

# SPIS TREŚCI

|                                                                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Od autorów</b>                                                                                               | <b>9</b>  |
| <b>1. Wstęp</b>                                                                                                 | <b>11</b> |
| <b>2. Fazy naprężeń w żelbetowych elementach zginanych</b>                                                      | <b>14</b> |
| <b>3. Metody wymiarowania</b>                                                                                   | <b>16</b> |
| 3.1. Metoda naprężeń liniowych                                                                                  | 16        |
| 3.2. Metoda odkształceń plastycznych                                                                            | 18        |
| 3.3. Metoda stanów granicznych                                                                                  | 20        |
| 3.3.1. Zasady ogólne                                                                                            | 20        |
| 3.3.2. Podstawowe założenia metody stanów granicznych według PN-84/B-03264 [38]                                 | 21        |
| 3.3.3. Obliczanie sił wewnętrznych                                                                              | 21        |
| 3.3.4. Stan graniczny nośności                                                                                  | 22        |
| 3.3.5. Stan graniczny użytkowania                                                                               | 23        |
| 3.3.6. Sprawdzenie stanów granicznych konstrukcji wymiarowanych przy uwzględnieniu złożonego stanu naprężeń     | 25        |
| <b>4. Ogólne zasady obliczania przekrojów w elementach betonowych i żelbetowych według PN-B-03264:1999 [39]</b> | <b>26</b> |
| 4.1. Wprowadzenie                                                                                               | 26        |
| 4.2. Definicje rodzajów konstrukcji z betonu                                                                    | 27        |
| 4.3. Podstawowe zmiany w oznaczeniach                                                                           | 27        |
| 4.4. Zestawienie symboli i oznaczeń                                                                             | 28        |
| 4.5. Niezawodność konstrukcji                                                                                   | 33        |
| 4.6. Stany graniczne i sytuacje obliczeniowe                                                                    | 33        |
| 4.7. Zalecane modele obliczeniowe w analizie konstrukcji                                                        | 34        |
| 4.8. Zasady ustalania wymiarów geometrycznych konstrukcji                                                       | 35        |
| 4.9. Trwałość konstrukcji                                                                                       | 37        |
| 4.10. Minimalne pole przekroju zbrojenia podłużnego                                                             | 38        |
| <b>5. Właściwości mechaniczne betonu i stali</b>                                                                | <b>40</b> |
| 5.1. Beton                                                                                                      | 40        |
| 5.1.1. Uwagi ogólne                                                                                             | 40        |
| 5.1.2. Statystyczna ocena wytrzymałości betonu. Rodzaje próbek                                                  | 40        |
| 5.1.3. Wytrzymałość i klasy betonu                                                                              | 42        |
| 5.1.4. Charakterystyki odkształcalności doraźnej betonu                                                         | 44        |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.5. Skurcz i pękanie betonu . . . . .                                                       | 47  |
| 5.1.6. Właściwości betonów wysokowartościowych. . . . .                                        | 51  |
| 5.2. Stal zbrojeniowa zwykła . . . . .                                                         | 54  |
| 5.2.1. Uwagi ogólne. . . . .                                                                   | 54  |
| 5.2.2. Rodzaje, klasy i gatunki stali stosowanych do konstrukcji żelbetowych . . . .           | 56  |
| 5.2.3. Przyczepność betonu do stali. . . . .                                                   | 60  |
| <b>6. Zasady obliczania elementów zginanych, ściskanych i rozciąganych w stanie granicznym</b> |     |
| <b>nośności.</b> . . . .                                                                       | 64  |
| 6.1. Założenia i uwagi ogólne. . . . .                                                         | 64  |
| 6.2. Zasady metody uproszczonej. . . . .                                                       | 66  |
| <b>7. Zginanie.</b> . . . .                                                                    | 68  |
| 7.1. Uwagi ogólne. . . . .                                                                     | 68  |
| 7.2. Przekrój dowolny pojedynczo zbrojony. . . . .                                             | 70  |
| 7.3. Przekrój prostokątny pojedynczo zbrojony. . . . .                                         | 72  |
| 7.4. Przekrój dowolny podwójnie zbrojony. . . . .                                              | 79  |
| 7.5. Przekrój prostokątny podwójnie zbrojony. . . . .                                          | 84  |
| 7.6. Tok postępowania przy obliczaniu przekroju prostokątnego z wykorzystaniem                 |     |
| tablic. . . . .                                                                                | 86  |
| 7.7. Przekrój teowy pojedynczo zbrojony. . . . .                                               | 88  |
| 7.8. Przekrój teowy podwójnie zbrojony. . . . .                                                | 99  |
| 7.9. Przekrój trójkątny pojedynczo zbrojony. . . . .                                           | 123 |
| 7.10. Przekrój trójkątny podwójnie zbrojony. . . . .                                           | 126 |
| 7.11. Przekroje trapezowe. . . . .                                                             | 129 |
| 7.12. Przekrój pierścieniowy. . . . .                                                          | 135 |
| 7.13. Zginanie ukośne. . . . .                                                                 | 139 |
| <b>8. Ścinanie.</b> . . . .                                                                    | 161 |
