

gemiddelden van de onder- en bovenzijde van de balken. In horizontale richting is, op een logaritmische schaalverdeling, de tijd uitgezet. De balken werden belast op 11-4-'58. De laatste waarneming voor het ter perse gaan van dit artikel is verricht op 4-10-'58. De elasticiteitsmodulus, bepaald uit de elastische vervorming, opgetreden bij het belasten, bedraagt gemiddeld 117000 kg/cm².

Uit de proefresultaten blijkt, dat de kruip vrijwel evenredig is met de spanning, gezien het geringe verschil in de waarden van $\varphi(t)$ voor de drie balken. Bij een belasting van ca. 100 dagen bedraagt voor de beproefde balken de vervorming tengevolge van de kruip ongeveer de helft van de elastische vervorming: $\varphi(t) \leq 0,5$ voor $t = 100$ dagen. Uit fig. 2 blijkt, na een kleine extrapolatie, dat voor de onderzochte balken de waarde van $\varphi(t)$ voor $t = 250$ dagen waarschijnlijk de waarde van 0,6 niet zal overschrijden. De waarde van de kruipmaat kan nog niet worden bepaald uit deze, in het beginstadium verkerende, proeven.

Uiteraard kunnen aan deze eerste proeven geen algemene conclusies worden verbonden. Het onderzoek wordt in samenwerking met het Stevin-laboratorium van de Technische Hogeschool te Delft voortgezet en uitgebreid, met het doel een beter inzicht te krijgen in de verschillende factoren, die het gedrag van houten, gelijkde, constructies onder een lang durende belasting bepalen. Voor een juiste beoordeling van deze constructies is het nodig gegevens te verzamelen over b.v. de invloeden van de houtsoort, het vochtgehalte, de belastingwijze en de verlijming op de kruipfunctie.

Influence of creep on glued laminated wooden arches

Arched structures for roofs are not only loaded by their own weight, but also by wind and snow. As was mentioned already in preceding publications, an initial eccentricity between arch axis and center of pressure will increase in the course of time as a result of creep.

For the calculation of this influence of creep, the weight of the structures themselves can be classified from its nature as a permanent load. Creep as a result of momentary wind loads can be neglected. The influence of a snowload is hard to define. It is tried to approach this influence in a reasonable way. Finally some provisional results of creep tests are stated.

ONDERZOEK NAAR HET DRAAGVERMOGEN VAN RINGDEUVELVERBINDINGEN

Bij het construeren van houten vakwerken worden vele soorten verbindingsmiddelen toegepast voor het overbrengen der krachten. De gegevens over het draagvermogen van deze verbindingsmiddelen zijn van buitenlandse oorsprong en vertonen dikwijls tegenstrijdigheden. Voor de zgn. ringdeuwels is een onderzoek uitgevoerd om na te gaan in hoeverre de in de Verenigde Staten gebruikte gegevens ook in Nederland toegepast kunnen worden.

Nadat de opzet van het proevenschema is uiteengezet, wordt besproken op welke wijze de verschillen in sterkte als gevolg van variaties in afmetingen van de verbindingen tot uitdrukking kunnen worden gebracht in een systeem met puntenwaardering, waarbij zonder rekenwerk de sterkte van een bepaalde verbinding kan worden afgelezen uit een aantal grafieken.

1 Redenen van het onderzoek

1.1 Inleiding

Tegenover de bekende, minder gunstige eigenschappen van hout staat een aantal wellicht minder opvallende kenmerken, die maken, dat in bepaalde gevallen hout juist het aangewezen constructiemateriaal is, ook voor dragende functies.

Dank zij de uitgebreide onderzoeken in vele landen en de aandacht, die aan de resultaten daarvan wordt besteed, heeft hout het verloren terrein herwonnen en neemt het een volwaardige plaats in naast de constructiematerialen staal en gewapend beton. Dit is in de eerste plaats te danken aan de grotere mate, waarin de toegepaste mechanica ook voor het ontwerpen van houtconstructies wordt gebruikt. Het gevolg hiervan is, dat de door de overlevering bekende constructievormen meer en meer worden verdrongen door modernere, waarbij het hout op economischer wijze wordt gebruikt.

Een constructievorm, die statisch zeer duidelijk is en reeds lang wordt toegepast, is het vakwerkspant. De grote moeilijkheid, die zich bij uitvoering in hout voordoet, is steeds gelegen in de ontmoetingspunten van de verschillende staven: de knooppunten. Hier moeten de krachten van de ene naar de andere staaf worden overgebracht. Om dit te bewerkstelligen wordt een groot aantal verbindingsmiddelen toegepast, zoals draadnagels, bouten, kramplaten en vele vormen van deuvels. In het algemeen geldt voor deze verbindingsmiddelen als ideaal, dat zij bij een minimum aan contactvlak van de te verbinden staven zo groot mogelijke krachten kunnen overbrengen, waarbij de vervormingen minimaal zijn. Anderzijds dient een al te grote starheid ten opzichte van verdraaien te worden vermeden om secundaire spanningen te voorkomen.

Een groot aantal van deze verbindingsmiddelen is ontworpen en onderzocht.

Dit grote aantal wijst reeds op de moeilijkheden, welke overwonnen moeten worden om een ideaal verbindingsmiddel te vervaardigen. Dit ideaal is dan ook nog steeds niet bereikt: het is nog niet gelukt om een verbinding te maken, die even sterk is als het hout, weinig verplaatsingen geeft en toch verdraaiingen kan ondergaan.

In Nederland is tot nu toe weinig onderzoekingswerk op het gebied van houtconstructies uitgevoerd. Genoemd kan worden een onderzoek van kramplaatverbindingen van Prof. Ir. R. L. A. SCHOEMAKER (ca. 1925). Het is een verheugend teken, dat hierin sinds korte tijd verandering is gekomen. Naast andere onderzoekingen op het gebied van de toepassing van hout wordt thans in het kader van een researchprogramma, opgezet door het Centrum voor Houtresearch, een onderzoek uitgevoerd naar het draagvermogen van houtverbindingsmiddelen.

1.2 Doel van het onderzoek

Bij toepassing van de verschillende, boven aangeduide, verbindingsmiddelen in Nederland worden de benodigde gegevens tot dusver ontleend aan buitenlandse literatuur. Ofschoon aan het belang en de waarde van de verrichte onderzoekingen in geen enkel opzicht wordt getornd, kan men zich afvragen of de wellicht elders geldende normen hier onvoorwaardelijk acceptabel zijn. De houtsoorten en -eigenschappen, evenals de wijze van verwerken, de omstandigheden en de inzichten hier te lande, kunnen in ruime mate afwijken van die in andere landen. Bovendien komen in de verschillende voorschriften en gegevens in sommige gevallen tegenstrijdigheden voor, die niet alleen uit verschillen in houtsoort e.d. zijn te verklaren. Een nader onderzoek is ook voor zulke gevallen wenselijk.

Het doel van het ter hand genomen onderzoek is om na te gaan in hoeverre de bestaande gegevens ook voor Nederland bruikbaar zijn en zo neen, welke correcties daarop dan zouden moeten worden toegepast.

1.3 Begin van het onderzoek: de ringdeuvel

Teneinde het toch reeds grote programma zoveel mogelijk te beperken, wordt voorlopig slechts een klein aantal verbindingsmiddelen hierbij betrokken. Als eerste type, dat voor onderzoek in aanmerking komt, is gekozen een uit de Verenigde Staten afkomstige „open” ringdeuvel in verband met de gunstige verwachtingen, die omtrent dit verbindingsmiddel worden gekeesterd en omdat in de V.S. reeds uitvoerige gegevens over de draagkracht zijn gepubliceerd. Deze zgn. „splitring” is een gewalste stalen ring, welke niet is gesloten, maar een „tongslot” bezit (zie fig. 1). Deze ring wordt in een, in het hout gefreesde, groef gebracht. Hij zit dan klemmend in het hout, zodat ook na het krimpen, de kern nog goed omsloten zal blijven. Ringdeuvels zijn verkrijgbaar in twee maten, nl. met een diameter van $2\frac{1}{2}$ '' en van 4''. De onderzoekingen hebben betrekking op de $2\frac{1}{2}$ '' ringdeuvels.

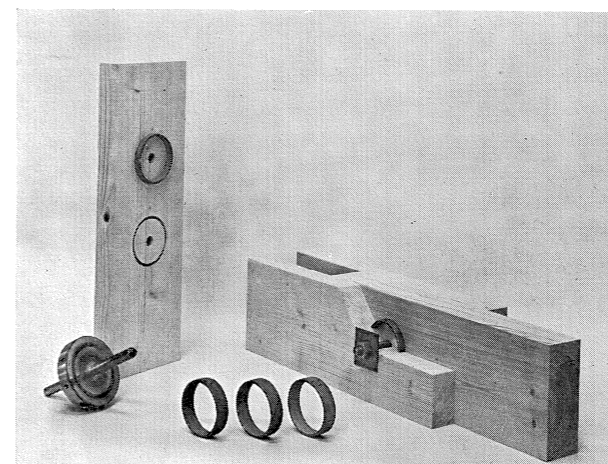


Fig. 1. Plaatsing van de ringdeuvels in de gefreesde groeven.

Met een speciale frees wordt de groef in het hout gemaakt. Daar deze groef een grotere diameter heeft dan de ring moet de laatste iets worden opengebogen, wat mogelijk is door het „tongslot”. De houten kern blijft daardoor ook na krimpen van het hout goed omsloten. De $\frac{1}{2}$ '' bout gaat met een speling van 1 à 2 mm in het vooraf geboorde gat.

