

Voorbeelden in staalbouw

VERDIEPINGBOUW

Keuzegids voor constructeurs, architecten en aannemers



Samenstelling: Euro-build in Steel

Vertaling: Bouwen met Staal
Vormgeving: The Steel Construction Institute

Bouwen met Staal

Postbus 190
2700 AD Zoetermeer
tel. +31 (0)79 353 12 77
fax +31 (0)79 353 12 78
e-mail info@bouwenmetstaal.nl
internet www.bouwenmetstaal.nl
ISBN 978-1-85942-130-7 (de Engelstalige versie)
© Bouwen met Staal, 2008

Copyright

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt – in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of enige andere manier – zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Disclaimer

Aan de totstandkoming van deze publicatie is de uiterste zorg besteed. Desondanks zijn eventuele (druk)fouten niet uit te sluiten. De uitgever sluit,

mede namens al degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, elke aansprakelijkheid uit voor directe en indirecte schade, ontstaan door of verband houdende met de toepassing van deze publicatie.

Inhoud

De brochure 'Verdiepingbouw' biedt actuele informatie voor het ontwerp van meerlaagse utiliteitsbouw (verdiepingbouw) met een stalen draagconstructie. Deze informatie richt zich op constructeurs en andere leden van het ontwerpteam zoals architecten en adviseurs en is met name nuttig in een vroeg stadium van het ontwerpproces. De brochure verschijnt in het kader van Euro-Build in Steel, een kennisoverdrachtsproject dat wordt gesponsord door het 'Research Fund for Coal & Steel' (RFCS). Het projectnummer is RFS2-CT-2007-00029.

Doel van het Euro-Build in Steel project is om ontwerpers te voorzien van actuele informatie en praktijkvoorbeelden. Op deze manier wordt een blik vooruit geworpen naar de volgende generatie utiliteitsgebouwen met staalconstructies. De andere twee brochures in de reeks behandelen de hallenbouw en de woningbouw.

De brochure 'Verdiepingbouw' is gebaseerd op de Engelstalige publicatie 'Commercial buildings. Best practice in steel construction' die eveneens is verschenen als onderdeel van het project Euro-Build in Steel. De brochure maakt tevens gebruik van het artikel 'Integrale keuze van vloeren loont' door ir. B. Potjes in het vaktijdschrift Bouwen met Staal.

Partners in Euro-Build in Steel zijn:

- ArcelorMittal
- Bouwen met Staal
- Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM)
- Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA)
- Labein
- SBI
- The Steel Construction Institute (SCI)
- Technische Universität Dortmund

Deze brochure kwam tot stand met financiële steun van het 'Fonds voor Onderzoek inzake Kolen en Staal' van de Europese Commissie.

1 Verdiepingbouw



2 Kiezen voor een staalskelet



3 Vloersystemen



4 Speciale vloersystemen



5 Liggerverbindingen



6 Voorbeeldprojecten



1 Verdiepingbouw

Onder meerlaagse utiliteitsbouw, ook wel verdiepingbouw genoemd, vallen gebouwen met een groot aantal gebruiksfuncties zoals kantoren, winkels, scholen en ziekenhuizen. Staal en verdiepingbouw vormen een uiterst succesvolle combinatie. De toepassing van een stalen draagconstructie wint in Nederland en de rest van Europa snel terrein. Skeletbouw in het algemeen zorgt door de scheiding van draagconstructie en afbouw voor een vrije indeelbaarheid van plattegronden en gevels. Staalskeletbouw voegt daar nog een dimensie aan toe: slanke constructies waarmee ook afwijkende gebouwvormen gemakkelijk zijn te ontwerpen.

Er zijn veel redenen waarom architecten, constructeurs en opdrachtgevers voor een staalskelet kiezen. Naast architectonische en technische argumenten is de meest simpele reden: deze keuze levert per saldo geld op. Die winst zit niet zozeer in de prijs van het staal, maar vooral in 'afgeleide' besparingen of waardevermeerderingen. De belangrijkste daarvan zijn:

- tijdswinst bij de bouwvoorbereiding;
- tijdswinst bij de uitvoering;
- tijdswinst door weersonafhankelijkheid;
- gewichtsbesparing;
- functiescheiding (drager en afbouw);
- duurzaamheid en flexibiliteit;
- bijzondere constructieve mogelijkheden.

Recente studies tonen aan, dat de constructie doorgaans hooguit circa 10% uitmaakt van de totale bouwkosten. De invloed van de constructiekeuze op de kosten van de fundering, de installaties en de gevel is vaak belangrijker. Daarom is voor een optimalisering van het gebouwontwerp een combinatie nodig van architectonische, constructieve, installatietechnische, logistieke en uitvoeringstechnische overwegingen. In de verdiepingbouw zijn tendensen waarneembaar naar kolomvrije ruimten met grotere overspanningen en integratie van leidingen in het vloerpakket.



Afb. 1.1 Een modern kantoorgebouw met een stalen draagconstructie biedt een hoge kwaliteit, flexibiliteit in het gebruik en een efficiënte werkomgeving.

2 Kiezen voor een staalskelet

Veel overwegingen bepalen het ontwerp van meerlaagse utiliteitsgebouwen. De belangrijkste ontwerpaspecten en de voordelen die staal daarbij biedt, zijn hier opgesomd.

Kantorenmarkt

Een aanzienlijk deel van de verdiepingbouw bestaat uit kantoren, zowel voor de commerciële als de publieke sector. Deze gebouwen kunnen een groot bruto vloeroppervlak hebben (enkele duizenden vierkante meters) en een aanzienlijk aantal bouwlagen (vanaf twee tot meer dan tien). In Nederland heeft het standaard kantoorgebouw twee beuken van 7,2 m, maar er is een tendens waarnaembaar naar grotere beukmaten van 7,5 m en zelfs 7,8 m of 8,1 m. Het is gangbaar om de overspanning van 14,4 m te maken met een tussensteunpunt. Omwille van grotere flexibiliteit in de gebruiksfase wordt in sommige gevallen overgegaan op een grote, kolomvrije ruimte. Dit leidt tot een vrije vloeroverspanning van gevel tot gevel van minstens 14,4 m.

Zeker in binnensteden gelden vaak eisen voor de maximale gebouwhoogte. Een beperking van de totale vloerhoogte, bijvoorbeeld door leidingen en installaties in het vloerpakket op te nemen, kan hierbij van groot nut zijn. Ondanks de leegstand van oudere bedrijfsruimten is er een grote vraag naar kwalitatief hoogwaardige kantoorruimte, met name in de steden. Banken en andere grote ondernemingen stellen hoge eisen aan architectuur en duurzaamheid. Zij investeren in de vormgeving en in een slimme installatiestrategie. Veel van deze gebouwen bezitten gekromde of andere ingewikkelde vormen en hebben grote beglaasde geveloppervlakken en atria.

Sinds enkele jaren is er een trend naar de menging van functies. Om een 'woon/werk/ontspanning'-omgeving te creëren

worden kantoor-, winkel- en woonfuncties in één en hetzelfde gebouw gemengd. Uit het SBR-onderzoek 'Constructies voor multifunctionele gebouwen' zullen waardevolle tips volgen. De trend tot functiemenging gaat hand in hand met de wens om monofunctionele stadsuitbreidingen zoals bedrijventerreinen en technologieparken te beperken.

De bouw in Engeland heeft een voorkeur ontwikkeld voor staal-beton constructies (afb. 2.1). Deze techniek biedt uitstekende mogelijkheden om leidingen in het vloerpakket te integreren en tegelijk grote kolomvrije overspanningen te maken. In toenemende mate wordt gebruik gemaakt van preassemblage van sanitair, installaties, liften en andere elektrotechnische en werktuigbouwkundige voorzieningen.

Functieverandering op de lange termijn is een thema dat aan populariteit wint bij gebouweigenaren en projectontwikkelaars. Bij de planning, het ontwerp en de bouw worden informatietechnologie en softwaresystemen voor het project- en bouwmanagement steeds belangrijker.

Bouwtijd

Al in een vroeg stadium moet het ontwerpteam nadenken over de bouwmethode en de bouwplanning. Deze aspecten worden meegenomen in een integrale kostenevaluatie samen met de constructie, de installaties, de gevel en de afbouw. Het gekozen constructieconcept heeft grote invloed op de totale bouwtijd en daarmee op de bouwkosten. Door een bouwmethode met een kortere voorbereidingstijd en een hogere bouwsnelheid te kiezen, kunnen

Kantorenmarkt

Bouwtijd

Uitvoeringsaspecten

Ontwerpaspecten

Brandveiligheid

Thermisch gedrag

Belastingen

Afb. 2.1 Staalplaat-betonvloeren bieden een veilige werkvloer tijdens de bouw.

bedrijven eerder hun intrek nemen in het bedrijfsspan. Hierdoor is de investering in de nieuwbouw sneller terugverdiend. De hoge bouwsnelheid is een belangrijke reden om een stalen draagconstructie toe te passen.

Uitvoeringsaspecten

Bouwplaats

In grote delen van Nederland bestaat de bodem uit klei en veen. Dit zijn slechte bodemcondities om op te bouwen.

Ook wordt er steeds vaker op locaties gebouwd, die al eerder bebouwd zijn geweest en waar vaak nog oude funderingen in de grond zitten. In de binnensteden moet bovendien rekening worden gehouden met ondergrondse leidingen van nutsvoorzieningen en infrastructurele werken zoals tunnels. Al deze bodemomstandigheden kunnen bepalend zijn voor het ontwerp.

Bij slechte bodemcondities kan een lichtgewicht oplossing met lichtere funderingen een voordeel bieden. Als op bepaalde plekken niet gefundeerd kan worden, leidt dit vaak tot noodzakelijke grote overspanningen. Een staalconstructie is veel lichter dan een betonskelet bij een gebouw van vergelijkbare grootte.

Ook de grootte van de bouwlocatie kan de keuze van de bouwwijze sturen. Zo kan een krappe bouwplaats eisen stellen aan de grootte van de aan te voeren en te monteren elementen. Een staalplaat-betonvloer kan hier voordelen bieden.

Bouwkranen

Bij de bouw van verdiepinggebouwen wordt meestal gebruik gemaakt van een torenkraan. Het aantal benodigde kranen hangt af van:

- de grootte en vorm van het terrein; kan de kraan op redelijke wijze de volledige bouwplaats bedienen, inclusief transport en opslag van materialen?
- de projectgrootte; kan meer dan één kraan effectief worden ingezet?
- de kosten/baten-analyse van de meerkosten van een extra bouwkraan tegenover de meeropbrengst door een hogere bouwsnelheid.

De 'kraantijd', de tijd die nodig is om een bepaalde handeling te verrichten, en het



aantal en de complexiteit van de handelingen, bepalen de totale kraantijd. Zijn er minder bewerkingen of meer kranen ter beschikking, dan is de totale kraantijd, en daarmee de bouwtijd, te beperken. Op kleine, binnenstedelijke bouwlocaties is vaak slechts één torenkraan in te zetten. Deze wordt dan door alle disciplines, dus de hoofdaannemer plus alle onderaannemers, gebruikt. Concurrerende aanspraken op de torenkraan kunnen de voortgang van de bouw vertragen. Bij grote projecten is het een voorwaarde dat andere disciplines zoals de vloerenleverancier en de gevelbouwer, tegelijkertijd met de staalbouwer gebruik kunnen maken van de kraan.

Kraanhandelingen

Ter indicatie: voor de meeste verdiepinggebouwen is het normaal om bij de montage van een staalconstructie tussen de 20 en 30 kraanhandelingen per dag te verrichten. Bij een gangbaar gemiddeld gehesen gewicht per handeling, komt dit op ongeveer 10 tot 12 ton staal per dag. Het kan om die reden voordelig zijn langere elementen toe te passen, zoals

vloerbalken of vloerelementen die van gevel tot gevel overspannen. Hiermee is het aantal te hijsen elementen te beperken. In Engeland is met patrijspoortliggers in combinatie met staalplaat-betonvloeren het aantal te hijsen elementen met 25% gereduceerd.

Staalplaat-betonvloeren

Staalplaat-betonvloeren bestaan uit geprofileerde staalplaten die in pakketten in het staalskelet worden gehesen. Nadat de staalbouwer een verdieping van het skelet heeft gemonteerd, wordt er een doorvalbeveiliging (netten) aangebracht. Hierna worden de staalplaten handmatig uitgelegd en bevestigd. Twee man kunnen op een dag een complete verdieping uitleggen. De betonvloer wordt meestal pas gestort, als het staalwerk af is. Gemonteerde en bevestigde staalplaten zijn als veilige werkvloer te gebruiken voor verdere montage van de staalconstructie (afb. 2.1). Daarom wordt in de meeste gevallen op de bovenste van een aantal opeenvolgende vloeren (meestal drie verdiepingen) als eerste de betonnen druklaag gestort.

Een gebouw met een staalskelet heeft een korte bouwtijd. Daarom is het bouwproject eerder gereed en verdient een opdrachtgever zijn investering eerder terug.

Prefab betonvloeren

De montage van prefab betonnen vloerelementen zoals kanaalplaten of breedplaten is lastiger als deze door het staalskelet moeten worden ingehesen en neergelaten. Beter is het om de elementen te plaatsen nadat het staalskelet van een bouwlaag gereed is. In dit geval kan de levering en montage van de prefab betonvloeren onderdeel zijn van de opdracht van de staalbouwer.

Ontwerpaspecten

Levensduur van het ontwerp

Hou er rekening mee dat de constructie een veel langere levensduur heeft dan andere componenten van het gebouw. Installaties bijvoorbeeld hebben een gewenste levensduur van ongeveer 15 jaar, terwijl de constructie een levensduur heeft van 50 jaar. Gevels voor kantoorgebouwen hebben eveneens een gewenste constructieve levensduur van 50 jaar. Het is te verwachten, dat het ruimtegebruik in het gebouw in de loop van die 50 jaren zal veranderen. Daarom hebben plattegronden met een hoge mate van flexibiliteit de voorkeur. Een staalskelet kan bijdragen aan toekomstige flexibiliteit en aanpasbaarheid door:

- grote kolomvrije overspanningen;
- hogere vrije verdiepinghoogten;
- het bieden van installatievrijheid.

Leidingintegratie

Er is een tendens naar energiezuinigheid en de toepassing van natuurlijke ventilatie. Toch zullen de meeste grote kantoorgebouwen ook in de toekomst gebruik maken van mechanische ventilatie en klimaatbeheersing. De beschikbaarheid van zulke klimaatsystemen is van belang, want zij beïnvloeden de plattegrond en de constructiekeuze. De keuze om leidingen en installaties in de vloer te integreren of deze onder de vloer te bevestigen, beïnvloedt de constructiekeuze, het brandwerendheidsconcept, de geveldetails en de totale gebouwhoogte.

De meest toegepaste klimaatsystemen zijn het variabele volume systeem en de ventilatorconvector. Variabele volume systemen worden meestal gebruikt in gebouwen waarin één en dezelfde gebruiker is gehuisvest, vanwege hun lage exploitatiekosten. Ventilatorconvectoren worden meestal ingezet bij bedrijfsverzamelgebouwen met meerdere gebruikers onder één dak, vanwege de lagere investeringskosten.

Meestal is een leidingzone van 450 mm onder de vloer voldoende. Een extra 150 à 200 mm is voldoende voor brandbescherming, plafond, verlichting en tolerantie voor doorbuiging (25 mm). Eenheden van het klimaatsysteem (variabel volume systeem of ventilatorconvector) worden waar plek is tussen de stalen balken geplaatst. Bij sommige klimaatsystemen moet via een verhoogde vloer lucht in de ruimte worden geblazen. Hou hiermee rekening bij het ontwerp van de vloerconstructie.

Integratie van installaties is te realiseren door leidingen in dwarsrichting te verbinden via openingen in de stalen balken. Dit kan door incidentele openingen in warmgewalste profielen of door prefab openingen in patrijspoot- of raatliggers te maken. Openingen in het lijf zijn te produceren door een stalen ligger in lengterichting doormidden te snijden en de lijven weer aan elkaar te lassen. Het onder- en het bovendee van het staalprofiel kunnen van verschillende staalprofielen met verschillende afmetingen zijn gemaakt, en kunnen zelfs bestaan uit twee delen van een andere staalkwaliteit (zogenoeten hybride liggers). Dit biedt een efficiënte oplossing voor leidingintegratie en de ligger heeft een hogere buigingsweerstand en stijfheid. De openingen hoeven niet rond te zijn, maar kunnen bijvoorbeeld ook langgerekt, ellipsvormig zijn (afb. 2.2).

Vloeren met geïntegreerde liggers hebben een minimale vloerhoogte en bieden leidingflexibiliteit (afb. 2.3).



Afb. 2.2 Langgerekte openingen in stalen liggers met horizontale verstijvingen.



Afb. 2.3 Leidingflexibiliteit bij geïntegreerde liggers met kanaalplaten.



Afb. 2.4 Roestvast stalen dek voor een staalplaat-betonvloer in het gebouw voor de Kamer van Koophandel in Luxemburg.

Afb. 2.5 Twee varianten van vloerplannen met een staalplaat-betonvloer.

In het hoofdkantoor voor de Kamer van Koophandel in Luxemburg wordt het roestvast stalen onderdek van een staalplaat-betonvloer in het zicht gelaten. De geprofileerde staalplaat fungeert voor warmteopslag en -afgifte vergelijkbaar met een radiator van de centrale verwarming. Hierbij wordt de thermische massa van de vloer gebruikt. Er kan geen verlaagd plafond worden toegepast, dus de airconditioning en verlichting blijven in het zicht (afb. 2.4).

Vloertrillingen

Het trillingsgedrag van vloeren is volgens NEN 6702 eenvoudig te beschouwen in termen van de eigenfrequentie van de vloerconstructie. Als deze groter is dan 4 Hz, is de vloer doorgaans goed. Dit eenvoudige criterium is meestal acceptabel voor werkplekken, maar het is niet afdoende voor rustige gedeelten van gebouwen, waar trillingen beter voelbaar zijn.

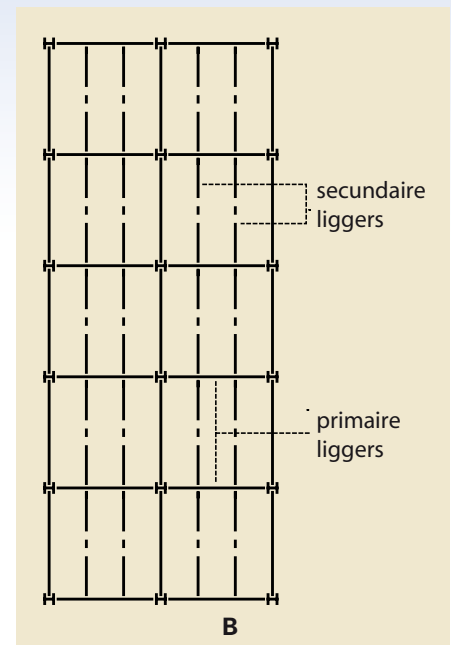
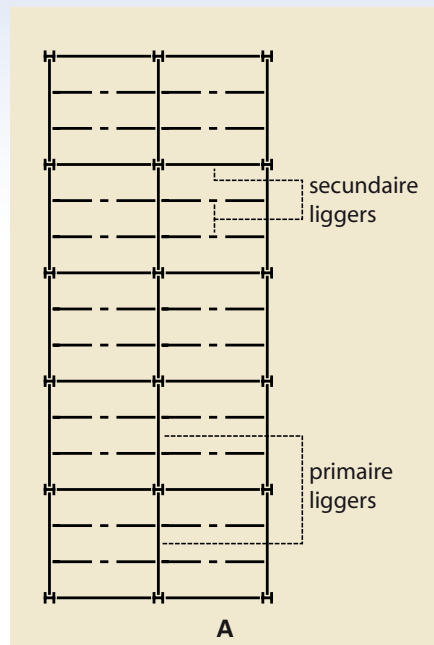
Een betere benadering is een beoordeling op grond van het niveau van de trilling, gemeten in termen van versnelling. Hogere versnellingen wijzen op een dynamische respons die beter merkbaar is voor personen die op de vloer staan of lopen.

In de praktijk zijn trillingen minder voelbaar door de massa te verhogen die meedoet in de beweging. Liggers met grote overspanningen kunnen hier een oplossing bieden door de hogere effectieve massa van het grotere vloeroppervlak.

In diverse richtlijnen zijn eenvoudige methodes beschreven om met dynamica vloeren met een hoog comfort te ontwerpen: de SBR-praktijkrichtlijn 'Trillingen van vloeren door lopen', de ArcelorMittal-richtlijn 'Design guide for floor vibrations' en de HIVOSS-richtlijn 'Vloertrillingen'.

Bij staalplaat-betonvloeren is het vloerplan van de vloerliggers vaak belangrijk. Langere secundaire liggers zijn minder gevoelig voor trillingen, omdat meer massa meedoet. Afbeelding 2.5 toont twee mogelijke vloerplannen. De dynamische respons van vloerplan B zal lager (minder voelbaar) zijn dan bij vloerplan A. De meewerkende massa bij vloerplan B is namelijk groter.

Demping van de vloer reduceert de dynamische respons. Vloerrespons wordt verminderd door ruimtescheidingen



(wand- of gevelelementen) die loodrecht op de belangrijkste trillende elementen (meestal de secundaire liggers) staan. Maar het meenemen van deze factor in het ontwerp kan onbetrouwbaar blijken, omdat het effect van ruimtescheidingen vooraf moeilijk te bepalen is. Vloeren zullen in de ruwbouwfase 'levendiger' aanvoelen dan in de gebruiksfase. De afbouw van een gebouw reduceert de demping van vloeren soms wel tot en met een factor 3.

Brandveiligheid

Ontwerpers moeten brandveiligheid in acht nemen bij de constructieve vormgeving. Daarbij dienen zij onder andere te letten op:

- vluchtroutes;
- compartimentsgrootte;
- toegang en faciliteiten voor de Brandweer;
- beperking van de brandverspreiding;
- beperking van rookverspreiding en vluchtmogelijkheden;

- toepassing van sprinklers ter preventie en verspreiding van brand;
- passieve brandveiligheidsstrategie.

