

## **VIII. Oznaczenie maksymalnej gęstości szkieletu mieszanki kruszyw i wilgotności optymalnej.**

### **1. Przedmiot instrukcji**

Instrukcja opisuje oznaczenie maksymalnej gęstości szkieletu mieszanki kruszyw związanych lub niezwiązanych spoiwem zagęszczanych metodą Proctora. Do badań gruntów stosuje się dotychczasową normę PN-88/B-04481. Badanie Proctora wg normy PN-EN różni się nieco od badania wykonywanego wg starej normy PN. W przypadku stosowania normalnej metody Proctora energia właściwa zagęszczania powinna znajdować się w przedziale 0,59 do 0,63 MJ/m<sup>3</sup>.

### **2. Odniesienie do normy**

PN-EN 13286-1 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym. Część 1: Laboratoryjne metody oznaczania referencyjnej gęstości i i wilgotności – Wprowadzenie, wymagania ogólne i pobieranie próbek.

PN-EN 13286-2 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym. Część 2: Metody określenia gęstości i zawartości wody. Zagęszczanie metodą Proctora.

### **3. Określenia**

Gęstość Proctora – laboratoryjna porównawcza gęstość wyznaczona z zależności gęstości szkieletu kruszywa od zawartości wody otrzymanej podczas badania Proctora wykonanego z określoną energią w przybliżeniu 0,6 MJ/m<sup>3</sup>.

Gęstość szkieletu kruszywa – maksymalna gęstość szkieletu kruszywa, która może zostać oznaczona z zależności gęstości szkieletu kruszywa od wilgotności przy określonej metodzie badania.

Wilgotność optymalna – jest to wilgotność, przy której w ustalonych (normowych) warunkach ubijania można osiągnąć maksymalne zagęszczenie mieszanki.

### **4. Aparatura i materiały**

- cylindryczne formy do badania wyposażone w przedłużkę nie niższą niż 50 mm i zdejmowaną stalową płytę podstawy o wymiarach według tabeli 14,

Tabela 14. Porównanie wymiarów form do badania Proctora

Typ cylindra	PN-EN 13286-2		PN-88/B-04481	
	$D_w$ [mm]	$h$ [mm]	$D_w$ [mm]	$h$ [mm]
A/mały	100,0±1,0	120±1,0	112,8±0,2	100±0,2
B/duży	150,0±1,0	120±1,0	152,4±0,2	120,6±0,2

- ubijak Proctora, ręczny lub automatyczny, konstrukcja powinna zapewnić swobodny spadek na górną powierzchnię mieszanki w formie. Cechy ubijaka powinny być zgodne z tabelą 15.

Tabela 15. Porównanie cech ubijaków do badania Proctora

Typ ubijaka	PN-EN 13286-2			PN-88/B-04481		
	masa ubijaka [kg]	średnica podstawy [mm]	wysokość spadku [mm]	masa ubijaka [kg]	średnica podstawy [mm]	wysokość spadku [mm]
A/lekki	2,50±0,02	50,0±0,5	305±3	2,50±0,005	50,8±0,2 <sup>1)</sup> 76,8±0,2 <sup>2)</sup>	320±1
B/ciężki	4,50±0,04	50,0±0,5	457±3	4,50±0,005	50,8±0,2 <sup>1)</sup> 76,8±0,2 <sup>2)</sup>	480±1

<sup>1)</sup> – przy stosowaniu małego cylindra do oznaczenia

<sup>2)</sup> – przy stosowaniu dużego cylindra do oznaczenia

Rysunek 13. Ręczny ubijak Proctora<sup>3</sup>

<sup>3</sup> źródło: <http://www.geolab.com.pl/oferta5a.htm>

- sita kontrolne #16 mm, #31,5 mm, #63 mm zgodne z PN-EN 933-2,
- waga o dokładności ważenia do 0,1 % masy zagęszczanej próbki,
- miska plastikowa, łopatką
- stalowa linijka o długości 200 mm lub dłuższa, jedna krawędź powinna być sfazowana,
- suszarka z wentylacją utrzymująca temperaturę  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ ,
- brytfanki, miski, pędzle, ponumerowane parowniczkami, menzurka.

## 5. Przygotowanie próbki

Zagęszczenie próbki mieszanki powinno być wykonane w cylindrycznej formie, której wymiary są zależne od wymiaru ziarna w próbce mieszanki. Wymagany rozmiar formy należy wybrać zgodnie z tabelą 16.

Tabela 16. Zestawienie metod badania

Ułamek masowy próbki (w %), który przechodzi przez sito			Forma Proctora
16 mm	31,5 mm	63 mm	
100	---	---	A
			B
75-100	100	---	B
<100	75-100	100	B

W zależności od kombinacji cylindra i ubijaka można wyróżnić 4 warianty badania Proctora, które przedstawiono w tabeli 17. W nawiasach podano warunki dla normy PN-88/B-04481.

