

TOEPASBAARHEID VAN HET NOORD-PROFIEL VOOR EEN TWEEDE BENELUXTUNNEL.

DEEL 2 : BIJLAGEN

M.T.A. SCHEP
F.A.M. VERZANTVOORT

MEI 1986



rijkswaterstaat

 **TH Delft**

Technische Hogeschool Delft

Afdeling der Civiele Techniek
Vakgroep Betonconstructies

Inhoudsopgave bylagen

bylage I De momenten, dwarskrachten en
normaalkrachten en

- IIa Eigen gewicht
- IIb Belastinggeval "C" midden doorsnede
- IIc Belastinggeval "C" rand doorsnede
- II d Belastinggeval "2" midden doorsnede
- II e Belastinggeval "2" rand doorsnede
- II f Voorspanbelasting

bylage II Bezekeringsen oorzpanselprofiel

- IIa Figuur schematisatie 'Wapro' algemeen
- II b1 Bezekering van de wapening in de rand doorsnede
- II b2 'Scheurwydte' controle rand doorsnede
- II c.1 Bezekering van de wapening in de midden doorsnede
- II c.2 'Wapro' bezekering
- II c.3 'Scheurwydte' controle midden doorsnede
- II c.4 controle veiligheid t.g.v meerdere lagen wapening
- II c.5 Variant bezekering met verhoogde beton kwaliteit (B37⁵ ipv B30)
- II c.6 Variant bezekering met verhoogde beton - en staalkwaliteit (B37⁵ ipv B30 en FEB 500 ipv FEB 400)

bylage III Bezekeringsen aangepast profiel

- III a Uitgangspunten
- III b.1 Bezekering wapening in de rand doorsnede
- III b.2 'Scheurwydte' controle rand doorsnede
- III c. Bezekering midden doorsnede
- III c.1 Bezekering van de wapening in de midden doorsnede
- III c.2 'Scheurwydte' controle midden doorsnede
- III c.3 controle veiligheid 'ddk' t.g.v meerdere lagen wapening

bylage III (vervolg)

- III C. 4 Handberekening dak ter controle van "Wapno"
- III C. 5 Variant oplossing met verhoogde staalkwaliteit (FEB 500 ipv FEB 400)
- III C. 6 Doormede berekeningen, van doormeden 1, 2 en 3

bylage III controle scheurwydte volgens de "trekbandmethode" by het aangepaste profiel.

bylage IV Dwarskracht berekeningen by het aangepaste profiel.

- IV a Met dwarskracht draagvermogen van gewapend beton volgens de TNO-IBBC-methode.
- IV b controle berekening van het dak volgens de TNO-IBBC-methode.
- IV c De vergelijkbare Wapno-uitvoer voor de dwarskracht.
- IV d De dwarskracht volgens de VB'84 voor het dak.

bylage VI Voorgespannen beton

- VI a berekening van het oorspronkelijke Hoord-profiel
- VI b berekening van het aangepaste Hoord-profiel

bylage VII De bezwijkveiligheid van het aangepaste profiel.

bylage VIII De verliezen ten gevolge van krimp, kruip en relaxatie

bylage IX Benodigde betonstaal in de
bouwfase

bylage X Optimaal kabelverloopdata

bylage XI Berekening verliezendak

bylage XII Sturo schenwijdte berekening

bylage XIII Veiligheid in bewyfstadium

bylage XIV Detaillering wapening dak

De momenten, dwarskrachten en normaal krachten lijnen

In het navolgende zijn de belangrijkste momenten, dwarskrachten en normaal krachten lijnen weergegeven.

Ia. Eigen gewicht.

- 1 - momentenlijn oorspronkelijk profiel
- 2 - normaal krachtenlijn oorspronkelijk profiel
- 3 - Dwarskrachtenlijn oorspronkelijk profiel.
- 4 - momentenlijn bij aangepast profiel
- 5 - normaal krachtenlijn aangepast profiel.
- 6 - Dwarskrachtenlijn aangepast profiel.

Ib. Belastingsgeval "C"

Middendoornede:

- 1 - momentenlijn oorspronkelijk profiel
- 2 - normaal krachtenlijn oorspronkelijk profiel
- 3 - Dwarskrachtenlijn oorspronkelijk profiel.
- 4 - momentenlijn aangepast profiel
- 5 - normaal krachtenlijn aangepast profiel
- 6 - dwarskrachtenlijn aangepast profiel.

Ic. Randdoornede.

- 1 - momentenlijn oorspronkelijk profiel
- 2 - normaal krachtenlijn oorspronkelijk profiel
- 3 - dwarskrachtenlijn oorspronkelijk profiel
- 4 - momentenlijn aangepast profiel
- 5 - normaal krachtenlijn aangepast profiel.
- 6 - dwarskrachtenlijn aangepast profiel

Id Belastinggeval "1/2"

Midden doorsnede

- 1 - momentenlijn oorspronkelijk profiel
- 2 - normaalkrachtenlijn oorspronkelijk profiel
- 3 - dwarskrachtenlijn oorspronkelijk profiel
- 4 - momentenlijn aangepast profiel
- 5 - normaalkrachtenlijn aangepast profiel
- 6 - dwarskrachtenlijn aangepast profiel

Ie Randsnede

- 1 - momentenlijn oorspronkelijk profiel
- 2 - normaalkrachtenlijn oorspronkelijk profiel
- 3 - dwarskrachtenlijn oorspronkelijk profiel
- 4 - momentenlijn aangepast profiel
- 5 - normaalkrachtenlijn aangepast profiel
- 6 - dwarskrachtenlijn bij aangepast profiel

If Voorpaarbelastingen

met wrijving (eenheidslast 1000 kN)
(aangepast profiel)

- 1 - momentenlijn voor een eenheidslast op de vloer
- 2 - momentenlijn voor een eenheidslast op het dak

zonder wrijving (eenheidslast 1000 kN)
(aangepast profiel)

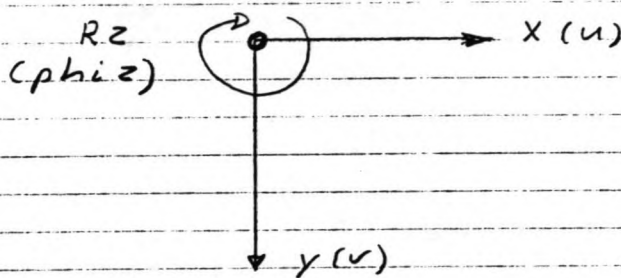
- 3 - momentenlijn voor een eenheidslast op de vloer
- 4 - momentenlijn voor een eenheidslast op het dak

opmerking: Alle M, D en N lijnen zijn voor $\gamma = 1,0$

De uitvoer

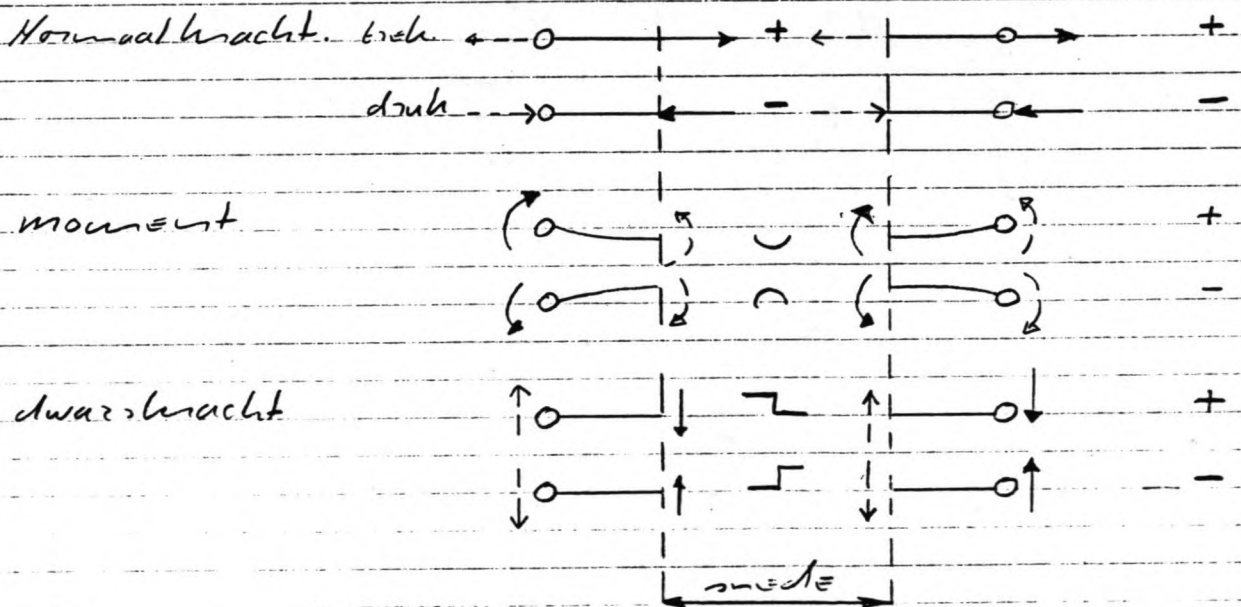
De tekenafspraken voor het lezen van de uitvoer zijn als volgt.

Oplegrelaties en verplaatsingen

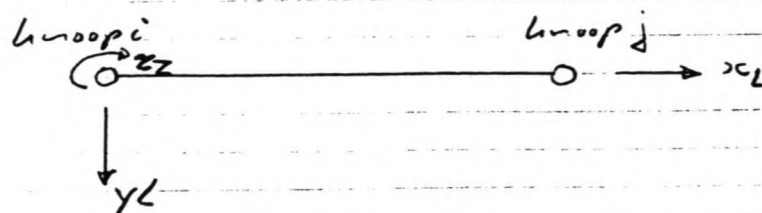


algemene of globale assenstelsel

De krachten in de staafdoorsnede



Locale assenstelsel



$(34.8 \text{ kN/m}')$
 $q_g = 50 \text{ kN/m}'$
 $q_{gr} = 8 \text{ kN/m}'$

$q_t = 89.0 \text{ kN/m}'$ ($93.8 \text{ kN/m}'$)

$q_t = 89.0 \text{ kN/m}'$ ($93.8 \text{ kN/m}'$)

$q_t = 89.0 \text{ kN/m}'$ ($93.8 \text{ kN/m}'$)

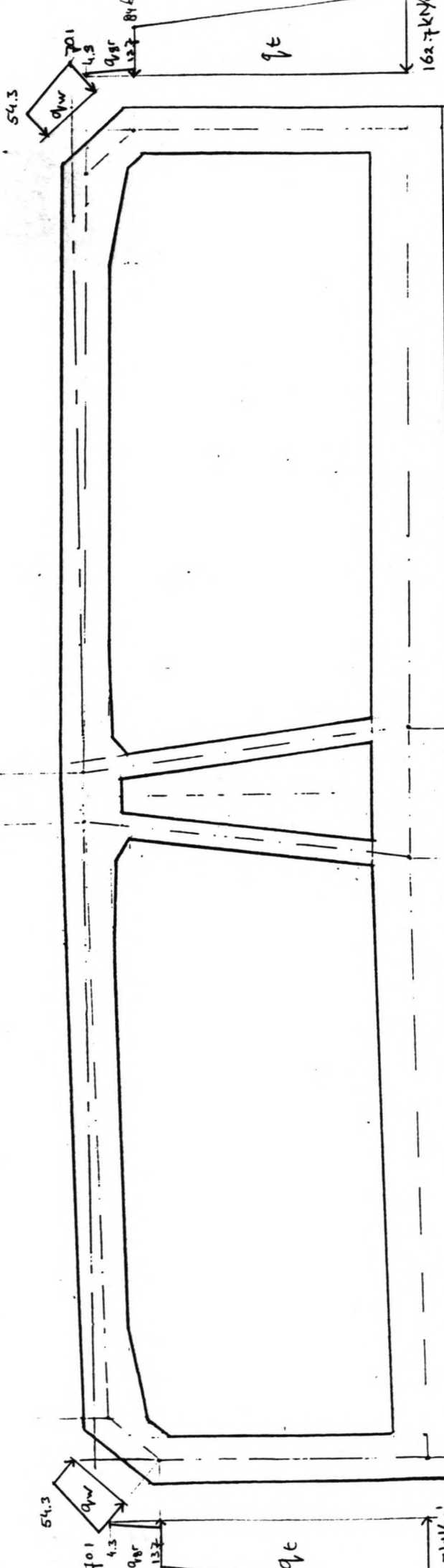
$q_t = 89.0 \text{ kN/m}'$ ($93.8 \text{ kN/m}'$)

$q_t = 89.0 \text{ kN/m}'$ ($93.8 \text{ kN/m}'$)

$q_t = 89.0 \text{ kN/m}'$ ($93.8 \text{ kN/m}'$)

$q_t = 89.0 \text{ kN/m}'$ ($93.8 \text{ kN/m}'$)

$(34.8 \text{ kN/m}')$
 $q_g = 50 \text{ kN/m}'$
 $q_{gr} = 8 \text{ kN/m}'$



162.7 kN

$107.4 \text{ kN/m}'$
 $(112.2 \text{ kN/m}')$

$101.6 \text{ kN/m}'$
 $(106.0 \text{ kN/m}')$

$116.0 (120.8) \text{ kN/m}'$

$101.6 \text{ kN/m}'$
 $(106.0 \text{ kN/m}')$

$107.4 \text{ kN/m}'$
 $(112.2 \text{ kN/m}')$

$107.4 \text{ kN/m}'$
 $(112.2 \text{ kN/m}')$

$107.4 \text{ kN/m}'$
 $(112.2 \text{ kN/m}')$

$62.7 \text{ kN/m}'$

bylage II

Noord-profiel, $t = 1.0$
(idem aangepast)
Randdoorsnede
Belastingsewaal C

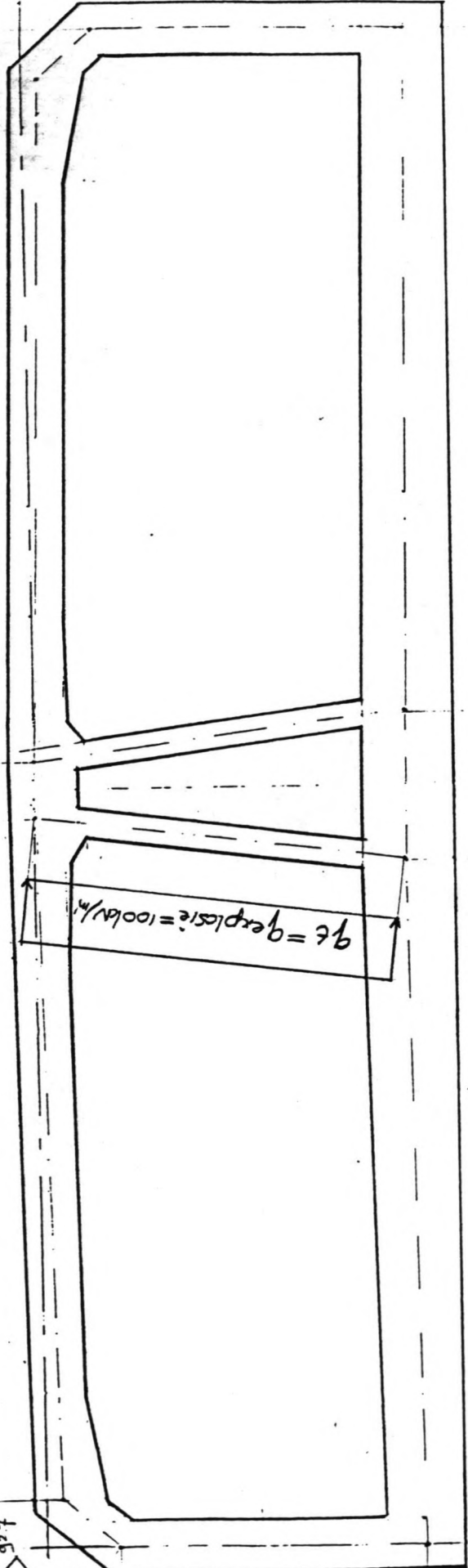
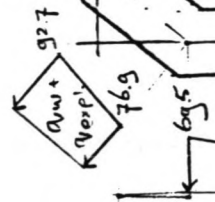
$q_t = q_{\text{totaal}}$
$q_w = q_{\text{waterdruk}}$
$q_{gr} = q_{\text{grondruk}}$
$q_g = q_{\text{eigen gewicht}}$

(34.8 kN/m^2)
 $q_g = 10 \text{ kN/m}^2$

$q_{vt} = 31.5 \text{ kN/m}^2$ (36.3 kN/m^2)

$q_{vt} = 68.5 \text{ kN/m}^2$ (63.7 kN/m^2)

(34.8 kN/m^2)
 $q_{\text{prof}} + q_{\text{exp}}$
 $q_{\text{prof}} = 10 \text{ kN/m}^2$
 $q_{\text{exp}} = 24.8 \text{ kN/m}^2$



115.4 kN/m^2
 (120.2 kN/m^2)

q_{vt}

q_{vt}

124.0 kN/m^2 (128.8 kN/m^2)
 109.6 kN/m^2 (114.4 kN/m^2)

9.6 kN/m^2
 (14.4 kN/m^2)

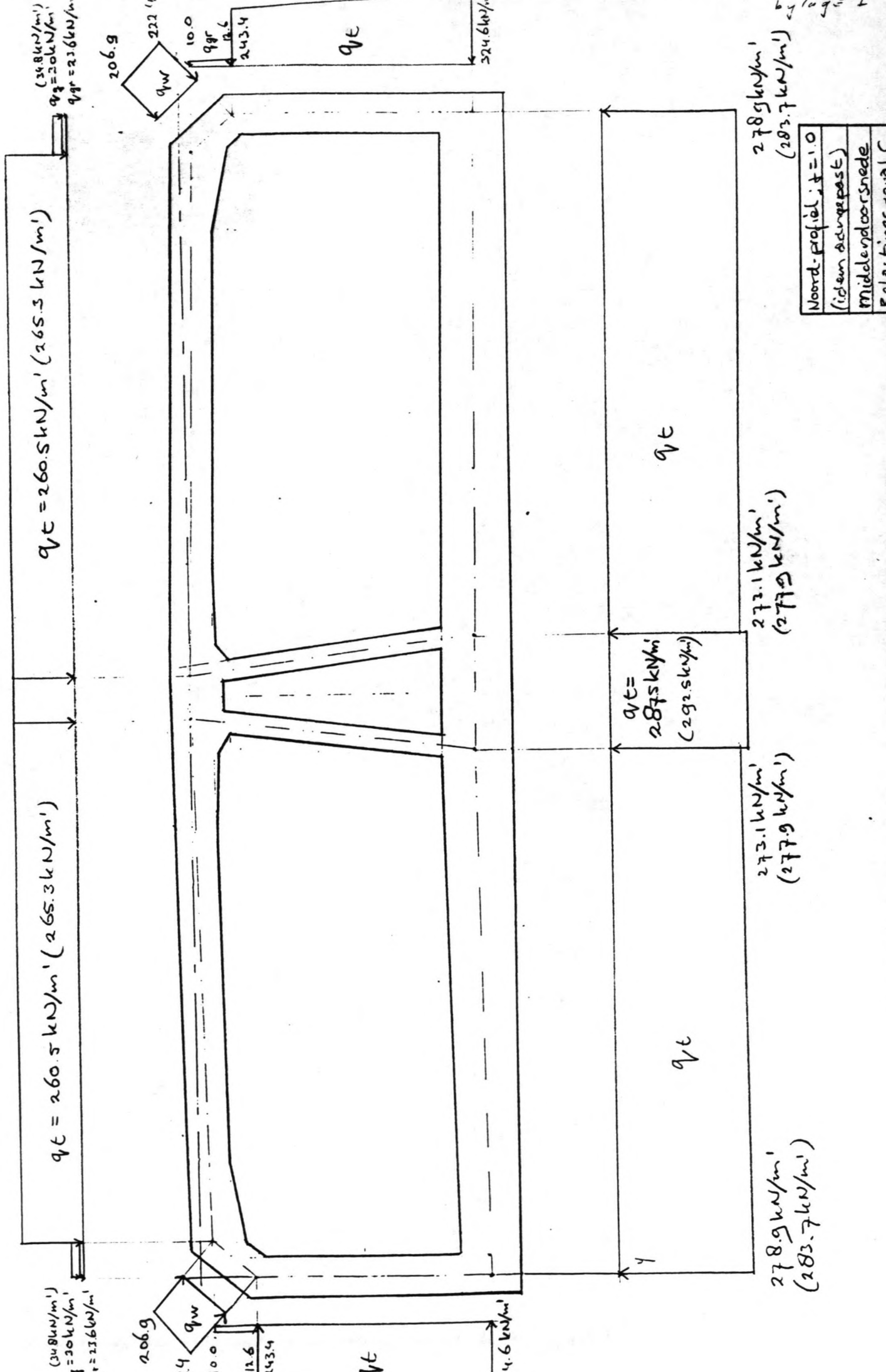
q_{vt}

5.4 kN/m^2
 (10.2 kN/m^2)

by lag = H

Noord-profiel: t=1.0
(idem aangepast)
Randdoorsnede
Belastingsoverl. 2

$q_{\text{expl}} = q_{\text{explosie}}$



Noord-profiel; $t = 1.0$
(idem doorpost)
Middendoorsnede
Belastingsnede (C)

by 10 g = I

$I_{cm} \approx 100 \text{ cm}^4$

$\gamma = 1,0$

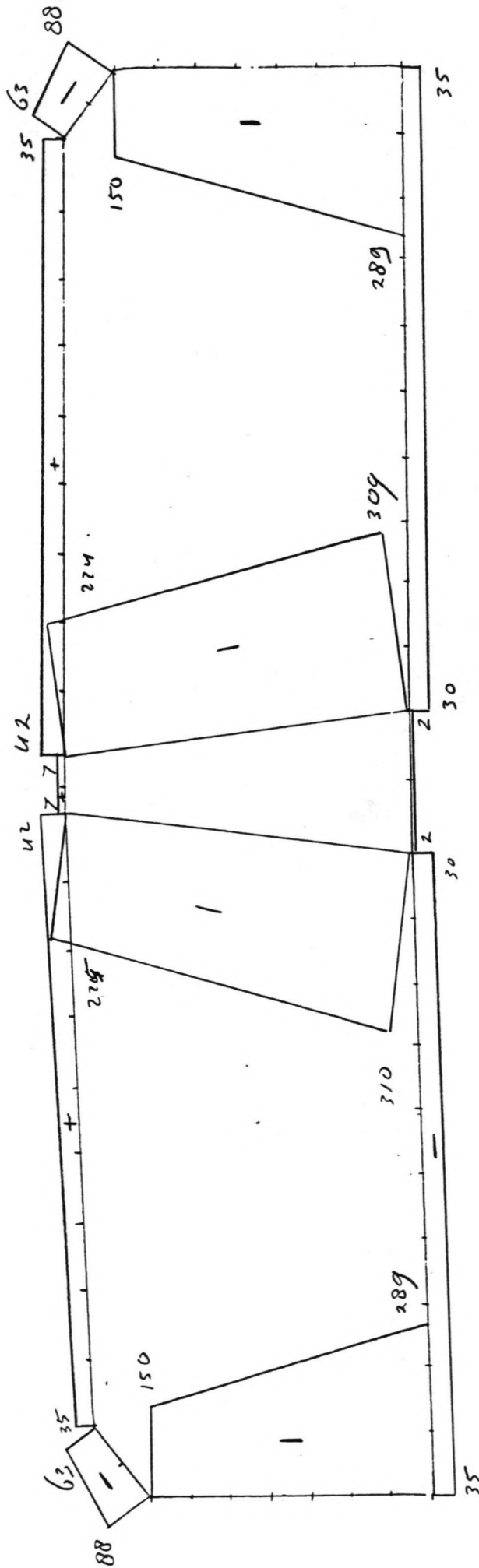


Fig Ia2 Normalkracht door het eigen gewicht bij het ontwerp van de balk

Algemeen

$100 \hat{=} 100 \text{ km}$
 $\gamma = 1,0$

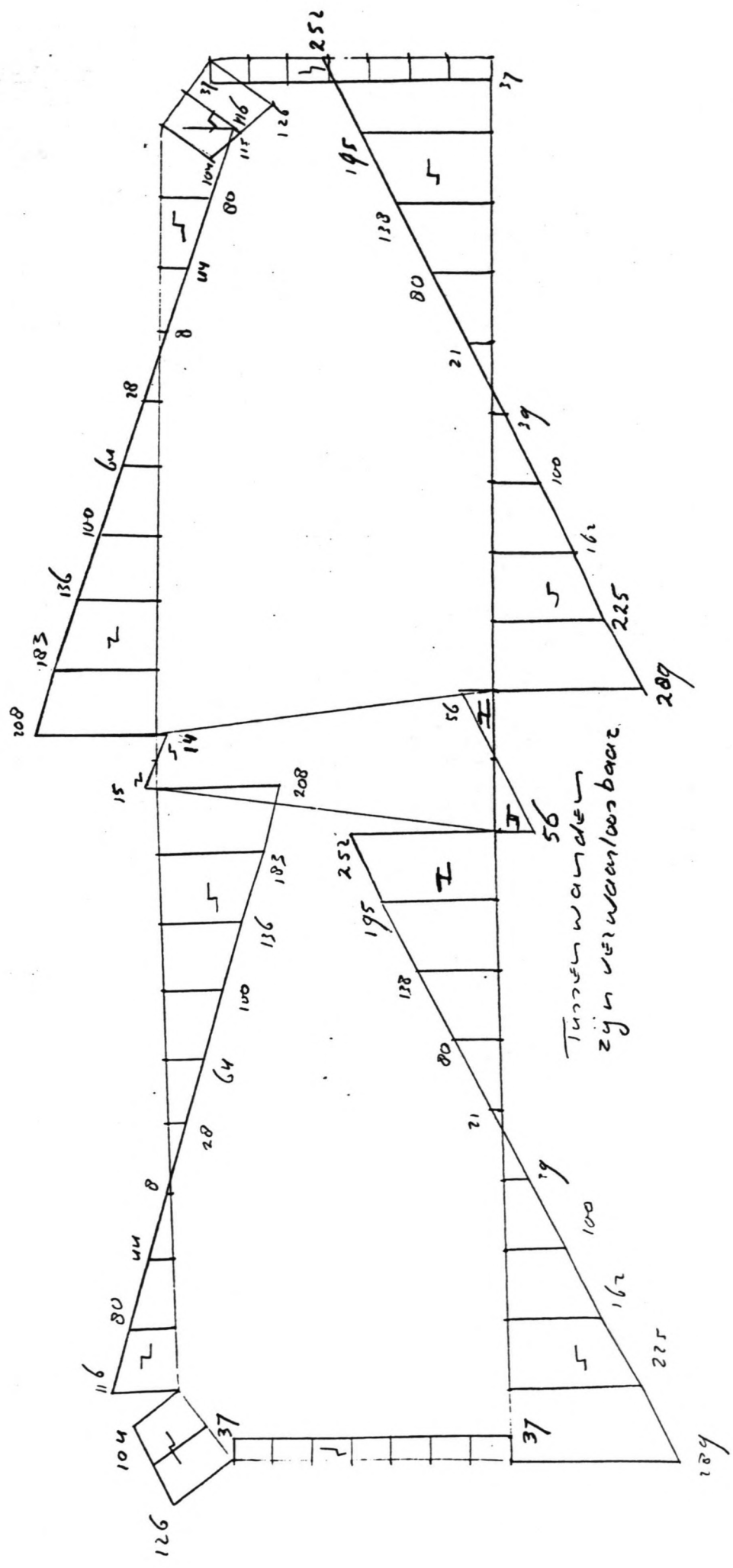


Fig. I a 3 Dwaarswanden zijn 'eigen gewicht' by het overgebruiken belyden potiel.
 Algemeen.

1 cm $\hat{=}$ 100 kN
 $\gamma = 1,0$

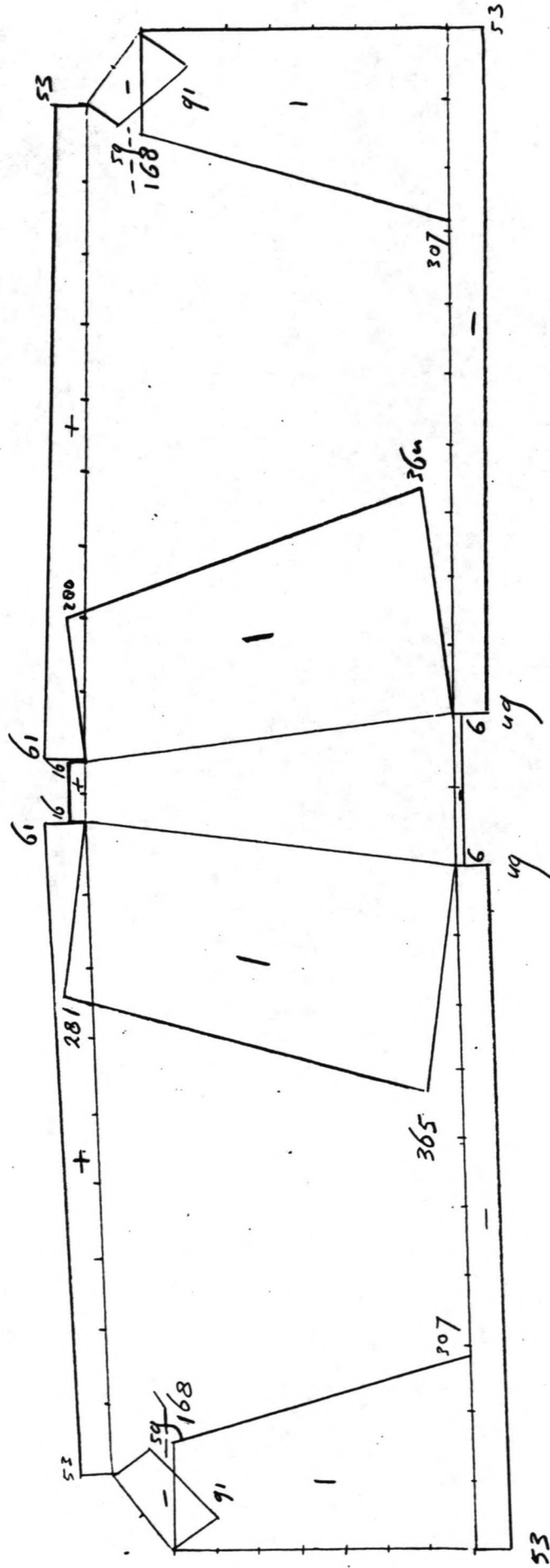


Fig. Ia-5 Normalkracht door het eigen gewicht by het aangepaste profiel.

Algemeen

$1\text{cm} \hat{=} 1000\text{ kN}$
 $\gamma = 1,10$

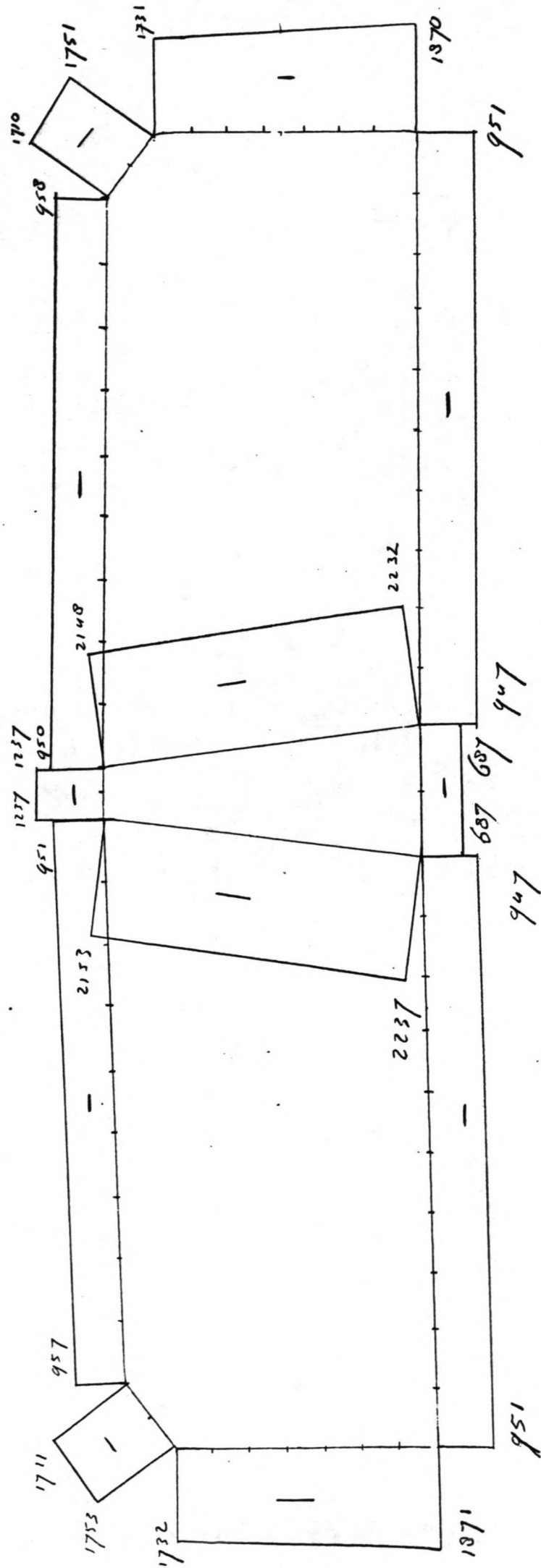


Fig. I b 2 Normaalrecht door belasting "C" by het oorspronkelijke profiel.
 Midden doorzwaai

1 cm = 1000 GM

$\lambda = 1,0$

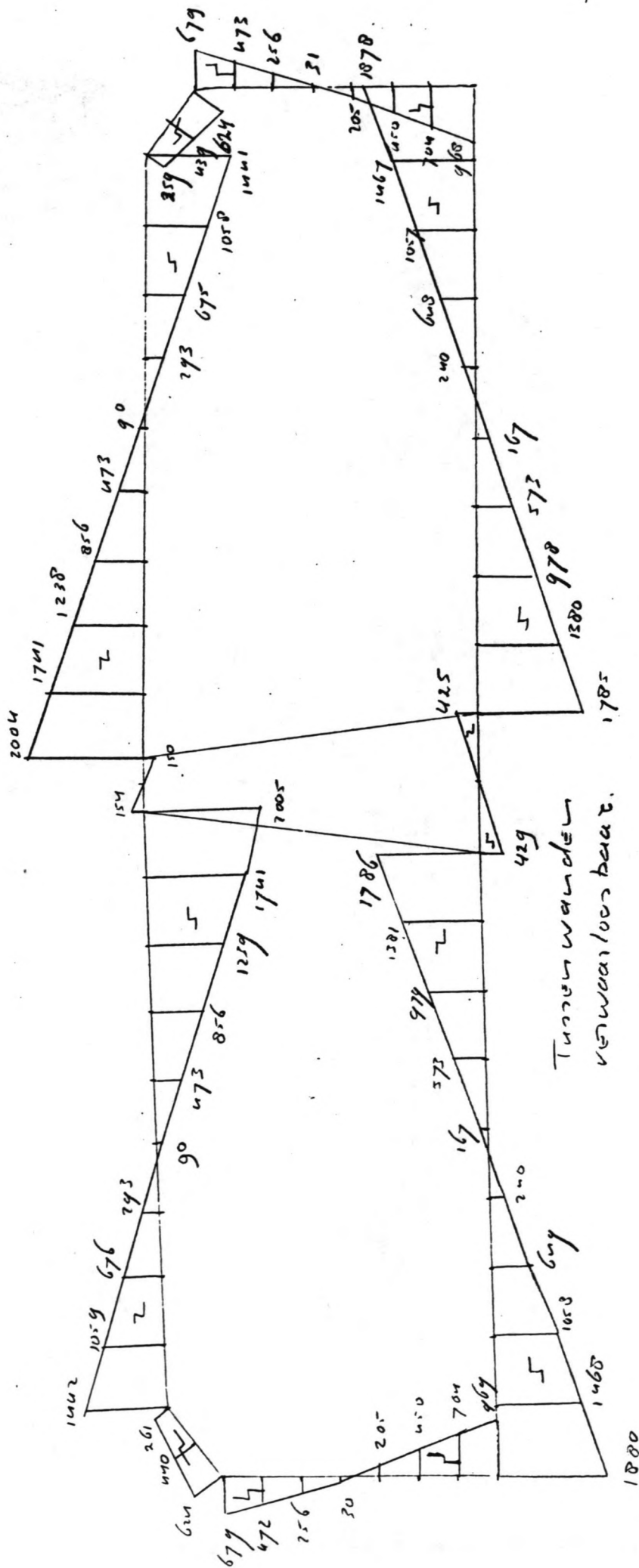


Fig. I 63 Dwarsbrachten van belastinggeval "C" bij het aanprankelyke profiel

Middelvoorruede

$1000 \approx 2000 \text{ kNm}$
 $\gamma = 1.0$

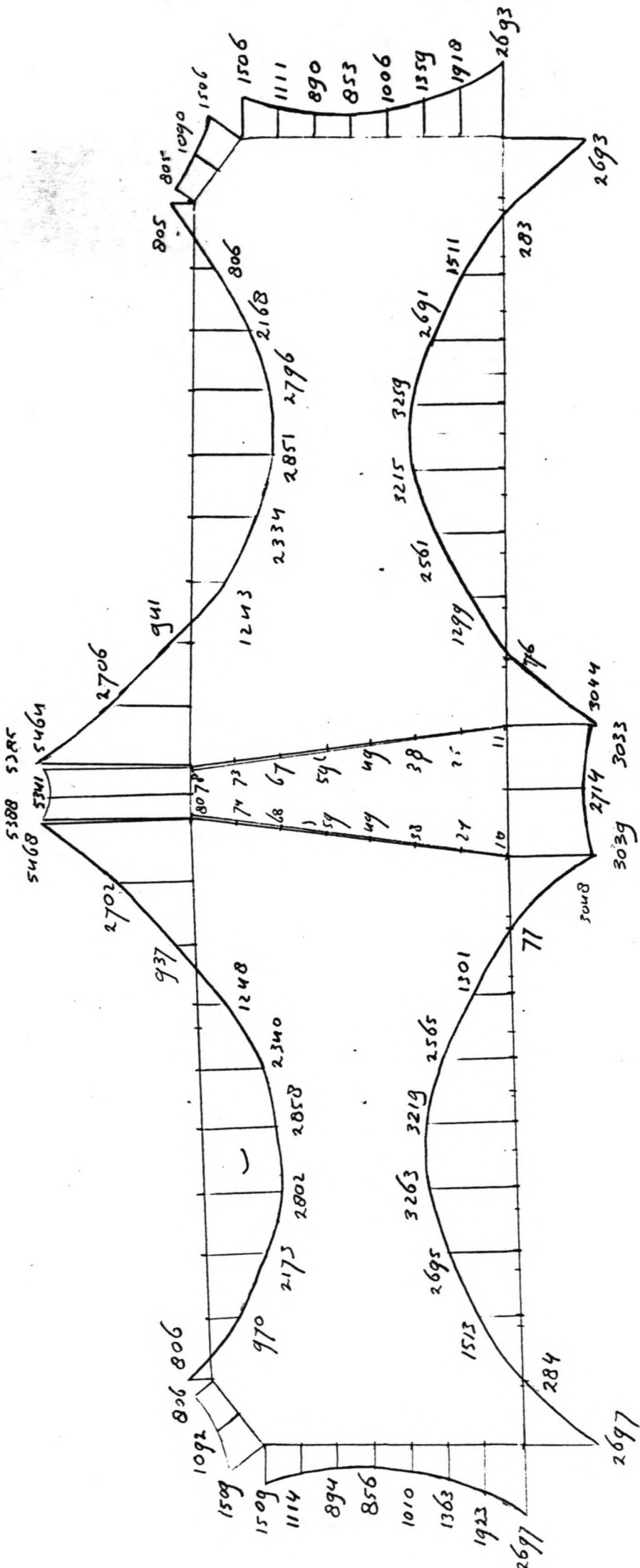


Fig I b u momentenlijen belastinggeval "C" by het aangegepaste profiel
 Midden doorname

1000 ± 2506m.
 $\gamma = 1,0$

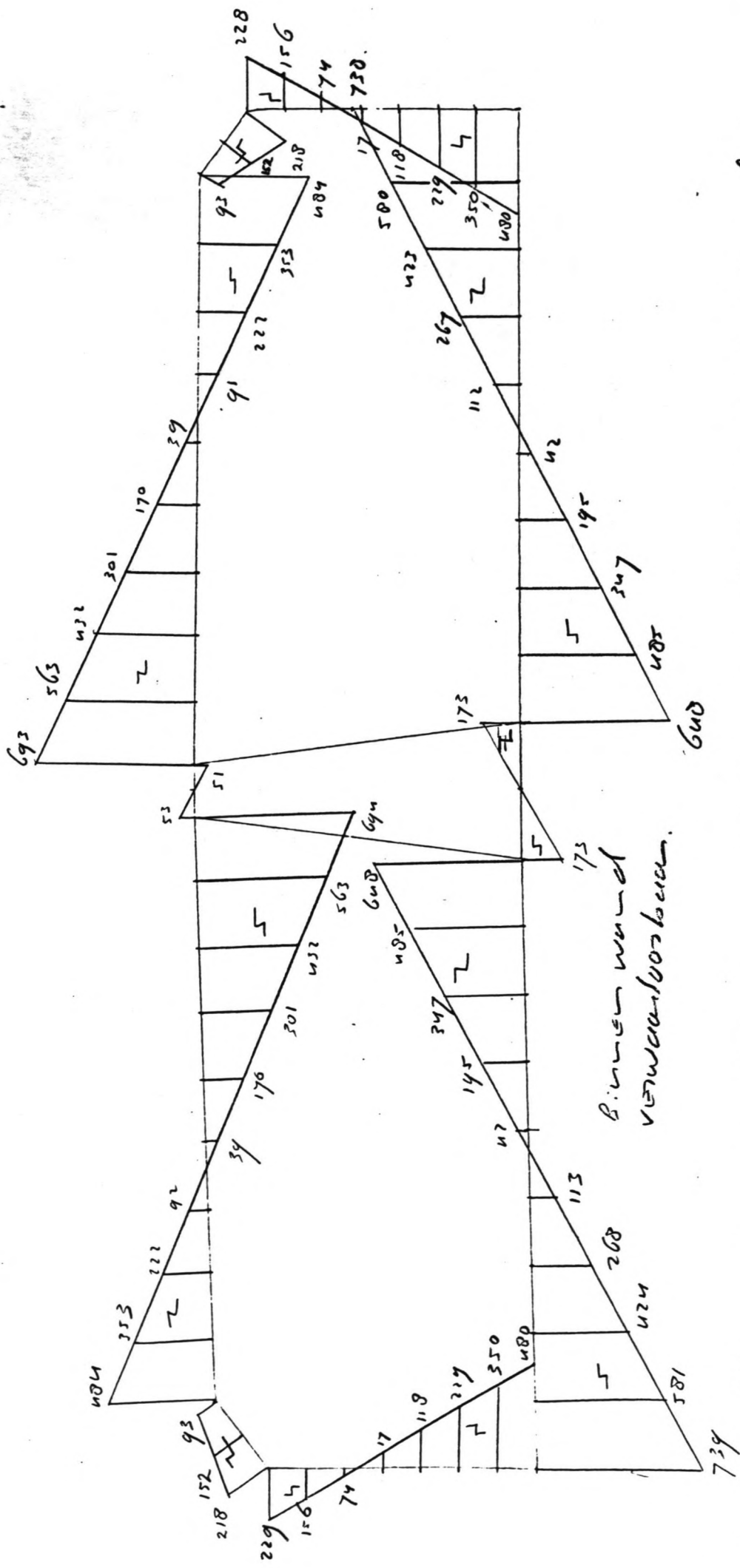


Fig. Ic-3 Pwankrachtenlyn belastingoegal "C" oopproeflyk profiel.
 Randdoornmede

1 cm $\hat{=}$ 1000 Nm

$\gamma = 1,0$

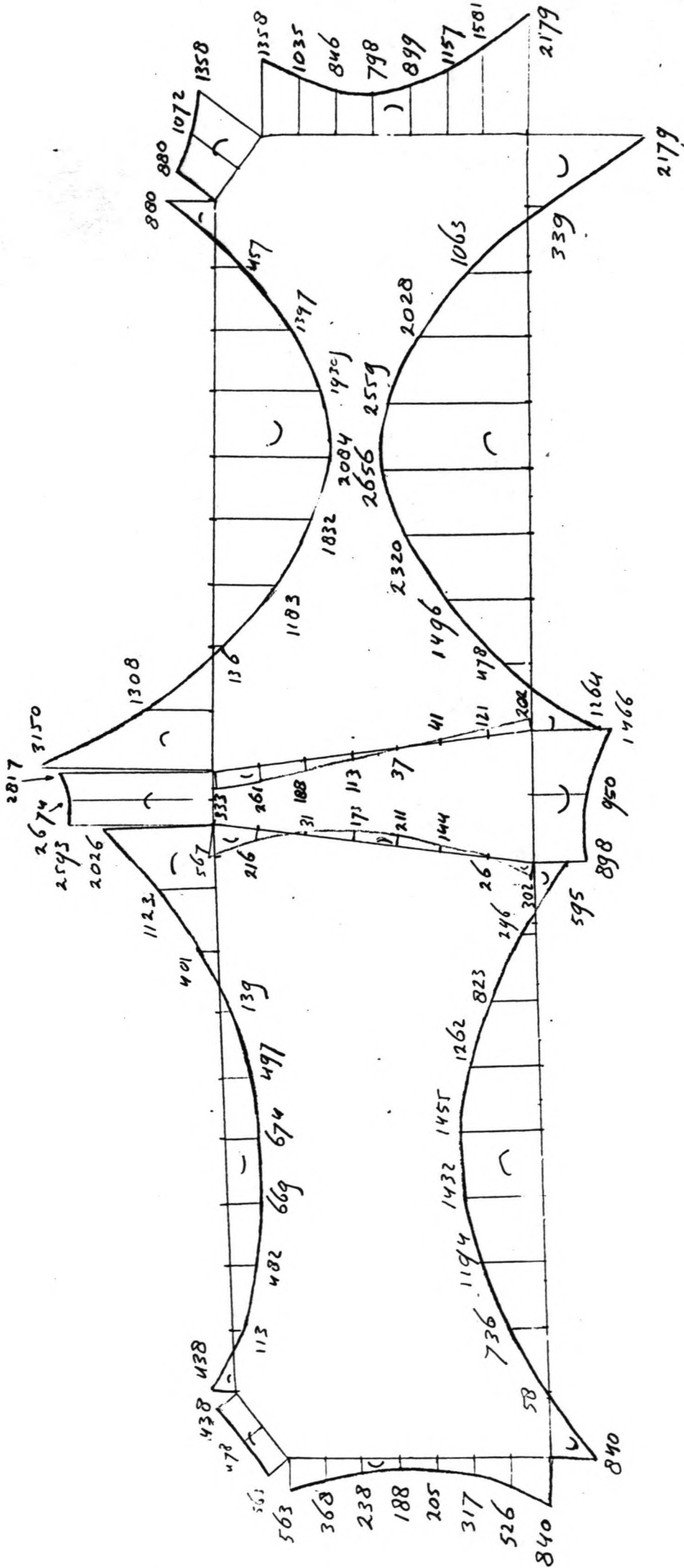


fig. Id1 Momentenlyk belastingsgeval "f2" bij oorspronkelyk profiel
Midden doorwaarde.

1 cm = 1000 mm.
 $\gamma = 1,10$

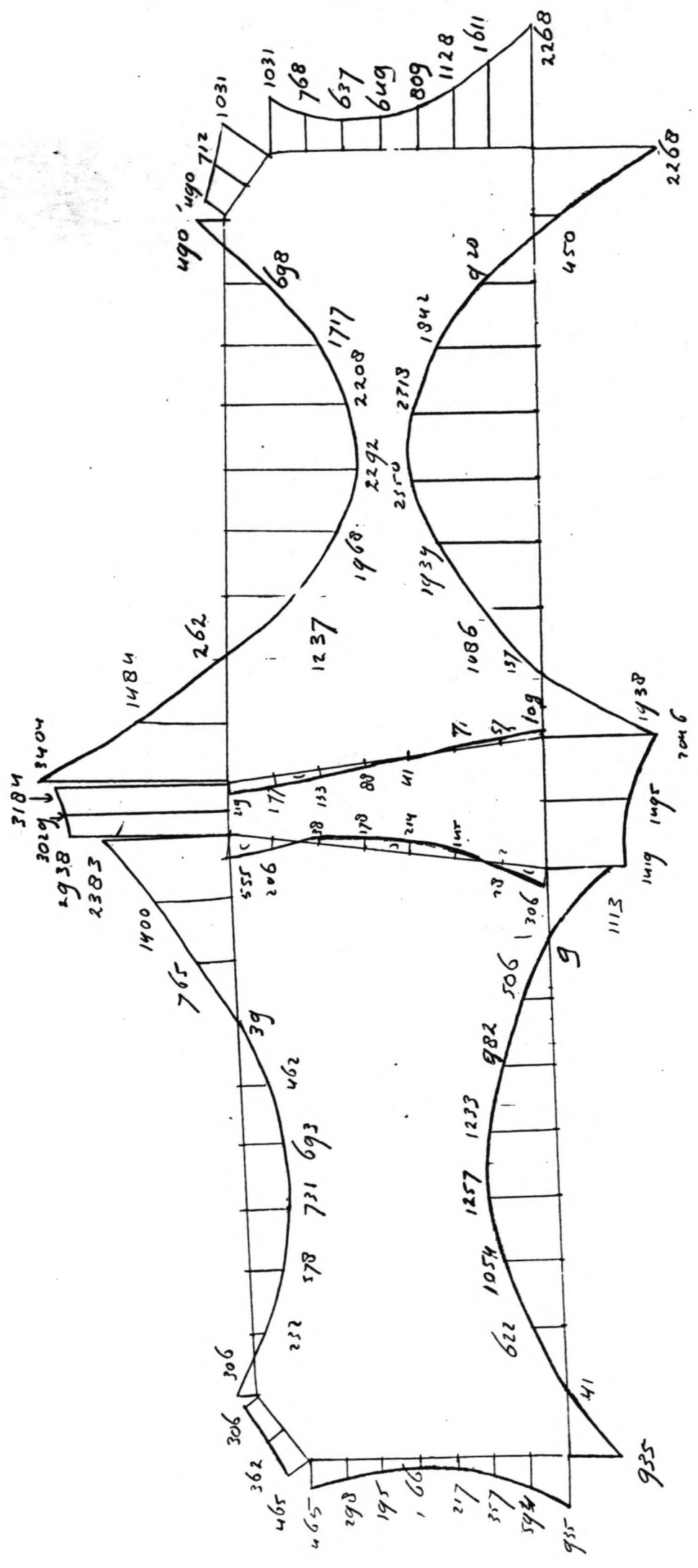


Fig I du momentenlyg belasting af general "y" by best udnygtede profil.
 Middelindoverenside.

