

## Het verhaal van CP

Om CP (CemPol of Cement-Polymeer) goed te begrijpen is het nuttig om een aantal verwante begrippen te verduidelijken: beton, mortel, cementsteen, cement, portlandcement, Cement-mortel, Polymeer-mortel, ...

### Beton, mortel en cementsteen

**Beton** is een kunstmatig steenachtig bouw materiaal. Beton is samengesteld uit cement en één of meer vulstoffen (voornamelijk mengsels van grof kwartsgranulaat). Door toevoeging van water en goed mengen, wordt het een vloeibare viskeuze massa: “betonspecie”. Het cement reageert met het water (hydrateert) tot cementsteen die de vulstoffen insluit en zo de uitgeharde beton vormt.

Als mengsels van fijn kwartsgranulaat ( $\leq 4$  mm) gebruikt worden, wordt de vloeibare viskeuze massa “mortel-specie” genoemd en het uitgeharde product “**mortel**”.

Als geen kwarts wordt toegevoegd, wordt de vloeibare viskeuze massa “cementlijm” of “cementpasta” genoemd en het uitgeharde product “**cementsteen**”.

### Cement

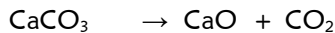
Cement is het bindmiddel in beton en mortel. Er bestaan 2 types:

#### Niet-hydraulische cement

Niet-hydraulische cement hardt niet uit in natte condities of onder water maar reageert in droge omstandigheden met de  $CO_2$  van de lucht. Het uitgeharde product is gevoelig aan vocht en chemische corrosie.

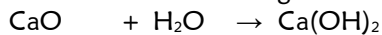
Deze cement wordt gemaakt in een kalkoven bij een temperatuur van  $\pm 825^\circ C$ , door “calcinatie” (ontbinding) van calciumcarbonaat (kalksteen) tot calciumoxide (kalk) en  $CO_2$ .

Kalksteen  $\rightarrow$  kalk + koolstofdioxide



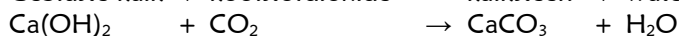
De kalk wordt vervolgens gemengd met water om zo calciumhydroxide (gebluste kalk) te maken.

Kalk + water  $\rightarrow$  gebluste kalk



Eenmaal het overtollige water volledig verdampt is zal de carbonatatie starten. De gebluste kalk zal langzaam reageren met  $CO_2$  uit de lucht en zo opnieuw calciumcarbonaat (kalksteen) te maken.

Gebluste kalk + koolstofdioxide  $\rightarrow$  kalksteen + water



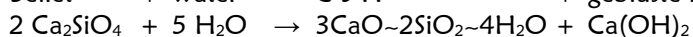
#### Hydraulische cement

Hydraulische cement bestaat uit een mengsel van gemalen mineralen met voornamelijk calcium- en siliciumoxiden en in minder mate aluminium en ijzeroxiden, vb.:

Mineraal	Chemische naam	Formule	Korte formule	Afgekort
Beliet	dicalciumsilicaat	$2CaO \sim SiO_2$	$Ca_2SiO_4$	C2S
Aliet	tricalciumsilicaat	$3CaO \sim SiO_2$	$Ca_3SiO_5$	C3S
Celiet	tricalciumaluminaat	$3CaO \sim Al_2O_3$	$Ca_3Al_2O_6$	C3A
Brownmilleriet	tetracalciumaluminoferriet	$4CaO \sim Al_2O_3 \sim Fe_2O_3$	$Ca_4Al_2Fe_2O_{10}$	C4AF

Deze mineralen reageren met water, zelfs onder water, tot C-S-H (Calcium-Silicaat-Hydraten = cementsteen) en calciumhydroxide (gebluste kalk = portlandiet). Vb. met dicalciumsilicaat:

Beliet + water  $\rightarrow$  C-S-H + gebluste kalk



Deze reactie wordt “**hydratatie**” genoemd en is dus een 1-c+a-systeem: 1-component + aqua (water).

