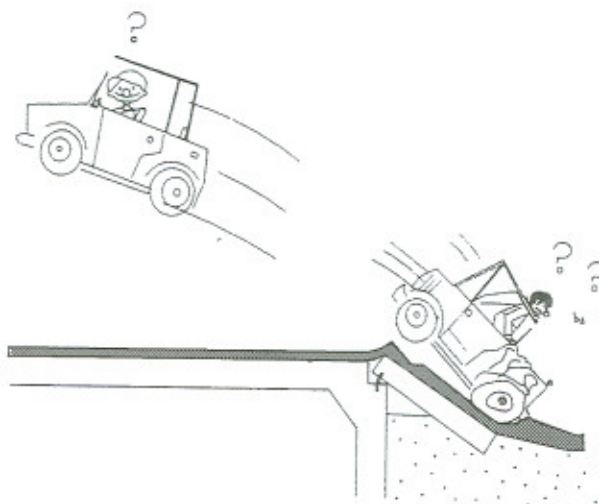


OVERGANGSCONSTRUCTIES (STOOTPLATEN)

Document : NBD 00750
Uitgave : 01-02-2006
Status : definitief



Voorwoord

Dit rapport is een revisie van de "Richtlijn overgangsconstructies (stootplaten), rapport nr. 7", d.d. 1988, van de toenmalige Directie bruggen Rijkswaterstaat.

De revisie wordt uitgebracht als NBD 00750: "Overgangsconstructies (stootplaten)".

De reden voor de revisie heeft vooral te maken met de introductie van de Eurocode verkeersbelasting. De asconfiguratie wijkt aanzienlijk af van de oude verkeersklasse 60 zoals volgens de NEN 6723 (VBB 1995). Een direct gevolg hiervan is de noodzaak de minimale breedte van de stootplaten vast te stellen op één meter en de standaardwapening te verzwaren. Dit is de grootste wijziging ten opzichte van het oude rapport.

Naast dit rapport bestaat de "Handleiding Wegenbouw, Ontwerp van Overgangsconstructies", d.d. april 1996, van de DWW. Deze handleiding zal niet meer worden geactualiseerd en kan worden beschouwd als een naslagwerk. De NBD 00750: "Overgangsconstructies (stootplaten)" dient te worden aangehouden ingeval van tegenstrijdigheden.

Samenstelling werkgroep, d.d. maart 1988:

Ing. G.C. Oosterling	BD
Ing. C. Heiden	BD
Ing. W.F. Bonardt (secretaris) †	BD
Ing. D. Zijlstra (voorzitter)	BD

Revisie, d.d. 1 februari 2006:

Ing. D. Zijlstra	BD
met medewerking en advies van:	
Ir. C.P.M. Kuilboer	BD
Ing. R.H. de Meijer	BD
Ing. A.J. Pijnenborgh	BD
Ing. P. Spencer	BD
Ir. ing. J.M. Zwarthoed	BD
Ir. H.J. Beukema	DWW
Ir. A. A. M. Venmans	DWW

Inhoudsopgave:

1.	Inleiding	5
1.1	Doel	5
1.2	Begrenzing toepassingsgebied	5
1.3	Geconstateerde problemen	5
1.4	Oorzaken	6
1.5	Definitie restzetting	6
1.6	Definitie stootplaat/-vloer	7
2.	Conclusies en eisen	8
2.1	Stootplaten versus stootvloer	8
2.2	Hoogteligging stootplaat	8
2.3	Dikte stootplaat/-vloer	9
2.4	Lengte stootplaat/-vloer	9
2.5	Bevestiging en oplegging stootplaat/-vloer op kunstwerk en aardebaan	10
2.6	Eisen stootplaten ter plaatse gestort	11
2.6.1.	Aansluiting bij lengte stootplaat < 6000 mm	11
2.6.2.	Aansluiting bij lengte stootplaat > 6000 mm	11
2.6.3.	Aansluiting zonder voegovergang	11
2.7	Eisen stootplaten geprefabriceerd	15
2.7.1.	Aansluiting met voegovergang	15
2.7.2.	Aansluiting zonder voegovergang	15
3.	Scheve kruisingen	18
3.1	Algemeen	18
3.2	Eisen aan beëindigingshoek brugdek, landhoofd en/of stootplaten	20
4.	Uitvoeringsaspecten	22
4.1	Maattoleranties stootplaten	22
4.1.1.	Prefab stootplaten, breedte = 1000 mm	22
4.1.2.	Ter plaatse te storten stootplaten	22
4.2	Zandaanvullingen	23
4.2.1.	Fasering aanvullingen	23
4.2.2.	Verdichtingseisen	24
4.2.3.	Gestabiliseerd zand	24
4.2.4.	Aanbrengen stabilisatie	24
4.2.5.	Kleeflaag	24
5.	Diversen	25
5.1	Opsluiting aardebaan	25
5.2	Waterafvoer	26
BIJLAGEN		27
A	WAPENING STOOTPLATEN EN – VLOEREN	28
A.1	Wapeningconfiguratie stootplaten breedte = 1000 mm	28
A.2	Wapeningconfiguratie stootvloeren (breedte = rijbaanbreedte)	29
B	TOELICHTING CONCLUSIES EN EISEN HOOFDSTUK 2	30
B.1	Hoogteligging stootplaat	30

B.1.1	Lage ligging met tussenlaag	30
B.1.2	Ligging zonder tussenlaag	31
B.1.3	Ligging met gereduceerde dikte asfaltpakket	31
B.1.4	Hooggelegen stootplaat	32
B.2	Breedte stootplaat	33
B.3	Dikte stootplaat	34
B.4	Rotatiecapaciteit	35
B.5	Hijspunten	36
B.6	Oplegging stootplaat op aardebaan	37
B.7	Afdekking gaping met stootplaat	38
B.8	Toelaatbare knik in lengteprofiel weg	39
B.8.1	Overzicht uitgevoerde onderzoeken	40
B.8.2	Onderzoek veilige snelheid op de Moerdijkbrug tijdens de reconstructie (d.d. juni 1975)	40
B.8.3	Onderzoek naar het rijgedrag van een voertuig bij het passeren van de "Knik Leidschendam", d.d. 1981.	40
B.8.4	Onderzoek zware vrachtwagen (combinatie) over stootplaten nabij kunstwerken	40
B.8.5	Aanvullend onderzoek "Knik bij Leidschendam"	41
B.8.6	Rijkswegen	41
B.8.7	Richtlijn verkeersdrempels CROW, mei 2002	41
B.8.8	Eindconclusie	41

1. Inleiding

1.1 Doel

Het doel van de NBD 00750 "Overgangsconstructies" is het:

- zorgen voor een blijvend vloeiende overgang tussen het vaak zettingvrij gefundeerde kunstwerk en het (zettende) aansluitende grondlichaam;
- bevorderen van de verkeersveiligheid;
- verbeteren van het rijcomfort;
- verminderen van de onderhoudskosten;
- verminderen van de geluidsoverlast.

1.2 Begrenzing toepassingsgebied

Deze richtlijn beperkt zich tot asfaltverhardingen. Kunstwerken zonder voegovergangen met een grotere bruglengte dan 25 meter vallen niet onder deze richtlijn.

1.3 Geconstateerde problemen

Bij de overgang van kunstwerk op aardebaan zijn de volgende problemen ongewenst:

- A) abrupte hellingen ("knikken") en abrupte hoogteverschillen (step-offs) in het verticale alignement van de weg met als gevolg:
 - loskomen van voertuigen met dwarsverplaatsing in combinatie met boogstralen in het horizontale alignement;
 - opwippen en schuiven van de lading;
 - schommelen (torsiebeweging om x-, y- en z-as) van het voertuig bij berijden van scheve beëindigingen van kunstwerken;
 - beschadiging door sneeuwschuivers bij scheve beëindigingen.
- B) scheuren in het asfalt ter plaatse van aansluiting op het kunstwerk:
 - indringing van water in de scheuren;
 - uitspoeling zand uit aardebaan en onderspoeling stootplaten;
 - stukrijden/rafeling asfaltverharding;
 - aanrijden/beschadiging voegovergangsconstructies.
- C) geluidspieken door passerend verkeer t.g.v.:
 - opwippen lading op vrachtauto's;
 - aanrijden tegen de voegovergangsconstructies.

De onder A t/m C gesignaleerde problemen zullen regelmatig terugkerende reparaties met hoge onderhoudskosten en veel hinder voor het verkeer tot gevolg hebben.

1.4 Oorzaken

De in 1.3 gesignaleerde problemen zijn vaak terug te voeren tot één van de onderstaande oorzaken of combinaties ervan:

- deformatie uitvulling + asfaltpakket boven de stootplaat bij laaggelegen stootplaten;
- deformatie zandaanvullingen achter het kunstwerk;
- (na)zettingen aardebaan;
- tijdsdruk i.v.m. openstelling c.q. ingebruikname van de weg d.w.z. korte bouwtijd en te weinig tijd voor zetting weglichaam;
- te weinig aandacht tijdens ontwerp en detaillering van de:
 - stootplaat: te kort, te weinig rotatiecapaciteit, te lage ligging;
 - waterafvoer: uitspoeling t.g.v. lekkages;
 - vorm landhoofdconstructies: te kleine en te ondiepe vleugelwanden;
- te weinig aandacht tijdens uitvoering voor:
 - benodigde rotatiecapaciteit voor in het werk gestorte stootplaten;
 - verdichting aardebaan;
 - verdichting aanvullingen;
 - tijdstip aanvullen achter het landhoofd: te kort voor de ingebruikname van het kunstwerk;
 - verdichting verhardingen ter plaatse van aansluiting landhoofd;
 - aanleg voegovergang c.q. asfaltpakket: bovenkant (B.K.) voegovergangsconstructie te hoog t.o.v. B.K. aansluitende asfaltconstructie.

1.5 Definitie restzetting

Om spraakverwarring te voorkomen wordt in dit document de volgende definitie gebruikt voor "restzetting":

De restzetting is de zetting van het vrije uiteinde van de stootplaat die naar verwachting nog zal optreden vanaf het moment dat de stootplaat is aangebracht.

In deze restzetting wordt begrepen:

1. de naverdichting van de zandaanvulling achter het landhoofd, ook wel klink genoemd, door verkeerstrillingen na openstelling weg of indringing regenwater. Bij een zorgvuldige uitvoering en verdichting van deze aanvulling (zie hfd 4.2) zal de klink gering zijn;
2. de resterende zetting van de samendrukbare lagen in de ondergrond door de aangebrachte bovenbelasting.

Wanneer de aardebaan (bovenbelasting) wordt aangebracht op een ondergrond met samendrukbare lagen, zijn zettingen te verwachten die doorgaans niet volledig zijn opgetreden voordat de weg in gebruik wordt genomen. Er zijn mogelijkheden om het zettingproces te versnellen, bijvoorbeeld:

- het verwijderen van de samendrukbare lagen;
- het toepassen van drainage om de consolidatie te versnellen;
- het aanbrengen van een extra overhoogte (voorbelasten);
- toepassing van licht ophoogmateriaal.

Uitgangspunt is te zorgen dat de aardebaan in het gebied van de overgang naar het kunstwerk zo klein mogelijke restzettingen zal ondergaan en als restzettingen onvermijdelijk zijn, om dan te zorgen dat het tempo van de zettingen voldoende traag is. Dan kan de knik in het wegdek worden opgevuld gelijktijdig met het onderhoud aan het asfaltpakket van de aansluitende wegen.

Een ongelijkmatige restzetting in dwarsrichting op het kunstwerk heeft ongewenste constructieve gevolgen voor de brede stootvloer (breedte stootvloer is gelijk aan breedte asfaltverharding tussen de schampkanten). Deze ongelijkmatigheid wordt veroorzaakt door de ondergrond, bijv. door:

1. zijdelings uitpersen (squeezing);
2. een onregelmatige laagopbouw;
3. de vorm en plaats van de bovenbelasting.

In zo een geval moet de stootplaat worden uitgevoerd met afzonderlijke smalle stootplaten met een breedte van 1 m^1 . Hierbij dienen de stootplaten vrij t.o.v. elkaar te kunnen zakken. Het is van belang om de ondergrond in dwarsrichting achter het kunstwerk te onderzoeken, door het maken van voldoende sonderingen.

1.6 Definitie stootplaat/-vloer

Stootplaten hebben een breedte van 1 m^1 , m.u.v. de benodigde pasplaat die een breedte heeft van $> 1 \text{ m}^1$. De stootplaten moeten onafhankelijk van elkaar kunnen zakken.

Een stootvloer heeft een breedte die minimaal gelijk is aan de breedte van de asfaltverharding van een rijbaan.

2. Conclusies en eisen

2.1 Stootplaten versus stootvloer

Stootplaten bieden door hun losse plaatsing de mogelijkheid om ter plaatse van hun oplegging in de aardebaan zettingsverschillen te ondergaan. Bij extreme restzetting kunnen stootplaten worden opgehaald. Dit zal maar zelden worden gedaan. Het uitvullen met asfaltlagen is veel eenvoudiger en sneller uit te voeren.

Vanwege de geringe breedte kunnen de stootplaten op een andere locatie worden geprefabriceerd en op een gewenst moment worden geplaatst.

Bij ter plaatse gestorte stootplaten moet worden voorkomen dat “contramal-werking” zal optreden bij het om-en-om storten. Door de contramal-werking kunnen stootplaten niet vrij van elkaar zettingen ondergaan.

Stootvloeren mogen alleen worden toegepast wanneer er zekerheid bestaat dat de ongelijke zettingen in dwarsrichting zeer gering zijn. Wanneer bij voorbeeld de rechterijstrook met zwaar vrachtverkeer op de rand van een stootvloer zal rijden, is de kans groot dat de stootvloer op gaat wippen in de tegenovergelegen hoek op het landhoofd.

2.2 Hoogteligging stootplaat

Abrupte hoogteverschillen ter plaatse van de aansluiting bij het kunstwerk kunnen ontstaan door (na)verdichting, wegdrukken of uitspoeling van de tussenlagen boven de stootplaat en naverdichting (spoorvorming) door het verkeer van de asfaltconstructie.

Daarom bij voorkeur de hooggelegen stootplaat toepassen waarbij de bovenkant stootplaat bij de aansluiting op het kunstwerk in het beste geval op gelijke hoogte ligt met bovenkant van het brugdek c.q. de frontwand en bij de aansluiting op de aardebaan gelijk met de onderkant van het volledige asfaltpakket op de aardebaan. Daar bij rotatie van de stootplaat scheuren in het asfalt ontstaan dient het pakket ter plaatse van de aansluiting op het landhoofd een minimale dikte van 80 mm te hebben maar bij voorkeur > 120 mm zodat dichtrijden van de scheuren door de masserende werking van het verkeer mogelijk is.

