

Beton Onderhoud en herstel

Beton kent vele verschijningsvormen. Bij monumenten zijn de vorm, materiaalopbouw, constructiewijze, kleur, textuur en afwerking van het betonoppervlak vaak bepalend voor de cultuurhistorische waarde. Zorgvuldig herstel en doelmatige conservering met behoud van de karakteristieke detaillering en uitstraling zijn daarom belangrijk.

Deze brochure geeft informatie over de onderhoudsbehoefte en de mogelijkheden voor herstel bij de verschillende schadeoorzaken. Het vervolg op deze brochure, *Herstel en uitvoering*, gaat dieper in op de uitvoering van herstelwerk, herstelmaterialen, conserveringstechnieken, het verstevigen van de constructie en het waarborgen van de kwaliteit.

De historische ontwikkeling van beton, de materiaaleigenschappen, schademechanismen en analysetechnieken zijn reeds beschreven in de eerder verschenen brochure *Beton: schade en analyse: Info Restauratie en beheer 40*. De daarin gegeven informatie vormt de basis voor deze brochure.

INLEIDING

Beton is een duurzaam materiaal. Desondanks vraagt het periodiek om onderhoud en kan herstel na verloop van tijd noodzakelijk zijn. Welke herstel- en onderhoudsmaatregelen nodig of gewenst zijn, wordt enerzijds bepaald door de schadeverschijnselen die optreden en anderzijds door de cultuurhistorische waarde van het beton. Zo vereist een monument waarbij de authenticiteit van het beton belangrijk is andere ingrepen dan een monument waarbij het hoofdzakelijk gaat om de architectonische kwaliteit. Voordat men ingrijpt, moeten daarom de conditie van het beton en de historische waarden zijn vastgesteld.

Onderhoud en herstel van monumentaal beton vinden niet altijd op een bevredigende manier plaats. Beton wordt nog te vaak gezien als puur functioneel materiaal, waarbij een verandering van materiaalsamenstelling of uiterlijk onbelangrijk is.

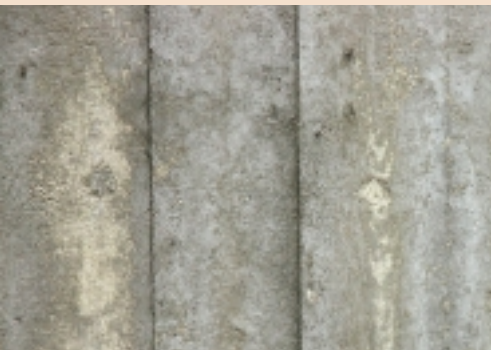
Toch kan ook het beton zelf waarde hebben en kan om die reden behouden moeten worden. Ook de esthetische aspecten van het materiaal worden niet altijd voldoende onderkend.

Zeker bij jongere monumenten kan de visuele uitstraling van het materiaal juist erg belangrijk zijn. Bij zogenaamd 'schoon beton' hebben de textuur, de kleur en het reliëf van het beton nadrukkelijk een esthetische functie. Zo kan het schilderen van een betonoppervlak misschien effectief zijn om het binnendringen van vocht tegen te gaan, maar het is lang niet altijd nodig of gewenst.



Plastisch vormgegeven detail van de vroeg-twintigste-eeuwse klokkenstoel in Gersloot. De vormgeving is kenmerkend voor gegoten kunststeen, zoals beton





'Schoon beton'. Het beton is niet geschilderd en heeft een oppervlakestructuur die is ontstaan door ruw houten bekistingsdelen te gebruiken. Kenmerkend zijn zowel de banenstructuur als de houtnerfstructuur



Geschilderd betonoppervlak. Doordat gebruik is gemaakt van een verfsysteem dat weinig laagvormend is en een lage glansgraad heeft, is de oppervlakestructuur, gevormd door houten bekistingsdelen, scherp en goed zichtbaar gebleven

De bovenzijden van balkons krijgen veel vocht te verwerken. In het algemeen zal een bescherm-laag bijdragen aan het behoud van het beton. Ook de onderzijde krijgt vocht te verwerken, met name door condensatie. Zeker aan de onderzijde is het belangrijk een verf te kiezen die voldoende dampopen is



Ook de kwaliteit van de uitvoering van herstelwerk laat nogal eens te wensen over. Het komt regelmatig voor dat het beton tien jaar na herstel opnieuw moet worden aangepakt. Optimale materiaalkeuzen, goede uitvoering en controle op de uitvoering zijn van wezenlijk belang voor een duurzaam resultaat.

