

**INSTRUKCJE
WYTYCZNE
PORADNIKI**

Tomasz Godlewski, Tomasz Szczepański

Metody określania sztywności gruntów w badaniach geotechnicznych

Poradnik

**Methods of soil stiffness determination
in geotechnical investigations**

Guidance



Instytut Techniki Budowlanej
razem ku przyszłości

Warszawa 2015

KOMITET REDAKCYJNY SERII

Redaktor naczelny
Zastępca redaktora naczelnego
Sekretarz
Członkowie

prof. dr hab. inż. LEONARD RUNKIEWICZ
dr inż. JADWIGA FANGRAT
mgr DANUTA SZCZEPAŃSKA
dr inż. BARBARA FRANCKE
dr inż. ROMAN GAJOWNIK
dr inż. TADEUSZ JAROSZ
mgr inż. MAREK KAPROŃ
mgr inż. JAN SIECZKOWSKI

Recenzenci

prof. dr hab. RYSZARD KACZYŃSKI
dr hab. inż. MACIEJ KUMOR

Redaktorzy prowadzący

dr inż. ROMAN GAJOWNIK
mgr inż. JAN SIECZKOWSKI

Opracowanie redakcyjne

DANUTA SZCZEPAŃSKA

Skład

SŁAWOMIR KOZIARSKI

Projekt okładki

EWA KOSSAKOWSKA

Publikacja z serii „Instrukcje, Wytyczne, Poradniki” 494/2015

© Copyright by Instytut Techniki Budowlanej
Warszawa 2015

ISBN 978-83-249-8195-3

ISBN 978-83-249-6798-8 (PDF)

Wydawca i Autorzy dołożyli wszelkich starań, aby publikowane informacje pochodziły z rzetelnych źródeł. Wydawca nie ponosi odpowiedzialności ani też nie zaciąga zobowiązań w wyniku wykorzystania przez użytkowników treści niniejszej publikacji. W szczególności nie ponosi odpowiedzialności w stosunku do czytelników i/lub strony trzeciej za jakiegokolwiek poniesione straty, wydatki i szkody bezpośrednie i pośrednie, łącznie z utratą zysku i innych korzyści majątkowych, które mogły powstać lub być związane bezpośrednio lub pośrednio z treściami opublikowanymi, w tym ewentualnymi błędami lub pominięciami zawartymi w publikowanych materiałach.



Instytut Techniki Budowlanej

Dział Upowszechniania Wiedzy

02-656 Warszawa, ul. Ksawerów 21, tel.: 22 843 35 19

www.itb.pl

Sklep internetowy [klient.itb.pl](http:// klient.itb.pl)

Spis treści

<i>Streszczenie</i>	4
<i>Summary</i>	4
1. Wstęp	5
1.1. Wprowadzenie do metod	5
1.2. Przedmiot i zakres stosowania	11
1.3. Terminy i definicje	12
1.4. Symbole i oznaczenia	13
2. Charakterystyka ogólna metod badań	16
2.1. Badania polowe z użyciem metod sejsmicznych	16
2.2. Badania laboratoryjne z użyciem metod sejsmicznych	18
3. Badania polowe – inwazyjne	21
3.1. Metody otworowe	21
3.2. Metody penetracyjne SCPTU i SDMT	27
4. Badania polowe – nieinwazyjne	39
4.1. Metoda sejsmiki powierzchniowej SASW	39
4.2. Metoda sejsmiki powierzchniowej CSWS	42
4.3. Metoda sejsmiki powierzchniowej MASW	43
4.4. Uwagi do metod sejsmiki powierzchniowej	44
5. Badania laboratoryjne	47
5.1. Badanie w komorze trójosiowej z użyciem piezoelementów – BET	47
5.2. Badanie w kolumnie rezonansowej RCT	55
5.3. Badania w aparacie HCT	61
6. Podsumowanie	64
7. Przykładowe wyniki określania modułu sztywności	67
8. Bibliografia	77

