

Prefab-betonelementen worden gebruikelijk uitgevoerd met toepassing van normale cementen en toeslagmaterialen. Het uiterlijk van de elementen varieert van lichtgrijs tot donkergrijs. Deze grijs tint is sterk afhankelijk van het type en merk cement en de mal waarin een element is geproduceerd. Er is en blijft een verschil tussen betonelementen geproduceerd in al of niet-absorberende bekistingmaterialen. Met de komst van Zelfverdichtend Beton, en daarmee de toevoeging van kalksteenmeel als vulstof en het achterwege blijven van trillen van de betonspecie, is het uiterlijk van het beton lichter en egalier van kleur geworden. Dat alle randen veel scherper worden en lekkageplekken afwezig blijven is een enorme vooruitgang in het uiterlijk. Dat verhoogt tevens het imago van beton.

Het uiterlijk van sierbeton kan men sturen. Maar ook hier geldt: vakmanschap is meesterschap. Door de selectie van cement, pigmenten en toeslagmaterialen kan men een prachtig homogeen beton maken, dat door nabewerking nog veel meer van de bedoelde schoonheid zal tonen. Maar tegen fysieke processen en mogelijke aantasting uit de omgeving zal men bewust maatregelen moeten omschrijven, die al in het ontwerp- en productieproces moeten worden meegenomen.

Naast de kunst van het samenstellen van betonspecie op kleur en structuur is ook de modelmaker een belangrijke schakel in het wordingsproces. Met een fraaie mal kan men een goed element maken, maar met een mal van mindere kwaliteit is dat niet haalbaar. De wapening dient exact op dekking te liggen, de starter zal met verstand moeten storten. De elementen kunnen niet direct naar buiten, enzovoort. Het is een boeiende discipline die in deze tijd fase te weinig wordt benut. Een groot aantal aspecten, die het eindresultaat beïnvloeden, komt in dit hoofdstuk aan de orde.

Auteur: W. de Beer – Betonindustrie 'De Veluwe' B.V.

4 HET ONTWERPEN EN PRODUCEREN VAN SIERBETONELEMENTEN

Inhoudsopgave

4.1	<i>Materialen voor sierbeton</i>	3
4.1.1	Bemonstering	
4.1.2	Nabewerkte oppervlakken	
4.1.3	Hoekoplossingen	
4.1.4	Aandachtspunten bij de fabricage van sierbetonelementen	
4.1.5	Verminderen van kalkuittreding	
4.2	<i>Nabewerking van het oppervlak</i>	11
4.2.1	Uitgewassen beton	
4.2.2	Gezuurd beton	
4.2.3	Gepolijst beton	
4.2.4	Gestraald beton	
4.2.5	Geprofileerd beton	
4.2.6	Glad onbewerkt beton	
4.3	<i>Elementen met ingestorte materialen</i>	19
4.3.1	Elementen voorzien van tegels	
4.3.2	Elementen voorzien van natuursteen	
4.3.3	Elementen voorzien van baksteen	
4.4	<i>Kleurvastheid</i>	28
4.4.1	Toeslagmaterialen	
4.4.2	Betonsamenstelling	
4.4.3	Beschermingsmiddelen	

4.5.	<i>Gevelindelingen</i>	37
4.5.1	Gesloten gevel	
4.5.2	Horizontale strokengevel	
4.5.3	Verticale strokengevel	
4.6	<i>Bevestigingsystemen</i>	42
4.6.1	Gestapelde verbindingen	
4.6.2	Oplegging op consoles	
4.6.3	Hangende verbindingen	
4.7	<i>Sandwichelementen</i>	54
4.7.1	Verbinding tussen binnen- en buitenspouwblad	
4.7.2	Hoekoplossingen	
4.8	<i>Voegen</i>	61
4.8.1	Constructieve dichting	
4.8.2	Compressiedichting	
4.8.3	Afdichting met kit	
4.8.4	Open voegen	
4.9	<i>Voorbeelden van toepassing</i>	64
Bijlagen		72
I	BOBB: uniforme criteria voor oppervlaktebeoordeling beton - <i>BELTON Magazine</i> , November 2000	
II	Beton en kleur; Kennis en kunde - <i>BELTON Magazine</i> , November 1997	
III	De vorm in het tijdsbeeld - <i>BELTON Magazine</i> , Mei 1998	
IV	Prefab betongevel keert terug in nieuw jasje - <i>Cement</i> , 2000 nr. 3	
V	Vijf projecten in prefab - <i>Cement</i> , 2000 nr. 3	
VI	Zwart prefab beton: mooi, maar moeilijk - <i>Cement</i> , 2000 nr. 3	
VII	Bouwen met architectonisch prefab beton - <i>Cement</i> , 2000 nr. 3	
VIII	Regelmaat en uitzondering - <i>Cement</i> , 2002 nr. 6	
Literatuurlijst		
[4.1]	NEN 5905 - Toeslagmaterialen voor beton: zand en grind	
[4.2]	NEN 5933 - Toeslagmaterialen voor beton: Bepaling van het gehalte aan verontreinigingen door stukjes licht materiaal	

4.1 MATERIALEN VOOR SIERBETON

Onder sierbeton verstaan we al het beton voor prefab-betonelementen dat duurzaam in het zicht blijft en waarvan door speciale aandacht te schenken aan de samenstelling en het uiterlijk een verfraaiing van het bouwproject zal worden bereikt. Ook gebruikt men wel de aanduiding architectonisch beton in plaats van sierbeton.

Er zijn verschillende manieren om het uiterlijk van beton het predikaat sierbeton te verschaffen.

Een aantal mogelijkheden:

- kleuren van beton;
- aanbrengen van structuur door nabewerking;
- aanbrengen van structuur door het opnemen van profilering in de mal;
- toevoegen van andere materialen aan het betonoppervlak.

Vaak wordt gekozen voor een combinatie van bovengenoemde bewerkingen. Het uiterlijk van beton wordt bepaald door de aanblik van het oppervlak; bij onbewerkt beton zien we de cementshuid, al dan niet door pigmenten gekleurd. De kleur van het zand en overige toeslagmaterialen zijn van minder belang. De fijnste bestanddelen van het beton, cement en pigment, bepalen de kleur.

Bij bewerkt beton wordt de cementshuid verwijderd, en wordt de aanblik van het beton mede bepaald door het toeslagmateriaal. Vooral bij nabewerkte oppervlakken is het hierdoor zeer belangrijk dat het toeslagmateriaal constant van kleur en samenstelling is.

Zand en grove toeslagmaterialen zijn natuurproducten die men moet nemen zoals ze zijn, met onregelmatigheden in kleur en textuur. Dit komt ook tot uiting in elementen waarbij de cementshuid, op wat voor manier dan ook, wordt verwijderd. We doen er goed aan deze onregelmatigheden in kleur en textuur te beschouwen als een natuurlijk gegeven en hiernaar te ontwerpen.

Verskil in uiterlijk door verschil in kleur en structuur van het toeslagmateriaal kan beperkt worden door het benodigde materiaal voor het gehele werk uit één winplaats of groeve in één keer te winnen en in opslag te nemen. Variaties doordat de zuiger of graafmachine bij een volgende bestelling inmiddels op een andere plaats en in een andere laag wint, worden hiermee voorkomen. Bovendien wordt bij winning in één keer de hele partij door op- en overslag nog gemengd, waardoor eventuele verschillen verminderen.

4.1.1 Bemonstering

Indien gekozen is voor sierbeton, zal de opdrachtgever of architect altijd een bepaald uiterlijk van het beton voor ogen hebben. Het is aan de producent dit beeld te verwezenlijken.

In bijna alle gevallen maakt de producent één of meer monsters om aan de opdrachtgever of architect te overleggen. Als de architect zijn goedkeuring geeft aan een monster, veelal een betontegel met het formaat van een A-4 vel, dient deze als basis voor de productie van de elementen. Na goedkeuring van het monster kan de producent de betreffende materialen gaan bestellen.

Meestal is dit geen standaard zand of betongrond, maar materiaal met een afwijkende kleur, gradering of structuur.

Na de levering van het bestelde materiaal worden zowel architect als producent er vaak mee geconfronteerd dat dit materiaal een natuurproduct is; de kleur en/of textuur wijkt af van het voor de bemonstering gebruikte materiaal met als gevolg dat de betonelementen afwijken van het goedgekeurde monster. Hoe vervelend ook, bovengenoemd probleem is praktisch niet te voorkomen. De producent krijgt vooruitlopend op een eventuele bestelling, een hoeveelheid materiaal van de winplaats dat op dat moment representatief is voor de productie van die winplaats.

Op het moment dat het monster wordt goedgekeurd, en de partij besteld kan worden, is er vaak geruime tijd verstreken sinds de winning van de (monster)-hoeveelheid materiaal en blijkt deze, meer of minder, te verschillen van de huidige winning. Door de methode van winning, zowel in den natte als den droge, is dit niet te voorkomen. Bij winning in den natte is er meestal geen tussenopslag. Het materiaal wordt gewonnen, gewassen en gezeefd en direct per schip afgevoerd. Bij winning uit een droge groeve wordt meestal uitsluitend geleverd op bestelling en is er geen levering uit voorraad mogelijk. Als zowel architect als producent doordrongen zijn van bovengenoemde problematiek, zullen zij besluiten na levering van de bestelde materialen opnieuw één of meerdere monsters te vervaardigen, en hieruit een definitieve keuze te maken.

Ook nu nog zullen er tijdens de productie van de elementen geringe verschillen in kleur en structuur ten opzichte van het monster kunnen ontstaan. Deze zijn in de meeste gevallen acceptabel en zullen bijdragen aan de expressie van de gevel.

Genoemde winningproblematiek en natuurlijke veroudering van beton, zorgen er voor dat het soms zéér moeilijk is bij een eventuele uitbreiding van een bouwwerk elementen te maken met hetzelfde uiterlijk als de eerder geleverde. Omdat er over het algemeen hoge eisen gesteld worden aan het uiterlijk van sierbeton moet er vooral bij de hier gebruikte toeslagmaterialen voor gezorgd worden dat deze géén verontreinigingen bevatten.

Toeslagmateriaal moet voldoen aan NEN 5905 [4.1] en NEN 5933 [4.2].

4.1.2 Nabewerkte oppervlakken

Zoals gemeld wordt onder het nabewerken van betonoppervlakken, het verwijderen van de cementshuid verstaan.

Hiervoor is een aantal methoden beschikbaar, elk met zijn eigen specifieke resultaten:

- uitwassen;
- stralen;
- zuren;
- polijsten;
- behakken.

Voor alle bewerkingen geldt dat de korrel van het grove toeslagmateriaal het uiterlijk bepaalt. Bij de productie is het dan ook van belang te letten op het volgende:

- het mengsel moet een maximum aan granulaten bevatten.
- het beton moet een hoge kwaliteit hebben, met zo min mogelijk poriën;
- het toeslagmateriaal moet duurzaam weerstand kunnen bieden aan weersomstandigheden.

4.1.3 Hoekoplossingen

Als bij sierbetonelementen de cementschil wordt verwijderd behoeven hoekoplossingen extra aandacht tijdens het ontwerp. Zoals eerder gesteld wordt bij deze elementen het uiterlijk mede bepaald door het toeslagmateriaal.

De wijze van produceren, de zichtzijde van het element is meestal de malbodem, is verantwoordelijk voor het volgende verschijnsel:

Door het inbrengen van verdichtingsenergie zal de korrel van het toeslagmateriaal zich met zijn grootste oppervlak naar de malbodem keren. Na het verwijderen van de cementschil is dit oppervlak zichtbaar aan de voorzijde van het element. Als ook delen van het element bewerkt moeten worden die tijdens het storten verticaal in de mal staan, dan is hier na verwijdering van de cementschil niet het grootste oppervlak zichtbaar, maar de kleinere, kopse, kant van het toeslagmateriaal. Verhoudingsgewijs is er hier minder toeslagmateriaal zichtbaar, en meer cementsteen. Visueel kunnen deze vlakken sterk afwijken van de voorzijde. Dit verschil kan beperkt worden door in het mengsel géén gebroken materiaal toe te passen, maar rond materiaal.

Tevens kan bij gestraalde of uitgewassen beton ter plaatse van de omlopende delen meer materiaal verwijderd worden dan aan de voorzijde. Foto 4.001 geeft hiervan een goed voorbeeld.

Afhankelijk van de mengselopbouw kan het raadzaam zijn vooraf ook een monster te maken van deze omlopende delen. Eventueel kan de detaillering van met name de gebouwhoeken in dit stadium nog aangepast worden.

Toepassingen van verstekhoeken vermindert het verschijnsel aanzienlijk.

Indien dit niet in het ontwerp past, kunnen de hoekelementen eventueel uit twee, vlak gestorte, delen worden samengesteld. Het resultaat is nu over het algemeen optimaal, echter werkt deze methode wel kostenverhogend.



Foto 4.001: Detail omlopende hoek bij gestraalde elementen

4.1.4 Aandachtspunten bij de fabricage van sierbetonelementen

Ten opzichte van normaal prefab beton zijn er bij sierbeton of architectonisch beton enkele punten die extra aandacht verdienen. Immers onvolkomenheden zullen extra de aandacht trekken en zijn bij sierbeton nog moeilijker onzichtbaar weg te werken dan bij normaal beton.

Extra aandacht verdienen de volgende punten:

Voorkomen van beschadigingen

Beschadigingen zijn bij de meeste afwerkingen nauwelijks onzichtbaar te repareren. Het voorkomen van beschadigingen zal dan ook al tijdens het ontwerpen moeten beginnen. Een belangrijk punt ter voorkoming van beschadigingen gedurende opslag, transport en montage is het aanbrengen van vellingkanten langs de elementranden. Hoewel door de ontwerper soms niet gewenst, zou een producent zich eigenlijk niet moeten laten verleiden tot het weglaten hiervan.

Mallen

Mallen voor sierbetonelementen worden grotendeels vervaardigd uit hout, vaak in combinatie met staal, rubber en/of kunststof. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn:

- voorkomen van lekken;
- vormvastheid;
- vlakheid;
- stijfheid.

1. Door *weglekken van cementwater* ontstaan verkleuringen en plaatselijk een verminderde betonkwaliteit.
2. *Vormvastheid* is noodzakelijk voor het verkrijgen van strakke elementen.
3. De *vlakheid* van de mal is van belang op de mate waarin strijklicht langs de constructie invloed heeft op het uiterlijk. Een wisseling in de malbodem van een fractie van een millimeter kan al zichtbaar worden bij een bepaalde lichtinval.
4. De *stijfheid* van de mal is van belang voor het verkrijgen van een gelijkmatige verdichting van het element. De in te brengen verdichtingenergie moet zo gelijkmatig mogelijk overgebracht worden op het betonelement. Na verwijderen van de cementshuid worden plaatselijke verschillen in verdichtingintensiteit zichtbaar door afwijkende ligging van het toeslagmateriaal aan het oppervlak.

Verharding

Voor het verkrijgen van een gelijkmatige kleur, is het belangrijk dat de elementen onder gelijke omstandigheden verharden; dat wil zeggen: een vaste tijd tussen storten en ontkisten, en daarna bij voorkeur opslag onder gelijke omstandigheden. Bij sommige mengsels is het langere verblijf in de mal van de vrijdags gestorte elementen, de zogenoemde 'weekendplaten' nog langere tijd na productie goed zichtbaar. Over het algemeen kleuren deze elementen een tint donkerder dan de overige.

Kalkuittreding

Kalkuittreding op betonoppervlakken kan als zeer storend worden ervaren (foto 4.002). Te voorkomen is kalkuittreding niet, wel zijn maatregelen te nemen om het verschijnsel te beperken. In paragraaf 4.1.5 gaan we nader hierop in.



Foto 4.002: Antracietkleurig beton met duidelijk waarneembare kalkuittreding

Kalkuitslag is een afzetting van wit calciumcarbonaat op het betonoppervlak.

We onderscheiden:

- primaire kalkuitslag, bij jong beton;
- secundaire kalkuitslag, bij beton tussen 0 en 2 jaar oud.

Kalkuittreding heeft geen enkele invloed op de betonsterkte.

Primaire kalkuittreding

In de betonspecie bevinden zich cement en water, welke de holle ruimten in het skelet van toeslagstoffen opvullen. De capillaire poriën zijn aan het begin van het verhardingsproces nog breed en voornamelijk gevuld met water en het bij de hydratatie van cement ontstane calciumhydroxide, vrije kalk.

De afmetingen van de capillaire poriën zijn afhankelijk van de hoeveelheid aanmaakwater en de water-cementfactor.

Calciumhydroxide is oplosbaar in water. Aan de monding van de poriën reageert de calciumhydroxide met kooldioxide uit de lucht tot calciumcarbonaat en water. Het water verdampt, het niet in water oplosbare calciumcarbonaat blijft achter, dit proces heet carbonatatie.

Secundaire kalkuittreding

Secundaire kalkuittreding kan ontstaan in de periode tot twee jaar na vervaardiging. Meestal is het effect na circa een jaar het meest zichtbaar. Als het betonoppervlak gedurende langere tijd vochtig is, kan door diffusie calciumcarbonaat aan het oppervlak ontstaan. Een witte uitslag wordt zichtbaar. Gedurende de tijd ontstaat uit het ,niet in water oplosbare, calciumcarbonaat het, wel in water oplosbare, calciumhydraatcarbonaat. Dit calciumhydraatcarbonaat kan door regen of reinigen met water verwijderd worden, waarna het oppervlak zijn oorspronkelijke helderheid terugkrijgt. De hoeveelheid secundaire uitslag wordt bepaald door de mate waarin de capillaire poriën in de primaire fase zijn dichtgegroeid, en de tijd gedurende welke het oppervlak aan water wordt blootgesteld. Een hoeveelheid van 20 à 30 gram op het betonoppervlak kan al als hinderlijk ervaren worden.

Bij de volledige hydratatie van cement wordt ongeveer 30% van het cementgewicht omgezet in vrije kalk, bij een cementgehalte van 300 kg/m³ dus circa 100 kg vrije kalk.

Uittredingvoorkomende hulpstoffen bestaan (nog) niet; het is technisch en economisch niet haalbaar de circa 100 kg/m³ vrijkomende calciumhydroxide te binden. Reduceren van kalkuittreding met behulp van hulpstoffen kan wel; plastificeerders en luchtbelvormers verlagen immers de waterbehoefte, en verhogen de verdichtbaarheid waardoor minder poriën kunnen ontstaan. Luchtbelvormers zorgen tevens voor een doorbreking van de capillaire structuur.

Voor een optimaal betonoppervlak is voldoende luchtvochtigheid en kooldioxide uit de lucht nodig. Zijn deze componenten aanwezig, dan kunnen de poriën in de primaire fase 'dichtgroeien'. Bij een te lage luchtvochtigheid groeien de poriën niet tot aan het oppervlak dicht. Er blijven capillaire poriën.

Doordat deze poriën het opvallend licht absorberen lijkt het oppervlak donkerder, dit wordt nog versterkt ten opzichte van onder optimale omstandigheden verhardend beton doordat de calciumcarbonaat propjes in de poriën verhelderend werken.

Bij betonoppervlakken die verhard zijn bij te lage luchtvochtigheid is de kans op secundaire kalkuittreding groot.

4.1.5 Verminderen van kalkuittreding

In de praktijk is kalkuittreding niet volledig te voorkomen; wel zijn maatregelen te nemen om het verschijnsel te beperken. Uit het voorgaande is gebleken dat de mate van kalkuittreding sterk afhankelijk is van de afmetingen en het aantal capillaire poriën. Tevens is gebleken dat de primaire uittreding niet kan plaatsvinden als het betonoppervlak droog gehouden wordt.

Maatregelen om de kalkuittreding te beperken moeten er dus op gericht zijn aantal en maat van de poriën te beperken, en het beton gedurende de eerste tijd na ontkisten niet bloot te stellen aan water of condens.

Vervaardiging

Zoals gesteld valt elke onvolkomenheid bij sierbeton extra op. Voor de productie geldt dan ook dat alle onrechtmatigheden die in de mal terechtkomen na verharding garant staan voor afkeur. Onvolkomenheden in het uiterlijk kunnen deels voorkomen worden door het beton voor verdichten zo gelijkmatig mogelijk te verdelen over het maloppervlak, en ervoor te zorgen dat de malbodem door bijvoorbeeld het inleggen van de wapening niet beschadigd wordt.

Opslag

Tijdens de opslag, en tijdens eventuele tussenopslag op de bouw moet zorg besteed worden aan het materiaal waarop of waartegen de elementen worden opgetast (foto 4.003). Veel materialen veroorzaken langdurige of blijvende verkleuringen doordat ze het vochttransport aan het betonoppervlak beïnvloeden, bijv. plasticfolie.

Een tweede veroorzaker van, nu blijvende, verkleuring zijn stoffen die uit het hulpmateriaal in het beton dringen. Een bekend voorbeeld hiervan is stophout. Zuren uit het hout trekken in het beton en blijven zichtbaar aan het oppervlak. Een andere veroorzaker van vlekken kan de vacuüm apparatuur zijn die soms op de fabriek wordt gebruikt voor ontkisten en draaien van de elementen. Door het vacuüm trekken aan het oppervlak wordt ook vocht aan het betonoppervlak onttrokken en ontstaat een, tijdelijke, verkleuring.

De voor de afdichting aan het betonoppervlak dienende rubbers van het vacuüm apparaat kunnen door slijtage tevens verontreinigingen veroorzaken.



Foto 4.003: Geconditioneerde opslag

Vervuiling en onderhoud

Door inwerking van het milieu zal de gevel na verloop van tijd vervuilen en verkleuren. Er ontstaat een patina, een gelijkmatige ververing van de gevel die verfraaiend kan werken. Slecht gedetailleerde gevels vervuilen niet gelijkmatig, maar vertonen ophopingen van vuil; er rest nog maar een ding: schoonmaken.

Behalve de detaillering speelt ook de structuur van het geveloppervlak een rol. Een ruw en poreus oppervlak houdt vuil goed vast, en wordt door regen niet goed schoongewassen. Tevens houdt een poreus oppervlak water langer vast waardoor algengroei wordt bevorderd. Een glad, dicht oppervlak zal langer schoon blijven, dan een ruw, poreus oppervlak. De vormgeving van de gevel bepaalt hoe vuil door wind en regen over de gevel wordt verspreid. Terugliggende delen, die niet schoongespoeld worden door regenwater, vervuilen sterker dan naar voren liggende delen. Op plaatsen waar regenwater niet gelijkmatig langs de gevel loopt, ontstaan vuilstrepen.

4.2 NABEWERKING VAN HET OPPELVAK

4.2.1 Uitgewassen beton

Uitgewassen beton is beton met een deklaag van sierbeton, waarbij de verharding van de cementhuid tijdens het productieproces wordt afgeremd door een oppervlaktevertrager. Na verharding, meestal na een dag, wordt de cementhuid door middel van afsputten of afborstelen verwijderd. De oppervlaktevertrager is verkrijgbaar met verschillende inwerkingsdieptes. Variërend van zeer oppervlakkig, er ontstaat nauwelijks reliëf, tot millimeters diep.

Kenmerkend voor uitgewassen beton is dat de korrel door de bewerking niet beschadigd wordt, maar glad blijft; het toeslagmateriaal houdt een heldere kleur. De oppervlaktevertrager wordt geleverd als pasta, welke in de mal kan worden gespoten of gesmeerd als verf, of aangebracht op papier, dat in de mal kan worden gelegd, of indien aan de stortzijde op het vers gestorte beton kan worden gelegd. Uitwassen van beton is bijzonder geschikt om het grove granulaat zichtbaar te maken. Afhankelijk van de uitwasdiepte wordt het zicht op het beton bepaald door de cementsteen, zand en cement en eventueel kleurstof, of door de grove toeslagmaterialen bij dieper uitwassen.

De korrelverdeling van het grove toeslagmateriaal is meestal discontinu, en het zandgehalte relatief laag.

De tijdsduur in de mal is mede bepalend voor de inwerking van de vertrager; bij een langer verblijf in de mal zal de te bereiken uitwasdiepte minder worden. Vaak wordt voor het weekend dan ook een dieper werkende vertrager toegepast, om geen verschil te krijgen met de productie van maandag tot en met donderdag.

Aandachtspunt bij ontwerpen voor uitgewassen beton is dat het niet mogelijk is een strakke afscheiding te maken tussen uitgewassen en niet-uitgewassen delen, vooral wanneer deze delen in één vlak liggen. Dit wordt veroorzaakt doordat de vertrager door het inbrengen van trilling tijdens het verdichten iets kan verschuiven. Het verdient om deze reden aanbeveling om schijnvoegen en vellingkanten mee uit te wassen.



Foto 4.004: Combinatie van uitgewassen elementen als plint met een kopgevel in gepolijst Noors wit marmar

Door de mogelijkheid dat de vertrager gaat verschuiven is het noodzakelijk het beton egaal over het maloppervlak te verdelen, voor aanvang van de verdichting. Hiermee wordt voorkomen, dat op sommige plaatsen door betontransport de vertrager geheel is weggeschoven, waardoor de uitwasdiepte hier minimaal is, terwijl hiernaast door ophoging van vertrager juist extra diep uitgewassen plekken ontstaan.

Zowel stort- als kistzijde kunnen worden uitgewassen. Aan de stortzijde kan dit ook gedaan worden zonder chemische vertragers. Vóór binding van het cement wordt het cementhuidje voorzichtig weggespoeld.

Soms worden de uitgewassen elementen nog nabehandeld met een verdunde zuuroplossing. Hiermee wordt de nog aanwezige cementsluier verwijderd en ontstaat een extra helder betonoppervlak.

4.2.2 Gezuurd beton

Bij gezuurd beton wordt ook de cementhuid verwijderd, echter meestal veel minder diep dan bij uitgewassen beton. Het betonoppervlak blijft glad, zonder reliëf, en het zand en de grove toeslag worden zichtbaar. Er ontstaat een oppervlak dat te vergelijken is met zandsteen.

Het verwijderen van de cementhuid gebeurt met behulp van verdund zoutzuur. De concentratie van de zuuroplossing is mede bepalend voor de werkingsdiepte, evenals de hydratatiegraad van het cement tijdens het zuren. De zuurbehandeling kan plaatsvinden door dompelen in een zuurbad, of door het betonoppervlak middels een stoffer of bezem te bewerken met een zuuroplossing.

Dompelen wordt in Nederland niet gedaan. De meest gehanteerde werkwijze is de volgende: Het te zuren oppervlak wordt nat gemaakt, zodat de poriën gevuld zijn met water. Vervolgens wordt het oppervlak met de zuuroplossing bewerkt en schoongespoeld. Het blijkt dat het zuur snel neutraliseert; door de reactie van zuur met cementsteen slaat zout neer op het oppervlak.

Bij onvoldoende afgespoelde oppervlakken is dit soms in de vorm van een witte vlek of sluiër zichtbaar. Witte uitslag op gezuurde elementen is dus niet per definitie kalkuitslag.

Kalkhoudende toeslagstoffen kunnen door de inwerking van zuur mat worden, of veranderen van kleur.

Het zuren van verticaal gestorte delen kan zeer bewerkelijk zijn. Tijdens de zuurbehandeling wordt ook het cementvliesje, wat kleine luchtbelletjes in de staande vlakken afdekt, verwijderd.

In veel gevallen zullen de betreffende vlakken hierna weer dichtgewassen moeten worden. Na verharding kunnen, meestal na enige dagen, deze vlakken nogmaals licht gezuurd worden. De geschetste bewerking is zeer bewerkelijk en daardoor kostbaar.

Doordat een gezuurd oppervlak tamelijk glad blijft, is het niet bijzonder vatbaar voor vervuiling. Kistnaden en andere onrechtmatigheden in de mal blijven na het zuren zichtbaar. De geschiktheid van het grove toeslagmateriaal moet vooraf onderzocht worden; relatief zacht materiaal als Noors wit graniet is bijvoorbeeld niet geschikt.

4.2.3 Gepolijst beton

Bij gepolijst beton is het oppervlak 1 tot 3 mm afgeslepen. De grove granulaten worden zichtbaar. Het oppervlak bestaat voor ca. 80% uit grof toeslagmateriaal, de overige 20% is cementmatrix. De grove toeslagmaterialen zijn naar hardheid te onderscheiden in twee soorten:

Relatief zachte steensoorten (hardheid 3 à 4):

- harde kalksteen;
- calciet;
- marmers.

Eigenschappen:

- in uitgebreid kleurenschaal verkrijgbaar;
- ondoorschijnend;
- eenvoudig te polijsten;
- hoge glans alleen door vergaand polijsten;
- weinig bestand tegen zure regen.

Harde steensoorten (hardheid 6 à 7):

- kwarts;
- veldspaat (graniet, basalt, porfier).

Eigenschappen:

- doorschijnend;
- moeilijk te polijsten;
- weerbestendig.

Bij de keuze van de kleur van het toeslagmateriaal en de mortel is het volgende van belang:

Contrasterende kleur van mortel en toeslag doet de kleur oplichten.

Bij eenzelfde tint van mortel en toeslag vervlakt de kleur.

Bij gepolijst beton is de cementsteen, circa 20% van het oppervlak, ten aanzien van porositeit, aanhechten van vuil aan het oppervlak en glans het zwakke punt.

Productietechniek

De eerste fase bestaat uit het ruwen van het oppervlak, door het wegnemen van 1 tot 2 mm materiaal. Er zijn groeven en holle ruimten ten gevolge van de in beton aanwezige luchtbellen ontstaan. Dit ruwen wordt gedaan met een grove slijpsteen (korrel 60) of een diamantslijpsteen, onder toevoeging van water.

De tweede fase bestaat uit het vlak slijpen van de ontstane groeven. Dit wordt gedaan met een fijnere slijpsteen 'korrel 120'. De holle ruimten zijn nog aanwezig. Na deze tweede bewerking krijgt het betonoppervlak het predikaat 'geslepen beton'.

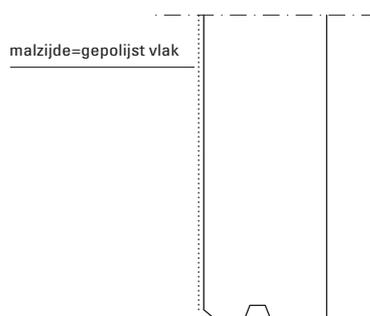
De derde fase is het vullen van de luchtbellen, door middel van een op kleur gemaakte mortel met kunsthars toevoeging.

De vierde fase is het zoeten van het betonoppervlak met een slijpsteen, korrel 220. Het oppervlak is dicht en krijgt door deze bewerking een lichte glans.

De vijfde fase is het fijn polijsten van het oppervlak met korrel 400; hierdoor krijgt het oppervlak meer glans.

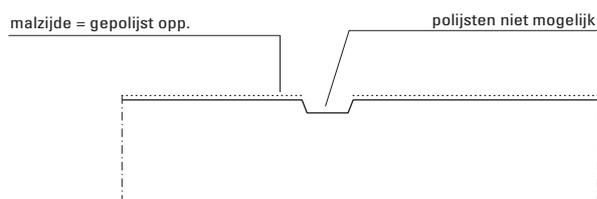
De zesde fase bestaat uit het fijn polijsten van het oppervlak met vilt. Het oppervlak krijgt hierdoor een hoge glans.

Na deze laatste behandeling kan eventueel nog een beschermingsproduct worden aangebracht. Polijsten van betonoppervlakken is gemakkelijker uitvoerbaar op vlakke dan op geprofileerde of gebogen oppervlakken. Vlakke oppervlakken kunnen veelal machinaal worden bewerkt, terwijl we voor profileringen of gebogen vlakken snel terug moeten vallen op handwerk. Dit maakt het polijsten van profileringen erg kostbaar. Het door polijsten ontstane oppervlak is zeer glad en dicht. Het oppervlak is niet gevoelig voor de aanhechting van vuil. Bij gepolijst beton komen de kleuren van de gebruikte materialen goed tot hun recht.

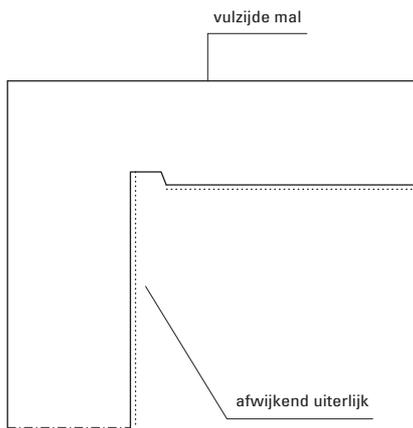


- Waterhol polijsten is niet mogelijk.
- Vellingkant polijsten is arbeidsintensief.
- Vellingkant ter voorkoming van beschadigingen.

Figuur 4.005a: Vellingkant en waterhol niet gepolijst is acceptabel

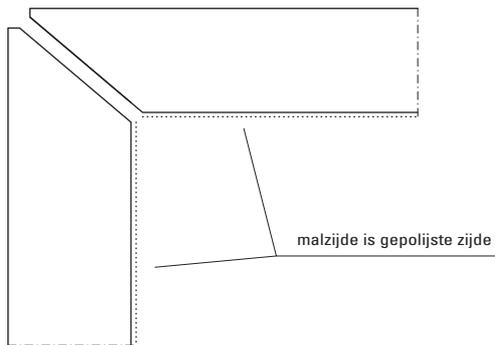


Figuur 4.005b: Schijnvoeg ongepolijst is acceptabel



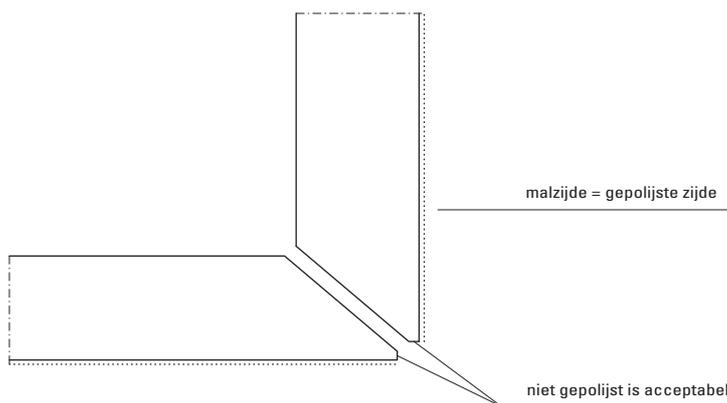
- Sponning niet gepolijst, niet mogelijk.
- Afwijkende structuur door verschil in ligging toeslag a.g.v. storten.

Figuur 4.005c: Sponning t.b.v. polijsten bij inwendige hoeken



- Gelijke structuur aan beide zijden.

