



Delft University of Technology

Optimalisatie scheurpatroon in DGB-verhardingen door scheurinitiatie

Houben, Lambert; Ren, Dongya; Beeldens, A.; Rens, L

Publication date
2016

Document Version
Final published version

Published in
CROW InfraDagen 2016

Citation (APA)

Houben, L., Ren, D., Beeldens, A., & Rens, L. (2016). Optimalisatie scheurpatroon in DGB-verhardingen door scheurinitiatie. In *CROW InfraDagen 2016* https://www.crow.nl/downloads/pdf/bijeenkomsten-congressen/2016/crow-infradagen/papers/2_optimalisatie-scheurpatroon-dgb-verhardingen.aspx

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Optimalisatie scheurpatroon in DGB-verhardingen door scheurinitiatie

Lambert Houben
Technische Universiteit Delft

Dongya Ren
Technische Universiteit Delft / Southwest Jiatong University, Chengdu, China

Anne Beeldens
Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, Brussel

Luc Rens
FEBELCEM, Brussel

Samenvatting

Doorgaand gewapende betonverhardingen (DGB) worden met name in België frequent toegepast bij de (re)constructie van zwaarbelaste wegen zoals autosnelwegen. Bij dit type betonverhardingen worden geen dwarsvoegen toegepast om de scheurvorming te beheersen maar een krimpwapening die moet resulteren in een patroon van regelmatig verdeelde fijne scheuren. In deze bijdrage wordt de ontwikkeling van het scheurpatroon, d.w.z. scheurafstanden en scheurwijdten, op proefvakken op de E17 bij Gent (aangelegd in augustus 2011) en op de E313 bij Herentals (aangelegd in september 2012) in België vanaf het moment van aanleg beschreven. Op de E17 zijn geen bijzondere maatregelen genomen om het scheurpatroon te optimaliseren, resulterend in enerzijds nogal wat clusters van scheuren op geringe onderlinge afstand (minder dan 0,6 m) en anderzijds nogal wat scheuren op grote onderlinge afstand (meer dan 2,4 m). Geringe scheurafstanden kunnen leiden tot zgn. punchouts terwijl grote scheurafstanden resulteren in relatief wijde scheuren met het risico van indringing van water (met dooizouten) die de wapening kan aantasten. Op de E313 zijn aan de zijkant van de verharding op regelmatige afstand (1,2 m) korte zaagsneden in dwarsrichting aangebracht, die als scheurinleider moeten fungeren en aldus het scheurpatroon optimaliseren. Deze maatregel is effectief gebleken omdat het overgrote deel van de scheuren inderdaad optreedt t.p.v. deze zaagsneden, met als gevolg dat de scheurafstanden vooral liggen binnen de preferente range van 0,6 – 2,4 m en de scheuren nauw zijn. Toepassing van korte dwarse zaagsneden lijkt dan ook een eenvoudige en goedkope maatregel om duurzamere doorgaand gewapende betonverhardingen te realiseren.

Steekwoorden: doorgaand gewapende betonverhardingen, scheurpatroon, scheurinleiders

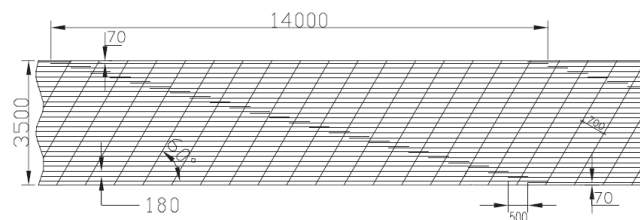
1. Inleiding

In tegenstelling tot Nederland wordt in België bij de (re)constructie van (auto)snelwegverhardingen vaak een doorgaand gewapende betonverharding (DGB) toegepast. Daarbij worden ook veelvuldig proefvakken aangelegd. In deze bijdrage wordt verslag gedaan van de inventarisatie van het scheurpatroon (scheurafstanden en scheurwijdte), vanaf het moment van aanleg van de verharding tot enkele jaren daarna, van proefvakken op de E17 bij Gent en op de E313 bij Herentals. Op de E17 zijn 3 proefvakken met verschillend wapeningspercentage gerealiseerd en op de E313 zijn 2 proefvakken met korte dwarse zaagsneden (2 verschillende diepten), bedoeld als scheurinleider, aangelegd. De metingen zijn uitgevoerd in het kader van het promotie-onderzoek van de tweede auteur (Ren, 2015).

2. Karakteristieken doorgaand gewapende betonverharding

Bij een DGB-verharding worden in dwarsrichting geen krimpvoegen toegepast. De krimp van het beton wordt beheerst door toepassing van een langswapening die moet resulteren in een patroon van fijne scheuren op regelmatige afstand.

Figuur 1 geeft een voorbeeld van de layout van de wapening volgens de huidige richtlijnen van Rijkswaterstaat (InfraQuest, 2013). De diameter van de langswapeningstaven is 20 of 16 mm. De langswapening wordt ondersteund door de dwarswapening die wordt geplaatst onder een hoek van 60° met de as van de weg. In dit voorbeeld is de hart-op-hart afstand van de langswapeningstaven 180 mm en de buitenste wapeningstaven bevinden zich op 70 mm van de rand van de verharding. De overlappingslengte van de langswapeningstaven is afhankelijk van de betonsterkte klasse en de diameter van de wapeningsstaven en varieert van 500 tot 700 mm. De hart-op-hart afstand van de dwarswapeningstaven is 700 mm.



