

Les 9 - Constructiedetails

9.1 Algemeen

In de prefabricatie worden een aantal specifieke constructiedetails gebruikt zoals opleggingen, consoles, sparingen in elementen, enz, die bij het ontwerp van prefabconstructies moeten bepaald worden. Hierbij is het zeer belangrijk om een goed inzicht te krijgen in het krachtenverloop in deze onderdelen. Het vormt immers de basis voor een goede dimensionering en een correcte schikking van de wapening. In hetgeen volgt wordt het ontwerp van de meest belangrijke constructiedetails behandeld.

9.2 Opleggingen

9.2.1 Algemene eisen

De integriteit van opleggingen van geprefabriceerde elementen wordt verzekerd door:

- a. een doeltreffende wapening in de elementen boven en onder het steunpunt;
- b. het voorkomen van steunverlies door bewegingen;
- c. een aangepaste beperking van de oplegspanningen.

De draagcapaciteit van het ondersteunende element kan aanzienlijk verminderen door spleten of afscheuren onder invloed van horizontale krachten ter plaatse van de oplegging, tenzij glijopleggingen gebruikt worden. Deze krachten kunnen te wijten zijn aan kruip, krimp en temperatuursinvloeden. Zij kunnen ook het gevolg zijn van uitlijningsfouten, uit het lood staan, of andere oorzaken. Indien de kans bestaat dat de invloed ervan bepalend is, wordt ermee rekening gehouden in het ontwerp en de detailstudie van de verbinding, door het voorzien van een doeltreffende zijdelingse wapening tussen het opgelegde en het steunende element, of een continuïteitswapening om de uiteinden van de opgelegde elementen met elkaar te verbinden.

Wanneer belangrijke rotaties kunnen optreden aan de steunpunten van op buiging belaste elementen, worden aangepaste opleggingen gebruikt die in staat zijn deze rotaties op te nemen. Deze rotaties kunnen bovendien het aangrijpingspunt van de belasting naar de uiterste rand van de oplegging verschuiven. In dergelijke gevallen wordt rekening gehouden met de daaruit voortvloeiende verhoging van de buigende momenten en de oplegspanningen.

Opleggingen worden eveneens ontworpen en gedetailleerd zodat ze correct kunnen geplaatst worden, rekening houdende met productie- en montagetoleranties.

9.2.2 Opleglengte

De nominale opleglengte van een enkelvoudig opgelegd element is gelijk aan de som van de netto opleglengte plus alle toepasbare toleranties. Daarbij maakt men onderscheid tussen geïsoleerde en niet geïsoleerde elementen. Geïsoleerde elementen zijn deze waarvoor er in geval van bezwijken geen tweede draagweg voorhanden is, zoals bijvoorbeeld bij balken. Bij vloeren zal een lokale verzwakking aan de oplegging immers gecompenseerd worden door de dwarsverdelingscapaciteit.

De netto opleglengte wordt bepaald door de toegelaten spanning in de contactzone van het opgelegde en het ondersteunende element. Oplegmateriaal wordt gebruikt om de

contactspanningen te verdelen over het ganse contactoppervlak. Het oplegmateriaal moet geplaatst worden op een zekere afstand van de hoek van de oplegconstructie om afsplijten van de betonrand te voorkomen. Dezelfde voorzieningen moeten getroffen worden om het afsplijten van de onderste hoek aan de uiteinden van het opgelegde element te voorkomen. Bovendien moet rekening gehouden worden met mogelijke maatafwijkingen op de lengte van het ondersteunde element en op de tussenafstand van de beide steunpunten.

Volgens Eurocode 2 [2], wordt de nominale opleglengte van een enkelvoudige oplegging van niet geïsoleerde elementen zoals gegeven in Figuur 9.1, berekend met de volgende formule:

$$a = a_1 + a_2 + a_3 + \sqrt{\Delta a_2^2 + \Delta a_3^2}$$

waarin:

- a_1 de netto opleglengte is in functie van de toegelaten oplegspanning
- b_1 de netto oplegbreedte is
- a_2 de nodige afstand is vanaf de buitenkant van het ondersteunende element, om afsplijten te vermijden; de gebruikelijke waarde van a_2 gaat van 10 tot 15 mm voor lineaire opleggingen (bijv. vloeren) en van 10 tot 25 mm voor geconcentreerde opleggingen (bijv. balken).
- a_3 de nodige afstand is vanaf de buitenkant van het opgelegde element; de normale waarde gaat van 5 tot 15 mm
- Δa_2 de tolerantie is op de afstand tussen de beide ondersteunende constructies. $\Delta a_2 = \text{tussenafstand steunconstructies} / 1200$
- Δa_3 de tolerantie is op de lengte van het opgelegde element. $\Delta a_3 = \text{elementlengte} / 2500$

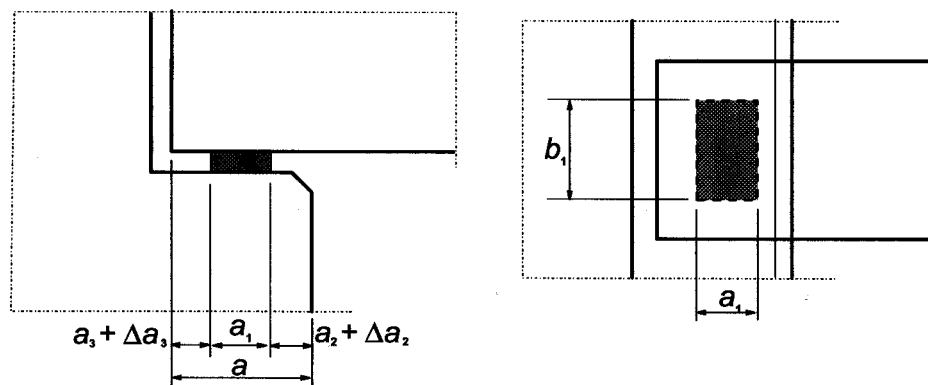


Fig. 9.1 Schikking van de oplegging

Voor geïsoleerde elementen wordt de nominale opleglengte 20 mm groter genomen dan voor niet-geïsoleerde elementen.

De volgende tabel geeft indicatieve waarden voor de nominale opleglengte "a" voor enkelvoudige opgelegde prefabvloeren en balken in functie van het materiaal van de steunconstructie. De vermeerdering voor niet-geïsoleerde elementen is in de tabel reeds opgenomen.

Opgelegd element	Materiaal van de steunconstructie	Plaatdikte h of balklengte ℓ	Nominale opleglengte
Holle vloeren	beton/staal	$h < 270$ mm $270 \leq h \leq 320$	≥ 70 mm ≥ 100 mm
	metselwerk	$h > 320$ mm $h < 220$ mm $220 \leq h \leq 270$ $h > 270$	≥ 130 mm ≥ 70 mm ≥ 100 mm ≥ 150 mm
Breedplaatvloeren	beton / staal		
	- met tijdelijke ondersteuning	-	30 mm
	- zonder	-	50 mm
	metselwerk		
- met tijdelijke ondersteuning	-	≥ 40 mm	
- zonder	-	≥ 50 mm	
Balkjes van blokvloeren	beton/staal		85 - 100 mm
	metselwerk	-	≥ 100 mm
Geribde vloeren	beton	$\ell \leq 15$ m	150 mm
Secundaire dakbalken	beton	$\ell \leq 8$ m	140 mm
Vloerbalken	beton	$\ell = 12 - 20$ m	200 - 230 mm
Dakbalken	beton	$\ell \leq 24$ m	195 mm
		$\ell \leq 40$ m	225 mm

Tabel 9.2 Indicatieve waarden voor nominale opleglengtes

9.2.3 Tandopleggingen

Tandopleggingen worden regelmatig gebruikt om de constructiehoogte van balken en vloeren te beperken. Tandopleggingen worden berekend met drukschoor- en trekkermodellen. Eurocode 2 voorziet hiervoor twee drukschoormodellen (Figuur 9.3). Bij geprefabriceerde elementen wordt gewoonlijk een combinatie van de twee modellen gebruikt. De stabiliteitswapening wordt gedimensioneerd volgens model (a), maar om zoveel mogelijk de scheurvorming in de keel van de tand te vermijden worden schuine staven geplaatst.

