

Handreiking

Bepalen van technisch of constructief betonherstel

Voorwoord

In 2015 verscheen CUR-Aanbeveling 118 “Specialistische instandhoudingstechnieken - repareren van beton”. Daarin wordt het doel van een betonreparatie centraal gesteld en niet zozeer de techniek van repareren zoals voorheen.

Er wordt in CUR-Aanbeveling 118 onderscheid gemaakt in uitvoeringsklassen:

- een esthetische reparatie (RE);
- een technische reparatie (RT);
- een constructieve reparatie (RS).

Ook CUR-Aanbeveling 119 “Specialistische instandhoudingstechnieken – vullen en injecteren van scheuren, naden en holle ruimten” uit 2019 houdt een indeling in uitvoeringsklassen aan. Dan met name het constructief verlijmen (I-1) en het technisch afdichten in beton (I-2) of technisch afdichten achter het beton (I-3).

De onderlegger voor certificering van betonreparatiebedrijven, de BRL 3201, is daarop aangepast. Er zijn nu twee delen. Deel 1 voor esthetische reparaties en technische reparaties. Deel 2 voor constructieve reparaties. Het is mede daarom van belang dat een schade goed wordt geclassificeerd omdat de eisen aan het bedrijf, de uitvoering, de materialen en keuring en controle uiteen lopen afhankelijk van het doel van de reparatie.

Met name het verschil tussen een technische reparatie (RT) en een constructieve reparatie (RS) is niet altijd duidelijk en roept soms vragen op. Begrijpelijk, het hangt namelijk vaak van de context af wat voor type reparatie het betreft. Dit is ongewenst. Het leidt tot misverstanden en ongewenste effecten in een competitieve markt. Reden voor de Vereniging Adviseurs Betononderhoud en Reparatie

(VABOR) en de Vereniging van Gecertificeerde Betonreparatiebedrijven (VBR) om samen een publicatie uit te werken met uitleg over de verschillen RT en RS en voorbeelden ter illustratie. Dit om alle partijen, zoals opdrachtgevers, adviseurs, aannemers en certificerende instanties een handreiking te doen.

In dit document treft u achtergronden aan over de bedoeling en het onderscheid tussen een technische en constructieve reparatie. Ook zijn voorbeelden opgenomen waarin op basis van schadebeeld en analyse van gegevens, gekomen wordt tot een oordeel: technisch (RT) of constructief (RS).

Met name opdrachtgevers wordt gewezen op het belang van een goed en gedegen vooronderzoek door een bureau met kennis van zaken. Of sprake is van technisch- of constructief repareren moet namelijk zijn bepaald voordat met het herstel wordt begonnen. Een onjuiste diagnose vooraf kan grote gevolgen hebben voor onder meer de ingreep, kosten en het tijdsverloop van het herstel. Dit omdat de uitvoeren van een technische reparatie (RT) of constructieve reparatie (RS) andere eisen stelt aan de voorbereidingen, de materialen en bijvoorbeeld de uitvoering. Ook bepaalt de uitvoeringsklasse of een vergunning noodzakelijk is of niet.

De VABOR en VBR danken de leden van de vereniging die bijgedragen hebben aan het tot stand komen van dit document.

Voorzitter VABOR

Corné van der Steen



Voorzitter VBR

Paul Lange





Inhoud

Voorwoord	3
1. Inleiding	7
1.1 Uitvoeringsklassen	7
1.2 Technisch en constructief repareren	7
1.3 Constructieve reparatie	8
1.4 Technische reparatie	9
1.5 Aandachtspunten technisch of constructief	10
1.6 Constructieve component bij technisch herstel	11
1.7 Meer uitvoeringsklassen, RT en RS binnen een werk	12
1.8 Repareren bij monumenten	12
1.9 Gevolgklasse	12
1.10 Toelichting op de voorbeelden keuze RT of RS	13
2. Voorbeelden woningbouw	15
2.1 Console galerijflat 1	16
2.2 Console galerijflat 2	18
2.3 Console galerijflat 3	19
2.4 Balkon op stalen dragers	20
2.5 Balkon met stalen rand	21
2.6 Uitkragende galerij	23
2.7 Vloer, kweekaal	24
2.8 Plafond, berging	26
2.9 Borstweringspanelen	27
2.10 Borstwering galerijflat	29
2.11 Vloerbalk	30
2.12 Betonnen portaal	31
2.13 Betonwand	32
3. Voorbeelden utiliteit	33
3.1 Puntvormig ondersteunde verdiepingsvloer(en)	34
3.2 Vloer parkeergarage	36
3.3 Scheur parkeervloer	38
3.4 Betonkolom kelderbouw	40
3.5 Betonkolom kunstmestfabriek	42
3.6 Ontvangstput rioolzuivering	44
3.7 TT-liggers parkeergarage	45
3.8 Begane grondvloer (kruipruimte)	46
3.9 Kolom met gains	48
4. Voorbeelden civiele werken	49
4.1 Landhoofd/ oplegbalk	50
4.2 Randbalk Kunstwerk	51
4.3 Voorgespannen ligger	52
4.4 Nokoplegging Ligger	53
4.5 Draagbalk rijdek	54
4.6 Voorgespannen I-Ligger	55

1. Inleiding

1.1 Uitvoeringsklassen

In 2015 verscheen CUR-Aanbeveling 118 “Specialistische instandhoudingstechnieken - repareren van beton”. Daarin is het doel van een betonreparatie centraal gesteld. In de voorlopers, CUR-Aanbevelingen 53, 54, 55 stond de techniek van het aanbrengen centraal, zoals handmatig verwerken of spuiten van een mortel.

Er wordt in CUR-Aanbeveling 118 onderscheid gemaakt in drie uitvoeringsklassen:

- een esthetische reparatie (RE);
- een technische reparatie (RT);
- een constructieve reparatie (RS).

Met name het onderscheid tussen de laatste twee, technische- (RT) en constructieve reparatie (RS) blijkt in de praktijk niet altijd even duidelijk en wordt daarom in deze handreiking behandeld.

In 2017 volgde CUR-Aanbeveling 119 “Specialistische instandhoudingstechnieken – vullen en injecteren van scheuren, naden en holle ruimten”. Deze opvolger van CUR-Aanbeveling 56 hanteert eveneens uitvoeringsklassen gericht op het doel van de werkzaamheden.

Er wordt in CUR-Aanbeveling 119 onderscheid gemaakt in drie uitvoeringsklassen:

- constructief verlijmen (I-1);
- technisch afdichten in het beton (I-2);
- technisch afdichten achter het beton (I-3).

Dit onderscheid leidt in de praktijk tot minder misverstanden, zodat daarop in deze handreiking niet verder wordt ingegaan.

1.2 Technisch en constructief repareren

In CUR-Aanbeveling 118 wordt een constructieve reparatie gedefinieerd als:

“Reparatie van betonschade die constructieve gevolgen heeft, met het primaire doel het draagvermogen of de constructieve functie van het te repareren onderdeel te herstellen of te vergroten”.

Een technische reparatie is in deze Aanbeveling gedefinieerd als:

“Reparatie van betonschade met het primaire doel de duurzaamheid van het onderdeel te herstellen en verdergaande corrosie te voorkomen van eventueel aanwezig betonstaal in de reparatieplek”

In een toelichting is nog het volgende opgenomen:

“Technische betonreparatie onderscheidt zich van een constructieve betonreparatie door het primaire doel van de reparatie. Als voorafgaand aan het repareren is vastgesteld dat de betonschade constructieve gevolgen heeft voor het draagvermogen van het te repareren onderdeel is sprake van een constructieve betonreparatie. De constructieve functie van het te repareren onderdeel wordt dan hersteld tot ten minste het vereiste niveau (zie 6.5.2).

Bij een technische betonreparatie heeft de ontstane schade geen directe constructieve gevolgen maar gaat het om herstel van de duurzaamheid van het beton. Bij een technische betonreparatie kan door het saneren van beton tijdelijk een situatie ontstaan die maatregelen noodzakelijk maakt om het draagvermogen of de stabiliteit gedurende het herstel te borgen (denk aan stempelen)”

Kenmerkend voor een constructieve reparatie is dus de inschatting dat de schade voorafgaand aan het herstel al constructieve impact heeft. In de praktijk blijkt dit wel eens verward te worden met de constructieve impact die herstel kan hebben als gevolg van het saneren. Dit wordt verderop nog toegelicht.

1.3 Constructieve reparatie

Constructieve reparatie heeft twee elementen in zich volgens de definitie in CUR-Aanbeveling 118: herstel of versterken.

Ter verduidelijking

In Nederland worden op dit moment drie niveaus gehanteerd ten aanzien van constructieve veiligheid (gebaseerd op een beoordeling volgens de normserie NEN 8700).

- Afkeurniveau
- Verbouw-niveau
- Nieuwbouw

Dit speelt een rol bij het constructief repareren, zoals hierna toegelicht.

Het verschil tussen herstel en versterken bij een constructieve reparatie is als volgt:

Herstel

Herstel bij een constructieve reparatie RS wordt gezien als het ingrijpen in een situatie waarbij het gewenste niveau van veiligheid wordt onderschreden. Dit kan zijn door degradatie van het beton of aantasting/reductie van staafdoorsnede van het betonstaal met een constructieve functie. Actie op zeer korte termijn is nodig indien sprake is van een situatie beneden het afkeurniveau. Dit wordt getoetst op basis van NEN 8700. Dit niveau mag niet worden onderschreden. Als dit het geval is mag het bevoegd gezag aanschrijven en maatregelen afdwingen. Uiteraard vereist de algemene zorgplicht van een eigenaar al dat deze dan zelf al actie onderneemt en niet wacht op een aanschrijving. Nog beter is het natuurlijk het niet zo

ver te laten komen als het afkeurniveau het gevolg is van degradatie van het beton dan wel betonstaal.

Het streefniveau bij bestaande bouw is dus ten minste verbouwniveau, waarbij het afkeurniveau niet onderschreden mag worden. Er is sprake van herstel als het betonstaal met een constructieve functie in voldoende mate aanwezig is maar door corrosie is aangetast. Dit zodanig dat niet meer wordt voldaan aan het afkeur- of verbouwniveau. Kern is dus dat de situatie zonder schade aan het betonstaal een veilige constructie oplevert. Feitelijk wordt dus de oorspronkelijke situatie hersteld, die constructief voldoende was. Het constructie-onderdeel wordt niet sterker of sterker gemaakt dan het veiligheidsniveau dat het onderdeel had zonder de degradatie.

Versterken

Versterken bij RS is de situatie dat draagvermogen wordt toegevoegd. Dit omdat bijvoorbeeld de bestaande situatie (ook zonder schade) niet het gewenste veiligheidsniveau biedt. Dit lijkt vreemd omdat alle constructies in Nederland op basis van een bouwaanvraag met berekeningen zijn ontworpen, berekend en vergund. Toch komt het voor door menselijke fouten: ontwerp- of uitvoeringsfouten. Denk aan:

- Constructies waarin blijkt dat er te weinig betonstaal is aangebracht/betonstaal is vergeten aan te brengen, of tijdens de uitvoering is verplaatst of erger nog verwijderd omdat het in de weg zat.
- Situatie waarbij de wapening niet op de juiste plaats ligt door belopen of onvoldoende vastzetten.

Ook kan:

- De bestemming wijzigen waardoor hogere belastingen optreden dan waarop de constructie aanvankelijk was berekend.
- Uiteraard kan ook een voorgenomen herbestemming leiden tot het aanpassen van de draagconstructie waardoor de krachtwerving wijzigt en de huidige constructie constructief niet meer voldoet.

In al de hierboven genoemde voorbeelden is sprake van versterken. De constructie is ook zonder schade aan de wapening niet voldoende sterk. Bij versterken volstaat daarom nadrukkelijk niet het terugbrengen in de oorspronkelijke staat. Daarmee wordt namelijk niet het beoogd veiligheidsniveau bereikt. Immers dit niveau was al niet aanwezig, ook zonder schade.

Bij versterken zal in het algemeen uitgegaan moeten worden van het nieuwbouwniveau zoals vastgelegd in het Bouwbesluit en daarin aangewezen constructieve normen, zoals de Eurocodes. Slechts indien dit onevenredig veel kosten met zich mee brengt kan het bevoegd gezag toestaan uit te gaan van het verbouw-niveau.

Constructief

Herstel: constructie zonder schade voldoet, met schade niet meer

Actie: repareren tot oorspronkelijk veiligheidsniveau

Versterken: constructie zonder schade voldoet niet, ongeachte mate van schade

Actie: versterken tot vereist veiligheidsniveau

Om bij een constructieve reparatie dus te weten of sprake is van herstel of versterken, moet bekend zijn of ten minste worden ingeschat, of de bestaande constructie voldoende veilig is. De kern van het aanmerken als constructief herstel ligt namelijk in de situatie voor aanvang van de herstelwerkzaamheden. Dus niet of de uitvoering van het herstel constructieve impact heeft. Dit is uiteraard niet onbelangrijk maar bepaald niet of sprake is van constructief herstel in de zin van de CUR-Aanbeveling. Verderop wordt hierop nog teruggekomen.

Het classificeren van de schade en daarmee het herstel vereist een grondige analyse van de schade en/of constructie door een deskundige partij. Een partij die zowel verstand heeft van de mechanismen achter betonschade en de effecten daarvan op de aantasting van het beton en staal.

Ook zal er constructief inzicht moeten zijn om te bepalen of de schade constructieve gevolgen heeft. Een Betononderhoudskundige al dan niet bijgestaan door een constructief deskundige en een gespecialiseerd adviesbureau worden geacht daaraan invulling te kunnen geven. Nalaten van gedegen vooronderzoek kan aanzienlijke consequenties hebben.