2.3 Dikte stootplaat/-vloer

De scheuren in het asfalt ter plaatse van de aansluiting op het kunstwerk worden vooral veroorzaakt door het ontstaan van een gaping door rotatie van de stootplaat en minder ten gevolge van opwippen van voorkant stootplaat.

Daarom is uitdrukkelijk gekozen om bij stootplaten langer dan 6 meter, vanwege de grote dikte, deze met een tandoplegging op te leggen op het landhoofd, zodat na rotatie de gaping minimaal blijft. Hierdoor kan ook een kwetsbare afdichting van de gaping door middel van staalplaten achterwege blijven.

Voor bepaling van de dikte in het midden van de stootplaat/-vloer dient in een berekening te worden uitgegaan van een ligger/plaat op twee steunpunten, ondersteund op de beide uiteinden, waarbij moet worden gerekend met de verkeersbelasting zoals die voor het kunstwerk geldt.

2.4 Lengte stootplaat/-vloer

Daar het in de praktijk vaak niet mogelijk is de aardebaan ter plaatse van de aansluiting op het kunstwerk vóór de bouw van het kunstwerk en montage van de stootplaten, voldoende te laten "zetten" dient de lengte van de stootplaat afhankelijk te worden gesteld van de toelaatbare "knik" in het verticaal alignement en de verwachte restzetting en klink van de aardebaan onder de stootplaat.

Aan de hand van het zettinggedrag kan vastgesteld worden na hoeveel jaren bij een gekozen lengte, de toelaatbare "knik" overschreden zal worden en wanneer tot uitvullen van de "knik" moet worden overgegaan. Dit uitvullen laten samenvallen met de normale (geplande) vervanging van de deklagen van de aansluitende wegen.

In een project/contract kunnen eisen gesteld worden aan de maximale "knik" na een gedefinieerde periode. Als dergelijke eisen niet zijn gesteld geldt het volgende: Voor autosnelwegen (rijksnelheid ≥ 100 km/uur) is de maximaal toelaatbare "knik" vastgesteld op maximaal 1:100. Voor de overige wegen maximaal 1:60. [zie ook hoofdstuk 3 Scheve kruisingen, i.v.m. mogelijke lengtecorrectie]

In rijkswegen geen stootplaten korter dan 5 m¹ toepassen, omdat er altijd naverdichting door verkeer plaatsvindt.

In overige wegen geen stootplaten korter dan 3 m¹ toepassen omdat er altijd een zekere restzetting optreedt. In geval van (naastliggende) fiets- en voetpaden (denk aan hinder door de plotselinge step-off voor fietsers en rolstoelgebruikers) is een minimale lengte van 2 m¹ noodzakelijk.

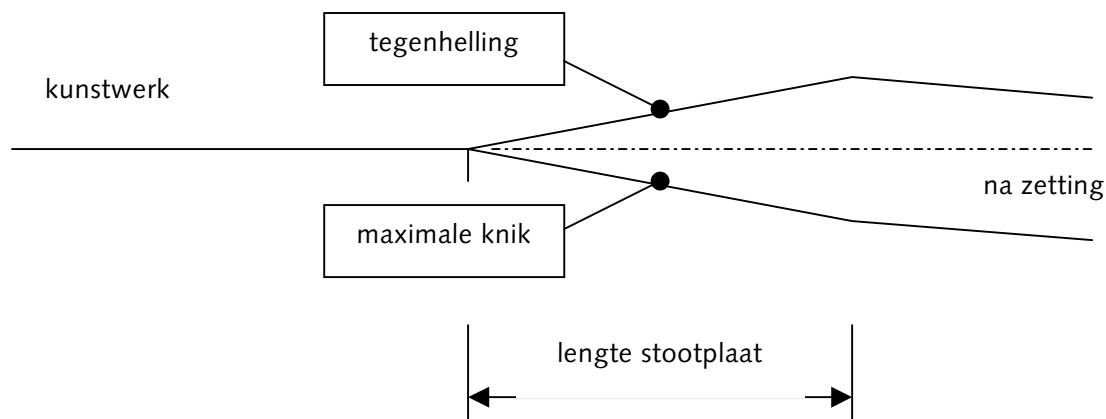
Voorbeeld berekening stootplaatlengte (= lengte in de rijrichting):

In autosnelweg, bij kruisingshoek > 60 gon, een rijksnelheid 100 km/uur en een berekende restzetting (incl. klink, naverdichting door verkeer e.d.) na aanbrengen stootplaten van 50 mm, volgt een maximale helling van 1:100 en een stootplaatlengte van $50 \times 100 = 5000$ mm.

Zodra de "knik" in het alignement groter wordt dan bovengenoemde helling dient het wegdek uitgevuld te worden.

Om het tijdstip waarop de maximaal toegestane knik zal ontstaan zolang mogelijk uit te stellen is het toegestaan de stootplaat met een initiële "tegenhelling" uit te voeren. Omdat een dergelijke tegenhelling een knik in het wegdek tot gevolg heeft, dient deze tegenhelling beperkt te blijven tot ca. 2/3 van de maximaal toelaatbare knik. Het gevaar bestaat immers dat als de berekende zettingen achterblijven bij de voorspelling het kunstwerk permanent in een kuil ligt.

Voor wegen $v \geq 100$ km/uur is de maximaal toegestane tegenhelling begrensd tot $-1:150$ en bij de overige wegen tot een waarde van $-1:100$.



Figuur 2.1. Principe van tegenhelling

2.5 Bevestiging en oplegging stootplaat/-vloer op kunstwerk en aardebaan

Om horizontaal verplaatsen (afglijden) van de stootplaat/-vloer van het kunstwerk tegen te gaan moeten bij de ter plaatse gestorte stootplaat/-vloer deuvels worden aangebracht. Bij stootvloeren dient het aantal deuvels door berekening te worden vastgesteld. De deuvels moeten berekend worden op basis van de wrijving tussen de stootvloer en de ondergrond.

De deuvels mogen niet te stijf zijn zodat de rotatie van de stootplaat gevolgd kan worden, zonder dat er extreme slijtkrachten op de stootplaat en het landhoofd worden uitgeoefend. Ter bescherming tegen doorroesten de deuvels omwikkelen met Densoband.

De geprefabriceerde stootplaat mag ook worden voorzien van een nok welke in een te maken sponning in het landhoofd of brugdek rust. In dat geval deze nok van een zodanige vorm maken dat na rotatie de bovenkant stootplaat niet verticaal (omhoog) verplaatst.

Deuvels fixeren de stootplaat beter dan nokken, waardoor de gaping na rotatie bij deze constructie kleiner is.

Tussen de stootplaat en de aardebaan dient een laag gestabiliseerd zand met een dikte van 0,50 m¹ te worden aangebracht. Deze laag is minder gevoelig voor uitspoeling en minder gevoelig voor plaatselijke indrukking.

Onder de ter plaatse gestorte stootplaten gestabiliseerd zand met 175 kg cement per m³ toepassen.

Onder de geprefabriceerde stootplaten gestabiliseerd zand met 100 kg cement per m³ toepassen.

De stootplaten (incl. gestabiliseerd zand) dienen in een zo laat mogelijke fase van de bouw aangebracht te worden, zodat de restzetting na aanbrengen minimaal is.

2.6 Eisen stootplaten ter plaatse gestort

Op alle tekeningen van onderstaande aansluitingen 2.6.1 t/m 2.6.3 is de oplossing met een verharding in DAB getekend. Voor verhardingen met DAB + ZOAB dienen deze details op de extra dikte van het ZOAB te worden aangepast. De stootplaatdetails wijzigen niet.

2.6.1. Aansluiting bij lengte stootplaat < 6000 mm

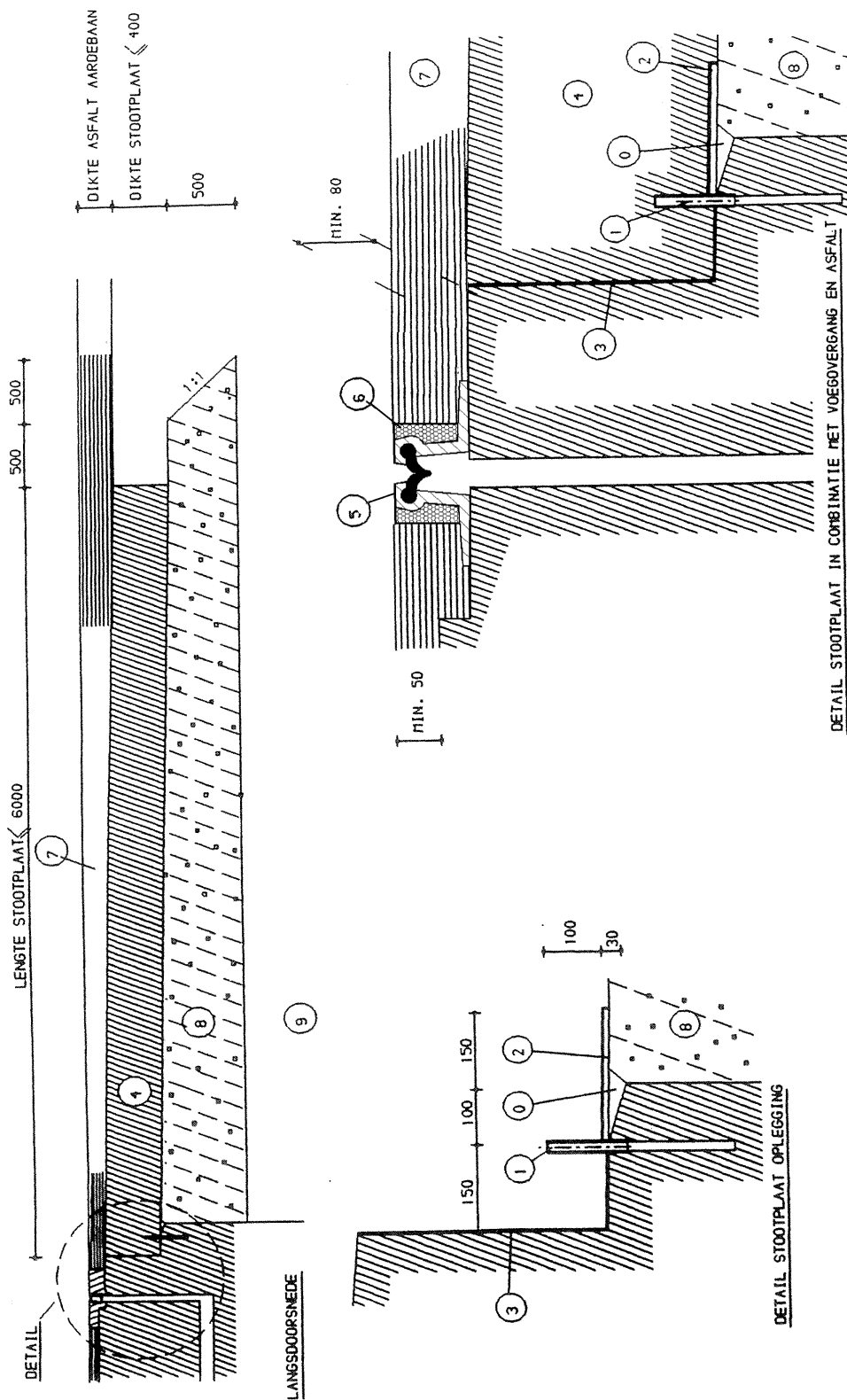
Zie figuur 2.2, pagina 12

2.6.2. Aansluiting bij lengte stootplaat > 6000 mm

Zie figuur 2.3, pagina 13

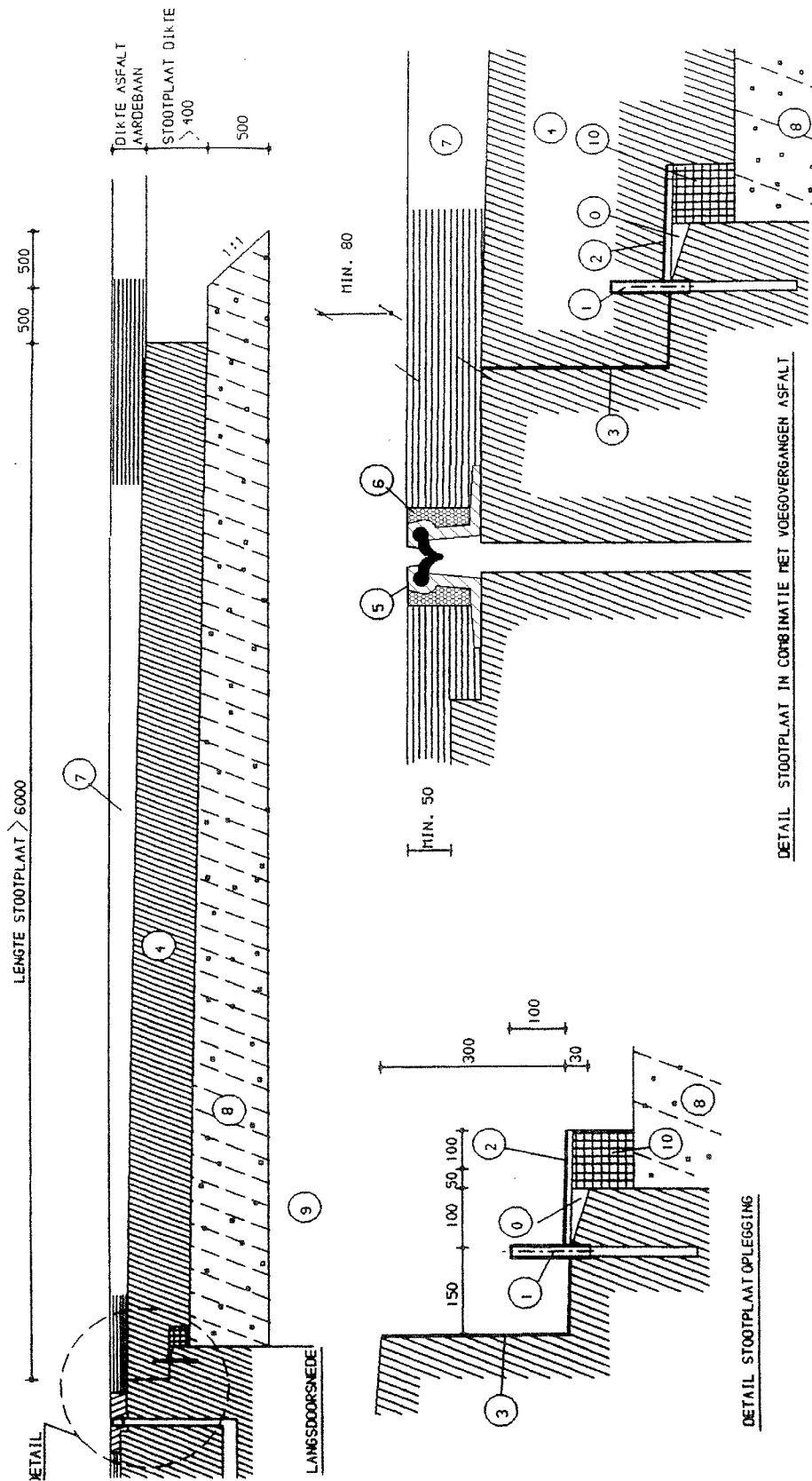
2.6.3. Aansluiting zonder voegovergang

Zie figuur 2.4, pagina 14. Alleen toepassen bij een brugdek lengte van $l < 25 \text{ m}^1$



