

Les 2 - Prefab bouwsystemen

2.1 Inleiding

Elk constructiemateriaal of bouwsysteem heeft specifieke kenmerken en optimale toepassingsgebieden die bepalend zijn voor de schikking van het grondplan en de keuze van ontwerpparameters zoals overspanningslengte, stabiliteitssystemen, verbindingen, afwerkingen enz. Zo zullen staalconstructies omwille van hun kleiner gewicht over 't algemeen grotere overspanningen toelaten dan ter plaatse gestorte betonnen constructies, maar anderzijds op gebied van robuustheid, brandweerstand en thermische isolatie aanvullende materialen nodig hebben. Ook prefabbeton heeft zijn eigen kenmerken, niet enkel in vergelijking met staal, hout of metselwerkconstructies, maar ook ten opzichte van ter plaatse gestort beton. In theorie zouden bijvoorbeeld alle verbindingen tussen prefabelementen zodanig kunnen uitgevoerd worden dat de afgewerkte prefabconstructie hetzelfde monoliet gedrag vertoont als een ter plaatse gestorte constructie. Dit is echter een foute benadering, niet alleen op technisch vlak maar ook op gebied van kostprijs en levensduur.

Indien men de volledige voordelen van prefabbeton wil realiseren, moet de constructie van bij het begin ontworpen worden volgens een specifieke ontwerpfilosofie: grote overspanningen, aangepast stabiliteitsconcept, eenvoudige detaillering, geïntegreerde oppervlakteafwerking, enz. Ontwerpers zouden van bij de aanvang van hun project een analyse moeten maken van de mogelijkheden, voordelen en beperkingen van prefabbeton, maar ook kennis nemen van de specifieke detaillering, productie, transport, montage en afwerking, vooraleer ze het definitieve project in prefabbeton uitwerken.

2.2 Constructieve systemen

Bij een eerste contact met de prefabindustrie zou men wel eens de indruk kunnen krijgen dat er een groot aantal technische systemen en oplossingen bestaan voor betonnen prefabgebouwen. Ze behoren echter allen tot een beperkt aantal constructieve basissystemen, waarvan de ontwerpprincipes min of meer dezelfde zijn. De meest gebruikte dragende bouwsystemen in prefabbeton zijn:

1. De portiekconstructie, gemaakt met kolommen en grote dakbalken. Ze wordt voornamelijk gebruikt voor gebouwen met grote vrije ruimtes zoals bedrijfshallen, opslagruimtes, commerciële gebouwen, enz.
2. De skeletconstructie, samengesteld uit kolommen en balken. Ze wordt meestal aangevuld met één of meerdere kernen voor de horizontale stabiliteit. Skeletconstructies worden gewoonlijk gebruikt voor kantoorgebouwen, scholen, hospitalen, parkeergebouwen, enz.
3. De wandconstructie, gebruikt voor binnenwanden en centrale kokers van gebouwen. Ze wordt vooral toegepast in residentiële gebouwen.
4. Celconstructies, bestaande uit volledig geprefabriceerde betonnen cellen. Ze kunnen gebruikt worden voor badkamers, keukens, garageboxen, enz. Het systeem werd in het verleden sporadisch gebruikt voor volledige gebouwen, onder andere hotels, gevangnissen, en dergelijke.

Daarnaast bestaan nog een aantal aanvullende prefabsystemen voor de realisatie van vloeren, daken en gevels:

- a. Er bestaat een uitgebreide gamma geprefabriceerde vloerelementen en vloersystemen. De afgewerkte vloer is in staat om geconcentreerde belastingen op te nemen en horizontale krachten te verdelen over de stabiliserende bouwcomponenten. Prefabvloeren worden veelvuldig gebruikt in alle soorten gebouwen en ook met verschillende constructiematerialen.
- b. Dakconstructies kunnen gemaakt worden met de hierboven vermelde vloerelementen, maar er bestaan ook een aantal specifieke dakproducten in geprefabriceerd beton. Deze laatste zijn lichter dan de vloeren en hebben meestal een grotere overspanning.
- c. Ook in de gevelsystemen bestaat er een uitgebreide variëteit aan mogelijkheden. De architect speelt bij de vormgeving echter een belangrijke rol. Prefabgevels kunnen gemaakt worden uit enkelvoudige of dubbele wandelementen, met of zonder constructieve functie. Ze komen voor in alle mogelijke vormen en uitvoeringen, van enkelvoudige bekledingselementen tot de meest luxueuze toepassingen in architectonisch beton voor kantoorgebouwen en prestigieuze gevels.

Versillende van de hierboven vermelde systemen kunnen met elkaar gecombineerd worden in eenzelfde project. In de volgende hoofdstukken worden algemene richtlijnen gegeven aangaande de keuze van het meest aangewezen systeem voor een bepaald project.

2.2.1 Portiek- en skeletsystemen

Portiek- en skeletsystemen worden gemaakt met balken en kolommen van verschillende vormen en afmetingen, die met elkaar verbonden worden om zo het skelet van een gebouw te vormen. Een portiek bestaat uit twee of meerdere kolommen die in de fundering ingeklemd worden en waarop de dakbalken geplaatst worden. Het skelet van een gebouw bestaat uit een reeks portieken die op gelijke afstand van elkaar geplaatst worden en de dak- en gevelbekleding dragen.

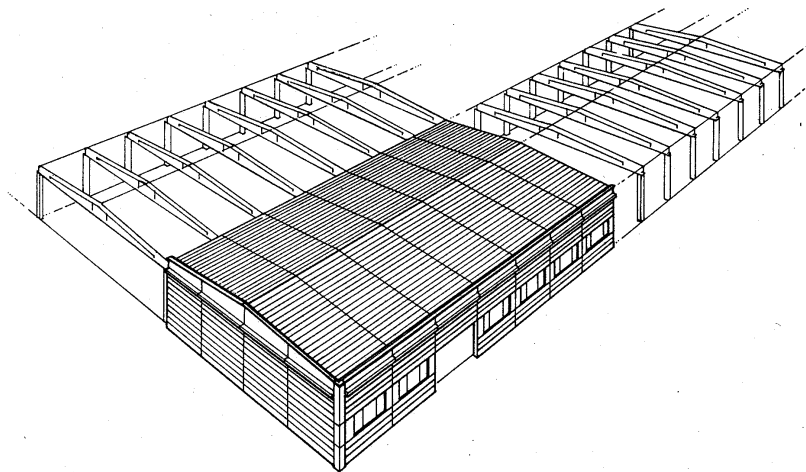


Fig. 2.1 Prefab portiekconstructie

Skeletconstructies bestaan uit kolommen die over één of meerdere verdiepingen kunnen doorlopen, waarop de vloer- en dakbalken bevestigd worden. Bij prefabconstructies is het niet aangeraden om stijve verbindingen te maken tussen de kolommen en de balken. Vanaf ongeveer vier verdiepingen volstaat de inklemming van de kolommen in de fundering meestal niet meer om de horizontale stabiliteit van het gebouw te realiseren en moet de constructie aangevuld worden met stijve kernen.

