

VREEDENBURGH EN HET EXPERIMENTEEL ONDERZOEK

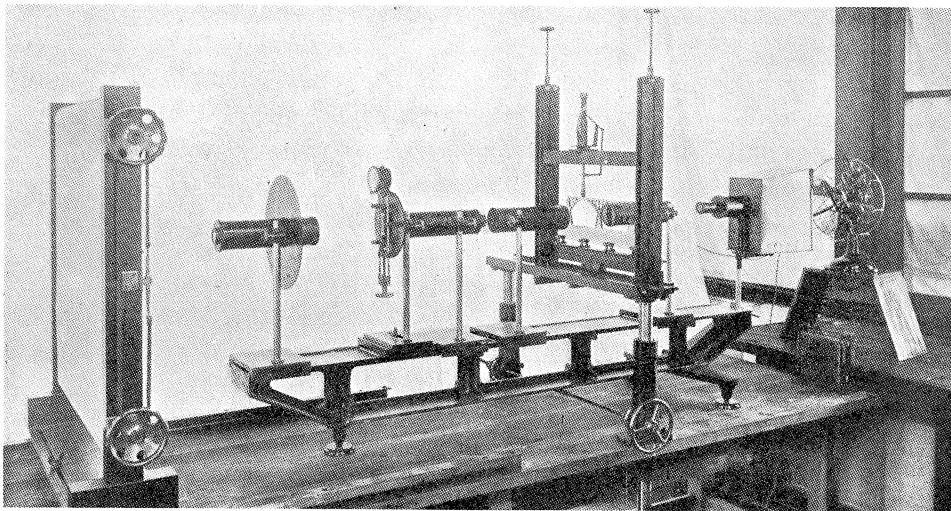
„L'expérience est la source unique de la vérité”.

Deze uitspraak van HENRI POINCARÉ gaf VREEDENBURGH bij de geboorte mee aan de WGS-Mededelingen (de voorloper van *Heron*). Ook zijn eigen instelling tegenover de mechanica heeft hij daarmee treffend gekarakteriseerd. Hoezeer hij ook zelf in hoofdzaak van analytische methoden gebruik maakt, toch wordt daarbij nooit uit het oog verloren, dat het erom gaat een fysische realiteit te beschrijven. Voor vernuftige mathematische oplossingen van een academisch probleem kan VREEDENBURGH ook slechts dan waardering opbrengen, als het probleem zo is gesteld, dat het verkregen resultaat een duidelijke samenhang met een werkelijk optredend verschijnsel vertoont.

Reeds in het begin van de dertiger jaren, toen het nog in het geheel geen gemeengoed was, dat in de mechanica experimenteel onderzoek bij het oplossen van praktische problemen kon worden gebruikt, richtte VREEDENBURGH in Bandoeng een laboratorium voor foto-elastisch spanningsonderzoek in, en experimenteerde hij met een analogiemodel voor het oplossen van problemen op het gebied van grondwaterstroming [1931²].

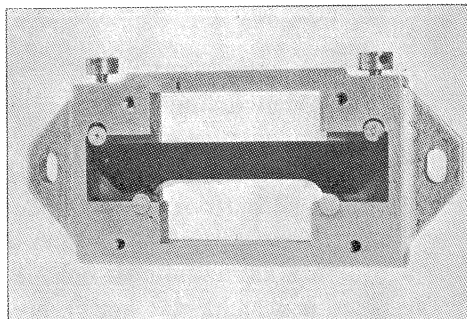
In 1930 met verlof in Nederland vertelde hij het een en ander over experimenteel spanningsonderzoek [1929¹]. Uit de beschrijving in *De Ingenieur* van zijn Bandoengse laboratorium, [1932; zie ook 1931¹⁻³], blijkt wel dat hij

Opstelling voor foto-elastisch spanningsonderzoek, T.H. Bandoeng [1932]



ook op experimenteel gebied de gave bezat om met eenvoudige originele middelen goed bruikbare resultaten te bereiken. De toenmalige foto-elastische materialen waren niet erg gevoelig en vrij sterk aan krimp onderhevig. Om enige meetnauwkeurigheid te verkrijgen moest een compensator worden gebruikt. De buigstaafcompensator die hij gebruikte in plaats van de toen

