

Les 8 - Gevels in architectonisch beton

8.1. Inleiding

De term “Architectonisch Beton” wordt door de prefabindustrie gebruikt voor een geheel van elementen die door hun vormgeving, afwerking, kleur, textuur en hoge kwaliteit een wezenlijke bijdrage leveren tot de architectuur van een gevel of andere constructie. Het voornaamste kenmerk van architectonisch beton ligt in de bijna onbeperkte mogelijkheden op gebied van stijl, kleurschakering en oppervlakteaspect van de realisaties. De toepassingen zijn derhalve onbeperkt: van de reproductie van klassieke gevels met al hun ornamenten uit de Renaissance tot de meest verbeeldingsvolle gebouwen van de toekomst. De enige begrenzing is in feite de creativiteit van de ontwerper. Het architectonisch beton is bovendien een materiaal die de mogelijkheid biedt om een aantrekkelijke architectuur te combineren met andere constructieve en bouwfysische functies. Het wordt gebruikt voor gevels van allerlei soorten gebouwen zoals appartementen, kantoren, commerciële gebouwen, scholen, cultuurgebouwen, enz. De elementen worden ook binnen gebouwen aangewend voor allerlei constructieve en decoratieve functies.

8.2. Geprefabriceerde gevelsystemen

Afhankelijk van hun functie in het gebouw kunnen gevels in architectonisch beton ontworpen worden als dragend of niet-dragend en enkel- of dubbelschalig. De meest gebruikelijke constructieve systemen worden hierna in detail behandeld.

8.2.1. Dragende gevels

Met dragend bedoelt men dat de gevelelementen de vloeren en de bovengelige constructie dragen. Ze kunnen ook bijdragen tot de horizontale stabiliteit van een gebouw. Een klassiek voorbeeld is de sandwich gevel. Sandwich elementen bestaan uit twee betonpanelen die door een thermische isolatie gescheiden zijn. Figuur 8.1 toont hoe de dragende functie wordt gerealiseerd.

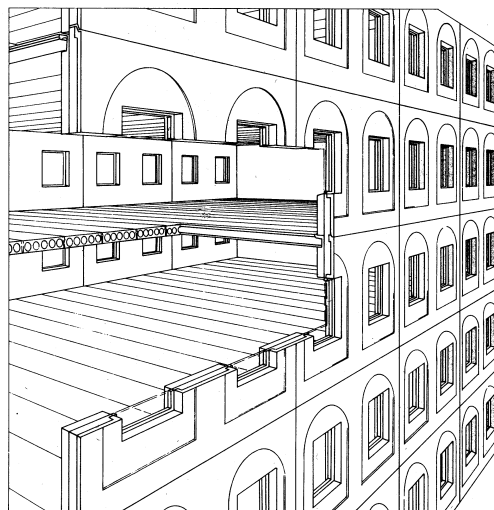


Fig. 8.1. Dragende sandwich elementen

De figuur toont een kaderelement die de volledige verticale belasting draagt van de vloer en de bovengelige constructie. Het kan uitgevoerd worden als sandwich element of als gesplitst gevelsysteem (zie hoofdstuk 8.2.3).

De gevelelementen kunnen enkelschalig of dubbelschalig zijn. In het eerste geval gaat het om de buitenkant van de gevel en wordt de isolatie en de binnenwand achteraf aangebracht. In het tweede geval gaat het om een sandwichconstructie, waarbij meestal alleen het binnenblad dragend is en de buitenbekleding in architectonisch beton is.

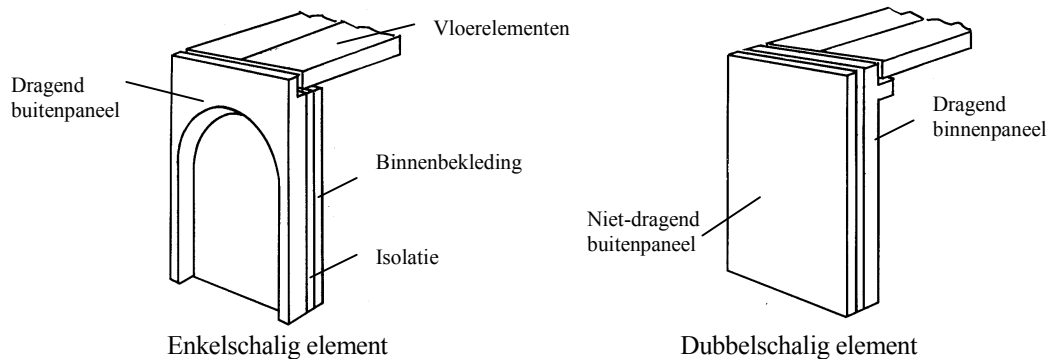


Fig. 8.2 Principetekeningen van dragende gevels in architectonisch beton

Zoals reeds eerder gemeld kunnen de dragende gevels ook een horizontale stabiliteitsfunctie vervullen, zoals elke geprefabriceerde dwarswand. In dergelijke gevallen zijn schuifverbindingen tussen de elementen nodig.

De gevel kan eveneens bestaan uit dragende borstweringselementen, zoals getoond in Figuur 8.3. Hier functioneren de borstweringselementen als balken die de vloerbelasting overdragen naar de kolommen. Ook in dit geval kan men onderscheid maken tussen enkelschalige en dubbelschalige elementen. Wanneer de buitenbekleding uit architectonisch beton bestaat, spreekt men van dubbelschalige elementen. Wanneer een ander materiaal aangewend wordt (baksteenmetselwerk, aluminium, enz.) spreekt men van enkelschalige elementen.

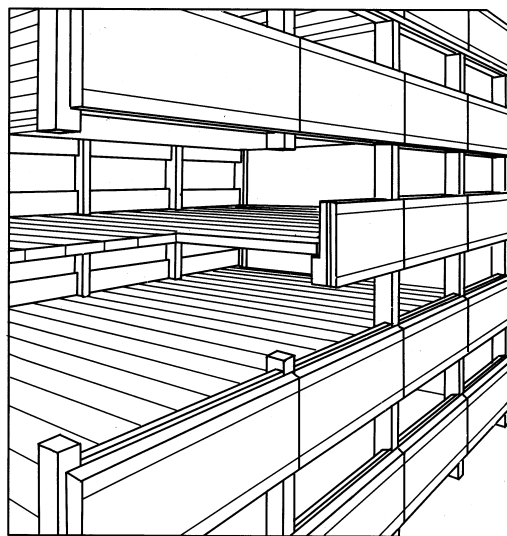


Fig. 8.2. Dragende borstweringen

8.2.2. Niet-dragende gevels

Niet-dragende gevels vervullen naast de bouwfysische functies enkel een bekledingsfunctie. De elementen kunnen ofwel afzonderlijk aan de structuur van het gebouw bevestigd worden of

zelfdragend zijn. In het eerste geval steunen de elementen op de gevelbalken of gevelkolommen, meestal ter plaatse van elke verdieping. In het tweede geval steunen de gevelelementen op elkaar en worden zij alleen horizontaal verankerd aan het dragend skelet. De verticale reactie van de gevel wordt dan via een steunbalk rechtstreeks op de fundering of benedenstructuur overgedragen. In principe kan de vormgeving van de elementen zonder enige beperking ontworpen worden. Niet dragende wanden worden meestal gebruikt bij skeletconstructies, of voor zijwanden van dragende gevels. Enkelschalige elementen worden meestal gebruikt voor de bekleding van wanden, kolommen, borstweringen, enz.