Bij versterken speelt de mate van schade dus geen rol op het oordeel. Ook zonder zichtbare schade is er sprake van een onveilige situatie zijn. Denk daarbij aan uitkragende galerijen met te weinig of te diep liggende wapening. Deze situatie was onder meer aanleiding een onderzoekplicht op te nemen in de wet (Bouwbesluit, artikel 5.11) als verscherping van de algemene zorgplicht. Dit onderzoek moet dan zijn ingericht op basis van CUR-publicatie 248. De mate van schade is wel van invloed zijn op de invulling of wijze van het herstel.

1.4 Technische reparatie

Bij een technische reparatie (RT) is sprake van betonschade waarbij het gewenste niveau van veiligheid nog niet is onderschreden. Denk daarbij aan beginnende corrosie zonder belangrijke reductie van wapeningsdoorsnede of verwerking van het beton. In dat geval wordt dus ingegrepen om verdere schade te voorkomen en om opgetreden schade te herstellen. Het doel van het herstel is dan alleen herstel van de duurzaamheid van het beton door bijvoorbeeld te voorkomen dat betonstaal verder gaat corroderen.

Technisch

Constructie met schade voldoet aan gewenste niveau

Actie: repareren om achteruitgang te voorkomen

Let op: repareren kan maatregelen vragen om een constructie tijdelijk veilig te houden tijdens herstel. Daarmee is het evenwel geen constructieve reparatie in de zin van CUR-Aanbeveling 118.

Soms wordt om redenen van de gewenste deskundigheid van het uitvoerend reparatiebedrijf, gekozen een technische schade te classificeren als constructief herstel. Dit is in beginsel niet juist en leidt dit tot extra inspanningen. Aan constructief herstel zijn namelijk diverse verplichtingen gekoppeld, zoals controle van het draagvermogen van het te repareren onderdeel als geheel. Alleen repareren van de zichtbare betonschade is dan niet afdoende.

Uiteraard kan ook gewoon worden gevraagd naar een bedrijf dat is gecertificeerd voor zowel technisch als constructieve reparatie. Dit hoeft niet geregeld te worden door de reparatie dan maar als constructief aan te merken.

1.5 Aandachtspunten technisch of constructief

Van belang bij het onderscheid tussen technisch repareren en constructief repareren is verder:

- Indien sprake is van uitvoeringsklasse RT, een technische reparatie, is het reparatiebedrijf primair verantwoordelijk voor het herstellen van de betonschade. Constructief ligt er geen verantwoordelijkheid bij het uitvoerend reparatiebedrijf. Het reparatiebedrijf hoeft in beginsel niet te controleren of het onderdeel waaraan wordt gerepareerd wel veilig is.
- Bij een uitvoeringsklasse RS, een constructieve reparatie, neemt het uitvoerend bedrijf wel de verantwoordelijkheid op zich voor wat betreft het herstelde deel. Het reparatiebedrijf moet zorgen en aantonen dat het gerepareerde onderdeel na herstel voldoet aan het gewenste veiligheidsniveau. Dit impliceert dat niet alleen gekeken moet worden naar de schadelocatie. Nee, het gehele onderdeel dat wordt hersteld moet worden beoordeeld. Nimmer mag bij een constructieve reparatie (RS) sprake zijn van een gerepareerd onderdeel dat na herstel nog niet voldoet aan het vereiste

veiligheidsniveau. Praktisch betekent dit, zoals ook uiteengezet in CUR-Aanbeveling 118, dat een goed vooronderzoek nodig is waarbij het betononderdeel zo volledig mogelijk wordt beschouwd en niet alleen de schadeplek.

- Wordt goed vooronderzoek voorafgaand aan het herstel nagelaten, dan doet het uitvoerende bedrijf er verstandig aan op voorhand duidelijke afspraken te maken met de opdrachtgever. Dit voor het geval de situatie anders blijkt te zijn dan is ingeschat. Het kan namelijk betekenen dat moet worden opgeschaald als in plaats van een technische reparatie (RT) sprake blijkt van een constructieve reparatie (RS). Daarbij moeten nadrukkelijk ook de verantwoordelijkheden aan bod komen.

Vraagt een opdrachtgever:

- een technische reparatie (RT) dan mag een uitvoerend bedrijf ervan uitgaan dat geen constructieve controle van het onderdeel als geheel van hem wordt verlangd;
- een constructieve reparatie (RS) dan moet het uitvoerend bedrijf zich realiseren dat op hem een grote verantwoordelijkheid rust. Immers deze moet nagaan en zorgen dat het onderdeel waaraan wordt gewerkt na herstel constructief veilig is. Dit gaat verder dan alleen repareren van de schadeplek. Het bedrijf moet daarop zijn toegerust. Vandaar dat in deel 2 van de BRL 3201 aanvullende eisen zijn gesteld ten opzichte van deel 1. Ook in CUR-Aanbeveling 118 zijn de eisen aan de uitvoering, materialen en keuring en controle strenger en uitgebreider voor RS dan voor RT.
- Een vaak gestelde vraag is of er een vergunning nodig is bij constructief herstel. Een eenduidig antwoord is niet te geven omdat het van meer factoren afhankelijk is, waaronder het inzicht van Bouw- en Woningtoezicht. In algemene zin geldt dat een vergunning nodig is als de constructie wordt versterkt. Dus niet als het gaat om het herstel c.q. het terugbrengen naar het oorspronkelijk niveau (de situatie zonder schade).

Uiteraard geldt wel dat dit niveau dan moet liggen boven het afkeurniveau volgens NEN 8700.

- Technisch- en constructief herstel vergt specialisme. Naarmate de gevolgen van falen van een reparatie groter worden, is het belangrijk dat het een geborgd en aantoonbaar proces is. Dit betekent dat, indien verwezen wordt naar CUR-Aanbeveling 118, in de meeste gevallen al snel een BRL 3201 gecertificeerd aannemer is vereist.

1.6 Constructieve component bij technisch herstel

Dat een technische betonreparatie (RT) constructieve consequenties in zich kan hebben is evident. Zo zal omvangrijk saneren van een console of kolom voorzieningen nodig maken om overbelasten, bezwijken of te grote vervormingen tijdens het herstel te voorkomen. Dit betekent in beginsel niet dat er sprake is van een constructieve reparatie zoals bedoeld in CUR-Aanbeveling 118. Wel over een technische reparatie met constructieve effecten gedurende het herstel en de uithardingstijd van gebruikte materialen.

Bij een technische betonreparatie is het onderdeel met schade zoals aanwezig nog voldoende veilig. Door het moeten repareren kan echter een situatie ontstaan dat de veiligheid tijdelijk niet meer is geborgd. Daarmee is het in beginsel nog geen constructieve reparatie.

Hier zit de kern van het misverstand dat vaak optreedt bij het benoemen van een reparatie als technisch of constructief. Er is sprake van een schade die niet constructief is, maar wel constructieve gevolgen heeft tijdens het herstel. Het spreekt voor zich dat daarmee dan rekening gehouden moet worden. Zowel voor wat betreft de voorbereidingen, uitvoering als de materialen de worden toegepast.

Toelichting

De certificatieregeling vastgelegd in BRL 3201 kent twee delen.

Deel 1: Het technisch (en esthetisch) repareren en beschermen van beton.

Deel 2: Het constructief repareren en versterken van beton.

In aansluiting op CUR-Aanbeveling 118 worden in deel 2 (hogere) eisen gesteld aan de deskundigheid op met name constructief inzicht van de bedrijven. Ook materialen zijn onderverdeeld naar gelang ze dienen voor een technische reparatie of een constructieve reparatie. Een technische reparatie met constructieve consequenties zit min of meer tussen beiden in. Het is evident dat bij herstel in het geval van een technische reparatie met constructieve consequenties, constructief inzicht nodig is en ook de materialen daarop moeten zijn afgestemd.

Het is dus denkbaar dat bij een technische reparatie met constructieve gevolgen tijdens de uitvoering, de reparatiemortel:

- zowel de bescherming moet geven aan het betonstaal,
- als moet voldoen aan de constructieve eisen behorende bij een constructief herstel. Immers het hersteld onderdeel zal weer als één geheel moeten gaan werken.

Het is en blijft daarmee formeel geen constructief herstel in de geest van de CUR-Aanbeveling 118 maar een technisch herstel met constructieve aandacht aan de uitvoering en materiaalkeuze.

Bedrijven die enkel in het bezit zijn van een certificaat op basis van BRL 3201 deel 1 moeten goed borgen hoe omgaan wordt met een technische reparatie met constructieve consequenties gedurende het herstel of dergelijke reparaties moeten nalaten. Het kan om die reden dan ook een goede keuze zijn betonherstel uit te laten voeren door een reparatiebedrijf dat beschikt over een certificaat voor beide delen van de BRL 3201.

1.7 Meer uitvoeringsklassen, RT en RS binnen een werk

Op een werk kunnen betonschades voorkomen met een verschillende uitvoeringsklasse. Bijvoorbeeld omdat de schades verschillend zijn of de ernst varieert. Een keuze voor RT of RS moet in dat geval duidelijk per te repareren onderdeel vastgelegd worden. Het hoeft dus niet zo te zijn dat een werk met meer schades één classificatie krijgt.

Daarbij geldt overigens wel dat indien sprake is van versterken (RS), het zeer wenselijk is te kijken naar ook de onderdelen zonder schade. Het vooronderzoek zal daarvoor mogelijk uitgebreid moeten worden. Immers bij versterken heeft het een onderdeel ook zonder schade niet het gewenste veiligheidsniveau. De opgetreden schade bij één onderdeel kan dan een signaal zijn voor het geheel.

Is geen adequaat vooronderzoek uitgevoerd dan ligt er een verantwoordelijkheid bij het reparatiebedrijf om hiertoe het initiatief te nemen (= waarschuwingsplicht!). Met andere woorden vraag de opdrachtgever waarom alleen dat onderdeel is aangemerkt als RS.

1.8 Repareren bij monumenten

Voor objecten die vallen onder monumentenzorg kan het zijn dat afwijkende voorwaarden gelden voor het herstel. In algemene zin mag echter nimmer concessies worden gedaan aan de constructieve veiligheid. Deze moet altijd worden gewaarborgd. Dit kan inhouden dat het beton ingrijpend gesaneerd moet worden en het monumentale karakter verloren gaat. In dat geval kan worden gedacht aan alternatieven zoals het aanbrengen van een “tweede draagweg” waardoor een minder ingrijpende technische reparatie mogelijk wordt.

Voor het repareren van monumenten is een specifieke Uitvoeringsrichtlijn beschikbaar (URL 4005).

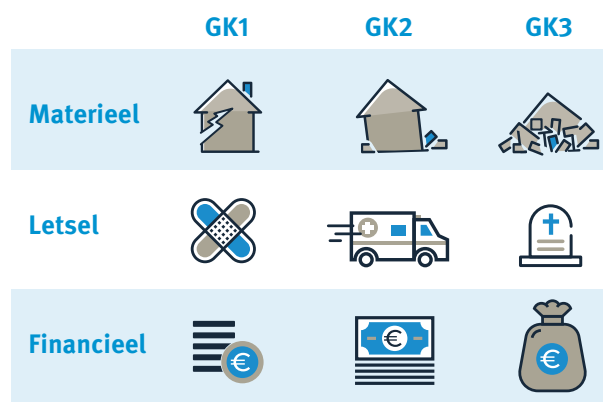
1.9 Gevolgklasse

Naast de indeling in RE, RT of RS is ook nog van belang wat de gevolgklasse (GK) is. De gevolgklasse geeft aan wat de impact zal zijn indien het gerepareerde onderdeel bezwijkt. Nadrukkelijk het gerepareerde onderdeel en niet de gehele constructie. Dit als onderscheid met de CC-klassen (consequence classes) zoals die voorkomen in de Eurocodes. Deze CC-klassen kijken naar de gevolgen van het bezwijken van het geheel. Daarbij zijn in de Eurocode eisen opgenomen aan de robuustheid (progressief bezwijken) c.q. het effect van het falen van een onderdeel.

Bij betonreparatie wordt vaak slechts aan een onderdeel van de totale draagconstructie gewerkt. Dit is een wezenlijk onderscheid met het ontwerp en bouwen van het totale werk. Daarom is in CUR-Aanbeveling 118 gekozen dit verschil tot uitdrukking te laten komen door te spreken van gevolgklassen. In de voorbeelden die zijn opgenomen in deze handreiking komen situaties voor waarbij het bezwijken van het onderdeel niet leidt tot instorten van het gebouw of een progressief bezwijken van de constructie. Wel tot mogelijke materiële of letselschade. Reden om niet over de CC klasse te spreken maar over de gevolgklasse GK.

De gevolgklasse zoals opgenomen in CUR-Aanbeveling 118 kijkt naar de gevolgen ten aanzien van letsel- en materiële schade als ook de kosten van herstel dan wel de schade die ontstaat. Bewust is daarbij niet gekozen voor het concreet aangeven van schadebedragen bij een bepaalde gevolgklasse. Immers, de draagkracht voor c.q. het effect van de financiële gevolgen kan wisselend zijn per eigenaar. Er is dus sprake van een zekere mate van subjectiviteit. Het is dan ook van belang kritisch te kijken naar de aan te houden gevolgklasse en daarmee niet te lichtvoetig om te gaan, bijvoorbeeld om daardoor aan minder eisen te hoeven voldoen. Veiligheid hoort altijd voorop te staan.

De algemene filosofie is dat hoe groter de gevolgen zijn van falen van een reparatie, hoe meer aandacht en controle het herstel vraagt om dit te voorkomen. Geen controle uit wantrouwen maar een controle om bevestigd te krijgen dat de technische eisen gehaald worden en aantoonbaar zijn. Dit ligt aan de basis van de keuringseisen en keuringsfrequentie in CUR-Aanbeveling 118.



