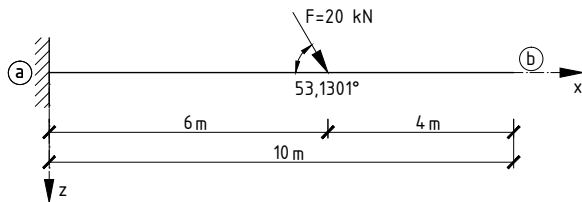


Vzorový příklad č. 5

Konzola zatížená šikmou silou F

Zadání

Pro danou konzolu a uvedené zatížení na obrázku 1 vypočítejte velikost reakcí vnějších vazeb R_{ax} , R_{az} , M_a a stanovte průběhy vnitřních sil N , V , M .

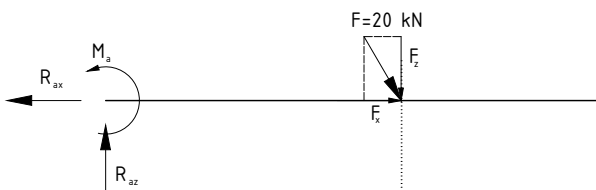


Obrázek 1: Zadání

Řešení

Řešení reakcí

Pro vyřešení reakcí na zadané konzole je třeba nejprve provést uvolnění konstrukce z vnějších vazeb a účinek těchto vnějších vazeb¹ nahradit složkami reakcí R_{ax} , R_{az} , M_a . Smysl složek reakcí lze libovolně zvolit a při následujícím výpočtu se jejich orientace buď potvrdí (znaménko \oplus) nebo obrátí (znaménko \ominus). Uvolněním konzoly a nahrazením vazeb složkami reakcí vznikne soustava sil a statických momentů v rovině. Tato soustava má být v rovnováze a tak vyřešíme velikosti složek reakcí ze tří podmínek rovnováhy (1 momentové k bodu @ a 2 silových: do osy prutu x a do svislé osy z).



Obrázek 2: Nosník uvolněný z vazeb, reakce

$$(a) \sum F_{i,x} = 0 : [\rightarrow \oplus]$$

$$-R_{ax} + F_x = -R_{ax} + F \cdot \cos 53,1301 = 0$$

$$R_{ax} = F \cdot \cos 53,1301 = 20 \cdot 0,6 = \underline{12,0 \text{ kN}} [\leftarrow] \checkmark$$

¹Vnější vazba neboli podpora zamezuje pohybu (posunu či rotaci) konstrukce. Říkáme, že konstrukci odebírá stupně volnosti. Podle počtu odebraných stupňů volnosti rozlišujeme (v rovině) vazby jednonásobné, dvojnásobné a trojnásobné.

$$(b) \sum F_{i,z} = 0 : [\uparrow \oplus]$$

$$R_{az} - F_z = 0$$

$$R_{az} - F \cdot \sin 53,1301 = 0$$

$$R_{az} = F \cdot \sin 53,1301$$

$$R_{az} = 20 \cdot 0,8 = \underline{16,0 \text{ kN}} [\uparrow] \checkmark$$

$$(c) \sum M_{i,a} = 0 : [\odot \oplus]$$

$$M_a - F_z \cdot 6 = 0$$

$$M_a - F \cdot 6 \cdot \sin 53,1301 = 0$$

$$M_a = F \cdot 6 \cdot \sin 53,1301$$

$$M_a = 20 \cdot 6 \cdot 0,8 = \underline{96,0 \text{ kNm}} [\odot] \checkmark$$

Kontrola

Pro kontrolu lze využít např. momentové podmínky k volnému konci (b).

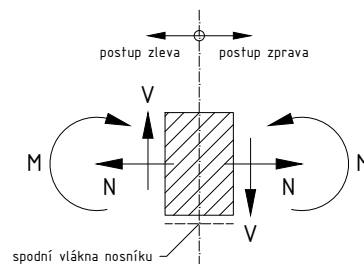
$$\sum M_{i,b} = 0 : [\odot \oplus]$$

$$R_{az} \cdot 10 - M_a - F_z \cdot 4 =$$

$$= 16,0 \cdot 10 - 96,0 - 16,0 \cdot 4 = 0,0 \text{ kN} \checkmark$$

Řešení průběhů vnitřních sil N , V , M

Při řešení průběhů vnitřních sil se uplatňuje následující konvence pro složky výslednice vnitřních sil: **Kladné** normálové síly N vyvozují v uvažovaném řezu **tah**, **kladné** posouvající síly V se snaží otočit řezem **ve směru chodu hodinových ručiček** $[\odot]$ a **kladný** moment M **natahuje spodní vlákna** nosníku. Uvedenou konvenci dokumentuje níže uvedený obrázek 3.