1 cm $\hat{=}$ 1000 mm.
 $\gamma = 1.0$

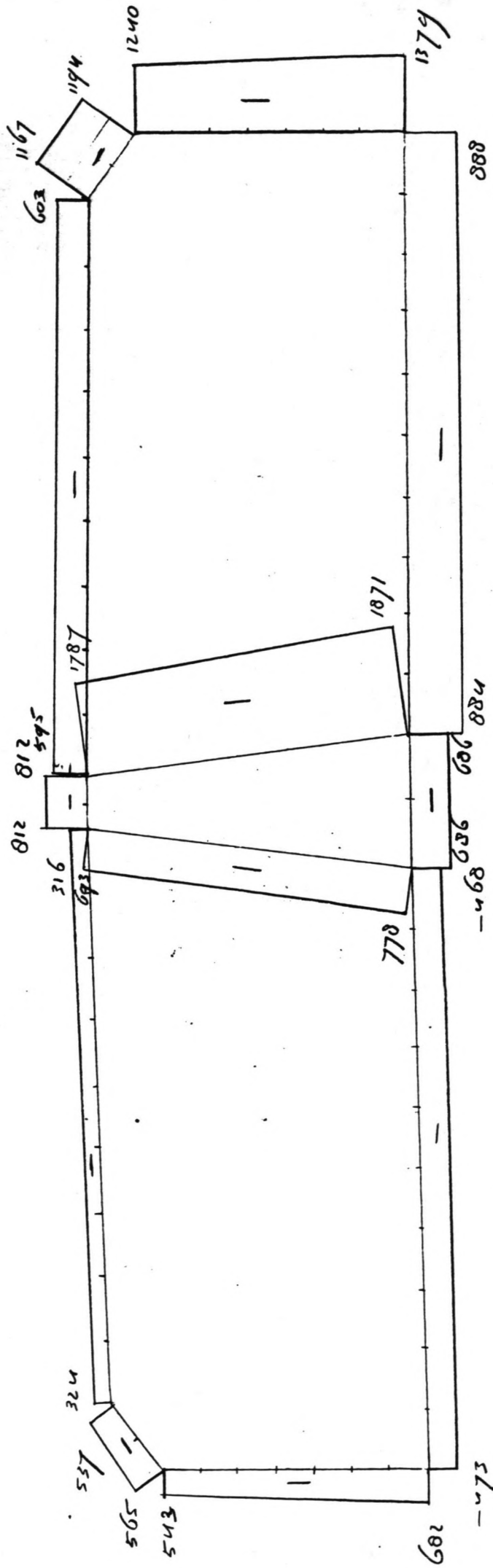


Fig. I ds Normaallicht door belastinggeneral "J2" by de aangegevene doormaat
 M. d. d. m. doormaat

1 cm = 1000 mm

$\gamma = 1.0$

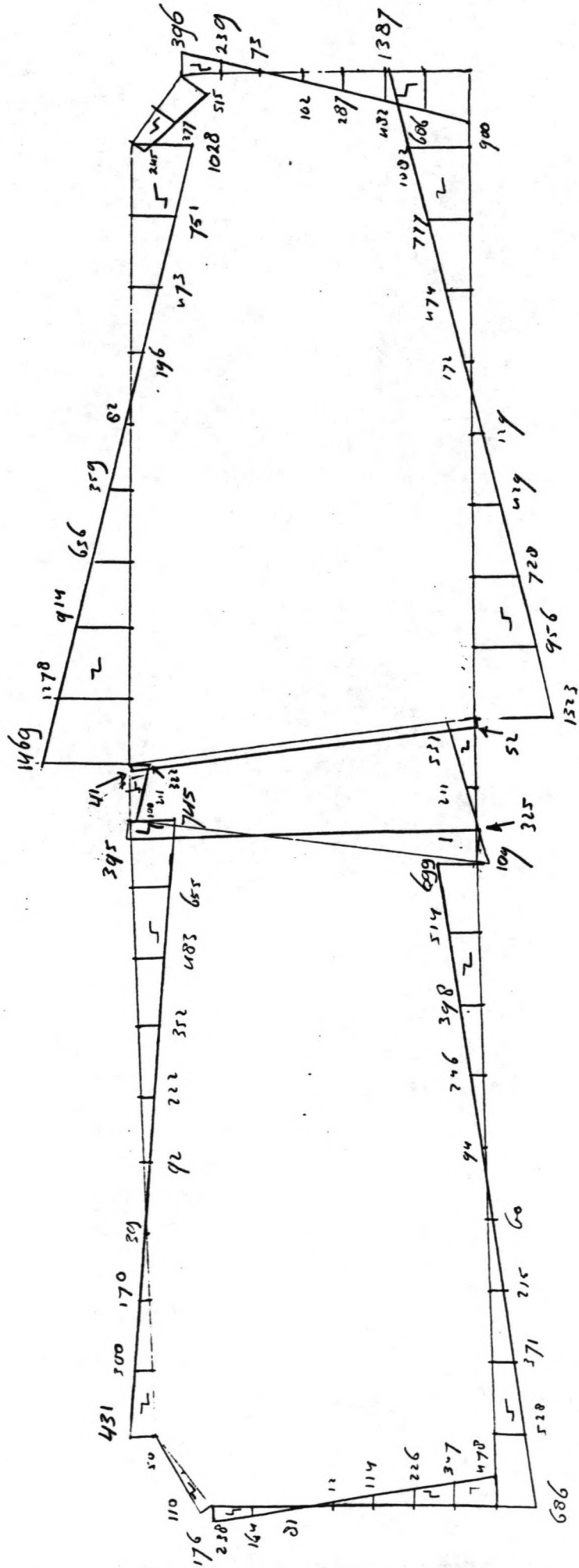


Fig Id 6 Dwarsburchteling van belastinggeval "y2" by het aangepaste profiel
 Middelen door m. 15 de

$1 \text{ cm} \approx 1000 \text{ kN}$
 $\gamma = 1,0$

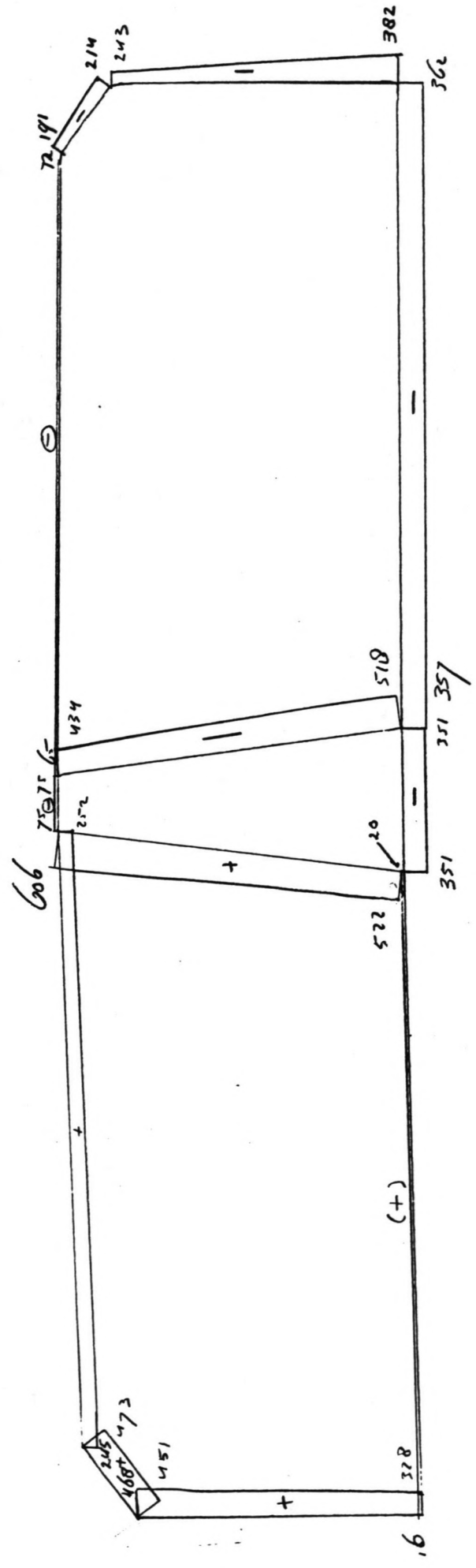


Fig. Te2 Normaalvervaltenlyen belastingen op een "y₂" by het oorspronkelijk product.
 Randdoornmede

$1000 \hat{=} 1000 \text{ kN}$
 $\gamma = 1,0$

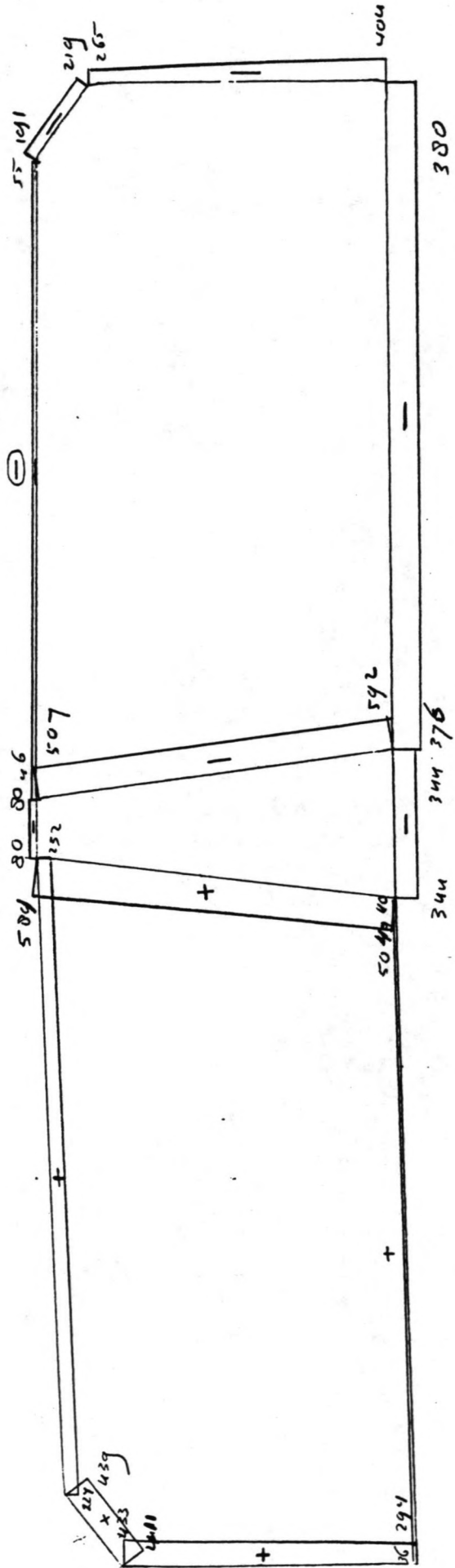


Fig Ies Noncalculationen belastingenval "Ie" by using part profile
 Randdoornede

1 cm $\hat{=}$ 250 km
 $\gamma = 1,0$

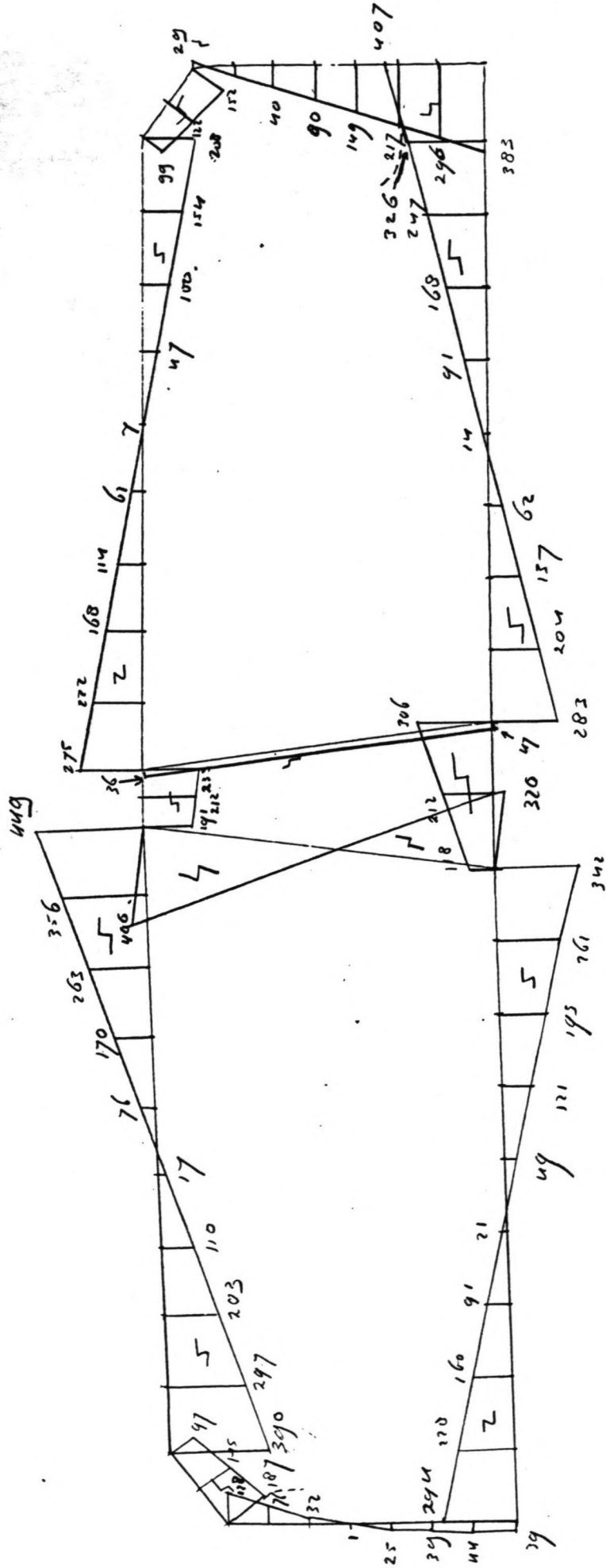
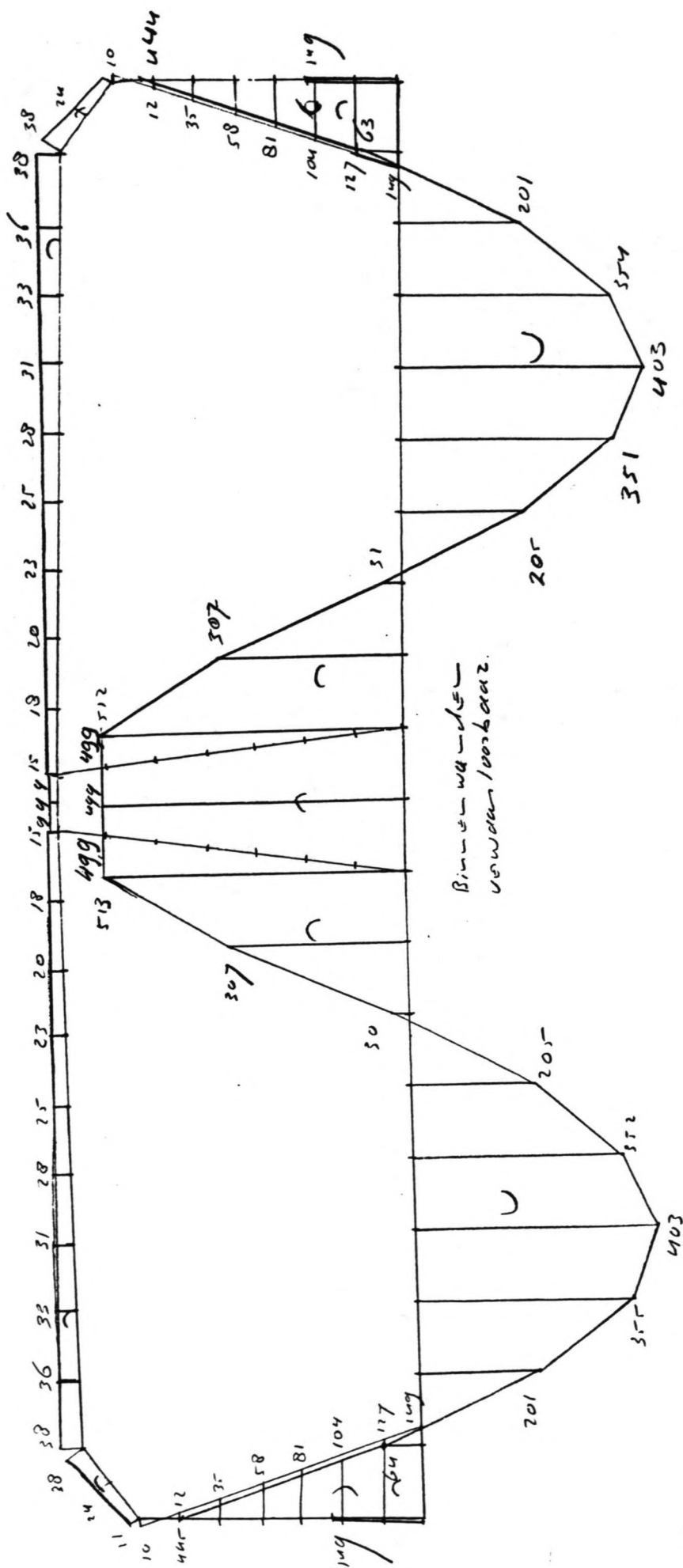


Fig Ie6 Dwaarsbrachtenanalyse belastinggeval "2" bij bestaansgevoel p 20 f. 1
Randvoorwaarde

10m $\hat{=}$ 100 cm.

$\gamma = 1,0$



Figuur I f). De monumentenverdeling voor een eenheidslast Pa op de vloer "inclusief wijving." "aangepast profiel"

icm 2 100 km
 $\gamma = 1,0$

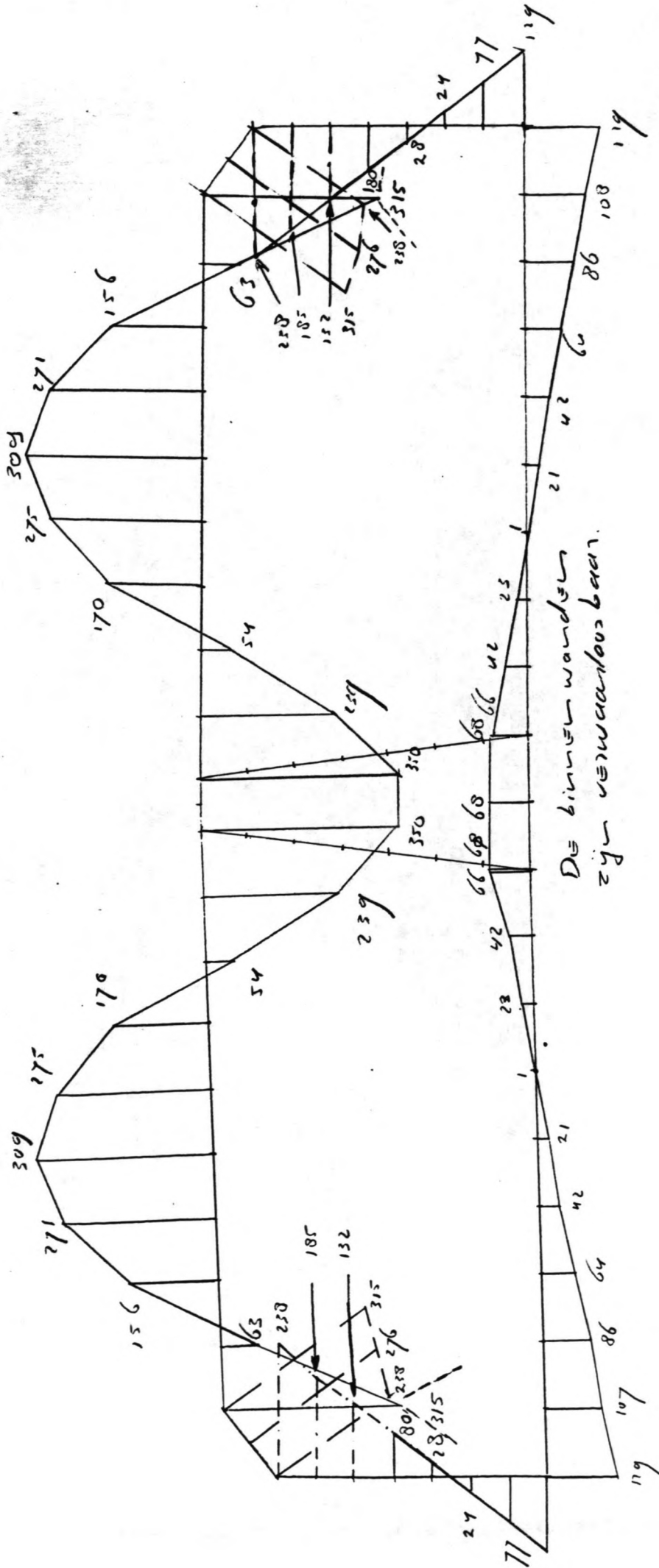
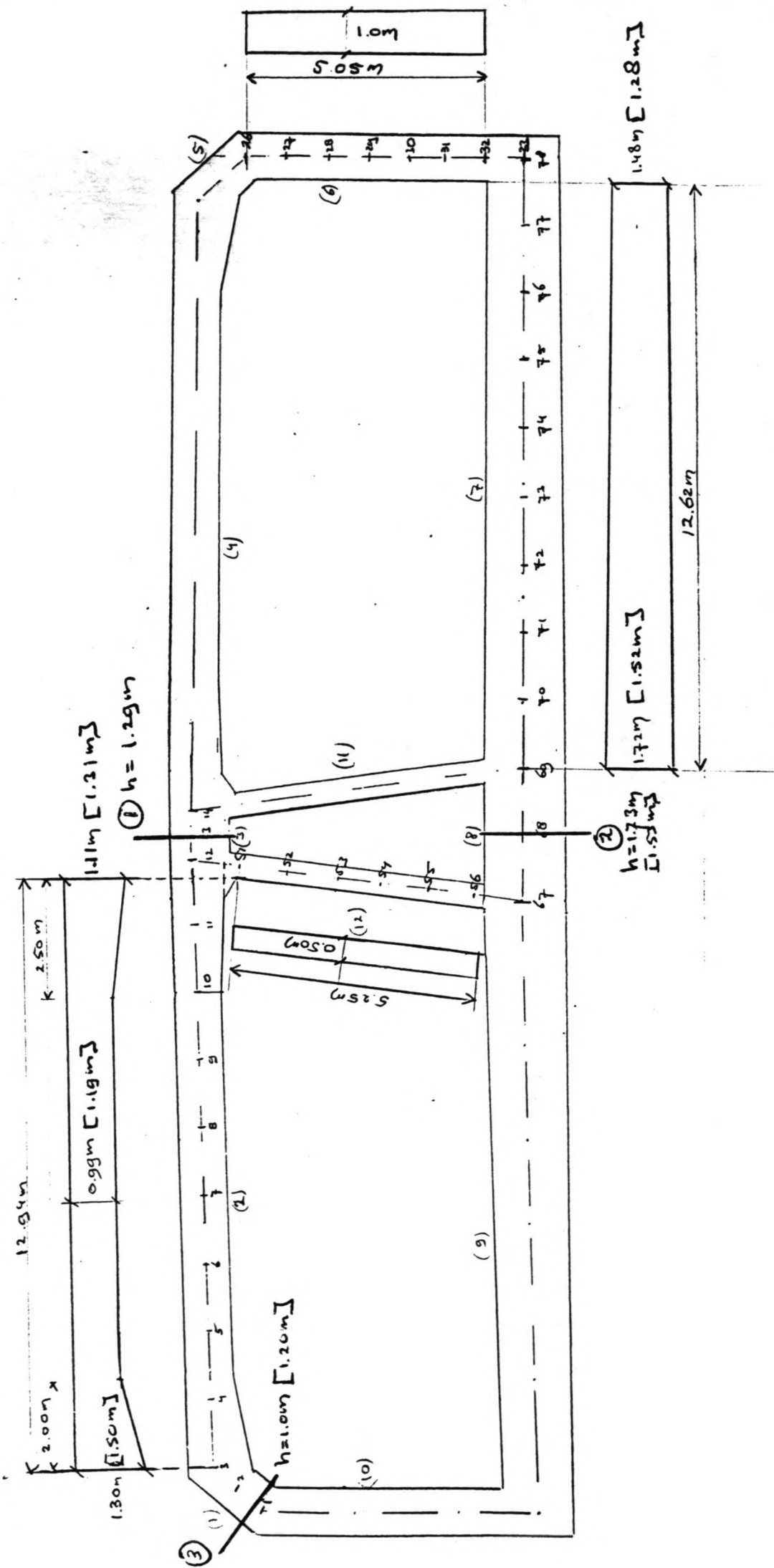


Fig. II 2 De monumentale verdeling van een eenheidslast "P₀" in het dak "inclusief wrijving" - "aangepast profiel"



by laage II a.

figuur, bijlage IIa; tunnel als buis elementen, schematisatie van WAPRO. (1),(2),(3): smeden die afzonderlijk worden gecontroleerd. [...]: wanden daaropgebaseerd doorname.

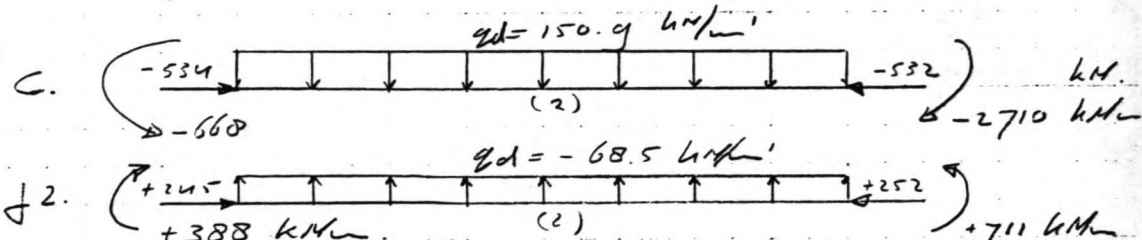
Schematisatie rand oorspronkelijke Noord-profiel.

met: betonkwaliteit B30
 staalkwaliteit FEB 400
 dekkings 60 mm
 min. wap. 0.15% per zgde.
 veiligheids $\gamma = 1.7$ voor de gebruiksfase
 $\gamma = 1.0$ voor de explosie

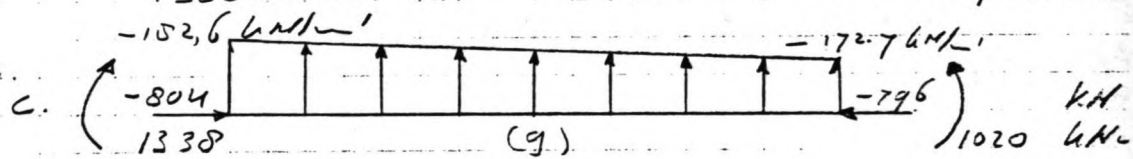
De berekeningen voor de rand zijn zowel voor de normaaltoestand belasting in de gebruiksfase (bel. ges. C) als voor de explosiebelasting (J2) doorgeleid.

II. b.1 De belastingen voor 'Wap70'

a. dak.

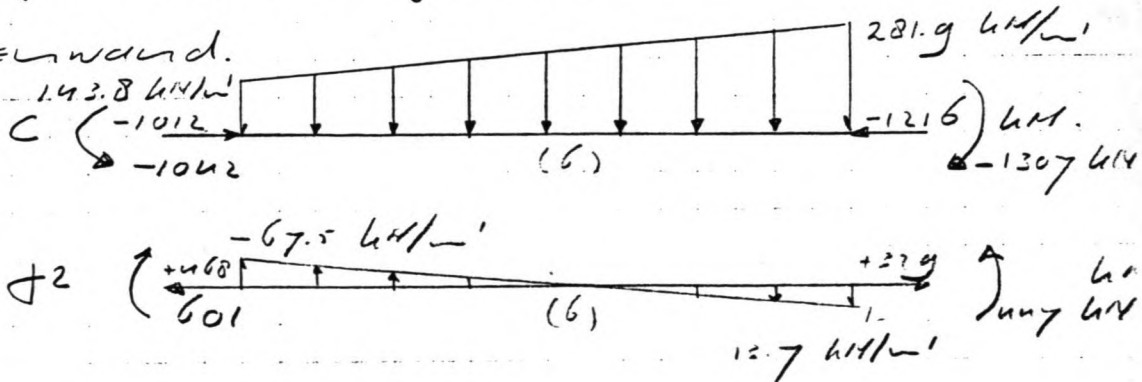


b. vloer.

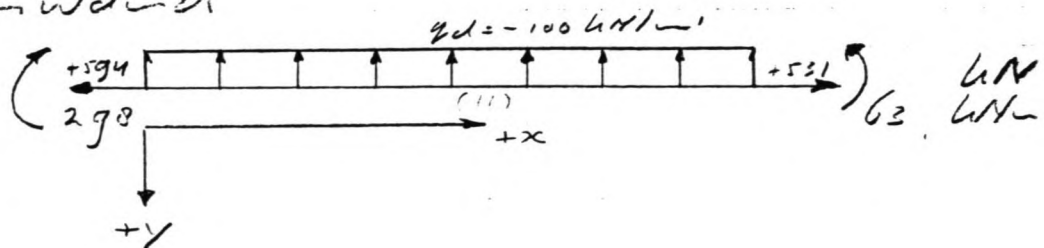


J2. niet maatgevend.

c. buitenwand.

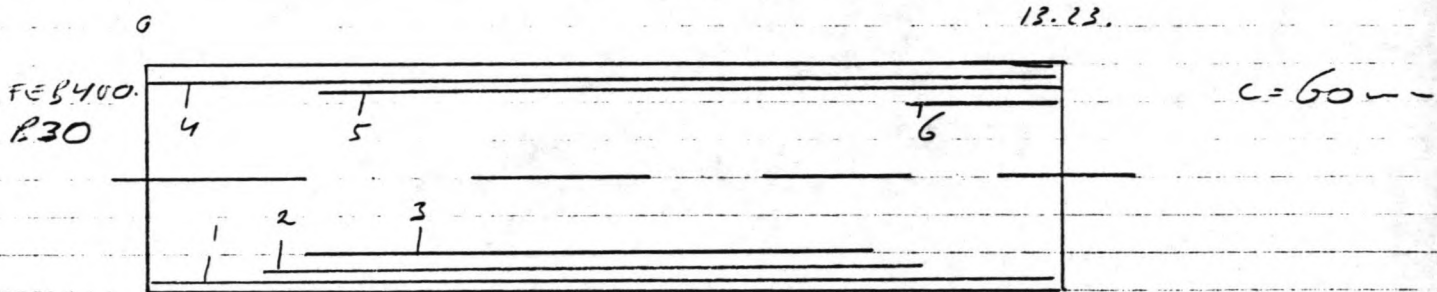


d. binnenwand



Wapen. uitkoningster. van de raanddoornede
by het oorspronkelyke profiel.

praktische wapening data.



ht = 1300

ht = 990

ht = 1110

onder "C" maat gevonden.

0 - 13.23	2454	5 $\bar{\phi} 25$	1	} $w_{II} = \frac{4418}{990 \times 1000} \times 100\%$ = 0,45%
1.50 - 4.50	1461	1 $\bar{\phi} 25$	2	
2.50 - 4.0	1473	3 $\bar{\phi} 25$	3	

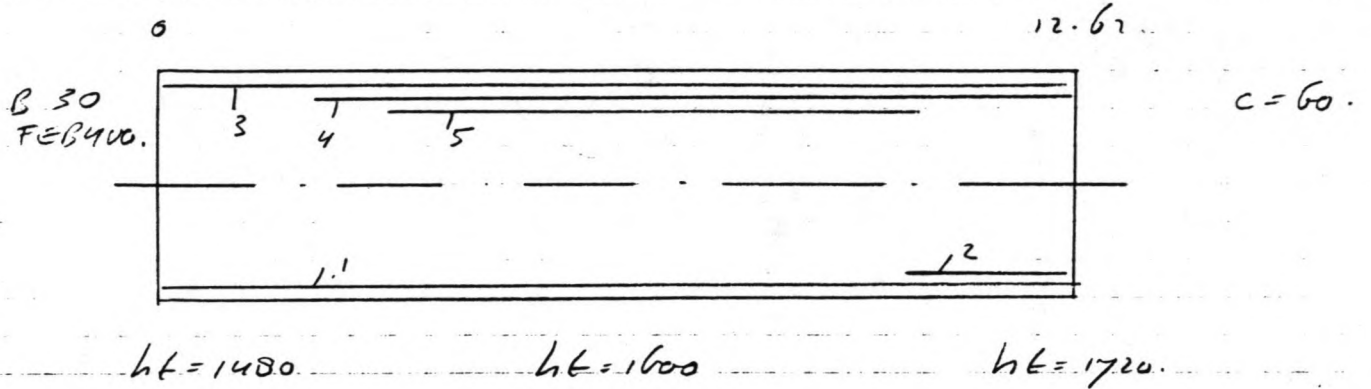
boven

0 - 13.23	1964	4 $\bar{\phi} 25$	4	} $w_I = \frac{1964}{1300 \times 1000} \times 100\%$ = 0,15%
2.65 - 13.23	982	2 $\bar{\phi} 25$	5	
11.0 - 13.22	4021	5 $\bar{\phi} 32$	6	} $w_{III} = \frac{6967}{1110 \times 1000} \times 100\%$ = 0,63

dwarskracht wapening bgl's 90°

	A_n	w_b	
1.25 - 2.75	332	0.025	ht = 1.3
8.25 - 10.0	278	0.038	ht = 0.99
11.50 - 12.22	551	0.065	ht = 1.10

randdomeedte by ontwerp wêreldprofiel.
praktiese wapening vloer.



"C" maatgevend.

onder.

0	- 12.62	25 13	8 $\bar{\phi}$ 20 (1)
10.0	- 12.62	3 14	1 $\bar{\phi}$ 20 (2)

boven.

0	- 12.62	24 54	5 $\bar{\phi}$ 25 (3)
2.50	- 12.62	4 91	1 $\bar{\phi}$ 25 (4)
3.0	- 9.50	4 91	1 $\bar{\phi}$ 25 (5)

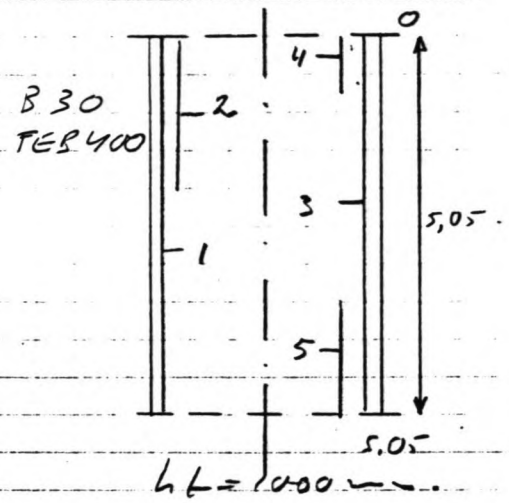
Die skermwydte moet nog word gecontroleerd.

Dwaarskracht wapening byls onder 90°

1.50	- 3.50	220	0.023	h _t = 1.48
9.00	- 11.50	247	0.025	h _t = 1.48

randdormende by oorspronkelyke profiel
praktiese wapening binne wand. rechte?

"C" maatgevend.



onder.

0 - 5,05	1885	6 $\bar{\phi}$ 20.	1
0 - 2,10	623	2 $\bar{\phi}$ 20.	2

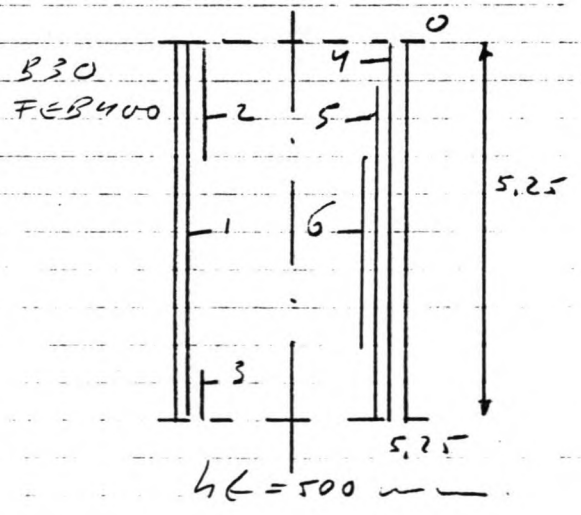
boven.

0 - 5,05	1571	5 $\bar{\phi}$ 20.	3
0 - 0,60	314	1 $\bar{\phi}$ 20	4
3,6 - 5,05	623	2 $\bar{\phi}$ 20	5

Die dwarskracht wapening byls onder 90°
 3,40 - 5,05 $A_n = 95 \text{ mm}^2$ wt = 0,009

praktiese wapening binne wand.

"2" maatgevend.



c = 60 mm.

onder.

0 - 5,25	804	4 $\bar{\phi}$ 16	1
0 - 1,60	1885	6 $\bar{\phi}$ 20.	2
4,50 - 5,25	603	3 $\bar{\phi}$ 16	3

boven.

0 - 5,25	804	4 $\bar{\phi}$ 16.	4
0,60 - 5,25	804	4 $\bar{\phi}$ 16	5
1,60 - 4,25	201	1 $\bar{\phi}$ 16	6

Dwarskracht wapening byls onder 90°

0 - 1,0	A_n	wt
1,0 - 1,75	1409	0,141
1,75 - 2,75	819	0,082
2,75 - 4,25	491	0,049
4,25 - 5,25	293	0,029
	621	0,062

b. 2. De schuurwijdte berekenen bij de rand met het oorspronkelijke profiel.

doorname I v.l. dak.

$$\text{Aanwering} = 1964 \text{ mm}^2$$

$$\text{Abevendigt} = 794 \text{ mm}^2$$

$$\phi_k = 25 \text{ mm}$$

$$\xi_2 = 1,0 \text{ geribd}$$

$$\xi_3 = 4,0 \text{ buiging.}$$

$$c = 60 - 12,5 = 47,5$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h_e = 8 * \phi_k + c = 8 * 25 + 47,5 = 247,5$$

$$w_0 = \frac{\text{Aanw} * 100\%}{h_e * b} = \frac{1964}{247,5 * 1000} = 0,79$$

$$\Delta L = \xi_2 \left(2c + \xi_3 \frac{\phi_k}{w_0} \right) = 1,0 \left(2 * 47,5 + 4 \frac{25}{0,79} \right) = 221,6$$

$$\Delta L \leq 10 * \phi_k * \xi_2 \text{ konv. l.}$$

$$\sigma_a = \frac{\bar{\sigma}}{\gamma} * \frac{A_{be}}{A_{anw}} = \frac{400}{1,7} * \frac{794}{1964} = 95,12 \text{ N/mm}^2$$

$$w = \sigma_a * \Delta L * 10^{-5} = 95,12 * 221,6 * 10^{-5} = 0,21 \leq 0,40$$

voldoet.

doorname II van liet dak.

$$\text{Aanwering} = 4418 \text{ mm}^2$$

$$\text{Abevendigt} = 4018 \text{ mm}^2$$

$$\phi_k = 25 \text{ mm}$$

$$c = 47,5$$

$$b = 1000$$

$$h_e = 247,5$$

$$w_0 = \frac{4418}{247,5 * 1000} * 100\% = 1,79$$

$$\Delta L = 1,0 \left(2 * 47,5 + 4 * \frac{25}{1,79} \right) = 151 \leq 10 * \phi_k * \xi_2 \text{ konv. l.}$$

$$\sigma_a = \frac{400}{1,7} * \frac{4018}{4418} = 214$$

$$w = 214 * 151 * 10^{-5} = 0,32 \leq 0,40 \text{ voldoet.}$$

De schuifwijdte berekening bij de
rand met het oorspronkelijke profiel.

Dak doorsnede III

$$\begin{aligned} \text{Aanwering} &= 6971 \\ \text{A benodigd} &= 6435 \\ \overline{\Phi} h &= \sqrt{\frac{4A}{n \cdot \pi}} = 28,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 11 \\ c &= 60 - \frac{28,4}{2} = 45,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h_e = 8 \times 28,4 + 45,8 = 273$$

$$\omega_0 = \frac{6971}{273 \times 1000} \times 100\% = 2,55$$

$$A_L = 1,0 \left(2 \times 45,8 + 4 \times \frac{28,4}{2,55} \right) = 136 \leq 10 \cdot \overline{\Phi} h_e$$

$$\sigma_a = \frac{400}{1,7} \times \frac{6435}{6971} = 217,2$$

$$w = 217,2 \times 136 \cdot 10^{-5} = 0,30 \leq 0,40 \text{ voldoet.}$$

Slab doorsnede I

$$\begin{aligned} \text{A aanwering} & 2513 \text{ mm}^2 & c &= 50 \\ \text{A benodigd} & 1383 \text{ mm}^2 & b &= 1000 \\ \overline{\Phi} h &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h_e = 8 \times 20 + 50 = 210$$

$$\omega_0 = \frac{2513}{210 \times 1000} \times 100\% = 1,20$$

$$A_L = 1,0 \times \left(2 \times 50 + 4 \times \frac{20}{1,20} \right) = 167 \leq 10 \cdot \overline{\Phi} h_e$$

$$\sigma_a = \frac{400}{1,7} \times \frac{1383}{2513} = 129,5$$

$$w = 129,5 \times 167 \cdot 10^{-5} = 0,22 \leq 0,40 \text{ voldoet.}$$

De rekenwijdte berekening voor de zand met het oorspronkelijke profiel.

doorsnede II van de sloot.

$$\begin{aligned} A \text{ aanwering} &= 3436 \text{ m}^2 & c &= 47,5 \\ A \text{ benodigd} &= 2936 \text{ m}^2 \\ \phi h &= 25 \end{aligned}$$

$$h_e = 8 \times 25 + 47,5 = 247,5$$

$$w_0 = \frac{3436}{247,5 \times 1000} \times 100\% = 1,39$$

$$\Delta l = 1,0 \left(2 \times 47,5 + 4 \times \frac{25}{1,39} \right) = 167 < 10 \times \phi h \times \eta$$

$$\sigma_a = \frac{400}{1,7} \times \frac{2936}{3436} = 201,1 \text{ N/m}^2$$

$$w = 201,1 \times 176 \times 10^{-5} = \underline{0,35} \leq 0,40 \text{ mm}$$

voldoet.

doorsnede III van de sloot

$$\begin{aligned} A \text{ aanwering} &= 2877 & c &= 50 \\ A \text{ benodigd} &= 541 \\ \phi h &= 20 \end{aligned}$$

$$h_e = 8 \times 20 + 50 = 250$$

$$w_0 = \frac{2877}{250 \times 1000} \times 100\% = 1,13\%$$

$$\Delta L = 1,0 \left(2 \times 50 + 4 \times \frac{20}{1,13} \right) = 171$$

$$\sigma_a = \frac{400}{1,7} \times \frac{541}{2877} = 45 \text{ N/m}^2$$

$$w = 45 \times 171 \times 10^{-5} = \underline{0,08} \leq 0,40 \text{ voldoet}$$

De scheurwijdte berekening voor de wand met het oorspronkelijke profiel.

Buitenwand doorsnede I

Aanwering	1885	$c = 50 \text{ mm}$
A _b =	1592	
φ _h	20	

$$h_e = 8 \times 20 + 50 = 210$$

$$w_0 = \frac{1885}{210 \times 1000} \times 100\% = 0,75$$

$$\Delta l = 1,0 \left(2 \times 50 + 4 \times \frac{20}{0,75} \right) = 207 \leq 10 \times \phi_h \times \xi_2 \Rightarrow \Delta l = 240$$

$$\sigma_a = \frac{400}{117} \times \frac{1592}{1885} = 198,5 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 198,5 \times 200 \times 10^{-5} = 0,40 \leq 0,40 \text{ voldoet}$$

Buitenwand doorsnede II

Voldoet altijd want de wapening van I loopt door tot in de doorsnede. Er is maar minimum wapening benodigd.

Buitenwand doorsnede II

Aanwering	2199	$c = 50 \text{ mm}$
A _b =	2119	
φ _h =	20	

$$h_e = 8 \times 20 + 50 = 210$$

$$w_0 = \frac{2199}{210 \times 1000} \times 100\% = 0,88$$

$$\Delta l = 1,0 \left(2 \times 50 + 4 \times \frac{20}{0,88} \right) = 191 \leq 10 \times \phi_h \times \xi_2$$

$$\sigma_a = \frac{400}{117} \times \frac{2119}{2199} = 226,7 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 226,7 \times 191 \times 10^{-5} = 0,43 \text{ mm}$$

$0,43 \leq 0,40$ NEEEN dus extra wapening

Een extra staaf $\varnothing 20$ extra $A = 314$ extra.

$$A_{\text{aanwering}} = 2513 \text{ mm}^2$$

$$h_e = 250$$

$$w_0 \text{ nieuw} = \frac{2513}{1000 \times 1000} \times 100\% = 0,25\%$$

$$w_0 = \frac{2513}{250 \times 1000} \times 100\% = 1,0$$

$$AL = 1,0 \left(2 \times 50 + 4 \times \frac{20}{1,0} \right) = 180 \leq 10 \times \varnothing h_e \times f_y$$

$$\sigma_a = \frac{2000}{1,7} \times \frac{2119}{2513} = 198 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 198 \times 180 \times 10^{-5} = \underline{0,36 \leq 0,40 \text{ mm}}$$

voldoet.

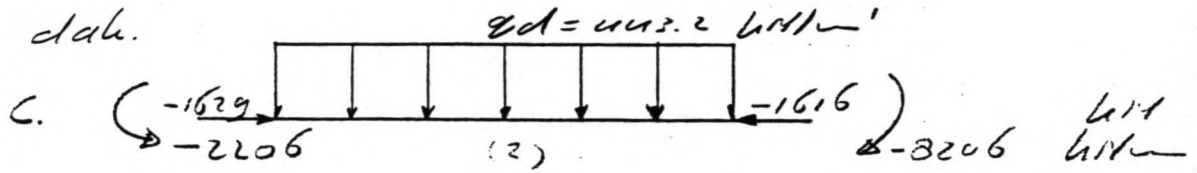
De binnenwand:

De binnenwand wordt niet op scheurwijdte gecontroleerd vanwege de explosie belasting.

Schematisatie midden oorspronkelijk Noord-profiel

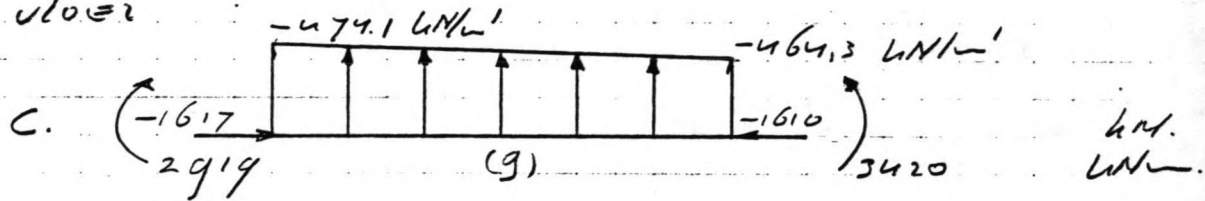
c.1 belastingen en machten

a. dak



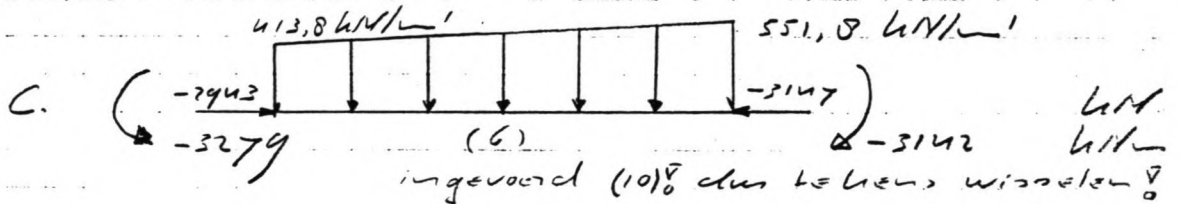
f2 niet maatgevend

b. vloer



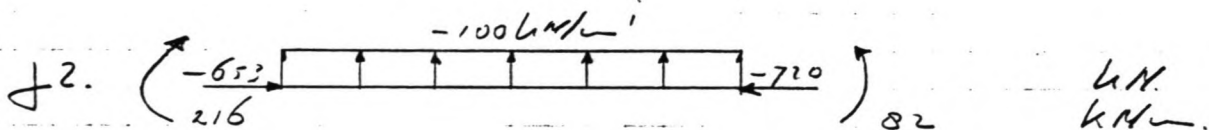
f2 niet maatgevend.

c. buitenwand



f2 niet maatgevend.

d. binnenwand

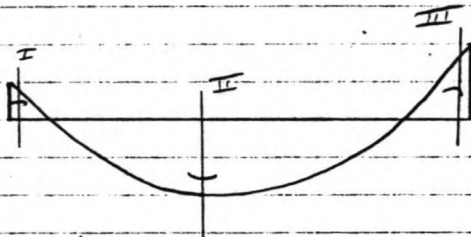


c niet maatgevend.

C.2 De 'wapro' berekening gaf de volgende praktische wapening uitgaande van VB'84

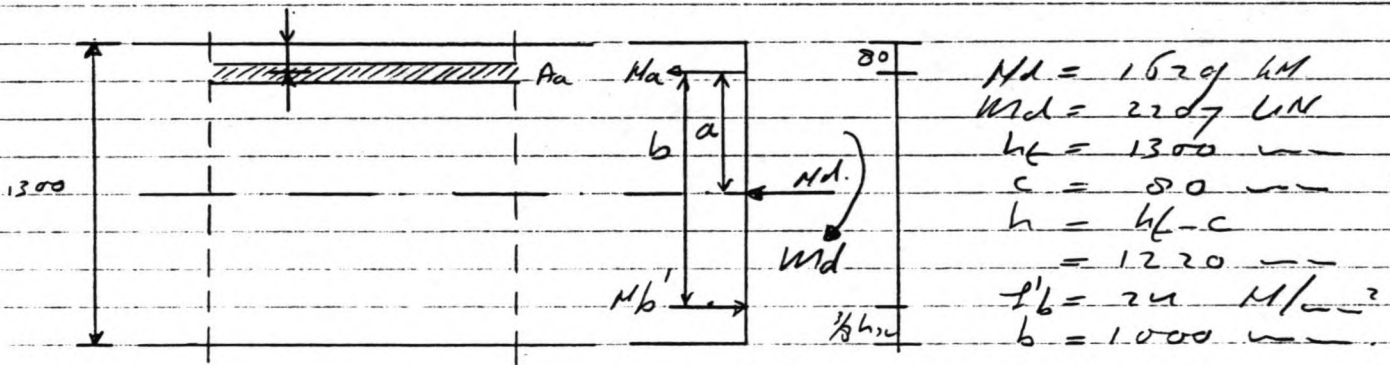
De middel doorzede.

a) "Dah" de uitkomst was dat drukwapening noodzakelijk was. In dit geval is een handberekening noodzakelijk.



B.30

Handberekening.
Doorzede I



$$\begin{aligned} N_d &= 1629 \text{ kN} \\ M_d &= 2207 \text{ kNm} \\ h_c &= 1300 \text{ mm} \\ c &= 80 \text{ mm} \\ h &= h_c - c \\ &= 1220 \text{ mm} \\ \frac{1}{8} h_w &= 24 \text{ mm} \\ b &= 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$a = \frac{1300}{2} - 80 = 570 \text{ mm}$$

$$b = \alpha * h = 1153 \text{ mm} \quad \text{met } \alpha = 0,945$$

$$\begin{aligned} \sum M_a = 0 & \quad - M_d - N_d * a + N_b' * b = 0 \\ & \quad - 2207 * 10^6 - 1629 * 10^3 * 570 + N_b' * 1153 = 0 \end{aligned}$$

$$N_b' = 2719 \text{ kN}$$

$$N_b' = \frac{2}{3} * b_w * b * \frac{1}{8} h_w \quad \left. \vphantom{N_b'} \right\} h_w = 170 \text{ mm}$$

$$h - \frac{3}{8} h_w = 1156 \approx \alpha * h$$

$$\sum N = 0 \quad - N_a - M_d + N_b' = 0$$

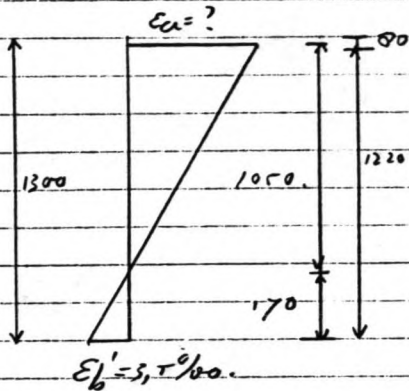
$$- N_a - 1629 + 2719 = 0$$

$$N_a = 1090 \text{ kN}$$

door mede I dake vervolg.

$$A_a = \frac{M_a}{f_a} = \frac{1090 \times 10^3}{400} = 2725 \text{ mm}^2$$

kontrole of de wapening vloeit.



$$\frac{\epsilon_a}{\epsilon_b'} = \frac{(h - h_{nx})}{h} \Rightarrow \epsilon_a = \frac{(h - h_{nx})}{h} \times \epsilon_b'$$

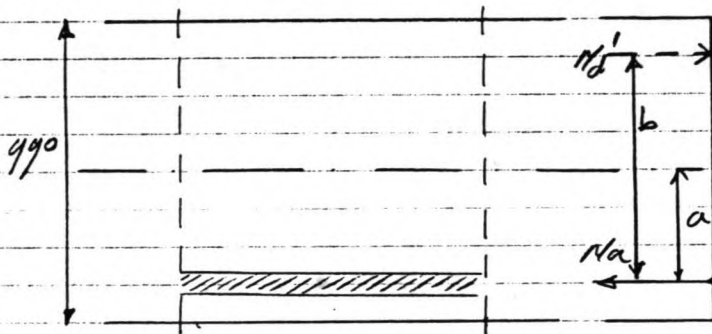
$$= \frac{1050}{170} \times 3,5 \text{‰}$$

$$= 21,6 \text{‰}$$

$$\epsilon_{a \text{ min}} = \frac{\sigma}{E} = \frac{400}{2,1 \cdot 10^5} \approx 1,9 \text{‰}$$

De wapening vloeit.

door mede II



$M_d = 1624 \text{ kNm}$
 $M_d = 4553 \text{ kNm}$
 $h_t = 990 \text{ mm}$
 $c = 80 \text{ mm}$
 $h = h_t - c$
 $= 910 \text{ mm}$
 $f_b' = 24 \text{ MPa}$
 $f_a = 400 \text{ MPa}$

$$a = \frac{990}{2} - 80 = 415 \text{ mm}$$

$$b = \alpha \times h = 746 \text{ mm} \quad \text{met } \alpha = 0,82$$

$$\sum M_A = 0$$

$$+ M_d + M_d \times a - M_d' \times b = 0$$

$$4553 \times 10^6 + 1624 \times 10^3 \times 415 - M_d' \times 746 = 0$$

$$M_d' = 7007 \text{ kNm}$$

$$M_d' = \frac{2}{3} \times h_{nx} + b \times f_b' \quad] \quad h_{nx} = 418$$

$$h - \frac{2}{3} h_{nx} = 746 \approx \alpha \times h$$

doornede II dake verduy.

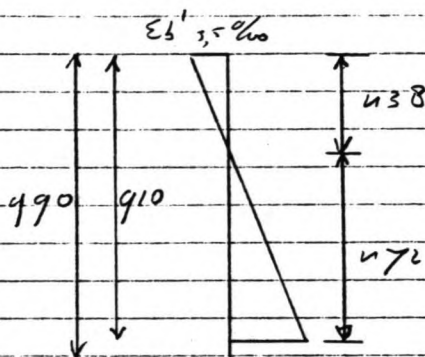
$$\sum M = 0 \quad -M_a - M_d + M_b' = 0$$

$$-M_a - 1624 + 7007 = 0$$

$$M_a = 5383 \text{ kN}$$

$$A_a = \frac{M_a}{f_a} = \frac{5383 \times 10^3}{400} = 13457 \text{ ---}^2$$

hantule of de wapeuning vloet.

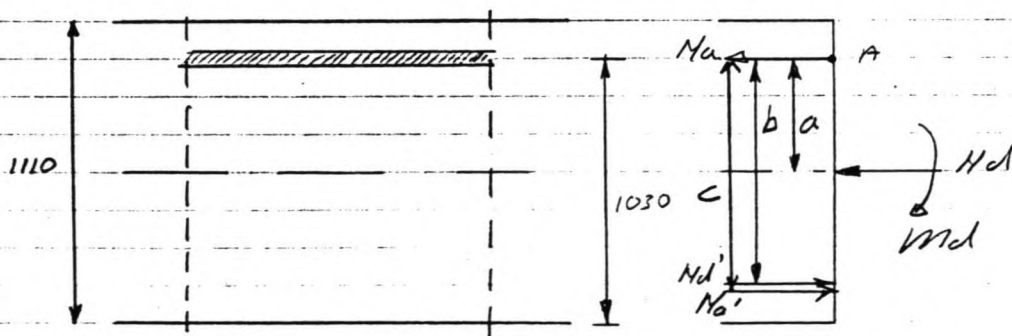


$$\begin{aligned} \frac{\epsilon_a}{\epsilon_b'} &= \frac{(h - h_{xc})}{h} \Rightarrow \epsilon_a = \frac{(h - h_{xc})}{h} \times \epsilon_b' \\ &= \frac{472}{438} \times 3.5 \text{ ‰} \\ &= 3.77 \text{ ‰} \end{aligned}$$

$$\epsilon_a \text{ min} = 1.19 \text{ ‰}$$

De wapeuning vloet.

Doornede III



$$\begin{aligned} M_d &= 1616 \text{ kN} \\ M_d &= 8206 \text{ kNm} \\ h_t &= 1110 \text{ mm} \\ c &= 80 \text{ mm} \\ h &= h_t - c \\ &= 1030 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$a = \frac{1110}{2} - 80 = 475 \text{ mm}$$

In dit geval is er druk wapeuning nodig.

$$h_{wax} = 0.555 h = 571 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_b' &= \frac{2}{3} \times h_{xc} \times b \times f_b' \\ &= \frac{2}{3} \times 571 \times 1000 \times 24 \\ &= 9136 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$b = h - \frac{3}{8} h_{sc}$$

$$= 1030 - \frac{3}{8} \times 571$$

$$= 816 \text{ mm}$$

$$c = h_t - 2c$$

$$= 1110 - 2 \times 80$$

$$= 950 \text{ mm}$$

$$\sum M_A = 0 \quad -M_d - N_d \times a + N_b' \times b + M_a' \times c = 0$$

$$- 8206 \times 10^6 - 1616 \times 10^3 \times 475 + 9136 \times 10^3 \times 816 + M_a' \times 950 = 0$$

$$M_a' = 1599 \text{ kNm}$$

$$\sum M = 0 \quad -M_a + N_d + M_b' + M_a' = 0$$

$$-M_a + 1616 + 9136 + 1599 = 0$$

$$M_a = 9119 \text{ kNm}$$

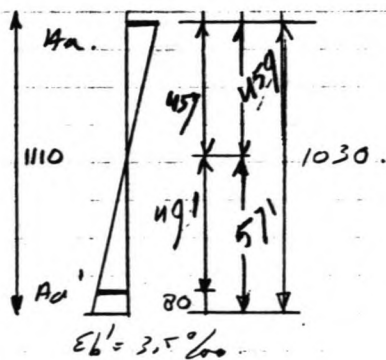
D = drukkwapening:

$$A_a' = \frac{M_a'}{f_a} = \frac{1599 \times 10^3}{1000} = 3998 \text{ mm}^2$$

D = trekwapening

$$A_a = \frac{M_a}{f_a} = \frac{9119 \times 10^3}{1000} = 22798 \text{ mm}^2$$

Controle vloeiën.



$$\frac{\epsilon_a'}{\epsilon_b'} = \frac{(h_x - c)}{h_{sc}} \Rightarrow \epsilon_a' = \frac{(h_x - c)}{h_{sc}} \times \epsilon_b'$$

$$= \frac{475}{571} \times 3.5 \text{‰}$$

$$= 3.0 \text{‰}$$

D = drukkwapening vloeiën.

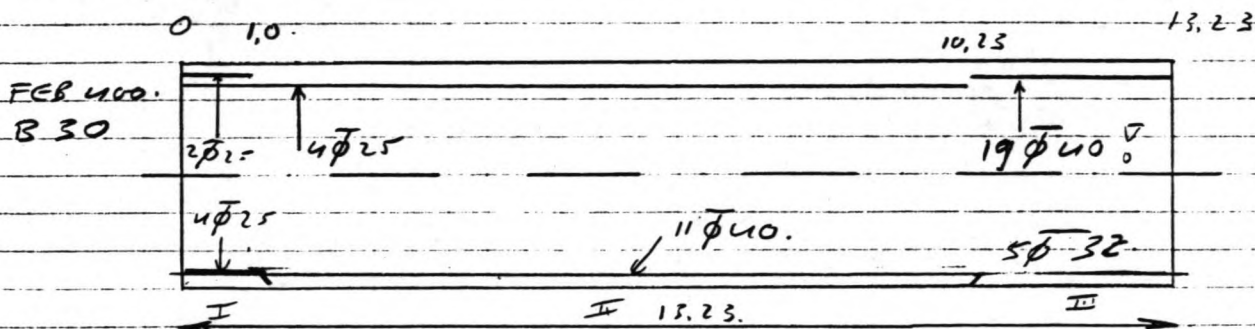
$$\frac{\epsilon_a}{\epsilon_b'} = \frac{(h_x - h_x)}{h_x} \Rightarrow \epsilon_a = \frac{(h - h_x)}{h_x} \times \epsilon_b'$$

$$= \frac{491}{571} \times 3.5 \text{‰}$$

$$= 2.8 \text{‰}$$

D = trekwapening vloeiën

In de doorsneden van het dak in de volgende wapening aanwijzig.



Doorsnede I boven $= 2725 \text{ mm}^2$ ($\omega_0 = 0,21\%$)
 $6 \phi 25 = 2945$
 onder minimumwap.
 $= 0,15 \times 1000 \times 1300 \times 10^{-2}$
 $= 1950 \text{ mm}^2$
 $4 \phi 25 = 1963$

Doorsnede II boven minimumwapening

$A_{\text{min}} = 0,15 \times 1000 \times 990 \times 10^{-2}$
 $= 1485 \text{ mm}^2$
 $(4 \phi 25 = 1963)$
 onder $= 13457 \text{ mm}^2$ ($\omega_0 = 1,36\%$)
 $(11 \phi 40 = 13823)$

Doorsnede III boven $= 22798 \text{ mm}^2$ ($\omega_0 = 2,05\%$)
 $(\approx 19 \phi 40 = 23803 \text{ mm}^2)$

onder $= 3998 \text{ mm}^2$ ($\omega_0 = 0,36\%$)
 $5 \phi 32 = 4021 \text{ mm}^2$

Bepaling van de eindpunten van de wapening volgens de momentenlijn van bylage I b⁹.

$$\text{by I} \quad \frac{1297}{(1197 + 541)} \times \frac{13,23}{9} = 1,03 \text{ m. stel } 1 \text{ meter.}$$

$$\text{by III} \quad 2 \times \frac{13,23}{9} = 2,94 \text{ m.} = 3,0 \text{ m.}$$

II ligt dus globaal van 1,0 tot 10,23 meter.

De eisen voor de wapening volgens de
NB'84 artikel E-709.3.3.

De afstand tussen de staven moet groter
zijn dan:

- $\frac{4}{3} \times$ de nominale hoek
- de kern diameter
- 25 mm

De nominale hoek is 31,6 mm.

Voor een staaf van $\phi 40$ geeft dit dat
de h.o.h afstand \geq moet zijn dan
 $\frac{4}{3} \times 31,6 + 40 = 82$ mm.

Als we kijken naar de kritische doorsnede
van het dak dan ontstaat de volgende
situatie.

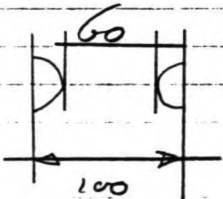
Benodigt 19 $\phi 40$

h.o.h. 1 laag $1000/19 = 52,6$ mm. v.n.a.n
de NB'84
2 lagen dan 1 staaf extra nemen
in veranderde aan.

2 lagen $1000/10 = 100$ mm h.o.h

De vrije ruimte is nu beperkt tot
60 mm.

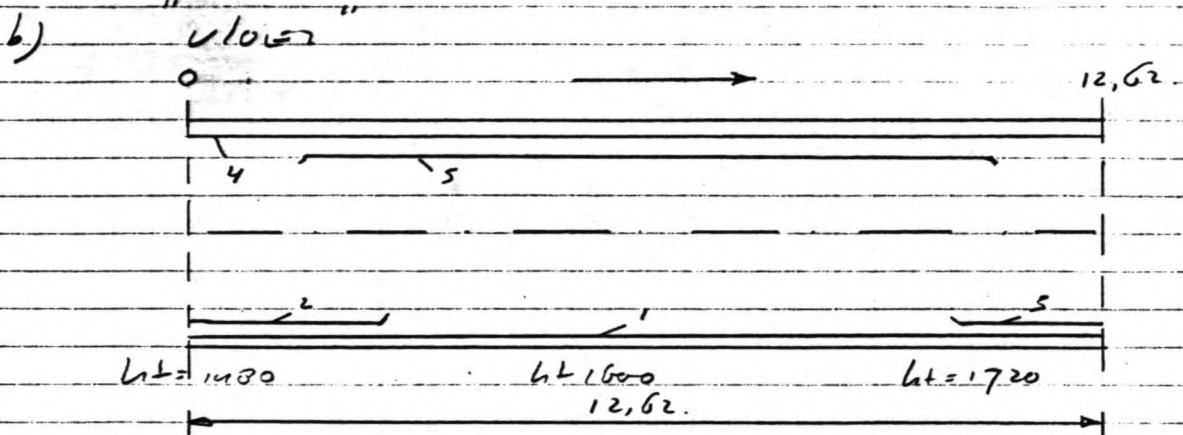
Deze vrije ruimte geldt in beide
richtingen.



