

HYDRAULISCHE SCHOKDEMPERS

Expansiemogelijkheden in beveiligingsconstructies op kunstwerken

Een beschrijving van een aantal botsproeven in opdracht van de Rijkswaterstaatwerkgroep "Bermbeveiligingen", gehouden in 1971 op de Vlasakkers te Amersfoort

R-75-9

Voorburg, 1975

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

Voorwoord

1. Inleiding
 - 1.1. Doel van de proeven
 - 1.2. Te stellen eisen ten aanzien van de beveiligingsconstructies
 - 1.3. Te stellen eisen ten aanzien van de hydraulische schokdempers

2. Opzet proevenprogramma
 - 2.1. Proefterrein
 - 2.2. Proefvoertuigen
 - 2.3. Beproefde beveiligingsconstructies
 - 2.4. Beproefde hydraulische schokdempers
 - 2.4.1. Prototype demper
 - 2.4.2. Verbeterde demper
 - 2.4.3. Eénpijpsdemper
 - 2.5. Meetopstelling en gebruikte apparatuur

3. De proeven
 - 3.1. Proef met prototype van de demper
 - 3.1.1. Samenvatting en deelconclusies
 - 3.2. Proeven met verbeterde demper, eerste serie
 - 3.2.1. Samenvatting en deelconclusies
 - 3.3. Proeven met verbeterde demper, tweede serie
 - 3.3.1. Samenvatting en deelconclusies

4. Conclusies

Afbeeldingen

Tabellen

VOORWOORD

De proeven op beveiligingsconstructies waarin expansiemogelijkheden met hydraulische dempers zijn aangebracht, zijn een onderdeel van het onderzoek Beveiligingsconstructies op kunstwerken, dat in opdracht van de Rijkswaterstaatwerkgroep "Bermbeveiligingen" is uitgevoerd. De proeven werden in 1971 gehouden op "De Vlasakkers" te Amersfoort.

In Hoofdstuk 1 wordt het doel van de proeven beschreven en zijn de eisen neergelegd waaraan de beveiligingsconstructies met expansiemogelijkheid en demper moeten voldoen. Het proevenprogramma is omschreven in Hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de gehouden proeven, waarna in Hoofdstuk 4 de conclusies zijn gegeven.

Voor het ontwerpen en fabriceren van de hydraulische demper werd KONI N.V. te Oud-Beierland benaderd.

Organisatorische medewerking op het terrein "De Vlasakkers" te Amersfoort, waar de botsproeven werden gehouden en dat ter beschikking werd gesteld door het Ministerie van Defensie, verleende Adjudant-Onderofficier-Instructeur J.M. Haazen (Cavalerie).

Het opstellen van de te beproeven beveiligingsconstructies en de daarbij behorende terreinwerkzaamheden werden verricht door de Fa. Gebr. Kramer te Elst (Utrecht).

Het filmwerk werd verzorgd door een filmploeg van de Stichting Film en Wetenschap te Utrecht onder leiding van de heer W. van den Berg.

Dit rapport is samengesteld door ing. W.H.M. van de Pol (afdeling Crash en Post-crash onderzoek).

1. INLEIDING

1.1. Doel van de proeven

In kunstwerken worden ten behoeve van lengteveranderingen door temperatuurinvloeden één of meer expansievoegen aangebracht. De bewegingsvrijheid van de expansievoegen kan tot 40 cm bedragen. Het is daarom noodzakelijk om ook in beveiligingsconstructies op kunstwerken op dezelfde plaatsen expansiemogelijkheden aan te brengen.

De invloed van deze expansiemogelijkheden op de werking van de beveiligingsconstructies op deze kunstwerken kan zeer groot zijn, en wel in ongunstige zin.

De expansiemogelijkheid in de geleiderails wordt verkregen door het aanbrengen van slobgaten in de railuiteinden. De expansiemogelijkheid moet gemakkelijk kunnen bewegen om het "spatten" van geleiderail en/of strip, ten gevolge van het ontstaan van langskrachten in de ligger, te voorkomen. De moeren mogen daarom niet meer dan handvast worden aangedraaid en moeten door een contramoer worden geborgd.

Door het aanbrengen van deze expansiemogelijkheid wordt het langsverband in de ligger (geleiderails + afstandhouders) van de beveiligingsconstructie onderbroken. Om de nadelen van een expansiemogelijkheid in de werking van de beveiligingsconstructie te kunnen ondervangen zal dat langsverband in de ligger weer moeten worden hersteld. Een goede oplossing voor dit probleem lijkt te zijn het aanbrengen van één of meer dempers in de expansiemogelijkheid. De demper laat wel de zeer langzame lengteverandering ten gevolge van de temperatuurwisselingen toe, maar blokkeert min of meer bij snellere lengteveranderingen ten gevolge van botsingen tegen de beveiligingsconstructie. Een nadeel van het toepassen van dempers is de (plaatselijke) grote toename van het gewicht. Niet alleen de demper maar ook de twee speciale afstandhouders, die de langskrachten van de geleiderails op de demper - en omgekeerd - overbrengen, zijn zwaar.

Het doel van de proeven was tweeledig, namelijk:

1. het nagaan van de bruikbaarheid van hydraulische schokdempers in expansiemogelijkheden;
2. het bepalen van de aanvaardbaarheid van de geïntroduceerde discontinuïteit.

1.2. Te stellen eisen ten aanzien van de beveiligingsconstructies

De beveiligingsconstructies met expansiemogelijkheid en demper moeten aan dezelfde eisen voldoen als de beveiligingsconstructies zonder deze voorziening. Deze eisen - die uitvoerig worden behandeld in het SWOV-rapport "Bermbeveiliging" - kunnen als volgt in het kort worden samengevat.

1. Voertuigen mogen niet door een beveiligingsconstructie heenbreken, er overheen klimmen of kantelen, ofwel er onderdoor schieten.
2. Letsel aan inzittenden en schade aan voertuigen en beveiligingsconstructie moeten zoveel mogelijk worden beperkt.
3. Voertuigen mogen niet door de beveiligingsconstructie in de eigen verkeersstroom worden teruggekaatst.
4. Een beveiligingsconstructie moet na een aanrijding zoveel mogelijk haar werking behouden en snel te repareren zijn.

Een andere eis wordt gesteld in het eerder verschenen SWOV-rapport "Discontinuïteiten in beveiligingsconstructies voor berm en kunstwerken", namelijk dat een beveiligingsconstructie alleen dan goed kan werken, wanneer discontinuïteiten in de constructie worden vermeden.

1.3. Te stellen eisen ten aanzien van de hydraulische schokdempers

Literatuurstudie ten aanzien van hydraulische schokdempers wees uit dat hierover met betrekking tot expansiemogelijkheden in beveiligingsconstructies nog geen verhandelingen waren geschreven. Zodoende moeten onderstaande specificaties van de eisen waaraan een schokdemper moet voldoen, dan ook meer als een eerste benadering worden gezien.

1. De constructie van de demper moet sterk genoeg zijn om een trekkracht van 20 tf te kunnen weerstaan.
2. De beschikbare inbouwlengte bedraagt ca. 1050 mm in de middenstand.
3. De slaglengte moet tenminste 400 mm kunnen bedragen.
4. Er wordt gerekend met twee dempers naast elkaar per expansiemogelijkheid.
5. De diameter van de demper mag maximaal 240 mm zijn.
6. De demperkarakteristiek moet er als volgt uitzien:

Zij kan in het bereik tussen 0 en 20 tf trekkracht ongeveer lineair zijn met een dempersnelheid van 1 mm/s per tf trekkracht. Bij 20 tf is de dempersnelheid van 20 mm/s, wat betekent dat bij deze kracht gedurende 0,2 s de verlenging 4 mm zal zijn. Boven de 20 tf mag de karakteristiek sterk degressief zijn, dat wil zeggen dat de dempersnelheid bij oplopende kracht snel groter mag worden. De demper mag dan "afblazen". Bij drukkrachten moet de demper weinig weerstand geven om gemakkelijke montage mogelijk te maken.

2. OPZET PROEVENPROGRAMMA

2.1. Proefterrein

De proeven zijn gehouden op het proefterrein "De Vlasakkers" te Amersfoort, waar gebruik werd gemaakt van de reeds aanwezige faciliteiten voor het beproeven van beveiligingsconstructies in aardbanen en die op kunstwerken.

