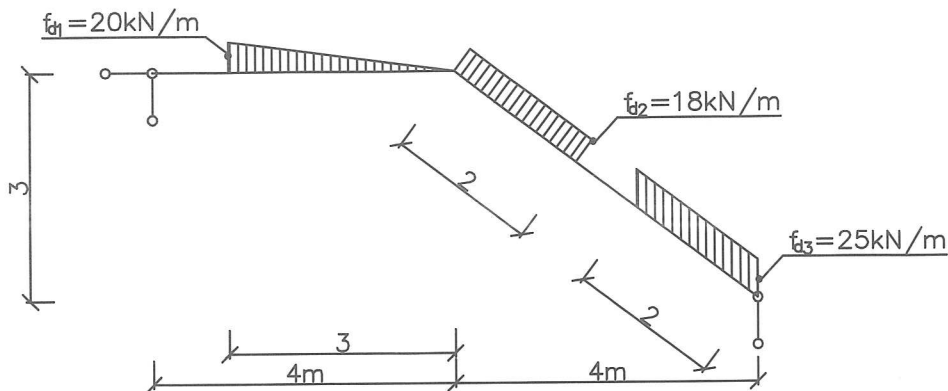
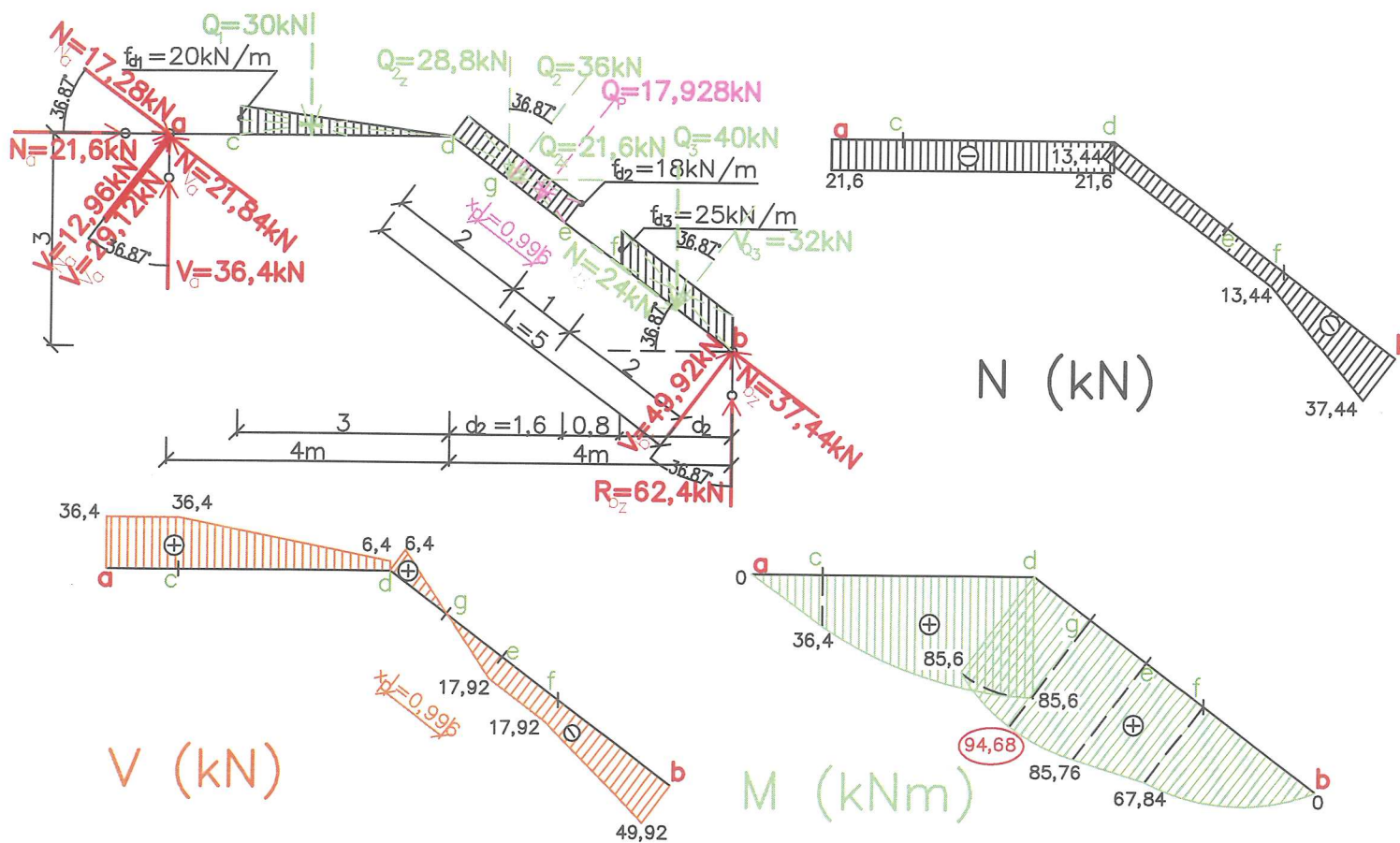


