

# Veldonderzoek naar reflectiescheuren in DGB-verhardingen met ZOAB-deklaag

Dongya Ren

Technische Universiteit Delft / Southwest Jiaotong Universitu, Chengdu, China

Lambert Houben

Technische Universiteit Delft

Wilfred Nijssen

Rijkswaterstaat, Maastricht

Ron van der Aa

Rijkswaterstaat, 's-Hertogenbosch

Berwich Sluer

Boskalis Nederland, Nieuw-Vennep

## **Samenvatting**

Op diverse autosnelwegen in Nederland is in de afgelopen decennia een doorgaand gewapende betonverharding met een deklaag van enkel- of twee-laags ZOAB aangelegd. De totale verhardingsconstructie is zodanig gedimensioneerd dat er gedurende lange tijd (30 à 50 jaar) geen structurele schade optreedt waardoor het onderhoud beperkt blijft tot de deklaag. In deze ZOAB-deklaag treden na 5 à 10 jaar reflectiescheuren op vanuit de dwarscheuren in de onderliggende doorgaand gewapende betonverharding. De reflectiescheurvorming is soms zeer beperkt, met betrekking tot zowel aantal als breedte van de scheuren, en soms ernstiger en in dit laatste geval is de reflectiescheurvorming en niet rafeling reden om de ZOAB-deklaag te vervangen. In deze bijdrage worden de resultaten gepresenteerd van het scheurpatroon in de doorgaand gewapende betonverhardingen op de A5, A50 en A73 en de invloed daarvan op het voorkomen van reflectiescheuren in de deklaag. Tevens wordt ingegaan op de risico's van punchouts in de doorgaand gewapende betonverharding, en de invloed van polymeer gemodificeerd bitumen in het ZOAB op de reductie van de reflectiescheurvorming.

**Steekwoorden: doorgaand gewapende betonverharding, ZOAB-deklaag, scheurpatroon reflectiescheuren**

## 1. Inleiding

Sinds 1990 is in Nederland op een aantal autosnelwegen een Doorgaand Gewapende Betonverharding (DGB) met een ZOAB-deklaag aangelegd: A76 bij Heerlen (1990), A12 bij Utrecht (1998), A5 bij Schiphol (1999-2003), A50 tussen Eindhoven en Oss (2004-2006) en de A73 tussen Venlo en Maasbracht (2007). In deze ZOAB-deklaag treden na 5 à 10 jaar reflectiescheuren op vanuit de dwarsscheuren in de onderliggende DGB-verharding. De reflectiescheurvorming is soms zeer beperkt, met betrekking tot zowel aantal als breedte van de scheuren, en soms ernstiger en in dit laatste geval is de reflectiescheurvorming en niet rafeling reden om de ZOAB-deklaag te vervangen. In deze bijdrage wordt ingegaan op de reflectiescheurvorming op gedeelten van de A5, A50 en A73. De meest relevante constructiegegevens van de verhardingen, het scheurpatroon in de DGB-verharding alsmede de ernst en omvang van de reflectiescheurvorming in de ZOAB-deklaag worden gepresenteerd. Tevens wordt ingegaan op de risico's van punchouts in de doorgaand gewapende betonverharding, en de invloed van polymeer gemodificeerd bitumen in het ZOAB op de reductie van de reflectiescheurvorming.

## 2. Proefvakken

### 2.1 Karakteristieken verharding en onderzochte wegvakken

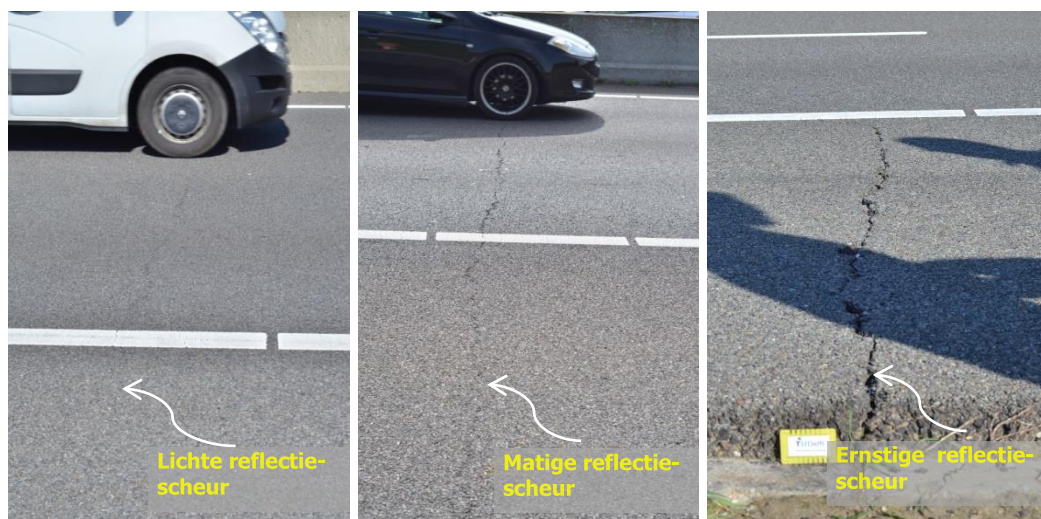
De meest relevante gegevens betreffende de DGB-verharding, de ZOAB-deklaag en de onderzochte wegvakken op de A5, A50 en A73 (beide rijbanen) zijn vermeld in Tabel 1. De variatie zit met name in het percentage langswapening in de DGB-verharding en de dikte en samenstelling van de ZOAB-deklaag.

