

Optimalisatie van het profiel van een betonnen voertuigkering

Ing. W.H.M. van de Pol & ir. T. Heijer

Optimalisatie van het profiel van een betonnen voertuigkering

*Een beperkte literatuurstudie en een simulatie-onderzoek naar de mogelijkheden
het profiel voor geleidebarriers te optimaliseren*

R-93-14

Ing. W.H.M. van de Pol & ir. T. Heijer

Leidschendam, 1993

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Samenvatting

Sinds enkele jaren is de belangstelling voor betonnen voertuigkeringen in Nederland groeiende. Deze voertuigkeringen behoeven weinig onderhoud en kunnen in beperkte ruimten worden geplaatst. Als nadeel van de voertuigkering kan worden genoemd dat voor kleine voertuigen de kans van een roll-over groot is. Dit laatste heeft er toe geleid dat vooral in het buitenland in de laatste jaren aandacht is besteed aan het modificeren van bestaande typen. Hierbij is veel aandacht besteed aan de min of meer verticale wand. Hoewel dit type barrier in veel opzichten goed lijkt te voldoen, is er toch het beduidende nadeel dat zelfs bij lichte aanrijdingen aanmerkelijke schade aan het voertuig optreedt. Om die reden is er in deze studie ook een modificatie onderzocht die tot doel heeft lichte aanrijdingen alsnog via wielgeleiding en zonder aanmerkelijk contact tussen de kering en de carrosserie te laten verlopen.

In het rapport wordt verslag gedaan van een literatuuronderzoek en van de resultaten van 48 simulaties op een min of meer verticale wand met vier verschillende hellingshoeken, nl. 2 grd, 6 grd, 11 grd en 17 grd. Er is met drie typen voertuigen, een lichte (900 kg), een zware (1500 kg) personenauto en een vrachtauto (16 ton) gesimuleerd. De bijbehorende inrijcondities zijn ontleend aan de CEN-voorschriften.

Naast deze serie simulaties zijn onder dezelfde condities ook simulaties uitgevoerd op de min of meer verticale wand met aan de voet een stap van 25 cm hoog en een breedte van 5 cm of 10 cm. Na het vaststellen van de meest gunstige hellingshoek zijn op zowel de 5 cm als de 10 cm brede stap simulaties uitgevoerd met de beide personenauto's waarbij is uitgegaan van een kleine inrijhoek (2, 5 en 10 grd) en de inrijnsnelheid op 80 km/uur is gesteld.

De resultaten uit het literatuuronderzoek en het simulatie-onderzoek komen goed met elkaar overeen. Uit de resultaten blijkt dat de hellingshoek van de min of meer verticale wand maximaal 10 grd mag bedragen in verband met de rolbeweging van de voertuigen. Het aanbrengen van een 5 cm brede stap (uitbouw) heeft geen nadelige gevolgen. Is de stapbreedte 10 cm dan heeft dit weliswaar enige vergroting van de rolhoek tot gevolg, maar niet in die mate dat het tot omrollen leidt. Daarmee kan het aanbrengen van de stap aan de voet worden beschouwd als een potentiëel bruikbare modificatie van de (bijna) verticale barrier.

Summary

Optimisation of the profile of a concrete vehicle barrier

A small scale literature study and a simulation study to determine how the profile of concrete vehicle barriers may be optimised for use under Dutch traffic conditions

In recent years, interest in concrete vehicle barriers has been growing in the Netherlands. These crash barriers do not require much maintenance and can even be utilised in confined spaces. One of the disadvantages of a concrete barrier is that it increases the probability of overturning for small vehicles. Over the past few years, the latter has led to an examination of whether existing types of barrier could be modified, a subject primarily dealt with abroad. Particular attention has focused on the near vertical wall. Although in many respects, this type of barrier seems to function adequately, it is nevertheless associated with a clear disadvantage in that even minor collisions result in considerable damage to the vehicle. Therefore, this study also investigated a modification which is intended to allow the impact of minor collisions to be transferred via the wheels, avoiding marked contact between the barrier and the body of the vehicle.

The report discusses a literature study and the results of 48 simulated collisions with a more or less vertical wall at four different gradients, namely 2 degrees, 6 degrees, 11 degrees and 17 degrees. Simulations were carried out using three types of vehicle, viz. a light (900 kg) and a heavy (1500 kg) passenger car and a lorry (16 ton). The associated impact conditions are derived from the CEN regulations.

In addition to this series of simulated crashes, simulations were also carried out on the more or less vertical wall under the same conditions, but with the application of a step measuring 25 cm in height and 5 cm or 10 cm in width at the foot of the wall. After establishing the most favourable gradient, simulations were carried out with both types of passenger car on both the 5 cm and 10 cm wide step, based on a small angle of approach (2, 5 and 10 degrees) and an impact speed of 80 km/hr.

The results of the literature study and the simulation study concur well with each other. They show that the gradient of the more or less vertical wall can be maximally 10 degrees in relation to the rolling movement of the vehicles. The application of a 5 cm wide step (extension) has no deleterious consequences. When the step width is increased to 10 cm, this does result in some increase in the angle of roll, but not to such an extent that it causes the car to overturn. Therefore, the application of a step to the foot of the wall can be regarded as a potentially useful modification of the (near) vertical barrier.

Inhoud

Voorwoord

1. *Inleiding*
2. *Criteria*
3. *Opzet en uitvoering van het onderzoek*
4. *Literatuurstudie*
 - 4.1. *Praktijkervaringen*
 - 4.2. *Resultaten van ongevallenstudies, tests en simulaties*
 - 4.3. *Conclusies*
5. *SWOV-simulaties*
 - 5.1. *Opzet en uitvoering van de simulaties*
 - 5.2. *Resultaten*
 - 5.2.1. *Simulatie met de min of meer verticale wand*
 - 5.2.2. *Simulatie met de min of meer verticale wand met een stapbreedte van 5 cm*
 - 5.2.3. *Simulatie met de min of meer verticale wand met een stapbreedte van 10 cm*
 - 5.2.4. *Algemene conclusie van de eerste serie simulaties*
 - 5.2.5. *Simulatie met de min of meer verticale wand met een stapbreedte van 5 cm bij lichte inrijcondities*
 - 5.2.6. *Algemene conclusie van de tweede serie simulaties*
 - 5.3. *Fundatiekrachten*
6. *Conclusies*

Literatuur

Afbeeldingen 1 t/m 15

Foto's 1 t/m 4

Tabellen 1 t/m 10

Bijlagen A t/m D

Voorwoord

Dit rapport doet verslag van een (beperkte) literatuurstudie naar de mogelijkheden om het profiel van betonnen geleidebarriers te optimaliseren. Naast deze literatuurstudie is een aantal simulaties met personenauto's, licht en zwaar, en een vrachtauto uitgevoerd om de uitkomsten van de literatuurstudie verder uit te werken in een nog beter ontwerp. Het verslag van dit onderzoek, dat is uitgevoerd in opdracht van de Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat, is samengesteld door ing. W.H.M. van de Pol en ir. T. Heijer.

1. Inleiding

De laatste jaren is in Nederland de belangstelling voor de betonnen voertuigkering enigszins toegenomen, als gevolg van de gunstige eigenschappen met betrekking tot onderhoud en ruimtebeslag. Ook in het buitenland is er belangstelling. Daarbij valt het op dat er de laatste jaren aandacht wordt besteed aan het modificeren van bestaande typen. Zo zijn er nogal wat full-scale tests uitgevoerd op min of meer verticale betonnen voertuigkeringen. De reden voor deze verdere ontwikkeling van betonnen voertuigkeringen ligt in het feit dat de bestaande keringen zoals de General Motors-, de New Jersey- of de Configuration F-barriers als nadeel hebben dat vooral de lichtere voertuigen bij een aanrijding relatief vaak omrollen. Uit de resultaten van de tot nu toe uitgevoerde full-scale tests kan geconcludeerd worden dat een nagenoeg verticale wand dit nadeel niet of veel minder sterk heeft. Bovendien lijkt de ernst van de aanrijding niet wezenlijk groter te worden.

In het hier beschreven onderzoek is nagegaan of de hellingshoek van de wand invloed heeft op de aanrijding en zo ja, welke de optimale hellingshoek is.

De vorm van de reeds bestaande (GM-, NJ-, Conf.F-) voertuigkeringen is mede zo gekozen om schade aan de voertuigen zo beperkt mogelijk te houden; in de praktijk blijken er zich echter daarbij ongewenste neveneffecten (omrollen van het voertuig) voor te doen. Na het verkrijgen van de optimale hellingshoek voor de betonnen wand is daarom nagegaan of het mogelijk is het verkregen profiel zo aan te passen dat ook bij dit profiel schade aan de voertuigen beperkt blijft, terwijl omrollen wordt voorkomen.

Verder is in dit onderzoek aandacht gegeven aan de optredende fundatiekrachten tijdens een TB 32- en een TB 61-aanrijding.

2. Criteria

De in dit onderzoek op veiligheidsaspecten onderzochte betonnen geleidebarriers met een min of meer verticaal profiel betekenen een nieuwe ontwikkeling op het gebied van betonnen geleidebarriers. De verwachting is dat deze geleidebarriers de kans op omrollen van de botsende voertuigen sterk verminderen.

De eisen die in het algemeen aan afschermvoorzieningen worden gesteld gelden ook voor deze betonnen geleidebarriers. Deze eisen zijn:

1. Het botsende voertuig mag niet door de constructie breken, er over heen rijden of kantelen, dan wel er onder door schieten.
2. Letsel van inzittenden, schade aan de constructie en schade aan het voertuig moeten zo beperkt mogelijk blijven.
3. Het voertuig mag niet door de constructie in de eigen verkeersstroom worden teruggekaatst.
4. De constructie moet na een aanrijding zijn werking zo veel mogelijk blijven behouden.

Behalve op deze algemene eisen wordt bij de beoordeling van de constructie ook gelet op de voertuigbewegingen te weten: roll, pitch en yaw en ook op loskomen van de weg.

De ASI-waarden van de personen worden bij de simulaties zowel volgens de CEN-norm in het zwaartepunt van het voertuig als in het (geschatte) zwaartepunt van de inzittenden berekend. Deze laatste plaatsen zijn eveneens vast met het voertuig verbonden. In de praktijk echter is de positie van het zwaartepunt van de inzittende variabel: de persoon is al of niet via een gordel en de zitting met het voertuig verbonden, maar kan overigens nog relatief veel ten opzichte van het voertuig bewegen. De zitting veroorzaakt ook nog demping in de overdracht van de krachten tussen voertuig en inzittenden. De berekende ASI-waarden in de simulaties zijn daarom altijd hoger dan de gevonden ASI-waarden van proefpoppen bij full-scale tests. De ASI-waarden zijn overigens erg grove ernstmaten en kunnen het best relatief worden geïnterpreteerd.

In de voorlopige CEN-voorstellen worden twee ASI-waarden gegeven; niveau A: ASI = 1 en niveau B: ASI = 1,4.

3. Opzet en uitvoering van het onderzoek

De studie bestaat uit een kort literatuuronderzoek naar bestaande gegevens omtrent bijna verticale profielen en een serie simulaties. De simulatiestudie is verricht op vaste keringen met twee typen profielen: een profiel met een enkele helling en een profiel met een bijzondere vorm. De beide vormen zijn weergegeven in de Afbeeldingen 1 en 2.

Afbeelding 1 geeft een doorsnede van een aantal meest toegepaste betonnen voertuigkeringen. In de loop van de tijd blijken de keringen steeds steiler te zijn geworden.

Afbeelding 2 geeft de doorsnede van de 'verticale wand' en een doorsnede van een mogelijke oplossing voor reductie van de voertuigschade; hierbij is de helling aan de voet van de bestaande profielen vervangen door een kleine stap in de breedte. Het achterliggende idee hierbij is dat bij lichte aanrijdingen eveneens alleen wielcontact optreedt, maar dat klimmen van het wiel wordt voorkomen.

De voertuigtypen en de inrijcondities die voor de simulaties zijn gebruikt zijn in eerste instantie vastgesteld aan de hand van de CEN-voorstellen voor 'normal containment' en 'higher containment'. Voor het beproeven van de eigenschappen van de voertuigkering bij lichte aanrijdingen is nog een aparte reeks condities toegevoegd die niet in de CEN-norm zijn opgenomen.

De voertuigen en inrijcondities van de CEN-voorstellen voor 'normal containment N2' en 'higher containment H3' zijn als volgt gedefinieerd:

- TB11 : massa 900 kg, inrijhoek 20 grd, snelheid 100 km/uur.
- TB32 : massa 1500 kg, inrijhoek 20 grd, snelheid 110 km/uur.
- TB61 : massa 16000 kg, inrijhoek 20 grd, snelheid 80 km/uur.

De constructie met de bijzondere vorm is daarnaast ook nog beproefd met enkele lichte aanrijdingen met inrijhoeken van 2, 5 en 10 grd en met 80 km/uur.

De grondvorm van de betonnen voertuigkering is een bijna verticale wand, waarvan de helling zo groot is dat het profiel bij de fabricage lossend is. Voor dit onderzoek is de hellingshoek (α) van deze grondvorm op 2 graden gesteld. De volgende overwegingen hebben tot grondslag gelegen aan de keuze van de hoogte van de barrier van 100 cm:

- voor de zware voertuigen geldt dat hoe hoger de barrier hoe kleiner de kans om tijdens een aanrijding over de barrier te rollen;
- naast de wielen plus velgen komen ook de stijve delen van vrachtvoertuigen altijd in aanraking met de barrier, hetgeen de kans op schade aan de onderstellen verkleint;
- ook in de literatuur wordt steeds vaker aanbevolen de barrier tenminste 100 cm hoog te maken om kantelen van het voertuig tijdens een aanrijding zo veel mogelijk te beperken.

Voor de variaties van de hellingshoek zijn de volgende waarden gekozen: 6 grd (= New Jersey-barrier), 11 grd en 17 grd (zie Afbeelding 3).

Deze waarden zijn verkregen door de wand aan de bovenkant steeds 10 cm naar achteren te verplaatsen. De maat van 10 cm is arbitrair gekozen. De maten H en S in het experimentele profiel zijn gebaseerd op gemiddel-

de voertuigmaten, nl. de halve wieldiameter, dan wel de bodenvrijheid van de carrosserie of de bumperoverhang aan de voorkant. Voor de kleinere voertuigen zijn deze maten op resp. 25 cm en 70 cm aangenomen. Voor de grote voertuigen zijn deze maten op 28 cm en 90 cm aangenomen. Voor de staphoogte H is de maat daardoor op 25 cm vastgesteld. Deze stap heeft een vaste verticale helling die net lossend is. De helling staat los van de helling van de rest van constructie. Met behulp van de gekozen kleine inrijhoeken (2, 5, en 10 grad) is de maat S vastgesteld. Er is gekozen voor twee maten, nl. 5 cm en 10 cm (zie Afbeelding 4). De uit te voeren simulaties zijn als volgt samen te vatten:

Constructie	α	TB 11	TB 32	TB 61
single-slope	02	x	x	x
single-slope	06	x	x	x
single-slope	11	x	x	x
single-slope	17	x	x	x
Met stap: S = 5 cm en H = 25 cm*				
single-slope	02	x	x	x
single-slope	06	x	x	x
single-slope	11	x	x	x
single-slope	17	x	x	x
Met stap: S = 10 cm en H = 25 cm*				
single-slope	02	x	x	x
single-slope	06	x	x	x
single-slope	11	x	x	x
single-slope	17	x	x	x

* de hellingshoek van de stap is lossend, ca. 2 grad (zie ook Afbeelding 4)

Uit de simulaties is de optimale hellingshoek α vastgesteld, waarna de volgende simulaties zijn uitgevoerd met het doel vast te stellen of schade aan de carrosserie kan worden beperkt en of de aangebrachte stap in het profiel geen nadelige invloed heeft op aanrijdingen met vrachtauto's. De vrachtautobanden hebben een straal die ongeveer twee maal zo groot is als de staphoogte.

Constructie	α	TB 11	TB 32
single-slope met stapbreedte 5 cm	?	x	x
single-slope met stapbreedte 10 cm	?	x	x

De inrijcondities waren: inrijhoeken 2, 5 en 10 grad, snelheid 80 km/uur. Aan de hand van de resultaten van de simulaties met de personenauto (TB 32) en de vrachtauto (TB 61) is in par. 5.3 een overzicht gegeven van de fundatiekrachten die tijdens een aanrijding kunnen optreden. In de CEN-voorschriften wordt gerept over een verhouding van 2,5 à 3 maal tussen de gemiddelde kracht op de barrier en de piekkracht op de barrier. Laker (1986) spreekt van een verhouding van 1 op 3 à 4 maal.

4. Literatuurstudie

4.1. Praktijkervaringen

Zoals al eerder is aangegeven, zijn er verschillende problemen met bestaande betonnen beveiligingen die nopen tot nader onderzoek.

In de praktijk is gebleken dat de tot nu toe toegepaste betonconstructies (GM-, NJ- en Conf.F-barriers) roll-over problemen voor lichte personenauto's veroorzaken. Naast dit probleem hebben deze betonconstructies nog een ander nadeel. Als er een nieuwe deklaag op de weg wordt aangebracht, wordt de staphoogte aan de voet van de constructie verkleind, wat een nadelig gevolg heeft op de werking.

Een min of meer verticale wand blijkt in de tot nu toe gehouden onderzoeken nog het meest succesvol te zijn. De neiging om te rollen van lichte personenauto's wordt sterk gereduceerd en het dwarsprofiel van de constructie verandert bij het aanbrengen van een nieuwe wegdeklaag niet.

4.2. Resultaten van ongevallenstudies, tests en simulaties

Ross e.a. (1989) en Perera & Ross (1989) geven resultaten van zowel simulaties als full-scale tests. De full-scale test zijn gehouden met vier typen lichte personenauto's: Fiat Uno (707 kg), Daihatsu Damino (580 kg), Ford Fiesta (730 kg) en Chevrolet Sprint (694 kg). De constructie is steeds van het type NJ-barrier. De resultaten zijn vermeld in Tabel 1. In tegenstelling tot wat verwacht werd, blijkt uit de full-scale testresultaten niet duidelijk dat lichte personenauto's gevoelig zijn voor roll-overs bij een aanrijding met een NJ-barrier.

Uit ongevallenstudies in Amerika blijkt echter dat roll-overs wel degelijk vaker optreden bij kleinere voertuigen. Het verschil met de proeven wordt daarbij geweten aan een veel grotere diversiteit aan praktische inrijcondities. Zo vertoont de praktijk een grote variatie in de combinatie van snelheid en inrijhoek. Verder blijkt uit deze studie dat in een groot percentage van deze aanrijdingen het voertuig zich voor de botsing in één of andere slipbeweging bevindt. Stabiliteitsproblemen van lichte personenauto's onder deze inrijcondities zouden de oorzaak kunnen zijn van de roll-overs.

Een groot aantal simulaties met lichte personenauto's is uitgevoerd om na te gaan in hoevere dit waar is. De resultaten van deze simulaties zijn ondergebracht in Tabel 2. Naast een groot aantal verschillende combinaties van snelheid en inrijhoek als botsconditie zijn ook simulaties uitgevoerd waarbij het voertuig tevens in een slipbeweging is (Afbeelding 5).

Om de roll-overs te kunnen vaststellen zijn de volgende grenswaarden opgesteld:

stabiel	bereikt geen van de andere grenzen
grens	nog net geen roll-overs, roll en pitch < 40 grd
slip	$\arctan [v/u] > 20$ grd
tollen (z-as)	achteruit rijden, hoek met constructie > 90 grd
roll-over (x- en y-as)	hoeken > 90 grd

Naast de NJ-barrier zijn in dit simulatie-onderzoek nog drie andere typen constructies gesimuleerd: een verticale wand, een wand met een hellingshoek α van 8,9 grd en een gemodificeerde NJ-barrier (Afbeeldingen 6 en 7). De resultaten van de simulaties zijn weergegeven in de Afbeeldingen 8 t/m 13 en in de Tabellen 3 t/m 7.

De resultaten samengevat

Tabel 3 geeft de resultaten van de simulaties met de NJ-barrier voor vier lichte en één zware personenauto. De simulaties zijn uitgevoerd zonder slipbeweging. Uit de resultaten blijkt een veel grotere neiging tot een roll-over van lichte personenauto's dan van de zware personenauto.

Tabel 4 bevat eveneens simulaties met de NJ-barrier voor vier lichte en één zware personenauto; bij deze simulaties is er wel sprake van een slipbeweging. De inrijcondities zijn gelijk aan die uit Tabel 3. Ook uit deze resultaten blijkt een veel grotere neiging tot een roll-over van de lichte personenauto's dan van de zware personenauto. Vergelijken we beide omstandigheden dan blijkt dat een slipbeweging de lichte personenauto's een nog grotere neiging tot een roll-over geeft (vergelijk Afbeelding 8 met Afbeelding 9).

Tabel 5 geeft de resultaten van de simulaties van de Chevrolet Sprint met een betonwand met een hellingshoek van $\alpha = 8,9$ grd en een verticale wand. De simulaties zijn uitgevoerd met een slipbeweging. Uit de vergelijking van deze resultaten met de vergelijkbare resultaten van Tabel 4 blijkt dat deze min of meer verticale wanden een duidelijke reductie in roll-over geven (vergelijk Afbeelding 10 met Afbeelding 11).

De Tabellen 6 en 7 geven de resultaten van de simulaties van de Chevrolet Sprint met de gemodificeerde NJ-barrier. De simulaties zijn weer uitgevoerd zonder en met slipbeweging. Uit vergelijking van de resultaten van Tabel 6 met de vergelijkbare resultaten van Tabel 3 blijkt dat de modificatie aan de NJ-barrier een reductie in roll-over geeft (vergelijk Afbeelding 12 met Afbeelding 8). Uit vergelijking van de resultaten van Tabel 7 met de vergelijkbare resultaten van Tabel 4 blijkt eveneens dat de gemodificeerde NJ-barrier een duidelijke reductie in roll-over geeft (vergelijk Afbeelding 13 met Afbeelding 9).

Beason e.a. (1991) beschrijven resultaten van simulaties op vijf typen (één NJ-barrier en vier variaties van betonwand) voertuigkeringen met twee typen personenauto's. Ook worden de resultaten vermeld van full-scale tests op dezelfde vier typen (betonwand) voertuigkering uit de simulaties gecombineerd met de twee typen personenauto's. Afbeelding 5 geeft een beeld van de verschillen tussen de NJ-barrier en de single-slope barrier die uit deze studie blijken. De single-slope barrier is ca. 30% hoger dan de NJ-barrier en de massa is ca. 40% groter (ca. 1000 kg).

De resultaten van de simulaties zijn opgenomen in de Tabellen 8 en 9 en de resultaten van de full-scale tests in Tabel 10. De variatie van de hellingshoek (α) van de betonnen wand wordt verkregen door de bovenzijde van de wand steeds 4 inch (10,2 cm) verder naar achteren te plaatsen. Hierdoor ontstaan de volgende hellingshoeken α : 0; 5,4; 10,8 en 14 grd. De inrijconditie voor de zware personenauto (2043 kg) is 96 km/uur bij 25 grd en voor de lichte personenauto 96 km/uur bij 20 grd.

De simulaties zijn beoordeeld op maximum rolhoek en de 'occupant impact velocity' (Michie, 1981). De gehanteerde criteriumwaarden zijn:

	Occupant impact velocity (ft/s)	Aanbevolen limiet (ft/s)
langs	30	40
dwars	20	30

Voor zowel de grote personenauto als de kleine personenauto komen de resultaten met de betonwand met een hellingshoek van 10,8 graden het meest overeen met die van de NJ-barrier (zie Tabel 8 en 9). Hierbij valt op dat vooral de rolhoek van de kleine personenauto kleiner is.

De resultaten van de vier full-scale tests, uitgevoerd op de betonwand met een hellingshoek van 10,8 graden, zijn weergegeven in Tabel 10. Twee van de tests zijn uitgevoerd op een starre betonwand en twee op een verplaatsbare betonwand. Tests 2 en 3 zijn gelijk aan de simulaties van Tabel 3 en 4 met de hellingshoek van 10,8 graden.

De resultaten van de test met de zware personenauto zijn iets ongunstiger dan de resultaten van de corresponderende simulatie (Foto 1 en 2). Bij de test met de lichte personenauto is dit omgekeerd: de test geeft betere resultaten te zien (Foto 3 en 4). In beide tests komt het voertuig los van de grond. Het verschil in testresultaat bij de zware personenauto wordt deels verklaard door de 30% hogere botsenergie bij de full-scale test; voor de kleinere auto is een dergelijke afwijking niet aanwezig om het verschil te verklaren.

Ook bij TRRL in Engeland (Laker, z.j.) en bij INRETS in Frankrijk zijn full-scale tests uitgevoerd op een min of meer verticale wand, waaruit blijkt dat de voertuigen zich tijdens een aanrijding veel stabielier gedragen dan bij een aanrijding tegen een traditioneel gevormde betonnen barrier.

4.3. Conclusies

Uit de resultaten van de simulaties blijkt dat een constructie met een min of meer verticale wand een grote reductie geeft in roll-overs met de lichte personenauto's. Voor de zware personenauto's zijn de verschillen tussen de NJ-barrier en de min of meer verticale wand veel kleiner. De verschillen tussen een verticale wand en een wand met een hellingshoek van 8,9 graden zijn klein (Ross e.a., 1989 en Perera & Ross, 1989). Uit full-scale tests blijkt tevens dat het aangepaste profiel ook geschikt is voor verplaatsbare constructies. De hellingshoek bij deze tests is 10,9 graden. Het hoger uitvoeren van de constructie heeft ook tevens tot voordeel dat het zwaartepunt van de constructie hoger komt te liggen, wat voor de verplaatsbare uitvoering gunstig is. De constructie heeft minder neiging tot kantelen.

Uit de onderzoeken valt niet ondubbelzinnig op te maken welke hellingshoek gekozen zou moeten worden. In beide onderzoeken blijkt een hellingshoek van ongeveer 10 graden in ieder geval aanvaardbare resultaten op te leveren.

5. SWOV-simulaties

5.1. Opzet en uitvoering van de simulaties

In Hoofdstuk 3 is beschreven met welke constructies de SWOV simulaties heeft uitgevoerd. Gekozen is voor drie typen constructies, nl. een min of meer verticale wand en een min of meer verticale wand met aan de voet een uitbouw (stap) met een hoogte (H) van 25 cm en een stapbreedte (S) van 5 cm en een met een stapbreedte van 10 cm. De verticale wand heeft vier verschillende hellingshoeken: 2, 6, 11 en 17 grad. De hellingshoek van de stap is in alle gevallen gelijk, nl. lossend. De voertuigen zijn twee personenauto's en een vrachtauto.

De inrijcondities zijn als volgt samen te vatten:

- TB11 : personenauto, massa 900 kg, inrijhoek 20 grad, snelheid 100 km/uur.
- TB32 : personenauto, massa 1500 kg, inrijhoek 20 grad, snelheid 110 km/uur.
- TB61 : vrachtauto, massa 16000 kg, inrijhoek 20 grad, snelheid 80 km/uur.

De eerste serie simulaties met de drie voertuigen is uitgevoerd op de min of meer verticale wand met een hellingshoek van resp. 2, 6, 11 en 17 grad. De resultaten zijn ondergebracht in Bijlage A.

De tweede serie simulaties met de drie voertuigen is uitgevoerd op de min of meer verticale wand met een hellingshoek van resp. 2, 6, 11 en 17 grad en met een stapbreedte van 5 cm. De resultaten zijn ondergebracht in Bijlage B.

De derde serie simulaties met de drie voertuigen is uitgevoerd op de min of meer verticale wand met een hellingshoek van resp. 2, 6, 11 en 17 grad en met een stapbreedte van 10 cm. De resultaten zijn ondergebracht in Bijlage C.

Voor de vervolgsimulaties zijn, aan de hand van de resultaten, de optimale hellingshoek en de stapbreedte gekozen. Het voertuig hierbij is de lichte personenauto. De inrijcondities zijn 2, 5 en 10 grad met een snelheid van 80 km/uur. De resultaten van deze serie simulaties zijn ondergebracht in Bijlage D.

5.2. Resultaten

5.2.1. Simulatie met de min of meer verticale wand

De resultaten van de simulaties zijn ondergebracht in Bijlage A (Tabellen A1 t/m A3 en de Afbeeldingen A1 t/m A51).

Uit de resultaten blijkt dat de bewegingen van een *lichte personenauto* heftiger zijn naarmate de hellingshoek groter is. De roll-hoek van het voertuig is altijd van de constructie af gericht. Bij de hellingshoek van 17 grad wordt de pitchhoek veel groter en krijgt het voertuig een groter wordende uitrijhoek. Het verschil in resultaat tussen de 2 grad hellingshoek en de 6 grad hellingshoek is klein (zie Tabel A1 en Afbeeldingen A1 t/m A16). Het voertuig komt bij elke simulatie los van de grond waarbij de (klim)hoogte toeneemt bij grotere hellingshoeken (zie Afbeelding A49). Uit de resultaten met de *zware personenauto* blijkt dat de bewegingen van

het voertuig eveneens heftiger zijn naarmate de hellingshoek groter is. Ten opzichte van de lichte personenauto zijn de voertuigbewegingen, vooral om zijn lengteas, van de zware personenauto voor elke hellingshoek heftiger. De roll-hoek is altijd van de constructie af gericht. De uitrijhoek blijft bij elke simulatie klein. Het verschil in resultaat tussen de 2 grd hellingshoek en de 6 grd hellingshoek is klein (zie Tabel A2 en Afbeeldingen A17 t/m A32). Het voertuig komt bij elke simulatie los van de grond waarbij de (klim)hoogte groter is bij grotere hellingshoeken (zie Afbeelding A50).

Uit de resultaten blijkt dat voor de *vrachtauto* alleen bij de hellingshoek van 17 grd de voertuigbewegingen wat heftiger zijn, hetgeen alleen de roll-hoek betreft. De roll-hoek is bij de vrachtauto's altijd naar de constructie toe gericht (zie Tabel A3 en Afbeeldingen A33 t/m A48). Het voertuig komt alleen met de wielen van de constructie af los van de grond (zie Afbeelding A51).

Conclusie

De voertuigbewegingen van zowel de lichte personenauto, de zware personenauto als de vrachtauto zijn in het algemeen genomen acceptabel. Dit geldt voor elke hellingshoek van de constructie.

Hierbij is het verschil tussen de 2 grd hellingshoek en de 6 grd hellingshoek klein en ten opzichte van de andere twee hellingshoeken zijn de resultaten van deze kleine hellingshoeken gunstiger. Voor de ASI-waarden geldt dat deze te hoog zijn. Het loskomen van de beide personenauto's bij de 2 grd en 6 grd hellingshoek is niet van dien aard dat dit niet acceptabel zou zijn.

5.2.2. *Simulatie met de min of meer verticale wand met stapbreedte van 5 cm*

De resultaten van de simulaties zijn ondergebracht in Bijlage B (Tabellen B1 t/m B3 en de Afbeeldingen B1 t/m B51).

Uit de resultaten blijkt dat de bewegingen van een *lichte personenauto* heftiger zijn naarmate de hellingshoek groter is. De roll-hoek is altijd van de constructie af gericht. Bij elke hellingshoek van de constructie is de uitrijhoek na het verlaten van de constructie weer kleiner. Het verschil in resultaat tussen de 2 grd hellingshoek en de 6 grd hellingshoek is klein (zie Tabel B1 en Afbeeldingen B1 t/m B16). Het voertuig komt bij elke simulatie los van de grond waarbij de (klim)hoogte groter is bij grotere hellingshoeken (zie Afbeelding B49).

Uit de resultaten blijkt dat voor de *zware personenauto* de bewegingen van het voertuig heftiger zijn naarmate de hellingshoek toeneemt. De roll-hoek is altijd van de constructie af gericht. De uitrijhoek is bij elke simulatie kleiner. Het verschil in resultaat tussen de 2 grd hellingshoek en de 6 grd hellingshoek is klein (zie Tabel B2 en Afbeeldingen B17 t/m B32). Het voertuig komt bij elke simulatie van de grond waarbij de (klim)hoogte toeneemt bij grotere hellingshoeken (zie Afbeelding B50).

Uit de resultaten blijkt dat voor de *vrachtauto* de voertuigbewegingen wat toenemen bij een toenemende hellingshoek van de constructie. De roll-hoek is altijd naar de constructie toe gericht (zie Tabel B3 en Afbeeldingen B33 t/m B48). Het voertuig komt alleen met de wielen van de constructie af los van de grond (zie Afbeelding B51).

Conclusie

De voertuigbewegingen van zowel de lichte als de zware personenauto als de vrachtauto zijn in het algemeen genomen acceptabel. Dit geldt voor elke hellingshoek van de constructie. Hierbij is het verschil tussen de 2 grd hellingshoek en de 6 grd hellingshoek klein en ten opzichte van de andere twee hellingshoeken zijn de resultaten van deze kleine hellingshoeken gunstiger. Uit de resultaten van de simulaties met de drie voertuigen blijkt niet dat het aanbrengen van een stap (uitbouw) met een breedte van 5 cm een duidelijke invloed heeft op de bewegingen van het voertuig. Voor de ASI-waarden geldt dat deze te hoog zijn. Het loskomen van de beide personenauto's bij de 2 grd en 6 grd hellingshoek is niet van dien aard dat dit niet acceptabel zou zijn.

5.2.3. Simulatie met de min of meer verticale wand met stapbreedte van 10 cm

De resultaten van de simulaties zijn ondergebracht in Bijlage C (Tabellen C1 t/m C3 en de Afbeeldingen C1 t/m C51).

Uit de resultaten blijkt dat de bewegingen van een *lichte personenauto* heftiger zijn naarmate de hellingshoek groter is. Bij de eerste drie hellingshoeken (2, 6 en 11 grd) neemt de uitrijhoek na het verlaten van de constructie in deze volgorde af. Bij de hellingshoek van 17 grd gebeurt dit niet. Het verschil in resultaat tussen de 2 grd hellingshoek en de 6 grd hellingshoek is klein (zie Tabel C1 en Afbeeldingen C1 t/m C16). Het voertuig komt bij elke simulatie los van de grond waarbij de (klim)hoogte toeneemt bij grotere hellingshoeken (zie Afbeelding C49).

Uit de resultaten blijkt dat voor de *zware personenauto* de bewegingen van het voertuig heftiger zijn naarmate de hellingshoek groter is. Ten opzichte van de lichte personenauto zijn de voertuigbewegingen, vooral om zijn lengteas, van de zware personenauto voor elke hellingshoek heftiger. Bij de hellingshoek van 17 grd is de roll-hoek onacceptabel groot. In tegenstelling tot de lichte personenauto krijgt de zware personenauto bij de hellingshoeken van 6, 11 en 17 grd altijd een groter wordende uitrijhoek (zie Tabel C2 en Afbeeldingen C17 t/m C32). Het voertuig komt bij elke simulatie los van de grond waarbij de (klim)hoogte toeneemt bij grotere hellingshoeken (zie Afbeelding C50).

Uit de resultaten blijkt dat voor de *vrachtauto* de voertuigbewegingen wat toenemen bij toenemende hellingshoek van de constructie. De roll-hoek is altijd naar de constructie toe gericht (zie Tabel C3 en Afbeeldingen C33 t/m C48). Het voertuig komt alleen met de wielen van de constructie af los van de grond (zie Afbeelding C51).

Conclusie

De voertuigbewegingen van de lichte personenauto en de vrachtauto zijn in het algemeen acceptabel. Dit geldt voor alle gesimuleerde constructie-typen. Voor de zware personenauto geldt dat alleen de hellingshoeken van 2 grd en 6 grd acceptabel zijn, maar voor de hellingshoeken van 11 grd en 17 grd geldt dat niet. Uit de resultaten blijkt dat het aanbrengen van de uitbouw met een breedte van 10 cm een negatieve invloed zou uitoefenen op de bewegingen van vooral de zware personenauto. Voor de ASI-waarden geldt dat deze te hoog zijn. Het loskomen van de beide personenauto's bij de 2 grd en 6 grd hellingshoek is niet van dien aard dat dit niet acceptabel zou zijn.

5.2.4. Algemene conclusie van de eerste serie simulaties

Uit de resultaten van de simulaties blijkt dat de min of meer verticale wand met een hellingshoek van 2 of 6 graden goede perspectieven biedt om de voertuigen om te leiden. De verschillen in de resultaten tussen het profiel zonder stap (uitbouw) en het profiel met een 5 cm brede stap zijn klein. Het verschil met de resultaten met het profiel met een 10 cm brede stap is vooral voor de zware personenauto groot. Bij de resultaten met de vrachtauto blijkt niet duidelijk dat de stap een grote invloed uitoefent op de afloop van de botsing. Het loskomen van de beide personenauto's bij de 2 graden en 6 graden hellingshoek is niet van dien aard dat dit niet acceptabel zou zijn.

De resultaten geven geen aanleiding om aanvullende simulaties uit te voeren.

Voor de simulaties met de lichte inrijcondities is gekozen voor de constructie met een hellingshoek van 2 graden en een stapbreedte van 5 cm. Grotere hellingshoeken tot maximaal 10 graden zijn ook acceptabel. De grootte van de hellingshoek wordt dan meer bepaald door kans op schade aan de zwaardere personenauto's dan door het botsgedrag van de voertuigen.

5.2.5. Simulatie met de min of meer verticale wand met stapbreedte van 5 cm bij lichte inrijcondities

De resultaten van de simulaties zijn ondergebracht in Bijlage D (Tabellen D1 en D2 en de Afbeeldingen D1 t/m D24).

Uit de resultaten van de simulaties blijkt dat de staphoogte (H) van 25 cm hoog genoeg is om de *lichte personenauto* onder deze lichte inrijcondities om te leiden. De voertuigbewegingen zijn rustig, de roll- en pitchhoeken blijven kleiner dan 2 graden. Er is eigenlijk geen uitrijhoek, het voertuig blijft in contact met de constructie. De ASI-waarden zijn acceptabel (zie Tabel D1 en Afbeeldingen D1 t/m D12).

Ook voor de *zware personenauto* geldt dat de staphoogte (H) van 25 cm voldoende is om het voertuig om te leiden. De voertuigbewegingen zijn rustig, de roll- en pitchhoeken blijven kleiner dan 1 graden. Er is geen uitrijhoek, het voertuig blijft in contact met de constructie. De ASI-waarden zijn acceptabel (zie Tabel D2 en Afbeeldingen D13 t/m D24).

Conclusie

De constructie met een staphoogte van 25 cm en een stapbreedte van 5 cm geleidt zowel de lichte als zware personenauto met inrijhoeken tot 10 graden zonder problemen, waarbij zich eigenlijk geen uitrijhoeken voordoen. De ASI-waarden zijn acceptabel.

5.2.6. Algemene conclusie van de tweede serie simulaties

Uit de resultaten van de simulaties blijkt dat een constructie met een min of meer verticale wand met een hellingshoek van 2 of 6 graden een grote reductie geeft in roll-overs voor lichte personenauto's. Voor de zware personenauto en de vrachtauto zijn de resultaten goed. De uitrijhoeken blijven voor de drie voertuigen kleiner dan 7 graden. De beide personenauto's komen tijdens de aanrijding los van de grond. De ASI-waarden voor de personenauto's zijn te hoog en voor de vrachtauto soms aanvaardbaar. Ook wanneer er een stap van 25 cm hoog en 5 cm breed wordt

aangebracht aan de voet van de constructie blijft het resultaat gelijk aan de resultaten van de constructie zonder stap. Het loskomen van de beide personenauto's bij de 2 grad en 6 grad hellingshoek is niet van dien aard dat het onconceptabel zou zijn.

5.3. Fundatiekrachten

De Afbeeldingen 14 en 15 geven een overzicht van de optredende krachten op de min of meer verticale wand ($\alpha = 2$ grad) tijdens de aanrijding met de personenauto (TB 32) en de aanrijding met de vrachtauto (TB 61). De grootste kracht (loodrecht op de barrier) ontstaat door het rear-end effect. Voor de aanrijding met de personenauto is deze waarde $7,87 \cdot 10^5$ N en voor de aanrijding met de vrachtauto $2,35 \cdot 10^6$ N. De duur van deze piekkracht bedraagt, resp. 0,03 en 0,05 seconden. In lengterichting van de barrier gezien zijn de piekkrachten bij een aanrijding met de personenauto $2,13 \cdot 10^5$ N en bij een aanrijding met de vrachtauto $6,62 \cdot 10^5$ N. Dit zijn de wrijvingskrachten tussen voertuig en barrier.

In werkelijkheid zullen deze krachten tijdens een aanrijding lager zijn omdat de barrier in het model als oneindig star gemodelleerd is. Dit is in de praktijk doorgaans niet het geval. De vervormbaarheid van de bodem leidt altijd tot enige verplaatsing tijdens de botsing en daarmee meestal tot enige vermindering van de botskracht. Een andere oorzaak ligt in het voertuig besloten. Ook het grootste deel van het voertuig is, afgezien van de vervormingslichamen, oneindig star. In werkelijkheid reageert het ge-hele voertuig tijdens een aanrijding elastischer. De hoogte van de piekkrachten zal in werkelijkheid dan kleiner zijn, terwijl de pulsduur wat groter zal zijn dan de simulatieresultaten. Om de precieze verhouding van de optredende krachten bij starre en meer flexibele modellen te bepalen is een meer gedetailleerd simulatie-onderzoek nodig. Voorlopig wordt, op basis van ervaring verondersteld dat de piekwaarden bij de simulatie met een starre constructie ongeveer een factor twee te hoog uitvallen.

Voor een aanrijding met een personenauto komen de piekwaarden daarmee uit op ca. 400 kN loodrecht op de constructie en ca. 100 kN in langsricting. Voor een aanrijding met een 16 tons-vrachtauto zijn de piekwaarden dan resp. 220 kN en 330 kN.

6. Conclusies

De resultaten uit het literatuuronderzoek en uit het simulatie-onderzoek komen goed met elkaar overeen. Beide geven aan dat een min of meer verticale wand een grote reductie geven in het verminderen van roll-overs bij lichte personenauto's tijdens een aanrijding.

Uit het literatuur- en simulatie-onderzoek komt naar voren dat er geen duidelijke optimale hellingshoek is voor een min of meer verticale wand.

Wel blijkt dat een hellingshoek kleiner dan 10 grd

te prevaleren in verband met de rolbeweging van de voertuigen.

Uit het simulatie-onderzoek blijkt verder dat het aanbrengen van een stap van 25 cm hoog en 5 cm breed geen aanwijsbare negatieve invloed heeft op de aanrijdingen met de drie voertuigen. Het verbreden van de stap van 5 cm naar 10 cm heeft wel een nadelige invloed op de rolhoek bij aanrijdingen met de zware personenauto. Zolang de helling van de wand niet groter is dan 10 graden is daarbij echter geen roll-over gevonden.

De 25 cm hoge en 5 cm brede stap is goed in staat om de personenauto's onder lichte inrijcondities, tot 10 grd inrijhoek, om te leiden. De hellingshoek van de wand kan hierbij mede bepaald worden door het zo beperkt mogelijk houden van de schade aan de carrosserie. Daarbij moet wel worden bedacht dat een min of meer verticale wand de gunstigste invloed op het beperken van het loskomen van de voertuigen van de grond tijdens een aanrijding; hoe schuiner de wand hoe meer de voertuigen loskomen van de grond.

De simulaties met vrachtwagens geven aan dat die geen problemen met de stap (uitbouw) in de wand lijken te hebben; het botsverloop is steeds relatief stabiel.

Hierbij moet wel worden bedacht dat de invloed van de wielmoeren van de voorwielen van de vrachtauto's op een aanrijding met de stap vanwege de complexiteit niet is gesimuleerd: dit kan nog enige nadelige invloed hebben.

In termen van ASI-waarden scoren alle constructies te hoog voor de CEN-normen; alleen bij lichte inrijcondities blijft die waarde nog net onder 1,4. In vergelijking tot ASI-waarden die in vroeger onderzoek bij de NJ-barrier zijn vastgesteld, zijn de hier gevonden waarden niet wezenlijk ernstiger. Op grond van ASI-waarden alleen kan de voorgestelde modificatie dus niet als verbetering of verslechtering ten opzichte van de NJ-barriers worden opgevat.

Samenvattende conclusie

De voorgestelde modificatie van betonconstructies door middel van het aanbrengen van een stap lijkt een bruikbare maatregel om enerzijds het omrollen van lichte voertuigen tegen te gaan en anderzijds de voertuig-schade bij lichte inrijcondities te beperken. De gesimuleerde breedten van die stap van 5 en 10 cm voldoen daarbij beide, hoewel in het laatste geval de rolhoeken van personenauto's duidelijk toenemen. Dit betekent, dat een nog bredere stap waarschijnlijk niet gewenst is.

Aanbeveling

De simulatieresultaten lijken voldoende gunstig om de voorgestelde constructie als potentieel toepasbaar te kwalificeren. Om hierover meer zekerheid te verkrijgen zijn proeven op ware schaal echter noodzakelijk.

Literatuur

Beason, W.L.; Ross, H.S.; Perera, H.S. & Marek, M. (1991). Single-slope concrete median barrier. In: Roadside Safety Features 1991. TRR 1302.

Laker, I.B. (z.j.). A review of safety fence and barrier development at TRRL 1961-1986. Research report. TRRL, Crowthorne.

Michie, J.D. (1981). Recommended procedures for the safety performance evaluation of highway appurtenances. NCHRP report 230. Transportation Research Board, Washington, D.C.

Perera, H.S. & Ross, H.E. (1989). Prediction of rollovers caused by concrete safety-shape barriers. In: Design and testing of roadside safety devices. TRR 1233.

Ross, H.E.; Perera, H.S.; Sicking, D.L. & Bligh, R.P. (1989). Roadside safety design for small vehicles. NCHRP report 318. Transportation Research Board. Washington D.C.

Afbeeldingen 1 t/m 15

Afbeelding 1. *De meest voorkomende betonnen barriers.*

Afbeelding 2. *De min of meer verticale wand zonder en met stap.*

Afbeelding 3. *De gesimuleerde profielen zonder stap.*

Afbeelding 4. *De gesimuleerde profielen met stap.*

Afbeelding 5. *De inrijcondities met slipbeweging.*

Afbeelding 6. *Vergelijking dwarsdoorsneden van de min of meer verticale wand en de NJ-barrier.*

Afbeelding 7. *Geteste profielen.*

Afbeelding 8. *Roll-, pitch- en yawhoek tegen de tijd zonder slipbeweging bij de NJ-barrier.*

Afbeelding 9. *Roll-, pitch- en yawhoek tegen de tijd met slipbeweging bij de NJ-barrier.*

Afbeelding 10. *Roll-, pitch- en yawhoek tegen de tijd zonder slipbeweging bij de constructie met constante helling.*

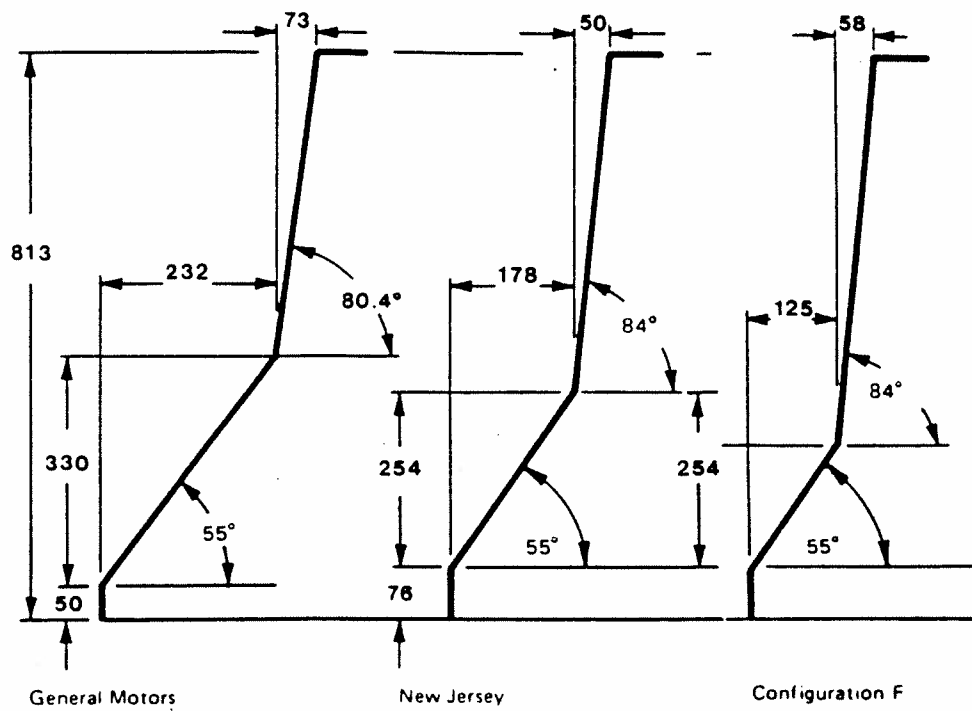
Afbeelding 11. *Roll-, pitch- en yawhoek tegen de tijd zonder slipbeweging bij een min of meer verticale wand.*

Afbeelding 12. *Roll-, pitch- en yawhoek tegen de tijd zonder slipbeweging bij de gemodificeerde NJ-barrier.*

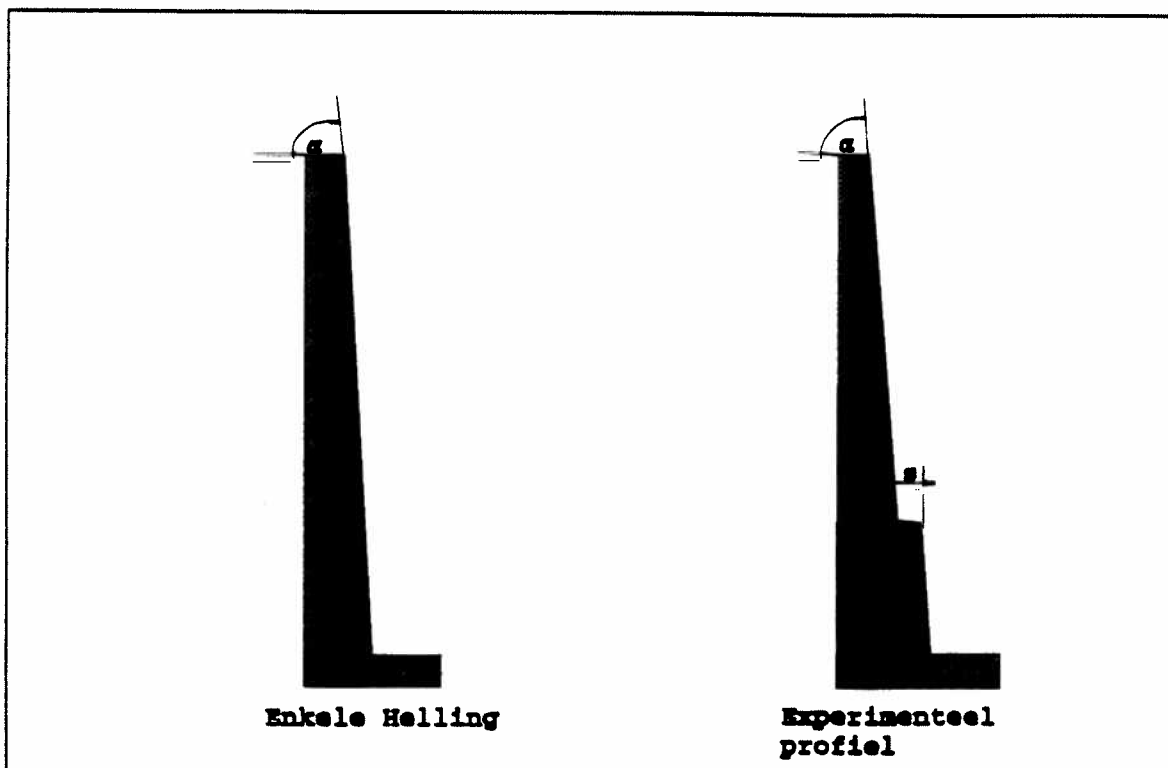
Afbeelding 13. *Roll-, pitch- en yawhoek tegen de tijd met slipbeweging bij de gemodificeerde NJ-barrier.*

Afbeelding 14. *Krachtenverloop tegen de tijd tijdens een aanrijding met een zware personenauto tegen een min of meer verticale wand.*

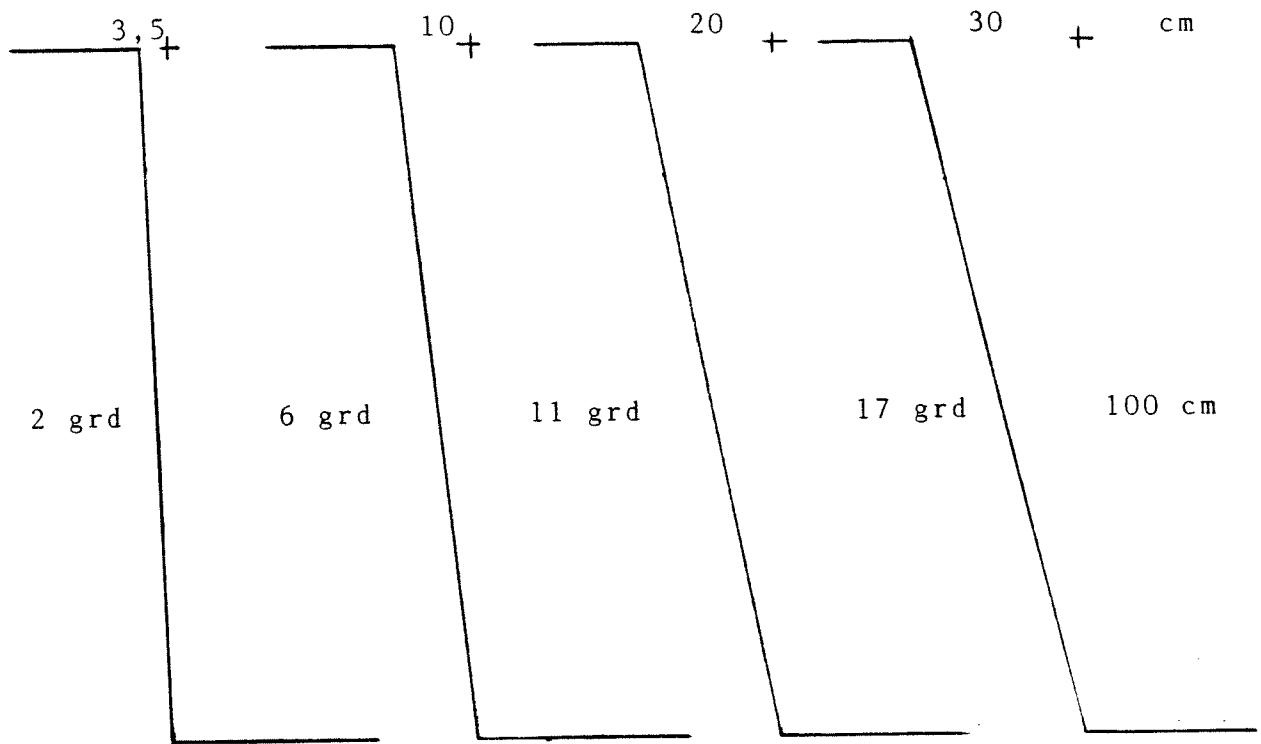
Afbeelding 15. *Krachtenverloop tegen de tijd tijdens een aanrijding met een vrachtauto tegen een min of meer verticale wand.*



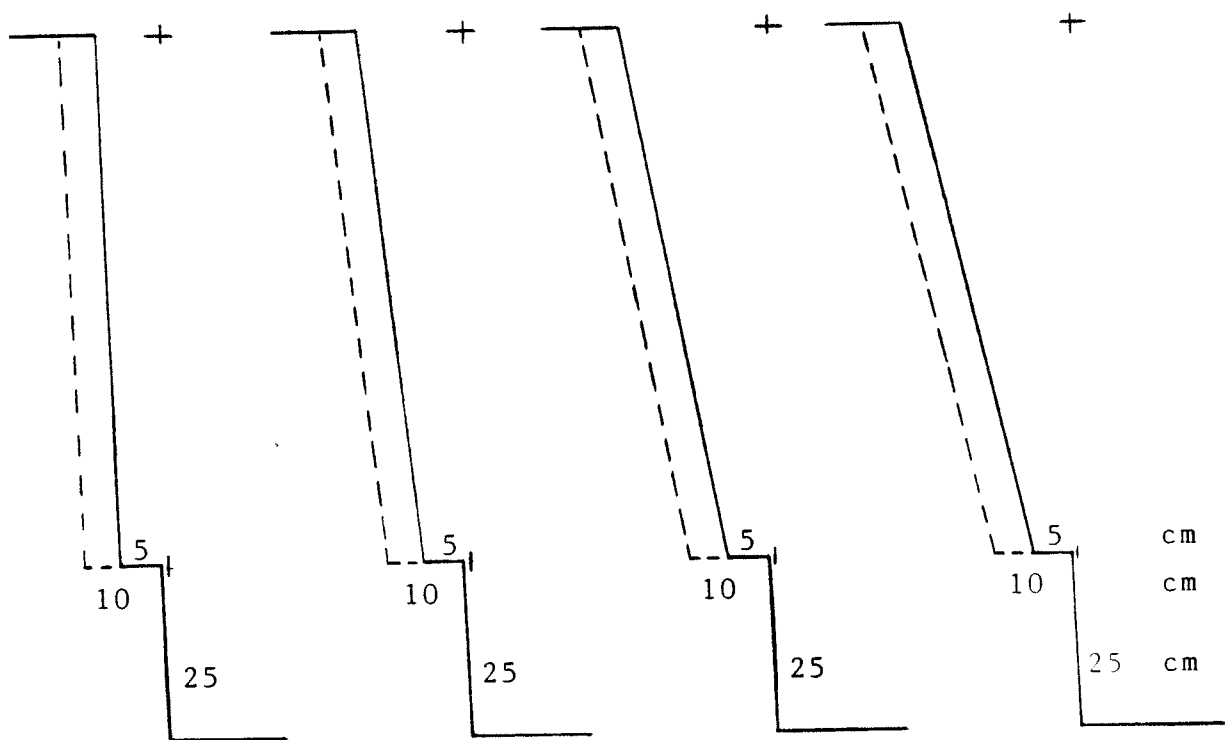
Afbeelding 1. De meest voorkomende betonnen barriers.



