

Industriegebouwen is een niet zo veel gebruikt begrip voor een onderdeel van de Utiliteitsbouw, waaronder gebouwen exclusief de woningbouw worden geschaard. In dit hoofdstuk komt niet de gehele Utiliteitsbouw aan de orde, maar slechts dat deel dat betrekking heeft op de bouw van bedrijfshallen. In andere hoofdstukken wordt aandacht besteed aan kantoorgebouwen, parkeergarages en stadions, die alle tot de Utiliteitsbouw behoren.

Als men prefab beton overweegt toe te passen, dient men de voor- en nadelen tegen elkaar af te wegen. In het eerste deel wordt daarom eerst aandacht besteed aan de eisen die men aan verbindingen dient te stellen. Verbindingen zijn soms standaard, maar in een groot aantal gevallen dient men die zelf te ontwikkelen. Dan is het goed de gulden regels inzake verbindingen in gedachten te hebben. Meer specifiek wordt dan vervolgens ingegaan op verbindingen van verticale elementen, kolommen en wanden, onderling en aan verticale elementen met de fundering. Daarna wordt de draagcapaciteit van de mortelvoeg behandeld en toegelicht met een aantal rekenvoorbeelden. In het tweede deel komen de prefab kolommen zelf aan de orde, zowel ontwerp, productie als opslag en montage.

Het derde deel ten slotte behandelt de bedrijfshallen. Juist bij dit onderdeel is duidelijk te zien hoeveel ontwerpvarianten er mogelijk zijn en hoe het ontwerp van invloed is op de m² dan wel de m³ prijs van de constructie en de gevel. Een aantal uitgevoerde projecten wordt in beeld gebracht.

Auteur: prof.ir. H.W. Bennenk, TU/e en Adviseur BELTON

8 INDUSTRIEGEBOUWEN

Inhoudsopgave

8.1	Verbindingen	3
8.1.1	De eisen die men aan verbindingen kan stellen	
8.1.2	De mortelvoegverbinding	
8.1.3	De draagcapaciteit van mortelvoegverbindingen	
8.1.4	Voorbeeldberekeningen	
8.1.5	Andere verbindingen, bijzondere kolommen	
8.2	Kolommen	20
8.2.1	Kolommen met rechthoekige doorsnede, mallen	
8.2.2	De consolewapening	
8.2.3	Voorgespannen rechthoekige of vierkante kolommen	
8.2.4	Verborgene consoles	
8.2.5	Ronde kolommen	
8.2.6	Stekverbindingen voor kolommen	
8.2.7	Hijsvoorzieningen	
8.2.8	De verbinding kolom-poer	
8.2.9	Belastinghistorie van de prefab kolom	
8.3	Bedrijfshallen	40
8.3.1	Haltype A	
8.3.2	Haltype B	
8.3.3	Voorbeeld: project Molletjesveer te Krommenie	

Bijlagen	63
I Prefab betonnen bedrijfshal steeds meer in trek - <i>BELTON Magazine</i> , september 1999.	
II Bouwsnelheid essentieel voor veiling Zon - <i>BELTON Magazine</i> , september 1999.	
III STT-daksysteem voor hallen: innovatief en betaalbaar - <i>BELTON Magazine</i> , september 1999.	
IV Maatkostuum voor Datatrans - <i>Cement</i> , 2002 nr. 6.	
V Hoe ICT in een IFD-bouwproject wordt ingezet - <i>Cement</i> , 2002 nr. 6.	

Literatuurlijst

- [8.1] NEN 6720, Voorschriften Beton.
Constructieve eisen en rekenmethoden (VBC), 1995.

8.1 VERBINDINGEN

Bij het ontwerpen van prefab-betonconstructies is de verbinding tussen de elementen van eminent belang. De verbindingen dienen zo ontworpen te worden dat aan meerdere randvoorwaarden wordt voldaan. De eisen, die ook elders aan de orde komen, worden hier nog eens op een rij gezet.

8.1.1 De eisen, die men aan verbindingen kan stellen

Ten aanzien van de krachtswerking

De krachten moeten worden overdragen met voldoende veiligheid en weinig vervorming. Omgekeerd mogen opgelegde en tijdgebonden vervormingen - door temperatuurinvloeden, krimp- of kruipverkortingen - geen grote spanningen cq krachten opwekken. Tot slot moet de krachtswerking helder en overzichtelijk blijven, zodat veel verbindingen gestapeld en met statisch bepaalde elementen worden uitgevoerd.

Ten aanzien van de uitvoerbaarheid

De elementen moeten maakbaar zijn. Daarnaast moeten de verbindingen snel en eenvoudig uitvoerbaar zijn op de bouwplaats; de kraantijd moet in ieder geval worden geminimaliseerd. De toleranties van de elementen die samenkomen in een verbinding dienen op elkaar te zijn afgestemd; maatafwijkingen moeten opneembaar zijn. De verbindingen ten slotte moeten inspecteerbaar en tijdens de uitvoering aanpasbaar zijn.

Ten aanzien van de integrale kosten

Naast de constructieve aspecten dient tevens te worden gelet op de bouwkundige gevolgen van de detaillering.

De som van de kosten van een verbinding moet worden geminimaliseerd.

In deze moduul wordt specifiek aandacht besteed aan verbindingen tussen enkele onderdelen. We beginnen met de voeg tussen verticale elementen onderling en verticale elementen en de fundering.

8.1.2 De mortelvoegverbinding

Kolommen en wanden zijn verticale elementen, die verticaal en horizontaal kunnen worden belast. De horizontale belasting kan in verschillende richting aangrijpen, maar is altijd te ontbinden in krachten evenwijdig en loodrecht op de zijden van het element of in krachten in de hoofdspanningsrichtingen van de doorsnede.

De verbinding van deze elementen onderling vindt in Nederland meestal plaats middels de mortelvoeg, waarbij stekken door kunnen steken van het ene element naar het andere en zo krachten kunnen doorvoeren. In andere landen heeft men andere gewoonten en dus andere oplossingen.

De mortelvoegverbinding wordt ook veel toegepast tussen kolommen of wanden en een horizontaal constructiedeel, zoals een poer, balk of een vloer.

Het is wel een zogenoemde *natte verbinding*, hetgeen in tegenstelling tot een droge verbinding impliceert, dat er altijd wachttijd moet verstrijken voordat de voeg is verhard en men verder kan gaan met monteren.

In winterperiodes zal men maatregelen moeten nemen om de specie te laten verharden, hetgeen namelijk bij temperaturen onder de 5 °C nauwelijks nog gebeurt. Met specie werken van een redelijke starttemperatuur en deze warmte behouden via het aanbrengen van isolatie, is dan een noodzaak. Soms wordt de omgevingstemperatuur kunstmatig vooraf en tijdens de uitvoering omhoog gebracht.

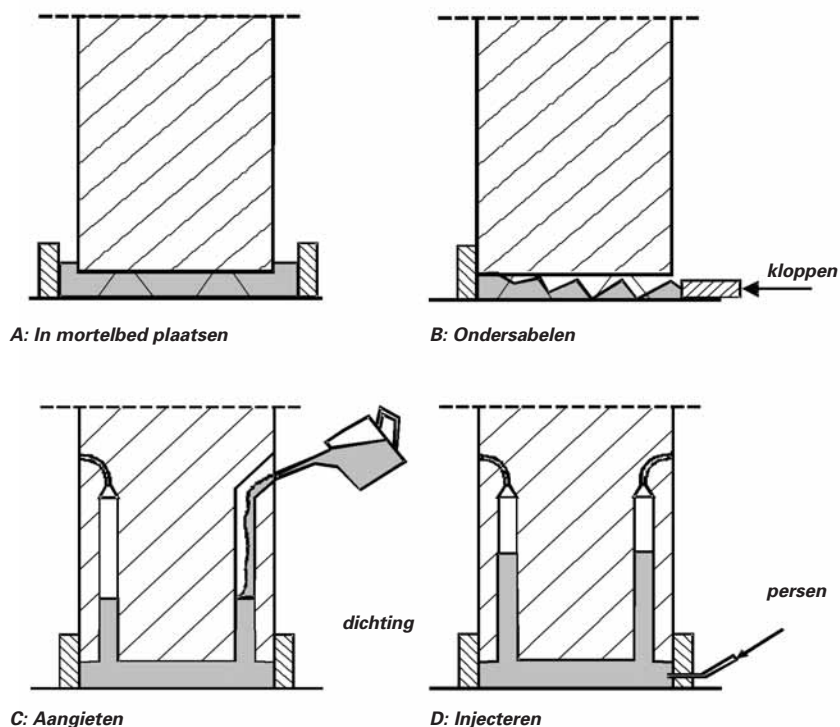
Let wel: een element dat langere tijd in lagere temperaturen heeft verkeerd vergt aardig wat toegevoegde warmte om de temperatuur van het element te doen stijgen. Als die temperatuur te laag is, zal de in de voegmortel ontwikkelde warmte snel afvloeien naar het element en zal de verharding worden vertraagd.

De voegmortel wordt tegenwoordig vervaardigd van een droge mix, die ter plaatse met water wordt gemengd in een kleine menger en meteen wordt toegepast. De voegmortels zijn in meerdere sterkteklassen verkrijgbaar. Deze mortel of pasta dient een lage mate van krimp te kennen, om in de aansluiting scheurontwikkeling te voorkomen, vandaar dat via een chemische toevoeging een krimparme voegmortel is ontwikkeld. Deze mortels of pasta's zijn hoogvloeibaar en als een (dikke vloeistof) goed te verwerken.

In de laatste jaren is ook een tixotrope mortel verkrijgbaar, met een hoge viscositeit, die tijdens het verwerken plastischer wordt. Deze voegmortel wordt in toenemende mate toegepast.

Van de navolgend getekende uitvoeringmethoden zijn er constructief slechts twee geschikt voor een hoog rendement in draagvermogen, namelijk de methode van aangieten en injecteren.

Met de tixotrope voegmortel, kan vooralsnog geen hoog draagvermogen in rekening worden gebracht. Met deze voegmortel ontstaat een mengvorm van uitvoering, namelijk die van het plaatsen in een mortelbed en van het aangieten.

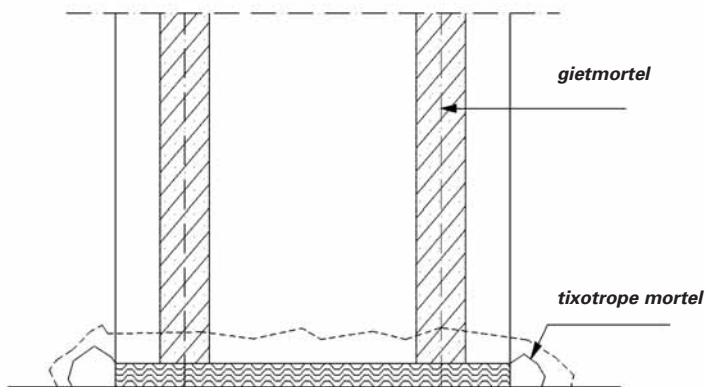


Figuur 8.001: Uitvoering van mortelvoegen, schematisch weergegeven. Voorkomen luchttopsluitingen is van belang

De mogelijke uitvoeringmethoden zijn:

- in een mortelbed plaatsen. Hierdoor ontstaan luchtinsluitingen in het contactvlak van het element en de voeg. De voeg heeft daardoor een relatief laag draagvermogen (fig. 8.001a);
- aankauwen of ondersabelen met een aardvochtige mortel, kent min of meer dezelfde euvels als voorgaande methode (fig. 8.001b);
- aangieten door een opening in de zijde van de wand of kolom.
De gietmortel bereikt via de in het element ingestorte omhullingbuis het horizontale vlak, dat rondom is afgesloten, zodat de gietmortel via de wetten van de communicerende vaten in de andere omhullingbuizen zal gaan stijgen. De stekken van het onderliggende element steken in de omhullingbuis en vinden aanhechting via de verharde mortel, die op zich via aanhechting en spiraalprofilering van de omhullingbuis weer met deze omhullingbuis verbonden is. Het luchtgehalte in het voegvlak is nu laag te noemen, de draagcapaciteit relatief hoog (fig. 8.001c);
- injecteren vanuit het horizontale voegdeel. De voegomtrek wordt afgesloten en onder druk wordt de gietmortel geïnjecteerd, totdat deze uit de luchtslang, verbonden met de omhullingbuis loopt. Deze oplossing garandeert eveneens een duurzame en relatief sterke verbinding (fig. 8.001d).

Een nieuwe uitvoering is die met behulp van een tixotrope mortel. In rusttoestand heeft deze mortel een hoge viscositeit, maar zodra de mortel in beweging wordt gebracht, wordt deze plastisch. Die mortel wordt in overmaat op het grondvlak van de voeg aangebracht (fig. 8.002). De stelhoogte van het element is verzekerd met stelhoofdjes of stelbouten, die op het grondvlak van de voeg worden aangebracht. Het element wordt geplaatst op de aslijnen. De overtollige mortel wordt onder het contactvlak uitgeperst. Na een niet te lange tijd kan de montageploeg de omhullingbuis met stek aangieten met een gietmortel. De tixotrope mortel is voldoende visceus om de omhullingbuis aan de onderzijde dicht te houden (fig. 8.002). Constructief is nu de vraag of dit vergelijkbaar is met een plaatsing in een mortelbed of met aangieten, of dat het feit dat een tixotrope mortel en een gietmortel tezamen de aanhechting van de stek verzorgen, aanleiding is tot bijstelling van de rekenwaarden. Een onderzoek naar dit onderwerp is in gang gezet.



