

Wytrzymałość Materiałów I

kierunek Budownictwo, sem. III

materiały pomocnicze do ćwiczeń

opracowanie: dr hab. inż. Marcin Kamiński

TREŚĆ WYKŁADU

Rola, podstawowe pojęcia i założenia oraz zakres wytrzymałości materiałów. Rozciąganie - ściskanie. Podstawowe doświadczenia. Naprężenia, odkształcenia i przemieszczenia. Wymiarowanie. Statycznie niewyznaczalne przypadki rozciągania - ściskania. Warunki zgodności wydłużeń. Naprężenia termiczne i montażowe. Nośność graniczna. Charakterystyki geometryczne figur płaskich. Główne osie i momenty bezwładności. Koło bezwładności Mohra. Zginanie czyste, proste i ukośne. Stan naprężenia i odkształcenia. Oś obojętna. Wymiarowanie. Mimośrodowe rozciąganie-ściskanie. Stan naprężenia i odkształcenia. Oś obojętna. Rdzeń przekroju. Wymiarowanie. Zginanie nierównomierne – naprężenia styczne. Siła rozwarstwiająca. Zagadnienie środka ścinania. Przypadek prętów cienkościennych otwartych. Zginanie belek złożonych i zespolonych. Linia ugięcia belki. Analityczne metody wyznaczania ugięć. Belka na podłożu sprężystym. Zginanie sprężysto - plastyczne. Nośność graniczna belek zginanych. Ogólny stan naprężenia. Prawa Cauchy'ego. Analiza stanu naprężenia w punkcie. Naprężenia główne. Płaski stan naprężenia. Koło naprężeń Mohra. Ogólny stan odkształcenia. Równania Cauchy'ego. Analiza stanu odkształcenia w punkcie. Równania konstytutywne materiału liniowo sprężystego, stałe sprężystości, energia sprężystości. Zagadnienia brzegowe liniowej teorii sprężystości - metody rozwiązywania. Metody wytrzymałości materiałów.

LITERATURA:

1. Z. Dyląg, A. Jakubowicz, Z. Orłoś, Wytrzymałość materiałów, t. I, II, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1999.
2. A. Jakubowicz, Z. Orłoś, Wytrzymałość materiałów. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1984.
3. S. Piechnik, Wytrzymałość materiałów dla wydziałów budowlanych. PWN, Warszawa 1980.
4. P. Jastrzębski, J. Muttermilch, W. Orłowski, Wytrzymałość materiałów. Warszawa, Arkady, 1986.
5. M. Banasiak, K. Grossman, M. Trombski, Zbiór zadań z wytrzymałości materiałów. PWN, Warszawa 1992.
6. J. Grabowski, A. Iwanczewska, Zbiór zadań z wytrzymałości materiałów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998.

Program ćwiczeń audytoryjnych

- 1 Ściskanie i rozciąganie.
- 2 Nośność graniczna układów prętowych ściskanych i rozciąganych.
- 3 Charakterystyki geometryczne figur płaskich.
- 4 Zginanie proste i ukośne, wyznaczanie naprężeń, wymiarowanie.
- 5 Ściskanie i rozciąganie mimośrodowe.
- 6 Rdzeń przekroju.
- 7 Naprężenia styczne przy zginaniu.
- 8 Linia ugięcia belki, belki na sprężystym podłożu.
- 9 Nośność graniczna belek zginanych.
- 10 Naprężenia główne, koło Mohra.