	A5	A50	A73 HRR	A73 HRL
Jaar van aanleg DGB-verharding	2002	2004-2005	2007	2007
Dikte DGB-verharding	250 mm	250 mm	250 mm	250 mm
Betonsterkte klasse	C28/35	C35/45	C35/45	C35/45
Percentage langswapening	0,60%	0,67%	0,70 %	0,70%
Ligging langswapening beneden betonoppervlak	125 mm	125 mm	125 mm	125 mm
ZOAB	50 mm, enkellaags	70 mm, tweelaags	70 mm, tweelaags	70 mm, tweelaags
Bitumen in ZOAB	standaard 70/100	PMB in 25 mm top laag, standaard 70/100 in 45 mm onderlaag	PMB in zowel de 25 mm top laag als de 45 mm onderlaag	PMB in zowel de 25 mm top laag als de 45 mm onderlaag
Datum onderzoek scheurpatroon DGB-verharding	28 februari 2015	9 november 2013	15 april 2015	16 april 2015
Lengte onderzocht wegvak	300 m, verdeeld over 3 secties	100 m	1500 m, verdeeld over 5 secties	1062 m, verdeeld over 6 secties
Temperatuur tijdens onderzoek	1 – 4 °C	7 – 9 °C	10 – 25 °C	8 – 17 °C

Tabel 1. Constructie- en onderzoekgegevens DGB-verhardingen op A5, A50 en A73.

## 2.2 Reflectiescheuren in ZOAB-deklaag

Een reflectiescheur in de ZOAB-deklaag is een scheur die wordt geïnitieerd door een discontinuïteit (b.v. een dwarsscheur) in de onderliggende DGB-verharding. Bij temperatuurdaling van de DGB-verharding worden de scheuren daarin wijder en dat leidt tot trekspanningen in de ZOAB-deklaag. Belasting door verkeer leidt tot verschillende deflecties van de scheurranden waardoor schuif- en buigspanningen in de ZOAB-deklaag ontstaan. Door deze spanningscombinatie groeit een eenmaal ontstane scheur in de ZOAB-deklaag totdat deze aan het oppervlak zichtbaar wordt als een reflectiescheur (in dwarsrichting). Figuur 1 toont enkele reflectiescheuren op de A73.



Figuur 1. Reflectiescheuren in de ZOAB-deklaag van de A73.

## 3. Scheurafstanden in DGB-verhardingen

### 3.1 Statistiek scheurafstanden en omvang reflectiescheurvorming

Tabel 2 geeft een overzicht van de scheurpatronen en de omvang van de reflectiescheurvorming op de onderzochte wegvakken op de A5, A50 en A73.

	A50 Vluchtstrook	A5 Vluchtstrook*	A5 Rechter rijstrook	A73 HRL	A73 HRR
Ouderdom DGB-verharding (jaar)	8	13	13	8	8
Percentage langswapening (%)	0,67	0,60	0,60	0,70	0,70
Aantal scheuren	52	120	68	404	803
Gemiddelde scheurafstand (m)	1,92	2,50	4,41	2,63	1,88
Standaardafwijking scheurafstand (m)	1,45	1,29	2,02	1,66	1,25
Maximale scheurafstand (m)	6,3	5,5	9,4	11,1	9,8
Minimale scheurafstand (m)	0,15	0,20	0,70	0,10	0,20
Aantal reflectiescheuren	15	-	39	27	15
Aantal reflectiescheuren per 100 m	15,0	-	13,0	2,6	1,0
Percentage gereflecteerde scheuren (%)	28,8	-	57,4	6,68	1,87

\* ten tijde van de inspectie was de ZOAB-deklaag al verwijderd

Tabel 2. Statistische gegevens scheuren in DGB-verhardingen van A5, A50 en A73.