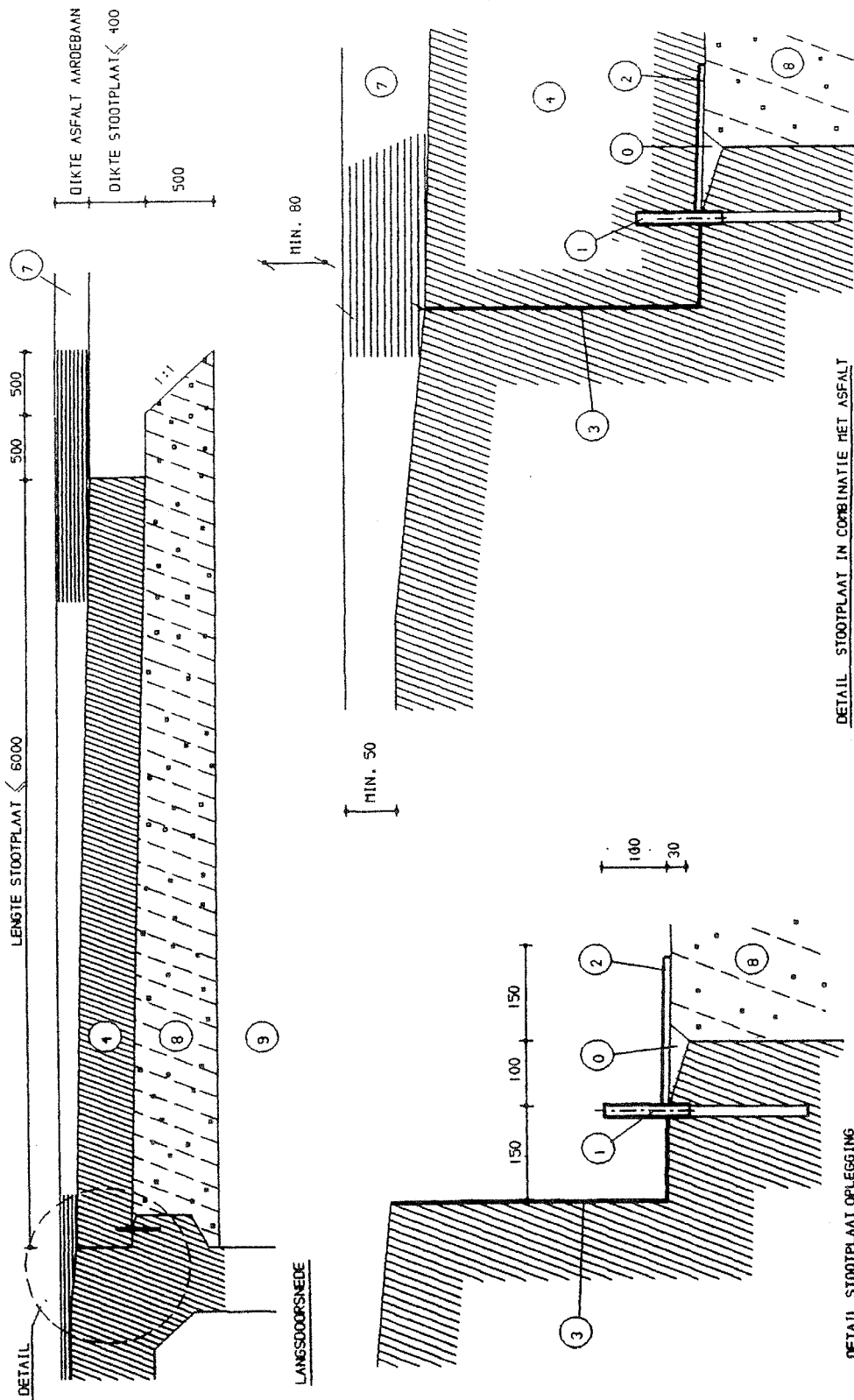
Figuur 2.2. Aansluiting stootplaat bij $l \leq 6000$ mm

VERKLARING	STOOTPLAAT TER PLAATSE GESTORT $L \leq 6000$	MATEN IN MM.
0 : HOLLE RIJNTE	5 : VOEGOVERGANG	
1 : STALEN DOEK Feb 500, ϕ 25 hoh 500 mm	6 : BITUMEN OP RUBBER BASIS, H = MIN. 10 mm	
OVER EEN LENGTE VAN 130 mm ONTWIKKELEN MET	(ALLEEN BIJ STALEN VOEGOVERGANG)	
DENSOBAND	7 : ASFALTCONSTRUCTIE	
2 : TRIPLEX DIK 4 mm INCL. PLAKFOLIE DIK 0.3 mm	8 : GESTABILISEERD ZAND 175 kg CEMENT . m3	
3 : ONTRECHTINGSMIDDEEL	9 : ZAND	
4 : STOOTPLAAT		



MATEN IN MM.	
VERKLARING	STOOTPLAAT TER PLAATSE GESTORT L > 6000
0 : HOLLE RUIJTE	5 : VOEGOVERGANG
1 : STALEN DOOR Feb 500, ø 25 hoh 500 mm OVER EEN LENGTE VAN 130 mm ONWIKKELEN MET DENSOBAND	6 : BITUMEN OP RUBBER BASIS, H = MIN. 40 mm (ALLEEN BIJ STALEN VOEGOVERGANG)
2 : TRIPLEX DIK 4 mm INCL. PLAKFOLIE DIK 0.3 mm	7 : ASFALCONSTRUCTIE
3 : ONTRECHTINGSMIDDEL	8 : GESTABILISEERD ZAND 175 kg CEMENT . m ³
4 : STOOTPLAAT	9 : ZAND
	10 : TERPEX

Figuur 2.3. Aansluiting stootplaat bij l > 6000 mm



MATEN IN MM.	
VERKLARING	STOOTPLAAT TER PLAATSE GESTORT ZONDER VOEGOVERGANG
0 : HOLLE RIJMTJE	3 : ONTRECHTINGSDIJK
1 : STALEN DOEK Febo 500, ø 2,5 hoh 500 mm	4 : STOOTPLAAT
OVER EEN LENGTE VAN 130 mm ONTWIKKELEN MET	7 : ASFAL TCONSTRUCTIE
DEMSOBANO	8 : GESTABILISEERD ZAND 175 kg CEMENT m³
2 TRIPLEX DIK 4 mm INCL. PLAKFOLIE DIK 0,3 mm	9 : ZAND

Figuur 2.4. Aansluiting stootplaat zonder voegovergang

2.7 Eisen stootplaten geprefabriceerd

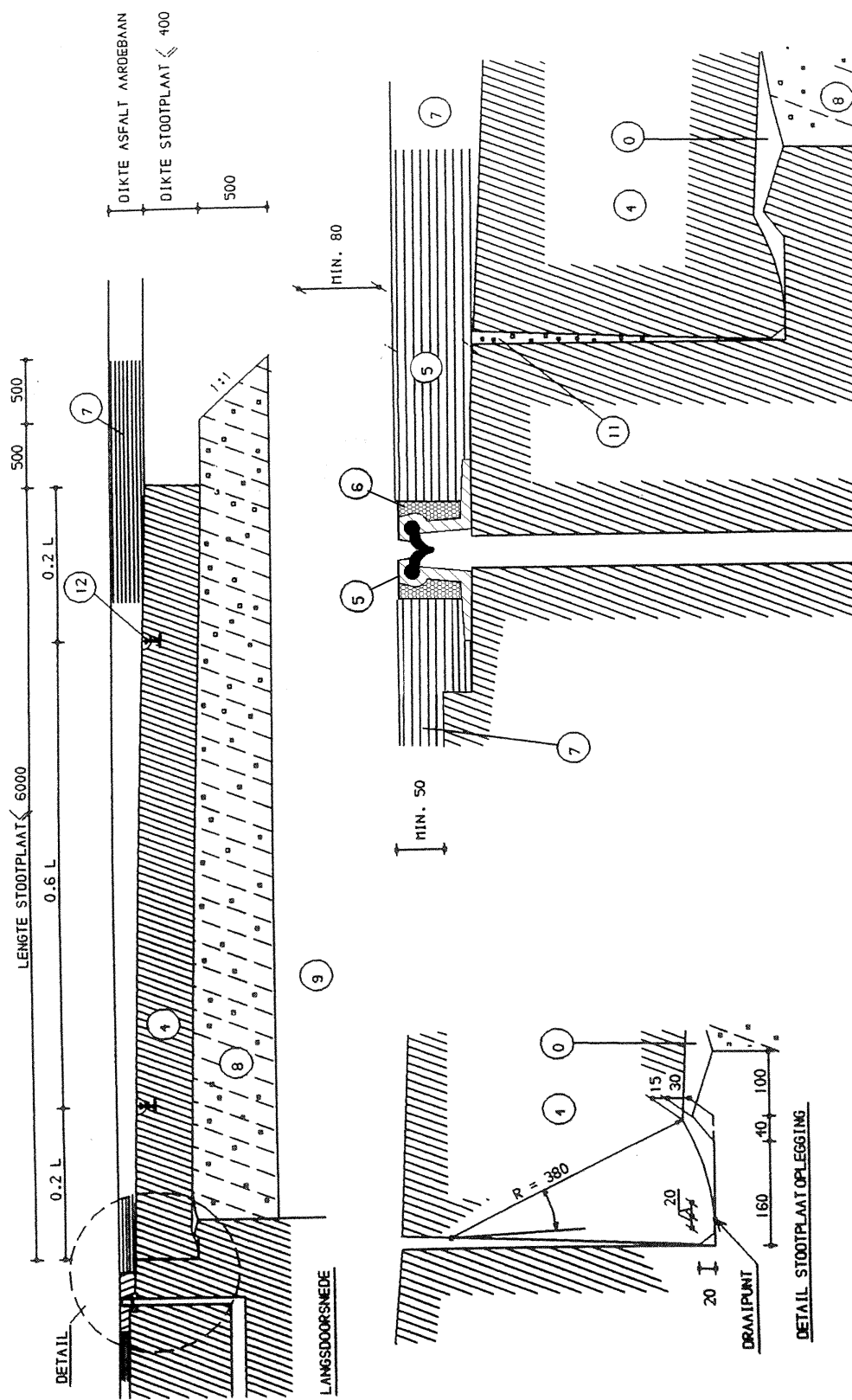
Op alle tekeningen van onderstaande aansluitingen 2.7.1 t/m 2.7.2 is de oplossing met een verharding in DAB getekend. Voor verhardingen met DAB + ZOAB dienen deze details op de extra dikte van het ZOAB te worden aangepast. De stootplaatdetails wijzigen niet.

2.7.1. Aansluiting met voegovergang

Zie figuur 2.5, pagina 16

2.7.2. Aansluiting zonder voegovergang

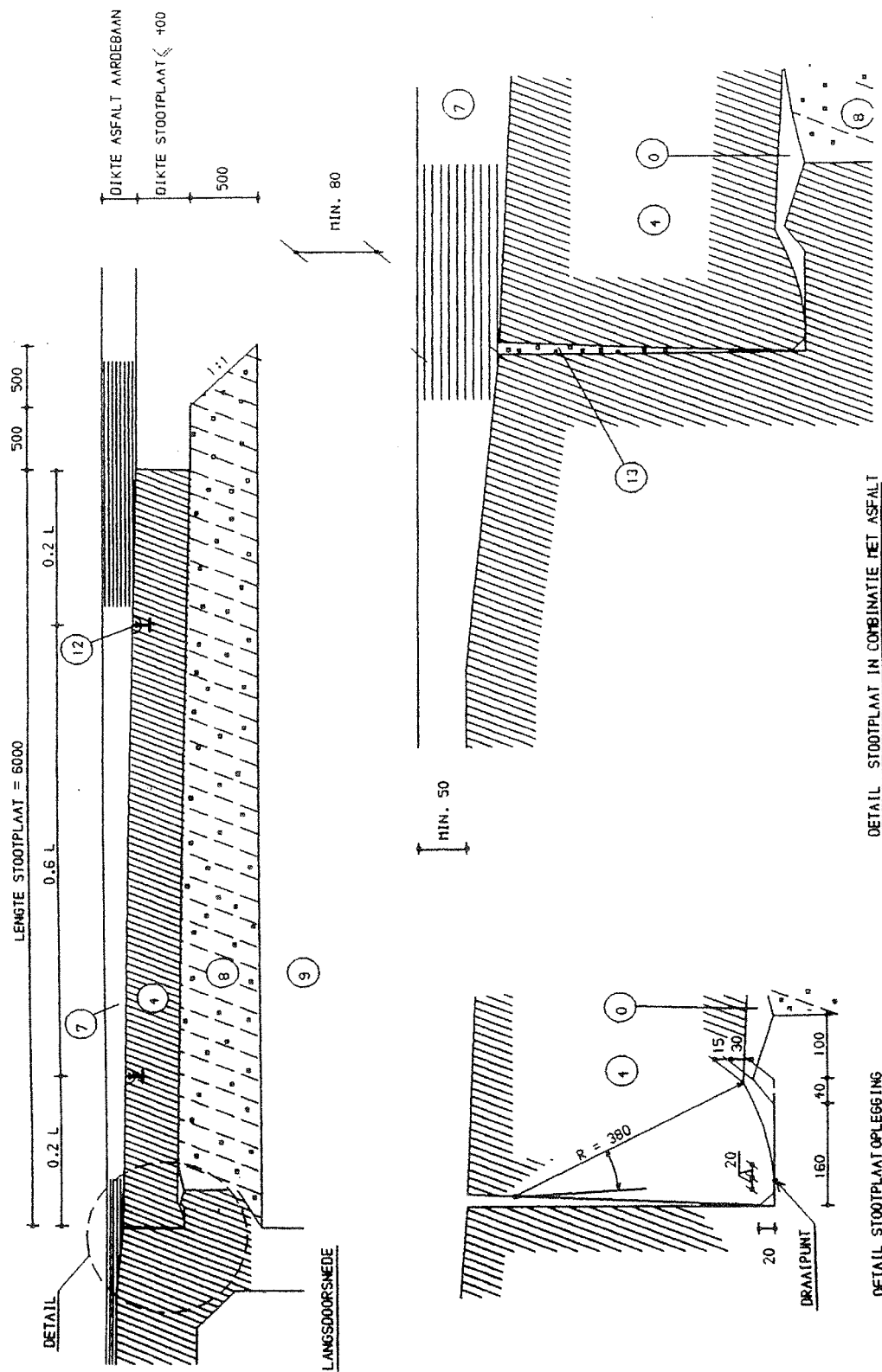
Zie figuur 2.5, pagina 17. Alleen toepassen bij een brugdek lengte van $l < 25 \text{ m}^1$.