Eenvoudige buigstaafcompensator
(T.H. Bandoeng) [1932]



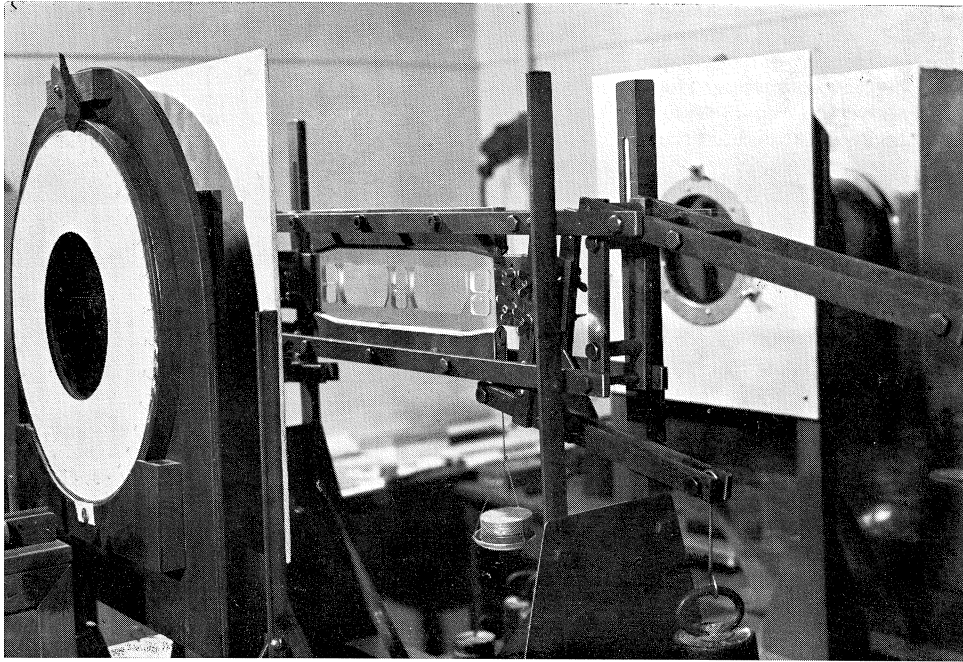
gangbare kristalwigen (BABINET-SOLEIL e.d.) was een hulpmiddel, dat uitmuntte door eenvoud en dat gemakkelijk aan het gebruikte modelmateriaal kon worden aangepast.

Al heeft VREEDENBURGH na zijn terugkeer in Nederland in 1939 zelf niet meer experimenteel gewerkt, toch heeft hij eerst bij de werkgroepen Gewapend beton en Staal van TNO en later ook op vele andere manieren bevorderd, dat er experimenteel werk gebeurde.

Zelf herinner ik mij nog heel goed, dat ik mij in 1947 als beginnend student-assistent in de toegepaste mechanica bij VREEDENBURGH meldde. Mijn eerste opdracht was een boek over experimenteel spanningsonderzoek te bestuderen. Door het college „bijzondere onderwerpen uit de toegepaste mechanica” was mijn belangstelling voor experimenteel spanningsonderzoek reeds gewekt, zodat veel van de inhoud mij bekend voorkwam. Merkwaardig was echter, dat ik kort daarna ontdekte, dat de hele outillage op dit gebied waarover de Afdeling Weg- en Waterbouwkunde van de T.H. toen beschikte, bestond uit twee doosjes rekstrookjes en enkele uit Engeland afkomstige „akoestische rekmeters”, beide echter zonder de bijpassende meetapparatuur.

Langzamerhand begon nu zowel bij de T.H. als bij TNO het experimenteel spanningsonderzoek op gang te komen. Voorlopig viel de aandacht nog vooral op het elastische gedrag van constructies. Bij de T.H., Afdeling der Weg- en Waterbouwkunde werd o.a. een opstelling voor foto-elastisch spanningsonderzoek gebouwd en kwam de moiré-methode tot ontwikkeling, bij TNO werden een stalen model van een paddestoelvloer en een stalen model van een plaatbrug uitvoerig bestudeerd.

