

Beton Herstel en uitvoering

Behoud van de karakteristieke kenmerken en uitstraling van monumentaal beton staat of valt bij een zorgvuldige uitvoering. In de praktijk blijkt dat niet al het herstelwerk even duurzaam is of bijdraagt aan het behoud van de cultuurhistorische waarden van de historische betonconstructie.

Deze brochure is een vervolg op *Beton: onderhoud en herstel: Info Restauratie en beheer 44*. Die brochure geeft informatie over onderhoudsmaatregelen en mogelijkheden voor herstel. Deze brochure gaat dieper in op de uitvoering van herstelwerk, herstelmaterialen en het waarborgen van de kwaliteit.

De historische ontwikkeling van beton, de materiaaleigenschappen, schademechanismen en analysetechnieken zijn reeds beschreven in *Beton: schade en analyse: Info Restauratie en beheer 40*. De brochures 40 en 44 vormen de basis voor de nu voorliggende brochure.



Een deel van de betonnen omgang van de Bedevaartskerk in Brielle uit 1932 tijdens de uitvoering van een proefproject voor herstel

INLEIDING

De meest voorkomende vorm van herstel is het aanhelen van beton. Daarbij brengt men op plaatsen waar beton door schade is verdwenen nieuw materiaal aan. Daarvoor bestaan diverse typen reparatiemateriaal, met elk hun specifieke eigenschappen en toepassingsmogelijkheden. Reparatiemateriaal kan handmatig, met een spuit of door middel van aangieten worden aangebracht. De afwerking van het herstelde oppervlak vraagt in sommige situaties veel aandacht. Soms moeten om inwatering te voorkomen of om constructieve redenen scheuren dichtgezet worden. Wanneer hogere eisen aan een betonconstructie worden gesteld, bijvoorbeeld door ander gebruik of hogere veiligheidseisen, kan het nodig zijn de constructie verder te versterken. Dat kan door het aanbrengen van een extra laag gewapend beton of een uitwendig gelijmde wapening. In bepaalde gevallen kan verdere schade worden voorkomen door de wapening te beschermen door middel van kathodische bescherming.





Console onder een laadperron van het voormalige pakhuis Sint-Jobsveem in Rotterdam uit 1912. Een deel van het beton is afgewerkt met een stuclaag, die een gekamd en bruut opperlak heeft. Met cementpleister is het gefrijnde zandsteen van de voorgevel kunstig geïmiteerd op de achtergevel

Ribbe van een van de gewelven van de betonnen omgang van de Bedevaartskerk in Brielle. Met water onder zeer hoge druk is het beschadigde beton verwijderd, om zo de ondergrond geschikt te maken voor herstel



AANHELEN VAN BETON

De Rijksdienst voor de Monumentenzorg heeft als algemeen uitgangspunt dat men beton zo veel mogelijk moet aanhelen met cementgebonden materiaal dat qua samenstelling, eigenschappen en uitstraling zo goed mogelijk aansluit bij het oorspronkelijke materiaal. De exacte samenstelling van het reparatiemateriaal wordt echter bepaald door de verwerkingstechniek en de omstandigheden. De keuze voor de verwerkingstechniek is daardoor mede bepalend voor de uiteindelijke materiaaleigenschappen van het herstelwerk, zoals sterkte en elasticiteit. Kwaliteit en duurzaamheid gaan voor een gemakkelijke en snelle verwerking.

Reparatiematerialen

Voor herstelwerkzaamheden worden in de praktijk in toenemende mate fabrieksmatig samengestelde materialen gebruikt, meestal gemodificeerde betonmengsels. De exacte samenstelling daarvan is aangepast aan een bepaalde verwerkingsmethode en de specifieke toepassing met de daaruit voortvloeiende prestatie-eisen. Mortels kunnen naast cement en zand ook fijn grind en fijne vulstoffen bevatten, en hulpstoffen zoals plastificeerders, zwelmiddelen, versnellers en vezelversterking. De benaming is afhankelijk van de leverancier en is vaak gekoppeld aan de toepassing, bijvoorbeeld giet- of egaliseermortel. De technische kwaliteit van een reparatie wordt bepaald door de mate waarin het reparatiemateriaal aansluit op de eigenschappen van de ondergrond, de omgevingscondities en de verwerkingsmethode.

