

Studie naar toepasbaarheid van herstelmortels en scheurinjectie- systemen in de wegenbouw

Jens Breynaert & Michaël Godaert

Promotor: dr. ir. A. Beeldens
Co-promotor: ing. P. Minne

Masterproef ingediend tot het behalen van
de graad van master of Science in de
industriële wetenschappen: Bouwkunde

Studie naar toepasbaarheid van herstelmortels en scheurinjectie- systemen in de wegenbouw

Jens Breynaert & Michaël Godaert

Promotor: dr. ir. A. Beeldens
Co-promotor: ing. P. Minne

Masterproef ingediend tot het behalen van
de graad van master of Science in de
industriële wetenschappen: Bouwkunde

Academiejaar 2014 - 2015

© Copyright KU Leuven

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van zowel de promotor(en) als de auteur(s) is overnemen, kopiëren, gebruiken of realiseren van deze uitgave of gedeelten ervan verboden. Voor aanvragen tot of informatie i.v.m. het overnemen en/of gebruik en/of realisatie van gedeelten uit deze publicatie, wend u tot KU Leuven campus Gent, Gebroeders De Smetstraat 1, B-9000 Gent, +32 9 265 86 10 of via e-mail iw.kaho.gent@kuleuven.be.

Voorafgaande schriftelijke toestemming van de promotor(en) is eveneens vereist voor het aanwenden van de in deze masterproef beschreven (originele) methoden, producten, schakelingen en programma's voor industrieel of commercieel nut en voor de inzending van deze publicatie ter deelname aan wetenschappelijke prijzen of wedstrijden.

Voorwoord

Op het einde van de opleiding tot master in de industriële ingenieurswetenschappen bouwkunde dient een masterproef uitgewerkt te worden. Een gemeenschappelijk interesseveld van ons lag in de wegenbouw, op deze manier hadden we de mogelijkheid om samen deze masterproef uit te werken. Na afloop durven we zeggen dat dit een juiste beslissing was en raden we het iedereen ten zeerste aan indien de mogelijkheid zich voordoet.

De masterproef is positief verlopen. Hiervoor was een opstart in september noodzakelijk. De literatuurstudie had al duidelijk vorm gekregen voor de aanvang van het academiejaar. Na de start van de lessen is de voorbereiding begonnen om alle materialen te verzamelen die nodig waren om de proeven te kunnen uitvoeren. Eén van de cruciale elementen hebben we ook in deze periode opgesteld, namelijk een strakke, maar correcte planning.

De correcte planning heeft geleid tot een vlot verloop van de masterproef. Hierdoor kon de masterproef reeds tegen het einde van de paasvakantie gefinaliseerd worden. Deze masterproef is het beste bewijs dat een vroege start aangevuld met een goede planning er voor zorgt dat een dergelijk groot werk toch op een normale manier tot stand kan komen zonder stress en ongelukken.

In deze laatste alinea willen wij de vele mensen bedanken die ons talloos hebben geholpen en voorzien hebben van raad en daad. In eerste instantie willen we onze beide promotoren: dr. ir. A. Beeldens en ing. P. Minne bedanken voor de goede begeleiding en de vele informatie die ze ons ter beschikking stelden. Aansluitend willen we hierop mr. M. Lybaert bedanken voor het vele werk die hij geleverd heeft om onze doelstelling te bereiken. Mr. G. van der Borgh heeft op zijn beurt voor de communicatie gezorgd tussen de leveranciers van de producten en ons. Dit was een grote hulp aangezien dit voor ons een onbekend terrein was. Tenslotte willen we de vier personen bedanken van de bedrijven die hebben meegeholpen om deze masterproef mogelijk te maken: mr. B. Verbiest, mr. S. Colpaert, mr. L. De Schrijver en mr. R. Webers. De laatste twee willen we uitermate bedanken voor de vele informatie en tijd die ze hebben vrijgemaakt voor ons.

Wij wensen u veel leesplezier toe.

Jens Breynaert en Michaël Godaert

Gent, 14 april 2015

Abstract

A good choice of material is crucial in order to be able to carry out a durable concrete repair. Repair strategies will only be successful if a thorough analysis of the damage is conducted and if a correct choice of the repair product (adjusted to the actual situation) is made.

This master's thesis elaborates on the applicability of repair mortars and crack injection systems in road construction. Two repair mortars and one crack injection system of BASF, Grouttech, MC-Bauchemie and Sika are tested.

The thesis is split up into two main parts. A first part contains an extensive literature study, in which a link is made between the available repair techniques, the available materials and damage cases. A second part gives an overview of the tests that were carried out on different repair mortars and crack injection systems. Finally, possible means of application and limits of the repair products are given.

Following tests were carried out on the mortars: consistency, density, test of Vicat, linear shrinkage, air content of fresh mortar, flexural strength, compressive strength, statical module of elasticity with compression, bond strength by pull-off, freeze-thaw resistance and measurement of skid resistance. In addition tests on crack injection systems were carried out.

The mortar types were compared and each test was closed with a review. A link has been made between damage cases (which occur on concrete pavements) and repair techniques which can guarantee a sustainable result.

Finally, test results were verified to meet the requirements by NBN EN 1504 and SB250 (specifically for road construction in Flanders).

The results show that a thorough study on the product properties is necessary before applying a product for repairs of concrete roads. Factors such as shrinkage, statical module of elasticity and adhesion play a crucial role in order to achieve a durable repair. The results between different tested mortar products can differ significantly. This thesis also gives an overview of application domains for the different products (injection systems and repair mortars).

Extended abstract

Studie naar de toepasbaarheid van herstelmortels en scheurinjectiesystemen in de wegenbouw

Jens Breynaert & Michaël Godaert

Promotor: dr. ir. A. Beeldens; Co-promotor ing. P. Minne

I. Inleiding

Om een herstelling duurzaam te kunnen uitvoeren, is een goede materiaalkeuze cruciaal. Een voorstudie die de schadeoorzaak aan het licht brengt dient uitgevoerd te worden. Een duurzame herstelling is het resultaat van een grondige analyse van de schade, de keuze van het juiste product, aangepast aan de situatie en een goede uitvoering.

De masterproef gaat in op de verschillende schadegevallen die kunnen optreden bij platenbeton. Doorgaand gewapend beton wordt niet behandeld.

Momenteel is op de markt een rijk aanbod van herstelproducten beschikbaar, de mogelijkheden en limieten zijn echter minder gekend. Daarnaast bestaat er vaak onduidelijkheid over de eisen die worden gesteld aan deze herstelsystemen.

Voor de thesis werden producten gebruikt van BASF, MC-Bauchemie, Grouttech en Sika. Per producent werden twee herstelmortels en één scheurinjectiesysteem aan proeven onderworpen.

II. Doelstelling

In de thesis wordt dieper ingegaan op de toepasbaarheid van herstelmortels in de wegenbouw. Verschillende types mortel worden met elkaar vergeleken en verschillen worden geanalyseerd.

Een ander deel van de thesis gaat dieper in op de toepasbaarheid van injectiesystemen voor het herstellen van scheuren.

III. Indeling thesis

De thesis wordt ingedeeld in twee grote delen. Een eerste deel bevat een uitgebreide literatuurstudie, waarin een link gelegd wordt tussen de beschikbare hersteltechnieken, de op de markt voor handen zijnde materialen en de schadegevallen.

Een tweede deel bevat een overzicht van de uitgevoerde proeven waarbij wordt getracht om de voorgeschreven normen zo goed mogelijk te volgen.

Tenslotte wordt een voorstel naar toepassingsmogelijkheden en limieten van de producten aangereikt.

IV. Normering

Bij het uitwerken van de thesis diende de NBN EN 1504-normenreeks als basis. Specifiek voor wegenbouw in Vlaanderen legt het Standaardbestek 250 bijkomende eisen op.

V. Proeven

Op de mortels werden volgende proeven uitgevoerd: consistentie, volumieke massa, test van Vicat, krimp, luchtgehalte, buigtreksterkte, druksterkte, elasticiteitsmodulus, hechtsterkte, afschilfering en bepalen stroefheid.

Er werden ook scheurinjectiesystemen aan proeven onderworpen. Hiervoor werd een eigen opstelling bedacht en uitgewerkt. Deze proeven verliepen bijgevolg niet volgens voorschriften van normen.

VI. Resultaten en interpretatie

De bekomen resultaten werden op een kritische manier beoordeeld. De morteltypes werden met elkaar vergeleken en iedere proef werd afgesloten met een bespreking. Op het einde van het tweede hoofdstuk werd ook een link gelegd tussen schadegevallen, die optreden aan betonverhardingen, en mogelijke hersteltechnieken die een duurzaam resultaat kunnen garanderen.

Ten slotte werd gecontroleerd of de testresultaten voldoen aan de eisen die enerzijds door NBN EN 1504 en anderzijds door het SB250 (versie 2.2) gesteld worden. Er werd naar mogelijke verklaringen voor het niet altijd conform zijn van de resultaten gekeken.

VII. Besluiten

Uit de resultaten blijkt dat een grondige studie naar de producteigenschappen noodzakelijk is alvorens een product toe te passen bij een wegherstelling. Factoren zoals krimp, elasticiteitsmodulus en hechting spelen een cruciale rol om te komen tot een duurzame herstelling. Deze kunnen sterk variëren van product tot product. Deze thesis stelt een overzicht voor van de toepassingsdomeinen voor de verschillende geteste producten.

VIII. Dankwoord

Deze masterproef kwam tot stand door een samenwerking tussen KU Leuven Technolgiecampus Gent, het OCW en FEREB. Daarnaast zorgden de bedrijven BASF, MC-Bauchemie, Grouttech en Sika voor de producten. We willen deze bedrijven dan ook bedanken voor de mogelijkheid van het uitvoeren van testen op hun producten. We willen het OCW ook bedanken voor het uitwisselen van kennis en het gebruik van de laboratoria in Sterrebeek. We bedanken ook onze promotoren voor de sturing tijdens de uitvoering van onze masterproef.

Ten slotte willen we mr. Webers van BASF bedanken voor de vrijgemaakte dagen, de uitwisseling van informatie en de bereidheid tot bijsturing bij de uitvoering van onze proeven.

IX. Referenties

Austrian Concrete Association. (sd).

BASF Construction Chemicals Belgium NV. (sd).
Injecteren.

Beeldens, A. (sd). betonverhardingen principes.

Beeldens, A. (sd). Opbouw van een weg grond
onderfundering en fundering.

Cement Concrete & Aggregates Australia. (June 2009). *Concrete Pavement Maintenance/Repair*. CCAA.

Deminar BASF Construction Chemicals Belgium NV. (sd). Powerpoint betonrenovatie & betonherstelling.

Dooms, D., Jacobs, J., & Pollet, V. (2008). *Technische voorlichting 231:Herstelling en bescherming van beton (gebouwen en burgerlijke bouwkunde)*. Brussel: WTCB.

Freeman, T. J., Jung, Y. s., & Zollinger, D. G. (July 2008). *Guidelines for routine maintenance of concrete pavement*. College Station,Texas: Texas Transportation Institute.

Jacobs, J. (2001). *Betonschade: oorzaken-diagnose-herstellingen*. Aalst: WTCB.

Jacobs, J., & Vyncke, J. (1993). Betonschade: Een overzicht. *WTCB tijdschrift*, 37-44.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Administratie Wegen en Verkeer . (2001).
Catalogus: Schade aan Wegverhardingen.

Missouri Department of Transportation (MoDOT).
(sd). *Pavement Repair*.

NBN EN 1504-5 concrete injection. (2013, Juni).

North Carolina Department of Transportation. (sd).
Partial and full depth repair manual.

(2010). *Standaardbestek 250 versie 2.2*.

Probleemstelling

Om tot een duurzame herstelling in de wegenbouw te komen, is het niet alleen noodzakelijk een herstelling goed uit te voeren, maar dient ook het juiste materiaal gekozen te worden. Bovendien dient de schadeoorzaak gekend te zijn om, na een grondige analyse, de geschikte herstellmethode te kiezen. Pas als de exacte oorzaak aan het licht is gebracht en verholpen wordt, is een duurzame herstelling mogelijk.

Beton is een duurzaam product en vereist weinig onderhoud. Controle van de voegen, drainage van de ondergrond etc. dienen op regelmatige basis te gebeuren.

Er kunnen twee types betonwegen onderscheiden worden:

- Doorgaand gewapend beton
- Platenbeton (al dan niet verdeuveld)

In deze thesis wordt enkel dieper ingegaan op de herstelling van platenbeton.

Twee types herstellingen kunnen onderscheiden worden:

- Voorlopige herstelling: dit type herstelling wordt onmiddellijk toegepast bij vaststelling van schade in afwachting tot de uitvoering van een structurele herstelling. Een typevoorbeeld hierbij is het vullen van putten, of het herstellen van deels gescheurde platen, met gietasfalt.
- Duurzame herstelling: hierbij wordt de weg hersteld met het doel minimaal eenzelfde levensduur te bekomen als het bestaande beton. De herstelling zal bijgevolg eenzelfde draagkracht en eenzelfde weerstand tegen thermische en fysische belastingen als het oorspronkelijke beton hebben.

Bij betonwegen kunnen drie groepen van schadeoorzaken onderscheiden worden:

- Schade aan voegen
- Scheuren van platen
- Aantasting aan oppervlak

Herstelproducten en –methoden van betonvoegen zijn weinig gekend. Vaak beperken deze zich tot het opvullen van putten met asfalt of tot het volledig vervangen van betonplaten. De mogelijkheden van de verschillende herstelproducten zijn minder gekend. Evenmin is het duidelijk wat de exacte eisen aan deze producten zijn.

De herstelling van betonwegen in platenbeton beperkt zich vaak tot het al dan niet gedeeltelijk vervangen van de platen of tot het opvullen van de voegen. Herstellingen over beperkte breedte worden vaak als niet duurzaam beschouwd door slechte ervaring met niet-aangepaste producten en methodes. Ook herstellen van scheuren door middel van injecties is een weinig gekende techniek.

Doelstelling

Deze thesis wil de onzekerheid bij de minder toegepaste herstellmethodes en –materialen wegnemen door:

- De toepasbaarheid van herstelmortels in de wegenbouw na te gaan. Verschillende types worden geanalyseerd op duurzaamheid en toepasbaarheid. In een overzicht worden de aangeboden producten opgelijst.
- De toepasbaarheid van scheurinjecties in wegenbeton na te gaan.

Aansluitend op het overzicht van de verschillende producten en herstellmethodes die in de wegenbouw toegepast worden, zal de link gelegd worden tussen de omstandigheden waarin deze producten en methodes gebruikt kunnen worden en de limieten van deze producten en methodes.

Producten van vier verschillende producenten zijn opgenomen voor deze thesis:

- BASF
- Grouttech
- MC-Bauchemie
- Sika

De thesis wordt ingedeeld in drie delen:

- Literatuurstudie
- Proeven
- Vergelijking proefresultaten met literatuurbronnen

Om een duurzame herstelling te kunnen uitvoeren, dient de oorzaak van de schade gekend te zijn. Alvorens de schade zelf te bespreken, wordt eerst de ideale opbouw gegeven. Vervolgens worden de verschillende schadebeelden aan een weg in platenbeton toegelicht om dan uiteindelijk te komen tot herstellmethodes en type herstel materiaal.

De technische fiches van de aangeboden producten worden grondig geanalyseerd. Op een kritische manier komt een overzicht van de belangrijkste eigenschappen in tabel tot stand. Hierbij worden niet enkel de eigenschappen uit de fiches overgenomen, maar ook karakteristieken die tijdens het onderzoek getest zijn en van belang zijn voor de wegenbouw. Belangrijke parameters hierbij zijn de hechtsterkte, krimp en elasticiteitsmodulus.

Een belangrijk deel van deze thesis is het daadwerkelijk testen van de herstelmortels en de injectiematerialen. Hierbij wordt zoveel als mogelijk gebruik gemaakt van gestandaardiseerde proefmethodes. Belangrijk is het steeds kritisch beoordelen van de resultaten. Na het uitvoeren van de testen, worden de bekomen resultaten op een overzichtelijke manier weergegeven om zo een onderverdeling te maken in functie van de toepassing.

In een laatste fase wordt een link tussen de gekende schadegevallen en eigenschappen van de materialen gezocht. Er wordt een link gezocht die voor een bepaald type schadegeval het juiste herstelproduct aangeeft.

Inhoudsopgave:

Deel I: Literatuurstudie

1	Wegopbouw betonwegen	21
1.1	<i>Inleiding</i>	21
1.2	<i>Opdeling</i>	21
1.3	<i>Belastingen.....</i>	22
1.3.1	<i>Inleiding.....</i>	22
1.3.2	<i>Bouwklassen</i>	23
1.4	<i>Platenbeton</i>	24
1.4.1	<i>Bouwklasse B1 – B5</i>	24
1.4.2	<i>Bouwklasse B6 - B10.....</i>	24
1.5	<i>Gewapend platenbeton</i>	25
1.6	<i>Doorgaand gewapend beton (DGB)</i>	25
2	Schade en herstellingen aan wegenbeton.....	26
2.1	<i>Inleiding.....</i>	26
2.2	<i>Indeling schadegevallen.....</i>	29
2.3	<i>Voorbehandeling oppervlak</i>	31
2.4	<i>Injectiesystemen</i>	32
2.4.1	<i>Inleiding.....</i>	32
2.4.2	<i>Criteria</i>	32
2.4.3	<i>Problemen.....</i>	32
2.5	<i>Duurzaam karakter herstellingen</i>	33
2.6	<i>Oppervlakteschade</i>	34
2.6.1	<i>Polijsing.....</i>	34
2.6.2	<i>Vorst-dooi.....</i>	35
2.6.3	<i>Afschilfering</i>	35
2.6.4	<i>Gaten en onvlakheden.....</i>	37
2.6.5	<i>Dooizouten.....</i>	38
2.7	<i>Scheuren.....</i>	39
2.7.1	<i>Dwarsscheuren</i>	39
2.7.2	<i>Langsscheuren</i>	42
2.7.3	<i>Krimpscheuren.....</i>	45
2.7.4	<i>Hoekscheuren.....</i>	46
2.7.5	<i>Gebroken platen</i>	49
2.8	<i>Diepe schade tot onder wapening (structureel)</i>	51
2.8.1	<i>Discontinuïteiten</i>	51
2.8.2	<i>Trapvorming.....</i>	52
2.8.3	<i>Zijdelingse afschuiving.....</i>	55
2.8.4	<i>Afspatten beton aan scheuren.....</i>	56
2.9	<i>Samenvattend overzicht.....</i>	58

3	Types herstelmortels	60
3.1	<i>Algemeen</i>	60
3.2	<i>Opdeling</i>	60
	3.2.1 Hydraulische mortel	61
	3.2.2 Hydraulisch gemodificeerde mortels.....	62
	3.2.3 Kunsthars mortels	64
3.3	<i>Vergelijking verschillende morteltypes</i>	65
4	Eisen herstelmortels	66
4.1	<i>Inleiding</i>	66
4.2	<i>Eisen herstelmortels.....</i>	66

Deel II: Proeven

5	Proeven	67
5.1	<i>Inleiding</i>	67
5.2	<i>Consistentie verse mortel.....</i>	69
	5.2.1 Situering.....	69
	5.2.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm	69
	5.2.3 Resultaten	70
	5.2.4 Bespreking	70
5.3	<i>Volumieke massa</i>	71
	5.3.1 Situering.....	71
	5.3.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm	71
	5.3.3 Resultaten	71
	5.3.4 Bespreking	72
5.4	<i>Proef van Vicat – Bepalen begin binding</i>	72
	5.4.1 Situering.....	72
	5.4.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm	72
	5.4.3 Uithardingscondities.....	73
	5.4.4 Resultaten	73
	5.4.5 Bespreking	74
5.5	<i>Lineaire krimp.....</i>	75
	5.5.1 Situering.....	75
	5.5.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm	76
	5.5.3 Uithardingscondities.....	76
	5.5.4 Resultaten	77
	5.5.5 Bespreking	77
5.6	<i>Luchtgehalte verse mortel.....</i>	78
	5.6.1 Situering.....	78
	5.6.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm	78
	5.6.3 Resultaten	79
	5.6.4 Bespreking	80

5.7	<i>Buigtrek- en druksterkte</i>	80
5.7.1	Situering	80
5.7.2	Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm	80
5.7.3	Uithardingscondities	81
5.7.4	Resultaten	81
5.7.5	Bespreking	82
5.8	<i>Elasticiteitsmodulus</i>	83
5.8.1	Situering	83
5.8.2	Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm	84
5.8.3	Uithardingscondities	85
5.8.4	Resultaten	85
5.8.5	Bespreking	85
5.9	<i>Afschilfering</i>	86
5.9.1	Situering	86
5.9.2	Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm	86
5.9.3	Vervaardiging proefstukken	86
5.9.4	Uithardingscondities	87
5.9.5	Vorst-dooibelasting	87
5.9.6	Resultaten	88
5.9.7	Bespreking	88
5.10	<i>Hechtproeven op injectieproefstukken</i>	89
5.10.1	Situering	89
5.10.2	Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm	90
5.10.3	Vervaardiging proefstukken	91
5.10.4	Uithardingscondities	94
5.10.5	Hechtsterketesten op injectieproefstukken	94
5.10.6	Resultaten	95
5.10.7	Bespreking	96
5.11	<i>Hechtsterkte</i>	97
5.11.1	Situering	97
5.11.2	Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm	97
5.11.3	Uithardingscondities	98
5.11.4	Resultaten	98
5.11.5	Voorbereiden ondergrond	101
5.11.6	Bespreking	102
5.12	<i>Stroefheid</i>	102
5.12.1	Situering	102
5.12.2	Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm	102
5.12.3	Uithardingscondities	103
5.12.4	Resultaten	104
5.12.5	Bespreking	105
5.13	<i>Algemeen besluit proefresultaten</i>	105

Deel III: Vergelijking range proefresultaten met literatuurbronnen

6	Vergelijking range proefresultaten met literatuurbronnen	107
6.1	<i>Inleiding.....</i>	<i>107</i>
6.2	<i>Tabel opgesteld volgens range uit proefresultaten.....</i>	<i>108</i>
6.3	<i>Vergelijking opgestelde range met literatuurbronnen</i>	<i>109</i>
6.4	<i>Toepassingscondities.....</i>	<i>110</i>
6.5	<i>Het "ideale" product.....</i>	<i>110</i>
7	Conclusie	111
8	Bibliografie.....	112

Lijst van illustraties

<i>Figuur 1-1: Opbouw van de weg</i>	21
<i>Figuur 1-2: Opdeling van de soorten wegen uitgevoerd met een betonnen verharding</i>	21
<i>Figuur 1-3: Thermische uitzetting platenbeton ten gevolge van de zon</i>	22
<i>Figuur 2-1: Verdeling schade-oorzaken</i>	27
<i>Figuur 2-2: Evenwicht tussen belasting en weerstandsvermogen</i>	27
<i>Figuur 2-3: Indeling schadegevallen</i>	29
<i>Figuur 2-4: Voorstelling vorm uitgezaagde zone (links = goede oplossing: rechthoekige uitgezaagde zone, rechts = slechte oplossing: ontstaan van scheuren in binnenhoeken uitgezaagde zone)</i>	31
<i>Figuur 2-5: Injecteren van scheuren</i>	32
<i>Figuur 2-6: Afschilfering van betonoppervlak (Locatie: Bloemlandstraat Denderleeuw)</i>	35
<i>Figuur 2-7: Gat ontstaan in betonoppervlak (Locatie: Bloemlandstraat Denderleeuw)</i>	37
<i>Figuur 2-8 : Schematische voorstelling dwarsscheuren</i>	39
<i>Figuur 2-9 : Dwarsscheur (Locatie Bloemlandstraat Denderleeuw)</i>	40
<i>Figuur 2-10: Langsscheuren</i>	42
<i>Figuur 2-11 : Langsscheur</i>	43
<i>Figuur 2-12 : Hoekscheur (Locatie: Bloemlandstraat Denderleeuw)</i>	46
<i>Figuur 2-13: Hoekscheur</i>	47
<i>Figuur 2-14 : Gebroken platen</i>	49
<i>Figuur 2-15 : Schade ontstaan door waterslikker (Locatie: Bloemlandstraat Denderleeuw)</i>	51
<i>Figuur 2-16: Trapvorming</i>	52
<i>Figuur 2-17: Trapvorming</i>	53
<i>Figuur 2-18: Zijdelingse afschuiving</i>	55
<i>Figuur 2-19: Afspatten van het beton</i>	57
<i>Figuur 3-1: Opdeling mortel volgens type bindmiddel</i>	60
<i>Figuur 5-1: Typedoorsnede beproefde herstelmortels</i>	67

<i>Figuur 5-2: Gestandaardiseerde mal</i>	69
<i>Figuur 5-3: Schoktafel</i>	69
<i>Figuur 5-4: Histogram consistentie</i>	70
<i>Figuur 5-5: Histogram schijnbare massadichtheid</i>	71
<i>Figuur 5-6: Gestandaardiseerde mal</i>	72
<i>Figuur 5-7: Automatisch toestel van Vicat</i>	73
<i>Figuur 5-8: Test van Vicat bij 20 °C</i>	73
<i>Figuur 5-9: Histogram begin binding</i>	74
<i>Figuur 5-10: Resultaten krimpmetingen</i>	77
<i>Figuur 5-11: Toestel luchtgehalte meten</i>	78
<i>Figuur 5-12: Histogram luchtgehalte</i>	79
<i>Figuur 5-13: Histogram afschilfering na 28 cycli</i>	79
<i>Figuur 5-14: Histogram druksterkte type CC</i>	81
<i>Figuur 5-15: Histogram druksterkte type PCC</i>	81
<i>Figuur 5-16: Histogram buigtreksterkte type CC</i>	82
<i>Figuur 5-17: Histogram buigtreksterkte type PCC</i>	82
<i>Figuur 5-18: Rekstrookje op proefstuk</i>	83
<i>Figuur 5-19: Opstelling bepaling E-modulus</i>	84
<i>Figuur 5-20: Histogram E-modulus</i>	85
<i>Figuur 5-21: Proefstukken afschilfering</i>	87
<i>Figuur 5-22: Mal voor proef afschilfering</i>	87
<i>Figuur 5-23: Diagram afschilfering</i>	88
<i>Figuur 5-24: Histogram afschilfering na 28 en 56 cycli</i>	89
<i>Figuur 5-25: Sneden ter illustratie van de positie van de aluminium latjes</i>	90
<i>Figuur 5-26: Handpomp</i>	91
<i>Figuur 5-27: Plakpakker (kegelkopnippel)</i>	91

<i>Figuur 5-28: Proefstuk voor injectie</i>	91
<i>Figuur 5-29: Proefstuk bij start injecteren</i>	91
<i>Figuur 5-30: Injectievolgorde proefstuk</i>	92
<i>Figuur 5-31: Handpomp</i>	93
<i>Figuur 5-32: Plakpakker (kegelkopnippel)</i>	93
<i>Figuur 5-33: Tegel met binnenafdichting</i>	93
<i>Figuur 5-34: Tegel met buitenafdichting en plakpakker</i>	93
<i>Figuur 5-35: Manier van injecteren</i>	94
<i>Figuur 5-36: Boren van kernen</i>	94
<i>Figuur 5-37: Geboorde proefstukken</i>	94
<i>Figuur 5-38: Toestel hechtsterkte</i>	95
<i>Figuur 5-39: Overzicht kernen na uitvoeren hechtsterkteproeven</i>	95
<i>Figuur 5-40: Histogram resultaten injecties</i>	97
<i>Figuur 5-41: Voorbeeld bekisting rond tegels</i>	98
<i>Figuur 5-42: Histogram hechtsterkte standaard opstelling</i>	99
<i>Figuur 5-43: Histogram hechtsterkte variant 1</i>	99
<i>Figuur 5-44: Histogram hechtsterkte variant 2</i>	100
<i>Figuur 5-45: Ruwe en gladde zijde betontegels</i>	101
<i>Figuur 5-46: Apparaat om stroefheid te meten</i>	102
<i>Figuur 5-47: Opstelling stroefheid</i>	103
<i>Figuur 5-48: Diagram met overzicht oppervlakafwerking mortels</i>	104
<i>Figuur 5-49: Histogram stroefheid</i>	103

Lijst met tabellen

<i>Tabel 1-1: Bouwklassen in functie van aantal standaardassen</i>	<i>23</i>
<i>Tabel 2-1: Voorbehandelingsmethoden</i>	<i>31</i>
<i>Tabel 2-2 : Invloedsfactoren voor polijsting</i>	<i>34</i>
<i>Tabel 2-3 : Ernst schade door polijsting</i>	<i>34</i>
<i>Tabel 2-4 : Invloedsfactoren voor afschilfering.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabel 2-5 : Ernst schade door afschilfering</i>	<i>36</i>
<i>Tabel 2-6: Invloedsfactoren voor gaten en onvlakheden</i>	<i>37</i>
<i>Tabel 2-7 : Ernst schade door gaten en onvlakheden.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabel 2-8 : Invloedsfactoren voor dwarsscheuren</i>	<i>40</i>
<i>Tabel 2-9 : Overzicht ernst schade door dwarsscheuren.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabel 2-10 : Invloedsfactoren voor langsscheuren</i>	<i>43</i>
<i>Tabel 2-11 : Invloedsfactoren voor krimpscheuren</i>	<i>45</i>
<i>Tabel 2-12 : Overzicht ernst schade door krimpscheuren.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabel 2-13 : Invloedsfactoren voor hoekscheuren</i>	<i>47</i>
<i>Tabel 2-14 : Ernst schade door hoekscheuren</i>	<i>47</i>
<i>Tabel 2-15 : Invloedsfactoren voor schade aan discontinuïteiten</i>	<i>51</i>
<i>Tabel 2-16 : Invloedsfactoren voor trapvorming.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabel 2-17 : Ernst schade door trapvorming</i>	<i>53</i>
<i>Tabel 2-18: Invloedsfactoren bij zijdelingse afschuiving</i>	<i>55</i>
<i>Tabel 2-19: Samenvattende tabel schade-herstelling.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabel 2-20: Samenvattende tabel schade en hersteltechnieken</i>	<i>59</i>
<i>Tabel 3-1: Type herstelmortel.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabel 4-1: Fragment gestelde eisen volgens NBN EN 1504-3:2005</i>	<i>66</i>
<i>Tabel 4-2: Eisen gesteld door SB250 (versie 2.2) voor kleine herstellingen (hoofdstuk 3 § 71 + hoofdstuk 12 § 1.3)</i>	<i>66</i>

<i>Tabel 5-1: Toepassingsdomeinen beproefde herstelmortels</i>	<i>68</i>
<i>Tabel 5-2: Gegevens bij de bepaling van de E-modulus.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabel 5-3: Eis afschilfering volgens SB 250 (versie 2.2).....</i>	<i>88</i>
<i>Tabel 5-4: Eis hechtsterkte volgens NBN EN 1504-3</i>	<i>90</i>
<i>Tabel 5-5: Gestelde eisen volgens NBN EN 1504-3.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabel 5-6: Stroefheid uit de norm NBN EN 1504-3.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabel 6-1: Tabel met resultaten per type product</i>	<i>108</i>
<i>Tabel 6-2: Proefresultaten en eisen volgens literatuur.....</i>	<i>109</i>

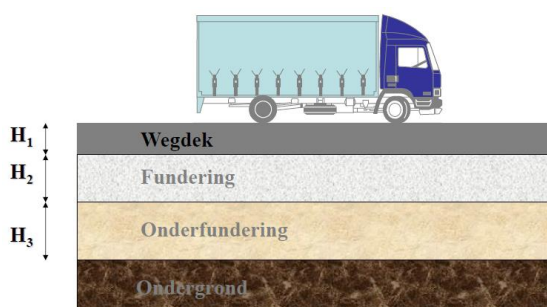
Deel I: Literatuurstudie

1 Wegopbouw betonwegen

1.1 Inleiding

(Beeldens, Opbouw van een weg grond onderfundering en fundering)

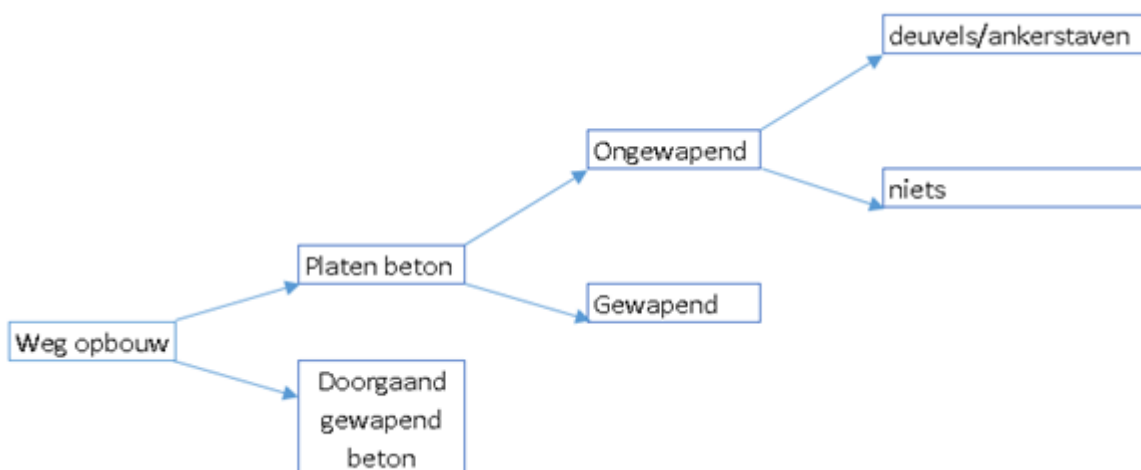
De wegopbouw zal in belangrijke mate de duurzaamheid van de weg bepalen. Indien schade optreedt, die de structuur in het gedrang brengt door verminderde draagkracht of verzakkingen, zal overgegaan dienen te worden naar gedeeltelijke of volledige vervanging. De schade waarop deze thesis zich concentreert is gelegen in de verharding.