Het gedrag van de constructie in het geval van een brand moet aan bepaalde normen voldoen. Meestal zijn de eisen uitgedrukt in tijdsduren brandwerendheid van de constructieve elementen. Als alternatief kan een 'fire engineering'-benadering worden gekozen, die de brandveiligheid van het gehele gebouw in ogenschouw neemt. Hierbij worden de ontwikkeling van de 'natuurlijke brand', het gebruik van het gebouw en actieve maatregelen om het risico van een serieuze brand te reduceren.

In het algemeen zal de constructeur daarbij op het volgende moeten letten:

- Kansen om 'onbeschermde' staal te gebruiken door een 'fire engineering'-analyse uit te voeren waarbij de ontwikkeling en ernst van de 'natuurlijke brand' in acht wordt genomen.

Er zijn eenvoudige methodes om vloeren trillingsvrij en met hoog comfort te ontwerpen. Deze zijn beschreven in de SBR-praktijkrichtlijn 'Trillingen van vloeren door lopen'.

- Constructies gebruiken zoals geïntegreerde liggers, die geen extra brandbescherming behoeven.
- De invloed van leidingintegratie op de keuze van het brandbeschermingssysteem en prefab oplossingen zoals het gebruik van brandwerende verfs.
- De invloed van in het werk aangebrachte brandbeschermingssystemen op de bouwtijd.
- Het uiterlijk van de staalconstructie bij de keuze van een brandbeschermingssysteem.
- Constructieschema's met minder maar zwaardere balken kunnen leiden tot kostenbesparingen op brandbeschermingsmaatregelen.

Thermisch gedrag

Van oudsher ligt de verantwoordelijkheid voor de warmte-isolatie van gevel en dak bij de architect/bouwkundige. Soms speelt de constructeur een rol. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de detaillering van de achterconstructies van gevelbekledingen. Bij stalen constructie-elementen die door de isolatie heen steken zoals consoles van een luifel of balkon moet scherp worden gelet op het voorkomen van koudebruggen.

Belastingen

Belastingen op constructies zijn geregeld in NEN-EN 1991. Aanbevolen waarden voor dichtheden, eigen gewicht en opgelegde belastingen worden gegeven in deel 1-1 en de belastingen bij brand in deel 1-2. Sneeuwbelastingen zijn gegeven in deel 1-3 en de windbelastingen in deel 1-4. Belastingen tijdens de uitvoering zijn te vinden in Deel 1-6.

Afb. 2.6
Liggers met grote overspanningen bieden makkelijke leidingintegratie.



Constructieve ontwerpen worden gecontroleerd in de uiterste grenstoestand (ULS) en de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS). Windbelastingen op de gevels worden via de vloeren doorgegeven aan de stabiliteitselementen. Dit kunnen betonnen kernen zijn waarin de trappen en liften zijn geplaatst. Bij gebouwen tot en met zes bouwlagen zijn stabiliteitsverbanden in de gevels of portalen met momentvast verbindingen te gebruiken. Staal-beton liggers met grote overspanningen worden vaak van tevoren getoogd om doorbuiging van de stalen liggers als gevolg van de blijvende belasting tegen te gaan. Het staal-beton profiel is stijver en draagt de opgelegde belastingen beter. De uiteindelijke doorbuiging is het resultaat van de van tevoren aangebrachte toog en de doorbuiging in het gebruik.

Eigen gewicht

Bij het eigen gewicht van een staalskelet en vloeren moet een blijvende belasting worden opgeteld van 0,5 kN/m² voor plafonds, lichte binnenwanden en

installaties. In landen waar veel computer-vloeren worden toegepast is een blijvende belasting van 0,7 kN/m² gebruikelijk.

Opgelegde belastingen

Een opgelegde belasting wordt veroorzaakt door mensen, apparatuur en verplaatsbare wanden, en ook sneeuw op daken. Dit komt overeen met wat in de TGB onder veranderlijke belasting wordt verstaan. De hoogte van de opgelegde belasting varieert afhankelijk van de gebruiksfunctie en/of delen daarvan. Ruimtes met verschillend gebruik, bijvoorbeeld een fabrieksruimte of een opslagplaats, krijgen verschillende belasting toegekend. NEN-EN 1991-1-1 geeft minimumwaarden voor opgelegde belastingen voor verschillende gebruiksfuncties. Voor kantoren is de opgelegde belasting bijvoorbeeld 2,5 kN/m² (in Engeland: 3,0 kN/m²). Bij verplaatsbare wanden wordt daar 0,5 kN/m² aan toegevoegd. Voor opslagplaatsen is het gebruikelijk om een hogere waarde dan 5 kN/m² te nemen.

Table 2.1 Eigen gewicht van elementen

Element	Gewicht
Kanaalplaatvloer (overspanning 6 m, ontworpen voor een veranderlijke belasting van 5 kN/m ²)	3 - 4.5 kN/m ²
Staalplaat-betonvloer (beton met normaal gewicht, 130 mm dik)	2.6 to 3.2 kN/m ²
Staalplaat-betonvloer (lichtgewicht beton, 130 mm dik)	2.1 to 2.5 kN/m ²
Installaties en leidingen	0.25 kN/m ²
Plafonds	0.1 kN/m ²
Staalskelet	20 - 40 kg/m ² (0.5 kN/m ²)

3 Vloersystemen

Dit hoofdstuk bespreekt de vloersystemen die het meest worden gebruikt in verdiepinggebouwen. Van elk vloersysteem zijn de eigenschappen opgesomd en is beschreven waar bij het ontwerp rekening mee moet worden gehouden.

Een draagconstructie bestaat uit kolommen, liggers, vloeren en stabiliteits-systemen.

Voor een efficiënt ruimtegebruik is naar de ideale plaatsing van de kolommen gezocht. Bij moderne kantoorgebouwen zijn kolomvrije ruimten met een flexibel ruimtegebruik een belangrijke eis geworden. Er zijn verschillende systemen met grote kolomvrije overspanningen tot 18 m. Bovenop hun primaire functie om belastingen te dragen, worden vloeren vaak benut om horizontale belastingen over te brengen naar stabiliteitsverbanden of -kernen. Verder moet de totale vloerconstructie (ligger, vloer en plafond) zorgen voor de vereiste brandwerendheid. Deze eis is afhankelijk van de functie en de hoogte van het gebouw.

Installaties en leidingen zijn te integreren in de vloerconstructie of zijn onder de vloer te hangen. De vloeren zijn af te werken met een dekvloer of hebben een computervloer erbovenop voor de distributie van ict-leidingen.

De volgende vloersystemen worden beschreven:

- Lage staalplaat-betonvloeren
- Geïntegreerde liggers met kanaalplaten
- Liggers met grote overspanningen met staalplaat-betonvloeren (patrijspoortliggers)
- Staal-beton liggers voor grote overspanningen met openingen in het lijf
- Staal-beton liggers met prefab betonplaten
- Liggers zonder staal-beton werking

Staal-beton constructies

De meeste staalbouwssystemen die in de verdiepingbouw worden toegepast, zijn gebaseerd op staal-beton constructies. Hierbij werken het staal en het beton constructief samen. De schuifkrachten worden van de vloer op de ligger overgebracht via deuvels. Deze worden meestal in het werk aangebracht door ze door de stalen vloerplaat heen op de ligger te lassen.

Stalen vloerplaten zijn er met een zwaluwstaartvormig of met een trapeziumvormig profiel. Zwaluwstaartvormige gebruiken meer beton dan trapeziumvormige, maar bieden wel een hogere brandwerendheid bij eenzelfde vloerdikte. Met trapeziumvormige platen zijn in het algemeen grotere overspanningen te behalen dan met zwaluwstaartvormige. Nadeel van trapeziumvormige platen is, dat de deuvels minder schuifkrachten kunnen opnemen.

In het algemeen wordt normaal beton gebruikt, maar in sommige landen is licht beton een efficiënte, makkelijk verkrijgbare oplossing. In verharde vorm heeft het een dichtheid van 1700-1950 kg/m³ terwijl normaal beton een dichtheid heeft van 2400 kg/m³.

Meestal werken de betonnen vloer en de stalen ligger constructief samen. Dit is bij kanaalplaten te bereiken door de kanalen met beton te vullen en wapeningsstaven in te storten. Bij breedplaten wordt de wapening in de betonnen druklaag geplaatst.

Lage staalplaat-betonvloeren

Geïntegreerde liggers met kanaalplaten

Liggers met grote overspanningen met staalplaat-betonvloeren (patrijspoortliggers)

Staal-beton liggers voor grote overspanningen met openingen in het lijf

Staal-beton liggers met prefab betonvloeren

Liggers zonder staal-beton werking

3.1 Lage staalplaat-betonvloeren



Afb. 3.1 Randligger in een staalplaat-betonvloer.

Beschrijving

Een staal-beton constructie bestaat uit I- en H-vormige stalen liggers waarbij op de bovenflens deuvels zijn gelast. Deze zorgen ervoor, dat de ligger en de staalplaat-betonvloer constructief samenwerken (zie afb. 3.1). De betonnen vloer en de stalen ligger hebben samen een hogere sterkte en stijfheid dan afzonderlijk.

Staalplaat-betonvloeren overspannen tussen secundaire vloerliggers, die op hun beurt worden ondersteund door primaire liggers. De secundaire en primaire liggers zijn zo ontworpen, dat ze constructief samenwerken met de vloer. Randliggers doen dat niet, al zijn deuvels te gebruiken voor de constructieve samenhang en om windbelastingen over te brengen. Een voorbeeld van een vloerplan is getoond in afb. 3.2.

Een staalplaat-betonvloer bestaat uit een dunne staalplaat en een betonnen dek die constructief samenwerken. Een wapeningsnet is in het dek aangebracht om de brandwerendheid van de vloer te vergroten, om puntbelastingen te verspreiden, om het gebied rondom de deuvels in dwarsrichting te wapenen en om krimp-scheuren te beperken.

In de meeste gevallen is de staalplaat zonder tijdelijke ondersteuning te monteren. De plaat draagt in de montagefase het gewicht van het niet-verharde beton en de belastingen en is ten minste ontworpen als een ligger over drie steunpunten. De staalplaat-betonvloer is in de meeste gevallen ontworpen als een ligger opgelegd op twee steunpunten.

Ontwerpprogramma's zijn gratis beschikbaar bij: www.arcelor.com/sections, www.steel-sci.org en www.corusconstruction.com

Overspanning ligger

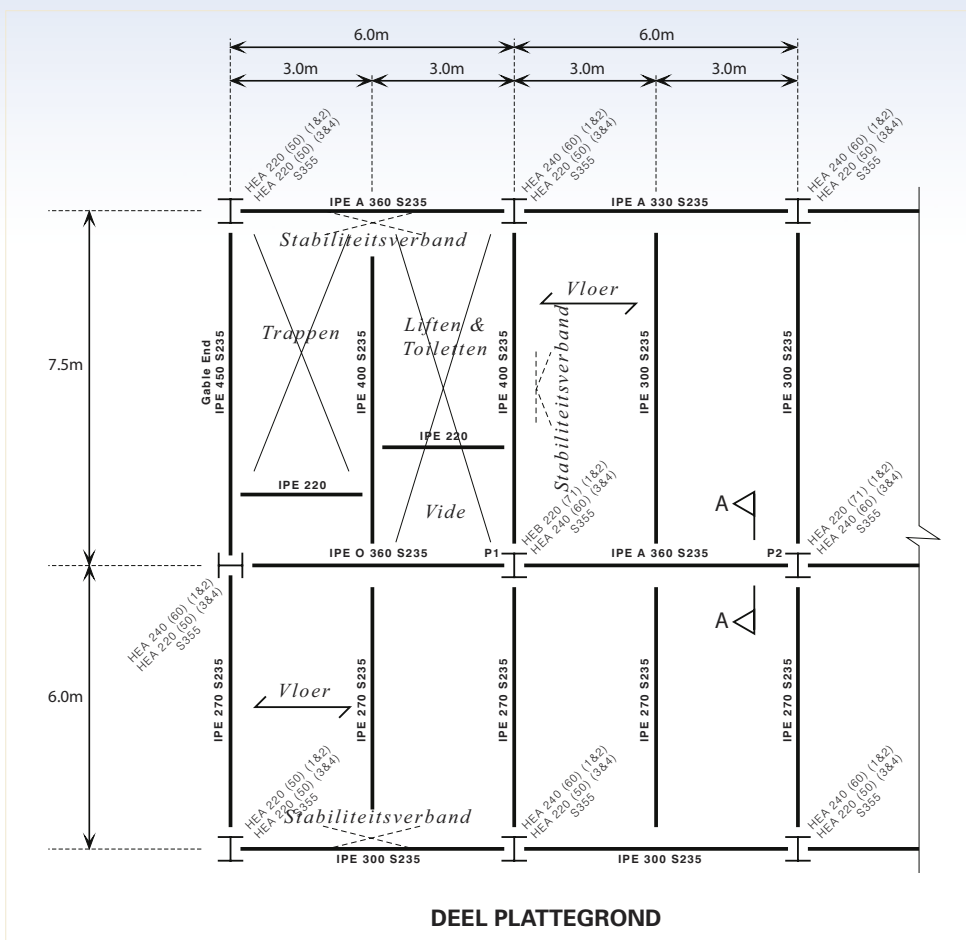
Secundaire liggers: overspanning 6 tot 15 m en hart-op-hart maat 2,5 m tot 4 m.
Primaire liggers: overspanning 6 tot 12 m.

Overwegingen bij het vloerontwerp

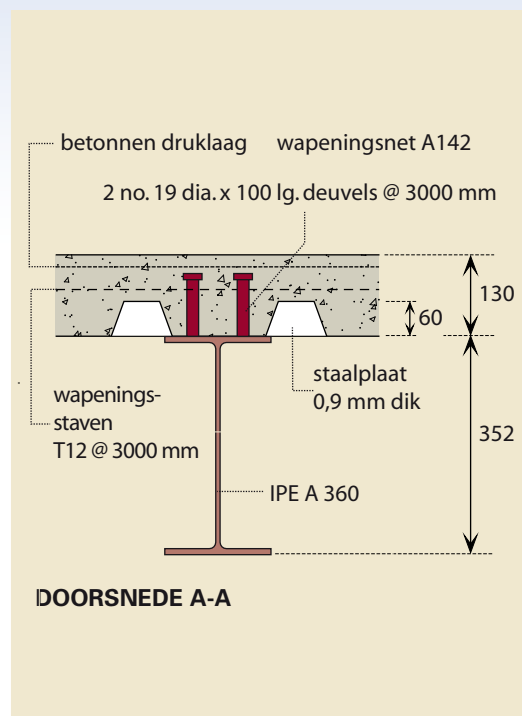
Plaats de secundaire liggers zo, dat ze niet hoeven te worden ondersteund tijdens de montage. Secundaire liggers met grotere overspanningen verdienen doorgaans de voorkeur.

Bij lage liggerprofielen lopen de leidingen onder de liggers door. Ze beïnvloeden op deze wijze de totale vloerhoogte sterk. Maak bij hoge liggers openingen in het lijf om de installaties en leidingen doorheen te voeren.

Randliggers kunnen doorbuigen onder het gewicht van de relatief zware gevel. Kies dan voor de randliggers hogere profielen dan voor de veldliggers.



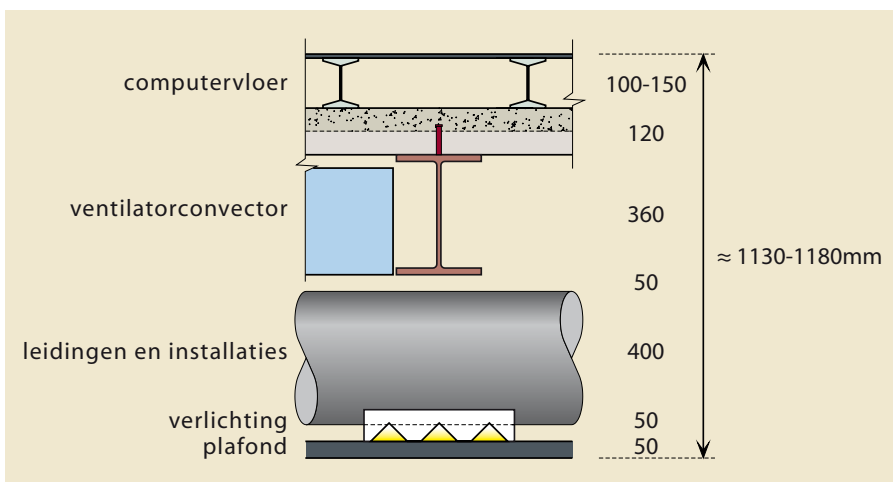
Afb. 3.2 Voorbeeld van het vloerplan van de staalconstructie voor een 4-laags gebouw met een rechthoekige plattegrond.



DOORSNEDE A-A

vloerdikte
 = 150 mm (evt.) computervloer
 + 130 mm vloer
 + 352 mm ligger
 + 150 mm plafond & verlichting
 = 782 mm ≈ 800 mm

Afb. 3.2 Staal-beton liggers.

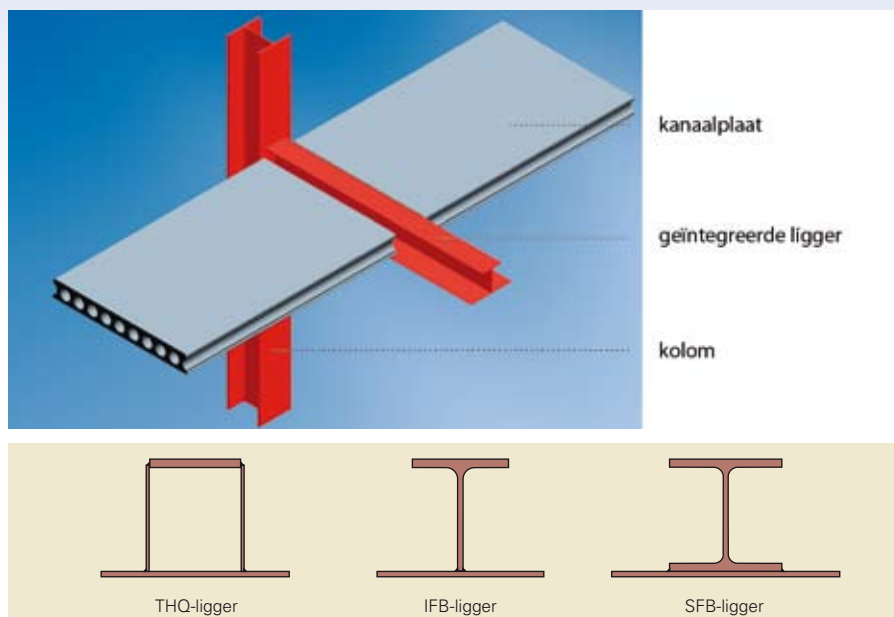


Afb. 3.3 Totale vloerhoogte: met leidingen die bij een staalplaat-betonvloer onder de vloerligger doorlopen.

Kenmerken	<ul style="list-style-type: none"> - Lage en lichte profielen, daarom lichtgewicht en economisch. - Grote beschikbaarheid van warmgewalste profielen.
Leidingintegratie	<p>De verwarmings- en ventilatie-units zijn in het brede gedeelte tussen de liggers te plaatsen (afb. 3.3), maar de kanalen moeten onder de ligger door. Leidingen zijn door plaatselijke openingen in het lijf van de ligger te voeren. De openingen hebben een maximale doorsnede van 60% van de profielhoogte.</p>

Ontwerpbenadering	<ol style="list-style-type: none"> 1. Neem secundaire liggers met een overspanning van 6 tot 15 m die 3 m hart-op-hart liggen. Primaire liggers kunnen 2 tot 3 maal de hart-op-hart maat van de secundaire liggers overspannen, dus 6 tot 9 m. 2. Kies de vloerplaat en het betondek, gebruik makend van belastingtabellen of software die door de fabrikant beschikbaar zijn gesteld. Vermijd gebruik van tijdelijke ondersteuning tijdens de montage. Ga na of de gekozen betondikte en de wapening voldoen aan de brandwerendheidseisen. 3. De oriëntatie van het betondek verschilt tussen de secundaire en primaire liggers. Plaats bij secundaire liggers (afhankelijk van de doorsnedevorm van de plaat) de deuvels ongeveer 300 mm van elkaar. Gebruik bij primaire liggers deuvels op een onderlinge afstand van 150 mm.
Profielvormen	<p>Profielhoogte is ongeveer 1/24 van de overspanning voor secundaire liggers en 1/18 van de overspanning voor primaire liggers.</p> <p>Secundaire liggers: IPE 300 bij een overspanning van 7,5 m en een hart-op-hart maat van 3,75 m.</p> <p>Primaire liggers: IPE 360 bij een overspanning van 7,5 m en een hart-op-hart maat van 7,5 m.</p>
Staalkwaliteiten	<p>Secundaire liggers en randliggers: gebruikelijk zijn S235 of S355.</p> <p>Primaire liggers: gebruikelijk zijn S355.</p>
Totale vloerhoogte	<p>Gebruikelijk is de totale vloerhoogte 1000 tot 1200 mm bij een raster van 9 m met een computervloer van 150 mm hoog en luchtbehandelingskanalen die onder de liggers doorgaan.</p>
Type beton	<p>Normaal beton weegt in verharde toestand 2400 kg/m³.</p> <p>Lichtgewicht beton weegt in verharde toestand 1850 kg/m³.</p> <p>Normaal beton levert een betere geluidsisolatie. Deze betonsoort wordt dus gebruikt bij woongebouwen, ziekenhuizen, enz.</p> <p>Lichtgewicht beton heeft als voordeel, dat de massa van het totale gebouw kleiner wordt en de fundering lichter kan. Er zijn grotere overspanningen mee te maken en het heeft een hogere brandwerendheid. En er zijn dunnere vloeren mee te maken: 10 mm dunner dan met normaal beton. Lichtgewicht beton is niet overal beschikbaar.</p>
Betonkwaliteit	<p>Gebruik tenminste C25/30. Pas C35/45 toe bij plekken die snel slijten.</p>
Brandbescherming	<p>Liggers (gemiddeld):</p> <p>Opschuimende verf: 1,5 mm voor 90 minuten brandwerendheid.</p> <p>Brandwerende beplating: 15-25 mm voor 90 minuten brandwerendheid.</p> <p>Kolommen (gemiddeld):</p> <p>15 mm dikke plaat voor 60 minuten brandwerendheid.</p> <p>25 mm dikke plaat voor 90 minuten brandwerendheid.</p>
Verbindingen	<p>Eenvoudige verbindingen die geen momenten, maar uitsluitend normaalkrachten en dwarskrachten overbrengen: hoekprofiel-, kopplaat- en lipverbindingen om de secundaire liggers aan de primaire liggers te bevestigen.</p>

3.2 Geïntegreerde liggers met kanaalplaten



Afb. 3.4 Geïntegreerde ligger met kanaalplaatvloer.