2 Ringdeuvelverbindingen

2.1 Bestaande gegevens

De gegevens over de ringdeuvelverbindingen zijn afkomstig van de Amerikaanse T.E.C.O. (Timber Engineering Company)¹⁾. De voor het onderhavige onderzoek van belang zijnde voorschriften hebben betrekking op:

- a. de houtdikte;
- b. de zgn. eindafstand;
- c. de plaatsing der deuvels, wanneer meer dan één stel wordt toegepast, dus bij de zgn. meer-assige verbindingen. Met een „as” wordt bedoeld de as van de bout, die, gaande door het hart van een stel ringdeuvels, de te verbinden houten staven op elkaar geklemd houdt.

De verschillende grafieken, welke op deze voorschriften betrekking hebben, zijn weergegeven in de fig. 2, 3 en 4. Hieruit zijn de percentages van het normale draagvermogen af te lezen, wanneer een of enkele afmetingen worden veranderd. De grafieken spreken voor zichzelf, behalve wellicht bij de meer-assige verbindingen. Indien in de, in fig. 5 geschetste, twee-assige verbinding de afstand evenwijdig aan de vezel 10 cm en de afstand loodrecht op de vezel 4 cm is, dan kan de verbinding worden afgebeeld in fig. 4, waaruit na interpolatie tussen de lijnen van 100% en van 75% volgt, dat de toelaatbare belasting per deuvel 83% mag bedragen van de volgens fig. 2 gegeven waarde. Op deze wijze bepalen de verschillende afmetingen van een verbinding tezamen, welke percentage van de normaal toelaatbare belasting op deze verbinding mag worden toegelaten. Dit percentage ontstaat uit één of meer andere, elk afkomstig uit de daarvoor geldende grafiek. Daarnaast mogen in bepaalde gevallen weer verhogingen worden toegepast in verband met kort durende

¹⁾ Men zie: HEIDEMA, E. J., *Bouw* **10** (1955) no. 11.

belastingen. Zo mag bij berekening op sneeuwbelasting een verhoging van 15% in rekening worden gebracht, bij windbelasting 33%, terwijl bij stootbelasting een verhoging met 100% is toegestaan. De weergegeven voorschriften hebben hoofdzakelijk betrekking op de zgn. „rechte” verbindingen, waarbij kracht- en vezelrichting samenvallen. Voor de „scheve” verbindingen, waarbij deze beide richtingen een bepaalde hoek met elkaar maken, bestaan nog overeenkomstige gegevens.

De Amerikaanse voorschriften voor dit verbindingsmiddel zijn zeer uitvoerig, wat een indruk van grote nauwkeurigheid geeft.

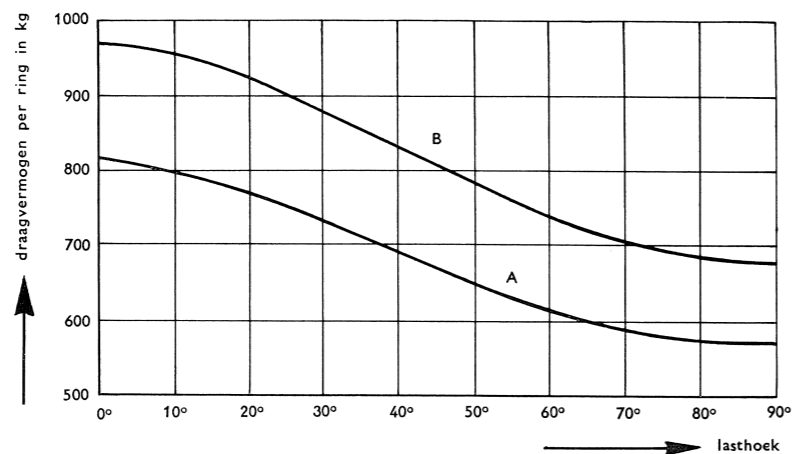


Fig. 2. Draagvermogen van 2 1/2'' ringdeuvels volgens T.E.C.O. Het draagvermogen is afhankelijk van de gebruikte houtsoort. Op grond van het volumegewicht is een indeling gemaakt in 4 groepen. Het Nederlandse vurehout komt waarschijnlijk ongeveer overeen met het hout uit groep 4, waarvoor de bovenstaande toelaatbare waarden gelden. De onderste lijn uit de grafiek (A) geldt voor dun hout, waarbij de dikte van zij- en middenhout tenminste 25 mm resp. 41 mm is; de bovenste lijn (B) geldt als deze dikte tenminste 41 mm resp. 51 mm is. Bij de uitgevoerde proeven zijn deze dikten 28 mm resp. 40 mm en 40 mm resp. 59 mm. De lasthoek is de hoek die kracht- en vezelrichting met elkaar maken. Bij de te bespreken proeven is deze lasthoek steeds 0°.

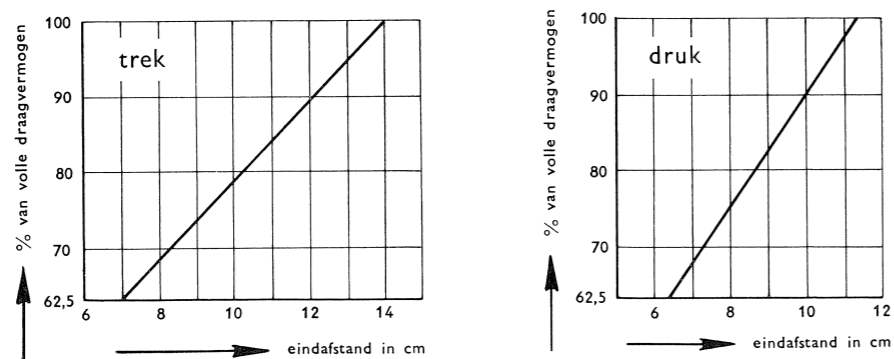


Fig. 3. Invloed van de eindafstand op het draagvermogen, volgens T.E.C.O. De eindafstand wordt gemeten tussen het middelpunt van de ring en het uiteinde van het hout.

2.2 Onderzoek

Het uitgevoerde onderzoek heeft betrekking op de, in het bovenstaande vermelde, rechte ringdeuvelverbindingen. Daar het doel van dit onderzoek is de bestaande gegevens te toetsen op hun betrouwbaarheid voor Nederland, is bij het vaststellen van het proevenschema hiermee uiteraard rekening gehouden. De eindafstanden, houtafmetingen enz., zijn vastgesteld in overeenstemming met het T.E.C.O.-voorschrift. Achtereenvolgens worden de verschillende afmetingen van de onderzochte verbindingen besproken.

a. Houtdikte Uit het T.E.C.O.-voorschrift (fig. 2) blijkt, dat twee groepen verbindingen worden onderscheiden met verschillend draagvermogen, afhankelijk van de houtdikte. Voor de eerste groep zijn de vereiste minimale dikten van zij- en middenhout respectievelijk 25 mm en 41 mm; voor de groep met groter draagvermogen moeten deze dikten ten minste 41 mm en 51 mm zijn.

De proeven zijn uitgevoerd op verbindingen, die van geschaafd hout zijn gemaakt; de dikten van zij- en middenhout zijn respectievelijk 28 mm en 40 mm of 40 mm en 59 mm. Later is nog een serie proeven toegevoegd met dikten 34 mm en 46 mm voor zij- en middenhout. (Alle houtmaten zijn blijvende maten, geschaafd uit hout van handelsafmetingen.)

b. Houtbreedte Door T.E.C.O. wordt bij de rechte verbindingen slechts een minimum-randafstand voorgeschreven. Deze randafstand is de afstand van het hart van de ringdeuvel tot aan de zijkant van het hout; bij de onderzochte 2 1/2'' ringdeuvel (uitwendige diameter ongeveer 65 mm) is deze minimum-randafstand 45 mm. Dit betekent dus een minimum-houtbreedte van 90 mm. In de proevenseries is aangehouden een breedte van 93 mm (geschaafd). Om na te gaan of een grotere breedte het draagvermogen in gunstige of ongunstige zin beïnvloedt, is ook een grotere breedte toegepast, nl. van 145 mm (geschaafd).

Op deze wijze zijn er reeds vier combinaties van houtafmetingen, waarop onderzoeken zijn verricht (maten in mm):

zijhout: 40 × 93; 40 × 145; 28 × 93; 28 × 145
middenhout: 59 × 93; 59 × 145; 40 × 93; 40 × 145

De onder a genoemde aanvulling heeft betrekking op afmetingen van:

zijhout: 34 × 93; 34 × 145 middenhout: 46 × 93; 46 × 145

Het dunne hout van 28 mm en 40 mm dik voor zij- en middenstaaf lijkt voor de zware en stevige ringdeuvel wel erg licht. Nadat de invloed van houtdikte en houtbreedte is bepaald bij enkele proevenseries, zijn de verdere proeven betrokken op de afmetingen 40 × 145 mm en 59 × 145 mm voor het zij- en middenhout.

c. Eindafstand Zowel bij druk als bij trek wordt door T.E.C.O. het draagvermogen afhankelijk gesteld van de eindafstand. Bij op trek belaste verbindingen is deze eindafstand groter dan bij die, welke op druk worden belast (zie fig. 3). Er moet dus een verschil tussen beide verbindingen