Figuur 4.005d: Inwendige hoek gevormd door verstekhoek



- Verstekhoek, aan beide gevelvlakken gelijke oppervlaktestructuur

Figuur 4.005e: Uitwendige hoek in gepolijst beton

Verfraaiing van gepolijst beton

Er zijn speciale coatings ontwikkeld voor toepassing op gepolijst beton. Dit zijn coatings die de kleur van gepolijst beton helder maken en ook het niet-gepolijste cement van een glans voorzien. Het zijn producten op basis van hoogwaardige harsen met een zeer hoge U.V.-bestendigheid. Door de uitstekende alkalibestandheid van deze producten is het mogelijk om ze op zeer jong beton toe te passen. Tevens zijn ze voldoende dampdoorlatend, zodat ze in de fabriek aangebracht kunnen worden.

4.2.4 Gestraald beton

Bij gestraald beton wordt het betonoppervlak onder hoge druk met straalgrit verwijderd. Afhankelijk van het gebruikte grit, de druk waarmee gestraald wordt en het aantal behandelingen kan gevarieerd worden met de dikte van de weg te nemen laag. Over het algemeen kunnen we stellen dat dieper gestraalde oppervlakken er egaler uitzien dan ondiep gestraalde vlakken. Voor het stralen is veel vakmanschap vereist, en een hiervoor geschikte straalcabine. De straalbeweging wordt handmatig, draaiend uitgevoerd.



Foto 4.006: Detail gestraald beton

Een plek die twee keer geraakt wordt is fractioneel dieper gestraald dan de plek die een keer wordt geraakt. Dit is zichtbaar en onvermijdelijk. Door het stralen wordt de korrel van het grove toeslagmateriaal beschadigd, het oppervlak wordt mat. Nadeel van stralen is dat de uittreding van vrije kalk wordt bevorderd, en dat het, doordat een ruw oppervlak ontstaat, gevoelig is voor de aanhechting van vuil. Door met sjablonen te werken is het wel mogelijk strakke afscheidingen te maken tussen gestraalde en niet gestraalde oppervlakken. Doordat speciale voorzieningen nodig zijn, straalcabines, en doordat het restafval van grit en cementsteen vaak wordt aangemerkt als chemisch afval, is stralen bij diverse producenten minder favoriet.

4.2.5 Geprofileerd beton

Behalve door verwijdering van de cementshuid kunnen ook met geprofileerde betonelementen, eventueel in combinatie met kleur en/of een nabewerking, architectonisch aantrekkelijke elementen gefabriceerd worden. Profileringen kunnen op diverse wijzen aangebracht worden.

Veel gebruikte methodes zijn het aanbrengen van houten cannelures of ornamenten op de mal, of het gebruik van rubber profielmatten. Deze matten worden in diverse profileringen door een aantal leveranciers standaard in de handel gebracht. Bij voldoende seriegrootte is het soms ook lonend een rubber profielmat naar wens te laten maken.

Bij gebruik van rubbermatten moeten de ontwerper en de producent er rekening mee houden dat er soms aanzienlijke maattoleranties in de matten kunnen zitten. Vooral bij aansluitingen van matten of verschillende elementen kan dit zich gaan aftekenen. Het aanbrengen van profileringen in een mal is arbeidsintensief en precies werk. Vooral wanneer de betreffende mal gebruikt wordt voor meerdere vormtypes, kan dit sterk kostenverhogend werken.

Bij profileringen, in welke vorm dan ook, moet er rekening mee gehouden worden dat deze voldoende lossend worden uitgevoerd in verband met het ontkisten van het element. Door het aanbrengen van profilering ontstaat een schaduwwerking over het oppervlak. Eventuele kleurverschillen, of 'wolken' worden hierdoor minder zichtbaar. Vooral bij niet nabewerkte oppervlakken is dit een voordeel. Door het aanbrengen van profileringen is het eenvoudig mogelijk teksten of bedrijfslogo's in het beton aan te brengen.



Foto 4.007: Geprofileerde en gekleurde betonelementen

4.2.6 Glad onbewerkt beton

Bij glad onbewerkt beton wordt het uiterlijk bepaald door de eventueel gekleurde cementsteen en de fijne zandkorrels. Glad egaal gekleurd beton is van alle soorten sierbeton het meest moeilijk te maken. Het vereist een grote nauwkeurigheid bij dosering en fabricage, en een perfecte mal.

Kleine onvolkomenheden in het oppervlak zijn inherent aan dit product.

Ze bestaan uit:

- kleine gelijkmatig verspreide luchtbellen;
- kleurverschillen ontstaan door plaatselijk verschil in hydratatie van cement door geringe verschillen in water-cementfactor, verdichting en porositeit / gladheid van de bekisting. Deze kleurverschillen worden zichtbaar als wolken op het oppervlak.

Bij glad beton is het aan te bevelen zand, indien mogelijk, toe te passen in een kleur vergelijkbaar met de cementsteen. Hierdoor blijft de kleur na inwerking van zure regen egaal, en ontstaan er geen vlekken door een contrasterende zandkleur.



Foto 4.008: Glad gekleurd beton in de woningbouw

Behalve door kleuren en/of nabewerken van betonoppervlakken, kunnen elementen ook verfraaid worden door het in- of opbrengen van andere materialen als tegels, baksteen of natuursteen. Elementen voorzien van baksteen zien er vaak niet anders uit dan gemetselde vlakken; de keuze voor dit soort elementen wordt vaak gemaakt uit logistieke of bouwtijdoverwegingen.

4.3 ELEMENTEN MET INGESTORTE TEGELS

4.3.1 Elementen voorzien van tegels

Bij elementen voorzien van tegels, al dan niet over het gehele oppervlak wordt het uiterlijk bepaald door de tegels. Deze tegels kunnen gebakken of keramisch zijn. Ze worden aan de malzijde van de elementen met behulp van een vacuümstelsel gefixeerd waarna het beton er overheen wordt gestort als bij een normaal element.

De malbodem bestaat uit vacuümkamers, afgedekt door een rubberlaag met uitsparingen onder de tegels. Ter plaatse van de voegen rusten de tegels op het rubber. Na het inleggen van de tegels, meestal met behulp van een stalen hulpraster, wordt het vacuüm op de mal gezet. Hierdoor worden de tegels in het rubber getrokken en ontstaat een terugliggende voeg. Door het vacuüm gedurende de verharding te handhaven blijven de tegels schoon.

Aandachtspunten bij de keuze van de tegels zijn de volgende:

- de aanhechting aan het beton moet voldoende zijn, zo mogelijk tegels met een hakend profiel aan de achterzijde. Indien onvoldoende hechting (1 N/mm^2) verkregen kan worden moeten aanvullende maatregelen worden genomen. Deze kunnen bestaan uit voorbevochtigen van de tegels of het voorbereiden met lijm;
- de maattoleranties in de tegels moeten minimaal zijn. De door tegelleveranciers opgegeven toleranties voldoen vaak niet. In tegenstelling tot normaal tegelzetsel is het nu niet mogelijk te middelen tijdens het plaatsen van de tegels. Doordat de tegels vaak iets taps in de dikte verlopen, en de achterzijde niet strak is, is vanaf de achterzijde niet in te schatten hoe het resultaat aan de zichtzijde zal zijn. Als regel geldt dat de tegels met circa 1 mm ruimte over in de rastermal moeten passen. Tijdens het inleggen worden ze dan allemaal op gelijke wijze tegen het raster aangeschoven;
- de tegels moeten voldoende sterk zijn om de belasting als gevolg van het vacuüm en het betonstorten te kunnen weerstaan. Bij groot formaat tegels kan dit problematisch zijn;
- de zijkant van tegels is vaak niet geglazuurd; hiermee moet rekening worden gehouden ten aanzien van de ligging van de voegen;
- bij de tegels met afgeronde, onregelmatige, overgangen tussen voor- en zijkant is het moeilijk, en soms onmogelijk, een strakke voeg te maken.

Bij het ontwerpen van elementen met tegels moet men rekening houden met het volgende:

- zoveel mogelijk uitgaan van hele tegels; snijwerk werkt kostenverhogend en is kwalitatief minder door ontbreken van glazuur op de zijkant van de tegel;
- bij kleinere voegen (< 10 mm) gaan afwijkingen in de tegels meer spreken;
- in verband met het vullen van de voegen moeten de voegbreedtes minimaal 7 mm zijn;
- aan de elementranden moet een passe-partout gehouden worden van minimaal 25 mm;
- om een gelijkmatig beeld te ervaren is het raadzaam de horizontale voegen iets groter te maken dan de verticale;
- ombouwen van mallen is bij vacuümmallen veel arbeidsintensiever en tijdrovender dan bij normale betonmallen. Voeg en elementmaten dienen dan ook zo constant mogelijk gehouden te worden;
- doordat het oppervlak aan de tegelzijde zijn vocht niet kan afstaan, zal dit vlak minder krimpen dan de vulzijde. Hierdoor gaan de elementen bol staan. Voor deze bolling kan als vuistregel 1 mm/m² worden aangehouden, mede in verband met deze bolling wordt geadviseerd geen grotere elementen uit één stuk te maken dan circa 4,0 x 3,6 m².



Foto 4.009: Elementen met tegels

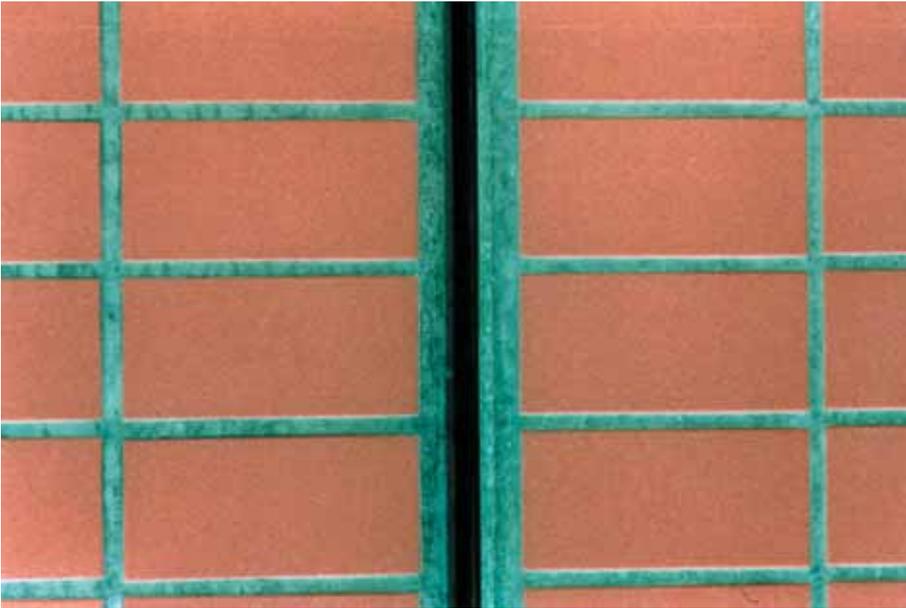


Foto 4.010: Detail van elementen met tegels

De geschiktheid van de tegel moet vooraf getest worden, in verband met de sterkte, en in verband met het verschijnsel dat sommige tegels verkleuren door de invloed van het vacuümzuigen, mogelijk door vochtonttrekking. Bij betegelde oppervlakken is het geveoppervlak glad, dicht en zonder veel reliëf. Er zal dus niet veel vuil aanhechten.

4.3.2 Elementen voorzien van natuursteen

Bij de keuze van een natuursteensoort moet vooral gekeken worden naar het wel of niet verweren van het natuursteen in de buitenlucht. Over het algemeen kan gesteld worden dat kalkhoudende gesteenten ten gevolge van het buitenklimaat verweren en siliciumhoudende gesteenten niet.

Kalkhoudende : kalksteen, marmers
Siliciumhoudende : graniet en andere stollingsgesteenten.

Enkele kalksteen- en marmersoorten kunnen toch als gevelbekleding toegepast worden. Geaccepteerd moet dan worden dat bij deze soorten de polijstglans in de buitenlucht niet houdbaar is en de kleur op den duur lichter wordt.

De meeste projecten van de laatste jaren zijn uitgevoerd met graniet of ander stollingsgesteente. Deze natuursteensoorten bieden een goede bestendigheid tegen een agressief milieu. Aanbevolen wordt om het natuursteen voor een gevelproject te betrekken van een groeve, in verband met de gewenste uniformiteit van een partij natuursteen. Voorts dient gecontroleerd te worden op uniformiteit, omdat ook binnen een groeve grote verschillen kunnen optreden.

Natuursteen heeft een beperkte buigtreksterkte en is, onder meer als gevolg van de winningsmethode, relatief duur. Afhankelijk van de plaatafmeting van het natuursteen, de soort natuursteen en de windbelasting kan in principe gerekend worden met een dikte van 30 à 40 mm. De ideale afmeting ligt tussen de 0,80 m² en 1,25 m².

Het combineren van natuursteen en prefab beton heeft de volgende voordelen:

- het natuursteen wordt op regelmatige afstanden aan het beton bevestigd, zodat de plaatdikte van het natuursteen geoptimaliseerd kan worden;
- een grote bouwsnelheid is mogelijk zonder aparte steigers voor het natuursteen toe te passen.

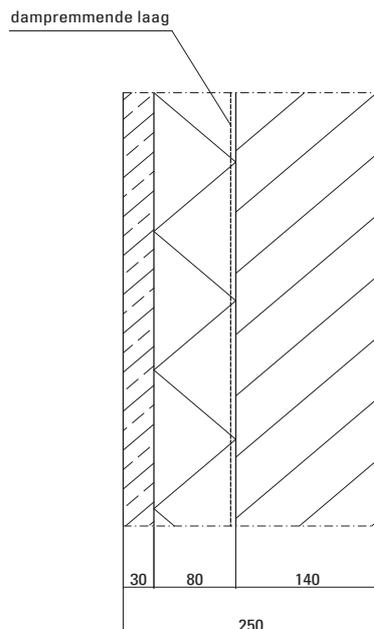
Elementopbouw

Elementen kunnen als volgt opgebouwd worden

1. steen – isolatie – beton
2. steen – luchtspouw – isolatie – beton
3. steen – beton – isolatie – luchtspouw – lichte binnenwand
4. steen – beton – luchtspouw – isolatie – beton

Opbouw 1 'Steen-isolatie-beton'

- Productie** : Eenvoudige werkwijze. Natuursteenplaten worden van ankers voorzien en ondersteboven in de bekisting gelegd. Zowel voegankers als rugankers zijn mogelijk. De binnenzijde van de wand is de afgewerkte stortzijde.
- Isolatie** : Een harde vormvaste isolatie is noodzakelijk. Aan de steenzijde is de isolatie voorzien van een groevenpatroon teneinde een zekere beluchting van het natuursteen mogelijk te maken.
- Beton** : Afhankelijk van het binnenklimaat en de betondikte kan een dampremmende laag gewenst zijn tussen de isolatie en het betonnen binnenblad.
- Voegen** : De water- en luchtdichte afdichting plaatsen in de voegen van het betonnen binnenblad. Hieraan behoeven qua vervormingscapaciteit minder hoge eisen gesteld te worden dan aan de voegafdichting van het buitenblad, omdat temperatuur- en vochtwisselingen meestal kleiner zijn. De voegen tussen het natuursteen afdichten met bijvoorbeeld kit om te veel vocht in de isolatie te vermijden.
- Toepassing** : Elementen die deel uitmaken van de draagconstructie en niet-dragende gevelvullende elementen.



Figuur 4.011: Opbouw 1: natuursteen - isolatie - beton

Opbouw 2 'Steen-luchtspouw-isolatie-beton'

Productie : Drie mogelijke productiewijzen:

- natuursteenplaten met ankers ondersteboven in de kist. Een spouwvormend materiaal ('eierrekje') aanbrengen;
- natuursteenplaten voorzien van ankers, bevestigen aan een hulframe. Het binnenspouwblad storten met de kantoorzijde als bekiste kant, isolatie aanbrengen en uitsparingen aanbrengen ter plaatse van de ankers van de natuursteenplaten. Het hulframe met de natuursteenplaten boven het binnenspouwblad brengen en de ankers in het nog verse beton laten zakken en eventueel naverdichten (traditioneel beton);
- natuursteen aanbrengen op reeds verhard en van isolatie voorzien binnenspouwblad door middel van rug- en/of voegankers.

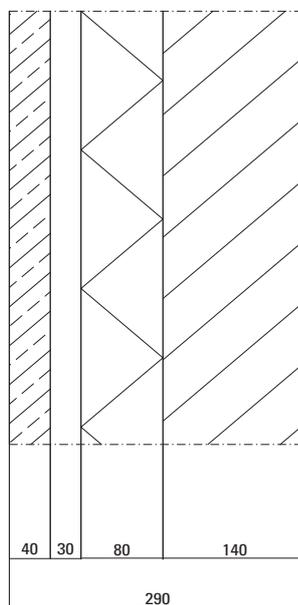
Isolatie : De meeste gangbare materialen kunnen worden gebruikt, uitsluitend eisen te stellen aan de luchtvochtigheid.

Beton : Geen speciale eisen, dampremmende lagen zijn niet noodzakelijk omdat de spouw voor voldoende ventilatie kan zorgen.

Voegen : De voegen tussen de buitenbladen kunnen open blijven, water in de spouw per verdieping afvoeren. Water- en winddichting aanbrengen op het spouwblad.

Toepassing : Deze opbouw is geschikt daar waar de binnenwand een onderdeel vormt van de draagconstructie en bij niet-dragende, gevelvullende elementen. Het buitenblad wordt na de ruwbouwfase afzonderlijk gemonteerd. De elementindelingen van binnen- en buitenbladen kunnen verschillend zijn bijvoorbeeld:

- binnenblad: wand met sparingen;
- buitenblad: borstwering.



Figuur 4.012: Opbouw 2: natuursteen - luchtspouw - isolatie - beton

Opbouw 3 'Steen-beton-isolatie-lucht-lichte binnenwand'

Deze opbouw wordt in Amerika en Engeland momenteel veel toegepast.

Productie : Natuursteenplaten worden vooraf voorzien van ca. 12 stuk/m² onder een hoek van 60° ingelijmde rechte ankers (RVS) en worden ondersteboven in de bekisting gelegd. De rugzijde wordt voorzien van een kunststof scheidingslaag (spray of folie) om de aanhechting van steen met beton te voorkomen.

Het beton wordt op de steen gestort en van isolatie voorzien.

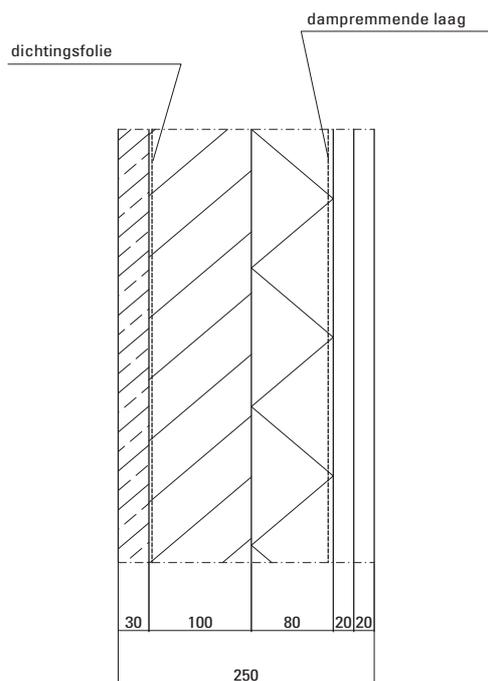
Het gehele binnenoppervlak wordt voorzien van alu-folie als dampremmende laag. De lichte binnenwand wordt op de bouwplaats op een licht metalen frame aangebracht.

Isolatie : Zie opbouw 2.

Beton : Het beton bevindt zich nu in het buitenklimaat. De verbinding met de draagconstructie moet voldoende thermische vervorming kunnen toestaan.

Voegen : Het prefab element is onderworpen aan het buitenklimaat. Een blijvend elastische voegafdichting is noodzakelijk. Een dubbele kering met vochtafvoer van de ruimte tussen de beide keringen is aan te bevelen.

Toepassing : Uitsluitend geschikt als niet-dragende gevelvullende elementen.



Figuur 4.013: Opbouw 3: natuursteen - beton - isolatie - luchtsouw - lichte binnenwand

Opbouw 4 'Steen-beton-lucht-isolatie-beton'

Productie : Het binnenblad en het buitenblad worden als twee afzonderlijke prefab elementen geproduceerd, naar de bouwplaats vervoerd, en gemonteerd.

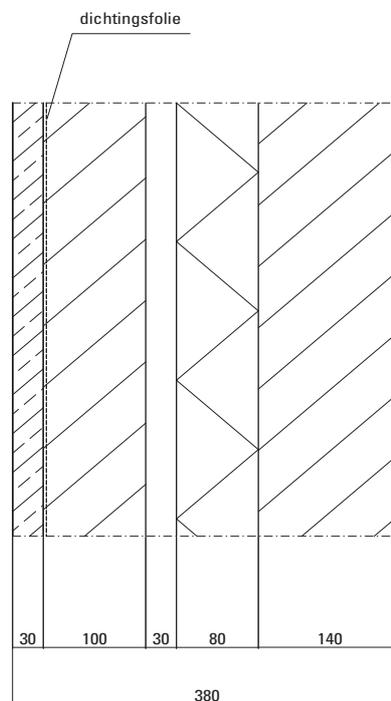
Isolatie : Zie opbouw 2.

Beton : Buitenspouwblad, zie opbouw 3.

Voegen : De voegen tussen de buitenbladen kunnen open blijven, zie opbouw 2.

Toepassing : Deze opbouw is bij uitstek geschikt daar waar de binnenwand een onderdeel vormt van de draagconstructie. Het buitenblad wordt na ruwbouwfase afzonderlijk gemonteerd. De elementindelingen van binnen- en buitenbladen kunnen verschillend zijn bijvoorbeeld:

- binnenblad: wand met sparingen;
- buitenblad: borstwering.



Figuur 4.014: Opbouw 4: natuursteen - beton - luchtspouw - isolatie - beton (in situ of prefab)

4.3.3 Elementen voorzien van baksteen

Baksteen is een materiaal dat veel gebruikt wordt als gevelbekleding. Het materiaal is zeer weerbestendig en bij juiste detaillering van de gevel ongevoelig voor hinderlijke vervuiling. Een prefab gevelelement voorzien van baksteen heeft een aantal voordelen ten opzichte van een baksteengevel die in het werk gemetseld wordt, te weten:

- de uitvoering is minder afhankelijk van de weersomstandigheden;
- steigers zijn niet benodigd;
- de bouwtijd zal korter zijn.

In principe zijn zowel enkelvoudige als sandwichelementen te vervaardigen met een toplaag van bakstenen.

De enkelvoudige elementen zullen meestal opgebouwd zijn uit steenstrips bevestigd aan een betonlaag. De betonlaag is het constructieve element van de gevel. De bevestiging van de gevelelementen geschiedt op een gelijke wijze als de normale enkelvoudige elementen. De sandwichelementen kunnen zowel met steenstrips al met gehele bakstenen vervaardigd worden. De methode met strips is in hoofdlijnen gelijk aan de productiewijze met keramische tegels (zie 4.3.1). In het geval er volledige bakstenen toegepast worden, bestaat de opbouw achtereenvolgens uit een bakstenen buitenblad, een luchtspouw, isolatie en een betonnen binnenblad.

4.4 KLEURVASTHEID

4.4.1 Toeslagmaterialen

Binnen Nederland kennen we naast de standaard toeslagmaterialen (riviergrind, zeegrind en zand), ook diverse andere toeslagmaterialen, meestal in gebroken vorm. Dit kunnen zowel natuurlijke als niet-natuurlijke toeslagmaterialen zijn.

Natuurlijke toeslagmaterialen

Binnen deze groep worden de volgende soorten gesteenten onderscheiden:

Stollingsgesteenten:

1. dieptegesteenten zoals graniet, dioriet en gabbro.
2. vulkanische gesteenten zoals basalt, andesiet en diabaas.
3. ganggesteenten zoals porfier.

Sedimentaire gesteenten:

1. onverharde sedimenten zoals, klei, zand en grind.
2. verharde sedimentaire gesteenten:
 - a. klastische gesteenten zoals zandsteen, grauwacke en adose.
 - b. niet-klastische gesteenten zoals kalksteen en dolomiet.

Metamorfe gesteenten zoals gneis, kwartsiet en marmer.

Niet-natuurlijke toeslagmaterialen

Binnen deze groep herkennen we de volgende soorten:

Kunstmatig vervaardigde toeslagmaterialen:

Deze materialen kunnen worden vervaardigd uit delfstoffen, zoals argex, liapor, lytag enz. Deze worden gebruikt voor het maken van lichtbeton.

Secundaire toeslagmaterialen:

Hier worden afvalmaterialen bedoeld zoals metselpuinggranulaat, betonpuin-granulaat e.d. Deze zijn niet geschikt voor sierbeton en zullen daarom niet behandeld worden.

Kenmerken

In principe kunnen materialen als graniet, porfier, basalt, harde kalksteen, argex en lytag naast het gewone zand en grind (evt. zeegrind en -zand) gebruikt worden voor zowel constructie- als sierbeton. Opgepast moet worden voor gebroken natuursteensoorten (kalksteen, zandsteen, kwartsiet) welke alkali-reactieve mineralen bevatten. Deze kunnen alkali-silicareactie bevorderend werken, zodat betonaantasting veroorzaakt wordt.

Bij het uitkiezen van toeslagmateriaal voor een sierbetonmengsel moet men rekening houden met een aantal kenmerken.

Een kubische vorm van het materiaal is aan te bevelen boven een materiaal met een groot gehalte aan langwerpige en/of platte stukken, omdat daarmee een betonmengsel is samen te stellen met goede eigenschappen, lage water-cementfactor, hoge druksterkte e.d.

Er zijn bepaalde materialen (bijv. lytag, lava) die enigszins poreus zijn, zodat zij meer water absorberen dan de hardere materialen. Daarnaast geven zachte materialen een ander uiterlijk bij een nabehandeling (stralen, zuren e.d.) van het beton dan hardere materialen en vragen daarom soms ook een andere behandeling.

Het is aan te bevelen gewassen gebroken materialen als grof toeslagmateriaal te gebruiken om de hoeveelheid breekstof in het betonmengsel te minimaliseren. Breekstof kan namelijk direct invloed hebben op de kleur van het sierbeton, zodat de hoeveelheid daarvan in de hand gehouden moet worden. Binnen dezelfde groeve kan de kleur van het materiaal regelmatig aan verandering onderhevig zijn. Het is daarom aan te bevelen om voor een bepaald werk de hoeveelheid benodigd materiaal in een keer aan te leveren.

4.4.2 Betonsamenstelling

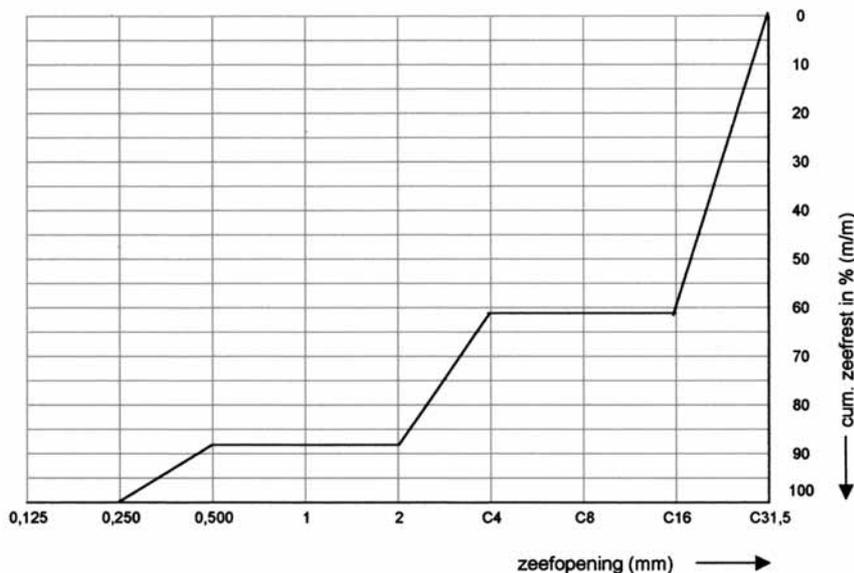
In grote lijnen zal sierbeton qua samenstelling aan dezelfde eisen moeten voldoen als constructief beton. Echter een extra aandachtspunt komt aan de orde, namelijk het uiterlijk.

Discontinue opbouw

Bij een discontinue opbouw wordt een verdeling en stapeling van toeslagmateriaal nagestreefd waarbij de ruimtes tussen de korrels van een zekere diameter gevuld worden door korrels met een geringere diameter.

De ruimtes tussen deze kleinere diameter korrels worden weer opgevuld door nog kleinere korrels enz.

Het blijkt dat bij ronde korrels de diameters van de opeenvolgende korrels telkens ongeveer 1/7 van de vorige diameter bedragen. In onderstaande grafiek is een zogenoemd 'drietrapp'-mengsel getekend, bestaande uit 65% grind (15-30 mm), 25% grof zand (2-3 mm) en 12% fijn zand (0,3-0,4 mm). Bij een discontinu mengsel is het gevaar aanwezig dat ten gevolge van afwijkingen in de opvolgende gradaties ernstige verstoringen optreden in de verdichting, waardoor bijvoorbeeld druksterkten kunnen teruglopen.



grafiek van mengsel met discontinue korrelverdeling

Continue opbouw

Bij een continue opbouw komen sprongen in de korrelopbouw niet voor. Een theoretische benadering van de korrelopbouw is niet goed mogelijk.

Door analyse van veel proefmengsels zijn diverse methoden ontwikkeld om een juiste korrelopbouw te bepalen. Een van de meest gehanteerde methoden staat bekend als de methode Fuller.

Door Fuller zijn zogenoemde ideale krommen ontwikkeld welke bij het bepalen van een goed betonmengsel zoveel mogelijk benaderd dienen te worden.

Mengsel met grof toeslagmateriaal

Vooraf voor sierbeton hebben mengsels met een grovere toeslag een aantal goede eigenschappen. Doordat de grovere toeslag relatief zwaar is zullen tijdens het verdichten (trillen) van het mengsel in de mal deze grotere en dus zwaardere korrels meer naar beneden zakken dan de lichtere. Dit komt bij het gereede product tot uitdrukking als een egale structuur. Doordat het totale korreloppervlak minimaal is, zal minder water in het mengsel nodig zijn. Een nadeel is echter een minder goede verwerkbaarheid, waardoor eventueel plastificeerders nodig zullen zijn.

Mengsel met fijn toeslagmateriaal

Bij fijner materiaal zal meer water in het mengsel nodig zijn in verband met het grote totale korreloppervlak. Aangezien het mengsel 'vetter' is, is de kans op luchtbellen groter omdat deze minder makkelijk kunnen ontsnappen. Doordat er minder verschil zal zijn in de onderlinge gewichten van de korrels zullen deze tijdens verdichting (trillen) meer blijven zweven.

Het gevolg daarvan is dat het aanzien van het betonoppervlak minder egaal zal zijn, omdat alle korrelgradaties meer zichtbaar zullen zijn. Esthetisch zal dit vaak minder fraai ogen.

Verschillende kleuren toeslagmateriaal

Om een bepaalde kleurstelling te verkrijgen kan het nodig zijn om toeslagmateriaal met verschillende kleuren in een mengsel te verwerken. Gewezen moet echter worden op het extra risico dat aanwezig is ten aanzien van met name de beleving van de kleur van het gereede product. Tijdens de diverse stadia, welke het product doorloopt voordat dit uiteindelijk gereed is, zullen fluctuaties optreden welke elkaar de ene keer compenseren doch een volgende maal juist versterken. Uitgaande van bijvoorbeeld een mengsel van zwart basalt en wit marmer zullen tijdens het "trillen" de zwaardere basaltsteentjes meer naar de bodem zakken dan de lichtere witte marmersteentjes. Ook verschillen in porositeit tussen de materialen onderling kunnen aanleiding zijn voor kleurverschillen.

Voor een groot glad betonoppervlak is een homogeniteit van kleur moeilijk zo niet onmogelijk te realiseren. Het oogt al gauw vlekkelig. Men kan dit onder andere verhelpen door het oppervlak te bewerken (stralen, zuren, structuurmatten e.d.) of door met kleine elementen te werken. Dit is bij kleine elementen met een glad oppervlak geen bezwaar, omdat door stapeling een structuur ontstaat waarin kleurverschillen niet hinderlijk zijn. Ook de kleur van cement en het fijne toeslagmateriaal zijn bepalend voor de kleur. Door erosie en afslijting van de cementschil in de loop der jaren komen de toeslagmaterialen meer aan het oppervlak en gaan daardoor het kleureffect mede bepalen. Daarom is het verstandig om het toeslagmateriaal in de kleur van het betonoppervlak te nemen. In verband met mogelijke (witte) kalkuitslag hebben de lichte kleuren de voorkeur. Tevens zal door bewerking van het oppervlak (stralen, polijsten, wassen en dergelijke) en door het toepassen van een coating de uitslag verdoezeld worden.

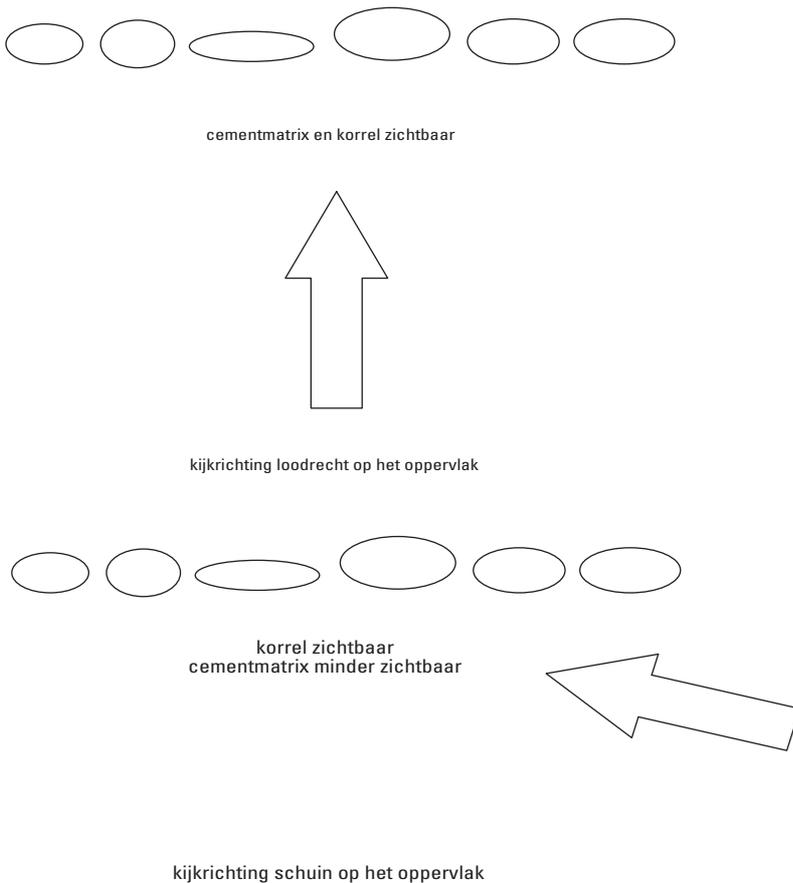
Het wordt aanbevolen om in het begin van de opdracht, voordat de productie start, proefplaatjes te maken om zo de gewenste kleur en kleurvariëteit vast te stellen.