Van GK1 naar GK3 nemen de gevolgen toe indien een reparatie mocht falen.

1.10 Toelichting op de voorbeelden keuze RT of RS

De begrippen technisch en constructief repareren leiden in de praktijk nogal eens tot onduidelijkheid. Met name dan hoe een bepaalde schade geclassificeerd moet worden. Dit document biedt een handreiking voor deze keuze door begrippen toe te lichten en voorbeelden te bespreken. Het zal blijken dat het onderscheid in een technische reparatie (RT) of constructieve reparatie (RS) kan zitten in de nuances.

In de voorbeelden is daarom aangegeven:

- Een beeld van de situatie, al dan niet nadat al enig destructief onderzoek is uitgevoerd om een beter beeld te krijgen van de schade.
- Wat de aangetroffen situatie is. Daarbij is als locatie genoemd aan de kust of binnenland om tot uitdrukking te brengen of er invloed is vanuit zee.
- Welke onderzoeken zinvol zijn om tot een oordeel te komen.
- Welke oordeel volgt (RS of RT), gebaseerd op de bevindingen visueel en op basis van de onderzoeken.
- Welke aandachtspunten de uitvoering vraagt
- Hoe de situatie beoordeeld wordt indien andere bevindingen zijn gedaan.
- Eventuele opmerkingen of toelichting.

Er is bewust voor gekozen enkele vaak voorkomende situaties te beschrijven in de woningbouw, utiliteitsbouw of civiele bouw. Daarbij geldt overigens dat bepaalde schadebeelden in elk type bouw kunnen voorkomen.

Opmerking

In het document is gepoogd zorgvuldig te zijn in het gebruik van de woorden wapening en betonstaal. Wapening is een functie die betonstaal vervult. Uit betonstaal wordt bijvoorbeeld een wapeningsnet of -korf vervaardigd. Waarom dit onderscheid van belang is, is dat betonstaal duurzaam beschermd moet zijn. Bij constructief herstel gaat het vooral om de wapening. Betonstaal, supportliggers en andere voorzieningen die vooral dienst deden om de wapening op zijn plaats te houden vervullen geen constructieve functie. Aantasting daarvan is niet bedreigend voor de constructieve veiligheid. Uiteraard kan wel corrosie van deze onderdelen tot schade leiden (RT) maar is dit constructief niet van belang. Juist bij het classificeren van de schade is dit onderscheid van belang. Daarom ook wordt bij schadekenmerken gesproken van “corrosie betonstaal” en zal onderzoek dan wel analyse moeten uitwijzen of het daarbij gaat om wapening.

2. Voorbeelden woningbouw

2.1 Console galerijflat 1



Situatie

Een console onder galerijplaten van een galerijflat.

Bouwjaar: 1970

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Afgedrukt beton aan een zijde van de console, tot aan de beugels en in de nabijheid van de gevel.
- Corrosieuitbloei (aftekening van roest in beton).
- Betonstaal is gecorrodeerd. Profilering niet meer zichtbaar, geen putten in het betonstaal.
- Betonstaal bovenin en beugels op korte afstand van elkaar.

Aandachtspunten onderzoek

- Dossieronderzoek, zijn er tekeningen van beoogde situatie?
- Wat is de oorspronkelijke doorsnede van de staven en welke reductie is opgetreden?
- Wat is de ligging van het betonstaal en vooral de ligging van de hoofdwapening aan de bovenzijde.
- Is sprake van ingedrongen of ingemengd chloride (lekkage of console met chloride), percentage chloride?
- Zijn er scheuren in de console en wat is de plaats en verloop?
- Is vervorming, verdraaiing van de console opgetreden?
- Zijn belastingen gewijzigd, denk aan een afwerkvloer aan de bovenzijde?

Aandachtspunten uitvoering

Bij het saneren wordt waarschijnlijk nog meer beton verwijderd, waardoor de consoles verzwakt. Er moet rekening worden gehouden met stempelen. Het is dan een technische reparatie met constructieve gevolgen tijdens het herstel.

Daar waar niet gesaneerd wordt zou nog corrosie kunnen ontstaan. Een overweging is kathodische bescherming toe te passen. Dit beperkt ook de hoeveelheid beton dat verwijderd moet worden.

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Er is een bouwtekening aanwezig. De aangetroffen wapening is volgens tekening. Ondanks de ogenschijnlijk lage ligging van de hoofdwapening stemt dit overeen met de beschikbare bouwtekening.
- Er zijn geen scheuren in de kritische doorsnede van de console vastgesteld (bij gevel).
- Er zijn geen extra belastingen aangebracht, situatie ten opzichte van het oorspronkelijk ontwerp is niet gewijzigd.
- De doorsnedereductie van de wapening is beperkt ($< 10\%$).
- Chloride is vooral bij en in de omgeving van de schade aangetroffen. Buiten de schadelocatie is het gehalte veel lager en ligt deze onder $0,4\%$ (m/m).

Wat als?

Indien corrosie veel meer wordt dan de huidige 10 % kan uiteindelijk sprake zijn van een situatie RS. Het percentage dat toelaatbaar is, is afhankelijk van de reserve die aanwezig is. Dit zal dan door berekening beoordeeld moeten worden. Bijzondere aandacht verdient ook de beugelwapening. Deze vormt een belangrijk onderdeel in het opnemen van dwarskrachten.

Opmerking: In CUR-Aanbeveling 118 staat dat bij een reductie van meer dan 20 % bij ten hoogste één wapeningsstaaf er doorgaans sprake is van een wezenlijke invloed op het draagvermogen. Dit geldt des te meer als ook omringende staven zijn aangetast. Dit is opgenomen ter indicatie en om richting te geven. Elk geval zal echter afzonderlijk beschouwd moeten worden.

Indien de schade als RS wordt aangemerkt, betekent dit dat er zekerheid moet zijn dat de console na herstel voldoet aan de huidige eisen (ten minste verbouwniveau volgens NEN 8700). Dit betekent onder meer een controle op aanwezigheid van alle wapening, een rekenkundige toets die nodig is en het mogelijk moeten versterken van de console.

Bij RS moeten ook de eigenschappen van de te verwerken materialen worden vastgelegd (volgt niet standaard meer uit CUR-Aanbeveling 118). Keuring en controle zullen intensiever zijn.

Overige aspecten / opmerkingen

Bij RS zal het kunnen gaan om enkel repareren van de console met schade. Indien sprake is van RS, om redenen dat de console ook zonder schade niet voldoet, zal dit in beginsel ook kunnen gelden voor alle andere consoles. Daarmee ontstaat een veel bredere discussie.

2.2 Console galerijflat 2



Situatie

Console van een galerijflat.

Bouwjaar: 1960

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Afboeren en afgedrukt beton aan voorzijde betonnen console.
- Lokaal onvoldoende betondekking.
- Slechts oppervlakkige corrosie van het betonstaal, de profilering is nog grotendeels intact.

Aandachtspunten onderzoek

- Dossieronderzoek naar ontwerp en detaillering galerijconstructie en in het bijzonder de wapeningsgeometrie van de console.
- Controle van de oplegging van de galerijplaat op console (nog voldoende draagvlak).
- Aanwezigheid en verloop van mogelijke scheuren in de console.
- Aanwezigheid van chloride vaststellen.
- Bepalen van de betondekking op wapening rondom in combinatie met carbonatatie diepte.

Aandachtspunten uitvoering

- Plaatsen van stempels met als doel de console tijdelijk te ontlasten voor betonherstel en het verbeteren van de oplegging.
- Contact tussen reparatie en betonplaat voorkomen door glijvilt toe te passen.
- Reparatiemortel met constructieve eigenschappen toepassen, aansluitend de betonkwaliteit.

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Er zijn geen scheuren in de console waargenomen.
- Er is geen vervorming vastgesteld van de betonplaat. Er is nog voldoende oplegging.
- De corrosie heeft de doorsnede niet wezenlijk gereduceerd.
- Er is geen hoger chloridegehalte gemeten dan 0,4 % (m/m).
- In de beschadigde toestand is er nog voldoende draagvermogen.

Wat als?

Als er sprake is van een forse reductie in doorsnede van de wapening waardoor deze de trekkrachten niet meer kan opnemen zou sprake zijn van een reparatie RS.

Als veel chloride aanwezig is, zal de aantasting kunnen toenemen. Het saneren wordt dan ingrijpender. Er moet meer beton worden verwijderd of de reparatie moet worden gecombineerd met kathodische bescherming.

2.3 Console galerijflat 3



Situatie

Console van galerijflat, 12 bouwlagen hoog.

Bouwjaar: 1964

Locatie: kustgebied

Schadekenmerken

- Zeer uiteenlopend schadebeeld per console van het complex.
- Veel afgebroken/losgescheurde koppen en andere delaminaties.
- Plaatselijk putcorrosie van betonstaaf, algemene corrosie op rest van staaf.
- Dekking beperkt op locaties met schade.
- Beton poreus, grindnesten zichtbaar.

Aandachtspunten onderzoek

- Dossieronderzoek naar de destijds bedoelde wapeningsconfiguratie en constructieve uitgangspunten.
- Bepaling soorten voorkomende schades en omvang.
- Bepalen ligging wapening (steekproef) en doorsnede van de wapening (origineel en bij putcorrosie).
- Steekproefsgewijs bepalen chloridegehalte (en relatie met lekkages bij dilatatievoegen). In dit geval vanwege ligging aan kust zeker ook als functie van de diepte.

Aandachtspunten uitvoering

Herstel bestaat primair uit het aanbrengen en bijplaatsen van wapening daar waar deze sterk is aangetast of waar er onvoldoende beugels zijn. Dit betekent dat beton verwijderd moet worden. Bij voorkeur door zeer-hogedruk waterstralen.

Voor consoles waar nog wordt voldaan aan het gewenste veiligheidsniveau is, gelet op het hoge chloridegehalte en de matige betonkwaliteit, kathodische bescherming van de wapening een goede optie voor duurzame instandhouding.

De reparatie wordt als RS geïndiceerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Veel variatie in de aangebrachte wapeningsconfiguratie. Korven scheef in de kist.
- Door herberekening is het minimum aan benodigde wapening (per soort hoofdwapening-dwarskrachtwapening en per console type) bepaald.
- Plaatselijk is de hoofdwapening te ver aangetast en wordt niet meer voldaan aan het gewenste veiligheidsniveau. Zonder schade is dit wel het geval.
- Bij intacte hoofdwapening bleek soms dat er sprake was van onvoldoende beugelwapening.
- Er is sprake van een hoog chloridegehalte en een aanzienlijke carbonatatie diepte.

Wat als?

Indien de wapening voldoende was om het huidige veiligheidsniveau te borgen (ten minste verbouwniveau) was alleen een beperkt betonherstel in combinatie met kathodische bescherming mogelijk geweest. Er is dan sprake van RT. Dit geeft maar weer aan dat regelmatig inspectie en onderzoek van beton zijn meerwaarde kan hebben, zodat op tijd actie is te ondernemen.

2.4 Balkon op stalen dragers



Situatie

Balkon opgelegd op stalen I-liggers.

Bouwjaar: 1968

Locatie: kustgebied

Schadekenmerken

- Ontbrekend beton aan onderzijde.
- Betonstaal in het zicht.
- Corroderend betonstaal met uitbloeien van roest en sterke reductie in doorsnede van het staal.
- Stalen dragers hebben geen tot geringe corrosie in het uitkragend deel.

Aandachtspunten onderzoek

- Constructief ontwerp: hoe vindt belastingafdracht naar hoofddragconstructie plaats?
- Bepalen aanwezige wapeningsconfiguratie: doorsnede van het betonstaal, hart-op-hart afstanden, hoogteligging in de plaat.
- Bepalen doorsnedereductie van de wapening, type corrosie (putcorrosie of gelijkmatige corrosie).
- Beoordelen conditie stalen dragers bij de inkassing. Deze vormen een belangrijk onderdeel van de draagconstructie. Met name ter hoogte van de overgang in het metselwerk is corrosie mogelijk.

Aandachtspunten uitvoering

Gelet op de te herstellen schade en vervanging van de stalen dragers is vervanging van de balkons een reëel alternatief met meer zekerheid op langere termijn.

De reparatie wordt als RS geïnclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Hoewel het betonstaal in deze situatie behoorlijk is aangetast, is dit niet de kritische factor. Bepalender is de corrosie die is ontstaan bij de stalen liggers ter plaatse van de inkassing van de muur. Dit werd zichtbaar bij het onderzoek. Het uitkragend deel zag er op het oog goed uit. Het deel in het metselwerk was sterk aangetast door ontbreken van een conservering.
- Herstel van het beton zonder ook deze liggers aan te pakken is zinloos. Met enkel herstel van het beton is de veiligheid niet geborgd.
- De stalen liggers vormen integraal onderdeel van de constructie.

2.5 Balkon met stalen rand



Situatie

Balkon opgelegd op stalen liggers.

Bouwjaar: jaren '50 / '60

Locatie: kustgebied

Schadekenmerken

- Afgedrukte betondekking door roestende staalprofielen (rand).
- Afgedrukt beton aan plafondzijde, waarbij corroderend betonstaal zichtbaar is.
- Losliggende, gescheurde cementgebonden dekvloer.
- Slechte staat vloercoating, nagenoeg ontbreken coating op staal.
- Scheuren in metselwerk, waar dat aansluit op de hoeken van het balkon.

