

Gelezen in Structural Concrete

Structural Concrete Vol. 22/5 (oktober 2021) bevat een variatie aan papers, met een focus op levensduur en corrosie. Van een selectie van de voor *Cement*-lezers meest interessante papers uit dit nummer staat in dit artikel een korte Nederlandstalige samenvatting.

Opvallend is de coverfoto en het openingsartikel, gebaseerd op een artikel 'Doorgaande voorspanning in gekromde fietsbrug' van Rob Arts en Christa van den Berg van ipv Delft dat eerder is verschenen in *Cement* 2020/4. Dit is, net als deze rubriek, het resultaat van de samenwerking tussen *Cement* en *Structural Concrete*.



RUBRIEK STRUCTURAL CONCRETE

Één van de meest toonaangevende internationale vakbladen over betonconstructies is *Structural Concrete* (SC). SC is het officiële, peer reviewed journal van *fib* (*The international federation for Structural Concrete*). *Cement* plaatst een korte Nederlandstalige samenvatting van een selectie van voor *Cement*-lezers interessante papers uit ieder nummer van SC (verschijnt 6x per jaar). De volledige papers zijn beschikbaar op onlinelibrary.wiley.com (gratis voor leden van *fib*).

OP WEG NAAR EEN ONTWERPRICHTLIJN VOOR BETON MET GRANULAAT

Er bestaat nog geen algemeen geldende regelgeving voor de toepassing van betongranulaat in gewapende en voorgespannen betonconstructies. In *fib* Model Code 2020 (MC2020) en de nieuwe Eurocode is die regelgeving wel voorzien. Om goedkeuring daarvan te vereenvoudigen, is in een gecombineerde Spaans/Frans/Servische studie een uitvoerig literatuuronderzoek gedaan, en zijn de resultaten daarvan geanalyseerd. Deze resultaten laten zien dat aanpassingen in regelgeving nodig zijn. Dit geldt voor de fysische en mechanische eigenschappen (volumieke massa, elasticiteitsmodulus, treksterkte, breukenergie, rek bij piekspanning en uiterste rek, krimpver-

vorming en kruipcoëfficiënt), de eigenschappen met betrekking tot levensduur (betondekking) en het constructieve gedrag (maximale afschuifsterkte van beton zonder dwarskrachtwapening en doorbuigingen). In de studie zijn aanbevelingen gedaan voor MC2020 en de nieuwe Eurocode 2. Deze aanbevelingen zijn geformuleerd in termen van het vervangingspercentage fijn en grof toeslagmateriaal (m/m) waarvoor betongranulaat gedefinieerd kan worden als type A volgens EN 206. Hierbij is een grens aangehouden van het vervangingspercentage van 40% voor gewapend beton en 20% voor voorgespannen beton. Daarboven zijn testen noodzakelijk.

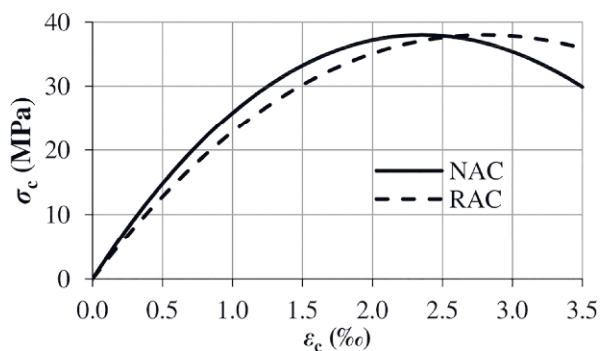


fig. 1 Spanning-rekrelatie van normaal beton (NAC) en beton met betongranulaat (RAC) bij een vervangingspercentage van 60% (m/m) (sterkteklasse C30/37)

Paper *Toward a codified design of recycled aggregate concrete structures: Background for the new fib Model Code 2020 and Eurocode 2 (SC22/5, p. 2916)*

Door: Nikola Tošić, Jean Michel Torrenti, Thierry Sedran, Ivan Ignjatović
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/suco.202000512>

ONTWIKKELINGEN OP HET GEBIED VAN MILIEUKLASSEN

Voor het ontwerpen op levensduur van betonconstructies wordt gebruikgemaakt van milieuklassen, gebaseerd op diverse schade-mechanismen. De bekende milieuklassen in bijvoorbeeld *fib* Model Code 2010 (MC2010) en EN 206, gaan uit van Europese omgevingscondities. Ze worden echter steeds meer ook in landen buiten Europa gebruikt. In die landen kan sprake zijn van afwijkende schademechanismen, waardoor de Europese aanpak minder geschikt kan zijn. Bovendien is de bestaande systematiek vooral bedoeld voor het voorschrijven van beton met gespecificeerde eigenschappen. Bij toepassing van de juiste prestatie-indicatoren is zij weliswaar ook bruikbaar voor het ontwerpen op levensduur, maar voor complexere ontwerpfilosofieën is de methodiek te algemeen en daarom niet geschikt.

