

## Temat: Badanie Proctora wg PN-EN 13286-2

Celem ćwiczenia jest oznaczenie maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego i wilgotności optymalnej w badaniu Proctora. Badanie polega na zagęszczaniu gruntu, umieszczonego w cylindrycznej formie, spadającym ubijakiem. Otrzymany wynik służy do określenia stopnia zagęszczenia podłoża gruntowego.

**Gęstość szkieletu kruszywa** – maksymalna gęstość szkieletu kruszywa, która może zostać oznaczona z zależności gęstość szkieletu kruszywa/wilgotność uzyskanej z użyciem określonej metody badania.

**Wilgotność optymalna** – wilgotność odpowiadająca maksymalnej wartości gęstości szkieletu kruszywa.

**Gęstość Proctora** – laboratoryjna porównawcza gęstość wyznaczona z zależności gęstości szkieletu kruszywa od zawartości wody otrzymanej podczas badania Proctora wykonanego z określoną energią w przybliżeniu  $0,6 \text{ MJ/m}^3$ .

**Zmodyfikowana gęstość Proctora** – laboratoryjna porównawcza gęstość wyznaczona z zależności gęstości szkieletu kruszywa od zawartości wody otrzymanej podczas zmodyfikowanego badania Proctora wykonanego z określoną energią w przybliżeniu  $2,7 \text{ MJ/m}^3$ .

Zakres stosowania metody zagęszczania w ubijaku Proctora:

			Zakres uziarnienia kruszyw
Zagęszczanie metodą Proctora	ubijak 2,5kg	forma A - 100 mm	maksymalny wymiar – 16mm
		Forma B - 150 mm	od 75 do 100% przechodzi przez 31,5mm
	ubijak 4,5kg	forma A - 100 mm	maksymalny wymiar – 16mm
		Forma B - 150 mm	od 75 do 100% przechodzi przez 31,5mm
	ubijak 15 kg	Forma C - 250 mm	od 75 do 100% przechodzi przez 63 mm

Badanie Proctora i zmodyfikowane badanie Proctora – podsumowanie

Typ badania	Charakterystyka badania	Jednostka	Forma Proctora		
			A	B	C
Badanie Proctora	Masa ubijaka	kg	2,5	2,5	15,0
	Średnica ubijaka	mm	50	50	125
	Wysokość spadku	mm	305	305	600
	Liczba warstw	-	3	3	3
	Liczba uderzeń na warstwę	-	25	56	22
Zmodyfikowane badanie Proctora	Masa ubijaka	kg	4,5	4,5	15
	Średnica ubijaka	mm	50	50	125
	Wysokość spadku	mm	457	457	600
	Liczba warstw	-	5	5	3
	Liczba uderzeń na warstwę	-	25	56	98

### **Wyposażenie stanowiska laboratoryjnego**

- waga z dokładnością ważenia nie mniejszą niż 0,1g,
- ubijak Proctora o wadze 2,5 kg
- suszarka w wentylacją
- cylinder o pojemności 1 dm<sup>3</sup> z nadstawką i podstawą
- nóż o równej krawędzi lub linia o ostrej krawędzi

