

Statica (WB/MT) college 10

Internal forces, Ch.7.1

Guido Janssen

G.c.a.m.janssen@tudelft.nl

Interne belastingen

Tot nu toe hebben we staven en balken als onvervormbaar beschouwd.

Ook hebben we aangenomen dat staven en balken op miraculeuze wijze krachten overdragen van het ene uiteinde naar het andere.

Dit zijn twee nuttige aannames, maar bij nadere inspectie kan dat nooit de hele waarheid zijn.

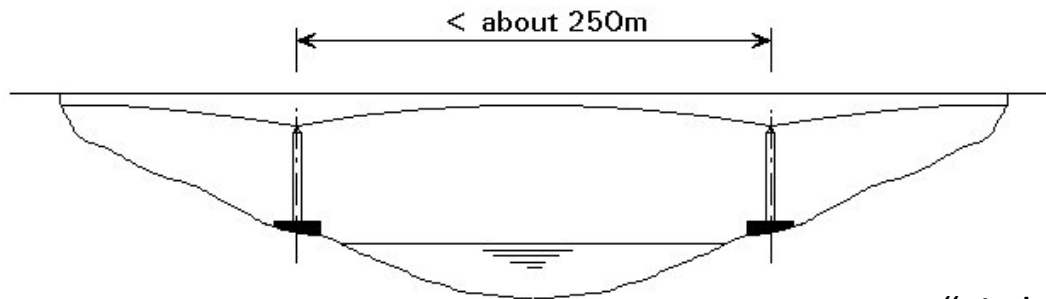
- Alle lichamen vervormen onder belasting.
- Die vervorming is de manier waarop krachten worden doorgegeven.

Ook moeten we de interne belastingen kennen om staven en balken goed te kunnen dimensioneren.

