

## B. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE 17.

INHOUD: Het ongeval met de brug over het Albertkanaal nabij Hasselt, door B. — Gehuidsisolatie van plafonds, door prof. dr. C. ZWIKKER. — Boekennieuws: Dr. Ing. e.h. L. BRIENNECKE, Der Grundbau, door ir. C. FRANK, HAHN en RIETSCHEL: Langdurige waterstandswaarnemingen aan de Oostzee, door v. V. — Korte techn. berichten: Voortplanting van gebiedsgolven in een zaal.

### Het ongeval met de brug over het Albertkanaal nabij Hasselt.

De instorting van de brug bij Hasselt op 14 Maart 1938 heeft niet nagelaten in alle kringen diepen indruk te verwekken, te meer waar deze brug, op 19 Januari 1937 voor het verkeer opengesteld na een gehouden proefbelasting, van soortgelijke vorm en constructie is als een groot aantal andere bruggen over het Albertkanaal.

Dat er in ingenieurskringen meer dan gewone belangstelling is voor dit ernstige ongeval, hetwelk gelukkig geen menschenlevens heeft gekost, behoeft geen verwon-

dering te wekken, immers bij den huidige stand der brug-gentechniek kan een gebeurtenis als de onderwerpelijke wel tot de zeer hoge uitzonderingen gerekend worden.

Ten einde een beter begrip van de aangelegenheid te kunnen krijgen, moge, aan de hand van fig. 2 t/m 5, een korte uiteenzetting van de brugconstructie den lezers niet worden onthouden.

De hoofdliggers van de brug, welke een overspanning van 74.52 m heeft, zijn electrisch gelaschte Vierendeel-liggers met gebogen bovenrand. Bekend mag worden verondersteld, dat Vierendeel-liggers, waarvoor de berekeningsmethoden de laatste jaren steeds meer zijn vervolmaakt, in België zeer gewild zijn.

De hoofdliggers, h.o.h. 10.30 m, zijn in 12 velden onderverdeeld. Dwaarsdragers met uitgebouwde voetpadconsoles bevinden zich niet alleen in de knooppunten, maar ook in de middens der velden. Het onderwindverband wordt gevormd door een dubbel systeem van gekruiste diagonalen, terwijl het bovenverband, gevormd uit koppelstaven van normaal profiel in de knooppunten niet zoo zeer een windverband dan wel een eenvoudige knikkoppeling tusschen de bovenrandstaven over het middelste bruggedeelte vormt. De rijvloer, ter breedte van 9.50 m, waarop aan één zijde een transpoor, is samengesteld uit een gewapend betondek, dragende op ingebetonnerde ijzeren langslig-

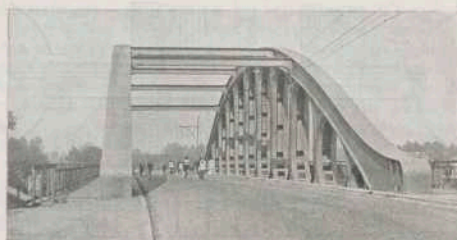


Fig. 1. IJzeren Vierendeel-brug te Hasselt vóór het ongeval.

