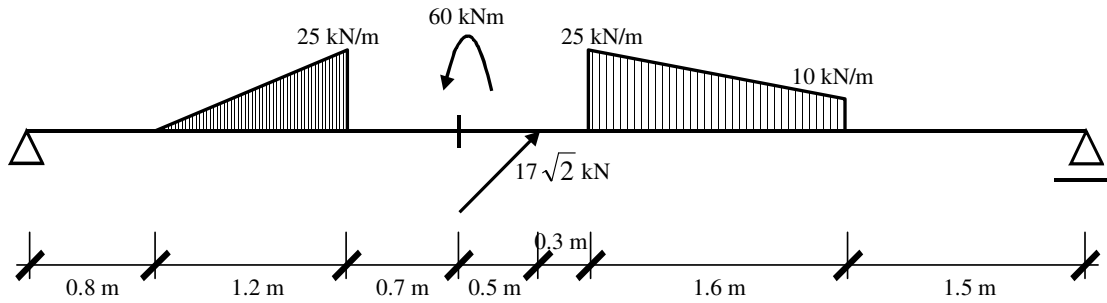


Przykład rozwiązania belki prostej



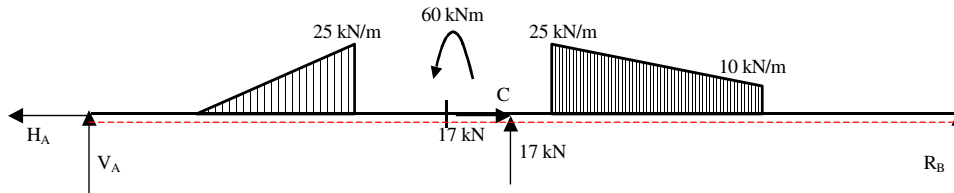
Rozwiązanie

1. Analiza geometrycznej niezmienności układu.

Układ jest geometrycznie niezmienny wewnętrznie (jedna tarcza) i geometrycznie niezmienny zewnętrznie (odebrane prawidłowo 3 stopnie swobody)

2. Obliczenie reakcji

Rozkładamy siłę pod kątem na składową pionową i poziomą. Usuwamy więzy a ich oddziaływanie zastępujemy siłami reakcji: podpórę nieprzesuwną siłą pionową V_A i poziomą H_A , podpórę przesuwną siłą pionową R_B



$$\Sigma X=0 \rightarrow H_A$$

$$\Sigma M_A=0 \rightarrow R_B$$

$$\Sigma M_B=0 \rightarrow V_A$$

Rozpisujemy równania:

$$-H_A+17=0 \rightarrow H_A=17.00 \text{ kN}$$

$$25 \cdot 1.2 \cdot 0.5 \cdot (0.8+2/3 \cdot 1.2) - 60 - 17 \cdot 3.2 + 10 \cdot 1.6 \cdot (3.5+0.8) \{ \text{prostokąt} \} + 15 \cdot 1.6 \cdot 0.5 \cdot (3.5+1/3 \cdot 1.6) \{ \text{trójkąt} \} -$$

$$6.6 V_B = 0 \rightarrow V_B = 4.061 \text{ kN}$$

$$-6.6 V_A + 25 \cdot 1.2 \cdot 0.5 \cdot (4.6+1/3 \cdot 1.2) + 60 - 17 \cdot 3.4 + 10 \cdot 1.6 \cdot 2.3 \{ \text{prostokąt} \} + 15 \cdot 1.6 \cdot 0.5 \cdot (1.5+2/3 \cdot 1.6) \{ \text{trójkąt} \} = 0 \rightarrow V_A = 21.94 \text{ kN}$$

Sprawdzenie:

$$\Sigma M_C = 3.2 V_A - 25 \cdot 1.2 \cdot 0.5 \cdot (1.2+1/3 \cdot 1.2) - 60 + 10 \cdot 1.6 \cdot 1.1 \{ \text{prostokąt} \} + 15 \cdot 1.6 \cdot 0.5 \cdot (0.3+1/3 \cdot 1.6) \{ \text{trójkąt} \} - 3.4 R_B = 70.21 - 24.0 - 60 + 17.6 + 10 - 13.81 = 0$$

3. Punkty charakterystyczne

Przyjmując początek współrzędnej x z lewej strony belki, współrzędne punktów charakterystycznych są: 0, 0.8, 2.0, 2.7, 3.2, 3.5, 5.1, 6.6 m.