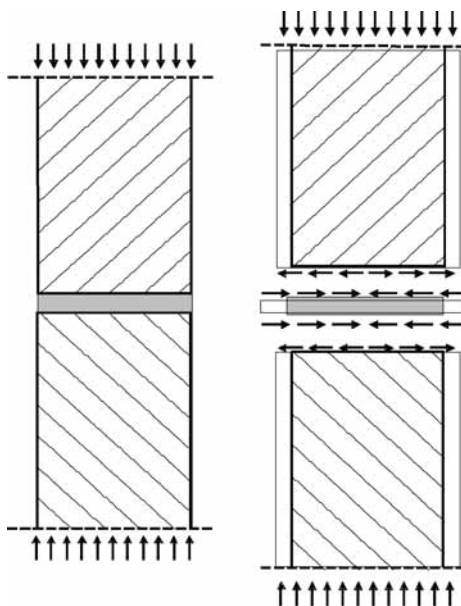
Figuur 8.002: De voeg wordt uitgevoerd met tixotrope voegmortel, de hoogtemaatvoering met stelblokjes of staalplaatjes. Na het stellen wordt de restspecie verwijderd. Na enige uren worden de stekomhullingen aangegoten. De verbinding heeft nu twee verschillende voegmortels. Het lijkt op een plaatsing in een speciebed, maar is constructief beslist beter

8.1.3 De draagcapaciteit van mortelvoegverbindingen

De draagkracht van de verbinding is afhankelijk van:

- de betonsterkte van de aansluitende elementen;
- de sterkte van de voegmortel;
- de wijze van aanbrengen;
- de vorm van de voeg;
- de dikte van de voeg;
- de aanwezigheid van wapening in het voegvlak.

Het feit dat het beton onder en boven de voeg en ook in de voeg in sterkte en elasticiteitsmodulus kan verschillen, leidt ertoe dat er in de voeg en bij de contactvlakken van de aansluitende elementen, door verhinderde vervorming, extra spanningen ontstaan. De voeg is in de navolgende figuur even losgetekend, zodat het duidelijk is om dat te onderkennen. Er ontstaan horizontale spanningen bij een verticale belasting. De bedoeling is evenwel om het krachtenverloop niet of zo min mogelijk te verstoren.



Figuur 8.003: Verhinderde horizontale vervorming in de voeg

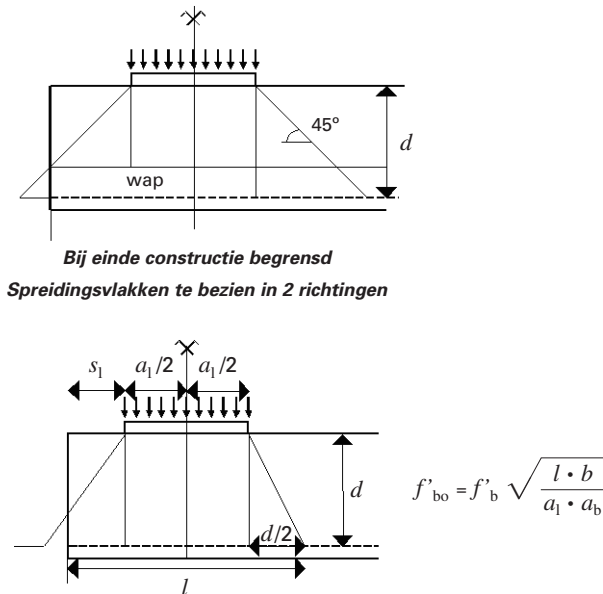
In de VBC - NEN 6720 [8.1] - is in paragraaf 9.17 precies aangegeven hoe men die draagkracht kan berekenen voor een ongewapende voeg al of niet centrisch belast. Veelal is wapening in het voegvlak vereist, al ware het maar vanwege de samenhang in de constructie.

Men berekent eerst de sterkte van de ongewapende voeg(mortel) en construeert dan - met de sterkte van de voegmortel als betonsterkte en de actieve mortelvoeg doorsnede - de wapening in een 'korte' kolom.

Indien men de rekenregels uit de VBC toepast, dan leert men dat de voeg voor zeker 80 -90% effectief kan worden gebruikt; met wapening erin is nog een hoger percentage mogelijk. Een voorbeeld van berekening is in paragraaf 8.1.4 gegeven.

Een algemeen feit is, dat opgesloten beton een veel hoger draagvermogen kan ontwikkelen dan wanneer niet opgesloten; het kan wel een factor 2 hoger liggen. Daarom is de vorm van de voeg, al of niet verdiept aangebracht, belangrijk.

Wanneer de kolom op een poer staat, is spreiding van belasting mogelijk en treedt ook een zeker opsluifeffect op. Hierdoor volgt een groter draagvermogen uit de berekening met par. 9.17 van de VBC. Bijgaande figuur 8.004 geeft de indicatie aan.



Figuur 8.004: Spreiding van de belasting, te hanteren bij de berekening van de voegspanning

8.1.4 Voorbeeld berekening

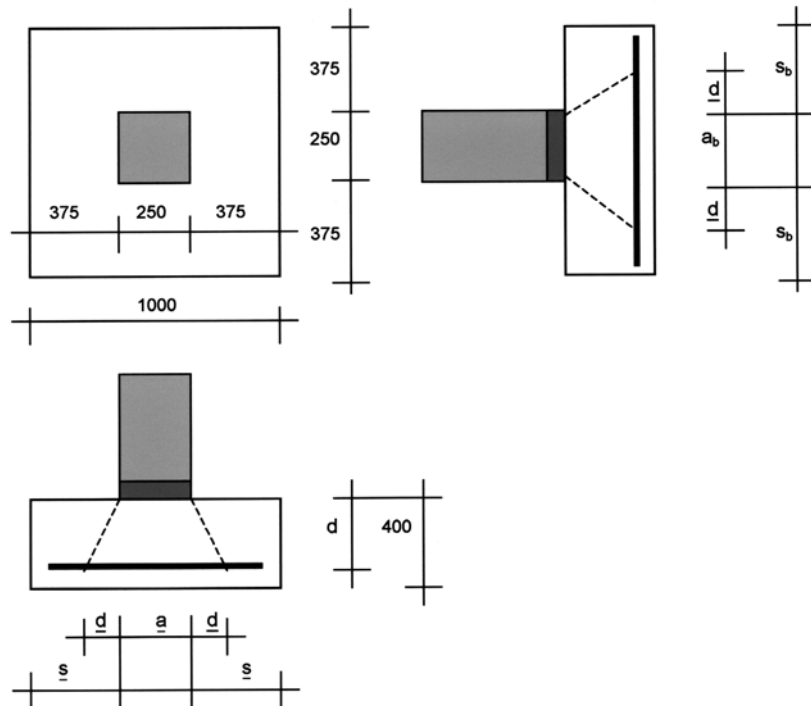
Een aantal voorbeelden wordt hier gegeven.

Centrisch belaste kolom centrisch op een poer geplaatst

In deze berekening wordt de breukdrukkracht van de centrisch belaste en niet-gewapende voegverbinding bepaald.

Geometrie en technische gegevens

Poer	Sterkteklasse B 25	Afmetingen:	breedte	1000 mm
	$f'_b = 15 \text{ N/mm}^2$		lengte	1000 mm
			hoogte	400 mm, $d = 300 \text{ mm}$
Kolom	Sterkteklasse B 65	Afmetingen:	$b \times h$	$250 \times 250 \text{ mm}^2$
	$f'_b = 39 \text{ N/mm}^2$	Normaalkracht	$N'_d = 1550 \text{ kN}$,	
			centrisch aangrijpend	
Voeg	aangepoten mortelvoegverbinding, nominale voegdikte $v_o = 20 \text{ mm}$, sterkteklasse K 35			



Centrisch belaste kolom centrisch op een poer geplaatst

Aansluiting met fundering (poer)

Oplegdrukken (VBC 9.14.2)

De rekenwaarde van de druksterkte van de ondersteuning mag worden verhoogd tot:

$$f'_{bo} = f'_b \sqrt{\frac{l \cdot b}{a_1 \cdot a_b}}$$

waarin a_1 is de lengte van het lastvlak: $a_1 = 250$ mm
 a_b is de breedte van het lastvlak: $a_b = 250$ mm
 s_1 en s_b zijn de afstanden van het lastvlak tot de rand van de constructie in respectievelijk lengte- en breedterichting.

l en b zijn de kleinste waarden van:

$$l = a_1 + 2s_1 = 250 + 2 \cdot 375 = 1000 \text{ mm}$$

$$l = a_1 + d = 250 + 300 = 600 \text{ mm}$$

$$l = 5a_1 = 5 \cdot 250 = 1250 \text{ mm}$$

$$l = 5b = 5 \cdot 600 = 3000 \text{ mm} < a_1$$

$$b = a_b + 2s_b = 250 + 2 \cdot 375 = 1000 \text{ mm}$$

$$b = a_b + d = 250 + 300 = 600 \text{ mm}$$

$$b = 5a_b = 5 \cdot 250 = 1250 \text{ mm}$$

$$b = 5s_b = 5 \cdot 600 = 3000 \text{ mm} < a_b$$

$$l = 600 \text{ mm}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$f'_{bo} = f'_b \sqrt{\frac{l \cdot b}{a_1 \cdot a_b}} = 15 \sqrt{\frac{600 \cdot 600}{250 \cdot 250}} = 36 \text{ N/mm}^2$$

De rekenwaarde van de druksterkte van het beton van de ondersteuning mag dus verhoogd worden tot $f'_b = 36 \text{ N/mm}^2$ (was 15 N/mm^2)

De rekenwaarde van de druksterkte van het beton is hiermee de kleinste waarde gebleven (rekenwaarde van het beton van de kolom is 39 N/mm^2) en dient in de berekening van de sterkte van de mortelvoegverbinding te worden toegepast.

Mortelvoeg

Geldigheid (VBC 9.17.1)

De mortelvoeg van dit voorbeeld is gesitueerd tussen een kolom en plaat en is recht afgewerkt: type b van VBC, art 9.17.1.

Voegdikte (VBC 9.17.2)

De mortelvoeg is niet opgesloten. Voor de rekenwaarde van de voegdikte v dient de nominale waarde v_0 vermeerderd te worden met 20 mm.

$$v = v_0 + 20 = 40 \text{ mm.}$$

Sterkte van de mortelvoegverbinding (VBC 9.17.3)

De rekenwaarde van de sterkte van de mortelvoegverbinding f'_v moet worden bepaald uit:

$$f'_v = k_1 k_2 f'_b$$

$$k_1 = 0,9 \text{ (aangieten)}$$

$$k_2 = k_3 \frac{5(1-k_3) + k_4^2}{5(1-k_3) + k_3 k_4^2}$$

$$k_3 = k_5 \frac{f'_m}{f'} > 1$$

$$k_5 = 0,5; f'_m = 0,6 \cdot 35 = 21 \text{ N/mm}^2$$

$$k_3 = 0,5 \frac{21}{36} = 0,29$$

k_4 is de kleinste waarde van de waarden $\frac{b}{v}$ en $\frac{x_u}{v}$

$$b = 250 \text{ mm, } x_u = 250 \text{ mm (centrisch belast); } k_4 = \frac{250}{40} = 6,25$$

$$k_2 = 0,29 \frac{5(1-0,29) + 6,25^2}{5(1-0,29) + 0,29 \cdot 6,25^2} = 0,83$$

$$f'_v = 0,9 \cdot 0,83 \cdot 36 = 26,9 \text{ N/mm}^2$$

Breukdrukkracht voegverbinding

Het gedrukte oppervlak bij de centrisch belaste kolom bedraagt:

$$A_{bv} = a_1 \cdot a_b = 250 \cdot 250 \text{ mm}^2$$

Breukkracht voegverbinding zonder stekwapening:

$$N'_{uv} = A_{bv} \cdot f'_v \cdot 10^3 = 250 \cdot 250 \cdot 26,9 \cdot 10^3 = 1681 \text{ kN}$$

$N'_{uv} > N'_d = 1550 \text{ kN}$ (uit constructie) → akkoord.

Parameterstudie van de draagcapaciteit van de voeg

Op de volgende bladzijden wordt een parameterstudie uitgevoerd voor een excentrisch belaste kolom van $300 \times 500 \text{ mm}^2$, betonsterkteklasse B 65, die met een mortelvoeg wordt verbonden met een door palen gesteunde poer, betonsterkteklasse B 25. De berekening wordt uitgevoerd met behulp van een rekenblad, dat zo was ingericht dat alle onderdelen konden worden gevarieerd. Voor deze serie berekeningen zijn alleen de blauwe waarden aangepast. In deze parameterstudie wordt de sterkteklasse van de voegmortel gevarieerd en wordt nagegaan of de normaalkracht van 3000 kN en het optredende moment in de kolom via de gewapende mortelvoeg kunnen worden overgedragen. Nadat deze berekeningen zijn uitgevoerd is grafisch het resultaat van die berekeningen weergegeven.

