

POSTUP K ŘEŠENÍ:

A/ VYŘEŠÍME REAKCE

1) Výpočet potřebných údajů

$$\operatorname{tg} \alpha = 4,5 / 5$$

$$\alpha = 41,99^\circ = \underline{41^\circ 59' 24''}$$

$$\operatorname{tg} \beta = 4,5 / 6$$

$$\beta = 36,87^\circ = \underline{36^\circ 52' 12''}$$

$$\gamma = 180^\circ - 41^\circ 59' 24'' = 138,01^\circ = \underline{138^\circ 0' 36''}$$

$$\delta = 70^\circ - 36^\circ 52' 12'' = 33,13^\circ = \underline{33^\circ 7' 48''}$$

$$\phi = 138,01^\circ + 33,13^\circ = 171,14^\circ = \underline{171^\circ 8' 24''}$$

$$\omega = 180^\circ - 171,14^\circ = 8,86^\circ = \underline{8^\circ 51' 36''}$$

$$\psi = 90^\circ - 36^\circ 52' 12'' = 53,13^\circ = \underline{53^\circ 7' 48''}$$

$$\cos \alpha = l_1 / 1,2$$

$$l_1 = 1,2 \cdot \cos 41^\circ 59' 24'' = \underline{0,892 \text{ m}}$$

$$\cos \beta = 3,2 / h_1$$

$$h_1 = 3,2 / \cos 36^\circ 52' 12'' = \underline{4 \text{ m}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = d_1 / 1$$

$$d_1 = 1 \cdot \operatorname{tg} 41^\circ 59' 24'' = \underline{0,9 \text{ m}}$$

$$d_2 = 4,5 - d_1 = 4,5 - 0,9 = \underline{3,6 \text{ m}}$$

2) Rozložení šikmých sil

$$F_1 \begin{cases} N_{F1} = F_1 \cdot \sin 41^\circ 59' 24'' = 55 \cdot \sin 41^\circ 59' 24'' = \underline{36,795 \text{ kN}} \\ V_{F1} = F_1 \cdot \cos 41^\circ 59' 24'' = 55 \cdot \cos 41^\circ 59' 24'' = \underline{40,879 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$F_2 \begin{cases} N_{F2} = F_2 \cdot \cos 41^\circ 59' 24'' = 39 \cdot \cos 41^\circ 59' 24'' = \underline{28,987 \text{ kN}} \\ V_{F2} = F_2 \cdot \sin 41^\circ 59' 24'' = 39 \cdot \sin 41^\circ 59' 24'' = \underline{26,091 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$F_3 \begin{cases} N_{F3} = F_3 \cdot \cos 8^\circ 51' 36'' = 66 \cdot \cos 8^\circ 51' 36'' = \underline{65,212 \text{ kN}} \\ V_{F3} = F_3 \cdot \sin 8^\circ 51' 36'' = 66 \cdot \sin 8^\circ 51' 36'' = \underline{10,165 \text{ kN}} \end{cases}$$

vzhledem k pravému rameni:

$$F_1 \begin{cases} N_1 = F_1 \cdot \cos 53^\circ 7' 48'' = 55 \cdot \cos 53^\circ 7' 48'' = \underline{33 \text{ kN}} \\ V_1 = F_1 \cdot \sin 53^\circ 7' 48'' = 55 \cdot \sin 53^\circ 7' 48'' = \underline{44 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$F_2 \begin{cases} N_2 = F_2 \cdot \cos 36^\circ 52' 12'' = 39 \cdot \cos 36^\circ 52' 12'' = \underline{31,2 \text{ kN}} \\ V_2 = F_2 \cdot \sin 36^\circ 52' 12'' = 39 \cdot \sin 36^\circ 52' 12'' = \underline{23,4 \text{ kN}} \end{cases}$$

$$F_3 \begin{cases} N_3 = F_3 \cdot \cos 70^\circ = 66 \cdot \cos 70^\circ = \underline{22,573 \text{ kN}} \\ V_3 = F_3 \cdot \sin 70^\circ = 66 \cdot \sin 70^\circ = \underline{62,02 \text{ kN}} \end{cases}$$

