

1. PODSTAWOWE POJĘCIA, DEFINICJE I ZAŁOŻENIA

1.1. Przedmiot i zadania wytrzymałości materiałów

Wytrzymałość materiałów jest nauką o sztywności, wytrzymałości i stateczności konstrukcji inżynierskich. Pojęcia te, choć intuicyjnie zrozumiałe warto bliżej i szerzej określić. Efekt działania sił zewnętrznych na ciało materialne (a więc i konstrukcję inżynierską) pozostające w równowadze może przejawiać się w różnej formie a mianowicie: zmianie kształtów i wymiarów ciała bez naruszania jego spójności, zniszczenia ciała przez pęknięcie, złamanie itp. oraz naruszenia jego równowagi stałej jako całości.

Zdolność konstrukcji do przeciwstawienia się tym niekorzystnym efektom nazywamy odpowiednio jej sztywnością, wytrzymałością i statecznością. Z punktu widzenia inżyniera konstruktora zadaniem *wytrzymałości materiałów* jest racjonalny dobór materiału, kształtu i wymiarów, dowolnie obciążonej i znajdującej się w dowolnych warunkach fizyko chemicznych i termodynamicznych, konstrukcji, aby była ona odpowiednio sztywna, wytrzymała, stateczna. Tzn. aby przemieszczenia poszczególnych jej punktów po przyłożeniu obciążeń nie przekraczały wielkości uznanych za dopuszczalne, aby wartości sił między cząsteczkowych były mniejsze od pewnych wielkości charakterystycznych dla danego materiału przy których traci on swoją spójność (niszczy się), i wreszcie aby konstrukcja jako całość pracowała w stanie równowagi trwałej. Można więc powiedzieć, że celem *wytrzymałości materiałów* jest stworzenie podstaw wymiarowania zarówno elementów jak i całych konstrukcji i warto tu zwrócić uwagę, że mówimy „wymiarowanie”, nie „projektowanie” bo w toku dalszych studiów przekonamy się, że wymiarowanie to nie to samo co projektowanie ale bez umiejętności wymiarowania nie można dobrze projektować.

Cele te będą różnie dominować w zależności od rodzaju rozważanej konstrukcji i tak np. strop w pomieszczeniu musi być wytrzymały i sztywny, ale będą też konstrukcje w których dopuszczając będziemy duże deformacje bez utraty spójności (np. w procesach tłoczenia blach karoseryjnych samochodów) albo zniszczenie przy pewnych wartościach obciążeń jak to się dzieje w przypadku zaworów bezpieczeństwa.

Jak widać z podanych wyżej określeń, modelem ciała będącego w centrum zainteresowania *wytrzymałości materiałów* jest ciało odkształcalne i z tego punktu widzenia opisuje ona zachowanie ciał bliższych rzeczywistości niż *mechanika teoretyczna*, której modelem było ciało sztywne, nieodkształcalne. Tym niemniej *wytrzymałość materiałów* szeroko bazuje na fundamentalnych wynikach uzyskanych w *mechanice teoretycznej* w postaci uniwersalnych twierdzeń i zasad mechaniki jak np. zasada pędu, krętu, prac wirtualnych czy warunki konieczne i wystarczające równowagi układu sił.

1.2. Schemat obliczeniowy. Klasyfikacja podpór, konstrukcji, obciążeń i materiałów

Przystępując do analizy zachowania się jakiejś konstrukcji rzeczywistej musimy się zdecydować na odrzucenie pewnych aspektów jej zachowania się czy też budowy, które wydają się być mało ważne, a wzięcie pod uwagę tylko tych, które w sposób istotny będą wpływać na sztywność, wytrzymałość i stateczność. Taka idealizacja jest konieczna, gdyż każdy obiekt rzeczywisty ma bardzo wiele cech, a naszym zadaniem jest osiągnięcie konkretnych ilościowych i jakościowych rezultatów.

