

Inhoud.	Blz.
Sonaresetting.	2.
1. Inleiding	3.
2. Beproeving e resultaten.	9.
2.1. Afmetingen van de profiele en mechanische eigenschappen.	9.
2.2. Krachtvervormingsdiagramme van de borte	9.
2.3. Afmetinge van de proefstukke e resultaten	15.
3. Bespreking van de proefresultate	42.
3.1. Grondkrachten met vervorminge.	42.
3.2. Waargenome feiten.	46.
3.3. Conclusies met argumentatie	49.
4. Literatuur.	

Samenvatting:

Het onderwerp van dit onderzoek is de trek-rijde van de z.g. hoge balk-holonverbindingen, waarbij de kopplaat versterkt door bussoles in belangrijke mate buiten de ligger uitsteekt.

De grenswaarde van de trek- en drukkracht veroorzaakt door het buigend moment moet hierbij zo groot mogelijk zijn.

Daarom plaatst men de bonten aan de trekrijde in de holonflansen op ^{onderlinge} minimale afstand ~~van~~ (driemaal de bontdiameter) en zo dicht mogelijk bij het holonlijf (eenmaal de bontdiameter).

● Bij de berekening van de grenswaarde van de trekrijde wordt gebruik gemaakt van een rek-methode als in [1] beschreven.

Hierbij wordt voorgeschreven, dat de momentenarm tussen de trekkracht uit het holonlijf en de door de bonte uitgeoefende trekkracht op de holonflens gelijk moet worden genomen aan de afstand van de bontlijn tot de ~~af~~ overgang van flens-afwindingsstraal vermeerderd met een vijfde van de afwindingsstraal.

Daar de hand van proeven wordt vastgesteld, dat deze

● momentenarm in dit bijzondere geval verkleind mag worden tot de afstand van de bontlijn tot de afwindingsstraal, wat in sommige gevallen een verhoging van de grenskracht van 20% oplevert.

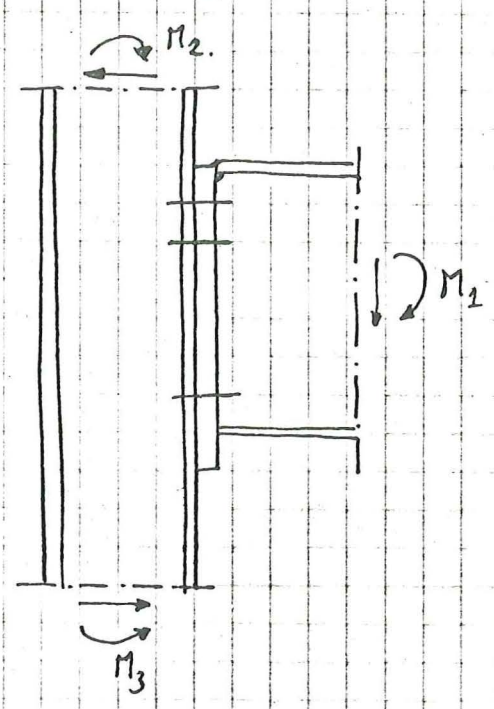
Aldus rekend blijft bij vele bont- en holonprofielbalken bij de gegeven bontafstanden (onderlinge afstand 3d, en afstand tot het lijf d) het holonlijf nauwelijks te zijn (zie tabel 3.3).

Daarom zijn ook tabellen vervaardigd waarin de grenskracht vermeld staat als de onderlinge bontafstande vier en vijfmaal de bontdiameter bedragen.

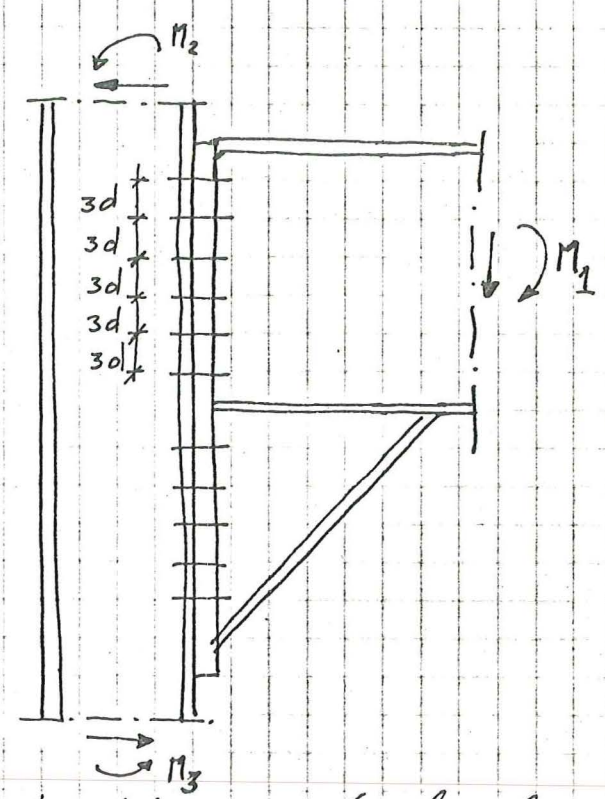
Deze tabellen bijgevoegd als ^{met} ~~aan de hand~~ proeven aangetoond is, dat ook dan de voorgestelde momentenarm van eenmaal de bontdiameter geldt.

1. Inleiding

Voor de berekening van verbindingen als in figuur 1.1 weergegeven is in [1] en [2] een rekenmethode voor de trekszijde ontwikkeld.



In [1] en [2] beschouwde verbindingen.
figuur 1.1.



In dit rapport beschouwde verbindingen.
figuur 1.2.

Dit rapport heeft betrekking op de berekening van de trekszijde van verbindingen als in figuur 1.2 weergegeven.

Hierbij moet de t.g.v. het buigend moment in de liggerflens veroorzaakte trekskracht door meer dan vier bouten in het holom profiel worden overgebracht.

Voor de krachtoverdracht is per bout een zee beperkte lengte van het holom profiel n.l. drie maal de boutdiameter beschikbaar.

Dit is ongunstiger dan bij de verbindingen van figuur 1, omdat daar naast de bouten meer materiaal voor de brachtoverdracht beschikbaar is. De medewerkende lengte is ^{dan} groter.

Het grensdragvermogen van een stukje kolom met lengte $3d$ en 2 bouten wordt bepaald door de in tabel 1.1 vermelde bezwijkvormen.

Bezwijk vorm.	statisch systeem van kolom met bouten		Evenwicht formules
	vervormingen	M-lijn kopplaat	
vloeien van de bouten (I)		$\hat{M} \leq \hat{M}_p$ 	$\hat{T} = \hat{B}_t$ $\hat{B}_t = \text{grensdragvermogen van een bout}$
vloeien van de kolomflens t.p.v. de overgang op de afrondingsstraal naar het kolomlijf en vloeien van de bouten (II)		$\hat{M}_p (\hat{B}_t - \hat{T}) \cdot n$ 	$\hat{T} \cdot m = (\hat{B}_t - \hat{T}) \cdot n + \hat{M}_p$ $\hat{M}_p = \frac{1}{4} \cdot e_k^2 \cdot 3d \cdot G_e$ $e_k = \text{flensdikte}$
vloeien van de kolomflens t.p.v. de overgang op de afrondingsstraal naar het kolomlijf en t.p.v. de bout rij. (III)			$\hat{T} \cdot m = \hat{M}_p + \hat{M}_p$ $\hat{M}_p = \frac{1}{4} \cdot e_k^2 \cdot 3d \cdot G_e$
vloeien van het kolomlijf (IV)		n.v.t.	$2\hat{T} = a_k \cdot 3d \cdot G_e$ $a_k = \text{lijf dikte.}$

Tabel 1.1 • vloeipunt of lijn.

De bij constructeurs gehanteerde ontwerpmethode voor de trekrigole van de verbinding volgens figuur 12 is gebaseerd op de evenwichtsformules van de bezwijkvormen I, III en IV.

Indien de grenstrekkkracht \hat{T} bepaald wordt door de evenwichtsformules van bezwijkvorm III wordt men ervoor, dat de bout zo sterk is dat het plastisch moment \hat{M}_p , t.p.v. de boutlijn ook inderdaad kan ontstaan, zodat

$$B_t \geq \hat{T} + \frac{\hat{M}_p}{n} \quad \text{waarin } n \leq 1,25 \text{ m.}$$

Hierin is B_t de vereiste bouthrocht voor n wordt dan als regel de afstand van de boutlijn tot de overgang op de afsondingsstraal gekozen.

De vraag is, of deze laatste aanname juist is, omdat dan wordt aangenomen, dat het volplastisch moment op deze overgang ontstaat, terwijl op een grotere afstand van de boutlijn dit moment niet veel groter zal zijn, terwijl de hefboomarm van de bouthrocht bij kleine afmetingen van n wel aanzienlijk toeneemt.

Hoe men de berekening uitvoert als de holomflens zo dik is, dat de volgens bovenstaande methode berekende grenstrekkkracht veel groter is dan

vereist, is niet duidelijk.

Men kan dan met een geringere boutdraacht volstaan.

In [1] wordt ~~wordt~~ de theorie voor deze situatie ontwikkeld. Dit heeft geresulteerd in de evenwichtsformules voor bewijzform II.

Dit is een tussenform van de bewijzform I & II.

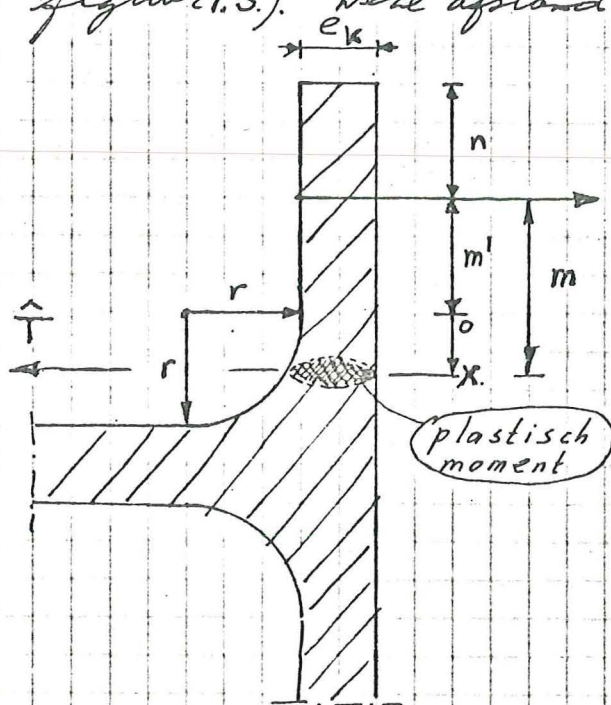
De controle ^(af het ontwerp) van de constructie met de evenwichtsformules van bewijzform I & IV spreekt voor zich.

Voor de zekerheid moet nog een vijfde bewijzform gecontroleerd worden n.l. het doorpassen van de bouten door de holomflens.

Indien men ~~hier~~ voor het afschuifoppervlak de ingeschaarven cirkel van het boutkopresistent vermenigvuldigd met de holomflensdikte aanhoudt, blijft deze bewijzform praktisch nooit te kunnen optreden.

Het grensdraagvermogen bepaald door benoijlvoorn ⁷
 (II) of (III) hangt in sterke mate af van de
 grootte die voor m en n kon worden gekozen.

De plaats van het plastisch moment in de holom-
 flens t.p.v. de overgang op de afrondingsstraal
 naar het holonlijf is niet eenduidig bepaald.
 Bij nadere beschouwing blijkt de afstand m
 afhankelijk van de grootte van de bracht T ,
 de vloeispanning van de holomflens, de dilite van
 de holomflens, de medewerkende lengte van het
 holomprofiel en de grootte van de afrondingsstraal
 (zie figuur 1.3). Deze afstand is d.m.v. optimalisering
 bepaald.



$$m = m' + x.$$

$$x = \frac{2\hat{T}}{h\sigma_e \cdot e_k} r$$

l = medewerkende lengte
 van het holomprofiel voor
 a buit.

De grootte van m blijkt niet eenduidig
 bepaald te zijn

figuur 1.3.

Om eenvoudige formules te verkrijgen is bij de
 verbindingen volgens figuur 1.1. voor x een
 aan de afrondingsstraal evenredige waarde
 van $\frac{1}{5}$ ingevoerd.

8

Bij deze verbindingen bleek de invloed van de waarde van x klein, omdat de medewerkende lengte van het kolomprofiel eveneens toenam bij toenemende waarde van x .

Bij ~~de~~ verbindingen volgens figuur 1.2 is de medewerkende lengte meer beperkt en kan de invloed van de waarde van x groot zijn, vooral als m' klein gekozen wordt.

Het ^(eerste) doel van de proeven die in dit rapport besproken worden is een geringe maar veilige waarde voor x te vinden. waarbij de grenswaarde voor T zo groot mogelijk wordt.

Daarnaast wordt tevens onderzocht welke waarde n maximaal mag hebben.

In Amerikaanse voorschriften wordt deze waarde nooit groter dan $1,25 * m'$ gekozen.

2. Beproeving en resultaten.

2.1. Afmetingen ^(van de profielen) en mechanische eigenschappen.

In de eerste plaats zijn van de gebruikte profielen de werkelijke afmetingen bepaald.

De proeven zijn in ~~hoofdstuk~~ uitgevoerd op ~~twee profielafmetingen~~ gedeelten van ^{de} profielen HE 240A en HE 300A. De afmetingen van deze profielen worden bij de bespreking van de resultaten vermeld en in figuur 2.1.1. met de theoretische afmetingen van de profielen.

Van de profielen zijn ook de van belang geachte mechanische eigenschappen bepaald.

Dere staan in Tabel 2.1.1. vermeld.

De vermelde spanningen zijn gemiddelden verkregen uit het tot breuk op trek belaste van uit het profiel gesneden proefstaven.

Om zeker te zijn, dat de juiste vloeigrens bepaald wordt, zijn de door warmte beïnvloede zones van de proefstaven weggelaten.

Bij het HE-240A profiel is het gemiddelde bepaald uit twee en bij het HE 500A profiel uit drie proefresultaten.

De aanduiding van de proefstaafrichting „dwars” betekent, dat de belastingrichting loodrecht op de walrichting en „langs” dat de belastingrichting gelijk aan de walrichting van het profiel is gekozen.

Tabel 2.1.1.

2.2. Kracht-vernormingsdiagrammen van de bouten.

Van de bouten zijn de kracht-vernormingsdiagrammen bepaald door de bout op trek te belasten en bij iedere belastingstap de

de verlaying te meten.

Hierbij is de inklemlengte gelijk genomen aan die in het proefstuk.

