

**PROJEKTOWANIE
WEDŁUG
EUROKODÓW**

Marek Lechman

**Wymiarowanie przekrojów
elementów z betonu
zginanych z udziałem siły osiowej
według Eurokodu 2**

Przykłady obliczeń

Dimensioning of sections of concrete members
subjected to bending with axial force
according to Eurocode 2

Examples of use



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

dr hab. inż. WIESŁAW BUCZKOWSKI, prof. nadzw.
dr hab. inż. JACEK KUBISSA, prof. nadzw.

Opracowanie redakcyjne
DANUTA SZCZEPAŃSKA

Skład
SŁAWOMIR KOSIARSKI

Projekt okładki
EWA KOSSAKOWSKA

© Copyright by Instytut Techniki Budowlanej
Warszawa 2011

ISBN 978-83-249-4829-1 (wersja papierowa)
ISBN 978-83-249-8303-2 (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

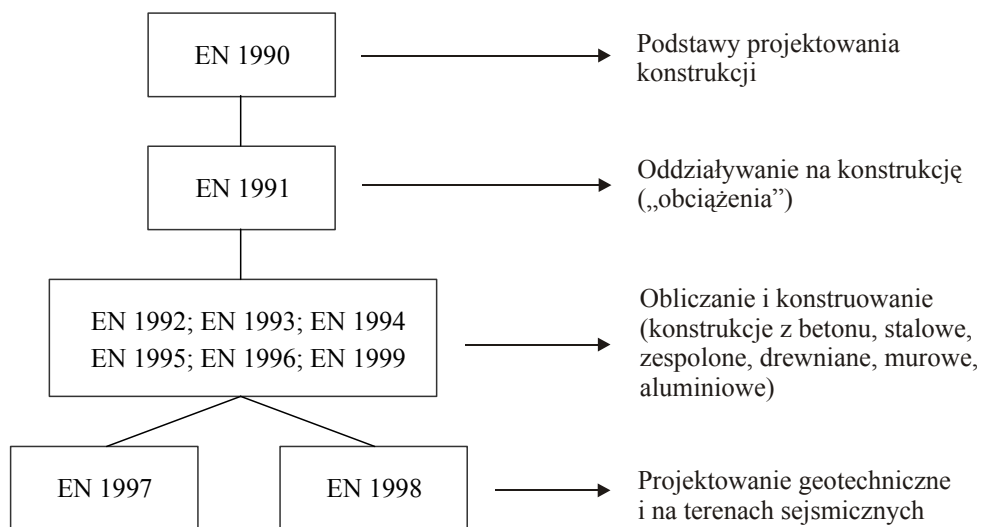
Spis treści

<i>Streszczenie</i>	4
<i>Summary</i>	4
Przedmowa	5
1. Wstęp	7
1.1. Zakres opracowania	7
1.2. Podstawowe oznaczenia	8
2. Zasady projektowania	9
2.1. Wymagania	9
2.2. Obciążenia	9
2.3. Metoda częściowych współczynników	10
2.4. Zależność naprężenie–odkształcenie betonu	11
2.5. Zależność naprężenie–odkształcenie stali zbrojeniowej	11
3. Zależności określające nośność przekrojów	12
3.1. Przekroje prostokątne	12
3.2. Przekroje pierścieniowe	16
4. Pomocnicze nomogramy do wymiarowania przekrojów elementów	19
4.1. Elementy o przekroju prostokątnym	19
4.2. Elementy o przekroju pierścieniowym	20
5. Przykłady wymiarowania	26
5.1. Sprawdzanie stanu granicznego nośności przekroju pierścieniowego	26
5.2. Wymiarowanie przekroju zbrojenia	27
5.3. Wymiarowanie przekroju ze względu na grubość pierścienia	28
5.4. Sprawdzenie nośności przekroju prostokątnego	28
6. Podsumowanie	30
7. Bibliografia	30

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.

Komitet Redakcyjny
Serii „Projektowanie według Eurokodów”
Instytutu Techniki Budowlanej

1. WSTĘP

1.1. Zakres opracowania

W opracowaniu przedstawiono algorytmiczny sposób wymiarowania przekrojów elementów z betonu zginanych z udziałem siły osiowej według ustaleń Eurokodu 2. Przykładami tego rodzaju elementów mogą być słupy, budowle wieżowe, kominy przemysłowe, kolumny chemiczne, wieże antenowe, ściany obciążone głównie pionowo itp.

Przedstawiona metoda wymiarowania jest oparta na:

- koncepcji współczynników częściowych w odniesieniu do obciążeń i materiałów,
- założeniu płaskich przekrojów i pominięciu wpływu naprężeń rozciągających w betonie,
- przyjęciu nieliniowych związków fizycznych betonu i stali według Eurokodu 2,
- sformułowaniu, że przekrój zginany z udziałem siły osiowej osiąga stan graniczny nośności ze względu na siłę osiową lub moment zginający, gdy odkształcenia włókien przekroju osiągają wartości graniczne (skrócenia lub wydłużenia).

Zasady określania nośności przekrojów obciążonych momentem zginającym i siłą podłużną według PN-B-03264 oraz Eurokodu 2 podano w pracach [12] i [13].