Het is nu echter de vraag of de lasten
wel op het beton overgedragen kunnen
worden. Uit recente onderzoeken is
gebleken dat $\pm 3 \times \phi$ als h.o.h afstand
benodigd is. In dat geval voldoet deze
wapening niet.

Mogelijke oplossingen.

- hogere beton kwaliteit
- hoger profiel
- hogere staal kwaliteit



praktisch onder	0 - 12.62	5 ϕ_{25} = 2454	1
	0 - 2.50	2 ϕ_{25} = 982	2
	10.50 - 12.62	2 ϕ_{25} = 982	3
praktisch boven	0 - 12.62	2 ϕ_{25} + 2 ϕ_{32} = 2590	4
	1.26 - 11.30	8 ϕ_{20} = 6434	5

De uit de wapro resulterende dwarskrachtwapening.

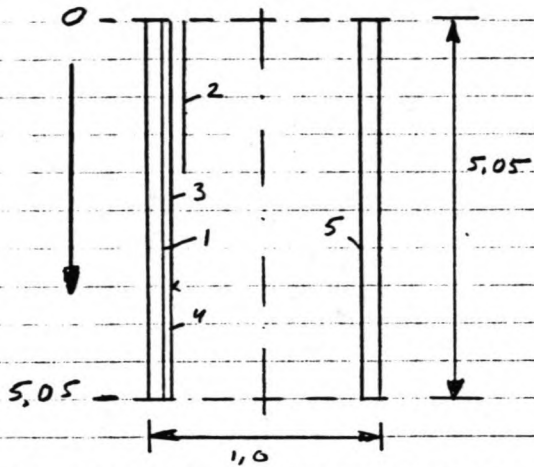
	A_d	w_k	l_t
0 - 3,0	19,74	0,197	1,48
3,0 - 5,0	11,30	0,113	1,48
7,50 - 10,0	13,92	0,139	1,60
10,0 - 12,62	13,29	0,133	1,72

beugels onder 90°

wt in mm per m' balk.

De praktische wapening moet nog op schenwyzette gecontroleerd worden.

c) "buitenwand"



praktisch onderz.

0 - 5,05	2 $\bar{\phi}$ 25 + 2 $\bar{\phi}$ 40	3445	1
0 - 1,90	3 $\bar{\phi}$ 40	3770	2
0 - 3,50	2 $\bar{\phi}$ 25	1608	3
3,50 - 5,05	3 $\bar{\phi}$ 40	3770	4

praktisch boven minimumwapening

0 - 5,05	5 $\bar{\phi}$ 20	1571	5
----------	-------------------	------	---

De uit de wapen resulterende dwarskrachtwapening.

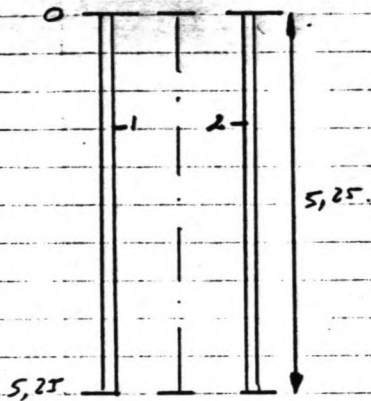
	A_a	w_t	h_t
0 - 1,0	61	0,006	1,0
1,0 - 2,0	131	0,013	1,0
3,0 - 4,0	154	0,015	1,0
4,0 - 5,05	70	0,007	1,0

buigels onder 90°

wt in mm' per m' balk

De praktische wapening moet nog op schuifwijdte gecontroleerd worden.

d.) "binnenwand"



praktisch onder

minimum wapening

$$0 - 5,25 \quad 4\bar{\phi}16 = 804 \quad 1$$

praktisch boven

minimum wapening

$$0 - 5,25 \quad 4\bar{\phi}16 = 804 \quad 2$$

De uit de wapen resulterende dwarskracht
wapening

"geen dwarskracht wapening nodig" $\frac{7}{6}$

C.3. Schiepwijdt berekening middelen doorzede by het onopmerkelijke profiel.

Doorzede I Dale.



$$A_{b_{em}} = 2725$$

$$6 \bar{\phi}_{25} = 2945$$

$$h_e = 8 * \phi_k + \bar{c}$$

$$= 8 * 25 + (80 - 125) = 267,5$$

$$w_0 = \frac{A_{b_{em}} * w}{h_e * b} * 100\% = \frac{2725}{267,5 * 1000} * 100\% = 1,01\%$$

$$\Delta L = \xi_2 \left(2\bar{c} + \xi_3 \frac{\phi_k}{w_0} \right)$$

$$= 1,0 \left(2 * 67,5 + 4 * \frac{25}{1,1} \right)$$

$$= 226 \leq 10 * \phi_k * \xi_2$$

$$\xi_2 = 1,0 \text{ gesibd.}$$

$$\xi_3 = 4,0$$

$$\sigma = \frac{\sigma}{Y} * \frac{A_{b_{em}}}{A_{aanw}} = \frac{400}{1,7} * \frac{2725}{2945} = 217,7$$

$$w = \sigma_a * \Delta L * 10^{-5}$$

$$= 217,7 * 226 * 10^{-5} = 0,49 > 0,40 \text{ v.w.}$$

1 $\bar{\phi}_{25}$ ocha.

$$A_{aanw} = 3436$$

$$h_e = 267,5$$

$$w_0 = 1,20$$

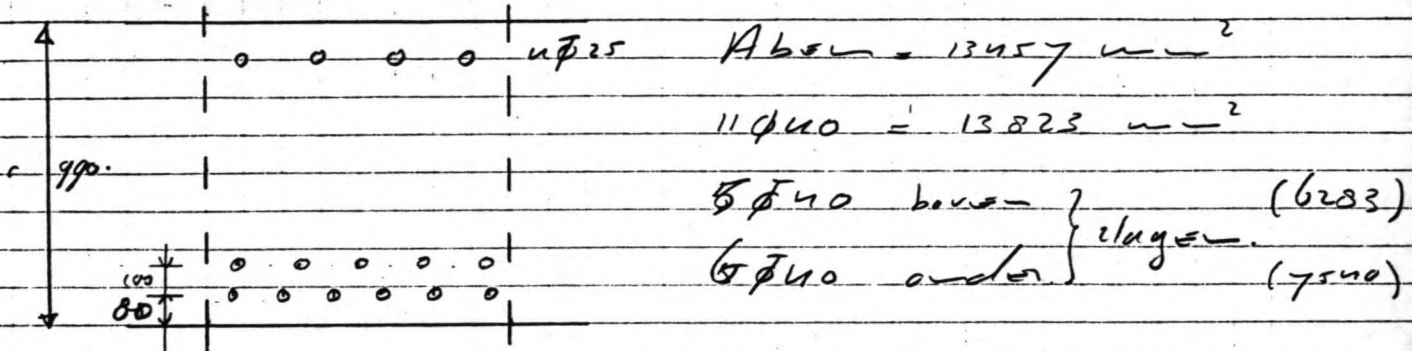
$$\Delta L = 213$$

$$\sigma = 187$$

$$w = 0,40 \leq 0,40 \text{ voldoet } y \bar{\phi}_{25} \text{ definitief.}$$

Scheerwijdte berekening midden doornede bij het oorspronkelijke profiel.

doornede II deh



$$h_e = g \cdot \bar{\phi} h + 60 + \bar{c}$$

$$= g \cdot 40 + 60 + 60$$

$$= 480 \text{ mm} \quad < h_t - h_x$$

$$h_{x1} = 438$$

$$h_t = 990$$

$$h_t - h_{x1} = 552$$

voldoet.

$$w_s = \frac{13823}{480 \times 1400} \times 100\% = 2,9$$

$$\Delta L = \xi_2 \left(2\bar{c} + \xi_3 \times \frac{\phi h}{w_s} \right)$$

$$= 1,0 \left(2 \times 60 + 4 \times \frac{40}{2,9} \right)$$

$$= 175 \quad \leq 10 \times \bar{\phi} h \times \xi_2$$

$$\sigma_a = \frac{\bar{\sigma}}{\gamma} \times \frac{A_{be}}{A_{aonw}} = \frac{400}{1,7} \times \frac{13457}{13823} = 229 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 229 \times 175 \times 10^{-5} = 0,40$$

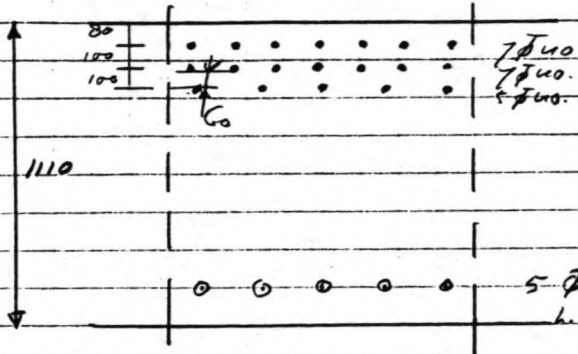
De doornede voldoet niet op scheerwijdte.

controle veiligheid nodig.

(Zie bylage II.c.u.)

Schuifwijdte berekening midden doorsnede
 by best de grondwylke profiel.

doorsnede III deke.



Absen 22798 mm²
 19 phi 40 = 23876 mm²

3 lagen
 7 phi 40 8796 mm² h.o.h 123
 7 phi 40 8796 mm² h.o.h 123
 5 phi 40 6283 mm² h.o.h 200

$$h_e = 7,5 \times \phi_k + 3\phi_k + 2 \times 60 + \bar{c}$$

$$= 10,5 \times 40 + 120 + 60 = 600 \leq h_f - h_{re}$$

h_t = 1110, h_r = 571
 h_t - h_r = 539

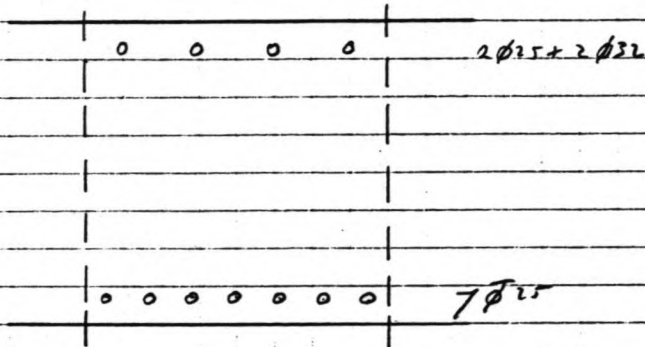
Voldoet niet ▽

De schuifwijdte berekening is niet toepasbaar
 De VSB' en geeft geen uitsluitend voor dit
 geval.
 De zone van de heilband overlapt de drukzone
 volgens de werkwijze. Dit is onmogelyk.

Schematische beschrijving midden doorwede
 by oorspronkelijke profiel.

doorwede I vloer.

$c = 60 \text{ mm}$ op kant v. d. straat



$A_{beton} = 3390 \text{ mm}^2$
 $A_{staal} = 3436 \text{ mm}^2$

$h_e = 8 * \phi_h + \bar{c}$
 $= 8 * 25 + 47,5$
 $= 247,5$

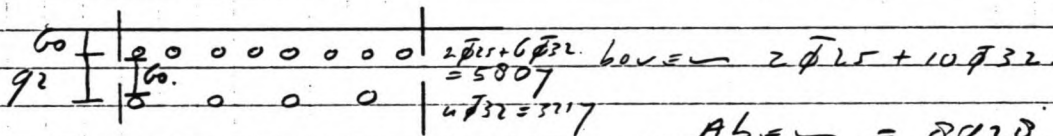
$w = \frac{3436}{247,5 * 1000} * 100\% = 1,39$

$\Delta L = 1,0 (2 * 47,5 + \frac{4 * 25}{1,39}) = 167$

$\bar{\sigma}_a = \frac{400 * 3390}{1,7 * 3436} = 232 \text{ N/mm}^2$

$w = 232 * 167 * 10^{-5} = 0,39 \leq 0,40$ voldoet

doorwede II vloer.



$A_{beton} = 8920 \text{ mm}^2$
 $A_{staal} = 9024 \text{ mm}^2$

$\phi_h = \sqrt{\frac{4 * 9024}{12 * \pi}} = 30,9 \approx 31 \text{ mm}$

$h_e = 9 * \phi_h + 60 + \bar{c}$
 $= 9 * 31 + 60 + (60 - 16)$
 $= 383$

$w_0 = \frac{9024}{383 * 1000} * 100\% = 2,36$

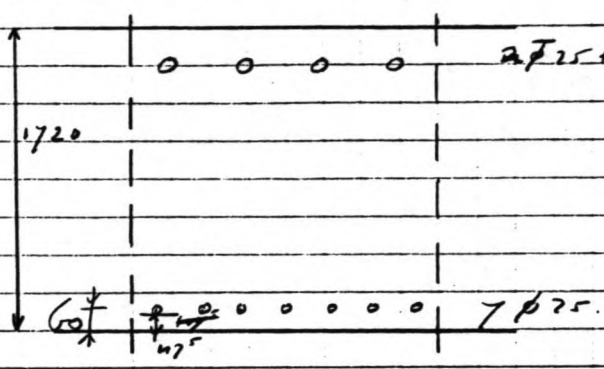
$\Delta L = 1,0 (2 * (60 - 16) + 4 * \frac{31}{2,36}) = 141 \text{ mm}$

$\bar{\sigma}_a = \frac{400 * 8924}{1,7 * 9024} = 232,6$

$w = 232,6 * 141 * 10^{-5} = 0,33 \leq 0,40$ voldoet.

Schematische berekening middelen doornede
 by oorspronkelijk profiel.

doornede III vloer



$$A_{b\text{em}} = 3368 \text{ mm}^2$$

$$A_{d\text{amw}} = 3436 \text{ mm}^2$$

$$h_e = 8 \times 25 + (607^5)$$

$$= 247^5$$

$$\omega_0 = \frac{3436}{247,5 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 1,39$$

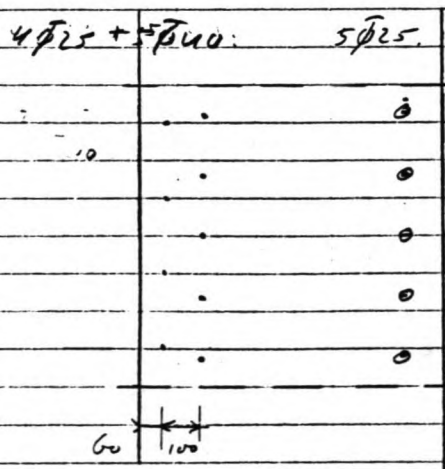
$$\Delta L = 1,0 \left(2 \times 47^5 + 4 \times \frac{25}{1,39} \right) = 166,9$$

$$\sigma_a = \frac{400}{1,7} \times \frac{3368}{3436} = 231 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 231 \times 166,9 \times 10^{-5} = 0,39 \leq 0,40 \text{ voldoet.}$$

De buitenwand.

doornede I buitenwand



$$A_{b\text{em}} = 7804$$

$$A_{d\text{amw}} = 113 + 6283 = 8246$$

$$\phi_h = \sqrt{\frac{4 \times 8246}{4 \times \pi}} = 34 \text{ mm}$$

$$h_e = g \phi_h + 60 + \bar{e}$$

$$= 19 \times 34 + 60 + (60 - 20)$$

$$= 406$$

$$\omega_0 = \frac{8246}{406 \times 1000} \times 100 = 2,03$$

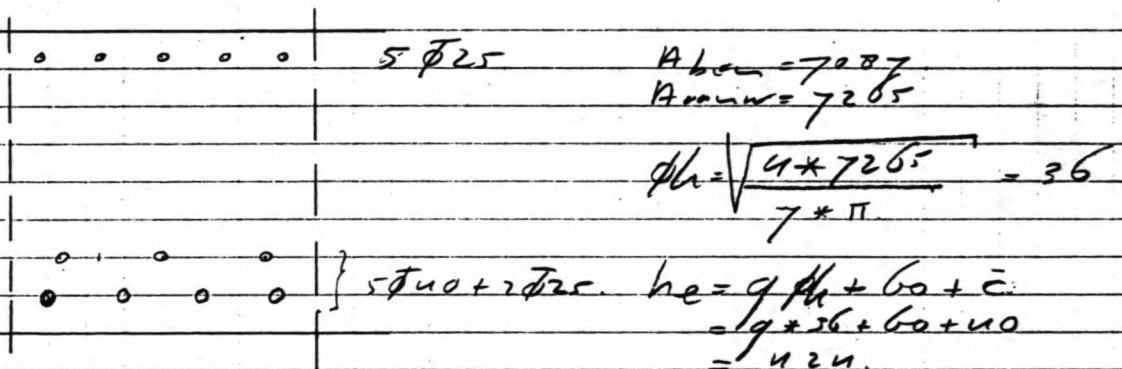
$$\Delta L = 1 \left(2 \times (60 - 20) + 4 \times \frac{34}{2,03} \right) = 107 \text{ mm}$$

$$\sigma_a = \frac{400}{1,7} \times \frac{7804}{8246} = 223 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 223 \times 107 \times 10^{-5} = 0,24 \leq 0,40 \text{ voldoet.}$$

doorsnede II buitenwand.

kontrole kan achterwege blijven aangezien de wapening van doorsnede I doortloopt en er weinig wapening benodigd is.

doorsnede III buitenwand.

$$w_0 = \frac{7265}{2124 \times 1000} \times 100\% = 1,27\%$$

$$A_L = 1 \left(2(60 - 20) + 4 \times \frac{36}{1,17} \right) = 164$$

$$\sigma_a = \frac{400}{1,17} \times \frac{7087}{7265} = 229,5$$

$$W = 229,5 \times 164 \times 10^5 = 0,38 \leq 0,40 \text{ voldoet.}$$

De binnenwand.

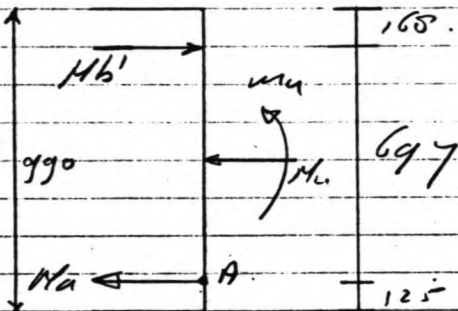
De binnenwand wordt niet op scheurwijdte gecontroleerd. De oorzaak daarvan is de belasting.

De scheuren van een explosie zijn niet als normaal te beschouwen.

II. c.4. Doorsnede II Dak. conchale bewijlement

zwaartepunt van onder $\frac{7540}{(6283+7540)} = 0,55$

$0,55 \times 100 = 55$ mm van de boven wapening
 $100 - 55 = 45$ mm van de onder wapening.



$80 + 45 = 125$ mm van de onderzijde van de balk.

$N_{Ed} = 1624$ kN
 $M_{Ed} = 4553$ kNm
 $A_s = 13823$ mm²
 FEB. 1000
 B 30

$-M_{b'} + N_a + M_u = 0$

$M_{b'} = N_a + M_u = 13823 \times 400 + 1624 \times 10^3 = 7153$ kNm.

$M_{b'} = \frac{2}{3} \times b \times h_{re} \times f_{b'} \Rightarrow h_{re} = \frac{3 \times 7153 \times 10^3}{2 \times 1000 \times 24} = 447$ mm

aan grypingspunt $M_{b'} = \frac{3}{8} h_{re} = 168$ mm van boven

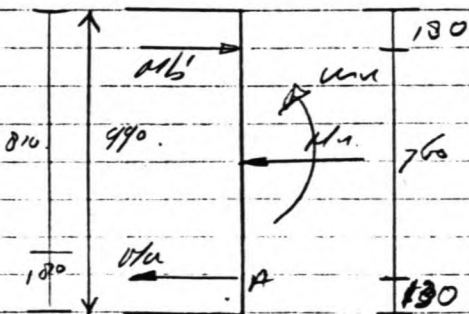
$\sum T_A = 0 \quad M_u + M_u \times a - M_{b'} \times b = 0$

$a = \frac{990}{2} - 125 = 370$ mm

$b = 990 - 168 - 125 = 697$ mm

$M_u = -M_u \times a + M_{b'} \times b$
 $= -1624 \times 10^3 \times 370 + 7153 \times 10^3 \times 697$
 $= 4385$ kNm

$\gamma = \frac{4385}{4553} \times 1,7 = 1,64$ constructie onveilig extra wapening 1 dia. nodig, 2e ondersteunde conchale.



$80 + 50 = 130$; $A_s = 15000$
 $M_{b'} = 15000 \times 400 + 1624 \times 10^3 = 7656$ kNm
 $h_{re} = \frac{3 \times 7656 \times 10^3}{2 \times 1000 \times 24} = 479$
 $\frac{3}{8} h_{re} = 180$

$a = \frac{990}{2} - 130 = 365$
 $b = 760$
 $\sum T_A = 0 \quad M_u = -1624 \times 10^3 \times 365 + 7656 \times 10^3 \times 760$
 $= 5226$ kNm

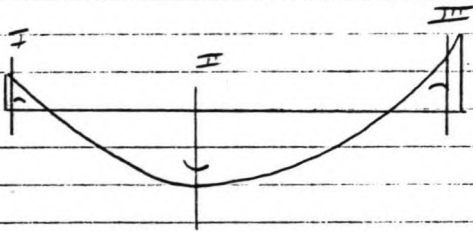
$\gamma = \frac{5226}{4553} \times 1,7 = 1,95$ voldoet nu wel!

Conchale E_a ? $E_{con} = E_a = \frac{810 + 479}{479} \times 3,5 = 2,42 > 1,9$ voldoet.

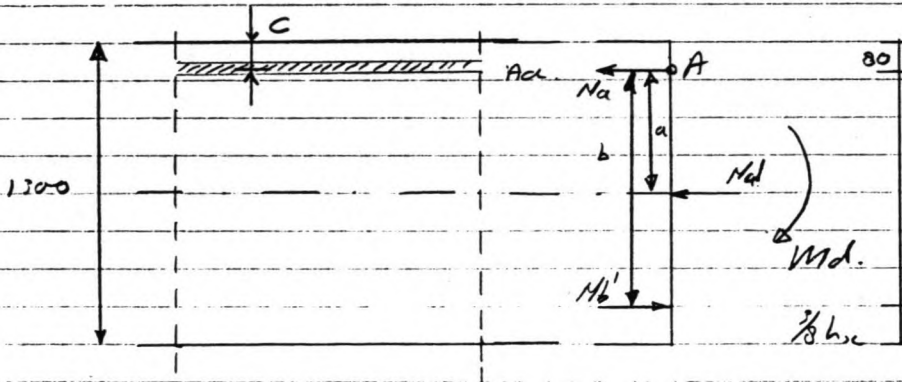
II.C.5 Variant hand berekening van het dak.

Betonkwaliteit B37.5 ipv B30

Staalkwaliteit FEB400



Doorsnede I Dak



- $M_d = 1629 \text{ kNm}$
- $M_{dl} = 2207 \text{ kNm}$
- $h_t = 1300 \text{ mm}$
- $c = 80 \text{ mm}$
- $h = h_t - c$
- $= 1220 \text{ mm}$
- $f'_c = 30 \text{ N/mm}^2$
- $b = 1000 \text{ mm}$

$$a = \frac{1300}{2} - 80 = 570 \text{ mm}$$

$$b = \alpha * h = 1171 \text{ mm} \quad \text{met } \alpha = 0,96$$

$$\sum M_A = 0 \quad -M_d - M_{dl} * a + M_b' * b = 0$$

$$-2207 * 10^6 - 1629 * 10^3 * 570 + M_b' * 1171 = 0$$

$$M_b' = 2677,7 \text{ kNm}$$

$$M_b' = \frac{2}{3} * h_{sc} * b * f'_c$$

$$h_{sc} = \frac{3}{8} h_{sc} = 1170 \text{ mm} \approx \alpha * h$$

$$\sum M = 0 \quad -N_a - M_d + M_b' = 0$$

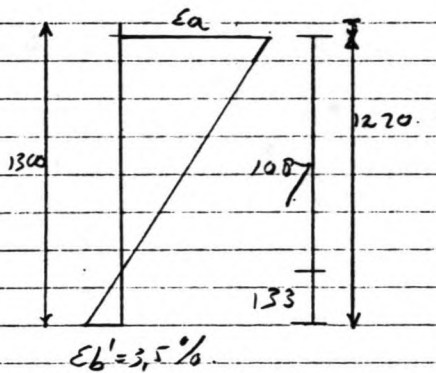
$$-N_a - 1629 * 10^3 + 2678 * 10^3 = 0$$

$$N_a = 1049 \text{ kN}$$

doornede I date veruolq

$$A_a = \frac{M_a}{f_a} = \frac{1949 \times 10^3}{400} = 2623 \text{ mm}^2$$

hantole of de wapening vleit.



$$\frac{\epsilon_a}{\epsilon_b'} = \frac{(h - l_x)}{l_x} \Rightarrow \epsilon_a = \frac{(h - l_x)}{l_x} \times \epsilon_b'$$

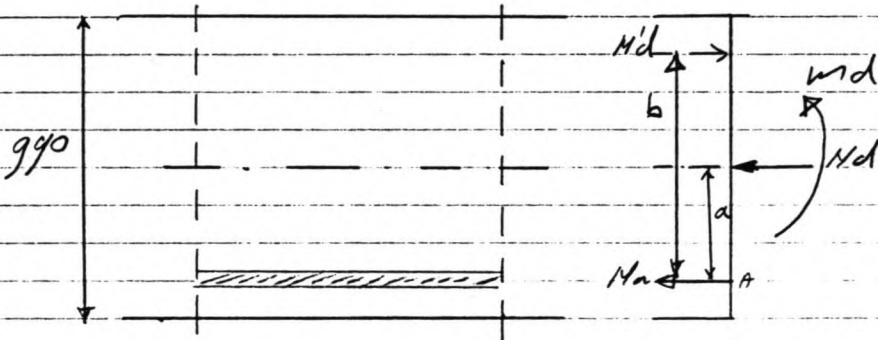
$$= \frac{1087}{133} \times 3,5\text{‰}$$

$$= 28,6\text{‰}$$

$$\epsilon_{a, \text{min}} = \frac{\sigma}{E} = \frac{400}{2,1 \times 10^5} = 1,9\text{‰}$$

De wapening vleit.

doornede II Date



$$N_d = 1624 \text{ kN}$$

$$M_d = 4553 \text{ kNm}$$

$$h_c = 990 \text{ mm}$$

$$c = 80 \text{ mm}$$

$$h = h_c - c$$

$$= 910 \text{ mm}$$

$$f_b' = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$f_a = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$a = \frac{990}{2} - 80 = 415 \text{ mm}$$

$$b = \alpha \times h = 787 \text{ mm} \text{ met } \alpha = 0,865$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M_d + N_d \times a - N_d' \times b = 0$$

$$4553 \times 10^6 + 1624 \times 10^3 \times 415 - N_d' \times 787 = 0$$

$$N_b' = 6642 \text{ kN}$$

$$M_b' = \frac{2}{3} \times l_{xx} \times b \times f_b'$$

$$l_{xx} = 332 \text{ mm}$$

$$h - \frac{2}{3} l_{xx} = 785 \text{ mm} \approx \alpha \times h$$

doornede II dak vervolg.

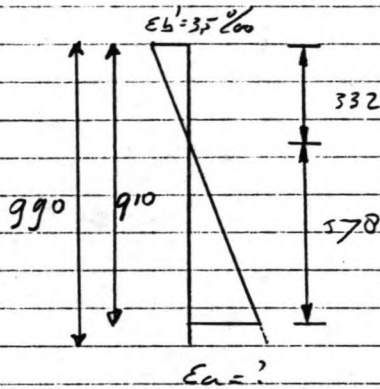
$$\sum M = 0 \quad - N_a - M_d + M_b' = 0.$$

$$- N_a - 1624 + 6642 = 0$$

$$N_a = 5018 \text{ kN}$$

$$A_a = \frac{N_a}{f_a} = \frac{5018 \times 10^3}{100} = 12545 \text{ mm}^2$$

controle of de wapening vleit.



$$\frac{\epsilon_a}{\epsilon_b'} = \frac{(h - l_x)}{l_x} \rightarrow \epsilon_a = \frac{(h - l_x)}{l_x} \times \epsilon_b'$$

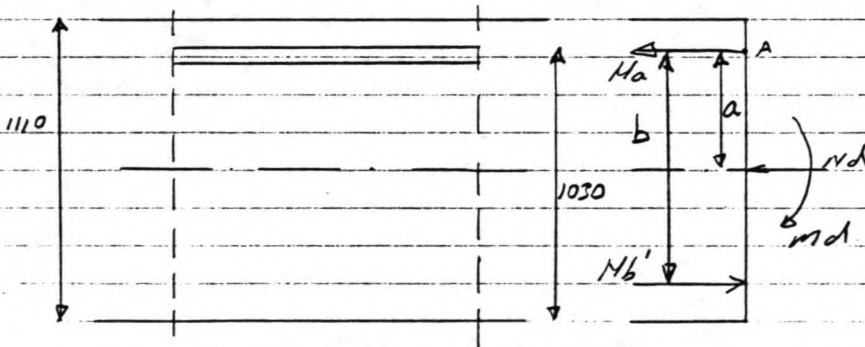
$$= \frac{578}{332} \times 3,5 \text{ ‰}$$

$$= 6,1 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_a \text{ min} = 1,9 \text{ ‰}$$

De wapening vleit.

Doornede III Dak.



$$M_d = 1616 \text{ kNm}$$

$$M_b' = 8206 \text{ kNm}$$

$$l_x = 1110 \text{ mm}$$

$$c = 80 \text{ mm}$$

$$h = l_x - c = 1030 \text{ mm}$$

$$a = \frac{1110}{2} - 80 = 475 \text{ mm}$$

$$b = \alpha \times h = 824 \text{ mm} \quad \alpha = 0,80$$

$$\sum M_x = 0. \quad - M_d - M_d \times a + M_b' \times b = 0.$$

$$- 8206 \times 10^6 - 1616 \times 10^3 \times 475 + M_b' \times 824 = 0$$

$$M_b' = 10090 \text{ kNm}$$

$$M_b' = \frac{1}{2} \times h_x \times b \times f_b' \quad] \quad h_x = 544,5 \text{ mm}$$

$$h - \frac{3}{8} \times 544,5 = 826 \text{ mm} \approx \alpha h.$$

eis. $h_x \leq 0,555 h \leq 0,555 \times 1030 = 571 \text{ mm}$.
voldoet.

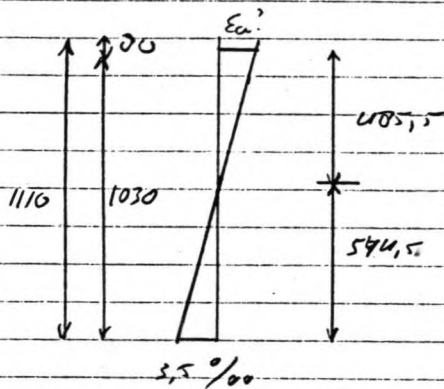
doornedde III data vervolg.

$$\begin{aligned} \sum M = 0 & \quad - M_a - N d + N b' = 0 \\ & \quad - M_a - 161.6 + 10.890 = 0 \end{aligned}$$

$$M_a = 9274 \text{ kNm}$$

$$A_a = \frac{M_a}{f_a} = \frac{9274 \times 10^3}{400} = 23185 \text{ mm}^2$$

controle of de wapening vloeit.



$$\begin{aligned} \frac{\epsilon_{a1}}{\epsilon_{b1}} &= \frac{(h - h_{se})}{h_{se}} \rightarrow \epsilon_{a1} = \frac{(h - h_{se}) \times \epsilon_{b1}}{h_{se}} \\ &= \frac{485.5 \times 3.5\%}{544.5} \\ &= 3.1\% \end{aligned}$$

$$\epsilon_{a \text{ min}} = 1.9\%$$

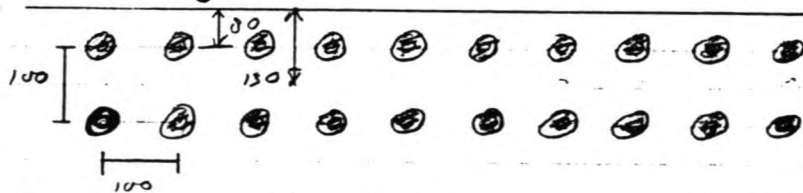
wapening vloeit.

De laatste conclusie is erg gevaarlijk. In de doornedde ligt immers een immense hoeveelheid wapening.

Stel $\phi 40$ 'ers dan nodig. $23185 / 1257 = 18.4 \Rightarrow 19$ staven.

De tussenafstanden van de $U B'$ van $4/3 \times$ de nominale kern diameter geven een tussenafstand van 125 mm.

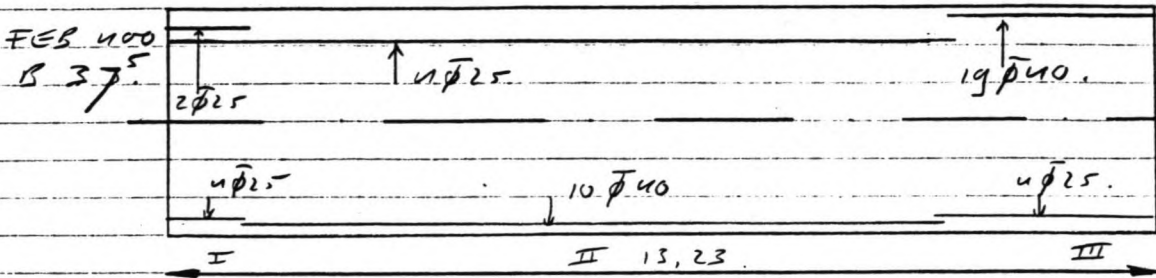
By een hoek van 100 mm kan de wapening in 2 lagen. Stel staal extra in verband met de korten arm.



De ϵ_a wordt nu kleiner door verkleining van de arm.

De betrouwbaarheid van deze wapening is laag. De krachten kunnen immers te makkelijk op het beton overgebracht worden.

In de doorsneden van het dak in
 en de volgende wapening aanwezig.



Doorsnede I boven = 2623 ($w_0 = 0,20\%$)
 $6 \phi 25 = 2945$

onder minimum wapening
 $= 1950 \text{ mm}^2$ ($w_0 = 0,15\%$)
 $4 \phi 25 = 1963$

Doorsnede II boven minimum wapening
 $= 1485 \text{ mm}^2$ ($w_0 = 0,15\%$)
 $4 \phi 25 = 1963$

onder = 12545 ($w_0 = 1,27\%$)
 $10 \phi 40 = 12556$

Doorsnede III boven = 23185 mm^2 ($w_0 = 2,09\%$)
 $19 \phi 40 = 23883$

onder geen dake wapening
 maar minimum wapening
 $A_s = 0,85 \times 1500 \times 1110 \times 10^{-6}$
 $= 1665 \text{ mm}^2$
 ($4 \phi 25 = 1963 \text{ mm}^2$)

conclusie

effect van kwaliteit B375
 op de hoeveelheid wapening
 in de zwaarste doorsnede
 nihil.
 Geen dake wapening meer
 benodigd.

II.c.6. Variant oplossing met hogere staal kwaliteit en B375 als beton kwaliteit.

By toepassing van FEB 500 wordt de hoeveelheid wapening gereduceerd met 20%.

Dat.

Doornede I boven $0,8 * 2622 = 2098 \text{ m}^2$

($w_0 = 0,16\%$)

($5 \phi 25 = 2454 \text{ m}^2$)

Onder minimum wapening blijft gelijk $4 \phi 25 = 1963$

Doornede II boven minimum wapening blijft gelijk $4 \phi 25 = 1963$

Onder $0,8 * 12545 = 10036 \text{ m}^2$

($w_0 = 1,01\%$)

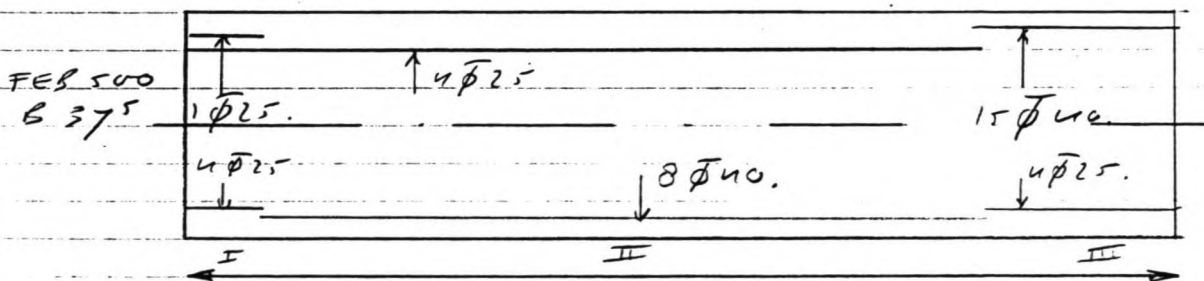
($8 \phi 40 = 10053$)

Doornede III boven $0,8 * 23185 = 18548 \text{ m}^2$

($w_0 = 1,67\%$)

($15 \phi 40 = 18855 \text{ m}^2$)

Onder minimum wapening blijft gelijk $4 \phi 25 = 1963 \text{ m}^2$



conclusie. De winst door de hogere beton kwaliteit en hogere staal kwaliteit is gering. Alleen ter plaatse van de zwaarst belaste doornede geeft het enige verlichting.

De tussen afstanden blijven een probleem in doornede III

IIIa. Gewapend beton berekening by oangepast profiel.

De derde mogelijkheid die er is is het aanpassen van het profiel.

Uitgangspunten daarbij waren:

- staalkwaliteit FEG 400

- betonkwaliteit B37^T

(geen B30 om ongelijkheid met de voorgespannen doorsnede beter mogelijk te maken)

- Een afdekking van 60 mm op de staaf. Dit komt overeen met een afdekking van 80 mm tot het hart van de wapening.

- De VR '84

- Voor de dwarskracht de TMO-IBBC-methode.

In het navolgende worden per onderdeel weer gegeven:

- De invoer voor de 'wapro'
- De gevonden praktische wapening
- De dwarskracht vergelijking tussen 'wapro' en 'Ulsho'

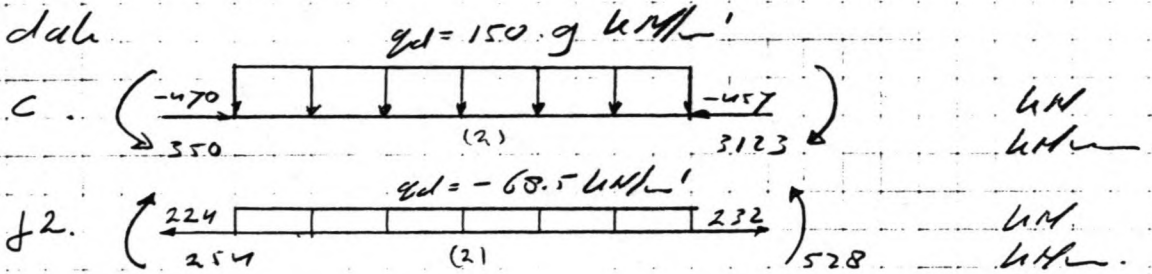
Het tweede deel van de berekening bevat:

- scheerwijdte berekeningen voor Dak, vloer en buitenwand ~~en~~ De binnenwand wordt niet op scheerwijdte gecontroleerd.
- controle van de veiligheid ingeval van meerdere lagen wapening in het dak. Nodig om te komen worden van de arm.
- Hand berekening van het dak ter controle van de 'wapro'

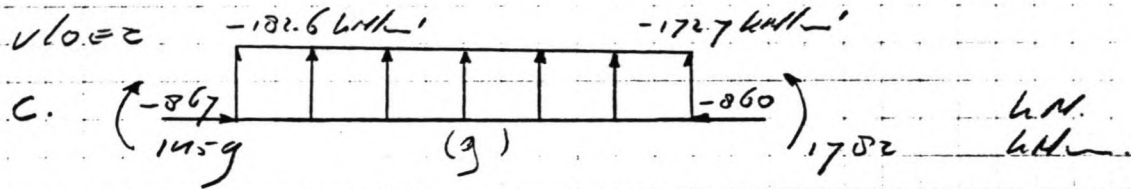
III b. Schematisatie rond aangepast profiel.

III b 1. De belastingen voor de 'Wapri'

a. dak

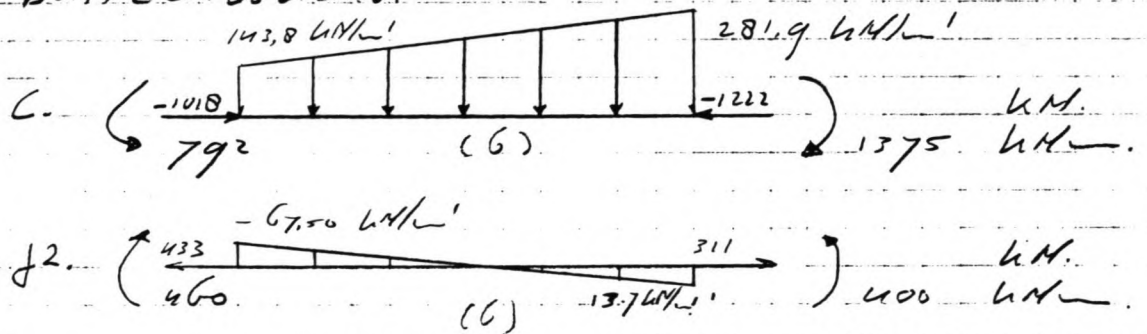


b. vloer



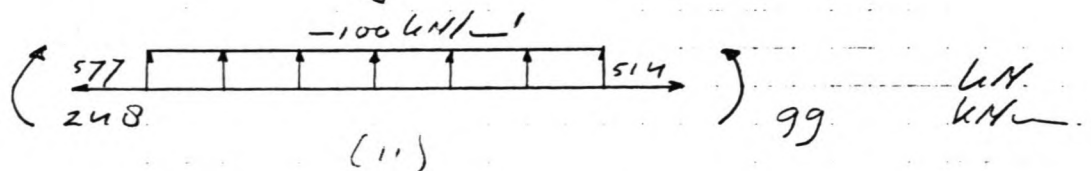
f2. niet maatgevend.

c. buitenwand



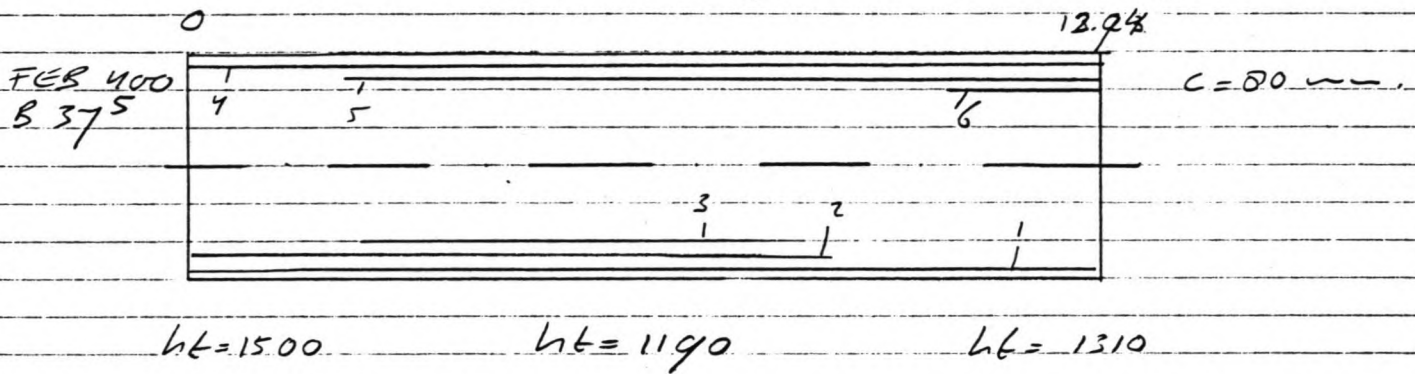
d. binnenwand

c. niet maatgevend.



Wapra uitkomsten van de randdoornede
 by het aangepaste profiel

praktische wapening data



onder

0 - 12.94	1885	6 ϕ 20	1
0 - 8.41	628	2 ϕ 20	2
2.50 - 7.80	628	2 ϕ 20	3

boven

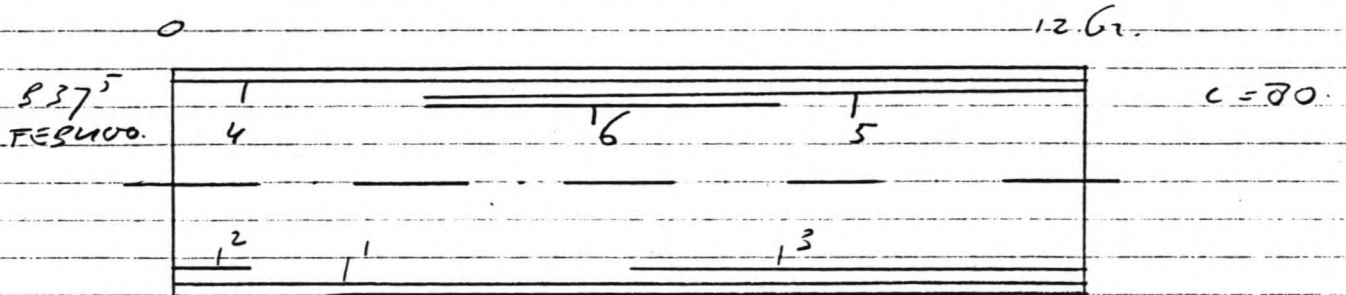
0 - 12.94	2454	5 ϕ 25	4
2.50 - 12.94	491	1 ϕ 25	5
10.0 - 12.94	3770	3 ϕ 40	6

De dwarskracht wapening volgens Wapra
 de bergels onder 90°

	R_a	w_c	h_t
1.0 - 2.25	99	0,010	1500
8.0 - 9.25	88	0,008	1110
11.75 - 12.94	182	0,018	1310

opm. De toegepaste praktische wapening kan
 in sommige gevallen meer zijn dan
 gebruikt in de Wapra voor de dwarskracht
 berekening of voor de scheurwijdte
 berekening. Dit is gedaan om meer
 uniformiteit in een doornede te
 krijgen.

randdoornede by aangepast pratiesel.
 pratiese wapening vloer.



h_t = 1280

h_t = 1400

h_t = 1520.

"c" maatgevend

onder

0 - 12.62	1384	6 $\bar{\phi}$ 20.	1
0 - 1.0	314	1 $\bar{\phi}$ 20.	2
6.0 - 12.62	314	1 $\bar{\phi}$ 20.	3

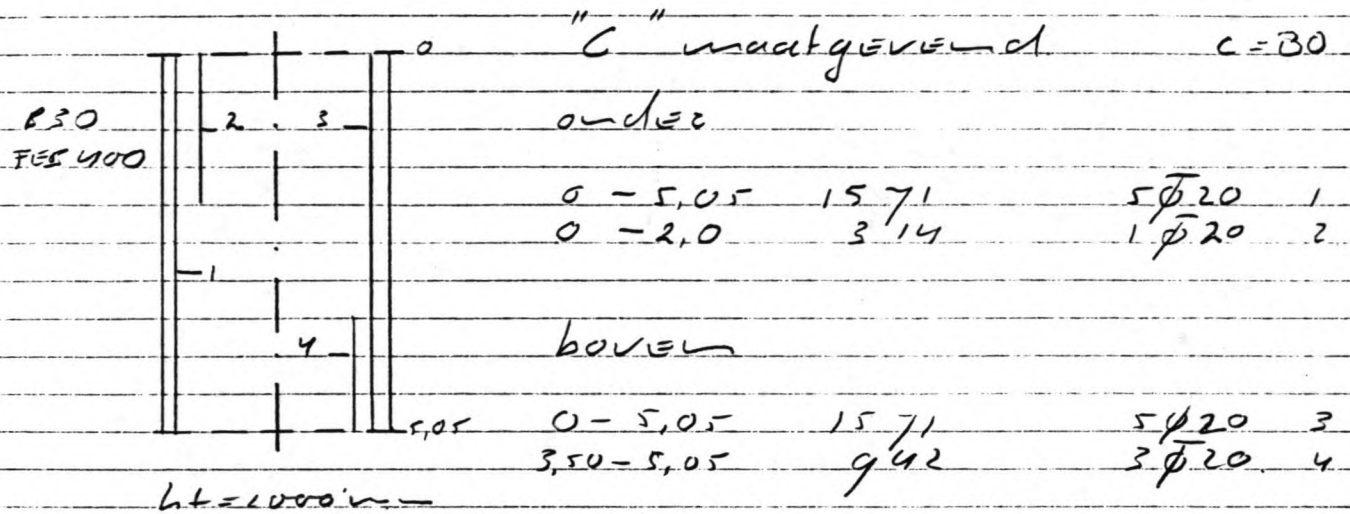
boue

0 - 12.62	2177	7 $\bar{\phi}$ 20.	4
3.50 - 12.62	314	1 $\bar{\phi}$ 20.	5
7.50 - 8.50	314	1 $\bar{\phi}$ 20.	6

De dwarsnachts wapening bgl. 90°

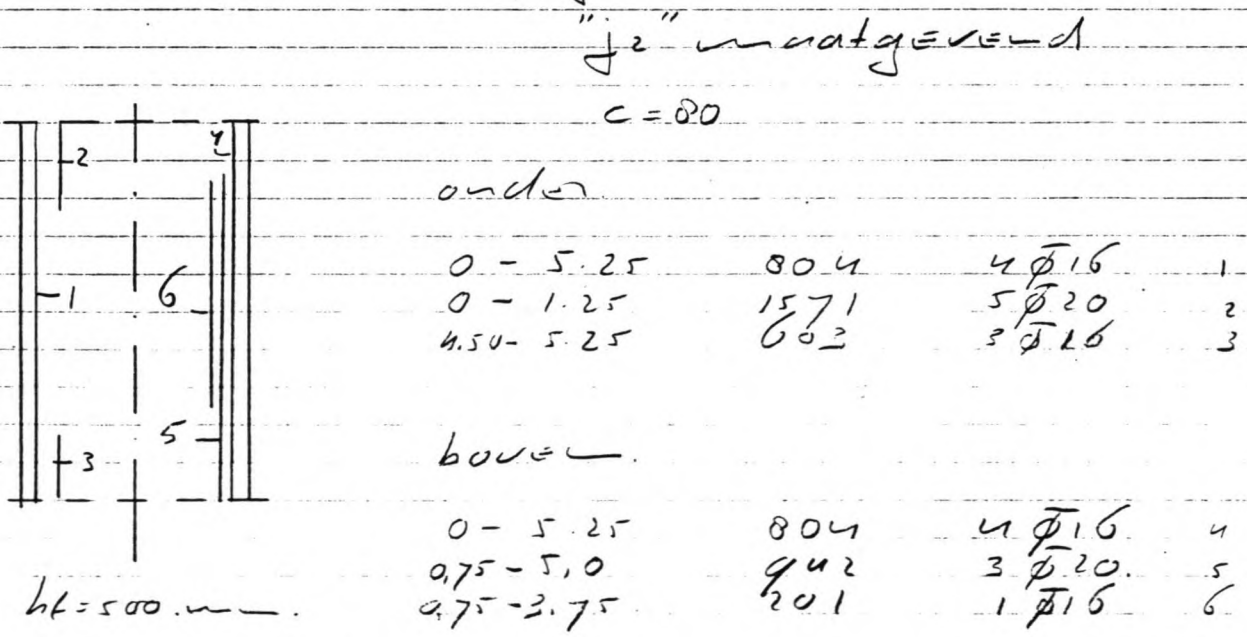
	A _n	w _t	
1.50 - 3.50	242	0.024	h _t = 1.20
9.25 - 10.25	99	0.010	h _t = 1.11

randdoorzwaai bij aangepast profiel.
 praktische wapening buiten wand. rechts!



Dwarskracht wapening $h_{gr} = 90^\circ$
 3.40 - 5.05 $A_w = 240 \text{ mm}^2$ $w_k = 0,024$ ht = 1000 mm

praktische wapening binnen wand.

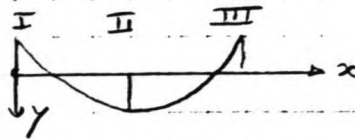


Dwarskracht wapening $h_{gr} = 90^\circ$

0 - 0,50	964	0,096	ht = 500 mm
0,50 - 1,0	692	0,069	
1,0 - 2,25	488	0,048	
3,50 - 5,0	426	0,042	

b. 2 Scheurwijdte berekening aan de rand
by het aanhefspanningsprofiel.

Dat.



doorsnede I : geen wapening nodig,
minimum w_0 aanwetting.

doorsnede II : Dat.

$$\left. \begin{array}{l} \phi_{lm} = 20 \text{ mm} \\ c = 60 \text{ mm} \\ h_e = 8\phi_{lm} + c = 220 \text{ mm} \\ b_e = 1000 \text{ mm} \\ A_{be} = 2.2 \times 10^5 \text{ mm}^2 \\ A_{aan} = 3140 \text{ mm}^2 \\ A_{abem} = 3039 \text{ mm}^2 \end{array} \right\} w_e = 1.43 \quad \left. \begin{array}{l} \text{met de formules} \\ \text{van de VB'84} \\ \Delta L = \xi_2 (2c + \xi_3 \frac{\phi_{lm}}{w_e}) \\ w = \sigma_a \Delta L \times 10^{-5} \end{array} \right\}$$

er geldt.

$$\left. \begin{array}{l} w_e = \frac{A_a}{A_{be}} \times 100 \\ \xi_3 = 4 \quad (\text{buiging}) \\ \xi_2 = 1 \quad (\text{geribbel}) \\ \sigma_a = \frac{A_{abem}}{A_{aan}} \times \frac{\sigma_a}{\gamma} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \sigma_a = 228 \text{ N/mm}^2 \\ \Delta L = 2c + 4 \frac{\phi_{lm}}{w_e} = 134 \text{ mm} \\ \text{geeft.} \\ w = 0.31 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

Terwijl moet gelden dat.

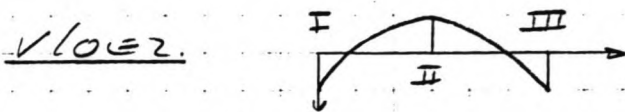
$$\left. \begin{array}{l} w \leq 0.20 \frac{c}{c_{min}} \quad \text{en} \quad w \leq 0.40 \text{ mm} \\ \text{met } c_{min} = 30 \text{ mm} \quad (\text{agressief milieu}) \\ \text{met } \bar{c} = c = 60 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$w \leq 0.40 \text{ mm}$. Het veld voldoet dus.

doorsnede III, middelste en punt. Dake

$$\left. \begin{array}{l}
 \phi_{\text{km}} = 27.5 \text{ mm} \\
 c = 60 \text{ mm} \\
 h_e = 280 \text{ mm} \\
 b_e = 1000 \text{ mm} \\
 A_{be} = 2.8 \times 10^5 \text{ mm}^2 \\
 A_{aanw} = 6606 \text{ mm}^2 \\
 A_{absl} = 6236 \text{ mm}^2
 \end{array} \right\} w_e = 2.36 \quad \left. \begin{array}{l}
 \sigma_a = 222 \text{ N/mm}^2 \\
 \Delta L = 167 \text{ mm}
 \end{array} \right\} =$$

$$\Rightarrow w = 0.37 \text{ mm} < 0.40 \text{ voldoet}$$



doorsnede I vloer

$$\left. \begin{array}{l}
 \phi_{\text{km}} = 20 \text{ mm} \\
 c = 60 \text{ mm} \\
 h_e = 220 \text{ mm} \\
 b_e = 1000 \text{ mm} \\
 A_{be} = 2.2 \times 10^5 \text{ mm}^2 \\
 A_{aanw} = 2198 \text{ mm}^2 \\
 A_{absl} = 1490 \text{ mm}^2
 \end{array} \right\} w_e = 1.0 \quad \left. \begin{array}{l}
 \sigma_a = 213 \text{ N/mm}^2 \\
 \Delta L = 200 \text{ mm}
 \end{array} \right\}$$

$w = 0.43 \text{ mm} > 0.40$ voldoet niet \leq
 - taaf extra $\phi 20$ toevoegen.

