ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2003
Seria: BUDOWNICTWO z. 97 Nr kol. 1573

Małgorzata Jadwiga GLINICKA
Politechnika Białostocka

OCENA JEDNOPUNKTOWEJ METODY OZNACZANIA PARAMETRÓW ZAGĘSZCZALNOŚCI GRUNTÓW

Streszczenie. W artykule przedstawiono ocenę metody jednopunktowej do określania parametrów zagęszczalności gruntów, która jest mniej czasochłonna niż metoda Proctora. W celu określenia parametrów zagęszczalności gruntów metodą jednopunktową sporządza się nomogram-rodzinę krzywych zagęszczalności gruntów oraz przeprowadza badanie polegające na jednokrotnym ubiciu gruntu przy znanej wilgotności w cylindrze Proctora. W niniejszej pracy omówiono oznaczanie parametrów zagęszczlności metodą jednopunktową na podstawie wyników badań z literatury oraz badań własnych gruntów niespoistych, które zagęszczone stanowiły wysokie nasypy w budownictwie komunikacyjnym na terenie Białostocczyzny.

EVALUATION OF ONE POINT METHOD FOR DETRMINATION COMPACTIBILITY PARAMETERS OF SOLIS

Summary. The paper presents One Point Testing Method for determination of compactibility parameters that can be used instead of Proctor Method. The resulting maximum dry density and optimum moisture content are to be used in computing the degree of compaction of the tested soil. The One Point Method utilizes a family of typical Proctor dry density versus moisture content curves. The field wet density is determined by compacting the soil in standard Proctor mould. The moisture content should be established by oven drying of samples or nuclear gauge method. The One Point Method is less time consuming than standard methods.

1. Wprowadzenie

Metody budowy nasypów ziemnych polegają na odpowiednim wbudowaniu gruntów i ich zagęszczeniu w celu maksymalnego wykorzystania wytrzymałości gruntu na ścinanie przy zapewnieniu całkowitej stateczności nasypu w najbardziej niekorzystnych warunkach eksploatacyjnych. Uzyskanie przez grunty w budowli ziemnej wymaganych cech nośności

sprawdza się przez badania wskaźnika zagęszczenia oraz wtórnego modułu odkształcenia. Do określenia wskaźnika zagęszczenia należy oznaczyć gęstość objętościową szkieletu gruntu w nasypie według normy [2] oraz maksymalną gęstość szkieletu gruntu zagęszczonego według normy [3]. Alternatywnie zagęszczenia gruntu dokonuje się na podstawie pomiaru wtórnego modułu odkształcenia E_2, za pomocą obciążenia statycznego płytą o średnicy 300 mm. Wymagane w nasypach wartości wskaźnika zagęszczenia i wtórnego modułu odkształcenia E_2 przyjmuje się na podstawie normy [1]. Kontrolę zagęszczenia za pomocą statycznego obciążenia płytą o średnicy $D \geq 300$ mm zaleca się zwłaszcza w przypadku nasypów formowanych z mieszanek popiołowo-żużlowych lub gruntów gruboziarnistych.

Obowiązujące metody kontroli zagęszczenia nasypów na podstawie wskaźnika zagęszczenia oraz obciążeń płytowych są czasochłonne. Ma to szczególne znaczenie, gdy roboty ziemne prowadzone są na dużą skalę i występuje konieczność przeprowadzenia wielu badań kontrolnych, wykonawca zaś szybko oczekuje wyników badań w celu podjecia decyzji, czy zagęszczenie należy dalej kontynuować, czy je przerwać. Problem zagęszczenia jednak nie polega na tym, by obniżyć wydatki na zagęszczenie, ale na znalezieniu niezawodnej metody wykonania właściwego zagęszczenia [4]. Patrząc z tego punktu widzenia, udoskonalenie metod kontrolnych określonych w normie [1] jest bardzo istotne.

Mając to na uwadze, proponuje się określanie wskaźnika zagęszczenia gruntu I_s, w ramach bieżącej kontroli zagęszczenia, na podstawie łącznego zastosowania:

- przyrządów izotopowych do wyznaczenia in situ gęstości objętościowej i wilgotności zagęszczonego gruntu; sondy Troxler 3411 B [5] lub sondy CPN MC-3 [6],
- jednopunktowej metody pozwalającej na oszacowanie wilgotności optymalnej i maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego, opisanej w normie [7].