1. WSTĘP

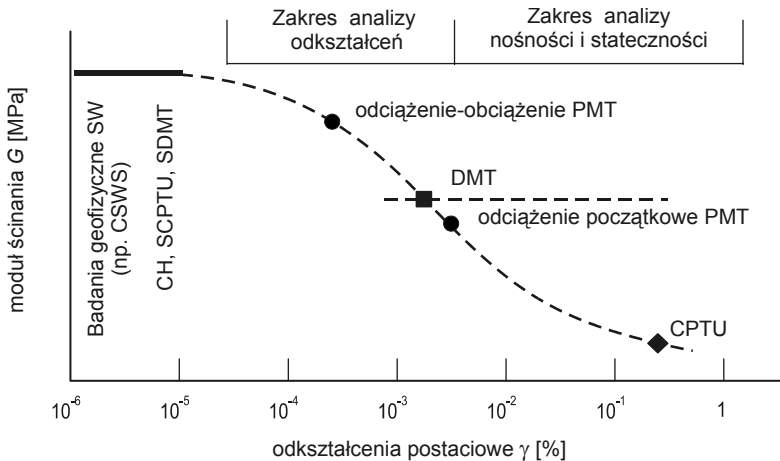
1.1. Wprowadzenie do metod

Do prawidłowego zaprojektowania obiektu budowlanego niezbędna jest znajomość parametrów geotechnicznych charakteryzujących podłoże. Parametry te powinny być na odpowiednim poziomie wiarygodności, uzyskane za pomocą uznanych i sprawdzonych metod ich identyfikacji. Niewątpliwie ważną rolę mają tu metody badań polowych, tzn. *in situ*, z uwagi na ogromny postęp w konstrukcji urządzeń do przeprowadzania badań, postępującą automatyzację i coraz bardziej zaawansowane systemy pomiarowe oraz interpretacyjne. Nie bez znaczenia jest też świadomość i oczekiwania projektantów, którzy coraz chętniej korzystają z metod półempirycznych wykorzystujących wyniki z różnego typu sondowań. Nowymi elementami badań polowych jest wykorzystanie metod geofizycznych do rozpoznania warunków podłoża za pomocą pomiaru w gruncie, propagacji oraz prędkości fal sejsmicznych.

Metody geofizyczne służyły dotychczas głównie do rozpoznawania budowy wglębnej skorupy ziemskiej, będąc podstawowym narzędziem w poszukiwaniu surowców mineralnych i energetycznych. Postęp w zakresie informatyzacji i rozwój narzędzi służących interpretacji (wzrost mocy obliczeniowych komputerów) oraz znaczna miniaturyzacja i automatyzacja urządzeń sprawiły, że metody te mają również zastosowanie w zagadnieniach płytkiego rozpoznania podłoża, tj. w budownictwie, drogownictwie i szeroko rozumianej ochronie środowiska. Różne techniki pomiarowe wykorzystywane są nie tylko w nieinwazyjnym wykrywaniu i lokalizacji obiektów oraz elementów infrastruktury podziemnej, ale coraz powszechniej stosowane są skutecznie w ocenie jakościowej i ilościowej warunków podłoża gruntowego, w zagadnieniach geotechnicznych i geologiczno-inżynierskich oraz geośrodowiskowych [41], [48], [51].

Zapewnienie wymogów bezpieczeństwa oraz racjonalnego projektowania obiektów budowlanych sprawia, że przy określaniu współpracy konstrukcji z podłożem gruntowym potrzebna jest znajomość odpowiednio dobranych do danego zagadnienia parametrów współpracy używanych w danej metodzie obliczeniowej. W przypadku określania wartości liczbowej modułów odkształcenia gruntów bardzo ważne jest właściwe odwzorowanie pracy konstrukcji. Oznacza to, że np. moduły powinny być wyznaczone w zakresie naprężeń i odkształceń, w którym dokonuje się współpraca analizowanej konstrukcji z podłożem, z uwzględnieniem ewentualnych obciążeń dynamicznych [19], [54].

W ośrodku gruntowym zachodzi silna nieliniowość modułu odkształcenia w zależności od poziomu odkształcenia. W obiektach, gdzie do współpracy włączone są duże obszary gruntów, a odkształcenia w nich są małe ($10^{-6} \div 10^{-3}$), np. w ścianach szczelinowych głębokich wykopów, obudowach tuneli, poprawna prognoza zachowania (przemieszczeń) wymaga wyznaczenia wartości modułów w zakresie sprężystym (rys. 1).



Rys. 1. Nieliniowość modułu ścinania w zależności od odkształceń na tle pracy wybranych konstrukcji i różnych metod badawczych [1], zmieniony na podstawie [4]

Metody badań, które pozwalają na wyznaczenie wartości modułów w tym zakresie odkształceń, należą do grupy metod wykorzystujących pomiary sejsmiczne, a dokładnie pomiar prędkości fal – poprzecznej i podłużnej.

