

ERFGOED BRUSSEL

April 2019 | Nr030

Dossier **BETON**

Varia DE BRUSSELSE REUZEN

EERSTE HULP VOOR GEWAPEND BETON

PATHOLOGIEËN EN REMEDIES

MICHEL PROVOST

BURGERLIJK BOUWKUNDIG INGENIEUR,
HOOGLEERAAR ULB, *JOINT RESEARCH GROUP*
ULB-VUB '*CONSTRUCTION HISTORIES BRUSSELS*',
VENNOOT BIJ ORIGIN ARCHITECTURE &
ENGINEERING

Het domein van betonpathologieën en de remedies om deze te verhelpen zijn bijzonder uitgebreid en complex. Er bestaat een hele waslijst aan literatuur over. In dit artikel beperken we ons tot een kort overzicht van de belangrijkste gebreken om ook de niet-ingewijde lezers een houvast te bieden bij het lezen van de cases die in de volgende artikels worden behandeld.

We zullen het hier niet hebben over voorgespannen beton, dat minder vaak voorkomt dan gewapend beton. De ziektebeelden en remedies zijn hier echter van hetzelfde type. Wel is het zo dat voorgespannen wapeningen gevoeliger zijn voor corrosie dan de wapeningen in gewapend beton. Voorgespannen beton is na verloop van tijd dus kwetsbaarder dan gewapend beton.

PATHOLOGIEËN

Op enkele specifieke gevallen na (aanwezigheid van basen of chloriden) geldt als vuistregel dat beton met een correcte samenstelling zich gedraagt als een natuursteen van middelmatige tot goede kwaliteit. Als het beton niet in contact komt met agressieve agentia en niet wordt blootgesteld aan mechanische aantastingen, zal het de tand des tijds goed doorstaan.

Voor gewapend beton is dit echter minder vanzelfsprekend. De belangrijkste oorzaak van aantasting heeft in dit geval te maken met corrosie van de wapeningen. Gewapend beton is mettertijd veel kwetsbaarder dan gewoon beton. Het risico op aftakeling hangt sterk samen met de kwaliteit van de uitvoering. Het is de betondekking en haar alkalische

karakter die de wapeningen tegen corrosie beschermen. Het alkalische karakter van beton vermindert echter als gevolg van carbonatatie door het contact met de CO₂ in de lucht (afb. 1). Op zich vormt de carbonatatie van beton geen probleem, maar via vocht en water treedt er corrosie op.

Als wapeningen in een vochtig milieu onvoldoende beschermd worden, zullen ze dus roesten en veroorzaakt de uitzetting scheuren in

het dekkingsbeton. Door die scheuren komen de wapeningen nog meer in contact met de buitenlucht, waardoor de corrosie en de bijbehorende schade patronen exponentieel toenemen (afb. 2a tot 2d). Deze aantastingen verergeren nog door opeenvolgende cycli van vorst en dooi. Om efficiënt te zijn moet de betondekking voldoende dik zijn (minstens drie centimeter), weinig poreus en alkalisch van aard (pH=13). De vereisten inzake dikte van de dekking zijn vandaag veel strenger en liggen



Afb. 1

Carbonatiediepte. De fenolftaleïne kleurt het gezonde beton violet; het gecarbonateerde beton wordt niet gekleurd. Bovenaan in de kern is het beton gecarbonateerd tot een diepte van ongeveer 1,5 cm; onderaan ziet men het spoor van de wapening die beschermd wordt door het nog alkalische beton. (2017 © Origin).

VOORNAAMSTE PATHOLOGIEËN

Aantastingen van het beton:

- Aantasting wegens het uitzetten van de wapeningen door corrosie (oorzaken A, B, C en D).
- Aantasting als gevolg van scheuren (oorzaken B en D).
- Erosie of sleet van het oppervlak: door weersinvloeden (bv. regen, wind, zand) of herhaalde wrijving (bv. banden, voetgangers, uitpakken van goederen, stromend water) (oorzaak D).
- Externe verpulvering: veroorzaakt door versuring afgescheiden door mossen (oorzaak D).
- Faiëncering (microscheuren) of afschilfering van het oppervlak: ten gevolge van vorst bij beton dat onvoldoende mechanische weerstand heeft (oorzaak A).
- Scheurvorming veroorzaakt door interne reacties in het materiaal (bv. opzwellende zuur-basereactie, ettringiet met aanzienlijke uitzetting (oorzaak A).