fib Task Group TG8.8 WP3 heeft de milieuklassen uit MC2010 en de diverse nationale invullingen tegen het licht gehouden en daarbij beperkingen vastgesteld. In sommige situaties blijkt de systematiek te leiden tot onveilige resultaten en in sommige situaties is zij juist te conservatief. Ook schiet de bestaande aanpak tekort bij toepassing van innovatieve mengselsamenstellingen met bijvoorbeeld van de norm afwijkende water-cementfactoren.

Dit alles heeft ertoe geleid dat de genoemde Task Group een voorstel heeft gedaan voor aanpassingen in *fib* Model Code 2020 (MC2020). Het betreft de volgende voorstellen:

- Als een constructie naar verwachting wordt blootgesteld aan een relatieve vochtigheid (RV) van minder dan 60%, en derhalve milieuklasse XC0 geldt, maar er incidenteel stijgingen boven $RV = 60\%$ kunnen optreden, wordt aangeraden om hiervoor het risico afzonderlijk te beoordelen.

- Het risico op corrosie ingeleid door carbonatatie in constructies die permanent nat of permanent droog zijn, is niet significant. Daarom mag voor betreffende constructies XC0 worden aangehouden.
- Voor de weinig concrete omschrijving 'gemiddelde luchtvochtigheid' in MC2010 voor XC3 wordt voorgesteld om een interval voor de RV tussen 60% en 90% aan te nemen. Dit moet voor elke locatie worden beoordeeld, op basis van de variatie van de RV gedurende een heel jaar, waarbij ook de invloed op corrosie moet worden meegenomen.
- Verhoogde temperatuur blijkt een negatieve invloed te hebben op de levensduur van beton dat wordt blootgesteld aan chloriden uit zeewater of aan chemische aantasting. Aanbevolen wordt deze invloed waar nodig afzonderlijk te beschouwen.
- Speciale aandacht moet uitgaan naar milieuklasse XD3 in het geval dat corrosie dreigt te verergeren voor beton met regelmatige blootstelling aan ijs- en sneeuwvrij, gevolgd door uitdroging.
- Aanbevolen wordt twee nieuwe milieuklassen op te nemen. XC5 voor betonoppervlakken die worden blootgesteld aan hoge CO_2 -concentraties en in contact zijn met water. Het gaat hierbij om CO_2 -concentraties van 1000 tot 5000 ppm. XS3a waarbij rekening wordt gehouden met het agressieve milieu bij chloriden in de lucht in gebieden nabij de kust, als er een sterke afhankelijkheid is van overwegende milieu of topografische omstandigheden. Hiervoor moeten er specifieke lokale richtlijnen komen gezien de geografische variatie.

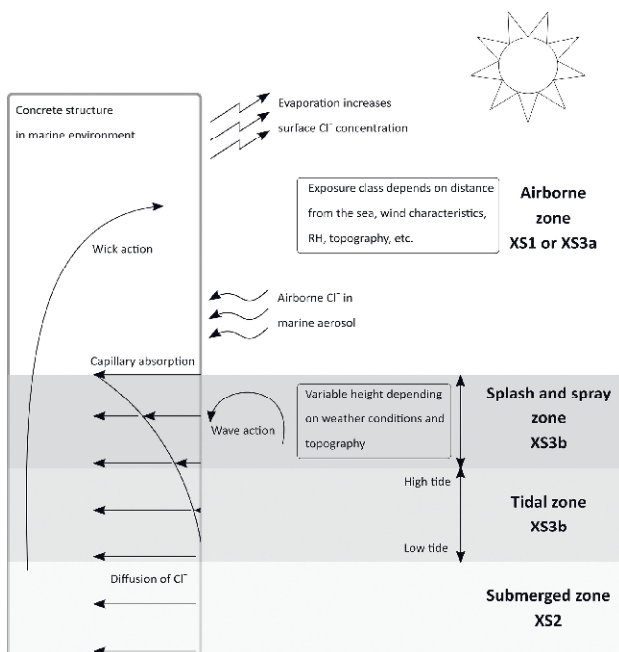


fig. 2 Voorgestelde milieuklassen bij corrosie ingeleid door chloriden met bijbehorende transportmechanismen

Paper *Developments in defining exposure classes for durability design and specification (SC22/5, p. 2539)*
 Door: Hans Beushausen, Joanitta Ndawula, Steinar Helland, Frank Papworth, Lionel Linger
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/suco.202000792>

VEREENVOUDIGDE ONTWERPMETHODE VOOR BOOGBRUGGEN OP BASIS VAN VERGELIJKENDE STUDIE

In een Italiaans/Spaans onderzoek zijn 58 bestaande Spaanse boogbruggen vergeleken (38 voor wegverkeer en 20 voor treinverkeer), met een overspanning van 12 tot 384 m. Met deze gegevens zijn parameters gezocht die bepalend zijn voor het constructieve gedrag van dergelijke bruggen. In de meeste gevallen zijn deze parameters afgezet tegen de lengte van de overspanning. Om een breder beeld te krijgen, zijn de resultaten vergeleken met onderzoeken uit andere landen. Dit heeft geleid tot een database van in totaal 112 betonnen boogbruggen.