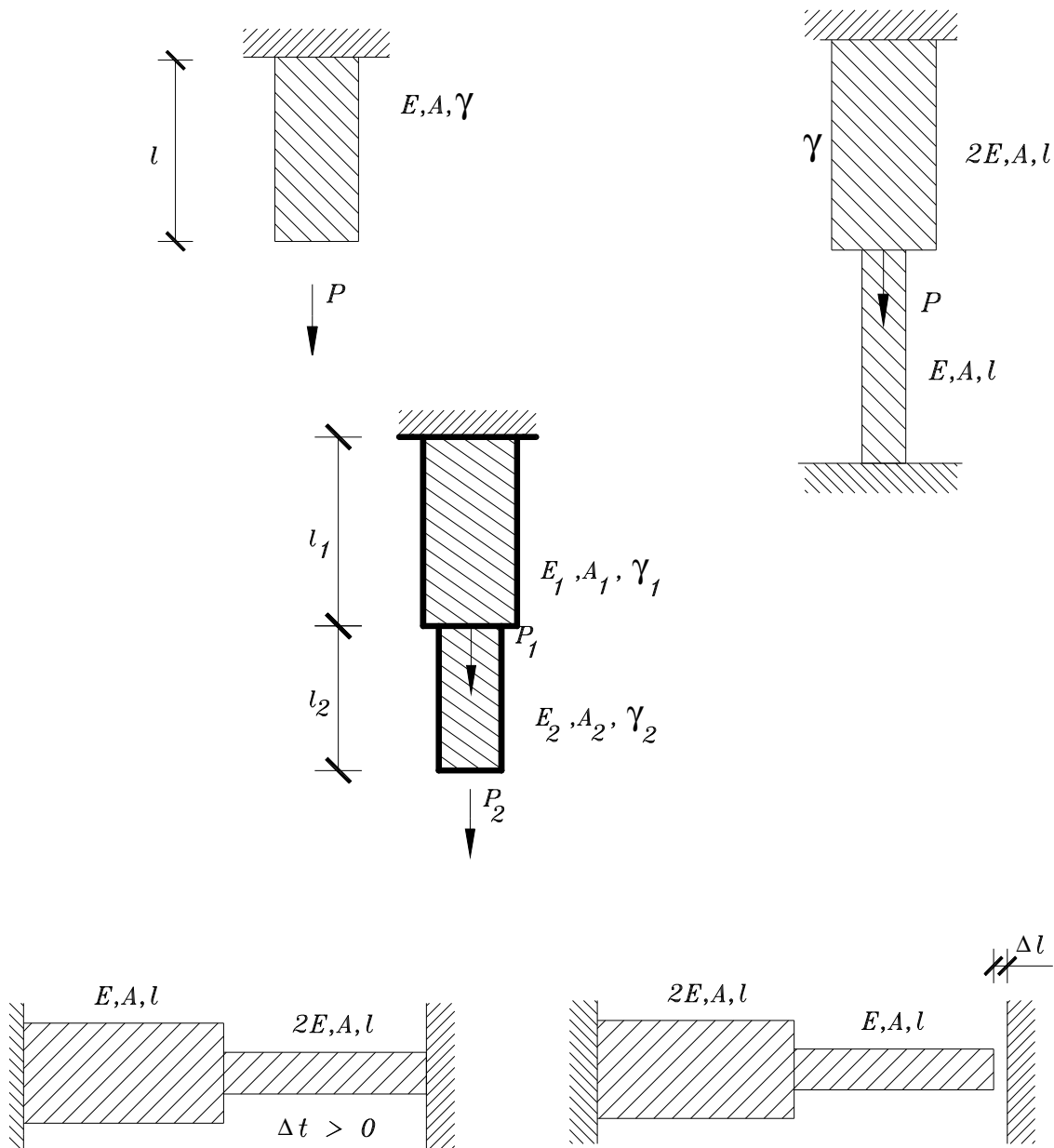
Program zajęć projektowych

- 1 Ściskanie i rozciąganie.
- 2 Wyznaczanie nośności granicznej układów prętowych ściskanych i rozciąganych.
- 3 Charakterystyki geometryczne figur płaskich.
- 4 Ściskanie i rozciąganie mimośrodowe.
- 5 Wyznaczanie rdzenia przekroju.
- 6 Linia ugięcia belki.
- 7 Belka na sprężystym podłożu.
- 8 Nośność graniczna belek zginanych.

