

# Spis treści

---

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Od autorów</b>                                                                    | <b>9</b>  |
| <b>1. Wprowadzenie</b>                                                               | <b>13</b> |
| 1.1. Uwagi ogólne . . . . .                                                          | 13        |
| 1.2. Definicje . . . . .                                                             | 13        |
| 1.3. Podstawowe symbole i oznaczenia . . . . .                                       | 14        |
| 1.4. Materiały . . . . .                                                             | 15        |
| 1.4.1. Beton . . . . .                                                               | 15        |
| 1.4.2. Stal zbrojeniowa . . . . .                                                    | 17        |
| 1.4.3. Stal konstrukcyjna . . . . .                                                  | 17        |
| 1.4.4. Blachy profilowane do płyt zespolonych . . . . .                              | 20        |
| 1.4.5. Łączniki . . . . .                                                            | 21        |
| 1.5. Podstawy projektowania . . . . .                                                | 22        |
| 1.5.1. Elementy zginane . . . . .                                                    | 22        |
| 1.5.2. Elementy ściskane osiowo i mimośrodowo . . . . .                              | 26        |
| 1.5.3. Wpływ właściwości materiałów na ich współdziałanie<br>po zespoleniu . . . . . | 27        |
| 1.5.4. Ogólne zasady obliczeń . . . . .                                              | 30        |
| 1.5.5. Metody analizy konstrukcji . . . . .                                          | 31        |
| <b>2. Zarys rozwoju konstrukcji zespolonych</b>                                      | <b>32</b> |
| 2.1. Geneza . . . . .                                                                | 32        |
| 2.2. Rozwój rozwiązań konstrukcyjnych . . . . .                                      | 35        |
| 2.2.1. Łączniki . . . . .                                                            | 35        |
| 2.2.2. Płyty i belki stropowe . . . . .                                              | 42        |
| 2.2.3. Słupy . . . . .                                                               | 50        |
| 2.2.4. Układy stężające . . . . .                                                    | 53        |
| <b>3. Układy nośne budynków</b>                                                      | <b>55</b> |
| 3.1. Uwagi ogólne . . . . .                                                          | 55        |

|                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.2. Układy grawitacyjne . . . . .                                                                | 56         |
| 3.3. Układy stężające . . . . .                                                                   | 64         |
| <b>4. Płyty stropowe</b>                                                                          | <b>87</b>  |
| 4.1. Uwagi ogólne . . . . .                                                                       | 87         |
| 4.2. Płyty zespolone z profilowanymi blachami stalowymi . . . . .                                 | 90         |
| 4.2.1. Ogólne zasady projektowania . . . . .                                                      | 90         |
| 4.2.2. Charakterystyka wybranych blach stosowanych w Polsce . . . . .                             | 91         |
| 4.2.3. Obliczanie płyt . . . . .                                                                  | 96         |
| 4.2.4. Przykłady liczbowe . . . . .                                                               | 101        |
| <b>5. Łączniki</b>                                                                                | <b>118</b> |
| 5.1. Wymagania ogólne . . . . .                                                                   | 118        |
| 5.2. Rodzaje łączników . . . . .                                                                  | 119        |
| 5.3. Obliczanie łączników sworzniowych z główką i kształtowanie połączeń<br>ściśnianych . . . . . | 119        |
| <b>6. Belki</b>                                                                                   | <b>124</b> |
| 6.1. Ogólne zasady kształtowania . . . . .                                                        | 124        |
| 6.2. Belki pełnościenne . . . . .                                                                 | 127        |
| 6.2.1. Ogólne zasady projektowania . . . . .                                                      | 127        |
| 6.2.2. Obliczanie belek swobodnie podpartych . . . . .                                            | 131        |
| 6.2.3. Przykłady liczbowe . . . . .                                                               | 140        |
| 6.2.4. Obliczanie belek ciągłych . . . . .                                                        | 154        |
| 6.2.5. Przykład liczbowy . . . . .                                                                | 165        |
| 6.3. Belki ażurowe . . . . .                                                                      | 177        |
| 6.4. Belki z otworami w środku . . . . .                                                          | 179        |
| 6.4.1. Ogólne zasady projektowania . . . . .                                                      | 179        |
| 6.4.2. Obliczanie belek . . . . .                                                                 | 180        |
| 6.4.3. Przykład liczbowy . . . . .                                                                | 193        |
| 6.5. Belki kratowe . . . . .                                                                      | 201        |
| 6.5.1. Ogólne zasady projektowania . . . . .                                                      | 201        |
| 6.5.2. Obliczanie belek . . . . .                                                                 | 204        |
| 6.5.3. Przykład liczbowy . . . . .                                                                | 208        |
| <b>7. Podciągi</b>                                                                                | <b>215</b> |
| 7.1. Ogólne zasady projektowania . . . . .                                                        | 215        |
| 7.2. Kształtowanie i obliczanie podciągów pełnościennych i z otworami<br>w środku . . . . .       | 216        |
| 7.3. Kształtowanie i obliczanie podciągów o konstrukcji ażurowej<br>(stub girder) . . . . .       | 217        |
| 7.3.1. Przykład liczbowy . . . . .                                                                | 225        |

