

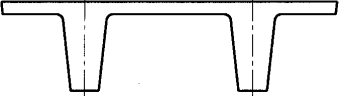
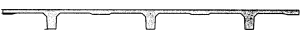
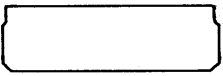




Les 6 - Vloeren en daken

6.1 Algemeen

Geprefabriceerde vloeren en daken bieden talrijke voordelen, ondermeer de afwezigheid van bekistingen op de bouwplaats, een groter draagvermogen, zeer grote overspanningen, een grote duurzaamheid, enz. Er bestaan talrijke soorten prefabvloersystemen, waarvan deze de voornaamste zijn:

- voorgespannen en gewapende holle vloeren;
- voorgespannen geribde vloeren;
- massieve plaatvloeren;
- composiete breedplaatvloeren;
- composiete balk-blokvloeren.

Vloer- en daktype	Maximum overspanning (m)	Vloerdikte (mm)	Meest gebruikelijke vloerbreedte(m)	Gewicht elementen (kN/m ²)
	7	120 - 200	300 - 600	2,1 – 3,2
	± 20	120 - 500	600 - 1200	2,2 – 5,2
	24 (30)	200 - 800	2400	2,0 – 5,0
	12	175 - 355	2400	1,2 – 1,8
	6	100 - 250	300 - 600	0,7 - 3,0
	7	100 - 200	600 - 2400	2,4 - 4,8
	7	200 - 300	200 - 600	1,8 - 2,4

Tabel 6.1 Afmetingen en gewichten van de belangrijkste prefab vloer- en daktypes.

De voornaamste constructieve eisen die aan vloeren gesteld worden zijn het draagvermogen, de stijfheid, de dwarsverdelingscapaciteit van geconcentreerde belastingen en de overdracht van horizontale belastingen door de schijfwerking. Afhankelijk van het gebruik kunnen er ook nog bijkomende eisen gesteld worden in verband met de thermische en akoestische isolatie, de brandweerstand, enz.

6.2. Belangrijkste soorten vloer- en dakelementen

6.2.1. Inleiding

Geprefabriceerde vloeren kunnen geclassificeerd worden volgens hun productie- en uitvoeringsmethode in volledig geprefabriceerde vloeren en gedeeltelijk geprefabriceerde vloeren. Volledig geprefabriceerde vloeren bestaan uit elementen die volledig in de fabriek vervaardigd worden. Na montage worden de elementen verbonden met de oplegconstructie en worden de langse voegen opgevuld met fijn beton. In sommige gevallen komt er nog een ter plaatse gestorte druklaag op de vloerelementen. Gedeeltelijk geprefabriceerde vloeren bestaan uit een geprefabriceerd deel en een ter plaatse gestort deel. De uiteindelijke draagkracht wordt bekomen door de composietwerking van de twee delen.

6.2.2. Volledig geprefabriceerde vloer- en dakelementen

a. Holle vloerplaten

Holle vloeren hebben langse kanalen om het eigengewicht te verminderen. Men gebruikt ze vooral in gebouwen met grote overspanningen en gematigde belastingen zoals kantoorgebouwen, hospitalen, scholen, winkelcentra, industriële gebouwen, enz. Ze worden ook veelvuldig toegepast in appartementsgebouwen omwille van de gunstige prijs en de vlugge montage. Ze zijn dan in voorgespannen of in gewapend beton.

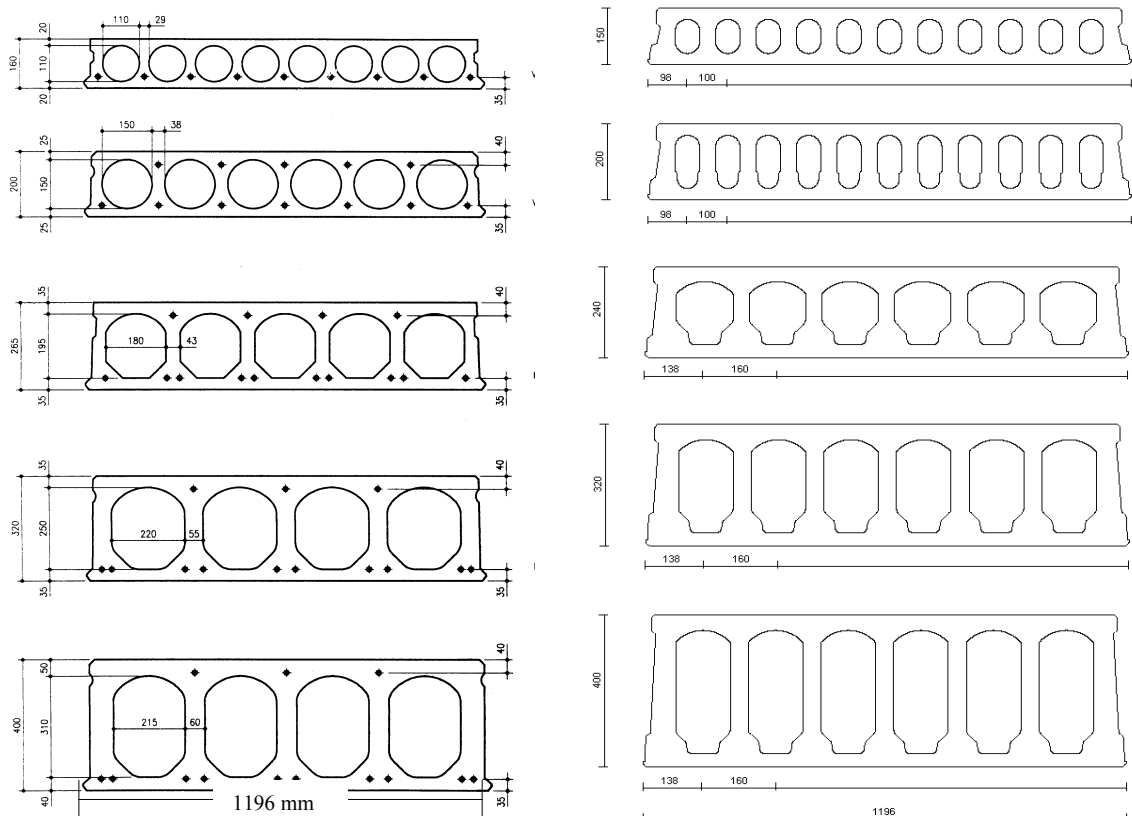
De elementen worden in verschillende diktes gemaakt in functie van de nodige belastingen en overspanningen. Het percentage holle ruimtes (volume van de kanalen ten opzichte van het volume van een volle plaat met dezelfde dikte) van holle vloeren ligt tussen 30 en 50 procent.

Voorgespannen holle vloerelementen zijn normaal 1,20 m breed en tot 18 m lang. De werkelijke breedte is 3 tot 6 mm kleiner dan de nominale breedte om productietoleranties te kunnen opnemen en te voorkomen dat door cumulatie van overbreedtes de totale vloer te breed uitvalt. De zijkanalen van de elementen zijn geprofileerd om de overdracht van verticale schuifkrachten tussen aanpalende vloerelementen mogelijk te maken na opvulling en verharding van de langse voegen.

Voorgespannen holle vloeren worden gefabriceerd met automatische extrusie- en/of glijvormmachines op lange banen waarover voorspanstrengen of –draden gespannen zijn. De voorspanbanen zijn in staal of in beton en hebben een breedte van 1200 mm (min de hierboven aangegeven tolerantie) en een lengte van 80 tot 150 m. Bij extrusie wordt het beton in het juiste profiel gebracht en verdicht door persen en laagfrequent trillen van het mengsel. Bij het glijvormproces geschiedt het verdichten van het beton enkel door hoogfrequent trillen. De voornaamste ontwerpparameters zijn de grootte van de voorspanning, de schikking van de voorspanwapeningen en de dikte van de elementen.

Na verharding worden de elementen op de voorspanbaan met een diamantzaag op de juiste lengte gezaagd. Normaal is de zaagsnede loodrecht op de lengterichting van de plaat, maar een schuine of

ingesneden plaatrand is mogelijk, bijvoorbeeld wanneer het grondplan van het gebouw niet rechthoekig is.



Geëxtrudeerde elementen

Glijvorm elementen

Fig.6.2 Typische doorsneden van voorgespannen holle vloerplaten

Gewapende holle elementen zijn gewoonlijk 300 tot 600 mm breed. In sommige landen, onder andere in België, worden ze veel gebruikt in de woningbouw.

b. Geribde vloeren

Figuur 6.3 toont enkele typische dwarsdoorsneden van geribde vloerelementen. Ze zijn meestal in voorgespannen beton. De belangrijkste voordelen bij het gebruik van dit type vloeren zijn:

- hun groot draagvermogen ook bij grote overspanningen;
- de ribben van de elementen kunnen bij de opleggingen uitgesneden worden tot op een derde van de hoogte waardoor de totale constructiedikte van de vloer sterk verminderd kan worden;
- TT-elementen worden in standaarduitvoering gemaakt op een breedte van 2400 mm (in werkelijkheid 2390 mm) of 3000 mm. Omgekeerde U-elementen zijn gewoonlijk 600 of 1200 mm breed.

De totale dikte van TT-elementen ligt normaal tussen 150 mm en 800 mm en de corresponderende maximum overspanning gaat tot ongeveer 22 à 28 m. De elementen hebben een grote stabiliteit en een groot draagvermogen. De plaatdikte van de elementen kan variëren van 40/50 tot 80/120 mm.

Bij dunne platen is een ter plaatse gestorte druklaag nodig om de verticale dwarskrachten te kunnen opnemen en voor de horizontale schijfwerking van de vloer te zorgen.

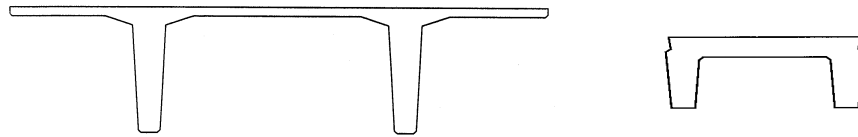


Fig.6.3. Geribde vloerelementen

c. Betonnen dakelementen

Betonnen dakelementen worden gewoonlijk gebruikt voor industriële en commerciële gebouwen, sporthallen, enz. Er bestaan verschillende soorten geprefabriceerde dakelementen zoals geribde elementen, geplooiden platen, enkele- of dubbele vleugelementen enz. De belangrijkste kenmerken van de elementen zijn:

- licht gewicht dankzij de slanke doorsneden;
- grote overspanningsmogelijkheden;
- gladde onderzijde.

Figuur 6.4 toont enkele typische doorsneden van dakelementen. Ze worden normaal in voorgespannen beton gemaakt. In België gebruikt men alleen lichte TT-elementen in daken omdat de meer gecompliceerde elementen te duur zijn. Ze worden echter in Italië veelvuldig gebruikt.

