

Technisch dossier

Beoordeling van de toestand van betonconstructies in het kader van een betonherstelling: waarom, wanneer en hoe?

1. Inleiding

Een betonherstelling bestaat in grote lijnen uit een opeenvolging van volgende fasen:

1. De beoordeling van de toestand (diagnose) van de betonconstructie;
2. De selectie van de herstellmethode(n);
3. De uitvoering van de herstellingswerken.

De kwaliteit en de duurzaamheid van de uiteindelijke herstelling hangen in grote mate af van de goede benadering en uitvoering van elk van deze drie fasen afzonderlijk, maar ook van hun onderlinge afstemming. **Bij elk van deze fasen is deskundigheid vereist.** In dit technisch dossier wordt dieper ingegaan op de beoordeling van de toestand van de betonconstructie (de diagnose).

2. Doel van de beoordeling van de toestand van een betonconstructie

De norm NBN EN 1504-9, die de principes beschrijft voor de bescherming en herstelling van betonstructuren, stelt dat elke betonherstelling dient te zijn gebaseerd op de resultaten van een vooraf uitgevoerde beoordeling van de toestand van de betonconstructie. Deze beoordeling heeft tot doel:

1. De oorza(a)k(en) van zichtbare schade identificeren

Beton kan schade ondervinden door allerhande oorzaken:

- Mechanisch: bv. impact, overbelasting, zetting van de ondergrond, trillingen;
- Chemisch en biologisch: bv. sulfaataantasting, alkali silica reactie, zwavelzuuraantasting;
- Fysisch: bv. vorst-dooi, krimp, thermische spanningen, erosie, kristallisatie van zouten;
- Brandschade;
- Wapeningscorrosie door aanwezigheid van chloriden, door carbonatatie van het beton of door zwerfstromen.

De meest voorkomende schadeoorzaak van gewapend beton is wapeningscorrosie. Toch is het steeds belangrijk om de precieze optredende schadeoorza(a)k(en) te achterhalen. De te ondernemen actie en de herstel- en/of beschermmethoden dienen hierop immers afgestemd te zijn. Inderdaad, niet alle beschikbare herstel- en beschermmethoden en -producten zijn in alle situaties geschikt of optimaal. Bovendien kan mogelijk ook toekomstige schade vermeden en/of uitgesteld worden als men de schadeoorzaak kan aanpakken of wegnemen.

Vele van deze schadeoorzaken manifesteren zich op een gelijkaardige manier, nl. door het scheuren en/of afschilferen/afdrukken van het beton. Hoewel een visuele controle initieel nuttig is om een eerste inschatting van de schadeoorzaak en de dringendheid van de interventie te kunnen maken, is dit dus onvoldoende om de optredende schadeoorza(a)k(en) te identificeren. Hiervoor is een meer diepgaande beoordeling van de toestand van de betonconstructie noodzakelijk.

2. Een idee krijgen van de werkelijke omvang van de schade

In de meeste gevallen is er slechts een fractie van de werkelijk optredende schade zichtbaar aan het betonoppervlak. Kleine verschillen in betondekking en/of lokale betonkwaliteit en/of blootstelling zorgen er inderdaad voor dat de schade niet overal tegelijkertijd en evenredig tot uiting komt aan het betonoppervlak. Bovendien is ook de diepte van de aantasting ongekend, wat belangrijk kan zijn om de hoeveelheden te gebruiken herstelproducten in te schatten.

Men kan dus niet enkel op een visuele controle vertrouwen om de aanwezige betonschade en de uit te voeren herstellingswerken te begroten. Dit zou kunnen leiden tot een grondige onderschatting. Hiervoor is een meer diepgaande beoordeling van de toestand van de betonconstructie noodzakelijk.

3. Het risico op toekomstige schade inschatten

Ook op plaatsen waar het beton (nog) niet beschadigd is, kan het nuttig zijn om de toestand van de betonconstructie te beoordelen om het risico op toekomstige schade te kunnen inschatten. Op basis van de beoordeling kan een geschikte betonbescherming voorgesteld worden waardoor toekomstige schade kan afgeremd of mogelijk volledig vermeden kan worden.