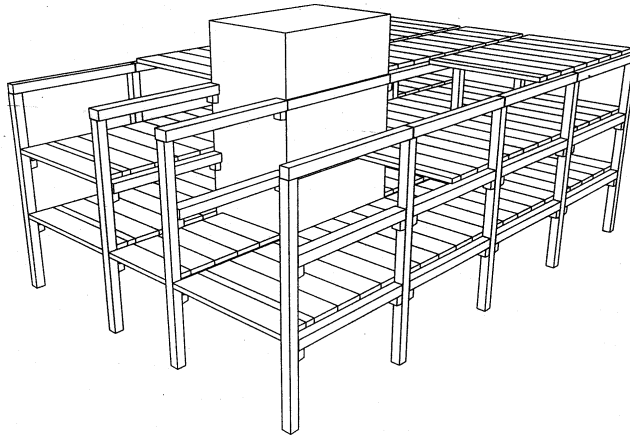


Fig. 2.2 Prefab skeletconstructie

De keuze om een skeletstelsel te gebruiken voor een bepaald project berust op een aantal gegevens die verband houden met het soort project, het gevraagde stramien, de aanwezige kraan capaciteit, de grootte van het project, de gebruikte geveloplossing, de vereiste brandweerstand, enz.

a. Type project

Portiek- en skeletconstructies zijn vooral geschikt voor gebouwen die een hoge flexibiliteit vereisen. Daarmee wordt bedoeld dat er gemakkelijke uitbreidingsmogelijkheden bestaan, de binnenschikking kan aangepast worden aan de noden van de gebruikers, een gebouw een andere functie kan krijgen, enz.

Vermits het dragende systeem van een skeletconstructie normaal onafhankelijk is van aanvullende sub-systemen zoals elektrische uitrustingen, leidingen, tussenwanden enz., kunnen de gebouwen gemakkelijk aangepast worden aan veranderingen tijdens het gebruik, nieuwe functies en technische vernieuwingen.

Skeletconstructies laten bovendien toe om grote overspanningen te maken en aldus open ruimtes zonder tussenwanden te creëren. De binnenruimte kan indien gewenst, verder onderverdeeld worden met niet dragende tussenwanden, die ten allen tijde terug kunnen afgebroken en vervangen worden.

b. Stramien en belastingen

Het stramien en de belasting spelen vanzelfsprekend een rol bij de keuze van het constructiesysteem voor een gebouw. Voor grote gelijkvloerse ruimten zijn portiekconstructies praktisch de enige oplossing. De dakbelasting zal maatgevend zijn voor de maximale overspanning. Vandaar dat men dikwijls met lichte dakbekledingen werkt.

Wanneer er één enkele tussenverdieping is, bijvoorbeeld voor de opslag van goederen of voor kantoorruimten in een bedrijfshal, zal men nog steeds de portiekconstructie gebruiken. De bestaande portiekkolommen kunnen immers gebruikt worden om de vloerbalken op een console op te leggen. Er dienen enkel een aantal tussenkolommen met bijbehorende vloerbalken aan de binnenkant van het gebouw toegevoegd te worden.

Bij gebouwen met meerdere verdiepingen zal de keuze van het draagsysteem afhangen van de functie van het gebouw en de grootte van de belastingen. Hoe groter de belastingen en/of het stramien, des te meer eisen er worden gesteld aan het draagsysteem. Balken en kolommen kunnen meestal gemakkelijk aangepast worden aan de vereiste afmetingen en wapeningen. Men maakt trouwens onderscheid tussen dakbalken en vloerbalken. Bij de eerste is vooral de overspanning bepalend, bij de tweede dikwijls de constructiehoogte, om het totale bouwvolume zo klein mogelijk te houden.

c. Maximum kraancapaciteit

Het eigengewicht van een kolom of dakbalk kan variëren van nagenoeg 1 ton tot 20 ton en uitzonderlijk zelfs tot 30 ton. De grote elementen worden echter meestal gebruikt voor belangrijke projecten waarvoor de montage met een mobiele kraan uitgevoerd wordt. Momenteel bestaan er op de markt zeer zware kranen zodat deze parameter in feite niet bepalend is in de keuze van het constructiesysteem.

d. Het gebruikte gevelsysteem

Wanneer de gevel bestaat uit bekledingselementen moet er een skeletconstructie voorzien worden om de elementen aan te bevestigen. Deze kan in prefabbeton of in andere materialen uitgevoerd worden. Bij prefabbekledingen is het meestal aangewezen om ook een prefabskelet te gebruiken omdat de volledige organisatie van de uitvoering dan in één hand is. Het skeletconcept geeft bovendien een grotere vrijheid aan de architect voor de keuze en het ontwerp van de gevelbekleding.

e. Vereiste brandweerstand

Geprefabriceerde kolommen in gewapend en voorgespannen beton hebben normaal een brandweerstand van minstens 2 uur. Voor balken spelen de vorm en de afmetingen een rol. Slanke dakbalken en gordingen hebben normaal een brandweerstand van 1 uur, terwijl vloerbalken 2 uur en meer kunnen halen. Het volstaat meestal om de betondekking op de hoofdwapening aan te passen aan de gestelde eisen.

Gedetailleerde informatie omtrent portiek- en skeletsystemen wordt gegeven in Les 5.

2.2.2 Wandconstructies

Prefabwanden worden meestal gemaakt in gewapend beton. De hoogte stemt overeen met de verdiepingshoogte van een gebouw en de lengte ligt gewoonlijk tussen 6 en 14 m. De normale dikte varieert van 80 mm voor niet dragende wanden, tot 150 à 200 mm voor dragende wanden en uitzonderlijk zelfs 300 mm voor speciale toepassingen.

Prefabwanden worden gebruikt voor binnen- en buitenwanden van gebouwen, liftkokers, trappenhuisen, enz. Wandconstructies worden meestal toegepast in residentiële gebouwen. De prefabwanden kunnen ofwel dragend zijn of enkel als tussenwand fungeren. De oppervlakte van de elementen is glad aan weerszijden en klaar voor schilderen of behangen. Andere bijkomende voordelen zijn de korte bouwtijd, akoestische isolatie en brandweerstand.

De laatste ontwikkelingen op gebied van wandconstructies voorzien enkel dragende wanden aan de omtrek van het gebouw, waarbij de vloeren van gevel tot gevel dragen. De stabiliteit van het systeem wordt verzekerd door de "buiswerking" van de volledige buitenwand. Het is de

bedoeling om aldus grote open ruimtes te creëren tussen de buitenwanden. De binnenindeling wordt dan verwezenlijkt met lichte scheidingswanden. Het biedt de mogelijkheid om later veranderingen aan te brengen zonder de constructie te moeten afbreken.

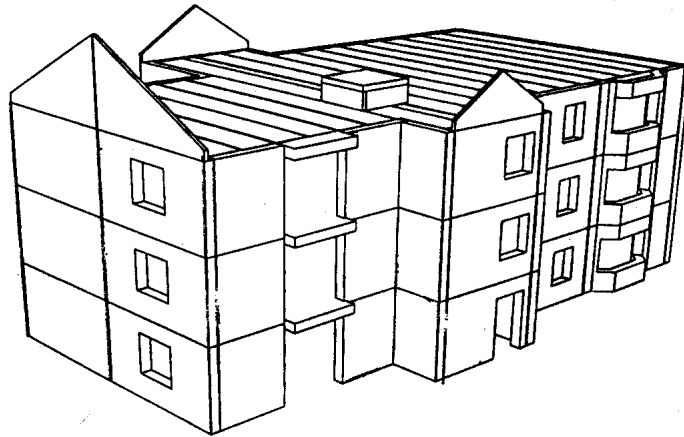


Fig. 2.3 Voorbeeld van een enveloppe-wandconstructie

Wanneer zal men kiezen voor een wandconstructie? De belangrijkste parameters hierbij zijn het soort project, de vereiste oppervlakteafwerking, de akoestische isolatie en de brandweerstand.

a. Het soort project

Wandconstructies zijn tamelijk vanzelfsprekend voor constructies die veel buiten- en binnenwanden hebben. De methode kan immers gezien worden als een geïndustrialiseerde vorm van ter plaatse gestorte wanden of gemetste muren

b. Gewicht van de elementen

Het eigengewicht van betonnen prefabwanden varieert van 2 à 3 ton tot meer dan 10 ton en uitzonderlijk zelfs 20 ton, afhankelijk van de lengte en de dikte van de elementen. De lengte kan echter gekozen worden in functie van het project. Er bestaan ook oplossingen in licht beton. Het gewicht van de elementen is dus niet echt maatgevend in de keuze van het constructiesysteem zelf.

c. Afwerking

Zoals reeds vermeld is de oppervlakte van prefabwanden glad aan de weerszijden en klaar voor schilderen of behangen. De bouwtijd wordt hierdoor aanzienlijk verkort, wat bepalend kan zijn voor de keuze van het systeem.

d. Akoestische isolatie

Betonnen wanden hebben een uitstekende luchtgeluidsisolatie omwille van hun grote massa. Deze kan bovendien gemakkelijk aangepast worden aan bijzondere eisen door de dikte te vergroten. Over het algemeen zullen volle wanden van 180 mm dikte voldoende geluidsisolatie geven voor de meeste projecten.

e. Brandweerstand

Betonnen wanden hebben een brandweerstand gaande van 2 tot 6 uur naargelang de dikte en de belasting. Ze worden trouwens courant gebruikt voor brandscheidingsmuren.

