

BEVEILIGINGSCONSTRUCTIES OP KUNSTWERKEN

Verslag en resultaten van de botsproeven ten behoeve van het onderzoek naar beveiligingsconstructies op kunstwerken die in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep "Bermbeveiligingen" in 1969 t/m 1971 gehouden zijn op De Vlasakkers te Amersfoort

Deel II. Beschrijving van de gehouden botsproeven en een overzicht van de resultaten

R-75-8 II

Voorburg, 1975

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

1. Het proefterrein
 - 1.1. Inleiding
 - 1.2. De lierinstallatie
 - 1.3. Aanloopbaan
 - 1.4. Het terrein
 - 1.5. Lengte en verankering van de constructie
 - 1.6. De fundatie

2. Registratie gegevens proeven
 - 2.1. Inleiding
 - 2.2. Plaats camera's en verlichting
 - 2.3. Doel van de camera's
 - 2.4. Verrichte metingen

3. De proefvoertuigen

4. Proefverloop
 - 4.1. Algemeen proefverloop
 - 4.1.1. Samenvatting en deelconclusies
 - 4.2. Bijzondere constructies
 - 4.2.1. Voorspanbouten in de verbinding diagonaal-geleiderail
 - 4.2.1.1. Inleiding
 - 4.2.1.2. Beschrijving proeven
 - 4.2.1.3. Samenvatting en deelconclusies
 - 4.2.2. Grote inrijhoek
 - 4.2.2.1. Inleiding
 - 4.2.2.2. Beschrijving proef
 - 4.2.2.3. Samenvatting en deelconclusies
 - 4.2.3. Expansiemogelijkheid zonder hydraulische demper
 - 4.2.4. Expansiemogelijkheid met hydraulische demper(s)
 - 4.3. Schade aan proefvoertuigen
 - 4.4. Verankering

Figuren 1 t/m 8

Tabellen I t/m VII

1. HET PROEFTERREIN

1.1. Inleiding

Het experimentele gedeelte van het onderzoek is uitgevoerd op het proefterrein "de Vlasakkers" te Amersfoort. De vorm en grootte van het proefterrein wordt bepaald door de methode van op snelheid brengen van het proefvoertuig alsmede de geleiding hiervan. Naar aanleiding van een gerichte studie is de keuze van op snelheid brengen van de proefvoertuigen gevallen op de methode met een lierinstallatie en de keuze van geleiding op de rechte profielgeleiding.

De voordelen van de methoden zijn:

- a. eenvoud
- b. lage (aanschaf)kosten
- c. snel gereed te maken voor de volgende proef.

Voor een gedetailleerd overzicht omtrent het proefterrein zie hoofdstukken 4 en 5 van het "Maxi-rapport" Bermbeveiligingen (SWOV, 1969).

1.2. De lierinstallatie

De lierinstallatie wordt aangedreven door een grote Amerikaanse personenwagen waarvan de achterwielen op de kabeltrommel staan. De voor- en achterkant van de personenwagen zijn aan de lierinstallatie gefixeerd. De kabel loopt via een keerschijf, die achter de te beproeven beveiligingsconstructie is aangebracht, naar het voertuig. De Amerikaanse personenwagen is gekozen vanwege zijn vermogen, nl. meer dan 300 pk en zijn automatische transmissie. Een dergelijke transmissie is belangrijk voor het strak houden van de kabel tijdens het aanlieren.

1.3. Aanloopbaan

De aanloopbaan, waarlangs de proefvoertuigen geleid worden, bestaat uit twee rijen spoorstaven. Deze spoorstaven, welke onderling zijn

doorverbonden, worden op hun plaats gehouden door zware tegels of zandzakken. De onderlinge afstand van de twee rijen spoorstaven wordt bepaald door de spoorbreedte van het proefvoertuig.

Daar deze geleiding op de voorwielen moet worden toegepast, rijden de personenwagens met hun wielen tussen de twee rijen spoorstaven en de bussen en vrachtwagens met hun wielen langs de buitenzijde van deze staven. De reden van het verschil in geleiding ontstaat door ongelijke spoorbreedte van voor- en achterwielen van de proefvoertuigen. Dit heeft tot gevolg gehad dat bij de bussen en vrachtwagens de binnenste achterwielen zijn verwijderd.

1.4. Het terrein

Het Hoytemaplein van het militair oefenterrein "de Vlasakkers" loopt onder een hoek van ca. $2,5^{\circ}$ af. Om van deze helling bij het aanlieren te kunnen profiteren was het noodzakelijk de proeven in spiegelbeeld uit te voeren (zie Figuur 1 en 2).

Proefaanelieringen hebben aangetoond dat met het gekozen aanliersysteem personenwagens van 1300 kgf snelheden van ca. 100 km/h kunnen bereiken en vrachtwagens van 3500 kgf snelheden van ca. 80 km/h.

1.5. Lengte en verankering van de constructie

De werking van een beveiligingsconstructie wordt voor een belangrijk deel bepaald door zijn lengte. Bij de proeven is deze lengte gesimuleerd door aan weerszijden van de brugbeveiligingsconstructie - welke een lengte heeft van 28 m - een constructie van dezelfde soort ten aanzien van paalafstand en diagonalen volgens de heimethode aan te bouwen tot een totale lengte van 64 m en tevens de uiteinden van deze heiconstructie te verankeren (zie Figuur 2). De verankering geschiedt met behulp van vier verankeringsplaten, twee aan beide uiteinden. Het midden van de platen, welke een oppervlakte hebben van $1,2 \text{ m}^2$, ligt 1 m onder het maaiveld (zie Figuur 3).

1.6. De fundatie

Om een natuurgetrouwe weergave te verkrijgen van aanrijdingen op kunstwerken is een fundatie van beton aangelegd. De lengte van de fundatie is 30 m, de breedte 1,50 m en de hoogte 1 m. Op de fundatie is een DIN-30 balk aangebracht. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid proeven te houden met verschillende paalafstanden zonder dat hiervoor vroegtijdig voorzieningen moeten worden getroffen in de fundatie, wanneer deze alleen uit beton zou bestaan. De DIN-30 balk is tegen vervorming beschermd door steunribben, die om de 0,50 m tussen de flenzen zijn gelast. Gaten voor het bevestigen van de grondplaten waarop de palen worden bevestigd, zijn om de 1,333 m en 2,000 m in de DIN-30 balk aangebracht. Paalafstanden van 2,667 m en 4,000 m zijn dus ook mogelijk. Bij het uitvoeren van de proeven is tevens rekening gehouden met de aanwezigheid van een 5 cm hoge rand op de kunstwerken waarop de beveiligingsconstructie wordt aangebracht (zie Figuur 4a). Ook de schampkant aan de voorkant van de kunstwerken is aangebracht (zie Figuur 4b). Voor het beproeven van de beveiligingsconstructie met daar achter het inspectiepad met handleuning, is voor deze handleuning een tweede fundatie gelegd (zie Figuur 4c). De handleuning staat op dezelfde wijze op de schampkant als op de kunstwerken zelf. De sterkte van de schampkant is gelijk aan die van de kunstwerken.

2. REGISTRATIE GEGEVENS PROEVEN

2.1. Inleiding

De gegevens, welke voor het beoordelen van de proeven van belang zijn, zijn zowel van statische als van dynamische aard. Hierdoor is het niet mogelijk met één registratiemethode te volstaan. De groep gegevens van statische aard kunnen ter plaatse worden verzameld. De groep gegevens van dynamische aard daarentegen kunnen niet ter plaatse worden waargenomen. Deze gegevens zijn daarom op filmmateriaal vastgelegd.

2.2. Plaats camera's en verlichting

Voor het vastleggen van de gegevens zijn vijf filmcamera's en één fotocamera gebruikt. De camera's zijn zo geplaatst dat een zo goed mogelijk beeld van het verloop van de proef wordt verkregen (zie Figuur 5).

Filmcamera's

Standplaats 1: Arriflex 16 mm	24 b/s
Standplaats 2: Paillard Bolex H 16	64 b/s
Standplaats 3: Milleken	400 b/s
Standplaats 4: Kodak Special	50 b/s
Standplaats 5: Paillard Bolex H 16 Reflex	64 b/s
Standplaats 6: Milleken	400 b/s

Fotocamera

Standplaats 7: Asahi Pentax spotmatic motor drive	3 b/s
---	-------

Standplaats 1 is gelegen in het verlengde van de beveiligingsconstructie op een afstand van ca. 45 m na het botspunt.

Standplaats 2 bevindt zich in het verlengde van de aanloopbaan, ca. 23 m na het botspunt en 8,4 m achter de constructie. De camera staat op een verhoging van 3 m.

Op standplaats 3 staat de camera op een verhoging van 9 m, gesitueerd 11,9 m achter de constructie op een afstand van 8 m na het botspunt.

Standplaats 4 ligt 2 m voor het botspunt op de fundatie juist achter de palen. Deze camerapositie is niet bij alle proeven gebruikt.

Standplaats 5 bevindt zich juist achter de constructie ongeveer 21 m voor het botspunt.

Standplaats 6 is alleen bij speciale proeven in gebruik geweest, nl. voor het verfilmen van de demper, die ter plaatse in de beveiligingsconstructie is aangebracht. Hiervoor is dan de camera gebruikt die zich anders op standplaats 3 bevindt, geplaatst op een verhoging van 3 m op een afstand van 3,05 m achter de constructie. Op standplaats 3 is dan een Paillard Bolex H 16 camera gebruikt.

Met de fotocamera is op standplaats 7, gelegen op een afstand van 6,65 m achter de constructie en 7,5 m voor het botspunt, een fotorapportage van de botsing gemaakt.

Om voor het filmen tijdens de botsing voldoende licht te hebben zijn in de winterperiode 9 lampen geplaatst. De gezamenlijke capaciteit van de lampen bedroeg ca. 8000 watt. De totale lengte die op deze wijze kon worden uitgelicht, bedroeg ca. 13 m. De lampen stonden ongeveer 4 m achter de constructie. Ondanks deze verlichting zijn bij enkele proeven afwijkende filmsnelheden gebruikt, daar bij mistig of regenachtig weer toch nog onvoldoende licht aanwezig was. Figuur 5 geeft een totaal overzicht van de plaats van de camera's en de lampen.