3. Tijdstip van de beoordeling van de toestand van een betonconstructie

Zoals in § 2 beschreven, vormen de resultaten van de beoordeling van de toestand van de betonconstructie de basis voor enerzijds de keuze van de toe te passen herstel- en/of beschermmethoden en -producten, en anderzijds voor de inschatting van de vermoedelijke hoeveelheden van de te gebruiken producten. Deze beoordeling dient dus logischerwijs plaats te vinden voordat de werkzaamheden en vermoedelijke hoeveelheden van de betonherstelling zelf beschreven kunnen worden. Men kan dit vergelijken met een zieke die op doktersbezoek gaat alvorens naar de apotheker te gaan om de geschikte medicatie aan te schaffen.

In de praktijk komt dit erop neer dat de beoordeling van de toestand van de betonconstructie in een afzonderlijk lastenboek dient beschreven te worden. Pas als de resultaten van deze beoordeling gekend zijn, kunnen de betonherstellingswerken zelf beschreven worden in een lastenboek.

Nochtans wordt vaak vastgesteld dat de beoordeling van de toestand van de betonconstructie ofwel helemaal niet wordt beschreven ofwel in hetzelfde lastenboek is opgenomen als de betonherstellingswerken. Mogelijke gevolgen hiervan zijn:

- De toepassing van een voor de optredende schadeoorza(a)k(en) ongeschikte herstelmethod, waardoor de herstelling enkel kan beschouwd worden als 'oplapwerk' en snel zal falen;
- Een grove onderschatting van de schadeomvang, waardoor de betrokken aannemer niet de nodige middelen ter beschikking krijgt om een duurzame herstelling uit te voeren volgens de regels van de kunst.



4. Werkwijze voor de beoordeling van de toestand van een betonconstructie

De beoordeling van de toestand van een betonconstructie behelst volgende stappen:

1. Het vooronderzoek;
2. Het basisonderzoek;
3. Aanvullende proeven;
4. De rapportering.

4.1. Het vooronderzoek

Tijdens het vooronderzoek wordt informatie verzameld over:

- Het originele ontwerp van de constructie (bv. plannen);
- De omgeving en mogelijke vroegere aantastingen;
- De geschiedenis van de constructie (bv. veranderingen in gebruik, voorgaande herstellingen);
- De gebruiksomstandigheden (bv. lasten);
- De eisen waaraan de constructie moet voldoen, rekening houdend met het toekomstige gebruik en de gebruiksduur.

Er vindt tevens een eerste bezoek plaats om

- De dringendheid van de interventie in te schatten;
- Een beter inzicht te krijgen in de omstandigheden waarin de werkzaamheden voor de beoordeling zullen moeten uitgevoerd worden.

4.2. Het basisonderzoek

Het basisonderzoek behelst enerzijds een globale visuele inspectie en anderzijds enkele relatief eenvoudig uit te voeren basisproeven waarmee de toestand van het beton en de wapening van de betonconstructie in de meeste gevallen op een voldoende nauwkeurige manier kan worden beoordeeld. Het betreft volgende proeven:

1. Het opzoeken van holklinkende zones en onthechtingen;
2. De bepaling van de terugslagwaarde van het beton;
3. De detectie van de wapening;
4. De bepaling van de carbonatatie diepte;
5. De bepaling van het chloridegehalte.

4.2.1. Globale visuele inspectie

De globale visuele inspectie heeft als doel:

- Het in kaart brengen van visueel waarneembare afwijkingen;
- Het identificeren van blootstellingen en mogelijke schadeoorzaken;
- Het ramen van de omvang van de schade;
- Input geven bij de keuze van de locaties voor de proeven van de basisinspectie.



