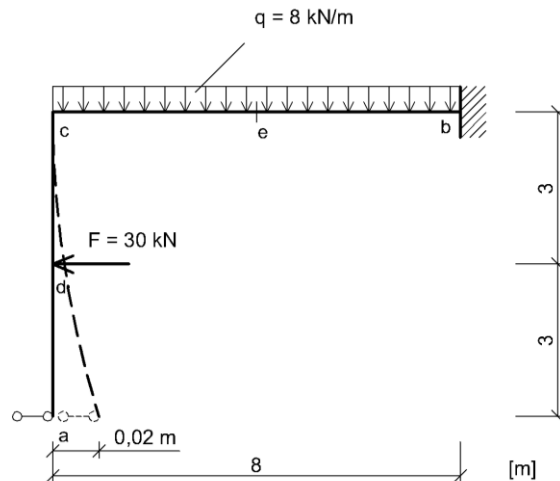


9. Příklad č. 9 – Staticky neurčitý rám

Zadání

Vykreslete průběhy vnitřních sil na staticky neurčité konstrukci podle obrázku. Použijte silovou metodu. Průřez je z ocelového válcovaného profilu I300. Jeho charakteristiky ($E = 210\text{GPa}$, $I = 97,9 \cdot 10^6 \text{m}^4$) jsou konstantní na celé konstrukci. Zanedbejte práci normálových a posouvajících sil.

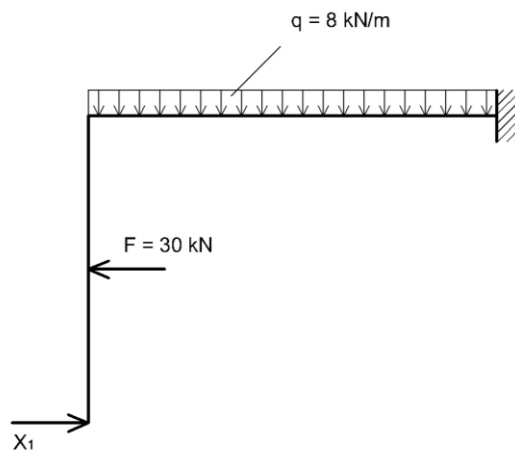


Obr. 9.1: Model konstrukce a zatížení

Řešení

Konstrukce bude řešena silovou metodou. Konstrukce je jedenkrát staticky neurčitá. Základní soustava se vytvoří odebráním jedné vazby. Vzhledem k deformačnímu zatížení bude odebrána vazba proti vodorovnému posunu v bodě a . Deformační podmínka bude zahrnovat předepsaný vodorovný posun v bodě a \bar{u}_a .

