

Integratie van ruwbouw en afbouw biedt voordelen

Nauwelijks negen maanden tijd tussen concept en oplevering is zelfs voor 56 woningen in twee woongebouwen van acht bouwlagen zeer kort. Tijdens de voorbereiding wijzigde bovendien de draagconstructie van beton in staal en moest er een fabriek worden ingericht om de stalen wand- en vloerelementen te prefabriceren.

Dat maakt de prestatie alleen maar bewonderenswaardiger.



Een van de twee gebouwen die in amper zeven maanden tijd zijn gebouwd.



Beeld van de ruwbouw. Zichtbaar zijn de gevelelementen met de eerste, fabrieksmatig aangebrachte stuclaag.

Industrialisatie van het bouwproces is één van de methoden die de kosten van de (woning)bouw kunnen verlagen. Allereerst is er op materiaal te besparen door een scherpere inkoop in combinatie met een optimaal en dus lager materiaalgebruik. Maar wezenlijker zijn de besparingen die voortkomen uit het verkorten van de voorbereiding en de bouwtijd en van het industrialiseren van het ontwerp- en uitvoeringsproces. De voorbereidingstijd is echter intensiever dan bij traditioneel uitgevoerde projecten en vereist meer nauwkeurigheid van de bouwpartners: tijdens de bouw zelf zijn immers nauwelijks aanpassingen mogelijk. Maar wanneer alle inspanningen uiteindelijk resulteren in de feitelijke bouw, verloopt het proces vaak zo soepel en voortvarend dat de wat hogere inspanningen en kosten vooraf ruimschoots worden gecompenseerd. In prefab beton zijn zo al vanaf de jaren zestig duizenden woningen gebouwd.

kosten negatief. Het Zweedse Staalbouw Instituut (Stålbyggnadsinstitutet) in Stockholm nam daarom begin 1996 het initiatief te onderzoeken of dit nadeel met een prefab systeem in staal was te ondervangen. Ze vond een projectontwikkelaar/ bouwverbereid om een project dat op stapel stond – Kaskaden – niet uit te voeren in beton maar in staal. Beide partijen wisten al dat staalframebouw (met lichte koudgevormde profielen) en staalskeletbouw (met zwaardere walsprofielen), beide een vorm van geprefabriceerd bouwen, economisch voordelen kunnen bieden. Onbekend was tot nog toe of de combinatie van beide systemen, industrieel vervaardigd in een fabriek, zou leiden tot nog lagere bouwkosten en zelfs wellicht tot het gewenste flexibele standaardelement.

Kaskaden

Het project omvatte 56 woningen in twee gebouwen van acht bouwlagen en was al volledig voorbereid voor een uitvoering in beton. De startdatum stond vast – 25 oktober 1996 – en kon niet worden verschoven in verband met het naderend winterseizoen en de opleveringsverplichtingen naar kopers. Daardoor waren er slechts twee maanden beschikbaar voor de voorbereiding en het wijzigen van de oorspronkelijke betonconstructie in een combinatie van staal-

skeletbouw en staalframebouw, uit te voeren in een industrieel (pre)fabricageproces.

In de krappe beschikbare tijd is een volledig nieuw constructieconcept ontworpen, berekend en vervaardigd; de oplevering vond plaats in april 1997. Dat was onder meer te danken aan het gebruik van de computer en een geavanceerd driedimensionaal CAD-programma. Dit programma beheert een database waarin alle bouwelementen met hun eigenschappen en mogelijke verbindingen zijn opgeslagen. Het tekenen van een gebouw bestaat uit het 'beschrijven' van de verschillende elementen en hun relaties tot elkaar. Als dat is gebeurd, kunnen er bouw-, constructie-, werk(plaats)- en detailtekeningen worden uitgedraaid, inclusief stuklijsten en prijzen.

