

# Spis treści

<b>Podstawowe oznaczenia</b> .....	XIII
<b>Spis tablic</b> .....	XXI
<b>1. Wstęp</b> .....	1
<b>2. Zasady i algorytmy umieszczone w książce a normy PN-EN i PN-B</b> .....	5
<b>3. Oddziaływania</b> .....	10
3.1. Podstawy projektowania konstrukcji według Eurokodu .....	10
3.2. Stany graniczne i metoda częściowych współczynników .....	11
3.3. Sytuacje obliczeniowe, oddziaływania charakterystyczne i reprezentatywne .....	12
3.3.1. Definicje .....	12
3.3.2. Obciążenia stałe i zmienne w budynkach .....	14
3.3.3. Oddziaływania w trakcie wykonywania konstrukcji ...	17
3.3.4. Oddziaływania wyjątkowe .....	17
3.3.5. Skurcz i pęcznienie betonu jako oddziaływania .....	18
3.3.6. Inne oddziaływania .....	19
3.4. Stan graniczny nośności (SGN) – kombinacje podstawowe ....	19
3.5. Stan graniczny nośności – kombinacje oddziaływań w sytuacjach wyjątkowych .....	21
3.6. Kombinacje oddziaływań do sprawdzania SGU .....	22
<b>4. Beton</b> .....	24
4.1. Wytrzymałość charakterystyczna i klasy betonu .....	25
4.2. Obliczeniowa wartość wytrzymałości betonu na ściskanie ....	26
4.3. Zależność naprężenie-odkształcenie przy obciążeniu krótkotrwałym .....	27

4.4. Skurcz betonu .....	31
4.4.1. Rodzaje odkształceń skurczowych i wpływ skurczu na budowlę .....	31
4.4.2. Obliczanie swobodnego odkształcenia skurczowego ..	33
4.5. Pełzanie betonu .....	36
4.5.1. Podstawowe definicje i zależności .....	36
4.5.2. Wpływ pełzania na konstrukcje z betonu .....	38
4.5.3. Obliczanie współczynnika pełzania .....	39
4.5.4. Uprozczone sposoby wyznaczania współczynnika pełzania .....	42
4.6. Przykłady obliczeń .....	44
<b>5. Stal zbrojeniowa .....</b>	<b>46</b>
5.1. Uwagi ogólne .....	46
5.2. Podstawowe cechy zbrojenia i norma PN-EN 10080 .....	47
5.3. Granica plastyczności i wytrzymałość stali zbrojeniowej .....	49
5.4. Zależność naprężenie-odkształcenie .....	50
5.5. Ciągłość .....	51
5.6. Uzębrowanie i średnica nominalna .....	52
5.7. Inne właściwości stali zbrojeniowej .....	53
5.8. Stal według normy [N2] .....	53
5.9. Wyroby dziś oferowane na rynku .....	55
<b>6. Trwałość konstrukcji i otulenie zbrojenia .....</b>	<b>57</b>
6.1. Podstawowe czynniki i zjawiska wpływające na trwałość .....	57
6.2. Środowisko – klasy ekspozycji i wymagane klasy wytrzymałości betonu .....	58
6.3. Ogólne zasady określania otulenia zbrojenia .....	62
6.4. Dodatkowe wymagania dotyczące otulenia .....	65
6.5. Odchyłki otulenia .....	65
6.6. Wyznaczanie otulenia .....	66
6.6.1. Algorytm .....	66
6.6.2. Przykład obliczeń .....	67
<b>7. Wymagania ze względu na pożar .....</b>	<b>69</b>
7.1. Uwagi wstępne .....	69
7.2. Ogólne zasady projektowania i wpływ temperatur pożarowych na właściwości betonu i zbrojenia .....	70
7.3. Pożar nominalny i kryteria R, E, I .....	72
7.4. Stosowanie metody częściowych współczynników do sprawdzania kryterium R .....	73
7.5. Projektowanie tabelaryczne .....	75
7.5.1. Zasady ogólne .....	75
7.5.2. Słupy .....	77

