POST HBO

Tentamen wringing

18 april 2023, 16.00 - 17.30 uur

P.C.J. Hoogenboom

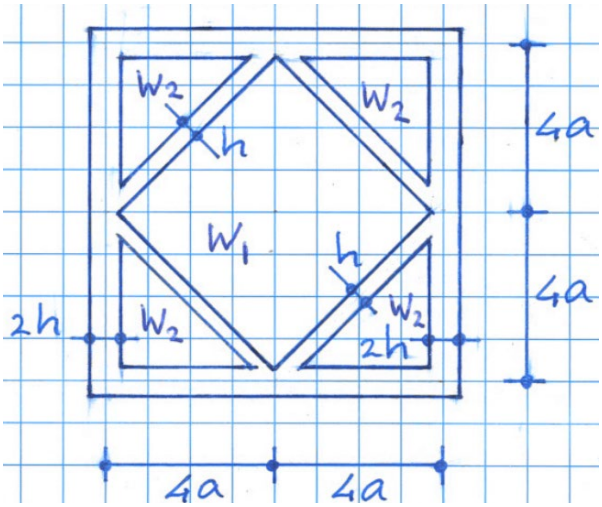
Dit tentamen bestaat uit 4 bladzijden.

Alle studiemateriaal en aantekeningen mogen tijdens het tentamen worden geraadpleegd. Ook boeken, rekenmachine, oude tentamens, laptopcomputer, een tablet en internet mogen worden gebruikt.

Het is niet toegestaan om een telefoon te gebruiken. Het is niet toegestaan om met anderen te communiceren tijdens het tentamen. Het is ook niet toegestaan om software te gebruiken waarmee met anderen gecommuniceerd kan worden.

Vraagstuk 1 (40 minuten, 5 punten)

Een ligger heeft vijf cellen (fig. 1). In dit vraagstuk bepalen we de wringeigenschappen van deze ligger met de membraananalogie. De diktes van de wanddelen zijn h en $2h$.



Figuur 1. Dwarsdoorsnede van de ligger

a) Stel de vergelijkingen op van de zwevende plaatjes w_1 en w_2.
(U hoeft de vergelijkingen niet op te lossen.)

De oplossing van de vergelijkingen is $w_1 = (4+\sqrt{2})\frac{pah}{S}$, $w_2 = 4\frac{pah}{S}$

b) Bereken de wringstijfheid GI_w van de doorsnede.

c) Bereken de grootste spanning die optreedt. Schets de doorsnede en teken hierin de richtingen van de schuifspanningen. Geef aan waar de grootste schuifspanning optreedt.

d) Controleer de wringstijfheid en de grootste schuifspanning met de formules van Bredt.

Vraagstuk 2 (35 minuten, 3 punten)

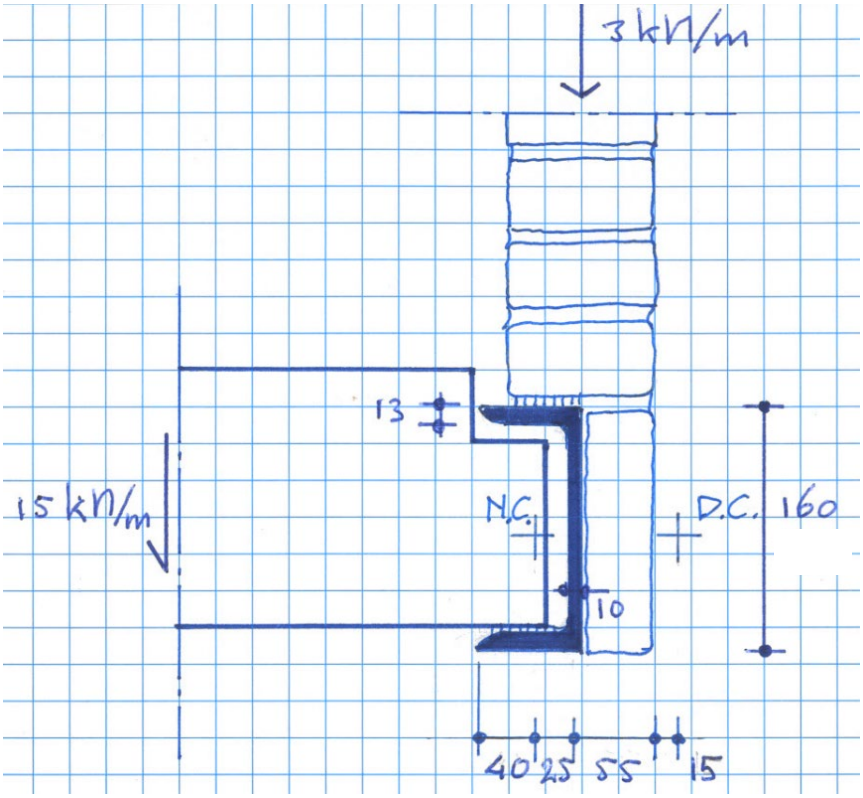
Een stalen U-profiel draagt een kanaalplaatvloer en metselwerk (fig. 2). De kanaalplaten worden eerst aangebracht daarna het metselwerk. De overspanning is 3 m. Het U-profiel is aan weerszijden ingeklemd (fig. 3). Door de belasting buigt het U-profiel roteert de middendoorsnede.