Constructie

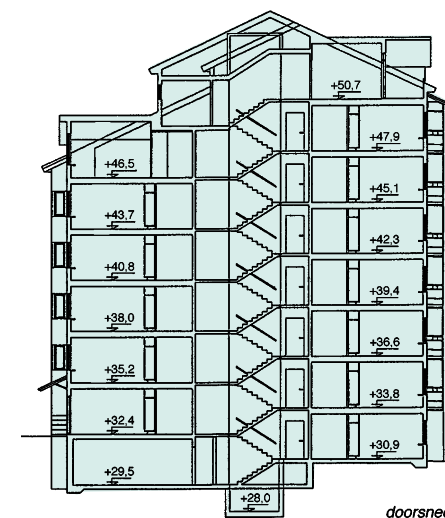
Het uiteindelijke resultaat is een slimme combinatie van staalskeletbouw en staalframebouw. De twee identieke woongebouwen zijn, constructief gezien, uitgevoerd met een staalskelet: een betonnen stabiliteitskern (voor een uitvoering in staal ontbrak de tijd maar deze oplossing is wel in ontwikkeling) met dragende stalen portalen in de gevels. Deze portalen bestaan uit twee kokerprofielen als kolommen en een Z-vormige bovenregel waar-

op de vloerelementen liggen. De portalen zijn in de fabriek 'wind- en waterdicht' gemaakt met een invulling van C-profielen, gipskartonplaat, folies, isolatie en aan de buitenzijde een eerste stuclaag.

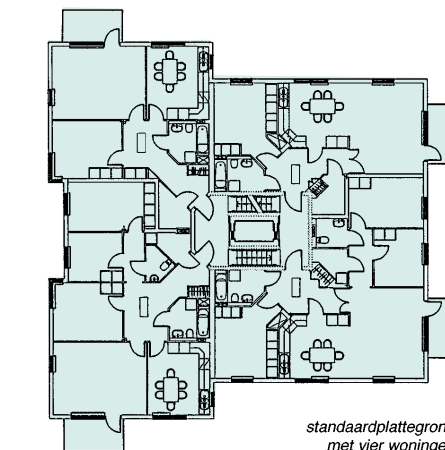
Noodgedwongen zijn de houten kozijnen op het werk in de wandelementen gemonteerd, omdat de timmerfabriek niet in staat bleek binnen korte tijd het productie- en leveringsschema aan te passen. In de fabriek zijn per dag tien elementen geproduceerd. Zodra alle elementen voor één verdieping gereed waren, zijn ze op een vrachtwagen geladen en naar de bouwplaats vervoerd op 22 km afstand.

Ook de vloerelementen zijn opgebouwd uit C-profielen en lopen van de kern naar de portalen in de gevels. Vanaf elke hoek van de kern naar twee gekoppelde portaalcolommen loopt een hoedlijger ter ondersteuning van de vloerelementen in de hoeken van het gebouw. De vloerelementen zijn op het werk aangeleverd met aan de bovenzijde een geprofileerde dunne staalplaat. In de afbouw is tussen de C-profielen isolatie aangebracht en aan de onderzijde een verend opgehangen plafond van twee gipskartonplaten, eveneens met isolatie.

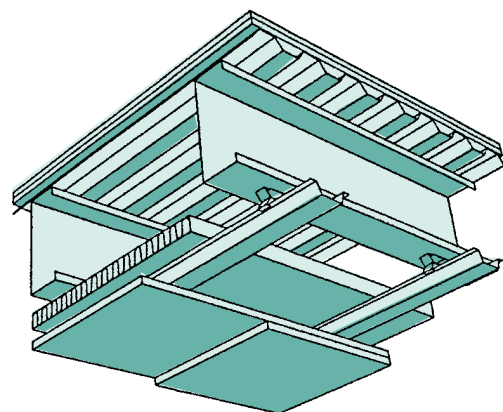
Na montage van alle leidingen op de staalplaat, is een 40 mm anhydrietlaag aangebracht, overigens door tijdgebrek gedwongen. De oorspronkelijk opzet



doorsnede



standaardplattegrond met vier woningen



Axonometrie van de opbouw van de vloeren.

