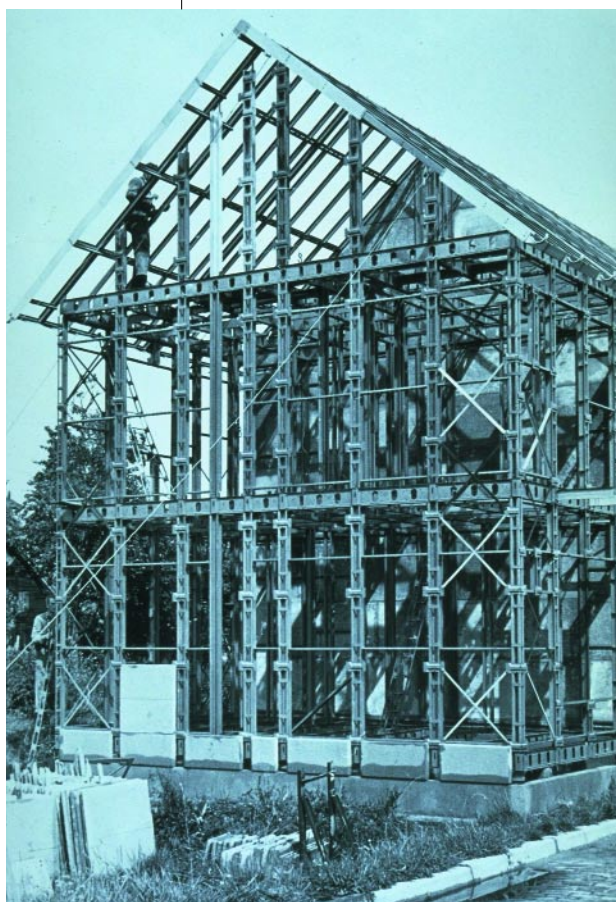


Staalframebouw

In 1949 liet Philips staalframewoningen bouwen. De woningen werden ontworpen door Alexandre Horowitz, de uitvinder van de Philishave, en geproduceerd door de firma Polynorm (afb. 5.1 en 5.2). Het zijn de eerste staalframewoningen in Nederland. De Polynormwoningen hebben een stijl- en regelwerk van koudgevormde staalprofielen, maar een gevelbekleding van betonplaten. De toepassing van staal is dus niet aan het uiterlijk van de woningen af te zien. De Polynormwoningen zijn inmiddels gerenoveerd.

afb. 5.1 en 5.2

*De eerste staalframewoningen in Nederland:
de Polynormwoningen in Eindhoven.*





*afb. 5.3 en 5.4
Demonstratieproject
staalframebouw aan de
Dedemsvaartweg in Den Haag.*

Anders dan in landen zoals Australië en Groot-Brittannië is staalframebouw in Nederland niet populair geworden. Dat heeft vooral te maken met onze bouwtraditie, niet met de kwaliteiten van dit systeem.

Om de voordelen van staalframebouw opnieuw onder de aandacht te brengen, werden in 1993 in Den Haag zes woningen gebouwd. Dit demonstratieproject was onderdeel van het Woningbouwfestival en werd beschreven in *Bouwen met Staal* (11). In tegenstelling tot de Polynormwoningen tonen de woningen aan de Dedemsvaartweg zonder blikken of blozen, dat er staal is toegepast (afb. 5.3 en 5.4).

Kenmerken

Bij staalframebouw bestaat de draagconstructie uit vloer-, dak- en wandelementen die zijn opgebouwd uit koudgeformde, verzinkte staalprofielen. Als deze elementen worden geprefabriceerd, kan de bouwtijd worden bekort.

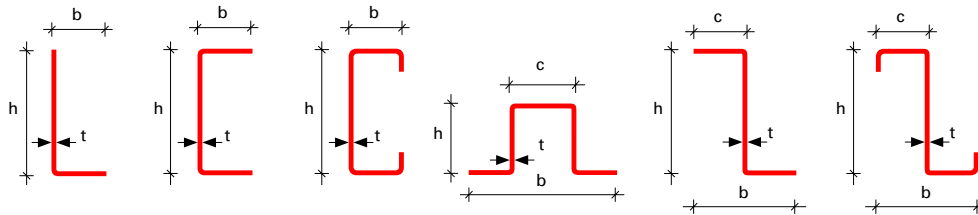
De bouwfysische prestaties van staalframe-draagconstructies zijn tijdens het ontwerpproces aanzienlijk te beïnvloeden.

Een belangrijk kenmerk van een staalframe-draagconstructie is het geringe gewicht. Door deze eigenschap, de korte bouwtijd en de mogelijkheid van grote, vrije overspanningen is staalframebouw uitstekend geschikt voor optopprojecten.

Wijze van bouwen

Profielen

Het kenmerk van staalframebouw is, dat het draagconstructie bestaat uit elementen van koudgeformde, stalen profielen. De elementen kunnen worden geprefabriceerd of op de bouwplaats worden samengesteld. In deze publicatie ligt de nadruk op het bouwen met geprefabriceerde vloer-, wand- en dakelementen. In tegenstelling tot warmgewalste profielen zijn de afmetingen van koudgewalste



afb. 5.5
Gangbare hoogte, breedte en dikte van koudgewalste profielen.

	hoekprofiel	U-profiel	C-profiel	omega-profiel	Z-profiel	Z-profiel met lippen
hoogte h	15 – 225	20 – 400	20 – 400	20 – 100	30 – 80	120 – 300
breedte b	15 – 225	15 – 160	15 – 160	20 – 100	20 – 30	50 – 100
dikte t	1,5 – 10,0	1,5 – 10,0	1,5 – 6,0	1,5 – 5,0	2,0 – 6,0	1,5 – 4,0

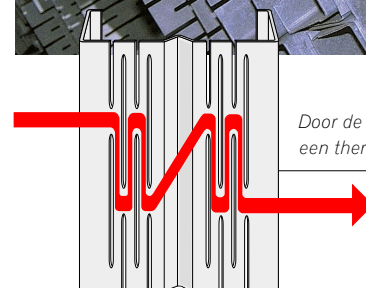
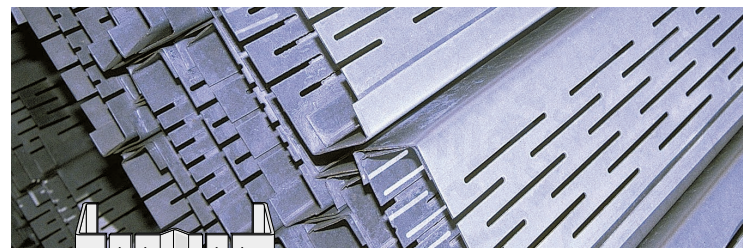
profielen niet gestandaardiseerd. Afbeelding 5.5 geeft een overzicht van de gangbare koudgewalste profielen.

Bij staalframebouw worden vrijwel uitsluitend U- en C-profielen toegepast. Veel leveranciers hebben zelf profielvormen ontwikkeld.

Voor een overzicht van alle beschikbare koudgewalste profielen kunt u bij hen documentatie opvragen. Voor de beoordeling van de toleranties van koudgevormde profielen worden twee normen gebruikt.

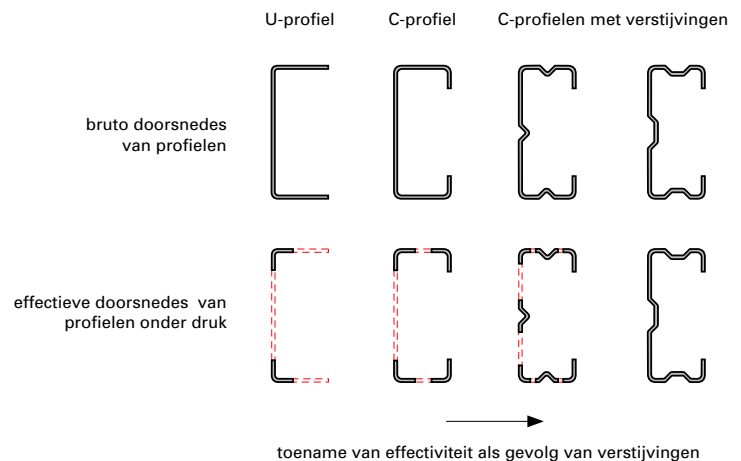
De effectiviteit van deze lippen is met arceringen zichtbaar gemaakt in afbeelding 5.8. Bij belasting op druk heeft een U-profiel een kleinere effectieve doorsnede dan een van lippen voorzien C-profiel. Bij staalframebouw gebruiken we daarom voor profielen, die voornamelijk op druk worden belast, bij voorkeur C-profielen. Door verstijvingen aan te brengen kan de effectieve doorsnede nog meer worden vergroot.

afb. 5.6
Z-profielen met lippen worden vooral gebruikt als dakgordingen.