Uit het onderzoek volgen verschillende conclusies.

- Er blijkt geen duidelijke relatie te bestaan tussen overspanning en de pijl van de boog. Die pijl lijkt eerder afhankelijk van plaatselijke topografische omstandigheden dan van constructieve eisen.
- Er is een relatie gevonden tussen de overspanning en de boog- en liggerdikte: de dikte van de boog aan de top bedraagt $h_c = L/50$ en aan de voet $h_s = L/67$.
- Er is geen directe relatie gevonden tussen de buigstijfheidsverhouding $I_{\text{arch}} / I_{\text{sys}}$ (boog/systeem) en de overspanning.
- Met betrekking tot tweede-ordeverschijnselen van boogconstructies werd een aangepaste slankheid gedefinieerd met een gemiddelde waarde $\lambda = 60$, en uitschieters tot $\lambda = 100$. Er is veel spreiding bij bruggen met een kleine overspanning, wat erop wijst dat de slankheid geen bepalende parameter is in het vereenvoudigd voorlopig ontwerp.
- Voor de equivalente dikte t_{eff} die gebaseerd is op t_{eff} het totale volume beton in liggers, kolommen en boog, geldt een min of meer lineaire relatie met de overspanning: $t_{\text{eff}} = 0,88 + 0,0033L$.
- Voor de dimensieloze normaalkracht in de uiterste grenstoestand wordt als gemiddelde $\nu = 0,28$ gevonden (minimum $\nu = 0,06$ en maximum $\nu = 0,77$). Hier geldt geen duidelijk verband met de overspanning.

Op basis van de resultaten is een eenvoudige datagestuurde ontwerpmethode ontwikkeld, waarmee het voorlopig ontwerp van een brug voor wegverkeer kan worden gemaakt.

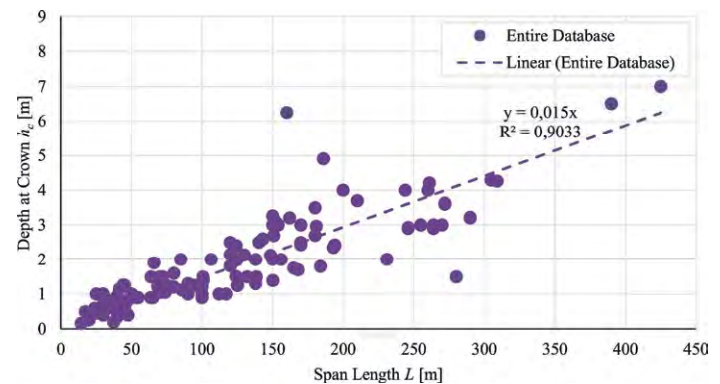


fig. 3a Relatie tussen dikte van de boog in de top en de overspanning

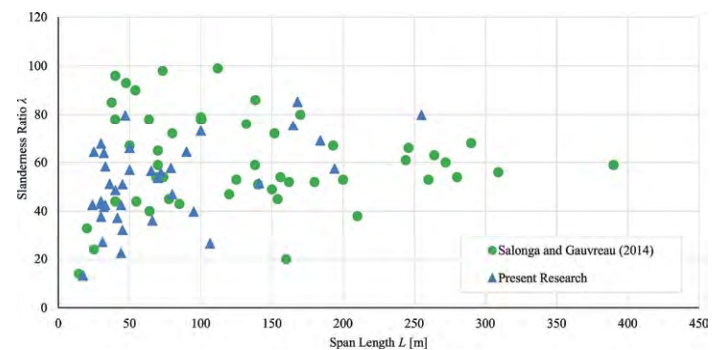


fig. 3b Verhouding slankheid λ – overspanning [m]

