POLITECHNIKA ZIELONOGÓRSKA • ZESZYTY NAUKOWE NR 118

Nr 08 INŻYNIERIA ŚRODOWISKA 1998

KRYTYCZNA OCENA PARAMETRÓW NOŚNOŚCI PODŁOŻA PRZY DOBIERANIU GEOTEKSTYLIÓW

CRITICALLY DEGREE PARAMETERS LOAD CAPACITY OF SUBSOIL IN CLASSIFICATION GEOTEXTILE

TADEUSZ CHRZAN*

Streszczenie

W referacie przedstawiono jedną z metod określania nośności podłoża przy dobieraniu geotekstyliów.

Summary

The paper presents one of the methods determination of load capacity of subsoil when we classification geotextile.

1. Wstęp

Krajowe uczelnie techniczne w niewielkim stopniu wprowadziły do programów nauczania wiedzę na temat nowych technologii, związanych z zastosowaniem geosyntetyków jako materiałów konstrukcyjnych. Ukazujące się od niedawna publikacje na temat geosyntetyków dotyczą jednostkowych problemów inżynierskich i można je traktować jako pomocne w rozwiązywaniu poszczególnych zagadnień. Dlatego też producenci zrzeszeni w Stowarzyszeniu Producentów Geotekstyliów organizują konferencje tematyczne poświęcone projektowaniu obiektów inżynierskich z zastosowaniem geotekstyliów, jak również wydali przetłumaczony z języka francuskiego poradnik stosowania geotekstyliów, opracowany przez Francuskie Stowarzyszenie Geosyntetyków. W wyniku niepełnego tłumaczenia lub tłumaczenia tekstu przez znawcę języka francuskiego a nie znawcę tłumaczonego problemu inżynierskiego, podano w polskim wydaniu po-

* Politechnika Zielonogórska, Zakład Odnowy Środowiska

radnika szereg parametrów, które nie są jednoznacznie opisane, badania właściwości na próbkach gruntu czy też in situ. W referacie omówiono te rozbieżności i określono parametry, które mogą być podstawą do klasyfikacji nośności podłoża w polskich warunkach.

2. Parametry podłoża według poradnika

Parametry nośności podłoża i ich najniższe wartości podano na podstawie poradnika [1] w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry nośności podłoża [1]

Procedury badawcze	Właściwa wartość i jednostka		Jakość podłoża		
			SU_1	SU_2	SU_3
Test CBR	CBR	%	CBR>5	5>CBR>2	2>CBR
Próba ścinania	kohezja C_u	kPa	C_u>150	150>C_u>60	60>C_u>10
Statyczna próba obciążenia płytą	moduł EV_2	MPa	EV_2>20	20>EV_2>5	5>EV_2
Dynamiczna próba obciążenia płytą	współczynnik odbicia R	%	R>25	25>R>10	10>R
Ugięcie przy 13 tonach na oś	ugięcie d	mm	5>d		
Statyczna próba obciążenia płytą	moduł reakcji K	MPa/m	K>40	40>K>20	20>K
Penetrometr	opór w ostrzu Q_c	MPa	Q_c>1	1>Q_c>0,4	0,4>Q_c>0,1

2.1. Test CBR

California Bearing Ratio (CBR) wyraża w procentach stosunek między siłą powodującą zagłębienie w badanym gruncie a siłą powodującą zagłębienie w materiale wzorcowym. Test ten przeprowadza się przy naturalnej zawartości wody w gruncie jak i przy gruncie nasyconym wodą. Nie podano [1] czy dotyczy to prób na próbkach czy in situ. Brak jest polskiego odpowiednika takiego badania.

2.2. Próba ścinania

W próbie ścinania określana jest kohezja (spójność) C_u bez konsolidacji i bez odwodnienia. Nie określono [1] czy dotyczy to badań na próbkach laboratoryjnych czy bezpośrednio w terenie.