Zadania przykładowe w semestrze III

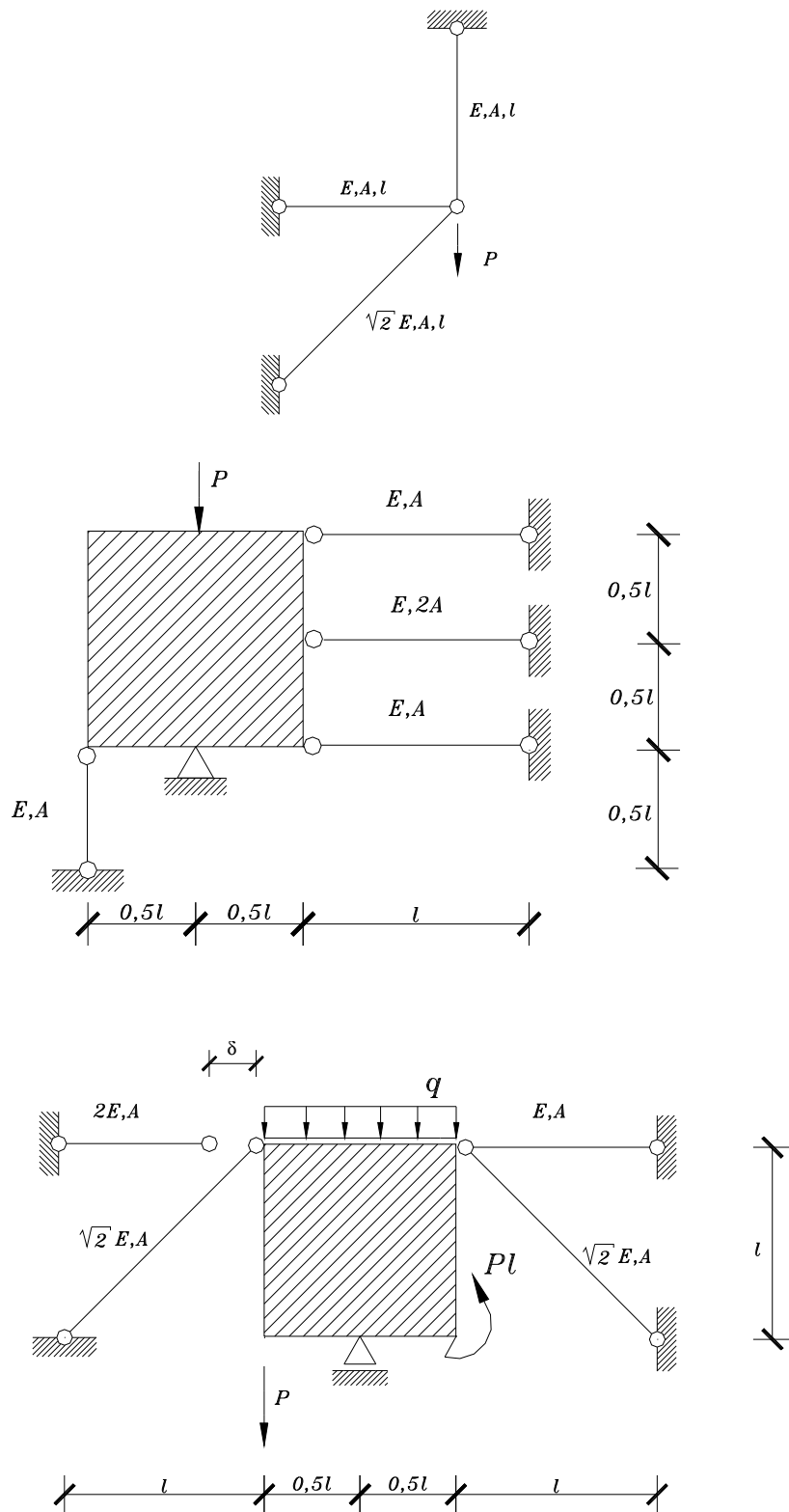
Ściskanie i rozciąganie

znajdowanie wykresów sił normalnych, naprężeń, odkształceń i przemieszczeń dla następujących konstrukcji prętowych



Ściskanie i rozciąganie

znajdowanie sił wewnętrznych w układach statycznie niewyznaczalnych



Ściskanie i rozciąganie

problemy wymiarowania

- Projektowanie przekroju

Zaprojektować przekrój pręta kołowego tak, aby przeniósł on siłę 1 MN, jeśli $\sigma_{nieb}=230$ MPa, a współczynnik bezpieczeństwa przyjmujemy $n=1,5$.

- Znajdywanie maksymalnego obciążenia

Znaleźć siłę, jaką można obciążyć pręt o przekroju 1cm^2 , jeśli jest on wykonany z materiału, dla którego $\sigma_{dop}=290$ MPa.

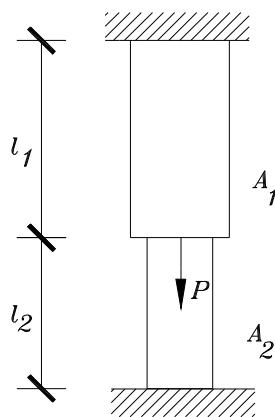
- Dobieranie materiału

Z jakiego materiału musi być wykonany pręt o przekroju kwadratowym równym $1,2\text{cm}^2$, aby przeniósł on siłę przynajmniej 100 kN. Przedyskutuj wynik dla różnych współczynników bezpieczeństwa.

