

XXXVIII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ

Zawody III stopnia

Rozwiązania zadań dla grupy mechaniczno-budowlanej

Rozwiązanie zadania 1

Sytuacja I

Mamy to do czynienia ze idealnie osiowym ściskaniem słupów siłami:

$$R_A = R_B = R = \frac{1}{2} q l = \frac{1}{2} \cdot 300 \cdot 6 = 900 \text{ N.} \quad (1)$$

Naprężenia normalne σ są w tej sytuacji w całym przekroju poprzecznym słupa takie same co do wartości i równe:

$$\sigma = \frac{R}{A} = \frac{R}{a^2} = \frac{900}{0,4^2} = 5625 \text{ N/m}^2 = 5,625 \text{ MPa.} \quad (2)$$

Sytuacja II

Mamy tu do czynienia z mimośrodowym ściskaniem połączonego ze zginaniem ukośnym na ramieniu równym odległości między punktami A i A' . Odległość ta podana jest w treści zadania jako współrzędne punktu $A'(x, y)$. Siła R działa więc z mimośrodkami x i y , powodując oprócz ściskania osiowego, jak w sytuacji I, zginanie proste momentami:

$$M_x = R x = 900 \cdot 0,15 = 136 \text{ Nm} \quad \text{oraz} \quad M_y = R y = 900 \cdot 0,08 = 72 \text{ Nm.} \quad (3)$$

Mamy zatem:

$$\sigma = \frac{R}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}. \quad (4)$$

Patronem honorowym OWT jest Minister Gospodarki.

Partnerami medialnymi OWT są:

- Przegląd Techniczny,
- Przegląd Mechaniczny.

Sponsorami XXXVIII OWT są:

- Grupa Kapitałowa PSE Operator SA,
- Fundacja PGNiG im. Ignacego Łukasiewicza,
- Instytut Mechnizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego,
- Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Materiałów Budowlanych.

W przypadku przekroju kwadratowego

$$W_x = W_y = \frac{a^3}{6} = \frac{0,4^3}{6} = 0,01067 \text{ m}^3 \quad (5)$$

A zatem z (3), (4) i (5) otrzymujemy:

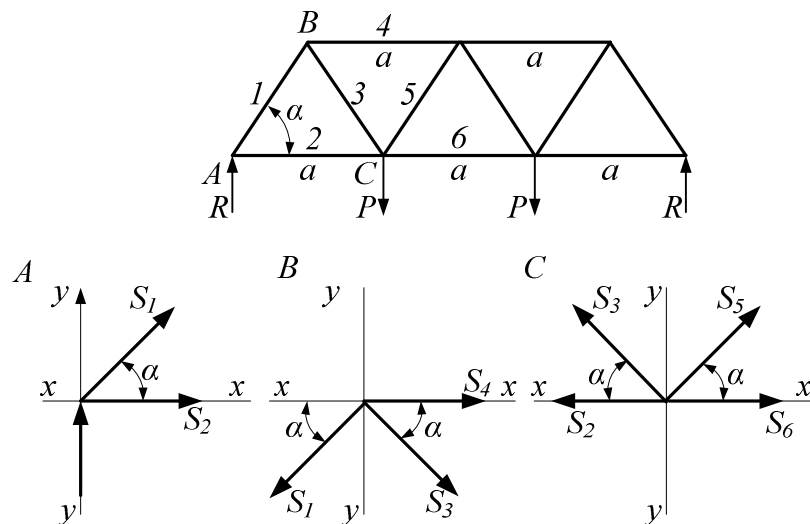
$$\sigma = 5625 + \frac{136}{0,01067} + \frac{72}{0,01067} = 5625 + 12746 + 6748 = 25119 \text{ N/m}^2 = 25,12 \text{ MPa.}$$

W sytuacji II maksymalne naprężenia ściskające będą większe. Przykład ten obrazuje groźny efekt niedokładności montażowych.

Rozwiązanie zadania 2

Dobór właściwych teowników wymaga wyznaczenia sił działających we wszystkich elementach kratownicy, a następnie doboru dwuteownika nie podlegającego wyboczeniu pod największym z wyliczonych obciążeń.

Ponieważ kratownice różnią się kątem α , który w wersji II wynosi 60° , a przebieg obliczeń jest dla obu przypadków identyczny, pierwsza część obliczeń zostanie przeprowadzona na liczbach ogólnych, a następnie zostaną wyznaczone liczbowo wartości sił dla obu wersji. Do obliczeń wykorzystujemy jeden z rysunków kratownicy (Rys.2) oraz rozkłady sił w interesujących nas węzłach. Do obliczeń sił zostaną wykorzystane warunki równowagi.