Er zijn drie typen reparatiemortel te onderscheiden:

- Cementgebonden mortel, vaak aangeduid als CC-mortel (*cement concrete*). Dat is een cement gebonden mortel met minder dan vijf procent polymeer ten opzichte van de cementmassa.
- Cementgebonden polymeergemodificeerde mortel, ofwel PCC-mortel (*polymeer cement concrete*). Dat is een cementgebonden mortel met tussen de vijf procent en twintig procent kunststof ten opzichte van de cementmassa. Er bestaan ook ECC-mortels (*epoxy cement concrete*), die als voordeel hebben dat ze wat minder gevoelig zijn voor vocht.
- Kunstharzegebonden mortel, ofwel PC-mortel (*polymeer concrete*). Dat is een volledig kunstharzegebonden mortel.

Polymeergemodificeerde mortels kunnen ten opzichte van volledig cementgebonden mortels als voordeel hebben: een hogere treksterkte, hogere elasticiteit, ofwel een lagere elasticiteitsmodulus, betere hechting, lagere krimp, minder gevoelig voor verbranden en snelle sterkteontwikkeling, namelijk binnen een tot zeven dagen. Daar tegenover staan mogelijke nadelen als hogere thermische uitzetting, hogere materiaalprijzen en kortere verwerkbaarheid en daardoor niet gebruiksklaar leverbaar via de betoncentrale. De geringere permeabiliteit, ofwel doordringbaarheid, kan afhankelijk van de situatie zowel een voordeel als een nadeel zijn. Het gebruik van volledig kunstharzegebonden mortels wordt door de Rijksdienst voor de Monumentenzorg in het algemeen ontraden. De materiaaleigenschappen verschillen sterk met die van traditioneel beton. Door het verschil in bouwfyfisch gedrag kunnen spanningen ontstaan die ertoe leiden dat het materiaal na verloop van tijd loskomt, zeker in zeer vochtige omstandigheden.

Verwijderen beschadigd materiaal

Voordat er nieuw beton kan worden aangebracht, moet er meestal eerst beschadigd beton worden verwijderd, geroeste wapening worden schoongemaakt en moet het oppervlak een voorbehandeling krijgen. Het verwijderen van slecht materiaal wordt veelal saneren genoemd. Aandachtspunten hierbij zijn de techniek waarmee materiaal wordt verwijderd en de uiteindelijke vorm van de te repareren plekken.

Saneren door pneumatisch hakken heeft als belangrijk nadeel dat er door trillingen microscheuren in het beton kunnen ontstaan, vaak ook rondom de wapening, waardoor er in een later stadium nieuwe schade kan ontstaan. Saneren met behulp van water onder hoge druk heeft als voordeel dat dergelijke scheuren niet ontstaan en dat er een ruwe ondergrond ontstaat die een optimale hechting geeft van het reparatiemateriaal. De randen van de reparatie-

plekken moeten zo veel mogelijk haaks op het oppervlak uitkomen. Dit om te voorkomen dat de herstelmortel naar de rand toe dun uitloopt en daardoor verbrandt of loskrimpt. Ook is het belangrijk dat er achter de geroeste wapening voldoende beton wordt verwijderd. De te herstellen ondergrond moet vrij zijn van onsamenhangend beton, losse deeltjes, stof, vet en oude oppervlaktelagen.

Geroest wapeningsstaal moet worden ontroest. Wanneer er sprake is van een chlorideaan-tasting of wanneer wapening wordt geveerd, is reinheidsgraad Sa 2,5 vereist. De meest gebruikte reinigingstechnieken daarvoor zijn gritstralen en waterstralen.

Voorbehandelen ondergrond

Om een goede aanhechting en verharding van de reparatiemortel te krijgen moet de ondergrond een passende voorbehandeling krijgen. Het type reparatiemortel en de situatie bepalen welke voorbehandeling of combinatie van voorbehandelingen is vereist. De voorbehandeling kan bestaan uit bevochtigen, het aanbrengen van een hechtprimer of een voorstrijkmiddel. Ook kan het nodig zijn de wapening te herstellen wanneer deze door roest te sterk is aange-tast. Met name putcorrosie als gevolg van een hoog chloridegehalte is verraderlijk.

Bevochtigen Volledig cementgebonden reparatiemortels hebben vaak een lage water-cement-factor waardoor ze gevoelig zijn voor verbranden, zeker bij kleine laagdikten. Om een goede verharding te krijgen is het belangrijk dat een zuigende ondergrond eerst wordt bevochtigd, zodat deze geen vocht zal onttrekken aan de reparatiemortel.