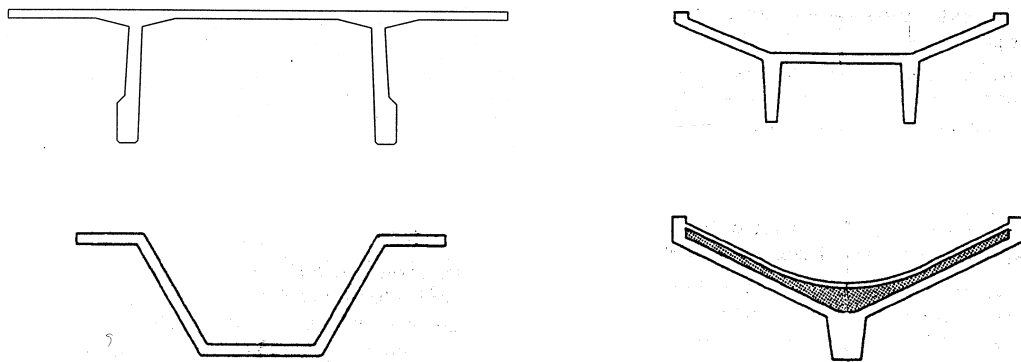


Fig. 6.4 Betonnen dakelementen

d. Massieve vloerplaten

Massieve vloerplaten worden dikwijls in licht beton of in cellenbeton gemaakt om het gewicht van de elementen te beperken en de thermische isolatie te verbeteren. Ze worden voornamelijk gebruikt in de woningbouw en voor daken van industriële en commerciële gebouwen. Geprefabriceerde massieve platen worden ook in gewoon beton gemaakt. De belangrijkste reden voor het gebruik van dergelijke massieve platen is de akoestische isolatie. De elementen worden zowel in voorgespannen als in gewapend beton gemaakt.

6.2.3 Gedeeltelijk geprefabriceerde vloeren

a. Compositie breedplaatvloeren

Het is een typisch semi-geprefabriceerd vloersysteem bestaande uit geprefabriceerde vlakke of geribde vloerplaten die gebruikt worden als permanente bekisting voor een ter plaatse gestorte druklaag. Op deze manier wordt een massieve compositie vloer bekomen. De geprefabriceerde platen hebben een breedte van 600 tot 2400 mm en een dikte van 40 tot 120 mm. De lengte hangt van de nodige overspanning af. Breedplaten worden in voorgespannen of gewapend beton gemaakt. De onderkant is glad.

De breedplaten hebben in de meeste gevallen traliewerkwapeningen aan de bovenzijde om een goede interactie te bekomen met de druklaag. Deze wapeningen zorgen bovendien voor voldoende stijfheid van de platen tijdens manipulatie, transport en montage. De breedplaten worden tijdens de constructie normaal op regelmatige tussenafstanden van 1,5 tot 3,0 m ondersteund, afhankelijk van het type plaat.

In vergelijking met een ter plaatse gestorte vloer bestaat het grootste voordeel van de breedplaatvloer erin dat, behalve de tijdelijke ondersteuning, geen bekistingen moeten gebruikt worden en dat de onderwapening van de volledige vloer reeds in de breedplaten ingebetonneerd is. De bovenwapening bestaat meestal uit een wapeningsnet dat in de ter plaatse gestorte laag ingebetonneerd wordt. Op die manier kan men ook een hyperstatische vloer realiseren.

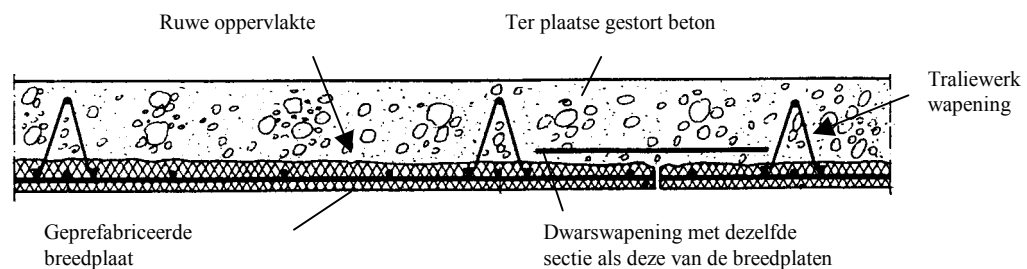


Fig. 6.5 Voorbeeld van een compositie breedplaatvloer

b. Vloeren met betonbalkjes en vulblokken

Dit type composietvloer wordt gemaakt met de volgende componenten:

- geprefabriceerde dragende balkjes die normaal evenwijdig met elkaar geplaatst worden op een tussenafstand van 0,4 tot 0,8 m. Men gebruikt ook soms een speciaal type draagbalk die bestaat uit een betonnen flens met een uitstekende traliewerkwapening (Figuur 6.14.b).
- geprefabriceerde vulblokken die tussen de balkjes geplaatst worden. De vulblokken kunnen gemaakt worden in gebakken klei (Figuur 6.6.b), normaal of licht beton (Figuur 6.6.a), geëxpandeerde polystyreen (Figuur 6.6.c), enz.
- ter plaatse gestort beton met of zonder een integrale druklaag en indien nodig gewapend.

Balk-blok-vloeren zijn vooral interessant bij renovatie wegens de manipulatiemogelijkheden.

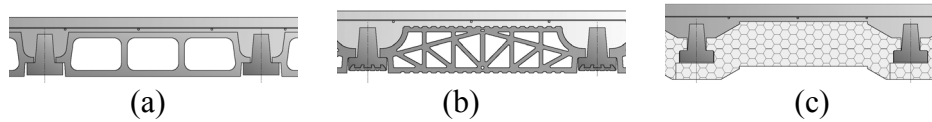
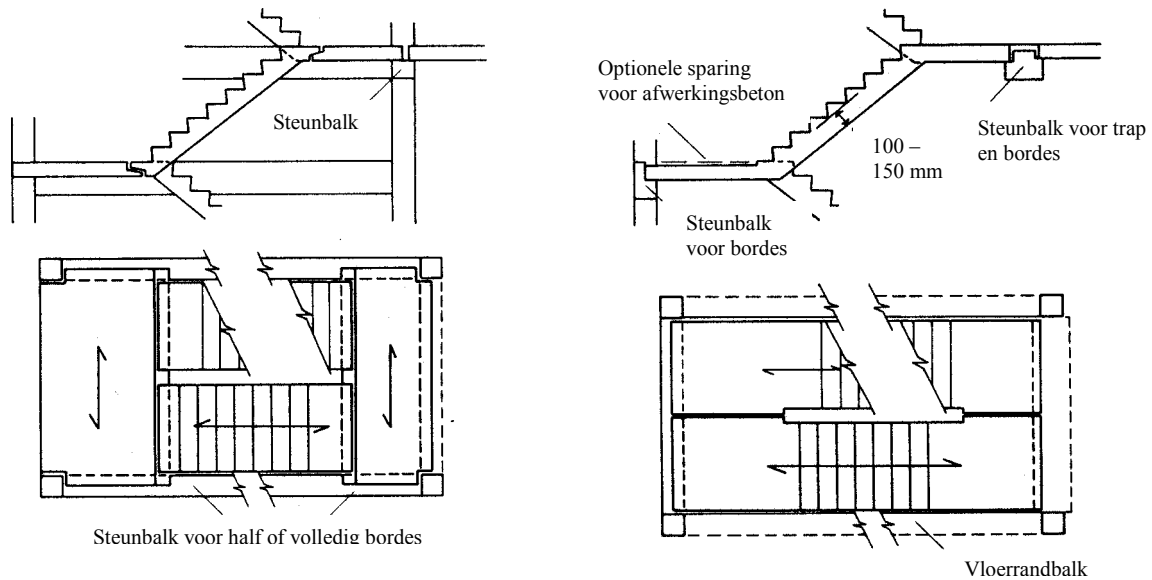


Fig. 6.6 Typische doorsneden van vulblokken voor balk-blok vloeren

6.3 Trappen

Geprefabriceerde trappen zijn interessante producten dankzij de kwaliteit van de afwerking van het boven- en ondervlak en de redelijke kostprijs. Traditionele ter plaatse gestorte trappen zijn zeer arbeidsintensief, moeten altijd afgewerkt worden met andere materialen en de werkelijke kostprijs ervan wordt dikwijls onderschat. Geprefabriceerde trappen zijn industriële producten in glad of gepolijst beton. De meest voorkomende soorten worden hierna beschreven.

De eerste categorie omvat rechte trapelementen. Ze bestaan ofwel uit afzonderlijke trappen en bordessen, of uit gecombineerde trappen en bordessen. Bij de laatste oplossing kunnen er kleine hoogteverschillen ontstaan in de aansluiting van bordessen, waarvoor een afwerkingslaag nodig is of een andere oplossing.



(a) Afzonderlijk bordes en trapvleugels

(b) Gecombineerde trap met half bordes

Fig. 6.7 Alternatieve schikkingen voor trappen met twee vleugels.

De tweede categorie omvat monobloktrappen. Ze kunnen gebruikt worden in trappenkokers of als individuele trappen tussen de verschillende verdiepingen.

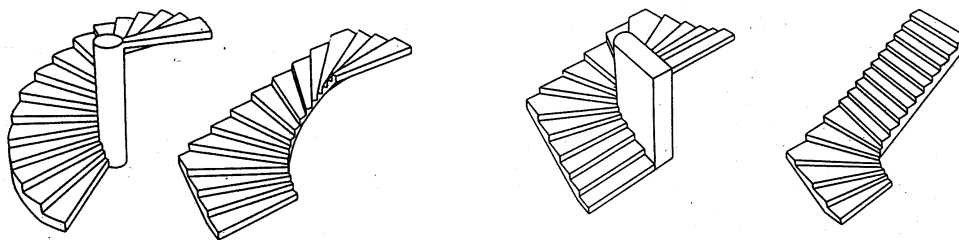


Fig. 6.8 Voorbeelden van spiraalvormige monoblok-trappen en zelfdragende trappen

6.4 Modulatie

Geprefabriceerde vloeren zijn zeer soepel in gebruik en kunnen aan bijna elke schikking van de dragende wanden of balken aangepast worden. Om echter de constructie zo eenvoudig mogelijk te houden, dient men een aantal richtlijnen te volgen in verband met de indeling van het grondplan. Volledig geprefabriceerde vloerelementen zijn over het algemeen gemoduleerd op basis van 300 mm. De meest voorkomende breedtes zijn 600, 1200 en 2400 mm. Elementen voor composietvloeren worden soms op maat gemaakt. Het is aangeraden om de vloer te moduleren volgens de breedte van de prefabelementen.