Figuur 1-1: Opbouw van de weg

1.2 Opdeling

Betonnen wegen kunnen worden onderverdeeld in twee groepen, enerzijds platenbeton en anderzijds doorgaand gewapend beton. Het platenbeton kan op zijn beurt nog opgesplitst worden in gewapend en ongewapend beton. Bij de optie ongewapend platenbeton bestaat nog de mogelijkheid om de voegen te voorzien van ankerstaven en deuvels.



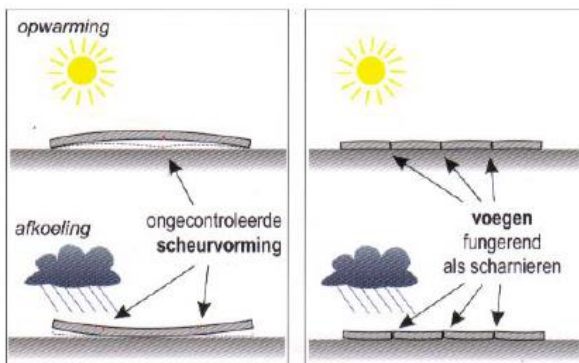
Figuur 1-2: Opdeling van de soorten wegen uitgevoerd met een betonnen verharding

1.3 Belastingen

1.3.1 Inleiding

(Beeldens, betonverhardingen principes, p. dia 7 & 8)

Er wordt kort ingegaan op de belastingen waaraan de platen onderworpen zijn om het principe van platenbeton te kunnen verduidelijken. Het beton is onderhevig aan klimatologische inwerking die verder kan worden ingedeeld in enerzijds hydraulische krimp en anderzijds thermische uitzetting/krimp. De thermische uitzetting/krimp heeft te maken met opwarming en afkoeling, bijvoorbeeld ten gevolge van de zon. Bij het opwarmen van de platen zetten deze uit. Door de wrijving/aanhechting met de fundering wordt de vrije beweging van de platen verhinderd en bouwen zich spanningen op. Indien er geen voegen in de platen voorzien zijn, komen de platen bol of hol te staan en zal uiteindelijk ongecontroleerde scheurvorming optreden. Om deze vorm van scheuren te vermijden, worden de betonplaten onderverdeeld in kleinere zones zodat de nieuwe platen ten opzichte van elkaar kunnen scharnieren bij opwarming of afkoeling. In onderstaande figuur wordt het principe schematisch voorgesteld.



Figuur 1-3: Thermische uitzetting platenbeton ten gevolge van de zon

Er worden dwars- en langsvoegen gezaagd. De voegen zorgen ervoor dat de onvermijdelijke scheurvorming die tot stand komt door de krimp/uitzetting controleerbaar blijft. De optredende scheurvorming is afkomstig van de uithardingskrimp en de thermische krimp. De thermische krimp wordt beschouwd als de belangrijkste. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen langsvoegen en dwarsvoegen. Zoals de naam al doet vermoeden, lopen langsvoegen evenwijdig met de as van de weg en scheiden de rijstroken. Dwarsvoegen zorgen voor de scheiding tussen de betonplaten en staan loodrecht op de as van de baan.



Figuur 1-4: Weergave dwars- en langsvoegen bij platenbeton

1.3.2 Bouwklassen

(Beeldens, Opbouw van een weg grond onderfundering en fundering, p. dia 17)

De verkeersbelasting bepaalt de dimensionering van de wegstructuur. Een logische redenering bestaat eruit dat de belasting van de vrachtwagens bepalend is. Met andere woorden, de belasting van de personenwagens wordt verwaarloosd. Alle lasten boven de 3.5 ton die een belasting op de weg vormen worden in rekening gebracht. De weg wordt ontworpen voor een bepaalde levensduur. Er wordt een raming gemaakt over het aantal vrachtwagens dat gebruik gaat maken van de weg. Elke vrachtwagen heeft immers andere aslasten. Het is in dit opzicht dat het aantal vrachtwagens met hun aslasten wordt uitgedrukt en omgerekend naar een equivalent aantal standaardassen van 100 kN. Op basis van deze indeling wordt de bouwklasse gedefinieerd.

Onderstaande tabel geeft het verband tussen het aantal standaardassen die gedurende de voorziene levensduur de weg belasten en de bijhorende bouwklassen:

Tabel 1-1: *Bouwklassen in functie van aantal standaardassen*

$N_{100\text{ KN}}$	Bouwklasse
$< 128 \times 10^6$	B1
$< 64 \times 10^6$	B2
$< 32 \times 10^6$	B3
$< 16 \times 10^6$	B4
$< 8 \times 10^6$	B5
$< 4 \times 10^6$	B6
$< 2 \times 10^6$	B7
$< 1 \times 10^6$	B8
$< 0,5 \times 10^6$	B9
$< 0,25 \times 10^6$	B10
-	BF

B1 - B2: autosnelwegen ; B6 - B9 : gemeentewegen ; BF: fietspaden

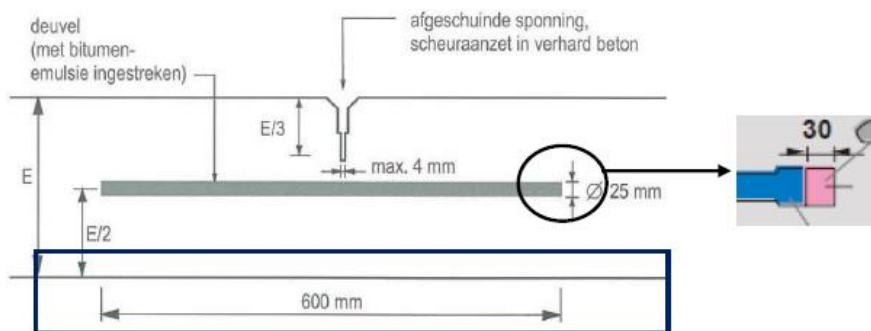
1.4 Platenbeton

1.4.1 Bouwklasse B1 – B5

(Beeldens, betonverhardingen principes) (Standaardbestek 250 versie 2.2, 2010)

Deze bouwklassen vereisen altijd deuvels en ankerstaven.

De deuvels worden in de dwarse voegen geplaatst. Deze dienen om de lasten over te dragen tussen de verschillende platen. Op onderstaande afbeelding is de positie van de deugel in de betonplaat aangegeven:



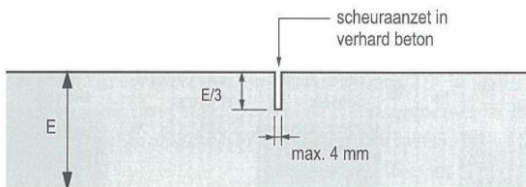
Figuur 1-5: Inzagen platenbeton + deuvels

De deuvels kunnen op twee manieren worden aangebracht. Enerzijds kunnen ze geplaatst worden voor het storten. Anderzijds is het mogelijk om de deuvels in te trillen tijdens het storten.

1.4.2 Bouwklasse B6 - B10

(Beeldens, betonverhardingen principes, p. dia 25)

De wegen met een bouwklasse B6 – B10 moeten niet voorzien zijn van deuvels. Deuvels worden enkel geplaatst als dit geëist wordt in de opdrachtdocumenten. Bij de herstelling van een weg met deuvels is het aangewezen om opnieuw deuvels te plaatsen. Als de herstelling nodig is door een gebrek aan deuvels moeten uiteraard ook deuvels geplaatst worden tijdens de herstelling.



• zagen: tussen 5 en 24 uren na betonverwerking

Figuur 1-6: Inzagen platenbeton

1.5 Gewapend platenbeton

De wapening wordt opgesplitst in bovenwapening en onderwapening. De bovenwapening wordt op 1/3^{de} van de bovenzijde geplaatst en is voorzien om scheurvorming te minimaliseren. De wapening wordt onderaan op 1/3^{de} van de onderzijde geplaatst om de buigtrekspanningen op te nemen.

1.6 Doorgaand gewapend beton (DGB)

(Standaardbestek 250 versie 2.2, 2010)

Doorgaand gewapend beton wordt niet opgenomen in deze thesis. Het principe wordt wel kort geschetst.

Het principe is dat het wegdek wordt uitgevoerd als één lange plaat. De scheuren, en beter genaamd de scheurwijdtes, worden beperkt gehouden. Er wordt langs- en dwarswapening geplaatst die de scheuren “dicht” moet houden.

Indien DGB en platenbeton met elkaar vergeleken worden, valt op te merken dat bij DGB de verharding dunner uitgevoerd kan worden.

2 Schade en herstellingen aan wegenbeton

2.1 Inleiding

(Austrian Concrete Association) (Deminar BASF Construction Chemicals Belgium NV) (Dooms, Jacobs, & Pollet, 2008) (Jacobs J. , 2001) (Jacobs & Vyncke, 1993)

Beton vond reeds al in de jaren vijftig zijn intrede als toepassing om (gewapende) betonwegen aan te leggen. Oorspronkelijk werd er van uitgegaan dat beton een minimum aan onderhoud vereiste indien de voegen goed verzorgd werden. De voegen vormen, naast de ondergrond, een grote bron van problemen. Doorheen de jaren is gebleken dat een minimaal onderhoud noodzakelijk was om een duurzaam gebruik mogelijk te maken. In situaties waarbij regelmatig onderhoud van de weg achterwege werd gelaten, duiken nu steeds vaker schadebeelden op. Er dient bijgevolg een herstelling te worden uitgevoerd.

De laatste jaren werden door Europa een heleboel richtlijnen en normen opgesteld. Hieronder valt ook de NBN EN 1504-9 norm. Deze houdt in dat een duurzame herstelling voorafgegaan wordt door een grondige evaluatie van de schade. De beoordeling dient in verschillende logische stappen plaats te vinden, namelijk:

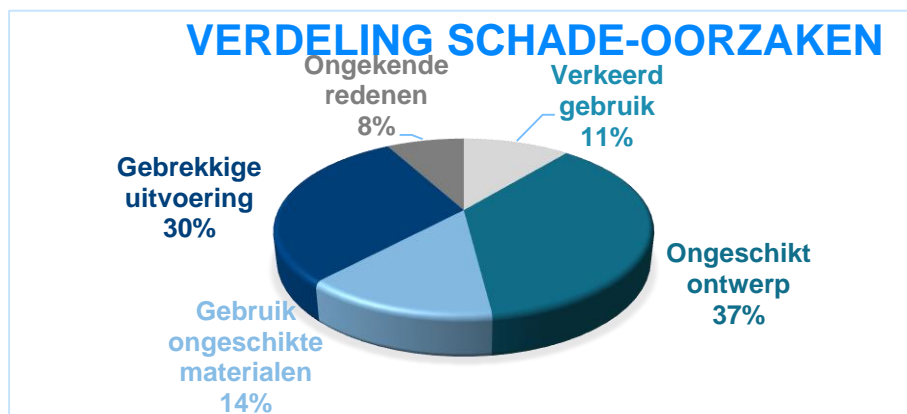
- Evaluatie van de huidige toestand van de betonstructuur
- Herkennen schadeoorza(a)k(en)
- Keuze van herstellingsmethode
- Opsommen van eigenschappen waaraan herstelproducten moeten voldoen
- Opstellen van eisen die gesteld worden voor verder onderhoud van de weg

Schade aan beton kan op verschillende manieren zichtbaar worden. Scheurvorming vormt hierbij de belangrijkste aanwijzing. Scheuren kunnen in de langs- en dwarsrichting van de weg voorkomen, maar ook willekeurig. Daarnaast vormen loskomende betonstukken en afschilfering belangrijke elementen die wijzen op schade. Voorts kunnen vochtplekken, roestsporen en verkleuringen aan het oppervlak wijzen op schade. In paragraaf 2.2 wordt een overzicht geschetst van de verscheidene schadegevallen die kunnen voorkomen bij betonwegen.

Er dient tevens een onderscheid gemaakt te worden tussen enerzijds scheuren die ontstaan in lange platen (wegen uit platenbeton volgens het oude concept met platen tot 15 meter) en anderzijds platen met een lengte van 5 meter (wegen uit platenbeton volgens het actueel concept). Bij platen van 15 meter lang zullen ten gevolge van buiging onvermijdelijk scheuren ontstaan. Bij de kortere platen zou geen scheurvorming mogen optreden en vormen scheuren een veel groter probleem.

De NBN EN 1504 normenreeks beschrijft alle facetten van betonreparaties. Alvorens een geschikte hersteltechniek te kunnen kiezen, is het noodzakelijk om de concrete schadeoorzaak te achterhalen.

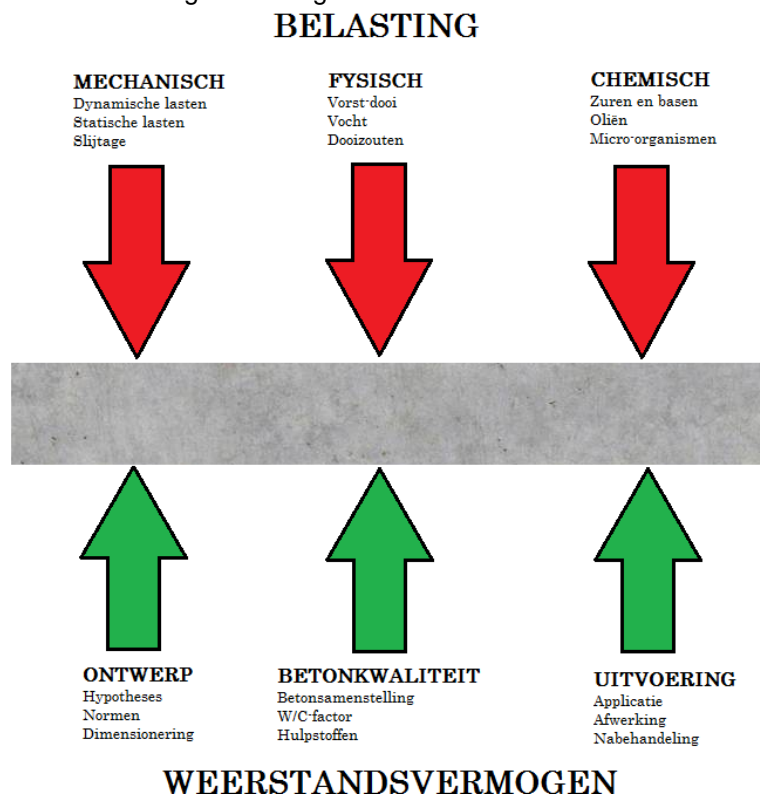
De verschillende mogelijke oorzaken zijn in onderstaand taartdiagram weergegeven:



Figuur 2-1: Verdeling schade-oorzaken

Bij het doorvoeren van herstellingswerken wordt er opnieuw een evenwicht gecreëerd tussen de weg-belasting en het weerstandsvermogen. Om de werken op een vlotte manier te laten verlopen, is een goede planning een must. Algemeen voor beton kan deze planning worden ingedeeld in volgende stappen:

- Schadediagnose
- Opstellen actieplan
- Inspectie en reiniging betonnen ondergrond
- Voorbereiden betonnen drager
- Behandeling wapeningsstaal (bij DGB)
- Uitvoering herstellingswerken

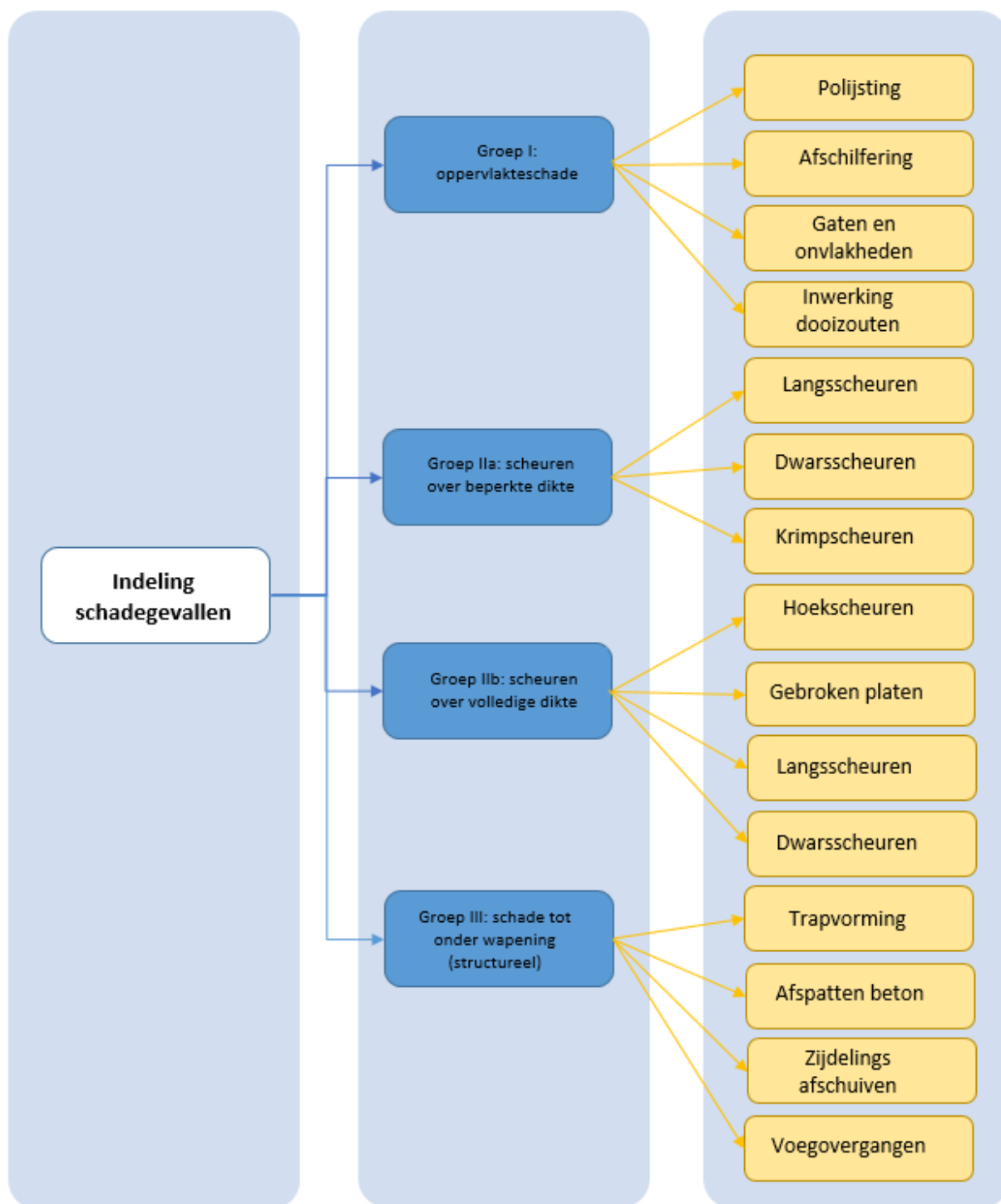


Figuur 2-2: Evenwicht tussen belasting en weerstandsvermogen

De tekst uitgewerkt rond schadegevallen en herstellingen bevat verschillende onderdelen, namelijk:

- Indeling schadegevallen
- Voorbehandeling oppervlak
- Injectiesystemen
- Duurzaam karakter herstellingen
- Herstellen van oppervlakteschade
- Herstellen van scheuren
- Herstellen van diepe (structurele) schade tot onder de wapening

2.2 Indeling schadegevallen



Figuur 2-3: Indeling schadegevallen

Groep I = Schade opgetreden aan oppervlak

Deze groep bundelt de schadegevallen die zich voordoen boven de wapening (uitgezonderd scheuren). De schade die zich onder de wapening voordoet, is als structureel te beschouwen en valt onder een derde groep.

Indien er schade is opgetreden in een lokale zone, wordt een rechthoekige zone in het beton uitgezaagd. Vervolgens wordt het oppervlak vrij van vuil en stof gemaakt. Nadien wordt het oppervlak capillair verzadigd. Ten slotte kan de herstellmortel aangebracht worden over een minimale laagdikte van 10 mm.

De verschillende schadegevallen onder groep 1 kunnen gezamenlijk hersteld worden.

Indien de schade zich voordoet over een groter oppervlak, kan het oppervlak afgefreest worden. Als de schade verspreid is over een volledige plaat en zich dieper voordoet, moet de volledige plaat vervangen worden.

Groep II = Scheuren

Om een constructieve herstelling uit te voeren, dienen scheuren geïnjecteerd te worden. Principe 4 van de NBN EN 1504-9 norm zegt dat scheurinjecties gebruikt kunnen worden voor het structureel verstevigen van betonschade. Hierbij wordt de draagkracht van de weg opnieuw verhoogd.

Een belangrijke parameter is de viscositeit van het injectieproduct. Het product dient een voldoende lage viscositeit te hebben om tot in de haarscheuren te kunnen dringen. Een te viskeuze vloeistof zou niet de volledige scheur (en zijvertakkingen) vullen waardoor het resultaat niet gegarandeerd is.

Er wordt aangewezen om geen mortels te gebruiken voor het opvullen van scheuren. Na het uitzuigen van de scheur zou de mortel in een V-vorm moeten lopen. De kans is groot dat de top van de V-vorm (diepste punt) niet met mortel gevuld is. Bijgevolg kunnen water en andere onzuiverheden indringen wat snel tot schade zou leiden.

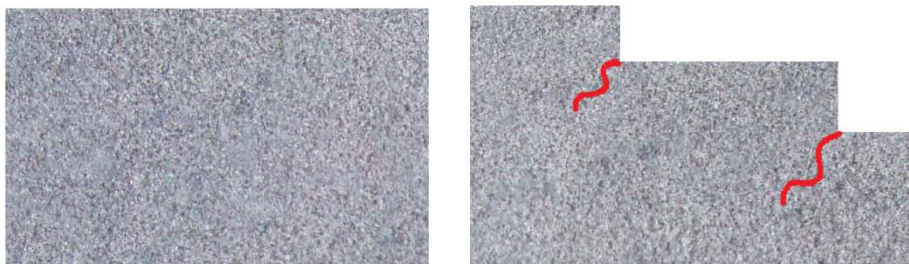
Tenslotte dient de scheur met water gereinigd te worden om onzuiverheden te verwijderen. Om die reden dient het product ook vocht verdraagzaam te zijn. De kans op een perfect droge scheur is zeer minimaal.

Een uitzondering op de regel zijn de zogenaamde gebroken platen of platen met hoekscheuren. Bij dit schadetype dient de plaat over de volledige dikte ingezaagd en vervangen te worden.

Groep III = Schade opgetreden tot onder de wapening

Bij deze groep schadegevallen dienen altijd zaagsneden uitgevoerd te worden. Schuine zaagsneden (onder de vorm van een zwaluwstaart etc.) vormen de beste methode omdat de aanhechting bij dit geval maximaal is. In de praktijk worden de zaagsneden loodrecht op het oppervlak uitgevoerd.

Ter hoogte van de zaagsneden dient de ondergrond en de snede zelf voldoende vochtig te zijn (om de aanhechting van de mortel op het beton te garanderen). Mogelijk kan een extra aanbrandlaag (in de mortel) aangebracht worden. Nadien kan de herstellmortel aangebracht worden. Ten slotte dient de mortel voldoende lang beschermd te worden (curing compound, overkapping etc.).



Figuur 2-4: Voorstelling vorm uitgezaagde zone (links = goede oplossing: rechthoekige uitgezaagde zone, rechts = slechte oplossing: ontstaan van scheuren in binnenhoeken uitgezaagde zone)

2.3 Voorbehandeling oppervlak

(Deminar BASF Construction Chemicals Belgium NV, p. dia 34)

Een voorbehandeling van het oppervlak is enkel vereist bij het uitvoeren van lokale herstellingen. Het voldoende ruw maken van het betonnen oppervlak (zowel zijkant (zaagsneden) als bovenoppervlak) kan een goede aanhechting van het herstelproduct met de ondergrond verzekeren. Om voldoende ruwheid te bekomen, kan zowel een mechanische, thermische als chemische behandeling uitgevoerd worden.

Onderstaande tabel geeft de mogelijke voorbehandelingsmethoden:

Tabel 2-1: Voorbehandelingsmethoden

	Voorbehandelingsmethoden		
	Mechanisch	Thermisch	Chemisch
Met de hand	Staalborstel, staal-draadbezem of hakken	-	Reinigen
Machinaal	Roterende draadborsel, spijkerluchtdrukpijstool of freezen	-	-
Stralen	Gritstralen, stofvrij kogelstralen, hoge drukwaterstralen of dampstralen	Vlamstralen	Dampstralen

2.4 Injectiesystemen

2.4.1 Inleiding

De norm NBN EN 1504-5 is toegewijd aan injectiesystemen en gestelde eisen. In de norm worden drie verschillende types scheuren onderscheiden. Er is slechts één soort van toepassing in deze thesis: *'force transmitting filling of cracks, voids and interseces in concrete'*. Dit houdt de structurele herstelling van gaten en/of spleten in. In de norm wordt ook een onderscheid gemaakt tussen een polymeer- of cementbindmiddel.

2.4.2 Criteria

(NBN EN 1504-5 concrete injection, 2013)

De criteria staan in de norm NBN EN 1504-5 beschreven in drie delen. De identificatievereisten, de prestatievereisten en tenslotte de speciale toepassingen.

De identificatievereisten zijn opgesplitst in vier categorieën. De eerste categorie zijn de basiskarakteristieken. De tweede categorie behandelt de werkomstandigheden. De derde categorie stelt eisen in verband met de reactiviteit en tenslotte gaat de vierde categorie in op de duurzaamheid. De eisen omtrent identificatie kunnen in de norm geraadpleegd worden.

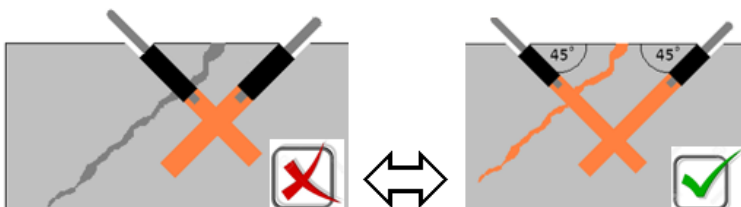
De prestatievereisten worden opnieuw opgesplitst in 4 categorieën; basiskarakteristieken, werkomstandigheden, reactiviteit en duurzaamheid. De eisen kunnen opnieuw geraadpleegd worden in de norm.

De speciale toepassingen kunnen opnieuw in de norm geraadpleegd worden. Dit is niet van toepassing in deze thesis.

2.4.3 Problemen

(BASF Construction Chemicals Belgium NV)

De uitvoering is van uitermate belang voor het behalen van een duurzame structurele herstelling. Onderstaande afbeelding toont eenvoudig hoe de herstelling wel en niet uitgevoerd dient te worden.



Figuur 2-5: Injecteren van scheuren

2.5 Duurzaam karakter herstellingen

Voor de duurzaamheid van herstellingen aan wegenbeton kan verwezen worden naar de samenvattende tabel van de NBN EN 1504 norm. In deze tabel staan drie belangrijke duurzaamheidsparameters, met name:

- Thermische compatibiliteit:
 - Vorst-dooi (NBN EN 13687-1)
 - Stortregen (NBN EN 13687-2)
 - Droge temperatuurwisselingen (NBN EN 13687-4)
- Capillaire absorptie (NBN EN 13057)
- Bestendigheid tegen carbonatie

Een laatste belangrijke parameter is de (lineaire) krimp. Om een duurzame herstelling te bekomen, dient deze zo veel als mogelijk beperkt te worden. Hoe meer een mortel zal krimpen, hoe groter de kans op scheurvorming.