Hechtprimer of hechtbrug De hechting wordt meestal verbeterd door op het hechtvlak een extra laagje bindmiddel aan te brengen, ook wel 'aanbrandlaag' genoemd. Van oudsher gebruikt men hiervoor een mengsel van cement en water. Een reparatiemortel moet 'nat in nat' over de hechtlaag worden gezet. Bij herstel met cementgebonden mortel is het goed om ook de wapening in te smeren met het hechtmiddel. Bij PCC-mortels wordt een primer toegepast op basis van pure polymeer. In de voorschriften van de leverancier van de reparatiemortel moet staan aangegeven welk type primer moet worden toegepast.

Voorstrijken In bijzondere situaties kan het nodig zijn de betonnen ondergrond met een voor-strijkmiddel te behandelen. Met name als de ondergrond niet optimaal kan worden gereinigd, als de ondergrond sterk zuigend is en voorbevochtigen niet mogelijk is of als het hechtvlak afpoedert en moet worden versterkt.

Verwerkingstechniek

Beton kan men handmatig aanbrengen, door middel van aangieten of – wanneer het grote reparatievlakken betreft – door spuiten. Elke verwerkingsmethode kent specifieke toepassingen en reparatiematerialen.

Handmatig repareren Bij handmatig repareren brengt men de mortelspecie in principe met een troffel aan. Voor de duurzaamheid is het belangrijk dat de specie goed wordt verdicht, met name rondom de wapening. Dat beperkt de indringing van vocht en de carbonatatie. Carbonatatie leidt tot verzuring van de cementsteen. Bij pH-waarden lager dan 10 wordt staal gevoelig voor roestvorming, doordat het beschermende oxidelaagje wordt afgebroken. Bij handmatig repareren gebruikt men tegenwoordig vaak PCC-mortels.

Aangieten, aanstorten Hierbij giet men vloeibare specie in een bekisting. Omdat het maken van een bekisting extra kosten met zich meebrengt, is het met name geschikt voor grotere reparaties van staand en hangend werk. Aangieten kan ook een effectieve methode zijn wanneer de reparatie een specifieke oppervlaktestructuur moet krijgen.

De specie heeft een relatief hoge plasticiteit. Van oudsher werd dit bereikt door een hogere water-cementfactor, tegenwoordig door toevoeging van een plastificeerder, een stof die de



Saneren van beton met water onder zeer hoge druk, tussen de 1000 en 2000 bar



Bij herstel van de bunker Diogenes in Schaarsbergen uit 1943 is gebruikgemaakt van bekisting van ruw houten delen. Oppervlaktestructuur en vorm voegen zich daardoor redelijk met het oorspronkelijke uiterlijk

Herstel van hangend werk met behulp van een open bekisting. De aangetaste wapening is vervangen door een nieuwe wapeningsstaaf



Goede gieteigenschappen van het reparatiemateriaal zijn belangrijk, zeker als men het oppervlak de structuur van het houten bekistingsmateriaal wil meegeven



Met behulp van water onder zeer hoge druk is het mogelijk beschadigd beton te verwijderen zonder dat de wapening beschadigt of lostrilt van het resterende beton



Betonnen trapleuning waarbij de deels zichtbare wapening is geverfd om deze te beschermen tegen roest



vervormbaarheid en verwerkbaarheid van de specie verbetert. Een hoge water-cementfactor geeft een grotere drogingskrimp, wat in principe kan leiden tot krimp scheuren en onthechting. Het gebruik van een plastificeerder voorkomt dergelijke problemen. Krimp wordt ook beperkt door het cementgehalte laag te houden.

Sputen Bij gebruik van spuitbeton wordt de specie met perslucht tegen een ondergrond gespoten. Spuitbeton is in het algemeen duurzaam en heeft een hoge sterkte door de lage water-cementfactor en doordat de specie goed wordt verdicht door de hoge snelheid waarmee het wordt aangebracht. De laag spuitbeton kan handmatig worden afgewerkt of door het opspuiten van een extra toplaag. Er bestaan twee methoden, een droge en een natte. Bij de droge methode vindt de vermenging van het droge mengsel met water plaats aan de spuitmond en bij de natte methode wordt er vooraf water door gemengd. De droge methode is meestal het goedkoopst. Een kritisch punt bij de droge methode is de bevochtiging. Bij onvoldoende bevochtiging ontstaan er plekken te droge specie die onvoldoende kunnen verharderen, zogenaamde zandinsluitingen. De uiteindelijke kwaliteit van de betonlaag is sterk afhankelijk van het vakmanschap van de betonspuiters. Afhankelijk van de samenstelling en korrelstructuur van het spuitbeton kunnen er lagen tot zes centimeter worden opgebracht. Het grootste probleem bij spuitbeton is het optreden van krimp scheuren, met name bij CC-mortels. Krimp scheuren moeten worden voorkomen door de laag de eerste zeven dagen vochtig te houden.