Matrix

Om een oppervlak met een zo egaal mogelijke kleur te krijgen zullen zowel cement als toeslagmateriaal een en dezelfde kleur moeten hebben.

In de praktijk is dit vaak niet haalbaar en dient men rekening te houden met het kleurverschil tussen de grotere korrels en de cementsteen. Deze laatste bepaalt de kleur tussen de korrels en zal vaak een belangrijke factor voor de totale kleur van het element zijn. Naarmate het verschil tussen deze matrix en de grote korrels groter wordt zal de beïnvloeding van deze korrels door de matrix groter worden. Bij gestraalde en gewassen oppervlakken is in dat geval ook de invalshoek van de beschouwer een belangrijk aspect. Indien het oppervlak namelijk recht van voren wordt bekeken zal de kleur worden bepaald door de grotere korrels en matrix.

Naarmate echter het oppervlak meer onder een hoek wordt bekeken zal steeds minder matrix te zien zijn en zal de grotere korrel de beleving van de kleur meer bepalen. Vooral bij gebouwen met een geknikte gevel dient men hierop bedacht te zijn. Hoe donkerder de grotere korrels des te sprekender zal dit 'verschijnsel' zijn, terwijl dat bijvoorbeeld bij een witte korrel en een wit cement geen rol zal spelen.



Figuur 4.015: Zichthoek beschouwer bepaalt mede de kleur

Cement

Door de keuze van de cementsoort wordt de kleurrichting direct bepaald. Er zijn drie kleuren cement gangbaar voor gebruik in sierbeton:

- grijs, hoogoven- of portlandcement;
- wit, portlandcement;
- roodbruin, terrament = portlandlesteencement.

Behalve voor de kleur is de cementkeuze ook bepalend voor:

- beginsterkte;
- milieuklasse;
- duurzaamheid.

Indien pigmenten toegevoegd worden aan het beton zijn met de diverse cementen vele kleurschakeringen mogelijk.

- grijs cement: donkere kleuren, niet helder;
- wit cement: nagenoeg alle kleuren;
- roodbruin cement: aardkleuren.

Bij grijze en roodbruine cementen is kalkuittreding direct duidelijk zichtbaar; daarnaast is het met deze cementen moeilijk een egaal gekleurd oppervlak te maken. Met wit cement is dit beter mogelijk, en zal ook de kalkuittreding minder opvallen. Wit cement is circa 50% duurder dan grijs cement.

Pigmenten

Pigmenten, of kleurstoffen, zijn zeer fijn gemalen poeders. Ze zijn kleurecht, en bestand tegen het alkalisch betonmilieu. Hoe fijner gemalen, hoe meer kleurend vermogen. De meest geschikte en gebruikte pigmenten zijn metaal-oxyden. We noemen dit anorganische kleurstoffen.

Organische kleurstoffen zoals soms nog wel gebruikt, worden niet zo goed in de cementmatrix opgenomen als hun anorganische tegenhangers. De elementen blijven de betreffende kleur afgeven, en verbleking onder invloed van zonlicht is niet uitgesloten.

De volgende eisen moeten aan pigmenten worden gesteld:

- bestand tegen alkalisch milieu;
- onoplosbaar in water;
- onverbreekelijk verbonden met cement/ hydraten;
- licht en kleureffect;
- weersbestendig.

Dosering en verwerking

De dosering gaat altijd in verhouding tot het cementgewicht, meestal tussen de 1 en 5%. Boven de 5% is de extra werking minimaal, maar kan wel de druksterkte teruglopen. Onder de 1% is de werking minimaal, en kunnen vlekken ontstaan door ongelijke verdeling van het pigment.

Op een kleinere hoeveelheid tellen afwijkingen sterker door.

Geadviseerd wordt een dosering tussen 3 en 5%.

Het mengen van pigmenten is goed mogelijk en kan vaak, op bestelling, ook al door de leverancier worden gedaan.

Pigmenten zijn als poeder, slurry en als granulaat verkrijgbaar. Poedervormig pigment wordt veelal handmatig afgewogen en toegevoegd. Slurryvormig pigment wordt met behulp van een doseerpompje toegevoegd.

Nadeel van het poedervormig pigment is dat snel geknoeid wordt, en materiaal verloren gaat doordat het zo fijn is. Als alternatief op het poedervormig pigment wordt tegenwoordig pigment in granulaatvorm geleverd;

dit zijn eenvoudig oplosbare korreltjes die eenvoudiger dan poedervormige kunnen worden gedoseerd.

Pigmenten laten zich eenvoudig en goed doormengen.

Belangrijk voor het krijgen van een gelijkmatige kleur is het nauwkeurig doseren, en het zo constant mogelijk houden van de water-cementfactor.

Een hogere w.c.f. leidt tot een lichtere kleur.

4.4.3 Gevelbeschermingsmiddelen

Prefab beton is goed bestand tegen atmosferische invloeden. Toch kan overwogen worden om een gevelbeschermingsmiddel toe te passen en wel om de volgende doelen te bereiken.

Verminderde vervuiling en uittredende stoffen

- Overwogen kan worden een gevelbehandeling toe te passen om de gevelvervuiling te verminderen. Door het geveloppervlak gladder te maken zal de vervuiling minder aanhechten en door regen meer afspoelen.
- Eventuele agressieve stoffen uit de lucht kunnen reageren met het beton, zodat stoffen uittreden. Deze kunnen schadelijk zijn voor bepaalde geveldelen, zoals glas, aluminium, rubbers en dergelijke welke hierdoor aangetast zullen worden.

Bescherming tegen graffiti

Verfraaiing van het beton. Een gevel kan door een coating verfraaid worden door meer kleur of glans te geven.

Hieronder wordt per doel ingegaan op het te hanteren beschermingssysteem.

Vermindering van vervuiling en uittredende stoffen

Als regel worden hiervoor hydrofoberende middelen ingezet, oftewel impregneermiddelen. De poriën van het beton blijven wel open, zodat het overbodige water in het beton wel als waterdamp kan ontsnappen. Hydrofoberen (waterafstotend maken) van betonoppervlakken heeft tot gevolg dat de binnenwand van de poriën in dit beton waterafstotend wordt. Door de zeer hoge grensvlakspanning van de hydrofoberende stof ten opzichte van water strekt het hydrofoberend effect zich uit over de gehele doorsnede van de porie.

Impregneermiddelen, onder andere op basis van organische siliciumverbindingen, voldoen goed. Dit zijn niet-filmvormende producten en over het algemeen, afhankelijk van de soort verdunning, niet zichtbaar.

Over het algemeen komen hiervoor in aanmerking:

Silanen:

Dit zijn enkelvoudige moleculen, zogenoemde monomeren.

Deze dringen door tot in de kleinste poriën. Dit niet alleen omdat hun moleculen zo klein zijn, maar meer omdat ze door hun hydrofiele en hydrofobe uiteinden penetrerend werken. Silanen zijn oplosbaar in water (vaak 20 tot 40% oplossing). De werking van het product kan wat weersgevoelig zijn.

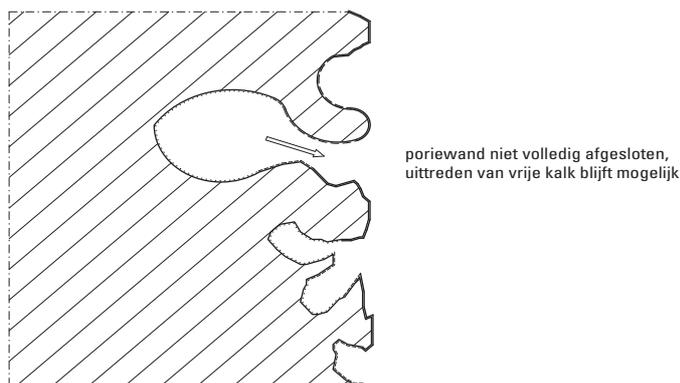
Oligomeren siloxanen:

Hier zijn 3 à 5 silaanmoleculen onderling verbonden. Oligomeren siloxanen zijn veelal in koolwaterstoffen, alcoholen en water oplosbaar (vaak 5 tot 10% oplossing). Ook oligomeren siloxanen zijn voor het fijne betonproduct geschikt.

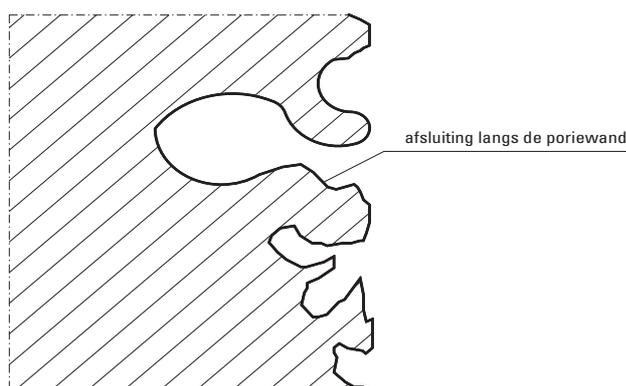
Kieselzuuresters:

Dit zijn producten welke niet met kalk reageren maar die eenmaal de poriën binnengedrongen, een vaste stof vormen en de poriën gedeeltelijk opvullen. De voordelen ten opzichte van voorgaande systemen zijn dat het in het beton aanwezige vocht met kieselzuuresters reageert.

Het middel impregneert gemakkelijk vanwege haar viscositeit. Ervaringen met kieselzuuresters in combinatie met beton zijn nog gering. Kieselzuuresters worden over het algemeen verdund met ethanol of ketonen. In opkomst zijn momenteel ook de ethylkieselzuuresters.



Schema betonoppervlak bij hydrofoberen



Schema betonoppervlak bij gedeeltelijk impregneren/afdichten

Figuur 4.016: Principe van impregneren met een hydrofobeermiddel

De levensduur van deze producten bedraagt 10 à 15 jaar.

Bij impregneren worden 10-jarige garanties verstrekt op de werking van het product. Dit zijn afbouwende garanties met bijvoorbeeld de eerste 4 jaar 100% vergoeding van de herstelkosten en vervolgens het 5de jaar 80%, 6de jaar 60% etc.

Bescherming tegen graffiti

Om de ondergrond meer bescherming te bieden en om graffiti snel en gemakkelijk te kunnen verwijderen is het aanbrengen van een anti-graffiti coating de aangewezen weg. Er zijn twee systemen welke veelvoudig worden toegepast:

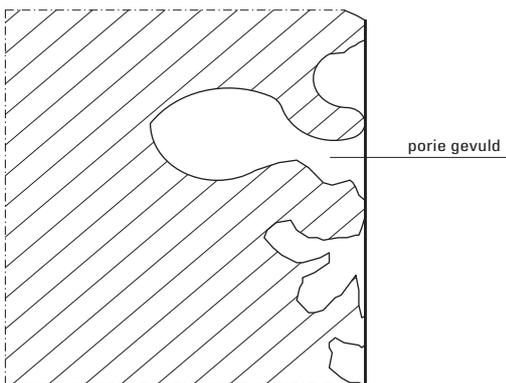
- een zelfopofferende coating;
- een permanente coating.

Zelfopofferende coating

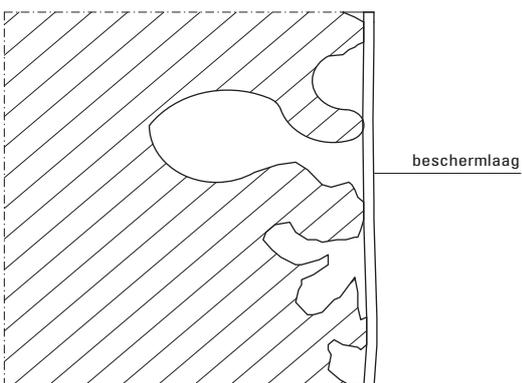
Een zelfopofferende coating kan transparant of in kleur worden toegepast en verdwijnt tegelijk met de te verwijderen graffiti van de gevel. De coating offert zich letterlijk op. Na elke verwijdering van graffiti dient men de coating weer opnieuw aan te brengen. Aan deze coating dient men de volgende eisen te stellen.

- Bij het op de fabriek aanbrengen, dient men erop toe te zien dat de coating bestand is tegen de hoge alkaliteit van het jonge beton en goed dampdoorlatend is. Indien de coating niet bestand is tegen de hoge alkaliteit van het jonge beton zal deze worden aangetast en gaan verpoederen. Dat zal het betonoppervlak een minder fraai aanzien geven. Bij onvoldoende dampdoorlatendheid zal door de (damp)druk de coating er op termijn afgedrukt worden.
- De coating dient U.V. bestand te zijn. Dat is heel belangrijk voor deze opofferende systemen, omdat door U.V.-straling de coating kan vergelen of verbleken. Na plaatselijk verwijderen van de graffiti dient de nieuwe coating geen grote kleurverschillen met de bestaande omringende coating te geven.

Tegenwoordig is er ook een aantal gebruikers- en milieuvriendelijke systemen, op basis van koolhydraten of wassen. De andere zijn over het algemeen op basis van acrylaten. De gebruikers- en milieuvriendelijke systemen kunnen door middel van water van 60 °C en met een bepaalde druk worden verwijderd.



Schema betonoppervlak bij volledig afdichten (verzegelen)



Schema betonoppervlak afgedekt met beschermlaag

Figuur 4.017: Principe van afdichting met beschermlaag

De levensduur van deze producten bedraagt ongeveer 5 jaar. Bij opofferende systemen worden garanties verstrekt van 3 jaar op de werking van het product. Dit zijn afbouwende garanties.

Permanente coating

Bij permanente systemen kan men kiezen uit transparante- en gekleurde coatings. Deze systemen bestaan uit meerdere lagen en zijn hierdoor relatief duur. Er zijn maar weinig coatings die op de fabriek kunnen worden aangebracht, doordat deze coatings over het algemeen slecht alkalibestand zijn. Ook zijn deze coatings over het algemeen slecht of niet dampdoorlatend. Meestal wordt dit systeem op de bouwplaats aangebracht. Deze coatings moeten door deskundig personeel verwerkt worden. Gelet moet worden op de volgende zaken:

- het vochtgehalte bij applicatie op het beton;
- het gebouw dient gereinigd te zijn. Alle verontreinigingen zullen anders versterkt zichtbaar zijn;
- primeren zal vereist zijn om onregelmatige zuiging te voorkomen.

4.5 GEVELINDELINGEN

Er zijn diverse mogelijkheden om gevels van gebouwen in prefab beton te realiseren. Bepalend voor de gevelindeling is veelal de plaats van gevelopeningen.

We onderscheiden in principe drie soorten gevels:

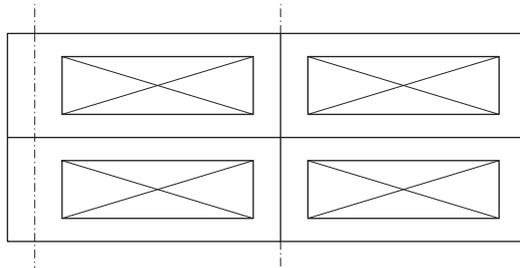
- gesloten gevel;
- horizontale strokengevel;
- verticale strokengevel.

4.5.1 Gesloten gevel

Elementen in een gesloten gevel zijn verdiepingshoog en 1 of 2 stramien lang, (4 tot 8 m). In verband met transport bedraagt de elementhoogte maximaal circa 4 m.

Een variant hierop is de elementen verticaal over twee verdiepingen te laten doorlopen; in dit geval is de maximale breedte in verband met transport circa 4 m, en moet het element op het werk voor montage gekanteld worden. Deze oplossing kan worden gekozen als achter de gevel een vide of patio ligt waardoor de te sluiten gevel twee verdiepingen hoog is.

De elementen kunnen zowel enkelschalig als in sandwich worden uitgevoerd. Indien gekozen wordt voor sandwichelementen, dan kan het binnenblad deel uitmaken van de hoofddragconstructie.



Figuur 4.018: Gesloten gevel met horizontale elementen



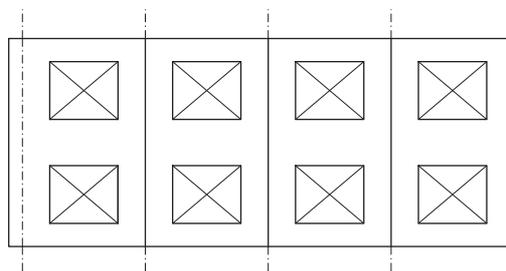
Foto 4.019: Gevel van een kantoorgebouw opgebouwd uit verdiepingshoge en stramienbrede sandwichelementen. Door de maten van de ramen is er sprake van een horizontale structuur.



Foto 4.020: Gevelfragment waarin door een meer vierkante vorm van de ramen een gevel met een meer gesloten karakter ontstaat

Een gesloten gevel heeft een aantal voordelen boven een horizontale of verticale strokengevel:

- er zijn relatief minder montagehandelingen en montagemiddelen nodig;
- stelkozijnen of eventueel complete kozijnen kunnen tijdens de productie al ingestort worden, waardoor rondom een goede aansluiting op het element te realiseren is, en de gevel sneller wind- en waterdicht te maken is.



Figuur 4.021: Gesloten gevel met verticale elementen



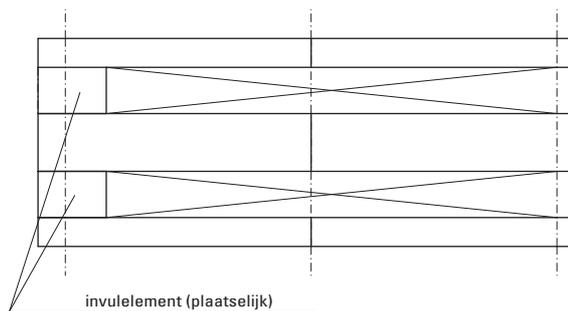
Foto 4.022: De gevelelementen zijn verticaal in de gevel geplaatst. De voegen markeren de verticaliteit alhoewel de vorm van de ramen een horizontale structuur suggereert

4.5.2 Horizontale strokengevel

Dit geveltype wordt toegepast als een gebouw is voorzien van doorgaande raamstroken. De elementen hangen voor de verdiepingsvloer, en kunnen zowel enkelschalig als in sandwich worden uitgevoerd. De draagconstructie wordt gevormd door kolommen.

Indien het noodzakelijk is de gevel plaatselijk 'dicht' uit te voeren, dan kunnen losse elementen geplaatst worden tussen de doorgaande stroken. Hierdoor ontstaan wel extra voegen, zodat geadviseerd wordt te kiezen voor een gesloten gevel als veel van deze vulelementen noodzakelijk zijn.

Als gekozen wordt voor sandwichelementen, dan kan het binnenblad vloerdragend worden uitgevoerd.



Figuur 4.023: Horizontale strokengevel



Foto 4.024: Gevelelementen voorzien van metselwerk vormen de horizontale structuur in de open gevel. De verticale lijnen worden gevormd door bedekte constructieve kolommen



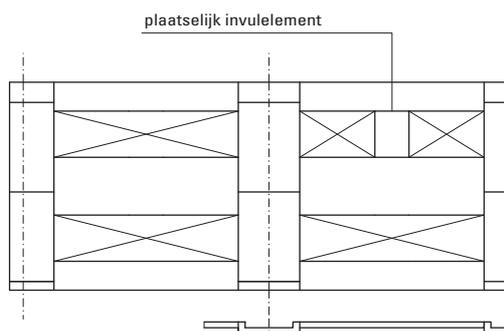
Foto 4.025: Gevel van een kantoorgebouw met een duidelijk gebruik van glas. De vleugels tonen evenwel duidelijk de horizontale banden gevormd door borstweringelementen

4.5.3 Verticale strokengevel

Bij deze indeling vormen de elementen ter plaatse van de stramien een verticale strook. De gevel kan ter plaatse van de vloeren opgevuld worden met horizontale elementen.

De elementen zijn zowel enkelschalig als in sandwich te maken, waarbij als gekozen wordt voor een sandwichelement het binnenblad dragend kan worden uitgevoerd.

Bij dit type gevel is het goed mogelijk de horizontale stroken ten opzichte van de verticale in of uit te laten springen.



Figuur 4.026: Mogelijkheid tot in- en uitspringend gevelvlak



Foto 4.027: Verticale strokengevel met uitgewassen sandwichelementen



Foto 4.028: Combinatie horizontale en verticale strokengevel in roodbruin en okerkleurig gezuurd beton

4.6 BEVESTIGINGSSYSTEMEN

De detaillering van prefab gevelelementen wordt voor een belangrijk deel bepaald door de bevestigingsmethode. Uitgangspunt hierbij is maximale stelmogelijkheid met een minimum aantal bevestigingspunten. Vaak zal dit leiden tot zo groot mogelijke, binnen de productie-, en transportmogelijkheden, elementen.

Bevestigingsmethoden moeten bij voorkeur zo gekozen worden dat zij voldoen aan de volgende voorwaarden:

- bevestigingspunten eenvoudig en veilig bereikbaar, en onzichtbaar na gereedkomen;
- stelmogelijkheid zowel horizontaal, evenwijdig en haaks op de gevel, als verticaal;
- eenvoudige montagehandelingen.

Er zijn diverse methodes en combinaties mogelijk om een verantwoorde verbinding te realiseren. Elementen kunnen hangend of gestapeld worden uitgevoerd. Wij onderscheiden:

- natte verbindingen;
- geboute verbindingen;
- gelaste verbindingen.

Natte verbindingen

Hierbij wordt een wapeningsstek, of stekken, in een uitsparing geplaatst, welke na afstellen wordt aangegoten of geïnjecteerd met krimparme gietmortel.

Voordeel:

- optimale stelmogelijkheid;
- eenvoudige montagehandeling.

Nadeel:

- weersafhankelijk;
- niet nastelbaar.

Geboute verbindingen

Voordeel:

- goede stelmogelijkheid bij juiste detaillering bevestigingsmiddelen;
- eenvoudige montagebehandeling;
- veelal nastelbaar.

Nadeel:

- vaak lastig te detailleren;
- vrij kostbaar in verband met duurzaamheid, RVS of verzinkt met aanvullende conserveringsbehandeling;
- brandwerende behandeling in het werk aan te brengen.

Gelaste verbindingen

Voordeel:

- optimale stelmogelijkheid;
- niet weersafhankelijk.

Nadeel:

- uitsluitend uit te voeren door hiertoe gekwalificeerde lassers;
- niet nastelbaar;
- conservering/bescherming in het werk aan te brengen.

Bevestigingsprincipes

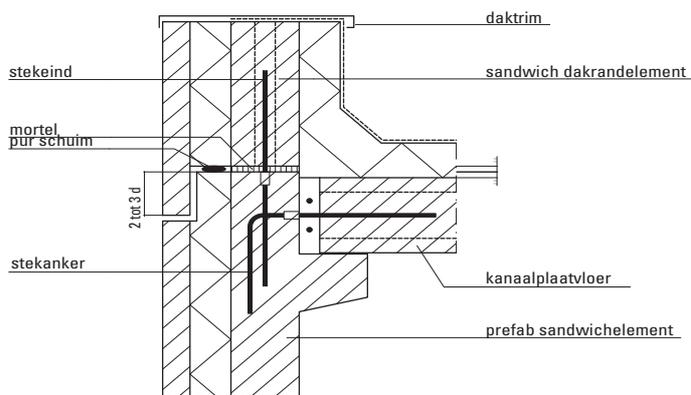
De keuze van het bevestigingsprincipe, hangend of gestapeld is afhankelijk van een groot aantal factoren. Te denken valt hierbij aan:

- aard van de achterliggende constructie;
- belasting per bevestigingspunt;
- wel of geen dragende functie;
- te verwachten bouwtoeranties en toeranties van de elementen;
- temperatuurwerking.

Daar waar grote toeranties verwacht worden, of extreme eisen aan de gevel worden gesteld is nastelbaarheid van de elementen gewenst. Tijdens de montage wordt in dit geval dusdanig 'gemiddeld' dat een acceptabel uiterlijk ontstaat. Bij vervaardiging in een gecertificeerde betonfabriek, en tijdige onderkenning van eventuele afwijkingen in de bouw is montage met een niet-nastelbaar systeem goed uit te voeren.

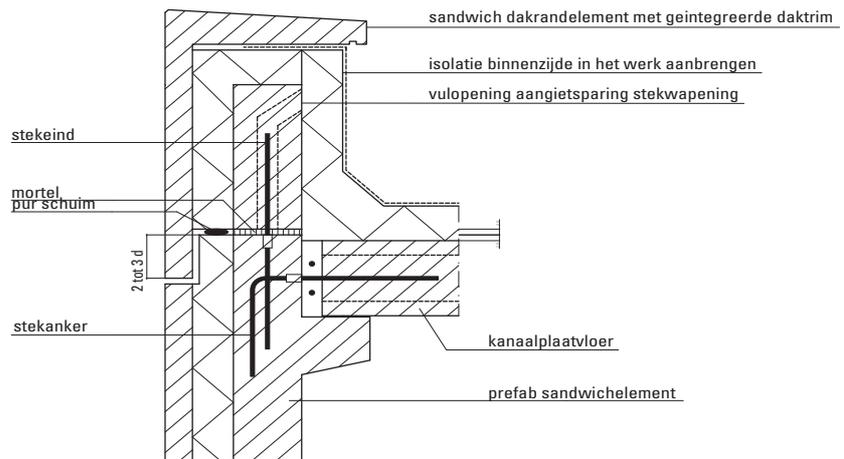
4.6.1 Gestapelde verbindingen

Hierbij valt te denken aan plaatselijke oplegging op consoles, veelal toegepast bij enkelschalige elementen, of oplegging over de elementlengte, vooral toegepast bij dragende sandwichelementen. Enkelschalige elementen worden ook wel over de elementlengte doorgestapeld, echter niet meer dan twee elementen op elkaar.



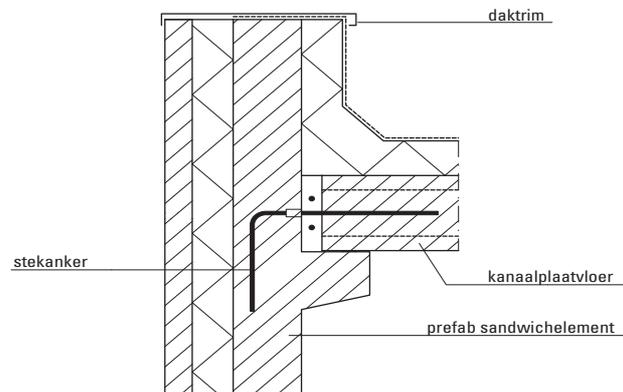
- Binnenblad steekt onder het buitenblad uit.
- Kwetsbaar bij transport en montage.
- Eenvoudige plaatsing hijsvoorzieningen, en montage.
- Eenvoudige bevestiging aan onderliggend element.
- Eenvoudige aansluiting met dakbedekking.
- Isolatie aan weerszijden dakrand tegen koudebrug.

Figuur 4.029: Verticale doorsnede ter plaatse van dakrand; losse dakrand



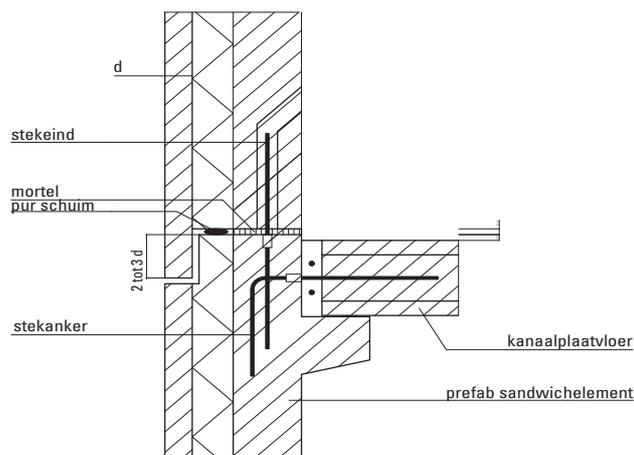
- Hijsen met hulpconstructie, of extra zware sandwichankers toepassen.
- Maltechnisch moeilijk, vooral hoekelementen.
- Luchtspouw houden tussen bovenkant binnenspouwblad en onderkant daktrim.

Figuur 4.030: Verticale doorsnede ter plaatse van dakrand; element met geïntegreerde daktrim



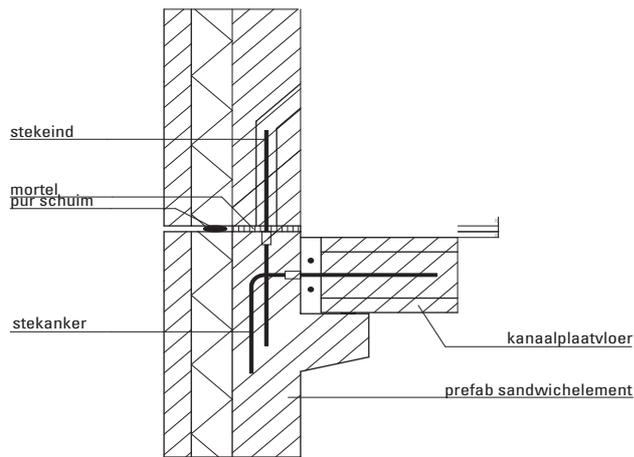
- Eenvoudige montage, minder handelingen.
- Let op maximale hoogte voor transport, ca. 4,0 m.

Figuur 4.031: Verticale doorsnede ter plaatse van dakrand; dakrand één geheel met onderliggend element



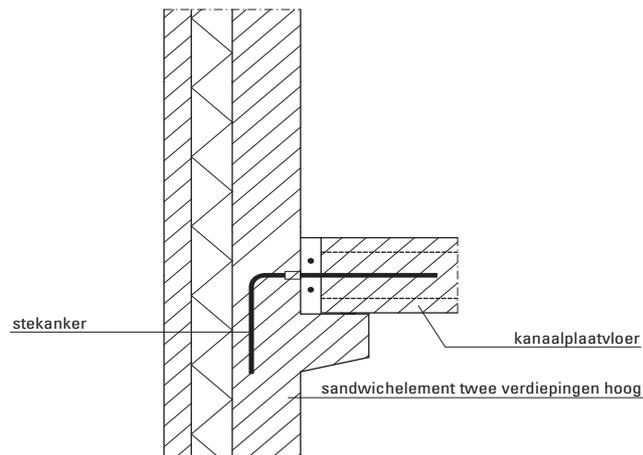
- Binnenblad ca. 20 mm boven de vloer uit laten steken, dit voorkomt langs de gevel lopen van lekwater van betonstorten (evt. 20 mm boven druklaag)
- Buitenblad kwetsbaar aan onderzijde

Figuur 4.032: Verticale doorsnede ter plaatse van verdiepingsvloer; voorschil overlapt achtershil



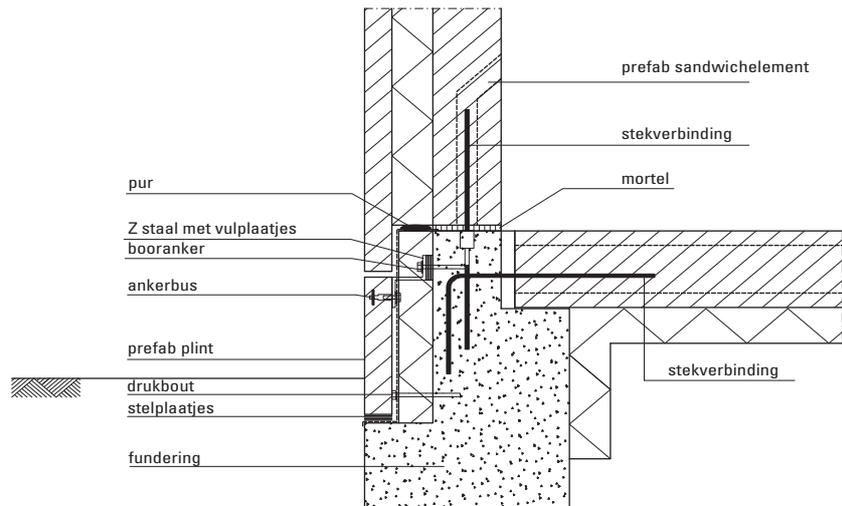
- Dit detail geniet de voorkeur, het binnen en buitenblad hebben dezelfde hoogte. Dit maakt zowel productie als montage eenvoudiger.

Figuur 4.033: Verticale doorsnede ter plaatse van verdiepingsvloer; voor- en achterschil op zelfde niveau



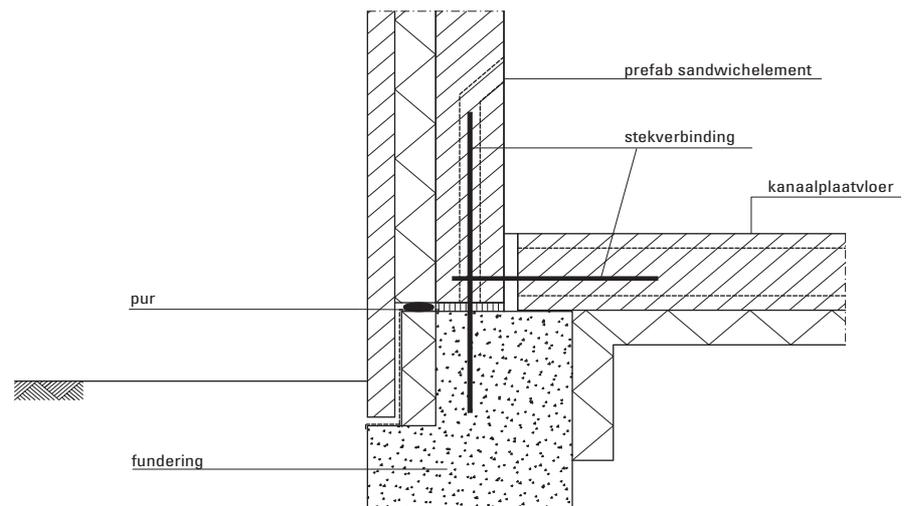
- Maximale breedte i.v.m. transport ca. 4,0 m.
- Let op voorzieningen t.b.v. afschoren in montagefase.
- Extra hijsvoorzieningen in zijkant t.b.v. transport.