2.3. Statyczna próba obciążenia płytą

Polega ona na określeniu modułu odkształcenia podczas drugiego obciążenia w czasie statycznej próby obciążenia przy użyciu płyty o średnicy 600 mm i ciśnieniu 0,2 MPa. Jest to prawdopodobnie badanie terenowe.

2.4. Dynamiczna próba obciążenia płytą [1]

Grunt znajdujący się pod płytą jest obciążany dynamicznie za pomocą ciężaru spuszczanego na sprężynę umocowaną do płyty. Obciążenie dynamiczne jest takie jakie spowodowałaby przejeżdżająca z prędkością 60 km/h ciężarówka o nacisku 13 Mg na oś. Reakcje obciążonego gruntu jest mierzona w procentach jako stosunek wysokości odbicia się spuszczanego ciężaru do jego początkowej wysokości . Brak jest polskiego odpowiednika takiego badania.

2.5. Ugięcie podłoża

Jest to wartość ugięcia podłoża przy nacisku na oś 13 Mg.

2.6. Moduł reakcji

Statyczny moduł reakcji wyznaczany jest podczas wgniatania w grunt płyty o średnicy 75 cm przy obciążeniu siłą 30 kN.

2.7. Penetrometr

Nacisk Q_c mierzony jest statycznym penetrometrem do głębokości 0,5 m [1], co sugeruje, że pomiary powinny być wykonywane w terenie.

3. Parametry nośności podłoża stosowane w Polsce

Wyżej wymienione parametry nie są w Polsce określane. Według norm bada się grunty budowlane w badaniach polowych i próbki gruntu w badaniach laboratoryjnych.

Grunt budowlany jest to część skorupy ziemskiej współdziałająca z obiektem budowlanym lub służąca jako tworzywo do wykonania z niego budowli ziemnych.

a) *Badania polowe*

W badaniach polowych określa się:

- spójność gruntu C_u, ścinarką obrotową,
- spójność gruntu C_u, penetrometrem tłoczkowym,
- opór w ostrzu sond podczas sondowania, sondą wciskaną i wbijaną,
- wytrzymałość gruntu przy ścinaniu obrotowym,
- moduł podatności gruntu przy obciążeniu płytą sztywną
- moduł odkształcenia pierwotnego i wtórnego gruntu przy obciążeniu świdrem talerzowym,
- moduł odkształcenia pierwotnego i wtórnego gruntu, kąta tarcia wewnętrznego oraz spójności presjometrem.

b) *Badania laboratoryjne próbek gruntu*

- jednoosiowy moduł ściśliwości pierwotnej i wtórnej gruntu w endometrze,
- wytrzymałość na ścinanie przy użyciu penetrometru stożkowego,
- wytrzymałość na ścinanie przy użyciu ścinarki obrotowej,
- spójność i kąt tarcia wewnętrznego gruntu metodą bezpośredniego ścinania

4. Analiza możliwości stosowania badań krajowych do określania parametrów jakości podłoża według poradnika

a) *Określania testu CBR* jak i *dynamicznego obciążania gruntu płytą* wg PN-88/B -04481 i PN-74/B-04452 nie przeprowadza się. Określane według tych

norm endometryczne moduły odkształcenia gruntu wykonywane są na małych powierzchniach.

b) *Statyczna próba obciążenia płytą*

Największa powierzchnia płyty przy określaniu modułu podatności płytą sztywną wynosi 0,5 m^2. Jest ona bardzo bliska powierzchni płyty dla określenia modułu reakcji powierzchni gruntu. Powierzchnia ta wynosi: $\pi D^2/4 = 3{,}14 \times 0{,}75^2/4 = 0{,}44\ m^2$

Płyta ta o powierzchni 0,5 m^2 poddana obciążeniu 30 kN może być użyta do określenia modułu reakcji gruntu. Mając to obciążenie na m^2 oraz głębokość wciśnięcia płyty w grunt w metrach pod tym obciążeniem można określić moduł reakcji gruntu w MPa/m, mniejszy o 13%.