Composiete balk-blok-vloeren zijn minder gevoelig voor modulatie. De totale vloerbreedte wordt bekomen door de tussenafstand van de balken te verminderen, bijvoorbeeld door sommige balken te ontdebelen, of door speciale vulblokken te gebruiken. Deze laatste zijn niet altijd voorhanden en moeten indien mogelijk ter plaatse aangepast worden. Met een zorgvuldig gemoduleerd ontwerp kan deze situatie tot een minimum beperkt worden, bijvoorbeeld tot de rand van het gebouw, of zelfs volledig vermeden.

Om een eenvoudige schikking van de vloer te bekomen is het aangewezen om de elementen allemaal in dezelfde richting te laten lopen. In het geval van voorgespannen elementen worden hierdoor ook problemen in verband met mogelijke onderlinge opbuigingsverschillen tot een minimum beperkt. Dit is echter geen absolute noodzaak want het is evengoed mogelijk om op eenzelfde niveau de vloerelementen in de verschillende zones loodrecht of zelfs schuin op elkaar te plaatsen. Wanneer een exacte modulatie onmogelijk is kan men een speciaal versmalde pasplaat gebruiken die door de prefabrikant uit een standaard element gezaagd wordt. Smalle resterende stroken kunnen ook opgevuld worden met een ter plaatse gestort betonplaat. Deze steunt dan in de dwarse richting op de naburige elementen. In veel gevallen kunnen deze stroken ingelast worden in het verbindings- en kettingsysteem van de vloer.

Prefabvloeren kunnen ook gebruikt worden voor niet rechthoekige schikkingen. De elementen kunnen immers schuin afgesneden worden. Men moet echter vermijden te korte elementen te gebruiken in smalle schuine hoeken. Bij voorspanning door aanhechting moet immers rekening gehouden worden met de overdrachtslengte van de voorspanning. Elementen korter dan bijvoorbeeld 1,5 m zijn in feite niet voorgespannen. In dit geval kan men beter het laatste hoekje van de vloer ter plaatse storten, tezamen met de voegen en andere verbindingen.

Vloeropleggingen ter plaatse van kolom / balk verbindingen kunnen soms problemen opleveren. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer de modulatie van het vloerelement verschilt met deze van de kolomrasters. Een ander op te lossen probleem betreft de discontinuïteit van de vloeroplegging ter plaatse van brede kolommen. Soms moeten de vloerelementen rond de kolommen ingesneden worden, enz. De meeste van deze problemen kunnen voorkomen worden door de vloerbalk breder te maken dan de kolom, waardoor de vloeroplegging vóór de kolom passeert (Figuur 6.9.a).

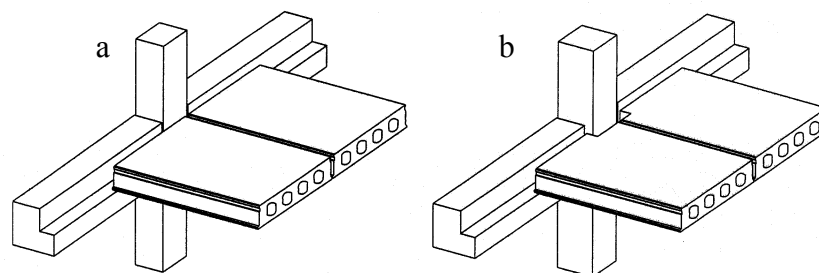


Fig. 6.9 Knooppunt tussen vloerbalken en kolommen

Wanneer de vloerbalken niet breder zijn dan de kolom zelf, moet men de vloeren insnijden rond de kolommen (Figuur 6.9.b). Deze insnijdingen kunnen tot ongeveer $1/3^e$ van de breedte van de elementen gaan zonder overbelasting of instabiliteit te veroorzaken in de resterende oplegging. Wanneer de kolom breder is dan 400 mm moet er voor de vloeroplegging een bijkomende console voorzien worden.

Veranderingen van niveau's in eenzelfde verdieping kunnen opgelost worden door de hoogte van de hielen van omgekeerde T-balken verschillend te maken, of door gebruik te maken van twee afzonderlijke vloerbalken. Deze oplossing komt veel voor in parkeergarages met verspringende parkeervloeren.

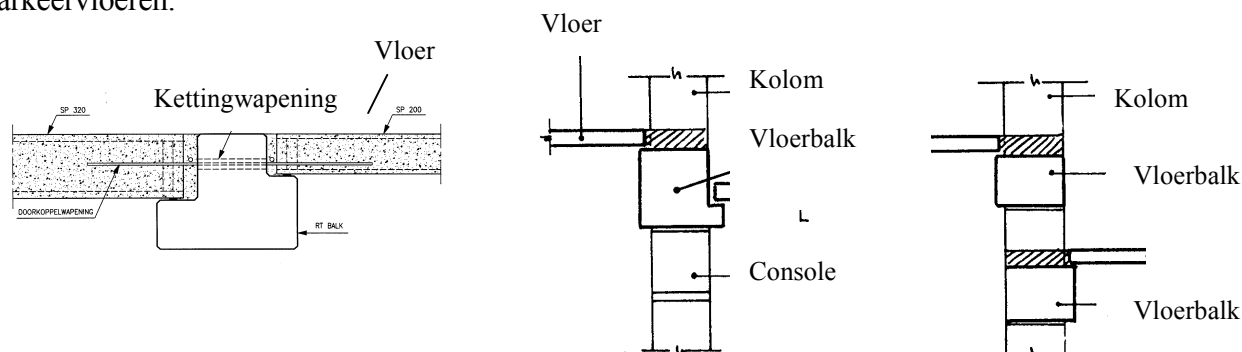


Fig. 6.10 Oplossingen voor verschillende vloerniveau's in eenzelfde verdieping

Bij het ontwerpen van gebouwen is het steeds wenselijk om het grondplan te moduleren en zeker bij prefabconstructies. Dit is echter geen verplichting. Er zijn immers ook nog een aantal andere factoren die hierin een rol spelen. Vooral in steden kan men geconfronteerd worden met eerder grillige grondplannen. Niettegenstaande in dergelijke gevallen de overspanningen en vloerrichtingen constant variëren, kunnen geprefabriceerde vloeren toch nog steeds een waardevol alternatief zijn.

6.5 Ontwerp van geprefabriceerde vloerelementen

6.5.1 Algemeen

Het ontwerp en de berekening van een geprefabriceerde vloer gebeurt in twee stappen:

- de individuele elementen;
- de interactie van de elementen in de totale vloer en in de algemene stabiliteit van het gebouw.

De individuele elementen worden gedimensioneerd voor de optredende buigmomenten en dwarskrachten, eventueel in combinatie met torsiebelastingen. Ook de ponssterkte voor grote puntlasten dient nagezien te worden. Tenslotte berekent men de doorbuiging die begrensd moet worden tot de aanbevolen waarden. Andere mogelijke ontwerpcriteria zijn de brandweerstand, akoestische en thermische eigenschappen, duurzaamheid, manipulaties en constructiemethodes.

In dit hoofdstuk wordt informatie gegeven over specifieke ontwerpregels voor geprefabriceerde vloerelementen, voor zover ze nog niet behandeld zijn in de klassieke ontwerpprocedures voor gewapende en voorgespannen betonelementen. Meer gedetailleerde informatie over prestaties van prefabvloeren zijn voorhanden in de technische gidsen en productcatalogussen van de prefabrikanten.

Geprefabriceerde vloer- en dakelementen worden meestal uitgevoerd in voorgespannen beton. De elementen worden ontworpen en berekend in overeenstemming met nationale en internationale normen en andere specifieke literatuur, onder andere van de *fib* Commissie Prefabricatie[1], PCI [2], enz. Niet-composiete vloer- en dakplaten worden normaal berekend voor een isostatische oplegging. In sommige gevallen is het eveneens mogelijk om een partiële continuïteit te voorzien.

Voor elk type element beschikt de prefabrikant over voorafberekende belastingscurves, die de toelaatbare belasting geven in functie van de overspanning en de aanwezige wapening. Deze curves worden berekend voor buiging en dwarskracht en soms ook voor de toelaatbare doorbuiging. Er wordt meestal ook informatie gegeven aangaande de te verwachten opbuiging van de elementen onder voorspanning en eigengewicht.

6.5.2. Voorgespannen holle vloerelementen

Voorgespannen holle vloerelementen hebben meestal geen andere wapening dan langse voorspandraden of strengen. Ze zijn verankerd op kleef, zodat de introductie van de voorspanning over een bepaalde overdrachtslengte plaats vindt. Daar deze zone zich aan de oplegging van de vloerelementen bevindt, zal men derhalve voor het opnemen van de dwarskracht beroep moeten doen op de treksterkte van het beton.

Zoals in elk voorgespannen betonelement wordt de rekenwaarde van de dwarskrachtsterkte berekend voor twee zones: een zone in de nabijheid van de opleggingen (dwarskracht-trekbreuk) en een zone waar buigscheuren kunnen voorkomen (dwarskracht-buigbreuk). Deze laatste treedt op ter plaatse van de buigscheur wanneer de gereduceerde gedrukte betondoorsnede op afschuiving bezwijkt.

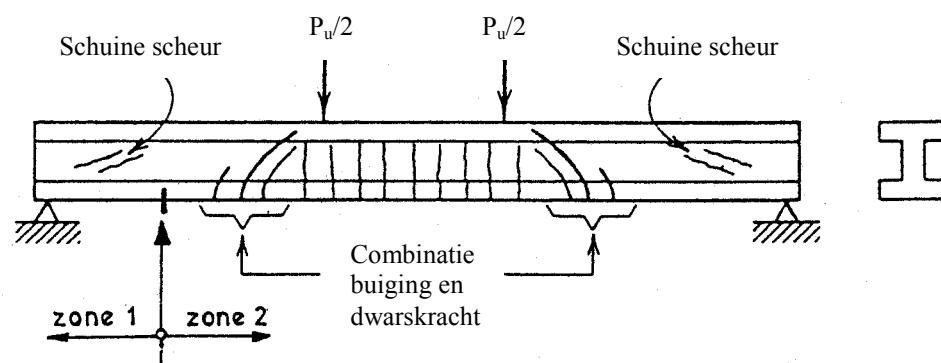


Fig. 6.11 Scheurzones en scheurpatroon in een gewapend en voorgespannen betonelement

De dwarskrachtcapaciteit van een holle vloerplaat in de zone die in de uiterste grenstoestand niet gescheurd is door buiging, kan berekend worden met de formule:

$$V_{Rd,c} = \frac{I b_w}{S} \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha \sigma_{cp} f_{ctd}}$$

waarbij:

- I het traagheidsmoment van de doorsnede
- b_w de totale breedte van de lijfplaten in het element
- S het statisch moment van de doorsnede boven de zwaartas ten opzichte van deze as

$\alpha\sigma_{cp}$ de effectief overgedragen voorspanning op de snijding van de schuine scheur en de voorspanwapeningen, waarbij rekening moet gehouden worden met de overdrachtslengte van de voorspanning.