Al deze verstoringen worden verergerd door de vorst-dooicycli.

Onregelmatigheden van de wapeningen:

- Corrosie door een gebrek aan of verlies van bescherming (carbonatatie van het beton) van de wapeningen en/of contact met



Afb. a

Corrosie van de blootliggende wapeningen met aanzienlijk materiaalverlies (2017 © Origin).

- de luchtvochtigheid. Door roestvorming neemt de dikte van de wapeningen af, waardoor ze op termijn kunnen breken (afb.a).
- Putcorrosie: te wijten aan de aanwezigheid van chloride (oorzaken A, D), zelfs in niet gecarbonateerd beton. Kan leiden tot broosheid en breuk van de wapeningen.

Voornaamste oorzaken:

A. Onevenwichtige samenstelling van het beton:

- Overmatig water dat het beton poreus maakt (onvoldoende bescherming van de wapeningen).
- Aanwezigheid van basen in het beton en siliciumzuur in de granulaten die met elkaar reageren (zwellingsreactie).
- Contaminatie door chloriden die bewust zijn toegevoegd bij de

uitvoering om de verstijving van het beton te versnellen of die op natuurlijke wijze aanwezig zijn in de bestanddelen van het beton.

B. Ontwerproblemen:

Onvoldoende wapeningen, hetgeen tot scheurvorming leidt, onvoldoende betondekking rond de wapeningen, enz.

C. Uitvoeringsgebreken:

Onvoldoende betondekking rond de wapeningen, grindnesten, enz. (afb. b)



Afb. b

Grindnest (2017 © ARSIS).

D. Problemen tijdens de levensduur van het bouwwerk:

- Scheurvorming door thermische uitzetting of belemmerde krimp van het beton, verbonden met een impact of een explosie, enz.
- Contact met zuren, dooizouten, enz.

BELANGRIJKSTE REMEDIES

'Zware' pathologieën:

- Plaatselijke afbraak, behandeling van de wapeningen en herstel met mortel aangebracht met een spatel, gegoten of gespoten (gunnitering).
- Zo nodig bepaalde delen van de wapening vervangen.
- Zo nodig verstevigingen aanbrennen in de vorm van externe wapeningen, koolstofvezel, metalen platen, enz.

'Lichte' pathologieën:

Scheurinjectie.

Bescherming van de wapeningen door in te grijpen op het beton zelf:

- De carbonatatie van het beton stoppen door een 'coating' aan te brengen die de penetratie van koolstofdioxide belet en het beton in staat stelt om te blijven 'ademen'.
- Het opnieuw alkalisch maken van het beton door middel van een

electro-chemische methode.

- Toevoegen van een corrosieremmer in de reparatiemortel.

Rechtstreekse bescherming van de wapeningen:

- Door een roestwerende verf aan te brengen op de wapeningen na ontroesting.
- Door plaatsing van opofferingsanodes.
- Door stroomtoevoer.



Afb. 2a tot 2d

Afbrokkeling van het beton door uitzetting van de wapeningen. Blootliggende en gecorrodeerde wapeningen als gevolg van deze afbrokkeling (2017 © Origin).

vast in officiële bouwnormen, wat vroeger niet het geval was.

Gewapend beton vertoont in normale omstandigheden microscheurtjes die de duurzaamheid echter niet aantasten. Scheurvorming (vanaf 0,3 millimeter) brengt de wapeningen echter in contact met de buitenlucht, waardoor er corrosie kan ontstaan en het beton geleidelijk wordt aangetast. Een bouwwerk in gewapend beton, uitgevoerd volgens de regels van de kunst en niet blootgesteld aan overbelasting (wat scheurvorming kan teweegbrengen), zal

de tand des tijds goed doorstaan. Alvorens tot de herstelling van aangetast beton over te gaan, zijn eerst testen nodig om, onder andere, de weerstand, poreusheid en graad van carbonatatie te documenteren.

.....
REMEDIES

Aangezien de aantasting van gewapend beton vooral een kwestie is van corrosie van de wapeningen, komt het erop aan deze hier voldoende tegen te beschermen. Die bescherming kan rechtstreeks op de wape-

ningen gebeuren of door het beton zelf het vermogen terug te geven om de wapeningen te beschermen. Welke behandeling aangewezen is, hangt uiteraard af van de ernst van de aantasting.