Ter bescherming van de filmapparatuur is - 2,60 m achter de te beproeven constructies - een tweede constructie geplaatst. In het verlengde van deze tweede constructie was een zandwal aanwezig.

2.2. Proefvoertuigen

Bij de keuze van de proefvoertuigen is zoveel mogelijk rekening gehouden met de opbouw en samenstelling van het Nederlandse voertuigenpark. Gekozen werden een middenklasse personenauto, een middelzware vrachtauto en een zware vrachtauto of bus. Uit elk van klassen werden als standaard voor de proeven de volgende voertuigen gekozen:

| | | |
|---------------------------|--------------------|-----------------------|
| een Opel Rekord, | bouwjaar 1958/59, | gewicht 965 kgf. |
| een Bedford, | bouwjaar 1960/62, | gewicht ca. 3100 kgf. |
| een Kromhout/Verheul-bus, | bouwjaar 1964, | gewicht ca. 9100 kgf. |
| (éénmaal een Leyland-bus) | bouwjaar onbekend, | gewicht ca. 8800 kgf. |

2.3. Beproefde beveiligingsconstructies

De expansiemogelijkheid met demper werd beproefd in de volgende beveiligingsconstructies:

$V_{lp} 1_s L 133^*$ (met inspectiepad en handleuning; zie Afbeelding 1)
 $F 2 L 400^*$ (zie Afbeelding 2)

* zie voor verklaring van deze codes Tabel 1

De beveiligingsconstructie $V_{lp} 1_s L 133$ is gekozen omdat deze constructie ook is beproefd zonder expansiemogelijkheid en met een expansiemogelijkheid zonder demper. Omdat echter bij zware beproe-

vingsomstandigheden de handleuning een wezenlijk aandeel in het omleiden van de proefvoertuigen (bus) heeft, zijn ook enkele proeven gepland op een flexibele beveiligingsconstructie (F 2 L 400). De plaats van de expansiemogelijkheden ten opzichte van het botspunt is steeds gelijk gehouden.

2.4. Beproefde hydraulische schokdempers

2.4.1. Prototype (tweepijpsdemper)

De in par. 1.3. genoemde eisen werden aan de ontwerpafdeling van KONI N.V. voorgelegd om aan de hand hiervan een ontwerp te maken. Als basis voor de te ontwerpen demper werd besloten het principe van een tweepijpsdemper te nemen (zie Afbeelding 3a). Dit in verband met de eenvoud van deze demper in overeenkomstige situaties. Het bleek echter niet mogelijk te zijn de demper aan de gestelde eisen van de maximale diameter te laten voldoen. Besloten werd om slechts één demper - prototype - in een constructie in te bouwen en deze te testen.

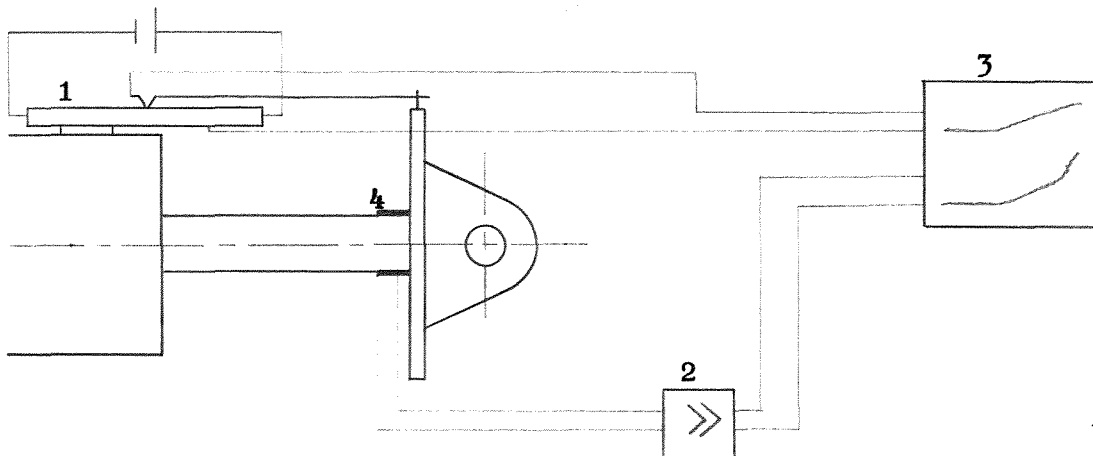
2.4.2. Verbeterde tweepijpsdempers

Bij de eerste proefneming (zie par. 3.1.) kwam vast te staan dat de werking van de demper onvoldoende was: hij werd te gemakkelijk uitgetrokken. Dit was wel te verklaren, omdat maar één demper in plaats van de berekende twee dempers was gebruikt. Daarom moest de demperkarakteristiek voor de volgende proeven stugger worden. Dit kon worden bereikt door de constante van de demper tot de helft van haar oorspronkelijke waarde te verkleinen. Nauwkeurige nacalculaties van de sterkteberekeningen van de demper toonden aan dat de afblaaskracht niet 20 tf maar 30 tf kon zijn. In Afbeelding 4 is een en ander in een grafiek weergegeven. Lijn A geeft de demperkarakteristiek van het prototype, lijn B die van de demper met de verkleinde constante en lijn C die van de demper met verhoogde afblaaskracht aan.

2.4.3. Eénpijpsdemper

Nadelen van de tweepijpsdemper zijn het gewicht - ca. 120 kgf - en de diameter. Deze nadelen kunnen door een éénpijpsdemper (zie Afbeelding 3b) worden ondervangen, maar deze demper is in het algemeen langer dan de tweepijpsdemper. Aan de ontwerpafdeling van KONI N.V. werd verzocht om te proberen een éénpijpsdemper te ontwikkelen die met de minimale slaglengthe toch binnen de maximale lengtemaat zou blijven. Het is inderdaad gelukt een dergelijke demper te ontwikkelen. Het gewicht van deze éénpijpsdemper is slechts 80 kgf, terwijl de diameter is teruggebracht van 248 mm tot 185 mm. Door de lange ontwikkelingstijd was het niet meer mogelijk de demper in het proevenprogramma op te nemen, zodat deze demper niet is beproefd. Er is echter geen enkele reden om aan te nemen dat deze demper anders zou werken dan de beproefde tweepijpsdempers.

2.5. Meetopstelling en gebruikte apparatuur



1. lineaire potentiometer
2. draaggolf meetversterker Peekel
3. UV-schrijver Bell and Howell 5-130
Gebruikte papiersnelheid 1000 mm/s
4. Rekstrookjes Philips PR 9833 k/06 FE in volle brugschakeling

3. HET VERLOOP VAN DE PROEVEN

De resultaten van de hierna te bespreken proeven C22 t/m C38 zijn gebundeld in deel IV van het SWOV-rapport Beveiligingsconstructies op kunstwerken (R-75-8 IV). Per proef zijn hierin het overzicht gegeven van de statische uitbuiging met overzichtstekening en het overzicht van schade aan constructie en de afbeeldingen.

In het thans voorliggende rapport zijn in de Tabellen 5 en 6 een aantal belangrijke gegevens in tabelvorm samengevat.

3.1. Proef met het prototype van de tweepijpsdemper

Het prototype van de tweepijpsdemper werd in de beveiligingsconstructie $V_{lp} 1_s L 133$ met een expansiemogelijkheid van 4 cm beproefd. Het voertuig was hierbij een Opel Rekord (proef C29). De proef verliep goed. De constructie had een vloeiende uitbuiging en was slechts licht beschadigd. De demper werd onder de belasting van de botsing 7 mm uitgetrokken. Deze grote verlenging werd gedeeltelijk veroorzaakt door een vrije slag van ca. 4 mm, veroorzaakt door lucht in de demper. De maximale kracht in de demper bedroeg ca. 3,6 tf. Voor verdere gegevens omtrent de expansiemogelijkheid zie Tabel 2.

Zowel de statische uitbuiging als de dynamische uitbuiging bij deze proef waren ongeveer de helft minder dan de uitbuigingen van de proef waarbij in de constructie wel de expansiemogelijkheid aanwezig was maar geen demper (proef C26), zie ook Tabel 3.

Ten opzichte van de proef met de beveiligingsconstructie zowel zonder expansiemogelijkheid als zonder demper (proef C24), waren de uitbuigingen ongeveer een kwart groter.