Tabela 17. Badanie Proctora i zmodyfikowane badanie Proctora

Typ badania	Charakterystyka badania	Forma Proctora	
		A (mała)	B (duża)
Badanie Proctora	Masa ubijaka [kg]	2,5	2,5
	Wysokość spadku [mm]	305 (320)	305 (320)
	Liczba warstw	3	3
	Liczba uderzeń na warstwę	25 (25)	56 (55)
Zmodyfikowane badanie Proctora	Masa ubijaka [kg]	4,5	4,5
	Wysokość spadku [mm]	457 (480)	457 (480)
	Liczba warstw	5	5
	Liczba uderzeń na warstwę	25 (25)	56 (55)

Na podstawie przesiewu lub z krzywej uziarnienia należy obliczyć w przybliżeniu, w procentach (z dokładnością  $\pm 5\%$ ) masę ziaren z próbki mieszanki przechodzących przez sita: #16 mm, #31,5 mm, lub #63 mm. Na tej podstawie należy wybrać z tabeli 16 odpowiedni wymiar formy. Materiał, który był użyty do szacowania nie może być wykorzystany w badaniu zagęszczenia.

Do badania należy przygotować minimum pięć reprezentatywnych próbek, każdą o masie około 3 kg mieszanki dla formy Proctora A i 6 kg dla formy Proctora B. Próbkę mieszanki przesiać przez sita #16 mm, #31,5 mm. Pozostający na sicie materiał (nadziarno) należy zważyć i obliczyć jego zawartość procentową w mieszance ( $m$ ). Należy również oznaczyć zawartość wody w nadziarnie ( $w_o$ ) i określić gęstość cząstek nadziarna ( $\rho_{so}$ ). Ilość materiału, która przeszła przez sita powinna wynosić jak wyżej.

Każdą próbkę należy bardzo dokładnie wymieszać z wodą w takiej ilości, aby różnica wilgotności między próbkami wynosiła około 1-2 %. Zawartość wody powinna być tak przyjęta, aby przynajmniej dwie wartości leżały po każdej stronie wilgotności optymalnej.

## 6. Wykonanie badania

- 6.1. Zważyć formę z dołączoną płytą podstawy z dokładnością do 1 g. Zapisać masę jako  $m_1$  w formularzu badania. Jeżeli nie jest znana objętość formy należy zmierzyć wysokość i średnicę z dokładnością do 0,5 mm i obliczyć jej objętość.
- 6.2. Nałożyć przedłużkę na formę i wsypać do formy taką ilość mieszanki, aby po zagęszczeniu zajmowała ona trochę więcej niż jedną trzecią (lub jedną piątą w zależności od metody) wysokości formy. Przyłożyć odpowiednią ilość uderzeń. Uderzenia powinny być rozmieszczone jednolicie na powierzchni próbki. W trakcie badania należy upewnić się, że ubijak opada zawsze swobodnie i nie jest blokowany przez kruszywo w lub na prowadnicy. W zależności od metody badania mieszankę należy zagęszczać w 3 lub 5 warstwach. Po zagęszczeniu ostatniej warstwy mieszanka w cylindrze nie powinna wystawać więcej niż 10 mm nad górną powierzchnię formy właściwej. Jeżeli ilość ubitej mieszanki po odłączeniu przedłużki będzie zbyt duża, wyniki badania będą niedokładne.
- 6.3. Usunąć przedłużkę, ściąć nadmiar mieszanki metalową linijką prowadząc ją od środka ku krawędzi. Ostrożnie wygładzić powierzchnię zagęszczonej mieszanki do poziomu górnej krawędzi formy. Usunąć wystające grube ziarna i zastąpić ubytki mocno wciśniętym drobniejszym materiałem mieszanki. Za pomocą pędzla oczyścić zewnętrzną powierzchnię cylindra oraz podstawę z resztek mieszanki.

- 6.4. Zważyć formę z podstawą oraz materiałem z dokładnością do 1 g. Zapisać masę jako  $m_2$  w formularzu badania.
- 6.5. Noma zaleca aby badanie wilgotności próbki wykonać na całej zagęszczonej mieszance znajdującej się w formie. Do celów dydaktycznych można jednak pobrać mniejszą próbkę z badanej mieszanki. Przed pobraniem próbki, mieszankę należy wysypać z formy i starannie wymieszać. Próbkę do określenia wilgotności należy pobrać jak najszybciej po zagęszczeniu mieszanki, aby uniknąć strat wilgoci. Badanie wilgotności należy wykonać zgodnie z instrukcją VII
- 6.6. Wykonać badanie zagęszczenia na każdej uprzednio przygotowanej próbce zgodnie z punktami 6.2-6.5. Po przekroczeniu przez mieszankę wilgotności optymalnej, masa cylindra z materiałem powinna maleć.