W rozdziale 2 omówiono ogólne zasady projektowania rozpatrywanych konstrukcji wraz z podaniem charakterystyk materiałowych betonu i stali zbrojeniowej według ustaleń Eurokodu 2. W rozdziałach 3 i 4 podano analityczne zależności do wyznaczania nośności przekrojów żelbetowych prostokątnych i pierścieniowych, wyprowadzone z uwzględnieniem nieliniowych związków fizycznych według normy PN-EN 1992-1-1. Na tej podstawie opracowano pomocnicze nomogramy w postaci krzywych interakcji $n_u - m_u$ do wymiarowania przekrojów żelbetowych zbrojonych stalą klasy A-II (np. 18G2-b) oraz klasy A-IIIN (np. RB500W; rozdziały 5 i 6). Uwzględnienie w obliczeniach stali zbrojeniowej klasy A-II o charakterystycznej granicy plastyczności $f_{yk} = 355$ MPa, mniejszej od wymaganej w EC2 minimalnej wartości 400 MPa, wynikało z powszechnego stosowania tej stali w Polsce. Do budowy krzywych interakcji wykorzystano specjalnie w tym celu napisane programy komputerowe. W rozdziale 7 przedstawiono praktyczne przykłady wymiarowania przekrojów elementów zginanych z udziałem siły osiowej przy wykorzystaniu skonstruowanych nomogramów. Uzyskane narzędzia obliczeniowe w postaci pomocniczych nomogramów i programów komputerowych pozwalają na zautomatyzowanie i znaczne usprawnienie wymiarowania elementów żelbetowych zginanych z udziałem siły osiowej.

1.2. Podstawowe oznaczenia

E_{cm}	– moduł sprężystości podłużnej betonu,
E_s	– moduł sprężystości podłużnej stali zbrojeniowej,
M_{Ed}	– moment zginający w przekroju wywołany obciążeniem o wartości obliczeniowej,
$M_u = M_{Rd}$	– graniczna wartość momentu zginającego przekrojowego (obliczeniowa nośność przekroju ze względu na moment zginający),
$M_{\Delta T}$	– moment zginający charakterystyczny, wywołany różnicą temperatur,
M_{cr}	– moment rysujący,
N_{Ed}	– osiowa siła podłużna w przekroju wywołana obciążeniem o wartości obliczeniowej,
$N_u = N_{Rd}$	– graniczna wartość osiowej siły podłużnej przekrojowej (obliczeniowa nośność przekroju ze względu na osiową siłę podłużną),
R	– zewnętrzny promień pierścienia,
d_m	– średnia średnica pierścienia,
e	– mimośród siły N ,
f_{cd}	– obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie,
f_{ck}	– wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie,
f_{yd}	– obliczeniowa granica plastyczności stali zbrojeniowej,
f_{yk}	– charakterystyczna granica plastyczności stali zbrojeniowej,
f_{ctm}	– średnia wytrzymałość betonu na rozciąganie osiowe,
$m_u = m_{Rd}$	– graniczna wartość bezwymiarowego momentu zginającego w przekroju,
$n_u = n_{Rd}$	– graniczna wartość bezwymiarowej osiowej siły podłużnej w przekroju,
r	– wewnętrzny promień pierścienia,
r_m	– średni promień pierścienia,
t	– grubość przekroju, grubość ścianki pierścienia,
t_1	– odległość środka ciężkości zbrojenia od krawędzi ściskanej przekroju (lub bardziej ściskanej),
t_2	– odległość środka ciężkości zbrojenia od krawędzi rozciąganej przekroju (lub mniej ściskanej),
ε_c	– odkształcenie betonu wywołane ścisaniem,
ε_{cu}	– graniczna wartość odkształcenia betonu (skrócenie),
ε'	– odkształcenie skrajnego włókna ściskanej strefy przekroju (skrócenie),
ε_s	– odkształcenie stali,
ε_{su}	– graniczna wartość odkształcenia stali,
ε_{sy}	– odkształcenie odpowiadające obliczeniowej granicy plastyczności stali,
ε_{uk}	– charakterystyczne odkształcenie zbrojenia przy maksymalnym obciążeniu,

γ_c	– częściowy współczynnik bezpieczeństwa betonu,
γ_s	– częściowy współczynnik bezpieczeństwa stali zbrojeniowej,
μ, ρ	– stopień zbrojenia,
σ_c	– naprężenie ściskające w betonie.

2. ZASADY PROJEKTOWANIA

2.1. Wymagania

Projektowanie elementów z betonu zginanych z udziałem siły osiowej powinno być zgodne z ogólnymi zasadami podanymi w PN-EN 1990.

Wymagania podstawowe podane w rozdziale 2 PN-EN 1990, dotyczące rozpatrywanych konstrukcji i elementów, są spełnione, jeśli:

- przyjęto koncepcję stanów granicznych w wersji współczynników częściowych zgodnie z PN-EN 1990,
- przyjęto oddziaływania zgodnie z PN-EN 1991,
- nośność, trwałość i użyteczność określono zgodnie z PN-EN 1992-1-1.

Reguły obliczeń metodą stanów granicznych podane są w rozdziale 3 PN-EN 1990.

W stanie granicznym nośności wartość obliczeniowa siły wewnętrznej, momentu, naprężenia lub odkształcenia E_d nie powinna przekraczać odpowiedniej wartości nośności obliczeniowej R_d

$$E_d \leq R_d \quad (1)$$

Sprawdzenie stanów granicznych użyteczności polega na wykazaniu, że

$$E_d \leq C_d \quad (2)$$

gdzie E_d jest obliczeniową wartością efektu działania obciążenia, np. przemieszczeniem, C_d jest wartością nominalną właściwości konstrukcji ze względu na obliczeniowy efekt rozpatrywanego obciążenia.

Nośność obliczeniową R_d określa się na podstawie charakterystycznych wartości właściwości materiału i częściowego współczynnika bezpieczeństwa γ_M .

2.2. Obciążenia

Obciążenia stosowane w obliczeniach określa się według następujących norm:

- PN-EN 1991-1-1 (dot. ciężaru objętościowego, ciężaru własnego, obciążeń użytkowych w budynkach),
- PN-EN 1991-1-3 (dot. obciążenia śniegiem),