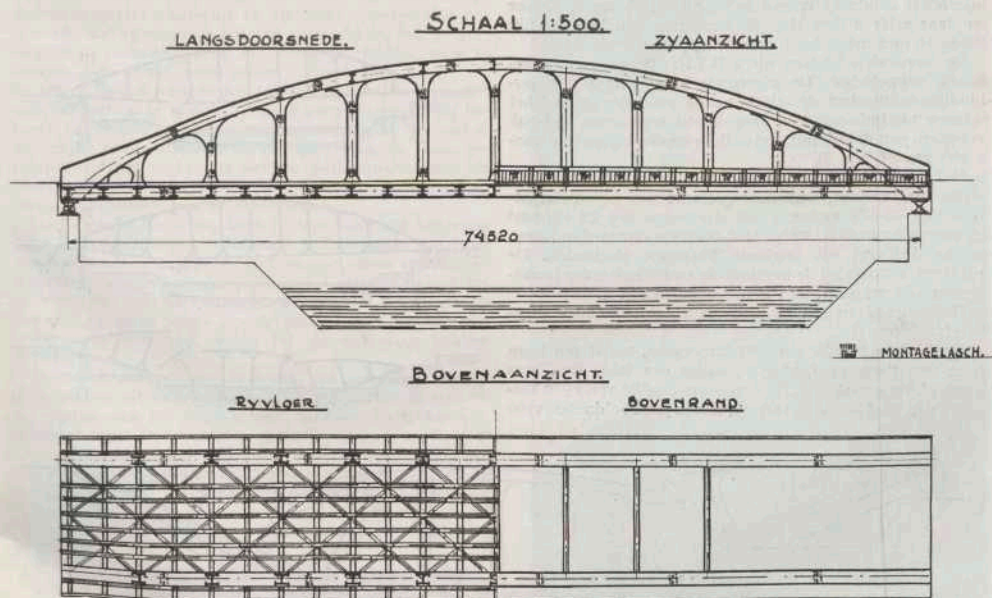


Fig. 2. Aanzicht en plattegrond van de brug.

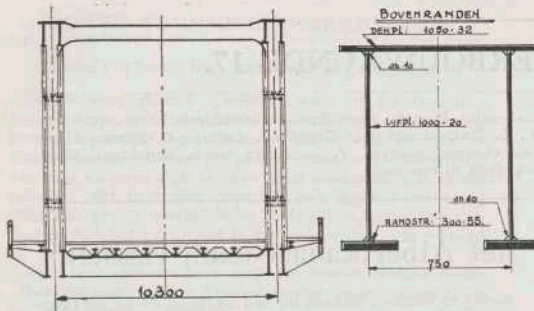


Fig. 3. Dwarsdoorsnede van de brug.

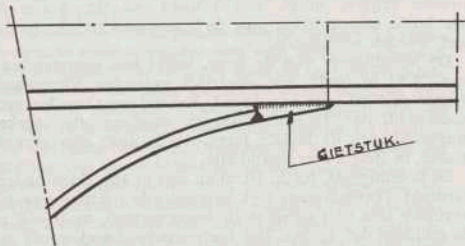


Fig. 5. Detail verbinding buitenrand knoopplaat met bovenrand.

gers, waarop een dek van asfaltblokken met keien in het tramspoorgedeelte; het uitkragende voetpad is eveneens van gewapend beton.

De hoofdliggersranden zijn blijkens fig. 4 samengesteld uit dubbele lijfplaten met gelaschte flens- en dekplaten; bijzondere aandacht vragen de zeer dikke flensplaten, hier en daar zelfs dikker dan 45 mm, met een betrekkelijk lichte 10 mm dikke lasch aan de lijfplaten verbonden.

De verticale bestaan uit 2 D.I.R. 70 met een aangelascht koppelschot. De afgeronde knoopplaten der verbindingen tusschen de stijlen en de randen zijn aan het scherpe uiteinde van een aangelascht wigvormig gietstuk voorzien, een detailpunt, hetwelk eveneens bijzondere aandacht vraagt (fig. 5).

Het plaat- en stripmateriaal is Thomas staal van Belgische walswerken, waarvoor geëischt was een trekvastheid van 42—52 kg/mm<sup>2</sup>, een strekgrens van 28 kg/mm<sup>2</sup> en een rek van min. 22%. Het lassen der verbindingen is geschied met dik bekleede Thermarc elektroden. De plaatsen, waarop bij de montage de onderdelen der hoofdliggers zijn gelascht, zijn aangegeven in fig. 2.

Het ongeval nu schijnt zich als volgt te hebben afgespeeld.