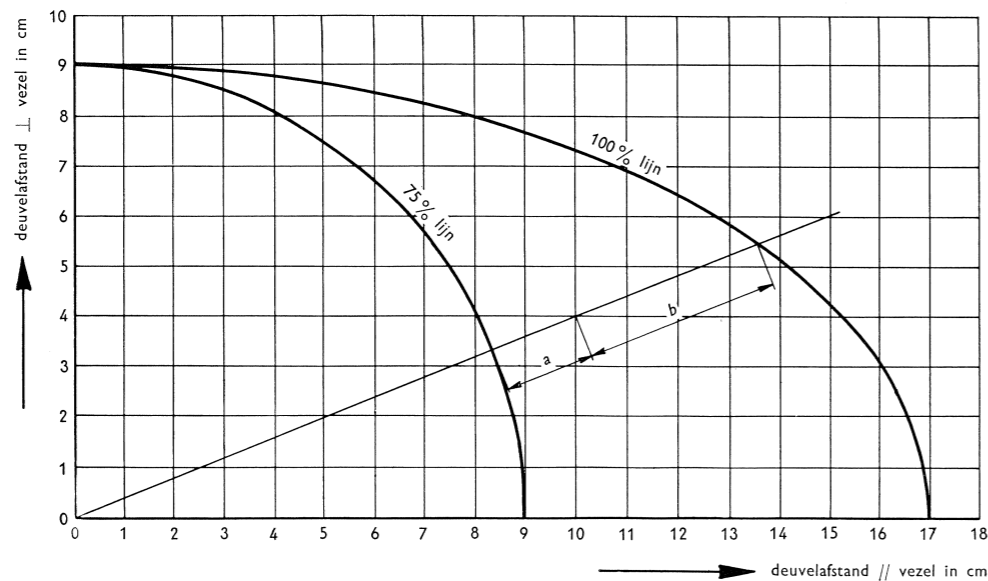


Fig. 4. Invloed van de deuvelplaatsing op het draagvermogen bij meer-assige verbindingen volgens T.E.C.O.
Zijn de deuvelafstanden zo gekozen, dat het afbeeldingspunt komt te liggen op de 100%-lijn, dan mag het volle draagvermogen van de deuvel worden gerekend. Ligt dit punt op de 75%-lijn, dan mag slechts op 75% van het volle draagvermogen worden gerekend. Voor tussengelegene punten mag worden geïnterpoleerd volgens een lijn door beeldpunt en oorsprong (zie ook fig. 5).

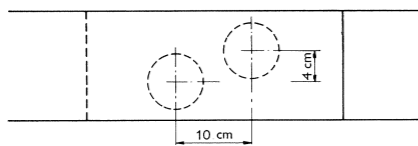


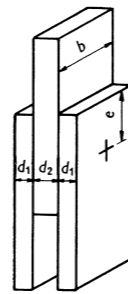
Fig. 5. Twee-assige verbinding met $d_{||} = 10$ cm en $d_{\perp} = 4$ cm.
Het beeldpunt van deze verbinding is aangegeven in fig. 4. Voor het draagvermogen per deuvel wordt gevonden, na opmeting der afstanden a en b: $75 + \frac{a}{a+b} \cdot 25 = 83\%$.

worden gemaakt. Het lijkt waarschijnlijk, dat bij druk deze eindafstand een minder grote rol speelt dan bij trek; bij druk is deze afstand dan ook in mindere mate gevarieerd. De drukproeven zijn gemaakt met eindafstanden van 11,5 cm en 6,5 cm; de trekproeven met 14, 10 en 7 cm.

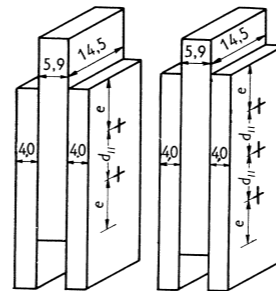
d. Plaatsing der deuveld bij meer-assige verbindingen

Bij de meer-assige verbindingen wordt het draagvermogen afhankelijk gesteld van de afstand tussen deze deuveld, evenwijdig aan en loodrecht op de vezelrichting (zie fig. 4). Ter controle van deze voorschriften zijn een aantal verbindingen onderzocht. De verschillende afstanden zijn zo gekozen, dat verwacht wordt, dat een voldoende inzicht in de invloed van de verschillende factoren beschikbaar komt. De afmetingen dezer proefstukken zijn vermeld in fig. 6.

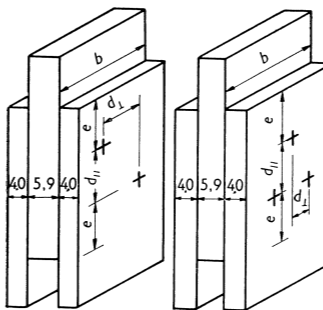
Één-assige verbindingen



Twee- en drie-assige verbindingen deuvelds in de staafas; $d_{\perp} = 0$, $d_{||}$ varieert.



Twee- en drie-assige verbindingen deuvelds verspringend t.o.v. staafas $d_{||}$ en d_{\perp} variëren b afhankelijk van d_{\perp} .



	DRUK				TREK			
	dikte zij- en middenhout: $d_1=2,8$ cm, $d_2=4,0$ cm							
breedte b	9,3	14,5	9,3	14,5	9,3	14,5	9,3	14,5
eindafst. e	11,5	6,5	11,5	6,5	14	10	7	14
	dikte zij- en middenhout: $d_1=4,0$ cm, $d_2=5,9$ cm							
breedte b	9,3	14,5	9,3	14,5	9,3	14,5	9,3	14,5
eindafst. e	11,5	6,5	11,5	6,5	14	10	7	14
	dikte zij- en middenhout: $d_1=3,4$ cm, $d_2=4,6$ cm							
breedte b	9,3	14,5						
eindafst. e	11,5	6,5	11,5	6,5				

	DRUK				TREK			
	breedte: $b=14,5$ cm							
dikte zij- en middenhout: $d_1=4,0$ cm, $d_2=5,9$ cm								
twee-assig								
deuvelafst. $d_{ }$	17	13	9		17	13	9	
eindafst. e	11,5	10	8		14	12	9,5	
drie-assig								
deuvelafst. $d_{ }$	17	13	9		17	13	9	
eindafst. e	11,5	10	8		14	12	9,5	

	DRUK				TREK			
	dikte zij- en middenhout: $d_1=4,0$ cm, $d_2=5,9$ cm							
twee-assig								
breedte b	14,5	17,0	13,2	19,3	14,5	17,0	13,2	19,3
deuvelafst. $d_{ }$	13	9	8	0	13	9	8	0
deuvelafst. d_{\perp}	6	7,5	4	9	6	7,5	4	9
eindafst. e	11,5	11,5	10,5	11,5	14	14	9,5	14
drie-assig								
breedte b	19,3				19,3			
deuvelafst. $d_{ }$	14,5	10			14,5	10		
deuvelafst. d_{\perp}	4,5	5			4,5	5		
eindafst. e	11,5	10			14	12		

Fig. 6. Overzicht van de uitgevoerde proeven.
De afmetingen van de beproefde verbindingen zijn in bovenstaande tabel vermeld. Er zijn 49 verschillende soorten verbindingen onderzocht; van elke soort zijn 5 stuks beproefd, wat neerkomt op een totaal van 245 proefstukken. Voorts zijn verschillende aanvullende proeven verricht.

2.3 Proevenschema

Nu in principe bekend is, welke factoren onderzocht dienen te worden, kan het proevenschema worden opgesteld. Dit schema is weergegeven in fig. 6. Op overzichtelijke wijze zijn de afmetingen der proefstukken weergegeven. Naast elkaar zijn de verschillende druk- en trekproeven aangegeven, terwijl tevens een indeling in één- en meer-assige verbindingen is gemaakt.

2.4 Verwerking der resultaten; gebruik van de variantie-analyse

Bij het vaststellen van het proevenschema is ook de wijze, waarop de resultaten worden verwerkt, van invloed geweest. Uit de proeven zal in de eerste plaats moeten blijken of de verschillende factoren als de dikte van het hout, de lengte van het voorhout e.d. inderdaad van belang zijn. Nu is het mogelijk om ter bepaling van b.v. de invloed van de eindafstand, alle andere afmetingen constant te houden en alleen deze eindafstand te variëren. Voor de invloed van de dikte zou dan weer een aantal proefstukken moeten worden gemaakt, waarbij alleen deze dikte varieert.

Op zichzelf is het reeds moeilijk om slechts één grootheid te variëren; materiaaleigenschappen, vochtigheid, temperatuur enz. zullen steeds een rol blijven spelen. Bovendien wordt op deze wijze slechts een inzicht verkregen in het belang van een grootheid bij zeer bepaalde andere afmetingen. Het is in het geheel niet zeker, dat wanneer bij dikker hout nog eens de eindafstand gevarieerd zou worden, deze ook dezelfde invloed zal hebben als bij het dunner hout.

Het blijkt nu mogelijk te zijn om met behulp van een statistische rekenwijze, de variantie-analyse, een proevenschema zodanig op te zetten, dat elk proefstuk gegevens oplevert over elk der onderzochte grootheden. Bij de één-assige drukverbinding zijn er drie te onderzoeken factoren: breedte, dikte en eindafstand. Deze zijn elk in twee grootten aanwezig: breed-smal; dik-dun; lang-kort. In het „proevenblok” van fig. 7 is direct af te lezen dat er 8 in afmetingen van elkaar verschillende proefstukken bestaan. Zal er nu op grond van de proeven iets gezegd dienen te worden over de invloed van de dikte, dan moet natuurlijk worden voorkomen, dat b.v. alle dikke proefstukken worden gemaakt uit beter hout dan de dunne. Nadat een hoeveelheid hout voor een dergelijke serie is uitgekozen, wordt door middel van loting aangewezen, welke stukken samen tot een proefstuk moeten worden verwerkt. Tevens worden alle proefstukken uit zo'n blok onder zoveel mogelijk gelijke omstandigheden beproefd. Bij een herhaling van het blok kunnen de houteigenschappen, temperatuur, vochtgehalte enz. wat anders liggen; deze geven echter niet een systematische fout in het voordeel van één of enkele verbindingen. Zoals uit

Fig. 7. Proevenblok.

		lang	kort
dik	breed	×	×
	smal	×	×
dun	breed	×	×
	smal	×	×

het proevenschema blijkt (zie bijschrift voor fig. 6), is telkens het proevenblok vijf maal herhaald. Voor het onderhavige onderzoek van de één-assige drukverbinding zijn er dus in totaal $5 \times 8 = 40$ proefstukken beproefd.