2.3. Doel van de camera's

Camera 1 legt de bewegingen van het botsende voertuig vast en volgt het voertuig tijdens zijn uitloop. Camera 2 legt de bewegingen van het botsende voertuig en de uitbuigende constructie vast. Tevens wordt met deze camera diverse andere gegevens, zoals tweetrapseffect, diverse maten en tijden, vastgelegd. De camera draait niet met het voertuig mee. Camera 3 is een high-speed camera, welke het verloop van de botsing vastlegt. Tevens kunnen, afgezien van alle gegevens die ook met camera 2 worden vastgelegd, vanaf deze film de in- en uitrijnsnelheden worden

geanalyseerd. Camera 4 is in enkele gevallen ingezet om de bewegingen van de palen tijdens de botsing vast te leggen. Camera 5 verfilmt zowel de bewegingen van het voertuig, als de dynamische uitbuigingen.

De camera's 1, 2 en 5 worden verder nog gebruikt om de schade aan constructie en voertuig vast te leggen. Camera 6 is opgesteld om de werking van detailonderdelen van de beveiligingsconstructie vast te leggen, zoals de werking van de expansiemogelijkheid en de dempers. Ter bescherming van de opname-apparatuur die voor een gedeelte achter de te beproeven constructie is geplaatst, is achter deze constructie een tweede constructie geplaatst.

2.4. Verrichte metingen

Het verzamelen van de gegevens valt in twee methoden uiteen, nl.

1. meting en waarneming ter plaatse
2. film- en fotomateriaal.

Vele van de benodigde gegevens zijn direct na de proef te verkrijgen, zij zijn nl. exact op te meten of waar te nemen en kunnen dus worden genoteerd. De volgende gegevens zijn op deze manier te verzamelen:

- statische uitbuiging constructie
- plaats botspunt en eventueel optreden en plaats van tweede botsing
- optreden van rear-end effect
- optreden van tweetrapseffect
- lengte tweetrapseffect
- uitrijhoek
- schade constructie
- vorm uitloopbaan
- plaats van stilstaand voertuig
- verplaatsing verankering
- verplaatsing diagonalen
- inrijnsnelheid
- schade voertuig.

Enkele van de benodigde gegevens kunnen niet volgens de eerste methode worden verzameld, daar zij van dynamische aard zijn. Hiervoor wordt dan de tweede methode gebruikt. Door verschillende oorzaken is het mogelijk dat enkele gegevens, welke volgens de eerste methode worden verzameld, niet of te onnauwkeurig worden vastgesteld. Bij het verfilmen van de botsing is hiermede rekening gehouden, zodat deze gegevens van het filmmateriaal gehaald kunnen worden. Tevens is hierdoor voor verschillende gegevens een controle aanwezig.

De op deze manier verzamelde gegevens zijn:

- dynamische uitbuiging t.g.v. eerste botsing
- optreden van tweetrapseffect
- tijdstip tweetrapseffect
- lengte tweetrapseffect
- optreden en mate van rear-end effect
- tijdstip rear-end effect
- optreden van tweede botsing
- tijdstip tweede botsing
- duur contact voertuig-constructie
- lengte contact voertuig-constructie
- inrijnsnelheid
- uitrijnsnelheid
- beweging voertuig
- globaal schade voertuig en constructie.

N.B. De hoeveelheid van de te verzamelen gegevens wordt mede bepaald door de gegevens die nodig zijn ter controle van het wettelijke model. Ze zijn van minder belang voor de beoordeling van de proef.

3. DE PROEFVOERTUIGEN

Bij de opzet van het onderzoek is men uitgegaan van het feit dat de te ontwikkelen beveiligingsconstructie een zo breed mogelijk werkingsgebied moet hebben. Bij de keuze van de proefvoertuigen is hiermee dan ook rekening gehouden door drie typen voertuigen te kiezen, nl. een personenwagen, een vrachtwagen en een bus. Om een juiste vergelijking tussen de proeven op de diverse constructies mogelijk te maken, moeten de proefvoertuigen in de drie categorieën gelijk zijn. Het is dus noodzakelijk dat deze proefvoertuigen in voldoende mate verkrijgbaar zijn. Bij het bepalen van de proefvoertuigen mag dit aspect niet uit het oog worden verloren.

Voor de personenwagen is de keuze mede daarom gevallen op de Opel Rekord, bouwjaar '58/'59, zie Figuur 6a. Door zijn gewicht en vormgeving vertegenwoordigt de Opel een groot deel van het wagenpark in Nederland. In één geval, proef C25, is een Citroen ID gebruikt, zie Figuur 6b.

Voor de vrachtwagen is de keuze gevallen op de Bedford, bouwjaar '60/'62, zie Figuur 7.

De bus - een Kromhout/Verheul - is gekozen vanwege zijn grote lengte - massatraagheidsmoment - en zijn gewicht, bouwjaar '64, zie Figuur 8.

Ondanks de zorg die aan de keuze van de proefvoertuigen is besteed, is het niet altijd mogelijk gebleken om op een bepaald tijdstip hetzelfde merk te verkrijgen. Hierdoor was het noodzakelijk tweemaal een andere vrachtwagen - bij proeven C5 en C14 - en éénmaal een andere bus - bij proef C28 - te gebruiken. Beide afwijkende vrachtwagens waren van het merk Chevrolet. De afwijkende bus was van het merk Leyland.

4. PROEFVERLOOP

4.1. Algemeen proefverloop

De reactiekrachten die tijdens de botsing ontstonden, werden door het plaatwerk en of bumper van de proefvoertuigen opgenomen. Door het stijve karakter van de geleiderailconstructie werden de reactiekrachten zo groot, dat deze onderdelen van de Opel en Bedford bij lange na niet in staat waren de reactiekrachten op te nemen. Ze werden dan ook ver ingedrukt. Hierbij traden geen merkbare grote koersveranderingen van Opel en Bedford of uitbuiging van de geleiderailconstructie op. Het voorwiel kwam dan in botsing met de voorste geleiderail. Vanaf dat moment begon het omleiden van de Opel en Bedford en het uitbuigen van de geleiderailconstructie. Het plaatwerk van de bus daarentegen is door zijn vormgeving zo stijf dat vervormingen in het plaatwerk klein bleven. De geleiderailconstructie ging dan ook vrijwel direct na de botsing uitbuigen. Merkbaar grote koersverandering van de bus trad pas op nadat het tweetrapseffect in werking was getreden. Het uitbuigen van de geleiderailconstructie werd ingeleid door het "welven" van de voetplaten van de palen, althans bij de palen waarvan de voorflenzen waren gelast. Het verder uitbuigen van de geleiderailconstructie kwam uit het afscheuren van de breeklassen van de palen. De benodigde krachten voor het afscheuren van deze breeklassen waren zo groot dat aan de voorwielophanging van de Opel of Bedford schade werd toegebracht. Het plaatwerk van de bus was wel in staat om de krachten voor het afscheuren van de breeklassen op te nemen. De voorste geleiderail werd daarom zwaar belast, zodat de geleiderail als het ware door de bus werd platgewalst. Tevens werd de geleiderail in de verticale stand teruggedrukt, waardoor ook de verbindingen geleiderailafstandhouder gingen vervormen. Doordat het plaatwerk ver werd ingedrukt, werd het voorwiel van de Opel niet meer in voldoende mate door het plaatwerk afgeschermd. Het voorwiel is juist klein genoeg om onder de uitbuigende voorste geleiderail door te dringen, waardoor een grote kans ontstond dat de palen werden

aangereden. Bij een voldoende uitbuiging van de geleiderailconstructie staken de paalvoeten buiten de voorste geleiderail uit, waardoor ook het voorwiel van de Bedford de palen kon aanrijden. De ernst van de schade hing af van de wijze waarop de breekklas was uitgevoerd en de sterkte van de voorwielophanging. Vooral als ook de achterflens was gelast werd de schade aan de voorwielophanging groot. De voorwielophanging van de bus was sterk genoeg om de palen - zonder beschadigd te worden - om te rijden. In het algemeen reden ook de achterwielen dezelfde palen aan, waarbij de banden konden worden lek gereden. Door het aanrijden van de palen kon vooral de verbinding geleiderail-afstandhouder schade oplopen. De voor- en/of achterflap van de afstandhouder scheurden vaak in of af, waarbij tevens de afstandhouder zelf vaak werd vervormd. De paal werd in rijrichting getordeerd of van zijn voetplaat gereden. Door het aanrijden van de palen konden de afstandhouders en de palen door het proefvoertuig op de diagonalen worden gedrukt, waardoor de diagonalen verbogen. Dit was vooral het geval bij alleen lijf-gelaste palen bij een botsing met een bus.

De uitstekende wielmoeren van de voorwielen van de vrachtwagens en bussen konden tijdens de botsing deuken en/of gaten in de geleiderail slaan. Hoe stijver de geleiderailconstructie werkte, hoe groter de kans op gaten.

Afhankelijk van de zwaarte van de botsing en de stijfheid van de geleiderailconstructie trad het tweetrapseffect op. Het omleiden van de proefvoertuigen werd dan versneld. Enkele ogenblikken na het tweetrapseffect botste de achterkant van de proefvoertuigen tegen de voorste geleiderail, het zgn. rear-end effect. Het rear-end effect vond in het algemeen binnen een afstand van 1 m voor het oorspronkelijke botspunt plaats. De zwaarte van dit rear-end effect was groot genoeg om ter plaatse enkele breekklassen verder te doen inscheuren of zelfs helemaal af te scheuren. De dynamische uitbuiging van de geleiderailconstructie door het rear-end effect was (veel) groter dan die van de eerste botsing, daar de geleiderailconstructie vrij kon uitbuigen. Hoe langer het proefvoertuig was, hoe duidelijker het rear-end effect was en ook hoe groter de krachten werden. Bij de personenwagens trad het rear-end effect in het geheel niet op.