DETAIL STOOTPLAAT IN COMBINATIE MET VOEGOVERGANG EN ASFALT

VERKLARING	STOOTPLAAT (GEPREFABRICEEERD) MET VOEGOVERGANG	MATEN IN MM
0 : HOLLE RUIJTHE	8 : GESTABILISEERD ZAND 100 kg CEMENT -m3	
4 : STOOTPLAAT	9 : ZAND	
5 : VOEGOVERGANG	11 : VERTICALE- EN LANGSVOEGEN; 5 mm	
6 : BITUMEN OP RUBBER BASIS, H = MIN.40 mm (ALLEEN BIJ STALEN VOEGOVERGANG)	INWASSEN MET AARDVOCHTIGE ZAND-CEMENTSTABILISATIE	
7 : ASFALTCONSTRUCTIE	12 : HUISPUNTEN FRIMEDA OF DEHA ANKERS	

Figuur 2.5. Aansluiting met voegovergang



DETAIL STOOTPLAAT IN COMBINATIE MET ASFALT

DETAIL STOOTPLAAT OPLEGGING

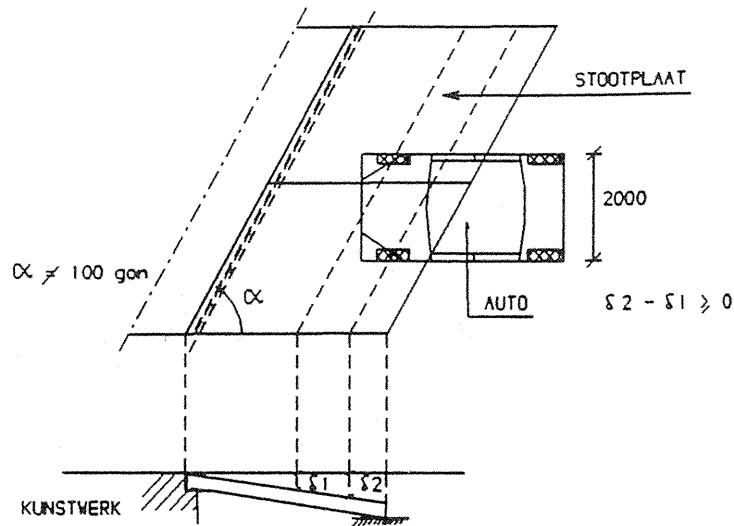
MATEN IN MM.	
VERKLARING	STOOTPLAAT (GEPREFABRICEERD) ZONDER VOEGOVERGANG
0 : HOLLE RIJWITTE	
4 : STOOTPLAAT	
7 : ASFALTCONSTRUCTIE	
8 : GESTABILISEERD ZAND 100 kg CEMENT /m ³	
9 : ZAND	
11 : VERTICALE- EN LANGSVOEGEN 5 mm INWASSEN MET ANDROUCHTIGE ZAND-CEMENTSTABILISATIE	
12 : HUISPUNTEN : FRIMEDA OF DEHA ANKERS	

Figuur 2.6. Aansluiting zonder voegovergang

3. Scheve kruisingen

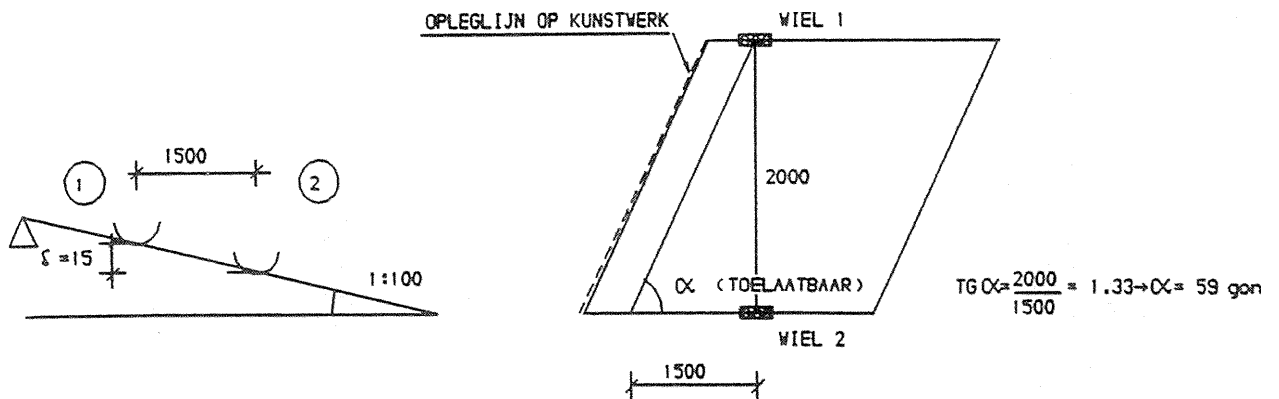
3.1 Algemeen

Bij kunstwerken met een schuine beëindiging ondergaat een voertuig vaak een kantelbeweging (om de lengte-as voertuig) zodra het zich op de stootplaten bevindt. Deze kantelbeweging wordt veroorzaakt door het plotselinge hoogteverschil tussen linker- en rechterwiel dat ontstaat na rotatie van de stootplaat na zetting uiteinde stootplaat [zie figuur 3.1].



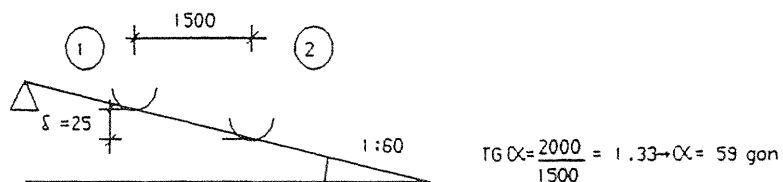
Figuur 3.1. Toelichting kantelbeweging

Voor autosnelwegen is de maximale helling (knik), welke ontstaat door zettingen van het uiteinde van de stootplaat, vastgesteld op 1:100. Daar er nog weinig onderzoek verricht is bij welk abrupt hoogteverschil tussen linker- en rechterwiel de verkeersveiligheid in gevaar komt, wordt dit hoogteverschil begrensd tot een praktische waarde van 15 mm. Dit betekent dat bij een maximale helling van 1:100 en een maximaal hoogteverschil tussen linker- en rechterwiel met een onderlinge afstand van ca. 2,00 m¹ de maximaal toelaatbare kruisingshoek 59 gon is [zie figuur 3.2].



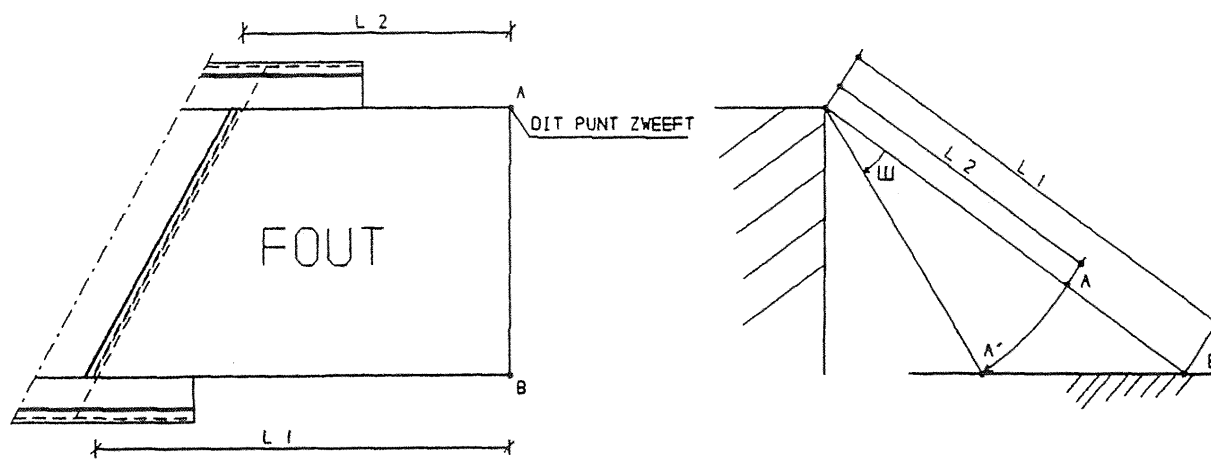
Figuur 3.2. Toelichting op berekening hoek 59 gon

Voor niet-autosnelwegen, bijv. maximum snelheid is $v = 60$ km/uur, zou volgens bovenstaande uitgangspunten bij een maximale helling (knik) van 1:60 de toelaatbare kruisingshoek 73 gon worden. Het lijkt niet logisch voor een lagere categorie weg dezelfde of hogere eisen te stellen aan het hoogteverschil als bij autosnelwegen, daarom hier uitgaan van een onderling hoogteverschil van 25 mm i.v.m. de veel lagere rijsnelheid [zie figuur 3.3].



Figuur 3.3. Toelichting op berekening hoek 59 gon

Bij ter plaatse gestorte stootvloeren moet men er op bedacht te zijn dat bij een haakse beëindiging van de stootvloer, er gevaar voor opwippen van de plaat ontstaat ter plaatse van het landhoofd of het zweven van de plaat bij punt A. Immers, of punt A en B ondergaan nagenoeg dezelfde zetting, waarbij de stootplaat dit alleen maar kan volgen als de plaat tordeert (scheluw trekt) over hoek W (gezien de stijfheid van de plaat kan dit maar zeer beperkt optreden), of de stootplaat volgt de zetting van punt B, waardoor punt A als het ware gaat zweven [zie figuur 3.4].



Figuur 3.4. Toelichting op zweven hoekpunten

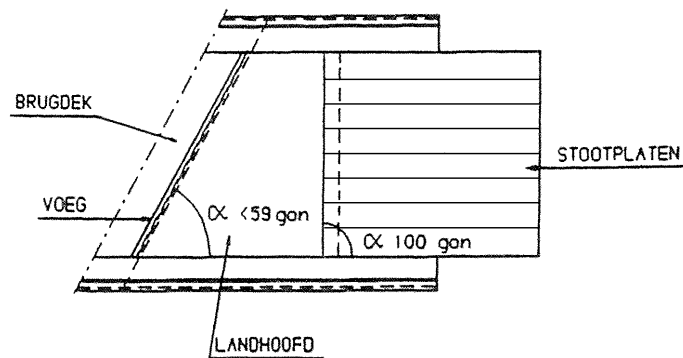
Als de kans op opwippen groot is dient men over te gaan op afzonderlijke stootplaten met een breedte van $1,00 \text{ m}^1$, waardoor het gevaar voor opwippen of zweven niet kan optreden. De stootplaatlengte kan men dan variëren (laten verlopen). De dikte van de stootplaten en de wapeningskorven zijn dan niet gelijk voor alle stootplaten.

3.2 Eisen aan beëindigingshoek brugdek, landhoofd en/of stootplaten

De eisen die aan de beëindigingshoek gesteld worden zijn:

- 1) Heel scherpe kruisingshoeken zijn gevaarlijk voor motorrijders en fietsverkeer, vooral bij stalen voegovergangen met een rubberprofiel, i.v.m. gladheid staalprofiel en de gleuf t.p.v. het rubberprofiel. Daarom worden grenzen gesteld aan de maximaal toelaatbare spleetbreedte bij voegovergangen in relatie tot de kruisingshoek en het type verkeer (NBD 00400). Naast de hiervoor genoemde veiligheidstechnische redenen is het ook om sterkte-technische-, uitvoeringstechnische- en economische redenen gewenst om de hoek niet te scherp te maken. Daarom bij voorkeur de kruisingshoek niet kleiner dan 35 gon maken, m.a.w. $\alpha > 35$ gon of 31° .
- 2) Indien de kruisingshoek kleiner wordt dan 59 gon, zijn er 3 oplossingen toegestaan:
 - A) Het kunstwerk dient haaks te worden beëindigd (100gon):

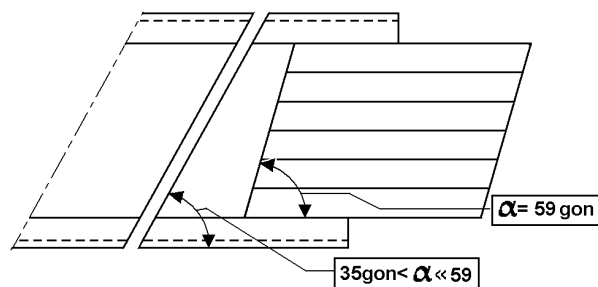
Toelichting: deze oplossing heeft de voorkeur en is de meest veilige oplossing voor het verkeer, maar ook de duurste qua stichtingskosten [zie figuur 3.5].



Figuur 3.5. Haakse beëindiging kunstwerken

- B) Het kunstwerk dient onder de 59 gon te worden beëindigd:

Toelichting: dit is gedaan uit het oogpunt van kostenbesparing [zie figuur 3.6].



Figuur 3.6. Beëindiging kunstwerken $35 < \alpha \leq 59$ gon

-
- C) De stootplaatlengte dient te worden vergroot zonder aanpassing beëindigingshoek kunstwerk.

Toelichting: toepassen indien de oplossing onder ad A) of ad B) tot extreem hoge kosten leidt (vooral bij brede kunstwerken). Alleen toegestaan bij geringe restzetting [zie figuur 3.7].