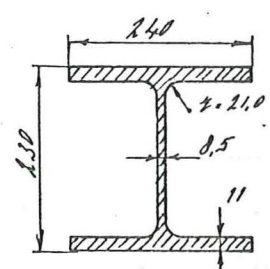
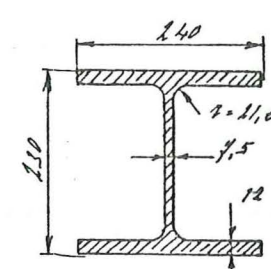
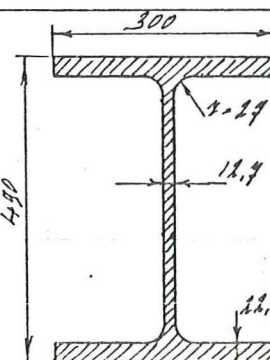
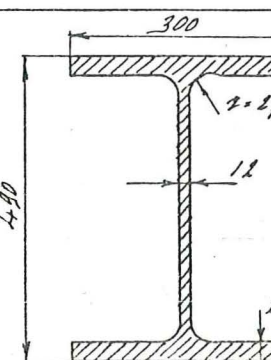
Van iedere partij zijn vier bouten beproefd.

Het gemiddelde van de vier verlayingen bij eenzelfde belasting, staat in de tabellen 2.2.1. t/m 2.2.4 vermeld.

In figuren 2.2.1 t/m 2.2.2 staan de bracht vervormingsdiagrammen weergegeven.

PROEF N ^o	PROFIEL	PLAATS EN LENGTE- RICHTING PROEF- STAAF	σ_{TUK} N/mm ²	σ_{BREUK} N/mm ²
1 A/m 11	HE 240A	lijf langs	306	422
		lijf dwars	293 -	418
		flens langs	299	423
		flens dwars	283 -	416
12 A/m 13	HE 500A	lijf langs	247	383
		lijf dwars	286 -	392
		flens langs	223	372
		flens dwars	208 -	371

Mechanische eigenschappen van het profmateriaal
tabel 2.1.1.

PROEF N ^o	PROFIEL	WERKELIJKE AFMETINGEN	AFMETINGEN VOLGENS HET PROFIEL BOEKJE I
1 A/m 11.	HE 240A.		
12 A/m 13.	HE 500A.		

Afmetingen van het profmateriaal.

figuur 2.1.1.

BOUT M12. 8.8. inbinnen lengte 30 mm.

BELASTING / KN.	VERLENGING / μ
0	0
10	22
20	45
30	68
40	92
50	118
60	143
65	167
68	215
70	286
72	500

Slecht-voorwaarde waarden van bout M12. x 45 - 8.8.

TABEL 2.2.1

BOUT M16. 8.8. inbinnen lengte 32 mm.

BELASTING / KN	VERLENGING / μ
0	0
20	26
40	48
60	76
80	102
100	131
110	149
114	160
118	169
120	177
122	189
125	230

Slecht-voorwaarde waarden van bout M16. x 55 - 8.8.

TABEL 2.2.2

BOOT M20. 8.8. in lengte 52mm

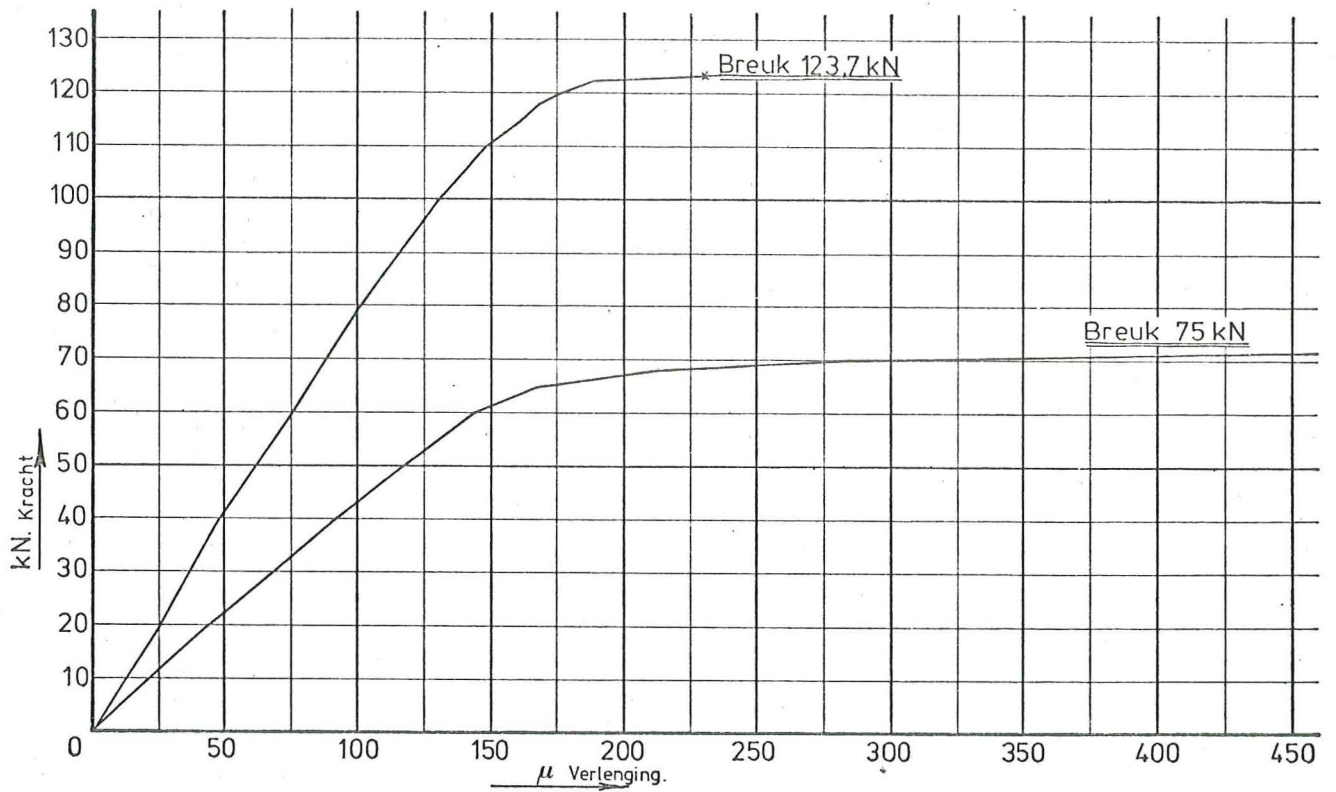
BELASTING /kW	VERLENGING /μ
0	0
4	41
8	88
12	136
15	178
16	189
17	206
18	219
19	245
20	472
21	991

Kracht-vernormingswaarden van boot M20. 75-88.
TABEL 2.2.3.

BOOT M24. 8.8. in lengte 52mm

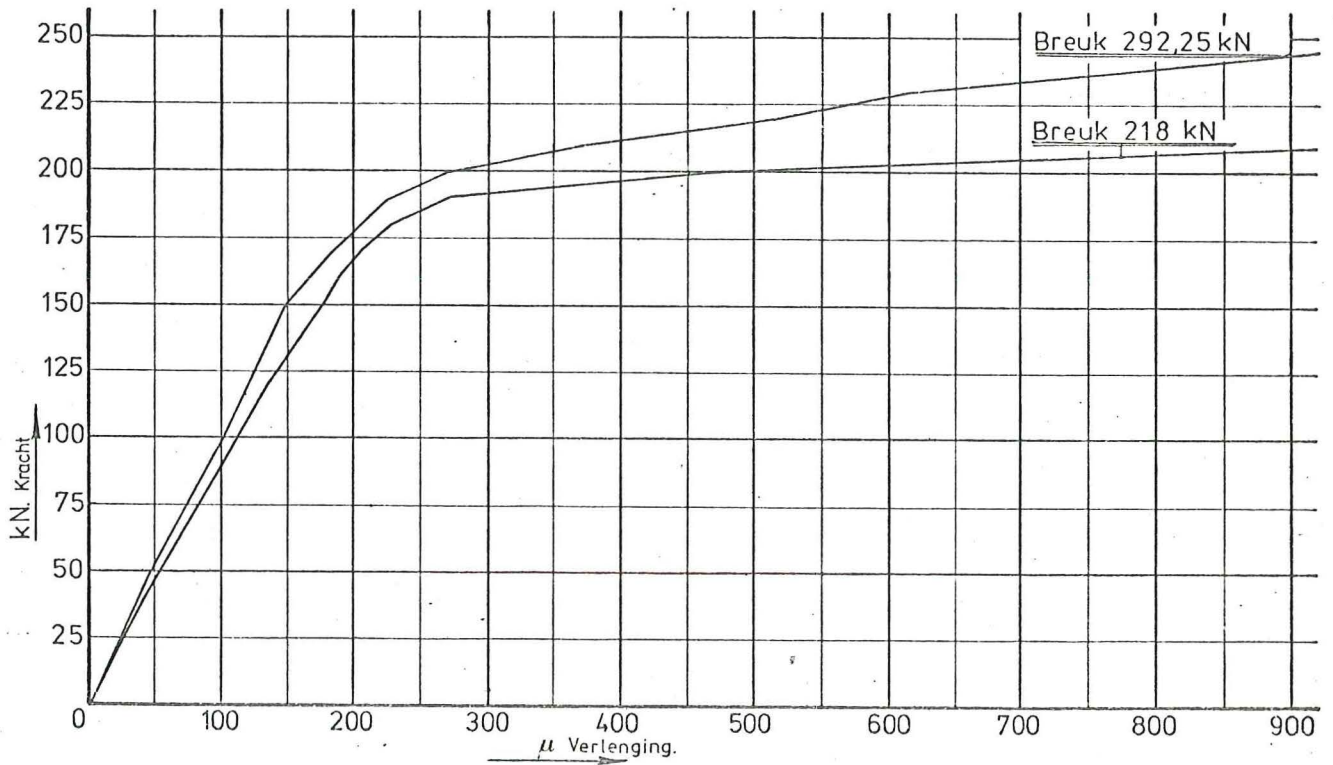
BELASTING /kW	VERLENGING /μ
0	0
50	47
100	90
150	148
170	184
180	205
190	233
200	267
220	369
240	509
240	615
240	834
250	1008

Kracht-vernormingswaarden van boot M24. 75-88.
TABEL 2.2.4.



Kracht vervormingsdiagram bout M12x45-8.8. en bout M16x55-8.8.

Fig. 2.2.1.

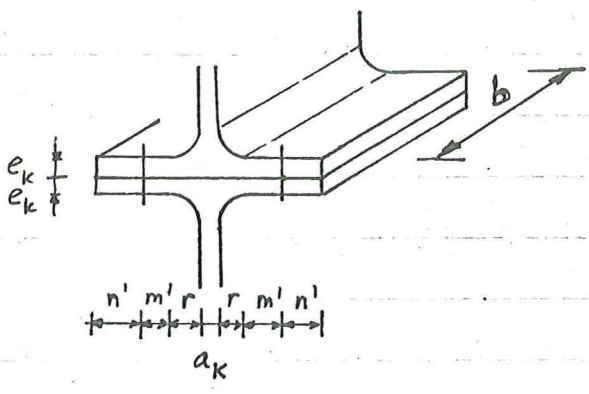


Kracht vervormingsdiagram bout M20x75-8.8. en bout M24x75-8.8.

Fig. 2.2.2.

2.3. Afmetingen van de proefstukken en resultaten.

In tabel 2.3.1. staan de afmetingen van de proefstukken en de resultaten vermeld.



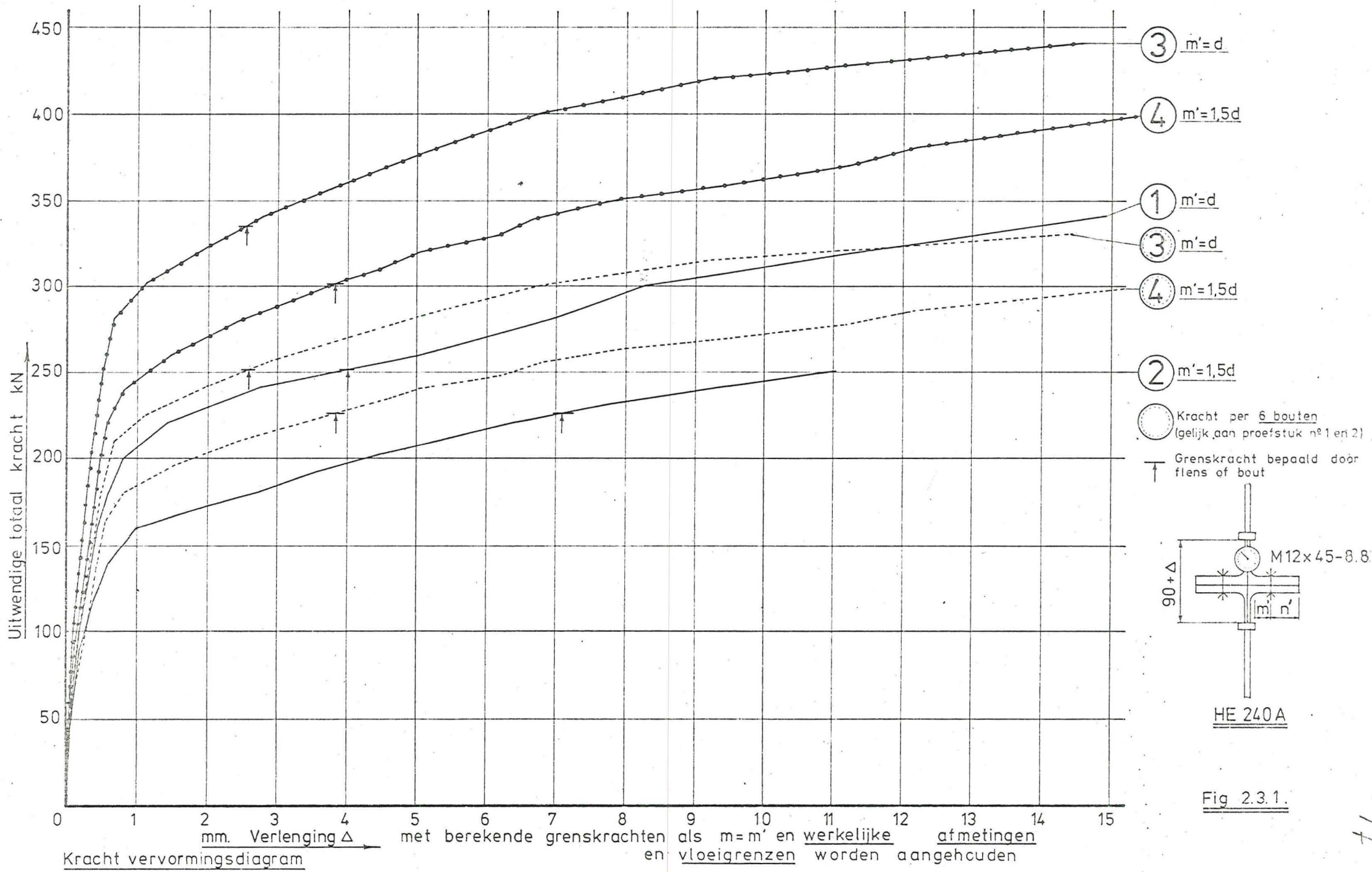
Na.	Profiel	Bouten	a_k mm	e_k mm	r mm	m' mm	n' mm	b mm	Breuk kN.	Breuk vorm.	Opmerkingen.
1	HE 240A	3 x M12	8,5	11	21	12	83	120	354	boutbreuk	—
2	"	3 x M12	"	"	"	18	77	120	306	"	—
3	"	4 x M12	"	"	"	12	83	160	483	"	—
4	"	4 x M12	"	"	"	18	77	160	420	"	—
5	"	3 x M16	"	"	"	16	79	150	475	stripbreuk	—
6	"	3 x M16	"	"	"	16	20	150	448	boutbreuk	flens smaller gezaagd $n'=30mm$
7	"	3 x M16	"	"	"	24	71	150	426	"	—
8	"	3 x M16	"	"	"	24	30	150	400	"	flens smaller gezaagd $n'=30mm$
9	"	4 x M16	"	"	"	16	79	200	630	"	—
10	"	4 x M16	"	"	"	18	77	200	630	"	—
11	"	4 x M16	"	"	"	24	71	200	585	"	—
12	HE 500A	3 x M20	12,7	22,1	27	30	87	180	845	} stripbreuk t.p.v. las	—
13.	"	3 x M24	"	"	"	24	93	225	980		—