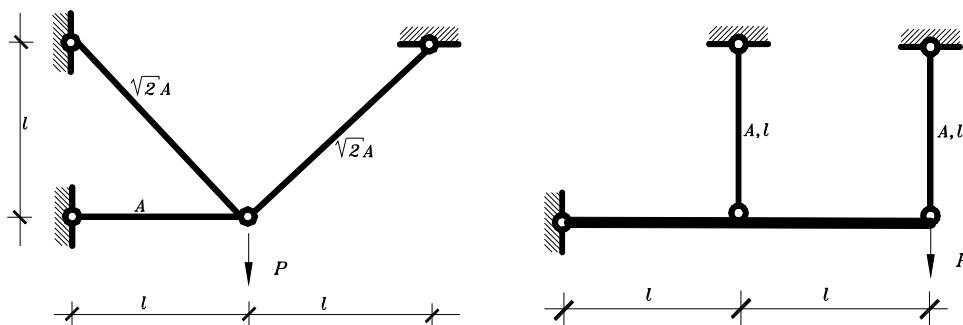
Stany graniczne nośności

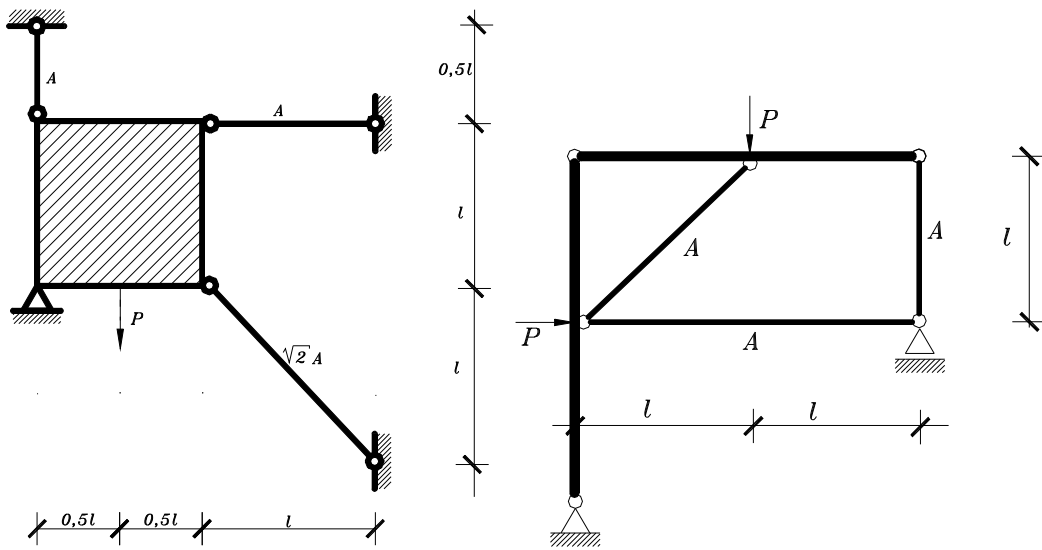
wyznaczanie obciążenia granicznego

Dla podanego schematu statycznego znaleźć wartość P_{gr} metodą naprężeń dopuszczalnych oraz metodą stanów granicznych dla danego σ_{pl} .



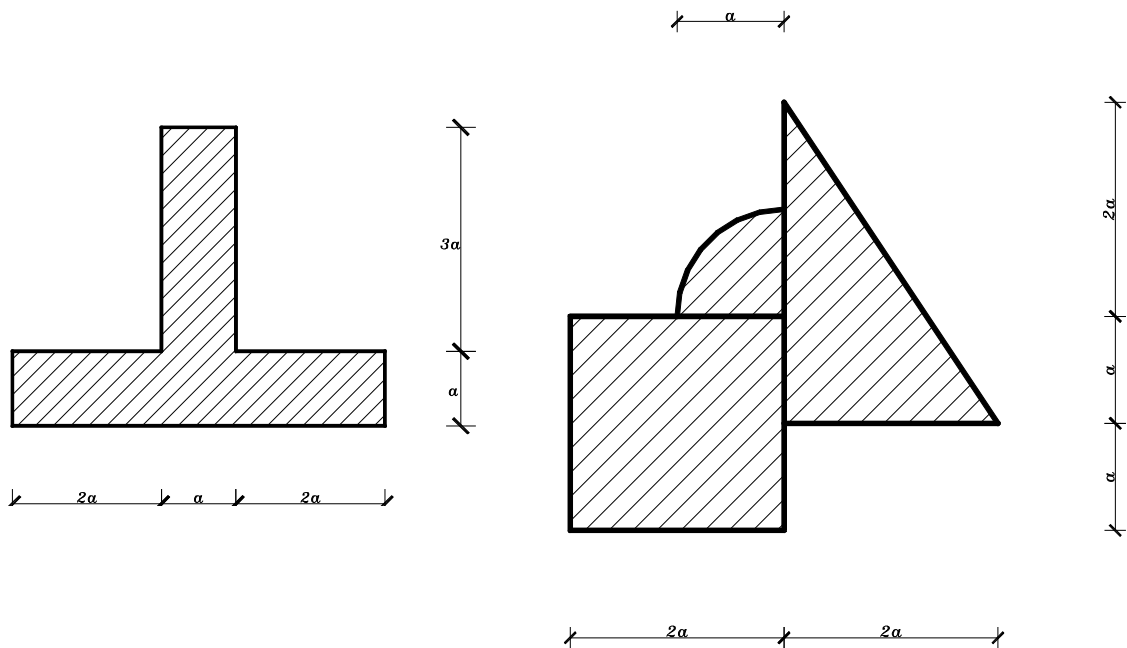
Dla danych schematów statycznych znaleźć wartości P_{gr} zakładając takie samo σ_{pl} we wszystkich prętach; pręty, których parametry nie są zdefiniowane należy traktować jako nieskończenie sztywne. W dalszym ciągu należy wykorzystać schematy statycznie niewyznaczalne z poprzednich zadań do znalezienia P_{gr} .