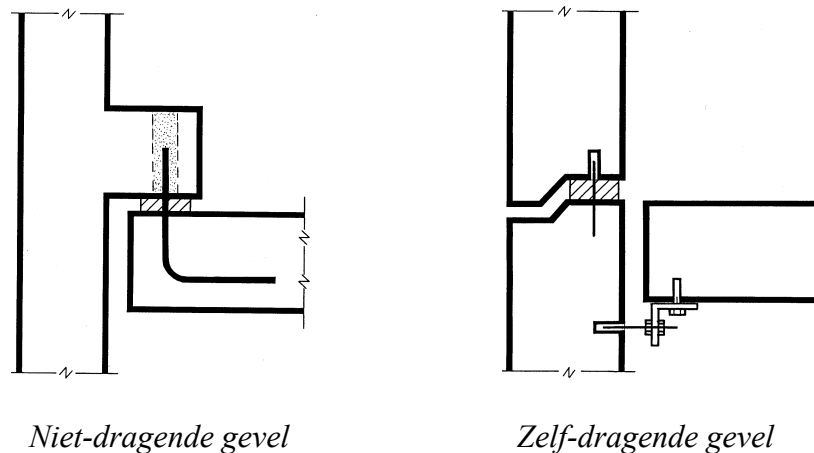


Fig. 8.4 Principe van niet-dragende en zelf-dragende gevels

8.2.3 Gesplitst gevelsysteem

Het is een sandwichconstructie waarbij de twee panelen afzonderlijk geprefabriceerd en gemonteerd worden. Het dragend paneel bestaat uit eenvoudige kaderelementen die met de gladde zijde naar de binnenkant van het gebouw geplaatst worden. Hierop steunen de geprefabriceerde vloeren. Nadien worden de voegen luchtdicht afgesloten en een isolatie aangebracht op de buitenkant van deze panelen. Tenslotte worden de niet-dragende buitenpanelen in architectonisch beton gemonteerd. De buitenbekleding kan trouwens ook in andere materialen uitgevoerd worden. Soms lopen de ramen door over meerdere verdiepingen, waardoor een grote architecturale vrijheid bekomen wordt.

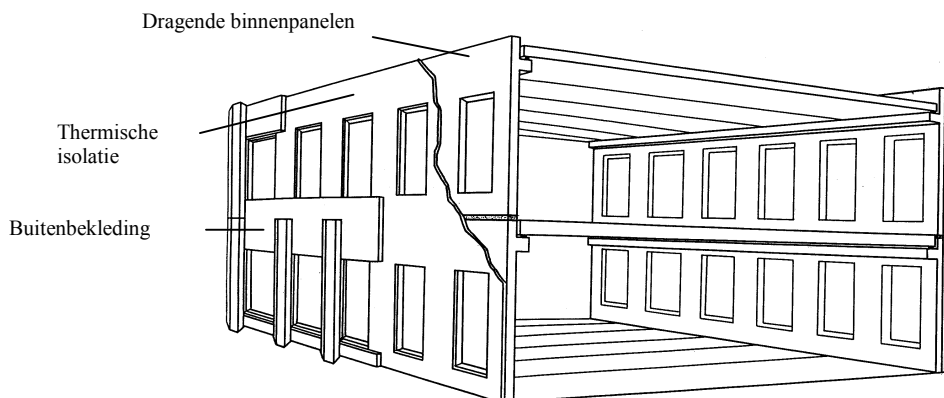


Fig. 8.5 Principe van een gesplitste sandwichgevel

De oplossing biedt een aantal voordelen ten opzichte van de klassieke sandwichelementen:

- grote flexibiliteit bij het ontwerp van de buitenbekleding; volledige vrijheid op gebied van afmetingen, vorm en gebruikte materialen;
- de geprefabriceerde elementen zijn eenvoudig; de binnenpanelen bestaan uit eenvoudige rechthoekige verdiepingshoge elementen met een grote repetitie; de buitenbekleding bestaat dikwijls uit vlakke elementen; de verbindingen zijn zeer eenvoudig;
- de thermische isolatie loopt door over de volledige gevel, zonder koudebruggen, zelfs niet ter plaatse van de voegen;
- de gevel heeft een verluchte spouw tussen de isolatie en de buitenbekleding;
- het uitzicht van de gevel kan volledig verschillend zijn van een gebouw ten opzichte van een ander, zonder dat er belangrijke verschillen bestaan in de binnenstructuur en de gebruikte elementen; de voegen tussen de buitenpanelen vallen niet op.

Een nadeel van deze oplossing is dat er meer individuele geprefabriceerde elementen nodig zijn met als gevolg meer verhandelingen, stockeercapaciteit, transport, verbindingen, enz. Deze nadelen worden echter ruimschoots goedge maakt door de eenvoudige productie van de individuele elementen. Bovendien laat de oplossing toe om in een later stadium de gevel te vernieuwen zonder dat het gebouw moet afgebroken worden.

8.2.4 Speciale elementen

Architectonisch beton kan ook gebruikt worden voor decoratieve elementen binnen een gebouw. In feite kunnen alle prefabelementen in architectonisch beton gemaakt worden wanneer dit gevraagd wordt. Er bestaan talrijke voorbeelden van speciale elementen in architectonisch beton: balkons, kroonlijsten, borstweringen, plinten, speciale kolommen voor inkomhallen, vloeren met decoratieve profielen aan de onderkant, verlaagde plafonds, binnenwanden, centrale kernen, gepolijste trappen, enz.

8.3. Stabiliteit

Geprefabriceerde gevels in architectonisch beton worden gewoonlijk gebruikt als bekledingselementen, zonder bijdrage tot de stabiliteit van het gebouw. Deze wordt verzekerd door centrale kernen en/of dwarswanden. Wanneer echter het gesplitste gevelsysteem wordt toegepast kan het binnenpaneel van de gevel gebruikt worden om horizontale krachten afkomstig van wind, aardbevingen of andere acties op te nemen.

8.3.1 Stabiliteit met kernen en dwarswanden

Dragende gevelelementen dragen enkel de verticale belastingen van de vloeren en de bovenliggende constructie. De horizontale krachten die op de gevel aangrijpen worden naar de verstijvingsselementen (kernen, dwarswanden) overgebracht door de schijfwerking van de vloeren. De verbindingen tussen de gevelelementen en de vloeren werken als scharnieren in de richting loodrecht op hun vlak.

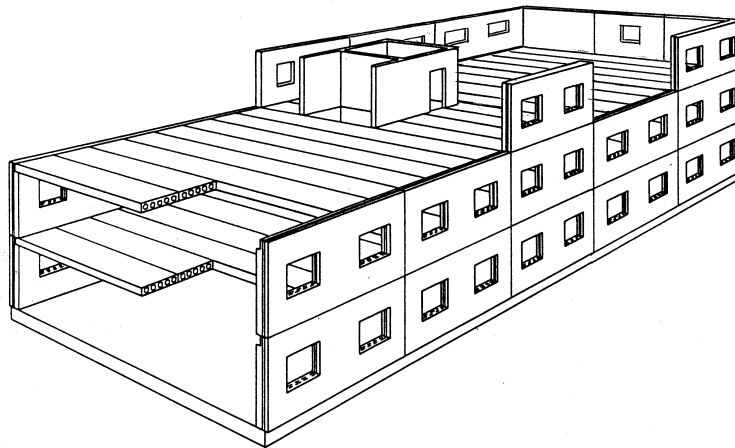


Fig. 8.6 Principe van de horizontale stabiliteit van gebouwen met kernen.

8.3.2 Stabiliteit door de gevels

Wanneer de gevels samengesteld zijn uit dragende elementen die voldoende stijfheid hebben in hun vlak, m.a.w. geen al te grote raamoppervlakken, kunnen ze gebruikt worden voor de horizontale stabiliteit van het gebouw. Ze werken dan als een buisconstructie. De vloeren zorgen door hun schijfwerking voor de onderlinge samenhang tussen voor- en zijgevels. De verticale voegen tussen de gevelelementen moeten de schuifkrachten kunnen opnemen. Dit kan onder andere gebeuren door deze voegen op te gieten, of door gelaste verbindingen.

8.4 Andere ontwerpaspecten

8.4.1 Differentiële vervormingen

Differentiële vervormingen te wijten aan temperatuurverschillen tussen constructieonderdelen dienen nauwkeurig bestudeerd te worden. Dergelijke temperatuurverschillen treden bijvoorbeeld op tussen binnengelegen constructiedelen, die nagenoeg steeds op dezelfde temperatuur blijven, en buitengelegen constructiedelen die aan het klimaat blootgesteld zijn. Dit is onder andere het geval voor gevels en daken. De vervormingen kunnen aanzienlijk verschillen naargelang het constructietype, de afmetingen van de elementen, het klimaat en de kleur en oriëntatie van de constructie.

Om bijvoorbeeld het kromtrekken of uitzetten van grote gevelpanelen en spanningsconcentraties ter plaatse van de verbindingen te voorkomen, moeten deze laatste ontworpen worden om de vervormingen mogelijk te maken en toch nog hun draag- en bevestigingsfunctie te behouden. Men gebruikt hiertoe synthetische vulplaatjes, beweegbare afstandshouders, sleufgaten in de bevestigingsstukken, en mogelijke andere oplossingen. Bij sandwich gevelelementen moeten de verbindingen tussen de twee panelen de differentiële vervorming van het buitenpaneel ten opzichte van het binnenpaneel mogelijk maken (zie 8.7).