Uit het proevenblok blijkt tevens, dat er 20 lange en 20 korte proefstukken zijn. De andere invloeden zijn over deze beide aantallen van 20 in gelijke mate en naar willekeur verdeeld. Op grond van alle 40 waarnemingen kan dus worden nagegaan of de lengte van het voorhout wel of niet van invloed is op het draagvermogen. Evenzo leveren alle 40 proefstukken gegevens over de invloed van de breedte en van de eindafstand.

Door de gewone spreiding in de uitkomsten zullen tussen twee willekeurige reeksen van 20 waarnemingen verschillen optreden. Wanneer dus tussen de cijfers voor de dikke en de dunne proefstukken verschillen bestaan, dan is niet zonder meer aan te nemen dat dit inderdaad wordt veroorzaakt door het verschil in dikte. Bij een bepaalde grootte van dit verschil is het met behulp van de variantie-analyse mogelijk om te bepalen, welke kans er bestaat, dat het geconstateerde verschil alleen maar aan het toeval is te wijten. Is deze kans klein, dan is omgekeerd de kans groot, dat de onderzochte factor (in dit geval de dikte) dit verschil veroorzaakt. Men zegt dan, dat het onderzochte verschil significant is. Veelal wordt deze significantiegrens gelegd bij 5% kans: indien het verschil tussen twee reeksen van waarnemingen zo groot is, dat er slechts 5% kans is, dat dit alleen door toevallige omstandigheden op zou treden, dan is dit verschil significant. Het verschil wordt dan hoogstwaarschijnlijk (95% kans) veroorzaakt door een andere factor dan het toeval. Bij de uitwerking der resultaten is van deze methode voortdurend gebruik gemaakt.

2.5 Hout

Voor de proeven is gebruikt Noord- en Middeneuropees vurehout. Dit hout is voor het, door T.N.O. uitgevoerde, onderzoek inzake de sorteervoorschriften voor naaldhout aangekocht, zodanig, dat zo goed mogelijk het in Nederland gebruikelijke constructiehout werd vertegenwoordigd. Er is dus niet gezocht naar hout met goede eigenschappen, maar uit de grote massa hout is een steekproef genomen. Voor het genoemde onderzoek is slechts een deel van het hout gebruikt, maar wel zijn van alle stukken enkele sterktecijfers bepaald. Daar de baddings en platen alle genummerd werden, zijn van elk stuk hout deze sterktecijfers bekend. Omdat werd verwacht, dat de houtkwaliteit ook van invloed zou zijn op de sterkte van de verbinding is er voor gezorgd dat twee verbindingen, die in afmetingen verschillen, zo veel mogelijk uit dezelfde houtkwaliteit zijn vervaardigd. Bij het uitwerken der resultaten is echter gebleken, dat de toegepaste sortering slechts weinig invloed had op het draagvermogen van de verbindingen. Uiteraard zijn grote gebreken ter plaatse van een verbinding wel van belang; om deze reden zijn enkele stukken hout afgekeurd. Ook in de praktijk zal men voor constructiehout al te grote scheuren en kwasten zeker moeten vermijden.

2.6 Belasting

De belasting op de proefstukken is aangebracht met behulp van daarvoor geschikte beproevingsmachines; de uitgeoefende kracht werd direct op een schaalverdeling afgelezen. Deze belasting is niet direct van nul opgevoerd tot de breuklast, maar er is enige keren belast en weer ontlast (zie fig. 8). Dit is gebeurd om nadere gegevens over de elasticiteit van de verbindingen te verkrijgen. De wijze van uitvoeren is voor al de proefstukken gelijk. De grootte van de belastingstrappen p is echter aangepast aan de verwachting omtrent het draagvermogen der verbindingen. Bij de meer-assige verbindingen zijn deze belastingstrappen groter dan bij de één-assige en bij drukproeven groter dan bij trekproeven.

Bij de drukproeven is het aanbrengen van de belasting eenvoudig (zie fig. 9), bij de trekproeven is het overbrengen van de benodigde krachten op de staven moeilijker. Dit is bij de één-assige trekproeven gebeurd door middel van stalen strippen met eenzijdige plaatdeuvels. Bij de meer-assige trekproeven is de belasting uitgeoefend op klossen, die op de staven zijn gelijkmd (zie fig. 10).

2.7 Waarnemingen

Op elk proefstuk zijn meethorloges bevestigd om de verschuivingen van de staven ten opzichte van elkaar te meten. Hieruit is bepaald bij welke belasting een verplaatsing van 1,5 mm wordt bereikt. Dit cijfer is reeds een zekere maat voor de stijfheid van de verbinding. Een inzicht in het verloop van het belasting-verschuiving-diagram geeft het zgn. veerkrachtsgetal; dit is de deuvelferplaatsing per belastingtrap uitgedrukt in μ ($=0,001$ mm). Dit veerkrachtsgetal is het gemiddelde van zeven waarnemingen. Als figuur 11 het $P-\delta$ -diagram voorstelt, dan is het veerkrachtsgetal $\frac{t_1+t_2+t_3}{7}$; dit is dus een cijfer, dat de gemiddelde helling van de grafiek in het beschouwde gebied aangeeft.

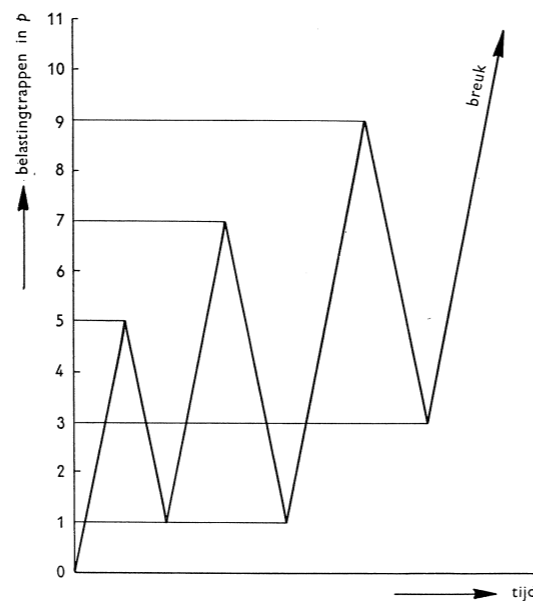


Fig. 8. Belasten en ontlasten der proefstukken. De belasting is onderverdeeld in belastingstrappen p . Na elke belastingtrap worden de verschuivingen der staven t.o.v. elkaar gemeten. Het belastingschema is voor alle proefstukken gelijk, maar de belastingstrappen p zijn aangepast aan het verwachte draagvermogen.

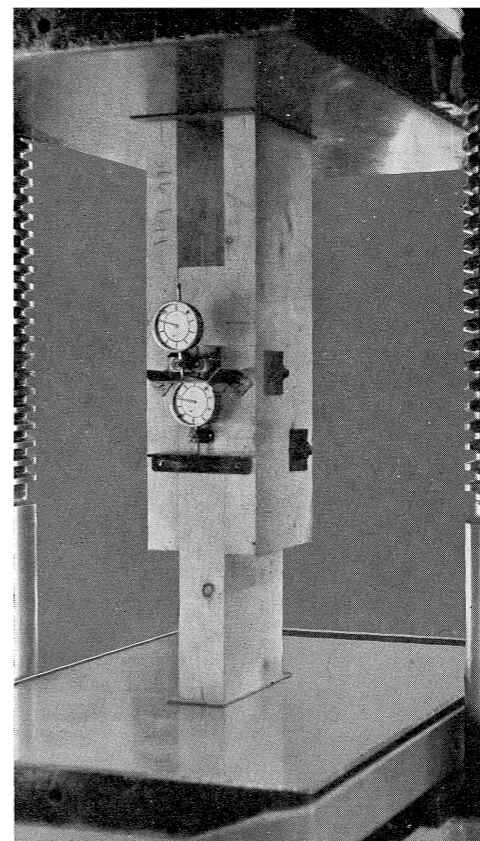


Fig. 9. Opstelling van een drukproef.

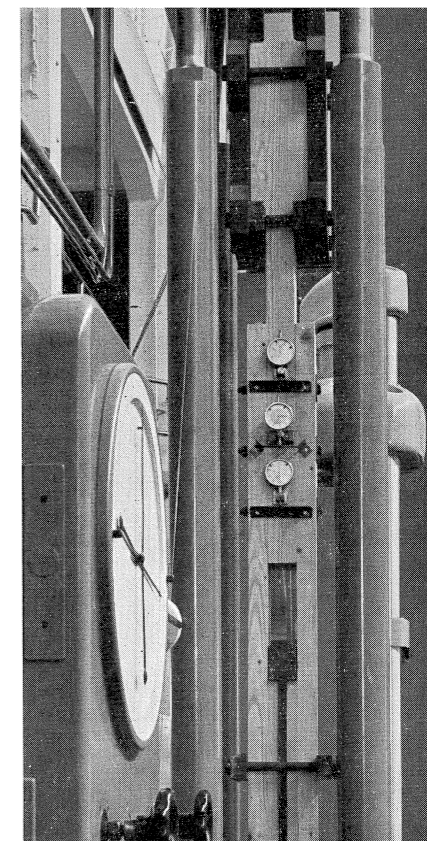


Fig. 10. Opstelling van een trekproef.