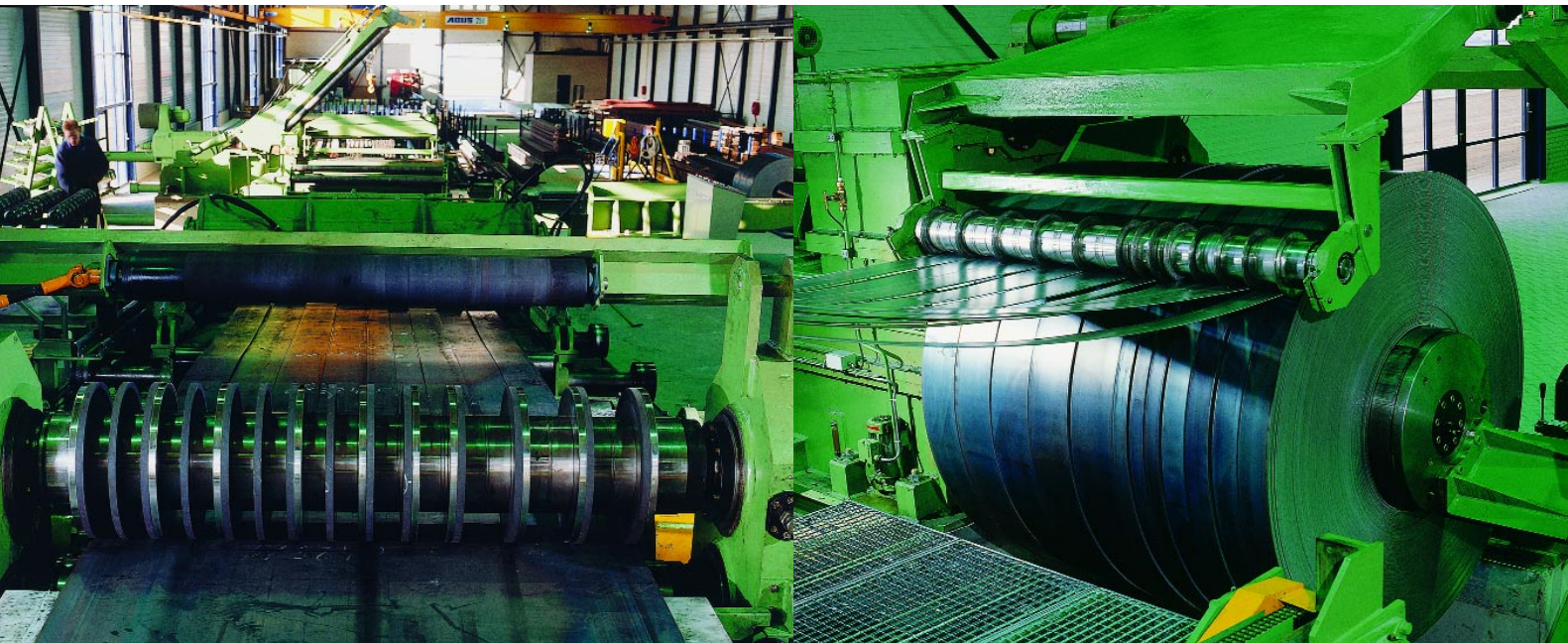


afb. 5.7
Door de sleuven isoleert een thermoprosfiel beter.

NEN-EN 10162 Ontw. geeft de toelaatbare toleranties voor "koudgewalste" profielen (13). De toelaatbare toleranties van "gezette" profielen zijn te vinden in artikel 11.2.1 van NVN-ENV 1090-2 (14). Tegenwoordig zijn er ook "thermoprosfielen" beschikbaar. Deze zijn voorzien van sleuven. Door de sleuven wordt de warmteweerstand van de profielen aanzienlijk vergroot. Thermoprosfielen worden toegepast op punten waar een profiel de verbinding vormt tussen binnen en buiten (afb. 5.7). Een opvallend kenmerk van koudgewalste profielen is de geringe dikte, waardoor de gevoeligheid voor plooi toeneemt. Door de verhouding tussen materiaalbreedte en -dikte te verkleinen, kan de invloed van plooi worden gereduceerd. Dit kan bijvoorbeeld door de flenzen van de profielen van lippen te voorzien.



afb. 5.8 De invloed van verstijvingen op de effectieve doorsnedes van koudgevormde profielen.



afb. 5.9 en 5.10
Het slitten van staalplaat.

De profielen worden gefabriceerd door het koudwalsen, ook wel rolvormen genoemd, van geslit bandstaal (afb. 5.9, 5.10 en 5.11). Met de rolvormtechniek kan materiaal met een dikte tot 3 mm worden verwerkt.

Voor de technische leveringsvoorwaarden van koudgewalste profielen kan gebruik worden gemaakt van NEN-EN 10162 Ontw. (13) of NVN-ENV 1090-2 (14).

Voor koudgewalste profielen is een aantal staalsoorten te gebruiken. Deze onderscheiden zich van elkaar qua materiaaleigenschappen en afwerking. Er is keuze uit onder andere niet-beklede plaat volgens NEN-EN 10025 (15) en NEN-EN 10113 (16), continu-dompelverzinkte band volgens NEN-EN 10147 (17) en bandgelakte plaat volgens NEN-EN 10149 (18). De constructieve toetsing van de profielen, vervaardigd van deze materialen, is mogelijk volgens NEN 6773 (3). In deze norm staan ook de vloeisterkte en treksterkte van deze staalsoorten.

De keuze voor de afwerking van het materiaal is afhankelijk van het gewenste uiterlijk en de gewenste levensduur.

Op dit laatste aspect wordt ingegaan in de paragraaf "Levensduurverwachting" verderop in dit hoofdstuk. Voor staalframebouw wordt in de meeste gevallen verzinkt bandstaal volgens NEN-EN 10147 (17) toegepast.



afb. 5.11
Het rolvormen van geslit bandstaal.

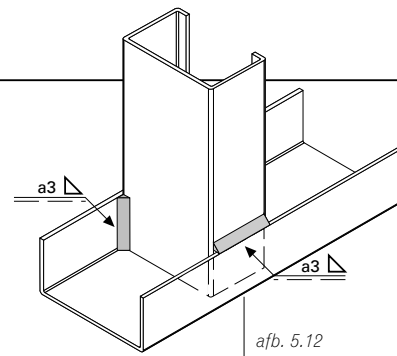
Verbindingen

Om de koudgewalste profielen te verbinden, staan ons verschillende methoden ter beschikking: lassen, drukvoegen ("clinchen") of schroeven. Voor de constructieve toetsing van verbindingen dienen hoofdstuk 13 van NEN 6773 (3) of hoofdstuk 8 van Eurocode 3 – Deel 1.3 (4).

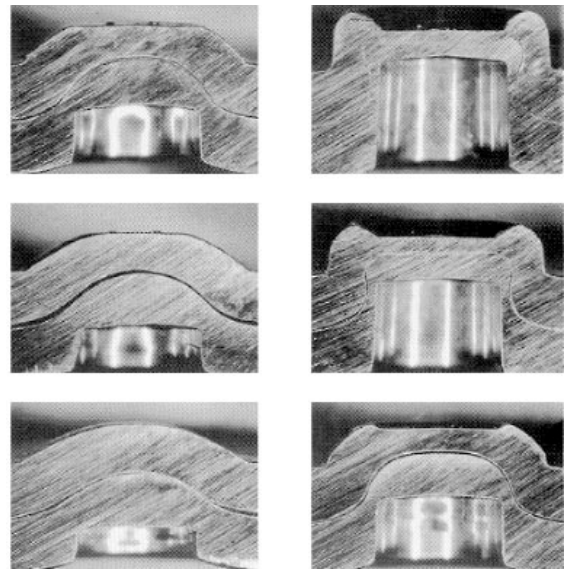
Lassen is alleen geschikt voor profielen van blank staal (afb. 5.12). Als verzinkt materiaal wordt gelast, komen er namelijk lasdampen vrij, die schadelijk zijn voor de lasser (19). Dit argument geldt niet, als er lasrobots worden gebruikt, zoals in de automobielenindustrie. Een ander nadeel van lassen is, dat de zinklaag wordt beschadigd. Informatie over de lasprocessen voor het verbinden van relatief dun materiaal staat onder andere in het Teleacursushandboek "Lassen, lijmen en plaatbewerken" (20).

Clinchen is het zodanig vervormen van staalplaat, dat een soort deuvel ontstaat. Deze verbinding kan alleen een schuifkracht (kracht evenwijdig aan het vlak van de plaat) overbrengen (afb. 5.13, 5.14 en 5.15).

Ook zelfborende schroeven worden toegepast. Er is een ruim assortiment schroeven, waarmee alle denkbare materialen aan koudgevoemd staal zijn vast te zetten (afb. 5.16). Voor het verbinden van gips of hout aan staal dienen schroeven of spijkers met een "flat" of "wafer" kop. Hiermee is de beplating op het staal te drukken en verdwijnt de schroefkop in het zachte plaatmateriaal. Een "pancake" kop is gebruikelijk bij harder materiaal. Voor de montage van koudgevoemd op koudgevoemd staal zijn er schroeven met een "hex" of "pan" kop. Als over een staal-op-staalverbinding plaatmateriaal moet worden bevestigd, is een schroef met "pancake" kop weer een goede keuze. Die steekt namelijk niet uit.



afb. 5.12
Lasverbindingen zijn alleen geschikt voor niet-verzinkte profielen.



afb. 5.13 Door middel van een hoge perskracht, en een speciaal gevormd stempel en matrix wordt het plaatmateriaal ter plaatse van de verbinding tot vloeien gebracht. Het materiaal vloeit zijwaarts weg, waardoor een uitstulping ontstaat in het stempelzijdige materiaal. Hierdoor komt de (gasdichte) verbinding tot stand.



afb. 5.14
Het uiterlijk van een clinchverbinding.