De cursieve blauwe waarden dienen zelf ingevoerd te worden				
sterkteklasse kolom	65	$f_{tk} =$	39	N/mm ²
sterkteklasse funderingspoer	25	$f_{tk} =$	15	N/mm ²
sterkteklasse voeg	65	$f_{tk} =$	39	N/mm ²
verhoogde oplegdruk funderingspoer		$f_{tk} =$	37,95	N/mm ²
sterkte mortelvoeg		$f_{tk} =$	33,40	N/mm ²
Berekening verhoogde oplegdruk fundering (poer 1200*1200*800):				
sterkteklasse poer		$f_{tk} =$	15	N/mm ²
lengte lastvlak		$a_1 =$	500	mm
breedte lastvlak		$a_b =$	300	mm
afst. lastvlak tot rand constr. in lengteri.		$s_1 =$	350	mm
afst. lastvlak tot rand constr. in breedteri.		$s_b =$	250	mm
hoogte poer		$d =$	800	mm
l is kleinste waarde van:			1200	mm
$l = a_1 + 2s_1$			1200	mm
$l = a_1 + d$			1300	mm
$l = 5a_1$			2500	mm
$l = 5b$				
b is kleinste waarde van:			800	mm
$b = a_b + 2s_b$			800	mm
$b = a_b + d$			1100	mm
$b = 5a_b$			1500	mm
$b = 5l$				
verhoogde oplegdruk		$f_{tk} =$	37,95	N/mm ²
Kolomberekening:				
Normaalkracht		$N_d =$	3000000	N = 3000 kN
Excentriciteit		$e =$	150	mm
Optredend moment		$M_d =$	450000000	Nmm = 450 kNm
Hoogte d_{sn}		$h =$	500	mm
Breedte d_{sn}		$b =$	300	mm
Oppervlakte kolomdsn:		$A =$	150000	mm ²
Betondekking (wapeningsafstand)		$c =$	50	mm
Totale hoogte betondoorsnede		$h =$	500	mm
Nuttige hoogte betondoorsnede		$d =$	450	mm
Betonkwaliteit		$f_{tk} =$	39	mm ²
Staalkwaliteit	FeB500	$f_{tk} =$	435	mm ²
N_d / N_{max}		$N_d / (f_{tk} A_b) =$	0,51	
$(N_d / N_{max}) \cdot exc.$		$N_d / (f_{tk} A_b) \cdot (e/h) =$	0,15	
Welke GTB-tabel		$ah =$	0,1	
r aflezen uit GTB-tabel		$r =$	0,5	
β aflezen bij behorende betonklasse	65	$\beta =$	2,6	
totaal wap% betrokken op hele hoogte		$w_{al} =$	1,3	%
Totaal $w_{al,opp}$		$A_s =$	1950	mm ²
$w_{al,opp}$ per zijde		$A_s =$	975	mm ²
Hieraan voldoet	4rond20	$A =$	1256	mm ²
Kracht in staal		$N_s = N'_s =$	546360	N
Hoogte drukzone in UGT		$x_u =$	341,9	mm
Kracht in beton		$N'_b =$	3000000	N
Opneembaar moment		$M_u =$	569683601,1	Nmm = 569,7 kNm
Optredend moment		$M_d =$	450000000	Nmm = 450 kNm
Unity Check		$M_d / M_u =$	0,79	voldoet
Ter plaatse van de voeg:				
v_0			30	mm
breedte			300	mm
k_1		aangieten	0,9	
k_2			0,98	
k_3			0,51	0,51
k_4			10	
b / v			10	
x_u / v			11,40	
k_5			0,5	
$f_{tk} =$			33,40	N/mm ²
Betonkwaliteit (min aansl.delen en voeg)		$f_{tk} =$	33,40	N/mm ²
Staalkwaliteit	FeB500	$f_{tk} =$	435	N/mm ²
Hoogte d_{sn}		$h =$	500	mm
Breedte d_{sn}		$b =$	300	mm
Oppervlakte voeg		$A =$	150000	mm ²
Wapening	3rond25	$A =$	1473	mm ²
Normaalkracht		$N_d =$	3000000	N
Kracht in staal		$N_s = N'_s =$	640755	N
Hoogte drukzone in UGT		$x_u =$	399,2	mm
Kracht in beton		$N'_b =$	3000000	N
Opneembaar moment		$M_u =$	540605149,2	Nmm = 540,6 kNm
Optredend moment		$M_d =$	450000000	Nmm = 450 kNm
Unity Check		$M_d / M_u =$	0,83	voldoet

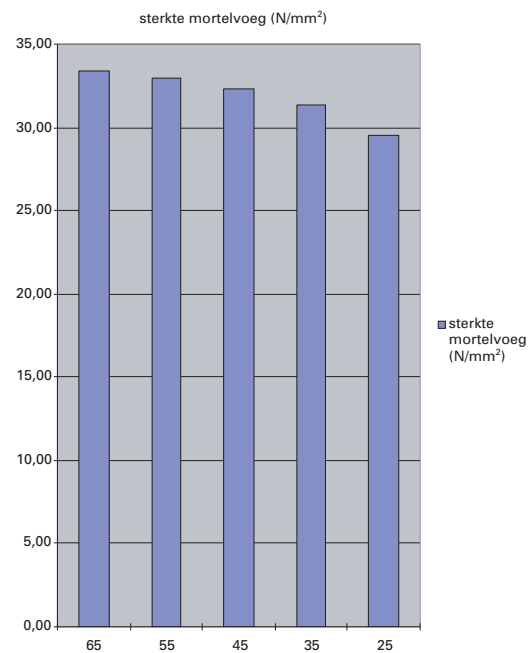
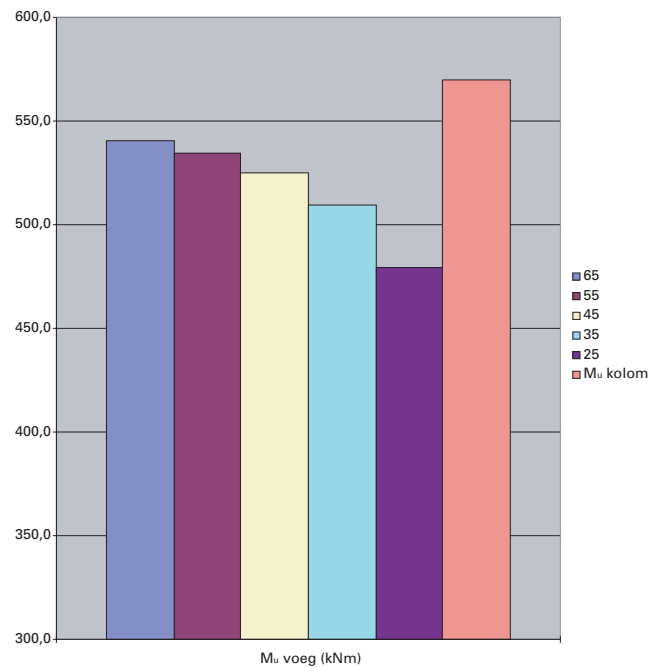
De cursieve blauwe waarden dienen zelf ingevoerd te worden				
sterkteklasse kolom	65	$f'_b =$	39	N/mm ²
sterkteklasse funderingspoer	25	$f'_b =$	15	N/mm ²
sterkteklasse voeg	55	$f'_m =$	33	N/mm ²
verhoogde oplegdrak funderingspoer		$f'_{b0} =$	37,95	N/mm ²
sterkte mortelvoeg		$f'_v =$	32,97	N/mm ²
Berekening verhoogde oplegdrak fundering (poer 1200*1200*800):				
sterkteklasse poer		$f'_b =$	15	N/mm ²
lengte lastvlak		$a_1 =$	500	mm
breedte lastvlak		$a_b =$	300	mm
afst. lastvlak tot rand constr. in lengteri.		$s_1 =$	350	mm
afst. lastvlak tot rand constr. in breedteri.		$s_b =$	250	mm
hoogte poer		d	800	mm
l is kleinste waarde van:		1200	mm	
$l = a_1 + 2s_1$		1200	mm	
$l = a_1 + d$		1300	mm	
$l = 5a_1$		2500	mm	
$l = 5b$				
b is kleinste waarde van:		800	mm	
$b = a_b + 2s_b$		800	mm	
$b = a_b + d$		1100	mm	
$b = 5a_b$		1500	mm	
$b = 5l$				
verhoogde oplegdrak		$f'_{b0} =$	37,95	N/mm ²
Kolomberekening:				
Normaalkracht		$N'_d =$	3000000	N = 3000 kN
Excentriciteit		$e =$	150	mm
Optredend moment		$M'_d =$	450000000	Nmm = 450 kNm
Hoogte d_{sn}		$h =$	500	mm
Breedte d_{sn}		$b =$	300	mm
Oppervlakte kolomdsn:		$A =$	150000	mm ²
Betondekking (wapeningsafstand)		$c =$	50	mm
Totale hoogte betondoorsnede		$h =$	500	mm
Nuttige hoogte betondoorsnede		$d =$	450	mm
Betonkwaliteit		$f'_b =$	39	mm ²
Staalkwaliteit	FeB500	$f'_s =$	435	mm ²
N'_d / N'_{max}		$N'_d / (f'_b A_b) =$	0,51	
$(N'_d / N'_{max}) \cdot exc.$		$N'_d / (f'_b A_b) \cdot (e/h) =$	0,15	
Welke GTB-tabel		$al/h =$	0,1	
r aflezen uit GTB-tabel		$r =$	0,5	
β aflezen bij behorende betonklasse	65	$\beta =$	2,6	
totaal wap% betrokken op hele hoogte		$w_{ap} =$	1,3	%
Totaal $w_{ap,opp}$		$A_s =$	1950	mm ²
$w_{ap,opp}$ per zijde		$A_s =$	975	mm ²
Hieraan voldoet	4rond20	$A =$	1256	mm ²
Kracht in staal		$N_s = N'_s =$	546360	N
Hoogte drukzone in UGT		$x_u =$	341,9	mm
Kracht in beton		$N'_b =$	3000000	N
Opneembaar moment		$M_u =$	569683601,1	Nmm = 569,7 kNm
Optredend moment		$M_d =$	450000000	Nmm = 450 kNm
Unity Check		$M_d / M_u =$	0,79	voldoet
Ter plaatse van de voeg:				
v_0			30	mm
breedte			300	mm
k_1	aangieten		0,9	
k_2			0,97	
k_3			0,43	0,43
k_4			10	
b / v			10	
x_u / v			11,40	
k_5			0,5	
$f'_v =$			32,97	N/mm ²
Betonkwaliteit (min aansl.delen en voeg)		$f'_b =$	32,97	N/mm ²
Staalkwaliteit	FeB500	$f'_s =$	435	N/mm ²
Hoogte d_{sn}		$h =$	500	mm
Breedte d_{sn}		$b =$	300	mm
Oppervlakte voeg		$A =$	150000	mm ²
Wapening	3rond25	$A =$	1473	mm ²
Normaalkracht		$N'_d =$	3000000	N
Kracht in staal		$N_s = N'_s =$	640755	N
Hoogte drukzone in UGT		$x_u =$	404,4	mm
Kracht in beton		$N'_b =$	3000000	N
Opneembaar moment		$M_u =$	534559050,6	Nmm = 534,6 kNm
Optredend moment		$M_d =$	450000000	Nmm = 450 kNm
Unity Check		$M_d / M_u =$	0,84	voldoet

