyłeń skarp podtorza (3.1)	—	+	+
3	Badanie właściwości materiałów warstwy ochronnej (3.2)	+	+	+
4	Badanie odkształcalności torowiska (3.1)	—	—	+
5	Sprawdzenie dokładności wykonania warstwy ochronnej (3.9.5)	—	+	+
6	Badanie właściwości gruntów do korpusu nasypu (3.3)	+	+	+
7	Sprawdzenie dokładności wykonania korpusu nasypu (3.9.5)	—	+	+
8	Badanie właściwości gruntów do warstwy odcinającej (3.4)	+	+	+
9	Sprawdzenie dokładności wykonania warstwy odcinającej (3.9.5)	—	—	+
10	Sprawdzenie podłoża wzmocnionego (3.5)	+	+	+
11	Sprawdzenie dokładności wykonania podłoża wzmocnionego (3.9.5)	—	—	+

cd. tabl. 8

Lp.	Zakres badań	Badania przed rozpoczęciem budowy podtorza lub jego części	Badania w czasie budowy podtorza lub jego części	Badania po zakończeniu budowy podtorza lub jego części
1	2	3	4	5
12	Badanie właściwości materiałów filtracyjnych do urządzeń odwadniających (3.6)	+	+	+
13	Sprawdzenie dokładności wbudowania materiałów filtracyjnych do urządzeń odwadniających (3.9.5)	-	+	+
14	Sprawdzenie wypełnienia przyczółków budowli inżynierskich gruntami (3.7)	-	+	+
15	Badanie właściwości gruntów do wypełnienia przyczółków budowli inżynierskich (3.7)	+	+	+
16	Badanie zagęszczenia gruntów (3.8)	-	+	+
17	Sprawdzenie podtorza na terenach zalewowych (3.9.1)	+	+	+
18	Sprawdzenie podtorza na terenach szkód górniczych (3.9.2)	+	+	+
19	Sprawdzenie wykonania poszerzeń lub dobudowy nasypów (3.9.3)	-	+	+
20	Sprawdzenie umocnienia skarp (3.9.4)	-	+	+

5.2. Opis badań

5.2.1. Sprawdzenie wykonania podtorza lub jego części. Wykonanie całego podtorza lub jego części należy stwierdzić w sposób wizualny.

5.2.2. Sprawdzenie kształtu przekroju poprzecznego i pochyłeń skarp podtorza należy wykonać metodami geodezyjnymi w przekrojach poprzecznych nie rzadziej niż co 200 m.

5.2.3. Badanie właściwości materiałów warstwy ochronnej

5.2.3.1. Kruszywo stabilizowane mechanicznie. Przed rozpoczęciem budowy należy wykonać badania uziarnienia, współczynnika filtracji, zanieczyszczeń obcych, mrozoodporności i odporności na rozpad każdego rodzaju kruszywa przewidzianego do wbudowania. W czasie budowy lub po wykonaniu warstwy ochronnej należy zbadać uziarnienie i zanieczyszczenia obecne nie rzadziej niż raz na 100 m, współczynnik filtracji i mrozoodporność nie rzadziej niż raz na 200 m warstwy ochronnej oraz odporność na rozpad nie rzadziej niż raz na 500 m warstwy ochronnej. Badanie odporności na rozpad należy wykonywać wyłącznie w przypadku kruszyw pochodzenia antropogenicznego.

Badania należy wykonywać w następujący sposób:

— uziarnienie — wg PN-75/B-04481, z przemyciem próbki i stosując dodatkowe sita o oczkach kwadratowych 60 i 40 mm,

— współczynnik filtracji — wg PN-55/B-04492, na próbce kruszywa poddanego 25 cyklom zamrażania i odmrażania wg PN-78/B-06714/19 po odsianiu ziaren większych niż 20 mm, zagęszczonego do wskaźnika zagęszczenia $I_p = 1,00$; w przypadku zawartości ziaren większych niż 20 mm powyżej 30% masy kruszywa, badanie należy wykonać w wielkowymiarowym aparacie do wodoprzepuszczalności gruntów,

— zanieczyszczenia obce —, wg PN-76/B-06714/12,

— mrozoodporność — wg PN-78/B-06714/19,

— odporność na rozpad — wg PN-80/B-06714/37, PN-78/B-06714/38 i PN-78/B-06714/39; jako miarodajny rozpad należy przyjąć największy spośród otrzymanych wyników.