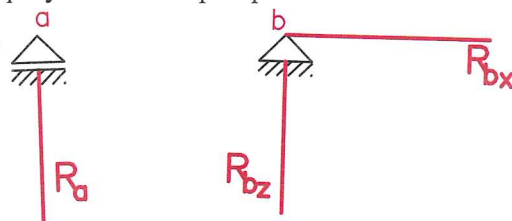
do vodorovného a svislého směru:

$$F_3 \begin{cases} F_{3x} = F_3 \cdot \cos 33^\circ 7' 48'' = 66 \cdot \cos 33^\circ 7' 48'' = \underline{55,271 \text{ kN}} \\ F_{3z} = F_3 \cdot \sin 33^\circ 7' 48'' = 66 \cdot \sin 33^\circ 7' 48'' = \underline{36,072 \text{ kN}} \end{cases}$$

3) Výpočet reakcí

a) Označíme podpory a, b

b) Podle typu podpory naznačíme předpokládané reakce



c) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu b vypočítáme reakci R_a .

$$\sum_{i=1}^n M_{bi} = 0 \quad \begin{matrix} + \\ \curvearrowright \\ - \\ \curvearrowleft \end{matrix}$$

$$R_a \cdot 11 - F_1 \cdot 10,108 + F_2 \cdot 3,6 + V_3 \cdot 5 = 0$$

$$R_a \cdot 11 - 55 \cdot 10,108 + 39 \cdot 3,6 + 62,02 \cdot 3,5 = 0$$

$$R_a \cdot 11 = 198,47$$

$$R_a = \underline{18,043 \text{ kN}} \quad \curvearrowright$$

e) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy x vypočítáme reakci R_{bx} .

$$\sum_{i=1}^n F_{xi} = 0 \quad \begin{matrix} - \\ \leftarrow \\ + \\ \rightarrow \end{matrix}$$

$$F_2 + F_{3x} + R_{bx} = 0$$

$$39 + 55,271 + R_{bx} = 0$$

$$R_{bx} = \underline{-94,271 \text{ kN}} \quad \leftarrow$$

f) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy z vypočítáme reakci R_{bz} .

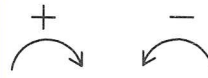
$$\sum_{i=1}^n F_{zi} = 0 \quad \begin{matrix} + \\ \uparrow \\ - \\ \downarrow \end{matrix}$$

$$R_a - F_1 + F_{3z} + R_{bz} = 0$$

$$18,043 - 55 + 36,072 + R_{bz} = 0$$

$$R_{bz} = \underline{0,885 \text{ kN}} \quad \uparrow$$

f) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu e si zkontrolujeme, zda máme reakce vypočítány správně.

$$\sum_{i=1}^n M_{ei} = 0$$


$$R_a \cdot 5 - F_1 \cdot 4,108 - F_2 \cdot 0,9 - V_3 \cdot 4 - R_{bz} \cdot 6 + R_{bx} \cdot 4,5 = 0$$

$$18,043 \cdot 5 - 55 \cdot 4,108 - 39 \cdot 0,9 - 62,02 \cdot 4 - 0,885 \cdot 6 + 94,271 \cdot 4,5 = 0$$

$$0 = 0 \quad \checkmark$$

B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

Reakce si rozložíme na normálové a posouvající složky pro šikmá ramena:

vzledem k levému rameni:

$$N_{Ra} = R_a \cdot \sin 41^\circ 59' 24'' = 18,043 \cdot \sin 41^\circ 59' 24'' = \underline{12,071 \text{ kN}}$$

$$V_{Ra} = R_a \cdot \cos 41^\circ 59' 24'' = 18,043 \cdot \cos 41^\circ 59' 24'' = \underline{13,411 \text{ kN}}$$

$$N_{Rbx} = R_{bx} \cdot \cos 41^\circ 59' 24'' = 94,271 \cdot \cos 41^\circ 59' 24'' = \underline{70,068 \text{ kN}}$$

$$V_{Rbx} = R_{bx} \cdot \sin 41^\circ 59' 24'' = 94,271 \cdot \sin 41^\circ 59' 24'' = \underline{63,067 \text{ kN}}$$

$$N_{Rbz} = R_{bz} \cdot \sin 41^\circ 59' 24'' = 0,885 \cdot \sin 41^\circ 59' 24'' = \underline{0,592 \text{ kN}}$$

$$V_{Rbz} = R_{bz} \cdot \cos 41^\circ 59' 24'' = 0,885 \cdot \cos 41^\circ 59' 24'' = \underline{0,658 \text{ kN}}$$

vzhledem k pravému rameni:

$$N_a = R_a \cdot \sin 36^\circ 52' 12'' = 18,043 \cdot \sin 36^\circ 52' 12'' = \underline{10,826 \text{ kN}}$$