Om een duurzame herstelling met een reparatiemortel uit te voeren, dient aan een aantal voorwaarden te zijn voldaan. Een opsomming van de belangrijkste eigenschappen levert:

- Goede verwerkbaarheid
 - Dit is belangrijk voor herstellmortels aangezien herstellmortels ook manueel aangebracht worden.
- Goede hechting
 - Deze eigenschap is van belang omdat de mortel één geheel moet vormen met de betonnen ondergrond. Een herstellmortel zonder goede hechting is niet duurzaam en zal de voorgeschreven levensduur niet bereiken.
- Minimale krimp
 - Bij duurzame herstellingen is het noodzakelijk om de krimp zoveel als mogelijk te beperken.
- Gelijkaardige elasticiteitsmodulus als betonnen ondergrond
 - De betonnen ondergrond en de nieuwe laag mortel dienen op een zelfde manier te vervormen, een gelijkaardige stijfheid is noodzakelijk om het loskomen van de mortel te vermijden.
- Bescherming voor de wapening
- Karakteristieken van het beton benaderen

2.6 Oppervlakteschade

2.6.1 Polijsting

2.6.1.1 Schade ten gevolge van polijsting

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)

Door de inwerking van het verkeer is het mogelijk dat de granulaten aan het oppervlak worden afgerond en hun stroefheid verliezen. Bijgevolg ontstaat een gladde toplaag. De gevoeligheid van granulaten voor polijsting is sterk afhankelijk van de polijstingscoëfficiënt. Granulaten met een lage versnelde-polijstingscoëfficiënt ($VPC < 50$) zullen sneller gepolijst worden.

Het verkeer zal ervoor zorgen dat de polijsting steeds verder gaat. Tevens wordt het betonoppervlak alsmaar gladder.

Tabel 2-2 : Invloedsfactoren voor polijsting

Invloedsfactoren	Invloed
Verkeer	+++
Materialen	+++

Een visuele inspectie kan reeds een eerste beeld vormen van de gladheid van de granulaten (blinken, glad aanvoelen etc.). Om een verdere diagnose te stellen, is het nodig om stroefheidsmetingen uit te voeren. De polijstingsgraad wordt bepaald door de dwarswrijvingscoëfficiënt te beoordelen.

Tabel 2-3 : Ernst schade door polijsting

	Dwarswrijvingscoëfficiënt
Licht	$0,40 \leq DWC < 0,45$
Matig	$0,35 \leq DWC < 0,40$
Ernstig	$DWC < 0,35$

2.6.1.2 Herstelling schade ten gevolge van polijsting

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)

Indien er polijsting optreedt binnen een lokale zone van een weg met een matige tot lage verkeersintensiteit kan zandstralen als oppervlaktebehandeling gebruikt worden. Afhankelijk van de verkeersbelasting en het type granulaten verwerkt in het beton, zal deze methode een tijdelijke oplossing bieden voor enkele maanden of meerdere jaren.

In een tweede geval kan de polijsting zijn opgetreden bij een weg met hoge verkeersintensiteit. De aangewezen methode hierbij is het aanbrengen van een nieuwe stroeve toplaag door het beton te overlagen.

2.6.2 Vorst-dooi

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)

Water dat op het betonoppervlak befrist, kan schade berokkenen. Bij de bevroering vindt er een volumevermeerdering plaats, met het ontstaan van spanningen in het beton als gevolg. Dit kan aanzetten tot schade.

2.6.3 Afschilfering

2.6.3.1 Schade ten gevolge van afschilfering

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)



Figuur 2-6: Afschilfering van betonoppervlak (Locatie: Bloemlandstraat Denderleeuw)

Bij afschilfering verdwijnt mortel uit het betonoppervlak en komen er granulaten los. Het ontstaan van afschilfering kan meerdere oorzaken hebben:

- Slechte betonkwaliteit (lage sterkte of te hoge W/C-factor)
- Aantasting door vorst-dooi en dooizouten
- Gebrekkige nabehandeling van het oppervlak

Indien de betonkwaliteit te laag is, zal de afschilfering zich verticaal uitbreiden. Indien de betonkwaliteit voldoende is, zal de afschilfering enkel aan het oppervlak plaatsvinden.

Er zijn meerder factoren die een invloed hebben:

Tabel 2-4 : Invloedsfactoren voor afschilfering

Invloedsfactoren	Invloed
Verkeer	+
Vorst-dooicyclus	+++
Water/vocht	+++
Materialen	++

Door het afschilferen wordt een onregelmatig oppervlak bekomen. Dit hindert het rijcomfort en zorgt ook voor een grotere geluidshinder. Het belang van de schade kan bepaald worden met een visuele inspectie:

Tabel 2-5 : Ernst schade door afschilfering

	Beoordeling
Licht	Oppervlaktmortel verdwenen met beperkt steenverlies
Matig	Algemeen steenverlies tot beperkte diepte ≤ 10 mm
Ernstig	Algemeen steenverlies met uitgebrokelede zones met diepte > 10 mm

2.6.3.2 Herstellen schade ten gevolge van afschilfering

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)

Tijdelijke herstelling:

Er wordt geen tijdelijke herstelling uitgevoerd indien zich geen andere schadesoorten in dezelfde zone voordoen.

Structurele herstelling:

- o Indien de schade oppervlakkig is, kan een bestrijking worden toegepast. De levensduur van de nieuwe laag is sterk afhankelijk van de verkeersintensiteit.
- o Overlagen van beton met asfalt na toepassing van plaatstabilisatie

2.6.4 Gaten en onvlakheden

2.6.4.1 Schade ten gevolge van gaten en onvlakheden

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)



Figuur 2-7: Gat ontstaan in betonoppervlak (Locatie: Bloemlandstraat Denderleeuw)

Dit zijn onvlakheden in het wegdek, meestal met een negatieve invloed op het rijcomfort. Gaten en onvlakheden kunnen meerdere oorzaken hebben:

- Lokaal slechte uitvoering
- Onvoldoende verdicht beton
- Beschadiging van het verse beton (wielspoor etc.)
- Vervuiling in vers gestort beton
- Opstuwen van de betonplaat door wortels van planten (bomen etc.)

Door de inwerking van het verkeer zal het beton in de zones rondom de gaten verder afbrokkelen. Daarnaast zal door vorst-dooi het beton verder aangetast worden. Indien dit probleem niet tijdig wordt ontdekt, kan dit leiden tot het ontstaan van een gevaarlijk wegdek.

Tabel 2-6: Invloedsfactoren voor gaten en onvlakheden

Invloedsfactoren	Invloed
Verkeer	+++
Vorst-dooicyclus	++
Water/vocht	++
Waterhuishouding	+
Materialen	+

De gaten in het wegdek veroorzaken verkeershinder en zorgen tevens voor extra trillingen. De grootte van de gaten wordt bepaald door de grootste horizontale afmeting en de maximale diepte te bepalen.

Tabel 2-7 : Ernst schade door gaten en onvlakheden

	Diepte [mm]	Grootste afmeting [mm]
Licht	< 20	< 100
Matig	20 tot 40	100 tot 200
Ernstig	> 40	> 200

2.6.4.2 Herstellen schade ten gevolge van gaten en onvlakheden

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)

Tijdelijke herstelling:

Het dichten van gaten met koudasfalt kan worden gebruikt als tijdelijke oplossing.

Structurele herstelling:

Om een duurzame herstelling te garanderen wordt een rechthoekige zone uit de betonplaat (rond de schade) gezaagd. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de ruwheid van de betonnen ondergrond. Indien deze te glad is, dient er eerst een oppervlaktebehandeling uitgevoerd te worden (zandstralen, gridstralen, enz.) Nadien kan de zone opgevuld worden met een herstelmortel (al dan niet na het aanbrengen van een hechtlaag).

2.6.5 Dooizouten

Het smelten van ijs is een endotherme reactie. Hierbij wordt er warmte aan de omgeving onttrokken. Door gebruik te maken van dooizouten, smelt het ijs op de weg. Tevens zal de temperatuur in de bovenste betonlaag sterk reduceren. Het beton wordt bovendien ook onderworpen aan een thermische schok. Door deze schok kan het beton afschilfering vertonen.

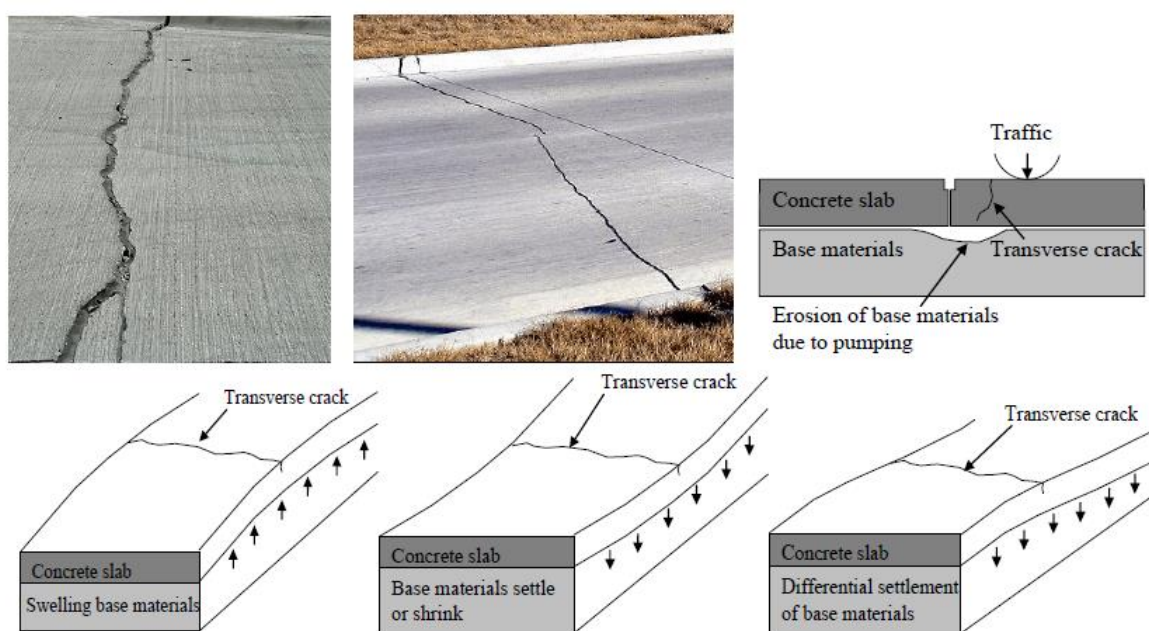
2.7 Scheuren

2.7.1 Dwarsscheuren

2.7.1.1 Schade ten gevolge van dwarsscheuren

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001) (Freeman, Jung, & Zollinger, July 2008)

Op onderstaande afbeeldingen zijn enkele situaties schematisch voorgesteld:



Figuur 2-8 : Schematische voorstelling dwarsscheuren

Dwarsscheuren verlopen meestal over de volledige plaatbreedte en loodrecht op de rijrichting. Dit type scheuren kan op verschillende manieren ontstaan:

- Beweging of zetting van de ondergrond/fundering
- Onderdimensionering van de funderingslaag
- Opwelling van lange platen door verandering van temperatuur
- Pompeffect aan onverdeuvelde dwarsvoegen
- Sympathiescheuren

Na het ontstaan van een dwarsscheur zal de schade steeds toenemen. De belasting door het verkeer en de insijpeling van water spelen hierbij een belangrijke rol. Indien er onder de betonplaat een erosiegevoelige funderingslaag aanwezig is, kan er grote schade ontstaan. Enerzijds door het verticaal bewegen van de platen en anderzijds door het afbreken van beton rond de scheur.

Tabel 2-8 : Invloedsfactoren voor dwarsscheuren

Invloedsfactoren	Invloed
Verkeer	+++
Vorst-dooicyclus	++
Water/vocht	+++
Waterhuishouding	++
Structuur	++

De omvang van de schade kan bepaald worden met een visuele inspectie:

Tabel 2-9 : Overzicht ernst schade door dwarsscheuren

	Scheurwijdte [mm]	Hoogteverschil [mm]
Licht	<3	< 5
Matig	3 tot 8	5 tot 15
Ernstig	> 8	> 15

2.7.1.2 Herstelling van dwarsscheuren

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001) (Freeman, Jung, & Zollinger, July 2008)



Figuur 2-9 : Dwarsscheur (Locatie Bloelandstraat Denderleeuw)

Alvorens het onderhoud en de nodige herstellingen te kunnen doorvoeren, wordt er een veldonderzoek uitgevoerd. Dit wordt opgedeeld in volgende stappen:

Veldonderzoek:

- Een kern boren ter hoogte van de deuvels over de volledige plaatdikte (bepalen diepte van de scheur, eventuele aantasting deuvels en materiaalsterkte van de betonplaat).
- Indien een zwelling van de bodem wordt verwacht, dienen monsters van de bodem in een laboratorium onderzocht te worden.
- Een kern boren om het draagvermogen van de fundering te bepalen.
- Een kern boren om te weten of vorst voor een opwaartse druk op de plaat geleid heeft.

Herstelling:

De onderstaande hersteltechnieken worden aangewezen voor het herstellen van dwarsscheuren:

- Indien de scheur inactief is en geen secundaire schade is opgetreden, kan de scheur onbehandeld blijven of opgevuld worden met materiaal indien de scheurwijdte voldoende groot is.
- Indien de scheur actief gedrag vertoont ten gevolge van opzwellen van de bodem en/of verlies van draagvermogen van de fundering, dient een herstelling over de volledige dikte toegepast te worden na het herstellen van de ondergrond (fundering, ...)
- De scheur kan ten slotte ook geïnjecteerd worden (bijvoorbeeld met epoxyharsen)

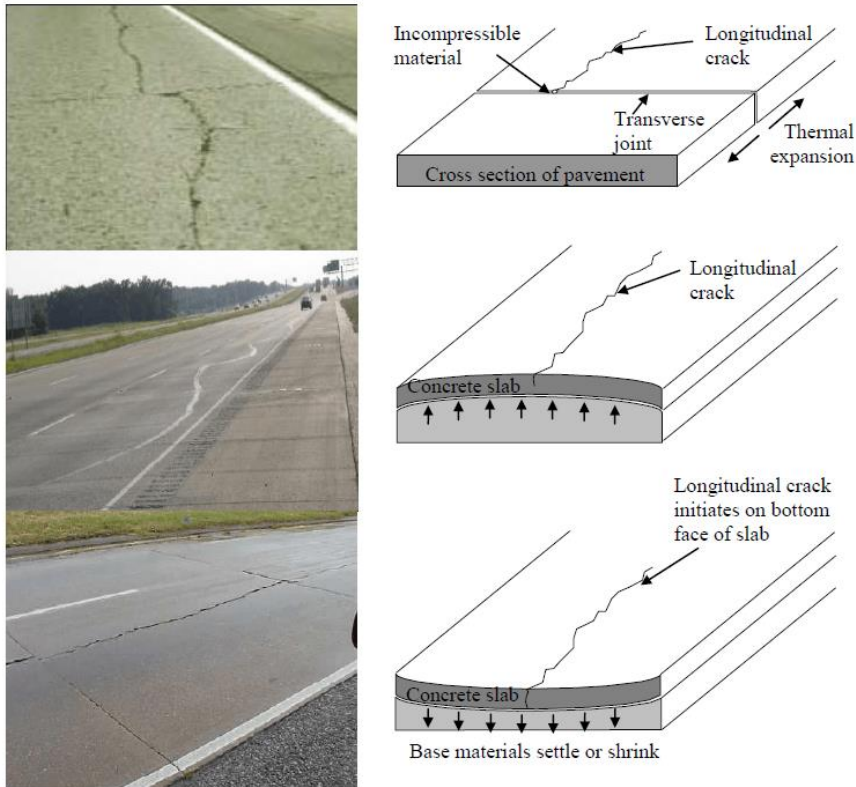
De conclusie luidt dat het uitzetten en opvullen van de voeg de meest geschikte oplossing is bij dwarsscheuren. Indien de ontstane scheur zich dicht bij een dwarsvoeg bevindt, dient het beton over een minimale lengte van twee meter vervangen te worden.

2.7.2 Langsscheuren

2.7.2.1 Schade ten gevolge van langsscheuren

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001) (Freeman, Jung, & Zollinger, July 2008)

Op onderstaande afbeeldingen worden enkele mogelijke vormen van langsscheuren voorgesteld:



Figuur 2-10: Langsscheuren

Langsscheuren verlopen in tegenstelling tot de dwarsscheuren, volgens de hartlijn van de rijbaan. De scheuren vertonen voornamelijk een recht verloop, maar kunnen soms buigingen vertonen. Dit type scheur kan tot stand worden gebracht door:

- Variatie in draagvermogen van de weg
- Te gering draagvermogen (onderdimensionering)
- Discontinuïteiten aanwezig in de funderingslaag
- Laattijdig zagen van de langsvoeegen (indien meerdere rijstroken op hetzelfde tijdstip worden gebetonneerd)

Water en vocht zijn elementen die kunnen aanleiding geven tot het bewegen van de plaat, en dit langs beide zijden van de scheur. Er ontstaat mogelijk een niveauverschil. De schade, als gevolg van langsscheuren, kan worden beperkt indien de gescheurde zone niet bereden wordt.

Tabel 2-10 : Invloedsfactoren voor langsscheuren

Invloedsfactoren	Invloed
Verkeer	+
Vorst-dooicyclus	++
Water/vocht	+++
Waterhuishouding	++
Structuur	+

De verkeersinvloed bij langsscheuren is echter kleiner dan bij dwarscheuren.

2.7.2.2 Herstelling van langsscheuren

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001) (Freeman, Jung, & Zollinger, July 2008)



Figuur 2-11 : Langsscheur

Veldonderzoek:

- Indien de scheuren recht en evenwijdig met de rijrichting verlopen en er geen verdere breuken worden vastgesteld, kan de plaats of onjuiste uitvoering van de voeg de schadeoorzaak zijn. Er worden vervolgens kernen geboord ter plaatse van de scheur om te weten of de scheur over de volledige plaatdikte verloopt.
- Bij gebogen scheuren, extra schade aan het oppervlak en bij een aanzienlijke wijziging van de dwarshelling, kan er worden gekampt met een verlaging van het funderingsdraagvermogen. Dan dient een grondmonster van de ondergrond genomen te worden. Ook het type en het gehalte aan stabilisator dient te worden bepaald. Zo kan geanalyseerd worden of de bodem al dan niet over voldoende draagkracht beschikt.
- Indien het wegdek is aangelegd boven op een oudere laag, worden opnieuw kernen genomen. Dit wordt gedaan wanneer verwacht wordt dat er reflectie van scheuren doorheen de lagen is opgetreden. Er wordt bekeken of de scheuren door de verschillende opeenvolgende betonlagen lopen.

De beste herstelmethode is afhankelijk van de oorzaak van het scheuren (zie hoger), de nabijheid van andere scheuren en een reeks andere factoren. Een eerste beslissing die genomen dient te worden is de keuze tussen onderhoud, tijdelijke herstelling of structurele herstelling van de betonweg. Het is daarbij noodzakelijk om een correcte beslissing te nemen omtrent de oorzaak. Dit is van belang om te achterhalen hoe de prestaties van de weg zullen evolueren. Hierbij kan mogelijk beroep worden gedaan op enkele richtlijnen:

- Indien de scheuroorzaak er op wijst dat de scheur zich inactief gedraagt, voldoet een goed uitgevoerd onderhoud.
- Indien de oorzaak wijst op een actieve scheur en er geen structurele tekortkomingen zijn, voldoet een onderhoud.
- Indien de oorzaak wijst op structurele problemen (te laag draagvermogen etc.) dient een heraanleg van de weg in overweging genomen te worden.

Een goed inzicht in de degradatie van de betonweg en de invloed van andere factoren zijn noodzakelijk om een goede herstellingsmethode te kiezen. Hieronder worden mogelijke herstellingstechnieken opgesomd. Bepaalde situaties kunnen echter een combinatie van verschillende herstellingstechnieken vereisen om tot een duurzame oplossing te leiden. Een goede herstelling bestaat meestal uit het uitzetten en waterdicht houden van een scheur.

Routineonderhoud:

- Afdichting van de voeg/scheur voorkomt verdere indringing van water en het ontstaan van secundaire schade. Indien de scheuropening klein en inactief is, voldoet een opvulling van de scheur.
- De scheur kan ook onbehandeld blijven. De scheur zal groter worden en het beton eromheen verder beschadigen. Deze optie is niet aangewezen om de duurzaamheid van de weg te behouden.

Onderhoud:

- Een herstelling over de volledige dikte. Deze methode is aangewezen bij actieve langsscheuren en zeer lokale schade.
- Stabilisatie van de platen door het opvullen van holtes onder de betonplaat.

Structurele herstelling:

Om een goede structurele herstelling uit te voeren, dient er met een reeks factoren rekening gehouden te worden. Onderstaande methodes kunnen ter herstelling worden toegepast:

- Uitvoering van plaatstabilisatie en overlaging met asfalt
- (On)gebonden betonoverlaging van minimaal 16-18 centimeter
- Beuken van de plaat en overlagen
- Vervangen van de betonplaat
- Toepassing van scheurinjecties

2.7.3 Krimpscheuren

2.7.3.1 Schade ten gevolge van krimpscheuren

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)

Krimpscheuren zijn zeer fijn en ontstaan bij de uitharding van het jonge beton. Er kunnen meerdere oorzaken zijn:

- Onvoldoende bescherming tijdens de uitharding
- Niet correct (of onvoldoende) werken van de krimpvoegen
- Voegen te laat gezaagd
- Deuvels niet correct geplaatst of verschoven

Bij doorgaand gewapend beton (DGB) worden de krimpscheurtjes dichtgehouden door het doorlopen van de wapening.

Tabel 2-11 : Invloedsfactoren voor krimpscheuren

Invloedsfactoren	Invloed
Verkeer	++
Vorst-dooicyclus	++
Water/vocht	++
Materialen	+
Structuur	+

De inwerking van verkeer, water en vorst kunnen aanleiding geven tot de ontwikkeling van dwarse scheuren. De kleine krimpscheuren evolueren verder door tot dwarsscheuren ten gevolge van de belasting. Bij een erosiegevoelige funderingslaag kan er ernstige schade optreden zoals het ontstaan van niveauverschillen en/of afbrokkelen van het beton.

In de meeste situaties zijn de krimpscheuren niet storend voor het wegverkeer. Door middel van een visuele inspectie kan de ernst van de schade bepaald worden.

Tabel 2-12 : Overzicht ernst schade door krimpscheuren

	Scheurwijdte [mm]	Hoogteverschil [mm]
Licht	<3	< 5
Matig	3 tot 8	5 tot 15
Ernstig	> 8	> 15

2.7.3.2 Herstelling van krimpscheuren

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)

Zeer fijne krimpscheuren kunnen onbehandeld blijven. Wanneer de scheuren breder worden, kan een herstelling uitgevoerd worden. Deze scheuren dienen eerst te worden uitgefreesd om ze vervolgens op te vullen met mortel. Indien de scheuren zich voordoen nabij de dwarsvoeg van een plaat, dient de vervanging van het volledige beton, met een minimale afstand van twee meter, in overweging te worden gebracht.

2.7.4 Hoekscheuren

2.7.4.1 Schade ten gevolge van hoekscheuren

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)



Figuur 2-12 : Hoekscheur (Locatie: Bloemlandstraat Denderleeuw)

Een hoekscheur verloopt vanaf een dwarsvoeg of –scheur tot aan een langsvoeg of de plaatrand. Beide uiteinden van de scheur dienen zich op een afstand kleiner dan 6 meter van de hoek van de betonplaat te bevinden. Indien de afstand meer dan zes meter bedraagt, wordt deze scheur gecatalogeerd als diagonale scheur. Een hoekscheur verloopt door de volledige plaat.

Hoekscheuren kunnen verschillende oorzaken hebben:

- Onvoldoende ondersteuning van de plaat
- Onvoldoende lastoverdracht in de voegen (geen of onvoldoende deuvels)
- Verkeerde plaatsing van deuvels en ankerstaven aan de hoeken
- Pompeffect (fijn materiaal wordt uit de fundering omhoog gedruwd waardoor er een holte onder de betonplaat ontstaat)
- Onvoldoende afwatering
- Slechte voegvulling (roesten van deuvels)

Betonplaten die worden geplaatst zonder deuvelds en op een erosiegevoelige fundering hebben een reële kans tot het vormen van hoekscheuren. Door de inwerking van verkeer en water zal de schade alsmaar toenemen.

Tabel 2-13 : Invloedsfactoren voor hoekscheuren

Invloedsfactoren	Invloed
Verkeer	+++
Vorst-dooicyclus	++
Water/vocht	+++
Waterhuishouding	++
Structuur	++

Hoekscheuren hebben een negatieve invloed op het verkeer. De scheuren veroorzaken trillingen en zorgen bovendien voor een slechtere verkeersveiligheid.

De ernst van de schade als gevolg van de hoekscheuren kan worden bepaald met behulp van een visuele inspectie:

Tabel 2-14 : Ernst schade door hoekscheuren

	Scheurwijdte [mm]	Hoogteverschil [mm]
Licht	<3	< 5
Matig	3 tot 8	5 tot 15
Ernstig	> 8	> 15

2.7.4.2 Herstelling van hoekscheuren

(Freeman, Jung, & Zollinger, July 2008)

Het loskomen van het betonnen hoekdeel heeft negatieve gevolgen op de rijkwaliteit en de verkeersveiligheid. Op onderstaande foto wordt er een hoekscheur afgebeeld.



Figuur 2-13: Hoekscheur

Veldonderzoek:

Een te lage draagkracht van de fundering is de basisoorzaak tot het afscheuren van de hoeken. Ter hoogte van de hoek dient met een kern de draagkracht van de funderingslaag bepaald te worden. Nadien dient er geanalyseerd te worden of deze voldoende was en of er al dan niet tot vervanging dient overgegaan te worden.

Het uitvoeren van een herstelling over de volledige plaatdikte is de enige duurzame oplossing bij hoekscheuren. Indien de afgescheurde zone een grotere oppervlakte bestrijkt, dient een vervanging van de volledige plaat (minimale zone van twee meter) in acht te worden genomen.

Routine-herstelling:

- Opvullen van de voegen/scheuren vermijdt de insijpeling van water en reduceert het pompeffect en de aantasting door erosie. Het vullen van de scheuren heeft geringe invloed op het in stand houden van de afgescheurde zone. Het correct opvullen van scheuren en voegen in de langsrichting is cruciaal om de verdere aftakeling van de weg af te remmen.
- Overlaging/oplappen met asfaltbeton kan toegepast worden als tijdelijke maatregel. Hierbij wordt de rijkwaliteit tijdelijk verbeterd. Door de inwerking van het verkeer zal de laag al snel schade oplopen waardoor dit geen duurzame herstelling biedt en enkel in afwachting van een definitieve herstelling kan worden toegepast.
- De scheuren kunnen ook onbehandeld blijven. Dit heeft tot gevolg dat er water en sedimenten in de voegen komen wat tot verdere schade leidt. Dit zorgt op zijn beurt tot de verdere aftakeling van de weg, wat dus bijgevolg wordt afgeraden.

Herstelling:

- Een herstelling over de volledige betondikte zorgt voor een betere samenhang tussen de oude plaat en het afgebroken deel.

Structurele herstelling:

Indien meer dan tien percent van de voegen hoekscheuren bevatten, worden onderstaande herstellingen aangewezen:

- Asfaltoverlaging na uitvoering plaatstabilisatie
- (On)gebonden betonoverlaging (minimaal 16-18 centimeter)
- Overlaging met materiaal met flexibele basis (harsen enz.)
- Vervangen van de betonplaten

Indien een overlaging wordt toegepast, dient de betonplaat eerst hersteld te worden. De herstellingsmethode wordt dan gekozen in functie van de overlaging die wordt toegepast. De herstellingsmethode dient gekozen te worden specifiek voor een bepaalde situatie.

2.7.5 Gebroken platen

2.7.5.1 Schade ten gevolge van gebroken platen

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)

Gebroken platen ontstaan indien langs- en dwarsscheuren elkaar ontmoeten waarbij de delen van een plaat volledig losgescheurd zijn. De plaat wordt ingedeeld in verschillende afgescheurde zones. Het losscheuren van een deel kan leiden tot een verticale beweging. Er ontstaan niveauverschillen binnen eenzelfde plaatdeel waardoor het beton aan het oppervlak begint af te springen. Een lagere rijkwaliteit valt hieraan te wijten. Ook het draagvermogen van de weg wordt sterk gereduceerd.



Figuur 2-14 : Gebroken platen

2.7.5.2 Herstelling van gebroken platen

(Freeman, Jung, & Zollinger, July 2008)

Veldonderzoek:

De gescheurde plaat wordt grondig bekeken waarbij er uitdrukkelijk wordt gelet op sporen die wijzen op pompeffecten. Indien vermoed wordt dat de schade ontstaan is door een beperkt draagvermogen van de fundering, wordt het draagvermogen van de laag met proeven bepaald. De proef zal de kwaliteit van de funderingslaag bepalen.

Een routineherstelling kan enkel worden toegepast indien de schade niet ernstig is. Hierbij wordt de indringing van water naar de fundering vertraagd. Indien er lokaal ernstige schade is, dient een herstelling over de volledige dikte te gebeuren. Indien de schade over de volledige plaat is verspreid, dient een vervanging van de volledige plaat te gebeuren.

Routine onderhoud:

- Het vullen van de voegen en de scheuren vermindert de waterindringing wat leidt tot vertraging van de aftakeling van de weg.
- Overlagen met asfaltbeton kan toegepast worden als tijdelijke maatregel. De inwerking van verkeer zal al snel schade aan de overlaging veroorzaken.
- De schade kan tevens onhersteld blijven. Dit kan enkel indien de scheuren nog haarfijn (<0.3 mm) zijn en wanneer er geen secundaire schade wordt vastgesteld.

Onderhoud:

- De herstelling over de volledige plaatdikte leidt tot een betere samenhang tussen de verschillende plaatdelen. Deze methode kan enkel toegepast worden indien de schade zich plaatselijk voordoet.

Structurele herstelling:

De keuze van een goede structurele herstellingsmethode is naast de scheuroorzaak ook afhankelijk van een reeks andere factoren. Eén van de onderstaande herstellingswijzen wordt aangeraden als structurele herstelling:

- Het breken van de betonplaat (*rubblization*) en overlagen met asfalt.
- Breken van de betonplaat en nadien plaatsen van een flexibele funderingslaag en een asfalt overlaging. Deze herstelling kan enkel worden toegepast bij wegen met een lage verkeersbelasting en verkeersintensiteit.
- Indien de draagkracht van de fundering onvoldoende is, dient een vervanging van de volledige wegopbouw uitgevoerd te worden.

2.8 Diepe schade tot onder wapening (structureel)

2.8.1 Discontinuïteiten

2.8.1.1 Schade aan discontinuïteiten

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)



Figuur 2-15 : Schade ontstaan door waterslikker (Locatie: Bloemlandstraat Denderleeuw)

Ter hoogte van deksels en roosters kan er schade in het beton optreden. Er treden spanningsconcentraties op in de betonverharding indien de voegen niet correct geschikt zijn. Met als gevolg dat er scheuren optreden. Vooral de inwerking van het verkeer zorgt voor een toename van de schade.

Tabel 2-15 : Invloedsfactoren voor schade aan discontinuïteiten

Invloedsfactoren	Invloed
Verkeer	+++
Hoge temperatuur	++
Vorst-dooicyclus	+
Water/vocht	++

De ernst van de schade kan worden vastgesteld met een visuele inspectie.

