

**DISCONTINUITÉITEN IN
BEVEILIGINGSCONSTRUCTIES
VOOR BERMEN EN KUNSTWERKEN**



**DISCONTINUÏTEITEN IN
BEVEILIGINGSCONSTRUCTIES
VOOR BERMEN EN KUNSTWERKEN**

TWEEDE DRUK

DEN HAAG, AUGUSTUS 1987

STICHTING WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK VERKEERSVEILIGHEID

Inhoud

Voorwoord.

1. Inleiding.

2. Discontinuïteiten.

3. Elementaire discontinuïteiten.

3.1. Richtingsdiscontinuïteiten

3.2. Begindiscontinuïteiten

3.3. Einddiscontinuïteiten

4. Samengestelde discontinuïteiten.

4.1. Voorbeelden

Voorwoord

In het voorjaar van 1966 stelde een Dordtse wachtmeester van de Rijks-politie de ANWB op de hoogte van zijn ernstige twijfels omtrent het nut van „vangrails" op sommige weggedeelten. Hij voegde hierbij een verslag van ongevallen, die zich in de omgeving van Dordrecht hadden voor-gedaan, een serie foto's en enkele situatieschetsen. Aan de hand van deze documentatie wendde de ANWB zich tot de Rijkswaterstaat. De Minister van Verkeer en Waterstaat verzocht daarop de SWOV met spoed een onderzoek in te stellen naar de gevaren van discontinuïteiten in beveiligingsconstructies voor wegbermen. Het bleken vooral de onder-brekingen en de begin- en eindpunten van deze beveiligingsconstructies te zijn, die de oorzaak waren van enkele ernstige ongevallen met uit de koers geraakte voertuigen. Ook de overgangen van een bepaald type bermbeveiliging in een ander, bleken gevaren te kunnen opleveren voor het verkeer.

Reeds op basis van voorlopige onderzoekresultaten verzond de Rijks-waterstaat, in het najaar van 1966, ontwerp-richtlijnen aan wegbeheer-ders. Dezen werd verzocht met behulp van die gegevens verbeteringen aan te brengen in de bestaande discontinuïteiten of deze geheel op te heffen en omtrent de ervaringen verslag uit te brengen.

Het effect van deze ontwerp-richtlijnen is thans reeds duidelijk merkbaar langs rijkswegen. Het aantal discontinuïteiten vermindert in snel tempo. Ook bij het aanbrengen van nieuwe beveiligingsconstructies wordt over het algemeen een goed gebruik gemaakt van de ontwerp-richtlijnen.

Ter vermeerdering van de kennis van alle wegbeheerders in Nederland omtrent de gevaren van discontinuïteiten, is het echter noodzakelijk gebleken dat de resultaten van het SWOV-onderzoek reeds thans — vooruitlopend op het rapport Beveiligingsconstructies voor bermen en kunstwerken — worden uitgebracht en in ruime mate verspreid.

Dit deelrapport, Discontinuïteiten in beveiligingsconstructies voor bermen en kunstwerken, is geen receptenboek, waarin de samensteller, Ir. F. C. Flury, in details aangeeft, welke methode de wegbeheerder moet toepas-sen om het gevaar van discontinuïteiten te verminderen. Daarvoor zijn de wegomstandigheden en de verkeerssituaties van plaats tot plaats te verschillend.

Het geeft echter wel de principes, aan de hand waarvan de wegbeheerder zijn maatregelen kan nemen. Ter verduidelijking werd een groot aantal foto's en situatieschetsen in dit rapport opgenomen.

Ir. E. Asmussen
Directeur

1. Inleiding

Wanneer een voertuig van de weg afraakt, behoeft dat niet altijd te leiden tot een ongeval, waarbij schade of letsel ontstaat. Het risico van een dergelijk voorval hangt voornamelijk af van de aard van het terrein waar het voertuig terechtkomt, na het verlaten van de rijbaan. Indien het voertuig na het passeren van de wegrand terechtkomt in een voldoende uitgestrekte vluchtzone — een gebied met een voldoende vlakke en harde bovenlaag, dat vrij is van obstakels en waar zich geen mensen bevinden —, dan krijgt de bestuurder de gelegenheid het voertuig tijdig tot stilstand te brengen of de koersafwijking te corrigeren.

Het uit de koers geraakte voertuig kan echter ook terechtkomen in een gevarezone, d.w.z. een terrein dat niet of moeilijk berijdbaar is ten gevolge van oneffenheden en obstakels, of waar zich personen bevinden voor wie het voertuig een bedreiging vormt. Het binnenrijden in een gevarezone behoeft niet steeds een noodlottige afloop te hebben. In veel gevarezones heeft het voertuig statistisch een kans om obstakels of personen te ontwijken, of te missen. Ook is er dan een kans om ongehinderd over oneffenheden heen te komen.

In principe zou aan elke gevarezone een risicofactor toegekend moeten worden, die aangeeft hoeveel procent van de ter plaatse ontsprende voertuigen in een ernstig ongeval betrokken raakt. Deze risicofactor zou als maatstaf gebruikt kunnen worden bij het nemen van veiligheidsmaatregelen.

Een betrouwbare kwantitatieve bepaling van een dergelijke risicofactor is over het algemeen echter niet mogelijk. Wel is het mogelijk, bepaalde typen gevarezones, die een zeer hoge risicofactor hebben, te onderscheiden. Voorbeelden daarvan zijn:

- Rijbanen voor het tegemoetkomende verkeer, in het bijzonder bij wegen met een hoge verkeersintensiteit.
- Steile taluds bij op- en afritten van bruggen en viaducten.
- Waterwegen, spoorwegen en kruisende verkeerswegen, daar waar deze gedeeltelijk onder of langs bruggen en viaducten zijn gelegen.

Er zijn echter ook gevarezones die slechts een geringe risicofactor hebben, zoals terreinen met betrekkelijk kleine oneffenheden, waar een voertuig bij matige snelheid onder controle gehouden kan worden, en terreinen waar zich slechts weinig of uitsluitend lichte obstakels bevinden. Er is geen scherpe scheiding te trekken tussen dergelijke gevarezones en een vluchtzone. De veiligste oplossing is in vele gevallen slechting van de gevarezone door het verwijderen van obstakels en egalisatie van het terrein.