Volgende temperatuurverschillen worden in de berekening gebruikt:

- $\Delta t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ voor de maximum temperatuurschommeling tussen de zomer en de winter waarbij men ervan uitgaat dat de elementen gemonteerd worden bij een buitentemperatuur die nooit lager is dan $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

- $\Delta t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ voor het maximum verschil tussen het binnen- en het buitenblad van sandwichelementen
- $\Delta t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ voor het verschil tussen 2 gevels in de zomer.

8.4.2 Uitzicht van voegen in de gevel

Voegen zijn inherent aan de prefabricatie. Net zoals bij natuursteen, zal men bij het ontwerpen van prefabgevels de voegen bestuderen als een logisch onderdeel in het gevelbeeld. Men beschikt daarbij over een aantal mogelijkheden zoals valse voegen, sterke of minder uitgesproken profileringen en dergelijke.

Een andere benadering bestaat erin de voegen zoveel mogelijk te verstoppen. Voegen vallen bijvoorbeeld weinig op wanneer ze zich in een hoek bevinden of wanneer ze de scheiding vormen tussen twee materialen. Een andere techniek bestaat erin doorlopende voegen te onderbreken door de elementen te laten verspringen of door kruiselings op de voeg bepaalde ornamenten te plaatsen, enz.

Er bestaan talrijke goede voorbeelden waarbij de voegen op een harmonieuze wijze in het gevelbeeld verwerkt werden. Dit vereist echter een grondige studie bij het ontwerp van de elementen en dit aspect wordt nogal eens verwaarloosd. Meestal beperkt men zich tot de berekening van de minimum afmetingen in verband met de waterdichtheid, zonder zich verder nog te bekommeren om het visueel aspect, dat als een inherent gegeven van prefabgevels wordt aanvaard.

8.5 Vormgeving en afmetingen

8.5.1. Vorm en mallen

De mogelijkheid om beton in allerhande vormen te gieten, is één van de meest karakteristieke eigenschappen van dit materiaal. De betonvormen zijn niet beperkt tot volumes begrensd door rechte vlakken, maar kunnen evenzeer rond zijn. De mogelijkheid bestaat immers om mallen te maken uit plastische materialen of zelfs uit kunstrubber, waarbij een afdruk gemaakt wordt van een prototype op ware grootte.

8.5.2. Voorkeurafmetingen

De voorkeurafmetingen van gevelpanelen zijn de verdiepingshoogte en een veelvoud van een basismodule (bijvoorbeeld 300 mm) voor de breedte. Deze laatste wordt voornamelijk bepaald door de schikking en het raster van de structuur van een gebouw. De maximumafmetingen van zowel dragende als niet-dragende elementen worden bepaald door de manipulatie- en transportmogelijkheden. Het gewicht van de elementen wordt in de regel beperkt tot 10 ton. Dit stemt overeen met de normale hefcapaciteit in de fabriek. Er moet evenwel ook rekening gehouden worden met de manipulatie op de bouwplaats, die bepaald wordt door de plaats en de capaciteit van de kraan. Bijvoorbeeld bij centraal geplaatste torenkranen zullen de hoekelementen van de gevel meestal het verst verwijderd zijn en is het gewicht een kritische factor. Op gebied van transport geldt als algemene regel dat één van de twee hoofdafmetingen van de elementen niet groter mag zijn dan 3,60 m.

De dikte van de elementen wordt bepaald door constructieve vereisten, de betondekking op de wapeningen en de veiligheid tegen scheuren van de elementen bij het ontkisten. Op dat ogenblik is de betonsterkte van de elementen immers nog beperkt. Om een goede betonverdichting, een

correcte plaatsing van de wapeningen en een voldoende betondekking op de wapeningen mogelijk te maken, onder andere voor de duurzaamheid en brandveiligheid, moet de dikte van de kaderelementen minimum $1/15^e$ tot $1/10^e$ van de grootste afmeting van het element bedragen. Ook voor volle panelen dient een minimum betondikte gerespecteerd te worden om scheuren en vervormingen tijdens de fabricatie te voorkomen (zie Les 7).

8.5.3. Modulatie

Zoals reeds vermeld in Les 1, is modulatie een belangrijke factor bij het ontwerpen en uitvoeren van gebouwen. Voor gevelelementen is het standpunt iets meer genuanceerd. Modulatie is alleszins wenselijk maar mag geen hindernis vormen bij het architecturale concept van de gevel. Modulatie is derhalve niet absoluut noodzakelijk in de context van een industriële productie, maar kan wel een belangrijke invloed hebben op de kostprijs van de elementen.

Rasterlijnen worden bij voorkeur aan de binnenkant van de gevel geplaatst. Figuur 8.7 toont enkele voorbeelden van mogelijke oplossingen voor de hoeken van gebouwen: een geïntegreerde hoek in het gevelelement (a), een afzonderlijk hoekelement (b) en (c), of een diagonale voeg (d). De laatste oplossing is de minst interessante omwille van de kwetsbaarheid van de paneelranden en de moeilijkheid om een mooi recht en regelmatig voegprofiel te bekomen.

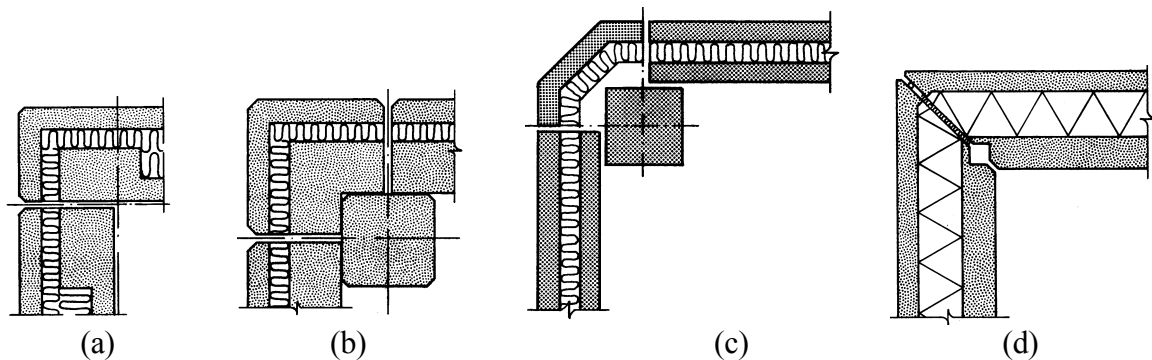


Fig. 8.7 Mogelijke oplossingen voor gevelhoeken

8.6 Oppervlakteafwerking

Een betonoppervlakte hoeft niet noodzakelijkerwijze grijs en ruw te zijn. De prefabindustrie heeft betonsamenstellingen en mal- en afwerktechnieken ontwikkeld, waardoor betonnen elementen een zeer gevarieerd en aantrekkelijk uitzicht kunnen bekomen.

8.6.1 Textuur

De oppervlakte van architectonisch beton kan allerhande textuurschakeringen hebben, gaande van volkomen glad tot zeer ruw.

Geslepen beton heeft een effen oppervlakte met een min of meer uitgesproken glans naargelang het aantal bewerkingen en de hardheid van de granulaten. Wanneer de oppervlakte slechts lichtjes bewerkt wordt, spreekt men van gezoet beton, zoals bij natuursteen. Het betonoppervlak is volkomen effen maar zonder glans.

Bij gepolijst beton slijpt men de elementen in meerdere stappen, waarbij een steeds fijnere oppervlakte-textuur en een hogere glans bekomen wordt. Naargelang het aantal stappen spreekt men dan van gepolijst beton of hoogglans beton. De granulaten zijn zichtbaar.

Licht ruw beton heeft een effen oppervlakte en een zeer lichte tot iets meer uitgesproken ruwheidsgraad. Dit wordt bekomen door etsen in een zuurbad met gecontroleerde temperatuur- en zuurconcentratie, door wassen van de niet volledig verharde oppervlakte met gebruik van een oppervlakervertrager, of door zandstralen.

Bij het etsen zal de oppervlakte een zeer fijne zanderige textuur vertonen die vergelijkbaar is met Franse steen. De granulaten zijn meestal niet zichtbaar. Bij wassen of zandstralen worden de fijne granulaten wel zichtbaar en krijgt het oppervlak aldus een iets ruwere textuur. In het geval van wassen zullen de granulaten zelf glad blijven, terwijl bij zandstralen de oppervlakte van de granulaten eveneens licht mat wordt. De schakering van de oppervlakte kan derhalve variëren van gedeeltelijk tot volkomen mat.

