

Inleiding

Kathodische bescherming (KB) is een steeds meer toegepaste reparatietechniek voor gewapende betonconstructies. Om aantoonbaar te maken dat (betonreparatie)mortels van Grouttech in combinatie met KB toegepast kunnen worden, zijn van onderstaande producten de specifieke weerstanden gemeten.

- ConCrete 40 & 80 FL
- FastGrout
- FloorMix D40
- LevelFloor OS 20
- LG 20
- LG 20 Rapid
- NSM MultiRep
- NSM MultiRep R4
- RM ProRep
- GUN 172
- SuperGrout 70
- TricoNomic
- TricoNomic Special

Van elk product is een prisma met een afmeting van 40x40x160 mm gemaakt. Na uitharden zijn de prisma's middendoor gezaagd, zodat er proefstukken overblijven van 40x40x80 mm. De proefstukken waaraan de metingen uitgevoerd zijn, dienen tenminste 28 dagen oud te zijn.

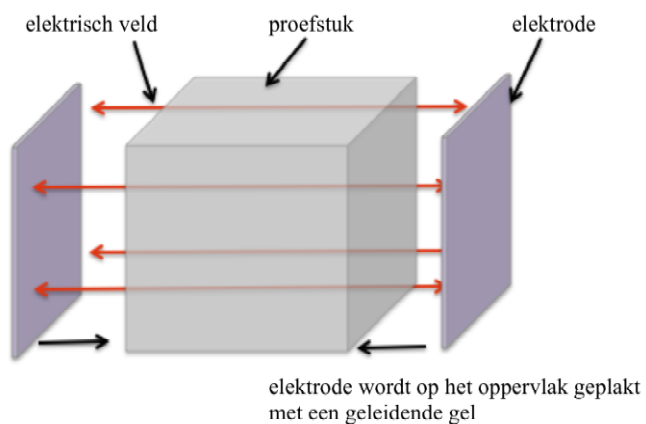
Opzet

Soortelijke weerstand (ρ) of resistiviteit is de eigenschap van een elektrische geleider om een elektrische stroom te weerstaan. De waarde van resistiviteit van een materiaal wordt uitgedrukt in $\text{ohm} \cdot \text{meter}$ (Ωm).

De opzet van deze meetmethode wordt als volgt uitgevoerd:

Op twee tegenover elkaar staande vlakken van de bereide proefstukken (prisma's) worden elektroden geplakt die dezelfde afmetingen hebben als het oppervlak zelf (= 40 x 40 mm). Zie figuur op de volgende pagina. Dit om eventuele vervorming van de elektrische veldlijnen te elimineren. Elektrische veldlijnen moeten loodrecht op de gemeten oppervlakken lopen, omdat anders de celconstante van het proefstuk bepaald moet worden. Zie hiervoor de beschrijving in CUR-Aanbeveling 45.

Met behulp van een LCR meter (type Voltcraft LCR 4080) wordt de weerstand gemeten. De reden voor het gebruik van een LCR meter heeft te maken met het feit, dat deze meter het meetsignaal omzet in een wisselspanning. Hierdoor worden polarisatieverschijnselen aan de elektroden geëlimineerd. De frequentie van het meetsignaal is 120 Hz.



Aangezien de soortelijke weerstand van op cement gebaseerde materialen zeer sterk afhangt van het vochtgehalte in het materiaal, wordt van elk proefstuk de waarde bepaald in "droge toestand" door deze gedurende tenminste 2 weken in een ruimte te plaatsen van $\pm 35\%$ RV en 20°C . Tevens worden de proefstukken (andere helft van de prisma) van hetzelfde materiaal bewaard bij een RV van $\pm 95\%$ en 20°C (= "natte toestand").

Resultaten

Hieronder worden de resultaten van zowel de gemeten weerstand als de berekende specifieke weerstand in $\text{Ohm} \cdot \text{meter}$ (Ωm) weergegeven.

Tabel I: Gemeten weerstanden na uitharden aan diverse (betonreparatie)mortels bij een relatieve vochtigheid van $\pm 35\%$

Productnaam	Gemeten weerstand ($\text{k}\Omega$)	Specifieke weerstand (Ωm)
ConCrete 80 FL	195	3900
FastGrout	360	7.200
FloorMix D40	240	4.800
LevelFloor OS 20	2.000 – 10.000	40.000-200.000
LG 20	128	2.560
LG 20 Rapid	675	13.500
NSM MultiRep	1.400	28.000
NSM MultiRep R4	175	3.500
RM ProRep	190	3.800
GUN 172	340	6.800
SuperGrout 70	88	1.760
TricoNomic	109	2.180
TricoNomic Special	190	3800
Eis CUR 45		> 1.500 (CEM I) > 2.000 (CEM III/B)

Tabel II: Gemeten weerstanden aan diverse (betonreparatie)mortels bij een relatieve vochtigheid van $\pm 95\%$