Obrázek 3: Konvence složek výslednice vnitřních sil

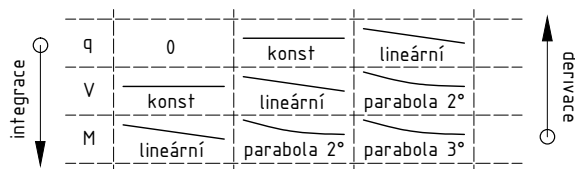
Normálové síly N

Vykreslení průběhu normálové síly N při postupu zleva se začne v podpoře @, kde působí reakce $R_{ax} = 12,0$ kN se směrem [\leftarrow]. Reakce vyvozuje tah, je tedy kladná.² V místě působí síla F působí její složka $F_x = 12,0$ kN se směrem [\rightarrow]. Uvedená složka způsobuje tlak a ruší hodnotu vodorovné reakce. Dále jsou na konzole N nulové.

Posouvající síly V

Vykreslení posouvajících sil při postupu zleva se začne v podpoře @, kde působí reakce $R_{az} = 16,0$ kN se směrem [\uparrow]. Tato síla je dle dříve uvedené konvence kladná.³ Na konzolu až po sílu F nepůsobí další svislé zatížení a tak je hodnota posouvající síly konstantní a má velikost 16,0 kN.

Průběh posouvající síly v tomto úseku lze jednoduše určit také na základě diferenciálních podmínek rovnováhy a z nich plynoucího *derivačně-integračního schématu* na obrázku 4.



Obrázek 4: Derivačně-integrační schéma

V místě působí síla F působí svislá složka této síly o velikosti $F_z = 16,0$ kN se směrem [\downarrow]. Vzhledem k tomuto směru je při postupu zleva dle zavedené konvence záporná a hodnota posouvající síly se v tomto místě mění skokem na hodnotu:

$$V_{6m} = 16,0 - 16,0 = \underline{0,0} \text{ kN}$$

Konzola není až po volný konec svisle zatížena a tak je průběh posouvající síly nulový.

Ohybové momenty M

Ohybové momenty se vždy určují jako součet statických momentů všech sil, osamělých momentů i reakcí k danému řezu. Vykreslení ohybových momentů se řídí následující konvencí: **hodnota momentu se vynáší na stranu tažených vláken, kladné pod základní čáru, záporné nad základní čáru!** Jednotlivé hodnoty momentů pro zadaný příklad lze při postupu zleva určit následujícím způsobem: [$\ominus \oplus$]

$$M_{0m} = -M_a = \underline{-96,0} \text{ kNm}$$

$$M_{6m} = -M_a + R_{az} \cdot 6 = -163,0 + 16,0 \cdot 6 = \underline{0,0} \text{ kNm}$$

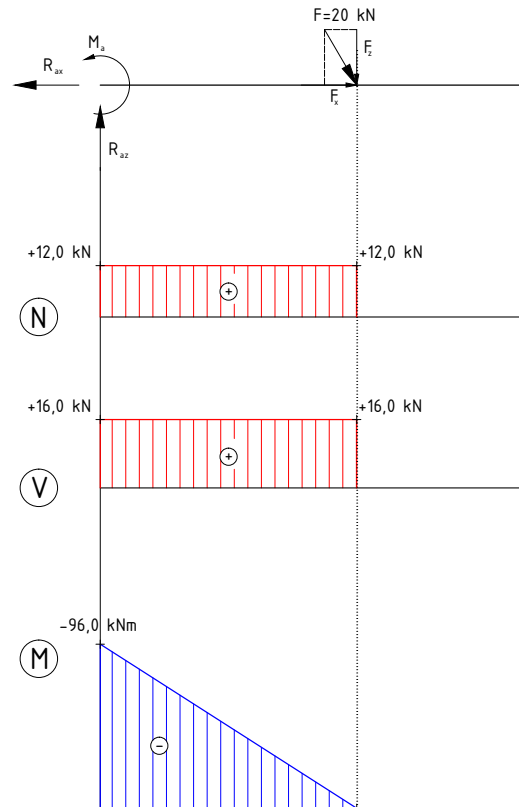
²Kladné hodnoty normálové síly N vynášíme **nad** základní čáru, záporné hodnoty N vynášíme **pod** základní čáru.

³Kladné hodnoty posouvající síly V vynášíme **nad** základní čáru, záporné hodnoty V vynášíme **pod** základní čáru.

Kontrola

Kontrolu lze provést výpočtem zprava. [$\ominus \oplus$] Např.:

$$M_{0m} = -F_z \cdot 6 = -16,0 \cdot 6 = -96,0 \text{ kNm} \checkmark$$



Obrázek 5: Průběhy vnitřních sil