2.4.3 Šikmý nosník zatížený spojitými zatíženími

ZADÁNÍ



ŘEŠENÍ



POSTUP K ŘEŠENÍ:

A/ VYŘEŠÍME REAKCE

- 1) Vypočítáme potřebné vzdálenosti na nosníku a úhel sklonu

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= 3 / 4 & L^2 &= 3^2 + 4^2 \\ \alpha &= 36,87^\circ & L &= \sqrt{9 + 16} = 5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos 36,87^\circ &= d_2 / 2 & d_2 = d_3 &= 1,6 \text{ m} & \sin 36,87^\circ &= h_2 / 2 \\ d_2 &= 2 \cdot \cos 36,87^\circ & d_4 &= 4 - d_2 - d_3 & h_2 &= 2 \cdot \sin 36,87^\circ \\ d_2 &= 1,6 \text{ m} & d_4 &= 4 - 1,6 - 1,6 = 0,8 \text{ m} & h_2 &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

- 2) Vypočítáme náhradní břemena

$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot f_{d1} \cdot L_1 = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 3 = 30 \text{ kN}$$

$$Q_2 = f_{d2} \cdot L_2 = 18 \cdot 2 = 36 \text{ kN}$$

$$Q_3 = f_{d3} \cdot d_3 = 25 \cdot 1,6 = 40 \text{ kN}$$

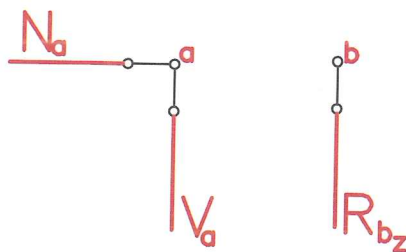
- 3) Rozložení náhradních břemen na vodorovné a svislé složky a na normálové a posouvající složky

$$\begin{aligned} Q_2 \begin{cases} Q_{2x} = Q_2 \cdot \sin 36,87^\circ = 36 \cdot \sin 36,87^\circ = 21,6 \text{ kN} \\ Q_{2z} = Q_2 \cdot \cos 36,87^\circ = 36 \cdot \cos 36,87^\circ = 28,8 \text{ kN} \end{cases} \\ Q_3 \begin{cases} N_{Q3} = Q_3 \cdot \sin 36,87^\circ = 40 \cdot \sin 36,87^\circ = 24 \text{ kN} \\ V_{Q3} = Q_3 \cdot \cos 36,87^\circ = 40 \cdot \cos 36,87^\circ = 32 \text{ kN} \end{cases} \end{aligned}$$

- 4) Výpočet reakcí

a) Označíme podpory **a, b** a další zajímavé místo **c, d, e, f**

b) Podle typu podpory naznačíme předpokládané reakce.