Productnaam	Gemeten weerstand (k Ω)	Specifieke weerstand (Ω m)
ConCrete 80 FL	12,79	255,8
FastGrout	13,87	277,4
FloorMix D40	8,658	173,7
LevelFloor OS 20	7,724	154,5
LG 20	8,363	167,3
LG 20 Rapid	18,25	365
NSM MultiRep	2,560	51,2
NSM MultiRep R4	8,105	162,1
RM ProRep	5,475	109,5
GUN 172	17,30	346
SuperGrout 70	3,895	77,9
TricoNomic	7,503	150,1
TricoNomic Special	20,70	414
Eis CUR 45		25 – 800 (CEM I) 150 – 4.000 (CEM III/B)

Discussie

De soortelijke weerstand van een stof kan aan de hand van de gemeten weerstand van een proefstuk met bekende afmetingen berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

waarbij:

R = de gemeten weerstand van het proefstuk in Ohm;

ρ = de soortelijke weerstand of resistiviteit van het materiaal in Ohm*meter;

l = de afstand tussen de twee elektroden in meter;

A = het oppervlak van de meetelektroden in vierkante meter.

Daarbij wordt de waarde l/A ook wel de celconstante κ_c genoemd, die in feite bepaald wordt door de geometrie van de meetelektroden.

Anders geschreven geeft dit :

$$\rho = R / \kappa_c$$

De geometrie van de elektroden is belangrijk bij het bepalen van de soortelijke weerstand aangezien deze de vorm van het elektrische veld in de proefstuk bepalen.

Een belangrijk aspect dat bij het toetsen van de keuringscriteria naar voren komt, is het vaststellen of de toegepaste materialen voor het uitvoeren van de reparaties de juiste soortelijke weerstand hebben in relatie tot het substraat (beton), waarop het uiteindelijk toegepast gaat worden als (reparatie)mortel.

In CUR-Aanbeveling 45 pagina 16 is het volgende weergegeven: "De specifieke weerstand van de mortel moet liggen tussen 0,5 en 2 maal de specifieke weerstand van het constructiebeton". Deze keuringscriteria wordt tevens in de Europese norm EN12696 aangegeven.

Als referentie wordt in dezelfde CUR-Aanbeveling vervolgens een overzicht met de specifieke weerstanden van verschillende soorten beton bij verschillende omstandigheden opgegeven. Zie tabel III hieronder.

Tabel III: Specifieke elektrische weerstanden van 2 betonsoorten in verschillende milieus (opgave CUR-Aanbeveling 45)

Milieu	Specifieke elektrische weerstand (Ωm)	
	Portlandcement (CEM I)	Hoogovencement (CEM III/B)
Zeer nat, onder water, spatzone [vochtkamer]	50 - 200	300 - 1000
Buiten in weer en wind	100 - 400	500 - 2000
Buiten beschut [20°C/80% RV] niet gecarbonateerd	200 - 500	1000 - 4000
Idem, gecarbonateerd	1000 en hoger	2000 - 6000 en hoger
Binnenklimaat (gecarbonateerd), [20°C/50% RV]	3000 en hoger	4000 - 10000 en hoger

Bovenstaande tabel geeft duidelijk aan dat de soortelijke weerstanden van op cement gebaseerde producten zeer sterk kunnen variëren door het vochtgehalte in de directe omgeving en de porositeit van het materiaal, dat weer bepaald wordt door het water/cement gehalte.

In de praktijk blijft het lastig om de soortelijk weerstand van beton in te schatten, omdat het moeilijk te bepalen is welk type beton is toegepast en wat de gemiddelde omstandigheden zijn waarin het beton zich bevindt. Daarbij is het vrijwel onmogelijk om deze omstandigheden in het laboratorium te simuleren.

Een andere mogelijkheid is om met een meetinstrument de specifieke weerstand van het beton ter plekke te meten op basis van een zogenoemde 4-punts "Werner probe". Er moet rekening gehouden worden met het feit dat als er wapeningsstaven in de buurt van het meetpunt liggen de meetresultaten negatief beïnvloedt worden door zwerfstromen die door deze meetmethode opgewekt worden. Hierdoor verkrijgt men lagere betonweerstanden dan ze in werkelijkheid zijn.

Samenvattend kan gesteld worden dat het bepalen of een mortel voldoet aan de gestelde eisen in de CUR-Aanbeveling 45 en de EN 12696 criteria voor een gedefinieerde constructie een lastige toetsing is.

Conclusies

Het vaststellen van de specifieke weerstand van het toegepaste beton in een constructie is een lastige opgave zonder gebruik te maken van de juiste meetapparatuur. De vermelde waarden in de CUR-Aanbeveling 45 zijn een theoretisch uitgangspunt.

De specifieke weerstand van de SuperGrout 70 is aan de lage kant wanneer de onderliggende of omringende beton is gebaseerd op hoogovencement. Terecht kan de vraag gesteld worden of in de praktijk een zodanig droge betonconstructie voorkomt als dat de proefstukken waren ten tijde van de metingen.

Bij vochtige, dan wel zeer natte omgevingsfactoren, voldoen alle mortels aan de gestelde eis bij beton op basis van portlandcement. Wanneer sprake is van beton op basis van CEM III/B zijn de specifieke weerstanden van de NSM MultiRep, RM ProRep en SuperGrout 70 aan de lage kant. Metingen van de weerstand aan de betonconstructie zullen aan moeten tonen of bovenstaande theoretische conclusie bevestigd kan worden.