Men gaat hiervoor het volledige betonoppervlak van de betonconstructie van dichtbij bekijken. Delen van het betonoppervlak die onttrokken zijn aan het zicht (bv. door panelen, gevelbekleding, pleisterlagen) dienen, indien nodig, vrijgemaakt te worden. Men dient hierbij specifiek aandacht te hebben voor:

- Het uitzicht van het betonoppervlak: bv. de afwerking van het betonoppervlak, de aanwezigheid van luchtbellen, zichtbare afstandhouders, vorige herstellingen;
- Verkleuringen: bv. oppervlakkige vervuiling, vocht, roestsporen;
- De aanwezigheid van scheuren en het scheurpatroon: de vorm, de breedte, de richting, de plaats en ook het tijdstip van de vaststelling van de scheuren geven een indicatie van de oorzaak.
- Beschadiging van de cementshuid: bv. erosie, afschilfering t.g.v. vorst-dooi;
- Afbrokkelingen en loszittend beton: bv. t.g.v. impact, alkali silica reactie, wapeningscorrosie;
- Blootliggende, corroderende wapening.

4.2.2. Keuze van de proeflocaties

De proeven van de basisinspectie worden over het algemeen niet uitgevoerd op het volledige oppervlak van de betonconstructie, maar op discrete, doordacht gekozen locaties van de betonconstructie. Het doel is hierbij om een globaal beeld te krijgen van de toestand van de volledige betonconstructie. Hierbij wordt o.a. rekening gehouden met:

- **De resultaten van de visuele inspectie**

Zowel delen van de betonconstructie waar veel schade, weinig schade als geen schade zichtbaar is dienen beschouwd te worden. Waar meer schade zichtbaar is zal de dichtheid van de proeflocaties over het algemeen groter zijn om de werkelijke omvang van de schade beter te kunnen inschatten. Waar weinig schade zichtbaar is volstaan over het algemeen enkele locaties om het risico op toekomstige schade te kunnen inschatten.

- **De omvang van de constructie**

Hoe groter de betonconstructie, hoe meer proeflocaties noodzakelijk zullen zijn om een voldoende nauwkeurig globaal beeld te kunnen krijgen van de toestand van de betonconstructie.

- **De blootstelling en het ontwerp**

Afhankelijk van de blootstelling (bv. chloriden, regen, zonneschijn) en het ontwerp (bv. de aanwezigheid van voegen, afwatering) zijn bepaalde delen van een betonconstructie meer of minder gevoelig aan betonschade. Over het algemeen zal de dichtheid van de proeflocaties groter zijn bij gevoeligere delen.

- **De gevolgen van schade**

Hoe kritischer de gevolgen van eventuele schade van de betonconstructie, hoe groter de dichtheid van de proeflocaties. In bepaalde gevallen (bv. bruggen, tunnels, balkons), zal de dichtheid van de proeflocaties zeer groot zijn.

- **Het budget**

Hoewel de kost van de basisinspectie over het algemeen verwaarloosbaar is ten opzichte van de totale kost van de betonherstelling, dient hiervoor toch een zeker budget voorzien te worden. Hoe meer proeflocaties onderzocht kunnen worden, hoe nauwkeuriger de toestand van de betonconstructie beoordeeld kan worden en hoe beter de vermoedelijke hoeveelheden van de herstellingswerken ingeschat zullen kunnen worden.

4.2.3. Het opzoeken van holklinkende zones en onthechtingen

Door met een metalen voorwerp over het betonoppervlak te bewegen en/of te bekloppen, kan men aan de hand van de toonverschillen zones bepalen waar zich nog niet-zichtbare holten en onthechtingen (bv. t.g.v. corroderende wapening) in het beton vertonen.

4.2.4. Bepaling van de terugslagwaarde van het beton

De terugslagwaarde van beton wordt bepaald volgens de norm NBN EN 12504-2, met behulp van een sclerometer (Figuur 1). Men meet hierbij de terugslag van een gekende massa, die met een gekende kracht



Figuur 1: Meting van de oppervlaktehardheid met de sclerometer

tegen een oppervlak geprojecteerd wordt. Een harder oppervlak zal bij de impact minder energie absorberen, waardoor de massa verder terugkaatst.