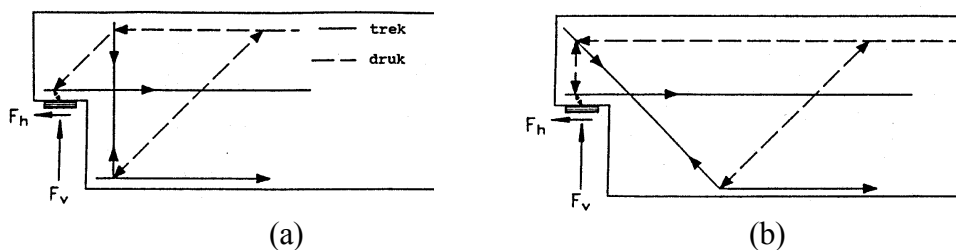


Fig. 9.3 Alternatieve drukschoormodellen

Figuur 9.4 toont een goede schikking van de wapening van een tandoplegging. A_s neemt de trekkracht op te wijten aan het buigende moment in de tand en de horizontale kracht in de oplegging. A_{sb} zijn horizontale beugels in de tand voor de frettage van de oplegreactie en de overdracht van de deuvewerking in de verbinding. A_{sa} zijn verticale beugels op het uiteinde van de balk juist voor de tand. Ze moeten de verticale reactiekracht in de tandoplegging overdragen naar de hoofdtrekwapening in de balk. Ze dienen ook voor de frettage van de voorspankracht samen met de horizontale beugels A_{se} aan het uiteinde van de balk zelf. Tenslotte zijn er de schuine beugels A_{su} die de scheurvorming in de keel moeten tegengaan om mogelijke corrosie doorheen de scheuren te voorkomen. Al deze wapeningen moeten voldoende verankerd worden.

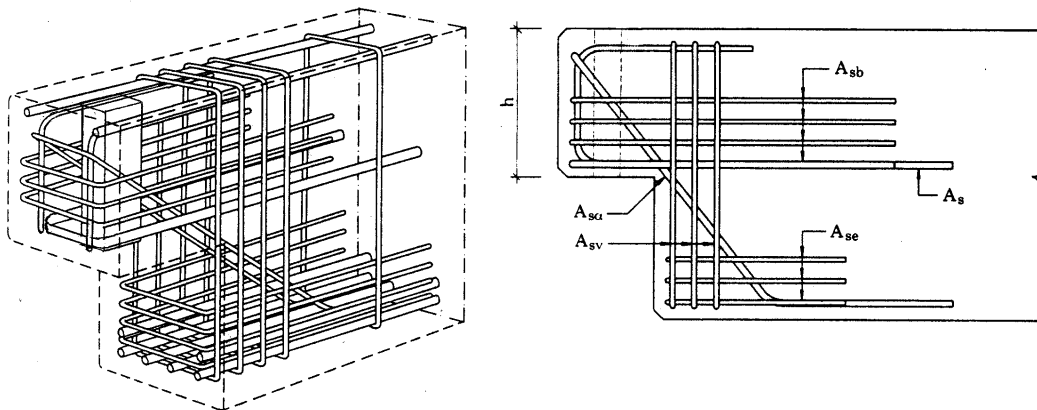


Fig. 9.4 Voorbeeld van een goede wapeningsschikking in een tandoplegging

Bij een tandverbinding tussen twee balken moeten de hierboven gegeven schikkingen van de wapening vanzelfsprekend symmetrisch uitgevoerd worden zoals aangegeven op Figuur 9.5.

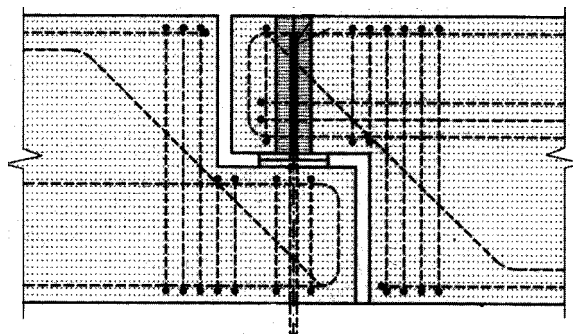


Fig. 9.5 Symmetrische tandoplegging bij balken

9.2.4 Hieloplegging bij balken

Bij de oplegging van vloeren op L-balken of omgekeerde T-balken bestaat er een tendens om de hoogte van de hiel zo klein mogelijk te maken, om de totale constructiedikte van de vloer te beperken. De normale hoogte van de hiel bedraagt 150 mm, maar 100 mm komt ook reeds voor. Figuur 9.6 toont de krachtwerking in een vloerbalk met hielopleggingen en Figuur 9.7 een voorbeeld van de mogelijke schikking van de voorspanwapening en de beugels.

In principe moet de oplegreactie van de vloer naar de drukzone van de vloerbalk overgedragen worden. Dit gebeurt op de volgende manier:

- de hiel werkt als een korte uitkragende constructie die met de schoorhoekmethode berekend wordt; de drukschoor steunt in de vloerbalk op een langswapening in de balk; de horizontale trekcomponent van de drukschoor wordt door de horizontale beugels in de hiel opgenomen;
- de verticale component van de drukschoor wordt door de verticale benen van de beugels in de vloerbalk overgedragen naar de drukzone bovenaan de balk;
- de schuifkrachten van de vloerbelasting moeten opgenomen worden door de betondoorsnede van de hiel.

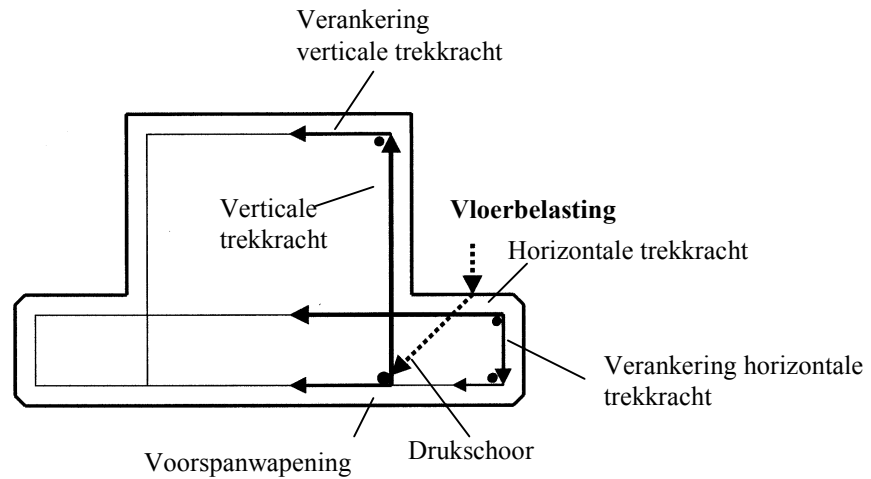


Fig. 9.6 Krachtsoverdracht in hiel van vloerbalk

Figuur 9.7 geeft enkele voorbeelden van de schikking van de voorspan- en zachtstaalwapening in vloerbalken met hielopleggingen.