De cursieve blauwe waarden dienen zelf ingevoerd te worden				
sterkteklasse kolom	65	$f_{tk} =$	39	N/mm ²
sterkteklasse funderingspoer	25	$f_{tk} =$	15	N/mm ²
sterkteklasse voeg	45	$f_{tk} =$	27	N/mm ²
verhoogde oplegdrak funderingspoer		$f_{tk} =$	37,95	N/mm ²
sterkte mortelvoeg		$f_{tk} =$	32,33	N/mm ²
Berekening verhoogde oplegdrak fundering (poer 1200*1200*800):				
sterkteklasse poer		$f_{tk} =$	15	N/mm ²
lengte lastvlak		$a_1 =$	500	mm
breedte lastvlak		$a_b =$	300	mm
afst. lastvlak tot rand constr. in lengteri.		$s_1 =$	350	mm
afst. lastvlak tot rand constr. in breedteri.		$s_b =$	250	mm
hoogte poer		$d =$	800	mm
l is kleinste waarde van:			1200	mm
$l = a_1 + 2s_1$			1200	mm
$l = a_1 + d$			1300	mm
$l = 5a_1$			2500	mm
$l = 5b$				
b is kleinste waarde van:			800	mm
$b = a_b + 2s_b$			800	mm
$b = a_b + d$			1100	mm
$b = 5a_b$			1500	mm
$b = 5l$				
verhoogde oplegdrak		$f_{tk} =$	37,95	N/mm ²
Kolomberekening:				
Normaalkracht		$N_{ed} =$	3000000	N = 3000 kN
Excentriciteit		$e =$	150	mm
Optredend moment		$M_{ed} =$	450000000	Nmm = 450 kNm
Hoogte d_{sn}		$h =$	500	mm
Breedte d_{sn}		$b =$	300	mm
Oppervlakte kolomdsn:		$A =$	150000	mm ²
Betondekking (wapeningsafstand)		$c =$	50	mm
Totale hoogte betondoorsnede		$h =$	500	mm
Nuttige hoogte betondoorsnede		$d =$	450	mm
Betonkwaliteit		$f_{tk} =$	39	mm ²
Staalkwaliteit	FeB500	$f_{tk} =$	435	mm ²
N_{ed} / N_{max}		$N_{ed} / (f_{tk} A_b) =$	0,51	
$(N_{ed} / N_{max}) \cdot exc.$		$N_{ed} / (f_{tk} A_b) \cdot (e/h) =$	0,15	
Welke GTB-tabel		$ah =$	0,1	
r aflezen uit GTB-tabel		$r =$	0,5	
β aflezen bij behorende betonklasse	65	$\beta =$	2,6	
totaal wap% betrokken op hele hoogte		$w_{ap} =$	1,3	%
Totaal $w_{ap,opp}$		$A_s =$	1950	mm ²
w_{ap} per zijde		$A_s =$	975	mm ²
Hieraan voldoet	4rond20	$A =$	1256	mm ²
Kracht in staal		$N_s = N_{s'} =$	546360	N
Hoogte drukzone in UGT		$x_{pl} =$	341,9	mm
Kracht in beton		$N_b =$	3000000	N
Opneembaar moment		$M_{ed} =$	569683601,1	Nmm = 569,7 kNm
Optredend moment		$M_{ed} =$	450000000	Nmm = 450 kNm
Unity Check		$M_{ed} / M_{ed} =$	0,79	voldoet
Ter plaatse van de voeg:				
v_0			30	mm
breedte			300	mm
k_1		aangieten	0,9	
k_2			0,95	
k_3			0,36	0,36
k_4			10	
b / v			10	
x_{pl} / v			11,40	
k_5			0,5	
$f_{tk} =$			32,33	N/mm ²
Betonkwaliteit (min aansl.delen en voeg)		$f_{tk} =$	32,33	N/mm ²
Staalkwaliteit	FeB500	$f_{tk} =$	435	N/mm ²
Hoogte d_{sn}		$h =$	500	mm
Breedte d_{sn}		$b =$	300	mm
Oppervlakte voeg		$A =$	150000	mm ²
Wapening	3rond25	$A =$	1473	mm ²
Normaalkracht		$N_{ed} =$	3000000	N
Kracht in staal		$N_s = N_{s'} =$	640755	N
Hoogte drukzone in UGT		$x_{pl} =$	412,5	mm
Kracht in beton		$N_b =$	3000000	N
Opneembaar moment		$M_{ed} =$	525089780,2	Nmm = 525,1 kNm
Optredend moment		$M_{ed} =$	450000000	Nmm = 450 kNm
Unity Check		$M_{ed} / M_{ed} =$	0,86	voldoet

De cursieve blauwe waarden dienen zelf ingevoerd te worden			
sterkteklasse kolom	65	$f'_b =$	39 N/mm ²
sterkteklasse funderingspoer	25	$f'_b =$	15 N/mm ²
sterkteklasse voeg	35	$f'_{cm} =$	21 N/mm ²
verhoogde oplegdruk funderingspoer		$f'_{bo} =$	37,95 N/mm ²
sterkte mortelvoeg		$f'_v =$	31,30 N/mm ²
Berekening verhoogde oplegdruk fundering (poer 1200*1200*800):			
sterkteklasse poer		$f'_b =$	15 N/mm ²
lengte lastvlak		$a_1 =$	500 mm
breedte lastvlak		$a_b =$	300 mm
afst. lastvlak tot rand constr. in lengteri.		$s_1 =$	350 mm
afst. lastvlak tot rand constr. in breedteri.		$s_b =$	250 mm
hoogte poer		$d =$	800 mm
l is kleinste waarde van:		1200 mm	
$l = a_1 + 2s_1$		1200 mm	
$l = a_1 + d$		1300 mm	
$l = 5a_1$		2500 mm	
$l = 5b$			
b is kleinste waarde van:		800 mm	
$b = a_b + 2s_b$		800 mm	
$b = a_b + d$		1100 mm	
$b = 5a_b$		1500 mm	
$b = 5l$			
verhoogde oplegdruk		$f'_{bo} =$	37,95 N/mm ²
Kolomberekening:			
Normaalkracht		$N'_d =$	3000000 N = 3000 kN
Excentriciteit		$e =$	150 mm
Optredend moment		$M'_d =$	450000000 Nmm = 450 kNm
Hoogte d_{sn}		$h =$	500 mm
Breedte d_{sn}		$b =$	300 mm
Oppervlakte kolomdsn:		$A =$	150000 mm ²
Betondekking (wapeningsafstand)		$c =$	50 mm
Totale hoogte betondoorsnede		$h =$	500 mm
Nuttige hoogte betondoorsnede		$d =$	450 mm
Betonkwaliteit		$f'_b =$	39 mm ²
Staalkwaliteit	FeB500	$f'_s =$	435 mm ²
N'_d / N'_{max}		$N'_d / (f'_b A_b) =$	0,51
$(N'_d / N'_{max}) \cdot exc.$		$N'_d / (f'_b A_b) \cdot (e/h) =$	0,15
Welke GTB-tabel		$al/h =$	0,1
r aflezen uit GTB-tabel		$r =$	0,5
β aflezen bij behorende betonklasse	65	$\beta =$	2,6
totaal wap% betrokken op hele hoogte		$w_{ap} =$	1,3 %
Totaal $w_{ap,opp}$		$A_s =$	1950 mm ²
$w_{ap,opp}$ per zijde		$A_s =$	975 mm ²
Hieraan voldoet	4rond20	$A =$	1256 mm ²
Kracht in staal		$N_s = N'_s =$	546360 N
Hoogte drukzone in UGT		$x_u =$	341,9 mm
Kracht in beton		$N'_b =$	3000000 N
Opneembaar moment		$M_u =$	569683601,1 Nmm = 569,7 kNm
Optredend moment		$M_d =$	450000000 Nmm = 450 kNm
Unity Check		$M_d / M_u =$	0,79 voldoet
Ter plaatse van de voeg:			
v_0			30 mm
breedte			300 mm
k_1	aangieten		0,9
k_2			0,92
k_3			0,28
k_4			10
b / v			10
x_u / v			11,40
k_5			0,5
$f'_v =$			31,30 N/mm ²
Betonkwaliteit (min aansl.delen en voeg)		$f'_b =$	31,30 N/mm ²
Staalkwaliteit	FeB500	$f'_s =$	435 N/mm ²
Hoogte d_{sn}		$h =$	500 mm
Breedte d_{sn}		$b =$	300 mm
Oppervlakte voeg		$A =$	150000 mm ²
Wapening	3rond25	$A =$	1473 mm ²
Normaalkracht		$N'_d =$	3000000 N
Kracht in staal		$N_s = N'_s =$	640755 N
Hoogte drukzone in UGT		$x_u =$	426,0 mm
Kracht in beton		$N'_b =$	3000000 N
Opneembaar moment		$M_u =$	509274021,2 Nmm = 509,3 kNm
Optredend moment		$M_d =$	450000000 Nmm = 450 kNm
Unity Check		$M_d / M_u =$	0,88 voldoet

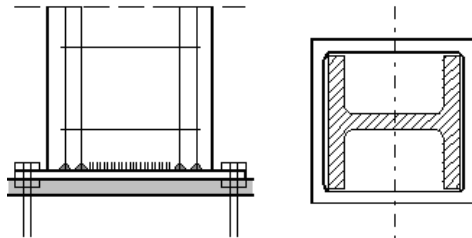
De cursieve blauwe waarden dienen zelf ingevoerd te worden				
sterkteklasse kolom	65	$f_{tk} =$	39	N/mm ²
sterkteklasse funderingspoer	25	$f_{tk} =$	15	N/mm ²
sterkteklasse voeg	25	$f_{tk} =$	15	N/mm ²
verhoogde oplegdruk funderingspoer		$f_{tk} =$	37,95	N/mm ²
sterkte mortelvoeg		$f_{tk} =$	29,53	N/mm ²
Berekening verhoogde oplegdruk fundering (poer 1200*1200*800):				
sterkteklasse poer		$f_{tk} =$	15	N/mm ²
lengte lastvlak		$a_1 =$	500	mm
breedte lastvlak		$a_b =$	300	mm
afst. lastvlak tot rand constr. in lengteri.		$s_1 =$	350	mm
afst. lastvlak tot rand constr. in breedteri.		$s_b =$	250	mm
hoogte poer		$d =$	800	mm
l is kleinste waarde van:			1200	mm
$l = a_1 + 2s_1$			1200	mm
$l = a_1 + d$			1300	mm
$l = 5a_1$			2500	mm
$l = 5b$				
b is kleinste waarde van:			800	mm
$b = a_b + 2s_b$			800	mm
$b = a_b + d$			1100	mm
$b = 5a_b$			1500	mm
$b = 5l$				
verhoogde oplegdruk		$f_{tk} =$	37,95	N/mm ²
Kolomberekening:				
Normaalkracht		$N_{ed} =$	3000000	N = 3000 kN
Excentriciteit		$e =$	150	mm
Optredend moment		$M_{ed} =$	450000000	Nmm = 450 kNm
Hoogte d_{sn}		$h =$	500	mm
Breedte d_{sn}		$b =$	300	mm
Oppervlakte kolomdsn:		$A =$	150000	mm ²
Betondekking (wapeningsafstand)		$c =$	50	mm
Totale hoogte betondoorsnede		$h =$	500	mm
Nuttige hoogte betondoorsnede		$d =$	450	mm
Betonkwaliteit		$f_{tk} =$	39	mm ²
Staalkwaliteit	FeB500	$f_{tk} =$	435	mm ²
N_{ed} / N_{max}		$N_{ed} / (f_{tk} A_b) =$	0,51	
$(N_{ed} / N_{max}) \cdot exc.$		$N_{ed} / (f_{tk} A_b) \cdot (e/h) =$	0,15	
Welke GTB-tabel		$ah =$	0,1	
r aflezen uit GTB-tabel		$r =$	0,5	
β aflezen bij behorende betonklasse	65	$\beta =$	2,6	
totaal wap% betrokken op hele hoogte		$w_{ap} =$	1,3	%
Totaal $w_{ap,opp}$		$A_s =$	1950	mm ²
w_{ap} per zijde		$A_s =$	975	mm ²
Hieraan voldoet	4rond20	$A =$	1256	mm ²
Kracht in staal		$N_s = N_{s'} =$	546360	N
Hoogte drukzone in UGT		$x_{pl} =$	341,9	mm
Kracht in beton		$N_b =$	3000000	N
Opneembaar moment		$M_{ed} =$	569683601,1	Nmm = 569,7 kNm
Optredend moment		$M_{ed} =$	450000000	Nmm = 450 kNm
Unity Check		$M_{ed} / M_{ed} =$	0,79	voldoet
Ter plaatse van de voeg:				
v_0			30	mm
breedte			300	mm
k_1		aangieten	0,9	
k_2			0,86	
k_3			0,20	0,20
k_4			10	
b / v			10	
x_{pl} / v			11,40	
k_5			0,5	
$f_{tk} =$			29,53	N/mm ²
Betonkwaliteit (min aansl.delen en voeg)		$f_{tk} =$	29,53	N/mm ²
Staalkwaliteit	FeB500	$f_{tk} =$	435	N/mm ²
Hoogte d_{sn}		$h =$	500	mm
Breedte d_{sn}		$b =$	300	mm
Oppervlakte voeg		$A =$	150000	mm ²
Wapening	3rond25	$A =$	1473	mm ²
Normaalkracht		$N_{ed} =$	3000000	N
Kracht in staal		$N_s = N_{s'} =$	640755	N
Hoogte drukzone in UGT		$x_{pl} =$	451,5	mm
Kracht in beton		$N_b =$	3000000	N
Opneembaar moment		$M_{ed} =$	479510918,7	Nmm = 479,5 kNm
Optredend moment		$M_{ed} =$	450000000	Nmm = 450 kNm
Unity Check		$M_{ed} / M_{ed} =$	0,94	voldoet

sterkteklasse voegmortel (N/mm ²)	M _u voeg (kNm)	relatief (%)	sterkte mortelvoeg (N/mm ²)	relatief (%)
65	540,6	94,9	33,40	100,0
55	534,6	93,8	32,97	98,7
45	525,1	92,2	32,33	96,8
35	509,3	89,4	31,30	93,7
25	479,5	84,2	29,53	88,4
M _u kolom	569,7	100		



8.1.5 Andere verbindingen, bijzondere kolommen

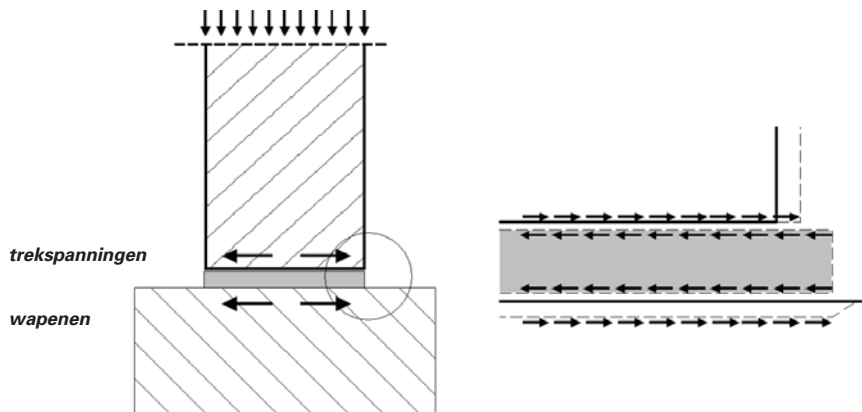
Het kan voorkomen, dat zeer hoge belastingen door kolommen, met voor deze belasting zeer bescheiden afmetingen, moeten worden opgenomen en overgedragen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de kolommen uit te voeren als staalbetonkolommen (fig. 8.005).