Zichtbare granulaten tonen de karakteristieke structuur van het beton. Dit aspect wordt bekomen door de cementshuid weg te wassen met water. Voor de vlakken die zich aan de bovenkant van de mal bevinden gebeurt dit vóór de verharding van het beton. Voor de vlakken die in contact zijn met de mal gebruikt men een verhardingsvertrager en zal het beton na het ontkisten uitgewassen worden. Om een uniform uitzicht te bekomen, zal men zoveel mogelijk granulaten van dezelfde grootte aan het oppervlak brengen. De textuur is vanzelfsprekend afhankelijk van de grootte en de aard van de gebruikte granulaten, met alle mogelijke schakeringen tussen gerolde en gebroken vormen.

8.6.2. Kleur

De gangbare kleurschakeringen van architectonisch beton zijn nagenoeg dezelfde als bij natuursteen. Bij fijne texturen zal de kleur vooral beïnvloed worden door de fijne granulaten, terwijl bij grovere korrelstructuren en gepolijst beton de schakering van de grovere granulaten eerder van doorslaggevende aard zal zijn. Bovendien bestaat nog de mogelijkheid om kleurstoffen aan het beton toe te voegen, waardoor speciale effecten kunnen bekomen worden. Er bestaat evenwel een risico van lichte kleurverschillen tussen de elementen onderling bij het gebruik van pigmenten.

8.6.3. Beklede elementen

Prefab-gevelelementen kunnen ook bekleed worden met andere materialen zoals keramiektegels, bakstenen, natuursteen, enz. Deze materialen worden op de bodem van de mal geplaatst en ingebetonneerd in de elementen.

Voor kleine afmetingen, zoals bij keramiektegels, volstaat de hechting met het beton om een duurzame bevestiging te bekomen, op voorwaarde dat de achterzijde voldoende ruw of geprofileerd is. Voor grotere afmetingen, meestal bij natuursteen, worden speciale voorzorgen genomen. De stenen worden voorzien van een verankering en bovendien wordt de kleef tussen de natuursteen en het beton verbroken om een onderlinge dilatatie tussen beide materialen mogelijk te maken. Natuursteen heeft immers een ander uitzettingscoëfficiënt dan beton. Bovendien zal de temperatuur van de natuursteen hoger zijn dan deze van het beton vermits de natuursteen zich aan de oppervlakte bevindt.

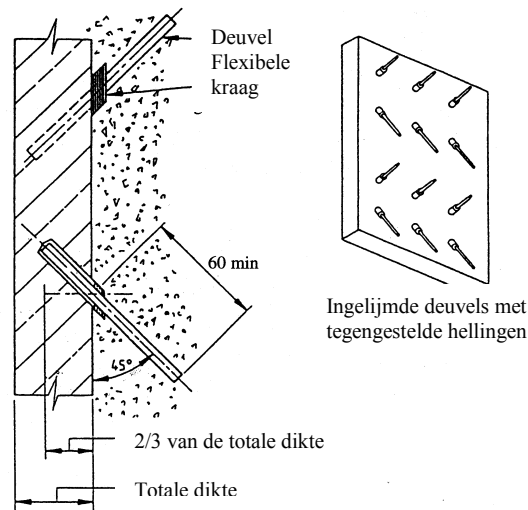


Fig.8.8 Voorbeeld van een bevestiging van natuursteenplaten in een gevelement

8.7 Thermische isolatie

Betonnen gevels kunnen op verschillende manieren geïsoleerd worden. Een eerste oplossing is de sandwichconstructie (Figuur 8.9). De gevelementen hebben een inwendige isolatie over hun ganse oppervlakte. Om effectief te kunnen toegepast worden moeten de elementen tamelijk vlak zijn en de raamstijlen en andere onderdelen moeten een minimumbreedte hebben om de onderscheidene lagen te kunnen realiseren. De dikte van de panelen is normaal 70 tot 90 mm voor het buitenblad en 120 tot 160 mm voor het binnenblad, wanneer het dragend is.

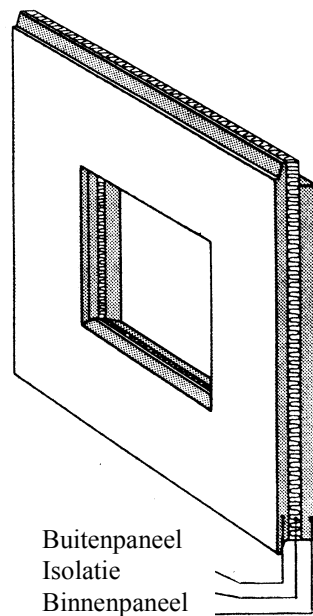


Fig. 8.9 Principe van een sandwichelement in architectonisch beton

Men kan ook een spouw aanbrengen tussen de isolatie en het buitenblad (Figuur 8.10). In principe is dit bedoeld om te voorkomen dat de isolatie nat wordt door mogelijk indringend water. Het vocht verdampt in de spouw of wordt afgevoerd via de horizontale voegen.

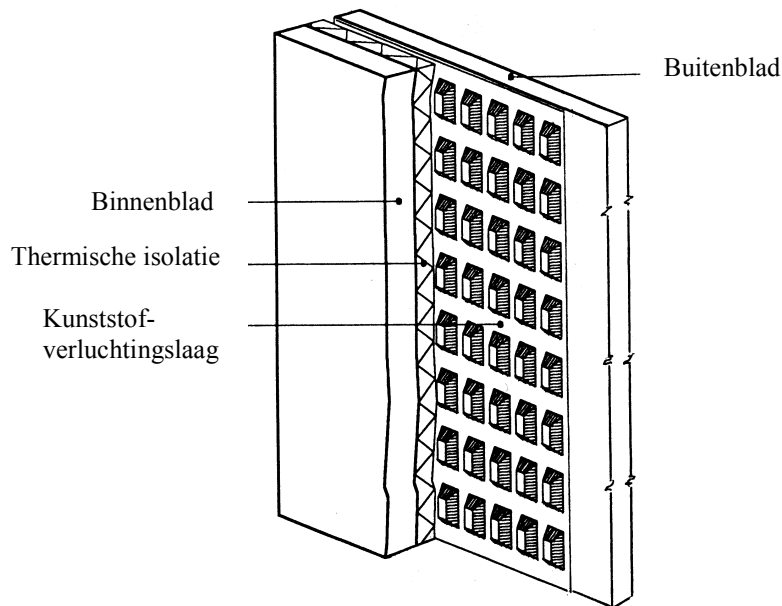


Fig. 8.10 Sandwichpaneel met verluchte spouw

Wanneer het sandwichelement de vloeren draagt, zal men deze op het binnenpaneel plaatsen en moet het buitenpaneel vrij kunnen vervormen. Buiten de mechanische sterkte, moeten de verbindingen tussen de twee sandwichpanelen aan een aantal criteria beantwoorden in verband met de duurzaamheid en de ductiliteit. Er bestaan twee onderscheiden verbindingstypes voor sandwichpanelen: speciale verankeringsystemen en diagonale verbindingen.

- a) Speciale verbindingssystemen bestaan gewoonlijk uit drie componenten: draagankers, torsieankers en afstandshouders. De draagankers [Figuur 8.11 (a) en (b)] dragen het gewicht van het buitenpaneel en de belasting van de wind. Torsieankers zijn nodig wanneer de draagankers niet voldoende stijfheid geven in de dwarsrichting [type (a)]. De rol van de afstandshouders [type (c)] bestaat erin de horizontale acties op te nemen en de juiste afstand van de twee panelen te verzekeren, zonder dat ze de zijdelingse dilatatie van het buitenpaneel beletten.

