

Spis treści

Przedmowa	7
Rozdział 1. Podstawowe pojęcia i cel przedmiotu	9
1.1. Uwagi wstępne	9
1.2. Przykłady badań	10
1.3. Podstawowe zadania przedmiotu	12
Rozdział 2. Modele elementów konstrukcji	13
2.1. Modele obliczeniowe	13
2.2. Fizyczne modele materiałów	18
Rozdział 3. Integralne siły wewnętrzne w belkach. Zadania statycznie wyznaczalne	20
3.1. Przykład ujawniania sił wewnętrznych w belkach	20
3.2. Składowe siły wewnętrznych w belkach	21
3.3. Wykonywanie wykresów sił wewnętrznych i umowy o znakowaniu	24
3.3.1. Różniczkowe równania równowagi elementu belki prostej	24
3.3.2. Wykonywanie wykresów sił wewnętrznych z definicji	25
3.3.3. Wykonywanie wykresów sił wewnętrznych z wykorzystaniem różniczkowych równań równowagi	26
Rozdział 4. Pola naprężenia, odkształcenia oraz przemieszczenia w prostych belkach i prętach	28
4.1. Wykorzystanie superpozycji w zadaniach określania rozkładów naprężenia, odkształcenia oraz przemieszczenia w belkach	28
4.2. Stosowane oznaczenia	30
4.3. Rozciąganie (ściskanie)	31
4.4. Zginanie	35
4.5. Zginanie z udziałem siły poprzecznej	40
4.6. Skręcanie	46
4.7. Uwagi o praktycznym wykorzystaniu wzorów stosowanych w analizach belek; wymiarowanie przekrojów	50
4.7.1. Ograniczenia stosowalności wzorów	50
4.7.2. Przypadek złożonych obciążeń przekroju	52
4.8. Energia sprężysta belki	53
Rozdział 5. Wykorzystanie twierdzenia o wzajemności prac do obliczania przemieszczeń układów belkowych i prętowych	59
5.1. Wprowadzenie	59
5.2. Całka Mohra	60
5.3. Obliczanie całek Mohra sposobem Wereszczagina	63
5.4. Uwagi końcowe	67
Rozdział 6. Rozwiązywanie statycznie niewyznaczalnych układów belkowych	68
6.1. Statyczna niewyznaczalność układu	68
6.2. Określanie przemieszczeń statycznie niewyznaczalnych układów belkowych z twierdzenia o wzajemności prac	71
6.3. Równania nierozdzielności Maxwella-Mohra	74

Rozdział 7. Tarcze i płyty	83
7.1. Opis sił wewnętrznych w płaskich elementach cienkościennych	83
7.2. Podstawowe założenia i równania dla tarcz liniowo-sprężystych	87
7.3. Podstawy teorii płyt	96
Rozdział 8. Powłoki	105
8.1. Wprowadzenie	105
8.2. Błonowy stan naprężenia w powłokach walcowych	106
Rozdział 9. Grubościenne rury obciążone ciśnieniem; zadanie Lamego	110
9.1. Wprowadzenie	110
9.2. Wyprowadzenie bezpośrednie	111
Rozdział 10. Zastosowanie twierdzeń wariacyjnych do przybliżonego rozwiązywania belek, tarcz i płyt	114
10.1. Energia potencjalna i energia dopełniająca	114
10.2. Formułowanie zadań wariacyjnych dla belek	115
10.2.1. Wykorzystanie twierdzenia o minimum energii potencjalnej	115
10.2.2. Wykorzystanie twierdzenia o minimum energii dopełniającej	123
10.3. Formułowanie zadań wariacyjnych dla tarcz	125
10.4. Formułowanie zadań wariacyjnych dla płyt	127
10.5. Wnioski końcowe	129
Rozdział 11. Informacja o metodzie elementów skończonych (MES)	130
11.1. Funkcja kształtu	131
11.2. Energia odkształcenia i jej przyrosty	132
11.3. Praca sił zewnętrznych i jej przyrosty	134
11.4. Warunki minimum energii potencjalnej	134
11.5. Wyznaczanie naprężeń i odkształceń	137
11.6. Uwagi końcowe	138
Rozdział 12. Stateczność belek w ujęciu Eulera	140
12.1. Konfiguracje stanów równowagi i ich rodzaje	140
12.2. Eulerowskie zjawisko utraty stateczności w belkach o przekrojach zwartych	141
12.3. Energetyczne kryteria klasyfikacji rodzajów stanów równowagi	143
12.4. Wyznaczanie eulerowskich sił krytycznych belek z warunku energetycznego	143
12.5. Określanie sił krytycznych z równań równowagi	148
12.6. Uwagi dodatkowe	150
12.7. Przykład	151
12.8. Techniczne obliczenia obciążeń krytycznych dla szczególnych przypadków belek	153
Rozdział 13. Zastosowania twierdzeń ekstremalnych nośności granicznej	156
13.1. Graniczny moment gnący przekroju	156
13.2. Pojęcie przegubu plastycznego	158
13.3. Zastosowania twierdzeń ekstremalnych do określania obciążeń granicznych płaskich układów belkowych	159
13.3.1. Przykład rozwiązywania zadania z kinematycznie dopuszczalnego pola prędkości	160
13.3.2. Przykład rozwiązywania zadania z pola statycznie dopuszczalnego	165
13.4. Wnioski praktyczne	167
Rozdział 14. Metody wstępnego projektowania brył cienkościennych	169
14.1. Ograniczenia metod analiz	169
14.2. Analizy struktur – problem istnienia pól błonowych	170
14.3. Uwagi i uzupełnienia	177