Aandachtspunten onderzoek

- Dossieronderzoek: hoe zit de constructie precies in elkaar?
- Voldoet de bestaande vloerafwerking (cementgebonden dekvloer / tegelvloer / overige afwerkingen) qua dikte en eigen gewicht nog aan de ontwerpuitgangspunten?
- Is er sprake van doorsnede-vernietiging van de (dragende) staalprofielen, met name daar waar deze het metselwerk in gaan?
- In het geval de randen zijn uitgevoerd met een stalen UNP-profiel: kan er water komen tussen beton en UNP-profiel? Is de binnenzijde van het UNP-profiel actief aan het corroderen?
- In geval van ernstige betonschade aan onderzijde (plafond): wat is (rest)conditie van de hoofdwapening (evenwijdig aan de gevel)?
- Is er sprake van een voldoende adequate bovenafdichting?
- Wat zijn de dekkingen, carbonatatie diepte en chloridegehalten?

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Balkon is met de hoofddragconstructie verbonden via stalen UNP profielen die zijn ingemetseld in de binnenmuren. De profielen lopen door aan de voorzijde. Ze dragen daarmee bij aan de sterkte en stijfheid van de rand, evenwijdig aan de gevel.
- De wapening in de betonvloer is berekend op basis van het model van een tweezijdig vrij opgelegde plaat. De wapening onder in de vloer evenwijdig aan de gevel is dus de belangrijkste hoofdwapening.
- Originele tegelvloer is ooit vervangen door een cementgebonden dekvloer. De totale dikte van de afwerking op het beton is met circa 10mm toegenomen.
- De betondekking (plafondzijde) is gemiddeld 15 mm, incidenteel lager. De carbonatatie diepte bedraagt 15-20 mm. Er zijn geen hoge chloridegehalten gemeten.
- De bovenflens van het UNP-profiel is bij de overgang naar/in metselwerk op sommige plaatsen voor 50 % van de doorsnede weggeroest.
- Tussen het UNP-profiel en beton is overal ruimte aanwezig en het staal roest van binnen uit.
- De conditie van de staalconservering en vloercoating is slecht.

Aandachtspunten uitvoering

Speciale aandacht besteden aan de conservering van het staal en het aanbrengen van een waterdichte bovenafwerking (inclusief afdichting van de naad tussen UNP-randprofiel en beton).

Wat als?

Indien corrosie van de staalprofielen doorgaat komt op den duur de constructieve veiligheid alsnog in gevaar. Door de constructeur is dit getoetst waarbij gekeken is hoe lang dit nog duurt. Vastgesteld is dat bij doorgaande corrosie dit binnen een periode van 15 jaar niet zal leiden tot een onveilige situatie. Daarna dient opnieuw de conditie van het staal te worden beoordeeld.

Overige aspecten / opmerkingen

Er is feitelijk sprake van een hybride constructie: de gewapende betonvloer draagt de belasting over aan de stalen UNP-profielen die zijn verbonden met de hoofddraagconstructie. Het beton beschermt door zijn hoge alkaliteit de binnenzijde van de staalprofielen tegen corrosie maar door uitloging en mogelijk ook carbonatatie is deze beschermende werking in de loop der jaren verloren gegaan.

Als de binnenzijde van deze profielen gaat corroderen wordt het aansluitende beton afgedrukt. Zuiver genomen is de betonreparatie dus een technische reparatie, maar zonder constructieve kennis kan een dergelijk project toch grote risico's met zich meebrengen.

2.6 Uitkragende galerij



Situatie

Uitkragende galerijvloeren hoogbouw.

Bouwjaar: jaren '60

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Vochtpatronen aan de onderzijde van de galerijen.
- Plaatselijk afschilferen van de coating.
- Losse schollen beton met daarachter corroderend betonstaal.
- Aan de bovenzijde scheuren en onthechting in de vloerafwerking.
- Plassen c.q. aftekening van plassen nabij de borstwering.

Aandachtspunten onderzoek

- Dossieronderzoek: hoe zit de constructie precies in elkaar?
- Beoordelen betondekkingen, carbonatatie diepte en chloridegehalte.
- Zijn er scheuren evenwijdig aan de gevel, tegen de gevel aan?
- Hoe staat het met de bevestiging van de hekwerken, is het hekwerk nog voldoende veilig als valbescherming (testen zandzakslingerproef).

Opmerking: het opgedragen onderzoek richt zich op de schade aan de voorzijde van de galerijen en de lekkage. Desondanks moet er altijd oog zijn voor andere kenmerken die zouden kunnen wijzen op falen van de constructie. Het gaat om hier uitkragende galerijen waarvoor een onderzoeksverplichting geldt (art. 5.11 Bouwbesluit). Het is van belang dit af te stemmen met de opdrachtgever/eigenaar.

Aandachtspunten uitvoering

Nagaan of alleen met een goede bovenafdichting de verder lekkage en ontwikkeling van schade is te stoppen. Het is te adviseren toch ook aandacht te vragen c.q. onderzoek te doen naar het constructief draagvermogen van de galerijen. Dit is een wettelijke verplichting.

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- De schade betreft vooral betonschade ontstaan door corrosie van betonstaal.
- De lekkage is het gevolg van scheuren c.q. een poreus deel in het beton.
- Afschot is gericht naar de buitenzijde waardoor er langdurig water blijft staan aan de niet gevelzijde.
- Gebreken in de afwerking zorgen voor toetreden van vocht.
- Nagaan of het blijven staan van water al lang aanwezig is of pas sinds kort of sinds enkele jaren. Indien het pas recent is ontstaan kan dit wijzen op vervorming, scheuren van het beton en verminderd draagvermogen.

Wat als?

Indien de galerijen bij een onderzoek volgens CUR-rapport 248 niet voldoen aan het afkeurniveau, moet deze versterkt moeten. Dit is dan een RS reparatie, waarbij in beginsel aan de nieuwbouw eisen voldaan moet worden. Het gehele werk is dan een combinatie van RS en RT.

2.7 Vloer, kweektaal



Aandachtspunten onderzoek

- Inventarisatie van de aanwezige schadekenmerken per rib van het 50 cm brede vloerelement. Dit volgens de richtlijnen in CUR-aanbeveling 79. Indien overal al schollen beton zijn losgekomen en wapening is gereduceerd heeft een compleet onderzoek weinig toegevoegde waarde. Er zijn dan structureel maatregelen nodig.
- Beoordelen mate van inklemming van de elementen.
- Bepalen lengte van de elementen.
- Is er vervorming optredende (aan bovenzijde)?
- Wie heeft de elementen geproduceerd (veelal te zien op kopschotjes), zie opmerkingen?

Situatie

Kweektaalvloer in een zorgcomplex.

Bouwjaar: 1962

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Roestuitbloei zichtbaar op oppervlak en in beton.
- Scheuren evenwijdig aan het betonstaal in de richting van de overspanning.
- Afgedrukte betondekking.

De reparatie wordt als RS geïnclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Circa 40 % van de Kweektaal-elementen vertoont ernstige schade door chloriden geïnciteerde wapeningscorrosie. Bij delen van de vloer is de dekking verdwenen, het beton poreus, bij andere delen is zeer veel roestuitbloei te zien.
- Regelmatig zijn 3 van 6 naast elkaar liggende ribben ernstig beschadigd.

Opmerking: In CUR-aanbeveling 79 wordt voor woongebouwen een handvat aangereikt voor de constructieve beoordeling van deze schade. Indien van 6 naast elkaar gelegen ribben, er maximaal 2 ernstig door corrosie zijn aangetast, is er onder voorwaarden nog geen sprake van een te lage constructieve veiligheid. Herstel kan dan als een technische reparatie worden geïnclassificeerd. Hier wordt dit aantal overschreden.

Aandachtspunten uitvoering

Doorgaans zijn er diverse technieken die worden ingezet.

- Aanbrengen van een stalen ondersteuningsconstructie. In beginsel kan dit partieel, waarbij de te verwachten ontwikkeling van schade van belang. Hier is vrijwel overal het corrosieproces in gevorderd of vergevorderd stadium aanwezig. Structurele maatregelen zijn dan een logische keuze. Omdat sprake is van een nieuwe draagconstructie zal een omgevingsvergunning noodzakelijk zijn.
- Aanbrengen ondersteuningsconstructie, bijvoorbeeld stempels om overspanning te verkorten. Dit kan alleen indien de wapening niet is doorgeroest en nog redelijk intact is. Verder zal de ondergrond draagkrachtig moeten zijn of worden gemaakt.
- Vervangen is uiteraard ook een mogelijkheid. Dit zou bijvoorbeeld kunnen door een geïsoleerde ligger-broodjesvloer of een vloer op isolatie, direct op de grondslag indien deze zich daarvoor leent. Een vloer op grondslag is in beginsel geen zelfdragende constructie zodat een omgevingsvergunning niet nodig is (er kan zich geen calamiteit voordoen bij “bezwijken”).
- Repareren/aanbrengen liggers vindt plaats in krappe (besloten) ruimte. Zorg voor voldoende ventilatie en voorkom elektrocutie.

Wat als?

Indien slechts bij een enkel element schade aanwezig is en er nog voldoende draagvermogen resteert, is sprake van RT. Volstaan kan dan worden met repareren van de beschadigde elementen al dan niet gekoppeld aan preventieve maatregelen zoals een kathodische bescherming.

Overige aspecten / opmerkingen

Bij een lage betonkwaliteit, hoge porositeit en hoge luchtvochtigheid in de kruipruimte zullen Kwaaitaal vloerelementen die tot uiterlijk 1980 zijn toegepast en die een te hoog gehalte aan (calcium) chloride bezitten, ernstige wapeningscorrosie en betonschade moeten vertonen indien ze kritisch zijn. Kwaaitaal vloerelementen die thans geen of nauwelijks schadekenmerken vertonen, hebben vrijwel zeker geen te hoog chloridegehalte.

Van gelijkvormige vloerelementen die zijn geproduceerd door de firma Flevobeton uit Lelystad is vastgesteld dat die nooit zijn uitgevoerd met gebruikmaking van een verhardingsversneller op basis van calciumchloride. Deze elementen hebben geen last van door chloriden geïnitieerde wapeningscorrosie. Omdat Flevobeton doorgaans PS-kopschotjes met hun naam erop meeleverde, kan dit bij inspecties een aanwijzing zijn dat er geen sprake is van chlorideschade.

2.8 Plafond, berging



Aandachtspunten onderzoek

- Wat zijn de betondekkingen elders in het plafond?
- Is er doorsnedereductie van het betonstaal door de corrosie?
- Wat is de carbonatatie diepte?
- Het beeld is niet zodanig dat ook chloride is te verwachten maar om dit uit te sluiten kan een monster worden genomen en geanalyseerd.
- Wat zijn de afmetingen van de berging (overspanning)?

Aandachtspunten uitvoering

Om een duurzaam eindresultaat te krijgen zou het plafond opgedikt kunnen worden (dekkingsvergroting) dan wel worden voorzien van een dichte coatinglaag na plaatselijk herstel. Daarbij is het van belang dat de lekkage wordt gestopt.

Een alternatief kan zijn de losse delen te verwijderen en de wapening te behandelen met een anticorrosieve primer en daarna plafondplaten aan te brengen. Daarbij is niet uit te sluiten dat schilfers los komen maar dit doet geen afbreuk aan het constructief draagvermogen.

Situatie

Plafond van een dak op de berging van een woning.

Bouwjaar: 1967

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Corroderend betonstaal op regelmatige afstand van elkaar met geringe dekking.
- Schilfers beton die worden los gedrukt.
- Lichtere band met donkere randen. In het midden een scheur evenwijdig aan het betonstaal.

De lichte baan is een eerder uitgevoerde reparatie

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Er is sprake van een situatie met geringe dekkingen en een behoorlijke carbonatatie diepte ter plaatse van de schadelocaties. De dekkingen daarbuiten zijn wat groter maar nog altijd minder dan 15 mm en het betonstaal ligt in gecarbonateerd beton.
- De corrosie heeft niet geleid tot een wezenlijke reductie van het betonstaal. De corrosie is oppervlakkig.
- De aftekening van vocht in de scheur is een gevolg van een naad in de dakbedekking.

Wat als?

Indien verschillende staven ver zijn doorgeroest, is sprake van een situatie RS. Immers de hoeveelheid wapening is beperkt en ligt ook al niet op een ideale plaats (geen volledige omhulling).

2.9 Borstweringspanelen



Aandachtspunten onderzoek

- Wat is de krachtswerking van de elementen, hoe zijn deze bevestigd?
- Is er borging tegen verplaatsing loodrecht op het vlak?
- Is het aanwezige betonstaal constructief?
- Wat is het chloridegehalte van het beton?
- Potentiaalmetingen uitvoeren om te kijken of er sprake is van lokaal of structureel schade.
- Controle bevestiging van de elementen op de vloer. Vertonen ook deze aantasting?

Situatie

Betonnen panelen toegepast bij balkons, galerijen en als puivulling bij gestapelde woningen.

Bouwjaar: 1972

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

Bovenste foto van buitenzijde

- Scheuren in beton.
- Roestuitbloeiing die slechts plaatselijk zichtbaar is. Bij verwijderen van beton zijn roestuitbloedingen zichtbaar en plaatselijk een sterke doorsnede-reductie van het betonstaal.

Onderste foto

- Corrosie van betonstaal komt ook voor aan binnenzijde van het element. Hier is een betonnen neus aanwezig in het element waarmee deze op de vloer rust en waarbij stalen doken zijn opgenomen die verplaatsing horizontaal moeten voorkomen. Er is ruimte tussen plaat en vloer, de verbinding is niet momentvast).

De reparatie wordt als RS geïndiceerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- De corrosie is zodanig dat schade ontstaat waarbij de wapening op meerdere plaatsen sterk is gecorrodeerd en gereduceerd.
- Chloridegehalte varieert van weinig tot wel 1,7 % (m/m) t.o.v. het cementgewicht.
- Borging van de elementen is onzeker. Verbinding voor horizontale beweging ontbreekt of er is sprake van corrosie van de verbinding in meer of mindere mate.
- Element bij woning is voorzien van isolatie tussen twee betonbladen.
- Elementen bij balkons en galerijen zijn niet geïsoleerd en zijn moment vast aan de vloer verbonden. Aldaar is ook sprake van wapeningscorrosie in meer of mindere mate.