Figuur 1. Voorbeeld van de layout van de wapening voor een DGB-verharding; dimensies in mm.

In het verleden werd de langswapening meestal in het midden van de betonverharding geplaatst. Er is echter een sterke tendens om de wapening hoger in de betonverharding te plaatsen om de scheurwijdte aan het oppervlak van de verharding zoveel mogelijk te beperken. In de huidige Nederlandse richtlijnen (InfraQuest, 2013) is opgenomen dat het hart van de langswapeningstaven op een diepte van 90 ± 10 mm onder het oppervlak van de betonlaag moet liggen, hetgeen impliceert dat er altijd een betondekking van tenminste 70 mm op de wapening aanwezig is. In de Belgische proefvakken, die in deze bijdrage worden behandeld (hoofdstukken 4 en 5), op de autosnelwegen E17 bij Gent en E313 bij Herentals ligt het hart van de langswapeningstaven ook op een diepte van 90 mm.

Tussen de DGB-verharding en de fundering wordt een asfalt tussenlaag toegepast. Deze tussenlaag heeft o.m. de volgende voordelen:

- Het is een erosiebestendige laag waardoor het risico op punchouts wordt verkleind;
- Het is een vlakke laag waardoor de wapening nauwkeurig op hoogte kan worden gesteld;
- De hechting met de DGB-verharding is goed en gelijkmatig, en dat bevordert de ontwikkeling van een regelmatig scheurpatroon in de DGB-verharding.

Figuur 2 toont de wapening op de asfalt tussenlaag van een proefvak op de E17 bij Gent.



Figuur 2. Wapening van de DGB-verharding in een proefvak op de E17 bij Gent.

In Nederland wordt voor DGB-verhardingen betonsterkte-klasse C30/37 of C35/45 toegepast, in België C35/45.

Behalve op rotondes wordt een DGB-verharding in Nederland alleen toegepast op autosnelwegen (met altijd een deklaag van één-laags of twee-laags ZOAB), in België (zonder ZOAB-deklaag, Figuur 3) soms ook op zwaarbelaste secundaire wegen. De ontwerplevensduur bedraagt 30 à 50 jaar. De dikte van de betonverharding wordt in Nederland en België berekend met het programma VENCON2.0 (CROW, 2005), en vervolgens wordt het percentage langswapening zodanig berekend of gekozen dat de scheurwijdte aan het oppervlak maximaal 0,4 mm is. Bij autosnelwegen is de dikte van de DGB-verharding doorgaans 250 mm.



Figuur 3. Zwaarbelaste DGB-verharding op de E313 bij Herentals.

3. Scheurvormingsproces in DGB-verharding

In eerste instantie is een net aangelegde DGB-verharding ‘oneindig’ lang. De verharding wordt onderworpen aan opgelegde krimp van het verhardende beton, in combinatie met de krimp van het (gedeeltelijk) verharde beton door temperatuurdalingen. De rekken en krommingen als gevolg van de krimp worden in hoge mate verhinderd door de wrijving van de betonlaag met de onderliggende asfalt tussenlaag. Dit resulteert in trekspanningen, toenemend in de tijd, in de betonlaag. Er treden dwarsscheuren op indien deze trekspanningen de dan aanwezige treksterkte van het beton overschrijden.

Een model om het scheurvormingsproces in een DGB-verharding te beschrijven is het zgn. trekstaaf model. Dit model is oorspronkelijk ontwikkeld door Naokowski in 1985 en beschrijft de interactie tussen staal en beton bij opgelegde vervormingen. Het leidde tot een analytische oplossing voor de overdrachtslengte en de scheurwijdte in een niet volledig ontwikkeld scheurpatroon. Dit model is ingebouwd in het dimensioneringsprogramma VENCON2.0.

Om vloeien van het staal te voorkomen moet het percentage langswapening altijd groter zijn dan het in Tabel 1 vermelde minimum percentage, dat afhankelijk is van de betonsterkte klasse.

Het toegepaste percentage langswapening in Nederland en België is ruim hoger dan het percentage vermeld in Tabel 1 en tegenwoordig ook iets hoger dan het met VENCON2.0 berekende vereiste percentage. Tabel 2 geeft het percentage langswapening dat momenteel

wordt voorgeschreven door Rijkswaterstaat voor autosnelwegen in Nederland, waarbij een ZOAB-deklaag wordt toegepast.

Betonsterkte klasse	C25/30	C30/37	C35/45	C45/55
$\omega_{o,min}$ (%)	0,38	0,43	0,47	0,54

Tabel 1. Minimum wapeningspercentage om vloeien van de langswapening te voorkomen.

Betonsterkte klasse	C25/30	C30/37	C35/45	C45/55
ω_o (%)	0,7	0,7	0,7	0,75

Tabel 2. Door Rijkswaterstaat voorgeschreven percentage langswapening in een DGB-verharding.