7.5.3. Ściany .....	81
7.5.4. Belki i elementy rozciągane .....	82
7.5.5. Płyty .....	86
7.6. Odpryskiwanie i odpadanie betonu oraz konstrukcja połączeń .....	89
7.7. Odporność pożarowa betonu wysokiej wytrzymałości .....	89
7.8. Zasady konstruowania zwiększające bezpieczeństwo pożarowe konstrukcji .....	90
<b>8. Ogólne zasady rozmieszczania i konstruowania zbrojenia ..</b>	<b>93</b>
8.1. Zasady ogólne .....	93
8.2. Odstępy między prętami .....	94
8.3. Krzywizna prętów .....	95
8.4. Wyznaczanie i odmierzanie obliczeniowej długości zakotwienia .....	99
8.4.1. Podstawowa długość zakotwienia .....	99
8.4.2. Obliczeniowa długość zakotwienia .....	101
8.4.3. Wpływ przyspojonego zbrojenia poprzecznego na długość zakotwienia .....	104
8.4.4. Podstawowa i obliczeniowa długość zakotwienia według normy [N2] .....	105
8.5. Połączenia na zakład .....	106
8.5.1. Wymagania ogólne .....	106
8.5.2. Obliczeniowa długość zakładu .....	107
8.5.3. Zbrojenie poprzeczne w strefie zakładu .....	108
8.5.4. Połączenia na zakład siatek spajanych z prętów zębrowanych .....	110
8.6. Dodatkowe wymagania dotyczące grubych prętów i wiązek prętów .....	111
8.6.1. Grube pręty i wiązki prętów .....	111
8.6.2. Zbrojenie przypowierzchniowe .....	112
<b>9. Idealizacja kształtu i odpowiedzi konstrukcji na obciążenia</b>	<b>114</b>
9.1. Uwagi wstępne .....	114
9.2. Płyty, belki, słupy, ściany, tarcze – podstawowe definicje .....	115
9.3. Schematy statyczne, rozpiętości efektywne .....	116
9.4. Efektywna szerokość półek przekrojów teowych .....	118
9.5. Elementy usztywniające i usztywnione .....	119
9.6. Imperfekcje geometryczne i niezamierzone mimośrodowość .....	121
9.6.1. Uwagi wstępne .....	121
9.6.2. Niezamierzony mimośród według normy [N2] .....	121
9.7. Imperfekcje geometryczne konstrukcji i elementów wydzielonych według [N1] .....	122
9.7.1. Zasady ogólne .....	122
9.7.2. Wpływ imperfekcji na układy złożone z wielu prętów .....	125
9.7.3. Wpływ imperfekcji na elementy wydzielone .....	127

9.7.4. Przykłady obliczeń i wnioski dotyczące stosowania norm [N1] i [N2] .....	128
9.8. Metody analizy konstrukcji .....	134
9.8.1. Zagadnienia dwuwymiarowe .....	134
9.8.2. Rola podstawowych działów i pojęć mechaniki w analizie konstrukcji z betonu .....	135
9.8.3. Stosowanie teorii plastyczności – podstawowe idee i zasady .....	136
<b>10. Nośność na zginanie .....</b>	<b>138</b>
10.1. Podstawowe założenia i zależności .....	138
10.2. Graniczny zasięg strefy ściskanej .....	140
10.3. Minimalne i maksymalne zbrojenie podłużne elementów zginanych .....	141
10.3.1. Zbrojenie minimalne .....	141
10.3.2. Zbrojenie maksymalne .....	142
10.4. Zmienne bezwymiarowe i tablice do obliczania przekrojów prostokątnych .....	143
10.4.1. Przekroje pojedynczo zbrojone .....	143
10.4.2. Przekroje podwójnie zbrojone .....	151
10.5. Przekroje teowe .....	152
10.6. Przekroje skrzynkowe i inne obliczane jako teowe .....	155
10.7. Przykłady obliczeń .....	157
<b>11. Nośność przy jednoczesnym zginaniu i ściskaniu lub rozciąganiu .....</b>	<b>163</b>
11.1. Najważniejsze założenia .....	163
11.2. Podstawowe zadania .....	165
11.3. Obliczanie momentu granicznego .....	166
11.4. Prostokątne przekroje symetrycznie zbrojone – stosowanie krzywych granicznych .....	167
11.5. Obliczanie przekrojów kołowych .....	169
11.6. Obliczanie zbrojenia niesymetrycznego .....	170
11.7. Ukośne zginanie .....	170
11.8. Elementy rozciągane .....	171
11.9. Uwagi o obliczaniu zbrojenia za pomocą komputerów .....	175
11.10. Przykłady obliczeń .....	176
<b>12. Wpływ efektów drugiego rzędu na elementy ściskane .....</b>	<b>178</b>
12.1. Ogólne zasady uwzględniania efektów drugiego rzędu .....	178
12.2. Długość efektywna elementów wydzielonych .....	180
12.3. Uprozczone metody analizy elementów wydzielonych .....	184
12.3.1. Metoda nominalnej sztywności .....	184
12.3.2. Metoda nominalnej krzywnizny .....	185