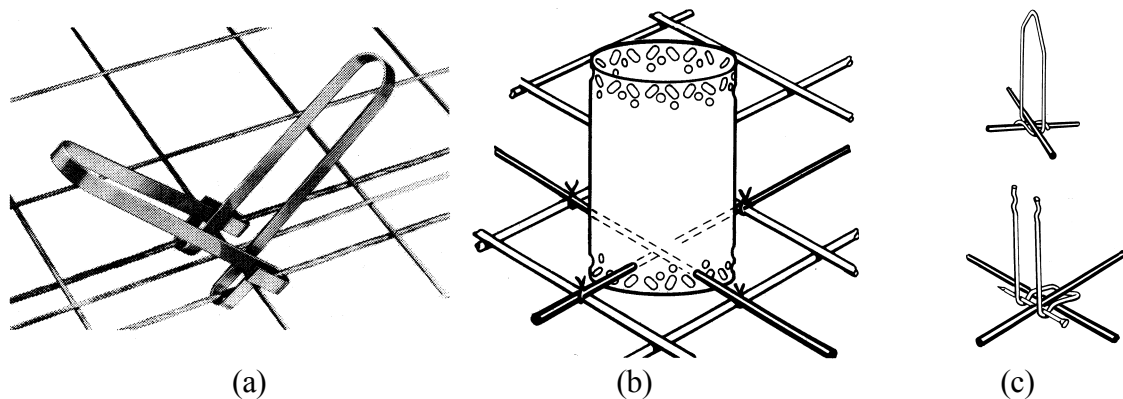


Fig. 8.11 Typische verbindingen voor sandwichpanelen

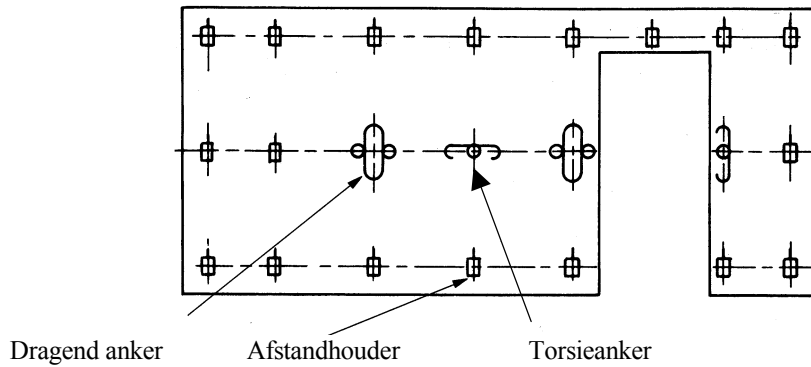


Fig. 8.12 Plaats van de verschillende ankertypes in een sandwich paneel

De oplossing met speciale ankersystemen wordt meestal gebruikt voor sandwichelementen met een beperkte tussenafstand tussen het binnen- en het buitenpaneel (tot ongeveer 100 mm). Richtlijnen betreffende het ontwerp en de toepassing van speciale ankersystemen worden gegeven in de catalogussen van de producenten.

- b) Diagonale verbindingswapeningen tussen de twee betonpanelen worden veel gebruikt in Scandinavische landen voor sandwichelementen met een dikke isolatie (150 mm). De diagonale wapeningsstrippen zijn in roestvrij staal en worden verticaal op een tussenafstand van ongeveer 600 mm tot 1200 mm geplaatst, afhankelijk van het gewicht van de buitenplaat en de capaciteit van de wapeningen. Ze bestaan in verschillende afmetingen en lengtes (zie Figuur 8.13). Er worden bovendien complementaire wapeningen geplaatst aan de randen van de elementen. De verbinding is in staat om vervormingen door thermische dilataties op te nemen omwille van de kleine diameters van de diagonalen en de tamelijk grote ruimte tussen de beide panelen. Deze methode wordt meer dan 50 jaar toegepast en toont aan dat de voortdurende vervormingen van de wapeningen geen vermoeidheidsbreuken veroorzaken.

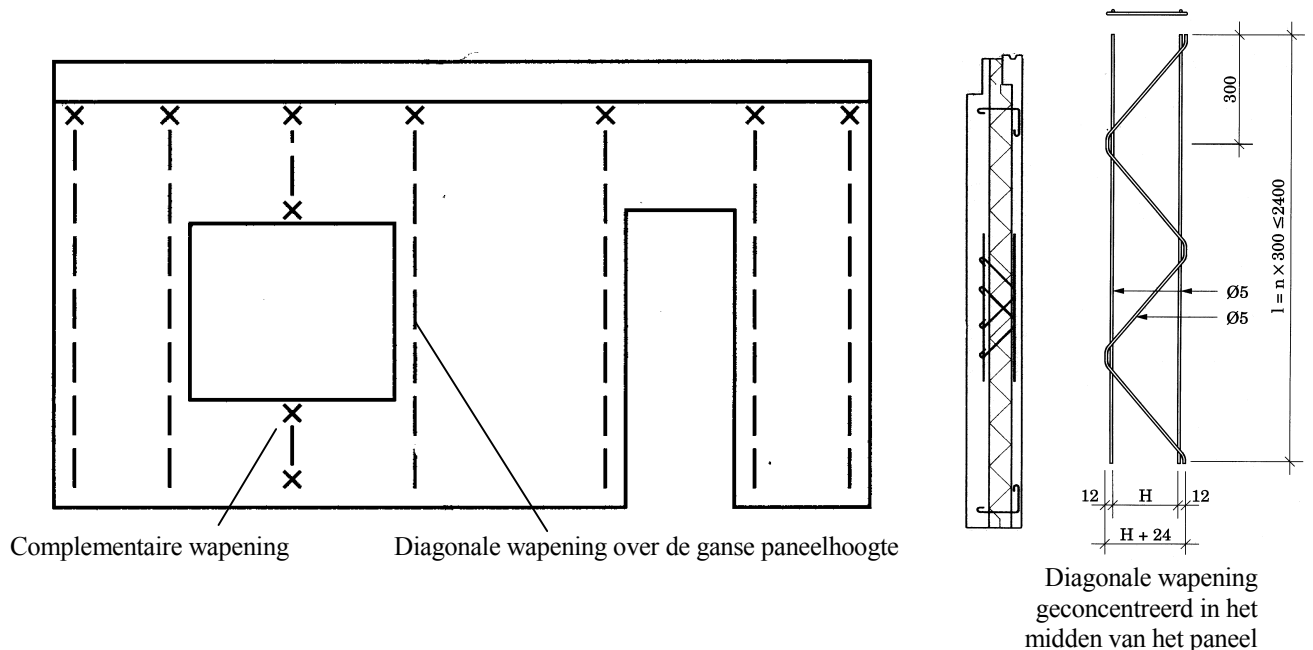
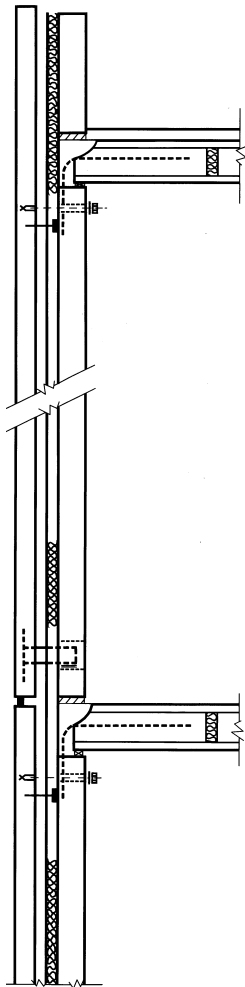


Fig. 8.13 Sandwichverbinding met diagonale wapeningen

Een variante constructiemethode voor sandwichelementen is de gesplitste gevel. Het principe van het systeem werd reeds beschreven in Hoofdstuk 8.2.3 en wordt geïllustreerd in Figuur 8.14.



Eerste stap

Montage van de binnenpanelen van de gevel die met de gladde zijde naar binnen geplaatst worden. De vloerelementen steunen op de binnenpanelen. Nadat alle verdiepingen gemonteerd zijn, wordt de thermische isolatie met mechanische ankers op de buitenzijde van de binnenpanelen bevestigd.

Tweede stap

Plaatsen van de buitenbekleding van de gevel. Vermits het ontwerp van de gevelbekleding onafhankelijk is van de binnenpanelen, kunnen de afmetingen, vorm en zelfs materialen ervan volledig vrij gekozen worden. Wanneer de bekleding in architectonisch beton is, kan deze zelfdragend zijn of rechtstreeks bevestigd worden aan de binnenpanelen.

Fig. 8.14 Gesplitst gevelsysteem

Naast de sandwichconstructie kan een gevel in architectonisch beton ook gerealiseerd worden met enkelschalige elementen. De thermische isolatie wordt dan aan de binnenzijde geplaatst. Nadien wordt deze verder afgewerkt met een binnenbekleding in gispaktonplaten, pleisterblokmetselwerk, baksteenmetselwerk of andere materialen.

8.8. Verbindingen

Verbindingen zijn cruciaal bij prefabconstructies. Er bestaat heel wat literatuur over verbindingen voor gevelelementen in architectonisch beton. De principes voor goede verbindingen worden in Les 4 gegeven. In hetgeen volgt worden de meest klassieke types verbindingen en bevestigingen voor gevelelementen besproken.