De dwarskrachtcapaciteit van een voorgespannen holle vloerplaat in de zone die in de uiterste grenstoestand wel gescheurd is door buiging, kan berekend worden met de formule:

$$V_{Rd,c} = [0,12 k (100 \rho_{\lambda} f_{ck})^{1/3} + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d$$

waarin :

$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}$ k is een factor om rekening te houden met het schaaleffect

d effectieve hoogte tot het zwaartepunt van de onderste voorspanwapeningen; in de meeste gevallen $d = 0,9h$

$\rho_l = A_{sl}/b_w d \leq 0,02$

A_{sl} de doorsnede van de trekwapening die minstens over een afstand $d + l_{b,net}$ voorbij de beschouwde doorsnede doorloopt waar V_{Sd} optreedt; het is logisch om ook het op kleef verankerd voorspanstaal in rekening te brengen

b_w kleinste breedte van de lijfplaten binnen de effectieve hoogte (mm)

σ_{cp} : N_{Sd}/A_c (waarin A_c de netto betondoorsnede is)

N_{Sd} : de langskracht in de beschouwde doorsnede als gevolg van belasting of voorspanning

Wanneer holle vloerelementen opgelegd worden op slanke balken, zal de doorbuiging van de balk spanningen veroorzaken in de dwarsrichting van de holle vloerelementen. Deze spanningen hebben een invloed op de dwarskrachtcapaciteit van de elementen en moeten derhalve nagezien worden tijdens het ontwerp. Gedetailleerde richtlijnen hiervoor worden gegeven in het *fib* Bulletin 6 "Special design considerations for precast prestressed hollow core slabs" [3].

Torsie kan zich voordoen in de hoeken van vloeren die gesteund zijn over hun langse rand en ter plaatse van grote openingen, bijvoorbeeld voor trappen. De torsiesterkte kan berekend worden met de klassieke principes en formules. De weerstandbiedende doorsnede omvat de boven- en onderflens van de holle vloeren alsmede de buitenste ribben. De spanningen te wijten aan de dwarskracht ter plaatse van de opleggingen moeten gecumuleerd worden met de trekspanningen door torsie. Voor holle vloeren met een gematigde belasting, zoals bijvoorbeeld in residentiële en administratieve gebouwen, zullen dwarskracht en torsie gewoonlijk niet maatgevend zijn, maar wel de buigcapaciteit.

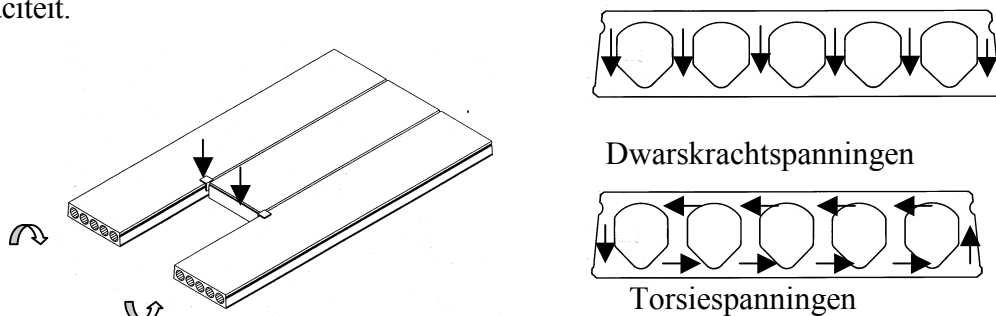
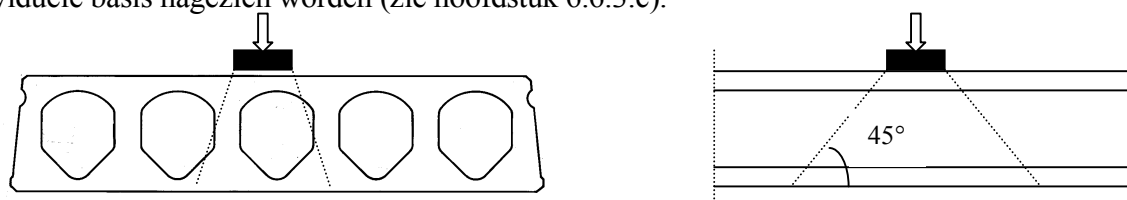


Fig. 6.12 Torsie te wijten aan puntbelastingen ter plaatse van grote openingen

De sterkte tegen doorponsen van holle vloerelementen kan nagegaan worden met de klassieke formules. De in de berekening aan te nemen weerstandbiedende betondoorsnede wordt aangeduid op onderstaande figuur. De belastingspreiding gebeurt over 45° in de richting van de ribben. In de dwarse richting wordt enkel rekening gehouden met de dunste sectie van de boven- en onderflens van de vloerplaat onder de puntlast. Wanneer de puntlast aangrijpt boven een lange holte en de verdeelplaat kleiner is dan de helft van de holte mag enkel de betondoorsnede van de bovenflens in acht genomen worden. In tabel 6.13 worden ter informatie enkele toelaatbare ponsbelastingen gegeven voor e type van geëxtrudeerde vloerplaten, zonder druklaag.

Dwarskracht en torsie vormen gewoonlijk geen probleem bij voorgespannen holle vloeren met uniform verdeelde belasting. Bij platen waarvan de overspanning korter is dan ongeveer 3 m kan dwarskracht wel kritisch zijn. Grote geconcentreerde punt- en lijnbelastingen moeten op een individuele basis nagezien worden (zie hoofdstuk 6.6.3.c).



Vloertype	ø 50 mm	ø 100 mm	ø 200 mm
150 / 200	20 kN	30 kN	Geen gegevens
270	40 kN	60 kN	Geen gegevens
320 / 400	Geen gegevens	45 kN	65 kN
500	Geen gegevens	60 kN	80 kN

Tabel 6.13 Toelaatbare ponsbelastingen voor een type van geëxtrudeerde holle vloerplaten zonder druklaag.

6.5.3 Geribde vloerelementen

Geribde vloerelementen zijn gewoonlijk in voorgespannen beton. In de meeste gevallen worden er beugels geplaatst in de ribben, alhoewel dit niet altijd noodzakelijk is. Dakelementen waarvan de brandweerstand maximum 30 minuten moet bedragen kunnen zonder beugels gemaakt worden. Er moet echter wel een frettagewapening voorzien worden op de uiteinden voor de verankering van de voorspanwapeningen. De flenzen van de elementen worden gewapend met netten voor de stabiliteit en ook om eventuele krimpscheuren te beperken. Ze spelen tevens een rol bij de verdeling van de horizontale belastingen naar de ribben. De elementen worden berekend volgens de klassieke regels voor voorgespannen beton.

6.5.4 Breedplaten

Breedplaten worden in gewapend en voorgespannen beton gemaakt. Sommige types breedplaten worden verstevigd met traliewerkliggers uit staven in hoogwaardig staal voor transport en montage. De langse bovenstaven in deze traliewerkliggers worden niet meegerekend in de gebruikstoestand maar mogen wel meegenomen worden in de berekening van de uiterste grenstoestand.

6.5.5 Balkjes en vulblokken

Het nazicht van balk-blok-vloeren omvat de berekening van de balkjes en de vulblokken voor de verschillende fasen tijdens de constructie en na verharding van het ter plaatse gestorte beton. De balkjes zijn in gewapend of voorgespannen beton. Bij de gewapende betonbalkjes horen ook de traliewerkliggers, bestaande uit een betonnen onderflens en een traliewerkverstijving.

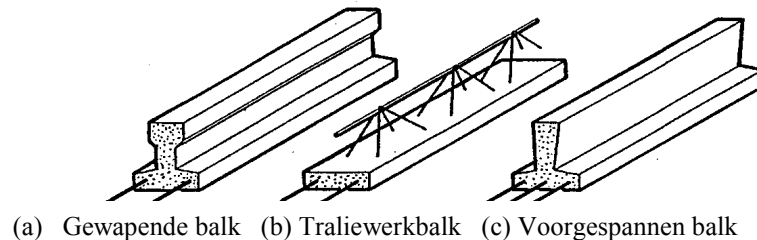


Fig. 6.14 Balktypes voor balk-blok vloeren

De balkjes kunnen op verschillende manieren tussenkomen in de stabiliteit van de vloer:

- tijdens de montage kunnen zij zelfdragend zijn of tijdelijk ondersteund worden door stelstangen;
- in de uiteindelijke vloerconstructie kunnen zij de volledige belasting opnemen of slechts een gedeelte ervan; in het eerste geval wordt het ter plaatse gestort beton niet meegerekend in de draagcapaciteit, terwijl men in het tweede geval aanneemt dat het vulbeton en soms ook de vulblokken bijdragen tot het draagvermogen van de vloer.

De vulblokken kunnen eveneens op verschillende manieren gebruikt worden:

- blokken zonder stabiliteitsfunctie, die enkel dienen als bekisting tijdens de montage; dit is bijvoorbeeld het geval voor vulblokken in geëxpandeerd polystyreen;
- blokken met een gedeeltelijke stabiliteitsfunctie die de nuttige belasting in de dwarsrichting overdragen aan de balkjes, maar verder niet tussenkomen in de langse buig- en dwarskrachtcapaciteit;
- blokken met een volledige stabiliteitsfunctie die samen met het ter plaatse gestort beton de drukzone uitmaken van de compositie vloer.

Meer details omtrent het ontwerp en de berekening van balk-blok vloersystemen zijn te vinden in de *fib Guide of Good Practice "Horizontal composite structures"* [4].

6.6 Ontwerp van de volledige vloer

Bij prefabvloeren dient het nazicht van de stabiliteit verder te gaan dan alleen de berekening van de buigmomenten en dwarskrachten met de bijhorende wapeningen. Het komt er immers op aan om met afzonderlijke elementen een vloer te vormen die als één geheel gaat werken. De voornaamste doelstellingen zijn:

- de constructieve integriteit van de vloer
- de dwarsverdeling van geconcentreerde belastingen
- de schijfwerking van de vloer voor de overdracht van horizontale krachten.

6.6.1 Constructieve integriteit

Geprefabriceerde vloersystemen, bestaande uit individuele elementen, moeten door middel van kettingwapeningen met elkaar verbonden worden zodat ze als een geheel gaan functioneren, met of zonder constructieve druklaag over de gehele oppervlakte. Het ontwerp van kettingen wordt uitvoerig besproken in hoofdstuk 3.5 van Les 3.

6.6.2 Schijfwerking

Zoals reeds vermeld in Les 3, speelt de schijfwerking van vloeren en daken een belangrijke rol in de stabiliteit van prefabconstructies. Ze zorgt voor de overdracht en de verdeling van alle horizontale acties op de constructie naar de stabiliteitscomponenten.