Waarborgen kwaliteit

Om een goede technische kwaliteit van de uitvoering te waarborgen kan door een opdrachtgever worden verwezen, bijvoorbeeld in bestekken, naar CUR-Aanbevelingen. Dat zijn technische richtlijnen die worden uitgegeven door het Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving, een organisatie die kennisontwikkeling en -verspreiding bevordert. In de onderstaande Aanbevelingen worden onder andere eisen gesteld aan de grondstoffen, de bereiding van de specie, de uitvoering en de eigenschappen van het uitgevoerde werk, zoals sterkte, hechtsterkte, waterindringing, krimp en eindkeuring:

- CUR-Aanbeveling 53, *Spuitbeton en gespoten cementgebonden mortels*
- CUR-Aanbeveling 54, *Betonreparatie met handmatig aangebrachte of gegoten cementgebonden mortels*
- CUR-Aanbeveling 55, *Betonreparatie met kunstharsgebonden mortels*

De kwaliteit van de uitvoering wordt ook geborgd door het werk te laten uitvoeren door een bedrijf met een KOMO-procescertificaat voor het uitvoeren van betonreparaties. Dit certificaat wordt uitgegeven op basis van de nationale beoordelingsrichtlijn BRL 3201/02.

Keuze hersteltechniek en reparatiemateriaal

In de praktijk kiest men de hersteltechniek en het reparatiemateriaal vaak vooral op basis van praktische aspecten tijdens de uitvoering en kosten. Echter, voor de duurzaamheid is het belangrijk dat het herstelde onderdeel de juiste eigenschappen krijgt. Daarbij zijn onder andere de trek-, druk-, en hechtsterkte en elasticiteit, ofwel E-modulus, belangrijk. Ook de thermische uitzettingscoëfficiënt van het herstelmaterial kan van belang zijn, met name bij constructies die onvoldoende zijn gedilateerd. Dus niet alleen de verwerkbaarheid van de specie tijdens de uitvoering is belangrijk, maar juist ook de eigenschappen van het uitgeharde herstelmaterial. De vereiste eigenschappen van het herstelmaterial zijn daarom bepalend bij de keuze van een hersteltechniek. De Rijksdienst adviseert om ten aanzien van de kritische eigenschappen prestatie-eisen op te nemen in het bestek.

Bij omvangrijk herstelwerk ligt spuitbeton voor de hand. De kosten per vierkante meter liggen veel lager dan bij handmatig repareren, dat arbeidsintensief is en waarbij men vaak duurdere PCC-mortels gebruikt. Bij een spuittechniek geeft het gebruik van een standaard-CC-mortel meestal voldoende kwaliteit.

In gevallen waar met behulp van een geometrisch eenvoudige bekisting of een hoge herhalings-

graad kan worden gewerkt, is het aangieten van mortel aantrekkelijk. Door bekistingmateriaal te kiezen met de gewenste oppervlaktestructuur, zoals ruwhouten delen, krijgt het herstelwerk direct de juiste oppervlaktestructuur.

Bij volledig cementgebonden mortels moet in vochtige omstandigheden de dekking minimaal 25 millimeter zijn. In combinatie met een oppervlakteschermingsysteem, zoals een verflaag, kan soms een kleinere dekking worden geaccepteerd. Wanneer er onvoldoende dekking kan worden bereikt en een verflaag niet mogelijk is, kan een dichtere PCC-mortel de wapening mogelijk voldoende beschermen. In plaats daarvan kan de wapening ook worden geleverd met een epoxyverf die wordt ingestrooid met zand en vervolgens wordt afgewerkt met een CC-mortel.

HERSTEL VAN DE OPPERVLAKTESTRUCTUUR

Een geleverd betonoppervlak zonder bijzondere textuur kan meestal probleemloos worden hersteld. Met een verflaag kunnen kleurverschillen tussen oud en nieuw materiaal eenvoudig worden weggewerkt. Het type verfsysteem bepaalt in belangrijke mate de uitstraling.