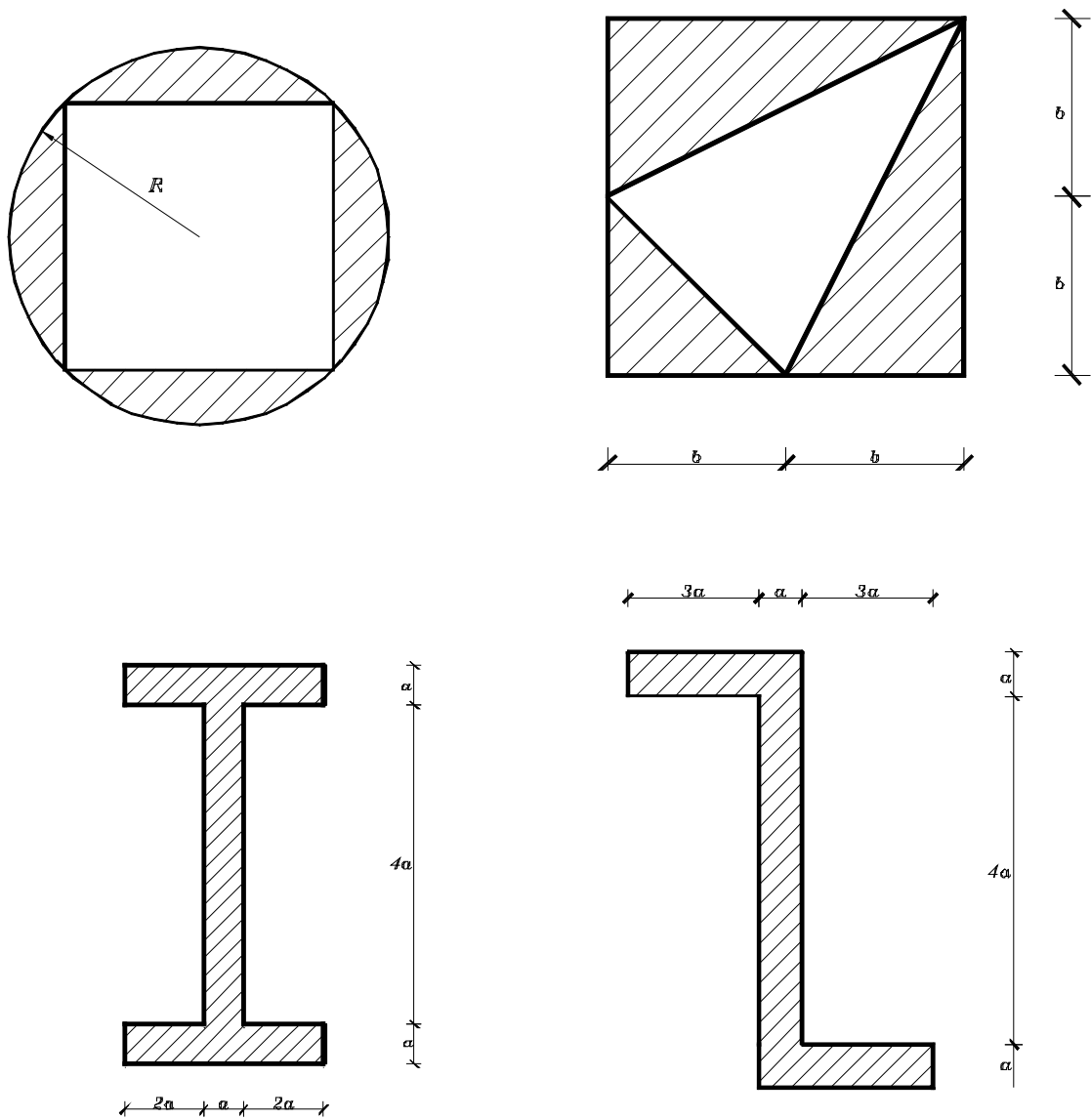




Charakterystyki geometryczne figur płaskich

wyznaczanie położenia środka ciężkości, wartości głównych centralnych momentów bezwładności oraz położenia odpowiednich osi