- c) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy **x** vypočítáme reakci **N_a**.

$$\sum_{i=1}^n F_{xi} = 0 \quad \leftarrow \quad \rightarrow$$

$$N_a - Q_{2x} = 0$$

$$N_a - 21,6 = 0$$

$$N_a = 21,6 \text{ kN} \rightarrow$$

- e) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **b** si vypočítáme reakci **V_a**.

$$\sum_{i=1}^n M_{bi} = 0 \quad \leftarrow \quad \rightarrow$$

$$\begin{aligned}
 N_a \cdot 3 + V_a \cdot 8 - Q_1 \cdot 6 - Q_2 \cdot 4 - Q_3 \cdot 0,8 &= 0 \\
 21,6 \cdot 3 + V_a \cdot 8 - 30 \cdot 6 - 36 \cdot 4 - 40 \cdot 0,8 &= 0 \\
 V_a \cdot 8 &= 291,2 \\
 V_a &= \underline{36,4 \text{ kN}} \quad \curvearrowright
 \end{aligned}$$

f) Pomocí momentové podmínky rovnováhy k bodu **a** si vypočítáme reakci R_{bz} .

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^n M_{\alpha i} = 0 \quad \begin{array}{c} + \\ \curvearrowright \\ - \\ \curvearrowleft \end{array} \\
 Q_1 \cdot 2 + Q_{2x} \cdot 0,6 + Q_{2z} \cdot 4,8 + Q_3 \cdot 7,2 + R_{bz} \cdot 8 = 0 \\
 30 \cdot 2 + 21,6 \cdot 0,6 + 28,8 \cdot 4,8 + 40 \cdot 7,2 + R_{bz} \cdot 8 = 0 \\
 R_{bz} \cdot 8 = -499,2 \\
 R_{bz} = \underline{-62,4 \text{ kN}} \quad \curvearrowleft
 \end{aligned}$$

g) Pomocí silové podmínky rovnováhy do osy z si ověříme správnost našeho výpočtu při určování reakce V_a a R_{bz} .

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^n F_{zi} = 0 \quad \begin{array}{c} \uparrow + \\ \downarrow - \end{array} \\
 V_a - Q_1 - Q_{2z} - Q_3 + R_{bz} = 0 \\
 36,4 - 30 - 28,8 - 40 + 62,4 = 0 \\
 \underline{0 = 0} \quad \checkmark
 \end{aligned}$$

B/ VYŘEŠÍME PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

Také reakce, u kterých je to nutné, si rozložíme na normálové a posouvající síly.

$$\begin{aligned}
 R_{bz} &\begin{cases} N_{bz} = R_{bz} \cdot \sin 36,87^\circ = 62,4 \cdot \sin 36,87^\circ = \underline{37,44 \text{ kN}} \\ V_{bz} = R_{bz} \cdot \cos 36,87^\circ = 62,4 \cdot \cos 36,87^\circ = \underline{49,92 \text{ kN}} \end{cases}
 \end{aligned}$$

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

Mezi dvěma osamělými břemeny je vždy konstantní průběh. Mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení je vždy lineární průběh (křivka 1. stupně). V působišti osamělého břemena se vždy tento průběh mění skokem právě o hodnotu této normálové síly.

VODOROVNÁ ČÁST NOSNÍKU

v bodě a: $N_a^L = N_a = \underline{-21,6 \text{ kN}}$

v bodě c, d: $N_c^L = N_d^L = N_a^L = \underline{-21,6 \text{ kN}}$

ŠIKMÁ ČÁST NOSNÍKU

v bodě b: $N_b^P = -N_{bz} = \underline{-37,44 \text{ kN}}$

v bodě f: $N_f^P = N_b^P + N_{Q3} = -37,44 + 24 = \underline{-13,44 \text{ kN}}$

v bodě e: $N_e^P = N_d^P = N_f^P = \underline{-13,44 \text{ kN}}$

2) Průběh posouvajících sil na nosníku (znaménková konvence $\uparrow \oplus \downarrow$)

Mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení je vždy lineární průběh (křivka 1. stupně). Mezi začátkem a koncem spojitěho trojúhelníkového zatížení je vždy křivka 2. stupně. Mezi dvěma osamělými břemeny, tzn i mezi začátkem a koncem spojitěho rovnoměrného zatížení, mezi kterými není žádné zatížení, je vždy konstantní průběh. Místo, kde mění spojitě zatížení svou velikost, se projeví v průběhu sil zlomem.

