

## Onderzoek naar dwarskracht-draagvermogen van Fingo-kanaalvloeren van grindbeton

**Citation for published version (APA):**

Kamerling, J. W., Fijneman, H. J., & Smolenaars, J. L. M. (1984). *Onderzoek naar dwarskracht-draagvermogen van Fingo-kanaalvloeren van grindbeton*. (TU Eindhoven. Fac. Bouwkunde, Vakgr. Konstruktie; Vol. BKO-KO-84-2). Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1984

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

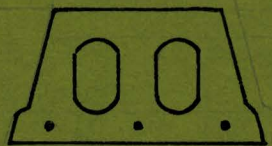
[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

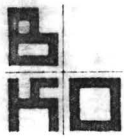
If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.



onderzoek naar  
dwarskrachtdraagvermogen van  
kanaalvloer



Afdeling Bouwkunde  
Vakgroep  
Konstruktie

*J.W. Kamerling*  
30/1/84



84-1040 1 dl.

# Technische Hogeschool Eindhoven

Onderzoek naar  
DWARSKRACHT-DRAAGVERMOGEN van  
Fingo-kanaalvloeren van  
grindbeton.

BKO-KO-84-2 Januari 1984.

Prof. Ir. J.W. Kamerling.

Ir. H.J. Fijneman.

J.L.M. Smolenaars.

*afstudeerder.*

Producent:

Fingo Welfsels N.V.  
Nijverheidsstraat 21  
2140 Westmalle (België)  
tel. 09.32.33124852

Algemeen:

Door vloerenfabrikant FINGO-welfsels te Westmalle (België) is aan de Technische Hogeschool Eindhoven, afdeling Bouwkunde, opdracht gegeven na te gaan welk dwarskrachtdraagvermogen het vloertype F-170 heeft.

Het dwarskrachtdraagvermogen is bepaald door vierpunts-buigproeven. Aan de hand van onderzoeken gedaan door Dr. Ing. Rafla, aan de Universiteit van Braunschweig, is een voorstel gedaan welke elementen beproefd zouden moeten worden.

Deze elementen zijn op de fabriek door een keurmeester van de Stichting KOMO uitgezocht en gemerkt.

De 14 vierpunts-buigproeven zijn gedaan op 18-10, 20-10 en 21-10-1983.

De betonkwaliteit is vastgesteld op basis van 72 kubusdrukproeven, gedaan in het kader van de interne kwaliteitskontrôle van de fabriek.

De staalkwaliteit is bepaald aan de hand van 4 staaltrekproeven.

Inhoudsopgave.

Onderdeel		blad
Het produktieproces		3
Het element F-170.		4
Betonkwaliteit		5
Wapening		7
De proefopstelling		9
Element afmetingen en opstellingsgegevens		11
Proefresultaten		12
Berekende waarden voor momenten en dwarskrachten		13
Grafiek met: T berekend vlgns Rafla		
T gemeten bij de proeven		
T <sub>max</sub> bij momentbreuk.		15
Conclusie		16
Literatuuropgave		17
Modelblad F-130 en F-170	6 bladen	Bijlage 1
Foto proefresultaten	2 bladen	Bijlage 2
M-k-diagram balk 7-2Ø10-1	3 bladen	Bijlage 3

Het produktieproces.

De vloeren worden geproduceerd onder KOMO-Attest-met-Certificaat. Hierdoor is het noodzakelijk dat er een interne kwaliteitsconrôle op de fabricage plaatsvindt.

Het produktieproces is in figuur 1 weergegeven.

Zand en grind worden vanaf de opslag via transportbanden naar silo's A gebracht. Daar wordt het benodigde zand en grind elektronisch afgewogen en via een transportband vervoerd naar de menginstallatie C.

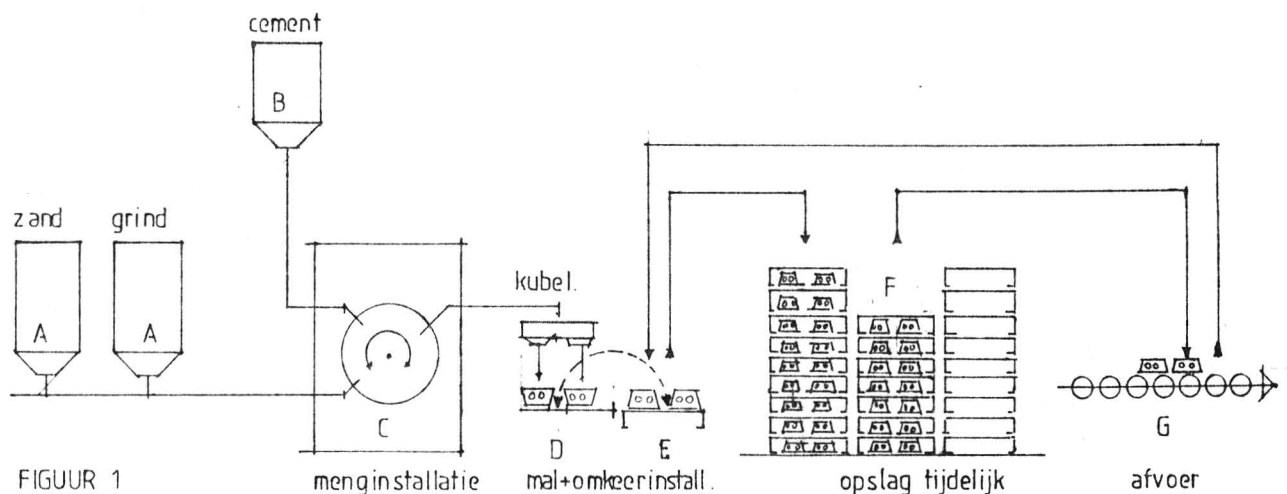
Daar worden de juiste hoeveelheid cement en water toegevoegd en het geheel gemengd.

Vanaf de mengmachine wordt het beton via een verrijdbare kubel naar het te vullen element gebracht. De elementen worden in drie lagen gevuld, nadat de buizen, voor de kanalen, zijn geplaatst.

Tijdens het vullen wordt de wapening geplaatst en de beton verdicht. De gevulde mallen worden daarna omgedraaid, de buizen worden verwijderd. De mallen draaien terug en de elementen komen op een pallet te liggen. Een verrijdbare kraan haalt de elementen op en brengt ze naar een tijdelijke opslag om te verharden.

De kraan brengt daarna voldoende verharde elementen naar een rolbaan van waaruit de elementen op het buitenterrein worden opgeslagen.

Tenslotte brengt de kraan een lege pallet naar de mallen waarop devolgende verse elementen worden geplaatst.



Het element F-170.

Het vloerelement F-170 is vervaardigd van grindbeton, kwaliteit B37,5.

De toegepaste wapening is FeB 500 HK.

De elementen worden geleverd met Attest-met-Certificaat no. 20110/81, uitgegeven door de Stichting voor onderzoek, beoordeling en keuring van materialen en constructies KOMO.

In onderstaande figuur 2 zijn de afmetingen van het element weergegeven.

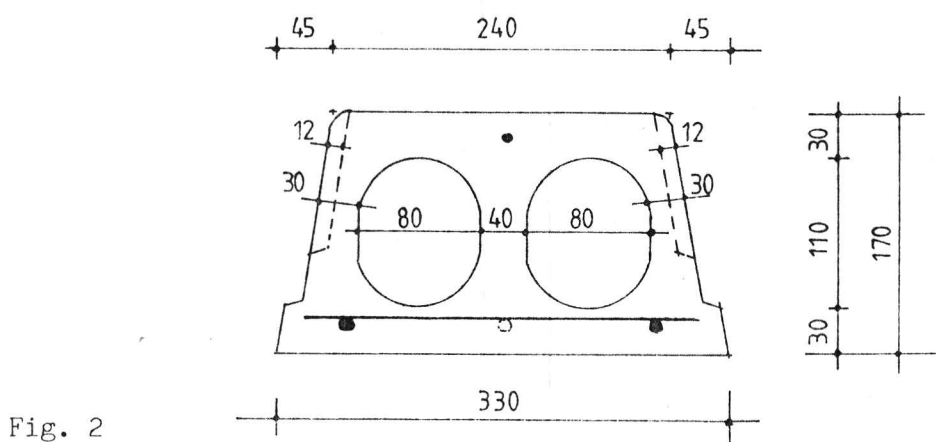


Fig. 2

Meer gegevens en de toepassingen zijn weergegeven op bijgevoegd Attest-met-Certificaat. Bijlage 1.

De hoofdwapening bestaat uit minimaal 2 staven en maximaal 3 staven.

De diameter varieert van  $\varnothing 5$  tot en met  $\varnothing 14$ .

Per meter elementlengte is één dwarsstaaf  $\varnothing 4$  geplaatst.

Bij toepassing van langsstaven  $\leq 10$ , is ter plaatse van het balkeinde één  $\varnothing 4$  geplaatst. Bij toepassing van langsstaven  $> 10$  zijn ter plaatse van het balkeinde twee  $\varnothing 4$  geplaatst.

De elementen die gebruikt werden bij de proeven waren aan één zijde afgezaagd. Aan de afgekorte zijde hoeft geen dwarsstaaf aanwezig te zijn.

Betonkwaliteit.

Om te komen tot een waarde voor de betonkwaliteit van de beproefde vloerelementen is uitgegaan van de resultaten van 72 proefkubussen.

Deze zijn gemaakt in de periode van 31-3-1983 t/m 27-9-1983.

In deze periode zijn ook de beproefde elementen geproduceerd.

De kubussen zijn gemaakt en beproefd vanwege de interne kwaliteitscontrole, welke nodig is bij het voeren van een Attest-met-Certificaat.

In onderstaande tabel A zijn de resultaten weergegeven.

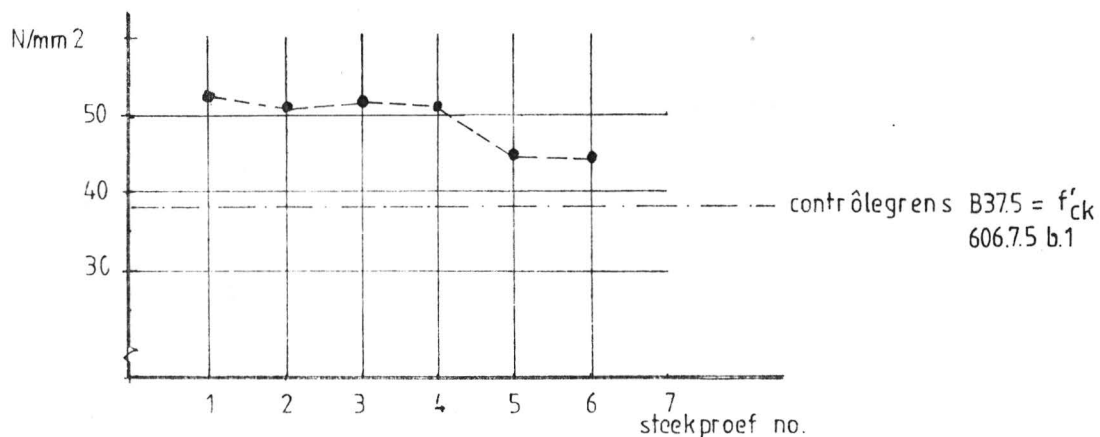
Periode 1983	n	no	$s_{12}$	$\bar{x}$	$\sum x^2$	$\sum x$
31-3/29-4	12	1	2,80	56,81	38823,8	681,8
03-5/27-5	12	2	3,39	56,86	38932,7	682,4
30-5/23-6	12	3	2,98	56,89	38937,0	682,7
24-6/12-8	12	4	2,94	55,80	37470,0	669,7
16-8/02-9	12	5	3,90	50,64	30942,0	607,7
05-9/27-9	12	6	2,91	49,00	28915,0	588,0

tabel A

$$s_{12} = \text{standaardafwijking} = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}$$

n=aantal waarnemingen

Onderstaande grafiek I is het contrôlediagram voor de 6 steekproeven.

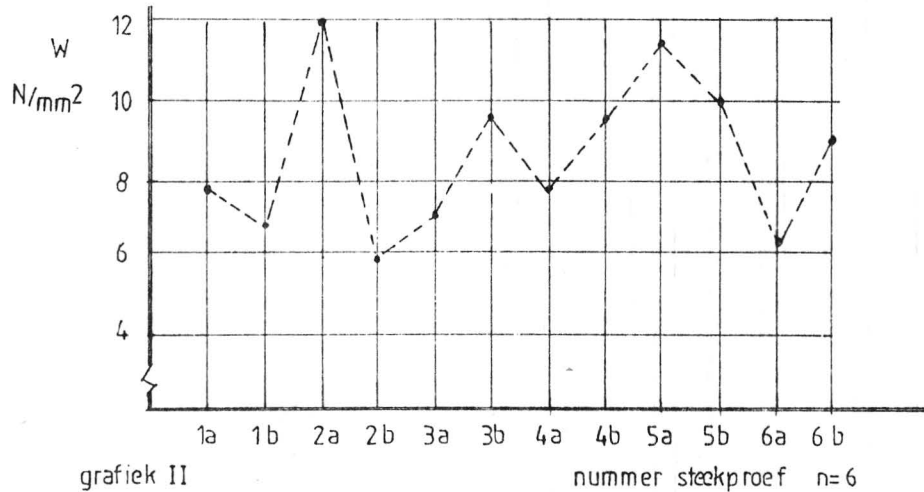


Grafiek I.

$$\bullet = \bar{x}_{12} - 1,53 * s_{12}$$



Grafiek II is een contrôlediagram voor de spreidingsbreedte  $w$  per steekproef van 6 kubussen.



De spreidingsbreedte  $w$  ( het verschil tussen de hoogste en de laagste kubusdruksterkte per 6 kubussen) blijft beneden de waarschuwingsgrens van  $4,36 \times 4 = 17,44 \text{ N/mm}^2$ . \*)

Uitgaande van bovenstaande resultaten gelden voor de toegepaste beton de volgende waarden.

- De gemiddelde kubusdruksterkte  $f'_{cm,15} = 54,33 \text{ N/mm}^2$ .
- De karakterisieke kubusdruksterkte  $f'_{ck} = 54,33 - 1,64 \times 4 = 47,77 \text{ N/mm}^2$  \*)
- De gemiddelde splijttreksterkte  $f_{bm} = (1 + 54,33/20) = 3,71 \text{ N/mm}^2$
- Volgens de CEB is  $f_{ctm} = f_{bm} = 0,3 \times \sqrt{54,33} = 4,30 \text{ N/mm}^2$
- De karakteristieke splijttreksterkte  $f_{bk} = 0,87 \times (1 + 47,77/20) = 2,95 \text{ N/mm}^2$

Voor B 37,5 moet volgens de VB'74 worden aangehouden.

- $f_{bk} = 2,50 \text{ N/mm}^2$ .

\*) Uit tabel A blijkt dat per 12 kubussen de maximale standaardafwijking die gevonden is  $3,9 \text{ N/mm}^2$  bedraagt.

De interne kwaliteitskontrôle van de fabriek, volgens KOMO, wijkt af van art. A.606.7.5 NEN 3861. Daarom is als standaardafwijking  $s$  genomen de minimaal voorgeschreven waarde voor vooraf vervaardigd beton. Zie Tabel A-26 NEN 3861,  $s_n = 4 \text{ N/mm}^2$ .

Wapening.

Van 2 elementen is door middel van trekproeven een kracht-ervormingsdiagram verkregen voor de wapening. Zie blad 8.

Voor de staven  $\phi 12$  geeft dit een 0,2-rek grens bij  $\sigma_a = 560 \text{ N/mm}^2$ .

Voor de staven  $\phi 10$  geeft dit een 0,2-rek grens bij  $\sigma_a = 592 \text{ N/mm}^2$

De resultaten van de trekproeven zijn in onderstaande tabel B weergegeven.

StAAF	gewicht/m [kg]	kenmiddell. $12,8:\sqrt{G}$ [mm]	breuklast [KN]	breukrek % *)	$\sigma_{\text{breuk}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
7-2 $\phi$ 12-2-1	0,879	12,005	73	9,8	646
7-2 $\phi$ 12-2-2	0,879	12,004	74,9	10,5	662
7-2 $\phi$ 10-1-1	0,613	10,026	51,3	18	653
7-2 $\phi$ 10-1-2	0,609	9,995	53,2	18	677

tabel B

G= massa in Kg/m'.

Voor de bepaling van het breukmoment van de proefelementen kan worden uitgegaan van  $\sigma_a \geq 630 \text{ N/mm}^2$ . Deze waarde is voor de berekening van het breukmoment reëel. Deze waarde wordt bereikt bij een rek groter dan 1 %.

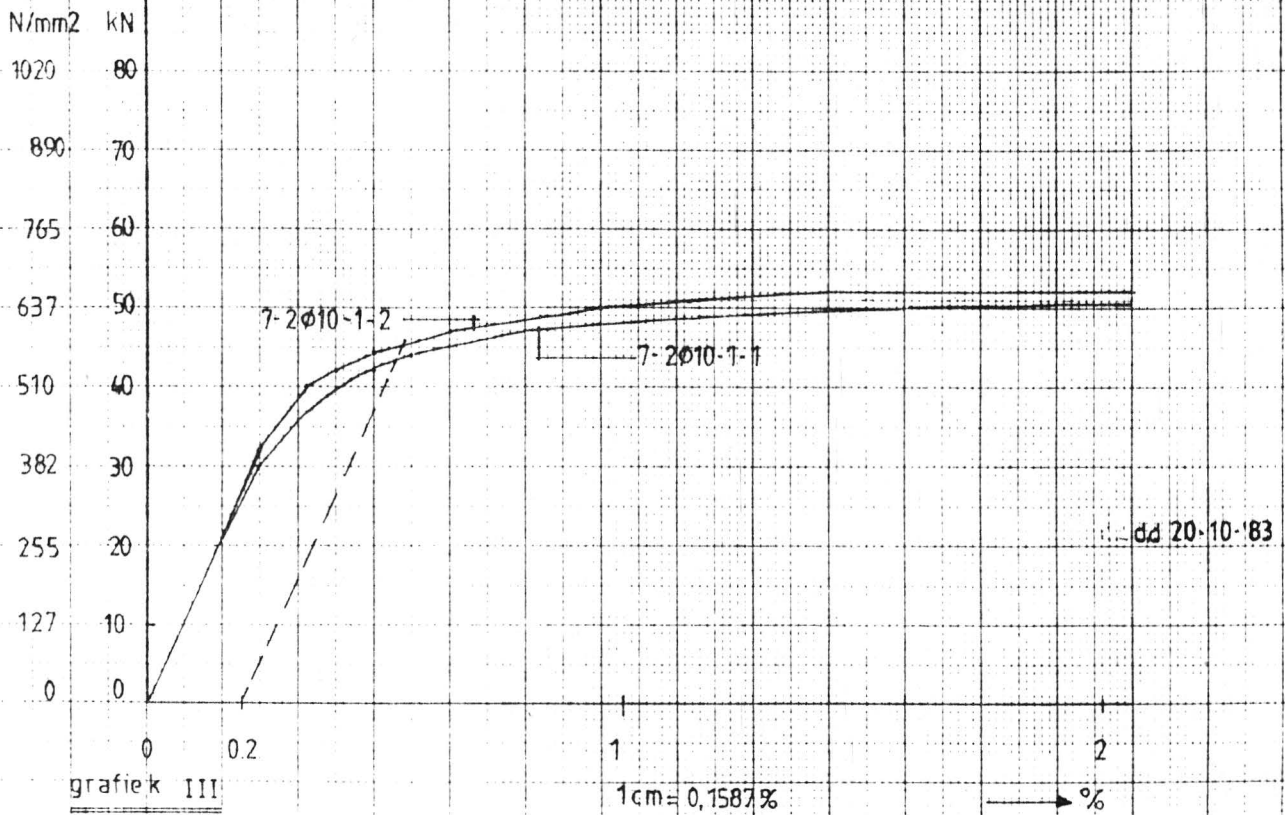
De proefstaven zijn, vóór de proef, van maatlijnen voorzien h.o.h 50 mm. In onderstaande figuur 3 is de staaflengte tussen de maatlijnen aangegeven na de proef.