a) Bereken het grootste wringend moment in het U-profiel.

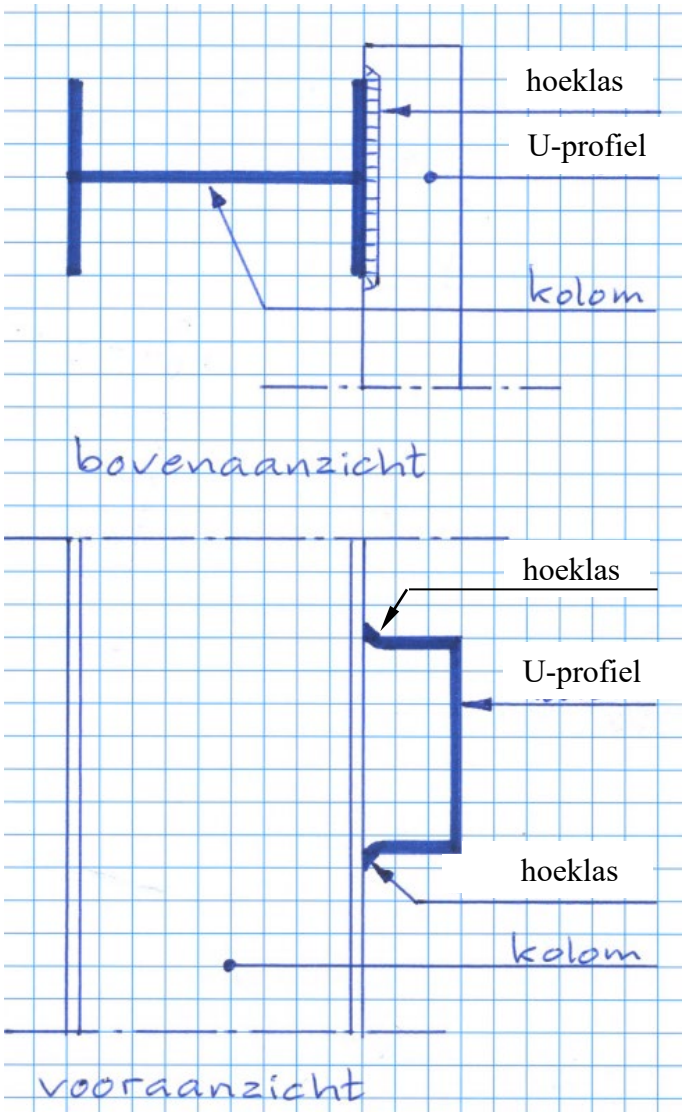
b) Wat is de grootste schuifspanning in het U-profiel ten gevolge van het wringend moment?

c) Hoe zal het U-profiel draaien; met de klok mee of tegen de klok in? (fig. 2)
Verklaar uw antwoord.

d) Is er sprake van verhinderde welving in het U-profiel? (fig. 3) Verklaar uw antwoord.



Figuur 2. Dwarsdoorsnede van latei met verdeelde belasting



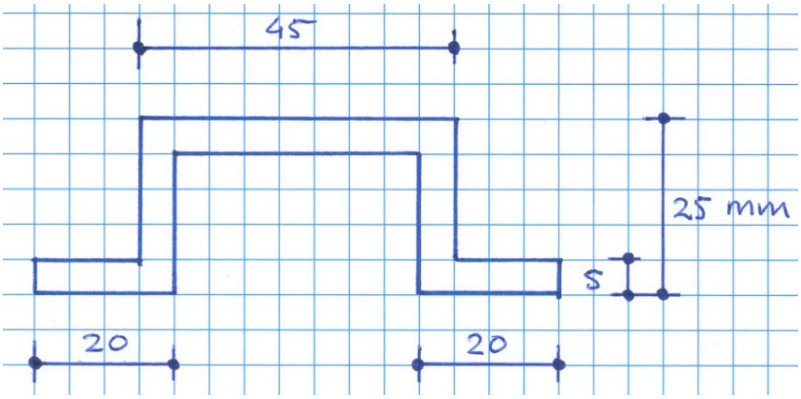
Figuur 3. Bevestiging van het U-profiel

Zie omme zijde.