Figuur 4.034: Verticale doorsnede ter plaatse van verdiepingsvloer; elementen van twee verdiepingen hoog



- Begane grond elementen kunnen bij deze detaillering identiek zijn aan de verdiepingselementen.
- De plint kan in afwijkende kleur of structuur worden gemaakt.
- In verband met kwetsbaarheid de voorschil niet meer dan 2 à 3 x de dikte onder het binnenspouwblad uit laten steken.

Figuur 4.035: Verticale doorsnede ter plaatse van fundering; losse plint in verband met kwetsbaarheid en maximale afmetingen



Figuur 4.036: Verticale doorsnede ter plaatse van fundering; verlaagd aanlegniveau binnenblad en geïntegreerde plint

4.6.2 Oplegging op consoles

Bij oplegging op consoles is er geen wezenlijk verschil in detaillering tussen een enkelschalig of een sandwichelement. Aandachtspunten bij de combinatie van enkelschalige elementen en consoles zijn de vorming van koudebruggen, en temperatuurvorming.

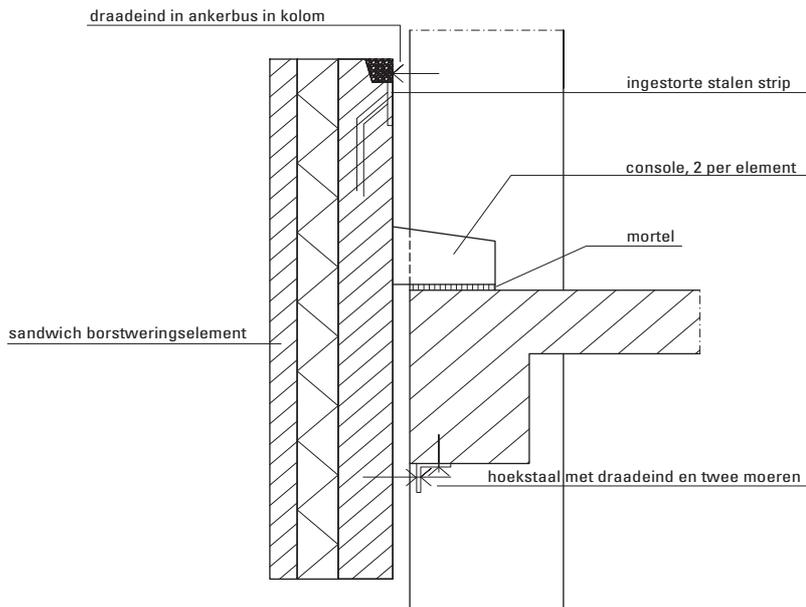
Wij onderscheiden twee principes:

- consoles aan het element;
- consoles aan de achterliggende constructie.

Elementen voorzien van consoles worden veelal toegepast in horizontale strokengevels, en bij de horizontale elementen in verticale strokengevels.

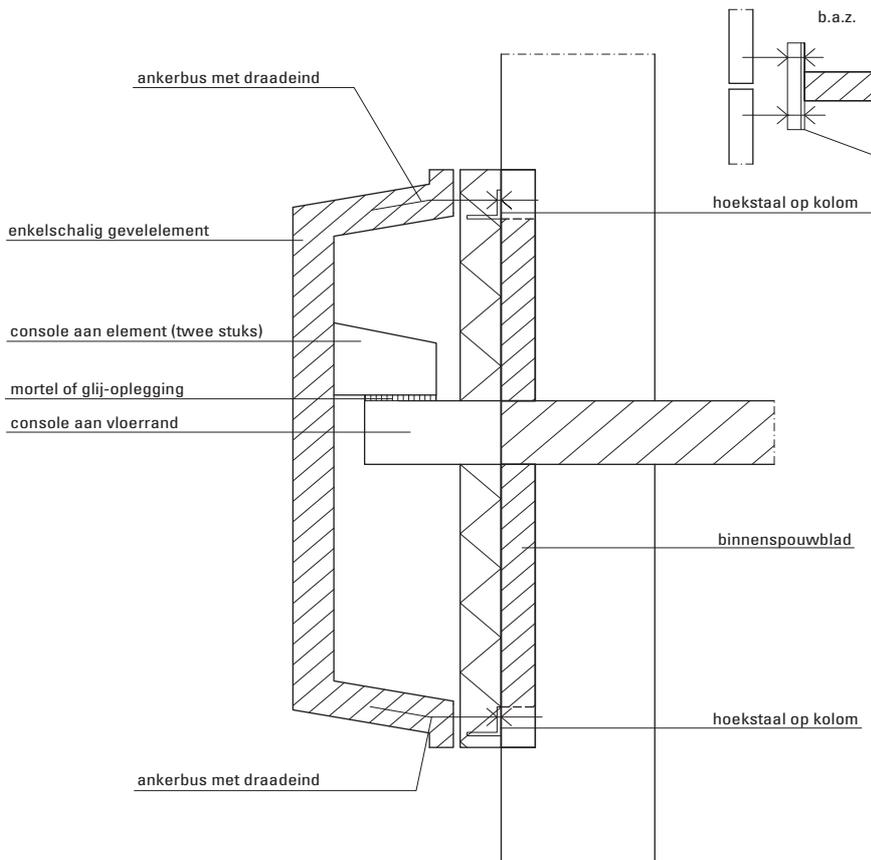
Bij gesloten gevels worden meestal gestapelde elementen, sandwich- of hangende elementen (enkelschalig) toegepast.

Consoles aan het element



- De console dient niet voor de horizontale verbinding.
- Console op vloerrand kost relatief veel ruimte.

Figuur 4.037: Sandwich-borstweringselement met consoles op verdiepingvloer



- Horizontale verbinding door draadeinden + hoekstaal op kolom.
- Consoles in verband met temperatuurspanning niet verder dan 3,5 m uit elkaar.
- Bij grotere h.o.h. afstand consoles glijoplegging toepassen.
- Toe te passen bij horizontale strokengevel.

Figuur 4.038: Borstweringselement met consoles op verdiepingvloer

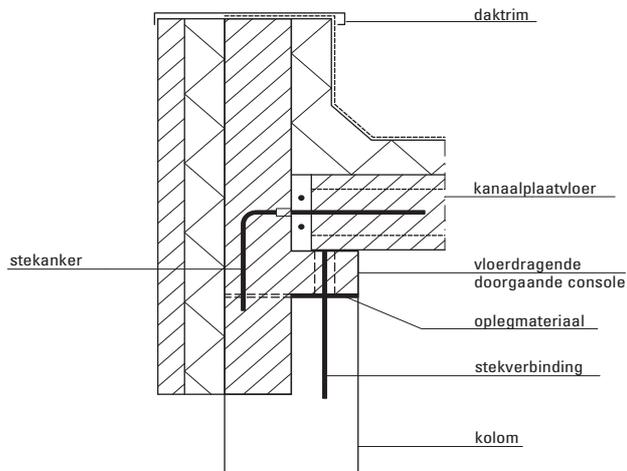


Foto 4.039: Gezuurde dragende sandwichelementen in een horizontale strokengevel

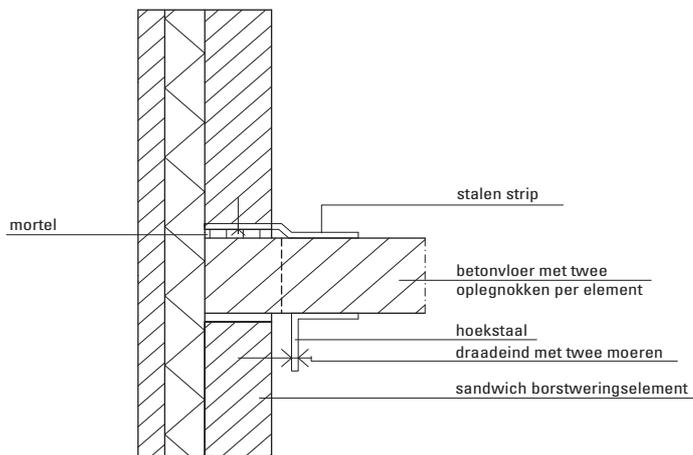


Foto 4.040: Detail van omlopende hoek van gezuurde elementen

Consoles aan de draagconstructie



Figuur 4.041: Dragende sandwichdakrand geplaatst op kolom



- Horizontale bevestiging met behulp van ankers boven en onder de vloer.
- Voldoende stelruimte houden ter plaatse van oplegnokken.

Figuur 4.042: Sandwich-borstweringselement op consoles aan de vloer

Daar de verbinding op consoles meestal niet momentvast is, is behalve een verticale ook een horizontale verankering noodzakelijk. De details geven hiervoor een aantal principes.

Bij toepassing van twee consoles in combinatie met enkelschalige elementen moet de detaillering zodanig zijn dat ter plaatse van 1 console wat beweging mogelijk is.

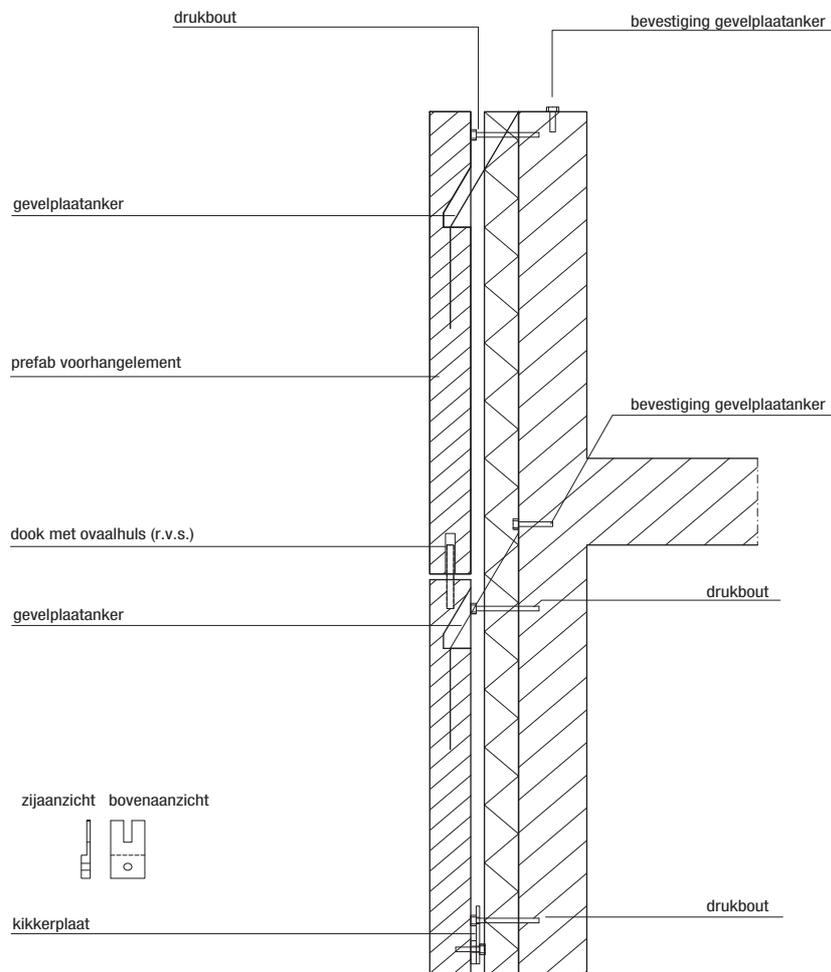
4.6.3 Hangende verbinding

Hangende elementen zijn uitsluitend enkelschalig. Het ophangen gebeurt met zogenoemde gevelplaatankers, schuin geplaatste trekankers welke zorgen voor afdracht van de verticale belasting, in combinatie met horizontale drukbouten. De gevelplaatankers worden bovenin het element geplaatst, zodanig dat het bevestigingspunt van de trekstang boven het op te hangen element van de achterliggende constructie kan worden gemonteerd.

De onderzijde van de elementen wordt onderling verbonden door een dookverbinding. Bij elementen onderhevig aan windzuiging, of vrijhangend aan de onderzijde kunnen in plaats van druk-, ook trekkrachten op de horizontale verbinding ontstaan. Deze worden afgedragen met behulp van kikkerplaten.

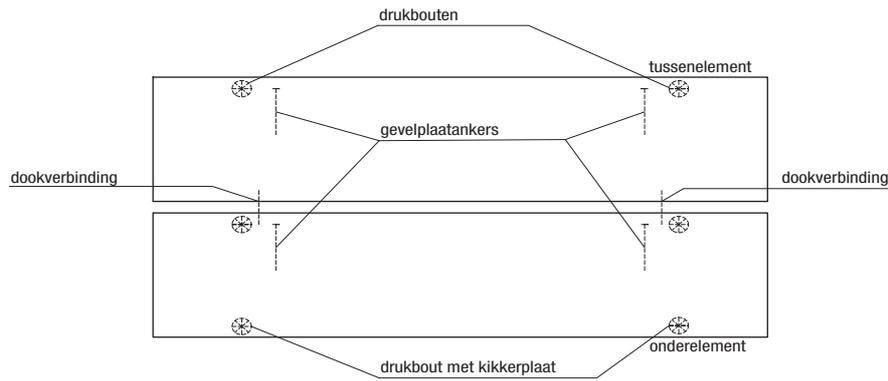
Het ophangen van elementen met gevelplaatankers heeft een aantal voordelen:

- minimaal materiaalgebruik;
- eenvoudige montage;
- minimale koudebruggen;
- nagenoeg vrije vervorming als gevolg van temperatuursinvloeden mogelijk;
- demontabel.

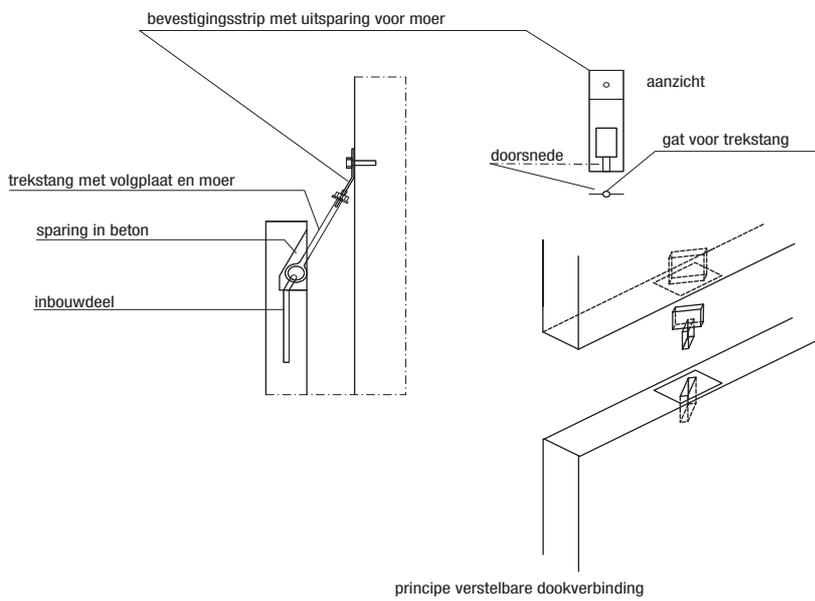


- Let op plaatsing ankers in verband met bereikbaarheid tijdens montage.
- Alle bevestigingsmateriaal in roestvrijstaal.
- Bevestiging aan binnenconstructie d.m.v. ingestorte ankers of boorankers.

Figuur 4.043: Principe doorsnede bevestiging met behulp van gevelplaatankers



Figuur 4.044: Aanzicht plaatsing gevelplaatankers



Figuur 4.045: Detail gevelplaatanker en verstelbare dookverbinding



Foto 4.046: Gesloten gevel met enkelschalige, 'hangende', betegelde elementen in antracietkleur

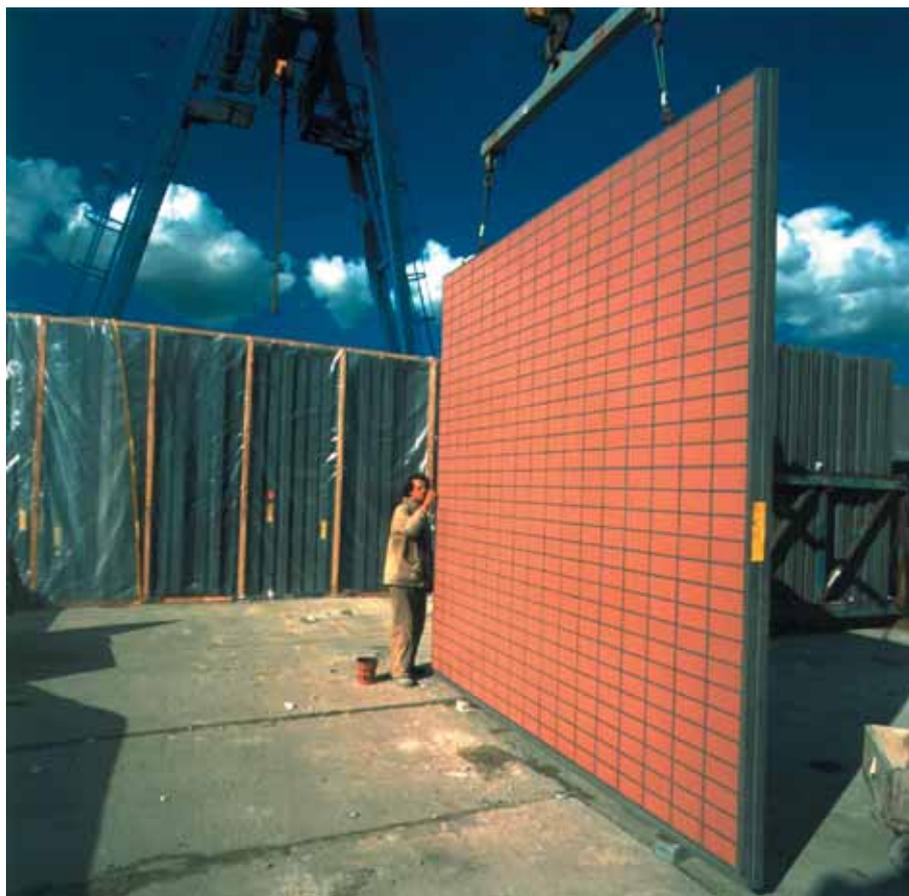


Foto 4.047: Betegeld enkelschalig voorhangelement

De gevelplaatankers worden door diverse leveranciers en in diverse uitvoeringen op de markt gebracht. De ankers worden gefabriceerd uit roestvast staal en zijn leverbaar in diverse lasttypes van 5 kN tot maximaal 40 kN per anker. De gevelplaatankers kunnen op diverse manieren aan de achterliggende constructie worden gemonteerd. Veelal worden hier bouten in schroefhuizen of horizontale ankerrails gebruikt. Echter montage aan boorankers is ook goed mogelijk. Vaak is tijdens de engineering van de achterliggende constructie nog niet bekend hoe en waar precies de ankers van de prefab buitenschil moeten komen, zodat dan vaak wordt gekozen voor achteraf boren.

Is de achterliggende constructie in het werk gestort beton, dan zal de aannemer ook kiezen voor boren. Als de achterliggende constructie prefab beton of staal is, dan is het goed mogelijk de ankers in de vorm van schroefhuizen of ankerrails in te storten.

De meeste gevelplaatankers zijn zowel horizontaal als verticaal circa 3 cm stelbaar, zodat eventuele instort- of montage toleranties eenvoudig zijn op te vangen.

De pen- en gatverbinding tussen de elementen onderling moet in verband met de werking van de elementen onder invloed van de temperatuur niet star zijn, maar moeten zowel in verticale als horizontale richting, evenwijdig aan de gevel, wat beweging toelaten.

In de praktijk worden hier standaard doken voor gebruikt, welke geplaatst worden in ovale kunststof uitsparingen in het beton. Haaks op de gevel is de verbinding nagenoeg vast, in langsrichting is beweging mogelijk, en zijn eventuele instort- of montageafwijkingen te corrigeren.

De dook kan bij de meeste producenten met voldoende nauwkeurigheid worden ingestort in het onderliggende element. Het is van belang dat deze recht en zonder afwijking in de richting haaks op de gevel wordt ingestort omdat anders sprongen in de gevel ontstaan welke niet meer te corrigeren zijn.

Er zijn ook systemen waarbij de dook in het onderliggende element wel haaks op de gevel stelbaar is; echter hierbij moet de ruime uitsparing waarin de dook wordt geplaatst later worden aangegoten.

Voor dit aangieten is weinig ruimte beschikbaar, waarbij gevaar bestaat dat de gietmortel over het geveloppervlak lekt, wat niet-verwijderbare vlekken oplevert.

Voor droge montage zijn ook verstelbare pen- en gatverbindingen in de handel. Figuur 4.045 toont een variant met twee kruislings geplaatste kunststof sparingsbakjes en een getordeerde RVS strip. Tijdens de montage wordt na afstellen van de elementen de stift horizontaal verschoven totdat deze klemt in de kruislings ten opzichte van elkaar geplaatste hulzen. Bij deze verbinding is uitsluitend nog beweging mogelijk in verticale richting. Bij geprofileerde elementranden kan het voorkomen dat er voldoende ruimte resteert voor het plaatsen van de kunststof bakjes.

In dit geval kan eventueel gekozen worden voor een variant; de eigenlijke dook is excentrisch op een draadeinde gelast, door verdraaiing van het draadeind is het element in de richting haaks op de gevel nastelbaar. Beweging blijft mogelijk in verticale richting en evenwijdig aan de gevel. In verhouding tot de overige pen- gatverbindingen is dit een kostbare oplossing.

De trekverbinding om 'opwaaien' te voorkomen bij de horizontale drukbouten, kan worden uitgevoerd met behulp van kikkerplaten (figuur 4.043). In verband met de aanwezigheid van isolatie, en de mogelijkheid de drukbouten dan vooraf op maat te kunnen stellen, wordt de kikkerplaat vaak aan de element-zijde gemonteerd. De sleufvormige uitsparing van de kikkerplaat valt om de kop van de drukbout waardoor deze na vastdraaien van de bevestigingsbout tegen het element geklemd blijft. De kikkerplaat kan al vóór de montage los-vast aan het element worden gemonteerd.

4.7 SANDWICHELEMENTEN

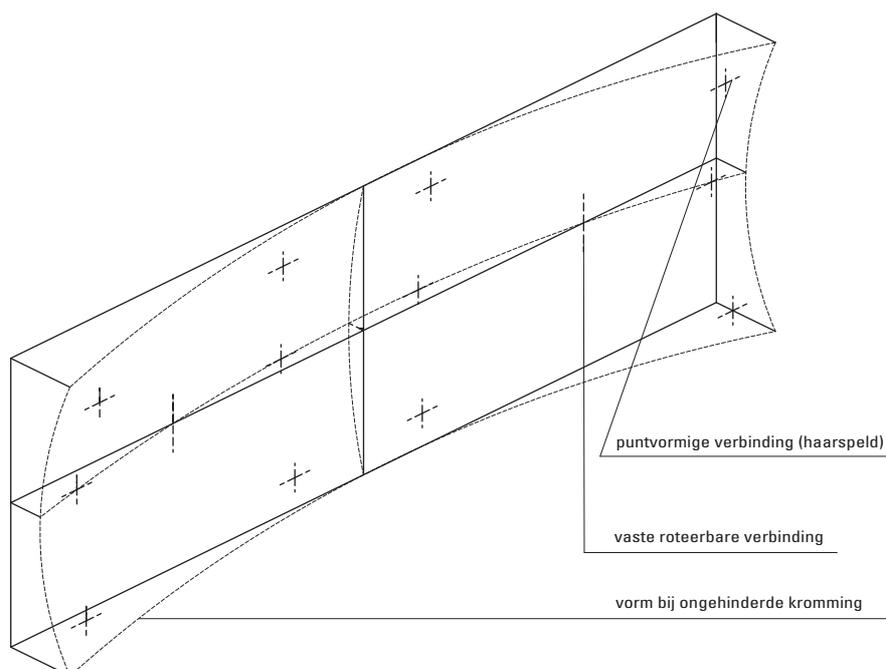
Betonnen sandwichelementen bestaan uit een binnenblad, isolatiemateriaal, eventueel een luchtspouw, en een buitenschil. Binnen- en buitenblad worden in de meeste gevallen met roestvaststalen ankers gekoppeld.

Sandwichelementen hebben een aantal voordelen tijdens de bouw. Zo hoeft er geen steiger gebouwd te worden, en vindt montage van binnen- en buitenspouwblad en isolatie in een handeling plaats. Bij gesloten gevels is het mogelijk kozijnen of stelkozijnen in te storten zodat de gevel van het gebouw na montage van de elementen direct wind- en waterdicht is, of te maken is. De dikte van de binnenschil is afhankelijk van wat constructief noodzakelijk is: 120 tot 150 mm bij niet-dragende, en 180 tot 250 mm bij dragende elementen. De dikte van het isolatiemateriaal is afhankelijk van de bouwfysische eisen en de kwaliteit van het materiaal. Deze dikte is vaak 60 tot 100 mm. Voor de buitenschil wordt meestal 80 à 90 mm aangehouden, afhankelijk van de afmeting van het element en de afwerking van de gevel. In vergelijking met enkelschalige elementen is er sprake van minder materiaalgebruik doordat het buitenspouwblad dunner kan worden uitgevoerd. De dikte van de isolatie is bepalend voor de keuze van de sandwichankers; hoe dikker de isolatie, hoe langer en zwaarder de sandwichankers uitgevoerd moeten worden. Dikkere isolatie is kostenverhogend voor de ankers. Met betrekking tot de keuze van het verankeringssysteem voor de onderlinge verankering van binnen- en buitenblad is een tweetal aspecten van belang, te weten:

- uitdrogingskrimp;
- temperatuur.

Uitdrogingskrimp

Bij gelijkmatige droging over de hele doorsnede wil een element korter worden; als het buitenblad meer verkort dan het binnenblad zullen bij een star bewegingssysteem spanningen in het element, met eventueel scheurvorming, het gevolg zijn.



Figuur 4.048: Kromming ten gevolge van eenzijdige uitdroging

Dit is ongewenst; beweging ten opzichte van elkaar moet dus in die richting mogelijk zijn. Het buitenblad vervormt anders dan het binnenblad, doordat het dunner is, meestal sneller verhardt en doordat het in het gebruiksstadium blootstaat aan wisselende luchtvochtigheid. Bij eenzijdige uitdroging van een element wil het krommen. De mate van de kromming wordt bepaald door de krimpverkorting van het beton en de dikte van het element.

Als de kromming vrij kan optreden zal het gekromde element spanningloos blijven. In de praktijk is dit echter niet te realiseren.

De kromming is te beperken, en daarmee de kans op scheurvorming door:

- beperking van krimp van beton door toepassen van beton met een hoge sterkteklasse en water-cementfactor;
- het buitenblad zo dun mogelijk uit te voeren, 80 à 90 mm dik.

In het sandwichelement wordt de kromming verhinderd door het instorten van RVS-ankers, zogenoemde haarspelden, verdeeld over het oppervlak en langs de randen van het element. Deze nemen trek- en drukkrachten loodrecht op de gevel op en verhinderen zo de kromming. In richtingen evenwijdig aan het gevelvlak laten deze ankers wel verplaatsing toe.

Temperatuur

Het binnenblad is nauwelijks onderhevig aan temperatuurschommelingen. Het buitenblad is dit wel, en zal onder invloed hiervan willen verkorten of verlengen. De verankering zal deze lengteveranderingen moeten volgen zonder hierdoor veel spanning in de elementen te brengen. Tevens zal de buitenschil ten gevolge van temperatuurverschil over de dikte van het element willen krommen. De eerder genoemde haarspelden moeten deze kromming verhinderen.

De kromming als gevolg van temperatuurverschillen is een tweede argument om de buitenschil zo dun mogelijk te maken. In de praktijk is gebleken dat bij buitenschillen van circa 3,60 à 5,40 m en een juiste uitvoering van de verankering geen problemen door scheurvorming hoeven te ontstaan. Bij elementen langer dan 5,40 m is het mogelijk een binnenspouwblad te maken met daaraan twee buitenschillen.

Productiewijze

Sandwichelementen worden normaal gesproken als volgt geproduceerd:

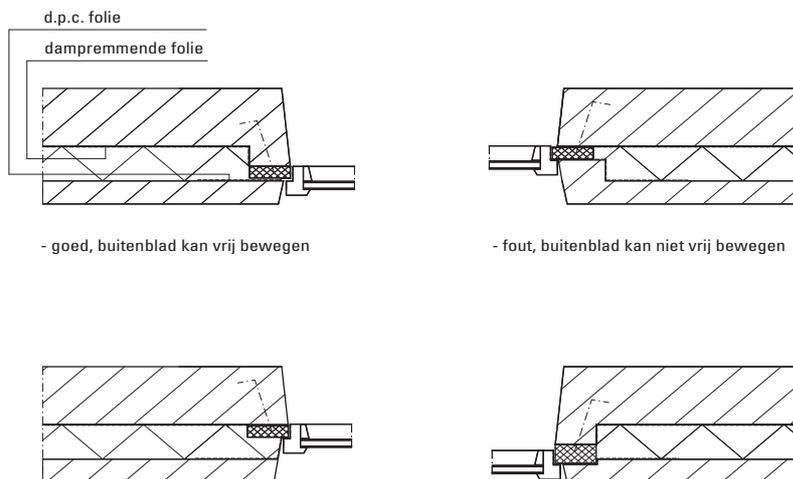
- storten van het buitenspouwblad in een vlak liggende bekisting en eventueel vlak afwerken. De sandwichverankering is hierbij reeds bevestigd aan de wapening van het buitenblad;
- aanbrengen van kunststof beluchtingsplaten bij toepassing van een luchtspouw;
- aanbrengen van de isolatie;
- aanbrengen folie als geen luchtspouw wordt toegepast;
- aanbrengen van de wapening van het binnenspouwblad en verankeren van de reeds aan het buitenblad verankerde sandwichankers met behulp van wapeningsstaven;
- storten en verdichten van het binnenspouwblad;
- afwerken stortzijde.

4.7.1 Verbinding tussen binnen- en buitenspouwblad

Om genoemd verschil in vervorming tussen binnen- en buitenblad mogelijk te maken is een aantal maatregelen nodig:

- er dient een folie aangebracht te worden tussen de isolatie en het binnenblad. Dit voorkomt dat er hechting tussen de isolatie en het beton ontstaat;
- het buitenspouwblad moet vlak afgestort, of afgewerkt worden, zodanig dat na aanbrengen van de isolatie hierin geen sprongen tussen de verschillende platen ontstaan;
- eventuele (stel)kozijnen moeten zodanig gedetailleerd zijn, dat ze vervorming niet verhinderen. Kozijnen worden bevestigd aan het binnenblad;
- indien het element is uitgevoerd met een omlopende hoek, dan moet hierbij een luchtspouw worden toegepast om verlenging/verkorting van het buitenblad mogelijk te maken;
- de sandwichverankering mag vervorming niet verhinderen.

Bij elementen met luchtspouw kan de folie tussen isolatie en binnenblad vervallen. De kunststof beluchtingsplaten tussen buitenblad en isolatie nemen dan de functie van de folie over.



Figuur 4.049: Plaatsing stelkozijn in sandwichelement

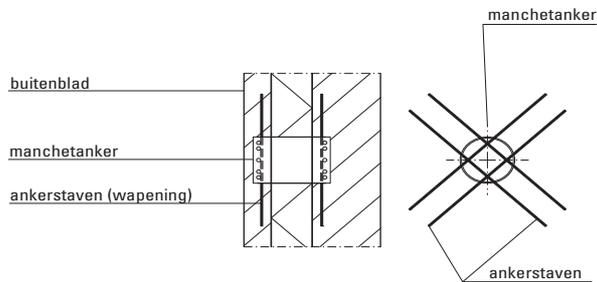
Verbindingsmiddelen

De verbinding tussen binnen- en buitenschil wordt bijna altijd gevormd door roestvaststalen ankers. Door de geringe doorsnede hiervan ontstaan nauwelijks koudebruggen. Behalve het voorkomen van kromming en spanningen als gevolg van temperatuurverschillen moeten de toe te passen ankers nog de volgende belastingen kunnen opnemen:

- verticale belasting door eigen gewicht van de voorschil en eventueel daaraan te monteren zaken;
- winddruk en windzuiging;
- belasting welke ontstaat tijdens ontkisten, transport en montage.

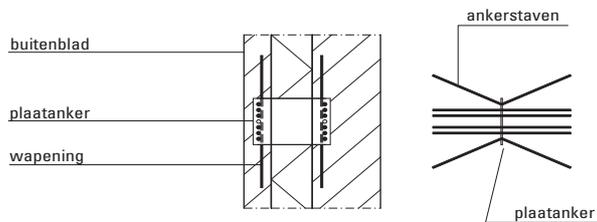
Het voorkomen van kromming gebeurt met de eerder genoemde haarspelden. Deze zijn niet geschikt voor de afdracht van verticale belasting. Hiervoor worden de volgende ankers gebruikt:

Manchetankers: dit zijn cilindrische busen van RVS voorzien van uitsparingen welke tijdens het inbouwen worden doorregen met wapeningsstaven voor het verkrijgen van voldoende verankering aan binnen- en buitenspouwblad. Een manchetanker kan in alle richtingen belasting opnemen.



Figuur 4.050: Detail manchetanker

Plaatankers: deze ankers kunnen slechts in twee richtingen belasting opnemen. Ze bestaan uit een vlakke plaat van 2 à 3 mm dik voorzien van uitsparingen voor de verankeringsstaven.



Figuur 4.051: Detail plaatanker

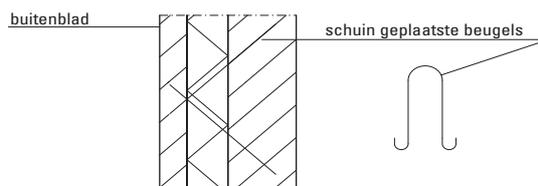


Foto 4.052 In sandwichelementen kan de koppeling van het binnen- en buitenblad verzorgd worden door RVS-ankerbusen voor de draagfunctie en RVS-plaatankers om verdraaiing van de bladen ten opzichte van elkaar tegen te gaan. De wapening van het element is in opbouw, omdat de wapening tussen de beide wapeningnetten wordt geplaatst. Zie verder de figuren 4.050 en 4.051



Foto 4.053: Beelden van een sandwichgevel opgehangen aan hangankers, waardoor een vrije vervorming van het element door temperatuurvariatie en zonstraling kan plaatsvinden

Ankers volgens het vakwerkprincipe: dit zijn schuin geplaatste RVS-beugels. Deze ankers kunnen loodrecht op de gevel druk- en trekkrachten opnemen, en in het vlak van het vakwerk schuifkrachten.



