

# Spis treści

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Wstęp</b> . . . . .                                                             | 5   |
| <b>Rozdział 1. Ramy płaskie</b> . . . . .                                          | 7   |
| 1.1. Analiza kinematyczna ram płaskich . . . . .                                   | 7   |
| 1.1.1. Warunki konieczny oraz dostateczne geometrycznej<br>niezmienności . . . . . | 7   |
| 1.1.2. Przykład 1 . . . . .                                                        | 7   |
| 1.1.3. Przykład 2 . . . . .                                                        | 9   |
| 1.1.4. Przykład 3 . . . . .                                                        | 10  |
| 1.1.5. Przykład 4 . . . . .                                                        | 11  |
| 1.1.6. Przykład 5 . . . . .                                                        | 13  |
| 1.1.7. Przykład 6 . . . . .                                                        | 14  |
| 1.2. Rozwiązanie ram płaskich metodą klasyczną . . . . .                           | 16  |
| 1.2.1. Zasada zeszywnienia . . . . .                                               | 16  |
| 1.2.2. Podstawy metody klasycznej . . . . .                                        | 16  |
| 1.2.3. Sprawdzanie wykresów sił przekrojowych . . . . .                            | 19  |
| 1.3. Przykłady zastosowania metody klasycznej . . . . .                            | 19  |
| 1.3.1. Przykład 1 . . . . .                                                        | 19  |
| 1.3.2. Przykład 2 . . . . .                                                        | 30  |
| 1.3.3. Przykład 3 . . . . .                                                        | 46  |
| 1.3.4. Przykład 4 . . . . .                                                        | 61  |
| 1.3.5. Przykład 5 . . . . .                                                        | 74  |
| 1.4. Rozwiązanie ram płaskich metodą punktów charakterystycznych . . . . .         | 87  |
| 1.4.1. Zasada zeszywnienia . . . . .                                               | 87  |
| 1.4.2. Podstawy metody punktów charakterystycznych . . . . .                       | 87  |
| 1.5. Przykłady zastosowania metody punktów charakterystycznych . . . . .           | 90  |
| 1.5.1. Przykład 1 . . . . .                                                        | 90  |
| 1.5.2. Przykład 2 . . . . .                                                        | 105 |
| 1.5.3. Przykład 3 . . . . .                                                        | 121 |
| 1.5.4. Przykład 4 . . . . .                                                        | 134 |
| 1.5.5. Przykład 5 . . . . .                                                        | 153 |

|                                                                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Rozdział 2. Zastosowanie równania pracy wirtualnej do<br/>wyznaczania reakcji i sił przekrojowych w belkach . . . . .</b> | <b>179</b> |
| 2.1. Definicja pracy . . . . .                                                                                               | 179        |
| 2.2. Przemieszczenie wirtualne . . . . .                                                                                     | 180        |
| 2.3. Praca siły rzeczywistej na wirtualnym przemieszczeniu . . . . .                                                         | 181        |
| 2.4. Równanie pracy wirtualnej . . . . .                                                                                     | 184        |
| 2.5. Dopuszczalne przemieszczenia wirtualne . . . . .                                                                        | 186        |
| 2.6. Przykłady zastosowania równania pracy wirtualnej . . . . .                                                              | 189        |
| 2.6.1. Przykład 1 . . . . .                                                                                                  | 189        |
| 2.6.2. Przykład 2 . . . . .                                                                                                  | 203        |
| 2.6.3. Przykład 3 . . . . .                                                                                                  | 219        |
| 2.6.4. Przykład 4 . . . . .                                                                                                  | 238        |
| 2.6.5. Przykład 5 . . . . .                                                                                                  | 255        |
| <b>Bibliografia . . . . .</b>                                                                                                | <b>273</b> |
| <b>Skorowidz . . . . .</b>                                                                                                   | <b>275</b> |