Bij gevarezones met een hoge risicofactor is een van de meest geëigende methoden ter beperking van het risico, het aanbrengen van een beveiligingsconstructie tussen de weg en de gevarezone, ten einde te verhinderen dat uit de koers geraakte voertuigen de gevarezone binnendringen.

Aangezien ook botsingen met beveiligingsconstructies niet vrij van gevaar zijn, is deze methode slechts gerechtvaardigd indien de risicofactor voor botsingen met de beveiligingsconstructie kleiner is dan de risicofactor bij inrijden van de gevarezone.

Het gemiddelde risico per strekkende meter bermconstructie neemt sterk toe naarmate de constructie korter is. Dit houdt verband met het hoge lokale risico van het begin- of eindpunt van een constructie. Het toepassen van relatief korte bermconstructies, uitsluitend met het doel een optische geleiding aan het verkeer te geven — zonder dus dat achter de constructie een gevarezone met een hoge risicofactor aanwezig is — moet dan ook als gevaarverhogend worden bestempeld.

Alleen bij de hiervoor met name genoemde gevarezones kan bij de huidige stand van de techniek steeds worden voldaan aan de eis, dat de risicofactor van de beveiligingsconstructie lager is dan die van de gevarezone.

Verdere verlaging van de risicofactoren van beveiligingsconstructies blijft noodzakelijk, o.a. omdat hierdoor het toepassingsgebied vergroot wordt. De beste resultaten zijn in dit opzicht verkregen met geleidingsconstructies waarvan de werking gebaseerd is op koerscorrectie van de ontspoorde voertuigen.

Om het geleidend vermogen van de beveiligingsconstructie te bevorderen, is het noodzakelijk dat de continuïteit van de constructie zowel ten aanzien van de geometrie als van de mechanische eigenschappen, en wel in het bijzonder de sterkte en de flexibiliteit, over de volle lengte van de constructie zo goed mogelijk gehandhaafd blijft.

Deze eis geldt zowel voor onderbrekingen in de continuïteit van de weg — zoals inritten en uitritten, kunstwerken en kruisingen —, als voor constructieve details van het ontwerp van de beveiligingsconstructie.

Enkele voorbeelden van een discontinuïteit als gevolg van constructieve details van het ontwerp zijn:

- a. Kabelconstructies, waarvan de palen, met inbegrip van de verankeringsposten, bij een directe aanrijding niet gemakkelijk bezwijken.
- b. Railconstructies, waarbij door een aanrijding zakvorming kan ontstaan, doordat de buigstijfheid van de horizontale ligger te laag is in verhouding tot de weerstand der bevestigingsposten.

Deze consequenties van de continuïteits-eis, ten aanzien van constructie-details, zullen uitvoerig worden besproken in het rapport Beveiligingsconstructies voor berm en kunstwerken, dat thans door de SWOV wordt samengesteld. Alleen die discontinuïteiten in beveiligingsconstructies, welke het gevolg zijn van onderbrekingen in de continuïteit van de weg, worden in dit rapport behandeld.

2. Discontinuïteiten

Discontinuïteiten in beveiligingsconstructies worden gedefinieerd als plaatsen waar beveiligingsconstructies een abrupte wijziging ondergaan, ten aanzien van hun geometrie of hun mechanische eigenschappen.

Ter plaatse van een discontinuïteit is de risicofactor van botsingen over het algemeen hoger dan voor de rest van de constructie. Voor sommige typen discontinuïteiten is de risicofactor zeer hoog, waardoor een groot gedeelte van de botsingen op dergelijke discontinuïteiten een fatale afloop heeft.

Het is daarom van groot belang discontinuïteiten zoveel mogelijk te vermijden, of indien dat onmogelijk is, die zodanig uit te voeren, dat de risicofactor zo klein mogelijk wordt.

Er is een groot aantal typen discontinuïteiten. Bovendien is er een grote verscheidenheid van plaatselijke omstandigheden, die mede bepalen of een bepaalde verbetering in de vormgeving van een discontinuïteit in het beschouwde geval uitvoerbaar is. Het is dan ook uitgesloten om het discontinuïteitenprobleem uitputtend te behandelen. Daarom wordt in dit rapport onderscheid gemaakt tussen elementaire en samengestelde discontinuïteiten. Van de tweede categorie worden alleen de belangrijkste typen besproken. Het voornaamste uitgangspunt bij de verbetering van discontinuïteiten, is de overweging dat het voertuig zich tijdens de botsing over een bepaalde afstand langs de constructie moet kunnen verplaatsen.

Bij zware schampbotsingen tegen flexibele geleidingsconstructies, kan deze afstand tientallen meters bedragen.

Het ligt daarom voor de hand te stellen, dat overgangen van het ene type constructie in dat van een andere geometrie en met andere mechanische eigenschappen, zich geleidelijk moeten voltrekken, waar mogelijk over enige tientallen meters.

3. Elementaire discontinuïteiten

3.1 Richtingsdiscontinuïteiten.

Onder richtingsdiscontinuïteiten worden verstaan, gedeelten van een beveiligingsconstructie die zodanig zijn opgesteld, dat het geleidings-element een hoek maakt met de rijrichting. Er kunnen twee typen onderscheiden worden.

Convergenties zijn richtingsdiscontinuïteiten, waarbij de geleidingsconstructie, in de rijrichting gaande, de weg steeds dichter nadert.

Divergenties zijn richtingsdiscontinuïteiten, waarbij de constructie, in de rijrichting gaande, steeds verder van de wegrand terugwijkt.

Alleen bij convergenties neemt het risico van de aanrijding toe. De maximaal mogelijke inrijhoek neemt toe met de convergentiehoek van de richtingsdiscontinuïteit.

Bij sterk terugkaatsende beveiligingssystemen neemt de maximaal mogelijke uitrijhoek zelfs toe met twee maal de convergentiehoek.

Richtingsdiscontinuïteiten zijn in vele gevallen onvermijdelijk. Ze komen vooral voor op plaatsen waar een beveiligingsconstructie om obstakels heen geleid moet worden; op zijbermbeveiligingen bij samenkomsten van wegen, en aan het einde van vluchtstroken en invoegstroken.