Beschrijving

Bij geïntegreerde liggers ligt de vloer op de uitstekende flenzen aan de onderzijde van de liggers. In Nederland worden geïntegreerde liggers meestal toegepast in combinatie met kanaalplaten. Een THQ ('Top Hat Q-beam'), ook wel hoed- of petligger genoemd, is geheel samengelast uit warmgewalste plaat. De IFB ('Integrated Floor Beam') is gefabriceerd uit een IPE- of HE-profiel. Snijd het profiel doormidden, zodat twee gelijkvormige T-profielen ontstaan. Aan de onderkant van het lijf van dit T-profiel wordt een (bredere) plaat gelast. Bij de SFB ('Slim Floor Beam') wordt een staalplaat onder de onderflens gelast van een HE- of IPE-profiel (zie afb. 3.4). Deze plaat steekt minstens 100 mm aan beide zijden uit en dient om de prefab betonnen vloerelementen op te leggen. Het is aan te bevelen op de bovenkant een druklaag van gewapend beton aan te brengen om de prefab betonelementen aan elkaar te verbinden. Zo kan het gehele vloervlak als een schijf werken. Als er geen betondek is, zullen de vloeren aan weerszijden van de ligger met elkaar worden verbonden met verankeringstaven. Op deze wijze krijgt de constructie voldoende samenhang en kan de vloer als schijf werken.

Het vloerplan is normaliter gebaseerd op een raster van 5 tot 7,5 m met een vloerdikte van 200 tot 350 mm (zie afb. 3.5 voor hulp om de overspanningen te bepalen). Bij geïntegreerde vloerliggers is de overspanning van het vloerelement doorgaans groter dan de overspanning van de stalen ligger. Er is scala aan geïntegreerde liggers beschikbaar variërend in hoogte van 200 tot 350 mm. Welke toe te passen is afhankelijk van de betonlaag die erop moet. De bovenkant van de bovenflens wordt meestal gelijk gehouden met de bovenkant van het vloerelement.

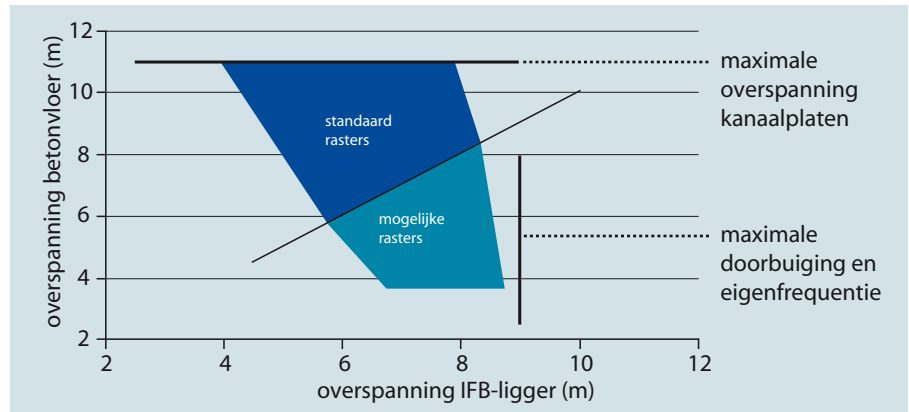
Als randliggers zijn THQ-, IFB- of SFB-profielen met een aangepaste geometrie te gebruiken. Hoedliggers waarbij aan één zijde de onderflens ontbreekt, worden petliggers genoemd. Vaak is er bij randliggers geen constructieve samenwerking tussen het staal en het beton; de deukels dienen louter voor schijfwerking. Als alternatief voor kanaalplaten zijn hoge staalplaat-betonvloeren te gebruiken. Deze toepassing komt later in deze brochure aan de orde.

Ontwerpprogramma's die werken volgens de Eurocode zijn gratis beschikbaar bij: www.arcelor.com/sections en www.corusconstruction.com. Via www.bouwenmetstaal.nl is gratis het spreadsheet 'Toetsing geïntegreerde ligger' te downloaden.

Overspanning ligger

Meestal 5 tot 7,5 m, maar grotere overspanningen zijn te bereiken met hogere liggers en prefab betonvloeren. Het overspanningsbereik van geïntegreerde liggers is weergegeven in afb. 5.5.

Afb. 3.5 Overspanningsbereik waarin geïntegreerde liggers zijn toe te passen.



Overwegingen bij het vloerontwerp

Bij geïntegreerde liggers die prefab betonvloeren ondersteunen, moet in het ontwerp op torsie-effecten worden gelet. Deze treden ook op tijdens de uitvoering. Liggers die slechts aan een zijde worden belast zijn relatief zwaar, doordat deze op buiging en torsie worden belast. Deze belastingcombinatie moet in het ontwerp van de ligger worden meegenomen. De meest economische oplossing is een geïntegreerde ligger als veldligger en een, niet-geïntegreerde, dus onder vloer uitstekende, randligger. Geïntegreerde randliggers komen vooral voor als, bij een glazen gevel, de vloerrand zo smal mogelijk wordt gehouden.

De vloerdikte wordt vooral beïnvloed door de betonnen druklaag die op de prefab betonvloeren (vooral voor brandwerendheid), de geïntegreerde liggers en de randliggers nodig is.

Als er boven de ligger een betonnen druklaag zit, wordt hierin een wapeningsnet geplaatst. Anders, als de bovenflens van de IFB/SFB gelijk is met de bovenkant van het beton, moeten de beide vloerelementen met elkaar worden verbonden voor voldoende sterkte. Dit wordt meestal gedaan door wapening aan te brengen (gangbaar is: Ø12-staven hart-op-hart 600 mm) op het profiellijf. IFB/SFB-liggers werken gewoonlijk niet constructief samen met de vloer. Staal-beton werking is te verkrijgen door deuvels aan te brengen.

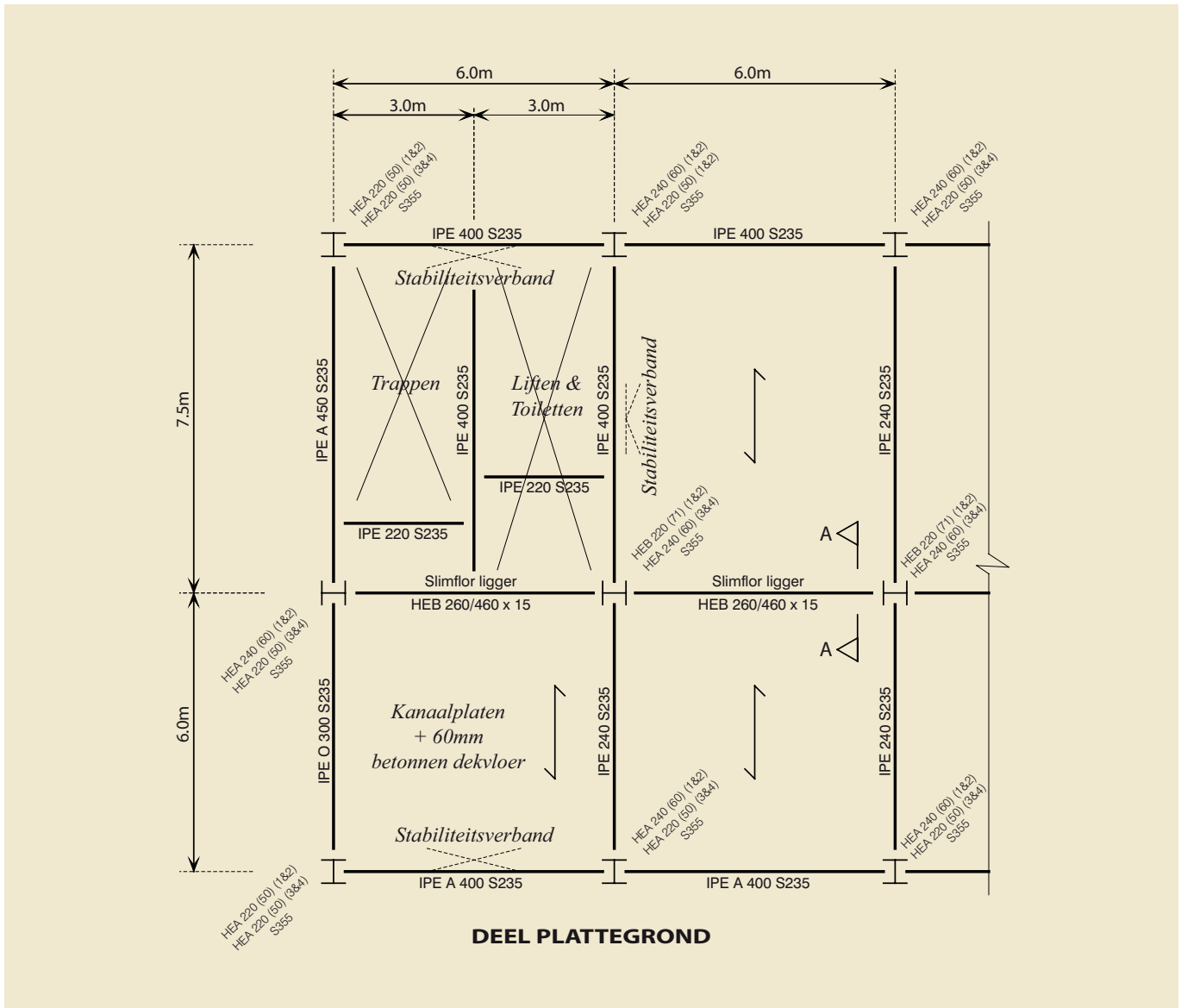
Er moet worden nagedacht over de detaillering van de verbindingen aan de kolommen. Als de flenzen van de IFB- en SFB-liggers breder zijn dan de kolom, zijn er ravelingen nodig.

Kenmerken

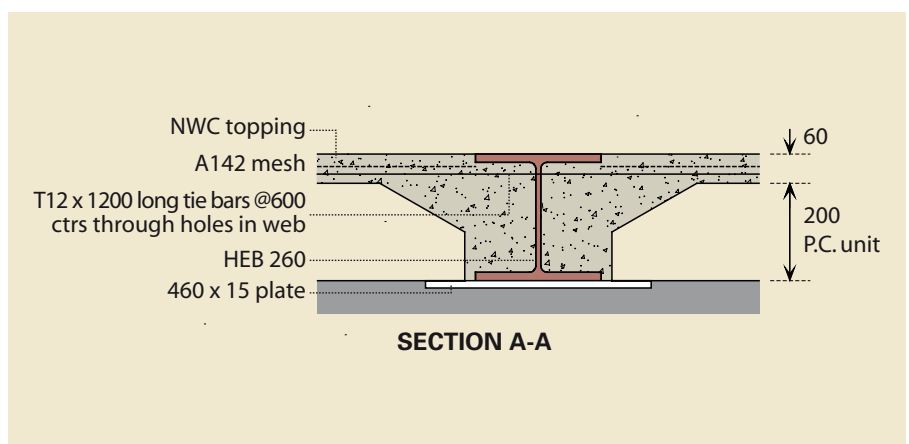
- Liggers hebben tot 60 minuten brandwerendheid meestal geen extra brandwerende maatregelen nodig.
- Lage totale vloerhoogte, daardoor reductie van de gebouwhoogte en een kleiner geveleppervlak.
- Vlakke onderzijde vloer garandeert makkelijke montage van de leidingen en installaties en biedt keuzevrijheid voor de positie van de binnenwanden. De onderzijden mogen in het zicht worden gelaten.
- Geïntegreerde vloerliggers zijn in hoge mate te ontwerpen als een 'droog' bouwstelsel met een hoge mate van prefabricage en snelle bouwtijd.

Leidingintegratie

Vrije distributie van leidingen onder de vloer.



vloerdikte
 = 150 mm (evt.) computervloer
 + 260 mm klimaatsysteem en dekvloer
 + 150 mm plafond en verlichting
 = 560 mm ≈ 600 mm



Afb. 3.6 Vloerplan voor geïntegreerde liggers en prefab betonvloeren voor een viertaags, rechthoekig gebouw.

Ontwerpbenadering

4. Gebruik een raster van 6 m, 7,5 m of 9 m. In Nederland worden meestal veelvouden van 0,3 m of liever 0,6 m toegepast zoals 7,2 m, 7,5 m of 7,8 m. De prefab betonvloeren overspannen in het algemeen de langere afstand in een rechthoekig vloerraster.
5. Kies de prefab betonvloer uit de gegevens van de vloerenleverancier. Aanbevolen is een verhouding overspanning/vloerdikte die maximaal 35 is. Dit biedt voldoende dwarskrachtweerstand aan de prefab betonvloeren. Aanbevolen zijn een minimale oplegging van 60 mm voor staal-beton vloeren en 75 mm voor gewone vloeren. In Engeland zijn de uiteinden van de prefab betonvloeren vaak verjongd, maar dit is in Nederland ongebruikelijk.
6. Gebruik software om de IFB/SFB te ontwerpen. Liggers zijn zowel staal-beton als gewoon te ontwerpen. Bij gewone liggers moeten de liggers onderling worden gekoppeld dóór of over het lijf van de ligger. Bij staal-beton liggers is tenminste 15 mm betondekking boven de dwarskrachtverbindingen nodig.
7. Ontwerp de randliggers als enkelzijdig belaste petliggers of gebruik liggers onder de vloer. Om randliggers met staal-beton werking te verkrijgen, zijn U-profielen aan te brengen die met dwarskrachtverbindingen aan de prefab betonvloeren of de druklaag worden verbonden.

Profielvormen

Overspanning ligger	Vloeroverspanning (m)	
	6 m	8 m
5 m	HEA 240	HEB 260
6 m	HEB 260	HEB 280
8 m	HEB 300	HEB 320

Tabel 3.1 Afmetingen van SFB-liggers (plus 15 mm dikke staalplaat als onderflens).

Overspanning ligger	Vloeroverspanning (m)	
	6 m	8 m
5 m	1/2 IPE 500	1/2 HEB 450
6 m	1/2 HEA 450	1/2 HEA 500
8 m	1/2 HEA 600	1/2 HEB 600

Tabel 3.2 Afmetingen van IFB-liggers (plus 20 mm dikke staalplaat als onderflens).

Prefab kanaalplaten: kies 150 mm dikte bij een overspanning van 6 m; 200 mm bij een overspanning van 7,5 m; 260 tot 300 mm dikte bij een overspanning van 9 m. Op deze wijze heeft het constructief ontwerp voldoende stijfheid en sterkte.

Er zijn onderspannen geïntegreerde liggers die grotere overspanningen kunnen maken. De onderspanning gebeurt met massieve staven of vierkante kokers (afb. 5.6). Hiermee zijn overspanningen te maken van 9 tot 12 m.

Staalsoorten

IFB's en SFB's zijn verkrijgbaar in alle gebruikelijke staalkwaliteiten, dus van S235 tot en met S460

Afb. 3.7 Een extra lange onderspannen geïntegreerde ligger die is gebruikt in het gebouw van de Kamer van Koophandel in Luxemburg.



Totale vloerhoogte	600 mm met kleine leidingen en installaties onder de vloer gehangen (plus een computervloer). 1000 mm met schachten voor luchtbehandeling geplaatst onder de vloer (plus een computervloer).
Brandbescherming	De betonnen omstorting van de ligger is normaliter voldoende om 60 minuten brandwerendheid te garanderen. Voor 90 minuten brandwerendheid zijn een opschuimende verf of brandwerende beplating te kiezen. Zorgvuldige detaillering van de schuifverbinding in de kanaalplaten en betonvulling van de kanalen vlakbij de ligger zijn nodig om aan de constructieve eisen in het geval van brand tegemoet te komen.
Verbindingen	Geïntegreerde liggers moeten aan de kolom worden verbonden (meestal met 6 of 8 bouten) om weerstand te bieden aan de torsiekrachten. Hiertoe hebben randliggers meestal uitstekende kopplaatverbindingen.

3.3 Liggers met grote overspanningen met staalplaat-betonvloeren (patrijspoortliggers)



Afb. 3.8 *Patrijspoortliggers als secundaire liggers met gelijke cirkelvormige gaten in het lijf.*

Beschrijving

Patrijspoortliggers zijn liggers met cirkelvormige openingen die in lengterichting op gelijke afstanden liggen. De liggers worden ofwel samengesteld uit drie staalplaten, ofwel gefabriceerd uit gezaagde en gelaste delen van warmgewalste profielen. Deze openingen, of “patrijspoorten”, kunnen cirkelvormig zijn, maar ook rechthoekig of zeshoekig (“raatliggers”). Op plekken met grote dwarskracht zijn de openingen dicht te maken met een opgelaste plaat of zijn verstijvingen aan te brengen.

Patrijspoortliggers zijn als secundaire liggers met grote overspanningen toe te passen, waarbij de vloerplaat direct wordt ondersteund. Ook kunnen zij als primaire liggers met grote overspanningen kortere secundaire liggers ondersteunen. Dit kunnen andere patrijspoortliggers zijn, maar ook I-profielen.

Ontwerpprogramma's zijn gratis beschikbaar bij: www.arcelor.com/sections en het programma Cellbeam is beschikbaar via www.westok.co.uk.

Overspanning ligger

10 – 18 m voor patrijspoortliggers ontworpen als secundaire liggers.
9 – 12 m voor patrijspoortliggers ontworpen als primaire liggers.

Overwegingen bij het vloerontwerp

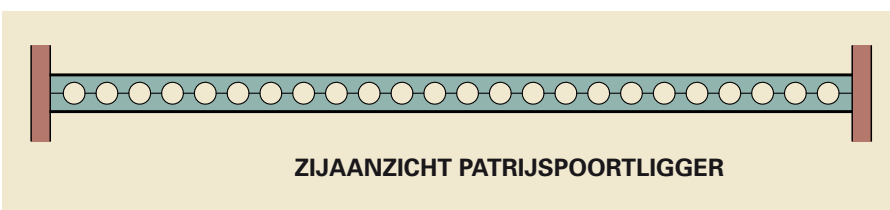
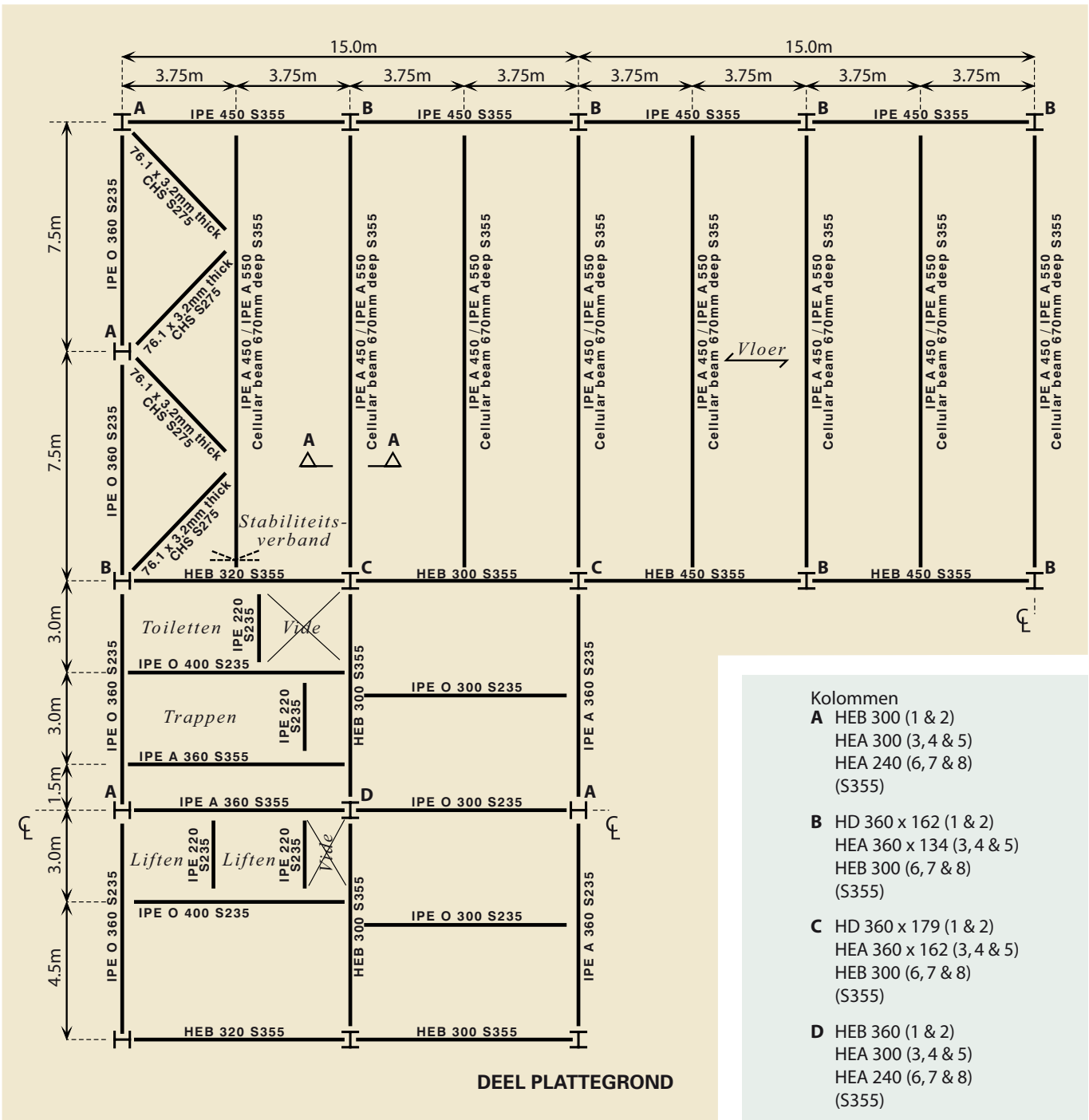
Secundaire liggers moeten 2,5 tot 4 m hart-op-hart worden geplaatst. Dit voorkomt, dat de staalplaat (bij staalplaat-betonvloeren) tijdelijk ondersteund moeten worden tijdens het storten van het beton.