5.2.3.2. Grunt stabilizowany spoiwem. Przed rozpoczęciem budowy należy opracować receptury gruntów stabilizowanych spoiwami przewidzianych do stosowania. W czasie budowy lub po ułożeniu warstwy ochronnej należy zbadać wytrzymałość na ściskanie i wskaźnik mrozoodporności gruntu stabilizowanego spoiwem, z którego wykonano warstwę ochronną. Jedno badanie powinno być wykonane nie rzadziej niż raz na 100 m warstwy. Z warstwy należy wyciąć co najmniej 6 próbek sześciennych o wymiarze boku 8 cm lub walcowych o wymiarach $d = h = 8$ cm.

Co najmniej 3 próbki należy poddać 14 cyklom zamrażania i odmrażania wg BN-68/8933-08, a co najmniej 3 próbki przechowywać w warunkach powietrzno-wilgotnych. Po zakończeniu cyklu zamrażania i odmrażania, lecz nie wcześniej niż 28 dni i nie dłużej niż 90 dni od wykonania warstwy ochronnej, wykonuje się badania wytrzymałości próbek, a następnie oblicza się wytrzymałość na ściskanie i wskaźnik mrozoodporności materiału z górnej warstwy ochronnej.

5.2.3.3. Grunt do budowy dolnej części warstwy ochronnej. Przed rozpoczęciem budowy należy wykonać badania uziarnienia, wskaźnika piaskowego, części organicznych, mrozoodporności i odporności na rozpad każdego rodzaju gruntu przewidzianego do wbudowania. W czasie budowy lub po wykonaniu dolnej części warstwy ochronnej należy zbadać uziarnienie, wskaźnik piaskowy i zawartość części organicznych nie rzadziej niż raz na 100 m oraz mrozoodporność i odporność na rozpad nie rzadziej niż raz na 500 m warstwy ochronnej. Badanie odporności na rozpad należy wykonywać wyłącznie w przypadku gruntów pochodzenia antropogenicznego.

Badania uziarnienia, mrozoodporności i odporności na rozpad należy wykonywać wg metod podanych dla kruszywa stabilizowanego mechanicznie, przy czym w zestawie sit do badania uziarnienia należy stosować dodatkowe sito o oczkach kwadratowych 120 mm. Badanie wskaźnika piaskowego należy wykonywać wg BN-64/8931-01, a zawartość części organicznych oznaczać wg PN-75/B-04481.

5.2.3.4. Inne materiały. Badania innych materiałów, np. geowłóknin, folii należy wykonywać wg zasad, które powinny być podane w projekcie technicznym.

5.2.4. Badanie okształcalności torowiska. Należy wykonać na warstwie ochronnej wg BN-64/8931-02.

Badanie okształcalności należy wykonać nie rzadziej niż co 50 m.

5.2.5. Sprawdzenie dokładności wykonania warstwy ochronnej. Długość odcinka z wykonaną warstwą ochronną należy sprawdzić metodami geodezyjnymi. Oś podłużną, szerokość, niweletę i nierówności torowiska należy sprawdzić wg 4.2.7. Grubości poszczególnych warstw, całkowitą grubość i pochylenie poprzeczne warstwy ochronnej należy sprawdzać metodami geodezyjnymi nie rzadziej niż raz na 100 m.

5.2.6. Badania właściwości gruntów do korpusu nasypu. Przed rozpoczęciem budowy korpusu nasypu należy wykonać badania poszczególnych gruntów przewidzianych do wbudowania w nasyp. Podczas wykonywania nasypu należy badać grunty nie rzadziej niż raz na 500 m³ nasypu.

W przypadku niskich nasypów badania mogą być wykonywane po zakończeniu budowy korpusu nasypu.

Należy wykonać następujące badania:

— uziarnienie — wg 5.2.3, lecz z dodatkowym sitem o oczkach kwadratowych 200 mm,

— granica płynności frakcji przechodzącej przez sito 0,425 mm lub 0,5 mm — wg PN-75/B-04481, metodą Casagrande'a,

— zawartość części organicznych — wg PN-75/B-04481,

— wilgotność i wilgotność optymalna — wg PN-75/B-04481, przy czym wilgotność optymalną należy oznaczać stosując energię zagęszczania 600 J/dm³,

— odporność na rozpad — wg PN-80/B-06714/37, PN-78/B-06714/38 i PN-78/B-06714/39,

— pęcznienie pod wpływem wody — wg BN-70/8931-05.

Badanie odporności na rozpad należy wykonywać wyłącznie w przypadku gruntów antropogenicznych.

5.2.7. Sprawdzenie dokładności wykonania korpusu nasypu. Należy sprawdzić szerokość, nierówności, pochylenie poprzeczne i niweletę górnej powierzchni korpusu nasypu oraz pochylenie warstw z gruntów o małej przepuszczalności wg 5.2.5.

