

**PROJEKTOWANIE
WEDŁUG
EUROKODÓW**

Lech Wysokiński
Walery Kotlicki
Tomasz Godlewski

**Projektowanie geotechniczne
według Eurokodu 7**

Poradnik

Geotechnical design according to Eurocode 7
Guidance



Instytut Techniki Budowlanej

Warszawa 2011

KOMITET REDAKCYJNY SERII

Redaktor naczelny
Zastępca redaktora naczelnego
Sekretarz
Członkowie

LEONARD RUNKIEWICZ
JADWIGA FANGRAT
DANUTA SZCZEPAŃSKA
BARBARA FRANCKE
ZBIGNIEW GAŁKOWSKI
TADEUSZ JAROSZ
JAN SIECZKOWSKI

Recenzenci

prof. zw. dr hab. inż. ZBIGNIEW GRABOWSKI
prof. dr hab. inż. ZBIGNIEW LECHOWICZ
mgr inż. STANISŁAW PĘSKI

Opracowanie redakcyjne
dr MICHAŁ GAJOWNIK

Opracowanie komputerowe
SŁAWOMIR KOSIARSKI
DOROTA MISIEWICZ

Projekt okładki
EWA KOSSAKOWSKA

© Copyright by Instytut Techniki Budowlanej
Warszawa 2011

ISBN 978-83-249-4831-4 (wersja papierowa)
ISBN 978-83-249-8305-6 (PDF)



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

[Kup książkę](#)

Spis treści

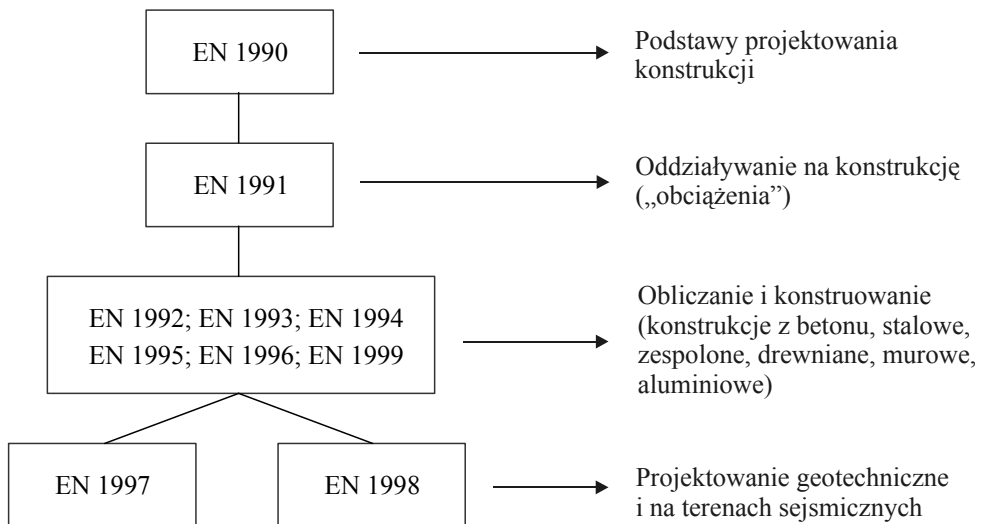
<i>Streszczenie</i>	5
<i>Summary</i>	5
Przedmowa	7
Wstęp	9
1. Wprowadzenie	12
1.1. Cele Eurokodów	12
1.2. Wymagania podstawowe	13
1.3. Specyfika Eurokodu 7	14
1.4. Krótka historia normalizacji geotechnicznej w Polsce	17
2. Ogólne wymagania dotyczące projektowania geotechnicznego	21
3. Dane geotechniczne	28
3.1. Klasyfikacja gruntów (PN-EN ISO 14688-1 i -2:2006)	28
3.2. Planowanie, wykonywanie i interpretacja badań podłoża według PN-EN 1997-2	37
3.3. Badania polowe	44
3.4. Komentarz	82
3.5. Badania laboratoryjne według PN-EN 1997-2	85
3.6. Badania skał	97
3.7. Komentarz	102
3.8. Dokumentacja badań podłoża (GIR)	102
4. Wyznaczanie parametrów geotechnicznych	111
5. Podstawy projektowania geotechnicznego	127
5.1. Zasady ogólne	127
5.2. Kategorie geotechniczne	127
5.3. Metody projektowania	129
5.4. Projektowanie w oparciu o obliczenia	131
5.5. Sprawdzanie stanów granicznych nośności	134
5.6. Sprawdzanie stanów granicznych użyteczności	141
6. Projektowanie fundamentów bezpośrednich	143
6.1. Wprowadzenie	143
6.2. Charakterystyka przyjętego w normie podejścia do problemu	144
6.3. Głębokość posadowienia	149
6.4. Zabezpieczenie konstrukcji przed skutkami przemarzania gruntu, pęcznienia i skurczu	150
6.5. Wpływ rozmycia	152