Aanwering nieuw = 2513 mm^2

dit geeft nu met de oude gegevens

$$\left. \begin{array}{l}
 \sigma_a = 186 \text{ N/mm}^2 \\
 \Delta L = 213 \text{ mm}
 \end{array} \right\} w = 0.40 \leq 0.40 \text{ voldoet}$$

concl. scheurwijdte is maat gevend.

doorsnede II het vloerveld

$$\left. \begin{array}{l}
 \phi_{\text{bu}} = 20 \text{ mm} \\
 c = 60 \text{ mm} \\
 h_e = 220 \text{ mm} \\
 b_e = 1000 \text{ mm} \\
 A_{\text{be}} = 2.2 \times 10^5 \text{ mm}^2 \\
 A_{\text{aan}} = 2825 \text{ mm}^2 \\
 A_{\text{bet}} = 2615 \text{ mm}^2
 \end{array} \right\} w_e = 1.23 \quad \left. \begin{array}{l}
 \sigma_a = 218 \text{ N/mm}^2 \\
 \Delta L = 185 \text{ mm}
 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow w = 0.40 \leq 0.40 \text{ mm} \text{ voldoet.}$$

doorsnede III het middensteunpunt vloer

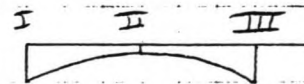
$$\left. \begin{array}{l}
 \phi_{\text{bu}} = 20 \text{ mm} \\
 c = 60 \text{ mm} \\
 h_e = 220 \text{ mm} \\
 b_e = 1000 \text{ mm} \\
 A_{\text{be}} = 2.2 \times 10^5 \text{ mm}^2 \\
 A_{\text{aan}} = 2198 \text{ mm}^2 \\
 A_{\text{bet}} = 2049 \text{ mm}^2
 \end{array} \right\} w_e = 1.00 \quad \left. \begin{array}{l}
 \sigma_a = 219 \text{ N/mm}^2 \\
 \Delta L = 200 \text{ mm}
 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow w = 0.41 \text{ mm} \text{ voldoet niet.}$$

Neem 1 $\phi 20$ extra, dan zeker voldaan.A_{aan} nu 2512 mm² geworden.

$$\text{daaruit volgt: } \left. \begin{array}{l}
 \sigma_a = 192 \text{ N/mm}^2 \\
 \Delta L = 190 \text{ mm}
 \end{array} \right\} \frac{w = 0.37 \text{ mm}}{\leq 0.40 \text{ mm}}$$

De buitenwand.



doorsnede I aansluiting met het dak.

$$\left. \begin{array}{l}
 \phi_{\text{bu}} = 20 \text{ mm} \\
 c = 60 \text{ mm} \\
 h_e = 220 \text{ mm} \\
 b_e = 1000 \text{ mm} \\
 A_{\text{be}} = 2.2 \times 10^5 \text{ mm}^2 \\
 A_{\text{aan}} = 1571 \text{ mm}^2 \\
 A_{\text{bet}} = 862 \text{ mm}^2
 \end{array} \right\} w_e = 0.71 \quad \left. \begin{array}{l}
 \sigma_a = 129 \text{ N/mm}^2 \\
 \Delta L = 233 \text{ mm}
 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$w = 0.30 \text{ mm} \leq 0.40 \text{ mm} \text{ voldoet.}$$

doorsnede III. Het veld van de buitenwand
geen problemen te verwachten door
de momentenverdeling.

doorsnede III aansluiting met de vloer.

$$\begin{array}{l}
 \phi_{\text{bu}} = 21.4 \text{ mm} \\
 c = 60 \text{ mm} \\
 l_e = 231 \text{ mm} \\
 b_e = 1000 \text{ mm} \\
 A_{be} = 2.37 \cdot 10^5 \text{ mm}^2 \\
 A_{aan} = 2400 \text{ mm}^2 \\
 A_{abel} = 2344 \text{ mm}^2
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \phi_{\text{bu}} \\ c \\ l_e \\ b_e \\ A_{be} \\ A_{aan} \\ A_{abel} \end{array}} \right\}
 \begin{array}{l}
 w_e = 1.04 \\
 \tau_u = 229 \text{ N/mm}^2 \\
 a_l = 202 \text{ mm}
 \end{array}$$

$$\Rightarrow \bar{w} = 0.46 \text{ mm} > 0.40 \text{ mm} \text{ voldoet niet.}$$

Neem nu $\phi 20$ ipv $\phi 25$ dit geeft,
met $A_{aan} = 2684 \text{ mm}^2$.

$$\left. \begin{array}{l}
 \tau_u = 205 \text{ N/mm}^2 \\
 a_l = 186 \text{ mm}
 \end{array} \right\}
 \underline{w = 0.38 \leq 0.40.} \text{ voldoet.}$$

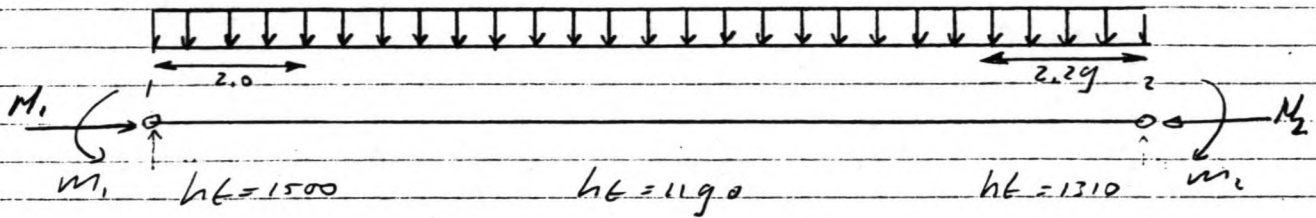
By het wapenen is een andere
wapening toegepast.

De binnenwand

By de binnenwand is de explosie-
belasting maatgevend. In dat geval
kan de steunwagte berekening achter-
wege blijven.

III c. Schematisatie midden by aangepast profiel.

III c.1 Dak berekening 'Wapro'



$L_1 = 12.94 \text{ m}$

$M_1 = -1370 \text{ kNm}$ $M_2 = -1457$
 $M_2 = -2616 \text{ kNm}$ $M_2 = -1443$

$\gamma = 1.7$
 $C = 80 \text{ mm}$
 $B.37.5$
 FEB 400

$q_1 = 443.2 \text{ kNm/m}$
 $q_2 = 443.2 \text{ kNm/m}$ "C" maatgevend

Praktische wapening volgens Wapro in het Dak.

boven:	0 - 2.0	491	mm ²	1 $\bar{\phi} 25$
	0 - 9.0	1963	mm ²	4 $\bar{\phi} 25$
	9.0 - 12.94	4825	mm ²	6 $\bar{\phi} 32$
	9.50 - 12.94	15079	mm ²	12 $\bar{\phi} 40$ (2 lagen)
onder:	0 - 12.94	3217	mm ²	4 $\bar{\phi} 32$
	0.8 - 9.70	5027	mm ²	4 $\bar{\phi} 40$
	2.5 - 7.90	1608	mm ²	2 $\bar{\phi} 32$

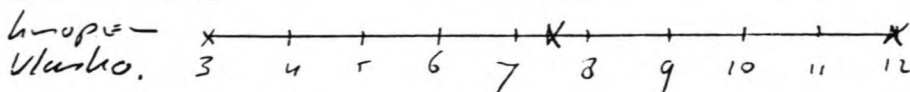
Dwarskracht controle Wapro en Vlasco

groep 3 Vlasco = $1403 * 1.7 = 2385 \text{ kN}$
 Wapro = $ = 2308 \text{ kN}$

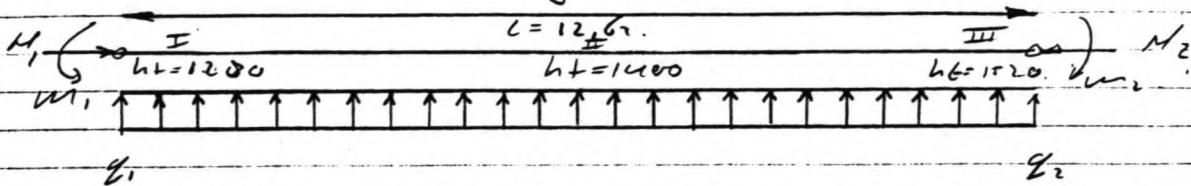
groep 7/8 Vlasco = $\left(\frac{267 + 929}{2}\right) = -598 \text{ kN (incl } \gamma)$
 Wapro = $\phantom{\left(\frac{267 + 929}{2}\right)} = -560 \text{ kN}$

groep 12 Vlasco = $2107 * 1.7 = 3582$
 Wapro = $ = 3427$

De dwarskrachten in het dak komen goed overeen.



Vlaar berekening Wapro.



$M_1 = -3210 \text{ kNm}$ $M_2 = -1787$ $\gamma = 1.7$
 $M_2 = -5180$ $M_2 = -1780$ $C = 80 \text{ mm}$

$q_1 = (-1) \cdot 1.7 \cdot 1.1 \text{ kN/m}^2$ " " maatgevend.
 $q_2 = (-1) \cdot 1.6 \cdot 1.3 \text{ kN/m}^2$

Praktische wapening volgens 'Wapro'

boven	0 - 12.62	3217	4 $\bar{\phi} 32$
	1.26 - 10.73	4021	5 $\bar{\phi} 32$
	3.16 - 8.20	1608	2 $\bar{\phi} 32$

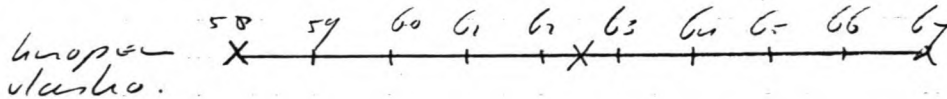
onder	0 - 12.62	2454	5 $\bar{\phi} 25$
	0 - 1.26	2454	5 $\bar{\phi} 25$
	10.73 - 12.62	5027	4 $\bar{\phi} 40$

Dwarskracht controle 'Wapro' en 'Ulaslo'

loop 58 Ulaslo = $1846 \cdot 1.7 = -3138 \text{ kN}$
 Wapro = -2815 kN ($l = 12.62$)

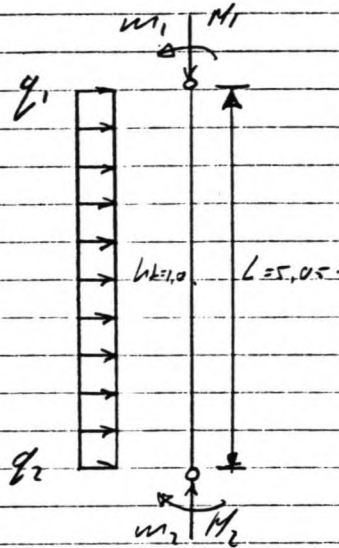
loop 62/63 Ulaslo $(301 + 403) / 2 = -352 \text{ kN}$
 Wapro (midden) = -161 kN ($l = 14.00$)

loop 67 Ulaslo = $1884 \cdot 1.7 = 3206 \text{ kN}$
 Wapro = 2725 kN



Uit de uitkomsten blijkt alleen loop 58 goed met elkaar overeen te komen. Dit komt vooral zwaarlijk doordat de lengte van de staaf bij 'Ulaslo' langer is dan de ingevoerde waarden bij de 'Wapro' (dagmaten). De afwijkingen vallen dan wel mee. Ze zitten beide in de zelfde orde van grootte.

Buiterwand berekening 'Wapro'



$h_t = 1,10 \text{ m}$

$L = 5,05 \text{ m}$

$M_1 = -2565 \text{ kNm}$

$N_1 = -2883 \text{ kN}$

$M_2 = -3269 \text{ kNm}$

$N_2 = -3089 \text{ kN}$

$q_1 = 413,8 \text{ kNm}^{-1}$

$\gamma = 1,7$

$q_2 = 413,8 \text{ kNm}^{-1}$

$c = 80 \text{ mm}$

$b = 275$

"C" is maatgevend; FES 400.

boven	0 - 1,77	2454	5 ϕ 25
	0 - 5,05	1963	4 ϕ 25
	3,28 - 5,05	5630	7 ϕ 32

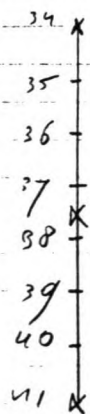
onder	0 - 5,05	1571	5 ϕ 20
-------	----------	------	-------------

Dwarskracht controle 'Wapro' en 'Ulaslo'

lansop 34 Ulaslo = $-579 * 1,7 = -984 \text{ kN}$
 Wapro = -1022 kN

lansop 37/38 Ulaslo = $(117 + 517) / 2 = 317 \text{ kN}$ (incl.)
 Wapro midden = 110 kN

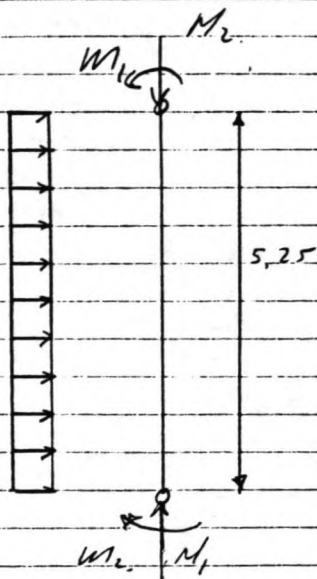
lansop 41 Ulaslo $1067 * 1,7 = 1814 \text{ kN}$
 Wapro = 1417 kN



De verschillen in de dwarskracht worden hier vooral veroorzaakt door het verschil tussen de Wapro en de Ulaslo schematisatie van de staaf lengten en belastingen!

De Wapro waarden moeten lager liggen en in het midden moet de Wapro waarde dicht bij de Ulaslo waarde van 37 dan bij 38 liggen.

Binnenwand berekening Wapro.



$l_t = 0,50 \text{ m}$
 $L = 5,25 \text{ m}$

$M_1 = -206$ $M_1 = (-) 706$
 $M_2 = +85$ $M_2 = (-) 768$

$y_1 = +100 \text{ km}$
 $y_2 = -1100 \text{ km}$

$\gamma = 1,0$
 $C = 80$

"2" is maatgevend; $F_{EB} = 100$.

Praktische wapening.

boven 0-5,25 804 $4\phi 16$.

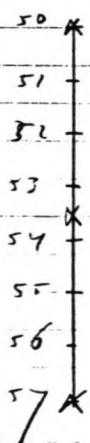
onder 0-5,25 804 $4\phi 16$.

Dwarskracht controle 'Wapro' en 'Ulas'ho

lnoop 50 Ulas'ho = -395 km
 Wapro = -206 km

lnoop 53/54 Ulas'ho = $(87 + 16) / 2 = 51,5 \text{ km}$
 Wapro (midden) = 23,0 km

lnoop 57 Ulas'ho = 325 km
 Wapro = 240 km



Ook in dit geval is de schematisatie de oorzaak van de afwijkingen.

De afwijking aan de dakezijde moet het grootst zijn. En de afwijking in het midden het kleinst. Deze verwachting komt overeen met de bovenstaande waarden.

Midden doorwede met aangepast profiel

Dwarskracht uitkomsten 'Wapno'

hgt 5 onder 30°

<u>Dak.</u>	<u>Aa</u>	<u>wt</u>
0 - 2.50	1839	0,184
2.50 - 3.50	905	0,091
7.0 - 8.40	1377	0,137
8.40 - 10.50	1879	0,188
10.50 - 12.94	3572	0,358

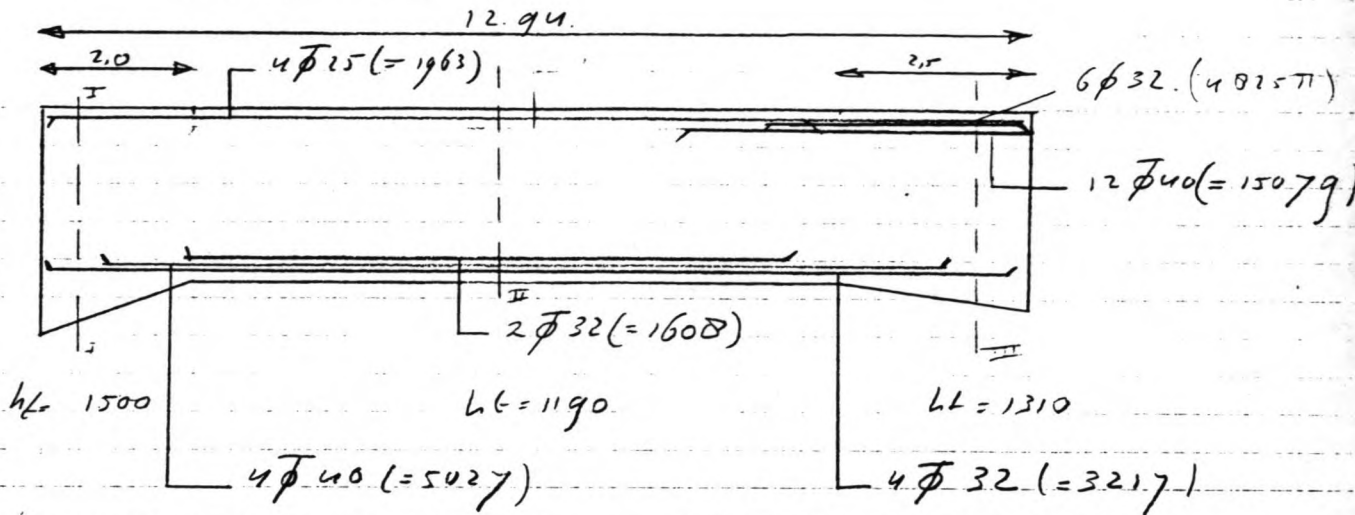
<u>Vloer.</u>	<u>Aa</u>	<u>wt</u>
0 - 3.00	2035	0,204
3.0 - 4.00	1114	0,112
8.0 - 9.50	1489	0,148
9.50 - 12.62	2045	0,205

<u>Buitenwand</u>	<u>Aa</u>	<u>wt</u>
0 - 2.0	107	0,011
2.75 - 5.05	619	0,062

Binnenwand

geen dwarskrachtwapening nodig.

III. c. 2 Scherwijdte berekening Dak

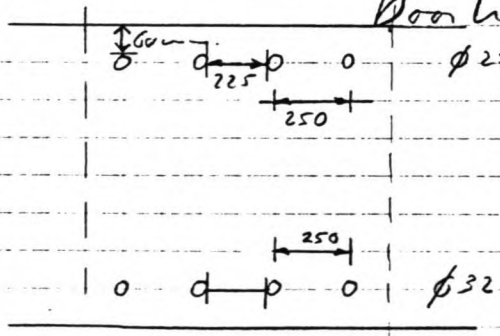


TEB 400
B 375

beton dekking = 80 mm op het bord
c = 60 mm op de staaf

boven $A_{beton I} = 580 < A_{min} = 2250 \text{ mm}^2$
 onder $A_{beton II} = 9656 \text{ mm}^2$ midden
 boven $A_{beton III} = 18517 \text{ mm}^2$

Doorname I op. By de berekening is er in in het horizontale vlak uitgegaan van een tussen afstand van de wapening $\geq 3\phi$. In het verticale vlak is de ϕ_{sdu} waarde van 4ϕ gebruikt. Door hopen in het horizontale vlak



Aanwering = 2454. incl. verstaaf
 A benodigd = 580 min wap.

$\phi_k = 25 \text{ mm}$
 $\xi_1 = 1,0$ (geribd betonbaal)
 $\xi_3 = 2,5$

$$h_e = \delta * \bar{\phi}_k + \bar{c}$$

$$= 0 * 25 + 60$$

$$= 260 \text{ mm} \quad \xi_{12} \leq h_e - x$$

$$w_0 = \frac{A_{anw}}{h_e * b} = \frac{2454}{260 * 1000} * 100\% \approx 0,94\%$$

$$\Delta L = \xi_1 (2\bar{c} + \xi_3 \frac{\phi_k}{w_0})$$

$$= 1,0 (2 * 60 + 4 * \frac{25}{0,94})$$

$$= 226 \text{ mm} \quad \xi_1 = 1,0 \text{ geribd } \nabla$$

$$\xi_3 = 4,0$$

$$\leq 10 * \bar{\phi}_k * \xi_1$$

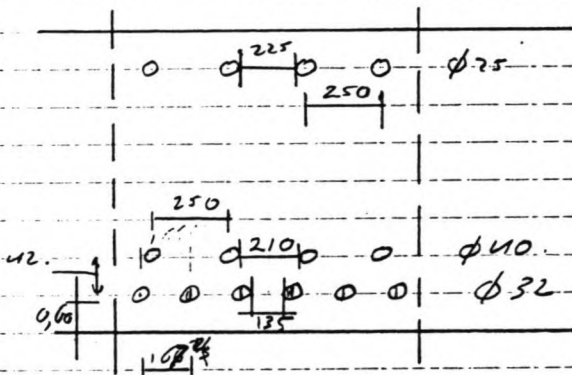
$$\leq 250 \text{ voldaat}$$

Dat door II vervolg.

$$\bar{\sigma}_a = \frac{\bar{\sigma}}{Y} \times \frac{A_{b\text{ver}}}{A_{a\text{unw}}} = \frac{400}{1,7} \times \frac{500}{2454} = 55,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} w &= \bar{\sigma}_a \times \Delta L \times 10^{-5} \\ &= 55,6 \times 231 \times 10^{-5} \\ &= \underline{0,13} \leq 0,40 \text{ voldoende.} \end{aligned}$$

Dat door mede II midden



$$c = 60 \text{ mm}$$

$$\begin{cases} \xi_2 = 1,0 \\ \xi_3 = 2,5 \end{cases}$$

6 $\phi 32$ en 4 $\phi 40$ in 2 lagen

$$A_{b\text{ver}} = 4656 \text{ mm}^2$$

$$A_{a\text{unw}} = 9052 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{\text{hon}} = \sqrt{\frac{4A}{n \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9052}{10 \cdot \pi}} = 35,4 \text{ mm}$$

$$h_e = 9 \times \phi_h + 42 + \bar{c}$$

$$= 9 \times 35,4 + 42 + 60 = 420,6 \leq h_b - x$$

$$w_0 = \frac{A_a}{h_e \times b} \times 100 \% = \frac{9052}{420 \times 1000} \times 100 = 2,35 \%$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= \xi_2 \left(2\bar{c} + \xi_3 + \frac{\phi_b}{w_0} \right) \\ &= 1,0 \left(2 \times 60 + 4 + \frac{35,4}{2,35} \right) \\ &= 180 \text{ mm} \leq 10 \times \phi_h \times \xi_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_a &= \frac{\bar{\sigma}}{Y} \times \frac{A_{b\text{ver}}}{A_{a\text{unw}}} = \frac{400}{1,7} \times \frac{4656}{9052} \\ &= 230,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w &= \bar{\sigma}_a \times \Delta L \times 10^{-5} \\ &= 230,6 \times 180 \times 10^{-5} \\ &= \underline{0,41} > 0,40 \text{ voldoende niet.} \end{aligned}$$

1 staat extra $\phi 32$ in de doornede.

$$\begin{aligned} A_{beem} &= 9656 \text{ mm}^2 \\ A_{aamw} &= 10656 \text{ mm}^2 \\ &7 \phi 32 + 4 \phi 40. \end{aligned}$$

$$7 \phi 32 \text{ hoh. } 143$$

$$4 \phi 40 \text{ hoh. } 250$$

$$\phi_h = \sqrt{\frac{4 \times 10656}{11 \times \pi}} = 35 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} h_e &= g \times \phi_h + 42 + \bar{c} \\ &= 9 \times 35 + 42 + 60 \end{aligned}$$

$$= 417 \text{ mm} \leq L_t - x$$

$$w_0 = \frac{10656}{417 \times 1000} \times 100\% = 2,56\%$$

$$\begin{aligned} AL &= 1,0 \left(2 \times 60 + 4 \times \frac{35}{2,56} \right) \\ &= 174,7 \leq 10 \times \frac{1}{2} \end{aligned}$$

$$\sigma_a = \frac{400}{1,7} \times \frac{9656}{10656} = 213,2 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 213,2 \times 174,7 \times 10^{-5} = 0,37 \leq 0,40 \text{ voldoet}$$

1 controle berekening bewyke fase nodig.

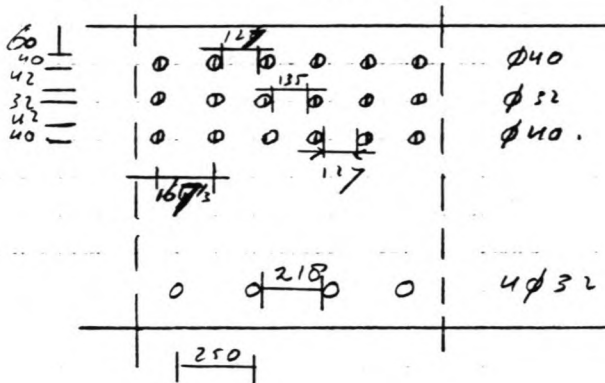
Uit de controle berekening volgt:

$$\begin{aligned} A_{beem} &= 10398 \text{ mm}^2 \\ A_{aamw} &= 11108 \text{ mm}^2 \\ &5 \phi 40 + 6 \phi 32 \end{aligned}$$

Dit geeft een scheurwijdte van 0,39 mm.

Dak doornede III

III C2-4



$6\phi_{40} = 7540$
 $6\phi_{32} = 4825$
 $6\phi_{40} = 7540$

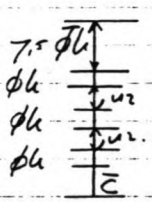
total $A_{st} = 19905$

$A_{bet} = 18517$

$\phi_h = 25 \text{ mm}$
 $\xi_2 = 1,0$
 $\xi_3 = 4$

$h_e = ?$ afleiden

$\phi_h = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{st}}{n \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 19905}{18 \cdot \pi}} = 37,5$



$h_e = 7,5 \phi_h + 3 \phi_h + 2 \cdot u_2 + \bar{c} \leq h_t - x_c$
 $= 10,5 \cdot 37,5 + 2 \cdot u_2 + 60$
 $= 538 \text{ mm}$
 $\leq h_t - x_c = 1310 - 444 = 866$

$w_o = \frac{A_a}{h_e \cdot b} \cdot 100\% = \frac{19905}{538 \cdot 1000} \cdot 100 = 3,7\%$

$\Delta L = \xi_2 \left(2\bar{c} + \xi_3 \cdot \frac{\phi_h}{w_o} \right)$
 $= 1,0 \left(2 \cdot 60 + 4 \cdot \frac{37,5}{3,70} \right)$
 $= 160,5 \text{ mm} \leq 10 \cdot \phi_h \cdot \xi_2$

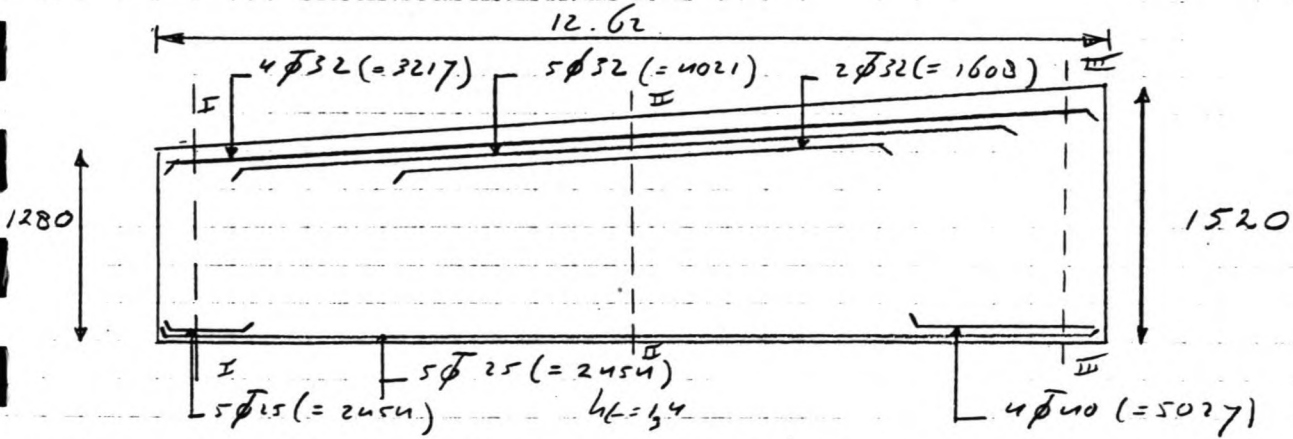
$\sigma_a = \frac{\sigma}{\gamma} \cdot \frac{A_{bet}}{A_{st}} = \frac{400}{1,7} \cdot \frac{18517}{19905}$
 $= 218,9 \text{ N/mm}^2$

$w = \sigma_a \cdot \Delta L \cdot 10^{-5}$
 $= 218,9 \cdot 160,5 \cdot 10^{-5}$
 $= 0,35 \leq 0,40$ voldoet

Controle van de berekening in de bewegbare is nodig om verplaatst zwaartepunt.

Scheerwijdte vloer.

III C 2-5



variant boven wapening. 0 - 12.62 4 $\bar{\phi}$ 40
 1.26 - 10.73 2 $\bar{\phi}$ 40
 3.16 - 2.70 1 $\bar{\phi}$ 40

FER 400
 B 37⁵

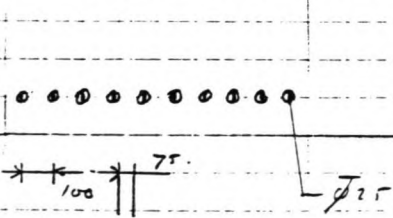
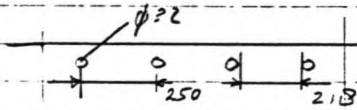
A_{beton I} = 4854 (onder) (C21)
 A_{beton II} = 8337 (boven) (C22)
 A_{beton III} = 7356 (onder) (C23)

afkling 80 mm

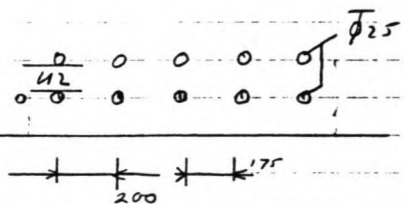
c = 60 mm op ∇ de staaf

Diammede I

in wap 10 c = 80 mm op kant ∇



bepaalde tussen ruimte
 beten 2 lagen onder.



draai I onder kant op schermen.

ligging in 1 laag

A_{aanvrij} = 4908 mm²

A_{beton nodig} = 4854 mm²

$\phi_k = 25$ mm

$\xi_2 = 1,0$

$\xi_3 = 2,5$

(geribel betondeel)

$h_e = 3 * \bar{\phi}_k + \bar{c}$
 $= 3 * 25 + 60 = 260$ mm

$w_0 = \frac{A_{aanvrij}}{h_e * b} * 100 = \frac{4908}{260 * 1000} * 100 = 1,89$

$\Delta L = \xi_2 (2\bar{c} + \xi_3 \frac{\phi_k}{w_0})$
 $= 1,0 (2 * 60 + \frac{4 * 25}{1,89}) =$
 $= 172$

Vloer draagvermogen

III C 2-6

$$\bar{\sigma}_a = \frac{\bar{\sigma}}{\gamma} * \frac{A_{bet}}{A_{aanw}} = \frac{400}{1,7} * \frac{4854}{4908} = 232,7$$

$$w = \bar{\sigma}_a * \Delta L * 10^{-5}$$

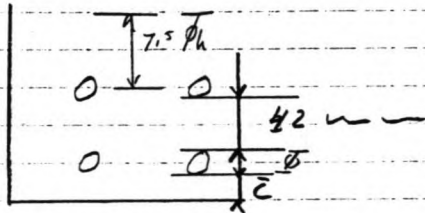
$$= 232,7 * 173 * 10^{-5} = 0,40 \leq 0,40 \text{ voldoet.}$$

Ligging in 2 lagen.

he wijzigt $h_e = 7,5 * \phi_h + u_2 + \bar{c} + \alpha * \phi_h$

min afstand $\frac{4}{3} D_{nom} = \frac{4}{3} * 31,5 = 42 \text{ mm}$

min vert. 300 mm



$$h_e = 7,5 \phi_h + \frac{1}{2} \phi_h + u_2 + \bar{c}$$

$$= 9 \phi_h + u_2 + \bar{c}$$

$$h_e = 9 * 25 + 42 + 60 = 327$$

$$w_o = \frac{4908}{327 * 1000} * 100\% = 1,5\%$$

$$\Delta L = 1,0 * (2 * 60 + \frac{4 * 25}{1,5}) = 186 \text{ mm}$$

$$w = 0,43 > 0,40 \text{ voldoet niet}$$

nu instaat ϕ_{25} extra

$$A_{aanw} = 5399 \text{ mm}^2$$

$$h_e = 327 \text{ mm}$$

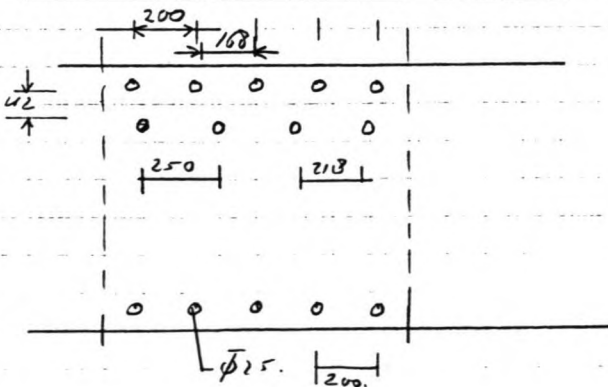
$$w_o = \frac{5399}{327 * 1000} * 100\% = 1,65\%$$

$$\Delta L = 1,0 * (2 * 60 + \frac{4 * 25}{1,65}) = 181$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{400}{1,7} * \frac{4854}{5399} = 211,5$$

$$w = 211 * 181 * 10^{-5} = 0,38 \leq 0,40 \text{ voldoet.}$$

doorname II vloer



11 ϕ_{32} in 2 lagen 1×5
 1×6

$$A_{aanw} = 8346 \text{ mm}^2$$

$$A_{bet} = 8337 \text{ mm}^2$$

$$c = 60 \text{ mm}$$

$$\phi_h = 32$$

$$\xi_1 = 1,0$$

$$\xi_3 = 2,15$$

$$h_e = 9 \phi_h + u_2 + \bar{c} = 9 * 32 + 42 + 60 = 390 \text{ mm} \leq 10 * \phi_h * \xi_3 = 320$$

$$w_o = \frac{A_{aanw}}{h_e * b} = \frac{8346}{320 * 1000} * 100 = 2,76\%$$

doorn. II vervolg.

III C2-7

$$\Delta L = \xi_2 (2\bar{c} + \xi_3 \frac{\phi_k}{w_0}) =$$

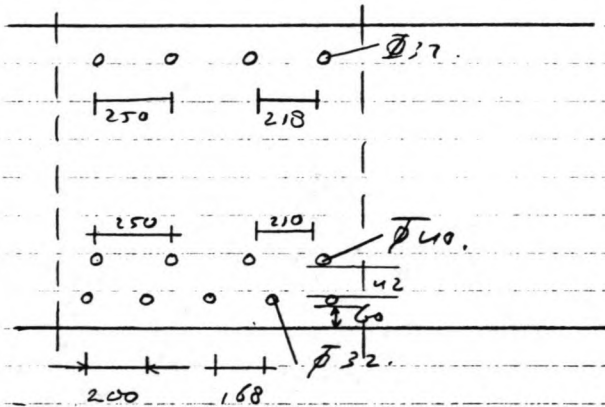
$$= 1,0 (2 \times 60 + 11 \times \frac{32}{2,76}) = 166$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{\bar{\sigma}}{\gamma} \times \frac{A_{b\epsilon}}{A_{a\epsilon}} = \frac{400}{1,7} \times \frac{8337}{8846} = 221,8$$

$$w = \bar{\sigma}_a \times \Delta L \times 10^{-5}$$

$$= 221,8 \times 166 \times 10^{-5} = 0,37 \leq 0,40 \text{ voldoet.}$$

doornede III vloer



5 Ø 35 en 4 Ø 40 in 2 lagen.

$$A_{a\epsilon} = 7481 \text{ mm}^2$$

$$A_{b\epsilon} = 7356$$

$$\phi_{k\epsilon} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{7481 \times 4}{\pi}} = 32,5$$

$$c = 60$$

$$\xi_1 = 1,0$$

$$\xi_3 = 2,5$$

$$h_e = g \phi_k + u_2 + \bar{c}$$

$$= 9 \times 32,5 + 42 + 60 = 344,5$$

$$w_0 = \frac{A_{a\epsilon} - w}{h_e \times b} \times 100 = \frac{7481 \times 100}{325 \times 1400} = 2,3$$

$$\Delta L = \xi_2 (2\bar{c} + \xi_3 \frac{\phi_k}{w_0}) =$$

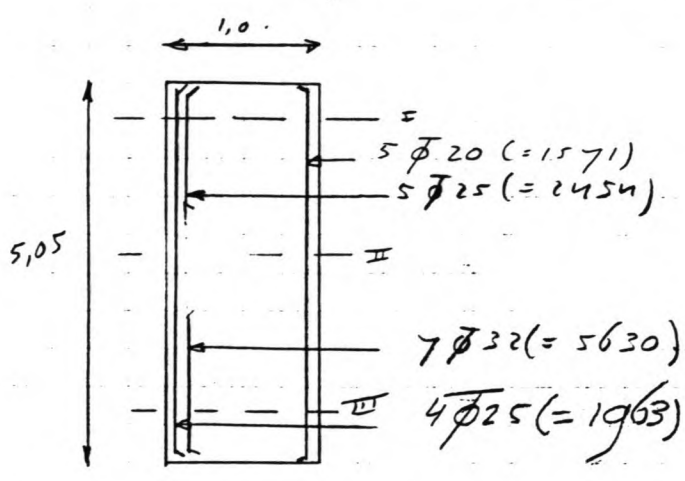
$$= 1,0 (2 \times 60 + 11 \times \frac{32,5}{2,3}) = 176,5$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{\bar{\sigma}}{\gamma} \times \frac{A_{b\epsilon}}{A_{a\epsilon}} = \frac{400}{1,7} \times \frac{7356}{7481} = 231,4$$

$$w = \bar{\sigma}_a \times \Delta L \times 10^{-5}$$

$$= 231,4 \times 176,5 \times 10^{-5} = 0,41 > 0,40 \text{ voltoet niet}$$

Sleuwingdikte buitenwand.



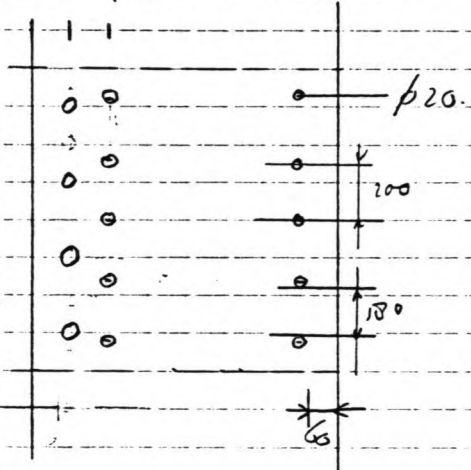
FEB 400
R375

dakking 30 mm op kant wapero!

A_{bet I} = 4069
A_{bet II} = 448
A_{bet III} = 6994

Doornede I. Buitenwand

uper spier.



A_{aanw} = 2454 + 1963 = 4417
A_{bet} = 4069

φ_h = 25
ξ₂ = 1.0
ξ₃ = 2.5

h_e = gφ_h + u₂ + c̄ = 9 × 25 + u₂ + 60 = 327

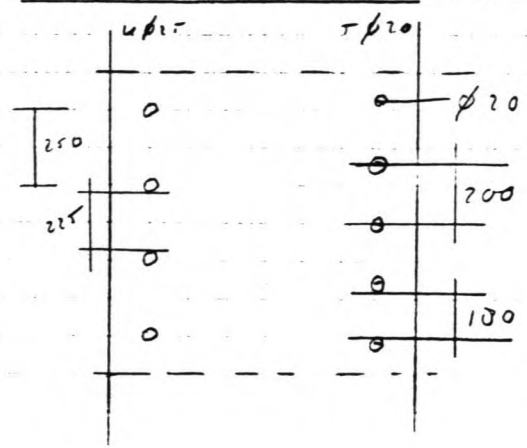
w₀ = $\frac{A_{aanw}}{h_e \cdot b} \cdot 100 = \frac{4417}{327 \cdot 1000} \cdot 100 = 1,35$

a_l = ξ₂ (2c̄ + ξ₃ $\frac{\phi_h}{w_0}$) = 1,0 (2 × 60 + 4,0 × $\frac{25}{1,35}$) = 194 mm

σ_a = $\frac{\sigma}{\gamma} \cdot \frac{A_{bet}}{A_{aanw}} = \frac{400}{1,7} \cdot \frac{4069}{4417} = 216,8$

w = σ_a × a_l × 10⁻⁵ = 216,8 × 194 × 10⁻⁵ = 0,42 > 0,40 voldoet niet.

Doornede II



A_{aanw} = 1963
A_{bet} = 448

φ_h = 25
ξ₁ = 1,0
ξ₃ = 2,5
c = 60

A_{aanw} = 4909
h_e = 327
w₀ = $\frac{4909}{327 \cdot 1000} \cdot 100\% = 1,5$

a_l = 1,0 (2 × 60 + 4,0 × $\frac{25}{1,5}$) = 186

σ_a = $\frac{400}{1,7} \cdot \frac{4069}{4909} = 195$

w = 195 × 186,7 × 10⁻⁵ =

0,36 ≤ 0,40 voldoet.

buitenwand vervolg.

$$h_e = 0 \phi_h + \bar{c} = 0 * 25 + 60 = 260 \leq 10 * \phi_h * \xi_1 \leq 250.$$

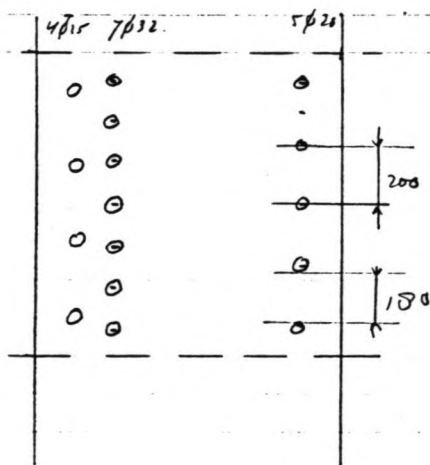
$$w_0 = \frac{A_{anw}}{h_e * b} * 100 = \frac{1963}{250 * 1000} * 100 = 0,79$$

$$AL = \xi_2 (2\bar{c} + \xi_3 \frac{\phi_h}{w_0}) = 1,0 * (2 * 60 + 4 * \frac{25}{0,79}) = 247$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{\bar{\sigma}}{\gamma} * \frac{A_{bet}}{A_{anw}} = \frac{400}{1,7} * \frac{448}{1963} = 53,7 \text{ N/mm}^2$$

$$w = \bar{\sigma}_a * AL * 10^{-5} = 53,7 * 247 * 10^{-5} = 0,13 \leq 0,40 \text{ voldoet.}$$

Doornede III buitenwand.



$$A_{anw} = 1963 + 5630 = 7593 \text{ mm}^2$$

$$A_{bet} = 6994$$

$$\phi_h = \sqrt{\frac{A_{anw} * u}{n * \pi}} = 29,6 \approx 30$$

$$\xi_2 = 1,0$$

$$\xi_3 = 2,5$$

$$c = 60$$

$$h_e = \gamma \phi_h + u_2 + \bar{c} = 9 * 29,6 + 47 + 60 = 360,4$$

$$w_0 = \frac{A_{anw}}{h_e * b} * 100 = \frac{7593}{300 * 1000} * 100 = 2,53$$

$$AL = \xi_2 (2\bar{c} + \frac{4,0 * 30}{2,53}) = 169$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{\bar{\sigma}}{\gamma} * \frac{A_{bet}}{A_{anw}} = \frac{400}{1,7} * \frac{6994}{7593} = 217$$

$$w = \bar{\sigma}_a * AL * 10^{-5} = 217 * 167 * 10^{-5} = 0,36 \leq 0,40 \text{ voldoet.}$$

concl. De buitenwand voldoet aan de scheur-
wydte-eisen.

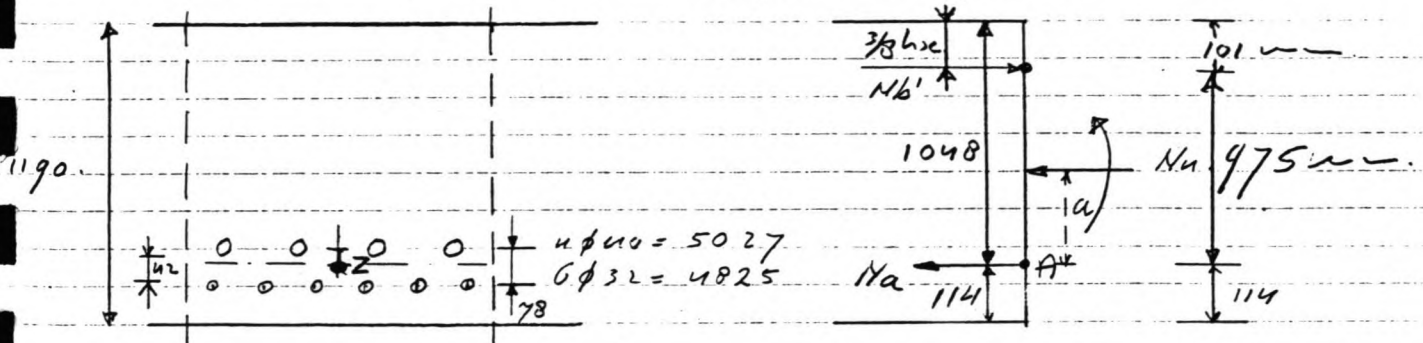
E 3 Controle bezwijkfase dak

III C3-1

Berekening bezwijkfase met de wapening als bij de schemawijze.

Doornede II

controle is nodig ivm verplaatsing van het zwaartepunt van het wapeningsstaal.



$$A_{aanw} = 9852 \text{ mm}^2 \quad 39,8 \text{ mm} \quad 1190 - 114 - 101 = 975$$

$$z_{bu \text{ onder}} = 60 + \frac{32}{2} + 39,8 = 114 \text{ mm} \quad 70 - 39,8 = 30,2$$

FEB 400.
R37.5

* minimum tussenruimte volgens de VB'84

$$-N_a - N_u + N_{b'} = 0$$

$$M_u = 1450 \text{ kNm (incl. } v = 1,17) \\ M_{u'} = 4857 \text{ kNm}$$

$$-A_{ax} \sigma_e - N_u + N_{b'} = 0$$

$$-9852 \times 400 - 1450 \times 10^3 = -N_{b'}$$

$$N_{b'} = 5391 \text{ kN}$$

$$N_{b'} = \frac{2}{3} \times l_x \times b \times \rho_{b'}$$

$$l_x = \frac{3 \times 5391 \times 10^3}{2 \times 1000 \times 30} = 270 \text{ mm}$$

$$\frac{3}{8} \times l_x = \frac{3}{8} \times 270 = 101$$

$$\epsilon_{T_A} = 0$$

$$M_u + M_{u'} \times \left(975 + 101 - \frac{1190}{2} \right) - N_{b'} \times 907 = 0$$

$$M_u = -1450 \times 10^3 \times 481 + 5391 \times 10^3 \times 975 \\ = 4559 \text{ kNm}$$

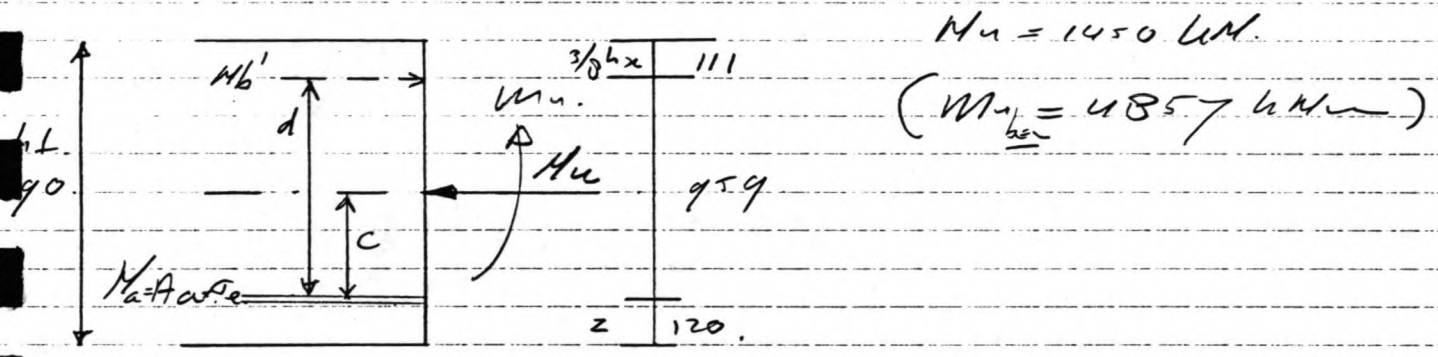
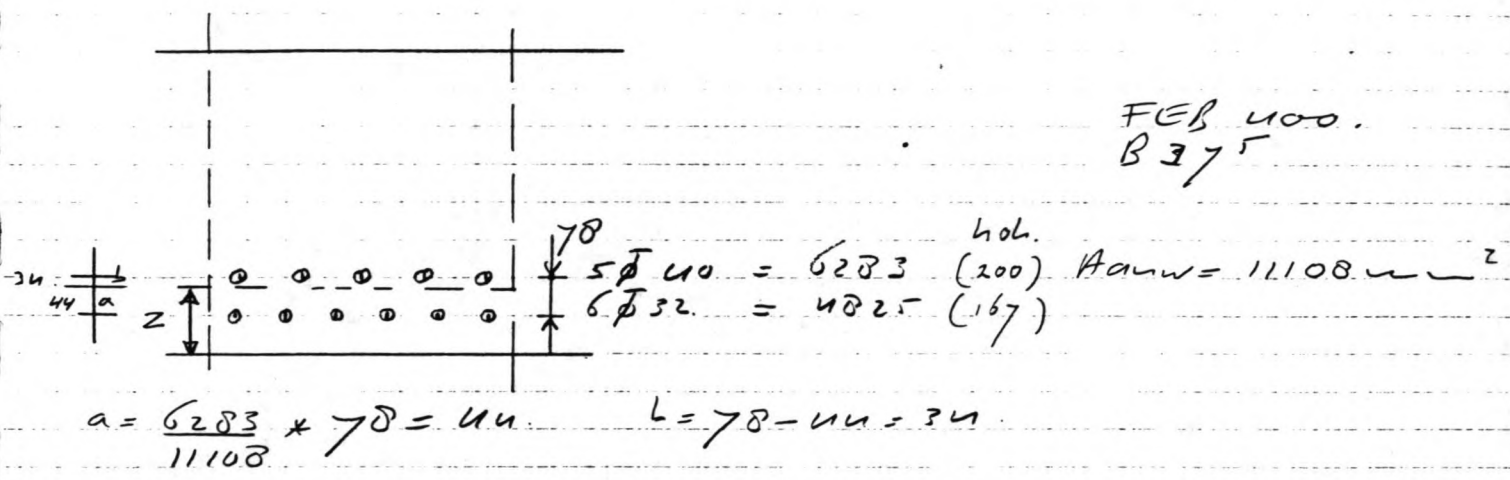
$$M_{u \text{ end}} = 4857$$

$$\gamma = \frac{4559}{4857} \times 1,17 = 1,10 \text{ voldoet niet.}$$

concl. ver aantal staaven op

Doornede II dalk.
 Beryk moment met exhaustief ϕ_{uc} .

FEB 400.
 B375



$-N_a - N_u + N_{b'} = 0$

$-11108 \times 400 - 1450 \times 10^3 = -N_{b'} \Rightarrow N_{b'} = 5893 \text{ kN}$

$b_{xc} = \frac{3 \times 5893 \times 10^3}{2 \times 1000 \times 30} = 295$

$N_{b'} = \frac{2}{3} \times L_x \times b \times \rho'_c$

$\frac{3}{8} \times 295 = 111 \text{ mm}$

$c = 959 + 111 - \frac{1190}{2} = 475$

$z = c + \phi/2 + a = 60 + 16 + 44 = 120 \text{ mm}$

$d = 959$

$= h_t - z - \frac{3}{8} L_x = 1190 - 120 - 111 = 959$

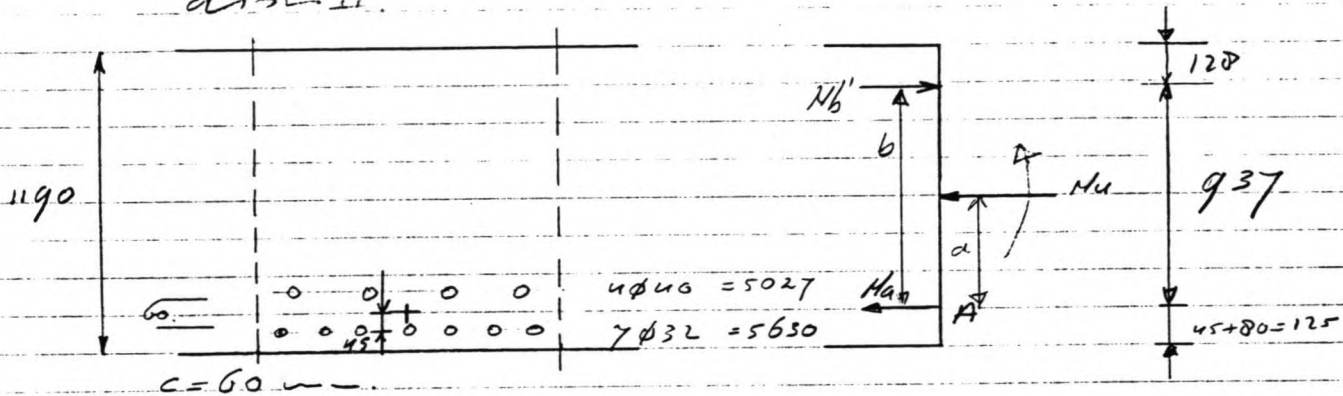
$-M_u - N_u \times c + M_{d'} \times d = 0$

$M_u = -1450 \times 10^3 \times 475 + 5893 \times 10^3 \times 959 = 4920$

$\chi = \frac{M_{b, \text{act}}}{M_{b, \text{des}}} \times \gamma = \frac{4920}{4857} \times 1.7 = 1.72 > 1.7$
 voldoet

Berekening bezwijkfase met de wapening als by de berekening wordt ϵ (in de twee lagen) maar met een grote tussenruimte tussen de staven.
 Controle is nodig in verband met verplaatsing van het zwaartepunt van het wapeningsstaal.

dit is II.



tussenruimte staven $60 + \frac{32}{2} + \frac{40}{2} = 96$ mm h.o.l.

zwaartepunt $\frac{5027}{(5027+5630)} \times 96 = 45$ mm van onder.

FER 400

$\rho = 37.5$

$M_u = 4857$ kNm (incl. $\gamma = 1.7$)
 $N_u = 1450$ kN

$$-N_u + M_u + N_b' = 0$$

$$-400 \times 10^3 + 4857 \times 10^3 - 1450 \times 10^3 = -N_b'$$

$$N_b' = 5713 \text{ kN}$$

$$N_b' = \frac{2}{3} \times l_{xc} \times b \times \rho' l$$

$$l_{xc} = \frac{3 \times 5713 \times 10^3}{2 \times 1000 \times 30} = 286 \text{ mm}$$

$$\frac{3}{8} \times l_{xc} = 107 \quad a = \left(\frac{1190}{2}\right) - 125 = 470 \text{ mm}$$

$$M_u + N_u \times a - N_b' \times b = 0$$

$$M_u = -N_u \times a + N_b' \times b$$

$$= -1450 \times 10^3 \times 470 + 5713 \times 10^3 \times 937$$

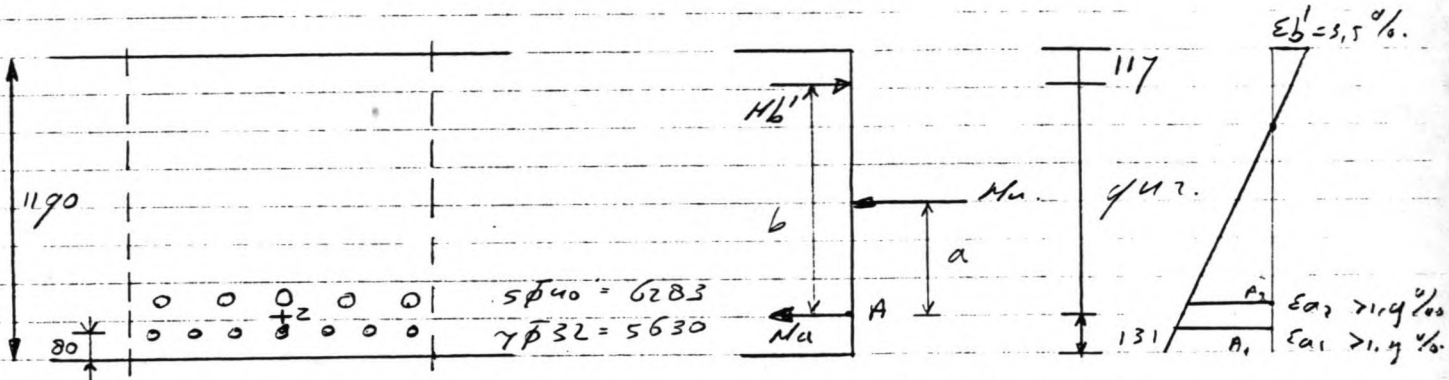
$$= 4672 \text{ kNm}$$

$$M_u \text{ oud} = 4857 \quad \Rightarrow \gamma = \frac{4672}{4857} \times 1.7 = 1.64$$

conclusie veiligheid te laag.

Doornede II dal.

Bewegmoment met extra staaf $\phi 40$.



kasne zwaarte staven $60 + \frac{32}{2} + \frac{40}{2} = 96$ mm l.o.l.

$$\frac{5630}{(6283 + 5630)} * 96 = 45 \text{ mm van kant } \phi 40.$$

51 mm van de onderstaven.

FEB 400
6 37,5

$M_u = 4857$ kNm. $\text{limcl. } \gamma = 1,7$
 $M_u = 1450$ kNm

$$-N_a - M_u + N_b' = 0$$

$$-400 * 11931 - 1450 * 10^3 = -N_b'$$

$$N_b' = 6222 \text{ kN}$$

$$M_b' = \frac{2}{3} * h_{sc} * b * \frac{f'_c}{6}$$

$$h_{sc} = \frac{3 * 6222 * 10^3}{2 * 1000 * 30} = 311 \text{ mm}$$

$$\frac{3}{8} * h_{sc} = 117 \text{ mm}$$

$$a = (1190/2) - 131 = 464 \text{ mm}^2$$

$$M_u + N_u * a - M_b' * b = 0$$

$$M_u = -N_u * a + M_b' * b$$

$$= -1450 * 10^3 * 464 + 6222 * 10^3 * 117$$

$$= 5188 \text{ kNm}$$

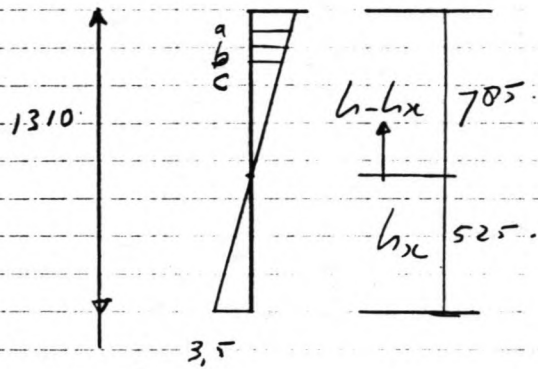
$$M_u \text{ oud} = 4857$$

$$\gamma_n = \frac{5188}{4857} * 1,7 = 1,82$$

Er is nu voldoende veiligheid.

opn. andere wapeningsvarianten zijn ook mogelijk

De ϵ_{a1} en ϵ_{a2} zijn groter dan ϵ_{amin} . De constructie voldoet dus.

kontrole vloei spanning.