De langere stootplaatlengte ontlenen aan een fictieve rekenhelling volgens de formule:

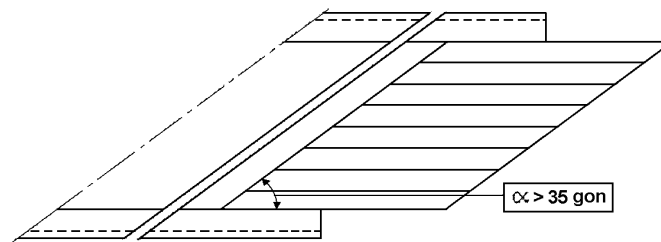
- $1 : \{2000 / (\text{tg } \alpha * 15)\}$ voor hellingen $\geq 1:100$;
- $1 : \{2000 / (\text{tg } \alpha * 25)\}$ voor hellingen ≤ 100 bijv. 1: 60 à 1:70

Voorbeelden:

helling 1:100:

kruisingshoek $\alpha = 59$ gon, fictieve rekenhelling = $1 : \{2000 / (1,333 * 15)\} = 1:100$

kruisingshoek $\alpha = 45$ gon, fictieve rekenhelling = $1 : \{2000 / (0,854 * 15)\} = 1:155$



Figuur 3.7. Mogelijke beëindiging kunstwerken $\alpha > 35$ gon

4. Uitvoeringsaspecten

4.1 Maattoleranties stootplaten

Te grote naden tussen de prefab stootplaten kan leiden tot scheurvorming in het asfalt of spoorvorming door deformatie van de asfaltbeton slijtlaag, doordat de asfaltbeton door de verkeersbelasting wordt weggedrukt in de naden. Een te groot verschil in onderlinge hoogteligging van bovenkant stootplaten heeft een negatieve invloed op de vlakheid en kan er toe leiden dat het asfaltpakket t.p.v. de overgang op het kunstwerk te dun wordt. Gezien het bovenstaande is het noodzakelijk maattoleranties vast te stellen.

4.1.1. Prefab stootplaten, breedte = 1000 mm

Maattoleranties bij productie:

lengte	+/-	1 %	maar	≤ 25 mm
breedte en dikte				≤ 2 mm
vlakheid in contact met de mal	+/-	0,1 %	maar	≤ 4 mm
vlakheid zichtbaar afgestreken vlak	+/-	0,2 %	maar	≤ 2 mm
rechtheid randen	+/-	0,2 %	maar	≤ 3 mm
haaksheid (afwijking op diagonaal)		1 mm/m ¹	maar	≤ 3 mm
scheluwte				≤ 6 mm

Maattoleranties bij plaatsing:

- vlakheid over meer stootplaten; bij controle met een 3,00 m¹ lange rij geen grotere afwijking dan 5 mm;
- voegbreedte ≤ 5 mm.

Opmerking: ter verkrijging van een betere aanhechting met het asfalt dient de bovenzijde van de stootplaat de afgewerkte zijde te zijn.

4.1.2. Ter plaatse te storten stootplaten

Maattoleranties bij maken:

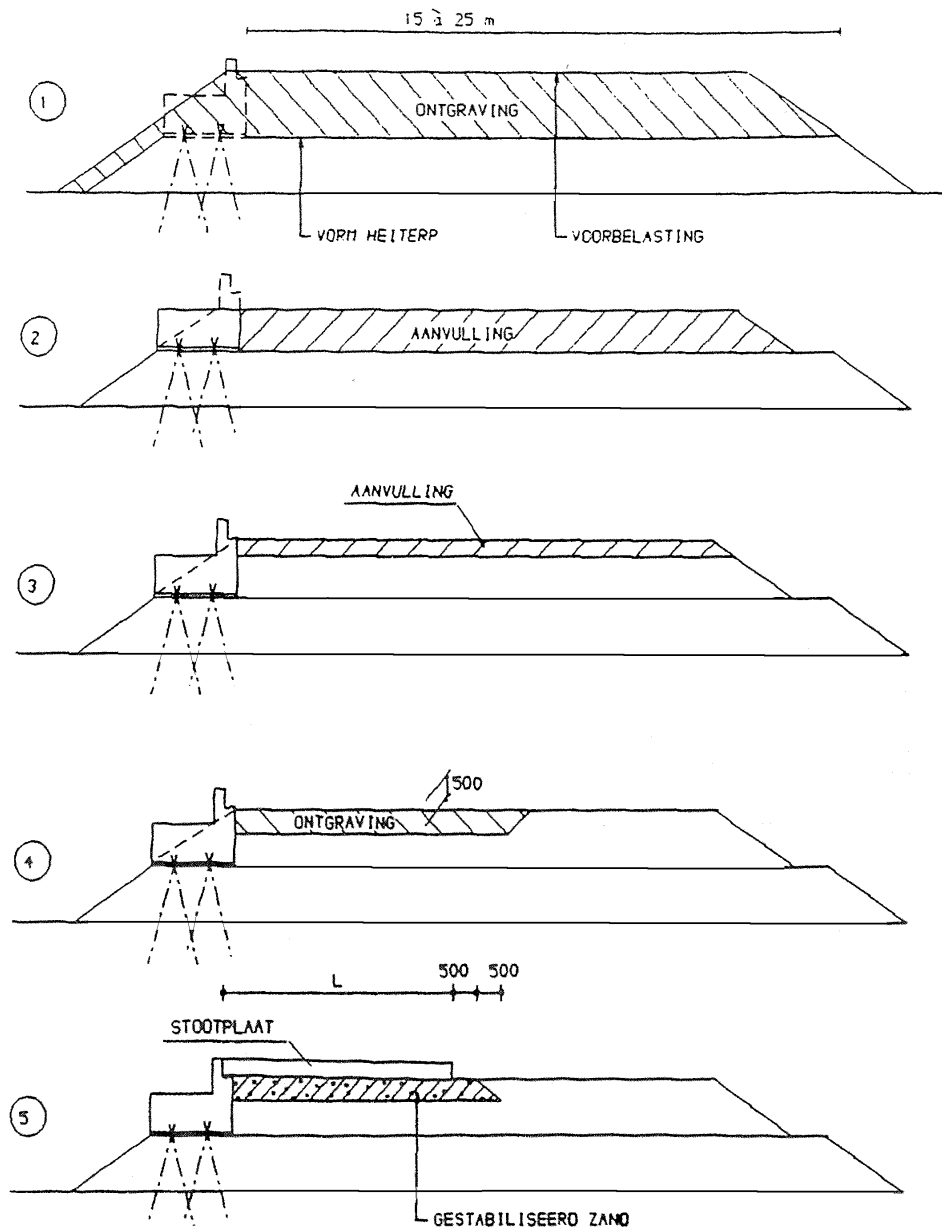
lengte	+/-	1 %	maar	≤ 25 mm
breedte (b = 1000 mm) en dikte				≤ 3 mm
breedte (b > 1000 mm) en dikte	-	1 %	maar	≤ 25 mm
vlakheid zichtbaar afgestreken vlak	+/-	0,2 %	maar	≤ 4 mm
vlakheid bij controle met een 3,0 meter lange rij				≤ 5 mm
rechtheid randen	+/-	0,3 %	maar	≤ 3 mm
haaksheid (afwijking op diagonaal)		1 mm/m ¹	maar	≤ 3 mm
voegbreedte				≤ 3 mm

4.2 Zandaanvullingen

Ontgravingen in de aardebaan t.b.v. het maken van landhoofden tot een minimum beperken. Ontgravingen die in dit verband zonder meer noodzakelijk zijn, moeten zo snel mogelijk weer worden aangevuld en verdicht, zonodig gefaseerd, om de restzetting in de gebruiksfase tot een minimum te beperken.

4.2.1. Fasering aanvullingen

Figuur 4.1 geeft een juiste fasering voor grondaanvulling weer.



Figuur 4.1. Fasering van de grondaanvullingen

4.2.2. Verdichtingseisen

Alle ophogingen en aanvullingen met zand c.q. gestabiliseerd zand, binnen het invloedsgebied voor de stootplaten, moeten zorgvuldig verdicht worden. Hieraan moeten de verdichtingseisen gesteld worden overeenkomstig "zand in zandbed" zoals is omschreven in de Standaard RAW Bepalingen 2005, artikel 20.02.06 lid 05.

4.2.3. Gestabiliseerd zand

Bij toepassing van in het werk gestorte stootplaten dient het gestabiliseerd zand tenminste een hoeveelheid cement van 175 kg/m³ te bevatten.

Bij toepassing van prefab stootplaten dient het gestabiliseerd zand tenminste een hoeveelheid cement van 100 kg/m³ te bevatten.

De zand-cementstabilisatie dient voor het overige te voldoen aan het gestelde in hoofdstuk 4.2.2. Er moet op worden gelet dat als het zand niet voldoende vochtig is, er water toegevoegd moet worden.

4.2.4. Aanbrengen stabilisatie

Nadat de zandaanvulling aangebracht is, dient een laag gestabiliseerd te worden aangebracht volgens de "Mix in plant- methode", d.w.z.:

Het zand buiten het werk mechanisch mengen met cement en zonodig water. Daarna het gestabiliseerde zand in het werk brengen en verdichten tot de vereiste verdichtinggraad.

De zand-cementstabilisatie tegen uitdrogen beschermen d.m.v. een kunststoffolie. Indien de stabilisatie tevens als werkvloer moet functioneren, is bespuiten met een bitumenemulsie toegestaan.

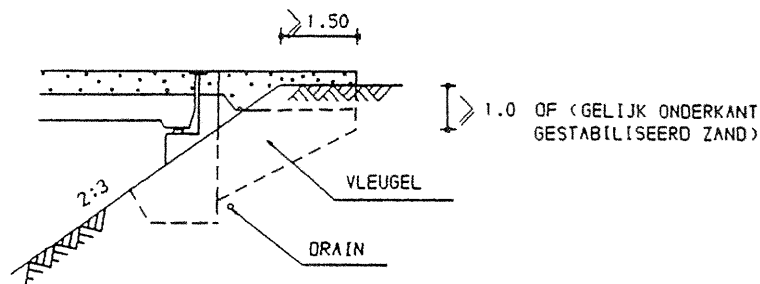
4.2.5. Kleeflaag en hydrofoberen

De kleeflaag en het hydrofoberen zoals op rijdek doorzetten op de stootplaten.

5. Diversen

5.1 Opsluiting aardebaan

De opsluiting van de aardebaan achter de landhoofden door vleugels evenwijdig aan de rijbaan, heeft een gunstige invloed op de verticale zettingen onder de stootplaten. Dit komt omdat de horizontale verplaatsing van de aanvulling verhinderd wordt, vooral bij smalle steunbermen. Om insluiting van hemelwater onder de stootplaten te voorkomen, zorgdragen voor voldoende ontwatering achter het landhoofd bijvoorbeeld met drains. De vleugels daarom voldoende diep en ver in de aardebaan laten steken [zie figuur 5.1].

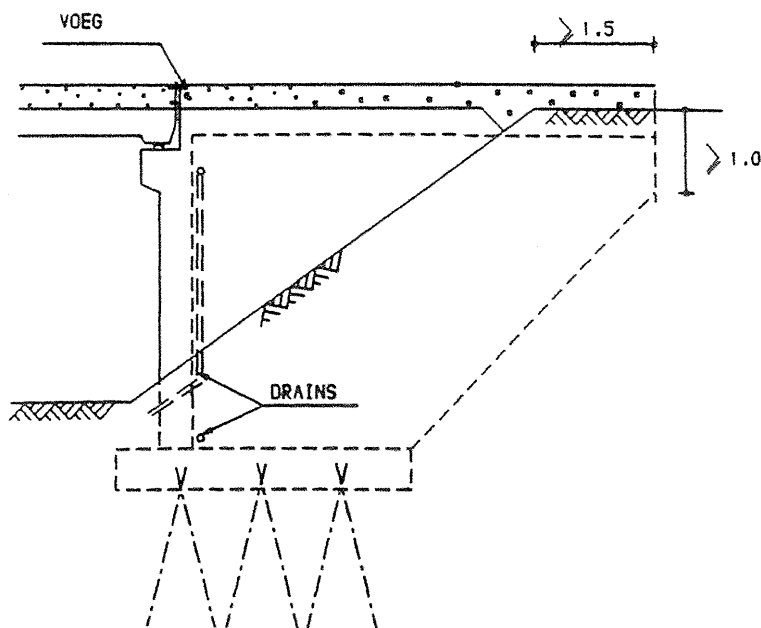


Figuur 5.1. Opsluiting aardebaan door vleugels

De ideale opsluiting wordt verkregen als de vleugels ca. 1 m¹ voorbij het uiteinde van de stootplaten reiken, zodat het gestabiliseerde zand over de volle lengte opgesloten zit tussen de vleugels. Dat leidt echter tot hele grote vleugels waardoor de hoge kosten vooralsnog niet opwegen tegen het voordeel van iets geringere zetting.

In extreme gevallen waarbij duidelijk uitdijen in dwarsrichting van de aardebaan is te verwachten, kan men ter plaatse van de oplegging op de aardebaan beter de stootplaten opsluiten tussen damwandschermen.

Laaggefundeerde landhoofden met gesloten frontwand geven een betere opsluiting van de aardebaan dan de hooggefundeerde landhoofden. Wel bestaat hier het gevaar dat het landhoofd tegen het brugdek gaat leunen t.g.v. doorbuiging en rotatie [zie figuur 5.2].



Figuur 5.2. Voorbeeld opsluiting bij laaggefundeerd landhoofd

5.2 Waterafvoer

Het gaat hierbij zowel om de hemelwaterafvoer tijdens de bouw als gedurende de ingebruikname van het kunstwerk (weg).

Tijdens de bouw ontstaan vaak problemen net na het gereedkomen van het brugdek. Het hemelwater loopt via de voeg tussen het dek en het landhoofd over het onbeschermd talud. Als het brugdek vast zit aan het landhoofd zal het water via de stootplaten en vleugels een weg zoeken, met als gevolg uitspoeling en daardoor mogelijk extra of ongelijke zettingen van de stootplaten.

Men kan dit voorkomen door het water vóór de voeg of als er geen voeg is, vóór de stootplaten op te vangen. Met bijvoorbeeld een tijdelijke dam op het brugdek met een afvoer naar de afvoerputten aan het landhoofd of naar een (tijdelijke) opvangput kan het water afgevoerd worden.