Niet alleen schade kan een reden zijn om in te grijpen, ook een verandering van functie en andere eisen kunnen dat zijn. Zo kan het nodig zijn een constructie te versterken bij een hogere belasting of thermisch te isoleren voor een lager energieverbruik of om scheuren door thermische uitzetting te voorkomen.

ONDERHOUD

Naast het verbeteren van de uitstraling is een belangrijk doel van onderhoud het beschermen van de constructie tegen aantasting. In de praktijk is het ontstaan van schade vaak aanleiding om onderhoud en herstel uit te voeren. Het is natuurlijk beter wanneer men voor het ontstaan van schade laat onderzoeken welke schademechanismen een bedreiging vormen. Op basis van de resultaten van het vooronderzoek kan men bepalen welke ingrepen technisch noodzakelijk zijn. Ook kan men aan de hand van die resultaten beter inschatten of ingrepen die om esthetische redenen gewenst zijn op termijn tot schade kunnen leiden. Zo kan een verfsysteem dat te weinig waterdamp doorlaat, leiden tot vochttopeenhoping, met versnelde aantasting tot gevolg. Veel schademechanismen kunnen alleen optreden als het vochtgehalte in het beton te hoog is. Door het aanbrengen van een verfsysteem, een deklaag of door het impregneren van beton kan indringen van vocht worden tegengegaan. Een deklaag kan bestaan uit beton, reparatiemortel, bitumineus materiaal of andere materialen, zoals lood. De mogelijkheden en keuze voor een beschermingssysteem worden door een groot aantal factoren bepaald: de oorspronkelijke afwerking, de schademechanismen die een rol spelen, de esthetische eisen, de cultuurhistorische waarden, de intensiteit van toekomstig onderhoud en de restauratiefilosofische uitgangspunten.

Schilderen en impregneren

Een geschilderd betonoppervlak vereist om de vijf tot vijftien jaar onderhoud, afhankelijk van verfsysteem en omstandigheden. Veroudering van het verfsysteem kan niet alleen de esthetische uitstraling verminderen, maar kan op termijn ook materiaaltechnische problemen veroorzaken.

In de praktijk zijn meestal de esthetische redenen, zoals het aanbrengen van kleur, het verkrijgen van een glad, glanzend oppervlak of het camoufleren van reparatieplekken, bepalend voor de keuze voor het verfsysteem. Maar naast de esthetische eigenschappen van een verfsysteem zijn ook de technische eigenschappen erg belangrijk. Beton kan in plaats van geschilderd ook geïmpregneerd worden met middelen die het oppervlak waterafstotend maken, ofwel hydrofoob. Technische redenen om een beschermingssysteem aan te brengen zijn: verminderen van het vochtgehalte in het beton, afremmen van de carbonatatiereactie, verminderen van indringen van schadelijke stoffen zoals chloriden en voorkomen van uitspoelen van bestanddelen van het beton.

Het is van belang vier situaties te onderscheiden waarin beton zich kan bevinden:

- In een binnenklimaat. Beton is dan relatief droog en aantasting is niet te verwachten. Er zijn geen technische redenen om een beschermingssysteem aan te brengen.
- Geheel onder water. Beton is continu verzadigd met water. Zuurstof en kooldioxide kunnen nauwelijks binnendringen, waardoor corrosie en carbonatatie verwaarloosbaar zijn. Er hoeft geen beschermingssysteem te worden aangebracht. Chloriden kunnen weliswaar indringen, maar die doen geen kwaad zolang het materiaal verzadigd blijft met water.
- In een beschut buitenklimaat, zoals de onderzijde van een constructie of een verticale gevel. Gemiddeld zal er meer vocht uit het beton verdampen dan dat er indringt. Condens kan een extra vochtbelasting geven. Het aanbrengen van een beschermingssysteem kan zowel positief als negatief uitwerken, afhankelijk van de situatie. Wanneer een beschermingssysteem wordt aangebracht dient dit zeer dampopen te zijn.

- In een onbeschut buitenklimaat, volledig blootgesteld aan weer en wind, zoals de bovenzijde van een constructie. Gemiddeld dringt er meer vocht in het beton dan dat er verdampt. In het algemeen draagt het aanbrengen van een beschermingssysteem bij aan het behoud. Een systeem moet voldoende waterdicht zijn.

Afgezien van het aanbrengen van een deklaag zijn er in principe twee mogelijkheden: schilderen en impregneren.

