

**ZBIÓR WYMAGAŃ ZAGOSZCZENIA GRUNTU
DLA BUDOWNICTWA I DROGOWNICTWA**

Kraków 2004

SPIS TRE CI

- 1. Wst p**
- 2. Normy i literatura**
- 3. Metody badawcze**
- 4. Budownictwo l dowe**
- 5. Budownictwo hydrotechniczne**
- 6. Drogownictwo**
- 7. Budownictwo kolejowe**
- 8. Zał czniki**

1. Wstęp

Niniejsza instrukcja przedstawia czynniki i wymaga zawartych w Polskich Normach i literaturze dotyczących gruntów dla potrzeb laboratorium budowlanego i geologicznego.

2. Normy i literatura

- PN-88/B-04481 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu
- PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów
- PN-76/B-03001 Konstrukcje i podłoża budowli. Ogólne zasady obliczeń
- PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie
- PN-B-02481:1998 Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar
- PN-B-02479:1998 Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne
- PN-B-06050:1999 Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne (zgodna z ENV-1997-1:1994)
- PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe (zgodna z ENV-1997-1:1994)
- PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne (zamiast BN-72/8932-01)
- BN-75/8931-03 Pobieranie próbek gruntów do celów drogowych i lotnisk
- PN-B-10736:1999 Wykopy otwarte dla przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych (zamiast BN-83/8836-02)
- PN-88/8932-02 Podtorze i podłoża kolejowe
- PN-84/S-96023 Konstrukcje drogowe. Podbudowa i nawierzchnia z twardzieli kamiennego
- PN-87/S-02201 Drogi samochodowe. Nawierzchnie drogowe. Podział, nazwy, określenia
- PN-S-06102:1997 Drogi Samochodowe. Podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie (zamiast BN-64/8933-02)
- PN-S-96012:1997 Podbudowa i ulepszone podłoża z gruntu stabilizowanego cementem (zamiast BN-68/8933-08)
- PN-S-96011:1998 Stabilizacja gruntów wapnem do celów drogowych (zamiast BN-68/8933-07)
- PN-S-96013:1997 Podbudowa z chudego betonu (zamiast BN-70/8933-03)
- PN-72/8933-12 Podbudowa z betonu cementowego pod nawierzchnią ulepszoną
- PN-S-96035:1997 Drogi samochodowe. Popioły lotne (zamiast BN-63/6722-02)
- BN-64/8931-02 Oznaczanie modułu odkształcenia nawierzchni podatnych i podłoża przez obciążenie płyt .
- BN-68/8931-04 Pomiar równości nawierzchni planografem i łata
- PN-70/8931-05 Oznaczenie wskaźnika nośności gruntu jako podłoża nawierzchni podatnych
- PN-77/8931-12 Oznaczanie wskaźnika zagęszczenia gruntu
- PN-55/B-04492 Grunty budowlane. Oznaczanie wskaźnika wodoprzepuszczalności
- PN-66/B-04498 Grunty budowlane. Oznaczanie porowatości gruntów
- PN-75/S-96015 Drogowe i lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego
- PN-74/S-96017 Nawierzchnie z płyt betonowych i kamienno-betonowych
- PN-74/S-96022 Nawierzchnie z betonu asfaltowego
- BN-73/6771-03 Projektowanie mas betonu asfaltowego
- PN-67/S-04001 Metody badania mieszanek mineralno-bitumicznych i nawierzchni bitumicznych
- PN-62/S-04010 Drogi samochodowe. Oznaczenie wskaźnika emulgacji wypełniacza mineralnego i materiału kamiennego
- PN-61/S-96504 Drogi samochodowe. Wypełniacz kamienny do mas bitumicznych
- BN-76/8950-03 Budownictwo hydrotechniczne. Obliczanie współczynnika filtracji gruntów niespoistych na podstawie uziarnienia i porowatości

- Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych Cz. 1, Cz. 2
- Roboty ziemne. Warunki techniczne wykonania i odbioru, MO ZNiL 1998 (zalecenia dot. prawidłowego wykonania ziemnych budowli hydrotechnicznych)
- Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich, PIG 1999
- Rozporządzenie ministra transportu i gospodarki morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie 1999
- Zarys geotechniki, Z. Wiłun, WKiŁ 2000

3. Metody badawcze

Wybór metod badawczych zagęszczenia i nośności gruntu stosuje w zależności od typu budowli, rodzaju gruntu, wymagań projektowych.

3.1 Sondowania wg PN-B-04452, IBPG

Pod pojęciem sondowania rozumie się penetrację podłoża gruntowego przy użyciu różnych kołcówek zagłębionych przez wbijanie, wciskanie lub wkręcanie, z jednoczesnym określeniem oporów występujących przy ich pogrubieniu.