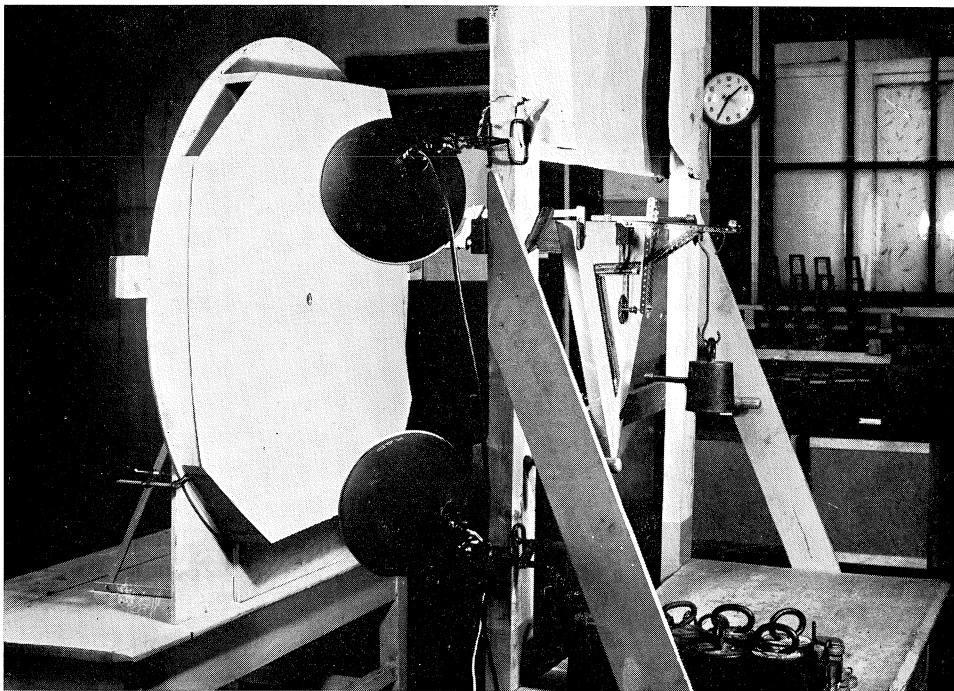
Zo nu en dan, met name bij de bestudering van de sterkte van lasnaden bij TNO, werd ook reeds aandacht besteed aan de invloed van de werkelijke



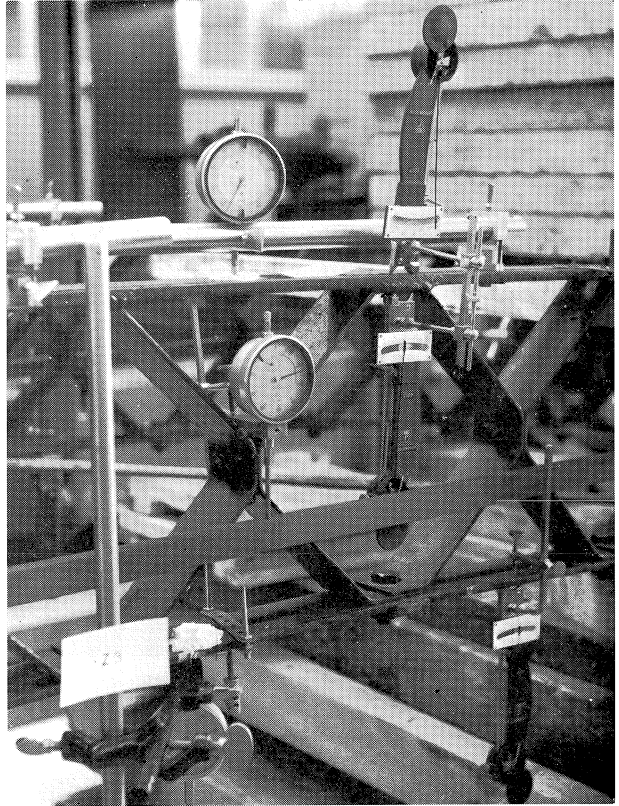
Opstelling voor foto-elastisch spanningsonderzoek