Impregneren Hydrofobere impregneermiddelen dringen in het materiaal en maken de buitenste zone waterafstotend. Het indringen van water wordt zo verminderd, maar niet geheel gestopt. Bij waterdruk, zoals op horizontale delen, kan water wel indringen. Ook vormt een geïmpregneerde zone geen barrière voor gassen, zoals zuurstof en kooldioxide. De hydrofobemiddelen zijn kleurloos, niet laagvormend en nauwelijks zichtbaar. Er zijn geen esthetische, maar alleen technische redenen om beton te impregneren.

In de meeste gevallen wordt een hydrofobemiddel gebruikt, maar ook een wasemulsie is mogelijk. Een wasemulsie is een soort oplossing van synthetische was of bijenwas in water. Bij een wasemulsie worden, in tegenstelling tot bij gebruik van een hydrofobemiddel, de poriën van het materiaal wel enigszins gevuld.

Hydrofobere middelen zijn in vergelijking met de meeste verfsystemen zeer dampopen. Desondanks vertragen ze de droging van een materiaal. Een behandeling kan daardoor een averechts effect hebben. Deze middelen zijn niet scheuroverbruggend, wat betekent dat vocht ook via scheuren kan binnendringen. Een belangrijk nadeel is ook dat de behandeling niet reversibel, omkeerbaar, is. Een behandeling met een wasemulsie is beter omkeerbaar en heeft een kleiner risico op vervolgschade. Daar staat tegenover dat de effectiviteit en de levensduur in het algemeen beperkt zijn.

Schilderen Er zijn veel soorten verf op de markt met onderling sterk verschillende eigenschappen. Er kunnen zowel esthetische als technische redenen zijn om beton te schilderen. Bepalend voor de esthetische uitstraling zijn eigenschappen als kleur, textuur en glansgraad. Ook belangrijk is de mate waarin een verfsysteem laagvormend is. Voor de bescherming van het beton zijn belangrijk: de waterdichtheid, de waterdampdoorlatendheid, de kooldioxide-remming, de rek en het scheuroverbruggende vermogen. Deze eigenschappen van verfsystemen zijn zowel afhankelijk van de materiaaleigenschappen van de verf als van de laagdikte. In het algemeen is de waterdichtheid van de meeste verfsystemen voldoende. In de meeste situaties is de waterdampdoorlatendheid het meest kritisch. Die eigenschap bepaalt hoe goed een systeem in staat is waterdamp door te laten die onder de verflaag in het materiaal zit en dus hoe goed het materiaal kan drogen als er toch water is binnengedrongen. Veel verfsystemen zijn relatief waterdampdicht. In het algemeen geldt dat hoe groter de waterdichtheid en de waterdampdoorlatendheid, des te gunstiger het effect van dat verfsysteem en des te kleiner het risico op vochtopenhoping in het materiaal. Zo'n verfsysteem zal beton langzaam laten uitdrogen, waardoor schadeprocessen vertragen.

Een ongunstig neveneffect van het uitdrogen is dat daardoor de carbonatatie van beton wordt bevorderd. Bij gewapend beton neemt daardoor de kans op schade in principe toe, met name wanneer het beton direct rond de wapening kan carbonateren en het beton in een later stadium toch vochtig kan worden. De carbonatatie van beton kan worden afgeremd met een verf die de indringing van kooldioxide vermindert. De mate van kooldioxide-remming is sterk afhankelijk van het type verfsysteem. Een hoge waterdampdoorlatendheid en een lage kooldioxide-doorlatendheid, ofwel een hoge kooldioxide-remming, stellen in principe tegenstrijdige eisen aan een verfsysteem. Alleen de moderne dispersieverven zijn in staat beide eigenschappen optimaal te combineren.

Het risico op vochtopenhoping in het materiaal is het grootst in situaties waarin via de bovenkant vocht kan binnendringen en de droging aan de onderkant is belemmerd door een beschermingssysteem. Hoge vochtconcentraties direct achter een verfsysteem bespoedigen de onthechting van met name dampdichte laagvormende verfsystemen. Een poreus beton-



Belvédère te Oranjerwoud, hier in 2005, is gebouwd in 1924. Door onvoldoende dekking van de wapening is er veel schade ontstaan. In 1993 zijn de kolommen en de onderzijde van de trappen voorzien van een extra laag spuitbeton en is er een aantal balusters vernieuwd. Na ruim tien jaar is er onderhoud nodig

Detail van de betonnen koepel van de watertoren in Zutphen. De slechte bereikbaarheid en de materiaalkundige problemen vragen om een verfsysteem dat scheuroverbruggend is en een lange levensduur heeft



