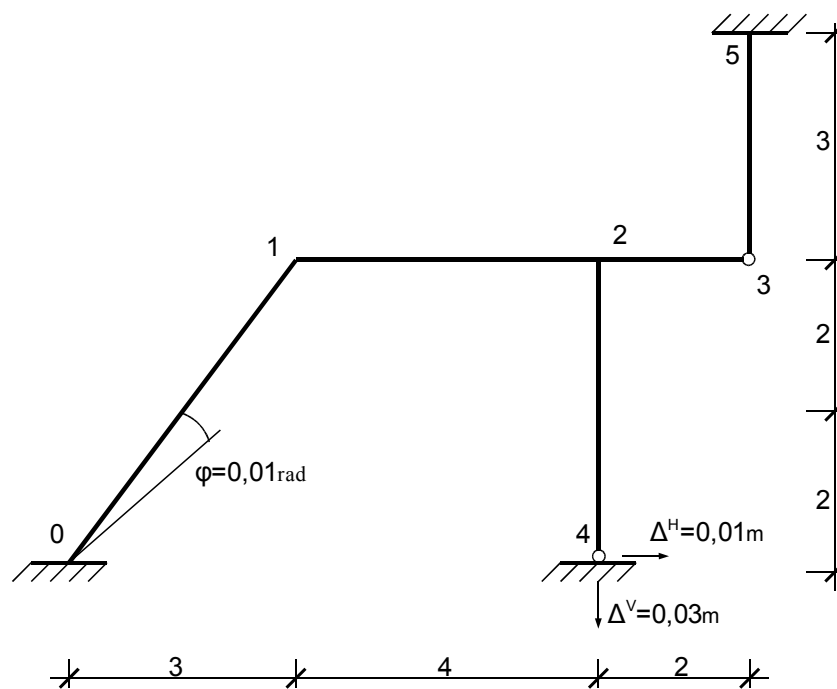


1.

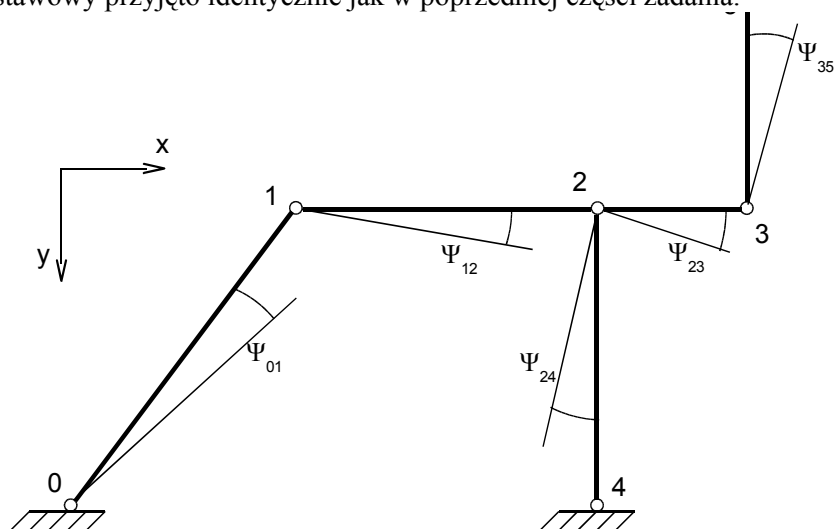
1. METODA PRZEMIESZCZEŃ

1.2. Obliczanie sił wewnętrznych wywołanych osiadaniami podpór



Rys. 1.25. Schemat konstrukcji

Układ podstawowy przyjęto identycznie jak w poprzedniej części zadania.



Rys. 1.26. Łańcuch kinematyczny

Korzystając z równań łańcucha kinematycznego określam wartości kątów obrotu cięćw prętów.

