

Spis treści

Wstęp	5
I. Układy statycznie wyznaczalne	
Rozdział 1. Zadania i założenia mechaniki budowli. Klasyfikacja układów i więzów. Budowa układów płaskich	11
Rozdział 2. Równania równowagi. Siły wewnętrzne	21
Rozdział 3. Zasada prac wirtualnych dla tarczy doskonale sztywnej	35
Rozdział 4. Zasada prac wirtualnych przy wirtualnym stanie odkształcenia	39
Rozdział 5. Linie wpływu reakcji i sił wewnętrznych	81
Rozdział 6. Zasada prac wirtualnych przy wirtualnym stanie naprężenia. Przemieszczenia w układach statycznie wyznaczalnych	125
II. Układy statycznie niewyznaczalne. Metoda sił	
Rozdział 7. Twierdzenia energetyczne	157
Rozdział 8. Metoda sił	165
Rozdział 9. Ruszty płaskie przegubowe	235
Rozdział 10. Płaskie dźwigary załamane i zakrzywione w planie	295
Literatura uzupełniająca	307

Wstęp

Pierwotnie autorzy tej książki mieli zamiar przedstawić ciąg dalszy skryptu, który został wydany przez Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej w 1986 roku, autorstwa S. Koniecznego, B. Michalaka, pt. *Zbiór zadań z mechaniki budowli, część I*. Pomysł wynikał z doświadczeń nabytych przez autorów w trakcie odbywania studiów na kierunku budownictwo Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej, jak i późniejszych, gdy rozpoczęli pracę w Katedrze Mechaniki Konstrukcji, zapoznając z mechaniką budowli i mechaniką konstrukcji przyszłych inżynierów budownictwa. Kolejny skrypt miał więc stanowić jedynie uzupełnienie skryptu z 1986 roku, głównie o metodę przemieszczeń zastosowaną do rozwiązywania płaskich układów prętowych, tak aby z całym kursem mechaniki budowli prowadzonym w Politechnice Łódzkiej dla kierunku budownictwo, mogli w takiej formie zapoznać się studenci i inżynierowie budownictwa.

W trakcie prac nad skrypcem pomysł jednak ewoluował i materiały, które złożyły się na książkę, objęły nie tylko zadania, ale również podstawy teoretyczne rozpatrywanych przykładów i rozrosły się na cały kurs mechaniki budowli. Ponieważ książka znacząco zwiększyła się objętościowo, materiały te zostały podzielone na dwie części, w celu przedstawienia ich w dwóch odrębnych tomach – podręcznikach.

W niniejszej książce znalazło się więc omówienie podstawowych zagadnień mechaniki budowli, podstawowych problemów mechanicznych dotyczących płaskich układów prętowych statycznie wyznaczalnych, a także omówienie podstaw i zastosowania jednej z metod rozwiązywania statycznie niewyznaczalnych płaskich układów prętowych, tj. metody sił. Materiał ujęty w tym podręczniku obejmuje zatem zakres pierwszej części kursu mechaniki budowli, prowadzonego dla kierunku budownictwo Politechniki Łódzkiej, z pewnym rozszerzeniem o zastosowania metody sił.

Autorzy zdecydowali się przedstawić zagadnienia mechaniki budowli w ujęciu klasycznym, bez żadnych odniesień do bardzo aktualnych i popularnych ujęć mechaniki w wersji tzw. komputerowej. Związane jest to z doświadczeniem autorów z prowadzenia innych przedmiotów „okolomechanicznych”, czyli m.in. z zastosowania programów do obliczania konstrukcji. Wydaje się, że ujęcie kursu mechaniki budowli w wersji klasycznej pozwoli uczulić i przygotować studentów i inżynierów budownictwa do świadomego i uważnego korzystania z tak rozlicznych programów komputerowych, wspomagających obliczenia konstrukcyjne. Powinno również nauczyć te osoby przyjmowania właściwego schematu statycznego konstrukcji, uczulić na uważne wprowadzanie danych schematu konstrukcji do programu komputerowego oraz umożliwić późniejszą właściwą interpretację uzyskanych w ten sposób wyników obliczeń statycznych.

Zespół autorski konsultował przedstawiony w podręczniku materiał z pracownikami Katedry Mechaniki Konstrukcji Politechniki Łódzkiej. Chcielibyśmy podziękować wszystkim tym osobom, naszym dawnym nauczycielom, a także byłym i aktualnym współpracownikom: dr. inż. Zenonowi Golanowi; dr. hab. inż. Barbarze Tomczyk, prof. SGGW; dr. hab. inż. Stanisławowi Zielińskiemu, prof. PŁ; mgr inż. Jolancie Bondarczuk-Siwickiej; dr. inż. Iwonie Cieleckiej; dr. inż. Kazimierzowi Pustelnikowi; prof. dr. hab. inż. Bohdanowi Michalakowi; dr. inż. Szymonowi Langierowi; dr. hab. inż. Piotrowi Ostrowskiemu; dr. hab. inż. Arturowi Wirowskiemu.

Książkę stanowi 10 rozdziałów, ujętych w dwóch częściach.

Pierwsza część dotyczy podstawowych zagadnień mechaniki budowli, tj. układów statycznie wyznaczalnych, i składa się z 6 rozdziałów.

Rozdział 1. obejmuje wprowadzenie do zagadnień mechaniki budowli. Przedstawione są jej podstawowe zadania i założenia w odniesieniu do sprężystych układów prętowych.