Aandachtspunten uitvoering

Herstel zal zeer omvangrijk zijn en is niet eenvoudig gelet op de relatief dunne elementen. Bovendien blijft de onzekerheid bestaan over de bevestiging van de panelen ter plaatse van de gevelpui. Kathodische bescherming kan als preventieve maatregel worden ingezet maar is geen herstmethode. De continuïteit van de wapening is onzeker. Het beschermen met KB ligt in dit geval dan ook minder voor de hand.

Het zal in dit geval economischer zijn de elementen te vervangen door nieuwe elementen of door een constructie met hogere warmteweerstand (bijvoorbeeld kalkzandsteen met isolatie of houtskeletbouw. Bij de galerijen en in mindere mate balkons kan de situatie beter worden bewaakt en zou herstel van beschadigde elementen een optie kunnen zijn. Dit afhankelijk van de schade en gemeten chloridegehalten.

Wat als?

Indien verschillende staven ver zijn doorgeroest, is sprake van een situatie RS. Immers de hoeveelheid wapening is beperkt en ligt ook al niet op een ideale plaats (geen volledige omhulling).

2.10 Borstwering galerijflat



Aandachtspunten onderzoek

- Dossieronderzoek naar het ontwerp en detaillering verankering van de betonnen borstwering.
- Beoordelen en onderzoek aan (prefab) beton ter plaatse van verankering betonnen borstwering op galerijplaat.
- Vaststellen aanwezigheid en verloop van mogelijke scheuren.
- Bepalen van de betondekking op wapening in combinatie met meten carbonatatie diepte.
- Beoordelen kans op chloride geïnitieerde wapeningscorrosie, ingemengd of ingedrongen.

Aandachtspunten uitvoering

Betonschade voldoende diep saneren tot achter het betonstaal. Blootliggend betonstaal conserveren. Eventueel stekken aanbrengen voor verankeren van het betonstaal.

Situatie

Betonnen borstwering van een galerijflat.

Bouwjaar: 1974

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Afgedrukt en afgevalen beton aan onderzijde betonnen borstwering.
- Zichtbaar corrosie van betonstaal. Met deels uitbloei van roest in het beton. Geen putcorrosie zichtbaar.

De reparatie wordt als RT geïnclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Gemiddeld gemeten betondekking op de wapening 28 tot 37 mm, met een minimum van 24 mm. Gemeten carbonatatie diepte 1 tot 2 mm.
- Chloridegehalte in het beton van de borstweringen 0,6 tot 1,6 % (*m/m*) t.o.v. cementgewicht. Ter plaatse van betonschade 0,9 % (*m/m*).
- Corrosie van het betonstaal op de schadeplek is vermoedelijk ontstaan door een lokaal scheurtje in het beton. Het betreft een incident.
- Het betonstaal ter plaatse van de schade heeft geen constructieve functie.

Wat als?

Er is geen schade of minimaal schade vastgesteld bij de elementen. Dit ondanks hoge chloridegehalten die steekproefsgewijs zijn gemeten. Omdat bij de aanwezigheid van chloride niet altijd zichtbaar is of, en in welke mate, constructief betonstaal wel is aangetast, is uitbreiding van het onderzoek wenselijk. Dit zal dan gericht moeten zijn op in ieder geval meer bevestigingspunten van de borstwering.

2.11 Vloerbalk



Aandachtspunten onderzoek

- Dossieronderzoek waarbij bijzondere aandacht wordt besteed aan de wapeningstekeningen.
- Vastleggen belastingen en afdracht daarvan.
- Bepalen ligging van de wapening (positie en hart-op-hart afstand) in-situ en check aan de ontwerpgegevens.
- Indicatief bepalen betondruksterkte door middel van het uitvoeren van terugslag-metingen met behulp van een Schmidthamer.

Aandachtspunten uitvoering

De dwarskrachtcapaciteit moet worden vergroot (versterking). Dit kan door bijplaatsen van betonstaal of het maken van een ondersteuningsconstructie. Bij het herstel van het beton zal stempelen noodzakelijk zijn. Bij een ondersteuningsconstructie zal dit niet nodig zijn omdat aan het beton verder weinig wordt gedaan. Versterken moet in beginsel gebeuren op nieuwbouwniveau. Ook de bestaande constructie voldoet niet.

Situatie

Vloerbalken in een gang van een souterrain van een appartementencomplex. De gang bestaat uit vloeren, wanden en geïntegreerde kolommen en vloerbalken die in het werk zijn gestort.

Bouwjaar: 1999

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Er is een scheur ontstaan vanuit de hoek kolom – vloerbalk.
- De scheur is aan beide zijde van de vloerbalken waargenomen.
- De richting, ofwel hoek van de scheuren ligt tussen 45° en 60° .
- De scheurlengte varieert enigszins, maar de scheur loopt veelal door tot bovenkant vloerbalk.
- In dezelfde zone van de vloerbalken en kolommen zijn meer (ook kleinere) scheuren aanwezig, zowel aan weerskanten en onderzijde van de vloerbalken.

De reparatie wordt als RS geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- De scheur is een typische dwarskrachtscheur.
- Ondanks dat de waarden voor de druksterkte afgeleid van de Schmidthamer als indicatief beschouwd moeten worden kan aangenomen worden dat de ontwerp kwaliteit (sterkteklasse) ruimschoots is behaald.
- De beugelwapening in de balken voor dwarskracht opname zouden volgens tekening om de 150 mm in het beton aanwezig zijn. Uit metingen in het werk is de hart-op-hart afstand van de beugels groter, namelijk circa 200 mm.
- Berekeningen met waarden uit het ontwerp (tekeningen) laten zien dat de betonbalken de maximaal optredende dwarskracht niet op kunnen nemen.
- Berekeningen met waarden zoals die in-situ zijn aangetroffen laten zien dat de betonbalken de maximaal optredende dwarskracht niet op kunnen nemen.

2.12 Betonnen portaal



Aandachtspunten onderzoek

- Wat is de functie van het portaal?
- Hoe is het portaal constructief opgebouwd (dossier, tekeningen, berekeningen)?
- Verbinding dwarsbalk-kolom en tussen balken onderling?
- Wat is de toegepaste staalkwaliteit (ductiliteit)? Is het staal gevloeid?

Aandachtspunten uitvoering

Indien de wapening is gevloeid is er sprake van een blijvende vervorming en kunnen de kolommen niet zonder meer terug worden geduwd.

Is rechtzetten wel mogelijk dan na het uitvoeren daarvan de scheuren constructief te injecteren, klasse I-1 volgens CUR-Aanbeveling 119.

Situatie

Betonnen portaalconstructie bij een appartementencomplex.

Bouwjaar: 2008

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Scheuren in kolommen en balk.
- Vorming en scheefstand van de kolommen.
- Afschuiving van de dwarsligger.

De reparatie wordt als RS geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Portaal is bedoeld om zwaar verkeer buiten het terrein te houden (onder terrein bevindt zich ondergrondse parkeergarage). Daarnaast is het een esthetisch element.
- Tussen de liggers onderling is (ter plaatse van afschuifvlak) geen constructieve verbinding aanwezig (glij-oplegging).
- Toegepaste staalkwaliteit B500B. Gezien uitbuiging van de kolommen lijkt staal te zijn gevloeid (niet gebroken).

Wat als?

Als de vervorming blijvend is, kan worden overwogen de constructie te slopen of om deze zodanig te borgen (versterken) dat geen (verdere) afschuiving van de ligger optreedt.

2.13 Betonwand



Situatie

Wand in de woningbouw.

Bouwjaar: nieuwbouw

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Grindnesten en plaatselijk slecht verdicht beton in de wand.
- Tintverschil in de mortel/aan het oppervlak.
- Betonstaal zichtbaar in holte.

Aandachtspunten onderzoek

- Omvang slecht verdichte plek, is dit door de volledige dikte van de wand of nog redelijk aan oppervlak? Dit te onderzoeken door bijvoorbeeld ultrasoonmetingen.
- Wat is de functie van de wand en plaats van de wand in verband met optredende krachten in de wand in de eindfase?
- Stand van het werk (is al bovenbelasting aanwezig)?

Aandachtspunten uitvoering

Door de omvang van de schade, het grindnest c.q. slecht verdichte plek en het ontbreken van bovenbelasting, zijn geen bijzondere maatregelen vereist bij het herstel. De ruimte kan worden gesaneerd door hakken en/of stralen met hoge druk water. Daarna kan de wand worden hersteld met bijvoorbeeld spuitbeton.

Overige aspecten / opmerkingen

Hoewel de wand constructief sterk genoeg is, ook met deze schade, is een dergelijke schade ook van invloed op de contactgeluid en luchtgeluidweerstand. Ook om die reden is herstel noodzakelijk.

Indien de wand bedoeld zal zijn als schoon beton dan moet ook rekening worden gehouden met de kleur van de reparatiemortel.

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- De slecht verdichte plek strekt zich uit tot ongeveer de helft van de dikte van de wand en is zodanig dat dit het draagvermogen van de wand niet negatief beïnvloedt.
- De wapening is niet meer dan het minimum wapeningspercentage in een betonwand. De wand wordt primair op normaalkrachten belast.
- De wand is nog niet belast door bovenbelasting.

Wat als?

Een dergelijke schade zal zelden constructief zijn, al hangt dit af van het moment waarop wordt gerepareerd. Door dergelijke schade tijdig te herstellen, voordat vloeren en bovenliggende wanden worden geplaatst, is te voorkomen dat er gestempeld moet worden tijdens het herstel. Zou er geen betonstaal in het zicht zijn dan zou het kunnen gaan om een esthetische reparatie (RE). Daarmee wordt bedoeld het herstellen van de vorm en niet zozeer dat het er ook goed uit moet zien.

3. Voorbeelden utiliteit

3.1 Puntvormig ondersteunde verdiepingsvloer(en)



Situatie

Kantoorpand met puntvormig (door kolommen) ondersteunde verdiepingsvloer zonder kolomkoppen. Het kantoorpand heeft voor uitvoering van een grote transformatie een aantal jaren leeg gestaan.

Bouwjaar: jaren '50

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- In de zone rondom de kolommen is aan de bovenzijde van de vloer corrosie van de betonstaal zichtbaar.
- Op verschillende locaties is een doorsnede-reductie geconstateerd van meer dan 50 %.
- Putcorrosie is zichtbaar op het betonstaal.

Aandachtspunten onderzoek

- Raadplegen bouwtekeningen en berekeningen bouwphase.
- Wat is bekend over de onderhoudshistorie?
- Wat waren de in het verleden uitgevoerde bedrijfsactiviteiten?
- Waaruit heeft de dekvloer bestaan?
- Wat is het chloridegehalte in het beton (ter plaatse van de wapening).
- Opmeten betondekking op de wapening
- Bepalen omvang niet zichtbare schade/corrosie.
- Wat is de gewenste restlevensduur na renovatie?

De reparatie wordt als RS geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Er is een magnesietgebonden dekvloer toegepast zonder scheidingslaag. Magnesiet bevat zouten.
- De wapeningsconfiguratie stemt overeen met het ontwerp alsook de overige constructiekenmerken.
- In de velden tussen de kolommen is sprake van veel lagere wapeningsconcentraties. De wapening ligt dieper in de constructievloer dan bij de kolommen.
- Het chlorideprofiel duidt op indringing van buitenaf. Uit de in het verleden uitgevoerde bedrijfsactiviteiten en het type dekvloer is afgeleid dat dit komt door chloridemigratie vanuit de magnesietvloeren in de constructieve betonvloer.
- Met potentiaalmeting van de gehele vloer is de omvang van de aanwezige corrosieactiviteit vastgesteld. Alle zones rondom de kolommen zijn als 'verdacht' aangemerkt.
- Op verschillende locaties is sprake van putcorrosie. Er is een reductie in staafdoorsnede geconstateerd van meer dan 50 %.

Aandachtspunten uitvoering

- De vloeren voor aanvang van de werkzaamheden stempelen in verband met de gereduceerde draagkracht.
- De schadeplekken rondom de kolommen saneren door zeer hoge druk waterstralen (hydro-demolition), zodat het betonstaal niet beschadigd raakt. Het met chloride verontreinigd beton wordt daarmee volledig verwijderd en gelijktijdig is een hechtsterke ondergrond gecreëerd voor hechting van de nieuw aan te brengen lagen.
- Overige vloerdelen frezen en stralen om een voldoende hechtvlak te krijgen.
- Op de vloeren is een nieuw constructieve druklaag aangebracht. In de vloer is een aanzienlijke hoeveelheid wapening bijgelegd rondom de kolommen. Dit leidt tot lokaal hoge wapeningsconcentraties, waardoor aanpassing in het oorspronkelijk mengselontwerp (D_{max}) van het beton voor de druklaag noodzakelijk is.

Overige aspecten / opmerkingen

Er is niet gekozen voor kathodische bescherming. In de zones rondom de kolommen is al het met chloride verontreinigd beton verwijderd. Verder is sprake van een droog binnenmilieu na renovatie (kantoorfunctie). Wel is geadviseerd de corrosie-activiteit te monitoren door het plaatsen van enkele referentie-elektroden.