$$V_a = R_a \cdot \cos 36^\circ 52' 12'' = 18,043 \cdot \cos 36^\circ 52' 12'' = \underline{14,434 \text{ kN}}$$

$$N_{bx} = R_{bx} \cdot \cos 36^\circ 52' 12'' = 94,271 \cdot \cos 36^\circ 52' 12'' = \underline{75,417 \text{ kN}}$$

$$V_{bx} = R_{bx} \cdot \sin 36^\circ 52' 12'' = 94,271 \cdot \sin 36^\circ 52' 12'' = \underline{56,563 \text{ kN}}$$

$$N_{bz} = R_{bz} \cdot \sin 36^\circ 52' 12'' = 0,885 \cdot \sin 36^\circ 52' 12'' = \underline{0,531 \text{ kN}}$$

$$V_{bz} = R_{bz} \cdot \cos 36^\circ 52' 12'' = 0,885 \cdot \cos 36^\circ 52' 12'' = \underline{0,708 \text{ kN}}$$

1) Průběh normálových sil na nosníku (znaménková konvence $\leftarrow \boxplus \rightarrow$)

Mezi dvěma osamělými břemeny je vždy konstantní průběh. V působišti osamělého břemena se vždy tento průběh mění skokem právě o hodnotu této normálové síly.

LEVÉ ŠIKMÉ RAMENO:

v bodě a: $N_a^L = -N_{Ra} = -12,071 \text{ kN}$

v bodě c: $N_c^L = N_a^L + N_{F1} = -12,071 + 36,795 = 24,724 \text{ kN}$

v bodě d: $N_d^L = N_c^L - N_{F2} = 24,724 - 28,987 = -4,263 \text{ kN}$

v bodě e: $N_e^L = N_d^L = -4,263 \text{ kN}$

PRAVÉ ŠIKMÉ RAMENO:

v bodě b: $N_b^P = -N_{bx} - N_{bz} = -75,417 - 0,531 = -75,948 \text{ kN}$

v bodě f: $N_f^P = N_b^P + N_3 = -75,417 + 22,573 = -53,375 \text{ kN}$

v bodě e: $N_e^P = N_f^P = -53,375 \text{ kN}$



- 2) Průběh posouvajících sil na nosníku (znaménková konvence)

Mezi dvěma osamělými břemeny je vždy konstantní průběh. V působišti osamělého břemena se vždy tento průběh mění skokem právě o hodnotu této posouvající síly.

LEVÉ ŠIKMÉ RAMENO:

v bodě a: $V_a^L = V_{Ra} = 13,411 \text{ kN}$

v bodě c: $V_c^L = V_a^L - V_{F1} = 13,411 - 40,879 = -27,468 \text{ kN}$

v bodě d: $V_d^L = V_c^L - V_{F2} = -27,468 - 26,091 = -53,559 \text{ kN}$

v bodě e: $V_e^L = V_d^L = -53,559 \text{ kN}$

PRAVÉ ŠIKMÉ RAMENO:

v bodě c: $V_b^P = V_{bx} - V_{bz} = 56,563 - 0,708 = 55,855 \text{ kN}$

v bodě f: $V_f^P = V_b^P - V_3 = 55,855 - 62,02 = -6,165 \text{ kN}$

v bodě e: $V_e^P = V_f^P = -6,165 \text{ kN}$

- 3) Průběh ohybových momentů (znaménková konvence)



Mezi dvěma osamělými břemeny je vždy lineární průběh (křivka 1.stupně). V působišti osamělého břemena se průběh lomí.

v bodě a: $M_a^L = 0$

v bodě c: $M_c^L = R_a \cdot 0,892 = 18,043 \cdot 0,892 = 16,094 \text{ kNm}$

v bodě d: $M_d^L = R_a \cdot 4 - F_1 \cdot 3,108 = 18,043 \cdot 4 - 55 \cdot 3,108 = -98,768 \text{ kNm}$

v bodě e: $M_e^P = R_{bz} \cdot 6 - R_{bx} \cdot 4,5 + V_3 \cdot 4 = 0,885 \cdot 6 - 94,271 \cdot 4,5 + 62,02 \cdot 4 = -170,83 \text{ kNm}$

v bodě f: $M_f^P = V_{bz} \cdot 3,5 - V_{bx} \cdot 3,5 = 0,708 \cdot 3,5 - 56,563 \cdot 3,5 = -195,493 \text{ kNm}$

v bodě b: $M_b^P = 0$

Poznámka: NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě f, kde je maximální ohybový moment o velikosti -195,493 kNm.