De bijzonder vormgegeven betonnen koepel uit 1981 op de watertoren in Zutphen uit 1926. De omstandigheden stellen hoge eisen aan het verfsysteem. Toch is het voor de uitstraling belangrijk een systeem te kiezen waarbij de oppervlakestructuur voldoende zichtbaar blijft



Een door roestende wapening beschadigd beton-oppervlak. Zichtbaar is dat het beton is afgewerkt met een relatief dik, enigszins elastisch verfsysteem. De oorspronkelijke textuur van het beton is daardoor minder scherp zichtbaar

Slecht uitgevoerd herstelwerk is weinig duurzaam. Doordat het beton achter de wapening niet is verwijderd en de wapening onvoldoende is geconserveerd, is de reparatiemortel weer losgekomen. Het werk is niet volgens de CUR-Aanbevelingen uitgevoerd



oppervlak kan wanneer het verzadigd is met water gevoelig zijn voor vorstschade, waardoor de cementhuid afschilfert. Een verfsysteem kan dit risico vergroten.

Beschermen van beton tegen agressieve chemicaliën en mechanische belasting wordt meestal bereikt met epoxy- en polyurethaanverven. Deze systemen hebben een hoge waterdichtheid, maar ook een hoge waterdampdichtheid, evenals systemen op basis van chloorrubber, acrylaat en vinyl.

Een scheuroverbruggend verfsysteem heeft een relatief grote rek en kan elastisch vervormen, waardoor enige beweging in de ondergrond kan worden opgevangen. Veel van deze verfsystemen zijn relatief dampdicht en maar beperkt in staat om dynamische scheuren te overbruggen. Ook verliezen veel systemen op den duur, na ongeveer tien of vijftien jaar, een deel van hun veerkracht.

Voor beton wordt vaak gebruikgemaakt van acrylaat-dispersieverven. Deze verminderen de indringing van kooldioxide en hebben een redelijke waterdampdoorlatendheid. Die overigens wel aanzienlijk minder is dan van minerale systemen, ook wel silicaat- of kwartsverf genoemd, en van siliconen-emulsieverf. Een zuivere silicaatverf is zeer dampopen, maar heeft geen kooldioxide-remmende of scheuroverbruggende eigenschappen. Gemodificeerde silicaatverven, de silicaat-acrylaat-dispersieverven zijn ook dampopen. Over de vermindering van de indringing van kooldioxide lopen de meningen sterk uiteen. Tegenwoordig gebruikt men voor beton steeds vaker zogenaamde copolymeer-dispersieverven. Deze combineren een elastisch karakter met redelijk waterdampdoorlatende en kooldioxide-remmende eigenschappen en een hoge duurzaamheid.

Wel of niet beschermen Wanneer uit onderzoek is gebleken dat het beton gezond is, de dekking voldoende en de carbonatatie diepte gering, dan is het niet nodig het beton te schilderen of te impregneren. Als het carbonatatiefront de wapening bijna heeft bereikt of beton door chemische aantasting wordt bedreigd, zijn er technische redenen om het beton te schilderen of te impregneren.

Wanneer voldoende onderhoud niet is gegarandeerd, is het verstandig om geen beschermings-systeem aan te brengen of een systeem te kiezen dat op lange termijn het kleinste risico op schade geeft. Het gebruik van een zeer dampopen en weinig laagvormend verfsysteem, zoals een silicaatverf of een siliconen-emulsieverf, is dan aan te bevelen. Maar als de carbonatatie een kritisch punt is en men kooldioxide-indringing moet afremmen is men aangewezen op acrylaat- of copolymeer-dispersieverven.

MOGELIJKHEDEN VOOR HERSTEL

Op basis van het vooronderzoek wordt geïnventariseerd welke ingrepen mogelijk en noodzakelijk zijn om schade te voorkomen en te herstellen. Uit de waardestelling volgt welke aspecten van het beton moeten worden behouden. Vervolgens moet per ingreep worden getoetst op welke wijze de ingreep de monumentale waarde beïnvloedt.

Uitgangspunt is dat ingrepen moeten bijdragen aan het behoud of de versterking van de

cultuurhistorische waarden. Tevens mogen ze de constructie op langere termijn niet in gevaar brengen. Daarnaast moeten ingrepen duurzaam zijn, zodat de financiële middelen doelmatig worden besteed.

Hierna worden voor de diverse schadeoorzaken, zoals toegelicht in onze brochure *Beton: schade en analyse*, verschillende mogelijkheden voor herstel genoemd en wordt per ingreep aangegeven wat de gevolgen voor de monumentale waarde kunnen zijn. Gedetailleerde informatie over de herstelmethoden wordt gegeven in een volgende brochure, *Beton: herstel en uitvoering*.