Bij de constructie met handleuning was de invloed van de handleuning op de afloop van een aanrijding groot. De handleuning leverde een wezenlijk aandeel in het omleiden van vooral de bussen. (Onder het begrip tweetrapseffect wordt ook het bovenvermelde aandeel in het omleiden van de botsende voertuigen gerekend). De dynamische uitbuiging van het rear-end effect was ongeveer gelijk aan die van de oorspronkelijke botsing. De aanwezigheid van de stootrand onder de handleuning verhoogde het gevaar van kantelen van voertuigen met een hoog zwaartepunt. Een tweede en minstens even belangrijk aandeel van de handleuning in de werking van de constructie was, het tegengaan van dit kantelgevaar. De wijze van uitrijden van de proefvoertuigen werd voor een groot deel bepaald door toevalligheden, zoals de stand van de voorwielen bij het verlaten van de geleiderailconstructie en de schade aan de stuurinrichting en voorwielophanging. Was de bestuurbaarheid van dat voertuig nog goed, dan was de plaats van stilstand van het voertuig afhankelijk van de stand van de voorwielen en de weerstand die de wielen ondervonden van wegdek en berm. Dit was het geval met de bussen en een deel van de vrachtwagens.

4.1.1. Samenvatting en deelconclusies

De beproefde beveiligingsconstructies geven goede resultaten. De constructies hebben een vloeiende uitbuigingslijn, waarbij de werkzaamheid ook na de botsing nog goed te noemen is, en het botsende voertuig geleidelijk wordt omgeleid. Hierbij is de schade aan de constructie, mede gezien de stijfheid van de constructie, niet groot.

In het algemeen wordt de uitrijhoek weer kleiner nadat het proefvoertuig de constructie heeft verlaten en heeft een tweede botsing plaats. De uitstekende wielmoeren van de vrachtwagens beschadigen de geleiderail in enkele gevallen vrij ernstig, doordat zij tijdens de botsing gaten in de geleiderail slaan. Bij zware aanrijdingen kunnen deze gaten breuk in de geleiderail veroorzaken. Bij de als proefvoertuigen gebruikte bussen zijn de wielmoeren door een stalen ring afgeschermd. Hierdoor wordt de

kans op gaten in de geleiderail sterk verkleind en ontstaan voornamelijk deuken. Is er achter de beveiligingsconstructie een stootrand aanwezig, dan is het belangrijk dat de wielen van het botsende voertuig niet of nauwelijks in aanraking met deze stootrand kunnen komen. Komen namelijk de wielen wel in aanraking met de stootrand dan worden zij in hun verdere loop belemmerd en/of tegengehouden, waardoor het kantelen of het omhoog komen - "springen" - van het voertuig wordt bevorderd. In beide gevallen bestaat de kans dat het voertuig de constructie overschrijdt. De handleuning heeft naast zijn functie om het inspectiepad aan de zijkant af te schermen, nog twee belangrijke functies. In de eerste plaats levert de handleuning een wezenlijk aandeel in het omleiden van zware voertuigen. In de tweede plaats gaat de handleuning - door zijn hoogte - het kantelgevaar tegen. De constructie van de handleuning is hiervoor sterk genoeg gebleken.

4.2. Bijzondere constructies

In de loop van het onderzoek werden enkele proeven gehouden die qua opzet of qua constructie afweken van de normale uitvoeringen. In de navolgende paragrafen zullen deze proeven uitvoerig worden behandeld.

4.2.1. Voorspanbouten in de verbinding diagonaal-geleiderail

4.2.1.1. Inleiding

De stijfheid van de ligger van de beveiligingsconstructies kan worden vergroot door (op bepaalde plaatsen) in de ligger diagonalen aan te brengen. Bij het plaatsen van de beveiligingsconstructies in krappe bogen kunnen deze diagonalen montage-moeilijkheden geven. Getracht is deze moeilijkheden te ondervangen door toepassing van slobgaten, waarbij de verbinding tussen diagonaal en geleiderail wordt verzorgd door voorspanborden. De werking van de diagonalen berust nu geheel op de wrijvingskrachten, die door het aandraaien van de voorspanbouten ontstaan.

4.2.1.2. Beschrijving proeven

Het proefverloop vertoonde grote overeenstemming met het algemene proefverloop. Grote verschillen werden echter in zowel de statische als de dynamische uitbuigingen gevonden. Deze uitbuigingen waren tot ca. 20% groter dan van dezelfde constructies maar dan zonder voorspanbouten en slobgaten. Bij deze diepere uitbuigingen waren echter de lengten van de uitbuigingen ongeveer even groot.

4.2.1.3. Samenvatting deelconclusies

Uit de proeven C20 en C21 blijkt dat de genoemde wijze van monteren van de diagonalen in de ligger niet de gewenste resultaten oplevert. Het gedrag van de constructie is flexibeler dan van de constructie met de normale verbinding tussen diagonaal en geleiderail. De dynamische uitbuigingen worden tot ca. 20% groter. De oorzaak is gelegen in de werking van de diagonalen. De verplaatsingen van de bouten in de slobgaten zijn veel groter dan de verplaatsingen van de bouten bij de normale verbindingen. Voor het niet op de juiste wijze werken van de voorspanbouten zijn verschillende oorzaken aan te wijzen, namelijk:

- de draagvlakken zijn niet vlak genoeg
- de draagvlakken zijn niet voldoende groot
- de draagvlakken zijn meestal niet schoon
- de draagvlakken zijn gegalvaniseerd
- te veel draagvlakken op elkaar
- de materiaaldikten zijn dunner dan 4 mm.

De fabricagewijze van de geleiderail, afstandhouder en de diagonaal leent zich nu niet bij uitstek om aan hierboven vermelde oorzaken het hoofd te kunnen bieden. Ook de wijze van monteren garandeert geenszins dat de draagvlakken schoon zijn. De noodzakelijke wrijvingskrachten die voor een goede werking moeten kunnen optreden, kunnen zich dan ook niet vormen.

4.2.2. Grote inrijhoek

4.2.2.1. Inleiding

Bij lage snelheden is het mogelijk grote inrijhoeken te bereiken.

Indien de kunstwerken ook nog in krappe bogen zijn gebouwd (knooppunten in stedelijke gebieden) kunnen inrijhoeken van 70 à 80 graden ontstaan. Proef C19 is gehouden om na te gaan wat de gevolgen van een botsing met een dergelijke grote inrijhoek tegen een beveiligingsconstructie zijn.

4.2.2.2. Beschrijving proef

In eerste instantie boog de beveiligingsconstructie geleidelijk door, waarbij de lassen van enkele palen afbraken of vervormden. Na ca. 0,10 s braken alle lassen van de palen snel achter elkaar af. De aangrenzende heipalen sneden toen door de grond. Het afbreken gebeurde echter wel geleidelijk. Het liggerdeel voor de neus van de bus vervormde hierbij sterk. De ontstane langskrachten in de ligger waren nu zó groot geworden dat twee verankeringkabels aan de bovenzijde van de beveiligingsconstructie afbraken, ca. 0,42 s na moment van botsen, de uitbuiging was toen ca. 2,20 m. De geheide palen van de beveiligingsconstructie aan die zijde bogen toen op maaiveldhoogte in de lengterichting van de beveiligingsconstructie om, waardoor een verplaatsing van de beveiligingsconstructie in langsrichting van 0,50 m optrad. Na 0,85 s kwam de uitbuigende beveiligingsconstructie in botsing met de daar achter geplaatste afschermconstructie.

De bus stond echter toen al bijna stil. De uitbuiging van de afschermconstructie bedroeg 0,11 m en kwam na de botsing weer in zijn originele stand terug. De uitbuiging van de beveiligingsconstructie werd dan ook niet veel beïnvloed door deze tweede constructie.

4.2.2.3. Samenvatting en deelconclusies

Een grote inrijhoek is voor de ontworpen beveiligingsconstructies een bijzondere omstandigheid. De constructies zijn namelijk ontworpen op hun geleidende eigenschappen. Hoe groter de inrijhoeken worden hoe kleiner de mogelijkheden worden om van deze geleidende eigenschappen van de beveiligingsconstructie gebruik te kunnen maken. De beveiligingsconstructies krijgen dan meer de functie van een opvangconstructie. Het proefverloop van deze proef was

dan ook geheel anders dan in het algemeen proefverloop. Door de grote inrijhoek - hier 78 graden - is van geleiden van het proefvoertuig geen sprake meer en moet de kinetische energie van het proefvoertuig volledig door de beveiligingsconstructie worden vernietigd. Door de "frontale" botsing ontstaan in de ligger grote langskrachten. Wanneer deze langskrachten niet kunnen worden opgenomen, rijdt het botsende voertuig door/over de beveiligingsconstructie heen. Het is dan ook belangrijk dat op plaatsen waar dergelijke grote inrijhoeken kunnen ontstaan, langskrachten in de beveiligingsconstructie kunnen worden opgenomen en de eventuele aanwezige verankeringen goed zijn uitgevoerd.

4.2.3. Expansiemogelijkheid zonder hydraulische demper

In kunstwerken is het noodzakelijk één of meer expansievoegen aan te brengen. Deze expansievoegen zijn noodzakelijk om de lengteverandering van de kunstwerken ten gevolge van temperatuurverschillen te kunnen opvangen. In de beveiligingsconstructies is het daarom ook noodzakelijk op deze plaats deze expansiemogelijkheid aan te brengen door middel van slobgaten in de verbinding tussen twee geleiderails. Een groot nadeel is echter dat bij de introductie van deze slobgaten tevens een discontinuïteit wat betreft het langsverband in de ligger wordt geïntroduceerd. In een serie proeven is nagegaan in hoeverre deze geïntroduceerde discontinuïteit aanvaardbaar is.

Voor de beschrijving van deze proeven en de conclusies wordt verwezen naar het SWOV-rapport "Hydraulische schokdempers" (SWOV, 1975).

4.2.4. Expansiemogelijkheid met hydraulische demper(s)

Om de nadelen van een - vooral grootte - expansiemogelijkheid in de werking van de beveiligingsconstructies te kunnen ondervangen, zal het langsverband in de ligger weer moeten worden hersteld. Een goede oplossing lijkt het aanbrengen van een demper te zijn ter plaatse van de voegconstructie. Een nadeel van de demper is

echter wel het gewicht. Niet alleen de demper is zwaar maar ook de twee speciale afstandhouders, die de langskrachten van de geleide-rail op de demper - en omgekeerd - overbrengen, zijn zwaar. In een serie proeven is nagegaan in hoeverre de demper werkt als verwacht en of de geïntroduceerde discontinuïteit aanvaardbaar is.