Ten einde het risico van convergenties zoveel mogelijk te beperken, dient de convergentiehoek zo klein mogelijk te worden gehouden (max. 3°).

Enige uitvoeringsvormen zoals die in de praktijk voorkomen worden getoond in de foto's 1 t/m 4.

Foto 1 laat een, langs een invoegstrook geplaatste, geleiderailconstructie zien waarvan het laagste gedeelte sterk naar de weg toe buigt (convergeert).

Bij een aanrijding tegen het niet-convergerende deel van de constructie, kan het voertuig — langs de rail schampend — onder een vrij grote hoek weer naar de weg worden geleid.

Foto 2 toont de railbeveiliging langs een meethuisje van de Rijkswaterstaat. Botsingen met grote inrijhoek zijn mogelijk op het sterk gekromde voorste deel. Voor lichte voertuigen betekent dit een ernstig gevaar. Tegen zware voertuigen wordt het meethuisje onvoldoende beschermd.

Het risico is kleiner bij geleidingsconstructies die een kleinere hoek met de rijrichting maken, zoals bij de volgende voorbeelden.

Bij samenkomsten van wegen die elkaar onder een vrij grote hoek naderen, kan de zijbermbeveiliging langs de ene weg sterk convergeren ten opzichte van de verkeersstroom op de andere weg; waardoor zeer grote inrijhoeken mogelijk worden. Dit kan voorkomen worden door de constructie vroegtijdig te laten afbuigen, naar een richting die zwak convergeert met de hoofdverkeersstroom.

Foto's 3 en 4 laten voorbeelden zien van geleiderails aan het einde van een invoegstrook respectievelijk een vluchtstrook. In beide gevallen is de convergentie beduidend zwakker dan in het geval van foto 1, en is het risico van een aanrijding ook zoveel kleiner. Deze convergerende beveiligingsconstructies hangen beide samen met een wegversmalling en vloeien voort uit het ontbreken van de vluchtstrook ter plaatse van een kunstwerk.

Het verdient de voorkeur om de vluchtstrook op kunstwerken door te trekken. Wanneer de ruimte daarvoor ontbreekt, alsook aan het einde van invoegstroken, zijn de uitvoeringen van foto 3 en 4 veel minder gevaarlijk dan die van foto 1.



1



2

3



4



3.2. Begindiscontinuïteiten

Beginpunten van middenbermbeveiligingen komen voornamelijk voor aan het begin van autosnelwegen, of op plaatsen waar de middenberm begint; b.v. na kunstwerken die niet van een middenbermbeveiliging zijn voorzien.

Beginpunten van brugleuningen komen voor op kunstwerken. Beginpunten van andere zijbermbeveiligingsconstructies komen in het algemeen voor aan het begin van gevarenezones en verder in wegsplitsingen en bij uitritten van autosnelwegen.

De beginpunten behoren tot de gevaarlijkste discontinuïteiten, daar de meeste beveiligingsconstructies in hun langsrichting vrijwel geen flexibiliteit bezitten. Een aanrijding tegen het begin van een beveiligingsconstructie is daardoor vergelijkbaar met een frontale botsing tegen een star obstakel, waarbij zelfs bij matige snelheden zeer grote vertragingen kunnen optreden.

Bij aanrijdingen tegen het begin van geleiderailconstructies komt het herhaaldelijk voor, dat de rails worden losgerukt van de ondersteuning en het voertuig binnendringen. Ook bij aanrijdingen, kort voorbij het begin van geleiderailconstructies, kan het risico veel groter zijn dan bij een normale schampbotsing doordat de rail in langsrichting meebeweegt zodra de rail gaat uitbuigen. Hierdoor wordt zakvorming in de hand gewerkt.

Een gebruikelijke uitvoeringsvorm van een begindiscontinuïteit bij een geleiderail in de middenberm wordt getoond in foto 5. In langsrichting is deze constructie bijzonder stug. De uitvoering van foto 7 wordt eveneens veel toegepast; ook als zijbermbeveiliging; foto 8.

Soortgelijke uitvoeringsvormen treft men aan in splitsingen van wegen; foto 9. Al deze begindiscontinuïteiten vormen een zeer ernstig gevaar bij aanrijdingen: enerzijds door de zeer grote vertragingen die daarbij kunnen optreden, anderzijds doordat de rails in het voertuig binnendringen. Foto 6 geeft daarvan een praktijkvoorbeeld.

Er zijn verscheidene mogelijkheden om het risico van aanrijdingen tegen beginpunten van constructies te verminderen. Welke methode de voorkeur verdient, hangt af van plaatselijke omstandigheden.

Bij kleine gevarenezones met een niet te grote risicofactor is het meestal beter geen beveiligingsconstructie te plaatsen. Dit geldt in het bijzonder wanneer eigenlijk van een gevarenezone in het geheel geen sprake is, maar de constructie wordt aangebracht om als visuele geleiding te dienen. Dergelijke toepassingen zijn zelfs misplaatst.

Bij gevarenezones die slechts door een smalle vluchtzone van de weg gescheiden zijn, kan het risico van botsingen tegen het beginpunt van een buigstijve ligger aanzienlijk verminderd worden, namelijk door een overgangsgebied toe te passen, waarin de ligger vanuit de grond geleidelijk omhoog loopt tot de gewenste hoogte is bereikt. Daarbij ontstaat echter wel het gevaar dat voertuigen op de ligger omhoog schuiven en daardoor



5



6

7



8

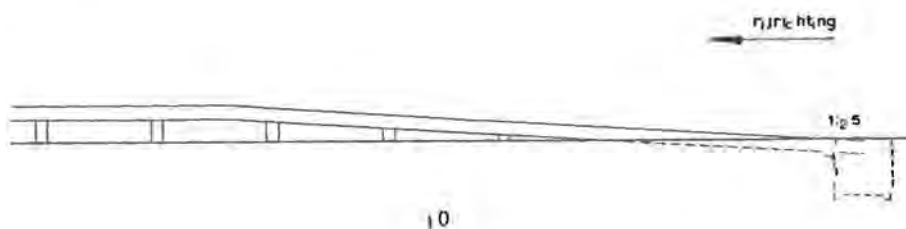


9



kantelen. De kans tot kantelen is echter klein wanneer de ligger een zeer kleine stijghoek heeft.