→ tabel op

$$1. 60 + \frac{40}{2} = 80$$

$$2. 80 + 42 + 40 = 162$$

$$3. 162 + 42 + 40 = 244$$

$$a. 705 - 80 = 625 \text{ mm}$$

$$b. 705 - 162 = 543 \text{ mm}$$

$$c. 705 - 244 = 461 \text{ mm}$$

$$\epsilon_a = \frac{\sigma}{E} = 1.9 \text{ ‰}$$

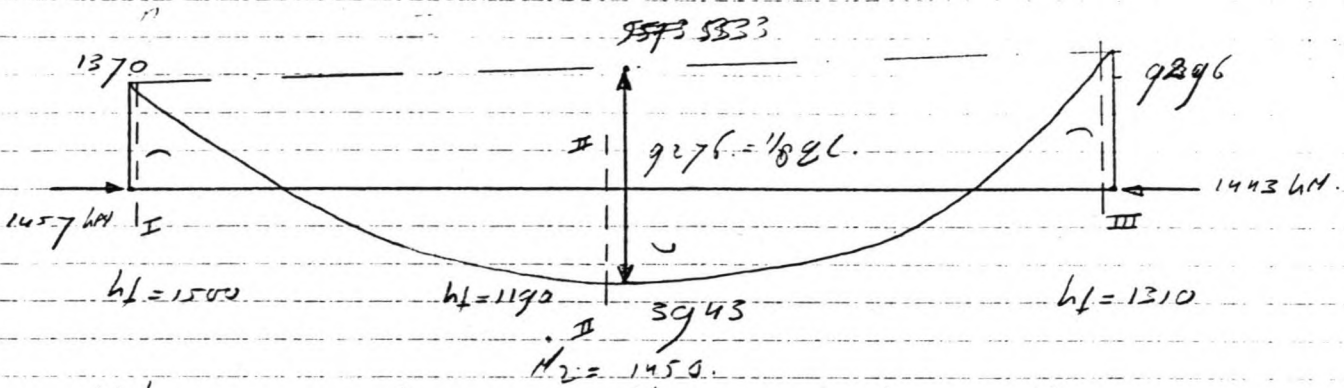
$$\epsilon_b' = 3.5 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_a = \frac{(h - h_x)}{h} * \epsilon_b'$$

"c" maatgevend.

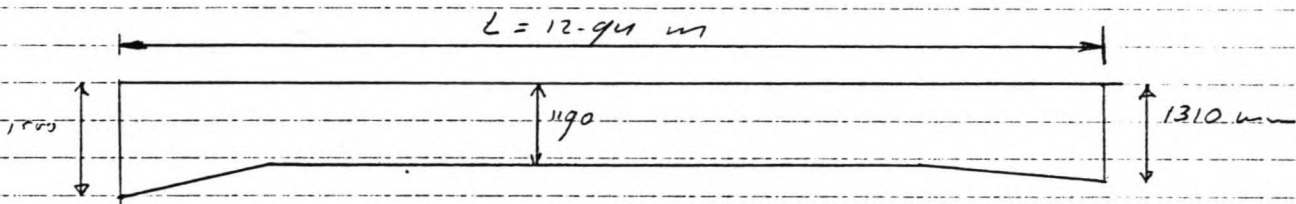
$$\epsilon_{ac} = \frac{461}{525} * 3.5 = 3.1 \text{ ‰}$$

III c. 4 Handberekening dak ter controle van Wapro



uit comp. uitvoer wordt gevonden $M_{veld} = 4857 \text{ kNm}$

Dalvoer



delling 60 mm

De oorzaak zit in het feit dat de 'Vlasco' de extra
 eigen gewicht, t.g.v. delling maken wel meeneemt
 terwijl in de waterstand gekend wordt.

De extra van $0,20 \times 24 = 4,8 \text{ kN/m}$ is dus extra

$$q_{extra} = 1,7 \times 4,8 = 8,2 \text{ kN/m}$$

$$q_{nieuw} = 443,2 + 8,2 = 451,2$$

$$m = 1/8 \times 451,2 \times 12,94^2 = 9443$$

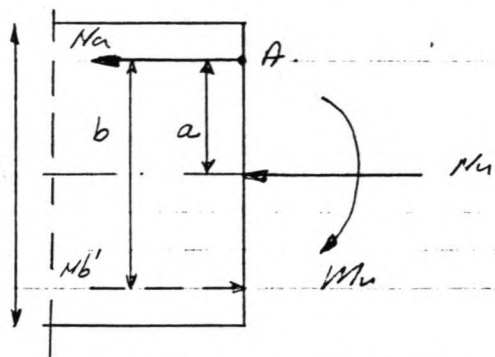
$$M_{middel} = 4110 \text{ kNm}$$

De rest van het verschil wordt veroorzaakt
 door het lengte verschil tussen de schijn-a-
 tificering van 'Vlasco' en 'Wapro'

$$L_{Vlasco} = 13,23 \text{ m}$$

$$L_{Wapro} = 12,94 \text{ m}$$

In het midden is de waarde van de
 'Vlasco' uitvoer aangehouden



FEB 400
C 37^S

$f_c = 240 \text{ N/mm}^2$
 $f_{bu} = 30 \text{ N/mm}^2$

$N_u = 1457 \text{ kN}$ (incl γ)
 $M_u = 1370 \text{ kNm}$ (incl γ)

$\gamma = 1.7$
 $h_L = 1500$
 $c = 60 \text{ mm}$
 \bar{c} tot kant staaf = 80 mm

$$h = h_L - \bar{c} = 1500 - 80 = 1420 \text{ mm}$$

$$a = \left(\frac{h}{2} - c \right) = 670$$

$$h_{xc \text{ max}} = 0.555 \times 1420 = 788 \text{ mm}$$

$$b = h_{xc} \alpha \approx \alpha h \approx h - \frac{3}{8} h_x$$

$$\sum T_A = 0$$

$$-M_u - N_u \times a + M_b' + b' \times b = 0 \quad \text{keuze } \alpha = 0.98 \text{ (iteratief)}$$

$$-1370 \times 10^6 - 1457 \times 10^3 \times 670 + M_b' + 0.98 \times 1420 \times b' = 0$$

$$M_b' = 1685 \times 10^3 \text{ N}$$

$$M_b' = \frac{1}{2} \times h_x \times b' \times f_b'$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$f_b' = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$h_x = 84 \text{ mm}$$

$$b = 0.98 h = h - \frac{3}{8} h_x$$

$$0.98 h = 0.98 \times 1420 = 1392 \text{ mm}$$

$$h - \frac{3}{8} h_x = 1399 \text{ mm}$$

De juiste waarde ligt tussen 0.97 en 0.98 in.
De waarde van 0.98 h is aangehouden.

deur I dan vervolg.

Bepaling van de wapening.

$$\sum M = 0 \quad -M_a - M_u + M_b' = 0$$

$$\begin{aligned} M_a &= -M_u + M_b' \\ &= -1457 + 1686 \\ &= \underline{229 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

Wapening FER 400.

$$A_a = \frac{M_a (1 - \gamma)}{f_y} = \frac{229 \times 10^3}{400} = \underline{573 \text{ mm}^2}$$

$$w_0 = \frac{A_a}{b \cdot h_t} \times 100 = \frac{573}{1000 \times 1500} \times 100\% = 0,04\%$$

$$w_0 \text{ min} = 0,15\%$$

De gevonden wapening is kleiner dan het minimum wapeningpercentage. Nu aanhouden minimum wapening sp. perc. voor de hoeveelheid wapening.

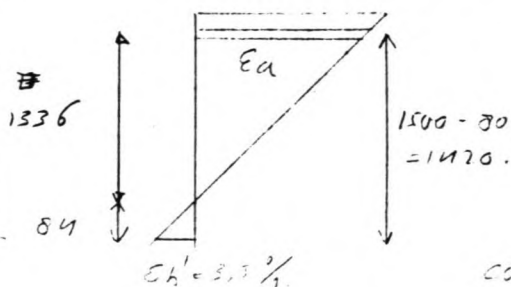
$$\begin{aligned} A_{\text{min}} &= 0,15 \times 1000 \times 1500 \cdot \frac{1}{100} \\ &= \underline{2250 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

opm. Door zekere vorming in beton ontstaat plotseling een toename van de staalspanning. Om plotselinge breuk te voorkomen moet een minimum hoeveelheid wapening aangebracht worden.

Het minimum wapeningpercentage is zodanig dat er maar een klein verschil bestaat tussen het moment dat kan worden overgebracht door een ongerekende ongewapende beton staande en dat door een gerekende doornede.

$$w_0 \text{ min } 0,15\% \text{ voor FER 400} \quad \text{Art E-701 VB'}$$

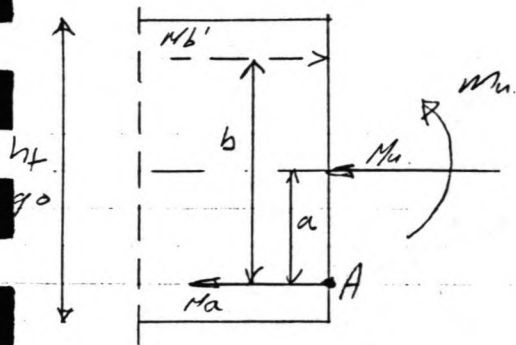
controle vloeken van de wapening.



$$\begin{aligned} \frac{\epsilon_a}{\epsilon_s} &= \frac{(h - h_x)}{h_x} \Rightarrow \epsilon_a = \frac{1336}{84} \times 3,5\% \\ &= 15,9 \times 3,5\% = 5,6\% \end{aligned}$$

$$\epsilon_{a \text{ min}} = \frac{f_y}{E} = \frac{400 \times 10^6}{210 \times 10^9} = 1,9\%$$

controle staal vloek.

Opdracht II Handberekening dak.

$$FEB \quad 400$$

$$C = 37$$

$$N_u = 1450 \text{ kN} \quad (\text{incl } \gamma)$$

$$M_u = 4857 \text{ kNm} \quad (\text{incl } \gamma)$$

$$\bar{\sigma}_e \quad 400 \text{ N/mm}^2$$

$$f'_b = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma = 1.7$$

$$h_t = 1190$$

$$c = 80$$

$$\bar{c} \text{ bv handstaat} = 80 \text{ mm} \quad (c + \frac{\phi}{2} + \frac{h_t}{4})$$

$$a = \left(\frac{h_t}{\gamma} - \bar{c} \right) = 515 \text{ mm}$$

$$b = b_{\text{norm}} \approx a \cdot h \approx h = \frac{3}{8} l_x$$

$$h = h_t - \bar{c}$$

$$= 1190 - 80 =$$

$$= 1110 \text{ mm}$$

$$h_x \text{ max} = 0.555 h$$

$$= 616 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{TA} = 0$$

$$+M_u + N_u \cdot a + N_b' \cdot b = 0.$$

$$b_{\text{norm}} = \alpha = 0.90$$

$$+ 4857 \cdot 10^6 + 1450 \cdot 10^3 \cdot 515 - N_b' \cdot 0.90 \cdot 1110 = 0.$$

$$N_b' = 5627 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$N_b' = \frac{2}{3} \cdot l_{xc} \cdot b \cdot f'_b$$

$$b = 1070 \text{ mm}$$

$$f'_b = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$l_{xc} = 280 \text{ mm}$$

$$b = 0.90 l_x \approx l_x \cdot \frac{3}{8} l_x$$

$$0.90 l_x = 0.90 \cdot l_x = 999 \text{ mm}$$

$$l_x = \frac{3}{8} l_x = 1110 - \frac{3}{8} \cdot 280 = 1005 \text{ mm}^2$$

Deze waarde aanhouden.

By $\alpha = 0.91$ dan er niet boven. met $l_x = 1010$.

Dat de de II vervolg

III C 4-5

Bevestiging van de wapening

$$\sum M = 0 \quad + M_A - M_A + M_B' = 0$$

$$\begin{aligned} M_A &= -M_A + M_B' \\ &= -1450 + 5609 \\ &= \underline{4159 \text{ Nm}} \end{aligned}$$

Wapening FEB 400

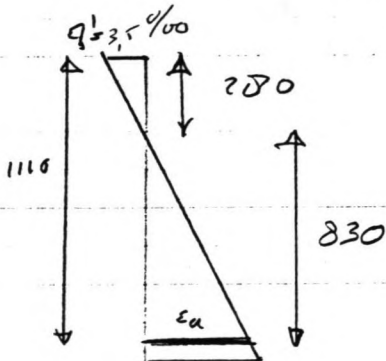
$$A_a = \frac{M_a}{f} (\text{incl } \gamma) = \frac{4159 \times 10^3}{400} = \underline{10398 \text{ mm}^2}$$

$$w_0 = \frac{A_a}{b h_t} \times 100\% = \frac{10398}{1000 \times 1190} \times 100\% = 0,87\%$$

$$w_0 \text{ min} = 0,15\%$$

De gevonden wapening voldoet.

Controle vloeiën van de wapening

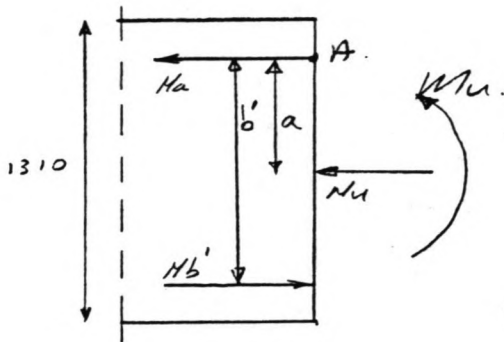


$$\begin{aligned} \frac{\epsilon_a}{\epsilon_{b'}} &= \frac{(h - h_x)}{h_x} \Rightarrow \epsilon_a = \frac{(h - h_x)}{h_x} \times \epsilon_{b'} \\ &= \frac{830}{280} \times 3,5\% \\ &= 10,4\% \end{aligned}$$

$$\epsilon_{a \text{ min}} = \frac{f}{E} \times 10^3 = 1,9\%$$

De wapening vloeit.

Doornide III handberekening adu



FEB 400
B375

$$N_u = 1443 \text{ kN}$$

$$M_u = 8616 \text{ kNm}$$

$$\chi = 1.7$$

$$h_t = 1310 \text{ mm}$$

$$c = 60 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{\text{toe last start}} = 80 \text{ mm}$$

$$h = h_t - c$$

$$= 1310 - 80$$

$$= 1230 \text{ mm}$$

$$a = \left(\frac{h_t}{2} - c \right) = 575 \text{ mm}$$

$$h_{x \text{ max}} = 0.555 * h$$

$$= 683 \text{ mm}$$

$$b = \chi \epsilon_{\text{toe}} \approx 2 * h \approx h - 3/8 h_{x \text{ max}}$$

$$\sum T_A = 0 \quad - M_u - N_u * a + M_{b'} * b = 0 \quad \chi \epsilon_{\text{toe}} = \alpha = 0.865$$

$$- 8616 * 10^6 - 1443 * 10^3 * 575 + M_{b'} * 0.865 * 1230 = 0$$

$$M_{b'} = 8878 * 10^3 \text{ N}$$

$$M_{b'} = \frac{2}{3} * h_{x \text{ max}} * b * f_{\text{bu}} \quad ; \quad b = 1000 \text{ mm}$$

$$f_{\text{bu}} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow h_{x \text{ max}} = 444$$

$$b' = 0.865 * h = 1064 \text{ mm}$$

$$h - 3/8 h_{x \text{ max}} = 1064 \text{ mm}$$

De keuze van " α " is dus correct.

Bepaling van de wapening.

$$\sum M = 0 \quad - M_u - N_u * a + M_{b'} = 0$$

$$M_u = -M_u + M_{b'}$$

$$= -1443 + 8878$$

$$= 7435 \text{ kN}$$

III C 4-7

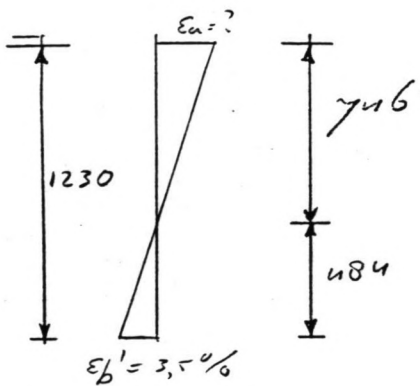
Date doorzwaarde III vervuld.

Wapening FER 400.

$$\underline{A_a} = \frac{M_a}{\sigma_u} = \frac{7435 \cdot 10^3}{400} = 18588 \text{ mm}^2$$

$$w_o = \frac{A_a}{b \cdot h_t} \cdot 100\% = 1,42\%$$

Controle vloeiën van de wapening.



$$\frac{\epsilon_a}{\epsilon_b'} = \frac{(h - h_{sc})}{h_{sc}}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_a &= \frac{(h - h_{sc})}{h_{sc}} \cdot \epsilon_b' \\ &= \frac{746}{484} \cdot 3,5\% \\ &= 5,39\% \end{aligned}$$

$$\epsilon_{a, \text{min}} = \frac{\sigma}{E} = 1,9\%$$

De wapening vloeit.

III C 5 . De wapening bij FEB 500 i.p.v. FEB 400

Uit de berekening van het dak volgt dat er extreem veel wapening benodigd is. De betonkwaliteit kan niet verder worden opgevoerd in verband met de praktische uitvoerbaarheid op het werk.

De overblijvende mogelijkheid bij dit aangepaste profiel is het verhogen van de staalkwaliteit tot FEB 500.

De staalkwaliteit heeft alleen effect op de benodigde hoeveelheid wapening. De berekening op zich wordt er niet door aangedast.

Uitgaande van de A-bem. bij B37⁵ en FEB 400 vinden we nu bij FEB 500

Dak

A benodigd dmm I	$580 \times 0,8 = 464 \text{ m}^2$
" " " II	$9656 \times 0,8 = 7725 \text{ "}$
" " " III	$18588 \times 0,8 = 14870 \text{ "}$

Vloer

A benodigd dmm I	$4854 \times 0,8 = 3883 \text{ m}^2$
" " " II	$8327 \times 0,8 = 6670 \text{ "}$
" " " III	$7356 \times 0,8 = 5885 \text{ "}$

buitenwand

A benodigd dmm I	$40.69 \times 0,8 = 3255 \text{ m}^2$
" " " II	$448 \times 0,8 = 358 \text{ "}$
" " " III	$6994 \times 0,8 = 5595 \text{ "}$

binnenwand : minimum wapening

De bovenstaande waarden gaan uit van de wapening in één laag. De bovengrens bij minimale staaf tussenruimte van 30 cm ($6 \times 40 = 7540$)

Voor de verdere vergelijking zullen we ons nu beperken tot de dalblijgen. De in normale maat gegeven voor de rest van de bouwsubstitutie

kenbeteim geval van meerdere lagen wapening
benodigd.

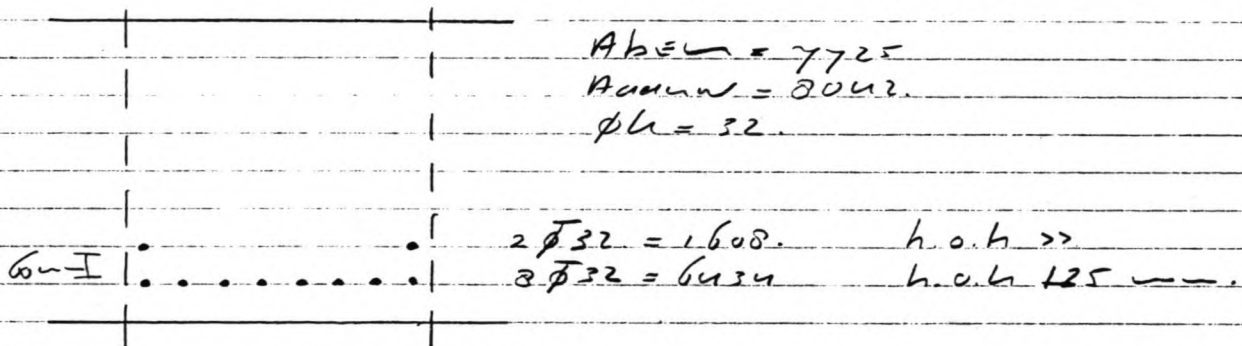
Dat. doormede II.

1^{ste} leuze. $\bar{\phi} 32$. 1 staaf $A_{a1} = 804 \text{ mm}^2$.

minimaal $7725 / 804 = 9,6 \rightarrow 10$ staven.

8 staven: $1000 : 8 = 125 \text{ mm}$; $125 - 32 = 93 \text{ mm}$.

$3 \times \bar{\phi} = 96 \text{ mm}$. 8 staven maget.



$c = 60$ op de staaf.

$$h_e = g \times \phi h + 60 + \bar{c} = 9 \times 32 + 60 + 60 = 408$$

$$w_0 = \frac{8042}{408 \times 1000} \times 100\% = 1,97$$

$$AL = 1,0 \times \left(2 \times 60 + 4 \times \frac{32}{1,97} \right) = 185$$

$$\sigma_a = \frac{500}{17} \times \frac{7725}{8042} = 283$$

$$w = 283 \times 185 \times 10^{-5} = 0,52\%$$

Daarvoor extra wapening voor scheidingswydte.

$2 \bar{\phi} 32 = 1600$ extra. h.

$$h_e = 408$$

$$w_0 = 2,37$$

$$AL = 174$$

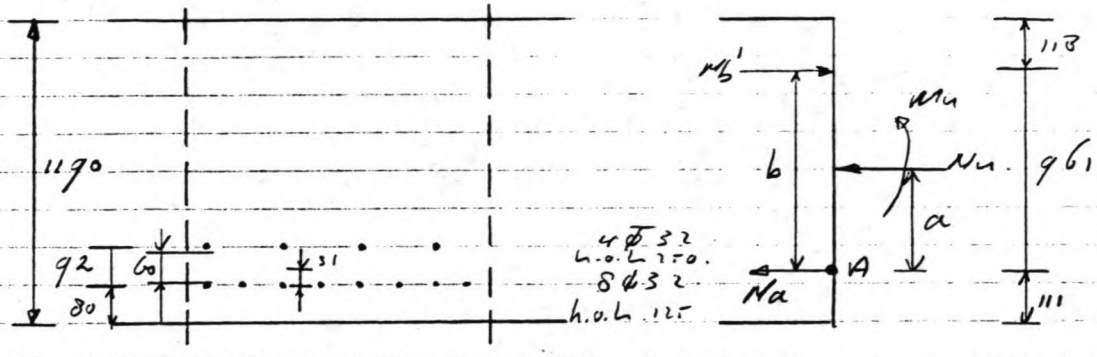
$$\sigma = 235$$

$$w = 235 \times 174 \times 10^{-5} = 0,41 \text{ kan als constant aangezien}$$

worden anders in taal extra

By de scheidingswydte gaat het om de orde van
grootte $\frac{1}{0}$.

keerkol van doorsnede II by FEB 500



FEB 500.
 B37.
 $M_u = 4857 \text{ kNm}$
 $H_u = 1450 \text{ kN}$
 (incl. γ_s)

zwaartepunt $\frac{1}{3} \times 92 = 30 \text{ mm}$ van onder

$$-M_a - M_u + M_b' = 0$$

$$-500 \times 9618 + 1450 \times 10^3 = M_b'$$

$$M_b' = 6274 \text{ kNm} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} l_{xc} = \frac{3 \times 6274 \times 10^3}{2 \times 1000 \times 30} = 3.14 \text{ mm}$$

$$M_b' = \frac{2}{3} \times l_{xc} \times b \times f'c$$

$$\frac{3}{8} \times l_{xc} = 118 \text{ mm} \quad a = \left(\frac{1190}{2}\right) - 111 = 484$$

$$b = 1190 - 111 - 118 = 961$$

$\sum T_a = 0$

$$M_u + M_u \times a - M_b' \times b = 0$$

$$M_u = -M_u \times a + M_b' \times b$$

$$= -1450 \times 10^3 \times 484 + 6274 \times 10^3 \times 961$$

$$= 5328 \text{ kNm}$$

$$\chi_n = \frac{5320}{4857} \times 1.7 = 1.86$$

De konstruktie is veilig voor betrukken by wapening in 2 lagen.
 scheurwydte was noutgeend.

Datu doorname III

$$1 \text{ ste leuze} = \phi 40 \quad \text{1 staaf } 1257 \text{ mm}^2$$

$$\text{minimal } \frac{14814}{1257} = 11,8 \quad \text{12 stuken}$$

$$6 \text{ stuken} : 1000/6 = 166 \quad ; \quad 166 - 40 = 126 \text{ mm} \rightarrow 3 \phi$$

30	0	0	0	0	0	0	$6 \phi 40 = 7540 \text{ l.oh. } 167$	$A_{beton} = 14814$
100	0	0	0	0	0	0	$6 \phi 40 = 7540 \text{ l.oh. } 167$	$A_{staal} = 15080$

c op staaf 60 mm

100	c							
30								

$$6 \phi 40 = 7540 \text{ l.oh. } 167$$

$$6 \phi 40 = 7540 \text{ l.oh. } 167$$

$$h_e = g \times \phi_h + b_0 + \bar{c} = g \times 40 + 60 + 60 = 480$$

$$w_0 = \frac{15080}{480 \times 1000} \times 100\% = 3,14$$

$$\Delta L = 1,0 \left(2 \times 60 + 4 \times \frac{40}{3,14} \right) = 171 \text{ mm}$$

$$\sigma_a = \frac{500}{1,17} \times \frac{14814}{15080} = 289 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 289 \times 171 \times 10^{-7} = 0,49 \text{ mm} \geq 0,40 \text{ voldoet niet.}$$

by 1 $\phi 40$ staaf 2 $\phi 40$ staaf

$$1 \phi 40 = 1257$$

$$h_e = 480$$

$$w_0 = 3,4\%$$

$$\Delta L = 167 \text{ mm}$$

$$\sigma_a = 267 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 0,45$$

$$2 \phi 40 = 2514$$

$$h_e = 480$$

$$w_0 = 3,6\%$$

$$\Delta L = 164$$

$$\sigma_a = 248$$

$$w = 0,41$$

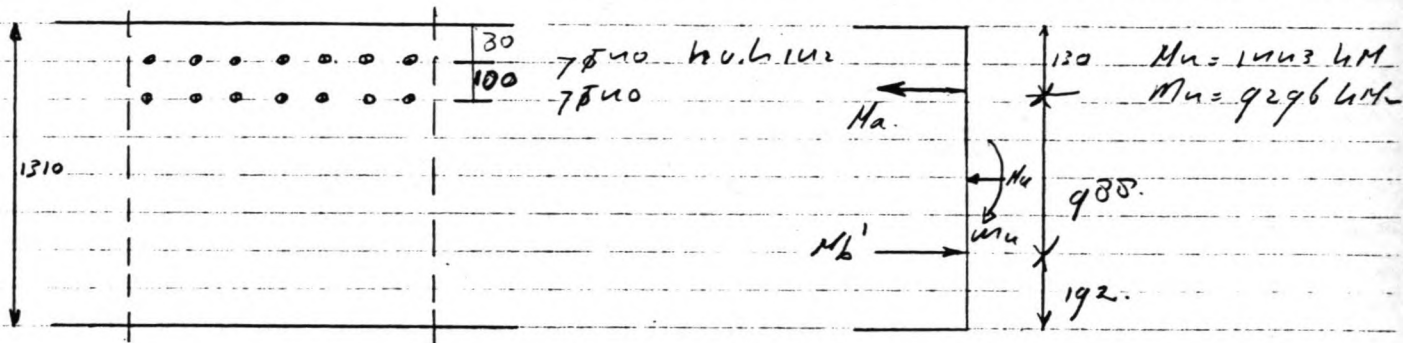
$\geq 0,40$ mag als
voldoend. geaccepteerd worden.

$$2 \text{ lagen} \Rightarrow 1000/2 = 500 \quad ; \quad 500 - 40 = 460 \text{ mm}$$

$$10 : 140 = 2,5 \times \phi_h$$

voldoet goed aan v.b's.

Controlle door mede III by FEB 500



$$\sum M = 0 \quad -M_u - M_u + M_{b'} = 0$$

$$M_{b'} = 17594 \times 500 + 1443 \times 10^3$$

$$= 10240 \text{ kNm}$$

$$M_{b'} = \frac{2}{3} \times h_{xc} \times b \times f'c \left\{ \begin{array}{l} h_{xc} = \frac{3 \times 10240 \times 10^3}{2 \times 1000 \times 30} = 512 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$\epsilon \text{ is } h_{xc} \leq 0,55 \times h \text{ voldoet. } (0,55 \times (1310 - 130) = 655 \text{ mm})$$

$$\frac{3}{8} \times h_{xc} = \frac{3}{8} \times 512 = 192 \text{ mm}$$

$$a = (1310/2) - 130 = 525 \text{ mm}$$

$$b = 1310 - 130 - 192 = 988 \text{ mm}$$

$$\sum T_A = 0$$

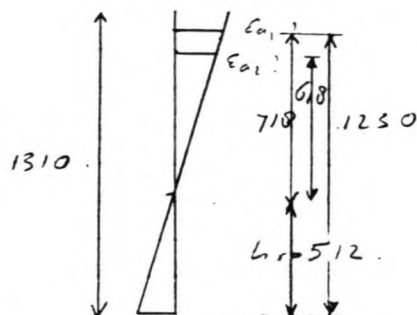
$$M_u + M_u \times a - M_{b'} \times b = 0$$

$$M_u = -1443 \times 525 + 10240 \times 10^3 \times 988$$

$$= 9360 \text{ kNm}$$

$$\chi = \frac{9360}{9296} \times 1,7 = 1,71 \quad \text{uitleg!?!}$$

uitleg wapening?



$$\epsilon_{a1} = \frac{(h_{xc}) \times \epsilon_{b'}}{h_x}$$

$$\epsilon_{a1} = \frac{718}{512} \times 3,5 \text{ ‰} = 4,9 \text{ ‰} \quad \text{wap. vl.}$$

$$\epsilon_{a2} = \frac{618}{512} \times 3,5 \text{ ‰} = 4,22 \text{ ‰} \quad \text{wap. vl.}$$

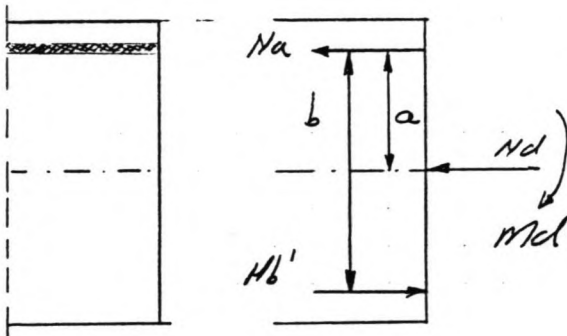
$$\epsilon_{a3} = \frac{500}{7,1 \times 10^5} = 2,4 \text{ ‰}$$

III c.6 Doorsnede berekeningen van de doorsneden 1 en 2, zie figuur bijlage IIa-1

De momenten en normaalkrachten van de diverse doorsneden zijn?

$$\begin{array}{lll}
 Md_1 = 9393 \text{ kNm} & Nd_1 = -1999 \text{ kN} & ht = 1310 \text{ mm} \\
 Md_2 = 4610 \text{ kNm} & Nd_2 = -1271 \text{ kN} & ht = 1530 \text{ mm} \\
 Md_3 = 2093 \text{ kNm} & Nd_3 = -2812 \text{ kN} & ht = 1200 \text{ mm}
 \end{array}$$

Doorsnede "1" Het dak van de gang



$$\begin{array}{l}
 Md = 9393 \text{ kNm} \\
 Nd = 1999 \text{ kN} \\
 ht = 1310 \text{ mm} \\
 c = 80 \text{ mm} \\
 h = ht - c \\
 = 1230 \text{ mm} \\
 f'_b = 30 \text{ N/mm}^2 \\
 b = 1000 \text{ mm}
 \end{array}$$

$$a = \frac{1310}{2} - 80 = 575 \text{ mm}$$

$$b = \alpha * h = 1039 \quad \text{met } \alpha = 0,845$$

$$\begin{aligned}
 \sum M_a = 0 & \quad -Md - Nd * a + Nb' * b = 0 \\
 -9393 * 10^6 - 1999 * 10^3 * 575 + Nb' * 1039 & = 0 \\
 Nb' = 10147 \text{ kN} & \\
 Nb' = \frac{3}{5} * h_{xc} * b * f'_b & \quad h_{xc} = 507
 \end{aligned}$$

$$h_{xc} = \frac{3}{8} h_{xc} = 1140 \approx \alpha * h$$

$$\sum N = 0$$

$$-Na - Nd + Nb' = 0$$

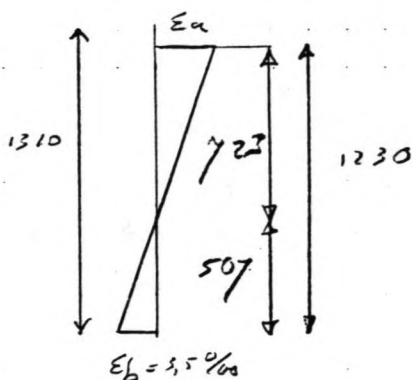
$$-Na - 1999 + 10147 = 0$$

$$Na = 8148 \text{ kN}$$

By FEB 400: $A_a = \frac{M_u}{f} = 20.370 \text{ mm}^2$

ingeval van FEB 500 dan 16.246 mm^2

kontrole of de wapening kloeit.



$$\begin{aligned}\epsilon_a &= \frac{h - h_x}{h_n} \times \epsilon_b' \\ &= \frac{723}{507} \times 3,5 = 4,99 \text{ ‰}\end{aligned}$$

$$\epsilon_{a \text{ min FEB 400}} = \frac{\sigma}{E} = 1,9 \text{ ‰ voldoende.}$$

$$\epsilon_{a \text{ min FEB 500}} = \frac{\sigma}{E} = 2,4 \text{ ‰ voldoende.}$$

conclusie de wapening kloeit in beide gevallen.

By FEB 400 dus 20.370 mm^2 benodigd.
3 lagen van $6 \phi 40 = 22.620 \text{ mm}^2$
Wapening in 3 lagen is onzinnig.
Geleend met darm van $0,835 \times L$.
In werkelijkheid wordt de arm

$$1310 - 80 - 40 - 60 - 20 - \frac{1}{2} \times 543 = 906 \text{ mm}$$

by staven $\phi 40$. ϵ tussen ruimte verticaal van 60 mm.

$$\alpha \times h = 1027 \text{ mm.}$$

De arm is in werkelijkheid dus kleiner dan de berekende.

Er zal nog meer wapening benodigd zijn om te voldoen. Met FEB 400 is de doornede niet goed te wapenen.

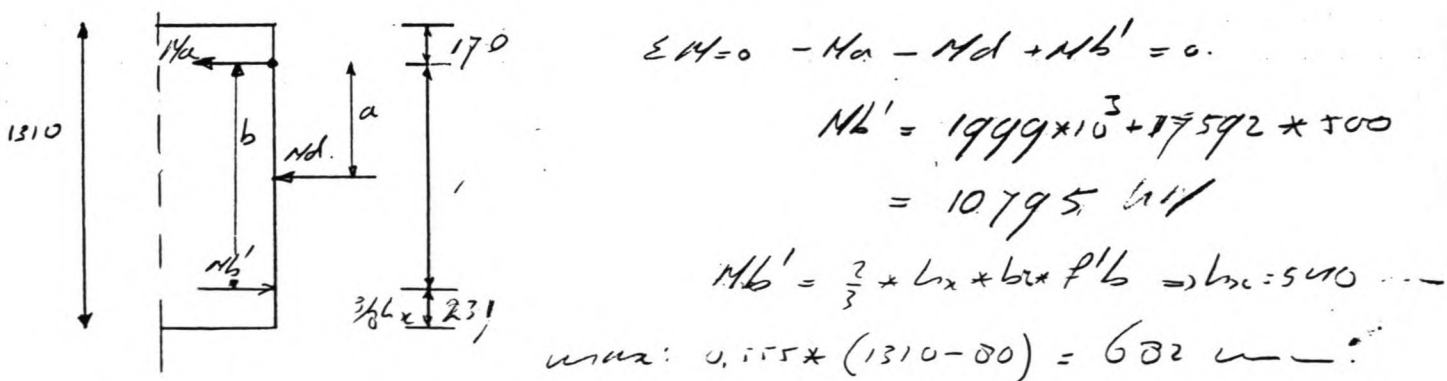
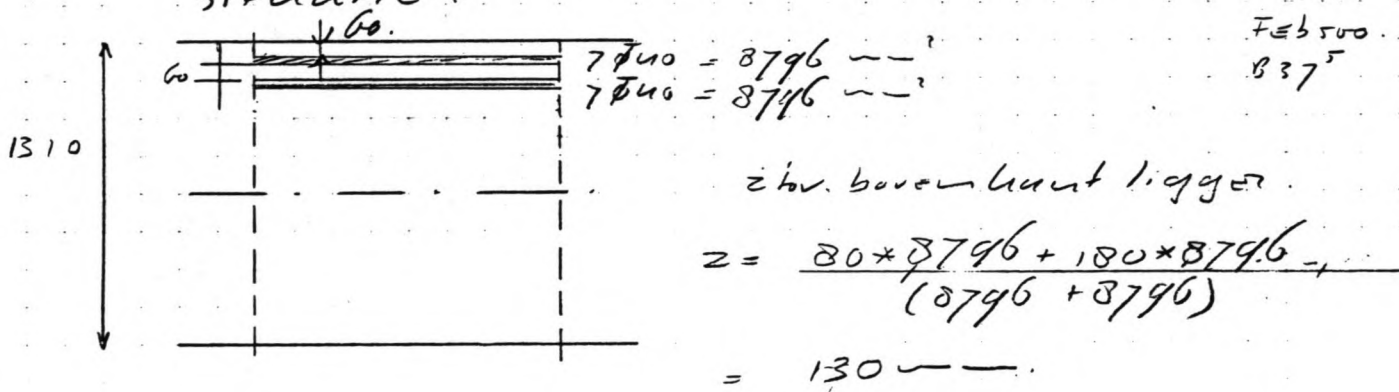
Overstappen naar variant FEB 500.

Aangezien het moment in doornede 1 groter is dan dat ter plaatse van de maatgevende doornede in het dak is kantrole noodzakelijk.

In het voorgaande is reeds aangegeven dat wapenen met FEB 500 niet goed mogelijk is.

Met FEB 500 is er 16296 mm² wapening nodig. Dit komt overeen met 20 in 13-staven $\phi 40$. In verband met de kortere hefboomarm is extra wapening noodzakelijk.

In geval van een onduidelijke tussenruimte van $2,5 \times \phi$ ontstaat de volgende situatie:



$$a = \frac{1310}{2} - 130 = 525 \text{ mm}$$

$$540 \times \frac{2}{3} = 202,5$$

$$b = 1310 - 130 - 202,5 = 977,5 \text{ mm}$$

$$M_u = -M_d \times a + M_b' \times b$$

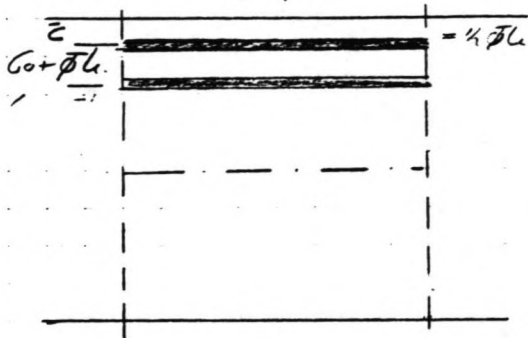
$$= -1999 \times 10^3 \times 525 + 10795 \times 10^3 \times 977,5$$

$$= 9719,1 \text{ kNm}$$

$$\chi = \frac{9719}{9392} \times 1,7 = 1,76$$

Nu de veiligheid geëquivaliseerd is de schuifwijdte controleren.

schuifwijdte



$$A_{b, \text{verm}} = 16296 \text{ mm}^2$$

$$A_{a, \text{verm}} = 17592 \text{ mm}^2$$

$$\phi_L = 40$$

$$\xi_2 = 1.0$$

$$\xi_3 = 4.0$$

$$L_e = g\phi_L + 60 + c$$

$$= 4 \times 40 + 60 + 60$$

$$= 480$$

$$\leq L_e - x_c \quad x = L_{x1} = 617$$

$$\leq 1310 - 507$$

$$\leq 803 \quad \text{voldoet.}$$

$$w_s = \frac{17592}{480 \times 10000} \times 100\% = 3,67$$

$$\Delta L = \xi_2 \left(2c + \xi_3 \times \frac{\phi_L}{w_s} \right)$$

$$= 1,0 \left(2 \times 60 + 4 \times \frac{40}{3,67} \right)$$

$$= 164 \text{ mm.} \leq 10 \times \phi_L \times \xi_2$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma}{\gamma} \times \frac{A_{b, \text{verm}}}{A_{a, \text{verm}}} = \frac{400}{1,7} \times \frac{16293}{17592}$$

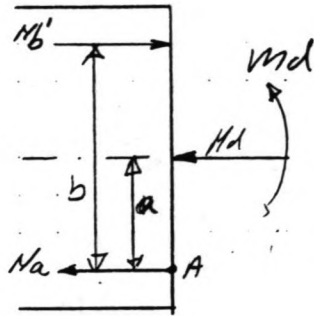
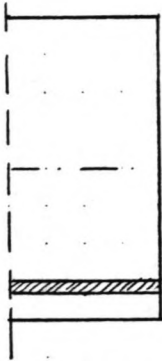
$$= 218 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 218 \times 164 \times 10^{-5}$$

$$= 0,36 \leq 0,40 \quad \text{voldoet.}$$

De doorsnede is dus in twee lagen.

doorsnede "2" De vloer van de gang.



$$\begin{aligned} M_d &= 4610 \text{ kNm} \\ N_d &= -1271 \text{ kN} \\ h &= 1530 \text{ mm} \\ c &= 80 \text{ mm} \\ h &= h - c = \\ &= 1450 \text{ mm} \end{aligned}$$

B 375

$$\alpha = \frac{1530}{2} - 80 = 685 \text{ mm}$$

$$b = \alpha * h = 1378 \text{ mm} \quad \text{met } \alpha = 0,95$$

$$\sum M_A = 0 \quad + M_d + N_d * \alpha - M_{b'} * b = 0$$

$$4610 * 10^6 + 1271 * 685 - M_{b'} * 1378 = 0$$

$$M_{b'} = 3977 \text{ kNm}$$

$$M_{b'} = \frac{2}{3} * h_{sc} * b * f_b' \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} h_{sc} = 199 \text{ mm}$$

$$h - \frac{3}{8} h_{sc} = 1375 \approx \alpha * h$$

$$\sum N = 0$$

$$-N_a - N_d + M_{b'} = 0$$

$$-N_a - 1271 + 3977 = 0$$

$$N_a = 2706 \text{ kN}$$

$$\text{By FEB 400} \quad A_a = \frac{N_a}{f} = 6765 \text{ mm}^2$$

$$\text{By FEB 500} \quad \underline{A_a = \frac{N_a}{f} = 5412 \text{ mm}^2}$$

De wapening aan de onderzijde mag gewoon doorlopen.

Dit geeft dus $5\phi 25 + 4\phi 40 = 7481 \text{ mm}^2$.

De schenwijdte berekening is gelijk aan de berekening van kolommede 3 van de vloer.

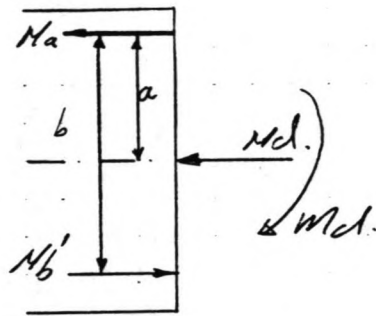
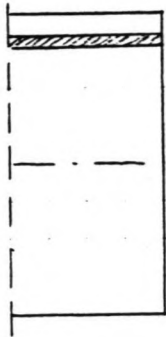
Aan de bovenzijde is minimum wapening benodigd.

$$A_d = 0,15 * \frac{1530 * 1000}{100} = 2295 \text{ mm}^2$$

De vloerwapening doorlaten lopen geeft $4\phi 32 = 3217 \text{ mm}^2$.

In die berekening op staal gewent dan overgaan op $5\phi 25 = 2454 \text{ mm}^2$.

doorsnede "3" De afrekening van het dak.



$$M_d = 2093 \text{ kNm}$$

$$H_d = 2812 \text{ kN}$$

$$h_t = 1200 \text{ mm}$$

$$c = 80 \text{ mm}$$

$$h = h_t - c = 1120 \text{ mm}$$

B 37^T

$$a = \frac{1200}{2} - 80 = 520 \text{ mm}$$

$$b = \alpha \times h = 1058 \text{ mm} \quad \text{met } \alpha = 0,945$$

$$\sum M_a = 0 \quad + M_d - H_d \times a + M_{b'} \times b = 0$$

$$- 2093 \times 10^6 - 2812 \times 10^3 \times 520 + M_{b'} \times 1058 = 0$$

$$M_{b'} = 3360 \text{ kNm}$$

$$M_{b'} = \frac{2}{3} \times h_{xc} \times b \times f'_b \quad \left. \vphantom{M_{b'}} \right\} h_{xc} = 168 \text{ mm}$$

$$h - \frac{2}{3} h_{xc} = 1057 \approx \alpha \times h$$

$$\sum M = 0 \quad - M_a - H_d + M_{b'} = 0$$

$$- M_a - 2812 + 3360 = 0$$

$$M_a = 548 \text{ kNm}$$

By $f_{t,b} = 100$ $A_a = \frac{M_a}{\sigma} = \frac{1370 \text{ mm}^2}{1}$

in geval van $f_{t,b} = 500$ dan $\frac{1096 \text{ mm}^2}{1}$

Aan de zijde de h_{xc} is klein is zal de waarde van σ stijgen.

$$\epsilon_{ca} = \frac{(h - h_{xc})}{h_{xc}} \times \epsilon_{b'} = \frac{952}{168} \times 3,5\% = 19,8\%$$

De wapening van het dak doorlaten-
lopen in de afdekking $g \equiv \# 4$
 $5 \bar{\phi} 25 = 2454 \text{ mm}^2$ bij $f_{yk} = 400$

$$A_{benodigd} = 1370 \text{ mm}^2 \Rightarrow w = 0,11 < w_{lim}$$

$$A_{ben. \text{ minimaal}} = 0,15 \times \frac{1000 \times 1200}{100} = 1800 \text{ mm}^2$$

De x-hoogte wordt:

$$h_e = 260 \text{ mm} < h_{L-x} \text{ voldoet.}$$

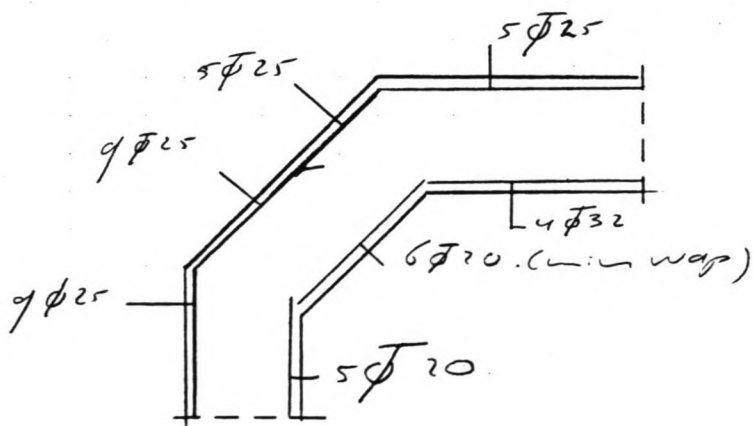
$$w_0 = \frac{2454}{260 \times 1000} \times 100\% \approx 0,94\%$$

$$d = 226 \text{ mm} \leq 10 \times \bar{\phi}_k \times \xi_r \leq 250 \text{ mm} \text{ voldoet.}$$

$$\sigma_s = \frac{\bar{\sigma}}{\gamma} \times \frac{A_{ben}}{A_{aanw}} = \frac{400}{1,17} \times \frac{1370}{2454} = 131 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 131 \times 226 \times 10^{-5} = 0,30 \leq 0,40 \text{ voldoet.}$$

Naar de buiten wand toe de wapening
uitbreiden tot $g \bar{\phi} 25$.



globaal de volgende
wapening.

IV. Controle scheurwijdte volgens de trekbandtheorie bij de aangegeven middelen doorsnede.

gegevens ter plaatse van het veld.
 in het verdikte deel.

$c = 60 \text{ mm}$ op de steun.
 $h_t = 1190 \text{ mm}$
 $h = 1190 - 80 - 80 = 1030 \text{ mm}$ (2 lagen)
 $W_c = \frac{1}{8} * b * h_t^2 = 2.36 * 10^8 \text{ mm}^3$
 $E_c = 32.500 \text{ N/mm}^2$
 $E_s = 205.000 \text{ N/mm}^2$
 $n = 6.31$
 $A_{aanw} = 11.108 \text{ mm}^2$ (na aanpassing bezwyken)
 $A_{be} = 10.398 \text{ mm}^2$ (handberekening)
 $\sigma_{cz-1} = 0,62$ $f_{ctm,0} = 2,275$
 $\sigma_{cz-2} = 0,75$ $f_{ctm,0} = 2,73$
 $\bar{\phi}_{km} = 35,9 \text{ mm}$ (5 ϕ_{40} + 6 ϕ_{32})

bepaling scheurmoment M_{cz-1}

$M_{cz-1} = W_c * \sigma_{cz,fl}; \text{ met}$
 $\sigma_{cz,fl} = (0,8 * 0,4 * (h_t)^{-0,6}) * \sigma_{cz-1}$
 $= 1,16 * \sigma_{cz-1}$
 $= 2,64 \text{ N/mm}^2$

$M_{cz-1} = 623 \text{ kNm}$

Bepaling trekband "Ac"

$A_c = \frac{M_{cz-1}}{0,9 * h * \sigma_{cz-1}} - n * A_s$
 $= 225 * 10^3 \text{ mm}^2$

$h_c = 225 \text{ mm}$

$w_e = \frac{A_s}{A_c} = \frac{11.108}{225 * 10^3} = 0,0494$

Volgens NEN 3330: "publiek."

$\Delta L = (2c + \frac{\bar{\phi}_{km}}{25 * w_e}) = 1,59 \text{ mm}$

$$\bar{w} = 2.1 * \Delta L * \frac{\sigma_s}{E_s} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \text{met } \sigma_s = \frac{A_a b c L}{A_a a c n w} * \frac{\sigma_{sy}}{\gamma} \end{array} \right\} \Rightarrow \underline{0.335 \text{ mm}}$$

bepaling $\sigma_{s,cz}$ en δ_{cz}

$$\sigma_{s,cz-2} = \left(\frac{1}{w_e} + n \right) * \sigma_{cz-2} = 26.6 * \sigma_{cz-2} \\ = 26.6 * 1.2 * \sigma_{cz-1} \\ = 72.6 \text{ N/mm}^2$$

$$\delta_{cz} = \left(\frac{1+n}{2} * \frac{f_{bc}}{4} * \frac{1}{c E_s} * \frac{(\sigma_{s,cz})^2}{(1+nw)} \right)^{\left(\frac{1}{1+n} \right)} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \text{met } n=0.18 \\ c = 0.33 * (f_{cc} + 4) = 15.77 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \delta_{cz} = 0.0139$$

$$D = \Delta l_{geen} = 1.5 * L_{st} \\ = 1.5 * 2 * \frac{\delta_{cz} * E_c}{(1-n) * \sigma_{s,cz-2}} = 143.6 \text{ mm.}$$

berekening scheurwydte

$$w_{cz} = 2 \delta_{cz} = 0.0279$$

$$E_{max} = (35 + 2.7 * \sigma_{s,cz}) * 10^{-6} = 2.31 * 10^{-4}$$

$$E_x = E_{max} + \frac{\sigma_s - \sigma_{s,cz}}{\sigma_{sy} - \sigma_{s,cz}} * (E_{sy} - E_{max}), \text{ met} \quad \left. \begin{array}{l} \\ E_{max} = 2.31 * 10^{-4} \\ \sigma_{s,cz} = 72.6 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{s} = 220.3 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{sy} = 400 \text{ N/mm}^2 \\ E_{sy} = 1.95 * 10^{-2} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_x = 1.01 * 10^{-2}$$

Met behulp van

$$\bar{w} \approx \frac{w_{cr}}{E_{max}} \cdot E_x$$

$$\approx \frac{0.0279}{2.31 \cdot 10^{-4}} \cdot 1.01 \cdot 10^{-3} = \underline{0.122 \text{ mm}}$$

krimpen en krimp worden bij de berekening verwaarloosd.

Mit de VB '84 volgt $w = 0.36$

Controle scheurwijde volgens de trekband-
theorie bij de draagpunten zanddoornede

gegevens: locatie van het veld
in het verdikte dak

$$c = 60 \text{ mm op de staaf}$$

$$h_b = 1190 \text{ mm}$$

$$h = 1190 - 80 = 1110 \text{ mm}$$

$$W_c = 2.36 \times 10^8 \text{ mm}^3$$

$$E_c = 32.500 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s = 205.000 \text{ N/mm}^2$$

$$n = 6.31$$

$$A_{aanw} = 3140 \text{ mm}^2$$

$$A_{bet} = 3039 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{cr-1} = 2.275$$

$$\sigma_{cr-2} = 2.73$$

$$\phi_{cr} = 20$$

(10 $\phi 20$)

bepaling van het scheurniveau M_{cr-1}

$$M_{cr-1} = 623 \text{ kNm (zie midden doorsnede)} \\ \text{berekening}$$

bepaling trekband "Ac"

$$A_c = \frac{M_{cr-1}}{0.9 \cdot h \cdot \sigma_{cr-1}} - n \cdot A_s \\ = 254 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$h_c = 254 \text{ mm}$$

$$w_e = \frac{A_s}{A_c} = \frac{3140}{254 \times 10^3} = 0.0123$$

Volgens NEN 3880: "pubhuis"

$$\Delta l = \left(2c + \frac{\phi_{cr}}{25 \cdot w_e} \right) = 185 \text{ mm}$$

$$\bar{w} = 2.1 * \Delta L * \frac{\sigma_s}{E_s} \left. \begin{array}{l} \\ \text{met } \sigma_s = \frac{A_{abw}}{A_{aanw}} * \frac{\sigma_{sy}}{\gamma} \end{array} \right\} w = 0.43 \text{ mm}$$

bepaling $\sigma_{s,c2} \Leftarrow \delta_{c2}$

$$\sigma_{s,c2} = \left(\frac{1}{w_e} + n \right) * \sigma_{c2-2} = 87.6 * \sigma_{c2-2} \\ = 87.6 * 1.2 * \sigma_{c2-1} \\ = 239.2 \text{ N/mm}^2$$

$$\delta_{c2} = \left(\frac{1+N}{2} * \frac{\phi_{km}}{4} * \frac{1}{c E_s} * \frac{(\sigma_{s,c2})^2}{(1+n)} \right)^{\frac{1}{1+N}} \left. \begin{array}{l} \\ \text{met: } N=0.18 \\ c=0.33 (\neq_{cc} + n) = 15.77 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \delta_{c2} = 0.0769$$

berekening scheurwijdte (er van uitgegaan dat $\sigma_s \approx \sigma_{s,c2-2}$)

$$w_{c2} = 2 * \delta_{c2} = 0.1537 \left. \begin{array}{l} \\ \varepsilon_{max} = (35 + 2.7 * \sigma_{s,c2}) * 10^{-6} = 6.81 * 10^{-4} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{sc} = \varepsilon_{max}$$

$$w \approx \frac{w_{c2}}{\varepsilon_{max}} * \varepsilon_{sc} = w_{c2} = 0.1537$$

II a. Het dwarskrachtdraagvermogen van gewapend beton.

D= "TNO - IBC" formule. luiden als volgt.

$$T_{11} = 0.17 (1 + 0.01 f'_{ch}) (1 + W_0) \left(1 + 1.2 \left| \frac{T_{2c} \cdot l_x}{W_{2c}} \right| \right) \left(h/h_0 \right)^{-1/4} f_1(M)$$

$$T_{12} = 0.41 (1 + 0.06 f'_{ch}) (1 + W_0) \left(1 + \frac{T_{2c} \cdot l_x}{W_{2c}} \right) \left(h/h_0 \right)^{-1/4} f_2(M)$$

Waarin:

T_{11} en T_{12} = dwarskrachtdraagvermogen in M/m^2

f'_{ch} = karakteristieke kubusdruksterkte in M/m^2 . Maximaal in rekening te brengen $60 M/m^2$

W_0 = hoofdwapeningspercentage in %
Maximaal in rekening te brengen (alleen trekwapening)

$h_0 = 0,3 \text{ m}$

h = nuttige hoogte in het prismatische deel van de ligger. De factor h/h_0 is dimensioneel los. In deze factor moet voor $h > 1,5 \text{ m}$ maximaal $h = 1,5 \text{ m}$ in rekening worden gebracht.

h_{2c} = nuttige hoogte in snede x .

T_{2c} = de dwarskracht in snede x (zonder afsnijten).

W_x = moment in snede x .

opm. De factor $(T_x h_x / W_x)$ is dimensioneel los

Voorits:

$$\begin{aligned} f_1(N) &= \left(1 + 0.12 \frac{|Nd|}{bh_x}\right) \text{ by druk} \\ f_1(N) &= \left(1 - \frac{|Nd|}{bh_x \cdot f_b}\right) \text{ by trek.} \\ f_2(N) &= \left(1 + 0.015 \frac{|Nd|}{bh_x}\right) \text{ by druk} \\ f_2(N) &= \left(1 - \frac{|Nd|}{bh_x \cdot f_b}\right) \text{ by trek} \end{aligned}$$

Met: Nd (Nd') = normaal kracht die optreedt by de zekere waarde van de belasting.

b = breedte liggen.

f_b = zekere waarde van de beton treksterkte in N/mm^2

opm. de factoren Nd/bh en $N'd/bh$ hebben de dimensie N/mm^2

$N'd/bh$ maximaal $10 N/mm^2$ in rekening brengen.

By voorspanning mag de werkvoorspankracht in rekening worden gebracht, als normaal drukkracht in de doorsnede.

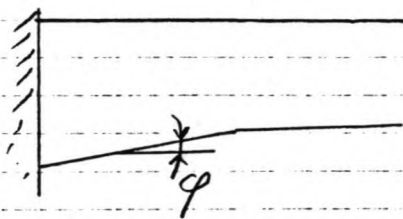
Een reductie van de dwarskracht door een gebogen kabelverloop mag niet in rekening worden gebracht.

In principe $\tau_1 = \tau_{II}$ gebruiken.

Als op de drukzou een drukkracht voortvloeiend uit oplegging of inklemming (uitlaging of statisch onbepaald zijn) dan mag de dwarskracht cap worden verhoogd tot τ_{I2}

Als maximum aantekende kracht capaciteit de τ_{I2} by $\frac{T \cdot b}{M} = 1.0$.

