

PRACE
NAUKOWE
INSTYTUTU
TECHNIKI
BUDOWLANEJ

SCIENTIFIC
PAPERS
OF THE BUILDING
RESEARCH
INSTITUTE

Monografie

Monographs

BOHDAN LEWICKI

**POLSKIE NORMY
PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI**
**Konstrukcje z betonu, konstrukcje murowe,
niezawodność konstrukcji – rys historyczny**

POLISH CODES OF PRACTICE
FOR STRUCTURAL DESIGN
Concrete structures, masonry structures,
structural reliability – origin and development



WARSZAWA 2009
Wydawnictwa Instytutu Techniki Budowlanej

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. TADEUSZ ĆWIRKO-GODYCKI

prof. dr hab. inż. WŁODZIMIERZ STAROSOLSKI

Redakcja

dr MICHAŁ GAJOWNIK

Opracowanie komputerowe

SŁAWOMIR KOZIARSKI

© Copyright by Instytut Techniki Budowlanej
Warszawa 2009

*Czterysta pięćdziesiąta trzecia pozycja
„Prac naukowych ITB”*

ISBN 978-83-249-6771-1 (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](http:// klient.itb.pl)

Spis treści

<i>Streszczenie</i>	5
<i>Summary</i>	7
Oznaczenia i symbole	9
1. Uwagi wstępne	11
2. Europejska integracja norm projektowania konstrukcji.....	13
2.1. Inicjatywy międzynarodowych organizacji.....	13
a) CEB/FIP – Europejski Komitet Betonu	13
b) CIB W23 „Ściany nośne”.....	21
c) ISO TC 98 „Podstawy projektowania konstrukcji”.....	23
2.2. Integracja normalizacyjna bloku radzieckiego	24
2.3. Eurokody	29
3. Kształtowanie się norm projektowania konstrukcji.....	33
3.1. Pierwszy polski podręcznik żelbetu	33
3.2. Europejskie normy projektowania konstrukcji.....	36
3.3. Polskie „Przepisy” Ministra Robót Publicznych.....	43
3.4. Polskie Normy projektowania konstrukcji.....	46
a) konstrukcje z betonu.....	47
b) konstrukcje murowe	54
c) niezawodność konstrukcji.....	56
4. Integracja z Eurokodami Polskich Norm projektowania konstrukcji	57
4.1. Wdrażanie Eurokodów do praktyki polskiej	57
a) konstrukcje z betonu.....	57
b) konstrukcje murowe	60
c) niezawodność konstrukcji.....	62
4.2. Polski wkład do integracji europejskich norm projektowania konstrukcji ..	66
a) budownictwo z prefabrykatów wielkowymiarowych	67
b) betony lekkie.....	68
c) bezbelkowe żelbetowe konstrukcje szkieletowe	69
5. Era Eurokodów	71
a) ustalenia krajowe	71
b) organizacje międzynarodowe	71
c) działalność krajowa	73
6. Przywołane publikacje	77
Aneks osobisty Naukowa Grupa L.....	85

Oznaczenia i symbole

- a, b, l – liniowe wymiary geometryczne
- f – wytrzymałość materiału – ogólnie (wytrzymałość muru – EN 1996)
- f_a – granica plastyczności stali (f_u – EN 1992)
- f_c – wytrzymałość betonu na ściskanie
- f_B – wytrzymałość elementu murowego (f_b – EN 1996)
- f_k – wytrzymałość charakterystyczna materiału
- f_d – wytrzymałość obliczeniowa materiału
- f_m – wytrzymałość średnia materiału
- f_{mo} – wytrzymałość zaprawy
- g – obciążenie stałe (g_k – charakterystyczne, g_d – obliczeniowe),
- q – obciążenie zmienne (q_k – charakterystyczne, q_d – obliczeniowe)
- A – pole przekroju
- E – efekt oddziaływania
- F – oddziaływanie (ogólnie)
- G, Q – oddziaływanie stałe, zmienne (też g, q)
- M, N, V – moment zginający, siła podłużna, siła poprzeczna (M_k, N_k, V_k – wartości charakterystyczne; M_d, N_d, V_d – wartości obliczeniowe)
- R – nośność konstrukcji,
- R_a – nośność konstrukcji uzależniona od stali (R_{ak} – charakterystyczna, R_{ad} – obliczeniowa)
- S – siła wewnętrzna
- S_g – wywołana przez obciążenie stałe (S_{gk} – charakterystyczna, S_{gd} – obliczeniowa)
- S_q – wywołana przez oddziaływania zmienne (S_{qk} – charakterystyczna; S_{qd} – obliczeniowa)
- Θ – globalny współczynnik bezpieczeństwa konstrukcji (w PN lat 50. XX w. jest współczynnik bezpieczeństwa konstrukcji s ; w NiTU 3-49 jest współczynnik zapasu k)
- Θ_a – kiedy o nośności decyduje stal
- Θ_c – kiedy o nośności decyduje beton