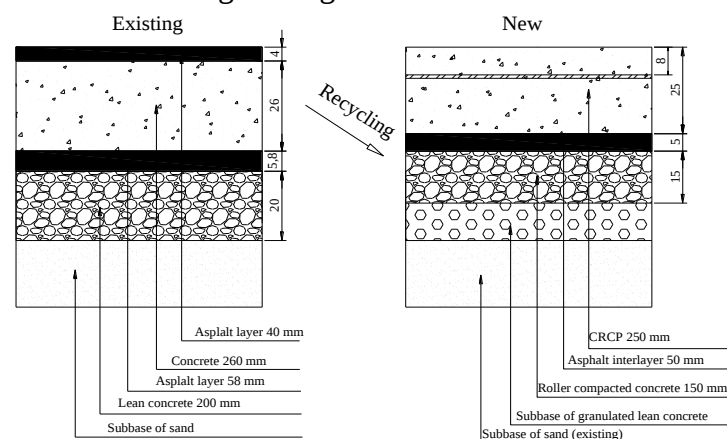
4. Scheurpatroon op E17 bij Gent

Bij de reconstructie van de E17 ten zuiden van Gent is in 2011 in totaal 11 km DGB-verharding aangelegd. Binnen dit wegvak zijn in augustus 2011 drie proefvakken, met verschillend wapeningspercentage (Tabel 3), gerealiseerd waarvan de ontwikkeling van het scheurpatroon sinds de aanleg is gevolgd. Er zijn geen maatregelen genomen om het scheurpatroon te reguleren c.q. te optimaliseren.

Proefvak	Kilometrage (km)	Langswapening
1	44,7-45,2	0,75%
2	45,2-46,2	0,70%
3	46,2-46,7	0,65% + 20 kg/m ³ staalvezels

Tabel 3. Proefvakken op E17 bij Gent.

De oude ongewapende betonverharding (met asfalt deklaag) is hergebruikt in de nieuwe fundering en onderfundering van de nieuwe DGB-verharding (Figuur 4). Tussen de 150 mm dikke walsbeton fundering en de 250 mm dikke DGB-verharding is een 50 mm dikke asfalt tussenlaag toegepast. De betonsterkte klasse is C35/45 en de langswapeningstaven hebben een diameter van 20 mm en een betondekking van 80 mm. Proefvak 1 is de gebruikelijke constructie voor een DGB-verharding in België.



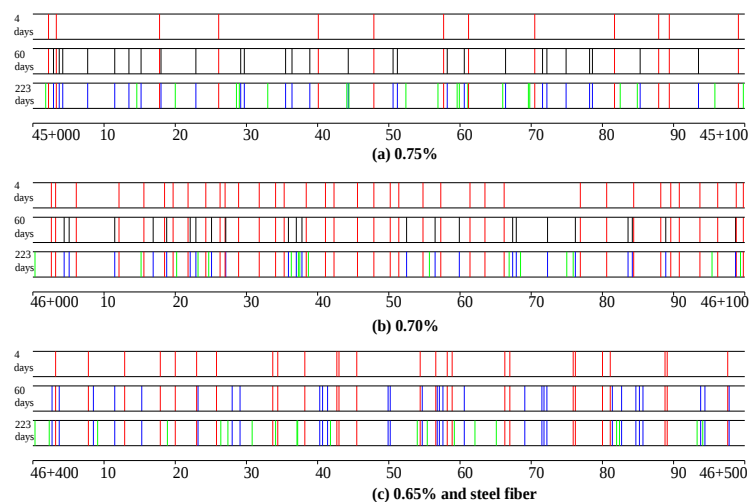
Figuur 4. De oude ongewapende betonverharding (links) en de nieuwe DGB-verharding (rechts) op de E17 bij Gent.

Op de E17 zijn diverse typen dwarsscheuren aanwezig (Figuur 5—links) evenals een grote variatie in scheurafstand, inclusief clusters van scheuren met geringe scheurafstand (Figuur 5—rechts).



Figuur 5. Y-scheuren (links) en cluster van scheuren (rechts) op de E17 bij Gent.

