

Module 6

Antwoorden van de toetsopgaven

Opgave 1

- a** Krachtsverdeling is niet te bepalen op basis van het evenwicht alleen, het vervormingsgedrag van de constructie moet ook worden meegenomen in de berekening.
- b** Voordelen van S.O. constructies:
- Reserve draagvermogen.
 - Veelal stijver gedrag, er kan slanker worden geconstrueerd.
 - Het is eenvoudiger om stabiele constructies te verkrijgen.
- c** Vormveranderingsvoorwaarden zijn de extra vergelijkingen die nodig zijn om de aangenomen statisch onbepaalden te kunnen oplossen. Het zijn eisen die te stellen zijn aan de vervorming van de constructie t.p.v. de aangenomen statisch onbepaalden:

$$u_{\text{links}} = u_{\text{rechts}}$$

$$w_{\text{links}} = w_{\text{rechts}}$$

$$\varphi_{\text{links}} = \varphi_{\text{rechts}}$$

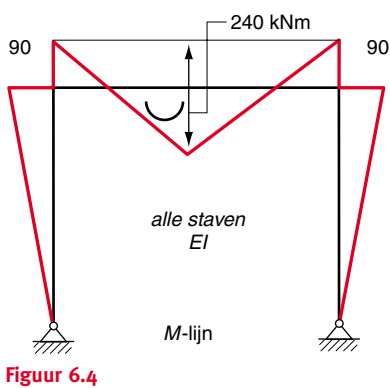
- d** Gaapvergelijkingen zijn v.v.v. van het laatste hierboven weergegeven type.

Opgave 2

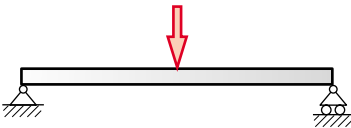
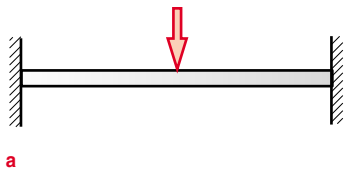
- a** De M -lijn is in figuur 6.4 getekend.

Het is niet belangrijk om in de figuur precies te weten hoe groot de momenten in de hoekpunten zijn, belangrijk is dat de momentensom (tussen hoekpunt en het midden van de overspanning) gelijk is aan:

$$M = \frac{1}{4} Fl = 240 \text{ kNm}$$



Figuur 6.4



Figuur 6.5

De ongunstigste stijfheidsverhouding tussen regel en stijl voor het moment in punt B en C is als de stijl veel stijver is dan de regel. In dat geval ontstaat situatie a) in figuur 6.5.

Het *inklemmingsmoment* voor dit basisgeval kan worden bepaald en is:

$$M = -\frac{1}{8}Fl = -120 \text{ kNm}$$

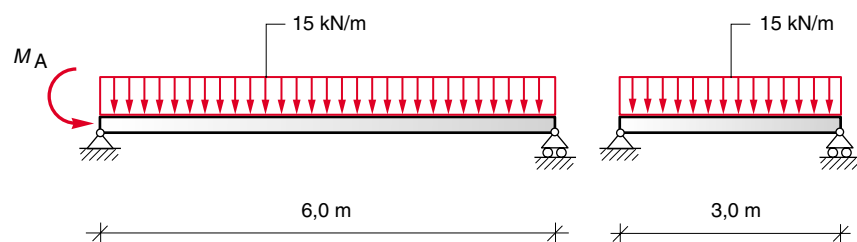
Het grootste veldmoment kan optreden als juist de regel veel stijver is dan de stijl. Het mechanica-schema dat dan ontstaat is in situatie b in figuur 6.5 weergegeven.

Het veldmoment dat hierbij hoort is:

$$M = \frac{1}{4}Fl = 240 \text{ kNm}$$

Opgave 3

- a De constructie is enkelvoudig statisch onbepaald.
b Kies als statisch bepaald hoofdschema bijvoorbeeld voor figuur 6.6.



Figuur 6.6

- c De *vormveranderingsvoorwaarde* voor dit probleem luidt ($n = 1$, dus 1 v.v.v.):

$$\varphi_{ab} = 0$$

- d De v.v.v. kan als volgt worden uitgewerkt met behulp van de gegeven *vergeet-mij-nietjes*.

$$\varphi_{ab} = \frac{M_A \cdot 6,0}{3EI} - \frac{15 \cdot 6,0^3}{24EI} = 0$$

- e Oplossen van de statisch onbepaalde levert:

$$2M_A = 135 \Leftrightarrow M_A = 67,5 \text{ kNm}$$

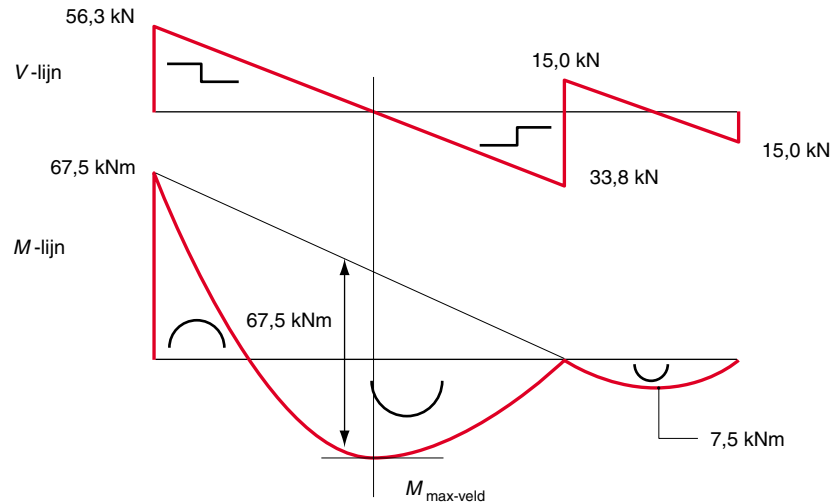
- f Oplegreacties zijn als volgt te bepalen:

$$A_V = \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 6,0 + \frac{67,5}{6,0} = 56,3 \text{ kN (omhoog)}$$

$$B_V = \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 6,0 - \frac{67,5}{6,0} + \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 2,0 = 48,8 \text{ kN (omhoog)}$$

$$C_V = \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 2,0 = 15 \text{ kN (omhoog)}$$

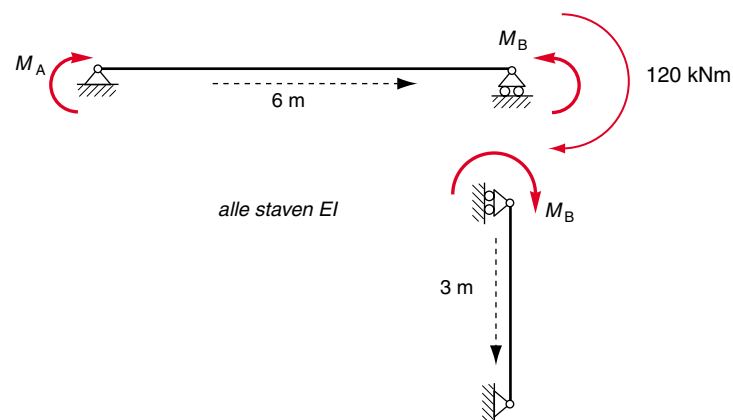
- g De V -lijn is weergegeven in figuur 6.7.
 h De M -lijn is in figuur 6.7 weergegeven.



Figuur 6.7

Opgave 4

- a De constructie is 2-voudig statisch onbepaald.
 b Kies als statisch bepaald hoofdsysteem het systeem zoals is weergegeven in figuur 6.8.



Figuur 6.8

De statisch onbepaalden zijn de inwendige momenten:

$$M_A \text{ en } M_B$$

- c Er zijn twee *vormveranderingsvoorwaarden* nodig. Aangezien alle statisch onbepaalden, momenten zijn moeten de *v.v.v.*'s betrekking hebben op de *hoekveranderingen*.
 De vergelijkingen zijn:

$$\varphi_{ab} = 0$$

$$\varphi_{ba} = \varphi_{bc}$$

- d** Uitwerken van deze voorwaarden met behulp van de *vergeet-mij-nietjes* levert:

eerste *v.v.v.*

$$-\frac{M_A \cdot 6}{3EI} + \frac{120 \cdot 6}{6EI} - \frac{M_B \cdot 6}{6EI} = 0$$

tweede *v.v.v.*

$$\frac{M_A \cdot 6}{6EI} + \frac{M_B \cdot 6}{3EI} - \frac{120 \cdot 6}{6EI} = -\frac{M_B \cdot 3}{3EI}$$

- e** Met als oplossing:

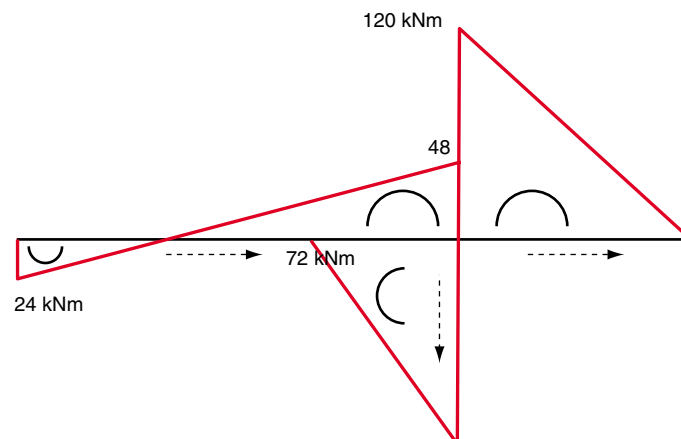
$$M_A = 24 \text{ kNm}$$

$$M_B = 72 \text{ kNm}$$

Uiteraard moet knoop B in evenwicht zijn. Links van punt B moet het inwendige moment in de ligter dan gelijk zijn aan:

$$M_{BA} = -120 + 72 = -48 \text{ kNm}$$

- f** De *M*-lijn kan nu getekend worden en is in figuur 6.9 weergegeven, let daarbij op de sprong in de *M*-lijn ter plaatse van punt B.



Figuur 6.9