

**Granito Betonindustrie Ittervoort BV, Afrikastraat 11, 6014 CG, Ittervoort, Tel 0475-566747,
KvK 12061309, ABNAMRO NL 09 ABNA 050.79.74.557, BTW NL8154.49.446.B01, KIWA 13001**

BIJLAGE GEKLEURD BETON

Gekleurd beton

Voor de toepassing van beton is het van belang dat het uiterlijk wordt gewaardeerd. Het uiterlijk van beton krijgt dan ook regelmatig aandacht in BETONIEK. Er zijn verschillende methoden om beton kleur te geven. Een daarvan wordt hier besproken, namelijk het verwerken van pigmenten in betonspecie.

In de architectuur en stedenbouw bestaat de laatste jaren een groeiende belangstelling voor het gebruik van kleur in de gebouwde omgeving. Hoe kan beton hierin meespelen? Kan beton in kleur worden gezet? Met de moderne verftechniek is zo ongeveer voor elk materiaal een geschikte verf te produceren. Ook voor beton zijn diverse verfsystemen ontwikkeld. Maar betekent gekleurd beton automatisch geverfd beton? Niet alleen betontechnologen maar ook architecten zijn vaak niet gecharmeerd van geverfd beton. Afgezien van de onvermijdelijke onderhoudskosten van verfsystemen speelt er een subjectieve kwestie. De egale verfkleur ontleent het beton z'n typische karakter.

Voor het verfraaien van bestaande bouwwerken met behulp van een nieuwe kleurstelling, heeft men geen andere keus dan het gebruik van verf. Voor nieuwbouw situaties daarentegen zijn er geheel andere mogelijkheden. Deze lopen uiteen van selectie van toeslagmateriaal op kleur, bewerking van het betonoppervlak en gebruik van pigmenten tot het verwerken van gekleurde elementen (zoals keramiek) in het betonoppervlak.

Een groot scala van mogelijkheden, waarvan we in deze aflevering er één beschouwen. Namelijk: het gebruik van pigmenten. Achtereenvolgens zullen we beschouwen:

- typen en eigenschappen van pigmenten;
- invloed factoren voor kleur van het betonoppervlak;
- kleurverandering door verwerking;
- invloed van pigmenten op eigenschappen van betonspecie en beton;
- dosering van pigmenten in de betonspecie.

Er worden al vele jaren betonproducten in kleur vervaardigd. Betonnen straatstenen en -tegels zijn leverbaar in zwart, wit, bruin, paars, geel etc. Ook betonnen dakpannen, metselblokken en -stenen zijn er in uiteenlopende kleuren. In deze betonwaren zijn zonder uitzondering pigmenten verwerkt. Dat pigmenten worden toegepast in de fabricage van kleine elementen en veel minder in grote elementen en zelden in ter plaatse gestorte bouwdelen is verklaarbaar. Homogeniteit van kleur op een groot, glad betonoppervlak is namelijk heel moeilijk zo niet onmogelijk te realiseren (De problematiek van het vervaardigen van schoon beton met een glad oppervlak is besproken in BETONIEK 8/8. onder de titel Glad, grijs en schoon'.)

Voor een grijs oppervlak kunnen kleurverschillen in bepaalde mate aanvaardbaar zijn: ze worden dan min of meer als natuurlijk ervaren. Voor gekleurde oppervlakken zijn kleurverschillen veel minder aanvaardbaar; vooral een glad oppervlak oogt al gauw vlekkelig. Voor kleine elementen is dit geen bezwaar omdat door stapeling een structuur en voegenpatroon ontstaat waarin kleurverschillen niet hinderlijk zijn. Bovendien is een bepaalde ruwheid van het oppervlak, zoals bij straatstenen en metselstenen gunstig omdat hierdoor verschillen in lichtreflectie ontstaan waardoor kleurverschillen worden verzacht.

Het is dan ook heel verklaarbaar waarom pigmenten in cementgebonden pleisterwerk allang gemeengoed zijn geworden in tegenstelling tot gekleurd, ter plaatse gestort beton.

In het verleden zijn er nogal eens teleurstellende ervaringen opgedaan met gekleurd beton.

Die teleurstellingen hadden vooral te maken met kleurverlies en niet-homogene kleur. Inmiddels is goed bekend welke pigmenten geschikt dan wel ongeschikt zijn voor beton.

