

Hybride constructies, een brug tussen twee werelden

ir.G.L.H.M.Henkens, Aronsohn raadgevende ingenieurs bv, Rotterdam

Het is een bijzondere gebeurtenis als Cement één van de accenten wijdt aan een nieuw constructieprincipe. Elke dag worden nieuwe constructies ontworpen; sommige halen de publiciteit, maar altijd als individueel ontwerp.

Thans lijkt er onder de ontwerpers van constructies een gemeenschappelijke richting te worden gevolgd, waardoor er sprake is van een trend. De bouwjournalistiek en de vakorganisaties, Betonvereniging en Staalbouwkundig Genootschap, hebben dit vastgesteld en daar aandacht aan geschonken. Dit is leerzaam voor hen die er al mee bezig zijn, omdat zij hun denkwijze en hun ontwerpen geplaatst zien in een breder perspectief, maar het is vooral leerzaam voor al degenen die deze ontwerpen moeten uitwerken of bouwen. Dit artikel schenkt aandacht aan de beweegredenen van ontwerpers om hybride te ontwerpen en wil gelijktijdig voorkomen dat hybride constructies worden beschouwd als iets heel bijzonders.

Verzuiling

Niet alleen voor kerk, omroep en maatschappij is verzuiling een kenmerk, ook in de bouw is sprake van een vérgaande verzuiling. Er zijn betonconstructeurs, staalconstructeurs, aannemers, staalconstructiebedrijven, er is een Staalbouw Instituut, een Betonvereniging, een Centrum Hout enz.

In beginsel is er niets mis met deze specialisaties, maar specialisten danken hun bestaan aan het bestaan van generalisten.

Gelukkig bestaan er nog wel generalisten, ook al vind je ze steeds minder. Ze zitten nog bij adviesbureaus, maar leiden een moeizaam bestaan.

Oprachtgevers en architecten stellen soms al in een eerste gesprek de vraag, 'bouwen we in staal of in beton?'. Als je zegt dat dat voorlopig een volstrekt onbelangrijke vraag is, dan is daarna een heel betoog nodig om dat uit te leggen, aangenomen dat je geloofwaardig wilt blijven.

In maar weinig gevallen is het in dat stadium evident welk materiaal de beste keuze is. Bovendien moet men zich realiseren dat die keuze met de tijd verandert als

gevolg van wijzigingen in lonen en prijzen.

De keuze voor het ene of het andere materiaal betreft in veel gevallen het gehele gebouw. Het gehele gebouw is van staal of het gehele gebouw is van beton.

Dit gaat volkomen voorbij aan de specifieke eigenschappen van beton en staal, die juist op het niveau van het constructiedeel moeten leiden tot de keuze van het materiaal.

Ontwerpen met de materialen beton en staal

Om te kunnen ontwerpen is het belangrijk de eigenschappen van materialen te kennen en te weten in welke hoedanigheid ze beschikbaar zijn.

Staal is vooral beschikbaar in staafvormige elementen met allerlei doorsnedevormen. Plaat- of schijfvormige elementen zijn wel verkrijgbaar, maar vragen om aanvullingen als verstijvingen (vloeren (dekken) in boten) of moeten zo worden gevormd dat ze over een eigen stijfheid beschikken zoals geprofileerde staalplaten.

Beton kan in vrijwel elke vorm worden gemaakt, maar is uitsluitend geschikt om drukkrachten

op te nemen. Buiging of trek zijn met beton niet over te brengen. Als bouw materiaal is het daarvoor eigenlijk ongeschikt. Maar door het toevoegen van staal in de vorm van wapening, is beton geschikt als bouw materiaal.

Wapeningsstaven compenseren de tekortkomingen van beton. Het ontbreken van schijfvormige elementen in staal wordt gecompenseerd door de toevoeging van beton, zoals bijvoorbeeld in de staalplaat-betonvloer.

Als men zich realiseert dat beton en staal alleen goede bouwmaterialen zijn geworden door toevoeging van de ander, is elke hedendaagse constructie al een hybride constructie.

Vanuit die gedachte is alle belangstelling van deze uitgave van *Cement* overdreven. De belangrijkste reden om toch eens goed over hybride constructies na te denken is, dat er in de gedachte wereld van de bouw kennelijk een belangrijk verschil ontstaat als het staal van wapening profielstaal wordt.

Hoe werken beton en staal samen

Er zijn de laatste jaren een paar ontwikkelingen geweest die er toe hebben geleid dat weer meer wordt nagedacht over het combineren van beton en staal in constructies.