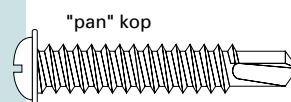
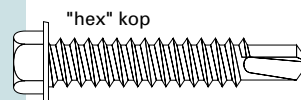
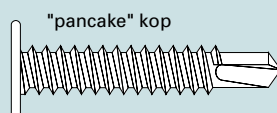
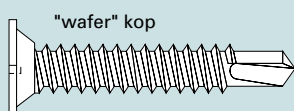
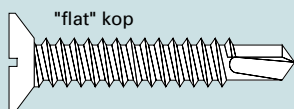
afb. 5.15
Clinch-apparatuur wordt steeds lichter.

afb. 5.16
Verschillende schroefkoppen voor verschillende materialen.

voor bevestigen van gips of hout op staal

voor speciale gevallen

voor bevestigen van staal op staal





afb. 5.17

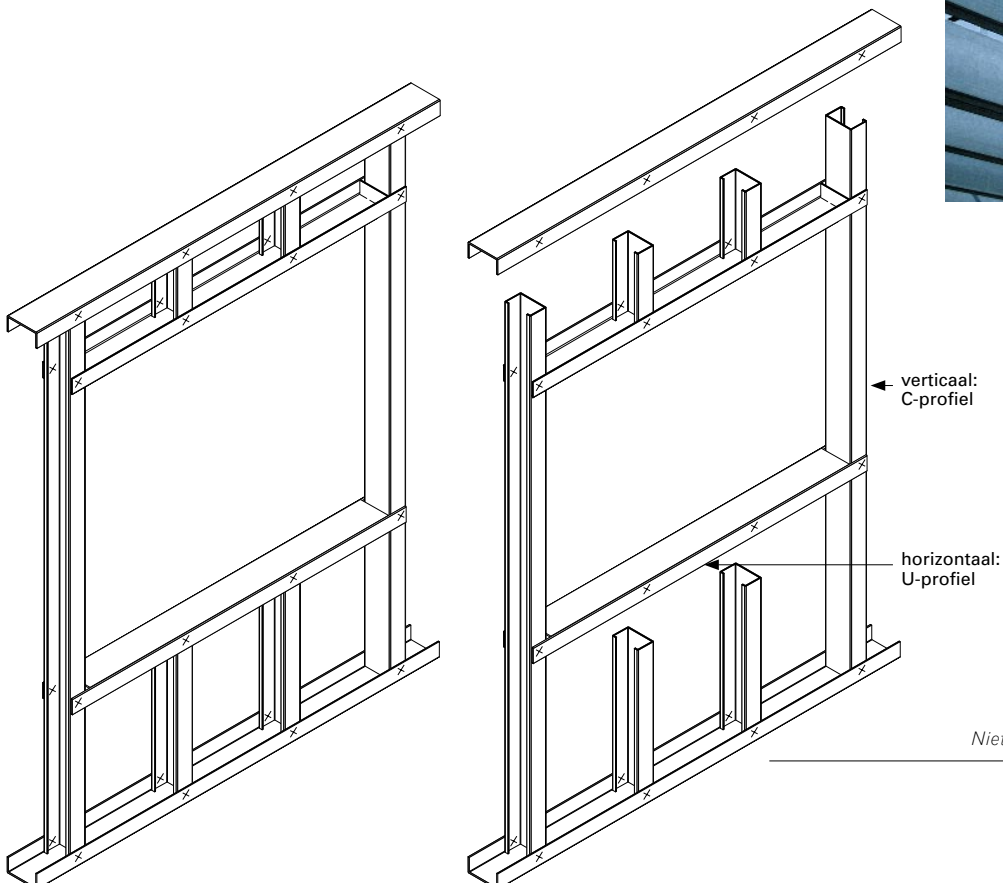
Met koudgewalste profielen zijn ook gekromde wanden te maken, zoals met het binnenwandsysteem Vertebra van Gyproc.

Elementen

Met de koudgewalste profielen zijn vlakke en eenzijdig gekromde elementen te maken (afb. 5.17). Voor de profielen die zich in het vlak van het element bevinden dienen C-profielen, voor de randen U-profielen (afb. 5.18).

Het frame van de dak- en wandelementen vervult uitsluitend een constructieve taak, de afbouwmaterialen zorgen voor warmte- en geluidsisolatie.

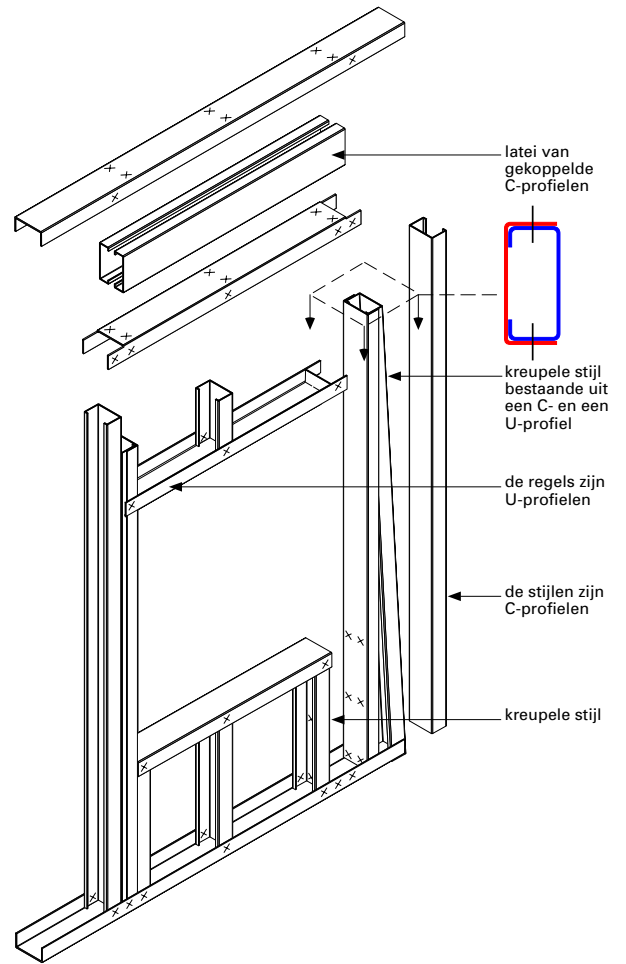
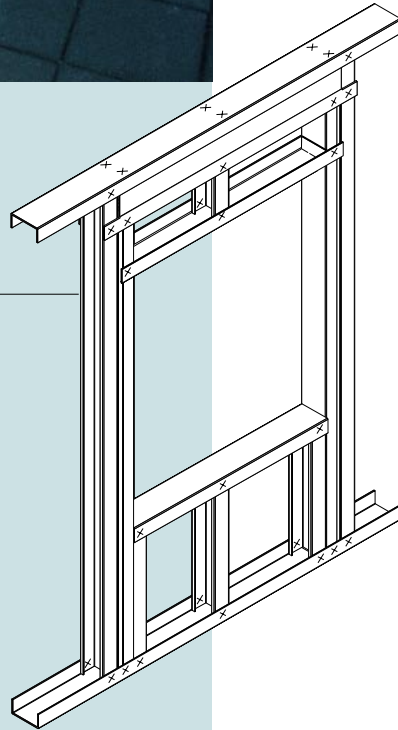
Om de mogelijkheden van het bouwen met geprefabriceerde elementen optimaal te benutten, is het nodig dat er bij het ontwerp rekening wordt gehouden met de grenzen van het concept. Deze worden mede bepaald door het constructieve principe, de transportmogelijkheden en de benodigde ruimte voor de profielen.



afb. 5.18
Niet-dragende wand met raamopening.



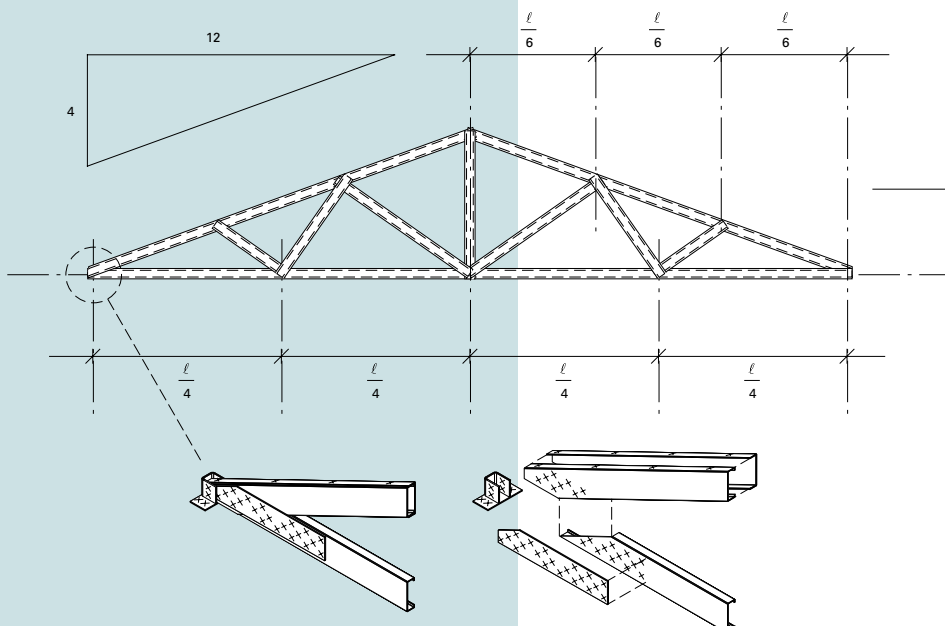
afb. 5.19
Dragende wand
met raamopening.