Bij veel historische betonconstructies heeft het al dan niet geleverde betonoppervlak een specifieke structuur die bepalend is voor de uitstraling en monumentwaarden. Veel voorkomend is de structuur die bewust of onbewust is ontstaan door tijdens de bouw gebruikte houten bekistingdelen. Kenmerken daarbij zijn zowel de 'banenstructuur', die de bekistingdelen hebben achtergelaten, als de houtnerfstructuur, die is ontstaan door het bekistingmateriaal. Los van de historische waarde van die structuur kan het ontbreken daarvan ter plaatse van de herstellingen het beeld van de betonconstructie verstoren. Terugbrengen van de structuur is daarom vaak gewenst. Herstel van een dergelijke structuur kan echter kostbaar zijn.

Ook herstel van gewassen grindbeton stelt hoge eisen aan de uitvoering. De esthetische uitstraling daarvan wordt sterk bepaald door het soort grind en de korrelgradering. Beoordelen van het herstel van gewassen grindbeton is zonder proefvlakken niet mogelijk. Het uiterlijk van gewassen grindbeton kan opzettelijk zijn gecreëerd, maar kan ook in de loop der tijd zijn ontstaan, doordat de toplaag van cementsteen is weggesleten.

De Rijksdienst adviseert om, afhankelijk van de karakteristieke kenmerken en cultuurhistorische waarden van het object, in gezamenlijk overleg te bepalen welke eisen aan het herstel van het oppervlak moeten worden gesteld. De eerder beschreven CUR-Aanbevelingen stellen geen eisen aan de esthetische kwaliteit van de afwerking, zoals kleur en textuur.

Afwerklagen en kleur

De oppervlaktestructuur kan worden hersteld door over het reparatiemateriaal een dunne extra toplaag aan te brengen. Deze enkele millimeters dikke lagen zijn echter vaak minder duurzaam en kunnen de vochtinhouding negatief beïnvloeden. Bij kleine laagdikten hebben volledig mineraalgebonden mortels een groter risico om te verbranden of los te krimpen dan polymeergeïmprimeerde of -gebonden mortels. Polymeergebonden materialen hebben voor de verwerker het voordeel dat ze snel drogen en snel overschilderbaar zijn.

Reparatiematerialen met een hoog percentage polymeer hebben vaak een negatief effect op de droging van de constructie. Dergelijke lagen kunnen na verloop van tijd loskomen van de ondergrond, zeker als er vocht achter de laag kan komen of wanneer thermische spanningen kunnen ontstaan in toplaag en ondergrond. Voor de duurzaamheid is het dus beter om in één laag zowel het beton aan te helen als de oppervlaktestructuur te herstellen.

Bij herstel van 'schoon beton' is het belangrijk dat het reparatiemateriaal na het drogen de goede kleur heeft. Om het oppervlak van schoon beton te beschermen, licht bij te kleuren, of om reparatieplekken te maskeren bestaan verschillende mogelijkheden.

- Opbrengen van een niet dekkend laagje minerale verf, bijvoorbeeld door het vernevelen van een spuitbare silicaatverf. Met een zeer dun doorschijnend laagje op het oppervlak kan de esthetische uitstraling worden verbeterd en de vochtindringing worden beperkt zonder dat de waterdampdoorlatendheid noemenswaardig vermindert.



Voorbeeld van minder fraai en weinig duurzaam herstel met een kunstbarsegebonden materiaal. Het gebruik van volledig kunstbarsegebonden materialen wordt door de Rijksdienst voor de Monumentenzorg in het algemeen ontraden

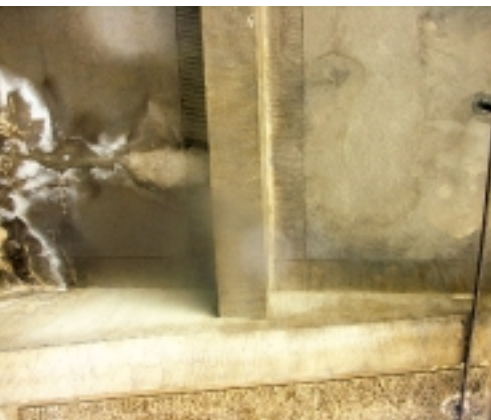
Door verwerking van beton verdwijnt de egale cementbuid en komt het toeslagmateriaal grind bloot te liggen. Het verschil tussen beschutte en niet-beschutte vlakken is duidelijk zichtbaar



De reparatie steekt duidelijk af bij het verweerde oppervlak. Men had de reparatieplek visueel beter kunnen laten aansluiten door bijvoorbeeld het nog niet volledig uitgeharde oppervlak even te borstelen



Proefvlakken waarmee onder andere de verwerkbaarheid, kleur en hechting van verschillende samenstellingen kunnen worden beoordeeld



Aan de rechterkant is een hersteld deel zichtbaar van een van de laadperrons van het voormalige pakhuys Sint-Jobsveem in Rotterdam.