Roestende wapening

Het roesten van de wapening in vochtig beton kan het gevolg zijn van carbonatatie, van een hoge concentratie chloriden in het beton en van een combinatie hiervan. Beide oorzaken vragen om specifieke beschermings- en herstelmethoden.

Als uit vooronderzoek is gebleken dat het beton vaak vochtig is en dat het carbonatatiefront de wapening heeft bereikt of dat het chloridegehalte hoger is dan 0,4 massaprocent, dan is de kans dat schade ontstaat groot. De belangrijkste maatregel om ontstaan of toename van schade te voorkomen is het verminderen van het vochtgehalte in het beton rondom de wapening. Wanneer het carbonatatiefront de wapening nog niet heeft bereikt kan het zinvol zijn om tevens de indringing van kooldioxide te verminderen met een verf of deklaag, zoals spuitbeton.

Schade door carbonatatie Als er schollen van het beton zijn gedrukt of als het beton plaatselijk openbarst kan men het betonoppervlak herstellen door beschadigd materiaal te verwijderen en nieuw materiaal aan te brengen. Dit noemt men vaak aanhelen.

De keuze tussen wel of niet aanhelen wordt in het algemeen nauwelijks beïnvloed door de cultuurhistorische waarde van het monument. Deze waarde speelt wel een rol bij de keuze tussen de manieren om het herstelde oppervlak af te werken, met name wanneer er sprake is van een karakteristieke oppervlaktestructuur. De redenen om bij herstel de oorspronkelijke oppervlaktestructuur terug te brengen kunnen esthetisch van aard zijn om de reparatie zo min mogelijk op te laten vallen en cultuurhistorisch, als de oorspronkelijke structuur onderdeel uitmaakt van de monumentale waarde van het beton. In de meeste gevallen is het technisch goed mogelijk de oorspronkelijke structuur terug te brengen. Het herstel zal daardoor wel meer tijd vragen en de kosten zullen hoger zijn.

Voor het aanhelen van beton kunnen verschillende typen mortels worden gebruikt. Deze keuze wordt in principe bepaald door de technische eisen die de toepassing stelt. De duurzaamheid van het herstelwerk is sterk afhankelijk van de kwaliteit van de uitvoering. Het is daarom belangrijk nadere eisen te stellen aan de uitvoering.

Wanneer uit het vooronderzoek is gebleken dat de betondekking structureel te weinig is, is het raadzaam om naast het herstel van schade ook maatregelen te nemen om de vorming van nieuwe schade te voorkomen.

Schade door chloride Wanneer beton een te hoge concentratie chloride bevat, moet op verschillende plaatsen van de constructie worden gecontroleerd of de wapening sterk is aangetast door putcorrosie. Indien de wapening zodanig is aangetast dat de stabiliteit van de constructie in gevaar komt, zijn ingrijpende maatregelen vereist. Door een constructeur moet worden onderzocht of het mogelijk is de oorspronkelijke constructie te verstevigen of te ondersteunen. Als de functie van de oorspronkelijke wapening kan worden ondervangen is een belangrijk deel van het probleem opgelost en kan de oorspronkelijke betonconstructie behouden blijven.

Het verder roesten van de wapening zou problemen kunnen geven, maar dat hoeft niet. De corrosieproducten zijn in deze situatie namelijk mobiel, waardoor ze uitspoelen. Inwendige drukopbouw en daaruit voortvloeiende schade treedt dan niet of veel minder op. Wel veroorzaken uitgespoelde corrosieproducten meestal storende, donkerbruine vlekken. Het roesten van de wapening kan worden afgeremd door de vochtbelasting in het beton te verminderen.



Karakteristiek voorbeeld van een betonnen bedrijfsgebouw met schade door carbonatatie. Om een effectief herstelplan te kunnen maken moeten eerst de betondekking en carbonatatie diepte worden bepaald

Betonnen dakrand met kamstructuur en een gekleurde afwerklaag. Alleen zorgvuldig herstel, waarbij zowel de kleur als de structuur wordt hersteld, zal een bevredigend beeld opleveren (foto Taco Hermans)



Betonreparatie waarbij de houtstructuur weer is teruggebracht door houten delen tegen de nog natte mortel aan te drukken

Colonnade van architect Sybold van Ravesteyn, bekroond met betonplastiek van Leendert Bolle uit 1941, in Diergaarde Blijdorp in Rotterdam. Een te hoge vochtbelasting leidt tot fysische en chemische aantasting



Dakgedeelte van de lighal van het voormalige sanatorium in Bergen aan Zee. Om inwatering te voorkomen zijn alle scheuren in de constructie dichtgezet en wordt het beton opnieuw voorzien van een waterkerende laag

Wanneer de betonconstructie niet voldoende kan worden verstevigd kan reconstructie de enige mogelijkheid voor herstel zijn.