| 8.1. Uwagi ogólne. . . . .                                                                     | 161 |
| 8.2. Nośność przekrojów ukośnych na odcinkach pierwszego rodzaju. . . . .                      | 166 |
| 8.3. Nośność przekrojów ukośnych na odcinkach drugiego rodzaju. . . . .                        | 169 |
| 8.4. Ścinanie między średnikiem a półkami w przekrojach teowych. . . . .                       | 173 |
| <b>9. Skręcanie.</b> . . . .                                                                   | 210 |
| 9.1. Uwagi ogólne. . . . .                                                                     | 210 |
| 9.2. Obliczanie momentów skręcających w belkach prostych, załamanych lub zakrzywionych         |     |
| w planie. . . . .                                                                              | 213 |
| 9.3. Założenia ogólne do obliczania zarysowanych skręcanych elementów żelbetowych . .          | 221 |
| 9.4. Nośność na skręcanie elementów żelbetowych w przypadku czystego skręcania . . .           | 222 |
| 9.5. Nośność na skręcanie elementów żelbetowych w przypadku skręcania połączonego ze           |     |
| ścinaniem. . . . .                                                                             | 225 |
| <b>10. Ściskanie.</b> . . . .                                                                  | 233 |
| 10.1. Uwagi ogólne. . . . .                                                                    | 233 |
| 10.2. Długość obliczeniowa. . . . .                                                            | 235 |
| 10.3. Smukłość i obciążenia długotrwałe. . . . .                                               | 238 |
| 10.4. Elementy betonowe. . . . .                                                               | 241 |
| 10.5. Elementy żelbetowe. . . . .                                                              | 242 |
| 10.5.1. Wpływ mimośrodów na charakter zniszczenia przekroju. . . . .                           | 242 |
| 10.5.2. Przekrój dowolny — metoda uproszczona. . . . .                                         | 243 |
| 10.5.3. Przekrój prostokątny — metoda uproszczona. . . . .                                     | 245 |
| 10.5.4. Przekrój prostokątny — metoda ogólna. . . . .                                          | 249 |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.5.5. Przekroje teowe i dwuteowe mimośrodowo ściskane.                                    | 282 |
| 10.5.6. Przekroje pierścieniowe.                                                            | 295 |
| 10.5.7. Przekroje kołowe.                                                                   | 302 |
| 10.6. Słupy uzwojone.                                                                       | 308 |
| 10.7. Ukośne mimośrodowe ściskanie.                                                         | 312 |
| <b>11. Rozciąganie</b>                                                                      | 321 |
| 11.1. Uwagi ogólne.                                                                         | 321 |
| 11.2. Elementy rozciągane osiowo — metody ogólna i uproszczona.                             | 321 |
| 11.3. Elementy rozciągane mimośrodowo.                                                      | 323 |
| 11.3.1. Wprowadzenie.                                                                       | 323 |
| 11.3.2. Przekroje dowolne — metoda uproszczona.                                             | 324 |
| 11.3.3. Przekrój prostokątny — metoda uproszczona.                                          | 326 |
| 11.3.4. Przekrój prostokątny — metoda ogólna.                                               | 328 |
| <b>12. Docisk</b>                                                                           | 335 |
| 12.1. Uwagi ogólne.                                                                         | 335 |
| 12.2. Przekrój betonowy.                                                                    | 338 |
| 12.3. Przekrój żelbetowy.                                                                   | 338 |
| <b>13. Przebicie</b>                                                                        | 345 |
| 13.1. Uwagi ogólne.                                                                         | 345 |
| 13.2. Nośność elementów niezbrojonych na przebicie.                                         | 346 |
| 13.3. Nośność elementów zbrojonych na przebicie.                                            | 348 |
| <b>14. Stan graniczny zarysowania</b>                                                       | 352 |
| 14.1. Uwagi ogólne.                                                                         | 352 |
| 14.2. Szerokość rys prostopadłych do osi elementu.                                          | 354 |
| 14.3. Szerokość rys ukośnych.                                                               | 357 |
| 14.4. Zbrojenie minimalne ze względu na ograniczenie szerokości rys.                        | 359 |
| <b>15. Stan graniczny ugięć</b>                                                             | 369 |
| 15.1. Uwagi ogólne.                                                                         | 369 |
| 15.2. Ugięcie elementów żelbetowych.                                                        | 370 |
| <b>16. Wymagania i zalecenia w zakresie zbrojenia i projektowania elementów żelbetowych</b> | 383 |
| 16.1. Zasady zbrojenia elementów żelbetowych.                                               | 383 |
| 16.1.1. Rozmieszczenie prętów zbrojenia w przekrojach elementów.                            | 383 |
| 16.1.2. Otulenie prętów zbrojenia.                                                          | 384 |
| 16.1.3. Dopuszczalne krzywizny zagięć.                                                      | 385 |
| 16.1.4. Zakotwienie.                                                                        | 387 |
| 16.1.5. Połączenia spajane i połączenia na zakład.                                          | 389 |
| 16.1.6. Zbrojenie poprzeczne strefy docisku.                                                | 393 |
| 16.1.7. Zbrojenie przypowierzchniowe.                                                       | 393 |
| 16.2. Wymagania w zakresie konstruowania podstawowych elementów żelbetowych.                | 394 |
| 16.2.1. Płyty.                                                                              | 394 |
| 16.2.2. Belki.                                                                              | 396 |
| 16.2.3. Słupy.                                                                              | 402 |
| <b>Bibliografia</b>                                                                         | 405 |