1. TREŚĆ ZADANIA

W punkcie pierwszym należy przepisać treść zadania zgodnie z wykonanym zakresem.

Dla zadanej ramy narysować wykresy sił wewnętrznych. Sprawdzić warunek nośności przekroju, przyjmując, że maksymalne naprężenia normalne nie mogą przekroczyć $0{,}85 f_y$. Jeśli warunek nie jest spełniony, dobrać nowy przekrój i ponowić sprawdzenie. Następnie w punkcie K przekroju obliczyć naprężenia zastępcze według hipotezy Hubera oraz według hipotezy największych naprężeń stycznych. Narysować wypadkowy rozkład naprężeń normalnych w analizowanym przekroju, względem jego środka ciężkości, oraz wyznaczyć stopień wytężenia przekroju jako stosunek maksymalnego naprężenia normalnego do naprężenia dopuszczalnego.

1.1 DANE PROJEKTOWE

W poniższej tabeli należy zamieścić dane otrzymane od prowadzącego.

Parametr	**Wartość**
Nr ramy	do uzupełnienia
Długość l	do uzupełnienia
Siła skupiona P	do uzupełnienia
Obciążenie ciągłe q	do uzupełnienia
Nr przekroju	do uzupełnienia
Gatunek stali	do uzupełnienia

1.2 SCHEMAT STATYCZNY RAMYY

Należy zamieścić schemat statyczny ramy z wymiarami oraz określonym obciążeniem. W tym punkcie należy również obliczyć reakcje podporowe. Rysunek można wykonać w programie Robot, AutoCAD lub w dowolnym innym programie graficznym.

1.3 WYKRESY SIŁ PRZEKROJOWYCH

Wykresy sił wewnętrznych należy przygotować za pomocą programu bazującego na MES, np. Robot, Axis, Soldis itp. Można dołączyć zrzuty ekranu z wykresami lub wykonać je ręcznie bądź w programie graficznym. Kolejność wykresów powinna być następująca:

- wykres momentów zginających,
- wykres sił poprzecznych,
- wykres sił osiowych.

Wykresy powinny być podpisane z widoczną jednostką. Na wykresach należy wskazać przekroje, w których występują maksymalna wartość momentu zginającego $M_{\max}$ oraz maksymalna wartość siły osiowej $N_{\max}$. W zależności od rozkładu sił wewnętrznych wartości te mogą występować w tym samym przekroju lub w dwóch różnych przekrojach.

1.4 CHARAKTERYSTYKI GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

- **Geometria przekroju**

  W tym podpunkcie należy narysować przekrój określony w projekcie, uwzględniając wszystkie wymiary oraz położenie punktu K.

- **Pole powierzchni przekroju**

  Pole powierzchni przekroju należy obliczyć i podać wynik wraz z jednostką.

- **Moment bezwładności przekroju**

  Do wyznaczenia momentu bezwładności przekroju należy określić środek ciężkości przekroju. W tym celu najpierw należy obliczyć moment statyczny figury, a następnie wyznaczyć położenie osi. Na rysunku geometrii przekroju środek ciężkości powinien być zaznaczony. Pamiętać o jednostkach.

Przydatne zależności:

$$\begin{aligned} S_y &= \sum_i A_i a_{y,i}, \\ z &= \frac{S_y}{A}, \\ I_y &= \sum_i \left(I_{y,i}^{(0)} + A_i d_i^2 \right). \end{aligned}$$

Zaleca się zweryfikowanie poprawności obliczonych charakterystyk geometrycznych przekroju za pomocą odpowiedniego oprogramowania, np. AutoCAD lub Autodesk Robot Structural Analysis

1.5 SPRAWDZENIE WARUNKU NOŚNOŚCI PRZEKROJU (DLA PUNKTU K)

$$\sigma_{\max} \leq 0{,}85\, f_y$$

Naprężenia normalne należy rozpatrzyć w dwóch sytuacjach:

1. w miejscu wystąpienia maksymalnego momentu zginającego i odpowiadającej mu siły osiowej,
2. w miejscu wystąpienia maksymalnej wartości siły osiowej i odpowiadającego jej momentu zginającego.