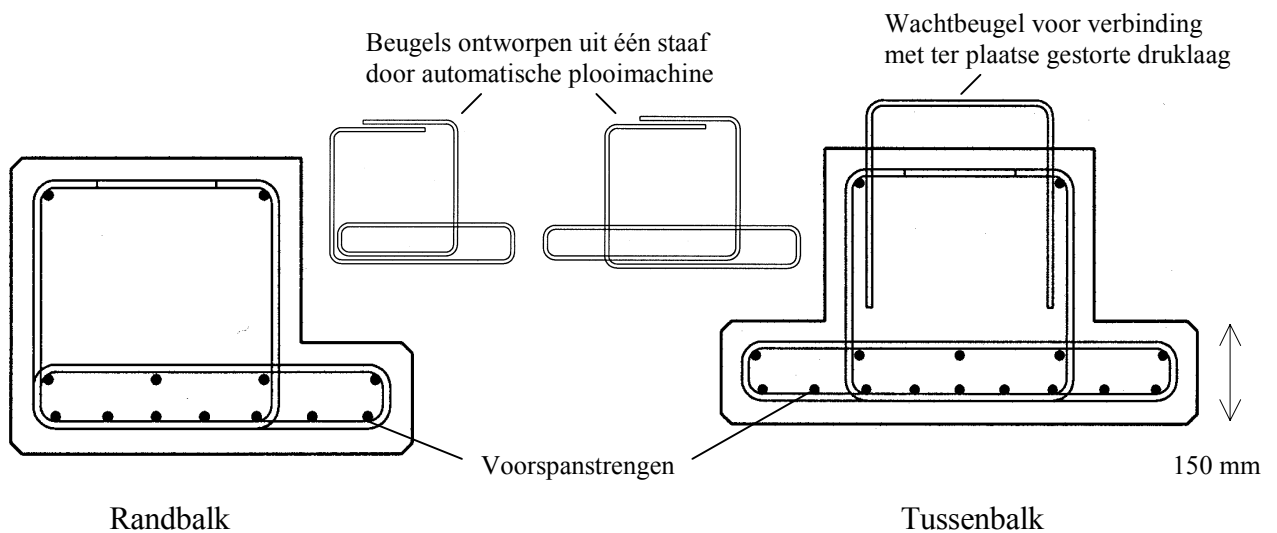


Fig. 9.7 Voorbeelden van wapening van vloerbalken met hielopleggingen

9.3 Betonnen consoles

9.3.1 Algemeen

Consoles worden in de prefabricatie gebruikt voor balk-kolom en balk-balk verbindingen, maar ook voor wand-vloer opleggingen. Figuur 9.8 en 9.9 tonen verschillende bestaande consoletypes. Bij kolomconsoles is type 'c' iets moeilijker te produceren omwille van de complexiteit van de mal en van de wapeningen. Ze wordt daarom enkel gebruikt wanneer het absoluut vereist is. De aanbevolen alternatieve oplossing is deze met 4 enkelvoudige consoles.

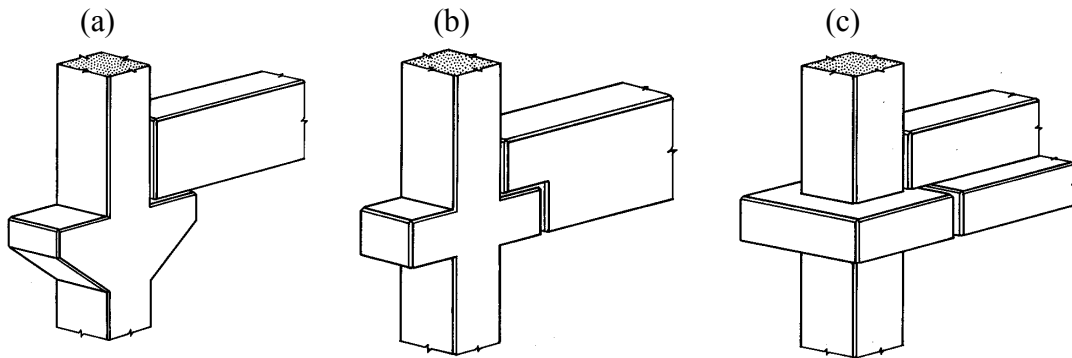


Fig. 9.8 Voorbeelden van kolomconsoles

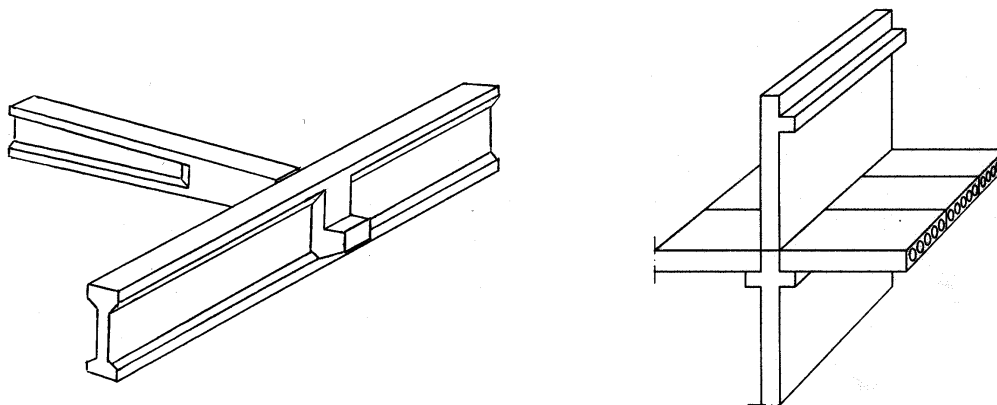


Fig. 9.9 Voorbeelden van balk- en wandconsoles

9.3.2 Ontwerp van consoles

In Figuur 9.10 worden aanbevelingen gegeven voor de afmetingen van consoles. De afstand a_0 vanaf het aangrijpingspunt van de belasting tot het buitenvlak van de kolom mag niet groter zijn dan d , die staat voor de effectieve diepte van de console. De hoogte h_1 van het voorvlak van de console mag niet kleiner zijn dan de helft van de totale diepte. De lengte ℓ van de console mag niet groter zijn dan $0,7 h$. Omwille van standaardisatie wordt het aanbevolen voor ℓ de waarden 300 of 400 mm te nemen.

$a_0 \leq d$	aanbevolen waarde: $0,4 d$ tot $0,6 d$
$h_1 \geq a_0$	minimum $0,5 h$
$\ell < 0,7 h$	gewoonlijk is $\lambda = 0,5 h$ maar bij voorkeur te moduleren op 300 of 400 mm.