Voor een specificatie van de eisen, het ontwikkelen van de demper en de proefresultaten wordt weer verwezen naar SWOV (1975).

4.3. Schade aan proefvoertuigen

De schade aan de voertuigen was sterk afhankelijk van de stijfheid van de beveiligingsconstructies, het al of niet aanrijden van de palen en van de constructie en vormgeving van het voertuig zelf. De schade aan de bus was klein. Zowel de voorwielophanging als de constructie van het plaatwerk aan de botskant waren sterk genoeg om de botsing te kunnen doorstaan. De sterkte van de botskant van de bus werd mede veroorzaakt door de instap voor de passagiers. Bij de vrachtwagen en de personenwagen waren daarentegen zowel de sterkte van de voorwielophanging en de constructie van het voertuig zelf als de vormgeving van die constructie niet in staat de botsing te doorstaan. De sterkte en vormgeving van de constructie waren niet in staat grote krachten op te nemen zodat een groot deel van de botsing door de voorwielophanging moest worden opgenomen. Afhankelijk van de stijfheid van de beveiligingsconstructie en het aanrijden van de palen, ontstond er al of niet ernstige schade aan de voorwielophanging. Vooral bij de personenwagen veroorzaakte een in enige mate verstijfde beveiligingsconstructie reeds schade aan de voorwielophanging.

De schade die werd veroorzaakt door het aanrijden van de palen, werd voor een deel bepaald door de wijze van lassen van de paal aan de voetplaat. Een paal waarvan de achterflens was gelast, veroorzaakte altijd grote schade aan de voorwielophanging van zowel de personenwagen als de vrachtwagen. Was alleen het lijf gelast, dan was de schade over het algemeen genomen kleiner. De banden van de personenwagen werden dan toch nog wel vaak lek gereden tegen de voorflens van de paal.

Zie voor een algemeen overzicht Tabel VII.

4.4. Verankering

De verankeringen van de beveiligingsconstructie werkte op enkele uitzonderingen na als werd verwacht. De gevonden verplaatsingen waren alleen van elastische aard en dan voornamelijk bij de botsingen met de bussen. Bij drie proeven waren verankeringskabel(s) gebroken.

De oorzaak van dat breken van de verankeringskabel(s) lag bij proef C19 aan de grote inrijhoek. De kinetische energie van de bus moest bij deze proef totaal door de beveiligingsconstructie zelf worden vernietigd. Bij de andere twee proeven C34 en C37 was bij de montage van de constructie een fout gemaakt; in plaats van twee verankeringskabels was aan beide zijden van de constructie maar één kabel aangebracht. Het belang van een goede verankering wordt nog eens onderstreept door de afloop van deze proeven. Vooral bij de flexibele beveiligingsconstructie is dit van belang vanwege de diepe uitbuigingen en de grote invloedssfeer van de uitbuigingsgolf in dergelijke constructies. Dit in tegenstelling tot stijve beveiligingsconstructies, waarin zowel de diepte van de uitbuiging als de invloedssfeer van de uitbuigingsgolf kleiner is. De lengte van de proefconstructie was door de flexibele beveiligingsconstructies eigenlijk te kort. De verankeringen werden hierdoor extra belangrijk vanwege de simulaties van een "oneindig lange" beveiligingsconstructie.

LITERATUUR

SWOV (1969). Bembeveiligingen; Maxi-rapport, 12 delen. SWOV, Voorburg, 1969.

SWOV (1975). Hydraulische schokdempers; Expansiemogelijkheden in beveiligingsconstructies op kunstwerken. SWOV (ing. W.H.M. van de Pol). R-75-9. SWOV, Voorburg, 1975.

Zie verder Deel I: Literatuur, blz. 40 e.v.

FIGUREN 1 T/M 8

Figuur 1. Proefterrein

Figuur 2. Detail I figuur 1

Figuur 3. Verankering

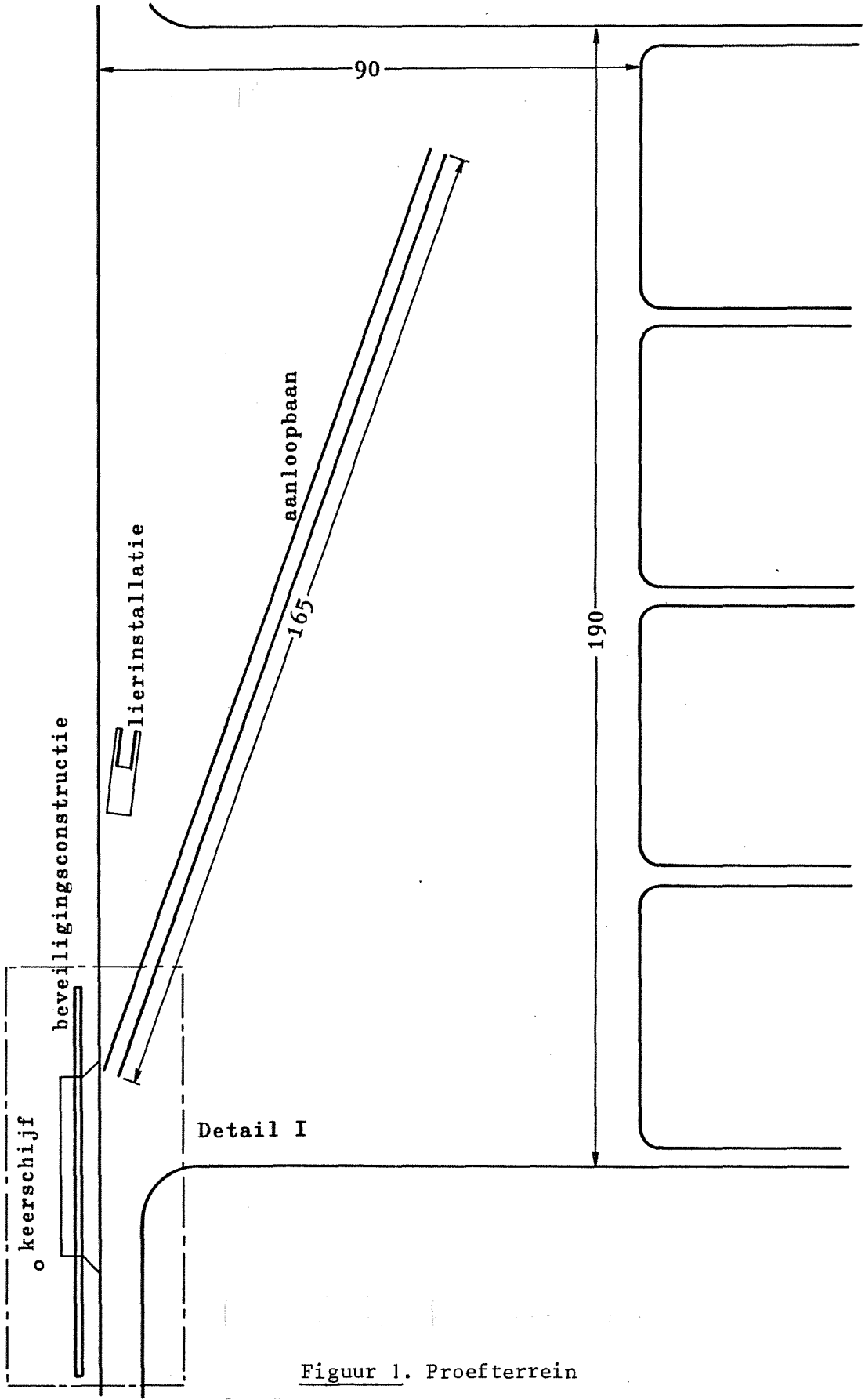
Figuur 4a, 4b, 4c. Fundatie

Figuur 5. Camera- en lampenopstelling

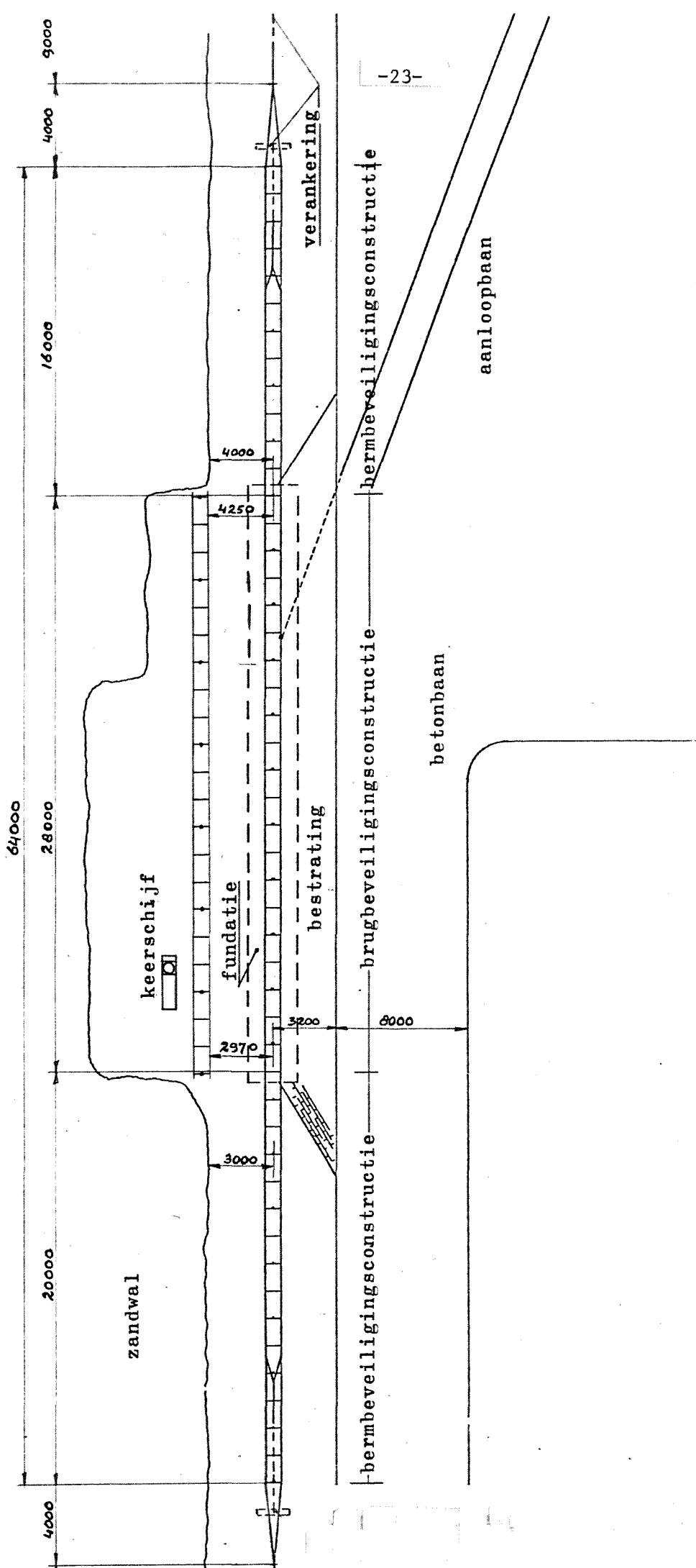
Figuur 6a, 6b. Opel Rekord, resp. Citroën ID personenauto