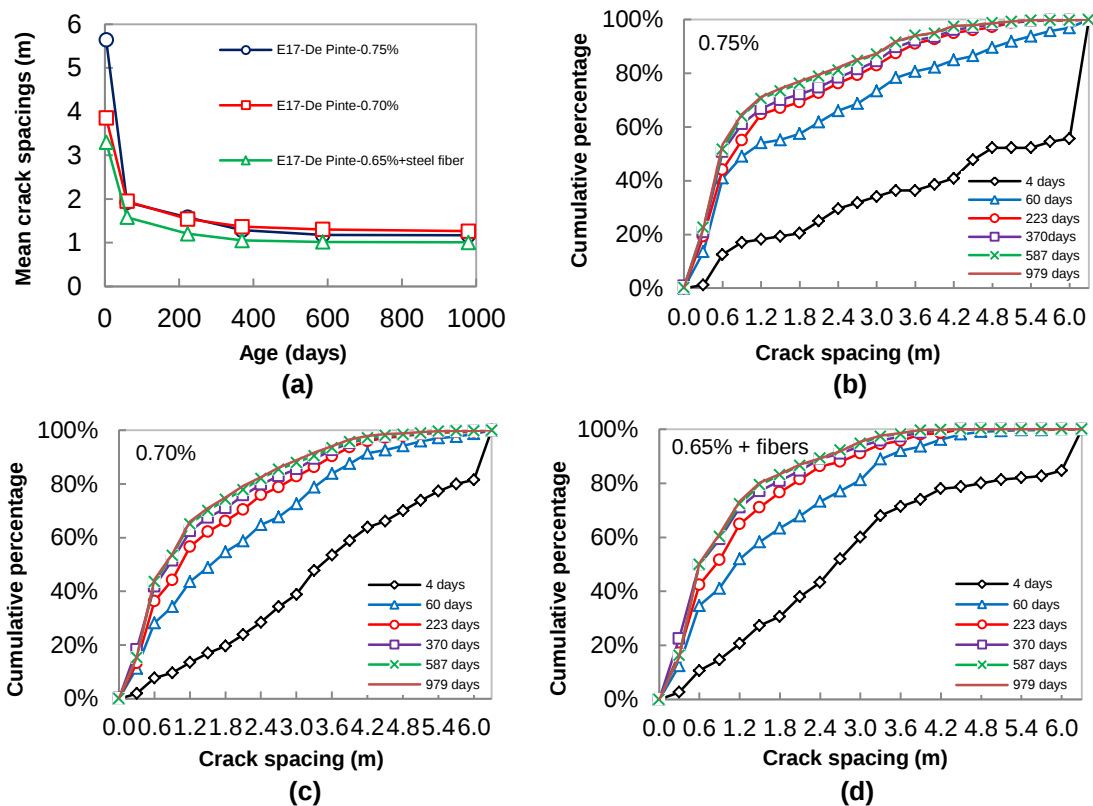
Het scheurpatroon is regelmatig geïnventariseerd tijdens de eerste 4 dagen en nachten na aanleg van de DGB-verharding, en daarna nog 5 keer tussen oktober 2011 en april 2014. Figuur 6 toont de ontwikkeling van het scheurpatroon in de tijd van 3 secties, elk 100 m lang, binnen de 3 proefvakken op de E17 bij Gent. Achtereenvolgens zijn gegeven de scheurpatronen 4 dagen (22 augustus 2011), 60 dagen (18 oktober 2011) en 223 dagen na aanleg (28 maart 2012, na een strenge winter met luchttemperaturen tot ca. -20°C) (Ren et al., 2013).



Figuur 6. Ontwikkeling van het scheurpatroon in een sectie van elk van de 3 proefvakken op de E17 bij Gent.

Figuur 7-a geeft de ontwikkeling van de gemiddelde scheurafstand op de 3 proefvakken sinds de aanleg. Het scheurpatroon is voltooid, d.w.z. de gemiddelde scheurafstand blijft constant, na zo'n 20 maanden (incl. 2 strenge winters). De gemiddelde scheurafstand bedraagt dan resp. 1,17 m, 1,27 m en 1,01 m voor de proefvakken 1, 2 en 3. De Figuren 7-b, 7-c en 7-d tonen de ontwikkeling van de verdeling van de scheurafstanden in de proefvakken 1, 2 en 3 sinds de aanleg. In het voltooid scheurpatroon, 979 dagen na aanleg, is het percentage scheurafstanden kleiner dan 0,6 m resp. 53,6%, 44,4% en 50,3% voor de proefvakken 1, 2 en 3. Anderzijds is het percentage scheurafstanden groter dan 2,4 m resp. 17,9%, 17,4% en 10,8% voor de proefvakken 1, 2 en 3. Dit betekent dat het percentage scheurafstanden in de preferente range van 0,6 – 2,4 m bij de proefvakken 1, 2 en 3 slechts resp. 28,5%, 38,2% en 38,9% bedraagt. Alle 3 DGB-proefvakken op de E17 hebben dus zowel een groot aantal scheuren op kleine onderlinge afstand als een groot aantal scheuren op grote onderlinge afstand. Het risico van kleine scheurafstanden is het ontstaan van punchouts. Het risico van

grote scheurafstanden is dat de lastoverdracht t.p.v. de relatief wijde scheuren vermindert en dat water (met dooizouten) in de verharding kan dringen en de wapening aantast. In het geval van een ZOAB-deklaag is het risico van grote scheurafstanden het optreden van reflectiescheuren (Ren et al., 2016).



Figuur 7. Gemiddelde scheurafstand (a) en cumulatieve frequentieverdeling van scheurafstanden (b,c,d) in 3 proefvakken op E17 bij Gent.

Behalve de scheurafstanden is ook de breedte van een beperkt aantal scheuren regelmatig gemeten (Ren et al., 2013) met een digitale microscoop (Figuur 8-links), tezamen met de temperatuur van het verhardingsoppervlak. Verder is gedurende enkele dagen na aanleg (totdat naast de verharding een betonnen goot werd gestort) de verandering van de scheurbreedte gedurende de dag gemeten aan het verhardingsoppervlak en op 2 posities aan de rand van de verharding met een LVDT en opgelijmde studs (Figuur 8-midden en -rechts).