Metody sejsmiczne wykorzystują niejednorodność sprężystych właściwości ośrodków skalnych i ich rozpoznanie na podstawie pomiaru propagacji fal sejsmicznych, tj. prędkości ich rozchodzenia się w ośrodku. Podstawowym mierzonym parametrem jest czas przyścia/dojścia fali, który zależy od długości drogi przejścia fali i właściwości materiału. Dlatego też prędkość propagacji fali sprężystej jest funkcją właściwości sprężystych ośrodka, opisanych poprzez moduły sprężystości. W zaawansowanych technikach pomiarowych do analizy fal sejsmicznych wykorzystuje się nie tylko kinematyczne właściwości fal sejsmicznych, ale także właściwości dynamiczne: intensywność i dyspersję oraz analizę spektralną.

Podstawą metod sejsmicznych są prawa fizyki opisujące właściwości sprężyste ciała. W ośrodkach rozdrobnionych teoria sprężystości ma zastosowanie tylko w niewielkim zakresie. Prawo Hooke’a mówi, że w ośrodku jednorodnym i izotropowym odkształcenia są proporcjonalne do działających naprężeń. Ośrodek materialny, dla którego słuszne jest prawo Hooke’a, nazywany jest ośrodkiem idealnie

sprężystym, natomiast zapis określający tą liniową zależność „odkształcenie-napężenie” – tensorem sztywności. W takim ośrodku po usunięciu naprężeń zanika odkształcenie, czyli ciało powraca do stanu początkowego. W praktyce ośrodki rzeczywiste, w tym grunty, tylko w ograniczonym zakresie spełniają prawo Hooke’a, stąd przyjmuje się, że zachowują się idealnie sprężysto przy małych naprężeniach, w zakresie niewielkich odkształceń. Przy większych naprężeniach odkształcenia są funkcją nieliniową naprężeń, a przy dalszym ich wzroście pojawia się faza plastyczna i w konsekwencji zniszczenie materiału. Zależnie od rodzaju naprężeń oraz odkształceń definiowane są różne parametry opisujące sprężystość ośrodka:

- moduł Younga (E) – moduł sprężystości liniowej (rozciąganie-ściskanie),
- moduł odkształcenia objętościowego (K) – moduł Helmholtza: charakteryzuje podatność na zmianę objętości przy działaniu wszechstronnego ściskania (kompresji),
- moduł sprężystości poprzecznej lub moduł odkształcenia postaciowego (G) – moduł Kirchhoffa: charakteryzuje podatność na odkształcenia postaciowe przy działaniu naprężeń stycznych lub skręcaniu, inaczej moduł ścinania lub moduł sztywności,
- współczynnik Poissona (ν) – stosunek odkształcenia poprzecznego do odkształcenia podłużnego przy osiowym stanie naprężenia.

Problematyka określania sztywności gruntu wynika z konieczności określania wartości modułów opisujących zachowanie ośrodka gruntowego w przebiegu charakterystyki ścinania [52] (zależność τ - γ dla określania modułu G czy też zależność σ - ε dla modułu E). W analizach zachowania gruntu wykorzystuje się termin „sztywność gruntu”, rozpatrując jego zachowania w zakresie odkształceń sprężystych (pseudosprężystych), wynikających z naprężeń stycznych, a miarą tego zachowania jest moduł ścinania G_0 , nazywany też modułem sztywności.

Jak wiadomo, podstawą pomiarów sejsmicznych są fale sejsmiczne, definiowane jako fale sprężyste rozchodzące się promieniście od punktu wzbudzenia, wywołujące w ośrodku sprężystym przemieszczenie cząstek ośrodka na skutek przyłożonego naprężenia (wzbudzenia). Ze względu na kierunek drgań cząstek ośrodka w stosunku do kierunku propagacji fali rozróżnia się [16]:

- Fale podłużne P (z ang. *primary*) – fale, w trakcie przemieszczeń których drgania cząstek są równoległe (zgodne z kierunkiem rozchodzenia się fali). Są to tak zwane fale dylatacyjne. Fale P rozchodzą się w ciałach stałych, w płynach i w gazach. Przykładem takiej fali jest fala akustyczna.
- Fale poprzeczne S (z ang. *secondary*) – fale, w trakcie przemieszczeń których drgania cząstek są prostopadłe do kierunku propagacji fali. Jest to rozchodzenie się odkształceń postaciowych. Są to fale skręciowe lub torsyjne, nieroz-