- γ – częściowy współczynnik bezpieczeństwa konstrukcji
 γ_a – dotyczy stali (γ_S – EN 1992)
 γ_c – dotyczy betonu (γ_C – EN 1992)
 γ_m – dotyczy muru (γ_M – EN 1996)
 $\gamma_M = \gamma_m \cdot \gamma_{Rd}$ – kiedy nośność obliczeniowa R_d uwzględnia niepewność modelu obliczeniowego i odchyłek wymiarów, gdzie γ_m uwzględnia możliwość $f < f_k$, γ_{Rd} uwzględnia niepewność modelu obliczeniowego i odchyłek wymiarów
- σ – naprężenie (ogólnie)
 σ_{adm} – naprężenie dopuszczalne
- indeksy dotyczą:
- a, c – stali, betonu
 d, k, m – wartości obliczeniowej, charakterystycznej, średniej
 g, q – obciążenia stałego, zmiennego
 R, S – nośności, siły wewnętrznej

1. UWAGI WSTĘPNE

Odkąd Polska jest państwem należącym do Unii Europejskiej, wiele aspektów życia gospodarczego wymaga unifikacji. Polskie Normy projektowania konstrukcji – czyli ustalenia zapewniające, że budowla jest należyście bezpieczna w przewidywanych warunkach użytkowania – zastępowane są przez krajowe wersje Eurokodów, czyli normy europejskie. W tej sytuacji warto odnotować „polską drogę do Eurokodów”, w tym:

- uwarunkowania unifikacji, czy raczej integracji europejskich norm projektowania: inicjatywę w tym względzie europejskich inżynierskich organizacji naukowo-technicznych, integrację norm krajów powojennego bloku radzieckiego i akcję unifikacyjną Rady Wspólnot Europejskich, której efektem są Eurokody,

- historię europejskich norm projektowania – od rozporządzeń ministerstw nadzorujących inwestycje państwowe do norm krajowych odnoszących się do wszystkich budowli realizowanych w danym kraju,

- uwarunkowania integracji Polskich Norm z Eurokodami i polski wkład naukowo-badawczy do ustaleń ogólnoeuropejskich oraz Eurokodów.

Znajomość „polskiej drogi do Eurokodów”, którą przedstawia niniejsza praca, czyli genezy i przesłanek naukowo-inżynierskich polskich Eurokodów, ułatwi ich twórcze wykorzystanie w praktyce inżynierskiej i dydaktyce, a także – w dalszej przyszłości – prace nad następną generacją Eurokodów. Za 20-25 lat Eurokody obowiązujące dzisiaj zastąpione zostaną przez Eurokody następnej generacji. Nauka i technika są przecież w stałym rozwoju, a wiadomo – „dzis” rodzi się „wczoraj”.

Spełnienie normowych warunków bezpieczeństwa wykazuje się w projekcie konstrukcji („obliczenia statyczne”) poprzez analizę wirtualnego modelu zachowania się konstrukcji o zadanych w projekcie wymiarach, wykonywanej w zadany sposób z materiału o założonych właściwościach i poddanej założonym oddziaływaniom – z odpowiednim zapasem bezpieczeństwa.

Zasady analizy konstrukcji, w tym także zbliżenie wirtualnego modelu do rzeczywistych warunków prac konstrukcji w sprawdzanych stanach granicznych, są domeną nauk inżynierskich. Natomiast niezbędny zapas

bezpieczeństwa – wyrażony przez wartości σ_{adm} naprężeń dopuszczalnych lub wartości γ_f współczynników bezpieczeństwa – to problem szerszej natury. Potrzebna jest tu nie tylko znajomość metod analizy konstrukcji, lecz także konsensus społeczny, przede wszystkim środowiska inżynierskiego i zaufanie do aktualnego stanu wiedzy i techniki.