Figuur 8. Scheurbreedtemeting aan het verhardingsoppervlak met een digitale microscoop (links) en meting van de scheurbreedteverandering aan de rand van de verharding met een LVDT (midden en rechts)

Enkele karakteristieke data betreffende de scheurbreedte en de verandering van de scheurbreedte met de temperatuur zijn gegeven in Tabel 4 resp. Tabel 5. Tabel 4 laat zien dat de absolute scheurbreedten vrij klein zijn. Tabel 5 toont niet alleen dat de verandering van de Optimalisatie scheurpatroon in DGB-verhardingen door scheurinitiatie

scheurwijdte gedurende een (warme) dag niet alleen groot is maar ook afneemt met de diepte beneden het verhardingsoppervlak als gevolg van de kleinere temperatuurveranderingen, de aanwezigheid van de wapening en de wrijving met de onderliggende asfalt tussenlaag.

Ouderdom (dagen)	Temperatuur oppervlak verharding (°C)	Aantal		Scheurwijdte (mm)			
		scheuren	metingen	gemiddeld	maximum	minimum	standaard-afwijking
4	30,3	8	40	0,169	0,22	0,10	0,043
223	8,8	14	42	0,117	0,30	0,03	0,076

Tabel 4. Scheurwijdten aan het verhardingsoppervlak van proefvak 1 op de E17 bij Gent.

Diepte beneden oppervlak verharding (mm)	Temperatuurverandering (°C)	Nummer scheur							Gemiddeld
		1	2	3	4	5	6	7	
0	22,0-30,2	0,132	0,202	0,328	0,182	0,190	0,170	0,206	0,201
30		0,136	0,212	0,222	0,195	0,154	0,127	0,158	0,172
90 ¹		0,131	0,178	0,192	0,161	0,133	0,084	0,102	0,140

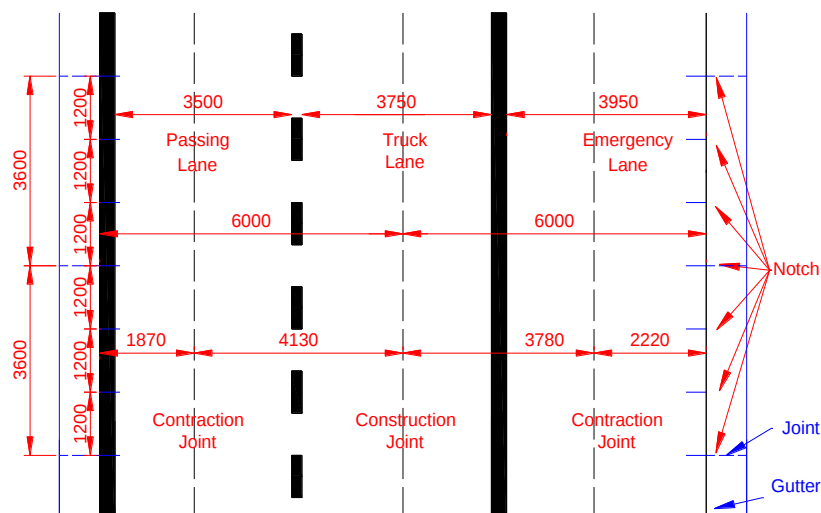
1 Diepte van langswapening

Tabel 5. Verandering van de scheurwijdte (mm) met de temperatuur in proefvak 1 op de E17 bij Gent, 3 dagen na aanleg.

5. Scheurpatroon op E313 bij Herentals

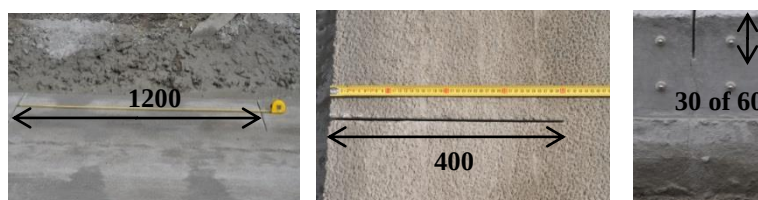
In hoofdstuk 4 is aangegeven dat zowel kleine als grote scheurafstanden nadelig voor de duurzaamheid van de DGB-verharding kunnen zijn. Maatregelen om het scheurpatroon te beheersen kunnen daarom bijdragen aan de duurzaamheid van de verharding. In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van 2 proefvakken op de E313 bij Herentals waar aan de zijkant van de verharding korte, dwarse zaagsneden zijn aangebracht die dienen te fungeren als scheurinleider.

De reconstructie van de E313 is uitgevoerd in 2012. Figuur 9 toont de layout van de proefvakken op de E313, die zijn uitgevoerd overeenkomstig de huidige standaard praktijk in België: 250 mm dikke DGB-verharding op een 50 mm dikke asfalt tussenlaag en een 150 mm dikke walsbeton fundering. Het percentage langswapening is 0,75%, en deze wapening ligt 90 mm beneden het verhardingsoppervlak. Vanwege eisen m.b.t. geluidshinder is het beton aangebracht in 2 lagen. De dikten van de toplaag (uitgewassen beton, porfier aggregaat 0-6,3 mm) en de onderlaag (kalksteen aggregaat 0-31,5 mm) zijn resp. 50 en 200 mm. De toplaag is nat-in-nat aangebracht op de onderlaag. De betonsterkte klasse voor de onderlaag is C45/55 en voor de toplaag C35/45.



Figuur 9. Layout van de rijbaan van de E313 bij Herentals, met de dwarse zaagsneden aan de buitenzijden van de verharding; dimensies in mm.