		Gelijkmatige rek in %
7-2 $\phi$ 12-2-1	51,4 51,4 51,4 51,4 51,4 52,0 55,0	3.1
7-2 $\phi$ 12-2-2	51,2 51,2 51,2 51,4 56,0 52,0	2.8
7-2 $\phi$ 10-1-1	52,5 52,5 52,5 59,0 52,5 52,5 52,5	5.3
7-2 $\phi$ 10-1-2	51,0 51,0 53,0 57,0 51,0 52,0	2.3

x = plaats insnoering

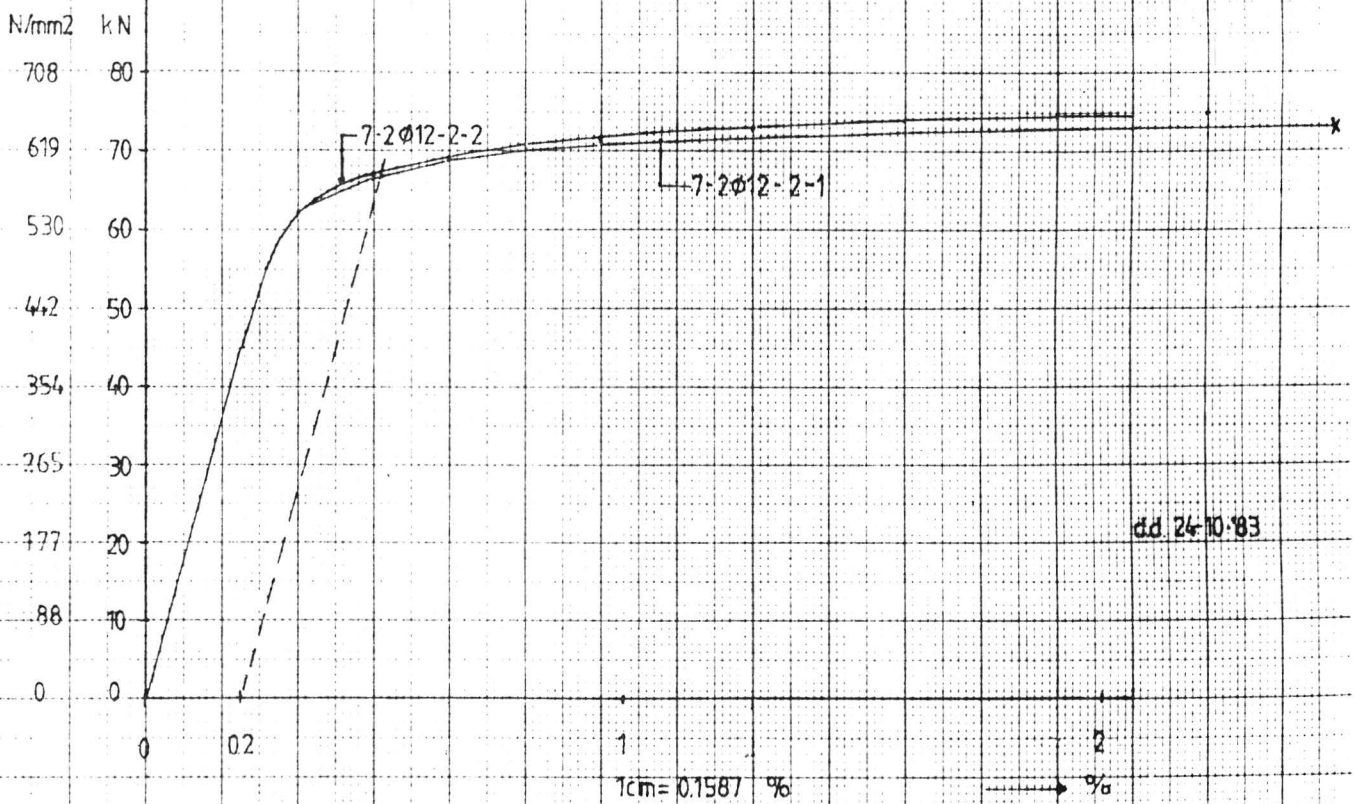
\*) Volgens NEN 3861 Tabel A-10 moet de minimum rek na het breken voor FeB 500 HK 8 % bedragen. (over 5d)

STAALT REKPROEVEN



grafiek III

staafdoorsnede 78,5 mm<sup>2</sup> = φ 10



grafiek IV

staafdoorsnede 113 mm<sup>2</sup> = φ 12

De proefopstelling.

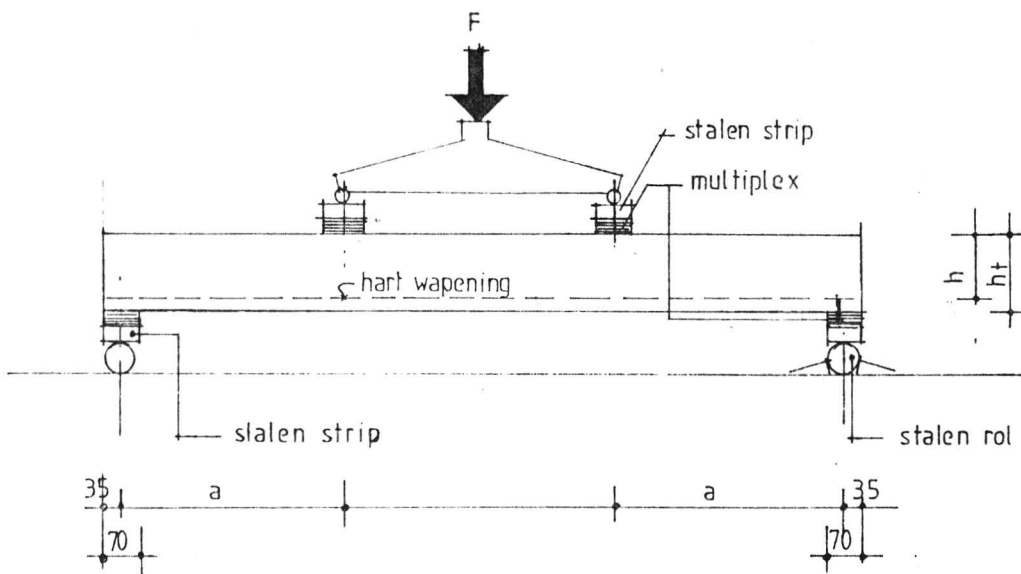
De elementen zijn beproefd door een vierpuntsbuigproef uitgevoerd op een buigbank Merk: TONINDUSTRIE

Type: 2640-20

De opstelling is op bijgevoegde foto blad 10 weergegeven.

De belasting werd opgevoerd met 20 KN/min, tot bezwijklast.

De krachten werden in het element ingebracht via een multiplex strip afm. 350x70x18, waarboven een stalen strip afm. 335x70x30. Ter plaatse van de oplegging is op de onderbalk een stalen rol  $\varnothing 60$  aangebracht. Tussen de rol en het element wordt een stalen strip afm. 335x70x30 en een multiplex strip afm. 350x70x18 geplaatst. E.e.a is hieronder schematisch in figuur 3 aangegeven.



figuur 3

Op blad 11 zijn de element- en opstellingsgegevens in tabelvorm weergegeven. Tabel C.

Proefopstelling.

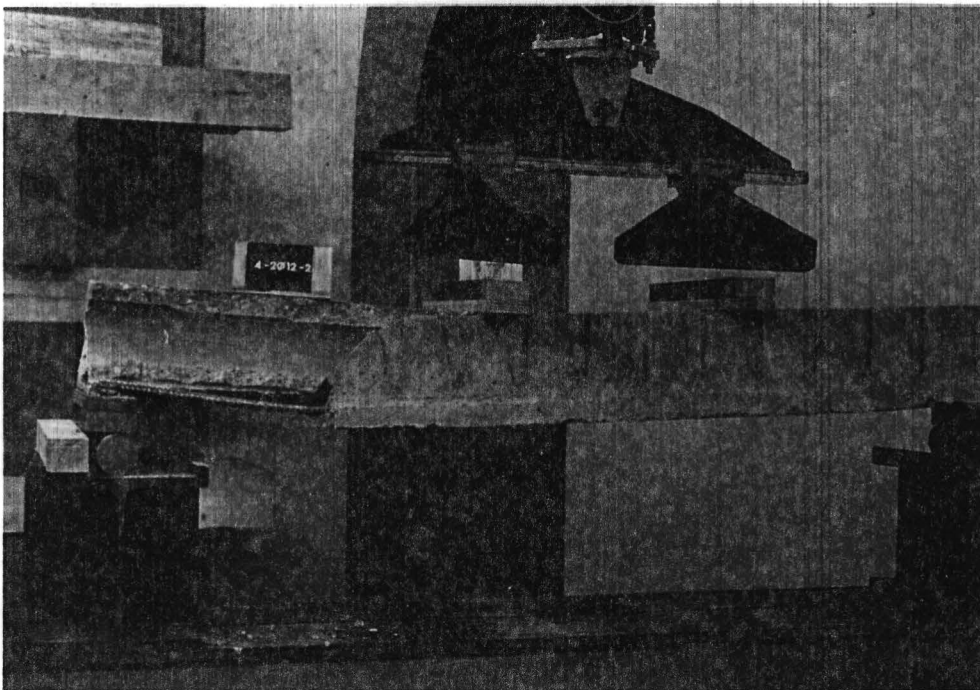
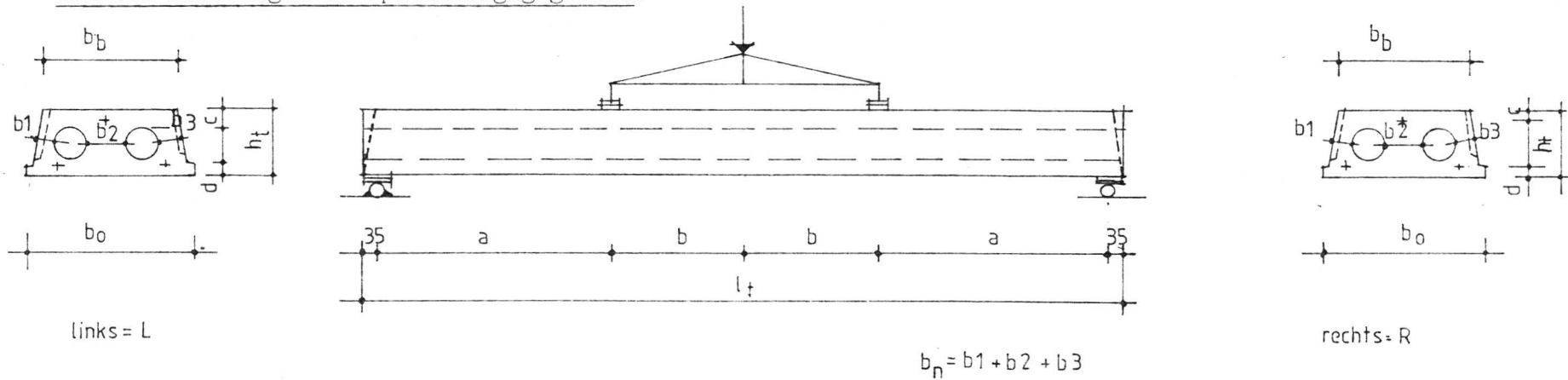


Foto A.

Element afmetingen en opstellingsgegevens.



TYPE	$a/h$	wap. onder	wap. boven	a	b	c	d	$h_t$	h	$b_b$	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>n</sub>	balkeinde		b <sub>o</sub>	l <sub>t</sub>
															r=recht	s=schuin		
3-2φ12-2	3	2φ12	1φ6	417	248	32	25	164	139	240	40	51	37	128	L s	R r	329	1400
3-2φ12-1	3	2φ12	1φ6	420	295	31	24	164	140	240	40	50	35	125	L r	R s	330	1500
4-2φ12-2	4	2φ12	1φ6	562	208	29	24	165	141	242	34	49	40	123	L r	R s	330	1610
4-2φ12-1	4	2φ12	1φ6	566	349	30	23	164	141	240	36	43	36	115	L s	R r	325	1900
5-2φ12-2	5	2φ12	1φ6	700	265	32	24	164	140	240	38	52	38	128	L r	R s	329	2000
5-2φ12-1	5	2φ12	1φ6	710	345	30	24	166	142	240	38	42	32	112	L r	R s	328	2180
7.5-2φ12-2	7.5	2φ12	1φ6	1057.5	205	28	24	165	141	240	38	50	38	126	L s	R r	329	2595
7.5-2φ12-1	7.5	2φ12	1φ6	1050	312.5	30	25	165	140	240	36	52	38	126	L s	R r	328	2795
9-2φ12-1	9	2φ12	1φ6	1260	302.5	30	24	164	140	240	39	51	35	125	L r	R s	328	3195
3-2φ10-2	3	2φ10	1φ6	417	220.5	30	26	165	139	240	38	43	33	114	L r	R s	326	1345
3-2φ10-1	3	2φ10	1φ6	438	349	31	19	165	146	240	38	50	39	127	L r	R s	328	1644
4-2φ10-1	4	2φ10	1φ6	572	335.5	30	20	163	143	240	37	50	38	125	L s	R r	328	1885
5-2φ10-1	5	2φ10	1φ6	715	117.5	30	20	163	143	240	40	43	35	118	L r	R s	329	1970
7-2φ10-1	7	2φ10	1φ6	973	242	30	25	164	139	240	36	51	37	124	L r	R s	330	2500

tabel. C

Proefresultaten.

Op bijlage 2 is door middel van foto's de bezwijkvorm in beeld gebracht.

In onderstaande tabel D is de bezwijklast F en de bezwijkvorm voor de verschillende elementen weergegeven.

Type element	Bezwijklast [kN]	Omschrijving soort bezwijken M <sub>s</sub> = op staal bezweken D=dwarskracht M <sub>b</sub> = op beton bezweken. r=rechte zijde s=schuine zijde
3-2012-2	73,0	plotseling M <sub>s</sub> -D-s-verankering
3-2012-1	69,2	plotseling M <sub>s</sub> -D-r-verankering
4-2012-2	53,5	plotseling M <sub>s</sub> -D-r-verankering
4-2012-1	61,0	plotseling M <sub>s</sub> -D-verankering-s
5-2012-2	52,6	plotseling M <sub>s</sub> -D-verankering-s
5-2012-1	54,0	plotseling M <sub>s</sub> -D-2 staven gebroken-s
7 <sup>5</sup> -2012-2	36,7	M <sub>b</sub>
7 <sup>5</sup> -2012-1	36,2	M <sub>b</sub>
9-2012-1	29,3	M <sub>b</sub>
3-2010-2	59,0	plotseling M <sub>s</sub> -D-verankering-s
3-2010-1	63,0	plotseling M <sub>s</sub> -2 staven gebroken
4-2010-1	48,5	plotseling M <sub>s</sub> -1 staaf gebroken
5-2010-1	38,5	plotseling M <sub>s</sub> -1 staaf gebroken
7-2010-1	27,3	M <sub>b</sub>