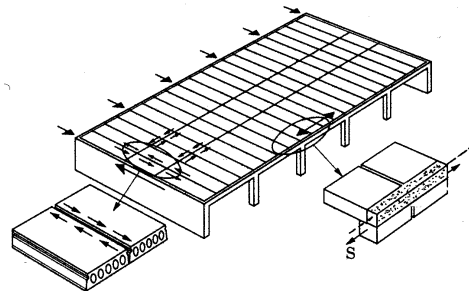


Fig. 6.16 Kettingwapeningen in een holle vloer om de schijfwerking te verwezenlijken

De wapening van de omtreksketting wordt berekend om de trekkrachten afkomstig van de buiging in het vlak van de vloer op te nemen. Schuifkrachten concentreren zich ter plaatse van de langse voegen tussen de vloerelementen. Meer details worden gegeven in Hoofdstuk 3.4 van Les 3.

De schijfwerking van vloeren kan ook verwezenlijkt worden met een gewapende druklaag over het gehele oppervlak ervan. De verbindingen van de druklaag met de verstijvingscomponenten van de constructie moeten vanzelfsprekend in staat zijn om de optredende krachten over te dragen.

6.6.3 Dwarsverdeling van geconcentreerde belastingen

- **Algemeen**

Vloeren dragen gewoonlijk niet enkel eenparig verdeelde belastingen, maar ook geconcentreerde lijn- of puntlasten, bijvoorbeeld tussenwanden. Wanneer deze belastingen alleen door het onderliggend vloerelement wordt gedragen, moet dit veel grotere afmetingen krijgen dan de andere elementen. Normaal hebben alle elementen van een vloer dezelfde dikte en zouden alle andere vloerelementen dan overgedimensioneerd moeten worden. In werkelijkheid is dit zelden nodig omdat de geconcentreerde belasting zich verdeelt over verschillende aanpalende elementen.

Wanneer een enkelvoudig opgelegde vloer belast wordt met een eenparig verdeelde belasting, zal elk vloerelement evenveel doorbuigen. De situatie is echter anders wanneer de vloer wordt belast met een geconcentreerde lijn- of puntlast. Het vloerelement waarop de geconcentreerde belasting aangrijpt buigt door. Vermits de vloerelementen onderling verbonden zijn door opgegoten voegen en dwarse kettingen, zullen de aanpalende elementen gedwongen worden om mee door te buigen. Op deze manier wordt het effect van een geconcentreerde belasting verdeeld

over een grotere oppervlakte dan het direct belaste element. Er is heel wat onderzoek uitgevoerd naar de dwarsverdeling van geconcentreerde belastingen bij holle vloeren. De resultaten tonen aan dat geconcentreerde belastingen bijna volledig zoals in een monolitische vloer verdeeld worden over de verschillende aanpalende elementen. De *fib* Commissie Prefabricage heeft een berekeningsmethode uitgewerkt voor holle vloeren [1]. De berekeningsmethode is gebaseerd op de elasticiteitstheorie. De elementen worden beschouwd als isotrope platen en de langse voegen als scharnieren, die enkel in staat zijn om schuifkrachten over te brengen en geen buigmomenten.

De grootte van de verticale schuifkrachten in de langse voegen hangt af van de torsiestijfheid van de elementen, hun langse en dwarse buigstijfheid en de insluiting van de voegvulling door middel van de aanwezige dwarse kettingwapeningen. Inderdaad, zelfs in geval van gescheurde voegvullingen kunnen er nog schuifkrachten doorheen de gescheurde voegen overgedragen worden, door de aanwezigheid van zijdelingse drukspanningen komende van de torsie van de elementen en het schuif-wrijvingsmechanisme. De kettingen in de oplegconstructie spelen hierbij een belangrijke rol. Ze moeten voor de nodige krachten loodrecht op de voeg zorgen wanneer de vloerelementen uit elkaar zouden gaan. De sterkte van de dwarse kettingwapening moet ten minste gelijk zijn aan de totale verticale schuifkracht, die doorheen de langse voegen overgedragen wordt.

Volgende voorwaarden moeten vervuld zijn om de dwarsverdeling te mogen toepassen:

- de langse voegen moeten in staat zijn om de verticale schuifkrachten op te nemen (Figuur 6.17); de voeg moet derhalve een aangepaste profilering hebben en er moet voldoende zorg besteed worden aan de voegvulling;
- de zijdelingse verplaatsing van de voegranden moet beperkt blijven.

De dwarsverdeling kan eveneens gerealiseerd worden met een constructieve druklaag. Deze wordt meestal toegepast bij geribde vloeren omdat de voegranden meestal te klein zijn om de schuifkrachten alleen door de voegvulling te kunnen overdragen.

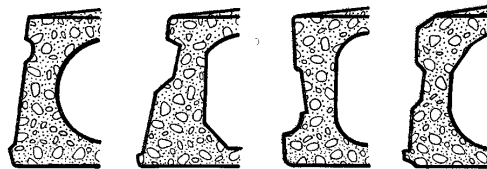


Fig. 6.17 Typische voegprofielen bij holle vloeren

• Praktische berekening van de dwarsverdeling

De toelaatbare dwarsverdeling van geconcentreerde belastingen kan bepaald worden door eenvoudige empirische regels, of door meer gecompliceerde analytische berekeningen. In veel gevallen zal de empirische benadering voldoende zijn. Men neemt daarbij aan dat de geconcentreerde belasting verdeeld wordt over een effectieve breedte gelijk aan de totale breedte van 3 geprefabriceerde elementen, of over een breedte gelijk aan $1/4^e$ van de overspanningslengte aan beide zijden van de belaste zone. Wanneer de resulterende verdeling niet voldoende is kan men meer ingewikkelde analytische berekeningen of grafieken gebruiken. Ze zijn echter specifiek voor elk type prefabvloer.

a) Holle vloeren

Voorbeelden van grafieken met praktische dwarsverdelingscoëfficiënten voor holle vloeren van 1,20 m breedte worden gegeven in de Figures 6.18 tot 6.20. Ze zijn gebaseerd op berekeningen en proeven. De grafieken zijn onafhankelijk van de dikte van de elementen, vermits de dwarsverdeling bepaald wordt door de relatie tussen de torsiestijfheid en de buigstijfheid van de elementen. Deze verhouding is praktisch volledig onafhankelijk van de dikte van de elementen en de vorm van de langse kanalen. De grafieken mogen enkel gebruikt worden voor de bepaling van de dwarsverdelingscoëfficiënten voor buiging en niet voor dwarskrachten, vermits de dwarsverdeling in de nabijheid van de vloeropleggingen verschillend kan zijn.

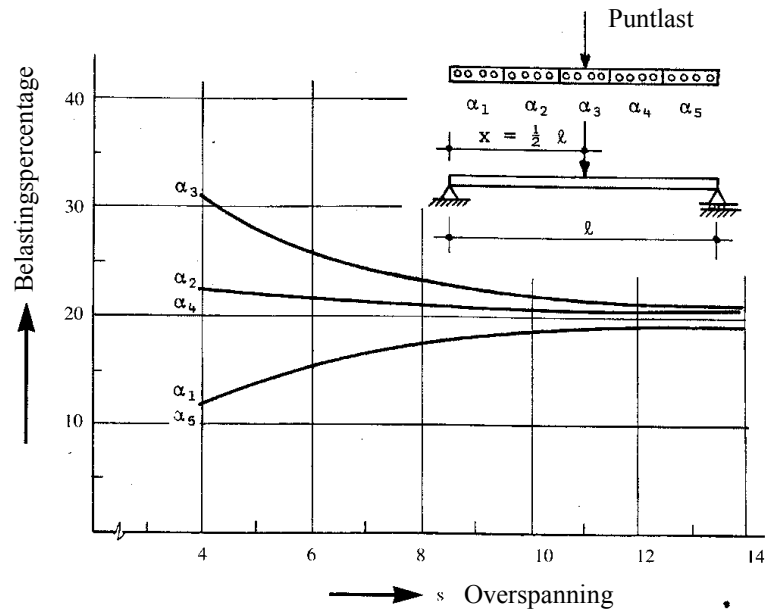


Fig. 6.18 Dwarsverdelingscoëfficiënten voor vloeren van 1,20 m breedte, voor puntlasten in het midden van de overspanning (enkel toepasselijk voor momenten).

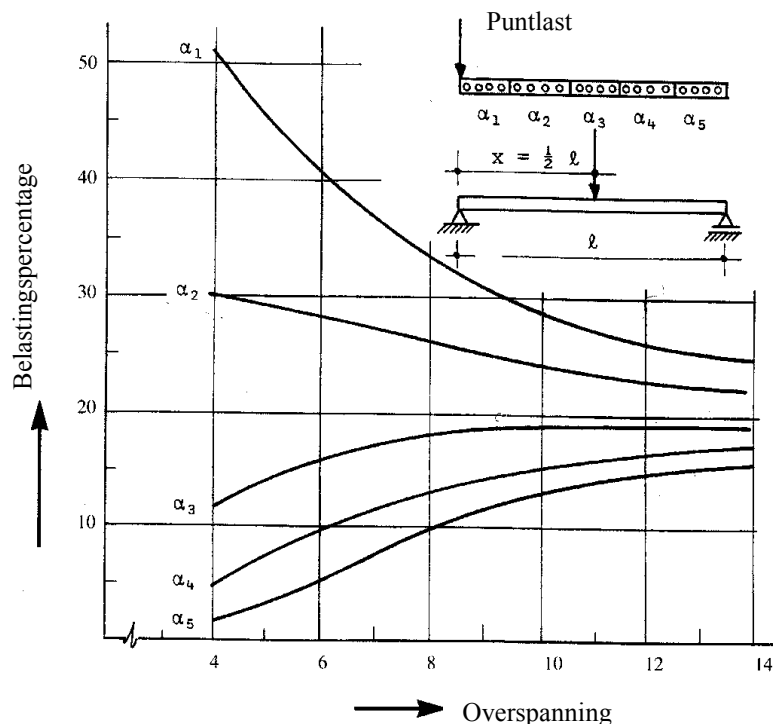


Fig. 6.19 Dwarsverdelingscoëfficiënten voor vloeren van 1,20 m breedte, voor puntlasten aan de rand van de vloer (enkel toepasselijk voor momenten).