Należy podkreślić, że obowiązująca norma [1] dopuszcza bieżącą kontrolę zagęszczenia przyrządami izotopowymi wyskalowanymi w warunkach sprawdzanych robót ziemnych.

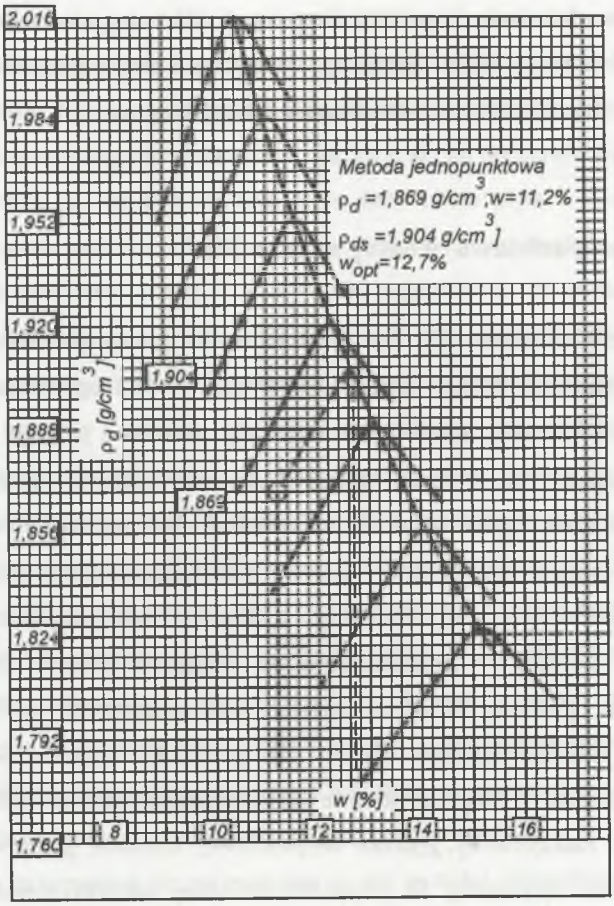
W przypadku dużej budowy komunikacyjnej, kiedy objętość robót ziemnych waha się od kilkudziesięciu tysięcy do kilkuset tysięcy metrów sześciennych, względy ekonomiczne przemawiają za tym, aby wykorzystać grunt znajdujący się na miejscu, pochodzący z sąsiadujących ze wznoszonym nasypem wykopów i wykorzystać go do formowania nasypu. Grunty pochodzące z takich wykopów lub dużego złoża, z którego pobiera się materiał do budowy nasypu, można uznać za jednakowe pod względem litologiczno-genetycznym.

W niniejszej pracy przedstawiono rezultaty oznaczania wilgotności optymalnej w_{opt} i maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego ρ_{ds} poprzez zastosowanie metody

jednopunktowej w odniesieniu do gruntów niespoistych, które zagęszczone stanowiły wysokie nasypy w budownictwie komunikacyjnym. Omawiane badania zagęszczalności gruntów dotyczyły dwóch złoż zlokalizowanych na terenie Białostocczyzny.

2. Metoda jednopunktowa według normy [7]

Metoda opisana w normie [7] wykorzystuje to, że grunty podobne pod względem litologiczno-genetycznym tworzą rodziny krzywych. W celu sporządzenia nomogramu (rodziny krzywych Proctora) wyniki badań w_{opt} i ρ_{ds} gruntów z jednego złoża poddanych analizie umieszczamy na rysunku przedstawiającym zależność pomiędzy gęstością objętościową szkieletu gruntowego i wilgotnością. Na podstawie wyników badań zagęszczalności (w_{opt} i ρ_{ds}) rysujemy krzywą przechodzącą przez punkty określające maksymalną gęstość objętościową szkieletu gruntowego lub obok tych punktów. Następnie na wykresie rysuje się krzywe zagęszczalności w odstępach równych około 0,03 t/m^3, zachowując kształt i przebieg zbadanych krzywych. Rodzina krzywych jest to grupa krzywych zagęszczalności charakteryzujących złoże. W przypadku większej wartości gęstości objętościowej szkieletu gruntowego krzywe zagęszczalności mają nachylenie strome oraz większą wartość maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego i mniejszą wartość wilgotności optymalnej. W przypadku mniejszej wartości gęstości objętościowej szkieletu gruntowego krzywe te mają bardziej łagodne nachylenie i większą wartość wilgotności optymalnej. Rodzinę krzywych i sposób ustalenia parametrów zagęszczalności metodą jednopunktową według normy [7] przedstawiono na rysunku 1. Mając określoną gęstość objętościową szkieletu gruntowego oraz wilgotność, rysujemy punkt o współrzędnych ρ_d i w. Do badań laboratoryjnych zagęszczenia stosuje się ubijanie w cylindrze Proctora. Jeżeli punkt ten znajduje się na jednej z krzywych, to wartość parametrów zagęszczalności będzie określona za pomocą krzywej, na której jest punkt. W przypadku gdy punkt znajduje się wewnątrz rodziny krzywych, należy narysować nową krzywą przechodzącą przez ten punkt, równoległą i o charakterze takim jak najbliższa istniejąca krzywa z rodziny. Wartości parametrów zagęszczalności określamy za pomocą nowej krzywej (rys. 1).