Primaire liggers met grote overspanningen worden veel minder vaak gebruikt, omdat deze grote dwarskrachten over moeten brengen. Zij zijn daarom constructief minder efficiënt, tenzij het lijf dikker wordt gemaakt of de openingen worden verkleind.

Grote (verlengde of rechthoekige) openingen moeten worden geplaatst op plekken met weinig dwarskracht. Bij gelijkmatig belaste liggers zitten de openingen in het gebied tussen 1/3 en 2/3 (in het midden) van de overspanning.

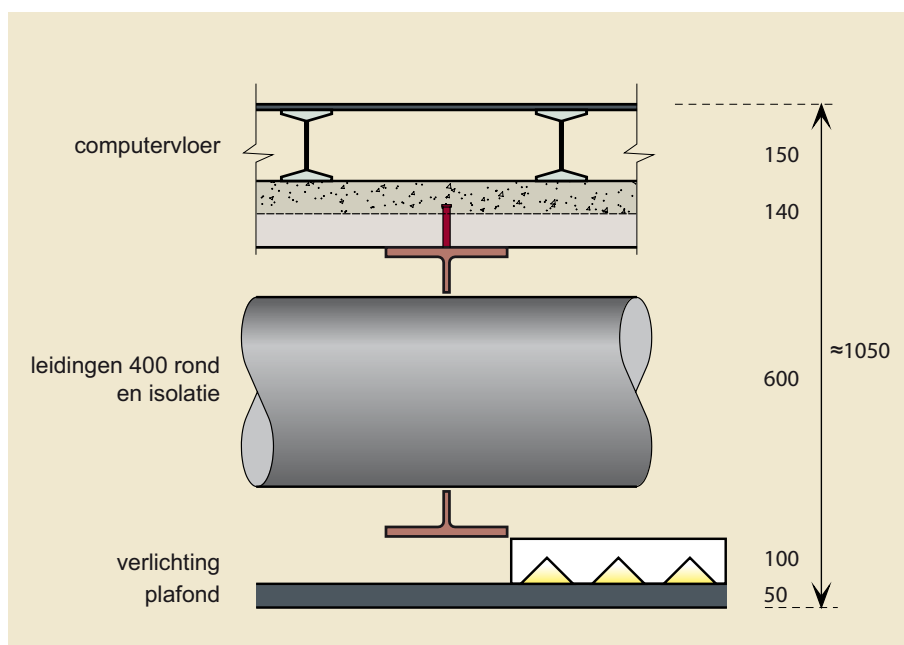
Kenmerken

- Grote overspanningen met efficiënt staalgebruik.
- Relatief lichtgewicht liggers, vergeleken met andere systemen voor grote overspanningen.
- Leidingen en installaties zijn te integreren in de vloerzone, wat leidt tot reducties in de totale vloerhoogte.
- Tijdens de fabricage is een toeg te zetten om zichtbare vervormingen tegen te gaan.



Afb. 3.9 Een voorbeeld van een vloerplan voor de staalconstructie voor een achtlags, rechthoekig gebouw.

Leidingintegratie	De openingen in een patrijspoortligger bieden de mogelijkheid om ronde leidingen door de ligger heen te voeren (afb. 3.10). Het patroon van de gaten in de patrijspoortligger is te kiezen afhankelijk van de benodigde installaties. Let er op, dat er voldoende ruimte is om de leidingen rondom geluidstechnisch te isoleren. Openingen moeten in dwarsrichting in elkaars verlengde liggen om ontwerprijheid bij de aanleg van leidingen te garanderen.
Ontwerpbenadering	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gebruik patrijspoortliggers als secundaire liggers met grote overspanningen met een hart-op-hart maat van 3 tot en met 4 m bij een rechthoekig raster met primaire liggers met een overspanning van 2 à 3 maal de hart-op-hart maat van de secundaire liggers. 2. Maak bij de keuze van de staalplaat-betonvloer voor het stalen profiel en de betondekking gebruik van de belastingtabellen of de software die door de leverancier ter beschikking zijn gesteld. Kies de vloerdikte en de benodigde betonwapening om aan de brandwerendheidseisen tegemoet te komen. 3. Maak bij het ontwerp van de patrijspoortliggers gebruik van de software van de leverancier. De diameter van de openingen moet tussen 60 en 80% zijn van de hoogte van het profiel. Verlengde openingen hebben soms toegevoegde horizontale verstijvingen nodig. De grootte en de posities van de openingen zijn in overleg met de installatie-adviseur te bepalen.
Profielvormen	Hoogte van de patrijspoortligger = ca. 1/22 van de overspanning. Bijvoorbeeld een ligger met een hoogte van 700 mm bij een overspanning van 15m.
Staalsoorten	S355 wordt voor patrijspoortliggers geprefereerd, vanwege de hoge spanningen ter plaatse van de openingen.
Totale vloerhoogte	1000 tot 1200 mm. Bijvoorbeeld 1050 mm voor een overspanning van 15 m, waarbij de patrijspoortligger openingen heeft van 400 mm (zie afb. 3.10).
Brandbescherming	Opschuimende verf van 1,5 tot 2 mm dikte is in het werk aan te brengen, maar applicatie in de werkplaats kan goedkoper zijn. Extra brandbeschermende maatregelen kunnen nodig zijn, omdat de profielfactor van de patrijspoortligger hoger is dan die van het staalprofiel met dezelfde hoogte.



Afb. 3.10 Patrijspoortligger: doorsnede toont leidingintegratie.

3.4 Staal-beton liggers voor grote overspanningen met openingen in het lijf



Afb. 3.11 Warmgewalste liggers met in de werkplaats aangebrachte brandwerende bespuiting.

Beschrijving

Dit systeem bestaat uit staal-beton liggers, walsprofielen of samengestelde liggers, waarop staalplaat-betonvloeren zijn opgelegd. De liggers hebben grote overspanningen van 12 tot 18 m. Er zijn twee verschillende vloerrasters mogelijk: secundaire liggers met grote overspanningen ondersteund door primaire liggers met kleine overspanningen, of secundaire liggers met kleine overspanningen ondersteund door primaire liggers met grote overspanningen.

Door de betrekkelijk grote hoogte van de liggers met grote overspanningen zijn openingen in het lijf van het ligger te maken om de leidingen doorheen te voeren. Openingen kunnen rond, langgerekt of rechthoekig zijn en mogen 60% tot 80% van de liggerhoogte in doorsnede zijn. Het kan zijn dat bij grote openingen verstijvingen van het lijf nodig zijn.

Overspanning ligger

Secundaire liggers met grote overspanningen: 9 m tot 15 m overspanning bij een hart-op-hart afstand van 3 tot 4 m.

Primaire liggers met grote overspanningen: 9 m tot 15 m overspanning bij een hart-op-hart afstand van 6 tot 9 m

Overwegingen bij het vloerontwerp

Secundaire liggers moeten hart-op-hart op 3 tot 4 m worden geplaatst om de vloerplaten niet tijdelijk te hoeven ondersteunen tijdens de montage. Grote (langgerekte of rechthoekige) openingen moeten worden geplaatst in gedeelten met een geringe dwarskracht. Bij een gelijkmatig verdeelde belasting (q-last) is dit bijvoorbeeld tussen eenderde en tweederde van de overspanning.

Kenmerken

- Grote kolomvrije ruimtes zijn mogelijk door de grote overspanningen.
- Profielgroottes zijn te kiezen door rekening te houden met de belastingen en de vereiste leidingen.
- Reductie van de totale vloerhoogte door leidingintegratie en als consequentie daarvan reductie van de totale gebouwhoogte.

Leidingintegratie

Leidingen passen door openingen in de lijven van de liggers. Grote installatieonderdelen en leidingen zijn tussen de liggers te plaatsen.

Ontwerpbenadering

1. Gebruik secundaire liggers met grote overspanningen met een hart-op-hart afstand van 3 tot 4 m, en primaire liggers met een overspanning van 6 tot 9 m. Als alternatief zijn primaire liggers met grote overspanningen te gebruiken en secundaire liggers met overspanningen van 6 tot 7,5 m.
2. Kies de vloerplaat en de betonnen druklaag door gebruik te maken van door de leverancier geleverde belastingtabellen en software en denk daarbij aan de vereiste brandwerendheid.
3. Ontwerp de liggers met beschikbare software. Selecteer de groottes en de posities van de openingen in het lijf en denk daarbij aan isolatie rondom de leidingen.

Profielvormen

Hoogte van de ligger is ongeveer 1/15 tot 1/22 van de overspanning voor asymmetrische profielen

Staalsoorten

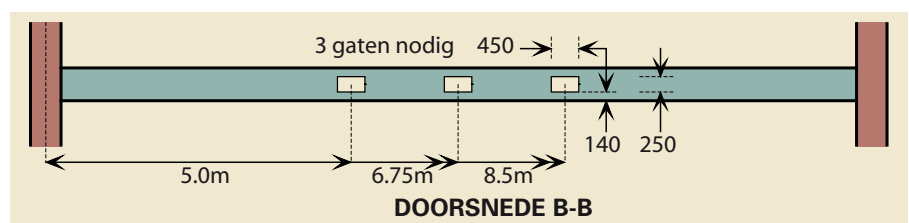
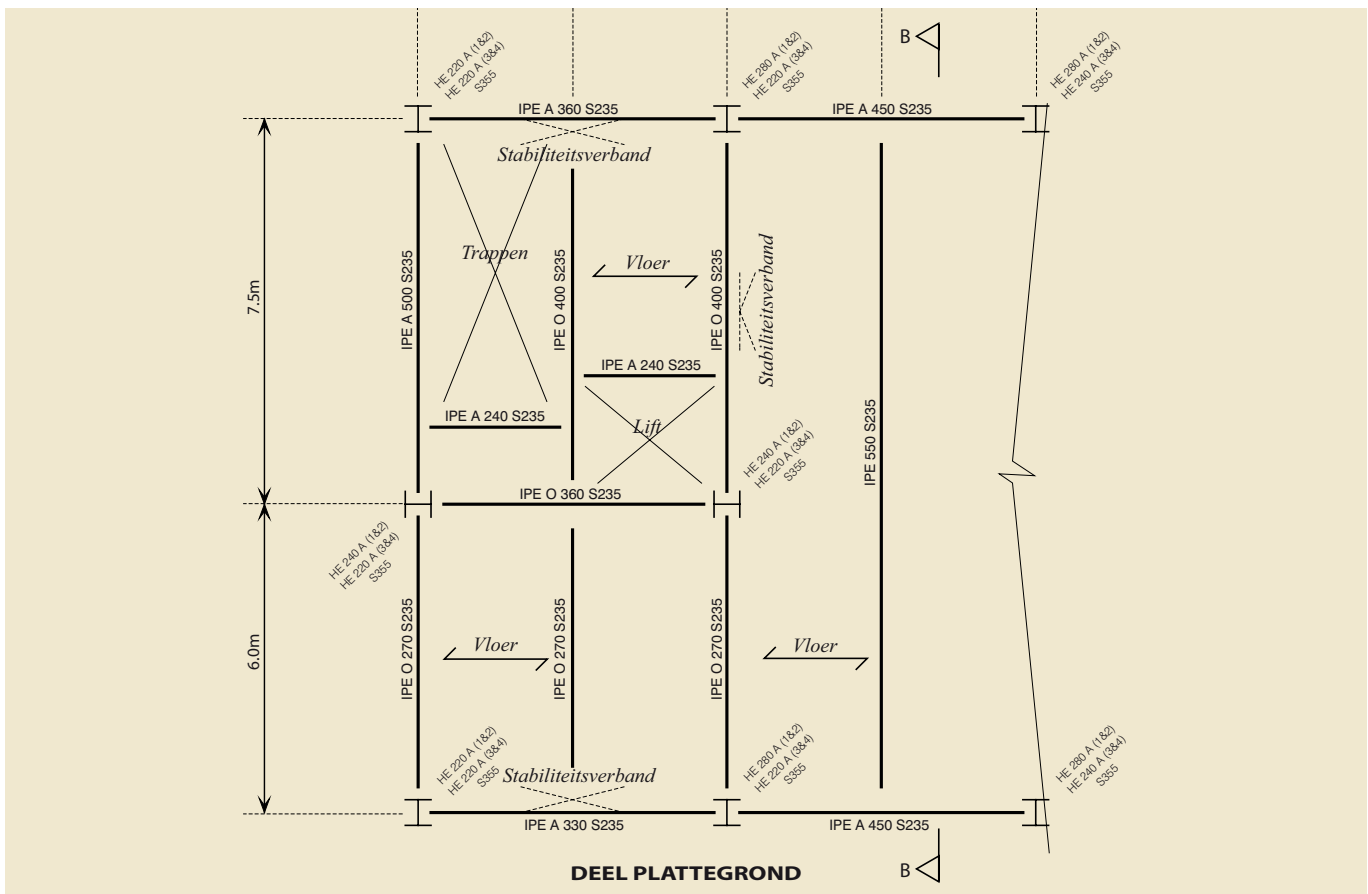
S275 voor liggers wanneer doorbuiging maatgevend is, of S355 voor liggers met veel lijfopeningen.

Totale vloerhoogte

1000 mm voor 13,5 m overspanning (met lijfopeningen van 350 mm).
1100 mm voor 15 m overspanningen (met lijfopeningen van 400 mm).

Brandbescherming

Opschuimende verf van 1,5 tot 2 mm dikte is in het werk aan te brengen, maar applicatie in de werkplaats kan goedkoper zijn. Extra brandbeschermende maatregelen kunnen nodig zijn, omdat de profielfactor van de patrijspoortligger hoger is dan die van het staalprofiel met dezelfde hoogte.



Afb. 3.12 Staal-beton liggers voor grote overspanningen met rechthoekige openingen in het lijf.

3.5 Staal-beton liggers met prefab betonvloeren



Afb. 3.13 Staal-beton constructie met prefab betonvloeren en patrijspoorliggers.

Beschrijving

Dit systeem bestaat uit stalen liggers met deuvels gelast op de bovenflens om de afschuifkrachten over te brengen. De liggers ondersteunen prefab betonvloeren, de ruimtes boven de liggers tussen de elementen worden gevuld met beton. Meestal is er een betonnen druklaag gestort bovenop de vloerelementen. Dit is aanbevolen. De gefabriceerde vloerelementen zijn in Nederland meestal kanaalplaten, gewoonlijk met een hoogte van 150 tot 260 mm. De flens moet voldoende breed zijn voor de vereiste oplegglengte van de prefab elementen plus voldoende ruimte tussen de elementen om de deuvels effectief te laten zijn.

Hogere prefab elementen hebben sparingen aan de bovenzijde van de kanalen. Zo is een dikkere betonnen druklaag te garanderen en zijn de schuifverbindingen geheel omringd met beton. In Engeland worden om deze reden ook wel de kanaalplaten aan de bovenzijde verjongd, maar dit wordt in Nederland zelden of nooit gedaan.

Tijdens de productie worden wapeningsstaven ingestort in enkele aan de bovenkant opengemaakte kanalen, zodat horizontale krachten op de ligger en het volgende vloerveld zijn over te dragen. Daarom is de minimum breedte van de bovenflens 180 tot 210 mm.

Ontwerpprogramma's die werken volgens de Eurocode zijn gratis beschikbaar bij: www.arcelor.com/sections.

Overspanning ligger

De liggers hebben een overspanning tussen 10 en 18 m en de prefab betonelementen hebben een overspanning tussen 3 en 9 m, afhankelijk van hun hoogte en vorm. Met kanaalplaten zijn grotere overspanningen mogelijk dan met massieve betonplaten. Er is zelfs een trend om met kanaalplaten van gevel tot gevel, dus circa 15 m, in zijn geheel te overspannen.

Overwegingen bij het vloerontwerp

Kanaalplaten overspannen 6 tot 9 m. Voor overspanningen van 3 tot 4 m zijn ook massieve betonplaten te gebruiken. De liggers moeten voldoende breed zijn om de prefab betonplaten op te kunnen leggen. Verderop wordt uitgelegd waarom 200 mm een praktische flensbreedte is.

Randliggers zijn gewoonlijk ontworpen zonder staal-beton werking, maar zijn verbonden aan de vloerelementen om de constructie samenhang te verlenen. Om randliggers met staal-beton werking te verkrijgen, zijn U-profielen aan te brengen die met dwarskrachtverbindingen aan de prefab betonvloeren of de druklaag worden verbonden.

De liggers zijn in de montagefase ontworpen op torsie, want eerst wordt het ene, dan het andere vloerelement opgelegd. Dit belastinggeval kan de minimum profielmaat bepalen.

Tijdens de montage kan het nodig zijn om tijdelijke schoren aan te brengen om torsieknik van de ligger te voorkomen. Hiermee wordt de kniklengte van de ligger verkleind.

Kenmerken

- Bij prefab elementen met grote overspanningen zijn minder secundaire liggers nodig.
- In de werkplaats zijn deuvels met grotere diameters toe te passen en zo zijn minder werkzaamheden op de bouwplaats nodig.

Leidingintegratie

De leidingen zijn onder de liggers te plaatsen terwijl grotere installaties zoals eenheden voor de luchtbehandeling tussen de liggers zijn te plaatsen.

Ontwerpbenadering

1. Gebruik een raster van 6, 7,5 of 9 m met liggeroverspanningen tot 18 m.
2. Kies prefab betonvloeren op grond van de gewenste brandwerendheid uit de documentatie van de leverancier.
3. Selecteer de liggerafmetingen op grond van de eisen aan de oplegging en staal-beton werking.

Minimum flensbreedte voor de oplegging	minimum liggerbreedte
40 tot 100 mm hoge massieve vloer	veldligger 180 mm
	randligger 210 mm
150 tot 250 mm hoge kanaalplaathollowcore unit	veldligger 180 mm
	randligger 210 mm
ligger zonder staal-beton werking	randligger 120 mm (minimaal)

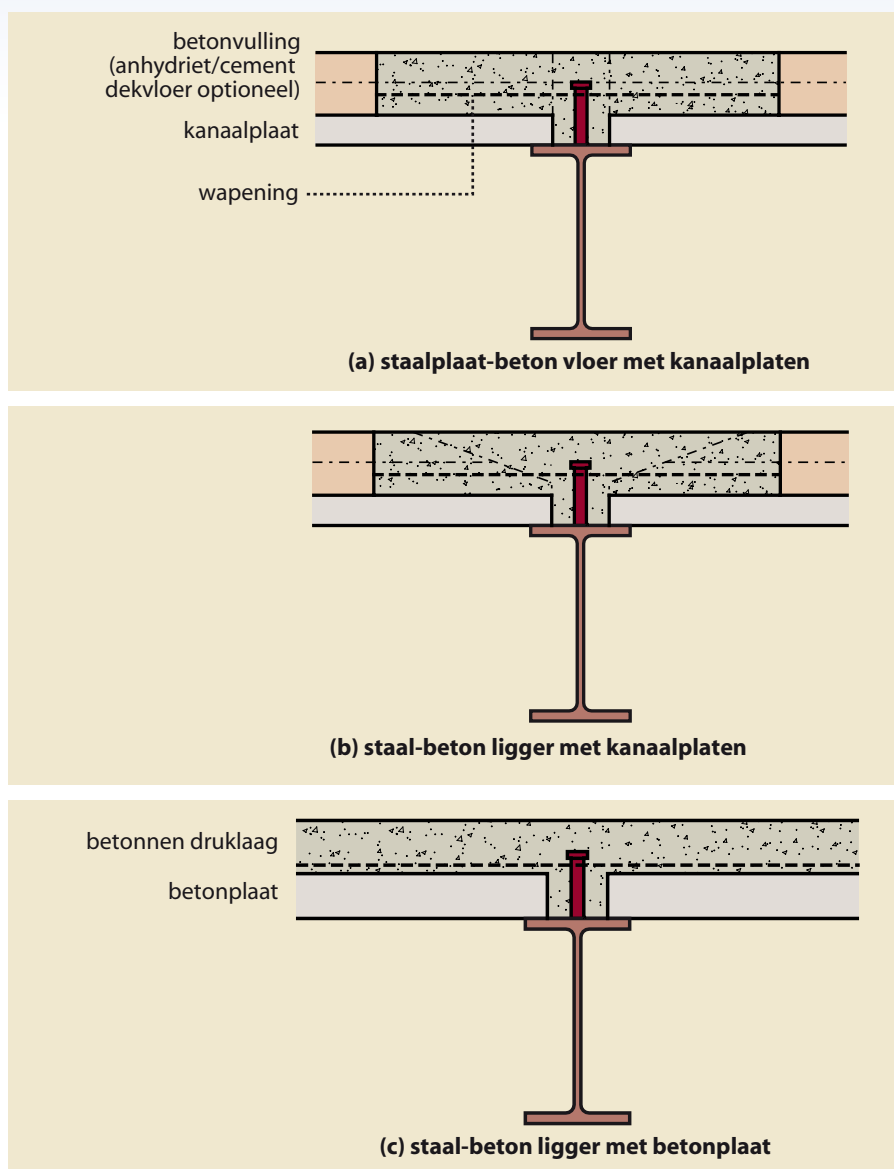
4. Houd bij het ontwerp van de staal-beton liggers rekening met de benodigde afschuifverbindingen. Wapeningsdetails zijn getoond in afb. 3.14.
5. Ontwerp de randliggers zonder staal-beton werking.

Profielvormen

Liggers: Voor toepassing in combinatie met prefab betonvloeren met verjongde uiteinden en gestiftlaste deuvels zijn profielafmetingen IPE 400 tot en met IPE 800. HE-profielen zijn ook toe te passen.

Hoogte kanaalplaat (mm)	Overspanning (m)	Opgelegde belasting (kN/m ²)
150 mm	6	3.5
200 mm	7.5	3.5
250 mm	9	5.0

Tabel 3.3 Overspanningen van kanaalplaten.