Indien de wapening nog niet te veel is aangetast moet men maatregelen nemen om verdere aantasting van de wapening te voorkomen. In principe zijn er dan twee mogelijkheden: ten eerste het verwijderen van het chloridehoudende beton om de wapening en nieuw beton aanbrengen en ten tweede elektrochemische methoden, zoals kathodische bescherming en dechloreren. Het afremmen van putcorrosie door het beton te schilderen biedt in de meeste gevallen te weinig zekerheid.

Kathodische bescherming is een techniek waarbij het roesten van ijzer sterk wordt afgeremd met behulp van stroom. Daarbij wordt een spanningsverschil aangebracht tussen de wapening en elektroden vlak naast de wapening. Dechloreren is een elektrochemische techniek waarmee chloriden aan het materiaal kunnen worden onttrokken. Het voordeel van deze elektrochemische methoden is dat er geen hak- en breekwerk nodig is, zodat het oorspronkelijke materiaal behouden blijft. In bepaalde situaties is kathodische bescherming ook de meeste economische oplossing.

De keuze voor de herstellmethode wordt bij ernstige chlorideschade in belangrijke mate bepaald door de cultuurhistorische waarde van het oorspronkelijke beton en de architectonische kwaliteit van de constructie.

Chemische aantasting

Beton dat vaak nat is, kan uit elkaar worden gedrukt door producten die worden gevormd bij chemische reacties tussen stoffen die aanwezig zijn in de cementsteen, het reactieproduct van cement en water, en de toeslagstoffen, zoals grind en zand. Ettringietvorming en alkali-silica-reactie kunnen beton op de lange duur volledig uit elkaar drukken. Bij monumenten komt deze vorm van chemische aantasting gelukkig maar op beperkte schaal voor. Maar als het voorkomt, is het meestal erg lastig om het oorspronkelijke materiaal en uiterlijk te behouden, omdat het schadeproces moeilijk is af te remmen. Voor beide schadeprocessen is terugdringen van de vochttoetreding de belangrijkste en vrijwel enige maatregel om schade te beperken. Zeker als het schademechanisme al tot aanzienlijke scheuren heeft geleid is dat lastig te realiseren en alleen zinvol als het beton nog voldoende samenhang heeft.

In extreme gevallen waarbij de samenhang van het beton volledig verloren is gegaan, zijn er twee mogelijkheden: het verval accepteren of (de buitenste laag van) het beton volledig vervangen. Deze keuze wordt uiteraard bepaald door de cultuurhistorische waarde van het monument.

Verminderen van de vochttoetreding Vochttoetreding kan worden verminderd door het dichtzetten van scheuren, door het aanbrengen van een of meerdere verf- of deklagen en door het verbeteren van de bouwkundige detaillering.

In de meeste situaties is het effectief om als eerste stap de aanwezige scheuren te dichten. Voor een sterke vertraging van de aantasting is het dichtzetten van scheuren meestal niet voldoende, zeker bij betonoppervlakken met een hoge vochtbelasting. Ook als de vochtbelasting sterk vermindert, zal het scheurvormingsproces niet direct stoppen en zal men waarschijnlijk na verloop van tijd een deel van de scheuren opnieuw moeten dichten.

De vochttoetreding kan verder worden verminderd door als tweede stap een deklaag of verf aan te brengen. Voor het afdichten van vlakken die niet zichtbaar zijn of waarbij een verandering van het uiterlijk acceptabel is, bestaan meerdere oplossingen. Zo kan een laag spuitbeton worden aangebracht, een bitumineuze, waterkerende laag of bijvoorbeeld non-ferrometalen, zoals lood, koper of zink.