Konieczność odpowiedniego zapasu bezpieczeństwa w ustalaniu norm projektowania konstrukcji wynika z niepewności oceny podejmowanych ustaleń normowych dotyczących analizy konstrukcji, właściwości materiałów i prawidłowości wykonania. Przy ustalaniu normowych wartości σ_{adm} lub γ_f decyduje więc, obok obiektywnych zależności, także rozsądek inżynierski oparty na stanie wiedzy i techniki.

Związek między wzrostem stanu wiedzy inżynierskiej i techniki krajowej a redukcją zapasu bezpieczeństwa, jest wyraźnie widoczny w historii europejskich norm projektowania konstrukcji

Przyjęcie w 1991 r. Polskiego Komitetu Normalizacyjnego do Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego (CEN), oficjalnie rozpoczęło „polską drogę do Eurokodów”. Jednak w istocie rzeczy proces ten zaczął się znacznie wcześniej – w roku 1961, od publikacji polskiego tłumaczenia „Projektu przepisów żelbetowych CEB” [5]. Kontynuowano go następnie w roku 1976 – edycją „Obliczania konstrukcji żelbetowych i sprężonych metodą stanów granicznych według PN-76/B-03264” [60], przywołującą polskie tłumaczenie [10] z 1973 r. „International recommendations CEB/FIP” [9].

Do roku 2000 znowelizowano Polskie Normy projektowania konstrukcji z betonu, stalowych i murowych, zgodnie z prenormami ENV, oraz podjęto prace nad nowelizacją norm dalszych. W roku 2009 PKN zakończy przed terminem opracowanie polskiej wersji PN-EN Eurokody. „Polska droga do Eurokodów” dobiega do swego celu. Pozostaje już tylko wdrażanie.

2. EUROPEJSKA INTEGRACJA NORM PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI

2.1. Inicjatywy międzynarodowych organizacji

a) CEB/FIP – Europejski Komitet Betonu

W powojennej Europie Zachodniej zawołanie wojenne: „bij – zabij wroga” zastępuje „przestańmy się bić, budujmy razem, przecież tyle mamy wspólnego”. Powstaje Europejska Wspólnota Węgla i Stali oraz umacnia się również europejska wspólnota kultury i nauki.

Francuscy przemysłowcy sfinansowali – był to rok 1953 – powstanie Europejskiego Komitetu Betonu (CEB – Comité Européen du Béton), złożonego na początku z profesorów i wiodących inżynierów zachodnioeuropejskich. Ale ambicje naukowców były większe niż rozluźnianie sztywnych niemieckich norm projektowania konstrukcji z betonu i ułatwianie w ten sposób zagranicznym firmom ich udziału w odbudowie Niemiec. Pragnęli powstania norm projektowania uwzględniających postęp wiedzy, rzeczywiste warunki wytrzymałości konstrukcji i nowe podejście do zapewnienia niezawodności konstrukcji. Pojawiają się nowe wyniki badań i nowe propozycje wymiarowania konstrukcji, ale krajowe organizacje normalizacyjne nie kwapiły się do rewizji norm projektowania. Naukowcy postanowili więc wziąć inicjatywę we własne ręce, połączyć wysiłki indywidualnych placówek badawczych i przystąpić do opracowania zaleceń projektowania konstrukcji budowlanych na miarę współczesnego stanu wiedzy. Chodziło o uwzględnienie w procesie wymiarowania konstrukcji jej odkształceń plastycznych oraz o wykorzystanie w praktyce nowych badań naukowych i ustalenie zapasu bezpieczeństwa konstrukcji na podstawie konsensu inżynierskiego – jeżeli to możliwe – w skali międzynarodowej. Takie założenia „Zaleceń dla praktyki” znalazły się w pierwszych propozycjach CEB obliczania konstrukcji żelbetowych [1].

