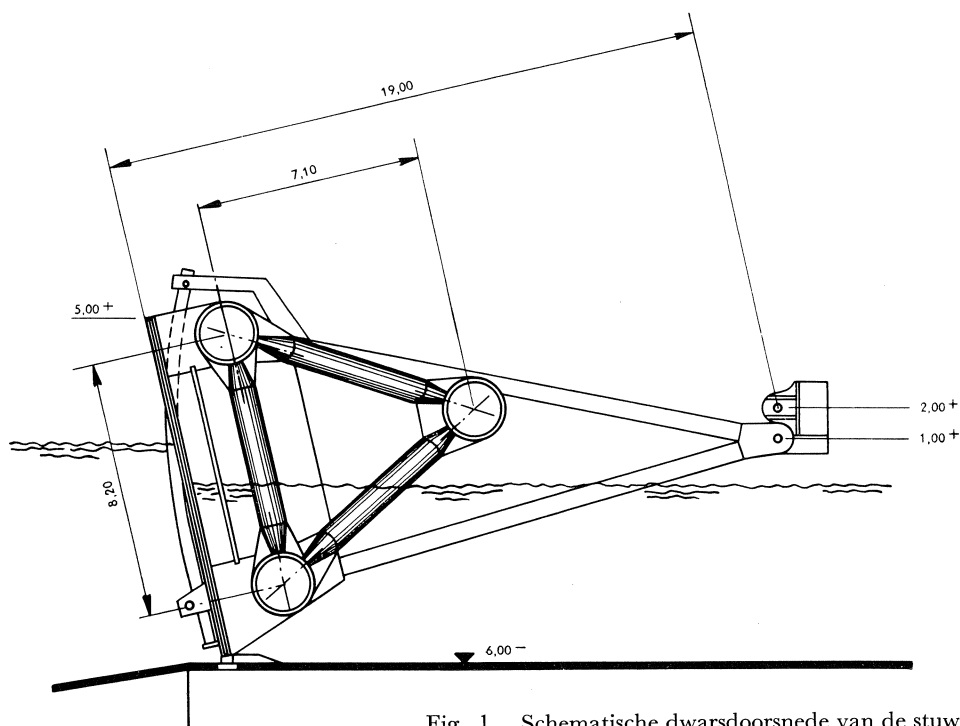


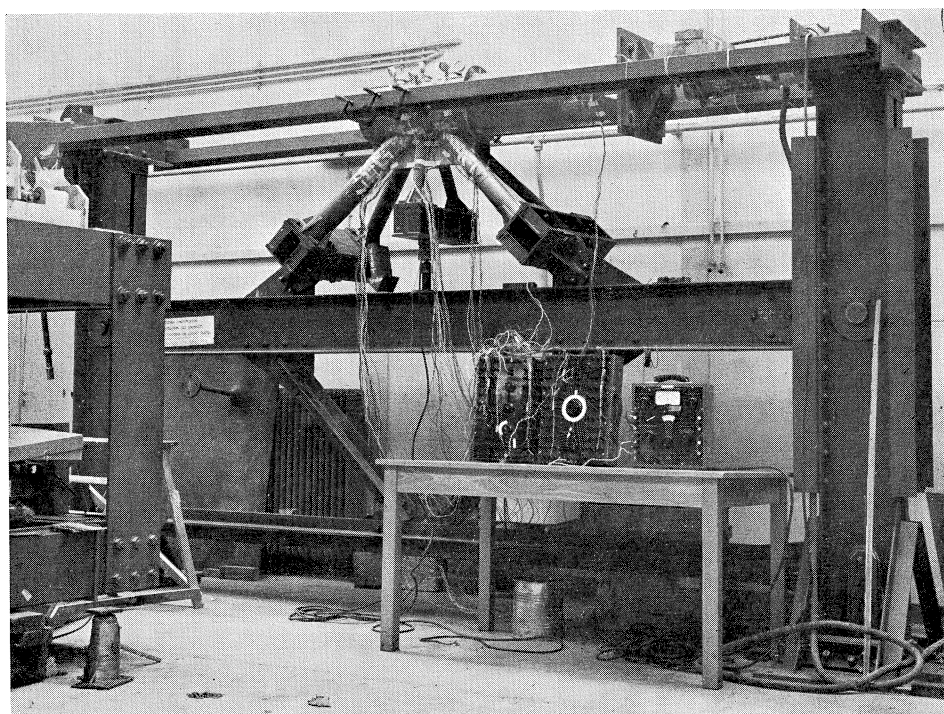
OVER DE INVLOED VAN DE VORM VAN ENKELE KNOOPPLATEN OP DE SPANNINGSVERDELING IN EEN KNOOPPUNT

Aan de hand van de uitkomsten van een onderzoek wordt aangetoond, dat een doelmatige vorm van de knoopplaten een gunstige invloed kan uitoefenen op de spanningsverdeling in een ruimtelijk vakwerkknooppunt.