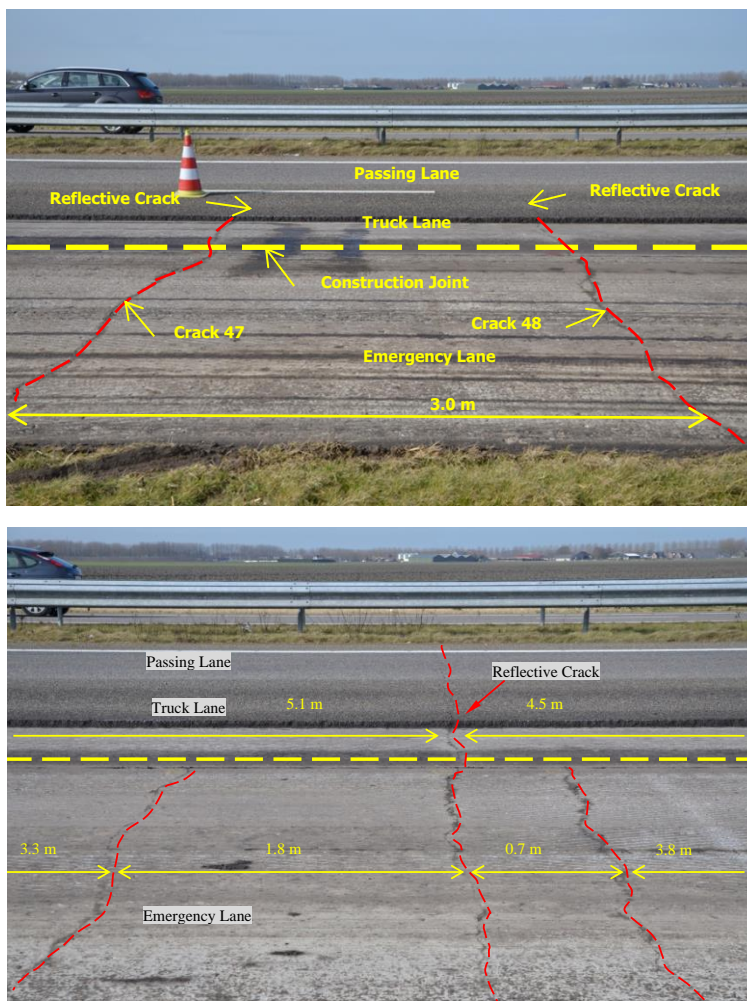
De DGB-verharding van de A5 is aangelegd in 2 stroken, tussen de rechter rijstrook en de vluchtstrook bevindt zich een constructievoeg (Figuur 2). De gemiddelde scheurafstand in de rechter rijstrook van de A5 is met 4,41 m zeer hoog. Het lage wapeningspercentage (0,60%)

speelt hierbij zeker een rol. Maar het feit dat op de vluchtstrook van de A5 de gemiddelde scheurafstand met 2,50 m beduidend kleiner is toont aan dat ook andere factoren dan het wapeningspercentage van belang zijn voor de ontwikkeling van het scheurpatroon, zoals het tijdstip van aanleg op een dag, de dagelijkse temperatuurschommelingen in de periode kort na aanleg, de duur en type van de curing, wrijving met de onderliggende asfaltlaag, etc.

Op de A50 en de A73 is de gemiddelde scheurafstand met waarden van 1,9 tot 2,6 m vrij optimaal.

De variatiecoëfficiënt van de scheurafstand (standaardafwijking gedeeld door gemiddelde) is bij alle DGB-verhardingen groot (45% à 65%).

Opvallend is de zeer grote maximale scheurafstand in de rechter rijstrook van de A5 en op beide rijbanen van de A73. Verreweg de meeste, maar niet alle, reflectiescheuren in de ZOAB-deklaag zijn aangetroffen boven scheuren in de DGB-verharding die op (vrij) grote afstand liggen van de naastgelegen scheuren (Figuur 2).



*Figuur 2. Voorbeelden van reflectiescheuren op de A5.*

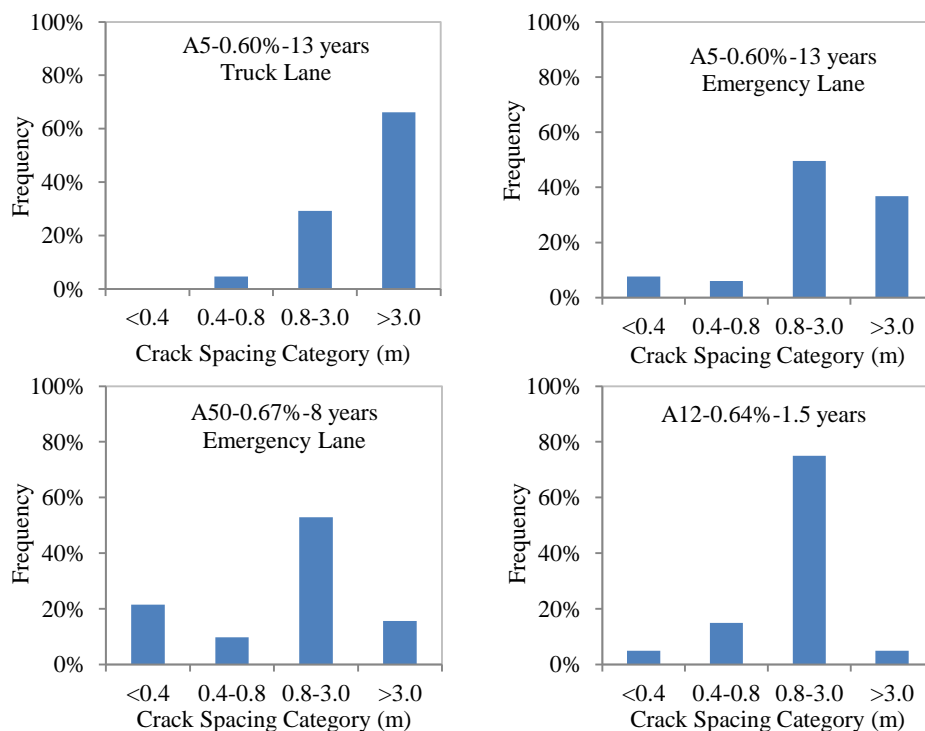
Zoals blijkt uit tabel 2 varieert het aantal reflectiescheuren per 100 m van 15 op de vluchtstrook van de A50 tot 1 op de rechter rijbaan (HRR) van de A73. Ook het percentage van de scheuren in de DGB-verharding die gereflecteerd zijn in de ZOAB-deklaag varieert zeer sterk, nl. van ruim 57% op de rechter rijstrook van de A5 tot bijna 2% op de rechter rijbaan van de A73. De lage percentages gereflecteerde scheuren op de A73, vooral op de rechter rijbaan, zijn zeer waarschijnlijk een gevolg van de combinatie van een (vrij) gunstig scheurpatroon in