tabel D

bezwijkpatroon elementen met wapening  $2\phi 10$

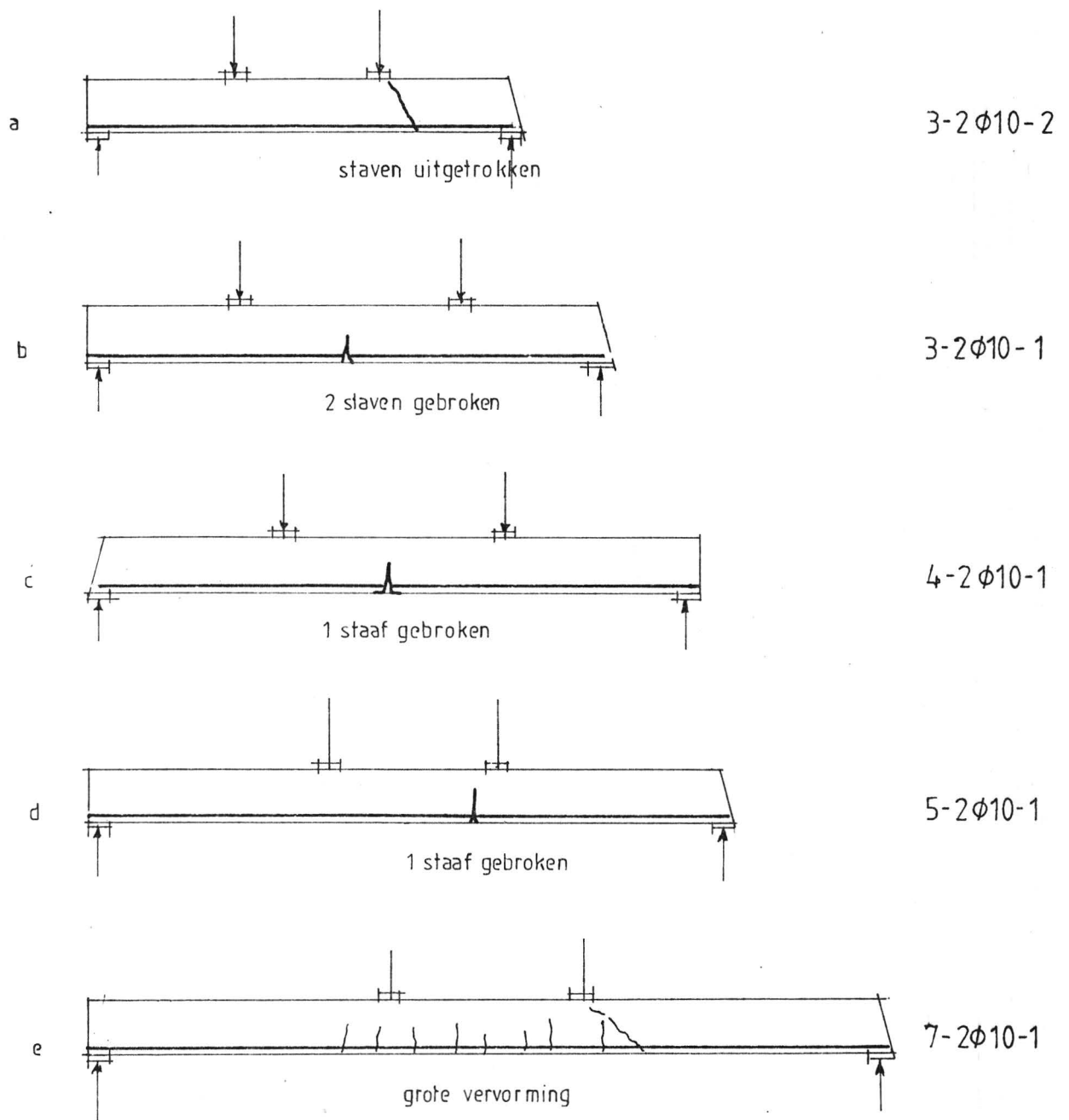


fig. 4



bezwijkpatroon elementen met wapening 2  $\Phi$  12

buigscheuren niet aangegeven

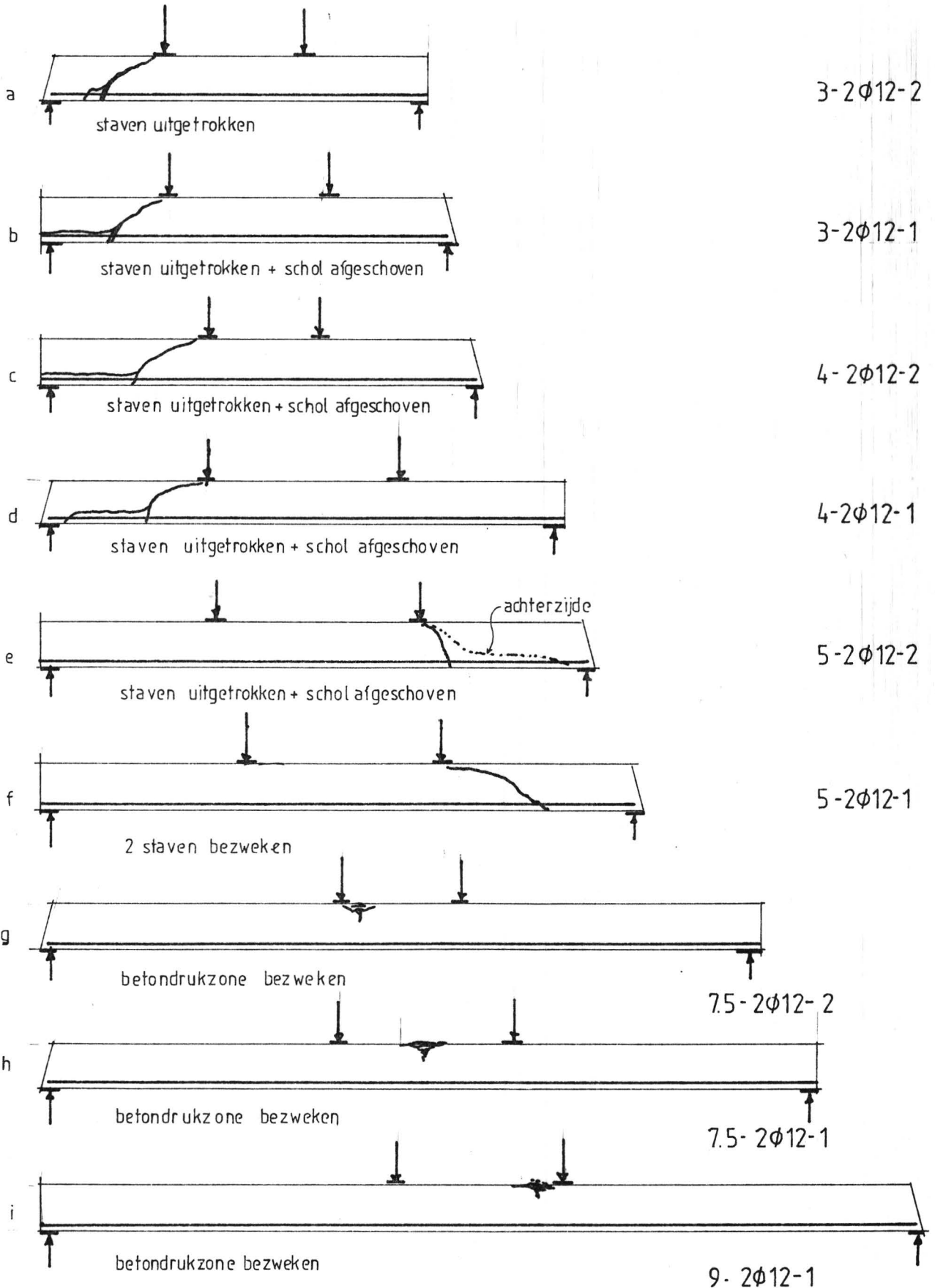


fig. 5

### Berekende waarden voor momenten en dwarskrachten

Deze waarden zijn op blad 14 in tabelvorm (tabel E) en op blad 15 in grafiekvorm (grafiek V) weergegeven.

Bij de proefelementen is bij breuk de dwarskracht  $T = \frac{1}{2}F$ , en het moment  $\frac{1}{2}F \times a$ .

Uitgaande van onderstaand spannings- en vervormingsdiagrammen (fig. 6) is het breukmoment  $M_u$  bepaald.

Voor  $\sigma_a$  is  $630 \text{ N/mm}^2$  genomen.  $f'_{bm} = 54,33 \text{ N/mm}^2$ . Breedte  $b = 216 \text{ mm}$ . (fig. 2). Er moet gelden  $N_a = N'_b$ . Dan geldt de vergelijking:

$$A_a \times f_a = b \times X \times 54,33 \times 9/14 \times 0,8$$

Hieruit kan  $X$  worden bepaald. Bij 2 staven  $\emptyset 10$  geldt  $X = 16,4 \text{ mm}$  en bij 2 staven  $\emptyset 12$  geldt  $X = 23,6 \text{ mm}$ .

$$\epsilon'_a = 3,5 \times (h - X) : X \quad (0/00)$$

$$Z = h - 0,355 \times X \quad (\text{mm})$$

$$M_u = A_a \times \sigma_a \times Z \quad (\text{Nmm})$$

De opneembare dwarskracht bij

$$\text{momentbreuk} = M_u / a = T_c$$

De gemeten dwarskracht is vergeleken met de volgens Rafla opneembare dwarskracht.

Uit onderzoek door Rafla blijkt dat voor rechthoekige niet op dwarskracht gewapende betonbalken de opneembare dwarskracht kan worden bepaald door de formule:

$$T_{max} = \frac{7}{8} \times b \times h \times \alpha \times \frac{\sqrt{f'_{cm20}} \times \sqrt[3]{\omega_0}}{\sqrt[4]{h/10}} \quad [\text{KN}]$$

$\alpha$  = factor afhankelijk van  $a/h$ . Voor  $a/h \leq 3,5$  geldt  $\alpha = 0,795 + 0,293(3,5 - a/h)^{2,5}$   
Voor  $a/h \geq 3,5$  geldt  $\alpha = 0,90 - 0,03 \times a/h$

$f'_{cm20}$  = gemiddelde kubusdruksterkte (kubus  $\# 20$ ).  $\text{Kgf/cm}^2$

$\omega_0$  = wapeningspercentage. %

$h$  = balkhoogte  $\text{cm}$      $b$  = balkbreedte in  $\text{m}$

$$f'_{cm20} = 0,97 f'_{cm15}$$

Voor de breedte en hoogte maten van het element zijn de gemiddelde waarden van de beproefde elementen aangehouden. Als breedte is genomen de gemiddelde waarde  $b_n$  uit tabel c minus  $2 \times 12 \text{ mm}$  is  $98 \text{ mm}$  en als hoogte de gemiddelde hoogte  $h$  uit tabel c is  $141 \text{ mm}$ .

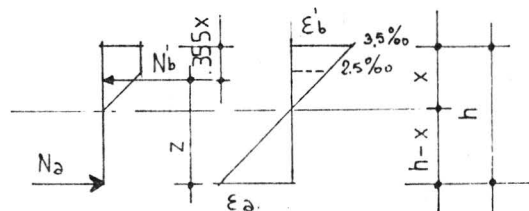


fig. 6

Momenten-Dwarskrachten.

tabel E

Element type	a/h	Gemeten bezwijk- moment (kNm)	Gemeten dwars- kracht (kN)	Berekend bezwijkmoment (kNm)	Berekende dwars- kracht volgens Rafla (kN)	$\alpha$
3-2012-2	3	15,2	36,5	18,8	25,2	.84
3-2012-1	3	14,5	34,6	18,8	25,2	.84
4-2012-2	4	15,0	26,7	18,8	23,4	.78
4-2012-1	4	17,2	30,5	18,8	23,4	.78
5-2012-2	5	18,4	26,3	18,8	22,5	.75
5-2012-1	5	19,1	27,0	18,8	22,5	.75
7 <sup>5</sup> -2012-2	7.5	19,4	18,4	18,8	20,2	.675
7 <sup>5</sup> -2012-1	7.5	19,0	18,1	18,8	20,2	.675
9-2012-1	9	18,5	14,7	18,8	18,9	.63
3-2010-2	3	12,3	29,5	13,3	22,3	.84
3-2010-1	3	13,7	31,5	13,3	22,3	.84
4-2010-1	4	13,8	24,2	13,3	20,7	.78
5-2010-1	5	13,7	19,2	13,3	19,9	.75
7-2010-1	7	13,2	13,6	13,3	18,3	.69

T, kN

Ø 12

50

- $T_{opn}$  tg.v. momentbreuk.
- $T_{optr}$  bij breuk
- - -  $T_{opn}$  vlgns RAFLA

40

26.3

14.9

10

0

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

a/h

grafiek Va

T, kN

Ø 10

50

- $T_{opn}$  tg.v. momentbreuk.
- $T_{optr}$  bij breuk
- - -  $T_{opn}$  vlgns RAFLA

40

24.2

14.9

10

0

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

a/h

grafiek Vb

Conclusie.

Uit tabel D blijkt dat de extra dwarsstaven aan het balkeinde geen betere verankering geven.

De 3 elementen die op verankering bezweken, zijn aan de zijde waar de extra dwarsstaven zijn geplaatst (schuine zijde) bezweken.

Bij de elementen met 2 staven  $\emptyset 10$  ligt het gemeten bezwijkmoment alleen bij het element 3-2 $\emptyset 10$ -2 enigszins onder het berekende bezwijkmoment. Dit element bezweek echter op verankering. Hieruit blijkt dat bij 2 staven  $\emptyset 10$  dwarskracht niet maatgevend is.

Bij de elementen met 2 staven  $\emptyset 12$  ligt het gemeten bezwijkmoment bij  $a/h < 5$  duidelijk onder het berekende bezwijkmoment op buiging.

Hieruit blijkt dat bij  $a/h < 5$  dwarskrachtbreuk kan optreden.

De bij de proeven opgetreden  $T_u$ -waarde is 26,3 kN. ( $a/h=5$ )

Om uit de gemeten  $T_u$  een rekenwaarde voor het dwarskrachtdraagvermogen  $T_d$  van een element, gewapend met 2 staven  $\emptyset 12$  te bepalen, zijn de volgende herleidingen noodzakelijk:

1. Herleiding van de gemiddelde kubusdruksterkte ( $f'_{cm}$ ) van de beton waarvan de beproefde elementen gemaakt zijn, naar de gemiddelde kubusdruksterkte die door de fabrikant gegarandeerd wordt.

2. Herleiding van de karakteristieke waarde van het dwarskrachtdraagvermogen  $T_k$  uit het gemiddelde dwarskrachtdraagvermogen  $T_u$ .

3. Herleiding van de rekenwaarde van het dwarskrachtdraagvermogen  $T_d$  uit de karakteristieke waarde van het dwarskrachtdraagvermogen  $T_k$ .

ad.1:

De gemeten  $f'_{cm} = 54,33$  N/mm<sup>2</sup> (blad 6). Bij een gegarandeerde betonkwaliteit B37,5 wordt aangenomen voor  $f'_{cm} = 45$  N/mm<sup>2</sup>. (Tabel A-28. VB 1974)

Omdat bij rotatiestruikbreuken het dwarskrachtdraagvermogen evenredig is met  $\sqrt{f'_{cm}}$ , bedraagt de reductiefactor  $\sqrt{45:54,33} = 0,91$ .

ad.2.

Aangenomen wordt dat de spreiding in de metingen van het dwarskrachtdraagvermogen, dezelfde is als die in de druksterkte van de kubussen.

Voor de kubussen is gevonden  $f'_{ck} : f'_{cm} = 47,77 : 54,31 = 0,88$ .

Dus  $T_k : T_u = 0,88$ .

ad.3.

Omdat de drukzône onder excentrische druk bezwijkt (rotatiestruikbreuk) kan  $T_d$  op dezelfde wijze uit  $T_k$  bepaald worden als  $f'_b$  uit  $f'_{bk}$  voor excentrische druk. (art. A.204.5.1-VB 1974).

Dus  $T_d = T_k$ .

Op grond van bovenstaande herleidingen is  $T_d = 0,91 \times 0,88 \times T_u$ .

$T_d = 0,8 \times T_u = 0,8 \times 26,3 = 21$  kN.

Opmerking:

Het gemeten dwarskrachtdraagvermogen is hoger dan berekend met de formule van Rafla. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de gunstige invloed van de ovale springen.

Literatuuropgave.

- 1 - VB 1974 deel A, gemeenschappelijk gedeelte.
- 2 - VB 1974 deel C, vooraf vervaardigd beton-aanvullende bepalingen.
- 3 - VB 1974 deel E, gewapend beton-aanvullende bepalingen.
- 4 - NEN 6008, Betonstaal.
- 5 - ir. B. Kuyt. Over de dwarskrachtsterkte van slanke balken met verticale beugels. Deel I. Cement XXIV (1972) nr.6.
- 6 - ir. B. Kuyt. Over de dwarskrachtsterkte van slanke balken met verticale beugels. Deel II. Cement XXIV (1972) nr.9.
- 7 - Prof. ir. A.S.G Bruggeling. Het afschuifdraagvermogen van betonkonstrukties. Cement XXIII (1971) nr.11.
- 8 - Dr. Ing. Kamal Rafla. Empirische Formeln zur Berechnung der Schubtragfähigkeit von Stahlbetonbalken. Teil I: Einfeldrige Rechteckbalken ohne Schubbewehrung bei direkter Einleitung von Einzellasten. Strasse-Brücke-Tunnel, Heft 12, 1971.
- 9 - Prof. ir. J.W. Kamerling. Dwarskracht en de VB 1974, een compromis. Cement XXVIII (1976) nr.9.
- 10 - Cement en Beton. Betontechnologie CB 1 van de Betonvereniging.
- 11 - Prof. ir. J.W. Kamerling en ir. G.H. van Boom. Construeren in gewapend beton 1. Technologie en uitvoering.
- 12 - KOMO-blad K 19. Eisen voor de interne kwaliteitsbewaking in fabrieken van voorafvervaardigde bouwelementen van beton.

Aanvullend onderzoek  
naar:  
DWARSKRACHT-DRAAGVERMOGEN van  
FINGO-kanaalvloeren van  
grindbeton.

d.d. Maart 1984.

Het onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van het afstudeerwerk  
door J.L.M. Smolenaars onder begeleiding van: Prof. Ir. J.W. Kamerling  
Ir. H.J. Fijneman.

Inhoudsopgave.

Algemeen	20	
Gegevens van de proefstukken	20	
De proefresultaten.	21	
Totaaloverzicht proefresultaten in grafiekvorm	24	
Statische gegevens F170-element	25	
Bepaling buigtreksterkte	26	
Analyse van de resultaten.	27	
Eindconclusie	35	
Literatuurlijst (aanvulling)		
Bijlage 4	Foto's	blad 1 t/m 4



Algemeen.

In het eerste gedeelte van het onderzoek d.d. januari 1984 is een waarde gevonden voor het dwarskrachtdraagvermogen van het element F170.

Uit onderzoeken door Rafla blijkt dat het optreden van dwarskrachtbreuk mede afhankelijk is van  $\omega_0$  en de slankheid  $a/h$ . Bij de beproefde elementen is bij wapening 2Ø10 dwarskrachtbreuk opgetreden bij  $a/h \leq 3$  en bij wapening 2Ø12 trad dwarskrachtbreuk op bij  $a/h < 5$ .

In het eerste onderzoek zijn liggers onderzocht met slankheid  $a/h \geq 3$ . Om nu ook inzicht te krijgen in het bezwijkgedrag bij  $a/h < 3$  zijn 9 aanvullende proeven uitgevoerd.

Het aanvullend onderzoek vond plaats op 22-12-1983.

Als proefstukken werden gedeelten gebruikt van de eerder beproefde elementen.

Hierdoor blijft de beton en staalkwaliteit gelijk.

De aanduiding van de elementen is als volgt:

- Het eerste getal geeft de  $a/h$ -verhouding aan.
- Tussen haakjes is het type balk uit het eerste onderzoek aangegeven.
- Het laatste getal geeft het volgnummer aan per type.

De algemene gegevens van de proefstukken zijn weergegeven in tabel C blad 11 van het eerste onderzoek.

Gegevens van de proefstukken.