(Afd. der Weg- en Waterbouwkunde, T.H. Delft, \pm 1949)

Opstelling voor onderzoek met moiré-methode van een belaste plaat



Onderzoek van een stalen ligger (\pm 1952) met toen gebruikelijke apparatuur: meethorloges voor verplaatsingsmeting; Hugenbergmeters voor rekmeting; zelfvervaardigde krommingsmeters



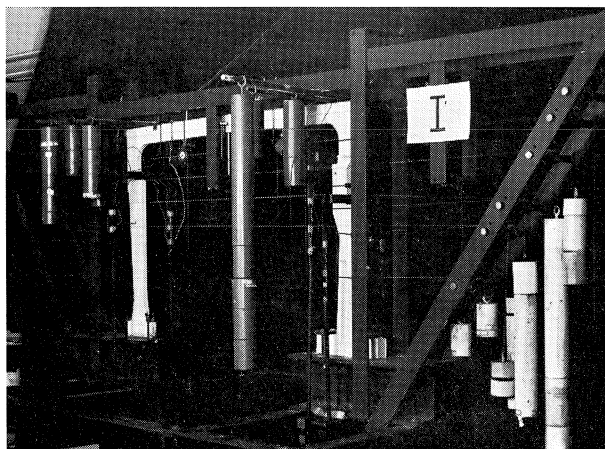
materiaaleigenschappen op de sterkte. De techniek voor rekmetingen stond op dat moment nog in de kinderschoenen; vooral voor niet geheel homogene materialen zoals gewapend beton, waarbij een grote meetlengte nodig is en een groot aantal meetpunten moet worden afgetast, waren metingen zeer beperkt van opzet waren. Hooggespannen verwachtingen werden gekoesterd van de verdieping van het inzicht in het werkelijke gedrag van constructies, die door een uitbreiding van dergelijke metingen zou kunnen worden verkregen.

Als gevolg van toenemende internationale contacten werden de akoestische rekmeter en de afneembare rekmeter uitvoerig onderzocht. De eerste is nooit een succes geworden, de afneembare rekmeter heeft echter in een groot aantal steeds eenvoudiger en betrouwbaarder uitvoeringen bijzonder veel bijgedragen om het ideaal van het snel aftasten van een groot aantal meetpunten met betrekkelijk korte tijd van voorbereiding te verwezenlijken.

Ondertussen begon echter ook het inzicht te dagen, dat men er met het meten aan werkelijk uitgevoerde constructies alleen niet kwam, zeker niet voor een materiaal als gewapend beton. Bij een proefbelasting kan slechts een klein belastingstraject worden afgelegd. In het gebruiksstadium kunnen reeds scheu-

ren aanwezig zijn, of ze ontstaan wellicht onder invloed van de proefbelasting, terwijl het uiteraard vrijwel nooit mogelijk is de constructie tot bezwijken te belasten. Uit een „meting op de bouwplaats” kunnen dus moeilijk gegevens worden verkregen over het elastische gedrag, terwijl de uiteindelijke sterkte geheel een vraagpunt blijft. Steeds duidelijker werd ingezien, dat de belasting waarbij een constructie werkelijk bezwijkt en de manier waarop dit bezwijken plaatsvindt, vrijwel onmisbare en in elk geval bijzonder belangrijke gegevens zijn als men een constructie ontwerpt. Weliswaar had ook bij de eerste onderzoekers die zich met betonconstructies bezighielden, zoals BACH en GRAF, dit inzicht reeds bestaan, maar de conclusie die werd getrokken, dat door de toepassing van de „*n*-methode” gecombineerd met een elastische berekening een veilige constructie kan worden verkregen, had dit weer enigszins in het vergeetboek doen raken. Doordat nieuwe constructievormen, zoals schaaldaken, in snel tempo een grote vlucht namen, werd de belangstelling voor het werkelijke gedrag van constructies sterk gestimuleerd. De geruchten dat BENITO in Spanje erin geslaagd zou zijn om betonconstructies en zelfs schaaldaken op kleine schaal na te bootsen en daardoor betrouwbaarder gegevens over scheurvorming en bezwijktoestand kon verkrijgen, leidden ertoe serieuze aandacht aan dergelijke mogelijkheden te schenken. Van het bij TNO op dit gebied verrichte werk (met beproevingsmodellen in zgn. microbeton) werd reeds in 1955 in de IBC-Medelingen een overzicht gegeven, dat de grote mogelijkheden van dergelijke technieken deed uitkomen.