Op 14 Maart 1938 om 8.20 's morgens, nadat een tram juist was gepasseerd, stortte, nadat een luide knal was gehoord, de brug ineen. De 6 minuten, welke verliepen tusschen den knal en de instorting, waren juist voldoende voor

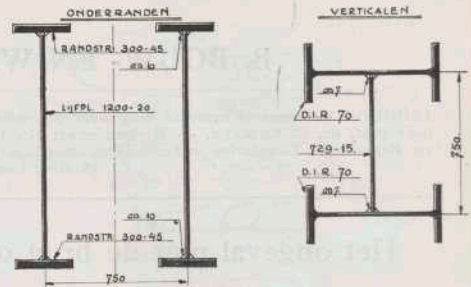


Fig. 4. Profielen.

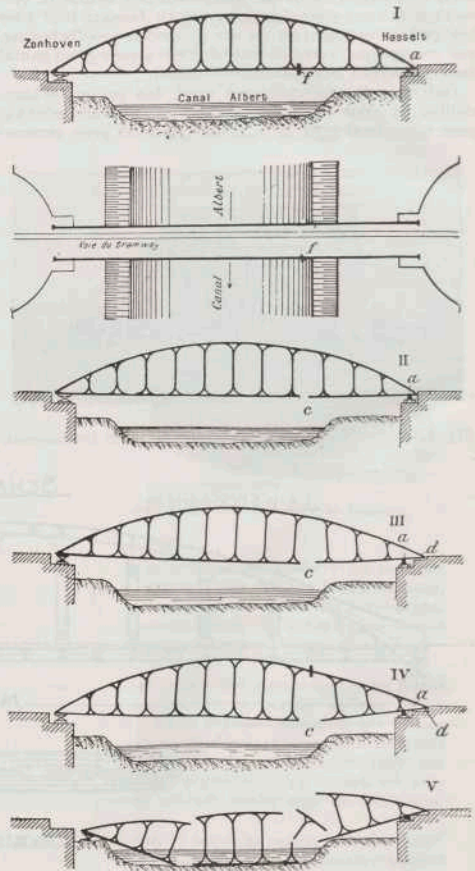


Fig. 6. Waarschijnlijke phasen van het ongeval.





Fig. 7. Ingestorte brug.

de enkele voetgangers op de brug om zich in veiligheid te stellen.

Naar de verklaring van ooggetuigen zou de instorting zijn ingeleid door een (vermoedelijk voorafgegaan door of gepaard gaande met het bezwijken van een verbinding dwarsdrager — onderrand in het betreffende veld) gapende scheur in het 4e veld vanaf het zuidelijke brugende in den westelijken hoofdligger, waarna vervolgens de bovenrand als boog is gaan werken, met als gevolg het afschuiven van het bovenste gedeelte van den frontwand van het noordelijk landhoofd (fig. 11), waarna de oostelijke hoofdligger is bezweken en de brug in 3 gedeelten uiteenviel (fig. 7), waarbij het onderende van het middengedeelte, voor een nader onderzoek juist het meest belangrijke, onder water kwam. Montagelassen bevonden zich blijkens fig. 2 in het veld, waarin de eerste scheuren waren geconstateerd.

Reeds aanstonds na het ongeval doken er allerlei geruchten op omtrent de vermoedelijke oorzaken van het ongeval; ook de technische periodieken in België en het buitenland meenden, aan de hand van een onmiddellijk daarna ingesteld plaatselijk en uiteraard oppervlakkig onderzoek, aanwijzingen te moeten verstrekken, dat de vermoedelijke oorzaak wel in deze of gene richting ware te zoeken. Een direct aanwijsbare oorzaak valt echter uit de tot op heden verschenen talrijke publicaties over het ongeval niet op te maken, hetgeen geen verwondering behoeft te wekken wanneer men bedenkt, dat de onderwerpelijke brug, beproefd bij de oplevering, na reeds geruimen tijd het verkeer te hebben gediend, geenszins als proefkonijn van een nieuw brugtype of een bijzonder uitvoeringssysteem was te beschouwen.

De Belgische Regeering heeft in deze haar taak begrepen door onmiddellijk een commissie te benoemen om haar van voorlichting te dienen. Het rapport dezer commissie, waarnaar bruggentechnici reikhalzend uitzien, mocht tot op heden het licht niet aanschouwen, zoodat het voorbarig zou zijn op deze plaats gevolgtrekkingen te formuleeren omtrent de oorzaken, welke tot de instorting hebben geleid.