## 7. Obliczanie wyniku i wykres

Gęstość objętościową  $\rho$  zagęszczonego materiału dla każdej zagęszczonej próbki obliczyć wg wzoru:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (16)$$

gdzie:

$\rho$  – gęstość objętościowa, w g/cm<sup>3</sup>

$m_1$  – masa formy i podstawy, w gramach,

$m_2$  – masa formy, podstawy i zagęszczonej mieszanki, w gramach,

$V$  – objętość formy, w centymetrach sześciennych,

Gęstość szkieletu  $\rho_d$  każdej zagęszczonej próbki obliczyć ze wzoru

$$\rho_d = \frac{100 \times \rho}{100 + w} \quad (17)$$

gdzie:

$\rho_d$  – gęstość szkieletu, w g/cm<sup>3</sup>

$\rho$  – gęstość objętościowa, w g/cm<sup>3</sup>

$w$  – wilgotność mieszanki, w %,

Jeżeli występuje zawartość nadziarna (materiał pozostający na sitach #16 mm, #31,5 mm) należy wykonać korektę zgodnie z następującymi wzorami:

$$w' = w \times (1 - m) + w_o \times m \quad (18)$$

$$\rho'_d = \rho_d \times (1 - m) + 0,9 \times m \times \rho_{SSD} \quad (19)$$

gdzie:

$w'$  – skorygowana zawartość wody w próbce, w %,

$w$  – zawartość wody w próbce, w %,

$m$  – zawartość nadziarna wyrażona jako ułamek masowy  $\frac{m_o}{m_t}$ , w %,

$m_o$  – masa suchego nadziarna, materiał pozostający na sitach #16 mm, #31,5 mm, w gramach,

$w_o$  – zawartość wody w nadziarnie, w %,

$\rho_d$  – gęstość szkieletu, w  $\text{g/cm}^3$

$\rho'_d$  – skorygowana gęstość szkieletu kruszywa badanej próbki, w  $\text{g/cm}^3$

$\rho_{SSD}$  – gęstość ziaren materiału nadziarna w warunkach nasycenia suchej powierzchni, w  $\text{g/cm}^3$

Nanieść wartości gęstości szkieletu otrzymane podczas serii oznaczeń, jako rzędne w funkcji odpowiadających im wartości wilgotności. Narysować gładką krzywą najlepiej dopasowaną do nakreślonych punktów i oznaczyć położenie maksimum na tej krzywej. Maksimum może znajdować się pomiędzy dwoma oznaczonymi punktami, nie musi ono odpowiadać punktowi, w którym zanotowano maksymalną masę cylindra z zagęszczonym kruszywem. Odczytać wartości gęstości szkieletu odpowiadającej i zawartość wody, odpowiadającą temu punktowi. Maksymalną gęstość szkieletu kruszywa podać z dokładnością do  $0,001 \text{ g/cm}^3$ , natomiast wilgotność jeżeli jest mniejsza niż 10% należy podać z dokładnością do 0,1%, natomiast dla wartości większych od 10% z dokładnością do 1%.

Na wykresie należy przedstawić również krzywą maksymalnego nasycenia (odpowiada to 0% wolnej przestrzeni w kruszywie). Krzywą tą należy obliczyć wg wzoru:

$$\rho_d = \frac{1 - 0,01V_a}{\frac{1}{\rho_s} + 0,01 \frac{w}{\rho_w}} = \frac{1}{\frac{1}{\rho_s} + 0,01w} \quad (20)$$

gdzie:

$\rho_d$  – gęstość szkieletu, w  $\text{g}/\text{cm}^3$

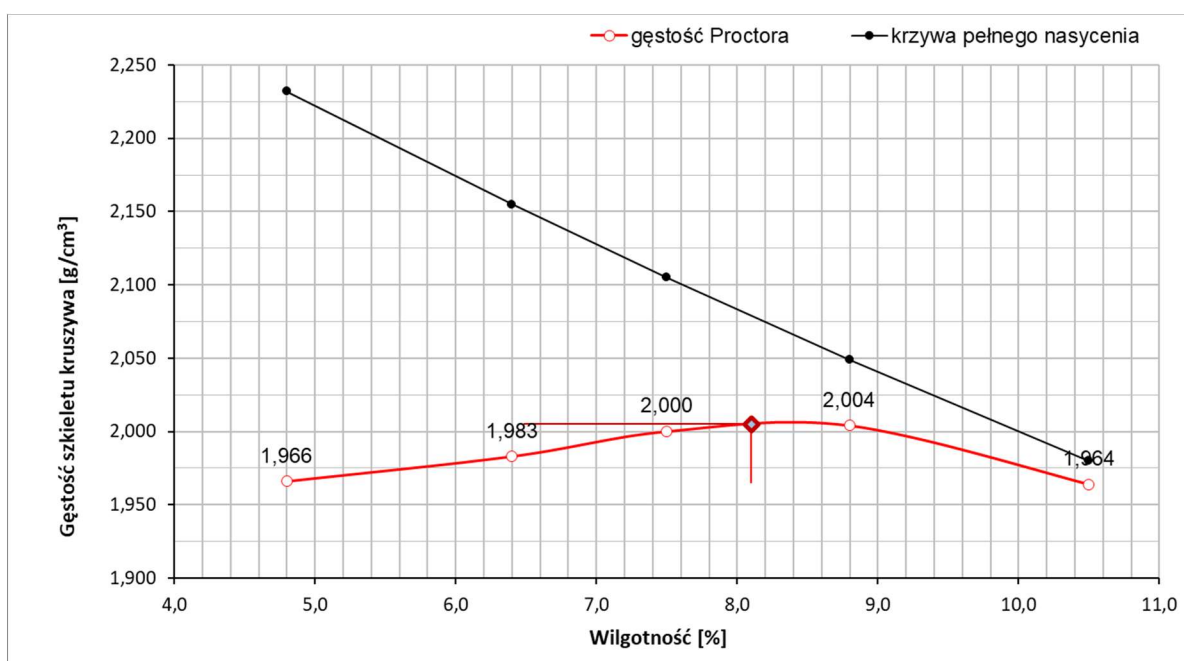
$\rho_s$  – gęstość ziaren mieszanki, w  $\text{g}/\text{cm}^3$

