



KAPTON LUBECKI
ZAMOCOWANIE, WYKONANIE

INIA WSPÓŁPRACA
SEKTOROWA
FUNDUSZU SPOŁECZNEGO



"INŻYNIER BUDOWNICTWA -
ZAWÓD Z PRZYSZŁOŚCIĄ"
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Spis treści

1. Wprowadzenie	9
1.1. Specyfika projektowania konstrukcji z betonu	9
1.2. Stan normalizacji w zakresie projektowania konstrukcji z betonu	11
1.3. Podstawowe symbole używane w tekście	12
2. Zasady ogólne projektowania	16
2.1. Zasady ustalania obciążeń i oddziaływań	16
2.2. Bezpieczeństwo konstrukcji w metodzie stanów granicznych	18
2.2.1. Definicje stanów granicznych	18
2.2.2. Cechy materiałowe przyjmowane w projektowaniu	19
2.3. Zasady ogólne projektowania konstrukcji z betonu	20
2.4. Zasady ogólne analizy statycznej konstrukcji	21
2.4.1. Idealizacja konstrukcji	21
2.4.2. Modele stali i betonu w analizie statycznej	24
2.4.3. Metody analizy konstrukcyjnej	25
3. Właściwości betonu i stali zbrojeniowej	28
3.1. Beton	28
3.1.1. Wiadomości ogólne	28
3.1.2. Wytrzymałość betonu na ściskanie	28
3.1.3. Wytrzymałość betonu na rozciąganie	31
3.1.4. Pojęcie klasy betonu	33
3.1.5. Odkształcalność betonu	36
3.1.6. Kryteria zniszczenia betonu i wytrzymałość w stanie uplastycznienia	45
3.2. Stal zbrojeniowa	48
3.2.1. Właściwości stali	48
3.2.2. Klasy stali zbrojeniowej	49
3.2.3. Odkształcalność stali zbrojeniowych	51
3.2.4. Zalecenia przy doborze gatunku stali do zbrojenia betonu	51
3.3. Współpraca zbrojenia z betonem	52
3.3.1. Przyczepność betonu do zbrojenia	52
3.3.2. Długość zakotwienia prętów zbrojeniowych	53
3.4. Niezawodność i trwałość konstrukcji żelbetonowych	57
3.4.1. Wymagania ogólne w zakresie niezawodności	57
3.4.2. Wymagania w zakresie zapewnienia trwałości	60

4. Elementy zginane	63
4.1. Założenia obliczeniowe	63
4.2. Analiza przekrojów w elementach żelbetowych z betonów zwykłych	67
4.2.1. Metoda ogólna	67
4.2.2. Metoda uproszczona	72
4.3. Algorytmy obliczeń elementów z betonów zwykłych	74
4.3.1. Przekroje o kształcie prostokątnym	74
4.3.2. Przekroje teowe	102
4.4. Algorytmy obliczeń elementów żelbetowych z BWW	126
4.4.1. Założenia obliczeniowe	126
4.4.2. Projektowanie przekrojów prostokątnych w elementach z BWW	131
5. Elementy obciążone siłami podłużnymi	143
5.1. Elementy ściskane	143
5.1.1. Uwzględnianie wpływu wybożenia	143
5.1.2. Stany odkształceń i naprężeń przy ściskaniu – metoda ogólna	151
5.1.3. Obliczenia według metody ogólnej	160
5.1.4. Obliczenia według metody uproszczonej	169
5.2. Elementy rozciągane	194
5.2.1. Zasady obliczeń	194
5.2.2. Obliczenia według metody ogólnej	195
5.2.3. Obliczenia według metody uproszczonej	200
6. Elementy obciążone siłami poprzecznymi	209
6.1. Założenia do obliczeń według modelu kratownicowego	209
6.2. Nośność elementów żelbetowych na ścinanie	216
6.2.1. Elementy o stałej wysokości przekroju	216
6.2.2. Elementy o zmiennej wysokości przekroju	220
6.2.3. ścinanie w przekrojach belek teowych	221
6.2.4. Wymagania w zakresie zbrojenia poprzecznego na ścinanie	222
6.3. Algorytmy wymiarowania zbrojenia poprzecznego na ścinanie	224
7. Elementy skręcane	238
7.1. Model kratownicy przestrzennej przy skręcaniu	238
7.1.1. Założenia ogólne	238
7.1.2. Nośność elementów poddanych czystemu skręcaniu	245
7.1.3. Nośność przy jednoczesnym skręcaniu i ścinaniu	246
7.1.4. Nośność przy jednoczesnym skręcaniu i zginaniu	247
7.1.5. Wymagania konstrukcyjne przy zbrojeniu elementów poddanych skręcaniu	247
7.2. Wymiarowanie zbrojenia elementów poddanych skręcaniu	248
8. Elementy pracujące na przebiecie i docisk	255
8.1. Przebiecie w elementach konstrukcyjnych	255
8.1.1. Założenia ogólne	255
8.1.2. Wymiarowanie na przebiecie wg Eurokodu 2	256
8.1.3. Obliczenia na przebiecie według PN-02	261
8.2. Elementy pracujące na docisk	268
8.2.1. Zasady ogólne projektowania	268
8.2.2. Nośność strefy docisku	268
8.2.3. Projektowanie zbrojenia ze względu na docisk	271
8.2.4. Konstruowanie zbrojenia w strefie docisku	272