Voor de definitieve waterafvoer worden de beste resultaten bereikt als deze zich nog op het brugdek bevinden of direct achter de frontmuur vast aan de vleugels met de roosters ca. 10 mm beneden bovenkant wegdek. Hierdoor wordt voorkomen dat water zich een weg zoekt langs de vleugels.

BIJLAGEN

Bijlage A

A WAPENING STOOTPLATEN EN – VLOEREN

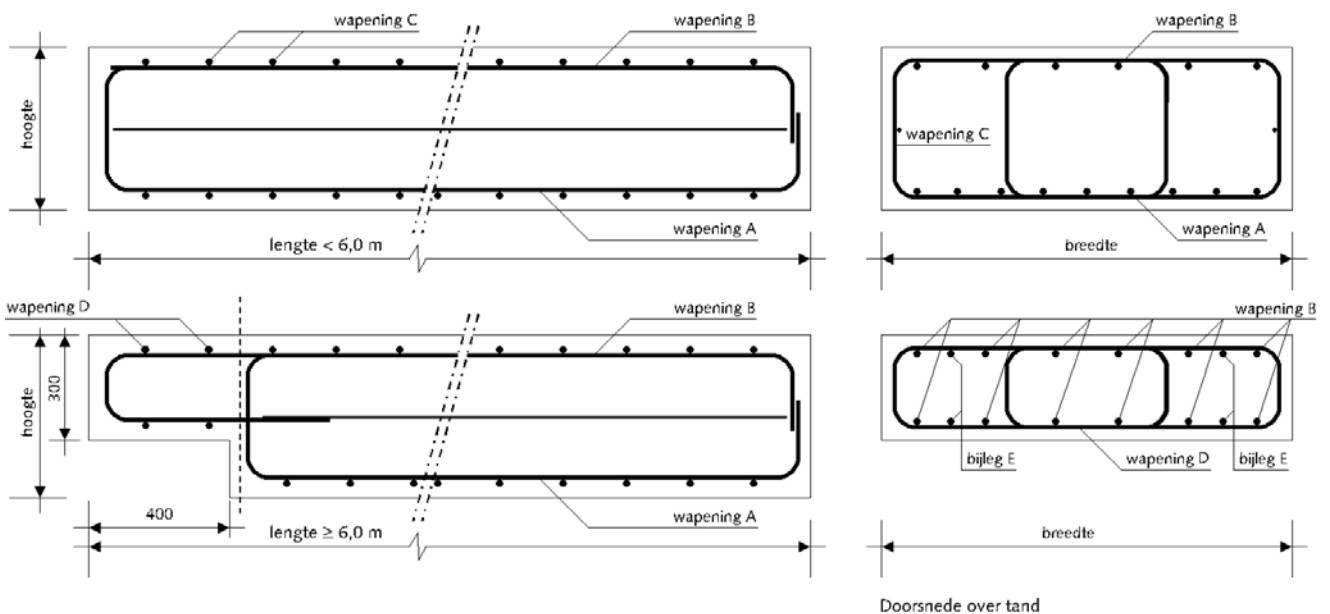
A.1 Wapeningconfiguratie stootplaten breedte = 1000 mm

De wapening is bepaald onder verkeersbelasting conform NEN 6706, zwaarste verkeersbelasting bij een dekking van $c = 35$ mm.

type	h	b	L	Wap. A BGT en UGT	Wap. B	Wap. C beugels plaat	Wap. D beugels in tand	Wap. E bijleg
	mm	mm	mm					
1	200	1000	2000	8-Ø20	6-Ø16	4sn. Ø10-125		
2	250	1000	3000	8-Ø25	6-Ø16	4sn. Ø12-150		
3	300	1000	4000	10-Ø25	6-Ø20	4sn. Ø12-200		
4	350	1000	5000	11-Ø25	6-Ø20	4sn. Ø12-200		
5	400	1000	6000	9-Ø32	6-Ø20	4sn. Ø12-250	2sn. Ø12-200	2 - Ø20
6	450	1000	8000	11-Ø32	6-Ø25	4sn. Ø12-250	2sn. Ø12-200	
7	550	1000	10000	12-Ø32	6-Ø25	4sn. Ø12-250	4sn. Ø12-200	
8	650	1000	12000	13-Ø32	6-Ø25	4sn. Ø12-250	4sn. Ø12-200	

Tabel A.1 Wapeningconfiguratie stootplaten

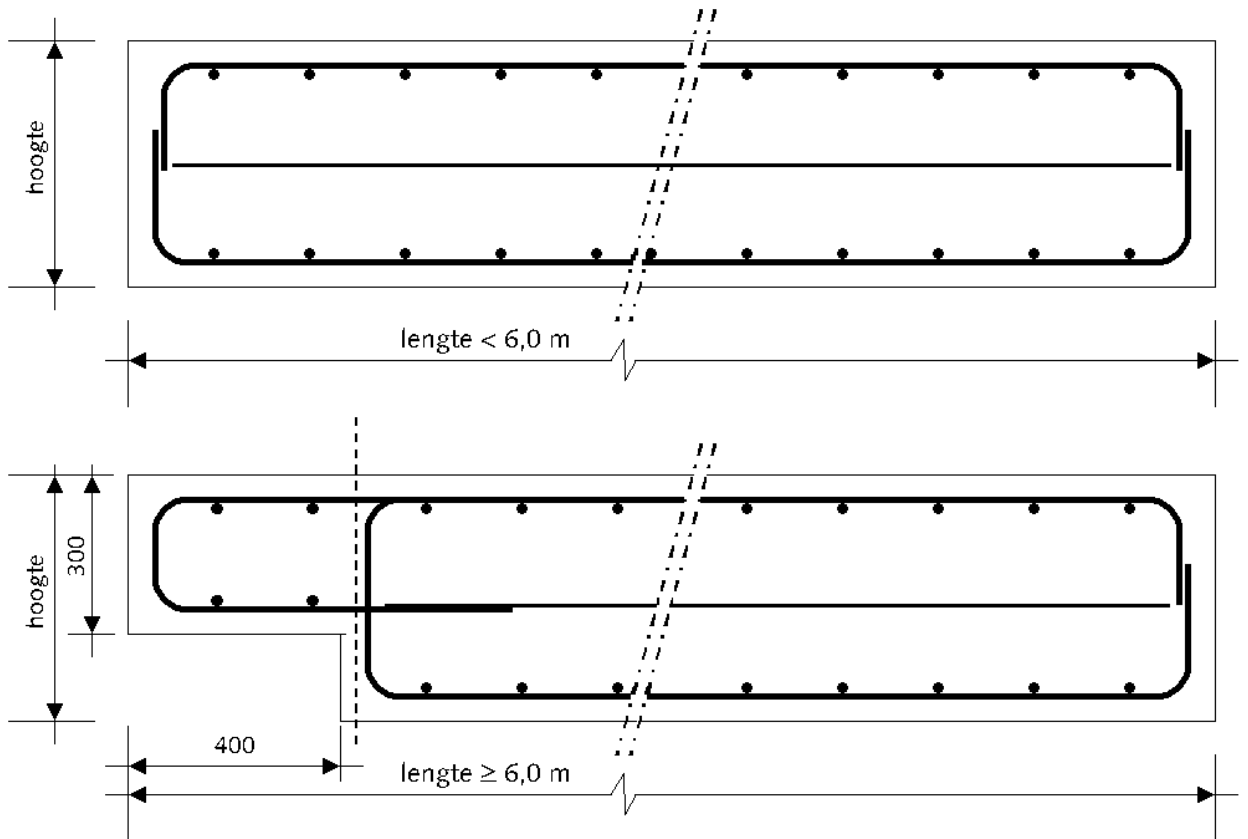
Ten behoeve voor de functie 'ophangwapening' voor de verankeringslengte van de onderstaven ten minste 200 mm aanhouden.



Figuur A.1. Wapeningconfiguratie stootplaten

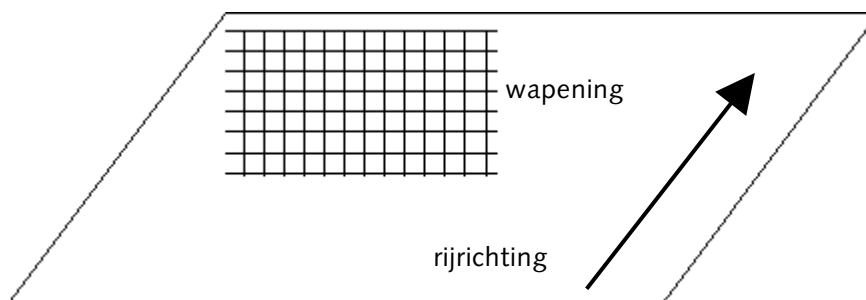
A.2 Wapeningconfiguratie stootvloeren (breedte = rijbaanbreedte)

De buig- en dwarskrachtwapening dient zelf bepaald te worden volgens de verkeersbelasting waarvoor het kunstwerk wordt ontworpen.



Figuur A.2. Wapeningconfiguratie stootvloeren exclusief eventuele dwarskrachtwapening

De optimale wapeningsrichting wordt gegeven in figuur A.3.



Figuur A.3. De ideale oriëntatie van de wapening in de stootvloer

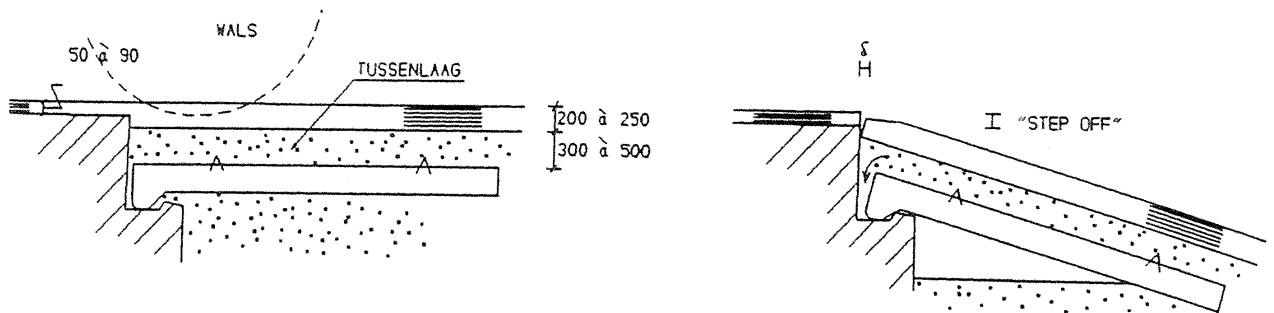
Bijlage B

B TOELICHTING CONCLUSIES EN EISEN HOOFDSTUK 2

B.1 Hoogteligging stootplaat

B.1.1 Lage ligging met tussenlaag

Figuur B.1 geeft het principe weer van een lage ligging met tussenlaag.



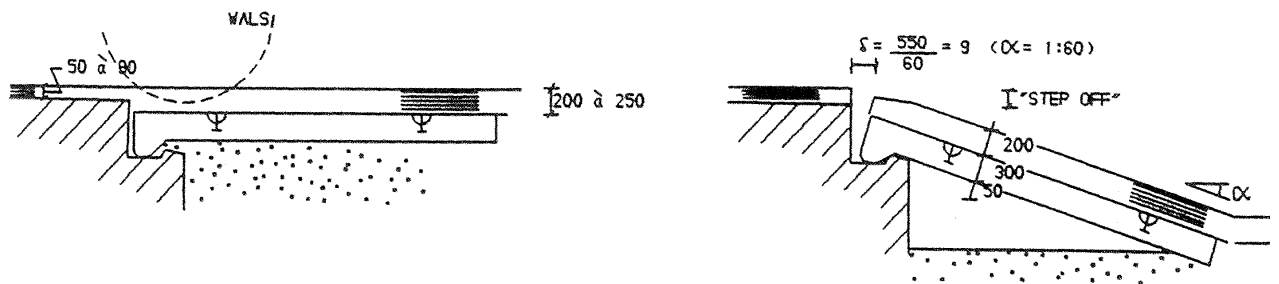
Figuur B.1. Principe van lage ligging met tussenlaag

Nadelen/voordelen:

- de tussenlaag is moeilijk te verdichten, vervanging van zand door gestabiliseerd zand of slakken geeft wel verbetering;
- de tussenlaag kan via de voegen tussen de stootplaten in de ruimte onder de stootplaten verdwijnen;
- plotseling verschil in dikte asfaltpakket ter plaatse van de aansluiting op het kunstwerk waardoor bij belasting ongelijke samendrukking (vervorming) optreedt;
- de aansluiting van het asfaltpakket tegen het kunstwerk is moeilijk te verdichten, dwars uitwalsen geeft de beste resultaten maar is in de praktijk soms moeilijk realiseerbaar;
- grote kans op scheurvorming in het asfalt t.g.v. ongelijke dikte asfaltpakket en vervorming tussenlaag waardoor weer kans op indringing van hemelwater c.q. uitspoeling;
- grotere permanente verticale belasting op het kunstwerk;
- ophalen gaat moeilijk bij diepe ligging en is dus duur;
- oneffenheden in bovenkant stootplaten is minder kritisch;
- kans op grote "step-off" (plotseling hoogteverschil).

B.1.2 Ligging zonder tussenlaag

Figuur B.2 geeft het principe weer van een lage ligging zonder tussenlaag.



Figuur B.2. Principe van lage ligging zonder tussenlaag

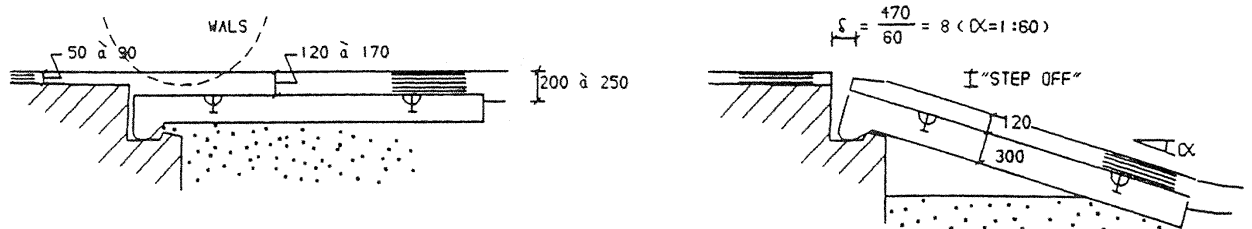
Hierbij is het volledige asfaltpakket van de aardebaan doorgezet over de stootplaten.

Nadelen/ voordelen:

- alle nadelen van de tussenlaag, genoemd in B.1.1 zijn bij deze oplossing verdwenen;
- de "step-off" is kleiner dan bij B.1.1;
- ook de scheurvorming in het asfalt zal gunstiger verlopen;
- verdichting asfalt tegen kunstwerk is ook hier problematisch.