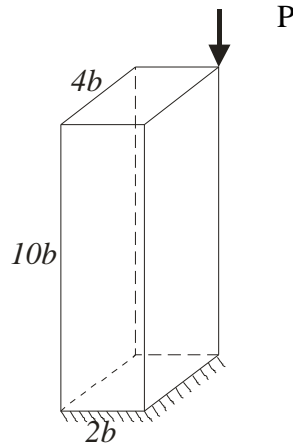
Rdzeń przekroju

wyznaczanie położenia rdzenia przekroju (dla przekrojów podanych powyżej)

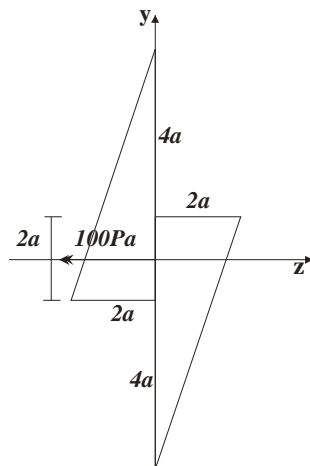
Zginanie proste i ukośne. Rozciąganie i ściskanie mimośrodowe

wyznaczanie rozkładu naprężeń normalnych w podanym przekroju

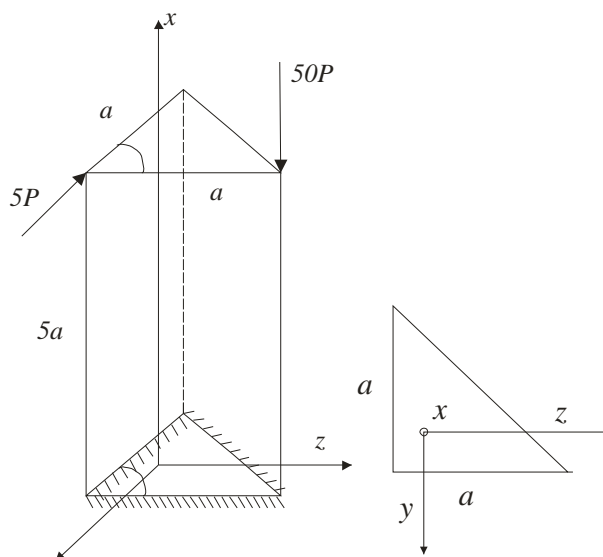
Wyznaczyć rozkład naprężeń normalnych w podstawie graniastosłupa zgodnie z poniższym schematem statycznym.



Znaleźć rozkład naprężeń normalnych w następującym przekroju wywołany momentem zginającym $M_z = -100Pa$.



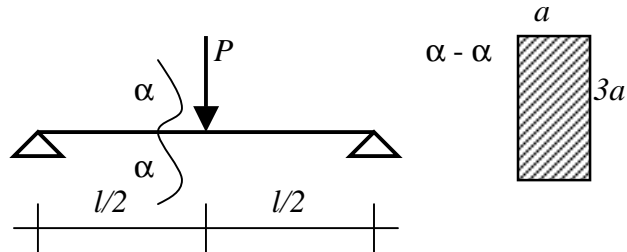
Znaleźć rozkład naprężeń normalnych w podstawie następującego graniastosłupa.



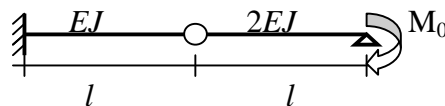
Linia ugięcia

wyznaczanie linii ugięcia oraz wielkości ugięć we wskazanych punktach schematu statycznego

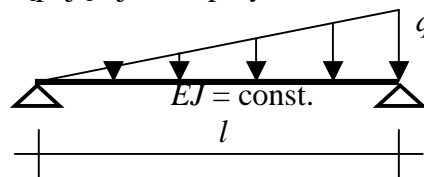
Znaleźć równanie linii ugięcia i strzałkę ugięcia (maksymalne ugięcie) dla poniższego schematu statycznego (przyjąć $l=100a$).