6.6. Wpływ wykopu na obiekty sąsiednie	152
6.7. Wymiary fundamentu	153
6.8. Siły i obciążenia działające na fundament	158
6.9. Model obliczeniowy pracy podłoża	159
6.10. Sprawdzenie oporu granicznego podłoża na wyparcie gruntu spod fundamentu	161
6.11. Sprawdzenie oporu granicznego na ściecie	167
6.12. Sprawdzanie stanów granicznych użytkowości	170
6.13. Sprawdzanie stanu granicznego osiadań	170
6.14. Przykłady sprawdzania stanów granicznych według EN 1997-1 (metoda analityczna)	180
7. Fundamenty palowe	200
7.1. Wprowadzenie	200
7.2. Stany graniczne	201
7.3. Oddziaływania i sytuacje obliczeniowe	203
7.4. Metody projektowania i zagadnienia projektowe	206
7.5. Próbné obciążenia pali	208
7.6. Sprawdzanie stanów granicznych w projekcie	211
7.7. Przykłady obliczeń sprawdzających	218
8. Projektowanie konstrukcji oporowych	226
8.1. Wprowadzenie	226
8.2. Stany graniczne – zagadnienia projektowe	227
8.3. Wyznaczanie parć i odporów gruntu	233
8.4. Parcie wody	242
8.5. Sprawdzenie stanów granicznych ścian grawitacyjnych	245
8.6. Sprawdzenie stanów granicznych ścian zakotwionych w gruncie	249
8.7. Przykłady obliczeń sprawdzających według PN-EN 1997-1	255
9. Sprawdzanie stateczności skarp i zboczy	269
9.1. Warunek obliczeniowy	269
9.2. Wartości obliczeniowe oddziaływań	270
9.3. Wartości obliczeniowe parametrów geotechnicznych	270
9.4. Dane geometryczne	271
9.5. Zalecane wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa	271
9.6. Przykłady obliczeń	273
10. Podsumowanie	278
11. Bibliografia	279
12. Geotechniczne normy europejskie w zasobach Polskiego Komitetu Normalizacyjnego	284

PRZEDMOWA

Eurokody stanowią zestaw norm europejskich dotyczących projektowania konstrukcji budowlanych. Zostały opracowane, aby służyć jako dokumenty odniesienia do wskazania zgodności budynków i budowli z wymaganiami podstawowymi zawartymi w dyrektywie 89/106/EWG dotyczącej wyrobów budowlanych oraz w ustawie Prawo budowlane.

Eurokodów, jak pokazano na schemacie poniżej, jest 10 i są one numerowane kolejno od EN 1990 do EN 1999. Każdy z eurokodów, z wyjątkiem EN 1990, stanowi pakiet składający się z wielu części, których łącznie jest 58.



Eurokody mogą być, zgodnie z załącznikiem nr 1 do rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm.), stosowane równoległe z normami PN-B dotyczącymi projektowania konstrukcji. Normy PN-B zostały w marcu 2010 r. wycofane ze zbioru norm aktualnych i przewiduje się, że w niedługim czasie nie będą stosowane w praktyce projektowej.

Komisja Europejska, zdając sobie sprawę z trudności, jakie mogą wystąpić przy wdrażaniu Eurokodów do praktyki, w dokumencie informacyjnym L „Stosowanie

i sposób wykorzystania Eurokodów (tłumaczenie – ITB, 2004 r.), zobowiązała kraje członkowskie m.in. do ich „obudowania” dokumentami aplikacyjnymi, bezpośrednio odpowiadającymi potrzebom warsztatu projektowego.

W tej sytuacji Instytut Techniki Budowlanej – wychodząc naprzeciw aktualnym potrzebom projektowym w budownictwie – podjął inicjatywę publikacji poradników w ramach nowej serii wydawniczej pt. „Projektowanie według Eurokodów”.

Celem tej serii jest przybliżenie inżynierowi wymagań i metod obliczeniowych zawartych w Eurokodach. Istotą serii nie jest dublowanie informacji zamieszczonych w Eurokodach, ale przedstawienie komentarzy do poszczególnych postanowień oraz zilustrowanie ich przykładami obliczeniowymi.

Poradniki przeznaczone są dla osób zajmujących się projektowaniem konstrukcji budowlanych, mogą też służyć pomocą w procesie dydaktycznym na kierunkach budowlanych w szkolnictwie technicznym.

Seria Instytutu Techniki Budowlanej pt. „Projektowanie według Eurokodów” powstała w ramach dotacji statutowej przyznanej ITB przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

* * *

Tytuły opublikowanych lub przewidzianych do publikacji w najbliższym okresie poradników z tej serii wydawniczej zamieszczone są zwykle na przedostatniej stronie okładki.

Komitiet Redakcyjny
Serii „Projektowanie według Eurokodów”
Instytutu Techniki Budowlanej

WSTĘP

Dyrektywa Rady Europy 89/106/EWG [27] określiła wymagania, jakie muszą spełniać obiekty budowlane w państwach członkowskich Unii Europejskiej. Wymagania te realizują Eurokody. Są to normy określające zasady projektowania konstrukcji obiektów budowlanych z uwagi na dwa wymagania tej dyrektywy, dotyczące:

- bezpieczeństwa konstrukcji,
- bezpieczeństwa pożarowego.

Program Eurokodów obejmuje dziesięć działów, z których każdy składa się z reguły z kilku części, stanowiących odrębne normy. Eurokody, poza pierwszym, oznaczone są numerami od 1 do 9 oraz symbolami od EN 1990 do EN 1999:

– Eurokod (EN 1990) określa ogólne zasady projektowania konstrukcji, wspólne dla wszystkich Eurokodów,

– Eurokod 1 (EN 1991) zawiera zasady określania podstawowych oddziaływań, jakie należy uwzględniać w projektowaniu konstrukcji.