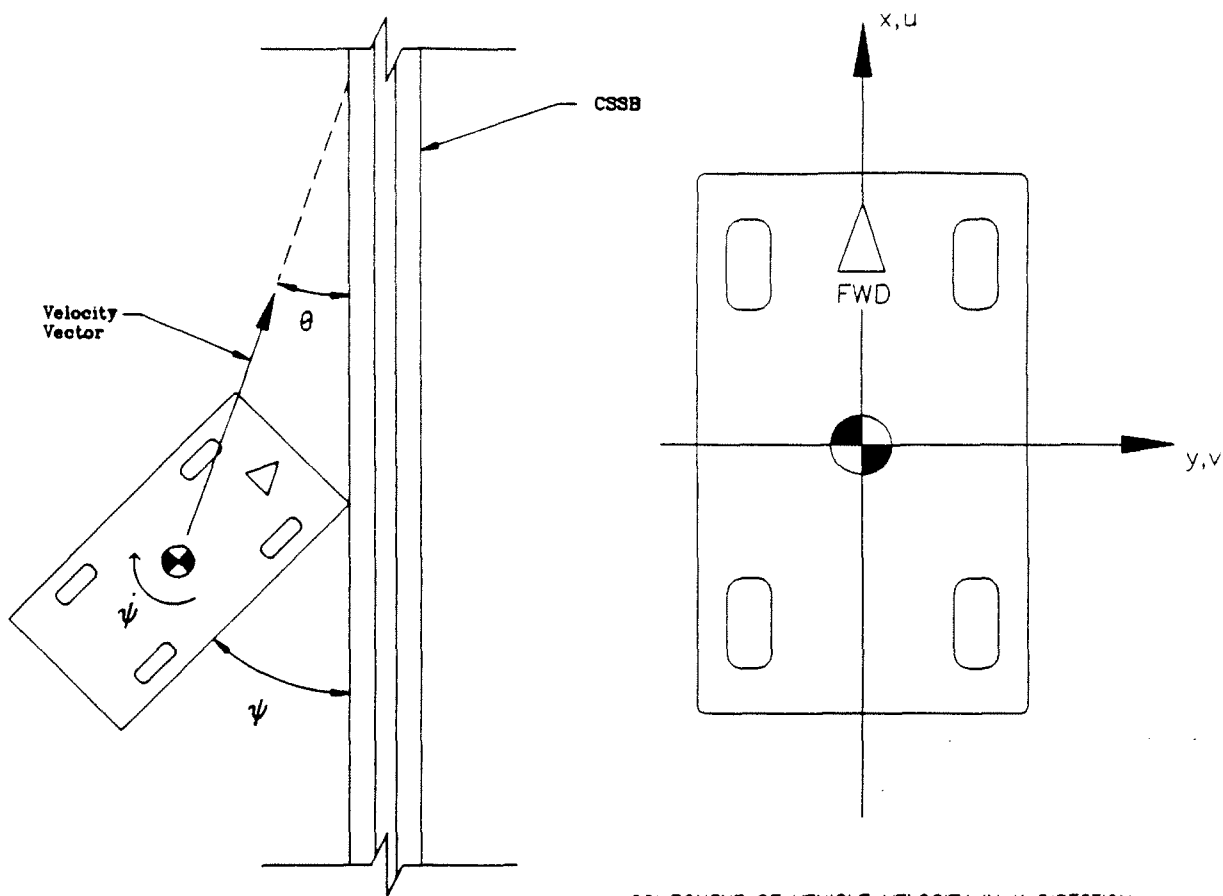
Afbeelding 2. De min of meer verticale wand zonder en met stap.



Afbeelding 3. De gesimuleerde profielen zonder stap.



Afbeelding 4. De gesimuleerde profielen met stap.

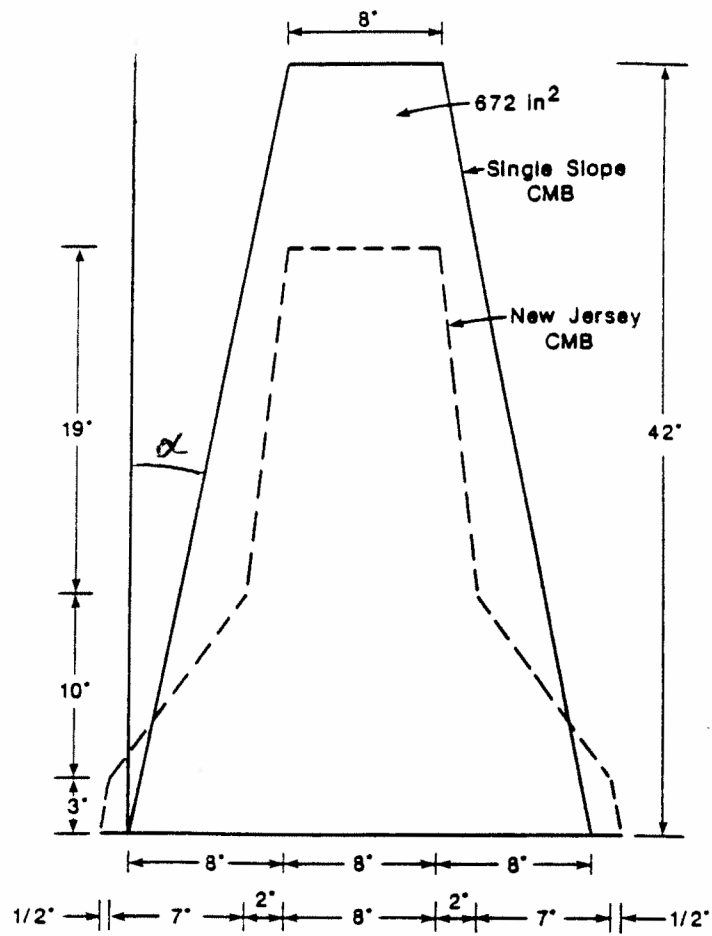


u = COMPONENT OF VEHICLE VELOCITY IN X DIRECTION.

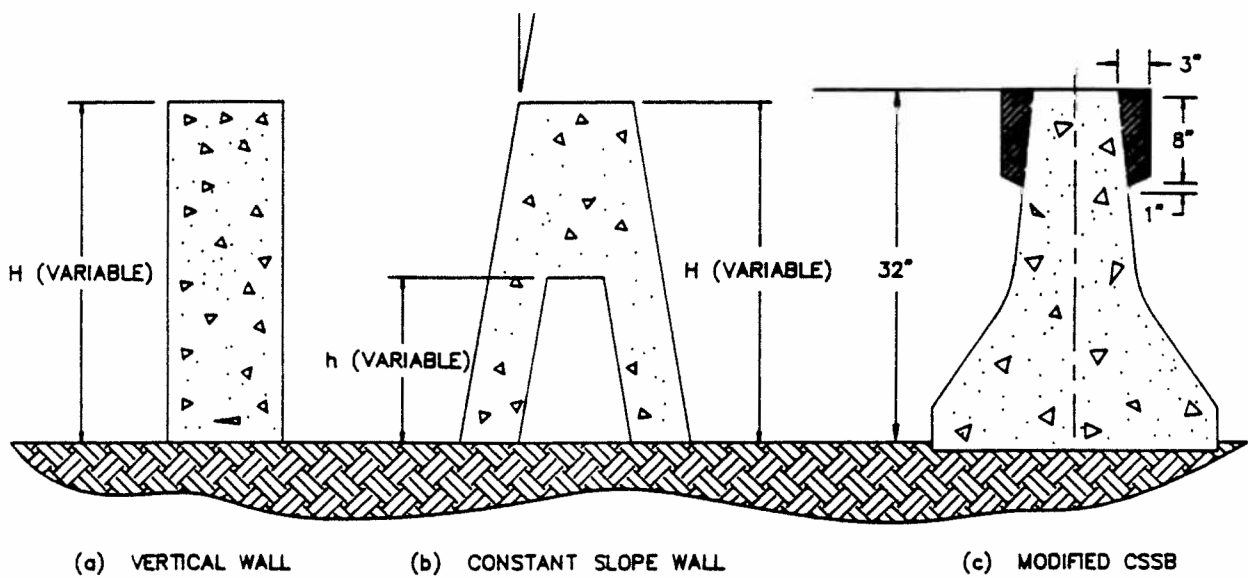
v = COMPONENT OF VEHICLE VELOCITY IN Y DIRECTION.

$$\text{SIDESLIP ANGLE} = \tan^{-1} \frac{|v|}{u}$$

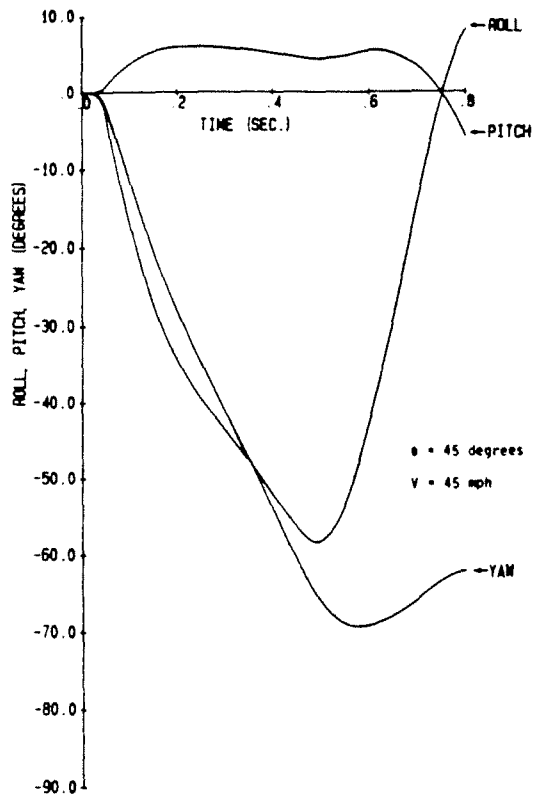
Afbeelding 5. De inrijcondities met slipbeweging.



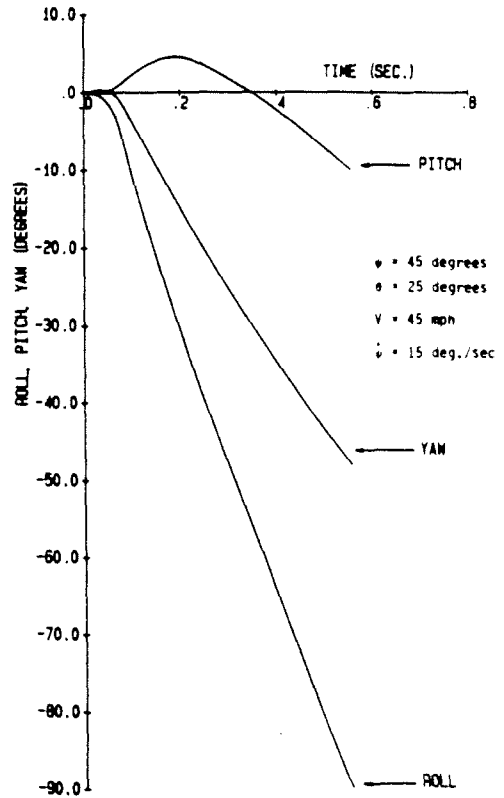
Afbeelding 6. Vergelijking dwarsdoorsneden van de min of meer verticale wand en de NJ-barrier.



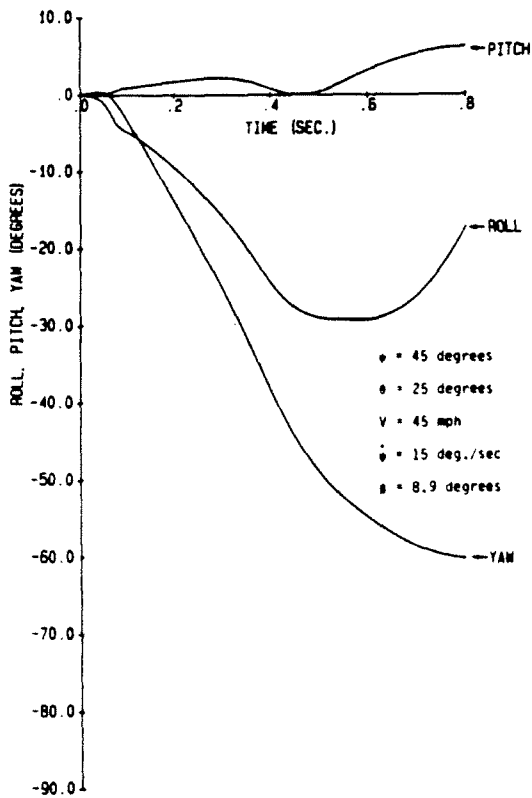
Afbeelding 7. Geteste profielen.



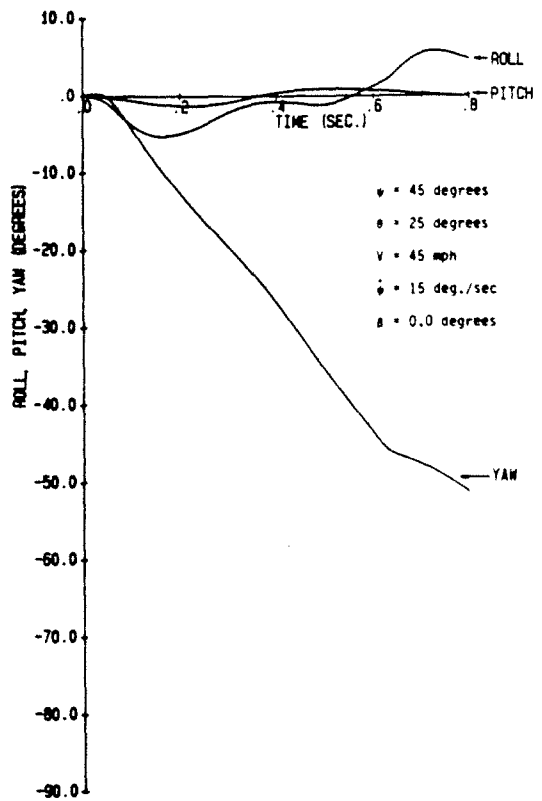
Afbeelding 8. Roll-, pitch- en yawhoek tegen de tijd zonder slipbeweging bij de NJ-barrier.



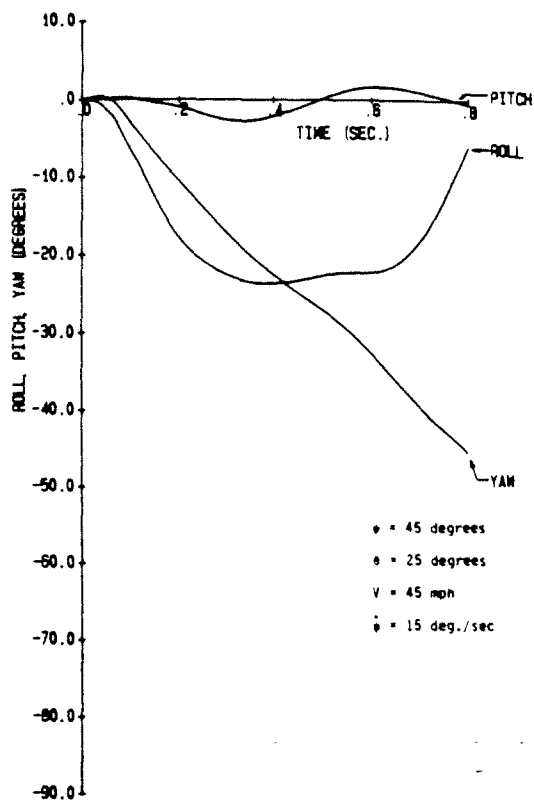
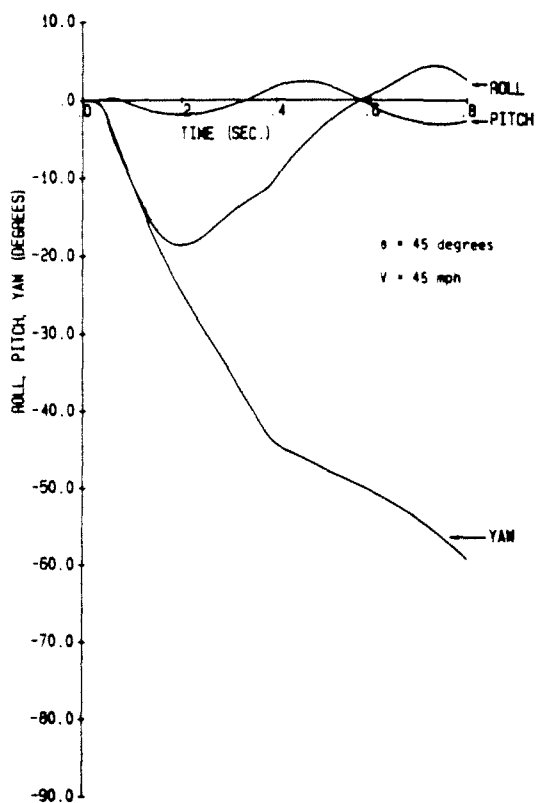
Afbeelding 9. Roll-, pitch- en yawhoek tegen de tijd met slipbeweging bij de NJ-barrier.



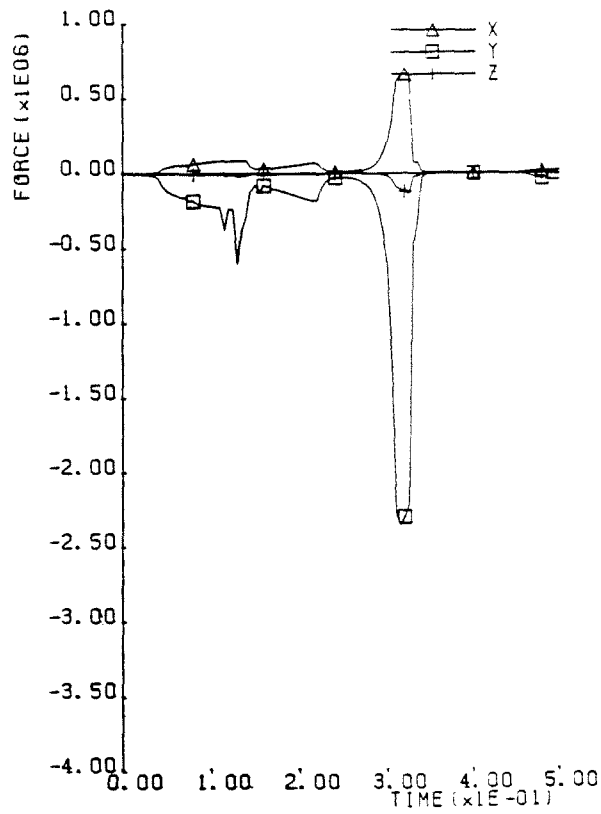
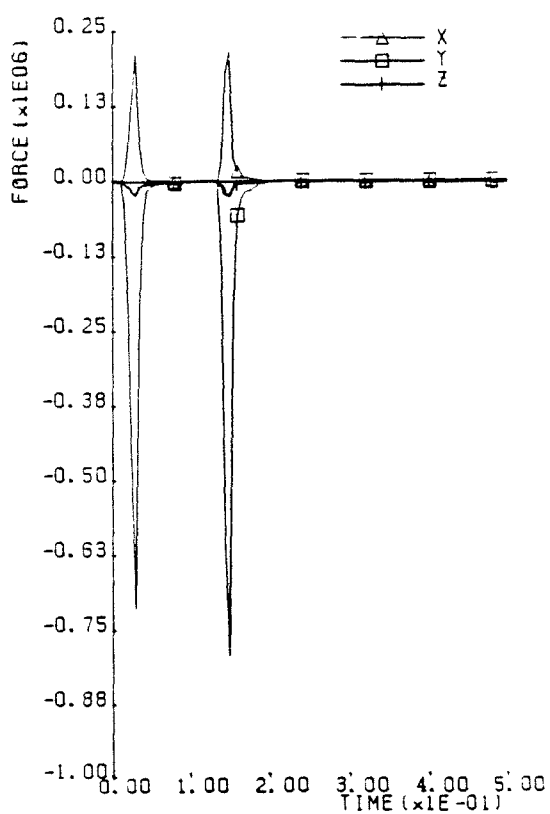
Afbeelding 10. Roll-, pitch- en yawhoek tegen de tijd zonder slipbeweging bij de constructie met constante helling.



Afbeelding 11. Roll-, pitch- en yawhoek tegen de tijd zonder slipbeweging bij een min of meer verticale wand.



Afbeelding 12. Roll-, pitch- en yawhoek tegen de tijd zonder slipbeweging bij de gemodificeerde NJ-barrier.
 Afbeelding 13. Roll-, pitch- en yawhoek tegen de tijd met slipbeweging bij de gemodificeerde NJ-barrier.



Afbeelding 14. Krachtenverloop tegen de tijd tijdens een aanrijding met een zware personenauto tegen een min of meer verticale wand.
 Afbeelding 15. Krachtenverloop tegen de tijd tijdens een aanrijding met een vrachtauto tegen een min of meer verticale wand.

Tabellen 1 t/m 10

Tabel 1. *Full-scale testresultaten met NJ-barrier (Bron: Ross e.a., 1989 en Perera & Ross, 1989).*

Tabel 2. *Simulatieresultaten van lichte personenauto's met de NJ-barrier (Bron: Ross e.a., 1989 en Perera & Ross, 1989).*

Tabel 3. *Simulatieresultaten van vier lichte en een zware personenauto, zonder slipbeweging, tegen de NJ-barrier.*

Tabel 4. *Simulatieresultaten van vier lichte en een zware personenauto, met slipbeweging, tegen de NJ-barrier.*

Tabel 5. *Simulatieresultaten Chevrolet Sprint, met slipbeweging, tegen een wand met een hellingshoek 8,9 grd en een verticale wand.*

Tabel 6. *Simulatieresultaten Chevrolet Sprint, zonder slipbeweging, tegen de gemodificeerde NJ-barrier.*

Tabel 7. *Simulatieresultaten Chevrolet Sprint, met slipbeweging, tegen de gemodificeerde NJ-barrier.*

Tabel 8. *Simulatieresultaten van de zware personenauto (Bron: Beason e.a., 1991).*

Tabel 9. *Simulatieresultaten van de lichte personenauto (Bron: Beason e.a., 1991).*

Tabel 10. *Full-scale testresultaten met de betonnen wand met een hellingshoek van 10,8 grd (Bron: Beason e.a., 1991).*

Tests NJ-barrier	Botscondities			Uitrij-		Max hoek		Occup imp vel.	
	vtg (kg)	snelh km/uur	hoek grd	snelh km/uur	hoek grd	roll grd	pitch grd	langs m/s	dwars m/s
7043-1	707	94	15	80	2	7	11	3.4	5.6
7043-2	707	96	22	75	2	9	16	5.6	7.6
7043-3	580	96	16	86	2	11	17	3.7	4.5
7043-4	730	99	16	84	3	13	9	3.7	5.9
7043-12	694	99	20	88	7	30	8	3.8	6.4

Tabel 1. Full-scale testresultaten met de NJ-barrier (Bron: Ross e.a., 1989 en Perera & Ross, 1989).

Simulaties NJ-barrier	Botscondities			Uitrij-		Max hoek	
	vtg (kg)	snelh km/uur	hoek grd	snelh km/uur	hoek grd	roll grd	pitch grd
Fiat	*707	94	15	87	4	10	5
Uno	*707	96	22	83	3	18	5
	707	96	25	80	5	26	5
Daihatsu	*580	96	16	88	2	14	6
Damino	580	96	20	84	1	28	7
	580	96	25	80	4	42	7
Ford	*730	99	16	90	0	15	11
Fiesta	730	96	20	83	0	16	12
	730	96	25	79	0	18	11
Chevrolety	694	96	15	89	1	16	6
Sprint	*694	99	20	86	2	17	8
	694	96	25	79	1	21	10

* vergelijkbaar met full-scale tests van Tabel 1

Tabel 2. Simulatieresultaten van lichte personenauto's met de NJ-barrier (Bron: Ross e.a., 1989 en Perera & Ross, 1989).

Fiat-Uno snelheid hoek voertuig	48 km/u	72 km/u	96 km/u	Daihatsu 48 km/u	72 km/u	96km/u
35°	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel
45°	stabiel	grens	roll-over	tollen	tollen	grens
60°	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
<hr/>						
Chevrolet Sprint snelheid hoek voertuig	48 km/u	72 km/u	96 km/u	Honda Civic 48 km/u	72 km/u	96 km/u
35°	stabiel	stabiel	stabiel	tollen	stabiel	stabiel
45°	zijslip	grens	roll-over	grens	roll-over	roll-over
60°	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
<hr/>						
Plymouth Fury snelheid hoek voertuig	48 km/u	72 km/u	96 km/u			
35°	stabiel	stabiel	stabiel			
45°	zijslip	zijslip	zijslip			
60°	zijslip	zijslip	zijslip			
75°	tollen	tollen	tollen			

Tabel 3. Simulatieresultaten van vier lichte en een zware personenauto, zonder slipbeweging, tegen de NJ-barrier.

Fiat Uno						
snelheid	48 km/u		72 km/u		96 km/u	
hoek snelheid	15	25	15	25	15	25
hoek voertuig						
45°	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
60°	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
75°	roll-over	grens	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
Daihatsu						
snelheid	48 km/u		72 km/u		96 km/u	
hoek snelheid	15	25	15	25	15	25
hoek voertuig						
45°	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
60°	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
75°	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
Chevrolet Sprint						
snelheid	48 km/u		72 km/u		96 km/u	
hoek snelheid	15	25	15	25	15	25
hoek voertuig						
45°	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
60°	tollen	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
75°	tollen	tollen	tollen	tollen	tollen	grens
Honda Civic						
snelheid	48 km/u		72 km/u		96 km/u	
hoek snelheid	15	25	15	25	15	25
hoek voertuig						
45°	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
60°	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
75°	roll-over	grens	roll-over	roll-over	roll-over	roll-over
Plymouth Fury						
snelheid	48 km/u		72 km/u		96 km/u	
hoek snelheid	15	25	15	25	15	25
hoek voertuig						
45°	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel
60°	zijslip	zijslip	zijslip	zijslip	zijslip	roll-over
75°	tollen	tollen	tollen	tollen	tollen	tollen

Tabel 4. Simulatieresultaten van vier lichte en een zware personenauto, met slipbeweging, tegen de NJ-barrier.

Chevrolet Sprint; betonnen wand $\alpha = 8,9$ graden						
snelheid	48 km/u		72 km/u		96 km/u	
hoek snelheid	15	25	15	25	15	25
hoek voertuig						
45°	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel
60°	tollen	tollen	tollen	tollen	tollen	roll-over
75°	tollen	tollen	tollen	tollen	tollen	tollen

Chevrolet Sprint; betonnen wand $\alpha = 0$ graden						
snelheid	48 km/u		72 km/u		96 km/u	
hoek snelheid	15	25	15	25	15	25
hoek voertuig						
45°	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel
60°	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel	tollen	tollen
75°	tollen	tollen	tollen	tollen	tollen	tollen

Tabel 5. *Simulatieresultaten Chevrolet Sprint, met slipbeweging, tegen een wand met een hellingshoek van 8,9 graden en een verticale wand.*

Chevrolet Sprint; gemodificeerde NJ-barrier			
snelheid	48 km/u	72 km/u	96 km/u
hoek			
35°	stabiel	stabiel	stabiel
45°	stabiel	stabiel	stabiel
60°	tollen	roll-over	roll-over

Tabel 6. *Simulatieresultaten Chevrolet Sprint, zonder slipbeweging, tegen de gemodificeerde NJ-barrier.*

Chevrolet Sprint; gemodificeerde NJ-barrier						
snelheid	48 km/u		72 km/u		96 km/u	
hoek snelheid	15	25	15	25	15	25
hoek voertuig						
45°	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel	stabiel
60°	tollen	tollen	tollen	tollen	roll-over	roll-over
75°	tollen	tollen	tollen	tollen	tollen	tollen

Tabel 7. *Simulatieresultaten Chevrolet Sprint, met slipbeweging, tegen de gemodificeerde NJ-barrier.*

Constructie	Inrijconditie snel/hoek km/u/grd	Maximum rolhoek grad	Occupant impact velocity	
			langs ft/s (m/s)	dwars
New Jersey	96/25	20	16.3 (5.0)	20.6 (6.3)
Single-slope 0 grad	96/25	26	18.5 (5.6)	21.3 (6.5)
Single-slope 5,4 grad	96/25	26	17.4 (5.3)	22.7 (6.9)
Single-slope 10,8 grad	96/25	24	15.9 (4.8)	21.3 (6.5)
Single-slope 14 grad	96/25	38	13.7 (4.2)	20.1 (6.1)

Tabel 8. *Simulatieresultaten van de zware personenauto (2043 kg, $E_y = 130$ kNm) (Beason e.a., 1991)*

Constructie	Inrijconditie snel/hoek km/u/graden	Maximum rolhoek graden	Occupant impact velocity	
			langs ft/s (m/s)	dwars
New Jersey	96/20	20	11.9 (3.6)	21.4 (6.5)
Single-slope 0 grad	96/20	11	13.9 (4.2)	20.2 (6.2)
Single-slope 5,4 grad	96/20	16	15.8 (4.8)	22.4 (6.8)
Single-slope 10,8 grad	96/20	13	12.2 (3.7)	20.7 (6.3)
Single-slope 14 grad	96/20	31	11.8 (3.6)	20.5 (6.2)

Tabel 9. *Simulatieresultaten van de lichte personenauto (817 kg, $E_y = 34$ kNm) (Beason e.a., 1991)*

Proef	Inrij- snel/hoek km/u/grd	Maximum rolhoek grad	Occup. impact velo.		Uitrij- snel/hoek km/u/grd	Vertraging lang/dwars gem 50ms	Verplaatsing lateraal cm
			langs ft/s (m/s)	dwars			
1	97/15	12	14.4 (4.4)	17.6 (5.4)	83/1	3.3/ 6.8	18
2	98/20	6	15.7 (4.8)	27.7 (8.4)	84/4	6.5/15.3	-
3	102/27	33	22.1 (6.7)	28.9 (8.8)	83/9	6.4/13.1	-
4	100/15	17	16.3 (5.0)	18.4 (5.6)	92/4	5.5/ 7.3	15

proef 1, 3 en 4 zwaar voertuig ($E_y = 50, 169$ en 53 kNm), proef 2 licht voertuig ($E_y = 35$ kNm).
proef 2 en 3 constructie star, proef 1 en 4 constructie verplaatsbaar

Tabel 10. *Full-scale testresultaten met de betonnen wand, met een hellingshoek van 10,8 graden (Beason e.a., 1991).*

BIJLAGE A

bij

W.H.M. van de Pol & T. Heijer

Optimalisatie van het profiel van een betonnen voertuigkering

Simulaties met de min of meer verticale wand

Tabellen A1 t/m A3

Afbeeldingen A1 t/m A51

Tabellen A1 t/m A3

- Tabel A1. *Resultaten van simulaties met een lichte personenauto tegen de single-slope barrier; inrijconditie 100 km/uur en 20 grd.*
- Tabel A2. *Resultaten van simulaties met een zware personenauto tegen de single-slope barrier; inrijconditie 110 km/uur en 20 grd.*
- Tabel A3. *Resultaten van simulaties van een 16 tons vrachtauto tegen de single-slope barrier; inrijconditie 80 km/uur en 20 grd.*

Simulaties TB11 constructie	Hoeken		ASI		Uitrij-	
	rol grd	pitch grd	zwpt	best	hoek grd	snelh km/u
single-slope 02	4	2	1,94	1,95	4	77
single-slope 06	7	5	2,19	2,31	4	77
single-slope 11	13	8	2,41	2,63	6	77
single-slope 17	29	20	2.34	2,69	6	79

Tabel A1. Resultaten van simulaties met een lichte personenauto tegen de single-slope barrier, inrijconditie 100 km/uur en 20 grd.

Simulaties TB32 constructie	Hoeken		ASI		Uitrij-	
	rol grd	pitch grd	zwpt	best	hoek grd	snelh km/u
single-slope 02	2	3	3,13	3.13	6	81
single-slope 06	6	8	1,73	2,04	7	82
single-slope 11	16	3	2,94	3,13	5	82
single-slope 17	39	9*	2,25	2,63	4	82

Tabel A2. Resultaten van simulaties met een zware personenauto tegen de single-slope barrier, inrijconditie 110 km/uur en 20 grd.

Simulaties TB61 constructie	Hoeken		ASI		Uitrij-	
	rol grd	pitch grd	zwpt	best	hoek grd	snelh km/u
single-slope 02	14	2	1,85	1,70	5	63
single-slope 06	13	2	1,35	0,89	5	63
single-slope 11	15	2	2,28	2,28	4	63
single-slope 17	21	2	1,90	0,74	1	65

Tabel A3. Resultaten van simulaties met een 16 tons vrachtauto tegen de single-slope barrier, inrijconditie 80 km/uur en 20 grd.

Afbeeldingen A1 t/m A51

Afbeelding A1. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grd.*

Afbeelding A2. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grd.*

Afbeelding A3. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grd.*

Afbeelding A4. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding A5. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grd.*

Afbeelding A6. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grd.*

Afbeelding A7. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grd.*

Afbeelding A8. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding A9. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grd.*

Afbeelding A10. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grd.*

Afbeelding A11. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grd.*

Afbeelding A12. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding A13. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grd.*

Afbeelding A14. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grd.*

Afbeelding A15. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grd.*

Afbeelding A16. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding A17. *Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grd.*

Afbeelding A18. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grd.*

Afbeelding A19. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.

Afbeelding A20. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

Afbeelding A21. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grad.

Afbeelding A22. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grad.

Afbeelding A23. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grad.

Afbeelding A24. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

Afbeelding A25. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grad.

Afbeelding A26. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grad.

Afbeelding A27. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grad.

Afbeelding A28. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

Afbeelding A29. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grad.

Afbeelding A30. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grad.

Afbeelding A31. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grad.

Afbeelding A32. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

Afbeelding A33. Overzicht aanrijding vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.

Afbeelding A34. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.

Afbeelding A35. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.

Afbeelding A36. ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.

Afbeelding A37. Overzicht aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grad.

Afbeelding A38. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grd.*

Afbeelding A39. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grd.*

Afbeelding A40. *ASI-waarden van zwaartepunten vrachtauto 16 ton en bestuurder.*

Afbeelding A41. *Overzicht aanrijding vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grd.*

Afbeelding A42. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grd.*

Afbeelding A43. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grd.*

Afbeelding A44. *ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.*

Afbeelding A45. *Overzicht aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grd.*

Afbeelding A46. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grd.*

Afbeelding A47. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grd.*

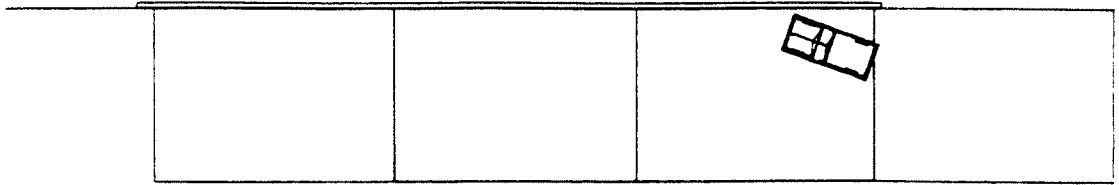
Afbeelding A48. *ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.*

Afbeelding A49. *Aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoeken 2 en 17 grd.*

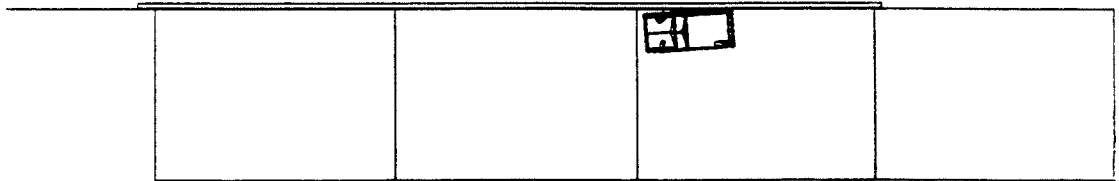
Afbeelding A50. *Aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoeken 2 en 17 grd.*

Afbeelding A51. *Aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoeken 2 en 17 grd.*

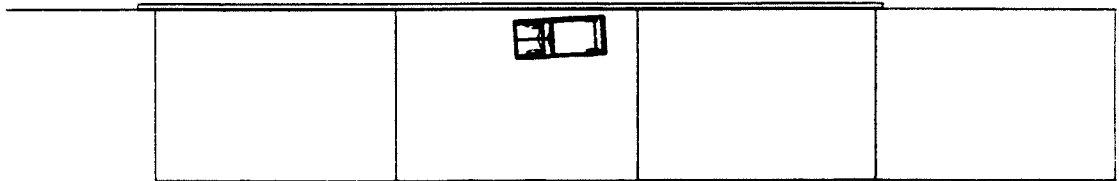
TB115502
TIME 0.0000



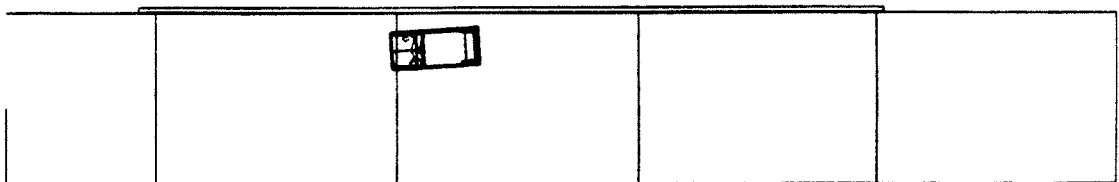
TB115502
TIME 0.2500



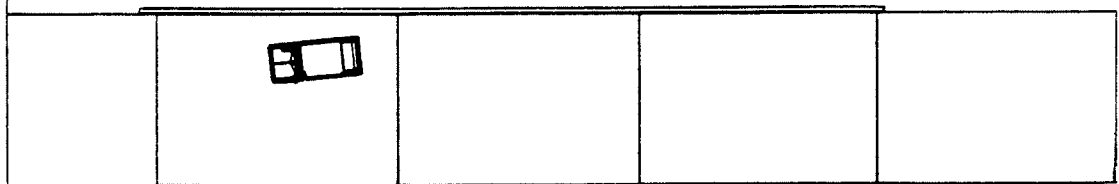
TB115502
TIME 0.5000



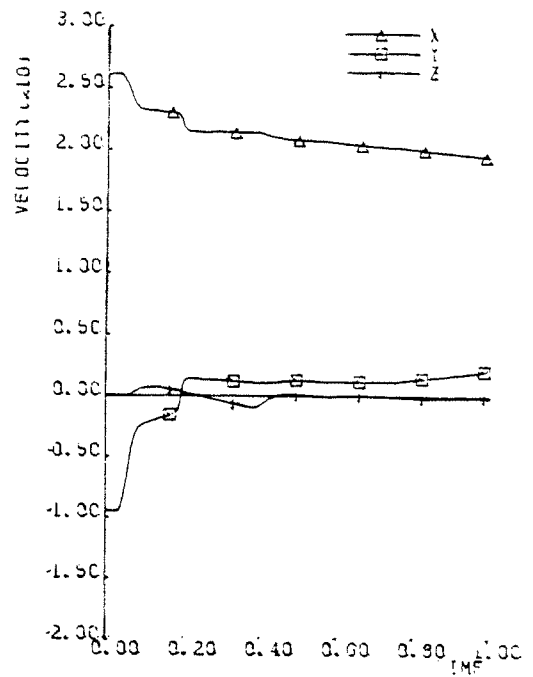
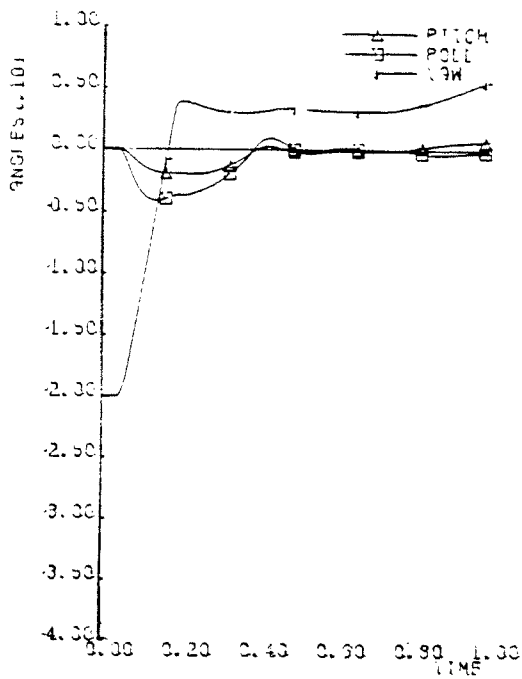
TB115502
TIME 0.7500



TB115502
TIME 1.0000

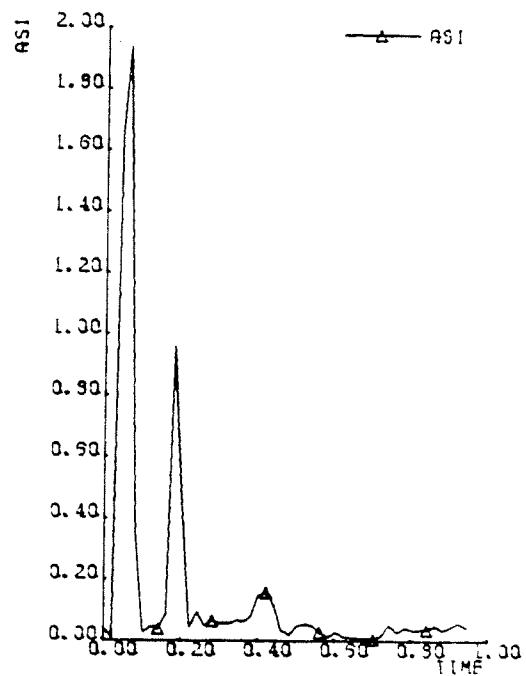
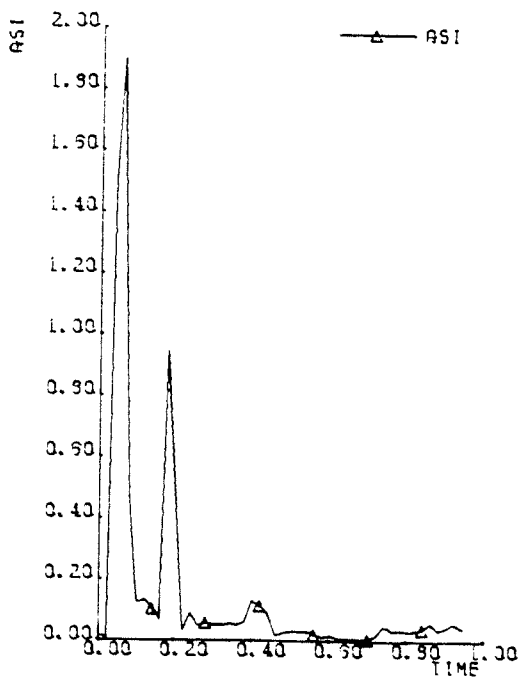


Afbeelding A1. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.



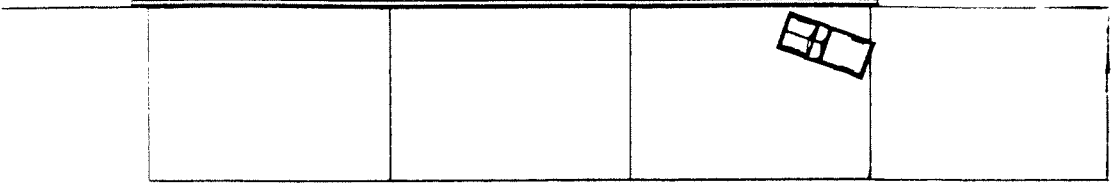
Afbeelding A2. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.

Afbeelding A3. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.

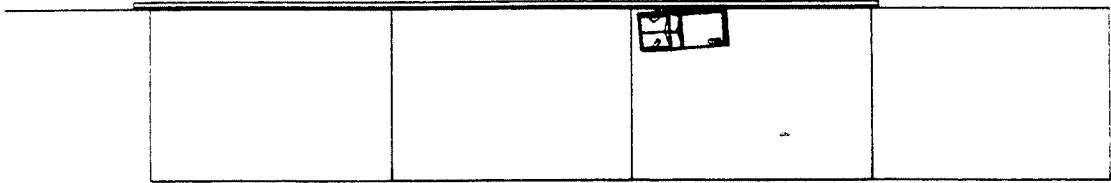


Afbeelding A4. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

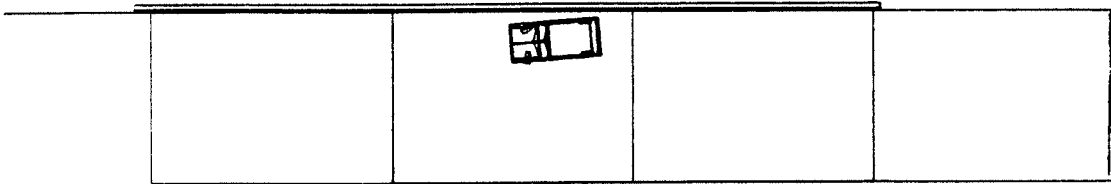
TB115506
TIME 0.0000



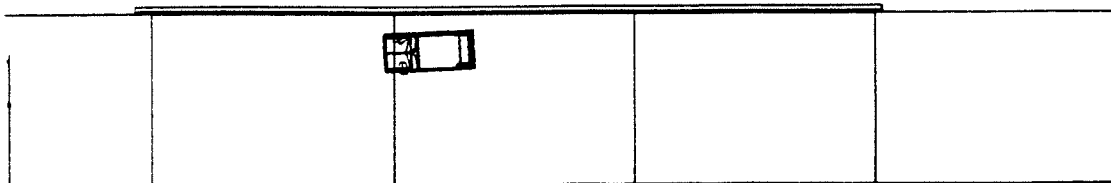
TB115506
TIME 0.2500



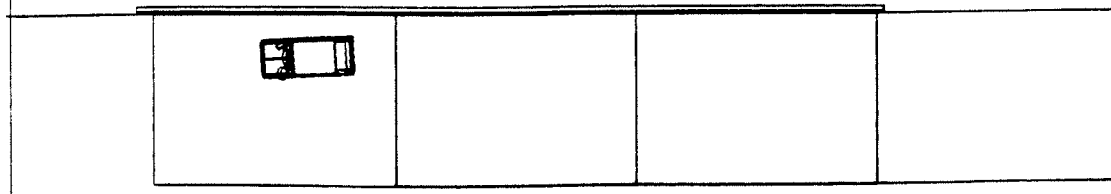
TB115506
TIME 0.5000



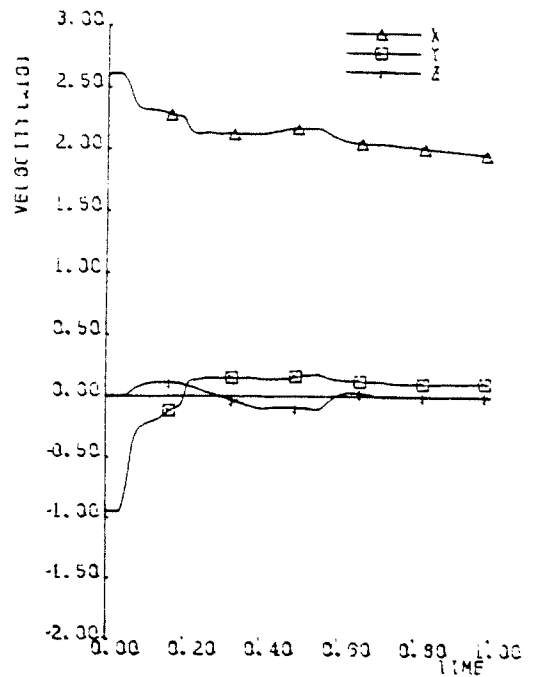
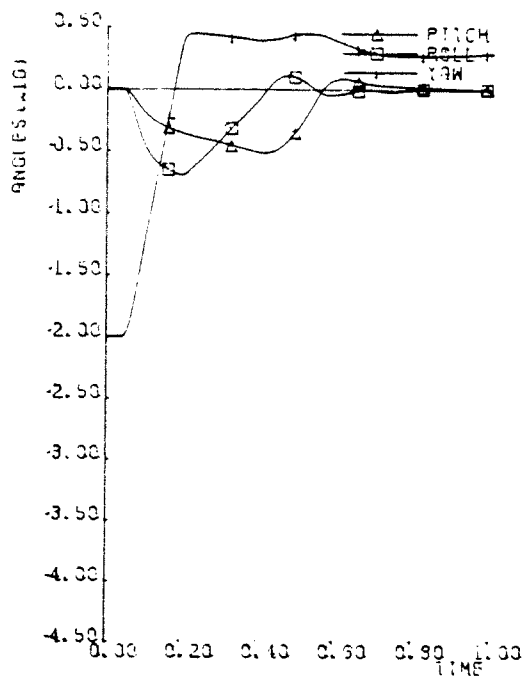
TB115506
TIME 0.7500



TB115506
TIME 1.0000

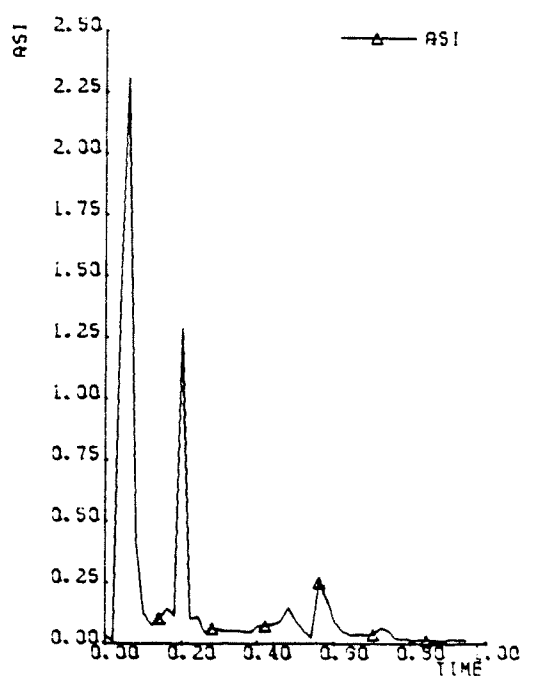
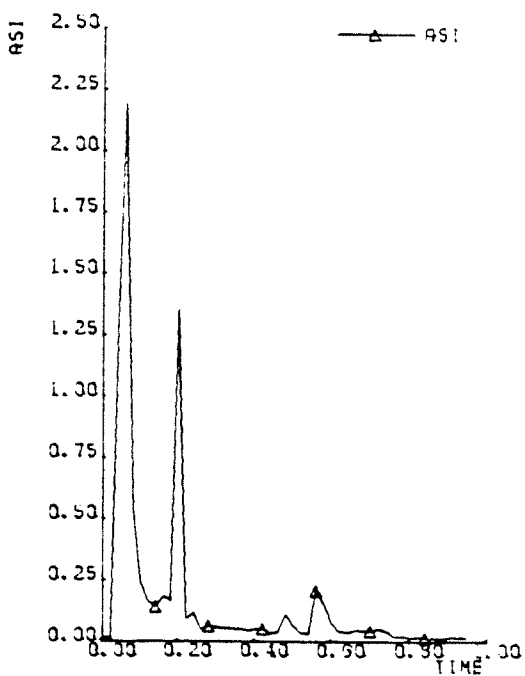


Afbeelding A5. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grad.



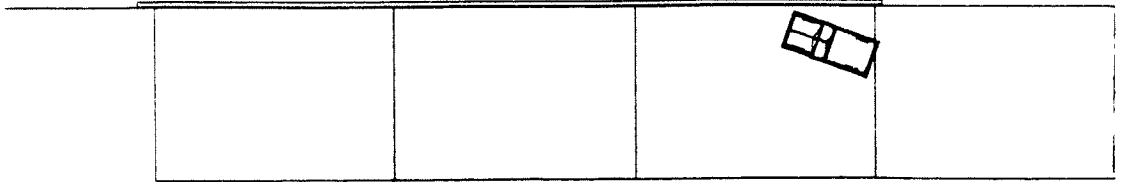
Afbeelding A6. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grd.

Afbeelding A7. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grd.

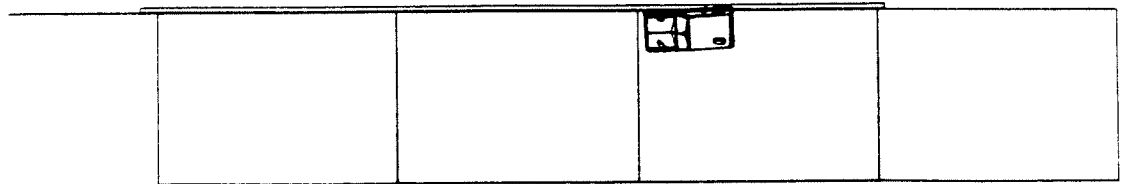


Afbeelding A8. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

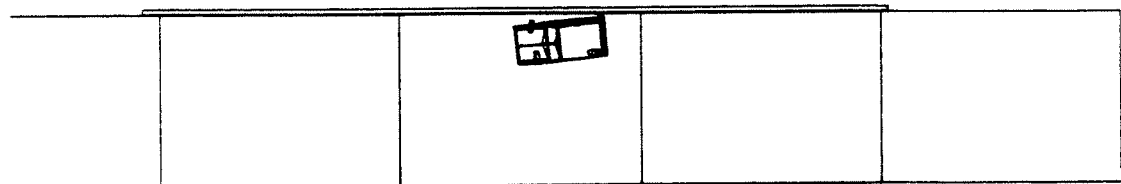
TB115511
TIME 0.0000



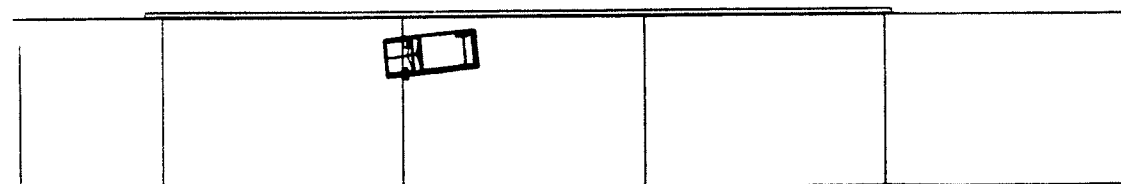
TB115511
TIME 0.2500



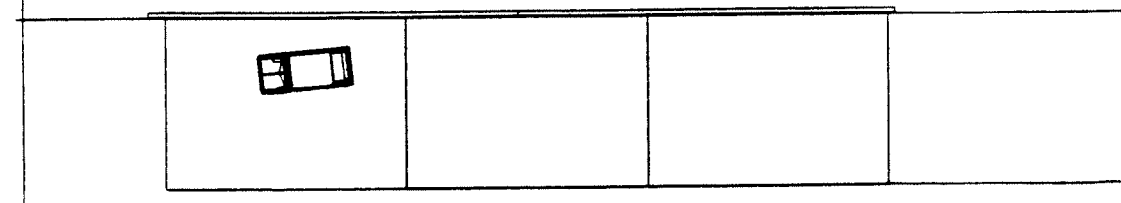
TB115511
TIME 0.5000



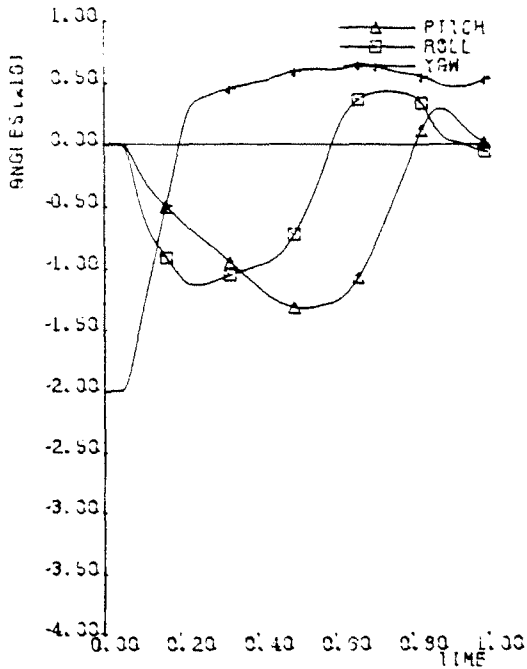
TB115511
TIME 0.7500



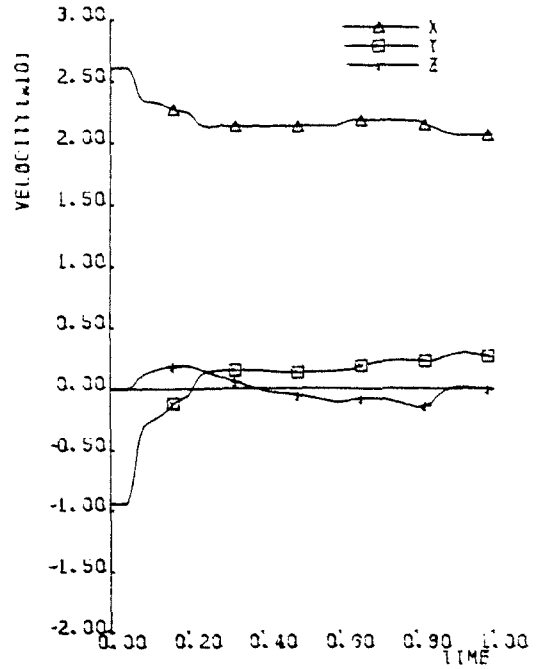
TB115511
TIME 1.0000



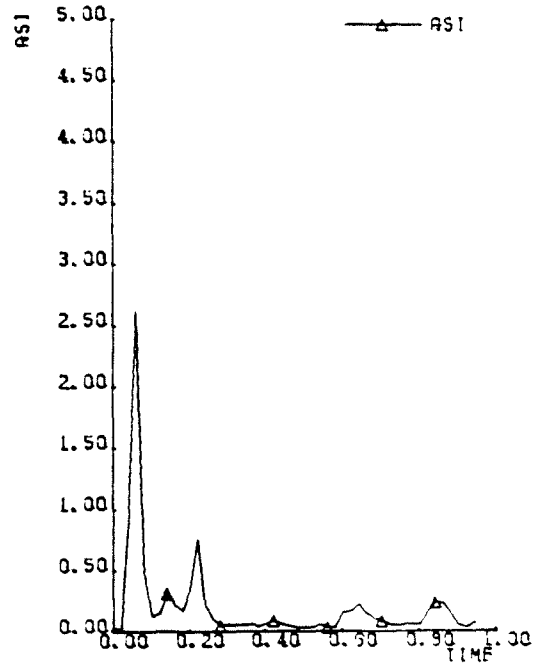
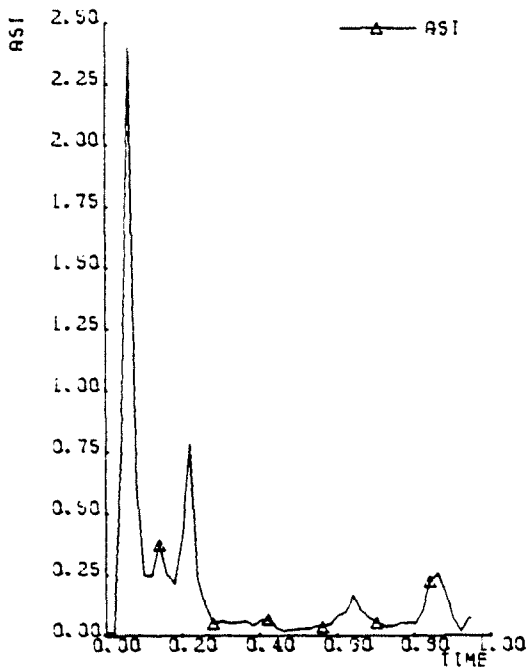
Afbeelding A9. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grad.



Afbeelding A10. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grad.

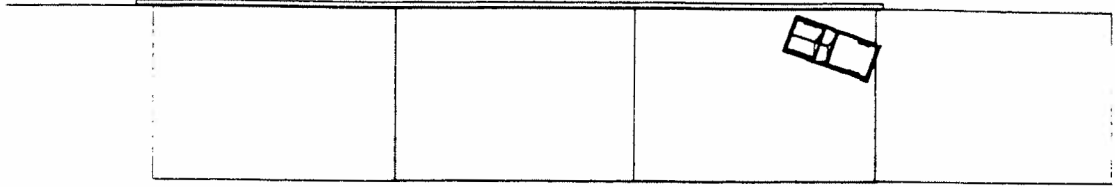


Afbeelding A11. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grad.