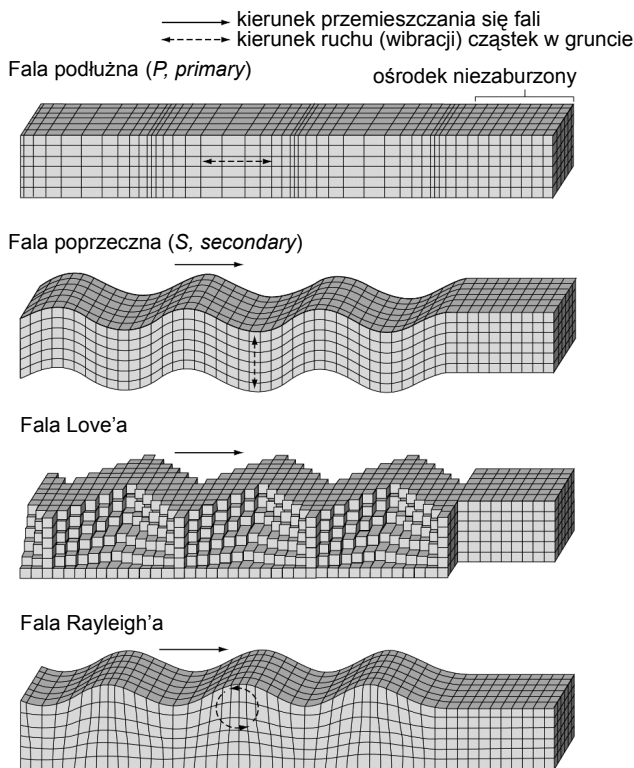
chodzące się w płynach (które nie przenoszą naprężeń ścinających). Fale poprzeczne mogą być spolaryzowane poziomo (S_H) lub pionowo (S_V).

Ze względu na przestrzeń, w której rozchodzą się fale sejsmiczne, wyróżnia się:

- Fale przestrzenne (objętościowe, z ang. *body waves*, fale głębokie) – fale P i S rozchodzące się w całej przestrzeni ośrodka, promieniście od punktu wzbudzenia, ich amplituda maleje proporcjonalnie do kwadratu odległości od źródła.

- Fale powierzchniowe – fale sprężyste rozchodzące się wzdłuż granicy między dwoma ośrodkami, a w szczególności wzdłuż powierzchni ziemi. Charakteryzują się one znacznie większą energią niż fale przestrzenne (amplituda maleje liniowo z odległością od źródła). Fale powierzchniowe są wynikiem nakładania się dwóch rodzajów fal: Rayleigha i Love'a. Fala Rayleigha to fala, której cząsteczki po wzbudzeniu poruszają się po elipsach położonych w płaszczyźnie pionowej, równoległej do kierunku rozchodzenia się fali. Fala Love'a to fala, w czasie przebiegu której cząsteczki drgają w płaszczyźnie pionowej, prostopadłej do kierunku rozchodzenia się fali.

Graficzne zilustrowanie rozchodzenia się fal w ośrodku gruntowym w podziale na fale przestrzenne (podłużne P i poprzeczne S) oraz fale powierzchniowe (Rayleigha, Love'a) przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Rodzaje fal sejsmicznych w gruncie [10]

Każda z opisanych fal sprężystych jest rodzajem drgania złożonego, składającego się z wielu drgań harmonicznym [16]. Ośrodek, przez który przechodzi fala sprężysta wpływa na własności kinetyczne i dynamiczne fali. Przez te pierwsze rozumie się prędkość propagacji fali (v) oraz zmiany kształtu czoła fali w czasie (izochron). Własności dynamiczne fali sprężystej opisują takie parametry, jak: amplituda drgań (A), częstotliwość (f) lub okres drgań (T), długość fali (λ) itp.

Prędkość fali sprężystej w ośrodku sprężystym, jednorodnym i izotropowym zależy od gęstości ośrodka oraz od kombinacji dwóch dowolnych parametrów sprężystych ośrodka opisanych przez moduły sprężystości.

