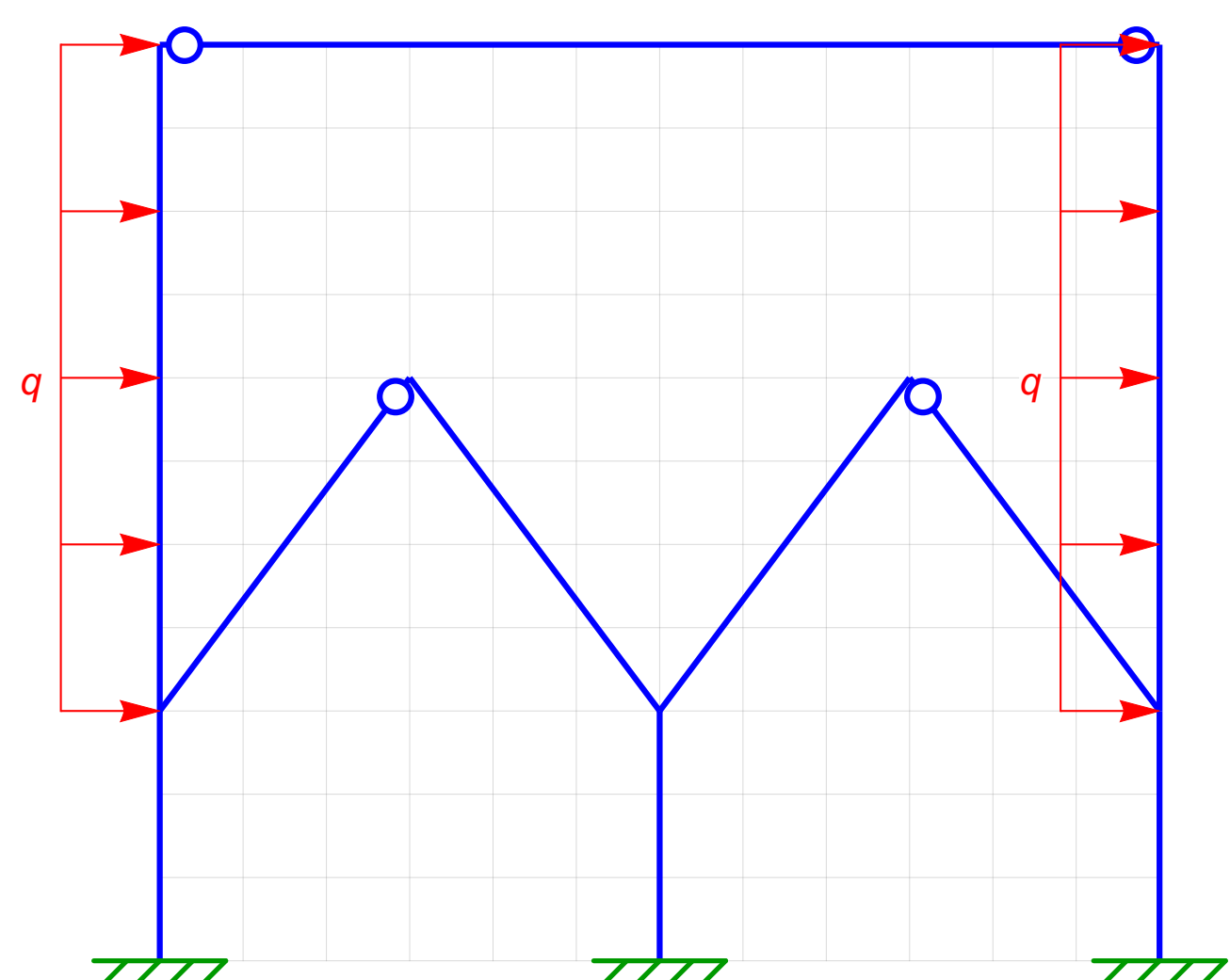
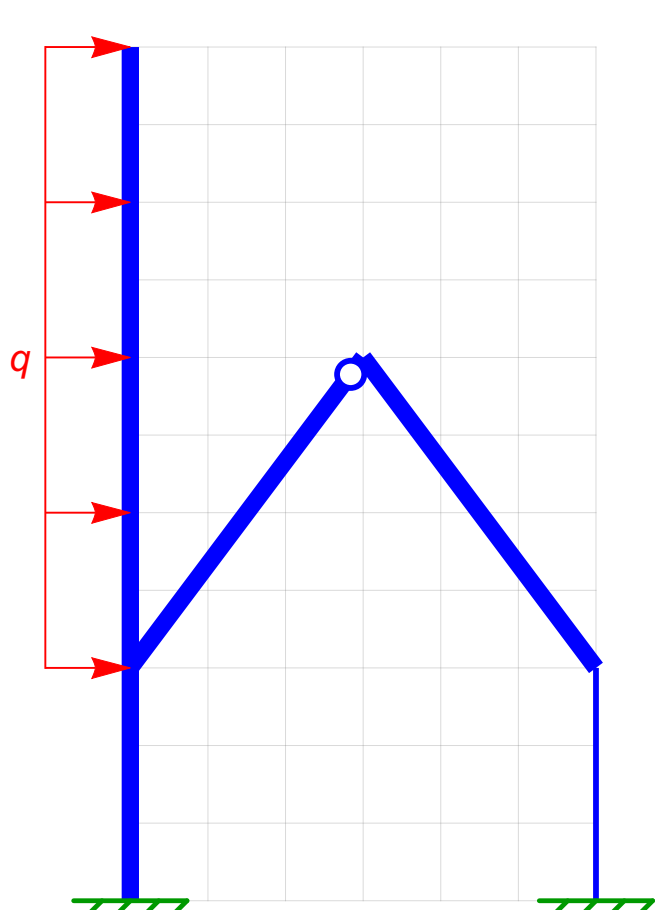


