

# Spis treści

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Definicje i oznaczenia . . . . .                                                                                               | 8  |
| Wstęp . . . . .                                                                                                                | 15 |
| Rozdział 1. <b>Właściwości materiałów</b> . . . . .                                                                            | 16 |
| 1.1. Beton . . . . .                                                                                                           | 16 |
| 1.1.1. Klasa betonu, wytrzymałość i moduł sprężystości . . . . .                                                               | 16 |
| 1.1.2. Właściwości reologiczne betonu . . . . .                                                                                | 19 |
| 1.2. Stal . . . . .                                                                                                            | 24 |
| 1.2.1. Klasa stali, granica plastyczności i odkształcalność . . . . .                                                          | 24 |
| Rozdział 2. <b>Zasady projektowania</b> . . . . .                                                                              | 27 |
| 2.1. Metoda projektowania . . . . .                                                                                            | 27 |
| 2.2. Stany graniczne konstrukcji i ich sprawdzanie . . . . .                                                                   | 27 |
| 2.3. Obliczenia i analizy konstrukcji . . . . .                                                                                | 30 |
| 2.3.1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                                                  | 30 |
| 2.3.2. Sytuacje obliczeniowe . . . . .                                                                                         | 33 |
| 2.3.3. Przyjmowanie wartości oddziaływań . . . . .                                                                             | 33 |
| 2.3.4. Modele obliczeniowe . . . . .                                                                                           | 44 |
| 2.3.5. Redystrybucja momentów . . . . .                                                                                        | 45 |
| 2.3.6. Idealizacja konstrukcji . . . . .                                                                                       | 45 |
| 2.4. Ogólne zasady obliczania elementów zginanych . . . . .                                                                    | 48 |
| Rozdział 3. <b>Projektowanie belek żelbetowych</b> . . . . .                                                                   | 50 |
| 3.1. Wstępne przyjmowanie wymiarów elementów żelbetowych . . . . .                                                             | 50 |
| 3.1.1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                                                  | 50 |
| 3.1.2. Wstępne przyjmowanie wymiarów belek . . . . .                                                                           | 51 |
| 3.2. Ogólne zasady sprawdzania stanu granicznego nośności zgięciowej . . . . .                                                 | 56 |
| 3.2.1. Zginanie w przekrojach prostokątnych pojedynczo zbrojonych — model pierwszy . . . . .                                   | 58 |
| 3.2.2. Wymiarowanie przekrojów podwójnie zbrojonych — model pierwszy . . . . .                                                 | 61 |
| 3.2.3. Wymiarowanie przekrojów teowych — model pierwszy . . . . .                                                              | 64 |
| 3.2.4. Wymiarowanie innych przekrojów . . . . .                                                                                | 69 |
| 3.2.5. Wymiarowanie przekrojów z wykorzystaniem tablic — model pierwszy (załącznik, tabela 10) . . . . .                       | 69 |
| 3.2.6. Wymiarowanie przekrojów zginanych przy założeniu prostokątnego kształtu bryły naprężeń (załącznik, tabela 11) . . . . . | 70 |
| 3.2.6.1. Wymiarowanie przekrojów prostokątnych pojedynczo zbrojonych . . . . .                                                 | 71 |
| 3.2.6.2. Przekroje prostokątne podwójnie zbrojone . . . . .                                                                    | 72 |
| 3.2.6.3. Wymiarowanie przekrojów pozornie teowych . . . . .                                                                    | 73 |
| 3.2.6.4. Wymiarowanie przekrojów rzeczywiście teowych . . . . .                                                                | 74 |
| 3.2.6.5. Wymiarowanie przy wykorzystaniu tablic . . . . .                                                                      | 74 |
| 3.2.7. Wymiarowanie przekrojów zginanych — przykłady . . . . .                                                                 | 75 |
| 3.3. Ścinanie w belkach . . . . .                                                                                              | 80 |
| 3.3.1. Wiadomości ogólne . . . . .                                                                                             | 80 |
| 3.3.2. Sprawdzanie nośności przekrojów ukośnych — odcinki pierwszego rodzaju . . . . .                                         | 82 |
| 3.3.3. Przekroje wymagające dodatkowego zbrojenia na ścinanie — odcinki drugiego rodzaju . . . . .                             | 83 |
| 3.3.4. Szczegółowe problemy związane ze ścinaniem . . . . .                                                                    | 85 |