Dimensionering, voorbeelden



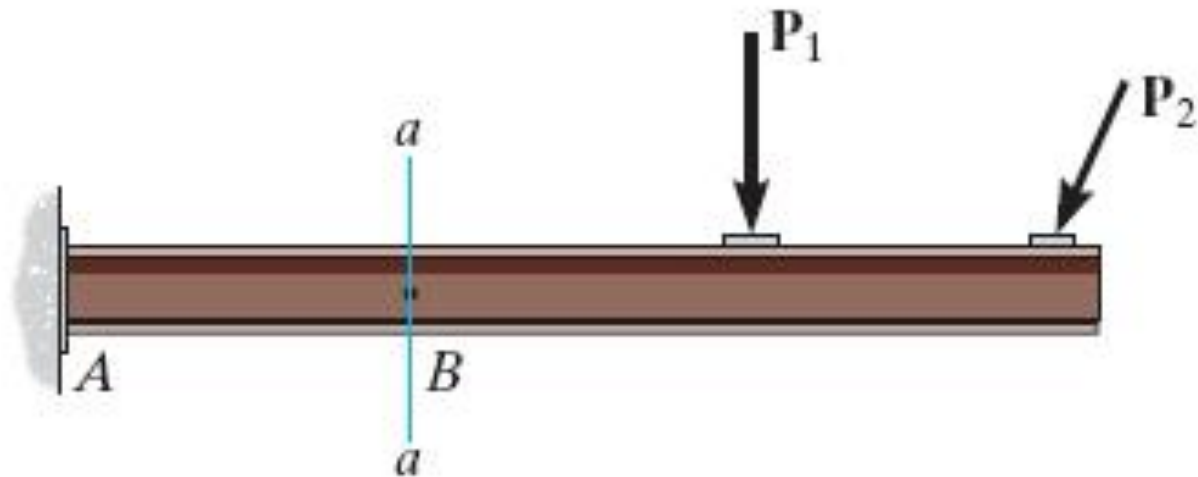
portaalkraan



“girder bridge”, vrije uitbouwbrug

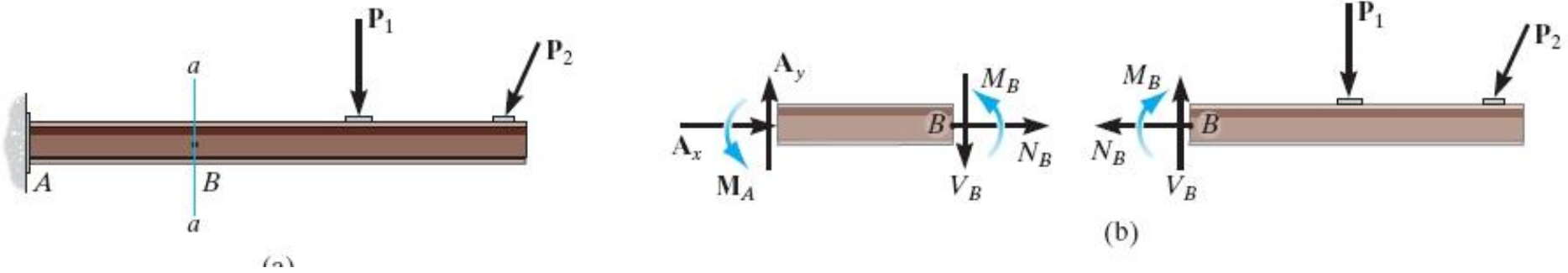
Figure 13 Typical elevation of long span girder bridge

Procedure, voorbeeld



Hoe kom ik achter de inwendige krachten en momenten in punt B?

Procedure, voorbeeld



Zaag de balk door bij B (doorsnede a-a) en teken voor beide stukken het FBD

2D

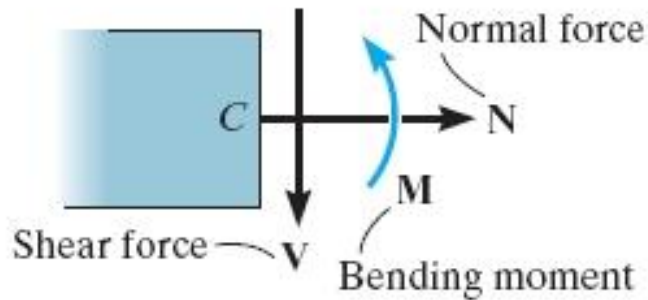
N_B : Normalkracht. (loodrecht op doorsnede)

V_B : Schuifkracht. (evenwijdig aan doorsnede)

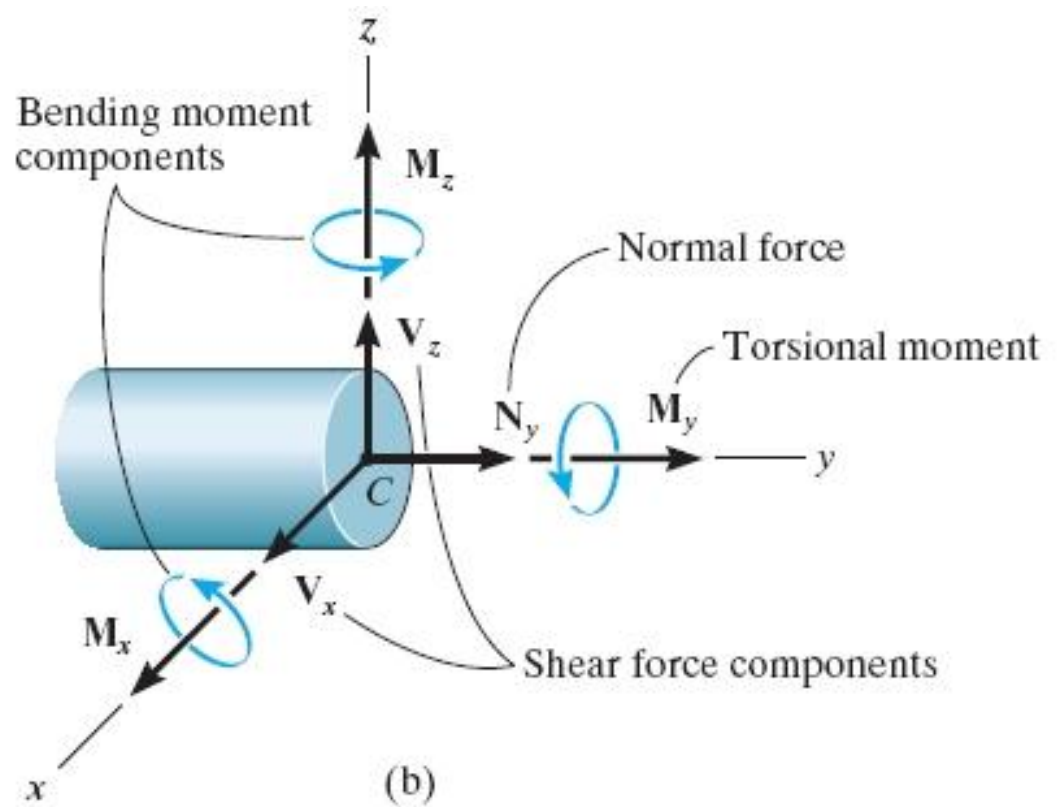
M_B :Buigend moment.