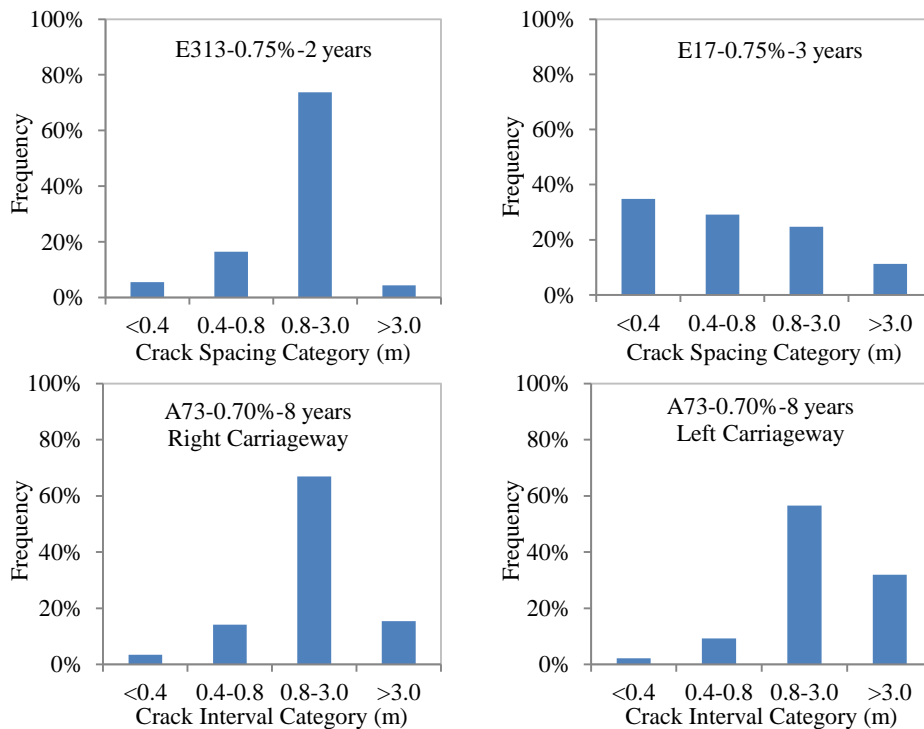
de DGB-verharding (zie 3.2), de toegepaste afgezande tackcoat en het polymeer gemodificeerde bitumen dat aldaar niet alleen in de toplaag maar ook in de onderlaag van de tweelaags ZOAB-deklaag is toegepast.

### 3.2 Verdeling scheurafstanden

Figuur 3 toont histogrammen van de scheurafstanden in de DGB-verhardingen, niet alleen van de A5, A50 en A73 maar ook van de A12 bij Utrecht (Braam et al., 2003) en de E17 bij Gent en de E313 bij Herentals, beide in België en zonder ZOAB-deklaag (Ren, 2015; Houben et al., 2016). Op de E313 zijn korte dwarse zaagsneden aangebracht als scheurinleider.