2.8.1.2 Herstelling schade aan discontinuïteiten

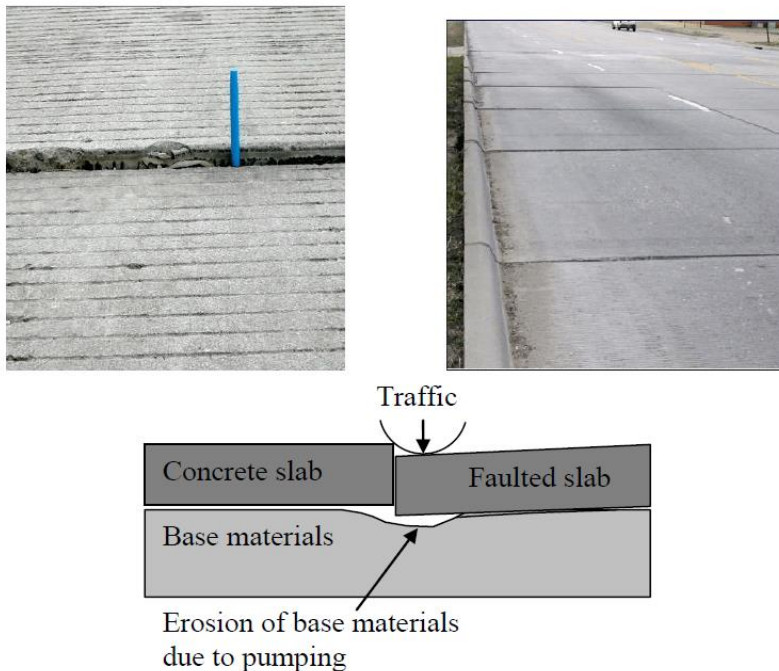
De schade dient geval per geval geanalyseerd te worden. Een geschikte herstelmethode kan meestal gevonden worden door een combinatie te maken van de hersteltechnieken vermeld in de andere paragrafen van dit hoofdstuk.

2.8.2 Trapvorming

2.8.2.1 Schade ten gevolge van trapvorming

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001) (Freeman, Jung, & Zollinger, July 2008)

Trapvorming ontstaat bij een diverse verticale verplaatsing van twee naast elkaar gelegen dwarsvoegen. Het hoogteverschil geeft aanleiding tot het ontstaan van trappen. Hieronder is een schematische voorstelling van trapvorming weergegeven.



Figuur 2-16: Trapvorming

Bij platenbeton kan trapvorming optreden. Indien een wagen over de platen rijdt, wordt eerst de eerste plaat naar beneden gedrukt en vervolgens de tweede. Indien de voeg niet gevuld of beschadigd is, kan het water onder druk uit de voeg komen. Hierbij kan fijn materiaal uit de funderingslaag meegenomen worden. Onder de platen ontstaat bijgevolg een holte. Er ontstaat een trap/hogteverschil tussen twee opeenvolgende betonplaten of twee dwarsscheuren. Het ontstaan van trapvorming kan meerdere oorzaken hebben:

- Het ontbreken van deuvels waardoor geen lastenoverdracht plaatsvindt
- Erosie in de wegstructuur (verdwijnen funderingslaag, ...)
- Vermindering van het draagvermogen van de ondergrond, bijvoorbeeld door stijging van het watergehalte
- Afwezigheid van de gepaste voegvulling

Door de verkeersbelasting neemt de trapvorming steeds toe. Tevens kan afbrokkeling van de plaatranden plaatsvinden.

Tabel 2-16 : Invloedsfactoren voor trapvorming

Invloedsfactoren	Invloed
Verkeer	+++
Water/vocht	+++
Materialen	+
Structuur	++

Trapvorming zorgt voor een daling van het rijcomfort en een hogere lawaaihinder (kloppend effect). Het analyseren van de trapvorming kan door een visuele inspectie gebeuren. Het aantal trappen en de hoogtes zijn bepalend voor de ernst van de schade.

Tabel 2-17 : Ernst schade door trapvorming

	Traphoogte [mm]	Aantal per 1m
Licht	< 5	1 tot 2
Matig	5 tot 15	3 tot 6
Ernstig	> 15	> 7

2.8.2.2 Herstelling schade ten gevolge van trapvorming

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001) (Freeman, Jung, & Zollinger, July 2008)



Figuur 2-17: Trapvorming

De meeste vormen van trapvorming kunnen hersteld worden via onderhoudstechnieken zoals plaatstabilisatie, grinding of de plaatsing van nieuwe deuvels. Deze herstelmethode kunnen echter ook ineffectief zijn indien de weg te veel trapvorming vertoont, de funderingslaag vochtgevoelig is of de lastenoverdracht niet correct gebeurt (slechte plaatsing deuvels, enz.). Bij deze gevallen is een structurele herstelling noodzakelijk. De verdere aftakeling van de weg alsook een reeks andere factoren bepalen welk type herstelling uitgevoerd dient te worden.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen drie groepen herstellingen:

Routine onderhoud:

- Het vullen van de voegen/scheuren verhindert verdere waterindringing in de lagen gelegen onder de betonplaat. De voegen dienen bij ieder routine onderhoud te worden gecontroleerd (en bij schade hersteld) omdat de waterindringing tussen de voegen/scheuren de aftakeling van de weg in de hand werkt. Hier dient in het bijzonder gelet te worden op plaatsen waar een vochtgevoelige funderingslaag werd geplaatst.
- Het is mogelijk om de trapvorming tijdelijk niet te herstellen indien de betonplaat zelf reeds sterk verouderd is. Er wordt gewacht totdat de ontstane trappen hinder voor het verkeer veroorzaken. Pas dan dient een herstelling te worden uitgevoerd, mogelijk worden de betonplaten volledig vervangen.

Onderhoud :

- De herstelling gebeurt over de volledige dikte. Deze methode wordt toegepast indien de funderingslaag schade heeft opgelopen (pompeffect etc.). Daarnaast wordt deze herstelling ook toegepast wanneer de lastoverdracht onvoldoende is. De lastoverdracht wordt verbeterd door het aanbrengen van een nieuwe (verdeuvelde) voeg.
- Het aanbrengen van deuvels. Deze methode wordt toegepast indien de lastoverdracht onvoldoende is. Deze herstellwijze is enkel aangeraden wanneer de funderingslaag weinig aangetast is en er bijgevolg weinig vocht doorheen de voeg kan insijpelen. Deze methode wordt aangeraden om onverdeuvelde platen een betere lastenoverdracht te geven.
- Plaatstabilisatie wordt vaak toegepast in combinatie met het aanbrengen van deuvels. De holtes onder de betonplaat worden opgevuld.
- Stabiliseren, oppersen en overlagen van de betonplaat
- Afschaven van de ontstane trap

Structurele herstelling:

De keuze van een goede structurele herstellingsmethode is, naast de schadeoorzaak, ook afhankelijk van een reeks andere factoren. De keuze van het type herstelling dient voor ieder schadegeval apart bekeken te worden. Onderstaande methodes vormen een mogelijke oplossing:

- Aanbrengen van deuvels
- (On)gebonden betonoverlaging
- Overlaging met asfaltverharding na uitvlakken/afschaven van de betonverharding
- Vervangen betonplaten

Voor bepaalde situaties is het ook mogelijk dat een schadegeval dient hersteld te worden door een combinatie van de verscheidene herstellmethodes.

2.8.3 Zijdelingse afschuiving

2.8.3.1 Schade ten gevolge van zijdelingse afschuiving

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)

Bij dit type schade doet er zich een verplaatsing voor van een betonplaat. Hierbij gaat de middenvoeg (langsvoeg) tussen de betonplaten open en kan de betonplaat zijdelings beginnen afbrokkelen.

Zijdelingse afschuiving kan meerdere oorzaken hebben:

- Afwezigheid van de kantopsluiting
- Onderdimensionering of slechte draagkracht van de funderingslaag
- Onstabiel worden van de berm door indringing van water of gebrekkige waterafvoer
- Wegdrukken van de kantopsluiting (voornamelijk bij smalle wegen en/of in scherpe bochten)



Figuur 2-18: Zijdelingse afschuiving

De ernst en snelheid van dit type schade is afhankelijk van de verkeersintensiteit en de klimatologische belastingen (temperatuurvariaties, vorst-dooi etc.).

Tabel 2-18: Invloedsfactoren bij zijdelingse afschuiving

Invloedsfactoren	Invloed
Verkeer	+++
Hoge temperatuur	+
Vorst-dooicyclus	+
Water/vocht	++
Waterhuishouding	+
Materialen	+
Structuur	+++

Door het opengaan van de langsvoeg en het ontstaan van scheuren, kan er waterinfiltratie plaatsvinden. Mogelijke gevolgen hiervan zijn:

- Versnelde veroudering van de weg
- Verlagen van de draagkracht
- Pompeffecten

2.8.3.2 Herstelling schade ten gevolge van zijdelingse afschuiving

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)

Tijdelijke herstelling:

Als tijdelijke herstelling kunnen de voegen opnieuw gedicht worden om zo extra waterinfiltratie tegen te gaan. Zones waarbij het beton reeds zwaar beschadigd is, kunnen tijdelijk worden hersteld door het aanbrengen van gietasfalt.

Structurele herstelling:

Alvorens een beslissing te nemen, dient eerst de grootte van de schade geanalyseerd en beoordeeld te worden. Indien de zone zich lokaal voordoet, kan een herstelling van een kleine zone overwogen worden. Als de schade zich echter ruimer verspreidt, dient een heraanleg van de weg over een bepaalde afstand in overweging genomen te worden. Alvorens de betonplaten opnieuw aan te leggen, dienen er enkel voorbereidende werken uitgevoerd te worden, namelijk:

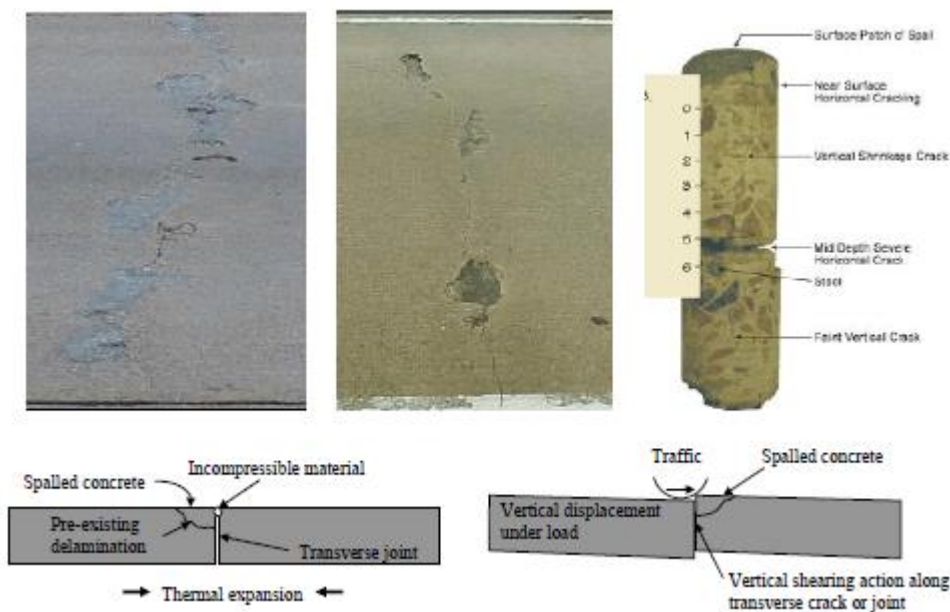
- Heraanleg van het afwateringssysteem of verbeteren van het bestaand systeem
- Verstevigen en/of herstellen van de berm
- Plaatsen van een stevige kantopsluiting

2.8.4 Afspatten beton aan scheuren

2.8.4.1 Schade ten gevolge van afspattend beton

(Freeman, Jung, & Zollinger, July 2008)

Bij dit schadetype springen betonstukken los rond een bestaande dwars- of langsscheur. Het beton kan zowel over de volledige als gedeeltelijke lengte van de scheur loskomen. Het loskomen van het beton kan aanleiding geven tot het ontstaan van nieuwe scheuren wat de aftakeling van de weg in de hand werkt. Des te hoger de verkeersintensiteit, des te sneller de schade uitbreidt. Het rijcomfort wordt gereduceerd. De schade wordt veroorzaakt door intens hoge, lokale drukken aan de voegen. De druk kan veroorzaakt worden door inwerking van verkeer, thermische bewegingen of corrosie van de deuvelds.



Figuur 2-19: Afspatten van het beton

2.8.4.2 Herstelling schade ten gevolge van afspattend beton (aan dwarsvoeg en/of dwarsscheur)

(Freeman, Jung, & Zollinger, July 2008)

De versnelde aftakeling van de weg door het losspringen van betonstukken aan dwarsscheuren is moeilijk af te remmen. Bijgevolg wordt dan ook pas een herstelling uitgevoerd indien de ontstane schade invloed uitoefent op het rijcomfort.

Tijdelijke herstelling:

De schade aan de betonplaten kan tijdelijk worden hersteld door een opvulling met asfalt/asfaltbeton om de rijkwaliteit voor korte tijd te verhogen.

Structurele herstelling:

- o Indien de schade zich voordoet over een diepte kleiner dan $1/3^e$ van de plaatdikte, kan een herstelling op beperkte diepte uitgevoerd worden. Hierbij wordt de zone rond het beschadigde beton weggehaald en opnieuw opgevuld met beton.
- o Indien de schade zich voordoet tot op grotere dieptes dient de herstelling over de volledige plaatdikte te gebeuren. Hierbij wordt de plaat weer verstevigd door samenhang van de verschillende delen.

2.9 Samenvattend overzicht

(Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer , 2001)

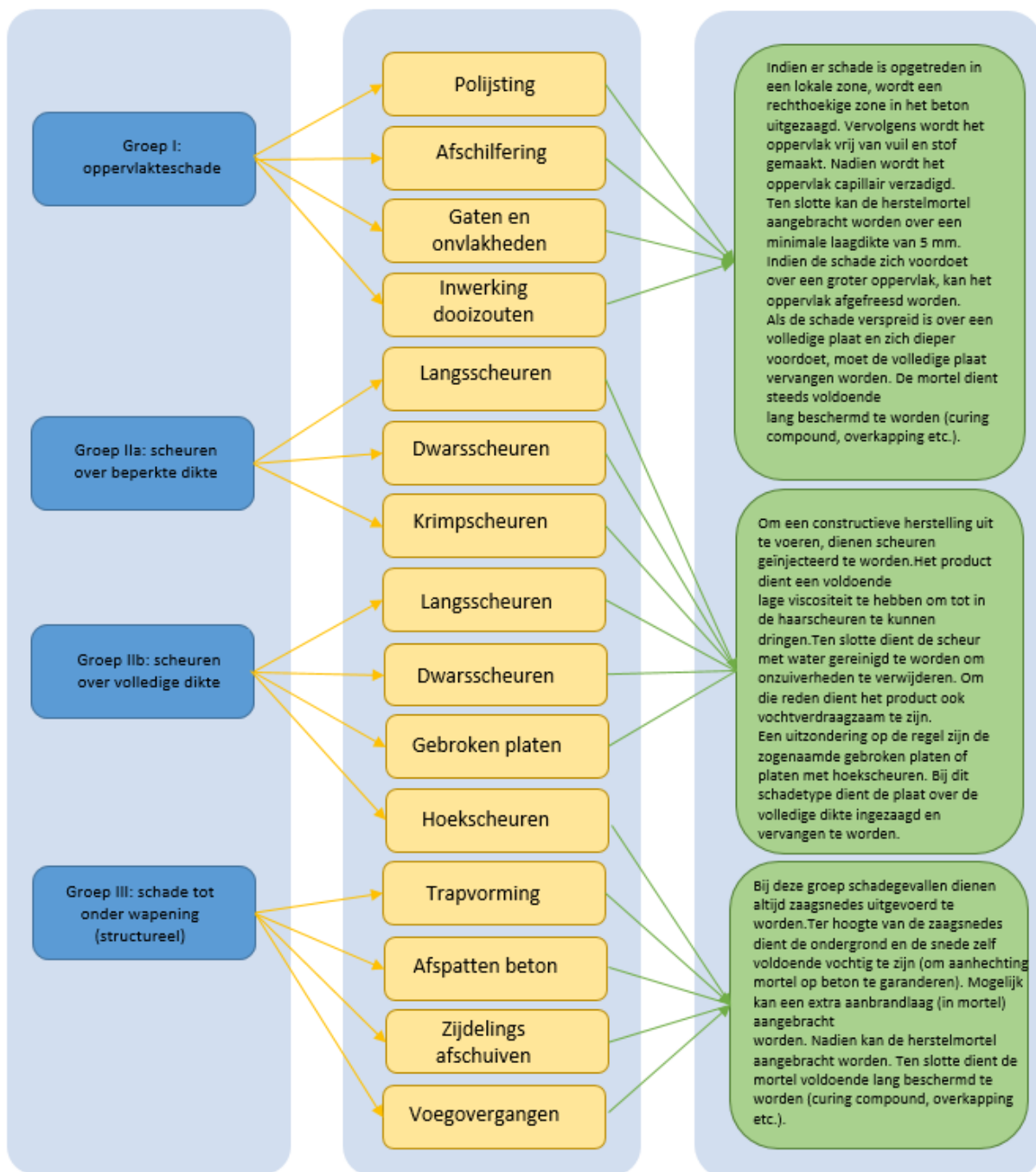
Onderstaande tabellen bundelen een aantal mogelijke herstellingsmethodes voor de geziene schadegevallen:

Tabel 2-19: Samenvattende tabel schade-herstelling

Betonverhardingen

		Gaten en onvlakheden											
		ASR (Alkali-silicareactie)											
		Verzakking / Zetting											
		Opstuiking											
		Trapvorming											
		Punchout											
		Afschilfering											
		Hoekscheuren											
		Krimpscheuren											
		Langsscheuren											
		Dwarsscheuren											
Tijde- lijk	Overlagen met asfalt (dun) 12-4.												X
	Voorlopig herstellen met bitumineuze producten 12-1.7.				X		X		X	X			X
Definitief	Vernieuwen van Betonverharding 12-1.1.		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
	Dichten van scheuren in platen 12-1.2.	X	X	X									
	Herstellen van platen 12-1.3.	X	X	X	X								
	Stabiliseren/oppersen van beton 12-1.5.						X	X			X		
	Verbeteren van oppervlaktekenmerken 12-1.6.							X					
	Overlagen in beton 12-3.						X				X		
	Overlagen in asfalt 12-4.						X	X	X		X		

Tabel 2-20: Samenvattende tabel schade en hersteltechnieken



3 Types herstmortels

(Jacobs J. , 2001) (Jacobs & Vyncke, 1993) (Dooms, Jacobs, & Pollet, 2008)

3.1 Algemeen

Betonnen wegen kunnen nood hebben aan herstellingswerken, dit houdt in dat er schade is opgetreden. Bij schade komen mogelijk betonstukken los, ontstaan oneffenheden aan het oppervlak of treedt scheurvorming van de platen op. Om een duurzame reparatie te garanderen, is er een noodzaak aan verschillende types herstmortels. Hierbij dient gelet te worden op de eigenschappen die verbonden zijn met de reparatieproducten (krimp, elasticiteitsmodulus, druksterkte etc.) De soorten herstmortels worden opgesplitst volgens hun type bindmiddel: cement of kunsthars.

De opsplitsing reikt natuurlijk verder dan enkel het soort bindmiddel. Er worden andere eisen gesteld aan structurele herstellingen dan aan niet-structurele herstellingen in de norm NBN EN 1504-3. De eisen zijn in deze norm opgenomen.

Bijkomende eisen zijn weergegeven in PTV 563. Deze eisen richten zich op de resultaten van de identificatieproeven. De eisen vormen de basis voor een BENOR-markering.

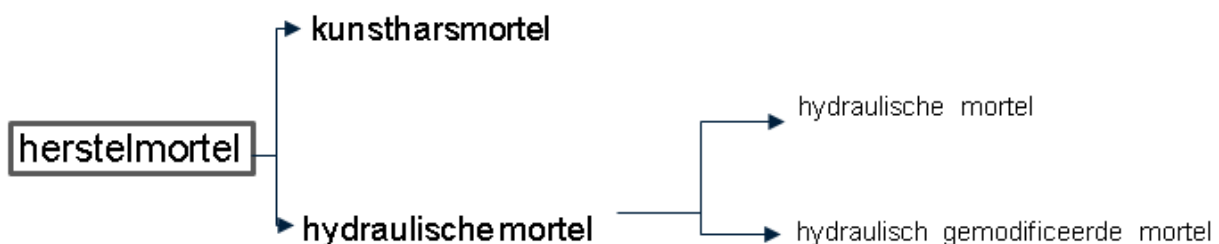
3.2 Opdeling

De eerste opdeling wordt gemaakt volgens het type bindmiddel:

- Herstmortel op basis van cement (hydraulische mortel)
- Herstmortel op basis van kunsthars (kunstharsmortel)

De herstmortels op basis van cement worden verder opgesplitst, namelijk:

- Hydraulische herstmortels
- Hydraulisch gemodificeerde herstmortels



Figuur 3-1: Opdeling mortel volgens type bindmiddel

3.2.1 Hydraulische mortel

De naam op zich verwoordt hoe de mortel is opgebouwd. De mortel heeft als bindmiddel cement (hydraulisch). Vroeger werd meestal beroep gedaan op deze mortels. De hydraulische mortel was bovendien ook de goedkoopste. Deze mortel heeft echter wel enkele negatieve punten, namelijk een minder sterke hechting, dichtheid en dergelijke. Een belangrijke eigenschap is dat de ondergrond vochtig moet zijn en deze mortels een nabehandeling vereisen.

De hydraulische mortels moeten ook voldoen aan een classificatie, met name de classificatie voor herstelmortels die gebaseerd is op het UW-criterium. U staat voor het toepassingsgebied, W staat voor de toepasbaarheid. Deze classificatie heeft tot doel om bij iedere toepassing de meest geschikte herstelmortel te selecteren.

In de loop van 2003 heeft de Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUtgb) de classificatie opgesteld. De criteria werden eerder al even aangehaald maar deze worden nu verder uitgediept.

Het eerste criterium is de letter U. De letter U staat voor de morteleigenschappen. Deze wordt telkens vergezeld met 3 getallen tussen haakjes.

- De mortelcategorie wordt aangeduid aan de hand van het eerste cijfer. Het eerste cijfer wordt in Romeinse cijfers weergegeven. De voor de hand liggende categorieën zijn categorie I & II. De niet-structurele herstellingen worden aangeduid met het cijfer I. Het cijfer II staat voor de structurele herstellingen.

Tabel 3-1: Type herstelmortel

Type herstelmortel	Klasse	Druksterkte (N/mm ²)	Hechtsterkte (N/mm ²)
Niet-structureel	R1	≥ 10	≥ 0,8
	R2	≥ 15	≥ 0,8
Structureel	R3	≥ 25	≥ 1,5
	R4	≥ 45	≥ 2,0

- De bestandheid tegen dooizouten wordt weergegeven door het tweede cijfer. Het cijfer 1 bevestigt dat de mortel voldoet aan de eisen die gesteld zijn aan dooizoutbestandheid. Logischerwijze voldoet de mortel niet aan de eisen bij het getal 2.
- Ten slotte handelt het laatste cijfer over de bestandheid tegen carbonatatie. Opnieuw voldoet de mortel aan de eisen als het getal 1 wordt weergegeven. Analoog voldoet de mortel niet aan de eisen bij het getal 2.

Het tweede criterium is de letter W. Deze geeft meer informatie over de gebruiksomstandigheden. De letter W wordt vergezeld door een index. De mogelijkheden worden opgelijst:

- c: mortel aanbrengen door gieten (*casting*)
- h: mortel aanbrengen met de hand (*by hand*)
- s: mortel aanbrengen door spuiten (*spraying*)

Verder wordt de letter W aangevuld met 3 groepen van cijfers en/of letters.

- Groep 1
 - 1^{ste} cijfer: minimale dikte per laag

- 2^{de} cijfer: maximale dikte per laag bij de meest ongunstige helling
- 3^{de} cijfer: maximale dikte per laag bij een andere helling (in voorkomend geval)
 - De helling wordt aangeduid met een index bij het cijfer. Deze helling wordt beschouwd om de maximale laagdikte te bepalen.
 - o: aan het plafond (*overhead*)
 - v: verticaal
 - h: horizontaal
- Groep 2
 - a: droge ondergrond
 - b: vochtige ondergrond
- Groep 3
 - Eerste cijfer: minimale verwerkingstemperatuur (°C)
 - Laatste cijfer: maximale verwerkingstemperatuur (°C)
- Voorbeeld
 - U (II) (1) (1) W_h (10, 40_o) (a,b) (5, 30)
 - Categorie II (structurele herstelling)
 - Bestand tegen dooizouten
 - Bestand tegen carbonatatie
 - Aanbrengen met de hand
 - Laagdikte van 10 tot 40 mm
 - Aan het plafond
 - Op droge & vochtige ondergrond
 - Omgevingstemperatuur tussen 5°C en 30°C

Als de toevoegingen van polymeren beperkt blijven tot maximaal 5 % polymeren ten opzichte van de cementmassa behoren deze tot de hydraulische mortels. De afkorting hiervoor is CC, voluit wordt dit *Cement Concrete/Mortar*.

Als conclusie valt op te merken dat hydraulische mortels het meest overeen stemmen met het oorspronkelijke beton. Een belangrijke overeenkomst is de hoge alkaliteit. Door deze hoge alkaliteit vormt er zich opnieuw een gepassiveerde laag rond de wapening.

3.2.2 Hydraulisch gemodificeerde mortels

Bij het gebruik van hydraulische, niet gemodificeerde, mortels voor herstellingswerken aan wegenbeton zijn enkele negatieve eigenschappen verbonden (minder sterke hechting, lagere dichtheid etc.). Dit probleem wordt echter opgelost door het toevoegen van hulpstoffen, polymeren of vezels. Afhankelijk van de functie en/of methode van werken zullen andere stoffen gebruikt worden. Het hydraulisch bindmiddel wordt deels vervangen door een kunststof.

De meest gebruikte polymeren zijn:

- Polyvinylacetaat => PVAC
- Polyvinylchloride => PVC
- Polyvinylpropaanaat => PVPR
- Styreenbutadieen => SB
- Acrylaten

De producten worden gedoseerd en toegevoegd in de fabriek zodanig dat een kant en klare mortel (poeder) aangekocht kan worden. Dit kan door twee eenvoudige redenen verklaard worden. Ten eerste verloopt de dosering in de fabriek veel correcter. Ten tweede verhoogt het gebruik van kant en klare mortels de productiviteit op de werf.

De eigenschappen die verbeterd worden door het toevoegen van polymeren zijn:

- Krimp
- Treksterkte
- Aanhechting
- Doorlatendheid voor vocht en CO₂
- Vorstbestendigheid
- Chemische weerstand

Het is vanzelfsprekend dat er ook nadelen aan verbonden zijn, namelijk:

- Verhoogde thermische uitzetting
- Verhoogde spanningen

In wat volgt worden enkele eigenschappen nader toegelicht:

De sterkte wordt verbeterd aangezien de toevoeging van kunststoffen ervoor zorgt dat er een betere hechting ontstaat tussen het cement en de granulaten. Analoog stijgt om dezelfde reden ook de buigtreksterkte.

Een tweede heel belangrijke eigenschap is de vervormbaarheid en alles wat hiermee verband houdt. Dit is één van de hoofdredenen om kunststof toe te voegen aan hydraulische mortels. Op deze manier bekomt de mortel een hogere vervormbaarheids capaciteit.

Bij de keuze van een herstellmortel speelt de duurzaamheid een belangrijke rol. De duurzaamheid is verbonden met de indringingsmogelijkheden van water, zuurstof en CO₂. De eigenschappen die de duurzaamheid bepalen zijn dus indringing en porositeit. De kunststof toevoegingen zorgen op beide vlakken voor betere resultaten.

De hydraulische gemodificeerde herstellmortels bevatten 5 tot 20 % polymeren ten opzichte van de cementmassa. Deze mortels krijgen de afkorting PCC en dit is afkomstig van *Polymer Cement Concrete/Mortar*.

Algemeen geldt voor hydraulische (gemodificeerde) mortels:

- Een voorwaarde bij het gebruik van deze soort mortel is dat de ondergrond vochtig moet zijn.
- De mortels kunnen toegepast worden bij herstellingen van grote oppervlakken. Hierbij kan de mortel zowel gespoten als aangestort worden. Vervolgens leent de mortel zich ook op kleine oppervlakken die met de hand hersteld worden.
- De eisen die van toepassing zijn op hydraulische herstellmortels kunnen geraadpleegd worden in de norm NBN EN 1504-3 en PTV 563

De conclusie luidt dat de gemodificeerde mortels duurder zijn dan de hydraulische mortels. In de meeste gevallen zijn PCC mortels duurzamer en van hogere kwaliteit dan CC herstellmortels. Deze mortels moeten wel op vochtige ondergrond aangebracht worden. En tot slot is de nabehandeling zeer belangrijk om de krimp tijdens uitharding te beperken.

3.2.3 Kunsthars mortels

Een derde type herstellmortels zijn de harsgebonden herstellmortels. Deze mortels zijn samengesteld uit 3 componenten:

- Hoofdbindmiddel: kunsthars component
- Vulstof
- Eén of meerdere componenten (katalysator etc.)

De harsgebonden herstellmortels dienen aangebracht te worden op een droge ondergrond en dit in combinatie met een aanhechtingslaag. Als de mortel de wapening omsluit, vormt deze een afsluitende laag tegen zuurstof en water. De wapening is beschermd.

Ook de harsgebonden mortels hebben een afkorting. Namelijk PC en staat voor *Polymer Concrete/Mortar*. De meest toegepaste kunstharsen zijn epoxyharsen met amine als hardener. Er bestaan natuurlijk meerdere bindmiddelen en harsen, deze zijn weergegeven in onderstaande lijst met opdeling.

- Component A => bindmiddel
 - epoxyharsen
 - metacrylaten
 - polyurethanen
- Component B => harders
 - polyaminen of polyamiden
 - isocyanaten voor polyurethanen
 - katalysatoren en versnellers voor metacrylaten

Onderstaande eigenschappen verschillen met de hydraulische herstellmortels:

- Hogere druksterkte
- Hogere treksterkte
- Snellere sterkteontwikkeling
- Grotere thermische uitzetting
- Kleinere elasticiteitsmodulus
- Grotere uithardingskrimping
- Beperkte brandweerstand
- Kortere verwerkbaarheidstijd
- Zeer grondig mengen (dient opnieuw in fabrieksomstandigheden te gebeuren)
- Bevatten zekere toxiciteit
- Zeer sterk vochtgevoelig waardoor een droge ondergrond noodzakelijk is

Enkele eigenschappen worden nader toegelicht:

Een harsgebonden herstellmortel die goed gedoseerd is, zal een grote dichtheid hebben. Deze dichtheid komt ten goede voor de duurzaamheid van de herstellingsmortel. Ook de chemische bestendigheid is voldoende hoog.