Afb. 3.14 Mogelijke verbindingen van staal-beton liggers en prefab betonvloeren.

Staalsoorten	S235 tot S460 afhankelijk van de maximale doorbuiging.
Totale vloerhoogte	900 mm, inclusief plafond, ligger en vloer voor een overspanning van 9 m, plus de zone die nodig is voor leidingen en installaties door of onder de ligger.
Brandbescherming	<p>Spuitwerk, beplating of opschuimende verf om de ligger geheel of gedeeltelijk te bekleden.</p> <p>Voor constructieve samenhang bij het belastinggeval brand is het nodig om de horizontale wapeningsstaven zo te detailleren, dat deze ingestort worden in de prefab kanaalplaten. Daarbij moeten de staven tenminste 600 mm in elk element steken (zie afb. 3.14). Om 90 tot 120 minuten brandwerendheid te bereiken is tevens een betonnen druklaag met een minimale hoogte van 50 mm noodzakelijk.</p>
Verbindingen	Verbindingen met uitstekende kopplaat die is gelast aan de flenzen van de liggers om wrijving te weerstaan.

3.6 Liggers zonder staal-beton werking



Afb. 3.15 Prefab kanaalplaten zonder staal-beton werking opgelegd op liggers.

Beschrijving

Vloerelementen liggen op de bovenflenzen van stalen liggers of op hoekprofielen die aan het lijf van de ligger zijn bevestigd door bouten of lussen. Het horizontale been van het hoekstaal steekt voldoende uit om de vloerelementen tijdens de montage tussen de liggers te manoeuvreren en daarbij genoeg opleg lengte te hebben. Op de vloerelementen kan een (al dan niet constructieve) afwerklaag of een verhoogde computer-vloer worden aangebracht. De prefab vloerelementen zijn kanaalplaten of massieve betonplaten met een hoogte van 75 tot 100 mm.

Ontwerpprogramma's die werken volgens de Eurocode zijn gratis beschikbaar bij: www.arcelor.com/sections.

Overspanning ligger

Overspanningen van 6 en 7,5 m zijn gebruikelijk voor zowel de liggers als de prefab vloerelementen. De vloeroverspanning is kleiner als massieve betonplaten worden toegepast.

Overwegingen bij het vloerontwerp

Houd rekening met de enkelzijdige belasting tijdens de montage. Tijdens de montage kan het nodig zijn tijdelijke schoren aan te brengen om torsieknik van de ligger te voorkomen. Met de schoren wordt de kniklengte van de ligger verkleind.

Het is aan te raden geen liggers toe te passen die in de gebruikstoestand enkelzijdig belast worden. Houd, als dit toch gebeurt, bij het ontwerp rekening met wrijving van de ligger.

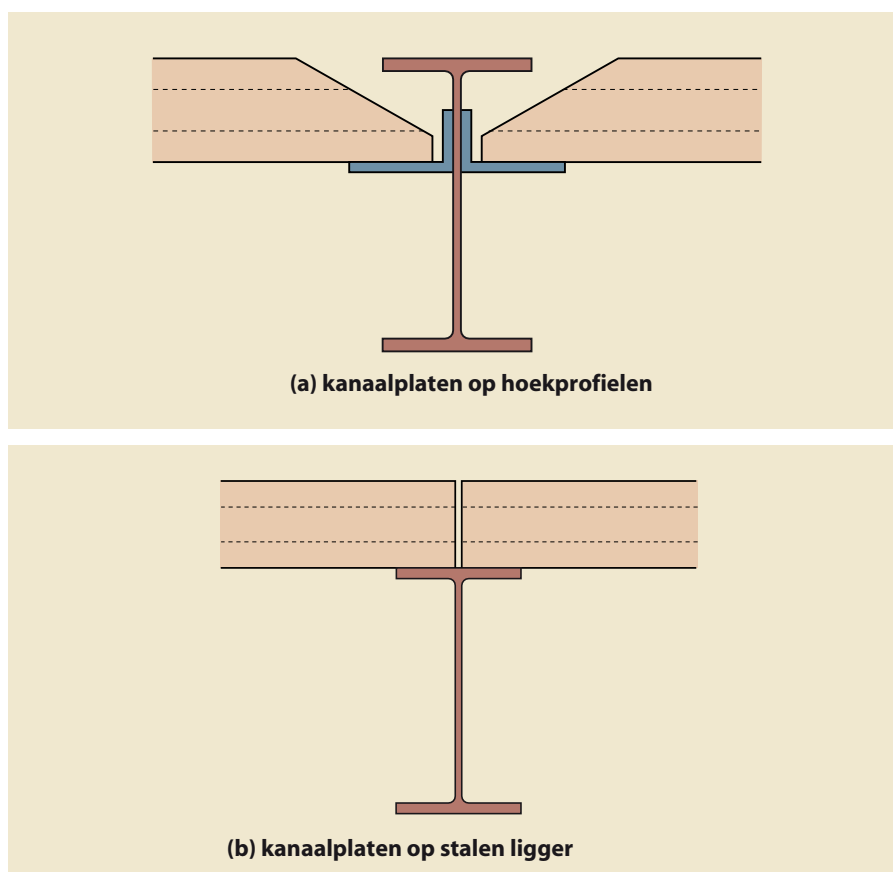
Kenmerken

In essentie een droog bouwsysteem, waarbij de liggerhoogte niet kritisch is.

Leidingintegratie

De leidingen zijn onder de liggers te plaatsen terwijl grotere installaties zoals eenheden voor de luchtbehandeling tussen de liggers zijn te plaatsen.

Ontwerpbenadering	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gebruik voor dit systeem een raster van 6 of 7,5 m met 150 mm dikke kanaalplaten voor overspanningen van 6 m en 200 mm dikke kanaalplaten voor overspanningen van 7,5 m. 2. Kies prefab betonplaten op grond van de gewenste brandwerendheid uit gegevens die door de leverancier worden verstrekt. 3. Ontwerp de stalen liggers met software of eenvoudige handmatige berekening. Houd rekening met torsie-effecten tijdens de montage. 4. Controleer de belasting tijdens de montage en overweeg tijdelijke schoren.
Profielvormen	<p>Liggerhoogte is ongeveer 1/15 van de overspanning.</p> <p>Als massieve betonplaten zijn opgelegd op de bovenflens van de ligger, is de minimum flensbreedte 180 mm. Daarmee zijn de minimum oplegglengtes aan beide zijden inclusief een tussenruimte tussen de prefab betonvloeren van 30 mm gegarandeerd.</p> <p>De minimum liggerafmeting is IPE 400 als prefab betonelementen op de bovenflens zijn opgelegd.</p> <p>Bij opleghoeken is een ruimte van 25 mm nodig tussen de kopse kant van het betonelement en de flens van de ligger (zie afb. 3.19). De horizontale benen van de hoekstalen moeten tenminste 50 mm uitsteken buiten de flenzen van de ligger.</p>
Staalsoorten	S235 tot S460, afhankelijk van de maximale doorbuiging.
Totale vloerhoogte	Bij een vloerraster van 7,5 m is de totale vloerhoogte ongeveer 800 mm, inclusief een verlaagd plafond.



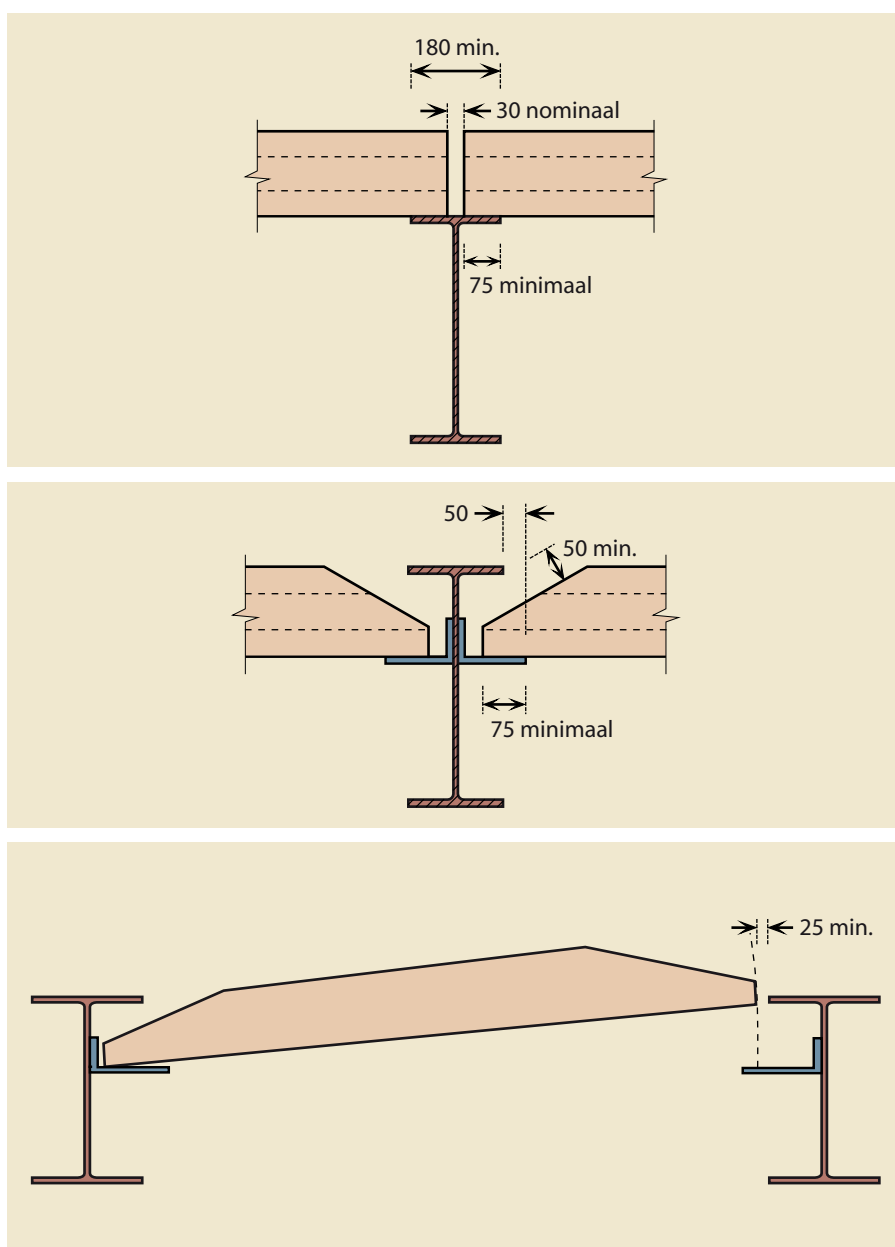
Afb. 3.16 Vloer met kanaalplaten zonder staal-beton werking.

Brandbescherming

Spuitwerk, beplating of opschuimende verf om de ligger te bekleden. Opleghoeken halen 30 minuten brandwerendheid door het been, dat aan de ligger is bevestigd aan de bovenkant te monteren. Daarmee warmt het tijdens een brand betrekkelijk langzaam op.

Verbindingen

Volledige kopplaatverbindingen (gelast aan de flenzen van de liggers) om torsiocrachten tijdens de montage te weerstaan.



Afb. 3.19 Eisen aan de opleglengte en tolerantie bij prefab vloerelementen.

4 Speciale vloersystemen

Dit hoofdstuk bespreekt speciale vloersystemen die uniek zijn voor een bepaalde leverancier, maar die toch een marktaandeel hebben veroverd in verschillende segmenten en in bepaalde Europese landen.

Deze vloersystemen zijn:

- Cofradal (van ArcelorMittal)
- Hoesch Additiv Decke (van Thyssen-Krupp)
- Slimline (van Slimline Buildings)
- Slimdek (van Corus)

In het voorgaande hoofdstuk zijn reeds generieke producten besproken die bij meerdere fabrikanten verkrijgbaar zijn zoals liggers, prefab betonvloeren en

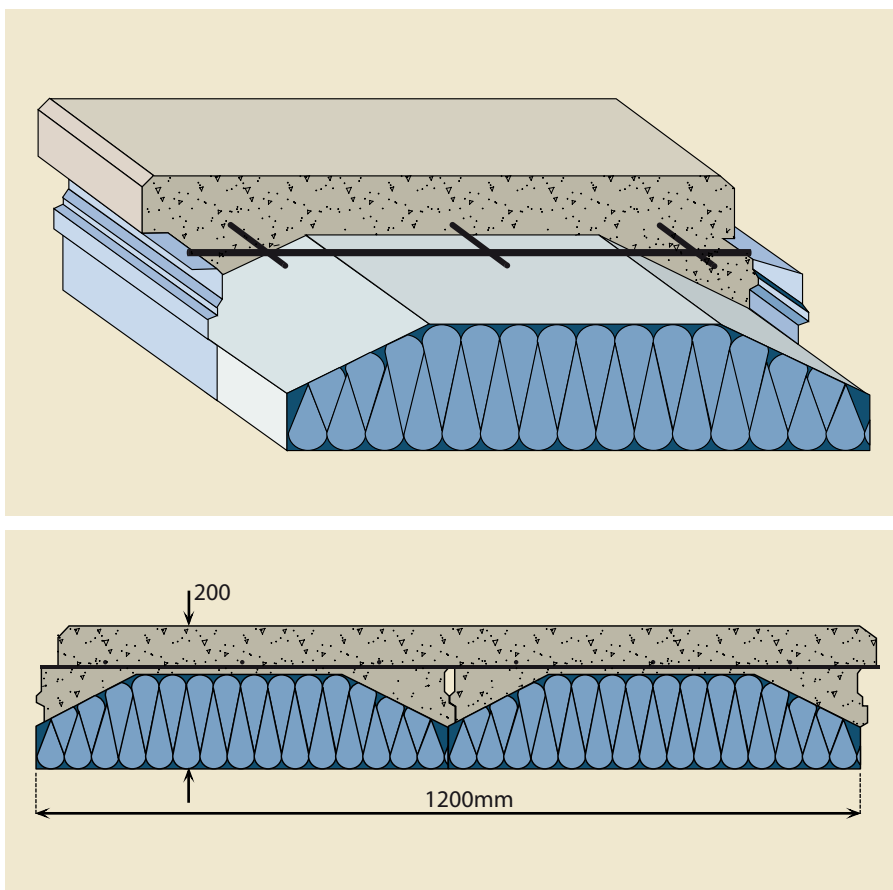
staalplaat-beton vloeren. De systemen in dit hoofdstuk zijn slechts leverbaar door een bepaalde leverancier. Deze leverancier beschikt vaak ook over software en andere informatie die nuttig kan zijn voor ontwerpers.

Cofradal 200

Hoesch Additiv Decke

Slimline

Slimdek



Afb. 4.1 *Perspectief en doorsnede van een Cofradal vloerelement.*

Beschrijving

Cofradal 200 is een prefab vloersysteem, dat geschikt is voor lichte industrie- en utiliteitsbouw en ook in woongebouwen is toe te passen. De vloerelementen zijn 600 mm breed en de vloer is standaard 200 mm hoog.

Het systeem bestaat uit prefab staal-beton vloerelementen. Het heeft als basis een verzinkte geprofileerde staalplaat die is opgevuld met minerale wol. Daarop is een betonnen druklaag gestort die constructief samenwerkt met het staal. De minerale wol biedt thermische isolatie, geluidwering en brandwerendheid tot en met 120 minuten.

Met de speciale profilering aan de zijkant haken de vloerelementen in elkaar om zijdelings schuifkrachten over te kunnen brengen. In de betonnen druklaag is een wapeningsnet opgenomen. Het is niet nodig om tijdens de montage de vloer te onderstempelen. (afb. 4.1).

4.1 Cofradal 200



Afb. 4.2 Levering van Cofradal 200 op de bouwplaats.

Belangrijkste ontwerpoverwegingen

Een druklaag van gewoon beton C25/30 is gewapend met staven die aan de staalplaat zijn gelast. Hierdoor werken staal en beton constructief samen.

De vloerhoogte is 200 mm en de vloer weegt 2 kN/m^2 . De elementbreedte is 6000 mm, maar elementen met een breedte van 1200 mm zijn ook leverbaar. De vloer weegt tussen de helft en een derde van een vergelijkbaar betonnen vloerelement.

Het vloersysteem is ook toe te passen voor begane-grondvloeren, mits de kruipruimte is geventileerd zodat er geen condensvocht ontstaat aan de onderzijde.

De vloer kan bij een overspanning van 7,5 m een variabele belasting aan van 3 kN/m^2 . Bij een overspanning van 2,5 m is de maximale belasting 8 kN/m^2 .

De geluidwering van de vloer is:

$R_w (C, Ctr) = 58 \text{ dB}$, $L_{n,w} = 78 \text{ dB}$ voor de Cofradalvloer op zich en

$R_w (C, Ctr) = 64 \text{ dB}$, $L_{n,w} = 66 \text{ dB}$ voor vloer met een verlaagd plafond.

Kenmerken

- In hoge mate een 'droog' prefab bouwsysteem.
- Voor grote overspanningen, concurrerend voor kanaalplaten.
- Uitstekende geluidwering.
- Lichtgewicht constructie in vergelijking met gewapend beton.

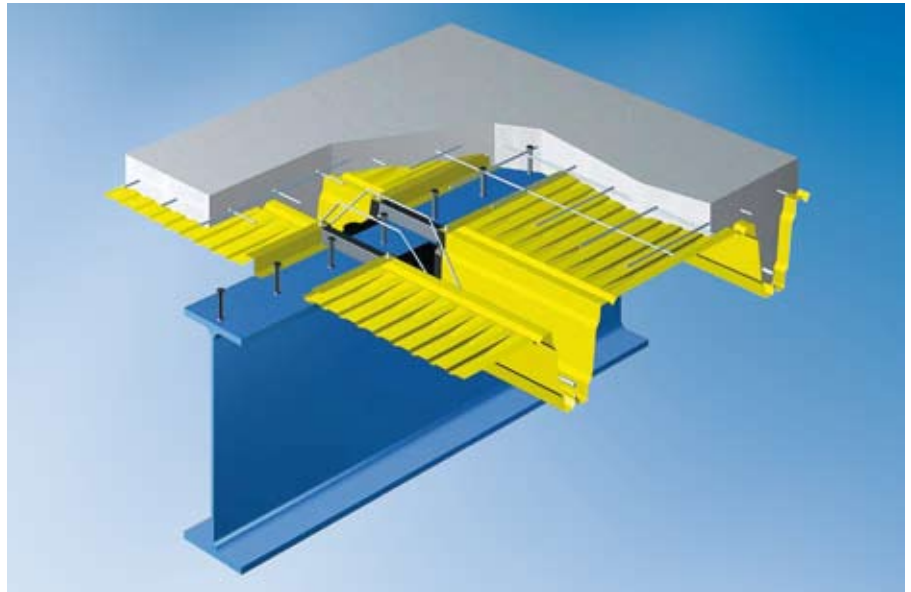


Afb. 4.3 Aanblik van de Cofradal vloer voordat de betonnen druklaag is gestort.



Afb. 4.4 Onderzijde van de voltooide Cofradal vloer. Voor leidingen en installaties is een verlaagd plafond nodig.

4.2 Hoesch Additiv Decke®



Afb. 4.5 Principedetails van de Hoesch Additiv Decke.

Beschrijving

De Hoesch Additiv Decke is een vloersysteem, dat vooral wordt toegepast in parkeergarages en minder in meerlaagse utiliteitsgebouwen. De vloer bestaat uit stalen liggers met daartussen geprofileerde platen van 200 mm hoog met daarop een betonnen druklaag.

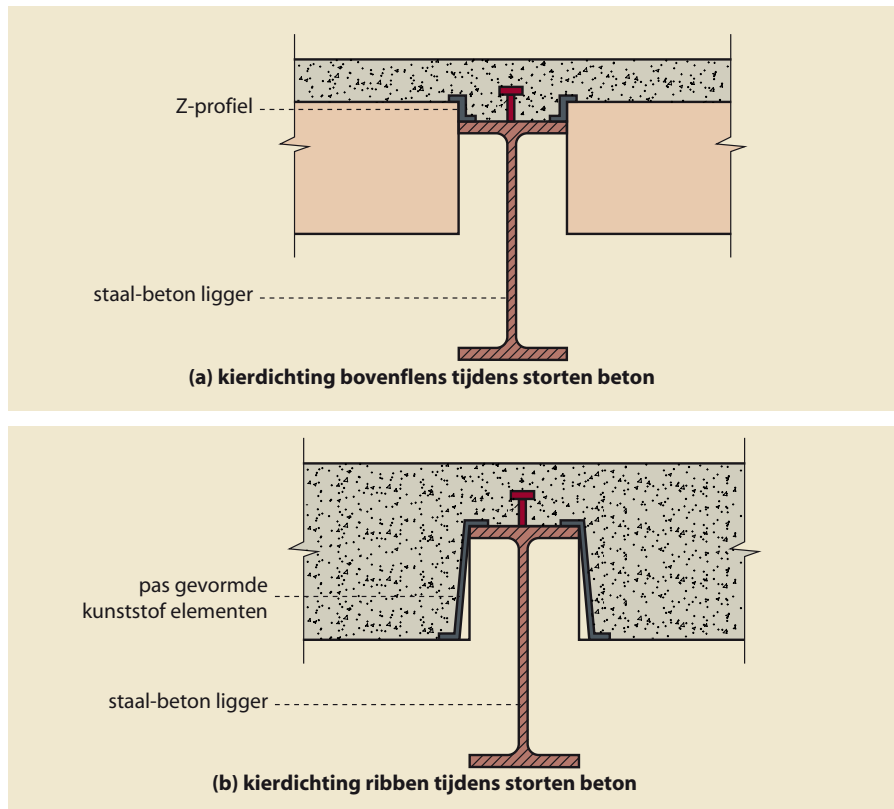
De staalplaat is tussen de flenzen van de ligger geplaatst, zodat de totale vloerhoogte kan worden gereduceerd. De staalplaat panelen worden ondersteund door speciale stalen staven die op de bovensflenzen van de liggers zijn gelast. De betonnen druklaag is door gestiftlaste deuvels aan de liggers verbonden.