$\rho_w$  – gęstość wody, do wzoru należy podstawić wartość 1, w  $\text{g}/\text{cm}^3$

$V_a$  – objętość wolnej przestrzeni, ułamek całkowitej objętości mieszanki (do wzoru należy podstawić wartość 0%), w %

$w$  – zawartość wody w próbce, w %,

Przykład wykresu przedstawiono na rysunku 14.



Rysunek 14. Sposób wyznaczenia wilgotności optymalnej i maksymalnej gęstości szkieletu kruszyw

## IX. Badanie wytrzymałości na ściskanie mieszanki stabilizowanej spoiwem.

### 1. Przedmiot instrukcji

Instrukcja opisuje sposób przygotowania próbek z mieszanki kruszyw stabilizowanych spoiwem wg WT5:2010, sposób pielęgnacji oraz badanie wytrzymałości na ściskanie.

### 2. Odniesienie do normy

PN-EN 13286-50 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym. Część 50: Metoda sporządzania próbek związanych hydraulicznie za pomocą aparatu Proctora lub zagęszczania na stole wibracyjnym.

PN-EN 13286-41 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym. Część 41: Metoda oznaczania wytrzymałości na ściskanie mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym.

### 3. Aparatura i materiały

- formy zgodne z PN-EN 13286-2. Rozmiar formy powinien być przyjęty według tabeli 18. Dla ułatwienia rozformowania próbek można używać rozkładanych form wieloczęściowych. Formy powinny być wyposażone w nadstawki nie niższe niż 100 mm, stosowane w celu ułatwienia napełnienia.

Tabela 18. Wymiary próbek do badania wytrzymałości

Wymiary próbek		Maksymalny wymiar ziarna w próbce
średnica [mm]	wysokość [mm]	
100±1	120±1	16 <sup>1)</sup>
150±1	120±1	31,5

<sup>1)</sup> – lub 22,4 mm na podstawie doświadczeń

- ubijak Proctora zgodny z PN-EN 13286-2
- prasa do badania wytrzymałości na ściskanie zgodna z PN-EN 13286-41
- waga o dokładności ±0,1% masy próbki analitycznej,
- suwmiarka, stalowa linijka o długości 200 mm lub dłuższa, jedna krawędź powinna być sfrezowana
- drobny sprzęt laboratoryjny: łopatką, miski.



#### 4. Przygotowanie oraz przechowywanie próbki

- 4.1. Mieszanekę należy przygotować zgodnie z wcześniej opracowaną receptą. Masa spoiwa oraz dodatków powinna być określona w stosunku do masy suchego kruszywa. Przed sporządzeniem mieszanki należy określić wilgotność mieszanki mineralnej. Potrzebną ilość wilgotnego kruszywa należy określić według wzoru

$$G_w = G_s \frac{100 + w}{100} \quad (20)$$

gdzie:

$G_w$  – masa kruszywa wilgotnego, w gramach,

$G_s$  – masa kruszywa suchego, w gramach,

$w$  – zawartość wody w stosunku do suchej masy próbki, w %,

Przy sporządzaniu próbek należy uwzględnić wilgotność materiału użytego do sporządzenia próbek, stąd ilość dodanej wody należy obliczyć według wzoru:

$$W_{dod} = W_{opt} - W_{prob} \quad (21)$$

gdzie:

$w_{dod}$  – ilość dodanej wody, w %,

$w_{opt}$  – wilgotność optymalna próbki wg badania Proctora, w %,

$w_{prob}$  – wilgotność kruszywa z którego przygotowywana jest próbka, w %,

Z każdej mieszanki należy przygotować co najmniej 6 próbek. Potrzebna ilość mieszanki może być wyliczona wg wzoru:

$$m = V \times \rho_d \left[ 1 + \frac{w}{100} \right] \quad (22)$$

gdzie:

$m$  – masa próbki, w gramach,

$V$  – objętość próbki, w  $\text{cm}^3$ ,

$\rho_d$  – gęstość szkieletu próbki, w  $\text{g}/\text{cm}^3$

$w$  – zawartość wody w stosunku do suchej masy próbki, w %,

Należy pamiętać o starannym wymieszaniu materiału z wodą, aby próbka była równomiernie nasycona wodą.