5.2.8. Badania właściwości gruntów do warstwy odcinającej. Przed rozpoczęciem budowy warstwy odcinającej należy wykonać badania poszczególnych gruntów przewidzianych do wykonania tej warstwy. Podczas budowy lub po zakończeniu budowy warstwy odcinającej należy wykonać następujące badania gruntów: uziarnienie; zawartość części organicznych i współczynnik fil-

tracji — nie rzadziej niż raz na 100 m oraz odporność na rozpad — nie rzadziej niż raz na 500 m. Odporność na rozpad należy sprawdzać wyłącznie w przypadku gruntów antropogenicznych. Badania należy wykonywać wg 5.2.3.

5.2.9. Sprawdzenie dokładności wykonania warstwy odcinającej. Należy sprawdzić grubość, szerokość i nierówności górnej powierzchni warstwy odcinającej wg 5.2.5.

5.2.10. Sprawdzenie podłoża wzmocnionego. Należy wykonać badania podłoża wzmocnionego według projektu technicznego wzmocnienia podłoża.

5.2.11. Sprawdzenie dokładności wykonania podłoża wzmocnionego. Należy sprawdzić oś podłużną, szerokość, niweletę i nierówności powierzchni podłoża wzmocnionego wg 4.2.7.

5.2.12. Badania właściwości materiałów filtracyjnych do urządzeń odwadniających. Przed rozpoczęciem wbudowywania materiałów filtracyjnych należy zbadać uziarnienie, mrozoodporność i współczynnik filtracji poszczególnych materiałów przewidzianych do stosowania. Podczas wykonywania robót należy badać materiały filtracyjne nie rzadziej niż raz na 100 m urządzenia odwadniającego. W przypadku warstw o grubości nie większej niż 1 m, badania można wykonywać po zakończeniu budowy. Badania należy wykonywać wg 5.2.3.

5.2.13. Sprawdzenie dokładności wykonania urządzeń odwadniających. Należy sprawdzić grubość całkowitą, szerokość, nierówności górnej powierzchni i grubości poszczególnych warstw wg 5.2.5.

5.2.14. Sprawdzenie wypełnienia przyczółków budowli inżynierskich gruntami. Należy sprawdzić wypełnienie przyczółków w sposób wizualny.

5.2.15. Badania właściwości gruntów do wypełnienia przyczółków budowli inżynierskich. Badania należy wykonywać wg 5.2.8, stosując częstotliwość badań nie rzadziej niż raz dla każdego przyczółka.

5.2.16. Badanie zagęszczenia gruntów. Zagęszczenie gruntów należy ustalać na podstawie wskaźnika zagęszczenia obliczanego ze wzoru

$$I_{\rho} = \frac{\rho_d}{\rho_{ds}} \quad (1)$$

w którym:

ρ_d — gęstość objętościowa szkieletu gruntu w nasypie,

ρ_{ds} — maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntu zagęszczonego wg PN-75/B-04481.

Gęstość objętościową gruntu w podtorzu oznacza się cylindrami wg PN-74/B-04452, objętościomierzem wodnym lub piaskiem kalibrowanym, a gęstość objętościową szkieletu — wg PN-75/B-04481.

Maksymalną gęstość objętościową szkieletu gruntu należy badać wg PN-75/B-04481 p. 3.12, stosując metodę I lub II. W przypadku gruntów gruboziarnistych zaleca się wykonanie badania w aparacie wielkowymiarowym, stosując energię zagęszczenia 600 J/dm³.

Częstotliwość badań wskaźnika zagęszczenia powinna być następująca:

— dla warstwy ochronnej, warstwy odcinającej i materiału filtracyjnego do urządzeń odwadniających — nie rzadziej niż raz na 100 m,

— dla korpusu nasypu — nie rzadziej niż raz na 500 m³ nasypu.

Zagęszczenie gruntów należy oceniać stosując metodę porównywania poszczególnych wyników badań z wymaganiami podanymi w 3.7. W przypadku gdy liczba pomiarów wynosi co najmniej 10, można stosować metodę statystyczną. W metodzie tej wartość średnia I_p stanowi miarę poziomu zagęszczenia, a współczynnik zmienności z_p — miarę jednorodności zagęszczenia.

Wartość średnią wskaźnika zagęszczenia oblicza się ze wzoru

$$I_p = \frac{\sum_{i=1}^n I_{pi}}{n} \quad (2)$$

w którym:

I_{pi} — wyniki poszczególnych pomiarów,

n — liczba pomiarów.