Elk type staal-beton liggerverbindingen is mogelijk, bijvoorbeeld warmgewalste I-profielen, patrijspootliggers, enzovoort. Een vloerplan is mogelijk met primaire en secundaire liggers, maar er zijn ook uitsluitend primaire liggers te gebruiken.

De staalplaat en het beton zijn niet ontworpen om constructief samen te werken. De ligger is te ontwerpen als staal-beton constructie. In dat geval moeten er deuvels worden aangebracht op de bovenflens van het I-profiel (afb. 4.5). Het vloerelement overspant tussen de liggers, waardoor er meer keuzevrijheid is bij het aanbrengen van de deuvels die de dwarskrachten overbrengen op de ligger.

Overwegingen bij het vloerontwerp

Bij overspanningen groter dan 5,5 m zijn in de montagefase tijdelijke ondersteuning nodig. Dit leidt tot rasters met een maximum van 5,8 m. De totale vloerhoogte wordt beïnvloed door de dikte van de betonnen druklaag bovenop de staalplaat. Die is minimaal 80 mm, afhankelijk van de hoogte die nodig is voor staal-beton werking met de ligger. Het raster is meestal gebaseerd op veelvouden van 750 mm. Dat is de hart-op-hart afstand van de ribben in de geprofileerde staalplaat. Voor grotere overspanningen moet de vloer in twee stadia met beton worden gevuld in plaats van deze tijdelijk te ondersteunen. Daarmee wordt de maximale overspanning vergroot naar 7 m.



Afb. 4.6 Geselecteerde details van de Hoesch Additiv Decke.

Kenmerken

- Vloeroverspanningen tot 5,5 m zonder tijdelijke ondersteuning tijdens de montage.
- Relatief laag eigen gewicht van het vloerelement.
- De vloer heeft geen invloed op de staal-beton werking van de ligger (deuvels om dwarskracht over te brengen zijn naar wens aan te brengen).
- Reductie van de totale vloerhoogte door de geprofileerde staalplaat tussen de liggers te plaatsen.
- De geprofileerde staalplaat verhoogt de torsieknikweerstand van de liggers tijdens de montage.

Leidingintegratie

Onbeperkte distributie van leidingen en installaties onder de vloer. Leidingen met kleine diameters passen in de de ribben van de geprofileerde staalplaat en zijn door de liggers te voeren via openingen in het lijf.

Profielvormen

Ontwerp als een staal-beton ligger, gebruik makend van de richtlijnen in hoofdstuk 3.

Staalsoorten

S235 of S275 zijn te prefereren voor liggers. Geprofileerde staalplaat: S350 GD.

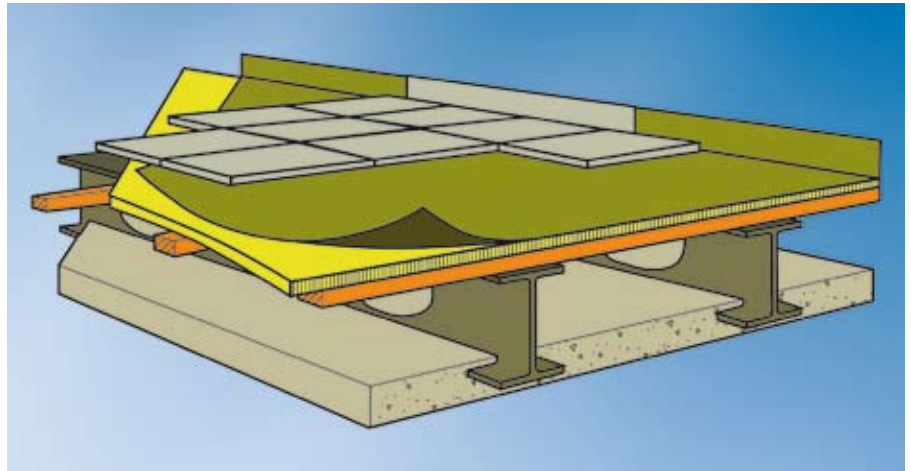
Totale vloerhoogte

Een vloerhoogte van 205 mm plus de betonnen druklaag bovenop de ligger. Deze is minimaal 80 mm dik, afhankelijk van de hoogte die nodig is voor staal-beton werking met de ligger. De totale vloerhoogte hangt af van de profielhoogte gebruikt voor de liggers en van de leidingintegratie (zie eerder hoofdstukken).

Brandbescherming

Voor de vloer is met aanvullende wapening 90 minuten brandwerendheid te behalen. Daarbij moeten de liggers tegen brand worden beschermd.

4.3 Holle staal-beton vloer (*Slimline*)



Afb. 4.7 Details van het Slimline-systeem.

Beschrijving

Het Nederlandse bedrijf Slimline Buildings heeft een prefab hol staal-beton vloer-systeem ontwikkeld genaamd Slimline. Het bestaat uit parallelle stalen liggers waarvan de onderflenzen zijn ingestort in een betonnen onderdek. Op de bovenflenzen steunt een, al dan niet demontabele, topvloer. Het beton blijft aan de onderzijde in het zicht. Het doel is om de constructieve elementen te scheiden van de leidingen en installaties en om een hoge flexibiliteit te bieden in het ontwerp en tijdens de gebruiksfase.

Het systeem maakt het makkelijk om de leidingen en installaties aan te passen. Volgens een onderzoek van Bouwen met Staal is het systeem concurrerend op de Nederlandse markt. Zeker als de integrale kosten van vloeren – invloed op leidingen en installaties, en kosten van de gevel – in ogenschouw worden genomen.

Overspanning ligger

- Prefab Slimline-systeem waarbij de ingestorte stalen liggers gedragen zich als secundaire liggers: 4,5 tot 9,6 m.
- Overspanning hoofdligger: 6 tot 12 m; deze dragen de Slimline vloerliggers.
- Standaard vloerhoogte bij een bepaalde overspanning: 275 mm bij 4,50 m, 295 mm bij 5,40 m, 355 mm bij 7,20 en 445 mm bij 9,60 m.
- Standaardbreedte prefab element van 2400 mm vanwege transporteisen.

Overwegingen bij het vloerontwerp	<p>De (secundaire) stalen liggers zijn onderling verbonden door het betonnen dek aan de onderzijde.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Eigen gewicht: 1,60 kN/m² (exclusief de topvloer). – Trillingen: Metingen aan bestaande gebouwen tonen aan, dat de minimum eigenfrequentie boven 7 Hz ligt. – Geluidseigenschappen: De Slimline vloer en de vloermaterialen vormen een tweeledige constructie die tegemoet komt aan de functionele eisen voor kantoorgebouwen en woongebouwen. – Warmtecapaciteit: Omdat er geen plafond is, kan het beton dienen als warmtebuffer om de binnentemperatuur te reguleren. – Is te gebruiken als begane-grondvloer met isolatie aan de onderzijde, namelijk 80 mm EPS, R_c = 2,52 m²K/W. Dit is inclusief de warmteweerstand van de vloerconstructie.
Kenmerken	<ul style="list-style-type: none"> – Droge bouwmethode op de bouwplaats. – Reductie van verdiepinghoogte, omdat geen verlaagd plafond nodig is. – Gemakkelijke installatie van de leidingen en gemakkelijk onderhoud. – Grotere overspanningen mogelijk dan in een vergelijkbare constructie uit beton. – Warmtecapaciteit van het beton is te mobiliseren als buffer om de binnentemperatuur te reguleren.
Leidingintegratie	Het belangrijkste voordeel van dit systeem is de aanpasbaarheid van de installaties. Dit komt door de makkelijke toegankelijkheid via de topvloer.
Profielvormen	IPE 240 tot 360 voor overspanningen van 5 tot 8 m.
Staalsoorten	Meestal S235, omdat de gekozen profielhoogte de doorbuiging bepaalt.
Totale vloerhoogte	C25/30 met normaal beton.
Type beton en betonkwaliteit	300 tot 500 mm, exclusief de primaire liggers die het Slimline-vloersysteem dragen.
Brandbescherming	Betonvloer: de Slimline-vloer heeft een brandwerendheid van 90 minuten.
Verbindingen	De Slimline-elementen zijn direct geplaatst op of verbonden met de zijanten van de dragende (primaire) liggers. In het eerste geval is het einde van de ligger niet omstort met beton, zodat deze te verbinden is aan de primaire ligger.

4.4 Hoge staalplaat-betonvloer (*Slimdek*)



Afb. 4.08 Leidingendistributie onder de vloer bij Slimdek.

Beschrijving

Slimdek is een vloersysteem dat bestaat uit asymmetrische liggers (ASB, 'Asymmetric Slimflor Beams') die hoge staalplaat-betonvloeren ondersteunen. Het systeem wordt geleverd door Corus. ASB's zijn warmgewalste stalen liggers met een bredere onderflens. De bovenkant van de bovenflens is geribbeld en werkt daardoor zelfs zonder deuvels constructief samen met het betondek. De staalplaat overspant tussen de onderflenzen van de liggers en draagt het betondek en de overige belastingen in de montagefase.

Overspanningen zijn normaliter gebaseerd op een raster van 6 tot 9 m. De vloerdikte varieert van 280-350 mm. De hoge staalplaat vereist tijdelijke ondersteuning tijdens de montage bij overspanningen groter dan 6 m.

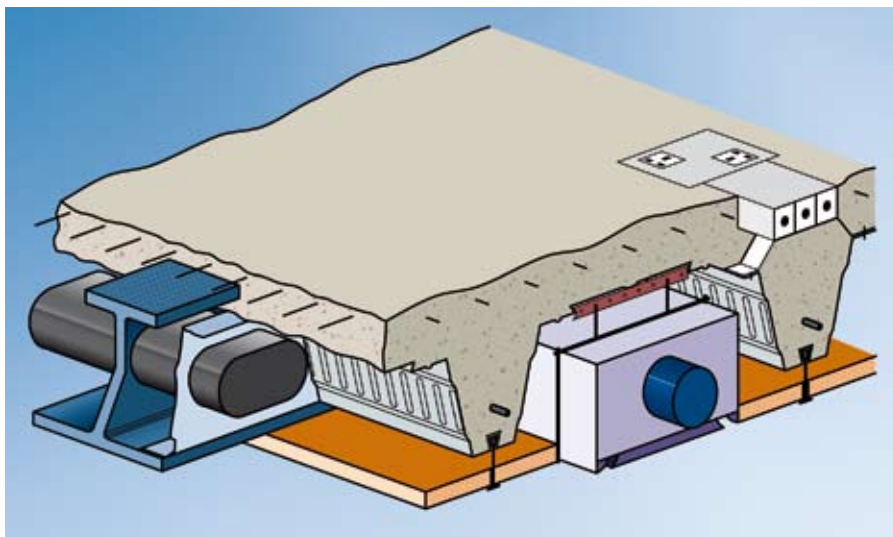
ASB-profielen zijn beschikbaar met de hoogtes 280 en 300 mm. Binnen dit assortiment zijn er vijf ASB's met relatief dunne lijven en vijf ASB(FE)-profielen. Deze "Fire Engineered"-profielen hebben zonder extra bescherming een brandwerendheid van 60 minuten bij een standaard kantoor.

Installaties zijn te integreren door verlengde openingen in de liggerlijven te maken, en door leidingen tussen de ribben van de staalplaat te plaatsen (afb. 4.09).

Als randliggers zijn RHS Slimflor-liggers te gebruiken bestaande uit een rechthoekig kokerprofiel (RHS, 'Rectangular Hollow Section') met een flensplaat aan de onderzijde gelast. Maar ook ASB's zijn te gebruiken en liggers waarbij de vloerplaat op de bovenzijde rust.

Overspanning ligger

Meestal een raster van 6 tot 7,5 m, maar rasters van 9 bij 9 m zijn mogelijk.



Afb. 4.09 Integratie van leidingen bij Slimdek.

Overwegingen bij het vloerontwerp

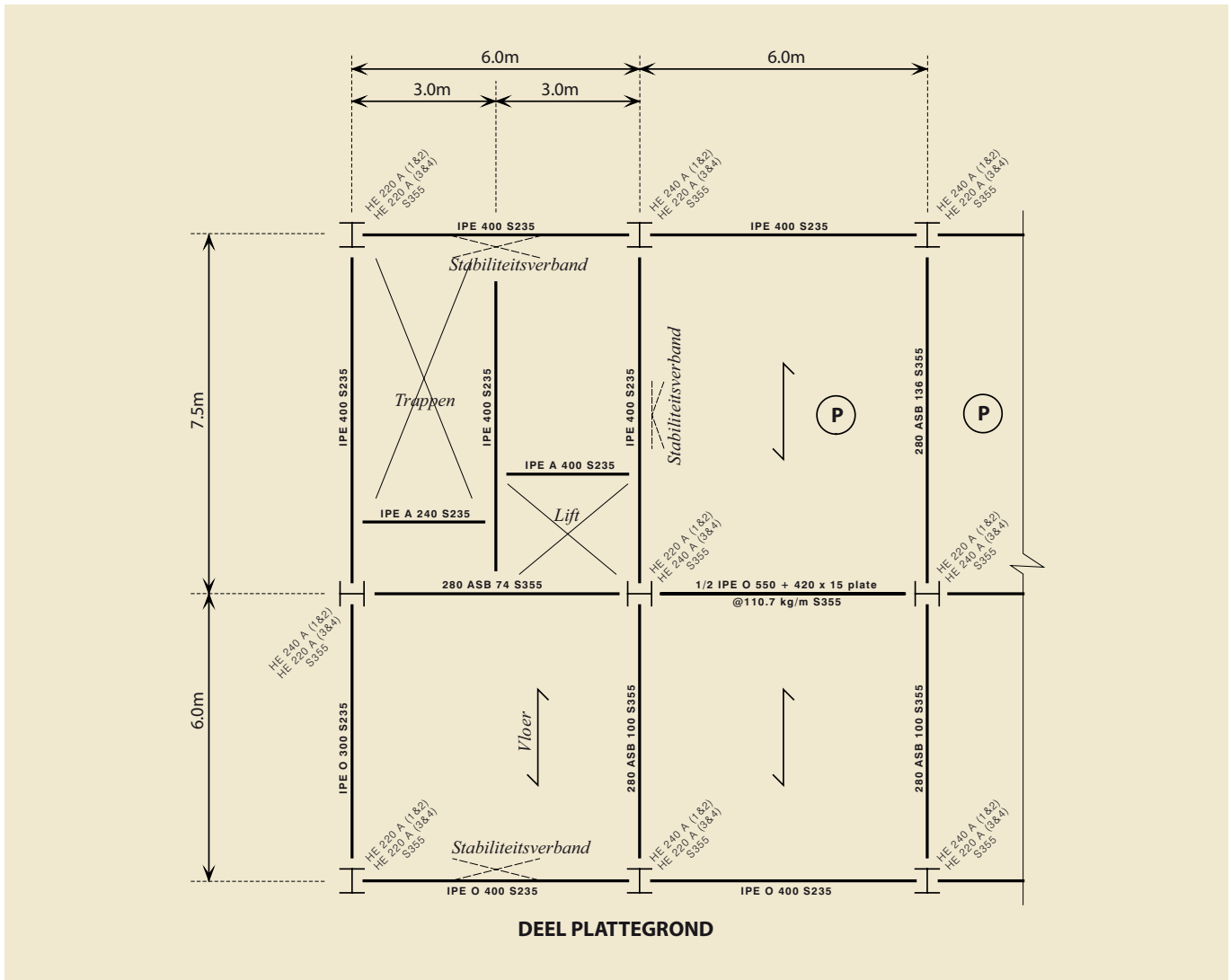
- Bij een rechthoekige plattegrond is een vloerplan met ASB-liggers in de middenzone en ‘gewone’ randliggers doorgaans goedkoper dan ASB-liggers die in dwarsrichting overspannen. Wringing kan de profielkeuze, de richting van de liggers en de randliggers bepalen. RHS Slimflor-liggers weerstaan torsiekrachten beter.
- Staalplaten hebben tijdelijke ondersteuning nodig bij een overspanning groter dan 6 m (dubbele ondersteuning bij een overspanning van 9 m).
- Vloerdikte wordt beïnvloed door het betondek (voornamelijk voor de brandwerendheid), de betonnen druklaag op de ASB, en het betondek op de randligger. Er is geen constructieve samenwerking bij een betonnen druklaag van minder dan 30 mm.
- Er moet worden nagedacht over de detaillering van de kolom-liggerverbindingen, omdat de flenzen van de ASB breder zijn dan de kolom en wellicht een raveling behoeven.
- Slimdek vloeren zijn te ontwerpen met gebruikmaking van de Slimdek software die verkrijgbaar is via: www.steel-sci.org.

Kenmerken

- Een geringe vloerdikte, leidend tot een reductie van de totale vloerhoogte en kosten voor de gevel. Het geïntegreerde plafondsysteem levert een nagenoeg vlakke onderzijde. Dit maakt leidingintegratie mogelijk en biedt makkelijke verplaatsbaarheid van binnenwanden.
- Zonder extra maatregelen een brandwerendheid van 60 minuten.
- Tussen de ribben zijn veel openingen beschikbaar waar de leidingen in kunnen.

Leidingintegratie

Makkelijke plaatsing van leidingen en installaties onder de vloer. Kleine installaties en leidingen (met een doorsnede tot 160 mm) zijn door openingen in het lijf van de ligger heen te voeren.

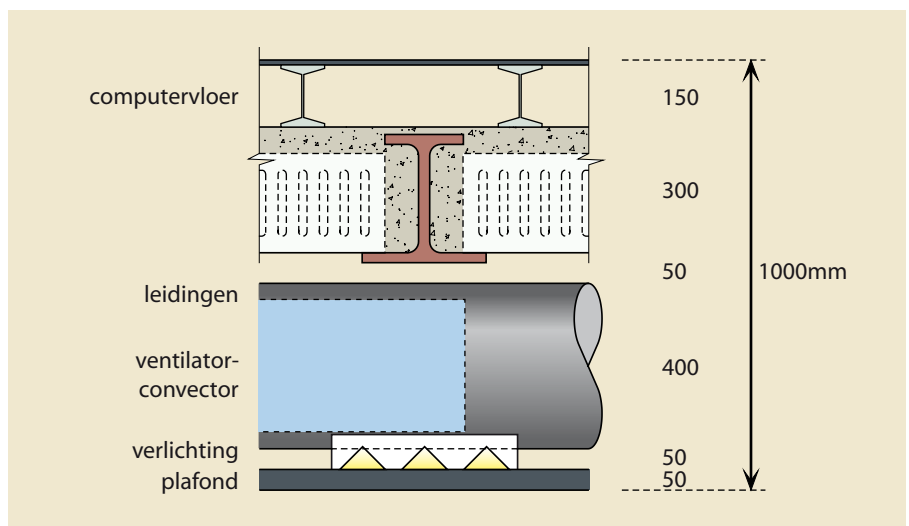


DEEL PLATTEGROND

P = vloerplaat tijdelijk ondersteunen bij deze overspanning

Afb. 4.10 Slimdek: vloerplan voor een vierlaags rechthoekig gebouw. Met ASB-liggers in de middenzone en randliggers onder de vloer.

Afb. 4.11 Slimdek: doorsnede met lucht-beheerssystemen onder de vloer.



Ontwerpbenadering

1. Liggers in een raster met tussenafstanden van 6 m, 7,5 m of 9 m. Let op: als de staalplaat meer dan 6 m overspant zijn tijdelijke ondersteuning nodig. Dit kan invloed hebben op de planning.
2. Kies de staalplaat en ontwerp het betondek. Wees er zeker van dat de hoogte van het dek en de wapening de vereiste brandwerendheid leveren.
3. Ontwerp de ASB's gebruik makend van software. Kies "Fire Engineered" profielen als extra brandbescherming vermeden moet worden. Zorg ervoor, dat het betondek tenminste 30 mm dekking heeft boven de ASB-ligger. Of kies een betondikte die gelijk is aan de bovenkant van de ASB en voorzie deze van wapeningsstaven die door het lijf van de ligger heen voeren.
4. Ontwerp randliggers gebruik makend van RHS Slimflor-liggers of liggers die onder de vloer uitsteken, en let daarbij op de detaillering van de gevelaansluitingen. Let er op, dat de hoogte van de randligger overeenkomt met de dikte van het betondek.

Profielvormen

Tabel 4.1 Afmetingen van ASB-liggers

Overspanning ligger	Overspanning staalplaat-betonvloer		
	6	7.5*	9*
6 m	280 ASB100	280 ASB136	300 ASB153
7.5 m	280 ASB136	300 ASB153	300 ASB185
9 m	300 ASB153	300 ASB185	300 ASB249

*tijdelijke ondersteuning noodzakelijk

Staalsoorten

ASB's zijn uitsluitend verkrijgbaar in S355. RHS *Slimflor* liggers zijn beschikbaar in de staalsoorten S275 en S355.

Totale vloerhoogte

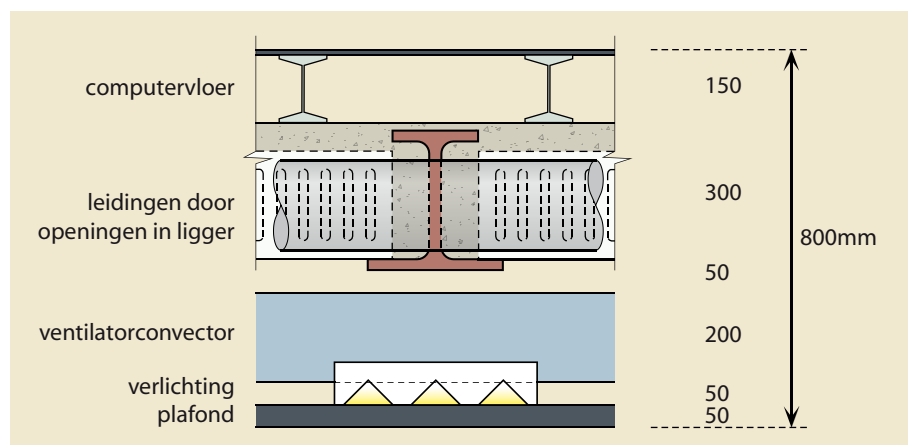
1000 – 1200 mm met luchtbehandeling (en computervloer) (afb. 4.11).
700 – 900 mm met lichte installaties (en computervloer) (afb. 4.12).