Przybliżony model rzeczywistej konstrukcji, uzyskany drogą odrzucenia jej cech drugorzędnych, nazywamy schematem obliczeniowym. Wybór dobrego schematu obliczeniowego jest jednym z najtrudniejszych zadań praktyki inżynierskiej i podanie jednoznacznych kryteriów jego doboru nie jest możliwe. Zasadniczą trudność w wyborze schematu obliczeniowego stanowi wewnętrzna sprzeczność tkwiąca w tym zagadnieniu, polegająca na wybraniu i rozważaniu jak najmniejszej ilości cech pierwszorzędnych, aby otrzymać konkretne wyniki, a z drugiej strony dążność do uwzględnienia jak największej ich

liczby, aby analizować model jak najbliższy rzeczywistości. W rezultacie konkretnemu obiektowi możemy przypisać dużą liczbę schematów obliczeniowych (w zależności od tego, które aspekty i cechy pominiemy), a danemu schematowi obliczeniowemu może odpowiadać nawet kilka konkretnych konstrukcji. Ta druga niejednoznaczność jest dla nas korzystna, bo pozwala na ustalenie pewnych typowych przypadków obliczeniowych.

Omówimy teraz pewne wspólne cechy schematów obliczeniowych i dokonamy ich klasyfikacji związanej z modelowaniem więzów, geometrii, obciążeń i materiału konstrukcji.

Klasyfikacja podpór

Każda konstrukcja związana jest z podłożem, na które przenosi obciążenia. Połączenia te stanowią dla konstrukcji więzy i nazywamy je podporami. Wymienimy krótko podpory płaskie, co nie upraszcza zasadniczo ogólności zagadnienia. Będą to:

- podpora przegubowo-przesuwna
- podpora przegubowa
- sztywne utwierdzenie
- utwierdzenie z możliwością poziomego przesuwu (teleskopowe)
- utwierdzenie z możliwością pionowego przesuwu
- wewnętrzny przegub w konstrukcji

Ich obrazy rzeczywiste jak i rysunki schematyczne oraz oddziaływania na konstrukcje po zastosowaniu postulatu o więzach były szeroko i wnikliwie omawiane w ramach przedmiotu *mechanika teoretyczna*.

Klasyfikacja konstrukcji

Klasyfikację konstrukcji można prowadzić według różnych kryteriów. I tak konstrukcje możemy podzielić na: statycznie wyznaczalne i statycznie niewyznaczalne albo na: płaskie i przestrzenne lub na: stalowe, betonowe, żelbetowe, drewniane, zespolone i inne w zależności od zastosowanych materiałów.

Jednakże z punktu widzenia przedmiotu jakim jest *wytrzymałość materiałów* jednym z zasadniczych kryteriów będzie geometria ich elementów i stąd konstrukcje podzielimy na:

- prętowe: belki, ramy, kraty, łuki, ruszty; niektóre z nich mogą być zarówno płaskie, jak i przestrzenne,
- powierzchniowe: tarcze, płyty, powłoki,
- masywne: mury oporowe, ławy i stopy fundamentowe.

Klasyfikacja obciążeń

Profesjonalnie, z uwagi na warunki projektowania klasyfikacja obciążeń podana jest w odpowiednich i obowiązujących przepisach nazywanych Polskimi Normami. Na potrzeby wykładanego przedmiotu, który nie uczy projektowania lecz jedynie podstaw wymiarowania, obciążenia możemy podzielić ze względu na:

a) sposób przyłożenia do konstrukcji:

- siły powierzchniowe, tj. obciążenia działające na określoną powierzchnię zewnętrzną konstrukcji. Rozróżniamy tu obciążenia ciągłe, określone intensywnością na jednostkę długości $[N/m]$ lub na jednostkę powierzchni $[N/m^2]$ lub siły skupione $[N]$ (będące idealizacją obciążeń ciągłych działających na bardzo mały obszar powierzchni elementu konstrukcji). Mogą też być obciążenia modelowane poprzez skupione momenty $[Nm]$ lub momenty rozłożone w sposób ciągły $[Nm/m]$,
- siły masowe (lub objętościowe) tj. obciążenia działające na każdą cząstkę materiału konstrukcji, np. siły grawitacji czy bezwładności,

b) sposób działania na konstrukcję:

- obciążenia statyczne, tj. takie, których wielkość i położenie nie zmienia się w czasie lub zmienia się tak powoli, że nie wywołuje drgań konstrukcji i w obliczeniach nie uwzględniamy sił bezwładności,
- obciążenia dynamiczne, tj. takie których wielkość lub położenie zmienia się w czasie w sposób tak gwałtowny, że powoduje drgania konstrukcji i w obliczeniach musimy uwzględnić siły bezwładności.