We zien in dat er in 2D drie interne belastingen moeten bestaan.

Nomenclatuur 3D



(a)



- N_y : Normaalkracht.
- V_x, V_z : Componenten van de schuifkracht.
- M_x, M_z : Componenten van het buigend moment.
- M_y : Torsiemoment.

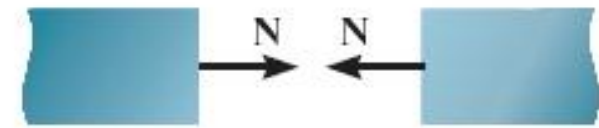
Zien we in dat er in 3D zes interne belastingen moeten zijn?

Tekenconventies 2D

Normaalkracht positief als die een trekspanning teweeg brengt.

Schuifkracht positief als het onderdeel van de balk "clockwise" doet roteren.

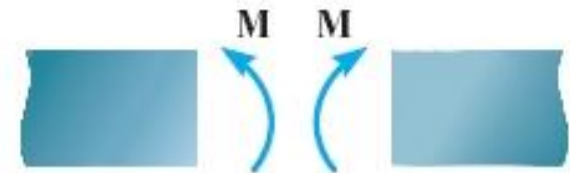
Buigend moment positief als het onderdeel aan de bovenkant concaaf vervormd.



Positive normal force



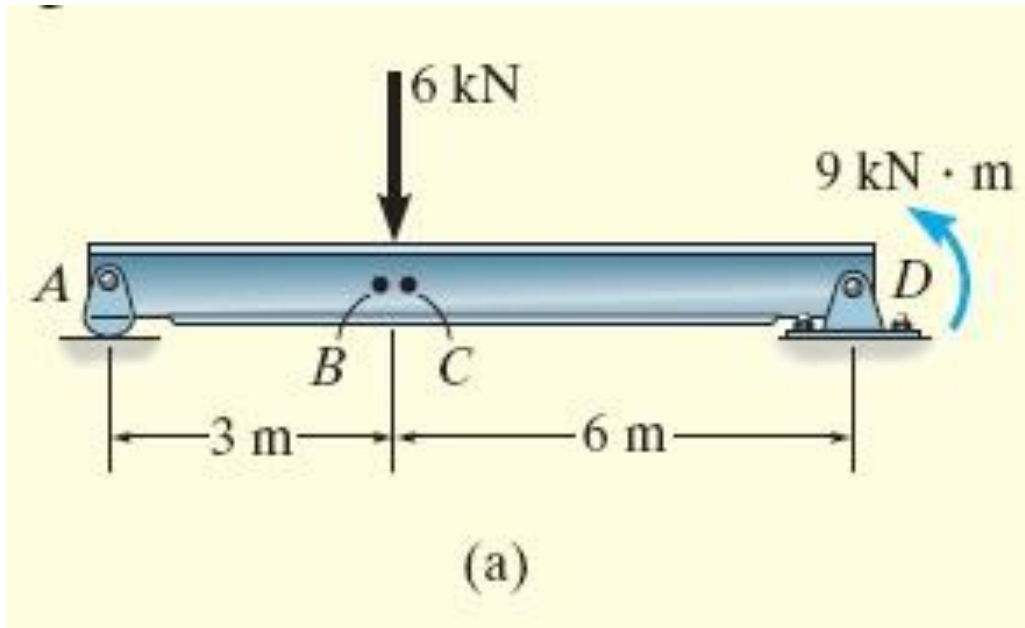
Positive shear



Positive moment



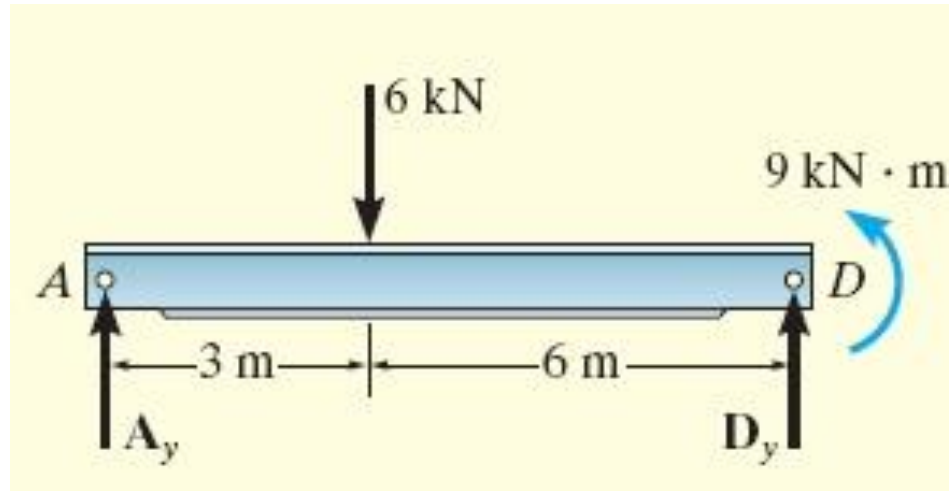
Example 7.1



Bepaal de interne belastingen in punt B en in punt C, net links en rechts van de externe belasting van 6 kN.

Plan van aanpak?

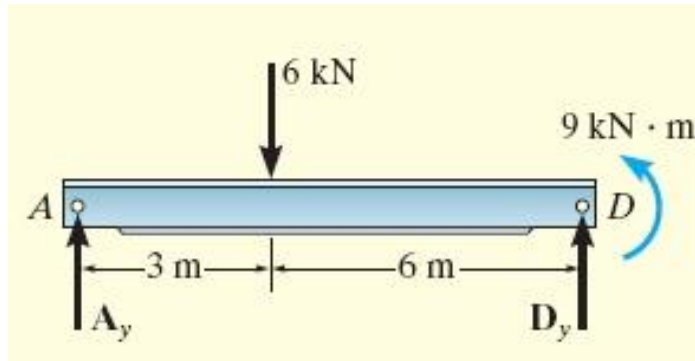
FBD van hele balk (example 7.1)



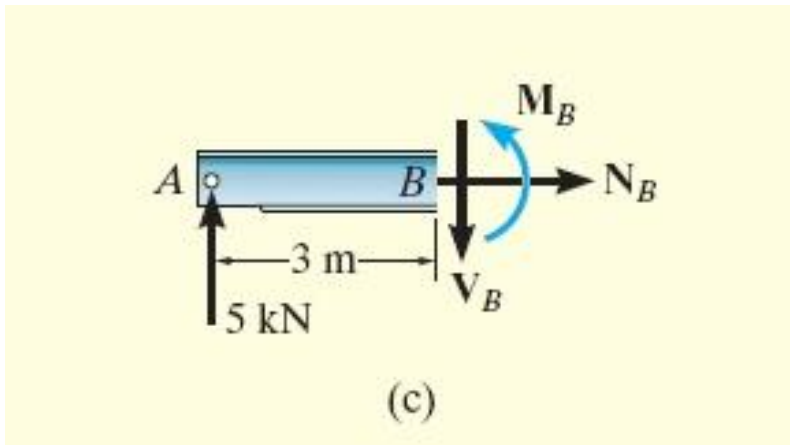
$$A_y = 5 \text{ kN}$$
$$D_y = 1 \text{ kN}$$

Nu we de externe belastingen kennen gaan we naar de FBD's van de onderdelen kijken.