Obciążenie płytą sztywną należy przeprowadzić na wyrównanej powierzchni dna wykopu. Obciążenie 30 kN powinno trwać tak długo, aż przyrost osiadania płyty nie będzie mniejszy niż 0,1 mm w czasie 2 godzin dla gruntu spoistego, a dla innych w czasie 0,5 h.

c) *Wartość kohezji*

Wartość kohezji w próbie ścinania powinna być określana bez konsolidacji i bez odwodnienia. Te warunki można zachować przy laboratoryjnym oznaczaniu spójności i kąta tarcia wewnętrznego gruntu metodą bezpośredniego ścinania na próbkach.

Wytrzymałość próbek na ścianie określa się przy przykładaniu siły ścinającej w kierunku prostopadłym do dwóch boków próbki przy jednoczesnym działaniu siły normalnej, prostopadłej do płaszczyzny ścinania. Wytrzymałość na ścinanie można określać w aparacie skrzynkowym, który umożliwia badanie prostopadłościennych próbek o przekroju kwadratowym w płaszczyźnie ścinania o wymiarach boku 60 lub 100 mm ±5 mm. Wysokość badanych próbek powinna wynosić odpowiednio 15÷18 mm lub 25÷30 mm.

Kierunek siły ścinającej musi być prostopadły do jednej z bocznych płaszczyzn próbki oraz prostopadły do kierunku działania siły normalnej do płaszczyzny ścinania. Płaszczyzna ścinania powinna przechodzić w połowie wysokości próbki przy prędkości mechanicznego przesuwu skrzynki:

$0{,}05 \pm 0{,}015$ mm/min – próbka o boku 60 mm
$0{,}1 \pm 0{,}03$ mm/min – próbka o boku 100 mm

Próbki mniejsze używane są do badania gruntów o uziarnieniu od 2÷4 mm nie przekraczającym 5% objętości próbki. Próbki o boku 100 mm używane są do badania gruntów o zawartości ziarn o średnicy 4÷8 mm do 5% objętości próbki.

Przy odkształceniu względnym próbek mniejszym niż 10% wytrzymałość na ścinanie τ oblicza się ze wzoru, w kPa:

$$\tau = \frac{Q_m}{a(a-r)} \cdot 10^3,$$

przy odkształceniu względnym próbek równym 10%:

$$\tau = \frac{Q_m}{0{,}9a^2} \cdot 10^3$$

gdzie:

- Q_m - maksymalna siła ścinająca [N],
- a - początkowa długość boku próbki [mm],
- r - przesunięcie ramki aparatu w stosunku do skrzynki w momencie osiągnięcia siły Q_m [mm].

Badaną próbkę bada się tylko raz. Badania należy wykonać co najmniej na 5 próbkach i wyniki badań nanieść na wykres: naprężenie normalne [σ] - wytrzymałość na ścinanie [τ]. Gdy wyniki badań różnią się więcej niż 25% od linii aproksymującej te punkty to należy go odrzucić i wykonać badania tak, aby liczba próbek $n \geq 5$.

Wartość C_u (kohezji) i kąta tarcia wewnętrznego ϕ oblicza się metodą najmniejszych kwadratów według wzoru:

$$\tau = C_u + \sigma \text{ x } \operatorname{tg} \phi$$

gdzie:

- τ - wytrzymałość na ścinanie [kPa],
- C_u - spójność gruntu (kohezja) [kPa],
- ϕ - kąt tarcia wewnętrznego,
- σ - obciążenie normalne [kPa].