| 3.3.4.1. Sprawdzanie szerokości rozwarcia rys ukośnych . . . . .                                                               | 85 |
| 3.3.4.2. Sprawdzanie nośności zbrojenia głównego . . . . .                                                                     | 86 |

|                                                                                                                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.3.4.3. Ścinanie między środnikiem i półką w przekrojach teowych . . . . .                                                | 87         |
| 3.3.4.4. Ścinanie w belkach o zmiennej wysokości przekroju . . . . .                                                       | 88         |
| 3.3.5. Zasady postępowania przy sprawdzaniu nośności przekrojów ukośnych . . . . .                                         | 89         |
| 3.3.6. Przykłady obliczeń . . . . .                                                                                        | 91         |
| 3.4. Sprawdzanie szerokości rozwarcia rys prostopadłych . . . . .                                                          | 96         |
| 3.4.1. Szerokość rozwarcia rys prostopadłych do osi elementu zginanego . . . . .                                           | 97         |
| 3.4.2. Sprawdzanie szerokości rozwarcia rysy wywołanej wymuszeniami . . . . .                                              | 100        |
| 3.4.3. Przykłady obliczeń . . . . .                                                                                        | 101        |
| 3.5. Obliczanie ugięć belek żelbetowych . . . . .                                                                          | 107        |
| 3.5.1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                                              | 107        |
| 3.5.2. Teoretyczne podstawy obliczania ugięć . . . . .                                                                     | 108        |
| 3.5.3. Obliczanie ugięć według zaleceń normowych . . . . .                                                                 | 109        |
| 3.5.4. Przykłady . . . . .                                                                                                 | 112        |
| 3.6. Podstawowe zasady konstruowania belek . . . . .                                                                       | 116        |
| 3.6.1. Zasady konstruowania wynikające ze zginania . . . . .                                                               | 116        |
| 3.6.2. Zasady konstruowania wynikające ze ścinania . . . . .                                                               | 120        |
| <b>Rozdział 4. Projektowanie słupów betonowych i żelbetowych . . . . .</b>                                                 | <b>123</b> |
| 4.1. Wstępne przyjmowanie wymiarów słupów . . . . .                                                                        | 123        |
| 4.2. Wymiarowanie słupów . . . . .                                                                                         | 125        |
| 4.2.1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                                              | 125        |
| 4.2.2. Wymiarowanie słupów betonowych . . . . .                                                                            | 126        |
| 4.2.3. Wymiarowanie słupów uzwojonych . . . . .                                                                            | 128        |
| 4.2.4. Słupy żelbetowe mimośrodowo ściskane . . . . .                                                                      | 130        |
| 4.2.4.1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                                            | 130        |
| 4.2.4.2. Wpływy smukłości i obciążeń długotrwałych . . . . .                                                               | 131        |
| 4.2.5. Sprawdzanie nośności słupów przy założeniu prostokątnego wykresu naprężeń w betonie . . . . .                       | 132        |
| 4.2.6. Wymiarowanie słupów ściskanych z dużym mimośrodem przy założeniu prostokątnego wykresu naprężeń w betonie . . . . . | 134        |
| 4.2.7. Wymiarowanie słupów ściskanych z małym mimośrodem . . . . .                                                         | 135        |
| 4.2.8. Wymiarowanie słupów w oparciu o paraboliczno-prostokątny kształt wykresu naprężeń w betonie . . . . .               | 136        |
| 4.2.8.1. Wymiarowanie słupów ze strefą rozciąganą . . . . .                                                                | 137        |
| 4.2.8.2. Wymiarowanie słupów o przekrojach całkowicie ściskanych . . . . .                                                 | 139        |
| 4.2.8.3. Sprawdzanie nośności słupa żelbetowego o przekroju zawierającym strefę rozciąganą . . . . .                       | 139        |
| 4.2.8.4. Sprawdzanie nośności słupa o przekroju całkowicie ściskanym . . . . .                                             | 140        |
| 4.3. Przykłady wymiarowania słupów . . . . .                                                                               | 141        |
| 4.4. Zasady konstruowania słupów żelbetowych . . . . .                                                                     | 149        |
| <b>Rozdział 5. Ogólne zasady projektowania monolitycznych stropów płytowo-żelbetowych . . . . .</b>                        | <b>151</b> |
| 5.1. Geometria układów stropowych . . . . .                                                                                | 151        |