Volgens onderzoeken in de V.S. (Highway Research Board, special report 81.) die met Amerikaanse wagens werden gedaan, mag deze stijghoek ten hoogste 1 : 15 (4°) bedragen. Voor de meeste Europese wagens met een kleinere spoorbreedte en lengte is het risico uiteraard groter, zodat het aan te bevelen is een stijghoek te kiezen van circa 1 : 25 (2°).



Bij overgangszones die door een brede vluchtzone van de weg gescheiden zijn, kan de kans op een aanrijding tegen het begin van de constructie belangrijk verminderd worden, door de constructie zoveel mogelijk van de wegrand te laten beginnen.

Uit Amerikaanse onderzoeken (Highway Research Record, number 4.) blijkt, dat 99 % van de ongevallen met voertuigen die van de weg afraken, plaatsvindt binnen 10 meter van de zijkant van de verharding, waarvan 90 % zelfs binnen 5 meter van de zijkant van de verharding.

Klaarblijkelijk kan het gevaar van beginnediscontinuïteiten belangrijk worden verminderd, door deze op grotere afstand van de rijbaan te brengen, namelijk door de beveiligingsconstructie aan het begin een overgangszone te geven, die de rijbaan zwak convergerend nadert.

De afloop van een botsing met een geleideconstructie is sterk afhankelijk van de inrijhoek. Grote inrijhoeken, gecombineerd met hoge snelheden, kunnen zelfs bij zeer goede geleideconstructies een ernstige afloop hebben.

De grootste inrijhoek, die op een tweestrooks-rijbaan bij een snelheid van 100 km/h nog praktisch mogelijk blijkt, bedraagt 20° ten opzichte van de beveiligingsconstructie die evenwijdig aan de hoofdas van de rijbaan is opgesteld.

Deze snelheid en inrijhoek worden derhalve bij proeven als criterium gebruikt, en de huidige beveiligingsconstructies in de middenberm blijken onder die omstandigheden in de meeste gevallen zeer goed te werken. Wanneer de constructie ten opzichte van de hoofdas van de rijbaan convergeert, kunnen grotere inrijhoeken ontstaan. Een convergentie van 3° maximaal is aanvaardbaar.

De overgangszone wordt dientengevolge relatief lang (fig. 11). Het is duidelijk dat het gevaar van een beginnediscontinuïteit door gebrek aan ruimte niet steeds volledig kan worden weggenomen met een convergerende overgangszone.



11

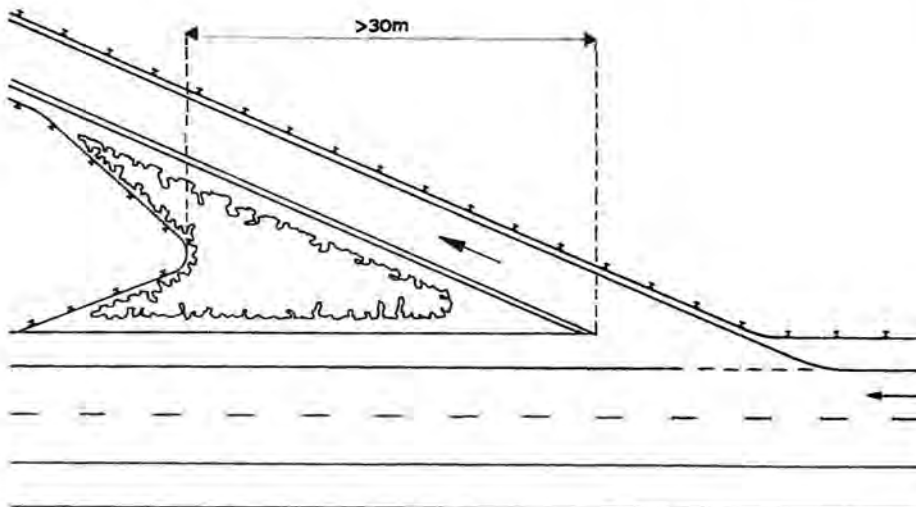
In het algemeen zal uit praktische overwegingen een oplossing in het verticale vlak moeten worden toegepast, dat wil zeggen:

Bij veel plaatsruimte: een oplossing in het horizontale vlak (fig. 11).

Bij weinig plaatsruimte: een oplossing in het verticale vlak (fig. 10).

Bij matige plaatsruimte: een combinatie van beide oplossingen.

Dergelijke oplossingen kunnen ook bij wegsplitsingen worden toegepast. Wanneer de wegsplitsing vrij sterk divergent is, kan in vele gevallen een andere oplossing worden gekozen, waarbij de constructie niet onmiddellijk in de vork van de splitsing begint, maar enige tientallen meters verderop. Hierbij kan de begindiscontinuïteit worden afgeschermd door een begroeiing van taai struikgewas: fig. 12. Uit de praktijk in Nederland blijkt, dat in zeer vele gevallen bij wegsplitsingen gebruik gemaakt wordt van geleideconstructies. Dit is geheel ten onrechte, omdat het afgeschermd gebied geen reële gevarezone is.



12

De constructie dient dan slechts als visuele geleiding, waarvoor geheel andere en veel minder gevaarlijke middelen ter beschikking staan.

Het gevaar van zakvorming (zie 3.3), bij een botsing vlak voorbij het begin van een constructie, kan bestreden worden door de ligger in de grond te verankeren tegen beweging in langsrichting.

3.3. Einddiscontinuïteiten

Eindpunten van constructies zijn even onvermijdelijk als beginpunten. Ze veroorzaken bij botsingen echter veel minder risico. Bij aanrijdingen kort voor het eindpunt van liggerconstructies, bestaat het gevaar dat een abnormaal grote zijdelingse doorbuiging optreedt doordat het losse einde van de constructie tegen de bewegingsrichting van het voertuig in kan bewegen. Het gevolg daarvan kan zijn, dat de beveiligingsconstructie zover doorbuigt dat zich als het ware een zak vormt, maar ook kan het gebeuren dat het voertuig een bevestigingspost ramt.

Bij enkelvoudige geleiderailconstructies zijn deze risico's vrij groot. Het gevaar kan evenals bij beginpunten worden verminderd door de ligger in de grond te verankeren tegen beweging in langsrichting.