Brandbescherming

Voor brand ontworpen ASB(FE)-liggers met het lijf en de bovenflens omstort met beton hebben vanaf 60 minuten brandwerendheid extra brandwerende maatregelen nodig. Bij ASB's met dunne lijven is dit bij meer dan 30 minuten brandwerendheid het geval. Dit gebeurt meestal door aan de onderzijde brandwerende beplating aan te brengen. RHS *Slimflor* randliggers hebben normaliter extra bescherming nodig bij een brandwerendheidseis groter dan 60 minuten. Dit wordt meestal gedaan door de onbeschermde zijden van brandwerende beplating te voorzien.

Verbindingen

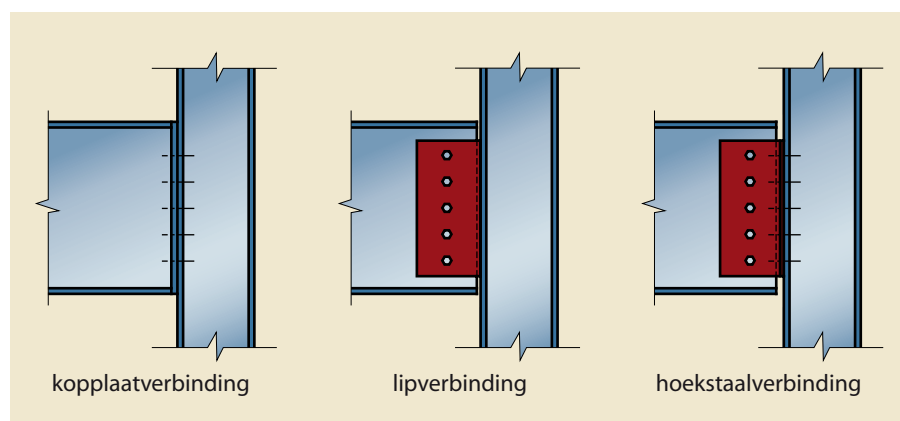
ASB's hebben kopplaatverbindingen nodig (meestal met 6 of 8 bouten) om torsiekrachten te weerstaan. RHS *Slimflor*-liggers gebruiken vaak uitstekende kopplaatverbindingen.



Afb. 4.12 *Slimdek*: doorsnede toont de leidingen geplaatst binnen de vloerdikte.

5 Liggerverbindingen

Alle vloersystemen die in het vorige hoofdstuk aan de orde kwamen, gebruiken eenvoudige dwarskrachtverbindingen, die geen grote momenten of wringing over kunnen brengen. Echter, sommige verbindingen moeten tevens buigende momenten of wringing kunnen weerstaan. In deze gevallen, zoals bij asymmetrische liggers in geïntegreerde vloersystemen, zijn verbindingen nodig waarbij de gehele hoogte van het profiel meewerkt.



Afb. 5.1 Kolom-liggerverbindingen die uitsluitend dwarskrachten overbrengen.

Dwarskrachtverbindingen

Voor de stabiliteit van de constructie zorgen meestal stalen verbanden of een betonnen kern. Dan is het niet nodig, dat de verbindingen tussen de stalen elementen grote buigende momenten overbrengen. Wanneer verbindingen geen buigende momenten ondergaan is de detaillering van verbindingen eenvoudig. De verbindingen zijn uitsluitend vormgegeven op dwarskrachten. De constructeur schrijft dwarskrachtverbindingen voor en laat de keuze van het detail aan de staalbouwer over. Er zijn drie typen dwarskrachtverbindingen: kopplaatverbindingen, lipverbindingen of hoekstaalverbindingen (afb. 5.1).

In het algemeen worden voor kolom-liggerverbindingen kopplaatverbindingen gebruikt. Deze kopplaten zijn zo dun, dat ze geen grote momenten aantrekken en zijn bekend als 'flexibele' kopplaatverbin-

dingen. Verbindingen met rechthoekige kokers als kolommen zijn ook rechttoe rechtaan. Hierbij is gebruik te maken van kopplaatverbindingen en dubbele hoekstaalverbindingen. De 'blinde' verbindingen zijn op maat te maken en de bouten zijn in gaten met voorgetapte draad te draaien.

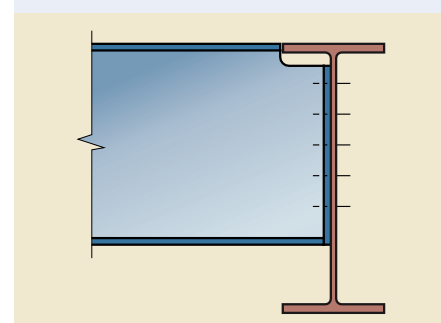
Bij ligger-liggerverbindingen wordt eveneens gebruik gemaakt van deze standaard details, hoewel de secundaire ligger geraveeld moet worden. Dit is te zien is bij de kopplaatverbinding in afb. 5.2.

Uitstekende kopplaten

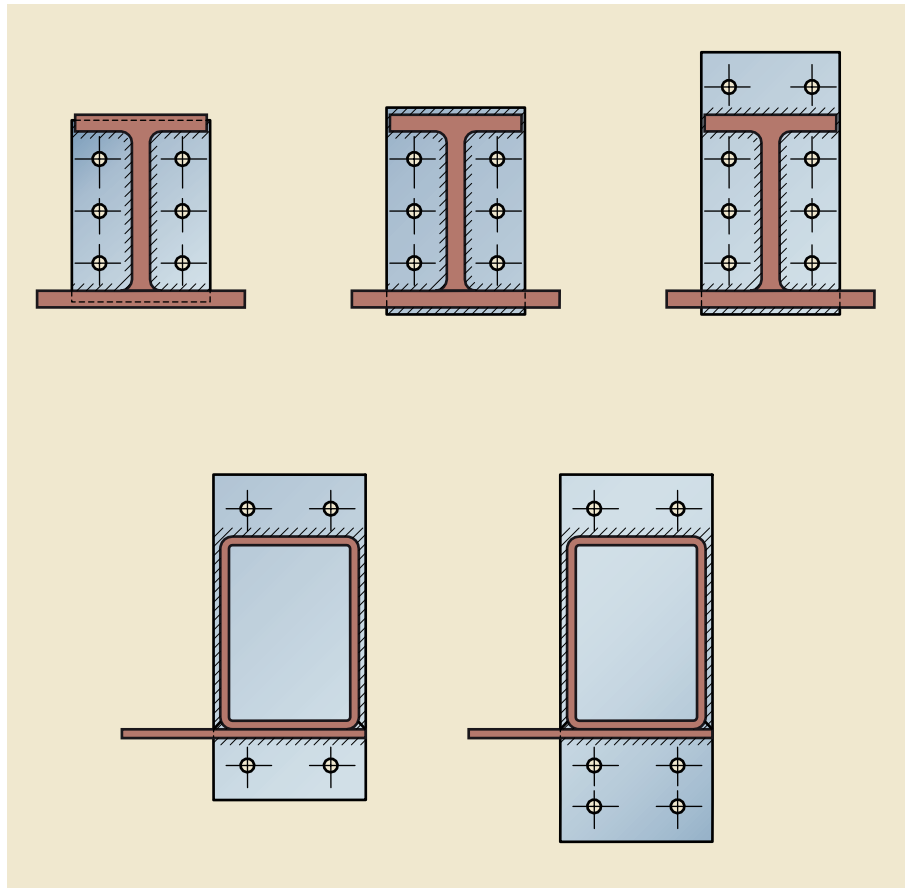
Als verbindingen wringing of buigende momenten overdragen, is de ligger meestal uitgevoerd met een uitstekende kopplaat (afb. 5.3). Bij dit type verbindingen is de kopplaat rondom het volledige profiel van de ligger gelast.

Dwarskrachtverbindingen

Uitstekende kopplaten



Afb. 5.2 Ligger-liggerverbinding die de noodzaak van een geraveelde secundaire ligger toont.



Afb. 5.3 *Verbinding met een uitstekende kopplaat die buigende momenten overbrengt. Nodig bij geïntegreerde liggers en randliggers.*

Vanuit hun fabricageproces hebben staalconstructiebedrijven een voorkeur voor bepaalde verbindingen. Daarom is het gebruikelijk, dat de staalbouwer de verbindingen ontwerpt en de hoofd constructeur slechts de krachten en momenten aanlevert voor de relevante stadia: het montage- en het gebruiksstadium. Het montagestadium is van belang, omdat dan elementen op wrijving kunnen zijn belast. Een voorbeeld zijn geïntegreerde liggers waarop eerst het ene, dan het andere vloerelement worden opgelegd, zodat zij tijdelijk eenzijdig zijn belast.

Andere elementen, zoals randliggers, zijn in alle stadia op wrijving belast. In dit geval moeten zowel de lassen als de boutverbindingen worden gecontroleerd op het gecombineerde belastinggeval dwarskracht met torsie.

Door het feit dat verbindingen met een uitstekende kopplaat een buigend moment kunnen overbrengen, dragen zij bij aan de stijfheid van de ligger en reduceren zij de doorbuiging. Bij grote overspanningen kan dit een voordeel zijn.

6 Voorbeeldprojecten

Om de ontwerp- en constructieprincipes uit de voorgaande hoofdstukken te illustreren, toont dit hoofdstuk een aantal voorbeeldprojecten. De voorbeeldprojecten bieden een scala aan gebouwvormen en een breed spectrum aan locaties in geheel Europa.

Dit zijn de voorbeeldprojecten met een korte kenschets van hun constructiesysteem:

- Mjärvedi Centrum, Linköping, Zweden
Geïntegreerde stalen liggers en betongevulde buiskolommen.
- ING Bank Hoofdkantoor, Amsterdam, Nederland
Slimdek constructie ondersteund door naar binnen hellende kolommen.
- Kamer van Koophandel, Luxemburg, Luxemburg
Roestvast stalen staalplaat-betonvloer met onbeklede onderzijde en ondersteund door geïntegreerde liggers voor grote overspanningen.
- HighLight Towers, München, Duitsland
Staal-beton constructie ondersteund door betongevulde buiskolommen.
- Palestra, Londen, Verenigd Koninkrijk
Paarsgewijs aangebrachte plaatliggers voor grote overspanningen ondersteund door buiskolommen.
- Renovatie Alhóndiga, Bilbao, Spanje
Renovatie van een bestaand gebouw waarbij de gevel behouden is gebleven en vakwerkliggers voor grote overspanningen zijn gebruikt om tentoonstellingsruimte te creëren.

*Mjärdevi Center,
Zweden*

*ING Bank Headquarters,
Amsterdam*

*Chamber of Commerce,
Luxemburg*

*HighLight Towers,
München*

*Palestra,
Londen*

*Renovation of Alhóndiga,
Bilbao*

6.1 Mjärdevi Center, Linköping, Zweden

Het Mjärdevi Center combineert traditionele bouwmethodes met een prefab staalconstructie.

Voordelen

- Betongevulde stalen buiskolommen zijn brandwerend en zijn toe te passen zonder brandwerende verf.
- De stalen vloer met geringe constructiehoogte is zichtbaar door de hellende, gebogen glazen gevel.
- Lichte staalprofielen dragen de glazen gevel.
- Prijswinnende architectuur



Mjärdevi Center is het centrum en symbool van het wetenschapspark. Het gebouw bestaat uit twee duidelijk verschillende delen, een plint en een hoogbouw met 12 lagen. De hoogbouw bestaat uit twee cirkelsegmenten waarvan de kopgevels voorover hellen. De architect maakt gebruik van klassieke geometrische figuren. Een slanke, gekromde vorm had de voorkeur zoals een vaas of een sculptuur. Een eenvoudige, mooie vorm die tegelijkertijd tijdloos en nieuw is, doordat hij voorover helt. Om de architect te citeren: “Je kunt zeggen, dat

het gebouw als een gigantische vaas van Alvar Aalto is.”

Voor de gevelbekleding is zink gebruikt. Dat vormt met zijn donkere kleur een venster voor de volledig beglaasde langsegevel. Het gebouw heeft een silhouet dat scherp afsteekt tegen het vlakke landschap. In de hoogbouw is de verticaliteit benadrukt door de kolommen in het zicht te laten in de kantoorruimtes. Bij de laagbouw wordt het interieur gereflecteerd in het exterieur door de draagconstructie volledig te tonen.

Projectpartners

- Opdrachtgever:
Sankt Kors Fastighets AB.
- Architect:
Lund & Valentin Architect.
- Constructeur:
CSE projekt AB, PPTH Engineering.
- Projectmanager:
Hifab Byggprojektledaren AB.
- Staalconstructie:
PPTH-Norden Oy.
- Gevelleverancier:
Strängbetong.

Constructiedetails

Er zijn stalen buiskolommen gebruikt in combinatie met stalen liggers en prefab kanaalplaten.

De stalen kolommen met een diameter van 200 mm, worden aangeleverd met een lengte van drie verdiepingen. Ze zijn gevuld met gewapend beton voor staal-beton werking en voor brandwerendheid. Er is voor deze oplossing gekozen, omdat de architect het stalen oppervlak in het zicht wilde houden. Alle stalen kolommen zijn in het zicht, behalve de hellende kolommen in de kopgevels.

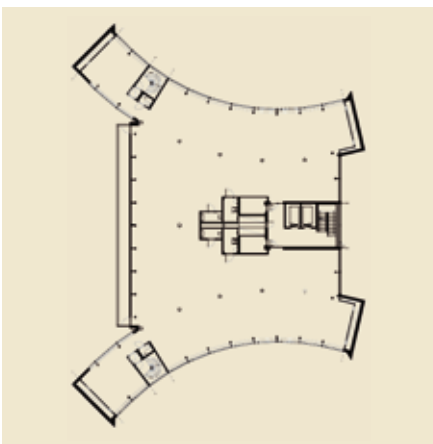
Als gevelligers zijn HEA-profielen, 240 mm hoog, gebruikt. Als veldliggers zijn omega-profielen toegepast. Voor de hellende kolommen zijn rechthoekige buisprofielen gebruikt. Deze zijn aan elkaar gelast en zijn gemonteerd als ware het een gigantische ladder. De liggers houden deze kolommen horizontaal op hun plek.

De vloeren bestaan uit 270 mm hoge kanaalplaten. Hun overspanningen variëren van 4 tot 11 m, afhankelijk van de plek in de plattegrond.

Het gebouw wordt gestabiliseerd door drie trappenhuisen van prefab beton. Een van de trappenhuisen ligt centraal in het gebouw, de andere twee liggen aan de gevel. Het centrale trappenhuis gebruikt lichtgekleurd beton waarvan het oppervlak in het zicht is gelaten.

In de buitengevels zijn lichte stalen C-profielen toegepast in combinatie met structural glazing. Een belangrijk punt bij de uitvoering waren de geringe toleranties van de prefab gevel en de glazen elementen.

Het gebouw is een goed voorbeeld hoe prefab constructietechnologie is te gebruiken om een geavanceerde architectonische expressie te verkrijgen. De ranke dimensies van het staalskelet worden ervaren door een lichte, hellende en gekromde glasgevel.



Plattegrond van het gebouw, 7e verdieping.



Mjärdevi Centrum in aanbouw. Voor de draagconstructie een warmgewalste staalskelet en voor de buitengevels koudgewalste profielen.

6.2 ING Bank Hoofdkantoor, Amsterdam, Nederland

Voor het prestigieuze hoofdgebouw van de ING Bank koos het ontwerpteam voor het Slimdek systeem, vanwege zijn geringe totale vloerhoogte – zichtbaar is door de transparante gevel – vanwege de hoge bouwsnelheid en het lichte gewicht.

Voordelen

- Hoge bouwsnelheid van de draagconstructie.
- Geringe totale vloerhoogte, zichtbaar door de transparante gevel.
- Mogelijkheden tot leidingintegratie.
- Vanwege de slechte bodemcondities het geringe eigen gewicht.
- Daardoor ook geringere kraancapaciteit nodig.
- Kleine bouwplaats met geringe opslagcapaciteit.



Achtergevel ING Bank Hoofdgebouw
(Foto: G. Fessy, Parijs).



Het hoofdgebouw van de ING Bank is een spannend voorbeeld van een staalskelet in combinatie met Slimdek. Het gebouw van negen lagen heeft ongeveer 20.000 m² bruto vloeroppervlak en rust in zijn geheel op naar binnen hellende staal-beton kolommen. De 'neus' van het gebouw bevat een auditorium en kraagt 26 m uit.

Het architectenbureau Meyer & Van Schooten wilde graag Slimdek toepassen vanwege eerdere ervaringen bij andere projecten. Grootste voordeel was, dat het systeem goed scoort op een belangrijke randvoorwaarde in Nederland: vergelijken met andere vloersystemen bood Slimdek de geringste totale vloerhoogte. Dit speelde een grote rol door de toepassing van een volledig transparante glazen tweede-huidfacade. Het slanke vloersysteem is subtiel zichtbaar in de gevel.

Het constructieve raster is ongeveer 7 m in beide richtingen, wat ideaal is voor Slimdek. Gebruik makend van ASB-profielen en hoge staalplaat-betonvloeren resulteert dit in een totale vloerhoogte van onge-

veer 300 mm. Vakwerkliggers met grote overspanningen dragen de bovenbouw en brengen de horizontale krachten over. De hellende kolommen garanderen de stabiliteit van het gehele gebouw.

Omdat het gebouw vlak naast de drukke snelweg A10 ligt, waren geluidwering en beperking van trillingen ook van belang bij het ontwerp. Toegang tot het kantoor en de parkeergarage is onder de bovenbouw.

In overleg met de installatieadviseur is een geavanceerd klimaatsysteem bedacht, waarbij de tweede-huidfacade wordt gebruikt om zonnewarmte te vangen en de binnentemperatuur te regelen. De installaties zijn onder de vloer geplaatst, met kleine leidingen en verbindingstukken tussen de ribben van de vloer.

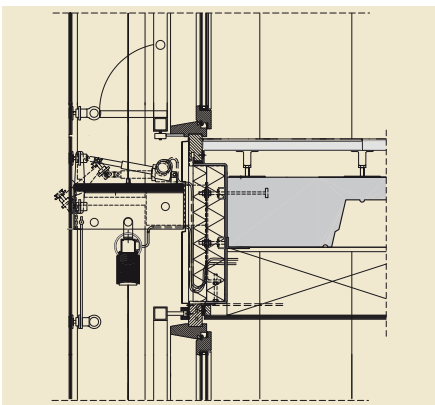
In Nederland moet bij alle bouwprojecten rekening worden gehouden met het hoge grondwaterpeil. Door de krachten in een beperkt aantal kolommen te concentreren, konden de funderingswerkzaamheden tot een minimum worden beperkt.

Projectpartners

- Opdrachtgever:
ING Bank.
- Architect:
**Meyer & Van Schooten en Ellerman,
Lucas, Van Vugt Architecten.**
- Constructeur:
Aronsohn.
- Staalconstructie:
HGO Groep.
- Vloersysteem:
Dutch Engineering.



Staalplaat-betonvloer in de gehoorzaal.



Constructiedetails

De draagconstructie bestaat uit hellende kolommen met een lengte van 10 m. Deze kolommen ondersteunen de bovenbouw die in hoogte varieert van 4 tot 9 bouwlagen. In de breedte zijn er 4 beuken met een beukmaat van ongeveer 7 m die de ASB-liggers (280ASB136) overspannen.

De bovenbouw staat op de hellende kolommen en wordt ondersteund door een verdiepingshoog vakwerk, die tevens de horizontale krachten van de kolommen opneemt. De kolommen bestaan uit I-profielen in een kruisvorm. Deze zijn met beton gevuld voor staal-beton werking en om een eventuele aanrijding te weerstaan.

In de bovenbouw is voor de verdiepingvloeren gebruik gemaakt van hoge staalplaat-betonvloeren die rusten op de onderflenzen van de ASB-liggers. Om tijdens de montage doorbuiging van de staalplaten met 7,2 m overspanning tegen te gaan, werden twee rijen met tijdelijke ondersteunen geplaatst. De totale vloerhoogte is 310 mm, de minimale vloerdikte om aan doorbuigings- en trillingseisen tegemoet te komen. Voor de begane-grondvloeren en de vloeren van de parkeergarage zijn kanaalplaten toegepast.

Vloerdetail (Foto: Meyer & Van Schooten, Amsterdam).

De lichte tweede-huidfaçade is bevestigd aan de stalen randkolommen en biedt een gecontroleerd binnenklimaat. Omdat het een slank vloersysteem is, bepaalt Slimdek mede het subtiele beeld van de volledig transparante gevel.

De gehoorzaal is drie bouwlagen hoog en kraagt 26 m uit. Per vloer is de constructie opgehangen aan diagonalen. In dit uitkragende bouwdeel is gebruik gemaakt van slankere staalplaat-betonvloeren (CF100). Omdat tijdelijke ondersteuning tijdens de montage in dit deel niet wenselijk waren, is gekozen voor overspanningen van 3,6 m. De staalconstructie is geleverd door de HGO Groep, een consortium van drie Nederlandse staalbouwers: Hollandia, Grootint en Oostingh. De staalplaat-betonvloeren en ASB-liggers zijn geleverd door Dutch Engineering.

Ondanks de complexe constructie en de lastige bouwplaats waren er slechts 28 weken nodig voor de montage van de 1000 ton wegende staalconstructie. Door de kleine bouwplaats moest het aantal transporten en het aantal vrachtwagens tot een minimum worden beperkt. Door de keuze voor een lichtgewicht

6.3 Kamer van Koophandel, Luxemburg, Luxemburg

Het nieuwe hoofdkantoor van de Kamer van Koophandel in Luxemburg laat het staal in het zicht en bespaart energie door toepassing van een watergekoelde staalplaat-betonvloer van roestvast staal.

Voordelen

- Geïntegreerd vloersysteem met grote overspanningen (12 m).
- Visueel aantrekkelijke gegolfde roestvast staalplaat in het zicht.
- Transparante glazen gevel.
- Optimalisatie met fire safety engineering.
- Energiebesparing door toepassing van waterkoeling.