Plaatselijk is het beton handmatig hersteld, waarbij de oorspronkelijke oppervlakestructuur is teruggebracht en kleurverschillen grotendeels zijn weggeveerd door verneveling van minerale verf

Na het stralen van de betonnen koepel uit 1981 van de watertoren in Zutphen is plaatselijk craquelé zichtbaar. Deze scheuren zijn niet ernstig, maar voor de levensduur van het verfsysteem is het raadzaam ze op te vullen met minerale mortel



- Schilderen met een polymeergemodificeerde mineraalverf. Zowel de indringing van vocht als van kooldioxide wordt daardoor beperkt. Het oppervlak wordt bijgekleurd. De waterdampdoorlatendheid is iets minder dan van een zuivere minerale verf.
- Schilderen met een blanke, damp-open dispersieverf. De indringing van vocht en kooldioxide wordt sterk verminderd. Behandeling hiermee is een optie indien de toestand kritisch is en indringing van vocht en kooldioxide moet worden verminderd. Het verfsysteem zal de esthetische uitstraling beïnvloeden, maar door een matte verf te kiezen met enkele procenten pigment kan het mogelijk storende effect van de laag worden beperkt.
- Impregneren met een (bijen)wasemulsie. Een behandeling vermindert alleen de vochtindringing en is dus alleen zinvol als carbonatatie geen risico vormt of als het beton al volledig is gecarbonateerd. Aan een bijenwasemulsie kunnen pigmenten worden toegevoegd. Behandeling daarmee is met name geschikt voor binnentoepassingen. In de praktijk wordt beton ook wel geïmpregneerd met een hydrofobeermiddel. Soms met als reden het tegengaan van vervuiling en algengroei; de effectiviteit daarvan is echter zeer beperkt.

CUR-Aanbeveling 100, *Schoon beton: criteria voor de specificatie en beoordeling van betonoppervlakken* kan behulpzaam zijn bij het specificeren van de esthetische eisen aan het herstelwerk.

HERSTEL VAN SCHEUREN

Wanneer er in een betonconstructie statische scheuren aanwezig zijn, kunnen die door middel van injectiemethoden volledig worden dichtgezet, waarbij de scheurwanden constructief met elkaar worden verbonden. De keuze voor het injectiemateriaal wordt bepaald door de omstandigheden in de scheur en door de krachten die op het materiaal komen. De omstandigheden in de scheur kunnen droog, vochtig, watervoerend en vervuild zijn. Een sterke vervuiling van de scheur beperkt de mogelijkheden om scheurwanden constructief te verbinden. Het flexibel verbinden van scheuren met kunstharsen is in de praktijk een illusie; zelfs de meest elastische kunstharsen, met lage elasticiteitsmodulus, gedragen zich in een scheur volledig star.

Om de kwaliteit van injectiewerk door betonreparatiebedrijven te borgen kan men verwijzen naar CUR-Aanbeveling 56, *Injecteren van scheuren in beton-constructies met kunsthars injectievloeistoffen*. Daarbij moet de toepassingklasse worden aangegeven. Het constructief verbinden van scheuren is toepassingsklasse I-1 en het afdichten van scheuren is toepassingsklasse I-2. Ook de omstandigheden in de scheur moeten worden aangegeven.

De verschillende injectiematerialen zijn:

- Tweecomponenten-epoxyhars. Met name geschikt voor droge scheuren en toepassingsklasse I-1. Epoxyharsen hebben een goede hechting en zijn daarom het meest geschikt om trekkrachten over te brengen.
- Tweecomponenten-polyurethaanhars. Geschikt voor vochtige scheuren en toepassingsklasse I-2.
- Gelvormende harsen op basis van acrylamide of polyurethaan. Met name geschikt voor continu vochtig blijvende, watervoerende scheuren, toepassingsklasse I-2.
- Cementsuspensies. Geschikt voor vochtige en watervoerende scheuren, toepassingsklassen I-1 en I-2.