De eerste verschuivingen zijn niet meegerekend, omdat daar voornamelijk aanzetvormingen worden gemeten, die meer van de montage afhangen dan van de verbindingen zelf.

Tijdens de beproeving is voorts genoteerd de belasting, waarbij de verbinding duidelijk begint te kraken. Bij de één-assige proeven is een dergelijk punt vrij duidelijk waar te nemen; waarschijnlijk schuiven op dat moment één of meer door de ringdeuvel omsloten kernen af. Bij de meer-assige verbindingen is dit veel minder duidelijk; daar kan dit punt slechts zeer globaal worden vastgesteld. Tenslotte is genoteerd de breukbelasting van de verschillende verbindingen.

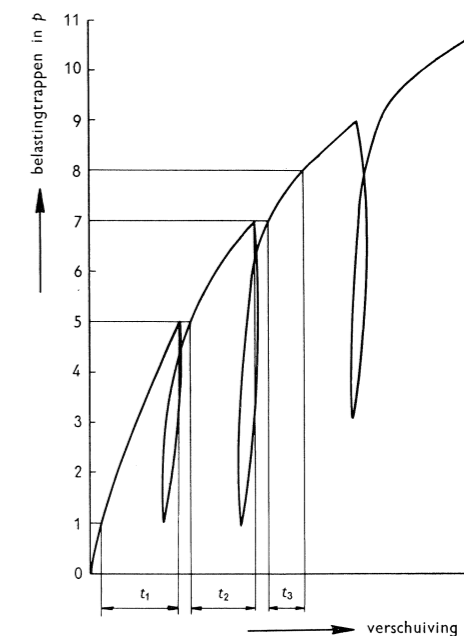


Fig. 11. Belasting-verschuiving-diagram en de definitie van het veerkrachtsgetal.

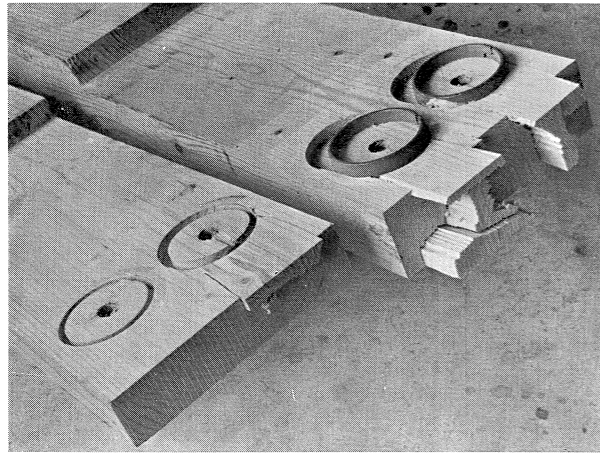


Fig. 12. Twee-assige ringdeuvelverbinding op trek belast.

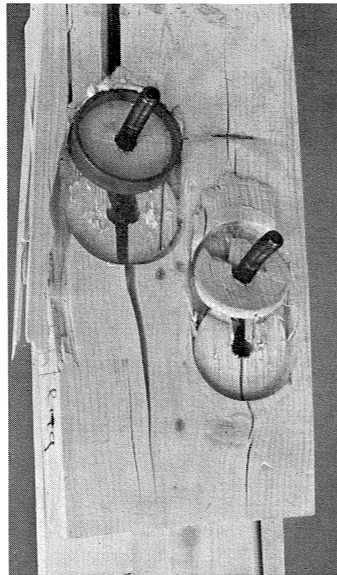


Fig. 13. Twee-assige ringdeuvelverbinding op druk belast.

Daar de grootte van de maximale belastingen afhankelijk is van het tempo van de beproeving, is de belasting steeds in een zo regelmatig mogelijk tempo opgevoerd en wel met de grootte van een belastingtrap per 30 seconden. Het gehele belastingschema tot breuk wordt op deze wijze doorlopen in ongeveer 20 minuten. Enkele tot breuk belaste verbindingen zijn weergegeven in de fig. 12 en 13.

3 Beproevingresultaten en conclusies

3.1 Verband tussen belasting en verschuiving

In fig. 14 en fig. 15 zijn enkele belasting-verschuiving-diagrammen weergegeven. In het begin bestaat er een vrijwel lineair verband tussen beide grootheden, terwijl bij hogere belastingen de lijn afbuigt. De verplaatsing van 1,5 mm en „begin kraken” treden beide op bij een veel grotere belasting dan de toelaatbare volgens T.E.C.O. Daar de eerste grens vrij willekeurig gekozen schijnt te zijn en het eerste kraken moeilijk is te onderkennen, is bij het uitwerken der gegevens steeds meer waarde toegekend aan de breuksterkte dan aan de andere grootheden.

3.2 Invloed der verschillende grootheden

De beproevingsresultaten zijn uitgewerkt met behulp van de vermelde variantie-analyse, waarbij de grootte der verschillende onderzochte invloeden op de sterkte is nagegaan.

Uit de series één-assige verbindingen is gebleken, dat de houtbreedte geen aantoonbare invloed op de sterkte dezer verbindingen heeft. Wel van belang

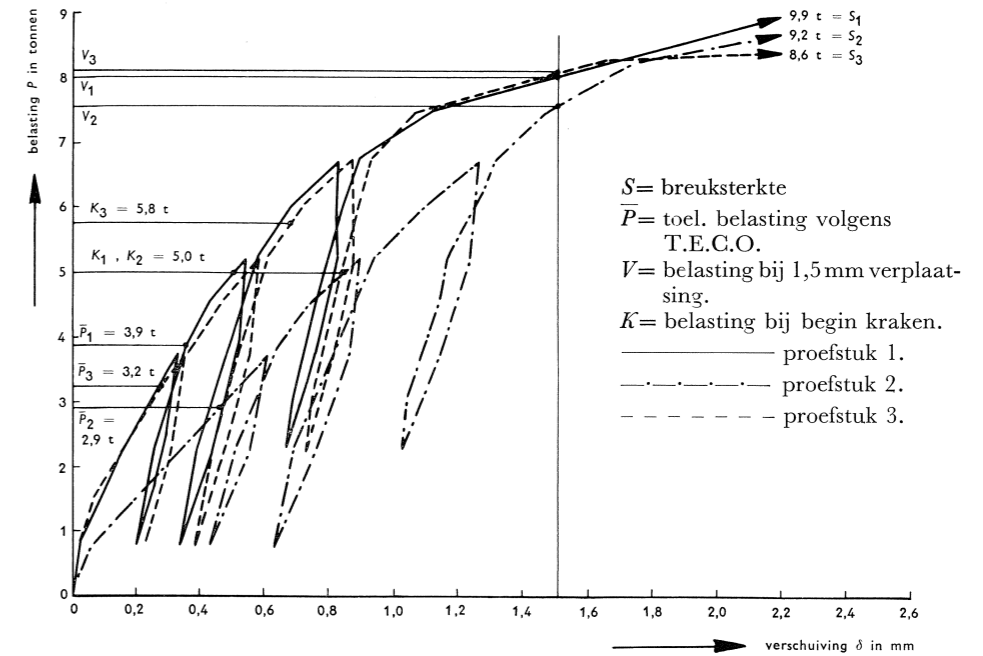


Fig. 14. Voorbeelden van belasting-verschuiving-diagrammen bij meer-assige trekproeven.

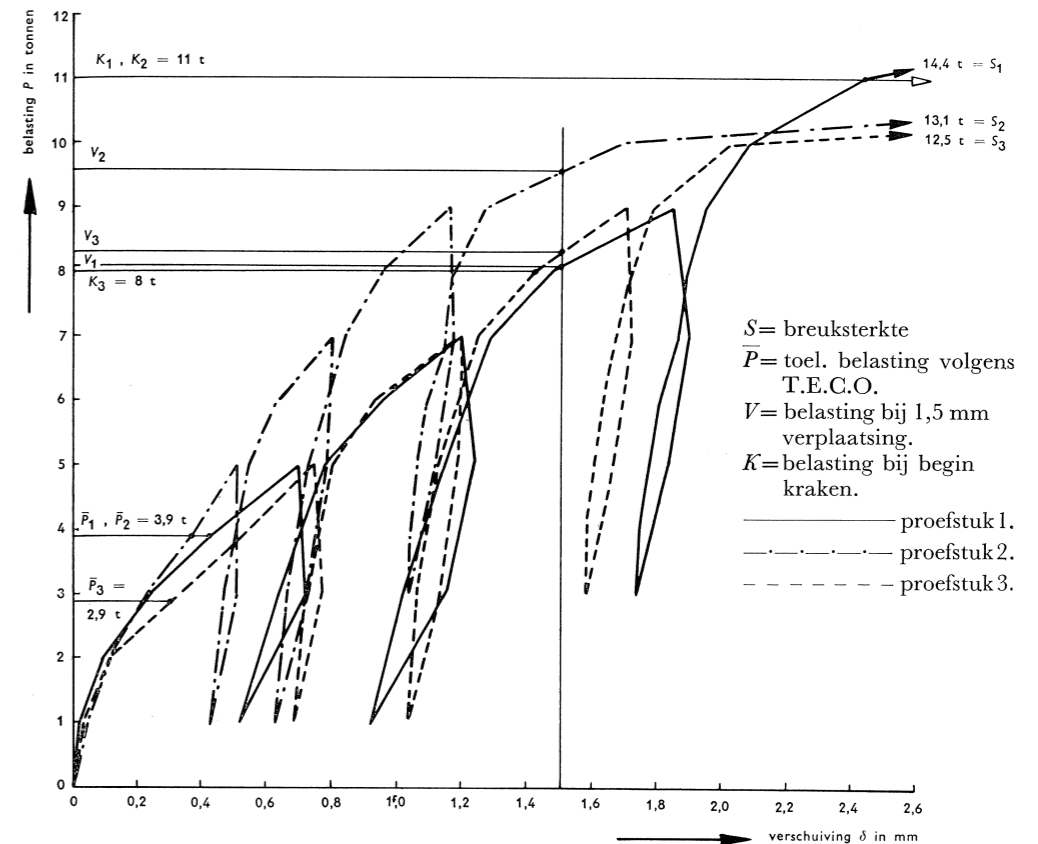


Fig. 15. Voorbeelden van belasting-verschuiving-diagrammen bij meer-assige drukproeven.