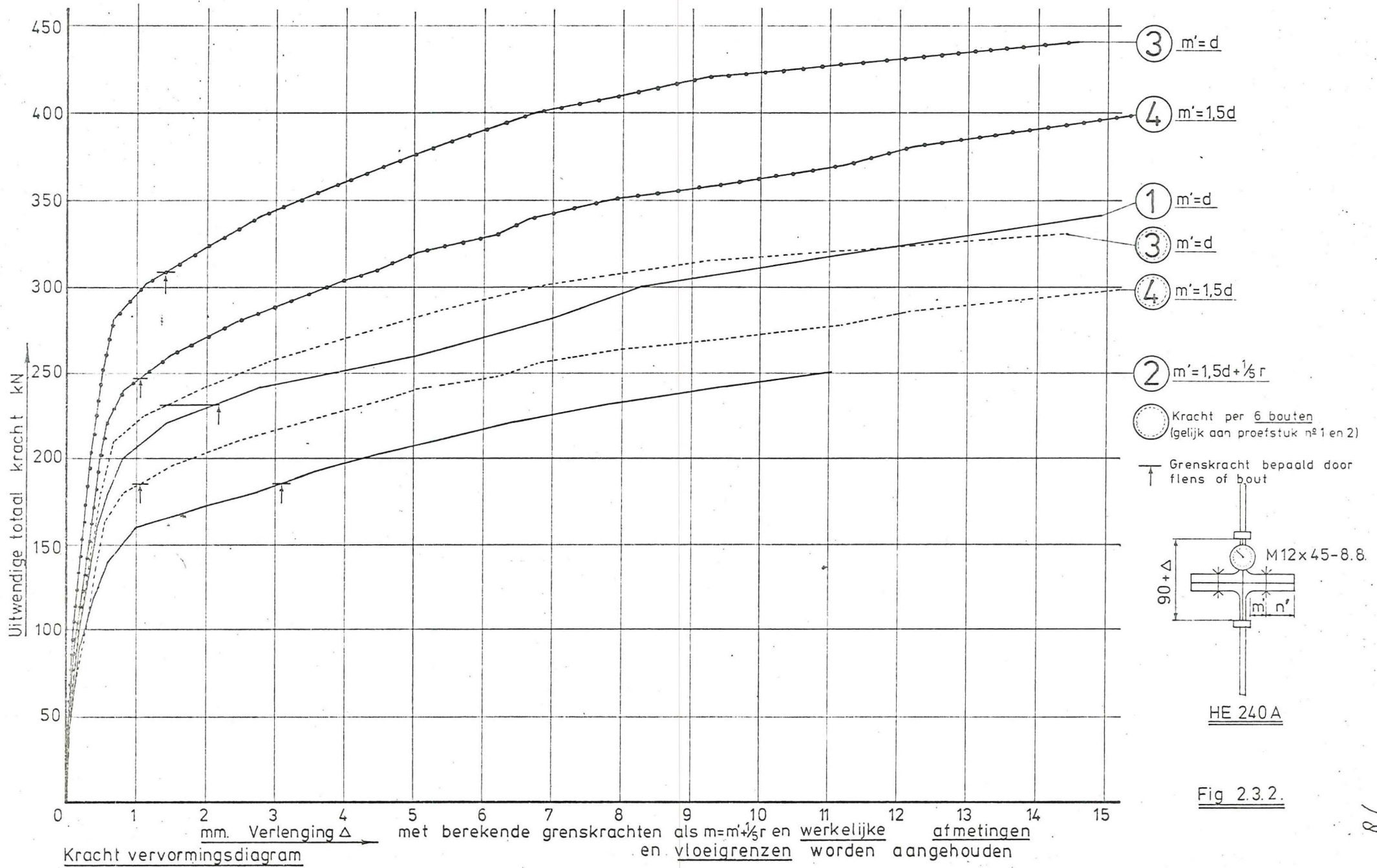
Afmetingen en resultaten van de proefstukken.
tabel 2.3.1.

Tevens zijn van de proefstukken de vervormingen gemeten tussen ~~punten~~ twee punten op de lijfstrijpen zoals in de figuren 2.3.1 t/m 2.3.12 bij de kracht-vervormingsdiagrammen van de proefstukken is aangegeven.

De buutkrachten zijn tijdens de beproeving eveneens gemeten. De totale in het proefstuk gemeten buutkrachten staan in de figuren 2.3.13 t/m 2.3.16 tegen de uitwendige belastingen mit gemet.

Tijdens de beproeving ~~zijn~~^{is} bij vrijwel elke belastingstap een foto ~~genomen~~ van het proefstuk genomen om een beeld te verkrijgen van de ontwikkeling van de vloeilynen. Doortoe zijn de proefstukken van een laag hulk voorzien. In de figuren 2.3.17 t/m 2.3.18 worden diverse van deze foto's getoond. Bij de beoordeling hiervan moet men zich realiseren, dat het afspringen van de balk geschiedt bij grote vervormingen maar dat dit sterk afhankelijk is van het feit of de balk van een getrokken of een gedrukt oppervlak afspringt. Bij een getrokken oppervlak niet men wel schenktje in de hulk verschijnen ~~maar~~ zonder dat de hulk wegspringt, zodat dit op een foto niet altijd waarneembaar is.





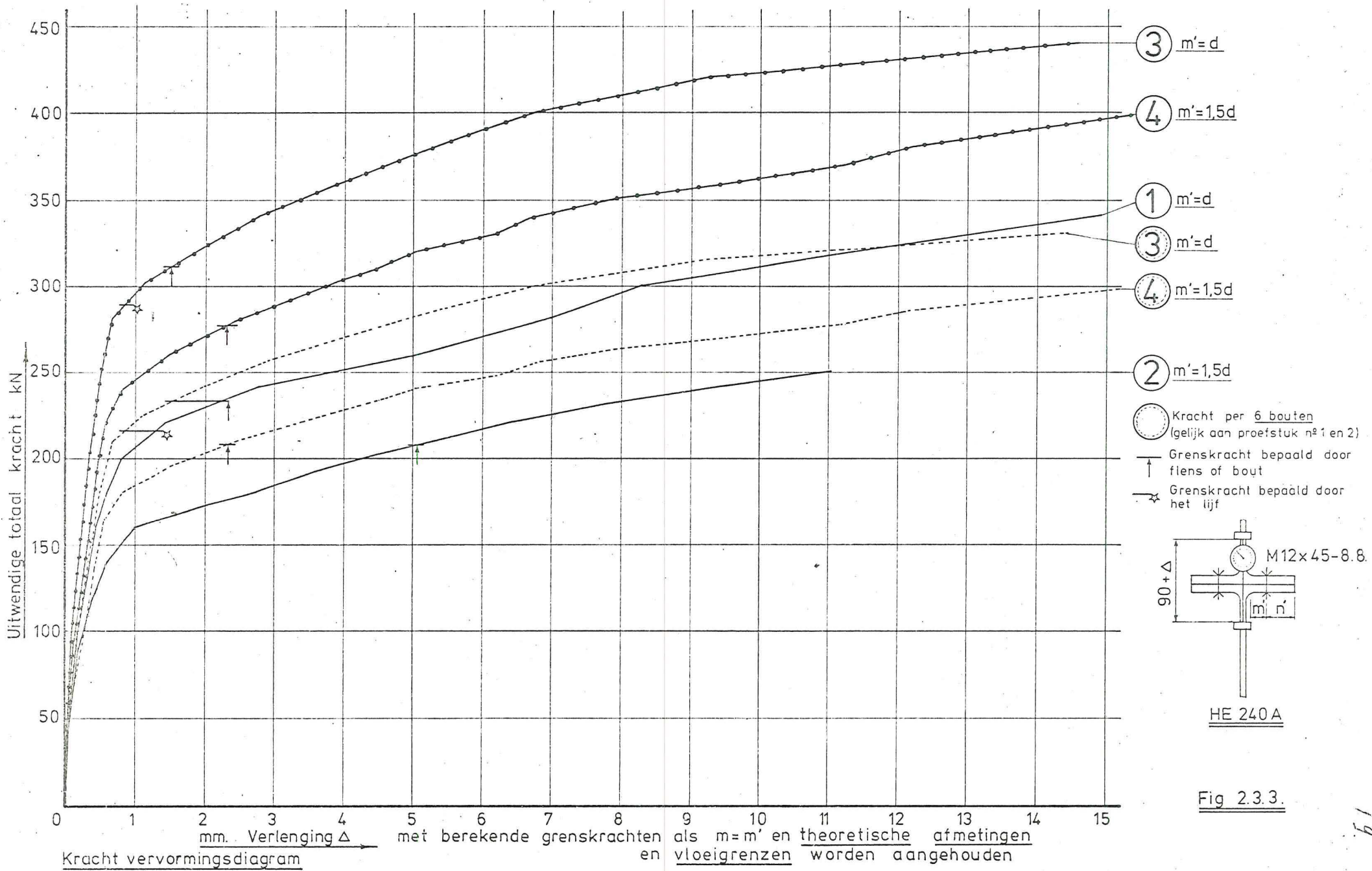
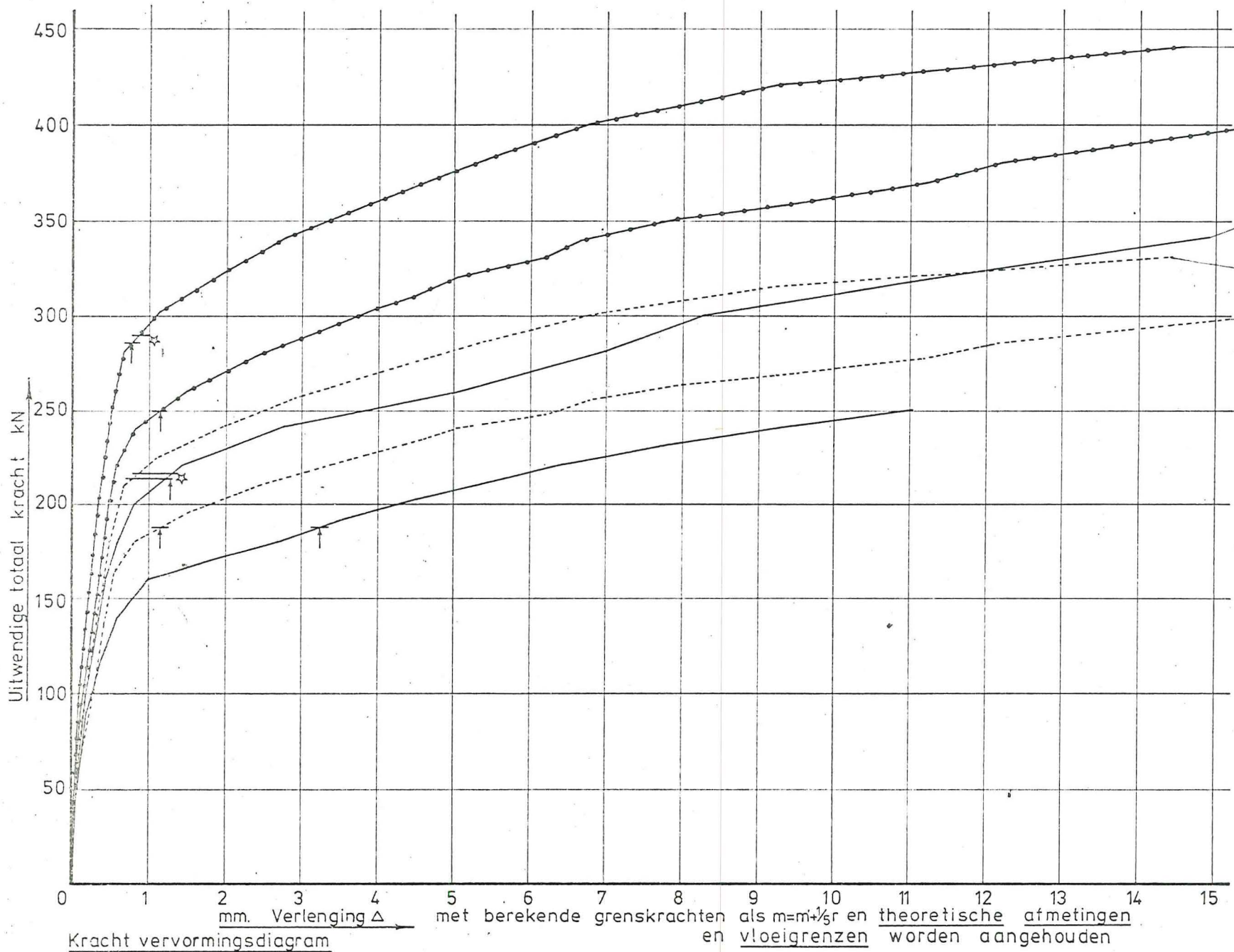


Fig 2.3.3.