Figuur 7. Bedford vrachtwagen

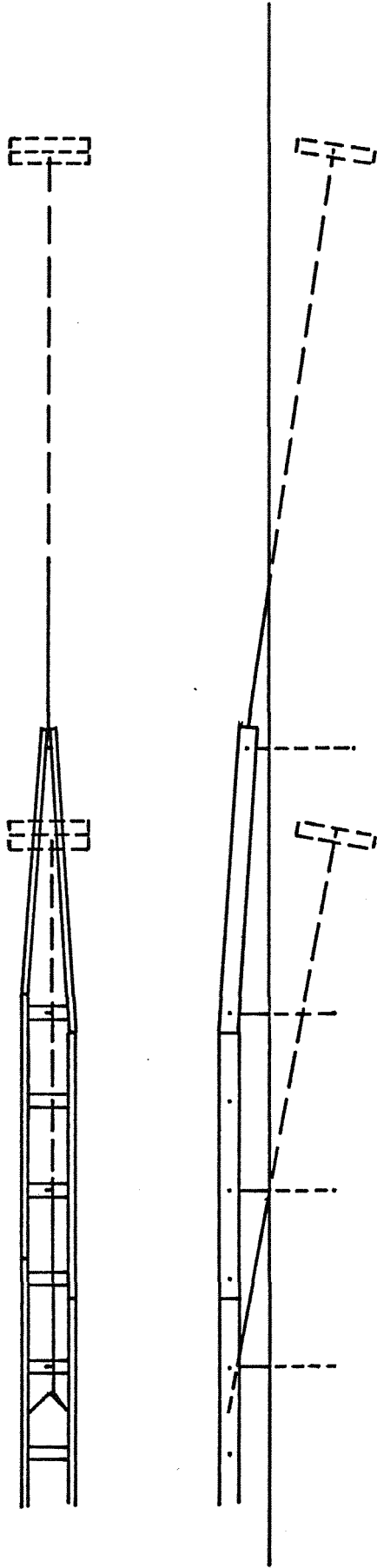
Figuur 8. Kromhout/Verheul bus



Figuur 1. Proefterrein

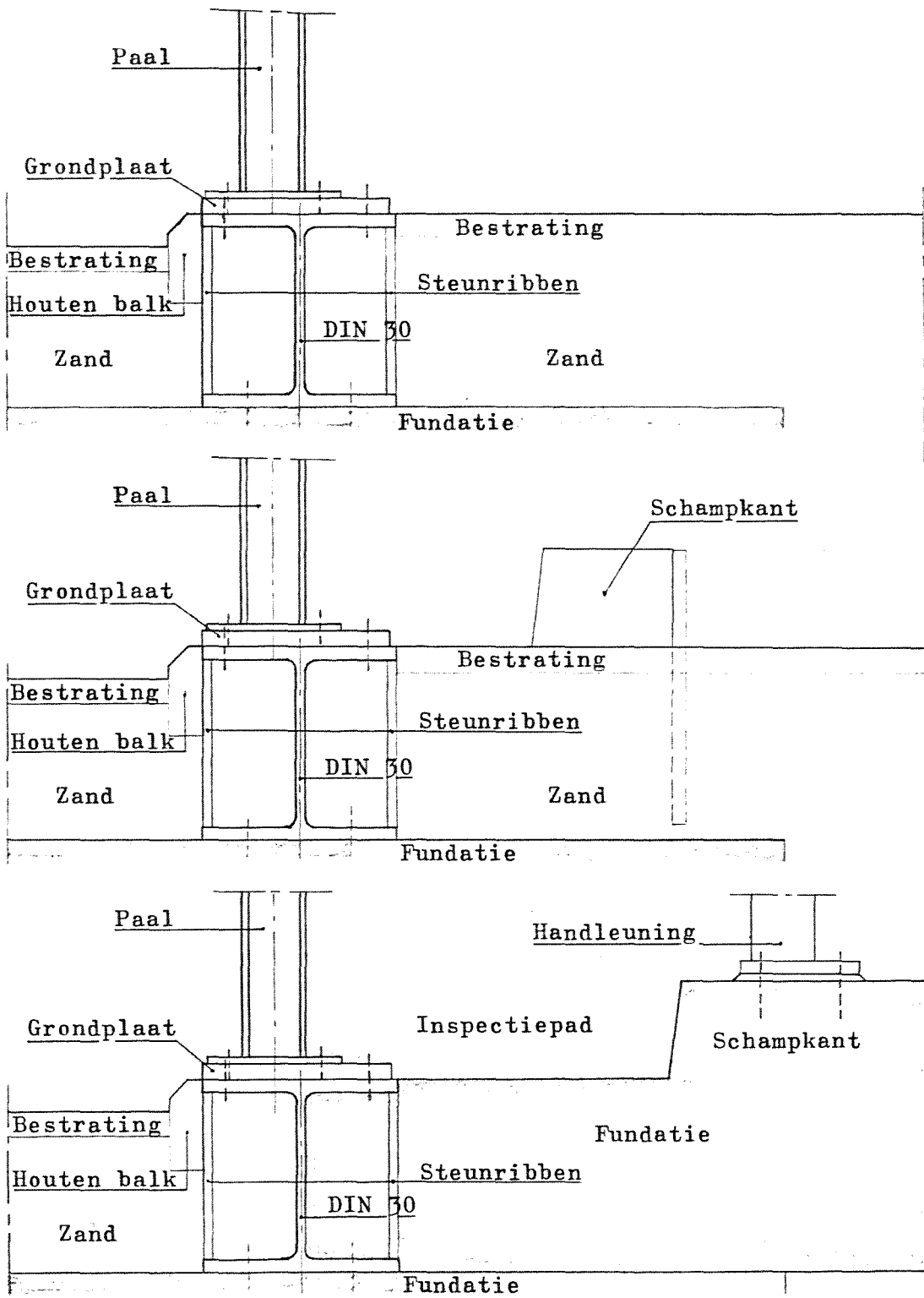


Figuur 2. Detail I figuur 1

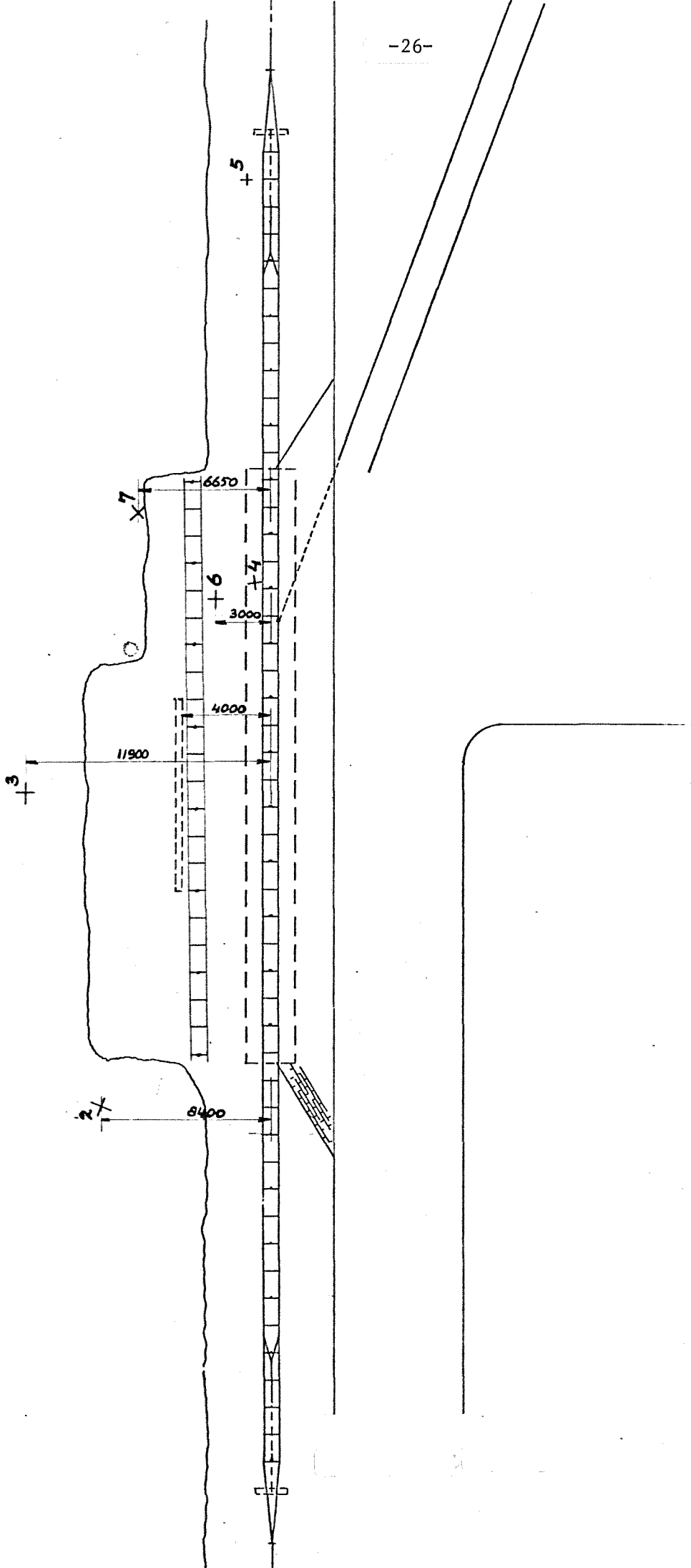


Figuur 3. Verankering

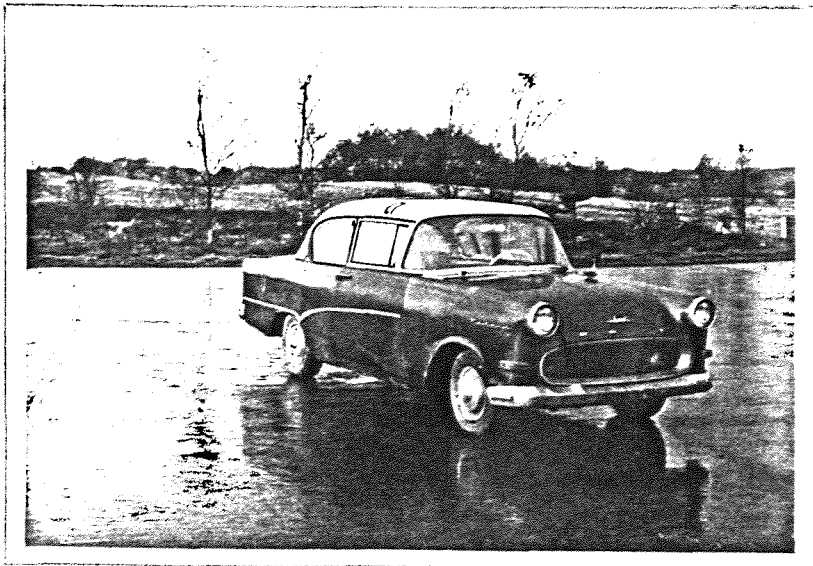