Fysische en mechanische aantasting

Betonconstructies kunnen door uiteenlopende fysische en mechanische oorzaken beschadigd raken. Zo kunnen scheuren ontstaan door zettingen of thermische werking, zo kan schade ontstaan door vorst of uitvoeringsfouten en kan het oppervlak beschadigen door weersinvloeden of langdurig gebruik. Het is belangrijk de schadeoorzaak te kennen, zodat op basis daarvan

kan worden vastgesteld of ingeschat of het schadeproces zich verder zal ontwikkelen of is gestopt. Uiteraard moet men proberen de schadeoorzaken weg te nemen voordat het herstel wordt uitgevoerd. Dat is echter niet altijd mogelijk. Soms zijn oorzaak en schade aan elkaar gekoppeld en neemt men door de schade te herstellen ook de oorzaak deels weg. Als de oorzaak niet kan worden weggenomen moet er een oplossing worden gekozen die voldoende rekening houdt met de verdere ontwikkeling van de schade. Dit speelt met name bij herstel van scheuren een grote rol.

Scheuren door zettingen en thermische werking Het gedrag van de scheur en de oorzaak van de scheurvorming bepalen op welke manier een scheur gedicht kan of moet worden. Grofweg zijn er twee mogelijkheden: ten eerste het afdichten van de scheur en ten tweede het volledig dichtzetten van de scheur, waarbij de scheurhelften constructief worden verbonden. Of het mogelijk is om de scheur constructief te verbinden wordt bepaald door het gedrag van de scheur: is de scheur dynamisch of statisch? Het is alleen zinvol om een scheur volledig dicht te zetten en constructief te verbinden als de oorzaak is verdwenen of kan worden weggenomen.

Dynamische scheuren kunnen worden afgedicht met een elastische kit. Voor het duurzaam functioneren van de kitvoeg is een juiste verhouding van diepte en breedte van de kitvoeg belangrijk. Ook moet het type kit goed zijn afgestemd op de situatie. Statische scheuren kunnen constructief worden verbonden door middel van injecteren.

Scheuren die het gevolg zijn van ongelijkmatige verzakking van de ondergrond kunnen zowel dynamisch als statisch zijn. Is de verzakking gestabiliseerd, dan kunnen scheuren volledig worden dichtgezet. Wanneer de verzakking niet stabiel is, is het moeilijk en weinig zinvol om scheuren volledig te dichten. Afdichten is dan de enige mogelijkheid.

Oorzaak voor het niet stabiel zijn van de verzakking kan een wisselend grondwaterpeil bij kleiachtige ondergronden zijn. Herstel van scheuren die door kruip zijn ontstaan is vergelijkbaar met herstel van scheuren die door zettingen zijn ontstaan. Kruip is het verschijnsel waarbij een langdurige, relatief lage belasting leidt tot een blijvende vervorming.

Scheuren die ontstaan door het ontbreken van voldoende dilataties zijn in principe dynamisch. Ze worden ook wel natuurlijke dilataties genoemd. Het volledig dichtzetten van dergelijke nog bewegende scheuren is zinloos en kan een averechts effect hebben. Er zijn twee keuzemogelijkheden: de scheur afdichten met een flexibel blijvende kit of de scheur constructief dichtzetten nadat op een andere plek een dilatie is gemaakt.

De koppeling van beton aan baksteenmetselwerk kan ook tot dynamische scheuren leiden doordat de thermische-uitzettingcoëfficiënt van beton twee maal zo groot is als die van baksteenmetselwerk.

De thermische werking en de vorming van schade kan in bepaalde gevallen worden verminderd door het aanbrengen van buitengevelisolatie. Omdat totale isolatie van een gevel niet alleen grote gevolgen heeft voor het uiterlijk en de architectonische waarden, maar ook invloed heeft op het bouwfysische gedrag van de constructie, vraagt dit zorgvuldig vooronderzoek en afweging van alle voor- en nadelen en alternatieve oplossingen.

Schade door vorst De gevoeligheid voor vorstschade wordt met name bepaald door de poriestructuur van het materiaal en de vochtbelasting. Die gevoeligheid kan bij bestaand materiaal niet worden verminderd. De enige praktische oplossing is voorkomen dat materiaal verzadigd raakt met water. Men kan de vochtbelasting verminderen door bouwkundige maatregelen, schilderen, impregneren of het aanbrengen van een deklaag. De andere oplossing, namelijk het voorkomen dat de temperatuur in het materiaal beneden het vriespunt komt, is vaak niet van toepassing.

Kleinere en waardevolle betononderdelen, zoals beelden, kunnen in principe worden verstevigd en vorstbestendig worden gemaakt door ze volledig te impregneren. Voor natuursteen is volledige impregnatie met acrylhars volgens de lback-methoden een duurzame methode gebleken. De methode is echter niet reversibel, kostbaar en de ervaringen met beton zijn beperkt.



Deel van de Schoenfabriek Bata in Best, een functionalistisch bedrijfsgebouw uit 1934.