Bij samengestelde liggers, alsmede bij enkelvoudige liggers met een zeer grote buigstijfheid, treedt langsbeweging van de ligger zelden op en is afspanning van de ligger niet altijd noodzakelijk.

4. Samengestelde discontinuïteiten

In vele gevallen is het niet mogelijk om een beveiligingsconstructie over de volle lengte van een gevarenzone ononderbroken voort te zetten. Iedere onderbreking in de continuïteit van de weg en van het aangrenzende gebied kan de noodzaak met zich brengen de beveiligingsconstructie te onderbreken. In de middenberm zijn bovendien op regelmatige afstanden onderbrekingen nodig om bij verkeersstremmingen en ongevallen doorgang te verlenen aan voertuigen van de politie en ambulances.

Op kunstwerken moeten over het algemeen andere typen constructies worden geplaatst dan in zij- en middenbermen, of althans moet bij liggerconstructies het geleidingselement op een andere wijze worden ondersteund. Middenbermbeveiligingsconstructies bestaande uit dubbel uitgebouwde geleiderails moeten op tal van plaatsen gesplitst worden in twee enkelvoudig uitgebouwde geleiderails ten einde beide liggerhelften om obstakels heen te leiden zoals lichtmasten, bomen en kolommen van viaducten van ongelijkvloers kruisende wegen.

In elk van deze gevallen is er sprake van een onregelmatigheid in de geometrie en dus van de mechanische eigenschappen van de beveiligingsconstructie, welke oorzaak kan zijn van een groter risico bij botsingen ter plaatse.

Bij al deze samengestelde discontinuïteiten passeert men, in de rijrichting gaande, achtereenvolgens een eindpunt en een beginpunt al is dat in een aantal gevallen nauwelijks zichtbaar. In principe zouden deze eind- en beginpunten gescheiden behandeld kunnen worden, zoals aangegeven in de betreffende paragrafen.

Vele andere gevallen vragen echter om verbetering, waarbij men meer voordeel gebruik kan maken van het gecombineerd voorkomen van eind- en beginpunten. Door de grote verscheidenheid van mogelijke combinaties van constructies, en de verscheidenheid in plaatselijke omstandigheden, is het uitgesloten het probleem van de samengestelde discontinuïteiten uitputtend te behandelen.

Volstaan zal worden met het vermelden van de grondprincipes en het geven van een aantal voorbeelden.

Wanneer de constructie die voorafgaat aan een samengestelde discontinuïteit, wordt aangeduid met a , en de constructie die erop volgt met b , en wanneer de geleidingselementen van beide constructies aangeduid worden met G_a en G_b , en de flexibiliteit met F_a en F_b , dan kunnen de meest kenmerkende verschillen tussen de diverse typen samengestelde discontinuïteiten eenvoudig worden aangegeven:

- I. De beide constructies kunnen van hetzelfde, of van een verschillend type zijn: $a = b$ óf $a \neq b$.
- II. De beide constructies kunnen dezelfde of verschillende geleidingselementen hebben,

$$G_a = G_b \text{ óf } G_a \neq G_b$$

- III. De flexibiliteit van de constructie kan voor de discontinuïteit groter of kleiner zijn dan er voorbij.

$$F_a > F_b \text{ óf } F_a < F_b$$

Gelijke flexibiliteit is alleen bij identieke constructies te verwachten.

- IV. De beide constructies of hun geleidingselementen kunnen aan elkaar gekoppeld zijn, of de constructies kunnen los van elkaar opgesteld zijn.

$$a \searrow b \text{ óf } a \circ \circ b$$

Aan de hand van deze kenmerken zijn bij de samengestelde discontinuïteiten 9 hoofdtypen te onderscheiden.

$a = b$	$a \circ \circ b$	$F_a = F_b$	$G_a = G_b$	1
$a \neq b$	$a \circ \circ b$	$F_a < F_b$	$G_a \neq G_b$	2
			$G_a = G_b$	3
		$F_a > F_b$	$G_a \neq G_b$	4
			$G_a = G_b$	5
	$a \searrow b$	$F_a < F_b$	$G_a \neq G_b$	6
			$G_a = G_b$	7
		$F_a > F_b$	$G_a \neq G_b$	8
			$G_a = G_b$	9

Elke combinatie van twee opeenvolgende constructies is bij een van deze negen hoofdtypen in te delen. Een opeenvolging van twee verschillende constructies in de middenberm kan bij twee hoofdtypen ingedeeld worden afhankelijk van de naderingsrichting, bv. foto's 13, 16 en 20. De meeste typen komen inderdaad in de praktijk voor. De redenen waarom een bepaald hoofdtype gekozen is, zijn niet steeds dezelfde.

Een reden waarom beide constructies niet aan elkaar worden gekoppeld, kan zijn, dat er ter plaatse een doorgang moet open blijven.

Een andere reden kan zijn, dat voor het koppelen van beide constructies speciale voorzieningen moeten worden getroffen, die bij een losse opstel-

13



Als willekeurig gekozen voorbeeld een foto van een samengestelde discontinuïteit. Een in principe juiste overgang van twee enkelvoudig gebouwde beveiligingsconstructies naar één dubbel gebouwde constructie, waarbij de overgang zeer geleidelijk is.

ling achterwege kunnen blijven. In het eerste geval is er geen keus, in het laatste geval echter wel, en van deze keuzemogelijkheid kan gebruik worden gemaakt om het gevaar dat de discontinuïteit veroorzaakt, te verminderen. Een gedeelte van de samengestelde discontinuïteiten, nl. combinaties van verschillende constructies, kan vermeden worden door landelijk een zo groot mogelijke uniformiteit toe te passen bij de keuze van beveiligingsconstructies.

Bij samengestelde discontinuïteiten, die bestaan uit combinaties van een eindpunt en een beginpunt, wordt de omvang van het gevaar in hoofdzaak bepaald door het beginpunt. Het risico kan belangrijk worden vermindert, door het laatste gedeelte van de constructie die aan de onderbreking voorafgaat, zodanig op te stellen dat het daaropvolgende beginpunt erdoor wordt afgeschermd. Zie afbeelding op pag. 24.

Er zijn voor deze verspringende opstelling vele toepassingsmogelijkheden. De uitvoeringsvorm kan sterk afhangen van de samenstellende constructies.