- ③ $m'=d$
- ④ $m'=1,5d$
- ① $m'=d$
- ③ $m'=d$
- ④ $m'=1,5d$
- ② $m'=1,5d$
- Kracht per 6 bouten (gelijk aan proefstuk n^o 1 en 2)
- ↑ Grenskracht bepaald door flens of bout
- ☆ Grenskracht bepaald door het lijf

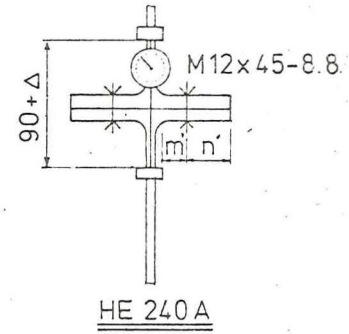
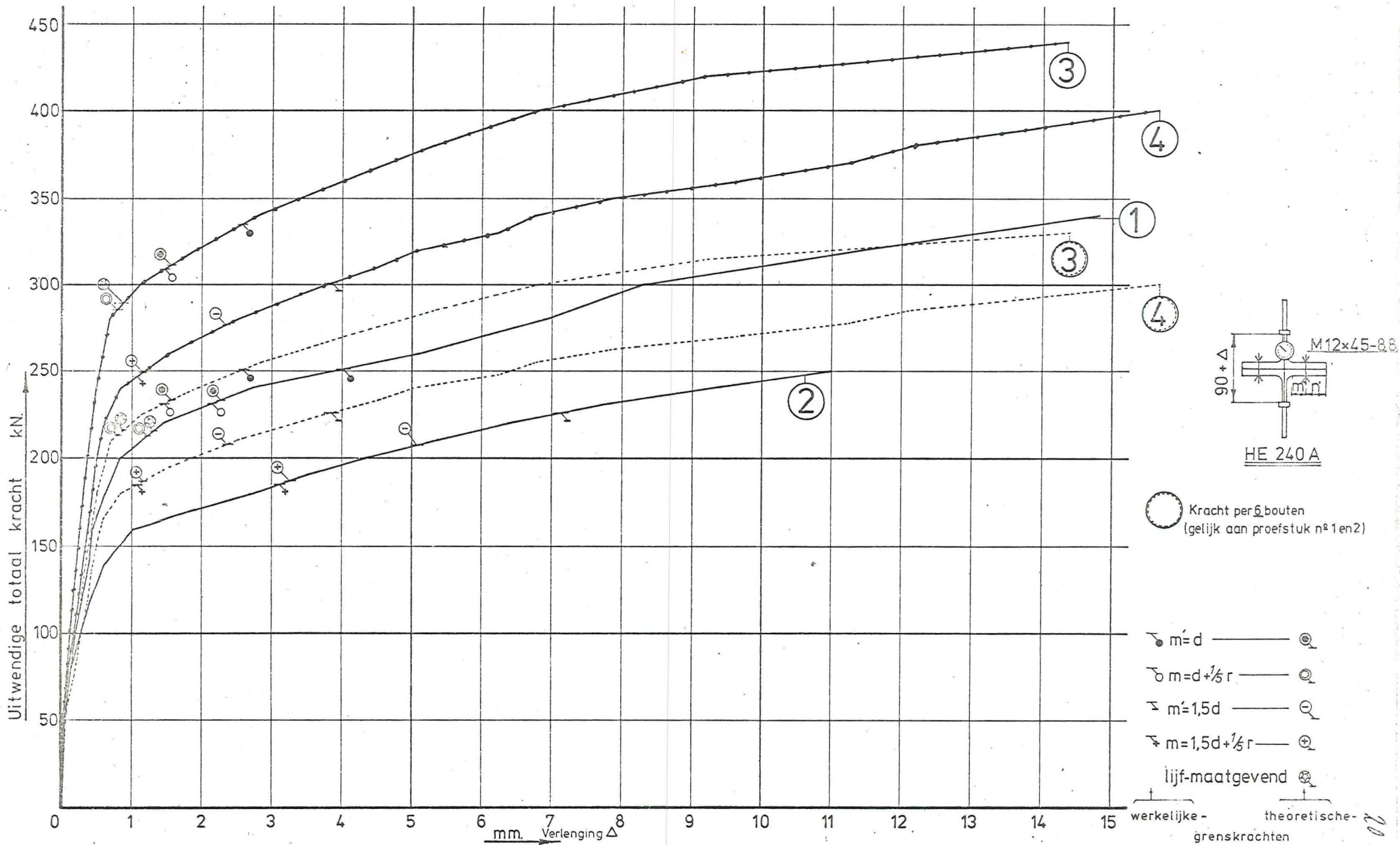


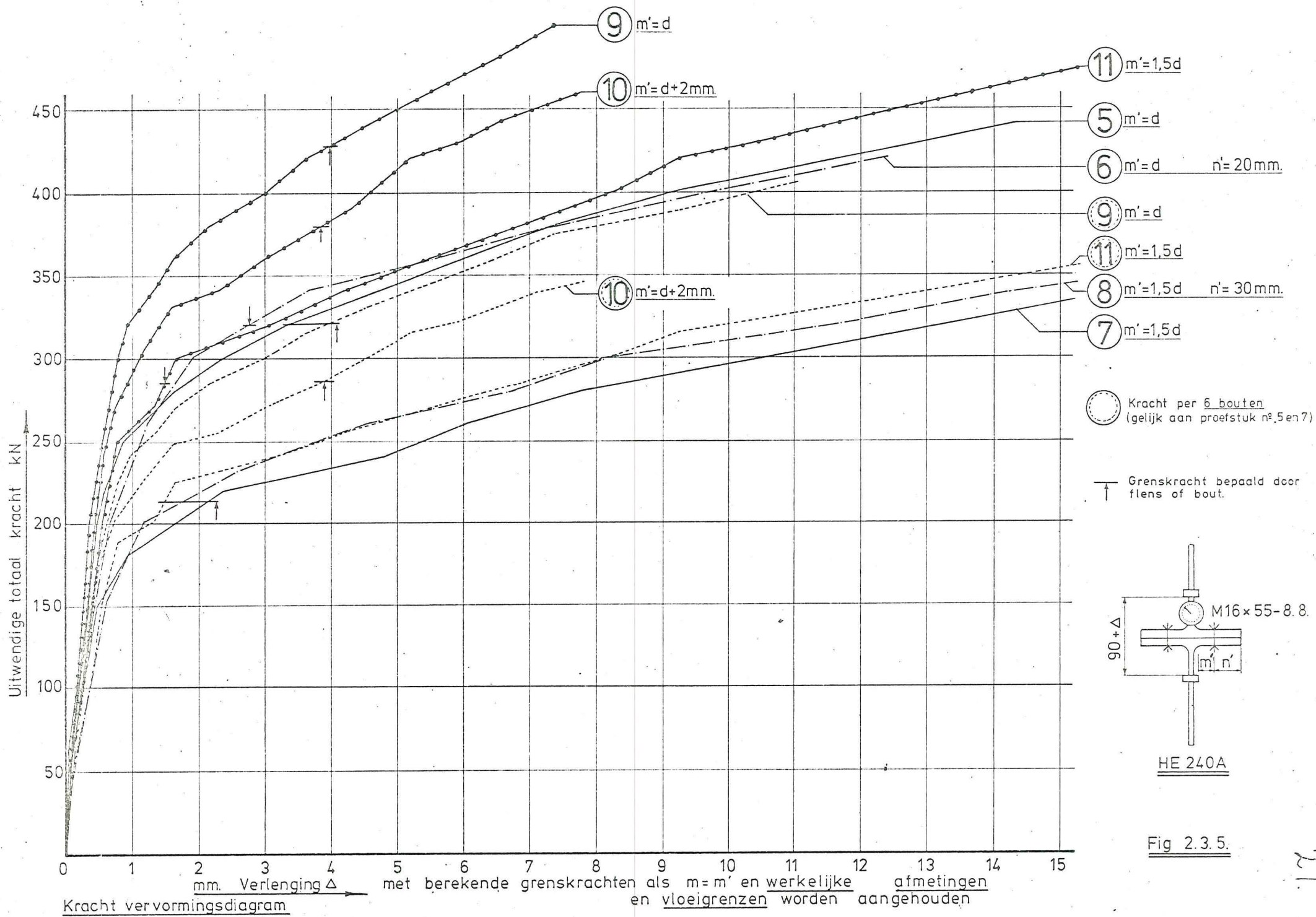
Fig 2.3.4.

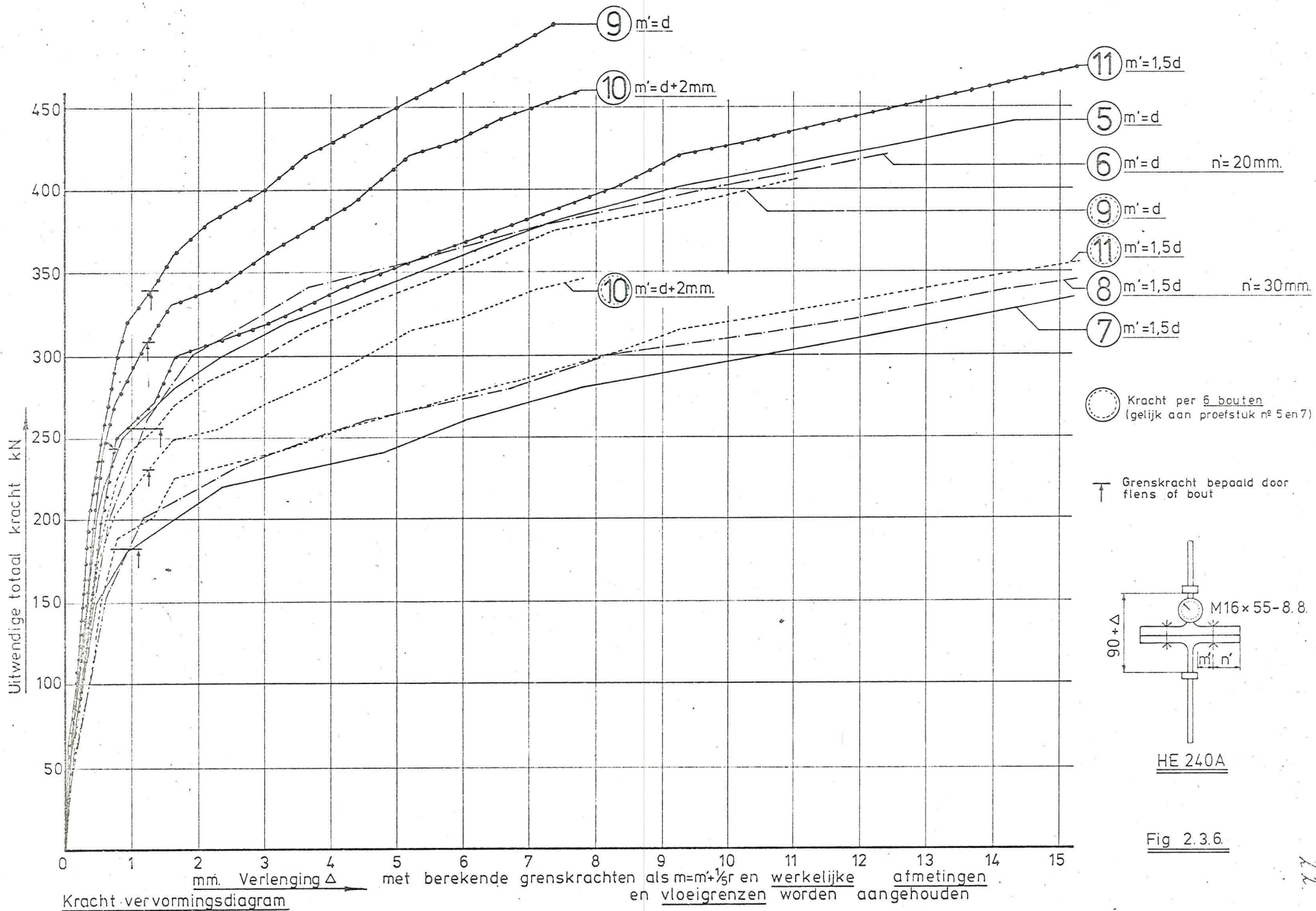


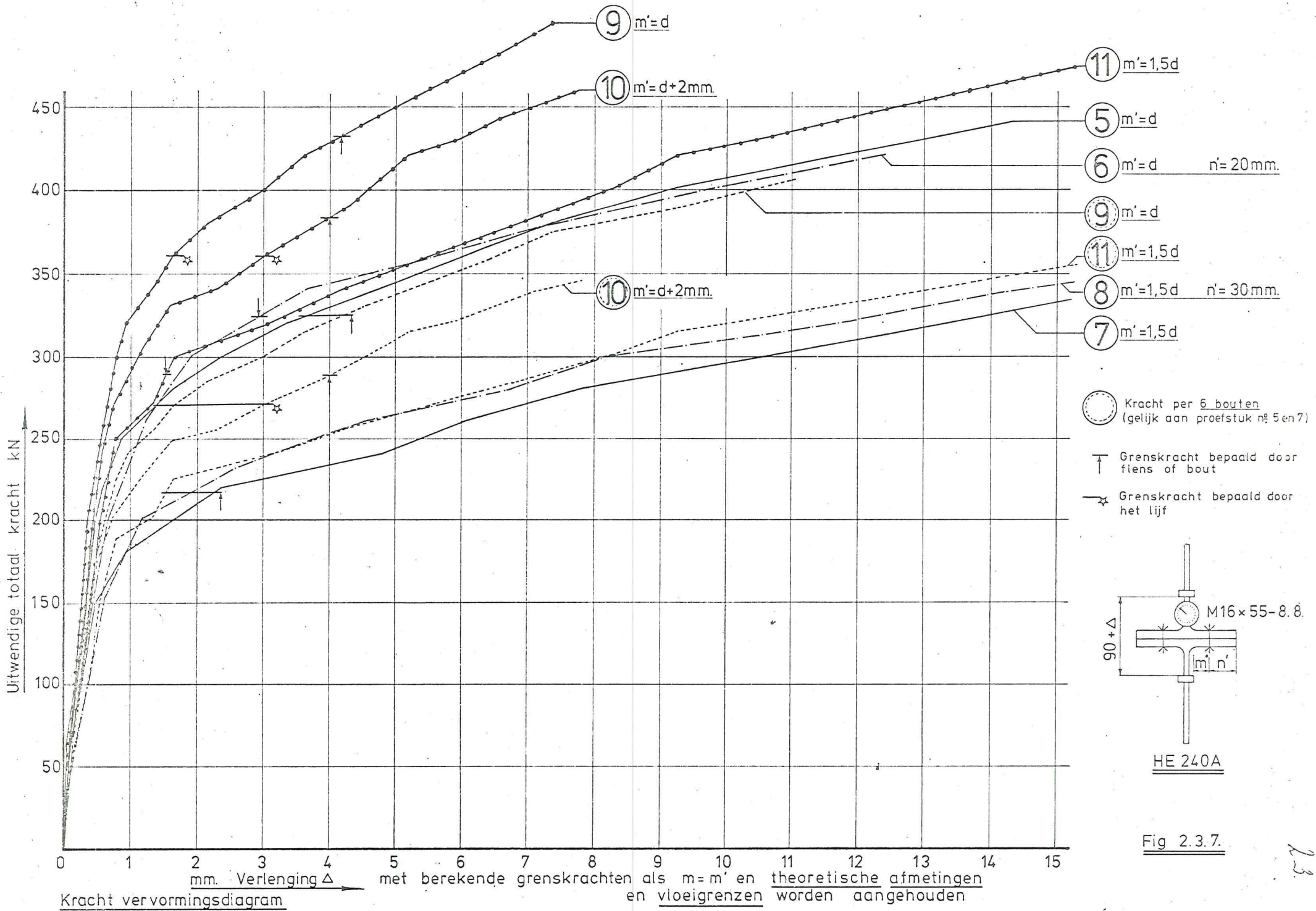
Kracht vervormingsdiagram

Fig. 2.3.4A. Samenvoeging Fig 2.3.1. t/m 2.3.4.