Figuur 8.005: Staal-betonkolommen

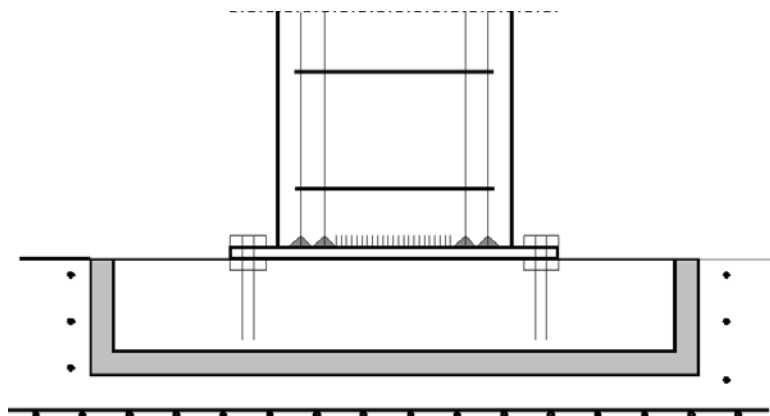
Ook is het mogelijk om die kolommen te vervaardigen in hoogwaardig beton, zeg een B 85 of een B 105, ook wel hogesterktebeton genoemd. Wanneer men deze kolom met de fundering verbindt moet men zich realiseren, dat deze fundering vaak in het werk is gestort en een betonsterkte heeft van B 25 of B 35. De voegmortel kan ook de sterkte hebben van die hogesterktebeton. Zulke mortels bestaan. Men kan natuurlijk ook de fundering of poer in B 65 uitvoeren (kostbaar).

Met de voorgaand aangegeven rekenregels uit de VBC kan men aanspraak maken op een grote contactdruk tussen kolom en fundering, wegens spreiding en omsluiting in het horizontale vlak. Men kan de voeg ook verdiept aanbrenge, hetgeen door opsluiting een hoger draagvermogen oplevert.



Figuur 8.006: Overgang kolom naar de fundering. Stijfheid horizontaal oplegvlak

Een oplossing kan zijn om een dikke staalplaat als overgang tussen de kolom en de fundering zelf aan te brengen, waardoor er meer spreiding ontstaat en een opgesloten voeg (fig. 8.007).



Figuur 8.007: Overgangsconstructie bij een zeer zwaar belaste kolom en een funderingsconstructie uitgevoerd in B 25 of B 35

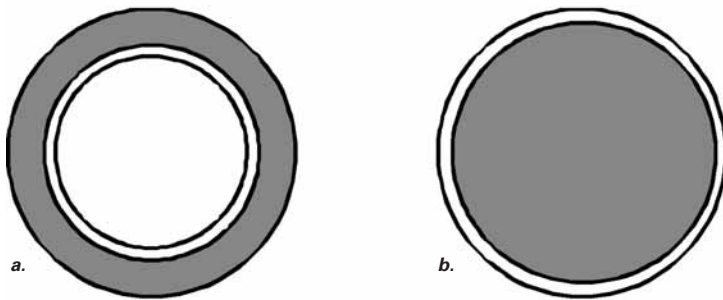
In de hier geschetste hoogbelaste kolommen zal men als kolomaansluitingen onderling veelal kiezen voor staal op staal. De staalplaten moeten dan wel perfect aansluiten, zodat de prefab kolommen bijzonder zuiver moeten worden gemaakt, waarna de kopvlakken - de staalplaten - planparallel moeten worden geslepen of gefreesd. Enige afwijking in vlakheid of haaksheid zou grote gevolgen hebben in verband met spanningconcentraties.

De staalbetonkolom moet horizontaal worden gestort en de vulling van beton moet 100 % zijn, hetgeen met zelfverdichtend beton goed is te bereiken. Naarmate de belasting afneemt zal men ook de staalhoeveelheid doen verminderen in de doorsnede van de kolom.

Het laswerk van het zeer zware staalprofiel met de voetplaat vereist een groot vakmanschap van de lasser en vergt extra zorg ten aanzien van de warmtebeheersing voor, tijdens en na het lassen. Indien dat niet op de juiste wijze gebeurt zal brosheid de capaciteit sterk doen afnemen en is dus onaanvaardbaar.

Hogesterktebetonkolommen met verschillende typen onderlinge verbindingen zijn in opdracht van Betonson in het Stevinlaboratorium van de TU Delft beproefd. Het blijkt mogelijk om 100 % draagkracht in de onderlinge verbinding middels staalplaten en hoogwaardige voegmortel te garanderen.

Een uiterst effectieve manier om staal en beton goed te combineren voor ronde verticaal belaste kolommen is het gebruikmaken van een stalen mantel, waarin hogesterktebeton wordt aangebracht. De omsluiting door staal spant het beton passief voor. Het beton wil zijdelings uitzetten onder de belasting, wegens dwarscontractie, maar deze vervorming wordt door het staal verhinderd, waardoor een drie-assige spanningstoestand ontstaat (fig. 8.008b). De onderlinge verbindingen kunnen worden uitgevoerd als eerder aangegeven. Een probleem vormt wel de aansluiting van horizontale constructiedelen, zoals balken. In de Verenigde Staten heeft men deze uitvoeringswijze in de hoogbouw toegepast, waarbij de horizontale balken door de kolom heen werden gevoerd.



Figuur 8.008: a. kolom vervaardigd met spuitbeton op een dunwandige stalen buis en b. een kolom in een zware stalen buis, waardoor het beton wordt omsloten en een hogere draagcapaciteit krijgt. De verbinding van zulke zwaarbelaste kolommen onderling en van constructiebalken voor vloerconstructies is niet zo gemakkelijk. Wel toegepast in hoogbouw met beton B120

Maar bij kolommen is soms voornamelijk het uiterlijk van belang. Een fraaie manier van combineren van staal en beton is het 'shotcreten' van beton op de buis, die ronddraait. De spuitmond varieert in hoogte, zodat de kolom volledig van beton wordt voorzien. Het extra beton wordt met een 'mes' afgeroomd tijdens het roteren. Zodra de kolom is verhard, zal men de kolom polijsten, zodat het fraaie uiterlijk van het beton zelf tevoorschijn komt. Men voert dit vooral uit met sierbeton, hetgeen de architect mogelijkheden geeft (fig. 8.008a). Het draagvermogen is uiteraard conform de actieve doorsnede, dus min of meer beperkt.

8.2 KOLOMMEN

Kolommen worden veelal gewapend uitgevoerd, maar soms worden ze ook voorgespannen. Bij de keuze van éénverdiepinghoge kolommen zal men altijd kiezen voor een gewapende kolomuitvoering.

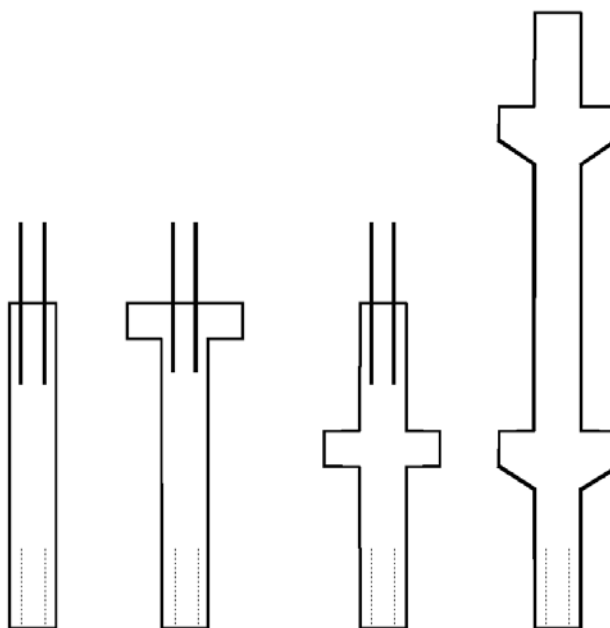
Bij kolommen die over meer verdiepingen doorlopen, zal men deze om technische en economische redenen kunnen gaan voorspannen, indien men daarvoor in de fabriek is uitgerust.

Het lijkt misschien vreemd om een op druk belast element te gaan voorspannen en daarmee de belasting feitelijk op het beton te gaan verhogen. De achterliggende technische reden is het (zoveel mogelijk) voorkomen van scheurvorming van de lange kolom zowel in de fase na de fabricage als tijdens het transport, monteren en de verdere bouwphase.

Door de aangebrachte centrisch werkende voorspanning kan men trekspanningen voortkomend uit een buigend moment compenseren, met andere woorden: de excentriciteit van de normaalkracht verminderen. Het is mogelijk om kolommen tot een lengte van wel 15 - 20 m te vervaardigen. Veelal blijft het bij 10 à 15 m, zeg lengten gelijk aan de hoogte van drie verdiepingen, waarbij het stabiliseren door kolommen, momentvast verbonden met de poeren van een gebouw, soms nog mogelijk is. Bij de bouw van parkeergarages wordt dit nogal eens toegepast.

De keuze voor lange kolommen wordt tevens gemaakt op basis van een kostenvergelijk, waarbij de kosten voor de montage vaak een belangrijke rol spelen. Een korte toelichting is daarom wel op zijn plaats. Aan de keuze voor een prefab-betonskelet zit onverbrekkelijk de noodzaak om op de bouwplaats te moeten monteren. Dat kan met kranen die binnen of buiten de gebouwcontouren worden opgesteld of zichzelf kunnen verplaatsen.

Bij het toepassen van korte kolommen monteert men per verdieping. Per kolom maakt men een natte mortelvoeg waardoor de benodigde verhardingstijd het montagetempo bepaalt of beïnvloedt.



Figuur 8.009: Kolomvarianten; éénverdieping hoog, soms staand bekisten bij bijv. ronde kolom of kolom met volledige kop of bijzondere console of meer verdiepingen hoog, wapenen of voorspannen

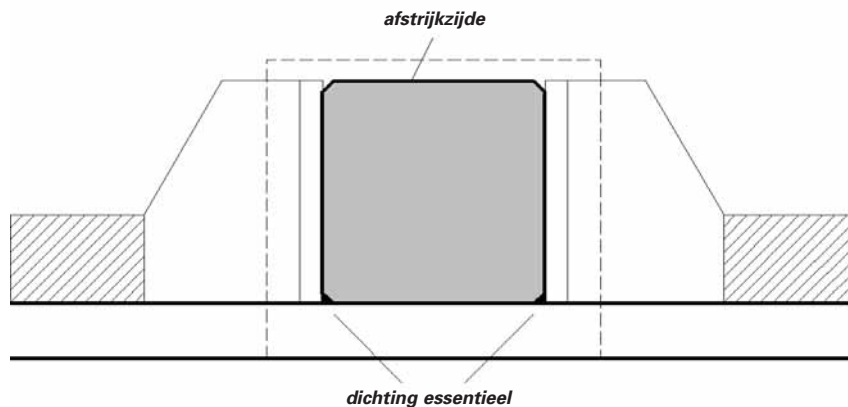
Als men vanwege bijvoorbeeld de gebouwbreedte en het gewicht van de kolom van de te hijsen elementen een kraan met een lange giek en een groot koppel (gewicht x reikwijdte) nodig heeft, besluit men vaak om van binnenuit te gaan monteren. Men kan dan niet meer verdiepingsgewijs monteren. Men moet dan per stramien verticaal gaan monteren, dus alle verdiepingen in dat stramien opbouwen en daarna naar het volgende stramien rijden en opnieuw verticaal gaan monteren. Vooral in deze situaties is het handig om kolommen in 1 handeling te kunnen stellen, waarbij men het voordeel heeft van slechts 1 natte voeg, namelijk die ter plaatse van de aansluiting aan de fundering.

Dit soort overwegingen moet men bij elk project opnieuw maken. De mogelijkheden op de bouwplaats en de kraanopstellingen die mogelijk zijn, bepalen de keuze voor het type kolom in hoge mate.

8.2.1 Kolommen met rechthoekige doorsnede, mallen

Gewapende kolommen worden vervaardigd in stalen of houten mallen waarbij de consoles meestal direct in de malvorm worden meegenomen. Bij kolommen met rechthoekige doorsneden, probeert men meestal de bodem en één zijkant vast met elkaar te verbinden, zodat er zo min mogelijk werk is te verrichten bij het ontkisten, maar ook om zo min mogelijk aansluitnaden te hebben.

Bij meerdere keren gebruik moeten de naden gesloten blijven, waarvoor meer zekerheid is als de verbinding niet elke dag behoeft te worden losgemaakt en weer te worden gemonteerd.