Rozdział 2. zawiera omówienie formułowania podstawowych równań równowagi płaskich układów prętowych. Pokazano ich zastosowanie do wyznaczania reakcji zewnętrznych i sił wewnętrznych, a także zależności różniczkowe między siłami wewnętrznymi.

Rozdział 3. przedstawia sformułowanie i omówienie zasady prac wirtualnych dla tarczy doskonale sztywnej, wraz z wnioskami z niej wynikającymi. Ponadto pokazano jej zastosowanie.

Rozdział 4. zawiera przykłady zastosowania zasady prac wirtualnych dla tarczy doskonale sztywnej do wyznaczania wielkości statycznych, m.in. reakcji podporowych, sił wewnętrznych w określonych przekrojach - w belkach, w ramach, w ramołukach.

Rozdział 5. przedstawia omówienie pojęcia linii wpływu wielkości statycznej. Pokazano w nim przykłady ich sporządzania w przypadku m.in. reakcji podporowych, sił wewnętrznych w określonych przekrojach - w kratownicach, w belkach, w ramach, w ramołukach. Wykorzystano w tym celu trzy metody: kinematyczną, analityczną i mieszaną. Ponadto pokazano wykorzystanie linii wpływu do sporządzenia tzw. obwiedni wielkości statycznej.

Rozdział 6. zawiera sformułowanie i omówienie zasady prac wirtualnych dla sprężystych ciał odkształcalnych. Przedstawiono w nim zastosowanie tej zasady do obliczania przemieszczeń w statycznie wyznaczalnych układach prętowych, m.in. ramach, ramołukach, kratownicach, od różnych rodzajów wpływów, np. obciążeń, temperatury, błędów montażowych, osiadania podpór.

W drugiej części książki przedstawiono zagadnienia związane z prętowymi układami statycznie niewyznaczalnymi. Część ta obejmuje 4 rozdziały.

Rozdział 7. zawiera sformułowanie i krótkie omówienie twierdzeń energetycznych. Przedstawiono twierdzenie Clapeyrona o energii sprężystej, twierdzenia Castigliano o pochodnych cząstkowych energii sprężystej, twierdzenie Bettiego o wzajemności prac, twierdzenie Maxwella o wzajemności przemieszczeń, twierdzenie Rayleigha o wzajemności reakcji.

Rozdział 8. obejmuje sformułowanie metody sił, jako jednej z metod służących do rozwiązywania statycznie niewyznaczalnych układów prętowych. Przedstawiono, co jest rozumiane pod pojęciem układu statycznie niewyznaczalnego i jakimi cechami on się charakteryzuje. Pokazano, jak należy wyznaczać stopień statycznej niewyznaczalności układu. Omówiono także podstawy fizyczne metody sił oraz ogólną procedurę rozwiązywania statycznie niewyznaczalnych płaskich układów prętowych. Przedstawiono, w jaki sposób wykorzystać symetryczną budowę układu prętowego do utworzenia schematów zredukowanych. Ponadto pokazano zastosowanie tej metody do wyznaczania sił wewnętrznych i reakcji podporowych w płaskich ramach i ramołukach. Zakończenie rozdziału stanowi zestaw przykładów do samodzielnego rozwiązania.

Rozdział 9. przedstawia zastosowanie metody sił do rozwiązywania płaskich rusztów przegubowych. Układy prętowe tego rodzaju stanowią przykład z pogranicza układów płaskich i przestrzennych. Charakteryzują się przede wszystkim tym, że układ prętów tworzących ruszt znajduje się w jednej płaszczyźnie, natomiast obciążenie działa w płaszczyznach prostopadłych do płaszczyzny rusztu. W rozdziale tym pokazano przykłady wykorzystania metody sił w: rusztach o dowolnej budowie, rusztach o budowie symetrycznej, w których ze względu na obciążenie można wskazać osie symetrii i antysymetrii układu. Pokazano, w jaki sposób wykorzystanie osi symetrii i antysymetrii może uprościć rozwiązanie rusztu. Przedstawiono też, na przykładzie rusztów, jak obliczać przemieszczenia w statycznie niewyznaczalnych układach prętowych, stosując zasadę

prac wirtualnych dla ciał sprężystych odkształcalnych. Na zakończenie rozdziału umieszczono zestaw przykładów do samodzielnego rozwiązania.

Rozdział 10. zawiera omówienie zastosowania metody sił do rozwiązywania płaskich dźwigarów załamanych lub zakrzywionych w planie. Dźwigary te stanowią, podobnie jak ruszty przegubowe, przykład z pogranicza układów płaskich i przestrzennych. Podobnie jak ruszty, charakteryzują się - układem prętów je tworzących, znajdującym się w jednej płaszczyźnie, natomiast obciążeniem działającym w płaszczyznach prostopadłych do płaszczyzny dźwigara. Odmiennie natomiast w stosunku do rusztów, pręty, z których składają się tego rodzaju dźwigary, mogą być zakrzywione oraz mogą być połączone w węzłach w sposób sztywny. Pokazano też w tym rozdziale, w jaki sposób można wykorzystać osie symetrii i antysymetrii dźwigara, w celu uproszczenia uzyskania jego rozwiązania metodą sił.

Książka zakończona jest spisem literatury, stanowiącej inspirację dla autorów oraz mogącej być uzupełnieniem i pomocą dla czytelników.