Gedetailleerde informatie over dragende wandsystemen wordt gegeven in Les 7.

2.2.3 Celsystemen

Geprefabriceerde cellen worden soms gebruikt voor delen van gebouwen, zoals bijvoorbeeld badkamers, keukenblokken, garageboxen, enz. Het voordeel van dergelijke systemen ligt in de snelheid van bouwen en de mogelijkheden tot industrialisatie van de productie, vermits de afwerking en de uitrusting van de cellen volledig in de fabriek kan gebeuren. Het systeem is echter nooit intensief gebruikt geworden omwille van het grote gewicht van de cellen, transportproblemen door het grote gabariet en het gebrek aan flexibiliteit in de schikking van de projecten.

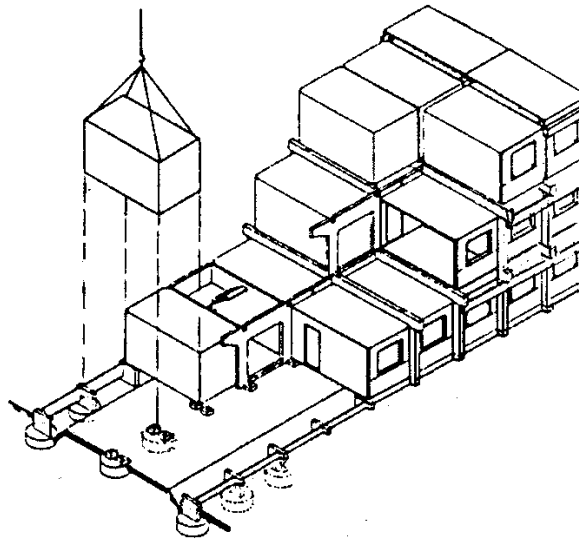


Fig. 2.4 Schematisch voorbeeld van een gebouw samengesteld uit cellen

De keuze van een celsysteem kan in de volgende gevallen verantwoord zijn.

a. Reeksgrootte

Cellen vereisen complexe gietvormen die over een bepaalde reeks moeten kunnen afgeschreven worden, tenzij de prefabrikant over standaardmallen beschikt. Men kan hierbij aannemen dat toch minstens een 50-tal cellen per project nodig zijn om de interesse van de prefabrikanten op te wekken.

b. Korte bouwtijd

De afwerking en uitrusting van bijvoorbeeld badkamers vraagt veel tijd en komt op het einde van het bouwproces. Vermits cellen volledig afgewerkt en uitgerust worden op de fabriek, kan men met dit systeem vlugger bouwen.

c. Economie

Industrialisatie van het bouwproces moet normaal leiden tot kostenbesparingen. De afwerking en uitrusting van prefabcellen wordt echter normaal toevertrouwd aan gespecialiseerde firma's, ook wanneer dit op de fabriek gebeurt. De kostprijs zal dus ook nog door andere factoren beïnvloed worden, zoals reeksgrootte, vraag en aanbod, enz.

2.2.4 Vloer- en dakconstructies

Prefabvloeren behoren tot de oudste prefabproducten. De markt biedt een grote variëteit van prefab vloer- en daksystemen aan. De vijf meest gebruikte zijn:

- holle vloerelementen;
- geribde vloeren;
- massieve plaatvloeren;
- composiete breedplaatvloeren;
- composiete balk-blok-vloeren.

De voornaamste voordelen van prefabvloeren zijn de vlugge constructie, geen stutwerk bij volledig geprefabriceerde vloeren (zie Les 6), grote diversiteit op gebied van soorten vloeren, grote overspanningsmogelijkheden en economie.

Prefabvloeren worden veelvuldig gebruikt in alle soorten gebouwen, niet alleen bij volledige prefabconstructies, maar ook in combinatie met andere materialen, zoals bijvoorbeeld staalskeletten, ter plaatse gestort beton, metselwerk, enz. De keuze van een geschikt vloersysteem verschilt van gebouw tot gebouw en van land tot land. Dit is ondermeer het gevolg van bestaande transport en hefmogelijkheden, beschikbare elementen op de markt, bouwcultuur, enz.

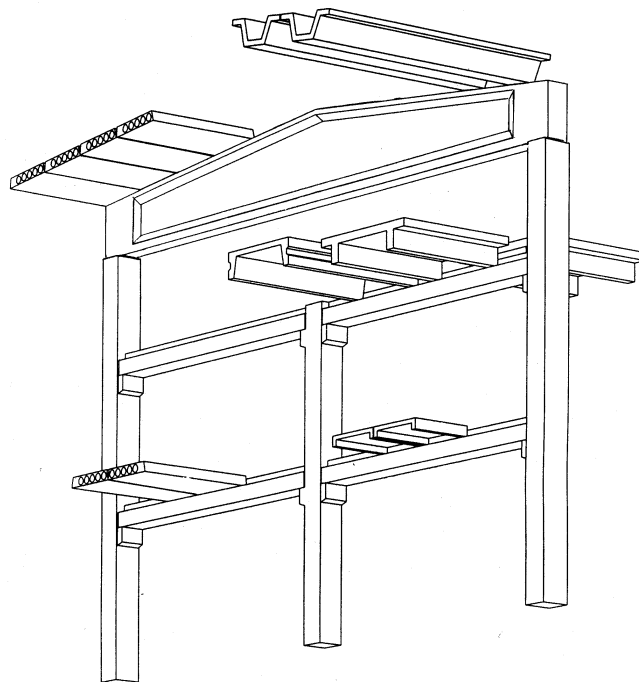


Fig. 2.5 Prefab vloeren en daken in nutsgebouwen met grote overspanningen

De keuze van het meest geschikte vloertype voor een gebouw wordt bepaald door een aantal factoren zoals de draagcapaciteit, beschikbaarheid van een type vloer op de markt, aanwezige transport en hefcapaciteiten, enz. In het volgende worden de belangrijkste parameters geanalyseerd.

a. Overspanning en draagcapaciteit

- Geribde vloeren zijn zeer geschikt voor grote overspanningen en grote belastingen, zoals bij industriële gebouwen, opslagruimtes, verdeelcentra, enz.
- Holle vloeren worden veelal gebruikt voor grote overspanningen en gematigde belastingen, zoals bijvoorbeeld in kantoorgebouwen, appartementen, parkeergarages, enz.
- Breedplaatvloeren kunnen gebruikt worden voor kleinere overspanningen en gematigde belastingen, zoals in woningbouw, appartementen, hotels, enz.
- Balk-blok vloersystemen worden hoofdzakelijk gebruikt voor kleine overspanningen en beperkte belastingen, vooral in de woningbouw. Ze zijn ook zeer geschikt voor renovaties omwille van het geringe gewicht van de elementen.