<b>13. Projektowanie elementów ściskanych</b> .....	187
13.1. Miarodajne siły wewnętrzne w słupach i podstawowy algorytm projektowania wydzielonego elementu ściskanego .....	187
13.2. Minimalne i maksymalne zbrojenie słupów .....	192
13.3. Długość efektywna i kryteria pomijania wpływu efektów drugiego rzędu .....	192
13.4. Krytyczne przekroje i moment ekwiwalentny .....	196
13.5. Obliczanie przyrostu momentu wywołanego efektami drugiego rzędu .....	197
13.5.1. Metoda nominalnej krzywizny .....	197
13.5.2. Metoda nominalnej sztywności .....	199
13.5.3. Metoda polskiej normy z 2002 roku .....	200
13.6. Obliczanie momentu granicznego lub pola przekroju zbrojenia	201
13.7. Elementy zginane ukośnie .....	210
13.8. Przykłady obliczeń .....	211
<b>14. Ścinanie</b> .....	227
14.1. Uwagi wstępne i ogólne zasady sprawdzania nośności na ścinanie .....	227
14.1.1. Uwagi wstępne .....	227
14.1.2. Ogólne zasady sprawdzania nośności .....	228
14.2. Zasady konstruowania zbrojenia na ścinanie .....	230
14.3. Przypadki, w których nie wymaga się obliczania zbrojenia na ścinanie .....	232
14.3.1. Siła graniczna $V_{Rd,c}$ .....	232
14.3.2. Obliczeniowa wartość siły poprzecznej $V_{Ed}$ .....	232
14.4. Przypadki, w których należy obliczyć zbrojenie na ścinanie ..	233
14.4.1. Podstawowe zależności .....	233
14.4.2. Obliczanie zbrojenia strzemionami prostopadłymi do osi belki .....	236
14.4.3. Optymalne zbrojenie strzemionami prostopadłymi do osi belki .....	238
14.4.4. Stosowanie strzemion nachylonych i prętów odgiętych	239
14.5. Wpływ ukośnego zarysowania na siłę w zbrojeniu podłużnym	240
14.6. Ścinanie w elementach z nierównoległymi krawędziami .....	241
14.7. Tablice – ścinanie w belkach .....	242
14.8. Przykłady obliczeń .....	249
14.9. Ścinanie między półkami a środkiem w elementach teowych	257
14.9.1. Obliczanie naprężeń stycznych w styku i graniczne wartości tych naprężeń .....	257
14.9.2. Miarodajne wartości siły $\Delta F_d$ i naprężeń stycznych $v_{Ed}$	260
14.9.3. Rola zbrojenia na zginanie płyty i łączne zbrojenie poprzeczne w styku .....	262
14.10. Tablice .....	263

14.11. Przykład obliczeń .....	265
14.12. Ścinanie w styku między betonami ułożonymi w różnych terminach .....	269
<b>15. Skręcanie .....</b>	<b>273</b>
15.1. Zasady ogólne .....	273
15.2. Naprężenia styczne przy skręcaniu i cienkościenny przekrój zamknięty jako model przekroju żelbetowego .....	274
15.3. Wymagania konstrukcyjne .....	277
15.4. Przykłady obliczeń .....	279
<b>16. Przebiecie .....</b>	<b>282</b>
16.1. Podstawowe definicje i zasady .....	282
16.1.1. Naprężenia graniczne i podstawowe obwody kontrolne .....	282
16.1.2. Zasady normy [N2] na tle normy [N1] .....	283
16.1.3. Pole obciążenia $A_{load}$ .....	285
16.1.4. Wysokość użyteczna .....	287
16.2. Obwody kontrolne .....	287
16.3. Sprawdzanie płyt stropowych, które nie mają zbrojenia na przebiecie .....	291
16.4. Sprawdzanie fundamentów, które nie mają zbrojenia na przebiecie .....	293
16.5. Wymiarowanie zbrojenia na przebiecie .....	296
16.6. Wyznaczanie współczynnika $\beta$ .....	299
16.6.1. Słupy w układach usztywnionych .....	299
16.6.2. Słupy w układach nieusztywnionych .....	299
16.7. Przykłady obliczeń .....	303
<b>17. Ogólne zasady i wymagania dotyczące użytkowania .....</b>	<b>310</b>
17.1. Stany graniczne użyteczności (SGU) .....	310
17.1.1. Zasady ogólne i definicje .....	310
17.1.2. Wpływ zarysowania na użyteczność konstrukcji .....	311
17.2. Ograniczenia naprężeń .....	315
17.2.1. Ograniczenia naprężeń rozciągających w zbrojeniu ...	315
17.2.2. Ograniczenia naprężeń ściskających w betonie .....	316
17.3. Graniczne szerokości rys w konstrukcjach żelbetowych .....	317
17.4. Graniczne ugięcia .....	318
17.5. Obliczanie naprężeń, momentu rysującego i siły rysującej ....	319
17.6. Uprozczone obliczanie naprężeń .....	323
<b>18. Obliczanie szerokości rys i maksymalnej średnicy prętów zbrojenia .....</b>	<b>325</b>
18.1. Podstawy teorii .....	325
18.2. Algorytm obliczania szerokości rys metodą ogólną .....	329

