

MAJ-BUD



MAJ-BUD
inż. Magdalena Majewska
87-100 Toruń,
ul. Urzędnicza 14/7
tel. 509 765 084
NIP: 956-159-77-96

www.maj-bud.pl E-mail: majbud@vp.pl

**SPECYFIKACJA TECHNICZNA
PODŁOŻE GRUNTOWE ZAGĘSZCZONE MECHANICZNIE**

MAJ-BUD



www.maj-bud.pl

MAJ-BUD
e-mail: majbud@vp.pl

tel. 509 765 084

SPECYFIKACJA TECHNICZNA PODŁOŻE GRUNTOWE ZAGĘSZCZONE MECHANICZNIE

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Normy i literatura
3. Metody badawcze
4. Budownictwo lądowe
5. Budownictwo hydrotechniczne
6. Drogownictwo
7. Budownictwo kolejowe
8. Załączniki

1. Wstęp

Niniejsza instrukcja przedstawia część badań i wymagań 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 tłuczni kamyka
- 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 nawierzchnię 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 płytą.
- BN-68/8931-04 Pomiar równości nawierzchni planografem i łąką
- 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 pęcznienia gruntów

MAJ-BUD



www.maj-bud.pl

MAJ-BUD
e-mail: majbud@vp.pl

tel. 509 765 084

- 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 badań 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

4

- Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych Cz. 1, Cz. 2
- Roboty ziemne. Warunki techniczne wykonania i odbioru, MOŚZNiL 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 końcówek zagłębianych przez wbijanie, wciskanie lub wkręcanie, z jednoczesnym określaniem oporów występujących przy ich pogrążaniu.

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

3.1.1. Interpretacja pomiarów sondą 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 stożek (wg IBPG)

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

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:

MAJ-BUD



www.maj-bud.pl

MAJ-BUD

e-mail: majbud@vp.pl

tel. 509 765 084

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

gdzie:

ρ - gęstość objętościowa gruntu [g/cm³],

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

V_d - objętość dołka lub wciskanego cylindra [cm³].

b. Obliczenie gęstości objętościowej szkieletu gruntowego

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

gdzie:

ρ_d - gęstość objętościowa szkieletu gruntowego [g/cm³],

w- wilgotność gruntu

c. Obliczenie wskaźnika zagęszczenia IS

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

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 płytą stalową (VSS) wg BN-64/8931-02 i PN-S-02205:1998

Metoda polega na wywieraniu statycznego nacisku na badaną warstwę płytą stalową.

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 E1, E2 :

-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 obciążeń jednostkowych mm,

D- średnica płyty mm.

3.3.2 Zakresy obciążeń jednostkowych w zależności od rodzaju warstwy



Badana warstwa	Zakres obciążeń jednostkowych MPa	Końcowe obciążenie 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 lądowe

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

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

- dla nasypu 1 test na 1000m³ objętości 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 objętości zasypu, lecz nie rzadziej niż 1 test co 30m długości ściany 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 ≥0.95	I _s ≥0.98	I _s ≥0.95	I _s ≥0.92
	10-50	I _s ≥0.92	I _s ≥0.95	I _s ≥0.92	
Grunty niespoiste	piaski drobne	I _D ≥0.75		I _D ≥0.70	I _D ≥0.55
	piaski średnie	I _D ≥0.70			
	piaski grube i grunty gruboziarniste	I _D ≥0.65		I _D ≥0.65	

Nasypy nowych wałów przeciwpowodziowych wykonywanych metodą hydromechanizacji 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 ścieralna		nawierzchnia
warstwa wiążąca		
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.

8

6.2. Wymagania zagęszczenia 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 b. ciężkim				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

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

głębokość	drogi o ruchu lekkim i średnim				drogi o ruchu ciężkim i b. ciężkim				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 przyczółków i konstrukcji oporowych (wg PN-S-02205)

-wskaźnik zagęszczenia $IS \geq 1,0$ z wyjątkiem skarp stożków przy skrzydełkach oraz skarp czołowych przyczółków ażurowych i wtopionych w nasyp w których $IS \geq 0,95$

Wymagania zasyпки przewodów (wg PN-B-10736)

Do powierzchni terenu lub wymaganej rzędnej powinna być wykonana zasyпка przy zachowaniu zagęszczenia gruntu wg projektu. W przypadku nieokreślenia wskaźnika zagęszczenia powinien on wynosić $IS \geq 1,0$.

Odchylenie wskaźnika zagęszczenia gruntu nie powinno być większe niż 2%.

6.3. Wymagania nośności dla podbudowy i nawierzchni z tłuczni kamienno podano w tabeli (wg PN-84/S-96023)

Kategoria ruchu	Ugięcie sprężyste mm pod kołem 40kN	Ugięcie sprężyste mm pod kołem 50kN	Wtórny moduł odkształcenia E ₂ mierzony płytą o średnicy 30cm MPa
lekki R ₂	1.25	1.40	140
lekko średni R ₃ i średni R ₄	0.9	1.0	170
ciężki R ₅ i bardzo ciężki R ₆	0.6	0.7	200

6.4. Wymagania wskaźnika zagęszczenia i nośności podbudowy (wg PN-S-06102)



Podbudowa z kruszywa o wskaźniku w_{nos} nie mniejszym niż %	Wymagane cechy podbudowy				
	Wskaźnik zagęszczenia I_s nie mniejszy niż	Maksymalne ugięcie sprężyste pod kołem mm		Minimalny moduł odkształcenia mierzony płytą o średnicy 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

Wskaźnik odkształcenia dla każdej warstwy podbudowy I_0 nie powinien być większy niż 2,2

Badanie wskaźnika zagęszczenia należy wykonać co najmniej 10 razy na zadaniu (obiekcie),

$I_0 = E_2/E_1$ co najmniej raz na 5000m²,

Badanie modułów odkształcenia (nośności) należy wykonać co najmniej w dwóch

przekrojach na każde 1000m

6.5. Wymagania PN-74/S-96017

Wskaźnik zagęszczenia pod nawierzchniami z płyt betonowych i kamienno-betonowych

wynosi $IS \geq 0,98$

6.6. Wymagania PN-S-96013

Wskaźnik zagęszczenia podłoża pod beton (grubości min. 10cm) wynosi $IS \geq 1,0$

10

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

Część 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 , ID , IS 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