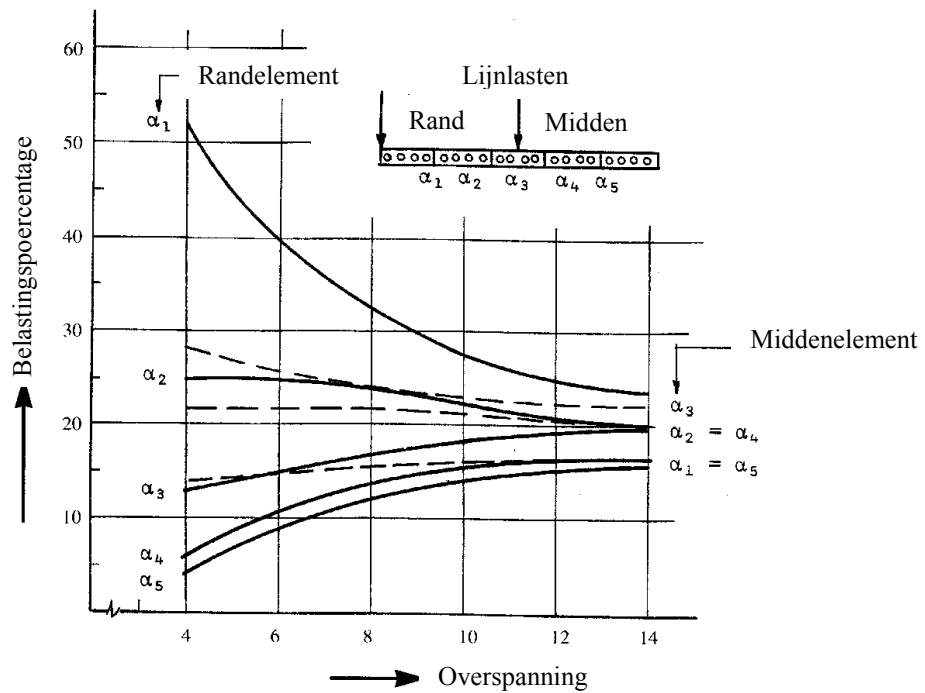


Fig.6.20 Dwarsverdelingscoëfficiënten voor vloeren van 1,20 m breedte, voor lijnlasten (enkel toepaselijk voor momenten).

b) Geribde vloeren

De dwarsverdeling van geconcentreerde belastingen in TT-vloeren met dunne flenzen (40/50 mm) is normaal enkel mogelijk met een gewapende constructieve druklaag. Het is eveneens aangeraden om op regelmatige afstand een dwarswapening te voorzien in de tafel van de elementen. Na montage worden deze continu gemaakt over de ganse breedte van de vloer door lasverbindingen (Figuur 6.21.a). Wanneer de dikte van de flenzen van de TT-elementen voldoende groot is om ze te gebruiken zonder druklaag, geschiedt de dwarsverdeling doorheen de opgevulde gekartelde voegen (Figuur 6.21.b) en de gelaste mechanische verbindingen. Ook hier moet voor een continue dwarswapening gezorgd worden.

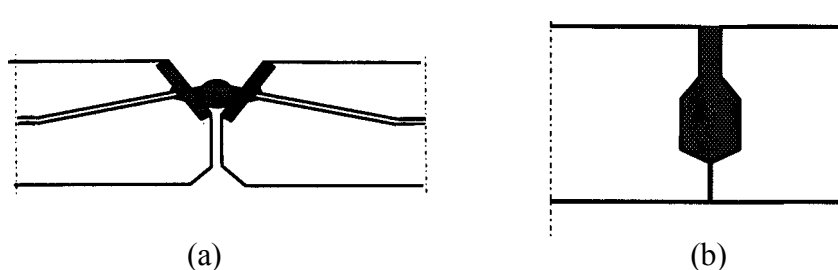


Fig. 6.21 Gelaste en gevulde verbindingen tussen TT-vloerelementen

c) Compositie geprefabriceerde vloeren.

De dwarsverdeling van geconcentreerde belastingen in compositie breedplaatvloeren is vergelijkbaar met deze van volledig ter plaatse gestorte vloeren, op voorwaarde dat er voldoende dwarswapeningen geplaatst worden over de langse voegen tussen de prefabplaten.

Voor compositiete balk-blok-vloeren, mag de hierna volgende vereenvoudigde procedure toegepast worden wanneer de volgende voorwaarden vervuld zijn:

- de vloer heeft een gewapende constructieve druklaag;
- de afstand tussen de balkjes is niet groter dan 800 mm;
- de geconcentreerde belastingen grijpen aan in de centrale helft van de overspanning;
- er wordt verondersteld dat tussenwanden of andere lineaire belastingen doorlopen over de volledige overspanning; ze mogen kleine onderbrekingen hebben (bijvoorbeeld een deur); de geconcentreerde belasting kan ook beperkt worden tot de middenste helft van de vloeroverspanning.

In deze gevallen wordt de effectieve belasting, die door elk balkje gedragen wordt, bekomen door de geconcentreerde belasting te vermenigvuldigen met de coëfficiënten die in tabel 6.22 gegeven worden. Wanneer de belasting niet rechtstreeks op een balkje aangrijpt maar tussen twee ervan, wordt de belasting verdeeld over de twee aanpalende balkjes en men volgt dezelfde procedure als hierboven. Meer informatie kan gevonden worden in de *fib* Guide of Good Practice on "Horizontal Composite Structures". [4]

Aantal balkjes aan elke zijde van de geconcentreerde belasting	Coëfficiënt voor balkje n°						
	1	2	3	4	5	6	7
2	0.26	0.22	0.15	0			
3	0.24	0.19	0.13	0.06	0		
4	0.22	0.17	0.12	0.07	0.03	0	
≥ 5	0.21	0.17	0.12	0.07	0.03	0.01	0

Tabel 6.22 Dwarsverdelingscoëfficiënten voor compositiete balk-blok-vloeren

6.6.4 Uitkragende vloeren en balkons

Uitkragingen kunnen op verschillende manieren gemaakt worden.

Vloeren en balkons kunnen steunen op uitkragende balken. Bij uitkragende balken moeten de kolommen op elke verdieping onderbroken en terug doorgesloten worden. Een andere oplossing bestaat erin de balken te ontdubbelen aan weerszijden van elke kolom en een bijkomende randbalk te voorzien aan het einde van de uitkraging.

Bepaalde vloertypes, zoals TT-elementen, kunnen berekend worden om direct over de randbalken uit te kragen. Holle vloeren zijn hiervoor minder geschikt, behalve voor kleine uitkragingen tot ongeveer

2,00 m. De vloeren moeten dan voorspanwapeningen hebben aan de onder- en bovenkant van de doorsnede. De uitkraging kan eveneens opgenomen worden met een gewapende constructieve druklaag die verankerd wordt in opengemaakte sleuven (Figuur 6.23). Bij overkragingen met

prefabvloeren is het altijd aangeraden de fabrikant te raadplegen vermits prefabvloeren gewoonlijk ontworpen zijn voor isostatische opleggingen.

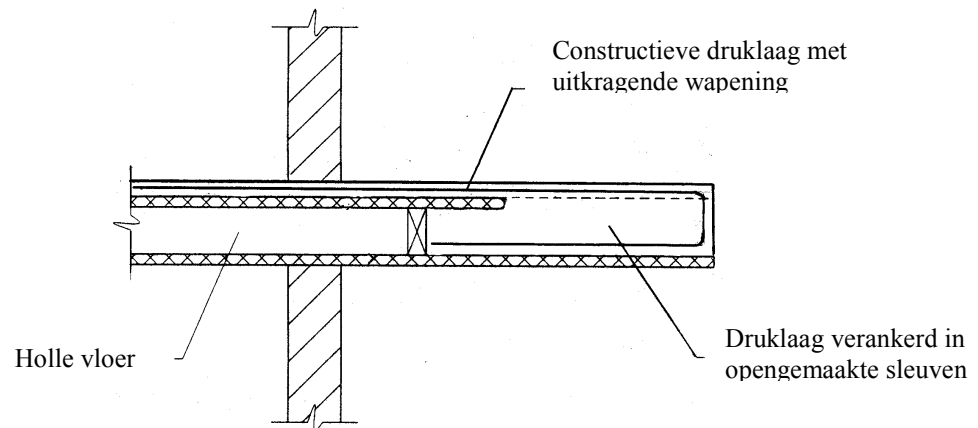
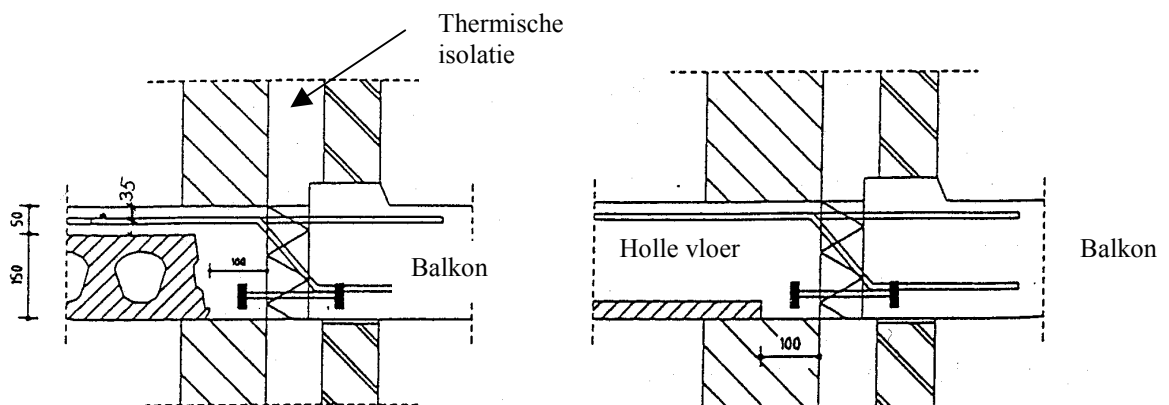


Fig. 6.23 Uitkragende holle vloer

In koudere klimaten moet er voor gezorgd worden dat er geen koude bruggen ontstaan doorheen overkragende elementen. Figuur 6.24. toont een mogelijke oplossing voor balkons. Tussen het geprefabriceerde balkon en de vloer wordt een isolatie geplaatst. De krachten in de voeg worden opgenomen door betonnen of stalen drukschoren en een bovenwapening die uit het balkon komt en in de holle vloer verankerd wordt.



Balkon evenwijdig met de langse holle vloer

Balkon in de verlenging van een holle vloer

Fig. 6.24 Uitkragende balkons met tussenisolatie om koude bruggen te vermijden

6.7 Verbindingen

6.7.1 Algemeen

De volgende soorten vloerverbindingen worden besproken:

- verbindingen ter plaatse van de opleggingen;
- verbindingen aan de langse voegen;
- zijdelingse verbindingen ter plaatse van niet-opgelegde vloerranden.

Verbindingen moeten op een correcte manier ontworpen en uitgevoerd worden om er voor te zorgen dat geprefabriceerde vloeren behoorlijk functioneren. De principes die in Les 4 gegeven worden moeten gevolgd worden. In de volgende paragrafen worden aanbevelingen en voorbeelden gegeven voor het ontwerp en de detaillering van typische vloerverbindingen.

