

Scheurvorming in jong beton

Scheurtjes in beton zijn niet direct reden voor ongerustheid. Sterker nog, wapeningsstaal in beton kan zijn werk pas doen als er enige scheurvorming in het beton is opgetreden. Toch kunnen scheuren aanleiding zijn tot discussie, vooral als de scheurvorming niets te maken heeft met het door de constructeur voorziene patroon. Meestal gaat het dan om scheurtjes in jong beton, dus in de plastische fase. Jong beton is kwetsbaar, het heeft weinig sterkte. Het is daarom van belang grote temperatuurverschillen te voorkomen. Hoe dat moet?



Een scheurtje in beton is niet onoverkomelijk. In gewapend beton zijn scheurtjes zelfs heel normaal (zie kader). Toch kan het gebeuren dat in een betonconstructie scheuren ontstaan die op geen enkele wijze te maken hebben met de door de constructeur gehanteerde berekeningsuitgangspunten. Meestal zijn dit scheuren die zich al in een vroeg stadium manifesteren, variërend van enkele uren tot maximaal enkele dagen na het storten van de betonspecie. We spreken van scheuren in jong beton. Scheuren in jong beton leiden vaak tot twistgesprekken op de bouwplaats. Hoe kon het gebeuren, wat is de oorzaak van de scheur en moet het beton gerepareerd worden?

De verschijningsvorm van een scheur, of het scheurenpatroon, geeft veel informatie over de mogelijke oorzaak. Het tijdstip waarop scheurvorming wordt geconstateerd, kan eveneens een belangrijke aanwijzing zijn. Scheuren in jong beton kunnen we verdelen in twee categorieën: scheuren die ontstaan terwijl de betonspecie nog plastisch is en scheuren die ontstaan wanneer er al sprake is van enige verharding, dus als de vervormbaarheid enorm is afgenomen.

Scheuren in de plastische fase

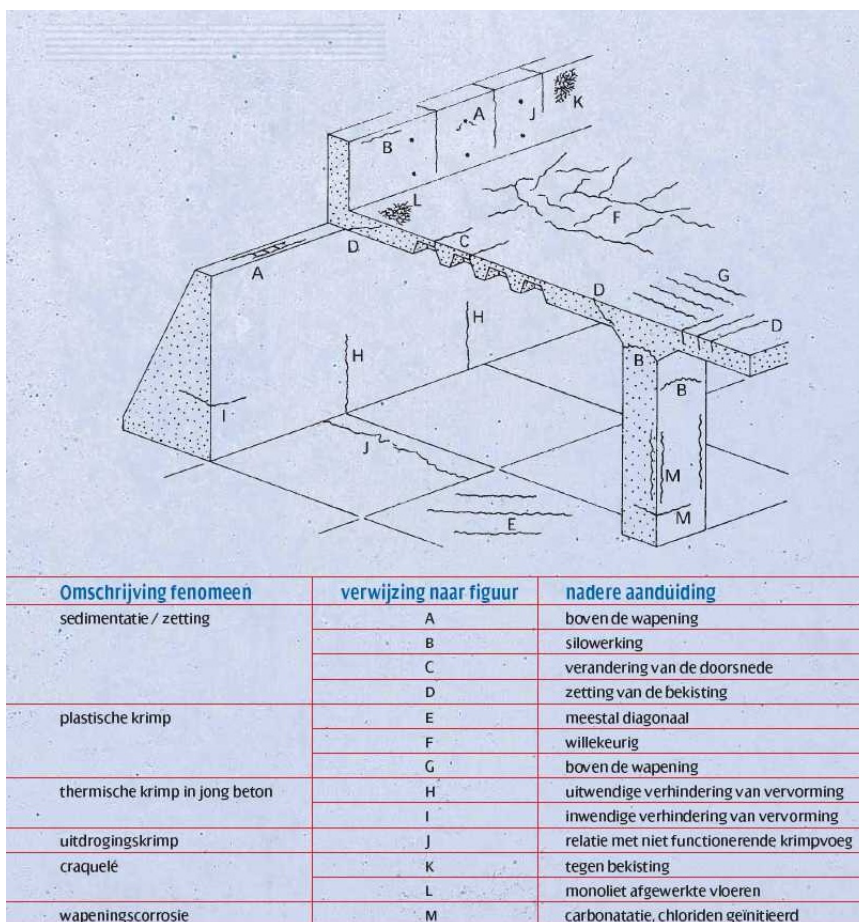
Dit zijn scheuren die ontstaan terwijl de betonspecie nog plastisch is. In feite is de betonspecie nog enigszins verwerkbaar. Het zou betrekkelijk eenvoudig moeten zijn om dergelijke scheuren te vermijden of te herstellen. Maar men moet er wel op tijd bij zijn. Scheuren die in de plastische fase ontstaan, kunnen we als volgt onderverdelen:

- sedimentatie of zettingsscheuren;
- plastische krimp-scheuren;
- trekscheuren.

Kader I: Gewapend beton

Beton kan hoge drukkrachten opnemen. De treksterkte van beton ligt echter beduidend lager. Beton scheurt op het moment dat de treksterkte van het materiaal wordt overschreden. In betonconstructies zal, ten gevolge van de op de constructie werkende belastingen, de treksterkte regelmatig worden overschreden. Het beton zal gaan scheuren, wat op zich niet zo erg is. Sterker nog, het is het belangrijkste motief om gewapend beton toe te passen. Als het beton is gescheurd zal de wapening de aanwezige trekspanningen overnemen. Constructeurs berekenen op welke plaatsen in een betonconstructie wapeningsstaal moet worden aangebracht om de trekspanningen op te nemen en daarnaast de scheurwijdte in het beton te beperken. Trekspanningen in een betonconstructie kunnen worden veroorzaakt door uitwendige belastingen of verhinderde verkortingen, als gevolg van temperatuurdaling of uitdroging. De constructeur berekent constructies vanuit de bezwijktoestand. Daarna controleert hij of de gekozen afmetingen van de constructie en de hoeveelheid wapening voldoen aan de eisen van scheurvorming en doorbuiging in de gebruiksfase. Bijna per definitie betekent dit dat gewapend beton vrijwel altijd (gedeeltelijk) gescheurd is. Dankzij een juiste wapening worden de scheuren zodanig verdeeld dat de scheurwijdte beperkt blijft, en meestal niet zichtbaar is.

Figuur 1 Veel voorkomende scheurpatronen in beton



Sedimentatie- of zettingsscheuren

Vlak na het storten en afwerken is de betonspecie ogenschijnlijk in rust. Toch is dat niet waar, aangezien in deze fase, onder invloed van de zwaartekracht, de grotere en dus zwaardere delen van het toeslagmateriaal uitzakken. We noemen dit sedimentatie. De mate van sedimentatie is afhankelijk van de stabiliteit van het mengsel. Zolang de zetting gelijkmatig is en niet wordt verhinderd, kan sedimentatie geen kwaad en zal geen scheurvorming optreden. Scheuren ontstaan pas als de sedimentatie plaatselijk tot stilstand komt terwijl die vlak ernaast doorgaat.

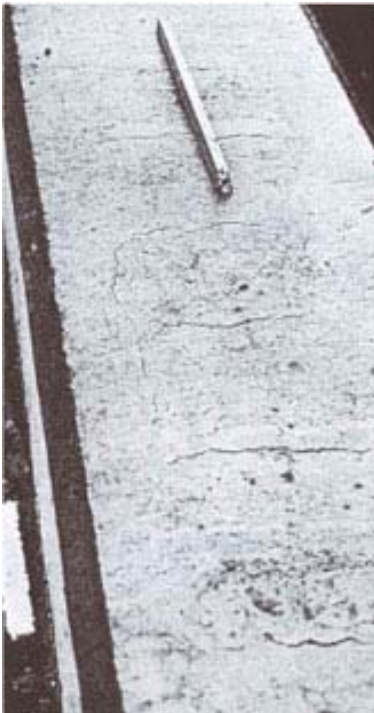
Schuifspanningen in de betonspecie veroorzaken dan de scheurvorming. Grote verticale doorsneden zoals wanden en kolommen zijn gevoeliger voor ongelijkmatige zetting dan horizontale vlakken met een geringe dikte zoals vloeren. Verder speelt de verdichting van de betonspecie hierbij een rol. Na een minder goede verdichting zal de specie nazakken. Maar bij een minder stabiel mengsel zal zelfs een goede verdichting de sedimentatie niet kunnen voorkomen. In het scheurenpatroon is de loop van de horizontale wapening of de plaats van de beugels veelal te herkennen (figuur 1 type A). Een plaatselijke concentratie van wapening kan er de oorzaak van zijn dat betonspecie blijft 'hangen', bijvoorbeeld bij de aansluiting van kolommen met vloeren of balken (type B). De plaats waar een doorsnede van hoogte veranderd kan door een zettingscheur worden gemarkeerd (type C).

