

Spis rzeczy

Od autora	7
1. Wstęp	9
2. Komputerowe wspomaganie projektowania wirtualnych pojazdów i maszyn roboczych	11
3. Podstawy teoretyczne metody elementów skończonych	17
3.1. Założenia metody elementów skończonych	19
3.2. Podstawowe równania teorii sprężystości	23
3.2.1. Warunki równowagi	23
3.2.2. Równania stanu odkształceń	25
3.2.3. Związki fizyczne	25
3.3. Funkcje kształtu	26
3.4. Klasyfikacja elementów skończonych	37
3.5. Elementy prętowe i belkowe	49
3.5.1. Macierz sztywności sztywnego elementu prętowego typu bar	51
3.5.2. Macierz sztywności elementu prętowego	54
3.5.3. Macierz sztywności elementu belkowego 2-D	56
3.5.4. Macierz sztywności elementu belkowego	58
3.5.5. Macierz bezwładności elementu belkowego	65
3.6. Elementy tarczowe	68
3.6.1. Macierz sztywności trójkątnego elementu tarczowego	77
3.6.2. Macierz bezwładności trójkątnego elementu tarczowego	80
3.7. Elementy powłokowe	82
3.7.1. Macierz sztywności płaskiego trójkątnego elementu powłokowego	89
3.7.2. Izoparametryczne elementy powłokowe grubościennne	95
3.8. Elementy objętościowe	101
3.8.1. Analiza trójwymiarowego stanu naprężeń	104
3.8.2. Macierz sztywności trójwymiarowego elementu TETRA4	105
3.8.3. Macierz bezwładności trójwymiarowego elementu TETRA4	109
3.8.4. Macierz sztywności trójwymiarowego elementu SOLID20	110
3.8.5. Macierz bezwładności trójwymiarowego elementu SOLID20	116
3.9. Elementy osiowo-symetryczne	118
3.9.1. Macierz sztywności pierścieniowego elementu o przekroju trójkątnym	121
3.9.2. Macierz sztywności elementu powłoki osiowo-symetrycznej	126
3.9.3. Definiowanie obciążeń w elementach osiowo-symetrycznych	130
3.10. Budowa globalnych macierzy dyskretnego modelu	132
3.10.1. Globalna macierz sztywności i mas	133
3.10.2. Globalna macierz tłumienia	143
3.11. Rozwiązywanie układów równań	144

3.11.1. Metody rozwiązywania układów algebraicznych równań liniowych	145
3.11.2. Metody rozwiązywania równań ruchu układu dyskretnego	149
3.11.3. Metody bezpośredniego całkowania równań ruchu układu dyskretnego	152
3.11.4. Aproksymacja wielomianem trzeciego stopnia – wzory rekurencyjne	152
3.11.5. Przyrostowe procedury obliczeniowe	155
4. Podstawy skracania nieswobodnego belek cienkościennych	159
4.1. Skracanie swobodne belek pryzmatycznych	160
4.2. Skracanie swobodne belek cienkościennych o przekroju otwartym	164
4.3. Skracanie swobodne belek cienkościennych o przekrojach zamkniętych	167
4.4. Skracanie nieswobodne belek cienkościennych o przekroju otwartym	170
4.4.1. Środek ścinania	172
4.4.2. Stan naprężeń	176
4.4.3. Równania różniczkowe kąta obrotu przekroju	181
5. Zasady łączenia elementów w konstrukcjach nośnych	183
5.1. Łączenie głównych dźwigarów (pasów)	183
5.1.1. Łączenie elementów o jednakowej grubości	184
5.1.2. Łączenie elementów o różnej grubości	190
5.2. Żebra i przepony usztywniające	194
5.2.1. Żebra poprzeczne i przepony usztywniające	194
5.2.2. Żebra podłużne i przepony usztywniające	197
5.3. Łączenie głównych dźwigarów	197
6. Konstrukcje węzłów	203
6.1. Rodzaje węzłów	204
6.2. Zasady projektowania węzłów konstrukcji nośnych	210
7. Ramy pojazdów samochodowych	216
7.1. Konstrukcja ram pojazdów	216
7.1.1. Niezależne ramy podłużnicowe	218
7.1.2. Ramy przestrzenne	225
7.2. Połączenia elementów ramy	227
7.2.1. Połączenia poprzeczek	231
7.2.2. Połączenia kabin i nadwozi z ramą	238
7.2.3. Połączenia zawieszń	243
7.3. Obciążenia zewnętrzne działające na konstrukcję nośną pojazdów	248
7.4. Obciążenia działające na koła pojazdu	252
7.4.1. Równania ruchu koła samochodu	252
7.4.2. Ruch przyspieszony	254
7.4.3. Obciążenia pionowe koła	256
7.4.4. Siły poprzeczne	256
7.4.5. Obciążenia pionowe koła w czasie jazdy na wprost	257
7.4.6. Zmiana obciążeń pionowych w czasie jazdy po łuku	259
7.5. Obliczenia wytrzymałościowe ram pojazdów samochodowych	262
7.5.1. Analiza statyczna	264
7.5.2. Analiza dynamiczna	268
8. Zasady zmiany długości i wzmocnienia ramy samochodu ciężarowego	272
8.1. Przedłużenie ramy	272
8.2. Skrócenie ramy	277