Figuur 4.054: Detail schuin geplaatste beugels

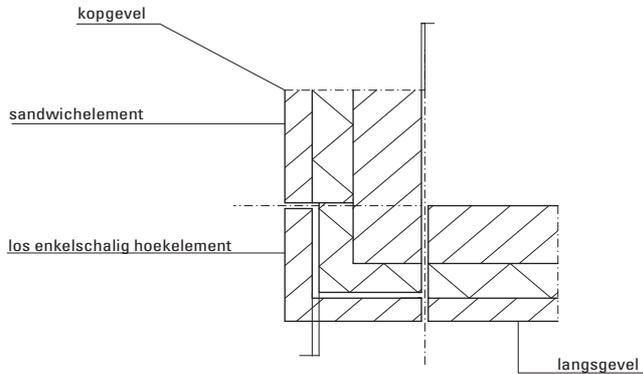
4.7.2 Hoekoplossingen

Voor de uitvoering van gebouwhoeken in prefab gevelelementen zijn diverse oplossingen denkbaar:

1. met losse hoekelementen;
2. met verstekhoeken;
3. met omlopende hoeken aan de gevelelementen.

Losse hoekelementen

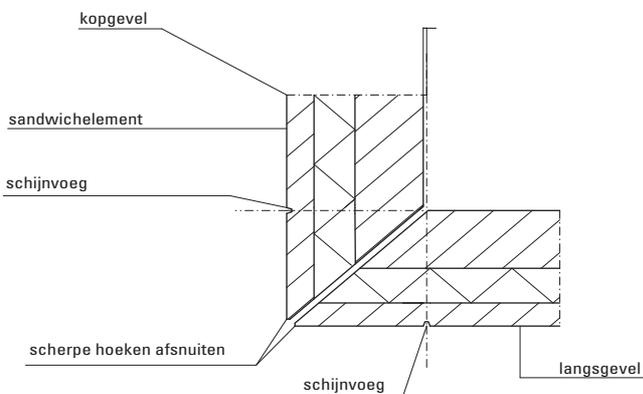
Een los hoekstuk geeft de meeste stelmogelijkheden en wordt vooral bij geprofileerde of betegelde elementen toegepast. Door toepassing van losse elementen kunnen in langs- en kopgevels standaardelementen, van stramien tot stramien, worden toegepast. Nadeel van losse hoekelementen is dat deze vaak lastig zijn te stellen doordat er weinig ruimte beschikbaar is voor bevestigingsmiddelen.



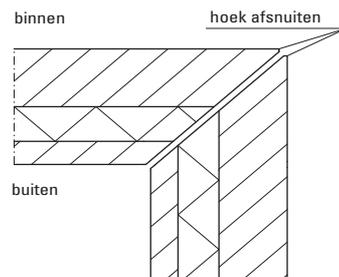
Figuur 4.055: Hoekoplossing met los hoekelement

Verstekhoeken

Verstekhoeken kunnen zowel bij in-, als uitwendinge hoeken worden toegepast. Voor de producent van gevelelementen zijn verstekhoeken de makkelijkste en goedkoopste oplossing. Hij volstaat met de plaatsing van een schuin kopschot in de mal. Nadelen van verstekhoeken zijn hun kwetsbaarheid tijdens transport en montage, en het feit dat afwijkingen in de plaatsing sterk in het oog springen.



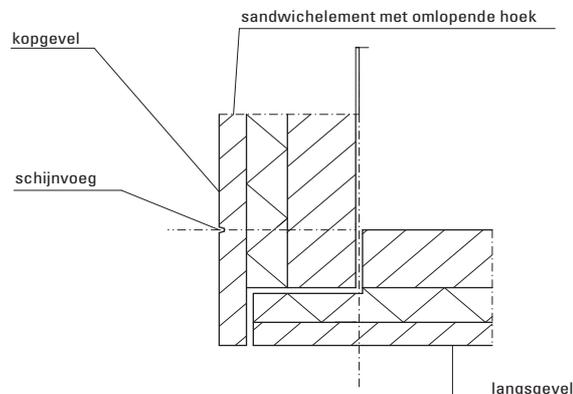
Figuur 4.056: Hoekoplossing met verstekhoek, uitwendig



Figuur 4.057: Hoekoplossing met verstekhoek, inwendig

Alternatief hoekoplossing

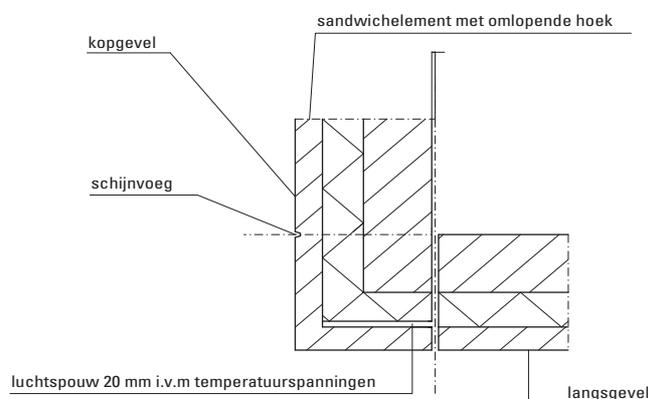
Figuur 4.058 geeft nog een, niet vaak toegepast alternatief. Productietechnisch en kwalitatief is dit een eenvoudige en goede oplossing, echter niet populair doordat de voeg niet op het stramien zit maar op elementdikte uit de hoek.



Figuur 4.058: Hoekoplossing alternatief

Omlopende hoeken

Omlopende hoeken zijn minder gevoelig voor steltoleranties dan verstekhoeken, en vergen minder montagehandelingen. Maltechnisch gezien is de omlopende hoek voor de producent een stuk lastiger te maken dan een verstekhoek. Immers het complete element moet nu de hoek om doorlopen, waarvoor afwijkende kopschotten benodigd zijn. Bij sandwichelementen moet tussen de omlopende hoek en het pakket isolatie en binnenspouwblad een luchtpouw worden gecreeërd om werking van de buitenschil ten aanzien van de binnenschil mogelijk te maken. Bij toepassing van sierbeton in uitgewassen, gestraalde, gezuurde of gepolijste uitvoering kan het uiterlijk van de omlopende hoek afwijken van de voorzijde van het element. Dit wordt veroorzaakt doordat het grove toeslagmateriaal tijdens het verdichten van het beton altijd met het grootste oppervlak horizontaal zal gaan liggen. Na verwijdering van de cementhuid door de betreffende nabewerking zijn hierdoor ter plaatse van de omlopende hoek alleen de scherpe kantjes van het toeslagmateriaal zichtbaar. Verhoudingsgewijs zien we meer cementsteen, waardoor sterke afwijkingen in kleur en structuur ten opzichte van de voorzijde kunnen ontstaan.



Figuur 4.059: Hoekoplossing met omlopende hoek

4.8 VOEGEN

Voegen horen bij prefab gevelelementen. De functie van voegen is het mogelijk maken van temperatuurswerking van de elementen, en het opvangen van fabricage, montage- en bouwtoeranties. De voegbreedte kan door berekening bepaald worden. Deze is afhankelijk van de volgende factoren:

- te verwachten voegbeweging;
- gekozen voegvulling;
- te verwachten maatafwijkingen;
- plaatsingsnauwkeurigheid.

Het binnenblad van sandwichelementen is normaal gesproken nauwelijks onderhevig aan werking als gevolg van temperatuur. De voegbreedte hier wordt 9 van de 10 keer praktisch gekozen, en varieert van 15 tot 20 mm (bij prefab-prefabaansluitingen) tot 30 mm (bij aansluitingen van prefab op in het werk gestort beton). De voegen van het binnenblad moeten ter vermindering van inwendige condensatie luchtdicht worden afgedicht. Met deze luchtdichte afsluiting worden tevens geluidlekken voor van buiten komend geluid voorkomen. In de praktijk wordt dit uitgevoerd door op de naden tussen de elementen onderling of de constructie in de spouw af te plakken met een strook E.P.D.M., of door de voegen tussen de elementen te vullen met compressieband of purschuim in combinatie met kit.

Bij sandwichelementen is dit laatste de enige mogelijkheid.

Bij het buitenblad wordt de voegbeweging vooral bepaald door de lengteverandering als gevolg van vocht- en temperatuurwisselingen.

Een vuistregel hiervoor is:

- maximale verlenging 0,75 mm/m;
- maximale verkorting 0,75 mm/m;
- maximale totale voegbeweging 1,25 mm/m.

Door krimp en kruip van de achterliggende constructie kunnen met name de horizontale voegen beïnvloed worden. Gerekend kan worden op een kolomkorting van 0,1 mm/m na droogstoken van een gebouw.

In de praktijk blijkt dat indien tijdens de montage en fabricage van elementen normale zorgvuldigheid in acht wordt genomen, een maatafwijking van 1 mm/m aangehouden kan worden. Voordat de voegbreedte bepaald kan worden is het noodzakelijk vast te stellen of en waarmee de voeg gedicht zal gaan worden.

Indien de voeg gedicht wordt zijn de mogelijkheden;

- constructieve dichting, met afdichtingsprofiel, niet geklemd in de voeg;
- compressiedichting, met dichtingsprofiel, ingeklemd in de voeg;
- met kit.

Bij alle systemen geldt dat het voegmateriaal de bewegingen van de voeg duurzaam moet kunnen volgen. Bij compressiedichting en kit mag de rek van het voegmateriaal niet te groot worden, daar anders onthechting kan optreden.

Indien de toelaatbare rek bekend is, kan de nominale voegbreedte als volgt berekend worden:

$$b_{\text{nom}} = (ib / V_b) \cdot 100 + T \text{ waarin:}$$

b_{nom} = nominale voegbreedte in mm

ib = de eenzijdige voegbeweging

V_b = de benodigde duurzaam toelaatbare vervorming in een richting van het voegmateriaal in %, de kleinste waarde van rek of indrukking

T = de te verwachten afwijking bij fabricage en plaatsing

In voorbeeld:

Een gebouw wordt uitgevoerd met gevelelementen, horizontaal geplaatst, van 6 m lengte. Het toe te passen kit heeft een rek van 25%.

$$ib = 6 \cdot 0,75 = 4,5 \text{ mm}$$

$$T = 6 \cdot 1 = 6,0 \text{ mm}$$

$$V_b = 25\%$$

$$b_{\text{nom}} = 4,5 / 25 \cdot 100 + 6 = 24 \text{ mm}$$

Indien er geen sprake is van een stuikvoeg, maar van een overlappingsvoeg, mag de berekende waarde bij kitvoegen gereduceerd worden met de factor 0,7. Bij kitvoegen dient de in het werk gemeten voegbreedte minimaal te voldoen aan:

$$b_{\text{werk}} = ib / V_b \cdot 100 \quad 8 \text{ mm}$$

In het voorbeeld:

$$b_{\text{werk}} = 4,5 / 25 \cdot 100 = 18 \text{ mm}$$

4.8.1 Constructieve dichting

Bij dit systeem worden metalen of kunststof profielen in de elementen gestort. Na montage wordt hierin een strip of flexibel profiel geklemd. Constructieve dichting wordt niet vaak toegepast.

4.8.2 Compressiedichting

Hierbij wordt de afdichting in de voeg geklemd. De tegendruk van het profiel is dus verantwoordelijk voor de plaatsvastheid en de afdichting.

Aandachtspunten:

- de profielen moeten voldoende samengedrukt kunnen worden voor het inbrengen in de voeg;
- de profielen moeten met voldoende drukspanning worden aangebracht;
- de drukspanning moet behouden blijven na langdurige inwerking van temperatuurwisselingen, weersinvloeden en beweging;
- profielen mogen niet onder trekspanning worden aangebracht in verband met 'terugkruipen';
- knikken in de voeg zijn extra kwetsbaar.

Bij de materiaalkeuze is het volgende van belang:

- bestandheid tegen veroudering door inwerking van uv-straling, ozon en temperatuurswisseling;
- weerstand tegen afblijvende vervorming;
- terugveringselasticiteit.

4.8.3 Afdichting door middel van kit

Kitvoegen zijn de meest toegepaste voegafdichtingen, ondanks dat regelmatig onderhoud en inspectie moet plaatsvinden. Kit wordt aangebracht op een zogenoemde rugvulling, meestal compressieband.

Bij de keuze voor kit zijn aandachtspunten:

- totale duurzame toelaatbare vervorming;
- rek;
- hechting;
- terugvering;
- bestandheid tegen chemicaliën;
- schimmels en bacteriën;
- kleur en kleurvastheid;
- vuilaanhechting;
- gedrag bij brand;
- overschilderbaarheid;
- kleefvrijheid;
- benodigd onderhoud.

De goede werking van een voeg is sterk afhankelijk van de hechting tussen kit en betonelement. Sommige door de betonfabrikant gebruikte ontkistingsoliën en coatings kunnen de hechting nadelig beïnvloeden.

4.8.4 Open voegen

Indien achter het buitenspouwblad een luchtspouw aanwezig is (fig 4.059) kan ook gewerkt worden met geheel of gedeeltelijk open voegen. Bij dit systeem worden dus hoge eisen gesteld aan de dichting van het binnenblad.

Bij een systeem met open voegen is het uitgangspunt dat er in de spouw een overdruk heerst waardoor regenwater weer naar buiten wordt gedreven. Deze overdruk ontstaat uitsluitend als de luchtstroom in de spouw niet te groot is. De horizontale voegen worden in dit geval overlappend uitgevoerd zodat open doorgangen en kruisingen qua omvang beperkt worden.

De voegen moeten bij een open voegsysteem zo klein mogelijk worden gehouden; vogels hebben aan circa 18 mm genoeg om te nestelen in de spouw. Het voorbeeld van figuur 4.059 geeft een uitgevoerde open voegconstructie weer, waarbij de horizontale voeg overlappend is uitgevoerd, en tevens zodanig geprofileerd is dat regenwater nauwelijks in de spouw komt.

De verticale voegen zijn gedimensioneerd op basis van normale voegbeweging en toleranties en na montage afgedicht met een rubberslang. Deze wordt bij montage vacuüm gezogen en in de voeg gebracht. Na aflaten van het vacuüm neemt hij zijn oorspronkelijke vorm weer aan en klemt zich vast. De slang voorkomt invliegen van vogels, indringing van regenwater en zicht op de achterliggende isolatie. Voordeel van dit systeem boven kitvoegen is dat er nauwelijks onderhoud nodig is, en dat dichting niet afhankelijk is van 'kwetsbare' kitvoegen.

4.9 VOORBEELDEN VAN TOEPASSING



Foto 4.060: Kantoorgebouw in Londen, gemaakt door Schokbeton. Kleur beton was 'pink'



Foto 4.061: De hoek van het gebouw is rond, lastig modelmakerswerk, mede door profilering



Foto 4.062: De entree met zeer lastige kolombekledingen. Rechts boven is vervuiling te zien



Foto 4.063: Afstromend water van de gevel en de profilering, samen met de rondspelende wind, geven een vervuiling. Ook zijn de resten van kalkuittreding nog zichtbaar. De kleurverschillen blijven in de geprofileerde elementen goed gemaskeerd

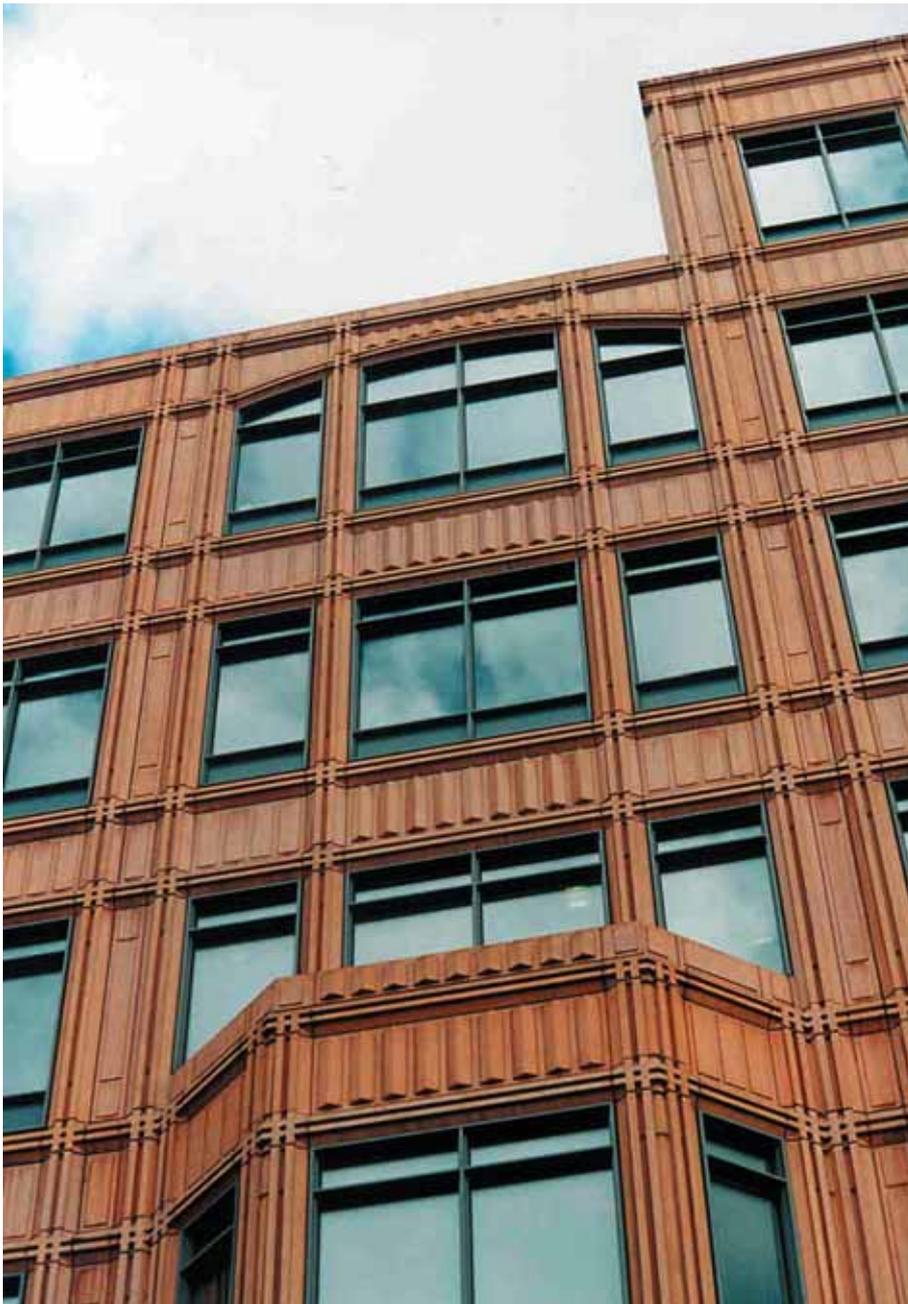


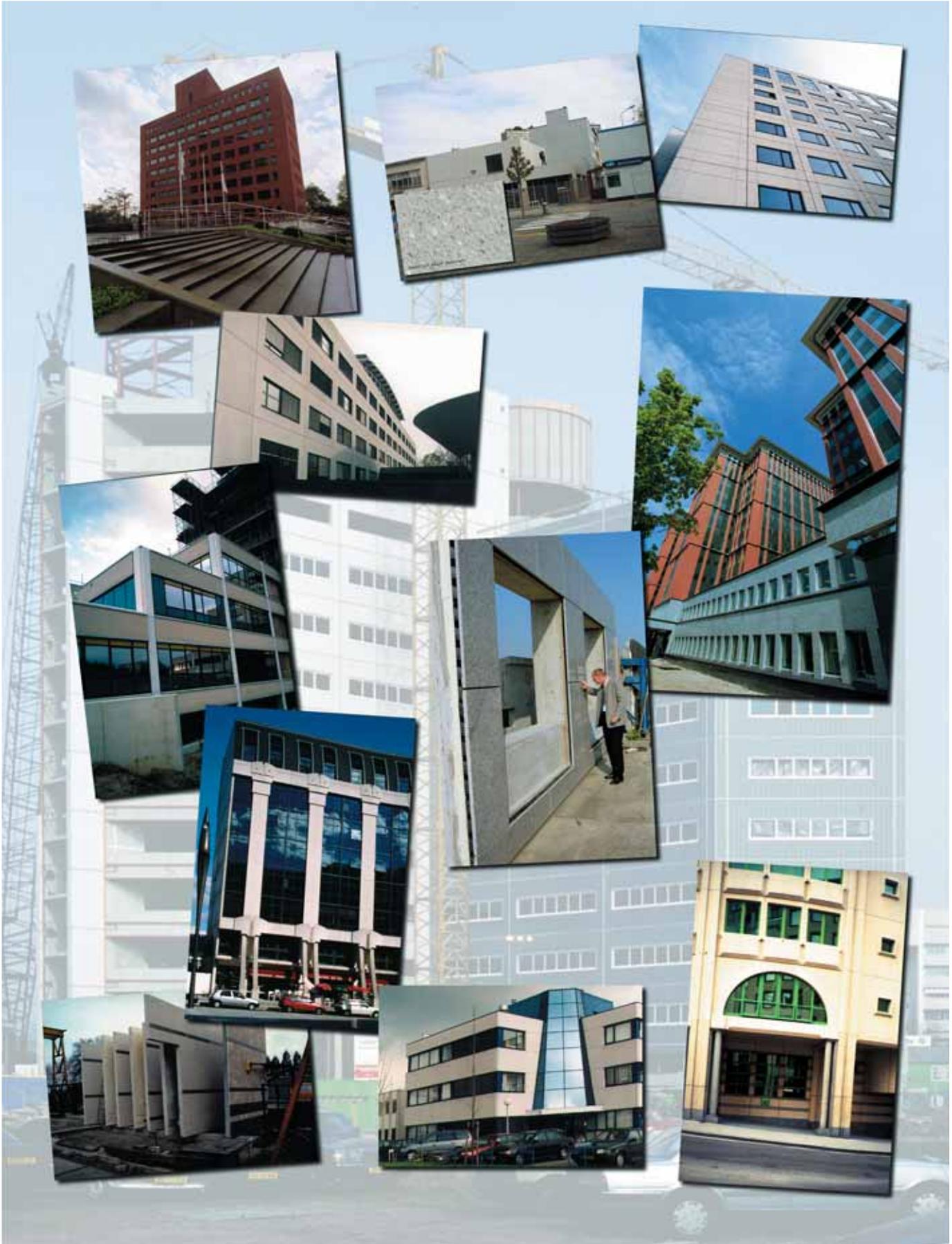
Foto 4.064: Dit is ook goed te zien op de zijgevel, uitgevoerd met erkers. De modelmakers hadden aan dit project de handen vol



Foto 4.065: Gevel met roze elementen, waarbij de pyramidevormen zeer veel vakmanschap van de modelmaker vroegen, alsook van de samensteller en de verwerker van de betonspecie



Foto 4.066: Een detailopname van het uiterlijk. Duidelijk zijn de kalksporen (nog) op het oppervlak te zien. De kleur van het oppervlak is daardoor (tijdelijk) lichter en grauwer. Goede nazorg na het ontkisten en tijdelijke droge opslag helpt goed kalkuittreding te verminderen





DE 25 LEDEN VAN BELTON GEBRUIKEN VANAF AUGUSTUS NIEUWE, UNIFORME BEOORDE-
LINGS-CRITERIA VOOR DE OPPERVLAKTE-AFWERKING VAN BETON. DE CRITERIA GAAN ALS
COMMUNICATIEMIDDEL FUNGEREN VOOR OPDRACHTGEVERS, ADVISEURS EN PREFAB-BETON
BEDRIJVEN. ZE ZIJN EENVOUDIG PRAKTISCH TOEPASBAAR DOOR O.A. BESTESCHRIJVERS,
TEKENAARS EN PRODUCTIEMEDEWERKERS.



Bron: Delphi-Engineering

uniforme criteria voor

Tot nu toe ontbraken goede praktische en uniforme afspraken om uiterlijke kenmerken zoals de vlakheid en het soort afwerking van een betonoppervlak vast te leggen. Zo gebruikten bijna alle prefab-betonbedrijven op tekeningen eigen symbolen, die bovendien vaak niet waren gekoppeld aan een bepaalde gekwantificeerde oppervlaktebeoordeling. Het vlak en strak afwerken van een gestort oppervlak kon voor partij A iets heel anders betekenen dan voor partij B, omdat een uniforme strikte omschrijving ontbrak. Deze problematiek werd al medio 1998 gesignaleerd.

De technische commissie van de Belton (TC-Belton) heeft in samenspraak met de bij Belton aangesloten leden een overzicht van

"Belton oppervlaktebeoordeling beton" (BOBB) vastgesteld. Het bestaat hoofdzakelijk uit eenvoudig te onthouden tekensymbolen en gebruikelijke termen over oppervlaktebewerking, die zijn gekoppeld aan oppervlaktebeoordelingsklassen en voorzien van toepassingen en voorbeelden.

BOBB bestaat uit drie delen:

1. oppervlaktebeoordeling van betonwerk aan malzijde;
2. oppervlaktebeoordeling van betonwerk aan stortzijde;
3. Belton oppervlakte-beoordelingscriteria.

Bij de opstelling van BOBB is rekening gehouden met de thans gel-



Bron: Driple-Engineering

BOBB:

oppervlaktebeoordeling beton



Bron: Van Oubrecht

dende voorschriften NEN 6722 (1989) "Voorschriften Beton-Uitvoering". Tevens heeft TC-Belton overleg gehad met de normcommissie 351 085 "Uitvoering van betonconstructies" betreffende Ontwerp NEN 6722 en BOBB. TC-Belton streeft er bovendien naar om BOBB door de Kiwa te laten opnemen in de Criteria nr. 73. Deze criteria zijn bedoeld voor het vaststellen van eisen aan het kwaliteitssysteem voor een productcertificaat voor elementen van vooraf vervaardigd constructief beton.



TECHNIEK

BOBB - Belton oppervlaktebeoordeling beton

Deel 1 : oppervlaktebeoordeling van betonwerk aan maaizide.

Symbool 1)	Uiterlijk 1)	Beton oppervlaktebeoordelingsklasse	Toelichting	Voorbeelden van toepassingen
Maaizide				
▼	onbewerkt	-	Geen eisen, maat- en dekkingstoleranties blijven gelden.	Niet in het zicht.
▼ C	glad	maC		Het oppervlak is geschikt voor stucwerk i.d.
▼ B	glad	maB		Na bijwerken geschikt voor schilden- en behangwerk.
▼ A	glad	maA		Na beperkt bijwerken geschikt voor schilden- en behangwerk.
▼ R	opgeruwd	-	Symbool ▼ M hanteren indien contractueel de overeengekomen methode vastgelegd wordt. Voorbeelden : stralen, oppervlaktevertrager en borstelen e.d.	Tp.v constructieve aansluitingen.
▼ M (volgr)	volgens monster / maatwerk	-	- Aanvullend een oppervlaktebeoordelingsklasse bepalen of in overleg met de producent een oppervlaktebeoordeling vaststellen. Dit maatwerk vastleggen d.m.v. bijv. een monster, een referentieproject, geen standaard oppervlakteklasse. - Voorbeelden van monsters : * soort uitvoering zoals structuur-waaien, stralen, polijsten e.d. * soort beton zoals toelaggratenaut, kleur e.d. - Contractueel het overeengekomen monstermaatwerk vastleggen.	
p ▼ 2)	lichtbeton dichtgezet	-	- Contractueel de overeengekomen voorbeeldafwerking vastleggen.	
z ▼ 2)	zichtbeton	-	- Beton in het zicht.	

1) Voorbeeld op tekeningstekening

2) Voorbeeld : symbool op ▼ A staat voor : zichtbeton, lichtbeton dichtgezet, maaizide oppervlakte klasse maA.

Deel 2 : oppervlaktebeoordeling van betonwerk aan stortzijde.

Symbool 1)	Uiterlijk 1)	Beton oppervlaktebeoordelingsklasse	Mogelijke uitvoeringswijze	Toelichting	Voorbeelden van toepassingen
▼	onbewerkt	-	-	Geen eisen, maat- en dekkingstoleranties blijven gelden.	Niet in het zicht.
▼ C	vlak	stC	afweem	Grindkorrel dikte max. 3 mm uit.	Geschikt voor bevestiging harde isolatieplaten en groot tegelwerk.
▼ B	vlak en strak	stB	afweem	Afweemlagen t.p.v. afweem zijn toegestaan.	Het oppervlak is geschikt voor stucwerk e.d.
▼ A	vlak, strak en glad	stA	schuren / spanen	Lichte afweemlagen zijn toegestaan.	Na beperkt uitwerken geschikt voor schilden- en behangwerk.
▼ AR	gerolt	stA	schuren / rolen	Het oppervlak heeft een inlasappelstructuur.	Wordt vaak toegepast voor bekomen, wanden, onderzijde van trappen, balkons en galerijen.
▼ R	opgeruwd	-	-	Symbool ▼ M hanteren indien contractueel de overeengekomen methode vastgelegd wordt. Voorbeelden : stralen, bezaemen e.d.	Tp.v constructieve aansluitingen.
▼ M (volgr)	volgens monster / maatwerk	-	-	- Aanvullend een oppervlaktebeoordelingsklasse bepalen of in overleg met de producent een oppervlaktebeoordeling vaststellen. Dit maatwerk vastleggen d.m.v. bijv. een monster, een referentieproject, geen standaard oppervlakteklasse. - Voorbeelden van monsters : * soort uitvoering zoals rolen, bezaemen, stralen, waaien, polijsten e.d. * soort beton zoals toelaggratenaut, kleur e.d. - Contractueel het overeengekomen monstermaatwerk vastleggen.	Zichtbeton voor gevels.
z ▼ 2)	zichtbeton	-	-	Beton in het zicht.	

1) Voorbeeld op tekeningstekening

2) Voorbeeld : symbool ▼ AR staat voor : zichtbeton, stortzijde, oppervlakte klasse stB gerolt.

Deel 3 Beton oppervlaktebeoordelingscriteria							
te beschouwen aspecten ¹⁾	oppervlakte-beoordelingsklasse						
	ma (mazijde)				st (stortzijde)		
	maA	maB	maC		stA	stB	stC
aftekening structuur bekistingsmateriaal toegestaan	nee	nee	ja		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
plaatselijke oneffenheden en afwijkingen door bekistingsmateriaal (o.a. plaatbeschadigingen, bramen en bekistingsnaden) in mm	≤ 2	≤ 3	≤ 4		≤ 4 ²⁾	≤ 4 ²⁾	n.v.t.
afwijkingen van de vlakheid van gehele oppervlakken in mm							
- onder 0,4 m lange rei	≤ 2	≤ 2	≤ 3		≤ 3	≤ 4	≤ 5
- onder 2 m lange rei ³⁾	≤ 3	≤ 5	≤ 7		≤ 5	≤ 7 ³⁾	≤ 7 ³⁾
- bij grotere onderdelen per m ² (gemeten met de draad)	≤ 1,5	≤ 2,5	≤ 3,5		2,5	3,5	3,5
- met een maximum over het totale oppervlak van	10	15	25		15 ⁴⁾	25 ⁴⁾	25 ⁴⁾
maatafwijkingen bij hoeknaden (o.a. hoeken van kolommen en balken) in mm	≤ 2 ⁵⁾	≤ 4 ⁵⁾	≤ 4 ⁵⁾		≤ 4 ⁵⁾	≤ 4 ⁵⁾	n.v.t.
luchtbellen toegestaan ⁴⁾	ja	ja	n.v.t.		ja ⁵⁾	ja ⁵⁾	n.v.t.

1) De 2 m lange rei is uitgevoerd met steelpootjes en een meetklokje.
 2) Uitvoering zodanig dat geen nadere bewerkingen van de profilering nodig zijn.
 3) Plaatselijke afwijkingen van de profilering bijwerken.
 4) Gedeeltes van meer dan 1000 mm²/m² zijn niet toelaatbaar. Gedeeltes van meer dan 3000 mm² per 10 m² zijn niet toelaatbaar. Eventuele beschadigingen bijwerken.
 5) Ter plaatse van maldelen aangebracht aan stortzijde, voor het overige deel zijn luchtbellen niet aan de orde. Uitgangspunt: geen zichtbeton. Indien zichtbeton dan melden op de elementtekening.
 6) Bij negatieve afwijkingen groter dan 5 mm dient de betondekking gecontroleerd te worden.

Dit artikel betreft de technische kant van het gebruik van kleuren in prefab-beton, maar over kleur kan ik nauwelijks technisch denken. Kleur is voor mij emotie, beton is techniek. De aandacht zal dus liggen bij de synthese, de samenhang.

De Duitse norm DIN, een toonbeeld van zakelijkheid, geeft over kleur meerdere definities. Eén daarvan luidt vrij vertaald: kleur is een zintuiglijke impressie of een visuele sensatie verkregen via het menselijk oog.

Beleving

Kleur maakt deel uit van onze beleving; bepaalt de sfeer, is onmisbaar. Het gevoel voor kleur is bij iedereen verschillend. Tussen zwart (de absorptie van al het opvallend licht) en wit (de reflectie van al het opvallend licht) zit een oneindig gamma van kleuren. Kleur bepaalt de stemming, onze stemming. De natuur streeft ons oog het jaar door met de prachtigste kleuren. Het frisse groen van de lente prikkelt ons tot actie, terwijl

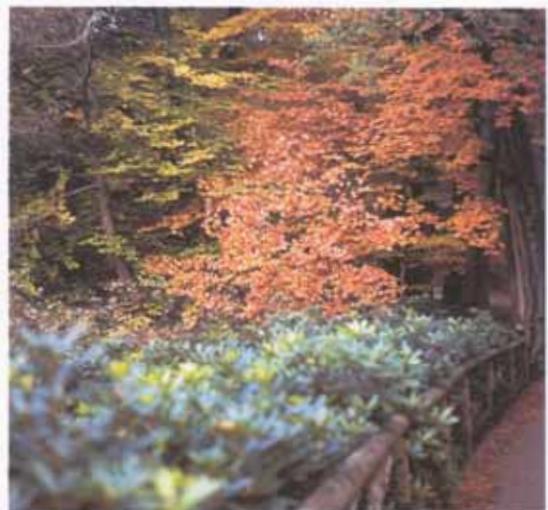
Prof. Ir. H.W. Bennenk

**Beton en kleur;
Kennis en Kunde**

het kleurrijke palet in de herfst uitnodigt tot gezelligheid in huis en tevens de winter aankondigt.