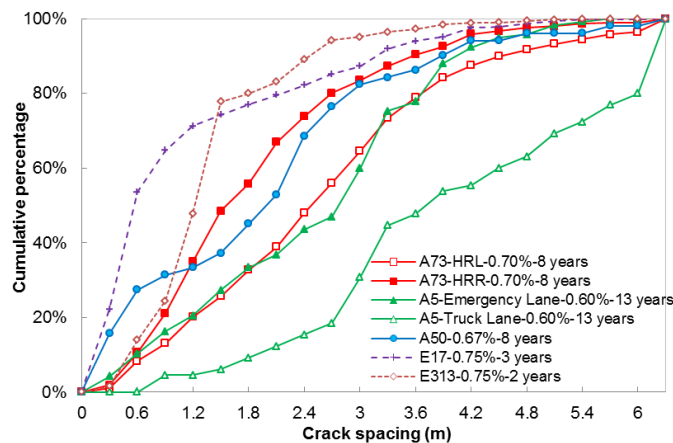
Scheurafstanden van 0,8 m tot 3,0 m worden beschouwd als gunstig. Scheurafstanden groter dan 3,0 m leiden tot grotere bewegingen van de scheurranden t.g.v. temperatuurveranderingen en verkeer, met een groter risico op reflectiescheuren in de ZOAB-deklaag. Scheurafstanden kleiner dan 0,8 m vergroten het risico op punchouts. Uit Figuur 3 blijkt dat het beste scheurpatroon aanwezig is in de rechter rijbaan (HRR) van de A73, de A12 en de E313, waarbij de percentages kleine en grote scheurafstanden beide kleiner zijn dan 15% en het percentage scheurafstanden in de ideale range van 0,8 m – 3,0 m groter is dan 65%. Daarentegen is in de rechter rijstrook van de A5, de A50 en de linker rijbaan (HRL) van de A73 het percentage scheurafstanden groter dan 3,0 m resp. 66,2%, 17,7% en 31,9%. Het extreem hoge percentage grote scheurafstanden in de rechter rijstrook van de A5 lijkt de belangrijkste reden voor de ernstige reflectiescheurvorming aldaar. Door de onder 3.1 genoemde gunstige combinatie van factoren blijft de reflectiescheurvorming, zowel qua ernst als qua omvang, op de linker rijbaan van de A73 beperkt, ondanks het hoge percentage grote scheurafstanden. Voor bijna alle onderzochte wegvakken in Nederland is het percentage korte scheurafstanden in de DGB-verharding beperkt. De uitzondering is de vluchtstrook van de A50, waarbij zij aangetekend dat deze vluchtstrook feitelijk een niet in gebruik zijnde uitvoeger is die in handwerk is aangelegd en d.m.v. een constructielangsvoeg is gescheiden van de rechter rijstrook.





*Figuur 3. Histogrammen van scheurafstanden in DGB-verhardingen in Nederland en België.*

Figuur 4 is een andere wijze van weergave van de verdeling van de scheurafstanden in dezelfde DGB-verhardingen als in Figuur 3 (behalve de A12), nl. een cumulatieve frequentieverdeling. Een optimaal scheurpatroon resulteert in een steile lijn, met een hoog percentage binnen de range van scheurafstanden van 0,8 m – 3,0 m. De scheurpatronen op de rechter rijbaan (HRR) van de A73 en op de E313 zijn derhalve het beste.



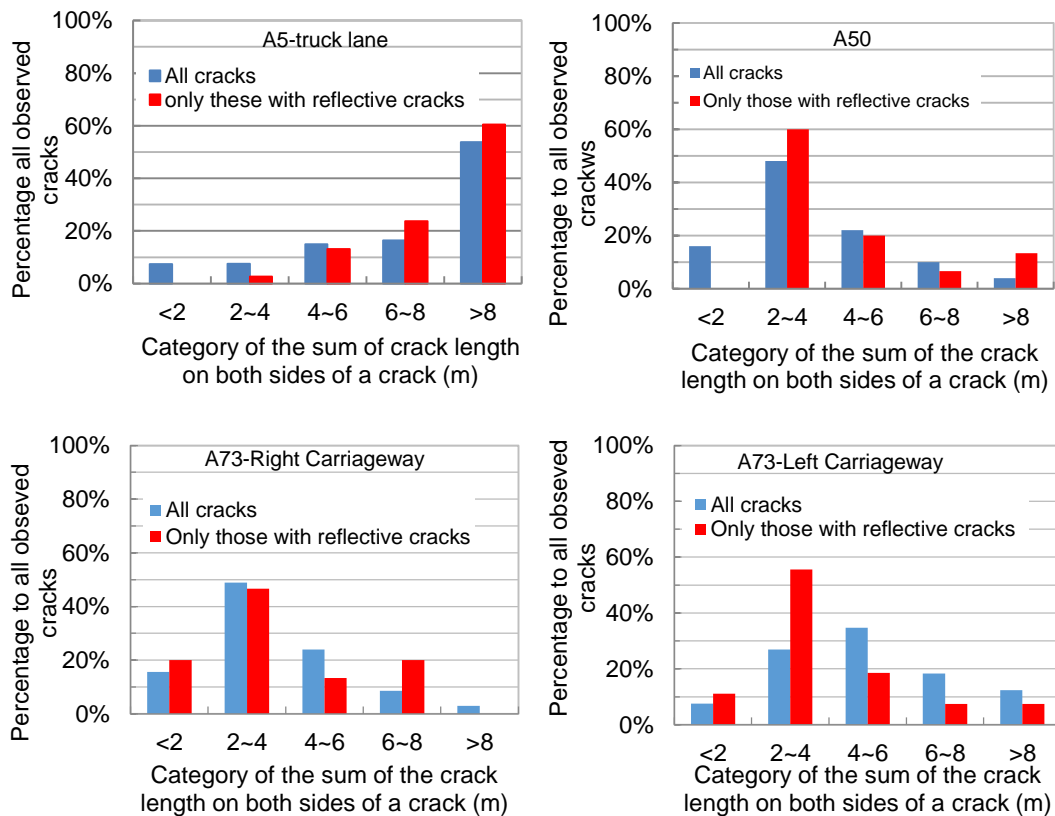
*Figuur 4. Cumulatieve frequentieverdeling van scheurafstanden in DGB-verhardingen in Nederland en België.*