Inleiding

Door de Directie Bruggen van de Rijkswaterstaat werd aan het Instituut T.N.O. voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies opdracht verleend tot het verrichten van een onderzoek ter bepaling van de spanningsverdeling in een, elektrisch gelast, ruimtelijk vakwerkknooppunt, samengesteld uit dunwandige buizen. Dit knooppunt zou een onderdeel moeten vormen van een stuw, waarvan de dwarsdoorsnede schematisch is weergegeven in fig. 1. Ten dienste van het onderzoek zijn drie, onderling enigszins verschillende, knooppunten beproefd, welke op verkleinde schaal – ca. 1 : 10 – zijn vervaardigd. Als één van de aspecten, die zijn onderzocht, kan worden genoemd de invloed van de vorm van de knoopplaten op de krachtsoverdracht in het onderhavige knooppunt. In het onderstaande wordt op deze invloed nader ingegaan.





Proefopstelling van het eerste en van het tweede model

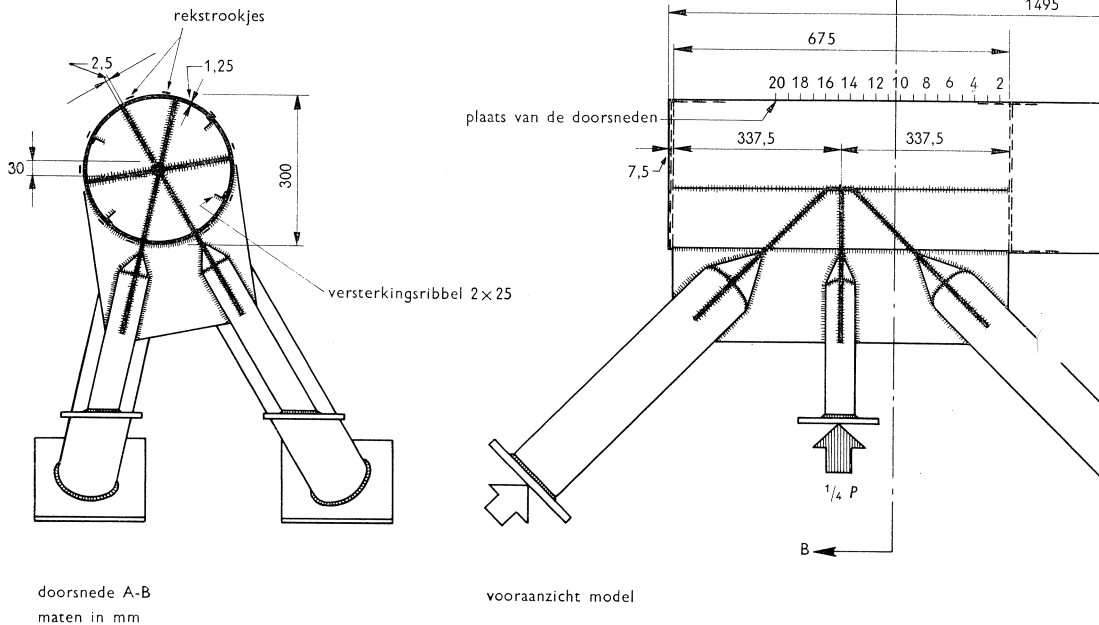
Modellen

Het onderzoek is aangevangen met de beproeving van een model, dat, afgezien van enkele kleine afwijkingen, is afgebeeld in fig. 2. De constructie bestond uit een hoofdbuis, gevormd door een dunwandige buis en een kern, geplaatst in de lengte-as van de buis. De hoofdbuis was verbonden aan zes vakwerkstaven, eveneens vervaardigd uit dunwandige buizen. De verbindingen kwamen tot stand door middel van zes knoopplaten. Het tweede model was eveneens conform de afbeelding in fig. 2. Het derde model was eenvoudiger van opzet en bestond slechts uit een dunwandige buis, die plaatselijk door middel van vier knoopplaten was verbonden aan een kern. Voor de details en afmetingen van de constructies zij verwezen naar de figuren 2 en 3.