Rys.2

- $\Sigma X = 0$ – suma rzutów sił na oś x równa zero.
- $\Sigma Y = 0$ – suma rzutów sił na oś y równa zero.

	Cała kratownica	
$\Sigma Y = 0$	$\longrightarrow 2R - 2P = 0$	$\longrightarrow R = P$
Węzeł A		
$\Sigma Y = 0$	$\longrightarrow R + S_1 \sin \alpha = 0$	$\longrightarrow S_1 = -R / \sin \alpha$
$\Sigma X = 0$	$\longrightarrow S_1 \cos \alpha + S_2 = 0$	$\longrightarrow S_2 = -S_1 \cos \alpha$
Węzeł B		
$\Sigma Y = 0$	$\longrightarrow -S_1 \sin \alpha - S_3 \sin \alpha = 0$	$\longrightarrow S_3 = -S_1$
$\Sigma X = 0$	$\longrightarrow -S_1 \cos \alpha + S_3 \cos \alpha + S_4 = 0$	$\longrightarrow S_4 = S_1 \cos \alpha - S_3 \cos \alpha$
Węzeł C		
$\Sigma Y = 0$	$\longrightarrow -P + S_3 \sin \alpha + S_5 \sin \alpha = 0$	$\longrightarrow S_5 = (P - S_3 \sin \alpha) / \sin \alpha$
$\Sigma X = 0$	$\longrightarrow -S_2 - S_3 \cos \alpha + S_5 \cos \alpha + S_6 = 0$	$\longrightarrow S_6 = S_2 + S_3 \cos \alpha - S_5 \cos \alpha$

Obliczenia

$R = 100 \text{ kN}$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$
$S_1 =$	$-141,4 \text{ kN}$	$-115,5 \text{ kN}$
$S_2 =$	$100,0 \text{ kN}$	$57,7 \text{ kN}$
$S_3 =$	$141,4 \text{ kN}$	$115,5 \text{ kN}$
$S_4 =$	$-199,7 \text{ kN}$	$-115,5 \text{ kN}$
$S_5 =$	0 kN	0 kN
$S_6 =$	$199,7 \text{ kN}$	$115,5 \text{ kN}$

Najbardziej obciążony siłą ściskającą w wersji I jest element 4, również w wersji II ten element należy do bardziej obciążonych.

Wersja I

Długość elementu 6 równa jest $a = \frac{L}{3} = 2 \text{ m}$, $b = \frac{a}{\sqrt{2}}$.

Minimalny dopuszczalny moment bezwładności (wg. wzoru podanego we wskazówkach z siłą $P_{kr} = |S_4| = 199,7 \text{ kN}$).

$$J = \frac{x_b a^2 P_{kr}}{4 \pi^2 E} = \frac{5 \cdot 2^2 \cdot 199,7}{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,2 \cdot 10^{11}} = 4,598 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4 = 45,98 \text{ cm}^4.$$

Z tablicy dobieramy dwuteownik I160 o $J_y = 54,7 \text{ cm}^4$ dla którego masa metra wynosi $m_{j1} = 17,9 \text{ kg/m}$.

Łączna długość wszystkich elementów wynosi:

$$D_1 = 6a + 5b = \left(6 + \frac{5}{\sqrt{2}}\right)a = 18,5 \text{ m.}$$

Całkowita masa kratownicy:

$$M_1 = m_{j1} D_1 = 17,9 \cdot 18,5 = 331,15 \text{ kg.}$$

Wersja II

Długość elementu 4 równa jest $a = \frac{L}{3} = 2 \text{ m}$.

Minimalny dopuszczalny moment bezwładności (wg. wzoru podanego we wskazówkach z siłą $P_{kr} = |S_4| = 115,5 \text{ kN}$)

$$J = \frac{x_b a^2 P_{kr}}{4 \pi^2 E} = \frac{5 \cdot 2^2 \cdot 115,5}{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,2 \cdot 10^{11}} = 2,66 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4 = 26,6 \text{ cm}^4$$

Z tablicy dobieramy dwuteownik I140 o $J_y = 35,2 \text{ cm}^4$ dla którego masa metra wynosi $m_{j2} = 14,3 \text{ kg/m}$.