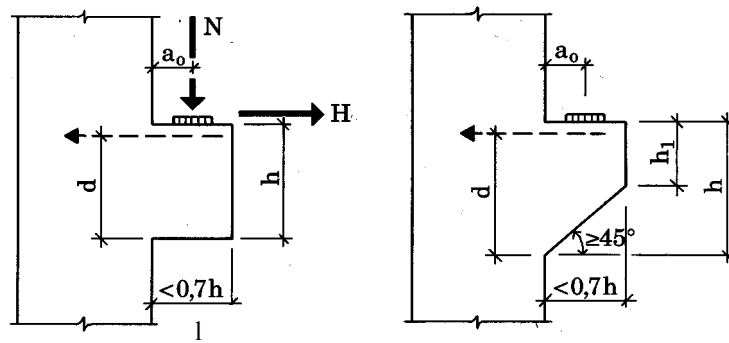


Fig. 9.10 Aanbevolen consoleafmetingen

Consoles van kolommen of balken worden gewoonlijk ontworpen op basis van de schoorhoekmethode zoals beschreven in Eurocode 2 EN 1992-1-1, sectie 6.5 [1], of in de Britse Standard BS 8110, Part 1, clause 5.2.7 [4]. De helling van de drukschoor wordt begrensd tot $1,0 \leq \tan \theta \leq 2,5$ (θ zie Figuur 9.11).

Naast de verticale belastingen moeten consoles eveneens ontworpen worden voor complementaire horizontale krachten te wijten aan krimp, thermische vervormingen door temperatuurschommelingen, vooral in het geval van lange voorgespannen balken. Bij gebrek aan gedetailleerde gegevens en berekeningen mag voor H_d een waarde $H_d = 0,15 N_d$ genomen worden. Het ontwerp moet vanzelfsprekend ook rekening houden met andere mogelijke horizontale acties, ondermeer afkomstig van rolkranen of andere acties.

Figuur 9.11 toont de spanningslijnen van een console naar de kolom. De overeenstemmende spanningen worden opgenomen door de drukschoor F_c en een horizontale trekkracht F_s . De breedte van de drukschoor hangt af van de rekenwaarde van de betondruksterkte. De trekwapening moet correct verankerd worden in de kolom. Bij dubbele consoles aan weerskanten van een kolom lopen de trekwapeningen door over de twee consoles. Voor enkelvoudige consoles moet de trekwapening volledig verankerd worden aan de andere kant van de kolom en overlappen met de hoofdwapening ervan. Meer informatie over de schikking en detaillering van de wapening wordt verder gegeven.

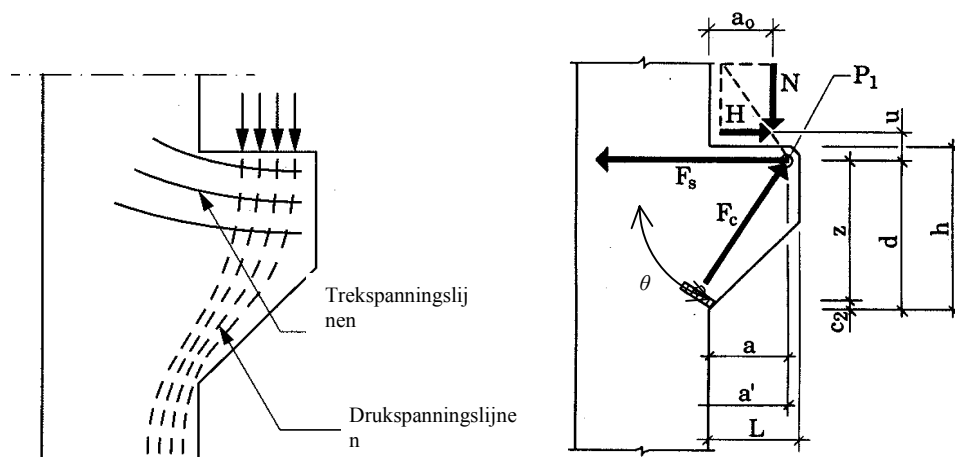


Fig 9.11 Spanningsverloop en schoorhoekmodel in betonconsoles

Wandconsoles worden gewoonlijk ontworpen als korte uitkragingen belast op buiging en dwarskracht. Wanneer maatregelen getroffen worden om een uniforme verdeling van de oplegspanningen van grote vloerelementen te bekomen, bijvoorbeeld met mortelvoegen, neopreen of gelijksoortige oplegmaterialen, mag de ontwerpwaarde van de oplegbreedte b_1 (Figuur 9.1) gelijk genomen worden aan de werkelijke breedte van de oplegging. In alle andere gevallen moet de oplegging ontworpen worden voor een concentratie van de oplegspanningen over 600 mm per vloerelement.

9.3.3 Detaillering van de consolewapening

Bij de praktische detaillering van de consolewapeningen moeten verschillende kritische punten in acht genomen worden. Een eerste kritisch punt betreft de korte afstand tussen het aangrijpingspunt van de oplegkracht en de rand van de console. De trekcomponent van het schoorhoekmodel moet voldoende verankerd worden voorbij het aangrijpingspunt van de belasting, naar het uiteinde van de console toe. Er kunnen moeilijkheden optreden met grote ploidiameters van de trekwapening, waardoor de bovenhoek van de console ongewapend blijft.

Er zijn verschillende methodes ontwikkeld om de hoofdwapening te verankeren in de bovenste hoek van de console:

- door een dwarse staaf te lassen aan het uiteinde van de hoofdwapening (Figuur 9.12.a);
- door het gebruik van een horizontale U-vormige wapening in de bovenkant van de console (Figuur 9.12.b).