Suplement

15. Wstęp	180
15.1. Oznaczenia, notacja indeksowa, konwencja sumacyjna Einsteina	180
15.2. Tensor II rzędu jako operacja	182
15.3. Reguła ilorazu	184
16. Pojęcie naprężenia	185
17. Pojęcie odkształcenia	188
17.1. Opis deformacji	188
17.2. Małe deformacje	193
17.3. Odkształcenie objętościowe i postaciowe	195
18. Stan naprężenia w punkcie ciała	196
18.1. Transformacje baz i współrzędnych wektora	196
18.2. Transformacje współrzędnych tensora naprężenia – podejście formalne	197
18.3. Wartości i kierunki główne naprężenia	198
18.4. Szczególna transformacja współrzędnych naprężenia – koła Mohra	200
18.5. Dewiator i tensor kulisty naprężenia	203
19. Stan odkształcenia w otoczeniu punktu	205
19.1. Transformacje współrzędnych tensora odkształcenia	205
19.2. Odkształcenia główne, kierunki główne oraz niezmienniki	205
19.3. Szczególna transformacja współrzędnych odkształcenia	207
20. Twierdzenie Gaussa-Greena o zamianie całki objętościowej na powierzchniową	209
21. Równania równowagi	211
22. Podstawowe równania liniowej sprężystości	213
22.1. Równania równowagi i związki geometryczne	213
22.2. Związki fizyczne	213
22.3. Rozwiązanie zadania sprężystości w przemieszczeniach	214
22.4. Równania nierozdzielności odkształceń	215
22.5. Warunki brzegowe	217
22.6. Superpozycja rozwiązań	217
22.7. Zakres stosowalności zasady de Saint Venanta	218
22.8. Płaski stan odkształcenia i płaski stan naprężenia	219
22.9. Energia odkształcenia postaciowego i objętościowego	221
23. Podstawowe sformułowania zadań wariacyjnych	222
24. Twierdzenia energetyczne sprężystości	226
24.1. Zasada zachowania energii, praca odkształcenia	226
24.2. Zasada prac przygotowanych dla układów odkształcalnych	227
24.3. Twierdzenie o minimum energii potencjalnej	229
24.4. Twierdzenie o minimum energii dopełniającej	231
24.5. Uwagi o zastosowaniach twierdzeń wariacyjnych teorii sprężystości	231
24.6. Twierdzenie Bettiego o wzajemności prac	232
25. Hipotezy wytrzymałościowe	235
25.1. Podejście ogólne do materiałów izotropowych	235
25.2. Hipoteza Hubera-Misesa	237
25.3. Hipoteza Treski	238

26. Podstawowe równania i wyniki teorii nośności granicznej	240
26.1. Zadania teorii	240
26.2. Podstawowe równania	241
26.3. Twierdzenia ekstremalne	243
26.3.1. Twierdzenie o dolnym oszacowaniu nośności granicznej	244
26.3.2. Twierdzenie o górnym oszacowaniu nośności granicznej	245
27. Momenty bezwładności figur płaskich	246
27.1. Definicje	246
27.2. Transformacje współrzędnych momentu bezwładności	247
28.3. Uwagi praktyczne	248
28. Redukcja układu sił działających na bryłę sztywną	251
Literatura	254