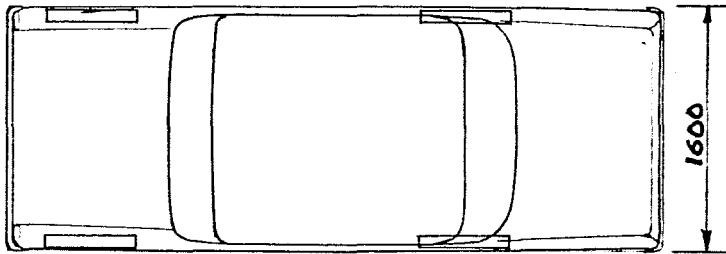
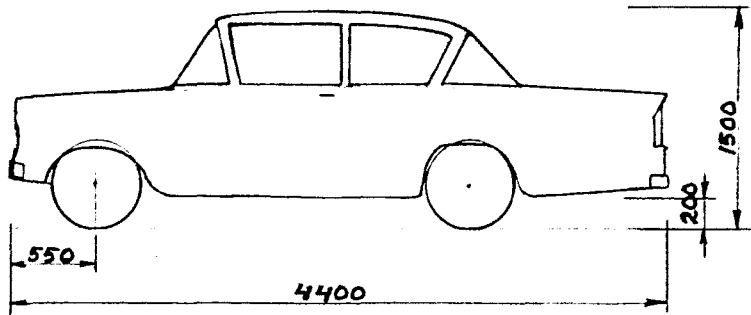
Figuur 3. Verankering



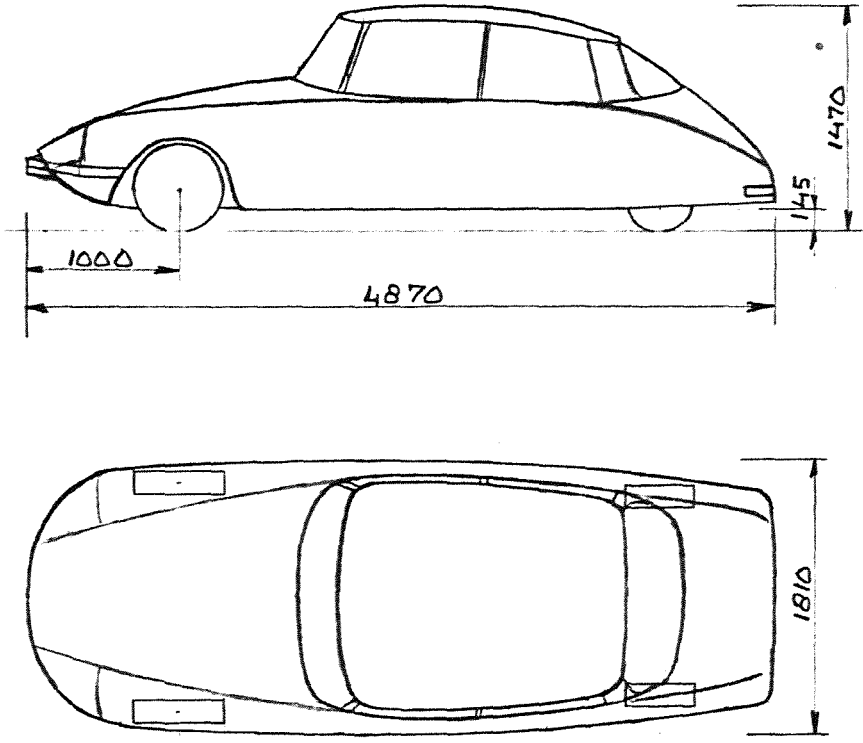
Figuur 4a, 4b, 4c. Fundatie



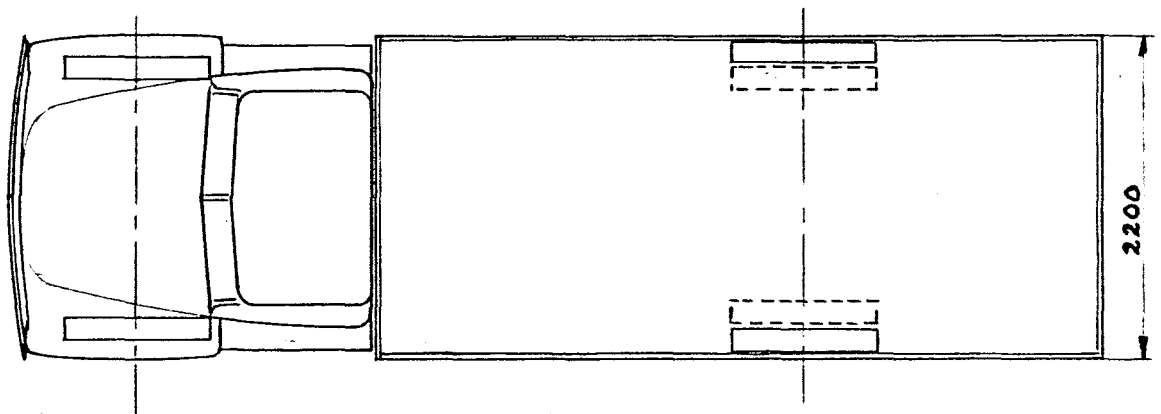
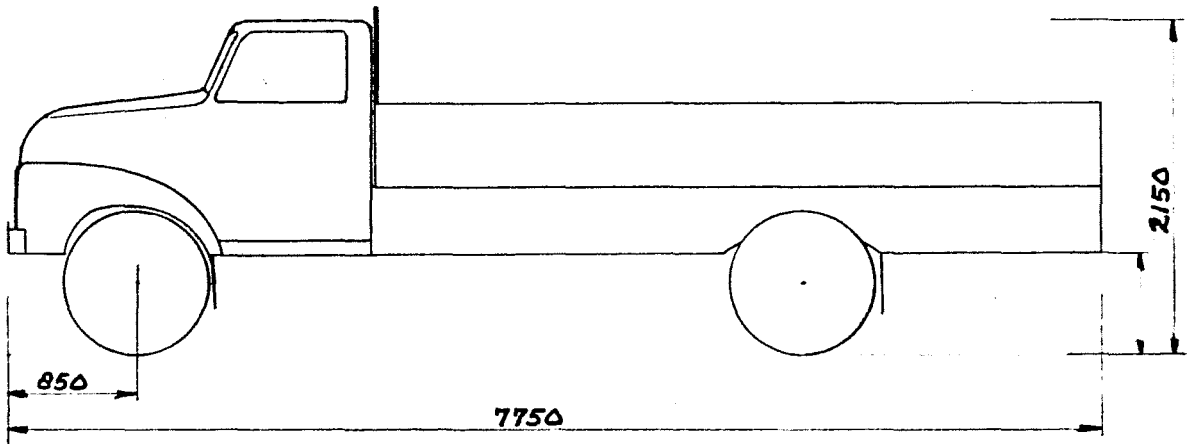
Figuur 5. Camera- en lampenopstelling



