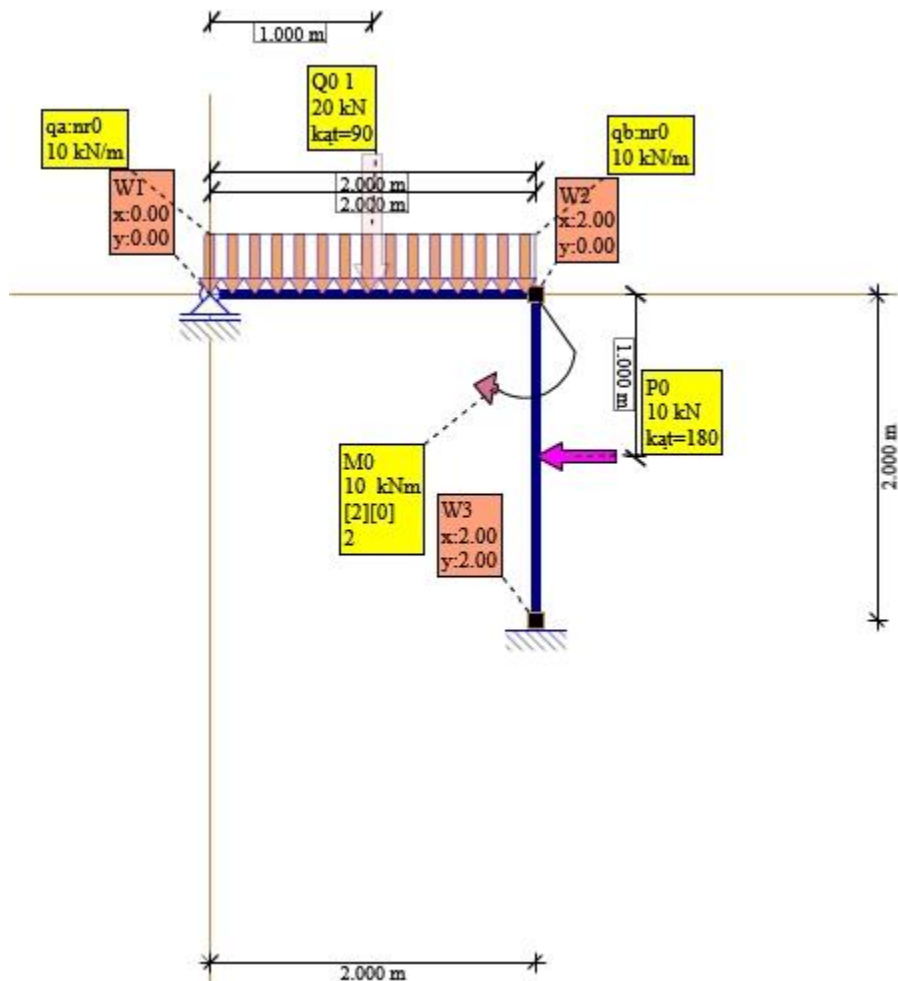




1. Silos

Dla danego układu wyznaczyć MTN metodą sił



Rys. Schemat układu

Przyjęto przekrój podstawowy: $I = 3060[\text{cm}^4]$ $E = 205[\text{GPa}]$

Globalne $EI = 6273[\text{kNm}^2]$

Globalne $EA = 809750[\text{kN}]$

2. Ustalenie stopnia statycznej niewyznaczalności układu SSN

Liczba tarcz: $T = 1$

Więzi podporowe: $P = 4$

Przeguby sprowadzone: węzłowe $R_0 = 0$, dołączone $R_1 = 0$

Pola zamknięte sprowadzone: $P_z = 3 \cdot (0 - 1) = -3$

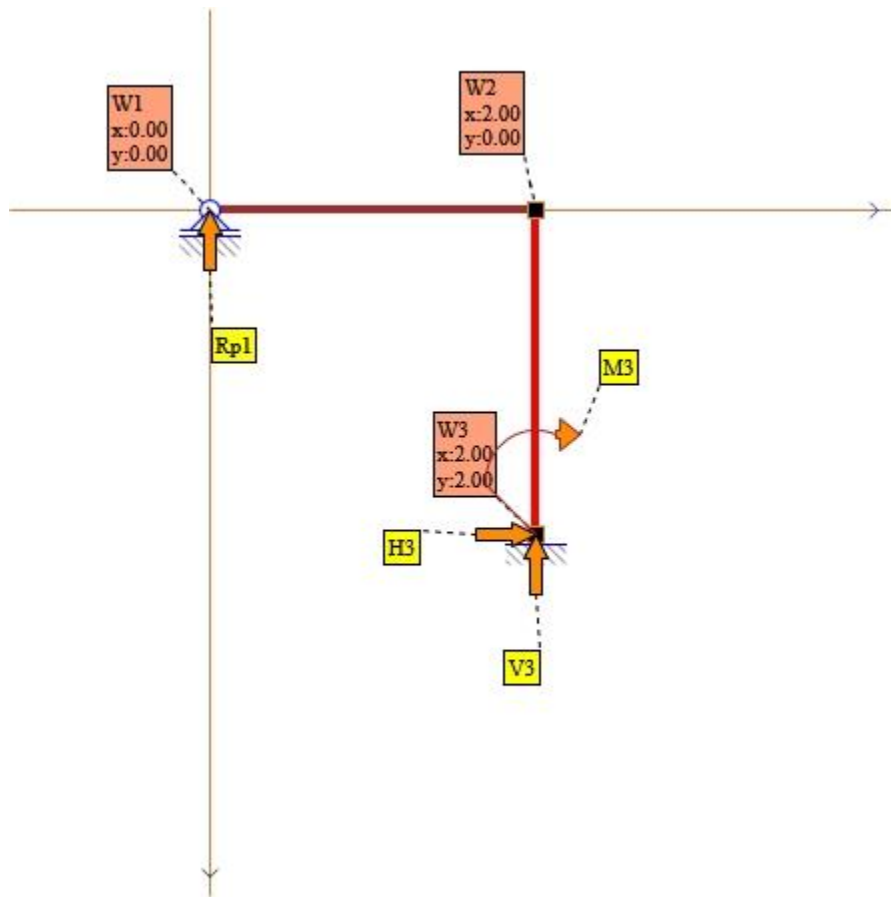
Połączenie wewnętrzne teleskopowe typu łyżwa: $Stl = 0$



Połączenie wewnętrzne teleskopowe typu tuleja: $Stt=0$

Wzór ogólny $SSN=-P+R0+R1+Stt+Stt-Pz$

$SSN=-4+0+0+0+0-(-3)=-1$ nadliczbowe 1



Rys. Reakcje układu do policzenia

Współrzędne węzłów:

węzeł 1 $x=[0.000][m]$, $y=[0.000][m]$

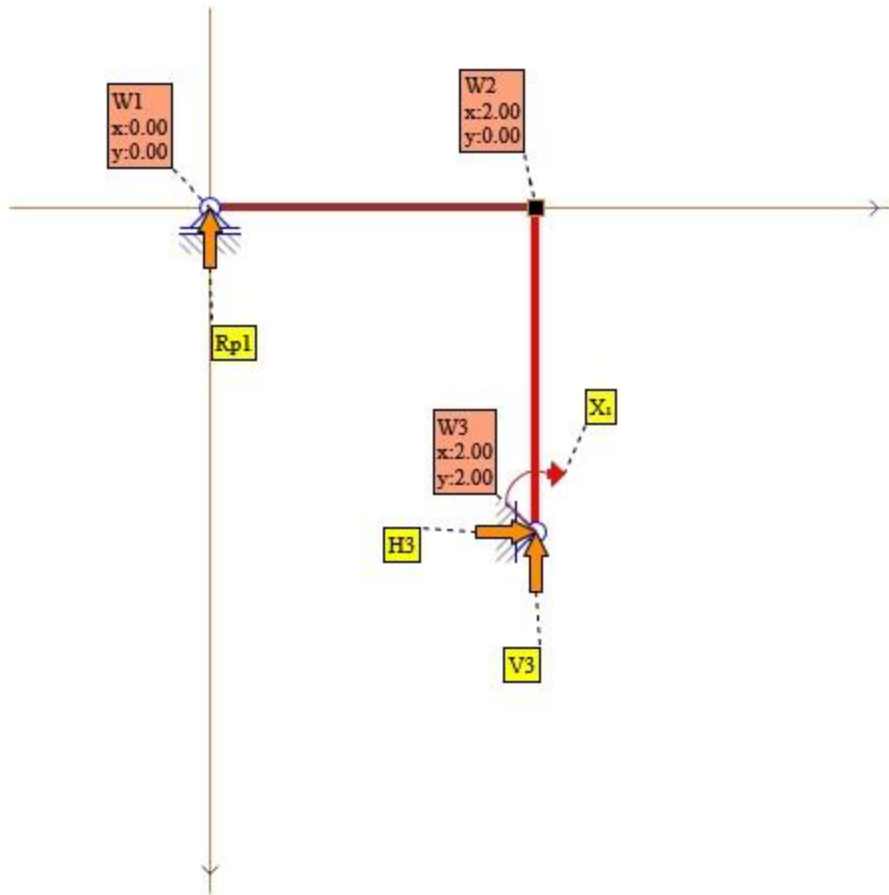
węzeł 2 $x=[2.000][m]$, $y=[0.000][m]$

węzeł 3 $x=[2.000][m]$, $y=[2.000][m]$

3. Przyjęcie układu podstawowego

Aby dany układ był statycznie wyznaczalny należy zastąpić 1 nieznane nadliczbowe siłami zastępczymi X

Powstały układ podstawowy musi jednak spełniać warunek geometrycznej niezmienności



Rys. Układ podstawowy metody sił

Układ równań metody sił dla układu podstawowego

$$[\delta_{1-1}] \cdot [X_1] + [\Delta_{1P}] = [0]$$

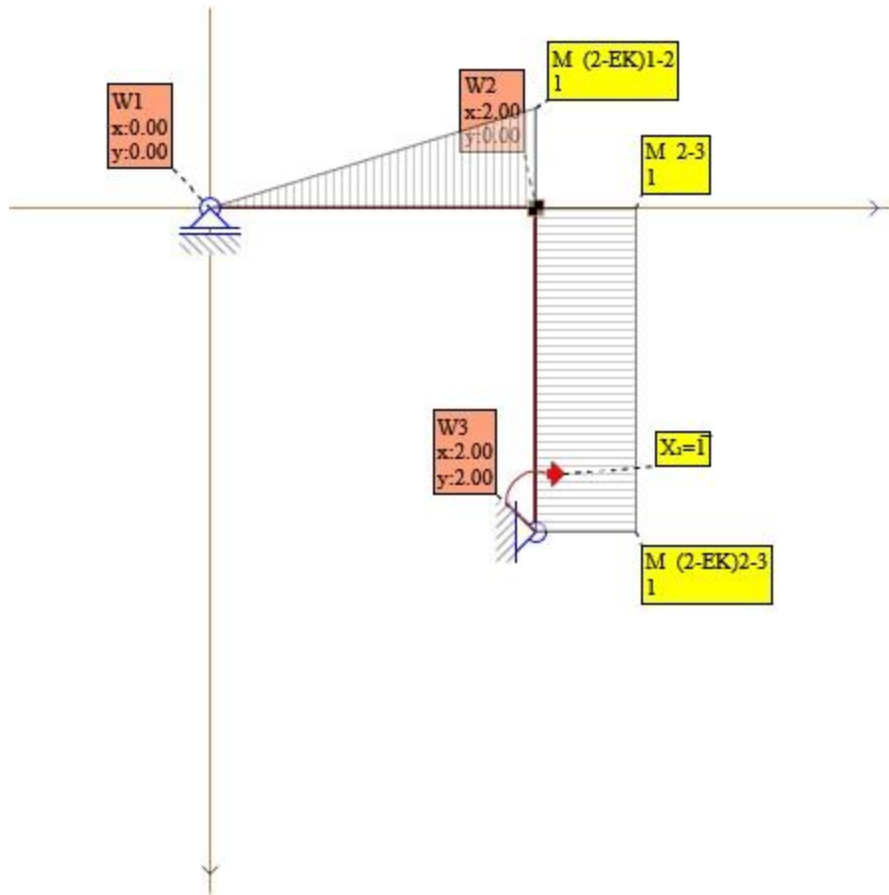
4. Obliczenie układu podstawowego dla X1

Działa tylko X1.

Sprawdzono poprawność obliczeń dla schematu statycznego.

Pręt 1-2 $M_{ik}=0$, $M_{ki}=1$

Pręt 2-3 $M_{ik}=(-1)$, $M_{ki}=1$



Rys. Momenty dla X1

5. Obliczenie współczynników macierzy sztywności

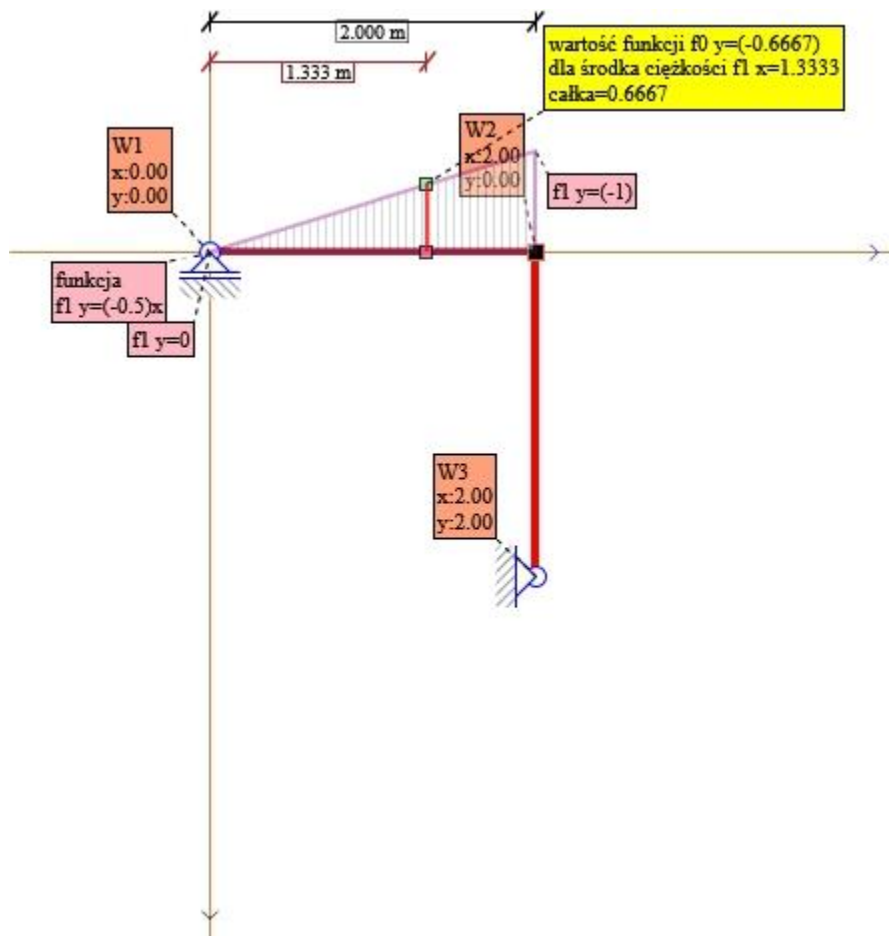
Dla prętów o osiach prostych i stałym EI, EA, GA do obliczania współczynników można stosować: wzór Mohra (Wereszczagina), wzór trapezów, wzór Simpsona lub inne. Gotowe wzory Wereszczagina czy wzór Simpsona można stosować dla przypadków z ograniczeniami. Najbardziej uniwersalnym i bez ograniczeń jest wzór Mohra z wersją całkowania przebiegu funkcji wykresu. Określenie przebiegu funkcji wykresu przy znanym obciążeniu nie jest problemem. Środek ciężkości i pole obliczymy wtedy poprzez całkowanie. Mając Pole wykresu, środek ciężkości i funkcje przebiegu wykresu bezproblemowo zastosujemy: $\int F(x) f(x) dx = \Omega F(x_c)$, ΩF - pole wykresu funkcji $F(x)$ w przedziale całkowania, $f(x_c)$ - wartość funkcji $f(x)$ w punkcie x_c , w którym znajduje się środek ciężkości funkcji $F(x)$.