Op een vrijgemaakte oppervlakte van ongeveer 300 x 300 mm² worden 9 metingen uitgevoerd. Zo verkrijgt men de sclerometerindex, als de mediaan van de verkregen resultaten.

De sclerometerindex geeft een indicatie van de homogeniteit van het beton en laat toe om zones aan het betonoppervlak met afwijkende kwaliteit te identificeren.

4.2.5. De detectie van de wapening

Met behulp van een pachometer kunnen zowel de locatie van de wapening in het beton als de betondekking op een niet destructieve manier bepaald worden (Figuur 2). De 'goedkopere' pachometers laten enkel toe om discrete metingen uit te voeren met behulp van een afzonderlijke meetsonde terwijl met de duurere modellen continue metingen uitgevoerd kunnen worden (lijnsens) en handige visualisaties gemaakt kunnen worden van de aanwezige wapening.

De techniek heeft wel enkele beperkingen. Zo is de detectiediepte beperkt tot een 7 à 10 cm, wordt bij boven elkaar liggende wapening enkel de bovenste wapening gedetecteerd en zullen te dicht bij elkaar liggende wapeningsstaven als 1 enkele dikke wapeningsstaaf aanzien worden.



Figuur 2: Bepaling van de locatie van de wapening met een pachometer

Door de kennis van de betondekking kan men, in combinatie met de bepaling van de carbonatatie diepte en het chloridegehalte, het risico op wapeningscorrosie inschatten.

4.2.6. De bepaling van de carbonatatie diepte



Figuur 3: Bepaling van de carbonatatie diepte op een boorkern

De carbonatatie diepte van verhard beton kan bepaald worden volgens de norm NBN EN 14630, door een vers breukvlak te besproeien met een fenolftaleïneoplossing¹. Dit kan gebeuren op een ter plaatse van het bouwwerk afgekapte stuk beton, of in het labo op ontnomen boorkernen, nadat deze werden gespleten (Figuur 3). Het niet-gecarbonateerde beton zal onmiddellijk paars kleuren, terwijl de gecarbonateerde zones ongewijzigd blijven.

Om de schade tijdens de inspectie zoveel mogelijk te beperken, kan men ook enkele kleine gaatjes (met een diameter van 6 of 8 mm) boren en het boormeel in contact brengen met de fenolftaleïneoplossing. Zodra men een kleurverandering waarneemt, stopt men met boren en meet men de diepte van het boorgat. Men moet deze methode minstens driemaal herhalen om de invloed van lokale fenomenen (bv. het boren op een granulaat) te beperken. Deze methode is weinig destructief en kan ter plaatse toegepast worden, maar heeft het nadeel dat ze slechts tot op enkele millimeters nauwkeurig is.

Door de carbonatatie diepte te vergelijken met de betondekking kan men het risico inschatten op wapeningscorrosie t.g.v. carbonatatie.

4.2.7. De bepaling van het chloridegehalte

Het (totale) chloridegehalte van het beton kan bepaald worden d.m.v. een scheikundige analyse volgens de norm NBN B 15-250 of de norm NBN EN 14629. Deze analyses worden uitgevoerd in een laboratorium op proefstukken, afkomstig uit het bouwwerk. Deze proefstukken kunnen bestaan uit boorstof, ontnomen uit het beton op gekende diepte(s) d.m.v. een boor met een voldoende grote diameter (om voldoende boorstof te verkrijgen voor de analyses, Figuur 4), of uit boorkernen waaruit schijven worden gezaagd op de gewenste diepte en vervolgens verbrijzeld.