Verandering

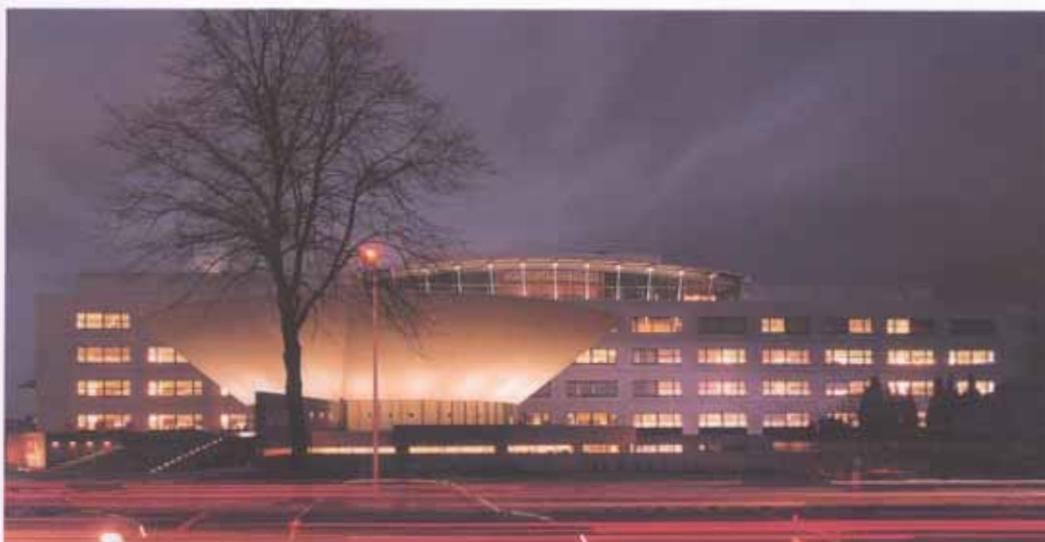
Door kleur en vorm te veranderen sturen modeontwerpers de mode van kleding. Zo verlenen zij de benodigde 'drive' aan de commercie. De wisseling van mode en kleuren is verwant aan de snelheid waarmee de maatschappij verandert. Ook de kleuren binnen in onze woningen zijn inmiddels onderhevig aan snellere wisselingen. Voor de buitenzijde van onze woon- en werkomgeving gelden deze snelle veranderingen niet. Hierbij is kleurgebruik een keuze die de ontwerper samen met de opdrachtgever meestal voor een langere periode maakt.



Beton en kleur

Veel wordt er tegenwoordig gedaan aan de inrichting van onze woonomgeving, kleurrijke betontegels in de tuinen, gekleurde betonstenen op straten en pleinen.

Bron en fotografie:
Prof. Ir. Bennenk



Kantoor CZ, Tilburg
Bron:
Hurks Beton BV
Fotografie:
Norbert van Oms

Kantoor Huisman,
Eelde
Oprac:
Harka Beton BV



We houden van die kleuren om ons heen, terwijl we niet altijd beseffen, dat *'c'est le béton qui fait la musique'*.

Als u iemand vraagt welke kleur beton heeft, dan is steevast het antwoord, beton is grijs. Klopt, dit grijs kan evenwel variëren van heel licht grijs, tegen wit aan, tot aan het donkerder grijs en dan vaak ook nog niet egaal. De kleur van beton is afhankelijk van de gebruikte materialen en de wijze waarop beton is samengesteld, vervaardigd, nabehandeld en geconditioneerd.

In dit artikel wordt de buitenzijde van het gebouw verder belicht. De gevel (of de huid) en die onderdelen in de gevel die in kleur worden geëxposeerd, zijn vaak het visitekaartje van de bewoner.

KAN-ROK, Rotterdam
Oprac:
Schokbeton BV
Fotografie:
Victor Scheller

Winkelcentrum
Barendrecht
Oprac:
Schokbeton BV
Fotografie:
Victor Scheller



De toepassing van het materiaal beton in de gevel is door de jaren heen niet constant geweest. Trends in materiaal-toepassingen zijn van elke tijd. De toepassing van beton in de gevel zal weer toenemen. Zeker in een tijd waarin duurzaamheid in de aandacht staat en de prefab-betonindustrie met een industriële aanpak in staat is in te spelen op individuele wensen.

Prefab-elementen kan men onder ander op de volgende wijze kleuren:

- door de keuze van toeslagmaterialen, het toepassen van getinte cementen (bijvoorbeeld witte cement) en het nabewerken van het oppervlak;
- het toevoegen van pigmenten aan de betonspecie;
- het instorten van materialen, zoals keramische tegels, baksteen of natuursteen;
- het verven van beton.

Hiervan zullen nu alleen de eerste twee mogelijkheden worden toegelicht.

Keuze toeslagmaterialen

Men kan de grove toeslagmaterialen op kleur selecteren en een bepaalde cement kiezen. De mogelijkheid bestaat om beton na het storten en verharden open te werken en de cementshuid te verwijderen. Dit gebeurt middels stralen, wassen of spoelen. Het toeslagmateriaal wordt dan zichtbaar en zal in samenhang met de overige materialen in de cementsteen de uiteindelijke kleurindruk bepalen.

Vaak worden alleen de grove toeslagmaterialen op kleur geselecteerd. Fijnere toeslagmaterialen zijn relatief duur. De kleur van cement kan een ondersteunende rol spelen. Door witte cement toe te passen kan men het contrast versterken of verminderen. In Nederland wordt veelvuldig gebruik gemaakt van witte cement en van gestraald beton met wit marmer als grof toeslagmateriaal. Er zijn eveneens veel toepassingen-



te zien van gestraald of gewassen beton, waarbij het grind wordt geëxposeerd. De kleur van het grind bepaalt hierbij de 'overall' kleurimpressie, tenzij men een getinte cement toepast of de cementsteen op kleur brengt door pigment aan de specie toe te voegen.

Bewerkingswijze

De keuze van het bewerken speelt tevens een rol. Middels het stralen zal de cementshuid worden verwijderd en het toeslagmateriaal worden gebombardeerd met korrels, beschadigd worden en een doffere indruk geven. De diepte van stralen, de duur en de intensiteit kan worden gevarieerd en heeft een grote invloed op het uiterlijk. Bij het wassen of spoelen van de niet verharde cementshuid blijft het toeslagmateriaal haar natuurlijke staat behouden.

Een fraaie manier om beton zichtbaar te maken ontstaat na het machinaal polijsten van beton. In opvolgende fasen worden met steeds fijner bezette diamantschijven onder toevoeging van water fracties van mm van de beton verwijderd. De basismaterialen komen te voorschijn in hun fraaiste vorm. Het gepolijste vlak wordt veelal geïmpregneerd. Door het kleuren van de cementsteen ontstaat een boeiende mogelijkheid voor de ontwerper om een fraai en duurzaam uiterlijk aan elementen mee te geven. De vorm van het element speelt daarbij een ondergeschikte rol.

Toevoeging van pigmenten

Met pigmenten (kleurstoffen) is de cementsteen van beton op kleur te brengen. Pigmenten zijn fijn gemalen poeders; korrels tot 10 x kleiner dan de cementkorrels. De fijne maling is gunstig voor het kleurend vermogen, zodat een beperkte dosering kan volstaan. De dosering wordt uitgedrukt als procenten van het cementgewicht. Een dosering van zo'n 3% kan al toereikend zijn om de gewenste effecten te bereiken. Vanwege die lage gewichtspercentages is de invloed van die fijne poeders op de betonspecie niet groot en vaak te verwaarlozen.

Aan de pigmenten moet een aantal eisen worden gesteld:

- de pigment moet door water eenvoudig nat gemaakt kunnen worden, maar mag niet oplosbaar zijn in water. De fijne korrels kunnen zich zo zeer goed verdelen in de betonspecie en kunnen na het verharderen ook niet worden uitgespoeld;
- de pigment moet alkali resistent zijn. De alkalische

omgeving, waarin de kleurstoffen verkeren, mag de kleur niet beïnvloeden;

- stabiliteit van de kleur tijdens het verharderen. De kleur mag tijdens het verharderen niet meer veranderen door temperatuurvariatie en een hoge relatieve vochtigheid. Behoudens de verandering die bij niet gepigmenteerde specie zou optreden;
- lichtechtheid. De kleur van aan licht blootgestelde gepigmenteerde beton mag niet afwijken van de kleur van de beton die niet aan licht is blootgesteld.

Aan deze eisen wordt voldaan door anorganische pigmenten: metaaloxiden, ijzeroxiden voor okergeel, bruin, rood en zwart. Kobaltoxyde voor blauw, chroomoxyde voor de kleur groen (dure pigmenten) en titaanoxxyde voor de kleur wit. Door basispigmenten in de fabriek te mengen staat de ontwerper een breed scala van kleuren ter beschikking.

De anorganische pigmenten zijn te prefereren boven de organische. Dit omdat de kleur bij de vervaardiging binnen zeer nauwe grenzen kan worden gehouden, de korrels uiterst fijn zijn en het kleurend vermogen hoog is. De organische pigmenten vertonen meer variatie in kleur door de natuurlijke afzetting. Bovendien zijn de korrels groter en anders van vorm. De duurzaamheid en de kleurechtheid van anorganische pigmenten is gegarandeerd.

Dosering van pigmenten

De pigmenten kunnen als poeder of als slurry worden toegeleverd. De dosering van



de pigmenten moet zodanig worden gekozen, dat de cementsteen de vereiste homogene kleur krijgt. De fijne delen met hun kleurintensiteit zullen de cementkorrels moeten omhullen en de kleur van cement overheersen. Als dit is gebeurd zal een hogere dosering kleurstof geen effect meer hebben; de kleurintensiteit is immers al bereikt. Bij een lagere dosering pigment zullen de cementkorrels wel invloed hebben op de kleur.

Kantoor te Eindhoven
Bron:
Hurks Beton BV
Fotografie:
Homes

Het pigment van de ene leverancier is niet gelijk aan die van een andere. Zowel de aard van het pigment, de productiewijze als de kleurintensiteit hebben invloed op de kleuring. Derhalve is het niet verstandig binnen een bepaald project over te schakelen op andere kleurleveranciers.

De keuze van het type cement is ook van belang voor de uiteindelijke kleur. ▶



Bron:
Clara Froger

Bron:
Hurks Beton BV



als basis gekozen moet worden. Gepigmenteerde beton dient homogeen van kleur te zijn en opvolgende producties dienen die kleur eveneens te bezitten.

Invloedsfactoren

Naast de samenstelling van de betonspecie zijn er meer factoren die het eindproduct beïnvloeden, zoals: het ontwerp, de productie, nabehandeling, transport, montage en onderhoud. De ontwerper draagt een grote verantwoording bij de keuze van de kleur, de detaillering en afwerking. Goed overleg met de producent over de mogelijkheden, onmogelijkheden en kostenbepalende factoren is gewenst.



Bij bepaalde pigmenten, kleuren, kan men de gewone grijze cement als basis gebruiken, terwijl bij de wat lichtere kleuren witte cement

Lange Voorhout
Kantoor gallery
Bron:
Lingen Beton
Fotografie:
Schlevink

Productie aspecten:

• Bekistingmateriaal

In veel gevallen wordt er met gelakt triplex en hout gewerkt. De zorg die wordt besteed aan de mal, is in het gestorte element terug te vinden. Elke oneffenheid manifesteert zich en beschadigingen van de laklaag, een scheurtje in de laklaag of lekkage nabij naden veroorzaken donkere plekjes. De mal mag geen vocht absorberen, omdat daarmee de dichtheid van de cementhuid en dus de kleur verandert. Het type ontkistingsolie moet bij de proefproductie worden beoordeeld.

• Dosering van grondstoffen en toeslagstoffen

De dosering dient zeer nauwkeurig en repeteerbaar te zijn. Dit is mogelijk door de moderne weegapparatuur die zijn ingebouwd in de betoncentrales van de prefab-betonleveranciers. De apparatuur en de transportmiddelen moeten goed schoon zijn en blijven. Regelmatig spoelen is noodzakelijk, zeker daar waar meerdere producties van specie in één centrale door elkaar lopen.

• Water-cementfactor (w.c.f.)

De verwerkbaarheid, dichtheid en te bereiken sterkte van beton zijn afhankelijk van de w.c.f. Naarmate deze hoger wordt zal beton lichter van kleur zijn door





een hoger poriëngehalte. Bij het handhaven van de w.c.f. wordt de sterkte van beton niet beïnvloed door de aanwezigheid van kleurstoffen.

• **Het storten**

Het storten dient gelijkmatig en met een goed stortfront te worden uitgevoerd. Het insluiten van lucht, het storten vanaf verschillende hoogten en het overmatig trillen op slecht te bereiken plekken leidt tot slechte eindresultaten.

• **Overdekte opslag**

De elementen dienen na het verharden te worden ontkist en enige tijd overdekt te worden opgeslagen. Later kan eventueel de nabewerking plaatsvinden en kan het element buiten.

worden opgeslagen tot het moet worden afgevoerd naar de bouwplaats.

Kalkuitslag

Nadat een element is gestort zal er primaire kalkuitslag optreden. De aanwezigheid van het inerte pigment zal de vorming van vrije kalk bij het verharden van beton niet verhinderen. Deze vrije kalk migreert naar het oppervlak waar het met (in lucht aanwezige) kooldioxyde calciumcarbonaat vormt. Dit is een witte sluier op het oppervlak die niet in water oplosbaar is. Naarmate beton dichter van structuur is zal deze primaire kalkuitslag minder sterk zijn. Op licht gekleurd beton is dit minder waarneembaar dan op donker gekleurd. Door het polijsten kan de primaire kalkuitslag worden weggenomen.



De secundaire kalkuitslag treedt pas op nadat de hydratatiegraad al hoog is. Het op het oppervlak gevormde calciumcarbonaat reageert langzaam met vocht en kooldioxyde, waardoor calciumhydrogeencarbonaat ontstaat. Dat is wel in water oplosbaar, zodat de kalksluier weer verdwijnt. Helderheidsmetingen tonen aan dat na 1 à 2 jaar de kalkuitslag vrijwel is verdwenen. De eerder genoemde maatregelen bij productie kunnen het effect terugdringen, maar nooit voorkomen. Middelen om kalkuitslag te voorkomen zijn niet beschikbaar. Wel kan men door impregneren of coating de vochthuishouding beïnvloeden in de zone nabij de oppervlakte en kalkuitslag minimaliseren.

Het maken van beton met kleur vereist kennis en kunde. Bij de Belton-bedrijven zijn beide ruimschoots aanwezig. Een uitstekende voorwaarde om kleur te brengen in uw omgeving.

Kantoor Lotus,
Haalddorp
Bron: Horka Beton BV
Fotografie:
Renes

Bron:
Horka Beton BV



Kantoor Philips
Pensioenfonds
Eindhoven
Geplijst beton/
witte cement;
geen pigment
Bron:
Horka Beton BV
Fotografie:
van der Vliet & Claus

belton

Prof. ir. H.W. Bennis: Vorm en vormgeving

De vorm in het tijdsbeeld

De omgeving waarin we wonen, werken en verkeren is een 'gemaakte' omgeving. Een omgeving gemaakt door mensen voor mensen. Zo is onze 'natuur' een natuur, waaraan door de mens vorm is gegeven. De omgeving is ingericht naar het tijdsbeeld, de noden, de appreciatie en de mogelijkheden van dat moment. In de jaren '70 vindt er in de inrichting van de omgeving en het wonen een omslag plaats. Een aanzet wordt gegeven om zich meer te richten op het individu, dus ook een aanzet tot individueler bouwen. Voor de prefab-industrie, die tot dan gewend was aan het produceren van veel gelijksoortige elementen, vergt dat een aanpassing.

Inmiddels is de prefab-beton-industrie ingericht om kleine series te produceren. Kleine series van producten, die op zich een zekere basisvorm kennen. Een product met een

volledig eigen en nieuwe vorm, dat niet in 'aangepaste' bestaande modellen kan worden gemaakt, vergt nog steeds een extra inspanning. Alleen door gebruik te maken van de inmiddels ontwikkelde wijze van kwaliteitsgericht werken en industrieel denken, kan daarop worden ingespeeld. Hierin ligt de echte uitdaging voor de Beltonleden besloten.

Woningen en vormgeving

Voor niet-vrijstaande woningen is de aanwezigheid van één bouwmuur een vereiste. De constructie van de woning is daarmee in hoofdzaak bepaald. De vloeren, vrijwel uitsluitend prefab-vloeren, spannen van bouwmuur naar bouwmuur. De gevel kan vrijelijk worden ingevuld. Een voorziening om de standzekerheid van de woning te garanderen kan op meerdere wijzen worden



ingevuld. De toepassing van kalkzandsteen in de woning voor al dan niet constructieve wanden is sterk gegroeid. Overigens worden er in woningen zeer veel verschillende prefab onderdelen toegepast. Door de bouwmuren ten

Bron:
Prof. ir. H.W. Bennis



opzichte van elkaar te laten verspringen, de vorm van de kap te variëren en te spelen met de gevelindeling creëerde de architect jarenlang de zo gewenste variatie. Dat spelen met de vorm is tegenwoordig weer verlaten. De rijtjeswoningen lijken tegenwoordig toch allemaal weer wat strakker van uiterlijk en ordelijker gerangschikt. Een belangrijk facet bij de aangebrachte variatie is nu de keuze van het materiaal in de gevel en ook het speels omgaan met uitbouwen en glas in het geveldak. De soms door het dakvlak stekende boven-

verdieping onderbreekt de traditionele daklijn.

Hoewel de vorm op zich varieert is de intensivering van het industrieel bouwen een gegeven, waarbij de toepassing van prefab-betonelementen niet meer is weg te denken. De mogelijkheden om met industriële producten ook in de woningbouw individuele oplossingen te creëren zijn vrijwel onbeperkt.

Voor de meerverdiepingen en flatbouw is een zelfde tendens waarneembaar.

De vorm en materiaalkeuze variëren. In deze bouw wordt evenwel nog veel ter plaatse gestort, al dan niet met gebruikmaking van een bekisting van breedplaatvloerelementen. Deze keuze hangt onder andere samen met de massa eisen voor woningscheidende vloeren en -wanden. Zonder dat men zich daarvan bewust is, worden toch ook in deze bouw veel prefab-betonelementen toegepast, waaronder balkons, die qua vorm, uiterlijk en detaillering van belang zijn voor de architect.

Vormvrijheid vergroot door CAD en voortschrijdende industrialisering

Er is overigens nog een belangrijke verandering te constateren. Het gebruik van CAD maakt het mogelijk om de gebouwen een complexere vorm te geven en toch de precieze maatvoering aangereikt te krijgen. Dit bespaart een hoop rekenwerk, dus tijd, en is foutloos, mits de goede uitgangspunten zijn vastgelegd. Deze mogelijkheden hebben ertoe geleid, dat er nogal wat gebouwen een basisvorm hebben, die niet-prismatisch is.

Met name de prefab-vloerfabrikanten hebben kans gezien op dit fenomeen in te spelen. Ze gebruiken zoveel mogelijk het bestand van de ontwerper als onderlegger voor hun tekeningen. Ook zij kunnen met 'intelligent' maatvoeren de elementen zuiver in de maat zetten. De zo opgebouwde elementbestanden worden gekoppeld aan de productievолgorde en sturen via CAD-CAM de productiemachines aan. De fabrikanten van vloeren leveren daardoor industrieel vervaardigde elementen in





tussenwanden, gangwanden en de TT-platen is op dat moment niet eenvoudig uit te voeren. Het uiterlijk van de dragende gevelelementen kan door de vorm, de kleurkeuze en de wijze van afwerken boeiend zijn. Het gevelelement was vaak verdiepinghoog of zelfs wel gebouwhoog. Ook werd in die periode nog veel gebruik gemaakt van skeletstructuren, balken en kolommen. Deze structuren werden bekleed met een vrij te kiezen gevelafwerking.

Meer mogelijkheden

De prefab-industrie introduceerde in de loop van de jaren '80 de hogere kanaalplaat van 320 mm en later ook een plaat van 400 mm hoog. De kanaalplaat heeft naast een aantrekkelijk eigen gewicht bij een overspanning van 35 tot 40 maal de plaathoogte, het voordeel van een vlakke onderzijde. Vrije overspanningen tot 14,40 m vormen geen enkel probleem. Door in de langsgewel dragende betonwanden te plaatsen werd het mogelijk om, maar nu met een vlakke onderzijde en een lagere

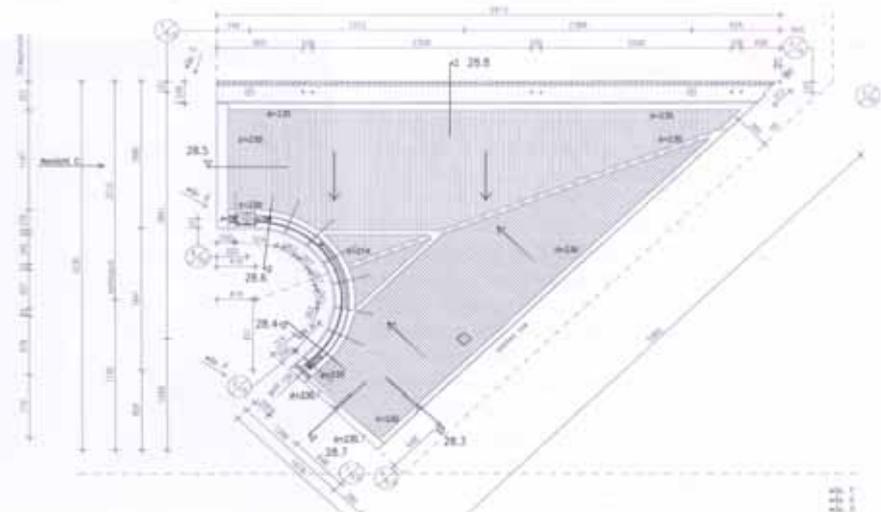
Spec: Heco Beton BV

vrijwel elke gewenste vorm tegen een vierkante meter prijs, die nauwelijks afwijkt van een standaardelement. Mede hierdoor is de vormvrijheid technisch en economisch vergroot.

zicht of er werd een plafond onder of tussen de ribben van de TT-platen aangebracht. Een verantwoorde bouwtechnische aansluiting van de

Kantoorgebouwen en vormgeving

In de bouw van kantoren en bedrijfsruimten -voor de snelgroeiende lichte industrie- is in de jaren '80 een kentering waar te nemen. Tot die tijd bestond het kantoorgebouw veelal uit een gevel van dragende gevelelementen waarop TT-platen rusten. De TT-platen kunnen de twee kamers en een gang van het standaardkantoor zonder tussenondersteuning ruimschoots overspannen. De ribben van de TT-platen en leidingen bleven in het



Belton



constructiehoogte, een nieuw type kantoor te introduceren. In dit nieuwe concept is het mogelijk om de dragende wand als binnenspouwblad uit te voeren en de thermische isolatie en de afwerking van de gevel vrij te kiezen. Bouwfysisch en bouwtechnisch een fraaie oplossing. Het concept mag als zeer succesvol worden gezien, mede vanwege de betaalbaarheid van vloer- en wandelementen, beide industrieel vervaardigde constructie-elementen. In een volgend artikel in Belton Magazine zal aandacht worden besteed aan een aantal constructieve aspecten, die samenhangen met deze bouwwijze.

Bouwconcept stimuleert vormmogelijkheden

We zijn al zo eigen geworden met deze bouwmethode dat de start ervan op de achtergrond raakt. Sommige ontwikkelingen zijn een antwoord op een gestelde vraag, terwijl andere ontwikkelingen worden geïntroduceerd en dan de vraag stimuleren. Hier heeft

de prefab-industrie de vraag gestimuleerd. Het concept gaf de mogelijkheid tot het ontwikkelen van specialismen. De verdere ontwikkeling van vloer- en wandelementen kan dus gescheiden plaatsvinden. Economisch van belang omdat specialisme leidt tot kostenreductie en dus lagere prijzen.

Deze bouwwijze heeft nog een ander effect teweeg gebracht. De gebouwen zijn

veel strakker geworden, de gevels verhoudingsgewijs veel vlakker. De variatie in de gevelafwerking is groter geworden door de scheiding die is aangebracht tussen de binnenschil, de drager, en de buitenhuid. Wellicht dat dit ook past in het tijdsbeeld. De status van het gebouw en zijn bewoner kan goed tot uitdrukking worden gebracht door de keuze van de materialen in de gevel. Naast de invulling met niet-transparant glas, komen we langzamerhand weer terug bij een meer open gevel, waarbij de mensen die er werken van buitenaf weer zichtbaar zijn.

Vorm en vormen

Dan nu - aan de hand van enkele voorbeelden - aandacht voor de toepassing, voor de variatie in vormen die in prefab-beton moeten worden gerealiseerd.

Balkonplaten

Balkons zijn vaak dominant in de totale vormgeving. In het boek 'Prefab-beton in de Woningbouw', vorig jaar uitgegeven door de Belton en

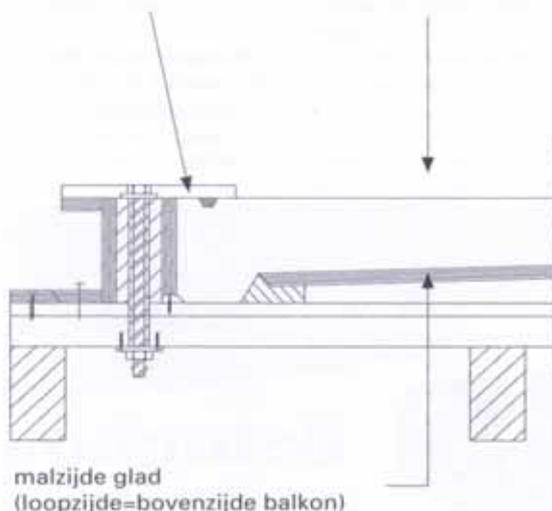


Prefab-interface zal
Bron:
Betonindustrie
"De Volvoren" BV

Bevlon, wordt op bladzijde 81 e.v. aandacht geschonken aan de detaillering en uitvoering van balkon- en galerijplaten. De detaillering is van belang voor de maakbaarheid, het afschot en het uiterlijk in de loop der jaren. De overgang tussen binnen en buiten vraagt om een bouwfysische scheiding. Aan de stroefheid van het oppervlak wordt meer aandacht geschonken dan voorheen. Een schijnbaar 'eenvoudig' product dat zonder voldoende aandacht van de ontwerper en de prefab-betonfabrikant de toets van kwaliteit in de tijd 'eenvoudig' niet zal kunnen doorstaan.

De interface zuil

Een interface zuil, is niet groot in dimensie, maar wel gecompliceerd van vorm. De mal om deze zuil naadloos te storten en te ontkisten vraagt speciale aandacht. De onderzijde van de zuil is de stort zijde. Om de inkassing boven de voet te verkrijgen is een los deel aan de mal toegevoegd, dat na het ontkisten van de zuil wordt weggenomen.



Metro-elementen

In Belton Magazine 1/98 is een artikel gewijd aan tunnel-elementen voor geboorde tunnels, terwijl in Belton Magazine 4/97 aandacht is besteed aan beton & kleur en in deze uitgave aan vorm en vormen (mallen). Om u kennis te laten maken met een stukje Nederlands vakmanschap neem ik u mee naar Parijs. Door Hurks Beton BV zijn tunnelementen geleverd voor het nieuwe metrostation Gare Magenta van de nieuwe metrolijn EOLE, die een snelle verbinding moet gaan vormen tussen het oosten en het westen van Parijs.

Bij de tunnelementen is de maatnauwkeurigheid essentieel, vanwege de passing van de elementen, die met een hol- en dolverbinding 'droog' op elkaar aansluiten. In dit geval is tevens de kleur van de elementen van belang. De aanzet van de boog is ter plaatse gestort met een beton in kleur. De kleur van de ruim 1.600 tunnelementen moet hierop aansluiten. Daartoe zijn de



toe te passen materialen zorgvuldig geselecteerd en zijn proefstorten gemaakt. Een travée bestaat uit 11 'voussoirs', gebogen elementen van 1600 x 1200 x 960 mm³ met een gewicht van 50 KN. De elementen zijn dus redelijk massief, zodat de temperatuurontwikkeling tijdens het verharden in de hand moet worden gehouden. Tien 'voussoirs' worden met een speciaal ontwikkelde machine tegelijk geplaatst. Het elfde element waarin twee platte vijzels zijn ingestort wordt daarna als sluitelement geplaatst, waardoor de hele boog onder druk wordt gebracht. De aanvoer gebeurde 's nachts, 'Just In Time'. Dat Nederlandse prefab-beton als constructief zichtbeton in een Parijs metrostation wordt toegepast, benadrukt het vakmanschap van de Nederlandse prefab-beton-industrie eens te meer.

Bron:
Hurks Beton BV

Bron:
Prefab Beton
in Wieringboven

Architectuur & ontwerp
Utiliteitsbouw

PREFAB BETONGEVEL KEERT TERUG IN NIEUW JASJE

Frans Oremus



1 | Architectonisch beton uit de jaren '70: toepassing van dragende gevelelementen kantoor Sijthof pers Rijswijk foto: Cement

In de jaren zestig en zeventig beleefde geprefabriceerd beton als gevelbekleding van zowel woningen als gebouwen een glorieus tijdperk. Vanaf de jaren tachtig werd de betonnen gevel verdrongen door andere materialen. Mede door productinnovatie lijkt de toepassing van zichtbeton in gevels sinds kort weer opgang te doen, zij het nog in beperkte mate. Om te achterhalen waarom het gebruik van prefab gevelelementen nog slechts een aarzelende rentree laat zien, vroeg Cement een aantal architecten, ontwikkelaars en vakspecialisten om hun mening.

De Bond van Fabrikanten van Betonproducten in Nederland (BFBN) ziet sinds een kleine drie jaar een groeiende belangstelling ontstaan voor de toepassing van zichtbare betonnen gevelelementen. Cijfers heeft de bond niet beschikbaar, maar de aanvraag voor zichtbeton bij producenten van betonelementen neemt substantieel toe, zo stelt directeur Ton Pielkenrood van de bond. 'Deze kentering wordt geïnitieerd vanuit de architectuur aan de hand van aansprekende projecten van bekende architecten als Abe Bonnema en Charles Vandenhove. Architecten willen weer andere materialen in het zicht en raken steeds beter op de hoogte van de kwaliteitssprong die is gemaakt in de fabricage van betonelementen. De fabrikanten zijn nu in staat prachtig beton af te leveren, in mooie kleuren en met een hoge dicht-



2 | Kantoorgebouw WE (vroeger hij en zij) in Utrecht eind jaren '80, prefab elementen architect: Wentink Baarn foto: Arthur Martin, Baarn

heid; soms gepolijst. Het aanbrengen van coatings gebeurt nauwelijks meer omdat dit met de huidige kwaliteit beton van hoge dichtheden niet nodig is. We zijn wat dat betreft duidelijk een stap verder dan in de jaren zeventig. Als ik bijvoorbeeld kijk naar het in die periode gebouwde Bleulandziekenhuis in Gouda - gesitueerd tegenover de kantoren van Betonvereniging en CUR - dan kan ik me voorstellen dat men zegt: "dat ziet er niet uit". Gelukkig komen er steeds meer andere voorbeelden die tot de verbeelding spreken en waarbij creatief gebruik is gemaakt van de mogelijkheden van prefabricage. De betonindustrie is ook flexibeler geworden. Vroeger was je gedwongen ten minste twintig of dertig gevels tegelijk te bekleden, terwijl nu relatief gemakkelijk enkele stuks worden gemaakt. Ook de kosten zijn omlaag gegaan. Bijvoorbeeld door kleur op een slimme manier toe te passen: het is tegenwoordig mogelijk een dunne laag gekleurd beton op een verder grijze laag aan te brengen. Dat bespaart aanzienlijk.'

Levertijden

Architectenbureau Toon van Aken in Eindhoven past nog nauwelijks zichtbaar beton toe in gevels vanwege prijs en levertijden. Architect Henri Wijenberg van dit bureau is er duidelijk over: 'Ik vind de toepassing van prefab zichtbeton voor sommige projecten erg mooi, maar hier in Nederland gebruiken we het niet. In België wel. Onlangs heb ik in Antwerpen een woningbouwproject neergezet met zwart en geel gekleurde prefab elementen (foto 3). De doorslag gaf dat het gemakkelijk te verkrijgen was. In Nederland daarentegen zijn de levertijden gewoon te lang voor het huidige, steeds sneller wordende bouwproces.'



Een belangrijk ander obstakel in de keuze voor prefab gevels vormt volgens Wijenberg de voorkeur van de projectontwikkelaar. 'Het is niet zo dat projectontwikkelaars dwingend materialen voorschrijven, maar toch laat het gemiddelde eisenpakket van de belegger meestal geen ruimte voor een dergelijke toepassing omdat het te duur wordt gevonden. Het imago speelt eveneens een rol. In kringen van beleggers en projectontwikkelaars wordt beton op de buitengevel vaak als armoedig ervaren. Men kiest dan sneller voor natuur- of baksteen. Beton kampt in dit opzicht met hetzelfde euvel als hout. Ook voor dit materiaal zijn veel ontwikkelaars huiverig, vaak uit onbekendheid met het product.'

Als architect ervaar ik dit soms als een gemis. Vooral in woningen vind ik de toepassing van prefab zichtbeton namelijk erg mooi. Laatst heb ik een klein woningbouwproject met zichtbeton mogen maken, maar de ontwikkelaar wilde niet verder gaan dan slechts een gedeelte van de gevel. De reden hiervoor was dat het om zwart beton ging, waarbij de fabrikant niet de homogeniteit van de kleur over grotere oppervlakten kon waarborgen. Vandaar dat gekozen is voor relatief kleine geveldelen.

Dat het gebruik van prefab beton in gevels mooi kan zijn is voor architecten denk ik geen onderwerp van discussie. Architecten als Wiel Arets (hoogbouw Zuidereiland, Amsterdam) en Rem Koolhaas (kantoorgebouw met reliëfbeton in de gevel, gemaakt met rubber mallen, Lille) laten zien wat de mogelijkheden van vandaag zijn. Ook Japanse architecten zijn ver in zowel verwerking als kleurtechniek. In Nederland hebben we wat dat betreft nog een inhaalslag te maken. Die slag zal sneller worden gemaakt als de levertijden korter worden en het goedkoper wordt om de expressiemogelijkheden – die de kracht vormen van prefab zichtbeton – optimaal te benutten.'