4. Równania sił przekrojowych (spody zaznaczono na czerwono):

$$0 < x < 0.8 \text{ m}$$

$$M(x) = V_A x, M(0) = 0, M(0.8) = 17.55 \text{ kNm}$$

$$Q(x) = V_A = 21.94 \text{ kN}$$

$$N(x) = H_A = 17 \text{ kN}$$

$$0.8 \text{ m} < x < 2.0 \text{ m}$$

$$M(x) = V_A x - 25/1.2 \cdot 1/6 \cdot (x-0.8)^3, M(0.8) = 17.55 \text{ kNm}, M(2.0) = 37.88 \text{ kNm}$$

$$Q(x) = V_A - 25/1.2 \cdot 1/2 \cdot (x-0.8)^2, Q(0.8) = 21.94 \text{ kN}, Q(2.0) = 6.939 \text{ kN}$$

$$N(x) = H_A = 17 \text{ kN}$$

$$2.0 \text{ m} < x < 2.7 \text{ m}$$

$$M(x) = V_A x - 25/2 \cdot 1.2 \cdot (x-1.6), M(2.0) = 37.88 \text{ kNm}, M(2.7) = 42.74 \text{ kNm}$$

$$Q(x) = V_A - 25/2 \cdot 1.2 = 6.939 \text{ kN}$$

$$N(x) = H_A = 17 \text{ kN}$$

$$2.7 \text{ m} < x < 3.2 \text{ m}$$

$$M(x) = V_A x - 25/2 \cdot 1.2 \cdot (x-1.6) - 60, M(2.7) = -17.26 \text{ kNm}, M(3.2) = -13.79 \text{ kNm}$$

$$Q(x) = V_A - 25/2 \cdot 1.2 = 6.939 \text{ kN}$$

A. Zaborski, Belka prosta – równania sił przekrojowych

$$N(x) = H_A = 17 \text{ kN}$$

$$3.2 \text{ m} < x < 3.5 \text{ m}$$

$$M(x) = V_A x - 25/2 * 1.2 * (x-1.6) - 60 + 17 * (x-3.2), M(3.2) = -13.79 \text{ kNm}, M(3.5) = -6.612 \text{ kNm}$$

$$Q(x) = 6.939 + 17 = 23.94 \text{ kN}$$

$$N(x) = 0$$

$$3.5 \text{ m} < x < 5.1 \text{ m}$$

$$M(x) = V_A x - 25/2 * 1.2 * (x-1.6) - 60 + 17 * (x-3.2) - 25/2 * (x-3.5)^2 \{ \text{prostokąt} \} + 15/1.6 * 1/6 * (x-3.5)^3 \{ \text{trójkąt} \},$$

$$M(3.5) = -6.612 \text{ kNm}, M(5.1) = 6.091 \text{ kNm}$$

$$Q(x) = 23.94 - 25 * (x-3.5) + 15/1.6 * 1/2 * (x-3.5)^2, Q(3.5) = 23.94 \text{ kN}, Q(5.1) = -4.061 \text{ kN}$$

$$N(x) = 0$$

ponieważ siła poprzeczna zmienia znak, poszukujemy miejsca zerowego funkcji i ekstremum momentów:

$$Q(x) = 0 \rightarrow x_1 = 4.751 \text{ m}, x_2 = 7.581 \text{ m (poza przedziałem)}$$