### 3.3 Reflectiescheurvorming in relatie tot scheurvorming in DGB-verharding

Figuur 5 toont het percentage reflectiescheuren in de ZOAB-deklaag als functie van de som van de scheurafstanden (plaatlengten) aan beide zijden van een scheur in de DGB-verharding. Zowel het totaal aantal scheuren in de DGB-verharding (blauwe kolommen) als het totaal aantal reflectiescheuren in de ZOAB-deklaag is gesteld op 100%. Algemeen wordt verondersteld dat hoe groter de scheurafstanden, hoe groter de scheurwijdte en des te groter



het risico op reflectiescheuren. Dit zou betekenen dat in het linkerdeel van de grafieken in Figuur 5 de rode kolommen lager zouden moeten zijn dan de blauwe kolommen, terwijl in het rechter deel van de grafieken de rode kolommen hoger zouden moeten zijn dan de blauwe kolommen. Bij de A5 is dit daadwerkelijk het geval, maar bij de A50 en A73 is dit veel minder duidelijk. Dit duidt er op dat de scheurafstand niet de dominante factor is t.a.v. het risico op reflectiescheuren. Een mogelijke verklaring is dat de verandering van de breedte van een scheur in de DGB-verharding niet zozeer bepaald wordt door de plaatlengte maar door de overdrachtslengte, d.w.z. de lengte waarover de spanning in de wapening in de scheur geleidelijk wordt overgebracht op het beton (Braam, 2003; Won, 2009). Voor DGB-verhardingen is deze overdrachtslengte 0,3 m à 0,6 m.



*Figuur 5. Percentage reflectiescheuren in de ZOAB-deklaag van de A5, A50 en A73 in relatie tot alle scheuren in de DGB-verharding als functie van de som van de scheurafstanden in de DGB-verharding.*

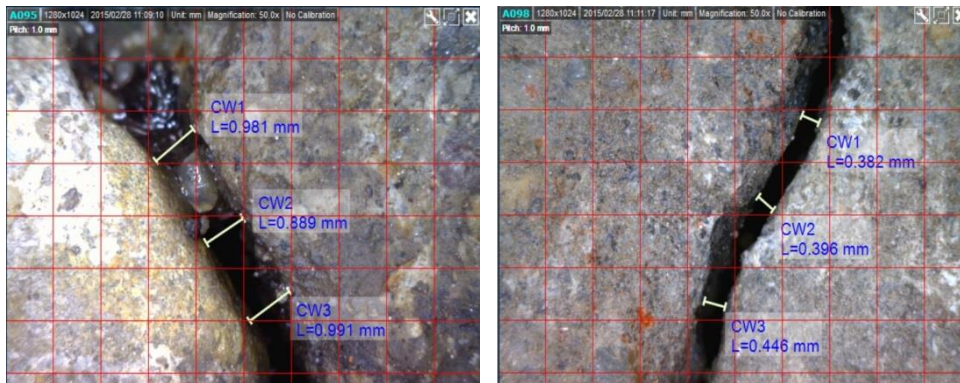
#### 4. Scheurwijdten in DGB-verhardingen

De langwapening in een DGB-verharding heeft als doel om de scheurwijdte aan het betonoppervlak beperkt te houden tot maximaal 0,4 mm (EN 1992; EN 206), zodat er sprake blijft van een goede lastoverdracht en water (met dooizouten) de wapening niet kan aantasten. Een eerste indruk bij de veldmetingen was dat de reflectiescheurvorming in de ZOAB-deklaag sterk gecorreleerd is met de scheurwijdte, en met name optreedt bij relatief wijde scheuren (Figuur 6-links) en in veel mindere mate bij fijne scheuren (Figuur 6-rechts).

Tijdens de inspectie van de A5 en de A50 is de breedte van een aantal scheuren in de DGB-verharding gemeten met een digitale microscoop. Bij de A5 is de scheurwijdte gemeten aan het oppervlak van de DGB-verharding (Figuur 7), bij de A50 aan de bovenzijde van een aantal boorkernen.