- 4.2. Przed zagęszczeniem należy zważyć formy i obliczyć ich objętość.
- 4.3. Próbkę należy zagęścić zgodnie z PN-EN 13286-2 (instrukcja IX niniejszego opracowania). Ilość uderzeń i ilość warstw powinna być taka, aby zapewnić uzyskanie maksymalnej gęstości szkieletu gruntowego wyznaczonego w badaniu Proctora. Energia zagęszczania powinna być taka sama jak w badaniu wilgotności optymalnej. Liczbę uderzeń na warstwę przy założonej liczbie warstw można obliczyć wg wzoru:

$$Energia\ właściwa = \frac{masa\ ubijaka \times wysokość\ spadku \times liczba\ uderzeń\ na\ warstwę \times liczba\ warstw \times grawitacja}{objętość\ formy} \quad (23)$$

Przed ułożeniem następnej warstwy należy zadrapać wierzch poprzednio zagęszczonej warstwy w celu osiągnięcia przyczepności między warstwami.

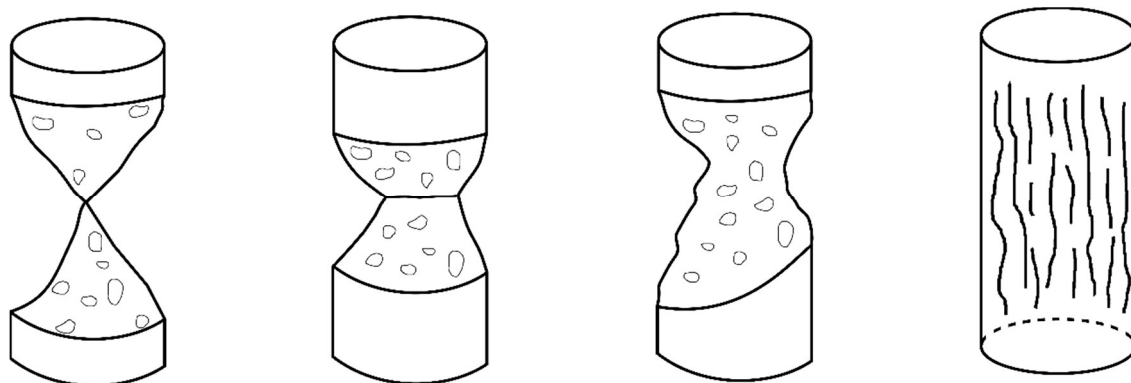
- 4.4. Po zagęszczeniu ostatniej warstwy mieszanka w cylindrze nie powinna wystawać więcej niż 5 mm nad górną powierzchnię formy właściwej. Usunąć przedłużkę, ściąć nadmiar mieszanki metalową linijką prowadząc ją od środka ku krawędzi. Ostrożnie wygładzić powierzchnię zagęszczonej mieszanki do poziomu górnej krawędzi formy. Usunąć wystające grube ziarna i zastąpić ubytki mocno wciśniętym drobniejszym materiałem mieszanki.
- 4.5. Zważyć formę razem z materiałem oraz obliczyć masę próbki. Znając objętość formy należy obliczyć gęstość próbki. Jej wartość nie powinna się różnić od wymaganej o więcej niż 0,02 g/cm<sup>3</sup>. Próbkę trwale oznaczyć na powierzchni czołowej w sposób umożliwiający ich późniejsze zidentyfikowanie.
- 4.6. Po dostatecznym czasie wiązania, nie krótszym niż 20 h od zagęszczenia, należy rozformować próbkę. Przed wyjęciem z formy, próbki powinny być przechowywane w sposób zabezpieczający przed utratą wilgotności w temperaturze pokojowej (20±5 °C).
- 4.7. Po wyjęciu z formy, próbki powinny być przechowywane:
- w pozycji pionowej,
  - w sposób zapobiegający utracie wilgotności,
  - w określonej temperaturze z dokładnością do ±2 °C
  - przez czas określony w wytycznych dotyczących danej mieszanki
- 4.8. Próbkę stabilizowaną cementem należy przechowywać przez 14 dni w temperaturze pokojowej zabezpieczone przed wysychaniem (w komorze o wilgotności 95-100% lub w wilgotnym piasku) i następnie zanurzyć na 14 dni do

wody o temperaturze pokojowej. Nasycanie próbek wodą odbywa się pod ciśnieniem normalnym i przy całkowitym zanurzeniu w wodzie.