Prędkość fali P (podłużnej) wyraża się wzorem:

$$V_P = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}} \text{ [m/s]} \quad (1.1)$$

Prędkość fali S (poprzecznej) wyraża się wzorem:

$$V_S = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\nu)}} \text{ [m/s]} \quad (1.2)$$

Porównując prędkości fali P i S , uzyskuje się zależność:

$$k = \frac{V_P}{V_S} = \sqrt{\frac{2(1-\nu)}{(1-2\nu)}} \text{ [-]} \quad (1.3)$$

z której wynika, że współczynnik k jest zawsze większy od jedności, a zatem prędkość fali P jest zawsze większa od prędkości fali S (stąd oznaczenia fali P – *primary* – przychodząca jako pierwsza, S – *secondary* – przychodząca jako druga). Dla gruntów, w odniesieniu do których współczynnik Poissona przyjmuje się w zakresie $\nu = 0,25-0,35$, stosunek prędkości V_P/V_S wynosi odpowiednio $k = 1,73-2,07$. Najważniejszą różnicą pomiędzy falami P a S jest to, że fale S można odwracać w fazie. Przy stosowaniu w badaniach źródła, które może wzbudzać fale poprzeczne o przeciwnej biegunowości, możliwe jest rozróżnienie typów fal i ich identyfikacja. Typowe zakresy prędkości fal sprężystych (P i S) rejestrowanych w gruntach przedstawia rysunek 3.

Poniższe wzory umożliwiają określenie wartości modułów sprężystości na podstawie zmierzonych prędkości fal – podłużnej i poprzecznej – i mogą posłużyć do obliczenia następujących parametrów sprężystych gruntu:

Moduł odkształcenia postaciowego G_{\max} (moduł ścinania)

$$G_{\max} = \rho V_S^2 \text{ [MPa]} \quad (1.4)$$

Moduł ściśliwości M

$$M = \rho V_P^2 \text{ [MPa]} \quad (1.5)$$

Moduł odkształcenia objętościowego K

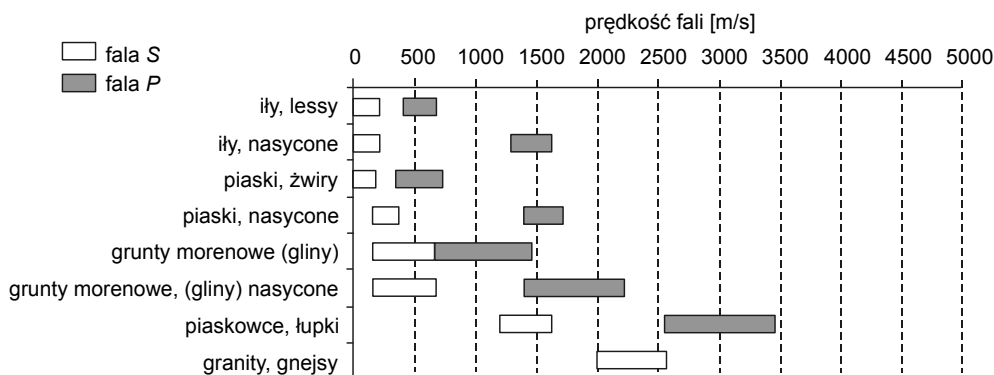
$$K = \rho(V_P^2 - \frac{4}{3}V_S^2) \text{ [MPa]} \quad (1.6)$$

Moduł odkształcenia E (moduł Younga)

$$E = 2\rho V_S^2(1 + \nu) \text{ [MPa]} \quad (1.7)$$

Współczynnik Poissona ν

$$\nu = \frac{\frac{1}{2}\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1}{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1} \text{ [-]} \quad (1.8)$$



Rys. 3. Rejestrowane prędkości fal sejsmicznych dla różnych typów gruntów [49]

Podczas propagacji fali poprzecznej przenoszonej przez szkielet gruntowy w zakresie bardzo małych odkształceń (10^{-6} – 10^{-5}), stosując zależności wyprowadzone na podstawie teorii sprężystości, można obliczać: średni moduł odkształcenia postaciowego (G_0) dla danej warstwy jako iloczyn kwadratu prędkości fali poprzecznej i wartości gęstości objętościowej gruntu (1.4). Stąd wynika, że pomiar prędkości fali poprzecznej wiąże się bezpośrednio ze sztywnością ośrodka i modułem odkształcenia.