De essentiële functies van verbindingen zijn:

- a) de vloerelementen verbinden met de oplegconstructie;
- b) trekkrachten overbrengen naar de stabiliteitssystemen;
- c) zorgen voor de structurele integriteit van de vloer, de schijfwerking en de dwarsverdeling van geconcentreerde belastingen;
- d) de effecten van krimp, kruip, temperatuurwisselingen en onderling verschillende zettingen opnemen.

6.7.2 Oplegverbindingen

a. Algemeen

De detaillering van oplegverbindingen hangt af van het type vloerelement en het materiaal van de draagconstructie: beton, staal of metselwerk. Het ontwerp van oplegverbindingen wordt uitvoerig behandeld in Les 9, hoofdstuk 9.2. De volgende praktische punten moeten in acht genomen worden:

- minimum opleglengte, rekening houdend met mogelijke toleranties;
- effenheid van de contactzone ter plaatse van de opleggingen;
- rotatiecapaciteit ter voorkoming van afspringen van betonranden;
- schikking van de kettingen;
- inklemmingsgraad van de vloerelementen.

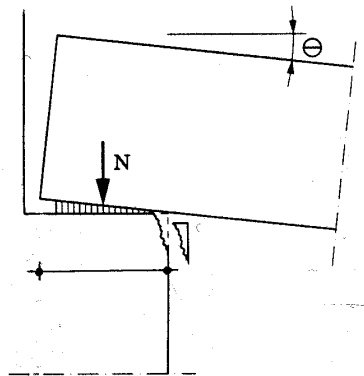


Fig. 6.25 Nominale opleglengte van prefabvloeren

De oplegspanningen zijn zelden kritisch voor holle vloeren, balk-blok-vloeren en breedplaatvloeren. Voor geribde vloeren kan de belasting zeer groot zijn en de oplegzone eerder klein, bijvoorbeeld wanneer TT-elementen opgelegd worden op de ribben.

Om de oplegreactie van vloerelementen te localiseren en de oplegvoorwaarden te verbeteren wanneer de oppervlakken oneffen zijn of de contactspanningen hoog, worden de prefabelementen

opgelegd op neopreenstrippen, mortelbedden, vezelcementplaten of gelijkaardige oplegmateriaal. Bij lichte vloerbelastingen zoals bijvoorbeeld in woningen, zijn deze oplegmateriaal niet altijd absoluut constructief nodig en worden de vloerelementen soms direct op de wanden geplaatst. In alle andere gevallen is het gebruik van oplegmateriaal altijd aangeraden.

Bij TT-elementen wordt het aangeraden om de oplegging te localiseren ter plaatse van de ribben, ook wanneer het element eindigt met een verdikte bovenplaat. Op deze manier worden de oplegkrachten direct in de ribben ingeleid.

b. Schikking van kettingen aan de opleggingen

De opleggingen moeten de verticale en horizontale krachten van de vloer naar de oplegconstructie overdragen, zowel in geval van normale belastingen als bij accidentele belastingen. Daarom moet de verbinding voldoen aan een aantal vereisten inzake krachtsoverdracht, robuustheid, vervormbaarheid en ductiliteit. In deze context is de detaillering van langse, dwarse en omtrek-kettingen kritisch. Er bestaan verschillende praktische oplossingen, naargelang het type vloer en oplegconstructie.

Bij holle vloeren worden de langse kettingwapeningen ofwel in de langse voegen of in opengemaakte kanalen ingebetonneerd (Figuur 6.27). De sleuven in de kanalen worden tijdens de fabricatie van de elementen gemaakt. Kettingwapeningen die in de langse voegen tussen de elementen geplaatst worden moeten een grotere verankering lengte hebben, bijvoorbeeld 1,5 m. De reden hiervoor ligt in de minder goede verankering omstandigheden dan bij opgebetonneerde kanalen, waarbij een verankering lengte van 0,6 tot 0,8 m volstaat.

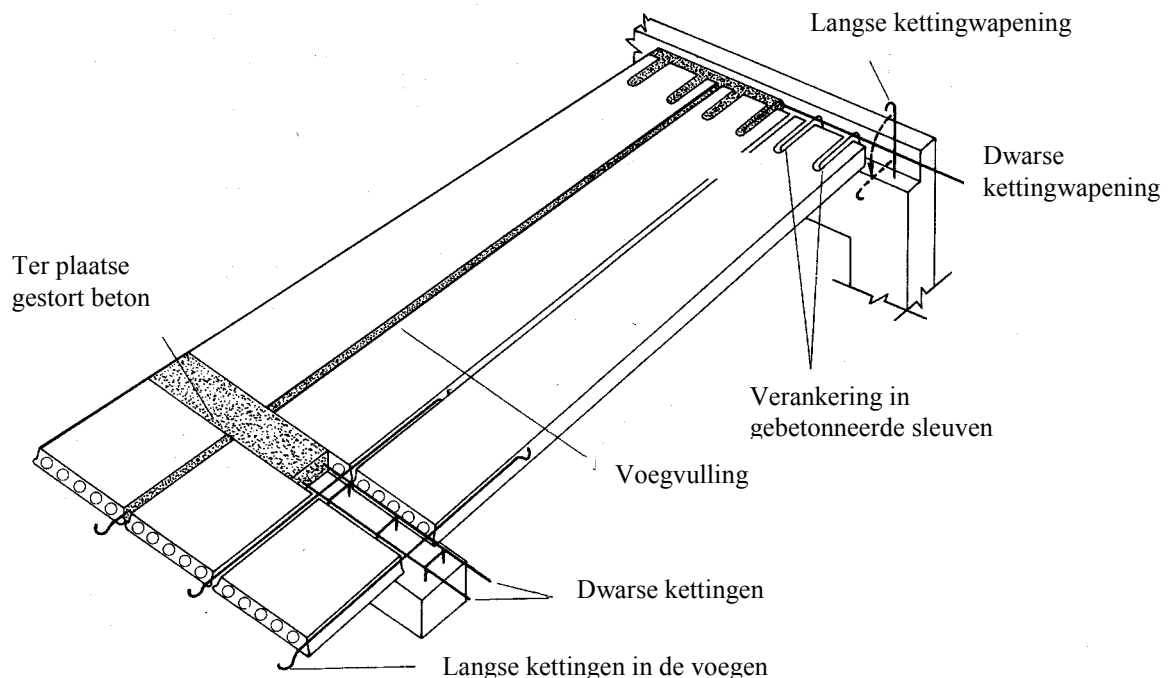


Fig. 6.27 Verankering van langse kettingwapeningen in holle vloeren.

De verbindingwapeningen worden best op halve hoogte in de doorsnede geplaatst, eerder dan aan de bovenzijde, tenzij de vloeren hyperstatisch ontworpen worden. De verantwoording ligt in het voorkomen van ongewenste inklemmingen aan de opleggingen. Anderzijds is de plaatsing van de

wapening tegen de onderzijde van de platen minder wenselijk in verband met de structurele integriteit, zoals verder in dit hoofdstuk zal worden uitgelegd. Daarom is de beste plaats in het midden van de doorsnede.

Bij tussensteunpunten worden de langse kettingwapeningen doorgekoppeld over de oplegconstructie, terwijl aan de rand van de vloer de langse kettingwapeningen direct verankerd worden in de dwarse kettingbalk of in de steunconstructie die de functie van kettingbalk vervult (Fig. 6.27).

Bij geribde vloeren gebeurt de verbinding tussen de vloer en de oplegconstructie door verankering van de wachstaven uit de vloerelementen in de kettingbalk, of door een gelaste verbinding (Figuur 6.28).

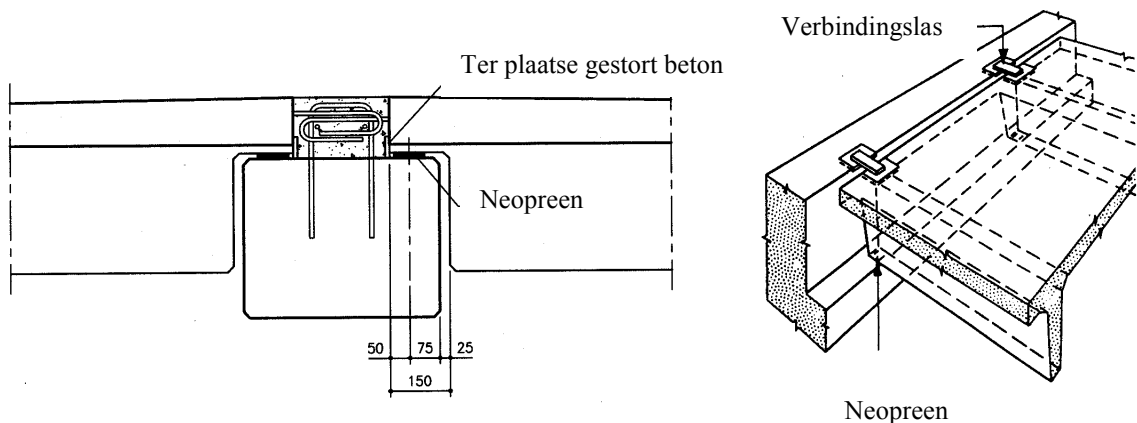


Fig. 6.28 Oplegverbindingen voor TT-elementen

De geprefabriceerde vloer kan ook verbonden worden met de oplegconstructie door een eventuele druklaag. De wapening in de druklaag moet doorlopen over de tussenbalk en overlappen met de wachstaven uit de vloerbalken.

De verbindingen tussen composiete breedplaatvloeren en de oplegconstructie kan soms voor kleine problemen zorgen. Ze kan gerealiseerd worden door het wapeningsnet te laten overlappen met wachstaven uit de oplegbalken of wanden. Ook bij balk-blok-vloeren wordt de verbinding op de klassieke manier gemaakt met wachstaven, gewapende druklagen, enz. Figuur 6.29 geeft enkele typische verbindingdetails bij breedplaatvloeren.