Figuur 8.010: Malprincipe voor kolommen met rechthoekige doorsnede

Zijn de aansluitvlakken van de maldelen niet helemaal schoon of iets ongelijk, dan sluit de naad, ondanks wellicht een aanwezig stukje kunststof of schuimband in die naad, niet meer volledig. Een niet-sluitende naad geeft verlies van betonspecie bij het trillen van de betonspecie. Daardoor ontstaat een ongelijke, onscherpe, rand en een smerige donkere lekplek op het kolomoppervlak; altijd zichtbaar. Bij in de mal aangebrachte vellingkanten toont zich dat door het ontstaan van bramen, niet scherpe zijden, die wel worden weggeslepen maar blijvende structuurverschillen op de hoekzijden opleveren. Je ziet het dus.

Met de toepassing van Zelfverdichtend Beton (ZVB) is dat effect minder, omdat ZVB een grote samenhang vertoont en smalle naden niet worden gevuld. Men ziet dus minder lekplekken.

Het maken van mallen is, zoals eerder is beweerd, een vak apart. De visuele kwaliteit van het verharde betonelement wordt in hoge mate bepaald door de strakheid, stijfheid, dichting en het contactoppervlak van de mal. De mallen worden meestal intensief gelakt om een glad, niet - vochtabsorberend, contactoppervlak te verkrijgen (fig. 8.012).

Ook houten mallen kunnen meerdere malen worden gebruikt. Als de vorm van de kolommen wijzigt, kan men de mal aanpassen of zoals ook wel wordt gezegd, verbouwen of transformeren.



Foto 8.011: Houten mal, gereed voor inbouw voorzieningen en wapening. Zie de gelijmde uitvoering van de malzijden, symmetrisch opgebouwd. Een console aan de bovenzijde van de kolom is voorzien. Het opgesloten kopschot is duidelijk te zien. Door draadeinden en moeren wordt de breedte gefixeerd, noodzakelijk vanwege het optreden van de speciedruk bij het storten

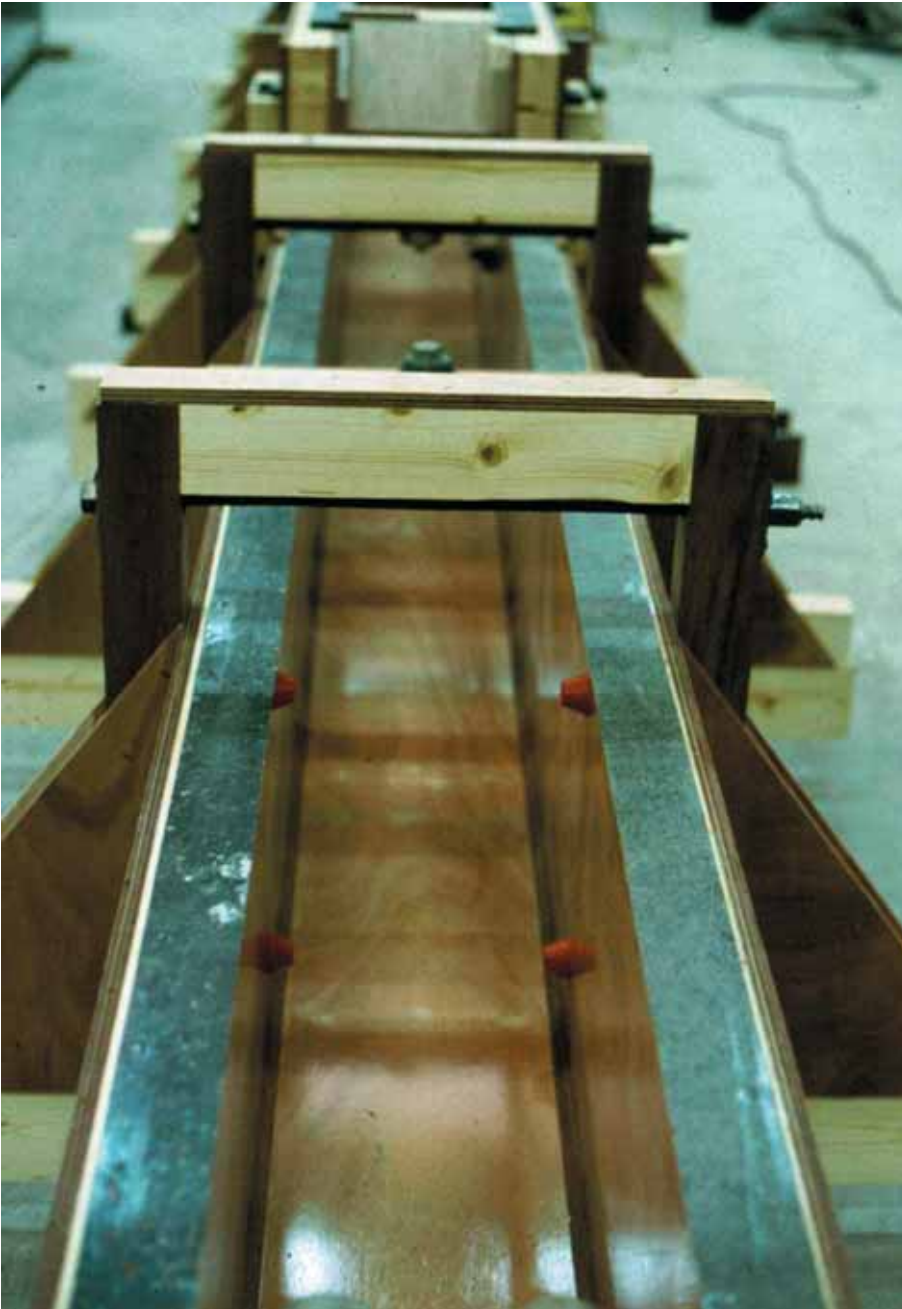


Foto 8.012: Houten mal. Op de rode doppen worden de flexibele slangen van de giet- of ontluuchtingsopening aangesloten. Let ook op de driehoekige schotten, die de verbinding van de malzijden met de malbodem verzorgen en haaks houden



Foto 8.013: Een uitvoering van een mal voor een kolom in een hellingbaangarage. De console zit nu ook boven op de kolom. De stijfheid en vormvastheid van de kolom zijn nu anders uitgevoerd dan bij voorgaand voorbeeld



Foto 8.014: Een opname meer in detail. Zie dat de vellingkanten worden gevormd met een strook haukarit, gerecyclede kunststof. De dikte van de malzijden is noodzakelijk om de kolomzijden recht te houden tijdens het storten



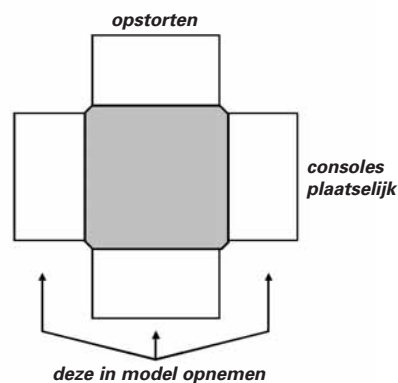
Foto 8.015: Een deels ingebouwde kolom voor een hellingbaan van een parkeergarage met een console in de bodem, zie linksonder, en op het bovenzvlak. Zie ook de wijze waarop de ankers aan de stortzijde zijn opgehangen

Zo kan men als consoles op verschillende hoogteniveaus komen te liggen, de kopschotten verplaatsen. Hierbij heeft het de nadrukkelijke voorkeur om de langste kolom in die mal als eerste te fabriceren, zodat bij een kortere kolom de bevestiging van het kopschot van een langere, niet zichtbaar is op de malzijden.

Dit is een algemeen geldende voorwaarde, die met name bij gevelelementen nauwkeurig moet worden gevolgd; werken van groot naar klein binnen één mal.

Zijn er situaties waarbij aan drie zijden tegelijk consoles voorkomen, dan is het mogelijk om één console in het bodemvlak in te bouwen en de andere twee in de opstaande zijden van de mal (foto 8.015).

De keuze kan ook zijn om twee consoles in de zijanten op te nemen en de derde console aan de bovenzijde op te storten. Dat vergt wel wat meer werk en geeft, doordat er moet worden afgewerkt langs de zijden van de opgebouwde consolemal, geen glad afgewerkt oppervlak meer. Maltechnisch is het echter goedkoper omdat men de bodem van de mal niet hoger behoeft te bouwen om daarin de console te kunnen uitkisten.



Figuur 8.016: Plaatsing van consoles is aan alle zijden mogelijk, de bovenste console kost extra storttijd. Deze kan men pas 15 tot 30 minuten later opstorten

Moeten er echter aan vier zijden consoles worden aangebracht, dan zal men zowel één console op de afwerkzijde moeten opbouwen en één in de malbodem (fig. 8.016). Men kan ook besluiten om eerst drie consoles te storten en voorzieningen aanbrengen om de vierde later op te storten, hetgeen meer werk is maar een fraaiere kolom kan opleveren.

Het is meestal zo dat er in een project kolommen zijn die van minder consoles moeten worden voorzien. Men kan dan een gemaakte inkassing in de mal opvullen, plamuren, afwerken, gladschuren etc zodat weer een glad oppervlak ontstaat. De ervaring leert dat het vaak herkenbaar afgetekend blijft voor de expert, die weet waar hij op moet letten.

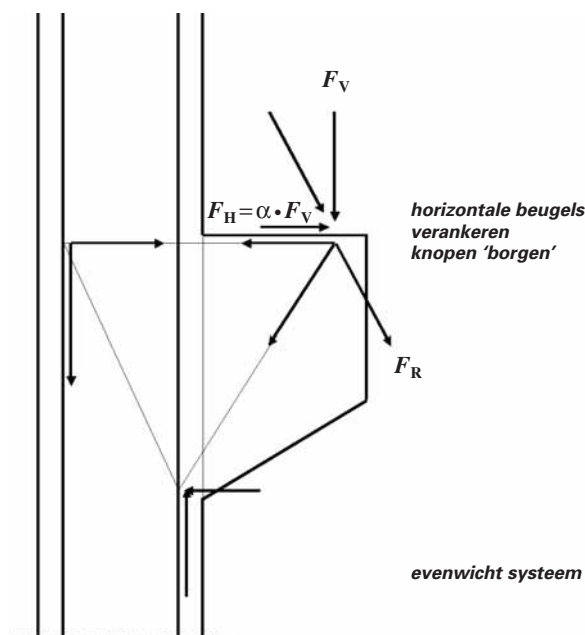
Soms moet men gezamenlijk uit kostenoverwegingen keuzen maken. Een mal kost gauw een paar honderd gulden per m² maloppervlak!

Er worden dus niet alleen hoge eisen gesteld aan de mal in eerste ontwerp, maar tevens aan de mogelijkheden, die ingebouwd worden om de mal te kunnen transformeren; dus echt vakwerk. Een en ander betreft kosten, kwaliteit en tijd om de juiste kolom op het juiste moment voor afvoer naar het project gereed te hebben.

Bij stalen mallen heeft men wat meer beperkingen voor het aanbrengen van consoles op diverse posities. Men kan ze daar ook later of eerst afsluiten, uitvullen, maar men ziet het ook hier, als men weet waarnaar men moet kijken. Indien men delen gaat wegbranden, nieuwe platen inlassen, afslijpen, dan geldt hetzelfde.

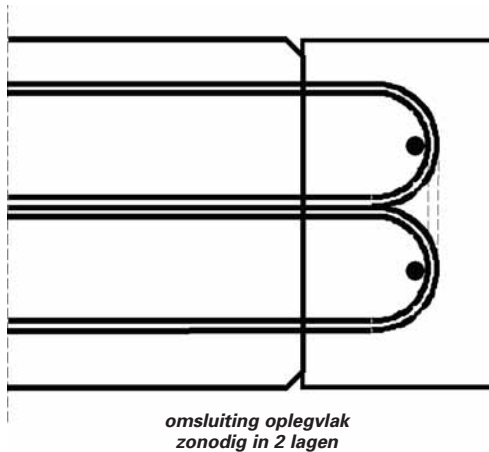
8.2.2 De consolewapening

De console is een constructieve oplegging buiten de kolomdoorsnede. Op de kolom werkt de verticaal gerichte oplegkracht van de opgelegde balk, terwijl er vaak ook rekening moet worden gehouden met optredende horizontale krachten (t.g.v. wind) of zich in de tijd ontwikkelende horizontale krachten (t.g.v. krimp, kruip, temperatuur).



Figuur 8.017: Principe werking vakwerk in een console. De uitwendige kracht is F_R

De F_V en F_H kunnen worden samengesteld tot F_R . Het draaipunt in het evenwichtssysteem ligt in de kolom, net onder het aansluitvlak met de console. Met een krachtenveelhoek, of door het uit te rekenen, kan men de optredende vakwerkkrachten bepalen, zoals in figuur 8.017 is af te lezen. Die krachten moeten bij de knopen van de driehoek wel onderling kunnen worden overgedragen en dus daar worden verankerd. Dit kan men in de console zelf niet doen door staven verticaal af te buigen, omdat dan het ongewapende deel van de console onder het oplegvlak te groot wordt en de kans bestaat dat er een afschuifvlak ontstaat buiten de wapening om. Men heeft dit door schade en schande moeten ervaren. Veel beter is het om middels horizontale haarspelden het oplegvlak te omsluiten (fig. 8.018).