8.8.1. Verbindingstypes en toepassingen

Verbindingen met wachtstaven

Het mechanisme van deze verbindingen berust volledig op het principe van de krachtsoverdracht door overlapping. De te verbinden elementen hebben wachtstaven die met elkaar overlappen in een ter plaatse gestorte verbinding.

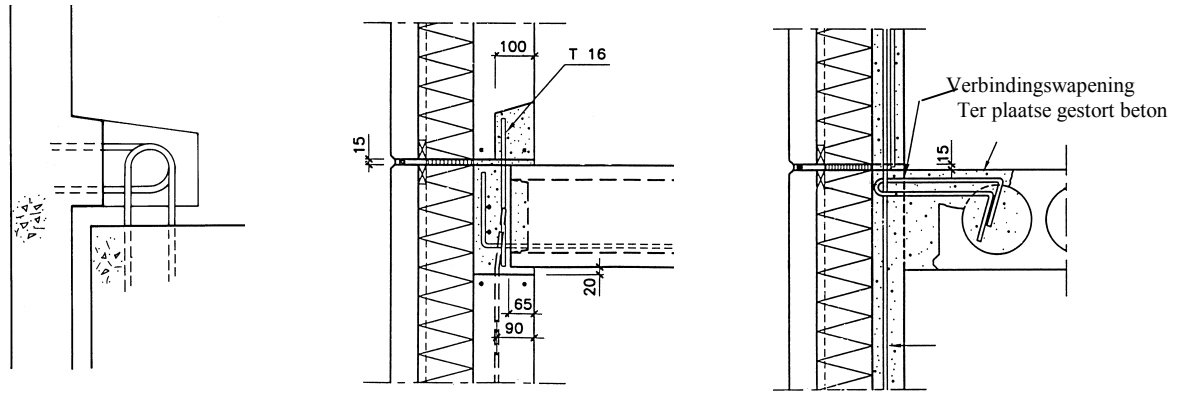


Fig. 8.15 Voorbeelden van verbindingen met wachtstaven en ter plaatse gestort beton

Figuur 8.15 toont enkele voorbeelden van verbindingen met wachtstaven. Deze verbinding wordt veelvuldig gebruikt om dragende gevelelementen te verbinden met de vloeren. Ze kan ook doeltreffend gebruikt worden voor de bevestiging van niet dragende elementen. Ten opzichte van andere types verbindingen biedt zij grote voordelen onder andere wat betreft tolerantiemogelijkheden, corrosie- en brandbestendigheid, enz. Ze zijn bovendien goedkoop. Het grootste nadeel van dit type verbinding is dat ze pas effectief werkt na verharding van het beton. De elementen moeten derhalve tijdelijk ondersteund blijven tijdens de constructiefase.

Geschroefde verbindingen

Geschroefde verbindingen worden meestal toegepast bij niet-dragende gevelelementen. Er bestaan talrijke mogelijkheden die gebruik maken van bestaande bevestigingsmiddelen zoals schroefhulzen, ankerrails, ingestorte draadstaven, enz. Figuur 8.16 toont enkele voorbeelden.

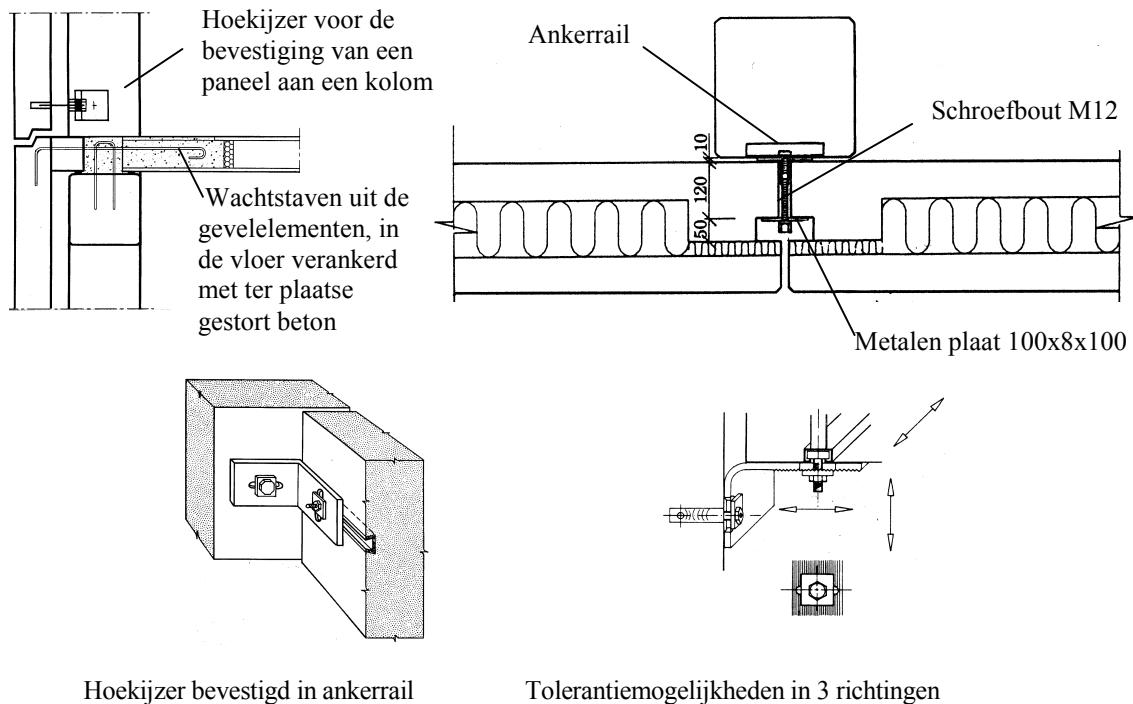


Fig. 8.16 Voorbeelden van geschroefde verbindingen

Geschroefde verbindingen zijn demonteerbaar en werken onmiddellijk. Het is echter zeer belangrijk dat ze in 3 richtingen kunnen aangepast worden om maatafwijkingen in de uitvoering te kunnen opnemen.

Gelaste verbindingen

Gelaste verbindingen worden veelvuldig gebruikt in de Verenigde Staten en in Canada, maar minder in Europa. Ze zijn efficiënt en kunnen gemakkelijk aangepast worden aan de omstandigheden van de uitvoering. De sterkte en betrouwbaarheid hangt echter volledig af van de uitvoering. Omwille van de strenge regelgeving terzake in Europa en het grotere risico van slechte weersomstandigheden zijn de toepassingen bij ons tamelijk beperkt.

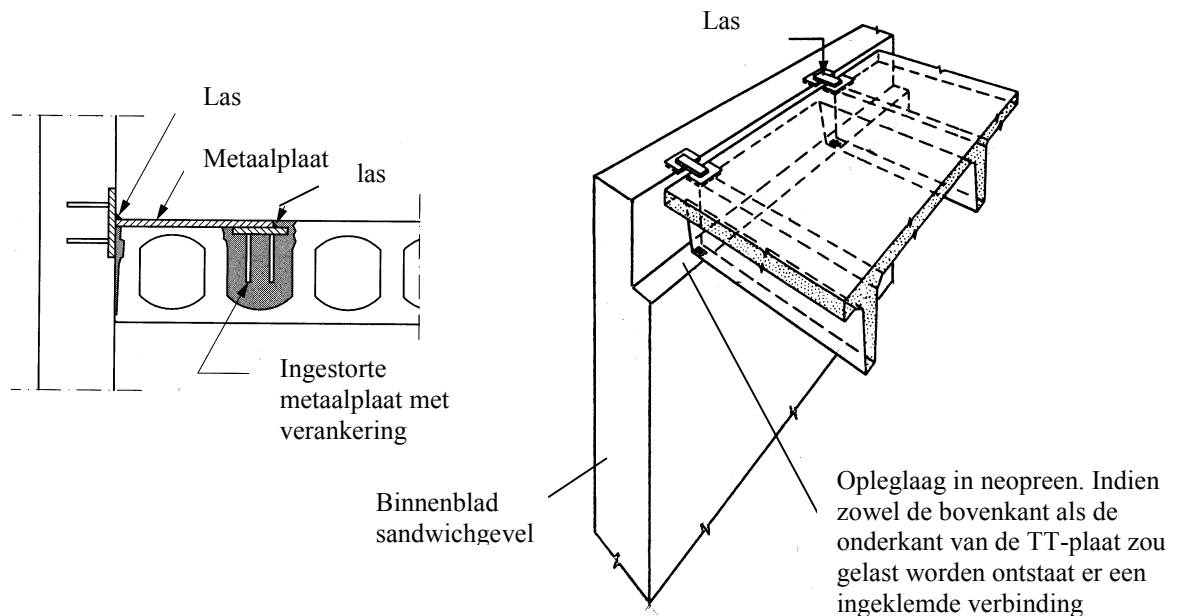


Fig. 8.17 Voorbeelden van gelaste verbindingen met gevels

Bij gelaste verbindingen wordt meestal gebruik gemaakt van ingestorte metalen ankerplaten, die door middel van opgelaste strippen, betonijzers of deuvels in de elementen verankerd worden. Het buitenvlak van de ankerplaat zit gewoonlijk gelijk met het betonoppervlak van de elementen en is voldoende groot om de lasverbinding te kunnen aanbrengen.