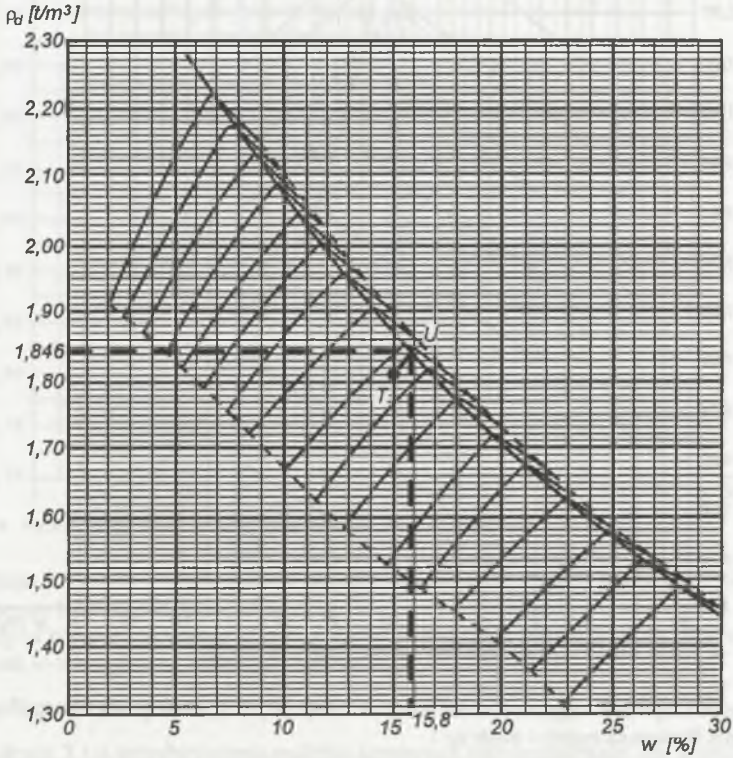
Rys. 1. Rodzina krzywych zagęszczalności gruntów według normy [7]
Fig. 1. Family of compaction curves of soils according to standard [7]

3. Przykłady zastosowań metody jednopunktowej

Niżej przedstawiono zastosowanie metody jednopunktowej na podstawie literatury oraz badań własnych.

Na rysunku 2 przedstawiono rodzinę krzywych Proctora dla gruntów spoistych prowincji Ontario w Kanadzie [8]. Mając nomogram przedstawiający zbiór krzywych zagęszczalności, nanosimy na wykres punkt przedstawiający wynik badania gęstości objętościowej szkieletu gruntowego (ρ_d) wyznaczony na podstawie zagęszczenia jednej próbki gruntu w cylindrze Proctora oraz wilgotności tej próbki (w). Najkorzystniejsze jest uzyskanie w badanej próbce