Injecteren kan in principe op twee manieren: onder lage druk via de scheur of onder hoge druk via boorgaten. Om een goede verdeling van injectieharsen in de scheur te krijgen is het belangrijk dat de temperatuur van de betonconstructie hoog genoeg is, gewoonlijk boven de acht graden Celsius.

VERSTEVIGEN VAN DE CONSTRUCTIE

Wanneer er 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 ondersteunen van de oorspronkelijke constructie door middel van een betonnen of stalen hulpconstructie uitkomst bieden. Dat kan als voordeel hebben dat de betonconstructie in de oorspronkelijke verschijningsvorm behouden blijft. De keuze van de wijze van versterken moet in belangrijke mate worden bepaald door de in het geding zijnde cultuurhistorische waarden. Door het grote verschil in stijfheid tussen beton en staal kan het bij het toevoegen van extra stalen liggers lastig zijn om voldoende spanning over te brengen in het staal. Het staal moet dan op voorspanning worden gebracht. De vorm en maatvoering van een versterking moeten nauwkeurig worden berekend door een betonconstructeur.

Extra laag gewapend beton

Bij een constructieve reparatie met een extra laag gewapend beton is het van wezenlijk belang dat een deel van de spanning in het oorspronkelijke beton wordt overgedragen op de nieuwe laag. Dat stelt hoge eisen aan de hechting van de nieuwe laag op de oude ondergrond. Vaak is het raadzaam om op een proefvlak de hechting die kan worden verkregen met hechtproeven vast te stellen. Naast de hechting zijn ook de materiaaleigenschappen van de nieuwe betonlaag belangrijk, zoals de elasticiteit en de thermische uitzetting. Men moet er rekening mee houden dat langetermijneffecten zoals krimp en kruip in het nieuwe beton de samenhang tussen oud en nieuw materiaal negatief kunnen beïnvloeden. De hechting wordt verbeterd door verbindingswapening aan te brengen.

Uitwendig gelijkde wapening

Met kunstharsen, meestal een epoxyhars, kunnen ter versterking van een constructie stroken staal of koolstofvezelwapening tegen het beton worden gelijkd. Met deze methode kan bijvoorbeeld de belastbaarheid van een betonvloer worden vergroot. Ook kunnen kolommen worden versterkt door deze in te wikkelen met koolstofvezelwapening. Voordelen van uitwendig gelijkde wapening zijn de relatief eenvoudige uitvoering, de lage kostprijs en de geringe wijzigingen in afmetingen van de betonconstructie.

Het ontwerp voor de versterking moet worden gemaakt door een ter zake kundige constructeur. In CUR-Aanbeveling 91, *Versterken van gewapende betonconstructie met uitwendig gelijkde koolstofvezelwapening*, staan (reken)regels voor het aanbrengen van een dergelijke versterking. Daarnaast zijn in de richtlijn ook bepalingen opgenomen voor de uitvoering, zoals eisen aan het betonoppervlak en de verwerkingsomstandigheden.

Het draagvermogen van een betonconstructie kan met behulp van uitwendige wapening tot maximaal anderhalf à twee maal het oorspronkelijke draagvermogen worden vergroot. Zowel staal als koolstofvezelwapening heeft specifieke voor- en nadelen. Koolstofvezelwapening heeft als voordeel een hoge sterkte in combinatie met een laag soortelijk gewicht. Een nadeel is dat door de geringe afmetingen van de koolstofvezelwapening de toename van de stijfheid van de constructie beperkt is. Wanneer men bij een constructie met name de buigstijfheid wil vergroten, is staal meestal het meest economische wapeningsmateriaal.

Men kan koolstofvezelwapening op verschillende manieren aanbrengen:

- Door het oplijmen van geprefabriceerde systemen. Bij deze geprefabriceerde stroken liggen de vezels in één richting. Geprefabriceerde stroken hebben als voordeel dat de applicatie relatief eenvoudig is.
- Door het ter plaatse aanbrengen van meerdere lagen kunsthars en weefselmatjes. Het voordeel van ter plaatse uithardende systemen is de grote vormvrijheid. De soepele weefselmatjes kunnen in elke vorm worden aangebracht, met de vezels in meerdere richtingen. Het beton wordt daardoor ook in meerdere richtingen versterkt. Beton dat in een agressieve omgeving zit, kan geheel worden bedekt, waardoor beton en wapening ook worden beschermd tegen aantasting.