Pozostałe Eurokody przedstawiają zasady projektowania poszczególnych rodzajów konstrukcji z uwagi na specyficzne oddziaływania i materiały.

Zestawienie wszystkich Eurokodów wygląda następująco:

EN 1990 – Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji,

EN 1991 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje,

EN 1992 – Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu,

EN 1993 – Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych,

EN 1994 – Eurokod 4: Projektowanie konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych,

EN 1995 – Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych,

EN 1996 – Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych,

EN 1997 – Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne,

EN 1998 – Eurokod 8: Projektowanie konstrukcji poddanych oddziaływaniom sejsmicznym,

EN 1999 – Eurokod 9: Projektowanie konstrukcji aluminiowych.

Obecnie jest to 48 norm.

Przedmiotem poradnika jest Eurokod 7, norma EN 1997, a w wersji polskiej PN-EN 1997, zawierająca zasady projektowania geotechnicznego. Eurokod 7, który dalej nazywany będzie w skrócie EC 7, normą lub nową normą, określa zasady:

- rozpoznania warunków gruntowo-wodnych, występujących w otoczeniu konstrukcji obiektu,
- ustalenia oddziaływań na konstrukcję, wynikających z warunków podłoża,
- projektowania konstrukcji z uwagi na te oddziaływania.

Zgodnie z zaleceniami Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego (CEN), organizacji, która koordynowała opracowanie Eurokodów, a obecnie czuwa nad ich wprowadzeniem do praktyki, wdrożenie Eurokodów w poszczególnych krajach członkowskich odbywa się poprzez:

- ustanowienie krajowej normy, stanowiącej dokładne tłumaczenie normy europejskiej,
- opracowanie Załącznika krajowego, zawierającego ustalenia dotyczące tych zagadnień, które w Eurokodzie pozostawiono do ustaleń krajowych (charakter tych ustaleń podano w przedmowie do normy PN-EN 1997-1).

Specyficznym wymaganiem Eurokodu 7 jest uzależnienie zakresu i rodzaju badań podłoża, niezbędnych obliczeń sprawdzających oraz wymaganej kontroli wykonania konstrukcji od stopnia trudności zadania, określanego mianem kategorii geotechnicznej obiektu.

Część pierwsza Eurokodu 7, przedstawiająca ogólne zasady projektowania geotechnicznego, jest normą trudną. Zawiera ona głównie wymagania, jakie należy spełnić, z których wiele sformułowanych jest dosyć ogólnie. Komitet Techniczny PKN nr 254 ds. Geotechniki uznał, że wdrożenie tej normy do praktyki będzie wymagało opracowania komentarzy, a w przyszłości być może dodatkowych norm, uściślających sposoby spełnienia wymagań zawartych w PN-EN 1997-1. Uzupełnieniem PN-EN 1997-1 jest norma PN-EN 1997-1:2008/Ap2, stanowiąca tzw. Załącznik krajowy [8a]. Ustalenia te generalnie dotyczą:

- wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa,
- wyboru metod, które w Eurokodzie podane są alternatywnie,
- ustalania parametrów zależnych od warunków klimatycznych.

Zgodnie z ustaleniami CEN Eurokody powinny być stosowane w krajach członkowskich począwszy od 2010 roku.

Generalnie można stwierdzić, że projektowanie fundamentów z wykorzystaniem Eurokodów nie zawiera znacznych różnic w stosunku do dotychczasowych zasad projektowania w Polsce. Eurokod 7, podobnie jak dotychczasowe polskie geotechniczne normy budowlane, od 1974 roku przyjmuje filozofię stanów granicznych, ale w wielu istotnych szczegółach różni się od norm polskich, którymi posługiwali się dotąd projektanci konstrukcji. Główną różnicą jest fakt, że polskie normy z lat 80. były normami systemu nakazowego. Od roku 1994 w warunkach rynkowych, w których obecnie funkcjonuje Polska, normy są dobrowolne. Znacznie większą odpowiedzialność mają osoby uczestniczące w procesie budowlanym (projektanci i wykonaw-

cy) niż kiedyś, gdy norma była obligatoryjna. Stosowanie norm, zwłaszcza bezpieczeństwa, którymi są normy z grupy Eurokodów, ma za zadanie wyznaczanie bezpiecznych warunków budowania, a ich stosowanie ma chronić projektanta przed odpowiedzialnością prawną w przypadku awarii czy katastrofy.

Powyższe względy zadecydowały o celowości opracowania niniejszego poradnika. Zawiera on:

- wyjaśnienia i oceny zawartych w Eurokodzie 7 wymagań i zaleceń,
- omówienia procedur postępowania przy projektowaniu według Eurokodu, zwłaszcza w powszechnie występujących w praktyce przypadkach, z nawiązaniem do doświadczeń z dotychczasowej praktyki polskiej.

Poradnik przeznaczony jest dla wykonawców dokumentacji badań podłoża, projektantów konstrukcji i fundamentów, a także inwestorów.