Vraagstuk 3 (15 minuten, 2 punten)

a) Hoe groot is het wringtraagheidsmoment I_w van het profiel in figuur 4?
$E = 2.1\ 10^5$ N/mm^2 $\nu = 0.3$

b) Hoe kunnen we de welvingsconstante C_w van dit profiel berekenen?



Figuur 4. Dwarsdoorsnede van een profiel

Antwoorden Vraagstuk 1

```
> restart:
> # 1a - Vergelijkingen
> # aangenomen dat w1 > w2
>
> A1:=(4*a*sqrt(2))^2:
> A2:=1/2*(4*a)^2:
> eq1:= p*A1 = 4 * 4*a*sqrt(2) * S * (w1-w2)/h:
> eq2:= p*A2 = 2 * 4*a * S * w2/(2*h) - 4*a*sqrt(2) * S * (w1-w2)/h:
> Opl:=(solve({eq1,eq2},{w1,w2})); assign(Opl):
```

$$Opl := \left\{ w1 = \frac{\left(4+\sqrt{2}\right) p\, a\, h}{S},\ w2 = \frac{4\, p\, a\, h}{S} \right\}$$

```
> # 1b - Wringstijfheid
> S:=1/G: p:=2*theta:
> phi1:=w1: phi2:=w2:
> Mw:=simplify(2*(phi1*A1 + 4*phi2*A2 ));
```

$$Mw := 128\, a^3\, \theta\, h\, G \left(8+\sqrt{2}\right)$$

```
> Iw:=simplify(Mw/theta/G);
```

$$Iw := 128\, a^3\, h \left(8+\sqrt{2}\right)$$

```
> # 1c - Grootste spanning
> Mw:='Mw':
> theta:=solve(Mw=128*a^3*theta*h*G*(8+sqrt(2)),theta):
> tau_1:=(phi1-phi2)/h):
> tau_2:=phi2/(2*h); # is max
```

$$tau_2 := \frac{Mw}{32\, a^2 \left(8+\sqrt{2}\right) h}$$

```
> # 1d - Eencellige koker
> A:=(8*a)^2:
> Iw_Bredt:= 4*A^2/(4 * 8*a/(2*h)):
> tau_Bredt:= Mw/(2*A*2*h):
> verschil:=evalf((Iw_Bredt - Iw)/Iw*100); # 15% te klein
```

$$verschil := -15.02211048$$

```
> verschil:=evalf((tau_Bredt - tau_2)/tau_2*100); # 17% te groot
```

$$verschil := 17.67766954$$

Antwoorden Vraagstuk 2

```
> # 2a Wringend moment
> v:=15*kN/m: q:=3*kN/m: l:=3*m: kN:=1000*N: m:=1000*mm:
> ev:=(20+25+55+15)*mm: eq:=(50+15)*mm:
> mx:= v*ev + q*eq:
> Mw:=mx*l/2; # ter plaatse van beide opleggingen
```

$$Mw := 2880000\ N\,mm$$

```
> # 2b Wringspanning
> Iw:=1/3*160.*mm*(10*mm)^3 + 2 * 1/3*65*mm*(13*mm)^3:
> tau_max:=Mw*13*mm/Iw;
```

$$tau_max := \frac{252.0589752\ N}{mm^2}$$

```
> # 2c Draairichting
> # tegen de klok in
>
> # 2d Verhinderde welving
> # Ja: De lasverbinding maakt van het uiteinde van het U-profiel een wringstijve
  koker. Deze zal welving tegen houden. (Ter plaatse kan lokale vloei optreden.
  Echter, de belasting is permanent en er zal geen vermoeiing of scheurvorming
  optreden.)
```

Antwoorden Vraagstuk 3

```
> # 3a
> Iw:= 2 * 1/3*17.5*5^3 + 2 * 1/3*20*5^3 + 1/3*40*5^3; # mm^4
```

$$Iw := 4791.666668$$

```
> # 3b
> # Met de software, bijvoorbeeld Shapebuilder
```