Figuur 4: Het ontnemen van boorstof voor de bepaling van het chloridegehalte

Er bestaan tevens alternatieve methoden waarmee men het chloridegehalte snel en eenvoudig ter plaatse kan bepalen op monsters boorstof. De nauwkeurigheid van deze methoden is niet altijd even groot en sommige bestanddelen van het cement kunnen het resultaat zeer sterk beïnvloeden, maar ze kunnen wel een indicatie geven of er al dan niet chloriden in het beton aanwezig zijn. Indien dit het geval is, is het aangeraden verdere analyses in het labo te laten uitvoeren om een nauwkeuriger resultaat te verkrijgen.

Het resultaat van deze analyses wordt steeds uitgedrukt als het chloridegehalte t.o.v. de *betonmassa*. In de evaluatiecriteria wordt daarentegen meestal het chloridegehalte t.o.v. de *cementmassa* gebruikt. De verhouding tussen beide is gelijk aan de verhouding tussen de volumieke massa van het beton en het cementgehalte van het beton. Voor gewone betonsoorten betekent dit dat het resultaat t.o.v. de betonmassa vermenigvuldigd dient te worden met een waarde tussen 6 en 8, om het chloridegehalte t.o.v. de cementmassa te verkrijgen.

¹ Fenolftaleïne is een chemische substantie met mogelijk schadelijke effecten op het menselijk lichaam (opgenomen in de kandidatenlijst volgens artikel 59 van REACH). Raadpleeg steeds het veiligheidsinformatieblad.

Door het chloridegehalte (t.o.v. de cementmassa) van het beton ter hoogte van de wapening te vergelijken met de kritische waarde (Tabel 1), kan men het risico inschatten op wapeningscorrosie t.g.v. de aanwezigheid van chloriden. Door proefstukken van verschillende diepten te analyseren en een chlorideprofiel op te stellen, kan men bovendien ook achterhalen of de chloriden initieel ingemengd werden in het beton of dat ze achteraf ingedrongen zijn.

Chloridegehalte t.o.v. de cementmassa [%]	Corrosiegevaar
< 0,4	Klein
0,4 – 1,0	Matig
> 1,0	Groot

Tabel 1: Kritisch gehalte aan ingedrongen chloriden ten opzichte van de cementmassa, voor niet-gecarbonateerd, gangbaar beton
[bron: TV 231 van WTCB]

4.3. Aanvullende proeven

In bepaalde gevallen kan het zijn dat de informatie, verkregen uit het basisonderzoek, onvoldoende is om de toestand van de betonconstructie met de gewenste nauwkeurigheid te kunnen inschatten. In dat geval kunnen er aanvullende proeven uitgevoerd worden, bv.

- Een microscopisch onderzoek;
- De bepaling van de druksterkte van het beton;
- Corrosiepotentiaalmetingen;
- Bepaling van de volumieke massa van het beton;
- Bepaling van de wateropsorping.

De meeste van deze proeven vereisen een zekere specialisatiegraad om uit te voeren en te interpreteren en zijn bovendien redelijk duur. Daarom is het aangeraden om vooraf de relevantie ervan na te gaan.

4.4. De rapportering

Om toe te laten om, uitgaande van de beoordeling van de toestand van de betonconstructie, een geschikte herstel- en/of beschermstrategie te selecteren, dienen de bevindingen op een volledige en overzichtelijke wijze opgenomen te worden in een diagnoseverslag. Dit verslag bevat in grote lijnen:

- De opdrachtgever, aanleiding en doel van het onderzoek;
- Bekende of relevante gegevens uit de voorbereiding;
- Het verslag van de globale visuele inspectie;
- Een overzicht van de proeflocaties, aangeduid op een gedetailleerd grondplan en verduidelijkt d.m.v. foto's;
- De resultaten van het basisonderzoek en de eventuele aanvullende proeven, in correcte eenheden en met vermelding van de gebruikte referentienormen.

In een conclusie kan men trachten verbanden te leggen tussen de diverse waarnemingen en resultaten. De optredende schademechanismen kunnen benoemd worden, samen met hun oorzaak, omvang en verwachte ontwikkeling.