

## GRUPY 8-10, Semestr letni, kierunek budownictwo, rok II

### Kluczura 1

#### 1.1. Skręcanie

1. Omówić zjawisko spaczenia (deplanacji) przekroju w przypadku skręcania pręta przyrmatycznego.
2. Omówić zagadnienie brzegowe czystego skręcania.
3. Omówić macierz naprężeń i odkształceń w przypadku prostego skręcania.
4. Napisz zależność pomiędzy kątem skręcania pręta i jednostkowym kątem skręcania. Skąd taka zależność?
5. Zdefiniuj dwa poznane stany niebezpieczne leżące u podstaw projektowania skręcanego pręta.
6. Co to jest proste a co czyste skręcanie? Omówić związek z zasadą Saint-Venanta.
7. Wykonano dwa pręty o średnicy  $d$ , jeden o długości  $l$  a drugi –  $2l$ . Oba utwierdzono i skręcono momentem  $M_x$ . Obliczyć stosunek kątów skręcania.
8. Do pręta o długości  $l$  i o średnicy  $d$ , utwierdzonego na jednym końcu, przyłożono dwa momenty skręcające: na swobodnym końcu  $M_1$  i w połowie długości  $M_2$ . Oblicz kąt obrotu swobodnego końca pręta.
9. Do pręta o średnicy  $d$  i długości  $l$ , utwierdzonego na jednym końcu, przyłożono na całej długości moment skręcający o gęstości  $m(x)$ . Oblicz maksymalny kąt skręcania.
10. Pręt o przekroju kołowym i długości  $l$ , utwierdzony na obu końcach, skręcany jest momentem  $M_x$  przyłożonym w odległości  $a$  od lewej podpory. Oblicz reakcje.
11. Wymień założenia, jakie przyjmujemy w przybliżonej analizie skręcanego pręta cienkościennego. Wyprowadź wzory dla obliczenia maksymalnych naprężeń stycznych w przekroju teowym, którego półki i środnik mają wymiary  $a \times 3a$  (wskazówka: dla prostokąta  $M_x = \Theta G I_x$ ,  $I_x = \beta b^3 h$ ,  $\max \tau = M_x / W_x$ ,  $W_x = \alpha b^2 h$ ).
12. Ile wynoszą ekstremalne wartości naprężeń stycznych w poszczególnych przedziałach pręta skręcanego (wspornik obciążony momentem skręcającym  $M_s$  na wolnym końcu), który wykonany jest z rury ( $D_w = 0.8 \cdot D_z$ ) rozciętej wzdłuż tworzącej na połowie długości pręta. Obliczyć i narysować wykres kątów w poszczególnych przedziałach pręta skręcanego (wskazówka: dla prostokąta  $M_x = \Theta G I_x$ ,  $I_x = \beta b^3 h$ ,  $\max \tau = M_x / W_x$ ,  $W_x = \alpha b^2 h$ ).
13. Wyprowadź wzór określający maksymalne naprężenie styczne dla cienkościennego pręta o jednokomorowym zamkniętym profilu.

#### 1.2. Czyste zginanie, zginanie proste i ukośne

1. Co to jest czyste zginanie. Omówić założenia czystego zginania.
2. Na podstawie jakich przesłanek przypuszczamy pierwszy wiersz macierzy naprężeń przy czystym zginaniu?
3. Zapisz zagadnienie brzegowe teorii sprężystości dla czystego zginania.
4. Jakie znaczenie ma parametr  $k$  we wzorze  $q_{yx} = kz$  opisującym obciążenie ścianki przy czystym zginaniu?
5. Co to jest *proste*, a co *czyste* zginanie? Omówić związek z zasadą Saint-Venanta.

6. Określ grupę więzów, jakie mogą być przyłożone przy prostym zginaniu pręta, aby  $\sigma_x = \frac{M_y}{I_y} z$ , a pozostałe naprężenia były równe zero. Podaj uzasadnienie.
7. Napisz macierz naprężeń dla prostego zginania i przeprowadź analizę stanu naprężenia w dowolnym punkcie.
8. W jakim zagadnieniu oś obojętna naprężeń normalnych jest równoległa do wektora momentu zginającego? W jakim zagadnieniu oś obojętna nie jest równoległa do momentu zginającego?
9. Na przykładzie wspornika oraz belki wolnopodpartej poddanych prostemu zginaniu scharakteryzuj powstające pole przemieszczeń
10. W zginanej belce o przekroju poprzecznym w kształcie kwadratu obliczyć wartość maksymalnych naprężeń normalnych, jeżeli wektor momentu zginającego jest:
  - a) równoległy do boku kwadratu, b) równoległy do przekątnej. Przyjąć bok kwadratu  $a = 12 \text{ cm}$  oraz  $M = 4 \text{ kNm}$ . Co powiesz o ugięciu belki w obu przypadkach obciążenia?
11. Co nazywamy *ukośnym zginaniem*?
12. Jak można znaleźć punkt występowania ekstremalnych naprężeń normalnych przy ukośnym zginaniu?

### 1.3. Mimośrodowe rozciąganie i ściskanie

1. Napisz wzór określający macierz naprężeń przy mimośrodowym rozciąganiu. Podaj twierdzenia i zasady leżące u podstaw jego sformułowania
2. Jak wygląda bryła naprężeń w mimośrodowym rozciąganiu? Jak wyznacza się wartość naprężeń normalnych? Określić punkty, w których występują największe naprężenia rozciągające i ściskające i obliczyć wartość tych naprężeń dla przekroju prostokątnego i przekroju będącego trójkątem prostokątnym.
3. Wyprowadź odcinkową postać osi obojętnej przy mimośrodowym rozciąganiu.
4. Opisz sposób obliczenia ugięcia osi pręta utwierdzonego oraz swobodnie podpartego, który podlega mimośrodowemu rozciąganiu.
5. Podaj definicję *rdzenia przekroju*. Wyznaczyć współrzędne punktu brzegowego rdzenia jako funkcję parametrów  $k$  i  $b$ , jeżeli prostą styczną do konturu przekroju opisuje równanie prostej:  $z = ky + b$ .
6. Wyznaczyć i narysować rdzeń dla przekroju pierścieniowego ( $R_z$  – promień zewnętrzny,  $R_w$  – promień wewnętrzny), trójkąta prostokątnego i przekroju teowego.
7. Pręt poddany jest obciążeniu łącznemu: zginaniu parą o momencie  $M$  leżącą w płaszczyźnie, która zawiera jedną z osi głównych centralnych i rozciąganiu siłą  $N$ . Napisz warunek projektowania z uwagi na stan niebezpieczny zniszczenia – nośności sprężystej.