3.1.1. Samenvatting en deelconclusies

Door technische beperkingen was het niet mogelijk meer dan één tweepijpsdemper in te bouwen. De langskrachten moeten in deze situatie door deze ene demper worden opgenomen. De demper werd echter toch verder uitgetrokken dan was gehoopt, hoewel de belasting op de demper in deze situatie zwaarder was dan waarvoor de

demper berekend was. Het gevaar dat bij de zware beproevingsomstandigheden de uittrekking van die ene demper ontoelaatbaar groot wordt, is daarom aanwezig. De geïntroduceerde discontinuïteit heeft geen waarneembare invloed gehad op de afloop van de proef.

3.2. Proeven met de verbeterde tweepijpsdemper met verkleinde constante

Uit proef C29 bleek dat het prototype te slap was. Het stugger maken van de demper werd bereikt door de constante van de demper tot de helft van haar oorspronkelijke waarde te verkleinen. Deze stuggere demper werd daarna in de constructie $V_{lp} \quad l_s \quad L \quad 133$ beproefd, waarbij als proefvoertuig een vrachtwagen werd gebruikt (proef C30). De proef verliep zonder complicaties. De beveiligingsconstructie had een vloeiende uitbuiging, terwijl de schade aan de constructie licht was. De demper werd onder deze middelzware belasting 4 mm uitgetrokken. De maximale kracht in de demper bedroef ca. 11 tf. Voor verdere gegevens omtrent de expansiemogelijkheid zie Tabel 2. De beschikbare uitbuigingsruimte - de breedte van het inspectiepad - werd door de dynamische uitbuiging volledig benut. De invloed van de handleuning op het omleiden van de vrachtwagen was klein. Dit in tegenstelling tot de proef waarbij een beveiligingsconstructie met expansiemogelijkheid zonder demper werd beproefd (proef C27; zie ook Tabel 3). Bij deze proef speelde de handleuning wel degelijk een rol bij het omleiden van de vrachtwagen.

Bovengenoemde constructie is vervolgens beproefd met een bus als proefvoertuig (proef C31). De bus reed boven op de beveiligingsconstructie, waarna bij het verdere proefverloop de bus door de handleuning werd omgeleid. De demper werd 11 mm uitgetrokken. Voor verdere gegevens omtrent de expansiemogelijkheid zie Tabel 2. Deze grote uittrekking werd veroorzaakt doordat de bus op de constructie reed en daardoor een grote trekkracht in de ligger veroorzaakte.

Proef C32 was een herhaling van proef C31. Deze proef verliep zonder complicaties. De demper werd nu maar 4 mm uitgetrokken, waarbij de maximale trekkracht in de demper ca. 11,5 tf bedroeg. Voor verdere gegevens omtrent de expansiemogelijkheid zie Tabel 2.

In het verloop van deze proef waren geen aanwijsbare verschillen te constateren met het verloop van de proef waarbij een beveiligingsconstructie zonder expansiemogelijkheid en zonder demper werd beproefd (proef C23). Evenmin was dit het geval met het verloop van de proef met een beveiligingsconstructie met expansiemogelijkheid maar zonder demper (proef C28; zie ook Tabel 3). De handleuning speelde bij al deze proeven zo'n grote rol bij het omleiden van de bus, dat het niet mogelijk bleek na te gaan welke invloed de demper had op de werking van de constructie.

De expansiemogelijkheden in de beveiligingsconstructies bevinden zich in het algemeen aan het begin en eind van de kunstwerken. Wanneer op de kunstwerken een handleuning aanwezig is, bestaat de kans dat bij aanrijdingen even vóór het beginpunt van de handleuning het botsende voertuig "frontaal" tegen dat beginpunt botst. In proef C33 is nagegaan in hoeverre dit een wezenlijk gevaar is. De expansiemogelijkheid was 8 cm en de demper was weggelaten. De uitbuiging van de constructie ging voorbij het begin van de handleuning. De bus botste daardoor met zijn rechter voorkant tegen het begin van de handleuning, die echter nog wel gedeeltelijk werd afgeschermd door de beveiligingsconstructie. De schade aan de bus, aan de constructie en aan de handleuning was vrij groot.

3.2.1. Samenvatting en deelconclusies

Het verkleinen van de constante van de demper heeft beide bezwaren die nog aan het prototype kleefden, weggenomen.

De demper functioneert nu goed. Zelfs onder zware beproevingsomstandigheden is de uittrekking niet meer dan 4 mm. In hoeverre dit mede veroorzaakt wordt door de aanwezigheid van de handleuning kon niet worden vastgesteld, omdat de invloed van de handleuning onder zware beproevingsomstandigheden te groot is.

De oorzaak van het feit dat de bus van proef C31 op de beveiligingsconstructie is gaan rijden, moet worden gezocht in de mogelijkheid dat, als de beveiligingsconstructie tegen de schampkant en/of tegen de handleuning wordt gedrukt, de geleiderail (en/of de strip) als oprijbaan gaat fungeren.

De terugval van de kracht in de demper bij proef C32 wordt verklaard uit het feit dat de handleuning zijn invloed laat gelden op het verloop van de botsing. Hierdoor wordt de beveiligingsconstructie ontlast en worden de langskrachten in de ligger dus lager. De geïntroduceerde discontinuïteit heeft geen waarneembare invloed gehad op de afloop van de proeven.

Proef C33 toonde het gevaar van onvoldoende afgeschermd beginpunten van handleuning met in de directe omgeving een expansiemogelijkheid. Het resultaat was dat het proefvoertuig - in dit geval een bus - tegen het begin van de handleuning botste. Het was wel geen frontale botsing, maar de kans daarop zal reëel aanwezig zijn bij grotere expansiemogelijkheden. Een demper in de expansiemogelijkheid kan in dit geval bijdragen tot het sterk verminderen van deze kans.

Bij het ontwerpen van de expansiemogelijkheid is geen rekening gehouden met het feit dat deze tijdens de botsing ook ingedrukt zou kunnen worden. Aangenomen was dat de expansiemogelijkheid slechts op trek zou worden belast (zie Tabel 2 en 3).

Bij bestudering van de gegevens bleek echter dat het niet-kunnen-indrukken van de expansiemogelijkheid in de trekstrip, invloed heeft uitgeoefend op de werking van de gehele expansiemogelijkheid.

De expansiemogelijkheid in de trekstrip gaat als scharnier werken, omdat zij niet kan worden ingedrukt. Hierdoor wordt de demper zwaarder belast.

3.3. Proeven met verbeterde tweepijpsdemper met verhoogde afblaaskracht

Om te kunnen beoordelen of de demper ook goed werkt in een flexibele beveiligingsconstructie - F 2 L 440 - werd deze eerst beproefd met

een bus (proef C34). De afblaaskracht van de in deze constructie gebruikte demper was van 20 tf verhoogd tot 30 tf. Deze proef verliep in eerste instantie normaal. De beveiligingsconstructie boog vloeiend door, terwijl de bus door de constructie geleidelijk werd omgeleid. Tijdens het uitbuigen tordeerde de ligger zo ver om zijn lengte-as dat de voorste geleiderail voorbij de achterste geleiderail werd gedrukt. De achterste geleiderail, die reeds op de grond steunde, werd hierdoor niet meer door de voorste geleiderail beschermd, en werd dan ook door het rechter voorwiel van de bus overreden. De bus dreigde over de beveiligingsconstructie heen te rijden, maar kwam even later in botsing met de daarachter liggende tweede beveiligingsconstructie. De te beproeven beveiligingsconstructie werd door de bus ook nog tegen de zandwal gedrukt. Tijdens dit gedeelte van de botsing werd de beveiligingsconstructie zwaar beschadigd doordat het rechter voorwiel ter hoogte van de zandwal alle verbindingen van de afstandhouder met de voorste geleiderail stuk reed. De uittrekking van de demper bedroeg 5 mm. De maximale kracht in de demper bedroeg ca. 8 tf. Voor verdere gegevens omtrent de expansiemogelijkheid zie Tabel 2.

Door een fout in het aanbrengen van de verankeringen brak tijdens de botsing een kabel van de eindverankering. Hoe groot de invloed van het breken van de verankeringskabel was op de afloop van de proef, was moeilijk vast te stellen, omdat niet kon worden geconstateerd op welk moment van de botsing de kabel brak. De invloed zal echter zeer waarschijnlijk wel groot zijn geweest door het wegvallen van het langsverband.