- 4.9. Próbki stabilizowane żużlem należy przechowywać przez 76 dni w temperaturze pokojowej zabezpieczone przed wysychaniem (w komorze o wilgotności 95-100% lub w wilgotnym piasku) i następnie zanurzyć na 14 dni do wody o temperaturze pokojowej. Sumaryczny czas pielęgnacji próbek powinien wynosić 90 dni. Nasycanie próbek wodą odbywa się pod ciśnieniem normalnym i przy całkowitym zanurzeniu w wodzie.
- 4.10. Próbki stabilizowane popiołem lotnym należy przechowywać w temperaturze pokojowej zabezpieczone przed wysychaniem (w komorze o wilgotności 95-100% lub w wilgotnym piasku)
- przez 28 dni, w przypadku badania po 42 dniach,
  - przez 76 dni, w przypadku badania po 90 dniach,
- następnie zanurzyć na 14 dni do wody o temperaturze pokojowej. Nasycanie próbek wodą odbywa się pod ciśnieniem normalnym i przy całkowitym zanurzeniu w wodzie.
- 4.11. Próbki stabilizowane spoiwem drogowym należy przechowywać w temperaturze pokojowej zabezpieczone przed wysychaniem (w komorze o wilgotności 95-100% lub w wilgotnym piasku)
- przez 28 dni, w przypadku badania po 42 dniach,
  - przez 76 dni, w przypadku badania po 90 dniach,
- następnie zanurzyć na 14 dni do wody o temperaturze pokojowej. Nasycanie próbek wodą odbywa się pod ciśnieniem normalnym i przy całkowitym zanurzeniu w wodzie.
- 4.12. Po wyjęciu z wody próbki wytrzeć ręcznikiem z nadmiaru wilgoci, zmierzyć wysokość i średnicę w 4 miejscach (z dokładnością do 0,5%), a następnie zważyć próbkę i porównać z masą w czasie jej sporządzania. Jeżeli różnica jest większa niż 2 %, należy odnotować to w arkuszu badania. Należy zmierzyć również równoległość podstawy górnej i dolnej. Tolerancja nierównoległości nie powinna być wyższa niż 2 mm na 100 mm. Próbki niespełniające tych wymagań powinny być odrzucone lub powierzchnie ich powinny być wyrównane przez szlifowanie. Próbki wadliwe należy odrzucić.

## 5. Oznaczenie wytrzymałości próbek na ściskanie

- 5.1. Usunąć jakikolwiek luźny grys lub obcy materiał oraz wytrzeć do czysta powierzchnie obciążające prasy.
- 5.2. Ustawić próbkę w osi dolnej płyty dociskowej z dokładnością do 1 % oznaczonego wymiaru próbki. Należy zapewnić wymuszone umieszczenie próbek w środku dolnej płyty dociskowej, wzrokowe osiowanie nie powinno być stosowane. Nie należy stosować żadnych podkładek między próbką a płytą dociskową.
- 5.3. Obciążenie powinno być wywierane w sposób ciągły i jednolity bez uderzenia. Przyrost obciążenia powinien być taki, aby zniszczenie próbki nastąpiło w czasie od 30 do 60 sekund od momentu obciążenia próbki. W tym celu należy określić prędkość ściskania na trzech dodatkowych próbkach. Wyników z tych oznaczeń nie należy brać pod uwagę.
- 5.4. Po ustaleniu prędkości obciążania wykonać badanie na co najmniej 3 próbkach. Zapisać maksymalną siłę  $F$  w arkuszu badania. Czas pomiędzy wyjęciem próbek z wody a obciążeniem powinien być jak najkrótszy w celu uniknięcia utraty wilgotności próbki.
- 5.5. Ocenic model zniszczenia zgodnie z rysunkiem 15. Nieprawidłowa forma zniszczenia może wynikać z niedokładnego formowania próbek lub wyrównywania powierzchni.



Rysunek 15. Przykłady prawidłowych zniszczeń próbek walcowych

## 6. Obliczanie wyniku

Wytrzymałość na ściskanie  $R_c$  należy obliczyć wg poniższego wzoru:

$$R_c = \frac{F}{A_c} \quad (24)$$

gdzie:

$R_c$  – wytrzymałość próbki na ściskanie, w MPa,

$F$  – zanotowana siła, w N,

$A_c$  – powierzchnia przekroju poprzecznego, w mm<sup>2</sup>,

Wytrzymałość na ściskanie należy podać z dokładnością do

- 0,1 MPa dla wartości wytrzymałości na ściskanie poniżej 5 MPa,
- 0,5 MPa dla wartości wytrzymałości na ściskanie powyżej 5 MPa.

Jako wynik należy podać średnią z co najmniej trzech oznaczeń. Wynik różniący się więcej niż 20 % od tej średniej należy odrzucić i ponownie obliczyć średnią z pozostałych dwóch wyników.

## **X. Oznaczenie Kalifornijskiego Wskaźnika Nośności (CBR).**

### **1. Przedmiot instrukcji**

Instrukcja opisuje sposób przygotowania próbki do badania, pielęgnację oraz badanie Kalifornijskiego Wskaźnika Nośności

### **2. Odniesienie do normy**

PN-EN 13286-47 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym. Część 47: Metoda badania do określenia kalifornijskiego wskaźnika nośności, natychmiastowego wskaźnika nośności i pęcznienia liniowego.

### **3. Określenia**

Kalifornijski wskaźnik nośności (CBR) – wskaźnik używany do scharakteryzowania nośności mieszanki. Badanie wskaźnika CBR polega na pomiarze nacisku jaki jest potrzebny by wcisnąć tłok o określonym kształcie w badaną próbkę gruntu. Otrzymany wynik następnie dzieli się przez nacisk potrzebny do wciśnięcia tłoka na taką samą głębokość w standardowo zagęszczony tłuczeń.