Niettemin mogen aan de hand van een door talrijke deskundigen uit verschillende landen ingesteld onderzoek ter plaatse van het ongeval met daaraan vastgeknoopte beschouwingen in technische periodieken<sup>1)</sup> en reeds vóór het noodlottige tijdstip bekend geworden omstandigheden wel eenige feiten naar voren worden gebracht, welke van voldoende belang geacht kunnen worden om, zij het dan ook met de noodige reserve, den lezers eenige aanwijzingen te kunnen geven voor de vorming van een voorloopig oordeel.

Behalve de vorengenoemde hoofdbraken op de schei-

<sup>1)</sup> *Génie Civil*, 11 Juni 1938 waaraan ontleend het bovenste gedeelte van fig. 6, en 23 Juli 1938; *Engineering News Record* 18, Augustus 1938; *Schweizerische Bauzeitung*, 13 Augustus 1938; *The Engineer*, 17 Juni 1938; *Engineering*, 17 Juni 1938.

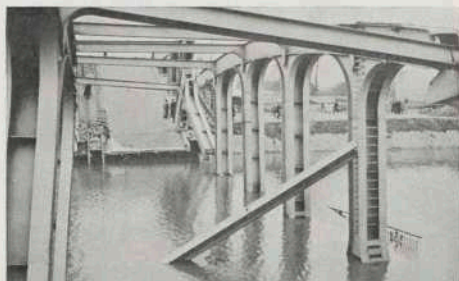


Fig. 8. Doorzicht na de instorting.

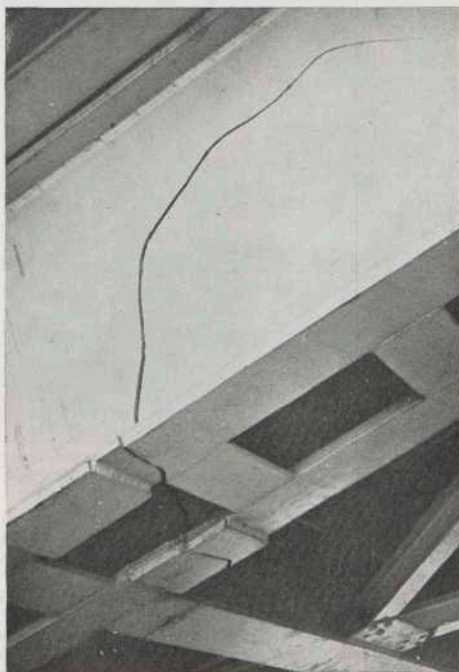


Fig. 9. Breuk in oostelijken onderrand in en nabij lasch.



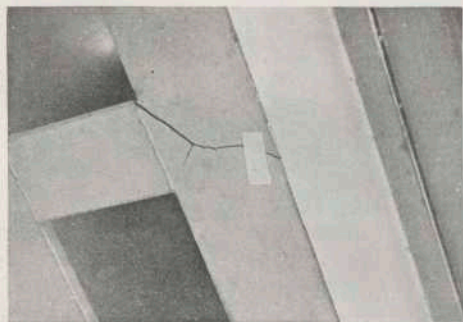


Fig. 10. Breuk in westelijken onderrand bij koppelplaat.

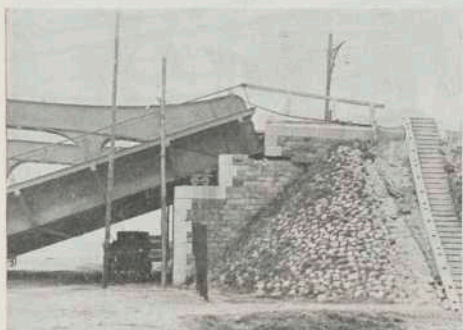


Fig. 11. Afschuijing bovengedeelte landhoofd.