Daarom werd deze proef herhaald (proef C38). Aan de verankeringen werd nu extra zorg besteed om breuk van de verankeringskabel te voorkomen. De proef verliep goed. De beveiligingsconstructie boog vloeiend uit en de bus werd geleidelijk omgeleid. De uittrekking van de demper bedroeg 8 mm. Voor verdere gegevens omtrent de expansiemogelijkheid zie Tabel 2.

Er kon niet worden nagegaan of de tweede constructie en de zandwal enige invloed uitoefenden op de afloop van de botsing; groot zal die in ieder geval niet zijn geweest.

Bij vergelijking met de proef op de beveiligingsconstructie waarbij in de expansiemogelijkheid geen demper was aangebracht (proef C37) blijkt dat de demper duidelijk positief heeft gewerkt. Ook werd deze constructie beproefd met de personenwagen (proef C35) en de vrachtwagen (proef C36). Beide proeven hadden een normaal verloop. De beide voertuigen werden geleidelijk omgeleid, waarbij de beveiligingsconstructies vloeiend uitbogen.

3.3.1. Samenvatting en deelconclusies

Proef C34 is voor het beoordelen van de demper van weinig waarde door het breken van de verankeringskabel. Hierdoor werd het opbouwen van de langskrachten in de ligger onmogelijk. Zo is deze proef ongewild geworden tot een demonstratie van het belang van een goede verankering.

Het verschil in demperuittrekking bij de beide proeven met de busen is uit het volgende te verklaren: de verlenging van de beveiligingsconstructie bij proef C34 is verkregen uit de verplaatsing van het einde van de constructie na het breken van de kabel, en de verlenging bij proef C38 kwam uit de demper zelf.

De terugval van de kracht in de demper bij proef C34 wordt verklaard door het breken van de verankeringskabel.

Aan het inbouwen van één demper in plaats van twee zijn enkele nadelen verbonden. De werking van de demper voldoet niet meer volledig aan het gestelde doel, namelijk het "blokkeren" van de expansiemogelijkheid tijdens een botsing. Dit "blokkeren" betekent eigenlijk dat de expansiemogelijkheid - in zowel de voorste als de achterste geleiderail - tijdens de botsing een vaste verbinding moet zijn. Alleen op deze manier kan het langsverband in de ligger geheel gehandhaafd blijven. De enkele demper echter is in het hart van de ligger gemonteerd. Dit houdt in dat de demper wel een gemiddelde verlenging kan voorkómen, maar geen verlenging of verkorting in de voorste en de achterste geleiderail. Het gevolg daarvan is dat de demper als scharnier gaat werken. Deze scharnierwerking veroorzaakt het feit dat de langskrachten die in de geleide-

rails ontstaan, niet op de meest ideale wijze worden overgebracht. De serie proeven met de verbeterde tweepijpsdemper met verhoogde afblaaskracht heeft niet de resultaten opgeleverd die er van werden verwacht. Dit komt door de genoemde scharnierwerking van de demper. Een andere oorzaak moet worden gezocht in de keuze van de flexibele constructie, waarvan geen resultaten van vergelijkbare proeven zonder expansiemogelijkheid en te weinig resultaten van proeven met expansiemogelijkheid, maar dan zonder demper, beschikbaar zijn. Anderzijds is echter uit de verlenging van de demper op te maken dat deze wel degelijk een positieve invloed op de werking van de constructie gehad moeten hebben. De geïntroduceerde discontinuïteit had geen waarneembare invloed op de afloop van de proeven.

De doorvoer van de langskrachten in de ligger zullen mede bepaald worden door de buigstijfheid van de palen dwars op hun bewegingsrichting. Hoe stijver de palen in die richting, des te meer langskrachten zullen deze palen opnemen, denk hierbij bijvoorbeeld aan de R-lascode en de L-lascode. De langskrachten in de ligger met buigstijvere palen zullen dus lager zijn dan de langskrachten in de ligger met weinig buigstijve palen.

4. CONCLUSIES

Het is niet mogelijk om uit de gehouden proeven een volledig overzicht te verkrijgen omtrent de invloed en werking van hydraulische dempers op de werking van een beveiligingsconstructie met expansiemogelijkheid tijdens een - vooral zware - botsing. De oorzaak hiervan is tweeledig, nl.:

1. de invloed van de handleuning op de werking van de beveiligingsconstructie met strip bij zware botsingen;
2. te grote uitbuigingen bij de flexibele beveiligingsconstructie, waardoor de tweede constructie en de zandwal - op 2,60 m achter de te beproeven constructie - invloed uitoefenden op het omleiden van de proefvoertuigen.

Het inbouwen van één demper in een expansiemogelijkheid heeft een groot bezwaar. Deze wijze van inbouwen van de demper voldoet niet helemaal aan het doel, nl. het "blokkeren" van de expansiemogelijkheid. De mogelijkheid van scharnieren om de demper van het ene liggedeelte ten opzichte van andere liggedelen wordt niet voorkomen. Door twee éénpijpsdempers in plaats van één tweepijpsdemper in te bouwen zou aan dit nadeel tegemoet kunnen worden gekomen. Hierdoor wordt de massa echter vergroot. Dit is alleen mogelijk bij de tweezijdig uitgebouwde beveiligingsconstructies. Het onder elkaar plaatsen van twee dempers om bovenvermeld bezwaar te voorkomen, heeft geen zin.

Uit de proeven is wel te concluderen dat de dempers bij relatief lichte aanrijdingen het meeste effect hebben. Dit is ook te verklaren, omdat bij deze aanrijdingen de krachten op de demper, en daarmee de verlengingen, beperkt blijven, terwijl bij afwezigheid van de demper alle in de expansiemogelijkheid aanwezige ruimte wordt gebruikt. Bij zwaardere aanrijdingen zal de demper verder uitgetrokken worden, maar dit kan door de krachtopbouw in de demper toch binnen de perken worden gehouden. Toch heeft dit tot gevolg dat bij kleine expansiemogelijkheden het weinig zinvol is de demper toe te passen. Bij welke grootte van de expansiemogelijkheid het gebruik van dempers lonend begint te worden, is door het geringe

aantal proeven en door de beperkingen die daarbij zijn opgetreden, moeilijk te zeggen. Gezien de bij de proeven optredende verlengingen van de demper kan worden aangenomen dat bij expansiemogelijkheden groter dan 8 cm het effect van de dempers zeker belangrijk zal zijn. Deze veronderstelling wordt door de proef tegen het begin van de handleuning (proef C33) onderstreept.

De benodigde expansiemogelijkheid in de beveiligingsconstructie moet worden afgestemd op de grootte van de voeg in het kunstwerk.

Gezien de invloed van de expansiemogelijkheid op de werking van de constructie is het sterk te ontraden de bewegingsvrijheid in de constructie groter te maken dan noodzakelijk is.

De moeren van de bouten in de slobgaten mogen niet vaster worden aangedraaid dan handvast.

AFBEELDINGEN 1 T/M 6

Afbeelding 1. Plaats demper in constructie V_{1p} ¹/_s L 133 met expansie-mogelijkheid, met inspectiepad en handleuning.

Afbeelding 2. Plaats demper in constructie F 2 L 400 met expansie-mogelijkheid.