De dosering van de verschillende componenten is uitermate belangrijk om de beoogde resultaten te behalen. Het is dus vanzelfsprekend dat de dosering plaatsvindt in de fabriek. Het gehalte aan kunsthars wordt minimaal gehouden aangezien de kostprijs 50 tot 100 keer hoger ligt als cement en uiteraard ook

door de nadelige invloeden op krimp en kruip. De optredende krimp kan vrij aanzienlijk zijn. Bij epoxyharsen treedt reeds krimp op in de gelfase waardoor het materiaal nog over voldoende elasticiteit beschikt. Harsgebonden herstelmortels zijn optimaal geschikt voor (kleine) plaatselijke herstellingen.

De eisen die van toepassing zijn op de harsgebonden herstelmortels kunnen geraadpleegd worden in de norm NBN EN 1504-3 en PTV 563. De eisen opgelegd volgens de PTV 563 in verband met hechting zijn strenger voor mortels op basis van kunsthars.

Er kan geconcludeerd worden dat de harsgebonden herstelmortels duur zijn en gericht op kleine herstellingsoppervlakken. Ze geven heel goede resultaten die lichtjes terugvallen met de tijd. Ten slotte beschikken deze mortels over een goede chemische bestandheid.

3.3 Vergelijking verschillende morteltypes

Er kunnen drie verschillende morteltypes onderscheiden worden:

- CC = *Cement Concrete*
 - Meest milieuverdraaglijke type product

- PCC = *Polymer Cement Concrete*
 - De beste PCC-mortels bevatten toegevoegde acrylaatpolymeren die voldoende weerstand bieden tegen UV-belasting. Het type toegevoegde polymeer heeft een grote invloed op de UV-weerstand.
 - Lagere E-modulus als CC-mortels -> PCC-mortel kan beter trillingen opvangen als CC-mortel, buigzamer gedrag als CC-mortels
 - Kans op verzeping
 - PCC heeft hoger luchtgehalte en lagere dichtheid als CC-mortels

- PC = *Polymer Concrete*
 - Snellere druksterkteopbouw
 - Krimp kan aanzienlijk zijn
 - Zeer weersgevoelig
 - Lage brandweerstand

4 Eisen herstmortels

4.1 Inleiding

De eisen die in deze thesis gehanteerd worden voor de herstmortels worden in dit hoofdstuk opgeleijst. Het is met deze waarden dat de resultaten uit het deel II 'Proeven' zullen vergeleken worden. Tenslotte wordt in deel III 'Vergelijking proefresultaten met literatuurbronnen' een samenvattende tabel opgesteld aan de hand van de bestaande eisen en onze bekomen resultaten.

4.2 Eisen herstmortels

De eisen die gehanteerd worden zijn afkomstig uit de norm NBN EN 1504-3. De eisen worden opgedeeld in structurele en niet-structurele herstellingen. Deze opdeling wordt verder opgesplitst in klassen. Op deze manier is klasse 1 tot en met 4 ontstaan. Onderstaande tabel geeft een overzicht weer van de gestelde eisen aan herstmortels volgens NBN EN 1504-3. In deze thesis is geopteerd om een structurele herstelling aan te nemen. In dit opzicht is het duidelijk dat we in volgende delen altijd naar klasse 3 en 4 kijken.

Tabel 4-1: Fragment gestelde eisen volgens NBN EN 1504-3:2005

Prestatie-eisen	Proefmethode	Eisen			
		Structureel		Niet-structureel	
		Klasse R4	Klasse R3	Klasse R2	Klasse R1
Druksterkte	NBN EN 12190	≥ 45 MPa	≥ 25 MPa	≥ 15 MPa	≥ 10 MPa
Hechtsterkte	NBN EN 1542	≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa	
Elasticiteitsmodulus	NBN EN 13412	≥ 20 GPa	≥ 15 GPa	Geen eisen	
Slip- en uitglijweerstand	NBN EN 13036-4	Klasse I: > 40 beproefde eenheden in vochtige toestand			
		Klasse II: > 40 beproefde eenheden in droge toestand			
		Klasse III: > 55 beproefde eenheden in vochtige toestand			

Tabel 4-2: Eisen gesteld door SB250 (versie 2.2) voor kleine herstellingen (hoofdstuk 3 § 71 + hoofdstuk 12 § 1.3)

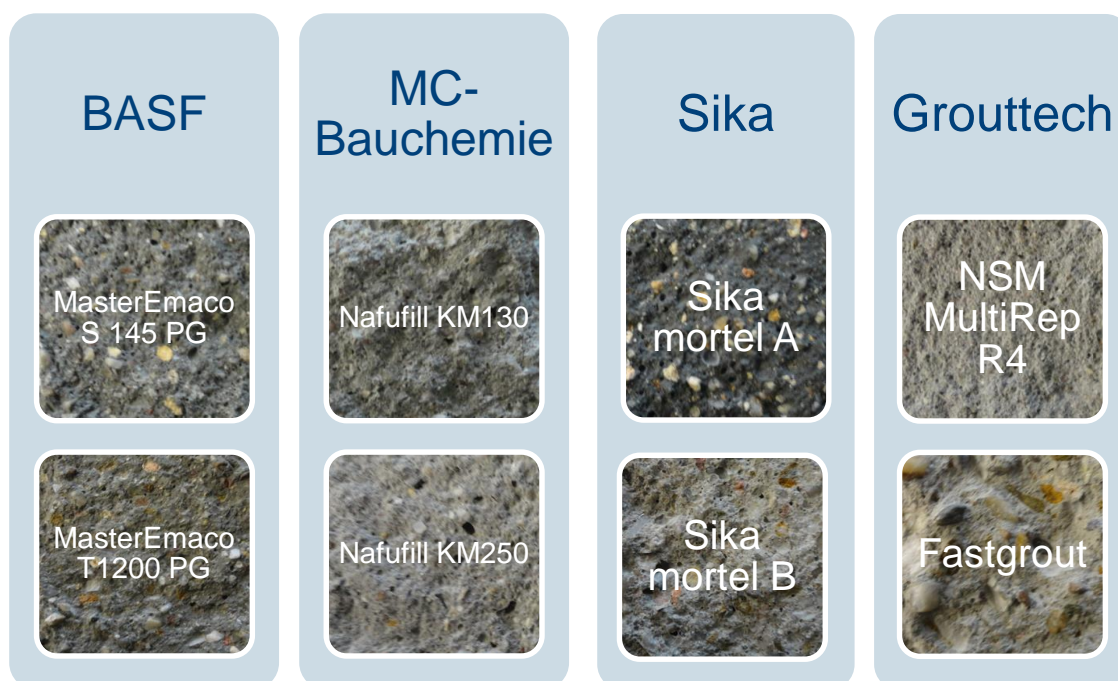
Prestatie-eisen	Proefmethode	Eisen voor droge hydraulische mortels
Volumemassa	NBN EN 1015-10	≥ 1800 kg/m ³
Druksterkte	NBN EN 196-1	≥ 45 MPa (na 28 dagen)
Buigsterkte	NBN EN 196-1	≥ 7 MPa
Hechtsterkte	NBN EN 1052-3	≥ 2 MPa
Verwerkingstijd		60 min. bij 20 °C
		30 min. bij 40 °C
Minimale laagdikte		5 mm per laag
Maximale laagdikte		50 mm per laag
Minimale verwerkingstemp.		5 °C

Deel II: Proeven

5 Proeven

5.1 Inleiding

In een tweede deel wordt ingegaan op de verschillende proeven die werden uitgevoerd op de mortels. De nadruk ligt hierbij op de eigenschappen die van belang zijn bij herstelmortels die hun toepassing vinden in de wegenbouw (elasticiteitsmodulus, krimp etc.). Bij iedere proef gebeurt een vergelijking tussen de verschillende producten. In een aantal gevallen wordt ook een vergelijking gemaakt met de gegevens die vermeld staan op de technische fiches van de mortels.



Figuur 5-1: Typedoorsnede beproefde herstelmortels

Voor de testen werden acht verschillende herstelmortels aan proeven onderworpen. Op bovenstaand diagram is per product een typedoorsnede weergegeven (resultaat van bezwijken bij de buigtreksterkteproef). Zowel snelhardende als meer traditionele mortels werden getest. Bij de proefresultaten werd steeds een onderscheid gemaakt tussen enerzijds de groep CC-mortels en anderzijds de PCC-mortels. Er werd geopteerd om de mortels niet extra te verdichten bij het maken van de proefstukken. Op te merken valt dat het product Sika mortel B vezelversterkt is.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de toepassingsdomeinen van de verschillende mortels:

Tabel 5-1: Toepassingsdomeinen beproefde herstelmortels

Mortelnaam	CC of PCC	snel/klassiek	Type	Toepassingsdomeinen in wegebouw
MasterEmaco S 145 PG	CC	Klassiek	Giet- en verpompbare reparatiemortel	Herstellen van scheuren, barsten en holle ruimtes in beton
MasterEmaco T1200 PG	CC	Snel	Gietbare reparatie- en ondersabelings-/vulmortel	Opvullen van mangaten met kleine tot grote afmetingen + Horizontale reparaties waarbij een vloeibare tot zeer vloeibare mortel moet worden ingezet + Oplappen van zones op een helling
Nafufill KM130	PCC	Klassiek	Reparatiemortel	Betonreparatie voor berijdbare, dynamisch belaste oppervlakken + Volvlakkige reprofilering van weers- en mechanisch belastbare horizontale oppervlakken
Nafufill KM250	PCC	Klassiek	Reparatiemortel	Herstelling (niet-)dynamisch belaste oppervlakken
Sika mortel A	CC	Snel	Mortel	Kaders mangaten, controleputjes, signalisatieborden etc.
Sika mortel B	CC	Snel	Reparatiemortel	Herstellen van zwaar belaste betonnen oppervlakken + Herstellen van beschadigde randen
NSM MultiRep R4	PCC	Klassiek	Reparatiemortel	Herstellen van beschadigde betonoppervlakken
Fastgrout	CC	Snel	Gietmortel	Uitvoeren van snelreparaties en giet- en montagewerkzaamheden

5.2 Consistentie verse mortel

5.2.1 Situering

De consistentie wordt bepaald om de verwerkbaarheid van de mortel te controleren. Aan de verwerkbaarheid worden geen eisen gesteld in de norm NBN EN 1504-3. De verwerkbaarheid wordt gemeten door de producent. De samenstelling van de mortel heeft hierbij een belangrijke invloed.

Om de verwerkbaarheid van een mortel te kunnen garanderen, is het aangewezen om de technische fiche op voorhand te raadplegen. Belangrijk hierbij is om de voorgeschreven hoeveelheid water zo nauwkeurig als mogelijk toe te voegen. Het gebruik van de juiste apparatuur zorgt voor een goede menging van de mortel en het bereiken van de juiste consistentie. Het toevoegen van extra water op de werf is ten strengste verboden.

Ten slotte speelt het behoud van de verwerkbaarheid ook een belangrijke rol. De verwerkbaarheidsduur wordt nader toegelicht in de paragrafen rond 'Proef van Vicat'.

In het labo wordt de consistentie getoetst aan de hand van de schoktafel conform de norm NBN EN 1015-3.

Meerdere factoren hebben een invloed op de consistentie van een verse mortel, namelijk:

- Watergehalte
- Vorm en afmetingen granulaten
- Cementgehalte en cementtype
- Temperatuur

5.2.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm

Het uitvoeren van deze proef verloopt zoals voorgeschreven in de norm NBN EN 1015-3.

Een lichte afwijking van de norm vindt plaats bij het verdichten van de lagen. De lagen worden verdicht door middel van een truweel in plaats van een stamper.



Figuur 5-2: Gestandaardiseerde mal



Figuur 5-3: Schoktafel

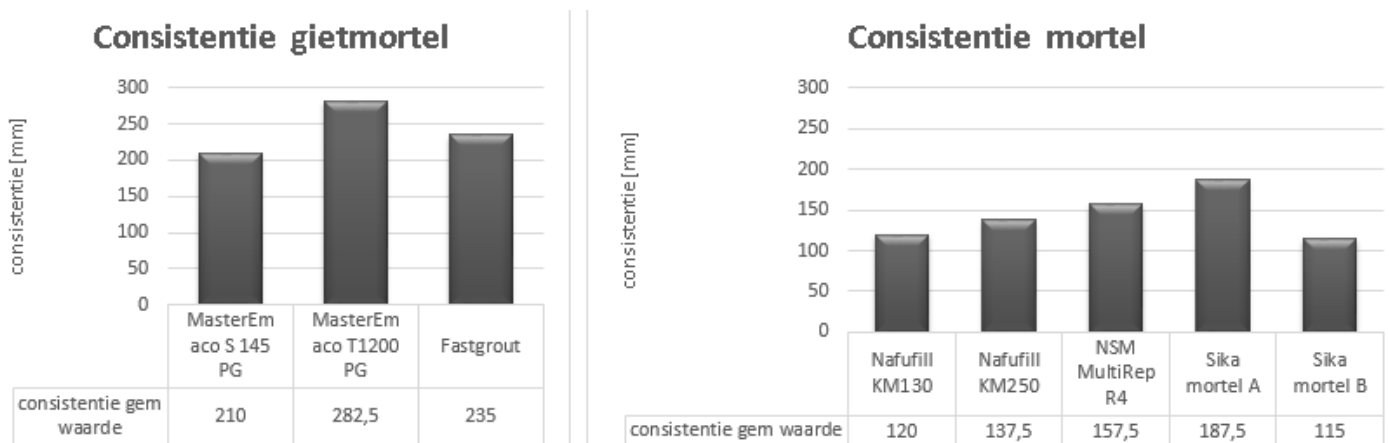
Korte beschrijving van de te volgen werkwijze:

- Oppervlak natvochtig maken door middel van een vochtige doek.
- Plaats de mal gecentreerd op de plaat.
- De mal vullen in twee lagen en elke laag verdichten door 10 slagen met de stamper.
 - Afwijking: verdichting is gebeurd door middel van een truweel.
- Na 15 seconden wordt de mal voorzichtig opgeheven.
- De schoktafel voert nu 15 schokken uit aan een ritme van 1 schok per seconde.
 - Afwijking: bij gietmortels werden geen schokken uitgevoerd:
 - MasterEmaco S 145 PG
 - MasterEmaco T 1200 PG
 - Fastgrout
- De test moet uitgevoerd worden op twee proefstukken.
 - Afwijking: de test is uitgevoerd op één proefstuk.

De resultaten worden opgemeten in twee richtingen loodrecht op elkaar. Het gemiddelde van beide waarden wordt berekend.

5.2.3 Resultaten

De resultaten worden in histogramvorm weergegeven.



Figuur 5-4: Histogram consistentie

De gietmortels hebben een veel grotere consistentie. De hogere waarde is ook tot stand gekomen zonder de proefstukken aan 15 schokken te onderwerpen. Het is dus duidelijk dat deze waarde een logisch resultaat is van een gietmortel.

De andere mortels bevatten waarden die gaan van 115 mm tot 187.5 mm. Aan de hand van deze verschillen is duidelijk dat mortels met een hogere waarde gemakkelijker verwerkbaar zijn bij uitvoering.

5.2.4 Bespreking

Een hogere waarde duidt op een betere verwerkbaarheid van de producten. In de Europese norm worden geen eisen gesteld wat betreft de verwerkbaarheid van mortels. De producent is dan ook gedeeltelijk vrij om de exacte verwerkbaarheid van zijn product te kiezen.

5.3 Volumieke massa

5.3.1 Situering

De volumieke massa of anders genaamd, de schijnbare massadichtheid, wordt bepaald op een eenvoudige manier. De massadichtheid wordt getoetst aan de waarde die wordt voorgeschreven in de technische fiche van de producten. De volumieke massa moet eigenlijk gelinkt worden aan een tweede proef, met name bepaling van het luchtgehalte. De volumieke massa en luchtgehalte houden verband met elkaar. Theoretisch betekent een hoger luchtgehalte een lagere massadichtheid en vice versa.

5.3.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm

Bij deze proef wordt geen norm gevolgd. De procedure om de volumieke massa te bepalen wordt hieronder uitgelegd.

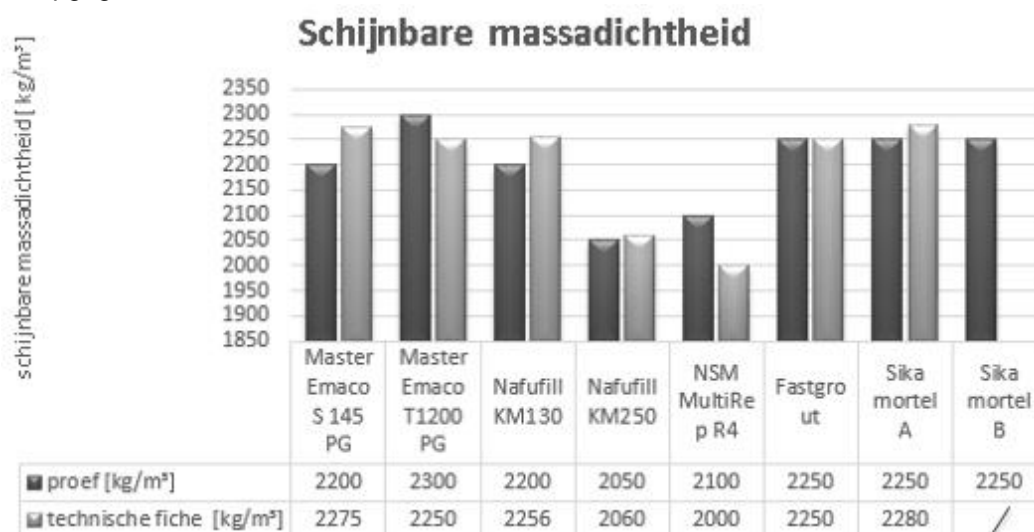
Voor de testen wordt een mal met een massa van 1.25 kg (m_{leeg}) en een volume van exact 1 l (of 0.001 m^3) gebruikt. Deze mal wordt gevuld met de mortel en vervolgens opnieuw gewogen (m_{vol}).

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$\rho = \frac{m(vol-leeg)}{V} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

5.3.3 Resultaten

De resultaten worden opnieuw in histogramvorm weergegeven. De resultaten komen sterk overeen met de opgegeven waarden in de technische fiches.



Figuur 5-5: Histogram schijnbare massadichtheid

5.3.4 Bespreking

De massadichtheid van normaal verdicht beton is 2400 kg/m^3 , voor gewapend beton bedraagt de waarde 2500 kg/m^3 . De reparatiemortels komen dus sterk in de buurt van de waarde van de ondergrond. Het principe van “*Like with like*”-reparaties wordt hier toegepast. Dit principe houdt in dat de eigenschappen van de betonnen ondergrond gelijkaardig zijn als de eigenschappen van de reparatiemortel. De gecontroleerde waarde komt goed overeen met de voorgeschreven waarde op de technische fiche.

Het SB250 (versie 2.2 hoofdstuk 3 § 71) eist een minimale volumemassa van 1800 kg/m^3 voor mortels. Bij alle beproefde mortels is aan deze eis voldaan.

5.4 Proef van Vicat – Bepalen begin binding

5.4.1 Situering

Met behulp van deze proef kan de verwerkbaarheidsduur van een mortel bepaald worden door het begin van de binding van het cement te analyseren. De samenstelling van een mortel dient gestuurd te worden om een minimale verwerkbaarheidstijd te hebben. Het herstelproduct moet een voldoende lange verwerkbaarheidsduur hebben om de herstelling duurzaam uit te voeren. Algemeen kan aangenomen worden dat een mortel minimaal 30 minuten verwerkbaar dient te blijven vanaf het moment van mengen.

Een duurzame herstelling kan niet gegarandeerd worden als het cement niet voldoende is gehydrateerd op het moment dat het water (die in de mortel aanwezig was) is uitgereageerd. Het begin van de binding van de mortel betekent het einde van de verwerkbaarheid. Vanaf dit ogenblik bouwt de sterkte van het herstelproduct zich op.

5.4.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm

De testen verlopen zoals voorgeschreven volgens norm NBN EN 196-3 (norm voor cement) en werden uitgevoerd met behulp van een automatisch toestel van Vicat. Er werd gebruik gemaakt van gestandaardiseerde mallen.



Er werden per product twee proefstukken getest (op 20°C). Bij de variant op 3°C werden ook 4 proefstukken van één product aan testen onderworpen.

Figuur 5-6: Gestandaardiseerde mal



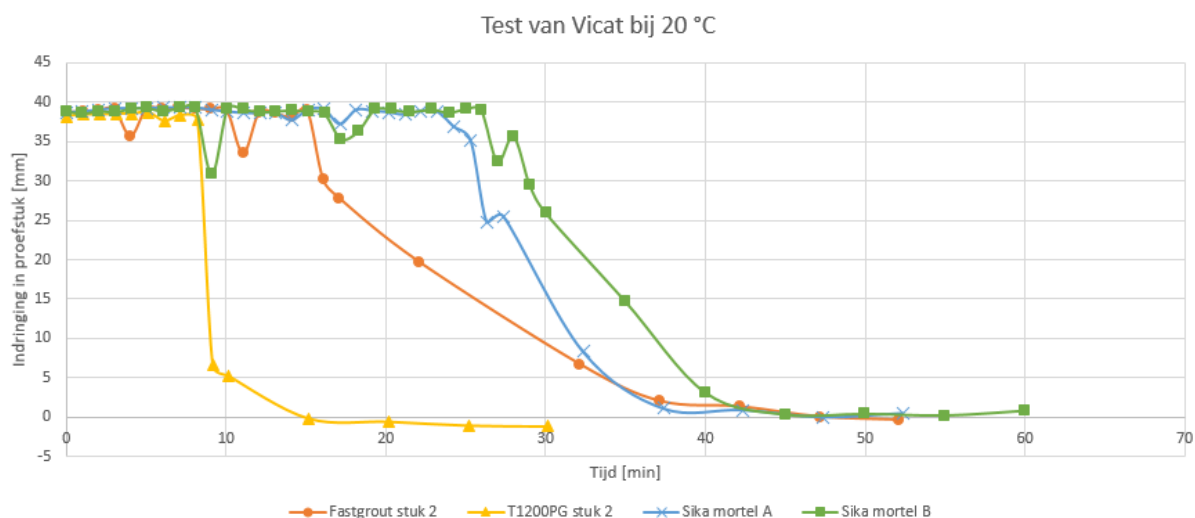
Figuur 5-7: Automatisch toestel van Vicat

5.4.3 Uithardingscondities

Na het mengen van de mortel werden de mallen direct gevuld en de testen zo snel als mogelijk gestart. De proefstukken werden tijdens de testen volledig onder water bewaard. De standaard watertemperatuur bedraagt 20 °C. Als variant werden ook proeven uitgevoerd bij een watertemperatuur van 3°C.

5.4.4 Resultaten

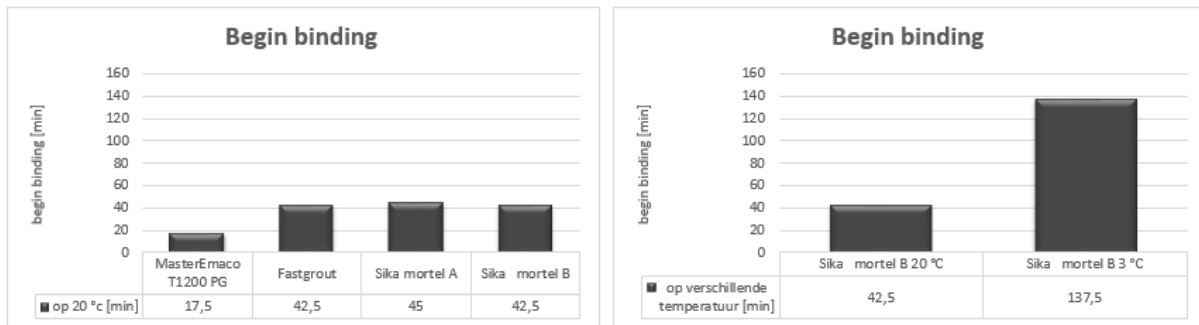
Onderstaande grafiek toont per product één verloop van de gemeten waardes bij 20 °C:



Figuur 5-8: Test van Vicat bij 20 °C

Als voorbeeld wordt de test van het product “MasterEmaco T1200 PG” genomen (proefstuk 2). Het proefstuk bereikt het einde van de verwerkbaarheidsduur na ongeveer 15 minuten. Dit is duidelijk te zien op bovenstaande figuur aangezien na 15 minuten de indringing in het proefstuk 0 mm bedraagt.

De grafieken van de overige testen werden als bijlage bij deze thesis gevoegd, alsook de samenvattende tabel van deze proef.



Figuur 5-9: Histogram begin binding

5.4.5 Bespreking

Voor herstellingen in de wegenbouw is de uitvoeringstijd van de reparatie een belangrijke parameter. Hoe sneller de weg weer opengesteld kan worden voor het verkeer, des te kleiner de hinder, des te lager de kosten die ontstaan door omleidingen etc.

Om die reden werden voor deze testen enkel snelhardende reparatiemortels beproefd (enkel CC). Bij een temperatuur van 20 °C (constant gehouden in een waterbad) valt op dat de mortels na 45 minuten al het einde van de binding bereikt hebben. De weg kan dan ook vrij snel terug voor verkeer worden opengesteld. Enige voorwaarde is wel dat de druksterkte van de nieuw aangebrachte mortel voldoende hoog is en voldoet aan de eisen gesteld voor het bepaald type weg (zie paragrafen over buigtrek- en druksterkte).

Bij het product MasterEmaco T1200 PG valt op te merken dat het einde van de verwerkbaarheidsduur gemiddeld al na 17.5 minuten wordt bereikt. Door een technisch probleem tijdens de testen bij dit product is het niveau van het waterbad gezakt waardoor de bovenkant van de proefstukken niet meer onder water stond. Bijgevolg werd een snellere uitharding en binding veroorzaakt. Hierdoor valt het belang van een curing compound en/of beschermingsbekleding op te merken tijdens de uithardingsfase van de mortel.

Als variant werden proeven op een zeer lage temperatuur uitgevoerd bij één product. Het is zeer duidelijk dat de temperatuur een grote invloed heeft op de bindingstijd van de mortel. Door de temperatuur te verlagen van 20 °C naar 3 °C gaat de verwerkbaarheidsduur met een factor van drie omhoog. Het is dan ook zeer belangrijk om bij het uitvoeren van herstellingswerken rekening te houden met de temperatuur. Immers geldt dat hoe kouder de omgeving, hoe trager de binding zal verlopen. Herstellingswerken die plaatsvinden op een weg die snel terug voor het verkeer opengesteld dient te worden, voert men bij voorkeur uit op een dag met een temperatuur in de buurt van 20 °C.

5.5 Lineaire krimp

5.5.1 Situering

De Europese norm NBN EN 1504-3 stelt geen eisen wat betreft de krimp van herstmortels. Indien er te veel krimp optreedt, wordt het risico op onthechting tijdens of na de belasting echter zeer groot.

De lineaire krimp van herstmortels is dan ook een belangrijke eigenschap. De krimp moet zo klein mogelijk blijven om een duurzame herstelling te kunnen garanderen. Indien de krimp te groot wordt, ontstaan spanningen in het contactvlak tussen de herstmortel en de betonnen ondergrond. Op deze manier kan scheurvorming in dit contactvlak optreden en komt de mortel los van de ondergrond. Als het water te snel uit de capillairen verdwijnt, vindt mogelijk scheurvorming en verbrokkeling van het beton plaats.

De optredende krimp kan worden opgesplitst in verschillende delen, namelijk:

- Chemische krimp: bedraagt ongeveer 0.5 mm/m en is afhankelijk van de samenstelling van de mortel.
- Plastische krimp: treedt op in de plastische fase (tussen het moment van het aanbrengen van de mortel en de dagen die er op volgen). Deze krimp wordt pas zichtbaar in de verhardingsfase (5 tot 10 dagen erna).
- Uitdrogingskrimp: afhankelijk van type mortel en toegevoegde (hulp)stoffen.

Voor de hydratatiereactie is een bepaalde hoeveelheid aanmaakwater noodzakelijk. Er kan aangenomen worden dat in verhouding maximaal 27 percent water nodig is om de hydratatie volledig te laten doorgaan. Daarnaast is ook een hoeveelheid overtollig water nodig om een goede verwerkbaarheid te verkrijgen. Om de hoeveelheid water te beperken, wordt er meestal een combinatie van water en hulpstoffen gebruikt. Een belangrijke opmerking hierbij is dat er dient vermeden te worden dat het overtollige water te snel verdampt.

Bij cementgebonden producten dient de ondergrond steeds capillair verzadigd te zijn. Het oppervlak moet matvochtig zijn (en niet onder water staan) om uitdrogingskrimp te vermijden.

Vervolgens dient de verse mortel voldoende beschermd te zijn. Hiervoor bestaan meerdere mogelijkheden:

- Plaatsen kunststoffolie of (mobiele) overkapping bovenop de verse mortel.
- Aanbrengen van curing compound (meestal bij herstellingswerken aan autosnelwegen).

Indien er een curing compound aangebracht wordt, dient er op te worden toegezien dat het product minimaal 70 percent van zijn efficiëntie behoudt. Dit betekent dat er maximaal 30 percent vochtverlies mag optreden. Een curing compound dient aangebracht te worden in de plastische fase (twee tot zes uur na het storten van de mortel).

De chemische krimp is afhankelijk van de samenstelling en valt moeilijk te controleren. Door het aanbrengen van een curing compound kan zowel de plastische als de uitdrogingskrimp beperkt worden. De krimp kan ook opgevangen worden door het plaatsen van wapeningsnetten.

Een totale lineaire krimp van 0.6 tot 0.7 millimeter per lopende meter kan als goed worden beschouwd.

5.5.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm

De testen verlopen zoals voorgeschreven in de norm NBN EN 12808-4. De gebruikte mallen voldoen aan de eisen gesteld in NBN EN 196-1. Er werden mallen gebruikt met binnenafmetingen van 40mmX40mmX160mm. Door het plaatsen van inserts werden binnenafmetingen 10mmX40mmX160mm bekomen. Deze afmetingen werden voorgeschreven in de norm.

De proeven werden uitgevoerd bij een temperatuur van 21 ± 2 °C en een relatieve vochtigheid van 40 ± 5 percent.

De mallen werden gevuld in twee lagen. Hierbij werd de mortel niet verdicht met 60 schokken, maar werd met een truweel de mortel handmatig in de mallen aangedrukt.

Na het vullen van de mallen werden deze afgedekt met natte doeken om een te snelle uitdroging van de mortel te vermijden.