B.1.3 Ligging met gereduceerde dikte asfaltpakket

Figuur B.3 geeft het principe weer van een lage ligging met een gereduceerde dikte van het asfaltpakket.



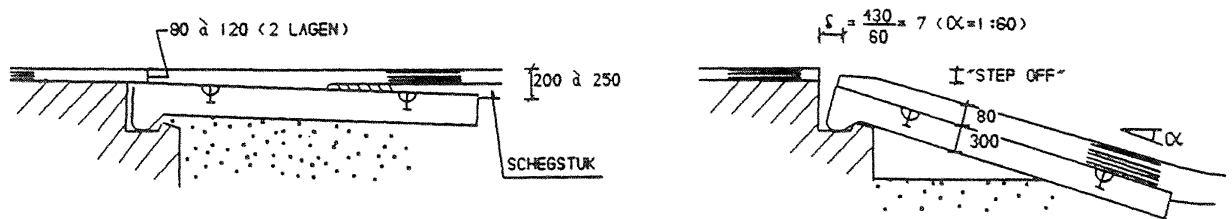
Figuur B.3. Principe van lage ligging zonder tussenlaag

Nadelen/ voordelen:

- er ontstaan nu op twee plaatsen discontinuïteiten in het asfaltpakket (t.p.v. beide uiteinden van de stootplaat);
- op twee plaatsen is het asfalt moeilijk te verdichten;
- scheurvorming ter plaatse aansluiting landhoofd is gunstiger dan bij B.1.1 en B.1.2 door gereduceerde dikte;
- kleinere "step-off" dan bij B.1.1 en B.1.2.

B.1.4 Hooggelegen stootplaat

Figuur B.4 geeft het principe weer van een hooggelegen stootplaat.



Figuur B.4. Principe van een hooggelegen stootplaat

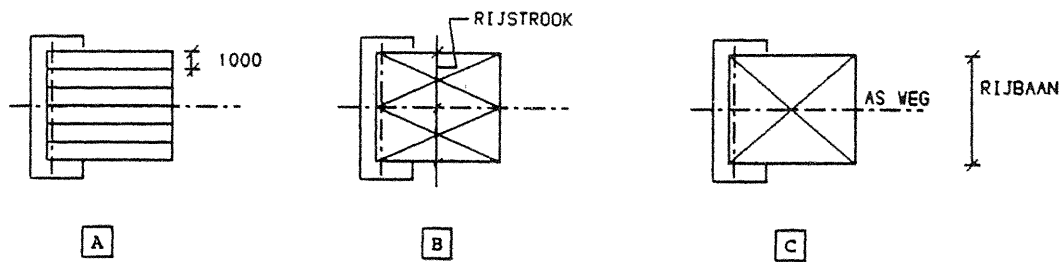
Nadelen/ voordelen:

- geen discontinuïteit in asfaltdikten ter plaatse van de uiteinden van de stootplaat, waardoor een grote verdichting mogelijk is;
- er dient bijzondere aandacht aan de uitloop van de schegstukken te worden besteed;
- bij geprefabriceerde stootplaten hogere eisen stellen aan de maattoleranties: dikte (vlakke bovenwijdte) en rechtheid (naden tussen de stootplaten);
- alle overige in B.1.1 t/m B.1.3 van deze bijlage genoemde nadelen zijn hier afwezig of gunstiger;
- door de schuine starthelling van de stootplaat begint men bij de geprefabriceerde stootplaat al met een gaping. Deze gaping met een aardvochtige zandcementspecie vullen.

Gezien het voorgaande is de hooggelegen stootplaat volgens B.1.4 de beste oplossing.

B.2 Breedte stootplaat

Zie figuur B.5A, B en C.



Figuur B.5. Breedte van stootplaten/-vloeren

Variant A:

Toepassen als de zetting in dwarsrichting aardebaan ongelijkmatig is. Ongelijke zettingen manifesteren zich direct in het wegdek. Voor stootplaatlengten tot 6,0 m¹ was tot juni 2002 een breedte van 0,50 m¹ voldoende, maar met de gewijzigde verkeersbelasting, volgens R.O.B.K. versie 5 en hoger, is nu een minimum breedte van 1,00 m¹ nodig.

Variant B:

Twee stootvloeren in een rijbaan: niet toepassen daar in geval van ongelijke zetting scheurvorming in het asfalt zal optreden waardoor uitspoeling kan plaatsvinden.

Variant C:

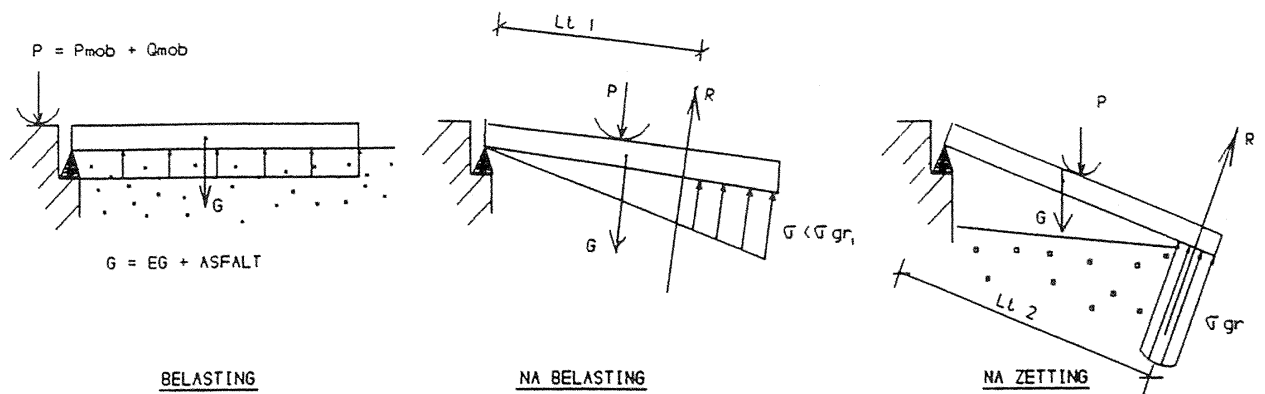
Alleen toepassen als de zetting in dwarsrichting aardebaan gelijkmatig is (eventueel zorgen voor extra zijdelingse opsluiting van de ondergrond).

Het is financieel en technisch (vlakke bovenkant en geen langsvogeen) de meest aantrekkelijke oplossing. Het nadeel is dat eventuele ongelijke zettingen zich niet altijd aftekenen op de plaats waar het onheil zich bevindt.

Door ongelijke restzetting kan de stootvloer gaan opwippen onder zware verkeersbelasting.

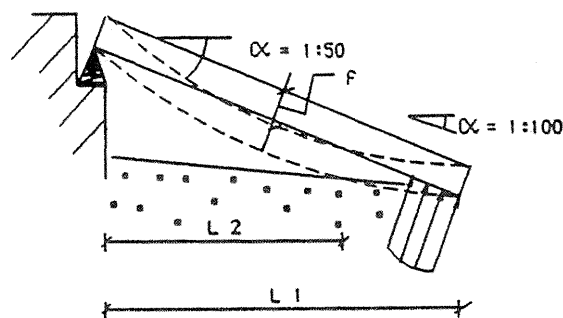
B.3 Dikte stootplaat

Voor de berekening van de dikte van de stootplaat in het "veldmidden" dient uit te worden gegaan van een plaat of ligger op twee steunpunten. (Toelichting: na zetting van de aardebaan is er geen zekerheid over de vorm en lengte van de tegendruk van de grond tegen de stootplaat.) [zie figuur B.6]



Figuur B.6. Toelichting oplegging stootplaat t.b.v. berekening

De doorbuiging van de stootplaten mag niet te groot worden omdat anders de effectieve werking van lange stootplaten (constante flauwe helling in lengteprofiel) sterk gereduceerd wordt en een korte buigstijve stootplaat dan hetzelfde effect sorteert [zie figuur B.7].



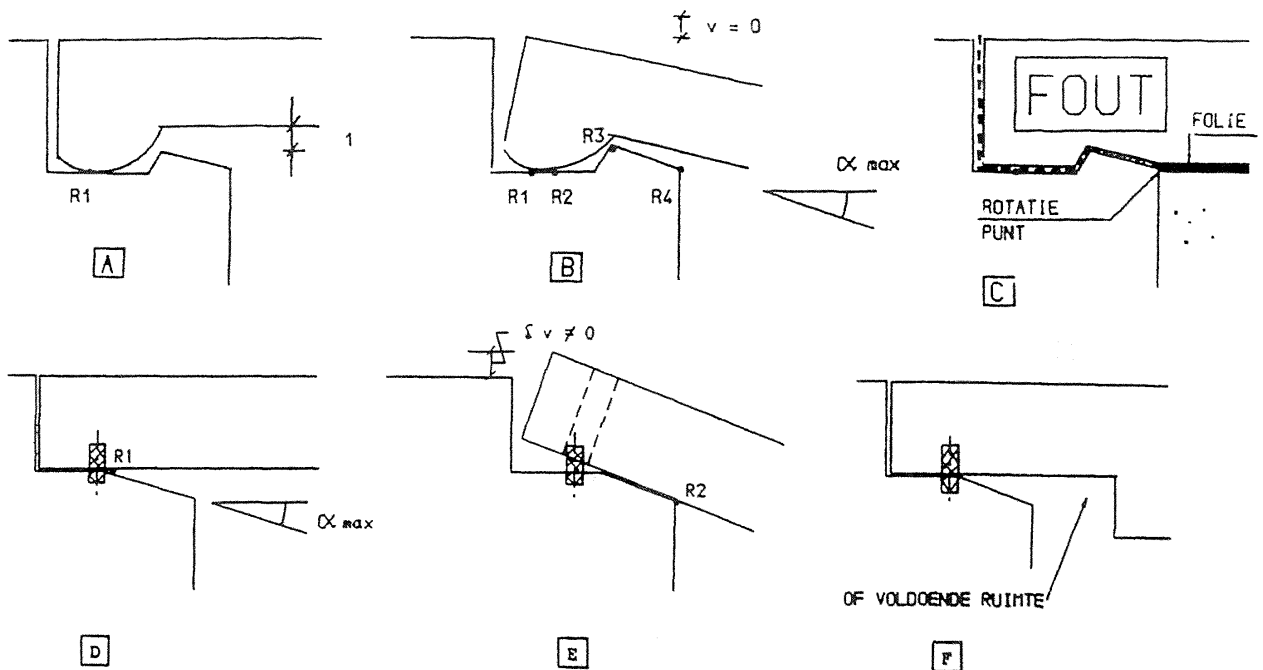
Figuur B.7.

B.4 Rotatiecapaciteit

Onder rotatie capaciteit wordt verstaan het vermogen van de stootplaat om de berekende (verwachte) zetting van de aardebaan vrij te kunnen volgen, zonder dat het rotatiepunt (punt waarom de stootplaat als het ware scharniert) al te veel verplaatst (grotere gaping is immers het gevolg). [zie figuur B.8A t/m B.8F]

Variant B: rotatiepunt R_3 en R_4 niet toegestaan

Variant E: rotatiepunt R_2 niet toegestaan

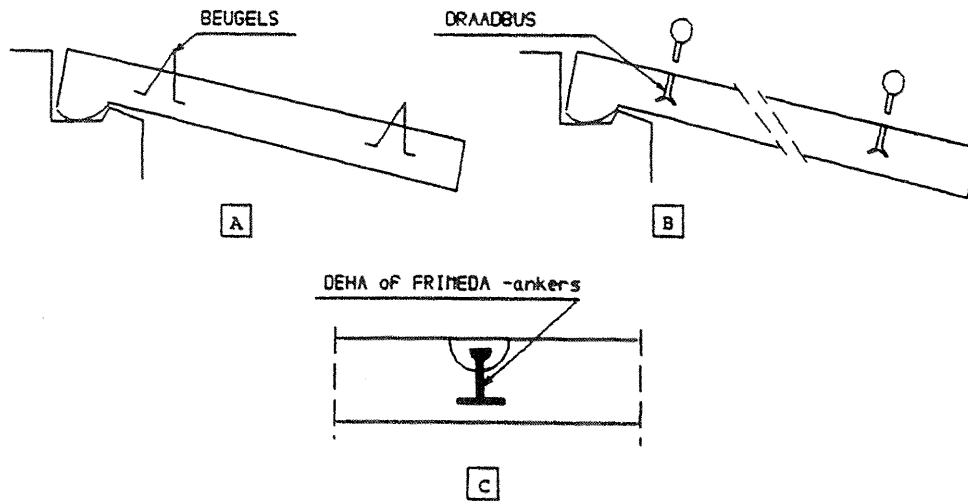


Figuur B.8 A t/m F

Uit figuur C volgt dat bij een in het werk (ter plaatse) gestorte stootplaat het maken van een nok tot een verkeerde ligging van het rotatiepunt leidt, zodat na rotatie de bovenkant stootplaat te ver opwipt. **Dit detail dus niet toepassen voor ter plaatse te storten stootplaten en -vloeren!**

B.5 Hijspunten

Zie figuur B.9.



Figuur B.9. Mogelijke hijsvoorzieningen

Hijspunten zijn alleen nodig bij geprefabriceerde stootplaten. Ze moeten onderstaande mogelijkheden bieden:

1. oppikpunt tijdens "lossen" uit de bekisting;
2. hijspunt bij montage op de bouwplaats;
3. oppikpunt als ze na te grote zettingen (rotaties) opgehaald moeten worden.

Variant A:

Door de hoge ligging stootplaten steken deze beugels in het asfalt en zullen in de praktijk plat geslagen of afgebrand worden, mogelijkheid 3 is dan niet meer mogelijk.

Variant B:

Na verwijderen hijsogen gaan de draadbussen vaak vol zitten met kans op roesten. Door de hijsogen te vervangen door een korte bout kan dit worden voorkomen.

Variant C:

Dit is de beste variant, daarom deze oplossing met DEHA- of FRIMEDA- ankers toepassen.