Współczynnik zmienności obliczyć ze wzoru

$$z_p = \frac{s_p}{I_p} \cdot 100\% \quad (3)$$

w którym s_p — odchylenie standardowe obliczane ze wzoru

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_{pi} - I)^2}{n-1}} \quad (4)$$

Zagęszczenie podtorza można również badać aparaturą VSS, oznaczając stosunek modułu odkształcenia wtórnego E_0' do pierwotnego E_0 wg 5.2.4 przy częstotliwości badań wymaganej jak dla wskaźnika zagęszczenia.

5.2.17. Sprawdzenie podtorza na terenach zalewowych.

Podtorze na terenie zalewowym należy sprawdzić według zasad, które powinny być podane w projekcie technicznym.

5.2.18. Sprawdzenie podtorza na terenach szkód górniczych. Podtorze na terenie szkód górniczych należy sprawdzić wg zasad, które powinny być podane w projekcie technicznym.

5.2.19. Sprawdzenie wykonania poszerzeń lub dobudowy nasypów. Poszerzenie lub dobudowany nasyp należy sprawdzić według zasad, które powinny być podane w projekcie technicznym.

5.2.20. Sprawdzenie umocnienia skarp. Po wykonaniu na skarpie warstwy ziemi urodzajnej należy sprawdzić grubość tej warstwy, zawartość części organicznych wg PN-75/B-04481 i obecność nasion, nie rzadziej niż raz na 500 m² skarpy.

Po 12—13 miesiącach od wykonania obsiewu należy wytypować obszary o powierzchni 20—30 m² reprezentujące powierzchnie skarpy nie większe niż 500 m² i wykonać pomiary powierzchni zadarnionych, nie zadarnionych oraz wymiary pojedynczych miejsc nie zadarnionych.

W przypadku stosowania innych sposobów umocnienia skarp badania należy wykonać według zasad, które powinny być podane w projekcie technicznym.

6. OCENA WYNIKÓW BADAŃ PODŁOŻA I PODTORZA

Podłoże i podtorze uznaje się za zgodne z wymaganiami normy, jeśli wyniki wszystkich badań podanych w 4.1 i 5.1 spełniają wymagania podane w rozdz. 2 i 3. Jeżeli porównanie wyników badań z wymaganiami daje wynik negatywny, stwierdzoną usterkę należy usunąć i wykonać ponownie badania kontrolne. W przypadku powtórzenia się negatywnych wyników, budowlę lub jej część należy uznać za niezgodną z normą. W razie uznania całości lub części budowli za niezgodną z normą, należy ustalić, czy stwierdzone odstępstwa wpływają na bezpieczeństwo budowli oraz jej trwałość i wartość użytkową.

Budowle lub ich części o poważnie zmniejszonej wartości użytkowej i uznane za niepewne konstrukcyjnie powinny być rozebrane i wykonane ponownie w sposób prawidłowy. Natomiast budowle lub ich części nie spełniające wymagań, lecz uznane za pewne konstrukcyjnie, mogą być przyjęte po obniżeniu jakości robót wskazanemu skutków obniżenia jakości oraz sposobów ich złagodzenia w fazie dalszych robót lub późniejszej eksploatacji.

K O N I E C

OBLICZANIE OSIADANIA PODŁOŻA

1. Obliczanie naprężeń działających na torowisko.

Osiadanie podłoża należy obliczać metodą naprężeń wg PN-81/B-03020 na podstawie modułów edometrycznych podłoża, uwzględniając obciążenie od taboru, ciężar nawierzchni, ciężar podtorza i ciężar własny podłoża.

Pionowe naprężenia oddziaływujące na torowisko oblicza się ze wzoru

$$\sigma_{zd\max} = \alpha \sigma_0 \beta \frac{s^2}{s^2 + m \cdot z_t^2} + \sigma_{zn} \quad (Z1-1)$$

w którym:

α — współczynnik dynamiczny; dla prędkości $V \leq 100$ km/h — $\alpha = 1,2 - 2,0$; dla $V > 100$ km/h — $\alpha = 2,0 - 3,0$,

σ_0 — naprężenie w podsypce na poziomie spodu podkładów obliczone ze wzoru $\sigma_0 = \frac{P}{F}$,

w którym P oznacza obciążenie pionowe przekazywane na podkład o powierzchni równej F , kPa,