Koło 1.2 wtorek RA. 2017/18 - narysować wykres momentów zginających w ramie jak niżej:



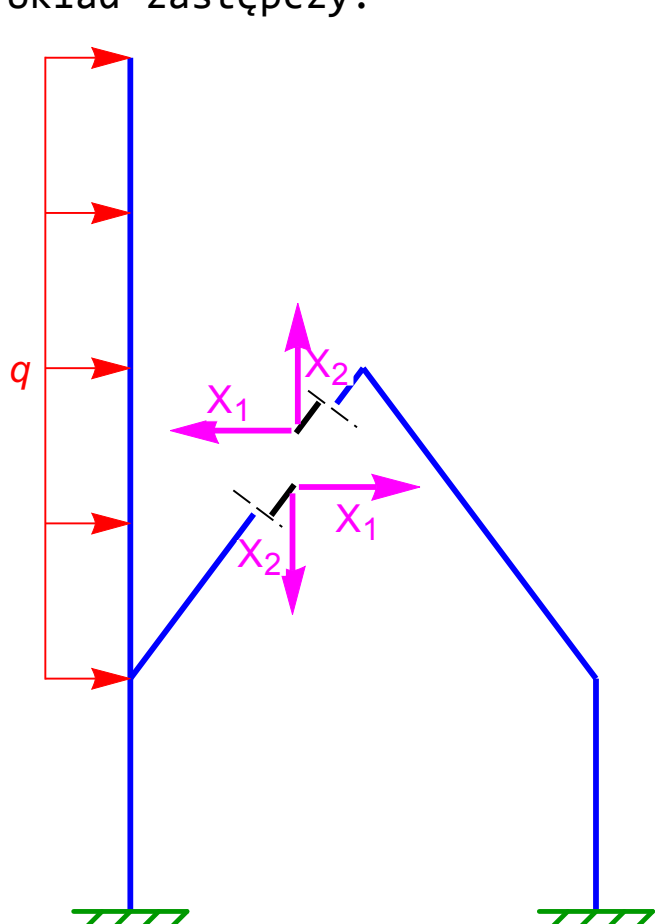
Schemat połówkowy (pręt kratowy usunięty jako 'niepracujący'):