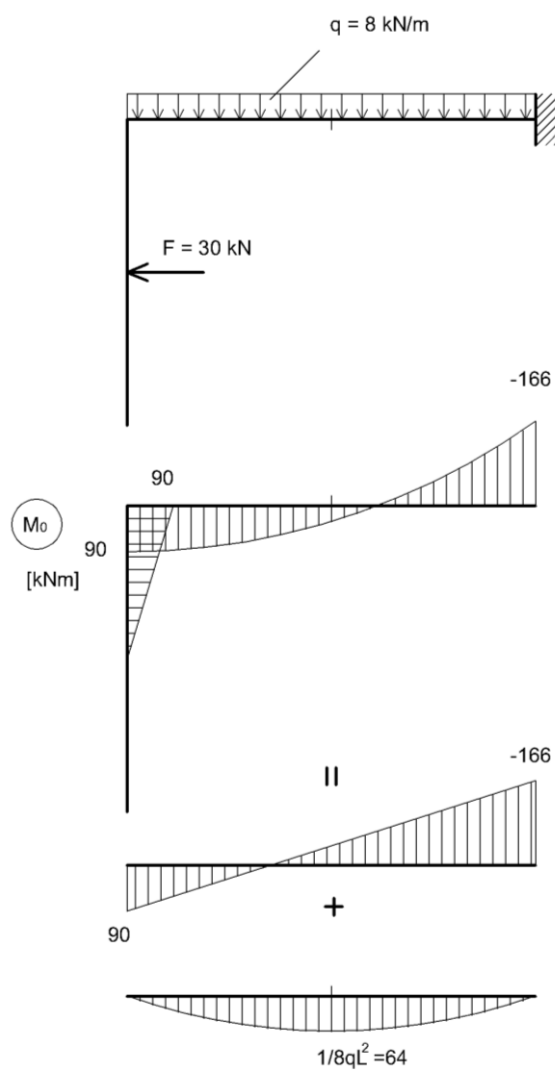
$$u_a = \delta_1 = \bar{u}_a$$



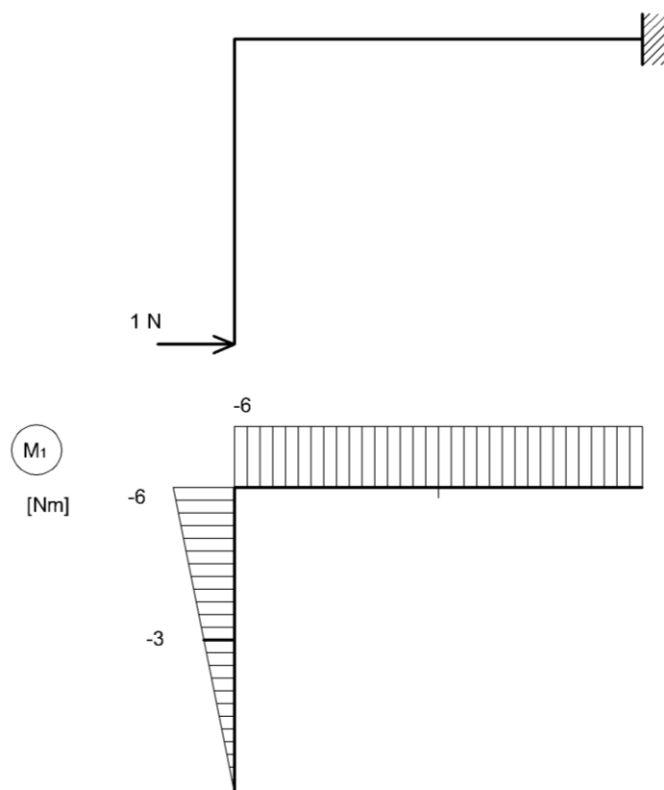
Obr. 9.2: Základní staticky určitá soustava

Základní soustava se zatíží dvěma zatěžovacími stavy.

Zatěžovací stav 0 – Původní zatížení



Obr. 9.3: Původní zatížení základní soustavy a odpovídající ohybové momenty

Zatěžovací stav 1 – Jednotková síla ve směru X_1 Obr. 9.4: Zatížení základní soustavy jednotkovou silou ve směru X_1 a odpovídající ohybové momenty**Výpočet přemístění**

$$\begin{aligned} \delta_{10} &= \frac{1}{EI} \left[\frac{1}{6} M_{c,0} (M_{b,1} + 2M_{c,1}) L_{bc} + \frac{1}{2} M_{c,1} (M_{c,0} + M_{d,0}) L_{cd} + \frac{2}{3} M_{e,0} M_{c-d,1} L_{cd} \right] \\ &= \frac{1}{EI} \left[\frac{1}{6} \cdot (90 \cdot 10^3) \cdot ((-3) + 2 \cdot (-6)) \cdot 3 + \frac{1}{2} \cdot (-6) \cdot (90 \cdot 10^3 + (-166 \cdot 10^3)) \cdot 8 + \frac{2}{3} \cdot 64 \cdot 10^3 \cdot (-6) \cdot 8 \right] \\ &= \frac{-899000}{210 \cdot 10^9 \cdot 97,9 \cdot 10^{-6}} = -0,043738 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \frac{1}{EI} \left[\frac{1}{3} M_{c,1} M_{c,1} L_{ac} + M_{c,1} M_{c,1} L_{cd} \right] = \\ &= \frac{1}{EI} \left[\frac{1}{3} \cdot (-6) \cdot (-6) \cdot 6 + (-6) \cdot (-6) \cdot 8 \right] = \frac{360}{210 \cdot 10^9 \cdot 97,9 \cdot 10^{-6}} = 17,5106 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