18.3. Wyznaczanie maksymalnej średnicy prętów zbrojenia metodą dwóch naprężeń .....	331
18.4. Przykłady obliczeń .....	336
<b>19. Minimalne zbrojenie ze względu na zarysowanie .....</b>	<b>341</b>
19.1. Ogólne zasady dotyczące minimalnego zbrojenia .....	341
19.2. Podstawowy wzór normy .....	343
19.3. Obliczanie minimalnego zbrojenia przy danej średnicy prętów .....	347
19.4. Przykłady obliczeń .....	348
<b>20. Ugięcia .....</b>	<b>353</b>
20.1. Uwagi wstępne .....	353
20.2. Kontrola ugięć przez ograniczenie smukłości elementów zginanych .....	353
20.3. Krzywizna, sztywność i ugięcia elementów zginanych – zasady ogólne .....	356
20.4. Obliczanie ugięć .....	359
20.4.1. Ugięcia wywołane <i>quasi</i> -stałą kombinacją obciążeń ..	359
20.4.2. Obliczanie ugięć wywołanych przyrostami obciążenia ..	362
20.4.3. Zastosowania MES .....	363
20.6. Przykłady obliczeń .....	364
<b>21. Modele ST i krótkie wsporniki .....</b>	<b>372</b>
21.1. Ogólna charakterystyka modelowania konstrukcji metodą ST ..	372
21.2. Krótkie wsporniki słupów .....	373
21.2.1. Wymagania ogólne .....	373
21.2.2. Obliczanie wsporników metodą belkową .....	374
21.2.3. Obliczanie wsporników na podstawie modelu ST ....	376
21.3. Wsporniki belek .....	379
21.4. Przykład obliczeń .....	381
<b>22. Projektowanie konstrukcji .....</b>	<b>385</b>
22.1. Minimalne zbrojenie elementów żelbetowych .....	386
22.1.1. Ogólne zasady wyznaczania minimalnego zbrojenia ..	386
22.1.2. Zbrojenie $\min_{ULS}$ w elementach zginanych .....	387
22.1.3. Zbrojenie $\min_{cr}$ w elementach zginanych .....	388
22.1.4. Zbrojenie $\min_{ULS}$ i $\min_{cr}$ w elementach rozciąganych ..	389
22.1.5. Minimalne zbrojenie elementów zginanych z niezerową siłą podłużną .....	390
22.1.6. Wykresy do wyznaczania minimalnego zbrojenia ze względu na zarysowanie .....	391
22.2. Belki i płyty ciągłe – miarodajne kombinacje obciążeń .....	398
22.2.1. Uproszczenia w rozmieszczaniu obciążeń zmiennych ..	398

22.2.2.	Zasada alternatywnego wyboru w zastosowaniu do belek ciągłych .....	398
22.2.3.	Przykład obliczeń z zastosowaniem zasady alternatywnego wyboru .....	402
22.2.4.	Wymagania dotyczące minimalnych momentów w przęsłach i na podporach .....	403
22.2.5.	Miarodajne momenty podporowe w belkach i płytach ciągłych .....	404
22.3.	Wpływ siły poprzecznej na siłę w zbrojeniu podłużnym .....	406
22.4.	Rozciągane zbrojenie podłużne – rozmieszczanie i kotwienie na podporach .....	410
22.4.1.	Rozmieszczanie zbrojenia podłużnego .....	410
22.4.2.	Kotwienie zbrojenia dolnego na podporach skrajnych .....	410
22.5.	Płyty .....	413
22.5.1.	Grubość i głębokość oparcia na podporach .....	413
22.5.2.	Zbrojenie płyt .....	414
22.5.3.	Wpływ elementów ograniczających ugięcia stropów, obciążenia lokalne i obrzeża otworów .....	418
22.6.	Belki .....	418
22.6.1.	Kształt, wysokość i proporcje belek .....	418
22.6.2.	Obliczanie i rozmieszczanie zbrojenia, kotwienie zbrojenia przęsłowego na podporach .....	419
22.6.3.	Zbrojenie górne nad podporami belek .....	421
22.6.4.	Zbrojenie w skrzyżowaniach belek .....	421
22.6.5.	Zbrojenie przypowierzchniowe i zbrojenie wysokich belek .....	423
22.7.	Słupy .....	423
22.8.	Ściany .....	426
22.9.	Systemy wiążące i wieńce .....	426
22.9.1.	Przepisy normy [N1] .....	426
22.9.2.	Przepisy normy [N2] .....	429
22.10.	Zbrojenie elementów załamanych i zakrzywionych .....	431
22.11.	Fundamenty .....	432
22.11.1.	Ławy i stopy niezbrojone .....	433
22.11.2.	Fundamenty żelbetowe .....	433
<b>Literatura</b>	.....	<b>438</b>