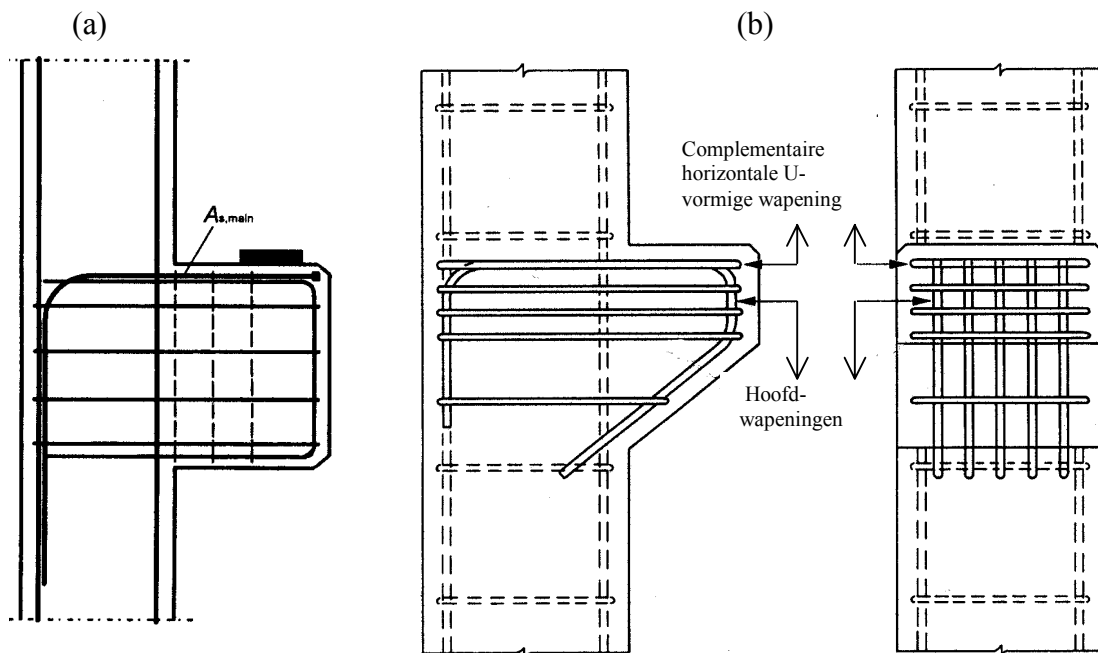


Fig. 9.12 Voorbeelden voor de verankering van de hoofdwapening van consoles

Een tweede kritisch punt betreft de hoofdwapeningen van meervoudige consoles die op eenzelfde niveau gelegen zijn aan twee aanpalende kolomvlakken. De opeenhoping van horizontale trekwapeningen kan ontweken worden door de hoogte van de bovenkanten van de consoles te laten verspringen over tenminste 50 mm, of door speciale stalen hulpstukken in de kolom te storten waarmee de trekkrachten kunnen overgebracht worden.

Een derde kritisch punt houdt verband met de betonspanningen ter plaatse van de gebogen wapeningen. Dit probleem kan meestal opgelost worden door meerdere kleine staafdiameters te gebruiken, bijvoorbeeld kleiner dan 25 mm diameter. Elliott [5] stipuleert dat de verstoorde zone in de kolom over een afstand van ongeveer $1,5 h$ boven de top van de console kan reiken en $1,5 h \cos \theta$ onder de onderkant van de console. Deze zones moeten voorzien worden van bijkomende beugels.

Een vierde kritisch punt bij meervoudige consoles is het feit dat de kolommallen telkens opnieuw moeten gemaakt worden voor elk project. Dit is vooral hinderlijk wanneer de kolommen gegoten worden met lange-bank-systemen. Wanneer de console zich enkel aan één kant van de kolom bevindt, wordt ze geproduceerd aan de bovenzijde van de mal, waardoor standaardbekistingen kunnen gebruikt worden. Wanneer de consoles echter aan meer dan één zijde voorkomen, moeten de standaardmallen omgebouwd worden om de consoles te kunnen betonneren. Men kan dit probleem oplossen door de consoles in twee stappen te betonneren. In stap 1 wordt de kolom gegoten met alleen consoles aan de bovenzijde van de mal. Ter plaatse van de andere consoles worden koppelsystemen ingestort ter plaatse van de trekwapeningen van de overige consoles. Deze koppelsystemen bestaan meestal uit bouthouders die met draadstangen aan elkaar verbonden zijn. Na het ontkisten van de kolom worden in stap 2 de trekwapeningen van de te storten consoles in de bouthouders bevestigd, de bijkomende beugelwapeningen geplaatst en mallen voor het betonneren van de consoles aangebracht. Daarna worden de consoles gebetonneerd. Om de overdracht van de schuifkracht van de console naar de kolom te verbeteren wordt een uitsparing van ± 20 mm diepte in de kolom gemaakt ter plaatse van elke console. Een andere methode bestaat erin de contactoppervlakte ruw te maken met een pikhamer of een andere methode.

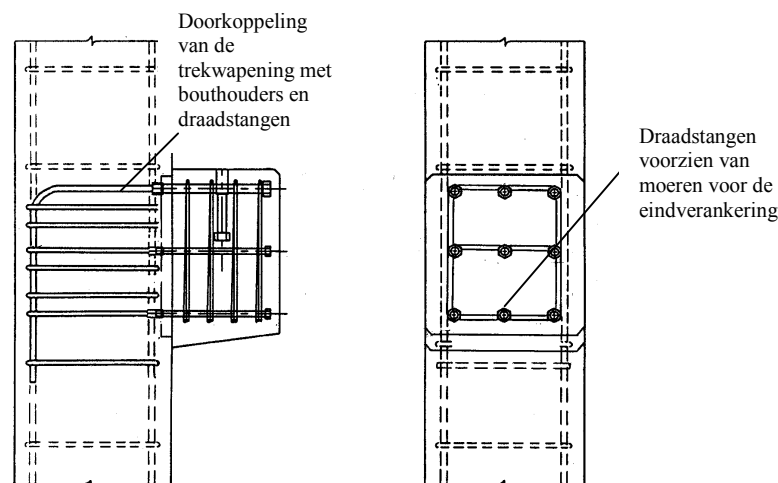


Fig. 9.113 Voorbeeld van een 2-stappen console

9.3.4 Verborgene consoles

Er bestaat een tendens om verborgen consoles te gebruiken voor balk-kolomverbindingen in gebouwen waar zichtbare consoles hinderlijk kunnen zijn. Het voordeel van de verborgen console is dat de intersectie tussen de balk en de kolom zuiver is, zonder onderliggende console. De verbinding is eveneens aantrekkelijk op esthetisch gebied. Er bestaan verschillende oplossingen voor verborgen consoles. Voorbeelden van mogelijke oplossingen worden gegeven in Figuur 9.14 .

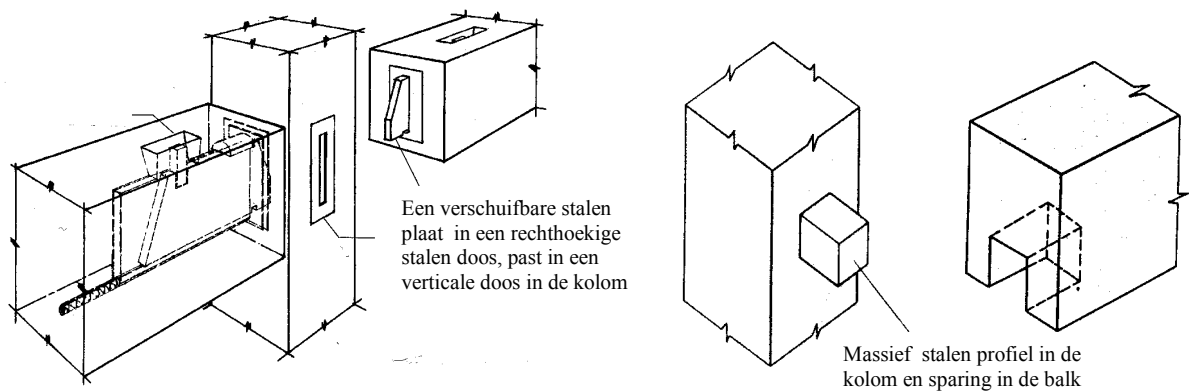


Fig. 9.14 Voorbeeld van verborgen consoles

9.3.5 Balkconsoles

Consoles aan voorgespannen balken worden meestal in twee stappen gerealiseerd. De balken worden normaal op de voorspanbank in een standaardmal gegoten en de meest economische oplossing voor de console bestaat erin deze achteraf te gieten. Net zoals bij kolommen worden bouthouders in de balk ingestort en nadien wordt de wapening van de console erin bevestigd. Bij balken in gewapend beton zal naargelang de grootte van de reeks de console direct in de bekisting voorzien worden of in twee stappen gerealiseerd worden.