Podczas korzystania z poradnika należy mieć tekst PN-EN 1997-1 oraz polskie normy z lat 80. XX w.: PN-81/B-03020 [15], PN-83/B-02482 [16] i PN-83/B-03010 [17]. Zakłada się, że przez pewien czas projektanci fundamentów powinni rozwiązywać problem przy użyciu Eurokodu 7 i norm poprzedniego systemu w celu nabrania pewności projektowania w nowym systemie. Bardzo ważną stosowaną obecnie zasadą jest ciągła, na wszystkich etapach inwestowania, współpraca geotechnika i konstruktora obiektu. Wprowadzone zostaje **projektowanie geotechniczne**, które jest nowym terminem w polskiej praktyce. Także nowym jest założenie, że na każdym etapie procesu inwestycyjnego, przy braku zadowalających informacji o gruncie lub wodzie, należy wykonać badania uzupełniające. Uściślenie danych z reguły prowadzi do poprawy bezpieczeństwa obiektu i oszczędności przy jego budowie.

1. WPROWADZENIE

1.1. Cele Eurokodów

Osiągnięcia techniczne, budownictwo, produkcja, handel, mają dziś charakter międzynarodowy. Ambitne obiekty wykonywane są wspólnie przez międzynarodowe konsorcja, ludzi różnych kultur, religii, doświadczenia. Potrzeba ujednolicenia definicji, zasad, metod projektowania i postępowania jest w tym przypadku oczywista. Służą temu Normy – Standardy. Pozwalają one znacznie skuteczniej porozumieć się, skracać dyskusje, przyspieszać terminy, wyjaśniać (nawet w sądach) nieporozumienia.

Program opracowania europejskich norm projektowania konstrukcji budowlanych – Eurokodów powstał w 1975 roku. Celem programu było usuwanie przeszkód technicznych w wymianie handlowej i usługach oraz harmonizacja ustaleń technicznych w krajach Wspólnoty Europejskiej, czyli spełnianie jednego z głównych celów Unii. Zasady gospodarki rynkowej, które leżą u podstaw Unii Europejskiej, zakładają na jej obszarze swobodny przepływ:

- towarów (brak barier celnych),
- usług (rynek inwestycyjny),
- kapitału (przepływ pieniędzy),
- osób (rynek pracy).

Większość dokumentów normalizacyjnych związanych tematycznie z budownictwem jest opracowywana przez Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN), który funkcjonuje jako międzynarodowe stowarzyszenie techniczne typu „non-profit”, zrzeszające 31 krajowych instytucji normalizacyjnych. CEN opracowuje normy europejskie (EN), których wdrożenie do krajowych systemów normalizacyjnych jest obligatoryjne dla wszystkich instytucji normalizacyjnych państw członkowskich. Celem zapewnienia zgodności europejskich norm ze standardami obowiązującymi w pozostałych częściach świata, CEN współpracuje również z Międzynarodową Organizacją Normalizacyjną (ISO). Na skutek współdziałania tych dwóch organizacji, ponad 30% norm przyjmowanych przez CEN jest identycznych z międzynarodowymi normami opracowanymi przez ISO i są one wprowadzane jako EN ISO.

W dyrektywie Rady Europy 89/106/EWG [27] określono wymagania podstawowe, jakie muszą spełniać obiekty budowlane w państwach członkowskich. Są to:

- bezpieczeństwo konstrukcji,
- bezpieczeństwo pożarowe,

- higiena, zdrowie i środowisko,
- bezpieczeństwo użytkowania i dostępność obiektów,
- ochrona przed hałasem,
- oszczędność energii i ochrona ciepła,
- zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych (ostatnio wprowadzone).

Jako zasadnicze wymaganie z zakresu bezpieczeństwa w dyrektywie podano: *Obiekty budowlane muszą być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby obciążenia, które mogą na nie działać w trakcie wznoszenia i użytkowania, nie prowadziły do:*

- a) zniszczenia całości lub części obiektu,*
- b) znacznych odkształceń o niedopuszczalnej wielkości,*
- c) uszkodzenia części obiektów, połączeń lub zainstalowanego wyposażenia w wyniku znacznych odkształceń nośnych elementów konstrukcji,*
- d) uszkodzenia na skutek wypadku w stopniu nieproporcjonalnym do wywołującej go przyczyny.*

W celu spełnienia podanych podstawowych wymagań z zakresu bezpieczeństwa i użyteczności w Eurokodach zakłada się, że budowla powinna:

- podczas całego okresu życia zachować zdolność do użytkowania zgodnie z przeznaczeniem, przy utrzymaniu odpowiedniego stopnia niezawodności i ekonomiki,
- przenosić wszystkie oddziaływania i wpływy powstałe podczas procesu wykonywania i eksploatacji,
- być odporna na zagrożenia, takie jak ogień, eksplozje, uderzenia, czy konsekwencje ludzkich błędów.

1.2. Wymagania podstawowe

W analizach i ocenach stosowanych w Eurokodach wykorzystywana jest teoria niezawodności. Przyjmuje się różne poziomy niezawodności w odniesieniu do nośności i użyteczności. Przy wyborze poziomu niezawodności należy uwzględnić:

- przyczyny oraz tryb wystąpienia stanów granicznych,
- możliwe konsekwencje awarii z uwzględnieniem wystąpienia zagrożenia życia, zdrowia lub wystąpienia strat ekonomicznych,
- społeczne i środowiskowe warunki konkretnej lokalizacji,
- nakłady finansowe i procedury konieczne do ograniczenia możliwości wystąpienia awarii.