Pigmenten waren aanvankelijk uitsluitend leverbaar in poedervorm. Thans worden ze ook in slurryvorm geleverd. In dat geval is het pigment in water gedispergeerd. Doseer- en mengtechnieken zijn verbeterd, waardoor zowel met poeders als met slurries homogene verdeling door de specie mogelijk is. Hierdoor komen er meer toepassingen binnen bereik. De huidige trend in kleurgebruik heeft geleid tot toenemende belangstelling voor gekleurd beton en zal ongetwijfeld resulteren in vele nieuwe toepassingen. Hierbij moet altijd worden bedacht dat kleur en structuur van het oppervlak in samenhang moeten worden bekeken. Voor grote, gladde betonoppervlakken wordt toepassing van pigmenten niet aanbevolen.

Type pigmenten - deeltjesgrootte

De benamingen kleurstof en pigment worden vaak door elkaar gebruikt. In feite is dit niet juist. In tegenstelling tot kleurstoffen zijn pigmenten onoplosbaar in water. (Een in water oplosbare kleurstof zou in beton tot uitloging kunnen leiden.)

Zowel kleurstoffen als pigmenten zijn er van organische als anorganische aard. Kleurstoffen worden bijvoorbeeld gebruikt in voedingsmiddelen en cosmetica. Pigmenten worden vooral gebruikt in verven en bouwproducten. Pigmenten kunnen synthetisch worden geproduceerd in een nauwgezette chemische samenstelling en korrelverdeling. Hierdoor zijn ze superieur aan in de natuur voorkomende pigmenten, die een grote verscheidenheid in korrelgrootte vertonen en een minder sterk kleurend vermogen hebben.

Vanzelfsprekend moeten pigmenten voor beton bestand zijn tegen het alkalische milieu in beton, onoplosbaar in water en onverbrekkelijk verbonden met de cementhydraten, en voorts lichtecht en weerbestand zijn. Diverse metaaloxiden voldoen aan al deze eisen.

Ijzeroxide

Ijzeroxide is de meest gebruikte kleurstof voor beton, voor de kleuren zwart, bruin, rood en geel. Met ijzeroxiden zijn eindeloos veel kleurnuances te maken, Bijvoorbeeld rood is er van terra cotta tot purperrood. De kleurnuance is afhankelijk van de deeltjesgrootte en de vorm van de pigmentdeeltjes, van bolvormig tot kubisch.

Gele ijzeroxide

Bij gele ijzeroxide is sprake van een afwijkende deeltjesvorm. Deze deeltjes zijn naaldvormig, waarbij de kleurnuance wordt bepaald door de lengt/dikte verhouding van de deeltjes. Voor de kleuren wit, groen en blauw zijn er andere metaaloxiden. Chroomoxide geeft groen, titaandioxide wit. Kobaltoxide levert blauw. Ook kopercomplexen bezitten een blauwe kleur, maar deze worden minder bruikbaar geacht voor beton. In principe is het mogelijk door menging van pigmenten zelf kleuren samen te stellen. Dit wordt echter niet aanbevolen, vanwege het risico dat geen homogene menging wordt bereikt. Bovendien is het pallet van leverbare kleuren zo groot, dat er nauwelijks behoefte zal zijn aan uitbreiding hiervan.

Deeltjesgrootte

De deeltjesgrootte van pigmenten is aanzienlijk kleiner dan die van cement. Minder dan 1 µm, dus ongeveer 10 maal kleiner dan cementdeeltjes. Vanwege deze deeltjesgrootte en de veel hogere kleurintensiteit ten opzichte van cement, is de pigmentkleur overheersend ten opzichte van de cementkleur. De deeltjesgrootte wordt niet zoals bij cement bepaald door maling van grotere delen. Het is de duur van het kristallisatieproces die bepalend is.

Op onze leveringen zijn van toepassing de Algemene voorwaarden van Granito, alsmede de algemene voorwaarden voor de levering van betonproducten 2021, zoals gezamenlijk opgesteld door Betonhuis. Levering zal geen doorgang kunnen vinden indien er op het moment van levering sprake is van bij de ATRADIUS geregistreerde achterstalligheid in de betalingen.