Type	no.	a/h	a	h	balkeinde		$L_t$ [mm]
					L=links s=schuin	R=rechts r=recht	
2.14-(4-2Ø12-2)-1	1	2.14	302	141	Lr	Rs	900
2-(9-2Ø12-1)-1	2	2	280	140	Ls	Rr	910
2-(9-2Ø12-1)-2	3	2	280	140	Lr	Rr	1010
1.5-(7½-2Ø12-1)-1	4	1.5	210	140	Lr	Rr	1010
1.5-(7½-2Ø12-1)-2	5	1.5	210	140	Ls	Rr	895
3-(3-2Ø12-1)-1	6	3	420	140	Lr	Rr	1010
2.5-(7½-2Ø12-2)-1	7	2.5	352	141	Ls	Rr	905
1-(3-2Ø12-2)-1	8	1	140	140	Lr	Rr	890
2-(7-2Ø10-1)-1	9	2	278	139	Lr	Rr	900

tabel F

De proefresultaten.

Op bijlage 4 is door middel van foto's de bezwijkvorm in beeld gebracht. In onderstaande tabel G is voor de verschillende proefstukken de bezwijkbelasting F in kN aangegeven.

Alle bezweken elementen bezweken plotseling waarbij de twee staven werden uitgetrokken.

De maximale drukkracht F was 100 kN. Hierbij bezweek element 8 niet.

Tabel G

No. proefstuk	a/h	Bezwijklast F (kN)	r=bezwijken rechte zijde s=bezwijken schuine zijde.
1	2.14	76,0	r
2	2	88,0	r
3	2	88,2	r
4	1.5	74,2	r
5	1.5	87,4	r
6	3	71,8	r
7	2.5	78,8	s
8	1	100	-
9	2	85,4	r

Bij de elementen 1, 2, 5 en 7 was een schuine en een rechte zijde aanwezig. Aan de schuine zijde is een dwarsstaafje geplaatst.

Bij element 3 was aan de bezweken zijde ook een dwarsstaafje aanwezig.

Hieronder is voor de bezweken elementen het bezwijkpatroon getekend.

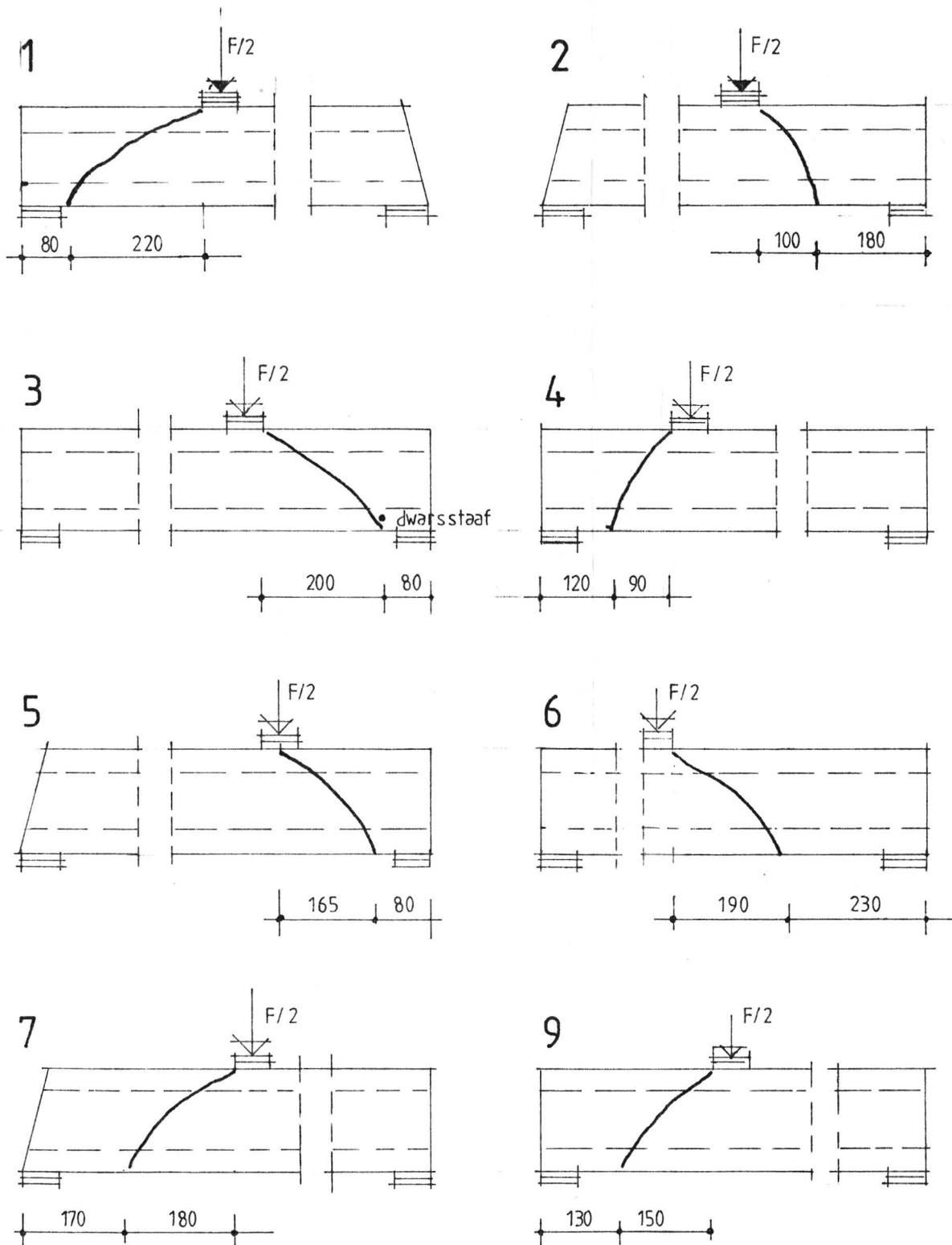


fig. 7

In onderstaande tabel H zijn de berekende en de bij bezwijken optredende momenten en dwarskrachten weergegeven.

Tabel H

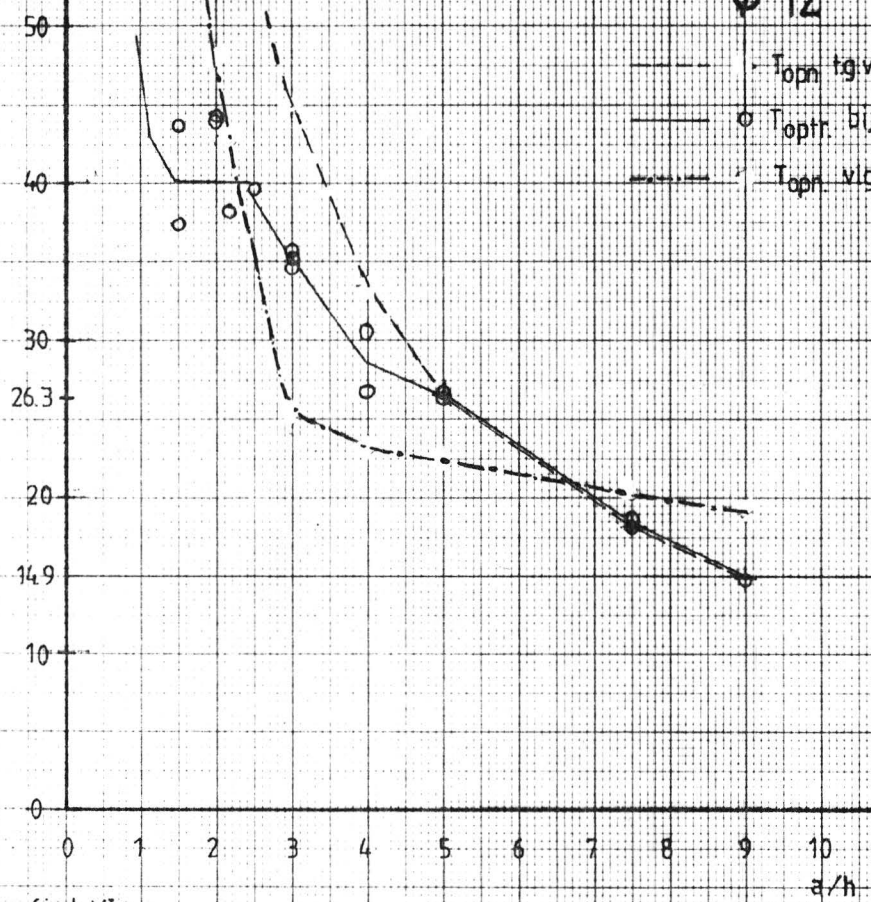
No. element	a/h	$\alpha$ Rafla	gemeten M kNm bij breuk	gemeten T kN bij breuk	berekend M kNm	berekend T kN-Rafla.
1	2.14	1.43	11.47	38.0	18.8	42.9
2	2	1.60	12.32	44.0	18.8	48.0
3	2	1.60	12.35	44.1	18.8	48.0
4	1.5	2.70	7.79	37.1	18.8	81.0
5	1.5	2.70	9.18	43.7	18.8	81.0
6	3	0.84	15.08	35.9	18.8	25.2
7	2.5	1.09	13.87	39.4	18.8	32.7
8	1	3.80	7.00	50.0	18.8	114.0
9	2	1.60	11.87	42.7	13.3	42.2

Uit bovenstaande tabel blijkt dat het optredende bezwijkmoment bij elk element kleiner is dan het berekende bezwijkmoment.

Conclusie: De elementen bezwijken op dwarskracht of verankering.

T, kN

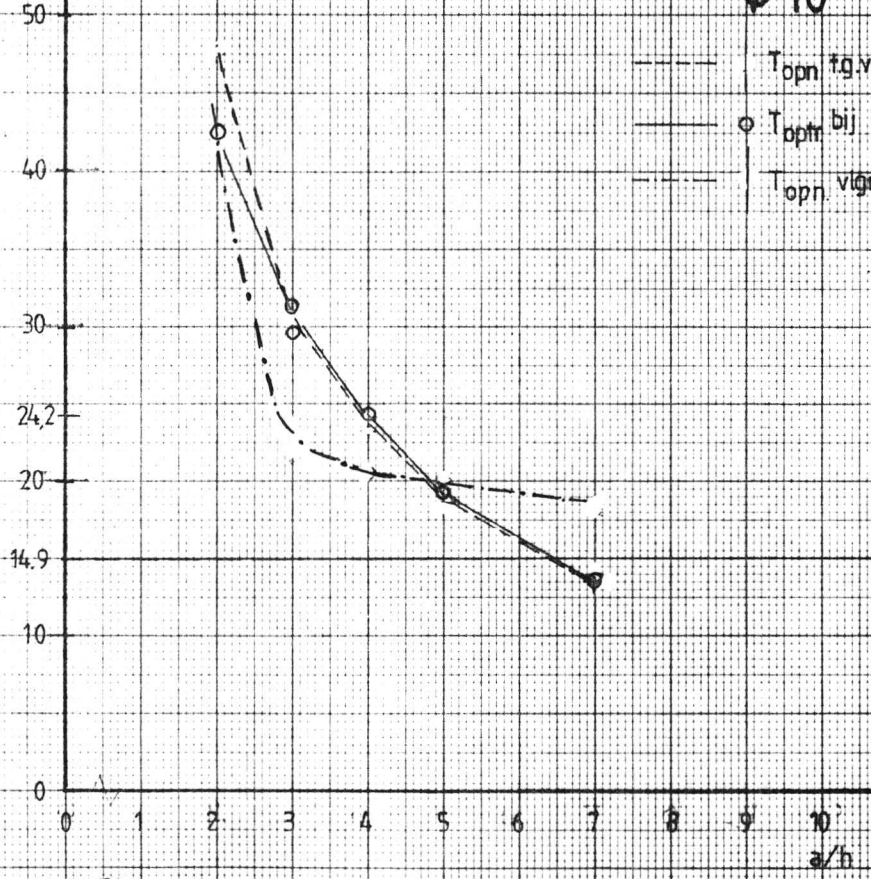
∅ 12



grafiek VIa

T, kN

∅ 10

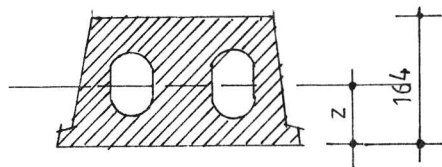


grafiek VIb

Statische gegevens van het F170-element.

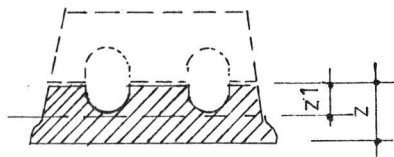
Het oppervlakte A, het traagheidsmoment en het weerstandsmoment van het element F170 is bepaald m.b.v een programma op de TI-59.

a. Totale doorsnede.



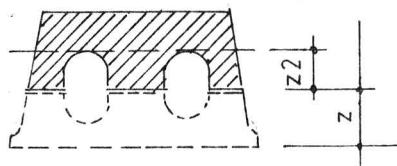
A =	30170	mm <sup>2</sup>
z =	74,2	mm
I <sub>x</sub> =	89648162	mm <sup>4</sup>
W <sub>xmin</sub> =	987314	mm <sup>3</sup>
W <sub>xmax</sub> =	1208196	mm <sup>3</sup>

b. Bovenste deel.



A =	16320	mm <sup>2</sup>
z <sub>1</sub> =	46	mm
S =	750720	mm <sup>3</sup>

c. Onderste deel.



A =	13850	mm <sup>2</sup>
z <sub>2</sub> =	54.2	mm
S =	750720	mm <sup>3</sup>

fig. 8

Bepaling van de buigtreksterkte.

Met behulp van het bepaalde M-k-diagram in bijlage 3 kan een waarde worden gevonden voor de buigtreksterkte.

De eerste scheur trad op bij het opvoeren van de belasting van 6 naar 8 KN.

Nemen we als  $M_{\text{scheur}}$  het moment bij 6,5 kN dan is  $M_s = 0,973 \cdot 6,5 = 6,32 \text{ kNm}$ .

$$f_b = 6,32 \cdot 10^6 : 1208196 = 5,23 \text{ N/mm}^2$$

De gevonden splijttreksterkte uit de kubusdruksterkte is  $f_{\text{bm}} = 3,71 \text{ N/mm}^2$ .

$$\text{De verhouding } \frac{\text{buigtreksterkte}}{\text{splijttreksterkte}} = \frac{5,23}{3,71} = 1,41$$

Dit klopt redelijk met de hiervoor meestal gevonden waarde van 1,5.

In de CEB-richtlijnen wordt voor de verhouding gegeven:

$$\frac{\text{buigtreksterkte } f_{\text{cmk}}}{\text{zuivere buigtreksterkte } f_{\text{ctk}}} = 0,6 + \frac{0,4}{h^{\frac{1}{4}}} \cdot | = 1,252.$$

bij elementhoogte  $h = 0,141 \text{ m}$ .

## Analyse van de resultaten.

Uit de formule van Rafla (blad 13) voor de bepaling van de maximale dwarskracht blijkt dat het afschuifdraagvermogen bij balken zonder afschuifwapening afhankelijk is van de betonkwaliteit  $f'_{cm}$ , het langswapeningpercentage  $\omega_0$ , de balkhoogte  $h$  en de verhouding  $a/h$ . (Bij rechth. balken.)  
Uit de proeven is gebleken dat de balk op een aantal manieren kan bezwijken.

- 1- Indien de  $a/h$ -verhouding groot is (de last ver van het steunpunt) dan treedt bezwijken op zuivere buiging op (fig.11a). Dit noemt men zuivere buigbreuk.
- 2- Bij kleiner wordende  $a/h$ -verhouding is bezwijken op zuivere buiging niet meer mogelijk, omdat een buigscheur op enige afstand van de last tot ver in de drukzône doordringt. De balk bezwijkt op afschuiving. Dit noemt men rotatiestuikbreuk of afschuifbuigbreuk. (fig.11b).
- 3- Wordt de  $a/h$ -verhouding erg klein dan lopen de buigscheuren vast in de inleidingszône van de last.

In de ligger ontstaat bij belasten door puntlasten een springwerkmechanisme.

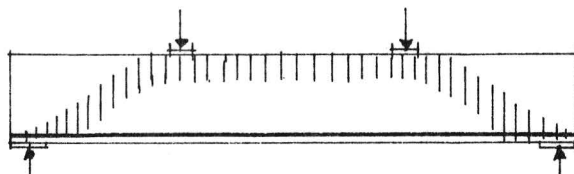


fig. 9

Bij een gelijkmatig verdeelde belasting een boog-trekband-mechanisme.

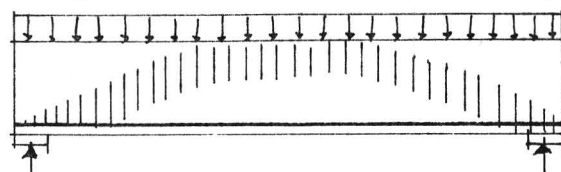


fig. 10

In beide gevallen loopt de trekkracht in de wapening t.p.v de oplegging nagenoeg op tot de maximum trekkracht in het midden van de ligger. De verankering wordt door het springwerkmechanisme veel zwaarder belast dan uit het momentenverloop zou volgen.

Bezwijken van de verankering van de staven wordt verankeringsbreuk genoemd (fig.11c),

Indien geen verankeringsbreuk optreedt, kan ook nog bezwijken optreden volgens een van devolgende mechanismen.

- 4- In het ongescheurde deel van de ligger kunnen de hoofdtrekspanningen in het lijf groter worden dan de treksterkte van het beton. Dit type breuk wordt afschuiftrekbreuk genoemd (fig.11d). Dit type breuk komt praktisch alleen voor bij sterk geprofileerde liggers.en zou dus ook kunnen voorkomen bij de beproefde kanaalvloeren.



5- Indien de onder punt 4 genoemde trekspanningen kunnen worden opgenomen (o.a. door schuifwapening) kunnen de drukkrachten in de andere hoofdrichting zo hoog oplopen dat het beton plaatselijk wordt verbrijzeld.

Men heeft dan een zogenoemde afschuifdrukbreuk (fig.11e).

6- Bij zeer kleine  $a/h$  is het mogelijk dat de beton bezwijkt als gevolg van splijten.

Dit noemt men splijtbreuk (fig.11f).

Men kan deze breuk verwachten bij  $a/h \approx \frac{1}{2}$ .

Voor deze  $a/h$ -verhouding heeft geen onderzoek plaatsgevonden.

De praktische betekenis van splijtbreuk is erg gering daar deze elementen alleen als vloersysteem worden toegepast.

Deze bezwijkvorm zal dan ook niet nader meer worden geanalyseerd.