Stosowane najczęściej sposoby spełnienia wymagań podstawowych oparte są na metodzie stanów granicznych, przy korzystaniu z odpowiednich modeli obliczeniowych (uzupełnianych, w razie potrzeby, badaniami), uwzględniających wszystkie miarodajne zmienne. Zakłada się, że modele te są dostatecznie dokładne, aby

przewidzieć zachowanie się konstrukcji i podłoża, oraz że uwzględniają zazwyczaj minimalną, możliwą do osiągnięcia, jakość wykonania, a także wiarygodność danych wejściowych do projektowania i założenia dotyczące konserwacji obiektu.

Jeżeli nie można posługiwać się metodami analitycznymi lub jeżeli metody te nie są odpowiednie, należy korzystać z innych rozwiązań. Eurokod dopuszcza stosowanie metod empirycznych z tzw. doświadczenia porównywalnego lub metody obserwacyjnej.

Przy niektórych oddziaływaniach, takich jak oddziaływania sejsmiczne, wpływ ognia lub uderzenia, niezbędne jest stosowanie od razu specjalnych zabezpieczeń obiektów. Norma podaje, że zagrożenia można ograniczyć lub ich całkowicie uniknąć poprzez odpowiedni wybór jednego lub kilku następujących działań:

- eliminowanie lub ograniczanie zagrożeń, na które konstrukcja może być narażona,

- wybór rozwiązania konstrukcyjnego mało podatnego na zagrożenie,
- nadanie konstrukcji odpowiedniej podatności w celu absorpcji energii.

Zasadniczą sprawą w ocenie zagrożenia jest niedopuszczenie do wystąpienia stanów granicznych w gruncie i obiekcie. Każde przekroczenie stanu granicznego powoduje, że wymagania dotyczące właściwości użytkowych obiektu nie są już spełniane. Stany graniczne mogą odnosić się do sytuacji stałych, występujących w okresie użytkowania obiektu lub do sytuacji przejściowych, występujących w czasie budowy (stadium budowy, montażu lub naprawy), a także do niezamierzonych sposobów użytkowania lub do wypadków.

W Eurokodzie wprowadza się pojęcie założonego okresu użytkowania, wykorzystywane przy:

- doborze oddziaływań projektowych (takich jak wiatr, czy wpływy sejsmiczne),
- ocenach pogarszania się właściwości materiałowych (np. w czasie),
- określaniu kosztów użytkowania budowli,
- określaniu strategii utrzymania obiektu oraz skutków rozbiórki, przyjmując zasady budownictwa zrównoważonego.

Budowla powinna być zaprojektowana w taki sposób, by procesy niszczenia nie wpływały na jej trwałość i zachowanie przy przewidzianym poziomie konserwacji. Eurokod zakłada, że prowadzone są odpowiednie kroki, co do działań organizacyjnych i kontroli na etapie badań, projektu, wykonawstwa, użytkowania i obsługi.

1.3. Specyfika Eurokodu 7

Eurokod 7 obejmuje zagadnienia projektowania konstrukcji obiektów z uwagi na specyficzną grupę materiałów, jakim są grunty i podłoże budowlane. Specyfiką projektowania geotechnicznego jest konieczność rozpoznania warunków gruntowych występujących w otoczeniu projektowanej budowli. Wynik tego rozpoznania stano-

wi podstawę do oceny parametrów obliczeniowych i oddziaływań oraz związanych z nimi zagrożeń przy projektowaniu konstrukcji. Eurokod 7 składa się z dwóch części:

- EN 1997-1, zawierającej ogólne zasady projektowania geotechnicznego,
- EN 1997-2, zawierającej zasady rozpoznania warunków gruntowych (rodzaj i sposób badań) i dokumentowania wyników.

Powyższe normy przewidziane do stosowania w Polsce przetłumaczone są jako PN-EN 1997-1 [8] i PN-EN 1997-2 [9]. Zgodnie z wymaganiami, są one wiernym tłumaczeniem norm europejskich. W obu normach za podstawę tłumaczenia przyjęto angielską wersję normy, która w kontaktach międzynarodowych jest powszechnie akceptowana*.

Eurokod 7, który jest stosowany w krajach UE, budzi zainteresowanie i chęć przyjęcia w wielu krajach na świecie (Japonia, Chiny, Rosja, Australia). Załącznik krajowy (*National Annexe*) do EC 7, który powinien opracować każdy kraj, wymaga około 40 decyzji. PN-EN 1997-1:2008/Ap2 stanowi tzw. polski Załącznik krajowy [8a]. Załącznik ten zawiera przyjęte przez KT 254 PKN ustalenia, które w EN 1991 pozostawiono do decyzji poszczególnych państw. Ustalenia te generalnie dotyczą:

- wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa,
- wyboru metod, które w Eurokodzie podane są alternatywnie.