Figuur 8.018: Omsluiten van het oplegvlak met haarspelden komt tegemoet aan minimale verankeringslengte voor de vakwerkknoop in de console

In de console worden bouthouders opgenomen om daarin later stekken te kunnen draaien, die dan vallen in de omhullingbuizen, die in de balk zijn aangebracht. Laat de eerder genoemde haarspelden buiten om deze bouthouders lopen, zodat daarin optredende horizontale schuifkrachten direct naar de haarspelden of horizontale beugels kunnen worden geleid.

8.2.3 Voorgespannen rechthoekige of vierkante kolommen

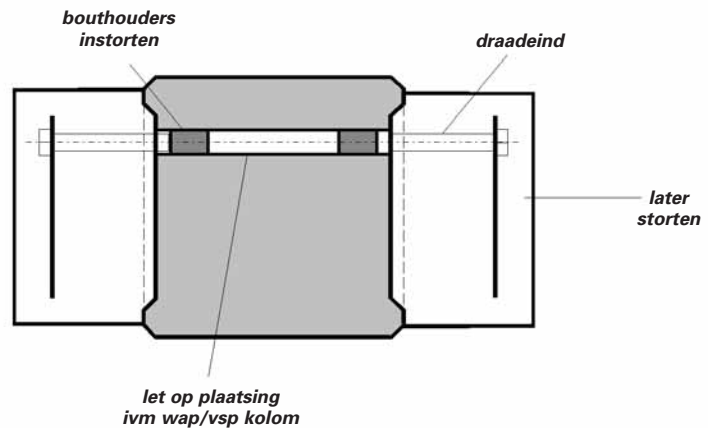
Wanneer kolommen worden voorgespannen moet men rekening houden met de vervormingen, die optreden bij het aanbrengen van die voorspankracht. De kolom zal bij het spannen een verkorting ondergaan. Zijkanten van modellen dienen dan ook, voordat de voorspanning op de kolom wordt overgedragen, te worden verwijderd, zeer zeker wanneer deze zijden ook nog zijn voorzien van console-uitsparingen of dergelijke. De mal zou dan onder spanning worden gezet in plaats van de kolomdoorsnede.

Het voorspannen gebeurt op de lange bank. Op de bodem van de mal worden de beugels geplaatst waar de voorspanstrengen doorheen lopen en tevens door het kopschot worden geleid. De voorspanstrengen zijn alzijdig symmetrisch geplaatst om een centrische drukkracht in de kolom aan te brengen, zodat de kolom recht blijft.

Na het op spanning brengen van de voorspanstrengen, kan men de beugels op de plaats schuiven en vastbinden; nooit lassen bij voorspanstaal!!

Vervolgens plaats men de zijde van de mal en kan de kolom storten, afwerken en afdekken. De volgende morgen is de kolom op spansterkte. Men ontkist de zijde(n) en spant de kolom.

Zeker bij stalen mallen zal men snel kiezen voor het later aanbrengen van consoles. Men brengt dan op de plaats waar de console moet komen een plaatmateriaal aan, dat de contouren van de console enigszins verdiept aangeeft, het oppervlak profileert en waarop bouthouders kunnen worden bevestigd. Door het later verwijderen van het plaatmateriaal kan men bouten en kopplaatjes indraaien en enige beugels aanbrengen, waarna men de kolomconsole aanstort.



Figuur 8.019: Tweefasenuitvoering voorgespannen kolom. Eerst kolomschacht met bouthouders en geprofileerde inkassingen vervaardigen. Nadat de kolom is voorgespannen worden de consoles aangebouwd

8.2.4 Verborgene consoles

Ook zijn er verborgen stalen consoles ontwikkeld. De BSF-console is in figuur 8.020 aangegeven. De plaat, die de krachten moet overdragen, is primair in een box aanwezig, die in de balk is ingestort. Aan de box is verder wapening gelast om de optredende krachten in de stalen console te kunnen verankeren in de balk. Ook in de kolom is een box aanwezig, maar wel een kleinere.

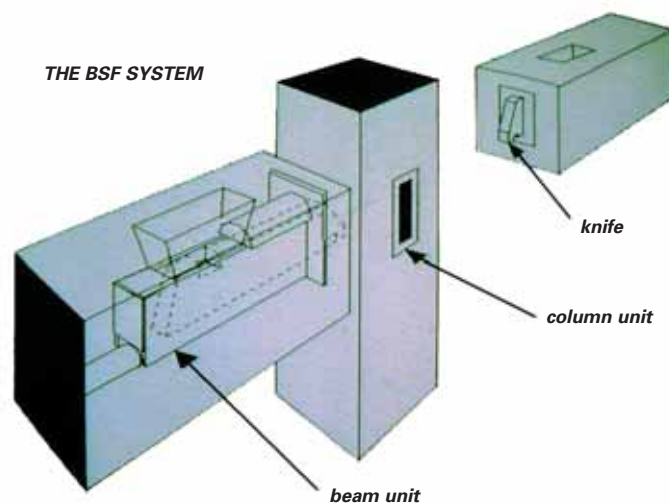


Foto 8.020a: Schematische weergave van de BSF-console.



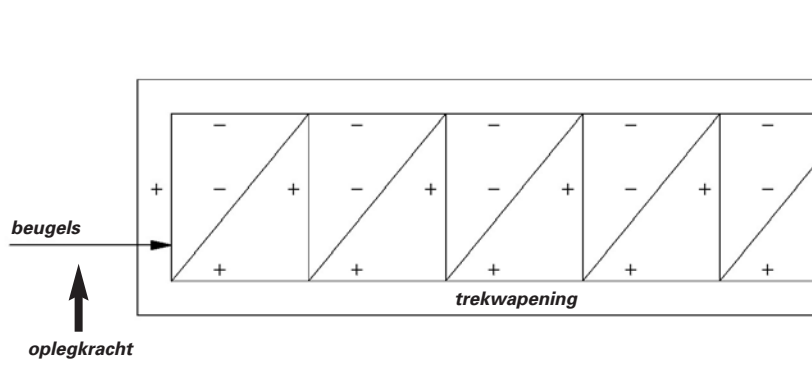
Foto 8.020b: De foto's laten het skelet in opbouw zien

Zodra de balk in positie is gebracht tijdens de montage, zal men de plaat met een koevoet via de aanwezige opening aan de bovenzijde opschuiven, totdat deze plaat volledig in de kolombox is geschoven. Door de plaat door de opening van bovenaf vast te wiggen, wordt de positie gewaarborgd. Een fraaie oplossing waarbij geen consoles aanwezig zijn, zodat er ook vrijheid ontstaat voor de rechte aansluiting van wanden en kozijnen. De tolerantie tussen de dragende staalplaat en de omsluitende box is minimaal.

Om de kolom te kunnen transporteren worden er hijsvoorzieningen ingestort, waarin een oog gedraaid kan worden of men maakt een doorgaand gat in de kolom, waar een pen doorheen geschoven kan worden, waaraan na fixatie van de pen, gehesen kan worden.

Constructief gezien is de BSF-console een scharnierende verbinding om de lengte-as van de balk, want de weerstand van de plaat tegen verdraaiing is niet groot. De wapening in de aansluitende delen moet zorgvuldig worden ontworpen. De over te brengen oplegkracht werkt op het oplegvlak van de plaat, dus excentrisch ten opzichte van het kopvlak van de balk, en veroorzaakt in de balk een drukkracht aan de bovenzijde van de box, die maximaal is bij het kopvlak van de balk, en aan het eind van de box aan de onderzijde.

De eerst genoemde kracht aan de voorzijde wordt door omsluitende wapening naar beneden geleid, waar het beton in diagonaalrichting als drukstaaf in een vakwerk kan dienen en de horizontale trekkracht door wapening of voorspanwapening wordt opgenomen. Via de vakwerktheorie is het verdere krachtenverloop te berekenen en de wapening te detailleren.



Figuur 8.021: Krachtwerving BSF-console. De staalplaat, die in de box aanwezig is, fungeert voor de balk als een uitkragend element. De oplegkracht wordt via deze staalplaat overgedragen op de kolom

De grote winst bij de toepassing van de BSF-console is de grotere indelingsvrijheid voor de architect en tevens een grotere slankheid van de balk. De montagesnelheid kan tevens worden opgevoerd. Indien trekkrachten via de balk, BSF-console, de kolom, BSF-console naar de volgende balk moeten worden afgevoerd, dan moet men een andere oplossing zoeken. De BSF-console kan slechts een beperkte trekkracht overbrengen. Het is dan beter trekbanden in de vloer, naast de balk, te voorzien en zonodig door de kolom heen te voeren. Er kunnen meerdere boxen in een kolom worden aangesloten. Voorwaarde is dat er voldoende ruimte in de kolom aanwezig is om meerdere boxen te plaatsen. De BSF console kan ook ingebouwd worden in ronde kolommen en daarop aansluitende balken. Deze oplossing is zeer geliefd bij architecten in Scandinavië en zal ook hier zijn toepassing vinden.

Voor het aanbrengen van de boxen in de balk in de fabriek heeft men op de kopschotten van de balken en voor de inbouw aan de zijden van de kolommen speciale voorzieningen gemaakt om de boxen spatzuiver op maat te krijgen. Men kan zich niet veroorloven dat er hoogteverschillen ontstaan tussen de boxen, want dan past het niet meer en als het nog verbindbaar zou zijn, is de balk niet meer horizontaal gemonteerd.

De in te bouwen console kan variëren in draagcapaciteit, door zowel de plaatdikte te variëren als de plaathoogte. Plaatdiktes van 20, 30 en 40 mm zijn normaal. De passing van de plaat in de bus ligt in een klein tolerantiegebied. In het geval dat wringing moet worden opgenomen, kan men twee boxen naast elkaar plaatsen.

8.2.5 Ronde kolommen

Zolang de doorsnede van de kolom zodanig is dat deze kolom in een horizontale mal kan worden vervaardigd, zal men daaraan de voorkeur geven. Kolommen met een achtkantige doorsnede kunnen dus goed horizontaal worden gemaakt, maar dan wel met één zijde afgestrekken.

Ronde kolommen maakt men bij voorkeur verticaal. Daarvoor is hoogte in de fabriek nodig. Vaak heeft men putten, waarin de mallen worden opgesteld (foto 8.022). Er is dan sprake van een deelbare mal, want men moet na het schoonmaken van de mal eerst de wapening stellen en de mal sluiten, alvorens men kan gaan storten. Het storten gebeurt vanaf een steiger, die de kolommal omsluit. Kan de kolom in één keer worden gevuld, dan zal men het plateau aan de bovenzijde van de kolom maken. Indien de storthoogte te groot wordt en er bij het storten ontmenging zou optreden, zal men een luik op een zekere hoogte maken en eerst het onderdeel vullen en het luik afsluiten, alvorens de rest van de kolom te vullen. Het inbouwen van consoles is in principe mogelijk, maar men zal de storthoogten daarop moeten aanpassen. Wellicht is dan de gecompliceerde uitvoering aanleiding om korte kolommen te gaan maken, waarvan de voor- en nadelen eerder zijn aangegeven.

Met de komst van ZVB, zelfverdichtend beton, is een grotere storthoogte verantwoord dan met normale betonspecie; ZVB kent immers meer samenhang.



Foto 8.022: Stalen kolombekistingen, rond en rechthoekig, in een put voor staand storten. Storten via een bordes



Foto 8.023: Verstelbare bodemhoogte voor een ronde kolom



Foto 8.024: Korte ronde kolommen met vier omhullingbuizen voor stekken. De ontluchtingspunten zijn duidelijk zichtbaar en gegroepeerd. De hoogte van deze punten heeft een directe relatie met de steklengte



Foto 8.025: Ronde kolom meer in detail, vier gietopeningen in die kolom

Het werken in de hoogte is altijd nadelig. Men heeft daarom tegenwoordig ronde mallen, die aan de onderzijde voorzien zijn van een roteermechanisme, een soort scharnier, waardoor de mal kan worden schoongemaakt en ingebouwd met wapening en voorzieningen vanuit de horizontale positie. Na het sluiten van de mal kan de kolom van bovenaf worden gestort, zoals voorgaand is aangegeven. Een duidelijke besparing op kosten en een verbetering van de werkomstandigheden.

8.2.6 Stekverbindingen voor kolommen

Voor de doorverbinding van de kolomwapening, maar ook voor de aansluiting met de fundering worden sparingen, middels in te storten omhullingbuizen, geformeerd om stekken in te steken en na het injecteren met grout te verankeren. De omhullingbuizen worden daartoe op de kopschotten gemonteerd en aan de andere zijde voorzien van een slangetje om een ontluchting te hebben bij de uitvoering van het injecteren.

Een andere methode is om aan het stalen kopschot pennen te doen uitsteken, die in het beton worden ingestort en na het primair opstijven van het beton worden teruggetrokken, waarna er sparingen overblijven. Vanaf de buitenzijde van de kolom worden dan gaatjes geboord naar die sparingen in verband met het ontluichten tijdens injecteren.