Het is niet steeds noodzakelijk dat de constructie a, het begin van de constructie b, over een bepaalde lengte overlapt. De maximale koersafwijking die voertuigen met snelheden boven 90 km/h bij de gebruikelijke wegbreedte kunnen bereiken bedraagt 20°.

Bij een uitvoering van de verspringende opstelling, overeenkomstig de op pag. 24 afgebeelde figuur, is een botsing tegen het beginpunt van constructie b, uitgesloten, indien het voertuig voorbij het eindpunt van constructie a, van de weg raakt. Wanneer de constructie a, flexibel is, dient een extra veiligheidsmarge te worden toegepast, die met deze flexibiliteit rekening houdt. Over het algemeen is het dan wenselijk de verspringende opstelling uit te voeren met een overlappend gedeelte.

Wanneer een doorgang niet noodzakelijk is, is het in vele gevallen mogelijk de beide constructies aan elkaar te koppelen, waardoor de continuïteit van de beveiligingsconstructie wordt bevorderd.

Dit is het eenvoudigst wanneer $G_a = G_b$ en $F_a < F_b$.

Als $F_a > F_b$, dan is het nodig een overgangszone toe te passen van enige tientallen meters lengte, waarin de flexibiliteit geleidelijk van F_a tot F_b daalt.

4.1. Voorbeelden

Ter toelichting van de problemen bij samengestelde discontinuïteiten, volgt nu een aantal voorbeelden van goede en minder goede uitvoeringen. Onderstaande foto is een afbeelding van een verkeerde uitvoeringsvorm van doorgangen in middenbermbeveiligingen.

Bij aanrijdingen zijn dit soort onderbrekingen even gevaarlijk als gelijkgevormde beginnediscontinuïteiten.

14





15

Bij sommige samengestelde discontinuïteiten in middenbermen is de risicofactor sterk afhankelijk van de naderingsrichting. De overgang van foto 16 is voor het tegemoetkomende verkeer minder veilig dan voor het verkeer in de waarnemingsrichting. De overgang van foto 20 is voor het tegemoetkomende verkeer veiliger.



16

Overgangen tussen twee typen constructies van vergelijkbare stijfheid worden toegepast in de middenbermen, waar twee eenzijdige geleiderails aansluiten op een dubbel uitgebouwde geleiderailconstructie. Deze situatie doet zich in het bijzonder voor op plaatsen, waar de geleiderails om de kolommen van viaducten heen geleid moeten worden. Een uitvoeringsvorm is afgebeeld op foto 15.

Overgangen van een stijve naar een meer flexibele constructie doen zich voor, wanneer een geleiderail gevolgd wordt door een kabelconstructie (foto 16, foto 20 tegemoetkomend verkeer) of wel waar, aansluitend aan een brugleuning, een geleiderail of kabelconstructie (foto 17) is geplaatst.



17

Aanrijdingen tegen het begin van de geleiderail en tegen de zware betonnen paal (foto 17) van de kabelconstructie, zijn gevaarlijke mogelijkheden die op eenvoudige wijze, door geometrische aanpassing, kunnen worden vermeden.

Overgangen van een flexibele naar een starre of stijvere constructie doen zich voor, wanneer een brugleuning wordt voorafgegaan door een geleiderail (foto 18) of kabelconstructie (foto 19), óf wanneer een geleiderail door een kabelconstructie wordt voorafgegaan (foto 20) en foto 16 tegemoetkomend verkeer.

Wanneer de geleiderail van foto 18 zijn taak naar behoren vervult, wordt het botsende voertuig onontkoombaar tegen het begin van de brugleuning aangestuurd.

Hetzelfde geldt voor de overgang van kabel naar railconstructie van foto 20 en, ten gevolge van de grote flexibiliteit van kabelconstructies, eveneens voor de overgang van kabel naar brugleuning foto 19.

Ook bij deze categorie overgangen is in de meeste gevallen het gevaar door geometrische aanpassing te vermijden. Bij de realisering speelt in deze gevallen het verschil in flexibiliteit een belangrijke rol.

18



19

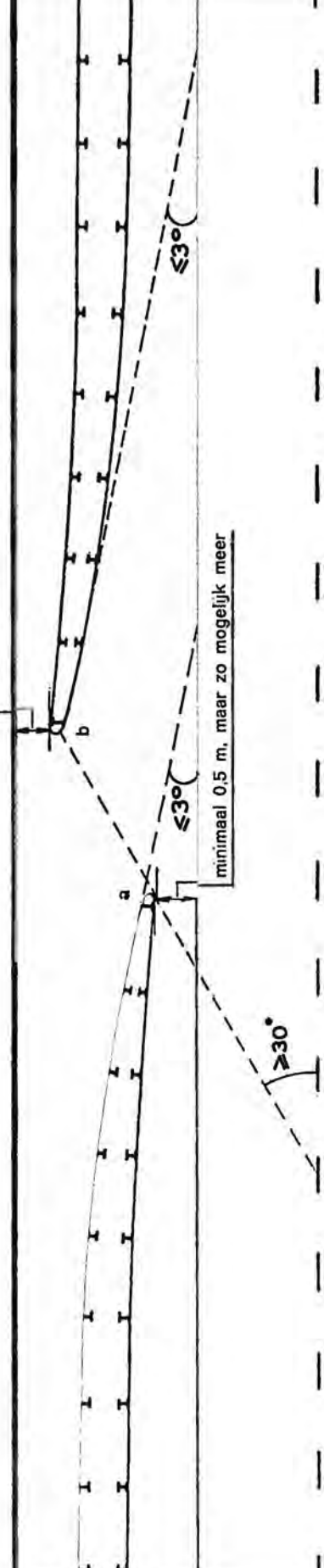


20



minimaal 0,5 m, maar zo mogelijk meer

minimaal 0,5 m, maar zo mogelijk meer



In middenbermen van voldoende breedte kan bij doorgangen een verspringende opstelling worden toegepast, zoals aangegeven in de tekening op pag. 24. Ook hier geldt, dat de convergentie in de richting van de rijbaan max. 3° mag bedragen. De verbindingslijn tussen de eindposten van beide constructies moet een hoek van ten minste 30° met de as van de weg maken.