3.2 Vloer parkeergarage



Aandachtspunten onderzoek

- Zijn oude bouwtekeningen en berekeningen (bouwphase) beschikbaar?
- Is uitvoering volgens tekening, dikte en wapening volgens ontwerp?
- Gezien ouderdom object: wat is de onderhoudshistorie?
- Het gietasfalt moet worden verwijderd om het beton nader te onderzoeken. Dan kijken naar de mate en verspreiding van chloride, de staat van de wapening en de omvang van de schade.
- Zeer hoge druk waterstralen, de geëigende saneertechniek om wapening niet te beschadigen, is niet mogelijk. Dit vanwege de lekkage via de doorgaande scheuren naar de kantoren op de begane grond die in gebruik blijven.

Situatie

Ter plaatse gestorte betonvloer in geheel monoliet balken-kolommen skelet in een parkeergarage. Onder deze verdiepingsvloer zijn bedrijfsruimten en kantoren gevestigd.

Bouwjaar: 1968

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Ter plaatse van de balk stramienen vertoont de vloer schuin verlopende scheuren aan weerszijden van de balken.
- De hoofdwapening volgt de momentenlijn en duikt op een afstand van ca. 2 m naast de balken van bovenin naar onderin de vloer.
- Lokaal is na destructief onderzoek een sterke doorsnede afname zichtbaar van het betonstaal. Er is putcorrosie ontstaan.
- Er treden lekkages op naar beneden door aanwezige scheuren in het beton.

De reparatie wordt als RS geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Wapeningsconfiguratie komt overeen met het ontwerp alsook de overige constructiekenmerken.
- De vloerdikte is 160 mm.
- De dekking is minder dan volgens het ontwerp en bedraagt doorgaand minder dan 15 mm.
- Door potentiaalmeting van de gehele vloer is de omvang van de aanwezige corrosieactiviteit vastgesteld. Bij ruim 60 % van de totale bovenwapening is de meetwaarde boven de grens voor actieve putcorrosie. Putcorrosie is ook vastgesteld (steekproefsgewijs).
- Na omzichtig saneren (in ten minste 2 fases per balkstramien-zone) van de potentiële schadelocaties is vastgesteld dat meer dan 40 % van de hoofdwapening vergevorderd is aangetast door putcorrosie (meer dan 25 % doorsnedereductie). Ten opzichte van de eerder verwachte schadeomvang, ruim een verdubbeling.

- De verspreiding van de dooizouten onder het (gedelamineerde) gietasfalt is groter dan op voorhand ingeschat op basis van de vastgestelde aantasting van de wapening.
- Meer doorgaande scheuren in de vloer aanwezig dan vooraf verwacht.

Aandachtspunten uitvoering

Watersaneren is niet mogelijk vanwege lekkage naar onderliggende kantoorruimte die in gebruik blijft. Veel fasen noodzakelijk om gebruik van het de kantoren mogelijk te laten zijn.

Het extra aanbrengen van betonstaal als wapening in beton is nodig om te voldoen aan gewenst niveau (nieuwbouw).

Kathodische bescherming (KB) met opgelegde stroom is noodzakelijk vanwege de aanwezigheid van chloriden door de gehele doorsnede. De resterende nog voldoende intact zijnde wapening blijft dan ook op termijn constructief meewerken. KB zorgt voor het beperken van de saneerwerkzaamheden en daarmee beperkt het de overlast voor gebruikers.

De zeer slank uitgevoerde vloer moet voor een correcte werking van het KB systeem (kortsluiting/ paden van lage weerstand) alsook de plaatselijk zeer geringe dekking (ca. 15 mm) worden opgehoogd met een extra (geleidende) druklaag.

Wat als?

Als de aantasting van de wapening nog ernstiger zou zijn of worden, dan moeten aanvullende maatregelen worden genomen. Te denken is aan het plaatsen van stempels en het tijdelijk ontruimen van de aanwezige kantoren.

Overige aspecten / opmerkingen

Het probleem van de 1e verdieping is tijdens meer onderhoudsactiviteiten steeds voor zich uitgeschoven en onvoldoende onderkend. Op de bovenliggende verdiepingen was 15 jaar eerder het gietasfalt verwijderd en is een cementgebonden egalisatielaag aangebracht. Daar bleek plaatselijk herstel mogelijk.

3.3 Scheur parkeervloer



Situatie

Scheuren in een parkeervloer onder een appartementencomplex (op 1,85 -MV).

Bouwjaar: 2018

Locatie: kustgebied

Schadekenmerken

- Scheuren met scheurwijdte tot 0,30 mm in hartje zomer.
- Bij enkele scheuren is aftekening van roest aan oppervlak zichtbaar.
- Scheuren bevinden zich vooral in het onbeschutte deel van de vloer.

Aandachtspunten onderzoek

- Dossieronderzoek, zijn er tekeningen (en berekeningen) van desbetreffende situatie?
- Hoe is vloer ontworpen (constructieve functie, wapening, betonkwaliteit e.d.)?
- Hoe is vloer gemaakt (stortwijze, omstandigheden tijdens verharding, wijze van afwerking)?
- Is er een relatie tussen de richting van de scheuren, de scheurwijdte en de mogelijke oorzaak ervan?

Aandachtspunten uitvoering

De vloer is niet gedilateerd zodat steeds terugkerende trekspanningen door verhinderde thermische vervorming (krimp) ontstaan. Besloten is te injecteren waarbij gekozen is voor verlijmen met een epoxy: uit een herberekening van de bestaande situatie (waarbij invloeden van chemische en uitdrogingskrimp uit de bouwfase inmiddels waren geëlimineerd) bleek de wapening in staat te zijn om (ook eventueel nieuwe) scheuren in wijdte te beperken tot max. 0,20 mm.

Geadviseerd is het gedrag van de vloer de komende 2-3 jaar te monitoren en de scheuren af te dichten, bijvoorbeeld door injecteren.

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Er waren volop tekeningen e.d. aanwezig. De vloer was niet gedilateerd uitgevoerd, 320 mm dik, dubbel wapeningsnet en constructief verbonden met poeren en paalkoppen.
- De vloer vormt samen met de betonwanden een betonnen bak. De vloer is in mei 2018 op zand gestort en monoliet, gevulderd afgewerkt.
- Vloerwapening #10-100 (onder en boven) is berekend uit maximale scheurwijdte van 0,20 mm. Toch is in de zomer een grotere scheurwijdte aangetroffen (verwachting: in winter nog groter).
- De betondekking is conform voorschriften (> 45 mm).
- Uit de scheurwijdteberekening blijkt dat met een verkeerde milieuklasse en te lage ΔT (temperatuurgradiënt) is gerekend.
- Er heeft chloridenindringing in scheuren plaatsgevonden met beginnende (put)corrosie tot gevolg.

Wat als?

Indien er opnieuw scheuren ontstaan en chloriden kunnen blijven indringing, kan de corrosie doorgaan. Een optie is dan de vloer te voorzien van een scheuroverbruggend en voldoende slijtvast vloercoatingsysteem.

Overige aspecten / opmerkingen

De uitvoeringsklasse is RT ondanks het feit dat constructieve berekeningsfouten (i.c. foute uitgangspunten) ten grondslag liggen aan de schade.

Analyse van de oorzaak van scheuren is van belang om de juiste wijze van injecteren te kunnen vaststellen. In dit geval zou injecteren met een flexibele hars niet tot het gewenste resultaat leiden door de relatief grote “beweging” van de scheuren.

3.4 Betonkolom keldergebouw



Aandachtspunten onderzoek

- Dossieronderzoek, onder ander naar gepleegd onderhoud en gebruik van de ruimte in het verleden.
- Bepalen betondekking op wapening, in combinatie met carbonatatie diepte.
- Bepalen sterkteklasse beton (en daaruit af te leiden elasticiteitsmodulus).
- Bepalen staalafname aan wapening (reductie staaloppervlak).

Aandachtspunten uitvoering

- Tijdens de uitvoering moet de betonkolom tijdelijk worden ontlast, door onderstempeling van de bovenliggende constructie. De stempels moeten berekend zijn op het overnemen van de bovenbelasting.
- Voldoende saneren: juiste reinheid betonstaal en zorgen dat voldoende aanhechting mogelijk is (potentiële hechtsterkte ondergrond). Keuze reparatiemortel die past bij eigenschappen betonkolom (zie 4^e bullet).
- Voldoende nabehandelen zodat mechanische eigenschappen zich ook kunnen ontwikkelen.
- Eigenschappen reparatiemortel in eerste instantie vooral uit oogpunt van duurzaamheid, maar door het saneren met constructieve consequenties zijn ook de constructieve eigenschappen van belang. Het materiaal moet worden geselecteerd op basis van de constructieve eigenschappen.

Situatie

Voet betonkolom in kelder gebouw.

Bouwjaar: 1928

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Rondom afgedrukt beton aan onderzijde kolom.
- Corrosie aan betonstaal met reductie in doorsnede van het betonstaal tot gevolg. Lokaal tot 10 %.
- Er geen sprake van putcorrosie.
- Eerder uitgevoerde reparaties zijn kunstharsgebonden en komen los.

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Uit een controleberekening blijkt dat met de optredende belastingen en materiaalafname, de constructieve veiligheid niet in het geding is. De in lichte mate gecorrodeerde wapening aan de onderzijde van de betonkolom, was nog voldoende, in combinatie met resterende betondoorsnede.
- Betondekking op de beugels gemiddeld 27 mm. Carbonatatie diepte betonkolom gemiddeld 18 mm. Ter plaatse van schade locatie carbonatatie diepte > 30 mm. Chloridegehalte < 0,4 % (m/m).
- Tijdens het onderzoek is gebleken dat de doorsnede van de betonkolom, bij het noodzakelijk saneren, tot 30 % in doorsnede kan afnemen .

Wat als?

Er is sprake van RS indien bijvoorbeeld:

- De wapening zodanig is gereduceerd dat het niet meer voldoende is voor het opnemen van de krachten in het betonstaal.
- De doorsnede van de kolom al zodanig is gereduceerd dat deze de drukkrachten (in combinatie met het betonstaal) niet meer kan opnemen.

Maatregelen zijn dan nodig gericht op herstel of versterken. Van versterken is sprake indien uit controle blijkt dat het vereiste veiligheidsniveau niet gehaald wordt met de oorspronkelijke, niet beschadigde constructie. Indien de wapening aanvankelijk wel voldeed, is sprake van herstel.

Overige aspecten / opmerkingen

Alternatieven zijn:

- het vergroten van de kolom door aanbrengen van betonstaal en bijvoorbeeld spuitbeton of het aanbrengen.
- het vervangen van de kolom door een nieuwe kolom.
- het plaatsen van extra ondersteuning naast de kolom.

3.5 Betonkolom kunstmestfabriek



Situatie

Betonnen kolom in kunstmestfabriek.

Bouwjaar: 1980

Locatie: kustgebied

Schadekenmerken

- Desintegratie van het beton door aantasting van cementsteen.
- De toplaag van het beton is eenvoudig te verpulveren.
- Circa 50 % reductie van de kolomdoorsnede is opgetreden.
- Lichte corrosie het betonstaal, geen wezenlijke reductie in doorsnede van het betonstaal.

Aandachtspunten onderzoek

- Nagaan belastende (vloei)stoffen.
- Bepalen resterende draagkracht, onder meer door analyse druksterkte beton en sterkte afname van het beton.
- Bepalen diepte van de aantasting.
- Beoordelen alternatieven voor kolomherstel of omleiden draagweg.

Aandachtspunten uitvoering

Door de aantasting door ammoniumnitraat moet gesaneerd worden tot op een diepte waarbij geen aantasting en belastende stoffen in het beton meer aanwezig zijn. De uitwisselingsreactie zal zich bij achterblijvende verontreiniging in de ondergrond blijven voortzetten indien het reactieproduct makkelijk oplosbaar is en er opnieuw belasting door ammoniumnitraat ontstaat.

Om het betonstaal niet te beschadigen is zeer hoge druk waterstralen aan te bevelen.

De reparatie wordt als RS geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Blootstelling aan ammoniumnitraat heeft gezorgd voor een uitwisselingsreactie met de cementsteen, waardoor de samenhang van het beton verloren is gegaan.
- De reductie van de kolomdoorsnede is circa 50 %. De resterende doorsnede is aanzienlijk minder dan constructief nodig is.
- De belastingsituatie (ontwerp vs praktijk) is gelijk gebleven.

Wat als?

Zou de aantasting nog oppervlakkig zijn geweest dan was herstel RT mogelijk geweest. Daarbij zou een verdere aantasting dan gestopt moeten worden door een conservering of de kolom te bekleden.

Overige aspecten / opmerkingen

Aanwezigheid van (ammonium)nitraten leidt tot spanningscorrosie. Hierdoor is brosse breuk van het betonstaal mogelijk bij hoge spanningen. De ductiliteit van het betonstaal kan getest worden. Dit betekent doorgaans beproeven in het laboratorium, waarvoor een stuk staal uit het werk genomen moet worden. Deze wordt dan in een trekbank beproefd. Dit is in dit geval niet praktisch. Immers wegnemen betekent per definitie dat de wapening verloren gaat.

Doordat in dit geval sprake is van zuivere normaalkracht is een mindere vervormbaarheid en grotere brosheid ook minder relevant.

Alternatieven zijn natuurlijk het vergroten van de kolom door aanbrengen van betonstaal en bijvoorbeeld spuitbeton of het aanbrengen c.q. vervangen van de kolom door een nieuwe kolom (van bijvoorbeeld staal).

3.6 Ontvangstput rioolzuivering



Aandachtspunten onderzoek

- Dossieronderzoek naar wapeningsconfiguratie en betondoorsneden.
- Beoordelen diepte van de aantasting van het beton.
- Wat is de resterende wanddikte en wat was de oorspronkelijke dikte?
- Wat is de functie, rol betonstaal. Is deze constructief van belang?

Situatie

Rioolwaterzuivering, besloten ruimte pompgebouw.
Bouwjaar: 1964
Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Verweerd betonoppervlak.
- Zachte tophuid met witte verkleuring.
- Betonstaal plaatselijk in het zicht, licht gecorrodeerd, profilering nog intact.