is de dikte van het hout; bij grotere houtdikte neemt het draagvermogen toe. Deze beide conclusies stemmen overeen met de Amerikaanse voorschriften. Bij de trekverbindingen blijkt, eveneens overeenkomstig deze voorschriften, dat naarmate de eindafstand toeneemt van 7 tot 14 cm, ook de sterktecijfers hoger worden. Bij de gedrukte verbindingen is echter een dergelijke invloed niet te bemerken. In dit opzicht verschillen de beproevingsresultaten dus van de T.E.C.O.-gegevens (zie fig. 3).

Een andere afwijking van T.E.C.O. komt voor bij de trekverbindingen. Het T.E.C.O.-voorschrift stelt de sterkte van een trekverbinding met een eindafstand van 14 cm gelijk aan een drukverbinding met eindafstand 11,5 cm. Uit de onderhavige proeven blijkt dit wel ongeveer het geval te zijn bij het dunne hout, maar bij het dikke hout is de trekverbinding met deze grote eindafstand minder sterk dan de genoemde drukverbinding, nl. slechts ongeveer 80% daarvan.

Bij de meer-assige verbindingen spelen de onderlinge afstanden tussen de deugelassen een grote rol. Voor de proefstukken is een keuze gedaan uit de vele mogelijkheden, zodanig dat een eventuele afwijking van het voorschrift geconstateerd zou kunnen worden. Bij de drukproeven is een vrij goede overeenstemming gevonden, zij het dan dat verschillende verhoudingscijfers afwijken. Zo is nergens gebleken, dat een twee-assige verbinding de dubbele sterkte heeft van een één-assige, zoals op grond van het voorschrift wél verwacht kon worden. Bij de trekverbindingen zijn grotere afwijkingen gevonden. Daar schijnt nl. ook de invloed van de deugelplaatsing enigszins anders te verlopen dan in het voorschrift, terwijl verder een aantal verbindingen, gelegen op het snijpunt van de horizontale as en de binnencirkel van T.E.C.O. (zie fig. 4) zeer ongunstige resultaten opleverden.

De bovenvermelde resultaten hebben er toe geleid dat thans getracht wordt de T.E.C.O.-voorschriften zodanig te wijzigen, dat een betere overeenstemming wordt verkregen tussen proeven en voorschrift. Een dergelijke wijziging zal tevens een vereenvoudiging kunnen betekenen. De in de beproevingsresultaten optredende grote spreiding rechtvaardigt een al te gedetailleerd voorschrift niet.

4 De opbouw van een gewijzigd ringdeugelvoorschrift

4.1 Inleiding

Uit de veelheid van beproevingsresultaten, die ter beschikking zijn gekomen (er zijn ruim 300 verbindingen onderzocht), moeten één of enkele karakteristieke grootheden worden gekozen of afgeleid om daarmee verder te werken. Belangrijk is de gemiddelde waarde van een bepaald sterktecijfer en de standaardafwijking als een maat voor de spreiding. Deze twee grootheden samen zeggen iets over de kans op het optreden van een bepaalde waarde van dat sterktecijfer. Indien de sterktecijfers, b.v. de breuksterkte van overeenkomstige

verbindingen, de normale frequentieverdeling volgen en de gemiddelde waarde \bar{x} van deze breuksterkte verminderd wordt met het dubbele van de standaardafwijking s , dan bestaat er 2,5% kans dat een bepaalde verbinding een nog lagere waarde bereikt dan de zo berekende. De beide grootheden \bar{x} en s zijn bepaald voor verschillende groepen verbindingen en hebben steeds betrekking op de breuksterkte.

4.2 Verbindingen en groepen van verbindingen

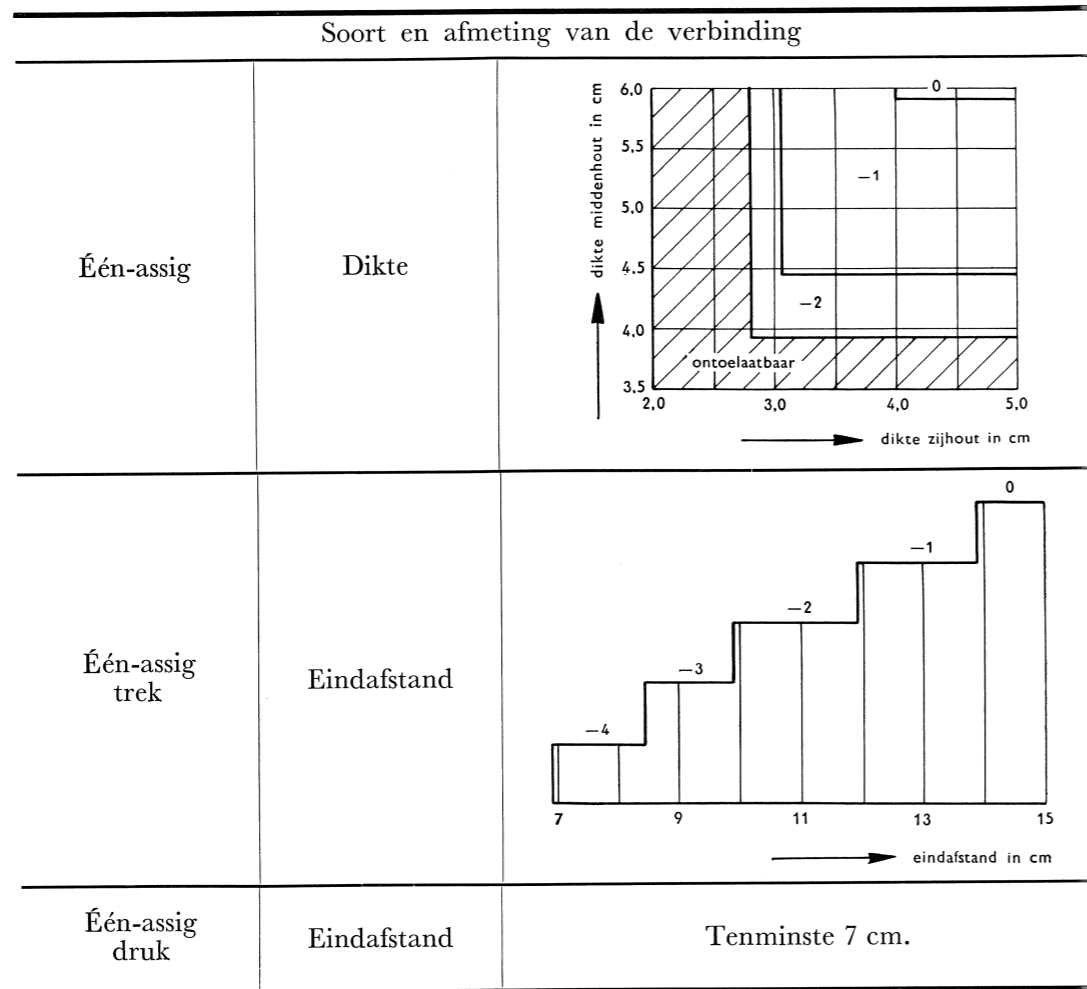
Zoals reeds is opgemerkt, blijken niet alle onderzochte invloeden van voldoende belang te zijn om daarmee voor de sterktecijfers rekening te houden. Zo bleek bij de één-assige drukverbindingen alleen de dikte van het hout een factor te zijn, waarmee gerekend moet worden. De gemiddelde sterkte voor de dikke verbindingen is dus bepaald uit alle proeven, die in dit opzicht gelijk zijn. De breedte en de eindafstand mogen variëren, maar leveren verder slechts hun bijdrage voor de gemiddelde waarde van en de spreiding in de breuksterkte. Bij de trekverbindingen is, behalve de dikte, ook de eindafstand van betekenis voor het draagvermogen, terwijl de breedte vrijwel geen rol speelt.

Op dezelfde wijze wordt bij de meer-assige verbindingen de sterkte beïnvloed door de onderlinge afstanden tussen de deugels. Uit de beproevingsresultaten blijkt, dat sommige variaties in afmetingen weinig of geen invloed hebben op de sterkte. Omdat dergelijke kleine verschillen door de betrekkelijk grote spreiding toch wegvallen, heeft het geen zin om hiermede rekening te houden. Daarom zijn bepaalde, in afmetingen wél, maar in sterkte niet verschillende, verbindingen ondergebracht in één groep. Tussen de zo gevormde groepen bestaan dan wel van belang zijnde verschillen in sterkte.