Indien een dusdanig wijde doorgang verlangd wordt, dat aan bovengestelde eisen niet kan worden voldaan, dienen de oplossingen aangegeven in 3.1 te worden toegepast.

In vele gevallen zal het dan toch zinvol zijn om deze oplossing met de verspringende opstelling te combineren, aangezien daarmee de kans op doorkruising van de middenberm wordt verkleind.

Voor overgangen van twee enkelvoudige geleiderails naar een dubbel-uitgebouwde geleiderailconstructie, en omgekeerd, zijn op pag. 20 (foto 13) en op pag. 22 (foto 15 en 16) twee uitvoeringsvormen gegeven, die voor de normale verkeerssituatie goede oplossingen zijn. De continuïteit van het geleidingselement, die bij de uitvoering volgens foto 21 overigens wel sterk convergeert, is een voordeel. Belangrijker is echter, dat, wanneer het verkeer in verband met werkzaamheden aan de weg over één weghelft wordt geleid, de overlapping bij de uitvoering volgens foto 15 (pag. 22) tégen de verkeersstroom is gericht. Een uitvoering zoals op foto 21 geniet daarom de voorkeur, mits rekening wordt gehouden met een convergentie van max. 3° .

Bij overgangen van stijve naar flexibele constructies kan in het algemeen de verspringende opstelling een goede oplossing geven.

Bij overgangen van starre constructies, zoals bakstenen of betonnen borstweringen van bruggen en viaducten, naar flexibele constructies, dient de verspringende opstelling eveneens te worden toegepast, indien een doorgang tussen beide constructies gewenst is. Ook hier dient de doorgang een divergentie van 30° ten opzichte van de weg te hebben.

Wordt geen doorgang tussen de constructies aangebracht, dan kan worden volstaan met de eis dat de flexibele constructie niet voor de borstwering uitsteekt. — Een onjuiste oplossing is aangegeven op foto 17, pag. 22.

Bij overgangen van betrekkelijk stijve naar meer flexibele constructies, dient met de mogelijke uitbuiging van de stijvere constructie rekening te worden gehouden. Door de flexibele constructie aan de achterzijde van





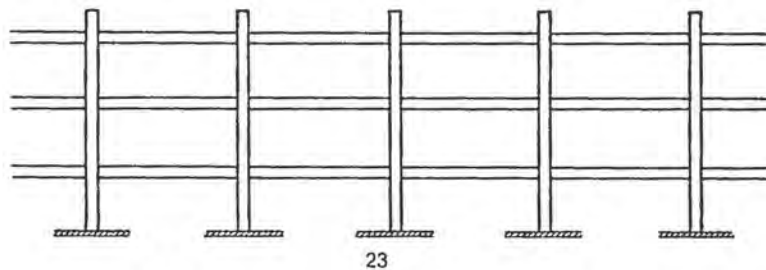
de stijvere constructie vast te koppelen, wordt bereikt dat bij aanrijdingen in de buurt van de overgang, beide constructies gezamenlijk uitbuigen. Zijn er tegen deze oplossing praktische bezwaren, dan kan de verspringende opstelling worden toegepast, waarbij het wenselijk is dat de flexibele constructie over een behoorlijke afstand door de stijvere constructie wordt overlapt. Een voorbeeld hiervan is de overgang van een geleiderail naar een kabelconstructie op foto 16, pag. 22.

Overgangen van flexibele naar stijve of starre constructies, stellen aanmerkelijk hogere eisen. Een eenvoudige verspringende opstelling met een overlappend gedeelte is niet afdoende. Ter plaatse van de overlapping dient de ruimte tussen de beide constructies zo breed te zijn dat, bij een maximale uitbuiging van de flexibele constructie, een aanrijding met het begin van de stijve afrastering toch uitgesloten is. Wanneer dit in verband met de beschikbare ruimte niet mogelijk is, dient het aanvangspunt van de stijvere constructie te worden opgevat als een normale begin-discontinuïteit.

Bij overgangen van kabelconstructies naar stijvere constructies dient de breedte van het overlappingsgebied ten minste 2,5 meter te bedragen. Bij de middenbermbeveiliging op foto 16 is het overlappingsgebied niet zo breed.

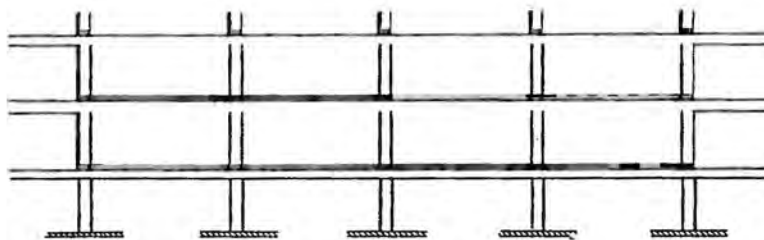
Hoewel deze uitvoering belangrijk beter is dan de uitvoering op foto 20, is het tegemoetkomende verkeer, althans bij de zwaarste aanrijdingen, nog niet geheel gevrijwaard van een botsing tegen het beginpunt van de rail. Bij de bruggen en viaducten en opritten is de beschikbare ruimte doorgaans zeer beperkt. Over het algemeen is een kabelconstructie dan ook ongeschikt als zijbeveiliging van opritten.

Bij overgangen van railconstructies naar starre brugleuningen dient de breedte van het overlappingsgebied, afhankelijk van de stijfheid van de ondersteuning van de railconstructie, 0,5 tot 1,5 meter te bedragen. Foto 22 toont een overgang van geleiderail naar borstwering die, hoewel zonder overlapping uitgevoerd, aan redelijke eisen voldoet. Een alternatieve oplossing, in geval van beperkte ruimte, kan zijn: een overgangszone met een geleidelijk toenemende stijfheid van de constructie, bij voorbeeld door geleidelijk afnemende postafstanden, of door toepassing van zwaardere posten en gestutte posten.



23

Bij brugleuningsconstructies komt het herhaaldelijk voor, dat de geleidingsliggers worden bevestigd aan spijlen, die vóór de liggers uitsteken (fig. 23). Tijdens aanrijdingen kunnen de botsende voertuigen tegen deze spijlen vastlopen.



24

Een betere oplossing is dan ook bovenstaande fig. 24.