### **4. Aparatura i materiały**

- forma Proctora typu B z odpowiednim krążkiem dystansowym zgodna z PN-EN 13286-2, wyposażona w płytę podstawy jednolicie perforowaną, na co najmniej 1% powierzchni, perforowaną płytę górną ze stopu aluminium z nastawnym trzpieniem będącym oparciem dla czujnika zegarowego,
- trójnóg pod czujnik zegarowy,
- czujnik zegarowy o dokładności 0,05 mm,
- ubijak Proctora A lub B zgodny z PN-EN 13286-2,
- waga o dokładności  $\pm 0,1$  g i zakresie ważenia do 30 kg, waga o dokładności  $\pm 0,1\%$  masy próbki analitycznej i zakresie ważenia do 1 kg,
- suszarka z wentylacją utrzymująca temperaturę  $110 \pm 5$  °C,
- pojemnik do nasycania próbki, wystarczająco duży pozwalający na zanurzenie formy, na dnie pojemnika powinna być siatka do oparcia formy,
- pierścienie obciążeniowe, każdy o masie 25 N służące jako nadwaga, alternatywnie można użyć segmentów półpierścieniowych,

- cylindryczny trzpień penetracyjny o średnicy  $50 \pm 0,5$  mm , którego dolny koniec powinien być wykonany z utwardzonej stali,
- prasa obciążająca zgodna z PN-EN 13286-47 o nacisku co najmniej 50 kN, prędkość przesuwu trzpienia powinna wynosić  $1,27 \pm 0,20$  mm/min,
- suwmiarka, stalowa linijka o długości 200 mm lub dłuższa, jedna krawędź powinna być sfrezowana
- drobny sprzęt laboratoryjny: łopatką, miski, filtry papierowe.



Rysunek 16. Forma oraz prasa do badania CBR<sup>4</sup>

## 5. Przygotowanie oraz pielęgnacja próbki

- 5.1. Badany materiał wysuszyć do stałej masy, przesiać przez sito #22,4 mm. Przez sito powinno przejść około 7,5 kg mieszanki. Ilość dodanej wody powinna odpowiadać wilgotności optymalnej wyznaczonej w badaniu Proctora.
- 5.2. Przymocować formę do płyty podstawy wraz z dołączoną nadstawką. Włożyć na płytę podstawy krążek dystansowy na nim umieścić krążek z bibuły filtracyjnej. Zmierzyć wymiary formy oraz obliczyć jej objętość. Zagęścić mieszankę w formie stosując energię zagęszczania wg metody Proctora (zgodnie z instrukcją IX i PN-EN 13286-2). Po zagęszczeniu usunąć nadstawkę i wyrównać mieszankę równo z wierzchem formy. Uzupełnić drobnym materiałem jakiegokolwiek ubytki, które mogły powstać na wierzchu podczas wyrównywania.
- 5.3. Usunąć płytę podstawy i krążek dystansowy. Zważyć i zapisać w formularzu badania masę formy z mieszanką z dokładnością do 5 g. Obliczyć gęstość szkieletu próbki.

<sup>4</sup> źródło: <http://matest.com/en/products/soil/load-frames-multispeed-cbr-marshall>

- 5.4. Z materiału pozostałego po formowaniu próbki określić wilgotność próbki analitycznej.
- 5.5. Umieścić krążek papieru filtracyjnego na perforowanej płycie podstawy. Odwrócić formę z zagęszczoną próbką i przymocować płytę podstawy do formy. W tym położeniu góra formy przy zagęszczaniu próbki jest teraz spodem i ma kontakt z papierem filtracyjnym.
- 5.6. Umieścić papier filtracyjny na wierzchu próbki, następnie perforowaną płytę górną oraz minimum dwa krążki nadwagi.
- 5.7. Umieścić formę do badania CBR w zbiorniku, całkowicie zanurzoną w wodzie o temperaturze pokojowej. Zamocować trójnóg i czujnik zegarowy do pomiaru pęcznienia próbki.
- 5.8. Wykonać początkowy odczyt pęcznienia próbki i pozwolić nasiąkać próbce przez 96 h. Utrzymywać stały poziom wody w tym czasie.
- 5.9. Przy końcu okresu nasycania dokonać końcowych pomiarów i obliczyć ostateczne pęcznienie, jako procent początkowej wysokości próbki.
- 5.10. Po ukończeniu nasycania usunąć trójnóg z czujnikiem zegarowym, wyjąć formę z pojemnika i umożliwić odsączenie wody z próbki przez  $15 \pm 1$  min.
- 5.11. Usunąć krążki obciążeniowe i perforowaną płytę górną i płytę podstawy, zważyć i zapisać w arkuszu badania masę formy z próbką.