Fig. 12. Neergevallen gedeelte bovenrand; men lette op de schiffelige breuk rechts.

ding van de 3 stukken, vertoonen de verschillende onderdelen op tal van plaatsen min of meer ernstige scheuren of barsten.

De breukvlakken wekken nagenoeg alle den indruk alsof het materiaal als glas is gebroken.

Plaatselijke sterke vormveranderingen, gepaard gaande met groote buiging, verwringing, enz., zooals veelal optreedt bij een normale langzame breuk van taai vloeijzer, konden nergens worden geconstateerd; duidelijk moge dit blijken uit breuken in den bovenrand, zooals voorkomen

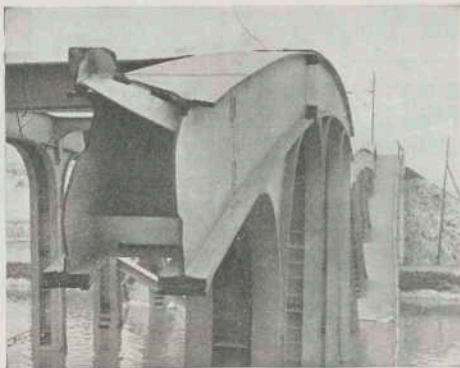


Fig. 13. Breuk in bovenrand, uitgaande van wigvormig gietstak.

in fig. 12 en 13. Ongetwijfeld zal dit, voor een langzame breuk, ongewone uiterlijk van de breukvlakken bij velen sterk de aandacht hebben getrokken.

Opvallend is een breuktype, voorkomende b.v. in fig. 9 en 10, uitgaande van een koppelplaat aansluiting van den onderrand; dergelijke breuken zouden kunnen wijzen op kerfwerking.

Ook vertoonen enkele seheuren lichte roestvorming, wijzend op de mogelijkheid van een oudere breuk. Breuken, mede op kerfwerking duidende, zijn veelvuldig geconstateerd in de onmiddellijke nabijheid van of uitgaande van de lasseten, in mindere mate in de lasseten zelf.

Het broze uiterlijk der breukvlakken, dat voor velen moeilijk in overeenstemming was te brengen met de gevorderde materiaaleischen, kan zeer wel verklaard worden uit het plotselinge optreden dier breuken (z.g. schrikbreuken) bij de instorting, zoodat dit verschijnsel niet aanstands op materiaal fouten behoeft te wijzen. De bijzonder groote stijfheid van het Vierendeeltype, waarvan een afgebroken onderdeel, zooals een randgedeelte tusschen de knoopplaten, door de groote stijfheid bovendien slechts geringe vervorming zou toelaten, kan hierbij mede van invloed zijn geweest (fig. 13).

In verband met vorenstaande beschouwingen over de scheurvorming moge worden verwezen naar een tweetal publicaties, kort na het ongeval verschenen van terzake deskundigen en wel van:

Prof. E. FRANÇOIS, in *l'Ossature Métallique* van Mei 1938; H. GERBEAUX in *Revue de la Soudure Autogène* van April 1938.

Prof. FRANÇOIS deelt mede, dat plotselinge breuken, vergezeld van een luiden knal, geconstateerd waren bij andere gelaschte Vierendeelbruggen, zoowel in de constructiewerkplaats als op montage, wijzende op inwendige voorspanningen; bij één der vele, volgens deze constructiewijze gebouwde bruggen werd na den laatsten laschnaad de hoofdligger 3 cm vrij van de oplegging gelicht.

Dat bij de ongetwijfeld zeer stijve Vierendeelliggers door de plaatselijk hoge laschverhittingen min of meer hoge voorspanningen, welke mogelijk aanleiding hebben gegeven tot verborgen haarscheuren of een structuurwijziging in het materiaal zijn opgetreden, behoort evenmin tot de onmogelijkheden.

Prof. FRANÇOIS wijst er met nadruk op, dat bij elders gelaschte vakwerkbruggen, waarbij de staven veelal lichter en de verbindingen minder stijf zijn, zoodat secundaire vervormingen en spanningen minder nadeelig zijn, deze moeilijkheden zich niet hebben voorgedaan.