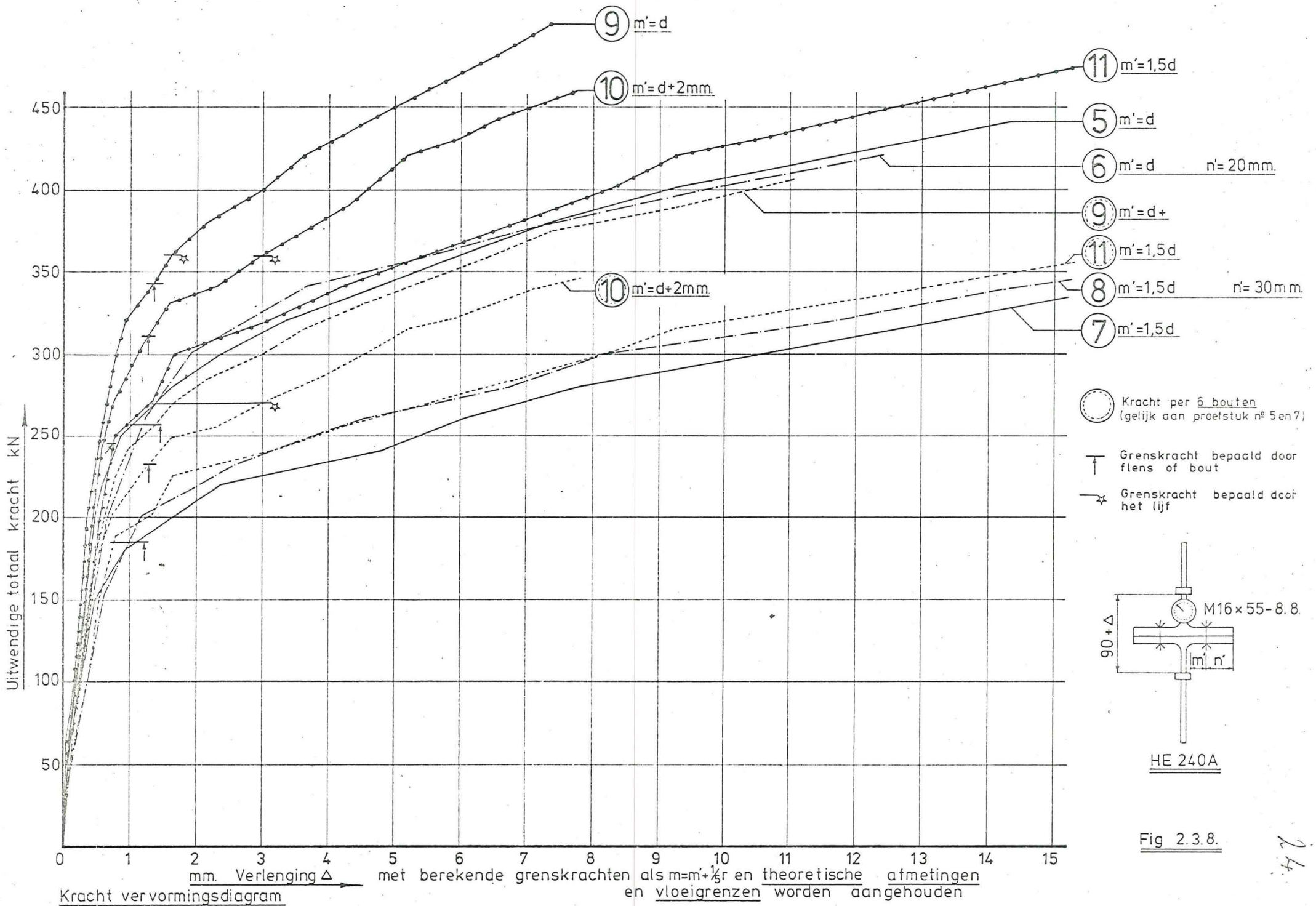
201



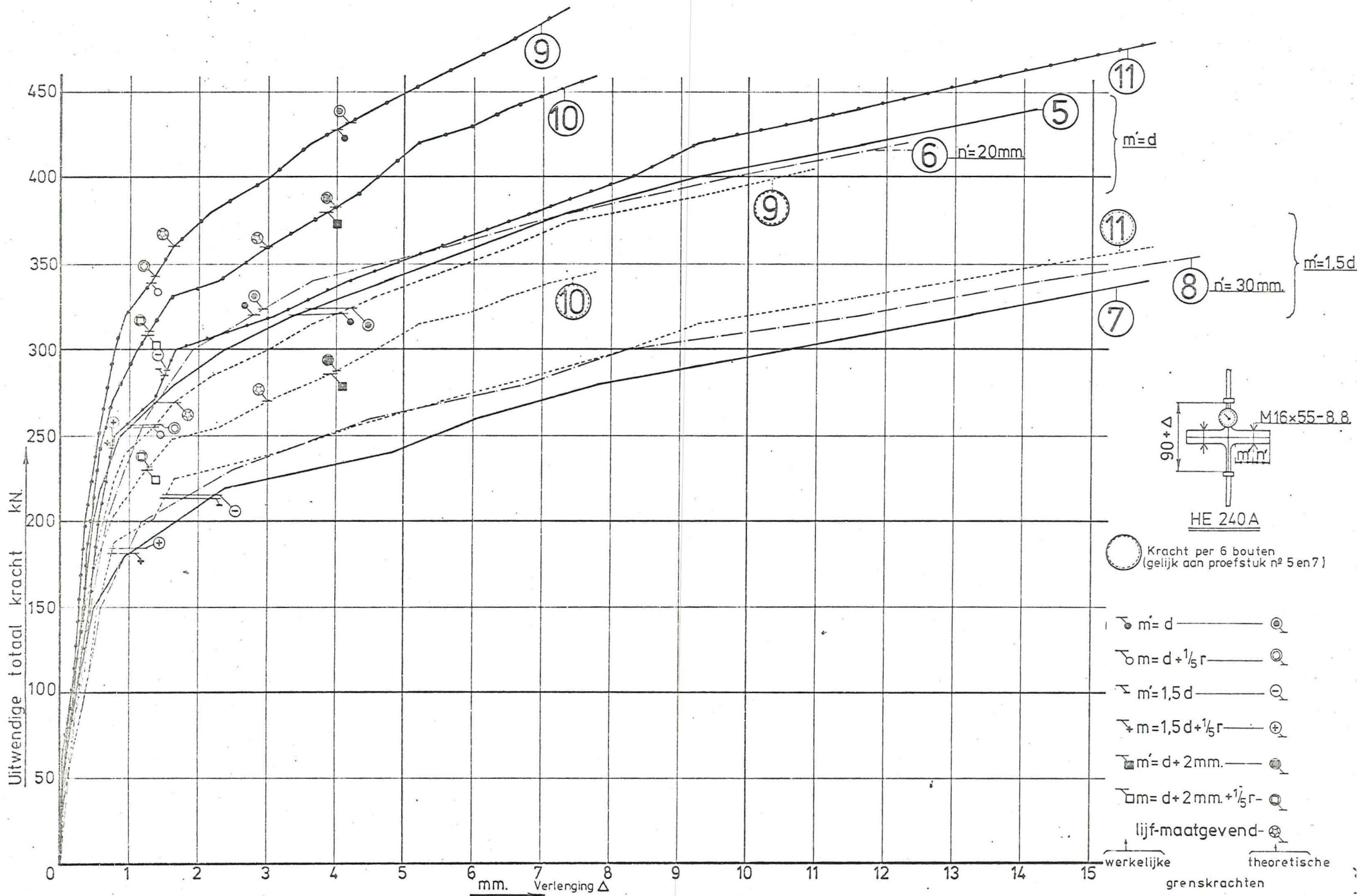




2.3.



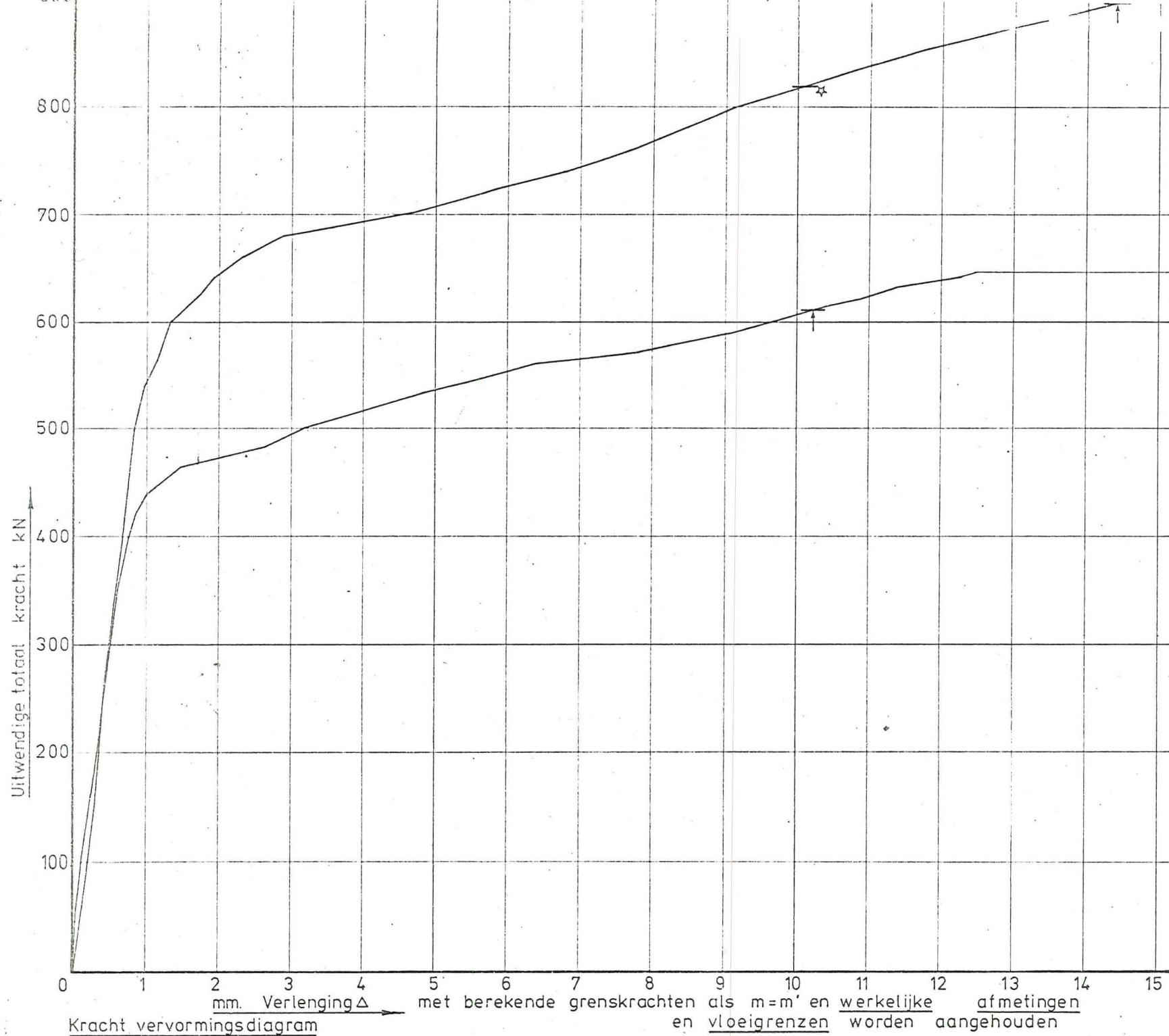
24.



Kracht vervormingsdiagram

Fig. 2.3.8A. Samenvoeging Fig.2.3.5. t/m 2.3.8

21A



⑬ $m'=d$
bouten M24×75-8.8.

⑫ $m'=1.5d$
bouten M20×75-8.8.

- ↑ Grenskracht bepaald door flens of bout
- ☆ Grenskracht bepaald door het lijf

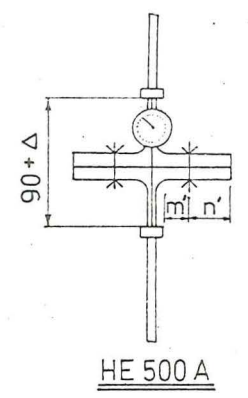
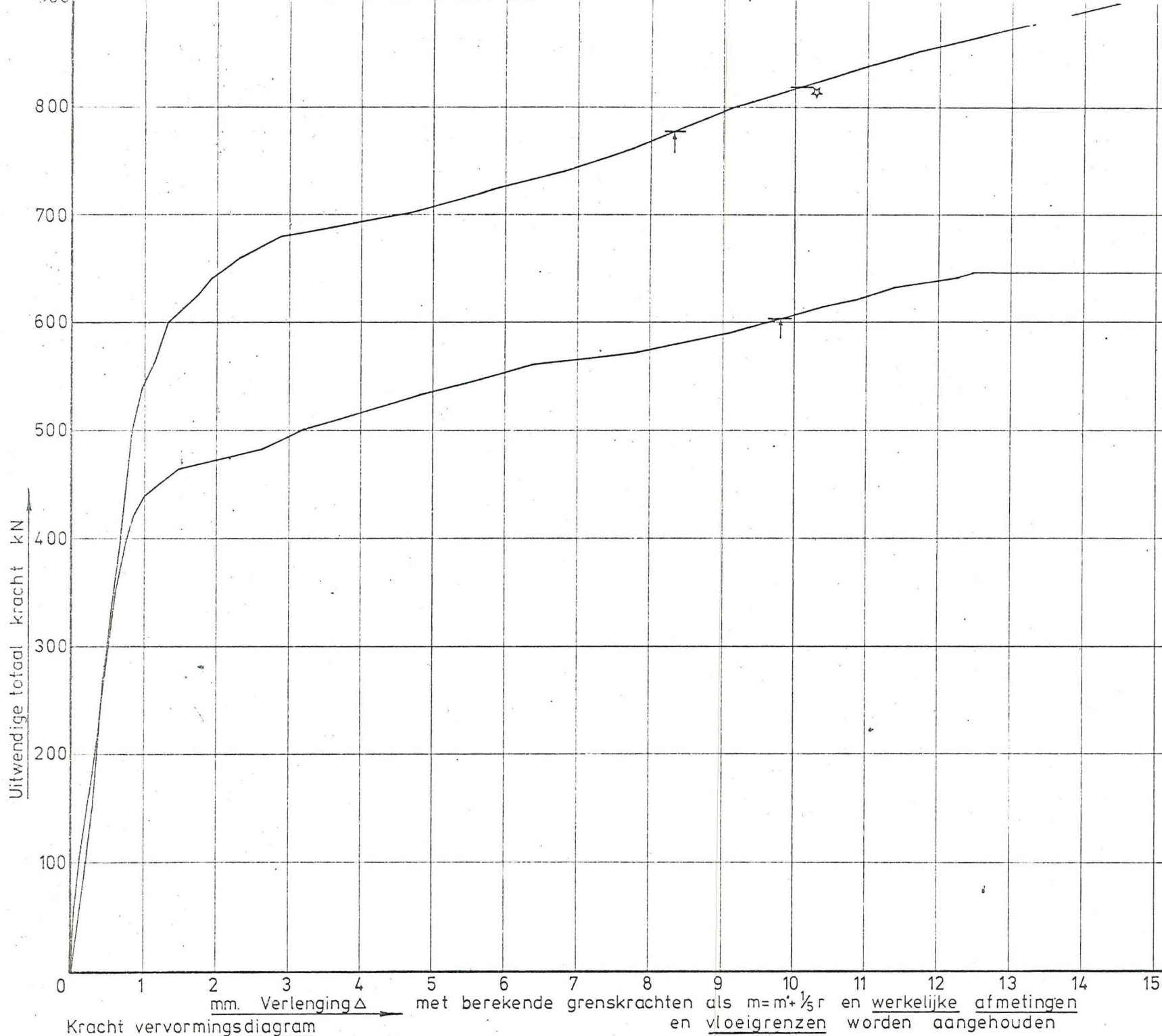


Fig 2.3.9.