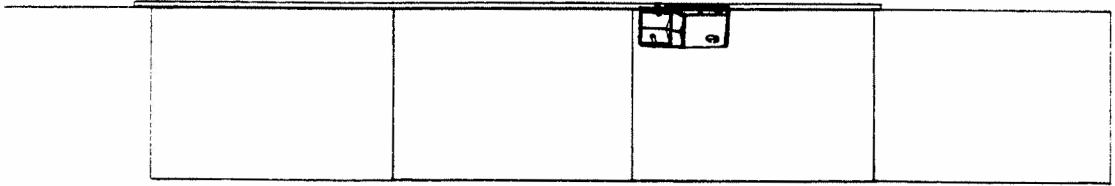


Afbeelding A12. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

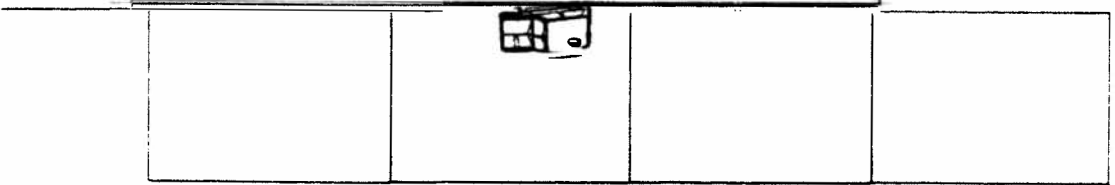
TB115517
TIME 0.0000



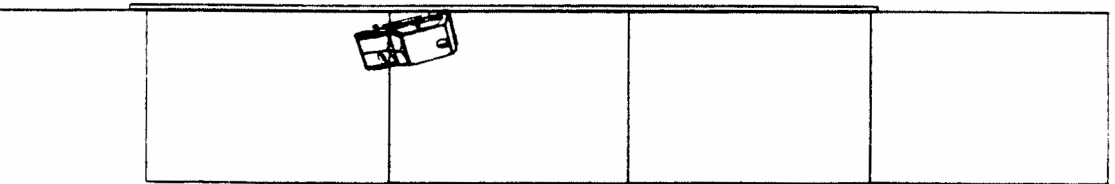
TB115517
TIME 0.2500



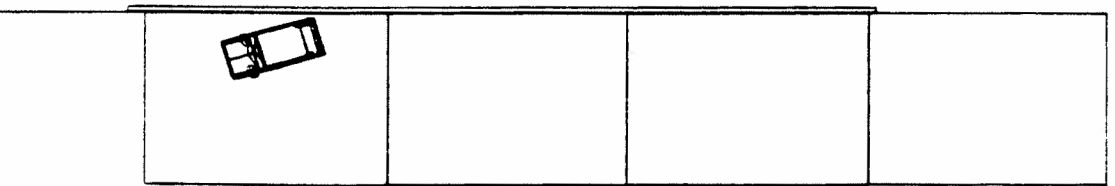
TB115517
TIME 0.5000



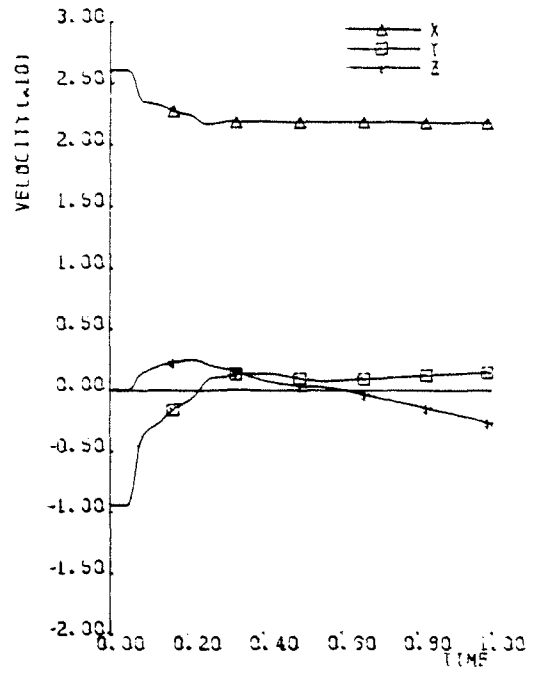
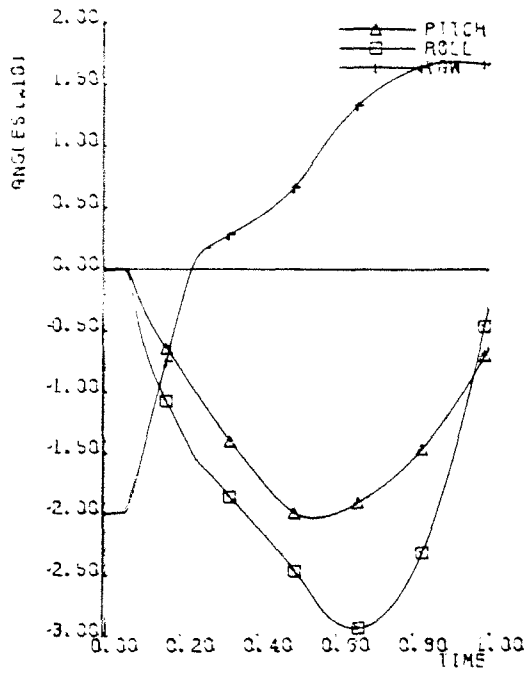
TB115517
TIME 0.7500



TB115517
TIME 1.0000

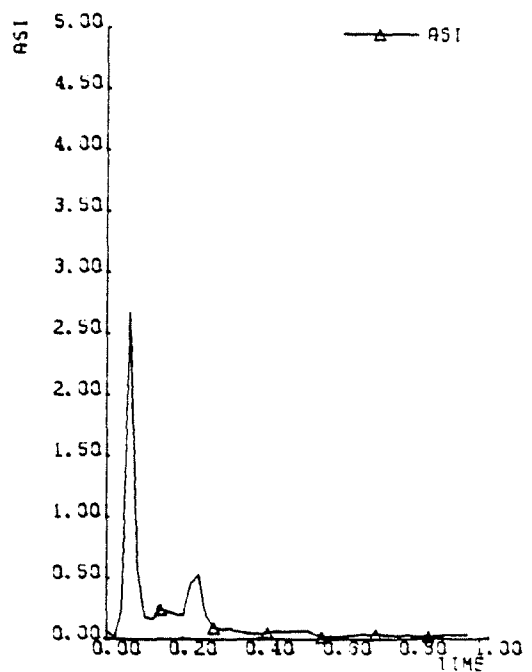
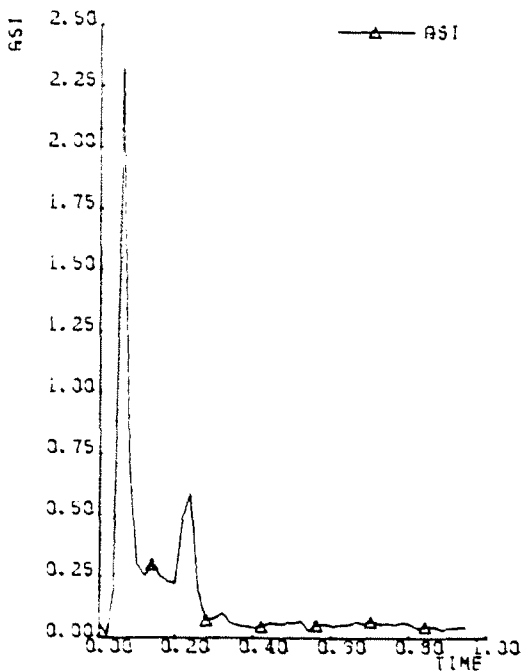


Afbeelding A13. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grad.



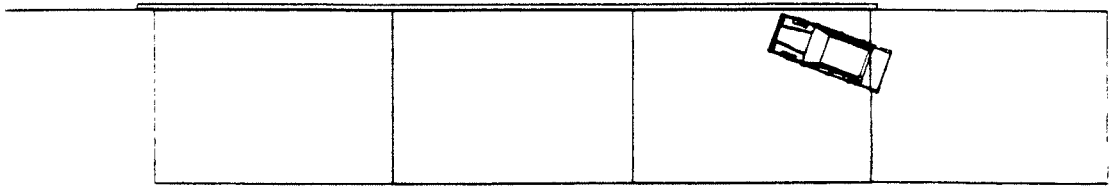
Afbeelding A14. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grad.

Afbeelding A15. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grad.

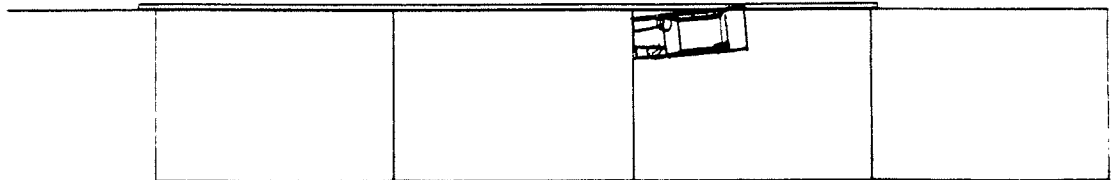


Afbeelding A16. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

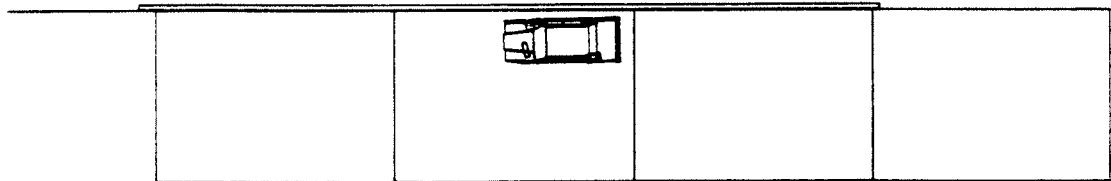
TB325502
TIME 0.0000



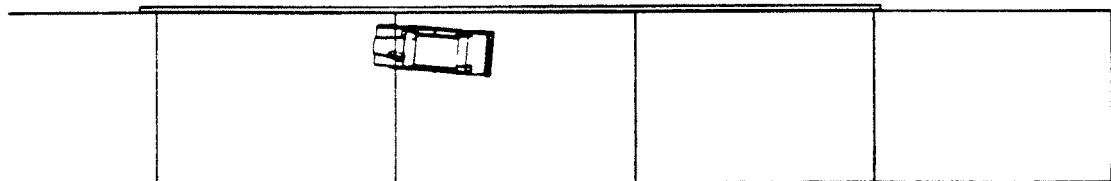
TB325502
TIME 0.2500



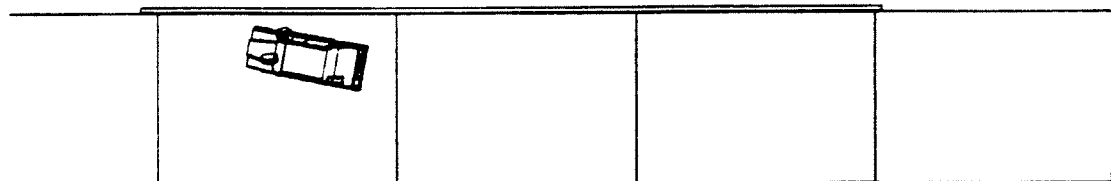
TB325502
TIME 0.5000



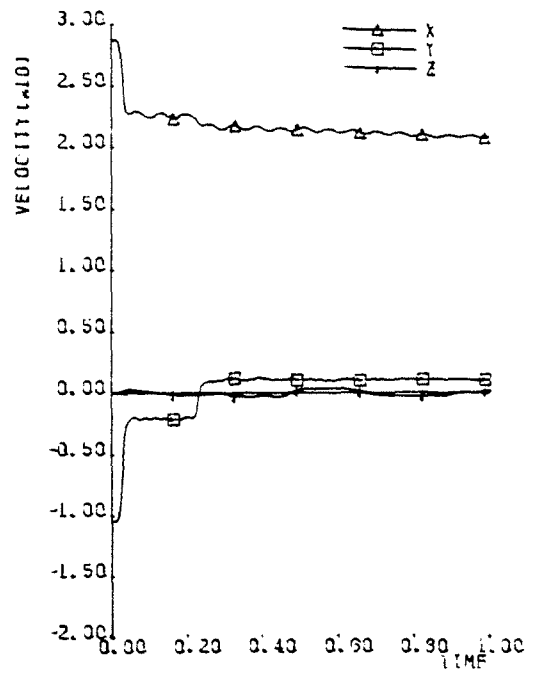
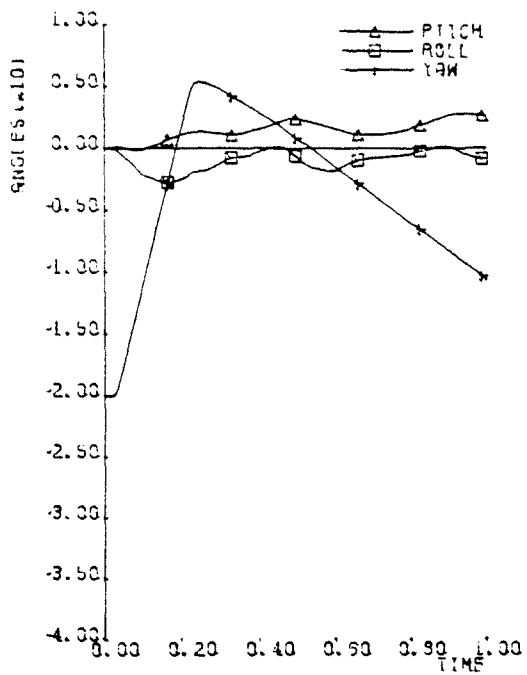
TB325502
TIME 0.7500



TB325502
TIME 1.0000

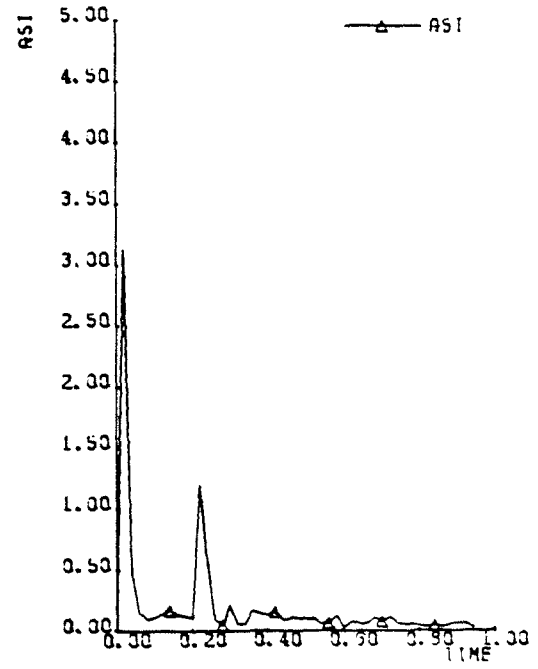
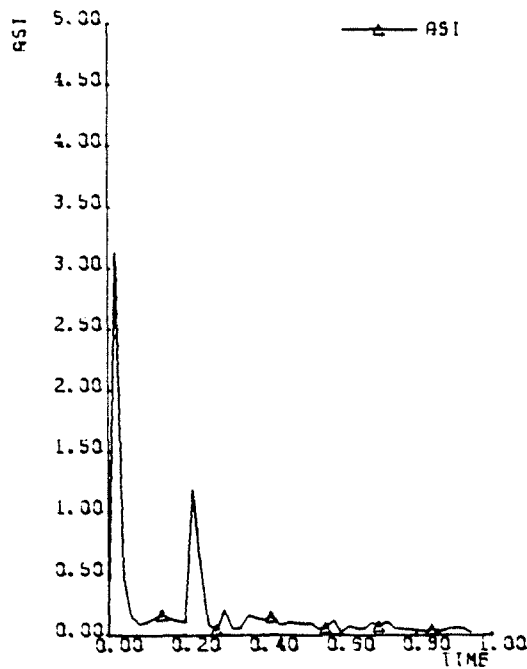


Afbeelding A17. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.



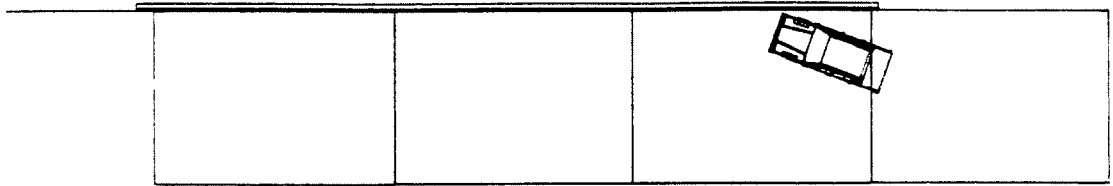
Afbeelding A18. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.

Afbeelding A19. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.

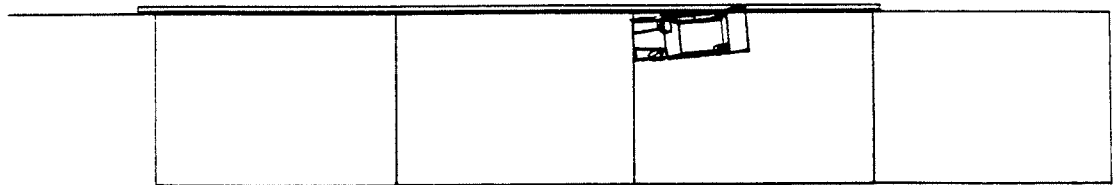


Afbeelding A20. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

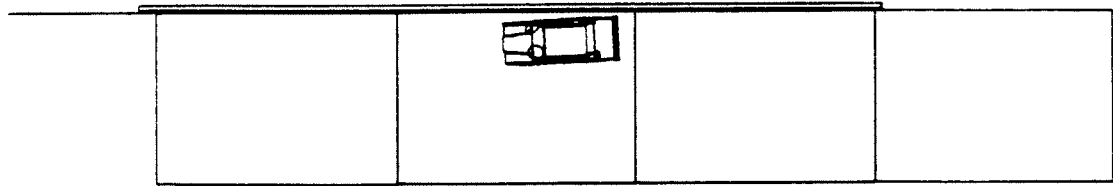
TB325505
TIME 0.0000



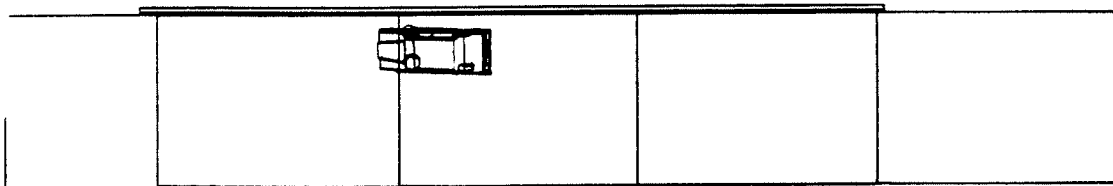
TB325506
TIME 0.2500



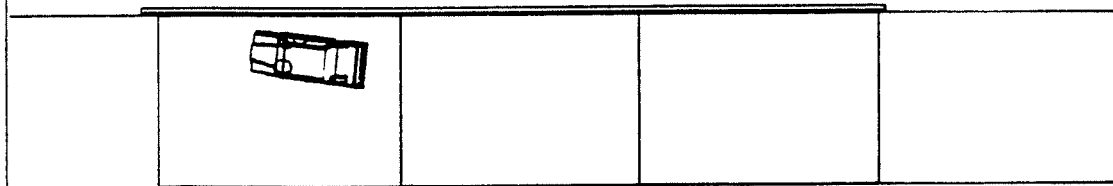
TB325506
TIME 0.5000



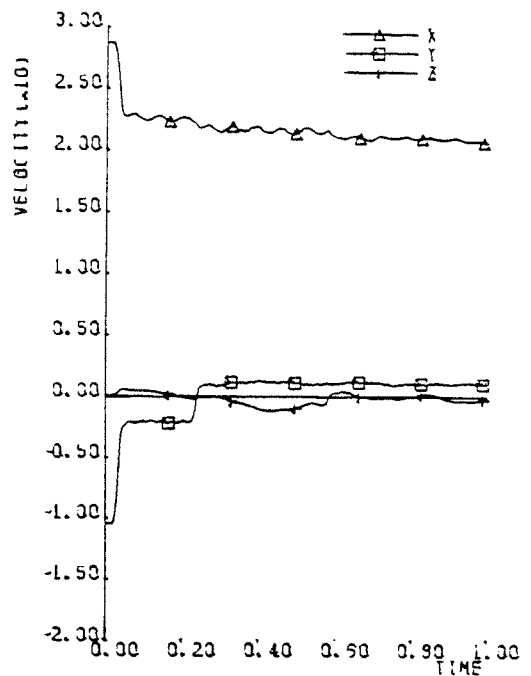
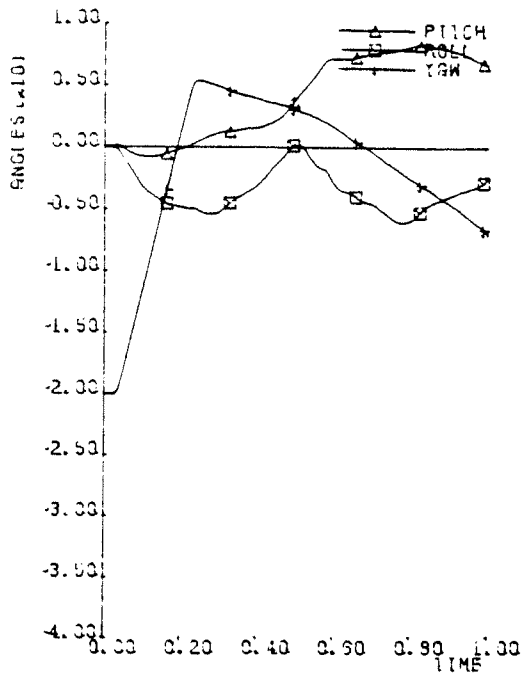
TB325506
TIME 0.7500



TB325506
TIME 1.0000

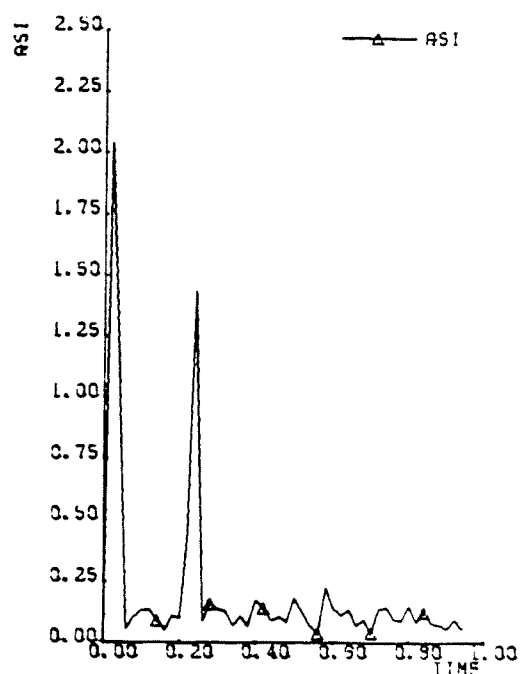
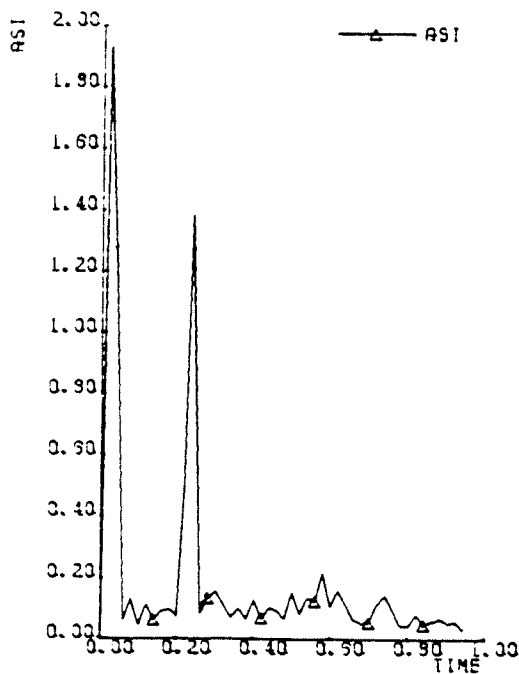


Afbeelding A21. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grd.



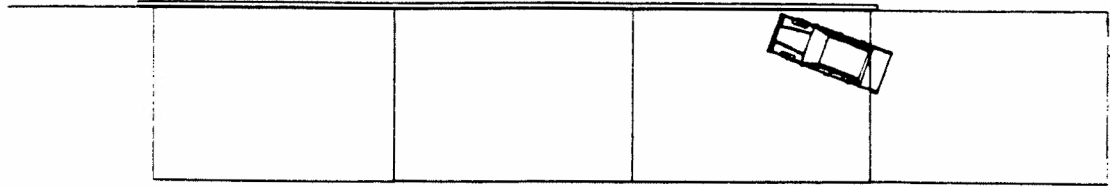
Afbeelding A22. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grad.

Afbeelding A23. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grad.

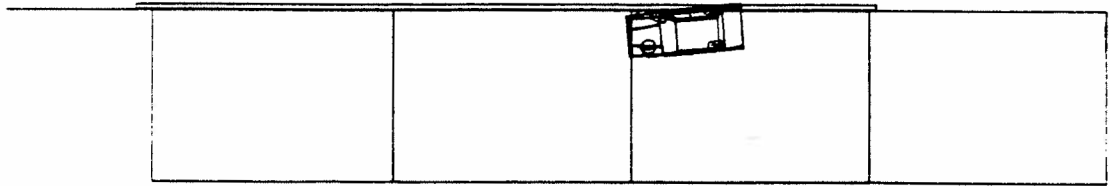


Afbeelding A24. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

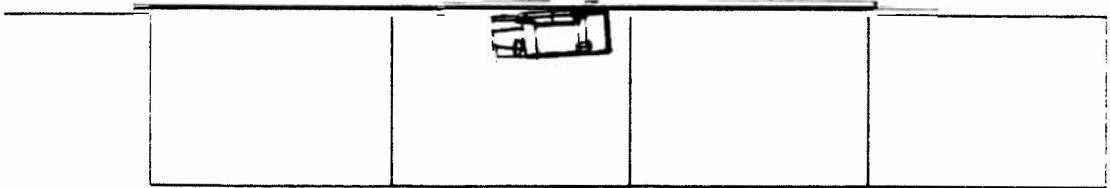
TB325511
TIME 0.0000



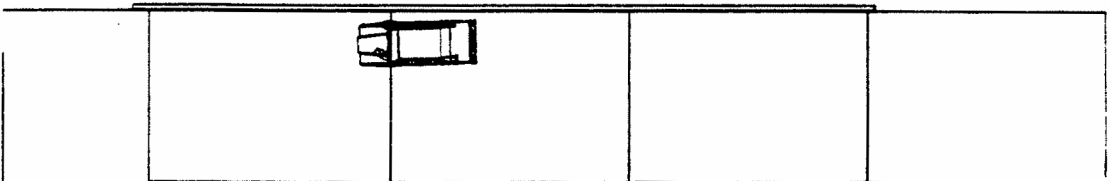
TB325511
TIME 0.2500



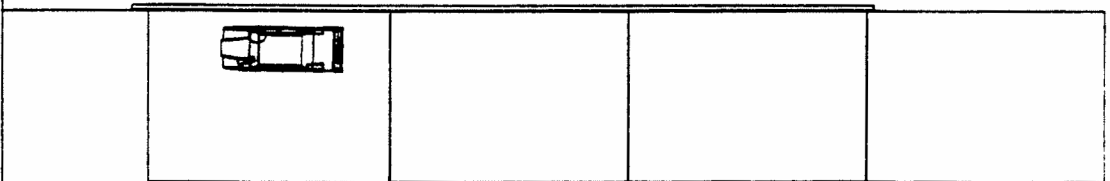
TB325511
TIME 0.5000



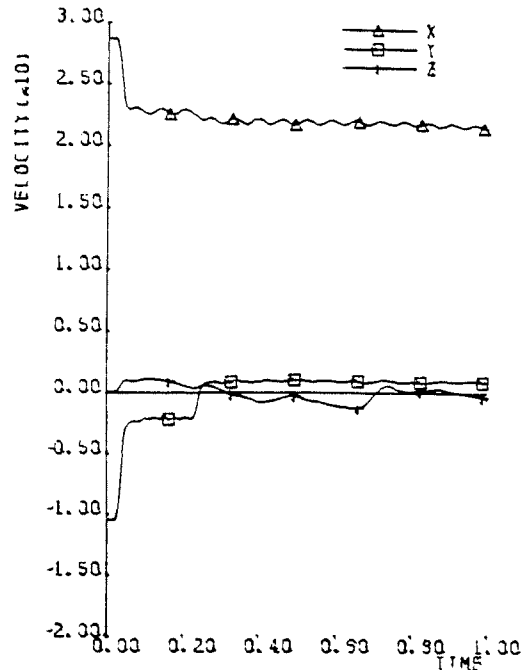
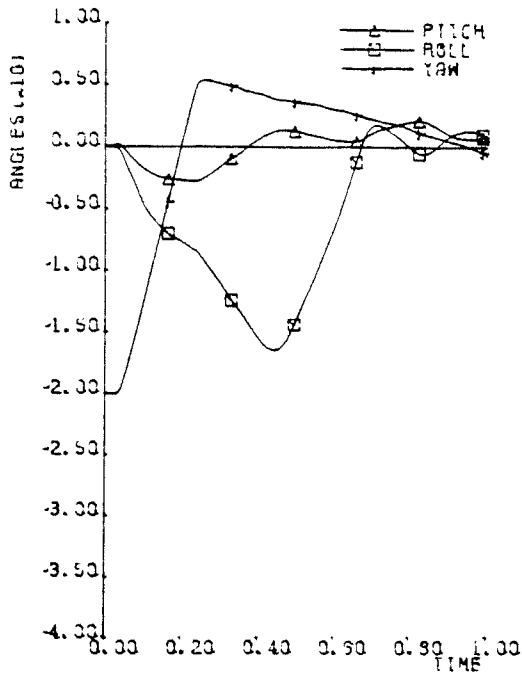
TB325511
TIME 0.7500



TB325511
TIME 1.0000

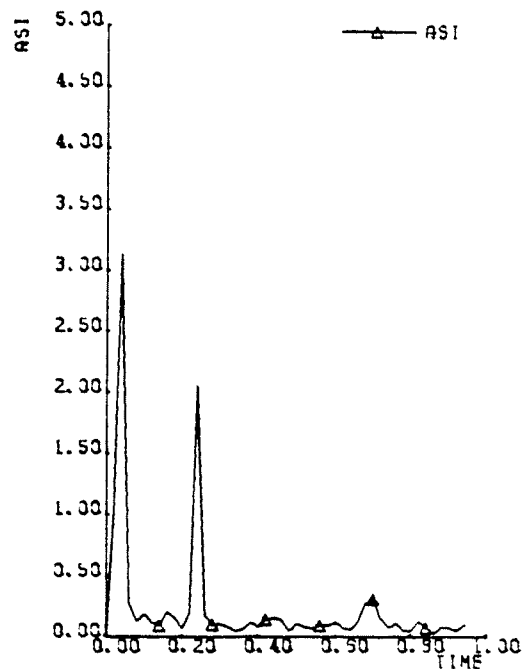
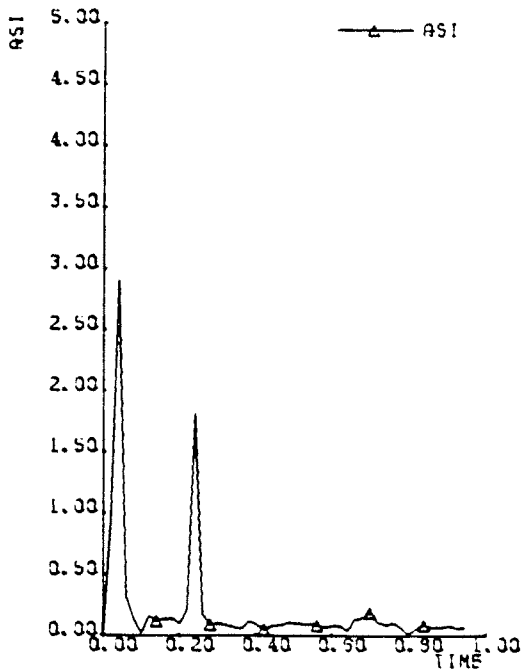


Afbeelding A25. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grad.



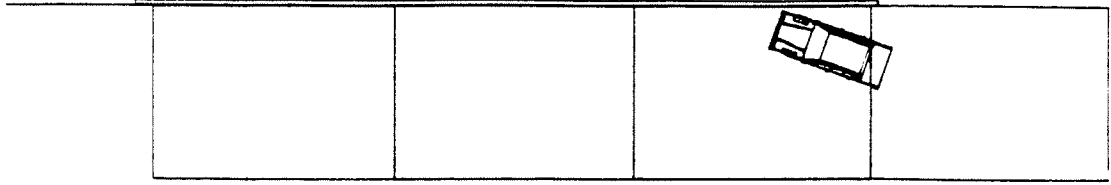
Afbeelding A26. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grad.

Afbeelding A27. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grad.

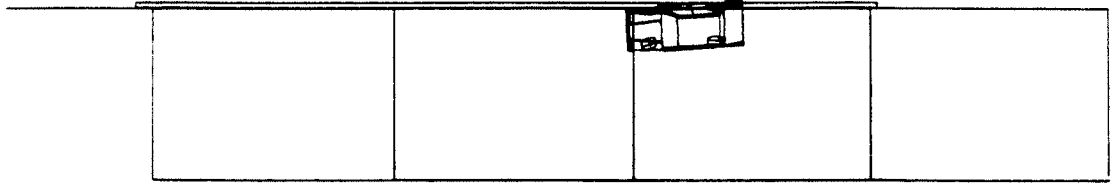


Afbeelding A28. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

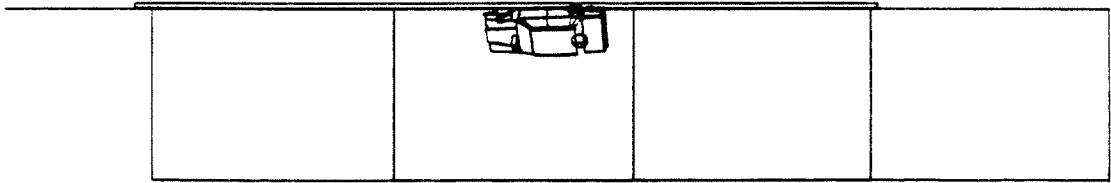
TB325517
TIME 0.0000



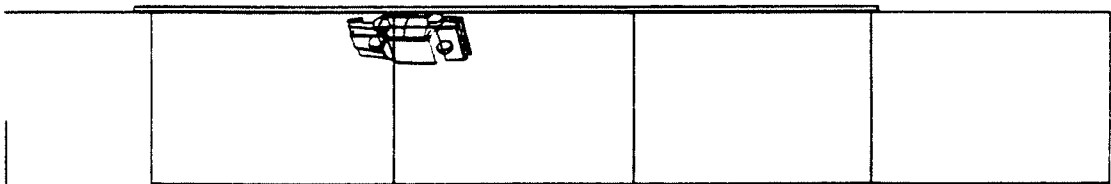
TB325517
TIME 0.2500



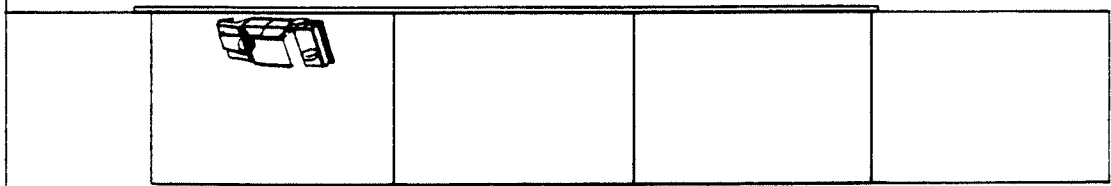
TB325517
TIME 0.5000



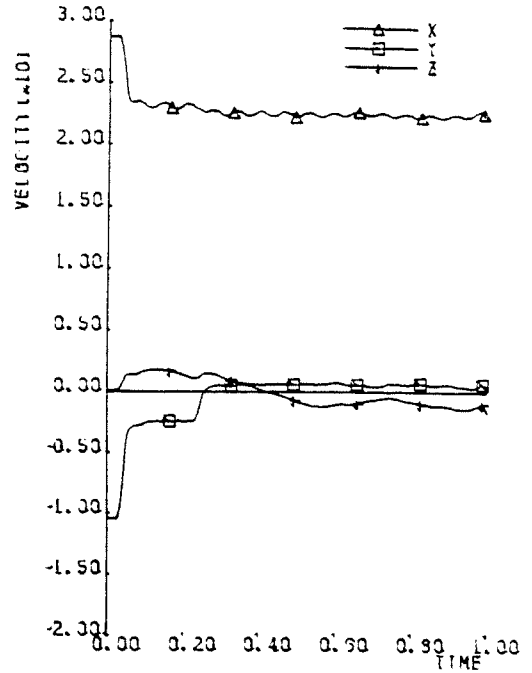
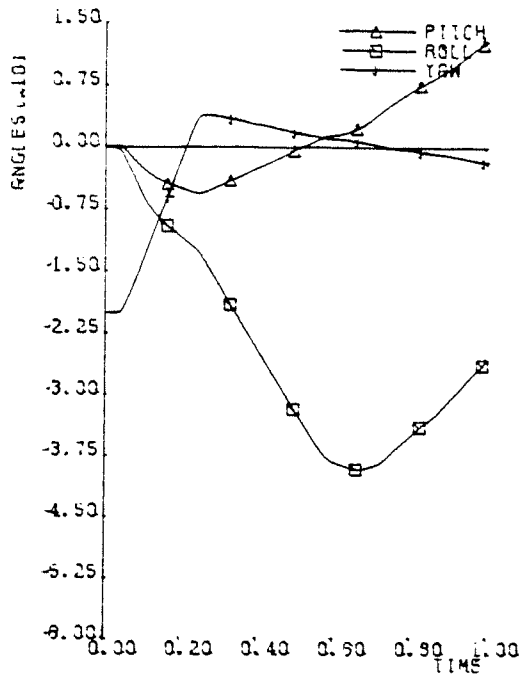
TB325517
TIME 0.7500



TB325517
TIME 1.0000

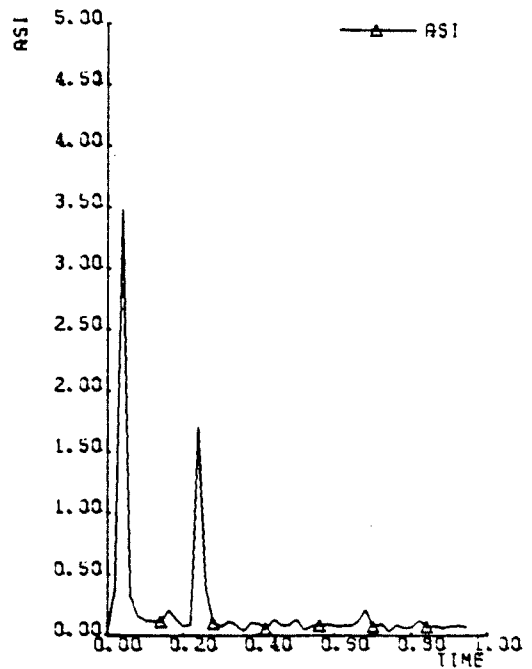
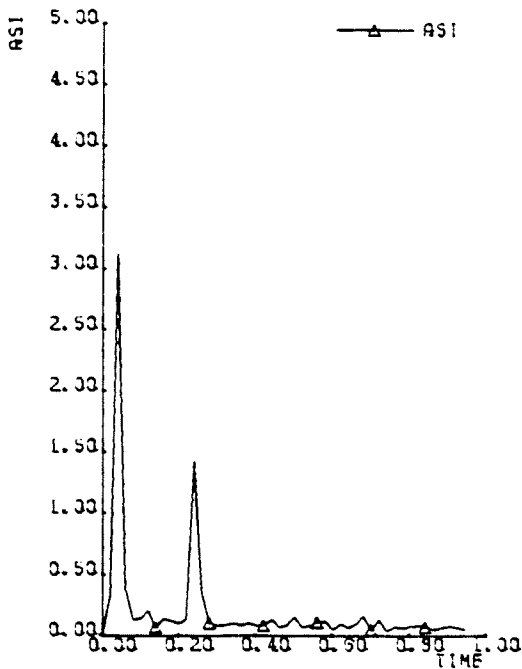


Afbeelding A29. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grad.



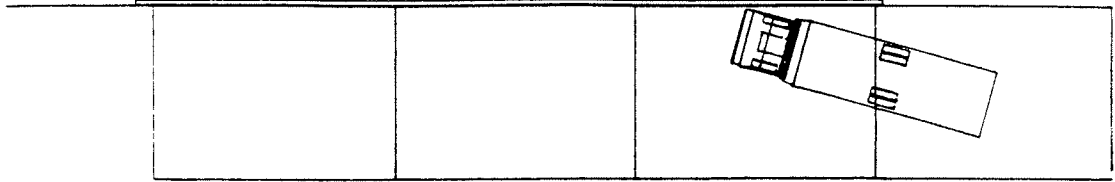
Afbeelding A30. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grad.

Afbeelding A31. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grad.

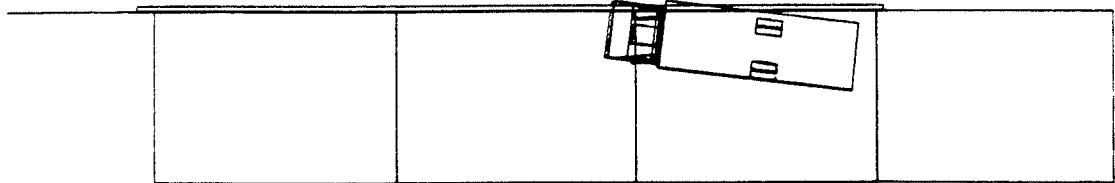


Afbeelding A32. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

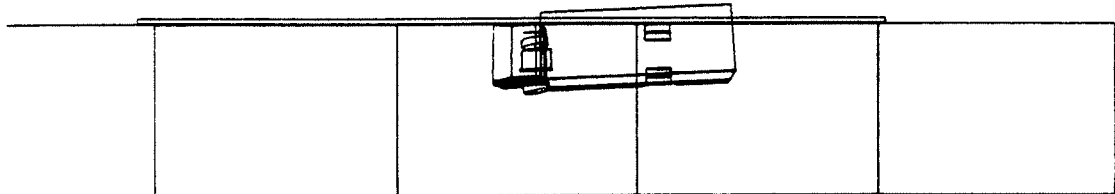
TBC15502
TIME 0.0000



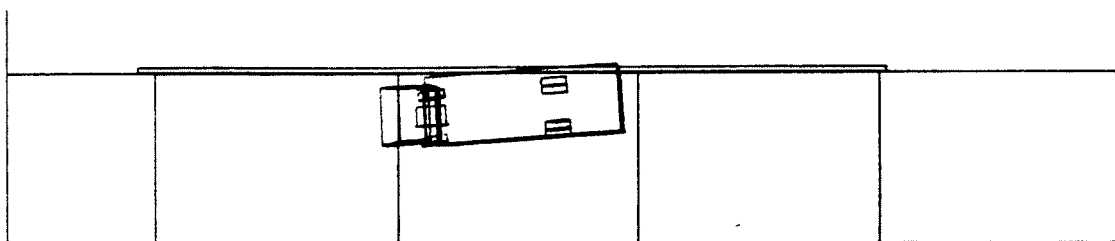
TBC15502
TIME 0.2500



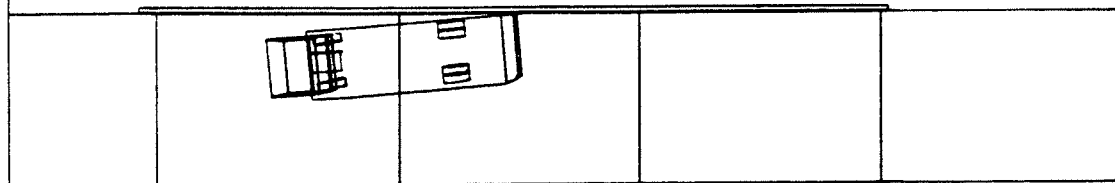
TBC15502
TIME 0.5000



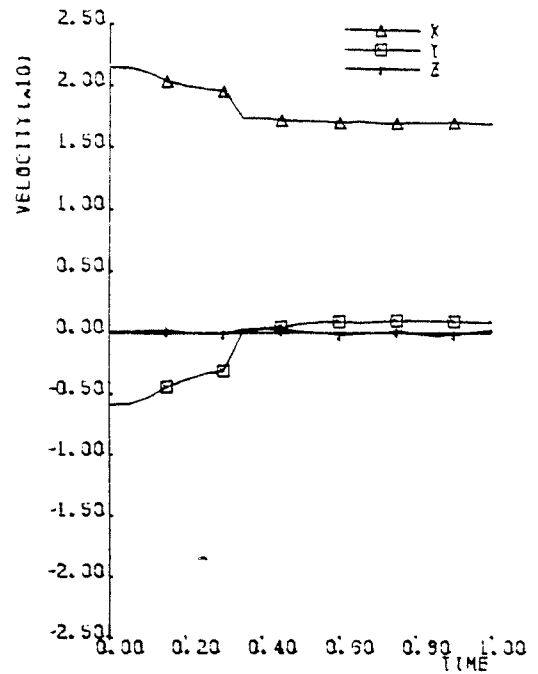
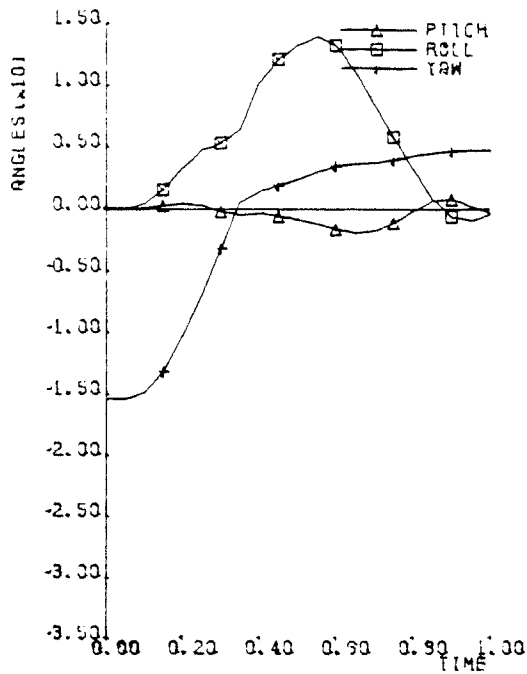
TBC15502
TIME 0.7500



TBC15502
TIME 1.0000

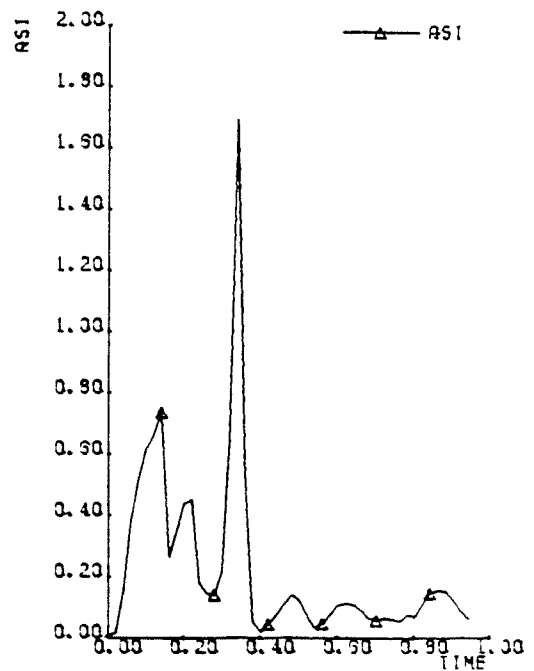
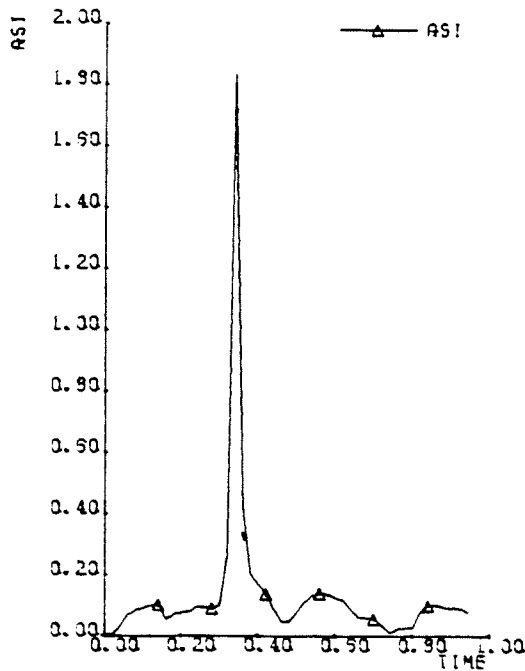


Afbeelding A33. *Overzicht aanrijding vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.*



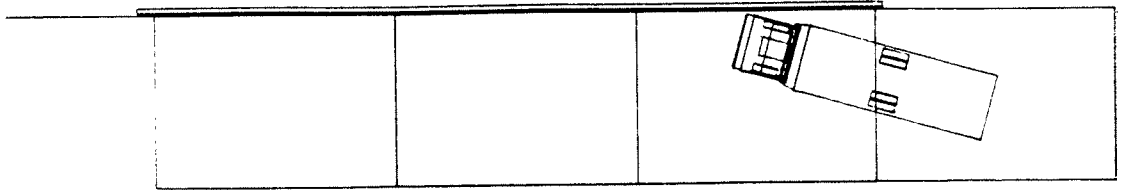
Afbeelding A34. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.

Afbeelding A35. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 2 grad.

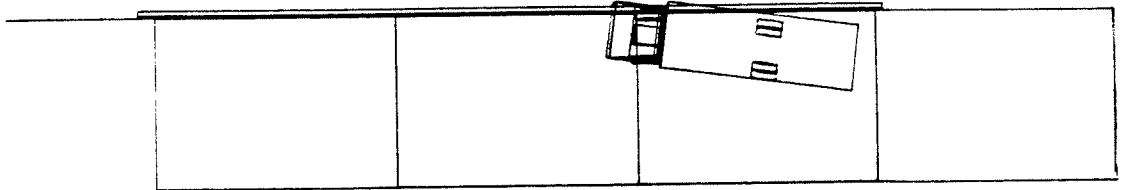


Afbeelding A36. ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.

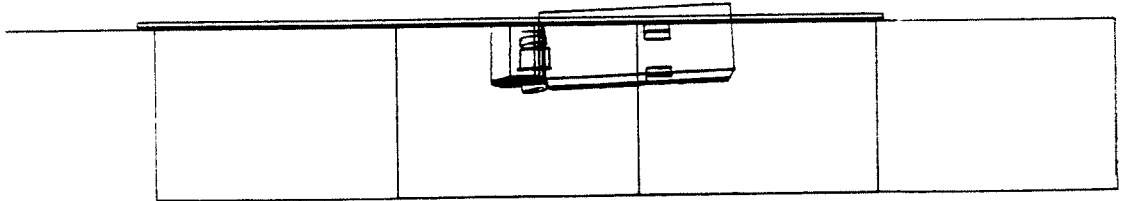
TBC15505
TIME 0.3000



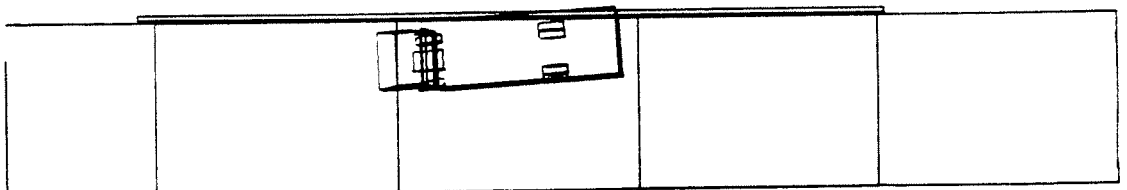
TBC15506
TIME 0.2500



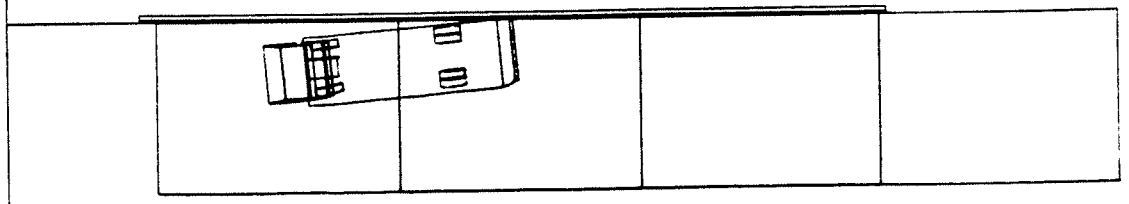
TBC15507
TIME 0.5000



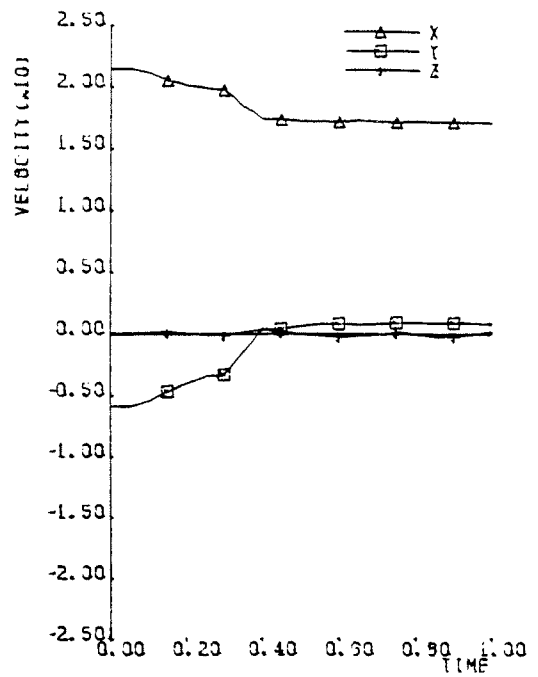
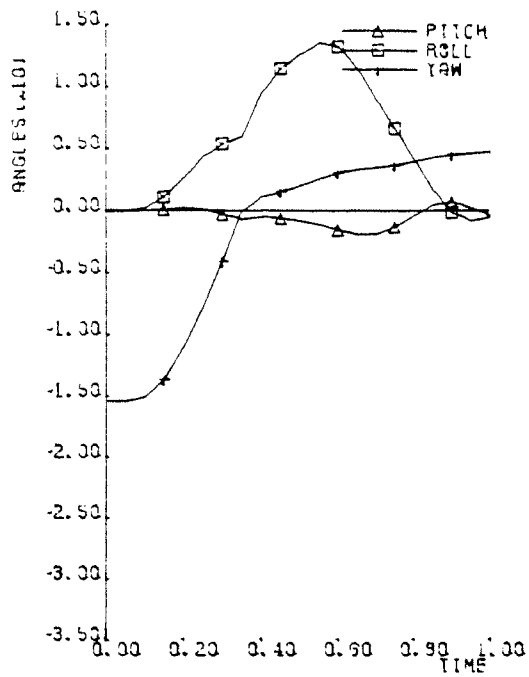
TBC15508
TIME 0.7500



TBC15509
TIME 1.0000

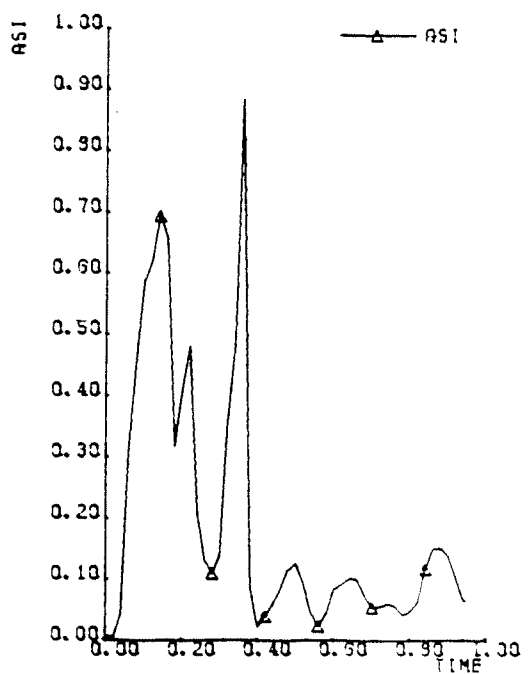
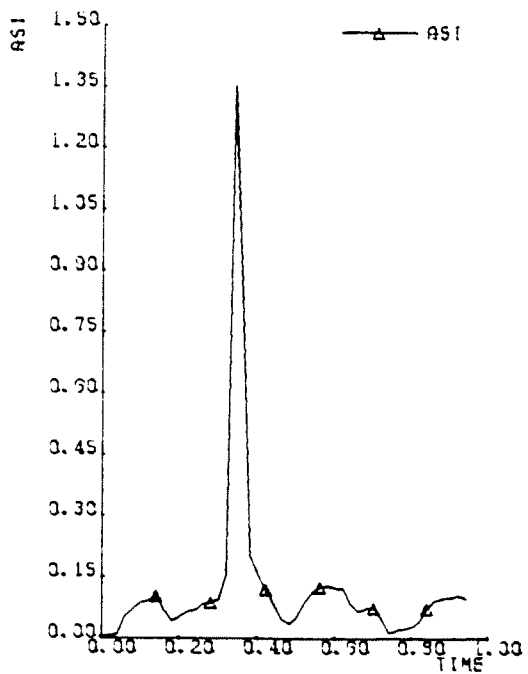


Afbeelding A37. Overzicht aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grad.



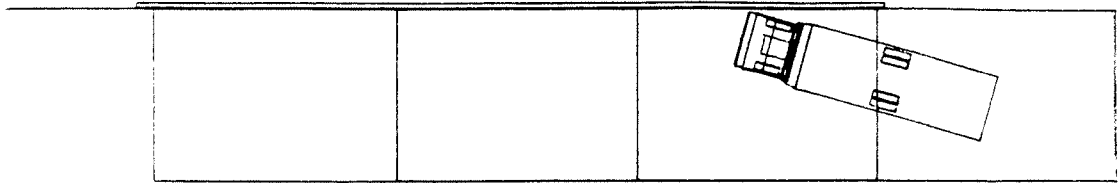
Afbeelding A38. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grad.

Afbeelding A39. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 6 grad.

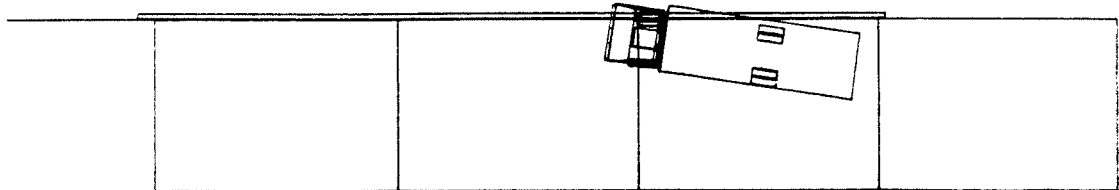


Afbeelding A40. ASI-waarden van zwaartepunten vrachtauto 16 ton en bestuurder.