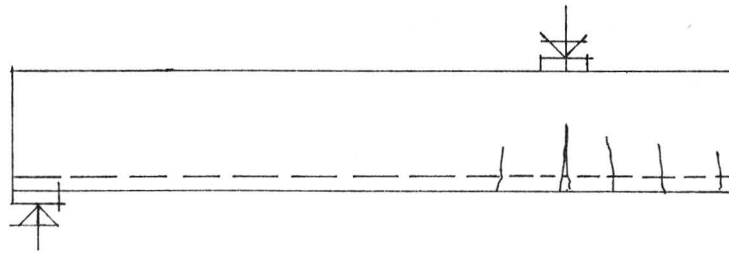


fig. a Zuivere buigbreuk

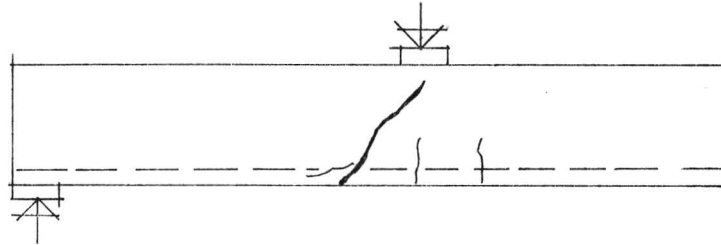


fig. b Rotatiestruikbreuk

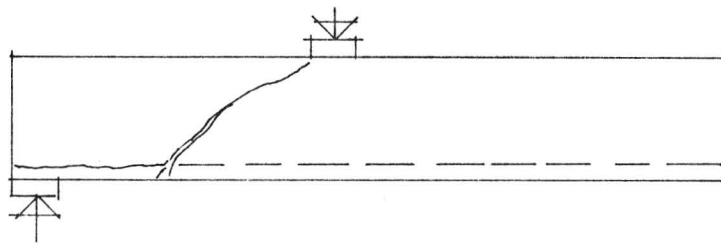


fig. c Verankeringsbreuk

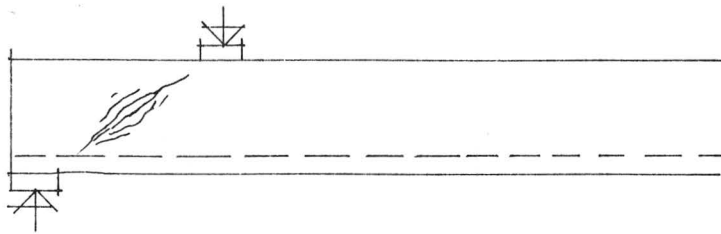


fig. d Afschuiftrekbreuk

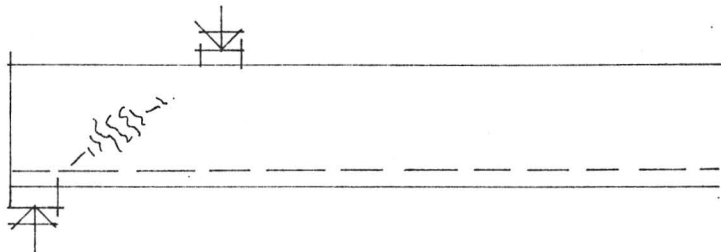


fig. e Afschuifdrukbreuk

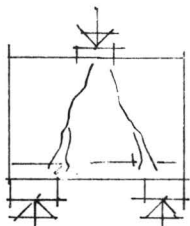


fig. f Splijtbreuk (korte balken)

Bij de verdere uitwerking zal worden uitgegaan van wapening 2Ø12, omdat hiervoor de meeste onderzoekresultaten bekend zijn.

Voor de verschillende breukmechanismen zullen de grenswaarden voor de dwarskracht worden berekend bij de verschillende a/h-verhouding.

#### Zuivere buigbreuk.

Hierbij is het bezwijkmoment maatgevend.

Het bezwijkmoment is bepaald op blad 13.  $M_u = 18,8 \text{ kNm}$ .

$$M_u = a \cdot T$$

$$M_u / h = T \cdot a / h \rightarrow T = (18,8 / 0,141) / (a/h) = 133 / (a/h).$$

dit geeft voor de verschillende a/h:

a/h	0,5	0.75	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	
T	266	177	133	88	66	53	44	38	33	29	26	(kN)

#### Rotatiestuikbreuk.

Omdat er geen schuifwapening in de elementen aanwezig is zal de grootte van de scheuren in de op afschuiving belaste zone volledig worden bepaald door de grootte van de doorsnede van de langswapening en de aanhechting van de langswapening aan het omhullende beton. Bij Rafla ligt de overgang naar rotatiestuikbreuk bij  $a/h > 3$ , omdat verankeringsbreuk is tegengegaan. Bij de beproefde elementen zijn geen voorzieningen getroffen om verankeringsbreuk tegen te gaan. De overgang naar rotatiestuikbreuk ligt bij  $a/h \approx 5$ . Zie bld 12b. Bij  $a/h = 7,5$  treedt zuivere buigbreuk op.

#### Verankeringsbreuk.

Bij een aantal bezweken elementen is duidelijk te zien dat de wapening is uitgetrokken, hetgeen doet vermoeden dat verankering mede de oorzaak kan zijn van bezwijken.

Hieronder zal worden bepaald wat de opneembare trekkracht is in de wapening bij een bepaalde verankeringslengte.

De gemiddelde aanhechtspanning ( $f_{dm}$ ) wordt bepaald met de formule gegeven in Construeren in Gewapend Beton deel 2 van Ir. Boom en Prof.

Ir. Kamerling. Deze geldt voor geribd betonstaal, welk in de elementen is toegepast.

$$f_{dm} = (1,86 + 0,316 \cdot c / \emptyset) \cdot f_{bm} \cdot 0,3 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$c$  = betondekking op de beschouwde staaf (mm)

$\emptyset$  = staafdiameter (mm)

$f_{bm}$  = gemiddelde splijttreksterkte = 3,71 N/mm<sup>2</sup>

$$F_{a-\max} = 2 \cdot \sqrt{12} \cdot f_{dm} \cdot l_d \quad f_{dm} = 8,36 \text{ N/mm}^2 \text{ bij } \emptyset 12 \text{ en dekking } 18 \text{ mm.}$$

$F_{a-\max}$  = maximaal opneembare trekkracht in het staal (N) (gemiddelde waarde)

$l_d$  = verankeringslengte (mm)

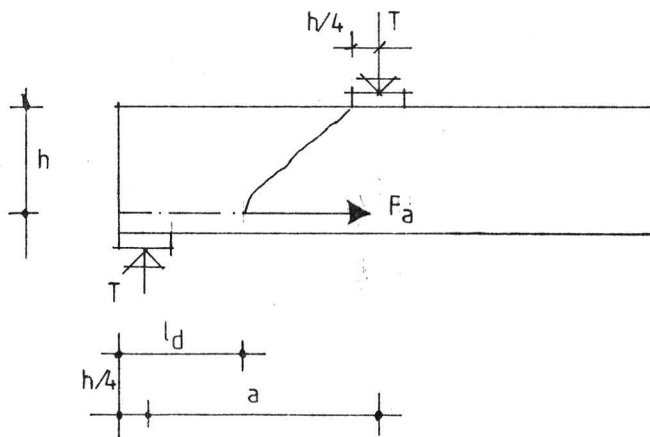


fig. 12

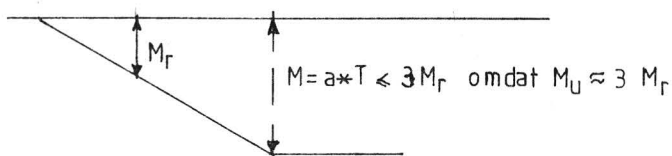


fig. 13

$$F_{a-\max} = 630 \cdot l_d \quad (\text{N}). \quad \text{Dit geeft: } l_d = F_{a-\max} / 630 \text{ mm}^1. \quad (1)$$

$$\text{Uit fig 12 en fig 13 volgt: } l_d = h/4 + a \cdot M_r / M \quad (2) \quad \text{waarin } M_r = 6,32E6 \text{ Nmm.}$$

$$\text{Verder geldt: } M = a \cdot T \quad (3) \quad \text{en } M = F_{a-\max} \cdot z \quad (4) \quad \text{waarin } z = 0,94h$$

$$(1+2): \quad \frac{F_{a-\max}}{630} = \frac{h}{4} + \frac{a \cdot 6,32E6}{a \cdot T} \quad (3+4): \quad F_{a-\max} = a \cdot T / 0,94 \cdot h$$

$$\frac{a}{h} \cdot T^2 / 592 = \frac{141}{4} + \frac{6,32E6}{T}. \quad \text{Dit geeft } \frac{a}{h} T^2 - 20868 \cdot T - 3741E6 = 0 \text{ waaruit volgt:}$$

$$T = \frac{20868 + \sqrt{20868^2 + 4 \cdot \frac{a}{h} \cdot 3741E6}}{2 \cdot \frac{a}{h}} \quad [\text{N}] \quad \begin{aligned} z &= 0,94h \quad (\text{blad 13}) \\ h &= 141 \text{ mm} \\ M_r &= 6,32E6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

De invloed van de oplegdruk op de aanhechtspanning is verwaarloosd.  
De dwarskracht T waarbij verankering bepalend kan zijn is hieronder weergegeven voor verschillende waarden voor a/h:

a/h	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
T	110	86	72	64	57	52	48	45	43	40	38
a/h	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75
T	37	35	34	33	32	31	30	29	28	28	27

De maximaal opneembare trekkracht van 2 staven  $\emptyset 12$  is 150 kN. Zie blad 8.  
Hieruit volgt dat bij een verankeringslengte van  $150000:630=238$  de aanhecht-  
kracht gelijk is aan de bezwijkkracht van de staven.

Bij de bepaling van de aanwezige verankeringslegte is er van uitgegaan dat de staven tot het balkeinde doorlopen. Dit is voor de rechte zijde juist. Voor de schuine zijde is dit de dekking minder, maar dan is minstens één dwarsstaafje aanwezig. Daarom is ook hiervoor de verankeringslegte tot het einde van de balk genomen.

#### Afschuiftrekbreuk.

Bij de beproefde elementen is ter plaatse van het zwaartepunt van de doorsnede lijfbreedte minimaal.

Dit vergroot de mogelijkheid dat afschuiftrekbreuk optreedt.

Deze afschuiftrekbreuk treedt op als de hoofdtrekspanning in het lijf de treksterkte van het beton overschrijdt.

Dit geeft dan tevens de minimale dwarskracht T.

Uit kubussen is gevonden voor de gemiddelde splijttreksterkte: 3,71 N/mm<sup>2</sup>.

$\tau = T \cdot S / b_0 \cdot I$  = schuifspanning in het lijf.

$$T < \tau \cdot b_0 \cdot I / S$$

(voor de verschillende grootheden zie blad 25)

$$T_{\min} = 3.71 \cdot 98 \cdot 987 \cdot 10^8 : 75 \cdot 10^6 = 47 \cdot 10^3 \text{ N}$$

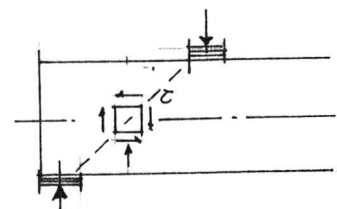


fig.14

Wil bij de beproefde elementen afschuiftrekbreuk optreden dan zullen bij de daarbijbehorende bezwijkbelasting geen scheuren in het op afschuiving belaste deel mogen optreden.

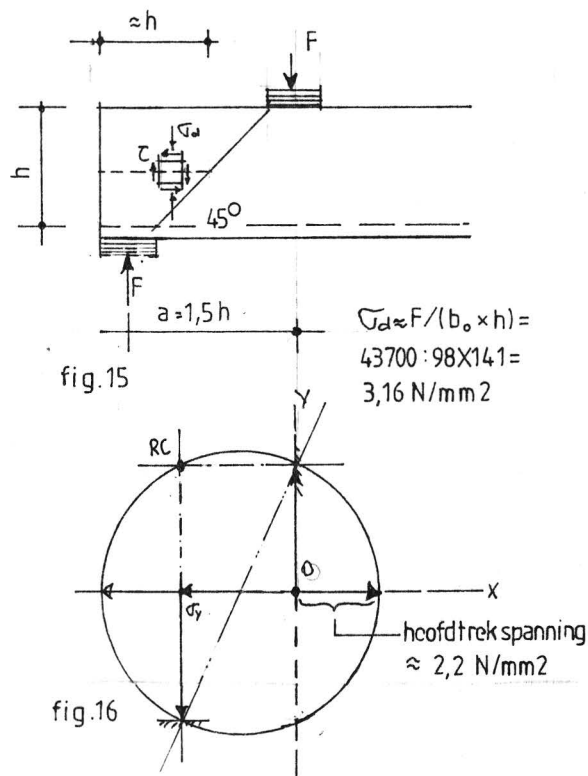
Dat betekent dat de  $a/h$ -verhouding erg klein moet zijn.

Gaan we nu uit van een drukdiagonaal onder  $45^\circ$ , dan krijgen we een  $a/h$  van 1,5. De gevonden maximale bezwijkbelasting is 43,7 kN (element 5).

De oplegreactie zal een drukspanning  $\sigma_d$  in het beton veroorzaken. De schuifspanning  $\tau$  is 3,38 N/mm<sup>2</sup>.

Met behulp van de cirkel van Mohr is nu de hoofdtrekspanning te bepalen (fig.16).

Zonder drukspanning zou de hoofdtrekspanning gelijk zijn aan de schuifspanning. De toegevoegde drukspanning geeft een verlaging van de hoofdtrekspanning en bijgevolg een verlagen van de kans op afschuiftrekbreuk. Bij het type vloerelement dat onderzocht is valt niet te verwachten dat afschuiftrekbreuk zal optreden.



### Afschuifdrukbreuk.

Drukbreuk zal optreden als  $a/h$  erg klein wordt.

Nemen we  $a/h = 0.5$ .

De druksterkte is  $f'_b = 0,8f'_{cm} = 0,8 \times 54,33 = 43,6 \text{ N/mm}^2$ .

Bij kleine  $a/h$  is de drukkracht nagenoeg gelijk aan  $T$ .

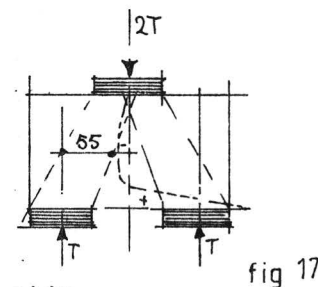
Dan geldt:  $f'_b = T / b \cdot b_0$

$b_0 = \text{minimale doorsnede} = 98 \text{ mm}$

$b = \text{gemiddelde meewerkende breedte} = \underline{+ 55 \text{ mm}}$ .

Dit geeft  $T_{\min} = 98 \cdot 55 \cdot 43,6 = 235000 \text{ N}$ .

Hieruit blijkt dat afschuifdrukbreuk niet maatgevend zal zijn.

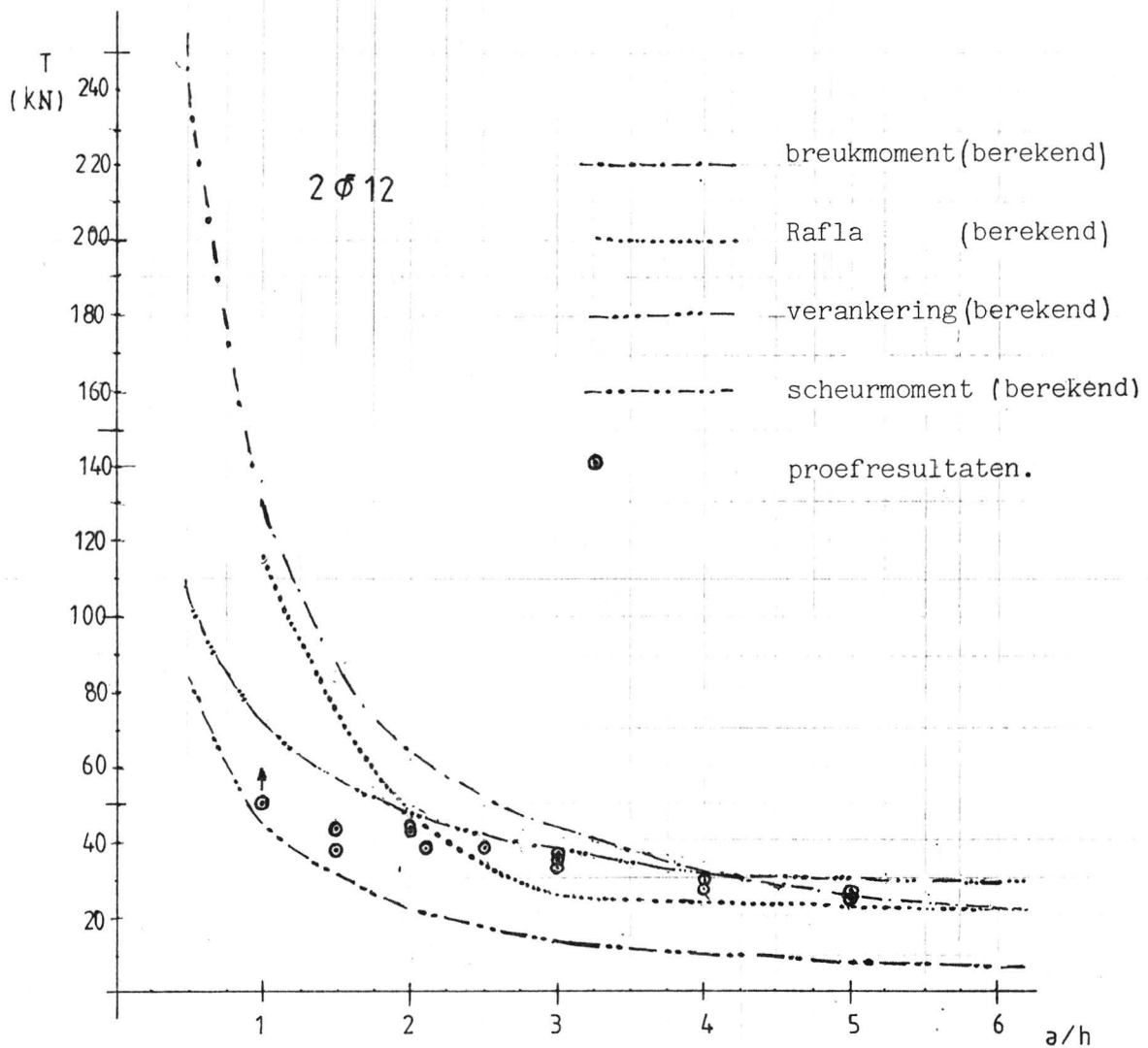


### Scheurmoment.

De dwarskracht  $T$  waarbij het scheurmoment  $M_r$  optreedt is als volgt uit te drukken in  $a/h$ .  $T \cdot a = M_r$ . Dus  $T \cdot a/h = M_r/h$ .

$$T = (6,32 : 0,141) / (a/h) = 44,8 : (a/h).$$

In onderstaande grafiek zijn de bewijkwaarden voor T aangegeven bij verschillende mechanismen en verschillende a/h-verhouding.



grafiek VII

Conclusie.