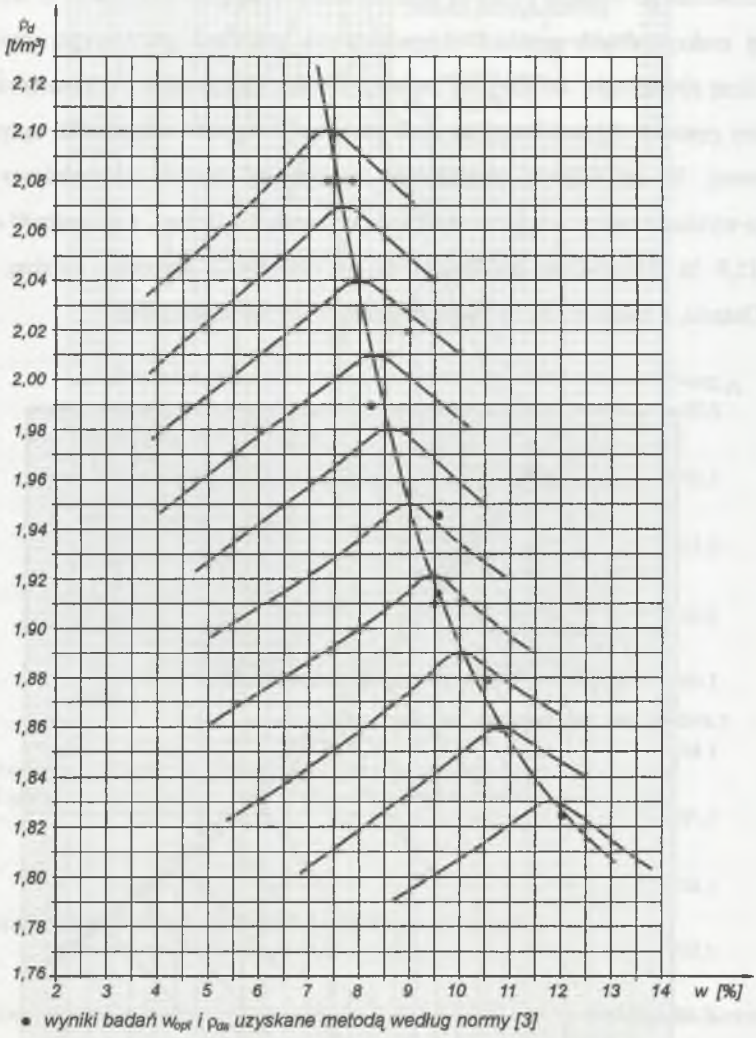
wilgotności zbliżonej do w_{opt}, lecz nie niższej niż około 4% od w_{opt} lub wyższej od w_{opt} około 1-2%. Przykład zastosowania metody jednopunktowej według badań kanadyjskich przedstawiono na rysunku 2. Punkt T przedstawiony na rysunku 2 uzyskano na podstawie wyniku jednokrotnego badania Proctora oraz oznaczenia wilgotności. Punkt U wyznaczamy na krzywej maksymalnych gęstości objętościowych szkieletu gruntowego, prowadząc z punktu T linię równoległą do krzywej zagęszczalności. Odczytujemy odpowiednią wartość maksymalnej gęstości objętościowej na skali pionowej i wartość wilgotności optymalnej na skali poziomej. W omawianym przykładzie maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego wyznaczona metodą jednopunktową wynosiła 1,846 t/m^3, a wilgotność optymalna wynosiła 15,8 %. Nomogram przedstawiony na rysunku 2 obejmuje rodzinę krzywych prowincji Ontario, a zatem może być wykorzystany w szerokim zakresie.



Rys. 2. Rodzina krzywych zagęszczalności gruntów spoistych prowincji Ontario [8]
Fig. 2. Family of compaction curves of cohesive soils province of Ontario [8]