FBD van linker onderdeel, doorsnede bij B

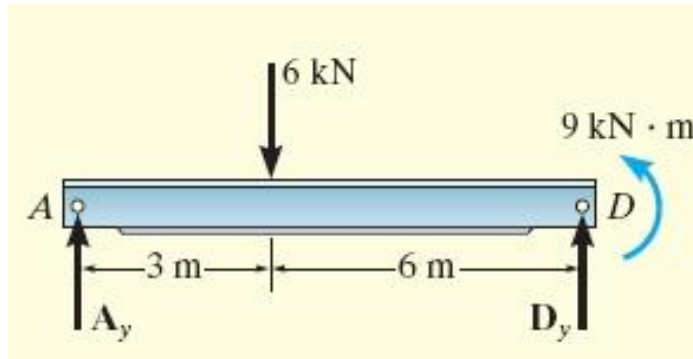


$$A_y = 5 \text{ kN}$$
$$D_y = 1 \text{ kN}$$

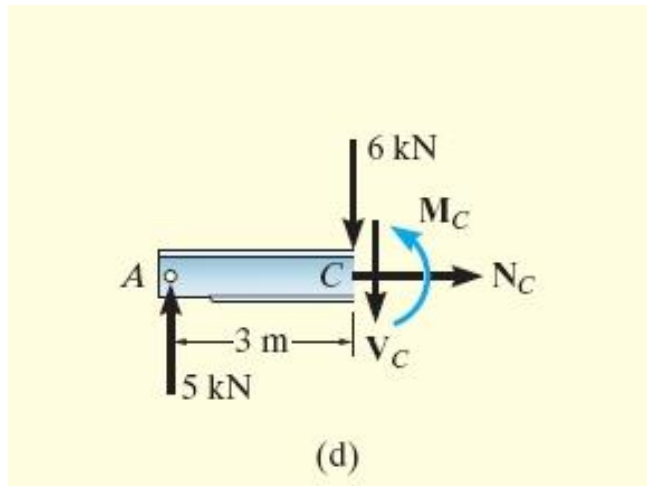


$$N_B = 0$$
$$V_B = 5 \text{ kN}$$
$$M_B = 15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

FBD van linker onderdeel, doorsnede bij C

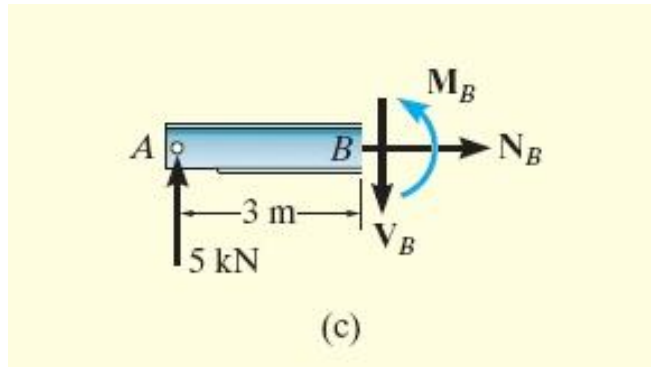


$$A_y = 5 \text{ kN}$$
$$D_y = 1 \text{ kN}$$

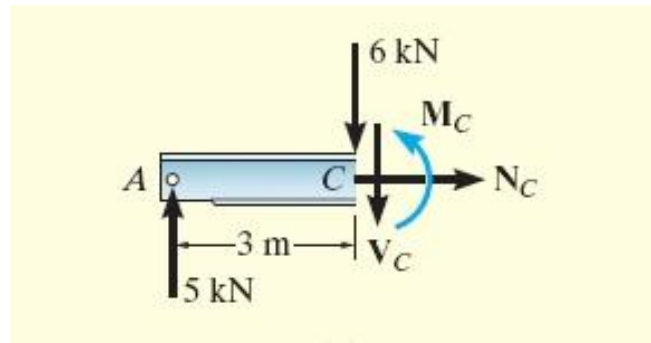


$$N_C = 0$$
$$V_C = -1 \text{ kN (werkt dus de andere kant op dan getekend)}$$
$$M_C = 15 \text{ kN.m}$$

Wat is er gebeurd tussen B en C?



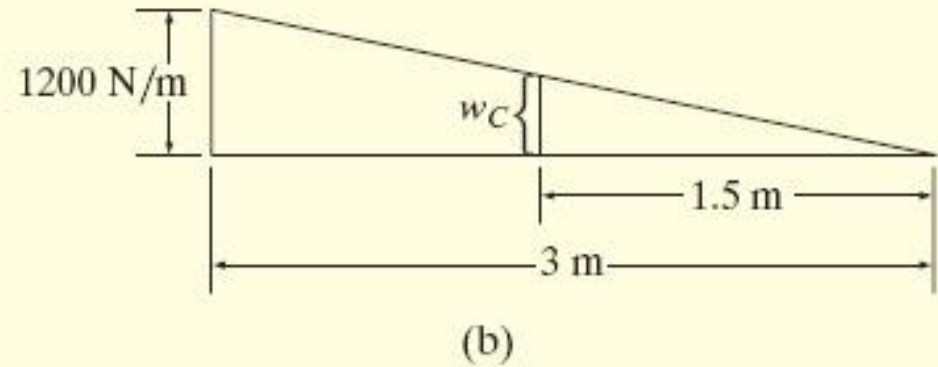
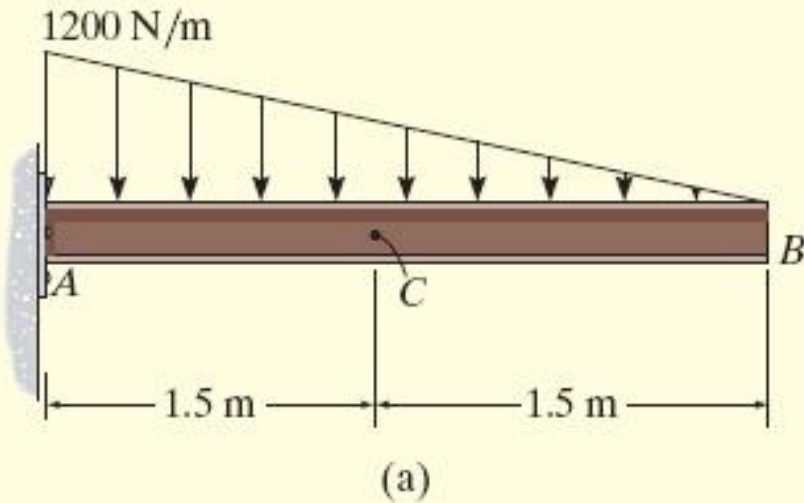
$$N_B = 0$$
$$V_B = 5 \text{ kN}$$
$$M_B = 15 \text{ kN.m}$$