Een montageprogramma, gebaseerd op het vermijden van te hoge voorspanningen, de laschvolgorde, niet te dikke flensplaten, geschikt staal enz. het zijn alle even



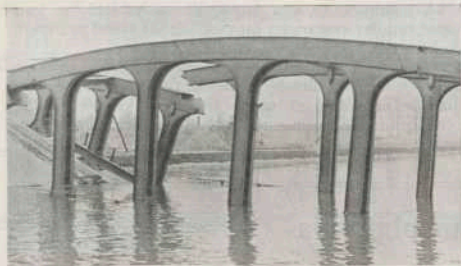


Fig. 14. Noordelijk bruggedeelte; scheuren in bovenrand, uitgaande van of nabij wigvormige stukken en scheuren in verticalen op waterspiegel.

zoovele factoren, welke, naar de meening van prof. FRANCIS, de volle aandacht verdienen en nog veel onderzoekingsarbeid zullen vorderen om hen volledig te kunnen beheerschen.

Dat tengevolge van de inwendige voorspanningen en daarmee gepaard gaande vervorming van de op montage aangevoerde onderdeelen het passend maken der voegen wellicht, onder aanwending van krachten, de laschwerkzaamheden bij de montage eenigszins zou hebben bemoeijlikt, is in het licht van vorengenoemde beschouwingen niet onmogelijk.

Naar de meening van H. GERBEAUX en meerdere anderen waren de lasschen niet feilloos; de breuken, waarvan er eenige, blijkens geconstateerde roestverschijnselen, van ouderen datum vermoed werden, zouden door haar uiterlijk kunnen wijzen op staal van zeer middelmatige, voor het onderhavige doel wellicht minder geschikte kwaliteit, een meening, die blijkens voorafgaande beschouwingen voor wederlegging vatbaar is.

Een verschijnsel, door vele aandachtige waarnemers geconstateerd, is de op meerdere plaatsen gevonden scheurvorming onmiddellijk achter, of uitgaande van de lasschen der wigvormige stukken aan de randen der knoopplaten (fig. 5); fig. 13 geeft een duidelijk beeld van een dergelijke scheur, evenals het verloop van eenige soortgelijke scheuren in fig. 14. In het bijzonder wordt daarbij gewezen op de sterk verhoogde spanningen, welke mede als gevolg van de beschreven voorspanningen bij bruggen volgens dit type in die randovergangen kunnen optreden, en/of de kerfwerking.

Betreffende de lasschen zelve, blijkens geuite meeningen en, zooals reeds opgemerkt, niet overal feilloos (fig. 15), kan worden vermeld, dat er na het ongeval wel eenige laschbreuken gevonden zijn (fig. 9 en 15), maar breuken, uitgaande van kerfwerking(?), nabij of iets verderaf in het moedermateriaal, zijn veelvuldiger. Door de instorting, dus door de schokwerking, zullen naar alle waarschijnlijkheid een groot aantal breuken zijn ontstaan, welke voor een juiste beoordeeling van de vermoedelijke oorzaken van weinig waarde zijn. Het resultaat van de vermoedelijke oorzaken der primaire breuken, die de instorting hebben veroorzaakt, dient, echter, zooals gezegd, te worden afgewacht.

Resumerende moge dan ook worden volstaan met de opmerking, dat uit de velerlei aanwijzingen, gebaseerd op waarnemingen ter plaatse na het ongeval en beschouwingen in publicaties, de vele hiervoor genoemde factoren, welke ieder voor zich of gezamenlijk verantwoordelijk kunnen worden gesteld voor het ongeval, in het huidige stadium, nu het onderzoek nog gaande is, tot slechts meer of minder sterk uitgesproken vermoedens aanleiding kunnen geven.