Łańcuch 3-2-4:

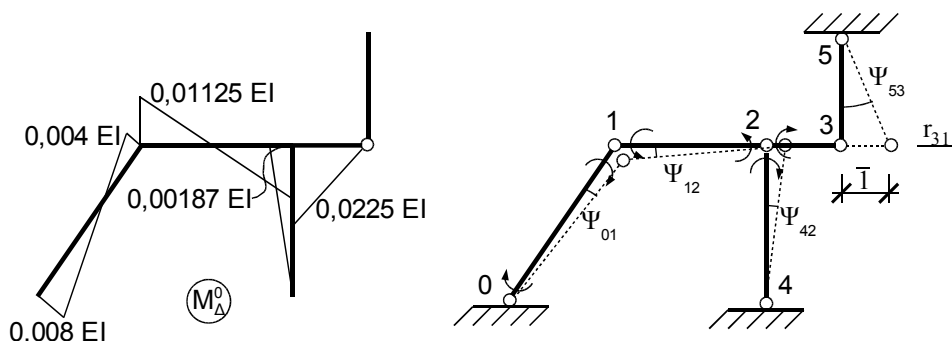
$$\begin{aligned} \sum X: -4\Psi_{24} &= 0,01 \rightarrow \Psi_{24} = -0,0025 \\ \sum Y: -2\Psi_{23} &= 0,03 \rightarrow \Psi_{23} = -0,0150 \end{aligned} \quad (1.27)$$

Łańcuch 0-1-2-4:

$$\begin{aligned} \sum X: 4\Psi_{01} - 4\Psi_{24} &= 0,01 \rightarrow \Psi_{01} = 0 \\ \sum Y: 3\Psi_{01} + 4\Psi_{12} &= 0,03 \rightarrow \Psi_{12} = 0,0075 \end{aligned} \quad (1.28)$$

Korzystając ze wzorów transformacyjnych obliczam wartości momentów przywęzłowych:

$$\begin{aligned} M_{01} &= 2\frac{EI}{5}(2 \cdot 0,01 + 0 - 3 \cdot 0) = 0,008 EI \\ M_{10} &= 2\frac{EI}{5}(2 \cdot 0 + 0,01 - 3 \cdot 0) = 0,004 EI \\ M_{12} = M_{21} &= 2\frac{EI}{4}(2 \cdot 0 + 0 - 3 \cdot 0,0075) = -0,01125 EI \\ M_{23} &= 32\frac{EI}{2}(0 - (-0,015)) = 0,2225 EI \\ M_{24} &= 32\frac{EI}{4}(0 - (-0,0025)) = 0,001875 EI \end{aligned} \quad (1.29)$$



Rys. 1.27. Momenty zginające na układzie podstawowym oraz wirtualne przemieszczenie więzu nr 3

Na podstawie warunków równowagi węzłów wyznaczam wartości  $r_{1\Delta}$  i  $r_{2\Delta}$

$$\begin{aligned} r_{1\Delta} &= -0,00725 EI \\ r_{2\Delta} &= 0,013125 EI \end{aligned} \quad (1.30)$$

Zgodnie z zasadą pracy wirtualnej przy wirtualnym stanie przemieszczenia można zapisać:

$$\begin{aligned} r_{3\Delta} \cdot \bar{1} + 0,008 \cdot 2 \cdot \frac{\bar{1}}{4} + 0,01125 \cdot \frac{\bar{3}}{16} + 0,001875 \cdot \frac{\bar{1}}{4} &= 0 \\ r_{3\Delta} &= -0,0086875 EI \end{aligned} \quad (1.31)$$

Znając wartości współczynników  $r_{i\Delta}$  można obliczyć wartości niewiadomych przemieszczeń (macierz sztywności pozostaje taka sama jak w poprzedniej części zadania):

$$\begin{bmatrix} 1,8 EI & 0,5 EI & -0,01875 EI \\ 0,5 EI & 3,2525 EI & 0,09375 EI \\ -0,01875 EI & 0,09375 EI & 0,41345 EI \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} -0,00725 EI \\ 0,013125 EI \\ -0,0086875 EI \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (1.32)$$

Po rozwiązaniu układu otrzymano:

$$\begin{aligned} z_1 = \varphi_1 &= 0,00581 [rad] \\ z_1 = \varphi_2 &= -0,0058 [rad] \\ z_3 = u_3 &= 0,02254 [m] \end{aligned} \quad (1.33)$$