Effect afschuining



Nu mag T_{12} worden gereduceerd met een factor $(1 - \epsilon_{\varphi})$

Voor " φ " zie figuur

$\epsilon_{\varphi} \leq 1/3$ grotere waarden " φ " niet in rekening brengen.

De ophekkende schuifspanning

Voor de ophekkende schuifspanning geldt.

$$\tau_{ed} = \frac{T_d}{bh}$$

; T_d = dwarskracht by beweging

By inklemmingen

Dan mag vanaf het punt $x_n = 0,5 \frac{M_{ds}}{T_{ds}} \left(\frac{1}{1 - \epsilon_{\varphi}} \right)$ tot aan de inklemming " T_d " konstant verondersteld worden (aansluiting)

Een voorwaarde daarbij is $0,5l \leq x_n \leq 2l$.

In de formules zijn:

h = nuttige hoogte in het prismatische deel van de ligging.

M_{ds} = rekenwaarde van het moment ter plaats van de inklemming

T_{ds} = rekenwaarde van de (niet gereduceerde) dwarskracht ter plaats van de inklemming.

φ = zie figuur 1

" T_d " moet voldoen aan artikel 504.1 van de VB 1974/1984.

$$\text{dus: } T_2 = 0,25 f'_{bk} \leq q \cdot h \cdot m^{-2}$$

f'_{bk} = karakteristieke beton druksterkte.

opn. hoogte van deze eis zoude gereduceerde " T_d " t.p.v. de inbouwning.

De " T_1 ", " T_{12} ", " T_{12max} " en " T_d " uit zetten in een figuur.

De benodigde dwarskracht wapening wordt onsloten door " T_d " als bovengrens.
" T_1 " of " T_{12} " of " T_{12max} " als ondergrens (zie berekening stuk) (= T_1)

De gevonden verschillen geven de hoeveelheid dwarskracht wapening.

$$T_a = \Delta T = (T_d - T_1)$$

$$T_a = 0,9 \cdot w_f \cdot f_a \cdot (\cos \beta + \sin \beta)$$

100%

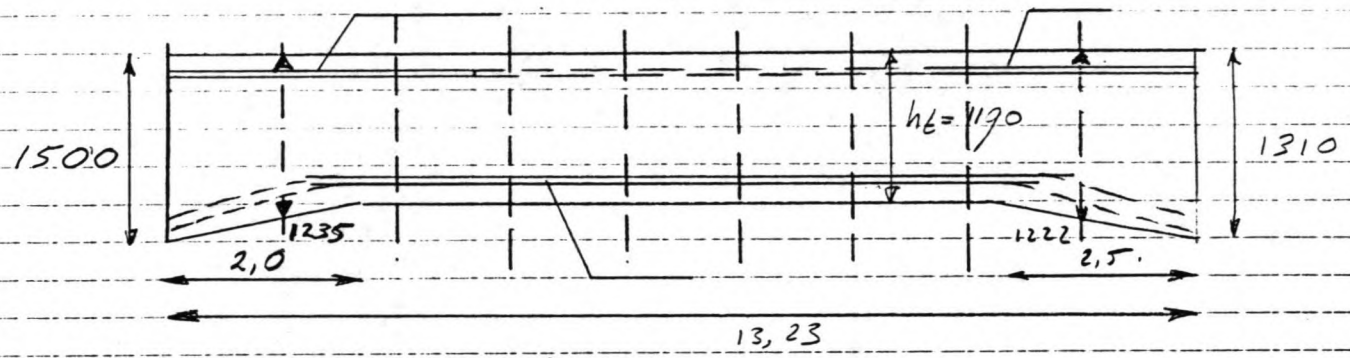
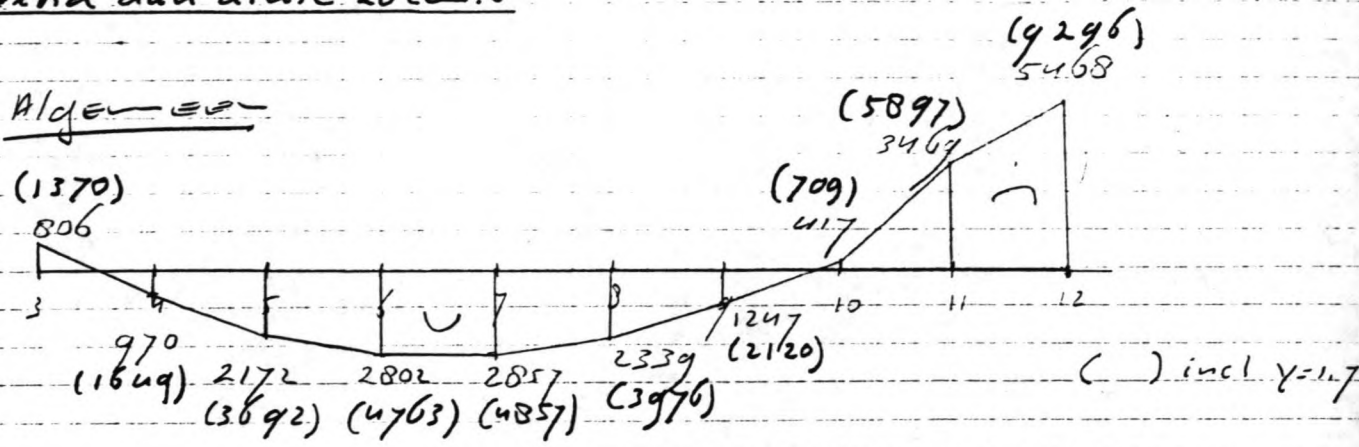
w_f = percentage dwarskracht wapening per m² balk.

β = hoek tussen buigel en ligger as ($\geq 45^\circ$)

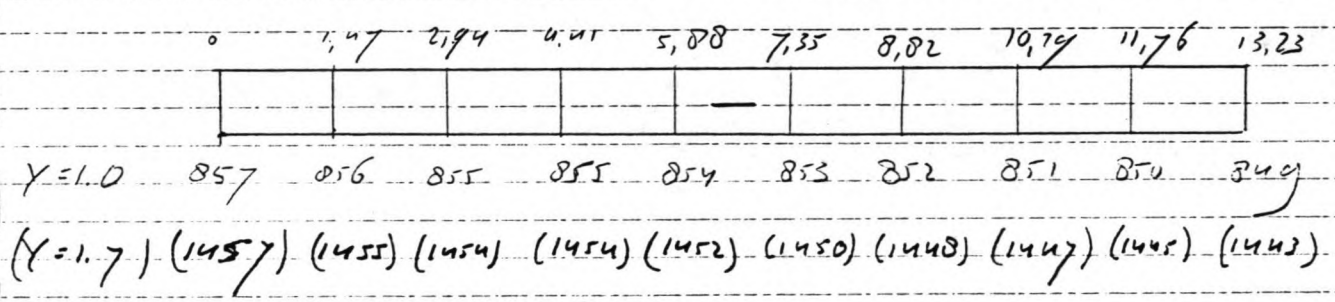
f_a = rekenwaarde van de staal treksterkte.

II b. Control berekening dak. TMO-IBBC.
exha dak dichte 20 cm.

Algemeen



schematisatie dak.



- * De wapening als gevonden uit de wapro is gebruikt.
- * Dit om vergelijking mogelijk te maken.
- * Berekend voor stormede 3 km 12.

Wapening praktisch dak.

Boven		
0 - 9.0	4 $\bar{\phi}$ 25	1963 *
9.5 - 12.94	12 $\bar{\phi}$ 40	15079 *
9.0 - 12.94	6 $\bar{\phi}$ 32	4825 *

Onder		
0 - 12.94	4 $\bar{\phi}$ 32	3217
9.8 - 9.70	4 $\bar{\phi}$ 40	5027
2.5 - 7.90	2 $\bar{\phi}$ 32	1608

* aanpassing van einde wapro.

Algemene gegevensB 375 ;
FEB 400

$$f'_{ck} = 37^5 \text{ N/m}^2; f'_{tk} = 30 \text{ N/m}^2$$

$$h_0 = 0,3 \text{ m} \quad \gamma = 1,17$$

$$h = 1190 \text{ mm} = 1,19 \text{ m}$$

$$b = 1000 \text{ mm} = 1,0 \text{ m}$$

door mede afhankelijk $h_x, T_x, M_x, N_d, \epsilon_y$

Doornede. 3 incl. Vout."

$$\begin{aligned}
 Nd &= 1457 \text{ kN} & h &= 1500 - \frac{w_0}{2} - 60 = 1420 \\
 Md &= 1370 \text{ kNm} & b &= 1000 \\
 h_{bx} &= 1500 \text{ mm} & A_{a \rightarrow} &\rightarrow \text{boven. } 1963 \text{ mm}^2 \\
 h_x &= 1190 - 80 = 1110 \text{ mm} \quad \nabla & h_{\text{prismatisch}} &= 1110 \text{ mm}^2 \\
 Qd &= 2385 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\tau_{11} = \frac{0,17 * (1 + 0,01 * f'ch) * (1 + w_0) * (1 + 1,2 \left| \frac{T_{2c} * h_{2c}}{w_{2c}} \right|) * \left(\frac{h}{h_0}\right)^{-1/4} * f_1(N)}{(1 + 0,01 * f'ch)} = (1 + 0,01 * 37^5) = 1,375$$

$$w_0 = \frac{1963}{1000 * 1500} * 100 = 0,13 \leq 1\%$$

$$\frac{T_{2c} * h_{2c}}{w_{2c}} = \frac{2385 * 1420}{1370} = 2,47$$

$$\frac{h}{h_0} = \frac{1110}{1500} = 0,74 \Rightarrow \left(\frac{h}{h_0}\right)^{-1/4} = 0,72$$

$$\left. \begin{aligned}
 f_1(N) &= \left(1 + 0,12 \left| \frac{Nd}{b * h_x} \right| \right) \\
 \left| \frac{Nd}{b * h_x} \right| &= \frac{1457 * 10^3}{1000 * 1420} = 1,03
 \end{aligned} \right\} f_1(N) = (1 + 0,12 * 1,03) = 1,124$$

$$\tau_{11} = 0,17 * 1,375 * 1,13 * (1 + 1,2 * 2,47) * 0,72 * 1,124 = \underline{\underline{0,85 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\tau_{12} = 0,45 (1 + 0,06 f'ch) * (1 + w_0) \left(\left| \frac{T_{2c} * h_{2c}}{w_{2c}} \right| \right) * \left(\frac{h}{h_0}\right)^{-1/4} * f_2(N)$$

$$(1 + 0,06 f'ch) = (1 + 0,06 * 37^5) = 3,25$$

$$(1 + w_0) = 1,13$$

$$\left(\frac{T_{2c} * h_{2c}}{w_{2c}}\right) = 2,47$$

$$\left(\frac{h}{h_0}\right)^{-1/4} = (0,74)^{-1/4} = 0,72$$

$$\left. \begin{aligned}
 f_2(N) &= \left(1 + 0,045 \left| \frac{Md}{b * h_{2c}} \right| \right) \\
 \left| \frac{Md}{b * h_{2c}} \right| &= 1,03
 \end{aligned} \right\} f_2(N) = (1 + 0,045 * 1,03) = 1,046$$

$$\tau_{12} = 0,45 * 3,25 * 1,13 * 2,47 * 0,72 * 1,046 = \underline{\underline{2,074 \text{ N/mm}^2}}$$

Doornede 3 (vervolg)

τ_{12} gereduceerd in een vout.
reductie factor. $(1 - \tan \varphi)$

$$\tan \varphi = \frac{1,5 - 1,19}{2,0} = \frac{0,31}{2,0} = \frac{3,1}{20} = 0,155 \leq \frac{1}{3}$$

$$(1 - \tan \varphi) = 0,845.$$

$$\tau_{12} \text{ gereduceerd} = 0,845 * 3,074 = 2,60 \text{ N/mm}^2$$

τ_{12} maximaal door $\frac{T_h}{m} = 1,0$

$$\tau_{12 \text{ max}} = 0,45 * 3,25 * 1,13 * 1,0 * 0,72 * 1,046 = 1,24 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \tau_{12 \text{ max goed}} = 1,048$$

De werkeelhooptreederde dwarskracht.

Reductie? als $x_u = 0,5 * \frac{M_{ds}}{T_{ds}} \left(\frac{1}{1 - \tan \varphi} \right)$

$$x_u = 0,5 * \frac{1270}{2385} \left(\frac{1}{1 - 0,155} \right) = 0,34$$

eis $0,5 * h \leq x_u \leq 2h$ hoorsen = 110 cm.
 $0,555 \leq x_u \leq 2,20$

De "x_u" valt niet binnen deze eis dus geen reductie.

$$\tau_d = \frac{T_d}{b h_x} = \frac{2385 * 10^3}{1000 * 1420} = 1,68 \text{ N/mm}^2$$

eis $\tau_d \leq 0,25 * f'_{bh} \leq 9 \text{ N/mm}^2$
 $0,25 * 30 = 7,5 \text{ N/mm}^2$
 $\tau_d \leq 7,5 \text{ N/mm}^2$

Doornie 4 zonder vout

$$\begin{aligned}
 Nd &= 1455 \text{ kN} \\
 Md &= 1649 \text{ kNm} \quad (\text{hels onder?}) \\
 Td &= 1722 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_x &= 1235 - 80 = 1155 \\
 b &= 1000 \text{ ---} \\
 A_a &= 3217 + 5027 = 8244
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{bx} &= 1235 \\
 h &= 1190 - 80 = 1110 \text{ ?}
 \end{aligned}$$

$$\tau_{11} = 0,17 * (1 + 0,01 * f'_{ch}) * (1 + w_0) * \left(1 + 1,2 \left| \frac{T_x \cdot L_{xx}}{M_{xx}} \right| \right) * \left(\frac{h}{h_0} \right)^{-1/4} * f_1(N)$$

$$(1 + 0,01 * f'_{ch}) = (1 + 0,01 * 37^5) = 1,375$$

$$w_0 = \frac{8244 * 100}{1000 * 1235} = 0,67 \% \leq 1 \% \quad 1 + w_0 = 1,67$$

$$\frac{T_x \cdot L_{xx}}{M_{xx}} = \frac{1722 * 1,155}{1649} = 1,21$$

$$\left(\frac{h}{h_0} \right)^{-1/4} = \left(\frac{1,11}{0,3} \right)^{-1/4} = (3,7)^{1/4} = 0,72$$

$$f_1(N) = \left(1 + 0,12 \left| \frac{Nd'}{b \cdot h_{xx}} \right| \right)$$

$$\left| \frac{Nd'}{b \cdot h_{xx}} \right| = \frac{1455 * 10^3}{1000 * 1155} = 1,26$$

$$= f_1(N) = (1 + 0,12 * 1,26) = 1,15$$

$$\tau_{11} = 0,17 * 1,375 * (1,67) * (1 + 1,2 * 1,21) * 0,72 * 1,15$$

$$= 0,79 \text{ N/cm}^2$$

$$\tau_{12} = 0,45 * (1 + 0,06 * f'_{ch}) * (1 + w_0) * \left(1 + \frac{T_{xx} \cdot L_{xx}}{M_{xx}}\right) * \left(\frac{h}{h_0} \right)^{-1/4} * f_2(N)$$

$$(1 + 0,06 * f'_{ch}) = 3,25$$

$$(1 + w_0) = 1,67$$

$$\left(\frac{T_{xx} \cdot L_{xx}}{M_{xx}} \right) = 1,21$$

$$\left(\frac{h}{h_0} \right)^{-1/4} = 0,72$$

$$f_2(N) = \left(1 + 0,045 \left| \frac{Md'}{b \cdot h_{xx}} \right| \right)$$

$$\left| \frac{Md'}{b \cdot h_{xx}} \right| = 1,26$$

$$= f_2(N) = (1 + 0,045 * 1,26) = 1,057$$

$$\tau_{12} = 0,45 * 3,25 * 1,67 * 1,21 * 0,72 * 1,057$$

$$= 2,25 \text{ N/cm}^2$$

Doornede u. voldg.

τ_{12} gereduceerd in vout.

reductie factor $(1 - \tan \varphi)$

$$\tan \varphi = 0,155 \quad (\text{zie 3})$$

$$(1 - \tan \varphi) = 0,845$$

$$\tau_{12} \text{ gered} = 0,845 * 2,25$$

$$= 1,90 \text{ N/m}^2$$

τ_{12} maximaal door $\frac{T+h}{w} = 1,0$

$$\tau_{12} \text{ max} = 0,45 * 3,25 * 1,67 * 1,0 * 0,72 * 1,057$$

$$= 1,86 \text{ N/m}^2$$

De waarschijnlijkheid van de dwarskracht.

Reductie naar zie 3.

$$\tau_d = \frac{T d_n}{b h_n} = \frac{1722 * 10^3}{1000 * 1155}$$

$$= 1,49 \text{ N/m}^2$$

$$\text{eis } \tau_d \leq 0,25 f'_{tk} \leq 9 \text{ N/m}^2$$

$$\tau_d \leq 2,5 \text{ N/m}^2 \quad \text{voldoet.}$$

Doormede = 12. (incl. vout en reductie)

$$\begin{aligned} M_{dx} &= 1443 \text{ kNm} \\ M_{xx} &= 9296 \text{ kNm} \\ T_{xx} &= 3582 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{xx} &= 1310 - 80 = 1230 \\ b &= 1000 \text{ ---} \end{aligned}$$

$$A_a = 19904$$

$$T_{d \text{ goed}} = 3160 \text{ kN} \nabla$$

$$\begin{aligned} L_{t2c} &= 1310 \\ L &= 1190 - 80 = 1110 \end{aligned}$$

$$\tau_{11} = 0,17 * (1 + 0,01 * f'_{ch}) * (1 + w_0) * (1 + 1,2 * \left| \frac{T_{xx} * L_{xx}}{M_{xx}} \right|) * \left(\frac{L}{L_0} \right)^{-1,4} * f_1(N)$$

$$(1 + 0,01 * f'_{ch}) = 1,375$$

$$w_0 = \frac{19904}{1000 * 1310} * 100 \% = 1,52 \leq 1 \% (1 + w_0) = 2 \nabla$$

$$\frac{T_{xx} * L_{xx}}{M_{xx}} = \frac{3582 * 1230}{9296} = 0,47$$

$$\left(\frac{L}{L_0} \right)^{-1,4} = 0,72$$

$$f_1(N) = \left(1 + 0,12 * \left| \frac{M_d'}{b * L_x} \right| \right)$$

$$\left(\frac{M_d'}{b * L_x} \right) = \left(\frac{1443 * 10^3}{1000 * 1230} \right) = 1,17$$

$$f_1(N) = (1 + 0,12 * 1,17) = 1,14$$

$$\tau_{11} = 0,17 * 1,375 * 2 * (1 + 1,2 * 0,47) * 0,72 * 1,14$$

$$= 0,60 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{12} = 0,45 * (1 + 0,06 * f'_{ch}) * (1 + w_0) * \left(1 + \frac{T_{xx} * L_{xx}}{M_{xx}} \right) * \left(\frac{L}{L_0} \right)^{-1,4} * f_2(N)$$

$$(1 + 0,06 * f'_{ch}) = 3,25$$

$$(1 + w_0) = 2 \nabla$$

$$\left(\frac{T_{xx} * L_{xx}}{M_{xx}} \right) = 0,47$$

$$\left(\frac{L}{L_0} \right)^{-1,4} = 0,72$$

$$f_2(N) = \left(1 + 0,045 * \left| \frac{M_d'}{b * L_x} \right| \right)$$

$$\left| \frac{M_d'}{b * L_x} \right| = 1,17$$

$$f_2(N) = (1 + 0,045 * 1,17) = 1,053$$

$$\tau_{12} = 0,45 * 3,25 * 2 * 0,47 * 0,72 * 1,05$$

$$= 1,04 \text{ N/mm}^2$$

Doornmede 12 (incl. vout)

τ_{12} gereduceerd in vout
reductie factor $(1 - \tan \varphi)$

$$\tan \varphi = 0,048 \leq 1/3$$

$$(1 - \tan \varphi) = 0,952$$

$$\tau_{12} \text{ gereduceerd} = 0,952 \times 1,04 \\ = 0,99 \text{ N/mm}^2$$

τ_{12} maximaal door $\frac{T \times b}{W} = 1,0$

$$\tau_{12} \text{ max} = 0,45 \times 3,25 \times 2 \times 1 + 0,72 \times 1,05 \\ = 2,21 \text{ N/mm}^2$$

De werkelijke optreden de dwarskracht.

reductie is toegestaan zie "11"

$$\tau_{\text{ged}} = 3160 \text{ kN}$$

$$\tau_d = \frac{3160 \times 10^3}{1000 \times 1230} \\ = 2,57 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{eis } \tau_d \leq 0,25 \times f'_{tk} \leq 9 \text{ N/mm}^2$$

$$0,25 \times 30 = 7,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d \leq 7,5$$

voor de horizontale geen τ_d ged.

$$\tau_d = \frac{3581 \times 10^3}{1000 \times 1230} = 2,91 \text{ N/mm}^2 < 7,5 \text{ voldoet}$$

De diverse uitkomsten.

De schuifspanningen in de andere doornedelen zijn op dezelfde wijze berekend als de voorgaande voorbeelden, ze worden niet gegeven in Tabel II 1.

Doornede	τ_{11} M/m ²	τ_{12} M/m ²	$\tau_{12 \text{ ga.}}$ M/m ²	$\tau_{12 \text{ max}}$ M/m ²	τ_{ed} $\leq 7,5 \text{ M/m}^2$	$\tau_{ed \text{ red.}}$
3 'vout'	0,85	3,07	2,60	1,24	1,68	1,68
4 'vout'	0,79	2,25	1,90	1,86	1,49	1,49
5	0,49	0,65	0,65	2,04	0,95	0,95
6	0,10	0,18	0,18	2,04	0,36	0,36
7	0,38	0,12	0,12	2,04	0,24	0,24
8	0,47	0,53	0,53	2,04	0,84	0,84
9	0,68	1,61	1,61	1,94	1,44	1,44
10	2,04	7,88	7,88	2,23	2,03	2,03
11 'vout'	0,74	1,67	1,59	2,23	2,74	2,74
12 'vout' + red.	0,60	1,04	0,99	2,21	2,91	2,57

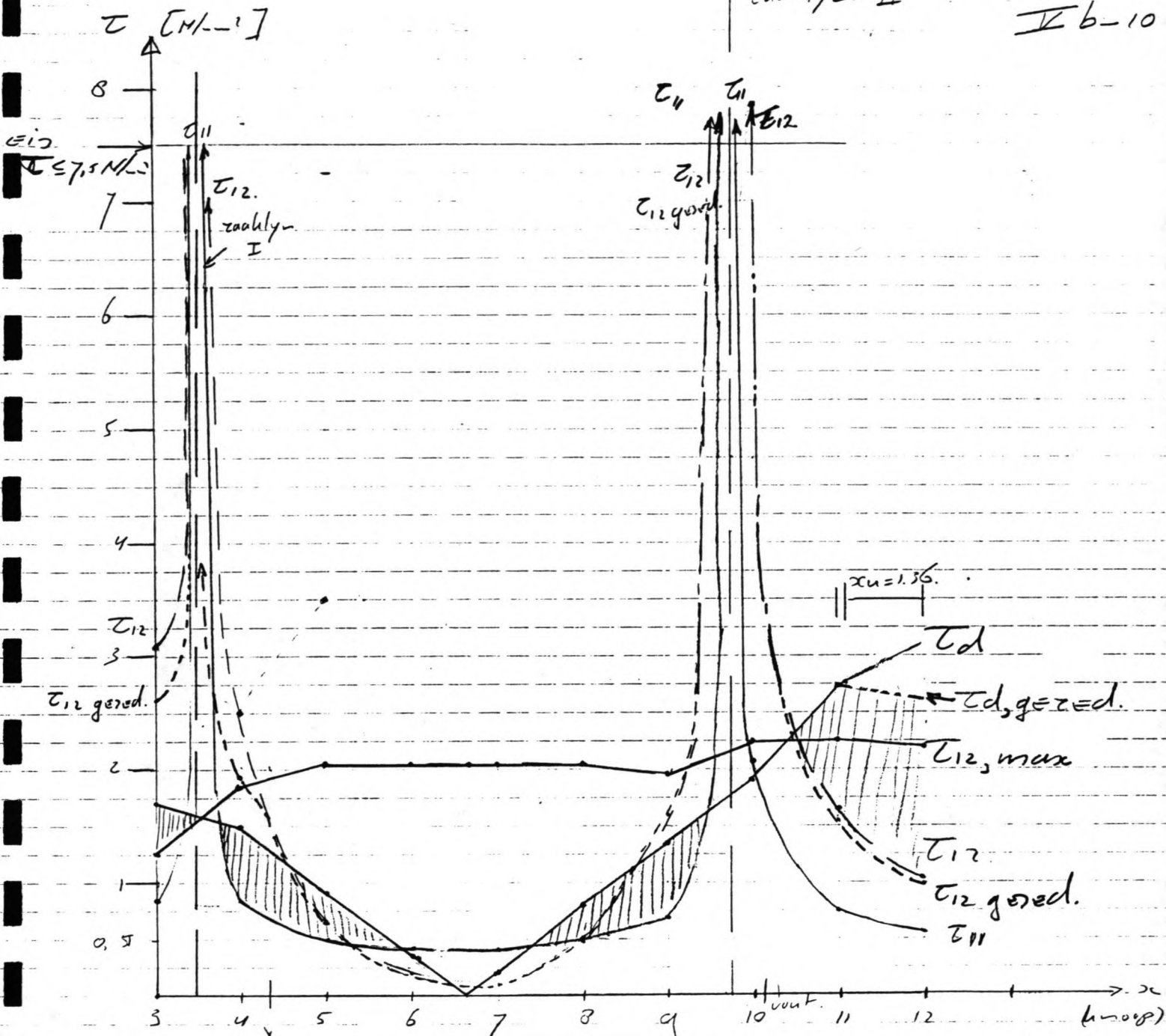
Tabel II 1. Schuifspanningen volgens de THO-IBBC methode uitgaande van de vlakke uitkomsten.

τ_{11} : maatgevende schuifspanning in het veld.

τ_{12} , $\tau_{12 \text{ gered}}$ en $\tau_{12 \text{ max}}$: De laagste waarde van de drie is maatgevend in het geval van een inblikvermindering.

τ_{ed} : Normaal de bovengrens van de benodigde schuifspanning.

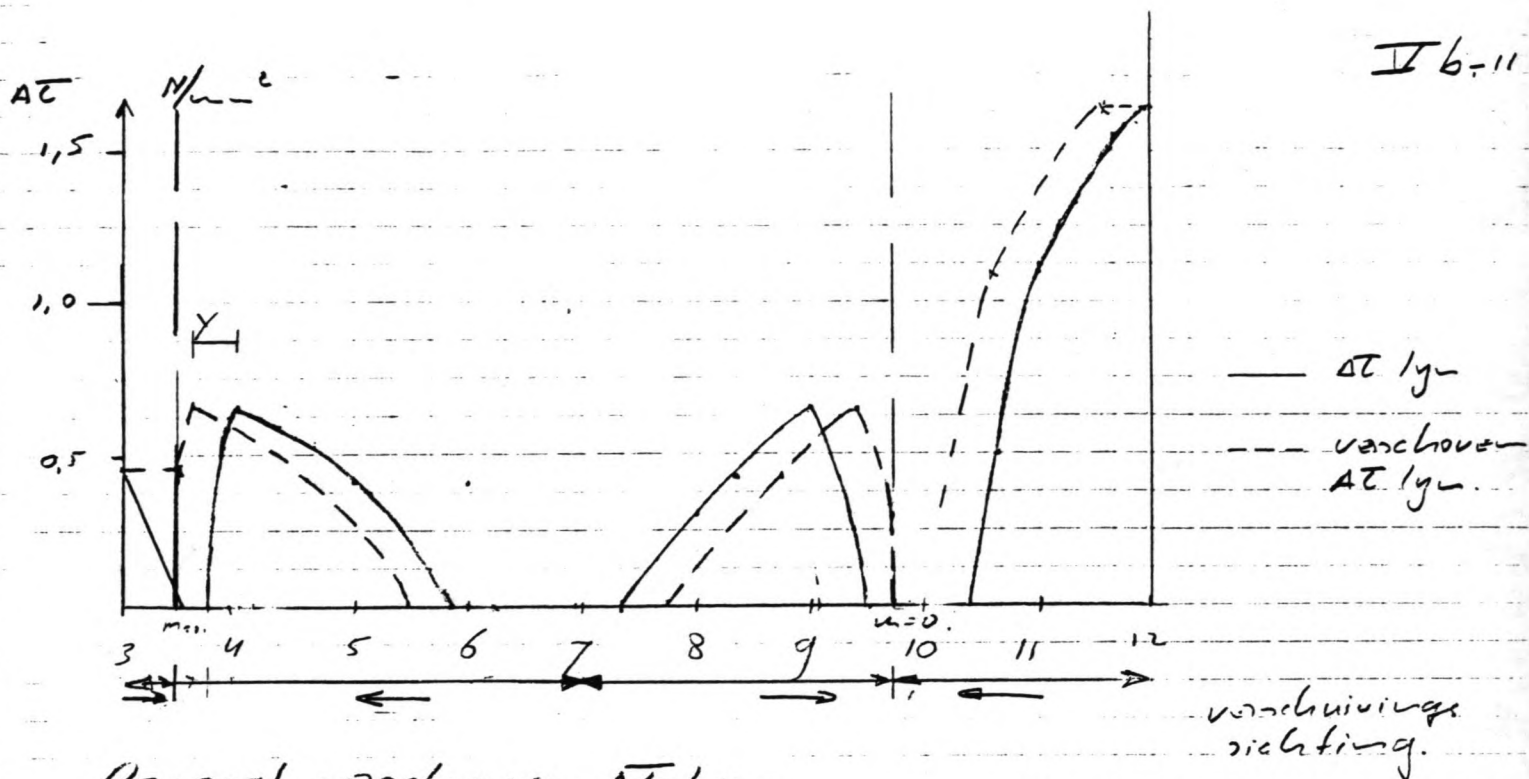
$\tau_{ed \text{ red.}}$: De gereduceerde schuifspanning die afhankelijk is van "x_u". Indien reductie is toegepast, dan is deze waarde maatgevend.



inhib. τ_{12} / absolut. / zakly I τ_{11} absolut τ_{12} absolut / absolut. / zakly II

I
$$\frac{x}{1.47} = \frac{1370}{(1370 + 11649)} \Rightarrow x = 0.67$$

II
$$\frac{x}{1.47} = \frac{709}{(1709 + 12120)} \Rightarrow x = 0.27$$



De niet verschoven AT-lijn

De vorm komt overeen met die van de computerberekening "wamo"

De dekkingslijn is te vinden door de gevonden lijn te verschuiven in de richting van het afnemende moment.
De verschuiving vindt plaats over een zone van $0,5 * h$.

De verschuivingen

lnoop	h	$0,5 * h$	y
3	1420 mm	710 mm	7,2 mm
4	1155 "	578 "	5,9 "
5 t/m 10	1110 "	555 "	5,7 "
11	1142 "	571 "	5,8 "
12	1230 "	615 "	6,3 "

De factor "y" geldt voor de bovenstaande figuur.
De afstand tussen 2 lnoepen is 1470 mm
 $1470 \text{ mm} \approx 15 \text{ mm}$

$$y = \frac{0,5 * h * 15}{1470}$$

Bepaling van de dwarsspanning met de TNO-IGBC methode.

De hand berekende waarden zijn aangehouden.

doornede 3 (dak)

drukbelaste deel τ_{12} minimaal is maatgevend.

$\tau_{12 \text{ max}} = 1,24 \text{ N/mm}^2$. Dit mag nog gereduceerd worden.

$$\tau_{12 \text{ max, red}} = 1,04 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = \tau_{d \text{ gered}} = 1,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \tau = 1,68 - 1,04 = 0,64 \text{ N/mm}^2$$

$$w_f = \frac{1}{0,9 * f_a * (1 \cos \beta + 1 \sin \beta)} * \Delta \tau * 100\%$$

(w_f per m^2 balk)

$$f_a = 400 \text{ N/mm}^2$$

$\beta =$ hoek wapening met de lengter. = 90° .

$$\beta = 90^\circ : w_f = \frac{0,64}{0,9 * 400 * 1,0} * 100\% = 0,175\%$$

doornede 4

In het veld is τ_{11} maatgevend.

$$\tau_{11} = 0,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 1,49 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \tau = \tau_d - \tau_{11} = 0,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = 90^\circ : w_f = \frac{0,70}{0,9 * 400 * 1,0} * 100\% = 0,194\%$$

doorsnede 5

In het veld is τ_{11} maatgevend.

$$\tau_{11} = 0,49 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 0,45 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\tau = \tau_d - \tau_{11} = 0,46 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = 90^\circ : \underline{w_f} = \frac{0,46}{0,9 \times 400 \times 1,0} \times 100\% = \underline{0,128\%}$$

doorsnede 6

In het veld is τ_{11} maatgevend.

$$\tau_{11} = 0,40 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 0,36 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\tau = 0,36 - 0,40 = \text{negatief.}$$

geen buigels benodigd.

doorsnede 7

In het veld is τ_{11} maatgevend.

$$\tau_{11} = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\tau = \tau_d - \tau_{11} = \text{negatief.}$$

geen buigels benodigd.

doorsnede 8

In het veld τ_{11} maatgevend.

$$\tau_{11} = 0,47 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\tau = \tau_d - \tau_{11} = 0,37 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = 90^\circ : \underline{w_f} = \frac{0,37}{0,9 \times 400 \times 1,0} \times 100\% = \underline{0,103\%}$$

doorsnede 9

In het veld τ_{11} maatgevend.

$$\tau_{11} = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 1,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\tau = \tau_d - \tau_{11} = 0,76 \text{ N/mm}^2$$

$$P=90^\circ : \text{WF} = \frac{0,76}{0,9 \times 400 \times 1,0} \times 100\% = 0,21\%$$

doorsnede 10

drukbelaste deel τ_{12} minimaal maatgevend.

$$\tau_{12 \text{ min}} = 2,23 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 2,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\tau = \tau_d - \tau_{12} = \text{negatief.}$$

geen dwarskracht wapening nodig.

doorsnede 11

drukbelaste deel τ_{12} minimaal maatgevend.

$$\tau_{12 \text{ min}} = 3,59 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 2,74 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\tau = \tau_d - \tau_{12} = 1,15 \text{ N/mm}^2$$

$$P=90^\circ : \text{WF} = \frac{1,15}{0,9 \times 400 \times 1,0} \times 100\% = 0,319\%$$

doorsnede 12

druk belaste deel τ_{12} minimaal maatgevend.

$$\tau_{12} = 0,99 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 2,57 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\tau = \tau_d - \tau_{12} = 1,58 \text{ N/mm}^2$$

$$P=90^\circ : \text{WF} = \frac{1,58}{0,9 \times 400 \times 1,0} \times 100\% = 0,44\%$$

Vergelykende uitvoer dwarskracht.

Bladzijde nr. 1

bylage II c, -1

**** WAPRO -- invoergegevens ****

Auteur: G.M. Wolsink

versie 1.1

-- DAK C H=1.19 D=.08 B37.5 FEB400 --

**** Ligger op twee steunpunten ****

Lengte balk [m] = 13.23

Breedte balk [m] = 1

Totale hoogte balk [m] = 1.19

Betondekking bovenzijde [m] = .08

Betondekking onderzijde [m] = .08

Hoogte balk ter linker zijde [m] (X=0) = 1.5

Afstand beeindiging vout tot 'X=0' [m] = 2

Hoogte balk ter rechter zijde [m] (X=L) = 1.31

Afstand beeindiging vout tot 'X=0' [m] = 10.65

Tekens moment als volgt: kromming BOL '/\' moment NEGATIEF

: kromming balk HOL '\/' moment POSITIEF

Moment links [kN.m] = -1370

Moment rechts [kN.m] = -9296

Tekens normaalkracht als volgt: trek is positief -- druk is negatief

Normaalkracht links [kN] = -1457

Normaalkracht rechts [kN] = -1443

Volumieke massa beton [kg/m³] = 0

**** STAAFBELASTINGEN ****

Belasting nr. 1

**** Verdeelde belasting ****

Grootte 'q' links [kN/m] = 451.2

Grootte 'q' rechts [kN/m] = 451.2

Betonkwaliteit: B 37,5

Staalkwaliteit: FeB 400

Hoek beugels en liggeras = 90 graden

**** WAPENING ****

Plaats [m]	onder [mm ²]	boven [mm ²]
0.00	3217	1963
0.66	3217	1963
1.32	8244	1963
1.98	8244	1963
2.65	9852	1963
3.31	9852	1963

IV C - 2

3.97	9852	1963
4.63	9852	1963
5.29	9852	1963
5.95	9852	1963
6.61	9852	1963
7.28	9852	1963
7.94	8244	1963
8.60	8244	1963
9.26	8244	4825
9.92	3217	19904
10.58	3217	19904
11.25	3217	19904
11.91	3217	19904
12.57	3217	19904
13.23	3217	19904

**** WAPRO -- uitvoer ****

IC-3

*** NIET VERSCHOVEN DWARSKRACHTEN EN MOMENTEN ***

Plaats [m]	Dwarskracht [kN]	Moment [kN.m]
0.00	2.386E+03	-1.370E+03
0.66	2.087E+03	1.094E+02
1.32	1.789E+03	1.391E+03
1.98	1.490E+03	2.476E+03
2.65	1.192E+03	3.363E+03
3.31	8.933E+02	4.052E+03
3.97	5.948E+02	4.545E+03
4.63	2.963E+02	4.839E+03
5.29	-2.156E+00	4.937E+03
5.95	-3.006E+02	4.836E+03
6.61	-5.991E+02	4.539E+03
7.28	-8.976E+02	4.044E+03
7.94	-1.196E+03	3.351E+03
8.60	-1.494E+03	2.461E+03
9.26	-1.793E+03	1.374E+03
9.92	-2.091E+03	8.939E+01
10.58	-2.390E+03	-1.393E+03
11.25	-2.688E+03	-3.072E+03
11.91	-2.987E+03	-4.950E+03
12.57	-3.285E+03	-7.024E+03
13.23	-3.584E+03	-9.296E+03

Min. dwarskracht = -3.584E+03
 Max. dwarskracht = 2.386E+03
 Min. moment = -9.296E+03
 Max. moment = 4.937E+03

*** AFGESNOTEN DWARSKRACHT EN OVER 'h' VERSCHOVEN MOMENT ***

IC-4

Plaats [cm]	Dwarskracht [kN]	Moment [kN.m]	
0.00	2.117E+03	1.509E+03	-1.370E+03
0.66	2.087E+03	2.476E+03	-1.370E+03
1.32	1.789E+03	3.201E+03	-1.058E+03
1.98	1.490E+03	3.866E+03	
2.65	1.192E+03	4.418E+03	
3.31	8.933E+02	4.772E+03	
3.97	5.948E+02	4.928E+03	
4.63	2.963E+02	4.936E+03	
5.29	-2.156E+00	4.936E+03	
5.95	-3.006E+02	4.936E+03	
6.61	-5.991E+02	4.927E+03	
7.28	-8.976E+02	4.768E+03	
7.94	-1.196E+03	4.411E+03	
8.60	-1.494E+03	3.857E+03	
9.26	-1.793E+03	3.105E+03	-9.274E+02
9.92	-2.091E+03	2.156E+03	-2.548E+03
10.58	-2.390E+03	1.009E+03	-4.366E+03
11.25	-2.688E+03	-6.381E+03	
11.91	-2.957E+03	-8.826E+03	
12.57	-2.957E+03	-9.296E+03	
13.23	-2.957E+03	-9.296E+03	

IC-5

*** BENODIGDE DWARSKRACHT-WAPENING ***

Plaats	wapeningspercentage	aantal mm ² per m' balk	bezwijkmechanisme
0.00	0.119	1194	shear-compression
0.66	0.151	1506	diagonal-tension
1.32	0.201	2014	diagonal-tension
1.98	0.158	1577	diagonal-tension
2.65	0.103	1032	diagonal-tension
3.31	0.042	416	diagonal-tension
3.97	0.000	0	
4.63	0.000	0	
5.29	0.000	0	
5.95	0.000	0	
6.61	0.000	0	
7.28	0.043	425	diagonal-tension
7.94	0.104	1041	diagonal-tension
8.60	0.170	1704	diagonal-tension
9.26	0.208	2081	diagonal-tension
9.92	0.164	1638	diagonal-tension
10.58	0.055	546	shear-compression
11.25	0.277	2772	shear-compression
11.91	0.350	3498	shear-compression
12.57	0.386	3864	shear-compression
13.23	0.389	3889	shear-compression

** DWARSKRACHT: BESCHIKBARE CAPACITEIT - OPTREDENDE SCHUIFSPANNINGEN ** *IC-1*

Plaats	tau11	tau12	optredende tau (afgesnoten)	tau wapening	tau wapening (verschoven)
[cm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
0.00	0.855	1.061	1.491	0.430	0.430
0.66	1.164	1.164	1.584	0.420	0.542
1.32	0.930	1.576	1.472	0.542	0.725
1.98	0.612	1.100	1.340	0.727	0.568
2.65	0.542	0.829	1.074	0.532	0.371
3.31	0.476	0.516	0.805	0.329	0.150
3.97	0.432	0.306	0.536	0.104	0.000
4.63	0.398	0.143	0.267	0.000	0.000
5.29	0.368	0.001	0.002	0.000	0.000
5.95	0.398	0.145	0.271	0.000	0.000
6.61	0.433	0.309	0.540	0.107	0.000
7.28	0.477	0.519	0.809	0.332	0.153
7.94	0.501	0.771	1.078	0.576	0.375
8.60	0.614	1.311	1.346	0.732	0.613
9.26	0.930	1.945	1.615	0.685	0.749
9.92	1.440	1.440	1.884	0.444	0.590
10.58	1.281	2.233	2.153	0.000	0.197
11.25	0.852	2.116	2.363	0.247	0.998
11.91	0.715	1.497	2.531	1.034	1.259
12.57	0.645	1.189	2.466	1.277	1.391
13.23	0.603	1.004	2.404	1.400	1.400

**** WAPRO -- GRAFIEKEN ****

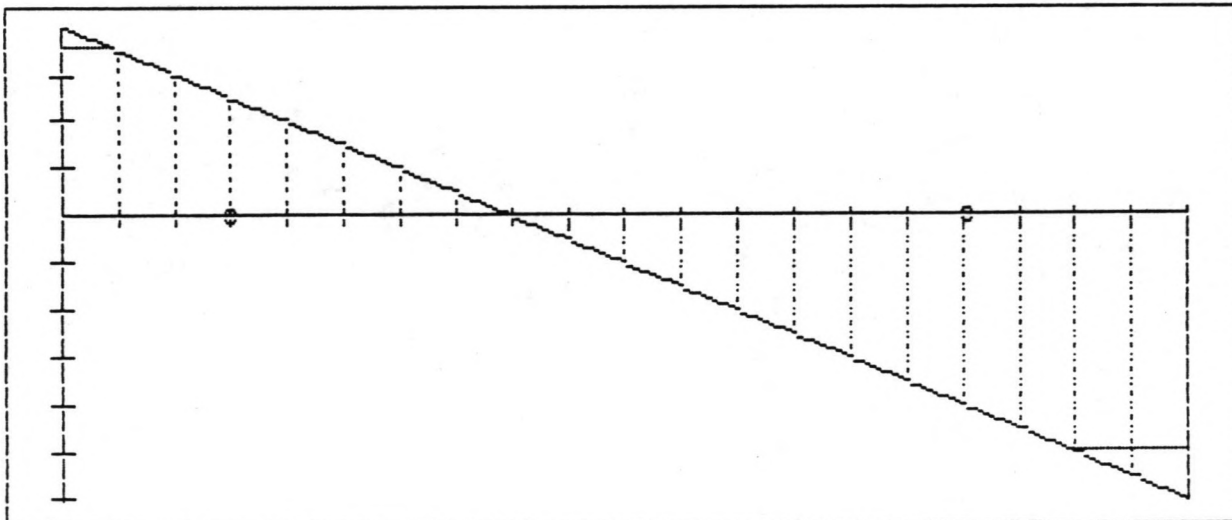
VC-7

Het teken '0' geeft de overgang van de vout naar het prismatische deel weer.

*** DWARSKRACHTENLIJN (met eventuele afsnuitingen) [kN] ***

Horizontaal schaaldeel: 0.661E+00 [m]

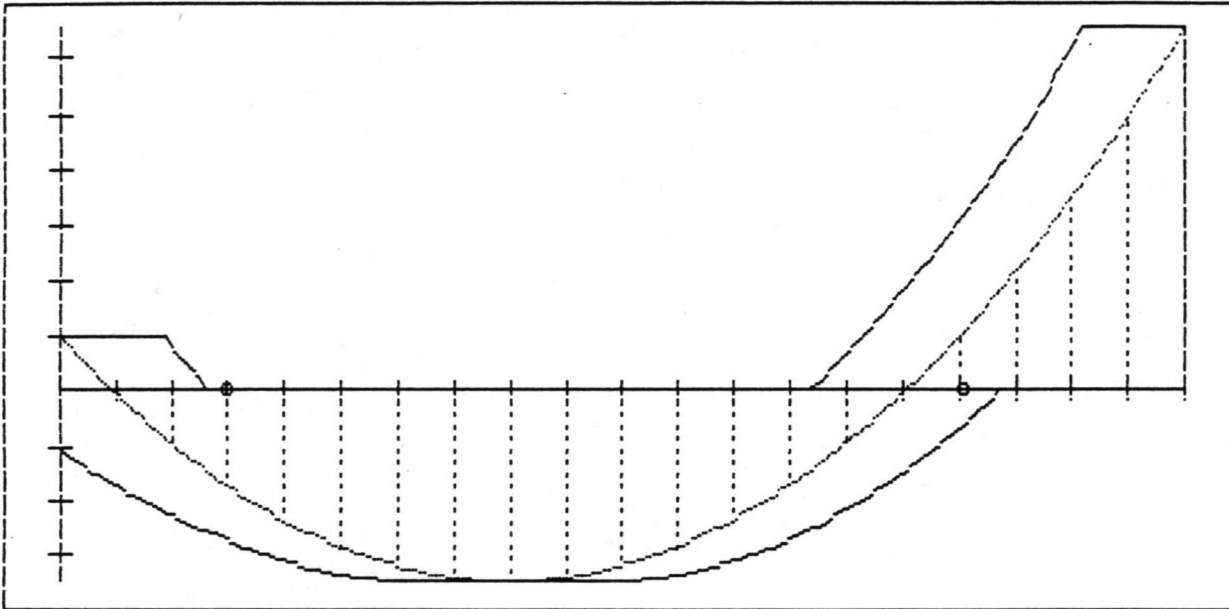
Verticaal schaaldeel: 0.597E+03



*** MOMENTENLIJNEN (incl. verschuivingen over -h-) [kN.m] ***

IC-8

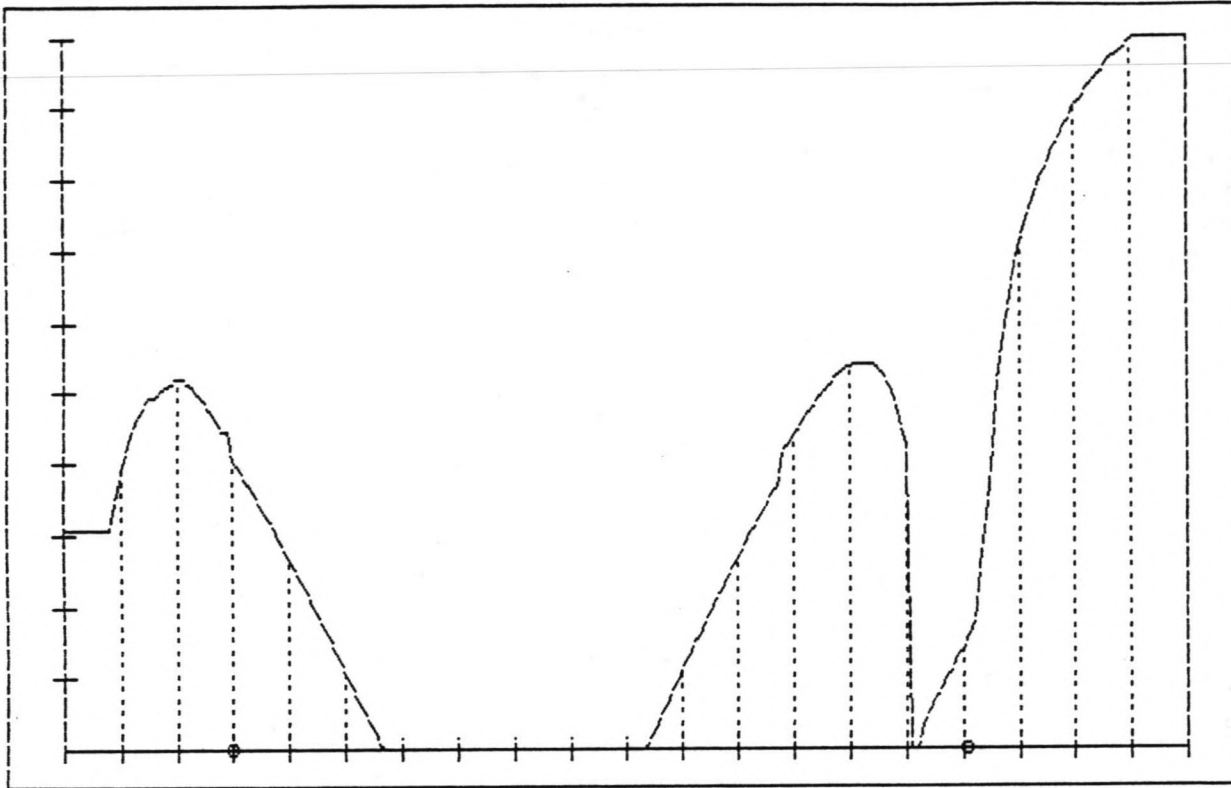
Horizontaal schaaldeel: 0.661E+00 [m]
Verticaal schaaldeel: 0.142E+04



*** BENODIGDE DWARSKRACHTWAPENING [mm²/m'] ***

IC-9

Horizontaal schaaldeel: 0.661E+00 [m]
Verticaal schaaldeel: 0.389E+03

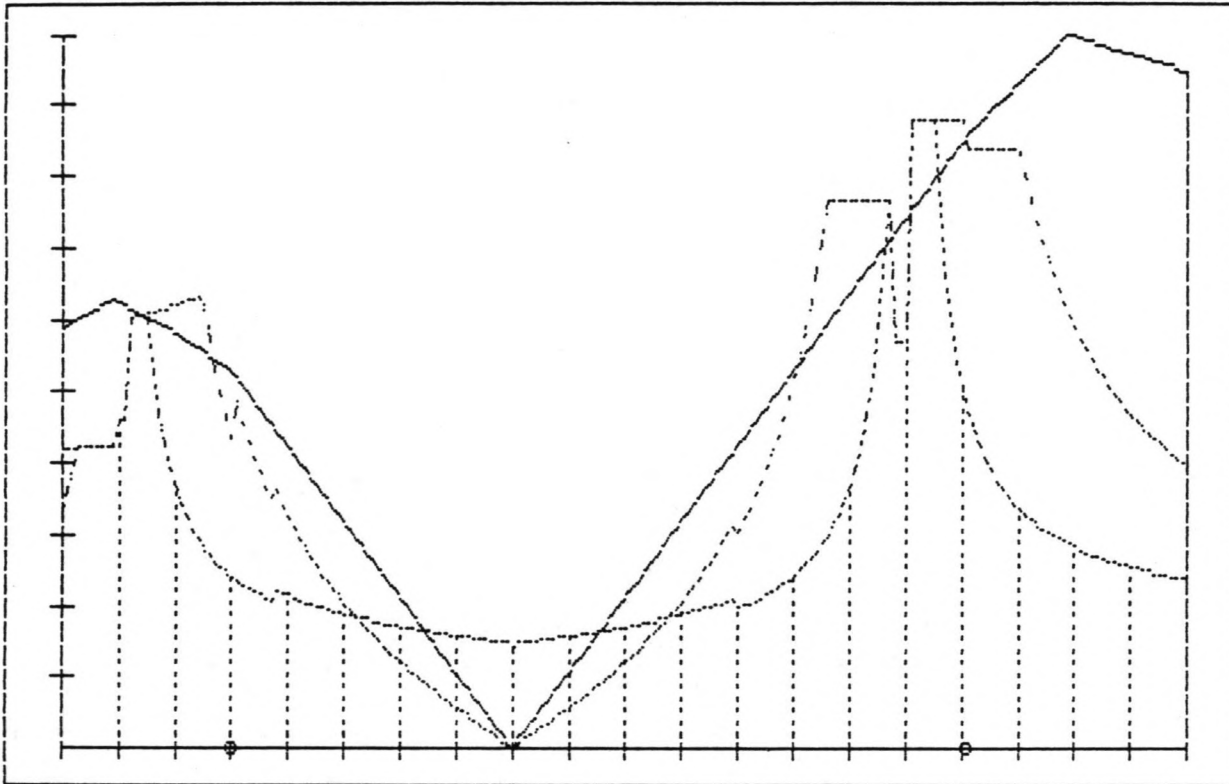


*** TAU-LIJNEN [N/mm²] ***

gestippelde lijnen zijn TAU11- en TAU12 lijnen
TAU11 lijn= lijn aansluitend aan verticale schaallijnen.
getrokken lijn is optredende TAU

Horizontaal schaaldeel: 0.661E+00 [m]

Verticaal schaaldeel: 0.254E+00

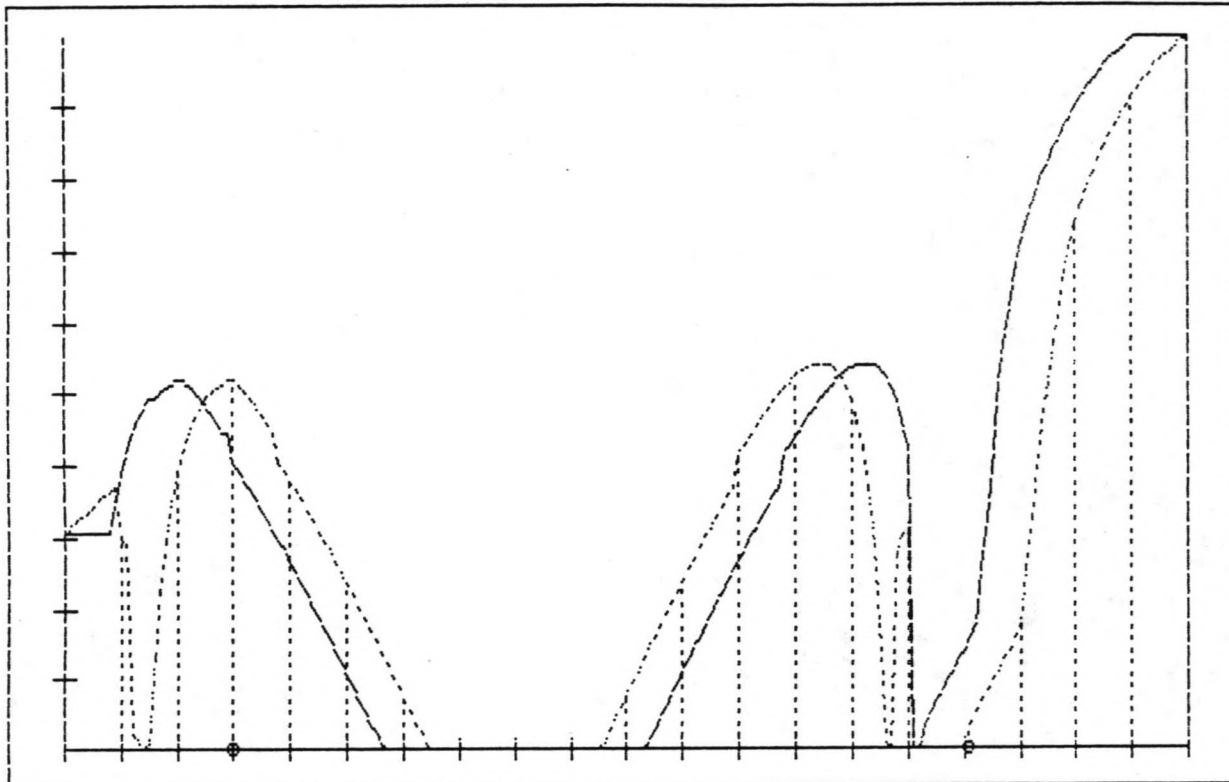


*** TAU - WAPENING [N/mm²] ***

IC-11

gestippelde lijnen= niet verschoven
getrokken lijn= wel verschoven

Horizontaal schaaldeel: 0.661E+00 [m]
Verticaal schaaldeel: 0.140E+00



II d De dwarskracht volgens de VB'84.