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- De wanddoorsnede is circa 5 % gereduceerd. De resterende doorsnede is constructief nog voldoende.
- In de wand treden niet of nauwelijks buigende momenten op.
- Het betonstaal heeft geen essentiële constructieve functie.

Aandachtspunten uitvoering

- Werken in besloten ruimte vraagt bijzondere voorzieningen.
- Zeer hoge druk waterstralen zal de minder samenhangende betonlaag verwijderen zonder het betonstaal daarbij te beschadigen.
- Voorzieningen uit constructief oogpunt zijn niet nodig.
- Materialen kiezen die bestand zijn tegen zwavelzuur en/of de wand voorzien van een chemisch resistente coating of bekleding met bijvoorbeeld kunststof om hernieuwde aantasting tegen te gaan. Er kan ook gekozen worden voor opofferingslaag van beton mist een ruwheid geen bezwaar oplevert uit hydrologisch oogpunt.

3.7 TT-liggers parkeergarage



Aandachtspunten onderzoek

- Vaststellen maximale oppervlaktetemperatuur. Aanwijzingen daarvoor zijn het al dan niet verbrand zijn van andere materialen (gesmolten kunststof e.d.) en kleuromslag van het beton.
- Nagaan verloop brand. Eventueel numerieke simulatie van de doorsnede en brand om zo de temperaturen te bepalen.
- Conditie van de voorspanwapening is visueel niet vast te stellen.
- Afkloppen en ultrasoon metingen om delaminatie van beton te beoordelen.
- Eventueel uitvoeren microscopisch onderzoek (PFM) op slijpplaatjes om inwendig scheuren vast te stellen.
- Beoordelen aanwezigheid scheuren in elementen en de exacte locatie daarvan.
- Conditie van aansluitende constructiedelen, balken/kolommen.

Aandachtspunten uitvoering

De constructie is niet meer voldoende sterk. Het herstel bestaat uit het aanbrengen van uitwendige koolstoflamellen met een eindverankering in de vorm van gewikkelde koolstofsheets in combinatie met het saneren en repareren van het aangetast beton. In verband met de brandveiligheid zijn de lamellen afgewerkt met een spuitmortel met hoge eindsterkte en toepassing van een hulpmiddel in verband met de relatief grote dikte van de te herstellen ribben. Voorafgaand zijn de liggers ontlast van het eigen gewicht met gestuurde vjzeltechnieken. Daardoor zullen de lamellen onder spanning komen na het aanbrengen ervan en het verwijderen van de vjzels.

Situatie

Brandschade parkeergarage met voorgespannen dubbel T ligger.

Bouwjaar: 1986

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Afgespatte dekking op zowel voorgespannen ribben als vloervelden
- Geen betonstaal zichtbaar.
- Veel roetaanslag in groot gebied.
- Afgespat beton in een cirkel van circa 6 meter rondom de brandhaard.

De reparatie wordt als RS geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Ter plaatse van de brandhaard bleek, mede door een proef met hoge druk waterstralen, de desintegratie van het beton door de brand dieper door te lopen dan bij visuele opname werd verwacht.
- De voorspanwapening (althans 1 van de 3 strengen per rib) staat niet meer op spanning.
- Op delen verder van de brandhaard is geen delaminatie vastgesteld en is het beton nog samenhangend, niet verkleurd en zijn geen scheuren vastgesteld.

Wat als?

Als de aantasting van de (traditioneel) dekking minder diep was geweest en de voorspanning niet aan te hoge temperatuur was blootgesteld (duur brand, dekking) dan was het een RT schade geweest.

Overige aspecten / opmerkingen

Gewoon betonstaal is minder kritisch dan voorspanstaal en kan hogere temperaturen aan. Bij normaal staal speelt de spanning in het staal ook minder een rol.

3.8 Begane grondvloer (kruipruimte)



Situatie

Onderzijde begane grondvloer in kruipruimte gebouw. Betonvloer in het werk gestort, ondersteund door betonbalken op betonkolommen (onderheid).

Bouwjaar: 1931

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Afgedrukt beton over een groot oppervlak, aan onderzijde begane grondvloer, balken en kolommen.
- Zichtbaar onvoldoende betondekking op betonstaal (< 15 mm).
- Grindnesten, verdichting beton plaatselijk onvoldoende.
- Corrosie van betonstaal met een reductie van de doorsnede.
- Lokaal is 15 % diameterreductie ontstaan van het betonstaal.
- Er is geen sprake van putcorrosie.

Aandachtspunten onderzoek

- Dossieronderzoek naar wapeningsconfiguratie, afmetingen en berekende belastingen.
- Bepalen en verifiëren van de wapeningsconfiguratie.
- Beoordelen samenhang beton (verdichting en betondruksterkte).
- Wat is de totale afname van de staafdiameter in een doorsnede (reductie staaloppervlak)?
- Meten betondekking op betonstaal, in combinatie met carbonatatie diepte.
- Wat is vochtgehalte in kruipruimte, wat zijn aanwezige ventilatieopeningen?

Aandachtspunten uitvoering

Bij het saneren zal waarschijnlijk nog meer beton verwijderd moeten worden waardoor de constructie wordt verzwakt. Gelet op het feit dat maar net wordt voldaan, moet uitgegaan worden van een reparatie met constructieve consequenties.

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Geen gegevens aanwezig over de wapening zoals aangehouden in het ontwerp. Wel gevonden is een bouwkundige “blauwdruk” met dimensies en afmetingen van de constructie.
- Wapeningsconfiguratie is op locatie bepaald aan de hand van lijnscan dekkingsmetingen en destructief onderzoek op maatgevende locaties. Daarmee is herberekening gemaakt.
- De betondekking op het betonstaal is veelal minder dan 10 mm, De carbonatatie diepte meer dan 25 mm.
- Uit een controle- en herberekening volgt dat met de reductie in doorsnede van de wapening de constructie nog net voldoet. Echter, de omhullende hechting van het beton is onvoldoende waardoor de constructie veiligheid in het geding kan komen. Bovenliggende ruimte is afgesloten.

Overige aspecten / opmerkingen

De dekking zal voor een duurzaam herstel over langere termijn vergroot moeten worden. Dit ook vanwege het verkrijgen van voldoende aanhechting.

De beoogde levens- c.q. gebruiksduur is een aspect dat van belang is. Indien een lange levensduur is gewenst, zijn aanvullende maatregelen nodig zoals een coating. Aanbrengen van meer dekking is ook een optie maar dan zijn waarschijnlijk constructieve ingrepen nodig omdat de belasting (het eigen gewicht) dan zal toenemen. Indien niet wordt opgedikt moet gekeken worden naar het effect op de aanhechting en constructieve gevolgen daarvan.

3.9 Kolom met gains



Aandachtspunten onderzoek

- Tijdsperiode. Wanneer is de schade ontstaan (verklaring vorstschade)?
- Beoordelen van het krachten spel op de kolom. Is de gevulde gain constructief noodzakelijk?
- Wat is het scheurverloop, door en door of is er nog samenhang?

Aandachtspunten uitvoering

In feite betreft het herstel van schade die is ontstaan door een incident. Er is geen reden te twifelen aan het oorspronkelijk ontwerp. Reparatie behelst dus het terugbrengen in de beoogde staat (herstel) zoals vergund.

Het is raadzaam om ook de andere kolommen te onderzoeken, bijvoorbeeld ultrasoon om na te gaan of daar ook schade is ontstaan door vorst.

Overige aspecten / opmerkingen

Algemeen geldt dat bij nieuwbouw schade kan ontstaan door incidenten, zoals vorst of beschadiging tijdens de bouw. Afgewogen moet dan worden of de schade constructieve impact heeft. Er kan bij nieuwbouw in het algemeen worden uitgegaan van herstel van de schade en dat versterken niet nodig is. Dit laatste geldt pas indien bijvoorbeeld in de berekening van de constructie fouten zijn gemaakt. De schade is dan de beoogde waarschuwing dat er iets niet goed is gegaan. Versterken is dan wel aan de orde.

Situatie

Een kolom verbonden aan vloeren met gains. Betreft een kolom in het middendeel van een gebouw.

Bouwjaar: nieuwbouw

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Scheuren in het beton ter hoogte van het kanaal van de Gain.
- Afgesprongen beton bij een scheur.

De reparatie wordt als RS geïnclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Betreft schade door bevroren van water in nog niet gevulde gain.
- Kolom wordt op buiging en normaalkracht belast. Een gevulde gain is van belang voor de constructieve samenhang.
- Aanwezige scheur strekt zich uit over meer dan 50 % van de doorsnede. Duidelijk breukvlak zichtbaar.

Wat als?

Indien de staalkolommen een andere draagweg kunnen vormen en de kolom geen constructieve rol hoeft te vervullen, kan worden uitgegaan van RT. Indien geen buigende momenten en alleen normaalkrachten optreden zal sprake kunnen zijn van RT mits de weerstand tegen afschuiven en knik voldoende is geborgd. Dit zal onderzocht moeten worden.

4. Voorbeelden civiele werken

4.1 Landhoofd/ oplegbalk



Aandachtspunten onderzoek

- Dossier, zijn er tekeningen van de oplegbalk met vermelding van de ontworpen wapeningsconfiguratie?
- Vaststellen oorspronkelijke belasting door rijverkeer versus de huidige (belasting-) verkeersklasse.
- Bepalen afname van het doorsnedereductie staal.
- Beoordelen situatie ter plaatse van de opleg-blokken (is schade van invloed op functionaliteit oplegging?).
- Vaststellen aanwezigheid chloriden in het beton (ingemengd of ingedrongen) en het chloridegehalte ter plaatse van wapening.
- Is er momenteel sprake van lekkage via de voegovergangsconstructie?
- Zijn scheuren aanwezig in de constructie?

Aandachtspunten uitvoering

De lekkage via de voegovergangsconstructie moet worden verholpen. De situatie moet worden gestabiliseerd, bijvoorbeeld door het aanbrengen van een KB-systeem op de oplegbalk. Een verdere afname van de staaldoorsnede wordt daarmee voorkomen en de huidige situatie onder de opleg-blokken wordt gehandhaafd.

Indien het chloride niet ver is ingedrongen is saneren van het beton voldoende. Door zeer hoge druk waterstralen wordt de verontreinigde zone dan verwijderd en de wapening ontroest. Het beton kan vervolgens worden hersteld door aanhelen met een giet- of spuitmortel.

Situatie

Landhoofd provinciaal viaduct.

Bouwjaar: 1979

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Afgedrukte beton aan de boven- en voorzijde van de oplegbalk voor de opleggingen van het rijdek.
- Roestuitbloedingen op het beton aan weerszijden van beugels en hoekstaven.
- Betonstaal is gecorrodeerd.
- Profilering betonstaal is plaatselijk niet meer zichtbaar; geen putten in het betonstaal.

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Vastgesteld is dat de wapening in de balk overeenkomt met het ontwerp
- Ook is de verkeersklasse niet toegenomen.
- In het beton is relatief veel chloriden aanwezig, circa 1,2 % (m/m).
- De afname van de staaldoorsnede is beperkt (< 5 %).
- De oplegblokken zijn nog functioneel en kunnen de krachten kwijt aan het beton.
- De voegovergangsconstructie is niet lekvrij en niet voorzien van een afwateringsvoorziening voor lekwater aan de onderzijde van de voegen.

Wat als?

Als de samenhang van het beton onder de oplegblokken verloren is gegaan, is er sprake van constructieve gevolgen (het dek verzakt). Er is dan sprake van een constructieve reparatie RS.

4.2 Randbalk Kunstwerk



Aandachtspunten onderzoek

- Zie ook CUR-Aanbeveling 102 “Inspecteren en beoordelen van constructies met ASR”.
- Beoordelen aanwezige wapeningsconfiguratie en toets aan ontwerp.
- Beoordelen samenstelling beton, aanwezigheid reactief toeslagmateriaal, petrografie.
- Bepalen éénassige treksterkte, samenhang beton.
- Beoordelen oorsprong vocht, dichtheid voegen, dichtheid dek.

Aandachtspunten uitvoering

Bij ASR is het proces te stoppen door de vochtanvoer te belemmeren en drogen mogelijk te maken. Drogen leidt echter ook tot verlies van samenhang omdat de brokstukken door de expansie nu enigszins onder druk zijn gekomen. In dit geval is er echter onvoldoende betonstaal om deze druk op te laten bouwen. Daarom moet het beton worden vervangen dan wel moet het beton op spanning worden gebracht door een uitwendige constructie.

Overige aspecten / opmerkingen

Nagegaan kan worden of de gehele constructie gevoelig is voor ASR. In dat geval zouden ook daar nog preventieve maatregelen genomen kunnen of moeten worden.

Situatie

Uiteinde rijdek kunstwerk over rijksweg.

Bouwjaar: 1964

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Fijnmazig net van scheuren.
- Uitbloedingen, afzetting van witte uitslag. zichtbaar; geen putten in het betonstaal.

De reparatie wordt als RS geclassificeerd.

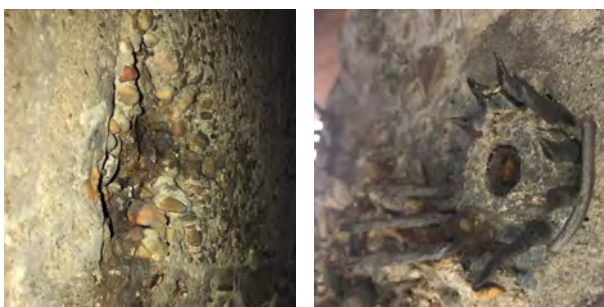
Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Er is sprake van alkali-silicareactie die heeft geleid tot desintegratie van het beton.
- De treksterkte van het beton is zodanig gereduceerd dat deze niet meer voldoet aan de ontwerpvoorwaarden.
- De wapening is niet in staat om de brokstukken constructief te laten samenwerken. Er is geen “voorspanning” ontstaan die de brokstukken laat samenwerken.