$$N_C = 0$$
$$V_C = -1 \text{ kN (werkt dus de andere kant op dan getekend)}$$
$$M_C = 15 \text{ kN.m}$$

Tussen B en C vindt er een sprong in de schuikracht plaats van 6 kN.

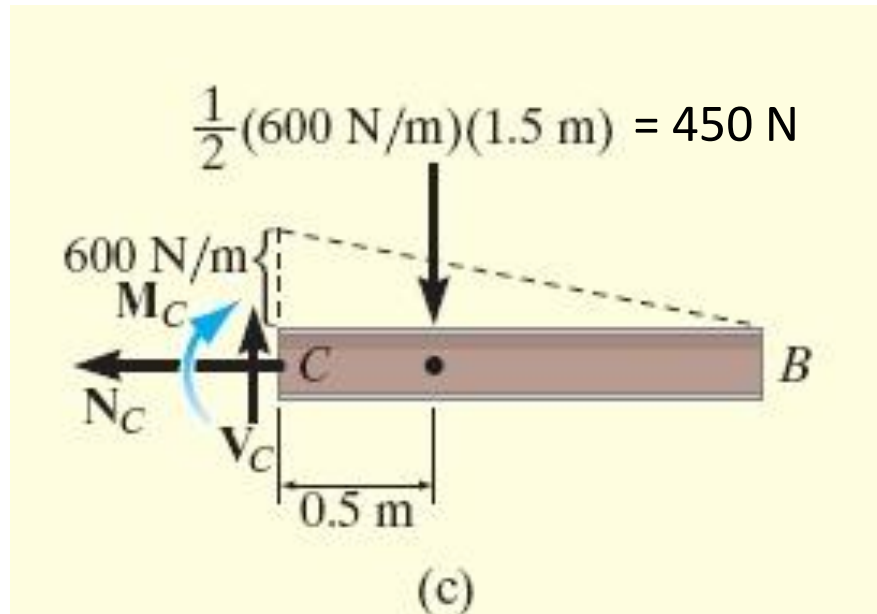
Example 7.3



Bepaal de normaalkracht, de schuifkracht en het buigend moment in C.

Plan van aanpak?

FBD van rechterdeel (example 7.2)



$$N_C = 0$$

$$V_C = 450 \text{ N}$$

$$M_C = -225 \text{ N.m}$$

(draait dus de andere kant op dan getekend)

Example 7.5

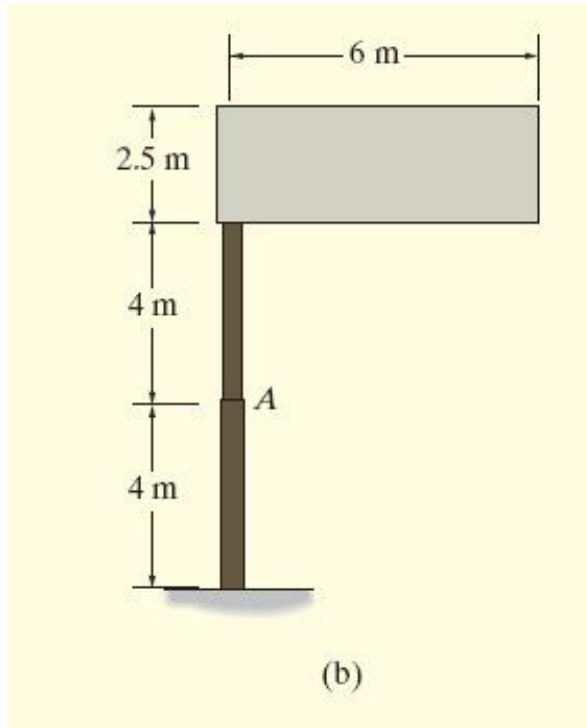


(a)