$$M(4.751) = 6.832 \text{ kNm}$$

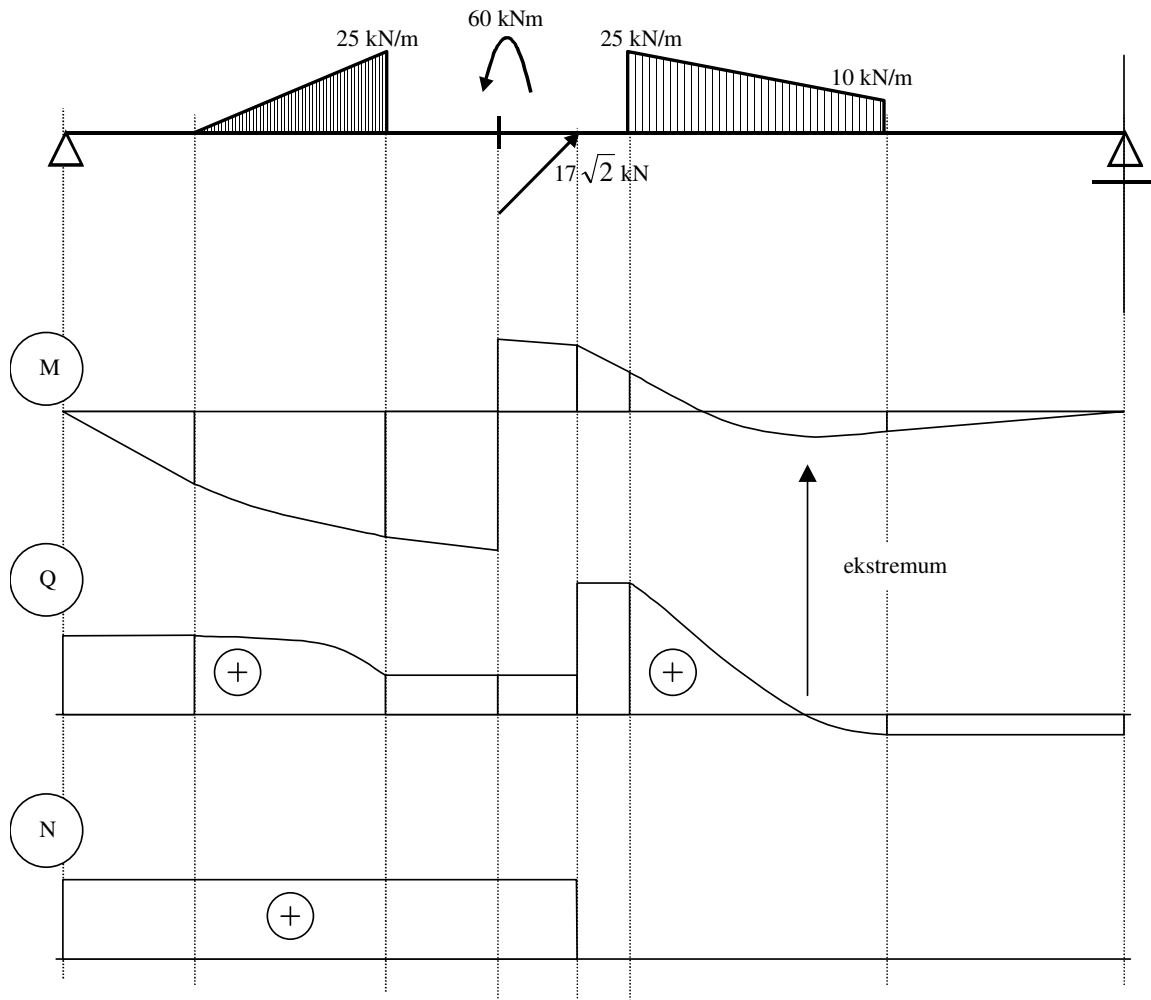
$$5.1 \text{ m} < x < 6.6 \text{ m}$$

$$M(x) = V_A x - 25/2 * 1.2 * (x-1.6) - 60 + 17 * (x-3.2) - 25 * 1.6 * (x-4.3) \{ \text{prostokąt} \} + 15/2 * 1.6 * (x-3.5 - 2/3 * 1.6) \{ \text{trójkąt} \}, M(5.1) = 6.091 \text{ kNm}, M(6.6) = 0$$

$$Q(x) = 23.94 - 25 * 1.6 \{ \text{prostokąt} \} + 15/2 * 1.6 \{ \text{trójkąt} \} = -4.06 \text{ kN}$$

$$N(x) = 0$$

5. Wykresy $M(x)$, $Q(x)$, $N(x)$



Najprostsze przypadki belek prostych