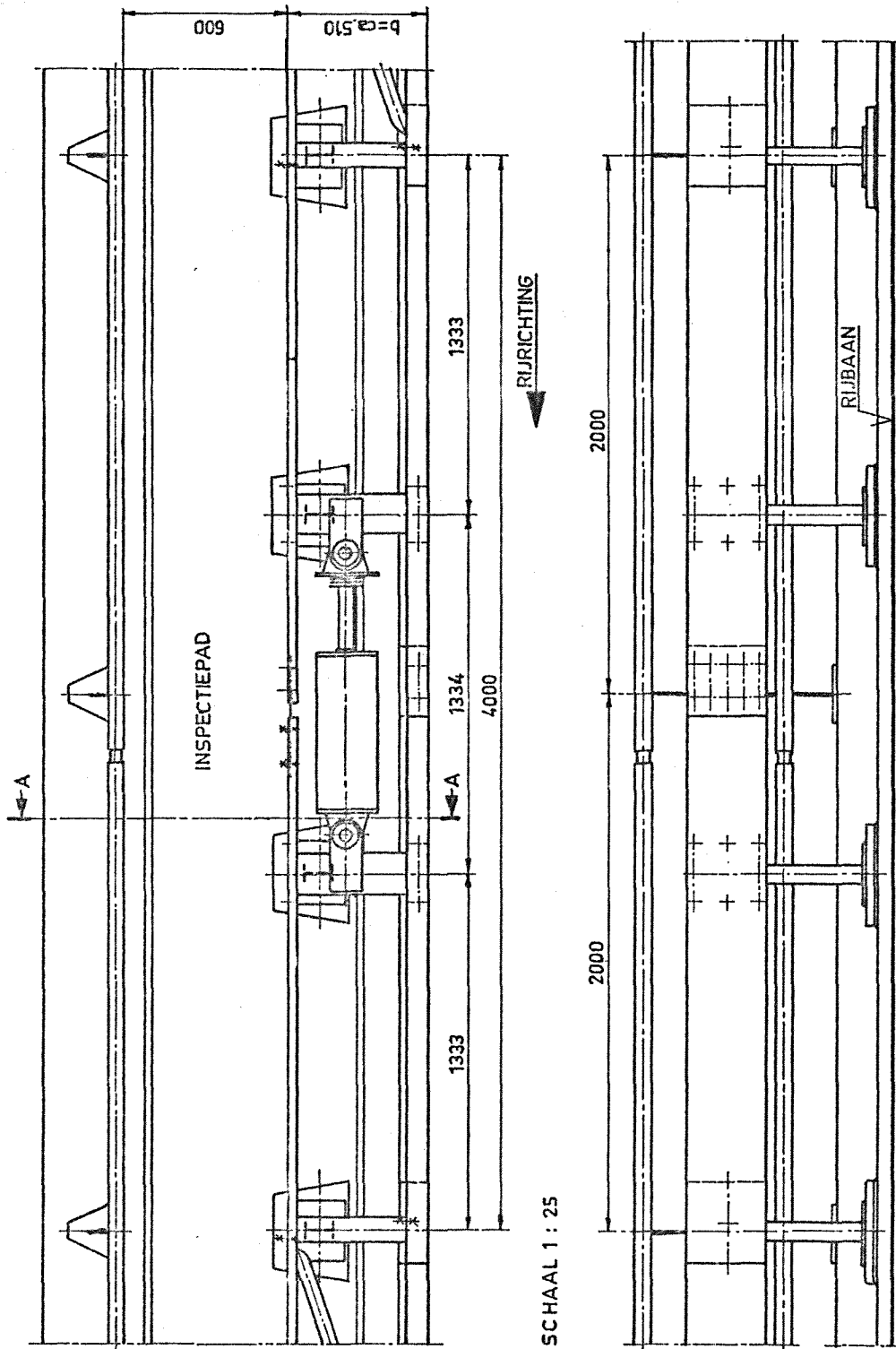
Afbeelding 3a. Doorsnede tweepijpsdemper.

Afbeelding 3b. Doorsnede éénpijpsdemper.

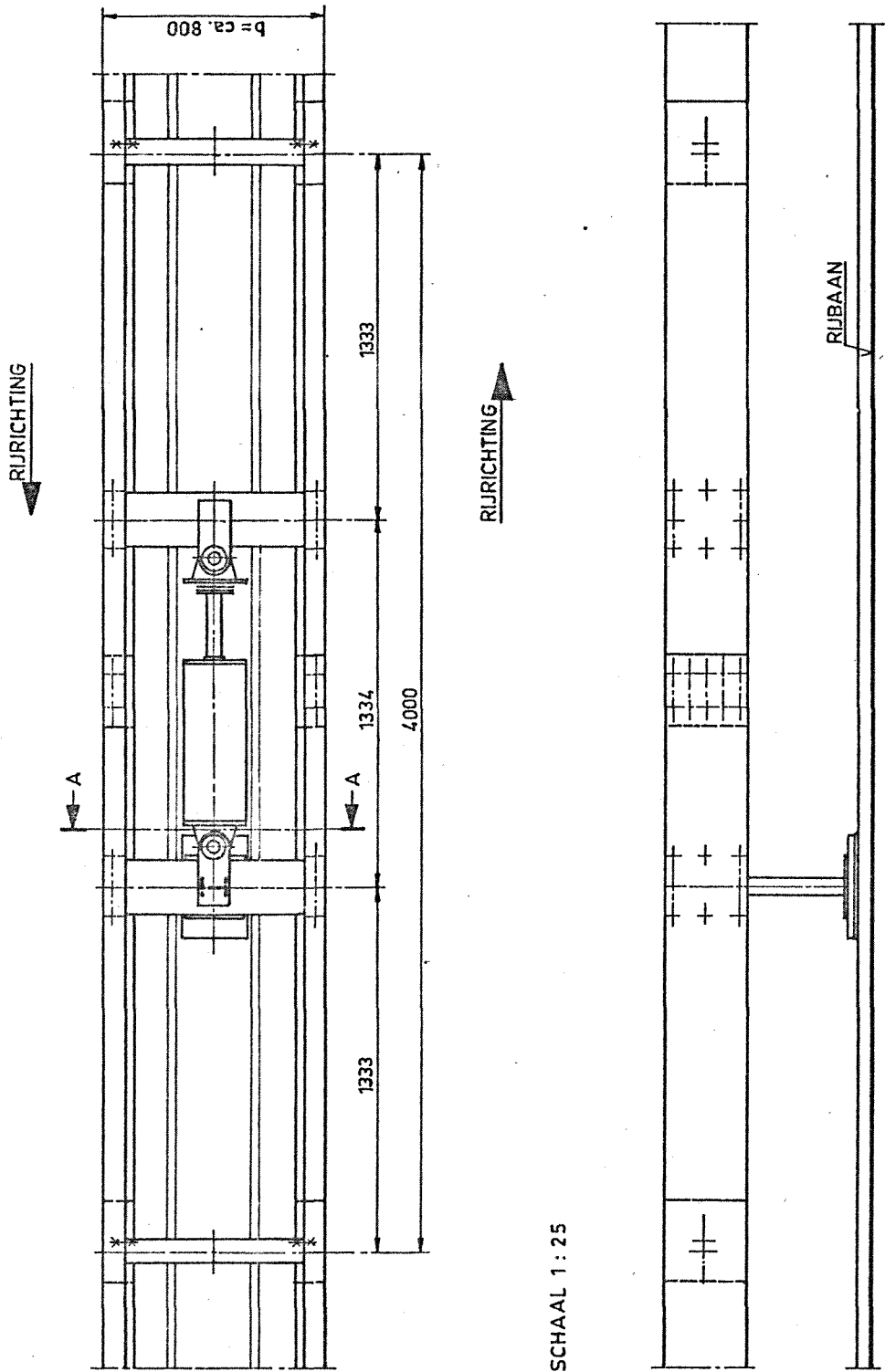
Afbeelding 4. Demperkarakteristieken.

Afbeelding 5. Fotoblad 1.

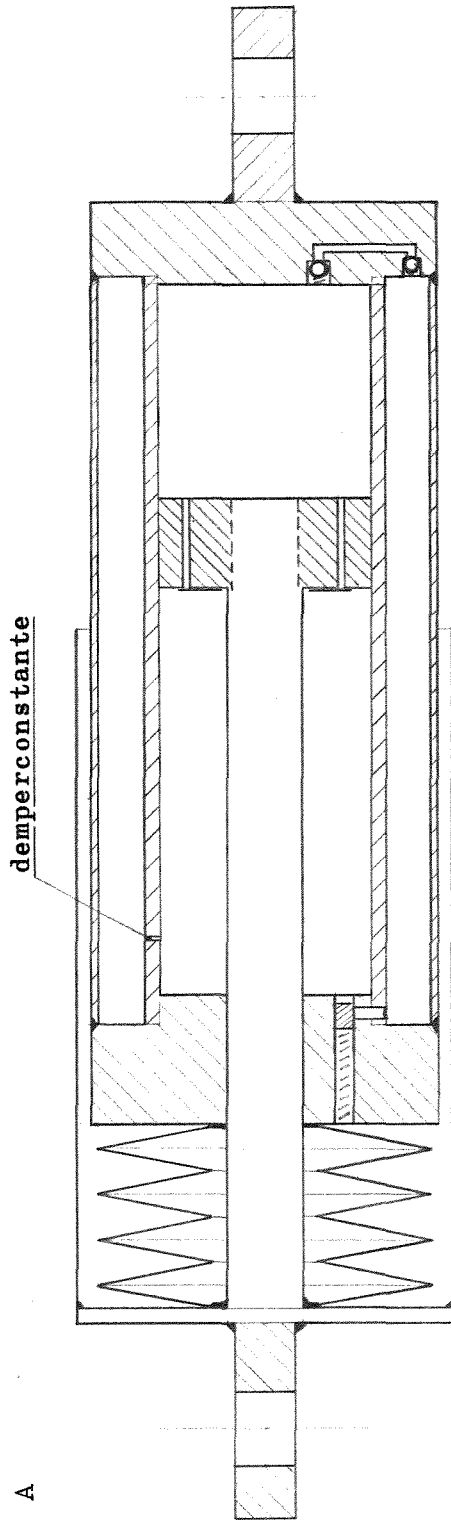
Afbeelding 6. Fotoblad 2.