Planning en maatwerk

In commentaar hierop onderkent ook Pielkenrood van de BFBN dat de levertijden voor prefab gevelelementen lang zijn. 'Dat is het gevolg van de huidige piekproductie voor de utiliteitsbouw. De fabrikanten hebben hun handen vol aan orders voor tal van prefab elementen in de u-bouw. Toch is er nog wel degelijk ruimte voor maatwerk. Maar een architect die om vijf voor twaalf bij een leverancier komt om op de kortst mogelijke termijn zijn ontwerp gerealiseerd te zien, kan teleurgesteld worden. Voor dit soort maatwerk moet je voor kwaliteit gaan en dat kost tijd. De architect moet dat opnemen in zijn planning.'

Beeldhouwen met beton

Een architectenbureau dat dit heeft begrepen is Dam & Partners Architecten in Amsterdam. Directeur

3 | Woningen in Antwerpen,
architect Henri
Wijenberg
(Toon van Aken)
foto: H. Timmermans,
Antwerpen

Architectuur & ontwerp
Utiliteitsbouw



4 | **Kantoorgebouw**
Rijnsweerd roodgekleurde gevelelementen, architect Cees Dam
foto: Ger van der Vlugt

Diederik Dam (zoon van Cees Dam, red.) legt uit: 'Wij zijn al heel wat jaren bezig met het gebruik van prefab beton in gevels. Ik noem de Optiebeurs in Amsterdam en het kantoorgebouw Rijnsweerd in Utrecht (foto 4). In het voormalige VNU-gebouw in Amsterdam Zuidoost zijn gevelelementen toegepast met bloemmotieven en goudmozaïek. Bij de twee woontorens aan de boulevard in Scheveningen (project Leonardo Davinci) en het hoofdkantoor van Debitel in Hoofddorp is eveneens prefab beton ingezet. Wij zien het al jaren als een materiaal met

5 | **Kantoor Blauwvoed**
Brainpark Rotterdam, architect Diederik Dam
foto: Koelen, Amsterdam



grote toekomst. De kracht ervan zit in de combinatie van industriële toepasbaarheid en ambachtelijke uitstraling. Wij gebruiken het vrijwel altijd met als doel een gebouw een sculpturaal uiterlijk te geven. Er is zoveel mogelijk. Naast de variëteiten in reliëf zijn er de behandelmethoden – bijvoorbeeld met een graniettoeslag en daarna zandstralen – waardoor je een gebouwschil kan creëren die door een beeldhouwer gemaakt lijkt.

Onze ervaringen met betonproducenten zijn goed. Natuurlijk moet je op tijd zijn. We laten meestal zelfs proefmallen maken waaraan we nog wijzigingen kunnen doorvoeren voordat de eigenlijke productie van start gaat.'

Bouwteams

Dat projectontwikkelaars onwillig zouden staan tegenover het gebruik van prefab gevelelementen is volgens ontwikkelaar HBG Vastgoed niet aan de orde. 'Projectontwikkelaars volgen de trends van de markt', zo stelt Cor Notenboom, hoofd bouwkunde van Ingenieursbureau HBG. Er is momenteel sprake van een revival van schoon beton, zowel prefab als in situ. Onder aanvoering van architecten als Koolhaas, Vandenhove en vooraanstaande Japanse ontwerpers zie je dat ook de meer gemiddelde bureaus beton herontdekken als een mooi en puur materiaal, dat door de huidige mogelijkheden in kleur en textuur in architectonische waarde is gestegen. Mijn ervaring is dat de ontwikkelaar vooral is geïnteresseerd in de vierkante-meterprijs van een gevel, maar dat hij de architect vrij laat in de materiaalkeuze. De ontwikkelaar die prefab gevels bij voorbaat verwerpt op grond van prijs of vermeende uitstraling, heeft te weinig kennis van zaken. In die zin bestaan er denk ik verschillen tussen de pure ontwikkelaar en de ontwikkelaar die ook een bouwpoet en misschien zelfs een betonproducent binnen zijn gelederen heeft. De know how bij een ontwikkelaar/bouwer is groter. Hij is beter in staat zelf berekeningen te maken en voor- en nadelen van te kiezen materialen tegen elkaar af te zetten. Ik heb zelfs meegemaakt dat juist de bouwpoet prefab in plaats van baksteen adviseerde voor een buitengevel, namelijk bij een kantoorpand in Brainpark (Rotterdam): de architect (Diederik Dam) en ontwikkelaar (Blauwvoed) kozen voor baksteen, maar de bouwpoet van HBG, die de bouw voor zijn rekening nam, adviseerde prefab gevelelementen met baksteenstructuur (foto 5) vanwege de bredere penanten en hogere luchtdichtheid. Ik wil hiermee zeggen dat in een goed bouwteam beslissingen worden genomen op basis van kennis.'

Dogma's

Ook directeur Jan Dekkers van IBC Betonbouw is van mening dat er in een kundig bouwteam geen vooroordelen meer bestaan ten opzichte van zichtbare prefab geveldelen. IBC Betonbouw levert



betondelen aan de 'eigen' bouwer en ontwikkelaar (Koninklijke IBC) maar ook aan derden. 'In onze groep wordt de prijs/kwaliteitverhouding van prefab gevels als goed ervaren. Er gaat niks boven cementgebonden materialen. Ook de markt komt tot dit inzicht na een periode van aluminium vliesgevels en gevels uit allerlei andere materialen. We gaan in dat opzicht duidelijk weer terug naar de basis. Natuurlijk kennen wij ook de traditionele projecten. Daarin worden we vaak te laat ingeschakeld in het bouwproces en stuiten we op dogma's over prefab beton als zou het te duur zijn, een grauwig uitstraling hebben en moeilijk te onderhouden zijn. Wat ons als bouwer en ontwikkelaar interesseert is de combinatie van de binnen- en de buitengevel in zowel fysisch als arbeidstechnisch opzicht. Met dat laatste bedoel ik dat we door het nijpende tekort aan bouwpersoneel steeds vaker kiezen voor geprefabriceerd sandwichbeton omdat het allemaal kant en klaar uit de fabriek komt: één bouwdeel met spouwblad en buitengevel, waarin zelfs het glas al is aangebracht. Dat scheelt handen op de bouwplaats.'

Een voorbeeld van deze bouwmethode is te vinden in de vier woontorens aan de Erasmusweg in Den Haag (foto 6).

Sleutelen aan product

Architect Jan Brouwer van XX Architecten in Delft zegt 'niet honderd procent positief' te staan tegenover prefab gevelelementen. 'Over de esthetische mogelijkheden van zichtbeton ben ik zeer positief. Met name de vormvrijheid is een verdienste van dit materiaal. Als nadeel ervaar ik de zwaarte ervan, omdat dit de mogelijkheden voor een milieuvriendelijk ontwerp in de weg staat. Gevelbekleding die 2,5 ton per kuub weegt is met de huidige mogelijkheden in de installatietechniek een te zware buitenschil voor een gebouw. Met veel lichtere materialen is een betere of gelijke Energieprestatiecoëfficiënt (EPC) te behalen. Wil beton echt iets gaan betekenen voor de buitenschil van gebouwen en woningen,

dan denk ik dat er aan het product gesleuteld moet worden. De betonindustrie leunt nu teveel op de constructieve aspecten van het materiaal, terwijl dat voor de buitengevel niet nodig is. Er zou meer gekeken moeten worden naar de mogelijkheid om dunnere elementen te fabriceren door de huidige stalen wapening te vervangen door glasvezel of kunststof. Het onderzoek naar deze techniek is min of meer in de ijskast gezet, maar zou wat mij betreft weer opgepakt mogen worden. Dit, gekoppeld aan een betere kennisoverdracht van de industrie aan architecten, zou naar mijn idee de kansen voor het gebruik van prefab beton in gevels aanzienlijk vergroten.' ■

Accent 'Schoon Prefab Beton'

In dit inleidende artikel zijn aspecten aangevoerd die in dit nummer van *Cement* nader worden besproken. In het katern Architectuur & ontwerp aandacht voor de expertise van de prefab-industrie, ongewone projecten van Zwitserse architecten en ervaringen met zwart beton.

In het katern Constructie & uitvoering een artikel over het gevelontwerp, belicht door twee partners aan één project: architect en prefab-leverancier. Wat wil de ene partij en hoe geeft de ander daarop antwoord. Vanuit België een artikel over verschillende oppervlaktebewerkingen van gevelelementen: architectonisch beton ten voeten uit. Al eerder is in *Cement* gepubliceerd over de bruggen in Leidschenvveen. Nu is de productie gestart met het ontwikkelen en produceren van de mal voor de brugelementen. In het katern Onderzoek & technologie allereerst de ervaringen met architectonisch beton. Gesteld wordt dat de aandacht niet alleen moet uitgaan naar het product en de samenstellende grondstoffen, maar ook de engineering en de projectbegeleiding mogen niet stiefmoederlijk worden bedeed.

Bij gekleurd beton wil nog wel eens het fenomeen kalkuitslag optreden. De maatregelen om dat te vermijden worden besproken.

Terminologie/benamingen

Schoon beton is de term die we gebruiken voor in het werk gestort beton waaraan vooraf bepaalde esthetische eisen zijn gesteld. De term zichtbeton is minder in gebruik.

Voor geprefabriceerd schoon beton (elementen) kent en gebruikt de praktijk – zowel architecten als fabrikanten – de term architectonisch beton. Ook de term prefab zichtbeton wordt wel gebruikt.

Aanvankelijk waren we van plan alleen de benaming *schoon prefab beton* te gebruiken. Gaandeweg sloeg de twijfel toe. Schoon prefab beton is nu eenmaal geen aantrekkelijke benaming en de praktijk hanteert deze term nauwelijks. Vandaar dat we veelal de benaming *architectonisch beton* hanteren.

Redactie

6 | Woningbouw aan de
Erasmusweg in Den
Haag, architect Kloet en
Van de Merne
foto: Henk van der Veen

Architectuur & ontwerp
Prefabricage

VIJF PROJECTEN IN PREFAB

Hans Fuchs

In de afgelopen jaren is een aantal gebouwen gerealiseerd waarin prefab beton op bijzondere wijze is toegepast. Tezamen geven deze gebouwen een aardige dwarsdoorsnede van de expertise van de betonproducenten in Nederland en België. En wat vonden de architecten van de samenwerking met de betonproducent?

**Kantoorgebouw Graydon,
Amsterdam-Zuid-Oost**
architect: Klunder
Architecten, Rotterdam
producent:
Oosthoek/Kemper, Tilburg
foto's: Hugo Potharst,
Amsterdam

Cannelures in prefab beton

Het kantoor van Graydon is nagenoeg helemaal opgetrokken uit prefab beton. Diagonale cannelures zorgen in de witte zuidgevel voor een levendig spel van licht en schaduw. Volgens de betonproducent leidde de goede samenwerking met de architect tot verfijning en technische winst.

'Vierkante meters maken, en snel.' Zo typeert Cor Berg, projectarchitect van het bureau Klunder Architecten, het verhaal achter het kantoorpand van Graydon in Amsterdam Zuidoost. De oplevering vond plaats in december 1996, na een bouwtijd van acht maanden. Het lag volgens Berg voor de hand om te werken met prefab beton: 'De voordelen van prefabricage konden hier worden benut om te bouwen zonder steigers, zonder metselwerk, zonder voegen.'

De noordgevel van het kantoorpand is uitgevoerd met zwarte, gepolijste prefab sandwichelementen. In de gestraalde witte sandwichelementen aan de zuidzijde zorgt een dambordmotief van diagonale cannelures voor een gevel met textuur en





karakter door de werking van licht en schaduw. Volgens Berg heeft de producent van de prefab gevels, Oosthoek/Kemper uit Tilburg, een belangrijke rol gespeeld bij de realisatie van het gebouw: 'In de bouwbranche staat iedereen onder druk. Alles moet snel, snel, snel. Dat vraagt het nodige bij de productie. Oosthoek/Kemper heeft razendsnel prefab elementen geproduceerd van hoge kwaliteit.'

En dan te bedenken dat houten mallen zijn gebruikt. Jan de Vreede van Oosthoek/Kemper: 'De figuratie in de gevel maakte houten mallen nodig. Maar hout slijt, dus moesten er meerdere mallen zijn om de kwaliteit van de prefab elementen te waarborgen, ook aan het einde van de productiecycclus. De hele productie duurde twaalf weken.'

Winst

Als het gaat om de samenwerking met het architectenbureau, noemt De Vreede het totale project bijzonder: 'Het gebouw is bijna in zijn geheel uit prefab opgetrokken. De samenhang van het in prefab denken is dan van belang. Klunder Architecten is wat dat betreft 'prefab minded'. Dat levert een goede samenwerking op. Wanneer je als producent met zo'n architectenbureau samenwerkt, kom je tot extra verfijning en technische winst.'

Cor Berg noemt het vervaardigen van een functionele mal een ander voorbeeld van de waardevolle inbreng van de producent. Jan de Vreede is het daarmee eens: 'Bij zo'n diagonale cannelurevorm moet je altijd blijven nadenken over zaken zoals werken in spiegelbeeld, de aansluiting en overgang tussen platen en bij ramen, en het voorkomen van schade bij het ontkisten. Dat vraagt extra denkwerk. Op zich vanzelfsprekend, maar de praktijk kan lastig zijn.'

De producent nuanceerde ook de wens van het architectenbureau om de noordgevel zwart te maken. Cor Berg: 'Dat werd na overleg met de producent bijna zwart. Jan de Vreede licht toe waarom: 'Helemaal zwart is niet mogelijk, tenzij je schildert met betonverf. Maar verf vraagt onderhoud, en dat wilden we voorkomen. Met natuurlijke materialen is volkomen zwart niet te bereiken. Dan is een diep, bijna zwart een alternatief.' Een zwarte gevel vraagt bovendien extra aandacht vanwege eventuele kalkuitbloeiing. Jan de Vreede: 'Wij hebben daar speciale zorg aan besteed door de elementen geconditioneerd binnen te laten uitharden en het oppervlak schoon te spoelen om ervoor te zorgen dat de vrije kalk de kwaliteit van het uiterlijk niet verstoort.'



Architectuur & ontwerp

Prefabricage



Prefab postmodernisme

'Blue doodles', zo noemt architect John Outram de cilindervormige blauw beton onder de kroonlijst van de Groenmarkt Passage. De prefab cilinders zijn vervaardigd door het Belgische bedrijf Marbra-Lys. De betonproducent uit Harelbeke fabriceerde ook de tien kleuren prefab beton in het gebouw.

'Decoreren is een daad', meldt John Outram vanuit zijn kantoor in Londen. De Engelse architect weet waarover hij praat. Outram is de ontwerper van de uitbundige Groenmarkt Passage, het winkel- en kantorencomplex in het centrum van Den Haag. De

Groenmarkt Passage,

Den Haag

architect:

John Outram, Londen

producent:

Marbra-Lys, Harelbeke

foto's: Gerald Van Rafelghem,

Kortrijk



Groenmarkt Passage is overdadig gedecoreerd, vol postmoderne referenties aan classicistische architectuur en negentiende eeuwse bouwkunst. Het ontwerp bestaat uit een centrale 'Rotunda' met daarachter twee vleugels met winkels en kantoren.

De Groenmarkt Passage is onmiskenbaar een gebouw van Outram: 'Eigenlijk maak ik steeds opnieuw hetzelfde gebouw. Wereldwijd werk ik met dezelfde vormtaal. Alle voorzieningen stop ik weg in de kolommen, zodat ik formele architectuur kan maken. Daarbij gebruik ik ornamenten en kleuren als een taal, als communicatiemiddel.'

Doodles

Veel onderdelen van de Groenmarktgevels zijn van prefab beton. Zo ook de 'blue doodles', volgens betonproducent Marbra-Lys de lastigste prefab vorm aan de Groenmarkt Passage: voor deze ornamenten hebben wij een eigen mal ontwikkeld, op basis van documentatie van een Ierse betonproducent die ze al eens voor een ander project van Outram maakte. Hun mal was volledig van hout. Onze mal bestond uit een houten buitenframe met daarin een soepele rubberen mat. Dat was functioneler en goedkoper. Dankzij de mat waren de 'doodles' gemakkelijker uit de mal te halen.'

In de gevels van de Groenmarkt Passage zijn maar liefst tien kleuren prefab beton verwerkt. Groen is de basiskleur, aangevuld met onder meer blauw en zwart. Het maken van dat gekleurde beton noemt Marbra-Lys een delicate aangelegenheid: 'Kleur is belangrijk voor Outram. Hij stelde als eis dat de prefab onderdelen niet mogen verkleuren. En de kleurpigmenten mochten niet uitloggen, want ook dat leidt tot verkleuring. Dergelijke wensen zijn lastig te verwezenlijken, maar wij geloven dat we er toch in zijn geslaagd. We waren in beginsel wat sceptisch; zoveel kleuren in zo'n relatief klein gebouw? Maar het is goed uitgevallen, het is een bijzonder gebouw.'

Baksteenbrokken

Heel apart is het gebruik van prefab beton met een toeslag van gebroken baksteen, afkomstig van vier kleuren baksteen, gebroken in stukken van maximaal 35 millimeter. In de gevel ontstaat een terazzo-effect. Ook deze typische Outramdecoratie is in Harelbeke vervaardigd.

En hoe is John Outram de samenwerking met Marbra-Lys bevallen? 'Generally, very good. Fysieke afstanden tellen niet meer in de bouw. Wanneer een ontwerp van een prefab bouwdeel uitgewerkt moest worden, stuurde ik het vanuit Londen naar de Nederlandse architect van INBO die de zaken ter plaatse waarnam. Vandaar ging het naar Marbra-Lys, om daarna het hele traject vice versa af te leggen ter controle. Not a problem at all.'

Rode tegels in prefab gevel

In de prefab gevels van het Interpoliskantoor in Tilburg zijn rode keramische tegels verwerkt. De warme kleur van de tegels bindt de nieuwbouw aan de binnenstedelijke locatie. Een strak stramien van de tegels was bepalend voor de kwaliteit van de prefab gevels.

Sinds 1996 bepaalt de meer dan negentig meter hoge toren van het Interpoliskantoor de skyline van Tilburg. Toch wil de kantoorstoren zijn hoogte niet expliciet demonstreren. Projectarchitect Hylko van der Woude van Bonnema Borren Staalenhoef Architecten uit Hardegarijp: 'Voor de gevels zijn verdiepingshoge prefab elementen ontwikkeld van 3,60 x 3,60 m². Die panelen geven de toren een kleinere maat, passend in de binnenstad van Tilburg.' In de gevelpanelen zijn rode tegels geïntegreerd. Van der Woude: 'De tegels sluiten aan bij de toon en de sfeer van de locatie. De kwaliteit van de panelen staat of valt met het strakke stramien van de tegels.'

Vacuüm

De prefab panelen zijn vervaardigd door Betonindustrie De Veluwe Beton in Staphorst. Hylko van der Woude is tevreden over de samenwerking met de betonproducent: 'We hebben De Veluwe altijd kunnen aanspreken op hun kennis van zaken.'

Wim de Beer van De Veluwe licht toe op welke wijze de tegels in de gevelelementen zijn verwerkt: 'De tegels zijn in de mal met een vacuümpomp op een rubberen mat gezogen. De tegels komen daardoor iets in het rubber te liggen, zodat er geen cementwater onder kan lopen en de tegels op hun plaats blijven liggen. Om een uniforme voegdikte te krijgen, is over de mal een rooster geplaatst van gelaste staalstrippen. Het rooster hield de tegels op de mal in het gevraagde strakke stramien.'

De hechting van de tegels was een bijkomend vraagstuk. Ook hiervoor droeg de producent een oplossing aan. Wim de Beer: 'In het Interpolisgebouw zijn extra harde keramische tegels toegepast, die genoeg geen water opnemen. Om de achterzijde goed te laten hechten, is nat-in-nat een extra verlijming op de tegel aangebracht.'

Gerechtsgebouw

Veel van de prefabtechnologie die voor het Interpolisgebouw is toegepast, is oorspronkelijk ontwikkeld voor het Gerechtsgebouw te Leeuwarden, een eerder ontwerp van Bonnema Borren Staalenhoef Architecten. De Veluwe was ook hier actief als producent. Wim de Beer: 'Ook in het Gerechtsgebouw was sprake van prefab gevels met tegels. Wij hadden bedenkingen bij twee eisen van de architect. Hij wilde uiterst dunne voegen tussen de tegels en wenste elementen met ongewoon smalle randen van 25 mm bij een gangbare maat van tien centimeter. We hebben veel moeten doen om dat haalbaar te krijgen. Die kennis is opnieuw toegepast in het Inter-



Kantoorgebouw Interpolis, Tilburg

architect:

Bonnema Borren

Staalenhoef Architecten,

Hardegarijp

producent:

Betonindustrie De Veluwe,

Apeldoorn

foto's: Harrie Lombert,

Apeldoorn

polisgebouw.' De samenwerking is beide partijen goed bevallen. Voor de aanstaande uitbreiding van het Interpolisgebouw gaan Bonnema en De Veluwe opnieuw met elkaar in zee.



Architectuur & ontwerp

Prefabricage

Ordnars en dozen aan de gevel

Een gevel als een boekenkast, zo omschrijven ze bij Hurks Beton in Veldhoven de buitenkant van het Streekarchief Eindhoven. De figuratie van ordners en dozen op de wanden van het depot lijkt van natuursteen, maar is uit prefab beton. Hurks Beton ontwikkelde voor het project een bijzondere mal en een betonrecept op maat.

Hoe geef je als architect vorm aan een depot van tweeduizend vierkante meter, drie bouwlagen hoog, met betonwanden van dertig centimeter dik en gesitueerd midden in Eindhoven? Bollen Architectuur + Management uit Tilburg koos voor een gedistingeerde huid, ogend als natuursteen maar gemaakt van prefab beton.

De figuratie op de panelen verraadt zonder omhaal de inhoud van het depot; ordners en dozen. In allerlei samenstellingen zijn de ordners en dozen op de gevels van het depot gerangschikt. Aan de basis van die rangschikking staan tien prefab modules, elk met een eigen patroon van ordners en dozen. Steeds zijn vier van dergelijke modules geclusterd in een gevelpaneel van 3,60 x 3,60 m².

De ordners en dozen hebben een donkerbruine kleur, afgestemd op de bakstenen gevels van twee achttiende-eeuwse monumenten aan de overzijde van het depot. De ruggen van de ordners en dozen zijn gepolijst en hebben een gespikkelde porfierstructuur. Om ze zoveel mogelijk een natuurstenen uiterlijk te geven, zijn de gepolijste vlakken gecoat. De terugliggende delen van de figuratie zijn antraciet van kleur, glad uit de mal en gehydrofoobeerd.

Waarom prefab beton?

Carel van Herpt licht toe waarom Bollen Architectuur + Management een prefab gevel prefereerde boven een gevel van natuursteen: 'In natuursteen waren niet de figuraties mogelijk die we graag wilden hebben. Prefab beton gaf ons meer vrijheid, met een natuurstenen uitstraling door het gebruik van porfier als toeslag.'

Over de samenwerking met Hurks vertelt Van Herpt: 'Toen we eenmaal hadden besloten dat het

Streekarchief Eindhoven
architect:
Bollen Architectuur +
Management, Tilburg
producent:
Hurks beton, Veldhoven
foto's: Marcel van Kerckhoven,
Tilburg



prefab zou worden, zijn we daadwerkelijk met Hurks gaan overleggen. Om de gevels te kunnen realiseren heeft Hurks een bijzondere mal ontwikkeld.'

Bijzondere mal

Volgens het team van Hurks is over de mal inderdaad flink nagedacht: 'De mal bestaat uit een vierkant van 3,60 x 3,60 m² dat met een kruisvoeg is verdeeld in compartimenten van 1,80 x 1,80 m². Ook de modules zijn vierkant. Elk van de tien modules kan in de mal een kwart slag gedraaid worden én op elke plek in de mal worden geplaatst. Zodoende is een groot aantal combinaties te maken.'

Bijzonder aan de mal is ook dat hij zo is ontwikkeld dat het productiepersoneel de mal kan ombouwen om een nieuw patroon te maken: 'De mal werkt met zoekers die de maatvoering perfect borgen. Het is eigenlijk een bouwpakket voor de modules.'

Een betonrecept op maat

Theo Buytels van Hurks Beton licht toe dat in goed



Europees Parlement Straatsburg



overleg met de projectarchitect Gert van den Hoven het betonrecept aan de hand van diverse monsters is vastgesteld. De samenstelling is bijzonder, omdat grof toeslagmateriaal wordt gecombineerd met fijn materiaal, zodanig dat een fraai gemeleerd uiterlijk ontstaat. Het homogeen verwerken van dit beton vereiste het nodige vakmanschap.



Een valse ellips van roze prefab beton

De wanden van de agora van het Europees Parlement in Straatsburg zijn opgetrokken uit prefab beton dat oogt als zandsteen uit de Vogezes. De ellipsvorm van de agora was in prefab alleen te vervaardigen met een beperkt aantal stralen voor alle kolommen en balken.

De architecten (Architecture Studio in Parijs) hebben de mogelijkheden onderzocht om een muur en een monumentale zuilengalerij te realiseren in zandsteen van de Vogezes. Met dit materiaal zijn veel monumenten in Straatsburg gebouwd, onder meer de beroemde kathedraal.

De zandsteen bezit onvoldoende sterkte-eigenschappen om in dit project toe te passen, bovendien is de veroudering een punt van zorg. Dit bracht de keus op prefab beton. Hiermee zijn de gevels en de driehoekige kolommen van de ellipsvormige centrale

Architectuur & ontwerp

Prefabricage

agora opgetrokken. De steentextuur is bereikt met gekleurd beton met een gezuurd oppervlak.

Anticiperen op de geplande openingsdatum van een groot bouwproject, is een risico. Jean François Bonne van de Architecture Studio deed het desalniettemin. De ontwerper van het Europees Parlement liet berekenen welk deel van het binnenplein, de agora, door de zon beschenen zou worden op de dag van de opening. In dat bezonde deel, zo'n twintig procent van het totale geveleppervlak, wilde Bonne alle kolommen en balken uitvoeren in prefab beton met een ongewone afwerking.

Paul Desmet was namens de Belgische betonproducent Decomo bij het project betrokken: 'Bonne wenste kolommen en balken die een licht glinsterend effect geven wanneer de zon ze raakt. Met een toeslag van schelpen en het polijsten van het beton hebben we die schittering weten te bereiken.'

Voor het overgangsgebied tussen zon en schaduw ontwierp Bonne kolommen en balken met twee soorten beton; aan de voet beton dat het lokale natuursteen imiteert, erboven beton met schelpen. Dat vroeg om een bijzondere aanpak, aldus Paul Desmet: 'Deze kolommen en balken zijn allemaal in twee fasen gestort. Bij het afwerken hebben we eerst de helft met de schelpentoeslag gepolijst. Daarna is de andere helft gezuurd om de textuur van het Straatsburgse zandsteen te verkrijgen.' Bonne's gok pakte overigens verkeerd uit; de geplande openingsdatum werd niet gehaald.

Natuursteen

De agora is ruim bemeten: 120 x 60 m² en 55 meter hoog. De gevels bestaan uit gekromde prefab kolom-

men en balken. Paul Desmet: 'De nagespannen vloerplaten spannen de agora als een vat op.' Volgens Desmet is de keuze van Bonne voor prefab beton eenvoudig te verklaren: 'In Frankrijk wordt prefab beton vaker en gemakkelijker gebruikt, zeker in openbare gebouwen.'

Bonne koos ervoor om het prefab beton de roze kleur en de uitstraling te geven van de plaatselijke natuursteen. Desmet: 'De roze kleur is een mengeling van granulaten met een minimale kleurtoeslag, het zuren gaf de juiste textuur.'

Bonne wilde niet alleen de kleur en de textuur nabootsen, aldus Desmet: 'De architect nam ons mee naar een gebouw in Straatsburg met een gevel uit die lokale zandsteen en wees ons op de gele aders die in die natuursteen voorkomen. Op dat punt hebben we hem moeten toelichten dat dat in beton niet haalbaar is.'

De ellipsvorm kwam niet zonder slag of stoot tot stand. Desmet: 'Bij een echte ellips hebben alle elementen een individuele straal. Dat is in prefabricage niet te realiseren. Wij hebben de architect daarom voorgesteld om een valse ellips te maken, met vier verschillende stralen voor alle kolommen en balken. Dat maakte de uitvoering haalbaar.'

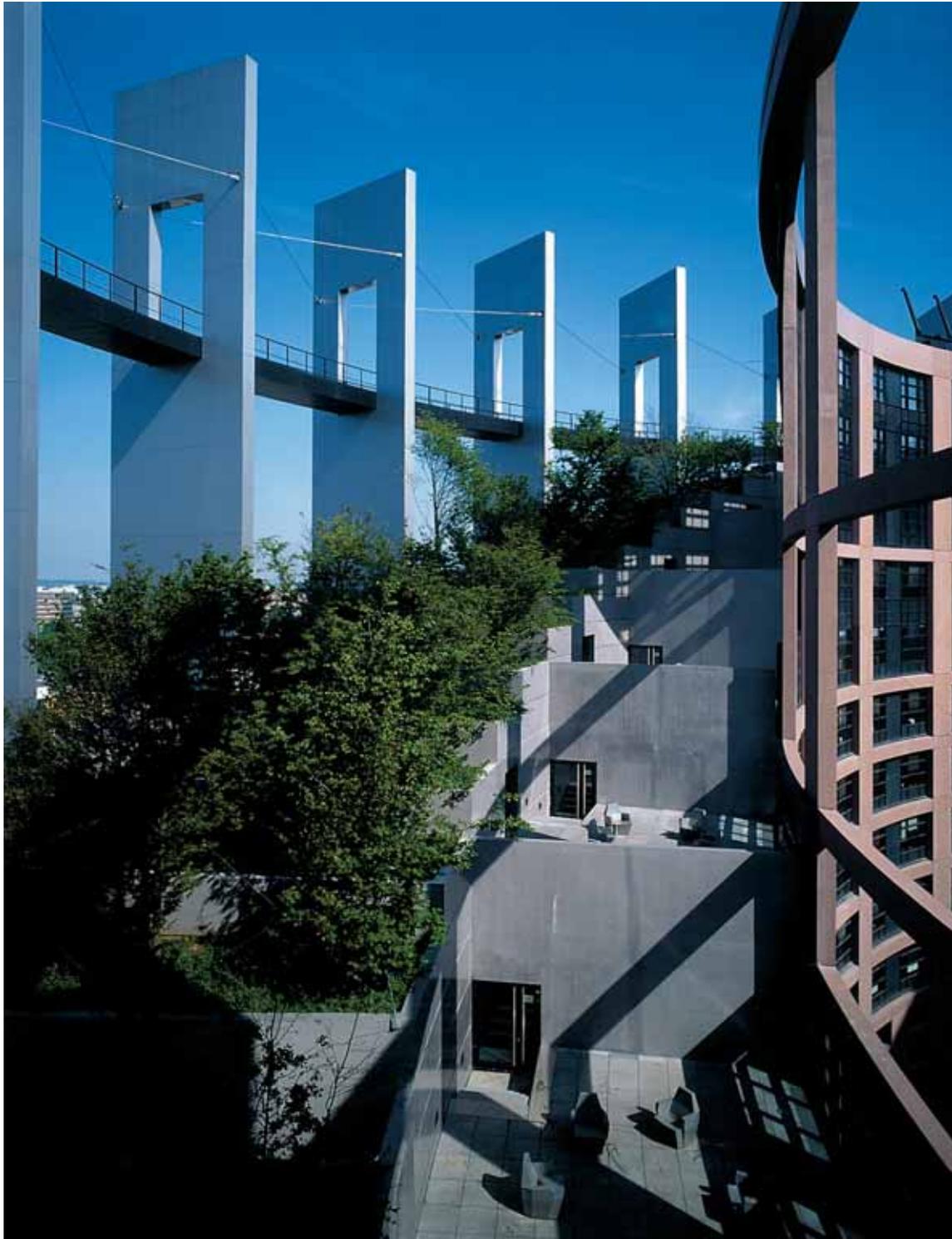
Relatie met de fabrikant

Als intermediair tussen architect en Decomo fungeerde de onderneming Léon Grosse die een nauwkeurige efficiënte methodologie opstelde. Alle elementen zijn door de architect op het werk geïnspiceerd alvorens te worden gemonteerd. Hiermee werden herstellingen op het werk voorkomen. ■

Europees Parlement,
Straatsburg
architect:
Architecture Studio,
Jean Francois Bonne
producent:
Decomo, Moeskroen
foto's: Architecture Studio



Architectuur & ontwerp
Prefabricage



cement 2000 ● | 17

Architectuur & ontwerp

Woningbouw

ZWART PREFAB BETON: MOOI, MAAR MOEILIK

Gevelelementen van prefab beton hebben in esthetisch opzicht een belangrijk nadeel: de voegen tussen de elementen die zich als een grofmazig raster aftekenen in het gevelbeeld. Een even eenvoudige als doeltreffende oplossing voor dit probleem is het doelbewust opnemen van de voegen in het gevelontwerp. Door bovendien te kiezen voor antracietkleurige beton wordt een beschaduwde voeg eerder waargenomen als een vorm van reliëf in een monolithisch materiaal dan als een open naad.

Egbert Koster

7 | Het zwarte structuur-oppervlak van het woongebouw op het KNSM-eiland in Amsterdam
foto: Klaas Laan, Hoorn



Architect Wiel Arets paste beide principes op ongeëvenaarde wijze toe in zijn ontwerp voor de woontoren op het KNSM-eiland in Amsterdam, die lijkt te zijn gebeeldhouwd uit een of ander steenachtig oermateriaal (foto 1). Op heel andere wijze maakte architect Martin van Dort van dezelfde principes gebruik bij de twee 'wachters' van de penitentiaire inrichting De IJssel in Krimpen aan den IJssel: twee klassiek ogende poortgebouwtjes die zijn opgetrokken uit traditioneel gestapelde, massieve blokken van zwart prefab beton (foto 2).

Bij de door Chris Vegter ontworpen 'zwevende', vleugelvormige afdekbanden op de in- en uitritten van de Wijkertunnel bij IJmuiden speelde de (on-)zichtbaarheid van de voegen helemaal geen rol in de vormgeving. De 1500 strekkende meter zwarte betonnen afdekbanden (foto 3) hebben niettemin in esthetisch opzicht een belangrijk pluspunt ten opzichte van de woontoren en de poortgebouwtjes: de afdekbanden lijken daadwerkelijk zo zwart te blijven als de architect het heeft bedoeld en dat kan van de twee andere projecten – helaas – niet worden gezegd. De poortgebouwtjes van De IJssel waren al verbleekt tot een hardsteenkleurig grijs voordat de eerste gedeteneerde binnen was. De zwarte gevels van de woontoren aan Het IJ hielden zich aanvankelijk beter, maar vertonen nu, vier jaar na de oplevering, onmiskenbaar tekenen van een snel maar onregelmatig om zich heen grijpende vergrijzing.