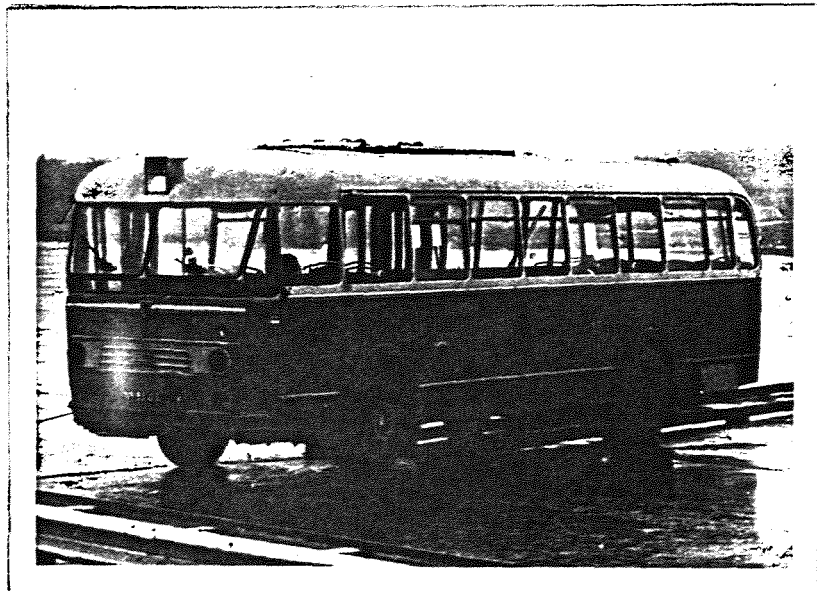
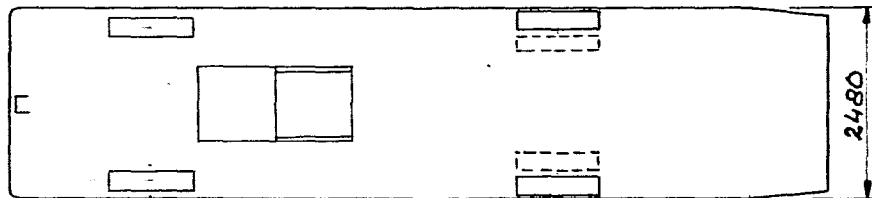
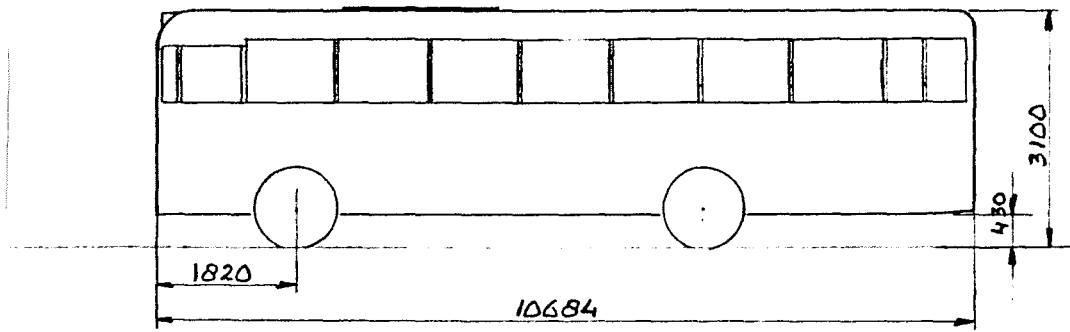
Figuur 6a. Opel Rekord



Figuur 6b. Citroën ID personenauto



Figuur 7. Bedford vrachtwagen



Figuur 8. Kromhout/Verheul bus

TABELLEN I T/M VII

Tabel A. Lijst van gebruikte codes beveiligingsconstructies op kunstwerken.

Tabel I. Overzicht proefgegevens.

Tabel II. Overzicht proefresultaten beveiligingsconstructies.

Tabel III. Tijdstip van begin uitbuiging constructie en/of omleiden voertuig, gemeten vanaf moment van botsen.

Tabel IV. Tijdstip waarop tweetrapswerking optreedt gemeten vanaf moment van botsen.

Tabel V. Tijdstip waarop rear-end effect plaatsvindt gemeten vanaf moment van botsen.

Tabel VI. Tijdstip van tweede botsing van voertuig met constructie gemeten vanaf moment van eerst botsing.

Tabel VII. Overzicht schade aan proefvoertuigen.

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

Tabel A. Lijst van gebruikte codes beveiligingsconstructies op kunstwerken.

Proef nr	Voertuig	Gewicht kg	Inrij hoek grd	Inrij snelh km/h	Beveiligingsconstructie					
					code	bout kwal	las mm	diagonaal per rail lengte	expansie mogelijkheid mm	demper
C 1	Opel rekord	965	20	100	V _{1p} 2 R 267	8.8	4	middenveld		
C 2	Bedford	3100	20	75	V _{1p} 2 R 267	8.8	4	middenveld		
C 3	Bus	9085	20	60	V _{1p} 2 R 267	8.8	4	middenveld		
C 4	Opel rekord	965	20	94	V _{1p} 2 R 133	8.8	4	middenveld		
C 5	Dodge	3100	20	80	V _{1p} 2 R 133	8.8	4	middenveld		
C 6	Bus	9085	20	64	V _{1p} 2 R 133	8.8	4	middenveld		
C 7	Opel rekord	965	20	98	V _{1p} 1 LV 267	8.8	4	middenveld		
C 8	Bedford	3800	20	78	V _{1p} 1 LV 267	8.8	4	middenveld		
C 9	Bus	9085	20	65	V _{1p} 1 LV 267	8.8	4	middenveld		
C 10	Opel rekord	965	20	190	V _{1p} 1 LV 133	8.8	4	middenveld		
C 11	Bedford	3100	20	75	V _{1p} 1 LV 133	8.8	4	middenveld		
C 12	Bus	9085	20	72	V _{1p} 1 LV 133	8.8	4	middenveld		
C 13	Opel rekord	965	20	110	V _p 1 LV 200	8.8	4	middenveld		
C 14	Chevrolet	3500	20	85	V _p 1 LV 200	8.8	4	middenveld		

Tabel I. Overzicht proefgegevens.

Proef nr	Voertuig	Gewicht kg	Inrij hoek grd	Inrij snelh km/h	Beveiligingsconstructie					
					code	bout kwal	las mm	diagonaal per rail lengte	expansie mogelijkheid mm	demper
C 15	Bus	9085	20	64	V _p 1 LV 200	8.8	4			
C 16	Opel rekord	965	20	100	V _{1p} 2 L 267	8.8	4	middenveld		
C 17	Bedford	3100	20	80	V _{1p} 2 L 267	8.8	4	middenveld		
C 18	Bus	9085	20	72	V _{1p} 2 L 267	8.8	4	middenveld		
C 19	Bus	9085	78	40	V _{1p} 1 LV 267	8.8	4	middenveld		
C 20	Bedford	3100	20	77	V _{1p} 1 LV 267	10.9	4	middenveld		
C 21	Bus	9085	20	64	V _{1p} 1 LV 267	10.9	4	middenveld		
C 22	Opel Rekord	965	20	68	V _{1p} 1 _s L 133	8.8	3	elk veld		
C 23	Bus	9085	20	60	V _{1p} 1 _s L 133	8.8	3	elk veld		
C 24	Opel rekord	965	20	96	V _{1p} 1 _s L 133	8.8	3	elk veld		
C 25	Citroen ID	1265	20	92	V _{1p} 1 _s L 133	8.8	3	elk veld		
C 26*	Opel rekord	1115	20	92	V _{1p} 1 _s L 133	8.8	3	elk veld	40	
C 27*	Bedford	3175	20	80	V _{1p} 1 _s L 133	8.8	3	elk veld	40	
C 28*	Bus	8768	20	72	V _{1p} 1 _s L 133	8.8	3	elk veld	40	

Tabel I. Overzicht proefgegevens.

Proef nr	Voertuig	Gewicht kg	Inrij hoek grd	Inrij snelh km/h	Beveiligingsconstructie					
					code	bout kwal	las mm	diagonaal per rail lengte	expansie mogelijkheid mm	demper
C 29	Opel rekord	965	20	80	V _{1p} 1 _s L 133	8.8	3	elk veld	40	ja
C 30	Bedford	3100	20	66	V _{1p} 1 _s L 133	8.8	3	elk veld	40	ja
C 31	Bus	9085	20	60	V _{1p} 1 _s L 133	8.8	3	elk veld	40	ja
C 32	Bus	9085	20	64	V _{1p} 1 _s L 133	8.8	3	elk veld	40	ja
C 33	Bus	9085	20	56	V _{1p} 1 _s L 133	8.8	3	elk veld	40	
C 34	Bus	9085	20	60	F 2 L 400	8.8	3		80	ja
C 35	Opel rekord	965	20	99	F 2 L 400	8.8	3		80	ja
C 36	Bedford	3100	20	80	F 2 L 400	8.8	3		80	ja
C 37	Bus	9085	20	64	F 2 L 400	8.8	3		80	
C 38	Bus	9085	20	53	F 2 L 400	8.8	3		80	ja
C 26*	2 dummies									
C 27*	1 dummy									
C 28*	2 dummies									
Gewicht dummy 75 kg										

Tabel I. Overzicht proefgegevens.

Proef nr.	Plaats eerste botsing		Werking twee-trapseffect door eerste botsing		Plaats rear-end effect		Werking twee-trapseffect vergroot door rear-end effect		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
C 1	5	11	-	-	-	-	-	-	voorwiel	12/13	5	kleiner	140	21
C 2	33	11	11a	250	33	11	-	-	voorwiel, achterwiel	12/13	8	groter	170	20
C 3	100	11	11	530	5	10	10	800	voorwiel, achterwiel	12/14	8	kleiner	240	22
C 4	10	14	-	-	-	-	-	-	voorwiel	15/16	4	kleiner	140	29
C 5	10	13	-	-	0	13	-	-	-	-	4	kleiner	90	27
C 6	123	14	-	-	47	12	15	130	voorwiel, achterwiel	16/17	6	kleiner	240	34
C 7	262	12	-	-	-	-	-	-	voorwiel	12/13	4	groter	1250	26
C 8	85	11	-	-	100	11	-	-	voorwiel, achterwiel	12/13	6	kleiner	150	20
C 9	134	11	11a	670*	24	10	10a	930	voorwiel, achterwiel	12/14	7	kleiner	260	25
C 10	108	15	-	-	-	-	-	-	-	-	8	kleiner	210	24
C 11	73	14	-	-	20	14	-	-	-	-	1	kleiner	60	21
C 12	10	13	-	-*	40	12	16	130	voorwiel, achterwiel	15/19	12	kleiner	280	34
C 13	5	12	-	-	-	-	-	-	voorwiel	15	5	kleiner	130	21
C 14	30	11	-	-	30	11	-	-	voorwiel, achterwiel	11/15	9	groter	1450	27
C 15	150	12	-	-	110	11	-	-	voorwiel, achterwiel	14/16	8	kleiner	440	31
C 16	13	11	-	-	-	-	-	-	voorwiel	12/14	4,5	kleiner	160	21
C 17	25	11	12	900	42	12	-	-	voorwiel, achterwiel	12/15	5	kleiner	60	20
C 18	50	11	12	1070	90	10	11	1330	voorwiel, achterwiel	12/16	7	kleiner	340	27
C 19	150	13'	12a	400	-	-	-	-	-	13	-	-	296	13
C 20	100	11	-	-	0	11a	-	-	voorwiel, achterwiel	12/14	6,5	kleiner	220	22
C 21	15	11	13	530	15	10	12	800	voorwiel, achterwiel	12/16	8	kleiner	240	23
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
C 25	70	14	15	270*	-	-	-	-	voorwiel	15/21	8	groter	640	27
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 +	-	-	-
C 28	5	13	13	900*	10	12	12	1030	voorwiel, achterwiel	15/21	6	kleiner	210	37
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 33	0	4a	5a	665	72	4a	5	930	voorwiel, achterwiel	5a/ 9	9	kleiner	57	13
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	27
C 37	358	10	9	2140	210	10	-	-	voorwiel, achterwiel	12/17	0 +	-	-	-
C 38	344	10	9	1730	10	11	9	2800	voorwiel, achterwiel	11/16	7,5	kleiner	340	25

Tabel II. Overzicht proefresultaten beveiligingsconstructies.