Onderstaande foto 25 laat een praktijkvoorbeeld zien, waarbij de spijlen weliswaar niet vóór de bovenrailing uitsteken, maar door hun grote lengte toch gemakkelijk vat kunnen krijgen op het botsende voertuig.

25





Ankerpaal (foto boven) van de olifantsdraadconstructie, die ook wordt toegepast als beginverankering en als tussenverankering, in de oorspronkelijke uitvoeringsvorm.

Schade aan een voertuig na een proefbotsing tegen een verankeringspaal van de olifantsdraadconstructie.

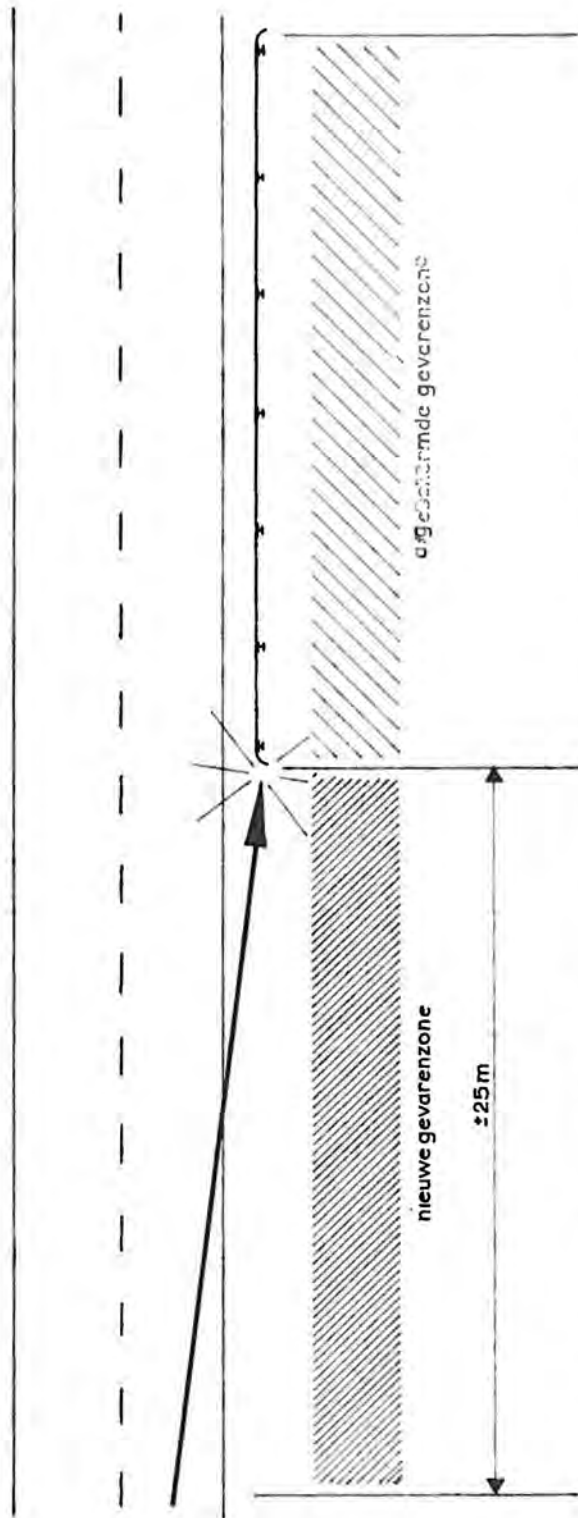




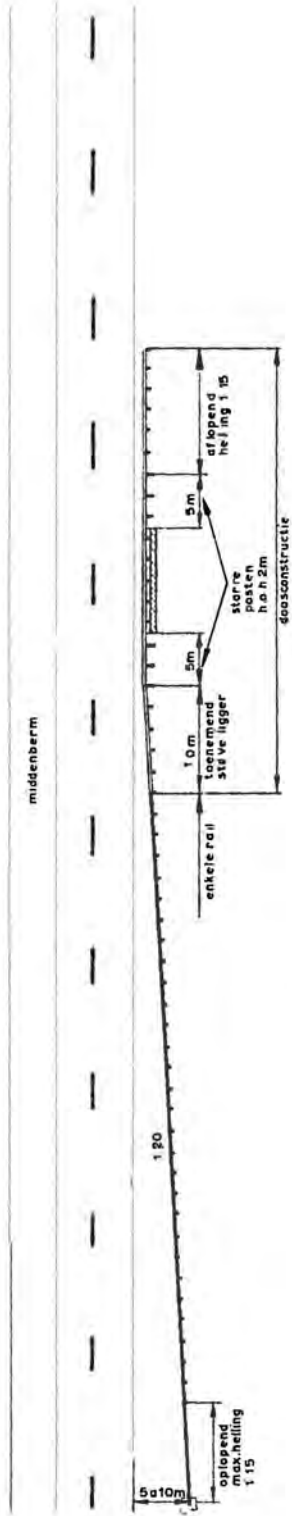
Sterk convergerende korte geleiderail na een aanrijding, waarbij de hieronder afgebeelde auto naar de weg werd teruggekaatst, vervolgens door de middenberm schoot en op de andere weghelft met een tegenligger in frontale botsing kwam.

Detail van het voertuig na de frontale botsing. Het rechter voorwiel raakt bijna het achterportier.

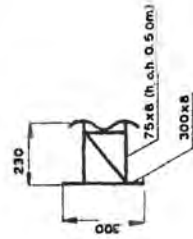




Het begin van een discontinuïteit. Het plaatsen van een dergelijke constructie betekent het scheppen van een nieuwe gevarenzone van ongeveer 25 m



Toepassing zijbermbeveiliging bij onvolgdoende ruimte



detail doosconstructie.

DRUK GEBR J & H VAN LANGENHUIJSEN DEN HAAG
FOTOGRAFIE FOTO PERSDIENST HENNEKE. ZWOLLE FOTO 5
ANWB FOTO 21
WACHTMEESTER I DER RIJKSPOLITIE M P VAN DIJK
DORDRECHT FOTO PAG 2
IWECO DELFT FOTO S PAG 2
OVERIGE FOTO S A A VIS
TEKENINGEN RIIKSWATERSTAAT EN SWO