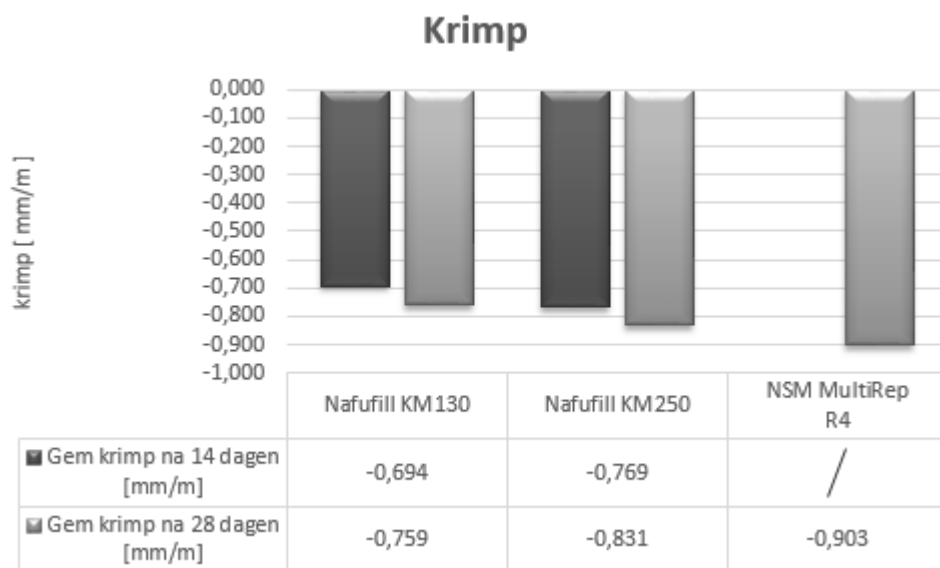
Na 24 uur werden de proefstukken ontkist en werd de lengte een eerste maal opgemeten. Bij de helft van de proefstukken werd een bijkomende meting na 14 dagen uitgevoerd. Ten slotte werd bij alle proefstukken de lineaire krimp na 28 dagen opgemeten.

Voor ieder herstellmortelproduct werden twee proefstukken vervaardigd.

5.5.3 Uithardingscondities

De proefstukken (PCC-mortels) werden bewaard onder labo-omstandigheden (40 ± 5 % RV en 21 °C).

5.5.4 Resultaten



Figuur 5-10: Resultaten krimpmetingen

5.5.5 Bespreking

De proefstukken hebben een negatieve krimp. Dit houdt in dat deze mortels verkorten, dit zijn de PCC-mortels. De krimp bedraagt maximaal 0.903 mm/m. Indien dit product (NSM MultiRep R4) gebruikt zou worden over een lange, smalle oppervlakte (bijvoorbeeld aan voegen) dient er op gelet te worden of deze krimp niet tot scheurvorming kan leiden. Bij de herstelling van zeer lokale, kleine zones is deze krimp zeker aanvaardbaar.

De PCC-mortels werden niet bewaard onder normomstandigheden (40 ± 5 % RV in plaats van 50 ± 5 % RV). De proefstukken konden sneller uitdrogen als volgens de norm voorgeschreven. Hierdoor was een grotere krimp mogelijk. Beter was om de proefstukken in een klimaatkamer te bewaren onder ideale omstandigheden of de proefstukken vochtig te houden met bijvoorbeeld natte doeken.

Bij het product NSM MultiRep R4 (PCC-mortel) is dit fenomeen duidelijk waarneembaar gezien de krimp na 28 dagen gelijk is 0.903 mm/m. Doordat de proefstukken maar een dikte van 10 mm hebben, leidt een blootstelling aan een droge lucht (40 ± 5 % RV en 21 °C) tot een zeer snelle uitdroging met een grote krimp tot gevolg. De hydratatiereacties zijn na 14 dagen al bijna volledig stilgevallen bij de PCC-mortels. Bijgevolg is het verschil in krimp tussen 14 en 28 dagen zeer klein.

5.6 Luchtgehalte verse mortel

5.6.1 Situering

Het luchtgehalte van de verse mortel is gelinkt aan de volumieke massa van de verse mortel. Het luchtgehalte is ook afhankelijk van de manier van mengen. De juiste apparatuur om een mortel te mengen is van primordiaal belang. Een korte schets die dit duidelijk maakt: een mortelmenger heeft een toerental van 150 tot maximaal 250 toeren per minuut. Bij het mengen met behulp van een boormachine liggen deze rotatiesnelheden veel hoger, namelijk 400 toeren/min en meer. Op deze manier klopt je energie en lucht in de aangemaakte mortel wat vermeden dient te worden.

Het luchtgehalte is een belangrijke eigenschap want als het luchtgehalte stijgt, daalt de (druk)sterkte en stijgt de vorstdooiweerstand.

5.6.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm

Bij de uitvoering van deze testen wordt de norm NBN EN 12350-7 gevolgd.



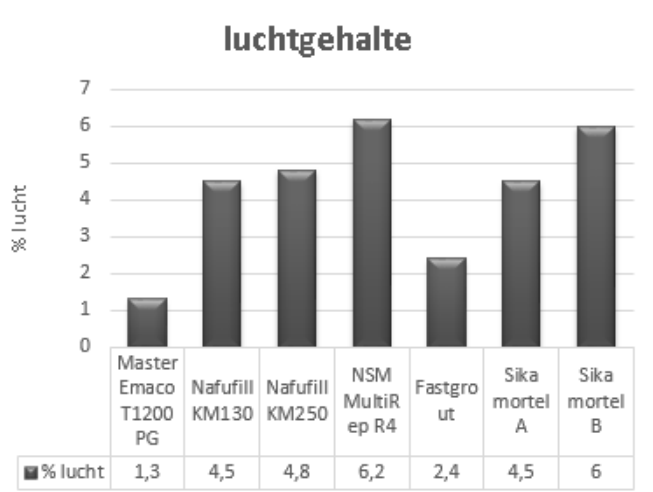
Gevolgde werkwijze bij uitvoering proef:

- De mal van het toestel wordt gevuld (1 liter mortel).
- De mal wordt gesloten door het bovenstuk van het apparaat.
- Via kraantjes wordt een dunne waterfilm op het morteloppervlak geplaatst.
- Als het monster volledig bedekt is met water, worden de kranen afgesloten.
- Er wordt druk in het toestel opgebouwd met een manuele zuiger.
- De schaal van het toestel wordt vervolgens op nul ingesteld.
- Ten slotte kan het luchtgehalte afgelezen worden.

Figuur 5-11: Toestel luchtgehalte meten

5.6.3 Resultaten

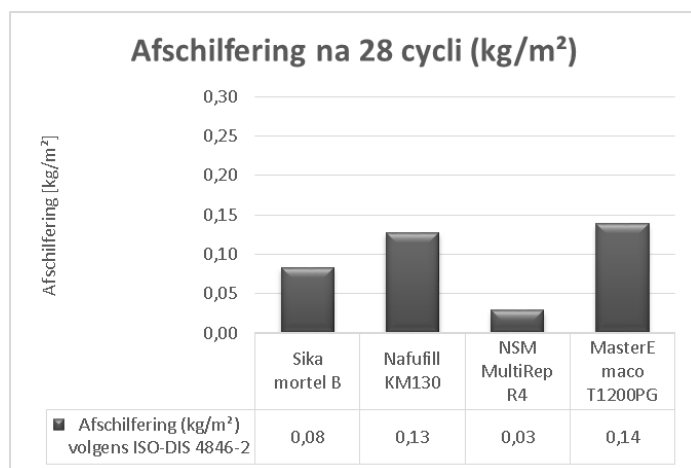
De resultaten worden in onderstaand histogram weergegeven.



Figuur 5-12: Histogram luchtgehalte

Link tussen afschilfering en luchtgehalte:

- Duidelijke link (hoger luchtgehalte => lagere afschilfering)
 - Luchtgehalte [%] => afschilfering [kg/m²] na 28 cycli
 - NSM Multirep R4: 6,2 % => 0.03 [kg/m²]
 - Sika Mortel B: 6,0 % => 0.08 [kg/m²]
 - Nafufill KM 130: 4,5 % => 0.13 [kg/m²]
 - Master Emaco T1200 PG: 1,3 % => 0,14 [kg/m²]



Figuur 5-13: Histogram afschilfering na 28 cycli

Het luchtgehalte staat niet vermeld op de technische fiche. Er wordt ook geen minimale waarde geëist in de norm NBN EN 1504-3.

5.6.4 Bespreking

De te verwachten link tussen afschilfering en luchtgehalte is duidelijk aanwezig. Bij een hoger luchtgehalte is de vorstweerstand hoger. Dit resulteert in een kleine waarde voor de afschilfering.

5.7 Buigtrek- en druksterkte

5.7.1 Situering

Voor deze testen wordt gebruik gemaakt van mortelprisma's (40mmX40mmX160mm) die na breuk bij de buigproef worden gebruikt om de druksterkte te bepalen van de verschillende types mortel. Er worden testen gedaan na 2 uur (enkel bij snelhardende mortels), 24 uur, 7 en 28 dagen.

De buigtreksterkte van een mortel is sterk afhankelijk van de hechting tussen de granulaten en het gehydrateerde cement. De waardes die bekomen worden bij de buigtrekproef geven een indicatie van de weerstand tegen geconcentreerde puntlasten.

De druksterkte is een belangrijke parameter bij herstellmortels. Er dienen minimale waarden bereikt te worden alvorens een herstelde weg opnieuw voor het verkeer kan opengesteld worden.

De buigtrek- en druksterkte stijgen bij:

- Een dalende W/C-factor
- Het gebruik van hoekige en/of gebroken granulaten

De Europese 1504-norm (NBN EN 1504-3) stelt voor structurele herstellingen twee verschillende eisen:

- Voor klasse R3 herstellingen dient een minimale druksterkte van 25 MPa bereikt te worden.
- Voor klasse R4 herstellingen dient een minimale druksterkte van 45 MPa bereikt te worden.

Het SB250 (versie 2.2 hoofdstuk 3 §71) eist een minimale druksterkte van 45 MPa na 28 dagen (volgens NBN EN 196-1).

5.7.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm

Voor de testen werd de methode gevolgd die beschreven staat in de norm NBN EN 12190.

De prisma's (40mmX40mmX160mm) werden gemaakt met behulp van gestandaardiseerde mallen (zoals voorgeschreven in NBN EN 196-1). Er werd gebruik gemaakt van een mechanische mortelmenger. De mallen werden in twee lagen gevuld. Hierbij werd de mortel aangeduwd met een truweel en niet extra verdicht.

Bij de drukproeven werd de last aangebracht met een belastingsnelheid van 1 kN/s.

Bij een deel van de testen werden de proeven uitgevoerd met een drukstempel van 40X63 mm (afwijking ten opzichte van norm) in plaats van de voorgeschreven 40X40 mm (volgens norm). De druksterktes werden steeds herrekend met het correcte drukoppervlak. De tabellen met de meetdata zijn in bijlage toegevoegd. De data met de drukstempel van 40mmX63mm werden in een oranje kleur geplaatst en de data met de 40mmX40mm drukstempel in een groene kleur.

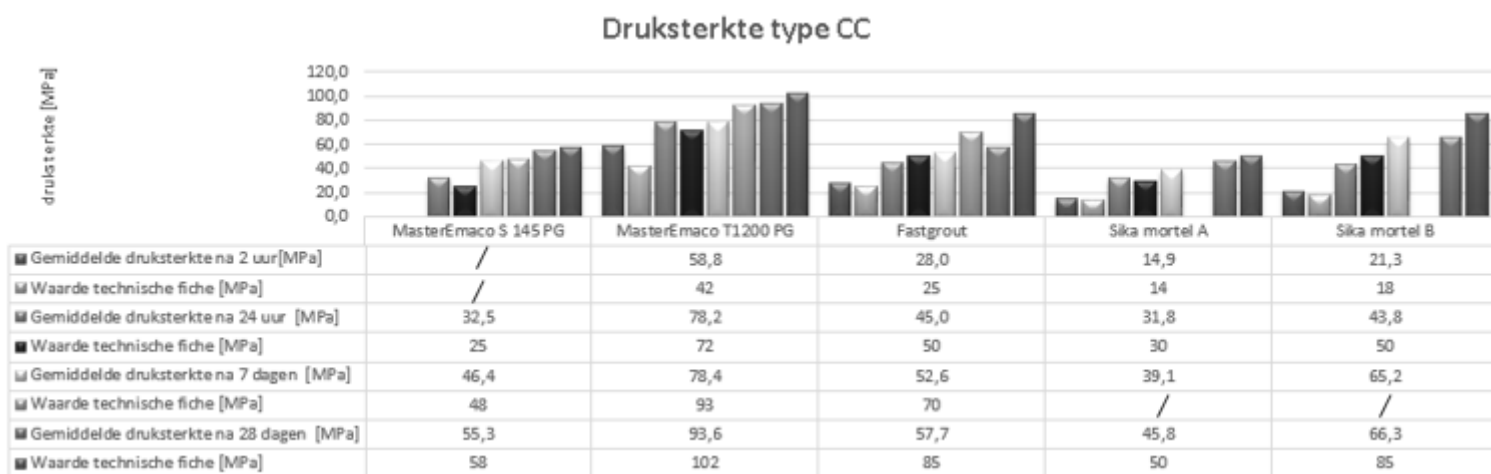
5.7.3 Uithardingscondities

Na het vullen van de mallen, werden deze afgedekt met vochtige doeken om uitdroging van het oppervlak te vermijden. Na 24 uur (met uitzondering van de proefstukken die na twee uur getest werden) werden de prisma's ontkist en bewaard onder standaard labo-omstandigheden:

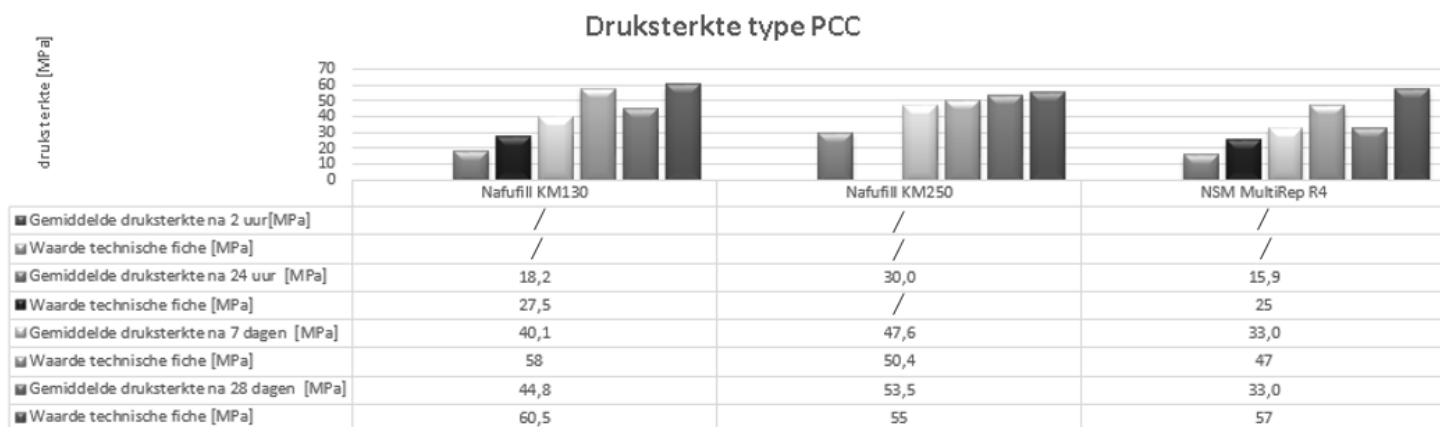
- CC-mortels: bewaring onder water (100 % RV, 20 °C)
- PCC-mortels: droge bewaring (40 ± 5 % RV, 20 °C)

5.7.4 Resultaten

De tabellen met alle meetdata werden in bijlage van deze thesis gevoegd.

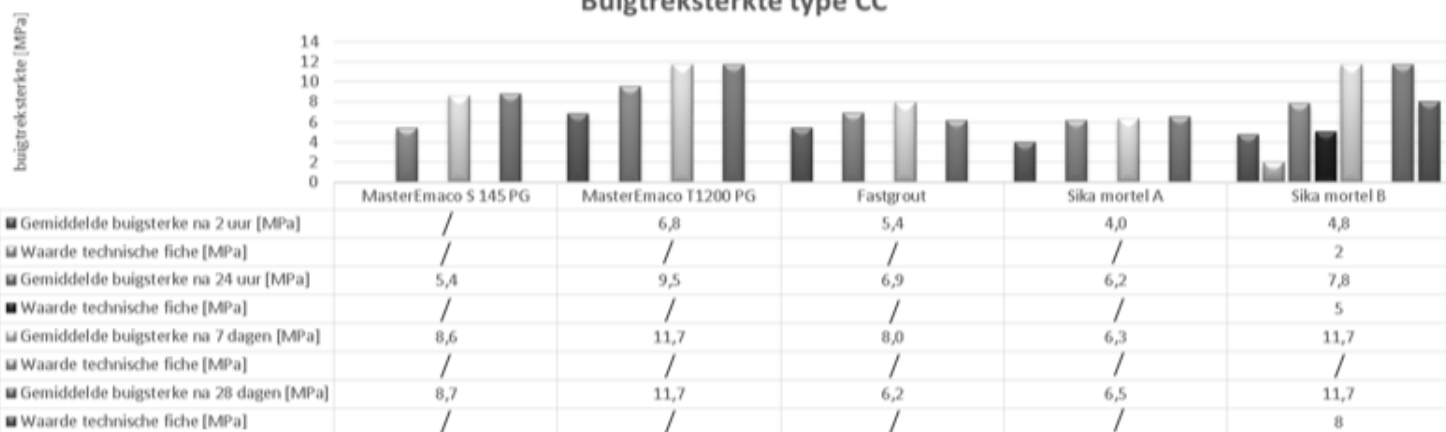


Figuur 5-14: Histogram druksterkte type CC



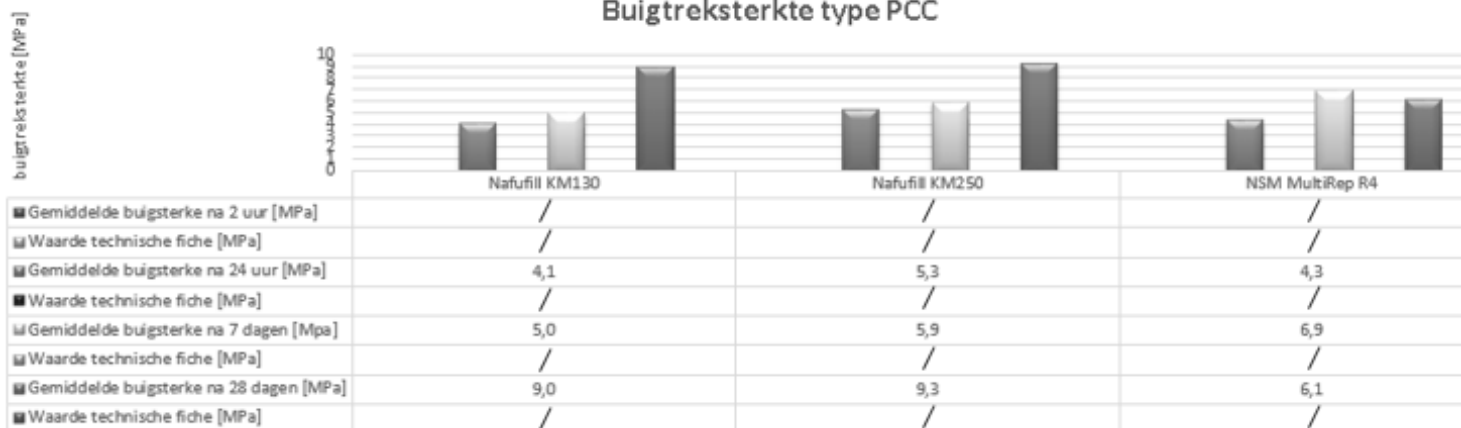
Figuur 5-15: Histogram druksterkte type PCC

Buigtreksterkte type CC



Figuur 5-16: Histogram buigtreksterkte type CC

Buigtreksterkte type PCC



Figuur 5-17: Histogram buigtreksterkte type PCC

5.7.5 Bespreking

Bij de snelhardende mortels is vooral de druksterkte na 2 uur van belang. Deze producten worden immers gebruikt bij het uitvoeren van herstellingswerken waarbij het verkeer over een zo kort mogelijke periode onderbroken wordt. De waarde na 2 uur bepaalt of de mortel voldoende sterkte bereikt heeft om de weg opnieuw voor verkeer open te stellen.

Bij de meer traditionele, tragere herstellmortels is de druksterkte na 28 dagen vooral van belang.

Het Standaardbestek 250 (versie 2.2) eist een minimale buigtreksterkte van 7 MPa en een druksterkte van 45 MPa na 28 dagen. Uit bovenstaande histogrammen is af te leiden dat alle geteste mortels 30 MPa halen na 28 dagen zoals voorgeschreven volgens de norm. Er wordt ook voldaan aan de buigtreksterkte-eis van 7 MPa (enkel Sika mortel A en NSM MultiRep R4 voldoen niet ($6.5 & 6.1 < 7$ MPa)).

De druksterktes na 2 uur bij de snelhardende mortels zijn steeds groter als de waarden die vermeld staan in de technische fiches.

Na 28 dagen halen op één na alle morteltypes de eis van 45 MPa (enkel NSM MultiRep R4 niet). Deze mortels mogen dus gebruikt worden voor structurele klasse R4-herstellingen. NSM MultiRep R4 kan wel worden ingezet bij klasse R3-herstellingen.

Opvallend is dat er na 28 dagen een behoorlijk verschil in druksterkte is tussen de waardes vermeld op de technische fiches en de resultaten bekomen uit de proeven. De gegevens die vermeld staan op de technische fiches zijn mogelijk uitgevoerd op proefstukken die een minimale waterhoeveelheid bevatten. Bij een lager watergehalte wordt een hogere druksterkte bekomen.

De proefstukken werden steeds vervaardigd met een watergehalte dat het gemiddelde is van het bereik dat vermeld staat op de fiches. Hierdoor werd meer water toegevoegd als minimum noodzakelijk en werd een lagere druksterkte bekomen.

Belangrijk is ook om op te merken dat de proefstukken niet perfect uitgevoerd waren. Een kleine discontinuïteit (bijvoorbeeld niet volledig gevulde hoek) kan leiden tot lokale hogere spanningen en een vroegde breuk van het proefstuk.

Er dient ook opgemerkt te worden dat de PCC-mortels niet bewaard werden onder normomstandigheden (40 ± 5 % RV in plaats van 50 ± 5 % RV). De proefstukken konden sneller uitdrogen als volgens de norm voorgeschreven. Indien het proefstuk volledig is uitgedroogd, zullen ook de hydratatiereacties stilvallen. Beter was om de proefstukken in een klimaatkamer te bewaren onder ideale omstandigheden of de proefstukken vochtig te houden met bijvoorbeeld natte doeken.

Bij het product NSM MultiRep R4 (PCC-mortel) is dit fenomeen duidelijk waarneembaar gezien de druksterkte na 7 en 28 dagen gelijk is (33 N/mm^2). Er was na zeven dagen niet voldoende water meer om verder uit te reageren en sterkte op te bouwen. De proefstukken van dit product waren na zeven dagen al uitgedroogd.

Ten slotte dient vermeld te worden dat voor de producten van Grouttech polystyreenmallen werden gebruikt. Dit was noodzakelijk omdat er niet voldoende stalen mallen beschikbaar waren. Een stalen mal zou tot een beter resultaat geleid hebben omdat in de stalen mal de mortel beter te compacteren is. Hierdoor worden kleinere luchtinsluitingen en een hogere druksterkte bekomen.

5.8 Elasticiteitsmodulus

5.8.1 Situering

De E-modulus is een belangrijke parameter. Het toont namelijk hoe stijf of hoe vervormbaar een product is. De E-modulus verschilt naargelang het soort bindmiddel of anders verwoord, naargelang het type mortel. De verschillende soorten zijn CC, PCC en PC. Elk hebben ze een verschillende vervormbaarheid en dus automatisch ook een verschillende E-modulus. Polymeren zorgen voor een verlaging van de E-modulus en automatisch dus voor een verhoging van de vervormbaarheid.

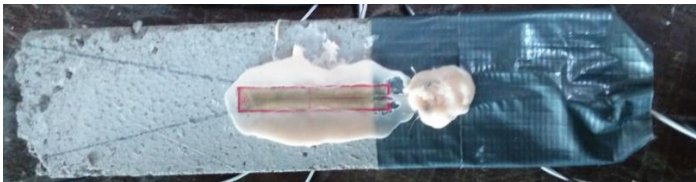
De E-modulus moet dus ook overeen stemmen of in grootteorde gelijkaardig zijn aan het te herstellen beton of ondergrond. Beton heeft een E-modulus in de grootteorde van 28000 tot 33000 N/mm². Als het verschil te groot is, gaan de vervormingen in het contactvlak tussen de betonnen drager en de mortellaag te groot zijn. De kans op nieuwe schade aan het herstelde oppervlak is hierdoor sterk vergroot en dan kan niet meer van een duurzame herstelling gesproken worden.

5.8.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm

De norm die gehanteerd werd is NBN EN 13412.

Bij de uitvoering van de proeven in het laboratorium werd een kleine afwijking ten opzichte van wat voorgeschreven is volgens de norm gemaakt. Onderstaande oplijsting geeft de stappen en de volgorde weer van de gevolgde werkmethode:

- Alle types zijn op dezelfde manier getest en er is geen onderscheid gemaakt tussen CC, PCC en PC producten. Dit is een eerste afwijking met de norm.
- Een rekstrookje is gekleefd op de langsijde (1 zijde).
- De rekstrookjes worden gesoldeerd aan een lange draad.
- De proefstukken worden in de drukpers geplaatst (oppervlakte 40mmX40mm en in de langs-richting belast).
- De belasting wordt ingesteld in stappen: van 2 kN tot bovengrens (15 kN etc.) en vice versa.
- Afwijking: normaal moet de belasting oplopen tot 1/3 van de maximale spanning (nu 25 kN wegens gevaar voor uitknikken).
- Het verschil in spanning wordt gemeten doorheen de rekstrookjes.
- De E-modulus wordt bepaald door het principe van de brug van Wheatstone toe te passen.



Figuur 5-18: Rekstrookje op proefstuk



Figuur 5-19: Opstelling bepaling E-modulus

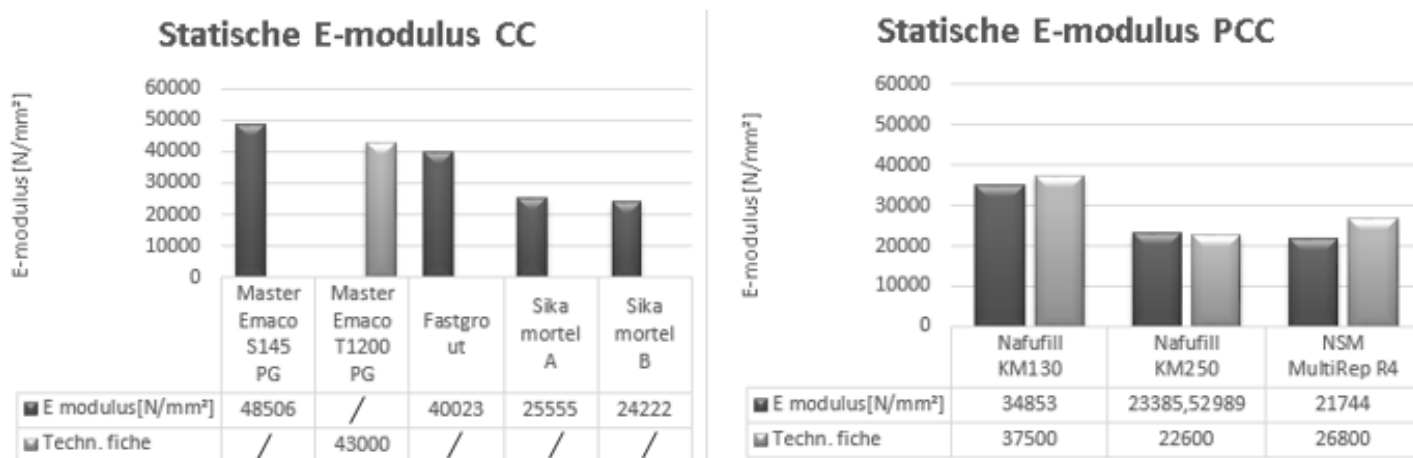
5.8.3 Uithardingscondities

Er dient een onderscheid gemaakt te worden tussen de cementgebonden en de polymeer gemodificeerde mortels:

- Cementgebonden: Proefstukken bewaard onder water (100 % RV en 21 °C)
- Polymeer gemodificeerd: Proefstukken bewaard in het labo (40 ± 5 % RV en 21 °C)

5.8.4 Resultaten

De resultaten worden per producent gecontroleerd en geanalyseerd.



Figuur 5-20: Histogram E-modulus

In de norm NBN EN 1504-3 wordt een minimale waarde gegeven voor een structurele herstelling:

- klasse 3: 15 000 N/mm²
- klasse 4: 20 000 N/mm²

5.8.5 Bespreking

De waarden van de E-modulus bevatten grote verschillen. Niet enkel ten opzichte van elkaar, maar ook ten opzichte van de waarde op de technische fiche. De waarde van de mortel MasterEmaco T1200 PG is uit de resultaten gelaten door de extreem hoge waarde (292 901 N/mm²). Door deze foute waarde verloor de grafiek zijn meerwaarde.

Een eerste reden van de verschillen zit hem in de aangebrachte spanning. Niet elk proefstuk werd belast tot 1/3 van de breukspanning. De aangebrachte kracht werd beperkt tot maximaal 25 kN om uitknikken van het proefstuk te vermijden.

Tabel 5-2: Gegevens bij de bepaling van de E-modulus

Waardes aflezen	MasterE maco T145 PG	MasterE maco T1200 PG	Nafufill KM130	Nafufill KM250	NSM MultiRep R4	Fastgrout	Sika mortel B	Sika mortel A
ondergrens	2 kN	2 kN	2 kN	2 kN	2 kN	2 kN	2 kN	2 kN
gekozen bovengrens	25 kN	25 kN	24 kN	15 kN	24 kN	24 kN	25 kN	17 kN
1/3e breukkracht	29,5 kN	49,9 kN	23,9 kN	28,5 kN	35,4 kN	24,4 kN	30,8 kN	17,6 kN

Een tweede oorzaak van de grote verschillen is dat er maar 1 rekstrookje per proefstuk is gekleefd. Dit komt de juistheid van de resultaten niet ten goede.

De proef is uitgevoerd voor een richtwaarde te bekomen van de E-modulus. De resultaten voldoen allemaal aan de gestelde eis van de norm NBN EN 1504-3 van 20 000 N/mm² (klasse R4).

5.9 Afschilfering

5.9.1 Situering

Doel van deze testen is de vorstbestendigheid van enkele herstmortels na te gaan. Wegenbeton ondergaat vaak vorst-dooi belastingen. De gebruikte herstmortels dienen op hun beurt ook hier tegen bestand te zijn.