b. Onderkant van de elementen

De onderzijde van prefabvloeren kan vlak of geribd zijn, glad of ruw om bepleisterd te worden en met of zonder thermische isolatie. Geribde vloeren bieden de mogelijkheid om leidingen en kanalisaties te plaatsen tussen de ribben. Vlakke vloeren laten toe om slanke constructies te realiseren. Dit is speciaal het geval voor voorgespannen holle vloeren. Anderzijds wordt de aanwezigheid van langse voegen tussen de elementen niet altijd aanvaard in residentiële gebouwen. Balk-blok vloeren hebben een ruwe en ongelijkmatige onderkant en vereisen altijd een klassieke bepleistering. Tenslotte kunnen holle vloeren geleverd worden met een thermische isolatielaag aan de onderkant. Deze oplossing wordt algemeen toegepast voor vloeren boven kruipruimtes.

c. Eigengewicht

Het eigengewicht van een vloerelement kan variëren van minder dan 100 kg zoals bijvoorbeeld voor balkjes van balk-blok vloeren, tot verscheidene tonnen voor bijvoorbeeld lange geribde vloerelementen. De keuze van het meest geschikte type kan aldus afhankelijk zijn van de omvang van het project - voor een kleine woning zal men geen dure torenkraan huren - en de beschikbare hefcapaciteit op de markt.

d. Akoestische isolatie

De akoestische kwaliteit is een belangrijke eigenschap van vloeren, vooral in residentiële gebouwen. De luchtgeluidsisolatie is afhankelijk van de massa per m². Betonnen vloeren beantwoorden gemakkelijk aan de gestelde criteria. De situatie is verschillend voor de contactgeluidstransmissie, waar gewoonlijk aanvullende maatregelen moeten getroffen worden om de vereiste waarden te bekomen, bijvoorbeeld zwevende vloeren.

e. Brandweerstand

Geprefabriceerde vloeren in gewapend en voorgespannen beton hebben normaal een brandweerstand van 60 tot 120 minuten en meer. De brandweerstand van 60 minuten wordt

door alle vloertypes bekomen zonder bijkomende maatregelen. Voor brandweerstand groter dan 90 minuten volstaat het meestal de betondekking op de wapeningen te vergroten en desnoods de vloerdikte aan te passen.

2.2.5 Betonnen gevels

De oorsprong van decoratieve betonnen gevels voor gebouwen situeert zich in de eerste helft van de twintigste eeuw, onder impuls van grote architecten zoals Le Corbusier, Gropius, Aalto en nog anderen. Beton was toen een nieuw materiaal dat reeds uitgebreid gebruikt werd voor draagconstructies en kunstwerken. Een mooi voorbeeld van de mogelijkheden van betonnen gevels op gebied van vormgeving en aspect is de kapel van Ronchamp in Frankrijk, ontworpen door Le Corbusier.

De prefabindustrie heeft in de tweede helft van vorige eeuw nieuwe betonsamenstellingen, maltechnieken en oppervlakteafwerkingen ontwikkeld die toelaten gevelelementen te produceren van zeer hoge kwaliteit en met een grote variëteit aan vormen, kleuren en texturen. Het systeem werd architectonisch beton genoemd om aan te duiden dat de vormgeving en productietechniek wezenlijk bijdraagt tot de architectuur van de gevel.

Betonnen gevels kunnen voor elk type gebouw gebruikt worden. Ze kunnen ontworpen worden als dragende wanden of enkelvoudige bekledingselementen. Dragende gevels vervullen zowel een constructieve als een decoratieve functie. Ze dragen de belastingen van de opgelegde vloeren en de bovenliggende constructie. Een ander voordeel met dragende gevels is dat het gebouw reeds vroeg kan afgesloten worden van de weersinvloeden voor de verdere afwerking. Gevels in architectonisch beton worden dikwijls gebruikt in combinatie met een skeletconstructie. De binnenconstructie bestaat dan uit kolommen en vloerbalken (Fig. 2.8). Een moderne trend in Skandinavische landen, maar ook reeds in Nederland en bij ons, zijn kantoorgebouwen zonder binnenkolommen (Figuur 2.6 en 2.9). De voorgespannen holle vloerelementen dragen van gevel tot gevel met een overspanning van 16 tot 18 m.

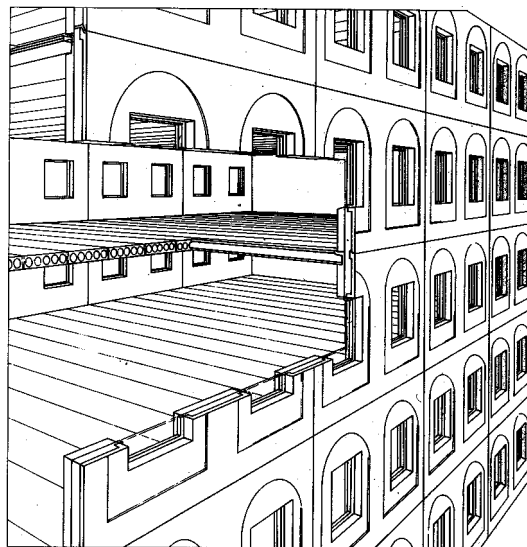


Fig. 2.6 Schematisch zicht van een gebouw met dragende gevels en grote vloeroverspanningen

Niet-dragende gevelelementen vervullen alleen een decoratieve en afscheidende functie. Ze worden bevestigd aan de gebouwconstructie, die ofwel in prefab of in ter plaatse gestort beton of staal kan zijn.

De keuze van prefabgevels in architectonisch beton wordt ondermeer bepaald door de volgende factoren:

a. Architecturaal uitzicht

Een van de meest karakteristieke eigenschappen van beton is dat het materiaal in allerlei vormen kan gegoten worden. De architect beschikt bovendien over een uitgebreid palet aan kleuren en oppervlakte-texturen om zijn ideeën te verwezenlijken. Gevels in architectonisch beton zijn derhalve zeer geschikt voor gebouwen met een architecturale uitstraling of als prestigieuze referentie voor firma's en eigenaars.

b. Constructieve functie

Betongevels kunnen de belastingen van de vloeren en de bovenliggende constructie dragen. Ze kunnen ook bijdragen tot de horizontale stabiliteit van het gebouw. De afmetingen van de elementen zijn vrij en kunnen aan de inwendige modulatie van het gebouw aangepast worden.

c. Thermische isolatie

Gevels in architectonisch beton worden dikwijls uitgevoerd als sandwichelementen. De thermische isolatie bevindt zich tussen twee betonbladen. De K-waarde van de elementen is afhankelijk van de dikte van de isolatie. De elementen hebben bovendien een goede thermische inertie waardoor ook 's zomers een aangenaam binnenklimaat bekomen wordt en aldus besparingen in de klimaatregeling kunnen gemaakt worden.

d. Akoestische isolatie

Betonnen wanden hebben een uitstekende luchtgeluidsisolatie omwille van hun grote massa. Bij sandwichelementen is de isolatiecapaciteit nog veel groter omwille van de gelaagdheid van de gevel.

e. Snelheid van constructie

Prefabgevels laten toe om veel vlugger te bouwen dan met traditionele materialen. Ook de binnenafwerking kan vlugger van start gaan omdat de ruimte reeds in een vroeg stadium kan afgesloten worden van het buitenklimaat.

f. Economische oplossing

Het systeem met dragende wanden verschaft een economische oplossing vermits er geen skeletconstructie in de gevel nodig is om de vloeren te dragen.

g. Duurzaamheid

Prefabconstructies worden gekenmerkt door een grote duurzaamheid omwille van de zorg bij de productie en de doorgedreven kwaliteitsbewaking. Ze behoeven ook geen onderhoud.

Gedetailleerde informatie over geprefabriceerde gevels in architectonisch beton wordt gegeven in Les 8.

2.3 Toepassingen van de prefabsystemen

De keuze en aanwending van de hierboven vermelde bouwsystemen staat in nauw verband met het type gebouw, die op zijn beurt afhankelijk is van de bestemming: woningen, kantoren, handel, industrie, enz. In hetgeen volgt worden richtlijnen gegeven aangaande de criteria die kunnen gebruikt worden bij de keuze van het meest geschikte prefabsysteem voor elk type gebouw.