Het constructieve principe van staalframebouw is, dat de belasting niet geconcentreerd via puntvormige elementen, zoals kolommen, maar gespreid via lijnvormige elementen, zoals wanden, op de fundering wordt overgebracht. Daarom staan de stijlen in de wandelementen relatief dicht bij elkaar (afb. 5.19). In de staalframebouw zijn elementen, die veel belasting naar zich toe trekken, principieel ongewenst.

Zodra op één punt in de constructie een warmgewalst profiel wordt toegepast, verstoort dit het constructieve principe.

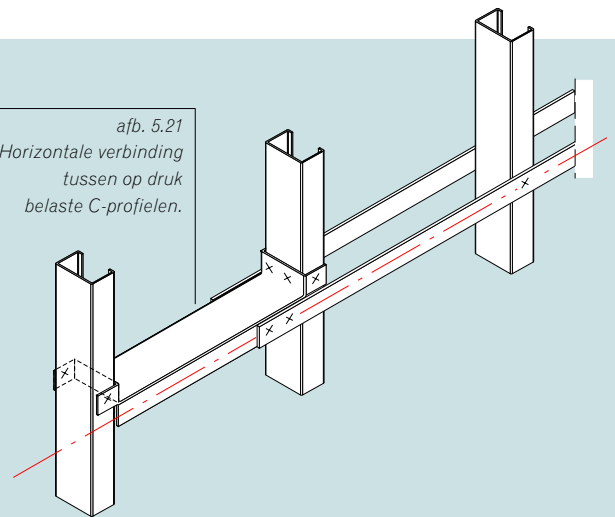
Als wandstijlen worden C-profielen gebruikt. Deze zijn gevoelig voor knik en torsieknik. Dit euvel is te verhelpen door de stijlen met elkaar te verbinden met beplating of met strippen. Met beplating is de stabiliteit in het vlak van het element gewaarborgd.



afb. 5.20
Dakpant met oplegdetail.



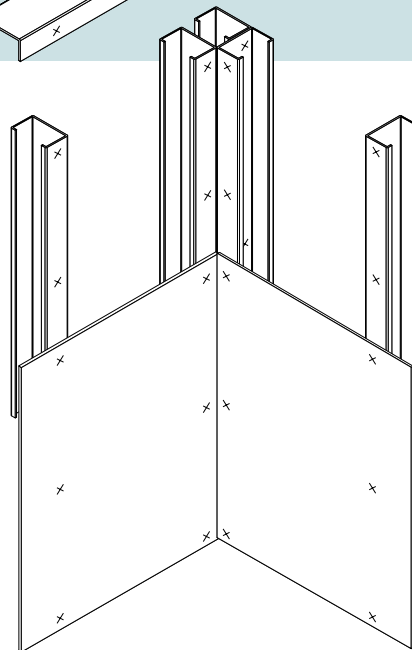
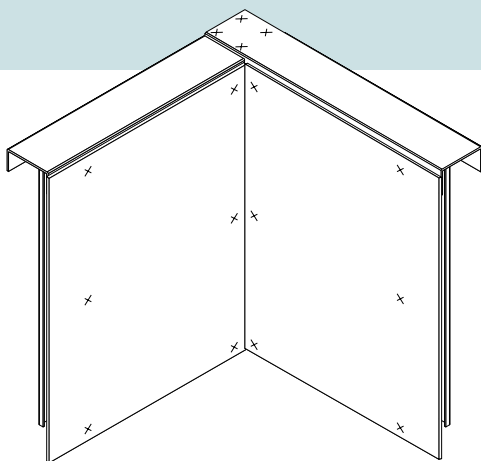
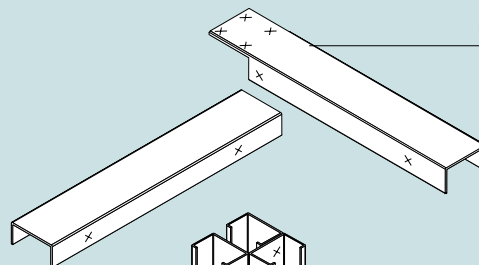
afb. 5.21
Horizontale verbinding
tussen op druk
belaste C-profielen.

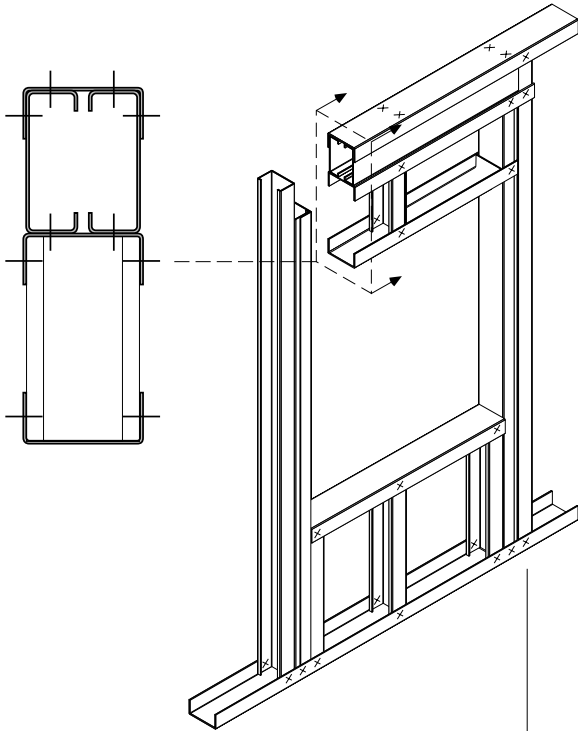


Strippen moeten aan beide zijden worden aangebracht. Eén strip dient aan een startpunt, bijvoorbeeld een knoop van een stabiliteitsverband, te zijn bevestigd. Om torderen van het profiel te voorkomen, worden twee C-profielen tussen de stripen aangebracht (afb. 5.21).

Bij het bouwen met elementen van koudgewalste profielen zijn extra profielen nodig bij hoeken en openingen. Wandelementen hebben randprofielen, dus bij elke hoek ontmoeten minstens 2 stijlen elkaar (afb. 5.22).

afb. 5.22
Ontmoeting
dragende-wandelementen.





afb. 5.23
Raamopening in een dragende wand.

Ook bij openingen in dragende wanden, groter dan de hart-op-hart afstand van de stijlen, treedt een verdubbeling van stijlen op door middel van een dubbele C of een C in een U. Bij het ontwerp van ramen moet hier rekening mee worden gehouden (afb. 5.23).

Bij staalframebouw is een transparante hoekoplossing alleen mogelijk door met het constructieve principe te breken en een koker- of buisprofiel toe te passen. Dit is ook gebeurd in de woningen aan de Dedemsvaartweg in Den Haag (afb. 5.24 en 5.25).



afb. 5.24
Transparante hoekoplossing in staalframebouw aan de Dedemsvaartweg in Den Haag.



afb. 5.25
Transparante hoekoplossing in staalframebouw aan de Dedemsvaartweg in Den Haag.

