

Michał Knauff
Bartosz Grzeszykowski
Agnieszka Golubińska

Przykłady obliczania konstrukcji żelbetowych

elementy ściskane

zeszyt 2

 PWN



Stal zbrojeniowa **EPSTAL**[®] Właściwości i dane do projektowania

Gatunek stali	Średnica nominalna	Nominalna powierzchnia przekroju poprzecznego	Masa nominalna 1 m*
	[mm]	[mm ²]	[kg/m]
B500SP	8	50,30	0,40
	10	78,50	0,62
	12	113,00	0,89
	14	153,94	1,21
	16	201,00	1,58
	20	314,00	2,47
	25	491,00	3,85
	28	615,75	4,83
	32	804,00	6,31
	40	1256,64	9,86

Parametry wytrzymałościowe		
Parametr	Opis	Wartość
f_{yk}	Charakterystyczna granica plastyczności	≥ 500 [MPa]
f_{tk}	Charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie	≥ 575 [MPa]
f_{tk} / f_{yk}	Stosunek wytrzymałości na rozciąganie do granicy plastyczności	1,15 + 1,35 [-]
E_{uk}	Wydłużenie próbki pod maksymalnym obciążeniem	≥ 8 [%]

* Masa obliczona na podstawie ciężaru objętościowego stali 7850 kg/m³

Średnica [mm]	Pole przekroju [cm ²]	Przekrój zbrojenia w cm ² /m w zależności od rozstawu prętów				
		10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
8	0,503	5,03	3,35	2,51	2,01	1,68
10	0,785	7,85	5,24	3,93	3,14	2,62
12	1,13	11,13	7,54	5,65	4,52	3,77
14	1,54	15,40	10,27	7,70	6,16	5,13
16	2,01	20,11	13,4	10,05	8,04	6,7
20	3,14	31,42	20,94	15,71	12,57	10,47
25	4,91	49,09	32,72	24,54	19,63	16,36
28	6,16	61,60	41,07	30,80	24,64	20,53
32	8,04	80,42	53,62	40,21	32,17	26,81
40	12,57	125,7	83,8	62,85	50,28	41,9

Średnica [mm]	Przekrój zbrojenia w cm ² w zależności od ilości prętów									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	0,5	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,5	6,28	7,07	7,85
12	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
14	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39
16	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,1	20,11
20	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
25	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
28	6,16	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	61,58
32	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,3	64,34	72,38	80,42
40	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,66

Przykłady obliczania konstrukcji żelbetowych

Michał Knauff
Bartosz Grzeszykowski
Agnieszka Golubińska

Przykłady obliczania konstrukcji żelbetowych

elementy ściskane

zeszyt 2

Projekt okładki i stron tytułowych **Przemysław Spiechowski**

Ilustracja na okładce **Angelo Gilardelli/Shutterstock**

Wydawca **Karol Zawadzki**

Koordinator ds. redakcji **Renata Ziółkowska**

Redaktor **Agnieszka Grabarczyk**

Produkcja **Mariola Grzywacka**

Łamanie **Ewa Szelatyńska, ScanSystem.pl**

Specjalista ds. Kluczowych Klientów **Agnieszka Borzęcka**
(Agnieszka.Borzecka@pwn.pl)

Recenzent monografii **dr hab. inż. Tadeusz Urban**, prof. Politechniki Łódzkiej

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujemy cudzą własność i prawo
Więcej na www.legalnakultura.pl
Polska Izba Książki

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Warszawa 2016

ISBN 978-83-01-18314-1

Wydanie pierwsze – 2 dodruk
Warszawa 2018

Wydawnictwo Naukowe PWN SA
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2
tel. 22 69 54 321, faks 22 69 54 288
infolinia 801 33 33 88
e-mail: pwn@pwn.com.pl; reklama@pwn.pl
www.pwn.pl

Druk i oprawa: LIBRA PRINT Daniel Puławski

Spis treści

Podstawowe oznaczenia	VII
1. Wstęp	1
2. Ogólne zasady projektowania elementów ściskanych	5
2.1. Krzywe interakcji	5
2.2. Imperfekcje	8
2.3. Wpływ efektów drugiego rzędu	9
2.4. Krytyczne pary siła-moment (n, m) i moment ekwiwalentny	9
2.5. Projektowanie elementu ze względu na wiele par (n, m)	11
2.6. Projektowanie zbrojenia z wykorzystaniem wykresów interakcji	12
2.7. Projektowanie zbrojenia za pomocą arkusza kalkulacyjnego BG	12
3. Algorytmy i przykłady obliczeń z zastosowaniem wykresów interakcji	14
3.1. Algorytmy AP – szablony tablic A, B, C i objaśnienia	14
3.2. Przekroje prostokątne – algorytmy AP1 i AP2	17
3.3. Przekroje kołowe – algorytm AP3	32
3.4. Ukośne zginanie	34
3.5. Wykaz przykładów i omówienie wyników	52
4. Wykresy interakcji	54
5. Opis arkuszy kalkulacyjnych BG i przykłady obliczeń	76
5.1. Zasady posługiwania się arkuszami	76
5.2. Przykłady obliczeń – przekroje prostokątne	84
5.3. Przykłady obliczeń – przekroje kołowe i pierścieniowe	85
5.4. Przykłady obliczeń – przekroje teowe	86
6. Tradycyjne metody obliczania zbrojenia	96
6.1. Wzory do obliczania pola przekroju zbrojenia metodą tradycyjną	96
6.2. Przykłady obliczeń	99