Sondowanie dynamiczne polega na wbijaniu z powierzchni terenu lub z dna otworu wiertniczego łączy z kołcówkami za pomocą młota spadającego ze stałej wysokości. Ilość uderzeń młota odczytuje się co określony odcinek zagłębienia łączy. Rodzaje sond dynamicznych, kołcówek, interpretacja badań określa norma PN-B-04452:2002.

3.1.1. Interpretacja pomiarów sond DPL

a. Obliczenie stopnia zagęszczenia I_D (wg PN-B-04452)

$$I_D = 0,071 + 0,429 \lg N_{10}$$

gdzie:

- N_{10} - ilość uderzeń młota na 10cm zagłębienia sondy,

- \lg - \log_{10}

b. Obliczenie I_D do głębokości krytycznej $t_c = 0,6m$ związanej z wypieraniem gruntu przez stołek (wg IBPG)

$$N_{kor} = N_{10} \frac{0,6}{z}$$

gdzie:

z - głębokość wyrażona w metrach

c. Obliczenie wskaźnika zagęszczenia I_S na podstawie korelacji pomiędzy I_D i I_S (wg IBPG)

$$I_S = \frac{0,818}{0,958 - 0,174 \cdot I_D}$$

3.2 Badanie wskaźnika zagęszczenia I_s wg PN-77/8931-12 i PN-88/B-04481

Metoda polega na oznaczeniu gęstości objętościowej gruntu, jego wilgotności i maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego oraz na wyliczeniu z otrzymanych wartości wskaźnika zagęszczenia gruntu I_s .

a. Obliczenie gęstości objętościowej gruntu:

$$\rho = \frac{M}{V_d}$$

gdzie:

ρ - gęstość objętościowa gruntu [g/cm^3],

M - masa gruntu z dołka lub wciskanego cylindra [g],

V_d - objętość dołka lub wciskanego cylindra [cm^3].

b. Obliczenie gęstości objętościowej szkieletu gruntowego

$$\rho_d = \frac{100 \cdot \rho}{100 + w}$$

gdzie:

ρ_d - gęstość objętościowa szkieletu gruntowego [g/cm^3],

w - wilgotność gruntu

c. Obliczenie wskaźnika zagęszczenia I_s

$$I_s = \frac{\rho_d}{\rho_{ds}}$$

gdzie:

ρ_{ds} - maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego otrzymana z oznaczenia metodą Proctora wg PN-88/B-04481

3.3. Oznaczenie modułów odkształcenia nawierzchni podatnych i podłoża przez obciążenie płyt stalowych (VSS) wg BN-64/8931-02 i PN-S-02205:1998

Metoda polega na wywieraniu statycznego nacisku na badane warstwy płyt stalowych. Najczęściej stosuje się płytę o średnicy 30cm. Moduł odkształcenia jest to iloczyn przyrostu obciążenia jednostkowego do przyrostu odkształcenia badanej warstwy w ustalonym zakresie obciążeń jednostkowych przez średnicę płyty obciążającej. Stanowi on miarę nośności badanej warstwy.

3.3.1 Obliczenie wartości modułów odkształcenia E_1, E_2 :

-wg BN-64/8931-02

$$E = \frac{\Delta p}{\Delta s} \cdot D$$

-wg PN-S-02205:1998

$$E = \frac{3\Delta p}{4\Delta s} \cdot D$$

gdzie:

$\Delta p = p_2 - p_1$ przyrost obciążenia jednostkowego w ustalonym zakresie MPa,

$\Delta s = s_2 - s_1$ przyrost odkształcenia odpowiadający temu zakresowi obciążenia jednostkowych mm,

D- średnica płyty mm.

3.3.2 Zakresy obciążenia jednostkowych w zależności od rodzaju warstwy

Badana warstwa	Zakres obciążenia jednostkowych MPa	Koeficyjent obciążenia MPa
Podłoże	0,05-0,15	0,25
Podłoże ulepszone	0,15-0,25	0,35
Zespół warstw podbudowy	0,25-0,35	0,45

3.3.3 Obliczenie wartości wskaźnika odkształcenia I_0

$$I_0 = \frac{E_2}{E_1}$$

4. Budownictwo I dowe

Wskaźnik zagęszczenia nasypów (wg PN-B-06050), na których mają być posadowione fundamenty konstrukcji, nie powinien być mniejszy niż 0,97

Zakres i częstota kontroli jakości układanego gruntu oraz zagęszczenia (jeżeli projekt nie przewiduje inaczej) nie powinna być mniejsza niż :

-dla nasypu 1 test na 1000m³ obj to ci nasypu oraz 3 testy w każdej jednorodnej warstwie nasypu, lecz nie rzadziej niż 1 test na 500m² jednorodnej warstwy.

