

Spis treści

Podstawowe oznaczenia	XIII
Spis tablic	XXI
1. Wstęp	1
2. Zasady i algorytmy umieszczone w książce a normy PN-EN i PN-B	5
3. Oddziaływania	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 pęczanie 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
4. Beton	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 budowę	31
4.4.2. Obliczanie swobodnego odkształcenia skurczowego ..	33
4.5. Pęczanie betonu	36
4.5.1. Podstawowe definicje i zależności	36
4.5.2. Wpływ pęczania na konstrukcje z betonu	38
4.5.3. Obliczanie współczynnika pęczania	39
4.5.4. Uprozczone sposoby wyznaczania współczynnika pęczania	42
4.6. Przykłady obliczeń	44
5. Stal zbrojeniowa	46
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
6. Trwałość konstrukcji i otulenie zbrojenia	57
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
7. Wymagania ze względu na pożar	69
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
8. Ogólne zasady rozmieszczania i konstruowania zbrojenia ..	93
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 żebrowanych	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
9. Idealizacja kształtu i odpowiedzi konstrukcji na obciążenia	114
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 pól przekrojów teowych	118
9.5. Elementy usztywniające i usztywnione	119
9.6. Imperfekcje geometryczne i niezamierzone mimośrodowo	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
10. Nośność na zginanie	138
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
11. Nośność przy jednoczesnym zginaniu i ściskaniu lub rozciąganiu	163
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
12. Wpływ efektów drugiego rzędu na elementy ściskane	178
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 krzywizny	185

13. Projektowanie elementów ściskanych	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
14. Ścinanie	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 ΔF_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
15. Skręcanie	273
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
16. Przebiecie	282
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 β	299
16.6.1. Słupy w układach usztywnionych	299
16.6.2. Słupy w układach nieusztywnionych	299
16.7. Przykłady obliczeń	303
17. Ogólne zasady i wymagania dotyczące użytkowania	310
17.1. Stany graniczne użytkowalności (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
18. Obliczanie szerokości rys i maksymalnej średnicy prętów zbrojenia	325
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
19. Minimalne zbrojenie ze względu na zarysowanie	341
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
20. Ugięcia	353
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
21. Modele ST i krótkie wsporniki	372
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
22. Projektowanie konstrukcji	385
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

Literatura	438
-------------------------	------------