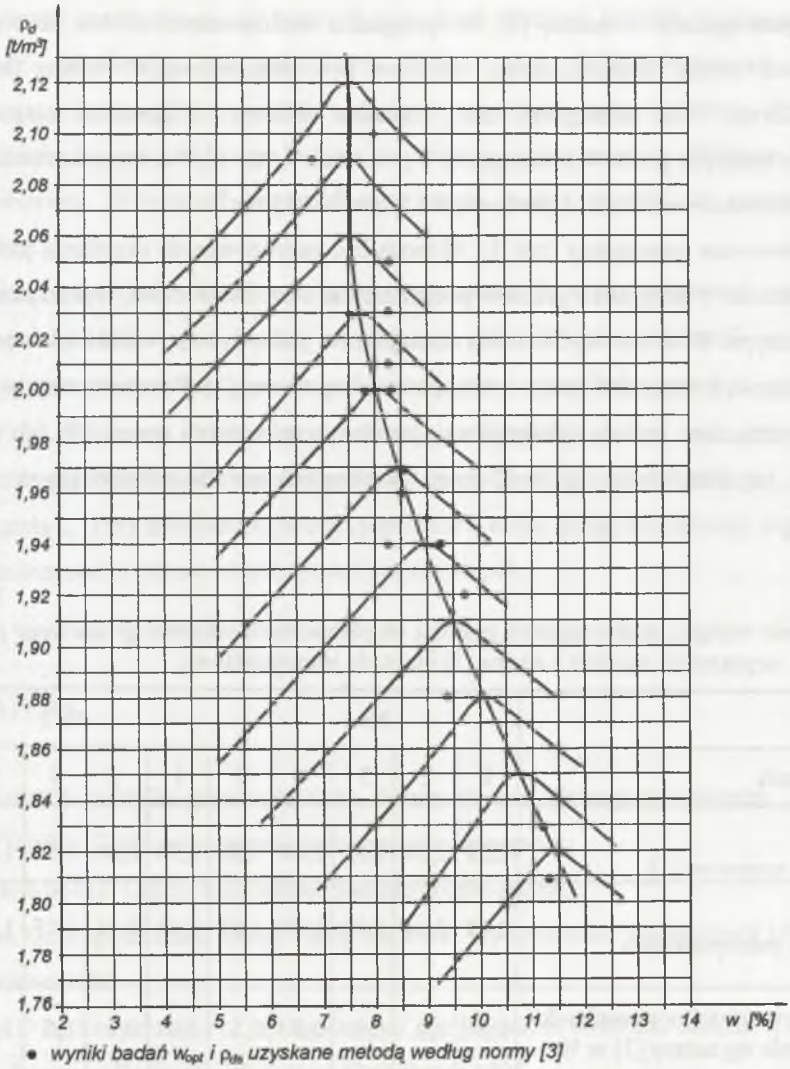
Autorzy pracy [9] na podstawie pięciu oznaczeń parametrów zagęszczalności skonstruowali nomogram (rodzinę krzywych) w przypadku piasku średniego. Przeprowadzono weryfikację nomogramu i uzyskano dobrą zgodność wyników. Autorzy

pracy [9] proponują rozpowszechnienie metody jednopunktowej, oznaczania parametrów zagęszczalności jako metody mniej czasochłonnej niż powszechnie stosowana metoda Proctora.



Rys. 3. Rodzina krzywych zagęszczalności gruntów niespoistych (piasek gruby i pospółka) ze złoża na terenie Białostocczyzny – złoże nr 1

Fig. 3. Family of compaction curves of non-cohesive soils (coarse sand and sand-gravel mix) from a deposit in the region of Bialystok – deposit no 1



Rys. 4. Rodzina krzywych zagęszczalności gruntów niespoistych (piasek gruby i pospółka) ze złoża na terenie Białostocczyzny – złoże nr 2

Fig. 4. Family of compaction curves of non-cohesive soils (coarse sand and sand-gravel mix) – from a deposit in the region of Bialystok - deposit no 2

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono rodziny krzywych zagęszczalności dla gruntów z dwóch różnych złóż na terenie Białostocczyzny, złoża nr 1 znajdującego się w okolicy Bobrownik i złoża nr 2 w okolicy Kuźnicy. Rodzinę krzywych w przypadku obu złóż gruntów skonstruowano zgodnie z zaleceniami normy [7] na podstawie wyników badań własnych ρ_{ds} i w_{opt}. W przypadku obu złóż dysponowano kilkunastoma wynikami badań ρ_{ds} i w_{opt}

oznaczonymi zgodnie z normą [3]. W przypadku analizowanych dwóch złóż gruntów niespoistych terenu Białostocczyzny możliwe jest skonstruowanie rodziny krzywych zagęszczalności. Oba nomogramy mają charakter zbliżony. Wilgotności optymalne w przypadku badanych gruntów zawierają się w przedziale 7,5%- 12,1%, natomiast maksymalne gęstości objętościowe szkieletu gruntowego 1,82 t/m^3 - 2,11 t/m^3.

Skonstruowane nomogramy (rys. 3 i 4) mogą być zastosowane do określania parametrów zagęszczalności w przypadku gruntów pochodzących z badanego złoża, wykorzystanych do budowy nasypu. W celu zweryfikowania nomogramów porównywano wyniki ustalone metodą jednopunktową z wynikami badań ustalonymi według normy [3]. Parametry zagęszczalności ρ_{ds} i w_{opt} oznaczono metodą jednopunktową zgodnie z zaleceniami normy [7]. Jak wynika z tablicy 1, uzyskano dobrą zgodność wyników oznaczeń metodą jednopunktową i metodą normową.