Nadat het maken van vlakke vloeren in moderne gebouwen steeds meer noodzakelijk werd en vloeren met balken verdwenen, bleek dat beton daar geen antwoord op had. Alleen vlakke plaatvloeren voldeden, maar die waren in combinatie met dragende gevels ongewenst.

Lijnvormige ondersteuning van profielstaal, mits opgenomen in de vloerdikte, waren een heel geschikte oplossing [1]. Het bezwaar daarbij is, dat de hoogte van de balk niets te maken heeft met de overspanning van de balk, maar met de overspanning van de vloer.

Staalbeton-buiskolommen hebben een hele ontwikkeling door-gemaakt. Het begon met de pas-sieve rol van beton, dat kon zorgen voor een minimale brandwe-rendheid van 30 minuten. Als meer brandwerendheid nodig was, werd in het beton wapening opgenomen. Het was dan nodig speciale aandacht te schenken aan de overdracht van krachten van het staal naar het beton en de wapening. Veel constructeurs zagen hierin een goede oplossing constructies te maken van staal, die geen schil van gipskar-ton vereisten.

Wanneer tijdens de detaillering de kolom onder brandcondities werd uitgerekend, bleek regel-matig dat er substantieel moest worden gewapend. Het hele idee werkte alleen, door bij het ont-werp uit te gaan van het volgende principe: allereerst werd een gewapend-betonekolom ontworpen die bij brand de erop wer-kende krachten kan overdragen; het ontbrekende draagvermogen bij kamertemperatuur moet dan worden aangevuld met de stalen schil van de stalen buis.

De staalbetonekolom is een goede illustratie van het hele spectrum van staalbetonconstructies. Er zijn talrijke vormen van samen-werking. Hybride construeren betekent niets meer dan staal en beton in één constructie samen-voegen en het zegt nog niets over de manier waarop die materialen samenwerken.

Tussen helemaal niet samenwer-ken of heel innig samenwerken is alles mogelijk en steeds om andere redenen. Wellicht dat een gewapend-betonconstructie de

meest ultieme vorm is van samenwerking. De stalen onder-delen (de staven) worden daar zelfs door het beton aan elkaar verbonden, ter plaatse van de overlappingslas.

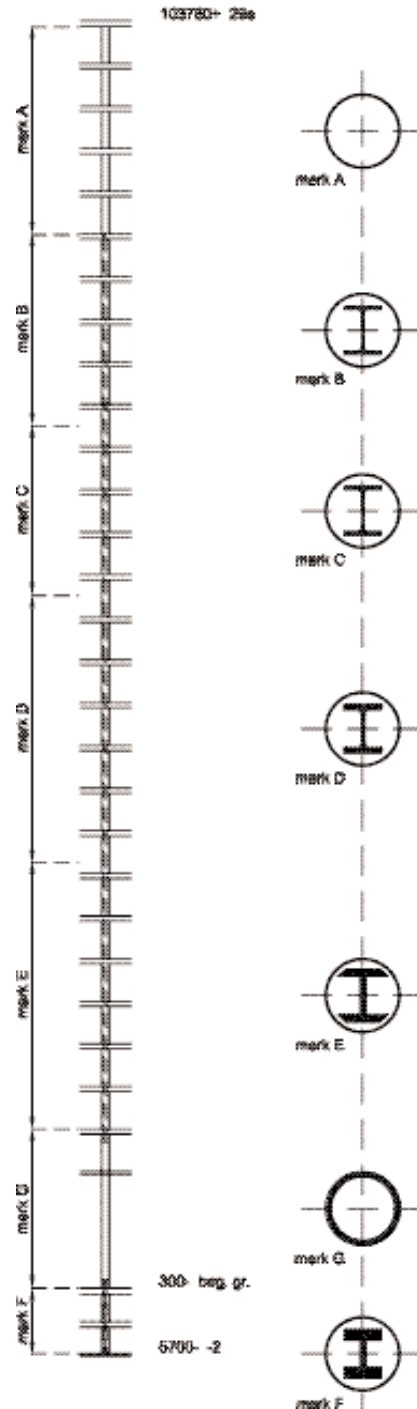
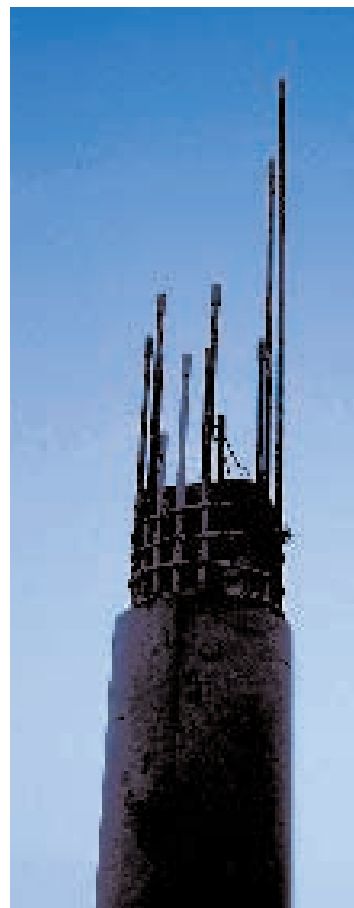
Er is geen enkele reden om daar-in puriteins te zijn. Sommigen menen dat er zoiets bestaat als eerlijk construeren. Maar dat hoort bij mensen en niet bij materialen.

