

Spis treści

Wstęp 5

I. Metoda przemieszczeń w ujęciu klasycznym – płaskie układy ramowe 7

1. Siły wewnętrzne i przemieszczenia w płaskich układach ramowych 7

1.1. Wprowadzenie do metody 7

1.2. Rozwiązanie układów płaskich klasyczną metodą przemieszczeń 9

1.2.1. Etapy analizy statycznej 9

1.2.2. Zależności sił węzłowych od przemieszczeń węzłów (wzory transformacyjne) 11

1.2.2.1. Pręt obustronnie zamocowany 12

1.2.2.2. Pręt zamocowanie-przegub (Rys. 1.2.7) 14

1.2.2.3. Pręt zamocowanie – teleskop (Rys. 1.2.8) 15

1.2.3. Wyjściowe siły węzłowe 15

1.3. Ramy obciążone siłami czynnymi 19

1.3.1. Ramy o siatce ortogonalnej 19

1.3.2. Ramy o dowolnej siatce prętów 38

1.4. Obciążenia kinematyczne i termiczne 61

1.4.1. Obciążenia kinematyczne (błędy montażowe) 61

1.4.2. Obciążenia termiczne 76

1.5. Układy na podporach sprężystych 103

2. Stateczność płaskich układów ramowych 133

2.1. Zasady ogólne 133

2.2. Układy nieprzesuwne 144

2.3. Układy przesuwne 151

II Metoda elementów skończonych dla układów prętowych 173

1. Wprowadzenie do metody 173

2. Płaskie układy prętowe 177

2.1. Macierze sztywności elementów prętowych 177

2.2. Transformacja układu współrzędnych 185

2.4. Przebieg obliczeń MES na przykładzie kratownicy 2D 190

2.5. Przykłady zastosowań programów komputerowych do obliczeń układów płaskich 197

2.5.1. Estakada 197

2.5.2. Rama poprzeczna hali jednonawowej o budowie symetrycznej 204

2.5.3. Dźwigary krzywoliniowe 213

3. Układy płaskie obciążone przestrzennie	223
3.1. Macierz sztywności	224
3.2. Ruszty o węzłach przegubowych i sztywnych	226
4. Układy przestrzenne	245
4.1. Macierz sztywności	245
4.2. Przykład układu przestrzennego	248
5. Stateczność	254
5.1. Macierz sztywności	254
5.2. Przykłady obliczeń siły krytycznej dla ram płaskich	257
5.2.1. Porównanie wartości siły krytycznej obliczonej analitycznie i z wykorzystaniem programu „Robot”	257
5.2.2. Określenie wartości siły krytycznej i długości wyboczeniowej słupa skrajnego estakady.	262
5.2.3. Siły krytyczne i długości wyboczeniowe słupa ramy przestrzennej	267
Literatura	272