Kracht vervormingsdiagram met berekende grenskrachten als $m=m'$ en werkelijke afmetingen en vloeigrenzen worden aangehouden



13 $m'=d$
bouten M24x75-8.8.

12 $m'=1,5d$
bouten M20x75-8.8.

- T Grenskracht bepaald door flens of bout
- * Grenskracht bepaald door het lijf

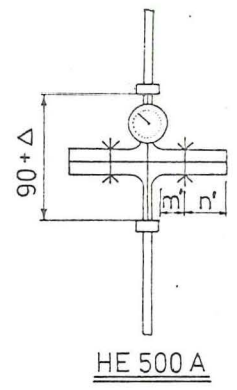
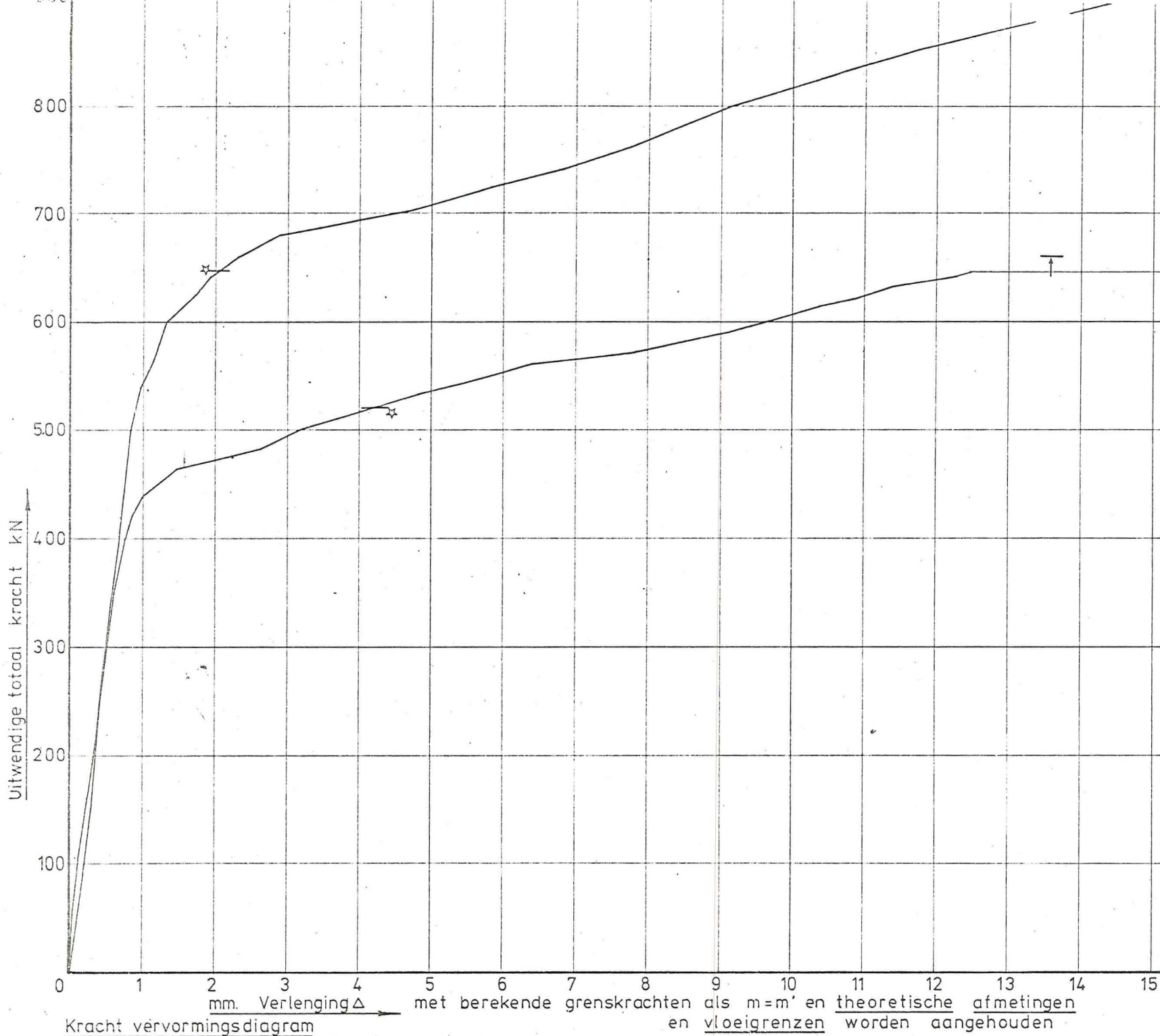


Fig 2.3.10.



⑬ $m'=d$
bouten M24×75-8.8.

⑫ $m'=1,5d$
bouten M20×75-8.8.

↑ Grenskracht bepaald door flens of bout
 ↗ Grenskracht bepaald door het lijf

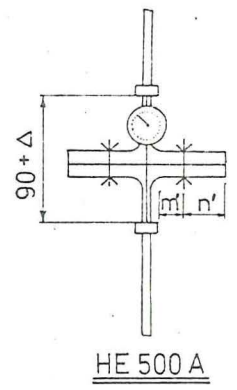
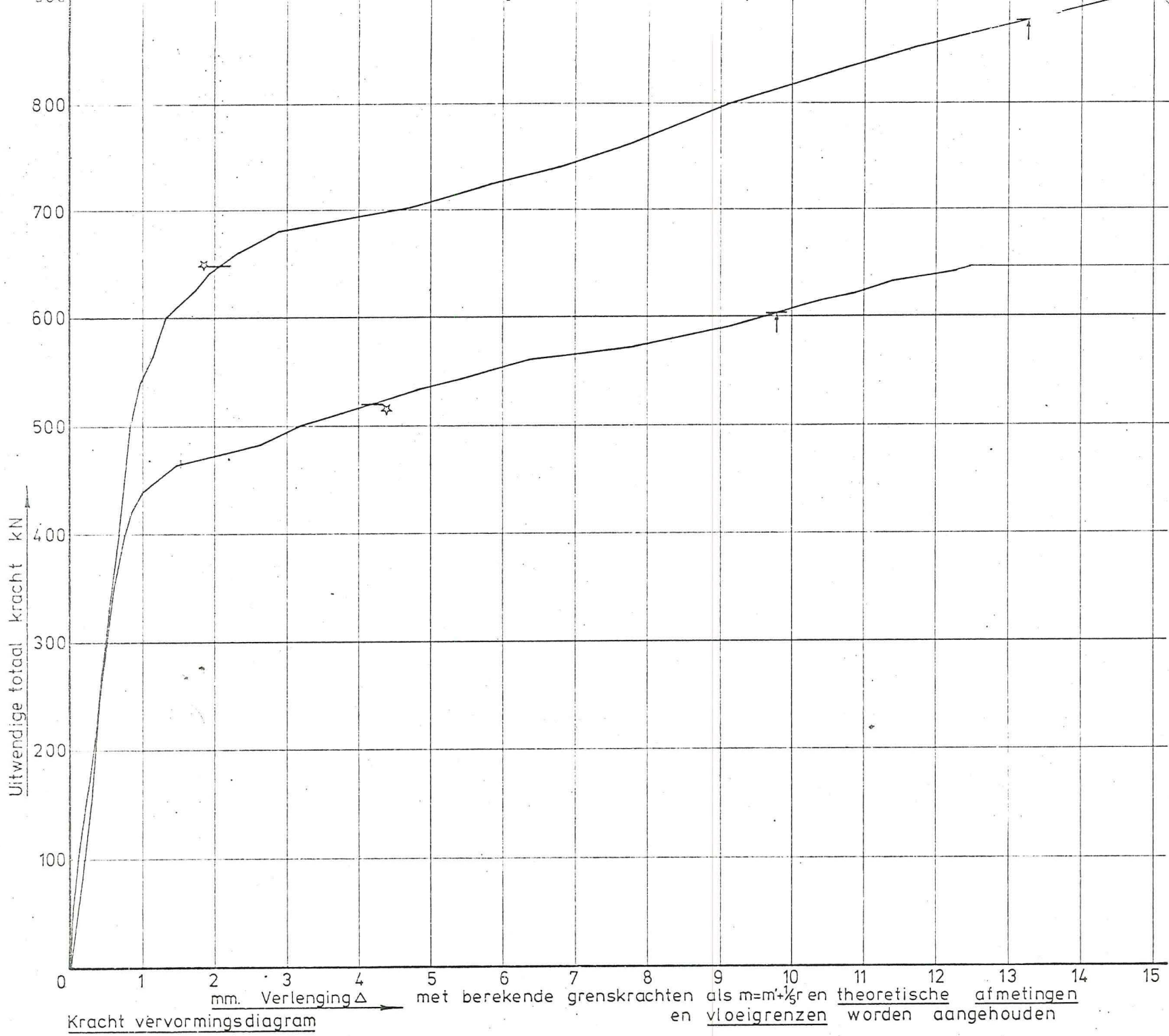


Fig 2.3.11.

22



⑬ $m'=d$
bouten M24x75-8.8

⑫ $m'=1,5d$
bouten M20x75-8.8

↑ Grenskracht bepaald door flens of bout
 ☆ Grenskracht bepaald door het lijf

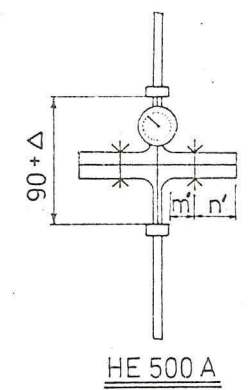
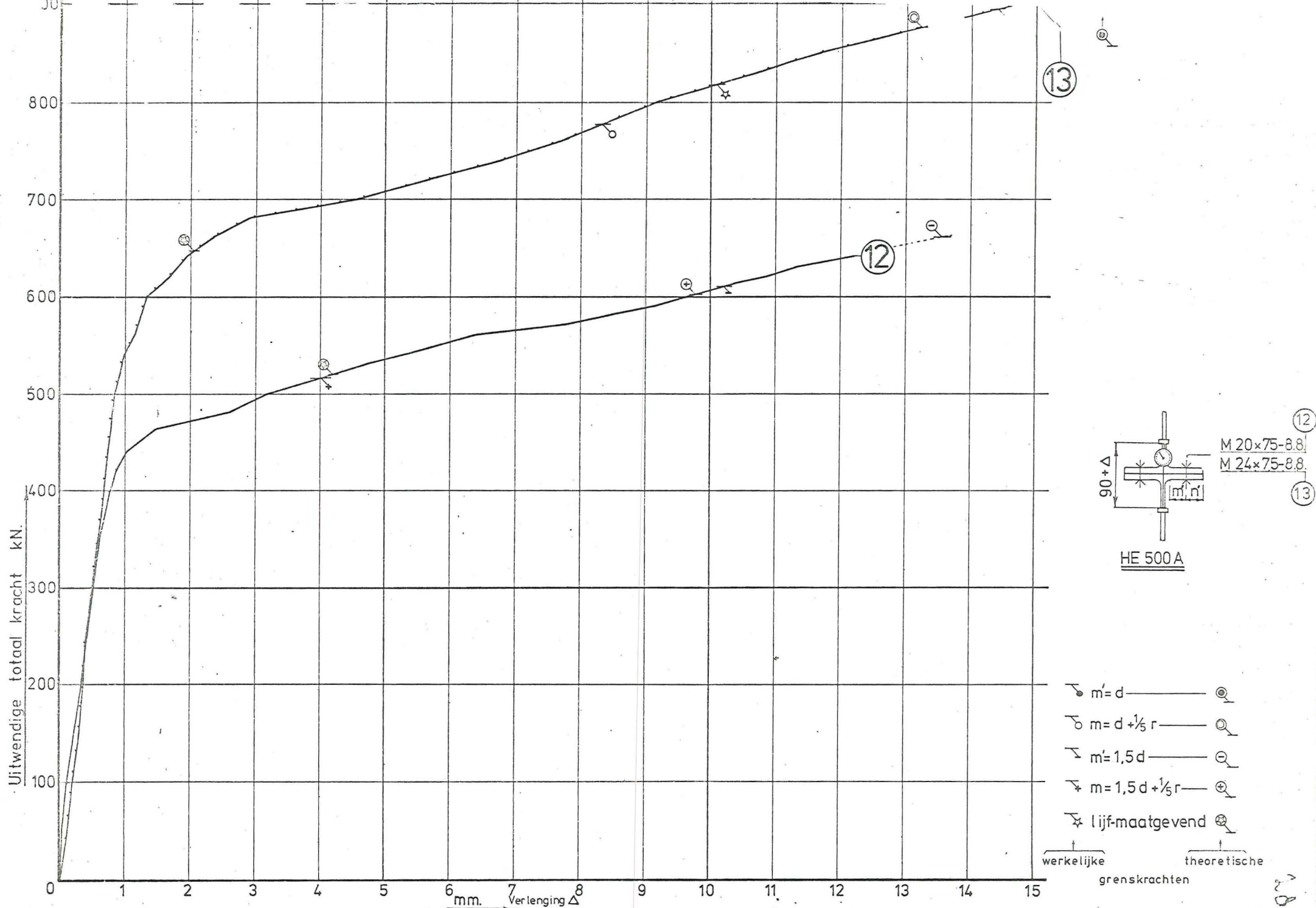


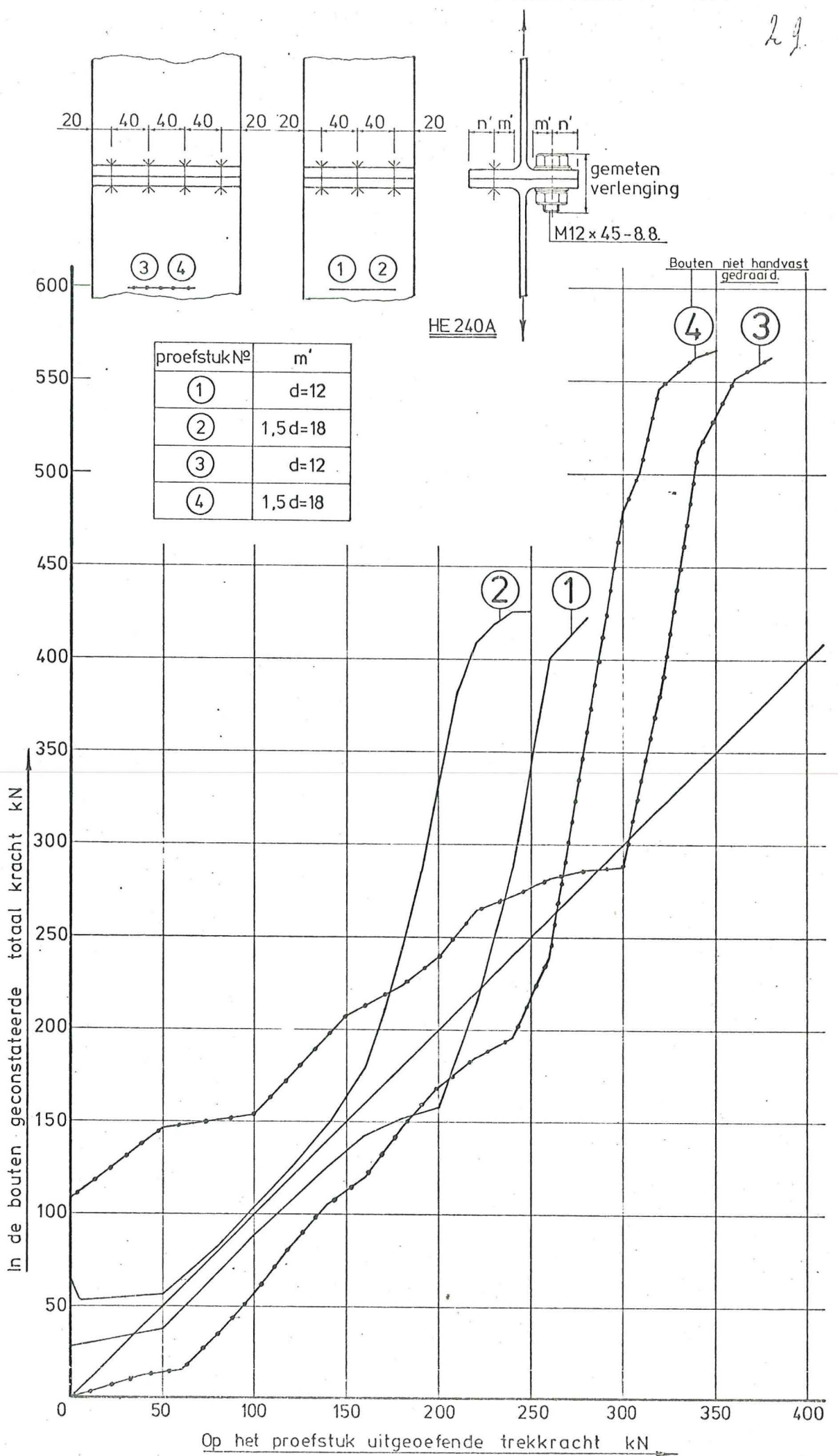
Fig 2.3.12.