7. Metoda nominalnej krzywizny w algorytmach AP i w arkuszach BG	101
7.1. Oznaczenia i podstawowe wzory	101
7.2. Obliczanie granicznej krzywizny	102
7.3. Wpływ pełzania betonu	104
7.4. Względny moment m_2 w algorytmach AP	105
7.5. Wpływ niedoskonałości kształtu	107
7.6. Minimalne i maksymalne zbrojenie i minimalny mimośród	112
8. Wpływ efektów drugiego rzędu na momenty zginające	113
8.1. Zasady ogólne	113
8.2. Metody uproszczone	115
8.3. Metody analizy konstrukcji, globalne i lokalne efekty drugiego rzędu	120
8.4. Pomijanie wpływu efektów drugiego rzędu	123
8.5. Zasady konstruowania słupów i otulenie zbrojenia	124
Literatura	128

Podstawowe oznaczenia

Duże litery

A	– pole przekroju poprzecznego
A_c	– pole przekroju betonu
A_s, A_{s1}, A_{s2}	– pole przekroju zbrojenia, pole przekroju zbrojenia w pierwszej grupie i w drugiej grupie
$A_{s,min}$	– minimalne pole przekroju zbrojenia
$C_{\lambda\varphi}$	– współczynnik zależny od λ i φ_{ef}
D_1, D_2	– średnica zewnętrzna i wewnętrzna przekroju pierścieniowego (w arkuszu kalkulacyjnym nr 4)
E_c	– moduł sprężystości betonu; ogólnie (w normach przyjmuje wartości E_{cm} lub $E_{c,eff}$)
E_{cm}	– sieczny moduł sprężystości betonu
E_s	– moduł sprężystości stali
F	– siła równa $A_c f_{cd}$
H_i	– siła pozioma wywołana nachyleniem konstrukcji
H	– średnica przekroju kołowego (D_1 w arkuszu kalkulacyjnym nr 4)
J	– moment bezwładności przekroju
M	– moment zginający
M_{Ed} (w [N2] M_{Sd})	– obliczeniowy moment zginający (SGN lub SGU, zależnie od kontekstu)
M_{Edy}, M_{Edz}	– obliczeniowe momenty zginające

VIII ■ Podstawowe oznaczenia

$M_{0Ed}, M_{0Edy}, M_{0Edz}$	– momenty zginające według teorii I rzędu obliczone z uwzględnieniem wpływu imperfekcji kształtu konstrukcji (SGN)
M_{0y}, M_{0z}	– momenty wynikające z obliczeń statycznych bez uwzględnienia wpływu imperfekcji (SGN)
$M_{y,imp}, M_{z,imp}$	– momenty zginające wywołane przez imperfekcje (SGN)
M_{0Eqp}	– moment zginający I rzędu wywołany <i>quasi</i> -stałą kombinacją obciążeń (SGU)
M_{Rd}	– obliczeniowy moment graniczny miarodajny do sprawdzania SGN
M_2	– przyrost momentu zginającego wywołany efektami drugiego rzędu
$M_{Rd1(+)}$	– większy z dwóch obliczeniowych momentów granicznych (w arkuszu kalkulacyjnym)
$M_{Rd2(-)}$	– mniejszy z dwóch obliczeniowych momentów granicznych (w arkuszu kalkulacyjnym)
N	– siła podłużna
N_{Ed} (w [N2] N_{Sd})	– obliczeniowa siła podłużna (SGN lub SGU, zależnie od kontekstu)
RH	– wilgotność względna panująca w otoczeniu elementu
SGN	– stan graniczny nośności (ULS – ang. <i>ultimate limit state</i>)
SGU	– stan graniczny użyteczności (SLS – ang. <i>serviceability limit state</i>)

Małe litery

a	– odległość od wypadkowej siły w grupie prętów zbrojenia do krawędzi przekroju
a	– wykładnik potęgi we wzorze dotyczącym ukośnego zginania
a_1, a_2	– odległości od krawędzi przekroju do wypadkowej siły w zbrojeniach A_{s1} i A_{s2}
b	– szerokość przekroju
c	– grubość otulenia zbrojenia
c	– współczynnik, na ogół równy 10, we wzorze na przyrost mimośrodowo wywołany efektami drugiego rzędu
d	– wysokość użyteczna przekroju