β — współczynnik oznaczający stosunek siły przekazywanej przez podkład do siły przekazywanej przez koło pojazdu na szynę, obliczony ze wzoru

$$\beta = \frac{a}{2 \sqrt[4]{\frac{4EJ}{U}}} \quad (Z1-2)$$

w którym:

a — osiowy odstęp podkładów, m,

E — moduł sprężystości liniowej materiału szyny, MPa,

J — moment bezwładności przekroju poprzecznego szyny względem poziomej osi przechodzącej przez środek ciężkości przekroju, m⁴,

U — współczynnik podłoża szyny, MPa,

s — szerokość podkładu, m,

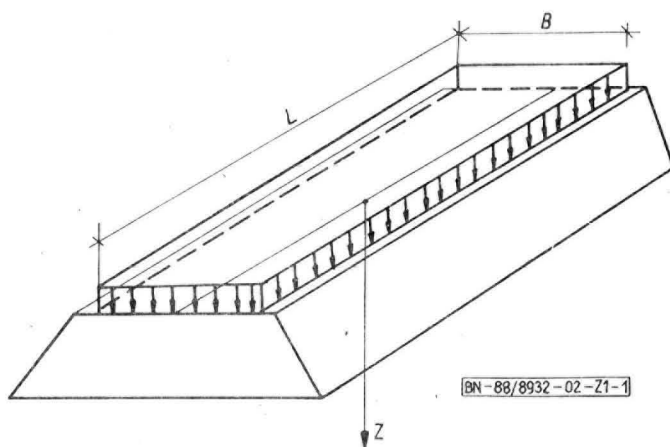
z_t — odległość od spodu podkładu do torowiska, m,

m — współczynnik charakteryzujący rozkład naprężeń w podsypce; dla typowych nawierzchni kolejowych $m = 0,5$,

σ_{zn} — naprężenie na torowisku od ciężaru własnego nawierzchni, kPa.

Do obliczania naprężeń w podtorzu i podłożu przyjmuje się obciążenie ciągle $\sigma_{zd\max}$ o szerokości B i długości L (rys. Z1-1), przy czym B jest równe szerokości styku podsypki z podtorzem, a $\frac{L}{B} = \infty$. Jeśli liczba torów sąsiadujących ze sobą jest większa od dwóch, war-

tość B przyjmuje się jak dla dwóch torów; B i L podaje się w metrach.

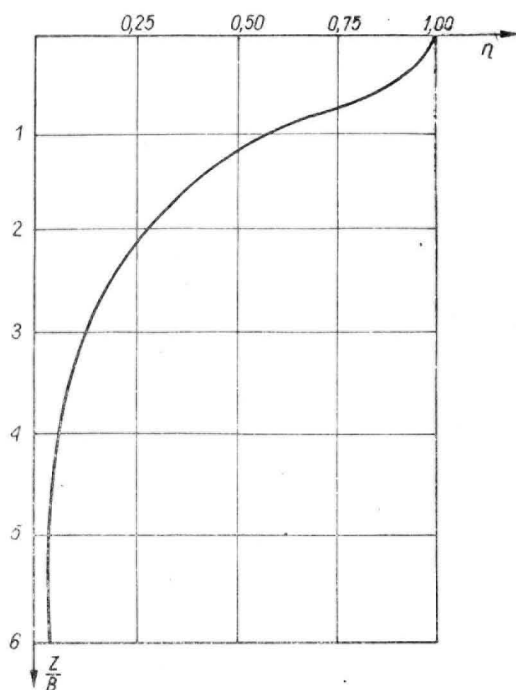


Rys. Z1-1. Schemat obliczeniowy obciążenia podtorza

2. Obliczanie osiadania podłoża pod nasypem. Naprężenie działające na podłożo od obciążenia taboru i nawierzchnią (w kPa) oblicza się ze wzoru

$$\sigma_{zd1} = \eta \cdot \sigma_{zd\max} \quad (Z1-3)$$

w którym η — współczynnik rozkładu naprężeń określony z nomogramu przedstawionego na rys. Z1-2 dla $Z = H$, przy czym H oznacza wysokość nasypu, m.



Rys. Z1-2. Nomogram do określania współczynnika η

Napężenie działające na podłoże od obciążenia nasypem (w kPa) oblicza się ze wzoru

$$\sigma_{z\gamma 1} = \gamma_1 \cdot H \quad (Z1-4)$$

w którym γ_1 — średni ciężar objętościowy gruntów w nasypie, kN/m³.

Przyjmuje się obciążenie podłoża równe sumie naprężeń $\sigma_{z\gamma 1} + \sigma_{zd1}$ na szerokości $B_1 = B + H$ (rys. Z1-3) i na długości $L = \infty$.