Cementsteen is zeer weinig oplosbaar in water en dus duurzaam in vochtige omstandigheden en resistenter tegen chemische corrosie. Hieronder staat “cement” altijd voor het hydraulische type.

## Portlandcement

Portlandcement is een soort cement dat voor het eerst werd gefabriceerd in het Verenigd Koninkrijk in het midden van de 18<sup>e</sup> eeuw. Het heeft zijn naam gekregen van de “Portland formatie”, een gesteentelaag waaruit het bouw materiaal “portlandsteen” werd gewonnen op het Isle of Portland.

**Portlandcement** bestaat voor  $\geq 90$  % uit vermalen portlandklinker, voor  $\leq 5$  % uit gips (waardoor de uithardingstijd geregeld wordt), en voor  $\leq 5$  % uit andere toeslagstoffen. Het soortelijk gewicht van droge portlandcement ligt tussen 1,8 en 2,2 kg per dm<sup>3</sup>.

**Portlandklinker** of **klinker** bestaat uit harde, steenachtige brokken die voortkomen uit sintering (verhitten van korrels tot op een temperatuur waarop ze net niet smelten) van kalksteen, klei en schalie.

**Gips** is een uithardingstijdregulator (UTR) en wordt toegevoegd om ervoor te zorgen dat portlandcement na menging met water niet te snel reageert (opstijft). Dit wordt veroorzaakt door de snelle reactie van het C3A, één van de cementmineralen, met water. Als gips wordt toegevoegd, reageert dit met het aanwezige C3A en verhindert tijdelijk de verdere reactie van C3A met water en voorkomt zo een te snelle hydratatie (verharding).

### Productieproces

Kalksteen (klei en schalie) wordt gemalen en gezeefd. In deze stap scheidt ook het vuursteen (silex) van de kalk. Vervolgens wordt de kalk gedroogd. Daarna wordt hij vermengd met silicium-, ijzer- en aluminiumoxides. Het geheel wordt gezeefd en de zeefrest opnieuw gemalen. Het mengsel wordt voorverwarmd in cyclonen en vervolgens verhit in een oven tot 1.450°C waardoor de klinker ontstaat. Bij die hoge temperaturen ontstaan hydraulische verbindingen (cementmineralen). De klinker wordt afgekoeld tot 100°C en in klinkersilo's opgeslagen. De klinker wordt opnieuw gemengd met kalsteen, gips (calciumsulfaat) en eventueel hoogovenslak (silicium-, calcium-, magnesium-, aluminium- en ijzeroxide). Dit mengsel wordt gemalen, gezeefd, gedroogd en opgeslagen in silo's als “portlandcement”.

## Betonreparatiemortel types

### C-mortel (Cement-mortel)

Een C-mortel is een cementgebonden mortel die door reactie met water uithardt: 1-c+w (1-component + water). Het uithardingsproces, waarbij water zich verbindt aan het cement, noemt men hydratatie. Een C-mortel wordt ook wel een hydraulische mortel genoemd. Doordat de mortel cementgebonden is, is het eindproduct alkalisch. Verse mortel is sterk alkalisch ( $\pm$  pH 13).

### CP-mortel (Cement-Polymeer-mortel)

Een CP-mortel is feitelijk een C-mortel die gemodificeerd is met een polymeer bindmiddel (kunstharsbindmiddel). Het uithardingsproces van een CP-mortel vindt plaats doordat water reageert met cement: 1-c+w (1-component + water). Dit proces wordt ondersteund door het kunstharsbindmiddel. Ook hier is het eindproduct alkalisch.

Vaak zijn CP-mortels versterkt met kunststofvezels. De toegevoegde kunststofvezel draagt echter niet bij aan de sterkte van de reparatie. De kunststofvezels zorgen wel voor een betere verwerkbaarheid van de mortel. Door de toevoeging van kunststofvezels wordt ook een beter standvermogen bereikt. Dit betekent dat de natte mortel beter modellerbaar is en goed blijft staan. De mortel is hierdoor ook goed verwerkbaar tijdens werkzaamheden boven het hoofd. Doordat aan de mortel een kunststof polymeer is toegevoegd, is zowel de waterdichtheid als de elasticiteit van de mortel verhoogd.