W rzeczywistych ośrodkach geologicznych prędkość fal sejsmicznych zależy także od szeregu innych czynników, takich jak:

- stopień konsolidacji (wiek, geneza),
- wielkość naprężeń *in situ* (historia, diageneza, głębokość występowania),
- porowatość ośrodka,

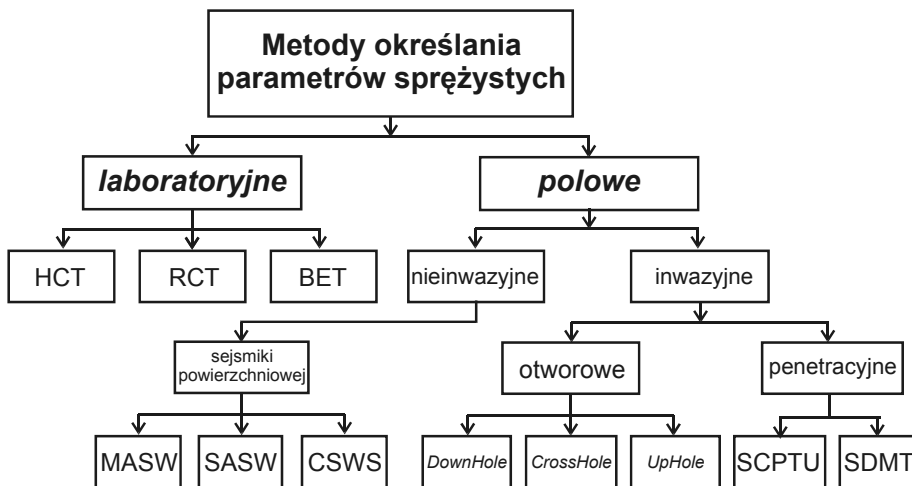
– stopień nasycenia przestrzeni porów przez wodę lub inne media, takie jak ropa lub gaz.

1.2. Przedmiot i zakres stosowania

Przedmiotem opracowania są dostępne metody badań geotechnicznych do określania charakterystyk sztywności gruntów z zastosowaniem geofizyki.

W opracowaniu szczegółowo omówiono metody określania parametrów geotechnicznych przy wykorzystaniu pomiaru prędkości fal sejsmicznych, opisując metodyki wykonywania badań oraz podstawy interpretacji danych pomiarowych, służących do wyznaczania parametrów sprężystych gruntu (głównie modułu odkształcenia postaciowego G). Ogólny podział metod omówionych w opracowaniu przedstawiono na rysunku 4.

W poradniku zebrano podstawowe informacje dotyczące metod polowych: inwazyjnych otworowych (DH, CH, UH), inwazyjnych penetracyjnych (SDMT, SCPTU), nieinwazyjnych (SASW, CSWS i MASW) oraz laboratoryjnych: BET, RCT, HCT. Większość opisanych metod została zastosowana w praktyce. Porównania i analizy dla wybranych wyników oznaczeń parametrów sztywności (moduł ścinania), dotyczące różnych typów gruntów uzyskanych tymi metodami, przedstawiono w przykładach. Wnioski praktyczne odnoszące się do poszczególnych metod podano również w formie komentarzy (podpunkty: *Uwagi o metodach*).



Rys. 4. Podział metod wyznaczania parametrów sprężystych gruntu – objaśnienia symboli w rozdz. 1.4

Jako podsumowanie opracowano m.in. zbiorcze zestawienie końcowe w formie tablicy (tabl. 2), gdzie podano praktyczne wskazówki odnoszące się do stosowalności poszczególnych metod w zależności od wybranych czynników i zadań badawczych w określonych warunkach podłoża.

Opracowanie może być wykorzystane do planowania, wykonywania i interpretacji badań geotechnicznych z wykorzystaniem metod geofizycznych. Podane zasady i opis metodyki pozwalają na zrozumienie specyfiki badań mających na celu uzyskanie profilu rozkładu sztywności gruntu przedstawionego za pomocą modułu sztywności G . Ponieważ opisane metody należą do grupy metod zaawansowanych (nieujętych w Eurokodzie 7), zakres ich stosowalności dotyczy głównie obiektów trudnych i wymagających, zaliczanych do III kategorii geotechnicznej w złożonych i skomplikowanych warunkach gruntowych. Należy tu też wymienić obiekty, w których występują obciążenia dynamiczne (np. turbiny wiatrowe, turbozespoły elektrowni); konieczne jest wówczas dodatkowe określenie dynamicznej odpowiedzi podłoża (moduły dynamiczne ustalone w oparciu o parametry sztywności) w obliczeniach projektowych.

1.3. Terminy i definicje

Akcelerometr – czujnik, który w odpowiedzi na falę sejsmiczną reaguje poprzez zmianę pojemności spowodowaną przez względny ruch masy i czujnika. Akcelerometr określa przyspieszenia cząstek.