Voor den bruggenbouw en in het bijzonder voor de verdere ontwikkeling van de laschtechniek is het van het allergeeueste belang, dat het door de Belgische Commissie ingestelde onderzoek positieve resultaten afwerpt. Immers, geldt niet in sterke mate in de techniek het gezegde, dat



Fig. 15. Breuk in onderrand, samenvullend met lasch.



Fig. 16. Breuk in onderrand in moedermateriaal; let op structuur breukvlak.

men meer profijt trekt van een ongeval bij een bouwwerk dan van het welslagen daarvan?

Zij, die op eigen gelegenheid of tijdens de excursie van het Instituut op 25 Mei j.l. ongetwijfeld vol deernis de resten aanschouwden van deze, aesthetisch zoo welgeslaagde brug, zullen weinig vermoeden gehad hebben, dat de, door ir. BIJLS tijdens zijn op 17 Dec. 1937 gehouden voordracht over de werken van het Albertkanaal voor de Afdeling Bouw- en Waterbouwkunde, uitgesproken verwachting, inhoudende dat in het belang van de technische wetenschap de collega's uit de nabuurlanden elkaar niet alleen van de goede, maar ook van de minder goede resultaten hunner werkzaamheden op de hoogte zouden moeten stellen, reeds zoo spoedig in vervulling moest gaan. Immers



zonder schroom of terughoudendheid hebben de Belgische ingenieurs onmiddellijk na het ongeval niet alleen de Nederlandsche, doch ook andere buitenlandse collega's in den ruimsten zin des woords gelegenheid gegeven zich van alle omstandigheden ter plaatse volledig op de hoogte te stellen en hen van ruime voorlichting te dienen.

Daarvoor past ons een woord van diepe erkentelijkheid, daarnaast tevens een woord van medeleven met hen, die,

naar wij hopen, door een onvoorzien samenloop van factoren, één der vele onder hun leiding tot stand gekomen fraaie bruggen ten onder zagen gaan.

Met een woord van dank aan de irs. RENGERS en VAN AALST voor de welwillende beschikbaarstelling van eenige ter plaatse door hen genomen foto's ter verduidelijking van bovenstaande beschouwingen, moge hier worden besloten. B.

## Geluidsisolatie van plafonds

door

prof. dr. C. ZWIKKER.

Elf vloertypen, alle met houten balklaag en pleisterplafond, worden vergeleken. De geluidsisolatie wordt in verband gebracht met het gewicht en den prijs.

Het behoeft nauwelijks betoog, dat de geluidsisolatie van plafonds, die twee woningen van elkaar scheiden, niet alleen den bewoners, maar ook den eigenaars interesseert. Het hieronder beschreven onderzoek is verricht op gezamenlijke kosten van de Geluidsstichting en een woning-exploitant, welke laatste met nieuwe bouwplannen rondliep en daarom wilde weten wat de eigenschappen waren van vroeger uitgevoerde vloeren. De totale kosten van het onderzoek bedroegen f 130,—, waarvan de Geluidsstichting en de eigenaar ieder de helft betaalden. De middelen van de Geluidsstichting staan toe, op dezelfde wijze met andere huiseigenaren samen te werken. Geïnteresseerden gelieven zich te wenden tot het secretariaat van de Geluidsstichting, Mijnbouwplein 11 te Delft.

De typen der onderzochte plafonds zijn weergegeven in fig. 1. In alle constructies was de afstand der balken 0,65 m. De enkele balken waren van het profiel 8/20, bij gescheiden plafondbangers was het profiel van den plafondbanger 4/12½. Alle huizen waren op het oogdenblik der proefnemingen zes jaar bewoond.

Als standaardplafond kan men beschouwen het eerste plafond, een „gewoon“ Hollandsch plafond met stuc op tengel en riet. Uitgaande van dit standaardplafond zijn de volgende modificaties onderzocht:

- 1°. Er is overgegaan op losse plafondbangers.
- 2°. De dragende tengel-rietlaag voor de specie is vervangen door iets anders en wel resp. door een dikke rietlaag van 5 cm, een Heraklithplaat van 5 cm en door steengaas.
- 3°. Tusschen balk en tengel-riet-specie is nog extra aangebracht een rietplaat van 5 cm dikte.
- 4°. Tusschen vloer en plafond is een vulling aangebracht.
- 5°. Combinaties van 1°. en 2°. zijn onderzocht.