Methode van onderzoek

Voor de beproeving van de beide eerste modellen werd gebruik gemaakt van een frame, dat eertijds werd benut voor het onderzoek van een tweedimensionaal vakwerkknooppunt. Een beschrijving van de werking van dit frame is gegeven in de W.G.S.-Mededelingen 2 (1954) no. 4. Door de ruimtelijke opbouw van de onderhavige knooppunten diende het frame enigszins te worden gewijzigd. De opstelling is weergegeven op de foto, waaruit blijkt, dat de zes vakwerkstaven paarsgewijs op dwarsbalken werden opgevangen.

Fig. 2. Het eerste en het tweede model met de aangebrachte belastingscombinatie



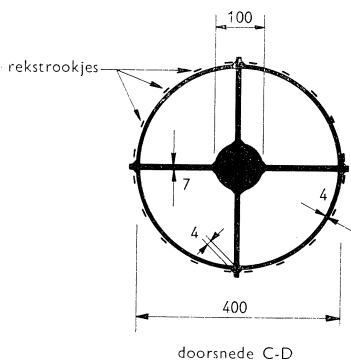
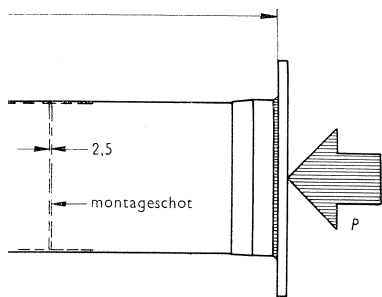
Door middel van een vijzel werd een drukkracht P op de hoofdbuis uitgeoefend, terwijl op de verticale vakwerkstaven tegelijk een totale drukkracht van $\frac{1}{4} P$, eveneens met behulp van een vijzel, werd aangebracht. De schuine staven namen de bijbehorende reactiekrachten op (zie fig. 2).

Het derde model werd vertikaal opgesteld in een drukbank. De belastingscombinatie was bij de eerste beproeving, zoals is aangegeven in fig. 3. Voor de tweede beproeving werd de belastingscombinatie gehandhaafd, doch de buis in verticale zin omgekeerd.

Teneinde de spanningsverdeling in de verschillende modellen te kunnen bepalen tijdens het belasten, werden rekstrookjes aangebracht. Bij het eerste model werden in vier dwarsdoorsneden van de hoofdbuis en in enkele doorsneden van twee vakwerkstaven in totaal 62 rekstrookjes geplakt. Op het tweede model werden in een tiental langsdoorsneden, hoofdzakelijk ter plaatse van de knooppunten, 67 rekstrookjes aangebracht en voorts nog 24 op één der vakwerkstaven. Bij het derde model zijn de metingen uitgevoerd aan de hand van 136 rekstrookjes, op de buiswand geplaatst in de nabijheid van de lasnaden van de knooppunten.

Beproeversresultaten

Hoewel het aantal rekstrookjes op de hoofdbuis van het eerste model niet zo groot was, bleek toch dat de drukspanning in de wand van de buis ter



gearceerde pijlen zijn
krachten op het model uitgeoefend
door middel van vijkels

de niet-gearceerde pijlen zijn
de reactiekrachten op het frame



plaatse van het begin van de knoopplaten (in fig. 2 aan de rechterzijde) zeer snel afnam, hetgeen duidt op grote schuifspanningen in de lasnaden tussen buiswand en knoopplaten. Dit dient als een ongewenste toestand te worden beschouwd, omdat de stuw sterk dynamisch zal worden belast.