Staal en beton zijn voor elkaar geschapen, maar er zijn talrijke vormen om samen te leven. De keuze welke vorm wordt toege-past is aan de ontwerper en moet worden afgestemd tot het opti-mum voor het betreffende con-structiedeel. Daarbij moet de maakbaarheid vanzelfsprekend niet uit het oog worden verloren.

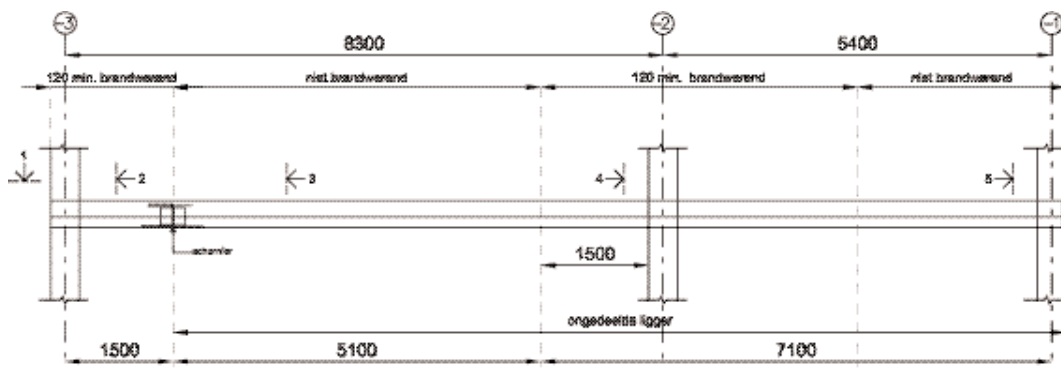
Kolommen

De meest simpele vorm werd hierboven al genoemd. Een stalen omhulling gevuld met beton, waarbij de belangrijkste bijdrage van beton het vertragen van de temperatuurontwikkeling in het staal is.

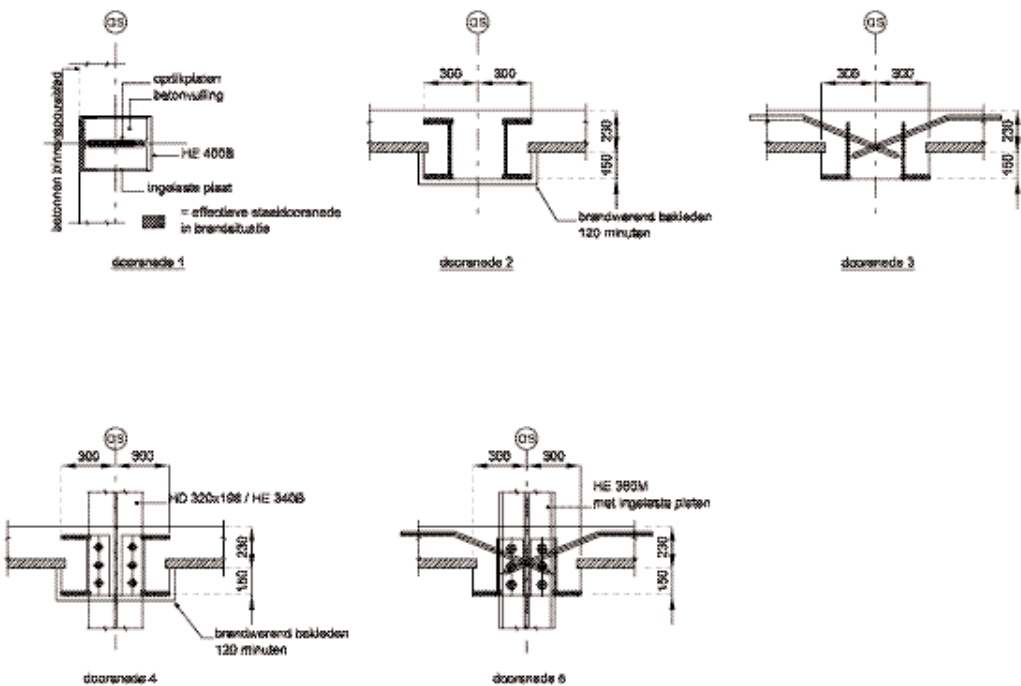
Elke verdere samenwerking berust op het principe waarbij staal én beton bij kamertempera-tuur een gedeelte van het draag-