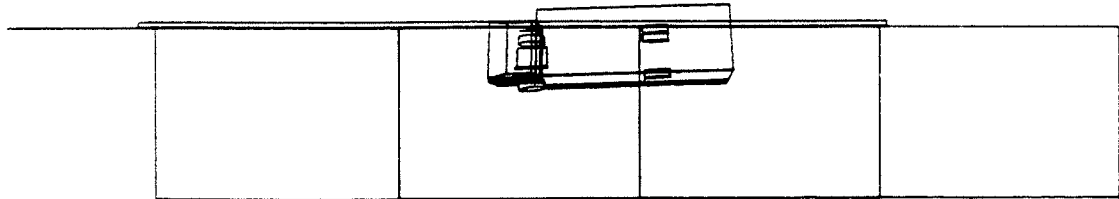
T8015511
TIME 0.0000



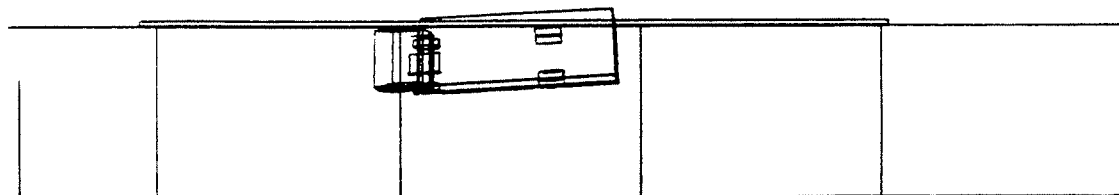
T8015511
TIME 0.2500



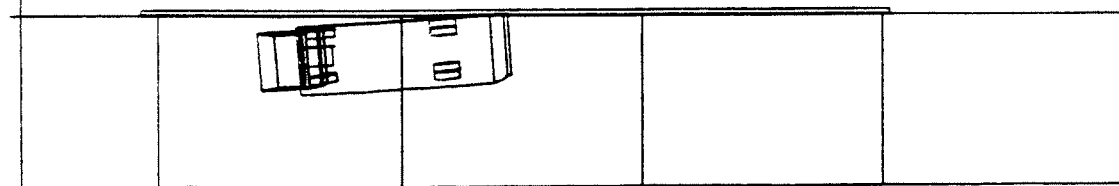
T8015511
TIME 0.5000



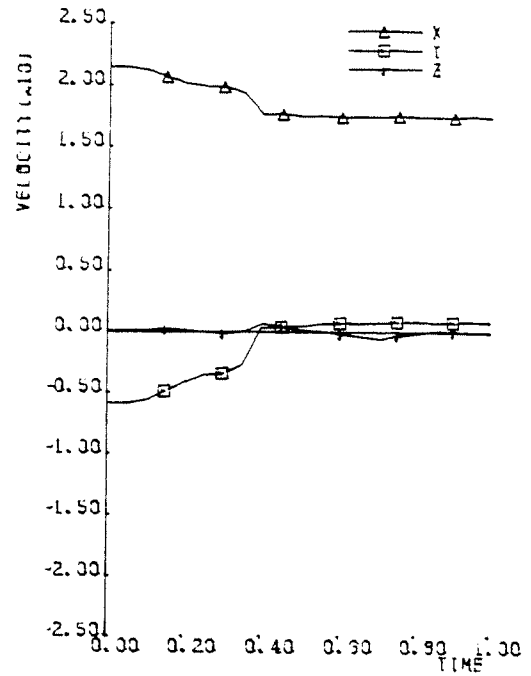
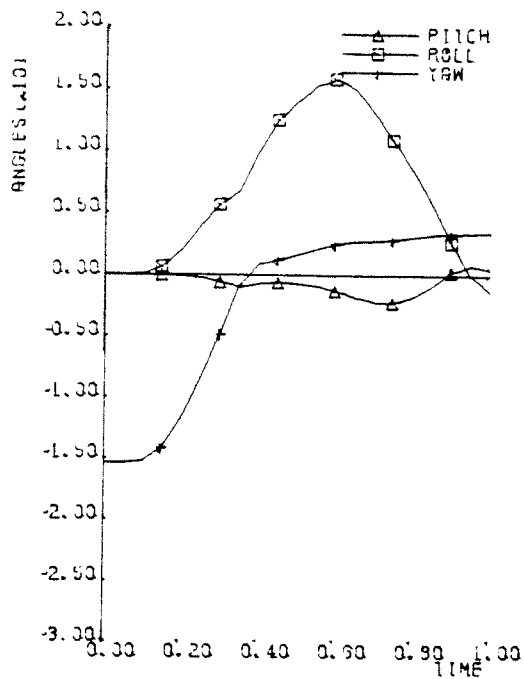
T8015511
TIME 0.7500



T8015511
TIME 1.0000

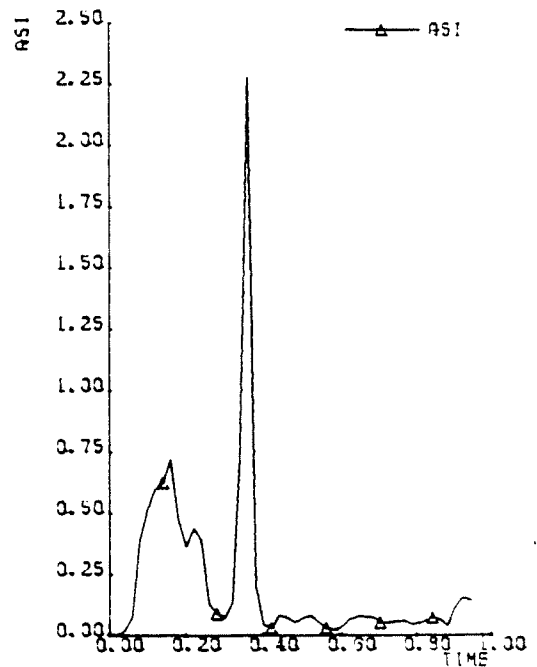
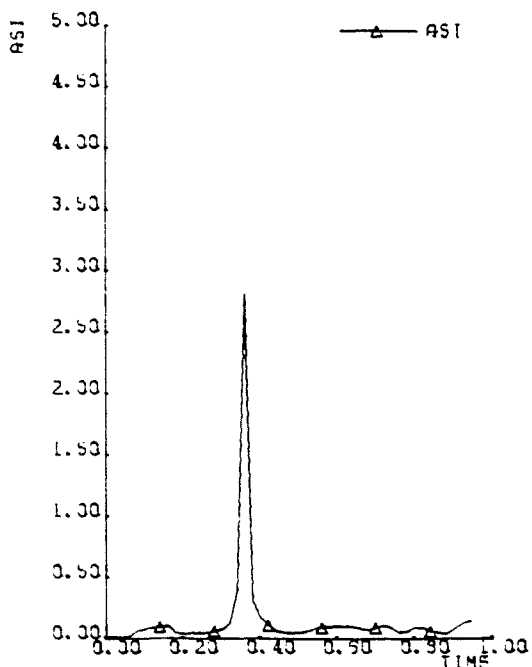


Afbeelding A41. Overzicht aanrijding vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grad.



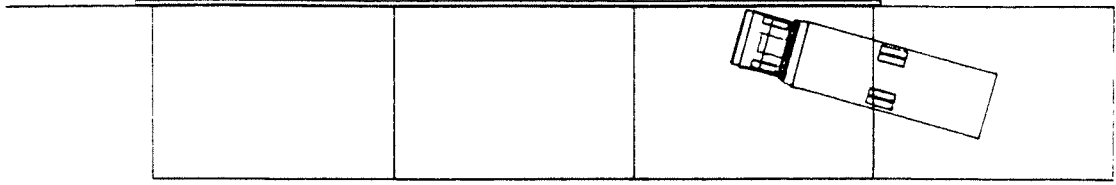
Afbeelding A42. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grad.

Afbeelding A43. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 11 grad.

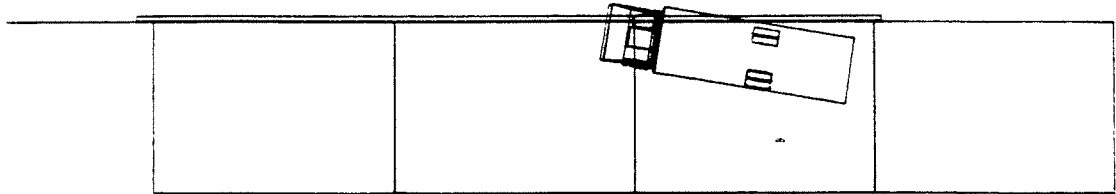


Afbeelding A44. ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.

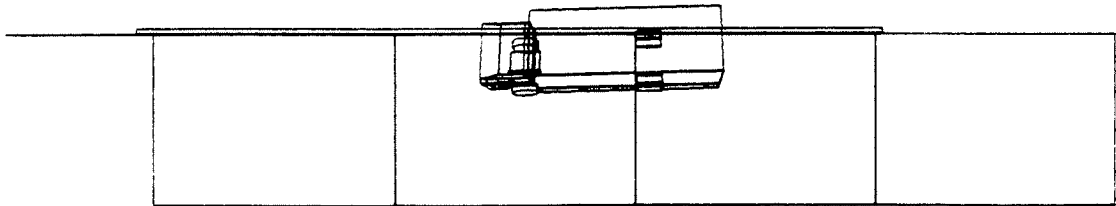
TBC15517
TIME 0.3000



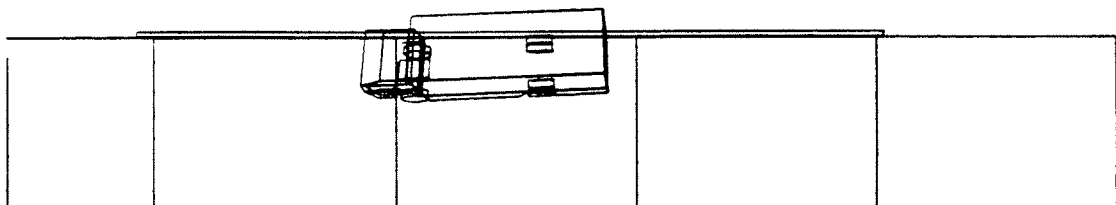
TBC15517
TIME 0.2500



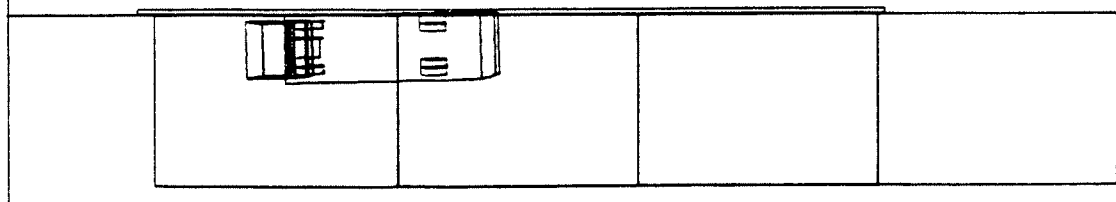
TBC15517
TIME 0.5000



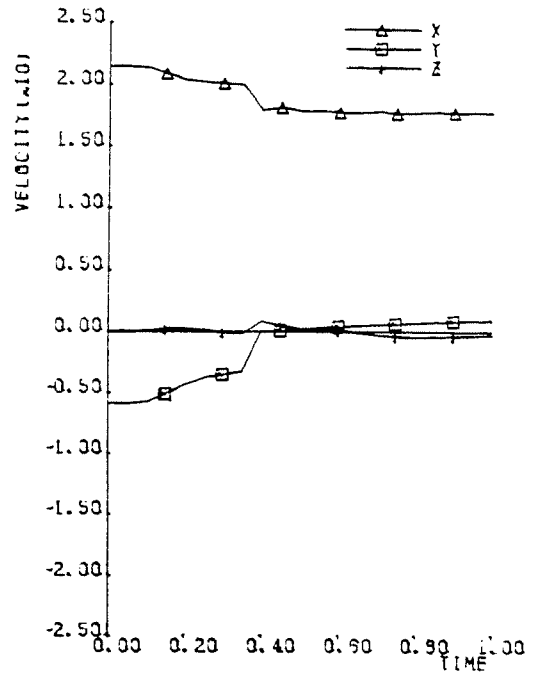
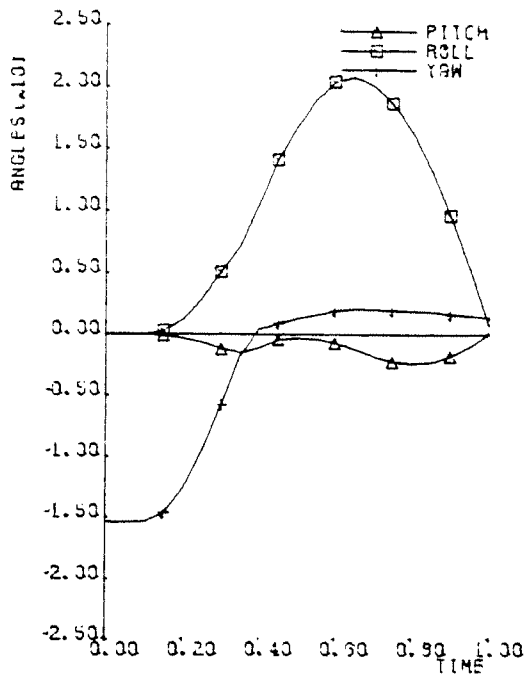
TBC15517
TIME 0.7500



TBC15517
TIME 1.0000

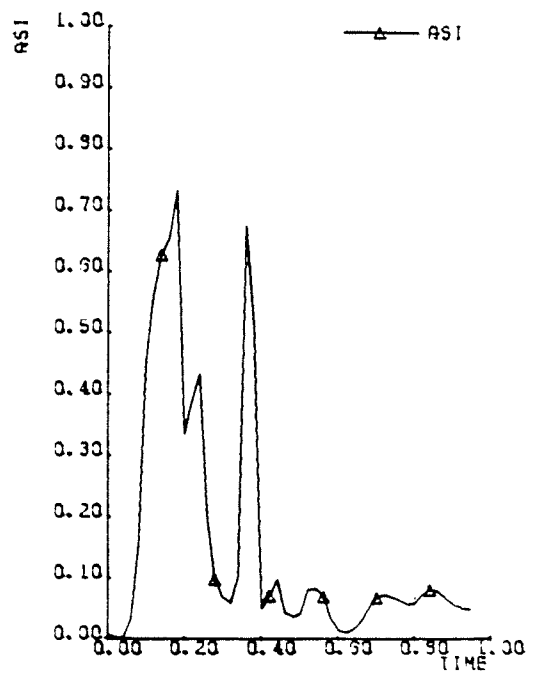
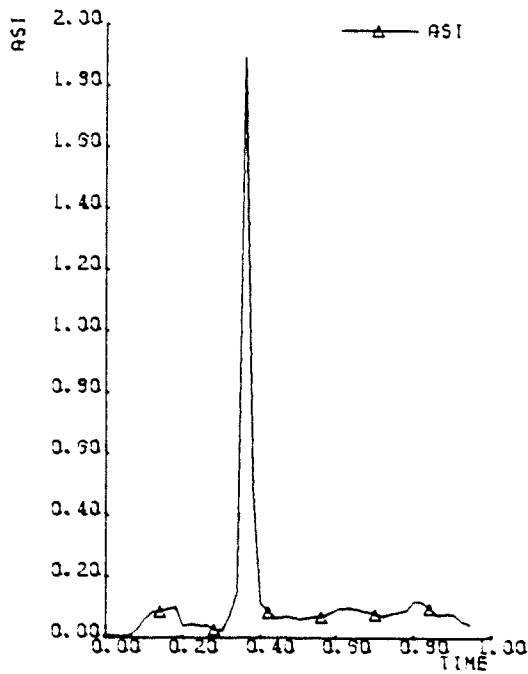


Afbeelding A45. Overzicht aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grad.



Afbeelding A46. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grad.

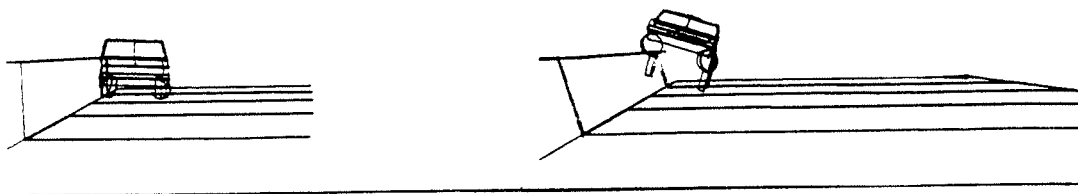
Afbeelding A47. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoek 17 grad.



Afbeelding A48. ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.

TB119902 49:54
TIME 0.30

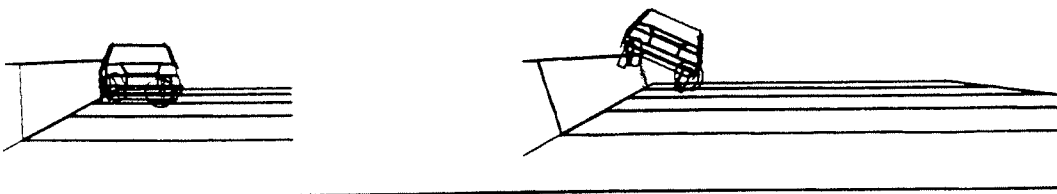
TB119917 7:35:20
TIME 0.30



Afbeelding A49. Aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoeken 2 en 17 grad.

TB329902 :22:15
TIME 0.40

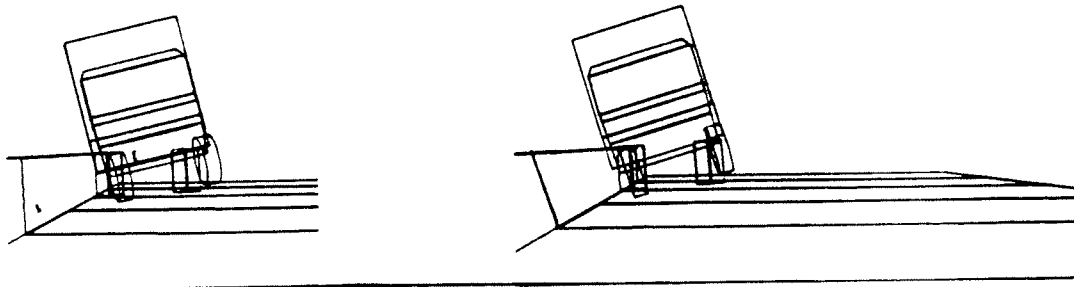
TB329917 1:40:50
TIME 0.40



Afbeelding A50. Aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier, hellingshoeken 2 en 17 grad.

TB019902 :03:29
TIME 0.50

TB019917 1:24:46
TIME 0.50



Afbeelding A51. Aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier, hellingshoeken 2 en 17 grad.

Foto's 1 t/m 4

Foto 1. *Schade aan constructie en zware personenauto.*

Foto 2. *Overzicht van de aanrijding van een zware personenauto tegen een wand met een hellingshoek van 10,8 graden.*

Foto 3. *Schade aan constructie en lichte personenauto.*

Foto 4. *Overzicht van de aanrijding van een lichte personenauto tegen een wand met een hellingshoek van 10,8 graden.*



Foto 1. *Schade aan constructie en zware personenauto.*

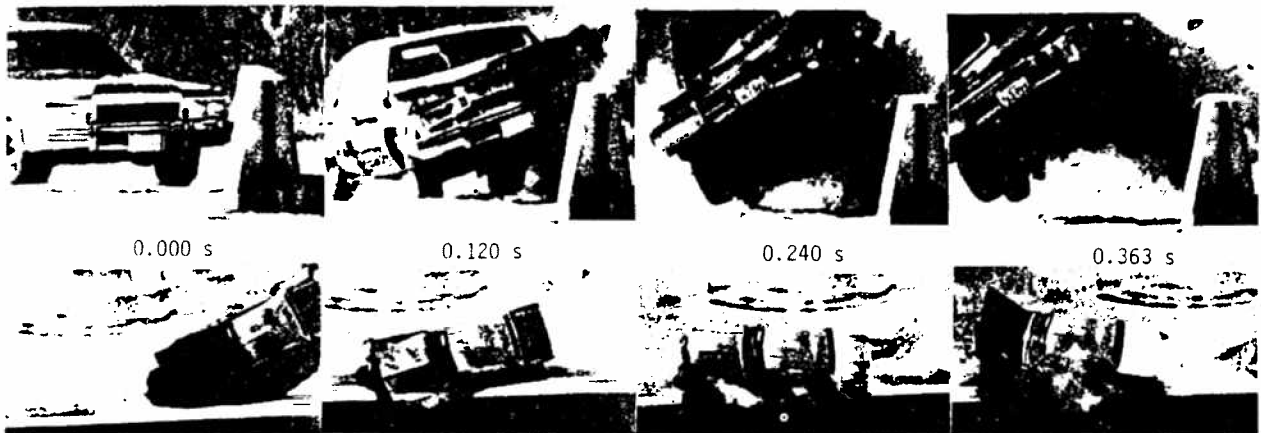


Foto 2. *Overzicht van de aanrijding van een zware personenauto tegen een wand met een hellingshoek van 10,8 graden.*

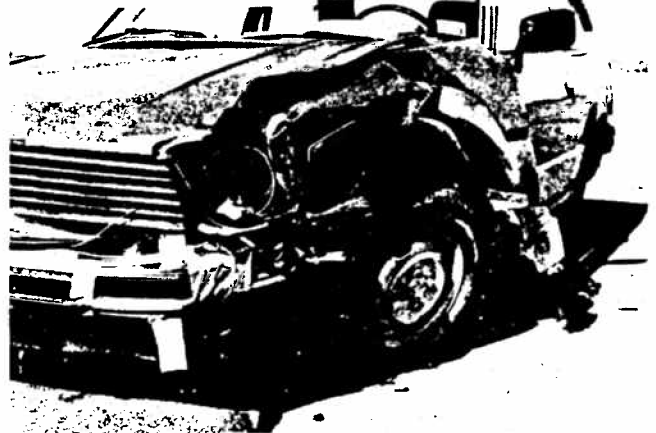
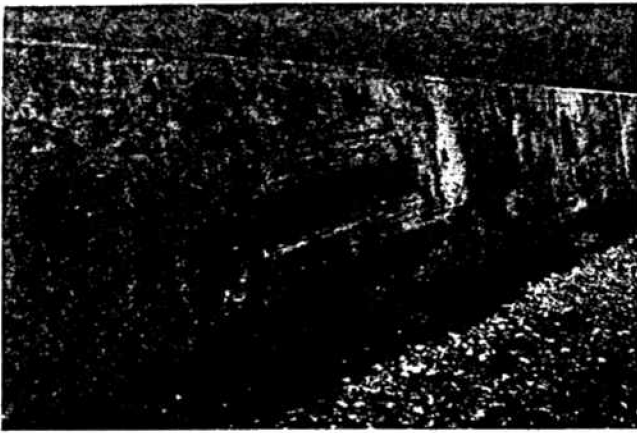


Foto 3. Schade aan constructie en lichte personenauto.

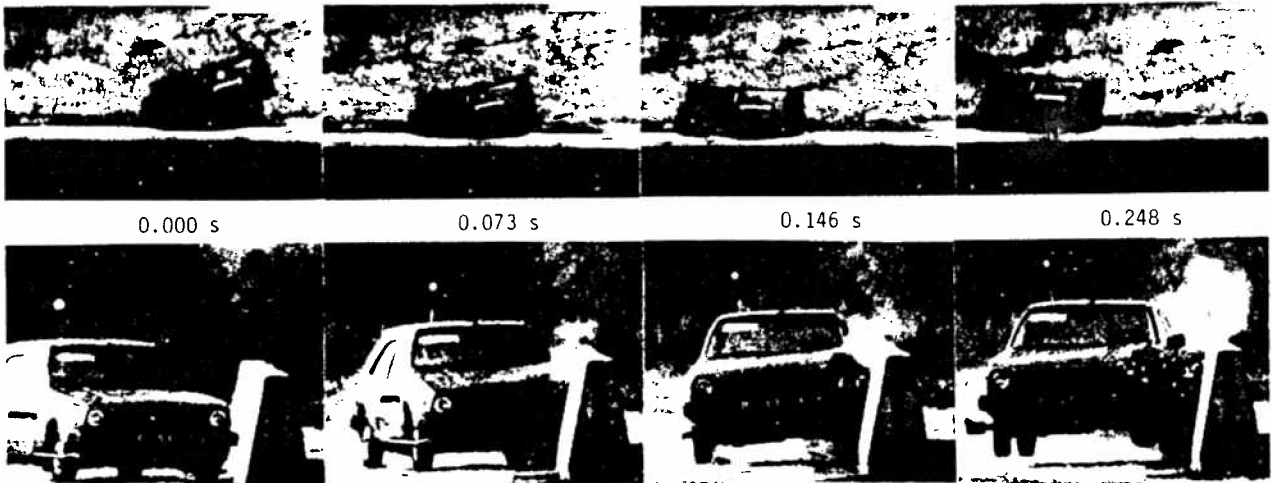


Foto 4. Overzicht van de aanrijding van een lichte personenauto tegen een wand met een hellingshoek van 10,8 graden.

BIJLAGE B

bij

W.H.M. van de Pol & T. Heijer

Optimalisatie van het profiel van een betonnen voertuigkering

Simulaties met de min of meer verticale wand met stap van 5 cm breed

Tabellen B1 t/m B3

Afbeeldingen B1 t/m B51

Tabellen B1 t/m B3

Tabel B1. *Resultaten van simulaties met een lichte personenauto tegen de single-slope barrier met een stapbreedte van 5 cm; inrijconditie 100 km/uur en 20 grd.*

Tabel B2. *Resultaten van simulaties met een zware personenauto tegen de single-slope barrier met een stapbreedte van 5 cm; inrijconditie 110 km/uur en 20 grd.*

Tabel B3. *Resultaten van simulaties van een 16 tons vrachtauto tegen de single-slope barrier met een stapbreedte van 5 cm; inrijconditie 80 km/uur en 20 grd.*

Simulaties	Hoeken		ASI		Uitrij-	
TB11	rol	pitch	zwpt	best	hoek	snelh
	grd	grd			grd	km/u
S = 5 cm, H = 25 cm						
single-slope 02	6	2	1,72	2,19	5	77
single-slope 06	8	4	2,13	2,31	7	77
single-slope 11	11	11	2,22	2,47	6	77
single-slope 17	17	18	2,22	2,56	3	79

Tabel B1. Resultaten van simulaties met een lichte personenauto tegen de single-slope barrier met een stapbreedte van 5 cm, inrijconditie 100 km/uur en 20 grad.

Simulaties	Hoeken		ASI		Uitrij-	
TB32	rol	pitch	zwpt	best	hoek	snelh
	grd	grd			grd	km/u
S = 5 cm, H = 25 cm						
single-slope 02	7	8	1,79	1,78	5	81
single-slope 06	8	8	2,31	2,41	5	82
single-slope 11	13	8	3,26	3,56	5	82
single-slope 17	37	7	3,01	3,38	4	82

Tabel B2. Resultaten van simulaties met een zware personenauto tegen de single-slope barrier met een stapbreedte van 5 cm, inrijconditie 110 km/uur en 20 grad.

Simulaties	Hoeken		ASI		Uitrij-	
TB61	rol	pitch	zwpt	best	hoek	snelh
	grd	grd		grd	km/u	
S = 5 cm, H = 25 cm						
single-slope 02	14	2	1,95	1,65	5	62
single-slope 06	15	3	2,75	2,34	5	63
single-slope 11	21	3	1,22	0,83	3	65
single-slope 17	23	3	2,81	1,65	2	65

Tabel B3. Resultaten van simulaties met een 16 tons vrachtauto tegen de single-slope barrier met een stapbreedte van 5 cm, inrijconditie 80 km/uur en 20 grad.

Afbeeldingen B1 t/m B51

Afbeelding B1. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.*

Afbeelding B2. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.*

Afbeelding B3. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.*

Afbeelding B4. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding B5. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.*

Afbeelding B6. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.*

Afbeelding B7. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.*

Afbeelding B8. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding B9. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*

Afbeelding B10. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*

Afbeelding B11. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*

Afbeelding B12. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding B13. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.*

Afbeelding B14. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.*

Afbeelding B15. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.*

Afbeelding B16. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding B17. *Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.*

Afbeelding B18. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.*

Afbeelding B19. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding B20. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

Afbeelding B21. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding B22. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding B23. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding B24. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

Afbeelding B25. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

Afbeelding B26. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

Afbeelding B27. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

Afbeelding B28. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

Afbeelding B29. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

Afbeelding B30. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

Afbeelding B31. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

Afbeelding B32. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

Afbeelding B33. Overzicht aanrijding vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding B34. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding B35. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding B36. ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.

Afbeelding B37. Overzicht aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding B38. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.*

Afbeelding B39. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.*

Afbeelding B40. *ASI-waarden van zwaartepunten vrachtauto 16 ton en bestuurder.*

Afbeelding B41. *Overzicht aanrijding vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*

Afbeelding B42. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*

Afbeelding B43. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*

Afbeelding B44. *ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.*

Afbeelding B45. *Overzicht aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.*

Afbeelding B46. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.*

Afbeelding B47. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.*

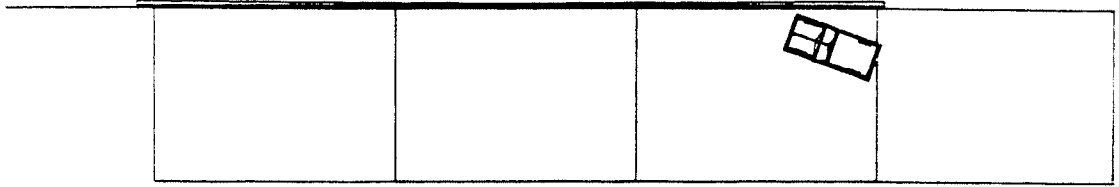
Afbeelding B48. *ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.*

Afbeelding B49. *Aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoeken 2 en 17 grad.*

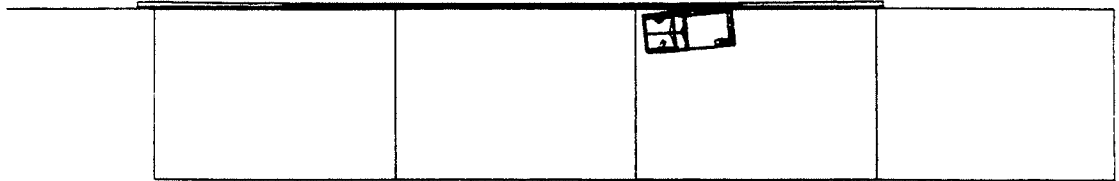
Afbeelding B50. *Aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoeken 2 en 17 grad.*

Afbeelding B51. *Aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoeken 2 en 17 grad.*

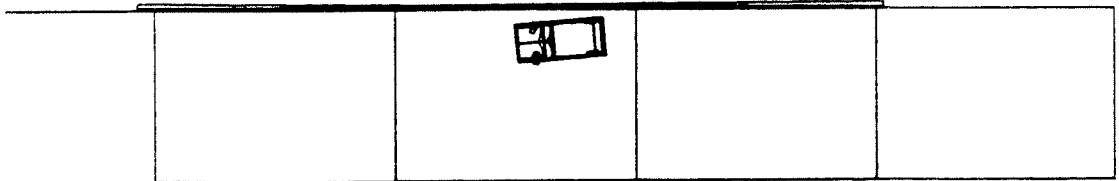
TB11KS02
TIME 0.0000



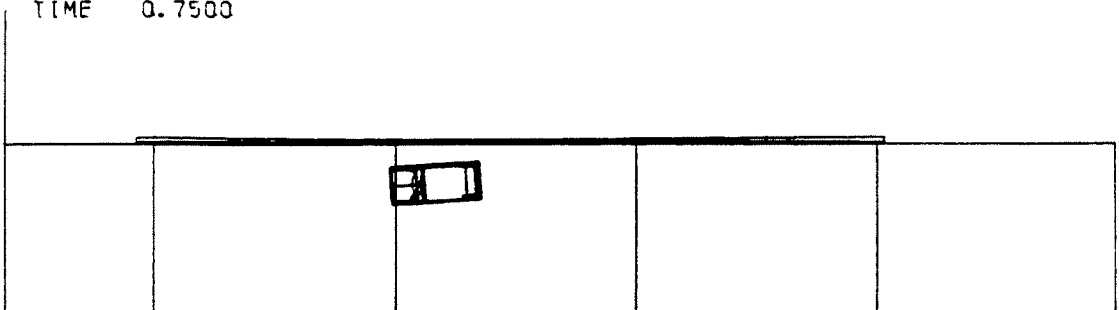
TB11KS02
TIME 0.2500



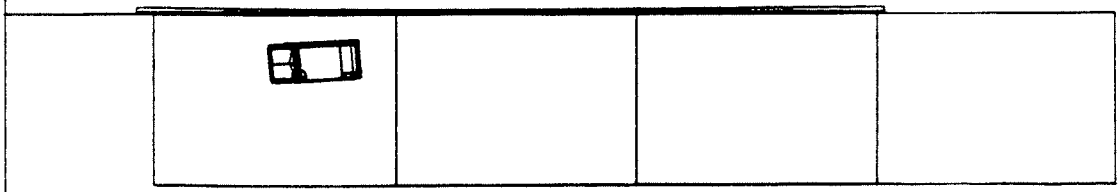
TB11KS02
TIME 0.5000



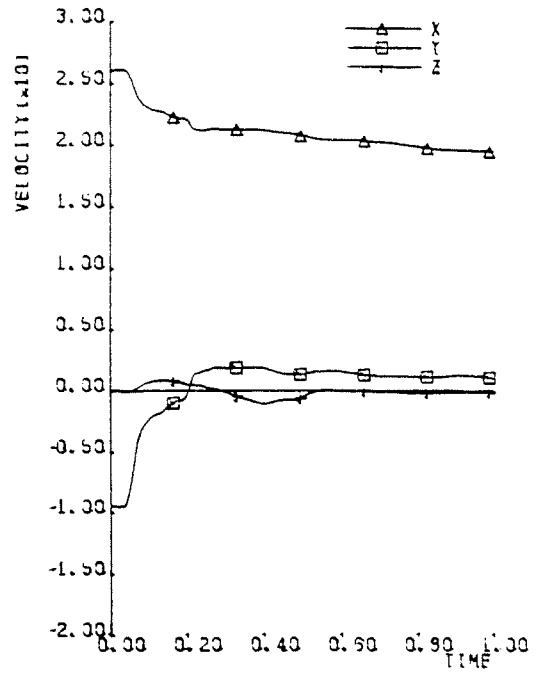
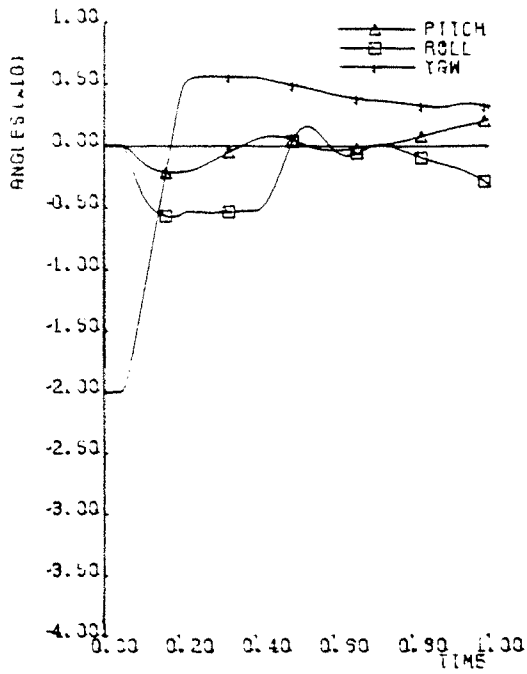
TB11KS02
TIME 0.7500



TB11KS02
TIME 1.0000

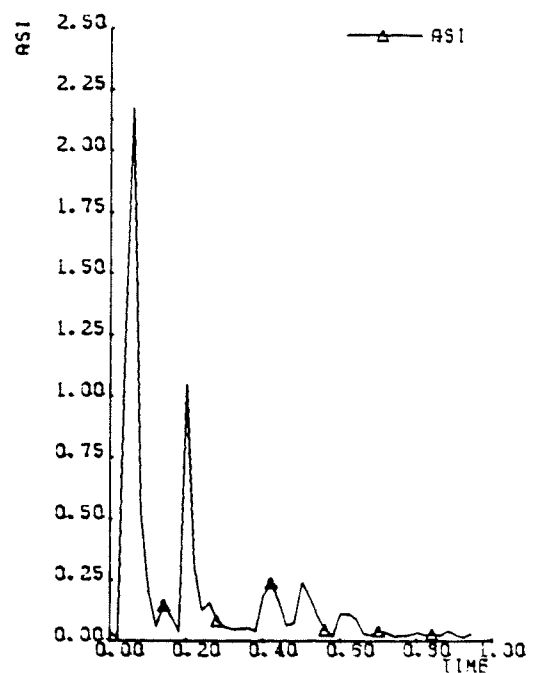
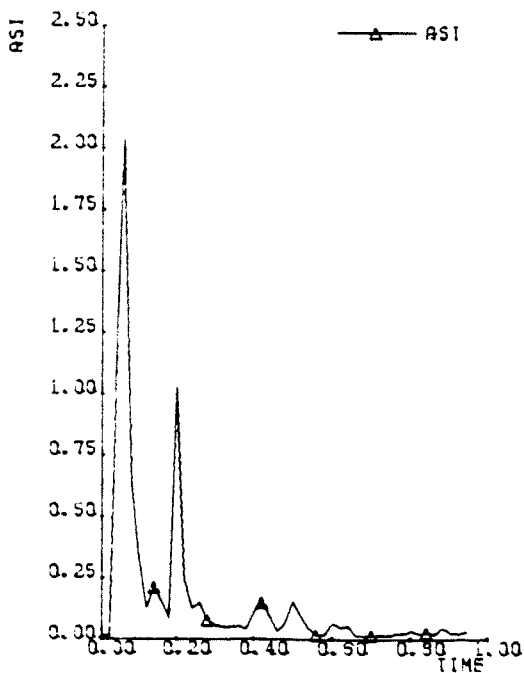


Afbeelding B1. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.



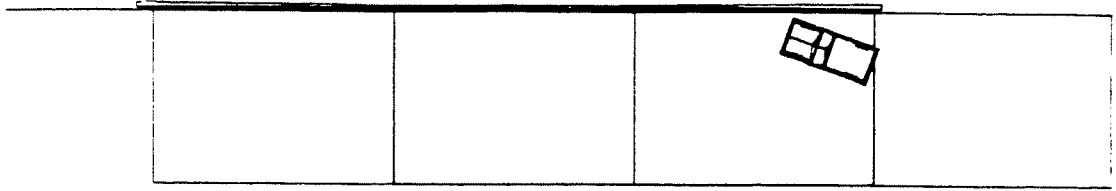
Afbeelding B2. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding B3. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 2 grad.

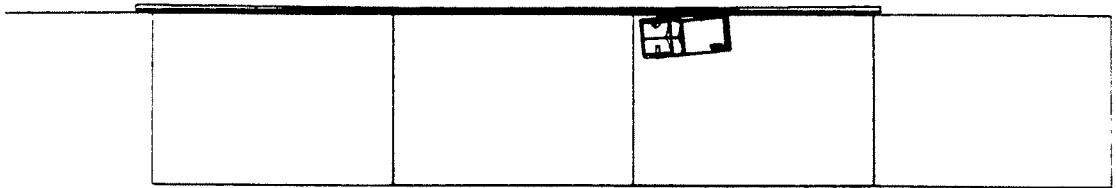


Afbeelding B4. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

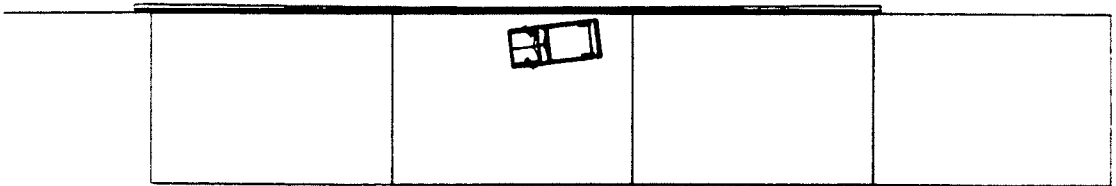
TBLIKS06
TIME 0.0000



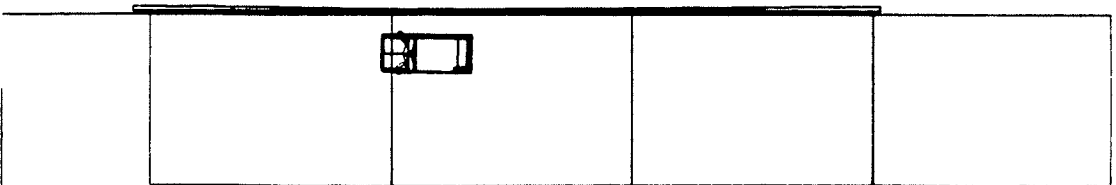
TBLIKS06
TIME 0.2500



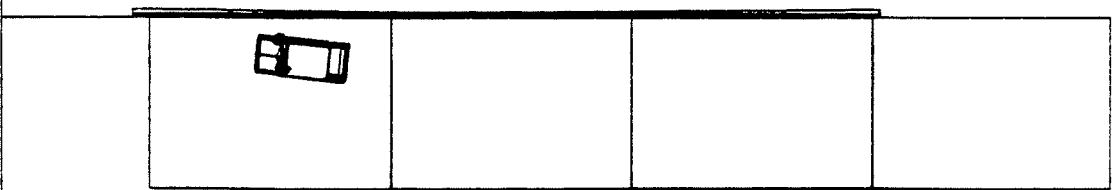
TBLIKS06
TIME 0.5000



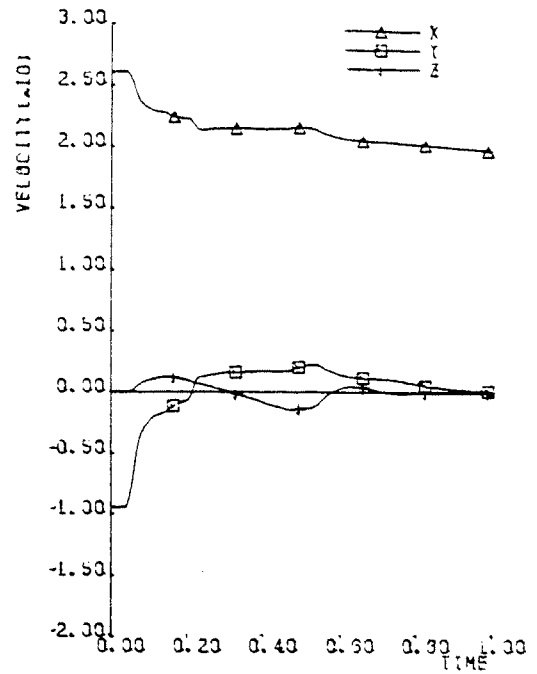
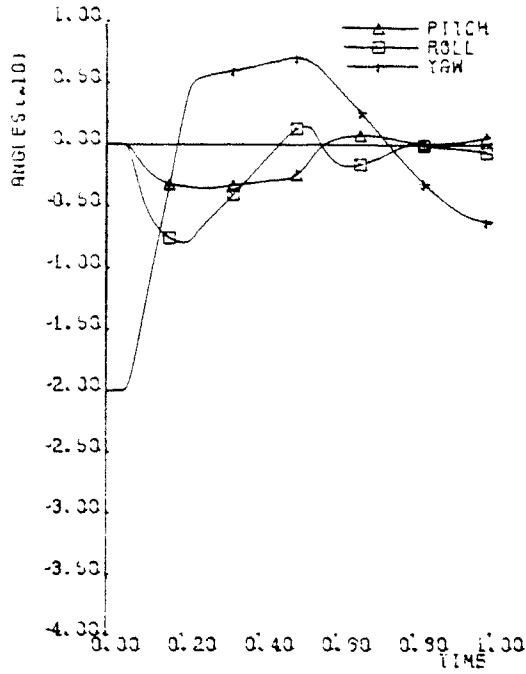
TBLIKS06
TIME 0.7500



TBLIKS06
TIME 1.0000

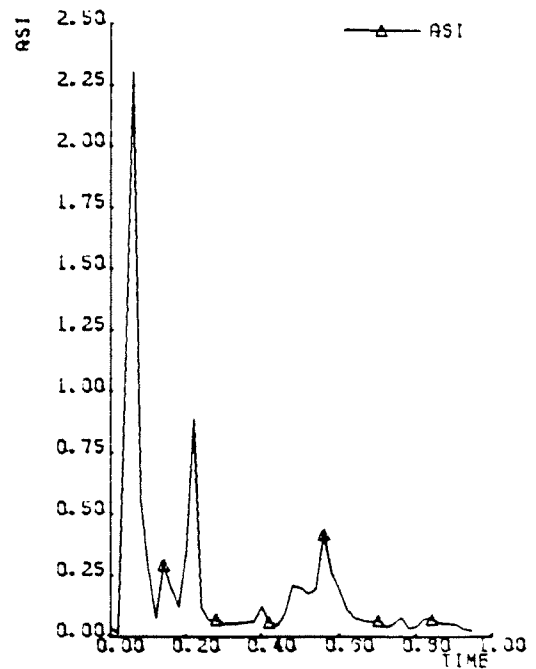
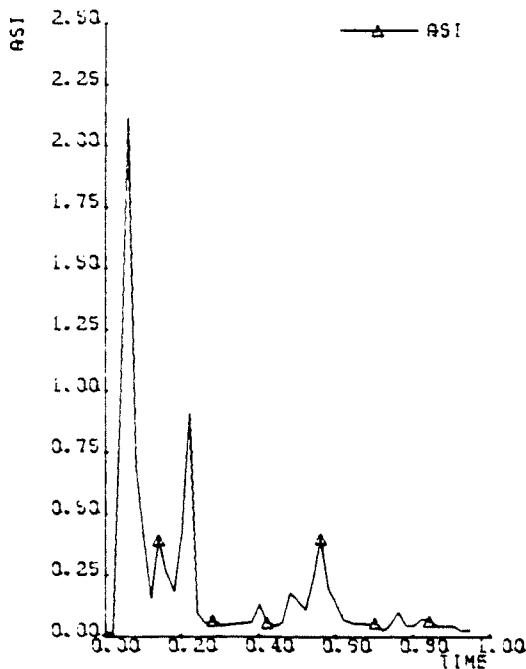


Afbeelding B5. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.



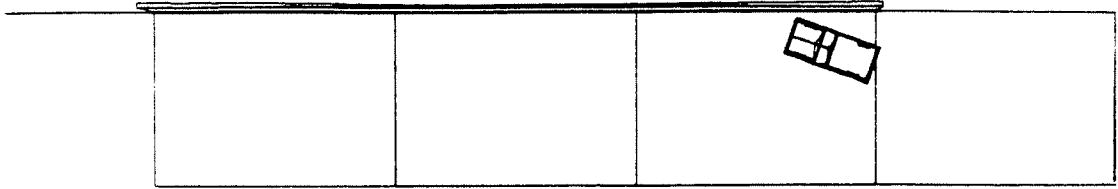
Afbeelding B6. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding B7. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

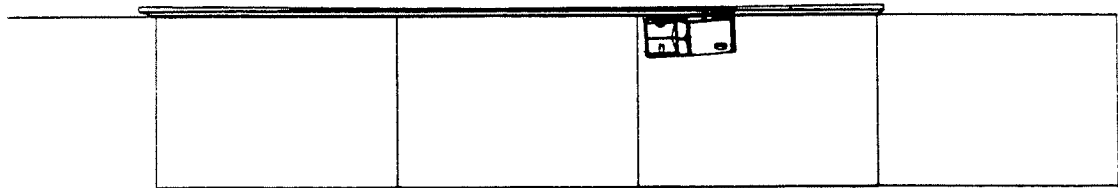


Afbeelding B8. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

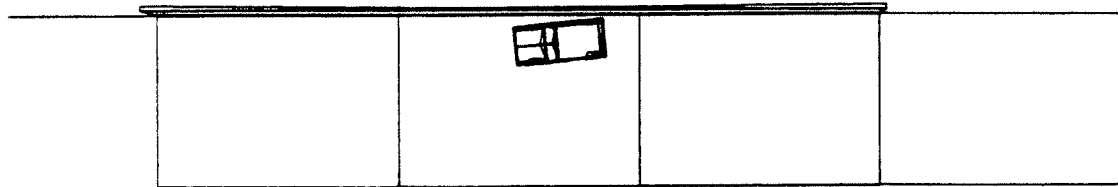
TBIKSI1
TIME 0.0000



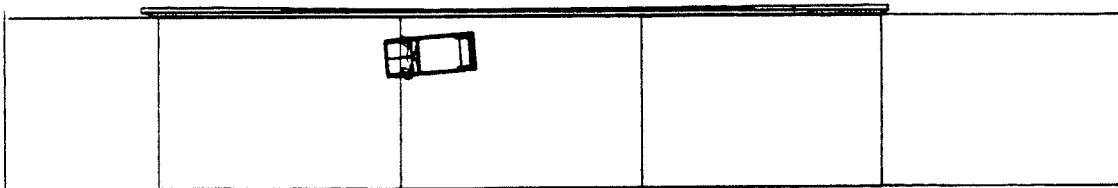
TBIKSI1
TIME 0.2500



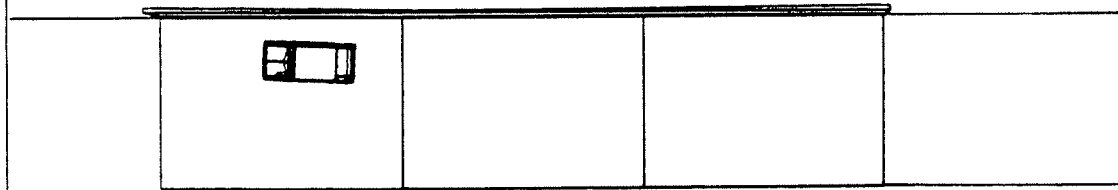
TBIKSI1
TIME 0.5000



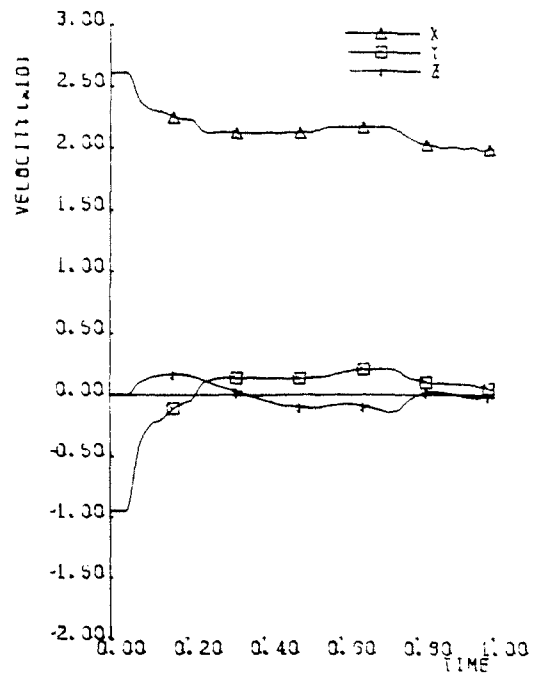
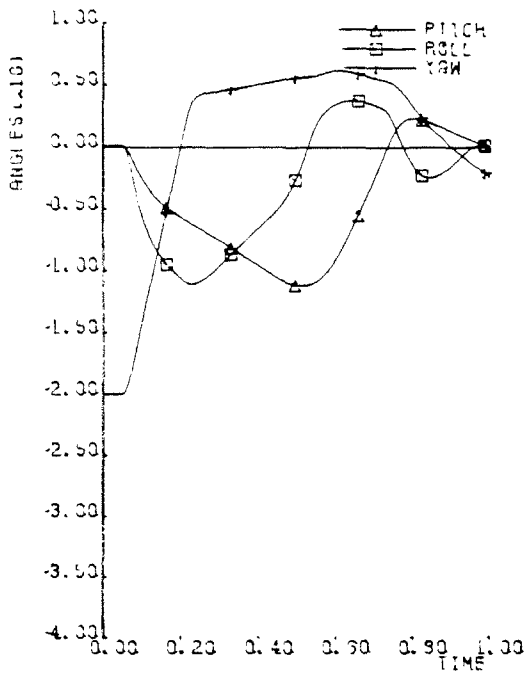
TBIKSI1
TIME 0.7500



TBIKSI1
TIME 1.0000

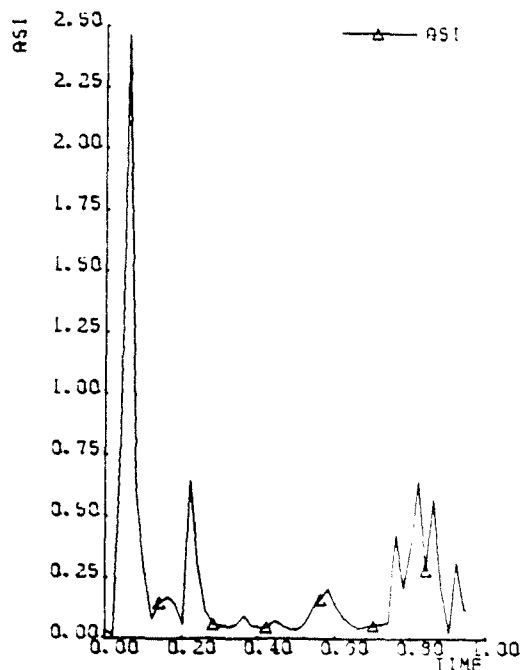
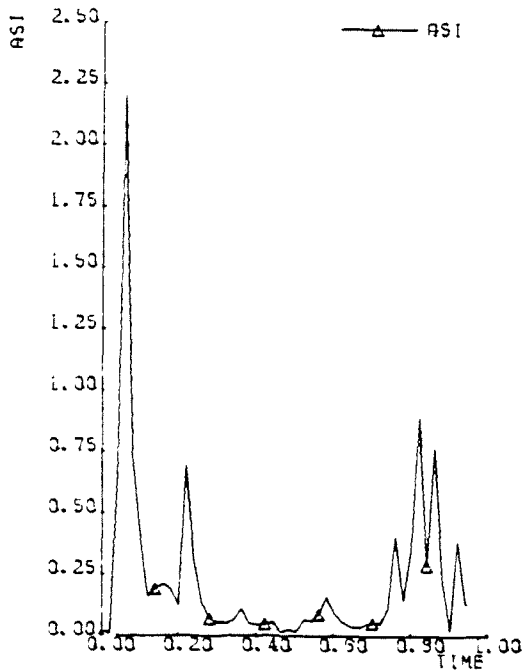


Afbeelding B9. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.



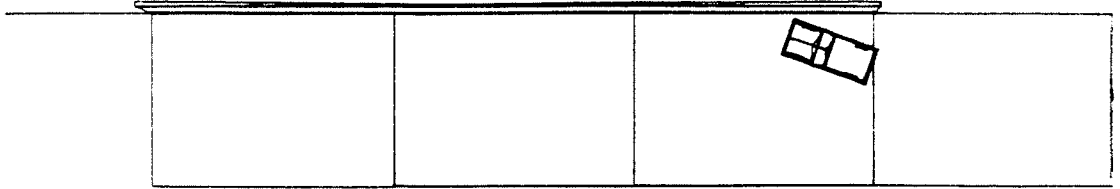
Afbeelding B10. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

Afbeelding B11. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

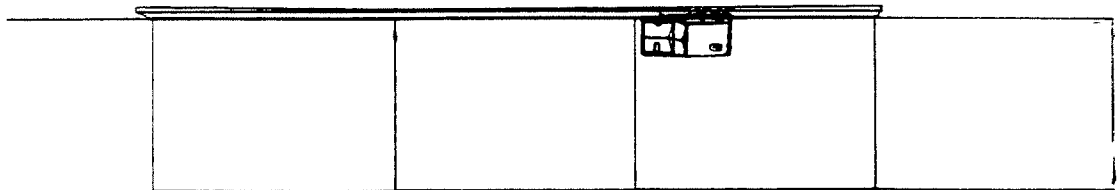


Afbeelding B12. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

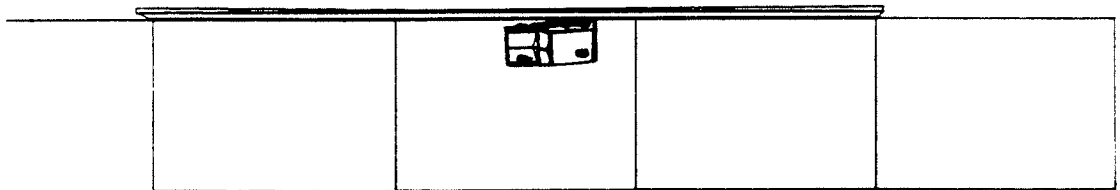
TB11KS17
TIME 0.0000



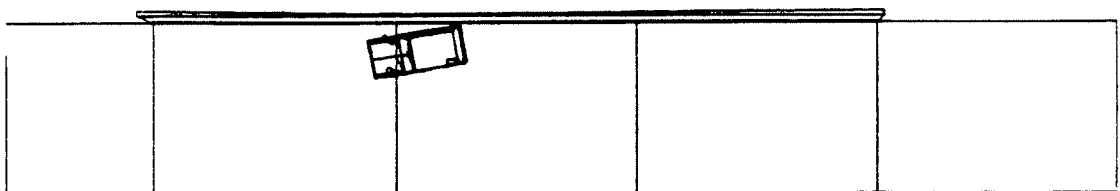
TB11KS17
TIME 0.2500



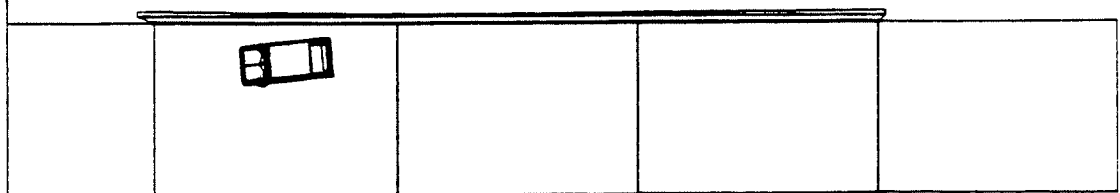
TB11KS17
TIME 0.5000



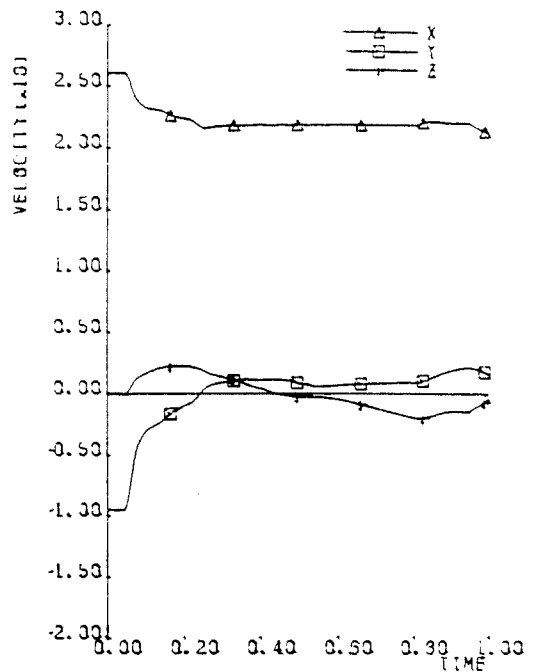
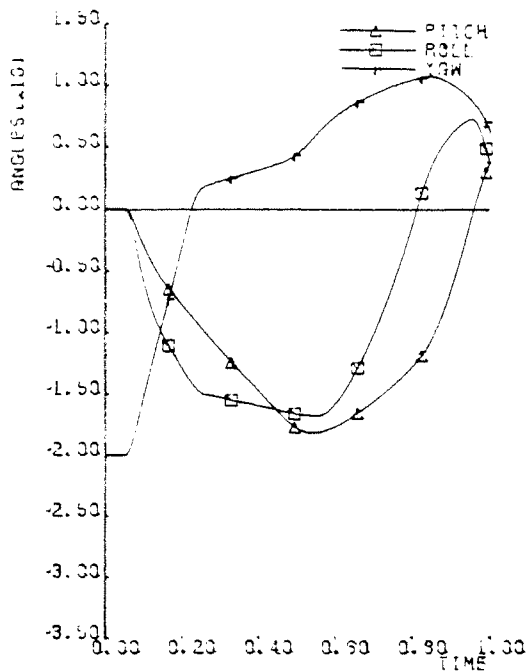
TB11KS17
TIME 0.7500



TB11KS17
TIME 1.0000

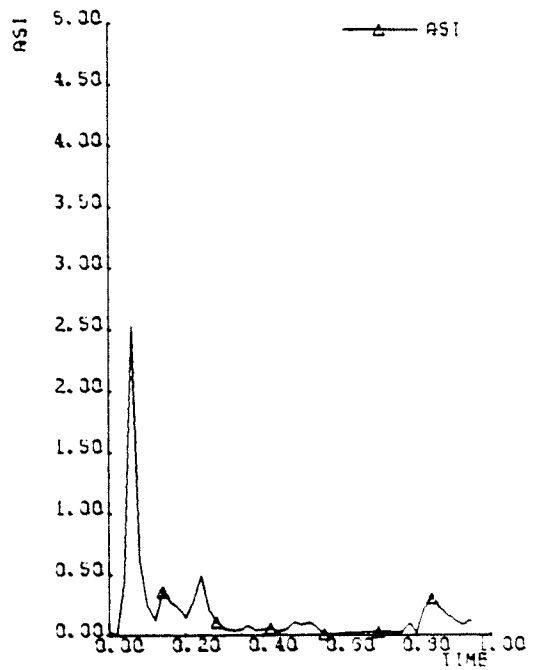
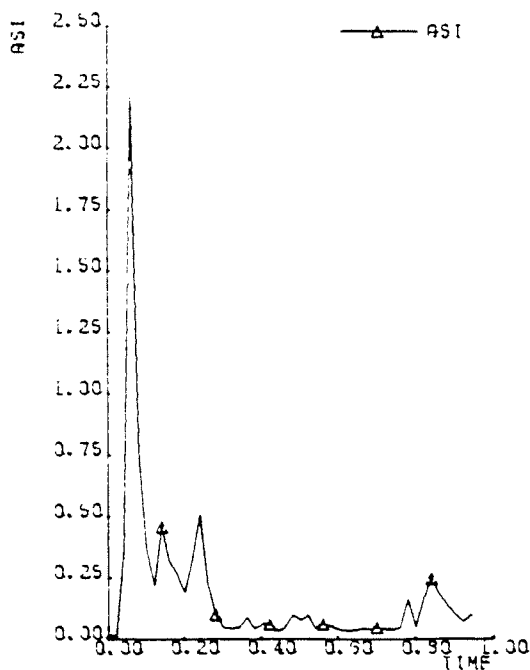


Afbeelding B13. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.