2.3.1 Woningen en appartementen

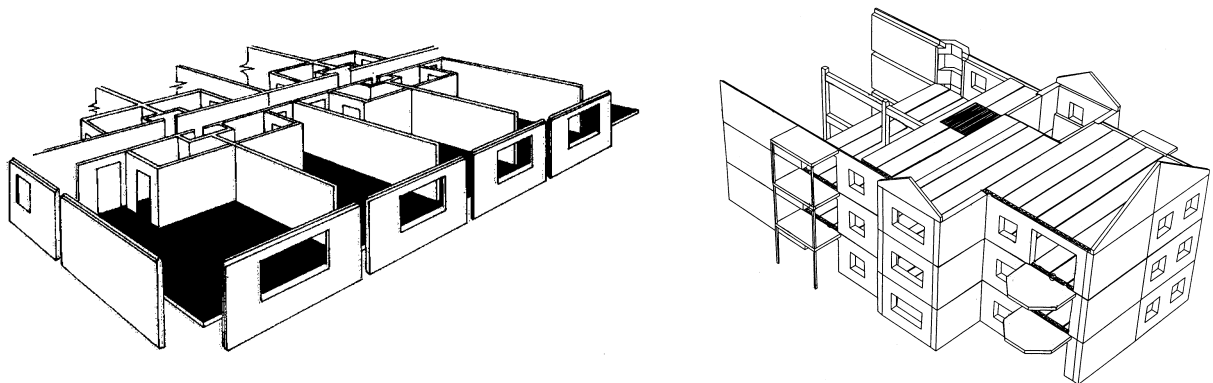
Geprefabriceerde woningen en appartementsgebouwen worden gewoonlijk ontworpen met wandconstructies. Sommige wanden zijn dragend, andere hebben alleen een scheidende functie. Het systeem wordt algemeen gebruikt in Europa. De gevels worden veelal uitgevoerd als sandwich elementen, met een dragend binnenpaneel, een thermische isolatie van 50 tot 150 mm dik en een niet dragend buitenpaneel in architectonisch beton.

De voordelen van het systeem zijn snelheid van bouwen, goede akoestische isolatie en brandweerstand alsook een gladde oppervlakteafwerking klaar voor beschilderen of behangen. Als nadelen gelden een kleinere flexibiliteit op gebied van indeling van het grondplan en het feit dat het bijna onmogelijk is de constructie op een later tijdstip aan te passen aan nieuwe behoeften.

Wandconstructies kunnen grofweg ingedeeld worden in twee categorieën:

- integrale wandsystemen, waarbij alle binnen- en buitenwanden in prefabbeton zijn;
- enveloppe wandsystemen, waarbij enkel de buitenwanden of de gemeenschappelijke wanden tussen de appartementen dragend zijn en alle binnenwanden in traditionele materialen zoals pleisterblokken, lichte betonblokken, of in meer geïndustrialiseerde systemen uitgevoerd worden.

De gevels zelf kunnen uitgevoerd worden in sandwichelementen of in traditioneel metselwerk of een ander gevelmateriaal.



(a) Dwarswandsysteem met prefabgevel

(b) Enveloppe systeem gecombineerd met binnenskelet

Fig. 2.7 Appartementsgebouwen met prefabwanden

De vloeren dragen over de volledige lengte of breedte van de woning met overspanningen tot ongeveer 11m. Wanneer de afstand tussen de gevels te groot is wordt een binnenskelet gebruikt. De vloeren dragen gewoonlijk in de richting van de langste overspanning. Voor integraal geprefabriceerde wandconstructies kunnen de vloeren echter in verschillende richtingen dragen, maar de meest ideale oplossing bestaat erin ze allemaal evenwijdig te plaatsen.

De belangrijkste kenmerken van vloeren in de woningbouw zijn:

- een kleine tot middelmatige overspanning (4 tot 11 m);
- een kleine nuttige belasting ($\pm 2 \text{ kN/m}^2$);
- een vlakke en gladde plafondafwerking (gladde elementen of bepleistering). Zichtbare langse voegen in het plafond worden niet altijd aanvaard. Er bestaan echter technieken om de voegen op te vullen en een volledig vlakke afwerking te bekomen;
- een brandweerstand van 1 uur;
- andere criteria bij de keuze van het vloertype zijn onder andere de seriegrootte van de bouwcontracten, die van 1 tot meer dan 100 woningen kunnen gaan, de beschikbare hefcapaciteit op de bouwplaats, de aanwezigheid van grote openingen in de vloeren, bouwtradities, enz.

De volgende vloertypes worden gebruikt:

Het minst geïndustrialiseerde vloersysteem is de balk-blok vloer (ook wel potten en balken of combinatievloer genoemd). De gebruikte producten zijn licht en gemakkelijk te monteren. De onderkant is ruw en dient bepleisterd te worden. De noodzaak van een tijdelijke ondersteuning van de balken tijdens de montage hangt af van het gebruikte balktype. Elke vloerschikking is mogelijk en modulatie is niet echt vereist, alhoewel altijd aanbevolen. Het vloersysteem wordt nog steeds veelvuldig aangewend in Europa onder andere in de Skandinavische landen. Het systeem vereist echter veel werk op de bouwplaats en hoort niet helemaal thuis in de optiek van de prefabricatie waarbij gestreefd wordt naar zoveel mogelijke industrialisatie in de fabriek en zo weinig mogelijk werk op de bouwplaats zelf.

Kleine holle welfsels in gewapend en voorgespannen beton zijn waarschijnlijk het meest gebruikte vloertype in de woningbouw. Het systeem is reeds meer geïndustrialiseerd dan de balk-blok vloer en kan gemonteerd worden met eenvoudige heftuigen. Het vloerplan is best rechthoekig en gemoduleerd. De onderkant van de vloeren moet bepleisterd worden. Tijdelijke ondersteuning tijdens de montage is niet vereist.

Grote breedplaat vloeren in gewapend en voorgespannen beton worden enkel gebruikt voor belangrijke woningbouwprojecten omwille van de noodzaak van zware heftuigen. De platen moeten tijdelijk ondersteund worden tijdens het storten en verharderen van de betonnen druklaag. De onderkant van de platen is glad en het vloerplan hoeft niet rechthoekig zijn. Openingen voor leidingen, doorgangen voor trappen en dergelijke kunnen op elke plaats voorzien worden. Het systeem vereist eveneens veel werk op de bouwplaats en hoort thuis in de semi-prefabricatie.

Voorgespannen holle vloerelementen van 1,20 m breedte worden enkel in de woningbouw gebruikt in sterk geïndustrialiseerde landen met een sterke prefab traditie. De voordelen liggen in de vlugge en droge montage en de grote overspanningsmogelijkheden. In Noord-Europese landen wordt weinig of geen belang gehecht aan de aanwezigheid van langse voegen tussen de elementen in het plafond. De oppervlakte wordt dikwijls afgewerkt met een korrelige verflaag.

Bij appartementsgebouwen zijn de projecten meestal voldoende groot om grote hefkransen te plaatsen en zal men dan ook kiezen voor grotere en zwaardere vloertypes dan in de woningbouw. Bovendien spelen de slankheid van de vloer, een vlakke onderkant en de snelheid van bouwen een bijkomende rol. De meest aangewezen vloersystemen zijn voorgespannen holle vloerelementen.

2.3.2 Kantoren en administratieve gebouwen

Moderne kantoorgebouwen vereisen in principe een grote flexibiliteit qua gebruik en aanpassingsmogelijkheden. De binnenruimte moet daarom volledig vrij zijn. Kantoorgebouwen worden meestal ontworpen met een skeletconstructie met stabiliteitskernen. De gevels kunnen gemaakt worden in om het even welk bouw materiaal. Geprefabriceerde gevels in architectonisch beton kunnen dragend of niet dragend zijn. In het eerste geval is de sandwichgevel de meest klassieke oplossing, in het tweede geval worden enkelvoudige bekledingselementen gebruikt.