Geometria oraz obciążenia konstrukcji (wymiar oczka siatki - 1, EA = ∞, linia cienka - 1/2 EJ):



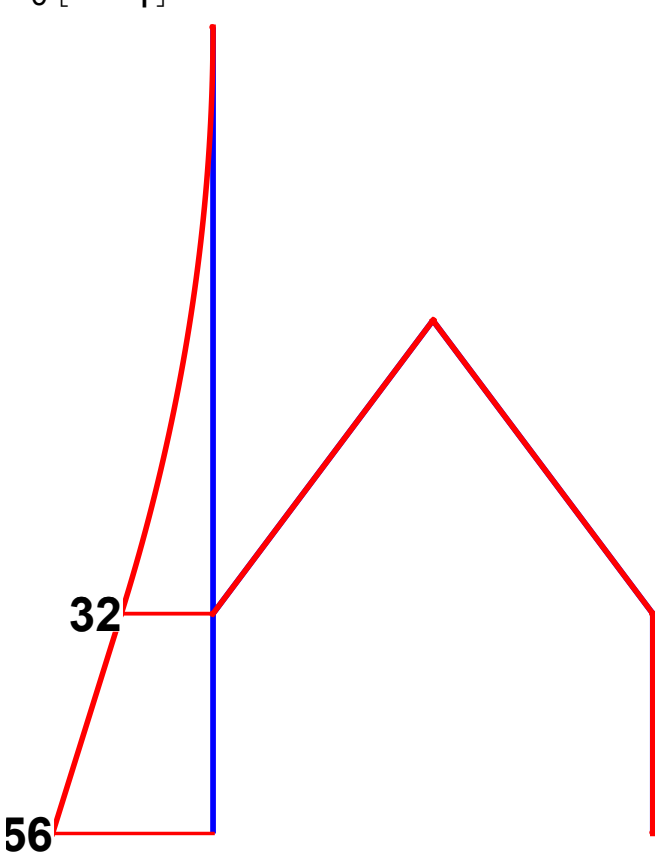
Konstrukcja jest 2 krotnie statycznie niewyznaczalna.

Układ zastępczy:



Wykresy sił wewnętrznych od obciążenia zewnętrznego w układzie zastępczym:

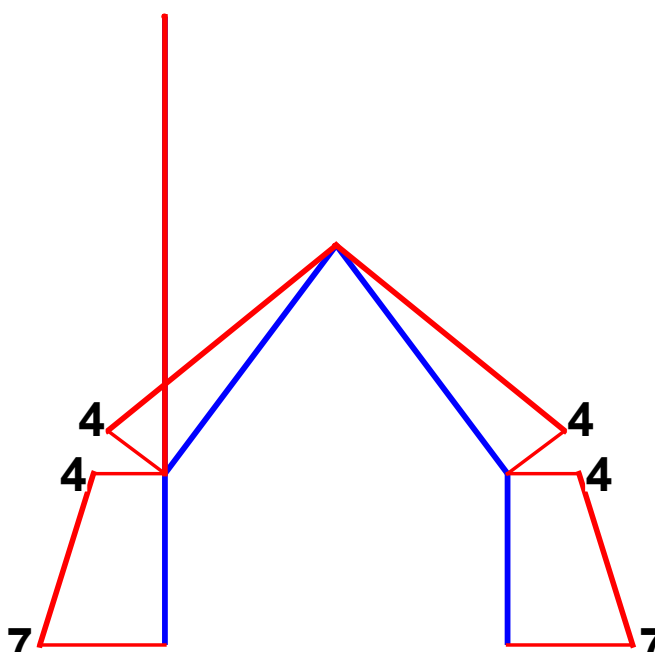
$M_0 [l^2 q]$:



Wykresy sił wewnętrznych od jednostkowych sił nadliczbowych:

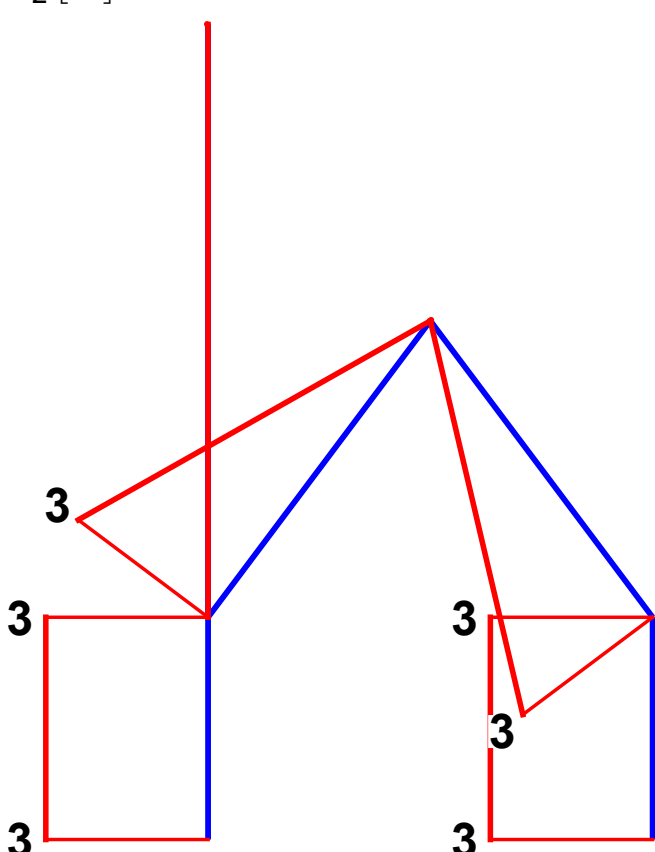
- od siły $X_1 = 1$:

$M_1 [l]$:



- od siły $X_2 = 1$:

$M_2 [l]$:



Przemieszczenia od obciążenia statycznego:

$$\delta_{10} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 56l^2 q \cdot 3l \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 7l + \frac{1}{3} \cdot 4l \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 32l^2 q \cdot 3l \right) \left(\frac{1}{3} \cdot 7l + \frac{2}{3} \cdot 4l \right) \right] = 744.000 \frac{l^4 q}{EJ}$$

$$\delta_{20} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 56l^2 q \cdot 3l \right) (3l) + \left(\frac{1}{2} \cdot 32l^2 q \cdot 3l \right) (3l) \right] = 396.000 \frac{l^4 q}{EJ}$$

Przemieszczenia od jednostkowych sił nadliczbowych:

$$\delta_{11} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 7l \cdot 3l \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 7l + \frac{1}{3} \cdot 4l \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 4l \cdot 3l \right) \left(\frac{1}{3} \cdot 7l + \frac{2}{3} \cdot 4l \right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 4l \cdot 5l \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 4l \right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 4l \cdot 5l \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 4l \right) \right] + \frac{2}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 7l \cdot 3l \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 7l + \frac{1}{3} \cdot 4l \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 4l \cdot 3l \right) \left(\frac{1}{3} \cdot 7l + \frac{2}{3} \cdot 4l \right) \right] = 332.333 \frac{l^3}{EJ}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 7l \cdot 3l \right) (3l) + \left(\frac{1}{2} \cdot 4l \cdot 3l \right) (3l) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 4l \cdot 5l \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 3l \right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 4l \cdot 5l \right) \left(\frac{2}{3} \cdot (-3l) \right) \right] + \frac{2}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 7l \cdot 3l \right) (-3l) + \left(\frac{1}{2} \cdot 4l \cdot 3l \right) (-3l) \right] = -49.500 \frac{l^3}{EJ}$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{EJ} \left[(3l \cdot 3l) (3l) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 3l \cdot 5l \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 3l \right) \right] + \frac{1}{EJ} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 3l \cdot 5l \right) \left(\frac{2}{3} \cdot 3l \right) \right] + \frac{2}{EJ} \left[(3l \cdot 3l) (3l) \right] = 111.000 \frac{l^3}{EJ}$$