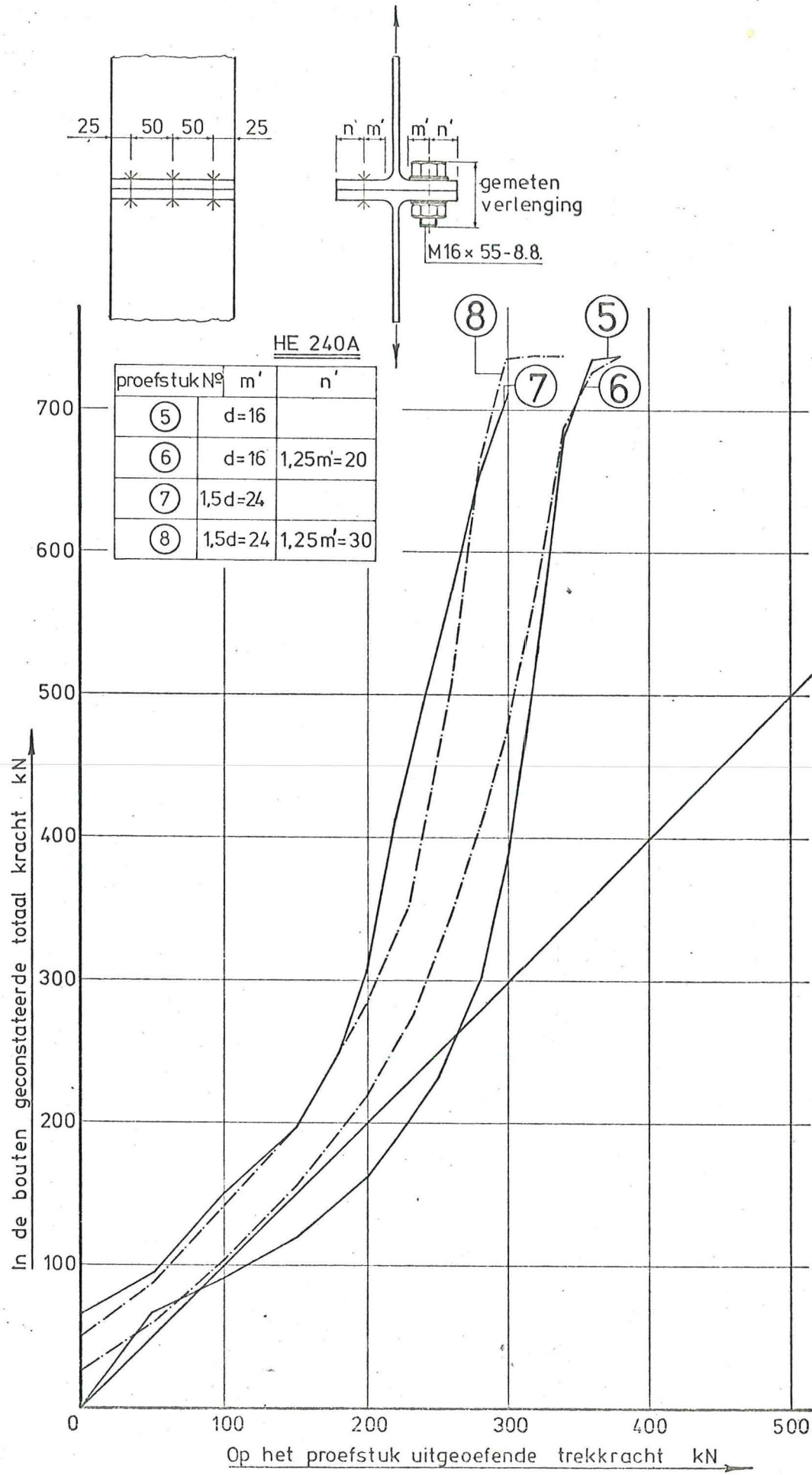
Kracht vervormingsdiagram.

Fig. 2.3.12A. Samenvoeging Fig 2.3.9. t/m 2.3.12.

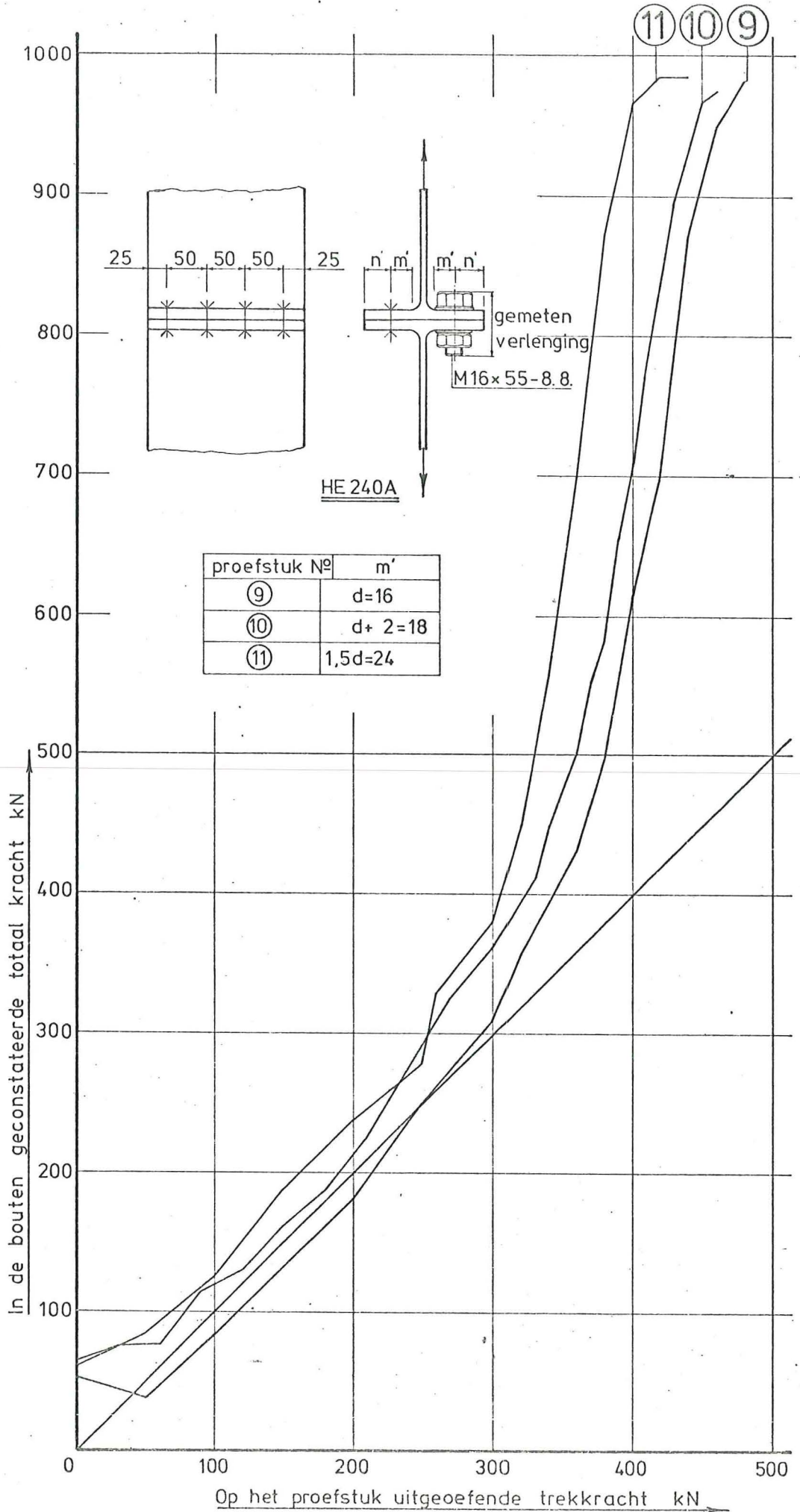
187



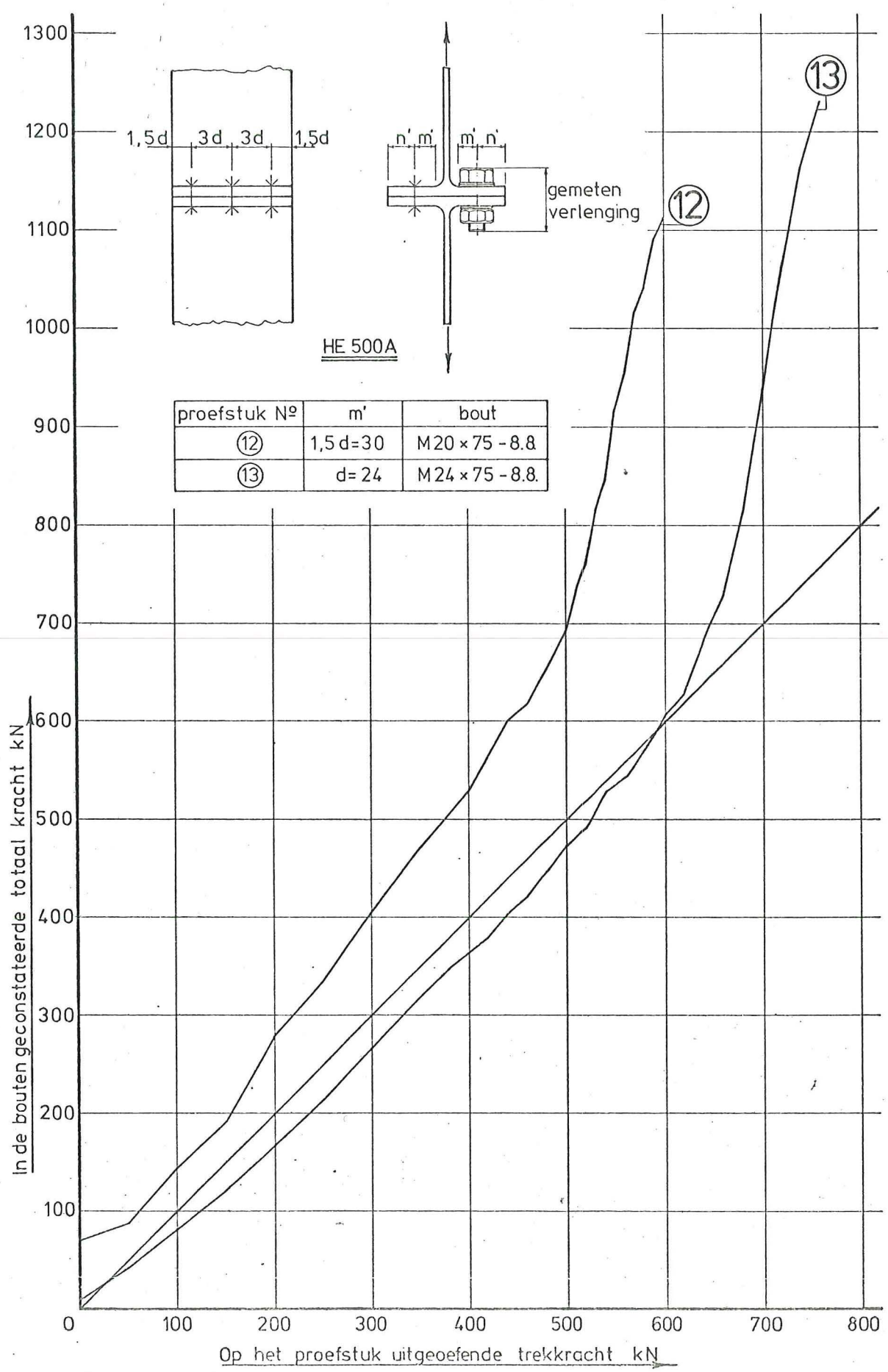
Boutkracht diagram Fig 2.3.13.



Boutkracht diagram Fig 2.3.14



Boutkracht diagram Fig 2.3.15



Boutkracht diagram

Fig 2.3.16.

3. Bespreking van de profresultaten.

3.1. Grenskrachten met vervormingen.

In tabel 3.1.1 staan de uitkomsten vermeld van de evenwichtsformule, zoals in tabel 1.1. weergegeven. De berekeningen zijn zowel met theoretische waarden als met werkelijke afmetingen en vloeispanningen twee maal uitgevoerd. Tenmaakt met m gelijk aan de afstand m' en de andere berekening met m gelijk aan m' vermeerderd met een vijfde van de afrondingsstraal. De waarden worden in de tabellen 3.1.1 en 3.1.2 per bout gegeven. De maatgevende waarden zijn onderstreept.