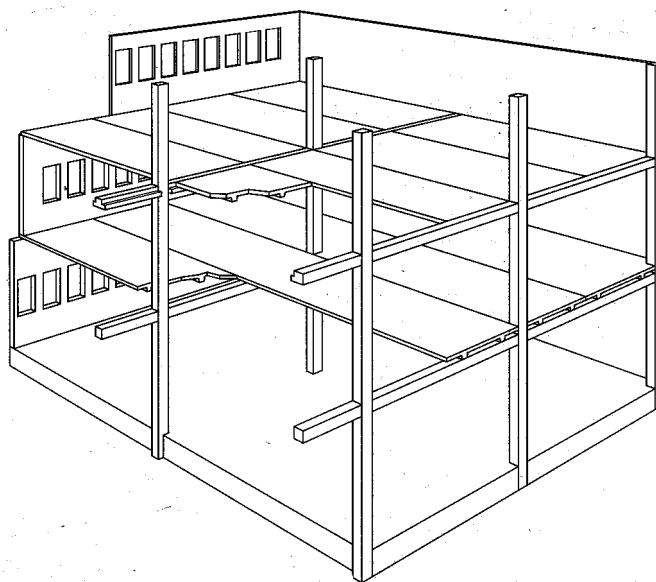


Fig. 2.8 Schematische voorstelling van een kantoorgebouw met skeletconstructie en gevels in architectonisch beton

De huidige tendens bij kantoorbouw bestaat erin de binnenkolommen weg te laten en grote open ruimten met vloeroverspanningen tot 16 à 18 m te maken. Wanneer de totale breedte van het gebouw binnen deze grenzen ligt, worden de gevels bij voorkeur als dragende elementen uitgevoerd en dragen de vloeren van gevel tot gevel. Men heeft dan een wandconstructie. Indien het gebouw echter breder is moeten binnenkolommen gebruikt worden. De kernen worden uitgevoerd in prefabwanden. Aan één zijde dragen zij de vloerelementen en aan de andere zijde de trappen en bordessen of de liftinstallaties.

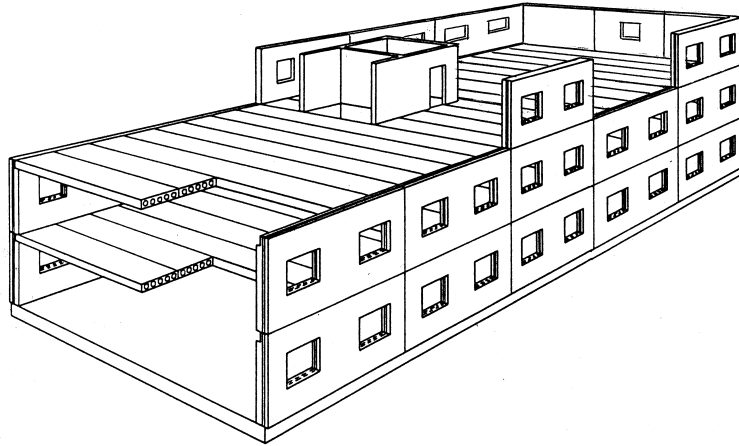


Fig. 2.9 Schematische voorstelling van een modern kantoorgebouw met grote open ruimten

Bij voorkeur worden voorgespannen holle vloeren gebruikt, omwille van de grote overspannings-mogelijkheden en de slanke vloerconstructie. De erg gereduceerde constructiedikte van de vloer, inclusief de onderslagbalk, is inderdaad een belangrijke parameter voor kantoorgebouwen, voornamelijk in stedelijke omgeving.

Voor kleinere overspanningen tot ongeveer 6 m worden ook wel eens breedplaatvloeren gebruikt. Men moet de platen echter ondersteunen tijdens het betonneren van de druklaag.

2.3.3 Hotels, ziekenhuizen

De projecten zijn meestal groot en men gebruikt dan ook geïndustrialiseerde bouwsystemen zoals geprefabriceerde skelet- en wandconstructies. De vloeroverspanningen zijn tamelijk groot en de nuttige belasting in de orde van 5 kN/m^2 . De aanwezigheid van grote openingen in de vloeren voor het doorvoeren van leidingen en allerhande, vergt meestal een speciale studie. Geribde vloeren zijn daarbij veelal aangewezen. Soms worden echter ook voorgespannen holle elementen gebruikt. De gevels zijn analoog aan kantoorgebouwen.

2.3.4 Educatieve gebouwen

Educatieve gebouwen worden gekenmerkt door middelmatige tot grote overspanningen, gaande van $\pm 8/12 \text{ m}$ voor scholen tot meer dan 24 m voor auditoria in universiteiten, met nuttige belastingen in de grootte van 3 tot 4 kN/m^2 . Schoolgebouwen worden ofwel met een skeletconstructie of met een wandconstructie ontworpen, auditoria meestal in skeletbouw. De gevels worden dikwijls gekenmerkt door grote vensteropeningen. Zij kunnen dragend of niet dragend uitgevoerd worden.

De vloeren worden gemaakt in voorgespannen holle platen of TT-elementen. Deze laatste zijn aangewezen voor grote overspanningen. Vloeren voor auditoria kunnen ontworpen worden als terrasvloeren. Er bestaan hiervoor aangepaste prefaboplossingen, onder andere met trapvormige balken. Vloeren in bioscopen worden eveneens in terrasvorm gemaakt, met onderaan soms ruimten voor parking.

2.3.5 Industriële gebouwen en opslagruimten

Industriële gebouwen hebben meestal grote overspanningen en eenvoudige daken en gevels. De gebouwen worden normaal ontworpen met portiekconstructies. De stabiliteit wordt verwezenlijkt

door de inklemming van de kolommen in de funderingen. Tussenvloeren kunnen over het gehele gebouw of in bepaalde delen ervan geïnstalleerd worden. De vloeroverspanningen gaan van 8 m tot 15 m en meer en de nuttige belasting gewoonlijk van 5 kN/m² tot 15 of zelfs 20 kN/m². Voorgespannen TT-elementen zijn dikwijls de enige mogelijke oplossing wanneer zowel grote overspanningen als grote belastingen gevraagd worden.

De daken kunnen gemaakt worden in prefabelementen, cellenbeton of lichte bekledingselementen zoals golfplaten of staaldak. De keuze wordt gewoonlijk bepaald door de klimatologische omstandigheden. In koudere streken domineren de geribde betonelementen omwille van de grote sneeuwbelastingen. In warmere streken anderzijds is een betonnen dak interessant omwille van de thermische capaciteit, waardoor de binnentemperatuur koeler blijft.

De gevels worden gemaakt in architectonisch beton, staal- of kunststofbekledingen en soms ook in metselwerk. Horizontale gevelelementen worden bevestigd aan de portiekkolommen, verticale gevelelementen aan een horizontale balk ter hoogte van de kolomkop.