Równania nierozdzielności:

$$\begin{pmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \delta_{10} \\ \delta_{20} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

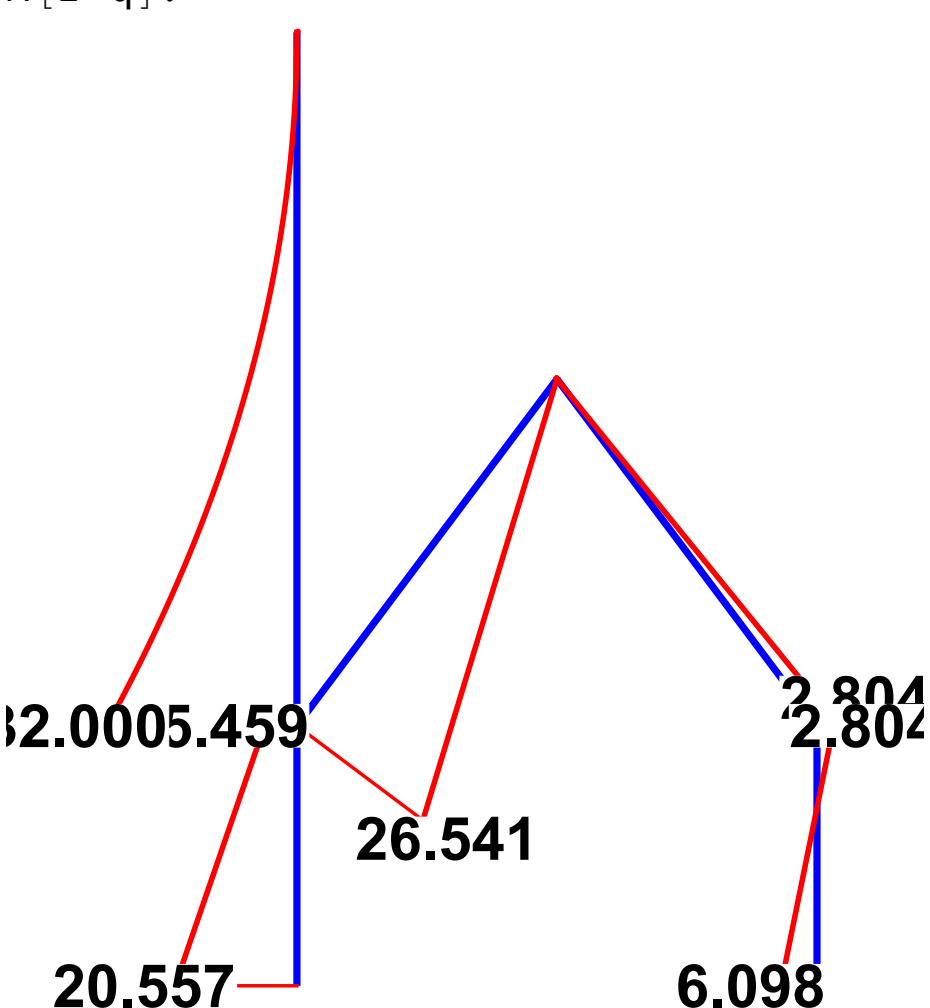
$$\begin{pmatrix} \frac{332.333 l^3}{EJ} & -\frac{49.500 l^3}{EJ} \\ -\frac{49.500 l^3}{EJ} & \frac{111.000 l^3}{EJ} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{744.000 l^4 q}{EJ} \\ \frac{396.000 l^4 q}{EJ} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Rozwiązanie metody sił:

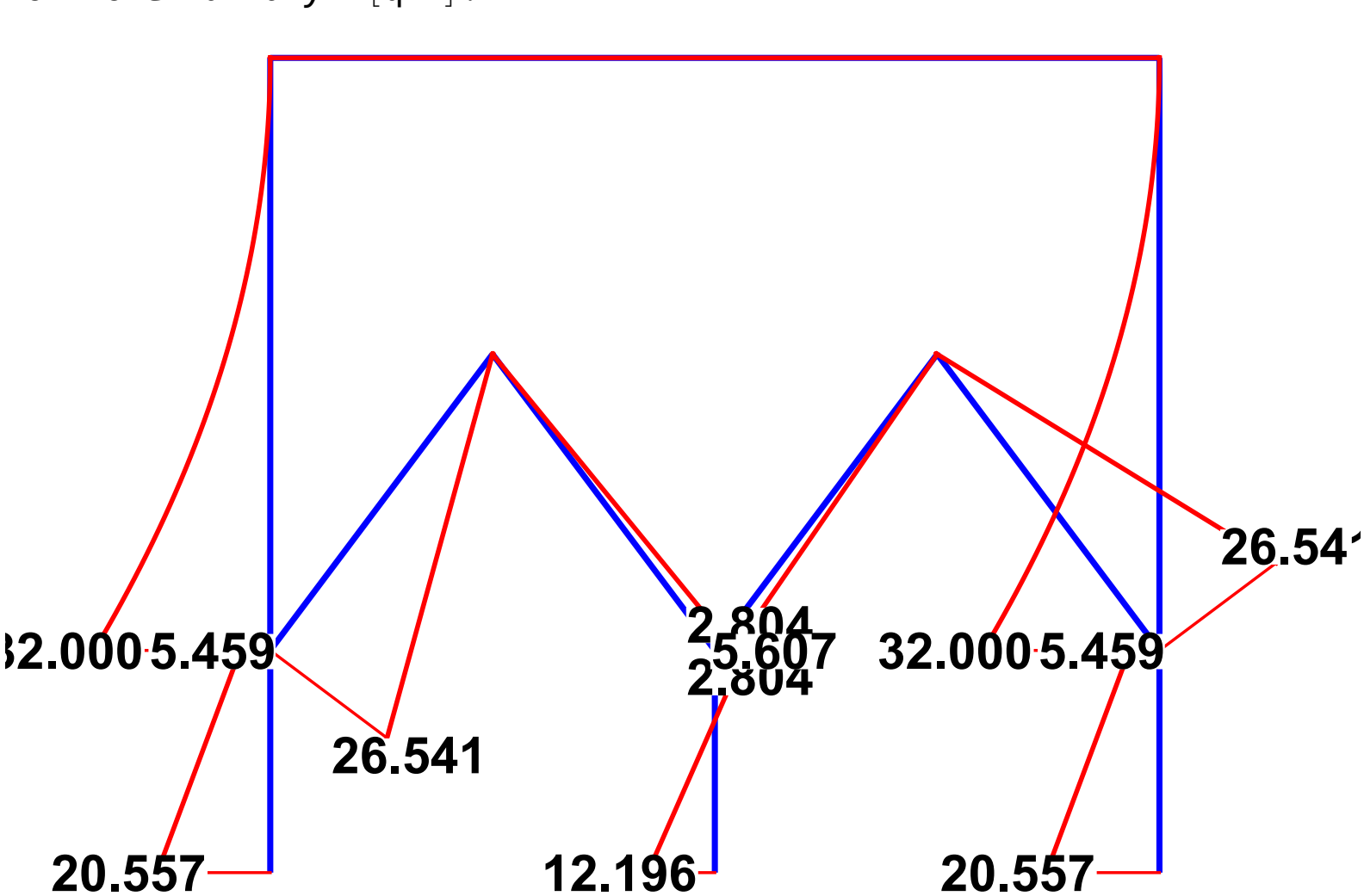
$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2.967 l q \\ -4.891 l q \end{pmatrix}$$

Wykresy sił wewnętrznych:

$M [l^2 q]$:



Po złożeniu ramy $M [ql^2]$:



Zadanie przygotował Karol Bołbotowski.