Voor de verbinding van uitkragende balkons in architectonisch beton met de vloerconstructie kan men systemen gebruiken die de thermische brug onderbreken met de vloer. De krachtsoverdracht in de verbinding berust op trekwapeningen aan de bovenzijde en drukschoren aan de onderzijde. Er bestaan gebruiksklare systemen op de markt (zie Les 6, sectie 6.6.4).

8.8.2. Duurzaamheid

De meeste bevestigingsmiddelen voor gevelelementen in architectonisch beton kunnen niet meer geïnspecteerd worden na montage en afwerking van het gebouw. Vandaar de noodzaak om naast voldoende sterkte en ductiliteit ook te zorgen voor voldoende weerstand tegen mogelijke fysische en chemische schade wanneer ze aan de atmosfeer blootgesteld zijn.

De toegepaste methoden zijn afhankelijk van het belang van de verbinding en de mogelijkheid om ze al dan niet nadien te inspecteren.

Bevestigingsmiddelen die aangestort zijn en zich in een droge atmosfeer bevinden, dienen enkel te voldoen aan de minimum betondekking die door de normen worden voorgeschreven inzake duurzaamheid.

Wanneer de aanstorting wel aan weersinvloeden blootgesteld is en de afmetingen van de aanstorting te klein zijn om zekerheid te geven inzake waterdichtheid, dienen corrosiebestendige verbindingswapeningen gebruikt te worden. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij een aangestorte verbinding tussen een borstweringsplaat en een balkonelement.

Bevestigingsmiddelen die niet ingestort zijn, worden in de regel uit corrosievrije materialen gemaakt. Bij gevelelementen gebruikt men meestal austenitisch roestvrij staal. Men kan de types AISI Ti 316 (Amerikaanse norm gelijkwaardig met DIN 12371) en AISI 316 gebruiken. Voor verbindingsankers tussen sandwichpanelen zal men enkel corrosiebestendige materialen gebruiken. Er bestaan trouwens uitstekende systemen op de markt.

Men moet oppassen voor mogelijke galvanische corrosie door direct contact tussen verschillende soorten metalen. Daarom zal men bij voorkeur steeds hetzelfde metaal gebruiken.

Naast de eisen inzake stabiliteit en duurzaamheid zijn een aantal uitvoeringscriteria eveneens erg belangrijk bij het ontwerpen van goede verbindingen.

- Verbindingen moeten eenvoudig zijn. Ingewikkelde verbindingen brengen op alle gebied risico's met zich mee en zijn meestal moeilijk te controleren. Dit resulteert in een slechte uitvoering. Ingewikkelde verbindingen zijn bovendien kostelijk.
- Wachtstaven worden zoveel mogelijk geplaatst aan de bovenzijde van de mal, om moeilijkheden bij het ontkisten te voorkomen.
- Gebruik zoveel mogelijk hetzelfde type bevestigingsmiddel voor een bepaalde constructie, ook al zijn de afmetingen in bepaalde gevallen groter dan nodig. Seriewerk is goedkoper en werkt de goede uitvoering in de hand.
- Bevestigingsmiddelen moeten regelbaar zijn in 3 richtingen en gemakkelijk toegankelijk tijdens de montage.
- Men moet voldoende ruimte voorzien tussen de bekledingselementen en de dragende constructie (25 tot 30 mm), vooral wanneer deze laatste ter plaatse gestort is. Na montage is deze ruimte normaal niet meer zichtbaar en men voorkomt hiermee soms grote problemen ten gevolge van uitvoeringstoleranties tijdens de montage.

8.9 Afdichtingsvoegen

Voegen en voegvullingen moeten zorgvuldig bestudeerd worden om een goede waterdichtheid van de prefabgevel te bekomen. Ook de uitvoering is van het grootste belang en dient door gespecialiseerde vaklui te geschieden.

De belangrijkste functie van de voeg is te zorgen voor een elastische en waterdichte verbinding tussen de elementen. Ze moet in staat zijn om de bewegingen op te nemen die ontstaan door thermische en hygrometrische vervormingen van de gevelelementen zelf en de bewegingen van de gehele constructie.

De vorm en dimensionering van de voegranden mogen geen locale verzwakking van de elementen veroorzaken met risico's voor beschadiging van de paneelranden. Te ingewikkelde voegdetaïls zijn moeilijk uit te voeren en kunnen gevaar opleveren voor de waterdichtheid van de gevel.

8.9.1 Voegtypes

Twee types waterdichte voegen hebben bewezen goed te kunnen functioneren

- Voegen met één enkel dichtingsscherm (ééntrapsvoegen), ook gesloten voegen genoemd. De lucht- en waterdichtheid worden verzekerd op één enkele plaats door het voegmateriaal. Dit voegtype wordt het meest gebruikt wegens de eenvoudige uitvoering. Als vulmateriaal worden gewoonlijk polysulfide- of siliconekitten gebruikt. De kit moet een goede aanhechting hebben met de voegranden en voldoende elastisch zijn om vervormingen te kunnen opnemen zonder te scheuren of los te komen van de elementen.

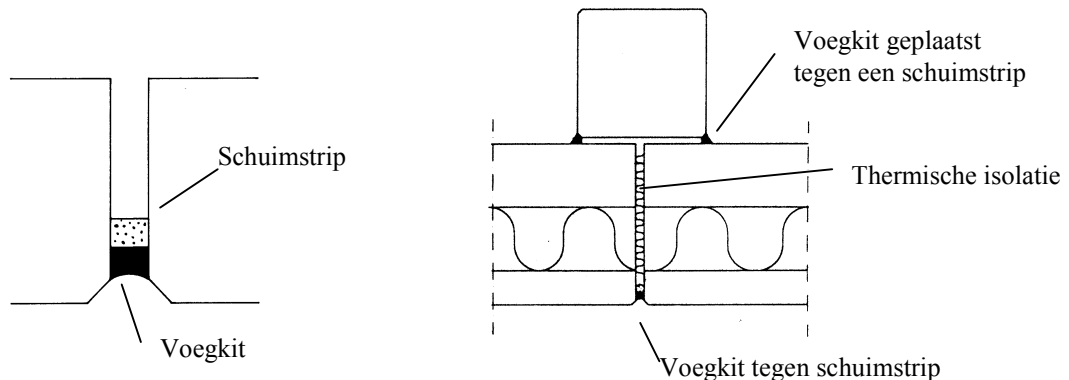


Fig. 8.18 Voorbeelden van ééntrapsvoegen

- Meertrapsvoegen, ook open voegen genoemd, waarbij de afdichting van de voeg verzekerd wordt door een complex systeem van dichtingsschermen (Figuur 8.19). Dit type voeg heeft afzonderlijke voorzieningen om de lucht- en waterdichtheid te verzekeren. Het buitenste scherm zorgt voor de waterdichtheid, het binnenste scherm voor de luchtdichtheid. De eerste barrière in de verticale voeg omvat een decompressieruimte om de winddruk te verminderen en een regenscherm om het water naar beneden te leiden. De horizontale voeg heeft als regenbarrière een opstand en een afdekslab ter plaatse van de kruising met de verticale voeg. De hoogte van de opstand moet 50 tot 70 mm bedragen om nog waterdicht te blijven bij maximale winddruk. Het luchtscherm bevindt zich eveneens aan de binnenzijde van het element.