Wat als?

Indien de scheurwijdte c.q. expansie nog niet kritisch is, zou het afdoende kunnen zijn de vochttoetreding te stoppen en uitdrogen mogelijk te maken. In dat geval zou sprake zijn van een technische reparatie RT, namelijk om de levensduur van het beton te vergroten.

4.3 Voorgespannen ligger



Situatie

Voorgespannen dek (T-ligger) van kunstwerk met nagespannen wapening.

Bouwjaar: 1956

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- De voorgespannen liggers van het rijdek zijn Aan het uiteinde gescheurd en er zijn losliggende betondelen zichtbaar.
- Roestwater treedt daar naar buiten.
- Op enkele locaties zijn de uit de verankering stekende voorspandraden gecorrodeerd.

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- De ankerkoppen zijn voorzichtig vrijgemaakt door middel van hogedruk waterstralen.
- De 12 spandraden per spankop steken loodrecht uit de conus. Bij de fabricage van de liggers zijn de uiteinden omgebogen nadat de spandraad op spanning was gebracht. alle draden liggen daardoor relatief vlak (evenwijdig) tegen de liggerkop.
- De wapening in de conus/ankerkoppen vertoont nauwelijks corrosie en heeft geen doorsnede-vermindering. Ook de verankeringsprop vertoont geen gebreken.
- Er zijn geen aanwijzingen dat het functioneren van de spankabels in het geding is.
- Er is een verhoogd chloridegehalte van 1,0 % (m/m) vastgesteld in het beton rondom de ankerkoppen. Op andere monsterlocaties ligt het chloridegehalte onder de 0,4 % (m/m).
- De kans op corrosie van de spankabels is verwaarloosbaar.

Aandachtspunten onderzoek

- Is er sprake van corrosie van de wapening rond/bij de conus/ankerkoppen? Zijn alleen de uitstekende draden en eventuele zachtstaal wapening in de liggers gecorrodeerd?
- Heeft corrosie gevolgen voor het functioneren van de spankabels?
- Is er kans op corrosie van de spankabels?
- Beoordelen aanwezigheid chloriden in het beton (ingemengd of ingedrongen).

Aandachtspunten uitvoering

Bij het saneren moeten maatregelen worden genomen om beschadiging van de ankerkoppen en wapening rond de conus/ankerkoppen te voorkomen. Het corrosieproces kan worden gestopt door het aanbrengen van een kathodisch beschermingssysteem (KB). Dit beperkt ook de omvang van het te saneren betonoppervlak. Overbescherming moet, bij de toepassing van KB met opgelegde stroom, worden voorkomen om het risico op waterstofverbrossing van de spankabels door een te hoge beschermstroom te kunnen uitsluiten.

Wat als?

Wanneer de spankabels door corrosie zijn aangetast, is er sprake van RS schade. Omdat de spankabels niet kunnen worden uitgewisseld, betekent dit het vervangen van de liggers of het aanbrengen van externe wapening.

4.4 Nokoplegging Ligger



Situatie

Oplegging prefab liggers op nok.

Bouwjaar: 1998

Locatie: binnenland

Schadekenmerken

- Er zitten scheuren in de oplegnok.
- Er is sprake van zinking / afschuiving van de ligger.
- Eerder uitgevoerde reparatie is opnieuw gescheurd en/of verdwenen.

Aandachtspunten onderzoek

- Dossieronderzoek: hoe zijn bouwdelen gewapend, is er sprake van een dook-verbinding?
- Uitvoeren dekkingsmetingen naar ligging van de wapening in de console.
- Beoordelen mate van verhinderen van de vervorming van de ligger. Is glijvilt aanwezig en functioneert deze?
- Beoordelen plaats van het oplegmateriaal (binnen of buiten de wapeningskorf).

Aandachtspunten uitvoering

Een uitvoering kan zijn de doken te verwijderen en een stalen oplegconsole onder de ligger en tegen de zijkant van de wand te plaatsen. Dit als extra voorziening die vanzelf belast wordt bij verdergaande vervorming.

Wordt de nok hersteld dan zal de ligger gevijzeld moeten worden en moet deze extra worden gewapend.

De reparatie wordt als RS geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Een schade, het afboeren van beton, is al bij oplevering geconstateerd en handmatig hersteld.
- Na 5 jaar is weer schade vastgesteld, de scheuren zijn aanzienlijk. Wanneer dit is ontstaan is niet bekend, er is geen tussentijdse inspectie of data beschikbaar.
- Door middel van destructief onderzoek is vastgesteld dat er sprake is van een dook-verbinding. De dook is zowel in de console als in de balk passend aangebracht, zonder mogelijkheid tot beweging. Daardoor ontstaan in de winter grote trekspanningen op deze verbinding door verhinderde thermische krimp. Het beton is hier niet op gewapende en scheurt.
- Door de schade is het oplegvlak gereduceerd en bestaat er gevaar op afschuiven van de ligger.

Wat als?

Als er een lange tijd zit tussen het ontstaan van een scheur in de nok en de doken wel voldoende ruimte hebben, zou lekkage van de voegovergang problemen kunnen opleveren in de tijd. Door lekkage en indringing in de scheur van zouthoudend water treedt dan corrosie op van het betonstaal in de oplegnok. Er is dan sprake van een duurzaamheidsprobleem en in beginsel een reparatie RT.

4.5 Draagbalk rijdek



Situatie

Draagbalk onder een rijdek boven water.

Bouwjaar: 1988

Locatie: kustgebied

Schadekenmerken

- Ontbrekende betondekking, dekking beperkt.
- Roestend betonstaal, roest is oppervlakkig.
- Geen putcorrosie zichtbaar.
- Aftekening vocht op beton doorvoer in dek.

Aandachtspunten onderzoek

- Toets van de aangetroffen wapening op basis van tekening (dossieronderzoek).
- Chlorideonderzoek ter plaatse van afstromend water (in verband met herstelmethode).
- Bepalen betondekking en carbonatatie diepte ook elders (in verband met omvang herstel en/of preventieve maatregel).

De reparatie wordt als RT geclassificeerd.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Het betreft primair corrosie door carbonatatie van het beton.
- Dekkingen zijn plaatselijk gering.
- Slechts oppervlakkige aantasting betonstaal.
- Constructie voldoet ook ondanks de geringe aanhechting van het betonstaal.

Aandachtspunten uitvoering

- Bij saneren tot halverwege de doorsnede van het betonstaal zijn verder geen effecten op het draagvermogen te verwachten. Voorkom dat bij de uitvoering van het herstel wapening rondom wordt vrijgemaakt.
- Voorkom trillingen door verkeer in verband met herstel, aanbrengen en uitharden van de reparatiemortel.
- Voorkom afstromen van water (mede om uitspoelen van de reparatie tegen te gaan).
- Vergroot de betondekking door een extra laag mortel mits constructief mogelijk. Conserveer anders het beton.

Wat als?

Betonstaal met een minder hechting leidt in theorie tot een lagere draagkracht van het onderdeel. Indien dat het geval zou zijn zou sprake zijn geweest van een RS reparatie. De betondekking heeft dan niet alleen als doel het betonstaal te conserveren maar ook om krachtoverdracht mogelijk te maken.

4.6 Voorgespannen I-Ligger



Aandachtspunten onderzoek

- Bepalen van het chloridegehalte in het beton, chlorideprofiel, chloride bij voorkeur ter plaatse van wapening.
- Beoordelen conditie van het voorspanstaal (visueel). De mate van voorspanning vereist nader onderzoek.
- Beoordelen functie en conditie van het betonstaal (zachtstaal).
- Wapeningstekeningen vergelijken met de aangetroffen situatie.

Aandachtspunten uitvoering

- Bij het bijplaatsen van beugelwapening door het inboren van twee gebogen stekken (haken) rondom zachtstaalwapening in langsrichting van de ligger, mag het voorspanstaal niet worden geraakt.
- Er bestaat een kans op waterstofverbrossing van voorspanstaal bij overbescherming door KB. Let daarom op de staalpotentiala (niet kleiner dan -900 mV).

Wat als?

Als niet tijdig was ingegrepen was corrosie van voorspanstaal mogelijk geweest.

Situatie

Betonnen zeesteiger van stalen palen met daarop een betonnen kesp en voorgespannen prefab I-liggers.

Bouwjaar: 1972

Locatie: kustgebied

Schadekenmerken

- Scheuren in onderzijde I-ligger met corrosie-uitlopen van corrosieproducten.
- Afgedrukt beton met blootliggend betonstaal.
- Corrosie van zachtstaal met op enkele locaties een doorsnede reductie van meer dan 25 %. Zowel bij beugels als bij betonstaal aan de onderzijde.
- Lichte corrosie zichtbaar op de blikken mantel rondom het voorspanstaal.

De reparatie wordt als RS geclassificeerd, daar waar sprake is van beugelwapening die in doorsnede is gereduceerd.

De reparatie wordt als RT geclassificeerd daar waar geen doorsnedereductie van beugelwapening is vastgesteld.

Afweging (wat is gevonden en hoe is dit beoordeeld)

- Chlorideprofiel duidt op indringing van chloriden van buiten naar binnen.
- Ter hoogte van de voorspanstaven is het chloridegehalte nihil.
- Corrosie van betonstaal heeft geleid tot scheuren en afdrukken van betondelen/-dekking.
- Wapening in de ligger komt overeen met tekeningen.
- Beugelwapening is nodig voor opvangen van spanningen voortkomend uit druk in de betonconstructie die wordt geïntroduceerd door de voorspankabels (laterale stabiliteit / kip).
- Ter plaatse van de oplegging wordt de hart-op-hart afstand van de beugels minder. Dit duidt erop dat de beugels daar nodig zijn voor het opvangen van dwarskrachten.
- De beugels komen overeen met het ontwerp en worden volledig uitgenut. Er is geen marge aanwezig.

De Vereniging van Adviseurs op het vakgebied van BetonOnderhoud en -Reparatie en geïnteresseerde personen met affiniteit voor de betononderhoud- en reparatiebranche. De vereniging is opgericht in 1992, dus op moment van deze publicatie 30 jaar jong en levendig.

De vereniging streeft ernaar:

- Marktpartijen een helder, deskundig en kwalitatief hoogwaardig advies te bieden op het gebied van betononderhoud en -reparatie. Dit met de meest actuele kennis en volgens de laatste stand der techniek.

- Kennis uit te dragen, te delen, te ontwikkelen en bij te houden door mee te werken aan publicaties, het organiseren van studiedagen en het houden van netwerkbijeenkomsten.
- Een ontmoetingsplek te zijn voor gespecialiseerde adviesbureaus op het vakgebied, leveranciers, opdrachtgevers en Betononderhoudskundigen (BOK-ers).

Meer informatie: www.vabor.nl



Adviesbureau
ir. J.G. Hageman B.V.

solid services
engineering

Witteveen + **Bos**

Adviesburo
BEJAN

NEBEST

TNO innovation
for life

TCI
TECHNOCONSULT

SGSINTRON



De Vereniging van gecertificeerde Betonreparatiebedrijven (VBR) wordt gevormd door de top van bedrijven in Nederland die zich speciaal toeleggen op het technisch en constructief repareren en onderhouden van beton. VBR-bedrijven zijn proactief bezig met het ontwikkelen van hun vak en pakken gezamenlijk kennis- en kwaliteitsprojecten aan. VBR-bedrijven werken met goed opgeleid, gekwalificeerd personeel. De VBR maakt zich daarom sterk voor een gedegen opleiding en nascholing van vakmensen. VBR-bedrijven leggen zichzelf strenge kwaliteitseisen op en onderscheiden zich daarmee in de markt.

- Alle VBR-bedrijven hebben een goed werkend kwaliteitsmanagementsysteem (NEN-EN-ISO 9001 of gelijkwaardig).
- VBR-bedrijven zijn gecertificeerd volgens de nieuwste versie van de 'Beoordelingsrichtlijn 3201 (BRL) voor het onderhouden, versterken en verduurzamen van beton. VBR-bedrijven zijn allemaal gecertificeerd voor de uitvoeringsklasse constructief repareren (RS), in combinatie met de uitvoeringsklassen RT (technisch repareren) en RE (esthetisch repareren).
- Alle VBR-bedrijven zijn in het bezit van het VCA**-certificaat.



Deze publicatie is opgesteld door een werkgroep bestaande uit:

Corné van der Steen (auteur)	VABOR
Martin de Jonker	VABOR
Jelle Lecluijze	VABOR
Marinus Poelert	VABOR
Chris Uittenbogaard	VBR
Peter Nuiten	VBR

VABOR, VBR en iedereen die aan deze publicatie heeft meegewerkt hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgaven. Desondanks moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er fouten en onvolledigheden in deze uitgaven voorkomen.

Ieder gebruik van deze uitgaven en van de gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker. De gebruiker sluit mede ten behoeven van VABOR, VBR en diegenen die aan deze uitgaven hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgaven en de daarin opgenomen informatie. Dit tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grove schuld van de zijde van VABOR, VBR of

diegene die aan de uitgave hebben meegewerkt. Benadrukt wordt dat het gaat om voorbeelden. Elke praktijksituatie is weer anders. Een goed vooronderzoek door een deskundige partij is dan ook van belang om tot een juiste classificatie te komen.

Het auteursrecht van deze publicatie berust bij VABOR en VBR. Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen scripties, boeken en/of digitale bestanden mits de bron uitdrukkelijk wordt vermeld.

Culemborg/Naarden juni 2022