### **Wykonanie badania**

1. Przygotować próbkę gruntu lub materiału drobnoziarnistego o masie 3 kg.
2. Doprowadzić materiał do wilgotności, mniejszej od przewidywanej optymalnej o około 4%, przez dodanie wody.
3. Nawilżony materiał dobrze wymieszać.
4. Zważyć formę Proctora z płytą podstawy z dokładnością do 1g, i zapisać tę masę jako  $m_1$ .
5. Zmierzyć wewnętrzną średnicę formę Proctora z dokładnością do 0,5 mm.
6. Dołączyć przedłużkę do formy Proctora.
7. Z przygotowanej próbki materiału wydzielić porcję dla wykonania dolnej warstwy w cylindrze. Zagęszczona warstwa powinna zajmować nieco ponad 1/3 wysokości cylindra.
8. Zagęszczać warstwę przez 25 uderzeń ubijakiem o masie 2,5 kg spadającym z wysokości 305 cm.
9. Powtarzać p. 8 dwukrotnie, aż do momentu, gdy ilość mieszanki jest wystarczająca do wypełnienia formy właściwej a jej powierzchnia wystaje nie więcej niż 10 mm ponad górną powierzchnię formy właściwej.
10. Każdą z trzech zagęszczanych warstw w cylindrze przed zagęszczaniem ubijakiem wyrównać i lekko ugnieść.
11. Powierzchnię każdej poprzednio zagęszczonej warstwy przed ułożeniem następnej zdrapać ostrym nożem.
12. Po zagęszczeniu drugiej warstwy na cylinder nałożyć nadstawkę.
13. Po zagęszczeniu trzeciej warstwy usunąć przedłużkę
14. Nadmiar materiału po wykonaniu trzeciej warstwy ściąć nożem lub linią prowadząc ją od środka ku krawędzi.
15. Zważyć cylinder z materiałem z dokładnością do 1g i zapisać masę jako  $m_2$ .
16. Pobrać dwie próbki materiału do oznaczenia wilgotności  $w$ .
17. Wilgotność oznaczyć przez suszenie do stałej masy w suszarce, w temperaturze  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , przez 24 godziny.
18. Wydobyć materiał z cylindra i dodać tyle wody aby wzrost wilgotności wynosił ok. 1,5%.
19. Wykonanie kolejnych zęszczeń należy powtarzać tyle razy aby uzyskać min. 2 oznaczenia gęstości objętościowej szkieletu gruntowego malejące.

Obliczenia:

1. Obliczyć wewnętrzną objętość formy jako  $V$ , w milimetrach (ml)
2. Obliczyć gęstość objętościową  $\rho$  zagęszczonego materiału dla każdej zagęszczonej próbki z wzoru:

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

gdzie:

- $\rho$  – gęstość objętościowa, w megagramach na metr sześcienny (Mg/m<sup>3</sup>);
- $m_1$  – masa formy i podstawy, w gramach (g);

$m_2$  – masa formy i podstawy i zagęszczonej mieszanki, w gramach (g);  
 $v$  – objętość formy, mililitrach (ml).

3. Obliczyć gęstość szkieletu  $\rho_d$  każdej zagęszczonej próbki z wzoru:

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

gdzie:

$\rho_d$  – gęstość szkieletu, w megagramach na metr sześcienny ( $\text{Mg/m}^3$ );

$\rho$  – gęstość objętościowa, w megagramach na metr sześcienny ( $\text{Mg/m}^3$ );

$w$  – zawartość wody, w procentach (%);

Opracowała:  
dr inż. Agnieszka Wozuk  
Katedra Dróg i Mostów

## Temat: Projektowanie gruntu stabilizowanego cementem wg normy PN-S-96012

**Podbudowa z gruntu stabilizowanego cementem** – jedna lub dwie warstwy zagęszczonej mieszanki cementowo- gruntowej, na której układana jest warstwa podbudowy

**Mieszanka cementowo – gruntowa** – mieszanka ustalonych, optymalnych ilości gruntu, cementu i wody, a w razie potrzeby również i dodatków ulepszających, do chwili stwardnienia

**Grunt stabilizowany cementem** – zagęszczona i stwardniała w wyniku ukończenia procesu wiązania cementu

**Stabilizacja gruntów cementem** – proces technologiczny polegający na zmieszaniu rozdrobnionego gruntu z optymalną ilością cementu i wody oraz zagęszczeniu takiej mieszanki, której wytrzymałość, po 7 i 28 dniach twardnienia, mieści się w granicach określonych w poniższej tabeli:

Rodzaj warstwy konstrukcji nawierzchni	Wytrzymałość na ściskanie próbek nasyconych wodą [MPa]	
	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>
Podbudowa zasadnicza nawierzchni drogowej obciążonej ruchem KR1 lub podbudowa pomocnicza nawierzchni drogowej obciążona ruchem kategorii KR 2 -6	od 1,6 do 2,2	od 2,5 do 5,0
Górna część warstwy ulepszonego podłoża gruntowego o grubości co najmniej 10cm w przypadku budowy nawierzchni dróg obciążonych ruchem kategorii KR5 i KR6 lub górna część warstwy ulepszenia słabego podłoża z gruntów wątpliwych oraz wysadzinowych	od 1,0 do 1,6	od 1,5 do 2,5
Górna część warstwy ulepszonego podłoża gruntowego w przypadku posadowienia konstrukcji nawierzchni na podłożu z gruntów wątpliwych oraz wysadzinowych		od 0,5 do 1,5