### P-mortel (Polymeer-mortel)

Een P-mortel is op basis van een polymeer bindmiddel (kunstharsbindmiddel). Het uitgeharte product is inert en dus pH neutraal.

Verskillende uithardingsprocessen bestaan, afhankelijk van het reactiemechanisme van het specifieke kunsthars, vb.:

1-component:	<b>U1</b> urea	poly-isocyaanaat hars + H <sub>2</sub> O uit de lucht en/of substraat
1+i:	<b>V</b> vinyl-ester	vinyl-ester hars + initiatoren (versnellers en katalysatoren)
	<b>P</b> poly-ester	onverzadigde poly-ester hars + initiatoren (versnellers en katalysatoren)
2-componenten:	<b>E</b> epoxy	epoxy hars + poly-amine
	<b>U2</b> urethaan	poly-isocyaanaat hars + polyol
	<b>U2</b> urea	poly-isocyaanaat hars + poly-amine

## Toepassingsdomeinen CP- en P-mortel

Over het algemeen wordt een CP-mortel toegepast als er veel grote reparaties moeten worden uitgevoerd. Een CP-mortel is namelijk goedkoper dan een P-mortel. Daarnaast wordt een CP-mortel toegepast als er sprake is van een constructieve schade en als het alkalische karakter van de beton moet worden hersteld.

Een nadeel van een CP-mortel kan soms zijn dat dit type nabehandeling vereist. Tijdens het hydratatieproces moet namelijk uitdroging worden voorkomen door regelmatig de reparatiemortel te bevochtigen met water. Extreme droogte kan bij het gebruik van CP-mortel de verwerking en de hydratatie negatief beïnvloeden. De verwerkingsomstandigheden (temperatuur, wind en luchtvochtigheid) dienen binnen bepaalde grenzen te vallen.

Een P-mortel wordt veelal gebruikt voor de uitvoering van kleine reparaties. Een reparatie van niet-constructieve schade, met blootliggende wapening, kan ook worden uitgevoerd met een P-mortel.

## Alkaliteit en carbonatatie

### Alkaliteit

Het alkalisch (basisch) karakter van een cementgebonden mortel is van belang om het wapeningsstaal dat in het beton is opgenomen te beschermen tegen corrosie. Als er betonschade is opgetreden betekent dit dat het alkalisch karakter is aangetast en het wapeningsstaal kan corroderen. Een goede reparatie herstelt naast de schade ook het beschermingsmechanisme ( $\text{pH} > 9$ ) rond het wapeningsstaal.

### Carbonatatie

Beton wordt onder andere aangetast onder invloed van  $\text{CO}_2$  (koolstofdioxide). Het alkalische  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (calciumhydroxide) reageert met  $\text{CO}_2$  (koolstofdioxide) tot  $\text{CaCO}_3$  (calciumcarbonaat = kalksteen), een neutraal product dat zich afzet in de poriën van het beton. Dit proces noemt men carbonatatie.

De alkaliteit neemt hierdoor af tot onder de kritische grens van  $\text{pH} 9$ . Naarmate het carbonatatieproces voortschrijdt kan het wapeningsstaal, dat normaliter zit op een diepte vanaf 25–30 mm, in een gecarbonateerde zone komen te liggen. In het buitenklimaat zal dan onder invloed van  $\text{H}_2\text{O}$  (vocht) en  $\text{O}_2$  (zuurstof) corrosie gaan optreden van het wapeningsstaal. Corroderend staal heeft een volumevergroting tot gevolg die het beton niet kan volgen en er zal dus schade ontstaan.

Er zijn nog meer stoffen die beton kunnen aantasten, zoals sulfaten, nitraten en chloriden. De meest voorkomende is echter kooldioxide.