Wprowadzenie do ogólnego stosowania w Polsce Eurokodu 7 wymaga wysiłku i działań:

- kadry akademickiej (wprowadzenie do programu zajęć),
- kadry inżynierów projektantów, którzy powinni współpracować z geotechnikami i przez jakiś czas porównywać rozwiązania do wyników poprzednich rozwiązań,
- izb inżynierów, które powinny wykonywać szkolenia dla kadry technicznej,
- prasy technicznej, popularyzującej przykłady i zastosowania.

Zgodnie z „filozofią” norma EC 7 zawiera głównie wymagania (typu: *należy*) i ogólne zalecenia (typu: *wskazane jest uwzględnić*). Zakres szczegółowych procedur postępowania, pozwalających spełnić te wymagania, jest stosunkowo skromny. Ponadto szereg wymagań i zaleceń sformułowanych w tekście jest nie w pełni objaśniona. Wiele z nich dotyczy przypadków szczególnych, których norma nie podaje. Wynika to z różnych doświadczeń międzynarodowego zespołu autorskiego i metody opracowania umożliwiającej zgłoszenie swoich wersji, uwag i poprawek. Przyjęcie tych uwag, czy poprawek niekiedy deformuje zasadniczą tezę punktu.

W wielu krajach (np. Niemczech, Francji, Wielkiej Brytanii) uznano za niezbędne uzupełnienie Eurokodu 7 normami własnymi, zharmonizowanymi z zasadami pro-

* Wiernie tłumaczenie powoduje, że niekiedy tekst jest trudniejszy niż napisany od razu po polsku.

jektowania Eurokodu 7, zawierającymi bardziej szczegółowe zalecenia dotyczące sposobu postępowania (zasady Eurokodu nie wykluczają takich możliwości). Taką normą jest na przykład DIN 1054.

Komitet Techniczny nr 254 ds. Geotechniki uznał, że takie rozwiązanie w Polsce również byłoby potrzebne. Potrzebne jest uściślenie zasad ustalania parametrów geotechnicznych, projektowania fundamentów bezpośrednich, projektowania fundamentów palowych, konstrukcji oporowych i sprawdzania stateczności ogólnej.

Normy krajowe zharmonizowane z normą EC 7, pozwalają na szybsze, może nawet dokładniejsze, realizowanie założonych przez Eurokody celów. Eurokod geotechniczny (EC 7) stosowany w Polsce w warunkach określonej budowy geologicznej, rzutujących na właściwości geotechniczne gruntów, przy uwzględnieniu naszych tradycji budowlanych, wymaga przeniesienia dotychczasowych doświadczeń polskich do systemu, które w nowy sposób reguluje Eurokod.

Eurokody są normami zapewniającymi bezpieczeństwo budowli. Opracowanie tych norm powinno być finansowane przez państwo, gdyż ono odpowiada za bezpieczeństwo obywateli, a środki finansowe na ten cel nie są przeznaczane. Za wdrożenie systemu Eurokodów jest odpowiedzialny Polski Komitet Normalizacyjny. Komitety Techniczne PKN zaangażowane w prace nad wdrożeniem Eurokodów, to:

- KT 102 ds. Podstaw projektowania konstrukcji budowlanych,
- KT 128 ds. Projektowania i wykonawstwa konstrukcji metalowych,
- KT 180 ds. Bezpieczeństwa pożarowego obiektów,
- KT 213 ds. Projektowania i wykonawstwa konstrukcji z betonu i konstrukcji zespolonych,
- KT 215 ds. Projektowania i wykonawstwa konstrukcji z drewna i z materiałów drewnopochodnych,
- KT 251 ds. Obiektów mostowych,
- KT 252 ds. Projektowania konstrukcji murowych,
- KT 254 ds. Geotechniki.

Do końca 2010 roku ukazały się 22 normy europejskie z działu „Geotechnika” i 30 specyfikacji technicznych, które mają niższą rangę niż normy, lecz też są opracowywane i publikowane na podobnych zasadach. Ogółem jest to ogromny materiał liczący ponad 2000 stron druku. Ranga tych norm jest różna – od bardzo szczegółowych, dotyczących wykonawstwa geotechnicznego, czy procedur wykonywania badań laboratoryjnych i polowych (specyfikacje), do zasadniczych – norm podstawowych do projektowania, jak PN-EN 1997-1 Zasady ogólne [8].

Przypomnijmy, że na początku wykonywania Eurokodu 7, w roku 1975 przyjęty został układ czterech norm geotechnicznych:

- Eurokod 7.1 Zasady ogólne,
- Eurokod 7.2 Projektowanie z uwzględnieniem badań laboratoryjnych,

- Eurokod 7.3 Projektowanie z uwzględnieniem badań polowych,
- Eurokod 7.4 Normy wykonawcze.

Tematyka Eurokodów 7.2 i 7.3 zawarta została obecnie w jednej normie EN 1997-2. Normy wykonawcze nie zyskały rangi Eurokodów; opracowywane przez wykonawców są normami europejskimi, ale nie kodami. Układ ten w trakcie wieloletniej pracy ulegał przekształceniom i zmianom. Obecnie system polskich norm zharmonizowanych z normami europejskimi zawiera:

- Eurokod – 2 normy (1997-1 i 1997-2) + poprawki (AC, Ap1 i Ap2),
 - normy dotyczące pobierania próbek – 1,
 - normy dotyczące klasyfikacji skał i gruntów – 3,
 - normy dotyczące badań konstrukcji geotechnicznych – 1 (U)*, (6 w planach),
 - normy dotyczące wykonawstwa geotechnicznego – 13 + 2AC, w tym 7 (U);
- w razie zgłaszania nowych technologii może być więcej,
- specyfikacje dotyczące polowych badań gruntów – 3 (U),
 - specyfikacje dotyczące laboratoryjnych badań gruntów – 12.