9. Stany graniczne użyteczności konstrukcji	276
9.1. Stan graniczny zarysowania	276
9.1.1. Mechanizm pojawienia się rys	276
9.1.2. Zastosowanie teorii sprężystości w obliczeniach stanu zarysowania	277
9.1.3. Wymagania w zakresie zarysowania konstrukcji	280
9.1.4. Obliczanie szerokości rys prostopadłych do osi elementu	281
9.1.5. Szerokość rys ukośnych	288
9.1.6. Określanie minimalnego zbrojenia z uwagi na zarysowanie	290
9.2. Ugięcia elementów żelbetowych	295
9.2.1. Założenia obliczeniowe	295
9.2.2. Uproszczony sposób kontroli stanu granicznego ugięcia	297
9.2.3. Obliczanie ugięć elementów żelbetowych	300
9.2.4. Algorytm obliczania ugięć elementów żelbetowych	307
10. Elementy zespolone z betonem	316
10.1. Założenia obliczeniowe	316
10.2. Zasady projektowania elementów zespolonych z betonem	318
10.2.1. Obliczenia z uwagi na nośność	318
10.2.2. Sprawdzanie stanów granicznych użyteczności	319
10.2.3. Projektowanie styków i połączeń w elementach zespolonych	319
11. Ogólne zasady obliczeń konstrukcji według EN 1992-1	327
11.1. System Eurokodów i ich relacja do norm krajowych	327
11.2. Układ Eurokodu 2	329
11.3. Zagadnienia materiałowe i wymagania w zakresie bezpieczeństwa	330
11.3.1. Beton	330
11.3.2. Zbrojenie	332
11.3.3. Częściowe współczynniki bezpieczeństwa	332
11.4. Ogólne zasady obliczeń elementów zginanych z udziałem sił podłużnych	333
11.4.1. Wpływ momentów i sił podłużnych	333
11.4.2. Uwzględnianie efektów II rzędu	334
11.5. Zasady obliczeń elementów poddanych działaniu sił poprzecznych i skręcaniu	338
11.5.1. Wpływ sił poprzecznych	338
11.5.2. Skręcanie	340
11.6. Kontrola stanów granicznych użyteczności	343
11.7. Przepisy w zakresie konstruowania elementów żelbetowych	344
11.7.1. Konstruowanie zbrojenia	344
11.7.2. Konstruowanie elementów żelbetowych	344
11.8. Konstrukcje betonowe i słabo zbrojone	345
11.8.1. Założenia ogólne	345
11.8.2. Nośność na zginanie i siły podłużne	346
11.8.3. Ścinanie	347
11.8.4. Zginanie i siły podłużne wraz z efektami II rzędu	347
11.8.5. Ławy i stopy fundamentowe	349
12. Nowoczesne metody i modele obliczeniowe analizy konstrukcji żelbetowych	350
12.1. Założenia ogólne metod opartych na teorii plastyczności	350
12.2. Metoda Strut and Tie	351
12.2.1. Podstawy metody	351
12.2.2. Węzły	352
12.2.3. Ciężna	355
12.2.4. Zastraży	355

12.2.5. Przykładowa analiza krótkiego wspornika słupa	356
12.2.6. Przykładowa analiza krótkiego wspornika w belce	360
12.3. Metoda typu Stringer	365
12.3.1. Założenia metody	365
12.3.2. Konstrukcja modelu obliczeniowego	366
12.3.3. Przykładowa analiza naprężeń w tarczy ściennej	367
12.3.4. Przykładowa analiza tarczy stropowej w budynku wielopiętrowym	370
12.3.5. Bezpieczne pola naprężeń w konstrukcjach żelbetowych	373
13. Projektowanie podstawowych ustrojów żelbetowych	383
13.1. Płyty żelbetowe	383
13.1.1. Kształtowanie i zasady obliczeń płyt	383
13.1.2. Obliczanie i konstruowanie płyt	387
13.2. Belki żelbetowe	393
13.2.1. Kształtowanie belek	393
13.2.2. Obliczenia statyczne belek	394
13.2.3. Zasady zbrojenia belek	395
13.2.4. Szczegóły konstrukcyjne belek	399
13.3. Słupy żelbetowe nieuzwojone	403
13.3.1. Kształtowanie i zasady obliczeń słupów	403
13.3.2. Zbrojenie słupów	403
13.4. Krótkie wsporniki	405
13.4.1. Krótkie wsporniki w słupach	405
13.4.2. Krótkie wsporniki w belkach	410
13.5. Uwzględnianie wpływu nadmiernych odkształceń – dylatacje	412
13.6. Ograniczanie zakresu uszkodzeń konstrukcji pod wpływem obciążeń wyjątkowych	414
13.7. Wymagania dodatkowe dotyczące konstruowania zbrojenia	415
13.7.1. Wytyczne w zakresie zakotwienia prętów i siatek	415
13.7.2. Zaginanie zbrojenia	418
13.7.3. Łączenie prętów zbrojenia	419
Załącznik – tablice pomocnicze	422
Bibliografia	429