$$x_c = \frac{S_y}{A} = \frac{\int_p^k f(x) \cdot x dx}{\int_p^k f(x) dx}$$

Gdzie: S_y - moment statyczny względem osi Y, A - pole powierzchni wykresu z osią OX



6. Obliczenie współczynników X



Rys. Składnik nr1 X1 X1

$$p=0 \quad k=2$$

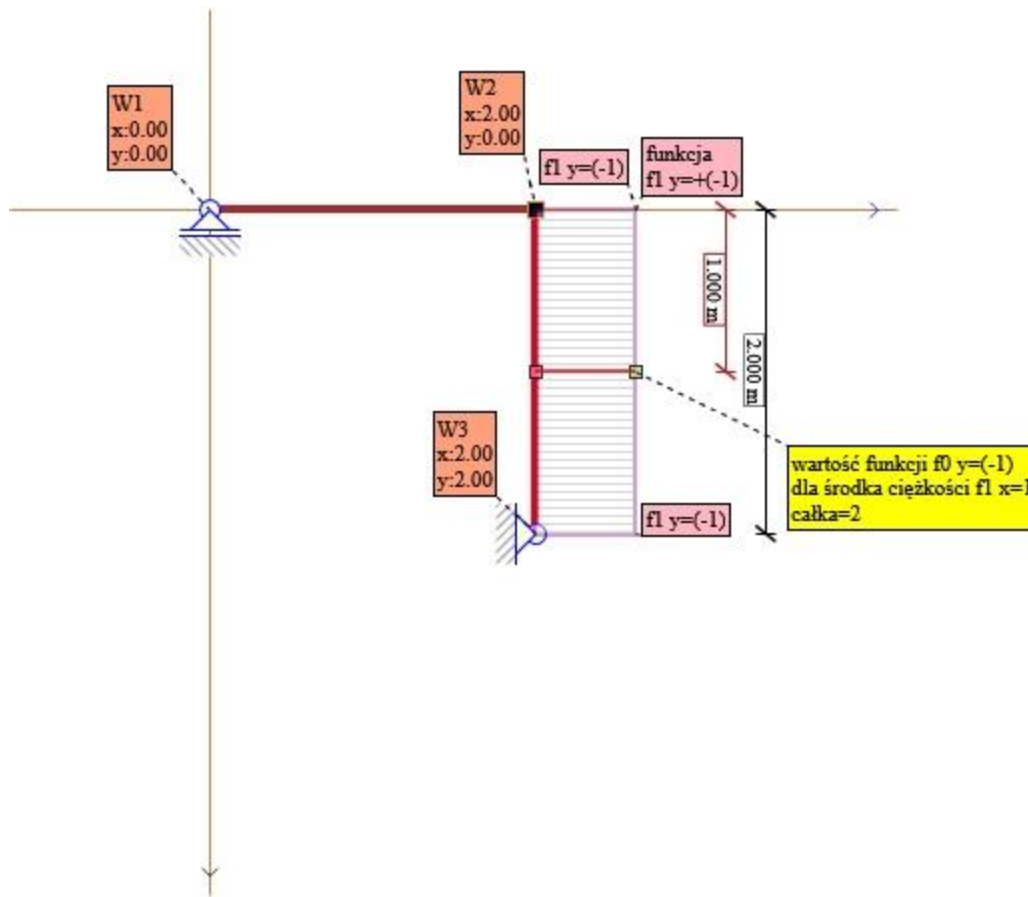
$$x_c = \frac{\int_p^k f_1(x) \cdot x dx}{\int_p^k f_1(x) dx} = \frac{\int_p^k ((-0.5)x) \cdot x dx}{\int_p^k ((-0.5)x) dx} =$$

$$x_c = \frac{+(-1.33333)}{+(-1)} =$$

$$x_c = \frac{(-1.33333)}{(-1)} = \frac{(-1.33333)}{(-1)} = 1.3333$$

$$f_0 = +(-0.5) \cdot x = +(-0.5) \cdot 1.3333 = (-0.6667)$$

$$\delta = \frac{\text{Pole } f_1 \cdot \text{wartosc } f_0(x_c)}{1 \cdot EI} = \frac{(-1) \cdot (-0.6667)}{1} \cdot \frac{1}{EI} = 0.6666 \cdot \frac{1}{EI \text{ kNm}}$$



Rys. Składnik nr2 X1 X1

$$p=0 \quad k=2$$

$$x_c = \frac{\int_p^k f1(x) \cdot x dx}{\int_p^k f1(x) dx} = \frac{\int_p^k (+(-1)) \cdot x dx}{\int_p^k (+(-1)) dx} =$$

$$x_c = \frac{+(-2)}{+(-2)} =$$

$$x_c = \frac{(-2)}{(-2)} = \frac{(-2)}{(-2)} = 1$$

$$f0 = +(-1) = (-1)$$

$$\delta = \frac{\text{Pole } f1 \cdot \text{wartosc } f0(x_c)}{1 \cdot EI} = \frac{(-2) \cdot (-1)}{1} \cdot \frac{1}{EI} = 2 \cdot \frac{1}{EI} \frac{1}{kN}$$

7. Współczynniki Macierzy Szywności

Składnik M nadliczbowa

$$\delta_{1-1} = 0.6666 + 2 = 2.6666 \frac{1}{EI} \frac{m}{kN}$$



Macierz sztywności bez podzielenia przez EI, EA, GA

[0.0004251]

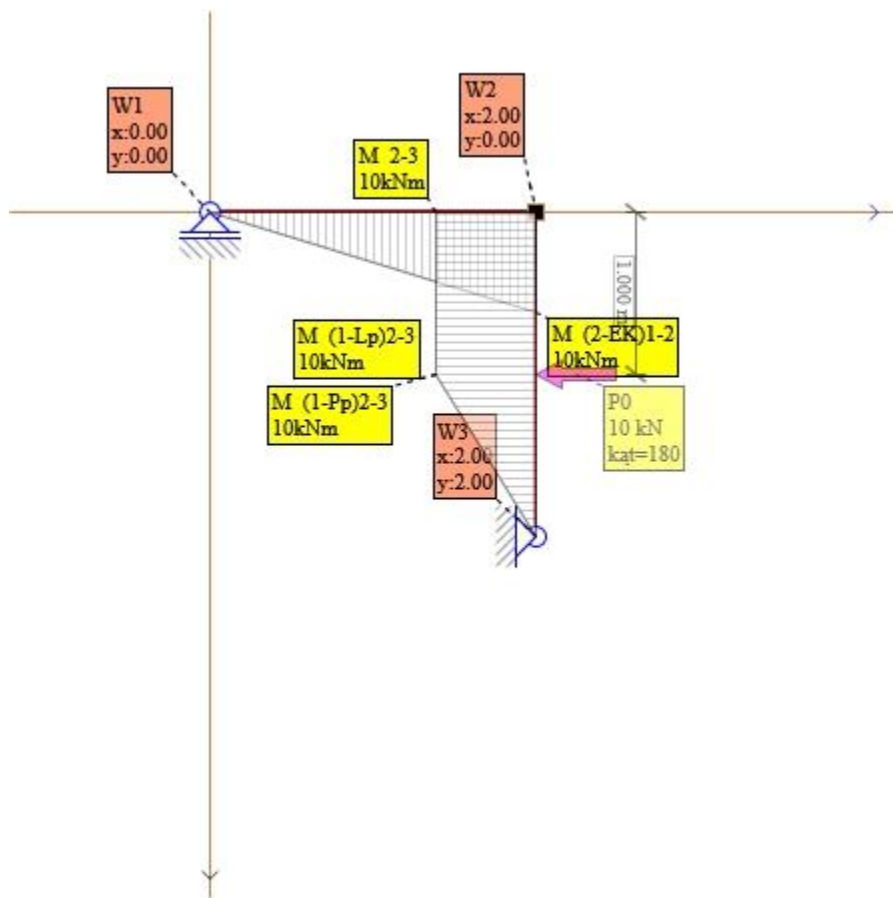
8. Obliczenie układu podstawowego dla Stan P

W celu ułatwienia całkowania układ obciążamy kolejno poszczególnymi obciążeniami stanu P