**Granito Betonindustrie Ittervoort BV, Afrikastraat 11, 6014 CG, Ittervoort, Tel 0475-566747,
KvK 12061309, ABNAMRO NL 09 ABNA 050.79.74.557, BTW NL8154.49.446.B01, KIWA 13001**

Het productieproces van metaaloxiden is zodanig beheersbaar, dat pigmenten in talrijke kleurnuances binnen uiterst scherpe toleranties zijn te produceren. Voor het bewaken van het productieproces is het van belang dat de kleurobjectief meetbaar is. Dit is onder andere mogelijk met spectrofotometrie. Voor beoordeling van het resultaat in beton blijft het menselijke oog echter het belangrijkste instrument.

Parameters voor betonkleur

De tint van het betonoppervlak wordt niet alleen door type en gehalte van pigment bepaald. Ook de kleur van het cement en de fijne toeslagmaterialen zijn van invloed. En zoals besproken in BETONIEK 8/8 zijn vooral de water-cementfactor en de verhardingsomstandigheden de moeilijker beheersbare parameters.

Pigmentgehalte

Als een (te) laag pigmentgehalte wordt toegepast, zullen de cementdeeltjes niet volledig worden omhuld met pigmentdeeltjes. Wordt een (te) hoog pigmentgehalte toegepast, dan worden de cementdeeltjes omhuld met verschillende lagen pigmentdeeltjes, zonder dat een diepere of rijkere kleur wordt verkregen.

Hoeveel pigment is er nodig om een goed resultaat te bereiken?

Het benodigde pigmentgehalte voor bereiken van kleurverzadiging (d.w.z. kleur wordt niet sterker bij hogere dosering) is afhankelijk van het kleurend vermogen van het pigment. Niet alle fabricaten hebben dezelfde kwaliteit in dat opzicht. Kleurstoffen die in poedervorm op het oog eenzelfde kleur hebben, kunnen bij gelijke dosering een aanzienlijk verschil in betonkleur te zien geven. Als gevolg hiervan kan men in een productieproces niet zomaar van het ene fabricaat pigment op het andere overschakelen.

Voor ijzeroxide rood, bruin en zwart leiden doseringen van 5 à 7% (m/m, ten opzichte van cementgehalte) tot kleurverzadiging. IJzeroxide geel vergt een hogere dosering om kleurverzadiging te bereiken: 8 à 9%. In de praktijk worden lagere pigmentgehalten aangehouden, omdat kleurverzadiging niet het doel is. Met pigmentgehalten tussen de 3 en 5% worden goede resultaten behaald. In de Nederlandse praktijk blijken doorgaans iets lagere pigmentgehalten te worden toegepast dan in de buurlanden. Voor een langdurig behoud van de kleur van het betonoppervlak is het niet raadzaam zulke lage percentages als 1 à 2% te hanteren.

Cementkleur

Je kleurintensiteit van het beton wordt sterk beïnvloed door de cementkleur. Met wit cement wordt vrijwel altijd een beter resultaat bereikt. In het geval van lichte kleuren is het effect van wit cement groter dan voor de donkere kleuren. Voor het bereiken van pasteltinten is het gebruik van wit cement feitelijk onmisbaar.

Water-cementfactor

Behalve het pigmentgehalte en de cementsoort heeft ook de porositeit van het oppervlak invloed op de helderheid. Een hoge porositeit resulteert in een lichtere kleur. Dit geldt overigens niet alleen voor beton. Ook de schuimkraag van een glas bier krijgt zijn witte kleur dankzij de belletjesstructuur. Voor beton is porositeit rechtstreeks te vertalen naar de water-cementfactor. Een hogere WCF leidt tot een lichtere kleur.

Bekistingmateriaal en ontkistingsmiddel

Niet vergeten mag worden de invloed van het bekistingmateriaal en het ontkistingsmiddel. Voor de opzet van geschiktheid proeven is het zonder meer aan te bevelen ook deze parameters in het onderzoek te betrekken.

Kleurstabiliteit

Alle bouwmaterialen ververen

De aard van de ververing is voor de diverse bouwmaterialen heel verschillend. Ververing gaat meestal gepaard met kleurvervaging. Gekleurd beton verveert in principe op eenzelfde wijze als niet-gekleurd beton. Op zich zijn ijzeroxide pigmenten stabiel van kleur. Blootstelling aan weer en wind leidt ook op langere termijn niet tot verzwakking van de kleur. Wat geldt voor de kleurstof op zich, geldt nog niet voor gekleurd beton. Het totaal van pigment en betonmatrix moet worden beschouwd.

Kleurstabiliteit van gekleurd beton wordt vooral beïnvloed door de kwaliteit van het beton en de expositieomstandigheden.