Dat:

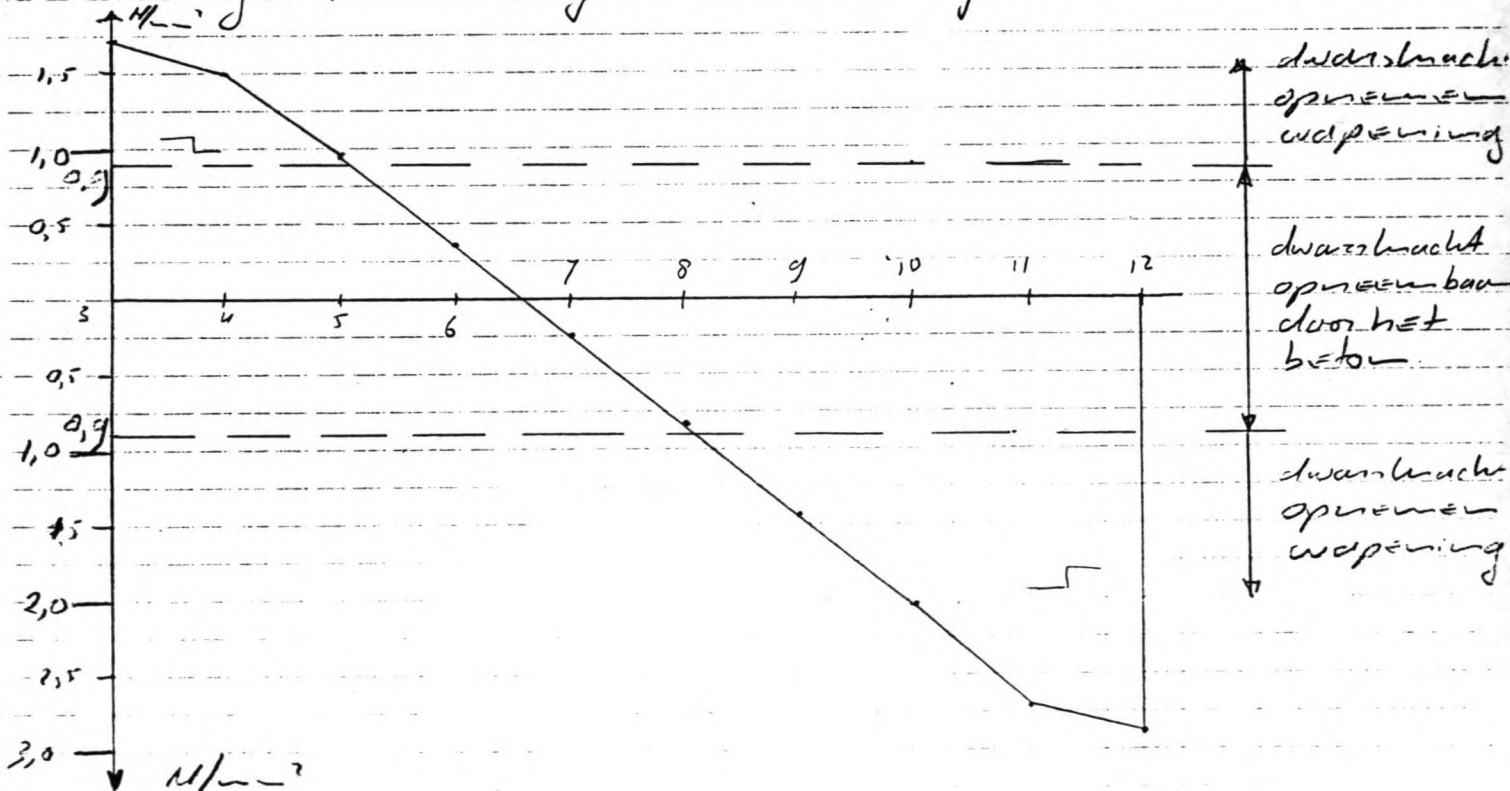
De schuifspanning die optreedt is $\tau_d = \frac{T_x}{b h_x}$.

By de TMO-IRBC methode zijn deze al bepaald. (zie tabel II 2)

Doornedie	τ_d	opv.
2	1,68	vout
4	1,49	vout
5	0,95	
6	0,56	
7	- 0,24	
8	- 0,84	
9	- 1,44	
10	- 2,03	
11	- 2,74	vout
12	- 2,91	vout

Tabel II 2.

Dit geeft de volgende τ_d lijn



In artikel E-504.2.1 wordt gesteld dat

$$\tau_1 = 0,5 f_b$$

τ_1 = de door het beton op te nemen schuifspanning
 f_b = de beton treksterkte volgens A-204.5.2.

Voor B37^f geldt $f_b = 1,8 \text{ N/mm}^2$.

" τ_1 " wordt nu: $\tau_1 = 0,9 \text{ N/mm}^2$.

Het verschil tussen " τ_d " en " τ_1 " ($= \Delta \tau_d$) moet door buigwepening of door opgebogen staven opgenomen worden.

Optiesamen door wepening is weergegeven in tabel II 3

Doornede	τ_d [N/mm ²]	τ_1 [N/mm ²]	$\Delta \tau_d$ [N/mm ²]	opmerking:
3	1,68	0,9	0,78	dw. wap.
4	1,49	0,9	0,59	dw. wap.
5	0,95	0,9	0,05	dw. wap.
6	0,36	0,9	-0,54	geen wap.
7	(-) 0,24	0,9	-0,66	geen wap.
8	(-) 0,34	0,9	-0,26	geen wap.
9	(-) 1,44	0,9	0,54	dw. wap.
10	(-) 2,03	0,9	1,13	dw. wap.
11	(-) 2,74	0,9	1,84	dw. wap.
12	(-) 2,91	0,9	2,01	dw. wap.

Tabel II 3

Het kan zijn dat de " $\Delta \tau_d$ " erg groot wordt. Om nu erin te hoeven komen dwarswacht wepening te voorkomen is er een bovengrens gesteld.

Volgens artikel E-504.1c geldt.

$$\tau_d = \frac{T_d}{bh} \leq \tau_2 \quad \text{en} \quad \tau_2 = 0,25 f'_{bh}$$

τ_2 = maximale optredende schuifspanning.
 f'_{bh} = karakteristieke beton treksterkte

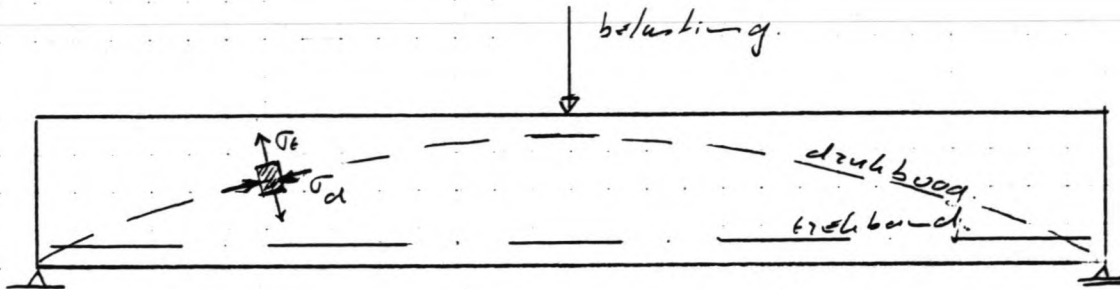
Volgens art A-202.5.1 geldt $f'_{bh} = 20 \text{ N/mm}^2$ voor B37^f

$$\tau_2 = 7,5 \text{ N/mm}^2$$

Alle doorneden voldoen aan deze eis.

De hoeveelheid wapening wordt bepaald via de valwaa-analogie.

Het principe daarvan is als volgt.



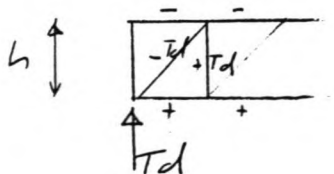
Door de belasting ontstaat een "trekband" aan de onderzijde en een "drukboog" die de belasting afdraagt. Loodrecht op de drukboog ontstaan trekspanningen. Om die spanningen op te nemen worden buigels aangebracht. Indien de belasting gering is dan kan het beton zelf de dwarskracht opnemen.

De op te nemen kracht " T_d " $= \Delta T_d + b \cdot h$

De trekspanningen kunnen door buigels onder 45° of onder 90° opgenomen worden.

By buigels wordt ervan uitgegaan dat de buigels loodrecht op de hoofelwapening staan dan 90° . De reden daarvoor is dat door het nazakken van beton bij schieve buigels, of opgebogen wapening, een keldwag kan ontstaan. De waterdichtheid van de constructie komt dan in gevaar.

Afleiding van de formule.



De kracht " T_d " moet opgenomen worden door de buigels.

algemeen geldt: $\sigma = \frac{F}{A}$

stel bgl op afstand "z"

De hoeveelheid dwarskrachtwapening per diagonaal

$$A_d = \frac{T_d}{f_a} \quad \text{per h.o.h afstand van de buigels}$$

De hoeveelheid wapening per lengte eenheid

$$A_s = A_d * \frac{1}{z} = \frac{T_d}{f_a} * \frac{1}{z}$$

De totale wapening over een lengte groot y * de lengte eenheid geeft.

$$A_s = \frac{T_d}{f_a} * \frac{1}{z} * y \quad \text{wapening bij puntlast}$$

Bij een o-last halveert de dwarskrachten. De totale hoeveelheid buigel wapening halveert dan eveneens.

De formules zijn om te zetten naar verschillende hoeken tussen hoofd- en buigel wapening door de factor $(1/(\cos \alpha + \sin \alpha))$ toe te voegen.

Resultierend geeft dit:

$$A_s = \frac{T_d}{f_a} * \frac{1}{z} * y * \frac{1}{|\cos \alpha + \sin \alpha|}$$

Met wapeningspercentage in een doorsnede

Per eenheid geldt:

$$\frac{A_s}{z} = \frac{\Delta T_d * b * h}{f_a} * \frac{1}{z} * \frac{1}{|\cos \alpha + \sin \alpha|}$$

$$w_f = \frac{(A_s/z)}{b * h^*} * 100\%$$

h^* = groot balk van 1 eenheid

combineren geeft

$$\frac{w_f * b * h^*}{100} = \frac{\Delta T_d * b * h}{f_a} * \frac{1}{z} * \frac{1}{|\cos \alpha + \sin \alpha|}$$

Stel "z" = 0,9h als tussentijdstand van de beugel.

$$\frac{w_f \cdot b \cdot l}{100} = \frac{\Delta T d \cdot b \cdot h}{f_a} \cdot \frac{1}{0,9h} \cdot \frac{1}{(|\cos x| + |\sin x|)}$$

dit resulteert in:

$$w_f = \frac{\Delta T d}{0,9 f_a} \cdot \frac{100}{(|\cos x| + |\sin x|)} \%$$

Deze formule is gelijk aan de formule van TMO-IBBC. De gevonden w_f 's zijn vergelijkbaar.

Met de " $\Delta T d$ " uit de tabel wordt nu de wapening in de diverse doorneden bepaald.

$$FEB 400 \Rightarrow f_a = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = 90^\circ \Rightarrow |\cos x| = 0 \text{ en } |\sin x| = 1$$

$$\text{overblijft. } w_f = \frac{\Delta T d}{360} \cdot 100\%$$

$$A_a = \frac{w_f \cdot b \cdot h^*}{100}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h^* = 1000 \text{ mm}$$

De wapeningpercentages zijn weergegeven in tabel V.4

doornede	$\Delta T d$ [N/mm ²]	w_f [%]	A_a [mm ²]
3	0,78	0,217	2170
4	0,59	0,163	1630
5	0,05	0,014	139
6	—	—	0
7	—	—	0
8	—	—	0
9	0,54	0,150	1500
10	1,13	0,314	3139
11	1,84	0,511	5111
12	2,01	0,558	5583

Tabel V.4.

Bijlage VI Voorgespannen beton

VI a. Oorspronkelijk Noord-profiel

Algemene werkwijze berekeningen:

- * kies een kabelverloop.
- * bereken met de formules (1) t/m (5) de afstanden waarover de q -lasten werken en de grootte ervan.
- * breng de gevonden q -lasten evenals puntlasten en momenten in een vlasko-rim als belastingen aan voor een eenheidslast $P_0 = 1000 \text{ kN}$. X heeft dan de waarde 1. Dimensies $[\text{kN}]$ en $[\text{m}]$.

De te gebruiken formules zijn:

$$l_1 = \frac{-2l \pm \sqrt{4l^2 - 4 \cdot \frac{e_2}{e_1} \cdot (2R(e_1 + e_2) - l^2)}}{2 \cdot \frac{e_2}{e_1}} \quad (1)$$

$$l_2 = \frac{l - l_1}{1 + \frac{2R \cdot e_1}{e_1^2}} \quad (2)$$

$$e = \frac{l^2}{2R} \quad \text{of} \quad R = \frac{l^2}{2e} \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{2e_1}{l_1} \quad (4)$$

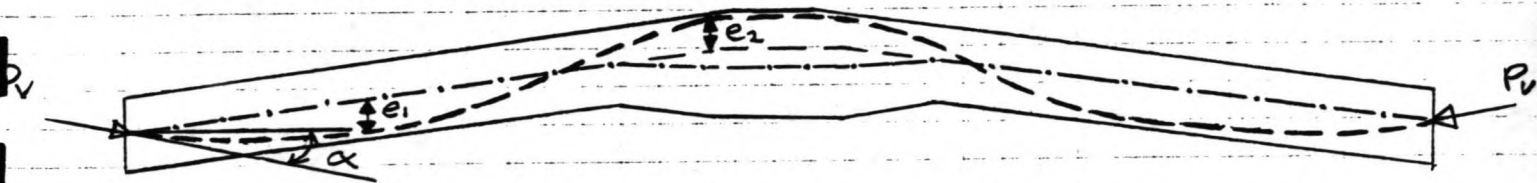
$$q_x = \frac{P}{R_x} \quad \text{met } x = 1, 2 \text{ of } 3 \quad (5)$$

Eerst wordt het dak beschouwd. Het vermoeden bestaat dat in het dak een grote voorspankracht nodig is (groot moment \textcircled{M}). In verband met de uitvoerbaarheid wordt de voorspankabel aan de balkuiteinden dan ook centrisch geplaatst. Ter plaatse van het veld \textcircled{V} en middensteunpunt \textcircled{M} wordt de kabel zo excentrisch mogelijk gelegd. Daardoor

wordt een maximale voorspanbelasting loodrecht op de balk gemobiliseerd. In de onderstaande figuur 1 is het kabelverloop in het dak weergegeven.

$e_1 = 0.415 \text{ m}$
$e_2 = 0.415 \text{ m}$

--- = as constructie
 - - - = kabelverloop

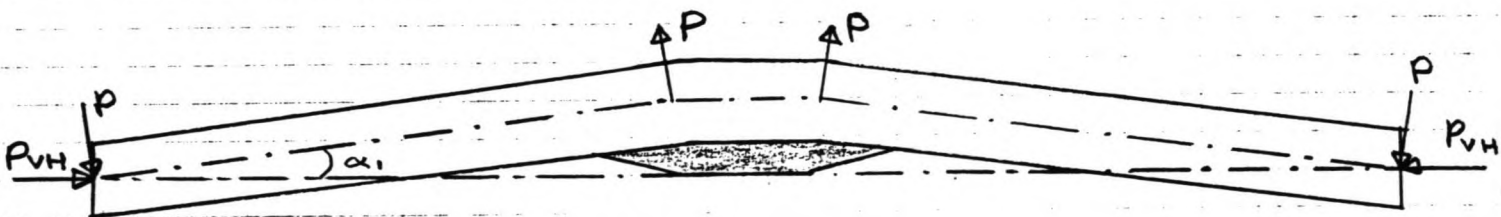


figuur 1: kabelverloop dak.

De krachtwerking op het dak wordt nu nader beschouwd:

- a. puntlasten door geknikt kabelverloop. In figuur 2 zijn de puntlasten aangegeven. Met $\sin \alpha = 0.0212$ volgt:

$$P = P_{vH} \times \sin \alpha = 0.0212 \times P_{vH}$$



figuur 2: invloed geknikt kabelverloop.

- b. puntlasten door verandering van de doorsnede, zie gearceerd gedeelte in figuur 2. Deze invloed wordt verwaarloosd. In de computerberekening is het dak al geschematiseerd tot een ligger met overal dezelfde hoogte.

c. puntlasten aan uiteinden liggen door voorspanning.

Met α als aangegeven in figuur 1, volgt:

$$\alpha = \frac{2e_1}{l_1} = 0.1593 \text{ rad, zodat}$$

$$P_{VV} = P_V \cdot \sin \alpha = 158.6 \cdot 10^{-3} P_V$$

$$P_{VH} = P_V \cdot \sin \alpha = 987.3 \cdot 10^{-3} P_V$$

d. kopmomenten aan uiteinden liggen door voorspanning.

Door de centrische plaatsing van de kabel aan de liggeruiteinden zijn kopmomenten afwezig.

e. q -lasten door voorspanning.

Met de gegeven waarden:

$$e_1 = 0.415 \text{ m.} \quad R_{\min} = 6 \text{ m (straal tegenboog).}$$

$$e_2 = 0.415 \text{ m.} \quad l = 13.23 \text{ m}$$

volgt, gebruikmakend van formule (1), (2) en (3).

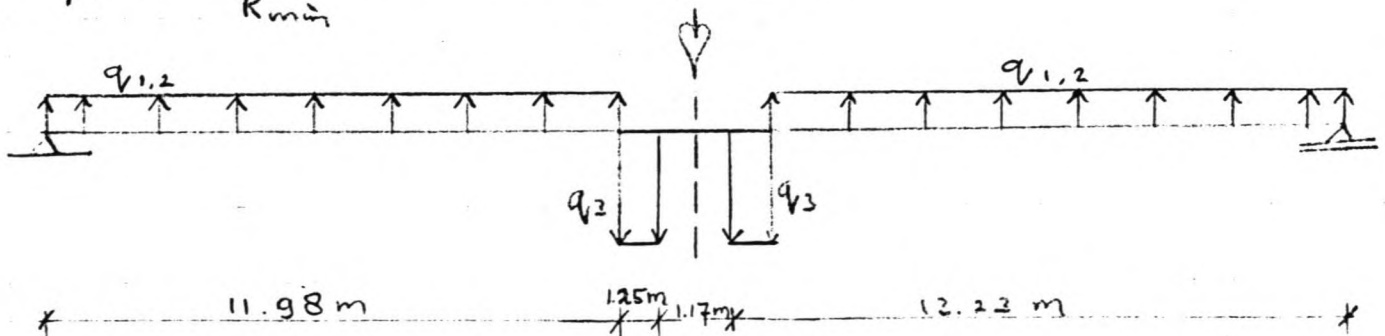
$$\left. \begin{array}{l} l_1 = 5.21 \text{ m} \\ l_2 = 6.77 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow R = 32.7 \text{ m}$$

$$l_3 = 1.25 \text{ m}$$

Dit levert als q -lasten, zie figuur 3:

$$q_{1,2} = \frac{P}{R} = -0.0306 \cdot P_V \uparrow$$

$$q_3 = \frac{P}{R_{\min}} = 0.1667 \cdot P_V \downarrow$$



figuur 3: Verdeling q -lasten door voorspanning

Voor de vloer, is de werkwijze hetzelfde als voor het dak. Alleen zijn er meer variatiemogelijkheden.

Er wordt gekracht een zo groot mogelijke voorspanbelasting loodrecht op de balk te introduceren.

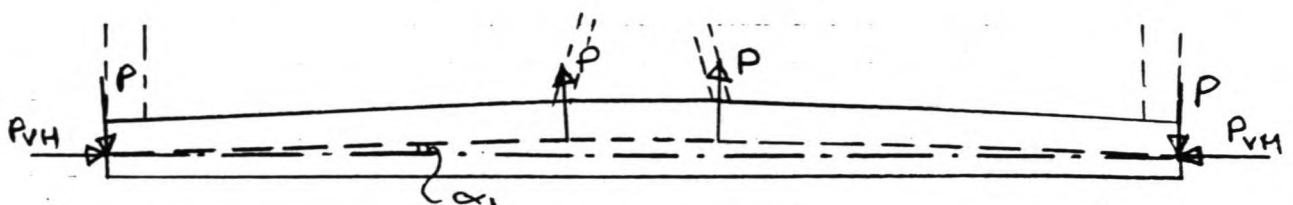
Dit kan worden bereikt door:

- * centrische plaatsing op het liggeruiteinde en grote excentriciteit ter plaatse van het "middensteunpunt".
- * excentrische plaatsing op het liggeruiteinde en geringe excentriciteit ter plaatse van het "middensteunpunt".
- * variantoplossingen die het midden houden tussen beide voornoemde kabelverlopen.

Er wordt geprobeerd om het momentenverloop door de voorspanning zoveel mogelijk in overeenstemming te brengen met het momentenverloop door de gebruiksbelasting.

De krachtswerking op de vloer kan als volgt worden opgesplitst:

- a. puntlasten door geknikt kabelverloop. In figuur 4 is deze krachtswerking aangegeven. Met $\sin \alpha_1 = 0.0106$, volgt $P = P_{vH} \times \sin \alpha_1 = 0.0106 \times P_{vH}$.



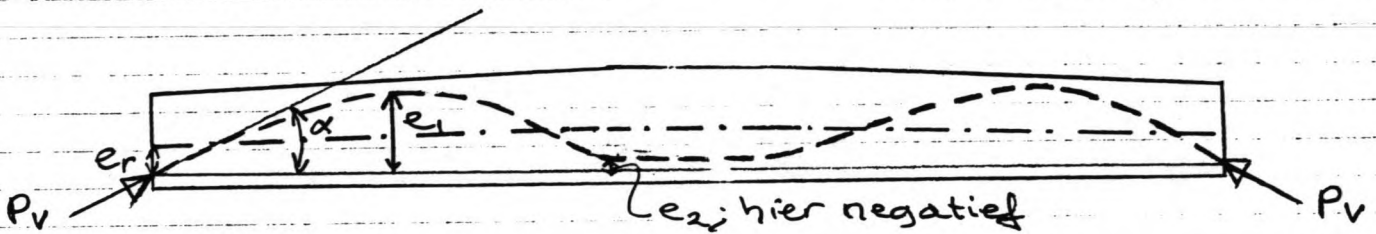
figuur 4 : puntlasten door geknikt kabelverloop

b. q -lasten door voorspanning.

Er worden een aantal varianten voor het kabelverloop doorgerkend, aangegeven als geval 21, 22, 23 en 24.

In figuur 5 is het algemene kabelverloop weergegeven.

--- = kabelverloop
 -.-.- = aslijn constructie



figuur 5: kabelverloop vloer

De beschouwde varianten zijn:

geval 21: $e_r = 0$
 $e_1 = 0.7 \text{ m}$
 $e_2 = 0.76 \text{ m}$

\Rightarrow

$l_1 = 4.97 \text{ m}$
 $l_2 = 6.20 \text{ m}$
 $l_3 = \frac{2.10 \text{ m}}{13.27 \text{ m}} \Rightarrow q_3 = -0.1667 P_v \uparrow$

$\Rightarrow q_{1,2} = 0.0567 P_v \downarrow$

geval 22: $e_r = 0.40 \text{ m}$
 $e_1 = 0.70 + 0.40 = 1.10 \text{ m}$
 $e_2 = 0.76 - 0.40 = 0.36 \text{ m}$

\Rightarrow

$l_1 = 5.59 \text{ m}$
 $l_2 = 5.40 \text{ m}$
 $l_3 = \frac{2.28 \text{ m}}{13.27 \text{ m}} \Rightarrow q_3 = -0.1667 P_v \uparrow$

$\Rightarrow q_{1,2} = 0.0704 P_v \downarrow$

geval 23: $e_r = 0.20 \text{ m}$
 $e_1 = 0.70 + 0.20 = 0.90 \text{ m}$
 $e_2 = 0.38 - 0.20 = 0.18 \text{ m}$

\Rightarrow

$l_1 = 4.66 \text{ m}$
 $l_2 = 5.75 \text{ m}$
 $l_3 = \frac{2.86 \text{ m}}{13.27 \text{ m}} \Rightarrow q_3 = -0.1667 P_v \uparrow$

$\Rightarrow q_{1,2} = 0.0029 P_v \downarrow$

$$\begin{array}{l}
 \text{geval 21: } e_r = 0.40 \text{ m} \\
 e_1 = 0.70 + 0.40 \\
 \quad = 1.10 \text{ m} \\
 e_2 = 0.20 - 0.40 \\
 \quad = -0.20 \text{ m}
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} l_1 = 6.52 \text{ m} \\ l_2 = 5.15 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow q_{1,2} = 0.0518 P_V \downarrow \\
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \Rightarrow l_3 = \frac{1.60 \text{ m}}{13.27 \text{ m}} \Rightarrow q_3 = -0.1667 P_V \uparrow$$

c. } puntlasten en kopmomenten op liggeruiteinden.
d. }

Met $\alpha = \frac{2e}{e_1}$, zie figuur 5, volgt voor:

$$\text{geval 21: } P_{VH} = P_V \cdot \cos \alpha = 963.4 \times 10^{-3} P_V$$

$$P_{VV} = P_V \cdot \sin \alpha = 271.3 \times 10^{-3} P_V$$

$$M = P_{VH} \cdot e_r = 0$$

$$\text{geval 22: } P_{VH} = 927.4 \times 10^{-3} P_V$$

$$P_{VV} = 374.6 \times 10^{-3} P_V$$

$$M = 369.6 \times 10^{-3} P_V$$

$$\text{geval 23: } P_{VH} = 929.3 \times 10^{-3} P_V$$

$$P_{VV} = 368.6 \times 10^{-3} P_V$$

$$M = 185.2 \times 10^{-3} P_V$$

$$\text{geval 24: } P_{VH} = 946.9 \times 10^{-3} P_V$$

$$P_{VV} = 322.4 \times 10^{-3} P_V$$

$$M = 377.6 \times 10^{-3} P_V$$

Invoeren van de gegevens levert voor de vloer de resultaten in tabelvorm weergegeven op de volgende bladzijde.

Resultaten diverse varianten kabelverloop vloer:

	snede (E)		snede (V)		snede (M)	
	N	M	N	M	N	M
N, M: Belastinggeval:						
"Eigen gewicht"	-35	236	-32	611	-30	201
"Eigen gewicht + grustend"	-951	1718	-949	3758	-946	2010
"21" 	-950	5	-950	410	-950	890
"22" 	-915	306	-915	501	-915	861
"23" 	-944	38	-944	470	-944	1215
"24" 	-916	394	-916	442	-916	524
Opmerking: resultaten voor belastinggevallen 21, 23, 24 en 24 gelden voor een eenheidslast $P_0 = 1000 \text{ kN}$.						

De resultaten laten zien:

- * bij maximale excentriciteit in (M), variant "21" en "22" wordt het moment in (M) veel te groot.
- * om toch zoveel mogelijke voorspanbelasting te mobiliseren wordt de randexcentriciteit zo groot mogelijk gehouden, $e_r = 0.4m$.
- * door nu de excentriciteit bij (M) te verkleinen, blijft in het veld (V) een behoorlijk moment optreden, terwijl de momenten in (M) en (E) dichterbij elkaar komen.
- * voor geval "24" zijn de verhoudingen tussen moment in (M) en (E) door voorspanning ongeveer gelijk aan de momentverhouding tussen (M) en (E) door "eigen gewicht + rustende belasting". Voorlopig wordt dan ook voor variant "24" gekozen.

VI. b. Aangepast Noord-profiel.

Afgezien van de wrijving, die later wordt verdisconteerd, is de werkwijze hetzelfde als weergegeven in bijlage VI. a.

Op de werkwijze zal daarom niet verder worden ingegaan.

De optimale ligging van de kabels zal niet veel veranderen.

Omdat de voorspankracht in het dale wellicht grote waarden

zal aannemen, wordt geen excentriciteit aangebracht aan het liggereinde (denk aan minimale randaafstand).

Verder wordt in het dale de maximaal mogelijke excentriciteit genomen. Voor het dale resulteert dit in geval "11":

$$\begin{aligned} \text{geval "11"} : \quad e_r &= 0 \text{ m} \\ e_1 &= 0.485 \text{ m} \\ e_2 &= 0.485 \text{ m}. \end{aligned}$$

Voor de vloer wordt voorlopig alleen de excentriciteit

bij het middensteunpunt gevarieerd. Dit levert de

volgende belastinggevallen:

$$\begin{aligned} \text{geval "13"} : \quad e_r &= 0.4 \text{ m} \\ e_1 &= 0.6 + 0.4 = 1.0 \text{ m} \\ e_2 &= 0.5 - 0.4 = 0.1 \text{ m}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{geval "14"} : \quad e_r &= 0.4 \text{ m} \\ e_1 &= 0.6 + 0.4 = 1.0 \text{ m} \\ e_2 &= 0.2 - 0.4 = -0.1 \text{ m}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{geval "15"} : \quad e_r &= 0.4 \text{ m} \\ e_1 &= 0.6 + 0.4 = 1.0 \text{ m} \\ e_2 &= 0.2 - 0.4 = -0.2 \text{ m}. \end{aligned}$$

Dit geeft als invoer voor Vlasco, nog zonder wrijving:

voor het dak:

- geknikt kabelverloop: $P = 0.0212 * P_{vH}$.
- verandering doorsnede: verwaarloosd.
- puntlasten aan uiteinden ligger door voorspanning.

Met $\alpha = \frac{2e_1}{l_1} = 0.1876$ volgt:

$$P_{vv} = P_v \cdot \sin \alpha = 186.5 \times 10^{-3} P_v$$

$$P_{vH} = P_v \cdot \cos \alpha = 982.5 \times 10^{-3} P_v$$

- kopmomenten op uiteinden: Niet aanwezig.
- q -last door voorspanning, geval "11".

Met:

$$\left. \begin{array}{l} e_r = 0 \text{ m} \\ e_1 = 0.485 \text{ m} \\ e_2 = 0.485 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} l_1 = 5.17 \text{ m} \\ l_2 = 6.62 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow q_{1,2} = -0.0363 P_v \uparrow$$

$$l_3 = \frac{1.44 \text{ m}}{13.23 \text{ m}} \Rightarrow q_{1,3} = 0.1667 P_v \downarrow$$

voor de vloer:

- geknikt kabelverloop: $P = 0.0106 * P_{vH}$
- q -lasten door voorspanning.

geval "13":

$$\left. \begin{array}{l} e_1 = 1.0 \text{ m} \\ e_2 = 0.1 \text{ m} \\ e_r = 0.4 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} l_1 = 6.00 \text{ m} \\ l_2 = 5.15 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow q_{1,2} = 0.0555 P_v \downarrow$$

$$l_3 = \frac{1.82 \text{ m}}{13.27 \text{ m}} \Rightarrow q_{1,3} = -0.1667 P_v \uparrow$$

geval "14":

$$\left. \begin{array}{l} e_1 = 1.0 \text{ m} \\ e_2 = -0.1 \text{ m} \\ e_r = 0.4 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} l_1 = 6.38 \text{ m} \\ l_2 = 5.32 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow q_{1,2} = 0.0491 P_v \downarrow$$

$$l_3 = \frac{1.57 \text{ m}}{13.27 \text{ m}} \Rightarrow q_{1,3} = -0.1667 P_v \uparrow$$

geval "15":

$$\left. \begin{array}{l} e_1 = 1.0 \text{ m} \\ e_2 = -0.2 \text{ m} \\ e_r = 0.4 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} l_1 = 6.60 \text{ m} \\ l_2 = 5.22 \text{ m} \\ l_3 = 1.44 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} q_{1,2} = 0.0458 P_V \downarrow \\ q_3 = -0.1667 P_V \uparrow \end{array}$$

c.} puntlasten en kopmomenten op liggeruiteinden.

d.} geval "13":

$$\alpha = \frac{2e_1}{l_1} = 0.3333$$

$$P_{VH} = P_V \cdot \cos \alpha = 945 \times 10^{-3} P_V$$

$$P_{VV} = P_V \cdot \sin \alpha = 327 \times 10^{-3} P_V$$

$$M = P_{VH} \cdot e_r = 378 \times 10^{-3} P_V$$

geval "14":

$$\alpha = \frac{2e_1}{l_1} = 0.3135$$

$$P_{VH} = P_V \cdot \cos \alpha = 951 \times 10^{-3} P_V$$

$$P_{VV} = P_V \cdot \sin \alpha = 308 \times 10^{-3} P_V$$

$$M = P_{VH} \cdot e_r = 381 \times 10^{-3} P_V$$

geval "15":

$$\alpha = \frac{2e_1}{l_1} = 0.3030$$




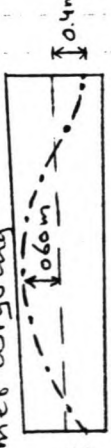
$$P_{VH} = P_V \cdot \cos \alpha = 954 \times 10^{-3} P_V$$

$$P_{VV} = P_V \cdot \sin \alpha = 298 \times 10^{-3} P_V$$

$$M = P_{VH} \cdot e_r = 382 \times 10^{-3} P_V$$

De uitkomsten van deze berekeningen zijn op de volgende bladzijde weergegeven. Geval "14" blijkt het best te voldoen voor de vloer. De verhoudingen tussen moment in (M) en (E) door voorspanning is ongeveer gelijk aan de momentverhouding tussen (M) en (E) door "eigen gewicht + rustende belasting".

Resultaten diverse varianten kabelverloop vloer, aangepaste doorsnede:

Belastinggeval	snede ③		snede ④		snede ⑤	
	N	M	N	M	N	M
N, M						
"Eigen gewicht"	-52	281	-51	568	-49	445
"Eigen gewicht + q rustend"	-1051	1893	-1049	3263	-1047	3049
"13" 0.4m I 	-932	351	-932	476	-932	660
"14" 0.4m I 	-932	372	-932	427	-932	559
"15" 0.4m I 	-933	380	-933	401	-933	508
"13 met wrijving" 0.2m I 	-932	318	-932	403	-932	513
Opmerking: resultaten voor belastingsgevallen 13, 14, 15 en 13 met wrijving voor een eenheidslast $P_0 = 1000 \text{ kN}$.						

In deze berekeningen is de wrijving nog niet verwerkt. Het vermoeden bestaat dat geval "13" voor de vloer maatgevend zal worden.

In eerste instantie worden daarom berekeningen inclusief wrijving gemaakt voor belastinggeval "11" (dak) en "13" (vloer).

Verwerken van wrijving

De berekening geschiedt met de formule:

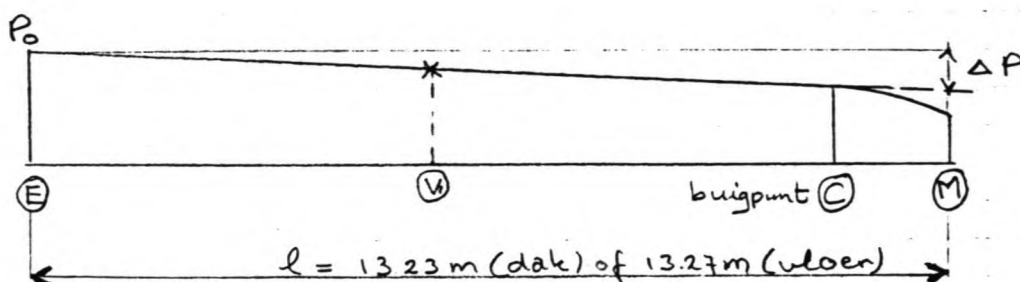
$$q_x = \frac{2 \cdot P_v \cdot e_1}{l_1^2} - \frac{\Delta P}{l} \left(\frac{6 \cdot e_1 \cdot x}{l_1^2} - \frac{4 e_1}{l_1} \right)$$

In deze formule staat ΔP voor het wrijvingsverlies over de totale balklengte. De waarde van P_0 , inclusief wrijvingsverlies volgt uit:

$$P_{0,x} = P_v \cdot e^{-u(1 + c_1 x)}$$

Door nu P_0 ter plaatse van (E) en het buigpunt (C) van de kabel te bepalen vinden we ΔP , zie figuur 1.

Er wordt aangenomen dat de "opwaartse" voorspanbelasting over de hele balklengte werkt. De teveel aangebrachte $q_{1,2}$ wordt gecompenseerd door over het gebied na het buigpunt (C)-(M), bij de aldaar aanwezige q_3 de waarde van $q_{1,2}$ op te tellen.



bijvoorbeeld

$$\begin{aligned} P_{0,W} &= \frac{5}{9} \times \Delta P + P_0 - \Delta P \\ &= 0.071 P_0 + 0.873 \Delta P \\ &= 0.944 P_0 \end{aligned}$$

figuur 1: verloop van de voorspankracht $P_{0,x}$.

Voor het dak krijgen we met $\varphi_1 = 0.01 \text{ rad/m}$, $\mu = 0.22$ en verder: $l_1 + l_2 = l_{\odot} = 11.79 \text{ m}$

$$\left. \begin{array}{l} l_1 = 5.17 \text{ m} \\ l_2 = 6.62 \text{ m} \\ l_3 = 1.44 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} e_1 = 0.485 \text{ m} \\ e_2 = 0.485 \text{ m} \\ e_3 = 0.173 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \varphi_1 = 0.188 \text{ rad.} \\ \varphi_2 = 0.240 \text{ rad.} \\ \varphi_3 = 0.240 \text{ rad.} \end{array} \right.$$

Dan geldt voor:

$$P_{o, \odot} = P_v * e^{-0.22 (0.428 + 0.01 * 11.79)} = P_v * 0.887$$

Dit betekent $\Delta P = 0.127 P_v$ over $l_{\text{tot}} = 13.23 \text{ m}$.

We krijgen voor:

$$P_{o, \text{M}} = P_v * e^{-0.22 (0.668 + 0.01 * 13.23)} = P_v * 0.839$$

De diverse waarden voor q -voorspan worden dan:

$$\begin{aligned} q_{\text{E}} &= -(36.3 * 10^{-3} P_v + \left(\frac{4 * 0.485}{5.17} * \frac{0.127}{13.23} \right) * 10^{-3} P_v) \\ &= -39.9 * 10^{-3} P_v \uparrow \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{M}, 2} &= -(q_{\text{E}} - \left(\frac{0.127 * 6 * 0.485}{(5.17)^2} \right) * 10^{-3} P_v) \\ &= -26.1 * 10^{-3} P_v \uparrow \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{EM}} &= -q_{\text{M}} + \frac{P_{o, \odot} + P_{o, \text{M}}}{2 * R} \\ &= (26.1 - \left(\frac{887 + 839}{12} \right)) * 10^{-3} P_v \\ &= 169.9 * 10^{-3} P_v \downarrow \end{aligned}$$

Voor de vloer berekening wordt eerst nog een kleine wijziging aangebracht. De randexcentriciteit wordt 0.3m genomen; 0.4m blijft door de vermindering van de vloerdikte niet meer haalbaar. Uitgangspunt voor geval "13 met wijziging wordt dan:

$$\left. \begin{array}{l} e_1 = 0.90 \text{ m} \\ e_2 = 0.10 \text{ m} \\ e_3 = 0.28 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} l_1 = 6.03 \text{ m} \\ l_2 = 5.59 \text{ m} \\ l_3 = 1.65 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} q_{1,2} = 48.9 * 10^{-3} P_v \downarrow \\ q_3 = -166.7 * 10^{-3} P_v \uparrow \end{array}$$

13.27 m

Met $\alpha = \frac{2e_1}{l_1} = 0.295$ volgt verder:

$$P_{VV} = P_V \sin \alpha = 282 \times 10^{-3} P_V$$

$$P_{VH} = P_V \cos \alpha = 959 \times 10^{-3} P_V$$

$$M = P_{VH} \cdot e_1 = 295 \times 10^{-3} P_V$$

Van de invloed van het geknikte kabelverloop geldt nog steeds: $0.0106 \times P_{VH}$ ofwel hier: $10 \times 10^{-3} P_V$.

Aan de hand van de berekende l_1 , l_2 en l_3 kan de wrijving worden bepaald: $l_1 = 6.03 \text{ m} \Rightarrow \varphi_1 = 0.295 \text{ rad}$.

$$l_2 = 5.59 \text{ m} \Rightarrow \varphi_2 = 0.275 \text{ rad}$$

$$l_3 = 1.65 \text{ m} \Rightarrow \varphi_3 = 0.275 \text{ rad}$$

We vinden voor:

$$P_{0, \textcircled{E}} = P_V \cdot e^{-0.22(0.570 + 0.01 \cdot 11.62)} = 0.860 P_V$$

$$\Rightarrow \Delta P = (1 - 0.860) \cdot P_V \cdot \frac{13.27}{11.62} = 0.160 P_V$$

$$P_{0, \textcircled{M}} = P_V \cdot e^{-0.22(0.845 + 0.01 \cdot 13.27)} = 0.806 P_V$$

Dit levert dan voor de diverse punten:

$$q_{\textcircled{E}, x=0} = \left(48 \text{ g} + \left(\frac{4 \cdot 0.90}{6.03} \cdot \frac{0.160}{13.27} \right) \right) \cdot 10^{-3} P_V$$

$$= 56.0 \cdot 10^{-3} P_V \quad \downarrow$$

$$q_{\textcircled{M}, x=l} = q_{\textcircled{E}} - \left(\frac{0.160 \cdot 6 \cdot 0.90}{(6.03)^2} \right) \cdot 10^{-3} P_V$$

$$= 33.6 \cdot 10^{-3} P_V \quad \downarrow$$

$$q_{\textcircled{EM}} = -q_{\textcircled{M}} - \left(\frac{P_{0, \textcircled{E}} + P_{0, \textcircled{M}}}{2R} \right) \cdot 10^{-3} P_V$$

$$= -172.4 \cdot 10^{-3} P_V \quad \uparrow$$

Het vermoeden dat voor de vloer met wrijving geval "13" maatgevend zal zijn, wordt door de resultaten van bladzijde 12 bevestigd. De verhouding tussen de momenten in \textcircled{E} en \textcircled{M} door voorspanning en door de gebruiksbelasting

komen goed overeen.

De resultaten van de berekeningen voor het dak
van geval "11" en geval "13", beiden met wrijving,
zijn gebruikt voor de berekeningen van tabel III
en IV in het verslag.

Bijlage VII Bezwijkveiligheid aangepasteprofiel

In deze bijlage wordt een indicatie gegeven van de bezwijkveiligheid van de constructie. De veiligheid tegen bezwijken wordt in een aantal doorsneden van het aangepaste profiel berekend. Voor het dak zijn dit:

sneede (V₁) en (M), voor de vloer: sneede (E), (V), (M).

Er geldt $P_0 = \frac{0.65}{0.75} \cdot P_{0s} \approx 1.15 P_{0s}$. Verder zijn de uitgangspunten:

- * $N_{pu} = \frac{4}{3} \cdot P_0$. Er wordt wel gecontroleerd of $\epsilon_{pu} \geq \frac{f_{pk}}{E_s} = 9.1 \cdot 10^{-3}$. Zo niet dan moet iteratief de waarde van N_{pu} worden bepaald.
- * $P_{0, vloer} = 4130 \text{ kN}$ en $P_{0, dak} = 10.025 \text{ kN}$.
- * parasitaire momenten blijven aanwezig in het bezwijkstadium.
- * wederzijdse beïnvloeding wordt verwaarloosd.

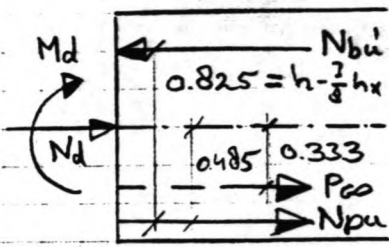
De berekening wordt voor iedere sneede afgerond door een controle van de hoogte van de betondrukzone, h_{xu} , in de bezwijkfase. Voor h_{xu} moet gelden volgens V.B.'84 Artikel F 503.2:

$$h_{xu} \leq \frac{1}{1 + \frac{\sigma_{p,ik}}{1500}} \cdot h, \quad \text{waarin } \sigma_{p,ik} = 1620 \text{ N/mm}^2 \text{ of lower}$$

$$h_{xu} \leq 0.48 \cdot h.$$

Doorsnede berekeningen dak.

* snede ① :



gegeven:

$h = 1190 - 110 = 1080 \text{ mm}$ $P_{so} = -8688 \text{ kN}$
 $b = 1000 \text{ mm}$ $N_{pu} = -13.667 \text{ kN}$
 $f_{b'} = 30 \text{ N/mm}^2$ $N_d = -1451 \text{ kN}$
 $N_{bu'} = \frac{9}{14} b h x f_{b'}$ $M_d = 4858 \text{ kNm}$

--- = plaats P_{so} uit vlasko.

Met krachten- en momentenevenwicht volgt:

1) $\sum H = 0$

$N_d + N_{pu} = N_{bu'} \Rightarrow N_{bu'} = 15.118 \text{ kN} \Rightarrow$
 $h_{xu} = 768 \text{ mm}$

Met deze h_{xu} geldt voor ϵ_{pu} :

$$\epsilon_{pu} = \frac{h - h_{xu}}{h_{xu}} * \epsilon_{bu'} + \epsilon_{pso}$$

$$= \frac{1080 - 768}{768} * 35 * 10^{-3} + 5.90 * 10^{-3}$$

$$= 7.32 * 10^{-3} < 9.1 * 10^{-3}$$

Iteratie met vergelijking $\sum H = 0$ levert tenslotte:

$N_{pu} = 11663 \text{ kN}$

$N_{bu'} = 13114 \text{ kN} \Rightarrow h_{xu} = 680 \text{ mm}$

2) $\sum M = 0$

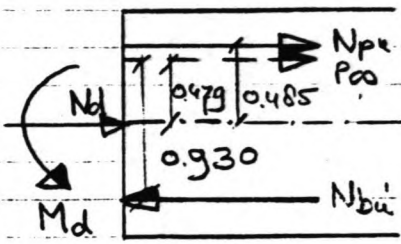
$N_d * 0.485 + M_d \leq -P_{so} (0.485 - 0.333) + N_{bu'} * (0.825)$
 $5562 \leq 9498$

De factor $\frac{9498}{5562} = 1.71$, is een extra veiligheid.

Voor f volgt nu: $f = 1.7 \times \text{extra veiligheid}$
 $f = 2.90$

Controle van h_{xu} : $h_{xu} = 680 \text{ mm} > 0.48h = 518 \text{ mm}$.

* snede (M):



gegeven:

$h = 1310 - 110 = 1200 \text{ mm}$ $P_{\infty} = -8688 \text{ kN}$

$b = 1000 \text{ mm}$ $N_{pu} = -13.667 \text{ kN}$

$f_b' = 30 \text{ N/mm}^2$ $N_d = -1443 \text{ kN}$

-- = plaats uit Vlaske $N_{bu'} = \frac{9}{14} b h_x f_b'$ $M_d = 8616 \text{ kNm}$

Uit krachterevenwicht volgt:

$\sum M = 0$:

$N_d + N_{pu} = N_{bu'} \Rightarrow h_{xu} = 768 \text{ mm}$, zie snede (V)

Iteratie levert voor deze doorsnede:

$N_{pu} = 12.443 \text{ kN}$

$N_{bu'} = 13.886 \text{ kN} \Rightarrow h_{xu} = 720 \text{ mm}$.

Uit het momentevenwicht volgt:

$\sum M = 0$

$M_d + 0.485 \times N_d \leq -P_{\infty} (0.485 - 0.479) + N_{bu'} \times 0.930$

$9316 \leq 12862$

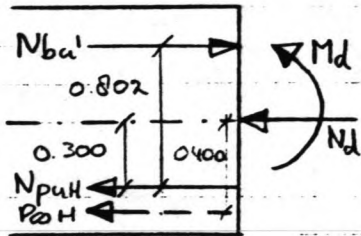
De extra veiligheid is $\frac{12862}{9316} = 1.38$ zodat $\gamma = 2.35$.

Controle h_{xu}

Voor $h_{xu} = 720 \text{ mm}$ geldt dat niet wordt voldaan aan de eis $h_{xu} < 0.48 \times h = 576 \text{ mm}$.

Berekening doorsneden vloer.

* snede (E):



gegeven:

$$h = \frac{1280}{2} + 300 = 940 \text{ mm.}$$

$$b = 1000 \text{ mm.}$$

$$f_b' = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{bu} = \frac{9}{14} b h x \cdot f_b'$$

$$P_{øH} = -3445 \text{ kN}$$

$$N_{puH} = -5298 \text{ kN}$$

$$N_d = -1787 \text{ kN}$$

$$M_d = 3218 \text{ kNm}$$

--- = plaats $P_{øH}$ uit Vlasco.

Uit het krachten-evenwicht volgt:

$\sum M = 0$

$$N_d + N_{puH} = N_{bu}' \Rightarrow N_{bu}' = 7078 \text{ kN} \Rightarrow h_{xu} = 367 \text{ mm.}$$

Controle ϵ_{pu}

$$\epsilon_{pu} = \frac{h - h_{xu}}{h_{xu}} \times \epsilon_{bu}' + \epsilon_{pø}$$

$$\epsilon_{pu} = \frac{940 - 367}{367} \times 3.5 \times 10^{-3} + 5.90 \times 10^{-3}$$

$$= 11.36 \times 10^{-3} > 9.1 \times 10^{-3}, \text{ dus dunningsname juist: } f_{pu} = f_{pk}.$$

$\sum M = 0$

$$M_d + 0.300 \times N_d \leq N_{bu}' \times 0.802 + 0.100 \times P_{øH}$$

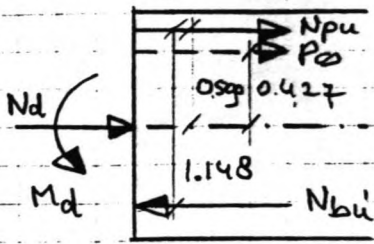
$$3754 \leq 6021$$

De veiligheid is $\frac{6021}{3754} \times 1.7 = \gamma = 2.73$

Controle h_{xu}

De gevonden $h_{xu} = 367 \text{ mm}$. Deze waarde ligt lager dan $0.48 h = 451 \text{ mm}$. Er is voldoende rotatiecapaciteit om een brosse breuk te voorkomen.

* sneede (V):



gegeven

$$h = 1400 - 110 = 1290 \text{ mm}$$

$$P_0 = -3579 \text{ kN}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$N_{pu} = -5507 \text{ kN}$$

$$f_b' = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$N_d = -1784 \text{ kN}$$

$$N_{bu} = \frac{9}{14} b h_x f_b'$$

$$M_d = 5547 \text{ kNm}$$

$\sum M = 0$

$$N_d + N_{pu} = N_{bu}' \implies N_{bu}' = 7291 \text{ kN} \implies h_{xu} = 378 \text{ mm}$$

Daar h_{xu} nauwelijks groter is dan bij sneede (E) en de nuttige hoogte h is toegegenomen, zal zeker gelden $f_{pu} = f_{pk}$.

$\sum M = 0$

$$N_d \cdot 0.593 + M_d \leq 1.148 \cdot N_{bu}' - 0.163 \cdot P_0$$

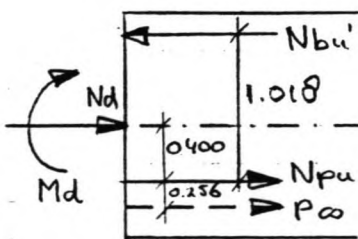
$$6600 \leq 7787$$

De veiligheid tegen bezwijken wordt dan:

$$\frac{7787}{6600} \cdot 1.7 = \gamma = 2.01$$

Er is ruim voldoende veiligheid tegen bezwijken.

* sneede (M):



gegeven

$$h = \frac{1520}{2} + 400 = 1160 \text{ mm}$$

$$P_0 = -3579 \text{ kN}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$N_{pu} = -5507 \text{ kN}$$

$$f_b' = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$N_d = -1779 \text{ kN}$$

$$N_{bu} = \frac{9}{14} b h_x f_b'$$

$$M_d = 5175 \text{ kNm}$$

Controle van krachten- en momenten evenwicht:

$$\underline{\Sigma H = 0}$$

$$N_{pu} + N_d = N_{bu}' \Rightarrow N_{bu}' = 7286 \text{ kN} \Rightarrow h_{xu} = 378 \text{ mm}$$

Met deze waarde van h_{xu} geldt zeker $f_{pu} = f_{pk}$.

$$\underline{\Sigma M = 0}$$

$$N_d \times 0.400 + M_d \leq 0.256 \times P_{\infty} + 1.018 \times N_{bu}'$$

$$5887 \leq 7417$$

De totale veiligheid tegen bezwijken is dan:

$$\frac{7417}{5887} \times 1.7 = \gamma = 2.14.$$

Bijlage VIII De verliezen ten gevolge van krimp, kruip en relaxatie

In deze bijlage worden de verliezen berekend die optreden door krimp, kruip en relaxatie. Voor de berekeningen worden de volgende uitgangspunten aangenomen:

- * spannen na 28 dagen, inclusief 10% overspannen.
- * na spannen blijven elementen nog een half jaar in het bouwdoek.
- * onder de rustende belasting (q_r) wordt verstaan de belasting door de gemiddelde waterstand en grondbelasting minus het aandeel van eigen gewicht.

De verliezen worden berekend ter plaatse van het zwaartepunt van de voorspankabels.

Berekening van de verliezen door kruip

Voor deze berekening wordt de volgende formule gebruikt:

$$\Delta G_{p,c} = (E_{c1}' - E_{c2}) * E_p, \text{ waarin:}$$

$$E_{c1}' = \frac{G_b'}{E_b} \cdot \varphi_{j1}; \text{ de invloed van voorspanning en eigen gewicht}$$

$$E_{c2} = \frac{G_b}{E_b} (\varphi_{j2} + 1); \text{ de invloed van rustende belasting.}$$

De kruipfactor is gelijk aan $\varphi_c = k_c \cdot k_d \cdot k_b \cdot k_h \cdot k_j$ en

$$G_b' = -\frac{(P_0 + N_g)}{A_b} - \frac{(P_0 \cdot e - m_g) \cdot e}{I};$$

$$G_b = -\frac{N_r}{A_b} - \frac{m_r \cdot e}{I}$$

Berekening verliezen door krimp

Er wordt gebruik gemaakt van $\Delta G_{p,r} = E_r' E_p$, met

$$E_r' = E_c' \cdot k_b \cdot k_h \cdot k_j$$

Berekening verliezen relaxatie

De gehanteerde formule voor relaxatie luidt:

$$\Delta \sigma_p = 3 \Delta \sigma_{p,1000} \left(1 - 2 \frac{\Delta \sigma_{p,r+4}}{\sigma_{p,0}} \right), \text{ met}$$

$$\Delta \sigma_{p,1000} = 0,0325 \times \sigma_{p,0}, \text{ uitgaande van relaxatieniveau 2.}$$

$\sigma_{p,0}$ is afhankelijk van de wrijvingsverliezen, zie bijlage III.

Berekening diverse doorsneden

Aanname zal zijn dat 5% van de overspanning aanwezig blijft.

* snede (V)

Kruip verliezen: * bouwdoel relatieve

vochtigheid 80% : $k_c = 1,9$

* spannen na 28 dagen

M.O.A : $k_d = 1,0$

* betonkwaliteit

C37,5 : $k_b = 1,0$

* $\frac{2Ab}{O} = \frac{2 \cdot 1190 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3} = 1190 \text{ mm}$

$k_h = 0,7$

* $t \rightarrow \infty$

$k_f = 1,0$

levert voor $\varphi_{f1} = 1,33$

* bij keldsten, relatieve vochtigheid 100%

: $k_c = 1,0$

* andere factoren, zie hierboven.

levert voor $\varphi_{f2} = 0,70$

Met $\frac{I}{e} = W = 2,84 \times 10^8 \text{ mm}^3$ en $A_b = 1,19 \times 10^6 \text{ mm}^2$

$$\left. \begin{aligned} N_g + (P_{0,V}) &= +57 - (9440 + 114) = -9497 \text{ kN} \\ M_g + (M_{p0}) &= -353 + (3108 + 116) = 2871 \text{ kNm} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \sigma_b' = -18,11 \text{ N/mm}^2$$

$$N_r = -802 \text{ kN}$$

$$M_r = 2087 \text{ kNm}$$

$$\left. \begin{aligned} N_r &= -802 \text{ kN} \\ M_r &= 2087 \text{ kNm} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \sigma_b = 6,67 \text{ N/mm}^2$$

Gebruikmakend van deze gegevens en met $E_b = 35.750 \text{ N/mm}^2$

$$E\varphi_1' = \frac{-18,11}{35750} \cdot \varphi_{f1} = 6,74 \times 10^{-4}$$

$$E\varphi_2 = \frac{6,67}{35750} \cdot (1 + \varphi_{f2}) = 3,17 \times 10^{-4}$$

Het resultaat is dan:

$$\Delta G_{p,\varphi} = (E\varphi_1 - E\varphi_2) * E_p = 3.57 * 10^{-4} * 2.05 * 10^5$$

$$\Delta G_{p,\varphi} = 73.2 \text{ N/mm}^2$$

Krimpverliezen

Deze verliezen treden alleen op tijdens verblijf in het bouwdoek. Onder de aanname dat de elementen een half jaar in het bouwdoek blijven geldt:

* relatieve vochtigheid 80%: $E_c' = 21 * 10^{-5}$

* betonkwaliteit B37.5: $k_d = 1.0$

* $\frac{2Ab}{o} = \frac{2 * 1190 * 10^3}{2 * 10^3} = 1190 \text{ mm}$: $k_h = 0.50$

* gedurende 165 dagen in bouwdoek: $k_j = 0.99$

Dit geeft: $E_r' = E_c' * k_d * k_h * k_j = 0.95 * 10^{-5}$

$$\Delta G_{pr} = E_r' * E_p = 1.9 \text{ N/mm}^2$$

De invloed van de krimp is te verwaarlozen.

Relaxatie

$$\Delta G_p = 3 * 0.0325 * G_{p,0} * \left(1 - 2 * \frac{\Delta G_{p,r+\varphi}}{G_{p,0}} \right)$$

In deze formule is uitgegaan van relaxatieniveau 2.

Met: $G_{p,0} = 1.05 * 0.944 * 0.75 * f_{pk} = 1382.7 \text{ N/mm}^2$

$$\Delta G_{p,r+\varphi} = 73.2 + 1.9 = 75.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta G_p = 120.2 \text{ N/mm}^2$$

Verlies door wrijving.

Hiervoor wordt verwezen naar de bijlage VIII. Voor de

bepaling van de verliezen zal voor $A_{sp} = 7200 \text{ mm}^2$

worden aangehouden.

Het totale verlies is dan $\Delta \sigma_{p, r+c} + \Delta \sigma_p$
 oftewel $75.1 + 120.2 = 195.3 \text{ N/mm}^2$. Met voor $\sigma_{p,0}$
 $= 0.75 \times 1860 \times 1.05 \times 0.944 = 1382.7 \text{ N/mm}^2$, wordt $\sigma_{p,22} =$
 $\sigma_{p,0} - \Delta \sigma_p = 1187.4 \text{ N/mm}^2$. Het verlies is procentueel:
 $\frac{195.3 \times 100}{1382.7} = 14.1\%$. De aanname was 13.3% .

Er dient te worden opgemerkt dat de aanname van een relatieve vochtigheid van 80% voortaan, in werkelijkheid niet juist is. Na afzinken geldt een relatieve vochtigheid van 100% . Dit heeft een gunstige invloed op de verliezen. In werkelijkheid zullen de verliezen dus geringer zijn dan de berekende waarden. Met positieve effect van de relatieve vochtigheid is in alle nog komende berekeningen danversig.