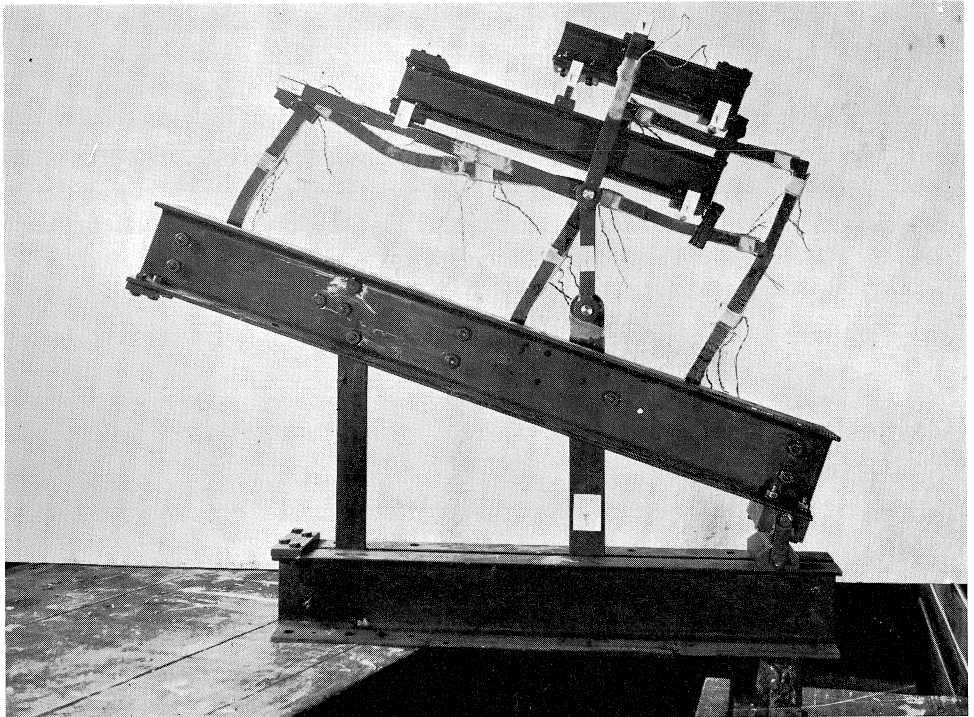
Beproeving van een portaalmodel in microbeton (1957)



Intussen stond ook de theorie niet stil. Wat betonconstructies betreft kwam door een Amerikaanse publikatie in 1953 de reeds vele jaren oude vloeilijntheorie van JOHANSEN onder de algemene aandacht. Voor staalconstructies werd vooral in Engeland o.a. door BAKER, SYMONDS en NEAL de bezwijkanalyse ontwikkeld, waarbij het streven was een zeer eenvoudige rekenmethode te ont-