## **6. Określenie Kalifornijskiego Wskaźnika Nośności**

- 6.1. Przyłączyć z powrotem płytę podstawy, a następnie umieścić formę na dolnej płycie dociskowej prasy.
- 6.2. Umieścić wymaganą liczbę krążków obciążeniowych na próbce. Liczba krążków powinna być taka jak użyta podczas nasycania.
- 6.3. W zależności od oczekiwanego wskaźnika CBR przyłożyć wstępną siłę na trzpień:
  - 10 N dla wskaźnika do 5%
  - 40 N dla wskaźnika powyżej 5%

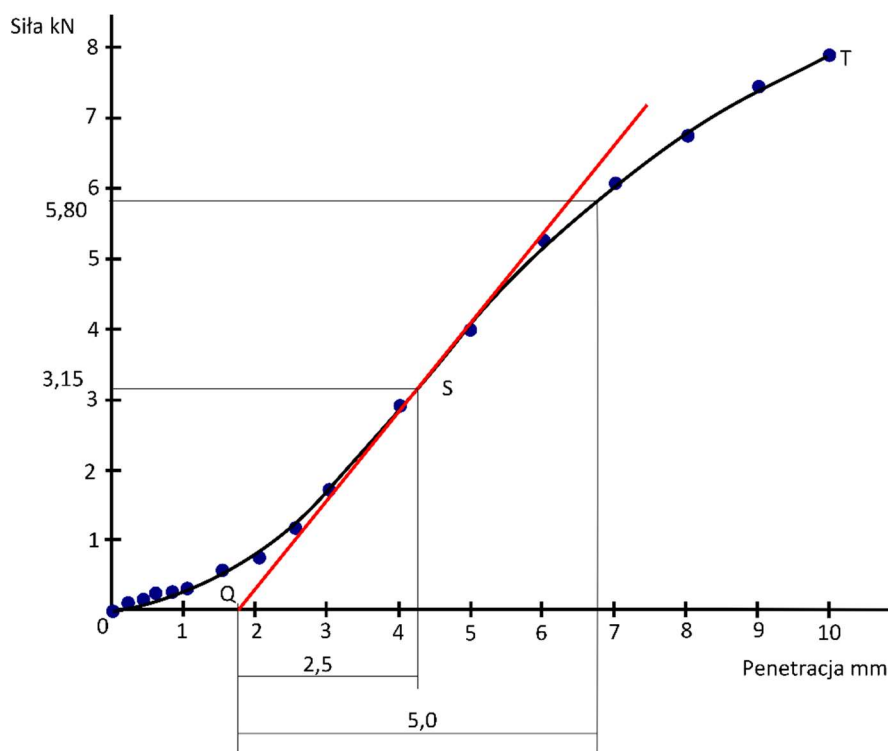
Zanotować odczyt siły, jako początkowy odczyt zerowy. Zamontować czujnik do pomiaru przemieszczenia i zanotować odczyt początkowy.



- 6.4. Uruchomić prasę, przyłożone obciążenie powinno zapewnić przyrost penetracji około 1,27 mm/min. Co 0,5 mm notować wartość obciążenia. Badanie prowadzić do momentu uzyskania całkowitej penetracji nie większej niż 10 mm.
- 6.5. Po zakończeniu badania wyjąć próbkę z formy oraz określić wilgotność próbki.
- 6.6. Do określenia natychmiastowego wskaźnika nośności próbkę poddać badaniu bezpośrednio po zagęszczeniu, bez obciążania i przechowywania w wodzie.

## 7. Obliczenie i przedstawienie wyników

- 7.1. Sporządzić wykres zależności siły od penetracji i wykreślić płynną krzywą przechodzącą przez te punkty.
- 7.2. Jeżeli początkowa część krzywej jest wklęsła, powinna być zrobiona korekta przez wykreślenie stycznej do krzywej w punkcie jej największego nachylenia (w punkcie przegięcia krzywej, *S*). Przyjąć przecięcie stycznej i osi penetracji jako nowy początek (punkt *Q* na rysunku). Skorygowana krzywa użyta w obliczeniach będzie się składała ze stycznej do wykresu (od punktu *Q* do punktu *S*) i początkowego wykresu (od punktu *S* do punktu *T*). Jeżeli po korekcie należałoby odczytać wartość siły dla penetracji większej niż 7,5 mm przed korektą to taki wynik należy odrzucić.



Rysunek 17 Sposób wyznaczenia krzywej siła/penetracja

7.3. Odczytać z wykresu siłę w kN odpowiadającą penetracji na głębokość 2,5 mm i 5,0 mm. Uzyskane wartości wyrazić jako procent sił standardowych zgodnie ze wzorem:

$$CBR = \frac{P}{P_s} \times 100\% \quad (23)$$

gdzie:

$CBR$  – Kalifornijski Wskaźnik Nośności w %,

$P$  – zanotowana siła, w kN,

$P_s$  – siła standardowa, w kN,

Wartości sił standardowych wynoszą:

- 13,2 kN dla penetracji 2,5 mm
- 20,0 kN dla penetracji 5,0 mm

Za wynik badania należy przyjąć większą z tych dwóch wartości. Wynik badania należy podać z dokładnością określoną w tabeli 11.

Tabela 19. Dokładność podawania wartości wskaźnika  $CBR$

Zakres wskaźnika $CBR$	Dokładność, w %
0 - 9	0,5
10 - 29	1,0
> 29	5,0