Figuur 6. Scheurwijdten in DGB-verharding A5; links: wijde scheur met reflectiescheur in ZOAB-deklaag; rechts: fijne scheur zonder reflectiescheur.



Figuur 7. Scheurwijdte aan oppervlak van DGB-verharding in rechter rijstrook van A5; links: zeer wijde scheur met reflectiescheur in ZOAB-deklaag; rechts: nauwere scheur zonder reflectiescheur.

In Tabel 3 zijn de scheurwijdten in de DGB-verharding verdeeld in 2 groepen, nl. scheuren met en zonder een reflectiescheur in de ZOAB-deklaag. Bijvoorbeeld, in de rechter rijstrook van de A5 is de wijdte van 37 scheuren in de DGB-verharding gemeten waarvan 24 scheuren een reflectiescheur hebben. De scheuren in de DGB-verharding met een reflectiescheur zijn wijder (gemiddeld 0,45 mm) dan de scheuren zonder reflectiescheur (gemiddeld 0,38 mm). 16 van de 24 scheuren (66,7%) met een reflectiescheur zijn wijder dan 0,4 mm, terwijl dit bij de scheuren zonder reflectiescheur het geval is bij 5 van de 13 scheuren (38,5%). Dezelfde trend is waarneembaar bij het beperkt aantal scheurwijdtemetingen op de A50.

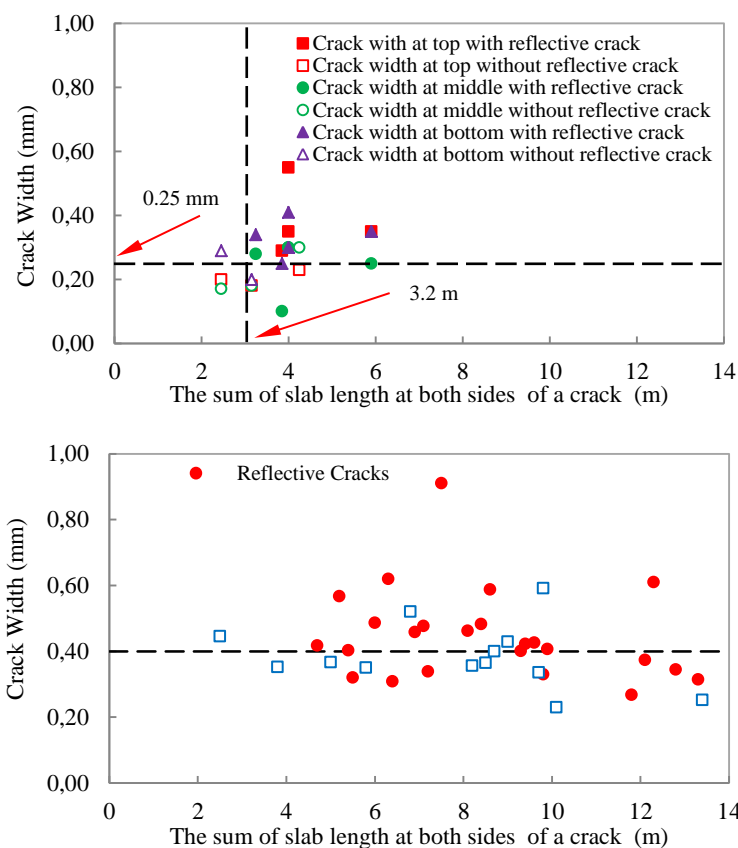
Parameter	A50		A5 Rechter rijstrook	
	met reflectiescheur	zonder reflectiescheur	met reflectiescheur	zonder reflectiescheur
Aantal scheuren	2	6	24	13
Gemiddelde scheurwijdte (mm)	0,45	0,37	0,45	0,38
Standaardafwijking scheurwijdte (mm)	0,06	0,06	0,14	0,10
Maximale scheurwijdte (mm)	0,49	0,47	0,91	0,59
Minimale scheurwijdte (mm)	0,41	0,30	0,27	0,23

Tabel 3. Resultaten scheurwijdtemetingen aan bovenzijde DGB-verhardingen A5 en A50.



Er wordt algemeen verondersteld dat de scheurwijdte in een DGB-verharding groter is naarmate de scheurafstand groter is, en dat de plaatlengten aan beide zijden van een scheur bijdragen aan de wijdte van die scheur. Deze trend is inderdaad waarneembaar op de A50 (Figuur 8-boven) waar de scheurwijdte, gemeten op verschillende diepten aan boorkernen, is uitgezet tegen de som van de plaatlengten (scheurafstanden) aan beide zijden van de scheur. In dit geval is er een duidelijke relatie tussen de reflectiescheuren in de ZOAB-deklaag en het scheurpatroon in de DGB-verharding. Nagenoeg alle reflectiescheuren zijn opgetreden bij een scheurwijdte in de DGB-verharding van meer dan 0,25 mm en een som van de scheurafstanden van meer dan 3,2 m.