1 | Kolom van het WPC in Rotterdam: betonekolom Ø 600 met wisselende stalen kern:
 merk A: geen staalprofiel
 merk B: HE400A
 merk C: HE400B
 merk D: HE360M
 merk E: HD 400x463 met afgeschuinde flenzen
 merk F: gelast profiel; flenzen 300x90 mm, lijf 40 mm, hoogte 400 mm
 merk G: buisprofiel Ø 610, wanddikte 40 mm, gevuld met beton B35



schema staal/betonbalk onderbouw



2 | Balken van de Hogeschool voor Muziek en Theater Rotterdam

vermogen leveren. De mate waarin dat tussen beide materialen wordt verdeeld hangt af van het doel.

Bij het World Port Centre te Rotterdam is over de 100 m kolomlengte de wapening van de

kolom vergroot en omgezet in een staalprofiel (fig. 1a en foto 1b). Het doel was hier een kolomdoorsnede te realiseren met een beperkt oppervlak.

Bij de Hogeschool voor Muziek en Theater Rotterdam (HMTR)

zijn de kolommen gevuld met beton en door niet-dragende betonelementen – die daar om bouwfysische redenen nodig waren – afgeschermd van brand (fig. 2). Beton levert daarbij vrijwel geen bijdrage aan het draagvermogen. De toepassing van stalen kolommen werd geïntegreerd door de gewenste slankheid van de kolommen, maar vooral door de wens aan de kolommen een inklemming te ontfangen voor de vloerbalken.

In de literatuur wordt soms gepropageerd momentvaste verbindingen in de staalbouw te vermijden. Ontwerpers zouden zich ten opzichte van dit soort aanwijzingen sceptisch moeten opstellen. Vooral bij geïntegreerde liggers, waar zoals gezegd de overspanning geen relatie heeft met de hoogte die ter beschikking is voor de balk, kunnen momentvaste verbindingen verhinderen dat ten behoeve van de doorbuiging grote hoeveelheden staal nodig zijn.

Vloeren en balken

Stalen vloeren zijn in de bouw nog steeds uitzonderingen. De architecten van Cepezed ontwikkelden een zeer innovatieve oplossing die in [2] werd gepresenteerd. In het kader van een specifieke ontwerpogave worden soms ook stalen vloeren mogelijk [3].

De tijd zal leren of deze vloeren op grote schaal hun weg naar de praktijk weten te vinden.



3 | Staalplaatvloer tijdens het betonneren en aanzicht onderzijde

De staalplaatvloer die als wapening fungeert is reeds lang bekend en heeft inmiddels concurrentie gekregen van een vloer (foto 3) die wel dienst doet als bekisting, maar niet met het beton samenwerkt. Het principe berust niet op constructieve samenwerking.