Znając wartości przemieszczeń można obliczyć wartości momentów przywęzłowych korzystając z zależności:

$$M_{ik} = M_{ik}^{0\Delta} + M_{ik}^{(1)} \varphi_1 + M_{ik}^{(2)} \varphi_2 + M_{ik}^{(3)} u_3 \quad (1.34)$$

Podstawiając odpowiednie wartości otrzymano:

$$\begin{aligned} M_{01}^{\Delta} &= 0,003563 EI \\ M_{10}^{\Delta} &= 0,001888 EI \\ M_{12}^{\Delta} &= -0,001888 EI \\ M_{21}^{\Delta} &= -0,007583 EI \\ M_{23}^{\Delta} &= 0,014132 EI \\ M_{24}^{\Delta} &= -0,006535 EI \\ M_{53}^{\Delta} &= 0,007513 EI \end{aligned} \quad (1.35)$$

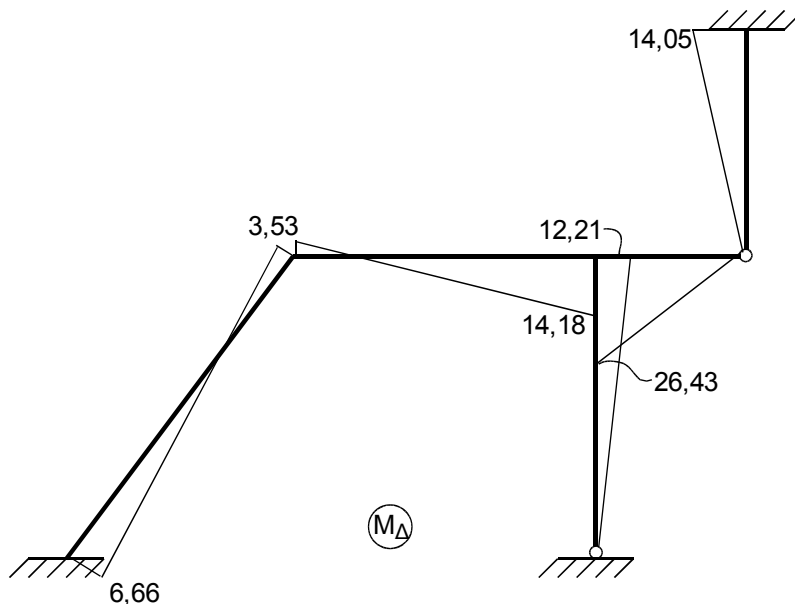
Do dalszych obliczeń przyjęto przekrój I 160

$$\begin{aligned} I &= 935 [cm^4] \\ W &= 117 [cm^3] \\ E &= 200 [GPa] \\ EI &= 1870 [kNm^2] \end{aligned} \quad (1.36)$$

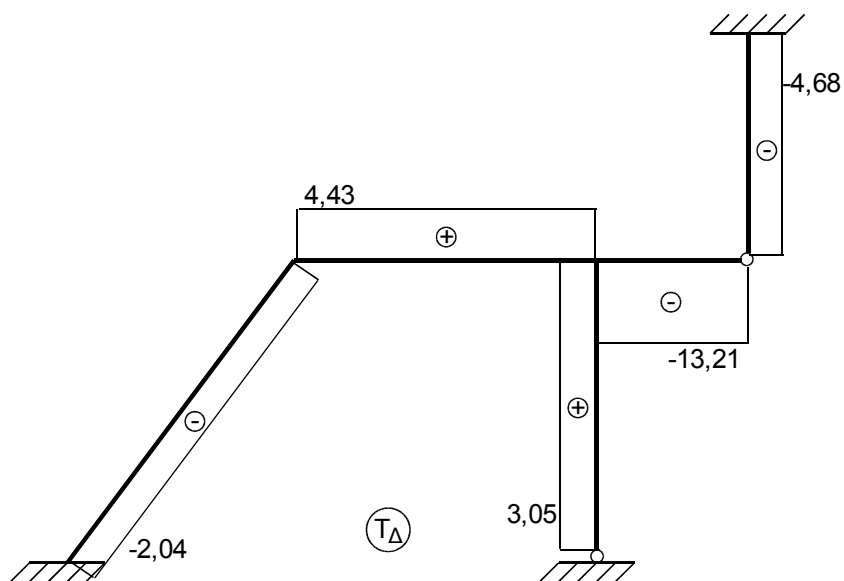
Otrzymano następujące wartości momentów [kNm]