Bij het tweede model werd om deze reden de krachtoverdracht van de hoofdbuis naar de knoopplaten nauwkeuriger onderzocht. Het verloop van de gemiddelde drukspanning bij $P = 16$ ton in opeenvolgende doorsneden van de hoofdbuis ter plaatse van de knoopplaten is aangegeven in fig. 4. In het gunstigste geval zou dit verloop lineair geweest zijn, cor-

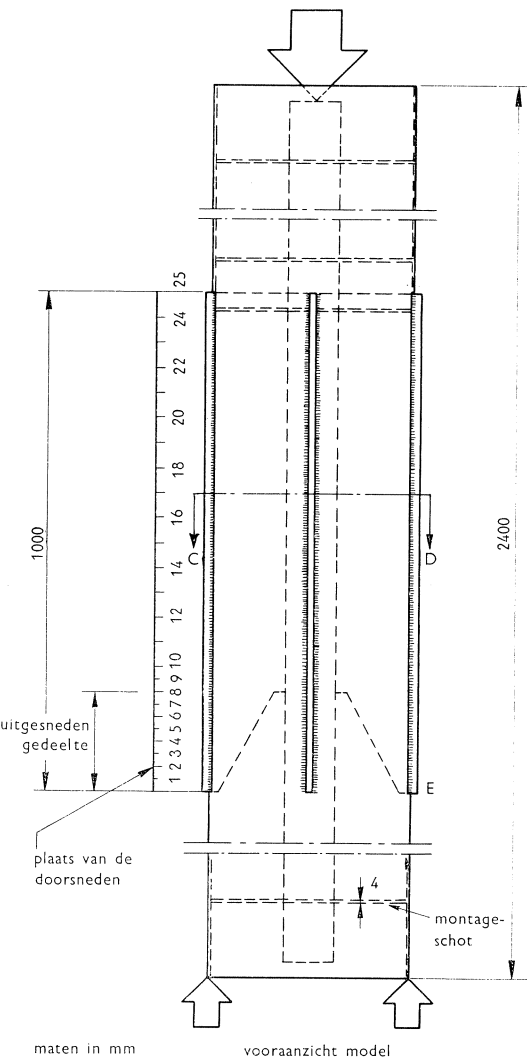


Fig. 3. Het derde model met de aangebrachte belastingscombinatie

responderend met een constante schuifspanning over de gehele lengte van de lasnaden. Het verloop is evenwel kromlijng. De drukspanning neemt in het begin zeer snel af. Dit duidt op plaatselijk grote schuifspanningen.

Het verloop van de eerste afgeleide van de kromme is benaderd door de tangenten van de lijnstukken tussen twee opvolgende dwarsdoorsneden te bepalen. De op deze wijze gevormde getrapte lijn in fig. 5 komt overeen met het schuifspanningsverloop in de lasnaden. De gemiddelde schuifspanning kan worden bepaald uit de helling van het lineair aangenomen drukspanningsverloop. Deze gemiddelde grootte is eveneens in fig. 5 aangegeven. De maximale schuifspanning blijkt $5,7 \times$ groter te zijn dan de gemiddelde. In werkelijkheid zal het schuifspanningsverloop continu zijn. De maximale schuifspanning zal dus nog groter zijn. Geschat wordt, dat deze ongeveer $10 \times$ de gemiddelde waarde zal bedragen.

Het werd waarschijnlijk geacht, dat het rechthoekig afsnijden van de knoopplaten een ongunstige invloed uitoefende op de krachtsoverdracht van de hoofdbuis naar de knoopplaten. Teneinde een, naar werd verwacht, gunstiger

spanningsbeeld te bevorderen, werd bij het derde model aan de knoopplaten aan één zijde een driehoekige beëindiging aangebracht (zie fig. 3). De krachtsoverdracht zal bij een belastingscombinatie, zoals in de figuur is aangegeven, regelmatig verlopen dan in het omgekeerde geval, daar het driehoekige einde een veel geringere elastische tegendruk geeft dan een rechte beëindiging. De krachtsoverdracht moet zich dus uitbreiden over een grotere laslengte.

Dit probleem doet zich, zij het in mindere mate, ook voor bij klinknagel verbindingen. Hiervoor wordt verwezen naar F. BLEICH „Theorie und Berechnung der eisernen Brücken“, pag. 306 e.v.. Nemen de beide doorsneden van te verbinden onderdelen in het bereik van de nagelverbinding geleidelijk tot nul af, dan verdeelt zich de over te brengen kracht gelijkmatig over de nagels. Op grond van dit feit is de driehoekige beëindiging van de knoopplaten ontwikkeld.