Het reclamebord op de foto heeft een massa van 650 kg en moet een windbelasting van 900 Pa kunnen weerstaan.

Bereken de interne belastingen in de zuil ter hoogte van de verjonging.

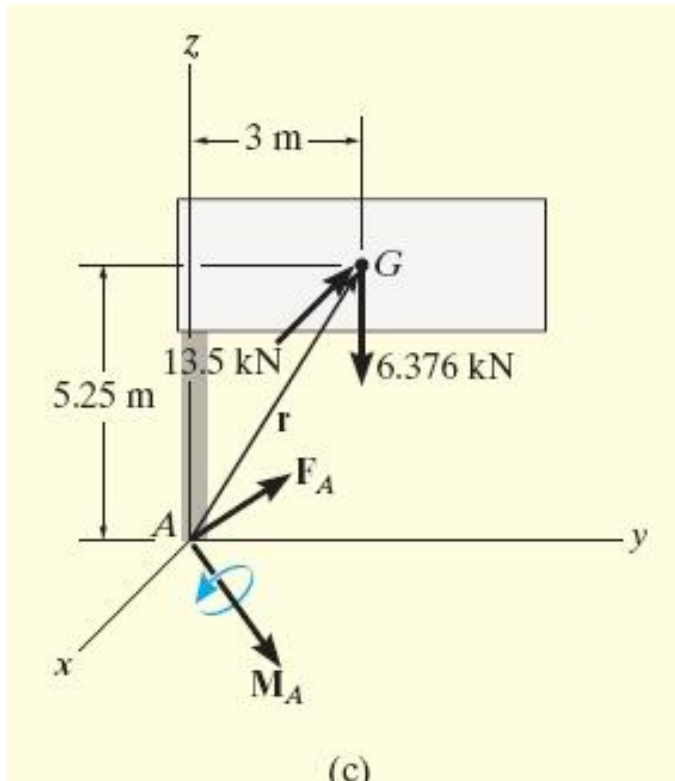
Model (example 7.5)



Waar grijpt de zwaartekracht aan?
Hoe groot is die kracht?

Waar grijpt de wind aan?
Hoe groot is die kracht?

FBD van bord + zuil tot A



$$\dot{a}F = 0$$

$$\mathbf{F}_A - 13.5\mathbf{i} - 6.376\mathbf{k} = 0$$

$$\mathbf{F}_A = 13.5\mathbf{i} + 6.376\mathbf{k}$$

$$\dot{a}M_A = 0$$

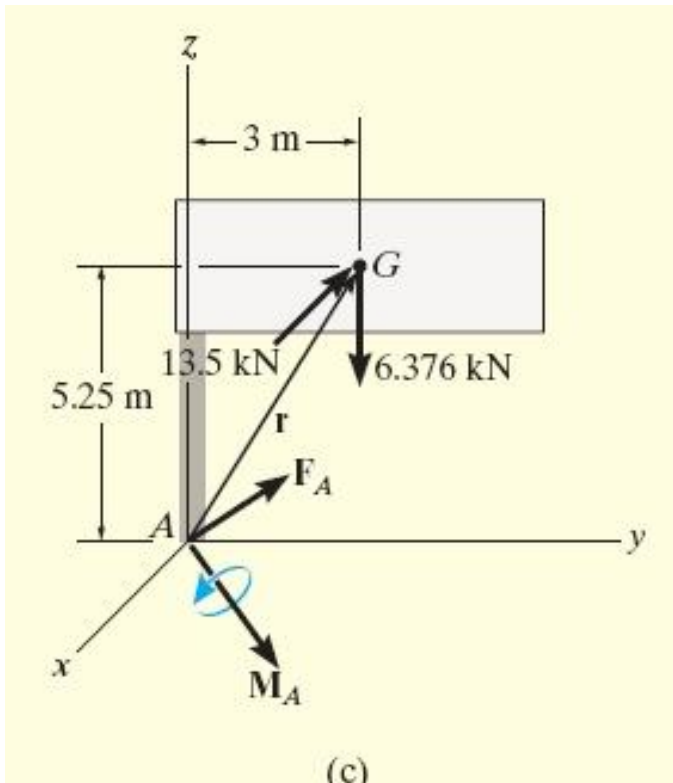
$$\mathbf{M}_A + \mathbf{r} \times (\mathbf{F}_w + \mathbf{W}) = 0$$