Het nieuwe hoofdkantoor van de Kamer van Koophandel in het Groothertogdom Luxemburg ligt op de Kirchberg. Het bestaande gebouw van 5.000 m² is volledig gerenoveerd en 20.000 m² kantooroppervlak is toegevoegd. Het complex is gecompleteerd met een congrescentrum van circa 8.000 m² en een ondergrondse parkeergarage van vier lagen met 650 parkeerplekken. Het totale bruto vloeroppervlak inclusief parkeren is 52.000 m². Het complex was gereed in 2003 en kostte toen 70,4 miljoen Euro.

De nieuwbouw bestaat uit vier kantoorvleugels in een rij. Glazen loopbruggen verbinden de vleugels onderling en met een gebouw aan de overkant van de straat. De plattegronden zijn vrij in te delen. De gebouwen hebben gezeefdrukte beglazing en zijn getild boven het maaiveld. De vloeren bestaan uit staalplaat-betonvloeren waarvan de gegolfde, geprofileerde staalplaat is gemaakt uit roestvast staal. Deze glimmende gegolfde plafonds zijn in het zicht gehouden.

De constructie van 4 en 5 bouwlagen be-

staat uit warmgewalste staalprofielen en staalplaat-betonvloeren met geïntegreerde IFB-liggers en onderspannen primaire liggers. Deze onderspannen liggers hebben een overspanning van 12,5 m. Dit is meer dan bij een normale, niet-onderspannen, IFB-ligger mogelijk is.

De roestvast stalen vloerplaten hebben een hoogte van 180 mm en werken constructief samen met het betondek. De vloeren liggen op de onderflens van de geïntegreerde ligger. Kunststof buizen zijn ingestort in het beton en zorgen voor verwarming in de winter en koeling in de zomer. De gezeefdrukte print op de glasgevels beperkt de zoninstraling. De glazen liftkooien bepalen mede het architectonische beeld van transparantie en lichtheid van dit nieuwe hoofdkantoor. In de kantoorruimte worden modulaire scheidingswanden gebruikt van staal en glas.

Schijfwerking van de vloeren en de liftschachten waarborgen de horizontale stabiliteit. Gebouw C wordt aan één zijde ondersteund door K-vormige stalen stabiliteitsverbanden.

Projectpartners

- Opdrachtgever:
Kamer van Koophandel Luxemburg.
- Architect:
Vasconi Architecten.
- Constructeur:
Schroeder, N. Green, A. Hunt.
- Installatieadviseur:
RMC Consulting.



Waterleidingen voor koeling en verwarming geplaatst in het betondek.



Staalplaat-betonvloer van roestvast staal is in het zicht gehouden. In het eronder hangende element zijn ventilatie en lichtvoorziening geïntegreerd.

Constructiedetails

Onder de geïntegreerde liggers zijn met stalen kokerprofielen trekbanden aangebracht. Hierdoor wordt de mogelijke overspanning met 30% verhoogd en kunnen de stalen liggers tot 12,5 m overspannen. De trekbanden dringen onder de vloer zijn zichtbaar, maar dringen zich niet op in het architectonisch beeld. Leidingen hangen onder de vloer, maar boven de trekbanden, om de totale vloerhoogte te beperken.

De gegolfde roestvast stalen vloerplaten overspannen in dezelfde richting als de primaire liggers en worden ondersteund door secundaire liggers met een hart-op-hart afstand van 4 m. De vloerplaat draagt het betondek en hoeft tijdens montage niet tijdelijk ondersteund te worden.

De brandwerendheid van de geïntegreerde liggers en de stalen kolommen is bepaald met behulp van fire safety engineering. Hiermee kon worden aangetoond, dat de constructie zonder extra maatregelen 60 minuten brandwerendheid is. De IFB-liggers zijn deels beschermd door het betondek en kunnen bij brand (waarbij gerekend mag worden met geringere belastingen) de belasting dragen, ondanks dat de onderspanning niet meer meewerkt.

Het systeem van koeling en verwarming met bouwdeelactivering werkt in drie stadia.

Zomer - nacht

Tijdens de zomer wordt 's nachts koel water door kunststof leidingen geleid, die in het betondek zijn aangebracht. Om 8 uur 's avonds wordt de watertemperatuur omgeschakeld van 28/33 oC naar 14/18 °C.

Zomer - overdag

Als 's nachts de vloer de van tevoren vastgestelde waarde voor de ochtend niet bereikt (namelijk een maximum temperatuur van 21 °C), blijft de vloerkoeling werken. Het water wordt dan gekoeld door de absorptiekoeler (op een temperatuur van 9/18 °C).

De balans van verwarming en koeling wordt bereikt door de liggers in het plafond te verwarmen of te koelen. De geprepareerde lucht wordt door een warmtewisselaar geleid en mengt daar met de aanwezige lucht.

Winter

Tijdens de wintermaanden wordt de vloer opgewarmd door warm water door de leidingen te voeren. Het water wordt opgewarmd met een warmtewisselaar die energie betreft van zonnecollectoren.

6.4 HighLight Towers, München, Duitsland

In het noorden van München staat een nieuw complex met hoogwaardige kantoorruimte, dat een transparante gevel koppelt aan flexibiliteit in de gebruiksfase door toepassing van een innovatieve staalconstructie.

Voordelen

- Flexibiliteit in de gebruiksfase door het ontbreken van betonnen wanden en kernen.
- Innovatief stabiliteitssysteem door gebruik van stalen ruimtevakwerken.
- Transparantie van de gevels.
- Prefab gevelpanelen.
- Hoogwaardige kantoorruimte.



De HighLight Towers is een hoogbouwcomplex in het noorden van München in Parkstadt Schwabing, een nieuwe wijk voor wonen en werken. De locatie is belangrijk, zowel voor de onmiddellijke omgeving als voor de gehele stad. De torens kijken namelijk uit op het punt waar de belangrijkste toegangsweg vanuit het noorden kruist met de ringweg rond de binnenstad.

Het doel van het ontwerpconcept was om een maximum aan transparantie en flexibiliteit in de gebruiksfase te creëren met een minimum aan materiaalgebruik. Alle gebouwdelen zijn flexibel in het gebruik, bieden veel comfort, zijn natuurlijk geventileerd en bieden een prettige werkomgeving. Het slanke uiterlijk en de transparantie zijn een gevolg van het innovatieve architectonische en constructieve concept, dat slechts was te verwezenlijken met een staal- en staal-beton constructie.

De hoogbouwtorens hebben geen beton-

nen kernen en er zijn ook geen dragende binnenwanden. Alle scheidingswanden zijn lichtgewicht of van glas, net als de wanden van de trappenhuizen.

Het complex bestaat uit vier gebouwen: HighLight Tower 1 en HighLight Tower 2 (respectievelijk 33 en 28 lagen), geflankeerd door een laagbouwblok met hotel-functie (7 lagen) en het HighLight Forum (5 lagen). De twee laatstgenoemden maken een stedenbouwkundig geleidelijke overgang naar de omringende laagbouw.

Het totale bruto vloeroppervlak is ongeveer 68.000 m², met 61 verhuurbare verdiepingen met elk een oppervlak van 1.000 m². Op de begane grond is de verdiepinghoogte 7,5 m, op alle bovengesloten verdiepingen 3,5 m.

De loopbruggen tussen de torens en de liftschacht met glazen gevel hebben geen constructieve functie, maar spelen een belangrijke rol in het architectonisch beeld.



Projectpartners

- Opdrachtgever:
KanAm-Gruppe, München, Aareal Bank AG, Wiesbaden.
- Architect:
Murphy/Jahn Inc. Architects.
- Constructeur:
Werner Sobek Ing. GmbH & Co. KG.
- Staalconstructie:
Stahl + Verbundbau GmbH.
- Hoofdaannemer:
Strabag AG.
- Gevelleverancier:
Schmidlin AG.



Constructiedetails

Draagconstructie

De draagconstructie van de twee torens is een innovatieve staal-beton constructie. De basiselementen zijn betongevulde buiskolommen met in de buis een extra staalprofiel, en prefab betonvloeren die steunen op de gevelstijlen. De torens zijn stabiel door een stalen ruimtevakwerk aan twee zijden van het gebouw. Deze ruimtevakwerken bestaan uit drie onderling verbonden vakwerken: een vakwerk 12 m breed ter breedte van het gebouw, plus delen van 8 m en 6,75 m breed evenwijdig aan de langsgewel. In de plattegrond vormen de drie vakwerken samen een U-vorm.

Elk vak van het vakwerk overspant twee bouwlagen, wat betekent dat de kolommen en de diagonalen de tussengelegen vloeren doorkruisen.

De kolommen buiten het ruimtevakwerk zijn ontworpen als staal-beton kolommen, overwegend stalen buisprofielen met een stalen kern erin en gevuld met beton. In beide torens zijn meer dan 1.100 verdiepingshoge staal-beton kolommen gebruikt, die met eenvoudige verbindingen zijn verbonden.

In het algemeen is gebruik gemaakt van staalkwaliteit S355. Bij de verbindingen is gebruik gemaakt van hoge-sterktestaal

Impressies van de montage van de stalen stabiliteitsverbanden.



S460 en S690, waarbij rekening is gehouden met lasbaarheid en restspanningen.

De tussengelegen vloeren zijn prefab betonvloeren met een dikte van 280 mm, met een geïntegreerd verwarmings- en koelingssysteem. Elke toren is bekleed met een vliesgevel die volledig is beglaasd. Het glas loopt door over twee verdiepingen.

Alle vier gebouwen van dit complex staan bovenop een drielaagse ondergrondse parkeergarage.

Alle dragende en stabiliteits-elementen zijn ontworpen op 120 minuten brandwerendheid, de overige delen zijn 90 minuten brandwerend.

Gevels

Elke toren is bekleed met een enkellaagse vliesgevel. De prefab gevelelementen bestaan uit thermisch geïsoleerde aluminium profielen. De gevel is opgedeeld in beglaasde delen met zonwerend glas van 400 en 950 mm breed. Het smalle deel is te openen voor natuurlijke ventilatie.

6.5 Palestra, Londen, Verenigd Koninkrijk

Dit ontwerp aan Londen's Blackfriars Road demonstreert een scala aan staalbouwtechnologieën, zoals cementgebonden vulling voor buiskolommen en doorlopende, parallel liggende vloerliggers voor een minimale vloerhoogte.

Voordelen

- Slanke constructie met grote overspanningen.
- Stijve vloer door doorlopende vloerliggers.
- Hellende buiskolommen.
- Brandwerendheid opgelost met fire safety engineering.
- Volledige glasgevel.
- Snelle montage.



Het Palestra-gebouw voegt 28.000 m² commerciële ruimte toe aan de Londense wijk Southwark. De staal-beton constructie van 12 lagen bestaat uit buiskolommen. De parallel liggende, doorlopende patrijspoortliggers zijn met een console aan de kolommen bevestigd.

Op de 9e etage kraagt het gebouw uit: tot 9 m aan de voorzijde en 1,5 m aan de zijkanten. Op de begane grond en op de 7e verdieping zijn de kolommen omwille van het visuele effect hellend uitgevoerd. Het ongebruikelijke constructiesysteem, bedacht door de constructeurs van Buro Happold, hielp hierbij. Het gebouw is 31,5 tot 36 m breed en ongeveer 90 m lang. Het heeft drie kernen voor de liften en de installaties. De totale verdiepingshoogte is slechts 3,65 m. Montage van de staalconstructie van 3.500 ton nam slechts 32 weken in beslag. De draagconstructie was na 10 maanden gereed, de gehele bouw duurde 30 maanden.

De luchtbehandeling gebeurt door middel van ventilatorconvectoren die tussen de liggers zijn geplaatst. Leidingen en pijpen

gaan door een 400 mm hoge zone onder de secundaire liggers en door de ronde openingen van de primaire liggers. Er is ruimte om de installaties aan te passen aan toekomstige hogere eisen.

In de cementgevulde buiskolommen zit een extra stalen buisprofiel. Deze oplossing kreeg de voorkeur boven betongevulde buiskolommen met extra wapening. Op deze manier haalt de ronde kolom met een doorsnede van 508 mm een brandwerendheid van 120 minuten. Daarbij zijn geen aanvullende maatregelen nodig zoals opschuimende verf of brandwerende beplating. De kolommen zijn van bovenaf over 9 lagen gevuld met cement. Dit vergrootte de bouwsnelheid en vereenvoudigde de planning. Op elke bouwlaag zijn onder en boven gaatjes in de kolommen aangebracht om ervoor te zorgen, dat in het geval van een brand de stoom uit het cement kan ontsnappen.

De glasgevel bestaat uit verdiepingshoge elementen die zijn geleverd door Permasteelisa. De glaspanelen zijn structureel verlijmd.



Projectpartners

- Opdrachtgever:
**Joint venture van Blackfriars
Investment en Royal London Asset
Management.**
- Architect:
Alsop and Partners.
- Constructeur:
Buro Happold.
- Staalconstructie:
William Hare.
- Hoofdaannemer:
Skanska.
- Vloerenleverancier:
Richard Lees Steel Decking Ltd.
- Gevelleverancier:
Permasteelisa.



Aan weerszijden van een kolom gemonteerde parallel liggende patrijspoortliggers.



Verbinding van de patrijspoortliggers aan de buiskolom.

Constructiedetails

De dubbele patrijspoortliggers zijn 600 mm hoog. De totale vloerhoogte is 900 mm. De liggers hebben 25 mm dikke flenzen en 15 mm dikke lijven. Met openingen met een diameter van 400 mm kunnen ze zonder verstijvingen dwarskrachten overdragen.

Doordat de primaire liggers doorlopen langs de kolommen hebben ze een hogere stijfheid en is de vloer minder trillingsgevoelig. Op het punt waar de patrijspoortliggers met een boutverbinding aan de kolom zijn verbonden is het buigend moment nul.

De 200 mm hoge secundaire liggers zijn ontworpen op staal-beton werking en overspannen 6,65 m tussen de patrijspoortliggers. De secundaire liggers zijn aan het lijf van de primaire ligger verbonden, zodat de bovenzijde van de 140 mm dikke staalplaat-betonvloer op gelijke hoogte is met de bovenzijde van de de primaire liggers.

Er wordt een brandwerendheid van 90 minuten gehaald door op de patrijspoortliggers slechts een enkele laag opschuimende verf aan te brengen. De primaire liggers zijn tevens ontworpen

om constructief samen te werken met de vloer. In plaats van conventionele dwarskrachtverbindingen (deuvels) wordt staal-beton werking verkregen door wapeningsstaven door gaten in het lijf in de vloer in te storten.

Op twee bouwlagen zijn de kolommen hellend uitgevoerd. In combinatie met de aanzienlijke uitkraging op de negende laag creëert dit permanente horizontale krachten in het gebouw. Deze zijn ongeveer 20 maal zo groot als de horizontale krachten door winddruk en -zuiging. Het staal-beton skelet brengt deze grote krachten over naar het stalen K-vormige stabiliteitsverband.

Voor de staalplaat-betonvloer zijn, afhankelijk van de overspanning, Ribdek 60 en Ribdek 80 vloerplaten gebruikt. Er waren speciale details nodig bij de primaire liggers waar de vloerplaat niet direct werd ondersteund door de flens van de ligger. Hierdoor was het nodig om aan de liggerlijf platen te lassen die als randkist dienst doen. Beugels dienen om vervorming van de plaat tegen te gaan en daardoor weglopen van nat beton te voorkomen.

6.6 Reconstructie van Alhóndiga, Bilbao, Spanje

Bilbao's oude wijnopslagplaats, de Alhóndiga, is een gebouw met historische waarde in het stadscentrum. Het is gerenoveerd en omgevormd tot cultuur- en recreatiecentrum met meer dan 40.000 m² vloeroppervlak. Alhóndiga-Bilbao is onderverdeeld in vier verschillende ruimtes en heeft een staalconstructie die in totaal 4.000 ton weegt.

Voordelen

- Economie en kwaliteit gaan hand in hand door prefabricage.
- Maximale aanpassing aan de wensen van de architect.
- Snelle bouwtijd.
- Grote vloeroverspanningen, daardoor optimaal ruimtegebruik.
- Slanke kolommen die de indruk van openheid geven.
- Economie in tegemoetkomen aan brandeisen.



Bouwterrein (mei 2006)



De Alhóndiga, de bekende wijnopslag van Bilbao, is een monument ontworpen door Ricardo Bastidag. Het gebouw, opgetrokken uit gewapend beton en baksteen, is opgeleverd in 1909. In de jaren '70 kwam de Alhóndiga leeg te staan en in 1998 werd besloten om het gebouw te renoveren. De uitvoering van het renovatieproject Alhóndiga Bilbao gebeurt in een aantal fases.

In 2001 is de binnenkant van het originele gebouw vanaf de begane grond volledig gesloopt. Tegelijk met de renovatie van de gevels en de torens zijn de oude muren en kelders versterkt. De bouw van een 5-laagse ondergrondse parkeergarage met een capaciteit van 985 parkeerplaatsen 5.800 m² per laag begon in 2002 en was gereed in november 2004.

De laatste fase van het project startte in december 2005 en bestond uit de bouw van drie gebouwen van 7 lagen met gemengde functies. Er zijn twee souterrains, de begane-grondvloer en 4 verdiepingen. Er is een groot open atrium op de begane grond.



Aan de rand van de vakwerkliggers die het atrium overspannen bevindt zich een uitkraging.

Alhóndiga Bilbao bevat een nieuw cultuur- en recreatiecentrum met multifunctionele ruimtes voor activiteiten op het gebied van kennis, gezondheid en vermaak. De bedoeling is, dat het gebouw een toonbeeld wordt van stadscultuur, moderniteit, trends en gezond leven. Het totale budget voor het project is 65 miljoen Euro. Het gerenoveerde gebouw is ontworpen door de Franse industrieel ontwerper en architect Philippe Starck en heeft een totaal gebruiksoppervlak van 40.000 m².

Voor de renovatie wordt ruim 4.000 ton constructiestaal en 14.000 m² aan kanaalplaten gebruikt..

Projectpartners

- Opdrachtgever:
Gemeente Bilbao (La Alhóndiga, Centro de Ocio y Cultura, S.A.U.).
- Directievoering:
Bilbao Ría 2000.
- Architect:
Philippe Starck – Starck Networks.
- Constructeur:
MECSA-Arup combinatie.
- Staalconstructie:
Structures Alhóndiga, een tijdelijke combinatie van Ursa S.Coop, Dragados S.A., Fonorte Empresa Constructora S.A.).

Bouwtijd

Start:
December 2005
Oplevering:
Medio 2009



Boutverbindingen in een kolom die is geplaatst in een hoek tussen twee kubussen.

Constructiedetails

Het atrium met een oppervlakte van 6.195 m² loopt het meest in het oog. Het bevat de ingangshal en leidt naar de souterrains en de drie kubusvormige bouwdelen. De ‘kubussen’ bevatten de activiteiten die gegroepeerd zijn per thema: kennis, gezondheid en vermaak. Het centrum bevat: een gehoorzaal, bioscopen, een zwembad, een sportzaal, een dans- en theaterschool en kleine bedrijfsruimten.



Staalconstructie in de ingangshal vóór de kubussen.

Draagconstructie

Het atrium is gemaakt uit kruisvormige kolommen die zijn samengesteld uit HEA550-profielen (staalkwaliteit: S355JR) en een lengte hebben van 16 m. Het dak van het atrium bestaat uit vakwerkliggers (rand- en wandstaven HEA220, trek- en drukstaven HEB140) met een overspanning van 8 m en een hoogte van 0,9 m. Aan de rand van de vakwerkliggers bevindt zich een uitkraging van 1,5 m die 9 m overspant.

De drie kubusvormige gebouwen hebben eenzelfde stalen draagconstructie.

Kolommen van 3 m hoogte gemaakt uit ronde buisprofielen met een diameter van 700 mm. Zij zijn tussen de vloeren met de stalen liggers verbonden met boutverbindingen. De doorsnede van de liggers in de kubussen varieert op grond van het gebruik. Een van de kubussen is gemaakt van dubbele vakwerkliggers van 0,9 m hoogte en een overspanning van 17 m. De kubus die voor sport wordt gebruikt heeft 1,6 m hoge vollewandliggers die 35 m overspannen.

Het staalskelet is in het werk met boutverbindingen verbonden vanwege de hoge bouwsnelheid en de onafhankelijkheid van het weer.

Brandconcept

Voor het brandconcept is de Spaanse norm CTE DB-SI toegepast. Een gedeelte van de stalen draagconstructie is in het zicht. Daarom was er speciale aandacht voor bescherming tegen brand. Dit systeem gebruikt opschuimde verf, zodat de primaire liggers 60 minuten brandwerend zijn.

De oorspronkelijke brandwerendheidseis volgens CTE DB-SI was 120 minuten, maar door met fire safety engineering (FSE) te werken is de eis verlaagd naar 60 minuten. Door gebruik te maken van FSE was het mogelijk om verschillende veiligheidsanalyses te maken:

- Rookventilatie in het atrium.
- Brandwerendheid draagconstructie.
- Geavanceerde brandsimulaties inclusief brandscenario's.

**ArcelorMittal**

Long Carbon, Research and Development,
66, rue de Luxembourg, L - 4009 Esch/Alzette, Luxembourg
www.arcelormittal.com

**Bouwen met Staal**

Boerhaavelaan 40, NL - 2713 HX Zoetermeer,
Postbus 190, NL - 2700 AD Zoetermeer, The Netherlands
www.bouwenmetstaal.nl

**Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM)**

Espace Technologique, L'orme des merisiers - Immeuble Apollo,
F - 91193 Saint-Aubin, France
www.cticm.com

**Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA)**

Sohnstraße 65, D - 40237 Düsseldorf,
Germany
www.stahlforschung.de

**Labein - Tecnalia**

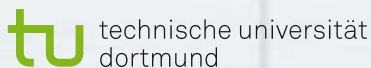
C/Geldo – Parque Tecnológico de Bizkaia – Edificio 700,
48160 Derio, Bizkaia, Spain
www.labein.es

**SBI**

Vasagatan 52, SE - 111 20 Stockholm,
Sweden
www.sbi.se

**The Steel Construction Institute (SCI)**

Silwood Park, Ascot, Berkshire,
SL5 7QN, United Kingdom
www.steel-sci.org

**Technische Universität Dortmund**

Fakultät Bauwesen - Lehrstuhl für Stahlbau
August-Schmidt-Strasse 6, D - 44227 Dortmund, Germany
www.uni-dortmund.de