Een aspect is de aanhechting van vuil en stof, waardoor de kleur wordt gemaskeerd.

Een ander aspect is dat door erosie en afslijting van de cementhuid de toeslagkorrels meer aan het oppervlak komen en daardoor het klemmeffect mede gaan bepalen.

In dat opzicht is selectie van toeslagmaterialen op een kleur die correspondeert met de kleur van het betonoppervlak aan te bevelen.

Voor zeer fijne pigmentdeeltjes, zoals koolstof zwart, bestaat het risico van uitspoeling/uitloging bij langdurige expositie. Ook als een extreem hoge dosering koolstof zwart wordt toegepast, zal zwart beton op den duur grijs worden. Soortgelijke risico's doen zich voor bij mengsels van pigmenten van verschillende fijnheid, zoals bij koolstof met ijzeroxide. Indien er een groot verschil in fijnheid bestaat, dan zullen de fijnere deeltjes eerder uitspoelen dan de grovere, waardoor klemverandering optreedt.

Omdat het testen van klemstabiliteit van betonwaren een zaak van vele jaren is, neemt men wel zijn toevlucht tot versnelde expositieproeven. Niet alle onderzoekers vinden overeenkomst tussen resultaat van versnelde expositieproef en resultaat van lange duur expositie onder normale omstandigheden. De resultaten van versnelde expositieproeven kunnen wel indicatief zijn, maar zijn niet volledig betrouwbaar voor voorspelling van klemstabiliteit.

Kalkuitslag

Kalkuitslag is vrij uitvoerig aan de orde geweest in BETONIEK 8/8. Pigmenten zijn inerte stoffen en brengen dus geen verandering in het mechanisme van kalkuitslag. Maar op gekleurde betonoppervlakken is kalkuitslag veel storender dan op grijze oppervlakken. Er is fabrikanten daarom veel aan gelegen kalkuitslag te voorkomen. Het gaat erom het vochttransport in verhardend beton beperken. Er zijn tal van praktische maatregelen, vanaf het beperken van wisselingen in luchtvochtigheid en temperatuur in de productiehallen tot het inpakken in krimpfolie en het opslaan op een overdekt terrein totdat de verharding zover is gevorderd dat de poriën voldoende 'dichtgegroeid' zijn. Ondanks goede maatregelen blijkt in een later stadium toch nog wel eens kalkuitslag op te treden. Volledige garantie tegen het optreden van kalkuitslag is in feite niet te geven.

Effect op betoneigenschappen

Betonspecie

Verwerkbaarheid

Elke betontechnoloog weet dat gebruik van fijne materialen in betonspecie de waterbehoefte van het mengsel verhoogt. Dit geldt dus ook voor ultrafijne stoffen zoals pigmenten. Dankzij de relatief lage doseringen (enkele procenten ten opzichte van de cementmassa) is het praktische effect gering.

IJzeroxide geel, bestaande uit naaldvormige deeltjes, absorbeert meer water dan pigmenten met bolvormige deeltjes, omdat dit pigment bovendien een hogere dosering vraagt voor kleurverzadiging dan de andere ijzeroxiden, kan de waterbehoefte merkbaar toenemen.

Dit omdat toevoeging van pigmenten binnen de aanbevolen doseringen in het algemeen niet of nauwelijks tot stijging van de waterbehoefte leidt, is er ook geen merkbare negatieve invloed op de bleeding.

Op onze leveringen zijn van toepassing de Algemene voorwaarden van Granito, alsmede de algemene voorwaarden voor de levering van betonproducten 2021, zoals gezamenlijk opgesteld door Betonhuis. Levering zal geen doorgang kunnen vinden indien er op het moment van levering sprake is van bij de ATRADIUS geregistreerde achterstalligheid in de betalingen.

**Granito Betonindustrie Ittervoort BV, Afrikastraat 11, 6014 CG, Ittervoort, Tel 0475-566747,
KvK 12061309, ABNAMRO NL 09 ABNA 050.79.74.557, BTW NL8154.49.446.B01, KIWA 13001**

Bindtijd

Eerder is opgemerkt dat pigmenten inerte stoffen zijn. Zij hebben dus geen invloed op de hydratatiereacties. Over het algemeen wordt dan ook geen invloed waargenomen op de bindtijd. Voorzichtigheid is echter geboden met koolstof zwart; bij dit pigment kan versnelde opstijving ontstaan

Luchtgehalte

De toevoeging van metaaloxiden heeft over het algemeen geen invloed op het luchtgehalte in de betonspecie. Van koolstof zwart en andere pigmenten met zeer grote fijnheid is bekend dat een extra hoeveelheid luchtbelvormer nodig is om voldoende vorst-dooizout-bestandheid te krijgen.