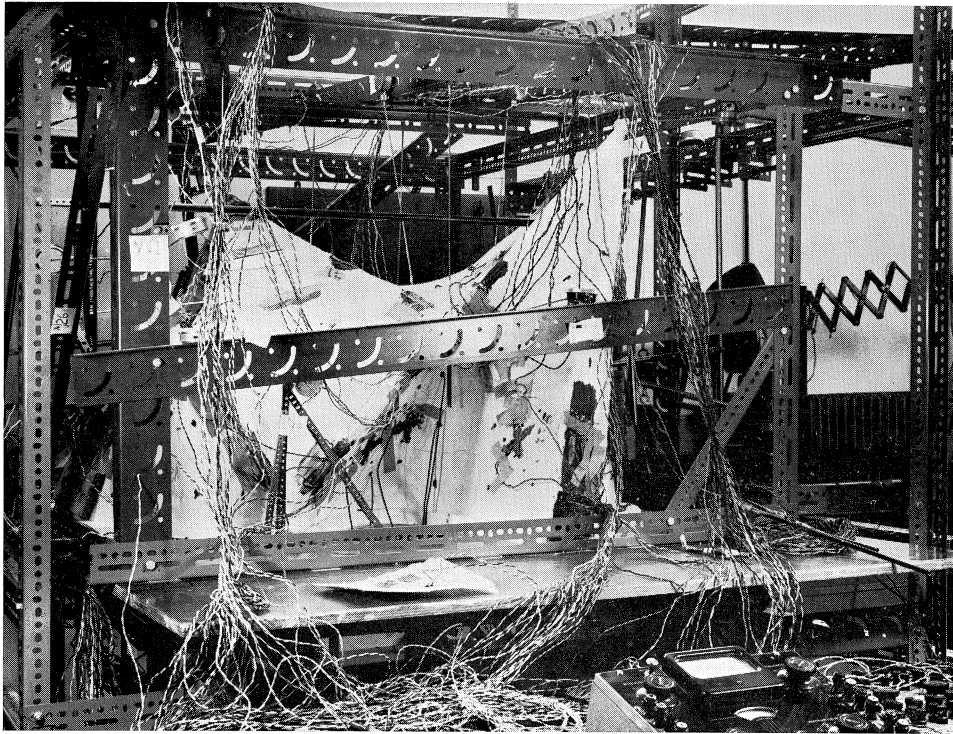
wikkelen om de bezwijklast en de bezwijktoestand van een stalen raamwerk te voorspellen.

VREEDENBURGH onderkende eerder dan zijn medewerkers het grote belang van een dergelijke uiterst aanschouwelijke benadering van sterkteproblemen, en gaf reeds in 1953 colleges over plasticiteit en bezwijkanalyse. Met medewerking van het Delfts Hogeschoolfonds stelde hij achtereenvolgens een aantal assistenten aan die belast werden met de taak deelproblemen op dit gebied te onderzoeken, waarbij vooral werd getoetst of de theoretische voorspellingen voldoende veilig en voldoende nauwkeurig waren, en of bijzondere verschijnselen zoals voortgezet vloeien bij bepaalde cyclisch wisselende lastsystemen ook inderdaad optraden.

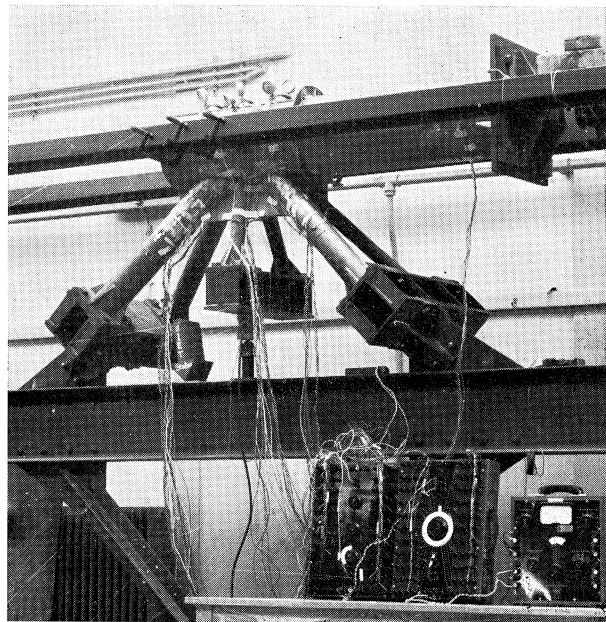


Meting aan een model van een stalen portaalstelsel om de plasticiteitstheorie te toetsen (\pm 1953)