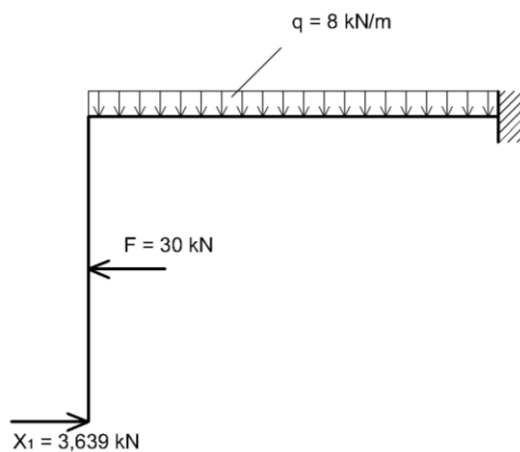
Kanonická rovnice – deformační podmínka

$$\delta_{10} + \delta_{11} X_1 = 0,02$$

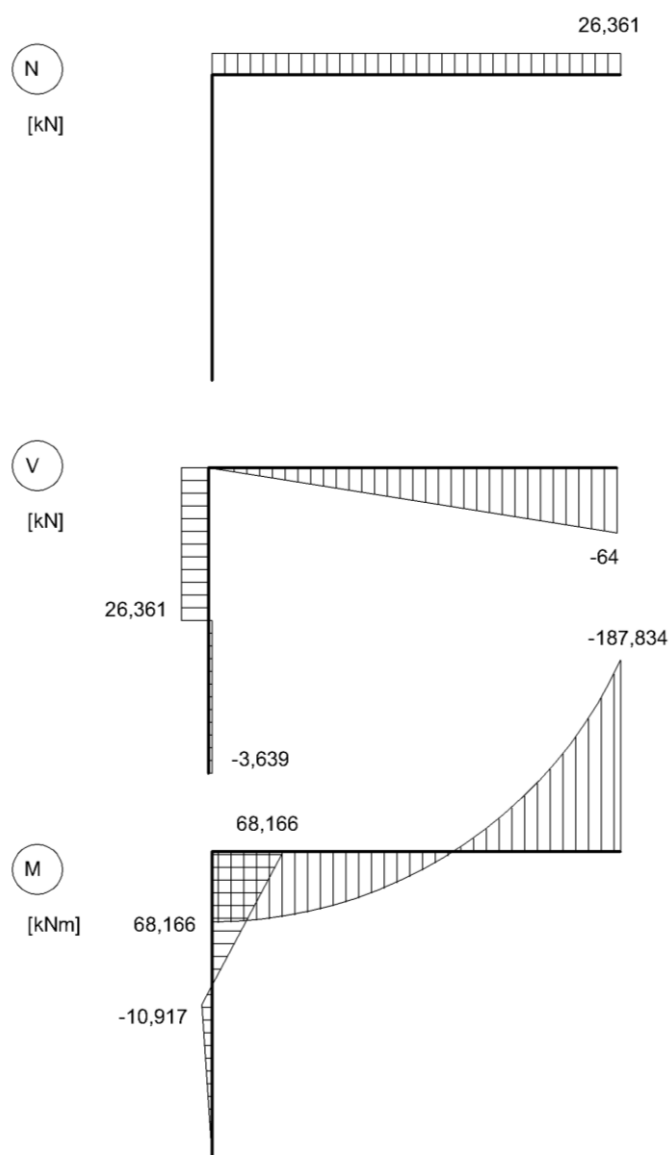
$$-0,043738 + 17,5106 \cdot 10^{-6} X_1 = 0,02$$

Řešení

$$X_1 = 3,64 \cdot 10^3 = 3,64 \text{ kN}$$



Obr. 9.5: Výsledné zatížení základní staticky určité soustavy



Obr. 9.6: Výsledné průběhy vnitřních sil