Beton

Gegevens over de invloed van pigmenten op eigenschappen van beton zijn beperkt tot druksterkte, krimp en duurzaamheid.

Druksterkte

Je onderzoek- en ervaring cijfers laten zien dat ijzeroxide pigmenten de druksterkte niet negatief beïnvloeden. Gekleurd beton, geproduceerd in eenzelfde consistentie als niet-gekleurd referentiebeton, geeft een gelijkwaardige en soms iets hogere sterkte te zien

De (geringe) hoeveelheid water die extra wordt toegevoegd om dezelfde consistentie als blanco betonspecie te verkrijgen, wordt kennelijk zodanig fysisch gebonden dat de effectieve WCF gelijk is aan de oorspronkelijke WCF.

Binnen de gangbare doseringen, tot 5%, valt het effect op de druksterkte binnen de marge. Bij hogere doseringen kan een negatieve invloed optreden, dat met beton technologische maatregelen moet worden gecorrigeerd.

De al eerder gememoreerde deeltjesvorm van ijzeroxide geel is verantwoordelijk voor een grotere waterbehoefte. Dit pigment kan daarom eerder dan andere ijzeroxiden tot beton technologische maatregelen dwingen. Eenzelfde probleem kan ook optreden met andere zeer fijne pigmenten zoals koolstof zwart.

Krimp

Bij de in de praktijk gehanteerde pigmentgehalten is er geen opvallende stijging van de waterbehoefte. Gekleurd beton vertoont dan ook geen wezenlijk grotere krimp dan niet-gekleurd beton van gelijke consistentie.

Duurzaamheid

De vorst-dooizout-bestandheid is een voornaam eigenschap van betonstraatstenen. De eventuele invloed van pigmenten hierop is uitgebreid onderzocht. Een uitgebreid Frans onderzoek wees uit dat alleen koolstof zwart een negatieve invloed heeft op de vorst-dooizout-bestandheid. Een algemene conclusie van een Duits onderzoek op gekleurde betonstraatstenen is dat bij de kubusdruksterkte van 60 N/mm² die voor betonstraatstenen in het algemeen geldt, geen invloed van pigmenttoevoeging meetbaar is.

Dosering

Voor de productie van gekleurd beton zijn consequenties van pigmenttoevoeging voor de procestechniek van belang. Voor de dosering van pigmenten zijn er in principe vier mogelijkheden:

Poedervorm	volume dosering	massa dosering
Slurryvorm	volume dosering	massa dosering

Slurries kunnen zowel door de pigmentfabrikant worden geleverd als in eigen bedrijf worden gemaakt. De keuze voor poeder of slurry is vaak afhankelijk van de specifieke bedrijfssituatie.

Slurries hebben het duidelijke voordeel dat ze geen stofoverlast veroorzaken en gemakkelijker te transporteren zijn. Dit is in het belang van de bedrijfshygiëne en voorkomt verlies of verspilling.

Voor zowel de poeder- als slurryvorm is het raadzaam de dosering te automatiseren om een constante kwaliteit te kunnen garanderen.

Volumedosering van poedervorm is minder betrouwbaar vanwege variaties in compactering die in pigmentpoeders kunnen voorkomen.

Slurry moet in het bassin regelmatig worden geagiteerd, vanwege neiging tot bezinken van Pigmentdeeltjes. Een nieuwe ontwikkeling is het pelletiseren van pigmentpoeder. Hierbij worden pigmentdeeltjes geklonterd tot grovere delen, die bij menging in betonspecie weer uiteenvallen. De voordelen hiervan in de hanteerbaarheid zullen duidelijk zijn. Op beperkte schaal wordt er thans ervaring mee opgedaan.

Kosten

De toevoeging van pigmenten aan beton leidt tot begrijpelijkerwijs verhoging van de kostprijs. Hierbij is het goed te bedenken dat er behoorlijke prijsverschillen bestaan tussen de verschillende kleuren. Relatief goedkope kleuren zijn zwart, rood en bruin. Duurder zijn wit en groen, terwijl de kleur blauw veel duurder is.