### Projektowanie składu mieszanki cementowo-gruntowej

1. Przyjęcie co najmniej 3 wariantów składu mieszanek cementowo-gruntowych różniących się zawartością cementu co 2%.

Maksymalna zawartość cementu w stosunku do masy suchego gruntu zgodnie z poniższą tabelą:

	Podbudowa zasadnicza	Podbudowa pomocnicza	Ulepszone podłoże
KR od 4 do 6	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
KR od 1 do 3	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

Do stabilizacji gruntu należy stosować cement 32,5 lub 32,5R

2. Oznaczenie wilgotności optymalnej i maksymalnej gęstości szkieletu cementowo-gruntowego dla każdej mieszanki.
3. Wykonanie próbek  
Próbki walcowe należy wykonać w formach o wymiarach d=h =8cm, zagęszczając mieszankę w dwóch warstwach po 16 ucić.  
Z jednego rodzaju mieszanki należy wykonać minimum 6 próbek ( 3 do oznaczenia wytrzymałości 7-dniowej oraz 3 do oznaczenia wytrzymałości 28-dniowej).
4. Pielęgnacja próbek:
  - 4.1 Pielęgnacja próbek do badania wytrzymałości na ściskanie 7-dniowej:  
Próbki po uformowaniu przechowuje się przez 3 dni w temperaturze pokojowej z zabezpieczeniem przed wysychaniem( w komorze o wilgotności powyżej 96% lub w wilgotnym

piasku). Następnie przez jeden dzień próbki powinny być zanurzone w wodzie na głębokość 1cm a przez kolejne 3 dni zanurzone całkowicie w wodzie w temperaturze pokojowej.

4.2 Pielęgnacja próbek do badania wytrzymałości na ściskanie 28-dniowej:

Próbki należy przechowywać przez 14 dni w temperaturze pokojowej z zabezpieczeniem przed wysychaniem( w komorze o wilgotności powyżej 96% lub w wilgotnym piasku), po czym zanurzyć na 14 dni do wody w temperaturze pokojowej.

Próbki po uformowaniu przechowuje się przez 3 dni w temperaturze pokojowej z zabezpieczeniem przed wysychaniem( w komorze o wilgotności powyżej 96% lub w wilgotnym piasku). Następnie przez jeden dzień próbki powinny być zanurzone w wodzie na głębokość 1cm a przez kolejne 3 dni zanurzone całkowicie w wodzie w temperaturze pokojowej.

5. Oznaczenie wytrzymałości próbek na ściskanie

Wytrzymałość na ściskanie 7dniową ( $R_7$ ) należy określić na co najmniej 3 próbach pielęgnowanych według 4.1. Wytrzymałość na ściskanie 28dniową ( $R_{28}$ ) należy określić na co najmniej 3 próbach pielęgnowanych według 4.2.

Ściskanie należy przeprowadzić w prasie, o prędkości przesuwu tłoka od 0,2 mm/s do 0,4 mm/s. Wytrzymałość gruntu stabilizowanego cementem oblicza się z dokładnością do 0,1MPa, jako średnią arytmetyczną. Wyniki różniące się o 30% od tej średniej należy odrzucić i wyznaczyć średnią ponownie z pozostałych wyników.

6. Ustalenie optymalnego składu mieszanki

7. Optymalny skład mieszanki cementowo-gruntowej należy ustalić na podstawie wyników badań i wymagań wytrzymałości.

8. Obliczenie ilości składników na  $1m^3$  gruntu stabilizowanego cementem:

Ilość składników na  $1m^3$  gruntu stabilizowanego cementem oblicza się według wzorów:

Ilość cementu (C):

$$C = \frac{\rho_{osmax}^{cg}}{1 + X} \cdot X$$

Ilość gruntu (G):

$$G = \frac{\rho_{osmax}^{cg}}{1 + X}$$

Ilość wody (W):

$$W = \rho_{osmax}^{cg} \cdot w_{opt}^{cg}$$

Gdzie:

$\rho_{osmax}^{cg}$  - maksymalna gęstość mieszanki cementowo-gruntowej

$w_{opt}^{cg}$  - wilgotność optymalna mieszanki cementowo-gruntowej

$X$  - procentowy dodatek cementu do gruntu, wyrażony ułamkiem dziesiętnym.

opracowała:

dr inż. Agnieszka Woszuk

Katedra Dróg i Mostów