Als de schade vergevorderd is, moet het aangetaste beton worden afgeblikt tot aan het gezonde materiaal en moeten de wapeningen worden blootgelegd (afb. 3). Deze kunnen dan worden beschermd met een passiverende verflaag en vervolgens opnieuw bedekt met reparatiemortel (het 'uitvullen' van het beton).

GLOSSARIUM

Wapeningen voor gewapend beton – Voorgespannen wapeningen:

We onderscheiden hier wapeningen voor gewapend beton die niet onder spanning worden geplaatst en voorgespannen wapeningen. Voorgespannen wapeningen worden ook 'voorspankabels' genoemd.

Carbonatatie (van beton):

Reactie van de alkalische substanties van het beton met de koolstofdioxide in de lucht die onder meer de pH van het beton verlaagt van 13 naar 9, wat overeenstemt met de transformatie van portlandiet in calciet. Carbonatatie is een diffusiever-schijnsel, gekenmerkt door een carbonatatiefront met pH 9 dat vanop het betonoppervlak naar binnen dringt. Wanneer het front de wapeningen bereikt, verdwijnt de laag oxiden die ze tegen corrosie beschermd in een omgeving met hoog pH. De wapeningen worden gedepasseerd en dreigen te corroderen (roesten) als er water in de buurt is.

Corrosie van de wapeningen:

Scheikundige reactie die het oppervlak van de wapeningen in het gewapend beton wijzigt. Treedt op wanneer de betondekking (zie term) ontoereikend is of het beton te poreus is, of bij carbonatatie (zie term).

Betondekking:

Afstand tussen de wapening en het betonoppervlak. De dekking moet voldoende dik zijn (minstens drie centimeter, soms meer naargelang de bestemming van het bouwwerk) opdat de wapeningen beschermd zouden zijn tegen corrosie.

Scheur:

Opening in een element veroorzaakt door spanning. **Scheurvorming:** geheel van de aanwezige scheuren in een structureel element. Heeft diverse oorzaken en kan zich zowel op jonge leeftijd als op lange termijn voordoen. Het optreden van **microscheuren** in gewapend beton is bijna onvermijdelijk, zeker aan het oppervlak of in de contactzone met de wapeningen, maar deze diffuse scheurvorming is niet zichtbaar met het blote oog. Ze beïnvloedt normaliter noch de duurzaamheid noch de waterdichtheid van het beton. **Macroscheuren** betreffen de verschijning van discrete scheuren, soms over grotere afstand, die pas zichtbaar worden wanneer ze 0,3 millimeter breed zijn. Vanaf dat moment kunnen ze de bruikbaarheid en de duurzaamheid van het gewapend beton in het gedrang brengen.

Gunnitering:

Betonnering door spuiten met een persluchtstelsel.

Injecteren:

Aanbrengen onder druk van een cement- of andere coulis. Injectie van scheuren.

Grindnest:

Betonzone waarin te weinig mortel aanwezig is tussen de granulen. De holtes die hierdoor ontstaan verminderen aanzienlijk de weerstand tegen drukspanning van het beton en brengen de wapeningen in contact met de buitenlucht. Grindnesten moeten absoluut worden behandeld. De oorzaken ervan zijn een slechte verdichting (trilling) van het beton of een onvoldoende hermetische bekisting, wat tot een verlies van mortelspecie (vloei-bare mortel die de granulen omringt) leidt.

Passivering (van wapeningen):

Bescherming tegen corrosie van de wapeningen in gewapend beton door de alkaliniteit van het beton zelf, door producten bestemd voor hun bescherming bij herstel, enz.

Metalen plaat: stalen element van vrij grote lengte (meerdere meters), een tiental centimeter breed en enkele millimeter dik. Deze elementen kunnen worden bevestigd (met lijm of bouten) op de buitenzijden van een betonnen element om het te versterken.

Te sterk gecorrodeerde wapeningen worden zo nodig vervangen, eventueel door wapeningen uit roestvrij staal. Soms zijn wapeningen van gewapend beton in een bouwwerk noodzakelijk tijdens de bouw-fase maar nadien overbodig. Ze dienden bijvoorbeeld voor de goede positionering van wapeningen, om scheurvorming bij de krimp van het beton te beperken, enz. Alvorens aangetaste wapeningen te vervangen, moet men onderzoeken of ze nog nuttig zijn.