Następnie oblicza się naprężenia w podłożu σ_{zd2} od obciążenia $\sigma_{z\gamma 1} + \sigma_{zd1}$ stosując nomogram podany na rys. Z1-2 oraz oblicza się naprężenia od ciężaru własnego podłoża σ_{z2} . Osiadanie podłoża (w cm) oblicza się jako sumę osiadań poszczególnych warstw geotechnicznych ze wzoru

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zd2i} \cdot h_i}{M_{oi}} \quad (Z1-5)$$

w którym:

σ_{zd2i} — naprężenie w połowie warstwy geotechnicznej i , kPa,

h_i — grubość warstwy geotechnicznej i , cm,

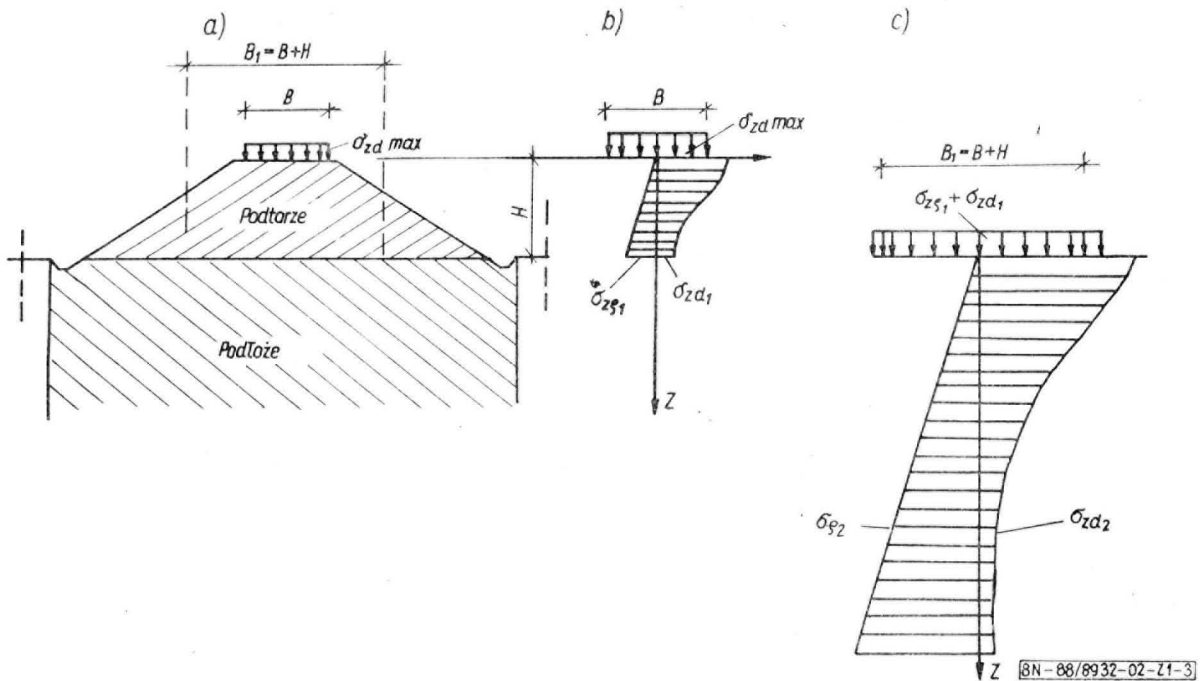
M_{oi} — edometryczny moduł ścisłości pierwotnej warstwy geotechnicznej i , kPa.

Osiadanie oblicza się dla warstw geotechnicznych do głębokości, na której jest spełniony warunek