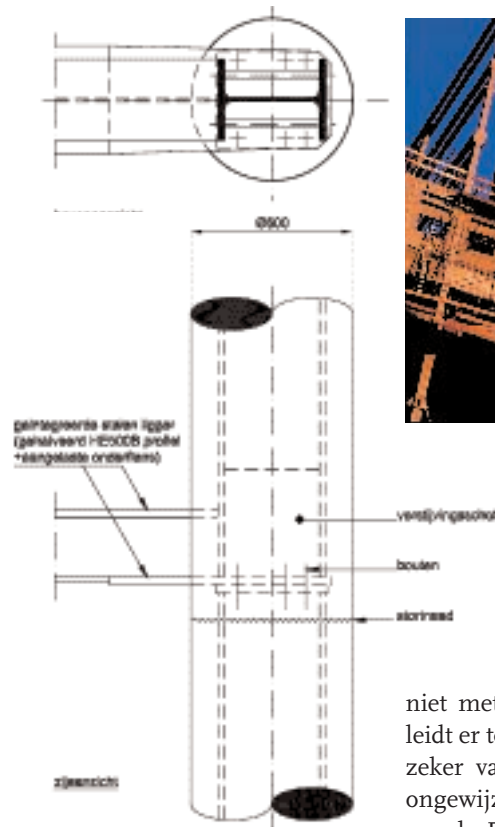
Daarmee komt het overeen met de geïntegreerde vloerbalk.

Ofschoon er wel een zekere vorm van samenwerking is, wordt die in de regel niet in de berekening meegenomen.

Een groot bezwaar in de ontwikkeling van de geïntegreerde vloerbalk is, dat de ontwikkeling te veel wordt bepaald door leveranciers, in plaats van door ontwerpers. Er is jarenlang veel gepubliceerd over de ideale combinatie van kanaalplaten met deze liggers. Zoals hierboven reeds is aangegeven, is hier sprake van een onjuiste verhouding van overspanning/constructiehoogte. Thans blijkt bovendien, dat bij deze vloerconstructies secundaire spanningen in de kanaalplaten optreden die het dwarskrachtdraagvermogen van de vloer aantasten.

Ontwerpers moeten zelf constructies ontwerpen en vloertypen met balktypen combineren tot die oplossing die het meest geschikt is voor het project. Dan komen ze wellicht uit op constructies zoals in de HMTR werden toegepast (foto 4) en die zeer afwijken van wat gebruikelijk is. Dit soort oplossingen ontstaat uit de projectomstandigheden en uit een filosofie bij de ontwerper die combinaties maakt van staal en beton als die het beste resultaat opleveren.

De veel gepropageerde scharnierende oplegging van de vloerbalken is ook zo'n niet door ontwerpers maar door de markt bedacht stokpaardje. Wanneer geïntegreerde balken op doorbuiging moeten worden gedimensioneerd, kan het over de kolom laten doorlopen van de balk, of



5 | Momentvast kolom-balkverbinding, toegepast in het WPC Rotterdam

momentvast verbinden aan de kolom (fig. 5) in veel gevallen een goede oplossing zijn, echter het moet net zo min een dogma worden.

Uitvoering

Als dit soort constructies worden ontworpen, leiden die bij de uitvoering in het algemeen tot veel discussies. De verzuiling komt immers niet alleen voor bij ontwerpers, maar ook en vooral bij de uitvoerenden.

Kunnen aannemers nog wel aardig overweg met een ander hoofdzakelijk in de fabriek vervaardigd materiaal zoals vooraf vervaardigd beton, met een substantiële staalconstructie weet men veel minder goed raad. Het liefst wordt alle staal zo snel mogelijk beton, desnoods hogesterktebeton. Vooral bij een bouwteam blijkt deze verzuiling heel duidelijk.

Aannemingsbedrijven hebben geen affectie met staalconstructies, staalconstructiebedrijven



4 | Constructie Hogeschool voor Muziek en Theater Rotterdam

niet met bouwen. Deze situatie leidt er toe dat ontwerpers er niet zeker van zijn of hun ontwerp ongewijzigd zal worden uitgevoerd. Dat is vooral vervelend omdat dit in het algemeen tot veel vertraging leidt.

Toekomst

Voor de toekomst lijkt de toepassing van staal in stabiliteitsconstructies zoals kernen en schijven nog dé grote uitdaging [4]. Wanden van gewapend beton waarbij het staal in de vorm van een net fijn verdeelde wapening voorkomt, is vooral in het licht van het slopen geen aantrekkelijke optie.

Wellicht dat het mogelijk is die staalhoeveelheid te bundelen tot profielstaal, waarbij beton een rol vervult in de stijfheid en de brandwerendheid. ■

Literatuur

1. Project Analyse Bureau, geanalyseerd november 1992.
2. Jütte, T., Meer gebouw door intelligente vloer. *Bouwen met Staal* 151.
3. Jacobs, G.P., e.a., Duurzaam bouwen op bestaande funderingen. *Bouwen met Staal* 147.
4. Gijsman, J.L. en G.L.H.M. Henkens, Studie staalskeletbouw. *Bouwen met Staal* 123.