Soms kan het wenselijk zijn overbodig geworden wapeningen te verwijderen om te vermijden dat ze corroderen en zo het beton aantasten. Wapeningen kunnen in sommige gevallen worden vervangen door elementen uit koolstofvezel of door metalen platen die aan het oppervlak van het beton worden bevestigd.

Als er geen zichtbare aantastingen zijn maar testen aantonen dat het beton zijn beschermende rol geheel

of gedeeltelijk verloren heeft als gevolg van carbonatatie, zal men in een vochtige omgeving de wapeningen moeten beschermen, uiteraard zonder ze bloot te leggen. Er zijn in dat geval twee mogelijkheden: het beton zelf zijn vermogen teruggeven om de wapening te beschermen of overgaan tot een rechtstreekse bescherming van de wapeningen. Bij de eerste oplossing wordt het beton beschermd door het aanbrengen van coatings



Afb. 3
Gedecapeerd beton voor reparatie (2017 © Origin).

die de carbonatatie stoppen door te voorkomen dat koolstofdioxide in het beton doordringt of door de re-alkalisatie van het beton. Dat gebeurt door de wapeningen tijdelijk onder elektrische stroom te plaatsen en een tijdelijke anode op het betonoppervlak aan te brengen. De tweede mogelijkheid bestaat erin de wapeningen elektrisch te beschermen door een potentiaalverschil te creëren tussen de wapeningen en op het beton een interne of externe opofferingsanode aan te brengen, meestal van zink, die zichzelf geleidelijk aan vernietigt terwijl ze haar beschermende rol vervult.

De kathodische bescherming kan ook worden verkregen door stroomtoevoer.

Vertaald uit het Frans

BIBLIOGRAFIE

- DENOËL, J.-F., ESPION, B., HELLEBOIS, A. en PROVOST, M. (red.), *Histoires de béton armé - Patrimoine, durabilité et innovations*, Febelcem – FABI, Brussel, 2013.
- Wetenschappelijk informatieblad nr. 231: *Herstelling en bescherming van beton* – Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB) – September 2007 (correctie januari 2008).

Caring for reinforced concrete Pathologies and remedies

Broadly speaking, concrete behaves like a natural stone of medium to good quality, and under 'normal' conditions it is therefore very durable. The pathologies that affect concrete are most often connected with corrosion of the reinforcing bars. In normal circumstances, the alkaline properties of the concrete protect the reinforcing bars; however, if this alkalinity is weakened or if the reinforcing bars are otherwise insufficiently protected, corrosion can lead to degradation of the concrete.

This article first provides a general overview of the main pathologies and their causes, before detailing possible remedies. Given that degradation of reinforced concrete is primarily connected with corrosion of reinforcing bars, the main objective is to protect these in order to prevent corrosion. This protection can be applied either directly to the reinforcing bars themselves or achieved by restoring the capacity of the concrete to provide such protection.

COLOFON

REDACTIECOMITÉ

Jean-Marc Basyn, Françoise Cordier,
Stéphane Demeter, Paula Dumont,
Murielle Leseqque, Griet Meyfroots,
Valérie Orban, Cecilia Paredes,
Brigitte Vander Bruggen

EINDREDACTIE NEDERLANDS

Griet Meyfroots

EINDREDACTIE FRANS

Stéphane Demeter

REDACTIESECRETARIAAT

Stéphane Demeter en Murielle Leseqque

COÖRDINATIE DOSSIER

Jean-Marc Basyn

COÖRDINATIE ICONOGRAFIE

Julie Coppens en Jean-Marc Basyn

AUTEURS/ REDACTIONELE MEDEWERKING

Jean-Marc Basyn, Brigitte De Groof,
Rika Devos, Bernard Espion,
Jean-Paul Heerbrant, Isabelle Lecocq,
Marc Meganck, Griet Meyfroots,
Cecilia Paredes, Michel Provost, Benoît
Schoonbroodt, Christian Spapens,
Anne Totelin, Brigitte Vander Bruggen,
Céline Vandewynckel, Aurélie Vermijlen