.....
działa tylko P0, sprawdzono poprawność obliczeń dla schematu statycznego

Pręt 1-2 $M_{ik}=0$, $M_{ki}=(-10)$ kNm

Pręt 2-3 $M_{ik}=10$, $M_{ki}=0$ kNm

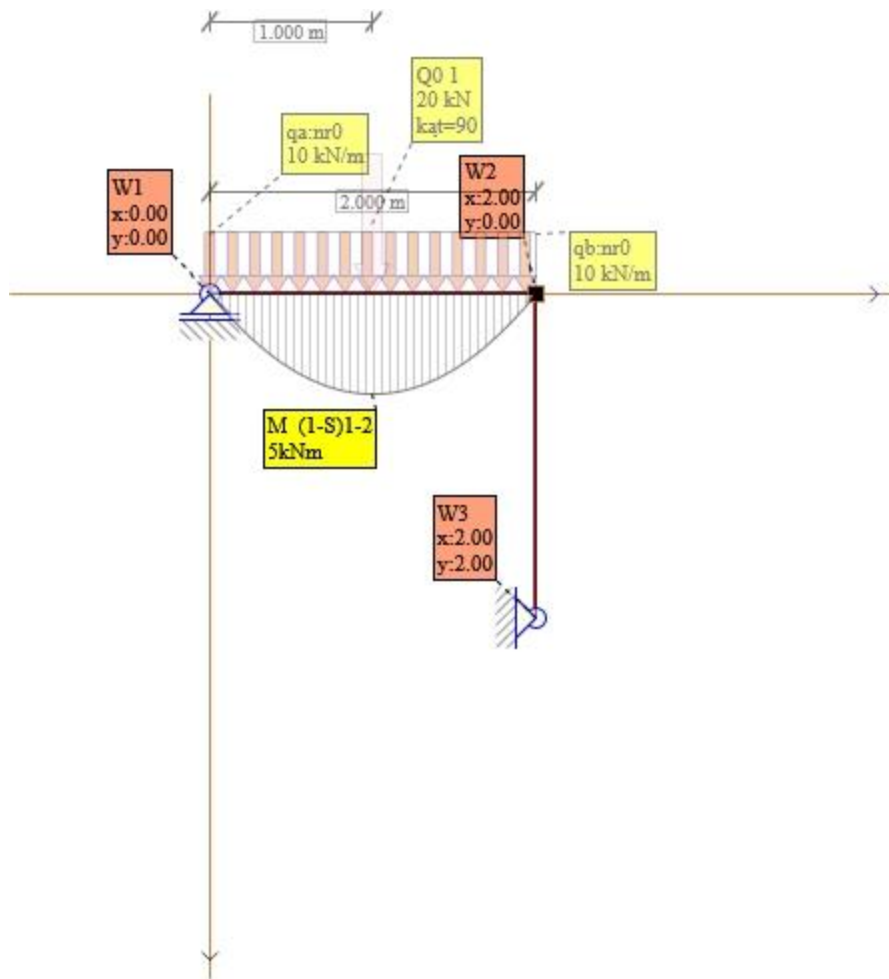


Rys. Momenty dla P0

działa tylko q0, sprawdzono poprawność obliczeń dla schematu statycznego

Pręt 1-2 $M_{ik}=0$, $M_{ki}=0$ kNm

Pręt 2-3 $M_{ik}=0$, $M_{ki}=0$ kNm

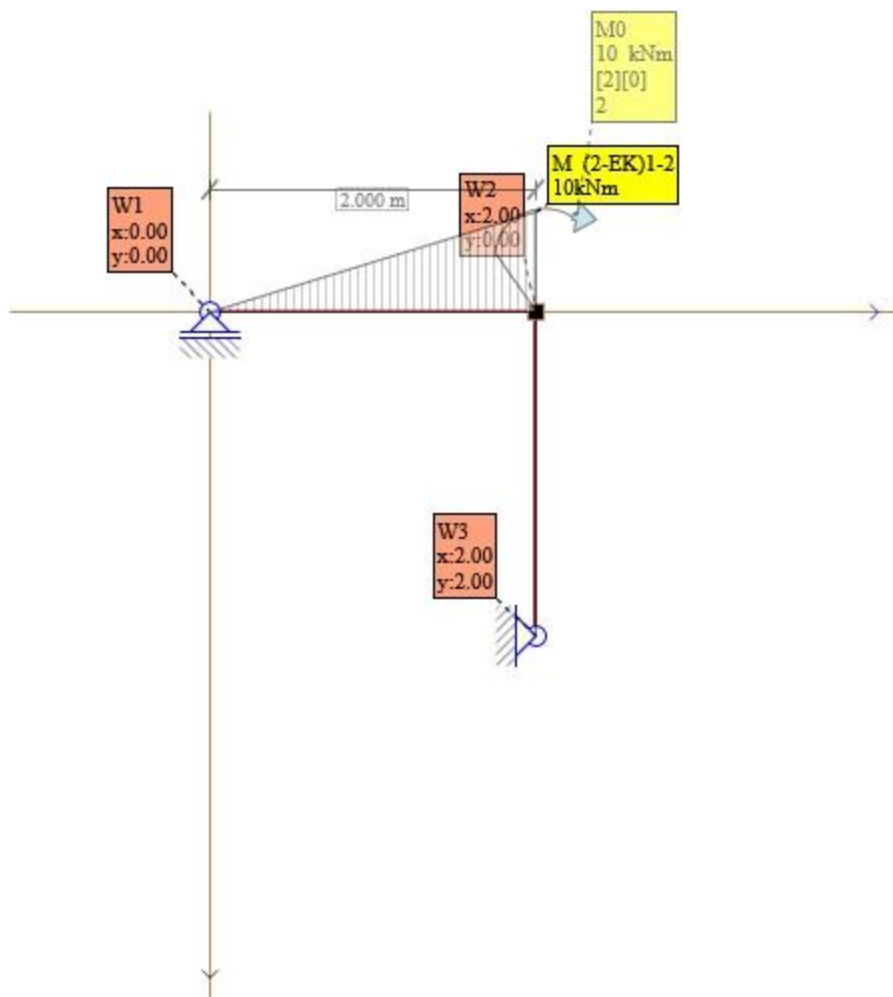


Rys. Momenty dla q_0

działa tylko M_0 , sprawdzono poprawność obliczeń dla schematu statycznego

Pręt 1-2 $M_{ik}=0$, $M_{ki}=10$ kNm

Pręt 2-3 $M_{ik}=0$, $M_{ki}=0$ kNm

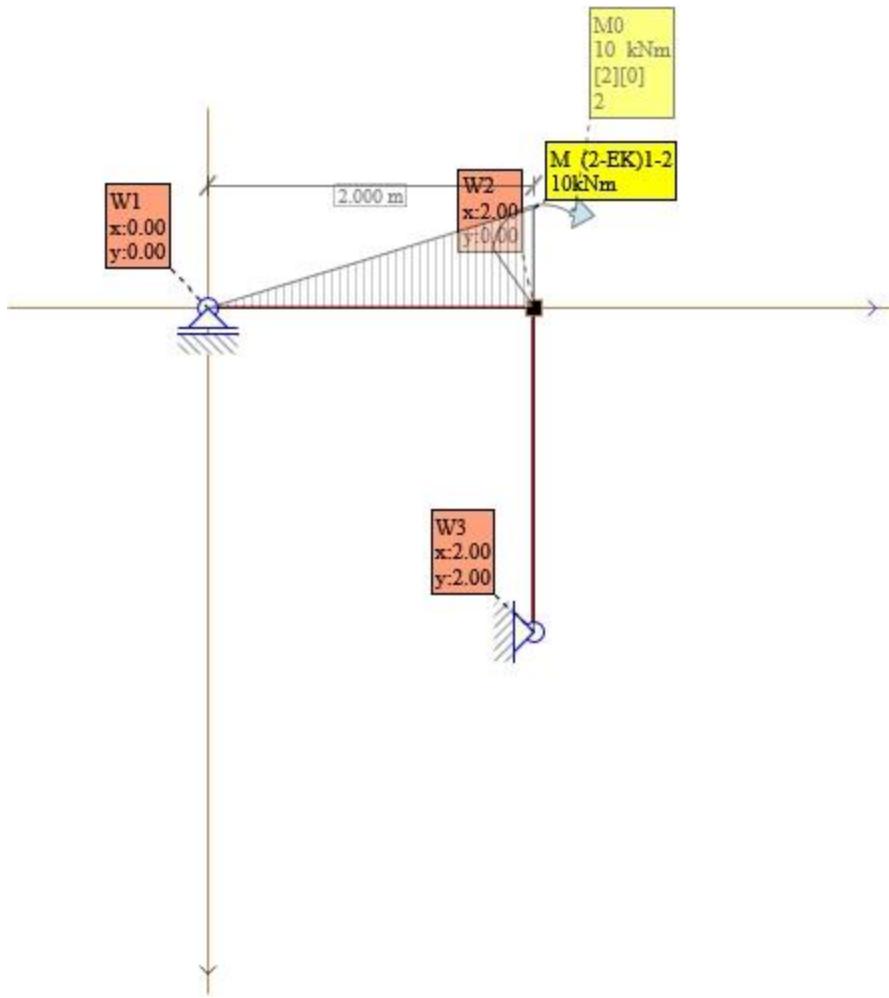


Rys. Momenty dla M0

działa tylko SilosAll, sprawdzono poprawność obliczeń dla schematu statycznego

Pręt 1-2 $M_{ik}=0$, $M_{ki}=6.875$ kNm

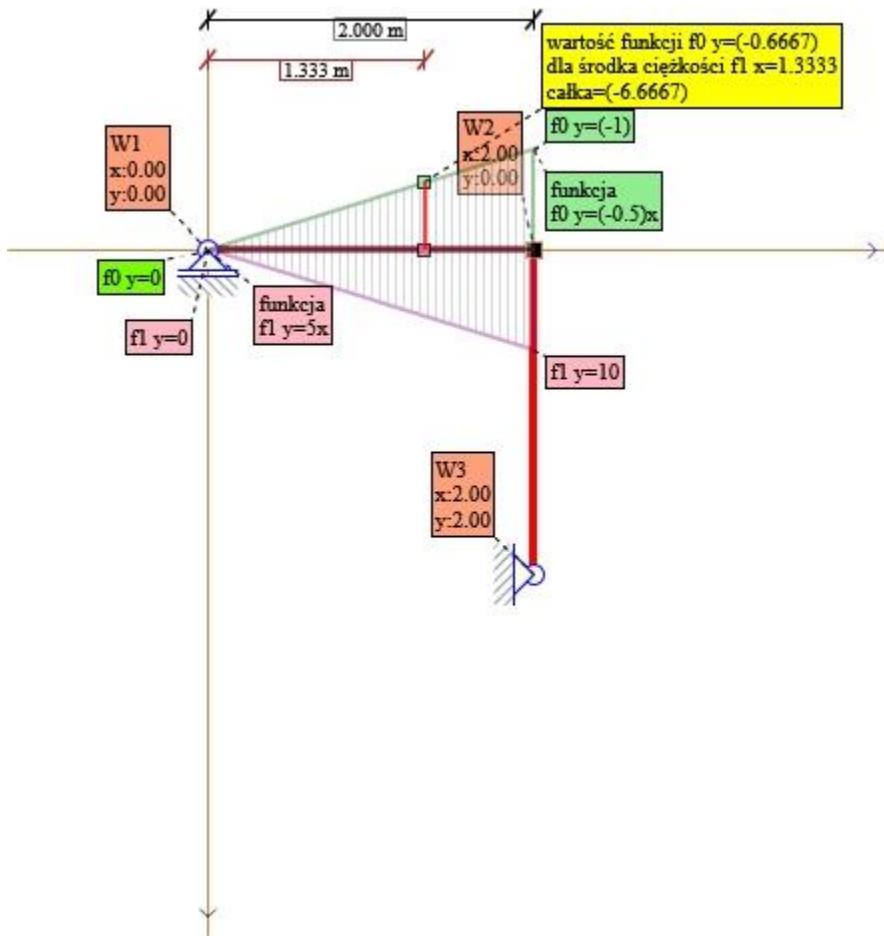
Pręt 2-3 $M_{ik}=3.125$, $M_{ki}=6.875$ kNm



Rys. Momenty dla SilosAll



9. Obliczenie współczynników obciążenia



Rys. Składnik nr3 X1 P0

$$p=0 \quad k=2$$

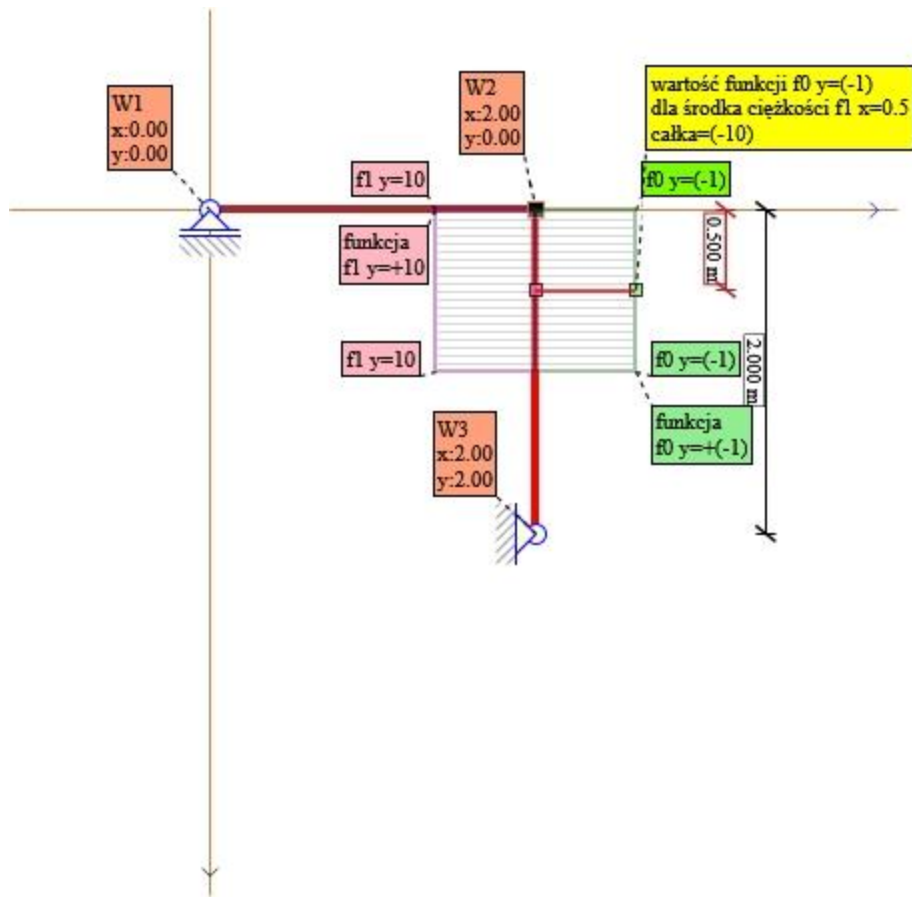
$$x_c = \frac{\int_p^k f1(x) \cdot x dx}{\int_p^k f1(x) dx} = \frac{\int_p^k (5x) \cdot x dx}{\int_p^k (5x) dx} =$$

$$x_c = \frac{+13.33333}{+10} =$$

$$x_c = \frac{13.33333}{10} = \frac{13.3333}{10} = 1.3333$$

$$f0 = +(-0.5) \cdot x = +(-0.5) \cdot 1.3333 = (-0.6667)$$

$$\delta = \frac{\text{Pole } f1 \cdot \text{wartosc } f0(x_c)}{1 \cdot EI} = \frac{10 \cdot (-0.6667)}{1} \cdot \frac{1}{EI} = (-6.6666) \cdot \frac{1}{EI}$$



Rys. Składnik nr4 X1 P0

$$p=0 \quad k=1$$

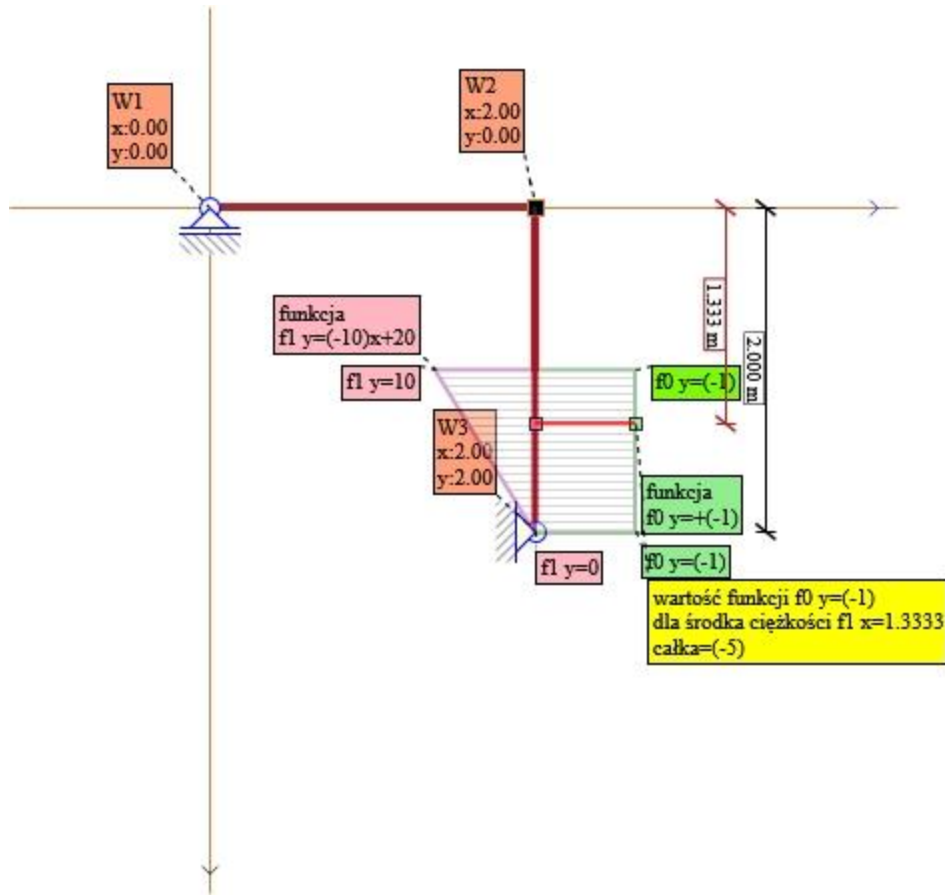
$$x_c = \frac{\int_p^k f1(x) \cdot x dx}{\int_p^k f1(x) dx} = \frac{\int_p^k (+10) \cdot x dx}{\int_p^k (+10) dx} =$$

$$x_c = \frac{+5}{+10} =$$

$$x_c = \frac{5}{10} = \frac{5}{10} = 0.5$$

$$f0 = +(-1) = (-1)$$

$$\delta = \frac{\text{Pole } f1 \cdot \text{wartosc } f0(x_c)}{1 \cdot EI} = \frac{10 \cdot (-1)}{1} \cdot \frac{1}{EI} = (-10) \cdot \frac{1}{EI}$$