- dla zasypu 3 testy na 500m³ obj to ci zasypu, lecz nie rzadziej niż 1 test co 30m długości ciany konstrukcji oraz 50m długości wykopów dla przewodów.

5. Budownictwo hydrotechniczne

Wymagania wg „Roboty ziemne. Warunki techniczne wykonania i odbioru”

Rodzaj gruntu	Zawartość frakcji >2mm %	Wymagane zagęszczenie			
		Korpusy zapór ziemnych		Korpusy wałów nowych	
		Wysokość h<15m	Wysokość h>15m	I, II klasa	III, IV klasa
Grunty spoiste	0-10	$I_s \geq 0,95$	$I_s \geq 0,98$	$I_s \geq 0,95$	$I_s \geq 0,92$
	10-50	$I_s \geq 0,92$	$I_s \geq 0,95$	$I_s \geq 0,92$	
Grunty niespoiste	piaski drobne	$I_D \geq 0,75$		$I_D \geq 0,70$	$I_D \geq 0,55$
	piaski średnie	$I_D \geq 0,70$			
	piaski grube i grunty gruboziarniste	$I_D \geq 0,65$		$I_D \geq 0,65$	

Nasypany nowych wałów przeciwpowodziowych wykonywanych metodą hydromechaniczną powinny mieć zagęszczenie:

- wały I i II klasy - $I_D \geq 0,60$
- wały III i IV klasy - $I_D \geq 0,50$

W przypadku przebudowy i odbudowy wałów:

- z gruntów niespoistych $I_D \geq 0,50$
- z gruntów małospoistych i spoistych $I_s \geq 0,92$

6. Drogownictwo

6.1. Konstrukcja podłoża i nawierzchni drogi wg PN-87/S-02201

warstwa cierzpalna		nawierzchnia
warstwa wiązająca		
podbudowa zasadnicza	podbudowa	
podbudowa pomocnicza		
podłoże ulepszone		podłoże

Wzory konstrukcji nawierzchni przedstawiono w rozporządzeniu ministra transportu i gospodarki morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, 1999r.

6.2. Wymagania zagłębienia i nośności gruntu dla podłoża (wg PN-S-02205, PN-B-10736)

Wymagania w nasypach (wg PN-S-02205)

głębokość	drogi o ruchu lekkim i średnim				drogi o ruchu ciężkim i średnim				autostrady i drogi ekspresowe			
	Sp		Nsp		Sp		Nsp		Sp		Nsp	
	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂
pow. robót ziemnych	-	100	-	100	-	120	-	120	-	120	-	120
0,2m	1,0	60	1,0	60	1,0	60	1,0	100	1,03	100	1,03	100
1,2m	0,97	30	0,97	45	1,0	30	1,0	60	1,0	45	1,0	60
2,0m	0,95	-	0,95	30	0,97	30	0,97	-	0,97	30	0,97	40
dno nasypu	0,95	40	0,95	30	0,97	30	0,97	40	-	30	-	40
grunt naturalny	0,92	-	0,92	-	0,95	-	0,95	-	0,97	-	0,97	-

Wymagania w podłożu wykopów (wg PN-S-02205)

głębokość	drogi o ruchu lekkim i średnim				drogi o ruchu ciężkim i średnim				autostrady i drogi ekspresowe			
	Sp		Nsp		Sp		Nsp		Sp		Nsp	
	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂
pow. robót ziemnych	-	100	-	100	-	120	-	120	-	120	-	120
0,2m	1,0	60	1,0	80	1,0	60	1,0	80	1,03	100	1,03	100
0,3m	0,97	30	0,97	60	1,0	45	1,0	60	1,0	45	1,0	60

Zasyпки w skoprzestrzennych przekopów poprzecznych (wykopów na instalacje przewody, kable) powinny uzyskać do głębokości 1,2m wskaźnik zagłębienia co najmniej 1,00. Na większej głębokości dopuszcza się wskaźnik 0,97 (wg PN-S-02205)

Wskaźnik odkształcenia I_0 nie powinien być większy niż (wg PN-S-02205):

- dla wierzchów, pospółek i piasków $I_0 \leq 2,2$ (dla $I_s = 1,0$), $I_0 \leq 2,5$ (dla $I_s < 1,0$),
- dla gruntów drobnoziarnistych o równomiernym uziarnieniu (pyłów, glin, ilów) $I_0 \leq 2,0$
- dla gruntów różnoziarnistych (wierzchów glin., pospółek glin., pyłów piaszcz., piasków glin., glin piaszcz.) $I_0 \leq 3,0$
- dla narzutów kamiennych, rumoszy $I_0 \leq 4,0$

Zasyпки przyczółków i konstrukcji oporowych (wg PN-S-02205)

- wskaźnik zagłębienia $I_s \geq 1,0$ z wyjątkiem skarpi stożkowych przy skrzydełkach oraz skarpi czołowych przyczółków a urowych i wtopionych w nasyp w których $I_s \geq 0,95$

Wymagania zasypki przewodów (wg PN-B-10736)

Do powierzchni terenu lub wymaganej rz dnej powinna by wykonana zasypka przy zachowaniu zag szczenia gruntu wg projektu. W przypadku nieokre lenia wska nika zag szczenia powinien on wynosi $I_s \geq 1,0$.