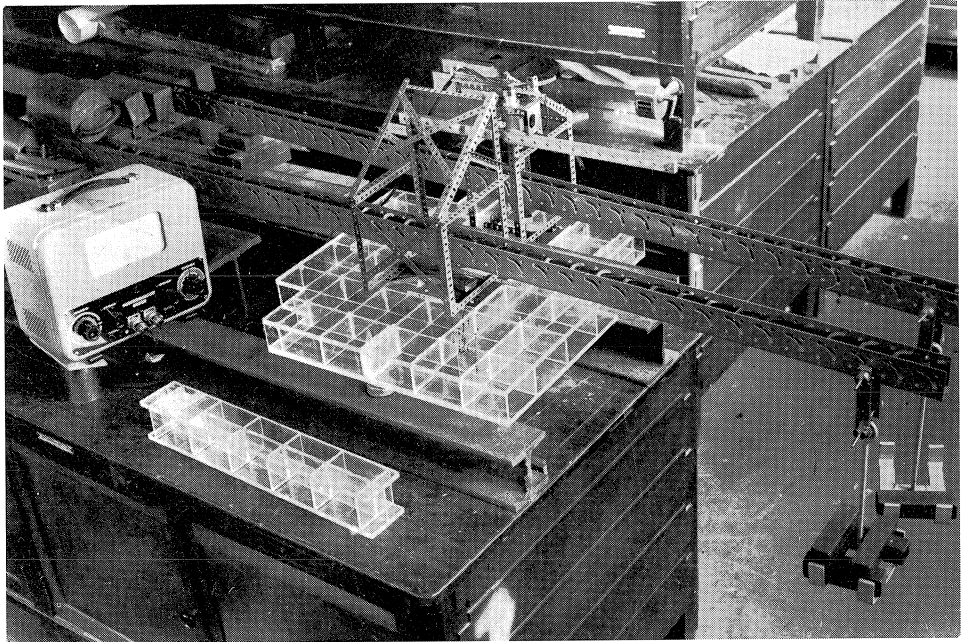
Inmiddels was een situatie ontstaan waarin ook de praktijk de mogelijkheden van experimenteel onderzoek ten behoeve van de sterkteberekening van constructies begon in te zien. In de aanloopperiode heeft VREEDENBURGH daarbij vaak op mogelijkheden gewezen en de eerste contacten gelegd. Interessante opdrachten zoals die van het foto-elastisch onderzoek van de tunnels te Velsen en die van het modelonderzoek van het Philipspaviljoen op de wereldtentoonstelling te Brussel, kwamen door zijn bemiddeling tot stand.



Model van het Philipspaviljoen („Expo '58") in onderzoek bij TNO-IBBC



Onderzoek van vakwerkknoop-
punt met aansluitende buis-
vormige staven (TNO-IBBC
 \pm 1956)



Perspex model van machinefundament onder proefbelasting (\pm 1953)

Theorie en experiment konden samen worden gebruikt voor het bestuderen van het werkelijke gedrag van constructies. Dit leidde tot een groot aantal onderzoeken van algemene aard, waarbij niet alleen eigen denkbeelden van de onderzoekers werden uitgewerkt, maar waarbij ook vaak speurwerkgroeperingen zoals CUR en CRS door het instellen van commissies en het beschikbaar stellen van gelden er belangrijk toe bijdroegen om een levend contact tussen wetenschappelijk onderzoek en praktijk te doen ontstaan.

Hoezeer dit de laatste jaren is uitgegroeid behoeft voor de lezers van *Heron* niet nader te worden uiteengezet. Wel dient te worden geconstateerd, dat de visie van VREEDENBURGH en het enthousiasme waarmee hij die visie op anderen overdroeg bij deze ontwikkeling een zeer belangrijke rol heeft gespeeld. Dat hij met zijn visie in vele gevallen gelijk heeft gehad, is door de praktijk bewezen. Ook in dit opzicht geldt: l'expérience est la source unique de la vérité.

F. K. L.