Rys. Składnik nr5 X1 P0

$$p=1 \quad k=2$$

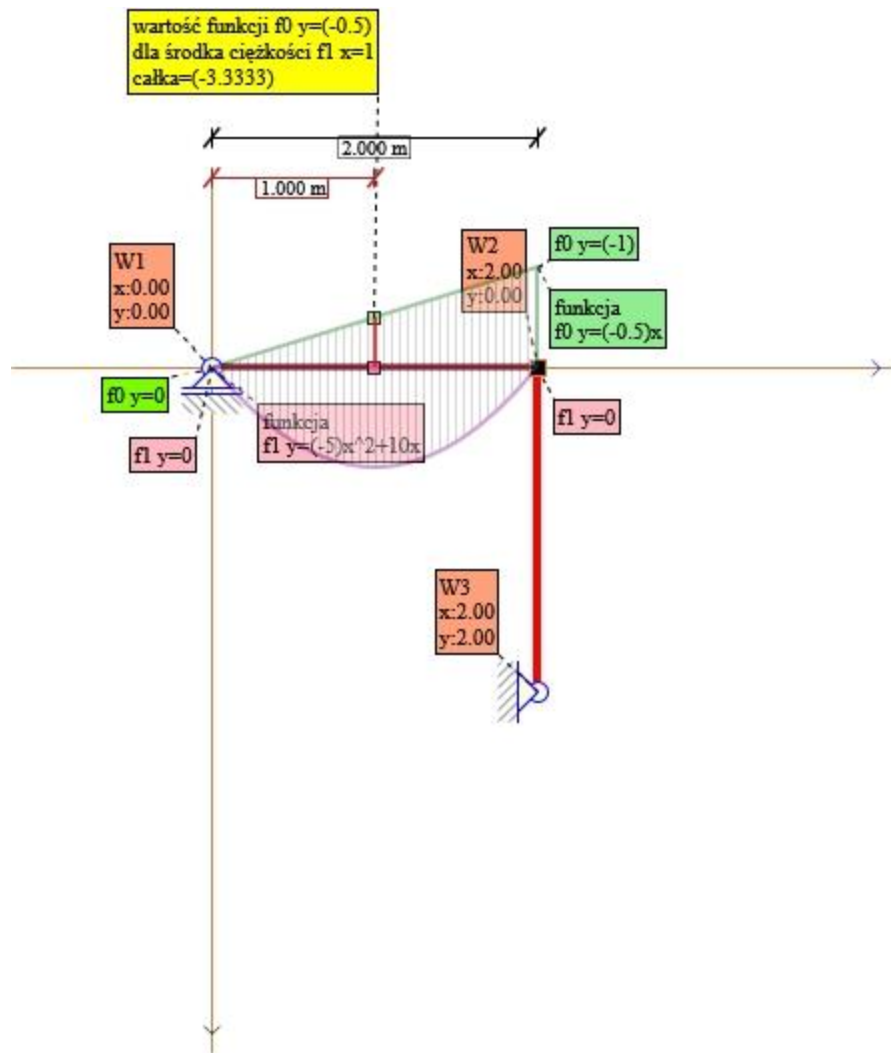
$$x_c = \frac{\int_p^k f1(x) \cdot x dx}{\int_p^k f1(x) dx} = \frac{\int_p^k ((-10)x+20) \cdot x dx}{\int_p^k ((-10)x+20) dx} =$$

$$x_c = \frac{+(-26.66667)+40-(-3.33333)-10}{+(-20)+40-(-5)-20} =$$

$$x_c = \frac{13.33333-6.66667}{20-15} = \frac{6.6667}{5} = 1.3333$$

$$f_0 = +(-1) = (-1)$$

$$\delta = \frac{\text{Pole } f1 \cdot \text{wartosc } f_0(x_c)}{1 \cdot EI} = \frac{5 \cdot (-1)}{1} \cdot \frac{1}{EI} = (-5) \cdot \frac{1}{EI}$$



Rys. Składnik nr6 X1 q0

$$p=0 \quad k=2$$

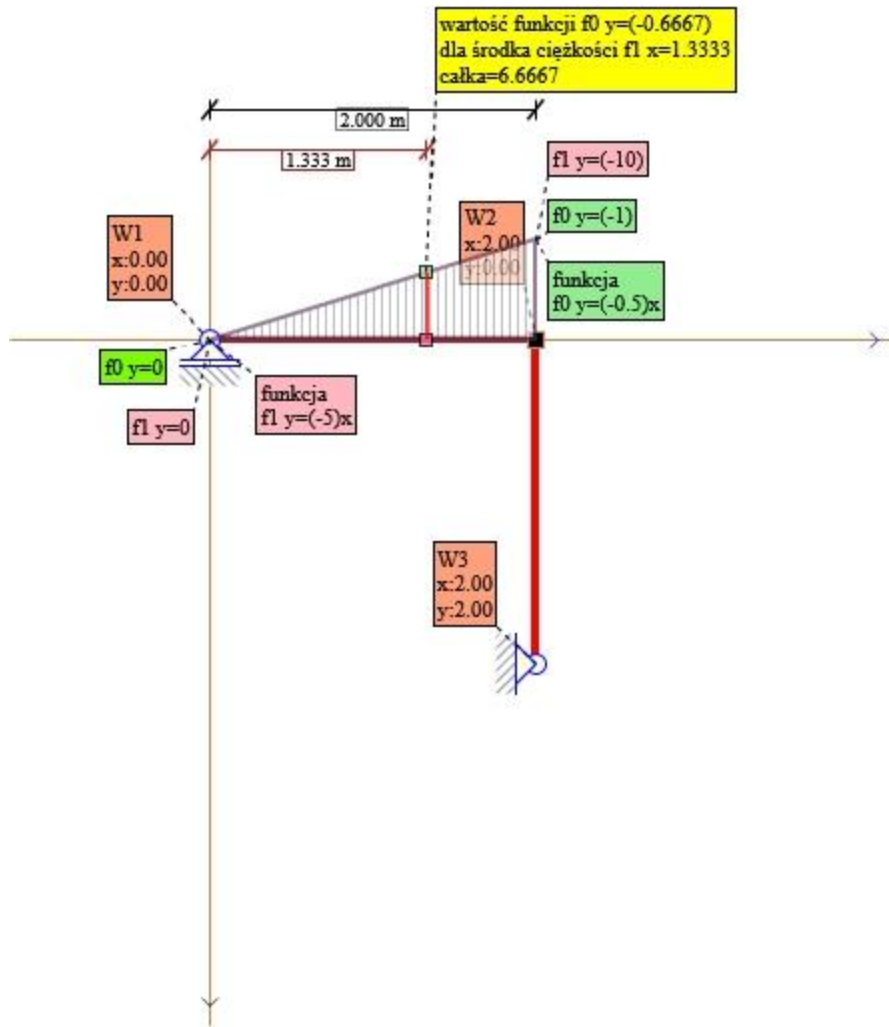
$$x_c = \frac{\int_p^k f_1(x) \cdot x dx}{\int_p^k f_1(x) dx} = \frac{\int_p^k ((-5)x^2 + 10x) \cdot x dx}{\int_p^k ((-5)x^2 + 10x) dx} =$$

$$x_c = \frac{+(-20) + 26.66667}{+(-13.33333) + 20} =$$

$$x_c = \frac{6.66667}{6.66667} = \frac{6.6667}{6.6667} = 1$$

$$f_0 = +(-0.5) \cdot x = +(-0.5) \cdot 1 = (-0.5)$$

$$\delta = \frac{\text{Pole } f_1 \cdot \text{wartosc } f_0(x_c)}{1 \cdot EI} = \frac{6.6667 \cdot (-0.5)}{1} \cdot \frac{1}{EI} = (-3.3333) \cdot \frac{1}{EI}$$



Rys. Składnik nr7 X1 M0

$$p = 0 \quad k = 2$$

$$x_c = \frac{\int_p^k f_1(x) \cdot x dx}{\int_p^k f_1(x) dx} = \frac{\int_p^k ((-5)x) \cdot x dx}{\int_p^k ((-5)x) dx} =$$

$$x_c = \frac{+(-13.33333)}{+(-10)} =$$

$$x_c = \frac{(-13.33333)}{(-10)} = \frac{(-13.33333)}{(-10)} = 1.3333$$

$$f_0 = +(-0.5) \cdot x = +(-0.5) \cdot 1.3333 = (-0.6667)$$

$$\delta = \frac{\text{Pole } f_1 \cdot \text{wartosc } f_0(x_c)}{1 \cdot EI} = \frac{(-10) \cdot (-0.6667)}{1} \cdot \frac{1}{EI} = 6.6666 \cdot \frac{1}{EI}$$

10. Współczynniki Wyrazów Wolnych

Składnik M obciążenie



$$\Delta_{1P} = (-6.6666) + (-10) + (-5) + (-3.3333) + 6.6666 = (-18.3333) \frac{1}{EI} \text{ m}$$

Wyrazy Wolne

[0]

11. Macierz Współczynników i Wyrazów Wolnych

Składnik M nadliczbowa

$$\delta_{1-1} = 0.6666 + 2 = 2.6666 \frac{1}{EI} \text{ kNm}$$

Składnik M obciążenie

$$\Delta_{1P} = (-6.6666) + (-10) + (-5) + (-3.3333) + 6.6666 = (-18.3333) \frac{1}{EI} \text{ m}$$

.....
Układ równań kanonicznych materiałowy

$$[0.0004251] \cdot [X_1] + [0] = [0]$$

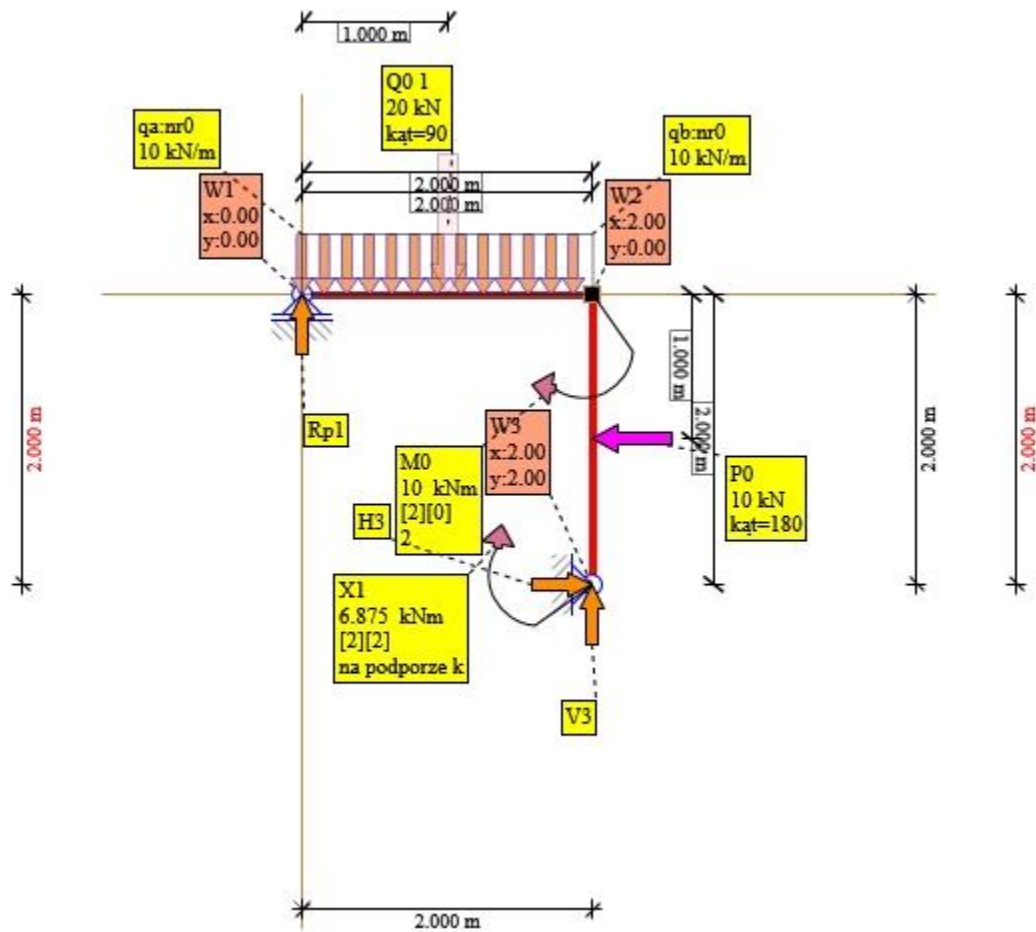
Po rozwiązaniu układu otrzymano:

$$X_1 = 6.875 \text{ kNm}$$

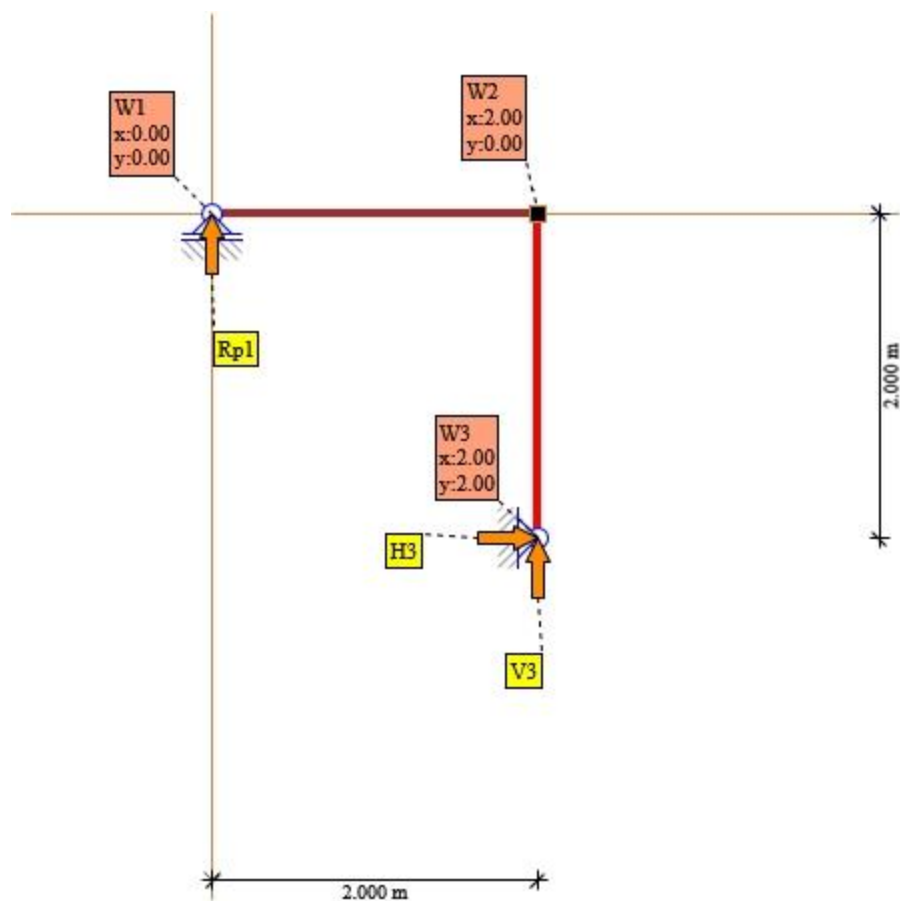


12.SilosAll Obliczenie MTN dla wszystkich działających i obliczonych oddziaływań

Obciążamy układ podstawowy obliczonymi reakcjami nadliczbowymi oraz obciążeniem istniejącym



Rys. układ podstawowy do policzenia



Rys. Reakcje układu podstawowego do policzenia

Składniki układu równań dla sumy X i sumy Y

$$\Sigma = P_0 \cdot \cos(180) + R_{p1} \cdot \cos((-90)) + H_3 = 0$$

$$\Sigma = 10 \cdot \cos(180) + R_{p1} \cdot 0 + H_3 = 0$$

$$\Sigma = 10 \cdot (-1) + R_{p1} \cdot 0 + H_3 = 0$$

$$\Sigma = (-10) + R_{p1} \cdot 0 + H_3 = 0$$

$$\Sigma = Q_{0y} \cdot \sin(90) + R_{p1} \cdot \sin((-90)) - V_3 = 0$$

$$\Sigma = 20 \cdot \sin(90) + R_{p1} \cdot (-1) - V_3 = 0$$

$$\Sigma = 20 \cdot 1 + R_{p1} \cdot (-1) - V_3 = 0$$

$$\Sigma = 20 + R_{p1} \cdot (-1) - V_3 = 0$$

Składniki układu równań dla sumy M w punkcie [0;0]

$$\Sigma = Q_{0y} \cdot (1-0) \cdot \sin(90) + M_0 + P_0 \cdot (0-1) \cdot \cos(180) +$$



$$+X_1 \cdot 2 + R_{p_1} \cdot (0-0) \cdot \cos((-90)) + R_{p_1} \cdot (0-0) \cdot \sin((-90)) +$$

$$+H_3 \cdot (0-2) + V_3 \cdot (0-2) = 0$$

$$\Sigma = 20 \cdot (1-0) \cdot \sin(90) + 10 + 10 \cdot (0-1) \cdot \cos(180) + 6.875 + R_{p_1} \cdot 0 \cdot 0 +$$

$$+R_{p_1} \cdot 0 \cdot (-1) + H_3 \cdot (-2) + V_3 \cdot (-2) = 0$$

$$\Sigma = 20 \cdot 1 \cdot 1 + 10 + 10 \cdot (-1) \cdot (-1) + 6.875 + R_{p_1} \cdot 0 + R_{p_1} \cdot 0 +$$

$$+H_3 \cdot (-2) + V_3 \cdot (-2) = 0$$

$$\Sigma = 20 + 10 + 10 + 6.875 + H_3 \cdot (-2) + V_3 \cdot (-2) = 0$$

$$\Sigma = 46.875 + H_3 \cdot (-2) + V_3 \cdot (-2) = 0$$

.....