Klasyfikacja materiałów

W naszych rozważaniach decydującym kryterium podziału materiałów będzie ich sposób reagowania na przyłożone obciążenia jak i kierunkowość tego reagowania. I tak materiały będziemy dzielić na:

- sprężyste, tj. takie w których deformacje powstałe w wyniku przyłożonych obciążeń znikają po odciążeniu (np. guma),
- plastyczne tj. takie w których deformacje powstałe w wyniku przyłożonych obciążeń nie znikają po odciążeniu (np. plastelina),
- sprężysto-plastyczne, tj. takie które do pewnego poziomu obciążen są sprężyste a powyżej są plastyczne (np. stal).

Będziemy też dzielić materiały na:

- izotropowe, tj. takie których własności w danym punkcie we wszystkich kierunkach są takie same (np. stal),
- anizotropowe tj. takie których własności w danym punkcie nie są we wszystkich kierunkach takie same (np. drewno, kompozyty).

Można też materiały podzielić na:

- izonomiczne, tj. takie których własności w danym kierunku nie zależą od wyróżnienia na nim zwrotu (np. stal),
- anizonomiczne, tj. takie których własności w danym kierunku zależą od wyróżnienia na nim zwrotu (np. beton czy drewno mają różne własności przy rozciąganiu i ściskaniu).

Oraz na materiały:

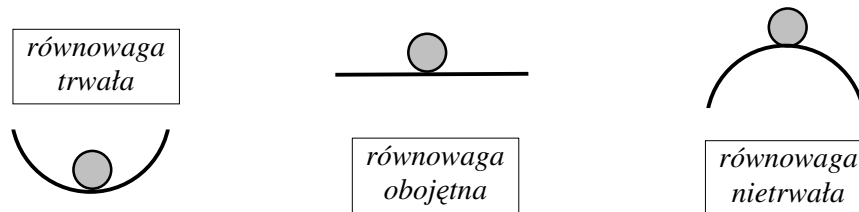
- jednorodne, tj. takie których własności we wszystkich punktach pewnej objętości są takie same (np. stal),
- niejednorodne, tj. takie których własności zależą od wyboru punktu (np. beton, drewno czy kompozyty).

1.3. Podstawowe założenia

Wstępnie przyjmujemy, że w naszych rozważaniach będziemy się opierać na następujących założeniach:

- materiał rozważanych konstrukcji wypełnia ich objętość w sposób ciągły czyli stanowi tzw. continuum materialne. Oznacza to, że traktujemy konstrukcje jako zbiór gęsto upakowanych punktów materialnych, tj. punktów geometrycznych którym przypisano masę,
- materiał rozważanych konstrukcji jest sprężysty, izotropowy, jednorodny i izonomiczny,
- przemieszczenia poszczególnych punktów obciążonego ciała są tak małe w porównaniu z jego wymiarami, że możemy pominąć wpływ przemieszczeń punktów przyłożenia obciążeń na efekty wywołane tymi obciążeniami. Jest to tzw. zasada zeszywnienia i pozwala ona m. in. na obliczanie reakcji w ciele odkształcalnym w konfiguracji początkowej (tzn. przed deformacją konstrukcji spowodowaną obciążeniem), i tym samym umożliwia stosowanie twierdzeń i zasad *mechaniki teoretycznej* czyli mechaniki ciała sztywnego w mechanice ciał odkształcalnych,
- między obciążeniami i przemieszczeniami istnieje liniowa wzajemnie jednoznaczna zależność,

- rozważane przez nas ciała znajdują się w równowadze trwałej czyli statecznej. Istotę tego założenia można zilustrować zachowaniem się ciężkiej kulki znajdującej się w polu grawitacyjnym na różnych powierzchniach podparcia,



Rys. 1.1

- sposób przyłożenia obciążeń do danego ciała wpływa na rozkład naprężeń i odkształceń tylko w bliskim sąsiedztwie obszaru przyłożenia obciążeń. Jest to tzw. zasada de Saint-Venanta i później sformułujemy ją bardziej precyzyjnie.

W toku dalszych wykładów z niektórych założeń będziemy rezygnować ale wówczas wyraźnie to zaznaczymy.