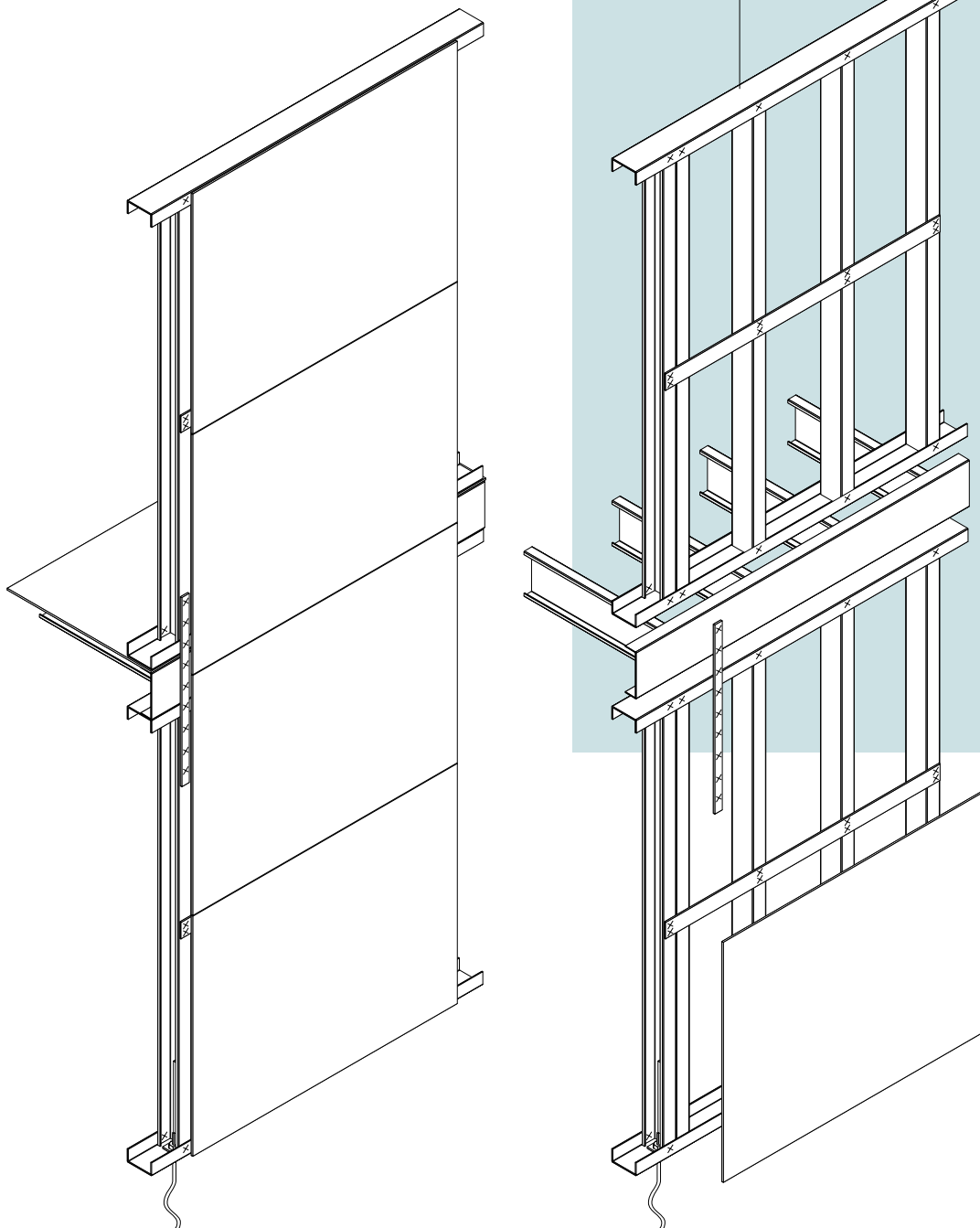
Afvoeren horizontale belasting

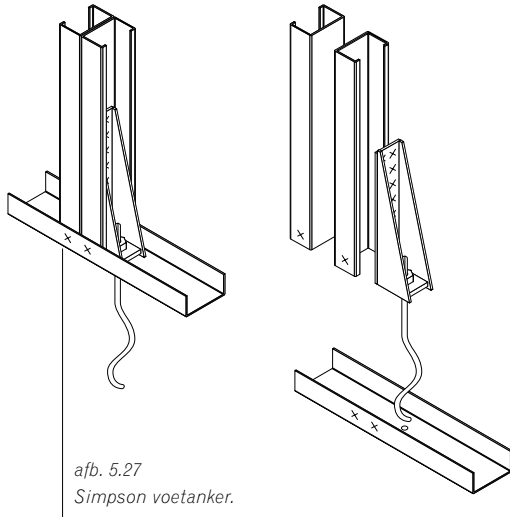
De staalframe-elementen zijn ongeschikt om horizontale (wind)belasting af te voeren. Hiervoor zijn extra voorzieningen nodig: schijven òf kruisvormige stabiliteitsverbanden.

Door een element van beplating te voorzien ontstaat een schijf. Er kan bijvoorbeeld gipsplaat aan de binnenzijde en triplex aan de spouwzijde van het element worden aangebracht. Voor optimale schijfwerking moet aandacht worden besteed aan de detaillering.

Zo moet de beplating aan de stijlen worden bevestigd om de schijfwerking over de verticale naden heen te waarborgen, en zijn voor horizontale naden de regels en extra aan te brengen stalen strippen te benutten (afb. 5.26).

afb. 5.26
Schijf over twee verdiepingen.

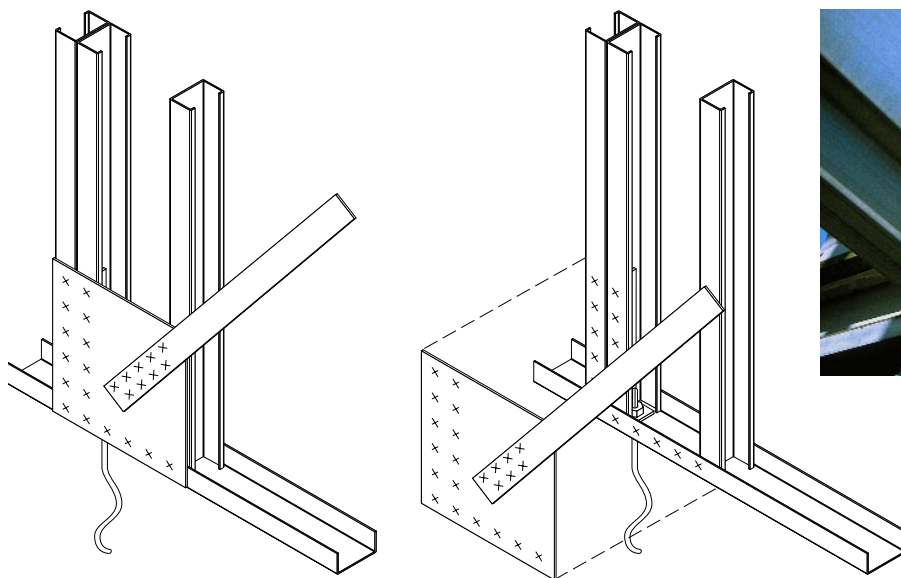




afb. 5.27
Simpson voetanker.

Het is gebruikelijker om kruisvormige stabiliteitsverbanden aan te brengen. Hiervoor worden gewoonlijk stalen strippen gebruikt. De verbanden komen aan de spouwzijde, zodat ze bij het vastschroeven van de gipsbeplating niet in de weg zitten. Ook nu moet de verticale component van de kracht met een voetanker op de onderconstructie worden overgebracht. Het anker moet zo dicht mogelijk bij het punt waar de hartlijnen van stijl en strip de regel snijden, worden aangebracht (afb. 5.28).

Bij de aansluiting in afbeelding 5.28 is een schetsplaat toegepast. De kracht in de strip gaat via de schetsplaat naar de stijlen en regels. Bij een schetsplaat, is de strip op basis van de toegestane vervorming te dimensioneren. Als een bredere strip wordt toegepast, mag de schetsplaat worden weggelaten. Dit heeft als voordeel dat er één verbinding minder is, maar er wordt wel meer materiaal gebruikt (afb. 5.29).



afb. 5.28
Uitvoering stabiliteitsverband en aansluiting strip.

In Nederland zijn nog geen rekenregels voor toetsing van staalframeschijven beschikbaar. Vooralsnog zijn de rekenregels uit de Verenigde Staten te gebruiken. In bijlage C "Staalframebouw schijfpanelen" is daarom een uitgave van de "Light Gauge Steel Engineers Association" opgenomen.

Woningscheidende wanden zijn zeer geschikt om als schijf te laten dienen. Dit zijn immers lange wanden zonder openingen. Om de krachten van de schijf op de onderconstructie over te dragen, wordt gebruik gemaakt van voetankers. Deze ankers brengen de trekkracht uit de randstijl op de "fundering" over (afb. 5.27).