Het is van groot belang dat de verticale reactie van de balkconsole op een correcte manier overgebracht wordt naar de drukzone van de balk. Dit gebeurt door beugels die onder de console lopen en in de drukzone verankerd zijn (Figuur 9.15). Aan weerszijden van de console worden in de balk bijkomende verticale beugels geplaatst over een zone die overeenstemt met een mogelijke scheur op 45° .

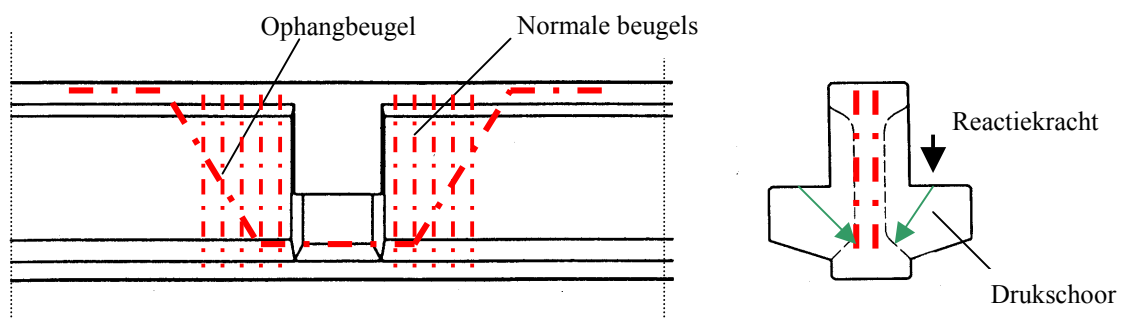
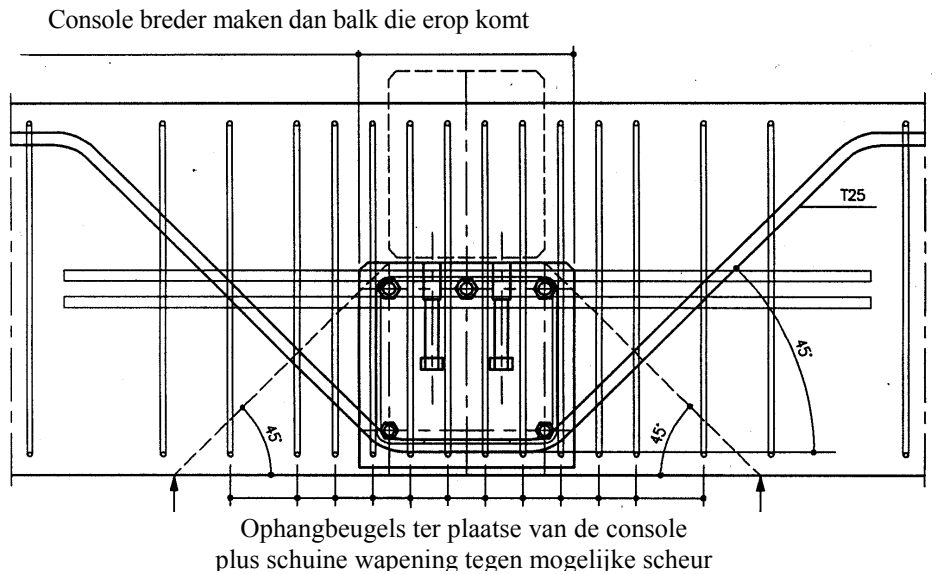


Fig. 9.15 Ophangwapening bij balkconsoles

Figuur 9.16 toont een praktijkvoorbeeld van de wapening van een tweestapen console aan een rechthoekige balk.



Verankerde bouthouders met lange overlappingslengte

Verankerde bouthouders met moer + metalen plaat + langswapening

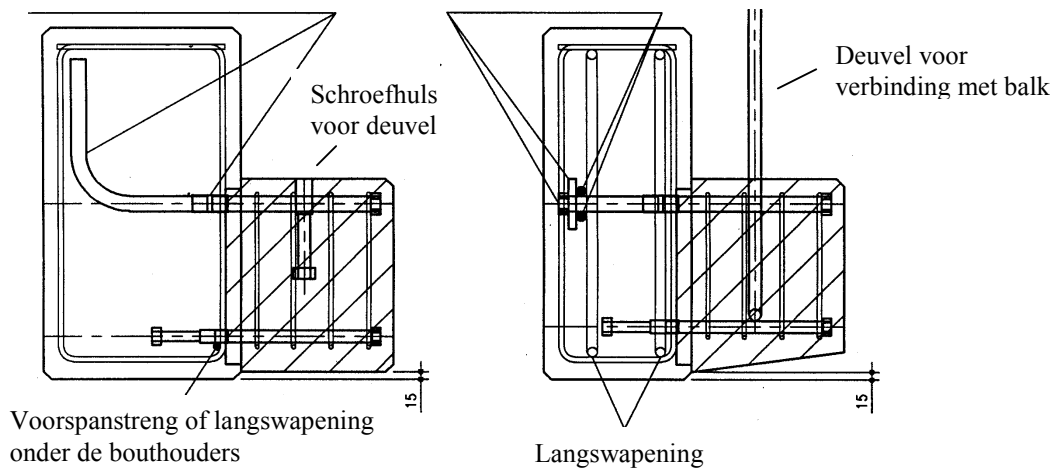


Fig. 9.16 Voorbeeld van wapening bij balkconsoles

9.4 Openingen en sparingen in prefabelementen

9.4.1 Opleeningen en sparingen in balken

Om de vrije hoogte onder vloeren en balken volledig te kunnen benutten zijn soms grote openingen nodig voor doorgangen van leidingen in de lijfplaten van balken of in de ribben van TT-elementen. Ze moeten zorgvuldig bestudeerd worden.

De grootte van de openingen wordt begrensd door de buig- en dwarskrachtcapaciteit ter plaatse van de openingen. Hierbij moeten alle fazen nagezien worden tijdens productie, transport en in dienst.

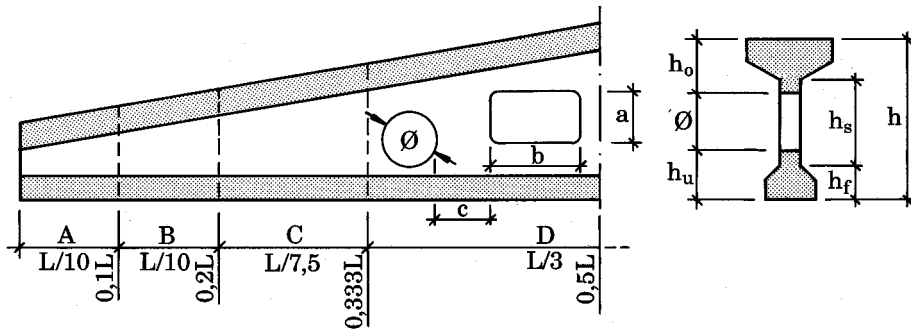


Fig. 9.17 Uitsparingen in dakbalken

Normaal moet de resterende balkhoogte boven en onder de uitsparing minstens 2/10 van de totale balkhoogte of minstens 200 mm bedragen. De diameter van ronde sparingen wordt begrensd tot 2/3 van de lijfhoogte van de balk. Tabel 9.18 geeft indicaties voor afmetingen van openingen in de lijfplaat van een dakbalk met hellend bovenzvlak volgens Figuur 9.17. Voor grotere sparingen dient de prefabrikant geraadpleegd te worden. De berekening van de sterkte van de balk boven en onder de uitsparing kan gebeuren op basis van een vakwerkmmodel of volgens de Vierendeeltheorie.