Uit de grafiek op blad 34 blijkt dat volgens berekening verankeringsbreuk maatgevend wordt voor  $a/h \leq 4$ .

Uit de proefresultaten blijkt dat verankeringsbreuk al bij  $a/h=5$  optreedt.

Uit de grafiek blijkt ook duidelijk dat de gevonden bezwijkbelastingen voor  $a/h < 5$  steeds onder de berekende bezwijkbelastingen op verankering liggen.

Als mogelijke oorzaak kan de minder sterke profilering van de wapening genoemd worden.

Voor  $a/h > 2,5$  liggen de gevonden bewijkbelastingen boven die volgens Rafla berekend.

De invloed van de dwarsstaafjes nabij de oplegging is niet duidelijk vastgesteld. Element 2 en 3 bezweken bij dezelfde belasting terwijl bij element 3 een dwarsstaafje aanwezig was.

Element 7 bezweek aan de schuine zijde. (met dwarsstaf)

Bij het eerste onderzoek bezweken van de 6 op verankering bezweken elementen er 4 aan de schuine zijde.

Hieruit mag worden geconcludeerd dat de dwarsstaafjes weinig bijdragen aan een betere verankering.

Samengevat ontstaan bij de onderzochte vloerelementen devolgende bezwijkmechanismen:

- $1,5 \leq a/h < 5 \rightarrow$  verankeringsbreuk
- $5 \leq a/h \leq 7 \rightarrow$  rotatiestuikbreuk
- $a/h \geq 7 \rightarrow$  zuivere buigbreuk.



Literatuurlijst (aanvulling, zie ook blad 17)

- 13 -CUR-rapport 23. Onderzoek naar de samenwerking van geprofileerd staal met beton. Dec. 1961.
- 14 -Construeren in gewapend beton deel 2. Ontwerp en berekening.  
Ir. G.H. v. Boom en Prof. Ir. J.W. Kamerling.
- 15 -Prof. Dr. Ir. A.S.G. Bruggeling. Verankering van wapeningsstaven.  
Cement XXXVI (1984) nr. 3.
- 16 -Dr.Ir.J.C.Walraven, Prof.Ir.J.W.Kamerling, Ir.W.P.M.Mercx,  
Ir.H.J.Fijneman. Het draagvermogen van voorgespannen holle vloer-  
platen. Cement XXXV (1983) nr. 11.



# ATTEST - MET - CERTIFICAAT

Nummer : 20/19/81  
Uitgegeven op :  
Vervangt :

Stichting voor onderzoek,  
beoordeling en keuring van  
materialen en constructies  
KOMO

## FINGO WELFSELS

Type: welfsel

Sir Winston Churchill-laan 273  
Postbus 240, 2280 AE Rijswijk  
Tel. (070) 991450, Telex 32480

Producent: Fingo Welfsels N.V.  
Nijverheidsstraat 21  
2140 Westmalle (België)  
Tel. (09) 32 3 3124852/3124853/6631683

Lid van de Union Européenne  
pour l'Agrément technique  
dans la construction (UEAtc)

### Verklaring van KOMO

Dit attest-met-certificaat is conform het Reglement Kwaliteitsverklaringen afgegeven door de Stichting KOMO, die van oordeel is dat naar de bij afgifte van dit attest-met-certificaat bestaande inzichten en beschikbare kennis de vloer, vervaardigd met welfsels van het merk FINGO mede op grond van een onderzoek naar de in dit attest-met-certificaat omschreven gebruikswaarde geschikt is voor toepassing als:

- a) in woningen: - beganegrondvloer  
- verdiepingvloer, al dan niet woningscheidend  
- dakvloer

- b) voorts in niet ter bewoning bestemde gebouwen of bouwwerken,  
mits:

- de verwerking geschiedt volgens de in dit attest-met-certificaat omschreven verwerkingsvoorschriften;
- de toepassingsvoorwaarden in acht worden genomen als omschreven in dit attest-met-certificaat onder gebruikswaarde;
- de welfsels van het KOMO-keurmerk zijn voorzien.

Afgifte van dit attest-met-certificaat heeft voorts plaatsgevonden na beoordeling van de kwaliteitsbewaking van de producent. Namens KOMO wordt onder toezicht van de gecombineerde attesten- en certificatencommissie Systeemvloeren de kwaliteitsbewaking van de producent regelmatig gecontroleerd door het uitvoerend instituut KIWA.

De Stichting KOMO is op grond daarvan van oordeel dat de in dit attest-met-certificaat vermelde en door de producent vervaardigde produkten, gemerkt met het KOMO-keurmerk, bij aflevering geacht kunnen worden aan de in dit attest-met-certificaat vermelde specificatie te voldoen.

Door het afgeven van dit attest-met-certificaat neemt KOMO geen verantwoordelijkheid van de producent en/of afnemer over ten aanzien van de beslissing om het bouwdeel toe te passen.

Voor de Stichting KOMO:

ir. F. Wagenmaker, directeur

### Verklaring van de producent

De producent garandeert dat de in dit attest-met-certificaat vermelde en door hem vervaardigde produkten bij aflevering aan de in dit attest-met-certificaat omschreven specificatie voldoen.

Voor de producent:

G. van Cauwenbergh

# KOMO-ATTEST-MET-CERTIFICAAT

Nummer : 20119/81, blz. 2  
Uitgegeven : 1981-10-01

## Specificatie

### Vorm en samenstelling

De vloer wordt uitgevoerd als kanaalvloer overeenkomstig art. C-709.2.1 en is samengesteld uit vloerelementen van grindbeton (A-602.1.1).

De vloerelementen worden vervaardigd op basis van de volgende uitgangspunten:

### Materiaal

beton:

- het toeslagmateriaal voor het grindbeton voldoet aan A-603.2;
- nominale korrel van het grind:  
16 mm of kleiner, overeenkomstig A-603.5;
- betonklasse II (A-602.3, C-602.3, A-604.2);
- betonkwaliteit B 37,5 (A-202.5).

betonstaal:

- staalkwaliteit volgens NEN 6008 (zie Toelichting);
- gepuntlaste of gevlochten wapeningsnetten:  
FeB 400 HK of HW, FeB 500 HK of HW;
- bijlegstaal: FeB 400 of FeB 500 HK of HW;
- de minimale betondekking op de onderstaven bedraagt 10 mm.

### Massa

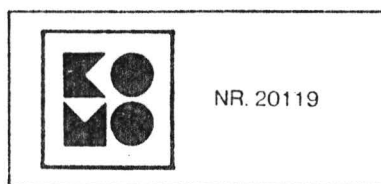
element dikte	dikte druklaag	kg/m <sup>2</sup>
130 mm	-	255
130 mm	30 mm	325
130 mm	40 mm	350
130 mm	50 mm	370
170 mm	-	300
170 mm	30 mm	370
170 mm	40 mm	395
170 mm	50 mm	415

### Afmetingen

lengte : variabel  
breedte: zie tekening  
dikte : zie bovenstaande tabel

### Merken

De elementen van dit vloertype zijn voorzien van onderstaand KOMO-keurmerk.



# KOMO-ATTEST-MET-CERTIFICAAT

Nummer : 20119/81, blz. 3  
Uitgegeven: 1981-10-01

## Gebruikswaarde

### Berekening van sterkte en stijfheid

Statische berekeningen en tekeningen van de vloer moeten worden vervaardigd met inachtneming van de onder Toepassingsvoorwaarden opgenomen punten.

De vloer moet worden beschouwd als een niet-integrerend onderdeel van de constructie, zoals bedoeld in art. E-301.1.1. Dit wil zeggen dat de stabiliteit van de constructie niet mag worden ontleend aan buigstijve knooppunten (zie ook Toelichting onder Gebruikswaarde).

De tekeningen en berekeningen van de vloer worden opgesteld door of namens de producent, dan wel conform diens schriftelijke instructies.

### Brandwerendheid

Indien eisen worden gesteld aan de brandwerendheid van de vloer, is het noodzakelijk te zorgen voor een goede voegvulling

### Geluidwering

Bij toepassing van deze vloer kan, indien aan de gewichtseisen volgens onderstaande tabel wordt voldaan en mits de inwendige holten geen aanleiding geven tot geluidlekkage, op grond van de NPR 5070 worden aangenomen dat wordt voldaan aan de geluidweringseisen zoals deze voor vloeren zijn gesteld in NEN 1070 (1976).

Aansluitende constructies  
(voor definities zie NPR 5070)

	steenachtige wanden		samen- gestelde wanden	steenachtige gevels		niet steen- achtige gevelpui
	starre plafond- aan- sluiting	flexibele plafond- aan- sluiting		massa 200 kg/m <sup>2</sup>	massa 200 kg/m <sup>2</sup>	
woningscheidende vloer	500 <sup>1)</sup> kg/m <sup>2</sup>	450 kg/m <sup>2</sup>	400 kg/m <sup>2</sup>	400 kg/m <sup>2</sup>	500 kg/m <sup>2</sup>	400 kg/m <sup>2</sup>
verdiepingsvloer <sup>2)</sup> (niet woningscheidend)			in alle gevallen 250 kg/m <sup>2</sup>			
begane grondvloer			in alle gevallen 150 kg/m <sup>2</sup>			

<sup>1)</sup> Voor uitzonderingen zie NPR 5070 (1977).

<sup>2)</sup> Bij toepassing van een massieve woningscheidende wand (massa > 500 kg/m<sup>2</sup>) of een spouwmuur zonder doorlopende vloeren (massa > 200 kg/m<sup>2</sup> per blad) in alle gevallen > 200 kg/m<sup>2</sup>.

Met betrekking tot de geluidwering dient voor het bepalen van het vloergewicht te worden uitgegaan van de volgende gegevens:

130	250 kg/m <sup>2</sup>	170	294 kg/m <sup>2</sup>
130+30	316 kg/m <sup>2</sup>	170+30	360 kg/m <sup>2</sup>
130+40	338 kg/m <sup>2</sup>	170+40	382 kg/m <sup>2</sup>
130+50	361 kg/m <sup>2</sup>	170+50	405 kg/m <sup>2</sup>

Voor eventuele afwerkklagen en/of constructieve druklagen dienen de volgende massa's per 10 mm dikte te worden gehanteerd:

- zand-cementspecie	19 kg/m <sup>2</sup>
- ongewapend grindbeton	22 kg/m <sup>2</sup>
- gewapend grindbeton	23 kg/m <sup>2</sup>

## Toepassingsvoorwaarden

Vloeren van het onderhavige type mogen uitsluitend worden toegepast in gebouwen waarvan de bovenste verdiepingvloer met uitzondering van de vloer van een bergzolder, niet hoger ligt dan 12,50 m boven peil.

Voor berekening en uitvoering gelden de VB 1974 en de TGB 1972, met inachtneming van het volgende:

### I. In het toepassingsgebied als bedoeld in de toelichting op art. C-404.1

- De vloeren worden berekend en toegepast als liggers op twee of drie steunpunten
- Bij een ligger op drie steunpunten wordt  $M_{max}$  bepaald door het grootste veldmoment. Dit moment wordt berekend alsof elk veld afzonderlijk vrij is opgelegd. Ter plaatse van het tussensteunpunt moet ten minste worden gerekend met een moment van  $\frac{1}{3} M_{max}$ . Een woningscheidende/begrenzende wand mag niet als tussensteunpunt worden gebruikt.

- Ter plaatse van de eindopleggingen, waar uit de aard van de constructie inklemmingsmomenten kunnen ontstaan, moet een moment in rekening worden gebracht van ten minste  $\frac{1}{2} (q_r + q_q) l$  of  $\frac{1}{3} (M_{qr} + M_{qq})$ .

Aan deze bepaling hoeft niet te worden voldaan bij boven kruipruimten gelegen begane grondvloeren met een overspanning  $l < 4,50$  m.

- Tenzij de rekenwaarde voor de dwarskracht uit een voldoende aantal proefnemingen nader wordt vastgesteld moet deze worden berekend met  $T_d = \tau_1 \cdot b \cdot h$ ;  $b$  wordt bepaald uit de som der minimum breedten ( $b_0$ ) van het beton tussen c.q. naast de kanalen van het beschouwde vloerelement
- Aangenomen mag worden dat aan de ter zake van de doorbuiging en de scheurwijdte te stellen eisen wordt voldaan indien de nuttige hoogte ( $h$ ) van de vloer voldoet aan:

- $h \geq \frac{P}{140}$ , indien  $l < 4,00$  m;
- $h \geq \frac{P}{7000} \cdot \sigma_a$ , doch niet groter dan  $\frac{P}{7000} \cdot l$ , indien  $l > 4,00$  m.

$$200N/mm^2 \cdot \sigma_a \cdot \frac{l}{1,7} \quad (\text{zie toelichting en art. E-507}).$$

Het in dit punt bepaalde ten aanzien van de scheurwijdte heeft betrekking op toepassingen in droog milieu (zie art. A-706). In andere omstandigheden moet de scheurwijdte



## KOMO-ATTEST-MET-CERTIFICAAT

Nummer : 20119/81, blz. 5  
Uitgegeven: 1981-10-01

- worden berekend overeenkomstig het bepaalde in art. E-508.
- f. De opleglengte moet voldoen aan het gestelde in art. C-714.  
Hieraan wordt geacht te zijn voldaan indien de totale lengte van het vloerelement overeenkomt met  $l_{tot} = L + 2a$ ; hierbij is  $a = 100$  mm, bij een oplegging op metselwerk;  
 $a = 80$  mm, bij een oplegging op al dan niet gewapend beton;  
 $a = 70$  mm, bij een oplegging op staal.  
Bovendien mag  $l_{tot}$  nog naar beneden worden afgerond tot het dichtst bijkomende veelvoud van 50 mm.  
Bij vloeren op drie steunpunten is (ter bepaling van  $l_{tot}$ ) L te stellen op de afstand tussen de eindopleggingen.
- g. Lastspreiding mag niet in rekening worden gebracht met uitzondering van de volgende gevallen:
- voor lijnlasten  $< 3$  kN/m gelden de figuren A en B (zie ook punt l.);
  - voor lijnlasten  $> 3$  kN/m en  $< 6$  kN/m gelden de figuren C en D;
  - voor de geconcentreerde last als genoemd in art. 2.2.1.1.b van NEN 3850 (TGB 1972) geldt een mede-werkende breedte van maximaal 1000 mm.
- h. Raveelconstructies moeten worden uitgevoerd overeenkomstig de details V en VI, of VII, VIII en IX.
- i. Door het aanbrengen van leidingen, sparingen enz. mag de vereiste breukveiligheid niet worden onderschreden en mogen de toelaatbare spanningen niet worden overschreden.
- j. Indien om constructieve redenen koppelwapening en/of wapening voor het dwarsverband wordt vereist, moet(en) deze worden aangebracht overeenkomstig figuur 1. De desbetreffende wapening moet op het legplan zijn aangegeven.  
(Zie ook Gebruikswaarde, onder Brandwerendheid).
- k. De vloeren mogen worden uitgevoerd met een constructieve druklaag van ten minste 30 mm dikte, mits de vloerelementen aan de bovenzijde voldoende ruw zijn en door berekening wordt aangetoond dat ook overigens wordt voldaan aan het bepaalde in art. C-305.  
Het beton van de constructieve druklaag moet voldoen aan:
- betonkwaliteit B 12,5 of B 17,5 (A-202.5);
  - betonklasse I (A-602.3 en A-604.1);
  - nominale korrel van het grind 16 mm of kleiner (A-603.5).
- Het te storten beton dient gelijkmatig te worden aangebracht, zodat opeenhoping van betonmortel wordt voorkomen.  
Drukklagen dikker dan 40 mm moeten zijn gewapend met een kruisnet van ten minste  $f_6 = 330$  (FeB 220) of gelijkwaardig
- l. Indien de vloer wordt uitgevoerd met een gewapende druklaag van ten minste 40 mm dikte mogen lijnlasten  $< 3$  kN/m als een gelijkmatig verdeelde belasting in rekening worden gebracht.
- m. Aan de vloeren mag schijfwerking worden toegekend, mits voldaan wordt aan hetgeen hieromtrent gesteld is in de toelichting op artikel C-304.1.  
Uitsluitend bij toepassing in eengezinshuizen mag aan de vloeren eveneens schijfwerking worden toegekend, indien het dwarsverband voldoende is verzekerd en aangrenzende vloervelden, binnen de desbetreffende schijf, voldoende zijn gekoppeld (zie ook Toelichting onder Gebruikswaarde en het gestelde onder punt j.).
- n. Conform het gestelde in de toelichting op art. C-404.1 geldt bij beproeving van de vloerconstructie  $M_u \geq 2 \times (M_{q_r} + M_{q_g})$ .
- De voorgaande bepalingen (punten a. t/m n.) mogen eveneens worden toegepast voor:
- garages bestemd voor het stallen van één personenauto;
  - winkels met een vloeroppervlakte  $\leq 50$  m<sup>2</sup>.
- II. Voor andere toepassingsgebieden dan genoemd onder I geldt:**
- o. Alle voorgaande punten (a. t/m n.) zijn van toepassing met uitzondering van:
- de punten a. en b., die worden vervangen door: De vloeren te berekenen en toe te passen als liggers op t w e e steunpunten;
  - de laatste zin van punt c., inzake boven kruipruimten gelegen begane grondvloeren;
  - punt e., inzake de doorbuiging en de scheurwijdte; hiervoor moet het bepaalde in de artikelen E-507 en E-508 worden aangehouden;
  - het gestelde ná de eerste zin van punt f.
- p. Lijnlasten  $> 6$  kN/m en geconcentreerde lasten  $> 3$  kN moeten kunnen worden opgenomen in een strook ter breedte van één vloerelement  
Spreiding over grotere strookbreedten kan worden toegestaan indien:
- de vloer wordt uitgevoerd met een constructieve druklaag van ten minste 40 mm dikte, uitgevoerd conform punt k. en gewapend met een kruisnet van ten minste  $\varnothing 5 - 250$  (FeB 500);
  - of gebruik wordt gemaakt van art. A-303 en art. A-108, zoals genoemd in art. C-404.1.
- III. Nadere detaillering van onder I aangegeven constructies**  
Constructies in dit vloersysteem waarvan de details niet in dit attest-met-certificaat zijn aangegeven dienen, met inachtneming van de onder a. t/m o. gegeven uitgangspunten, ten genoeg van het plaatselijke Bouw- en Woningtoezicht nader te worden gedetailleerd.