Een dunne scheur verraadt dat de extra laag spuitbeton loskomt die tien jaar geleden is aangebracht tegen de onderzijde van deze trap. Een goede hechting van hangend herstelwerk is een kritisch punt. Verbindingswapening, een goede hechtbrug en een optimale materiaalkeuze zijn uiterst belangrijk

Door het aanbrengen van een dunne laag spuitbeton en gelijkde, geprefabriceerde koolstofvezelwapening is de onderzijde van de betonvloer beschermd tegen verdere aantasting en versterkt



NUTTIGE ADRESSEN

Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR)

Postbus 420, 2800 AK Gouda
0182 · 54 06 00, fax 0182 · 54 06 01
cur@cur.nl, www.cur.nl

Betonvereniging (opgericht in 1927)

Postbus 411, 2800 AK Gouda
0182 · 53 92 33, fax 0182 · 53 75 10
info@betonvereniging.nl,
www.betonvereniging.nl

Vereniging Adviseurs Beton Onderhoud en Reparatie (VABOR)

Postbus 267, 4100 AG Culemborg
0345 · 57 01 79, fax 0345 · 58 51 71
info@vabor.nl, www.vabor.nl

LITERATUUR

- *Beton: schade en analyse: Info Restauratie en beheer 40* (2004). Rijksdienst voor de Monumentenzorg, Zeist, te bestellen via info@monumentenzorg.nl

- *Beton: onderhoud en herstel: Info Restauratie en beheer 44* (2006). 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.

- Diverse *CUR-Aanbevelingen*, o.a. nr. 53, 54, 55, 56, 91 en 100, Gouda.

Zorgvuldig hersteld en op kleur gebracht deel van de cementruestieke imitatierotsen uit 1902 op Landgoed Aardenburg in Doorn

RDMZ info Restauratie en beheer nr. 45, juni 2006
Redactie Ries van Hemert, Taco Hermans, Michiel van Hunen, Mariël Kok, Cor van Kooten, Rob Polder (TNO Bouw en ondergrond), Dirk Snoodijk en Daniëlle Takens *Tekst* Michiel van Hunen *Foto's* Michiel van Hunen, tenzij anders vermeld *Vormgeving* B@seline, Utrecht *Druk* Hootetijl, Utrecht. Voor bestelling van meerdere exemplaren: InfoDesk 030 · 69 83 456.
Aan deze uitgave kunnen geen rechten worden ontleend. ISSN 1566-7057

KATHODISCHE BESCHERMING

Kathodische bescherming is een elektrochemische conserveringstechniek, waarbij met behulp van elektrische stroom het roesten van wapening wordt gestopt of sterk afgeremd. Het is alleen zinvol in een vroegtijdig stadium, als wapening en beton nog niet te veel zijn aangetast. De techniek gaat uit van behoud van het aanwezige materiaal en past daardoor goed bij het algemene uitgangspunt: behoud gaat voor vernieuwen.

Met behulp van een voeding, die meestal is gecombineerd met een meet- en regelsysteem, wordt een spanningsverschil gecreëerd tussen de wapening en zogenaamde anoden, die in de directe omgeving van de wapening moeten worden geplaatst. De verschillende typen anoden zijn onder te verdelen op basis van geometrie- of anodemateriaal. Ze kunnen lokaal worden aangebracht of over het gehele oppervlak. Oppervlakteanodesystemen zijn bijvoorbeeld geactiveerd titaniumgas bedekt met een laag spuitmortel, spuitmortels met geleidende vezels en een geleidend verfsysteem.

Of kathodische bescherming een geschikte oplossing is, hangt af van een aantal aspecten: de homogeniteit van het beton; kwaliteit, geometrie en verdeling van de wapening; afwerking van het oppervlak en de mate waarin onderhoud en inspectie zijn geborgd. De werking van installaties moet jaarlijks worden gecontroleerd. Voor het ontwerpen van een kathodisch systeem zijn richtlijnen en prestatiecriteria gegeven in CUR-Aanbeveling 45, *Kathodische bescherming van wapening in betonconstructies*, en in de Europese norm NEN-EN 12696:2000en, *Kathodische bescherming van staal in beton*.

VERGUNNING EN SUBSIDIE

Bij herstel van beton is er 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.

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



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