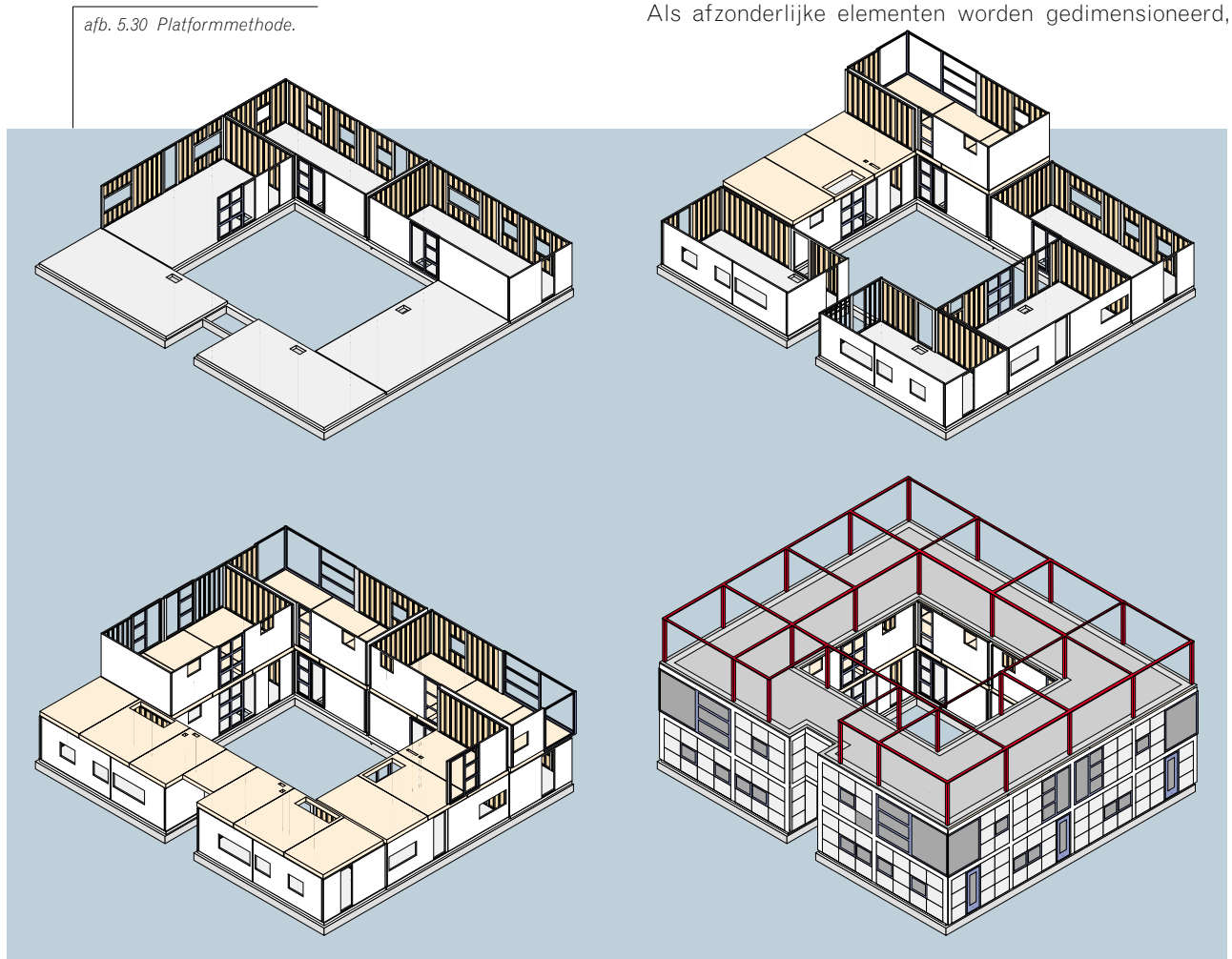
afb. 5.29
Stabiliteitsverband van brede strip.

Staalframe-draagconstructie

Introductie

Een staalframe-draagconstructie bestaat uit geprefabriceerde bouwdelen voor vloeren, wanden en daken. Er wordt uitgegaan van de platformmethode. Hierbij zijn de wandelementen verdiepinghoog; de vloer en dakelementen worden op de wanden gelegd (afb. 5.30).

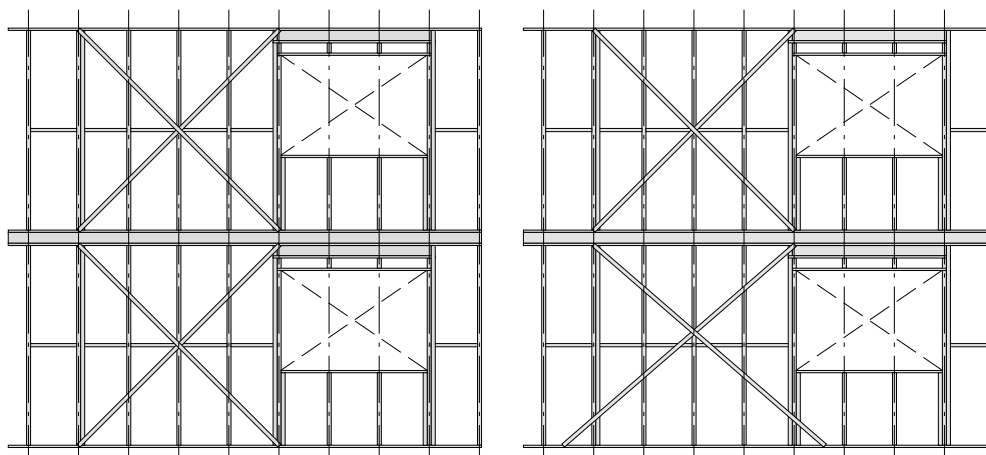
afb. 5.30 Platformmethode.



Stabiliteit van het draagconstructie

Bij staalframebouw zijn wandelementen onder te verdelen in dragende, niet-dragende en stabiliteitswanden. Om de potentiële bouwsnelheid van staalframebouw te realiseren, moet elk element door kruisverbanden stabiel worden gemaakt. Dan kunnen de elementen eenvoudig aan elkaar worden bevestigd (afb. 5.31).

Als afzonderlijke elementen worden gedimensioneerd,



goed

fout

afb. 5.31
Juist en onjuist
geplaatste
stabiliteitsverbanden.

moet rekening worden gehouden met de stabiliteit van het gehele draagconstructie.

Door gebruik te maken van schijfwerking in vloeren en dak, ontstaat een stabiele constructie. Vloeren en dak zorgen ervoor, dat de windbelasting via verbanden of schijven naar de onderconstructie afgedragen wordt.

De horizontale (wind)belasting loodrecht op een kopgevel wordt via de vloeren overgedragen op de stabiliteitsvoorziening. Deze staat evenwijdig aan de richting van de belasting. Vloeren spelen dezelfde rol bij de overdracht van windbelasting, die evenwijdig aan de kopgevel optreedt. Een voorbeeld van deze werkwijze is te vinden in TNO-rapport "The application of steel in urban habitat – Structural design of optopped housing." (21).

Brandveiligheid

De brandwerendheid van staalframebouw is afhankelijk van de afbouw. Bij een volledig ontwikkelde brand bezwijkt een constructie van koudgeformde profielen na vijf tot tien minuten.

De afbouw met isolerende plaatmaterialen voorkomt de directe blootstelling van de profielen aan brand. De brandwerendheid van individuele bouwdeelen komt aan bod in hoofdstuk 6. Hieronder is de brandwerendheid van een draagconstructie beschreven.

In hoofdstuk 4 staat dat bij optoppen de brandveiligheidseisen voor bestaande bouw geldig zijn. De brandwerendheidseisen aan de hoofdconstructie van een woongebouw met een vloer hoger dan 13 m boven het aangrenzende terrein is maximaal 60 minuten. Voor de bouwconstructie binnen de woning is de eis 20 of 30 minuten. In hoofdstuk 4 staat ook, dat voor de eisen aan de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (WBDBO) het Bouwbesluit geldt.

Afbeelding 5.32, afkomstig uit TNO-rapport "Megaproject (Staalframewoningbouw op bestaand woongebouw) – Eisenniveau m.b.t. brandveiligheid" (7), geeft een overzicht van de brandwerendheidseisen. Hierbij is er van uit gegaan dat de vloer van het hoogste verblijfsgebied hoger is gelegen dan 13 m.

onderdeel	brandwerendheid m.b.t.	
	scheidende functie	bezwijken
<i>daken</i>	... ¹⁾	... ²⁾
<i>vloeren</i>		
– woningscheidend	60	60
– niet-woningscheidend	20	20 ²⁾
<i>woningscheidende wanden</i>		
– beide spouwbladen tezamen	60	60
– elk spouwblad		
– in geval van woningscheidende vloer		60
– stabiliteitsfunctie		60
<i>buitenwanden kopgevels</i>		
– in geval van woningscheidende vloer		60
– in geval van niet-woningscheidende vloer		20 ³⁾
– i.v.m. brandoverslag	30	30
<i>buitenwanden langgevels</i>		
– i.v.m. brandoverslag	30	–
– i.v.m. stabiliteitsfunctie	–	–

¹⁾ Geen eis.

²⁾ Voortijdig omtrekken van de spouwbladen van de woningscheidende wanden moet worden voorkomen door:
– dak en vloer voldoende brandwerend te maken of
– juiste detaillering van de aansluitingen.

³⁾ Tenminste gelijk aan de brandwerendheid m.b.t. bezwijken van de vloer en het dak. Zie ²⁾

afb. 5.32
Overzicht eisen brandwerendheid.

De eisen, weergegeven in afb. 5.32, zijn opgesteld met als uitgangspunt, dat bezwijken van één bouwdeel in een woning geen invloed mag hebben op de stabiliteit van de naastgelegen woning. Hieraan is te voldoen door elke woning te ontwerpen als een vrijstaande woning met een eigen stabiliteitsconstructie.