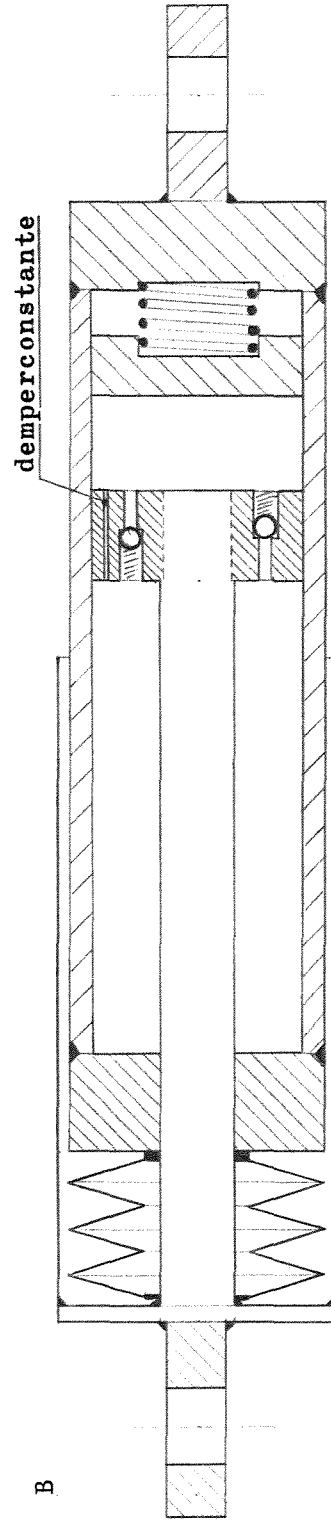
Afbeelding 1. Plaats demper in constructie $V_{1p} 1_s L 133$ met expansiemogelijkheid, met inspectiepad en handleuning.



Afbeelding 2. Plaats demper in constructie F 2 L 400 met expansie-mogelijkheid.



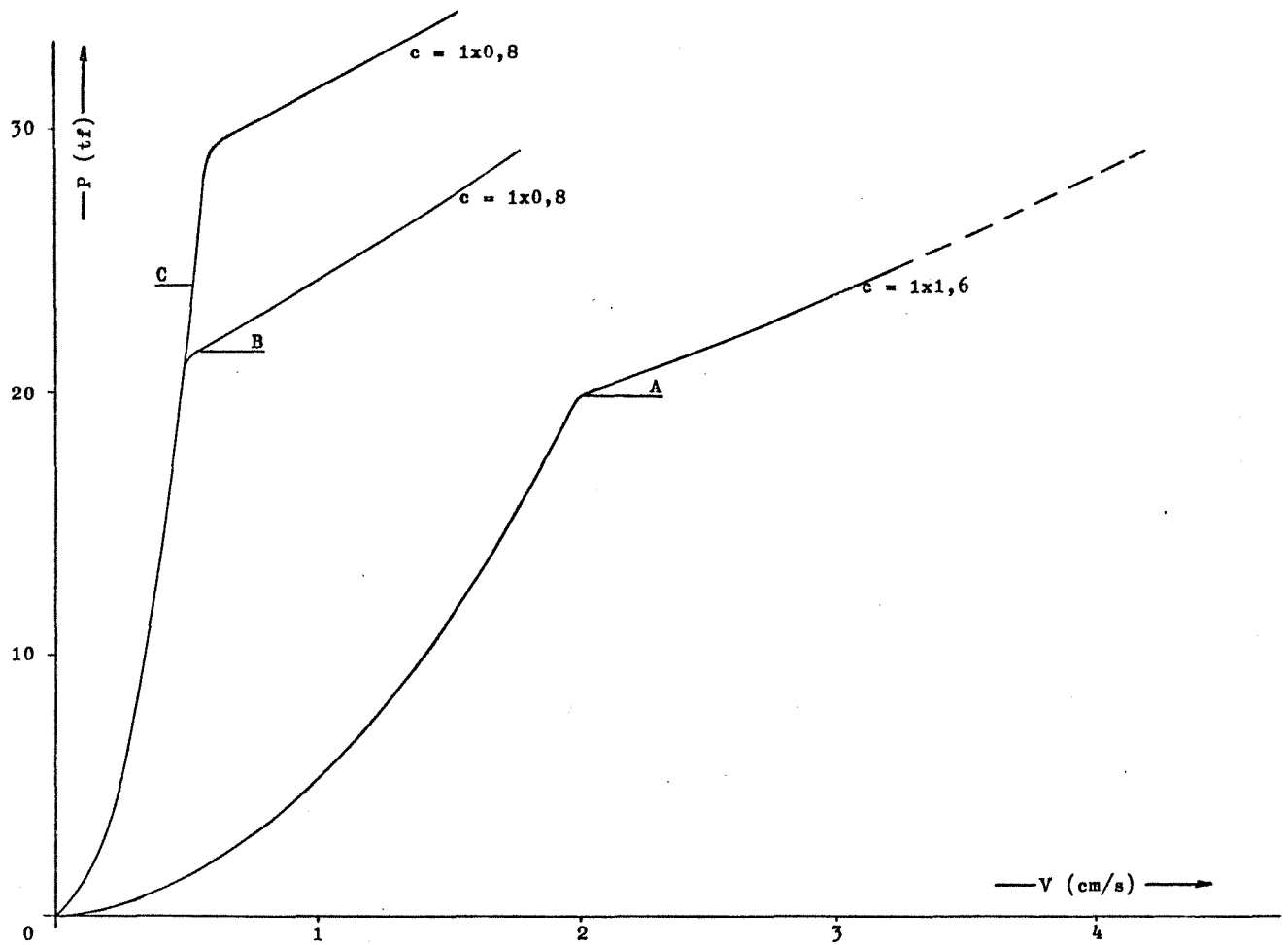
Tweepijpsdemper



Eenpijpsdemper

Afbeelding 3A. Doorsnede tweepijpsdemper.

Afbeelding 3B. Doorsnede éénpijpsdemper.

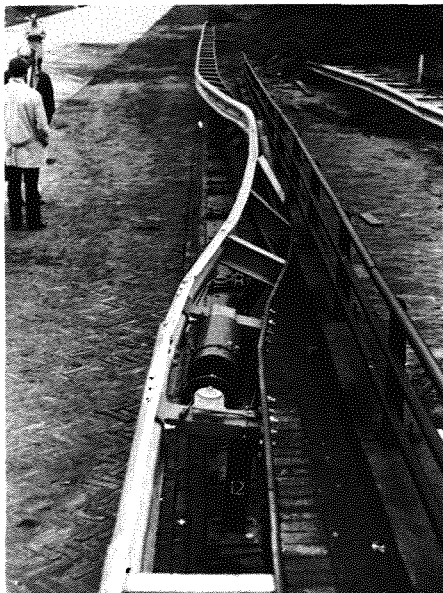


A = prototype

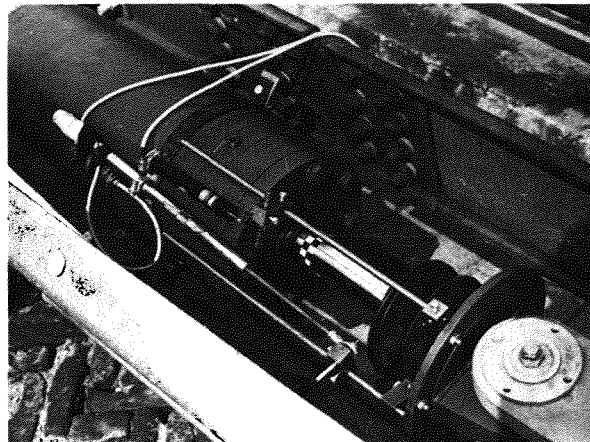
B = verbeterde tweepijpsdemper met verkleinde constante

C = verbeterde tweepijpsdemper met verhoogde afblaaskracht

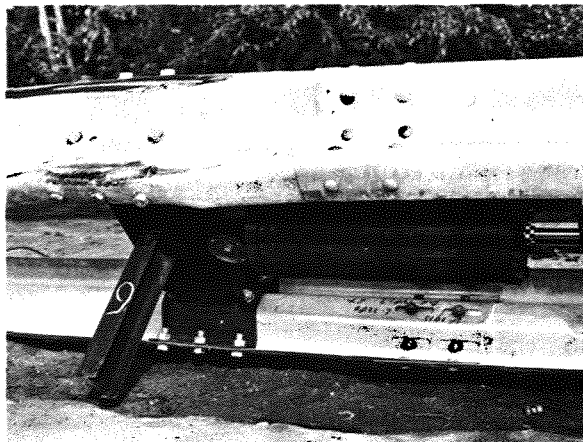
Afbeelding 4. Demperkarakteristieken.