5.9.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm

De afschilferingsproeven worden uitgevoerd zoals voorgeschreven in de norm CEN/TS 12390-9:2006. Deze proefopstelling wordt ook SLAB-test genoemd.

Afwijkingen ten opzichte van de norm:

- De proefstukken werden niet verdicht.

5.9.3 Vervaardiging proefstukken

Voor de testen worden vier herstmortels gebruikt:

- Mortel 1 (NSM MultiRep R4) = PCC mortel
- Mortel 2 (Nafufill KM130) = PCC mortel
- Mortel 3 (MasterEmaco T1200 PG) = CC mortel
- Mortel 4 (Sika mortel A) = CC mortel

Van ieder product werden drie kubussen (150mmX150mmX150mm) vervaardigd. Deze werden na 24 uur ontkist.



Figuur 5-21: Proefstukken afschilfering

5.9.4 Uithardingscondities

De kubussen werden, na ontkisten, 12 uur bewaard onder labo-omstandigheden. (Het was niet mogelijk deze in een waterbad te plaatsen).

Vervolgens vond een bewaring van 6 dagen onder water op kamertemperatuur (20 °C) plaats.

Ten slotte vond bewaring van de proefstukken in de klimaatkamer plaats (20 °C en 60 % RV) gedurende 23 dagen alvorens de vorst-dooi belasting te starten.

5.9.5 Vorst-dooibelasting

Na 30 dagen werd gestopt met de conditionering van de proefstukken. Met behulp van een kolomboor-machine worden kernen met een diameter van 113 mm geboord. Van iedere kern wordt een schijf met een hoogte van 50 mm gezaagd.

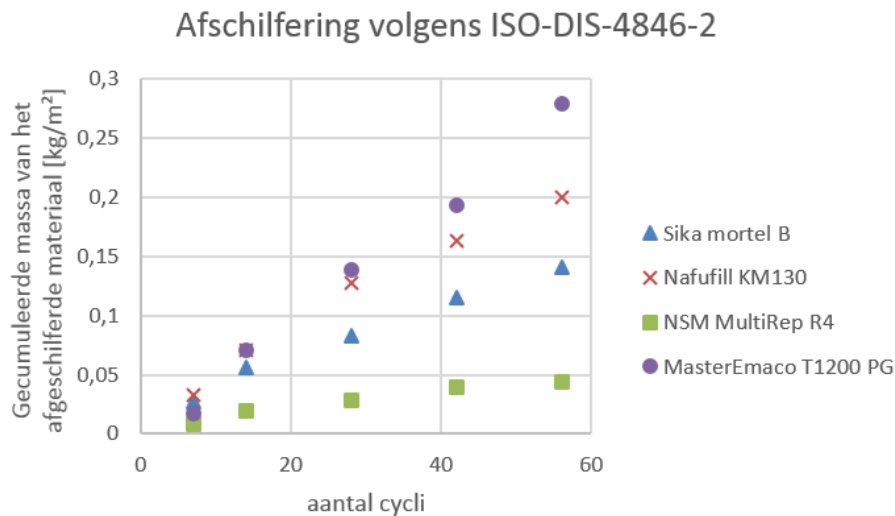


Figuur 5-22: Mal voor proef afschilfering

De bekomen proefstukken worden in een PVC-buis geplaatst die omgeven is door geëxpandeerd polystyreen kunststof. Boven op het proefstuk wordt een zoutoplossing (3 mm 3% NaCl-zoutoplossing) geplaatst.

De proefstukken worden vervolgens onderworpen aan een vorst-dooi belasting van 56 cycli.

5.9.6 Resultaten



Figuur 5-23: Diagram afschilfering

In bovenstaand diagram werden per product de gemiddelde waarden uitgezet.

5.9.7 Bespreking

Het Standaardbestek legt eisen op wat betreft de afschilfering. Hierbij dienen de testen te verlopen zoals voorgeschreven in de ISO-DIS 4846-2 norm (30 cycli). Er dient opgemerkt te worden dat de proeven uitgevoerd werden door de CEN/TS 12390-9:2006-norm (28 cycli) te volgen (SLAB-test).

De vorst-dooiweerstand kan worden geëvalueerd door het massaverlies na 28 cycli op te meten.

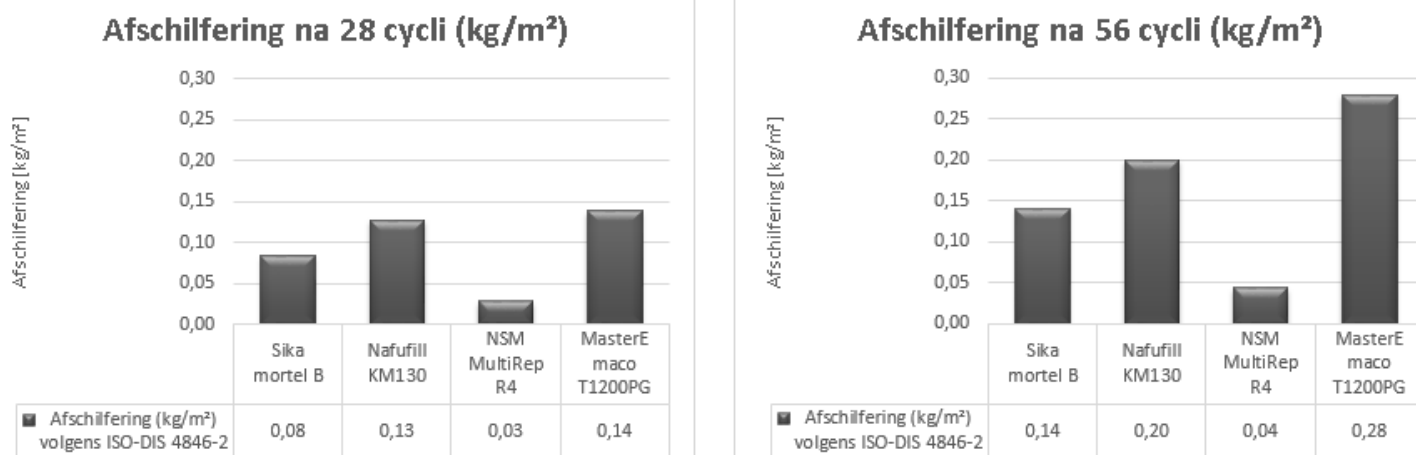
De vier beproefde producten vertonen een (nagenoeg) lineair massaverlies in functie van de tijd. Iedere cyclus veroorzaakt een gelijkaardige hoeveelheid schade aan het proefstuk.

Volgens het SB250 (versie 2.2) moet het maximaal individueel gecumuleerd massaverlies na 30 cycli kleiner blijven dan onderstaande waarden:

Tabel 5-3: Eis afschilfering volgens SB 250 (versie 2.2)

Bouwklasse	B1-B5	B6-B10, BF
Individuele eis $MV_{i,max}$	1,500 kg/m ²	3,000 kg/m ²

Onderstaand histogram levert de massaverliezen van de proefstukken na 28 cycli en 56 cycli. Er valt op te merken dat er zeer weinig afschilfering plaatsvindt en er bijgevolg ook voldaan is aan de eisen gesteld door SB250.



Figuur 5-24: Histogram afschilfering na 28 en 56 cycli

5.10 Hechtproeven op injectieproefstukken

5.10.1 Situering

Bij wegebeton is het mogelijk dat scheurvorming optreedt. Op de Belgische markt is reeds een uitgebreid gamma aan injectieproducten beschikbaar. Deze producten kunnen toegepast worden als (structurele) herstelling van de gescheurde zone door het uitvoeren van één of meerdere injecties. Voor deze proef werden vier epoxyharsen aan testen onderworpen:

- Grouttech 4110 (epoxyhars 1)
- Sika injectieproduct (epoxyhars 2)
- MC-Injekt 1264 Compact (epoxyhars 3)
- MasterInject 1380 (epoxyhars 4)

Epoxyharsen kunnen dienen om de draagkracht van betonnen wegen te vergroten of te herstellen. Door het injecteren van een laag viskeus epoxyhars kan de constructie terug de oorspronkelijke structuur bereiken. Injecties met harsen kunnen toegepast worden voor het herstellen van scheuren met een maximale breedte van 5 mm. Bij bredere scheuren kan manueel aangieten overwogen worden. Door de lage viscositeit van de epoxyhars dringt het materiaal tot in de haarscheurtjes. De verlijming is duurzaam door een goede hechting van het product op het gescheurde beton.

Doel van deze testen is na te gaan of de hechtsterkte van injectiesystemen met epoxybasis de minimale eisen volgens de Europese NBN EN 1504 norm haalt:

Tabel 5-4: Eis hechtsterkte volgens NBN EN 1504-3

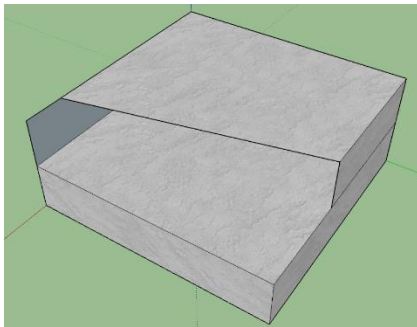
Minimale hechtsterkte vereist volgens NBN EN 1504-3 norm		
Hechtsterkte	Klasse R4 (structureel)	Klasse R3 (structureel)
		≥ 2,0 MPa

5.10.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm

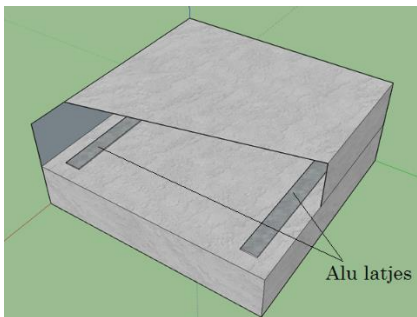
Voor deze testen werd geen norm gevolgd. De opstelling werd zelf bedacht en de gevolgde werkwijze wordt in deze paragraaf uitgebreid beschreven.

Methode:

Om deze producten in labo-omstandigheden aan een reeks testen te kunnen onderwerpen, werd een labo-opstelling bedacht:



Opstelling 1: Twee tegels (300mmX300mmX60mm) worden met de ruwe zijde naar elkaar geplaatst. Dit geval simuleert een kleine tot zeer kleine voeg (< 1 mm).



Opstelling 2: Tussen twee tegels worden twee aluminium latjes geplaatst (dikte = 1.6 mm). Met deze opstelling wordt een scheur-wijdte van 1.6 mm gesimuleerd.

Figuur 5-25: Sneden ter illustratie van de positie van de aluminium latjes

De ruwe zijden van alle tegels (voor binnenzijde proefstukken) worden opgeruwd met een stalen borstel om de cementschil te verwijderen. De proefstukken worden vervolgens afgeblazen en niet bevochtigd.

5.10.3 Vervaardiging proefstukken

Voor de proefstukken van epoxyhars 1 werd een andere methode gevolgd als voor de proefstukken van epoxyhars 2,3 en 4.

5.10.3.1 Vervaardiging injectieproefstukken epoxyhars 1:

Overzicht gebruikte materialen:



Figuur 5-26: Handpomp



Figuur 5-27: Plakpakker (kegelkopnippel)



Figuur 5-28: Proefstuk voor injectie

Uitvoering:

De proefstukken werden met spanarmen stevig tegen elkaar geklemd. Vervolgens werden in kleine hoeveelheden het product "Grouttech 4515" voorbereid. Hiervoor werden componenten A en B in de juiste hoeveelheden gemengd en met een boormixer gedurende een 5-tal minuten gemengd.

Gezien de snelle uitharding van het product (15-tal minuten) diende zorgvuldig gewerkt te worden. De epoxyspachtel werd hiertoe met een behangersmes uitgestreken ter hoogte van de voeg tussen de tegels.

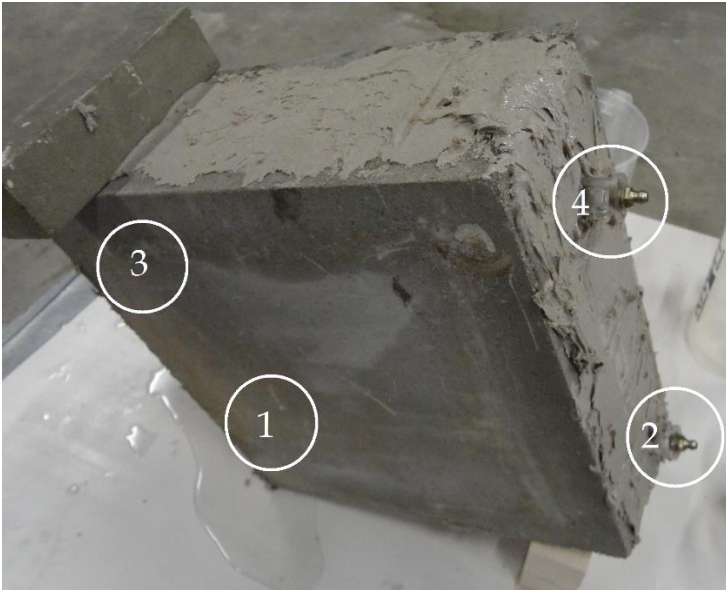
Aan twee zijden werden plakpakkers met epoxyspachtel aangebracht. Om te beletten dat de spachtel onder de plakpakkers zou komen, werden in de plakpakkers inbusstaafjes gestoken. Deze werden na uitharding weer verwijderd.

Na het bestrijken van de 4 zijden van de twee proefstukken, werden deze op een veilige plaats bewaard. De epoxyspachtel dient 24 uur uit te harden.

Enkele dagen later werden de twee proefstukken geïnjecteerd met "Grouttech 4110".



Figuur 5-29: Proefstuk bij start injecteren



Figuur 5-30: Injectievolgorde proefstuk

Om de injecties efficiënt uit te voeren, werd het blok gekanteld door onder 1 hoekpunt een betonnen balkje te plaatsen.

Volgorde injecties:

1. Bij de eerste injectie is slechts 1 plakpakker voorzien van een metalen kegelkopnippel. Het injectiemateriaal wordt via 1 in het proefstuk aangebracht. Op het moment dat het injectiemateriaal er in punt 2 uit loopt, wordt deze opening afgedicht.
2. De injectie wordt verdergezet vanaf opening 2 en stopt bij overlopen opening 3. Opening 3 wordt afgedicht.
3. In een laatste fase wordt de injectie op punt 3 uitgevoerd tot overlopen uit opening 4. Na het overlopen wordt ook opening 4 afgedicht.

Belangrijk hierbij is te weten dat het proefstuk tot op het niveau van punt 4 is volgelopen. Een kleine zone boven punt 4 (tip van het proefstuk) is niet geïnjecteerd. Dit is geen probleem aangezien hechtproeven op de middelste zone van het proefstuk zullen plaatsvinden.

De uitharding van het injectieproduct duurt 24 uur. Belangrijk hierbij is om de proefstukken niet te verplaatsen en/of draaien. Anders bestaat de kans dat er holtes in de onderste geïnjecteerde zone ontstaan.

De proefstukken worden vervolgens gedurende de weken nadien bewaard onder labo-omstandigheden (± 21 °C).

Ten slotte is het correct reinigen van het gebruikte materieel ook van belang. Hiervoor werd een product (oplosmiddel) van Grouttech gebruikt. Na het reinigen van de handpomp werd deze nogmaals met water nagespoeld om achterblijven van oplosmiddel in de pomp te vermijden.

5.10.3.2 Vervaardiging injectieproefstukken epoxyhars 2,3 en 4:

Overzicht gebruikte materialen:



Figuur 5-31: Handpomp



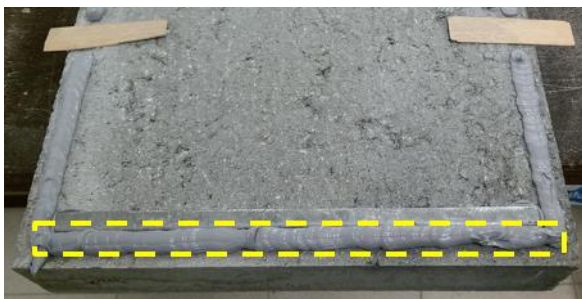
Figuur 5-32: Plakpakker (kegelkopnippel)

Uitvoering:

De tegels worden afgedicht door middel van "TEC 7". Dit gebeurt door een dubbele dichting. Enerzijds wordt de binnenkant afgedicht (2 openingen moeten behouden worden) en anderzijds bij het plaatsen van de twee tegels op elkaar wordt ook de buitenkant nog afgedicht.

Op de opening worden plakpakkers gekleefd.

Na het uitharden van de lijm (plakpakkers) werd met de injecties gestart. De producten worden geïnjecteerd aan de hand van een handpomp. Het product wordt onderaan geïnjecteerd tot het product de bovenzijde bereikt. Beide plakpakkers worden afgesloten. Nadien worden de proefstukken bewaard in labo omstandigheden ($\pm 21^{\circ}\text{C}$). Onderstaande foto's verduidelijken de werking.



Figuur 5-33: Tegel met binnenafdichting



Figuur 5-34: Tegel met buitenafdichting en plakpakker



Figuur 5-35: Manier van injecteren

5.10.4 Uithardingscondities

De meeste epoxyproducten dienen minimaal 24 uur uit te harden, hierbij werden de producten op 21 ± 2 °C bewaard alvorens deze opnieuw te verplaatsen. Nadien werden de proefstukken ook bewaard onder labo-omstandigheden (21 ± 2 °C).

5.10.5 Hechtsterktetesten op injectieproefstukken



Figuur 5-36: Boren van kernen

Per proefstuk worden 3 kernen geboord met een diameter van 50 mm. Een kolomboormachine met water gespoelde boor boort de kernen tot twee centimeter in de onderste tegel.

In een volgende stap wordt met behulp van perslucht het oppervlak van de kernen droog geblazen. Dit om een goede aanhechting met de epoxylijm te garanderen.



Figuur 5-37: Geboorde proefstukken



Figuur 5-38: Toestel hechtsterkte

Vervolgens worden plunjes (in aluminium of staal) met een diameter van 50 mm op het betonnen oppervlak bevestigd met behulp van een epoxylijm (Sikadur 31 CF). De lijm dient 24 uur uit te harden.

Om de injectieharsen te testen, worden testen verricht met een automatische hechtsterktemeter (type Proceq DY-206). Hiervoor wordt aan een gestandaardiseerde metalen kop getrokken tot breuk in één van de materialen optreedt (of tot einde bereik van het toestel).

5.10.6 Resultaten

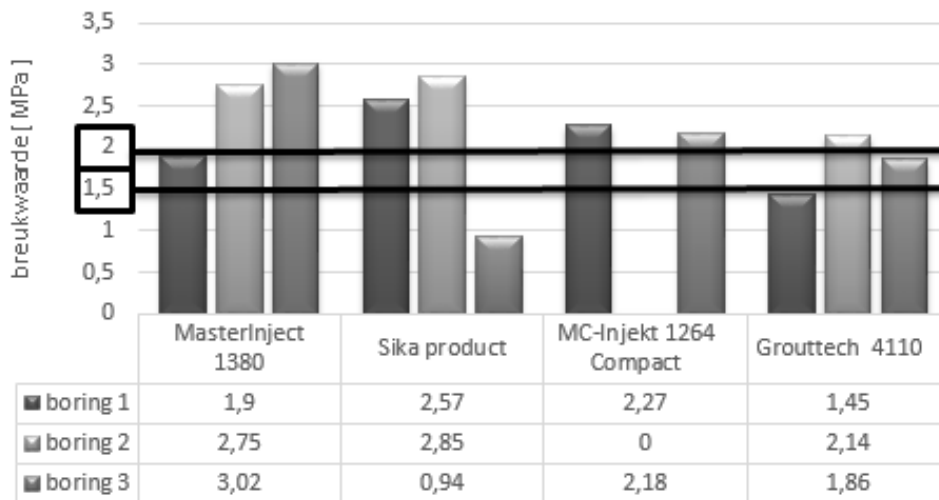


Figuur 5-39: Overzicht kernen na uitvoeren hechtsterkteproeven

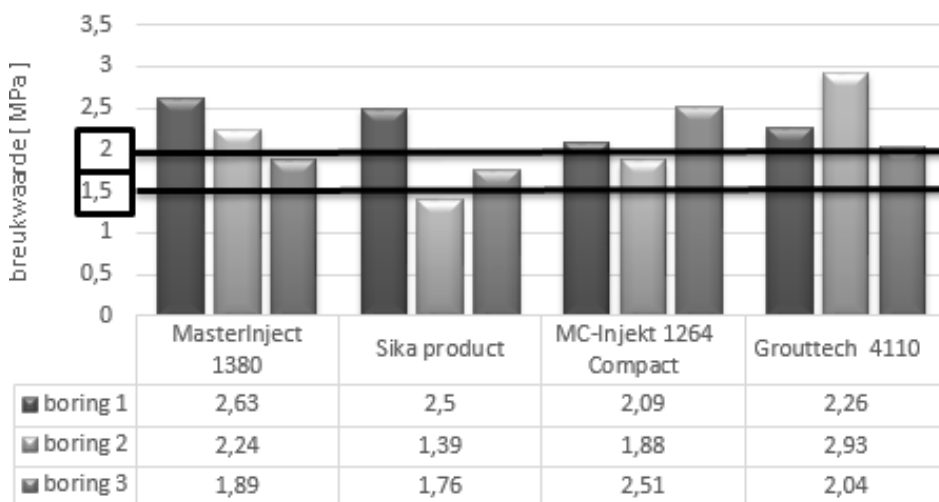
De kernen met nummers A, B en C zijn afkomstig van de proefstukken met aluminium latjes (simulatie scheurwijdte van 1.6 mm). De kernen met nummers D, E en F zijn afkomstig van de proefstukken zonder aluminium latjes. (scheurwijdte < 1 mm).

Bij kernen 3A, 3B, 3D, 3E, 4D en 4E vond tijdens de test breuk in het vlak tussen beton en epoxylijm plaats.

Resultaten injecties (1,6 mm)



Resultaten injecties (zonder latjes)



Figuur 5-40: Histogram resultaten injecties

5.10.7 Bespreking

De breuk ontstond op twee verschillende plaatsen:

- Breuk in één van de twee betonnen tegels.
- Breuk in het contactvlak tussen de betonnen tegel en de epoxylijm.

Er dient opgemerkt te worden dat er geen breuk ontstaan is in:

- Injectiemateriaal zelf.
- Contactvlak tussen injectiemateriaal en betonnen tegel.

Het injectieproduct is dus sterker dan de betonnen tegels. Dit was ook verwacht aangezien de gebruikte betonnen tegels standaard tegels uit de bouwhandel zijn en niet genormaliseerd zijn voor deze proef.

Aangezien de breuk telkens ontstaan is in de betonnen tegels, kunnen geen conclusies getrokken worden in verband met de invloed van de scheurwijdte op de hechtsterkte van het injectieproduct.

Algemeen kan wel geconcludeerd worden dat de waarden voor de hechtsterkte van de injectieproducten hoger liggen dan 2,0 MPa. Aangezien dit hoger is als de grenswaarde die de Europese norm eist, kan gesteld worden dat de geteste injectieproducten allemaal van klasse R4 (structureel) zijn.

Tabel 5-5: Gestelde eisen volgens NBN EN 1504-3

Prestatie-eisen	Proefmethode	Eisen			
		Structureel		Niet-structureel	
		Klasse R4	Klasse R3	Klasse R2	Klasse R1
Hechtsterkte	NBN EN 1542	≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa	

5.11 Hechtsterkte

5.11.1 Situering

Om een duurzame herstelling uit te voeren, is een goede hechting van de reparatiemortel met de betonnen ondergrond noodzakelijk. Afhankelijk van het type mortel is al dan niet een hechtlaag vereist.

Doel van deze testen is de invloed van de ondergrond na te gaan op de hechting van het herstelproduct op de betonnen ondergrond. Hierbij worden testen gedaan op oppervlakken met een verschillende ruwheid en vochtigheid.

Er worden 3 varianten uitgevoerd:

- Standaard = 8 producten getest op natte, ruwe ondergrond. De mortel wordt aangebracht volgens de voorschriften van de producten (met of zonder hechtlaag).
- Variant 1 = 4 producten getest op droge, ruwe ondergrond.
- Variant 2 = 4 producten getest op natte, gladde ondergrond.

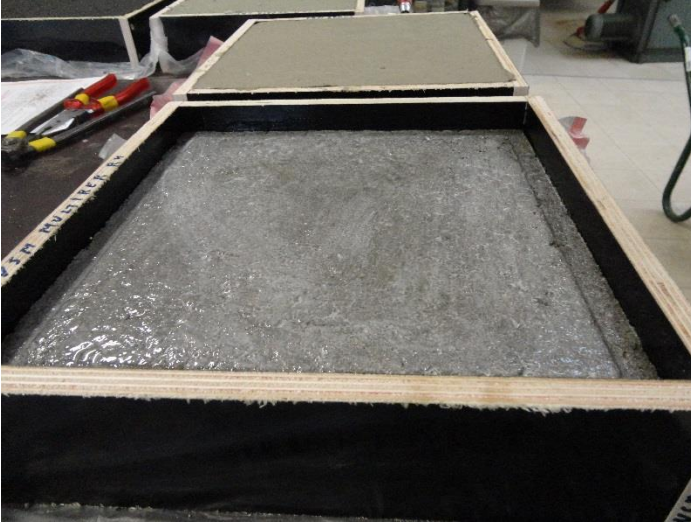
De testen worden uitgevoerd op standaard betontegels (verkrijgbaar in bouwhandel) met afmetingen 300mmX300mmX60mm. De tegels hebben een CE-markering en zijn BENOR-gekeurd.

5.11.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm

In de norm NBN EN 1504-3 wordt een minimale waarde geëist, namelijk 2 N/mm² voor een structurele klasse 4 herstelling. Voor structurele herstellingswerken van klasse 3 wordt een minimale waarde van 1.5 N/mm² opgelegd.

Gevolgde werkwijze:

- Een bekisting wordt rond de tegels geplaatst. Deze is 2 cm hoger dan de tegels.
- De mortel wordt aangebracht volgens de voorschriften. (Tegels horizontaal geplaatst)
- De tegels worden ingepakt in plastic zakken om geen verdamping van het aanmaakwater te laten optreden.
- De tegels worden na 1 dag ontkist en in een waterbad geplaatst.
- In de tegels worden 3 kernen geboord met een diameter van 50 mm en een diepte van ± 4 cm (2 cm mortel en 2 cm in tegel)
- Op de kernen worden pastilles gekleefd
- Aan de pastilles wordt getrokken met het apparaat Proceq dy-206 (hechtsterktemetingen) met een snelheid van 0.5 kN/s



Figuur 5-41: Voorbeeld bekisting rond tegels

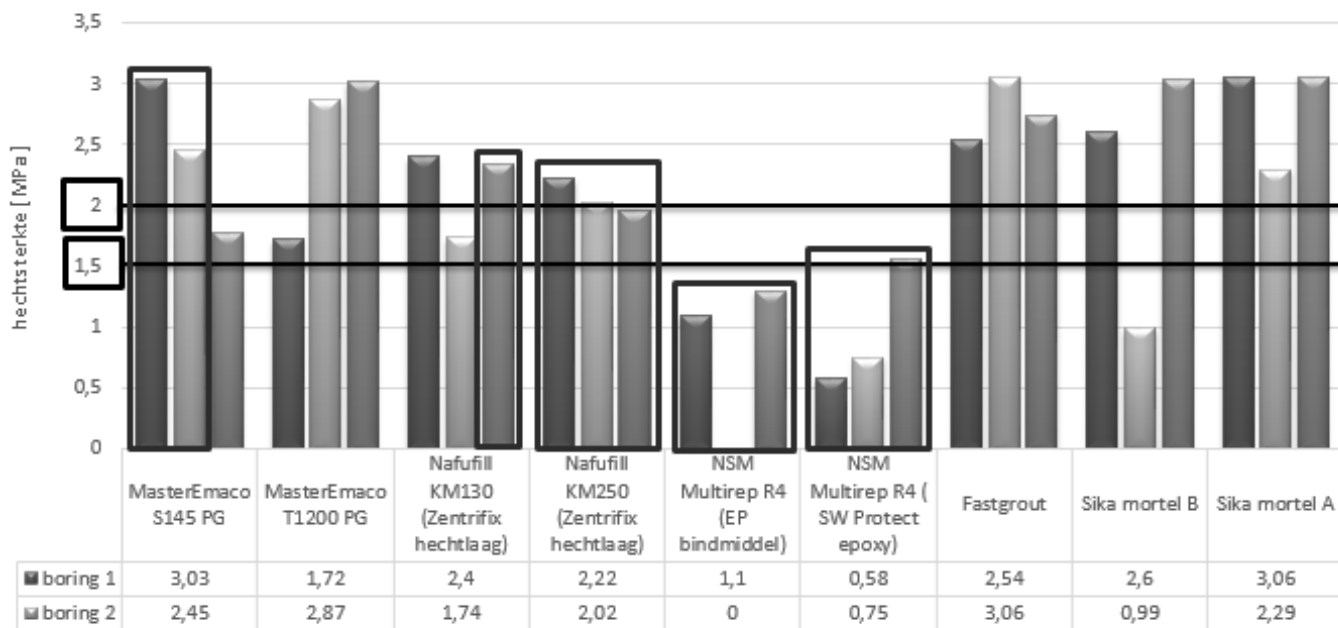
5.11.3 Uithardingscondities

De proefstukken werden bewaard in een waterbad met een relatieve vochtigheid van 100 % en watertemperatuur van 21°C.

5.11.4 Resultaten

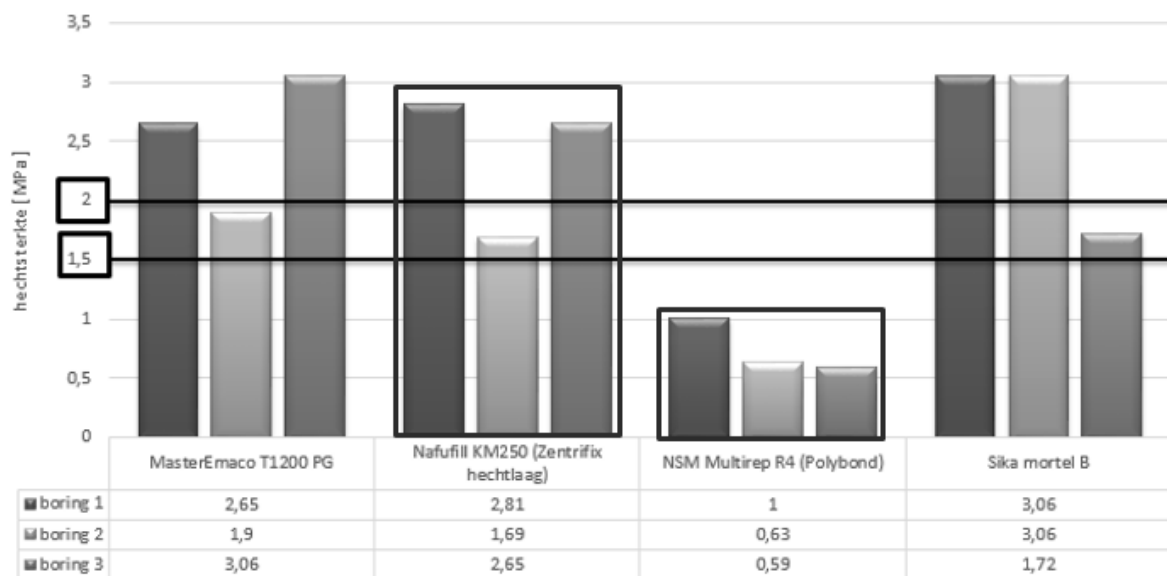
De resultaten worden opgelijst in onderstaande histogrammen. De **omkaderde** resultaten hebben een **breuk in de mortel of de hechtlaag**. De andere resultaten hebben breuk in de lijm of betontegel. Hieruit kunnen dus geen besluiten getrokken worden.