Kohezja C_u:

$$C_u = \frac{\sum_{i=1}^{n} (\sigma_i)^2 \sum_{i=1}^{n} \tau_i - \sum_{i=1}^{n} \sigma_i \cdot \sum_{i=1}^{n} \sigma_i \cdot \tau_i}{n \sum_{i=1}^{n} (\sigma_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} \sigma_i \right)^2}.$$

Szybki pomiar kohezji in situ można wykonywać penetrometrem tłoczkowym na odkrywanej co kilkadziesiąt centymetrów głębokości płaszczyźnie gruntu w wykopie. Przyrząd składa się z uchwytu, w którym można pod wpływem siły przesuwać trzpień z naniesioną skalą oraz zagłębiającą się w grunt końcówką. Wewnątrz uchwytu znajduje się sprężyna dynamometryczna, która jest ściskana przy wsuwaniu trzpienia w uchwyt a końcówki w grunt. Wielkość wsuniętego trzpienia walcowego przy zagłębieniu końcówki o średnicy 6,4 mm na głębokość 6,4 mm, po kolisty rowek, w badany grunt, odczytana ze skali, podaje maksymalną wartość siły wciskania Q [N]. Należy obliczyć średnią wartość co najmniej z 5 pomiarów. Powierzchnia gruntu powinna być starannie wyrównana. Końcówkę należy wciskać prostopadle do powierzchni w czasie ok. 30 s. Powierzchnia pomiarowa powinna mieć co najmniej 100 cm^2 a odległość między kolejnymi pomiarami 1,5 cm.
Wielkość spójności gruntu oblicza się ze wzoru:

$$C_u = 0{,}6\ Q\ [N/cm^2]$$

d) Opór ostrza penetrometru

Penetrometr stożkowy używany jest do określania płynności gruntu oraz wytrzymałości na ścinanie, przy czym określa się głębokość wciśnięcia końcówki stożka penetrometru i siłę powodującą zagłębienie. Na tej podstawie określa się wytrzymałość na ścinanie. Penetrometr nie zagłębia się a na kilka milimetrów zagłębia się jego końcówka w badaną próbkę gruntu.
Zgodnie z tabelą 1 potrzebna jest wielkość statycznego nacisku w N/m^2, działająca na ostrze penetrometru do głębokości 0,5 m. W Polsce do takich badań stosuje się sondy. Są to urządzenia podobne do penetrometru, całkowicie zagłębiające się w grunt do głębokości kilku metrów – sonda wciskana, do 10 m – sonda wbijana lekka, do 30 m – sonda wbijana ciężka. Sondowanie służy do jakościowej oceny gruntu na różnej głębokości oraz określania oporu końcówek sond przy zagłębianiu się w grunt. Ostrze sondy wciskanej jest stożkiem równobocznym o kątach podstawy i ostrza 60° i średnicy 35,6 mm. Sonda jest wciskana z żerdzią i urządzeniem do pomiaru siły oporu wciskanej końcówki z prędkością od 3 do 6 mm/s. Urządzenie podaje wielkość siły oporu ostrza i pobocznicy zagłębionej końcówki sondy.
Dzieląc siłę statyczną przez powierzchnię wciskanego stożka otrzyma się przybliżony opór w ostrzu sondy, który może być stosowany do klasyfikacji jakości podłoża drogowego w MPa (tabela 1).

5. Wnioski

Z przeprowadzonej analizy wynika, że do określania nośności podłoża według poradnika można stosować:

- wielkość kohezji (spójności), określonej w próbie ścinania za pomocą aparatu skrzynkowego lub penetrometrem tłoczkowym wg PN-88/B-04481,
- statyczną próbę obciążenia płytą do określenia modułu reakcji gruntu wg PN-74/B-04452,
- sondę wciskaną stożkową dla określenia oporu ostrza penetrometru wg PN-74/B-04452.

Literatura

1. „Geotekstylia poradnik stosowania", Stowarzyszenie Producentów Geotekstylii, Beskidzki Instytut Tekstylny, Bielsko-Biała, 1998.
2. Polskie normy: PN-88/B-04481, PN-74/B-04452