Są to łącznie 42 normy. Nie wszystkie normy europejskie są już gotowe; liczne krążą w postaci draftów, norm próbnych (Pr), czy ENV – do wstępnego stosowania. Z norm geotechnicznych, które przyjęte są do systemu polskiego, większość jest już przetłumaczona, pozostałe są w języku angielskim, jako normy okładkowe (U).

W Polsce powyższe normy są klasyfikowane przez PKN, jako:

- PN-EN ISO: polskie normy europejskie opracowane przez ISO,
- PN-EN: normy opracowane przez CEN,
- PN: normy opracowane przez PKN.

Eurokodami są tylko dwie normy: PN-EN 1997-1 [8] „Projektowanie geotechniczne. Zasady ogólne” i PN-EN 1997-2 [9] „Projektowanie geotechniczne. Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego”. Pozostałe normy europejskie o symbolu EN nie są Eurokodami. Zgodnie z początkową ideą Eurokody w momencie ich wprowadzenia powinny być prawem, jednak dotąd w Polsce takiej rangi nie mają. Pozostałe normy EN zgodnie z zasadami normalizacji mają walor dobrowolności.

1.4. Krótka historia normalizacji geotechnicznej w Polsce

Przypomnijmy powojenną historię „norm geotechnicznych” – dawniej występujących pod nazwą „norm gruntów budowlanych”, tak nazywano je do roku 1994. Pierwszą normą powojenną była opracowana w 1949 roku przez prof. R. Piętkowskiego norma PN/B-184 „Klasyfikacja gruntów i ich bezpieczne obciążanie”. Norma ta zawierała całą dostępną w tym czasie praktyczną wiedzę geotechniczną do

* Polska norma w wersji angielskiej.

stosowania przy ocenach gruntów (wykonywaniu dokumentacji z badań podłoża), ustalaniu warunków posadowienia obiektu (projekt) i wykonywaniu fundamentów.

Trzeba zaznaczyć, że wartości podawanych w tej normie dopuszczalnych obciążeń dla powszechnie występujących w Polsce gruntów były nadzwyczaj ostrożne. Przykładowo dla glin, glin piaszczystych na granicy stanów półzwarłego i twardoplastycznego (dziś $I_L = 0$), podawane były wartości naprężeń dopuszczalnych $1,5 \text{ kg/cm}^2$ (tj. 150 kPa). Wartość nacisków dla piasku gliniastego, który w tej normie był gruntem niespoistym i podlegał ocenie – tak, jak piaski na granicy stanów zwarłego i średnio zwarłego (dziś $I_D = 0,66$) – w zależności od wilgotności, wynosiła dla gruntów pól suchych $2,0 \text{ kg/cm}^2$ (200 kPa) a mokrych (pod wodą) $1,0 \text{ kg/cm}^2$ (100 kPa).

Druga norma polska, wydana w 1959 roku, autorstwa – początkowo (1950-1952) zespołu prof. R. Cebertowicza, W. Żenczykowskiego, S. Hueckla, następnie (1953-1955) prof. R. Cebertowicza, Z. Wiłuna, B. Rosińskiego, a opracowana ostatecznie jako PN-59/B-03020 [12] przez prof. S. Hueckla, doc. Z. Wiłuna i mgr inż. Z. Kowalewskiego – nosiła nazwę „Grunty budowlane. Wytyczne wyznaczania dopuszczalnych obciążeń jednostkowych”.

W normie tej dla glin, glin piaszczystych przy identycznym stanie ($I_L = 0$) naprężenie dopuszczalne wynosiło $K_2 = 3,0 \text{ kg/cm}^2$ (300 kPa); dla piasków gliniastych, które w tej normie stały się gruntem spoistym, również wynosiły $K_2 = 3,0 \text{ kg/cm}^2$ (300 kPa) bez wpływu wilgotności. Za opracowanie tej normy, ponieważ niosła znaczne oszczędności betonu używanego do wykonania fundamentów, prof. Z. Wiłun otrzymał nagrodę państwową.

Norma z roku 1959 była normą naprężeń dopuszczalnych. Jednak podawała również wzór na naprężenie graniczne oraz konieczne do obliczeń wartości współczynników N_c , N_h , N_b , czyli zawierała już elementy stanów granicznych.

Następna norma „Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie” [15] została wydana w 1981 roku. Norma ta, a właściwie jej wcześniejsza próbna wersja z roku 1974, była oparta w pełni na założeniu stanów granicznych. Normę z roku 1974 opracowywał doc. Z. Kowalewski, a wersję z 1981 roku doc. Z. Kowalewski i mgr inż. J. Pogorzelska w ITB.