Odchylenie wska nika zag szczenia gruntu nie powinno by wi ksze ni 2%.

6.3. Wymagania no no ci dla podbudowy i nawierzchni z tuczni kamiennego podano w tabeli (wg PN-84/S-96023)

Kategoria ruchu	Ugi cie spr yste mm pod kołem 40kN	Ugi cie spr yste mm pod kołem 50kN	Wtórny moduł odkształcenia E_2 mierzony płyt o rednicy 30cm MPa
lekki R_2	1,25	1,40	140
lekko redni R_3 i redni R_4	0,9	1,0	170
ci ki R_5 i bardzo ci ki R_6	0,6	0,7	200

6.4. Wymagania wska nika zag szczenia i no no ci podbudowy (wg PN-S-06102)

Podbudowa z kruszywa o wska niku w_{no} nie mniejszym ni %	Wymagane cechy podbudowy				
	Wska nik zag szczenia I_s nie mniejszy ni	Maksymalne ugi cie spr yste pod kołem mm		Minimalny moduł odkształcenia mierzony płyt o rednicy 30cm MPa	
		40kN	50kN	E_1	E_2
60	1,0	1,40	1,60	60	120
80	1,0	1,25	1,40	80	140
120	1,03	1,10	1,20	100	180

Wska nik odkształcenia dla ka dej warstwy podbudowy I_0 nie powinien by wi kszy ni 2,2

Badanie wska nika zag szczenia nale y wykona co najmniej 10 razy na zadaniu (obiekcie), $I_0 = E_2/E_1$ co najmniej raz na $5000m^2$,

Badanie modułów odkształcenia (no no ci) nale y wykona co najmniej w dwóch przekrojach na ka de 1000m

6.5. Wymagania PN-74/S-96017

Wska nik zag szczenia pod nawierzchniami z płyt betonowych i kamienno-betonowych wynosi $I_s \geq 0,98$

6.6. Wymagania PN-S-96013

Wska nik zag szczenia podło a pod beton (grubo ci min. 10cm) wynosi $I_s \geq 1,0$

7. Budownictwo kolejowe wg BN-88/8932-02

Moduł odkształcenia wtórnego powinien wynosić :

- dla linii magistralnych i pierwszorzędnych $E_2 \geq 80$ MPa,
- dla linii drugorzędnych i znaczenia miejscowego $E_2 \geq 60$ MPa.

Wymagane zagęszczenie podtorza

Człony podtorza	Wskaźnik zagęszczenia I_s	
	Linie magistralne i pierwszorzędne	Linie drugorzędne i znaczenia miejscowego
Warstwa ochronna*	$\geq 1,00$	$\geq 0,97$
Korpus nasypu	$\geq 0,95$	$\geq 0,92$
Warstwa odcinająca	$\geq 0,95$	$\geq 0,92$
Materiał filtracyjny do urządzeń odwadniających	$\geq 0,92$	$\geq 0,92$

* nie dotyczy gruntów stabilizowanych spoiwami

Dopuszcza się zastąpienie wymagań podanych w tabeli przez sprawdzenie stosunku $I_0 = E_2/E_1$, który nie powinien być większy niż 2,2.

8. Załączniki

8.1. Korelacja pomiędzy N_{10} , E_1 , I_D , I_s dla sztywnego podłoża na podstawie nomogramu „Zarys geotechniki”, Z. Wiłun

N_{10}	$E_0 (E_1)$	I_D	I_s
2	4	0,20	0,89
3	7	0,28	0,90
4	14	0,33	0,91
5	18	0,37	0,92
6	21	0,40	0,92
7	24	0,43	0,93
8	27	0,46	0,93
9	31	0,48	0,94
10	37	0,50	0,94
12	41	0,53	0,95
15	49	0,58	0,95
18	53	0,61	0,96
20	58	0,63	0,96
25	68	0,67	0,97
30	73	0,70	0,98
40	78	0,76	0,99
50	90	0,80	1,00
60	100	0,83	1,01
80	110	0,89	1,02
100	118	0,93	1,03
120	129	0,93	1,03