## Verwerkingsvoorschriften

## Transport

De vloerelementen dienen te worden gehesen met behulp van doelmatige klemmen, hijsbanden, stropen of aan eventueel aangebrachte hijsvoorzieningen.

## Opslag

De vloerelementen dienen vrij van de grond en doelmatig onderstept te worden gestapeld. Hulpmiddelen welke worden gebruikt om de vloerelementen onderling vrij te houden moeten op verantwoorde wijze worden geplaatst. Overstekken zijn toelaatbaar voor zover deze geen aanleiding geven tot het ontstaan van scheuren.

## Montage

De vloerelementen dienen in het werk te worden aangebracht overeenkomstig het legplan dat door of vanwege de producent is verstrekt, dan wel is opgesteld volgens diens schriftelijke instructies.

De steunpunten dienen ter plaatse van de opleggingen van de vloer voldoende vlak te worden uitgevoerd c.q. afgewerkt. Het bovenvlak van een tussensteunpunt mag, na afwerking, niet meer dan 5 mm onder een rechte door de eindopleggingen liggen.

Bij woningscheidende- dan wel woningbegrenzende wanden moeten de kanalen ter plaatse van de opleggingen worden dichtgezet met mortel of minerale wol. In plaats daarvan kan de ruimte tussen de vloerelementen van aangrenzende velden

met mortel worden gevuld.

## Voegvulling (zie ook Gebruikswaarde onder Brandwerendheid)

De voegen tussen de vloerelementen dienen te worden gevuld met beton (B 12,5 of B 17,5, max. korrelgrootte van het grind 8 mm) of met een zand-cementmortel, waarvan de karakteristieke druk- resp. treksterkte overeenkomt met die van de betonkwaliteit B 12,5 (A-202.5). Zie ook artikel C-816.1. Grind, zand en cement moeten voldoen aan de van toepassing zijnde normen.

De water-cementfactor moet zodanig worden gekozen, dat de mortel niet tussen de elementen doorlekt. Zo nodig moeten de voegen vooraf worden gereinigd en met water worden bevochtigd. Bij lage buitentemperatuur en vorst zijn de maatregelen als bedoeld in art. B-810.3.1 eveneens van toepassing op de voegvulling.

## In het werk aan te brengen sparingen

In het werk mogen, op plaatsen welke uitdrukkelijk op het legplan staan aangegeven, op verantwoorde wijze sparingen worden aangebracht c.q. geboord.

In alle andere gevallen is voor het maken van sparingen de toestemming vereist van de door de producent aangewezen constructeur en/of de bouwdirectie, alsmede de goedkeuring van het plaatselijke Bouw- en Woningtoezicht.

## KOMO-ATTEST-MET-CERTIFICAAT

Nummer : 20119/81, blz. 6  
Uitgegeven : 1981-10-01

## Toelichting

## Algemeen

De onderhavige vloerconstructie is beoordeeld door de Gecombineerde Attesten- en Certificatencommissie „Systeemvloeren“ \*).

Alle in dit attest-met-certificaat aangehaalde artikelen hebben, indien niet nadrukkelijk anders is vermeld, betrekking op de Voorschriften Beton 1974.

## Specificatie

De in de specificatie vermelde gegevens van de vloerelementen worden gecontroleerd. Grondslag hiervoor vormen art. C-817 van de VB 1974 en het KOMO-blad K.19.

KOMO geeft op basis van NEN 6008 certificaten af voor betonstaal, per staalkwaliteit.

## Verwerkingsvoorschriften

Indien van te voren niets anders is overeengekomen ligt de verantwoordelijkheid voor opslag en transport tot de bouwplaats bij de producent en op de bouwplaats bij de afnemer.

De paragrafen Montage, Voegvullingen en In het werk aan te brengen sparingen zijn uitsluitend voor verantwoording van de afnemer.

## Gebruikswaarde

Vloeren waaraan krachtens de uitvoering volgens punt m. van de Toepassingsvoorwaarden schijfwerking wordt toegekend,

kunnen deel uitmaken van de hoofdconstructie in de zin van de Model-bouwverordening.

## Toepassingsvoorwaarde onder e.

In art. E-507 is bepaald dat de nuttige hoogte (h) van de vloer

moet voldoen aan  $h \geq 7000 \frac{l}{p}$

Ten opzichte van de tot nu toe door de commissie gehanteerde richtlijn  $h \geq \frac{1}{35} l$ , betekent dit een aanmerkelijk zwaardere eis.

Op grond van ervaring meent de commissie de richtlijn  $h \geq \frac{1}{35} l$  te kunnen handhaven voor zover l niet groter is dan 4,00 m en uitsluitend in het onder l genoemde toepassingsgebied. Ter wille van een geleidelijke overgang naar

is de formule  $h \geq 4,00 \times \frac{1}{35} l = 140 \frac{l}{p}$  ingevoerd.

Om te voldoen aan de voorwaarde  $h \geq \frac{1}{35} l$  dient de getalwaarde van  $\sigma_a$  niet kleiner te zijn dan 200.

$\left( \frac{200}{7000} = \frac{1}{35} \right)$

\*) De door KOMO vastgestelde benaming van de in de toelichting op artikel C-404.1 genoemde KOMO-Attestencommissie Gewapendbetonconstructies in Woningen (AGW).

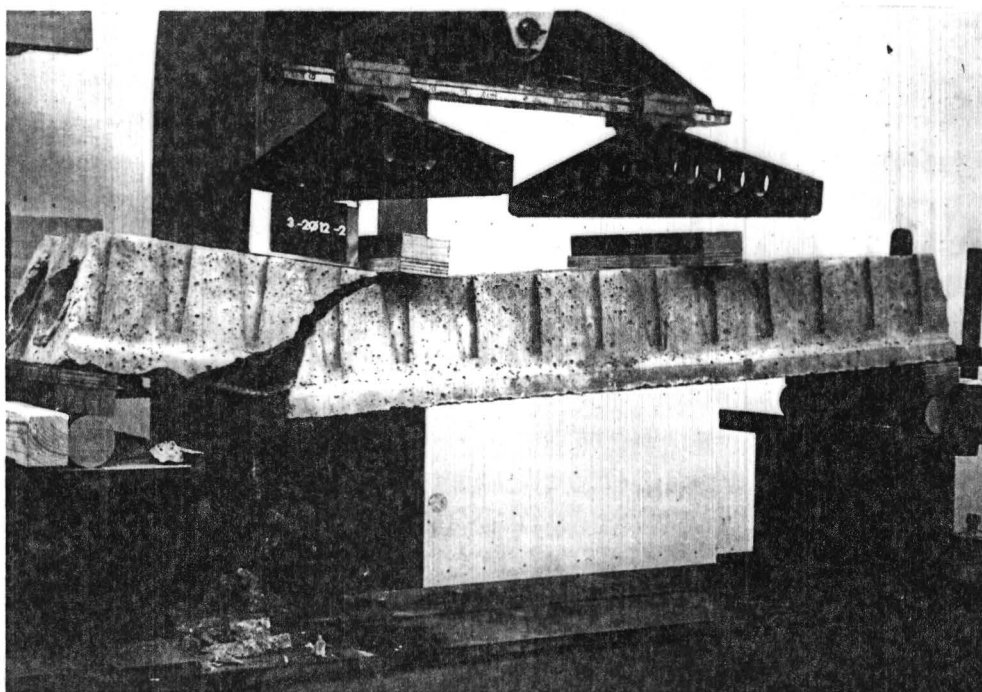
## Titels van vermelde publicaties

NEN 1070	Geluidwering in woongebouwen (1976)	Vooraf vervaardigde beton - Aanvullende bepalingen" (okt. 1976)	
NEN 3850	TGB 1972 „Technische grondslagen voor de berekening van bouwconstructies. Algemeen gedeelte en belastingen" (dec. 1972)	NEN 3865	VB 1974 „Voorschriften Beton - deel E Gewapend beton - Aanvullende bepalingen" (okt. 1975)
NEN 3861	VB 1974 „Voorschriften Beton - deel A Gemeenschappelijk gedeelte" (april 1974)	NEN 6008	Betonstaal (2e druk, dec. 1977)
NEN 3862	VB 1974 „Voorschriften Beton - deel B In het werk gestorte beton - Aanvullende bepalingen" (april 1974)	NPR 5070	Geluidwering in woongebouwen. Voorbeelden van wand- en vloerconstructies, afgestemd op NEN 1070
NEN 3863	VB 1974 „Voorschriften Beton - deel C	KOMO-blad K.19	Eisen voor de interne kwaliteitsbewaking in fabrieken van vooraf vervaardigde bouwelementen van beton (mei 1979)

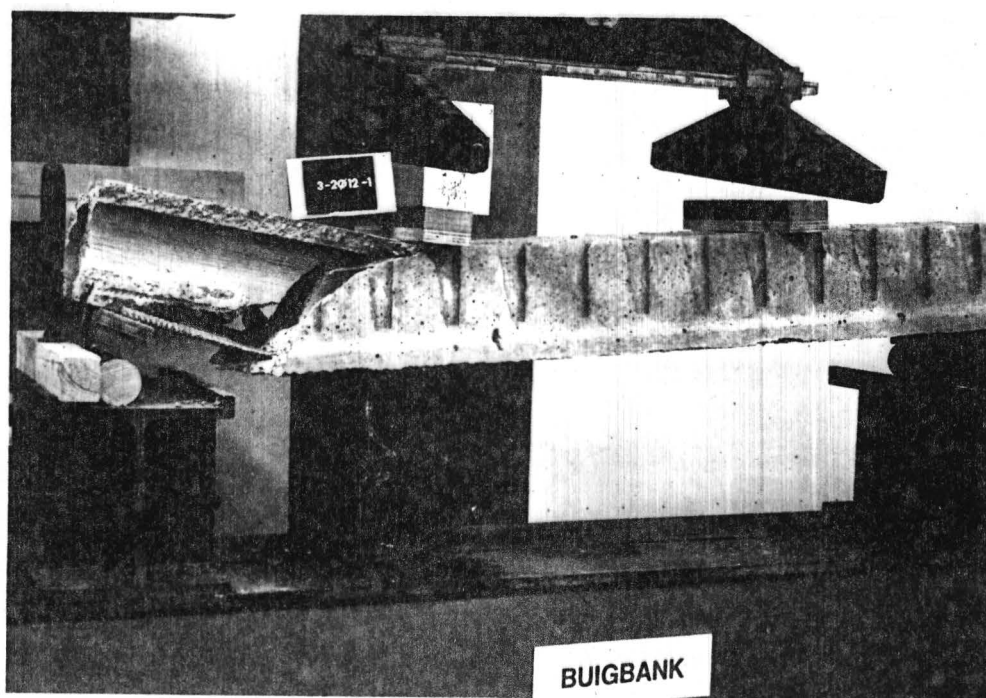
## Wenken voor de afnemer

1. Bij aflevering te inspecteren of:
  - 1.1 geleverd is wat is overeengekomen;
  - 1.2 het merk en de wijze van merken juist zijn;
  - 1.3 de produkten geen zichtbare gebreken vertonen als gevolg van transport en dergelijke.
2. Indien op grond van het onder 1. gestelde tot afkeuring wordt overgegaan dient contact te worden opgenomen met:
  - 2.1 Fingo Welfsels N.V. en zo nodig met;
  - 2.2 het uitvoerend instituut KIWA, Postbus 70, 2280 AB Rijswijk ZH, tel. (070) 902720, telex 32480.
3. De verwerking dient te geschieden overeenkomstig de verwerkingsvoorschriften.
4. De toepassingsvoorwaarden dienen in acht te worden genomen.
5. Een exemplaar van dit attest-met-certificaat dient op het werk aanwezig te zijn.
6. De geldigheidsduur van dit attest-met-certificaat is in principe beperkt tot drie jaren.

Foto's beproefde elementen in het bezwijkstadium.



B

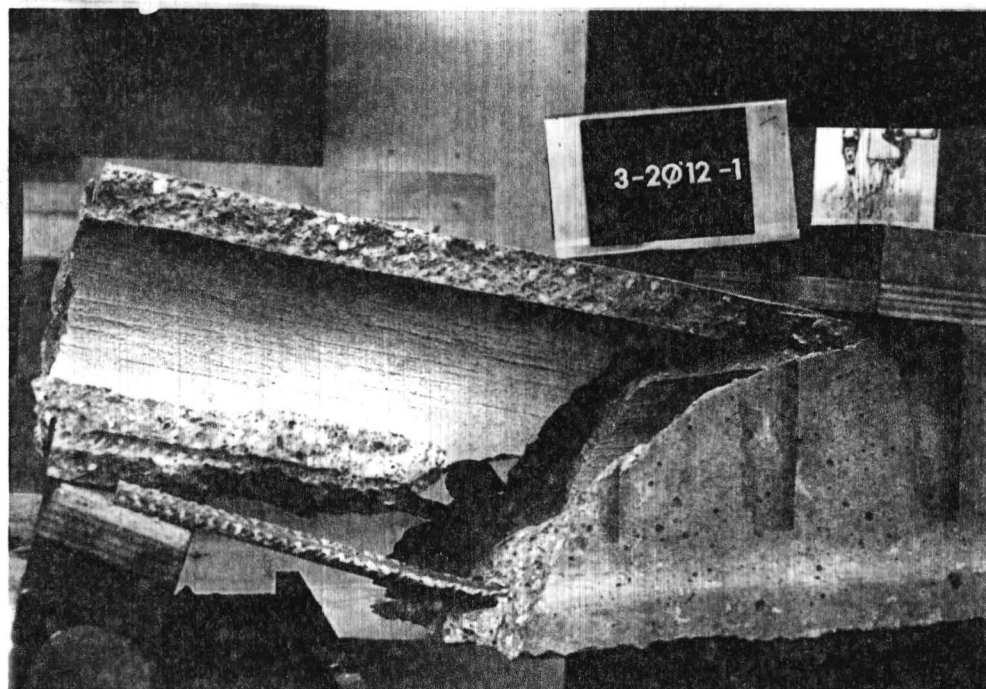


C





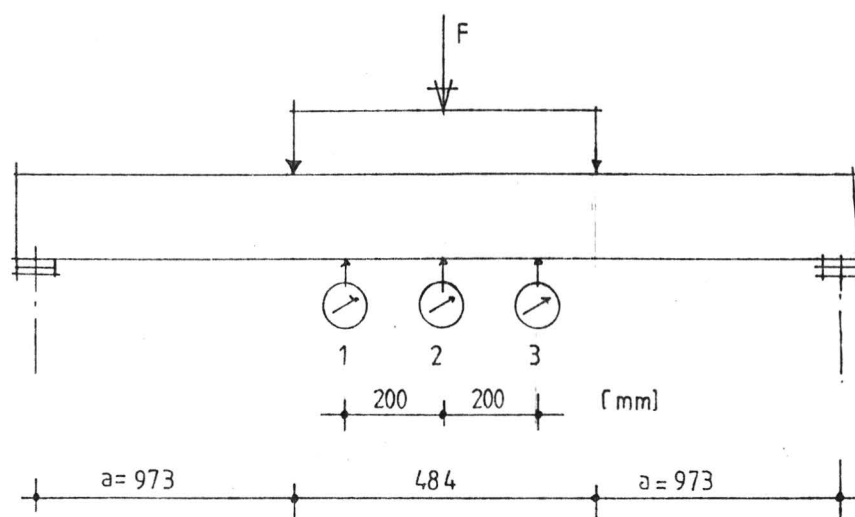
D



E

M-K-diagram van balk 7-2Ø10-1.

Met behulp van meetklokjes is op 3 punten de zakking bepaald bij verschillende belastingen. De belasting is opgevoerd in stappen van 2 kN. De meetklokjes zijn geplaatst tussen de twee puntlasten op de balk (zie fig. 18). Tussen de puntlasten is een constant moment gelijk  $\frac{1}{2}F \cdot a$ . De meetklokjes zijn genummerd 1, 2 en 3, met resp. zakkingen  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  en  $\delta_3$ . De proef is uitgevoerd op 18-10-1983. In tabel F zijn de proefresultaten weergegeven.



FIGUUR 18

Stap no.	F (kN)	$\delta_1$ (mm)	$\delta_2$ (mm)	$\delta_3$ (mm)	Tijd (h)	Opm.
1	2	.25	.31	.71	11.00	
2	4	.46	.58	.33	11.15	
3	6	.81	.86	.56	11.22	
4	8	1.68	1.68	1.28	11.25	scheur 4
5	10	4.50	4.76	4.24	11.31	scheur 5
6	12	6.68	7.15	6.61	11.36	scheur 6
7	14	9.20	9.75	9.01	11.40	
8	16	11.48	12.12	11.31	11.45	scheur 8
9	18	14.13	14.81	13.91	11.50	scheur 9
-	27.3	balk is bezweken. zeer grote vervorming.				

TABEL F

In figuur 19 is de plaats van de verschillende scheuren weergegeven.

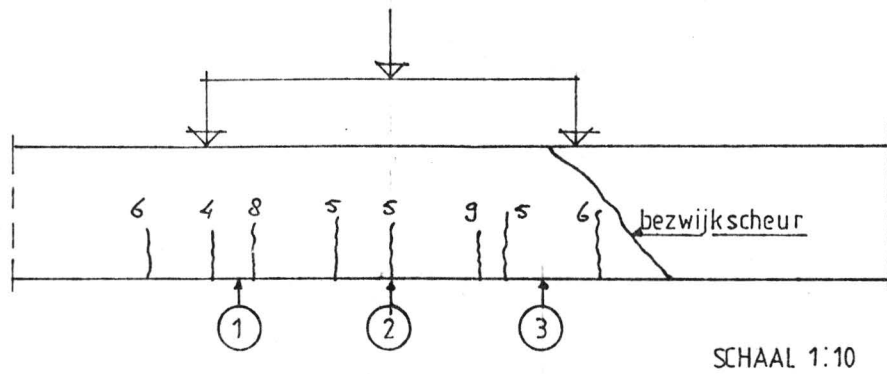


fig. 19

Tussen de meetpunten 1 en 3 is het moment gelijk.