Bijzondere aandacht verdient de stabiliteit van de bekisting. Niet zelden is een zwakke onderstempeling van de bekisting of een onvoldoende stijve bekisting de oorzaak van scheurvorming. Deze scheurvorming kan tijdens of kort na het storten worden geïntroduceerd, bijvoorbeeld bij overstekken (type D). Om de kans op sedimentatie te verminderen, kunnen bij het samenstellen en verwerken van de betonspecie enkele aandachtspunten van belang zijn:

- kies geen hogere consistentie dan strikt noodzakelijk;
- beperk het watergehalte met behulp van een waterreducerende hulpstof;
- let op een mogelijk vertragende werking van plastificerende hulpstoffen;
- een goede korrelgradering beperkt de waterbehoefte en geeft voldoende stabiliteit;
- verbeter de samenhang door voldoende fijn materiaal en/of een luchtbelvormer;
- kies een lage wcf of een cement in een hogere sterkteklasse, dit geeft eerdere opstijving en verhindert daarmee de sedimentatie;
- zorg voor hogere specietemperaturen tijdens koud winterweer;
- zorg voor een goede verdichting.

Als plastische zettingscheuren tijdig worden ontdekt, is het veelal mogelijk om door naverdichting en opnieuw afwerken het beton te herstellen. Bij het storten van dikke constructies kunnen zettingscheuren worden tegengegaan door in lagen te storten.

Links: zettingscheuren ter plaatse van wapening, bovenzijde wand (type A)
Midden: ter plaatse van hoogteverschillen kunnen scheuren ontstaan (type C)
Rechts: detailfoto ter plaatse van verdikking (type C)



Plastische krimp scheuren

Een ander gevolg van sedimentatie is dat aan het betonoppervlak een dun laagje water verschijnt, ook wel wateruitstoting of 'bleeding' genoemd. Onder invloed van de temperatuur, de luchtvochtigheid maar vooral de windsnelheid, zal dit water verdampen. zo lang de wateruitstoot groter is dan de verdamping, ziet men weinig aan het betonoppervlak. Maar, als de verdamping sneller gaat dan de aanvoer van bleedingwater, gaat de verdamping door tot in de poriën. Hierdoor vernauwen de poriën zich, wat trekspanningen oplevert die niet door de nog plastische betonspecie kunnen worden opgenomen. Plastische krimp scheuren zijn het gevolg. Vooral grote (onbekiste) oppervlakken (vloeren en verhardingen) zijn gevoelig voor dit type scheuren omdat de uitdroging over een groot oppervlak kan plaatshebben (type E, F en G).

Het verloop van de plastische krimp scheuren is tamelijk willekeurig en grillig. De randen van dergelijke scheuren zien er vaak rafelig uit met soms wat losliggende toeslagkorrels.

Af en toe loopt een aantal scheuren min of meer parallel. Wind en windrichting hebben daarmee te maken. Lopen de scheuren parallel aan de wapening, dan kan er sprake zijn van een combinatie met plastische zetting. De diepte van de scheuren is afhankelijk van de mate van verdamping van water. De scheuren kunnen heel oppervlakkig zijn maar er zijn voorbeelden dat plastische scheuren dwars door een constructie lopen. Bij het maken van mengselsamenstellingen zijn er niet direct maatregelen aan te wijzen die de kans op plastische krimp scheuren verkleinen. Polypropyleenvezels worden soms toegevoegd om scheuren tegen te gaan.