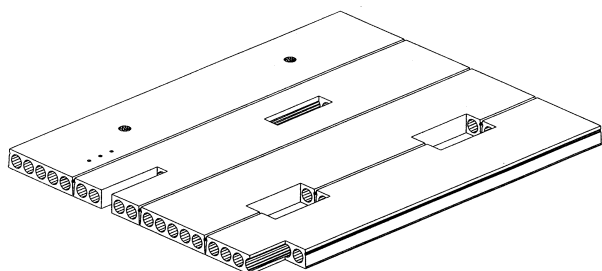
	A	B	C	D
Diameter ronde sparingen	$\leq 100 \text{ mm}$	$< h/4$	$< h/3$	$< h/2$
Rechthoekige sparingen				
a	-	$< h/5$	$< h/4$	$< h/3$
b	-	$< h/4$	$< h/3$	$< h/2$
Vrije afstand c	$\geq h$		$\geq 2 \text{ } \varnothing \text{ of } 2b$	

Fig. 9.18 Aanbevolen afmetingen voor uitsparingen

9.4.2 Openingen en sparingen in vloeren

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.

Openingen in holle vloeren kunnen, afhankelijk van de afmetingen, op twee manieren gemaakt worden. Kleine openingen van minder dan 300/400 mm worden tijdens de productie in het prefabelement gemaakt voor het beton verhard is. De maximum afmeting van de sparingen hangt af van de grootte van de langse kanalen en de hoeveelheid voorspanwapeningen die plaatselijk kan weggelaten worden zonder de stabiliteit van het element in gevaar te brengen. De afmetingen worden in het algemeen beperkt tot deze die in de tabel gegeven worden.



Lengte/breedte (mm)	HC 180 - 300	HC 400
- Hoek	600/400	600/300
- Kop	600/400	600/200
- Zijranden	1000/400	1000/300
- Centrum		
ronde gaten	kanaal min 20 mm	$\varnothing 135$
rechthoekige openingen	1000/400	1000/200

Fig. 9.19 Openingen in holle vloerelementen

Wanneer de sparingen te groot zijn om in één enkele holle vloerplaat gemaakt te worden, kunnen de sparingen gelokaliseerd worden ter plaatse van de langse voegen tussen de elementen, of indien de breedte groter is dan de plaatbreedte kan men een raveelconstructie gebruiken (Figuur 9.20). Het eigengewicht van de elementen wordt gedragen door de raveelbalk, maar de nuttige belasting gaat door de opgegoten langse voegen, op voorwaarde dat de dwarsketting en/of de omtreksketting in staat zijn de zijdelingse krachtcomponenten op te nemen. De vloeren aan beide zijden van de raveelbalk moeten voldoende versterkt worden om de bijkomende belasting te kunnen dragen.

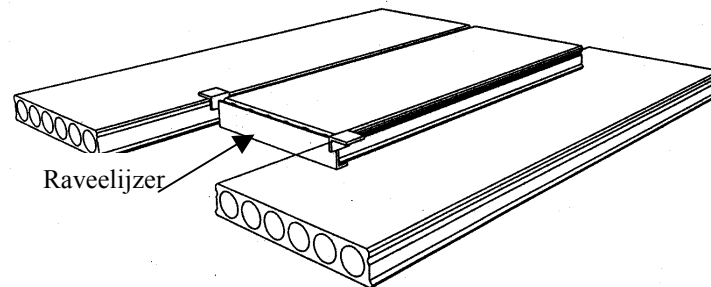
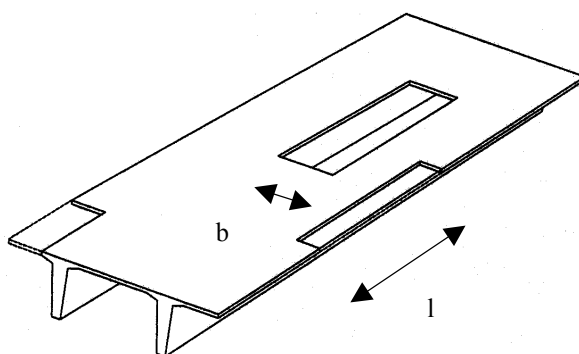


Fig.9.20 Raveelconstructie voor brede openingen in holle vloeren

De gebruiker wordt gewaarschuwd dat er water in de langse kanalen van holle vloeren kan insijpelen tijdens de montage. Wanneer het water cumuleert in de kanalen en befrist tijdens montage in de winter, kan er schade ontstaan aan de onderkant van de vloer door het afspringen van een gedeelte van de onderplaat. Een eenvoudige oplossing om het probleem te voorkomen bestaat erin tijdens de productie draineergaatjes ter plaatse van de kanalen in de onderzijde van de elementen aan te brengen. Ze bevinden zich op ongeveer 1 tot 1,5 m van beide uiteinden en men moet tijdens de montage nagaan dat ze open blijven.

Openingen in geribde vloeren kunnen gemaakt worden op de plaatsen die op Figuur 9.21 aangeduid zijn. In geen geval mogen verticale gaten gemaakt worden doorheen de ribben van TT-elementen. Horizontale ronde openingen doorheen de ribben kunnen boven de voorspanwapeningen gemaakt worden, bijvoorbeeld om er leidingen door te voeren.



Localisatie	TT- 2400 l/b (mm)	TT-3000 l/b (mm)
- Centrum	1000/630	1000/930
- Rand	100/320	1000/460
- Hoeken	1000/320	1000/460

Fig.9.21 Openingen in TT-elementen van 2,4 m en 3,00 m breedte

In compositie breedplaatvloeren kunnen openingen en sparingen praktisch op elke plaats aangebracht worden omwille van de kleine dikte van de platen, zelfs na montage. Indien nodig dient men bijkomende wapening te plaatsen in het opgestorte gedeelte van de vloer.

9.5 Speciale wapeningen

9.5.1 Verankeringszones van voorgespannen liggers

Bij de overdracht van de voorspankracht op het beton ontstaan er trek- en slijtspanningen in de verankeringszone aan het uiteinde van een voorgespannen ligger. Deze spanningen moeten met een frettagewapening opgenomen worden. Figuur 9.22 geeft een schematische voorstelling van de wapeningen in het eindblok van een voorgespannen ligger.