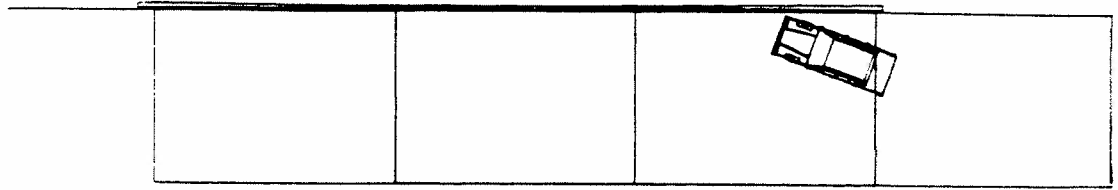
Afbeelding B14. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

Afbeelding B15. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

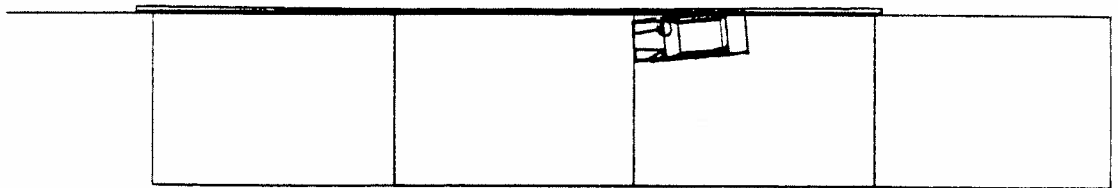


Afbeelding B16. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

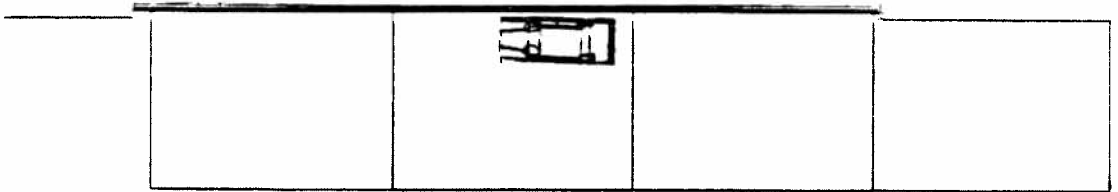
TB32EX02
TIME 0.0000



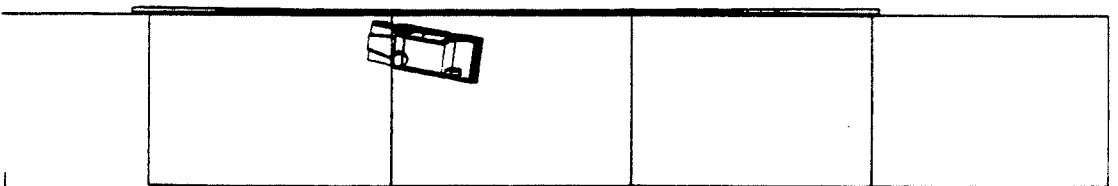
TB32EX02
TIME 0.2500



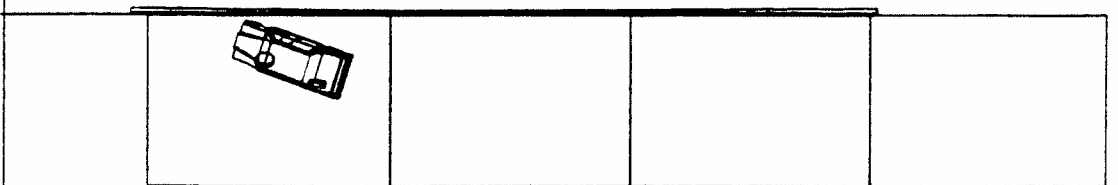
TB32EX02
TIME 0.5000



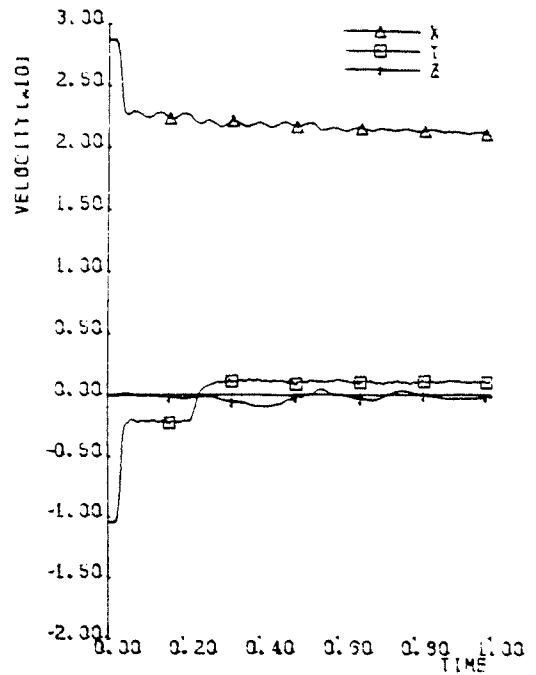
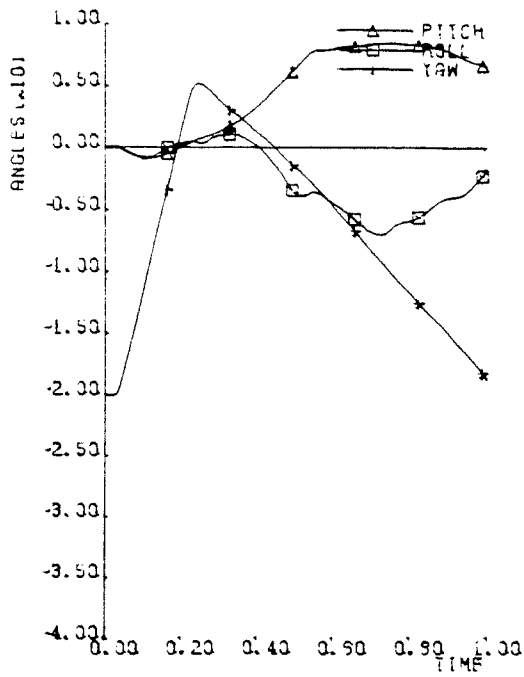
TB32EX02
TIME 0.7500



TB32EX02
TIME 1.0000

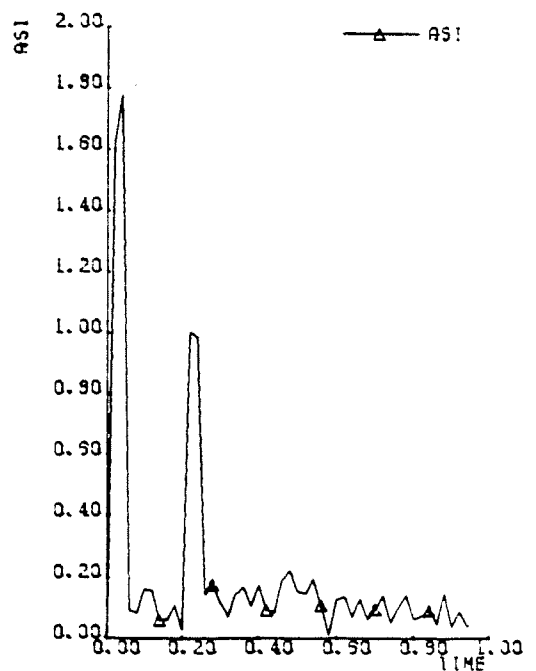
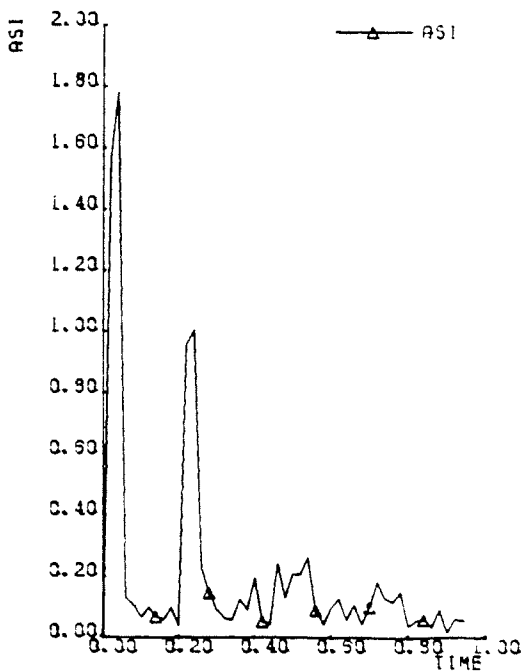


Afbeelding B17. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.



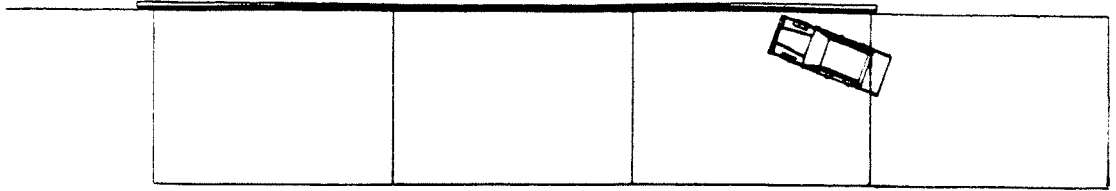
Afbeelding B18. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding B19. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

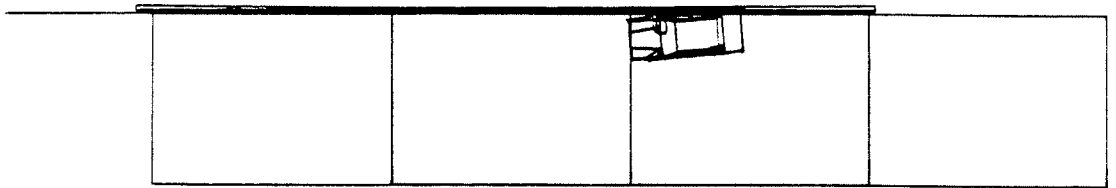


Afbeelding B20. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

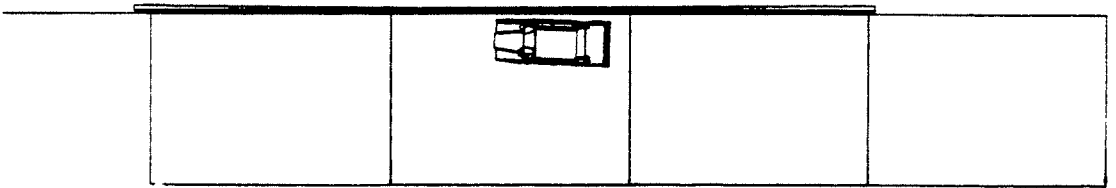
TB32EX06
TIME 0.0000



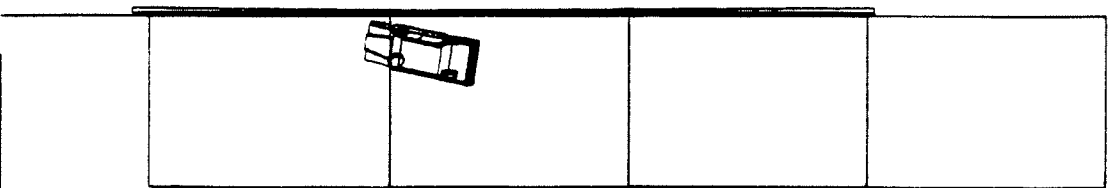
TB32EX06
TIME 0.2500



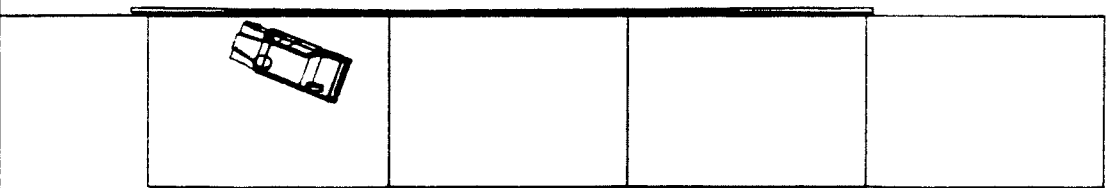
TB32EX06
TIME 0.5000



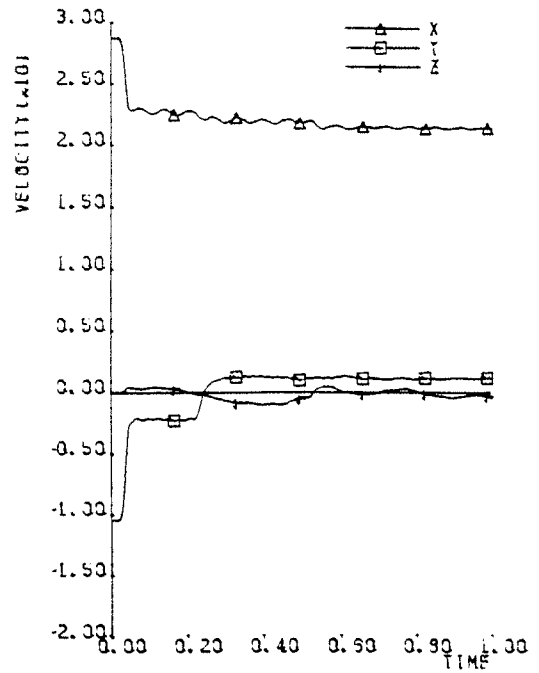
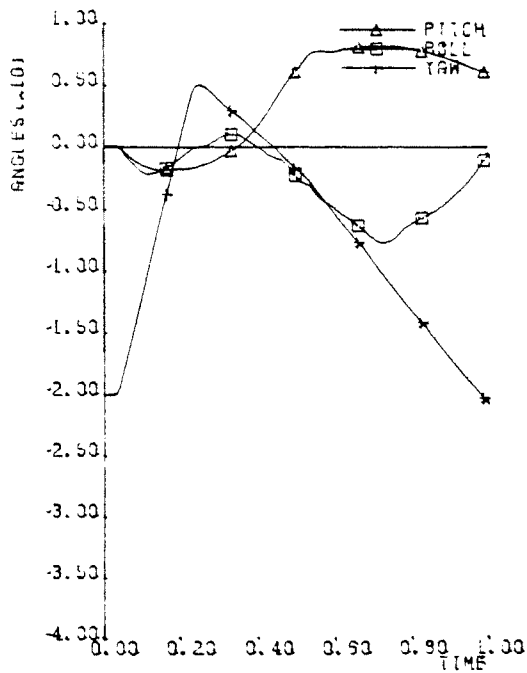
TB32EX06
TIME 0.7500



TB32EX06
TIME 1.0000

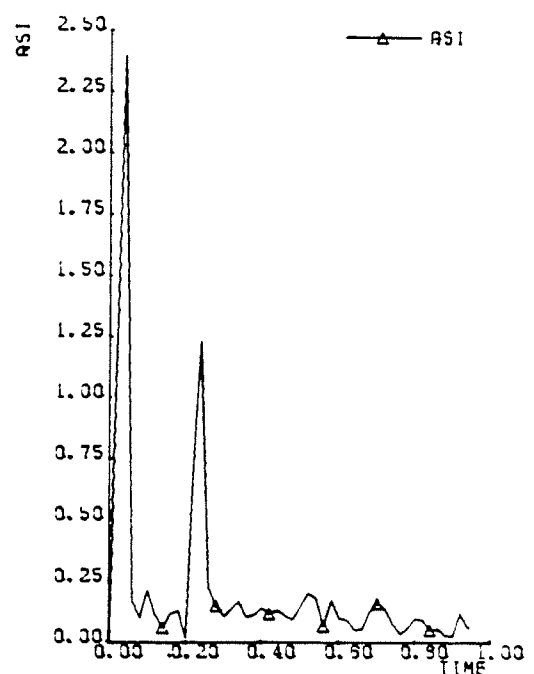
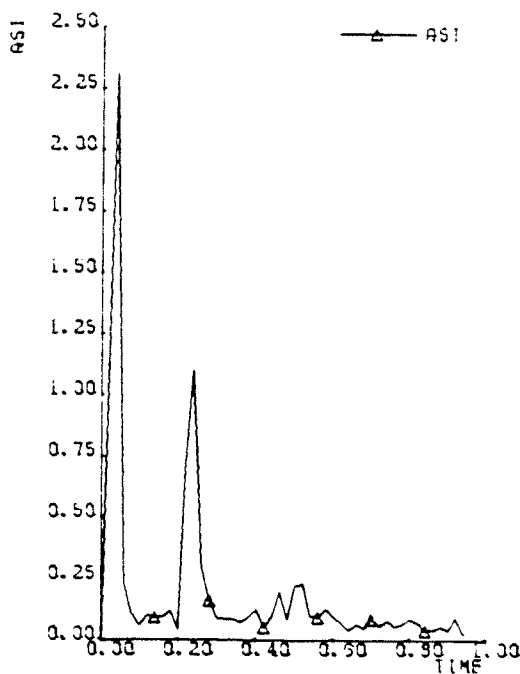


Afbeelding B21. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.



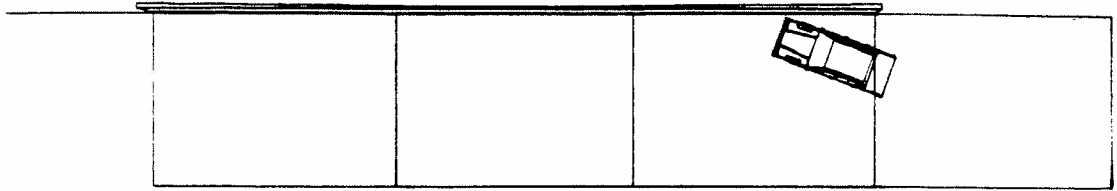
Afbeelding B22. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding B23. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

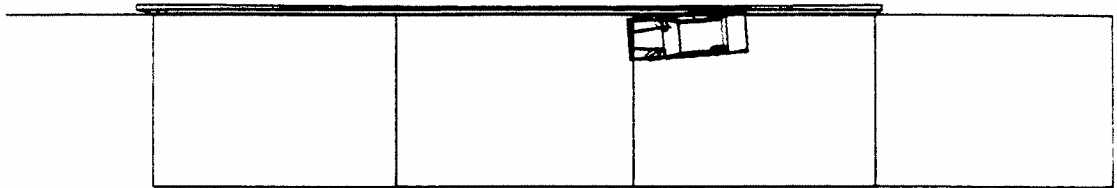


Afbeelding B24. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

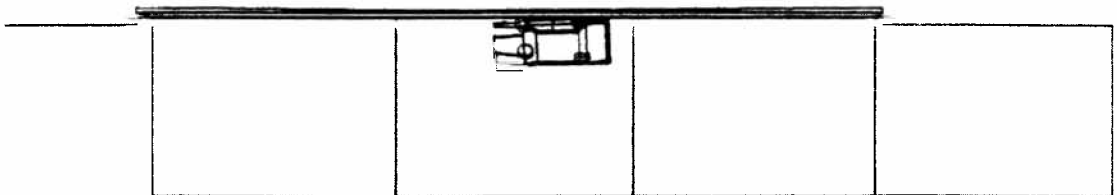
TB32EX11
TIME 0.0000



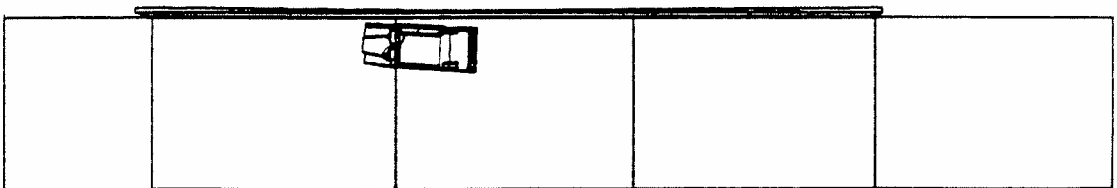
TB32EX11
TIME 0.2500



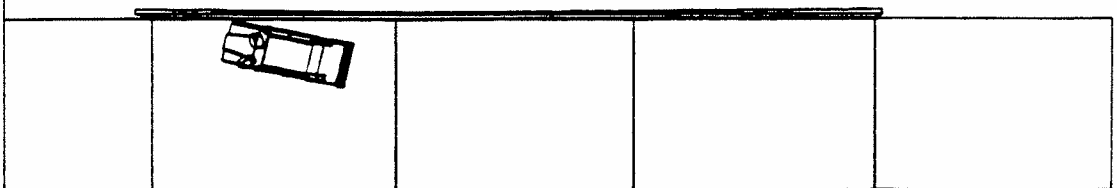
TB32EX11
TIME 0.5000



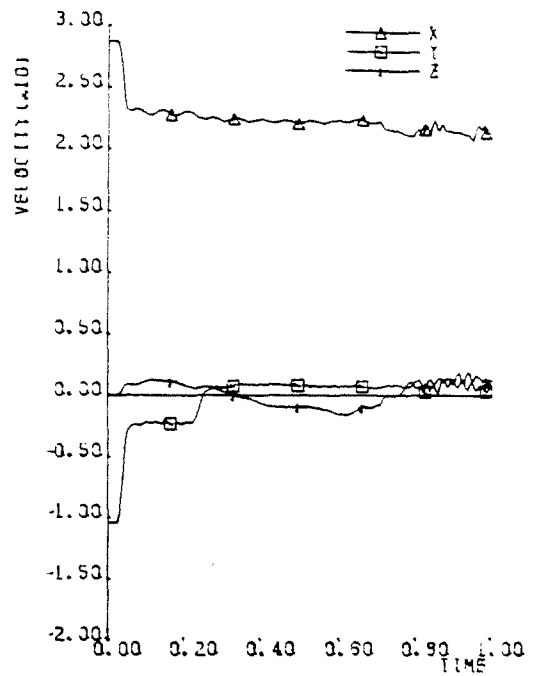
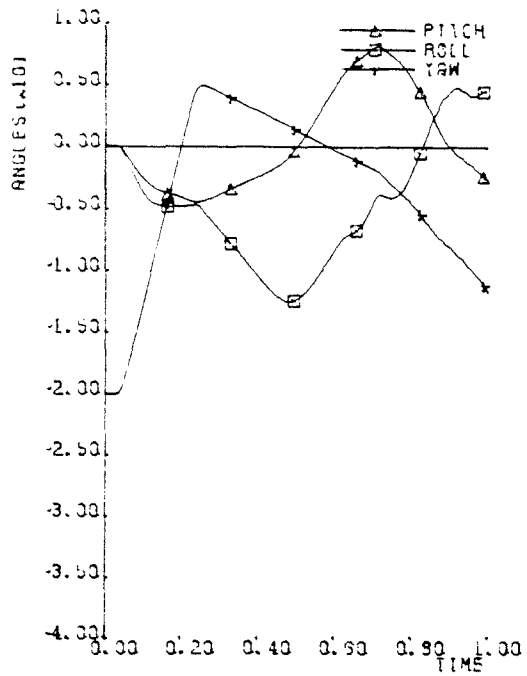
TB32EX11
TIME 0.7500



TB32EX11
TIME 1.0000

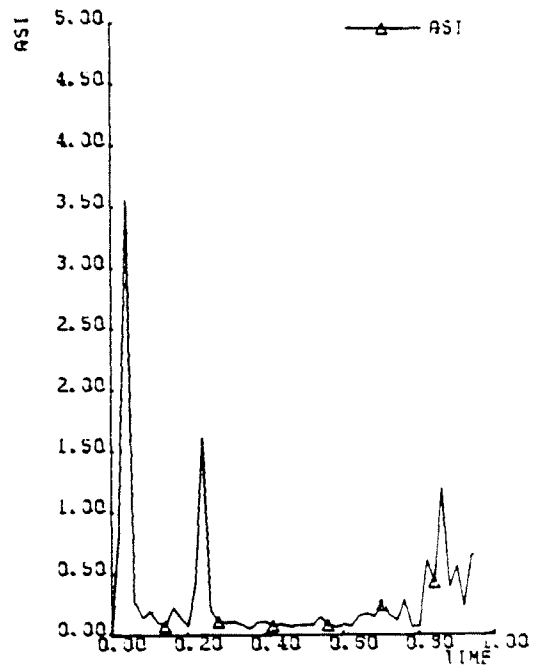
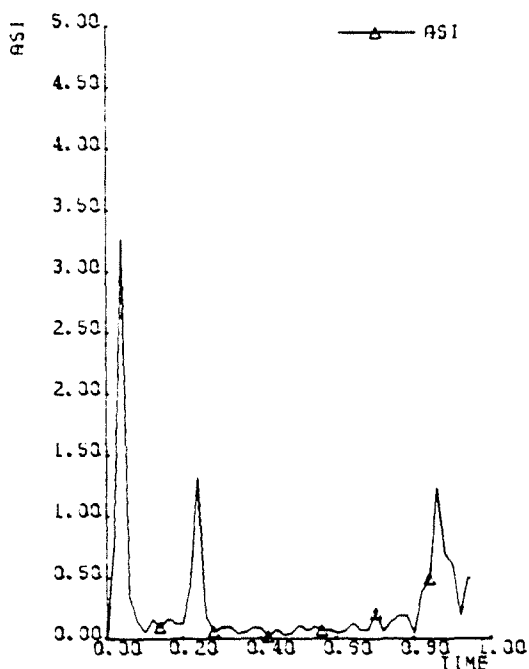


Afbeelding B25. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 11 grad.



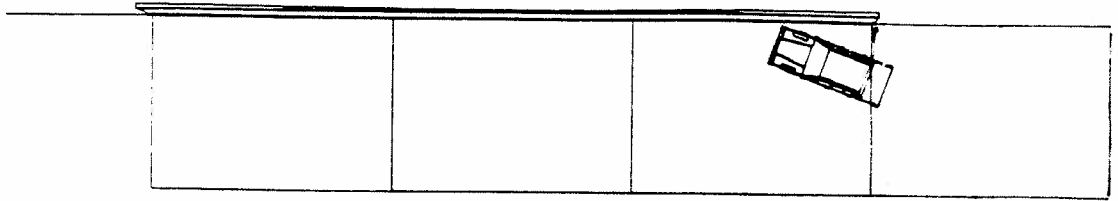
Afbeelding B26. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 11 grad.

Afbeelding B27. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 11 grad.

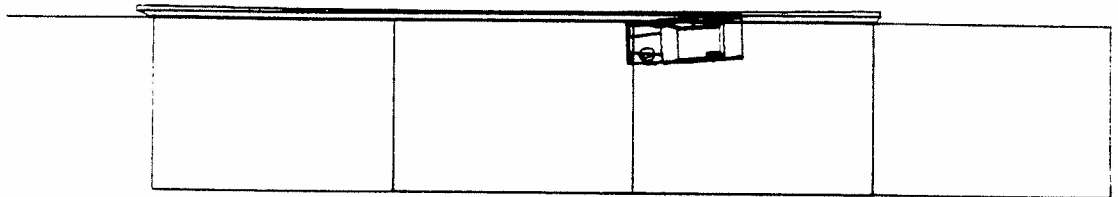


Afbeelding B28. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

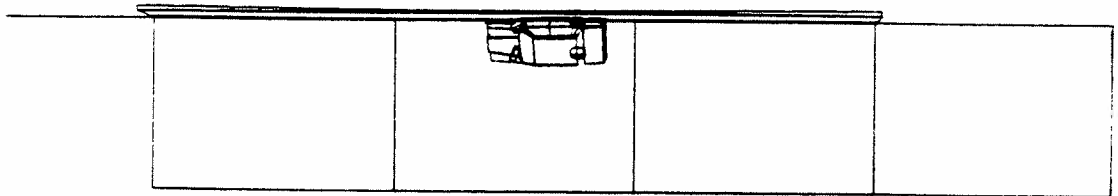
T832EX17
TIME 0.0000



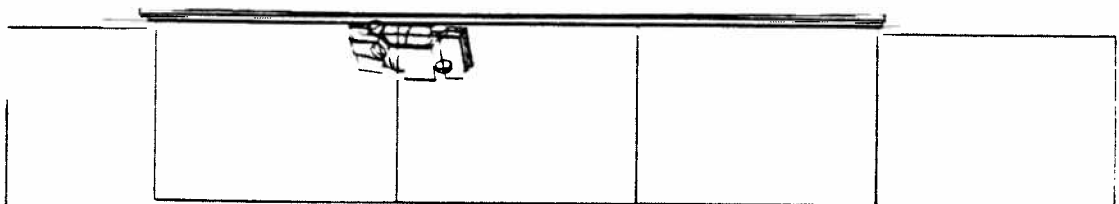
T832EX17
TIME 0.2500



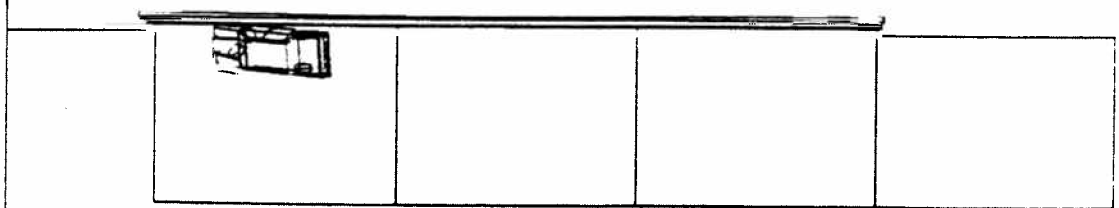
T832EX17
TIME 0.5000



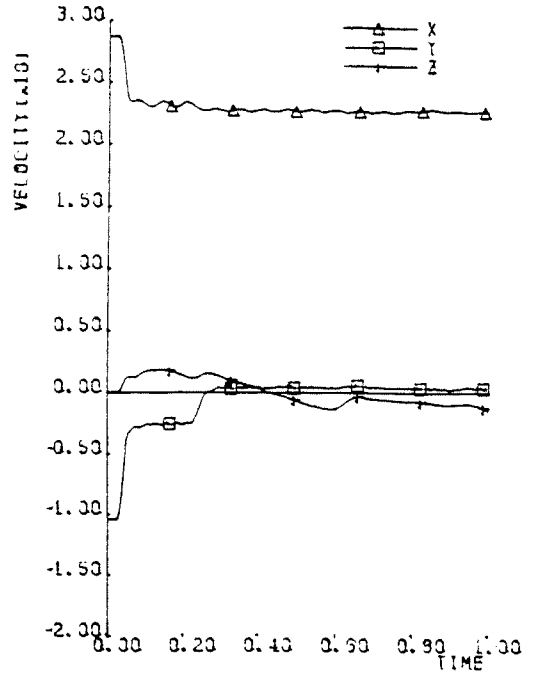
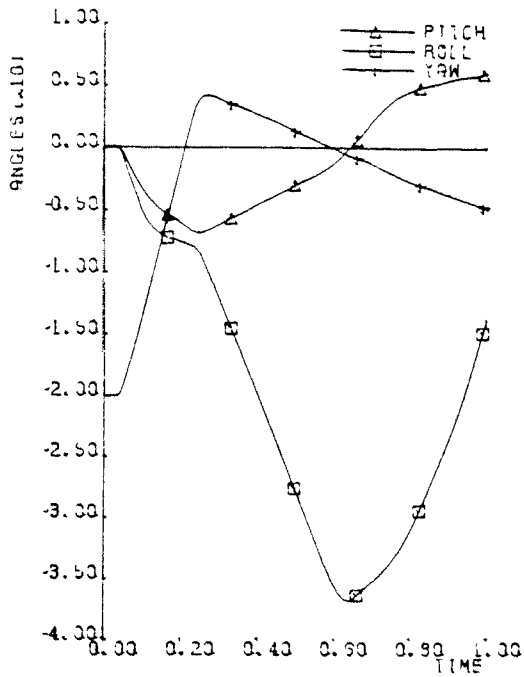
T832EX17
TIME 0.7500



T832EX17
TIME 1.0000

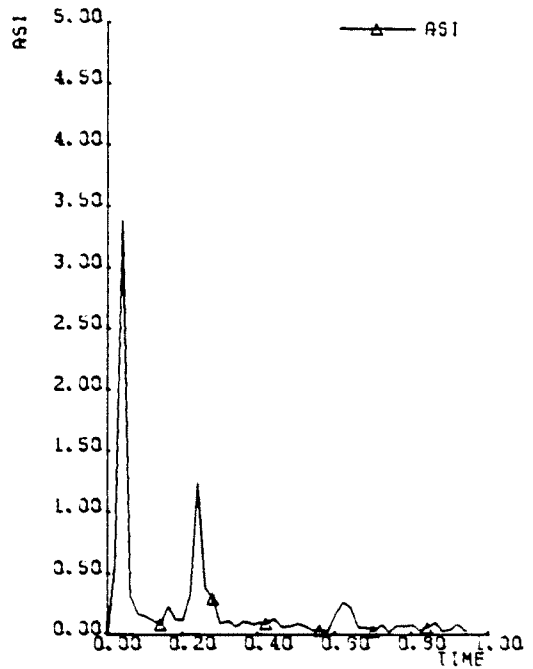
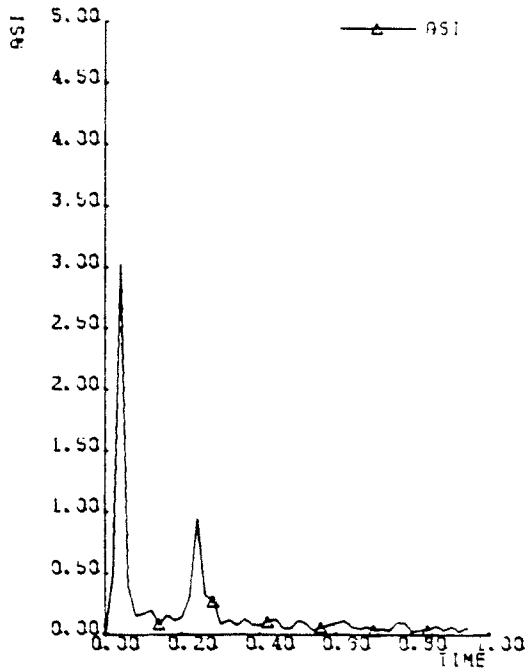


Afbeelding B29. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.



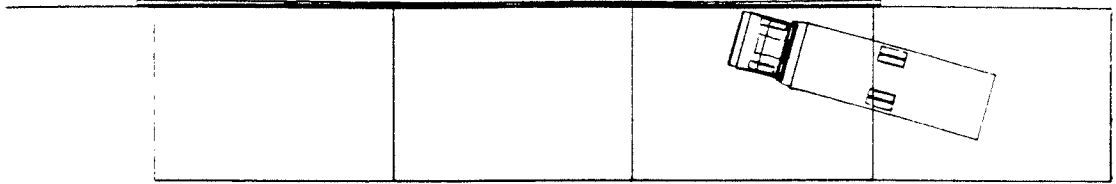
Afbeelding B30. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 17 grad.

Afbeelding B31. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 17 grad.

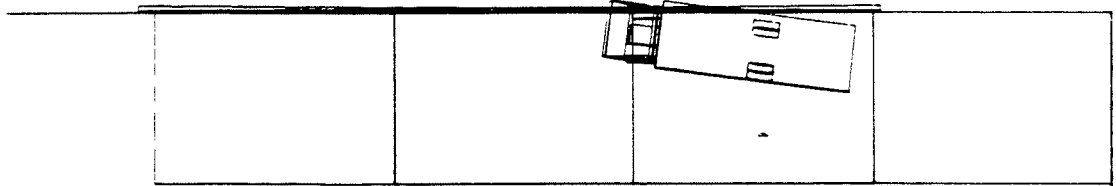


Afbeelding B32. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

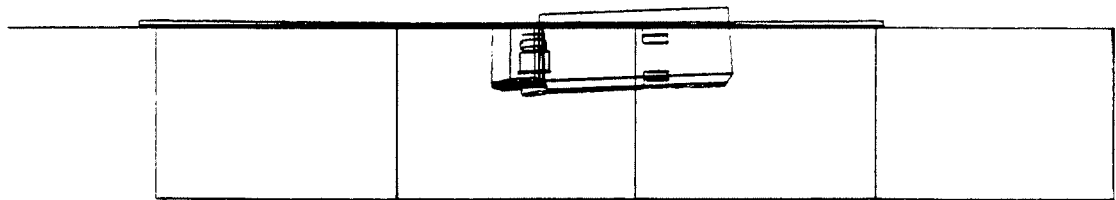
TB01K502
TIME 0.3000



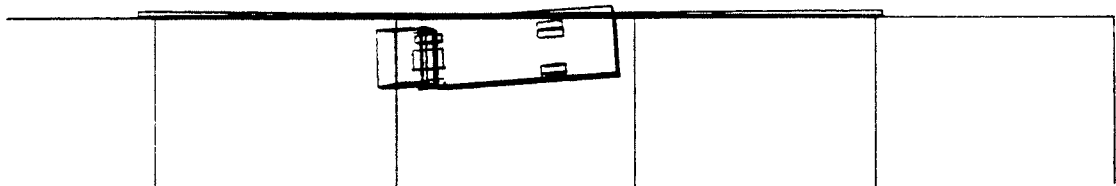
TB01K502
TIME 0.2500



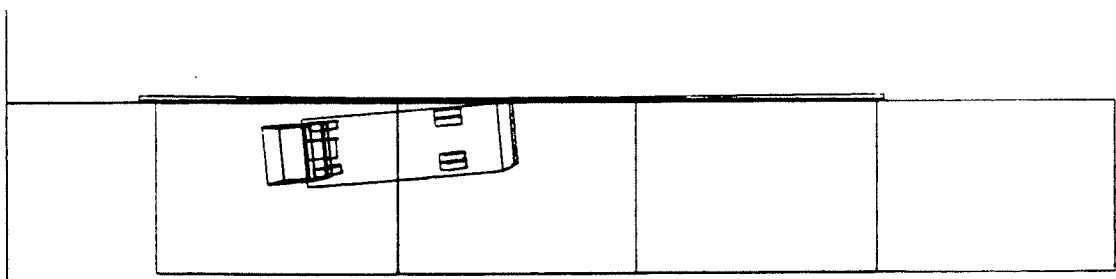
TB01K502
TIME 0.5000



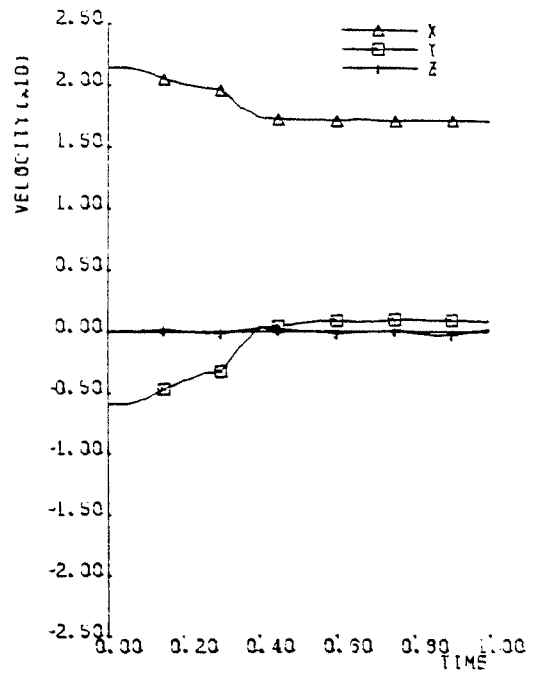
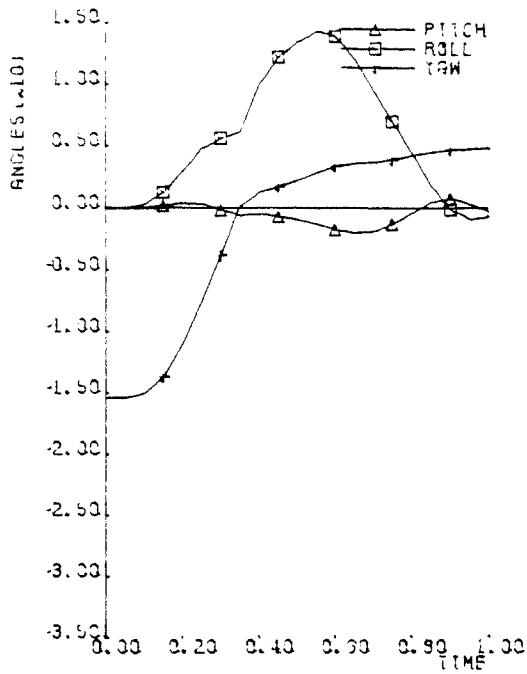
TB01K502
TIME 0.7500



TB01K502
TIME 1.0000

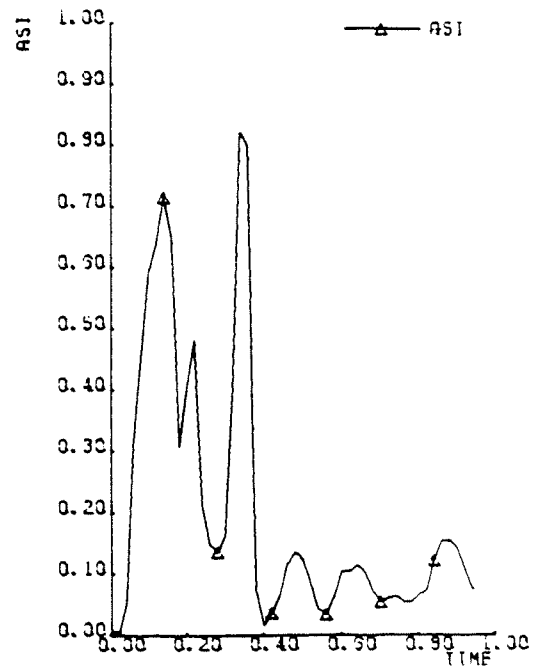
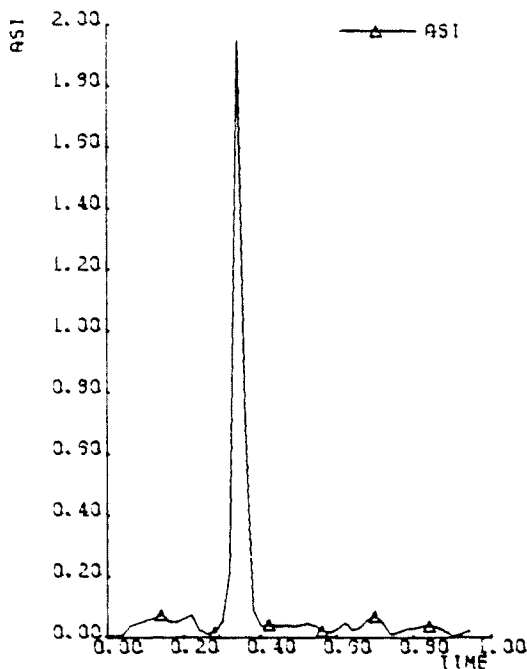


Afbeelding B33. Overzicht aanrijding vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.



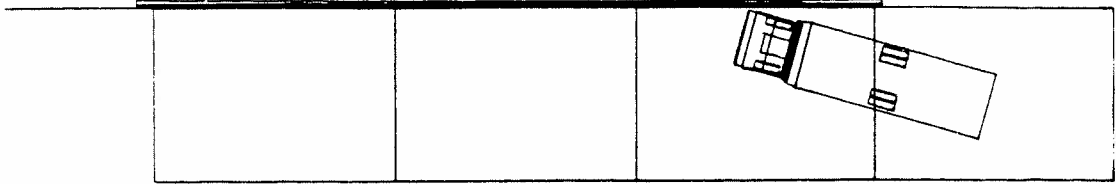
Afbeelding B34. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grd.

Afbeelding B35. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grd.

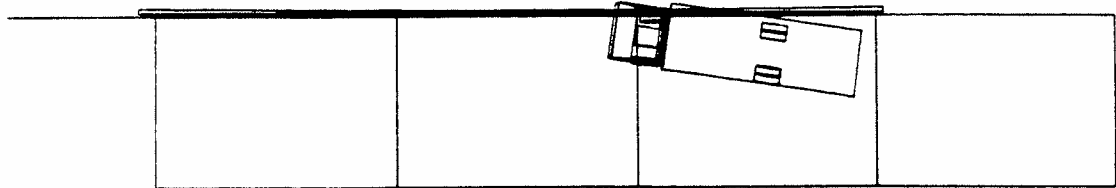


Afbeelding B36. ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.

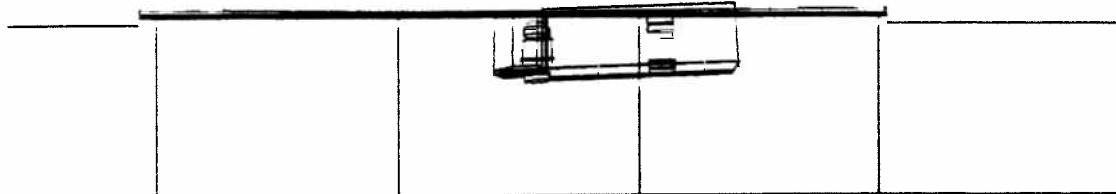
TBGLKS06
TIME 0.0000



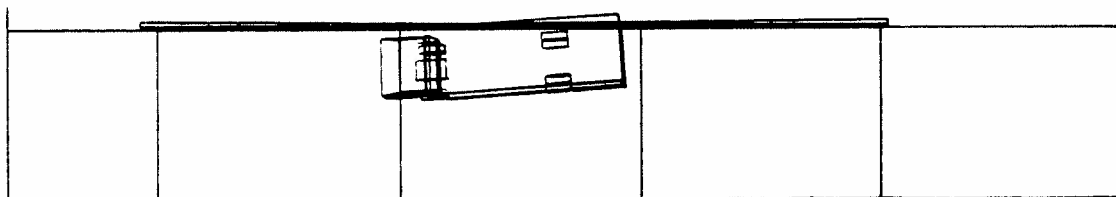
TBGLKS06
TIME 0.2500



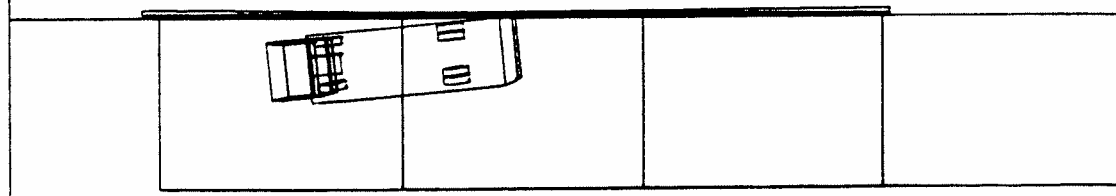
TBGLKS06
TIME 0.5000



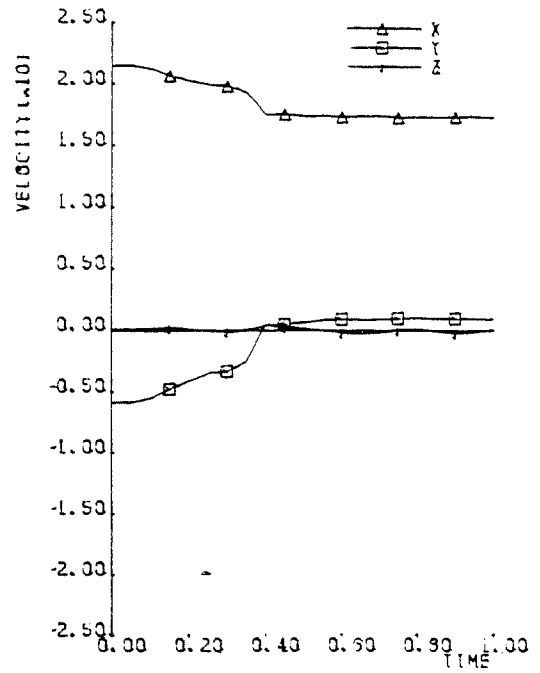
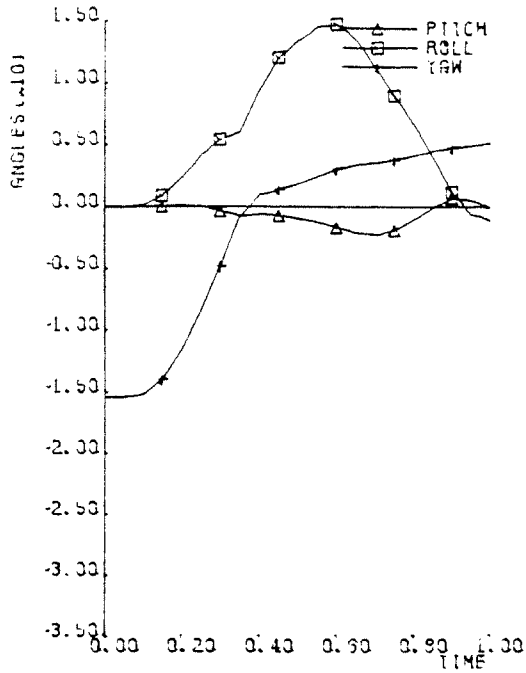
TBGLKS06
TIME 0.7500



TBGLKS06
TIME 1.0000

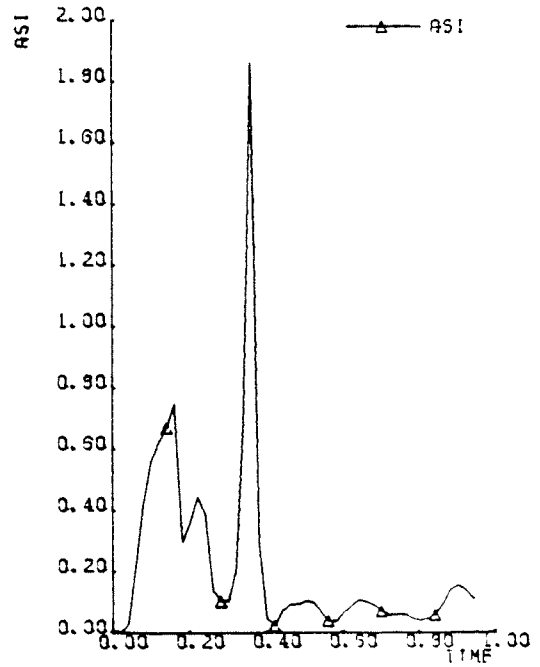
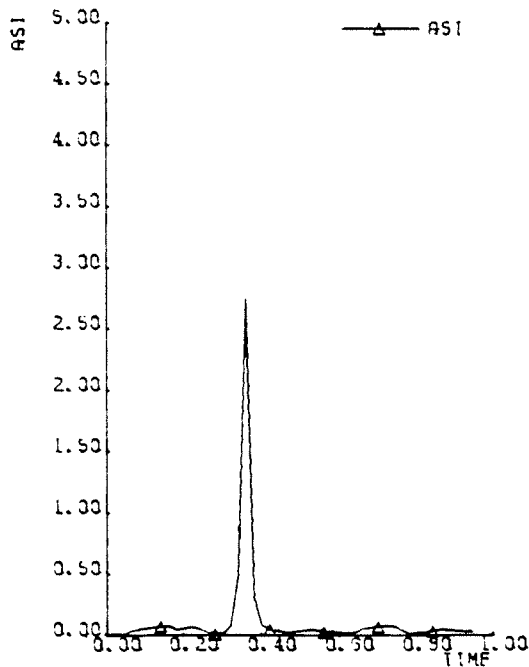


Afbeelding B37. Overzicht aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 6 grad.



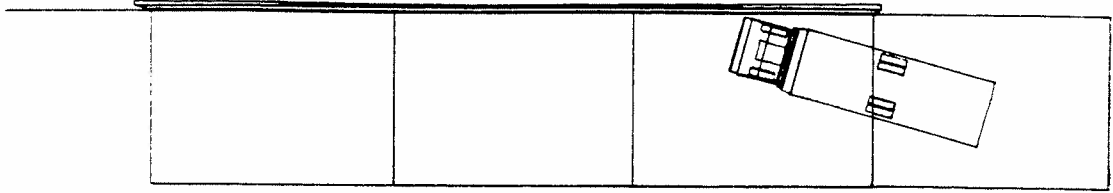
Afbeelding B38. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding B39. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

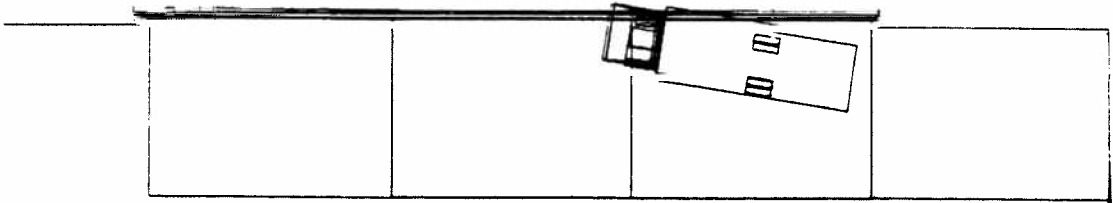


Afbeelding B40. ASI-waarden van zwaartepunten vrachtauto 16 ton en bestuurder.

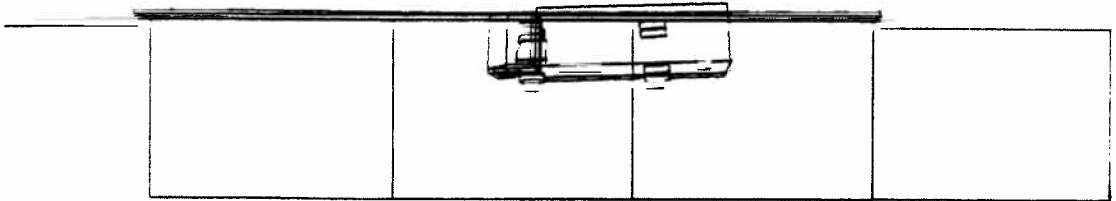
TBOIKS11
TIME 0.0000



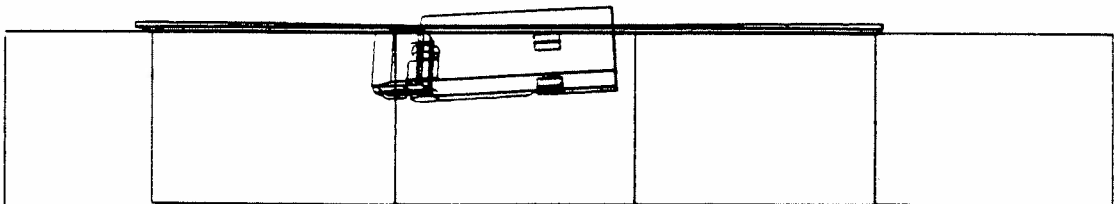
TBOIKS11
TIME 0.2500



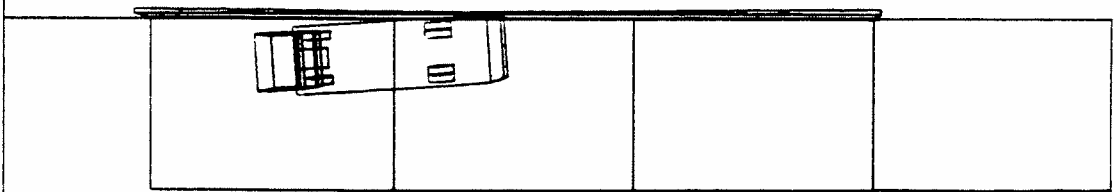
TBOIKS11
TIME 0.5000



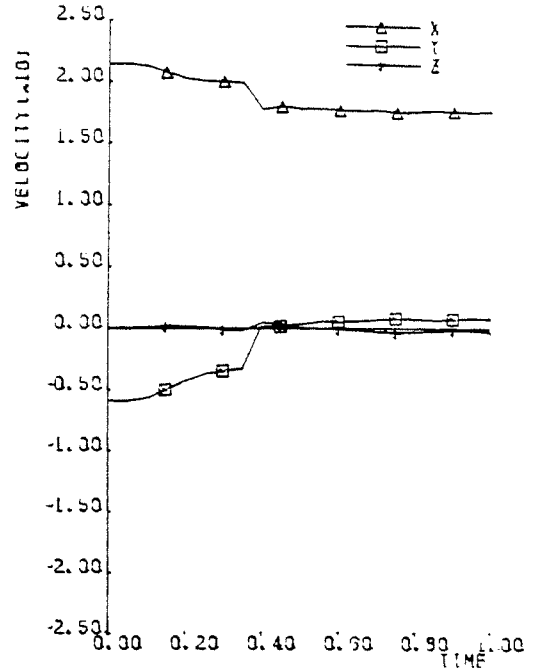
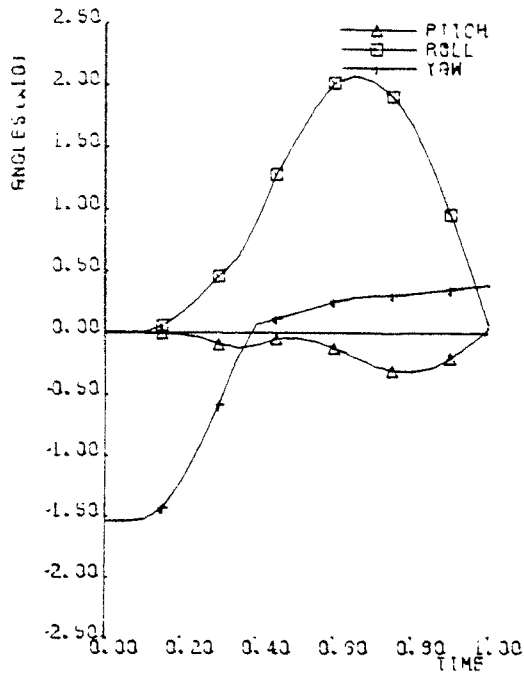
TBOIKS11
TIME 0.7500



TBOIKS11
TIME 1.0000

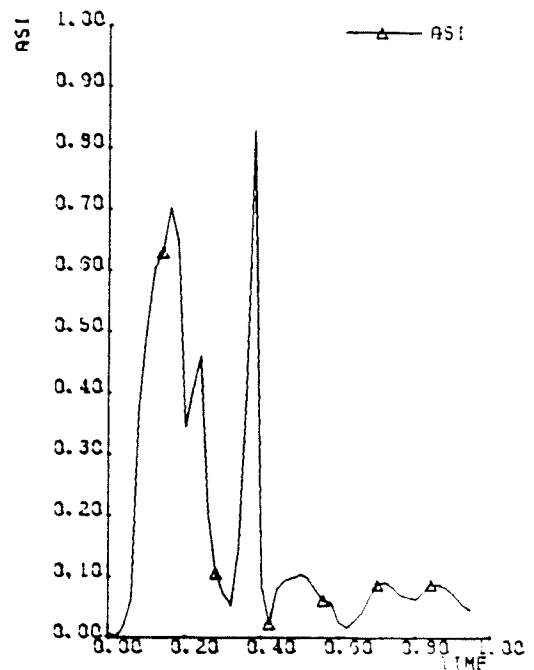
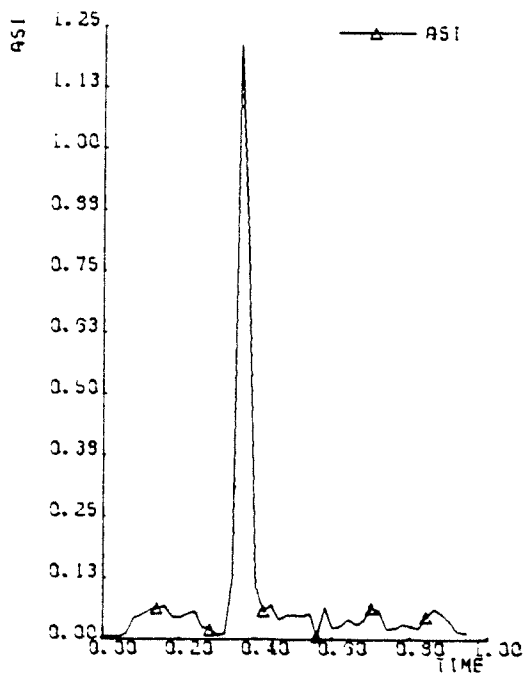


Afbeelding B41. Overzicht aanrijding vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.