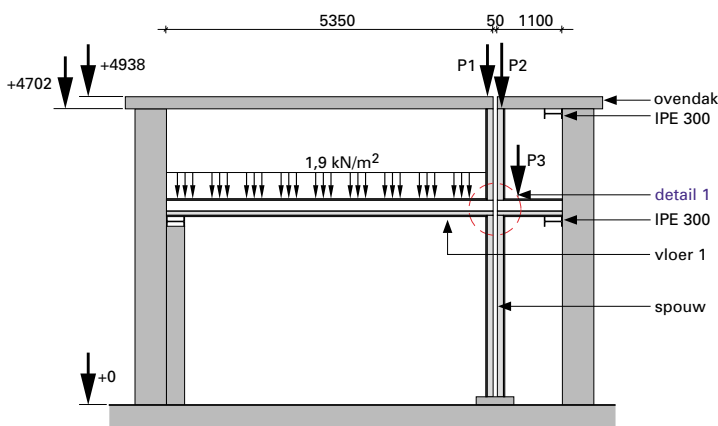
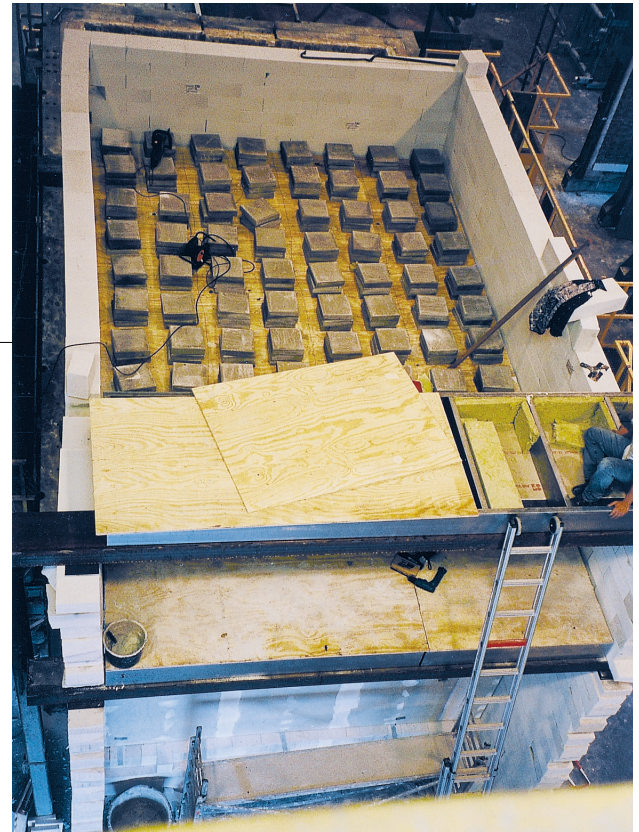
Bij de in afb. 5.32 gegeven eis aan vloeren staat dat het bezwijken van een vloer niet mag leiden tot het omtrekken van de wanden. Als dit wèl gebeurt, wordt de wand van de naastgelegen woning aan de spouwzijde blootgesteld aan de brand. Dit is niet gewenst. Als de vloer intact blijft, kunnen de twee spouwbladen, die gezamenlijk een woningscheidende wand vormen, als één wand worden beschouwd. Zo'n wand moet 60 minuten brandwerend zijn. Voor de draagconstructie geldt dus, dat:

- de constructie niet is verbonden met die van de naastliggende woning
- bezwijken van de vloer niet mag leiden tot het omtrekken van wanden

In het kader van het Urban-Habitatproject is een con-

structie ontworpen die aan beide eisen voldoet. Deze constructie is getest bij het Centrum voor Brandveiligheid (22) (afb. 5.33 en 5.34).

afb. 5.34
Overzicht constructie.
De belasting op vloer 1
is aangebracht met tegels.

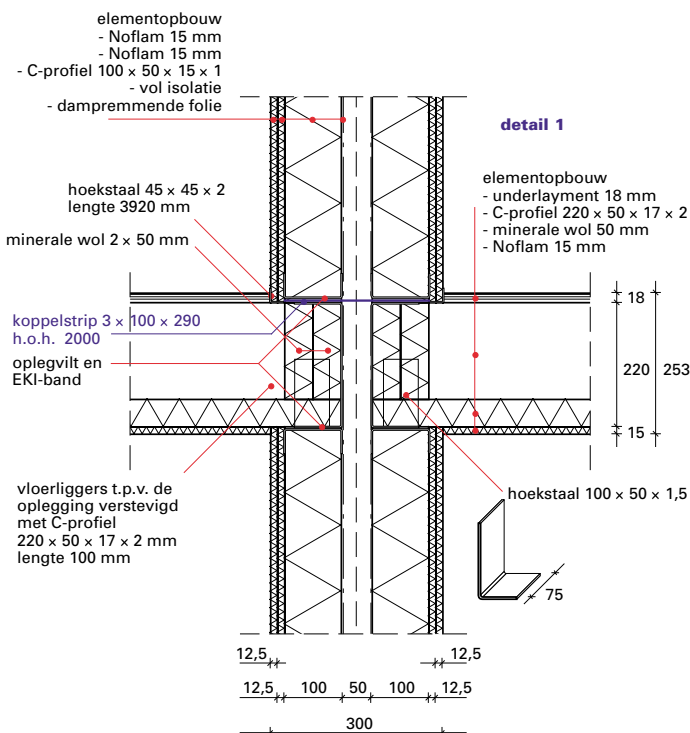


Bij de proef bleek de constructie ruim te voldoen aan de eisen. De gipsplaten van vloer 1 vielen na 32 minuten. De tegels van vloer 1 vielen na 48 minuten door de vloer. De proef is na 66 minuten beëindigd. De constructie was op dat moment nog niet bezweken en de woningscheidende wanden voldeden nog aan de criteria, gesteld in NEN 6069: 1991 "Experimentele bepaling van de brandwerendheid van bouwdeelen" (23). Uit de proef blijkt, dat tussen de woningen een brandwerendheid kan worden bereikt van meer dan 60 minuten. Hierbij volstaat een vloer met een brandwerendheid van 30 minuten als tussen de vloer-elementen een koppeling is aangebracht.

De proef laat zien dat met staalframebouw is te voldoen aan de brandveiligheidseisen, die voor optoppen gelden (zie afb. 5.32).

Bouwfysische eigenschappen

Ook de bouwfysische prestaties van een staalframedraagconstructie zijn afhankelijk van de afbouw. Met thermoprofielen kan de warmteweerstand van gesloten delen van het draagconstructie worden opgevoerd tot 5,0 m² K/W. Door de draagconstructies van woningen niet onderling te koppelen, kan de geluidsisolatie tussen de woningen ver boven de eisen van het Bouwbesluit worden opgevoerd.



afb. 5.33
Testopstelling vloer-wandcombinatie.

Hoofdstuk 6 “Vloeren, wanden en daken” bespreekt de bouwfysische prestaties van de bouw delen. Deze paragraaf gaat in op het bouwfysische gedrag van de woning in de zomer.

Staalframebouw is een lichte wijze van bouwen. Daardoor kan de woning in de winter zeer snel worden opgewarmd. Daarentegen kan het in de zomer snel te warm worden. In het TNO-rapport “The application of steel in urban habitat – Indoor climate during summer in dwellings with light-weight steel frame constructions – A case study” (8) is het temperatuurverloop in een staalframewoning in de zomersituatie vergeleken met een “zware woning”. Daarbij is het effect onderzocht van de volgende maatregelen:

- extra isolatie van de wanden
- extra isolatie van het dak
- zonwering
- verschillende typen installaties

Uit de simulaties blijkt, dat het in lichte woningen zoals staalframebouw, 's zomers zeer warm kan worden. De temperatuur loopt zó hoog op, dat het niet prettig is om onder deze omstandigheden in de woning te verblijven.

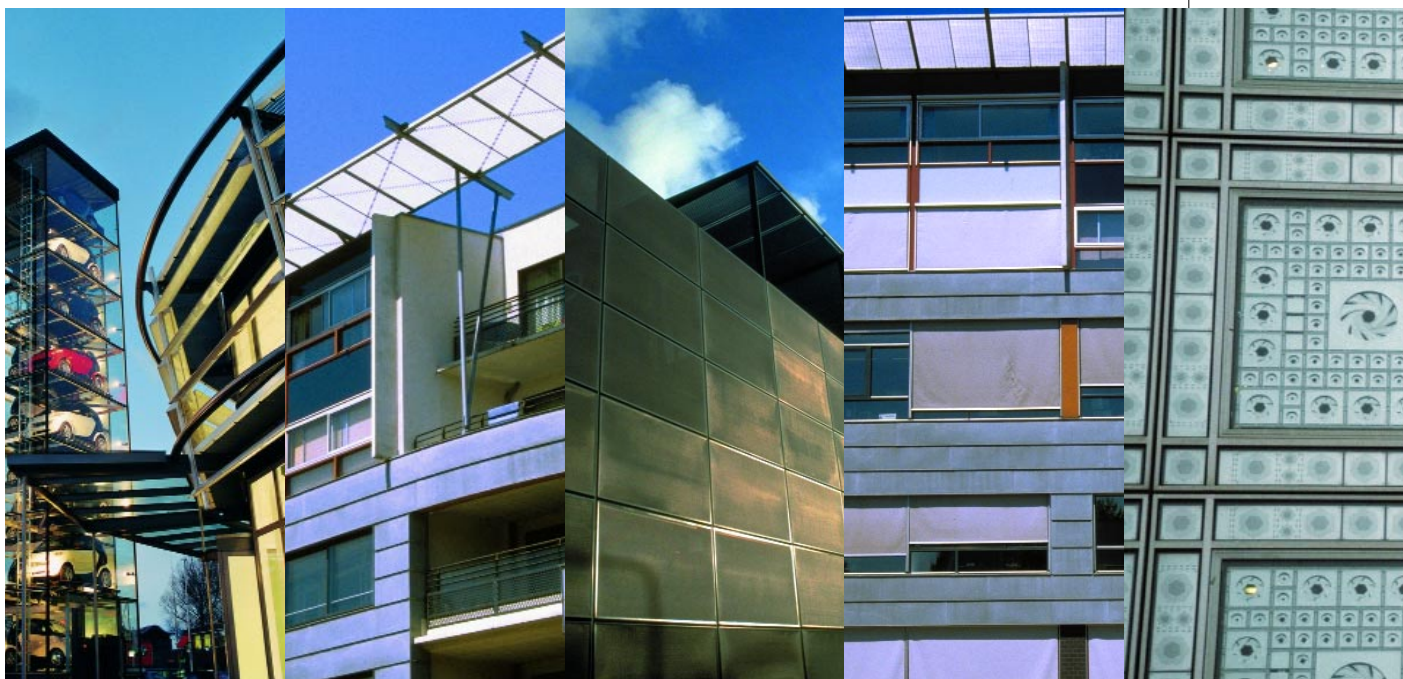
Ook het effect van de maatregelen is bekeken. Extra isolatie op het dak en zonwering blijken effectief. Extra isolatie op het dak voorkomt, dat de warmte van het dak tot de woning doordringt.