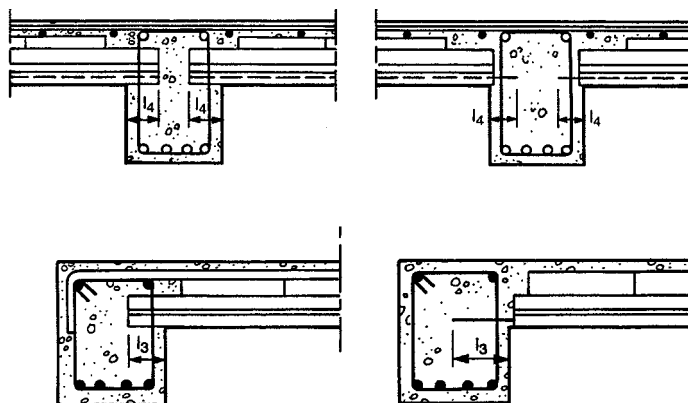


Fig. 6.29 Oplegverbindingen voor breedplaatvloeren

c. Holle vloeren die geklemd zitten tussen wanden

Prefabvloeren worden gewoonlijk isostatisch ontworpen. Dit is een logisch gevolg van de algemene filosofie om de verbindingen zo eenvoudig mogelijk te houden. Er kunnen echter ongewenste inklemmingen ontstaan ter plaatse van de vloeropleggingen door grote wandbelastingen op het uiteinde van de vloer (Figuur 6.30 a). Bij holle vloeren zonder bovenwapening wordt dit best voorkomen door de vloeren op te leggen op consoles aan de wanden, door de elementen op een dikkere neopreenlaag op te leggen of door de vloeren aan de uiteinden bovenaan af te schuiven. De afdoendheid van de laatste oplossing werd door proeven bewezen. Men heeft immers vastgesteld dat in geval van schuine vloeruiteinden, de eerste inklemmingsscheur optreedt tussen de afschuining en het vulbeton van de oplegging en dat deze scheur doorloopt binnen de oplegzone van het element. Bij verdere belasting gedraagt het element zich isostatisch en heeft het dezelfde dwarskrachtcapaciteit als wanneer het van de aanvang af vrij opgelegd zou geweest zijn. Het probleem kan natuurlijk ook opgelost worden door het element zodanig te ontwerpen dat het de negatieve momenten kan opnemen, bijvoorbeeld door een bovenwapening.

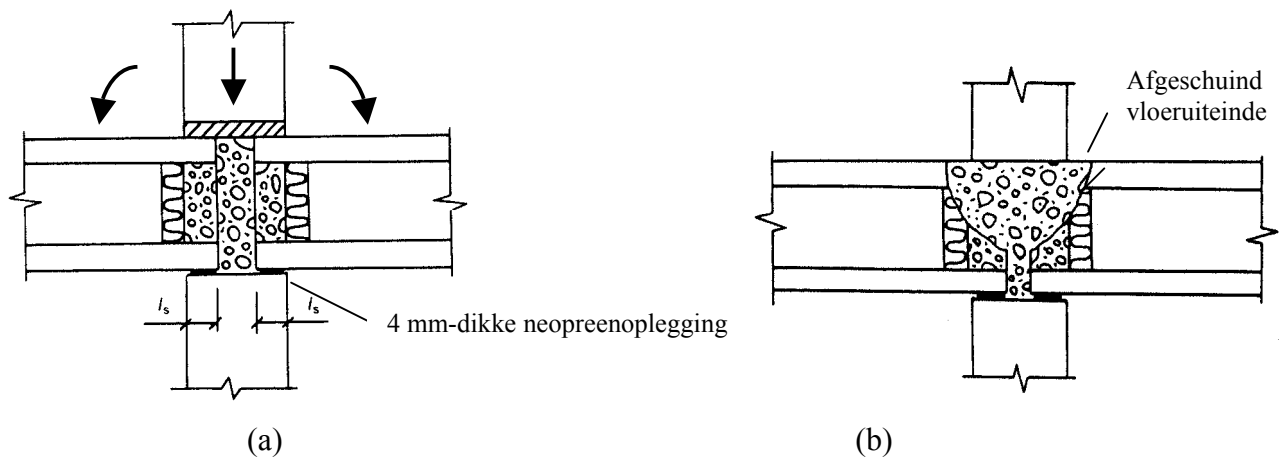


Fig. 6.30 Detaillering van de oplegging om toevallige inklemmingen te vermijden

d. Oplegverbindingen met staalbalken

Figuur 6.31 toont verbindingen van holle vloeren met staalbalken. Bij vloeren met verzonken staalliggers worden de kettingwapeningen geplaatst ofwel boven de ligger, of doorheen gaten in de lijfplaat. Wanneer de vloeren een brandweerstand moeten hebben, dienen alle blootgestelde staaldelen afdoende beschermd te worden met brandisolatie.

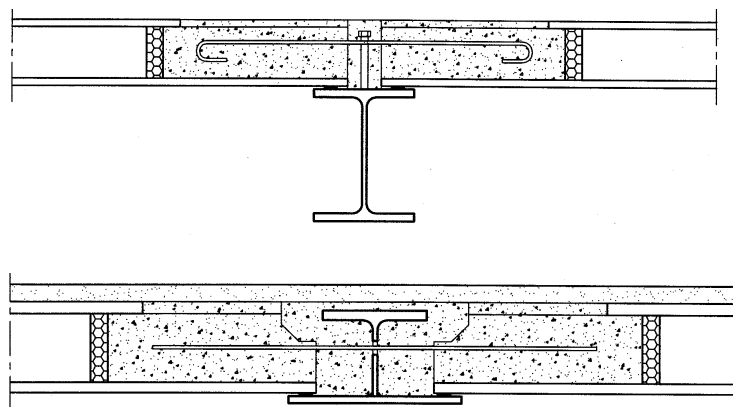


Fig.6.31 Voorbeelden van vloeren opgelegd op staalbalken

6.7.3 Verbindingen ter plaatse van de zijranden

Verbindingen ter plaatse van vloerranden dienen voor de bevestiging van wanden of voor de overdracht van de horizontale schuifkrachten tussen de vloer en de dwarswanden of stijve kernen.

Verbindingen aan de zijranden van holle vloeren worden gemaakt met locale sparingen in de rand van de plaat. Na montage worden wachtstaven uit de wanden of gevels in deze sparingen geplooid en opgestort (Figuur 6.32 a). De verbindingen worden op regelmatige tussenafstanden voorzien, bijvoorbeeld om de 2,40 m. Soms wordt ook een continue strook gegoten over de ganse vloerrand. Door deze verbinding kunnen er torsiemomenten in de vloer ontstaan omwille van de verhinderde doorbuiging van de vloer aan de zijrand. De praktijk wijst echter uit dat de vloeren voldoende vervormingscapaciteit hebben en dat er normaal geen problemen optreden als gevolg van de belasting en temperatuurwisselingen.

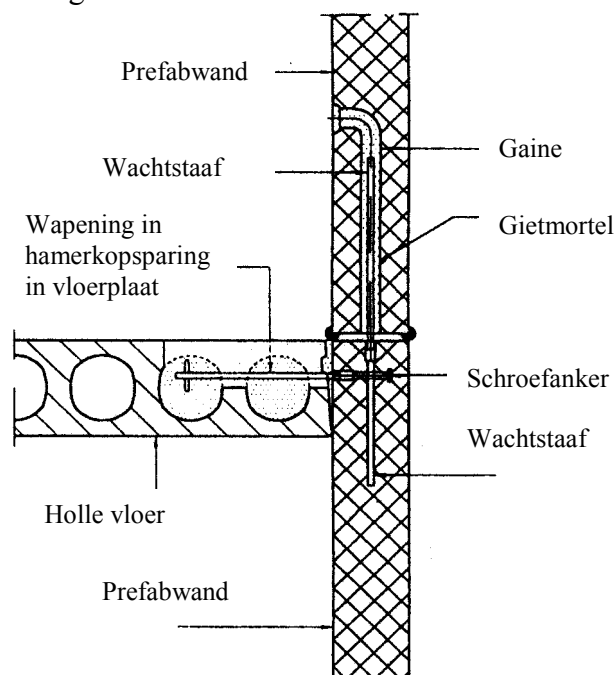


Fig. 6.32 (a) Verbindingen aan zijranden van holle vloeren

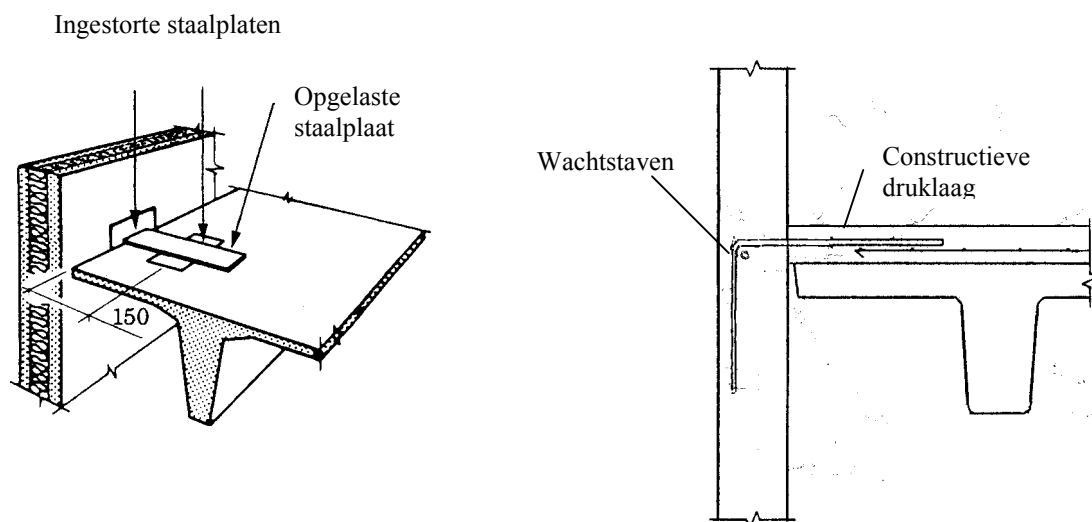


Fig. 6.32 (b) Verbindingen aan zijranden van TT-vloeren

6.8 Openingen en sparingen

Openingen in prefabvloeren kunnen op verschillende plaatsen en in een variëteit van afmetingen gemaakt worden. Bij het ontwerp moet men rekening houden met de stabiliteit van het element, de manipulatiemogelijkheden, het visuele aspect namelijk ruwe of gezaagde randen en de kostprijs. Gegevens over het ontwerp van openingen en sparingen in vloeren en daken worden gegeven in Hoofdstuk 9.3 van Les 9.

Referenties

- [1] FIP Recommendations "Precast prestressed hollow core floors" - FIP Commission on Prefabrication, Thomas Telford 1988 - ISBN 0 7277 1375 2
- [2] Manual for the design of hollow core slabs - 2nd edition; PCI Precast Prestressed Concrete Institute 175 West Jackson Boulevard, Chicago, Illinois 60604 - ISDN 0-937040-57-6
- [3] FIP "Planning and design handbook on precast building structures" - FIP Commission on Prefabrication, SETO Ltd. 1994, ISBN 1 874266 11 5
- [4] FIP Guide of good practice "Composite floor structures" - FIP Commission on Prefabrication, SETO 1998, ISBN 1 874266 38 7
- [5] British Standards Institution (1985) The Structural Use of Concrete. BSI, London, BS 8110
- [6] Swedish Building Code "Loadbearing Structures" Section 2A, SBN 1980; The National Board of Physical Planning and Building, Box 12 513, S-102 29 Stockholm.
- [7] Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1: General rules and rules for buildings. prEN 1992-1-1 , October 2002