Składniki układu równań dla sumy X lub sumy Y

Układ równań

.....

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ (-1) & 0 & (-1) \\ 0 & (-2) & (-2) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_{p_1} \\ H_3 \\ V_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (-10) \\ 20 \\ 46.875 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

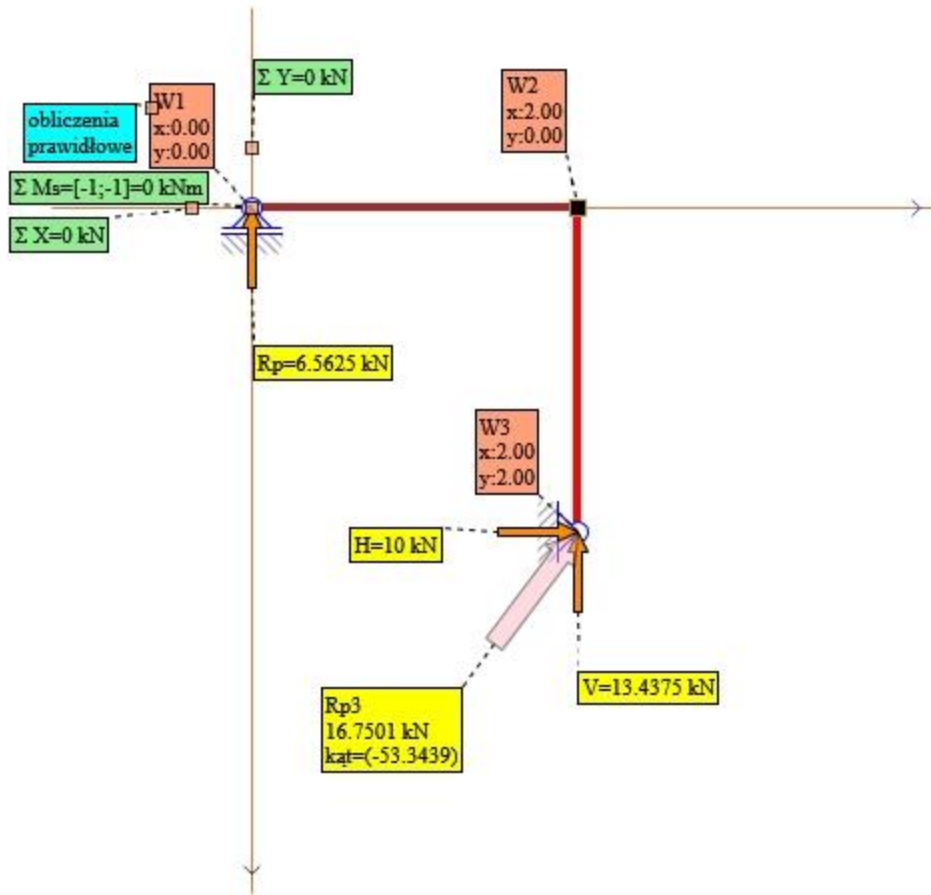
Po rozwiązaniu układu otrzymano:

$$R_{p_1} = 6.5625 \text{ kN}$$

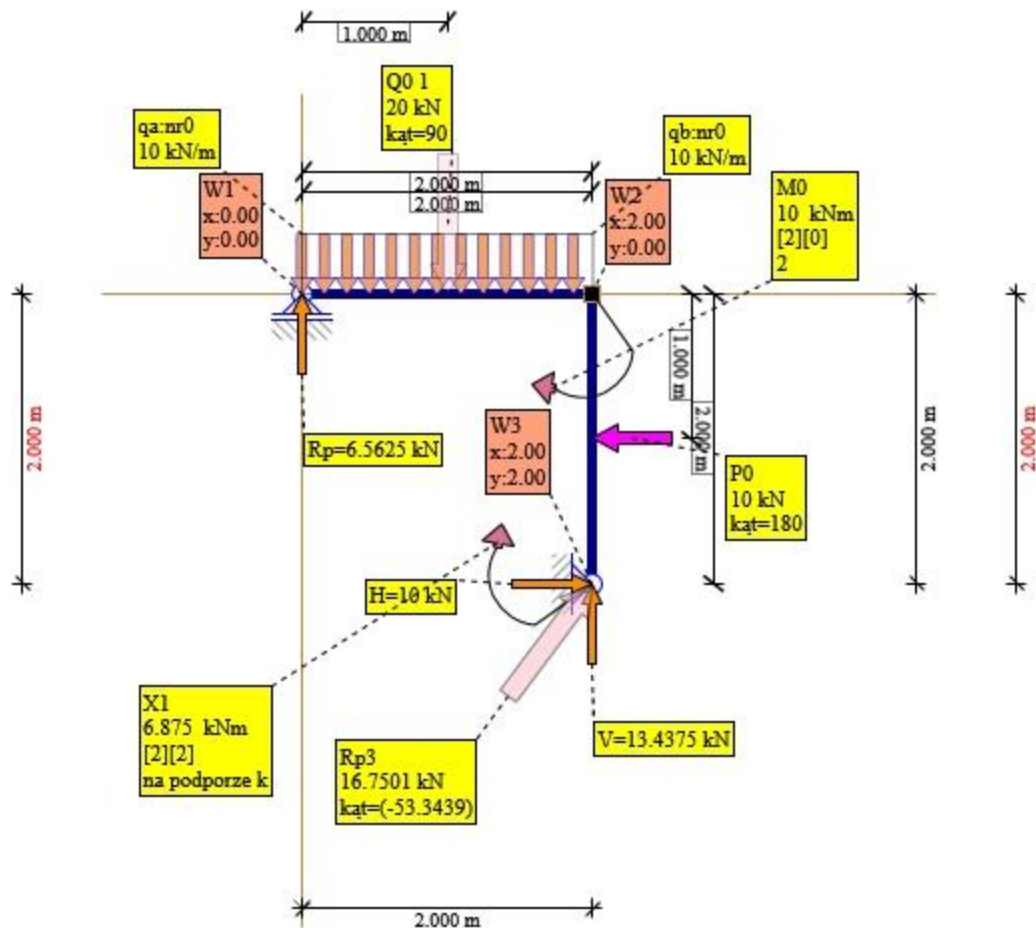
$$H_3 = 10 \text{ kN}$$

$$V_3 = 13.4375 \text{ kN}$$

.....



Rys. Reakcje podporowe obliczone



Rys. Reakcje do sprawdzenia MXY

13. Sprawdzenie Reakcji Podporowych Moment

Sprawdzenia poprawności wyznaczenia reakcji podporowych dokonamy w punkcie [(-1); (-1)] układzie XY

Punkt musi być tak dobrany, aby wszystkie siły i reakcje brały udział w obliczaniu Sumy Momentów

W punkcie tym Suma Momentów od wszystkich sił i reakcji powinna wynosić $M=0$

$$\begin{aligned}\Sigma M &= R_{p1} \cdot (0 - (-1)) \cdot \sin((-90)) + V_3 \cdot (2 - (-1)) + H_3 \cdot ((-1) - 2) + \\ &+ P_0 \cdot ((-1) - 1) \cdot \cos(180) + Q_{0y} \cdot (1 - (-1)) \cdot \sin(90) + M_0 + \\ &+ X_{12} \cdot 0 = 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M &= 6.5625 \cdot 1 \cdot (-1) + (-13.4375) \cdot 3 + 10 \cdot (-3) + 10 \cdot (-2) \cdot (-1) + \\ &+ 20 \cdot 2 \cdot 1 + 10 + 6.875 = 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M &= 6.5625 \cdot (-1) + (-13.4375) \cdot 3 + 10 \cdot (-3) + 10 \cdot 2 + 20 \cdot 2 + 10 + \\ &+ 6.875 = 0\end{aligned}$$

$$\Sigma M = (-6.5625) + (-40.3125) + (-30) + 20 + 40 + 10 + 6.875 = 0$$



$$\Sigma M = (0) \text{ kNm}$$

14. Sprawdzenie Reakcji Podporowych Rzut X

$$\Sigma X = 10 + 10 \cdot \cos(180) = 0$$

$$\Sigma X = 10 + 10 \cdot (-1) = 0$$

$$\Sigma X = 10 + (-10) = 0$$

$$\Sigma X = 0 \text{ kN}$$

15. Sprawdzenie Reakcji Podporowych Rzut Y

$$\Sigma Y = 6.5625 \cdot \sin((-90)) + (-13.4375) + 20 \cdot \sin(90) = 0$$

$$\Sigma Y = 6.5625 \cdot (-1) + (-13.4375) + 20 \cdot 1 = 0$$

$$\Sigma Y = (-6.5625) + (-13.4375) + 20 = 0$$

$$\Sigma Y = 0 \text{ kN}$$

16. Ocena Wyników Obliczeń

Z uwagi na spełnione warunki:

$$\Sigma M = 0.0, \Sigma X = 0.0, \Sigma Y = 0.0$$

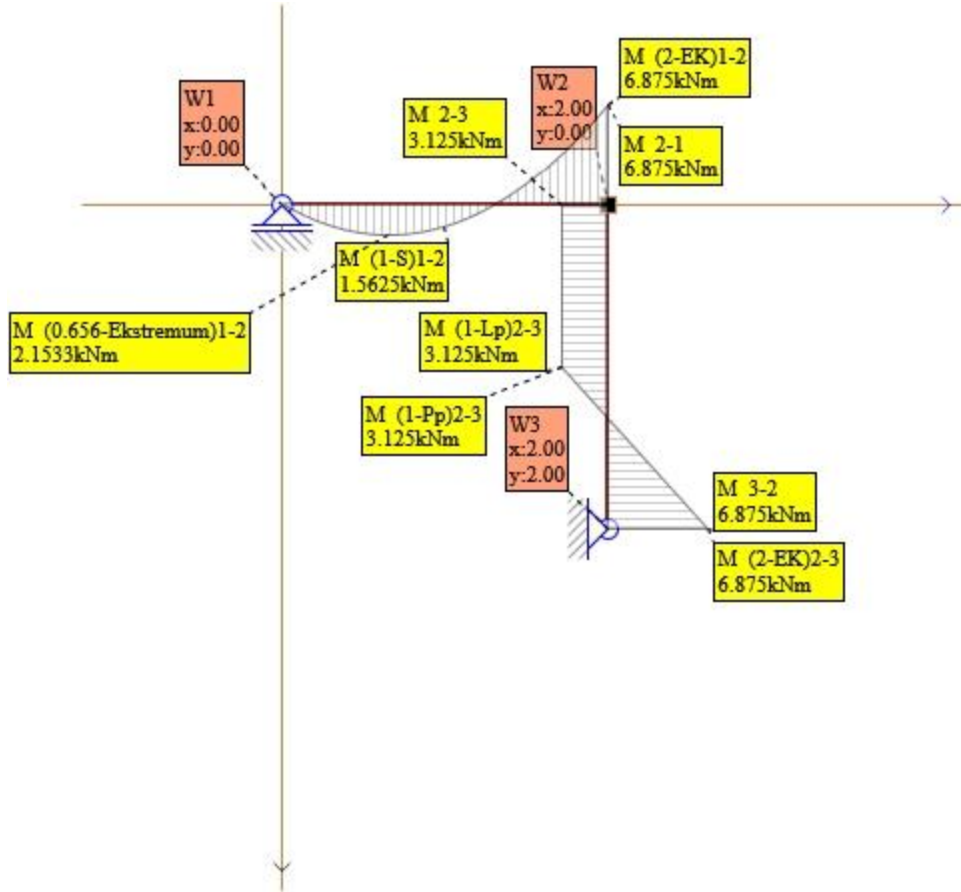
Ocena: obliczenia prawidłowe

17. Obliczenie Momentów przywęzłowych

Pręt 1-2 $M_{ik}=0$, $M_{ki}=6.875$ kNm

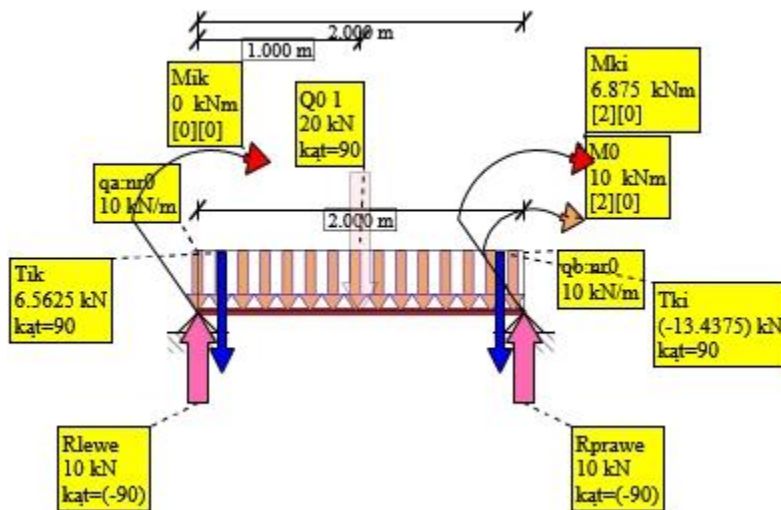
Pręt 2-3 $M_{ik}=3.125$, $M_{ki}=6.875$ kNm

.....