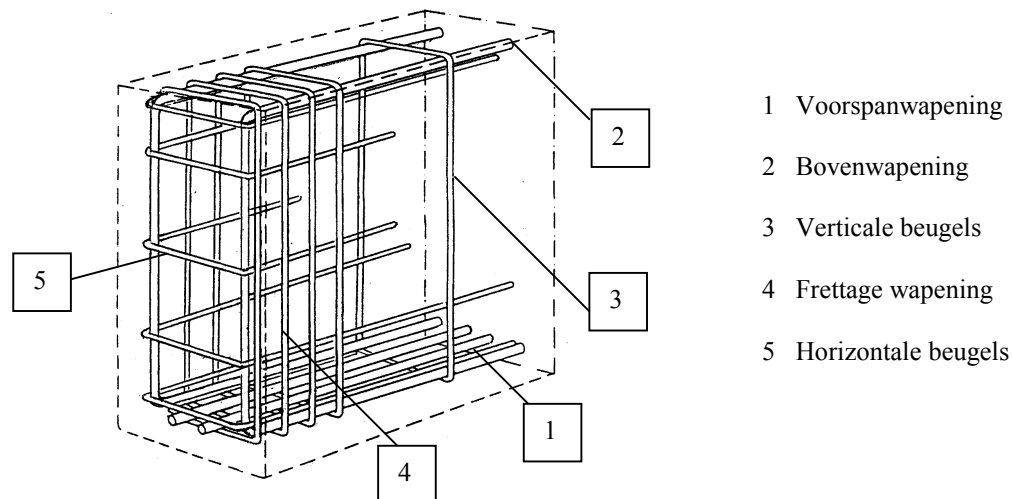


Fig. 9.22 Schikking wapening in eindblok van voorgespannen balk

Men onderscheid daarbij de volgende soorten wapeningen:

1. de voorspanwapening verankerd op kleef; de overdrachts- en verankeringslengte kan berekend worden volgens sectie 4.2.3.5.6 van NBN B15-002;
2. de bovenwapening die de trekkrachten moet opnemen afkomstig van:
 - de excentriciteit van de voorspankracht;
 - de uitkraging van het uiteinde van de balk ten opzichte van de plaats van de hefhaak tijdens de manipulatie. Vermits het om een tijdelijke toestand gaat mag gerekend worden met hogere toelaatbare staalspanningen; de berekening kan als volgt gebeuren:

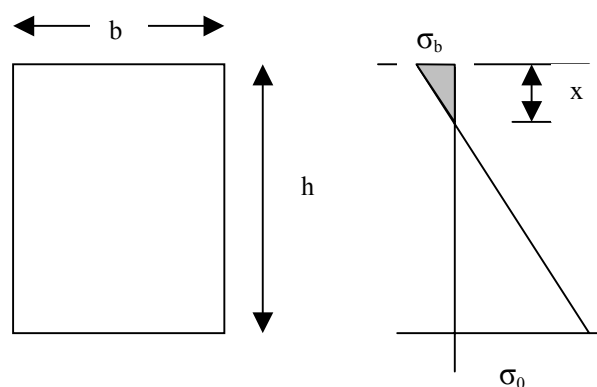


Fig. 9.23 Berekeningsmodel voor manipulatiwapening balk

$$A_s = [b \cdot x \cdot (\sigma_b / 2)] / 300 \text{ N/mm}^2$$

Met: b: breedte balk

x: hoogte getrokken zone

σ_b : trekspanning in de bovenvezel ten gevolge van de voorspanning + uitkragend deel van de ligger voorbij de heflus;

3. verticale beugels voor het opnemen van de dwarskracht; NBN B15-002 voorziet hiervoor een minimumwaarde in functie van de doorsnede van het element;
4. frettagewapening voor het opnemen van de splijtspanningen afkomstig van de overdracht van de voorspankracht; de grootte van deze spanningen kan theoretisch berekend worden met behulp van de korte-liggeranalogie of van een equivalent prisma (zie cursus Voorgespannen Beton van prof. Taerwe); men kan de wapening eveneens bepalen voor een forfaitaire kracht gelijk aan 11 % van de voorspankracht.

$$A_{sw} = 11\% \times [N \cdot A_p \cdot f_{p0}] / 300 \text{ N/mm}^2$$

9.5.2 Uiteinden van kolommen

Kolommen worden eveneens voorzien van een frettagewapening aan de uiteinden om dwarse trekspanningen op te nemen afkomstig van:

- geconcentreerde belastingen ter plaatse van de oplegging van balken;
- splijtspanningen te wijten aan de voegvulling (zie Les 4 – sectie 4.4.1);
- overdracht van de voorspankracht bij voorgespannen kolommen;
- complementaire horizontale krachten uitgeoefend door lange opgelegde balken, onder invloed van krimp en thermische vervormingen (zie 9.2.2).

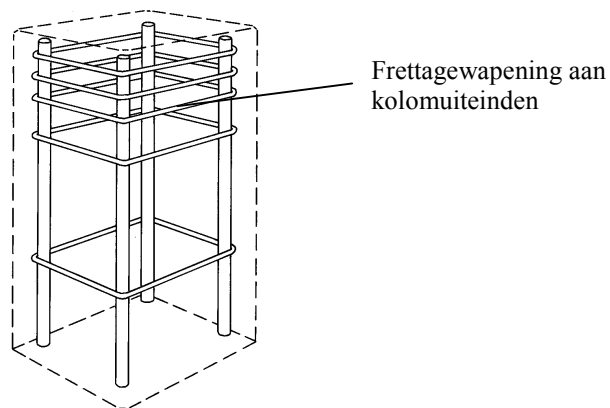


Fig. 9. 24 Frettagewapening in kolom

9.5.3 Wanden en gevelementen

Bij volle wanden worden een aantal constructiewapeningen geplaatst:

- beugels tegen het splijten van de boven- en onderrand van de wand (zie Les 4, sectie 4.4.1);
- diagonale hoekwapeningen tegen mogelijke krimp scheuren tijdens het verharden van de elementen in de mal; de raam-of deurbekistingen verhinderen immers de krimp van het beton waardoor hoekscheuren kunnen ontstaan indien het element te lang in de bekisting blijft;

- verstijving van uitkragende wandonderdelen, bij voorbeeld smalle deurstijlen tijdens manipulatie en transport; men kan hiervoor een hoekijzer of grote wapeningstaven gebruiken; na montage worden deze weggebrand, tenzij ze in de vloerafwerking komen.

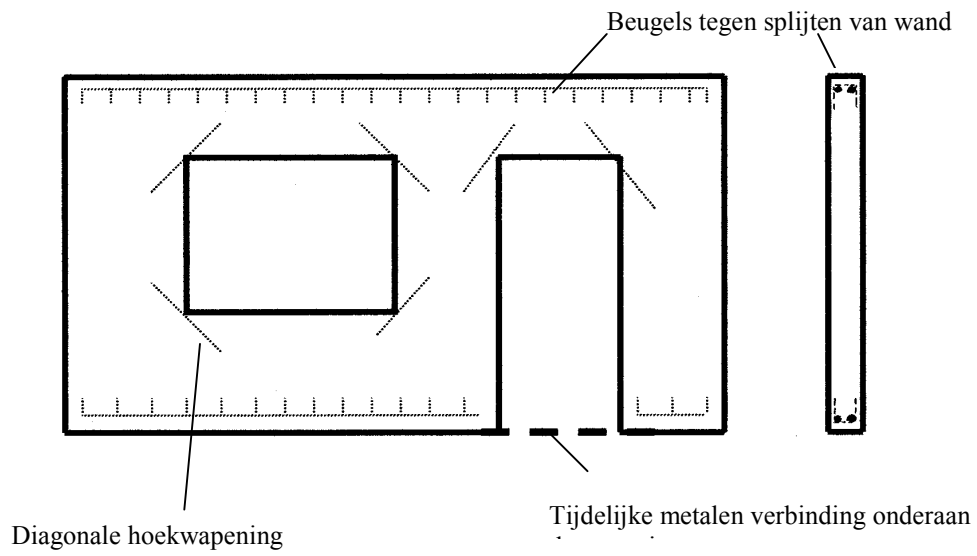


Fig. 9.25 constructieve wapeningen in wandelementen