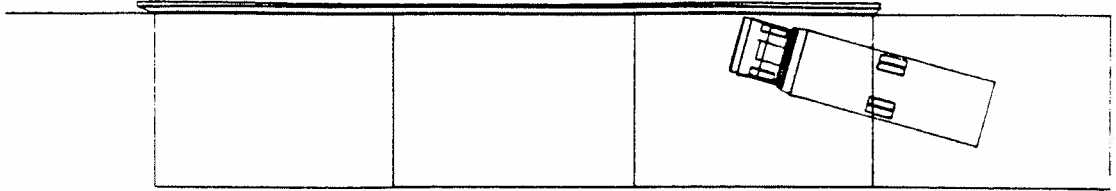
Afbeelding B42. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

Afbeelding B43. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

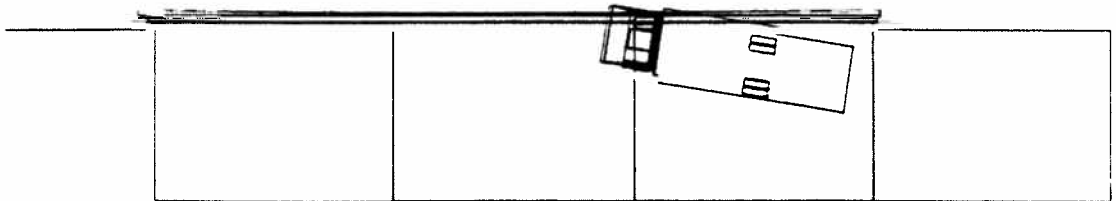


Afbeelding B44. ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.

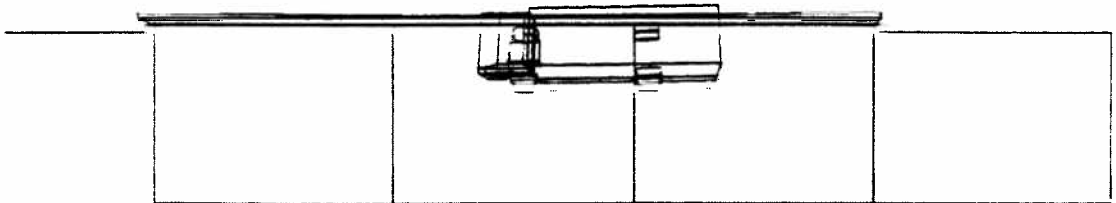
TBGLKS17
TIME 0.3000



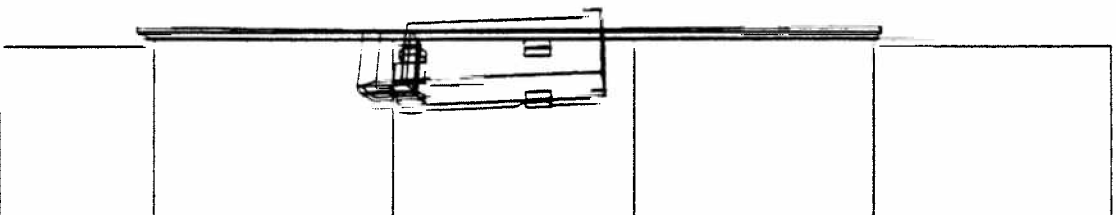
TBGLKS17
TIME 0.2500



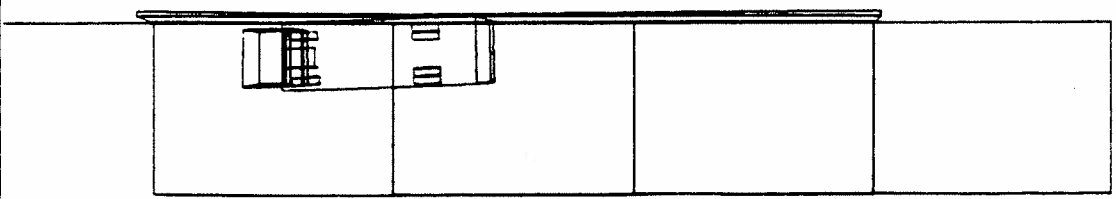
TBGLKS17
TIME 0.5000



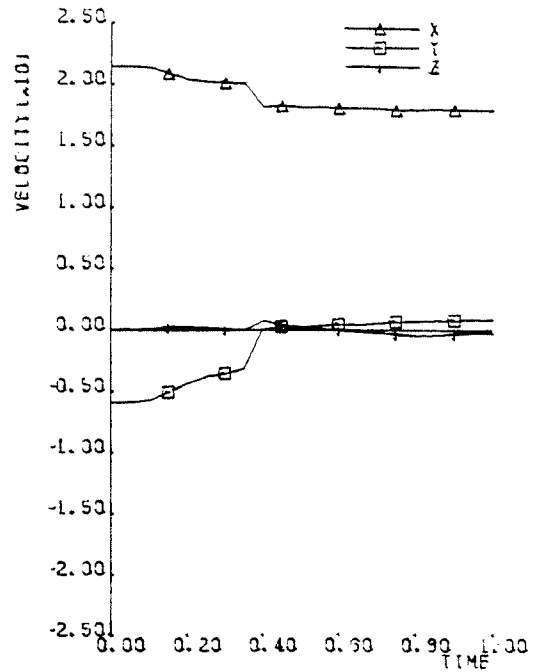
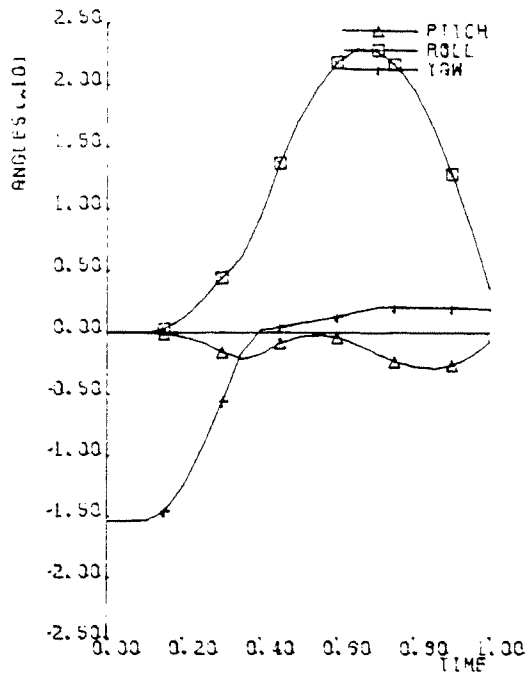
TBGLKS17
TIME 0.7500



TBGLKS17
TIME 1.0000

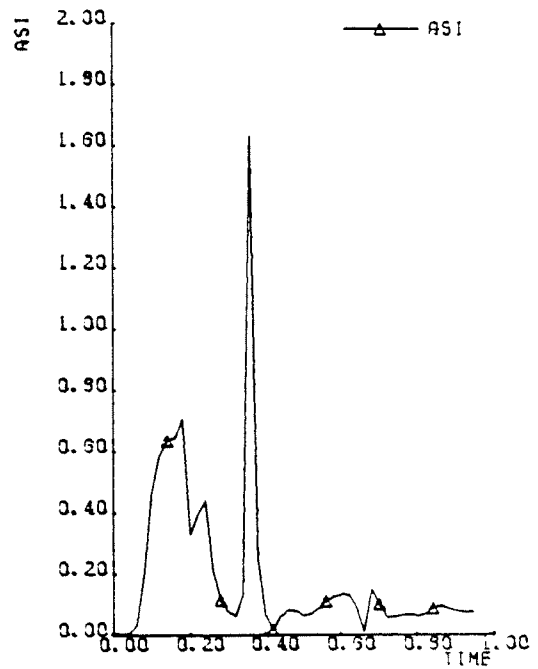
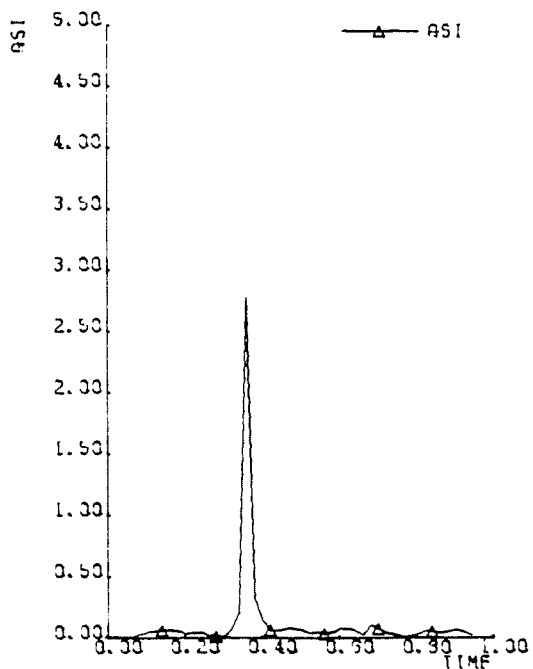


Afbeelding B45. Overzicht aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 17 grad.



Afbeelding B46. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

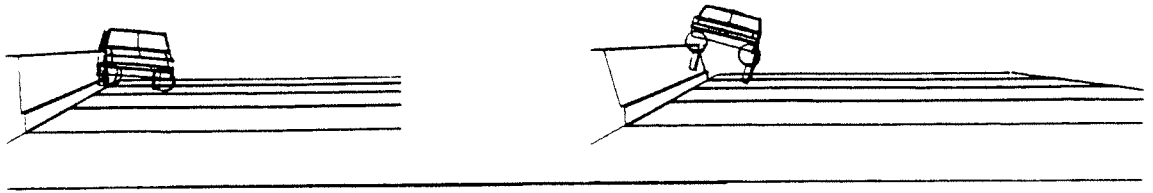
Afbeelding B47. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.



Afbeelding B48. ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.

TB11KS02 1:37:29
TIME 0.30

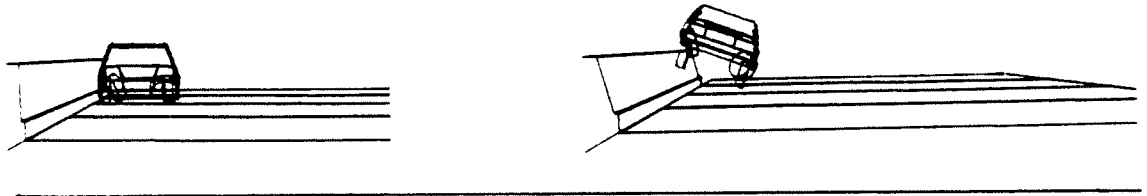
TB11KS17 1:55:29
TIME 0.30



Afbeelding B49. Aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap
($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoeken 2 en 17 grad.

TB32EX02 4:49:37
TIME 0.40

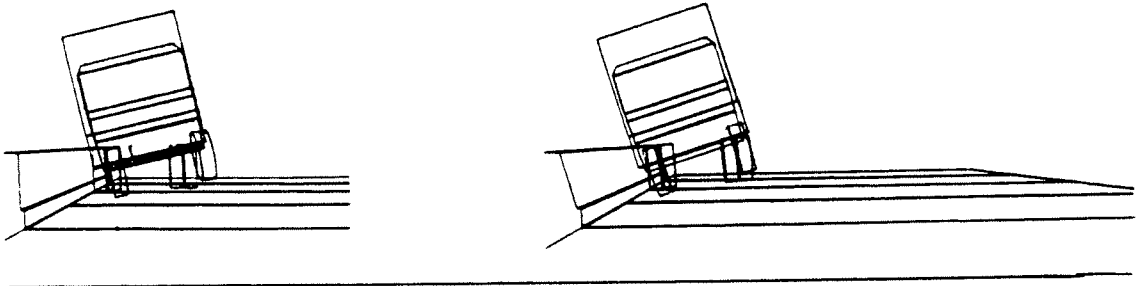
TB32EX17 4:12:10
TIME 0.40



Afbeelding B50. Aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap
($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoeken 2 en 17 grad.

TB01KS02 4:34:22
TIME 0.50

TB01KS17 4:40:44
TIME 0.50



Afbeelding B51. Aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap
($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoeken 2 en 17 grad.

BIJLAGE C

bij

W.H.M. van de Pol & T. Heijer

Optimalisatie van het profiel van een betonnen voertuigkering

Simulaties met de min of meer verticale wand met stap van
10 cm breed

Tabellen C1 t/m C3

Afbeeldingen C1 t/m C51

Tabellen C1 t/m C3

Tabel C1. *Resultaten van simulaties met een lichte personenauto tegen de single-slope barrier met een stap van 10 cm breed; inrijconditie 100 km/uur en 20 grad.*

Tabel C2. *Resultaten van simulaties met een zware personenauto tegen de single-slope barrier met een stap van 10 cm breed; inrijconditie 110 km/uur en 20 grad.*

Tabel C3. *Resultaten van simulaties van een 16 tons vrachtauto tegen de single-slope barrier met een stap van 10 cm breed; inrijconditie 80 km/uur en 20 grad.*

Simulaties TB11	Hoeken		ASI		Uitrij- hoek grd	snelh km/u
	rol grd	pitch grd	zwpt	best		
S = 10 cm, H = 25 cm						
single-slope 02	8	3	2,01	2,22	7	77
single-slope 06	9	4	2,03	2,25	7	77
single-slope 11	13	12	2,03	2,31	5	77
single-slope 17	14	19	1,99	2,31	3	79

Tabel C1. Resultaten van simulaties met een lichte personenauto tegen de single-slope barrier met een stapbreedte van 10 cm, inrijconditie 100 km/uur en 20 grd.

Simulaties TB32	Hoeken		ASI		Uitrij- hoek grd	snelh km/u
	rol grd	pitch grd	zwpt	best		
S = 10 cm, H = 25 cm						
single-slope 02	12	12	3,56	3,69	6	81
single-slope 06	6	11	3,88	4,13	6	81
single-slope 11	26	15	3,63	4,00	5	81
single-slope 17	54	12	3,06	3,44	5	82

Tabel C2. Resultaten van simulaties met een zware personenauto tegen de single-slope barrier met een stapbreedte van 10 cm, inrijconditie 110 km/uur en 20 grd.

Simulaties TB61	Hoeken		ASI		Uitrij- hoek grd	snelh km/u
	rol grd	pitch grd	zwpt	best		
S = 10 cm, H = 25 cm						
single-slope 02	14	2	2,56	1,85	5	63
single-slope 06	16	2	1,85	0,88	4	63
single-slope 11	21	3	2,69	1,80	3	64
single-slope 17	24	3	2,88	2,19	3	65

Tabel C3. Resultaten van simulaties met een 16 tons vrachtauto tegen de single-slope barrier met een stapbreedte van 10 cm, inrijconditie 80 km/uur en 20 grd.

Afbeeldingen C1 t/m C51

Afbeelding C1. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.*

Afbeelding C2. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.*

Afbeelding C3. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.*

Afbeelding C4. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding C5. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.*

Afbeelding C6. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.*

Afbeelding C7. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.*

Afbeelding C8. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding C9. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*

Afbeelding C10. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*

Afbeelding C11. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*

Afbeelding C12. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding C13. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.*

Afbeelding C14. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.*

Afbeelding C15. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.*

Afbeelding C16. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding C17. *Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.*

Afbeelding C18. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.*

Afbeelding C19. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding C20. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

Afbeelding C21. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding C22. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding C23. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding C24. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

Afbeelding C25. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

Afbeelding C26. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

Afbeelding C27. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

Afbeelding C28. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

Afbeelding C29. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

Afbeelding C30. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

Afbeelding C31. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

Afbeelding C32. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

Afbeelding C33. Overzicht aanrijding vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding C34. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding C35. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding C36. ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.

Afbeelding C37. Overzicht aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding C38. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.*

Afbeelding C39. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.*

Afbeelding C40. *ASI-waarden van zwaartepunten vrachtauto 16 ton en bestuurder.*

Afbeelding C41. *Overzicht aanrijding vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*

Afbeelding C42. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*

Afbeelding C43. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*

Afbeelding C44. *ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.*

Afbeelding C45. *Overzicht aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.*

Afbeelding C46. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.*

Afbeelding C47. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.*

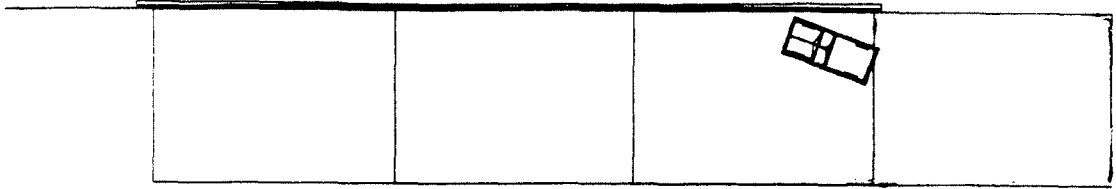
Afbeelding C48. *ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.*

Afbeelding C49. *Aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoeken 2 en 17 grad.*

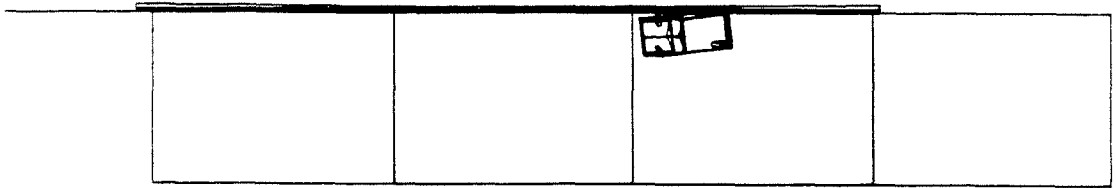
Afbeelding C50. *Aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoeken 2 en 17 grad.*

Afbeelding C51. *Aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoeken 2 en 17 grad.*

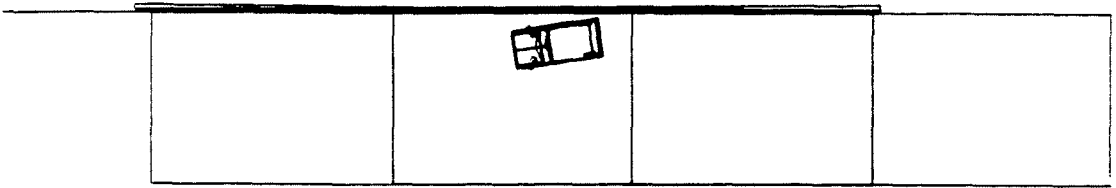
TB11KK02
TIME 0.0000



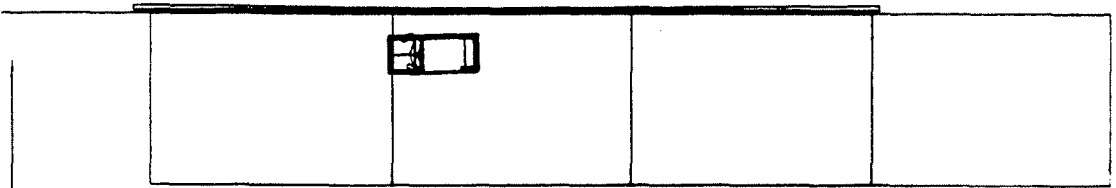
TB11KK02
TIME 0.2500



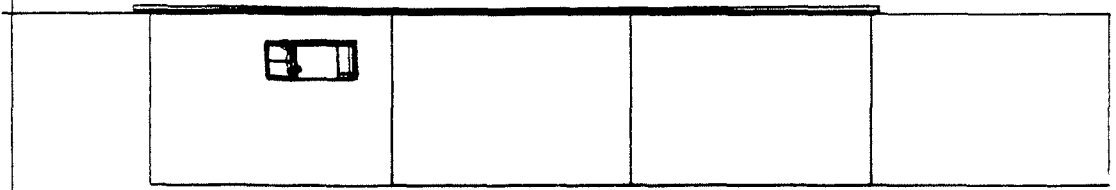
TB11KK02
TIME 0.5000



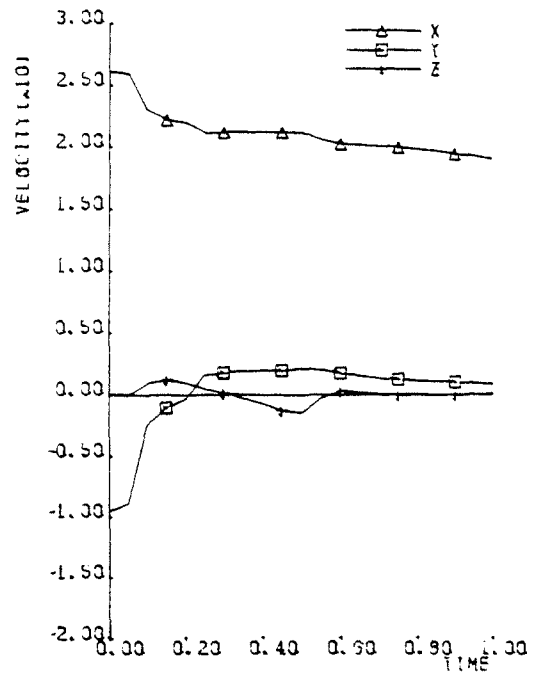
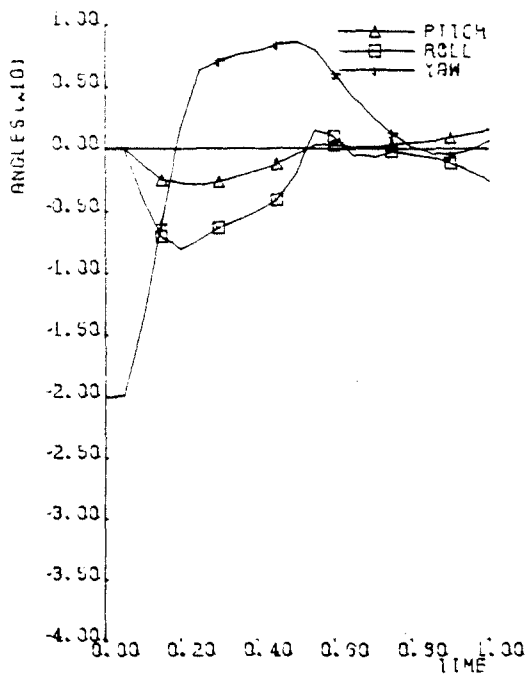
TB11KK02
TIME 0.7500



TB11KK02
TIME 1.0000

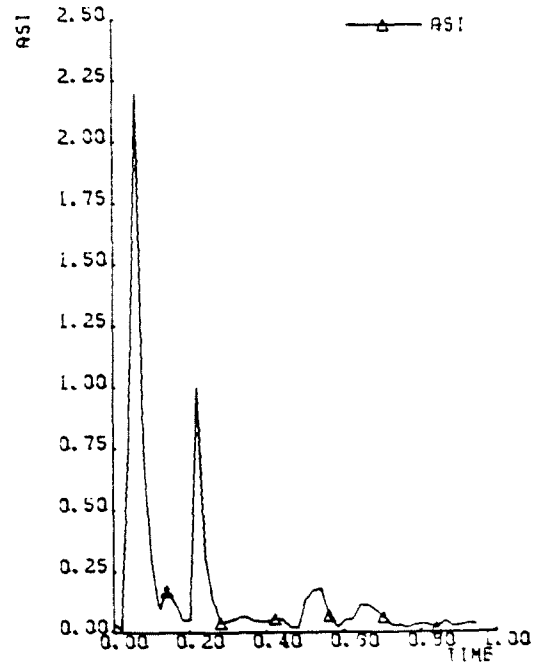
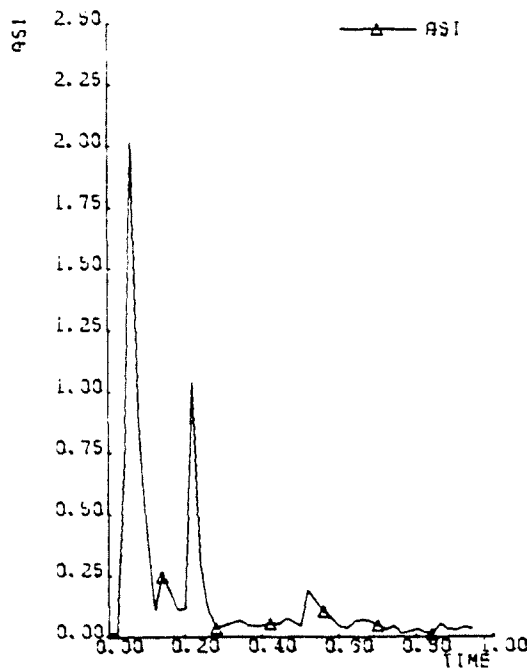


Afbeelding C1. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 2 grd .



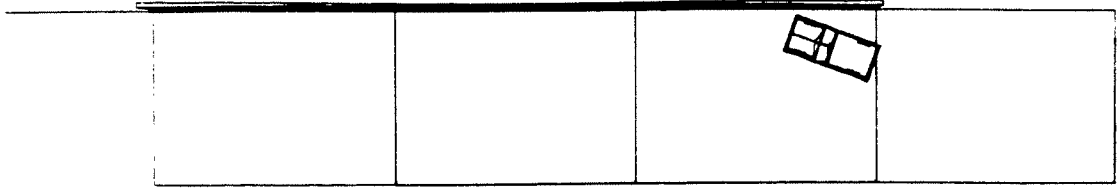
Afbeelding C2. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding C3. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

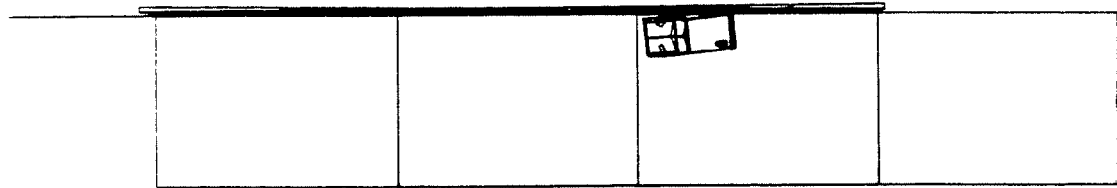


Afbeelding C4. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

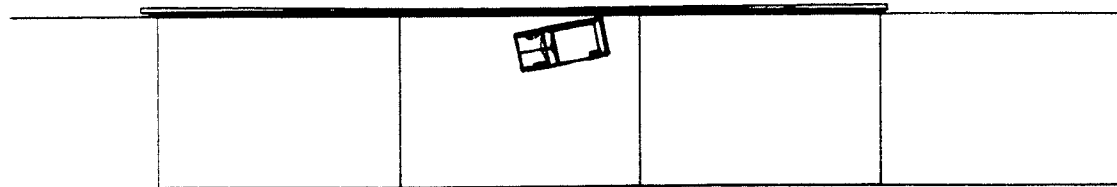
TBIKKOS
TIME 0.0000



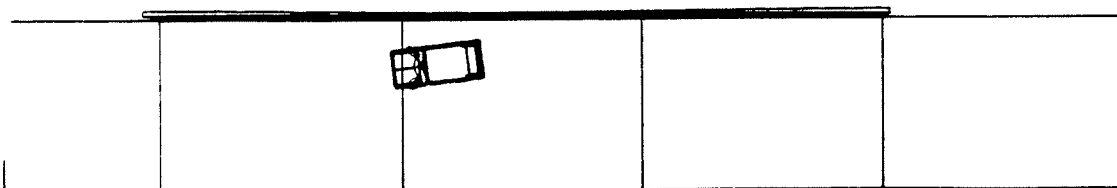
TBIKKOS
TIME 0.2500



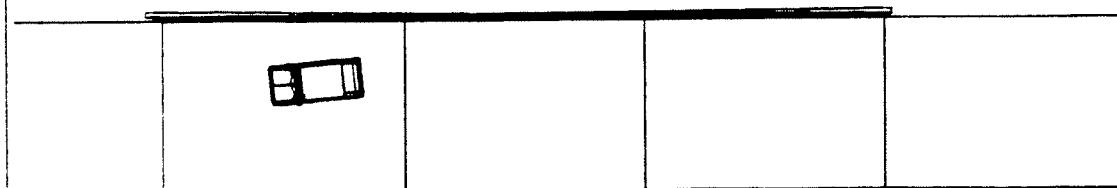
TBIKKOS
TIME 0.5000



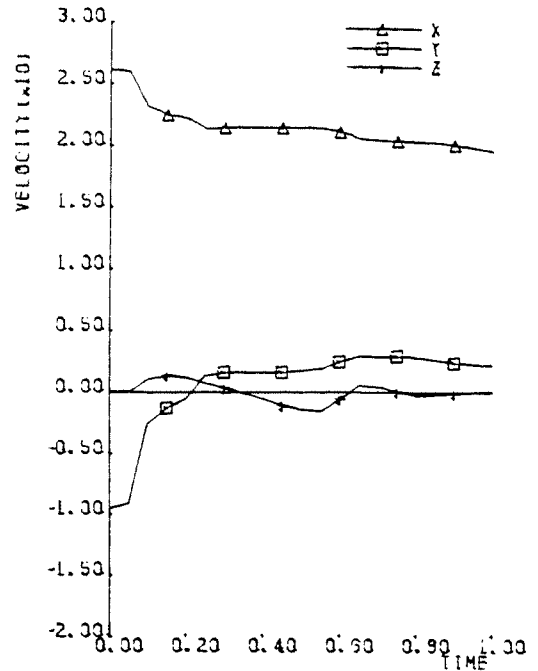
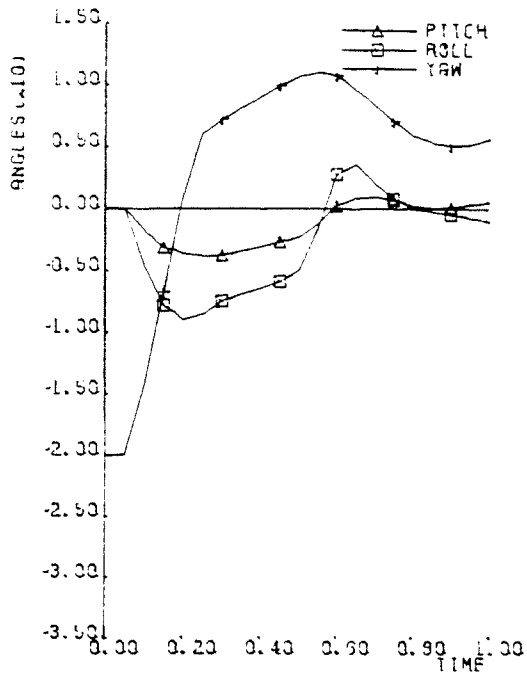
TBIKKOS
TIME 0.7500



TBIKKOS
TIME 1.0000

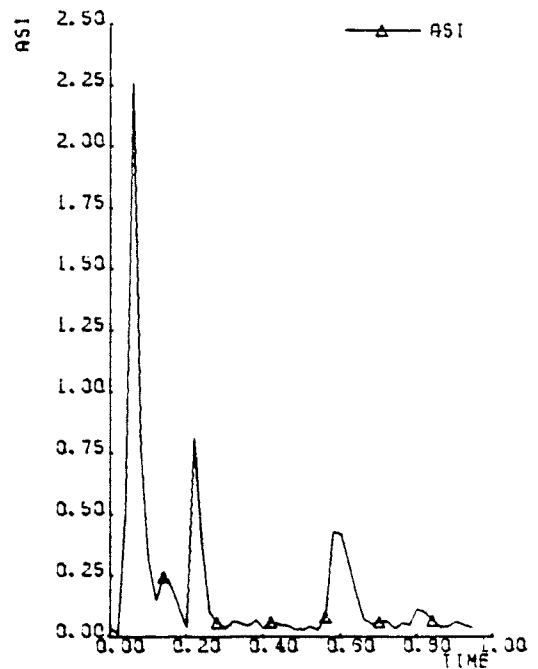
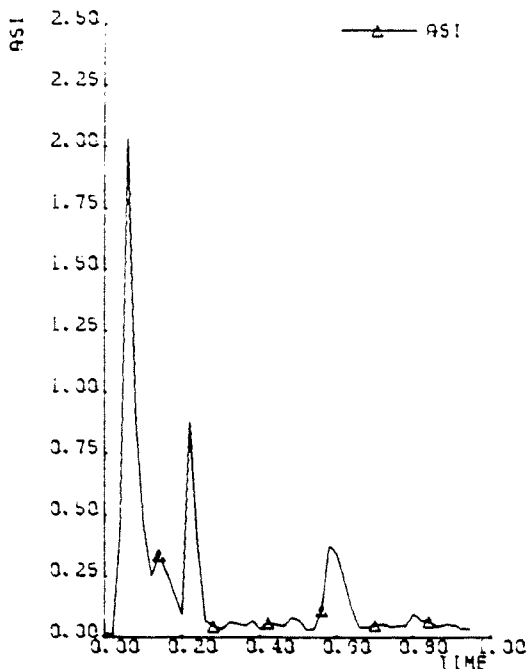


Afbeelding C5. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.



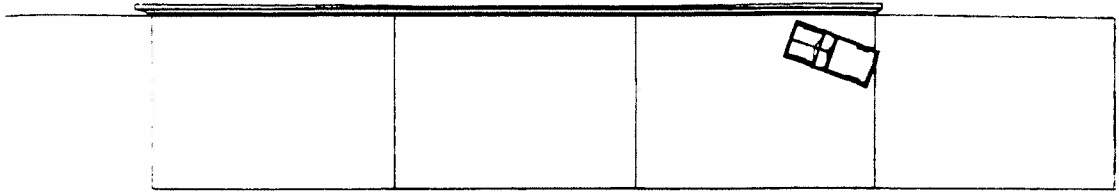
Afbeelding C6. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding C7. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

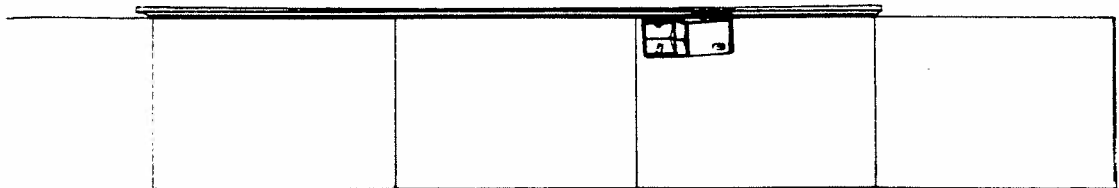


Afbeelding C8. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

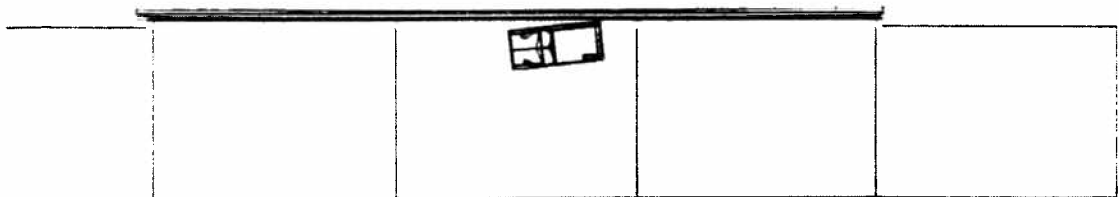
TB11KK11
TIME 0.3000



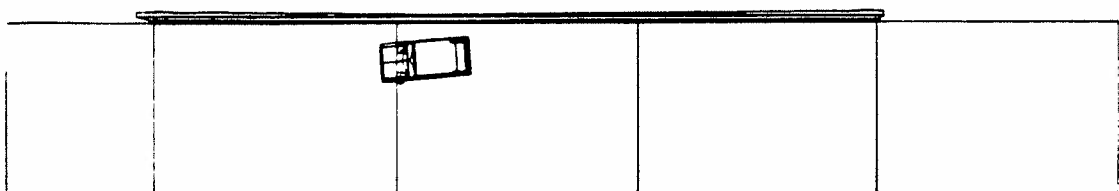
TB11KK11
TIME 0.2500



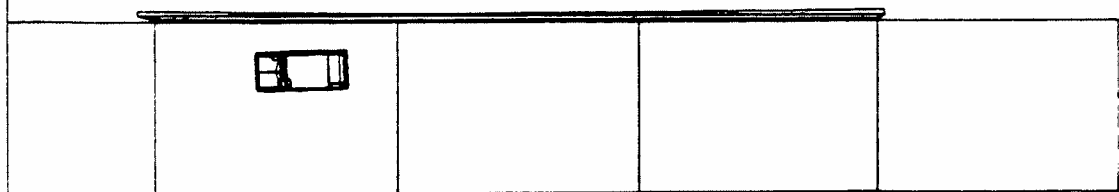
TB11KK11
TIME 0.5000



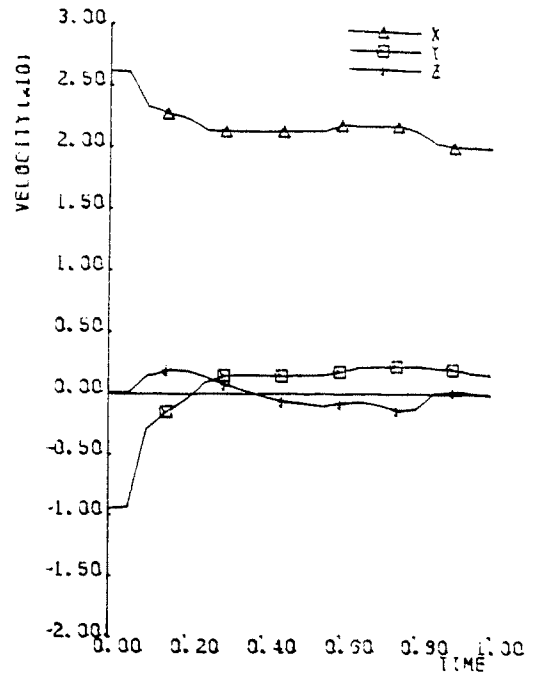
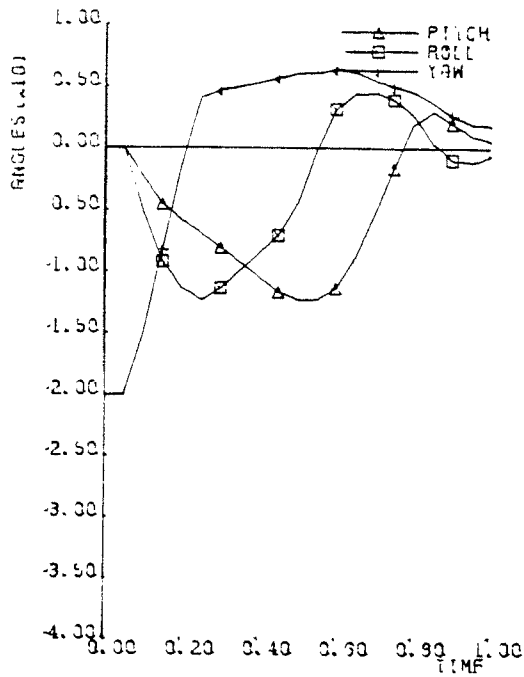
TB11KK11
TIME 0.7500



TB11KK11
TIME 1.0000

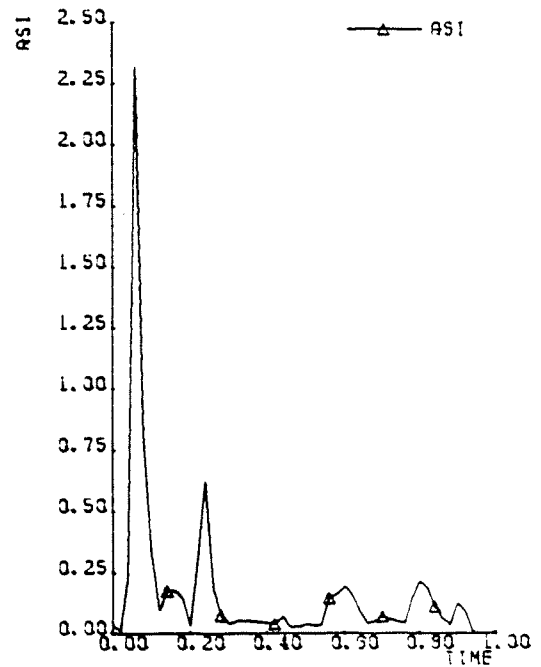
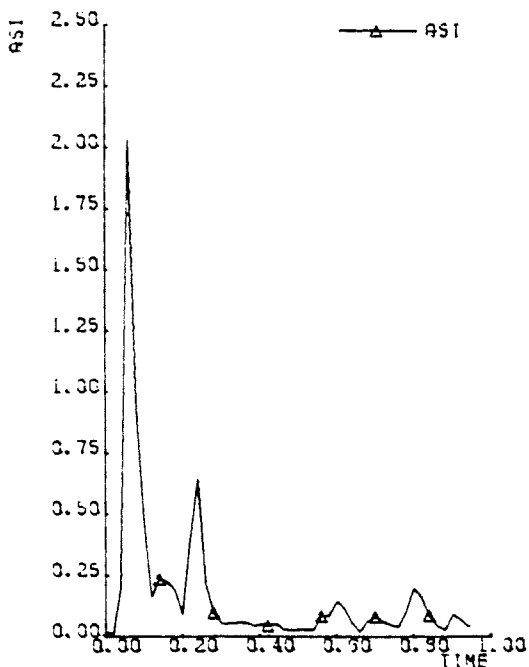


Afbeelding C9. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.*



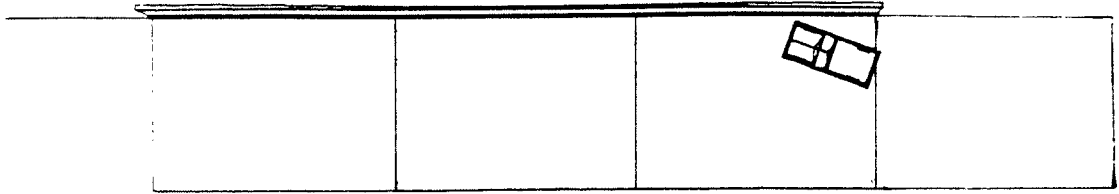
Afbeelding C10. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

Afbeelding C11. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

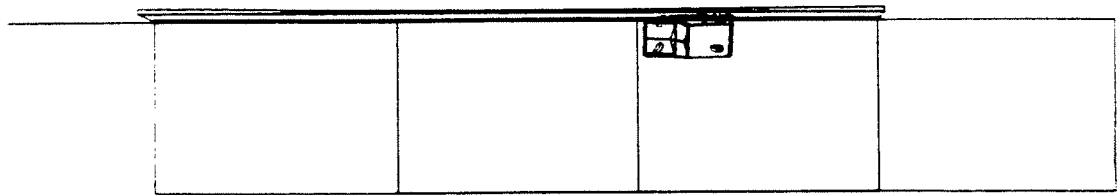


Afbeelding C12. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

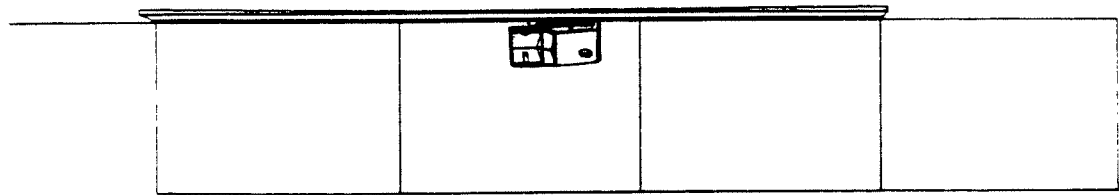
TB.LKK17
TIME 0.0000



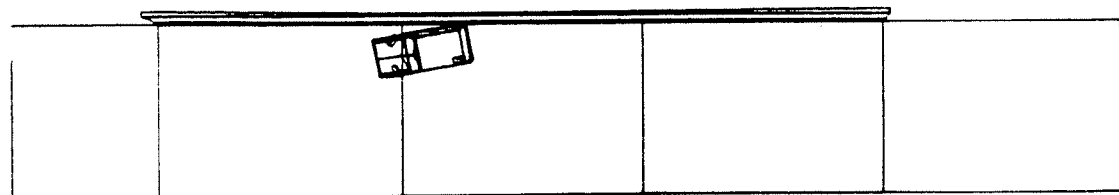
TB.LKK17
TIME 0.2500



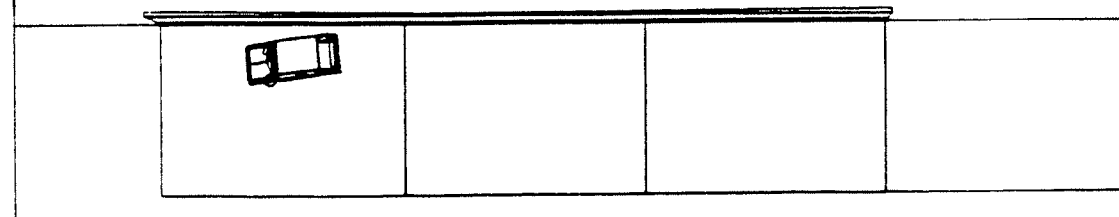
TB.LKK17
TIME 0.5000



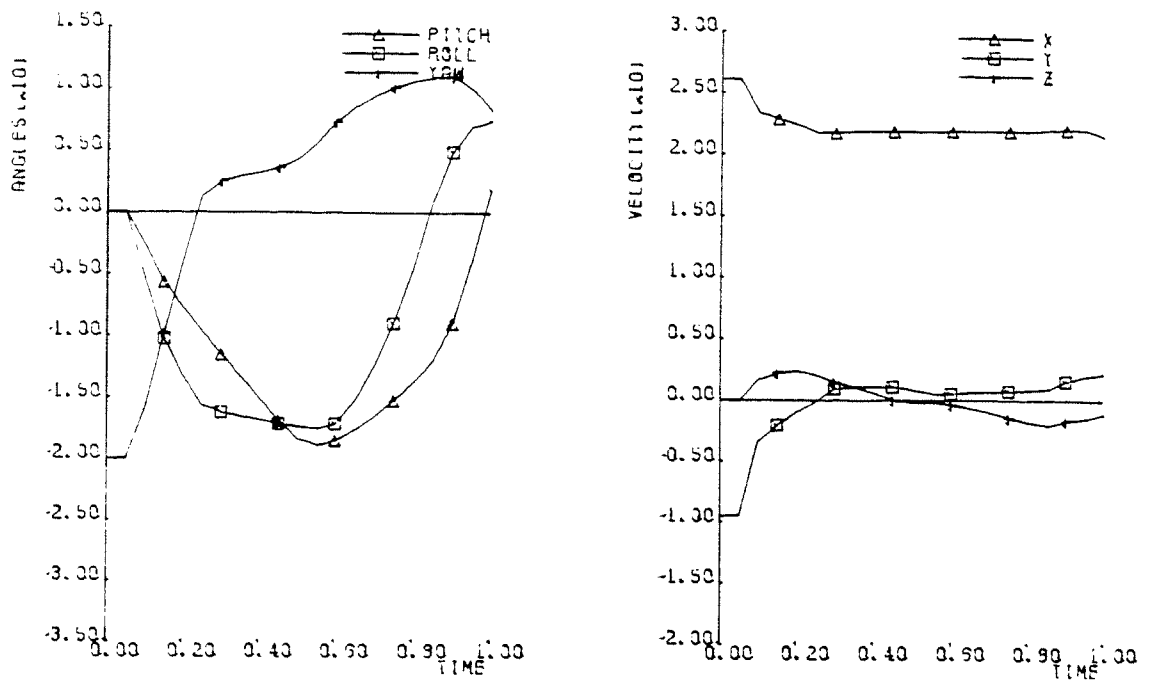
TB.LKK17
TIME 0.7500



TB.LKK17
TIME 1.0000

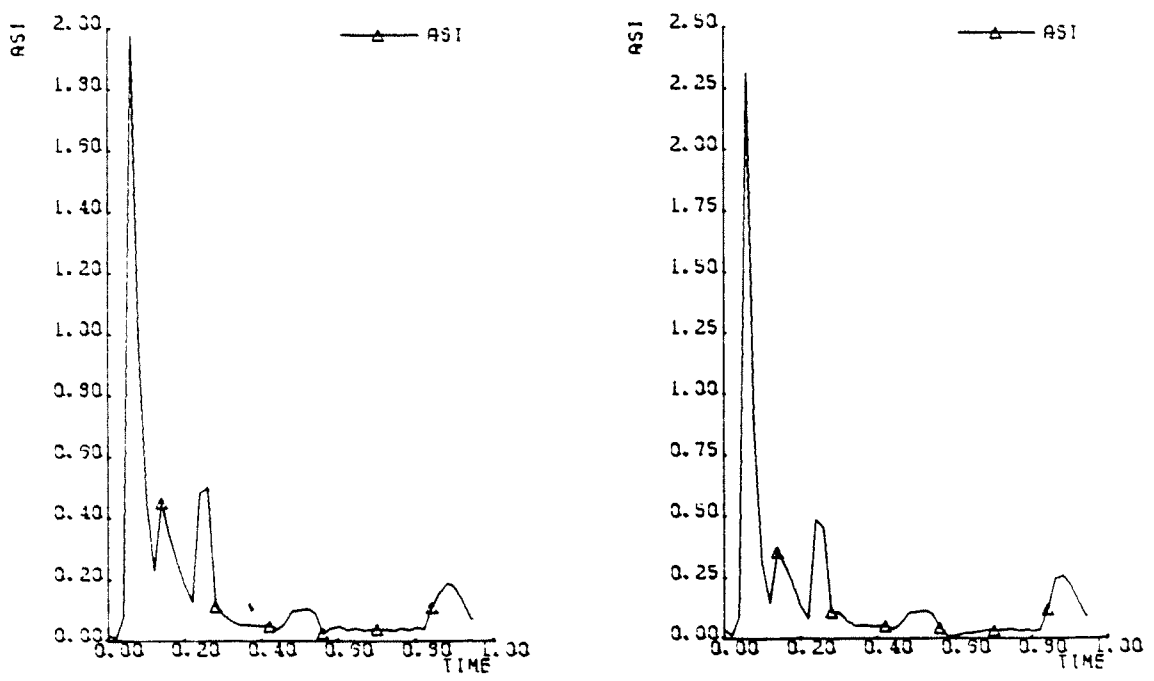


Afbeelding C13. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.



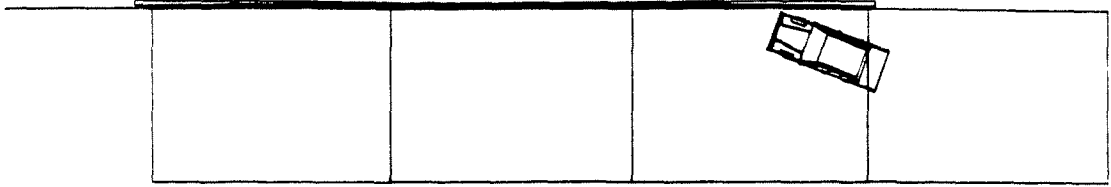
Afbeelding C14. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

Afbeelding C15. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

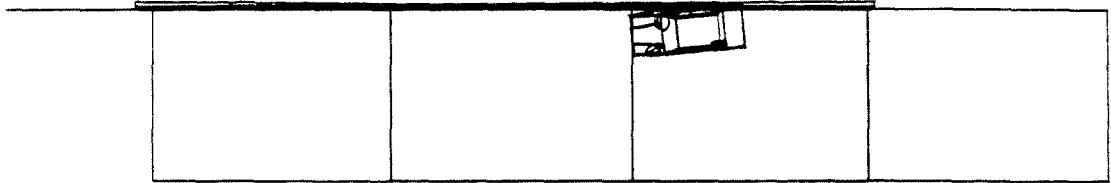


Afbeelding C16. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

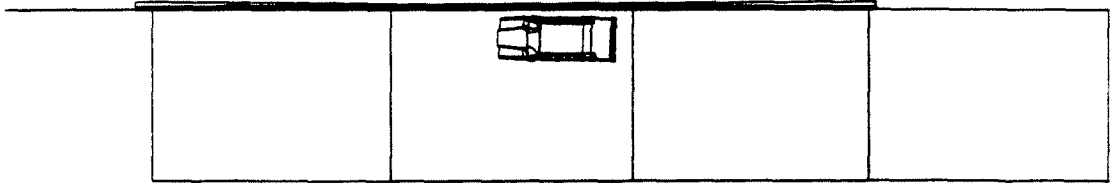
TB32KK02
TIME 0.0000



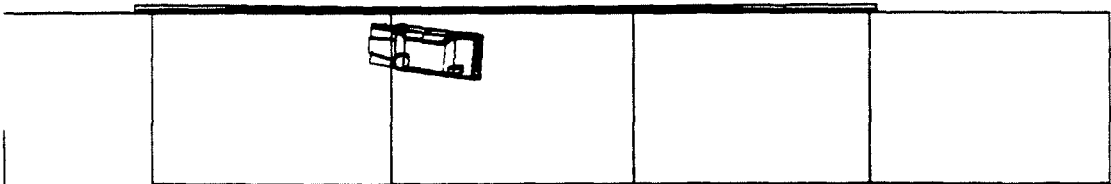
TB32KK02
TIME 0.2500



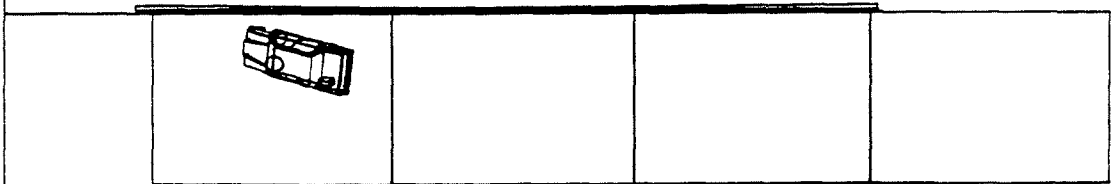
TB32KK02
TIME 0.5000



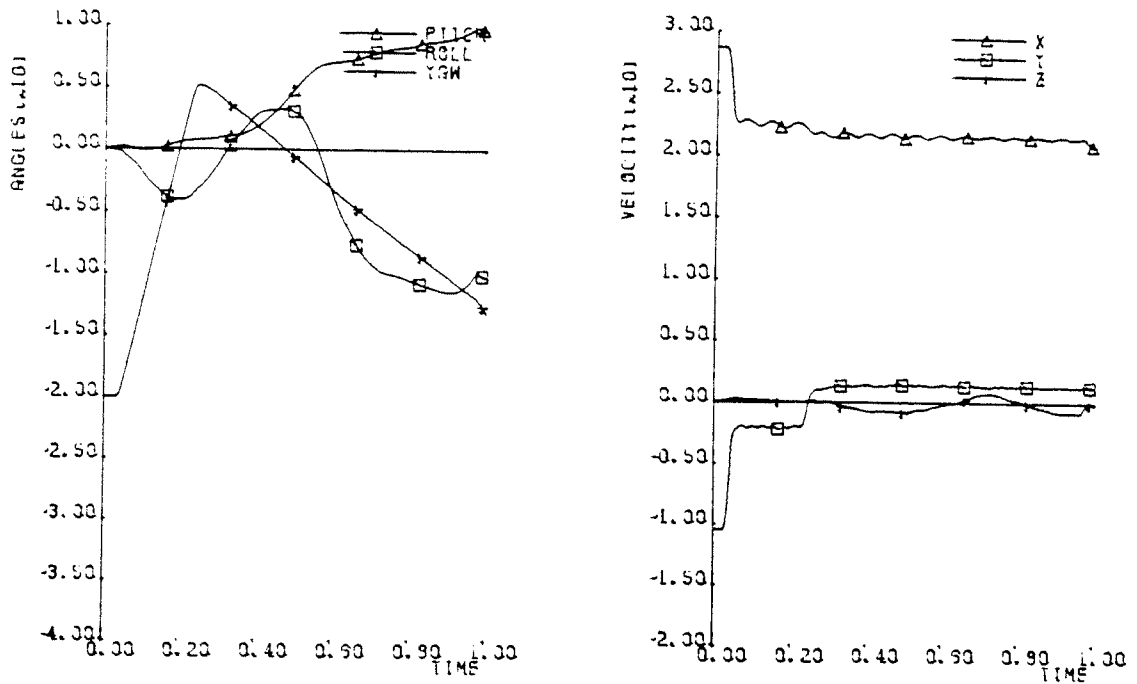
TB32KK02
TIME 0.7500



TB32KK02
TIME 1.0000

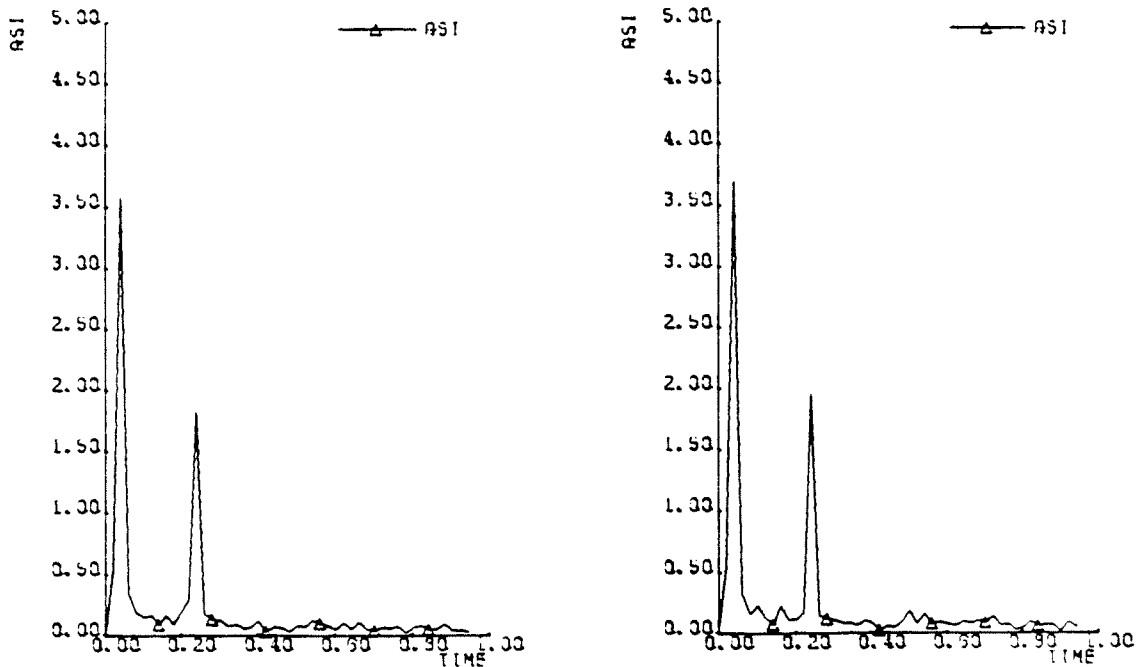


Afbeelding C17. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.