C30



C31



C36



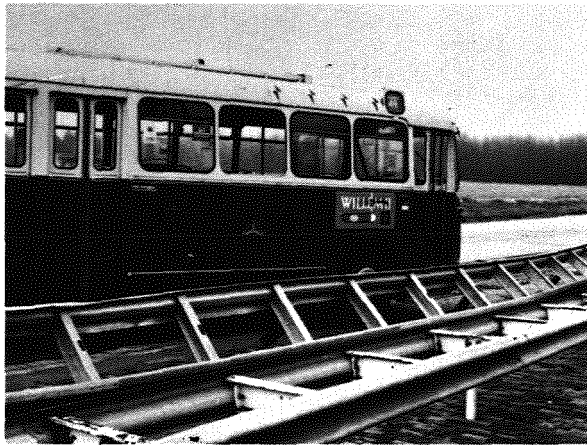
C34



C32



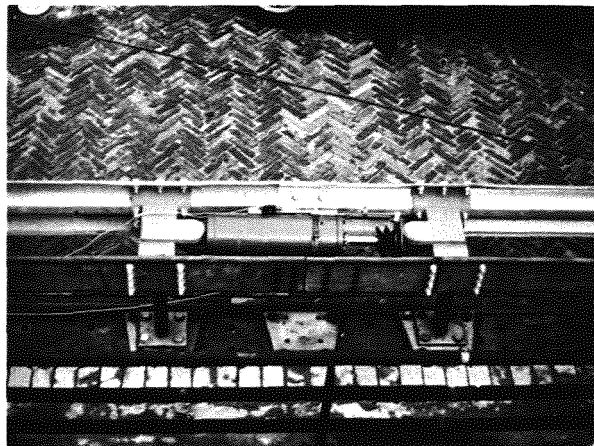
C36



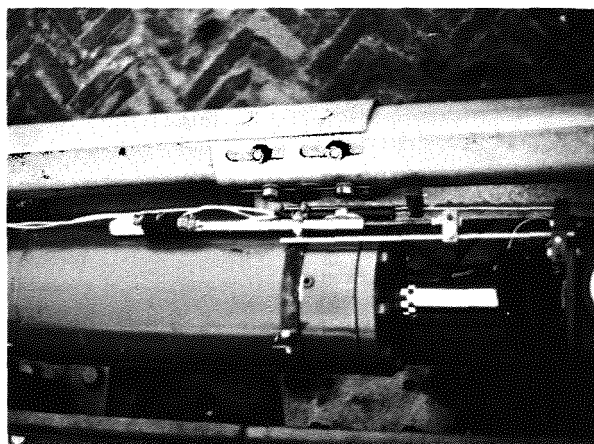
C38



C38



C32



C32

TABELLEN 1 T/M 6

Tabel 1. Verklaring gebruikte codes.

Tabel 2. Overzicht resultaten expansiemogelijkheid met demper.

Tabel 3. Overzicht resultaten bij expansiemogelijkheid zonder demper.

Tabel 4. Overzicht meetresultaten demper.

Tabel 5. Overzicht proefresultaten.

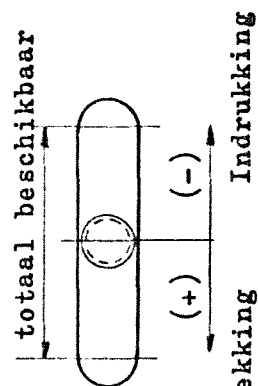
Tabel 6. Overzicht schade aan proefvoertuigen bij expansiemogelijkheid met demper.

| | |
|-----------------|---|
| F | flexibel |
| V ₁ | verstijfd door middel van diagonalen in het middelste veld van elke 4 m geleiderail |
| V _p | verstijfd door vermindering van de paalafstand |
| V _{1p} | verstijfd door middel van diagonalen in het middelste veld van elke 4 m geleiderail en door vermindering van de paalafstand |
| 2 | tweezijdig uitgebouwd |
| 1 | eenzijdig uitgebouwd |
| 1 _s | eenzijdig uitgebouwd met strip en in elk veld een diagonaal |
| L | lijf gelast (IPE-100 paal) |
| LV | lijf en voorflens gelast (IPE-100 paal) |
| R | rondom gelast (IPE-100 paal) |
| 133 | paalafstand (cm) |
| 267 | paalafstand (cm) |
| 400 | paalafstand (cm) |

Tabel 1. Verklaring gebruikte codes.

| Proef nr. | Demper | | Uitgetrokken (+) / Ingedrukt (-) Expansiemogelijkheid | | | | | |
|-----------|--------------------|--------------------------|--|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | uitgetrokken mm | maximum kracht kgf | voor | | | achter | | |
| | | | beschikbaar mm | gebruikt mm | beschikbaar mm | gebruikt mm | beschikbaar mm | gebruikt mm |
| C 29 | + 7 | 3600 | +45 ; -35 | +15 | +42 ; 0 | 0 | +42 ; 0 | 0 |
| C 30 | + 3 | 11000 | +45 ; -35 | +20 | +42 ; 0 | 0 | +42 ; 0 | 0 |
| C 31 | +11 | *** | +45 ; -35 | +24 | +42 ; 0 | +13 | +42 ; 0 | +13 |
| C 32 | + 4 | 11500 | +45 ; -35 | +25 | +42 ; 0 | 0 | +42 ; 0 | 0 |
| C 34 | + 5 | 8000 | +47 ; -33 | +30 | +46 ; -34 | - 8 | +46 ; -34 | - 8 |
| C 35 | + 3 | *** | +47 ; -33 | +16 | +46 ; -34 | -10 | +46 ; -34 | -10 |
| C 36 | + 4 | *** | +47 ; -33 | +17 | +46 ; -34 | - 3 | +46 ; -34 | - 3 |
| C 38 | + 8 | *** | +47 ; -33 | +47 | +46 ; -34 | -15 | +46 ; -34 | -15 |

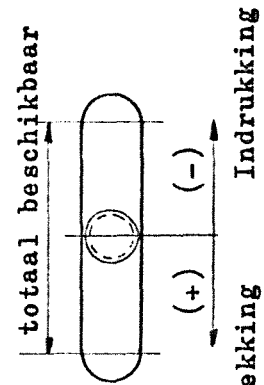
* zie paragraaf 3.1
 *** meetapparatuur geweigerd



Tabel 2. Overzicht resultaten expansiemogelijkheid met demper.

| Proef nr. | Demper | | Uitgetrokken (+) / Ingedrukt (-) Expansiemogelijkheid | | | | | |
|-----------|--------------------|--------------------------|--|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | uitgetrokken mm | maximum kracht kgf | voor | | | achter | | |
| | | | beschikbaar mm | gebruikt mm | beschikbaar mm | gebruikt mm | beschikbaar mm | gebruikt mm |
| C 26 | | | +50 ; -30 | +50 | +42 ; 0* | +25 | | |
| C 27 | | | +50 ; -30 | +50 | +42 ; 0* | +22 | | |
| C 28 | | | +50 ; -30 | +50 | +42 ; 0* | +24 | | |
| C 33 | | | +35 ; -45 | +32 | +34 ; 0* | +34 | | |
| C 37 | | | +54 ; -26 | +54 | +54 ; -26 | +53 | | |

* zie paragraaf 3.1



Tabel 3. Overzicht resultaten bij expansiemogelijkheid zonder demper.