Deze vezels kunnen de verdamping, en dus de scheurvorming, natuurlijk niet verhinderen. Wel wordt de scheurvorming door de werking van vezels fijn verdeeld en blijven ze soms onzichtbaar. Het zijn vooral de meer "droge" betonspecies of mengsels met grote samenhang die gevoeliger zijn voor de plastische krimp scheuren. De ervaring heeft ons geleerd dat de mengsels voor hogesterktebeton of zelfverdichtende betonspecie gevoeliger zijn dan andere "nattere" mengsels.

De uitvoering is zonder meer bepalend voor het ontstaan van plastische krimp scheuren. We weten dat het in in betonspecie aanwezige water niet moet kunnen verdampen. Op het moment dat het betonoppervlak niet langer glanst, maar dof uitslaat, kunnen scheuren zich snel ontwikkelen. Als dat is gebeurd, kunnen door het schuren van het betonoppervlak, de scheuren worden gedicht.

Wanneer plastische krimp scheuren niet worden dichtgeschuurd kunnen deze, in tegenstelling tot wat soms wordt beweerd, een aanmerkelijke diepte bereiken. De enige manier om plastische krimp scheuren te voorkomen, is een doelmatige nabehandeling. Die kan bestaan uit:

- afdekken met natte jute of een plastic folie;
- opspuiten van een "curing compound";
- eventueel onder water te zetten.

Voor bekiste oppervlakken geldt dat het laten staan van de bekisting de beste nabehandeling is. Voor meer informatie over nabehandeling, zie het informatieblad 'Nabehandelen'.

Plastische krimp scheuren in bovenaanzicht en onderaanzicht, waar ze doorlopen tot aan de onderkant vloer (type F)





Trekscheuren

Met deze scheurvorming worden de scheuren bedoeld die ontstaan wanneer een betonconstructie wordt vervaardigd door middel van een glijbekisting. Glijbekistingen komen we voornamelijk tegen in de utiliteitsbouw, schoorstenen en betonnen kernen voor hoogbouw. In de wegenbouw komen we ook een vorm van glijbekisting tegen, maar dan in het horizontale vlak. Deze uitvoeringswijze draagt de naam van de machine waarmee de verhardingen worden aangelegd, namelijk de slipformpaver. Deze machine wordt tevens ingezet voor het maken van voertuigkeringen en schamp- of gootkanten.

De trekscheuren ontstaan wanneer de wrijving tussen de betonspecie en de glijkist groter is dan de inwendige treksterkte (cohesie of samenhang) van de betonspecie. De betonspecie wordt letterlijk uit elkaar getrokken.

Oorzaken kunnen zijn:

- betonspecie met te weinig samenhang
- te weinig cementlijm in de betonspecie waardoor er geen goede glijlaag aanwezig is;
- te veel cementlijm in de betonspecie waardoor de "kleef" tussen het mengsel en de bekisting erg groot is;
- een vuile glijbekisting waardoor de wrijving tussen bekisting en betonspecie te groot wordt;
- een te snelle opstijving waardoor de betonspecie aan de bekisting hecht.

Dergelijke scheuren zijn soms heel fors en geven aan dat er iets structureel mis is. Stoppen met storten en de oorzaak verhelpen is meestal de enige remedie. Het gedeelte met de trekscheuren zal gewoonlijk gesloopt moeten worden.

Trekscheuren bij aanleg voertuigkering



Scheuren in verhardend beton

Bij de reactie van water en cement, de hydratatie, komt warmte vrij. Hebben we te maken met massabeton of met een goed geïsoleerde bekisting, dan kan de temperatuur in het jonge beton de eerste dag al aanzienlijk oplopen. De vrijkomende warmte versnelt de verhardingsreactie waardoor de temperatuur nog verder oploopt. De temperatuurstijging is gedurende de eerste 48 uur het grootst. Hierna neemt de warmteontwikkeling af en zal het beton door warmte-afgifte aan de omgeving gaan afkoelen. Uiteraard zal deze daling worden versneld na verwijderen van de bekisting. De constructie ondergaat een temperatuurverschil en zal door versnelde warmteafgifte de omgevingstemperatuur willen aannemen. Als de temperatuur in het beton daalt, zal het