Rys. Wykres M SilosAll

18. Obliczenie Sił Tnących

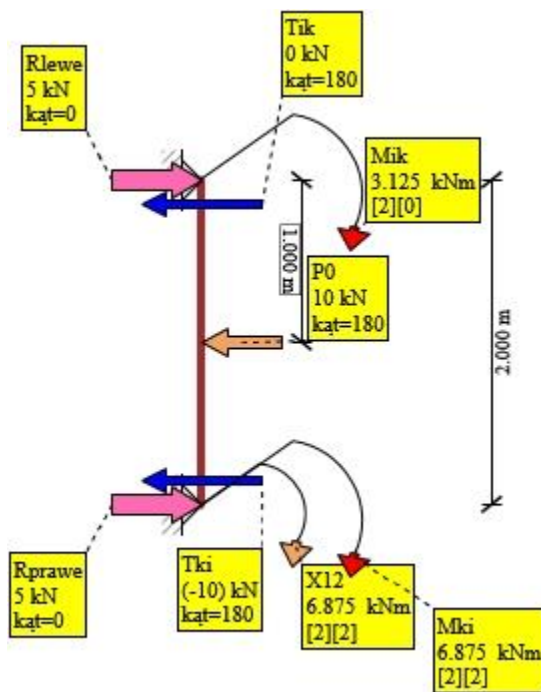


Rys. Sily Tnące 1-2

$$T_{1-2} = \frac{0 + (-6.875)}{2} - (-10) = 6.5625 \text{ kN}$$



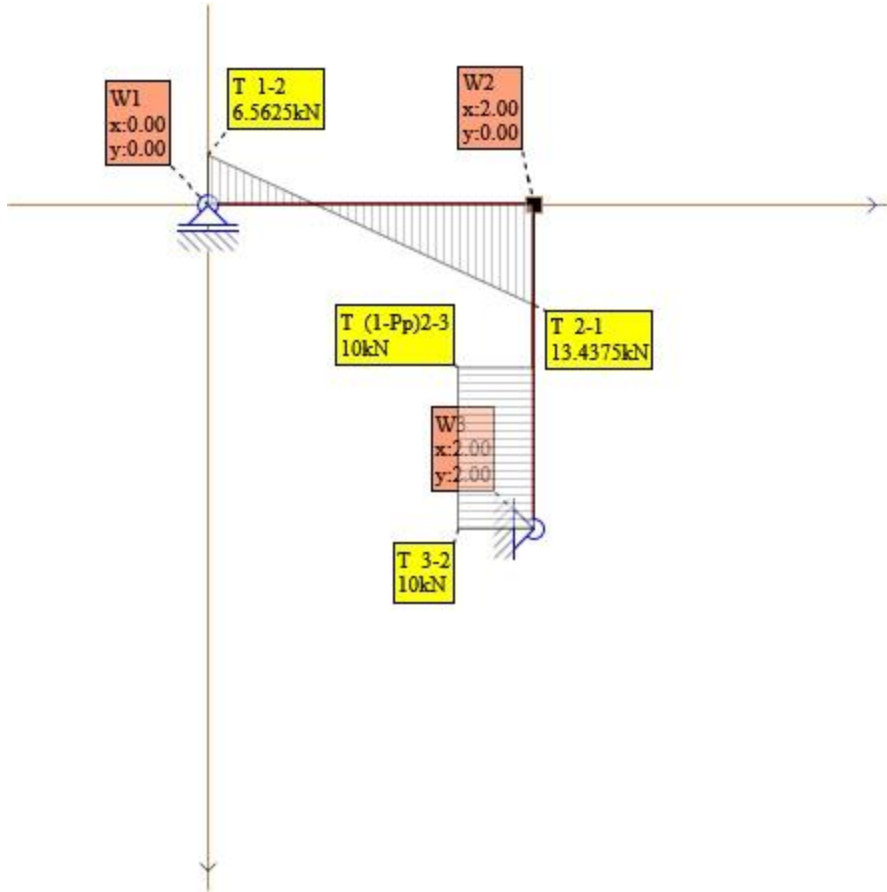
$$T_{2-1} = \frac{0 + (-6.875)}{2} + (-10) = (-13.4375) \text{ kN}$$



Rys. Sity Tnące 2-3

$$T_{2-3} = \frac{(-3.125) + (-6.875)}{2} - (-5) = 0 \text{ kN}$$

$$T_{3-2} = \frac{(-3.125) + (-6.875)}{2} + (-5) = (-10) \text{ kN}$$



Rys. Wykres T SilosAll

19. Obliczenie sił Normalnych

Aby Węzeł był w równowadze to suma jego składowych sił i reakcji rzutowana na oś X i oś Y musi być równa zero

$$\sum S_x + \sum R_x + \sum P_x = 0$$

$$\sum S_y + \sum R_y + \sum P_y = 0$$

$\sum S_x$ To suma sił prętowych rzutowana na oś X w Węźle

$\sum R_x$ To suma reakcji podporowych rzutowana na oś X w Węźle - jeżeli istnieje

$\sum P_x$ To suma oddziaływania zewnętrznego rzutowana na oś X w Węźle - jeżeli jest przyłożona

$\sum S_y$ To suma sił prętowych rzutowana na oś Y w Węźle

$\sum R_y$ To suma reakcji podporowych rzutowana na oś Y w Węźle - jeżeli istnieje

$\sum P_y$ To suma oddziaływania zewnętrznego rzutowana na oś Y w Węźle - jeżeli jest przyłożona

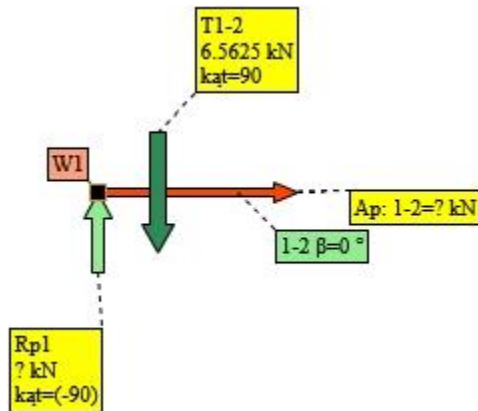
.....
Obliczenia rozpoczynamy od Węzła, dla którego liczba niewiadomych sił w Prętach jest ≤ 2

Elementy szukane oznaczono kolorem czerwonym.



Elementy zerowe są przedstawione w tle rysunku.

Wybrano Węzeł =1



Do policzenia N_{1-2} $\beta = 0$

Rzutowanie na oś X

$$N_{1-2} \cdot \cos(0) = 0$$

$$N_{1-2} \cdot 1 = 0$$

Rzutowanie na oś Y

$$N_{1-2} \cdot \sin(0) + 6.5625 \cdot \sin(90) + 6.5625 \cdot \sin((-90)) = 0$$

$$N_{1-2} \cdot 0 + 6.5625 \cdot 1 + 6.5625 \cdot (-1) = 0$$

$$6.5625 + (-6.5625) = 0$$

Równanie X

$$N_{1-2} \cdot 1 + = 0$$

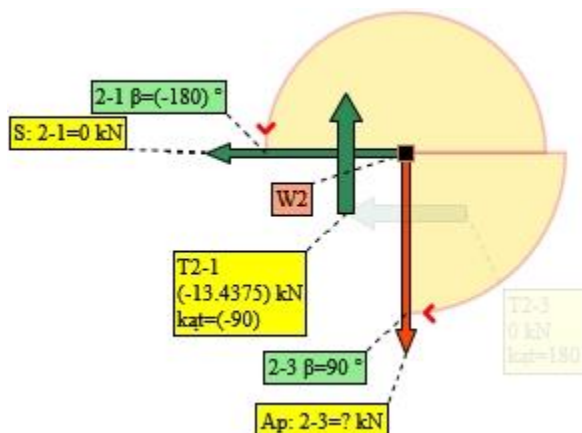
Równanie Y

$$= 0$$

$$\text{wyliczono } N_{1-2} = (0) \text{ kN}$$



Wybrano Węzeł =2



Do policzenia N_{2-3} $\beta = 90$

policzone $N_{2-1} = (0)$ $\beta = (-180)$

Rzutowanie na oś X

$$N_{2-3} \cdot \cos(90) = 0$$

$$N_{2-3} \cdot (0) = 0$$

Rzutowanie na oś Y

$$N_{2-3} \cdot \sin(90) + (-13.4375) \cdot \sin((-90)) = 0$$

$$N_{2-3} \cdot 1 + (-13.4375) \cdot (-1) = 0$$

$$N_{2-3} \cdot 1 + 13.4375 = 0$$

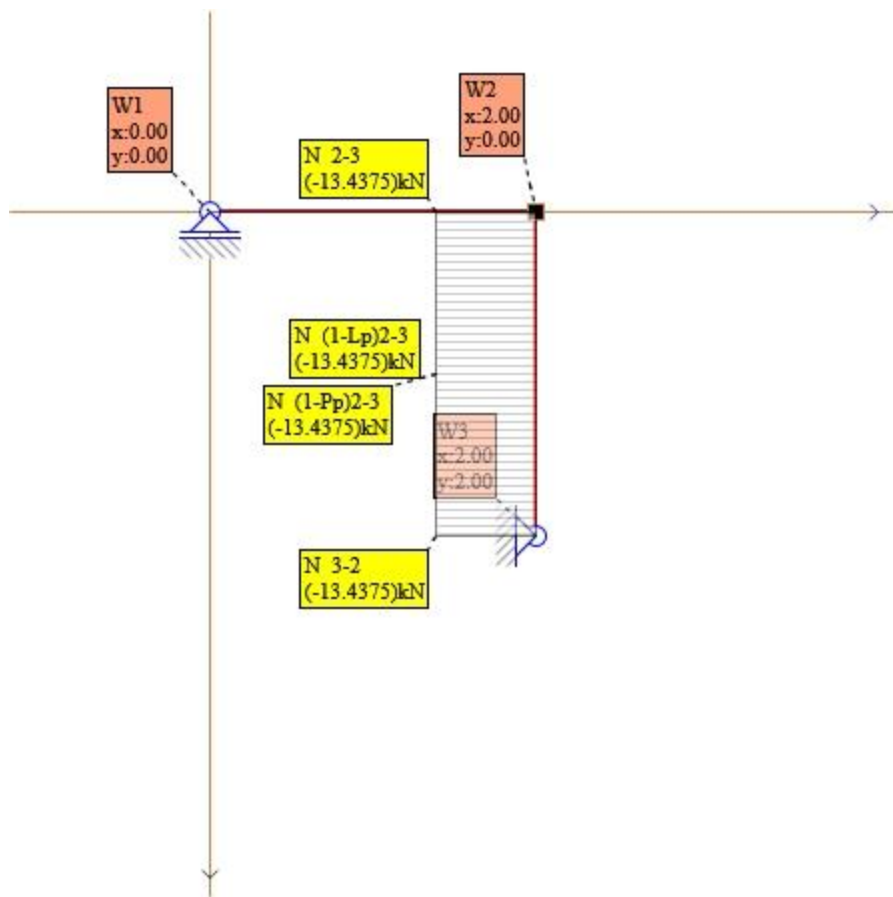
Równanie X

$$= 0$$

Równanie Y

$$N_{2-3} \cdot 1 + 13.4375 = 0$$

$$\text{wyliczono } N_{2-3} = (-13.4375) \text{ kN}$$

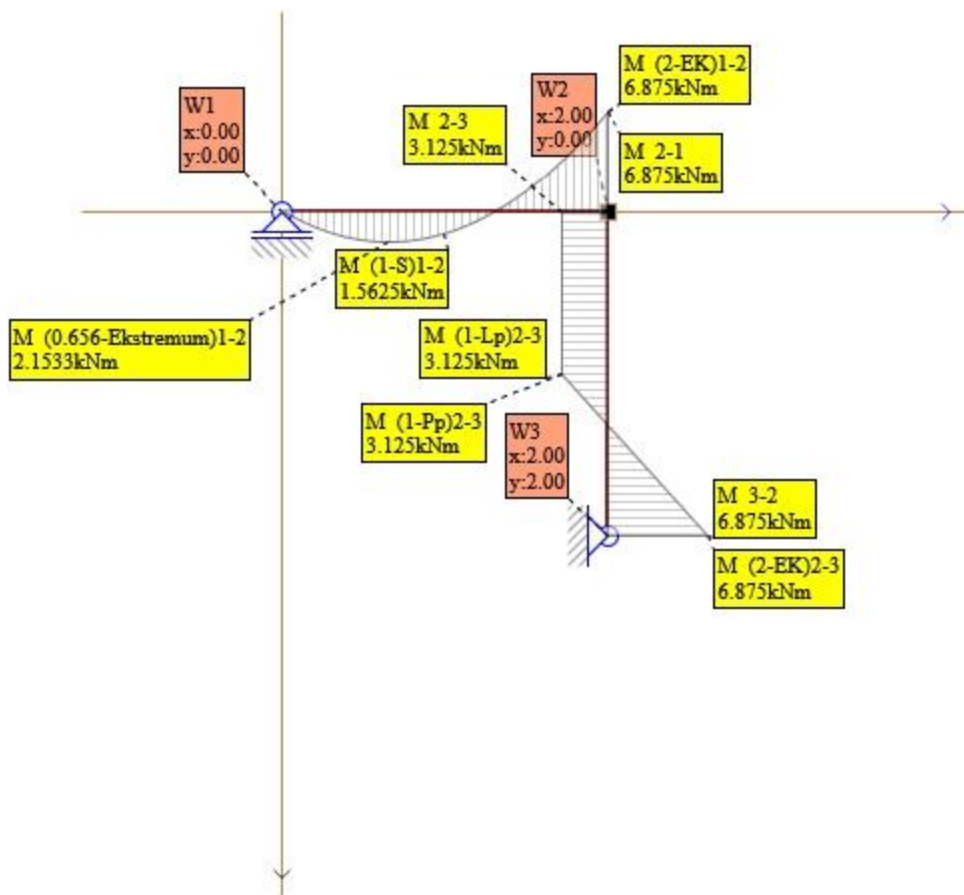


Rys. Wykres N SilosAll

20. Sprawdzenie Kinematyczne

Sprawdzamy czy przemieszczenia w poszczególnych punktach spełniają warunki podparcia i ciągłości. Wystarczy sprawdzić tyle składowych ile wynosi SSN (Stopień Statycznej Niewyznaczalności). Przekształcamy schemat naszego układu na statycznie wyznaczalny poprzez redukcję Nadliczbowych więzów. W miejscach usuniętych nadliczbowych przykładamy kolejno obciążenia jednostkowe i wyznaczamy momenty zginające. Obciążenia jednostkowe dla kątów obrotu mają charakter momentów jednostkowych. Obciążenia jednostkowe dla przemieszczeń liniowych charakter sił jednostkowych. Przemieszczenia wynikowe obliczamy ze wzoru Maxwella-Mohra

.....