W przypadku, gdy maksymalny moment występuje w miejscu maksymalnej siły osiowej, należy rozpatrzyć tylko jeden przypadek.

$$\sigma_x^K = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{I_y}\, z$$

W każdym z rozpatrywanych przekrojów należy obliczyć naprężenia normalne w punkcie K, a następnie sprawdzić, czy ich maksymalna wartość bezwzględna nie przekracza $0{,}85 f_y$. W przypadku niespełnienia warunku należy dobrać nowy przekrój z tej samej rodziny kształtowników i ponownie przeprowadzić obliczenia oraz sprawdzenie. Należy jednoznacznie określić (np. słownie), czy warunek nośności został spełniony. Wartość f_y należy przyjąć odpowiednio do gatunku stali.

1.6 TENSOR NAPRĘŻEŃ

Zapisać tensor naprężeń w postaci:

$$\mathbf{T}_{\sigma}^{K} = \begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{pmatrix}.$$

Następnie należy obliczyć naprężenia normalne i styczne w punkcie K przekroju. Tensor naprężeń powinien zostać zapisany raz jeszcze z obliczonymi wartościami i jednostką.

Przydatne wzory:

$$\sigma_x^K = \frac{M_{\alpha-\alpha}}{I_y} z_K + \frac{N_{\alpha-\alpha}}{A},$$

$$\tau_{xz}^K = -\frac{Q_{\alpha-\alpha} S_y^K}{I_y b_K}.$$

1.7 NAPRĘŻENIA ZASTĘPCZE WG HIPOTEZY HUBERA

$$\sigma_0 = \sqrt{\left(\sigma_x^K\right)^2 + 3\left(\tau_{xz}^K\right)^2}$$

Naprężenia należy obliczyć zgodnie z podanym wzorem, z uwzględnieniem odpowiedniej jednostki.

1.8 NAPRĘŻENIA ZASTĘPCZE WG HIPOTEZY NAJWIĘKSZYCH NAPRĘŻEŃ STYCZNYCH

$$\sigma_0 = \sqrt{\left(\sigma_x^K\right)^2 + 4\left(\tau_{xz}^K\right)^2}$$

Naprężenia należy obliczyć zgodnie z podanym wzorem, z uwzględnieniem odpowiedniej jednostki.

1.9 WYPADKOWY ROZKŁAD NAPRĘŻEŃ NORMALNYCH W PRZEKROJU

Należy wyznaczyć naprężenia normalne w skrajnych włóknach analizowanego przekroju, oddzielnie od siły osiowej i momentu zginającego. Następnie należy przedstawić obok siebie trzy wykresy: rozkład naprężeń normalnych od siły osiowej, rozkład naprężeń normalnych

od momentu zginającego oraz ich wypadkowy (sumaryczny) rozkład. Na wykresach należy zaznaczyć wartości i znaki naprężeń.

$$\sigma_x = \underbrace{\frac{N}{A}}_{\text{naprężenia normalne od siły osiowej}} + \underbrace{\frac{M_y}{I_y}\, z}_{\text{naprężenia normalne od momentu zginającego}}$$

1.10 STOPIEŃ WYTĘŻENIA PRZEKROJU

Stopień wytężenia należy określić jako stosunek naprężenia normalnego dla punktu K w analizowanym przekroju do naprężenia dopuszczalnego. Wynik należy przedstawić jako liczbę bezwymiarową lub procent.

$$\eta = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\text{dop}}} = \frac{\sigma_{\max}}{0{,}85\, f_y}, \qquad \eta_{\%} = \eta \cdot 100\%.$$

Należy podać obliczoną wartość η i ocenić spełnienie warunku nośności. Dla $\eta \leq 1$ warunek jest spełniony, a dla $\eta > 1$ – nie jest spełniony.

Inne informacje do projektu: Wszystkie informacje zapisane kolorem czerwonym stanowią wskazówki i nie powinny być zamieszczane w ostatecznej wersji projektu.

Należy przestrzegać zasady, że w obliczeniach najpierw zapisuje się wzór, następnie dokonuje podstawienia danych, a na końcu podaje wynik wraz z odpowiednią jednostką. Proszę zachować przedstawioną numerację i nazewnictwo nagłówków. Wszystkie podpunkty projektu I powinny być numerowane od 1.