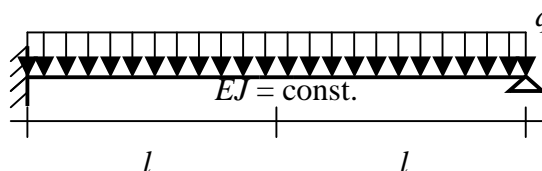
Wyznaczyć linię ugięcia dla następującej belki:



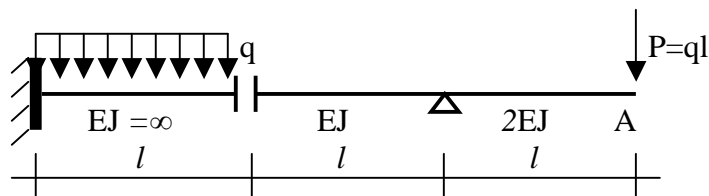
Wyznaczyć linię ugięcia dla następującej belki przy założeniu stałej sztywności giętej



Wyznaczyć linię ugięcia oraz reakcje dla następującej belki statycznie niewyznaczalnej



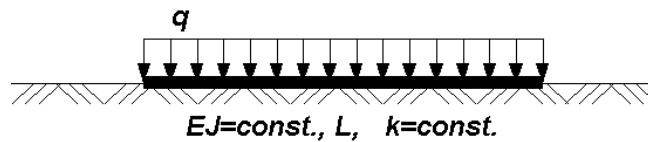
Wyznaczyć wielkość ugięcia y_A oraz kąta obrotu przekroju w podanym schemacie statycznym



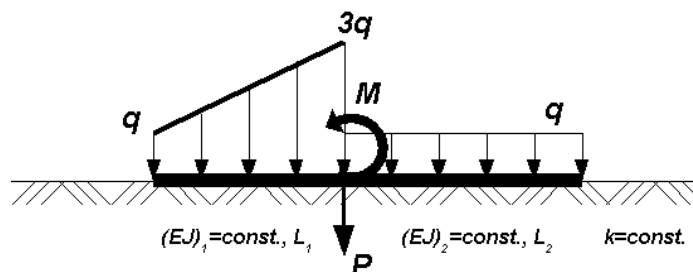
Belki na sprężystym podłożu

wyznaczanie linii ugięcia, kąta obrotu przekroju, wykresów momentu zginającego oraz siły poprzecznej w belkach na sprężystym podłożu

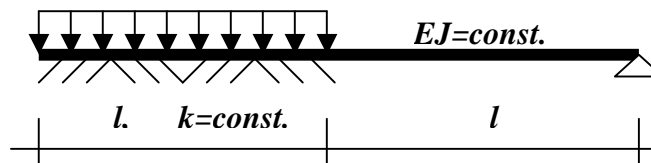
Sporządzić wykres linii ugięcia, kąta obrotu przekroju oraz siły tnącej i momentu zginającego dla następującej belki:



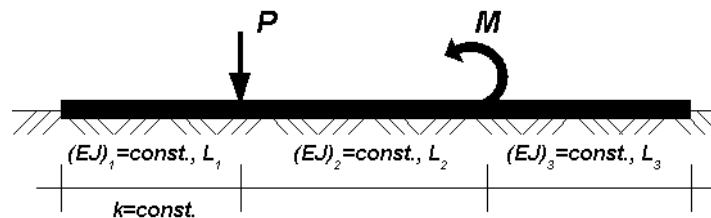
Sporządzić wykres linii ugięcia, kąta obrotu przekroju oraz siły tnącej i momentu zginającego dla następującej belki:



Sporządzić wykres linii ugięcia, kąta obrotu przekroju oraz siły tnącej i momentu zginającego dla następującej belki:



Sporządzić wykres linii ugięcia, kąta obrotu przekroju oraz siły tnącej i momentu zginającego dla następującej belki:

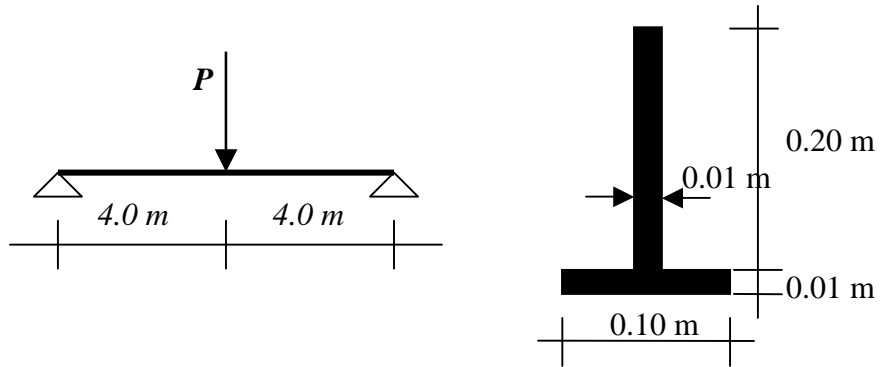


Nośność graniczna przy zginaniu

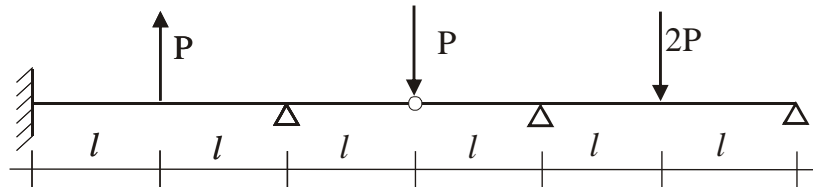
określanie obciążenia granicznego w podanym schemacie statycznym, wyznaczenie wskaźnika plastycznego W_{pl} dla podanego przekroju

Obliczyć obciążenie dopuszczalne dla belki obciążonej siłą poprzeczną P oraz podanego przekroju poprzecznego.