Tablica 1

Porównanie wartości maksymalnych gęstości objętościowych szkieletu gruntowego ρ_{ds} (t/m^3) uzyskanych zgodnie z normą [3] i metodą jednopunktową

Złoże	Nr 1					Nr 2				
Nr badania	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ρ_{ds} badanie normowe [3]	2,08	2,04	1,82	1,88	1,86	1,96	2,00	2,03	1,88	2,09
ρ_{ds} metoda jednopunktowa	2,09	2,04	1,82	1,89	1,87	1,98	2,01	2,05	1,90	2,11
Różnica wartości w stosunku do oznaczenia wg normy [3] w %	0,5	0,0	0,0	0,5	0,5	1,0	0,5	1,0	1,1	1,1

4. Podsumowanie

Wykorzystanie jednopunktowej metody oznaczania parametrów zagęszczalności gruntów wymaga przygotowania nomogramu dla zagęszczanych gruntów oraz przeprowadzenia badania polegającego na jednokrotnym ubiciu gruntu przy znanej wilgotności w cylindrze Proctora.

Badanie to zrealizowane na budowie w ramach bieżącej kontroli zagęszczenia daje możliwość interwencji we właściwym czasie przy przeprowadzonych robotach zagęszczających. Aby przeprowadzić badanie w warunkach budowy, należy dysponować wyposażeniem do wykonania tego badania kontrolnego, to jest ręcznym ubijakiem Proctora i wagą terenową. Wilgotność zagęszczanego gruntu można określić za pomocą sondy izotopowej.

Zdaniem autorki określenie wskaźnika zagęszczenia I_s z oszacowaniem wartości ρ_{ds} metodą jednopunktową jest bardzo przydatne w przeprowadzaniu kontroli zagęszczenia gruntu. Większa dokładność przy oznaczeniu ρ_{ds} jest niewątpliwie potrzebna, jednakże to jeszcze nie wystarcza. Można przypuszczać, że bardziej celowe jest przyspieszenie oznaczenia ρ_{ds} oraz zwielokrotnienie liczby miejsc, w których określa się wskaźnik zagęszczenia I_s. Przy zwiększonej liczbie pomiarów I_s oceny przeprowadzonego zagęszczenia należy dokonywać z zastosowaniem metod statystycznych.

LITERATURA

1. PN-S-02205: 1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
2. BN-77/8931-12: Oznaczenie wskaźnika zagęszczenia gruntu.
3. PN-88/B-04481: Grunty budowlane. Badanie próbek gruntu.
4. Arquie G.: Zagęszczanie. Drogi i pasy startowe. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1980.
5. Steele D.P., Snowdon R.A.: In situ states of compaction of structural backfill. TRL Report 206, Transport Research Laboratory, Crowthorne 1996.
6. Glinicka M.J., Glinicki S.P.: Badania kontrolne zagęszczenia gruntów nasypowych metodą izotopową. XII Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Szczecin-Międzyzdroje maj 2000, s. 197-209.
7. AASHTO Designation: T 272-86. Standard Method of Test for Family of Curves-One Point Method.
8. Barsvary A.K., Korgemagi P.: One Point Proctor Test Determination Of Moisture Density Relationships Using A Family Of Proctor Curves. Report EM-54 Ministry of Transportation and Communications, Ontario 1981.

9. Buca B., Woliński W.: Jednopunktowa metoda oznaczania wilgotności optymalnej i maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego. Inżynieria Morska, Nr 4 1987, s.162-163.

Recenzent: Prof. zw. dr hab. inż. Maciej GRYCZMAŃSKI

Abstract

The paper presents One Point Testing Method for determination of compactibility parameters that can be used instead of Proctor Method. The resulting maximum dry density and optimum moisture content are to be used in computing the degree of compaction of the tested soil. The One Point Method utilizes a family of typical Proctor dry density versus moisture content curves. A family of curves is a group of typical soil moisture-density relationships, which reveal certain similarities and trends characteristics of soil type and source. Soils samples from one source will have many different moisture-density curves, but if a group of these curves are plotted together certain relationships usually become apparent. The field wet density is determined by compacting the soil in standard Proctor mould. The moisture content should be established by oven drying of samples or nuclear gauge method. The One Point Method is less time consuming than standard methods.