| Proef nr. | Proefvoertuig | Maximaal optredende kracht kgf | Tijd van optreden na de botsing ms | Maximale verplaatsing mm | Demperkenmerken (zie Afbeelding 4) |
|-----------|---------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| C 29 | personenwagen | 3600 | 20 | 2,5 (7)* | c = 1 x 1,6 |
| C 30 | vrachtwagen | 11000 | 20 | 3 | c = 1 x 0,8 25000 kgf' |
| C 32 | autobus | 11500 | 20 | 4 | c = 1 x 0,8 |
| C 34 | autobus | 8000 | 70 | 5 | c = 1 x 0,8 30000 kgf' |

* inclusief vrije slag

' afblaaskracht

Tabel 4. Overzicht meetresultaten demper.

| Proef nr. | Plaats primaire botsing | | Werking twee-trapseffect door primaire botsing | | Plaats secundaire botsing | | Werking twee-trapseffect vergroot door secundaire botsing | | Aanrijding van de palen | | Uitrijhoek | | Grootste afstand tot hartlijn constructie | |
|-----------|-------------------------|-----------|--|-----------|---------------------------|-----------|---|------------------|-------------------------|---------------|------------------|---------|---|----------|
| | cm | voor paal | vanaf paal | lengte cm | cm | voor paal | vanaf paal | totale lengte cm | door | paal t/m paal | grd | wordt | cm | bij paal |
| I | | | | | | | | | | | | | | |
| C 29 | 31 | 14 | - | - | - | - | - | - | voorwiel | 15/18 | 14 | kleiner | 195 | 27 |
| C 30 | 45 | 14 | 15 | 665 | 30 | 18 | - | - | voorwiel | 14/20 | 14 | groter | 2200 | 37 |
| C 31 | 108 | 14 | 13 | 1200 * | * | * | * | * | voorwiel, achterwiel | 14/18 | 0 ⁺ | - | - | - |
| C 32 | 78 | 14 | 14 | 800 | 38 | 13 | 14 | 940 | voorwiel, achterwiel | 16/23 | 8,5 | kleiner | 297 | 37 |
| C 34 | 316 | 10 | 9 | 3600 | 316 | 10 | - | - | voorwiel, achterwiel | 12/18 | 8,5 ⁺ | kleiner | - | - |
| C 35 | 308 | 10 | 10 | 1730 | - | - | - | - | voorwiel | 15/18 | 0 ⁺ | - | - | - |
| C 36 | 30 | 9 | 9 | 2140 | 120 | 11 | 9 | 2400 | voorwiel, achterwiel | 10/15 | 11 | kleiner | 430 | - |
| C 38 | 344 | 10 | 9 | 1730 | 10 | 11 | 9 | 2800 | voorwiel, achterwiel | 11/16 | 7,5 | kleiner | 340 | - |
| II | | | | | | | | | | | | | | |
| C 22 | 118 | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | 11 | kleiner | 1250 | 32 |
| C 23 | 100 | 14 | 14 | 660* | 83 | 13 | - | - | voorwiel, achterwiel | 15/20 | 7 | kleiner | 1840 | 34 |
| C 24 | 70 | 14 | - | - | - | - | - | - | voorwiel | 15/18 | 1 | kleiner | 60 | 24 |
| III | | | | | | | | | | | | | | |
| C 26 | 20 | 14 | 15 | 530* | - | - | - | - | voorwiel | 16/23 | 7 | kleiner | 120 | 29 |
| C 27 | 80 | 14 | 14 | 800* | 100 | 15 | - | - | voorwiel, achterwiel | 15/23 | 0 ⁺ | kleiner | - | - |
| C 28 | 5 | 13 | 13 | 900* | 10 | 12 | 12 | 1030 | voorwiel, achterwiel | 15/21 | 6 | kleiner | 210 | 37 |
| C 33 | 0 | 4a | 5a | 665 | 72 | 4a | 5 | 930 | voorwiel, achterwiel | 5a/ 9 | 9 | kleiner | 57 | 13 |
| C 37 | 358 | 10 | 9 | 2140 | 210 | 10 | - | - | voorwiel, achterwiel | 12/17 | 0 ⁺ | - | - | - |

| Plaats 2 ^e botsing | | Stilstand t.o.v. einde constructie | | Doorbuiging achterste geleiderail of trekstrip | | | Doorbuiging bovenste regel handleuning | | Werking expansiemogelijkheid | | | Opmerkingen |
|-------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------|--|-----------------------|-----------------------|--|--------|------------------------------|---------------|-----------|---|
| cm | voor paal | cm | voor / na | stat cm | 1 ^e dyn cm | 2 ^e dyn cm | stat cm | dyn cm | rail cm | strip rail cm | demper cm | |
| 100 | 33 | 400 | voor | 27 | 34 | 34 | - | - | 1,5 | 0 | 0,7 | |
| - | - | 533 | voor | 53 | 51 | 59 | 6 | 10 | 2 | 0 | 0,4 | |
| - | - | 100 | voor | - ⁺ | 60 ⁺ | - ⁺ | 30 | 40 | 2,4 | 1,3 | 1,1 | *handleuning, ⁺ bus op constructie |
| - | - | 3300 | na | 60 | 60 | 62 | 20 | 24 | 2,5 | 0 | 0,4 | |
| - | - | 530 | voor | 195 | 285 | 300 | - | - | 3,0 | -0,8 | 0,5 | ⁺ blijven kleven, [^] kabel verankering |
| - | - | 100 | na | 89 | 107 | 107 | - | - | 1,6 | -1,0 | 0,3 | ⁺ blijven kleven gebroken |
| - | - | 6000 | na | 177 | 180 | 200 | - | - | 1,7 | -0,3 | 0,4 | |
| - | - | 6600 | na | 217 | 230 | 268 | - | - | 4,7 | -1,5 | 0,8 | [^] 18,5 m na einde constructie |
| - | - | 1600 | voor | 13 | 18 | 18 | - | - | - | - | - | |
| - | - | 1400 | na | 47 | 66 | 60 | 6 | 12 | - | - | - | *handleuning |
| 50 | 28 | 2400 | voor | 18 | 27 | 27 | - | - | - | - | - | |
| 20 | 32 | 400 | voor | 50 | 65 | 65 | 1 | 7 | 5 | 2,5 | - | *handleuning |
| - | - | 1200 | voor | 60 | 67 | 67 | 8 | 14 | 5 | 2,2 | - | *handleuning, ⁺ blijven kleven |
| - | - | 2700 | na | 56 | 67 | 64 | 9 | 15 | 5 | 2,4 | - | *handleuning |
| - | 16 | 3600 | voor | 115 | 120 | 124 | 53 | 60 | 3,2 | 3,4 | - | |
| - | - | 850 | voor | 206 | 291 | 315 | - | - | 5,4 | 5,3 | - | ⁺ bus op constructie, [^] kabels verankering gebroken |

Tabel 5. Overzicht proefresultaten

I. met expansiemogelijkheid en demper

II. zonder expansiemogelijkheid, zonder demper

III. met expansiemogelijkheid zonder demper.

| Proefnummer | C 29 | C 30 | C 31 | C 32 | C 34 | C 35 | C 36 | C 38 |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| bumper voor | x | x | x | x | x | x | x | x |
| spatbord recht voor | x | x | x | x | x | x | x | x |
| wielophanging rechts voor | x | x | | | | | | |
| wielophanging links voor | | | | | | | | |
| velg rechts voor | x | | | | | x | | |
| band rechts voor leeg | x | | | | | x | | |
| veerstroep rechts voor | | | | | | | | |
| veerstroep links voor | | | | | | | | |
| toornbout rechts voor | | | | | | | | |
| toornbout links voor | | | | | | | | |
| chassis voor ontzet | x | x | | | | | | |
| chassis voor gescheurd | x | | | | | | | |
| motorsteunen | | | | | | | | |
| motorkap | x | | | | | | | |
| voorrauit | | | | | | | | |
| portier rechts | x | | | x | | x | | |
| cabine vervormd | x | | | | | | | |
| verbinding cabine-chassis | | | | | | | | |
| zijkant | x | x | | | | x | | |
| spatbord rechts achter | | x | | | | | | |
| velg rechts achter | | | | | | | | |
| band rechts achter leeg | | | | | | | | |
| achterkant | | | | x | | | | |
| rijdbaarheid | x | | | | | x | | |

Tabel 6. Overzicht schade aan proefvoertuigen bij expansiemogelijkheid met demper.