Do naukowców zachodnioeuropejskich – były to osoby wiodące w europejskim środowisku naukowo-inżynierskim: niestrudzony F. Levi (I), który został przewodniczącym CEB, A. A. Baker (GB), T. Guyon (F), J. Despeyroux (F), N. Esquillan (F), J. Ferry-Borges (P), A. Aas-Jakobsen (N), G. König (D), G. Macchi (I), H. Mathieu (F), L. Östlund (S), H. Rüschi

(D), A. Short (GB), P. T. Tassios (GR) – dołączyli Amerykanie i Rosjanie. Ci ostatni bardzo pożądanymi, bo mieli już normy projektowania oparte na metodzie nośności granicznej. CEB tłumaczył radzieckie wytyczne obliczania konstrukcji hiperstatycznych [2]; 70-lecie szczególnie zasłużonego w tej dziedzinie prof. A. A. Gwozdiewa uczczono jubileuszowym Biuletynem CEB [3]. Był to zaszczyt, którego nie dostąpił żaden z członków CEB. W roku 1972 Sesja Plenarna CEB odbyła się w Leningradzie. Naukowcy radzieccy ze swojej strony także szukali furtki na świat. Do furtki tej dążyli też naukowcy z krajów satelickich, odcięci po wojnie od szerokiego dostępu do literatury i norm zachodnich. Wkrótce i oni dołączyli do CEB.

Prowadzona dyskusja i przymiarki do „Zaleceń dla praktyki” dały w wyniku prawie dojrzałe już „Wnioski techniczne” CEB [4].

Miejsce liniowej zależności dla betonu $\sigma(\epsilon)$ zajęła przy obliczaniu nośności przekrojów zginanych i mimośrodowo ściskanych zależność nieliniowa $\sigma(\epsilon)$ – w związku z czym stosowany dotąd termin naprężenia dopuszczalne σ_{dop} przestał być adekwatny. Metodę naprężeń liniowych (NL) zastąpiła metoda odkształceń plastycznych (OP). Od tej pory nie ma naprężeń dopuszczalnych dla betonu i stali – $\sigma_{c,adm}$ i $\sigma_{s,adm}$, natomiast jest globalny współczynnik bezpieczeństwa – Θ . Kiedy o bezpieczeństwie konstrukcji decyduje wytrzymałość betonu jest to γ_c , kiedy granica plastyczności stali – γ_a .

„Wnioski techniczne CEB” wprowadziły nowe określenia:

– „wytrzymałość charakterystyczna materiału”, oznaczająca dla betonu 5% fraktyl rozkładu wyników badań kontrolnych f_{ck} , a dla stali gwarantowaną przez hutę granicę plastyczności stali f_{ak} oraz

– „częściowy współczynnik bezpieczeństwa” dla materiałów – ogólnie γ_m , dla betonu γ_c i dla stali γ_a – uwzględniający możliwość, że sprawdzany element konstrukcji wykonany zostanie z materiału o mniejszej wytrzymałości niż f_{ck} lub f_{sk} , a także „niepewność” modelu konstrukcji – czyli niekorzystne efekty różnicy między przyjętym w obliczeniach schematem konstrukcji i warunkami występującymi w rzeczywistości; iloraz f_{ck} / γ_c lub f_{ak} / γ_a jest wytrzymałością obliczeniową betonu f_{cd} lub f_{ad} ,

– „oddziaływanie charakterystyczne”, ustalone na podstawie badań – stałe g_k i zmienne q_k ,

– „częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla oddziaływań” – γ_g lub γ_q , wyrażający możliwość wystąpienia w naturze oddziaływań mniej korzystnych dla bezpieczeństwa konstrukcji niż wartości g_k i q_k , a także „niepewność modelu oddziaływania”, analogiczną do niepewności modelu konstrukcji.

Warunkiem bezpieczeństwa konstrukcji w metodzie OP jest

$$R_d \geq S_d \quad (1)$$

gdzie:

$R_d = R(f_d)$ – nośność obliczeniowa konstrukcji, funkcja wytrzymałości obliczeniowej materiału $f_d = f_k / \gamma_m$,

$S_d = S(g_d, q_d)$ – obliczeniowa siła wewnętrzna w konstrukcji w stanie granicznym oddziaływania, funkcja obciążenia obliczeniowego stałego $g_d = g_k \cdot \gamma_g$ i zmiennego $q_d = q_k \cdot \gamma_q$,

$\gamma_m, \gamma_q, \gamma_g$ – częściowe współczynniki bezpieczeństwa.

Wartości f_k, g_k i q_k ustalane są na podstawie badań kontrolnych lub statystycznych zmienności tych wartości w naturze, co podnosi obiektywność oceny niezawodności konstrukcji.