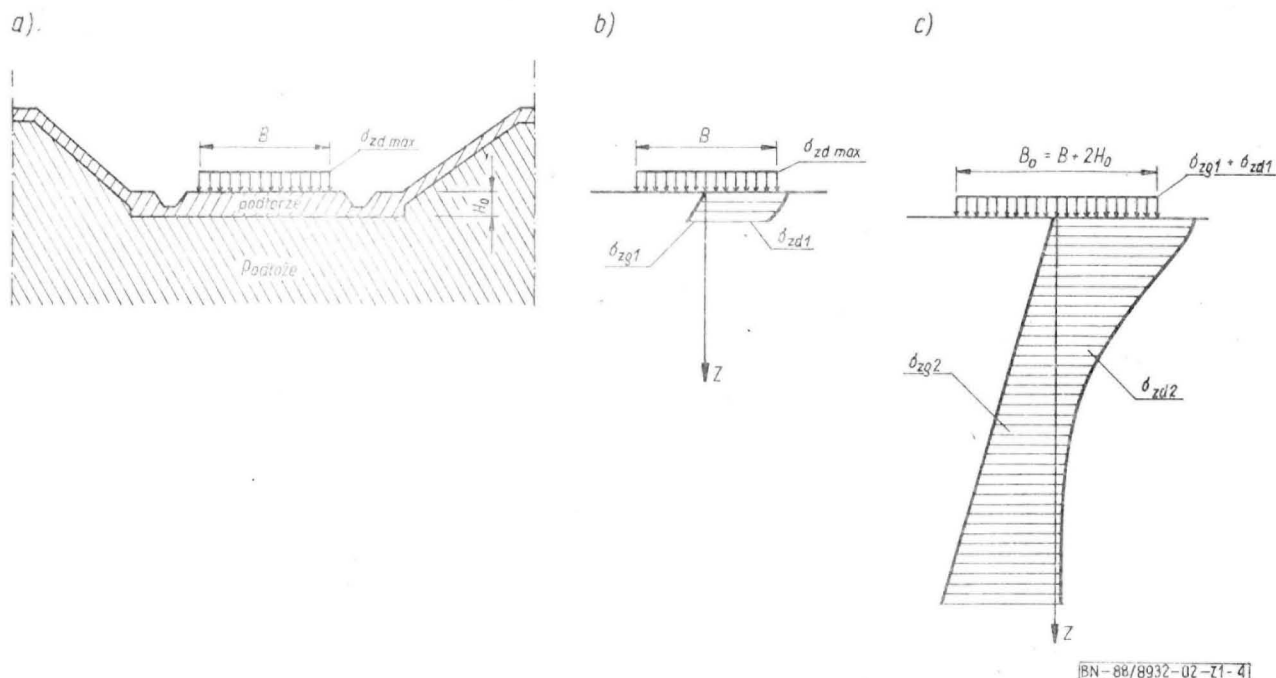
$$\sigma_{zd2} < 0,3 \sigma_{z\gamma 2}$$

3. Obliczanie osiadania podłoża w przekopie. Naprężenia $\sigma_{z\gamma 1}$ i σ_{zd1} oblicza się analogicznie jak w przypadku podłoża pod nasypem, przyjmując $Z = H_0$, przy czym H_0 oznacza grubość warstwy ochronnej. Przyjmuje się obciążenie podłoża równe sumie naprężeń $\sigma_{z\gamma 1} + \sigma_{zd1}$ na szerokości $B_1 = B + 2H_0$ (rys. Z1-4) i na długości $L = \infty$.

Naprężenia w podłożu σ_{zd2} i $\sigma_{z\gamma 2}$ oraz osiadanie podłoża oblicza się analogicznie jak w przypadku podłoża pod nasypem.



Rys. Z1-3. Obliczanie naprężeń w podłożu pod nasypem
a) obciążenie torowiska, b) naprężenia w podtorzu, c) naprężenia w podłożu



Rys. Z1-4. Obliczanie naprężeń w podłożu w przekropie
a) obciążenie torowiska, b) naprężenia w podtorzu, c) naprężenia w podłożu.

ZALĄCZNIK 2

OBLICZANIE GŁĘBOKOŚCI PRZEMARZANIA PODTORZA

Głębokość przemarzania podtorza H_p , liczoną od górnej powierzchni podsypki (rys. Z2) oblicza się na podstawie następującej zależności

$$I_F = \Omega \quad (Z2-1)$$

w której:

I_F — wskaźnik mrozowy, $K \cdot h$,

Ω — opór cieplny podsypki i warstw podtorza, $K \cdot h$,

Wskaźnik mrozowy, w $K \cdot h$, oblicza się ze wzoru

$$I_F = 24 F \quad (Z2-2)$$

w którym F — suma średnich ujemnych temperatur dziennych powietrza w okresie zimowym podczas najmroźniejszej zimy w ciągu ostatnich 10 lat, obliczona na podstawie pomiarów temperatury w stacji meteorologicznej najbliższej od miejsca budowy ziemnej, K .