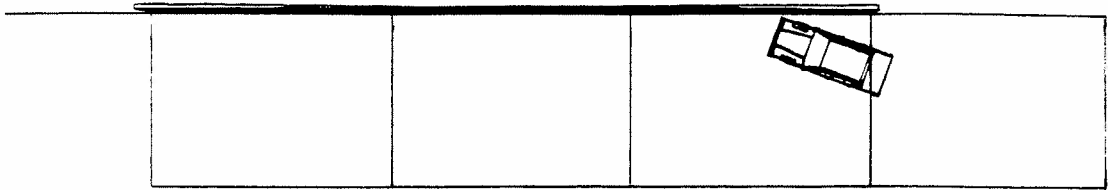
Afbeelding C18. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding C19. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

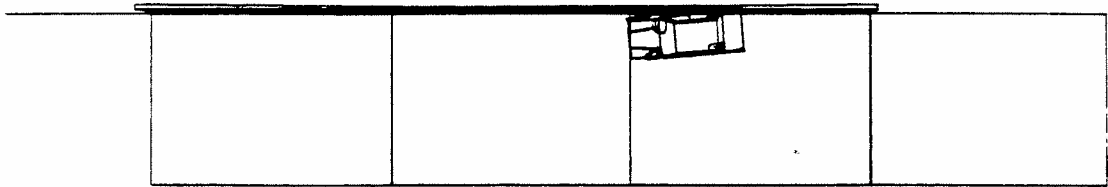


Afbeelding C20. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

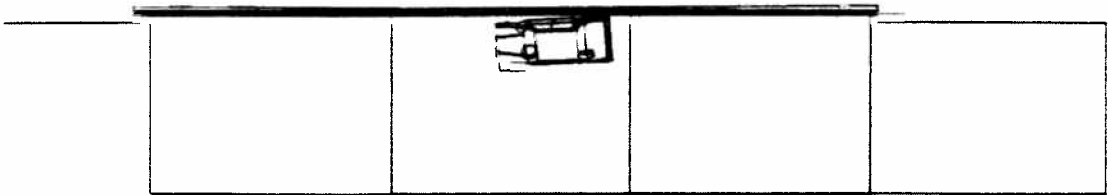
TB32KK06
TIME 0.3000



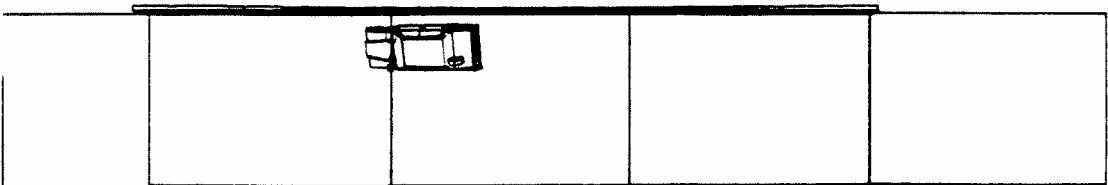
TB32KK06
TIME 0.2500



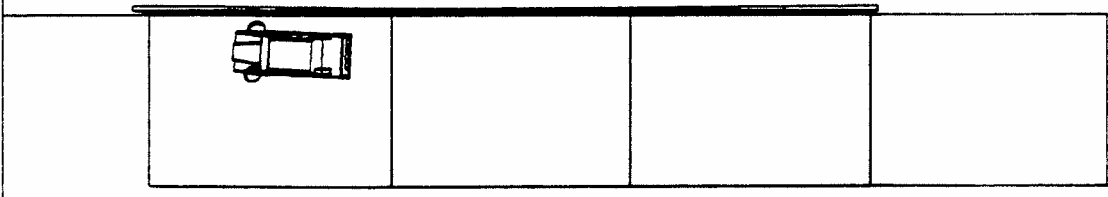
TB32KK06
TIME 0.5000



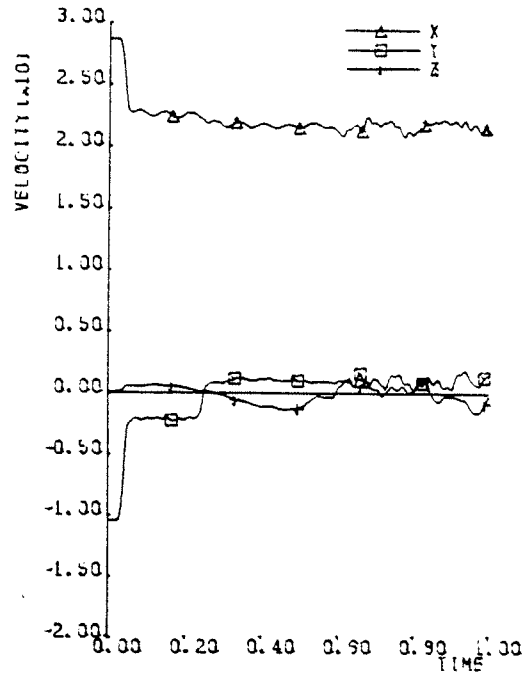
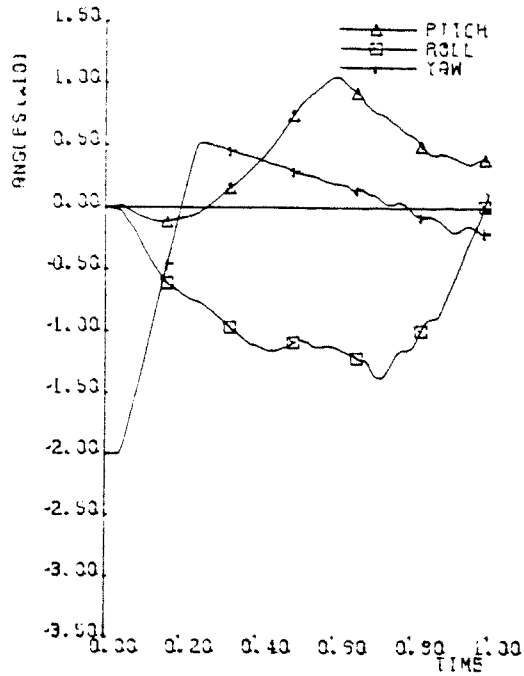
TB32KK06
TIME 0.7500



TB32KK06
TIME 1.0000

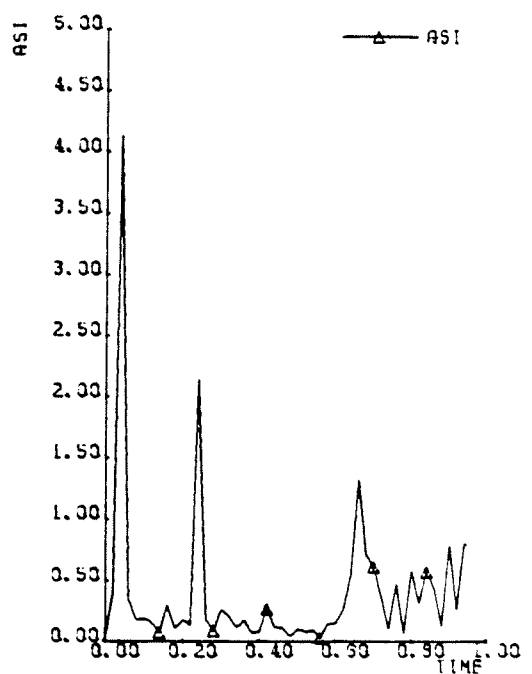
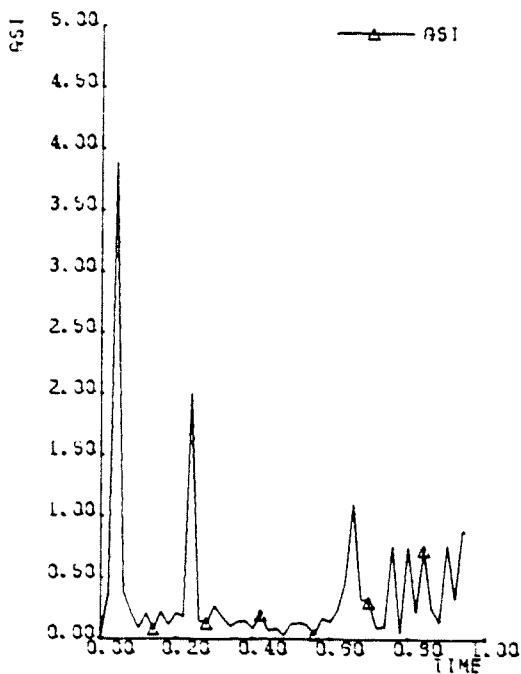


Afbeelding C21. *Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10\text{ cm}$ en $H = 25\text{ cm}$), hellingshoek 6 grad .*



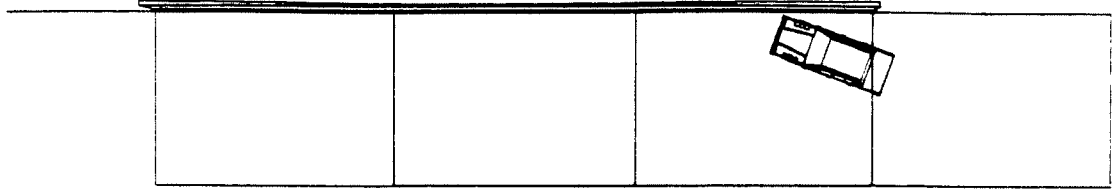
Afbeelding C22. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding C23. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

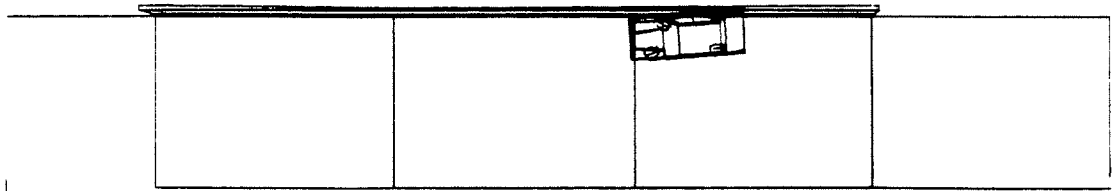


Afbeelding C24. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

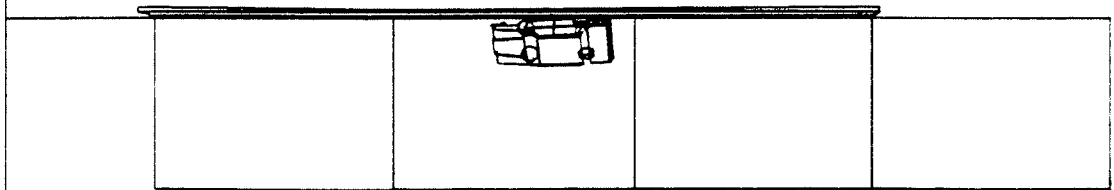
TB32KK11
TIME 0.0000



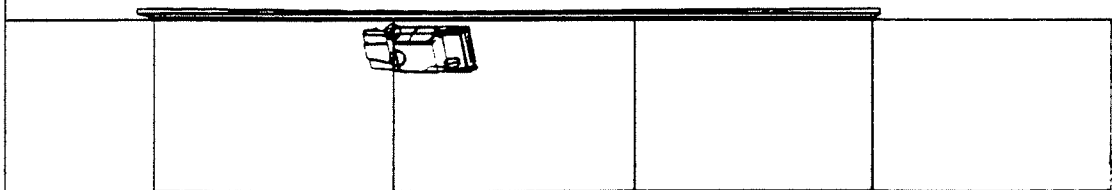
TB32KK11
TIME 0.2500



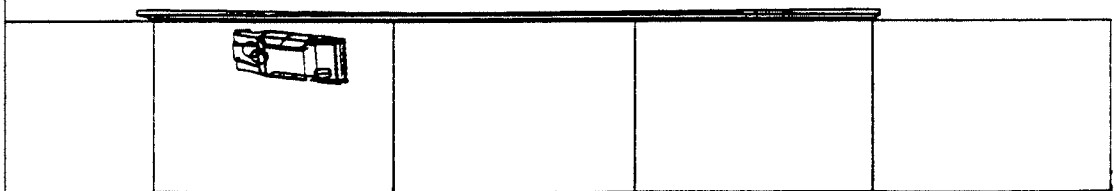
TB32KK11
TIME 0.5000



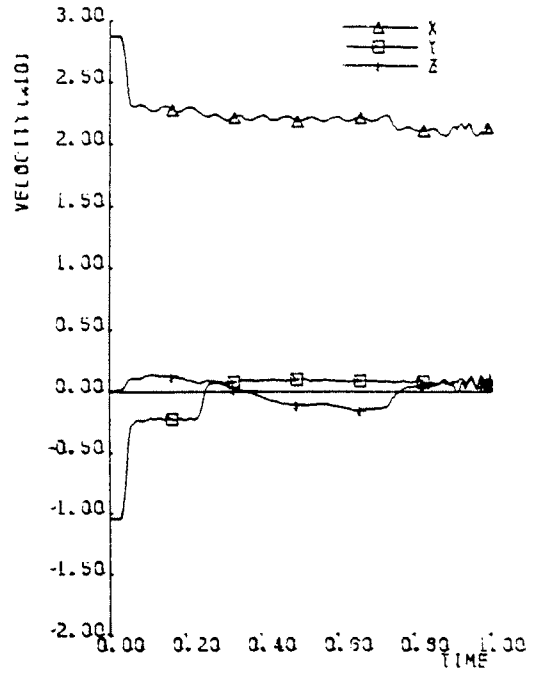
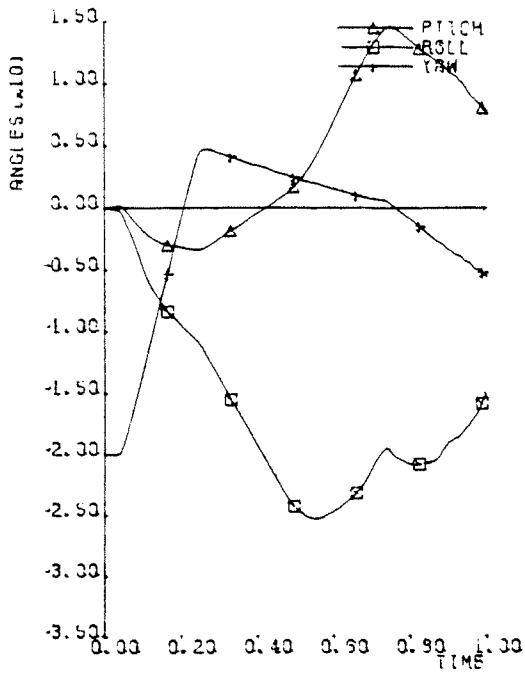
TB32KK11
TIME 0.7500



TB32KK11
TIME 1.0000

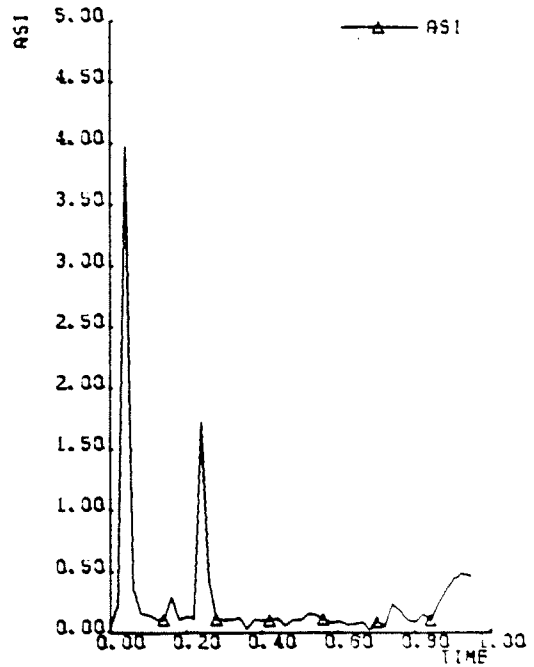
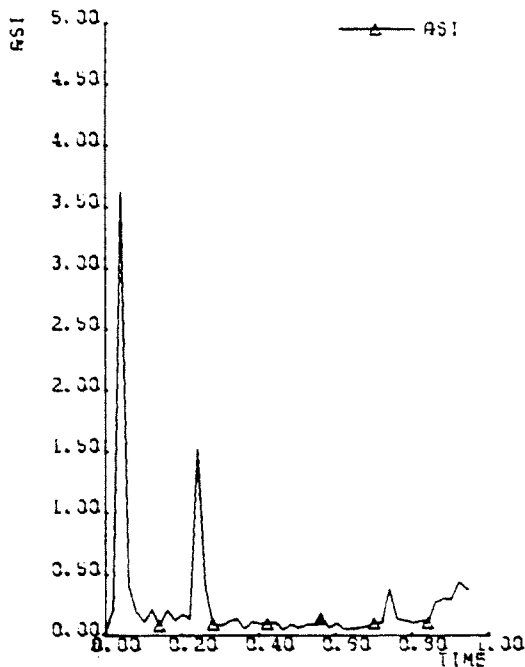


Afbeelding C25. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.



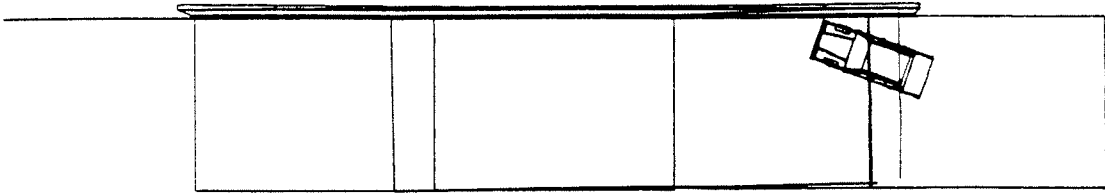
Afbeelding C26. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

Afbeelding C27. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

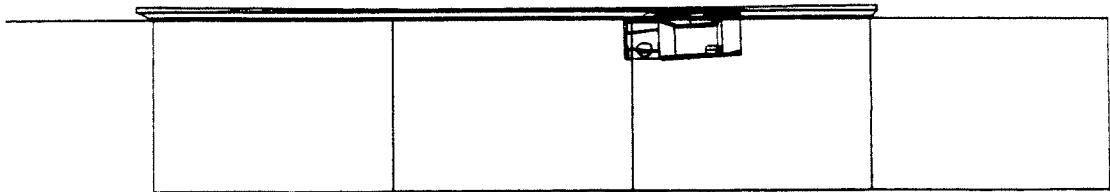


Afbeelding C28. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

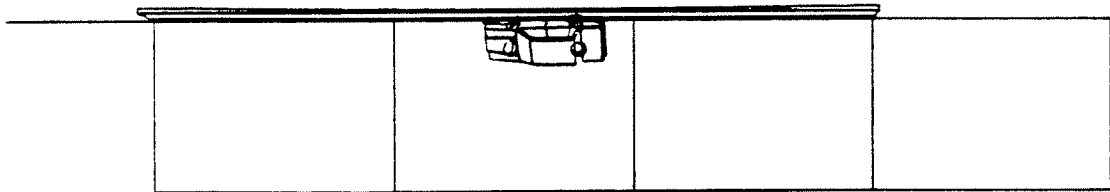
TB32KK17
TIME 0.0000



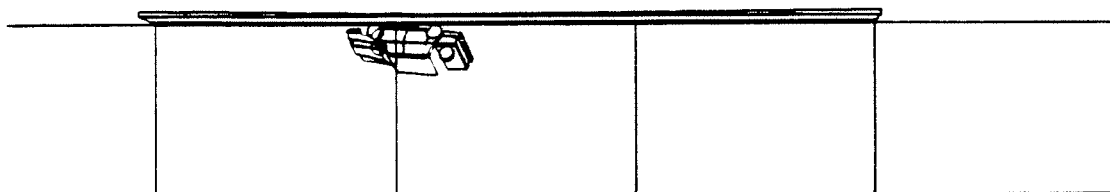
TB32KK17
TIME 0.2500



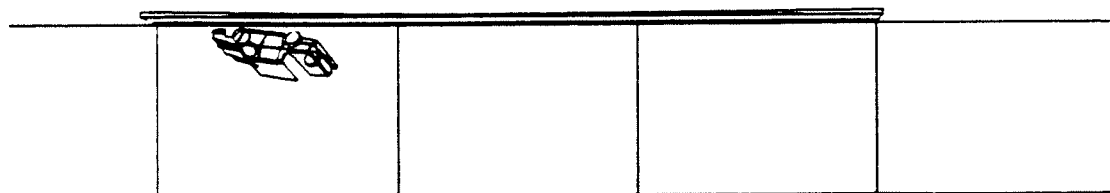
TB32KK17
TIME 0.5000



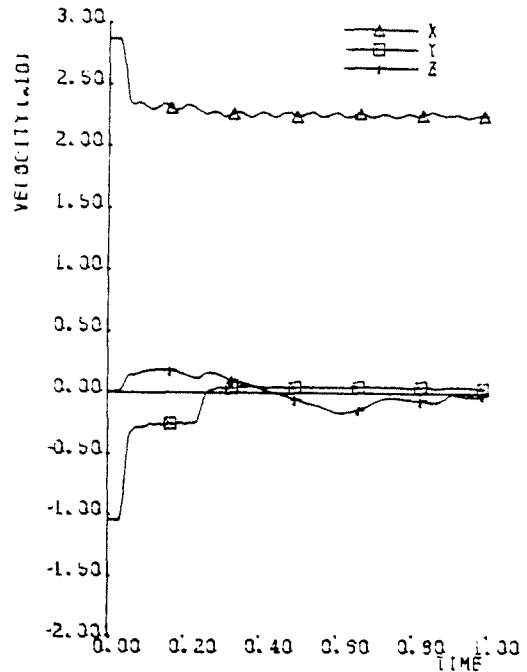
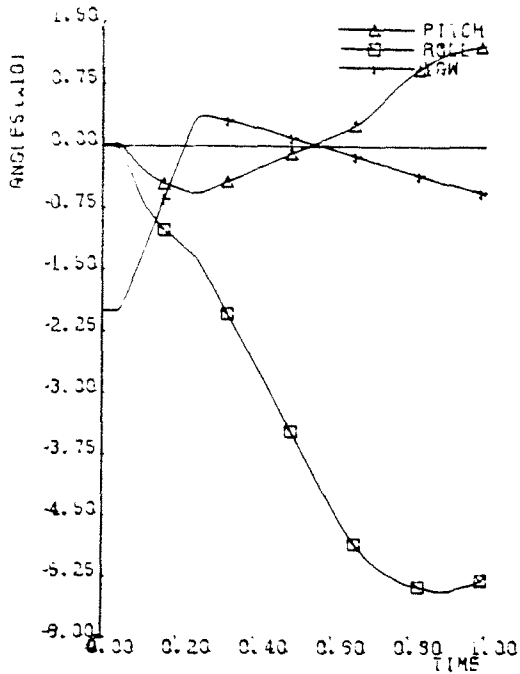
TB32KK17
TIME 0.7500



TB32KK17
TIME 1.0000

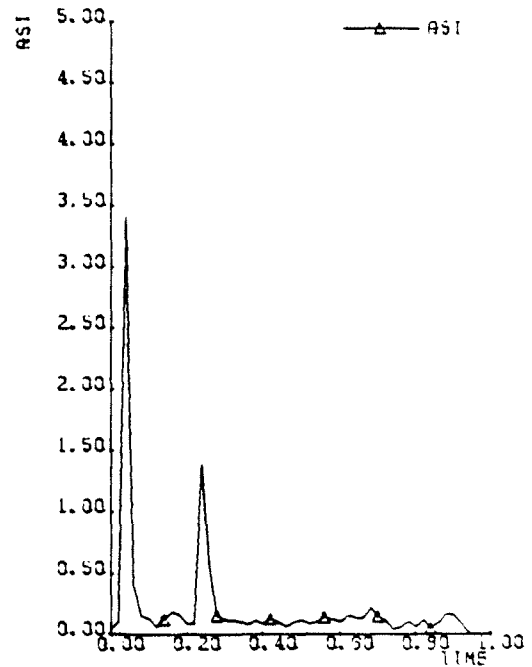
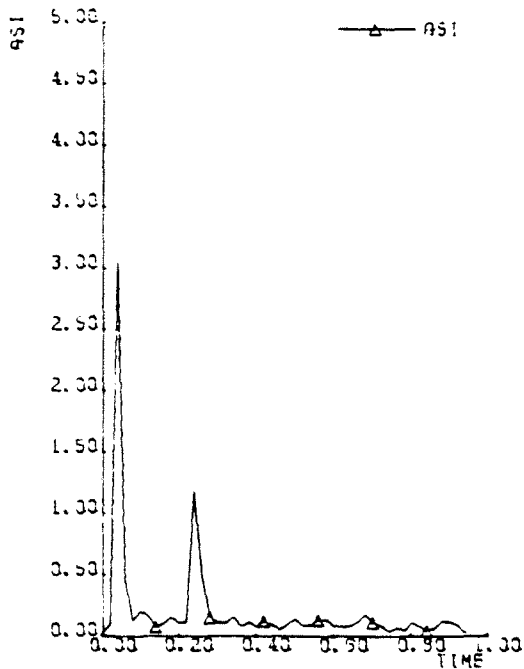


Afbeelding C29. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10\text{ cm}$ en $H = 25\text{ cm}$), hellingshoek 17 grad .



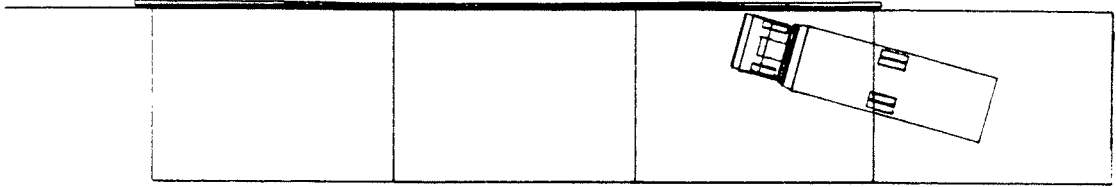
Afbeelding C30. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

Afbeelding C31. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

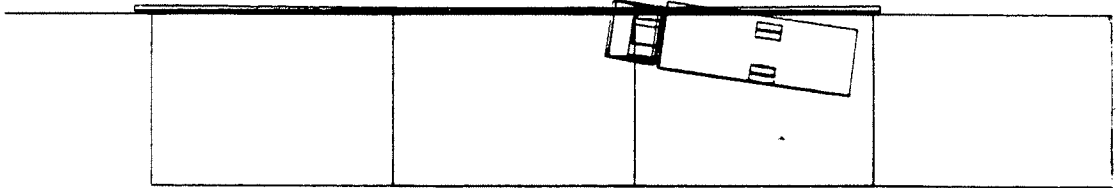


Afbeelding C32. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

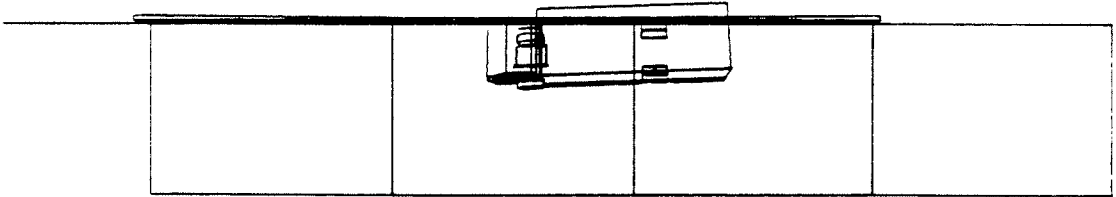
TB01KK02
TIME 0.0000



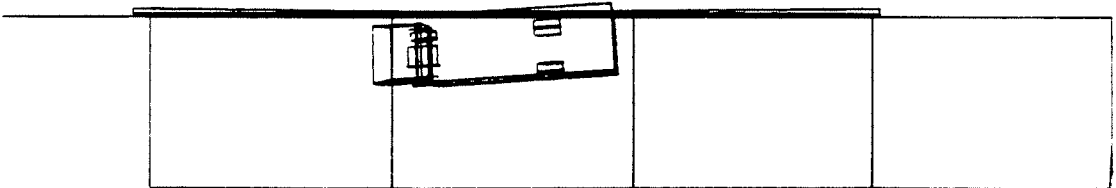
TB01KK02
TIME 0.2500



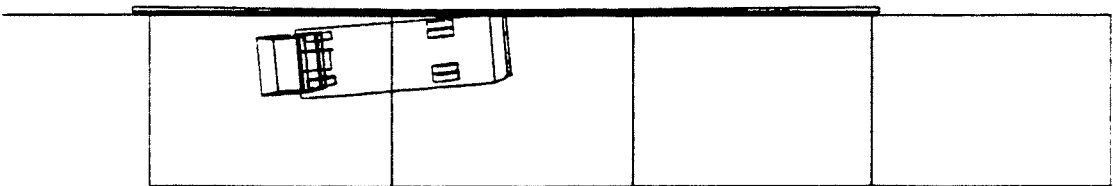
TB01KK02
TIME 0.5000



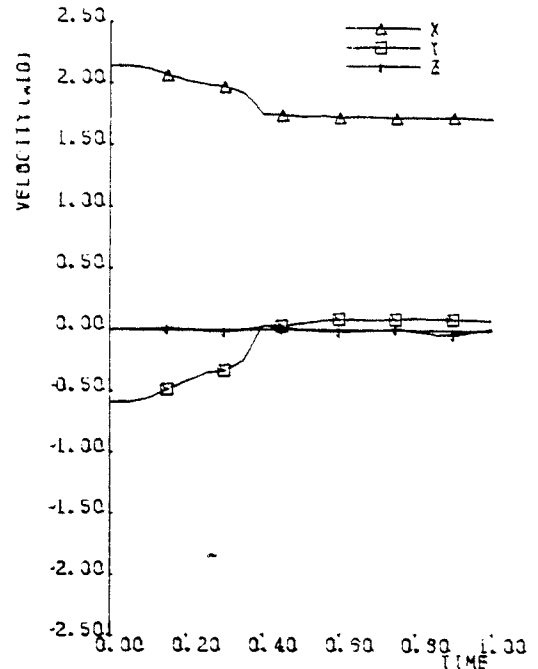
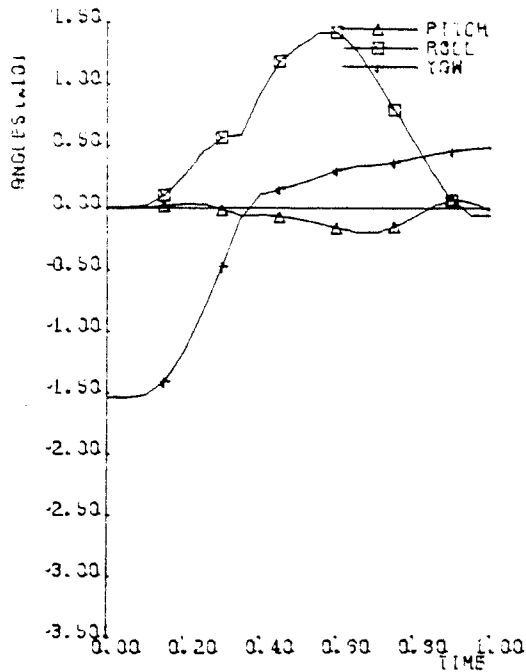
TB01KK02
TIME 0.7500



TB01KK02
TIME 1.0000

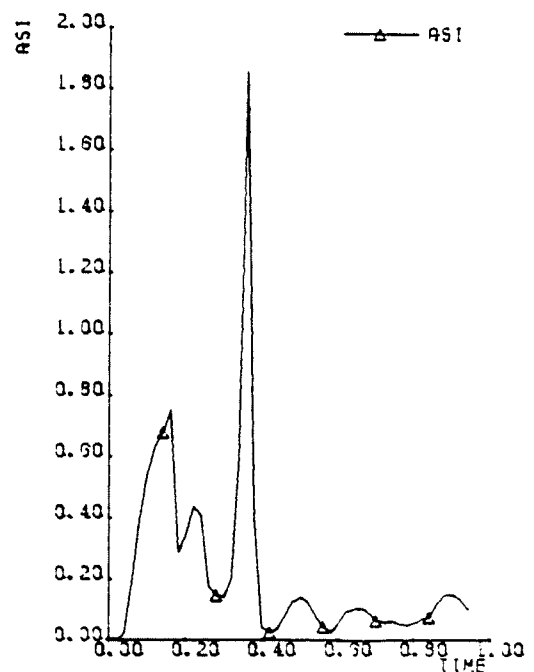
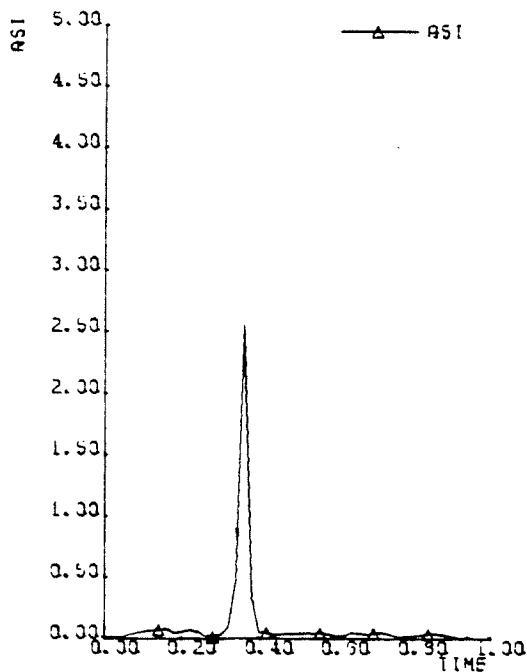


Afbeelding C33. Overzicht aanrijding vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grd.



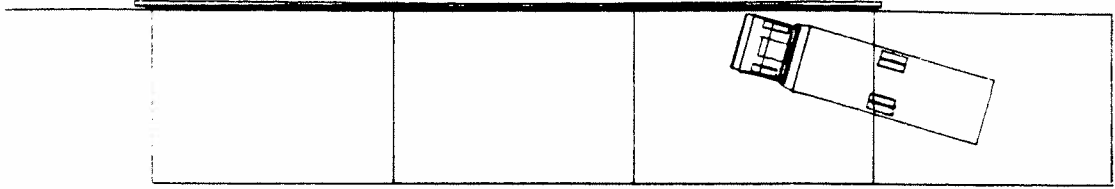
Afbeelding C34. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

Afbeelding C35. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad.

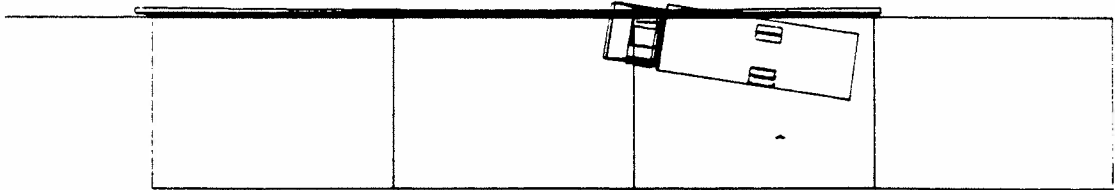


Afbeelding C36. ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.

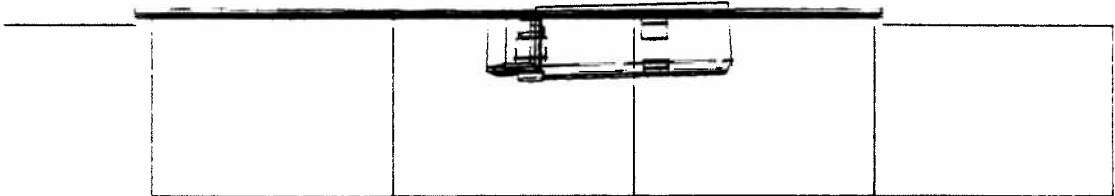
TBSIKKOS
TIME 0.3000



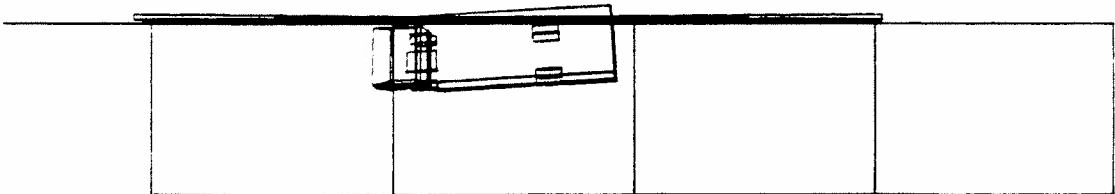
TBSIKKOS
TIME 0.2500



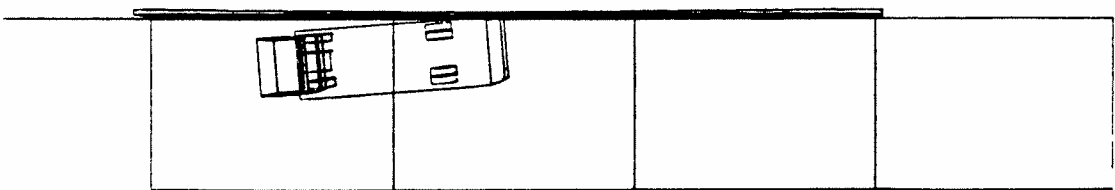
TBSIKKOS
TIME 0.5000



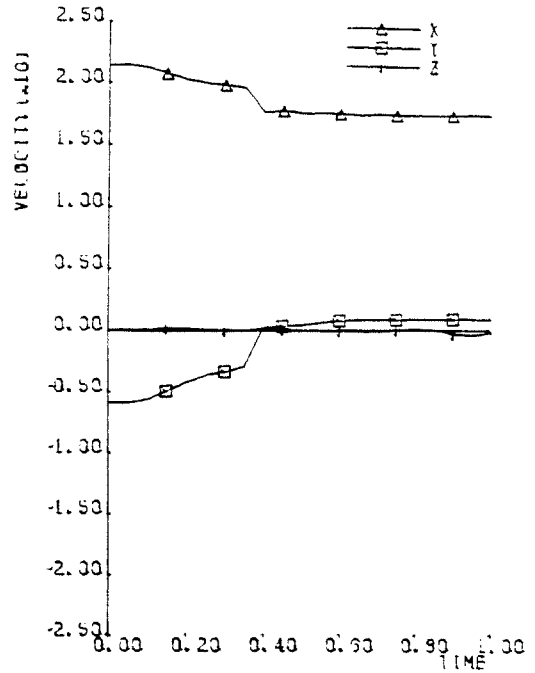
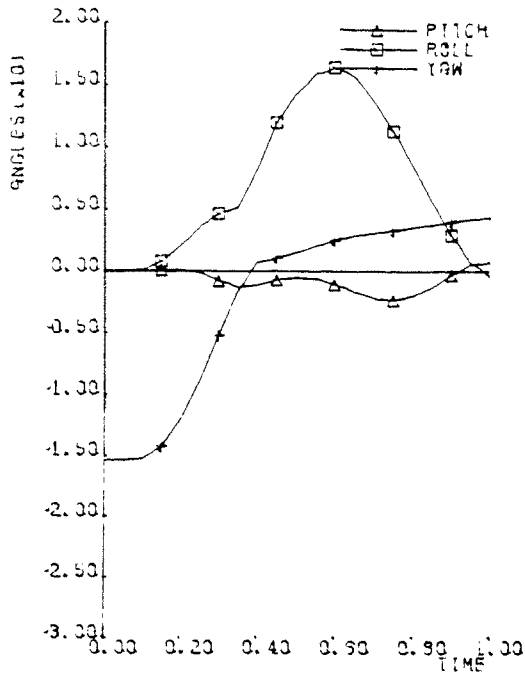
TBSIKKOS
TIME 0.7500



TBSIKKOS
TIME 1.0000

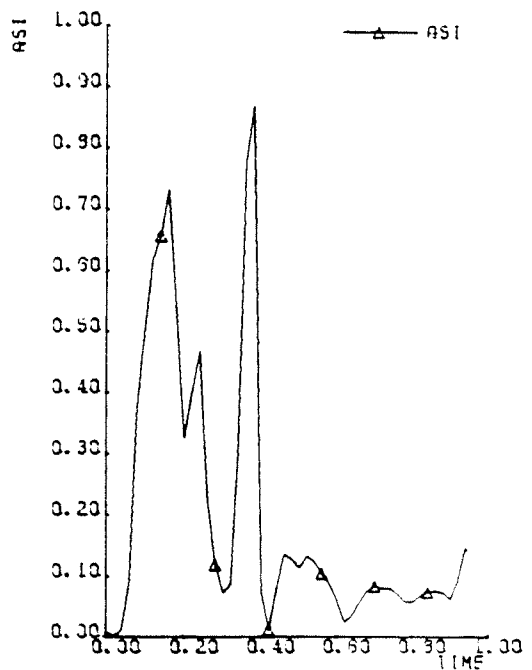
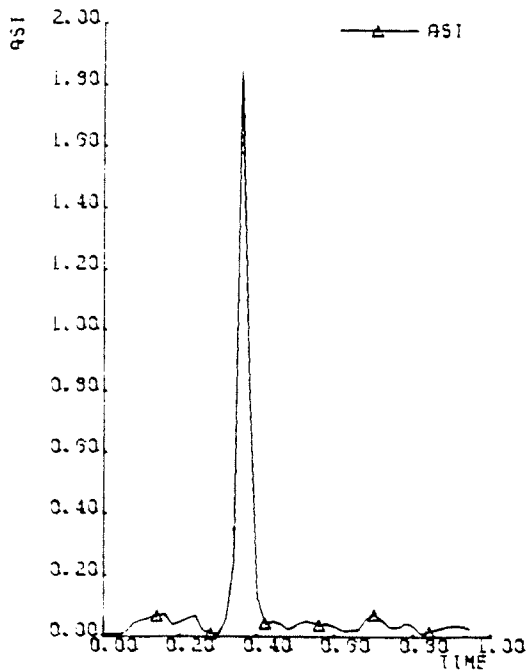


Afbeelding C37. Overzicht aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.



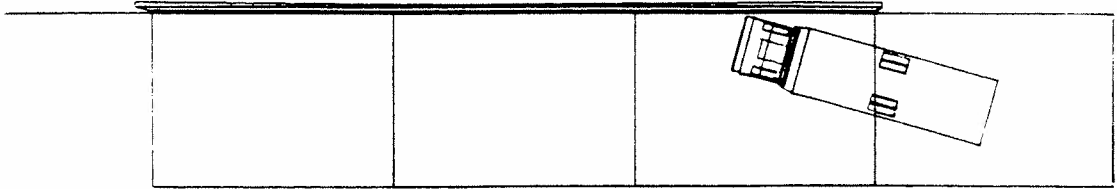
Afbeelding C38. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

Afbeelding C39. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 6 grad.

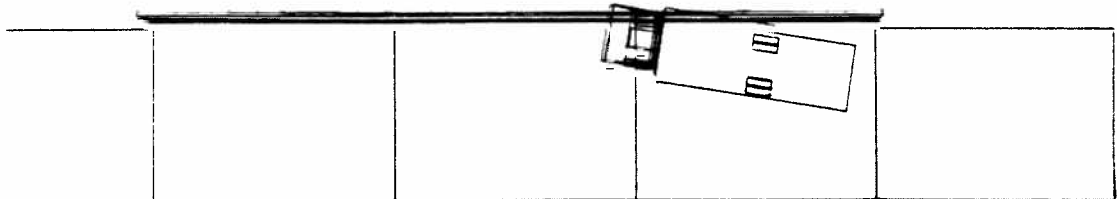


Afbeelding C40. ASI-waarden van zwaartepunten vrachtauto 16 ton en bestuurder.

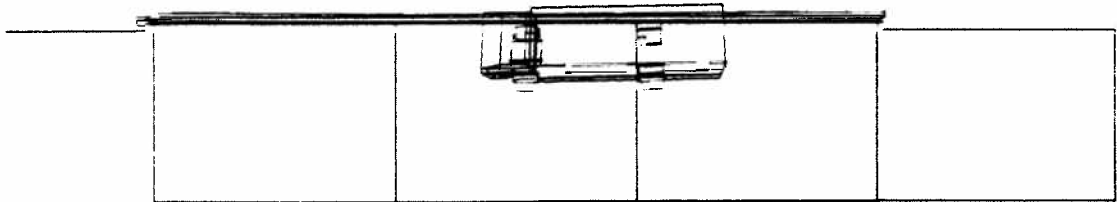
TBOIKKLL
TIME 0.0000



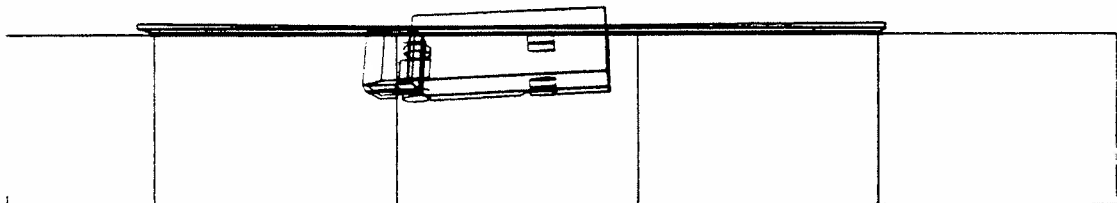
TBOIKKLL
TIME 0.2500



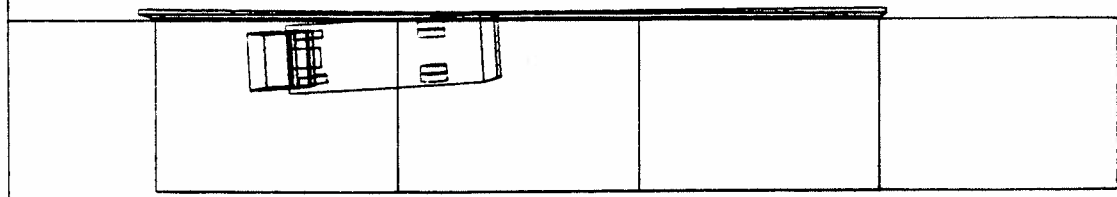
TBOIKKLL
TIME 0.5000



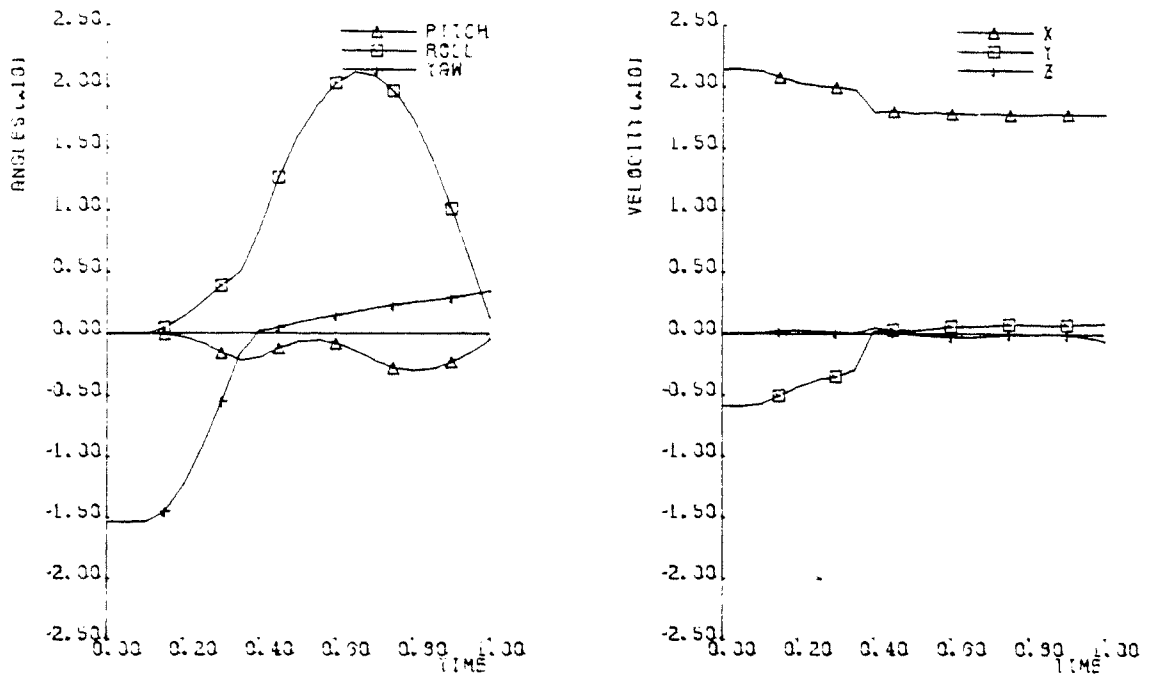
TBOIKKLL
TIME 0.7500



TBOIKKLL
TIME 1.0000

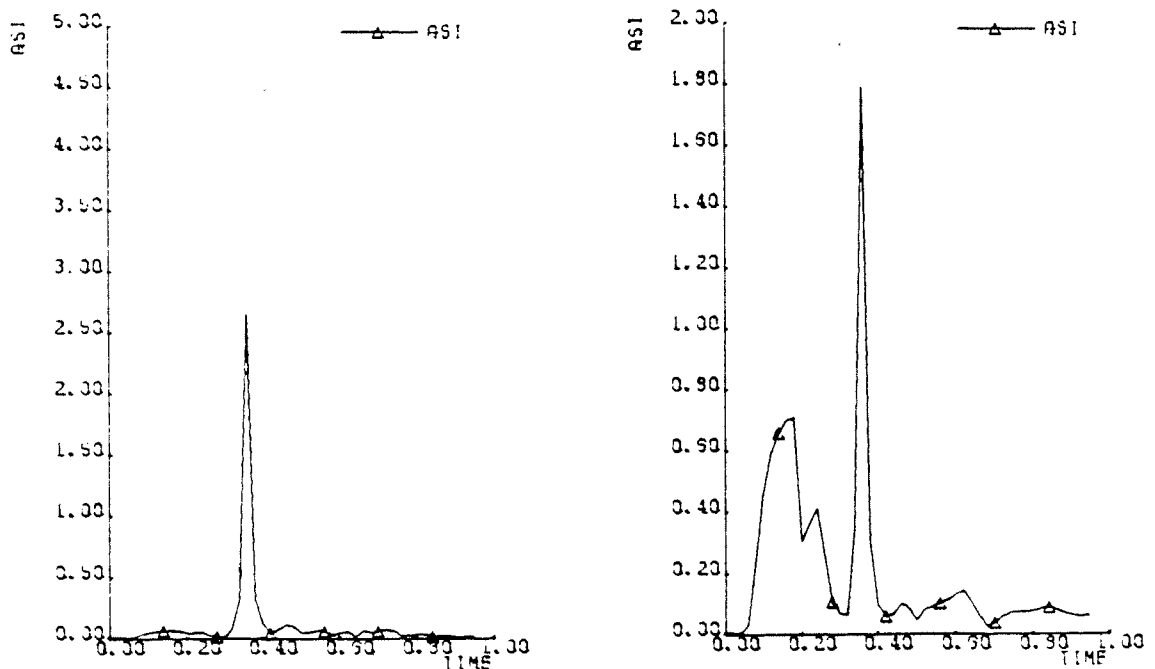


Afbeelding C41. Overzicht aanrijding vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap
($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.



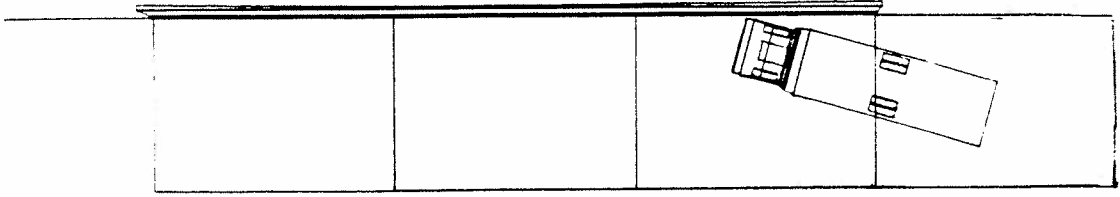
Afbeelding C42. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

Afbeelding C43. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 11 grad.

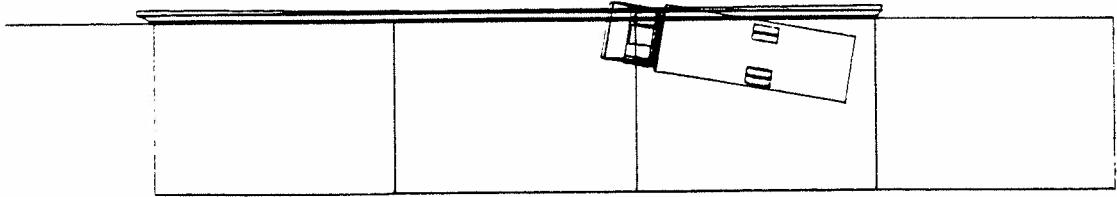


Afbeelding C44. ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.

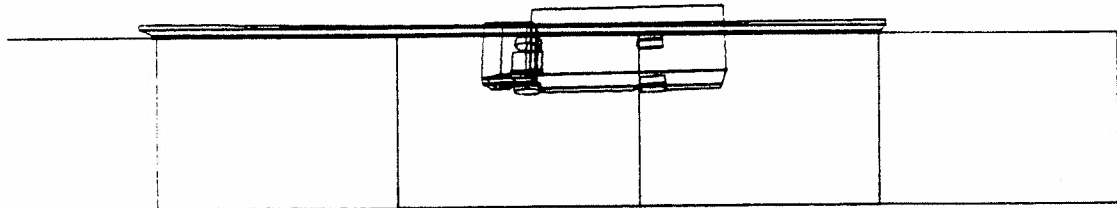
IB01KK17
TIME 0.3000



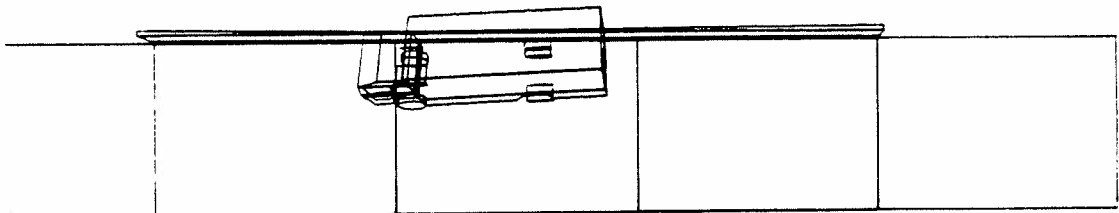
IB01KK17
TIME 0.2500



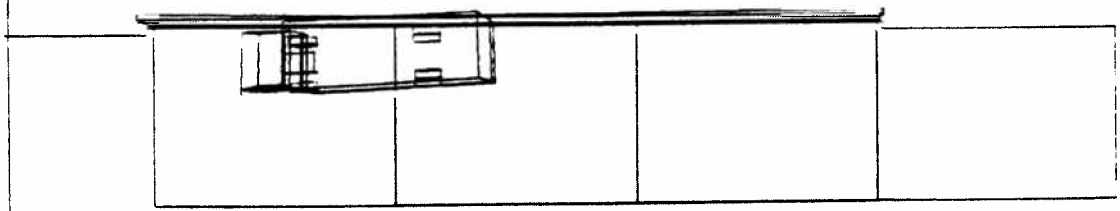
IB01KK17
TIME 0.5000



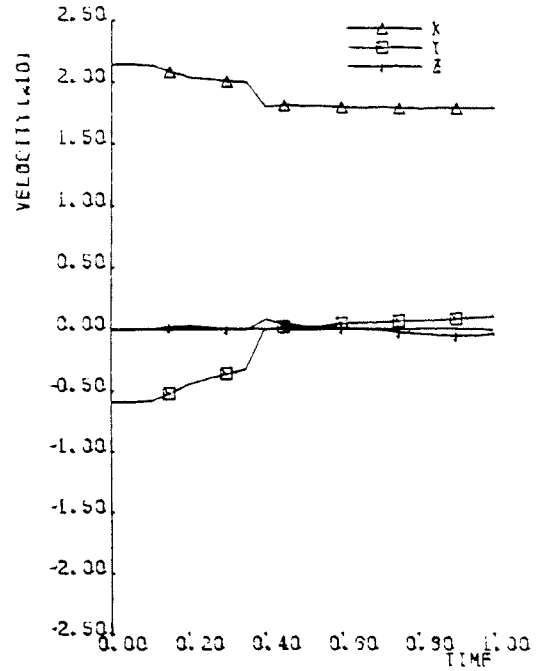
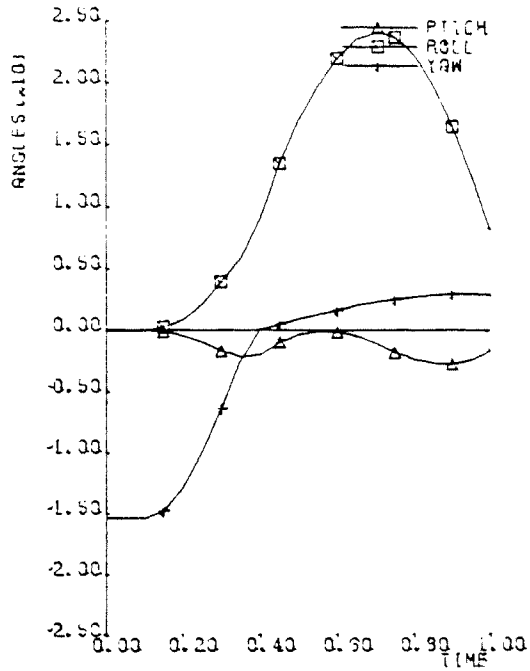
IB01KK17
TIME 0.7500



IB01KK17
TIME 1.0000

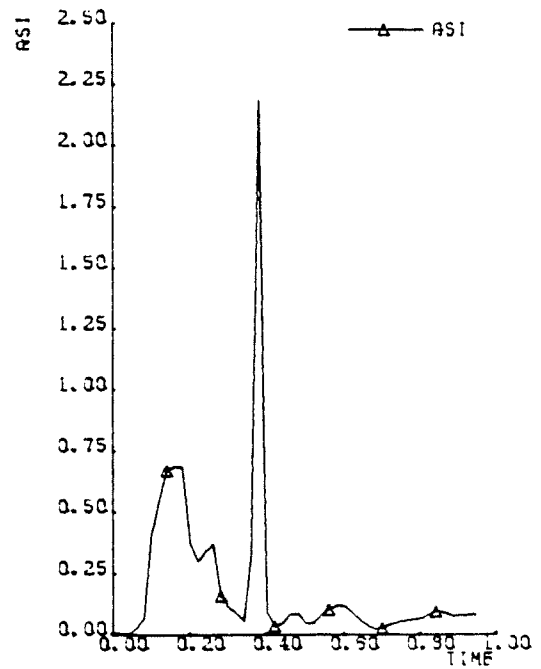
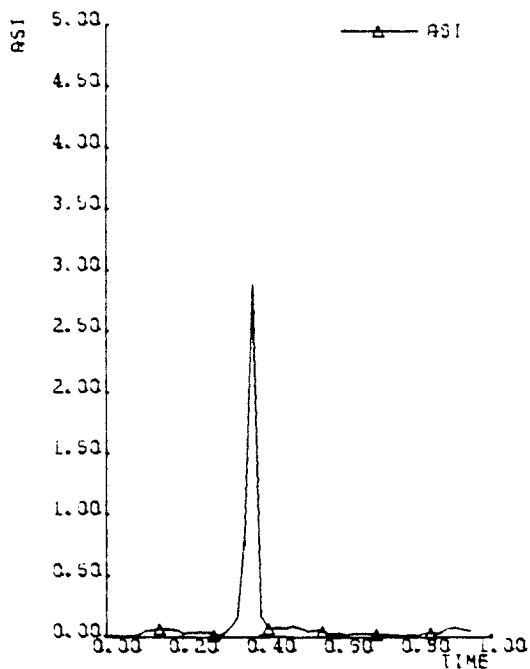


Afbeelding C45. Overzicht aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.