beton willen krimpen. Theoretisch zal deze krimp spanningsloos verlopen, mits de vervormingen niet worden verhinderd. In de praktijk hebben we echter praktisch altijd te maken met verhinderde vervorming, wat het opbouwen van spanningen met zich meebrengt. In geval van krimp betekent dit de opbouw van trekspanningen. Jong beton heeft echter nog nauwelijks enige treksterkte ontwikkeld en kan dus snel scheuren.

Uitwendige verhinderde vervorming

Het klassieke voorbeeld (type H) is een betonwand die op een al verharde vloer wordt gestort. Door de warmteontwikkeling in het beton zal de temperatuur in de wand stijgen en de wand wil uitzetten. De vloer verhindert dit en in de wand ontstaan drukspanningen. Deze drukspanningen blijven betrekkelijk laag en kunnen verder geen kwaad. Na verloop van tijd zal de wand gaan afkoelen en een thermische krimp is onvermijdelijk. Omdat de wand bij de aansluiting met de vloer niet vrij kan bewegen en dus verhinderd wordt in zijn vervorming, kan tijdens het afkoelen de treksterkte of de maximale vervormbaarheid, ook wel breukrek genoemd, worden overschreden en zal de wand scheuren. Door de temperatuur in het verhardende beton zo laag mogelijk te houden wordt het risico op dergelijke scheuren verkleind. (Zie kader)

Scheuren ontstaan door verhinderde vervorming, verticaal en doorgaand (type S)



Inwendige verhinderde vervorming

Betonconstructies die dikker zijn dan 0,80 m noemen we massabeton. Vanwege deze massa zijn de temperatuurstijgingen door hydratatie warmte vaak aanzienlijk. Temperaturen hoger dan 80°C in het binnenste van het beton, vormen geen uitzondering. Zolang de isolerende bekisting blijft staan zullen er over de doorsnede van de betonconstructie geen grote temperatuurverschillen optreden. Wanneer de bekisting wordt verwijderd zal de buitenkant van het beton afkoelen en daardoor sneller krimpen dan het binnenste van de constructie. Het temperatuurverschil mag in verband met het gevaar voor scheurvorming (type 1) niet te groot worden. Een maximaal temperatuurverschil van 20°C tussen het beton in de kern en de buitenkant van het beton wordt als veilige temperatuurgradiënt aangehouden. Wanneer vanuit de afmetingen van de constructie blijkt dat er risico op scheurvorming bestaat, moeten maatregelen worden genomen.

De eerste vraag is of het risico op scheurvorming acceptabel is. Een vraag die de constructeur moet beantwoorden. Alleen hij/zij kan inschatten of scheurvorming, met de bijbehorende spanningen in de wapening acceptabel is. Mogelijk wordt gekozen voor extra wapening om de scheurvorming te beheersen. Met extra wapening wordt scheurvorming niet voorkomen, maar de scheuren worden fijner verdeeld. Dilatatievoegen kunnen de scheurvorming beperken omdat de afstand waarover de vervorming wil plaatsvinden, kleiner wordt.

Beperking van scheurvorming ten gevolge van thermische krimp is binnen de betontechnologie een aparte vakgebied geworden. Voor een belangrijk deel valt dit onder de noemer 'verhardingsbeheersing'. Het betreft dus het beheersen van de temperatuurontwikkeling in de constructie en daarmee het beperken van de thermische krimp (zie kader).

Voorzichtig met jong beton

Jong beton is kwetsbaar. Door verdamping van aanmaakwater, zetting van de betonspecie en krimp ten gevolge van temperatuurdaling kan jong beton scheuren. Immers, jong beton kan nauwelijks vervormen zonder dat er scheuren ontstaan. Met verschillende maatregelen, zoals koelen of verwarmen, kan de verharding

zodanig worden beheerst dat grote temperatuurverschillen in een constructie worden voorkomen. Vaak zijn dit kostbare maatregelen die alleen bij grote projecten worden toegepast. We moeten ons wet realiseren dat ook in minder belangrijke constructies, als wanden op vloeren of verhardingen, scheurvorming kan optreden.