### MEETRESULTATEN

Nummer der constructie	Gewicht in kg/m <sup>2</sup>	Prijs per m <sup>2</sup>	Isolatie in decibels
1	53,30	f 1,40	45
2	59,30	- 2,70	45
3	79,80	- 2,50	44
4	56,45	- 1,70	50
5	62,45	- 3,10	50
6	82,95	- 2,95	51
7	70,30	- 3,55	54
8	58,30	- 3,10	55
9	47,80	—	46
10	67,80	—	45
11	62,80	—	46

#### ad 1°. Invloed losse plafondbanger.

In drie gevallen is de overgang van enkelen balk op vloer-balk + plafondbanger nagegaan kunnen worden. De geluidsisolatie nam hierdoor toe met resp. 5, 5 en 7 decibel. Het gewicht per m<sup>2</sup> nam telkens toe met een bedrag van 3,15 kg/m<sup>2</sup>, de kosten met resp. f 0,30, f 0,40 en f 0,45 per m<sup>2</sup>.

Globaal gesproken kunnen wij dus zeggen, dat overgang op een losse plafondbanger een extra effect sorteert van 6 decibel tegenover prijsverhoging van f 0,40 per m<sup>2</sup> en een gewichtsvermeerdering van 3,15 kg/m<sup>2</sup>.

#### ad 2°. Overgang op anderen drager voor de pleisterlaag.

Vervanging van tengel en riet door een dikke rietplaat, resp. een Heraklithplaat, had geen acoustisch effect. Daarentegen namen zoowel de gewichten als de prijzen toe. De vloeren met rietplaat waren ongeveer 6 kg/m<sup>2</sup> zwaarder en gemiddeld f 1,35 per m<sup>2</sup> duurder dan de vloeren met tengel en riet. De vloeren met Heraklith waren 26,5 kg/m<sup>2</sup> zwaarder en f 1,15 per m<sup>2</sup> duurder dan de vloeren met tengel en riet.

Ook de vervanging van tengel en riet door steengaas bracht geen effect, ofschoon er wel een gewichtstoename van 9,5 kg/m<sup>2</sup> optrad.

#### ad 3°. Invloed van extra rietlaag.

Wel werd er effect bereikt door een rietplaat of Heraklithplaat extra aan te brengen onder de tengels en wel bedroeg de verbetering van de isolatie 9 decibel, de gewichtstoename hierdoor was voor riet resp. Heraklith 17 kg/m<sup>2</sup>, resp. 37 kg/m<sup>2</sup>, de prijsverhoging f 2,10, resp. f 2,— per m<sup>2</sup>.

Op deze wijze is ook een Arcimat, 1 cm dik en gevuld met zeegras, onderzocht. Het resultaat was een isolatiewinst van 5 decibel bij een gewichtstoename van 2 kg/m<sup>2</sup> en prijsverhoging van f 1,40 per m<sup>2</sup>.

#### ad 4°. Invloed van vulling.

In enige gevallen is boven een steengaas-plafond een vulling aangebracht en wel resp. 7 cm glaswol en 15 cm rietbossen. Ook deze vullingen brachten geen acoustische verbeteringen, ofschoon de gewichtstoename in beide gevallen 5 kg/m<sup>2</sup> was.

#### Combinatie van losse plafondbangers en extra rietplaat.

Van de diverse modificaties zijn er twee, die een gunstig effect opleverden, namelijk de overgang tot losse plafondbangers en de tusschenvoeging van een rietplaat (of gelijkwaardig materiaal) tusschen de balklaag en de tengels. De vraag is, of toepassing van beide maatregelen een verbetering in de isolatie geeft, die de som is van de aparte effecten. Wij hebben den indruk, dat dit inderdaad het geval is. Deze overtuiging berust in hoofdzaak hierop,