No	Bout	m' mm	$\hat{T} = \hat{B}_t$	$\hat{T} = a_k \cdot \frac{3dG_e}{2}$	m = m'		m = m' + 1/5 r		werkelijke breuk- kracht per bout kN	Op m.
			Ⓘ bout kN	Ⓙ lijf kN	flens Ⓚ kN	flens + bout Ⓛ kN	flens Ⓚ kN	flens + bout Ⓛ kN		
1	3M12	12	52,5	49,8	57,05	<u>41,8</u>	42,3	<u>38,6</u>	59	
2	3M12	18	"	"	38,03	<u>37,6</u>	<u>30,8</u>	36,1	51	
3	4M12	12	"	"	57,05	<u>41,8</u>	42,3	<u>38,6</u>	60,4	
4	4M12	18	"	"	38,03	<u>37,6</u>	<u>30,8</u>	36,1	52,5	
5	3M16	16	<u>86,6</u>	62,2	<u>53,5</u>	60	<u>42,4</u>	57,5	79,2	
6	3M16	16	"	"	<u>53,5</u>	60	<u>42,4</u>	57,5	74,7	n' = 1,25 m = 20 mm
7	3M16	24	"	"	<u>35,7</u>	56,0	<u>30,4</u>	54,9	71	
8	3M16	24	"	"	<u>35,7</u>	56,0	<u>30,4</u>	54,9	66,7	n' = 1,25 m = 30 mm
9	4M16	16	"	"	<u>53,5</u>	60	<u>42,4</u>	57,5	78,8	
10	4M16	18	"	"	<u>47,6</u>	58,7	<u>38,6</u>	56,7	78,8	
11	4M16	24	"	"	<u>35,7</u>	56,0	<u>30,4</u>	54,9	73,1	
12	3M20	30	152,6	109,0	<u>101,6</u>	107,4	<u>86,1</u>	103,9	140,8	
13	3M24	24	204,6	136,2	<u>150,7</u>	148,9	<u>120,6</u>	142,5	163,3	

Grenskrachten per bout berekend met werkelijke afmetingen en vloeispanningen vergeleken met profresultaten

№	Bout	m' mm	$\hat{T} = \hat{B}t$ (I) bout KV	$\hat{T} = \hat{a}_x + \frac{3d}{2} \hat{a}_e$ (II) lyf KV	m = m'		m = m' + 1/2 x		Werkzaks breukmaat per bout KV	Opmer.
					flens (II) KV	flens + bout (III) KV	flens (II) KV	flens + bout (III) KV		
1	3M12	12	44,04	<u>36,0</u>	54,6	38,93	42,64	<u>35,65</u>	59	
2	3M12	18	"	"	38,4	<u>34,64</u>	<u>31,14</u>	33,04	51	
3	4M12	12	"	<u>36,0</u>	54,6	38,93	42,64	<u>35,63</u>	60,4	
4	4M12	18	"	"	38,4	<u>34,64</u>	31,14	<u>33,04</u>	52,5	
5	3M16	16	84,92	<u>45,0</u>	54,0	60,85	<u>42,44</u>	58,38	79,2	
6	3M16	16	"	<u>45,0</u>	54,0	60,85	<u>42,44</u>	58,38	74,7	m = 1,15 m = 11,5 mm
7	3M16	24	"	"	<u>36,0</u>	66,84	<u>30,64</u>	55,68	71	
8	3M16	24	"	"	<u>36,0</u>	66,84	<u>30,64</u>	55,68	66,4	m = 1,15 m = 11,5 mm
9	4M16	16	"	<u>45,0</u>	54,0	60,85	<u>42,44</u>	58,38	78,8	
10	4M16	18	"	<u>45,0</u>	48,0	59,51	<u>38,92</u>	57,52	78,8	
11	4M16	24	"	"	<u>36,0</u>	56,85	<u>30,64</u>	55,68	73,1	
12	3M20	20	134,2	<u>86,4</u>	126,96	104,43	107,59	100,13	140,8	
13	3M24	24	194,68	<u>108,0</u>	198,34	153,91	161,94	145,81	163,3	

Zwaartkrachten per bout berekend met theoretische afmetingen en
spanningen vergeleken met profresultaten.

Aabel 3.1.2.

144

De berekende grenskrachten zijn in de diagrammen in de figuren 2.3.1 t/m 2.3.12. uitgezet.

De bij de berekende grenskrachten gemeten vervorming zijn uit deze diagrammen gehaald en in de Tabellen 3.1.3. en 3.1.4. verzameld de waarden waarbij het lijf maatgevend is zijn ^{ondersteekpunt}. Tevens is in de Tabellen 3.1.3. en 3.1.4., bij die profielstukken waarbij houtbreuk maatgevend is de verhouding vermeld tussen de op tredende breukkracht en de berekende grenskracht.

Uitgaande van een belastingfactor 1,5 moet deze verhouding minimaal 1,33 zijn om een veiligheid A.o.v. breuk van de bout van 2 te verkrijgen.

PROEFSTUK N ^o	BOUT	m' mm.	m = m'			m = m' + 1/2 r.			Opm.
			Grenskracht per bout KN	vervorming zie figuren 2.3.1. 2.3.5. 2.3.9. mm.	verhouding werkelijke berekende breukkracht	Grenskracht per bout KN	vervorming zie figuren 2.3.5. 2.3.6. 2.3.10. mm.	verhouding werkelijke berekende breukkracht	
1	3M12	12	41,8	4,02	$\frac{51}{41,8} = 1,41$	38,6	2,20	$\frac{51}{38,6} = 1,53$	
2	3M12	18	37,6	4,19	$\frac{51}{37,6} = 1,36$	30,8	3,10	n.v.t	
3	4M12	12	41,8	2,54	$\frac{60,4}{41,8} = 1,44$	38,6	1,48	$\frac{60,4}{38,6} = 1,56$	
4	4M12	18	37,6	2,82	$\frac{52,5}{37,6} = 1,40$	30,8	1,06	n.v.t	
5	3M16	16	53,5	3,42	n.v.t	42,4	0,96	"	
6	3M16	16	53,5	2,91	"	42,4	1,18	"	m = 1,25 m' = 21 mm
7	3M16	24	35,7	2,16	"	30,4	1,02	"	
8	3M16	24	35,7	1,80	"	30,4	0,96	"	m = 1,25 m' = 30 mm
9	4M16	16	53,5	4,00	"	42,4	1,30	"	
10	4M16	18	47,6	3,42	"	38,6	1,27	"	
11	4M16	24	35,7	1,51	"	30,4	0,92	"	
12	3M20	30	101,6	10,18	"	86,1	4,07	"	
13	3M24	24	136,2	10,07	"	129,6	8,36	"	lijf maatgevend.

Gemeten vervormingen bij de grenskrachten met werkelijke profielafmetingen en oorspanningen.

Tabel 3.1.3.

PROEF- STUK N ^o	BOUW	m' mm	m - m'			m = m' + 1/5 n.			Opm.
			grenskracht per bout KN	vervorming na figuur 2.3.3 2.3.7. 2.3.11. mm	verhouding wachtijde- breedende- breedkracht	grenskracht per bout KN	vervorming na figuur 2.3.4. 2.3.8. 2.3.12 mm	verhouding wachtijde- breedende- breedkracht.	
1	3M12	12	<u>36,0</u>	1,32	n.v.t.	35,63	1,25	$\frac{59}{35,63} = 1,66$	lijf maatgevend.
2	3M12	18	34,67	5,17	$\frac{51}{34,67} = 1,47$	31,14	4,24	n.v.t.	
3	4M12	12	<u>36,0</u>	0,86	n.v.t.	35,63	0,79	$\frac{60,4}{35,63} = 1,70$	lijf maatgevend
4	4M12	18	34,67	2,34	$\frac{52,5}{34,67} = 1,51$	33,07	1,14	$\frac{52,5}{33,07} = 1,59$	
5	3M16	16	<u>45,0</u>	1,36	n.v.t.	42,77	1,02	n.v.t.	lijf maatgevend
6	3M16	16	<u>45,0</u>	1,40	"	42,77	1,21	"	lijf maatgevend n = 1,25 m = 20 mm
7	3M16	24	36,0	2,22	"	30,64	1,07	"	
8	3M16	24	36,0	1,88	"	30,64	0,98	"	n = 1,85 m = 30 mm
9	4M16	16	<u>45,0</u>	1,63	"	42,77	1,37	"	lijf maatgevend
10	4M16	18	<u>45,0</u>	2,53	"	38,92	1,33	"	lijf maatgevend.
11	4M16	24	36,0	1,53	"	30,64	0,93	"	
12	3M20	30	<u>86,4</u>	4,16	"	<u>86,4</u>	4,16	"	lijf maatgevend
13	3M24	24	<u>108,0</u>	2,09	"	<u>108,0</u>	2,09	"	lijf maatgevend.

Gemeten vervormingen bij de grens krachten berekend met theoretische profielafmetingen en vloei spanningen

kabel 3.1.4.

3.2: Waargenomen feiten.

In de tabellen en figuren kunnen de volgende feiten worden waargenomen:

1°) Indien de vervormingen worden beschouwd bij de grensbeacht berekend met de werkelijke afmetingen en vloei grenzen met $m = m_i$ (zie tabel 3.1.3)

a) bij de proefstukken met $m_i = d$ is de vervorming bij:
 HE 240A van 2,5 - 4 mm (zie figuur 2.3.1 en 2.3.5)
 HE 500A 10 mm (zie figuur 2.3.9)

b) bij de proefstukken met $m_i = 1,5d$ is de vervorming bij:
 HE 240A van 1,5 - 4,2 mm (zie figuur 2.3.1 en 2.3.5)
 HE 500A 10,2 mm (zie figuur 2.3.9)

2°) Indien de vervormingen worden beschouwd bij de grensbeachten, berekend met de werkelijke afmetingen en vloei grenzen met $m = m_i + \frac{1}{5}d$. (zie tabel 3.1.3)

a) bij de proefstukken met $m_i = d$ is de vervorming bij:
 HE 240A van 1,0 - 2,2 mm (zie figuur 2.3.2 en 2.3.6)
 HE 500A 8,4 mm (zie figuur 2.3.10)

b) bij de proefstukken met $m_i = 1,5d$ is de vervorming bij:
 HE 240A van 1,0 - 3,1 mm (zie figuur 2.3.2 en 2.3.6)
 HE 500A 4,1 mm (zie figuur 2.3.10)

3°) Indien de vervormingen worden beschouwd bij de grensbeachten, berekend met de theoretische afmetingen en vloei grenzen met $m = m_i$ (zie tabel 3.1.4)

a) bij de proefstukken met $m_i = d$ is de vervorming bij:
 HE 240A van 0,9 - 2,5 mm (zie figuur 2.3.3 en 2.3.7)
 HE 500A 2,1 mm (zie figuur 2.3.11)

b) bij de proefstukken met $m' = 1,5d$ is de vervorming bij:
 HE 240 A van 1,5 - 5,2 mm (zie figuur 2.3.3. en 2.3.7)
 HE 500 A 4,2 mm (zie figuur 2.3.11)

4°) Indien de vervormingen worden beschouwd bij de grensbelastingen, berekend met de theoretische afmetingen en slasigevallen met $m = m' + '15\pi$. (zie tabel 3.1.4)

a) bij de proefstukken met $m' = d$ varieert de vervorming bij:
 HE 240 A van 0,8 - 1,4 mm (zie figuur 2.3.4. en 2.3.8.)
 HE 500 A 4,2 mm (zie figuur 2.3.12)

b) bij de proefstukken met $m' = 1,5d$ is de vervorming bij:
 HE 240 A van 0,9 - 4,2 mm (zie figuur 2.3.4. en 2.3.8.)
 HE 500 A 4,2 mm (zie figuur 2.3.12)

5°) Uit het 1° t/m 4° punt blijkt, dat de proefstukken met afstand $m' = 1,5d$ een grotere spreiding in de vervorming bij de grensbelasting vertonen dan de proefstukken met afstand $m' = d$.

6°) Indien de veiligheid t.o.v. breuk van de bout wordt beschouwd, blijkt deze bij de betreffende proefstukken bij elke berekeningswijze te voldoen, n.l.

$$\frac{\text{werkelijke breukkracht}}{\text{berekende grensbelasting}} > 1,33$$
 (zie tabel 3.1.3. en 3.1.4.)

7°) De proefstukken 6 en 8 die een vandaafstand $n' = 1,25 m'$ hebben, vertonen praktisch dezelfde krachtvervormingsdiagrammen en boutkrachtdiagrammen als de proefstukken 5 en 7 die resp. een vandaafstand $n' = \pm 4 m'$ en $n' = \pm 3 m'$ hebben. (zie figuur 2.3.5. t/m 2.3.8.)

8°) De invloed van het aantal bouten per proefstuk is bij de proefstukken met bouten M12 en met bouten M16 nihil (zie figuur 2.3.1. en 2.3.5.)
 De vervormingen van de proefstukken met 8 bouten M12

is geringer dan die van de proefstukken met 6 bouten M.
(zie figuren 2.3.1 t/m 2.3.4.)

9°) Uit tabel 3.1.4. blijkt, dat de proefstukken met een afstand $m = d$ bij berekening met theoretische gegevens altijd een grenskracht bereiken die door het vloeien van het lijf bepaald wordt.

10°) De boutkracht diagrammen bevestigen de theorie dat bij grotere m of m' de proying-force groter wordt en de grenskracht daardoor geringer wordt. (zie figuren 2.3.13. t/m 2.3.16.)

11°) De foto's in de figuren 2.3.19 t/m 2.3.25. tonen aan, dat de vloeilijnen zich over het algemeen tussen de bouten in ontwikkelen.

3.3. Conclusies met argumentatie.

Uitgaande van de feiten genoemd in § 3.2. kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

- 1° Dit punt 1, 4, 6 en 9 blijkt, dat bij de profieltukken met $m' = d$ de waarde van m in de berekening gelijk aan m' genomen kan worden, omdat:
 - a) de vervorming niet veel groter is als bij berekening met $m = m' + 1/5 r$.
 - b) de spreiding in de vervorming bij de aldus berekende grensmaat even groot is als bij de profieltukken met $m' = 1,5 d$.

Opmerking:

Bij de profieltukken met $m' = 1,5 d$ moet bij de berekening de waarde van $m = m' + 1/5 r$ genomen worden.

- c) de veiligheid t. o. v. buik van de bouten voldoende.

2° Als bovenstaande geschiedt wel in de praktijk praktische altijd het lijf van het kolomprofiel maatgevend zijn.

Dit blijkt ook uit de tabellen 3.3.1. en 3.3.3. waarin voor alle HE-A, HE-B en IPE profielen de resultaten van de berekeningen van de grensmaat staan vermeld, bij een verticale boutafstand in de kolom 3, 4 en 5 d.

Bij de boutafstand 3 d blijkt in enkele gevallen de flens maatgevend te zijn en in vrijwel alle gevallen het lijf, maar nooit de bout.

Daarom zijn ook de grensmaat berekend bij de boutafstanden 4 en 5 d, omdat het niet economisch is de bouten op de afstand 3 d te plaatsen als het lijf maatgevend is.

Het probleem is evenwel, dat geen proeven zijn met verticale boutafstanden 4 d en 5 d, zodat

bout

niet overstijgend bevesten is, dat bij deze buitafstanden ook $m = m'$ in de berekening kan worden ingevoerd als $m' = d$.

Dit vereist dus nog nader onderzoek.

De formules genoemd in de tabellen 3.3.1 t/m 3.3.3. zijn opgezet door de reeds bekende waarden in de evenwichts formules van de mechanisme (I) t/m (IV) (zie tabel 11.) in te voeren.

3° Uit het resultaat van de proefstablen 5 t/m 8, zoals geconstateerd in punt 7 van de waargenomen feiten wordt geconcludeerd, dat het in de berekening invoeren van $n \leq 1,25 m'$ juist is