Standaard: nat ruw

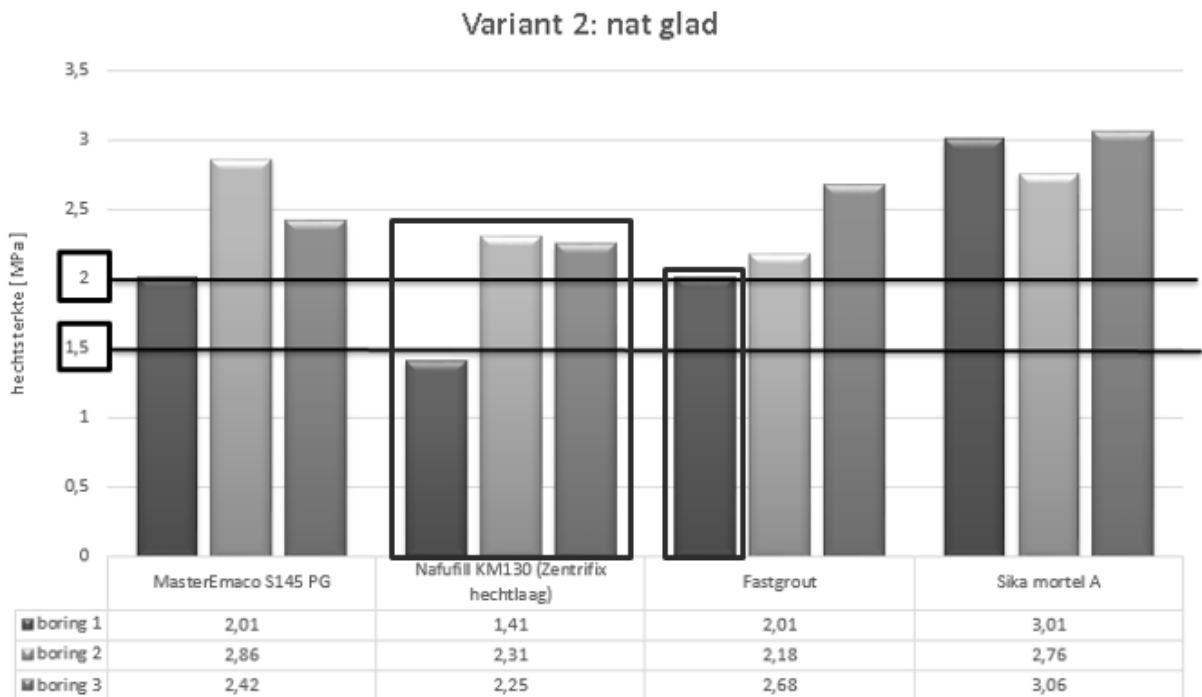


Figuur 5-42: Histogram hechtsterkte standaard opstelling

Variante 1: droog ruw



Figuur 5-43: Histogram hechtsterkte variante 1



Figuur 5-44: Histogram hechtingssterkte variant 2

De breuk treedt op in vier mogelijke vormen: breuk in de betontegel, breuk in de lijm, breuk in de hechtinglaag en breuk in de mortel. Als de breuk in de betontegel of de lijm plaatsvindt, kan hieruit geen conclusie getrokken worden in verband met de herstellmortel. In tegenstelling, als de breuk plaatsvindt in de mortel of de hechtinglaag wordt wel een besluit getrokken.

Standaard nat ruw:

Twee producten voldoen niet aan de norm NBN EN 1504-3. Het product Nafufill KM 250 met hechtinglaag Zentrifix. Bij dit product heeft 1 van de drie boringen net niet de 2 MPa gehaald. Een tweede product dat de norm NBN EN 1504-3 (klasse R4 eisen) niet haalt, is NSM MultiRep R4. Met 2 verschillende hechtinglagen worden heel lage resultaten bekomen uit de proeven. Het product Nafufill KM250 haalt wel de klasse R3 eisen.

Op te merken valt dat de “EP bindmiddel”-hechtinglaag enkel gebruikt mocht worden op een droge ondergrond (vochtgehalte van de ondergrond dient kleiner te blijven dan 4 %). Dit verklaart de lage waarden voor de hechtingproeven op de natte ondergrond. Dit duidt op het belang van de keuze van een goede hechtinglaag (indien strikt noodzakelijk).

Bij de “SW Protect”-hechtinglaag dient ook opgemerkt te worden dat de aangebrachte mortel niet extra in de hechtinglaag werd ingemasseed.

Tenslotte valt ook de grote spreiding van de resultaten bij de boringen van NSM MultiRep R4 op. Op de resultaten zit een spreidingsfactor van ongeveer 3 (waardes van 0.58 MPa tot 1.55 MPa). Hieruit valt af te leiden dat het oppervlak van de ondergrond een invloed op de resultaten heeft. De tegels waren niet homogeen ruw wat geleid heeft tot enerzijds zeer ruwe zones met grote open poriën en anderzijds zeer gladde zones met een aanwezigheid van een cementschil. Dit had dan ook een sterke invloed op de resultaten. Beter was om het betontegelloppervlak gelijkmatig te stralen zodat een gelijkmatige ruwheid

bekomen werd waarbij de spreidingsfactor beperkt zou blijven. De hechtsterkte zou dan een stuk hoger geweest zijn.

Variant 1 droog ruw:

Ook in deze variant zijn het beide producten die niet voldoen. Opnieuw wordt vastgesteld dat Nafufill KM 250 met 1 waarde uit de resultaten de norm NBN EN 1504-3 (klasse R4 eisen) niet haalt. Het tweede product, NSM Multirep R4 haalt opnieuw beduidend heel lage waarde. Het product Nafufill KM250 haalt wel de klasse R3 eisen. Op te merken valt dat de Polybondhechtlaag werd vermengd met water (gewichtverhouding 1/1). Er zou een betere hechting bekomen zijn door het product puur aan te brengen en goed in de betonnen ondergrond in te masseren.

Variant 2 nat glad:

De laatste variant heeft één product die de eis uit de norm NBN EN 1504-3 niet haalt. Het enige product dat de eis niet haalt is Nafufill KM 130. Opnieuw is één waarde lager dan de gestelde eis.

5.11.5 Voorbereiden ondergrond

De ondergrond moet voorbereid worden want met een goede hechting valt of staat alles. De ondergrond moet gefreesd of gezandstraald worden. De cementshuid moet volledig verwijderd worden. Op deze manier ontstaat een ruw oppervlak en heeft de mortel de mogelijkheid om zich goed te hechten.

Bij de hechtsterkteproeven werden testen verricht op een ruw en een glad oppervlak. Dit met de bedoeling een duidelijk verschillende ondergrondruwheid te simuleren.



Figuur 5-45: Ruwe en gladde zijde betontegels

Een goede hechting wordt bekomen op een oppervlak met een grote ruwheid en grote (open) poriën. Nadien kan eventueel een hechtlaag aangebracht worden die goed in de betonnen ondergrond wordt ingemasseerd. Vervolgens kan de herstellmortel worden aangebracht die voldoende nat is en opnieuw goed ingemasseerd worden (in de hechtlaag).

De tegels werden voor de testen niet gestraald (oppervlak), dit zorgde er dan ook voor dat de aanwezige cementshuid niet verwijderd werd. Beter was om de tegels voldoende te stralen om een behoorlijke ruwheid en grote, open poriën te bekomen en het product beter te laten hechten.

5.11.6 Bespreking

De resultaten worden in paragraaf “5.11.4 resultaten” geanalyseerd. De conclusie die hieruit getrokken kan worden is dat de meeste producten de eis uit de norm NBN EN 1504-3 halen. Als deze waarde niet gehaald wordt door breuk in de lijm of betontegel wordt deze waarde niet gebruikt bij de besluitvorming.

Op te merken valt dat de BENOR-keuring geen hechtlagen bij de uitvoering van herstelmortels toelaat. Dit werd beslist na verscheidene praktijksituaties waarbij het aanbrengen van een hechtlaag zorgde voor een veel slechtere hechting dan wanneer het gebruik van een hechtlaag achterwege gelaten zou zijn. Bij het aanbrengen van hechtlagen zijn er vele parameters die fout kunnen lopen (oppervlak onvoldoende opgeruwd, herstelproduct onvoldoende ingemasseed etc.). Het aanbrengen van een onnodige hechtlaag is een bron van veel problemen op werven.

5.12 Stroefheid

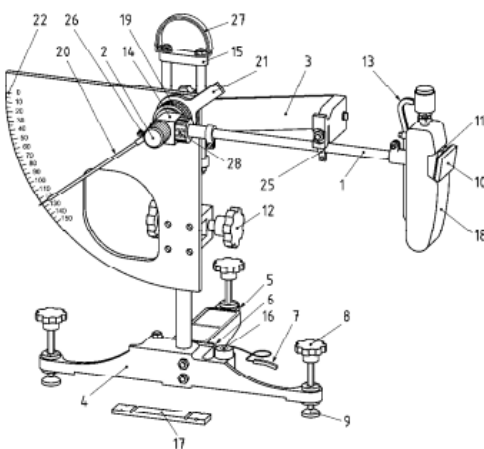
5.12.1 Situering

In de norm wordt gesproken van de slip- en uitglijweerstand (andere benaming). De stroefheid wordt bepaald omdat dit uiterst belangrijk is bij het gebruik van de weg. Een plaatselijke herstelling moet ook voldoende stroefheid bezitten.

De stroefheid is van belang voor de verkeersveiligheid. Bewegend verkeer dat zich over de weg verplaatst, moet de mogelijkheid hebben om te kunnen remmen. Een voldoende stroef oppervlak is hierbij cruciaal.

5.12.2 Gevolgde norm en afwijkingen ten opzichte van norm

De proeven worden uitgevoerd volgens de norm NBN EN 13036. Het gebruikte toestel wordt op onderstaande figuur afgebeeld.



Figuur 5-46: Apparaat om stroefheid te meten

Elk product werd aan drie stroefheidsmetingen onderworpen. De pendule was voorzien van een slider en de hoogte werd ingesteld op deze wijze dat de afstand tussen de twee contactpunten met het proefstuk een lengte heeft van 126 mm (nummer 17 op afbeelding bepaalt de afstand). Na deze instelling kan de proef aanvatten. Elke test bestaat uit 5 slagen van de pendule en de waarden mogen niet meer afwijken dan 3 eenheden. De metingen mogen gestopt worden indien er 5 opeenvolgende testen zijn die niet meer dan drie eenheden ten opzichte van elkaar afwijken. Voor elke slingerbeweging moet het tegeloppervlak nat gemaakt worden met water op een temperatuur die telkens wordt opgemeten. Bij de aanmaak werden de tegels in één richting geborsteld. De stroefheidsmetingen verlopen loodrecht op de borstelrichting. Dit sluit het best aan bij de werkelijkheid.

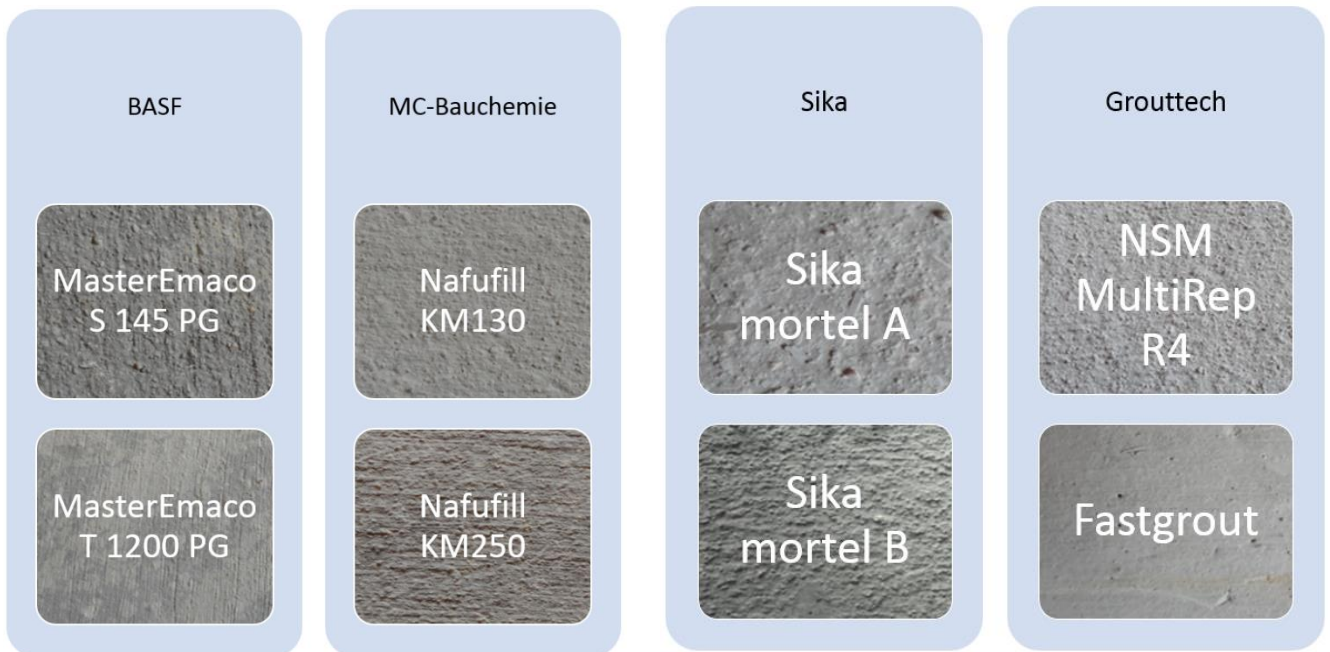


Figuur 5-47: Opstelling stroefheid

5.12.3 Uithardingscondities

Voor de stroefheidsmetingen werden dezelfde proefstukken gebruikt als bij de hechtsterktemetingen. De uithardingscondities zijn beschreven in punt 5.11.3 .

De oppervlakken van de verschillende mortels worden op onderstaand overzicht weergegeven.

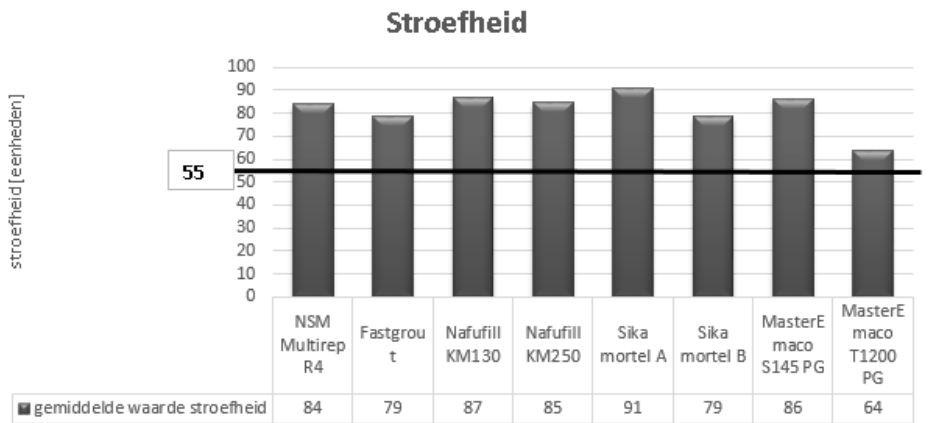


Figuur 5-48: Diagram met overzicht oppervlakafwerking mortels

5.12.4 Resultaten

De resultaten worden per producent gecontroleerd en geanalyseerd.

De resultaten worden opgelijst in onderstaande tabel.



Figuur 5-49: Histogram stroefheid

De resultaten zijn afhankelijk van hoe sterk het proefstuk gebezemd is geweest. Bij de proefstukken van de mortel MasterEmaco T1200 PG was het bezemen te laat wat ook de lage waarden verklaart.

De norm NBN EN 1504-3 schrijft voor:

Tabel 5-6: Stroefheid uit de norm NBN EN 1504-3

Slip- en uitglijweerstand	Geen	NBN EN 13036-4	Klasse I : > 40 beproefde eenheden in vochtige toestand Klasse II : > 40 beproefde eenheden in droge toestand Klasse III : > 55 beproefde eenheden in vochtige toestand
---------------------------	------	----------------	---

Alle producten voldoen ruim aan de norm en behoren tot de klasse III.

5.12.5 Bespreking

De oppervlaktestroefheid van de verschillende producten is afhankelijk van de mate van borstelen van het oppervlak. Een langere en diepere borsteling zal leiden tot een grotere stroefheid wat ook blijkt uit de resultaten. Door de snelle uitharding van het product MasterEmaco T1200 PG kon het oppervlak niet tijdig meer geborsteld worden en werd een lagere stroefheid bekomen. De resultaten zijn in veel mindere mate afhankelijk van het product zelf.

Alle producten voldoen wel aan de strengste klasse III eisen.

5.13 Algemeen besluit proefresultaten

In deze thesis werd een volledig hoofdstuk aan de uitvoering van de proeven besteed. De doelstelling van dit onderdeel is om een algemeen beeld te vormen van de eigenschappen van verschillende soorten reparatiemortels en scheurinjectiesystemen.

Er is getracht om de proeven uit te voeren volgens de normen in de mate van het mogelijke. Bij eventuele afwijkingen werd dit steeds bij de betreffende proef vermeld. Er valt op te merken dat de proeven uitgevoerd werden in bijna "ideale" laboratoriumomstandigheden. In praktijk dienen de types producten te weerstaan aan veel zwaardere klimatologische belastingen, bijvoorbeeld een herstelling van een betonplaat tijdens een stortbui.

Uit de resultaten is gebleken dat ieder type product zijn sterke en zwakke eigenschappen heeft. Er kan dan ook niet gezegd worden dat algemeen een type herstelproduct steeds betere waarden haalt. Er dient ook opgemerkt te worden dat de verschillen tussen de verschillende producten van hetzelfde type ook groot kunnen zijn. De eigenschappen zijn dan ook afhankelijk van een groot aantal andere parameters (zoals additieven etc.). De resultaten worden in hoofdstuk 6 in tabelvorm vergeleken met de gevonden eisen uit literatuurbronnen.

Deel III: Vergelijking proefresultaten met literatuurbronnen

6 Vergelijking range proefresultaten met literatuurbronnen

6.1 Inleiding

In een derde deel van de thesis wordt getracht om een link te vormen tussen de literatuurstudie en de proeven die voor de thesis werden uitgevoerd. Op basis van de gedane proeven wordt getracht om een eis op te stellen waaraan herstellmortels voor de wegebouw moeten voldoen. Om deze eisen op te stellen wordt ook gekeken naar het Standaardbestek 250 en de NBN EN 1504-normenreeks. De strengste van de drie geldt als waarde en wordt als eis opgenomen in de overzichtstabel bij deze hoofdstukken.

In een volgend deel wordt ook een vergelijking gemaakt tussen de gevonden eisen en de eisen die geldig zijn in andere landen (Verenigde Staten en Australië).

Ten slotte wordt ook dieper ingegaan op de toepassingsmogelijkheden van de verschillende producten. CC, PCC en PC mortels worden hierbij nader toegelicht. De limieten verbonden aan de uitvoering worden hierbij ook kort toegelicht.

6.2 Tabel opgesteld volgens range uit proefresultaten

De resultaten worden opgeijst in onderstaande tabel. De tabel is opgebouwd uit twee delen: snelhardende en normaal hardende mortels. Een tweede opdeling vindt plaats tussen de CC- en PCC-mortels.

Tabel 6-1: Tabel met resultaten per type product

snelhardende mortels							
	volumieke massa [kg/m ³]	einde binding [min]	krimp [mm/m]	luchtgehalte [%]	druksterkte [N/mm ²]		
					2 u	24 u	28 dagen
CC	2250-2300	30-45	/	<6	>15	>30	>45
PCC	/	/	/	/	/	/	/

	buigtreksterkte [N/mm ²]	E-modulus [N/mm ²]	afschilfering [kg/m ²]	hechtsterkte [N/mm ²]			stroefheid [eenheden]
	28 dagen		na 28 cycli	nat ruw	droog ruw	nat glad	
CC	>7	20000-40000	<0,2	>2	>2	>2	>75
PCC	/	/	/	/	/	/	/

normaalhardende mortels							
	volumieke massa [kg/m ³]	einde binding [min]	krimp [mm/m]	luchtgehalte [%]	druksterkte [N/mm ²]		
					2 u	24 u	28 dagen
CC	2200	/	/	/	/	>30	>45
PCC	2050-2200	/	<0,8	<6,2	/	>15	>25

	buigtreksterkte [N/mm ²]	E-modulus [N/mm ²]	afschilfering [kg/m ²]	hechtsterkte [N/mm ²]			stroefheid [eenheden]
	28 dagen		na 28 cycli	nat ruw	droog ruw	nat glad	
CC	>7	>20000	/	>2	/	>2	>80
PCC	>7	20000-35000	<0,2	>2	>2	>2	>80

6.3 Vergelijking opgestelde range met literatuurbronnen

(Cement Concrete & Aggregates Australia, June 2009) (Missouri Department of Transportation (MoDOT)) (North Carolina Department of Transportation)

De resultaten die geconcludeerd worden uit de proeven komen sterk overeen met de gevonden eisen uit de literatuur. Er werd geopteerd om de proefresultaten als beperkende range aan te nemen.

Tabel 6-2: Proefresultaten en eisen volgens literatuur

		Proef resultaten	Concrete Pavement Repair (Australia)	Amerikaanse voorschriften volgens ASTM (North-Carolina)	voorschriften volgens Modot(Missouri)	NBN EN 1504-3 klasse 3	NBN EN 1504-3 klasse 4	Standaard bestek 250 v 2.2
luchtgehalte [%]		<6	/		> 4	/	/	/
druksterkte [N/mm ²]	2u	>15	/	>10,34 (ASTM C 109)	/	/	/	/
	4 u	/	/	/	>11,03	/	/	/
	24 u	>30	>5	>31,03 (ASTM C 109)	>27,6	/	/	/
	28 dagen	>45	>35	>62,1 (ASTM C 109)	/	>25	>45	>45
buigtreksterkte [N/mm ²]		>7	/	>7,9 (ASTM C 348)	/	/	/	>7
E-modulus [N/mm ²]		20000-40000	26000	32000-35000	/	>15000	>20000	/
hechtsterkte [N/mm ²]		>2	/	>3,1 (ASTM D 638)	/	>1,5	>2	>2

Bij de tabel dient echter nog een belangrijke opmerking gemaakt te worden. In Europa geldt de NBN EN 1504-3 als norm voor reparatiemortels. Deze geeft aan dat de testen dienen te verlopen volgens de Europese testmethodiek, de norm is geharmoniseerd op Europees niveau. Op het niveau van de lidstaten kunnen lokale afwijkingen toegelaten zijn. Deze lokale normen bevinden zich op een nationaal niveau en zijn niet geharmoniseerd. Er worden onderling verschillende maten voor proefstukken gehanteerd: in Duitsland verlopen druksterketesten op kubussen (zijde 100 mm), In Frankrijk worden nog bijkomende proeven op cilinders (300 mm hoog en diameter van 150 mm) verricht, in het Verenigd Koninkrijk verlopen ten slotte testen op langere prisma's als deze die voorzien zijn in de NBN EN 1504.

In tabel 6.2 worden ook Amerikaanse waardes vermeld. Deze testen verlopen volgens de Amerikaanse ASTM-voorschriften. Belangrijk hierbij is om de waardes uit de tabel niet zomaar te vergelijken. Om een correcte vergelijking mogelijk te maken, dienen omrekeningsfactoren in rekening gebracht te worden. Deze kunnen afgeleid worden met behulp van omrekeningstabellen. De druksterkte volgens ASTM verloopt bijvoorbeeld niet op prisma's, maar op kubussen met een zijde van twee inch.

6.4 Toepassingscondities

Het voorbereiden van de ondergrond (zowel zijkant (zaagsneden) als bovenoppervlak) is nodig om een goede aanhechting van het herstelproduct op de betonnen ondergrond te verkrijgen. Om voldoende ruwheid te bekomen, kan zowel een mechanische, thermische als chemische behandeling uitgevoerd worden. Mogelijke technieken zijn freezezen, gritstralen, stofvrij kogelstralen, dampstralen of manueel bewerken met behulp van een staalborstel of staaldraadbezem.

Cementgebonden mortels dienen steeds op een capillair verzadigde ondergrond aangebracht te worden. Het oppervlak van de drager moet matvochtig zijn. Mortels op basis van polymeren dienen daarentegen aangebracht te worden op een droge ondergrond. Het vochtgehalte van de ondergrond dient beperkt te worden tot maximaal 4 à 6 percent. Indien herstellingen zouden plaatsvinden tijdens een vorstperiode, dienen de werken uitgesteld te worden. Het is aangewezen om geen herstellingen te doen onder het vriespunt. Indien de mogelijkheid bestaat dat vorst optreedt na het aanbrengen van de mortel, dan dient de mortel voldoende beschermd te worden met bijvoorbeeld isolatieplaten uit polyurethaanschuim. Het oppervlak van de betonnen ondergrond mag niet ontdooid worden met een (gas)brander. Door de grote thermische belasting zou bijkomende schade onder de vorm van microscheuren kunnen ontstaan. Dit kan ook nadelige gevolgen hebben op de hechting.

6.5 Het “ideale” product

Bij de uitvoering van herstellingswerken dient steeds een type product gekozen te worden die het best voldoet aan de gestelde eisen (omgeving, duurzaamheid etc.). Bij herstelmortels vormen een aantal parameters hierbij een goede maat:

- Buigtreksterkte
- Druksterkte
- Krimp
- Luchtgehalte

Een product met bijvoorbeeld een zeer hoge druksterkte en een hoge krimp kan toch als niet geschikt worden beschouwd. Er dient immers zo goed als mogelijk aan alle belangrijke parameters voldaan te zijn. Het ideale herstelproduct bestaat niet, er dient steeds een compromis gezocht te worden in de eisen die aan het product gesteld worden.

7 Conclusie

In de thesis werd onderzoek verricht rond herstelmortels en scheurinjectiesystemen. Enerzijds werd de toepasbaarheid van herstelmortels in de wegenbouw nagegaan door het uitvoeren van proeven. Hierbij werden meerdere types getest van 4 verschillende producenten. Anderzijds werd ook een proefopstelling bedacht en uitgevoerd op scheurinjectiesystemen. Dit opnieuw om de toepasbaarheid van de epoxysystemen in de wegenbouw na te gaan.

Uit de proeven zijn meerdere conclusies te trekken. Een goede voorbereiding van de ondergrond is cruciaal om de herstelling duurzaam te kunnen uitvoeren. Bepaalde producten vereisen een (mat)vochtige ondergrond (cementgebonden mortels), andere types producten vereisen dan weer een zo droog mogelijke ondergrond (mortels op basis van polymeren). Bij het uitvoeren van herstellingswerken dient ook naar de klimatologische omgevingsvoorwaarden gekeken te worden. Er wordt aangeraden om geen herstelling uit te voeren onder de 5°C. Er zou immers een veel langere uithardingstijd nodig zijn alsook een veel groter risico op het optreden van schade (vorst, mechanische inwerking etc.)

Het beschermen van het product is ook van primordiaal belang om de herstelling duurzaam te houden. Het aanbrengen van een correcte curing compound zorgt voor een correcte uitdrogingstijd en vermijdt dat de mortel te snel droog valt met een te lage sterkte (druk- en buigtreksterkte) tot gevolg.

Bij het uitvoeren van de herstellingswerken dient er gelet te worden op het zo nauwkeurig mogelijk toevoegen van de waterhoeveelheden. Een te hoog watergehalte zou de kwaliteit van het product immers negatief beïnvloeden.

Uit de thesis is gebleken dat het voorbereiden van de ondergrond, correct aanbrengen van het product (in juiste hoeveelheden) en een correcte nabehandeling cruciaal is om een herstelling kwalitatief en duurzaam te kunnen uitvoeren.

Bij verderzetting van dit eindwerk kan dit onderzoek worden uitgebreid naar extra studie rond de voorbereiding van de ondergrond en het nabehandelen van het product. Er kan ook onderzoek verricht worden rond het hydrofoberen van oppervlakkig beschadigd beton.

8 Bibliografie

Austrian Concrete Association. (sd).

BASF Construction Chemicals Belgium NV. (sd). Injecteren.

Beeldens, A. (sd). betonverhardingen principes.

Beeldens, A. (sd). Opbouw van een weg grond onderfundering en fundering.

Cement Concrete & Aggregates Australia. (June 2009). *Concrete Pavement Maintenance/Repair*. CCAA.

Deminar BASF Construction Chemicals Belgium NV. (sd). Powerpoint betonrenovatie & betonherstelling.

Dooms, D., Jacobs, J., & Pollet, V. (2008). *Technische voorlichting 231:Herstelling en bescherming van beton (gebouwen en burgerlijke bouwkunde)*. Brussel: WTTCB.

Freeman, T. J., Jung, Y. s., & Zollinger, D. G. (July 2008). *Guidelines for routine maintenance of concrete pavement*. College Station, Texas: Texas Transportation Institute.

Jacobs, J. (2001). *Betonschade: oorzaken-diagnose-herstellingen*. Aalst: WTTCB.

Jacobs, J., & Vyncke, J. (1993). Betonschade: Een overzicht. *WTTCB tijdschrift*, 37-44.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Wegen en Verkeer . (2001). *Catalogus: Schade aan Wegverhardingen*.

Missouri Department of Transportation (MoDOT). (sd). *Pavement Repair*.

NBN EN 1504-5 concrete injection. (2013, Juni).

North Carolina Department of Transportation. (sd). *Partial and full depth repair manual*.

(2010). *Standaardbestek 250 versie 2.2*.

FACULTEIT INDUSTRIELE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
CAMPUS GENT (@KAHO Sint-Lieven)
Gebroeders De Smetstraat 1
9000 GENT, België
tel. + 32 9 265 86 10
fax + 32 9 225 62 69
iiw.kaho.gent@kuleuven.be
www.iw.kuleuven.be