De DGB-verharding is in 2 gedeelten aangelegd, eerst de linker rijstrook plus het linkerdeel van de rechter rijstrook, en daarna het rechter deel van de rechter rijstrook plus de vluchtstrook. Zoals in Figuur 9 is aangegeven, zijn tijdens het uitharden van het beton aan de buitenzijde van de verharding korte, dwarse zaagsneden aangebracht. De lengte van deze zaagsneden is 400 mm, en de onderlinge afstand tussen de zaagsneden is 1,20 m (Figuur 10). De zaagsneden zijn aangebracht direct na het uitwassen van het beton, in het algemeen binnen 16 uur na aanleg van de verharding.



Figuur 10. Onderlinge afstand (links), lengte (midden) en diepte (rechts) van de korte dwarse zaagsneden in de proefvakken op de E313 bij Herentals; dimensies in mm.

Op de E313 zijn 2 proefvakken gerealiseerd (Figuur 10). Tijdens de eerste fase van dit reconstructieproject was de diepte van de zaagsneden slechts 30 mm. Om het effect van de diepte van de zaagsneden op de effectiviteit m.b.t. scheurinitiatie te onderzoeken is tijdens een volgende fase de diepte van de zaagsneden verhoogd tot 60 mm. De 60 mm diepe zaagsneden zijn enkele uren eerder aangebracht dan de 30 mm diepe zaagsneden. Op een 500 m lang proefvak met 30 mm diepe zaagsneden en een 1100 m lang proefvak met 60 mm diepe zaagsneden is sinds de aanleg regelmatig het scheurpatroon geïnventariseerd.

Het proefvak met 30 mm diepe zaagsneden is aangelegd in juli 2012 en het proefvak met 60 mm diepe zaagsneden in september 2012. Het scheurpatroon is regelmatig geïnventariseerd tijdens de eerste 4 dagen en nachten na aanleg van het tweede proefvak (met 60 mm diepe zaagsneden), en ook ongeveer 2, 6,5, 12,5 en 18 maanden na aanleg van dat tweede proefvak. Aan het verhardingsoppervlak is telkens ook de breedte van een aantal scheuren opgemeten met een digitale microscoop (Ren et al., 2014).

Tabel 6 toont de effectiviteit van de 30 mm en 60 mm diepe zaagsneden als scheurinleider. In het proefvak met 60 mm diepe zaagsneden ontstond tijdens de eerste 4 dagen 99% van de scheuren t.p.v. een zaagsnede, terwijl scheuren aanwezig waren t.p.v. 21,3% van de zaagsneden. Dit laatste percentage nam snel toe tot 61,9% ongeveer 2 maanden na de aanleg.

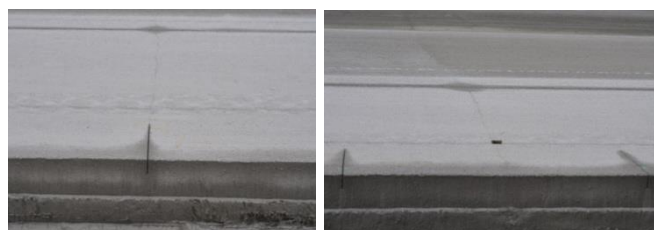
Optimalisatie scheurpatroon in

Daarna waren de zaagsneden minder effectief m.b.t. het initiëren van nieuwe scheuren: na de eerste (streng) winter, 6,5 maanden na aanleg, was het percentage zaagsneden met een scheur toegenomen tot 66,6%. Dit geeft aan dat de zaagsneden het beste fungeren als scheurinleider gedurende de eerste maanden na aanleg van de DGB-verharding, maar ook daarna hebben zij nog invloed op de ontwikkeling van het scheurpatroon. Bijvoorbeeld, in de periode tussen 65 en 204 dagen na aanleg van de verharding ontstonden 43 van de 98 nieuwe scheuren (45%) in het proefvak met 60 mm diepe zaagsneden t.p.v. een zaagsnede. Na de eerste winter bevond in het proefvak met 60 mm diepe zaagsneden 78,3% van de scheuren zich t.p.v. een zaagsnede, terwijl dit in het proefvak met 30 mm diepe zaagsneden slechts 56,5% was. Dit geeft aan dat de 60 mm diepe zaagsnede een effectievere scheurinleider is dan de 30 mm diepe zaagsnede.

In tegenstelling tot de E17 (Figuur 5) zijn de meeste scheuren op de E313, met name die scheuren die ontstaan t.p.v. een zaagsnede, aan het verhardingsoppervlak zeer recht en dwars op de as van de weg (Figuur 11). Een reden hiervoor is dat in de toplaag van de DGB-verharding op de E313 fijn aggregaat (0 – 6,3 mm) is toegepast, terwijl in de DGB-verharding op de E17 grover aggregaat (0 – 20 mm) is gebruikt.