Roestend ijzer, thermische werking en mechanische belasting bedreigen de uitwendige trapconstructie, waardoor regelmatig onderhoud noodzakelijk is



Voorzijde van de Derde Ambachtsschool van Jan Duiker in Scheveningen na restauratie.

Duiker bouwde de school naar de ideeën van de Nieuwe Zakelijkheid in 1931. Om nieuwe problemen door thermische werking te voorkomen is de buitenzijde voorzien van een drie centimeter dikke isolatielaag (foto RDMZ)

INFORMATIE

Voor informatie en advies over dit onderwerp kunt u contact opnemen met de Rijksdienst voor de Monumentenzorg: M. van Hunen, 030 · 69 83 285, m.vanhunen@monumentenzorg.nl

LITERATUUR

- *Beton: schade en analyse: Info Restauratie en beheer 40* (2004). Rijksdienst voor de Monumentenzorg, Zeist, te bestellen via info@monumentenzorg.nl
- Bijen, J., (1992). *Beton, RVbijdrage 26*, Zeist/Den Haag.
- *Duurzaamheid en onderhoud van betonconstructies: CUR-Publicatie 172* (1998). CUR, Gouda.



Cementrustieke imitatierotsen uit het begin van de twintigste eeuw. De dunwandige constructie, bestaande uit kippengaas met cementmortel, is opvallend duurzaam gebleken. Toch bedreigen wortelgroei, verzakkingen en vorst het voortbestaan ervan

Schade door een onjuiste uitvoering en onjuiste keuzen Scheurvorming of gebrek aan samenhang kan het gevolg zijn van een onjuiste uitvoering tijdens de bouw. Scheuren die zijn ontstaan door uitdrogingskrimp en oververhitting als gevolg van de hydratatiereactie zijn in principe statisch en kunnen dus volledig worden dichtgezet. Gebrek aan samenhang door onvoldoende bindmiddel of 'verbranden' kan meestal niet goed meer worden hersteld. Als het beton zelf cultuurhistorisch waardevol is, kan men overwegen het oppervlak te impregneren met een steenversteviger of om het beton volledig te laten impregneren met acrylhars. De meest economische en duurzame methode is in het algemeen het vervangen van onsamenhangend materiaal.

Schade door overbelasting en ongelijkmatige belasting Scheurvorming kan het gevolg zijn van overbelasting of ongelijkmatige belasting van de constructie. Dit is in de praktijk moeilijk visueel vast te stellen. Bij twijfels over de stabiliteit en belasting van de betonconstructie is het noodzakelijk om het krachtenspel in kaart te laten brengen door een beton-constructeur. Wanneer de constructie onvoldoende sterk blijkt te zijn of wanneer hogere eisen aan een betonconstructie worden gesteld, bijvoorbeeld door ander gebruik of hogere veiligheidseisen, kan het nodig zijn de constructie te versterken. Dat kan door het aanbrengen van een extra laag gewapend beton of een uitwendig gelijkde wapening, zoals stroken staal of koolstofvezelwapening. Soms kan het uitkomst bieden de oorspronkelijke constructie middels een betonnen of stalen hulpconstructie te laten ondersteunen. Dat kan als voordeel hebben dat de betonconstructie in de oorspronkelijke verschijningsvorm behouden blijft. De keuze wordt bepaald door de technische mogelijkheden en de historische waarde.

VERGUNNING EN SUBSIDIE

Bij herstel van beton is meestal sprake van een ingreep, een wijziging van het monument, waarvoor een vergunning is vereist op grond van de Monumentenwet 1988. Het onderhouden en restaureren van betonconstructies is in beginsel subsidiabel.



Balkonrand van het recent gerestaureerde seinhuis Post T uit 1935 bij het station in Maastricht, van Sybold van Ravesteyn. De van oorsprong kwetsbare detaillering, waarbij de ijzeren balusters door de uitstekende betonnen nokken heen liepen, is aangepast. Een voorbeeld van zorgvuldig herstel, waarbij onderhoudstechnisch het detail sterk is verbeterd, terwijl het karakteristieke beeld is behouden

RIJKSDIENST VOOR DE MONUMENTENZORG

Broederplein 41 · 3703 CD Zeist

Postbus 1001 · 3700 BA Zeist

- ☎ | 030 · 69 83 211
- | 030 · 69 83 456 *InfoDesk*
- ☎ | 030 · 69 16 189
- 🌐 | www.monumentenzorg.nl
- | www.monumenten.nl
- @ | info@monumentenzorg.nl