In de grafieken van fig. 16 is duidelijk de gekozen indeling af te lezen. Bij de één-assige verbindingen speelt allereerst de dikte een rol; deze wordt in rekening gebracht in drie trappen. Op dezelfde wijze komen bij de één-assige trekverbindingen verschillen in de eindafstand tot uiting in 5 trappen. Bij de meer-assige verbindingen zijn in de grafiek drie gebieden aangegeven. Alle verbindingen binnen zo'n gebied worden weer als gelijkwaardig beschouwd. Deze laatste grafiek wijkt ook in zijn vorm enigszins af van de overeenkomstige T.E.C.O.-grafiek. De gekozen vorm komt beter overeen met de beproevingsresultaten en vermijdt vooral het punt met $d_{\perp} = 0$ en $d_{\parallel} = 9$ cm, waarbij enkele bijzonder lage waarden zijn gevonden. De deugelafstand is hier van 9 cm vergroot tot 11 cm, d.i. ongeveer $1,5 \times$ de ringdiameter. Het gebruik van fig. 16 wordt nader uiteengezet in 4.4.

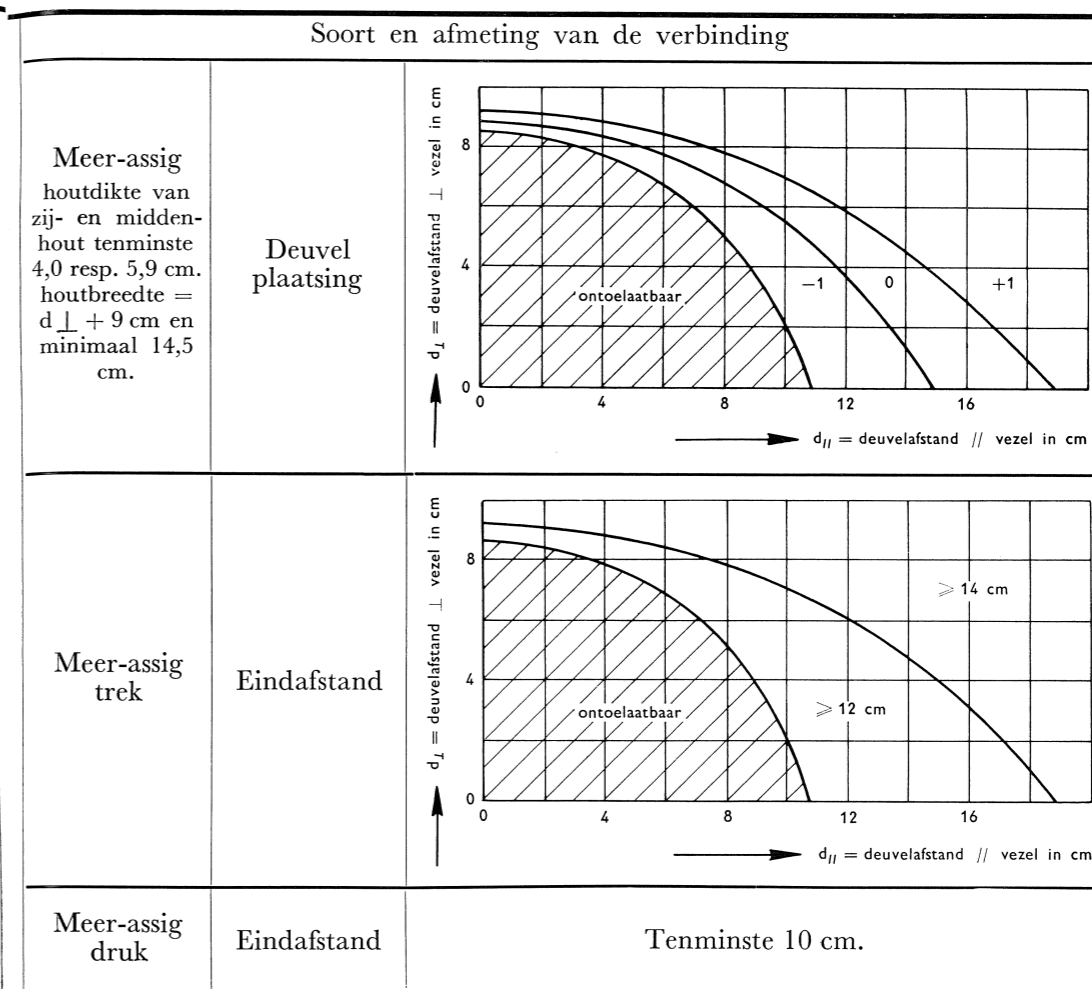
4.3 Gemiddelde waarde en spreiding

Nadat op grond van de boven aangeduide overwegingen de groepsindeling van de verbindingen is gemaakt, zijn de gemiddelde waarden en de bijbehorende standaardafwijkingen berekend. Daarbij is gebleken, dat de grootte van de spreiding bij de groepen varieert. Ook de verhouding tussen de gemiddelde



Waardering en sterkte Voorkeurreeks R 20 (N 3070)

punten-waardering	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1
percentage	36	40	45	50	56	63	71	80	90	100	112
gemiddelde sterkte in kg	2800	3150	3550	4000	4500	5000	5600	6300	7100	8000	9000



+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10
125	140	160	180	200	224	250	280	315
10000	11200	12500	14000	16000	18000	20000	22400	25000

Algemeen

Toeslag- en aftrek-punten voor:

Druk : 0
Trek : -2
Één-assig : 0
Twee-assig : +4
Drie-assig : +7

Fig. 16. Puntenwaardering en gemiddelde sterkte van rechte ringdeuvelverbindingen.

waarde en de standaardafwijking vertoont verschillen. Daar een zeker verband tussen dit verhoudingsgetal en andere grootheden niet te bespeuren valt, zijn de genoemde verschillen waarschijnlijk het gevolg van toevallige omstandigheden. Gemiddeld bedraagt de standaardafwijking ongeveer 12% van de gemiddelde waarde. Daar aangenomen kan worden, dat de spreiding in de praktijk groter is dan in het laboratorium, is dit gevonden gemiddelde in de verdere berekeningen nog verhoogd tot 15%.

4.4 Voorgestelde werkwijze voor de dimensionering van ringdeuvelverbindingen

De uit de proeven bepaalde gemiddelde sterktecijfers van de groepen verbindingen zijn met elkaar vergeleken om na te gaan of er tussen deze cijfers een zodanig verband bestaat, dat een eenvoudig voorschrift is op te stellen. Daarbij blijkt b.v., dat de gemiddelde breuksterkte van de één-assige drukverbindingen $1,25 \times$ zo groot is als de breuksterkte van de overeenkomstige trekverbindingen. Bij de twee-assige verbindingen is dit verhoudingscijfer 1,16 en bij de drie-assige 1,28. Gemiddeld is deze verhouding 1,23, zodat gemiddeld de sterkte van een trekverbinding te stellen is op ongeveer 80% van de overeenkomstige drukverbinding.

Op dezelfde wijze zijn ook andere verhoudingscijfers nagegaan, waarbij b.v. is gebleken, dat de verhouding tussen twee- en één-assige verbindingen bij druk ongeveer gelijk is aan die bij de overeenkomstige getrokken verbindingen enz. De zo gevonden verhoudingscijfers blijken na geringe afrondingen goed te passen in het systeem van de zgn. voorkeurreksen, die zijn genormaliseerd in N 3070. In het onderhavige geval is gebruikt de reeks R 20, die het beste aansluit bij de gevonden verhoudingscijfers. Deze reeks heeft 20 termen tussen de waarden 1 en 10 en is opgebouwd uit termen met waarden, die kunnen worden bepaald met de uitdrukking $(\sqrt[10]{10})^k$, waarin $r = 20$ en k het volgnummer aangeeft. Uitbreiding met termen met waarden kleiner dan 1 en groter dan 10 is uiteraard mogelijk. In dit geval is een uitbreiding naar beneden met termen met waarden van 1 tot 0,32 toegepast, zodat de volgende reeks ontstond:

volgno. k	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
waarde	0,32	0,36	0,40	0,45	0,50	0,56	0,63	0,71	0,80	0,90	1,00	1,12	1,25	1,40	1,60	1,80
volgno. k	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
waarde	2,00	2,24	2,50	2,80	3,15	3,55	4,00	4,50	5,00	5,60	6,30	7,10	8,00	9,00	10,00	

Aan een bepaalde verbinding wordt nu het ranggetal of de waardering 0 gegeven; zwakkere verbindingen worden dan aangeduid door negatieve waarderingen, sterkere door positieve waarderingen. Heeft een verbinding b.v. een sterkte die 80% is van de eerste, dan is de waardering -2; is de sterkte het dubbele van de eerste, dan is de waardering +6, enz. Op deze wijze is het mogelijk om de sterkte van de onderzochte verbindingen aan te duiden door middel van een puntentelling, zoals is aangegeven in fig. 16.

Als uitgangspunt is gekozen de één-assige drukverbinding met een dikte van zij- en middenhout van respectievelijk 40 mm en 59 mm. Deze verbinding krijgt de waardering 0. Indien de houtdikten kleiner zijn, b.v. respectievelijk 28 mm en 46 mm, dan wordt in de grafiek voor de dikte afgelezen, dat daarvoor een aftrek van 2 punten moet worden gerekend. Uit de tabel blijkt dan, dat de gemiddelde sterkte van deze één-assige drukverbinding is afgenomen van 8000 kg tot 6300 kg. Voor een één-assige trekverbinding met dezelfde houtdikten en een eindafstand van 11 cm wordt afgelezen:

aftrekpunten:	trek	-2
	dikte	-2
	eindafstand	-2
	waardering	-6

Hierbij behoort een gemiddelde sterkte van 4000 kg. Voor een twee-assige trekverbinding met deuvelafstanden $d_{//\text{vezel}} = 10$ cm en $d_{\perp\text{vezel}} = 4$ cm wordt gevonden:

toeslagpunten:	twee-assig	+4
aftrekpunten:	trek	-2
	plaatsing	-1
	waardering	+1

De gemiddelde sterkte is dan 9000 kg. Bij deze verbinding moet de eindafstand ten minste 12 cm zijn.