VERTALING

Gitracom, Hilde Pauwels,
Ubiqu Belgium NV/SA

NALEZING

Cate Chapman – Skylark Academic &
Book Editing, Koenraad Raeymaekers,
Harry Lelièvre, Wim Kenis, Coralie
Smets, Tom Verhofstadt en de
leden van het redactiecomité

VORMGEVING

Polygraph'

ONTWERPER VAN DE MAQUETTE

The Crew communication nv

DRUK

Graphius Brussels

VERSPREIDING EN ABONNEMENTENBEHEER

Cindy De Brandt,
Brigitte Vander Bruggen
bpeb@urban.brussels

BEDANKINGEN

Philippe Charlier, Alfred de Ville de
Goyet, Bernard Espion, Armande
Hellebois, Wim Kenis, Pierre-Yves Lamy,
Michel Provost, Guido Stegen

VERANTWOORDELIJKE UITGEVER

Bety Waknine, directeur-generaal,
Urban.brussels (Gewestelijke
Overheidsdienst Brussel
Stedenbouw en Erfgoed)
Kunstberg 10-13, Brussel

De artikelen zijn gepubliceerd
onder de verantwoordelijkheid
van de auteurs. Alle rechten voor
het reproduceren, vertalen of
herwerken zijn voorbehouden.

CONTACT

Directie Cultureel Erfgoed
Kunstberg 10-13, 1000 Brussel
www.erfgoed.brussels
bpeb@urban.brussels

HERKOMST VAN DE FOTO'S

Mochten er ondanks onze inspanningen
om alle reproductierechten te betalen
toch nog gerechtigden zijn die niet
gecontacteerd werden, dan worden
zij verzocht zich kenbaar te maken bij
de Directie Cultureel Erfgoed van het
Brussels Hoofdstedelijk Gewest

LIJST MET AFKORTINGEN

ARA – Algemeen Rijksarchief
AUCL - Archives de l'université
catholique de Louvain-la-Neuve
CIDEP - Centre d'Information, de
Documentation et d'Etude du Patrimoine
GASJN – Gemeentearchieven
Sint-Joost-ten-Node
GASPW - Gemeentearchieven
Sint-Pieters-Woluwe
GOB - Gewestelijke
Overheidsdienst Brussel
KIK-IRPA – Koninklijk Instituut voor
het Kunstpatrimonium / Institut
royal du Patrimoine artistique
KMSKB – Koninklijke Musea voor
Schone Kunsten van België
KUL - Katholieke Universiteit Leuven
SAB – Stadsarchief Brussel
ULB - Université libre de Bruxelles
VUB - Vrije Universiteit Brussel

ISSN

2034-5771

WETTELIJK DEPOT

D/2019/6860/007

Cette revue paraît également
en Français sous le titre
Bruxelles Patrimoines.

Erfgoed Brussel Reeds verschenen

001 - November 2011
Terug naar school

002 - Juni 2012
De Hallepoort

003-004 - September 2012
De kunst van het bouwen

005 - December 2012
Hôtel Dewez

Extra nummer 2013
Het erfgoed schrijft onze geschiedenis

006-007 - September 2013
Brussel, m'as-tu vu ?

008 - November 2013
Industriële architectuur

009 - December 2013
Parken en tuinen

010 - April 2014
Jean-Baptiste Dewin

011-012 - September 2014
Geschiedenis en herinnering

013 - December 2014
Cultusgebouwen

014 - April 2015
Zoniënwood
015-016 - September 2015
Ateliers, fabrieken en kantoren

017 - December 2015
Stadsarcheologie

018 - April 2016
De Gemeentehuizen

019-020 - September 2016
Stijlen gerecycleerd

021 - December 2016
Victor Besme

022 - April 2017
Art nouveau

023-024 - September 2017
Natuur in de stad

025 - December 2017
Conservatie op de steigers

026-027 - April 2018
Kunstenarsateliers

Laatste nummers



028 - September 2018
Het Erfgoed, dat zijn wij!



Extra nummer - 2018
De restauratie van
een uitzonderlijk decor



029 - December 2018
Historische Interieurs



urban
.brussels

BUP BRUXELLES URBANISME ET PATRIMOINE
BSE BRUSSEL STEDENBOUW EN ERFGOED

15 €



ISBN 978-2-87584-180-3