De kromming  $\chi$  is gelijk aan  $M/EI$ . De zakking t.p.v 2 ten opzichte van 1 en 3 is:  $0.5(\delta_1 + \delta_3) : \delta_2$ . Dit noemen we  $\delta$ .

Deze zakking is tevens gelijk aan  $Ml^2/8EI$ . Hierin is  $l$  gelijk aan 400 mm.

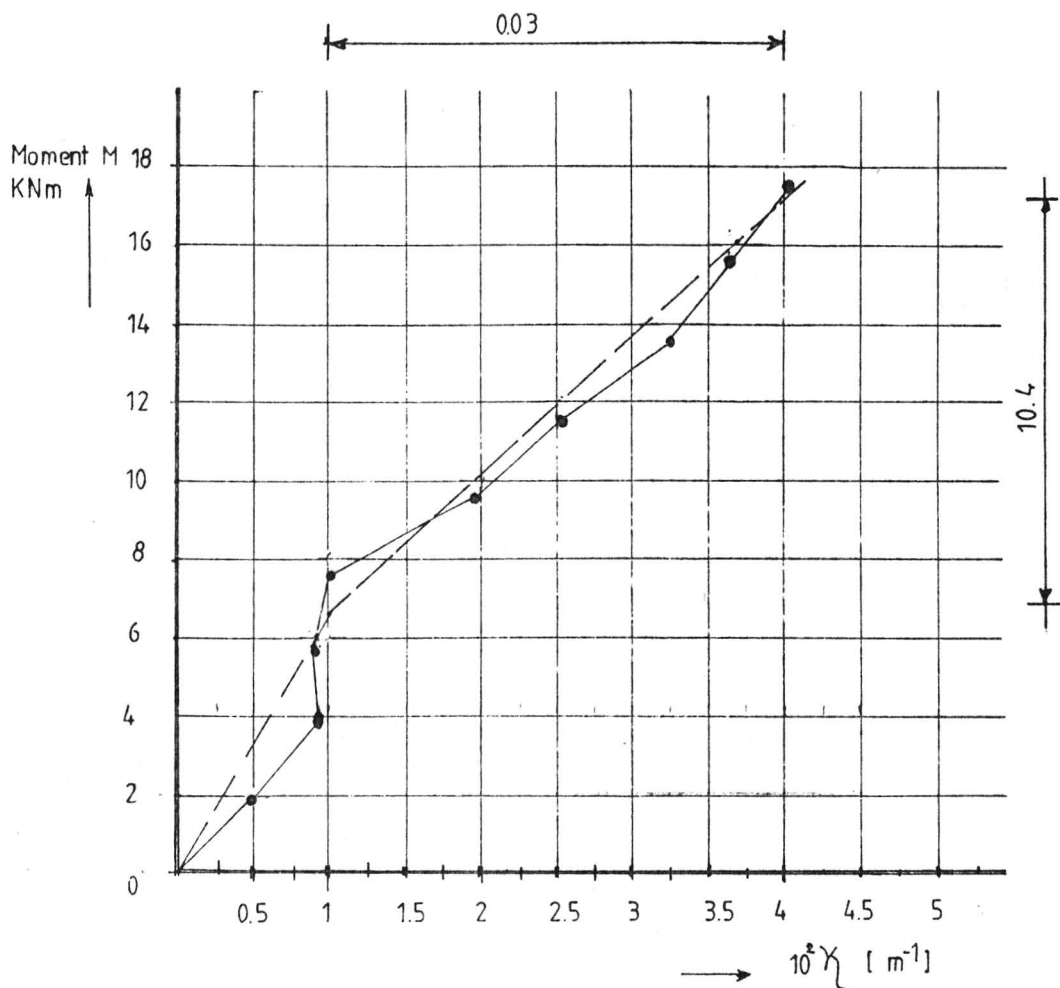
De kromming  $\chi$  kan nu worden berekend uit  $\chi = 8\delta/l^2$ .

In tabel J zijn bij de verschillende stappen  $\delta$ ,  $\chi$  en  $M$  uitgezet.

Het  $M-\chi$ -diagram is weergegeven in grafiek VIII.

Stap no.	$\delta$ (mm)	$\chi$ ( $1/m'$ ) $\times 10^2$	$M$ (kNm)
1	.100	.500	1.946
2	.185	.925	3.892
3	.175	.875	5.838
4	.200	1.000	7.784
5	.390	1.950	9.730
6	.505	2.525	11.676
7	.645	3.225	13.622
8	.725	3.625	15.568
9	.790	3.950	17.514

Tabel J.



GRAFIEK VIII

Uit bovenstaande grafiek kan  $EI_{\text{gescheurd}}$  worden bepaald.

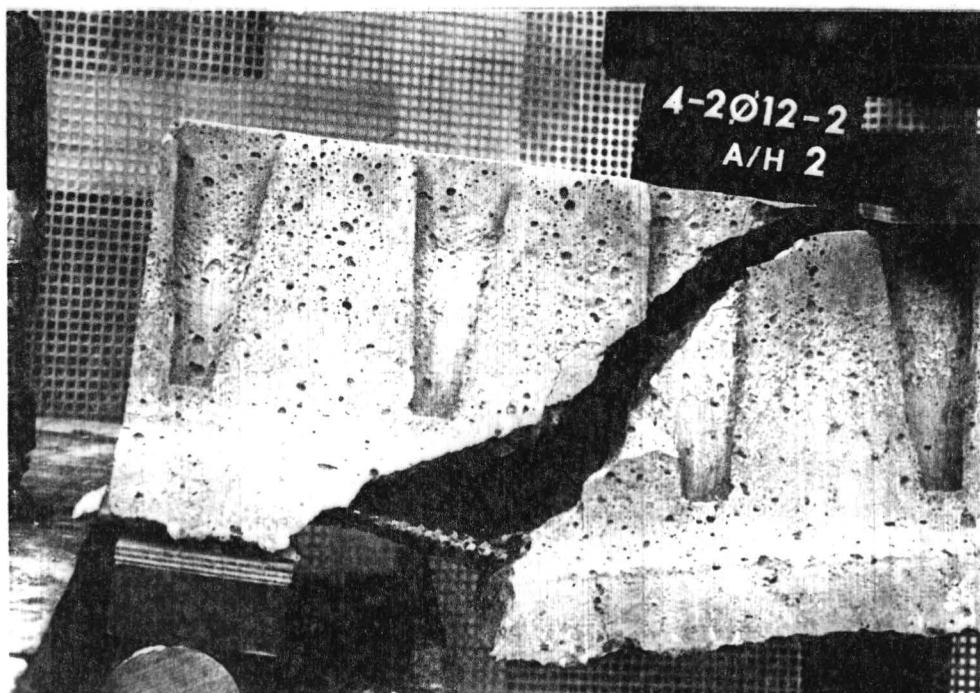
$$EI_{\text{g}} = \text{tang} = 10.4 : 0.03 = 346,6 \text{ kNm}^2$$

Als benaderde waarde voor  $EI_{\text{g}}$  kan worden aangehouden:

$$EI_{\text{g}} = 0.5 \times E_a \times A_a \times h_a^2 = 0.5 \times 210000 \times 157 \times 141^2 = 3,277 \times 10^{11} \text{ Nmm}^2 = 327.7 \text{ kNm}^2.$$

Deze waarde komt redelijk overeen met de gevonden waarde.

Foto's bezwiken elementen van het aanvullend onderzoek.



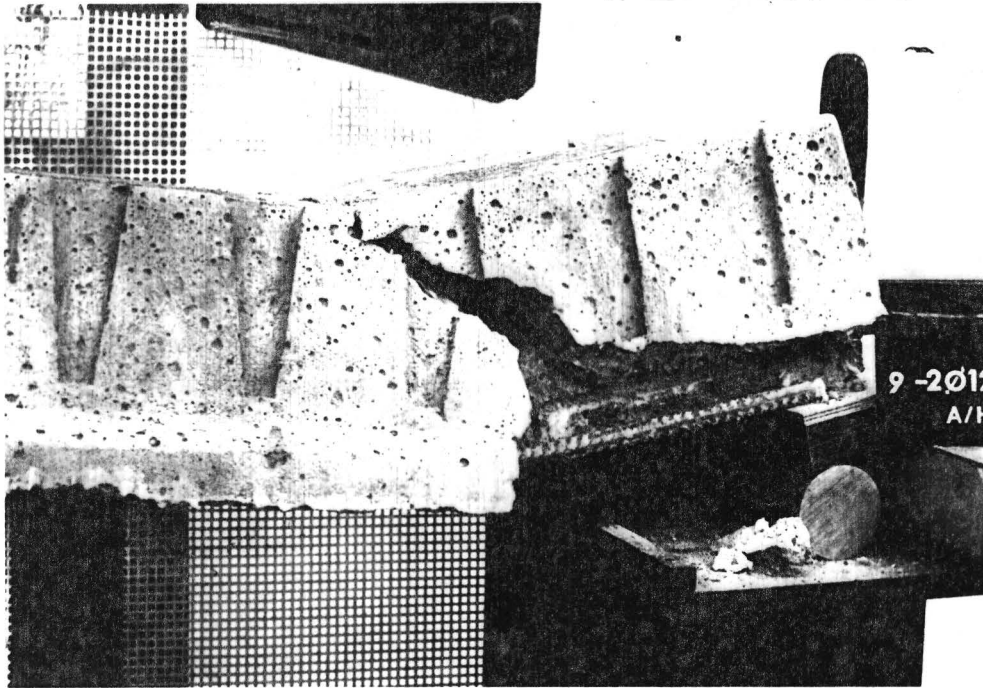
1

F



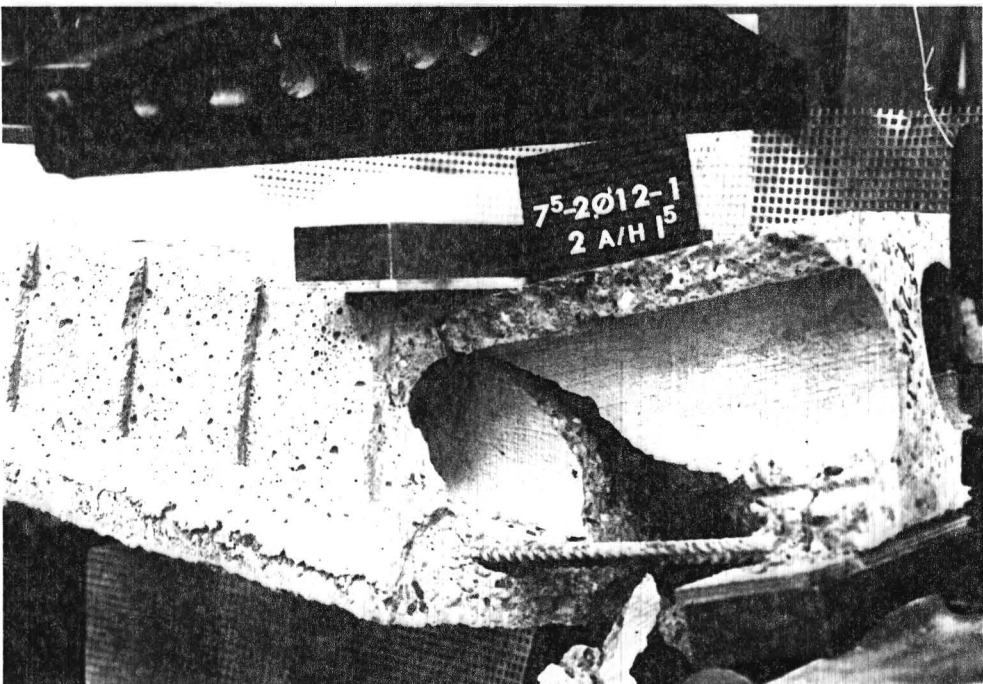
2

G



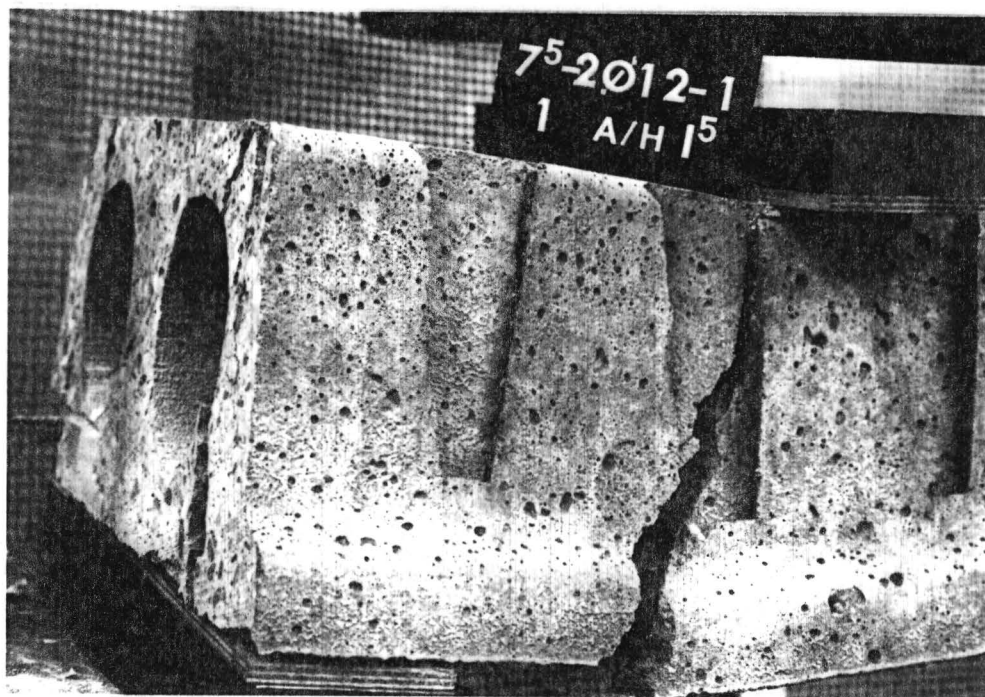
3

H



4

J



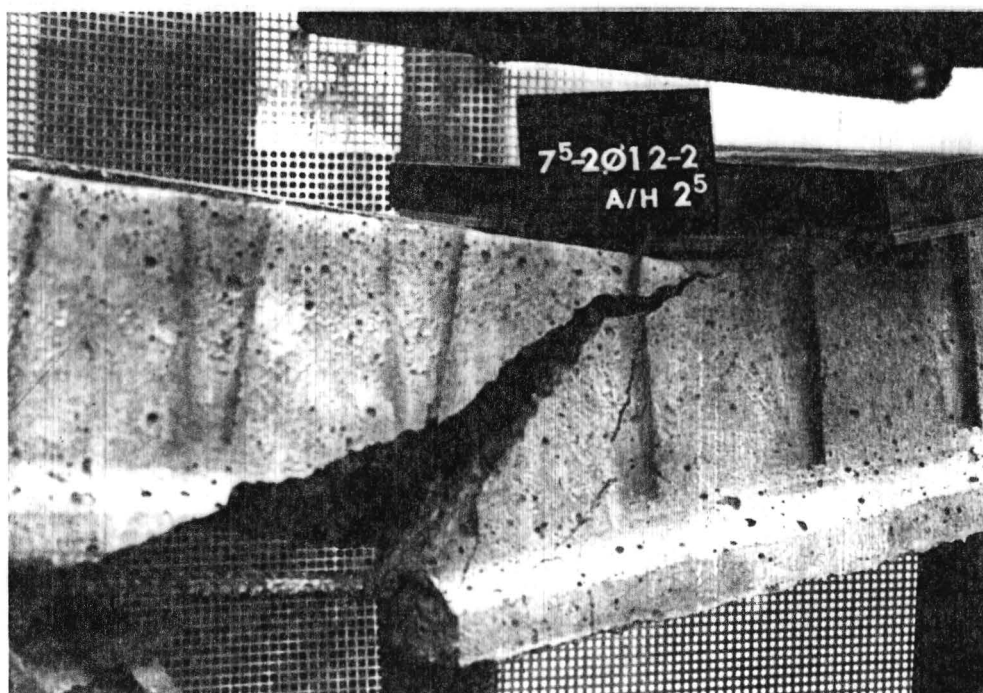
5

K



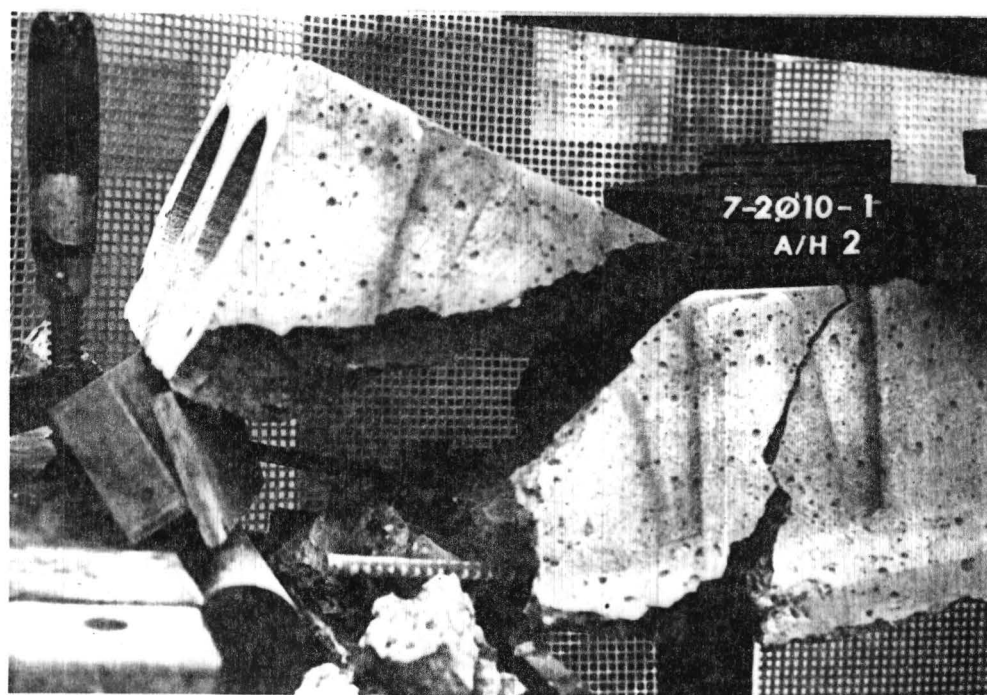
6

L



7

M



9

N