Op dezelfde wijze kan ook voor andere verbindingen zonder enige berekening de sterkte eenvoudig worden afgelezen. Ten overvloede wordt er op gewezen, dat de vermelde gemiddelde waarden gelden voor de gehele verbinding. In afwijking van T.E.C.O. wordt dus niet de draagkracht per deuvel opgegeven.

5 Voortgang van het onderzoek

In het voorgaande is behandeld het onderzoek van rechte ringdeuvelverbindingen, zoals dit in het Stevin-Laboratorium is uitgevoerd. In aansluiting hierop worden de zgn. scheve verbindingen onderzocht, zoals deze in vakwerk-knooppunten voorkomen. Tevens wordt nagegaan de invloed van het vochtgehalte op het draagvermogen. Bij de uitgevoerde proeven was het vochtgehalte van het hout ca. 12%; de relatieve luchtvochtigheid in de beproevingshal schommelde tussen 50 en 70%. In de praktijk zal in open of onverwarmde ruimten het vochtgehalte hoger kunnen zijn, wat het draagvermogen in ongunstige zin beïnvloedt. Voorts kan de sterkte afnemen, wanneer na de montage het hout krimpt, zodat tussen de staven naden ontstaan. Ook deze effecten zullen nog worden onderzocht.

Tenslotte is van belang het tijdseffect. Er is nl. gebleken, dat hout beter in staat is om kort durende belastingen op te nemen dan lang durende. Ook voor

de verbindingen is dit effect belangrijk. Het ligt daarom in de bedoeling deze invloed te onderzoeken. Wegens de benodigde grote belastingen en de lange tijdsduur vergt een dergelijk onderzoek veel voorbereidende werkzaamheden.

Verwacht wordt, dat de gegevens uit deze aanvullende proevenseries op eenvoudige wijze zijn te verwerken in het systeem van de beschreven puntenwaardering, zodat een logisch en eenvoudig voorschrift zal kunnen ontstaan.

Na het bepalen van de sterkte van de verbinding zal ook over de toelaatbare belastingen een beslissing genomen moeten worden. Aan het onderwerp van de veiligheid, dat ook internationaal een punt van studie is, wordt dan ook aandacht besteed. Gehoopt wordt, dat binnenkort deze studie zo ver kan worden afgerond, dat mede op grond daarvan de stap van sterkte naar toelaatbare belasting op verantwoorde wijze kan worden genomen.

Investigation on the ultimate load of splitting connectors

To verify the ultimate loads of splitting connectors, as given by the American Timber Engineering Company (T.E.C.O.), tests have been carried out on several specimens of such connector joints.

In some cases the ratios between the ultimate load of certain joints differ from the T.E.C.O.-values. It is also necessary to modify the American instructions, especially when more than one connector-unit in the same joint is used.

Instead of working with different percentages of the ultimate load, depending on the dimensions of the joint, it is proposed in this paper to use a system, based on series of preferred numbers [series of geometrical terms $(\sqrt[3]{10})^k$]. Therewith it becomes possible to determine the mean value of the ultimate load of a joint by adding together certain strength-values ascribed to that joint according to its dimensions.

Afterwards a method must be found to use these joints with enough safety in timber structures. This problem is not discussed here; values of working loads etc. will be given as soon as possible.

Lijst van verschenen rapporten III ¹⁾

De onderstaande rapporten kunnen tegen kostprijs worden verstrekt. De inhoud dient als vertrouwelijk te worden beschouwd, daar in sommige gevallen het onderzoek nog niet is afgesloten, terwijl in andere gevallen de resultaten nog niet van zodanige aard zijn, dat definitieve conclusies kunnen worden getrokken.

Rapport BI-57-2 8 pag. + 3 tabellen + 1 fig.
Onderzoek naar de reproduceerbaarheid van de statische uittrekproef (I)
 Voor het bepalen van de aanhechtweerstand tussen staal en beton wordt gewoonlijk gebruik gemaakt van de "pull-out-test". In het algemeen treedt in de resultaten een behoorlijke spreiding op, welke veroorzaakt kan worden door: de ingebetonnerde staaf lengte, de staafdiameter, de oppervlakte-toestand van de staven, de betonkwaliteit, de betondekking, de vervaardigings-, verhardings- en beproevingsomstandigheden, de ligging van de staven in de proefstukken (onder of boven, vertikaal, dan wel horizontaal ingebetonnerd) etc. Besproken worden de resultaten van een onderzoek waarbij voor alle proefstukken de genoemde factoren zo goed mogelijk gelijk werden gehouden. Slechts de betonkwaliteit werd gevarieerd, terwijl de staven (rondstaal $\varnothing 19$ mm) zowel vertikaal als horizontaal in het hart van de proefstukken werden ingebetonnerd.

¹⁾ Vervolg op de lijst, verschenen in de I.B.C.-mededelingen 6 (1958) no. 2.

Rapport BI-57-18

6 pag. + 4 tabellen + 3 fig.

Onderzoek naar de reproduceerbaarheid van de statische uittrekproef (II)

In dit onderzoek werd alleen gevarieerd de oppervlakte-toestand van de staven. De staven werden vertikaal ingebetonnerd.

Rapport BI-57-20

4 pag. + 3 tabellen + 4 fig.

Onderzoek naar de reproduceerbaarheid van de statische uittrekproef (III)

Gevarieerd werd de ouderdom van het beton op het ogenblik van belasten.

Rapport BI-57-3

12 pag. + 9 tabellen + 9 fig.

Het uitdrukken van de scheurvorming bij op buiging belaste gewapend-betonbalken in formule-vorm

Getracht is de gemiddelde scheurafstand en de maximale scheurbreedte voor op buiging belaste gewapend-betonbalken in formule-vorm weer te geven. Gesteld wordt, dat de maximale scheurbreedte beperkt dient te blijven in verband met corrosie-gevaar voor de wapening. De formules worden aan de hand van resultaten van vele onderzoeken, die in binnen- en buitenland zijn verricht, getoetst.

Rapport BI-57-4

36 pag. + 30 graf. + 35 pag. met tabellen + 2 tek.

De berekening van de spanningsverdeling in een cirkelcilindrische schaal volgens de D.K.J.-methode (aanvulling ten aanzien van voorgespannen schalen op het rekenschema, opgenomen in de I.B.C.-mededelingen 4 (1956) no. 2)

In dit rapport wordt aangegeven op welke wijze het genoemde rekenschema kan worden uitgebreid tot schalen, waarbij de randbalken worden voorgespannen. Eén en ander wordt aan de hand van een voorbeeld toegelicht.

Rapport BI-57-8

13 pag. + 10 fig. + 25 foto's

Onderzoek van een serie schaaldakmodellen met dezelfde hoofdafmetingen, vervaardigd van gewapend mortel. Serie A

<i>Rapport BI-57-9</i>	Beproeversresultaten schaal A2	6]+	2 pag. + 16 fig. + 5 foto's
<i>Rapport BI-57-10</i>	Beproeversresultaten schaal A3		7 pag. + 13 fig. + 4 foto's
<i>Rapport BI-57-11</i>	Beproeversresultaten schaal A4		6 pag. + 29 fig. + 4 foto's
<i>Rapport BI-57-12</i>	Beproeversresultaten schaal A5		4 pag. + 15 fig.
<i>Rapport BI-57-13</i>	Beproeversresultaten schaal A1		5 pag. + 11 fig. + 8 foto's

De gebruikelijke berekening van schaaldaken is gebaseerd op de elasticiteitstheorie. Uit enkele proeven, verricht aan een schaaldakmodel van staal, welk materiaal aan de praemissen van de theorie voldoet, is een goede overeenstemming tussen theorie en experiment gebleken (zie I.B.C.-mededelingen 3 (1955) no. 1). De vraag kan worden gesteld in welke mate de spanningsverdeling in en de draagkracht van een gewapend-betonnen schaaldak worden beïnvloed door factoren als scheurvorming, plastische vervorming, ligging van de wapening e.d. De invloed van deze factoren werd onderzocht aan de hand van zeven schaaldaken – op schaal 1 : 8 – vervaardigd van gewapend mortel.

In rapport BI-57-8 wordt de wijze van vervaardigen, de wijze van beproeven, de te verrichten metingen en de te gebruiken materialen beschreven. In de volgende rapporten zijn de resultaten van de eerste vijf schalen weergegeven. Binnenkort zal een samenvatting van het gehele onderzoek in dit orgaan worden opgenomen.

Rapport BI-57-14

11 pag. + 2 tabellen + 59 fig.

Beton onder blijvende belasting. Eerste serie volgens de methode van Prof. Rüsçh

Overeenkomstig het in Heft 120 van de D.A.f.S. beschreven onderzoek, zijn inleidende proeven verricht, teneinde, door middel van excentrisch belaste betonprisma's, een inzicht te verkrijgen in de spanningsverdeling en de draagkracht van de betondrukzone van een op buiging belaste gewapend-betonbalk bij kort durende belasting.

Voor de opzet van de proevenserie en de wijze van interpreteren van de resultaten is de methode van Prof. Rüsçh gevolgd. Afwijkend van het in Duitsland verrichte onderzoek is de belastingsnelheid gevarieerd. De kubusdruksterkte na 28 dagen bedroeg ca. 190 kg/cm².