Proef nr.	Plaats 2 ^e botsing		Stilstand t.o.v. einde constructie		Doorbuiging achterste geleiderail of trekstrip			Doorbuiging bovenste regelhandleuning		Werking expansiemogelijkheid			Opmerkingen
	cm	voorpaal	cm	voor/na	stat cm	1 ^e dyn cm	2 ^e dyn cm	stat cm	dyn cm	rail cm	strip cm	demper cm	
C 1	-	-	50	na	21	31	31	-	-	-	-	-	
C 2	-	-	2000	voor	30	39	45	-	-	-	-	-	
C 3	-	-	1500	na	47	45	67	-	-	-	-	-	
C 4	50	34	1200	voor	8	13	13	-	-	-	-	-	
C 5	30	33	1000	na	25	30	35	-	-	-	-	-	
C 6	-	-	1500	na	35	30	40	-	-	-	-	-	
C 7	-	-	400	voor	17	25	25	-	-	-	-	-	
C 8	300	27	100	voor	45	51	65	-	-	-	-	-	
C 9	-	-	1600	na	73	73	98	-	-	-	-	-	* stootrand
C 10	167	32	1600	voor	1	6	6	-	-	-	-	-	
C 11	113	26	100	na	9	9	14	-	-	-	-	-	
C 12	-	-	1000	na	57	64	73	-	-	-	-	-	* stootrand
C 13	50	28	5	voor	6	10	10	-	-	-	-	-	
C 14	-	-	1200	voor	53	53	73	-	-	-	-	-	
C 15	-	-	3800	na	60	60	80	-	-	-	-	-	
C 16	100	23	50	voor	26	49	49	-	-	-	-	-	
C 17	10	23	800	na	46	50	71	-	-	-	-	-	^ na 2 ^e botsing wel; grootste afstand 1250cm
C 18	-	-	2800	na	70	70	110	-	-	-	-	-	
C 19	-	-	3900	voor	340 ⁿ	369 ⁿ	-	-	-	-	-	-	'inriehoek 78°, "verankeringskabels gebroken
C 20	-	-	1000	na	63	83	90	-	-	-	-	-	
C 21	-	-	1200	na	74	88	95	-	-	-	-	-	
C 22	-	-	1600	voor	13	18	18	-	-	-	-	-	
C 23	-	-	1400	na	47	66	60	6	12	-	-	-	* handleuning
C 24	50	28	2400	voor	18	27	27	-	-	-	-	-	
C 25	-	-	2600	voor	39	61	61	-	2	-	-	-	* handleuning
C 26	20	32	400	voor	50	65	65	1	7	5	2,5	-	* handleuning
C 27	-	-	1200	voor	60	67	67	8	14	5	2,2	-	* handleuning, +blijven kleven
C 28	-	-	2700	na	56	67	64	9	15	5	2,4	-	* handleuning
C 29	100	33	400	voor	27	34	34	-	-	1,5	0	0,7	
C 30	-	-	533	voor	53	51	59	6	10	2	0	0,4	
C 31	-	-	100	voor	- ⁺	60 ⁺	- ⁺	30	40	2,4	1,3	1,1	+bus op constructie
C 32	-	-	3300	na	60	60	62	20	24	2,5	0	0,4	
C 33	0	16	3600	voor	115	120	124	53	60	3,2	3,4	-	
C 34	-	-	530	voor	195"	285"	300"	-	-	3,0	-0,8	0,5	+bus op constructie, "verankeringskabel gebroken
C 35	-	-	100	na	89	107	107	-	-	1,6	-1,0	0,3	+blijven kleven
C 36	-	-	6000	na	177	180	200	-	-	1,7	-0,3	0,4	
C 37	-	-	830	voor	206"	291"	315"	-	-	5,4	5,3	-	+bus op constructie, "verankeringskabel gebroken
C 38	-	-	6600	na	217	230	268	-	-	4,7	-1,5	0,8	

Tabel II. Overzicht proefresultaten beveiligingsconstructies.

Personenauto		Vrachtauto		Autobus	
Proef nr.	Tijd (sec)	Proef nr.	Tijd (sec)	Proef nr.	Tijd (sec)
C 1	0,03	C 2	0,04	C 3	0,03
C 4	0,07	C 5	0,05	C 6	0,04
C 7	0,02	C 8	0,02	C 9	0,02
C 10	0,07	C 11	0,16	C 12	0,03
C 13	0,06	C 14	0,03	C 15	0,01
C 16	0,04	C 17	0,02	C 18	0,02
				C 19	0,04
		C 20	0,04	C 21	0,02
C 22	0,03			C 23	0,03
C 24	0,02				
C 25 1)	0,03				
C 26 2)	0,05	C 27 2)	0,05	C 28 2)	0,01
C 29 3)	0,06	C 30 3)	0,06	C 31 3)	0,03
				C 32 3)	0,03
				C 33 2)	0,05
C 35 3)	0,04	C 36 3)	0,04	C 34 3)	0,03
				C 37 2)	0,02
				C 38 3)	0,02

Opmerkingen:
 1) Citroen ID
 2) expansiemogelijkheid
 3) expansiemogelijkheid met demper

Tabel III. Tijdstip van begin uitbuiging constructie en/of omleiden voertuig, gemeten vanaf moment van botsen.

Personenauto		Vrachtauto		Autobus	
Proef nr.	Tijd (sec)	Proef nr.	Tijd (sec)	Proef nr.	Tijd (sec)
C 1	-	C 2	0,16	C 3	0,15
C 4	-	C 5	-	C 6	0,26
C 7	-	C 8	-	C 9	0,22
C 10	-	C 11	-	C 12	0,25
C 13	-	C 14	-	C 15	-
C 16	-	C 17	0,19	C 18	0,15
				C 19	-
		C 20	-	C 21	0,30
C 22	-			C 23	0,21
C 24	-				
C 25 1)	0,25				
C 26 2)	0,18	C 27 2)	0,16	C 28 2)	0,13
C 29 3)	-	C 30 3)	0,25	C 31 3)	0,19
				C 32 3)	0,13
				C 33 2)	0,43
C 35 3)	0,20	C 36 3)	0,23	C 34 3)	0,18
				C 37 2)	0,22
				C 38 3)	0,16

Opmerkingen:
 1) Citroen ID
 2) expansiemogelijkheid
 3) expansiemogelijkheid met demper
 - niet voorgekomen

Tabel IV. Tijdstip waarop tweetrapswerking optreedt gemeten vanaf moment van botsen.

Personenauto		Vrachtauto		Autobus	
Proef nr.	Tijd (sec)	Proef nr.	Tijd (sec)	Proef nr.	Tijd (sec)
C 1	-	C 2	0,39	C 3	0,48
C 4	-	C 5	0,26 ?)	C 6	0,52 ?)
C 7	-	C 8	0,20	C 9	0,49
C 10	-	C 11	0,27	C 12	0,45
C 13	-	C 14	0,22	C 15	0,47
C 16	-	C 17	0,47	C 18	0,65
				C 19	-
		C 20	0,49 ?)	C 21	0,66 ?)
C 22	-			C 23	0,92
C 24	-				
C 25 1)	-				
C 26 2)	-	C 27 2)	0,42	C 28 2)	0,60
C 29 3)	-	C 30 3)	0,49	C 31 3)	0,70
				C 32 3)	0,91
				C 33 2)	0,70
C 35 3)	-	C 36 3)	0,65	C 34 3)	1,21
				C 37 2)	1,08
				C 38 3)	1,47

Opmerkingen:
 1) Citroen ID
 2) expansiemogelijkheid
 3) expansiemogelijkheid met demper
 - niet voorgekomen
 ?) niet duidelijk waarneembaar

Tabel V. Tijdstip waarop rear-end effect plaatsvindt gemeten vanaf moment van botsen.

Personenauto		Vrachtauto		Autobus	
Proef nr.	Tijd (sec)	Proef nr.	Tijd (sec)	Proef nr.	Tijd (sec)
C 1	1,25	C 2	-	C 3	-
C 4	2,52	C 5	2,53	C 6	-
C 7	-	C 8	...	C 9	-
C 10	1,15	C 11	1,11	C 12	-
C 13	1,80	C 14	-	C 15	-
C 16	2,01	C 17	2,26	C 18	-
				C 19	-
		C 20	-	C 21	-
C 22	-			C 23	-
C 24	1,57				
C 25 1)	-				
C 26 2)	1,60	C 27 2)	-	C 28 2)	-
C 29 3)	1,64	C 30 3)	-	C 31 3)	-
				C 32 3)	-
				C 33 2)	-
C 35 3)	2,71	C 36 3)	-	C 34 3)	-
				C 37 2)	-
				C 38 3)	-

Opmerkingen:

- 1) Citroen ID
- 2) expansiemogelijkheid
- 3) expansiemogelijkheid met demper

- niet voorgekomen

Tabel VI. Tijdstip van tweede botsing van voertuig met constructie gemeten vanaf moment van eerst botsing.