Belka poprzeczna – stanowi element źródła do wzbudzania drgań, w którą uderza młotek; wykonana tak, żeby maksymalizować udział fali S i minimalizować udział fali P w generowanym sygnale.

Geofon – czujnik, który dzięki zjawisku indukcji elektrycznej (wzajemne przesłuszenia cewki oraz masy) w odpowiedzi na falę sejsmiczną reaguje, wytwarzając napięcie proporcjonalne do prędkości względnego ruchu cewki i bezwładnej masy. Geofon określa prędkości cząstek.

Fala S (secondary) – fala poprzeczna (fala ścinająca, z ang. *shear wave*), S_V (z ang. *vertical*) – fala poprzeczna o propagacji (ruchu cząstek) pionowej; S_H (z ang. *horizontal*) – fala poprzeczna o propagacji poziomej.

Fala P (primary) – fala podłużna, fala ściskająca (z ang. *compressive wave*).

Interwał czasu – różnica w czasach przybycia fal sejsmicznych do odbiorników dla dwóch ustalonych głębokości/odległości od źródła ($T_2 - T_1$). *True interval* (z ang.) to różnica w czasie przybycia tej samej fali do dwóch odbiorników umieszczonych na różnych głębokościach. *Pseudo interval* (z ang.) jest różnicą czasów przybycia fal (dwukrotnie wzbudzanych) do tego samego odbiornika, umieszczonego na dwóch różnych głębokościach.

Sejsmograf – urządzenie do wykrywania i rejestracji drgań (przemieszczeń i ich wielkości) wywołanych wstrząsami naturalnymi lub sztucznymi. Głównym elementem pomiarowym sejsmografu jest **sejsmometr**.

Sejsmometr – przyrząd, którego podstawową częścią jest masa bezwładna zawieszona tak, że tworzy wahadło fizyczne (pionowe lub poziome). Okres drgań własnych wahadła powinien być duży w porównaniu z okresem drgań gruntu, gdyż wtedy środek wahadła można traktować jako stały punkt odniesienia, względem którego określa się wielkość i kierunek drgań gruntu. Drgania gruntu są przetwarzane na impulsy elektryczne, wzmacniane i rejestrowane. Sejsmometrem może być akcelerometr, geofon lub czujnik zdolny wykryć drgania w zakresie częstotliwości od 0 do 250 Hz.

Wyzwalacz – przyrząd podłączony do dowolnego elementu źródła (belki lub młotka), który inicjuje urządzenie rejestrujące w chwili wzbudzenia drgań.

Źródło drgań – przyrząd generujący fale sejsmiczne propagowane w podłożu; źródło drgań to zrzucany obiekt, wibrator, belka poprzeczna, młot lub źródła pasywne.

1.4. Symbole i oznaczenia

Tablica 1. Spis użytych symboli, oznaczeń i skrótów

Symbol, skrót	Opis	Jednostka
ρ	gęstość objętościowa gruntu	Mg/m ³
I_L	stopień plastyczności	–
I_D	stopień zagęszczenia	–
τ	wytrzymałość gruntu na ścinanie	kPa
c'	spójność efektywna	kPa
ϕ'	efektywny kąt tarcia wewnętrznego	°
$c_u (S_u)$	wytrzymałość gruntu na ścinanie w warunkach „bez odplywu”	kPa
E, E_0	moduł liniowej odkształcalności, moduł Younga	MPa
G_{max}, G, G_0	moduł odkształcenia postaciowego (<i>shear modulus</i>)	MPa
G_{op}	operacyjny moduł ścinania	MPa
K	moduł odkształcenia objętościowego	MPa
M	Moduł ściśliwości	MPa
ν	współczynnika Poissona	–
K_0	współczynnik parcia bocznego	–
OCR	współczynnik prekonsolidacji	–
γ	odkształcenie postaciowe	%
q	dewiator naprężenia ($\sigma_1 - \sigma_3$)	kPa
ε	odkształcenie	%
q_c	opór pod stożkiem z sondowania statycznego (CPT/CPTU)	MPa