Na jeszcze jeden fakt należy zwrócić uwagę: w normie PN/B-03020 z 1959 roku wartości naprężeń dopuszczalnych K_2 podawane były co do głębokości 2 m. Przy większych głębokościach posadowienia można było zwiększać liniowo wartość dopuszczalnego nacisku, na przykład dla 3 m głębokości przy podanych przykładach gliny tpi/pzw można było powiększyć naprężenie do $\sigma_d = 3,3 \text{ kg/cm}^2$ (330 kPa), a na głębokości 1 m dla tego gruntu należało przyjmować $\sigma_d 2,25 \text{ kg/cm}^2$. PN-81/B-03020 jest normą stanów granicznych, które każdorazowo należy wyznaczać przy projektowaniu posadowień. W omawianym przykładzie dla gliny ($I_L = 0$) wartości obliczeniowe (do projektowania) wynosić będą w przypadku ławy $L : B > 10$ i szerokości

0,6 m zagłębionej na 1 m od poziomu terenu $q_f = 1050$ kPa, $0,9 = 900$ kPa. Jest to o wiele więcej niż pozwalała przyjąć norma z 1959 roku. Często wartości nośności gruntów obliczane na podstawie normy z 1981 roku, są tak duże, że projektanci z przyczyn konstrukcyjnych (i ostrożności) nie akceptowali ich, przyjmując wartości niższe, na przykład bliskie tym z 1959 roku.

PN-81/B-03020 oraz wcześniejsze normy były nakazowe. Na każde odstępstwo od normy trzeba było mieć zgodę Prezesa PKN. Po nowelizacji Prawa budowlanego i reformie PKN w 1994 roku, w tym samym roku norma PN-81/B-03020 [15] znalazła się w wykazie ministerialnym jako obligatoryjna (obowiązkowa). Obecnie nie ma już tej rangi. Obowiązek stosowania zapewniają warunki techniczne.

Należy nadmienić, że przy projektowaniu według stanów granicznych w PN-EN 1997-1 [8] i PN-81/B-03020 [15] projektant przyjmuje w sposób przez siebie uzasadniony wartość nacisku na grunt do projektowania i sprawdza, czy nie przekracza on warunków granicznych.

W normie PN/B-184 [20] z roku 1949, zawierającej doświadczenia przedwojenne, są stwierdzenia, które kierowały projektanta do stosowanych według Eurokodów zasad, na przykład: *Jeżeli budynek jest lekki i nieduży o 1, 2 kondygnacjach, a rozpoznawcze dane z sąsiednich budynków wskazują, że podłoże jest dobre, wówczas wystarcza zazwyczaj wykonać dół próbny...*

Norma PN/B-184 [20], w odróżnieniu od późniejszych, nie miała charakteru nakazowego, jedynie zwracała uwagę, zalecała przeanalizować, nie podawała też jednoznacznych rozstrzygnięć, w filozofii podejścia bliższa więc była Eurokodom niż późniejsze normy nakazowe.

Norma z 1959 roku [12] opierała się na wielkiej liczbie podsumowanych doświadczeń, była normą „doświadczenia porównywalnego”, jak to teraz nazywa Eurokod. Tysiące ekspertyz dotyczących posadowienia, wykonanych we wczesnych latach powojennych pod kierownictwem prof. Z. Wiłuna w laboratorium ITB, pozwoliło na opracowanie tabeli parametrów gruntów i dosyć szczegółową charakterystykę gruntów w Polsce.

Wprowadzenie do praktyki każdej normy projektowania wymaga czasu. Z procesu wprowadzania norm z roku 1959, 1975 i 1981 wiadomo, że okres ten jest dłuższy niż 5 lat. Studenci wchodzący do praktyki – nauczani według nowej normy – mogą zacząć od razu samodzielnie projektować zgodnie z nią, starsi projektanci muszą się uczyć nowej normy.

Obecnie jesteśmy w okresie wprowadzania norm europejskich. Możliwość skutecznego wykorzystania Eurokodów do projektowania zależy od wprowadzenia do zbioru norm krajowych pakietu wszystkich norm potrzebnych do projektowania obiektów. Stosowanie Eurokodów jest dziś dobrowolne, nie istnieje w tej sprawie nakaz prawny. Natomiast jest oczywiste, że stosowanie norm bezpieczeństwa chroni projektanta przed odpowiedzialnością karną w przypadku katastrofy.

Zasada dobrowolności pozwala na innowacyjność, premiuje lepsze, ekonomiczne rozwiązania, zapewnia konkurencyjność, a więc rozwój. Z drugiej strony w dziedzinach, gdzie obowiązują zasady społecznego bezpieczeństwa, na przykład ruch drogowy, żywność, zabawki dla dzieci, cała sfera budownictwa (wały powodziowe, mosty, domy), muszą być określone wymagania i zasady oraz procedury spełnienia tych wymagań i nie ma miejsca na eksperymenty bez uzasadnienia.

Niedostępne w języku polskim niektóre normy europejskie mogą być użyte w wersji uznaniowej (U). Do projektowania konstrukcji potrzebna jest też znajomość załączników krajowych ustalonych w danym kraju. Rozpoczynając stosowanie Eurokodów, trzeba pamiętać, że rozróżnia się w nich zasady i reguły stosowania. Zasady, oznaczone literą P (*principle*), obejmują ustalenia i definicje oraz wymagania i modele obliczeniowe, od których nie ma odstępstw. Stwierdzenia bez tego oznaczenia nie są obligatoryjne.