B.6 Oplegging stootplaat op aardebaan

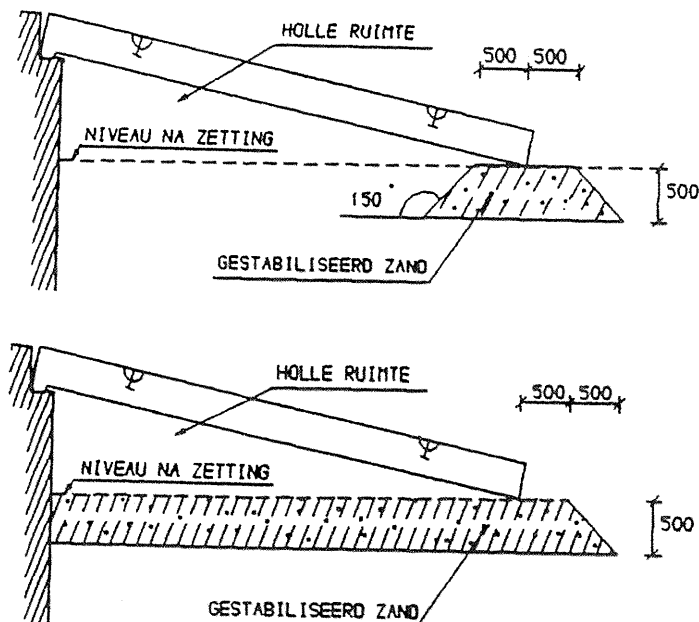
Daar bij rotatie van de stootplaat weinig zekerheid is te krijgen over het gedrag (spanningsverdeling) ter plaatse van de oplegging op de aardebaan, door in- of wegdrukken van het oplegmateriaal, dient ter plaatse een drukspreidende laag van gestabiliseerd zand te worden aangebracht volgens figuur B.11.

Toelichting:

Hoewel voor de drukspreidende laag meerdere materialen in aanmerking komen, is gekozen voor gestabiliseerd zand omdat daar in de praktijk op ruime schaal goede ervaringen mee zijn opgedaan en omdat het relatief goedkoop is.

Uit een oogpunt van drukverdeling alléén, zou volstaan kunnen worden met het aanbrengen van de drukspreidende laag t.p.v. het uiteinde van de stootplaat [zie figuur B.10].

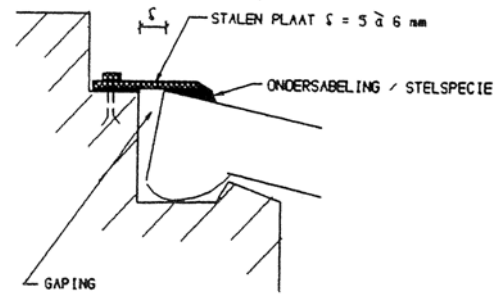
Er is echter voor gekozen het gestabiliseerde zand over de volle lengte van de stootplaat aan te brengen [zie figuur B.11], omdat er zo minder gevaar voor uitspoeling is. Wel dient de nodige aandacht aan (tijdelijke) ont- en afwatering te worden besteed.



Figuur B.10 (boven) en B.11.

B.7 Afdekking gaping met stootplaat

Door rotatie van de stootplaat ontstaat een gaping tussen voorkant stootplaat en kunstwerk. Om te voorkomen dat het verhardingsmateriaal wordt weggedrukt in de gaping kunnen staalplaten worden aangebracht die de toekomstige gaping afdekken. De ervaringen die tot heden met deze constructies zijn opgedaan zijn niet erg bemoedigend. Vaak traden al problemen op tijdens het asfalteren omdat de staalplaat in trilling raakte of beschadigd raakte door de rupsen van de asfaltmachine, waardoor het asfalt niet goed te verdichten was.

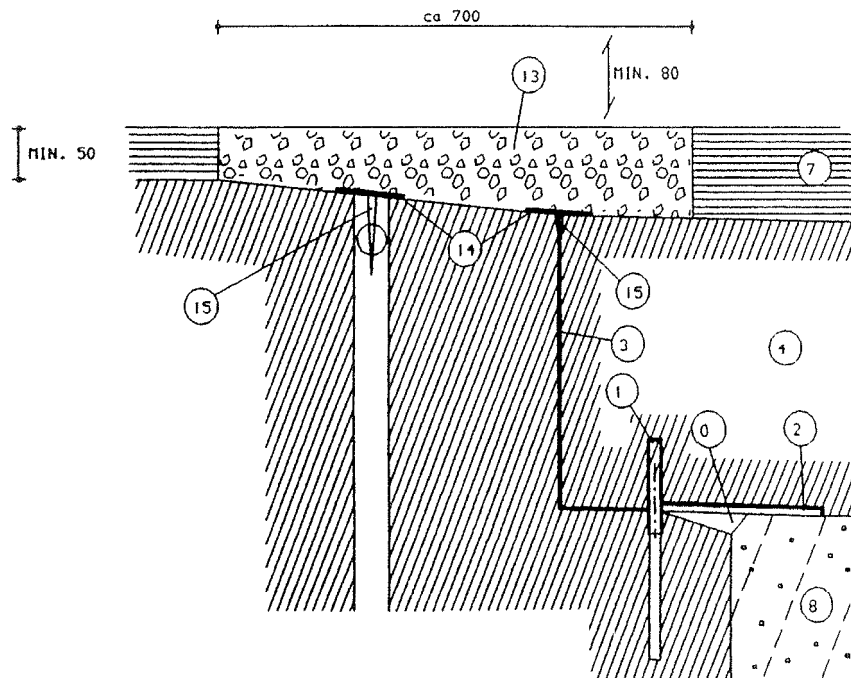


Figuur B.12. Principe detail afdekstrip

Door de staalplaat voldoende stijf (dik) te maken en deze overal vol en zat te ondersabelen en stevig te verankeren kan aan bovenstaande bezwaren enigszins worden tegemoet gekomen.

Toch blijft de staalplaatconstructie een kwetsbare constructie vooral ook omdat de bovenkant stootplaat gelijk valt met bovenkant rijdek. **Daarom deze afdekking met een staalplaat niet meer toepassen!**

Een andere oplossing waarbij de bitumineuze voegovergang werd doorgezet tot op de stootplaat bleek in de praktijk geen succes. Door de grote breedte van 700mm ontstaat te snel spoorvorming en scheurvorming t.p.v. de aansluiting met de omringende asfaltverharding t.p.v. de vluchtstroken. **Daarom deze oplossing niet meer toepassen!**



Figuur B.13. Detail stootplaat in combinatie met voegloze overgang en asfalt

B.8 Toelaatbare knik in lengteprofiel weg

Door de vakgroep voertuigtechniek van de toenmalige TH-Delft (nu TU-Delft) is voor de onder B.8.1 t/m B.8.3 genoemde projecten, onderzoek gedaan naar het dynamisch gedrag van voertuigen bij scherpe knikken in het lengteprofiel van de weg.

Met de ontwikkelde computer simulatie modellen kunnen een aantal variabelen worden meegenomen:

- knikken in lengteprofiel weg + lengte hellingen;
- rijnsnelheid;
- gewichten aslasten voertuig modellen;
- veerstijfheden voertuig.

Als resultaat worden uitgevoerd:

- dynamische aslasten;
- verticale versnellingen.

Problemen bij de onderzoeken is het ontbreken van enige norm voor toelaatbare versnellingen en krachten. Wel kan als redelijk criterium worden gesteld dat wanneer één van de voertuig-assen van het wegdek afspringt, het in koers houden van de wagen in gevaar komt door het tijdelijk ontbreken van de spoor kracht.

Een tweede criterium is de versnelling van de afgeveerde massa, welke niet te hoge waarden mag bereiken. Bij verticale versnellingen van $1 g (= 9,81 \text{ m/s}^2)$ of meer komt bij een vrachtauto de lading los van de vloer.

De uitwerking van de versnelling direct op de bestuurder is ingewikkelder en zeer moeilijk voorspelbaar. Gezien de invloed van de stoelzittingen kan men verwachten dat ook éénmalige versnellingspieken van minder dan $1 g$ onder omstandigheden als zeer onaangenaam kunnen worden ervaren.

B.8.1 Overzicht uitgevoerde onderzoeken

B.8.2 Onderzoek veilige snelheid op de Moerdijkbrug tijdens de reconstructie (d.d. juni 1975)

Conclusie:

Het ongunstigste gedrag wordt gevonden bij vrachtauto's zonder lading en trekker-oplegger combinaties.

Voor de knikken 1:47 en 1:67 wordt 70 km/uur als veilige snelheid geadviseerd.

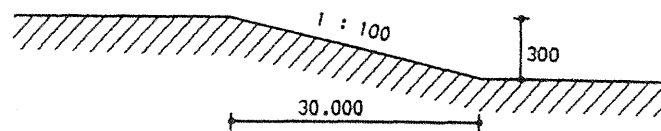
B.8.3 Onderzoek naar het rijgedrag van een voertuig bij het passeren van de "Knik Leidschendam", d.d. 1981.

Hierbij is het rijgedrag onderzocht van een voertuig rijdend in een bocht ($R = 300 \text{ m}^1$ met dwarsverkanting 1:20) en een knik in het wegdek passerend.

Conclusie:

Onacceptabel voertuig gedrag treedt op bij een knik van 1:100:

- bij vrachtauto bij rijsnelheid: 80 km/uur;
- bij personenauto bij rijsnelheid: 120 km/uur.

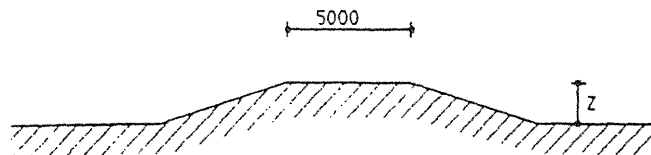


Figuur B.14

Geadviseerd wordt een "knik" van $3000:20 = 1:150$ aan te houden.

B.8.4 Onderzoek zware vrachtwagen (combinatie) over stootplaten nabij kunstwerken

Hierbij zijn de extreme waarden voor de aslasten bak- en cabineversnellingen onderzocht bij knikhogten $z =$ van 0,02/0,08/0,14/0,20 m^1 . Bij stootplaatlengten van 3,4 en 6 m^1 en rijsnelheden van 70, 80, 90, 100 en 120 km/uur. Ook is de trapeziumvorm onderzocht zoals die nogal eens bij korte kunstwerken voorkomt.



Figuur B.15

Conclusie:

Voor een twee-assige vrachtauto is een stootplaatlengte van 3,00 m¹ het gunstigst en voor trekker-opleggercombinaties een stootplaatlengte van 6,00 m¹; de lengte van wielbasis speelt hierbij een grote rol.

Bij een toename van de stootplaatlengte boven de 6 meter wordt waarschijnlijk geacht dat er een verbetering optreedt in het gedrag van een twee-assige vrachtauto. Stootplaathelling van 0,3% blijken maatgevend te zijn bij een rijsnelheid van 100 km/uur voor trekker-opleggercombinaties.

B.8.5 Aanvullend onderzoek ``Knik bij Leidschendam``

Later is op het onder B.8.3 genoemd onderzoek een aanvullend onderzoek gedaan bij stootplaatlengten van 6, 8, 10 en 12 meter met een vaste knikhogte $z = 0,30$ m¹.

B.8.6 Rijkswegen

Voor rijkswegen, rijsnelheid 120km/uur, is een verticale versnelling van 3m/s^2 (0,3 g) acceptabel.

B.8.7 Richtlijn verkeersdrempels CROW, mei 2002

Uit onderzoek (interview bestuurders diverse type auto's) aan verkeersdrempels (rijsnelheid 20 tot 40km/uur) blijkt dat verticale versnellingen tot 5m/sec^2 (0,5g) voelbaar, tot 10m/s^2 (1,0 g) zeer voelbaar en bij 15m/s^2 (1,5 g) onaangenaam zijn. Verder bleken sinusvormige drempels (de oprit) beter gewaardeerd te worden dan een schuine oprit met vaste hellingshoek.

B.8.8 Eindconclusie

Zo lang er geen eenduidige criteria bestaan voor de comfortgrens (verticale versnellingen), maximale rolhoek (bij verkanting en middelpuntvliedende kracht), dienen volgende grenswaarden aangehouden te worden:

- voor rijsnelheden ≤ 100 km/uur een maximaal toelaatbare knik aanhouden van: 1: 60 [zie § 2.4];
- voor rijsnelheden ≥ 100 km/uur een maximaal toelaatbare knik aanhouden van 1:100.

Bijlage C Literatuurlijst

1. T.C. Hopkins Settlements of highway bridge approach and embankment foundation, 1969.
2. J.E. Cross Settlement behind bridge abutments, the performance of a uniformly-graded sand fill in an approach embankment on the M4 motorway. T.R.R.L. report LR 310, 1970.
3. D. Ryba Berekening van veilige snelheid op de Moerdijkbrug tijdens reconstructie. Laboratorium voor Voertuigtechniek, TH-Delft, 1975.
4. A.M. Krijnse Locker Rijksweg 12, afwatering noordelijke hoofdrijbaan. Interne notitie dir. Zuid-Holland. RWS 1980
5. C.G.M. Tol Onderzoek naar rijgedrag van een voertuig bij het passeren van de "knik" Leidschendam. Vakgroep Voertuigtechniek, TH Delft, 1981.
6. J.M.C. Zoun Stootplaten in overgangsconstructies van bruggen en viaducten. Vakgroep Funderingstechniek, TH Delft, 1981.
7. M. Wicke, D. Stoelhorst Problems associated with the design and construction of concrete roads, paper 1, 1982.
8. L.F. Greiman e.a. Skewed bridges with integral abutments. Transportation Research Record 903, 1983.
9. J.B. Sellmeyer Gedrag van stootplaten. LGM-rapport co-264750/17, 1983.
10. A.R. Price The performance in service of bridge deck expansion joints. T.R.R.L. report 1104, 1984.
11. J.W.L. Ludolph Onderzoek zware vrachtwagen (combinaties) over stootplaten nabij kunstwerken. Vakgroep Voertuigtechniek TH Delft, rapport no. VTW 038.84, 1984.
12. Rijkswaterstaat Overgangsconstructies van kunstwerk naar weglichaam. Interim rapportage april 1986, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
13. P. Riemens Elastische voegovergangen bij aansluiting rijroosters-asfaltconstructies Polytechniek, Tijdschrift PT/C 1987 (42)z.
14. R.D. Linde Herstel voegovergangsconstructies Bruggenspraak 16^e jaargang 1987/1. Rijkswaterstaat Directie Bruggen.
15. Klaruw Thorma-joint, een elastische waterdichte, stootvrije voegovergang, Fa. Klaruw. Tilburg.
16. D. Rijba Berekening van veilige snelheid op de Moerdijkbrug tijdens reconstructie. Vakgroep Voertuigtechniek TH Delft, Rapport no. A. 150, juni 1975.
17. CROW Richtlijn verkeersdrempels, ISBN 90 6628 367 X, mei 2002.