$$\begin{aligned} M_{01}^{\Delta} &= 6,66 \\ M_{10}^{\Delta} &= 3,53 \\ M_{12}^{\Delta} &= -3,53 \\ M_{21}^{\Delta} &= -14,18 \\ M_{23}^{\Delta} &= 26,43 \\ M_{24}^{\Delta} &= -12,22 \\ M_{53}^{\Delta} &= 14,05 \end{aligned} \quad (1.37)$$

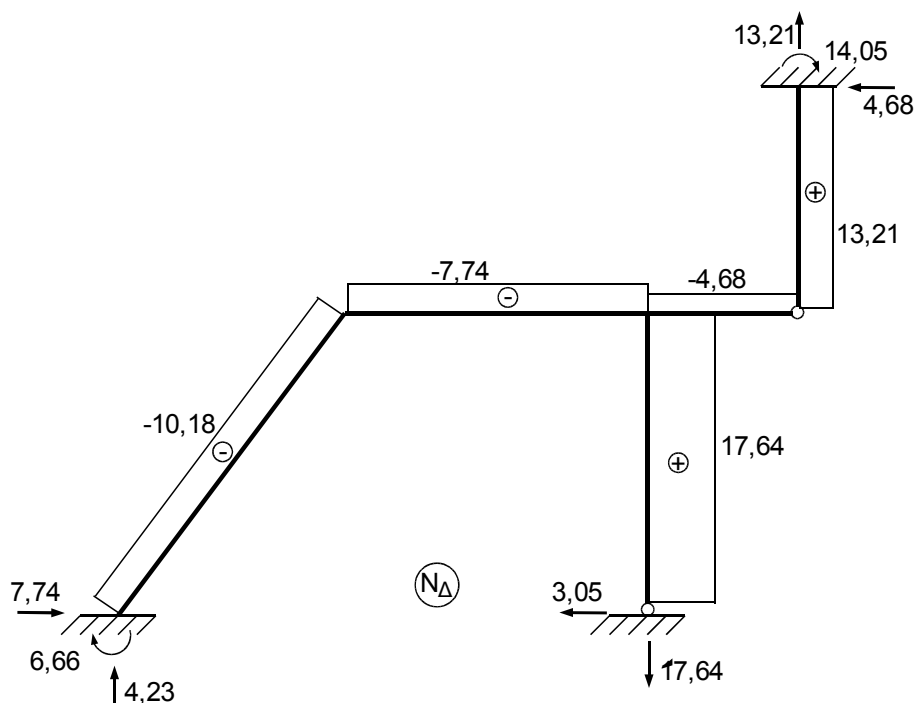
Postępując podobnie jak w pierwszej części projektu wyznaczono wartości sił tnących (równowaga prętów) i sił normalnych (równowaga węzłów). Otrzymano następujące wyniki:



Rys. 1.28. Wykres rzeczywistych momentów zginających [kNm]



Rys. 1.29. Wykres rzeczywistych sił tnących [kN]



Rys. 1.30. Wykres rzeczywistych sił normalnych i reakcji [kN, kNm]

Kontrola statyczna:

$$\sum X = 7,74 - 3,05 - 4,68 = 0,1 \approx 0$$

$$\sum Y = 4,23 - 17,64 + 13,21 = 0,2 \approx 0$$

$$\sum M^0 = -6,66 + 17,64 \cdot 7 - 4,68 \cdot 7 - 13,21 \cdot 9 + 14,05 = 0,75 \approx 0$$

(1.38)