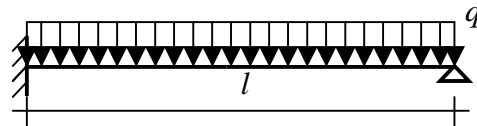
$$\sigma_{pl} = 23.0 \frac{kN}{cm^3}$$



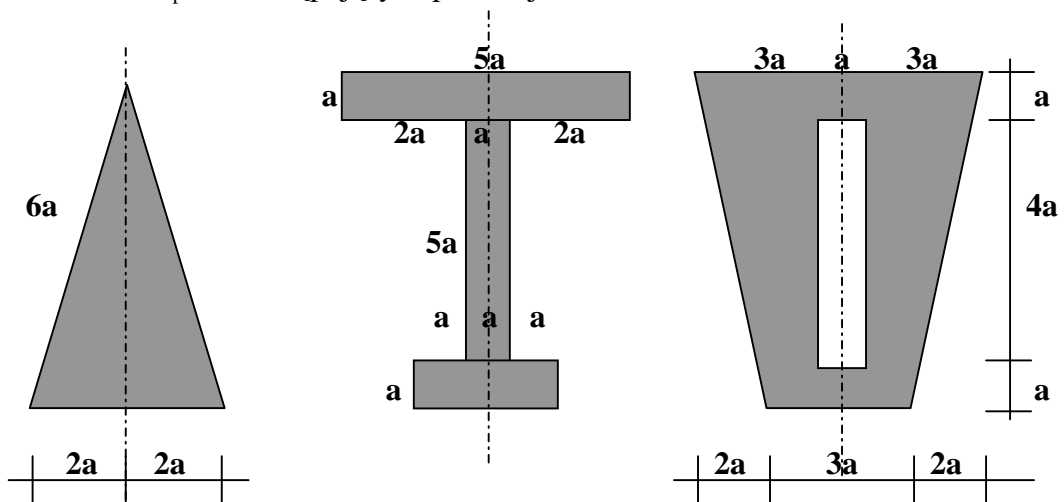
Mając dane σ_{pl} oraz W_{pl} wyznaczyć obciążenie graniczne dla następującej belki.



Wyznaczyć obciążenie graniczne q_{gr} w następującym przypadku:



Wyznaczyć wskaźnik W_{pl} dla następujących przekrojów:



Naprężenia główne, koło Mohra

wyznaczanie naprężeń głównych, rysowanie koła Mohra, zaznaczanie osi głównych

Znaleźć naprężenia główne oraz narysować koło Mohra dla stanu naprężenia opisanego następującymi składowymi $\sigma_x = 10 \text{ kPa}$, $\sigma_y = -20 \text{ kPa}$ oraz $\tau_{xy} = 15 \text{ kPa}$. Zaznaczyć osie z naprężeniem maksymalnym i minimalnym.

Znaleźć naprężenia główne oraz narysować koło Mohra dla stanu naprężenia opisanego przy pomocy następującego tensora:

$$\sigma_{ij} = \begin{bmatrix} 20 & 10 & 10 \\ 10 & 20 & 10 \\ 10 & 10 & 20 \end{bmatrix} \text{ kPa}$$

Znaleźć naprężenia główne oraz narysować koło Mohra dla stanu naprężenia opisanego przy pomocy następującego tensora:

$$\sigma_{ij} = \begin{bmatrix} 15 & 5 & 0 \\ 5 & 15 & 0 \\ 0 & 0 & 10 \end{bmatrix} \text{ kPa}$$

Narysować koła Mohra dla następujących stanów naprężenia oraz zaznaczyć je na kostce sześciiennej:

$$\sigma_{ij} = \begin{bmatrix} 15 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & -5 \end{bmatrix}; \sigma_{ij} = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \sigma_{ij} = \begin{bmatrix} 100 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$
$$\sigma_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 10 \\ 10 & 0 & 10 \\ 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}; \sigma_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 10 \\ 10 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \sigma_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 0 \\ 10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$