8.3. Wzmocnienia ramy	278
8.4. Zmiana rozstawu osi kół	278
8.5. Wiercenia w ramie	279
8.6. Spawanie ramy	280
8.7. Mocowanie na ramie podwozia elementów i zespołów dodatkowych	281
8.8. Materiały stosowane na ramy	282
9. Kabiny samochodów ciężarowych	284
9.1. Konstrukcje kabin i ich rodzaje	284
9.2. Zawieszenia i mocowania kabin samochodów ciężarowych	290
9.3. Badanie kabin ze względu na bezpieczeństwo bierne	293
9.3.1. Badanie doświadczalne kabin	294
9.3.2. Numeryczne symulacje crash-testu kabin	296
10. Naczepy samowyladowcze	301
10.1. Dopuszczalne wymiary zewnętrzne i naciski osi	303
10.2. Rozwiązania konstrukcyjne naczep samowyladowczych	307
10.3. Obciążenia działające na naczepę	325
10.4. Obliczenia wytrzymałościowe naczepy	329
11. Samochodowe burty załadownicze	335
11.1. Budowa modelu geometrycznego i dyskretnego	337
11.2. Obliczenia wytrzymałościowe burty	338
11.3. Sposoby mocowania burty do ramy	342
12. Przyczepy do ciągnięcia przez samochody osobowe	344
12.1. Podział i rodzaje przyczep	345
12.2. Obciążenia zewnętrzne działające na przyczepę	348
12.3. Zasady projektowania przyczep ciężarowych	355
12.4. Obliczenia wytrzymałościowe przyczepy	361
13. Karoserie samochodów osobowych	365
14. Projektowanie konstrukcji nośnych autobusów	378
14.1. Niektóre zasady w projektowaniu konstrukcji nośnej autobusu	383
14.2. Obliczenia wytrzymałościowe konstrukcji nośnej autobusu	387
15. Bezpieczeństwo bierne w pojazdach samochodowych	394
15.1. Badania ram i kabin samochodów ciężarowych	395
15.2. Symulacja zderzenia samochodu ciężarowego	400
15.3. Bezpieczeństwo bierne w autobusach	404
15.4. Symulacja crash-testu samochodu osobowego	416
15.4.1. Ocena sztywności konstrukcji nośnej pojazdu	417
15.4.2. Symulacje zderzeń czołowych	418
15.4.3. Zderzenia czołowe centralne	420
15.4.4. Zderzenia czołowe symetryczne z płaską nieodkształcalną przeszkodą	424
15.4.5. Wyniki obliczeń i wnioski	426
15.5. Symulacja uderzenia głową w wewnętrzne elementy samochodu osobowego	427
15.5.1. Model dyskretny głowy	428
15.5.2. Numeryczne badanie spadku swobodnego modelu głowy	430
15.5.3. Uderzenie głową w słupki	434
15.6. Badania obręczy kół na uderzenia boczne	438
Literatura	443