* Snede (M):

De waarden voor c_{f1} en c_{f2} wijzigen niet, zodat:

$$c_{f1} = 1.33 \quad \text{en} \quad c_{f2} = 0.70$$

Verder geldt:

$$A_b = 1.31 \times 10^6 \text{ mm}^2, \quad W = 3.44 \times 10^8 \text{ mm}^3 \quad \text{en} \quad E_b = 35750 \text{ N/mm}^2$$

$$\left. \begin{aligned} N_g + (P_{0,0}) &= +61 - (8390 + 114) = 8443 \text{ kN} \\ M_g + (M_{p0}) &= -713 + (3288 - 164) = 2411 \text{ kNm} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \sigma_b' = -13.461 \text{ N/mm}^2$$

$$\left. \begin{aligned} N_r &= -803 \text{ kN} \\ M_r &= 3584 \text{ kNm} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \sigma_b = +9.81 \text{ N/mm}^2$$

Met deze gegevens kunnen de krimpverliezen worden

$$\text{bepaald:} \quad \epsilon_{\varphi 1}' = \frac{-13.46}{35750} \times 1.33 = 5.01 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_{\varphi 2} = \frac{9.81}{35750} \times 0.70 = 4.66 \times 10^{-4}$$

Voor het kruipverlies volgt:

$$\Delta \sigma_{p,cf} = (5.01 - 4.66) \times 10^{-4} \times 2.05 \times 10^5 = 7.2 \text{ N/mm}^2$$

Met krimpverlies wordt verwaarloosd.

Bepaling van het relaxatieverlies geschiedt met

$$\Delta \sigma_p = 3 \times 0.0325 \times \sigma_{p0} \times \left(1 - 2 \times \frac{\sigma_{p,r+cf}}{\sigma_{p0}}\right), \text{ terwijl } \sigma_{p0} = 1228.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Met } \sigma_{p,r+cf} = 7.2 \text{ N/mm}^2 \text{ volgt } \Delta \sigma_p = 118.4 \text{ N/mm}^2$$

Het totale verlies bedraagt dan $\Delta \sigma_p + \Delta \sigma_{p,r+cf} =$

$$118.4 + 7.2 = 125.6 \text{ N/mm}^2, \text{ zodat } \sigma_{p\infty} = 1228.9 - 125.6 =$$

$$1103.3 \text{ N/mm}^2. \text{ Procentueel is het verlies } \frac{125.6 \times 100}{1228.9} = 10.2\%$$

Berekening diverse sneden vloer

Aangenomen voor de berekeningen $A_p = 3000 \text{ mm}^2$

* Snede (E)

Kruipverlies: $\varphi_{j1} = 1.33$ en $\varphi_{j2} = 0.70$

Verder gegeven:

$$A_b = 1.28 \times 10^6 \text{ mm}^2, \quad W = 5.83 \times 10^8 \text{ mm}^3$$

$$E_b = 35750 \text{ N/mm}^2$$

$$N_g + (P_{0,E}) = -52 - (384g + 635) = -4588 \text{ kN} \quad \left. \vphantom{N_g + (P_{0,E})} \right\} \Rightarrow \sigma'_b = -3.25 \text{ N/mm}^2$$

$$M_g + (M_{p0}) = -281 + (1313 - 1225) = -193 \text{ kNm}$$

$$N_r = -848 \text{ kN}$$

$$M_r = 1.594 \text{ kNm}$$

$$\left. \vphantom{N_r = -848 \text{ kN}} \right\} \Rightarrow \sigma_b = +1.69 \text{ N/mm}^2$$

Uit de gegevens volgt voor het kruipverlies:

$$E\varphi'_1 = \frac{-3.25}{35750} \times \varphi_{j1} = 1.21 \times 10^{-4}$$

$$E\varphi_2 = \frac{1.69}{35750} \times (1 + \varphi_{j2}) = 0.80 \times 10^{-4}$$

$$\text{Zodat } \Delta \sigma_{p,cf} = (1.21 - 0.80) \times 10^{-4} \times 2.05 \times 10^5$$

$$\Delta \sigma_{p,cf} = 8.4 \text{ N/mm}^2$$

Het verlies door krimp : wordt verwaarloosd.

Relaxatieverlies ; met $\sigma_{po} = 1.05 \times 0.75 \times f_{pk} = 1464.8 \text{ N/mm}^2$

$$\Delta \sigma_p = 3 \times 0.0325 \times 1464.8 \times \left(1 - 2 \times \left(\frac{8.4}{1464.8}\right)\right) = 141.2 \text{ N/mm}^2$$

Het totale verlies :

$$\Delta \sigma_p + \Delta \sigma_{p,c} = 149.6 \text{ N/mm}^2, \text{ zodat } \sigma_{po} = 1315.2 \text{ N/mm}^2$$

Procentueel betekent dit een verlies van $\frac{149.6 \times 100}{1464.8} = 10.2\%$.

* Snedes (V)

Kruipverlies : $\varphi_{j1} = 1.33$ en $\varphi_{j2} = 0.70$

Gegevens :

$$A_b = 1.40 \times 10^6 \text{ mm}^2, \quad W = 3.81 \times 10^8 \text{ mm}^3$$

$$E_b = 35750 \text{ N/mm}^2$$

$$N_g + (P_o, \textcircled{0}) = -51 - (9.29 \times 4130 + 627) = -4515 \text{ kN} \quad \left. \vphantom{N_g + (P_o, \textcircled{0})} \right\} \Rightarrow G_b' = -7.19 \text{ N/mm}^2$$

$$M_g + (M_{po}) = -568 + (1654 + 424) = 1510 \text{ kNm}$$

$$\left. \begin{aligned} N_r &= -898 \text{ kN} \\ M_r &= 2241 \text{ kNm} \end{aligned} \right\} \Rightarrow G_b = +5.24 \text{ N/mm}^2$$

Dan wordt het kruipverlies:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon \varphi_1 &= \frac{-7.19}{35750} \times \varphi_{j1} = 2.68 \times 10^{-4} \\ \varepsilon \varphi_2 &= \frac{+5.24}{35750} (\times \varphi_{j2}) = 2.49 \times 10^{-4} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta \sigma_{p,c} = 3.9 \text{ N/mm}^2$$

Onder verwaarlozing van krimpverlies krijgen we ook

het relaxatieverlies ; met $\sigma_{po} = 1278.9 \text{ N/mm}^2$

$$\Delta \sigma_p = 3 \times 41.6 \times \left(1 - 2 \times \frac{3.9}{1278.9}\right) = 124.0 \text{ N/mm}^2$$

Het totale verlies is dan :

$$\Delta \sigma_p + \Delta \sigma_{p,c} = 127.9 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \sigma_{pos} = 1278.9 - 127.9 =$$

1151.0 N/mm^2 . In percentages uitgedrukt is het verlies

$$\frac{127.9 \times 100}{1278.9} = 10.0\%$$

* Snede (M)

Kruipverlies : $\varphi_{j1} = 1.33$ en $\varphi_{j2} = 0.70$

Gegevens :

$A_b = 1.53 \times 10^6 \text{ mm}^2$, $W = 7.46 \times 10^8 \text{ mm}^3$.

$E_b = 35750 \text{ N/mm}^2$

$N_{g+} (P_o, M) = -49 - (3329 + 637) = -4015 \text{ kN} \Rightarrow \sigma_b' = -6.02 \text{ N/mm}^2$

$M_{g+} (M_{po}) = -445 + (2303 + 679) = 2537 \text{ kNm}$

$N_r = -828 \text{ kN} \Rightarrow \sigma_b = +2.31 \text{ N/mm}^2$

$M_r = 2152 \text{ kNm}$

Het kruipverlies is nu:

$E\varphi_1' = \frac{-6.02}{35750} * \varphi_{j1} = 2.24 \times 10^{-4} \Rightarrow \Delta\sigma_p \varphi = 23.2 \text{ N/mm}^2$

$E\varphi_2 = \frac{+2.31}{35750} * (1 + \varphi_{j2}) = 1.11 \times 10^{-4}$

Onder verwaarlozing van krimpverlies krijgen we voor het relaxatieverlies ; met $\sigma_{po} = 0.806 * 1.05 * 0.75 * f_{pk} = 1180.6 \text{ N/mm}^2$

$\Delta\sigma_p = 3 * 38.4 * (1 - 2 * \frac{23.2}{1180.6}) = 114.8 \text{ N/mm}^2$

Het totale verlies bedraagt :

$\Delta\sigma_p + \Delta\sigma_p, \varphi = 138.0 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \sigma_{po} = 1042.6 \text{ N/mm}^2$

In procenten uitgedrukt is dat : $\frac{138.0 * 100}{1180.6} = 11.7 \%$

Bijlage IX Benodigde betonstaal in de bouwfase

Ten gevolge van de belasting door voorspanning, zal in de bouwfase betonstaal benodigd zijn. Het betonstaal dient niet alleen voor het opnemen van de voorspanbelasting. Tevens wordt de scheurvorming erdoor beperkt.

Uitgangspunten van de berekeningen zijn:

- * staalkwaliteit FeB 500, betonkwaliteit B 37,5, $f = 1.4$.
- * voor P_0 , dak = $14880 \times 0.75 = 11160 \text{ kN}$ en
voor P_0 , vloer = $5950 \times 0.75 = 4462.5 \text{ kN}$ aangehouden.
- * wrijvingsverliezen worden in rekening gebracht. Er wordt gebruik gemaakt van de gegevens uit bijlage VI b.
Aanname: er wordt overspannen (10%); 5% blijft aanwezig.
- * wederzijdse beïnvloeding dak/vloer verdisconteerd.
- * met betrekking tot scheurwijde wordt in de bouwfase een vochtig milieu verondersteld. Dit betekent $w \leq 0.25 \times \frac{c}{c_{\min}}$ met $w \leq 0.50 \text{ mm}$. Wanneer voor $c = 60 \text{ mm}$ wordt genomen, terwijl $c_{\min} = 25 \text{ mm}$, geldt $w \leq 0.50 \text{ mm}$ als eis.

De volgende berekeningen zullen worden uitgevoerd:

- * controle veiligheid bouwstadium voor snede (V) dak en snede (M) vloer.
- * controle scheurwijde bouwstadium voor snede (V) dak en snede (M) vloer.

Controle veiligheid bouwstadium.* snede (V₁) dak:

Verondersteld wordt dat er altijd een minimum wapening van $\phi 20 - 200 = 1571 \text{ mm}^2$ aanwezig zal zijn.

$$N: N_g + (P_{o, \text{v}} + P_{o, \text{doorvloer}}) = 57 - (0.944 \times 11160 + 123) = -10601 \text{ kN}$$

$$M: M_g + (M_{p, \text{v}} + M_{p, \text{doordak}}) = -353 + (3266 + 125) = 3038 \text{ kN}$$

Met $f = 1.4$ volgt: $N_d = -14841 \text{ kN}$

$$M_d = 4253 \text{ kNm}$$

$$\Sigma H = 0:$$

Neem in verband met grote normaalkracht zo groot mogelijke h_{xu} . Met het V.B. art. E503.2 volgt dat $h_{xu} < 0.500h$ voor FeB500.

Stel $h_{xu} = 550 \text{ mm}$ ($\approx 0.500h$), dan vloeit trekwapening

$$N_{bu'} + \text{eventueel drukwapening} = N_a + N_d$$

$$\frac{9}{14} b h_{xu} f_b' + \text{eventueel drukwapening} = A_a \cdot \sigma_e + N_d$$

Bij deze h_{xu} vloeit een eventuele drukwapening:

$$10607 \times 10^3 + A_a' \times 500 = 786 \times 10^3 + 15588 \times 10^3$$

$$A_a' = 10040 \text{ mm}^2 \text{ ?}$$

$$\text{Kies } 6 \phi 40 + 4 \phi 32 = 10632 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma M = 0$$

$$A_a' \times \sigma_e \times (h - d) + N_{bu'} \times (h - \frac{3}{8} h_x) \geq N \times (\frac{h}{2} - d) + M$$

Met $d = 0.18 \text{ m}$ (2 lagen) en $h = 1.11 \text{ m}$ geldt:

$$4943 + 9586 \geq 6159 + 4253$$

Aan de eis van een veiligheid van $f \geq 1.4$ wordt voldaan $f = 1.95$.

* sneede (M), vloer:

Aanwezig is weer een minimum wapening $\phi_{20-200} = 1571 \text{ mm}^2$.

$$N: N_g + (P_{2(M)} + P_{0, \text{door vloer}}) = -118 - (0.806 \times 4350 + 705) = -4329 \text{ kN}$$

$$M: M_g + (M_{p0, (M)} + M_{p0, \text{door vloer}}) = -445 + (1862 + 740) = 2157 \text{ kNm}$$

$$\text{Met } f = 1.4 \text{ volgt: } N_d = -6061 \text{ kN}$$

$$M_d = 3020 \text{ kNm}$$

$$\sum H = 0:$$

$$N_a + N_d = N_{bu'}, \text{ wanneer staal vloeit geldt:}$$

$$A_a \sigma_e + N_d = \frac{\sigma}{f_c} b h_x u_{fb'}, \text{ met } A_a = 1571 \text{ mm}^2 \text{ volgt:}$$

$$N_{bu'} = 6847 \text{ kN en } h_x = 444 \text{ mm.}$$

$$\sum M = 0:$$

$$M_d + N_d \left(\frac{1}{2} h_t - d \right) \leq N_{bu'} \times \left(h - \frac{3}{8} h_x \right)$$

$$3020 + 6061 \times (0.765 - 0.08) \leq 6847 \times (1.45 - 0.17)$$

$$7172 \text{ kNm} \leq 8764 \text{ kNm}$$

Indien ϕ_{20-200} wordt de gewenste veiligheid $f = 1.4$

ruimschoots gehaald; $f = 1.71$

Controle scheurwijdte bouwstadium

Voor de scheurwijdte berekeningen wordt gebruik gemaakt van de volgende formules, waarin M en N de momenten en normaalkrachten op de doorsnede zijn:

$$(1) \text{ vervorming: } \frac{\sigma_{c1}}{E_c} : h_x = \frac{\Delta \sigma_s}{E_s} : (h - h_x)$$

$$(2) \sum H = 0 : \frac{1}{2} \times \sigma_{c1} \times h_x \times b = N + A_s \times \Delta \sigma_s$$

$$(3) \sum M = 0 : \frac{1}{2} \times \sigma_{c1} \times h_x \times b \times \left(h - \frac{1}{3} h_x \right) = N \times \left(\frac{h}{2} - d \right) + M.$$

Werkwijze: kies een h_x en bepaal σ_{c1} en $\Delta \sigma_s$. Met de gevonden σ_{c1} wordt het moment berekend.

Deze berekening wordt herhaald voor verschillende waarden van h_x tot dat (3) klopt. De bijbehorende $\Delta \sigma_s$ wordt ingevuld in de scheurwijdte formule van de V.B.'84 (art. E 508).

* snede ①, dak

Gegeven: $N = -10601 \text{ kN}$ $h = 1110 \text{ mm}$
 $M = 3038 \text{ kNm}$ $h_e = 1190 \text{ mm}$
 $A_s = 1571 \text{ mm}^2 \text{ (5}\bar{\Phi}20)$

Stel $h_x = 600 \text{ mm}$.

Met de formules (1) t/m (3) volgt:

(1) $\sigma_{c1} = 0.205 \cdot \Delta \sigma_s$

(2) $\Delta \sigma_s = 176.9 \text{ N/mm}^2$; $\sigma_{c1} = 36.2 \text{ N/mm}^2$

(3) $9883 \times 10^6 \neq (5460 + 3038) \times 10^6 \text{ (Nmm)}$

Stel $h_x = 800 \text{ mm}$.

(1) $\sigma_{c1} = 0.450 \cdot \Delta \sigma_s$

(2) $\Delta \sigma_s = 59.4 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \sigma_{c1} = 26.7 \text{ N/mm}^2$

(3) $9007 \times 10^6 \neq 8498 \times 10^6 \text{ (Nmm)}$

Stel $h_x = 900 \text{ mm}$

(1) $\sigma_{c1} = 0.541 \cdot \Delta \sigma_s$

(2) $\Delta \sigma_s = 43.2 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \sigma_{c1} = 23.4 \text{ N/mm}^2$

(3) $8529 \times 10^6 \approx 8498 \times 10^6 \text{ (Nmm)}$

Vullen we de verkregen $\Delta \sigma_s$ in in E-508, V.B.'84:

$w = \sigma_a \times \Delta l \times 10^{-5}$, waarin:

$\Delta l = 2\bar{c} + 4 \times \frac{\phi_{km}}{w_e}$

$w_e = \frac{A_a \times 100}{(8 \times \phi_{km} + \bar{c}) \times b}$

Invullen van de gegevens:

$$\left. \begin{aligned} \phi_{kem} &= 20 \text{ mm} \\ z &= 80 \text{ mm} \\ A_a &= 1571 \text{ mm}^2 \\ b &= 1000 \text{ mm} \end{aligned} \right\} \Rightarrow w_e = 0.65$$

$$\Rightarrow \Delta l = 282 \text{ mm}$$

$$w = \Delta G_s \times \Delta l \times 10^{-5} = 43.2 \times 282 \times 10^{-5} = 0.12 \text{ mm} \leq 0.50 \text{ mm.}$$

* snede (M), vloer

Gegeven: $N = -4329 \text{ kN}$

$h = 1450 \text{ mm}$

$M = 2157 \text{ kNm}$

$h_t = 1530 \text{ mm}$

$A_s = 1571 \text{ mm}^2$

Stel $h_x = 600 \text{ mm}$

$(1) \sigma_{ci} = 0.123 \Delta G_s$

$(2) \Delta G_s = 122.4 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \sigma_{ci} = 15.1 \text{ N/mm}^2$

$(3) 5647 \text{ kNm} \neq 5122 \text{ kNm.}$

Stel $h_x = 700 \text{ mm}$

$(1) \sigma_{ci} = 0.163 \Delta G_s$

$(2) \Delta G_s = 78.1 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \sigma_{ci} = 12.7 \text{ N/mm}^2$

$(3) 5424 \text{ kNm} \neq 5122 \text{ kNm.}$

Stel $h_x = 800 \text{ mm}$

$(1) \sigma_{ci} = 0.215 \Delta G_s$

$(2) \Delta G_s = 51.4 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \sigma_{ci} = 11.0 \text{ N/mm}^2$

$(3) 5227 \text{ kNm} \approx 5122 \text{ kNm}$

Dus: $\Delta G_s = 51.4 \text{ N/mm}^2$

$$\left. \begin{aligned} \text{Verder: } \phi_{kem} &= 20 \text{ mm} \\ z &= 80 \text{ mm} \\ A_a &= 1571 \text{ mm}^2 \\ b &= 1000 \text{ mm} \end{aligned} \right\} w_e = 0.65 \Rightarrow \Delta l = 282 \text{ mm}$$

$$w = \Delta G_s \times \Delta l \times 10^{-5} = 0.15 \text{ mm} \leq 0.50 \text{ mm.}$$

Geen problemen met scheurwijdte.

Met $\Delta P = \frac{13.86}{12.45} * 0.111 P_v = 0.123 P_v$ wordt voor de diverse q -lasten nu gevonden:

$$q_{\text{E}} \underset{x=0}{=} = - \left(0.0329 P_v + \left(\frac{4 * 0.485}{5.43} * \frac{0.123}{13.83} \right) * 10^{-3} P_v \right)$$

$$= - 0.0361 P_v$$

$$q_{\text{Mi}} \underset{x=13.86}{=} = - \left(q_{\text{E}} - \frac{0.123 * 6 * 0.485}{(5.43)^2} * 10^{-3} P_v \right)$$

$$= - 0.0240 P_v$$

$$q_{\text{CMi}} = - q_{\text{Mi}} + \frac{P_{0,\text{E}} + P_{0,\text{Mi}}}{2 * R}$$

$$= 0.1683 P_v$$

De gevonden belastingen worden in een vlakke-berekening ingevoerd.

XI. Berekening verliezen dak

XI.

Voor de berekening van de verliezen gelden dezelfde uitgangspunten als in bijlage VIII, zolang het beton ongescheurd is. Met ongescheurd wordt in deze context bedoeld dat de trekspanningen niet groter worden dan volgens de V.B.'84 toelaatbaar is voor volledig voorgespannen beton.

Er worden twee doorsneden van het dak, (VI) en (VII), doorgerekend, waarbij geldt $P_{0,(VI)} = 7850 \text{ kN}$.

* Doorsnede (VI)

Deze doorsnede voldoet aan de eisen voor voorgespannen beton. Gebruikmakend van de uitgangspunten van bijlage VIII wordt gevonden:

- kruip:

$$\varphi_{t1} = 1.33 \quad W = 2.84 \times 10^8 \text{ mm}^3$$

$$\varphi_{t2} = 0.70 \quad A = 1.19 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$N_g + P_{0,(VI)} = +57 - 0.945 \times 7750 = -7266 \text{ kN}$$

$$M_g + M_{P_{0,(VI)}} = -353 + 7.75 \times 293 = 1918 \text{ kNm}$$

$$\Rightarrow \sigma_{b1} = -12.86 \text{ N/mm}^2, \text{ terwijl } \sigma_b, \text{ zie VIII.2}$$

$$\Rightarrow \sigma_b = 6.67 \text{ N/mm}^2$$

Gebruikmakend van deze gegevens en met $E_b = 35750 \text{ N/mm}^2$

$$\varepsilon_{\varphi 1} = \frac{-12.86}{35750} \cdot \varphi_{t1} = 4.78 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{\varphi 2} = \frac{6.67}{35750} \cdot \varphi_{t2} = 3.17 \times 10^{-4}$$

Het resultaat is nu:

$$\Delta \sigma_{p,4} = (\varepsilon_{\varphi 1} - \varepsilon_{\varphi 2}) \times E_p = 33.0 \text{ N/mm}^2$$

- krimp : deze verliezen worden verwaarloosd
- relaxatie

Voor de relaxatie geldt, uitgaande van relaxatieniveau 2:

$$\Delta G_p = 3 \times 0.0325 \times G_{p,0} \times \left(1 - 2 \times \frac{\Delta G_{p,r+\varphi}}{G_{p,0}} \right)$$

Hierin is $G_{p,0} = 1.05 \times 0.945 \times 0.75 \times f_{pk} = 1384.2 \text{ N/mm}^2$

en $\Delta G_{p,r+\varphi} = 33.0 \text{ N/mm}^2$

zodat $\Delta G_p = 128.5 \text{ N/mm}^2$

Het totale verlies bedraagt zodoende:

$$\Delta G = \Delta G_{p,r+\varphi} + \Delta G_p = 161.5 \text{ N/mm}^2$$

Voor $G_{p,\infty}$ wordt gevonden:

$$G_{p,\infty} = G_{p,0} - \Delta G = 1222.7 \text{ N/mm}^2$$

De verliezen bedragen $\frac{161.5 \times 100}{1384.2} = 11.7\%$ ($\eta = 1.13$)

* Doorsnede (M)

Deze doorsnede voldoet niet meer aan de eisen voor voorgespannen beton. Onder de langdurend aanwezige belasting zal de doorsnede scheuren.

Bij de berekening van de verliezen wordt er nu van uitgegaan dat door het scheuren krimp- en krimpverliezen verdwijnen en alleen relaxatieverliezen aanwezig blijven.

- relaxatie

Voor de relaxatie geldt:

$$\Delta G_p = 3 \times 0.0325 \times G_{p,0} \text{ waarin:}$$

$$G_{p,0} = 1.05 \times 0.885 \times 0.75 \times f_{pk} = 1296.3 \text{ N/mm}^2$$

Dit geeft voor:

$$\Delta G_p = 126 \text{ N/mm}^2 \text{ en}$$

$$G_{p,\infty} = G_{p,0} - \Delta G_p = 1170 \text{ N/mm}^2.$$

Het verlies bedraagt:

$$\frac{\Delta G_p}{G_{p,0}} = \frac{126 * 100}{1297} = 9.7 \% \quad (E_f = 1.11).$$

Stuw- scheurwijdte berekening

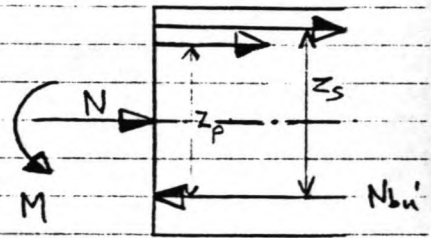
* Doorsnede (M)

Gegeven: $N = 849 \text{ kN}$ (druk)

$M = 5068 \text{ kNm}$ ↷

$P_{\infty M} = 6.550 \text{ kN}$ (druk)

$M_{\text{par.}} = 328 \text{ kNm}$ ↷



$\sum H = 0$

$$N + N_a + P_{\infty} + \Delta \sigma_p \cdot A_p + \Delta \sigma_s \cdot A_s = \frac{1}{2} G_{cix} \cdot A_{cx}$$

$$-\frac{(N + P_{\infty})}{G_{cix}} + \eta \cdot \left(A_p \frac{h_p - h_x}{h_x} + A_s \cdot \frac{h_s - h_x}{h_x} \right) = \frac{1}{2} A_{cx} \quad (1)$$

$\sum M = 0$

$$M_{hx} = (P_{\infty} + \Delta \sigma_p \cdot A_p) \cdot z_p + \Delta \sigma_s \cdot A_s \cdot z_s + N \cdot \left(\frac{h_t}{2} - \frac{h_x}{2} \right) - M_{\text{par.}} \quad (2)$$

Tevens gegeven: $h_t = 1310 \text{ mm}$
 $h_p = 1075 \text{ mm}$ ($c = 235 \text{ mm}$)
 $h_s = 1280 \text{ mm}$ ($c = 30 \text{ mm}$)

$\sigma_{p,0E} = 1.05 \times 1395 = 1465 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{p,0M} = 0.885 \times 1465 = 1297 \text{ N/mm}^2$

$\Delta \sigma_{pM} = 3 \times 0.0325 \times 1297 = 126 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{p,\infty M} = 1297 - 126 = 1170 \text{ N/mm}^2$

$< 0.65 \times f_{pk}$

$A_p = 5600 \text{ mm}^2$ (28 stringen $\phi 12.9 - 500 \text{ mm}$).

$E_c = 25750 \text{ N/mm}^2$

$E_s = 2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ } $\eta = 5.73$

Verder wordt nu uitgegaan van een minimum wapening FeB 500 van $\phi 20-200$, oftewel $A_s = 1571 \text{ mm}^2$.

Iteratief worden de spanningen in het staal bepaald:

Neem: $h_x = 900 \text{ mm}$: $z_p = 775 \text{ mm}$
 $z_s = 980 \text{ mm}$
 Stel $N_a = 0$ voor scheuren.

Met (1): $\sigma_{cix} = -168 \text{ N/mm}^2$
 $\Delta \sigma_p = 187 \text{ N/mm}^2$
 $\Delta \sigma_s = 40.6 \text{ N/mm}^2$

Met (2): $M_{hx} = 5193 \text{ kNm}$.

Neem: $h_x = 950 \text{ mm}$: $z_p = 758 \text{ mm}$
 $z_s = 963 \text{ mm}$
 Stel $N_a = 0$ voor scheuren

Met (1): $\sigma_{cix} = -15.8 \text{ N/mm}^2$
 $\Delta \sigma_p = 11.9 \text{ N/mm}^2$
 $\Delta \sigma_s = 31.4 \text{ N/mm}^2$

Met (2): $M_{hx} = 5022 \text{ kNm}$

Neem: $h_x = 920 \text{ mm}$: $z_p = 768 \text{ mm}$
 $z_s = 973 \text{ mm}$
 Stel $N_a = 0$ voor scheuren

Met (1): $\sigma_{cix} = -16.4 \text{ N/mm}^2$
 $\Delta \sigma_p = 15.8 \text{ N/mm}^2$
 $\Delta \sigma_s = 36.8 \text{ N/mm}^2$

Met (2): $M = 5122 \text{ kNm}$.

Dit is de gezochte waarde. De bijbehorende spanningen in beton- en voorspanstaal zijn:

$$\sigma_s = 37 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ps} = 1170 + 16 = 1186 \text{ N/mm}^2 < 0.6 \sigma_{fp}$$

Berekening scheurwijdte volgens STUVO

De STUVO-formule voor scheurwijdteberekening luidt:

$$\Delta l_m = 2\bar{c}_a + 0.04 \times \epsilon_{13} \times \frac{A_{be}}{\pi(\sum \phi_{ka} + \epsilon_{1i} \sum \phi_{kp})} \quad (1)$$

$$w = \Delta \sigma_p \times \Delta l_m \times 10^{-5} \quad (2)$$

Gegeven: $\bar{c}_a = 30 \text{ mm}$

$$\epsilon_{13} = 4$$

$$A_{be} = b \times h_e$$

$$h_e = 7.5 \times \phi_{kp} + c_{v.s.p} = 670 \text{ mm}$$

$$\phi_{kp} = 1.12 \times \sqrt{A_p} = 58 \text{ mm}$$

$$\sum \phi_{ka} = 5 \times 20 = 100 \text{ mm}$$

$$\sum \phi_{kp} = 2 \times 58 = 116 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{1i} = 0.4$$

$$\left. \begin{array}{l} h_e = 670 \text{ mm} \\ \phi_{kp} = 58 \text{ mm} \end{array} \right\} A_{be} = 6.7 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

Uit deze gegevens volgt met (1):

$$\Delta l_m = 60 + 233 = 293 \text{ mm}$$

Met (2) volgt dan:

$$w = 0.05 \text{ mm.}$$

Met de wapening $\phi 20-200$ wordt voldaan aan de eis

$$w < 0.10 \text{ mm.}$$

* Doorsnede (VI), in bouwstadium.

Gegeven: $N = 57 \text{ kN}$ (trek)

$M = 353 \text{ kNm}$

$P_{0,VI} = 0.945 \times 1.05 \times 1395 \times 5600 = -7750 \text{ kN}$

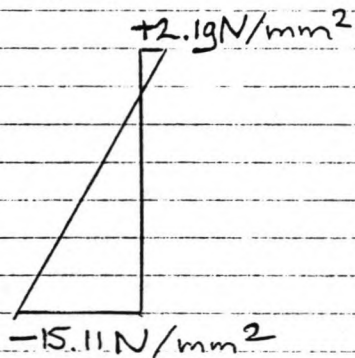
$M_{P,0} = 2395 \text{ kNm}$

De resulterende belasting is dan:

$N = -7693 \text{ kN} \Rightarrow G_N = -6.46 \text{ N/mm}^2$

$M = 2042 \text{ kNm} \Rightarrow G_M = \pm 8.65 \text{ N/mm}^2$

Dit geeft als spanningsfiguur:



De optredende trek in snede (VI) in bouwstadium zou zelfs in voorgespannen beton volgens de V.B. 84 zijn toegestaan, uitgaande van beton B37.5. Er zijn dus geen problemen te verwachten in het bouwstadium.

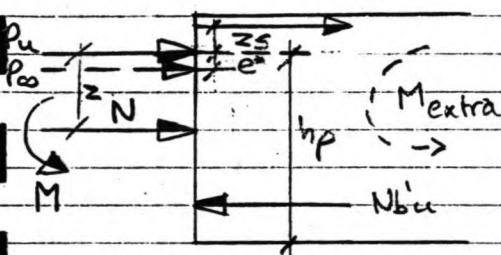
Bijlage XIII

Veiligheid in bezwijkstadium

Na scheuren van de doorsnede verduijnt de invloed van wrijving. Afgezien van het parasitaire moment is dit een normale doorsnedeberekening.

Er wordt uitgegaan van: $A_p = 5200 \text{ mm}^2$, FeP1860
 $A_s = 1571 \text{ mm}^2$, FeB500
 B375; $f_b' = 30 \text{ N/mm}^2$

* Snede (M)



Gegeven: $N_a = A_a \cdot G_e = 786 \text{ kN}$ (mits vloeien)

$$P_{u, \max} = 10780 \text{ kN}$$

$$P_{o0} = 6550 \text{ kN}$$

$$N = 1443 \text{ kN} \quad \text{incl } \mu = 17$$

$$M = 8616 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{extra}} = 0.05 \times 6550 = 328 \text{ kNm}$$

$$e^* = 0.05 \text{ m}$$

$$z_s = 0.21 \text{ m}$$

$$h_t = 1.31 \text{ m}$$

$$h_p = 1.08 \text{ m}$$

$$c_s = 0.03 \text{ m}$$

$$\lambda = 0.42 \text{ m}$$

$$\underline{\underline{\sum V = 0}}$$

$$N_{bu}' = P_u + N_a + N \quad (1)$$

Invullen van gegevens levert: $N_{bu}' = 11901 \text{ kN} = \frac{J}{14} b h_x f_b'$

$$h_{xu} = 675 \text{ mm}$$

(staal inderdaad gecoloeid)

De bijbehorende $\epsilon_{pu} = 8.0 \times 10^{-3} < 9.1 \times 10^{-3}$

kies $h_x = 620 \text{ mm}$

$$\epsilon_{pu} = \frac{1080 - 620}{620} \times 3.5 \times 10^{-3} + 5 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 8.5 \times 10^{-3} \Rightarrow$$

$$P_u = A_p \cdot E_p \cdot \epsilon_{pu} = 9755 \text{ kN} \Rightarrow \text{met (1):}$$

$$N_{bu}' = 11903 \text{ kN} \Rightarrow h_{xu} = 621 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{\sum M = 0}}$$

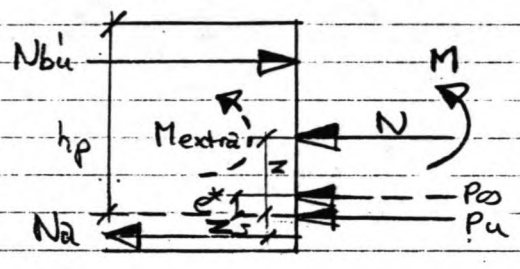
$$N_{bu}' \times \left(h_p - \frac{67}{189} \times h_{xu} \right) - M_{\text{extra}} + z_s \cdot N_a \geq N \times e + M$$

⇒ invullen levert $f = 1.09 * 1.7 = \underline{1.86}$

* Snede (VI)

In het gebruiksstadium is deze doorsnede nog volledig voorgespannen, d.w.z. ongescheurd. Het verlies voor een volledig voorgespannen doorsnede (VI) is al eerder

bepaald: $\sigma_{G \text{ totaal}} = 162 \text{ N/mm}^2$ en $G_{p\omega} = 1223 \text{ N/mm}^2$
 Voor P_{ω} volgt: $P_{\omega} = A_p \cdot G_{p\omega} = 6850 \text{ kN}$.



- Gegeven:
- $N_a = 786 \text{ kN}$ (mits ulceen)
 - $P_{u, \text{max}} = 10788 \text{ kN}$
 - $P_{\omega} = 6850 \text{ kN}$
 - $N = 1452 \text{ kN}$ } incl. $f = 1.7$
 - $M = 4859 \text{ kNm}$ }
 - $M_{\text{extra}} = 6850 * 0.18 = 1233 \text{ kNm}$
 - $e^* = 0.18 \text{ m}$
 - $h_t = 1.19 \text{ m}$
 - $h_p = 1.08 \text{ m}$
 - $z = 0.49 \text{ m}$
 - $z_s = 0.08 \text{ m}$

$\Sigma V = 0$

$N_{bu'} = P_u + N_a + N \Rightarrow N_{bu'} = 13026 \text{ kN}$
 $h_{xu} = 675 \text{ mm}$

Controle van $\epsilon_{pu} = 5.9 * 10^{-3} + \frac{1080 - 675}{675} * 3.5 * 10^{-3}$
 $\epsilon_{pu} = 8.0 * 10^{-3} < 9.1 * 10^{-3}$

Dit is aan de lage kant.

Neem: $h_x = 620 \text{ mm} \Rightarrow P_u = 9755 \text{ kN}$ en
 $N_{bu'} = 11993 \text{ kN} \Rightarrow h_{xu} = 622 \text{ mm}$
 De bijbehorende $\epsilon_{pu} = 8.5 * 10^{-3}$

$\Sigma M = 0$

$N_{bu'} * (h_p - \frac{67}{109} * h_{xu}) - M_{\text{extra}} + z_s \cdot N_a \geq N_d = \dots + M$
 $11993 * (1.08 - \frac{67}{109} * 0.60) - 1223 + 0.08 * 786 \geq 1452 + 0.485 * 4859$
 $f = 1.64 * 1.7 = \underline{2.79}$

Bijlage XIV Detaillering wapening dak.

Bij de detaillering zijn de volgende onderdelen berekend.

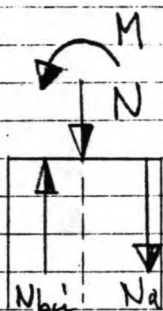
- * langswapening wand
- * buigewapening dak
- * splitwapening

* langswapening wand

Er worden twee belastinggevallen berekend:

- bouwfase: belasting door eigen gewicht en voor-

spanning P_0 , terwijl $f = 1.4$



$$M = 2810 \text{ kNm}$$

$$N = -154 \text{ kN}$$

$$h_t = 1.00 \text{ m}$$

$$h = 0.97 \text{ m}$$

Stel $h_{xu} = 200 \text{ mm}$; $N_{bu}' = 3857 \text{ kN}$

$$\sum M = 0: N_{bu}' \cdot \left(h - \frac{67}{109} h_{xu} \right) - N \cdot \left(\frac{h_t}{2} - d \right) = M$$

$$M = 3395 \text{ kNm} > 2810 \text{ kNm}$$

Stel $h_{xu} = 165 \text{ mm}$; $N_{bu}' = 3182 \text{ kN}$

$$\text{Dit levert voor } M = 2828 \text{ kNm} \approx 2810 \text{ kNm}$$

Met $\sum V = 0$ is dan de wapening te bepalen:

$$\sum V = 0: N_{bu}' = N + N_a$$

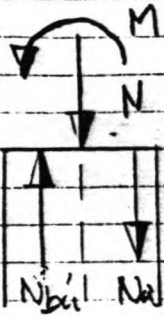
$$3182 \times 10^3 = 154 \times 10^3 + A_a \cdot \sigma_e$$

Met Fe B500, $\sigma_e = 500 \text{ N/mm}^2$ wordt dit

$$A_a = 6056 \text{ mm}^2, \text{ liefst in één laag.}$$

$$\text{Neem } 6\phi_{32} + 4\phi_{20} (= 6081 \text{ mm}^2)$$

- gebruiksfase: belasting door maximale gebruiks-
last en voorspanning P_{00} , met $f = 1.7$



$$\begin{aligned}
 M &= 493 \text{ kNm} \\
 N &= -2798 \text{ kN} \\
 h_t &= 1.00 \text{ m} \\
 h &= 0.97 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Onder deze belasting is het beton niet gescheurd. De voor de bouw fase benodigde wapening is dus maatgevend.

* buigewapening dak

Er zijn twee belastinggevallen bekijken:

- bouw fase: belasting op dwarskracht door voorspanning-eigen gewicht, met $\eta = 1.4$.

In figuur XIV.1 is het een en ander in een grafiek uitopzet. Het blijkt dat door voorspanning geen problemen geeft qua dwarskracht. De dwarskrachtcapaciteit van het beton is voldoende.

- gebruiksfase: belasting op dwarskracht door de maximale gebruikslast - voorspanning, terwijl $\eta = 1.7$

In figuur XIV.2 is deze situatie met een grafiek weergegeven. De grafiek laat zien dat alleen ter plaatse van het middensteunpunt (M) buigewapening nodig is. De buigewapening bedraagt maximaal:

$$\frac{T_d - T_1}{0.9 \times h \times f_a} = \frac{(3492 - 2960) \times 10^3}{0.9 \times 1280 \times 500} = 0.93 \text{ mm}^2/\text{mm}^1$$

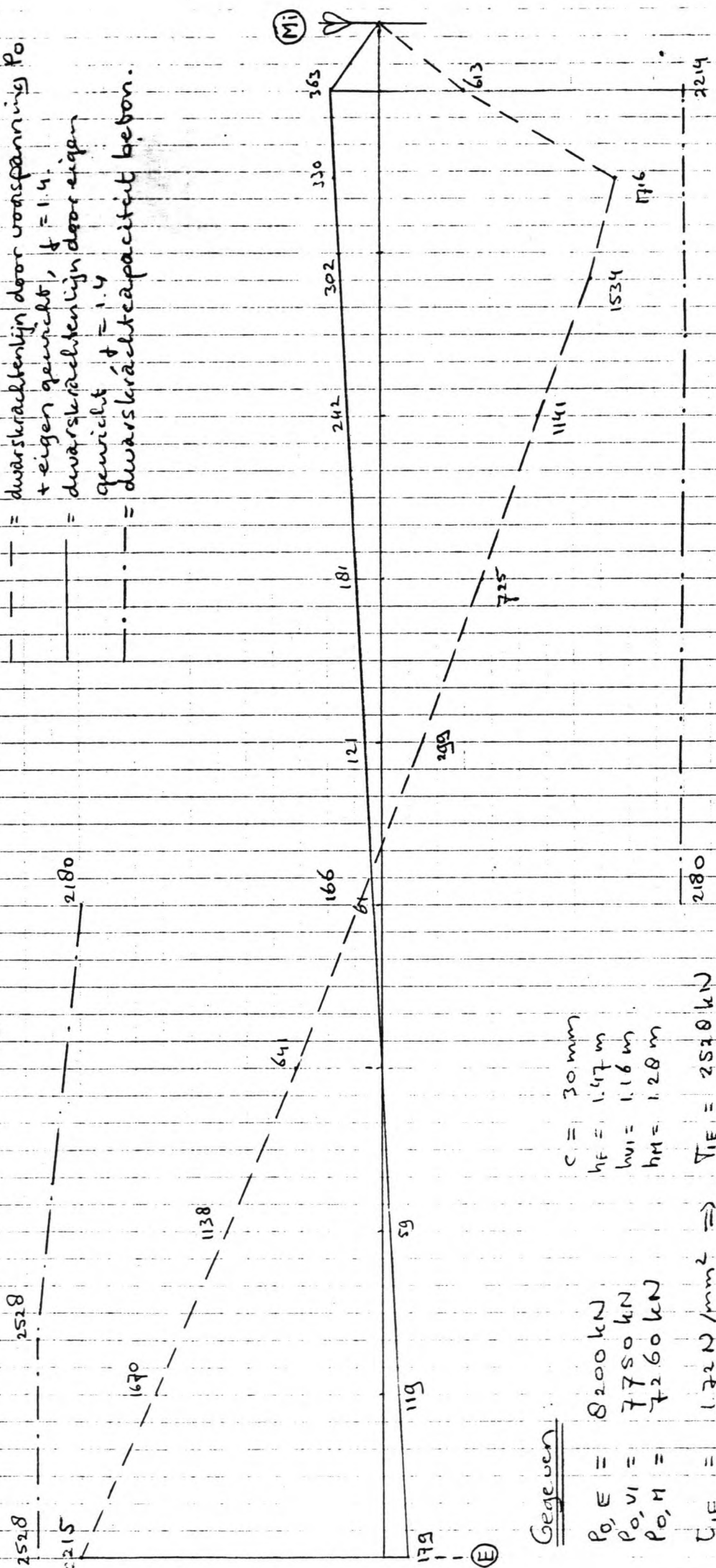
Dit komt overeen met een percentage $w_t = 0.10\%$

Bij de gewaagd beton berekening werd de grens van wel of niet wapenen gelegd bij $w_t = 0.10\%$.

Wanneer deze grens ook voor voorgespannen beton wordt aangehouden is nu geen buigewapening nodig

Verklaring der tekens:

- - - = dwarskrachtenlijn door voorspanning P_0
- + eigen gewicht, $\downarrow = 1.4$
- - - = dwarskrachtenlijn door eigen gewicht $\downarrow = 1.4$
- · - · - = dwarskrachtcapaciteit beton.



Gegeven:

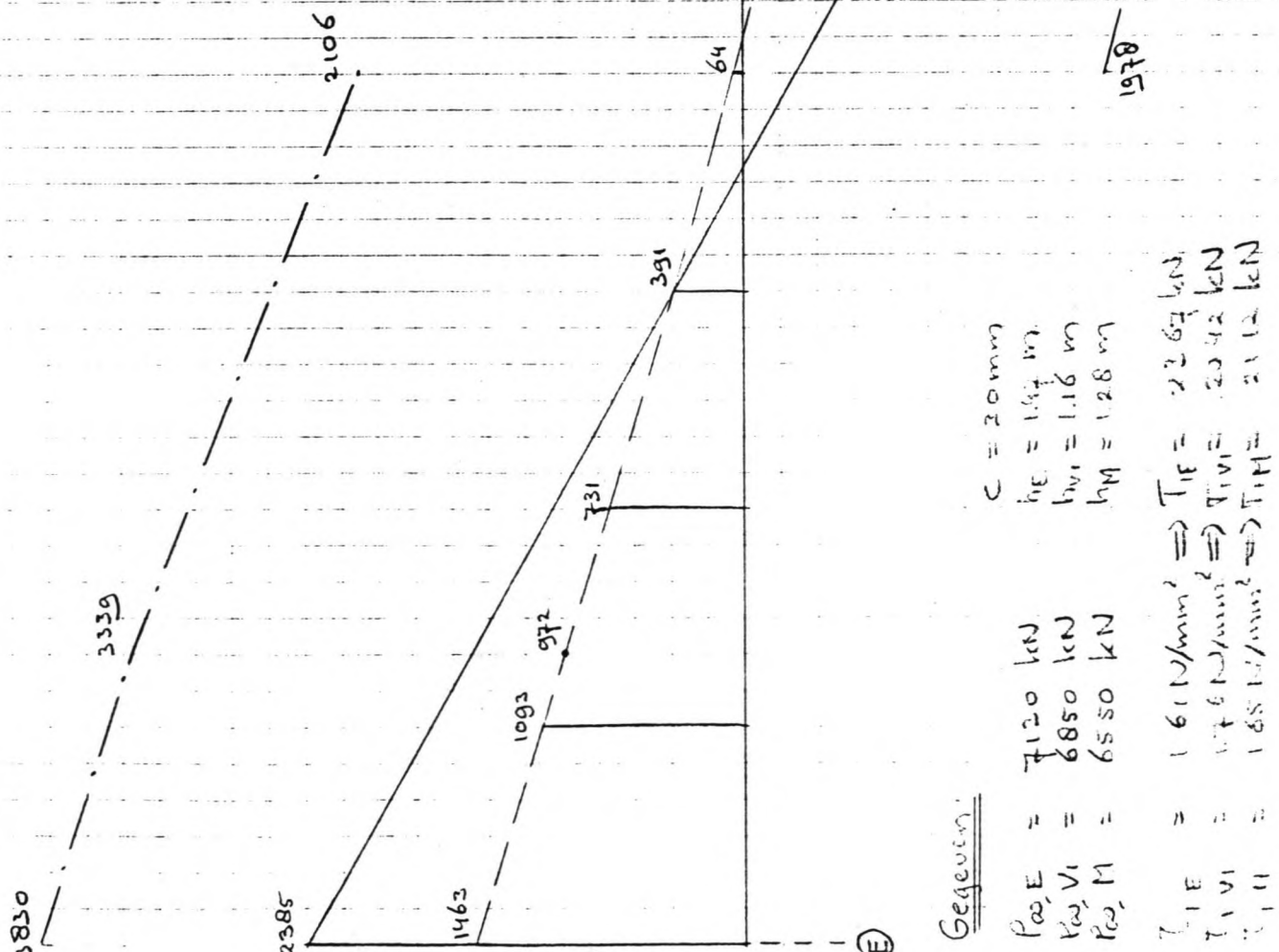
$P_0, E = 8200 \text{ kN}$
 $P_0, VI = 7750 \text{ kN}$
 $P_0, M = 7260 \text{ kN}$
 $T_{IE} = 172 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$
 $T_{VI} = 188 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$
 $T_{IM} = 173 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$

$c = 30 \text{ mm}$
 $h_F = 1.47 \text{ m}$
 $h_{VI} = 1.16 \text{ m}$
 $h_M = 1.28 \text{ m}$
 $T_{IE} = 2528 \text{ kN}$
 $T_{VI} = 2180 \text{ kN}$
 $T_{IM} = 2214 \text{ kN}$

figuur XIV.1: verloop dwarskrachtenlijnen en dwarskrachtcapaciteit beton van bouwfase

verdeling der tekens:

- = dwarskrachtenlijn voorspanning P_{00} (kN)
- = "dwarskrachtcapaciteit" beton + voorspanning (kN)
- = dwarskrachtenlijn door maximale belasting in gebruikstoestand, $d = 1.7$ (kN)
- |||| = beugelversterking vereist.



Gegeven:

- $P_{00,E} = 7120$ kN
- $P_{00,V1} = 6850$ kN
- $P_{00,M} = 6550$ kN
- $C = 30$ mm
- $h_E = 1.97$ m
- $h_{V1} = 1.16$ m
- $h_M = 1.28$ m
- $T_{I,E} = 1610/\text{mm}^2 \Rightarrow T_{I,F} = 2267$ kN
- $T_{I,V1} = 176/\text{mm}^2 \Rightarrow T_{I,V1,F} = 2042$ kN
- $T_{I,M} = 168/\text{mm}^2 \Rightarrow T_{I,M,F} = 2112$ kN

figuur XIV 2 : verloop dwarskrachtenlijnen en dwarskrachtcapaciteit voor gebruikstoestand.

De voorgaande benadering met de gunstige invloed van de voorspanning op de lengtewapening is toegestaan, indien er een trekband aanwezig is waarvoor geldt:

$$A = A_p \cdot f_{p,0.2} + A_s \cdot f_a > T_d \quad (1), \text{ terwijl}$$

$$A_s \cdot f_a > 0.5 T_d \quad (2)$$

Dit betekent voor het dake ter plaatse van:

- snede E:

$$\begin{aligned} A_p &= 5600 \text{ mm}^2 \\ f_{p,0.2} &= 1620 \text{ N/mm}^2 \\ f_a &= 500 \text{ N/mm}^2 \\ T_d &= 2385 \text{ kN} \end{aligned}$$

Aan eis (1) wordt ruimschoot voldaan. Met eis (2) volgt:

$$A_s > 2385 \text{ mm}^2$$

Neem $\phi 25 - 200$ als trekband (= 2455 mm^2)

- snede M:

$$\begin{aligned} A_p &= 5600 \text{ mm}^2 \\ f_{p,0.2} &= 1620 \text{ N/mm}^2 \\ f_a &= 500 \text{ N/mm}^2 \\ T_d &= 3492 \text{ kN} \end{aligned}$$

Aan eis (1) is ruimschoots voldaan. Met eis (2) volgt:

$$A_s > 3492 \text{ mm}^2$$

Neem naast de aanwezige minimum wap. $\phi 20 - 200$

nog extra $\phi 25 - 250$ als trekband (= 3535 mm^2)

De trekband wordt doorgezet tot voorbij het momenten nulpunt van de verschoven momentenlijn bij volbelasting. De hele trekbandwapening wordt doorgezet, om deze reden wordt geen verankeringslange in rekening gebracht.

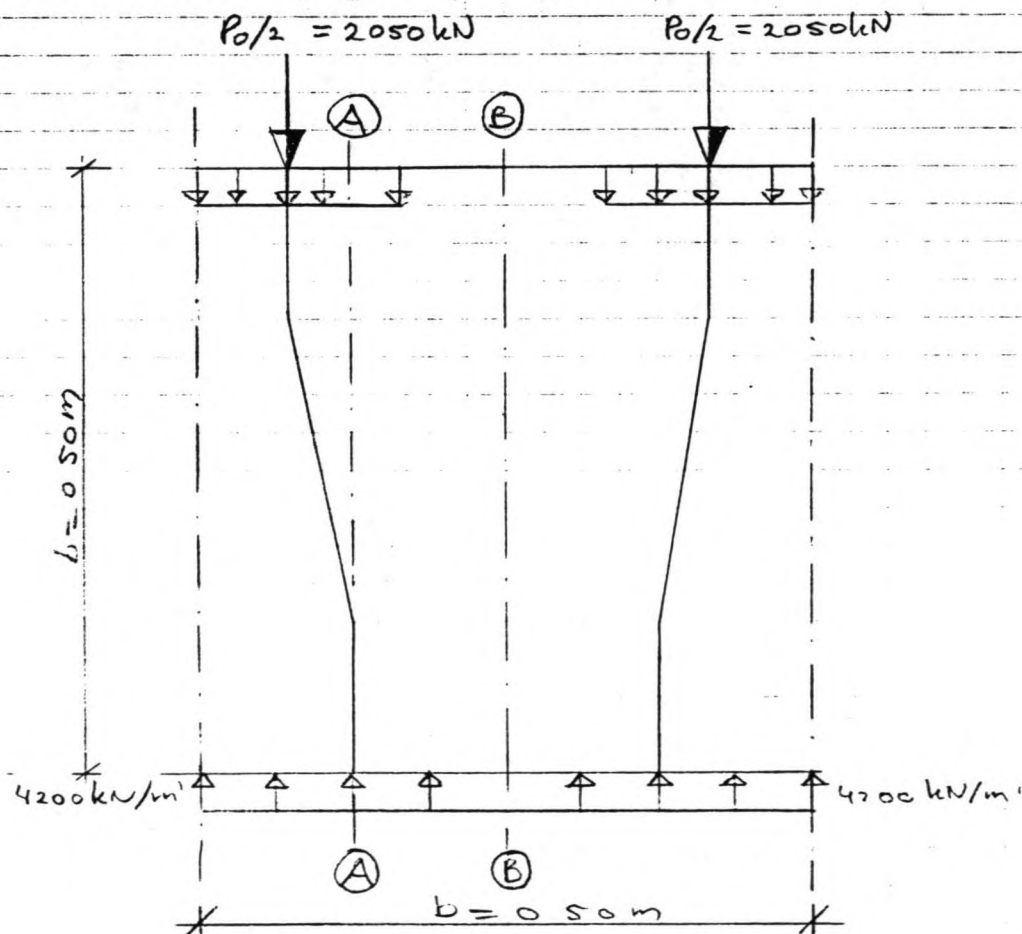
* Splijtwapening

Naast een primaire splijtwapening, behorend bij het verankeringssysteem en vermeld in het attest van het voorspannsysteem, is nog meer splijtwapening benodigd.

Van de berekening van de extra splijtwapening wordt uitgegaan van een gelijkmatige spreiding van de voorspanning over de doorsnede als waergegeven in figuur XIV. 3 en XIV. 4.

Verder wordt een $n = 2$ in rekening gebracht. De hoge wijdheid wordt aangepalouden in verband met de beperking van de scheurwijdte.

- berekening Splijtwapening in langsrichting



figuur XIV. 3 : schematische krachtenverloop langsrichting
kopplaat $330 \times 330 \text{ mm}^2$.

Evenwicht momenten

$$M_{A-A} \approx (0.125)^2 \times \frac{1}{2} \times 8200 - 2050 \times 0.0425 = -23 \text{ kNm}$$

$$M_{B-B} = (0.25)^2 \times \frac{1}{2} \times 8200 - 2050 \times 0.1675 = -87 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} = f \times M_{B-B} = 2 \times 87 = 174 \text{ kNm}$$

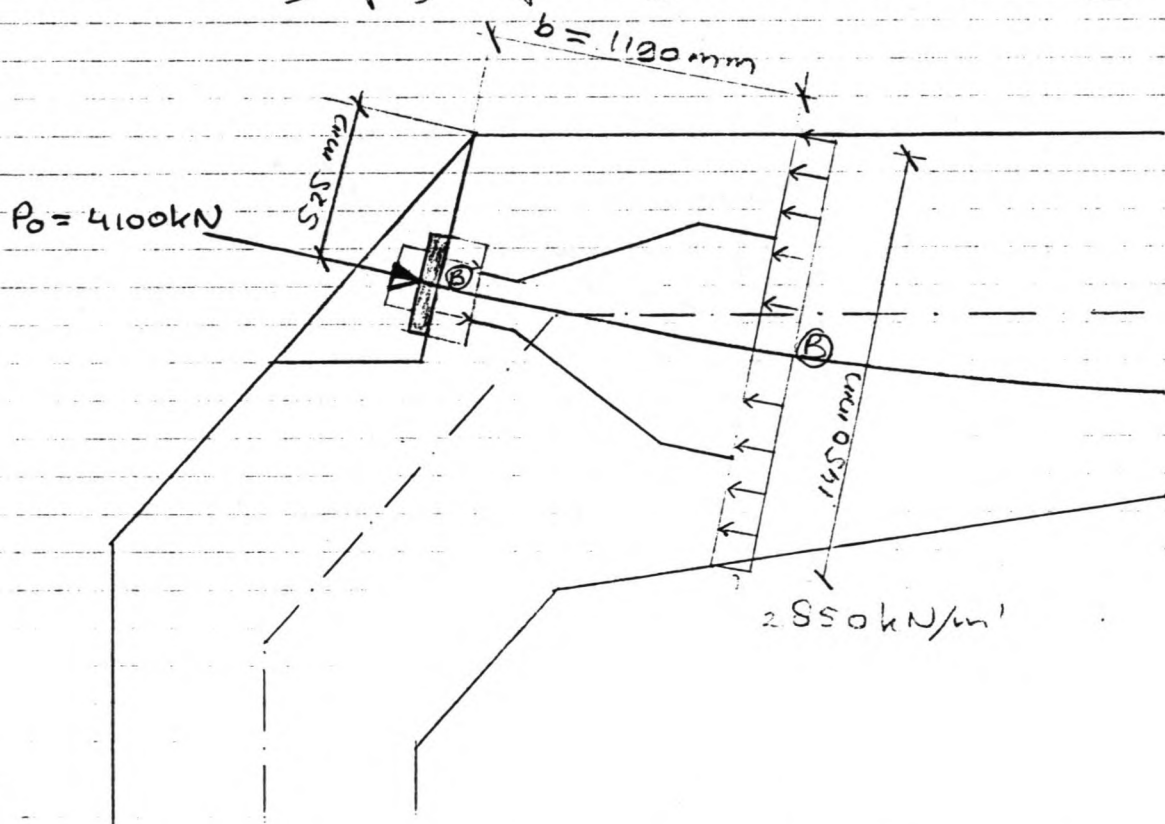
$$N_{\max} = \frac{M_{\max}}{0.5 \times b} = \frac{174}{0.5 \times 0.5} = 697 \text{ kN}$$

Dit betekent voor de wapening, Fe B500:

$$N = A_a \times \sigma_e \Rightarrow A_a = \frac{697 \times 10^3}{500} = 1394 \text{ mm}^2$$

Neem $8 \Phi 16$ in twee lagen dan te brengen.

- berekening split wapening in dwarsrichting



figuur XIV 4: schematische krachtenverloop dwarsrichting

$$M_{B-B} \approx 0.0825 \times 4100 - (0.725)^2 \times 0.5 \times 2850 = -411 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} = f \times M_{B-B} = 2 \times 411 = 822 \text{ kNm}$$

$$N_{\max} = \frac{M_{\max}}{0.5 \times b} = \frac{822}{0.5 \times 1.12} = 1382 \text{ kN}$$

$$N_{\max} = A_a \cdot \sigma_e \Rightarrow A_a = 2764 \text{ mm}^2 \text{ . Neem } 10 \Phi 20 \text{ (3142 mm}^2\text{)}$$