Woontoren KNSM-eiland

Bij zijn ontwerp voor de gevels van de woontoren op het KNSM-eiland in Amsterdam maakte architect Wiel Arets van de 'nood' in de vorm van de onvermijdelijke voegen tussen prefab gevelelementen op spreekwoordelijke wijze 'een deugd'. Door de gevelelementen van een fijnmazig raster van schijnvoegen te voorzien dat naadloos aansluit op de echte voegen tussen de elementen, gaf hij het betonnen gevelelement een zelfde 'naadloze' continuïteit als metsel- of tegelwerk. Bovendien voerde hij de gevelelementen uit in zwart beton met een basaltachtige oppervlaktestructuur, waardoor de donker beschaduwde voegen het gevelelement niet fragmenteren, maar juist bijdragen aan de monolitische uitstraling van het gebouw. Alsof het gaat om een rasterpatroon van zaagsnedes in een oermateriaal.

Om de buitenspouwbladen van de gevelelementen hun basaltachtige oppervlaktestructuur te geven, zijn in de bekistingen rubberen matten aangebracht, voorzien van een kunstmatig reliëf. Alleen bij nauwgezette bestudering is in het onregelmatige gevelelement het regelmatige patroon van de rubberen matten zichtbaar. De voegen tussen de elementen zijn voorzien van vulband en vervolgens zwart afgekit. Het door en door antracietgrijs gekleurde beton van



de buitenspouwbladen (portlandcement) is aan de buitenzijde afgewerkt met een pikzwarte coating die het beton een enigszins 'vettige', teerachtige uitstraling geeft.

Deze coating heeft evenwel niet kunnen voorkomen dat in het beton uitbloeiing optreedt. (Zie blz. 75 e.v.) Doordat het ene gevelelement in de praktijk veel meer van uitbloeiingsverschijnselen heeft te lijden dan het andere, beginnen tot overmaat van ramp de individuele gevelelementen zich geleidelijk ook steeds meer af te tekenen binnen het aanvankelijk zo homogene gevelelement (foto 4).

Bij de bijna voltooide tweelingtoren aan de Zalmhaven in Rotterdam, waar Wiel Arets precies dezelfde gevelelementen als op het KNSM-eiland toepast, is getracht om dergelijke desastreuze uitbloeiingsverschijnselen te voorkomen. Ten eerste heeft men de hoeveelheid lucht in de betonspecie zoveel mogelijk teruggebracht. Ten tweede is in vergelijking met de

2 | De beide in zwart beton opgetrokken poortgebouwtjes voor de PI in Krimpen a/d IJssel

foto: Tom de Rooij, Moordrecht

3 | Ingang Wijkertunnel met de zwarte betonbanden als beëindigingen van de wanden

foto: Aeroview, Dick Sellenraad

Architectuur & ontwerp
Woningbouw



4 | Kalkuitslag vergrijst het oppervlak en de verschillende elementen tekenen zich af
foto: Klaas Laan, Hoorn

elementen in Amsterdam meer aandacht besteed aan de kwaliteit en gelijkmatige dikte van de zwarte coating waarmee de gevelelementen zijn afgewerkt (foto 5 en 6).

Poortgebouwtjes De IJssel

De twee poortgebouwtjes of 'wachters' van penitentiare inrichting De IJssel in Krimpen aan den IJssel hebben vooral een symbolische functie. Ze staan



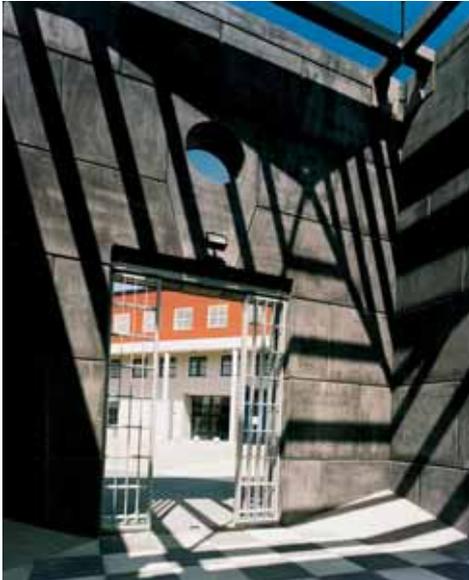
5, 6 | De beide zwarte woongebouwen aan de noordelijke voet van de Erasmusbrug in Rotterdam
foto: Henk van der Veen, Maassluis

overdag in principe altijd open maar maken niettemin ondubbelzinnig duidelijk dat een andere wereld wordt betreden. Architect Martin van Dort (Archivolt Architecten) hecht veel waarde aan het 'verbeelden van de functie' in de verschijningsvorm van een bouwwerk. De poortgebouwen dienen primair om de gevangenis een gepaste 'strengere' uitstraling te geven; niet om de gevangenis, zoals zijn 19de-eeuwse voorgangers, vrijwel volledig aan het zicht van de buitenwereld te onttrekken. Het voorterrein van de gevangenis achter het hekwerk maakt geen deel uit van het beveiligde circuit, al kunnen de poortgebouwtjes in geval van 'calamiteiten' wel worden afgesloten.

De poortgebouwtjes zijn opgetrokken uit massieve betonblokken van 1,20 m x 1,20 m x 0,60 m (dikte) (foto 7). De aannemer wilde de vier identieke gevels aanvankelijk liever in hun geheel prefabriceren, maar Van Dort ging er niet mee akkoord dat de hoeken onder verstek zouden worden uitgevoerd. Precies zoals de verschijningsvorm doet vermoeden, zijn de betonblokken, als een blokkendoos, specieus gestapeld. Wel werden voor alle zekerheid in de kern van de betonblokken doorlopende verticale sparings aangebracht die, na het stapelen, met een mortelspecie zijn geïnjecteerd. Om de blokken tweezijdig 'schoon' te kunnen verwerken en de sparings in de kern te kunnen realiseren, zijn ze verticaal gestort.

De voegen tussen de blokken maken deel uit van het architectonisch ontwerp. De rustieke, maar streng geometrische vormgeving geeft een knipooog naar





het werk van de fameuze 18de-eeuwse Franse architect Claude-Nicolas Ledoux, die onder meer enkele beroemde Parijse stadspoorten ontwierp. Niet toevallig had Ledoux met zijn classicistische 'architecture parlante', evenals Van Dort, de verbeelding van de functie hoog in het vaandel staan.

Reeds tijdens de bouw (1992-1994) hadden de betonblokken zodanig te lijden van zware kalkuitbloeiing, dat tot chemische reiniging moest worden overgegaan. Het resultaat is een grijs, hardsteenkleurig oppervlak dat sporen van vroegtijdige verwerking ('patina') vertoont. Martin van Dort: 'Op zichzelf is het resultaat best mooi, alleen is het niet wat mij oorspronkelijk voor ogen stond. Ik pas geen zwart beton meer toe voor ik de garantie krijg dat het daadwerkelijk zwart blijft.'

Overigens ligt de zware kalkuitbloeiing duidelijk niet aan het onbarmhartige buitenklimaat. In het interieur van de vrijwel geheel in prefab beton uitgevoerde gevangenis paste Van Dort portalen van zwart beton toe die, zij het in iets mindere mate, gebukt gaan onder dezelfde spontane vergrijzing.

Wijkertunnel

De luifelvormige afdekbanden op de in- en uitritten van de Wijkertunnel hebben een louter esthetische functie. Ze vormen een visuele omkadering van de tunnelwanden, maar fungeren tegelijkertijd ook als monumentale 'lekdorpels' die de betonnen tunnelwanden behoeden voor lelijke lekstrepen. Om het beton van de in totaal 1500 strekkende meter afdekband blijvend zwart te krijgen, maakte architect Chris Vegter gebruik van 'kleurechte' toeslagmaterialen in de vorm van basaltsplit en basaltzand.

Doordat het oppervlak direct na het (horizontaal) storten is uitgewassen hebben de afdekbanden de enigszins ruwe oppervlaktestructuur van traditioneel sierbeton. De kleur is overigens niet pikzwart, maar veeleer 'diep' donkergrijs.

De asymmetrische, schuin aflopende, ongeveer 1 meter brede afdekbanden op de koppen en zijwanden van de tunnelbak staan op ronde betonnen nokken, waardoor het effect van een 'zwevende', luifelachtige beëindiging ontstaat. De vlakke afdekbanden op de middenwand van de tunnelbak zijn, als een gewone afdekband, rechtstreeks op de wand geplaatst.

De zwarte afdekbanden vormen overigens slechts een klein, maar essentieel onderdeel van Chris Vegters tunnelontwerp dat, afgezien van het profiel van de tunnelbuis, alle zichtbare delen van de Wijkertunnel omvat. Vegters terrakleurige prefab betonnen ventilatietorentjes op de tunnel, gemaakt met terrament, kregen bij de uitreiking van de Betonprijs in 1997 een eervolle vermelding (foto 8). ■

7 | Binnenkant poortgebouwtje
P.I. Krimpen
foto: Tom de Rooij,
Moordrecht



8 | Ventilatietorentje Wijkertunnel
foto: Jeroen van Putten, Amsterdam

Onderzoek & technologie

Prefabricage

Bouwen met architectonisch prefab beton



1-2 | Enkele recente voorbeelden van betonnen gevelelementen van gestraald beton
foto's: Hugo Potharst



ir. R.N.J. Huijben, Delphi Engineering* BV
ing. Th.W.G. Buytels, Hurks Beton BV/Oosthoek Kemper BV

Met architectonisch prefab beton zijn gevels met een fraai uiterlijk te maken. De meest sprekende verschijning wordt bereikt als het juiste gevoel voor architectuur gecombineerd wordt met een goede materialisering. Voorbeeldprojecten kunnen de architect van dienst zijn om zijn of haar ideeën vorm te geven. Nieuwe ontwerpweegen inslaan of essentiële verfijningen aanbrengen is mogelijk als de ontwerper kennis heeft van het materiaal en de uitvoeringsmethoden.

Centraal in dit artikel staat het uiterlijk van architectonisch beton en de wijze waarop de productie van dit materiaal te beïnvloeden is. Doel is de ontwerper bewust te maken van de vele mogelijkheden. In overleg met de specialist van de prefab-leverancier op het gebied van architectonisch beton, kan de ontwerper tot keuzen komen inzake de receptuur in combinatie met de methode van afwerken.

State of the art van architectonisch beton

Elementen in architectonisch beton zijn in veel kleuren uit te voeren. Bekend zijn wit, grijs, antraciet, groen, rood, blauw, bruin en geel. De uiteindelijke kleur en kleurbeleving worden bepaald door de uitvoering van het betonoppervlak, bijvoorbeeld glad uit de kist, gestraald, gepolijst en de samenstelling van het betonmengsel. De oppervlakbewerkingen uitwassen en vlamstralen worden hier niet besproken. Voor kostenindicaties wordt verwezen naar [1].

Glad uit de kist

Het uiterlijk van architectonisch beton glad uit de kist, wordt

bepaald door de kleur van het cement, de fijne toeslagmaterialen en de eventueel toegevoegde pigmenten.

Fijne toeslagstoffen kleiner dan 250 µm dragen vooral bij aan de kleur. Meestal wordt bij glad uit de kist een pigment aan het betonmengsel toegevoegd om een bepaalde kleur te realiseren. Wit en grijs beton zijn te realiseren zonder pigment, met alleen wit of grijs cement. Zeer kleurvaste pigmenten zijn metaaloxiden. De hoeveelheid blijft meestal beperkt tot maximaal 5% van het cementgewicht.

Lichte pasteltinten zoals gebroken wit, licht-grijs, licht-geel, licht-groen e.d. zijn goed te realiseren. Een oppervlak glad uit de kist heeft meestal een enigszins gelijkmatig wolkerig uiterlijk. Dit is karakteristiek voor zo'n betonoppervlak en wordt veroorzaakt door het verdichten van het beton. Kleine kleurverschillen tussen elementen zijn niet te vermijden, omdat het oppervlak zeer egaal is en de kleur bepaald wordt door de cementhuid. De volgende punten beïnvloeden de kleur:

1. de bij portlandcement uittredende vrije kalk;
2. ontkistingsmiddelen;

* Delphi Engineering is een gespecialiseerd ingenieursbureau op het gebied van geprefabriceerde betonconstructies. Hurks Beton is ingesteld op het realiseren van prefab draagstructuren en gevels in binnen- en buitenland. Beide bedrijven maken deel uit van Hurks Holding BV gevestigd te Eindhoven, de overkoepelende organisatie van 10 bedrijven, elk actief op een specifiek terrein van de bouw.

3. een wisselende water-cement-factor;
4. ontmengingen tijdens verdichting;
5. verhardings/ontkistingstijd;
6. weersinvloeden tijdens uitharding.

Geadviseerd wordt om direct na het ontkisten het oppervlak te hydrofoberen door opspuiten van een kleurloze silaanimpregnering. De punten 1 en 6 hebben dan veel minder invloed op de kleur en het oppervlak zal minder snel vervuilen.

Bij meer donkere kleuren is een enigszins ongelijkmatig wolkerig uiterlijk niet altijd te vermijden. Geadviseerd wordt om bij die kleuren de bekisting te profileren, bijvoorbeeld minimaal in patronen van 0,3 x 0,3 m² diep 20 mm, om verschillen te maskeren. Ook hier zijn kleine kleurverschillen niet te vermijden. Het kleurverschil dat acceptabel is, kan door middel van monsters vastgelegd worden.

Gestraald

Verschillende kleuren gestraald architectonisch beton zijn meestal grotendeels met natuurlijke kleurvaste grondstoffen te realiseren die uit heel Europa worden betrokken. Deze grondstoffen worden op kleur geselecteerd (foto 5), bijvoorbeeld:

- kwarts, gemêleerd wit (land-groeve), grijsblauw (Rijnzand en -grind), bruin (Maaszand en -grind);



- graniet, rood, rood-bruin, zwart, wit, grijs-wit enz.;
- porfier (grijsstinten);
- basalt (antraciet);
- kalksteen, marmer, wit, kristalwit, geel, groen, grijs en blauwgrijs.

Met niet-witgekleurde kalksteen en marmer dient men voorzichtig te zijn, omdat deze niet altijd kleurvast zijn. De grondstof kan in grove en fijne fracties worden toegepast ter vervanging van standaard grind en zand.

Door het oppervlak te stralen wordt de cementshuid verwijderd en ontstaat een egaal en op 'zandkorrelniveau' ruw oppervlak.

Het uiterlijk van het oppervlak wordt bepaald door de overgebleven cementmatrix eventueel aangekleurd door een pigment en door het fijne en grovere toeslagmateriaal. De kleur van een gestraald oppervlak kan nooit zo intens zijn als van een gepolijst oppervlak, omdat alle zich aan het oppervlak bevindende deeltjes 'gekrast' zijn.

De kristallijne structuur van de toeslagmaterialen wordt zichtbaar. Dit kan bijvoorbeeld resulteren in zacht gematteerde antracietgrijze, blauwgrijze, kristalblauwe, wit kristallijne, of okerachtige oppervlakken.

Waarneembare kleurafwijkingen treden minder snel op dan bij glad uit de kist beton, omdat het uiterlijk van het oppervlak bepaald wordt door de variëteit



5 | Opslag gekleurde grondstoffen basalt en Schots graniet



3-4 | Enkele recente voorbeelden van betonnen gevelementen van gepolijst beton

foto's: Norbert van Onna en Wim Oranje



van de aangestralde materialen. Goede resultaten zijn bijvoorbeeld te bereiken met licht gestraald architectonisch beton uitgevoerd met wit cement en Noors Hustad marmer.

Geadviseerd wordt de oppervlakken direct na het stralen te hydrofoberen op dezelfde wijze als bij glad uit de kist.

Monster-reeks

Naast een veelheid aan kleuren zijn met architectonisch beton binnen één kleur een groot aantal nuances mogelijk door te variëren met het soort cement, grof en fijn toeslagmateriaal, pigment en oppervlaktebewerking. Aan de hand van een monsterreeks in kleur verlopend van zwart naar

Onderzoek & technologie

Prefabricage



6 | Monsterreeks van zwart naar wit (zie de beschrijvingen 1 t.m. 6)

foto's: Steef Croonen

wit, wordt dit nader toegelicht (foto 6).

Monster 1 donker antraciet

Samenstelling: standaard grind en zand als grof en fijn toeslagmateriaal, wit cement en zwart pigment (8%).

Bewerking oppervlak: geen, glad uit de kist.

Geadviseerd wordt dit monster niet in gevels toe te passen omdat de kleurconstantheid meestal als onvoldoende wordt ervaren.

In plaats van grijs is wit cement toegepast om het antraciet een heldere uitstraling te geven.

Monster 2 licht antraciet

Samenstelling: bazalt en kwartzand als grof en fijn toeslagmateriaal, wit cement en zwart pigment (6%).

Samenstelling als monster 1.

Bewerking oppervlak: licht gestraald. Door stralen wordt de kleur lichter.

Monster 3 grijs

Samenstelling: kalksteen als grof en fijn toeslagmateriaal, wit cement en zwart pigment (4%).

Bewerking oppervlak: licht gestraald.

Monster 4 licht grijs

Samenstelling: als monster 3, echter met 2% zwart pigment.

Bewerking oppervlak: licht gestraald.

Monster 5 zeer licht grijs

Samenstelling: zilverzand, Noors Hustad marmer als grof en fijn toeslagmateriaal, wit cement en zwart pigment (1%).

Bewerking oppervlak: licht gestraald.

Monster 6 zachtwit

Samenstelling: als monster 5, echter zonder zwart pigment.

Bewerking oppervlak: licht gestraald.

De volledige samenstelling: 325 kg wit cement, 203 kg zilverzand, 941 kg Noors marmer 0/8 en 878 kg Noors marmer 8/16. Watercementfactor: 0,5.

Gepolijst

Evenals bij gestraalde oppervlakken zijn veel kleuren grotendeels met natuurlijke grondstoffen te

realiseren. De kleur kan worden versterkt door de toevoeging van pigmenten die de cement/vulstoffenmatrix kleurt. Tijdens het polijsten wordt een laagje beton van 1 tot 2 mm dikte gelijkmatig verwijderd, zodanig dat de toeslagmaterialen aan het oppervlak komen te liggen.

Als na het polijsten het oppervlak wordt voorzien van een kleurloze laklaag kunnen diepglanzende nuances worden verkregen zoals met glanzend graniet en de matglanzende cement/vulstoffenmatrix. Een betonoppervlak wordt door verschillende polijstgangen steeds gladder.

Het proefpaneel van foto 7 toont de invloed van de oppervlakbewerking op de kleur. Het paneel is geproduceerd met één betonsa-



7 | Proefpaneel na acht jaar expositie



8 | Detail proefpaneel (linker vierkant)

menstelling; kalksteen als grof en fijn toeslagmateriaal, wit cement en zwart pigment (3%).

De bovenste vier vakken zijn van links naar rechts achtereenvolgens steeds gladder gepolijst (foto 8). De onderste vier vakken zijn vergelijkbaar gepolijst met de bovenliggende vakken, maar zijn na het polijsten van een blanke laklaag voorzien. Het paneel staat inmiddels acht jaar buiten opgesteld, in weer en wind. Het volgende is waar te nemen:

- de kleur is sprekender naar mate het gepolijste oppervlak gladder is;
- de kleur is veel intenser bij de gelakte oppervlakken;
- vooral het donkerste vak (het meest glad gepolijst en gelakt) blijkt nauwelijks vervuild.

In de praktijk blijkt dat de glans van gepolijst architectonisch beton, uitgevoerd met siliciumhoudend gesteente zoals graniet, vele jaren behouden blijft mits de gevel voldoende wordt onderhouden.

Het polijsten van marmer als toeslagmateriaal is goed uitvoerbaar. De glans van het marmer zal echter op den duur verloren gaan, omdat het een zacht kalkhoudend gesteente is en gevoelig voor vochtindringing. Esthetisch is dat voor veel gevels acceptabel.

Witte oppervlakken worden meestal niet gelakt omdat het wit dan enigszins gelig wordt. Wel wordt

geadviseerd om het oppervlak te hydrofoberen.

Nieuwe betonsoorten

Nieuwe betonsoorten kunnen van grote betekenis zijn voor de verdere toepassing van architectonisch beton. Twee ontwikkelingen zijn aan de gang: zelfverdichtend beton en hogesterktebeton. Over zelfverdichtend beton is een apart artikel gepubliceerd (zie pag. 00). De voordelen van deze betonsoort voor onder meer de arbeidsomstandigheden zijn uitgebreid toegelicht in diverse vakbladen.

Voor architectonisch beton heeft zelfverdichtend beton nog andere voordelen. Er zullen nieuwe effecten in het uiterlijk optreden als oppervlakken worden gestraald of gepolijst. Dit wordt veroorzaakt doordat de verhouding toeslagmateriaal/cementpasta anders is dan van standaard samenstellingen.

Oppervlakken glad uit de kist zijn waarschijnlijk egalier (minder wolkerig), omdat het beton niet meer verdicht wordt door trillen. Foto 9 toont een proefstuk. Het oppervlak van het rechter proefstuk is egaal glad uit de kist gekomen.

Beton in de sterkteklassen B 70 - B 200

Architectonisch beton in een hoge sterkteklasse kan om diverse redenen worden toegepast, bij-



9 | Proefstuk met zelfverdichtend beton; egaal oppervlak

voorbeeld met het oog op duurzaamheid, kleurvastheid, kleur-egaliteit, een hoge treksterkte en een fraai uiterlijk.

De verwachting is dat vooral een hoge treksterkte mogelijkheden biedt voor nieuwe productontwikkelingen. Op de tweede plaats komt kleuregaliteit/uiterlijk.

Duurzaamheid en kleurvastheid van normaal architectonisch beton voldoen goed. Maar, in extreme omstandigheden kan de duurzaamheid een bepalende rol spelen. Hurks Beton heeft bijvoorbeeld in 1999 voorgespannen I-vormige balken in sterkteklasse B 200 geleverd in Noord Frankrijk voor de koeltoren van een kerncentrale. Gegeven de duurzaamheid is voor deze sterkteklasse gekozen. De kerncentrale dient naar verwachting met deze balken slechts eens in de 50 jaar te worden stilgelegd voor vervanging, in plaats van eens in de 25 jaar met standaard prefab-betonbalken in sterkteklasse B 65. De hoge sterkte wordt gerealiseerd door zeer fijne vulstoffen, fijner toeslagmateriaal ten opzichte van standaardbeton en door een grote hoeveelheid staalvezeltjes toe te passen (circa 240 kg/m³).

Beton met hoge treksterkte

Alvorens in te gaan op de voordelen van beton met een hoge treksterkte, een korte beschouwing

Onderzoek & technologie

Prefabricage

10 | Detail gevel

Streekarchief Eindhoven

foto: Marcel van Kerckhoven

over bouwen met prefab ter toelichting.

Prefab gevels bestaan veelal uit een (dragend) binnenspouwblad, thermische isolatie en een buitenblad van architectonisch beton, bekleed met tegels, metselwerk of natuursteen. Op de fabriek kunnen de kozijnen worden gemonteerd. Deze bouwwijze maakt het mogelijk de gevel direct met de ruwbouw steigerloos te monteren. Dit heeft veel voordelen, onder meer het direct wind- en waterdicht zijn van de gevel. Afbouwwerkzaamheden zoals het aanbrengen van installaties, binnenwanden e.d. kunnen zeer snel na montage van de betreffende bouwlaag starten.

Materiaalontwikkelingen naar beton met hoge treksterkte kunnen mogelijk ertoe leiden dat sandwichelementen met dunnere buitenbladen worden uitgevoerd als het blad ongewapend is, bijvoorbeeld 50 tot 60 mm in plaats van de momenteel gangbare dikte van 80 à 90 mm. Qua uitvoering heeft dit voordelen. Tevens is het risico van plaatselijk te weinig dekking niet meer aanwezig. De in het buitenblad optredende krachten worden beperkt door het buitenblad op regelmatige afstanden flexibel aan het binnenblad te bevestigen. Ongewapende buitenbladen zijn haalbaar als het beton een voldoende hoge treksterkte bezit en een hoge visuele kwaliteit heeft.

Kleuregaliteit en uiterlijk

Hogesterktebeton is samengesteld met relatief veel fijn materiaal. Met pigmenten wordt in dit geval niet alleen de cementmatrix egaal gekleurd, maar de meer in het uiterlijk overheersende cement/vulstofmatrix. Als vulstof wordt gedacht aan steen- of kwartsmeel. Het uiterlijk van beton glad uit de kist wordt hierdoor naar verwachting egalier dan standaard. Dit maakt het wellicht mogelijk om ook minder lichtge-



kleurde elementen met acceptabele kleurverschillen glad uit de kist te produceren. De mogelijkheden voor gestraalde en gepolijste oppervlakken nemen naar verwachting daarmee toe.

Tot slot

De productie van gevelementen in architectonisch beton ondervindt de laatste jaren een duidelijke groei. Dat komt mede door het groeiende pakket aan mogelijke verschijningsvormen.

In de toekomst zal veel aandacht uitgaan naar nieuwe betonsoorten zoals het zelfverdichtend beton en beton met hoge treksterkte. Ook de productiemogelijkheden en -faciliteiten zullen een positieve ontwikkeling doormaken. Daarnaast biedt de samenwerking binnen BFBN/Belton

nieuwe mogelijkheden tot ontwikkeling. Het project zelfverdichtend beton is daar een sprekend voorbeeld van. ■

Literatuur

1. 'Gevels in prefab', hoofdstuk 5.3 vervaardigd in opdracht van de vereniging BELTON (Vereniging van fabrikanten van bouwelementen voor betonconstructies). Verkrijgbaar bij: Belton Woerden.

Architectuur & ontwerp
Woningbouw

Woontorens Chasséterrein Breda

REGELMAAT EN UITZONDERING

Egbert Koster

De vijf nieuwe woontorens op het Chasséterrein in Breda zijn niet identiek maar wel duidelijk genetisch verwant. Hoewel hun ogenschijnlijk willekeurige positionering anders doet vermoeden, houden ze wel degelijk rekening met elkaars uitzicht en bezonning. Een belangrijke randvoorwaarde voor architect Xaveer de Geyter was toepassing van het Heuvelstaal-tunnelbekistingssysteem waar (mede-)opdrachtgever en uitvoerder Wilma Bouw patent op heeft. De Geyter stapelde de tunnels niet, zoals gebruikelijk, naast en boven elkaar maar legde ze onbevange 'kop aan staart' rondom het centrale lift- en trappenhuis. Waar dichte tunnelwanden aan de buitengevel niet wenselijk waren met het oog op uitzicht en bezonning, plaatste hij geprefabriceerde betonnen vierendeelgitters in de kist. Met elkaar vormen deze liggers een intrigerend betonnen rasterwerk.



Het ensemble van vijf woontorens is duidelijk zichtbaar uiterst zorgvuldig ontworpen maar heeft tegelijkertijd ook iets prettig laconieks. Dreigt de ene toren het uitzicht van de andere te verstoren dan wordt hij gewoon een stukje verschoven en/of gedraaid. Zou een glazen gevel nabij maaiveld teveel inkijk opleveren, dan wordt hij plaatselijk afwijkend uitgevoerd. Bringen de twee appartementen per bouwlaag op de bovenste verdiepingen meer geld op als één dubbelgroot penthouse? Geen probleem.

Van enige afstand lijken de vijf woontorens als strooigoed naast elkaar te staan. Dichterbij gekomen blijken zij onderling met elkaar te zijn verbonden door een half in het terrein verzonken parkeergarage die als een enorme rups rond de vijf torens loopt. Het terrein binnen deze rups is ingericht als gemeenschappelijk entreegebied annex binnentuin. De omwille van de privacy van de bewoners relatief gesloten gevels rond deze binnentuin, zijn bekleed met witte geglazuurde steen die het licht tussen de 40 meter hoge torens reflecteert. (Overdag zonlicht; 's avonds kunstlicht van in de tuin ingegraven schijnwerpers.)

Aan de buitenzijde van de ring zijn de noordgevels voorzien van gevelpanelen van donkergrijs beton terwijl de zuidgevels volledig zijn uitgevoerd in helder glas. De oost- en westgevels aan de buitenzijde van de ring heeft De Geyter, als het ware 'naar bevind van zaken', uit combinaties van beide laatstgenoemde geveltypen samengesteld.

Vijf torens

Het complex bestaat uit vier vierkante torens van 19 x 19 meter en één grote rechthoekige toren van 19 x 28 meter (buitenmaten). De vijf torens tellen elk veertien bouwlagen (dertien woonlagen en een



basement) en bevatten in totaal 137 koopappartementen. Drie vierkante torens hebben twee grote appartementen per verdieping. In de vierde kleine toren wordt elke verdieping in beslag genomen door één supergroot appartement.

De grote rechthoekige toren bevat de kleinste appartementen: vier appartementen van altijd nog ruim 100 m² per stuk op elke bouwlaag. De parkeer-'rups', die op basementniveau gedeeltelijk onder de torens door loopt en rechtstreeks aantakt op de entrees, telt bijna twee overdekte parkeerplaatsen per appartement (230?) parkeerplaatsen op 137 woningen).

De principe-plattegrond van de torens bestaat uit vier 'kop aan staart' gelegde tunnels rondom een centraal lift- en trappenhuis. Waar de zijwanden van de woonkamers aan de buitengevel kwamen te liggen, werden prefab betonnen vierendealliggers geïntegreerd in de 'tunnels'. Met elkaar vormen de op elkaar gestapelde liggers een intrigerend, vloerdragend betonnen rasterwerk dat, zowel overdag als 's avonds, goed zichtbaar is achter de glazen vliesgevels.

Omdat per toren met één tunnelbekisting werd gewerkt, waren voor de ruwbouw van de kleine vierkante torens vier werkdagen per verdieping nodig. Voor de grote rechthoekige toren vergde de constructie van elke verdieping vijf tunnelgangen en even zoveel werkdagen.

Georganiseerd toeval

Hoewel de verschillende functies en woningtypen doelbewust niet aan de gevels 'afleesbaar' zijn gemaakt, is geen sprake van een geforceerde diversiteit in de verschijningsvorm. Aan de opzet en indeling van de gevels liggen rationele regels ten grondslag die met een grote mate van souplesse zijn toegepast, of zodanig zijn opgesteld dat er in de

Chasséterrein

Het stedenbouwkundig ontwerp voor de herinrichting van het Chasséterrein (voormalig kazerneterrein aan de rand van de binnenstad van Breda) is van de hand van Rem Koolhaas' Office for Metropolitan Architecture (OMA). Op het terrein komen in totaal 650 woningen, 1550 parkeerplaatsen en 8000 m² commerciële ruimte. Door 90% van de woningen te stapelen en 90% van de parkeerplaatsen ondergronds uit te voeren kan 75% van het terreinoppervlak een open parklandschap blijven. Het stedenbouwkundige plan schrijft onder meer voor dat alle gebouwen rondom uitsluitend voorkanten hebben en er op het maaiveld geen privétuinen komen. Architect Xaveer de Geyter was indertijd, als medewerker van OMA nauw betrokken bij de totstandkoming van het stedenbouwkundige plan. Behalve architect van de vijf woontorens is De Geyter ook stedenbouwkundig supervisor van het hele Chasséterrein.

Architectuur & ontwerp

Woningbouw



verschijning een vorm van 'georganiseerd toeval' is geënceneerd. Dit laatste geldt bijvoorbeeld voor de donkergrijze (niet-dragende) betonpanelen die, door hun variërende breedte en wisselende positie ten opzichte van de panelen op de onder- en bovengelegen verdiepingen, een intrigerende regelmaat van onregelmatigheden laten zien.

Ook achter het ogenschijnlijk volstrekt willekeurige patroon waarin platen leesteen in de betonpanelen zijn ingestort, steekt een vorm van 'georganiseerd toeval'. De van nature al sterk van vorm en formaat verschillende stukken natuursteen werden bij het storten in zes verschillende posities onder in de kist gelegd en, om opdrijven te voorkomen, door middel van afstandhouders op hun plaats gefixeerd. Het zorgvuldig georganiseerde resultaat oogt alsof de leesteenplaten, als hagelslag, uit de losse pols over de gevel zijn uitgestrooid. Indien er bij het instorten onbedoeld betonspecie op het leesteenoppervlak terecht kwam, werd dit na het lossen evenvuldig met een hogedrukspuit verwijderd. Om de panelen voor uitloggen en vaal worden te behoeden is het door en door grijs gepigmenteerde beton, inclusief de leesteen, voorzien van een beschermende coating.

De volledig glazen gevels hebben een brandwerendheid van slechts vijf minuten maar bieden volgens berekening niettemin de vereiste zestig minuten weerstand tegen brandoverslag. Adviesbureau ABT wist aan te tonen dat het glasoppervlak van de woonkamers zo groot is ten opzichte van het achtergelegen vloeroppervlak dat in het geval van brand de vlammen over een dermate groot oppervlak uit zullen slaan dat de vuurlast op de bovenliggende pui onder de 15 kW/m² blijft.¹ De oorspronkelijk geplande uniforme buitenzonwering ter plaatse van de verdiepingshoge glaspuien is in de loop van het ontwerpproces wegbezuinigd. Wel is het glas voorzien van een zonwerende coating en is in de detaillering van de puien rekening gehouden met door de bewoners in eigen beheer aan te brengen binnenzonwering. Waar De Geyter cs – heel begrijpelijk – geen rekening mee heeft gehouden is dat veel bewoners de balustrades annex doorvalbeveiliging aan de binnenzijde van de schuifpuien zouden gaan vervangen door zelf ontworpen alternatieven die spotten met alle in het Bouwbesluit genoemde veiligheidseisen. Ter plaatse van deze schuifpuien zijn de woonkamers voorzien van grote, rondom geïsoleerde loggia's die zowel gebruikt kunnen worden als serre, buitenruimte, extra kamer of uitbreiding van de woonkamer. ■

¹G.J. Florian en M.L.W. van Veghel 'Studie brandoverslag', A+ nr 170, bijlage ZOOM pagina 96-101.



Projectgegevens

opdrachtgever:

Chassé bv (Proper Stok Woningen en Wilma Bouw)

architect:

XDG Architects, Brussel

projectarchitecten:

Xaveer de Geyter, Ester Goris

bouwtechnisch advies (brandoverslag):

ABT Bouwkunde, Velp

constructeur:

Snelle, Meulemans & Van Schaik, Breda

aannemer:

Wilma Bouw, Weert

prefab beton:

BAM Wilma Betonfabriek, Weert

(foto's: Marcel van Kerckhoven, Tilburg)