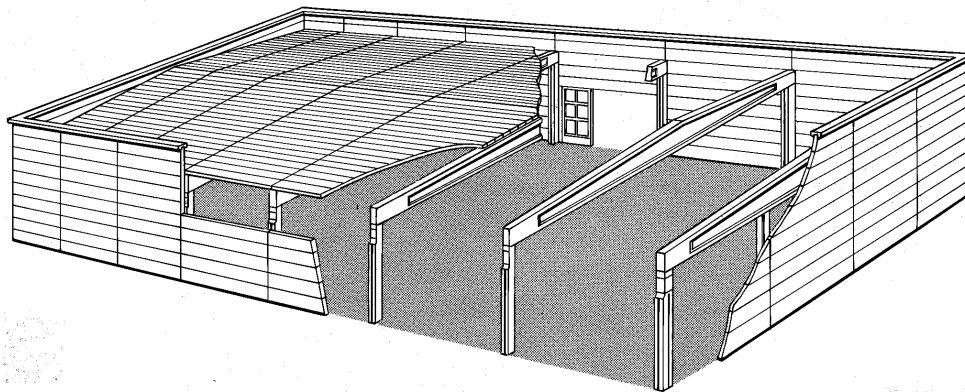


Fig. 2.10 Schematisch voorbeeld van een industrieel gebouw met portiekconstructie

Een alternatieve oplossing voor portiekconstructies is het gebruik van zadeldakelementen. De oplossing biedt grote inwendige ruimtes, met vrije overspanningen tot 24 m en een breedte tot op 3,40 m. De binnenhogte is vrij en kan tot 8 m en meer bedragen. Tussenvloeren kunnen gemaakt worden over een gedeelte van het gebouw of over de gehele oppervlakte. De zadeldakelementen zijn in voorgespannen beton en worden gekenmerkt door een klein gewicht en een grote overspanning.

De voornaamste nadelen van het systeem met zadeldaken en dragende gevels zijn de plaatsing van rolbrugbanen omwille van de grote excentrische belasting en de slankheid van de gevels. Een andere beperking ligt in de moeilijkheden bij uitbreidingen of veranderingen in de gevels, bijvoorbeeld het plaatsen van bijkomende poorten. Men kan echter ook een skeletconstructie met kolommen en balken gebruiken in de gevel. Ook de productie van zadeldakelementen is iets meer ingewikkeld.

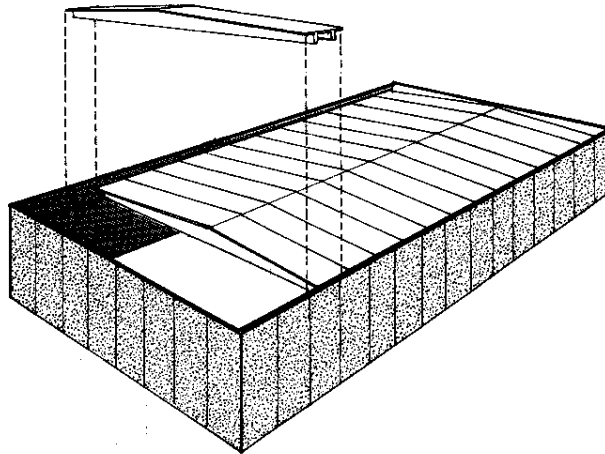


Fig. 2.11 Schematische voorstelling van een grote open hal met dragende gevels en zadeldak

2.3.6 Commerciële gebouwen

Commerciële gebouwen vereisen over het algemeen grote kolomvrije ruimten. De gebouwen worden normaal ontworpen met een geprefabriceerde skeletconstructie. Behalve alleenstaande supermarkten worden tegenwoordig ook veel kleine shoppings gemaakt in appartements-of kantoorgebouwen. Men heeft dan een combinatie van functies, ondermeer parking in de kelderverdieping, shopping op het gelijkvloers en appartementen op de verdiepingen. De constructieve oplossing is dan meestal een combinatie van skeletbouw voor de parking en de shopping, en wandbouw of skeletbouw voor de verdiepingen.

Gevels van alleenstaande commerciële gebouwen kunnen gemaakt worden met bekledingsplaten in architectonisch beton of in andere materialen.

2.3.7 Parkeergarages

De basisvereisten voor moderne parkeergarages zijn grote vrije overspanningen met een minimum aantal inwendige kolommen, een gereduceerde constructiedikte, fraai uitzicht, enz. Ze worden gewoonlijk ontworpen met een skeletstelsel, gecombineerd met kernen en trappenhuisen. Een veel gebruikte stramienmaat is 16 m voor de vloeroverspanning en 7,20 m of zelfs 9,60 m voor de tussenafstand van de kolommen. Er zijn verschillende ontwerpsystemen voor de verkeerscirculatie. Enkele veel voorkomende type parkeergarages met een verschillende verkeerscirculatie zijn:

- de garage met gesplitste vloerniveau's per verdieping;
- de garage met vlakke vloeren over de ganse verdieping;
- de garage met hellende vloeren;
-
- combinaties van genoemde typen.

a. Garage met gesplitste vloerniveau's

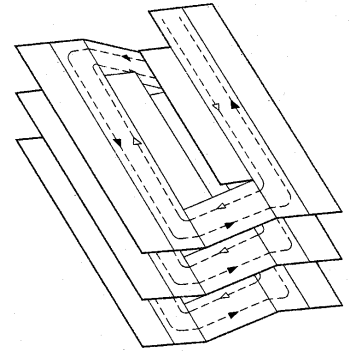
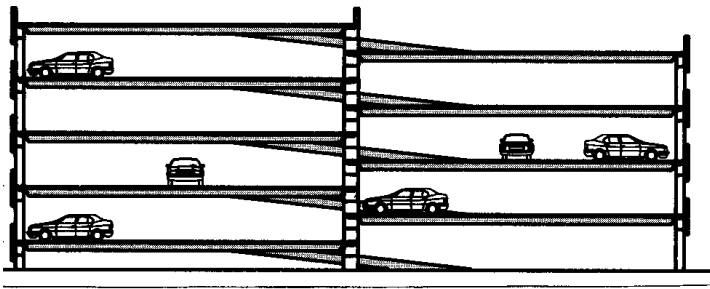


Fig. 2.12 Garage met twee-richtingsverkeer

De vloeren liggen horizontaal en verspringen een halve verdiepingshoogte om de toegangshellingen kort te kunnen houden. De vloeren hebben een overspanning van 15 - 16 m (2 x 4,80 m voor de parkeerplaats en 5,40 à 6,40 m voor de rijstroken). Ze worden met TT-elementen of voorgespannen holle vloerplaten gemaakt. De prefabconstructie is eenvoudig en vereist enkel een ontubbeling van de vloerbalken en kolomkousen in het midden van de garage. De parkeerder passeert langs alle parkeerplaatsen en kan op de eerste vrije plaats parkeren. Het uitgaande verkeer kan een kortere weg volgen, door bijvoorbeeld een bijkomende overgang te plaatsen tussen de vloeren.

b. Parkeergarage met vlakke vloeren

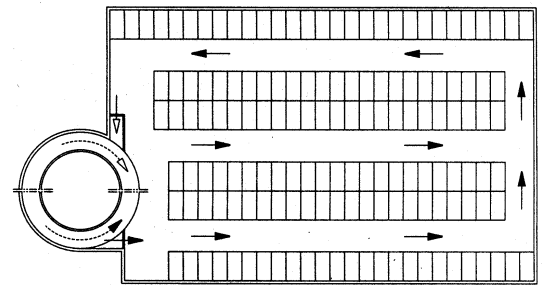
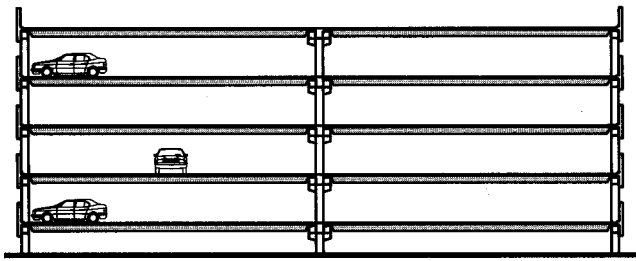


Fig. 2.13 Parkeergarage met vlakke vloeren en carrousel toegang

De vloeren liggen horizontaal en op hetzelfde niveau op elke verdieping. De overspanning is dezelfde als bij de garage met gesplitste vloerniveau's. Er zijn verschillende varianten voor de op- en uitritten, namelijk één- of tweerichtingsverkeer, windingen links of rechts (omhoog of omlaag), één winding per verdieping of per twee verdiepingen, enz. De carrousel kan eveneens met prefabelementen gemaakt worden. Deze moeten dan evenwel aan het project aangepast worden. Het carrouselstelsel laat een vlotte circulatie van het ingaande en uitgaande verkeer toe.