Diepte zaag-snede (mm)	Lengte proefvak (m)	Ouderdom (dagen)	Aantal zaag-sneden (N1)	Aantal scheuren (N2)	Aantal scheuren t.p.v. zaag-snede (N3)	Effectiviteit van zaagsneden N3/N1 (%)	Percentage scheuren in categorie (%)			
							Afstand tot dichtstbijzijnde zaagsnede (m)			
							0	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6
60	1100	1	897	1	1	0,1	100	0	0	0
		2		73	71	7,9	97,3	0	0	2,7
		3		163	161	17,9	98,8	0	0	1,2
		4		193	191	21,3	99,0	0	0	1,0
		65		664	555	61,9	83,6	2,4	7,7	6,3
		204		762	597	66,6	78,3	3,8	9,8	8,1
		378		775	606	67,6	78,2	3,8	9,9	8,1
		555		803	628	70,0	78,2	3,6	10,1	8,1
30	500	123	422	417	245	58,1	58,8	9,4	15,8	16,0
		262		497	281	66,6	56,5	8,7	17,5	17,3
		436		502	285	67,5	56,8	8,5	17,2	17,5
		613		505	286	67,8	56,6	8,7	17,2	17,5

Tabel 6. Locatie van scheuren en effectiviteit van de zaagsneden bij de proefvakken op de E313.



Figuur 11. Rechte dwarsscheuren t.p.v. een zaagsnede (links) en tussen 2 zaagsneden (rechts) in de proefvakken op de E313.

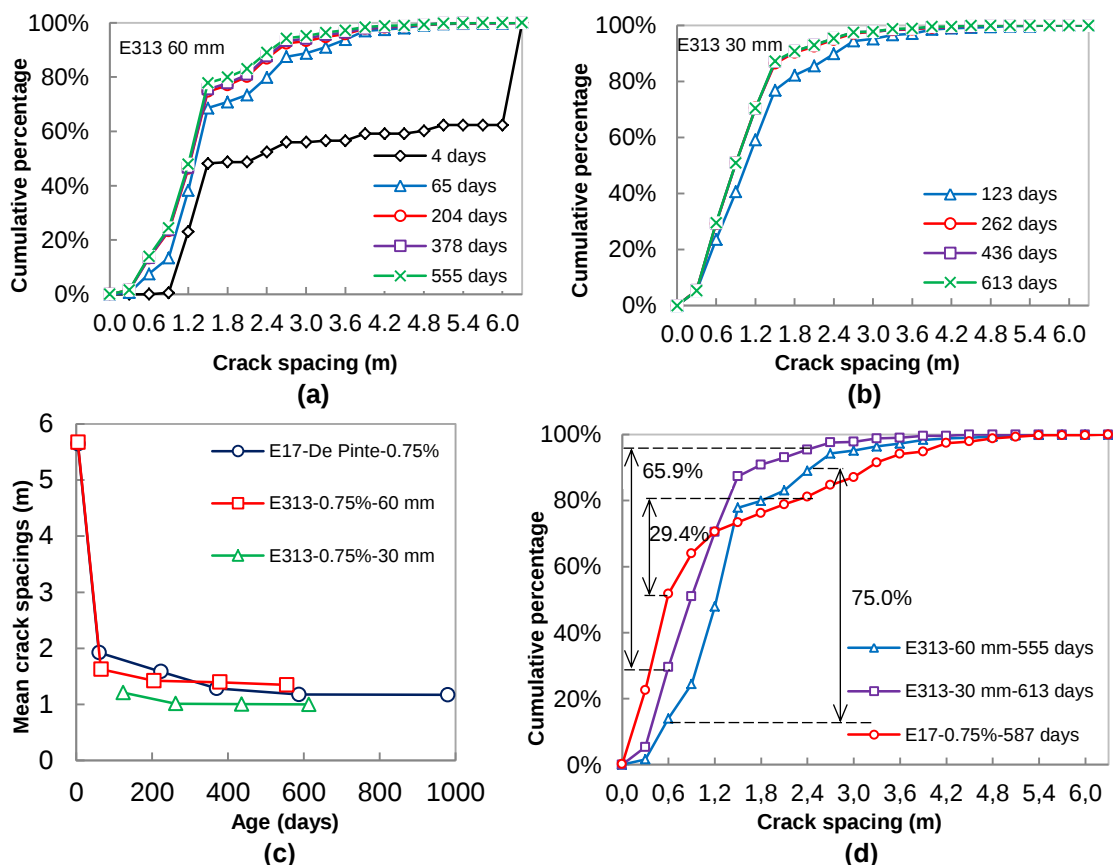
De Figuren 12-a en 12-b tonen de ontwikkeling in de tijd van de verdeling van de scheurafstand bij beide proefvakken op de E313. Na ongeveer 20 maanden bedraagt bij het proefvak met 60 mm diepe zaagsneden het percentage korte scheurafstanden slechts 14,0% en het percentage grote scheurafstanden 11,0%. Bij het proefvak met 30 mm diepe zaagsneden zijn deze percentages resp. 29,6% en 4,5%.