| 5.2. Płyty . . . . .                                                                                                       | 153        |
| 5.2.1. Zasady kształtowania . . . . .                                                                                      | 153        |
| 5.2.2. Zasady obliczeń . . . . .                                                                                           | 156        |
| 5.2.3. Zbrojenie płyt . . . . .                                                                                            | 161        |
| 5.3. Żebra i podciągi . . . . .                                                                                            | 171        |
| 5.3.1. Wymagania dotyczące zbrojenia . . . . .                                                                             | 172        |
| 5.3.2. Konstruowanie zbrojenia w przekroju poprzecznym belek . . . . .                                                     | 180        |
| 5.3.3. Połączenie zeber z podciągami . . . . .                                                                             | 186        |
| 5.3.4. Zbrojenie elementów o kształcie załamanym lub zakrzywionym . . . . .                                                | 188        |
| 5.3.5. Obliczenia statyczne belek . . . . .                                                                                | 189        |

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.4. Słupy . . . . .                                                     | 193        |
| 5.5. Rysunki konstrukcji żelbetowych . . . . .                           | 198        |
| 5.5.1. Zasady wykonywania . . . . .                                      | 198        |
| 5.5.2. Rysunki zbrojenia konstrukcji . . . . .                           | 199        |
| <b>Rozdział 6. Przykład stropu płytowo-żebrowego . . . . .</b>           | <b>202</b> |
| 6.1. Dane ogólne . . . . .                                               | 202        |
| 6.2. Projekt wstępny . . . . .                                           | 203        |
| 6.2.1. Płyta . . . . .                                                   | 203        |
| 6.2.2. Żebro . . . . .                                                   | 206        |
| 6.2.3. Podciąg . . . . .                                                 | 208        |
| 6.2.4. Słup . . . . .                                                    | 210        |
| 6.3. Projekt techniczny . . . . .                                        | 212        |
| 6.3.1. Opis techniczny konstrukcji . . . . .                             | 212        |
| 6.4. Płyta jednokierunkowo zbrojona o $h = 0,10$ m . . . . .             | 214        |
| 6.4.1. Wyznaczenie ekstremalnych momentów i sił poprzecznych . . . . .   | 215        |
| 6.4.2. Wyznaczenie zbrojenia . . . . .                                   | 216        |
| 6.4.3. Sprawdzenie nośności płyty na ścinanie . . . . .                  | 218        |
| 6.4.4. Sprawdzenie ścinania między środnikiem i półkami . . . . .        | 218        |
| 6.4.5. Sprawdzenie ugięcia (tabela 3.11) . . . . .                       | 219        |
| 6.4.6. Sprawdzenie zarysowania . . . . .                                 | 220        |
| 6.5. Żebro . . . . .                                                     | 220        |
| 6.5.1. Rozpiętości obliczeniowe . . . . .                                | 220        |
| 6.5.2. Zestawienie obciążeń . . . . .                                    | 220        |
| 6.5.3. Obliczenie sił wewnętrznych . . . . .                             | 221        |
| 6.5.4. Geometria przekroju teowego . . . . .                             | 222        |
| 6.5.5. Wyznaczenie zbrojenia na momenty zginające . . . . .              | 222        |
| 6.5.6. Zbrojenie na ścinanie . . . . .                                   | 224        |
| 6.5.7. Stan graniczny ugięcia . . . . .                                  | 230        |
| 6.5.8. Sprawdzenie szerokości rozwarcia rys prostopadłych . . . . .      | 231        |
| 6.5.9. Warunki konstrukcyjne kotwienia i łączenia prętów . . . . .       | 231        |
| 6.6. Podciąg . . . . .                                                   | 232        |
| 6.6.1. Schemat statyczny . . . . .                                       | 232        |
| 6.6.2. Zestawienie obciążeń . . . . .                                    | 233        |
| 6.6.3. Obliczenie sił wewnętrznych . . . . .                             | 233        |
| 6.6.4. Geometria przekroju teowego . . . . .                             | 234        |
| 6.6.5. Wyznaczenie zbrojenia na momenty zginające (tabela 6.5) . . . . . | 236        |
| 6.6.6. Zbrojenie na ścinanie . . . . .                                   | 237        |
| 6.6.7. Stan graniczny ugięcia . . . . .                                  | 243        |
| 6.6.8. Sprawdzenie szerokości rozwarcia rys prostopadłych . . . . .      | 245        |
| 6.6.9. Warunki konstrukcyjne zakotwienia i łączenia prętów . . . . .     | 246        |
| 6.7. Słup I kondygnacji . . . . .                                        | 248        |
| 6.8. Stopa fundamentowa . . . . .                                        | 251        |
| Literatura . . . . .                                                     | 254        |
| Normy związane z projektowaniem konstrukcji betonowych . . . . .         | 254        |
| Załącznik. Tabele do obliczeń statycznych i wymiarowania . . . . .       | 255        |