c. Parkeergarage met hellende vloeren

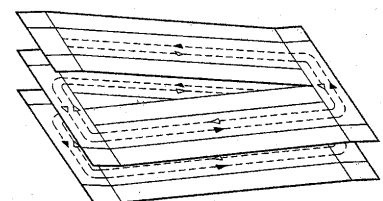
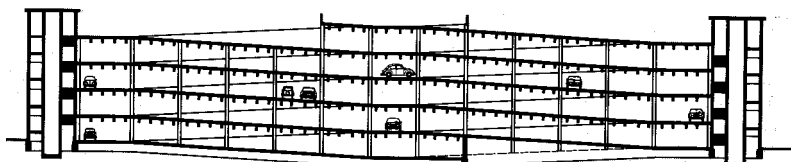


Fig. 2.14 Parkeergarage met hellende vloeren

De vloeren liggen in helling en dienen zowel voor het verkeer als voor het parkeren. Het vloeroppervlak wordt optimaal benut en het rijcomfort is goed omdat er geen steile hellingen zijn. De vloeroverspanning is dezelfde als bij de vorige soorten garages. Het gevelbeeld wordt bepaald door niet-horizontale randen.

De algemene stabiliteit van parkeergarages wordt gewoonlijk verzekerd door uitkragende kolommen in combinatie met liftkokers en trappenhuizen. Bij ondergrondse parkeergarages wordt de horizontale reactie van de grond- en waterdruk opgenomen door de prefabvloeren.

De gevels kunnen in om het even welk materiaal uitgevoerd worden, bijvoorbeeld met geprefabriceerde borstweringselementen in architectonisch beton.

2.3.8 Sportcomplexen

Er bestaan veel soorten sportgebouwen, die elk hun specifieke vereisten hebben. De normale uitvoering is in prefabbeton omwille van de toegestane korte bouwtijd. Volgende prefaboplossingen worden gebruikt.

Grote hallen worden ontworpen als portiekconstructies. De maximum realiseerbare vrij overspanning van de hal is momenteel 50 m.

- Arenas en tribunes worden meestal gemaakt met een skeletconstructie, in combinatie met dragende wanden. De vloeren zijn ofwel in voorgespannen holle platen of in TT-elementen.

Het uitkragend dak boven de tribune kan gemaakt worden met voorgespannen balken, die met speciale voorspanbouten in de kolommen verankerd worden. De tussenafstand tussen de portieken bedraagt 6 à 12 m. De balken onder de terrasvloer van de tribune hebben een trapvormige bovenkant. De terrasvloer zelf wordt meestal met speciale prefabelementen gemaakt.

Moderne voetbalstadia beschikken over zeer complexe tribunes met tal van lokalen met verschillende functies, onder andere restaurants, catering ruimtes, kleedkamers, vergaderzalen, kantoorruimtes, parkeergarages, enz.

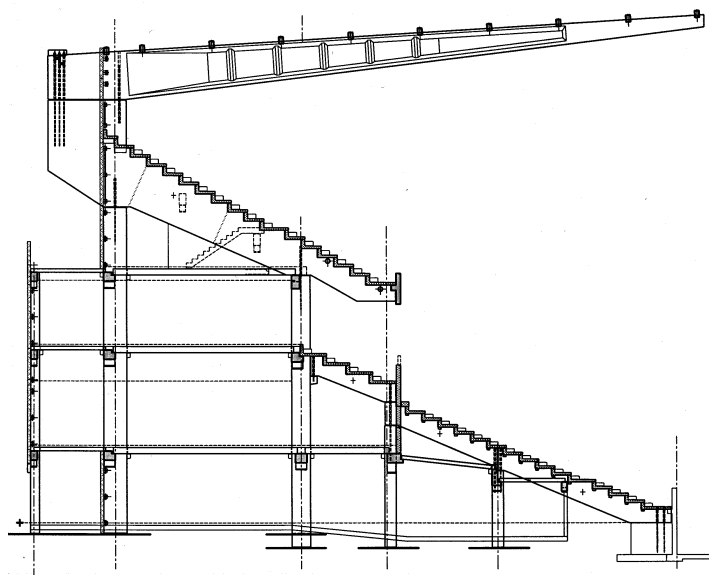


Fig. 2.15 Doorsnede van een tribune in geprefabriceerd beton

- Er bestaan voorbeelden van schaatspistes waarbij de funderingsplaat van de ijspiste in holle vloerelementen op funderingsbalken gemaakt werd.

	Prefab draagsysteem			
	Portieken	Skeletbouw	Betonwanden	Gevels in architectonisch beton
Woningen			<ul style="list-style-type: none"> • veel wanden • geen bepleistering • prestaties • industrialisatie • vrije keuze gevel 	
Appartementen		<ul style="list-style-type: none"> • flexibiliteit • vrij grondplan 	<ul style="list-style-type: none"> • veel wanden • geen bepleistering • prestaties • industrialisatie • vrije keuze gevel 	<ul style="list-style-type: none"> • architectuur • prestaties • vlug afgesloten van buitenklimaat
Kantoren		<ul style="list-style-type: none"> • flexibiliteit • grote open ruimten • vrije keuze gevel 		<ul style="list-style-type: none"> • architectuur • prestige • prestaties • vlug afgesloten van buitenklimaat
Hotels, ziekenhuizen		<ul style="list-style-type: none"> • flexibiliteit grondplan • vrije keuze gevel 	<ul style="list-style-type: none"> • veel wanden • geen bepleistering • prestaties • industrialisatie • vrije keuze gevel 	<ul style="list-style-type: none"> • architectuur • prestaties •
Culturele gebouwen	<ul style="list-style-type: none"> • grote open ruimten • gelijkvloers • eenvoudige gevels 	<ul style="list-style-type: none"> • grote open ruimten • verdiepingsgebouwen • vrije keuze gevel 		<ul style="list-style-type: none"> • architectuur • referentiekenmerk
Scholen		<ul style="list-style-type: none"> • grote lokalen • flexibiliteit • vrije keuze gevel 	<ul style="list-style-type: none"> • grote ruimten • geen bepleistering • prestaties 	<ul style="list-style-type: none"> • architectuur • prestaties • grote raamopeningen
Industriële gebouwen	<ul style="list-style-type: none"> • grote vrije ruimten • gelijkvloers met of zonder tussenverdieping • beperkte dakbelasting • eenvoudige gevels 	<ul style="list-style-type: none"> • grote vrije ruimten • verdiepingen • grote vloerbelasting • vrije keuze gevel 		<ul style="list-style-type: none"> • eenvoudige gevels
Supermarkten	<ul style="list-style-type: none"> • grote vrije ruimten • gelijkvloers met of zonder tussenverdieping • eenvoudige gevels 	<ul style="list-style-type: none"> • grote vrije ruimten • gelijkvloers met parking op dak • of meerdere verdiepingen 		<ul style="list-style-type: none"> • eenvoudige gevels
Parkeergarages		<ul style="list-style-type: none"> • grote open ruimten • beperkte constructiehoogte 		<ul style="list-style-type: none"> • eenvoudige open gevels
Sportcomplexen	<ul style="list-style-type: none"> • grote vrije ruimten • eenvoudige gevels 	<ul style="list-style-type: none"> • complexe gebouwenstructuur • vrije keuze gevel 		<ul style="list-style-type: none"> • eenvoudige gevels
Algemene eigenschappen als brandweerstand, korte bouwtijd en economie gelden voor alle gebouwen en worden niet afzonderlijk vermeld				

Tabel 2.16 Overzicht van mogelijke toepassingen van de meest courante dragende prefabsystemen