Opór cieplny podsypki i warstw podtorza oblicza się na podstawie zależności

$$\Omega = C_{0t} \left(\frac{H_t^2}{2\lambda_t} + \frac{H_t}{\alpha_t} \right) + C_{01} \frac{H_{01}^2}{2\lambda_{01}} + C_{02} \frac{H_{02}^2}{2\lambda_{02}} + \dots + C_{0n} \frac{H_{0n}^2}{2\lambda_{0n}} \quad (Z2-3)$$

w którym:

C_{0t} — skomasowane ciepło objętościowe podsypki, $\frac{W \cdot h}{m^3}$,

H_t — grubość warstwy podsypki, m,

λ_t — współczynnik przewodności cieplnej, $\frac{W}{m \cdot K}$,

α_t — współczynnik przyjmowania ciepła z powietrza, $\frac{W}{m^2 \cdot K}$,

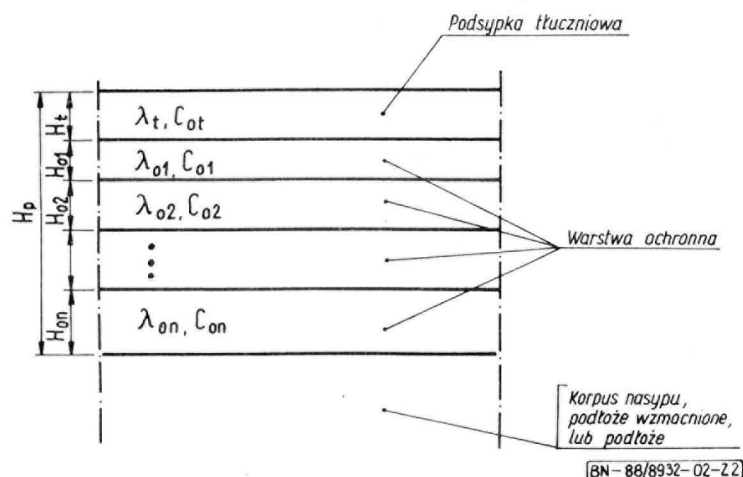
$C_{01}, C_{02}, \dots, C_{0n}$ — skomasowane ciepło objętościowe materiałów warstwy ochronnej, $\frac{W \cdot h}{m^3}$,

$H_{01}, H_{02}, \dots, H_{0n}$ — grubości elementów warstwy ochronnej, m,

$\lambda_{01}, \lambda_{02}, \dots, \lambda_{0n}$ — współczynniki przewodności cieplnej materiałów warstwy ochronnej, $\frac{W}{m \cdot K}$.

Głębokość przemarzania oblicza się z zależności

$$H_p = H_t + H_{01} + H_{02} + \dots + H_{0n} \quad (Z2-4)$$



Rys. Z2. Schemat warstw do obliczania głębokości przemarzania podtorza

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Instytut Badawczy Dróg i Mostów.

2. Istotne zmiany w stosunku do BN-72/8932-01

- zakres stosowania normy ograniczono do podłoża i podtorzy kolejowych,
- podano zasady obliczania naprężeń działających na podtorze i podłoże i rozkładu naprężeń w podtorzu i podłożu,
- podano wymagania dotyczące odkształcalności podłoża i zasady obliczania osiadania podłoża,
- wprowadzono nowe zasady konstruowania podtorza i podano nowe wymagania dla poszczególnych warstw podtorza i całej konstrukcji budowli ziemnej,
- podano nowe zasady badania podtorza i podłoża,
- wprowadzono legalne jednostki miar.

3. Normy związane

- PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowane
- PN-74/B-04452 Grunty budowlane. Badania polowe
- PN-75/B-04481 Grunty budowlane. Badania laboratoryjne
- PN-55/B-04492 Grunty budowlane. Badania właściwości fizycznych. Oznaczanie wskaźnika wodoprzepuszczalności
- PN-68/B-06050 Roboty ziemne budowlane. Wymagania w zakresie wykonywania i badania przy odbiorze

PN-76/B-06714/12 Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie zawartości zanieczyszczeń obcych

PN-78/B-06714/19 Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie mrozoodporności metodą bezpośrednią

PN-80/B-06714/37 Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie rozpadu krzemianowego

PN-78/B-06714/38 Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie rozpadu wapniowego

PN-78/B-06714/39 Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie rozpadu żelazowego

BN-88/8930-03 Gruntowe podtorze i podłoże kolejowe. Nazwy i określenia

BN-64/8931-01 Drogi samochodowe. Oznaczanie wskaźnika piaskowego

BN-64/8931-02 Drogi samochodowe. Oznaczanie modułu odkształcenia nawierzchni podatnych i podłoża przez obciążenie płytą

BN-70/8931-05 Drogi samochodowe. Oznaczenie wskaźnika nośności gruntu jako podłoża nawierzchni podatnych

BN-64/8933-02 Drogi samochodowe. Podbudowa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie

BN-68/8933-08 Drogi samochodowe. Podbudowa z gruntów stabilizowanych cementem

4. Autorzy projektu normy — dr inż. Leszek Rafalski, mgr inż. Marian Głazewski — Instytut Badawczy Dróg i Mostów.