Daarentegen is bij de A5 geen duidelijke relatie tussen de reflectiescheurvorming in de ZOAB-deklaag en het scheurpatroon (scheurafstanden en scheurwijdten) gevonden (Figuur 8-onder). Een reden hiervoor is de onbetrouwbaarheid en divergentie van scheurwijdtemetingen aan het oppervlak van een DGB-verharding (Ren, 2015).



*Figuur 8. Relatie tussen reflectiescheurvorming in ZOAB-deklaag en scheurpatroon (scheurwijdte en scheurafstanden) in DGB-verharding van A50 (boven) en A5 (onder); de scheurwijdte is gemeten met een digitale microscoop aan het oppervlak van de DGB-verharding.*

## 5. Conclusies

De scheurpatronen in de DGB-verharding op met name de A5 (geïnspecteerd 28 februari 2015, ouderdom verharding 13 jaar) en de A50 (geïnspecteerd 13 november 2013, ouderdom verharding 8 jaar) laten een tendens zien dat zowel grotere scheurafstanden als wijdere scheuren een groter risico op reflectiescheuren in de ZOAB-deklaag opleveren. Tevens is een relatie gevonden tussen de scheurwijdte en de scheurafstand: des te kleiner de scheurafstand,

des te kleiner de scheurwijdte, maar deze relatie is niet sterk. De reflectiescheurvorming op de A5 en op de A50 was dermate omvangrijk en ernstig dat de ZOAB-deklaag aldaar vervangen is in september 2015 resp. in juli en augustus 2014.

Het scheurpatroon in de DGB-verharding van beide rijbanen van de A73 is veel beter, en dit geldt met name voor de rechter rijbaan. Tezamen met de toepassing van polymeer gemodificeerd bitumen in zowel de topklaag als de onderklaag van de tweelaags ZOAB-deklaag heeft dit er toe geleid dat zowel de omvang als de ernst van de reflectiescheurvorming na 8 jaar (zeer) gering is. Men kan overwegen om de meest ernstige reflectiescheuren te vullen maar vervanging van de ZOAB-deklaag is voorlopig niet nodig.

In de 3 beschouwde DGB-verhardingen is de langswapening aangebracht in het midden van de DGB-verharding. In de huidige specificaties van Rijkswaterstaat (InfraQuest, 2013) is aangegeven dat de langswapening hoger in de verharding moet worden aangebracht, nl.  $90 \pm 10$  mm beneden het verhardingsoppervlak, en dat (afhankelijk van de betonsterkte klasse) een wapeningspercentage van 0,70% of 0,75% moet worden toegepast (dus hoger dan bij de A5 en de A50). Zowel de hogere ligging van de langswapening als het hogere wapeningspercentage resulteert in kleinere scheurwijdten aan het oppervlak van de DGB-verharding.

Als eindconclusie kan gelden dat reflectiescheurvorming in de ZOAB-deklaag gereduceerd kan worden door een combinatie van maatregelen: voldoende wapening, hoge ligging van de wapening, en polymeer gemodificeerd bitumen in gehele ZOAB-deklaag. Tevens leidt het tijdig aanbrengen van dwarse zaagsneden als scheurinleider tot een regelmatig scheurpatroon, met het grootste deel van de scheurafstanden in het preferente gebied van 0,8 – 3,0 m (Ren, 2015; Houben et al., 2016), en ook dit draagt bij aan de beperking van de scheurwijdte (en de verandering daarvan door temperatuurvariaties en krimp) van de meest ernstige scheuren en daarmee tot beperking van het risico van reflectiescheuren. Daarnaast zijn andere factoren van invloed op het scheurpatroon in de DGB-verharding, en daarmee op het risico van reflectiescheurvorming, zoals het type, de kwaliteit en de duur van de curing en de klimatologische omstandigheden tijdens en kort na aanleg van de DGB-verharding.

## **6. Literatuur**

Braam, C.R. en E.M. Horeweg

Scheurgedrag van doorgaand gewapende betonverhardingen: vergelijking van metingen en theorie

Rapport 25.5-03-20, Sectie Betonconstructies, TU Delft, 2003

Houben, L.J.M., D. Ren, A. Beeldens en L. Rens

Optimalisatie scheurpatroon in DGB-verhardingen door scheurinitiatie

CROW, Infradagen 2016, Papendal, 22-23 juni 2016

InfraQuest

Ontwerpspecificaties betonverhardingen

Rijkswaterstaat, Delft, November 2013

Ren, D.

Optimisation of the Crack Pattern in Continuously Reinforced Concrete Pavements

Proefschrift TU Delft, 21 december 2015

Won, M.

Evaluation of MEPDG with TxDOT Rigid Pavement Database

Report FHWA/TX-09/0-5445-3, Centre for Transportation Research, University of Texas,

Veldonderzoek naar reflectiescheuren in

DGB-verhardingen met ZOAB-deklaag

CROW Infradagen 2016

Austin, USA, 2009