Als er niettemin sprake is van scheurvorming, volgt meestal direct de vraag: 'moet de scheur gerepareerd worden en hoe'? In het algemeen hebben krimpscheuren in jong beton geen nadelige invloed op de constructieve waarde van een constructie. In hoeverre de duurzaamheid van een constructie in het geding zal zijn, is afhankelijk van de expositieomstandigheden. Met andere woorden bestaat het gevaar dat door scheurvorming de wapening wordt blootgesteld aan omstandigheden die corrosie van het wapeningsstaal zou kunnen veroorzaken. Het kan zijn dat de functionaliteit van de constructie door scheurvorming in gevaar komt. Bijvoorbeeld wanneer de bewuste constructie vloeistofdicht moet zijn of wanneer de scheur watervoerend is zoals bij betonnen kelders onder het grondwaterniveau. Voor een reparatieadvies is het verstandig contact op te nemen met een gespecialiseerde instantie.

Kader II: Beperken van scheurvorming door thermische krimp

Om scheurvorming ten gevolge van thermische krimp zoveel mogelijk te beperken, moet men temperatuurverschillen in de constructie, of tussen constructies onderling, zoveel mogelijk tegengaan. Hiervoor bestaan verschillende mogelijkheden:

- beperken van de warmteontwikkeling in verhardend beton door de aanvangstemperatuur van de betonspecie zo laag mogelijk te houden, het cementgehalte te beperken of cement toepassen met een lage warmteontwikkeling (LH);
- koelen van de constructie door koud water door ingebrachte koelbuizen te pompen. Koeling werkt als het ware als een omgekeerde centrale verwarming, de ontwikkelde warmte wordt via het water afgevoerd waardoor de temperatuurstijging beperkt blijft;
- verwarmen van de bestaande constructie waardoor het temperatuurverschil tussen de verschillende constructieonderdelen worden verkleind;
- het tegengaan van een grote temperatuurgradiënt kan worden bewerkstelligd door het warme beton te isoleren en beschermen tegen snel afkoelen. Een goed isolerende bekisting werkt hiervoor het best. Het tijdstip waarop de bekisting wordt verwijderd verdient de nodige aandacht om een al te grote temperatuurschok aan de buitenkant van het beton te voorkomen.

Bij horizontale constructies zoals vloeren of erfverhardingen en wegen, moeten we ongewenste temperatuurverschillen en temperaturdaling in jong beton eveneens vermijden. Verdamping van bleedingwater en daling van de omgevingstemperatuur gedurende de nachtelijke uren, kunnen een aanzienlijke krimp in jong beton veroorzaken. Het gevaar voor scheurvorming neemt in die gevallen beduidend toe. De kritieke periode ligt tussen 5 en 25 uur na het storten.

Vooraf tijdens het voor- en najaar kunnen de verschillen tussen dag- en nachttemperatuur aanzienlijk zijn. Het simpelweg laten staan van de isolerende bekisting of het aanbrengen van een isolerende afdekking over pas gestorte betonoppervlakken, vraagt weinig extra kosten en kan afdoende zijn om scheurvorming te voorkomen. Ongecontroleerde krimpscheuren in betonverhardingen kunnen worden voorkomen door tijdig krimpvoegen in te zagen waarmee de verharding in 'platen' wordt verdeeld.

Literatuur

1. H.W. Reinhardt, Beton als constructiemateriaal: eigenschappen en duurzaamheid; Delftse Universitaire Pers
2. Concrete Society Technical Report No. 22, Non-structural cracks in concrete.
3. T.A. Harrison, Early-age thermal crack control in concrete, CIRIA Report 91.
4. K. van Breugel, Scheurpatronen en het herkennen van oorzaken, dictaat IKB-cursus, Betonvereniging.
5. BETONIEK 8/25 Scheurkalender
6. BETONIEK 11/18 Koelen en knuffelen
7. BETONIEK 13/30 Beheerst beton
8. BETONIEK 15/17 Meten is hot!