VODOROVNÁ ČÁST NOSNÍKU

v bodě a: $V_a^L = V_a = \underline{36,4 \text{ kN}}$

v bodě c: $V_c^L = V_a^L = \underline{36,4 \text{ kN}}$

v bodě d: $V_d^L = V_c^L - Q_1 = 36,4 - 30 = \underline{6,4 \text{ kN}}$

ŠIKMÁ ČÁST NOSNÍKU

v bodě b: $V_b^P = -V_{bz} = \underline{-49,92 \text{ kN}}$

v bodě f: $V_f^P = V_b^P + V_{Q3} = -49,92 + 32 = \underline{-17,92 \text{ kN}}$

v bodě e: $V_e^P = V_f^P = \underline{-17,92 \text{ kN}}$

v bodě d: $V_d^P = V_e^P + Q_2 = -17,92 + 36 = \underline{18,08 \text{ kN}}$

Z průběhu posouvajících sil je pravděpodobné, že mezi bodem d a e se bude vyskytovat nebezpečný průřez, proto určíme jeho polohu a místo označíme jako průřez g.

Vzdálenost můžeme určit buď od bodu d (označíme x_L) nebo do bodu e (označíme x_P).

$$x_L = IV_d^P I / f_{d2} = 18,08/18 = 1,004 \text{ m}$$

$$x_P = IV_e^P I / f_{d2} = 17,92/18 = 0,996 \text{ m}$$

Místo nebezpečného průřezu označíme g.

Určíme náhradní břemeno např.zprava, tj. spojitého rovnoměrného zatížení od bodu g do e, které označíme např. Q_P .

$$Q_P = f_{d2} \cdot x_P = 18 \cdot 0,996 = 17,928 \text{ kN}$$

3) Průběh ohybových momentů na nosníku (znaménková konvence)

Mezi dvěma osamělými břemeny, tzn i mezi začátkem a koncem spojitého rovnoměrného zatížení, mezi kterými není žádné zatížení, je vždy lineární průběh (křivka 1.stupně). Mezi začátkem a koncem spojitého rovnoměrného zatížení je vždy průběh křivka 2.stupně. Mezi začátkem a koncem spojitého trojúhelníkového zatížení je vždy průběh křivka 3.stupně. Místo, kde mění rovnoměrné spojitě zatížení svou velikost, se projeví v průběhu momentů zlomem.

VODOROVNÁ ČÁST NOSNÍKU

v bodě a: $M_a^L = 0$

v bodě c: $M_c^L = V_a \cdot 1 = 36,4 \cdot 1 = \underline{36,4 \text{ kNm}}$

v bodě d: $M_d^L = V_a \cdot 4 - Q_1 \cdot 2 = \underline{85,6 \text{ kNm}}$

ŠIKMÁ ČÁST NOSNÍKU

v bodě d: $M_d^L = \underline{85,6 \text{ kNm}}$

v bodě g: $M_g^P = V_{bz} \cdot 3,996 - V_{Q3} \cdot 2,996 - Q_P \cdot 0,498 = 49,92 \cdot 3,996 - 32 \cdot 2,996 - 17,928 \cdot 0,498 = \underline{94,68 \text{ kNm}}$ (nebezpečný průřez)

v bodě e: $M_e^P = R_{bz} \cdot 2,4 - Q_3 \cdot 1,6 = 62,4 \cdot 2,4 - 40 \cdot 1,6 = \underline{85,76 \text{ kNm}}$

v bodě f: $M_f^P = R_{bz} \cdot 1,6 - Q_3 \cdot 0,8 = 62,4 \cdot 1,6 - 40 \cdot 0,8 = \underline{67,84 \text{ kNm}}$

v bodě b: $M_b^P = 0$

Poznámka: NEBEZPEČNÝ PRŮŘEZ je v bodě g, kde je maximální ohybový moment o velikosti cca 94,68 kNm.