Łączna długość wszystkich elementów wynosi:

$$D_2 = 11a = 22,0 \text{ m.}$$

Całkowita masa kratownicy:

$$M_2 = m_{j2} D_2 = 14,3 \cdot 22,0 = 314,6 \text{ kg.}$$

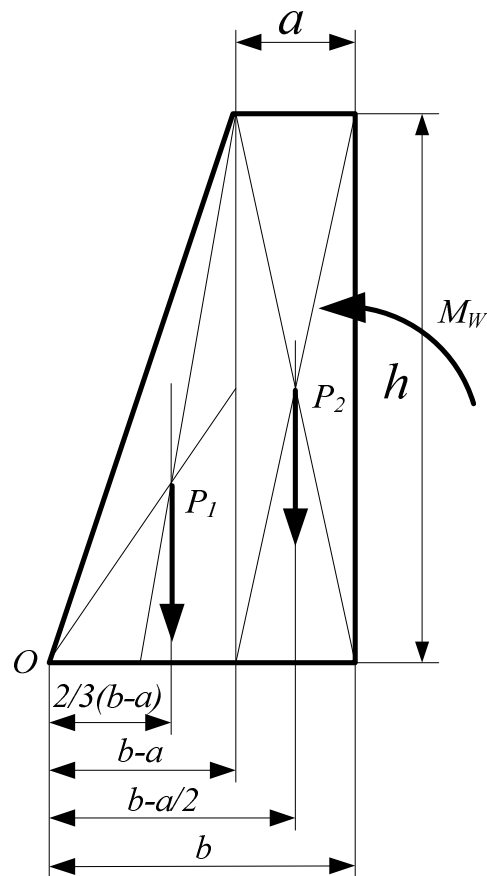
Różnica mas kratownic:

$$\Delta M = M_1 - M_2 = 331,15 - 314,6 = 16,55 \text{ kg.}$$

Kratownica w wersji II ma masę mniejszą o 16,55 kg mimo większej łącznej długości elementów.

Rozwiązanie zadania 3

Znajdujemy środki ciężkości trójkątnej i prostokątnej części przekroju muru – Rys.2.



Rys.2

Powierzchnia części trójkątnej (do której proporcjonalny jest jej ciężar) wynosi:

$$F_1 = 0,5 h (b - a) ,$$

a jej ramię w stosunku do punktu obrotu, którym jest punkt O wynosi:

$$r_1 = \frac{2}{3} (b - a) .$$

Odpowiednio dla części prostokątnej:

$$F_2 = a h ,$$

$$r_2 = b - \frac{a}{2} .$$

Stąd siły związane z 1 m długości muru wynoszą:

$$P_1 = F_1 \rho_b g ,$$

$$P_2 = F_2 \rho_b g .$$

Równanie momentów względem punktu O

$$P_1 r_1 + P_2 r_2 - x_b M_w = 0 ,$$

$$0,5 h (b - a) \rho_b g \frac{2}{3} (b - a) + a h \rho_b g (b - a/2) - x_b \rho_w g h^3/6 = 0 ,$$

po uproszczeniach

$$b^2 + a b - \left(\frac{a^2}{2} + \frac{x_b \rho_w}{2 \rho_b} h^2 \right) = 0 ,$$

$$b^2 + 0,5 b - \left(\frac{0,25}{2} + \frac{25}{2} \right) = 0 ,$$

$$b = \frac{-0,5 + \sqrt{0,5^2 + 4 \cdot 12,625}}{2} = 3,31 \text{ m.}$$

Masa 1 metra długości muru

$$M_1 = \left(F_1 + F_2 \right) \rho_b = [0,5 h (b - a) + a h] \rho_b ,$$

$$M_1 = (0,5 \cdot 5 \cdot 2,81 + 0,5 \cdot 5) \cdot 2000 = 19050 \text{ kg/m.}$$

Mur o przekroju prostokąta (Rys. 3)

$$F = b h ,$$

$$r = \frac{b}{2} .$$

Stąd siła związane z 1 m długości muru wynosi:

$$P = F \rho_b g .$$

Równanie momentów względem punktu O

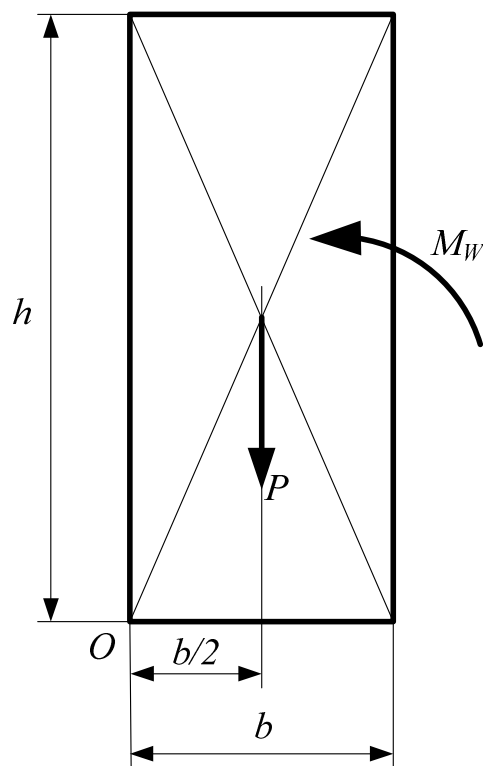
$$P r - x_b M_w = 0 ,$$

$$b h \rho_b g \frac{b}{2} - x_b \rho_w g \frac{h^3}{6} = 0 ,$$

po uproszczeniach:

$$b^2 - \frac{1}{3} x_b \frac{\rho_w}{\rho_b} h^2 = 0 ,$$

$$b = \sqrt{\frac{2 \rho_w}{3 \rho_b}} h = \sqrt{\frac{2 \cdot 1000}{3 \cdot 2000}} \cdot 5 = 2,89 \text{ m.}$$



Rys.3

Masa 1 metra długości muru

$$M_1 = F \rho_b = h b \rho_b = 5 \cdot 2,89 \cdot 2000 = 28900 \text{ kg/m.}$$

Różnica mas:

$$\Delta M = M - M_1 = 28900 - 19050 = 9850 \text{ kg/m.}$$

Mur o przekroju prostokąta wymaga zużycia o 9850 kg/m betonu w porównaniu z murem o przekroju trapezowym.

Przykładowe rozwiązanie problemu technicznego

Zarys rozwiązania:

Z faktu dużej przypadkowości działania tych źródeł energii, jak również ze względu na to, że promieniowanie słoneczne jest dostępne tylko w ciągu dnia, konieczne jest znaczne „przewymiarowanie” systemu elektroenergetycznego – nominalna moc zainstalowana musi wielokrotnie przekraczać maksymalną moc wymaganą przez odbiorców. Dodatkowo te źródła energii muszą być rozmieszczone w całym obszarze. Wtedy przy zachmurzeniu w jednym regionie (lub braku wiatru) będzie jeszcze możliwość wytwarzania prądu w innych (odległych) regionach. Związana z tym jest dodatkowa konieczność budowy linii przesyłowych o dużej mocy tak, aby ze źródeł energii w jednym kraju można było zasilać odbiorców w innych krajach.

Musi być też możliwość gromadzenia (akumulacji) nadwyżek energii elektrycznej (do wykorzystania w porze nocnej jak również w okresie długotrwałego zachmurzenia czy braku wiatru na dużym obszarze).

Akumulacja dużych ilości energii elektrycznej jest poważnym problemem.

Można do tego wykorzystywać akumulatory elektryczne różnych typów (obecnie buduje się moduły o mocy kilkudziesięciu MW).

Można też akumulować energię elektryczną pośrednio – przechowując energię w innej niż elektryczna (elektrochemiczna) postaci. Taką metodą jest elektrownia szczytowo-pompowa. Nadwyżki energii elektrycznej są wykorzystywane do napędu pomp, które przetłaczają wodę z dolnego do górnego zbiornika. Energia ta jest odzyskiwana w czasie, kiedy woda spływająca z górnego zbiornika napędza turbinę i generator elektryczny.

Podobną, pośrednią metodą akumulacji energii elektrycznej, jest sprężanie powietrza (sprężarki napędzane silnikami elektrycznymi) i przechowywanie go w dużych podziemnych kaverbach, bądź też w zbiornikach ciśnieniowych). Sprężone powietrze może być wykorzystywane w silnikach gazowych (np. turbinach) napędzających generatory elektryczne.

Ciekawym (i przyszłościowym) sposobem akumulacji energii elektrycznej jest produkcja i przechowywanie wodoru. Wodór jest wytwarzany w procesie elektrolizy (kosztem energii elektrycznej). Następnie (w innym miejscu i czasie) może być użyty jako czyste” paliwo do napędu silników cieplnych (napędzających generatory elektryczne) lub zasilać ogniwa paliwowe (w których następuje bezpośrednia generacja energii elektrycznej).

Główne wady rozważanej koncepcji:

Duże nakłady inwestycyjne na źródła energii (które same w sobie są droższe od źródeł konwencjonalnych)

Duże nakłady na rozbudowany system linii przesyłowych

Konieczność budowy systemu akumulacji energii – w przypadku akumulacji energii w postaci elektrochemicznej także duże koszty instalacji

W przypadku produkcji wodoru konieczne jest rozwiązanie problemu jego przechowywania

Nie mniej istotne są zagadnienia dotyczące walorów krajobrazowych (tysiące wiatraków), jak również bardzo duże powierzchnie terenu zajęte przez panele fotowoltaiczne (można do tego celu wykorzystać dachy budynków w miastach).