Rys. Wykres M SilosAll

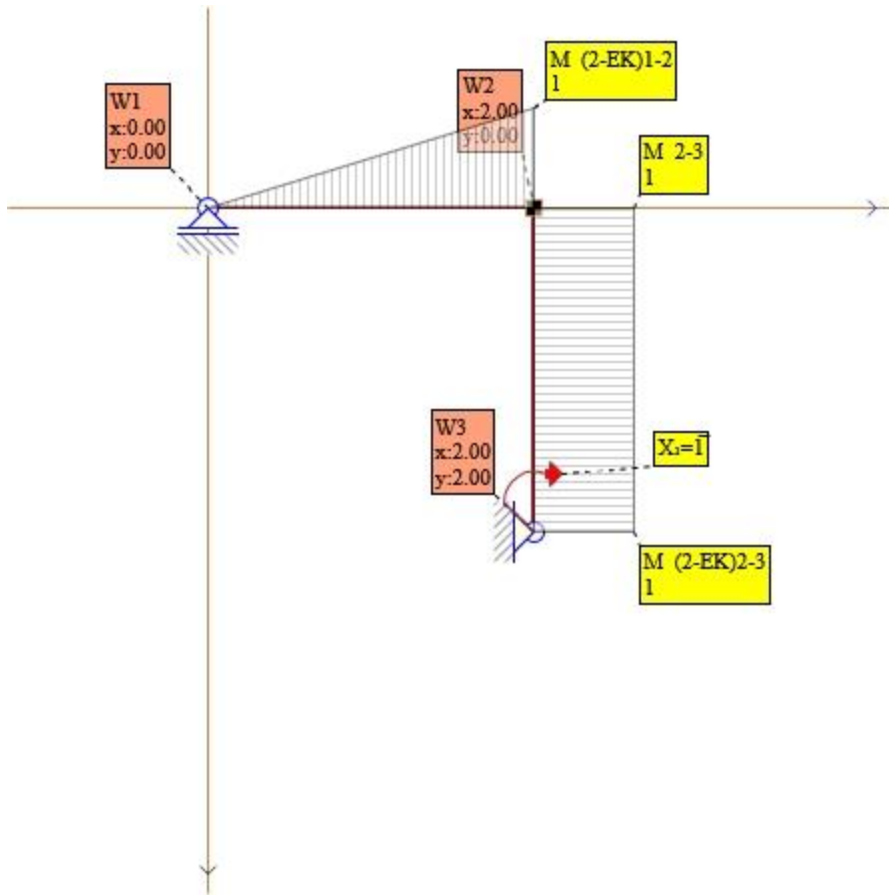
21. Obliczenie układu podstawowego dla X1

Działa tylko X1.

Sprawdzono poprawność obliczeń dla schematu statycznego.

Pręt 1-2 $M_{ik}=0$, $M_{ki}=1$

Pręt 2-3 $M_{ik}=(-1)$, $M_{ki}=1$

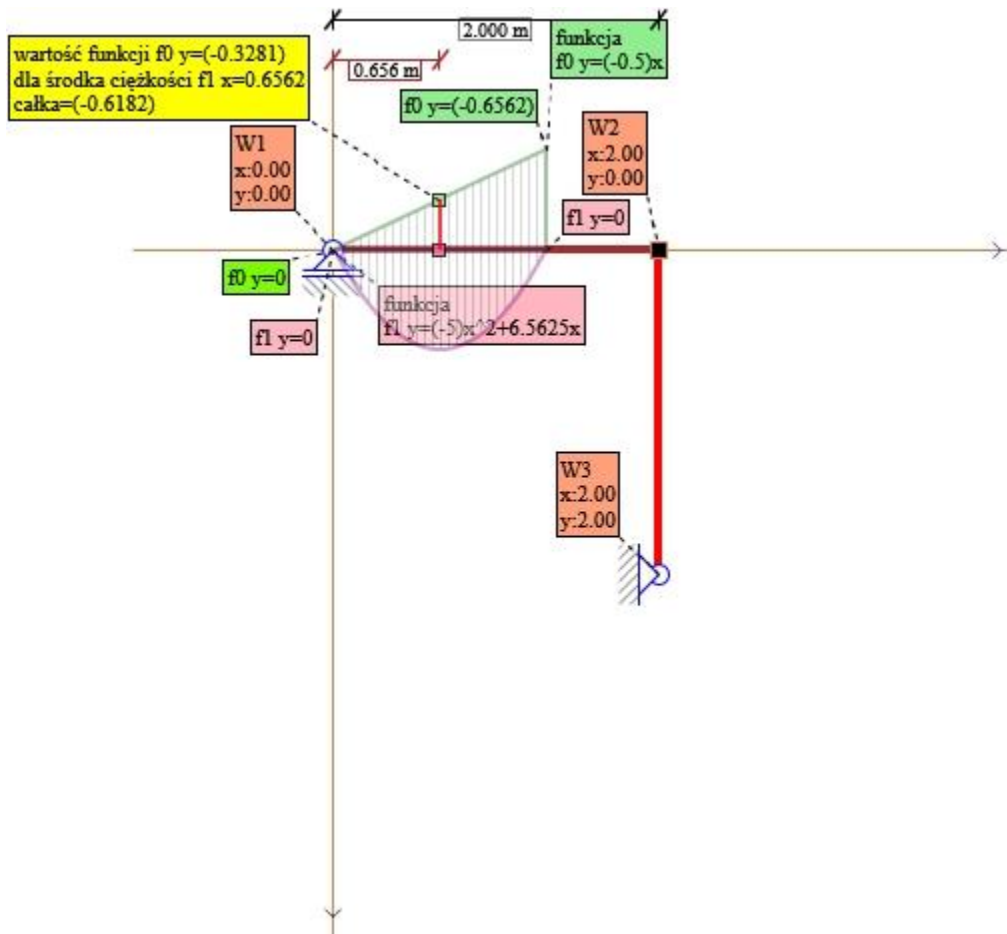


Rys. Momenty dla X1

.....



22. Obliczenie współczynników obciążenia



Rys. Składnik nr8 X1 SilosAll

$$p = 0 \quad k = 1.3125$$

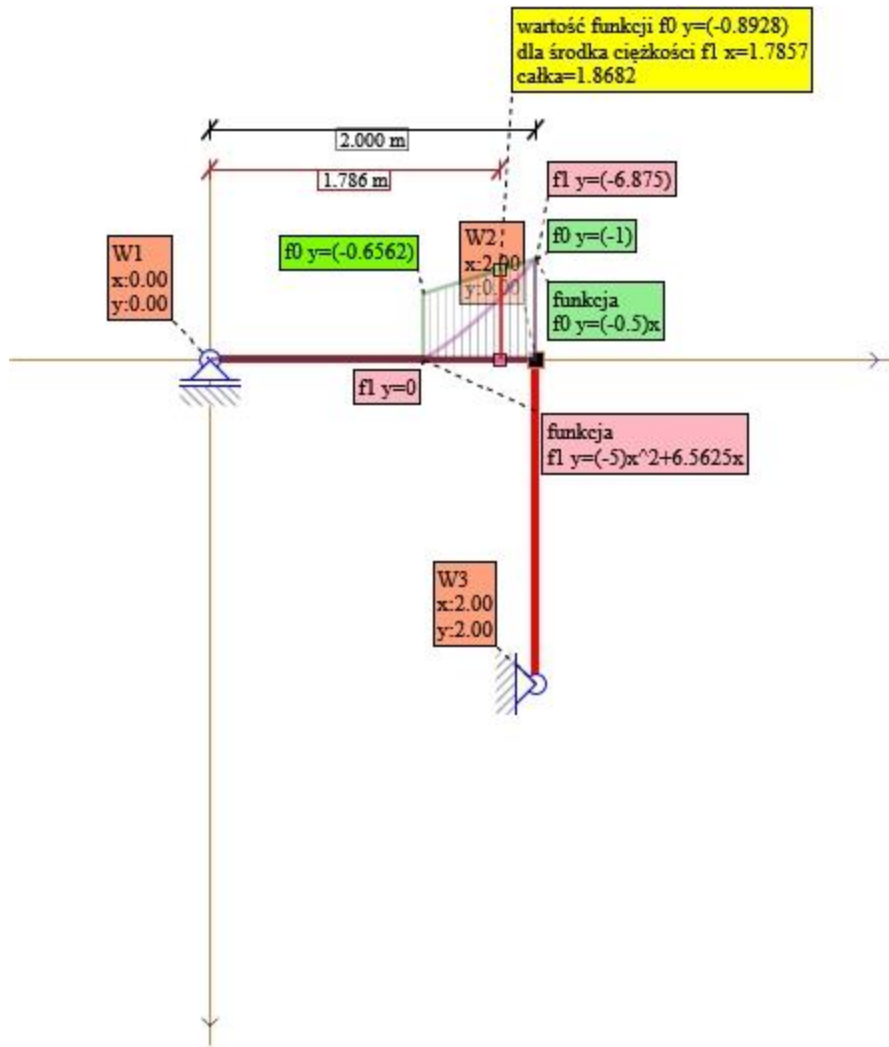
$$x_c = \frac{\int_p^k f_1(x) \cdot x dx}{\int_p^k f_1(x) dx} = \frac{\int_p^k ((-5)x^2 + 6.5625x) \cdot x dx}{\int_p^k ((-5)x^2 + 6.5625x) dx} =$$

$$x_c = \frac{+(-3.70943) + 4.94591}{+(-3.76831) + 5.65247} =$$

$$x_c = \frac{1.23648}{1.88416} = \frac{1.2365}{1.8842} = 0.6562$$

$$f_0 = +(-0.5) \cdot x = +(-0.5) \cdot 0.6562 = (-0.3281)$$

$$\delta = \frac{\text{Pole } f_1 \cdot \text{wartosc } f_0(x_c)}{1 \cdot EI} = \frac{1.8842 \cdot (-0.3281)}{1} \cdot \frac{1}{EI} = (-0.6182) \cdot \frac{1}{EI}$$



Rys. Składnik nr9 X1 SilosAll

$$p = 1.3125 \quad k = 2$$

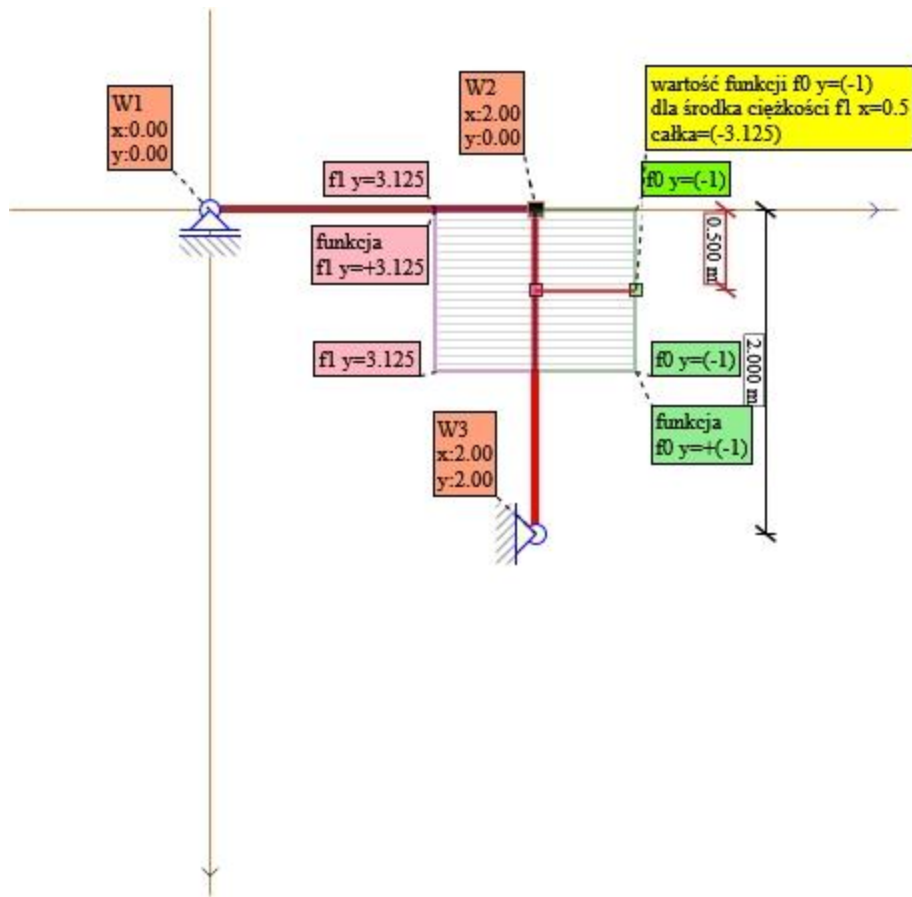
$$x_c = \frac{\int_p^k f_1(x) \cdot x dx}{\int_p^k f_1(x) dx} = \frac{\int_p^k ((-5)x^2 + 6.5625x) \cdot x dx}{\int_p^k ((-5)x^2 + 6.5625x) dx} =$$

$$x_c = \frac{+(-20) + 17.5 - (-3.70943) - 4.94591}{+(-13.33333) + 13.125 - (-3.76831) - 5.65247} =$$

$$x_c = \frac{(-2.5) - 1.23648}{(-0.20833) - 1.88416} = \frac{(-3.7365)}{(-2.0925)} = 1.7857$$

$$f_0 = +(-0.5) \cdot x = +(-0.5) \cdot 1.7857 = (-0.8928)$$

$$\delta = \frac{\text{Pole } f_1 \cdot \text{wartosc } f_0(x_c)}{1 \cdot EI} = \frac{(-2.0925) \cdot (-0.8928)}{1} \cdot \frac{1}{EI} = 1.8682 \cdot \frac{1}{EI}$$



Rys. Składnik nr10 X1 SilosAll

$$p=0 \quad k=1$$

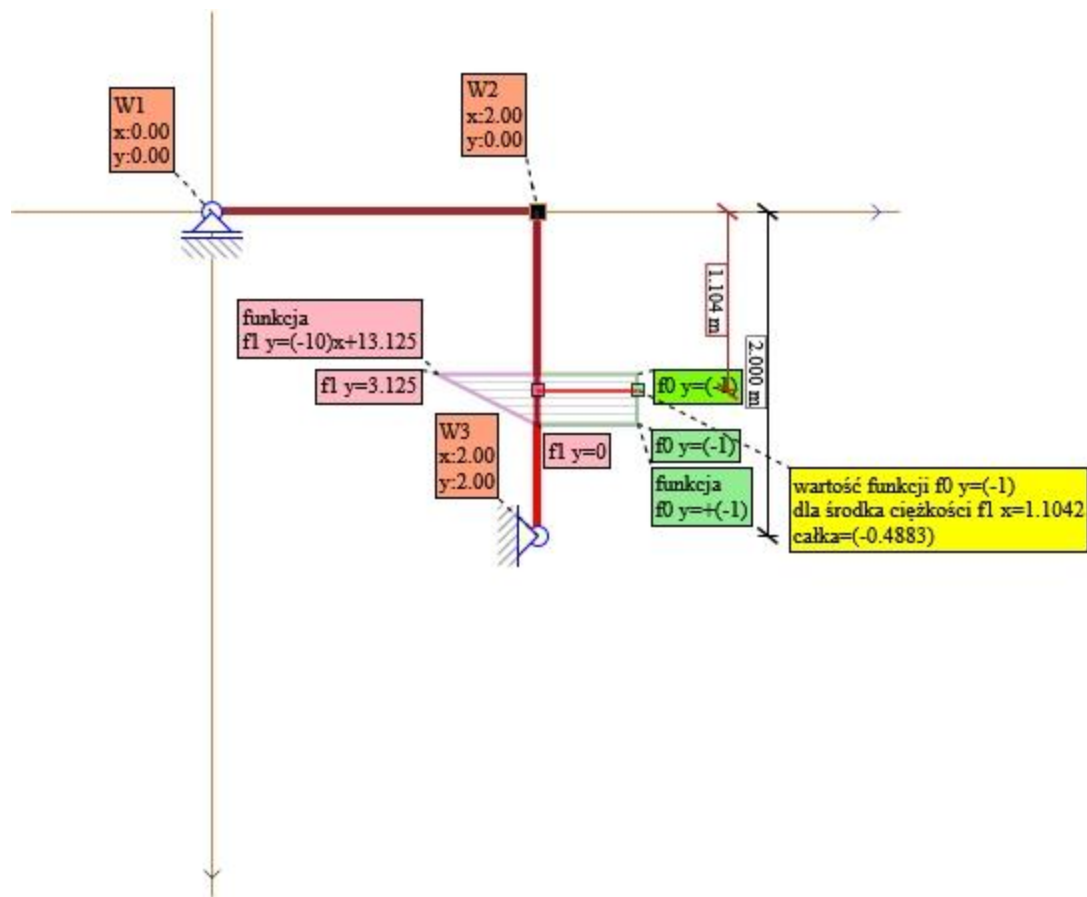
$$x_c = \frac{\int_p^k f_1(x) \cdot x dx}{\int_p^k f_1(x) dx} = \frac{\int_p^k (+3.125) \cdot x dx}{\int_p^k (+3.125) dx} =$$

$$x_c = \frac{+1.5625}{+3.125} =$$

$$x_c = \frac{1.5625}{3.125} = \frac{1.5625}{3.125} = 0.5$$

$$f_0 = +(-1) = (-1)$$

$$\delta = \frac{\text{Pole } f_1 \cdot \text{wartosc } f_0(x_c)}{1 \cdot EI} = \frac{3.125 \cdot (-1)}{1} \cdot \frac{1}{EI} = (-3.125) \cdot \frac{1}{EI}$$