|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>8. Słupy</b>                                                           | <b>235</b> |
| 8.1. Ogólne zasady projektowania . . . . .                                | 235        |
| 8.2. Obliczanie nośności słupów metodą uproszczoną . . . . .              | 238        |
| 8.2.1. Wymagania . . . . .                                                | 238        |
| 8.2.2. Nośność przekrojów . . . . .                                       | 238        |
| 8.2.3. Smukłość względna . . . . .                                        | 241        |
| 8.2.4. Efektywna sztywność giętna . . . . .                               | 241        |
| 8.2.5. Wpływ efektów drugiego rzędu i imperfekcje . . . . .               | 242        |
| 8.2.6. Nośność słupów ściskanych osiowo . . . . .                         | 244        |
| 8.2.7. Nośność słupów jednokierunkowo mimośrodowo<br>ściskanych . . . . . | 244        |
| 8.2.8. Nośność słupów dwukierunkowo mimośrodowo ściskanych . . . . .      | 246        |
| 8.3. Warunki wprowadzania obciążeń i zespolenia stali z betonem . . . . . | 246        |
| 8.4. Zalecenia konstrukcyjne . . . . .                                    | 249        |
| 8.5. Obliczanie słupów . . . . .                                          | 250        |
| 8.5.1. Przykłady liczbowe . . . . .                                       | 250        |
| <b>9. Połączenia belek i podciągów ze słupami</b>                         | <b>259</b> |
| 9.1. Uwagi ogólne . . . . .                                               | 259        |
| 9.2. Kształtowanie połączeń . . . . .                                     | 260        |
| 9.3. Zasady obliczania połączeń . . . . .                                 | 262        |
| 9.3.1. Uwagi ogólne . . . . .                                             | 262        |
| 9.3.2. Przykład liczbowy . . . . .                                        | 264        |
| <b>10. Przykłady konstrukcji zrealizowanych</b>                           | <b>269</b> |
| 10.1. Uwagi ogólne . . . . .                                              | 269        |
| 10.2. First City Tower — Houston (USA) . . . . .                          | 269        |
| 10.3. Commerzbank — Frankfurt (Niemcy) . . . . .                          | 272        |
| 10.4. Millennium Tower — Wiedeń (Austria) . . . . .                       | 278        |
| 10.5. Warsaw Trade Tower — Warszawa . . . . .                             | 283        |
| 10.6. Budynek dydaktyczny — Częstochowa . . . . .                         | 286        |
| 10.7. Parkingi wielopoziomowe — Wrocław . . . . .                         | 289        |
| 10.7.1. Parking przy Centrum Handlowym TGG . . . . .                      | 289        |
| 10.7.2. Parking przy Hotelu Wrocław . . . . .                             | 291        |
| <b>Bibliografia</b>                                                       | <b>293</b> |