$$\mathbf{r} = 3\mathbf{j} + 5.25\mathbf{k}$$

$$\mathbf{M}_A + \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ 0 & 3 & 5.25 \\ -13.5 & 0 & -6.376 \end{vmatrix} = 0$$

$$\mathbf{M}_A = \{19.1\mathbf{i} + 70.9\mathbf{j} - 40.5\mathbf{k}\} \text{ kN}\times\text{m}$$

Wat betekent dit allemaal?



$$\mathbf{F}_A = 13.5\mathbf{i} + 6.376\mathbf{k}$$

$$\mathbf{M}_A = \{19.1\mathbf{i} + 70.9\mathbf{j} - 40.5\mathbf{k}\} \text{ kN}\times\text{m}$$

F_A beetje in pos. X-richting, grotendeels in pos. Z-richting. Dat is dan wel een dukkracht. In 3D hebben we niet de tekenconventie die we in 2D gebruikten.

Beetje buiging om X-as, flinke buiging om de Y-as en ook aanzienlijke torsie (buiging om de Z-as).

$$(M_b)_A = \sqrt{(M_A)_x^2 + (M_A)_y^2} = 73.4 \text{ kN}\times\text{m}$$

Let wel: \mathbf{F}_A en \mathbf{M}_A zijn reactiekrachten, controleer de richtingen.

Verify

Onderaan elke vraag staat een opmerking over "I give up" Deze opmerking graag negeren.

Als je een (deel)vraag af hebt kun je met de knop verify naar de volgende deelvraag. Als de deelvraag goed was beantwoord krijg je de volle punten voor die deelvraag. Als de deelvraag fout was beantwoord krijg je een tweede kans.

Uiteindelijk moet je de deelvraag met "verify" afsluiten omdat je anders aan het eind bij het "graden" niet de punten krijgt.

Als je niet uit een deelvraag komt, kun je met "next" naar de volgende vraag. Je kunt dan later terugkeren naar de deelvraag waar je mee bezig was en die deelvraag plus de daarop volgende deelvragen maken.

Bij "grade" goed kijken of er nog vragen zijn die niet met "verify" zijn afgesloten.

This is an Adaptive Question. If you do not give a correct response, you may be given the opportunity to answer a modified form of the question, possibly for reduced credit.

Use the 'I Give Up' button to move to the next section. You may be penalized for skipping this section.

Spoorboekje voor vanavond

Tijd en locatie tussentoets Statica (WB1630 T1) maandagavond 30 september:

Groepen:

MT01 t/m MT16 van 18:30-20:00 uur gebouw Drebbelweg zaal 2

WB01 t/m WB08 van 18:30-20:00 uur gebouw Drebbelweg zaal 2

WB09 t/m WB33 van 18:30-20:00 uur gebouw IO zalen CTRL, SHIFT, ENTER

WB34 t/m WB58 van 20:30-22:00 uur gebouw Drebbelweg zaal 2

WB59 t/m WB80 van 20:30-22:00 uur gebouw IO zalen SHIFT, ENTER

Studenten met een functiebeperking uit alle groepen zijn ingedeeld in de 2^e sessie om 20:30 uur in de IO-zaal CTRL

Studenten die niet zijn ingedeeld in een projectgroep? Als die er zijn, dan is bij de 2^e shift Drebbelweg nog wel ruimte over.

Huiswerk

Kennis nemen van Toets 10:	0.5 uur
Terugkijken op paragraaf 7.1:	0.5 uur
Toets 10 maken*:	4.5 uur
Vorbereiden paragrafen 7.2 en 7.3	1.0 uur
	<hr/>
Totaal:	6.5 uur +

- * Als je niet uit de sommen van Toets 10 komt, of geen toegang hebt, begin dan met de “fundamental problems” uit het boek en doe vervolgens wat gewone opgaven of de sommen op “Mastering Engineering”(zie announcement Bb). Ook in schrift, ook meenemen naar werkcollege.