Figuur 12-c toont de ontwikkeling van de gemiddelde scheurafstand in de 2 proefvakken op de E313 sinds de aanleg evenals de gemiddelde scheurafstand in proefvak 1 op de E17; deze 3 proefvakken hebben allemaal 0,75% langswaopening. Ook het scheurpatroon van de 2 proefvakken op de E313 is voltooid (de gemiddelde scheurafstand blijft constant) ongeveer 20

Optimalisatie scheurpatroon in

maanden na aanleg (incl. 2 vrij strenge winters). De gemiddelde scheurafstand bij de proefvakken met 60 mm en 30 mm diepe zaagsneden bedraagt dan resp. 1,35 m en 0,99 m. Figuur 12-d en Tabel 7 geven een vergelijking van de scheurpatronen in proefvak 1 van de E17, waar geen maatregelen zijn genomen, en in de proefvakken van de E313 waar zaagsneden als scheurinleider zijn aangebracht. In al deze proefvakken is betonsterkte klasse C35/45, betondikte 250 mm en 0,75% langswapening toegepast. De proefvakken met zaagsneden op de E313, in het bijzonder het vak met 60 mm diepe zaagsneden, vertonen een veel gunstiger scheurpatroon dan het proefvak op de E17.

Tenslotte is in Tabel 8 een vergelijking gemaakt van de scheurwijdten in proefvak 1 op de E17 en de 2 proefvakken met zaagsneden op de E313 op een zomerdag en een winterdag. De invloed van de temperatuur van de betonverharding is duidelijk: in de winter zijn de scheurwijdten groter dan in de zomer. Rekening houdend met de verhardingstemperatuur kan geconcludeerd worden dat zowel de gemiddelde scheurwijdte als de standaardafwijking van de scheurwijdten bij de proefvakken met zaagsneden op de E313 iets kleiner zijn dan bij het proefvak op de E17.



Figuur 12. Cumulatieve frequentieverdeling van de scheurafstand bij de proefvakken op de E313 (a,b), gemiddelde scheurafstand op de proefvakken op de E17 en de E313 (c) en vergelijking van de cumulatieve frequentieverdeling van de scheurafstand op de proefvakken op de E17 en de E313 na ongeveer 20 maanden, incl. 2 winters (d); de pijlen geven aan het percentage van de scheurafstanden in de preferente range van 0,6 – 2,4 m.

Autosnelweg	Proefvak	Verdeling scheurafstanden (%)			Gemiddelde scheurafstand (m)
		$\leq 0,6$ m	0,6-2,4 m	$\geq 2,4$ m	
E17	1	51,8	29,4	19,8	1,18

E313	60 mm zaagsnede	14,0	75,0	11,0	1,35
	30 mm zaagsnede	29,6	65,9	4,5	0,99

Tabel 7. Vergelijking van de scheurpatronen in de proefvakken op de E17 en de E313 ongeveer 20 maanden na aanleg (incl. 2 winters).

Autosnelweg	Proefvak	Temperatuur verhardingsoppervlak (°C)	Aantal scheuren	Scheurwijdte (mm)			
				gemiddeld	maximum	minimum	standaard-afwijking
E17	1	30,3	8	0,169	0,22	0,10	0,036
		2,2	10	0,312	0,35	0,19	0,087
E313	60 mm zaagsnede	20,5	17	0,152	0,31	0,10	0,032
		8,0	12	0,201	0,27	0,14	0,034
	30 mm zaagsnede	21,0	11	0,198	0,22	0,13	0,035
		4,2	11	0,232	0,32	0,13	0,044

Tabel 8. Invloed van de verhardingstemperatuur op de scheurwijdte aan het verhardingsoppervlak bij de proefvakken in België, gemeten met een optische microscoop.

6. Slotopmerking

Essentieel voor een goed structureel gedrag van een DGB-verharding op de lange termijn (30-50 jaar) is een optimaal scheurpatroon. Dit betekent geringe scheurwijdten, weinig kleine scheurafstanden en weinig grote scheurafstanden. Hiervoor zijn tenminste vereist een adequaat percentage langswapening (0,70% à 0,75%) en een asfalt tussenlaag tussen de betonlaag en de fundering. Ofschoon de DGB-verharding op de E313 nog maar 4 jaar oud is, geeft het superieure scheurpatroon (het overgrote deel van de scheurafstanden ligt in de preferente range van 0,6 – 2,4 m en de scheurwijdten zijn gering) als gevolg van de korte dwarse zaagsneden alle vertrouwen in een goed structureel lange termijn gedrag. Toepassing van korte dwarse zaagsneden lijkt dan ook een eenvoudige en goedkope maatregel om duurzamere doorgaand gewapende betonverhardingen te realiseren.

7. Literatuur

CROW

VENCON2.0 Software voor het constructief ontwerp van ongewapende en doorgaand gewapende betonverhardingen

Ede, januari 2005

InfraQuest

Ontwerpspecificaties betonverhardingen

Rijkswaterstaat, Delft, November 2013

Ren, D., L.J.M. Houben en L. rens

Cracking behavior of continuously reinforced concrete pavements in Belgium.

Transportation Research Record No. 2367, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2013.

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

Active Crack Control for Continuously Reinforced Concrete Pavements in Belgium through Partial Surface Notches.

Transportation Research Record No. 2456, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2014.

Optimalisatie scheurpatroon in

DGB-verhardingen door scheurinitiatie

CROW Infradagen 2016

Ren, D.

Optimisation of the Crack Pattern in Continuously Reinforced Concrete Pavements.
Proefschrift TU Delft, 21 december 2015.

Ren, D., L.J.M. Houben, W. Nijssen, R. van der Aa en B.W. Sluer

Veldonderzoek naar reflectiescheuren in DGB-verhardingen met ZOAB-deklaag
CROW, Infradagen 2016, Papendal, 22-23 juni 2016