Symbol, skrót	Opis	Jednostka
f_s	tarcie na poboczniczy w sondowaniu statycznym (CPT/CPTU)	kPa
u	ciśnienie wody w porach gruntu	kPa
I_{DMT}, I_d	współczynnik materiałowy w badaniach DMT	–
K_{DMT}, K_d	współczynnik składowej pionowej naprężenia w badaniach DMT	–
E_{DMT}, E_d	moduł dylatometryczny	MPa
V_P	prędkość fali sejsmicznej, podłużnej	m/s
$V_{(SH, SV)}$	prędkość fali sejsmicznej, poprzecznej – (<i>Horizontal</i>) o propagacji poziomej; (<i>Vertical</i>) o propagacji pionowej	m/s
V_R	prędkość powierzchniowej fali sejsmicznej Rayleigha	m/s
L	długość w linii prostej pomiędzy źródłem a odbiornikiem, droga fali sejsmicznej	m
L_R	zasięg propagacji fali Rayleigha	m
$T(t)$	czas dojścia fali sejsmicznej od źródła do odbiornika	s
z	głębokość pomiaru, położenia geofonów	m
x	odległość na powierzchni od źródła do pozycji geofonów	m
Δ (L, T lub s, t)	zmiana, różnica w długości (w przypadku drogi fali, np. pomiędzy geofonami) lub różnica czasu – dojścia fali na poszczególnych geofonach	–
A	amplituda fali	m
f	częstotliwość fali	Hz
T	okres drgań	s
λ	długość fali	m
d	rozstaw geofonów	m
Φ	przesunięcie fazowe	s
I	moment bezwładności próbki	kg·m ²
D_T	wskaźnik tłumienia	–
δ	dekrement tłumienia	–
β	współczynnik tłumienia drgań	–
CPTU	badanie sondą statyczną z pomiarem ciśnienia wody w porach gruntu (badanie piezostóżkiem)	–
DMT	badanie dylatometrem płaskim Marchettiego	–
PMT	badanie presjometrem Menarda	–
SPT	badanie sondą cylindryczną	–
SCPTU	badanie piezostóżkiem sejsmicznym	–
SDMT	badanie dylatometrem sejsmicznym	–

Symbol, skrót	Opis	Jednostka
SW	badania metodami sejsmiki powierzchniowej	–
CSWS	<i>continuous surface wave system</i> (analiza ciągła fali powierzchniowej)	–
SASW	<i>spectral analysis of surface waves</i> (analiza spektralna fal powierzchniowych)	–
MASW	<i>multichannel analysis of surface waves</i> (wielokanałowa analiza fal powierzchniowych)	–
CH	<i>CrossHole</i> – inwazyjna metoda polowa z wykorzystaniem pomiarów propagacji fali sejsmicznej – pomiędzy otworami	–
DH	<i>DownHole</i> – inwazyjna metoda polowa z wykorzystaniem pomiarów propagacji fali sejsmicznej w kierunku od powierzchni do głębokości pomiarowej	–
UH	<i>UpHole</i> – inwazyjna metoda polowa z wykorzystaniem pomiarów propagacji fali sejsmicznej w kierunku od głębokości pomiarowej do powierzchni	–
BET	<i>Bender Element Test</i> – metoda laboratoryjna pomiaru propagacji fali sejsmicznej w aparacie trójosiowym za pomocą tzw. piezoelektryków	–
RCT	<i>Resonant Column Test</i> (kolumna rezonansowa), metoda laboratoryjna do określania częstotliwości rezonansowej, parametrów sztywności i tłumienia gruntu	–
HCT	<i>Hollow Cylinder Test</i> (pusty cylinder), aparat do zadawania odkształceń/obciążeń (monotonicznych lub cyklicznych) – osiowych i/lub skrętnych dla wydrążonej próbki walcowej	–
HE	czujniki napróbkowe typu <i>hall effect</i> do pomiarów odkształceń osiowych i bocznych (radialnych)	–
TRX CIU	badanie w aparacie trójosiowego ściskania, z konsolidacją izotropową, w warunkach bez odpływu	–
multi CH	badanie typu <i>CrossHole</i> , gdzie mamy do czynienia z jednym nadajnikiem (źródłem) w otworze i kilkoma odbiornikami w otworach najczęściej wykonanych w stałych odstępach w jednym szeregu pomiarowym.	–
NC	<i>normally consolidated</i> – określenie oznaczające grunty normalnie skonsolidowane – oznacza to, że obecnie występujące naprężenie efektywne σ' w gruncie jest największe ze wszystkich, jakie dotychczas wystąpiły	–
OC	<i>over-consolidated</i> – określenie oznaczające grunty przekonsolidowane – oznacza to, że obecnie występujące naprężenie efektywne σ' w gruncie jest mniejsze od naprężeń, które dotychczas wystąpiły	–