### Het meten van de alkaliteit

Om bij betonschade vast te kunnen stellen hoeveel beton moet worden verwijderd zodat het wapeningsstaal niet meer wordt omgeven door gecarbonateerd beton, moet de alkaliteit worden gemeten. Het meten van de alkaliteit kan door het beton te bevochtigen met **fenolftaleïne**. Het gebruik van fenolftaleïne is alleen geschikt voor dieptebepaling van de carbonatatiegrens. Het nog alkalische beton verkleurt paars terwijl het gecarbonateerde beton niet verkleurt.

*Opmerking: Indicatorpapier (lakmoes) kan niet worden gebruikt voor alkaliteitsmeting in de diepte van steenachtige substraten. Het kan wel worden gebruikt om de alkaliteit vast te stellen aan de oppervlakte van cementgebonden substraten. Dit laatste kan van toepassing zijn bij schilderwerk.*

### Verschil tussen beschermingsmechanisme van CP-mortel en P-mortel

Bij het applicatie van beton wordt het wapeningsstaal omgeven door de alkalische beton. Het alkalische milieu ( $\text{pH} > 9$ ) van het beton, dat wordt veroorzaakt door het cement, zorgt ervoor dat aan het oppervlak van het wapeningsstaal een passiveringslaag ontstaat. Deze **passiveringslaag**, een dunne oxidehuid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), remt het in oplossing gaan van de ijzerionen zo sterk, dat het corrosieproces tot stilstand komt. Zolang het beton rond het wapeningsstaal alkalisch ( $\geq \text{pH} 9$ ) blijft, wordt corrosie van het wapeningsstaal door de passiveringslaag voorkomen. Om bij het repareren van betonschade met blootliggende wapening de werking van een passiveringslaag te herstellen, moet met een alkalische mortel gerepareerd worden. Een CP-mortel is alkalisch en kan dus gebruikt worden om de oorspronkelijke situatie terug te brengen.

Het wapeningsstaal kan ook tegen corrosie beschermd worden door het staal volledig af te sluiten van de lucht, zodat er geen zuurstof en water meer bij het staal kunnen komen. Ondanks dat het alkalische karakter niet hersteld wordt, is een P-mortel toch geschikt om wapeningsstaal tegen corrosie te beschermen omdat het volledig afsluit zodat geen water en zuurstof wordt doorgelaten.

## Structurele en niet-structurele schade

### Structurele schade

Een structurele schade is een schade waarbij de sterkte van de constructie wordt aangetast. Het betreft hier al of niet gewapend beton, bestemd om spanningen (krachten) op te vangen. In de meeste gevallen zal er sprake zijn van blootliggend wapeningsstaal. Wapening heeft niet altijd een constructieve waarde. Kortweg bestaat er hoofdwapening en hulpwapening. Hoofdwapening heeft altijd een constructieve bijdrage. Hulpwapening kan, afhankelijk van het ontwerp, een constructieve bijdrage hebben. Dit moet in de praktijk beoordeeld worden.

Voor het repareren van een constructieve schade mag alleen een C- of CP-mortel worden gebruikt. Een CP-mortel heeft een temperatuurbestendigheid van  $\pm 300^{\circ}\text{C}$ , gelijkwaardig aan beton. Vanwege deze eigenschap mag een CP-mortel voor constructieve reparaties worden gebruikt.

Een P-mortel mag voor constructieve schade niet worden gebruikt omdat de mortel onvoldoende bestand is tegen brand. De temperatuurbestendigheid van een P-mortel is, afhankelijk van het polymeer bindmiddel (kunststofbindmiddel),  $\pm 60\text{--}180^{\circ}\text{C}$ . Boven deze temperatuur neemt de sterkte van de mortel af en komt de constructie in gevaar. Een P-mortel is daarom alleen geschikt voor niet-constructieve reparaties.

### Niet-structurele schade

Onder niet-structurele schade valt bijvoorbeeld de correctie van een betonoppervlak of het vullen van gietgallen (holle ruimtes, luchtinsluitingen). Doorgaans worden deze schades gerepareerd met een P-mortel. Voor dikkere of diepere reparaties worden ook CP-mortels gebruikt.