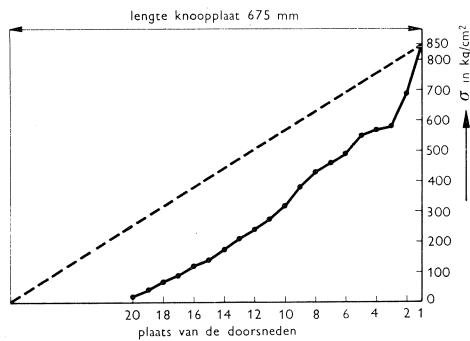


Fig. 4. Verloop van de drukspanning in de buiswand ter plaatse van de knoopplaten bij het tweede model

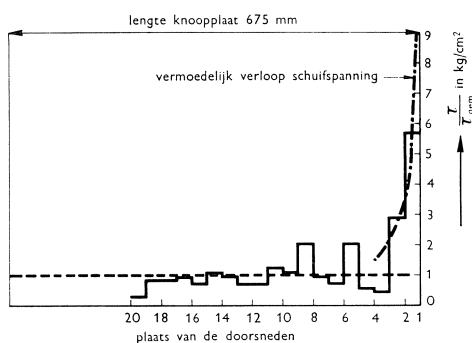


Fig. 5. Verloop van de schuifspanning in de lasnaden tussen buiswand en knoopplaten bij het tweede model

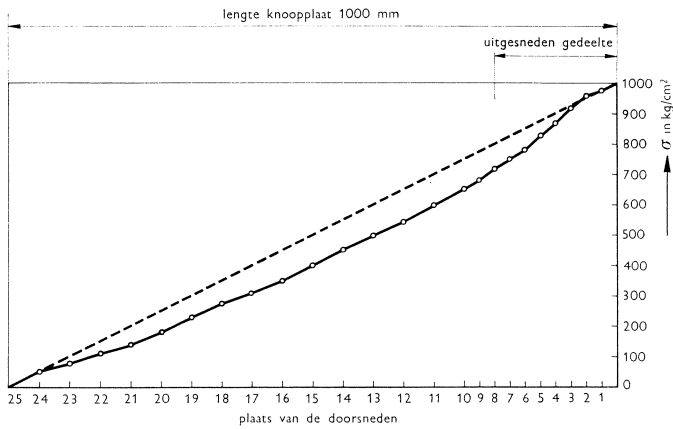


Fig. 6. Verloop van de drukspanning in de buiswand ter plaatse van de knoopplaten bij het derde model voor een aangebrachte belasting volgens fig. 3

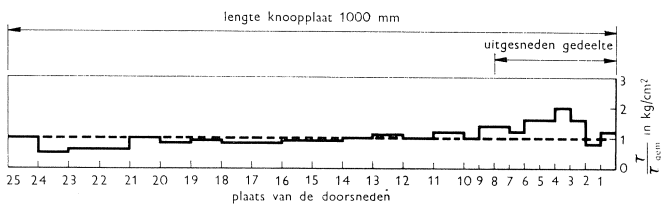


Fig. 7. Verloop van de schuifspanning in de lasnaden tussen buiswand en knoopplaten bij het derde model voor een aangebrachte belasting volgens fig. 3.

Voor een drukkracht van 50 ton, volgens de in fig. 3 aangegeven belastingscombinatie, is het gemiddelde drukspanningsverloop in de buiswand ter plaatse van de knoopplaten aangegeven in fig. 6. Tevens is in deze figuur het, meest gunstige, lineaire verloop afgebeeld. Het verloop van de beide eerste afgeleiden is weer bepaald en getekend in fig. 7. De maximale waarde van de schuifspanning blijkt nu $2 \times$ de gemiddelde waarde te bedragen. Het maximum treedt op 7 à 10 cm van het begin van de lasnaden. Blijkbaar bezitten de knoopplaten hier een „kritieke” stijfheid. Bij een enigszins andere uitsnijding zou de maximale schuifspanning nog geringer kunnen worden.

Bij de tweede beproeving, waarbij de buis in verticale zin was omgekeerd, traden wederom grote schuifspanningen op, overeenkomstig de gevonden tendenz bij de voorgaande beproevingen.

Uit het bovenstaande moge blijken, dan een doelmatige knoopplaatvorm in de zin, zoals bij het derde model werd toegepast, een gunstige invloed uitoefent op het verloop van de krachtsoverdracht van de buiswand naar de knoopplaten. Een rechte beëindiging bleek in dit opzicht bij alle proefnemingen ongunstig te zijn.

About the influence of the form of some gusset plates on the distribution of stress in a joint of a space truss

In accordance with the results of an investigation, it is shown that an appropriate form of the gusset plates may exercise a favourable influence on the distribution of stress in a point of junction of a three-dimensional framework.