Afbeelding C46. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.

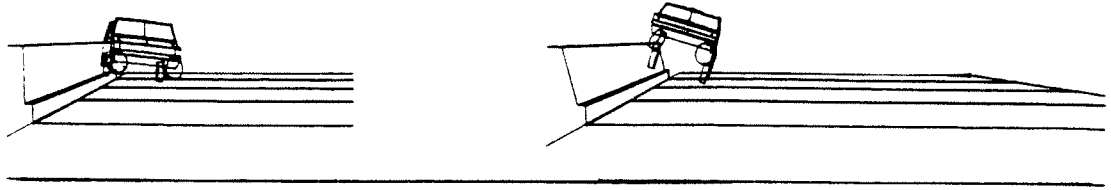
Afbeelding C47. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap ($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 17 grad.



Afbeelding C48. ASI-waarden van zwaartepunten van vrachtauto 16 ton en bestuurder.

TB11KK02 34:20
TIME 0.30

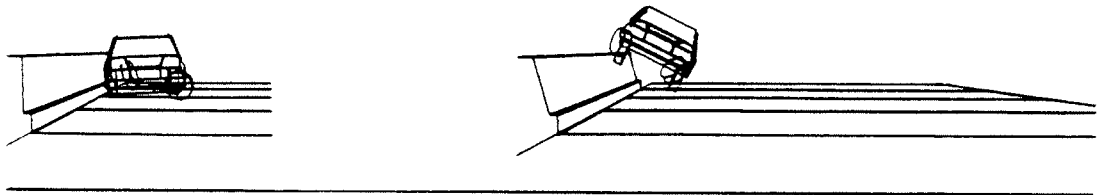
TB11KK17 9:42:08
TIME 0.30



Afbeelding C49. Aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap
($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoeken 2 en 17 grad.

TB32KK02 07:19
TIME 0.40

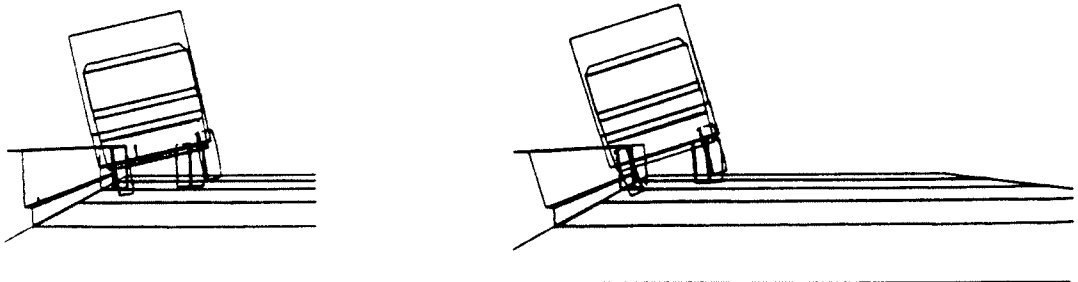
TB32KK17 3:34:52
TIME 0.40



Afbeelding C50. Aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap
($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoeken 2 en 17 grad.

TB01KK02 05:54
TIME 0.50

TB01KK17 4:34:29
TIME 0.50



Afbeelding C51. Aanrijding met vrachtauto 16 ton tegen de single-slope barrier met stap
($S = 10$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoeken 2 en 17 grad.

BIJLAGE D

bij

W.H.M. van de Pol & T. Heijer

Optimalisatie van het profiel van een betonnen voertuigkering

**Simulaties met de min of meer verticale wand met stap van 5 cm
breed bij lichte inrijcondities**

Tabellen D1 t/m D2

Afbeeldingen D1 t/m D24

Tabellen D1 t/m D2

Tabel D1. *Resultaten van simulaties met een lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap van 5 cm breed; hellingshoek 2 grd, inrijshnelheid 80 km/uur en inrijhoek 2, 5 of 10 grd.*

Tabel D2. *Resultaten van simulaties met een zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap van 5 cm breed; hellingshoek 2 grd, inrijshnelheid 80 km/uur en inrijhoek 2, 5 of 10 grd.*

Simulaties TB11	Hoeken		ASI		Uitrij- hoek grd	snelh km/u	Inrij- hoek grd	snelh km/u
	rol grd	pitch grd	zwpt	best				
S = 5 cm, H = 25 cm								
single-slope 02	2	1	0,24	0,24	0	-	2	80
single-slope 02	1	1	0,83	0,88	1	77	5	80
single-slope 02	2	2	1,17	1,28	0	-	10	80

Tabel D1. Resultaten van simulaties met een lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap (S = 5 cm, H = 25 cm), hellingshoek 2 grad, inrijnsnelheid 80 km/uur en inrijhoek 2, 5 of 10 grad.

Simulaties TB32	Hoeken		ASI		Uitrij- hoek grd	snelh km/u	Inrij- hoek grd	snelh km/u
	rol grd	pitch grd	zwpt	best				
S = 5 cm, H = 25 cm								
single-slope 02	1	1	0,20	0,20	0	-	2	80
single-slope 02	1	1	0,53	0,53	0	-	5	80
single-slope 02	1	3	1,26	1,23	0	-	10	80

Tabel D2. Resultaten van simulaties met een zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap (S = 5 cm, H = 25 cm), hellingshoek 2 grad, inrijnsnelheid 80 km/uur en inrijhoek 2, 5 of 10 grad.

Afbeeldingen D1 t/m D24

Afbeelding D1. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 2 grad.*

Afbeelding D2. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 2 grad.*

Afbeelding D3. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 2 grad.*

Afbeelding D4. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding D5. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 5 grad.*

Afbeelding D6. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 5 grad.*

Afbeelding D7. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 5 grad.*

Afbeelding D8. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding D9. *Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 10 grad.*

Afbeelding D10. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 10 grad.*

Afbeelding D11. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 10 grad.*

Afbeelding D12. *ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.*

Afbeelding D13. *Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 2 grad.*

Afbeelding D14. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 2 grad.*

Afbeelding D15. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 2 grad.*

Afbeelding D16. *ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.*

Afbeelding D17. *Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 5 grad.*

Afbeelding D18. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 5 grad.*

Afbeelding D19. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 5 grad.*

Afbeelding D20. *ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.*

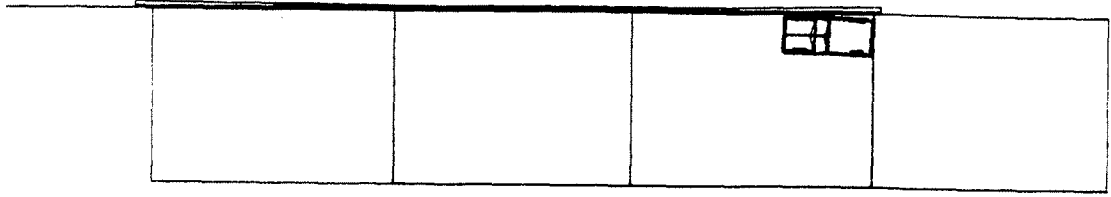
Afbeelding D21. *Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 10 grad.*

Afbeelding D22. *Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 10 grad.*

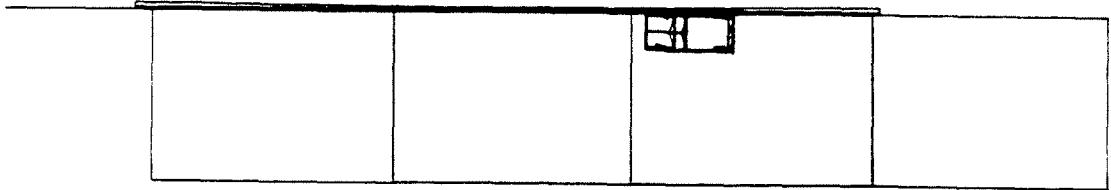
Afbeelding D23. *Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 10 grad.*

Afbeelding D24. *ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.*

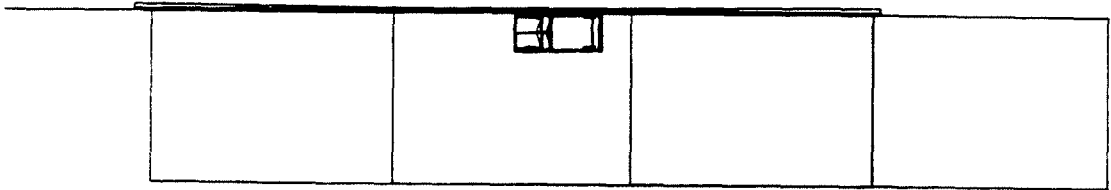
TB11FX02
TIME 0.3000



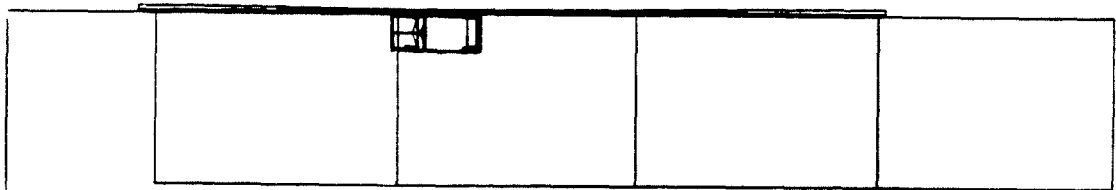
TB11FX02
TIME 0.2500



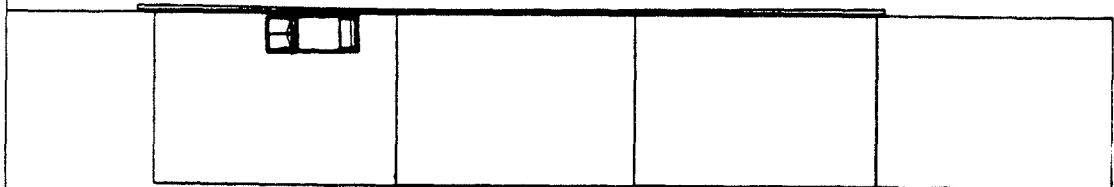
TB11FX02
TIME 0.5000



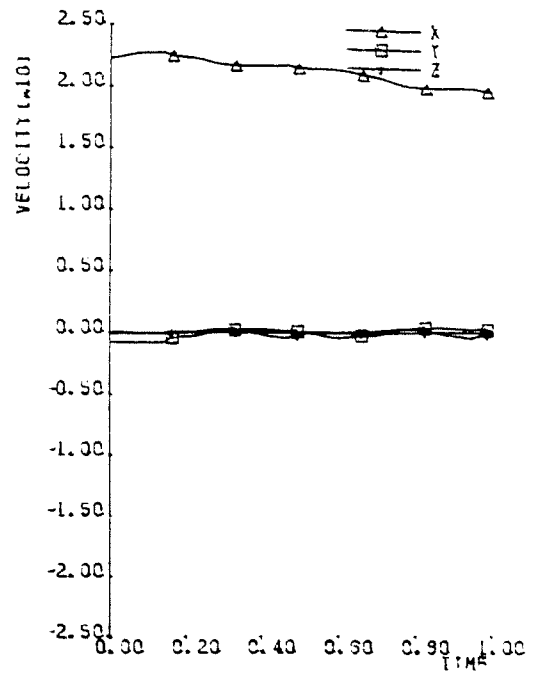
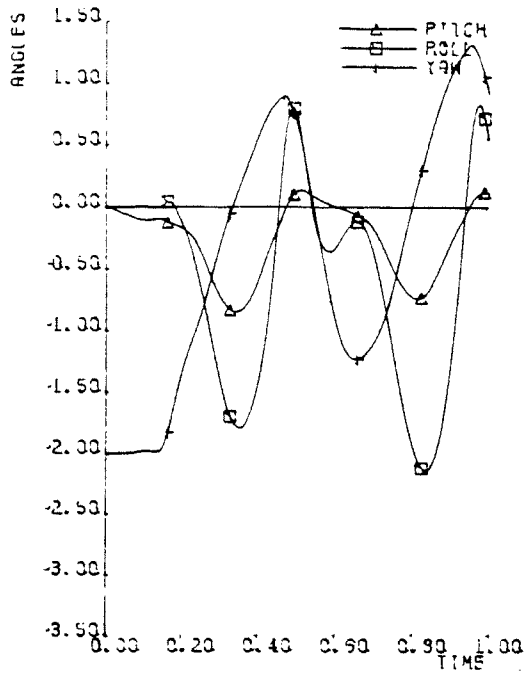
TB11FX02
TIME 0.7500



TB11FX02
TIME 1.0000

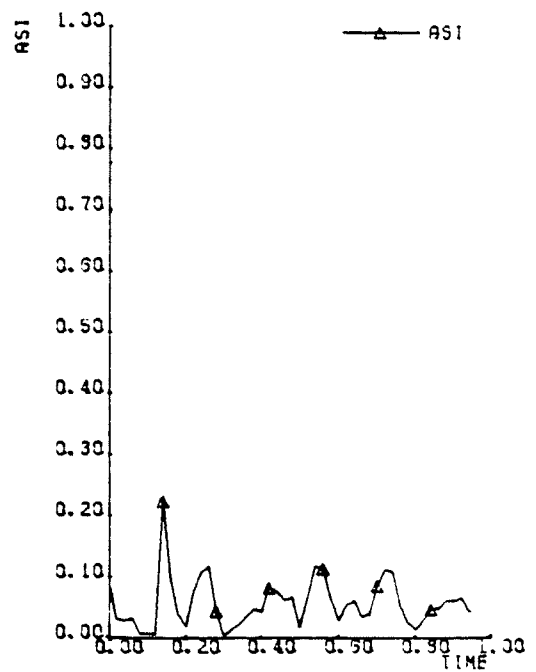
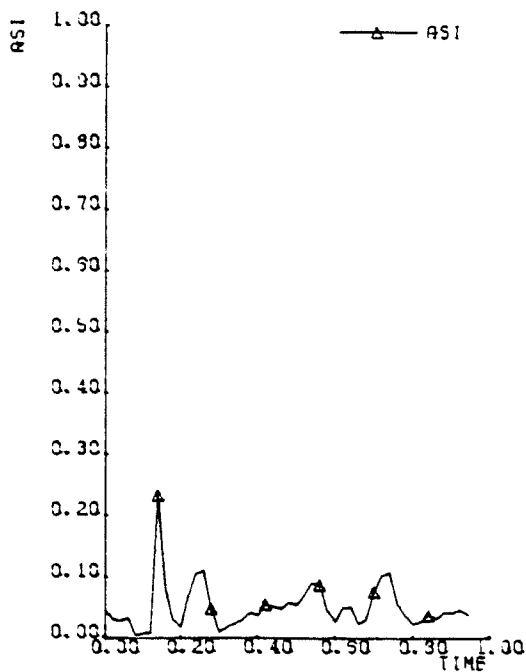


Afbeelding D1. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 2 grad.



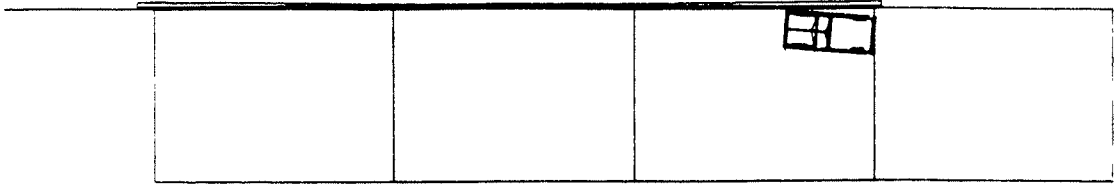
Afbeelding D2. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 2 grad.

Afbeelding D3. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 2 grad.

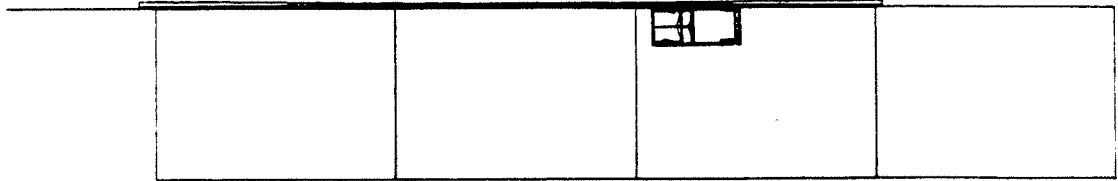


Afbeelding D4. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

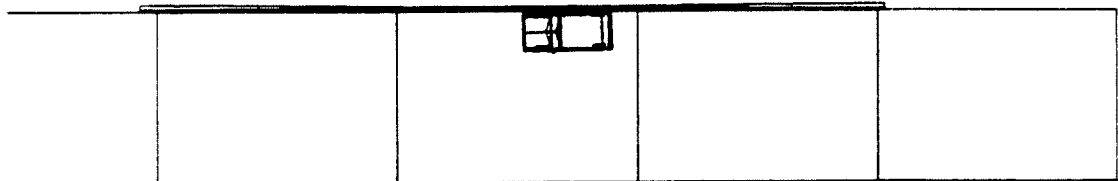
TBLLEX02
TIME 0.0000



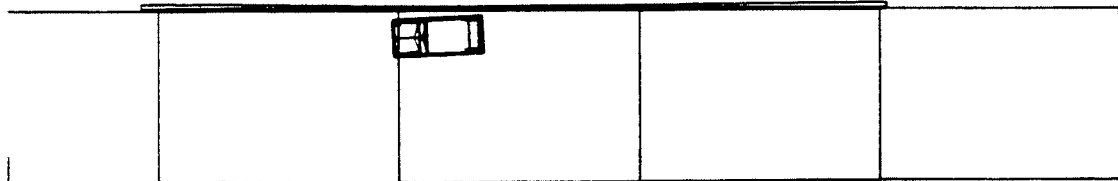
TBLLEX02
TIME 0.2500



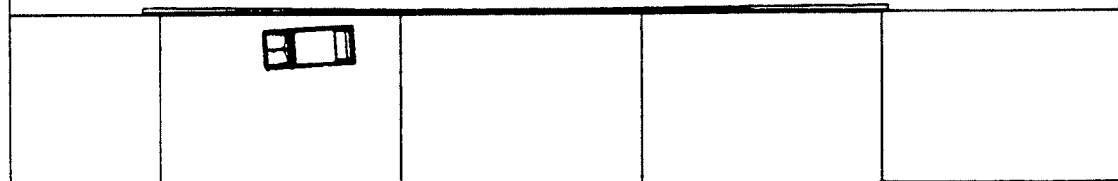
TBLLEX02
TIME 0.5000



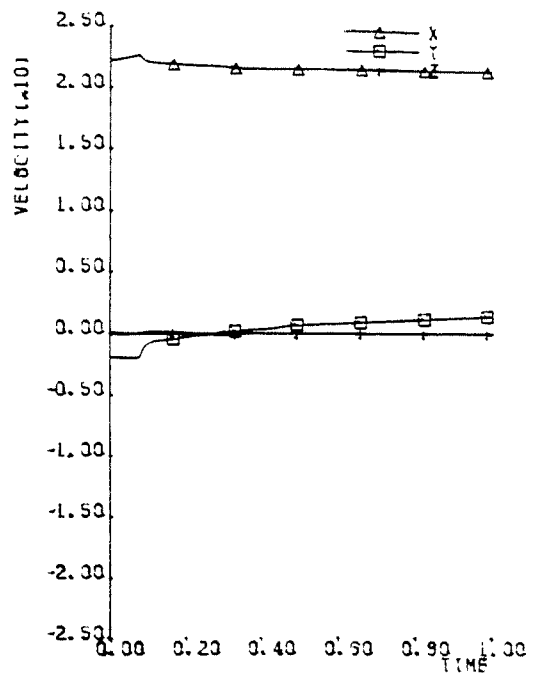
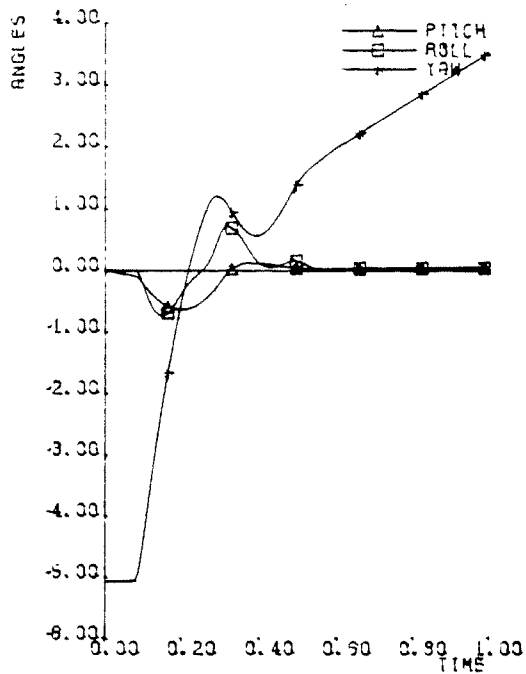
TBLLEX02
TIME 0.7500



TBLLEX02
TIME 1.0000

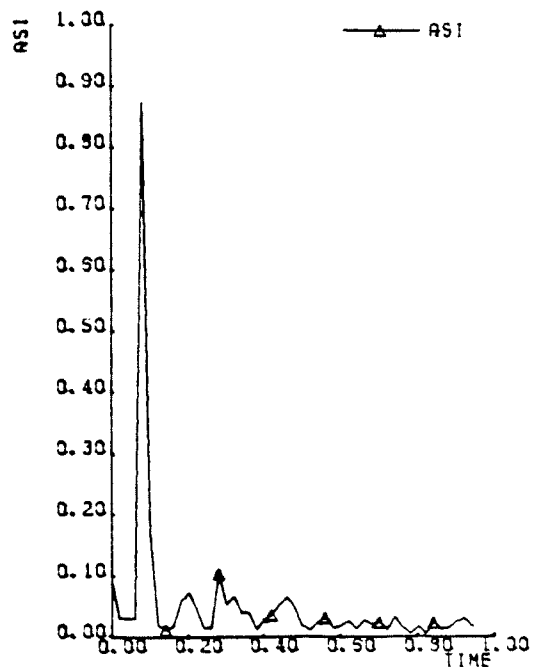
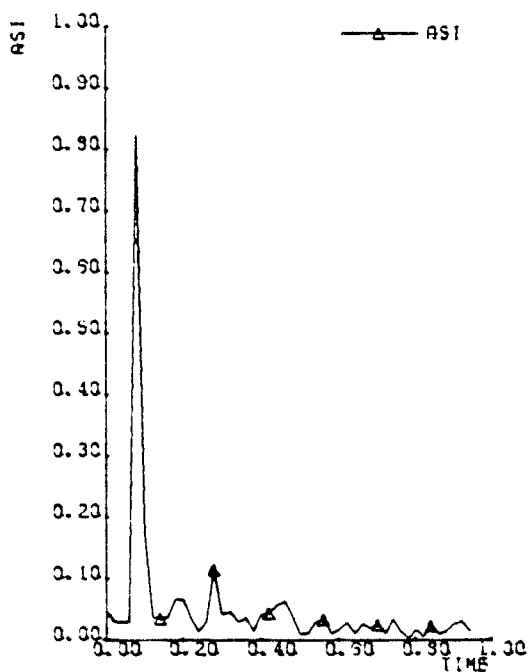


Afbeelding D5. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 5 grad.



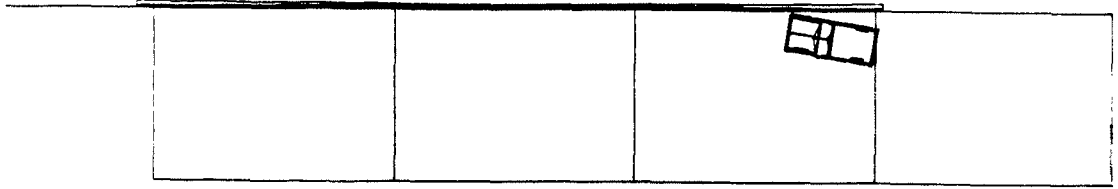
Afbeelding D6. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 5 grad.

Afbeelding D7. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 5 grad.

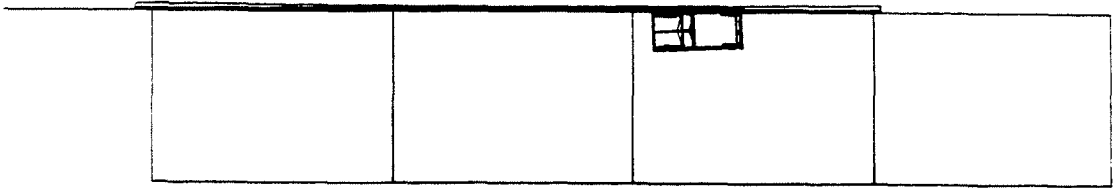


Afbeelding D8. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

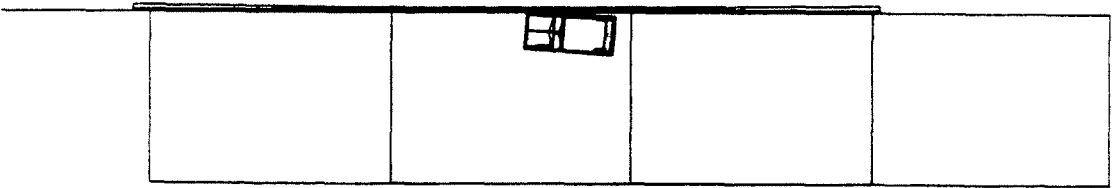
TB11FX02
TIME 0.0000



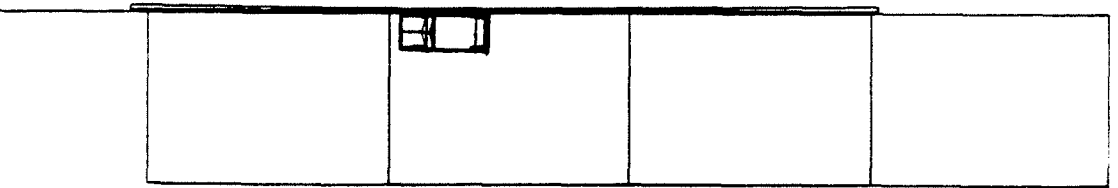
TB11FX02
TIME 0.2500



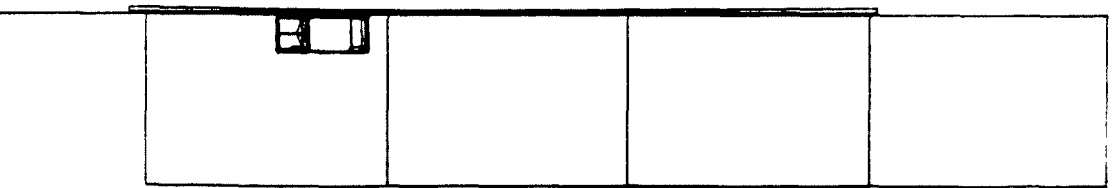
TB11FX02
TIME 0.5000



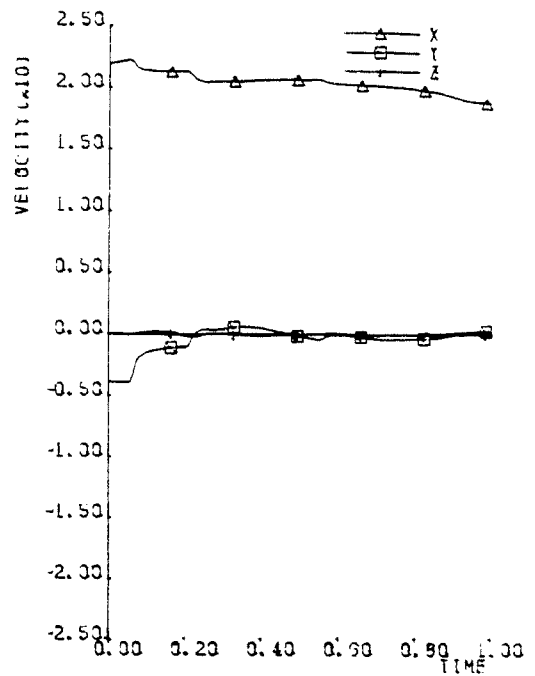
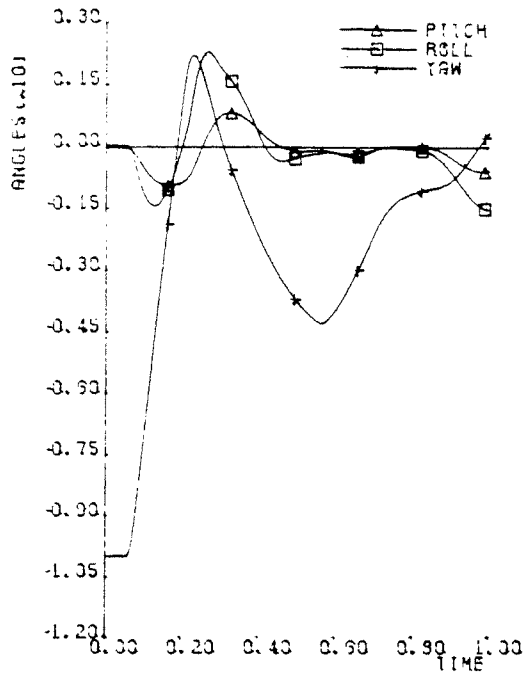
TB11FX02
TIME 0.7500



TB11FX02
TIME 1.0000

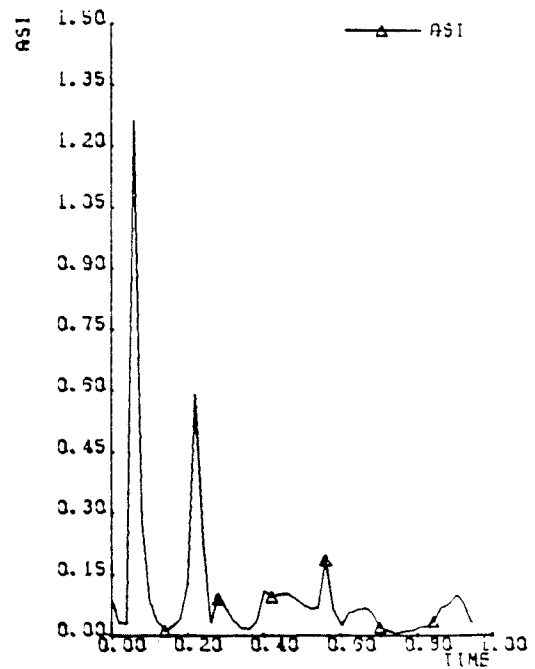
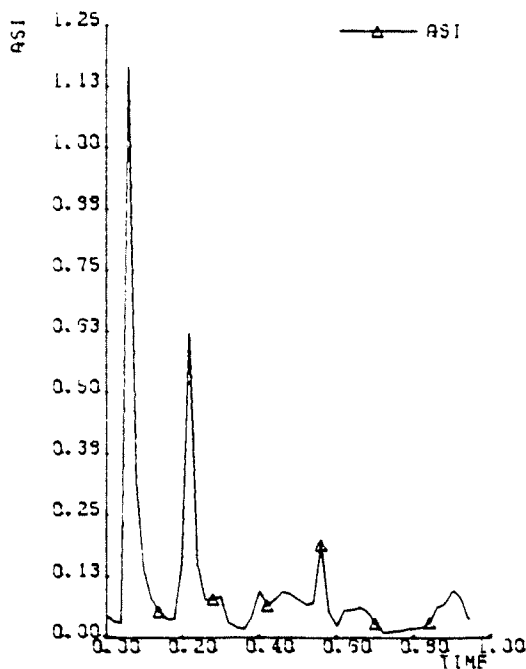


Afbeelding D9. Overzicht aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grd, inrijhoek 10 grd.



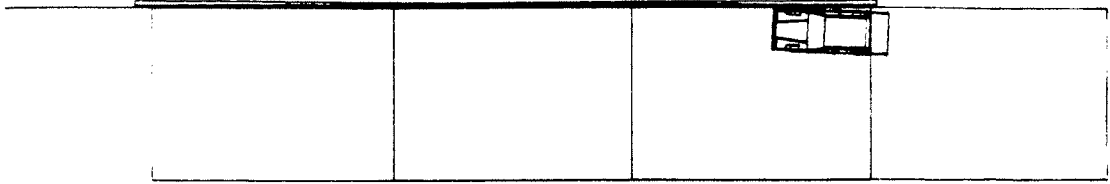
Afbeelding D10. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 10 grad.

Afbeelding D11. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met lichte personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 10 grad.

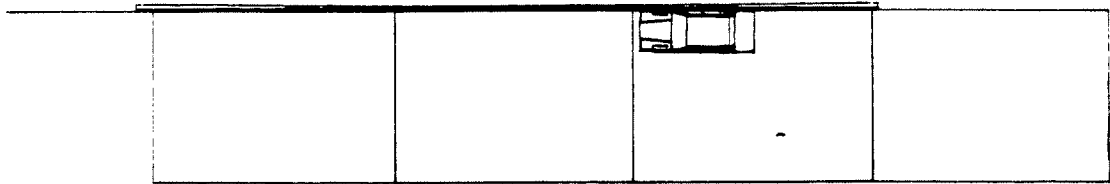


Afbeelding D12. ASI-waarden van zwaartepunten van lichte personenauto en bestuurder.

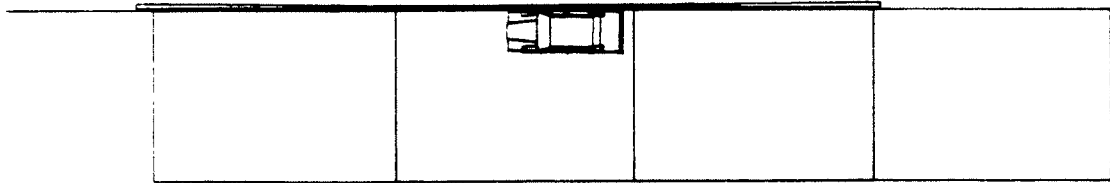
T832FX02
TIME 0.0000



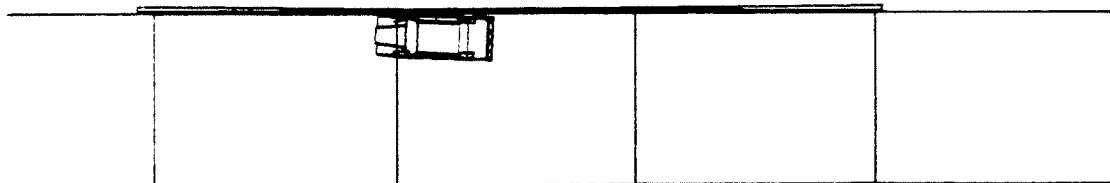
T832FX02
TIME 0.2500



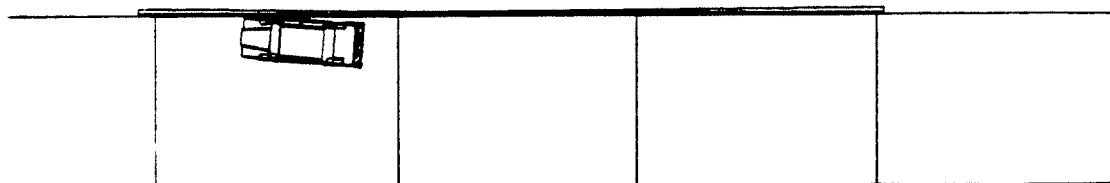
T832FX02
TIME 0.5000



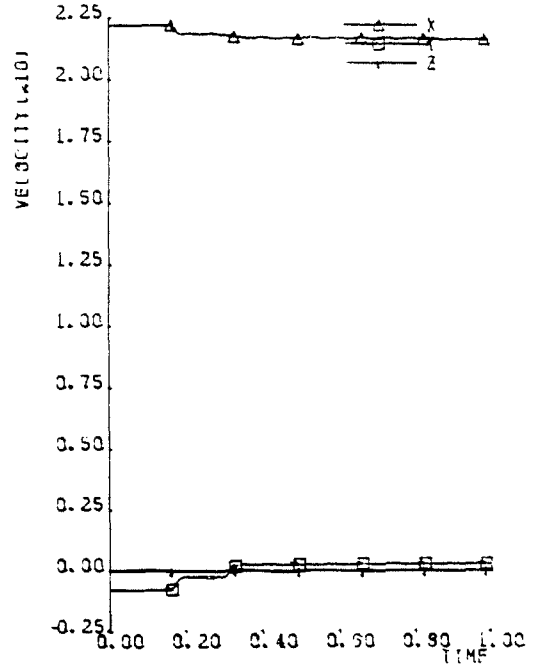
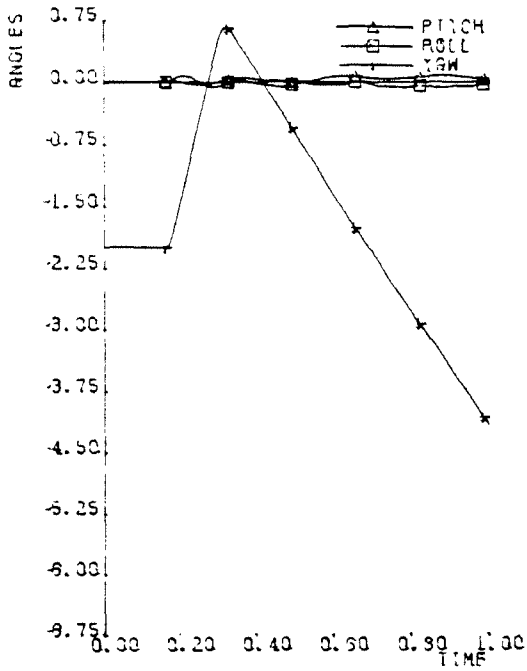
T832FX02
TIME 0.7500



T832FX02
TIME 1.0000

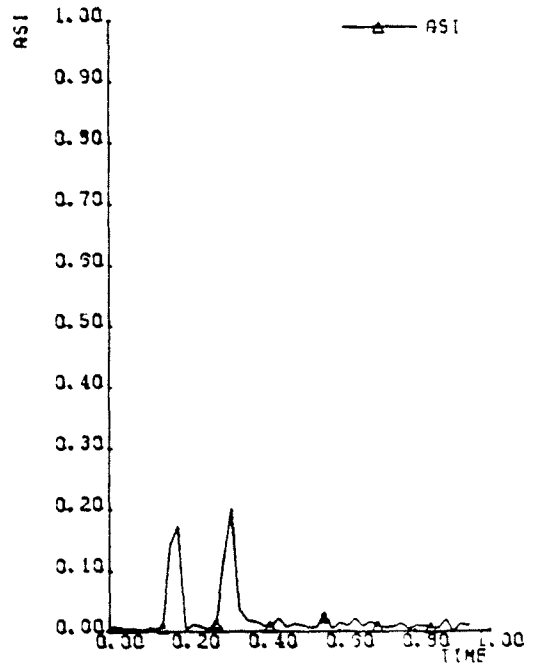
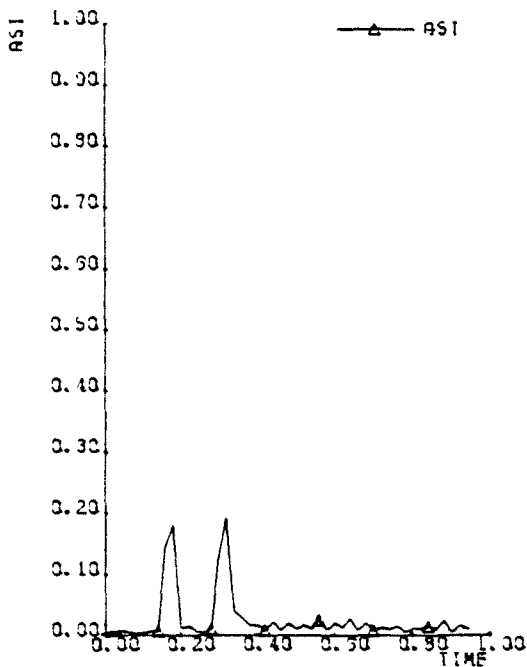


Afbeelding D13. *Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap (S = 5 cm en H = 25 cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 2 grad.*



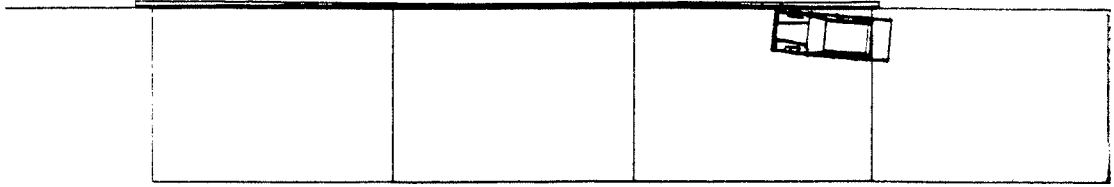
Afbeelding D14. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 2 grad.

Afbeelding D15. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 2 grad.

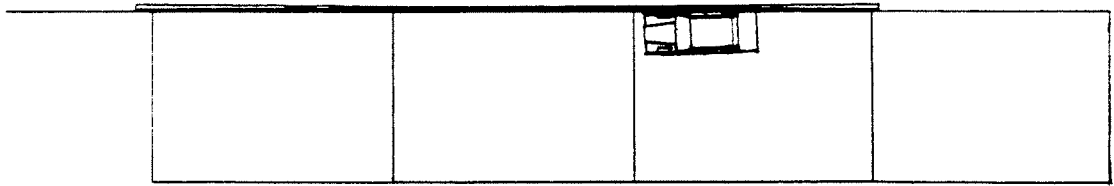


Afbeelding D16. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

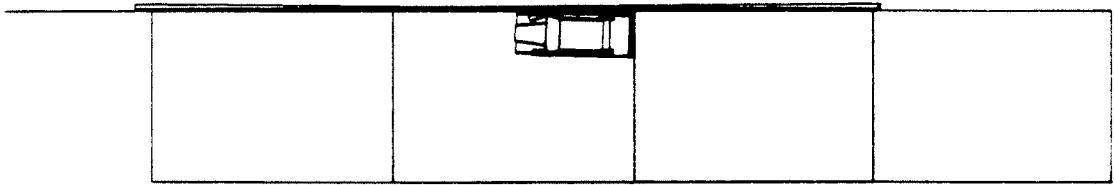
TB32EX02
TIME 0.3000



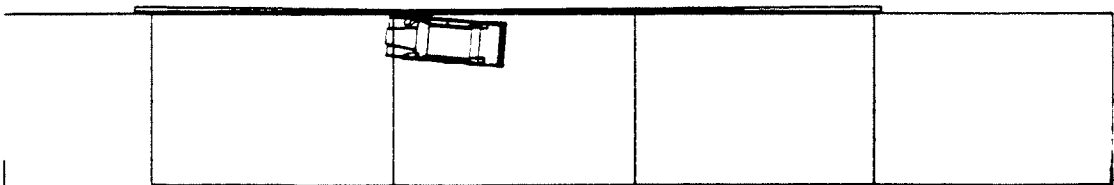
TB32EX02
TIME 0.2500



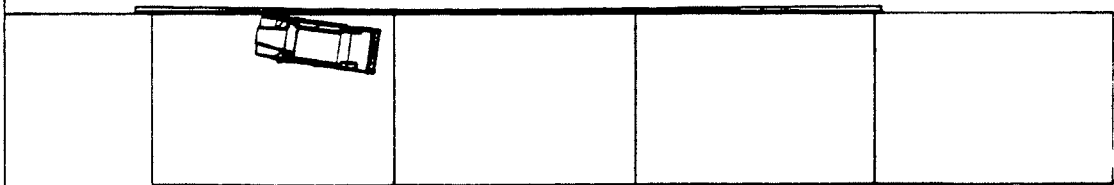
TB32EX02
TIME 0.5000



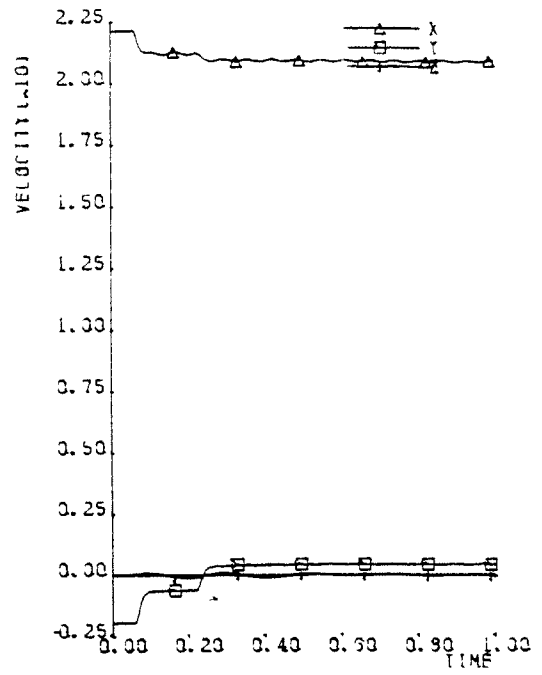
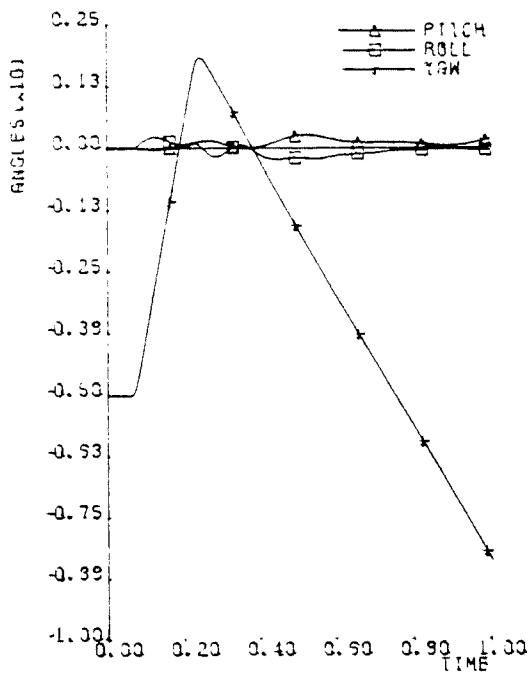
TB32EX02
TIME 0.7500



TB32EX02
TIME 1.0000

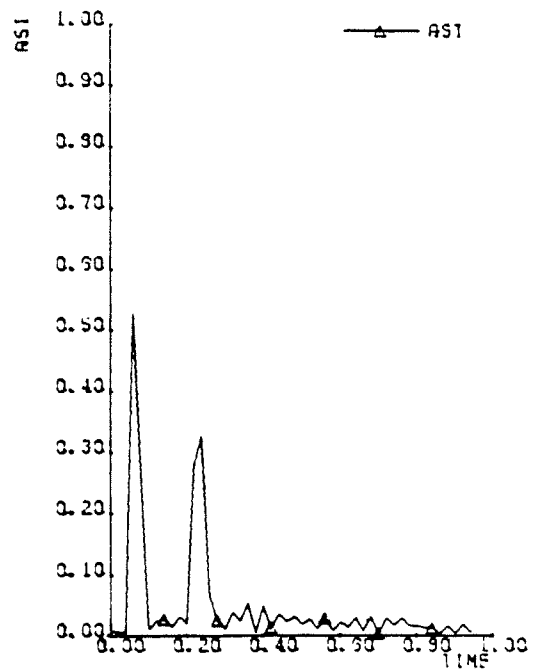
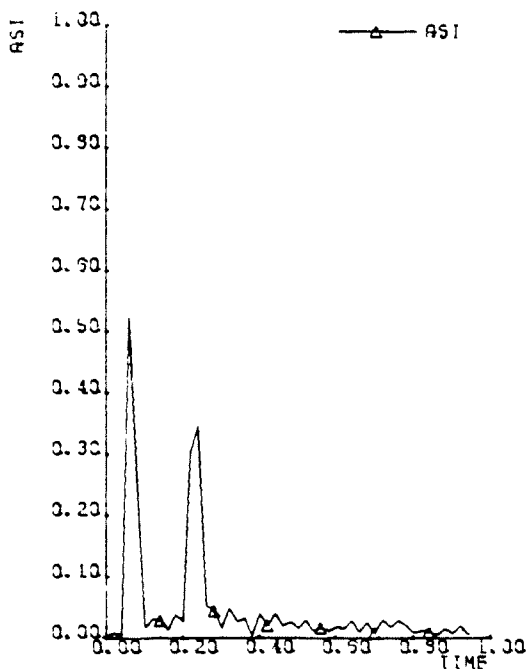


Afbeelding D17. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5 \text{ cm}$ en $H = 25 \text{ cm}$), hellingshoek 2 grd, inrijhoek 5 grd.



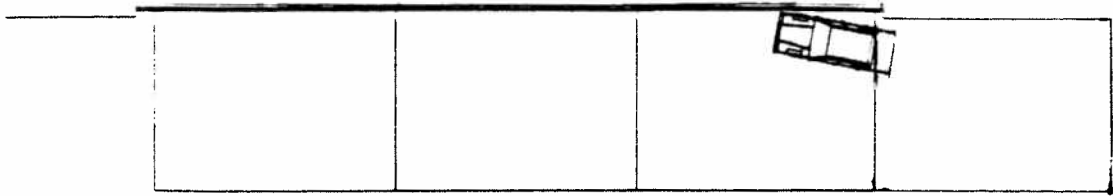
Afbeelding D18. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 5 grad.

Afbeelding D19. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 5 grad.

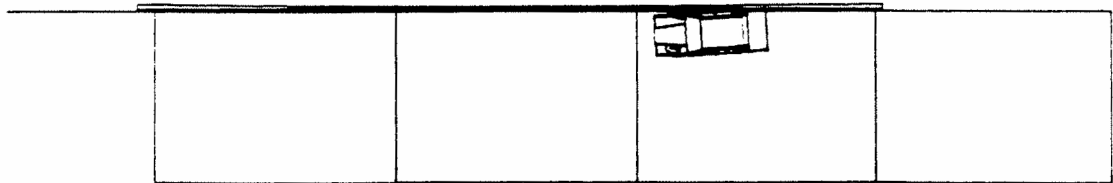


Afbeelding D20. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

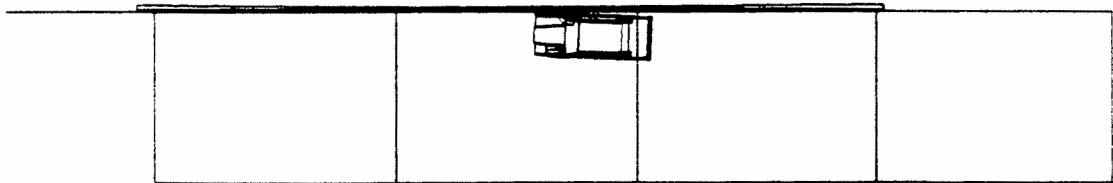
T832EX02
TIME 0.0000



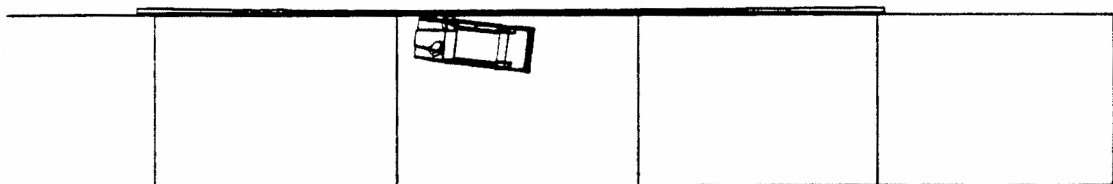
T832EX02
TIME 0.2500



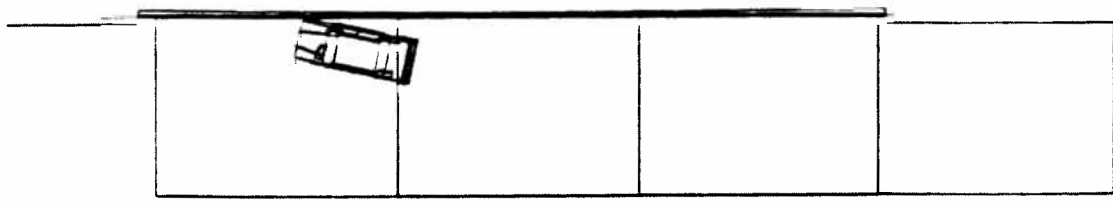
T832EX02
TIME 0.5000



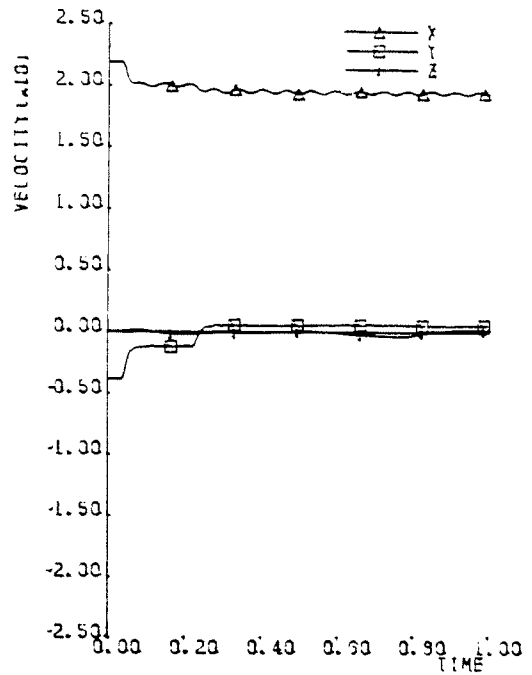
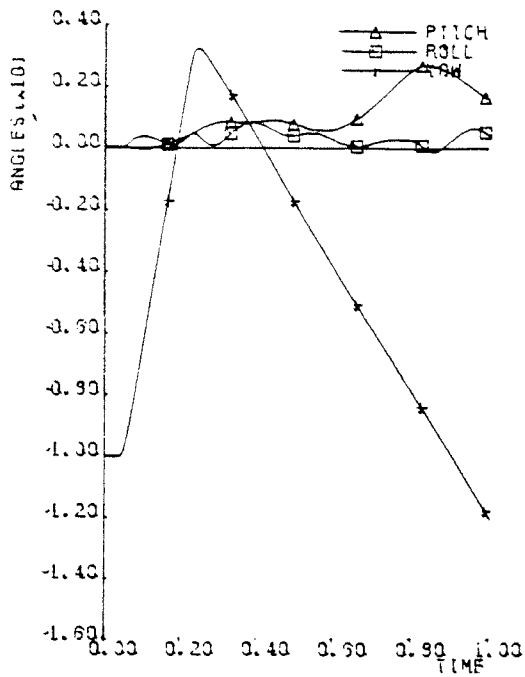
T832EX02
TIME 0.7500



T832EX02
TIME 1.0000

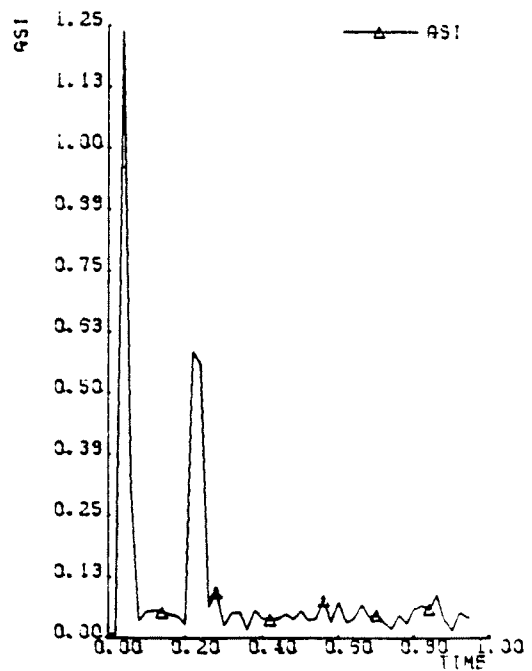
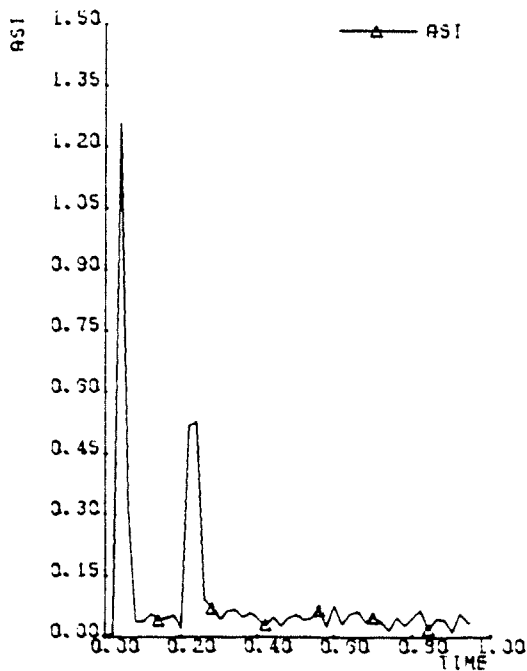


Afbeelding D21. Overzicht aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 10 grad.



Afbeelding D22. Verloop roll-, pitch- en yawhoek tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 10 grad.

Afbeelding D23. Snelheidsverloop tijdens aanrijding met zware personenauto tegen de single-slope barrier met stap ($S = 5$ cm en $H = 25$ cm), hellingshoek 2 grad, inrijhoek 10 grad.



Afbeelding D24. ASI-waarden van zwaartepunten van zware personenauto en bestuurder.