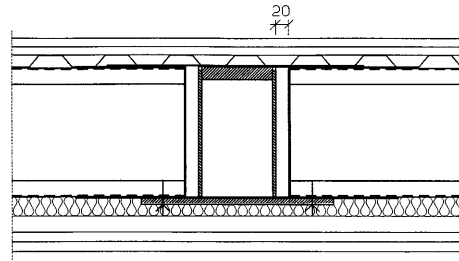
Kees van Lamoen
Redactie

Combinatie

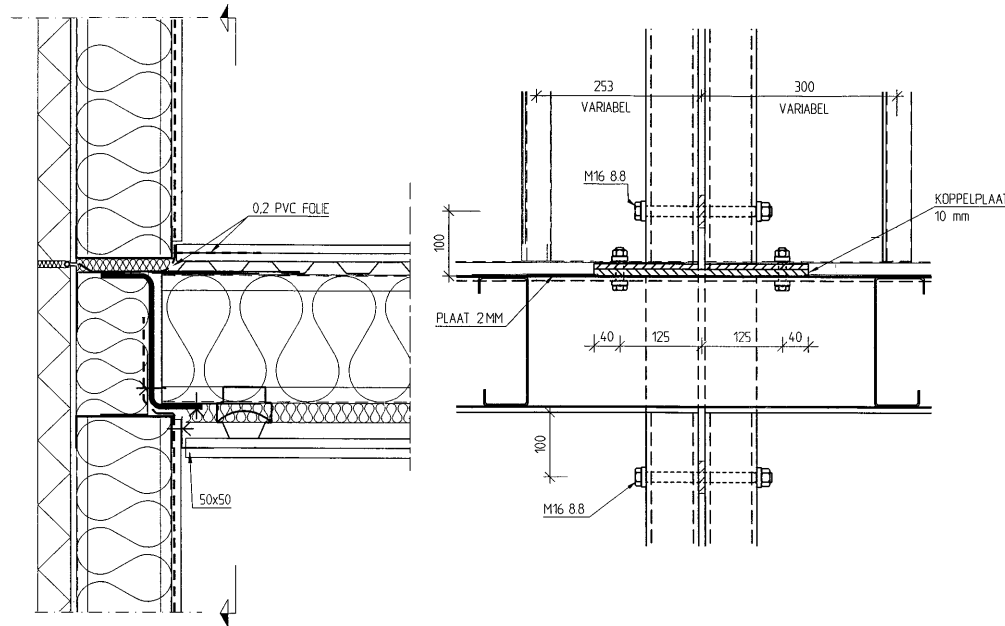
Eén van de weinige nadelen van geprefabriceerd bouwen (in beton) is het gebrek aan een flexibel standaardelement dat tegemoet komt aan het merendeel van de wensen van ontwerpers. In de praktijk blijkt dat er steeds weer te veel project-specifieke elementen nodig zijn en dat beïnvloedt de bouwtijd en de

Verticale doorsnede over een gevel- en vloerelement.

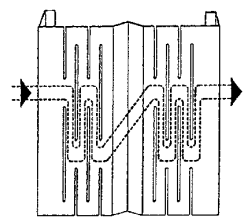
- Vloerelement, van boven naar beneden:
- 2 à 3 gipskartonplaten 15 mm of anhydrietvloer
 - geprofileerde staalplaat, 20 mm hoog
 - C-profielen, dik 3 mm, h.o.h. 600 mm, hoog 200-300 mm, afhankelijk van overspanning (met 200 mm is een vrije overspanning mogelijk van 4,8 m; maximale lengte 8 m)
 - minerale wol 100 mm ($\rho = 28 \text{ kg/m}^3$) tussen profielen
 - 2 gipskartonplaten 13 mm



- Gevelelement, van buiten naar binnen:
- stucwerk, aangebracht op de bouwplaats
 - stucwerk als hechtlaag op eps-isolatie
 - gipskartonplaat 13 mm
 - minerale wol 50 mm ($\lambda = 0,036 \text{ W/m}^2\text{K}$)
 - stijl- en regelwerk, C-profielen, dik 0,605 mm, h.o.h. 600 mm
 - minerale wol 145 mm ($\lambda = 0,036 \text{ W/m}^2\text{K}$)
 - damprem 0,2 mm plastic folie
 - gipskartonplaat 13 mm



De C-profielen voor de gevel- en vloerelementen zijn geperforeerd. Hierdoor neemt de warmteweerstand toe en is aan de buitenzijde minder isolatie nodig. In de grafiek geven de krommen de totale I-waarde van een buitengevel voor vier varianten van de isolerende kern. Om bijvoorbeeld een $I = 6,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ te halen, is bij geperforeerde profielen 80 mm isolatie nodig ten opzichte van 125 mm bij niet-geperforeerde profielen.