W metodzie NL warunek bezpieczeństwa konstrukcji wyraża wzór

$$R(\sigma_{adm}) \geq S(g_k, q) \quad (2)$$

gdzie:

$\sigma_{a,adm} = f_{ak} / \Theta_a$ – naprężenia dopuszczalne dla stali,

$\sigma_{c,adm} = f_{cm} / \Theta_c$ – naprężenia dopuszczalne dla betonu,

g, q – obciążenia stałe i zmienne, praktycznie równe wartościom g_k i q_k we wzorze (1),

Θ_a, Θ_c – globalne współczynniki bezpieczeństwa – w PN lat lat 50. (p. 3.4a) nazywane współczynnikami bezpieczeństwa s – ustalone arbitralnie, uwzględniające łącznie niepewności w ocenie wytrzymałości materiału w konstrukcji i wielkości obciążeń.

W metodzie OP wartości globalnych współczynników bezpieczeństwa Θ_a i Θ_c stanowią iloczyn współczynników częściowych γ_a lub γ_c pomnożonych przez $g / (g + q)$ oraz $q / (g + q)$.

We „Wnioskach technicznych CEB” [4] proponuje się:

dla betonu – $\gamma_c = 1,50$, dla stali – $\gamma_a = 1,15$,

dla oddziaływań – $\gamma_q = 1,25$ do $1,60$ – zależnie od warunków wykonania i przeznaczenia konstrukcji (skutki katastrofy), średnio $1,40$.

W związku z tym dla betonu średniej jakości, kiedy stosunek wytrzymałości charakterystycznej betonu f_{ck} do wytrzymałości średniej f_{cm} wynosi $0,75$, globalny współczynnik bezpieczeństwa Θ_c odniesiony do wytrzymałości średniej betonu wynosi

$$\Theta_c = \frac{1,40}{0,75} \cdot 1,4 = 2,6 \quad (\text{w przedziale } 2,3 \text{ do } 3,0),$$

a dla stali, odniesiony do gwarantowanej granicy plastyczności f_{ak}

$$\Theta_a = 1,40 \cdot 1,15 = 1,6 \quad (\text{w przedziale } 1,5 \text{ do } 1,8).$$

Wytrzymałość betonu zaleca się badać na amerykańskich walcach $\emptyset 15/30$ (średnica równa połowie wysokości). Stosunek wytrzymałości betonu, badanego na kostkach o boku 20 cm, przyjętych wówczas w większości norm europejskich, do wytrzymałości badanej na takich walcach, określa się na

$$\frac{R_{\phi 20}}{R_{\emptyset 15/30}} = 0,80 \quad (\text{w przedziale } 0,70 \text{ do } 0,90).$$

Zaproponowane w [4] wartości współczynników bezpieczeństwa dla stali Θ_a były na poziomie aktualnych wówczas norm radzieckich NiTU 3-49 – pierwszych norm państwowych, w których odstąpiono od metody NL i obniżono poziom bezpieczeństwa konstrukcji do stosowanego obecnie.

Jeszcze w roku 1961 „Wnioski techniczne CEB” [4] wydane zostały w Polsce – w tłumaczeniu Wł. Kuczyńskiego [5]– jako wymowny dowód zainteresowania polskiego środowiska naukowo-inżynierskiego działalnością CEB i postępowaniem wiedzy na Zachodzie.

W latach następnych ukazują się, publikowane przez CEB, opracowania monograficzne poszczególnych problemów projektowania konstrukcji z betonu i dalsze wersje „Zaleceń CEB”, w tym „Zalecenia praktyczne projektowania konstrukcji wielkopłytowych” [6], „Podręcznik dotyczący kruszywowych betonów lekkich” [7] i „Podręcznik dotyczący autoklawizowanych betonów lekkich” [8], w których powstaniu polscy członkowie CEB mieli już znaczący udział.

Do CEB dołączyła wkrótce Międzynarodowa Federacja Betonu Sprężonego (FIP – Fédération Internationale de la Précontrainte) – w związku z czym Comité Européen du Béton zmienia nazwę na Comité Euro-International du Béton. W roku 1970 ukazują się wspólne „Zalecenia międzynarodowe projektowania i wykonywania konstrukcji z betonu” [9], dotyczące konstrukcji żelbetowych i sprężonych. „Zalecenia” te można by nazwać, nawiązując do [12] – Model Code 70. „Zalecenia” ukazały się też po polsku – w tłumaczeniu W. Kukulskiego i A. Zarzyckiego [10].