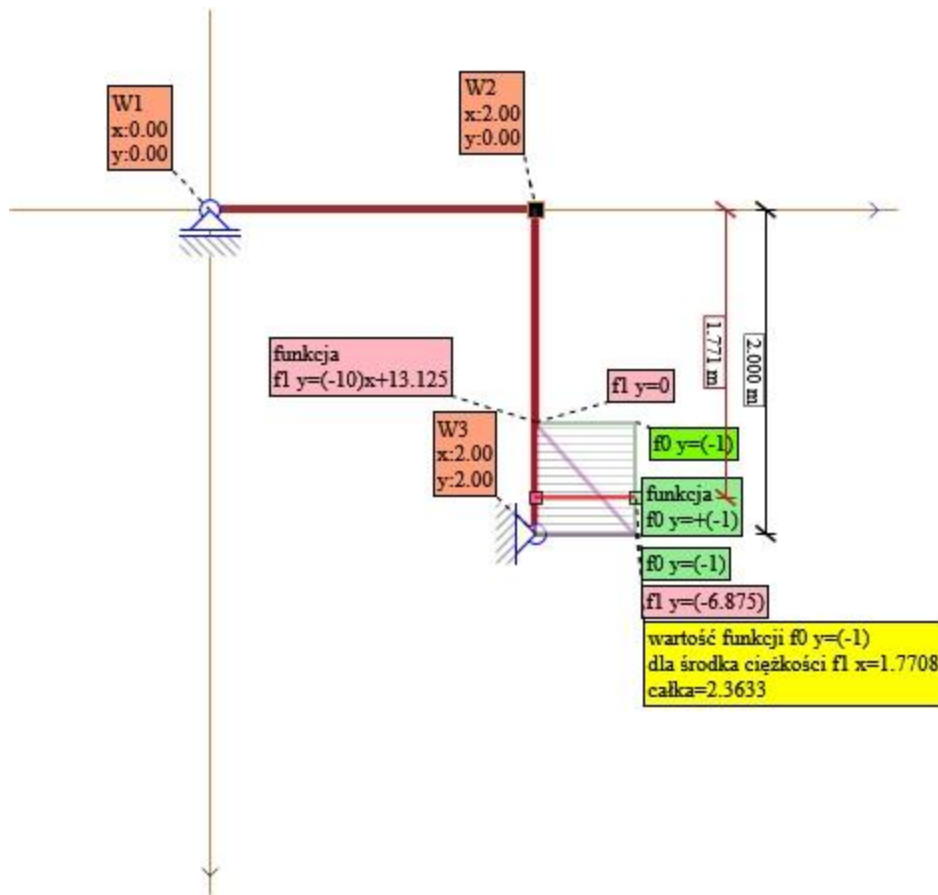
Rys. Składnik nr11 X1 SilosAll

$$p=1 \quad k=1.3125$$

$$x_c = \frac{\int_p^k f_1(x) \cdot x dx}{\int_p^k f_1(x) dx} = \frac{\int_p^k ((-10)x + 13.125) \cdot x dx}{\int_p^k ((-10)x + 13.125) dx} =$$
$$x_c = \frac{+(-7.53662) + 11.30493 - (-3.33333) - 6.5625}{+(-8.61328) + 17.22656 - (-5) - 13.125} =$$
$$x_c = \frac{3.76831 - 3.22917}{8.61328 - 8.125} = \frac{0.5391}{0.4883} = 1.1042$$

$$f_0 = +(-1) = (-1)$$

$$\delta = \frac{\text{Pole } f_1 \cdot \text{wartosc } f_0(x_c)}{1 \cdot EI} = \frac{0.4883 \cdot (-1)}{1} \cdot \frac{1}{EI} = (-0.4882) \cdot \frac{1}{EI}$$



Rys. Składnik nr12 X1 SilosAll

$$p = 1.3125 \quad k = 2$$

$$x_c = \frac{\int_p^k f_1(x) \cdot x dx}{\int_p^k f_1(x) dx} = \frac{\int_p^k ((-10)x + 13.125) \cdot x dx}{\int_p^k ((-10)x + 13.125) dx} =$$

$$x_c = \frac{+(-26.66667) + 26.25 - (-7.53662) - 11.30493}{+(-20) + 26.25 - (-8.61328) - 17.22656} =$$

$$x_c = \frac{(-0.41667) - 3.76831}{6.25 - 8.61328} = \frac{(-4.185)}{(-2.3633)} = 1.7708$$

$$f_0 = +(-1) = (-1)$$

$$\delta = \frac{\text{Pole } f_1 \cdot \text{wartosc } f_0(x_c)}{1 \cdot EI} = \frac{(-2.3633) \cdot (-1)}{1} \cdot \frac{1}{EI} = 2.3632 \cdot \frac{1}{EI}$$

23. Suma Współczynników Kontrolnych

Składnik M obciążenie

$$\Delta_{1P} = (-0.6182) + 1.8682 + (-3.125) + (-0.4882) + 2.3632 = 0.000000003 \frac{1}{EI} \text{ m}$$



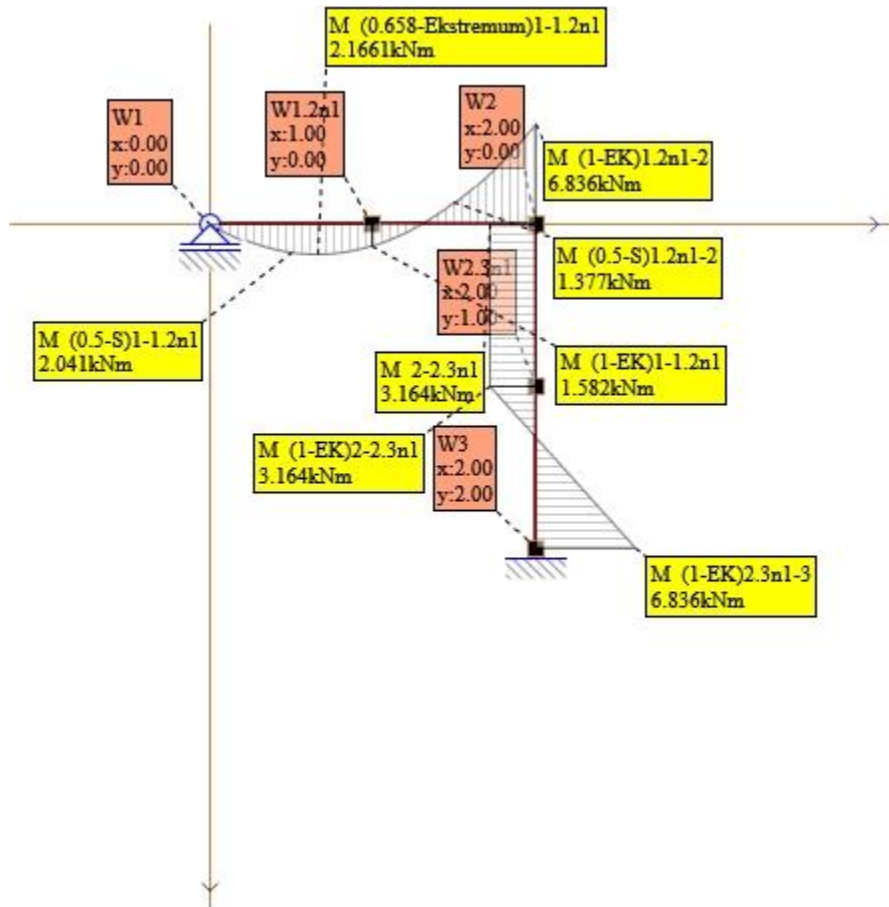
= 0 m

Suma współczynników pomiarowych

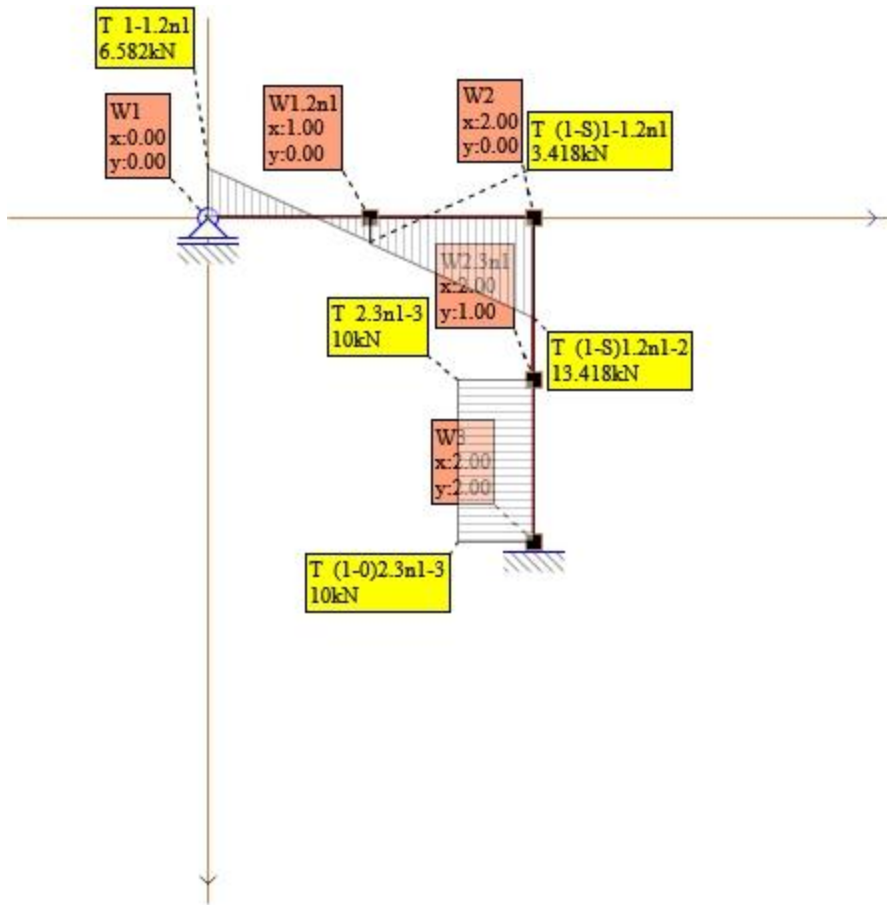
[0]

24. Sprawdzenie Numeryczne

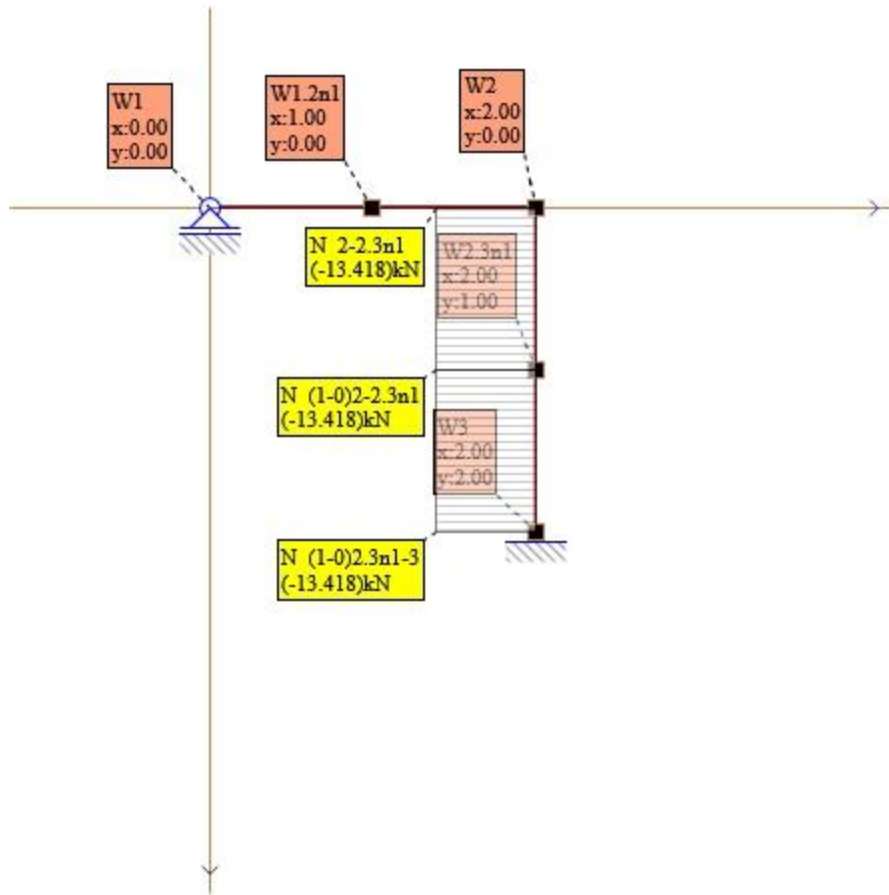
Sprawdzenie numeryczne przeprowadzono obliczając układ metodą MES programem Metor moduł Mes. Dyskretyzację prętów pokazano na schemacie wykresów w postaci dodatkowych węzłów.



Rys. Wykres M MesAll



Rys. Wykres T MesAll



Rys. Wykres N MesAll

.....
.....

Wydruk wygenerowany w programie Silos

Copyright © 2018 Grupa Rectan