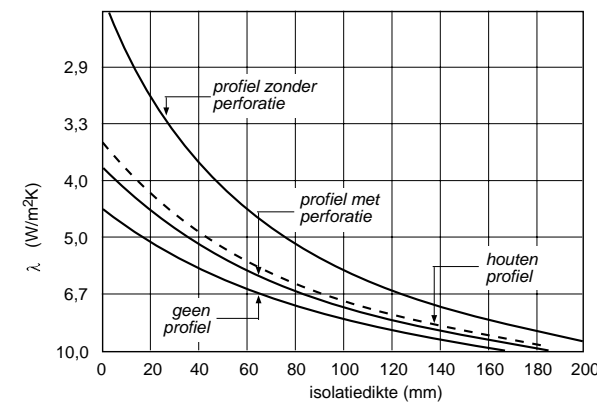
was namelijk dat in de fabriek ook de leidingen en een dubbele gipskartonplaat als vloerafwerking zouden worden gemonteerd, dit om tijd te besparen en de hoeveelheid bouwvocht te beperken. Het uitgevoerde constructieprincipe biedt ook bouwfysisch voordelen. Met staalframebouw is namelijk relatief eenvoudig te voldoen aan de eisen met betrekking tot brandveiligheid en thermische en akoestische isolatie. Vaak komt het neer op een gipskartonplaat extra en meer of beter isolatiemateriaal, afhankelijk van de geldende eisen, die overigens in Zweden nooit lager maar veeleer zwaarder zijn dan in Nederland.

Ervaring

De korte tijd waarin de 56 woningen zijn gebouwd, is niet uitsluitend te danken aan het gebruik van staal. Ook de besluitvaardigheid, het geloof in het wslagen, een vertrouwen in elkaar en de ruime kennis over staal van alle partijen leverden een wezenlijke bijdrage. Het project heeft in elk geval bewezen dat de voorbereiding, de productie van en het bouwen met industriële vervaardigde stalen bouwcomponenten in een

zeer kort tijd mogelijk is. Met name de vereiste krappe planning was zonder moeite aan te houden. Een eerste nalcultatie laat daarentegen zien dat de werkelijke bouwkosten nog niet lager zijn. Debet daaraan zijn het experimentele stadium en de hoge startinvestering van de ontwikkeling en productie van de elementen. Wanneer het productieproces de experimentele fase is ontgroeid, moeten de produktiekosten dalen. Tegelijkertijd kan de bouwsnelheid omhoog en daarmee de bouwkosten omlaag, zelfs voor eenvoudige kleinschalige bouwwerken. Dit is mede te danken aan het gebruik van het CAD-programma, waarmee snel en op eenvoudige wijze een flexibel 'standaardelement' is te genereren.

Het Staalbouw Instituut onderzoekt de mogelijkheden om de vloerconstructie uit de Kasaden-projecten toe te passen in de Nederlandse utiliteitsbouw. Nadere informatie is te verkrijgen bij ir. W.H. Verburg, Staalbouw Instituut, tel. (010) 4110435.



(a) Assemblage van een gevelelement.



(b) Aanbrengen van isolatie en de gipskartonplaten aan de binnenzijde.



(c) Na het omkeren van een gevelelement wordt de folie en de gipskartonplaten aan de buitenzijde aangebracht.



(d) De eerste stuclaag wordt in de fabriek aangebracht.

(e) De elementen worden op de bouwplaats direct van de vrachtwagen gemontereerd.



(f) Montage van de vloerelementen met aan de bovenzijde een dunne geprofileerde staalplaat; in het midden is de bovenzijde van een hoedlijger zichtbaar.