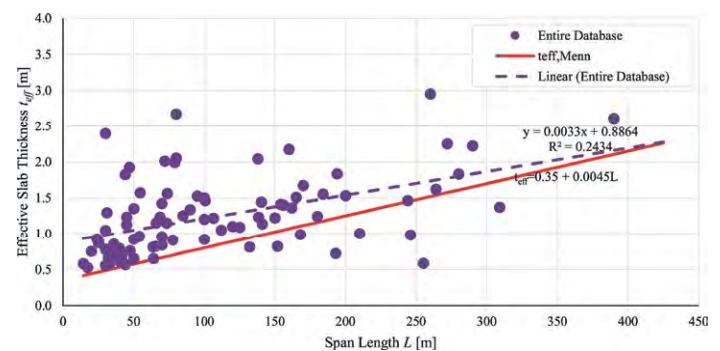


fig. 3c Equivalente dikte t_{eff} [m] versus overspanning L [m]

INVLOED VAN WATER-CEMENTFACTOR OP LEVENSDUUR VAN BETONCONSTRUCTIES BLOOTGESTELD AAN CHLORIDEN

In een Chinese studie is de invloed van de water-cementfactor (wcf) op diverse parameters in het corrosieproces onderzocht. Die parameters betreffen treksterkte f_t , elasticiteitsmodulus E_c , dikte van de poreuze zone δ_{cr} , corrosiestroomdichtheid i_{corr} , kritisch chloridegehalte C_{cr} en de chloride-diffusiecoëfficiënt D_{cr} . Daarbij is onderscheid gemaakt in de diffusiefase (initiatiefase) en de schadefase.

Uit het onderzoek blijkt dat de wcf grote invloed heeft op al deze zes parameters. Bij beton met wcf = 0,3 zijn de waardes factor 3 lager of hoger dan de waardes bij wcf = 0,6. Met de afname toename van de wcf hebben de verandering in treksterkte, corrosiestroom, kritisch chloridegehalte en chloridediffusiecoëfficiënt een positieve invloed op de levensduur, terwijl de verandering van de E-modulus en de dikte van de poreuze zone een negatieve invloed hebben op de tijd die verstrijkt tot de scheurfase. Bij een toename van de wcf vermindert de duur van de diffusiefase en de schadefase. De levensduur neemt ongeveer 35% af met een toename van de wcf van 0,3 tot 0,6.

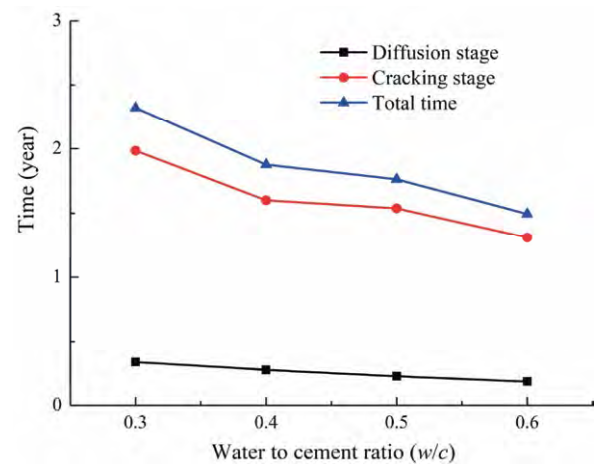


fig. 4 Invloed van de water-cementfactor op iedere fase in het corrosieproces

Paper Effect of water-to-cement ratio on service life of reinforced concrete structures in chloride environment (SC22/5, p. 2748)

Door: Yongqin Liang, Licheng Wang

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/suco.202000671>

TOEPASSING VAN BIM EN AI VOOR DE DIGITALISERING VAN AARDBEVINGSSCHADE AAN BESTAANDE GEBOUWEN



fig. 5 Scheurdetectie

In een Italiaanse studie is een semi-automatische methode ontwikkeld om schade te beoordelen van gebouwen die door aardbevingen zijn getroffen, dit voor zowel beton- als metselwerkconstructies. Hierbij is kunstmatige intelligentie (Artificial Intelligence, AI) ingezet voor de initiële inspectie van de schade en BIM voor het informatiemanagement. Om schade in betonnen gebouwen vast te stellen is gebruikgemaakt van convolutionele neurale netwerken (CNN's), waarmee scheuren niet alleen kunnen worden gedetecteerd maar ook gelokaliseerd. Er is een schade-coderingssysteem ontwikkeld, waarbij de detecteerbare schade uit de CNN's wordt omgezet naar een BIM-model. Daaruit wordt een tabel afgeleid op basis waarvan de schade eenvoudig is te beoordelen. Deze kan dan verder worden gebruikt om te bepalen of verder onderzoek nodig is of als communicatiemiddel voor zowel technici als overheidsdiensten.

Paper Building information modeling and artificial intelligence: Advanced technologies for the digitalisation of seismic damage in existing buildings (SC22/5, p. 2761)

Door: Christian Musella, Milena Serra, Costantino Menna, Domenico Asprone

<https://doi.org/10.1002/suco.202000029>