Het nut van zonwering ligt voor de hand. Wel moet er op worden gelet, dat de zonwering bestand is tegen alle weersomstandigheden én tegen plotselinge weersveranderingen (afb. 5.35).

Extra isolatie van de wanden heeft 's zomers alleen zin als de temperatuurontwikkeling in de woning achterblijft bij de ontwikkeling van de buitentemperatuur. Bij wanden, die in de zon staan, is extra isolatie altijd nuttig.

Met installatietechnische maatregelen is het klimaat naar wens te regelen. Luchtverwarming past het beste bij staalframebouw. In de winter kan de woning snel worden opgewarmd en in de zomer kan er extra mee worden geventileerd. Het achterwege laten van maatregelen, doet afbreuk aan de mogelijkheden van bouwen op toplocaties.

afb. 5.35 Weersbestendige zonweringen (24).



Levensduurverwachting

In tegenstelling tot warmgewalste profielen in staalskeletten zijn koudgevormde profielen in staalframes moeilijk te onderhouden. Ze zijn namelijk opgenomen in de constructie. Voor de dikte van de conservering zijn de resultaten van het onderzoek "Duurzaamheid van niet-inspecteerbare stalen bouwdelen" (25) te gebruiken.

De conservering van niet-inspecteerbare stalen bouwdelen hangt af van:

- de corrosiviteit van de omgeving
- het gewenste veiligheidsniveau
- de schade, die bezwijken van een constructiedeel kan veroorzaken

Bij dat laatste aspect is de aanwezigheid van een tweede draagweg – een ander bouwdeel neemt de last over na bezwijken – het onderscheidende criterium. Als er een tweede draagweg is, zijn de conserveringseisen minder zwaar (afb. 5.36).

De corrosiviteit waaraan een staalframe wordt blootgesteld, is afhankelijk van de functie van het bouwdeel. Als het bouwdeel geen onderdeel is van een klimaat-scheidende constructie, zoals een vloer, valt het in corrosieklasse C1. Staalframes, die zijn opgenomen in klimaat-scheidende constructies vallen ook in corrosieklasse C1. De elementen zijn namelijk zó ontworpen, dat er geen condensatie in optreedt. Toch is het niet uitgesloten, dat lucht vanuit de woning in de buitenwand doordringt, waardoor condensatie optreedt. Daarom is gebruik van verzinkt óf geleverd staal aan te bevelen. Bij zink is te kiezen uit zeven laagdikten. Als een bouwdeel weinig corrosiegevoelig is, kan de dunste zinklaag worden gekozen (afb. 5.37).

plaats in de constructie	corrosieklasse ¹⁾	veiligheidsklasse ¹⁾ (in jaren)	referentieperiode	voorbeeld materiaal en beschermingssysteem
binnen; discontinu nat	C2	1-3	50	gestraald staal met > 20 µm coating
binnen; droog	C1	1-3	50	onbehandeld staal

¹⁾ volgens NEN-ISO 9223 (34)

²⁾ volgens NEN 6700

afb. 5.36
Toegestane conservering bij staalframe
bouwdelen met "tweede draagweg".

typeaanduiding van het product	gemiddeld gewicht van de zinklaag (som van beide zijden, bepaald uit 3 metingen)	minimum voor gewicht van zinklaag (som van beide zijden, bepaald uit 1 meting)	dikte van de zinklaag (per zijde)
	(g/m ²)	(g/m ²)	(µm)
Z100	100	85	7
Z200	200	170	14
Z225	225	195	17
Z275	275	235	20
Z350	350	300	25
Z450	450	385	32
Z600	600	510	43

afb. 5.37
Typeaanduiding voor zink op staal
volgens NEN-EN 10147 (17).



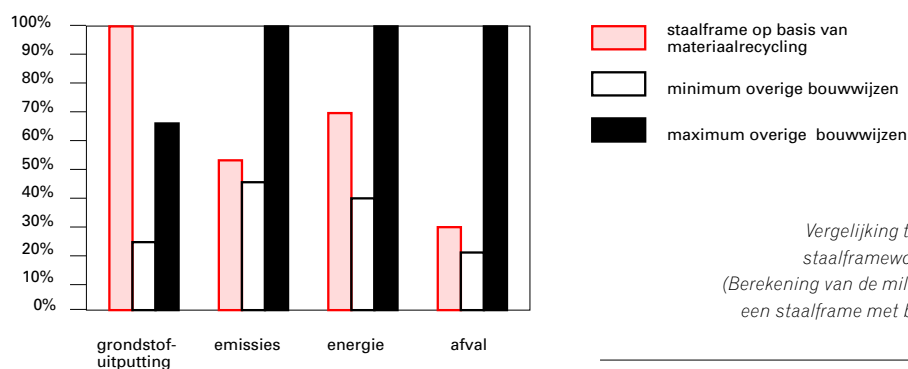
afb. 5.38
De Referentie-
tuinkamerwoning van
Novem op het
bedrijfsterrein van
Hoogovens Star-Frame in
Velsen-Noord.

Milieuaspecten

Gestimuleerd door de ontwikkelingen op het gebied van duurzaam bouwen hebben IVAM Environmental Research en W/E Duurzaam Bouwen in 1998 een onderzoek uitgevoerd naar de milieueffecten van staalframewoningbouw. De Referentie-tuinkamerwoning van Novem was onderwerp van onderzoek (afb. 5.38).

Bij dit onderzoek zijn met behulp van Eco-Quantum de milieueffecten van staalframebouw in kaart gebracht. Daarbij is de draagconstructie van een staalframewoning vergeleken met draagconstructies van andere bouwmethoden (26).

Bij het in kaart brengen van milieueffecten van staalframebouw heeft één aspect veel invloed: wat gebeurt er bij sloop van het gebouw met de stalen bouwdelen? In de studie is een aantal zogenaamde "afvalscenario's" doorgekend. Één daarvan is materiaalrecycling. Het resultaat van deze scenario's staat in afbeelding 5.39.



afb. 5.39
Vergelijking tussen draagconstructies van de
staalframewoning en andere bouwmethoden.
(Berekening van de milieueffecten van een woning met
een staalframe met behulp van Eco-Quantum, IVAM,
Amsterdam, juli 1998).

Het blijkt, dat het staalframe – vergeleken met andere bouwmethoden – slecht scoort bij de milieumaat “Grondstofuitputting”. Dat wordt voor circa 80% veroorzaakt door het relatief schaarse zinkerts, dat voor de conservering wordt gebruikt. Voor de draagconstructie van de Referentie-tuinkamerwoning is een laagdikte van 2 maal 50 g/m² gebruikt. Hierdoor zit er op de gehele draagconstructie van de onderzochte woning 26 kg zink. De 2684 kg staal, gebruikt voor het frame, heeft weinig invloed op het mindere resultaat voor grondstofuitputting. De andere draagconstructies zijn grotendeels samengesteld uit ruim voorradige steenachtige materialen of hout.

Bij de milieumaten “Emissies” en “Energie” valt de draagconstructie van de staalframewoning binnen de spreiding van de andere draagconstructies. De hoeveelheid gebruikt materiaal is namelijk veel kleiner, zodat de hogere scores per kilogram verzinkt staal bij deze milieumaten (deels) worden gecompenseerd.

Bij de milieumaat “Afval” scoort de staalframewoning relatief goed, dankzij de mogelijkheden van recycling. Het afval, dat niet herbruikbaar is, bestaat voornamelijk uit productafval van gips – gebruikt voor de beplating van het staalframe – en mijnafval, dat vrijkomt bij de winning van ertsen.

De resultaten van de vergelijking tussen het staalframe van de Referentie-tuinkamerwoning met andere draagconstructies zijn niet algemeen geldend. Het ontwerp van de referentiewoning is namelijk vrij traditioneel, zodat voor alle bouwmethoden nog winst mogelijk is. Voor de staalframewoning is milieuwinst te behalen door stalen bouwdelen meer te hergebruiken en minder zink toe te passen. Door bij het ontwerp rekening te houden met de eigenschappen van staalframebouw – door bijvoorbeeld hogere warmte-isolatie toe te passen – wordt de meeste milieuwinst behaald.