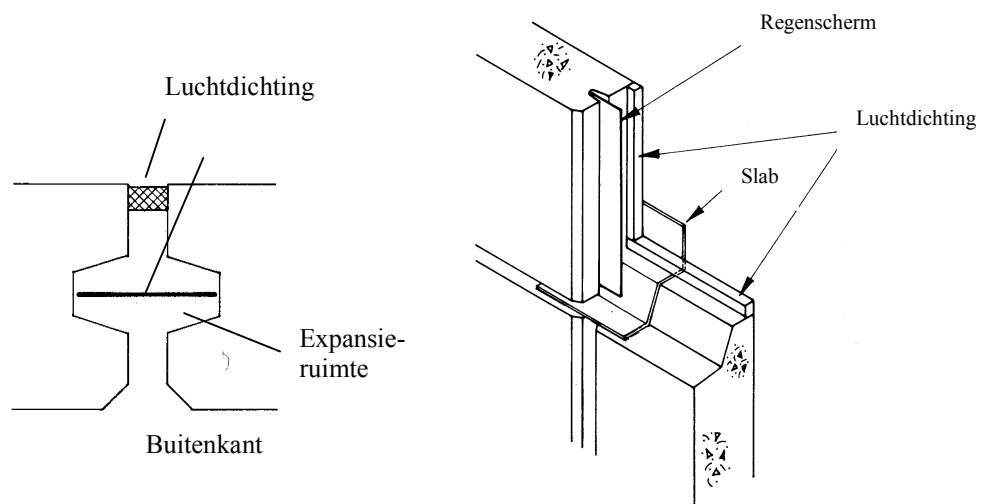


Fig. 8.19 Voorbeeld van een open voegsysteem

De combinatie van de twee vermelde systemen biedt een zeker voordeel. De horizontale voeg wordt dan voorzien van een continue opstand en een luchtdichte voeg. De buitenkant van de horizontale voeg kan open blijven of afgedicht worden met kit. De verticale voeg wordt altijd afgedicht. (zie Figuur 8.20).

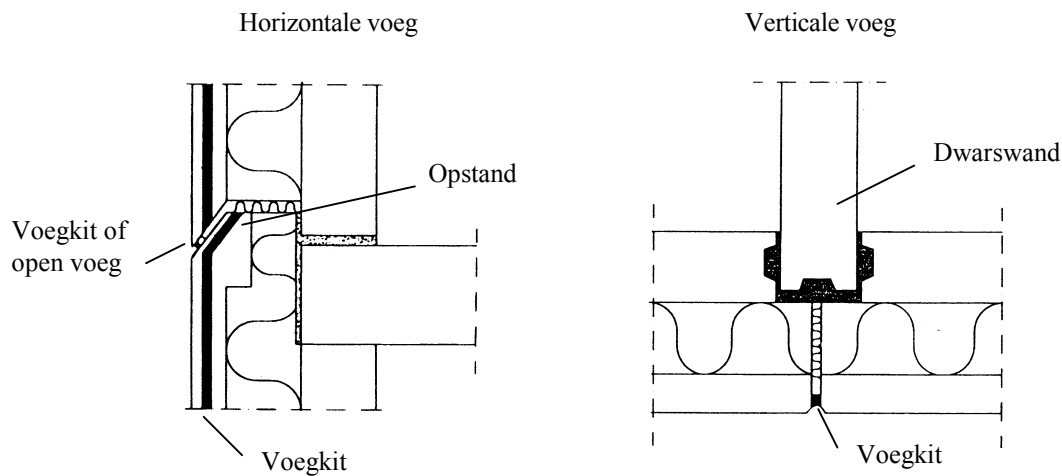


Figure 8.20 Typische voegschikking bij sandwichelementen

Tegenwoordig worden de meeste voegen in de gevel uitgevoerd met gesloten ééntrepsvoegen. Gesloten voegen zijn in principe meer vatbaar voor veroudering dan open voegen doordat de voegvulling direct blootgesteld is aan wind, regen en U.V.-licht. Ze zijn echter gemakkelijk te plaatsen en laten ook meer vrijheid toe op gebied van architectuur. De doeltreffendheid van dit type voegen hangt af van de goede hechting van de vulling aan het beton en de elasticiteit van het vulmateriaal. Daaruit volgt dat de voegranden goed effen moeten zijn en dus bijvoorbeeld niet uitgewassen. Het is ook aangewezen om de vulling iets achteruit te plaatsen om een betere bescherming tegen wind, regen en U.V.-licht te bekomen.

De meest voorkomende oorzaken voor het falen van gesloten voegen zijn de veroudering van de kit en de bewegingen van de voegranden onder invloed van temperatuur- en vochtwisselingen. De breuk ontstaat doordat de aanhechting met het beton loskomt of doordat de kit niet meer elastisch blijft. De ervaring leert echter dat gesloten voegen ook na 20 jaar nog steeds goed kunnen functioneren, wanneer bij de realisatie een goed product gebruikt werd en de voegvulling correct uitgevoerd, werd dit wil zeggen met voldoende breedte en diepte, zoals in de literatuur is aangegeven. Over het algemeen wordt te weinig aandacht besteed aan het nazicht en onderhoud van voegen, hoewel de geringe onderhoudskosten niet opwegen tegen de kosten voor herstellingen van schade door waterindringing.

Bij open voegen worden de verschillende onderdelen aangebracht tijdens de montage van de elementen, wat niet altijd eenvoudig is. Er moet vooral zorg besteed worden aan de kruising tussen verticale en horizontale voegen, want hier situeert zich dikwijls het zwakke punt in het systeem. De schuine groeven in de voegranden moeten bovendien goed evenwijdig lopen om het regenscherm te kunnen plaatsen. Open voegen zijn tamelijk ongevoelig voor bewegingen van de voegranden. Bij voegen met een afzonderlijk water- en windscherm is lekkage meestal te wijten aan het niet meer functioneren van het windscherm of aan het stukgaan van het regenscherm. Dit is dikwijls het geval bij gebruik van butylstrippen. Bij deze laatste stelt men vast dat ze meestal stuk gaan aan de uiteinden en ter plaatse van de overlappingsen. Open voegen zijn ook moeilijker te inspecteren vooral aan de kruising van verticale en horizontale voegen. Het herstellen van lekkages is ook niet

eenvoudig. De slabben zijn meestal ontoegankelijk en derhalve niet vervangbaar. Dit is ook dikwijls het geval voor de regenschermen. Wanneer lekkage vastgesteld wordt bij open voegen zal men deze meestal herstellen door er een ééntrapsvoeg voor te plaatsen.

Bij een gesplitste sandwichgevel worden de dichtingsvoegen soms enkel aan het binnenpaneel geplaatst vooraleer de isolatie en de betonnen gevelbekleding geplaatst wordt. De voegen tussen deze laatste worden dan opengelaten. Het isolatiemateriaal moet dan evenwel waterdicht zijn.

8.9.2 Voegopeningen en voegvulling

Om een voeg correct te kunnen ontwerpen, dient men te weten welke de mogelijke bewegingen zullen zijn ter plaatse van de voeg en welke toleranties er tijdens de productie en de montage van de elementen toegelaten worden.

De voegopening wordt bepaald door verschillende factoren onder andere de afmetingen van het element, de mogelijke dilataties onder invloed van temperatuur, vochtigheid en krimp, de optredende toleranties op de afmetingen van de elementen tijdens de fabricatie en de montage, eventuele differentiële zettingen van de elementen en de keuze van de kit.

De temperatuursinvloed op het beton is in hoge mate afhankelijk van de kleur en de oriëntatie van de gevel. Een goed elastische kit kan tot 25 % vervormen. Om een goede toepassing van voegkit mogelijk te maken, moet de werkelijke voegopening minstens 8 mm en hoogstens 30 mm breed zijn. Onderstaande tabel geeft aanwijzingen betreffende de minimum theoretische voegbreedte in functie van de breedte van de elementen. Meer informatie over voegtypes en voegvullingen is beschikbaar in de specifieke literatuur [3].

Breedte gevelement (m)	Minimum nominale voegbreedte (mm)	Minimum nominale voegdiepte (mm)
1,80	12	8
2,40	12	8
3,60	14	8
4,80	15	10
6,00	16	10

Tabel 8.21 Aanbevolen voegbreedte en -diepte voor gesloten voegen.

Referenties

- [1] Elementen in Architectonisch Beton – Technische Aanbevelingen, FEBE
- [2] La prefabbricazione in calcestruzzo; Guida all'utilizzo nella progettazione - Henrice Dassori - Assobeton Italy, 2001 BE-MA Editrice, Via Teocrito, 50 - 20128 Milano
- [3] Precast concrete cladding, edited by HPJ Taylor, Edward Arnold, London 1992. ISBN 0-340-54475-9