Soms zijn de kolommen zeer zwaar belast, hetgeen meestal gepaard gaat met een hoog wapeningpercentage in de kolomdoorsnede. Tot aan 4% wapening zijn overlappinglassen in de kolom toegestaan. Bij een hoger benodigd wapeningpercentage kan men de sterkteklasse nog opvoeren of andere uitvoeringen voor de kolom kiezen. Bij de berekening van kolommen is standaard een initiële uitbuiging in rekening gebracht. Bij de voeg behoeft die initiële uitbuiging echter niet meegenomen te worden, maar is de toelaatbare voegspanning lager dan de toelaatbare drukspanning in de kolom, zodat de hoeveelheid wapening die de beide kolomdelen moet verbinden, niet veel lager zal zijn dan in de kolommen zelf.

De stekken dienen zeer maatvast in de mal te worden geplaatst. Soms worden bouthouders toegepast in het kopvlak van de kolom aan de bovenzijde, waarin stekeinden kunnen worden gedraaid. Soms moet men bijzondere maatregelen nemen om de stekken op de plaats te houden en zorg te dragen dat de stekken ook verticaal blijven. Men gebruikt daarvoor houten mallen met het geschikte gatenpatroon. Voor een bijzondere uitvoering van een ronde kolom met 4% wapening in de kolomdoorsnede en een gelijke hoeveelheid in de voegdoorsnede zijn de omhullingbuizen geplaatst achter de hoofdwapening, dus eigenlijk aan de binnenzijde daarvan. De overige stekken zijn midden in de kolomdoorsnede geplaatst, omdat er verder geen ruimte meer is. Deze kolom is uitgevoerd in ZVB-HSB B 85.

De plaatsing van de omhullingbuizen voor de stekken en de doorlopende wapening of voerspanstrengen is specifiek. De omhullingbuizen worden in de hoeken van de kolommen tegen de beugels aan geplaatst. De hoofdwapening van de kolom is dan daarnaast geprojecteerd. Hetzelfde gebeurt met voerspanstrengen, die worden ook in de zijvlakken geplaatst en niet in de hoeken.

Voor de plaatsing van invoegers, schroefhulzen e.d. is het van belang te weten waar de staven geplaatst zijn in de doorsnede, opdat er geen invoeger op de plaats van een aanwezige staaf wordt geprojecteerd.

De lengte van de stek is gelijk aan de vereiste overlappinglengte zoals deze is aangegeven in NEN 6720 artikel 9.6 en 9.8.

In het buitenland heeft men andere oplossingen. Zo last men de hoofdwapening aan samengestelde open hoekenprofielen, die ruimte laten om een bout door de voetplaat te steken en de moer op de doorgestoken bout aan te draaien. De hoeken zijn vooraf op de voetplaat gelast. Onder de voetplaat wordt voegmortel aangebracht. De draagcapaciteit van dit type verbinding is niet al te hoog, zeker als er sprake is van een excentrisch aangrijpende normaalkracht, die de bout op trek belast en dus buiging in de voetplaat veroorzaakt.

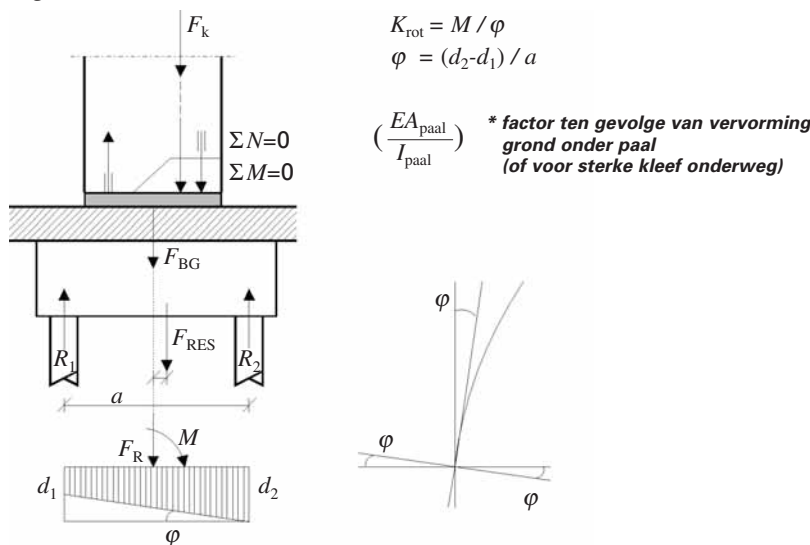
Na het monteren wordt de gespaarde ruimte op de hoeken aangewerkt met mortel of specie. Het uiterlijk van zo'n verbinding is voor Nederlandse opdrachtgevers onaanvaardbaar.

8.2.7 Hijsvoorzieningen

De kolom moet van de mal worden getild en op een transportkar worden gelegd, om daarna op het tasterrein te worden opgeslagen. Een kolom van enige lengte kent twee hijspunten, die in staat moeten zijn de optredende krachten bij het oppakken van de mal, inclusief de zuiging of kleef, en die tijdens het transport te kunnen weerstaan. Men past invoegers, bouthouders, toe die worden ingestort en waarin later een hijs oog kan worden gedraaid. Deze voorzieningen worden op $0,2L$ van het eind aangebracht om een gelijk veld- en steunpunt te bewerkstelligen, veroorzaakt door het eigen gewicht van de kolom. De bereikbaarheid om de verbinding los te maken is bij grotere kolomlengten vaak een probleem. Ook in de kop van de kolom is een voorziening ingestort, soms in combinatie met een band om de kolom. Voor de zwaarste en langere kolommen wordt ook wel een buis als sparing ingestort, waardoorheen een stalen stift, een hijspen, wordt geschoven, waaraan kan worden getild en die met een touw, bevestigd aan de pen, kan worden losgetrokken. De hijsvoorziening moet ook los kunnen worden gemaakt. Voor de montage van de kolom moeten de voorzieningen zo worden aangebracht, dat de kolom geleidelijk in verticale positie komt.

8.2.8 De verbinding kolom-poer

In principe zijn er twee mogelijkheden voorhanden. De eerste mogelijkheid is om de verbinding met een mortelvoeg en stekken uit te voeren. De tweede mogelijkheid is om een ruimte in de poer te sparen, een inkassing te maken, en daarin de kolom te plaatsen en de overgebleven ruimte na het stellen te vullen met betonspecie. Maar eerst aandacht voor de stekverbinding. De mortelvoeg verbinding kolom - fundering is een momentvaste verbinding. De poer zelf kan worden gezien als een veer, een verticale veer en een rotatieveer. Bij een excentrische drukkracht in de kolom zal de poer zakking ondergaan en roteren. In figuur 8.026 is dat aangegeven. Naast de vervorming van de paal zelf, zal door de grondspanning onder de paalpunt in het grondpakket een vervorming ontstaan. Deze invloed wordt vaak als een vergrotingsfactor ten opzichte van de elastische paalverkortening meegenomen. De E-modulus van de paal wordt vaak met een factor 1,5 tot 2,0 verminderd. Voor de E-modulus wordt veelal die voor de korte duur aangehouden.

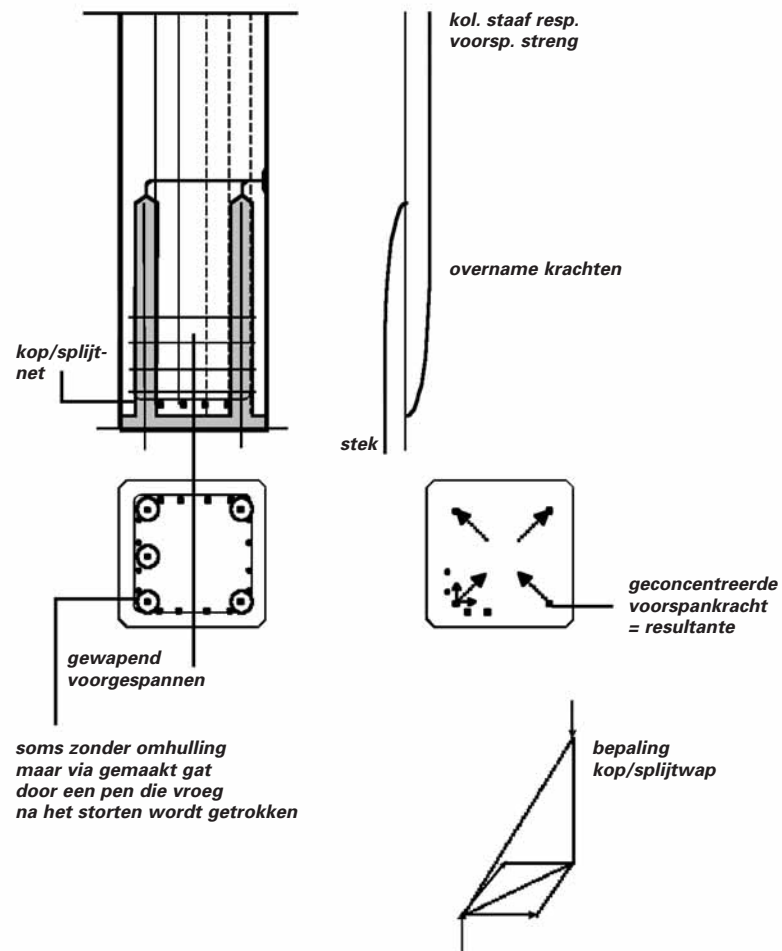


Figuur 8.026: Veerstijfheid van een twee- of vierpaals funderingspoer

Aan een tweetal aspecten van de wapening dient nog aandacht te worden besteed. Allereerst moet worden onderkend, dat er in het kopvlak, dat aansluit aan de mortelvoeg, trekspanning kan optreden als gevolg van verschil in E-modulus en dwarscontractie van het beton en de voegmortel. Daarom moet er in de kopzone van de gewapende kolom een kopnet worden aangebracht.

Dit kopnet bestaat uit haarspelden in beide richtingen. De wapening van het kopnet bestaat uit staven met een kleine diameter op niet al te grote onderlinge afstanden, waardoor eventueel optredende scheurwijdten klein blijven. Bij grote en zwaar belaste kolommen kan men besluiten een dubbel kopnet aan te brengen.

Bij voorgespannen kolommen heeft men het kopnet tevens nodig ter voorkoming van scheurvorming als gevolg van het optreden van splijtspanningen (fig. 8.027). De voorspanning is zodanig verdeeld over de doorsnede van de kolom dat de stekwapening in de hoek van de beugels kan worden aangebracht. De voorspanstrengen zijn dus in de zijvlakken gepositioneerd.

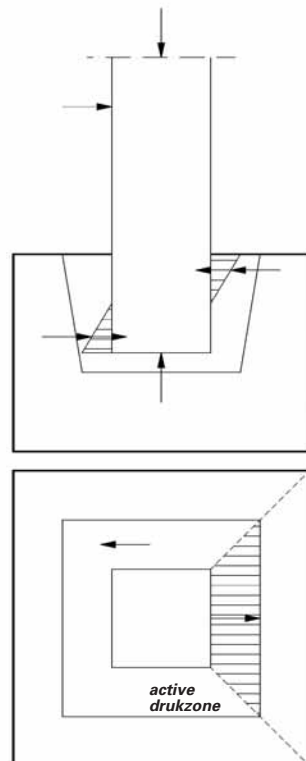


Figuur 8.027: Onderste zone van de kolom, stekken nemen krachten over, kolombeugels omsluiten, kopnet toepassen

Schematisering poer - kolomverbinding

Voor constructieberekeningen kan men de poer schematiseren als een verticale veer en een rotatieveer. Als er geen begane-grondvloer of een balk tussen de poeren aanwezig is, kan de poer ook horizontaal verplaatsen, weliswaar tegen de aanwezige grond in, zodat men ook een horizontale veer kan toevoegen. De stijfheid van de kolom is afhankelijk van de aanwezige normaalkracht en de optredende momenten, dus de excentriciteit van de normaalkracht in de doorsnede. Die stijfheid is afhankelijk van het feit of de trekspanning in het beton wordt overschreden. Zodra dat het geval is, zal door scheurvorming de stijfheid afnemen. In NEN 6720 is voor een kolommen een eenvoudige berekeningswijze voor de stijfheid gegeven. Men hoeft daarvoor dus niet tijdrovende $M - N - \kappa$ diagrammen te maken.

Een tweede mogelijkheid is, zoals eerder aangegeven, om een inkassing in de poer te maken en de kolom op hoogte te stellen met stelhoofdjes en in het horizontale vlak op de juiste positie te plaatsen. Middels een paar wiggen kan de afstand tussen kolomzijvlak en de inkassing worden gefixeerd in de uitvoeringsfase. De kolom wordt afgeschoord en de overgebleven ruimte in de inkassing gevuld met betonspecie. De kolom is dan in de poer ingeklemd. Voor het afvoeren van een verticale kracht vanuit de kolom naar de poer is contactdruk en aanhechting in het zijvlak aanwezig. Voor de opname van een buigend moment is een druk- en treksysteem aanwezig, een koppel in de inkassing, nog uitgezonderd de aanhechting in de zijvlakken. Een en ander is aangegeven in het schema.



Figuur 8.028: Inklemming kolomvoet in een poer in een zogenoemde putuitvoering. Kolom op hoogte stellen, schoren en om de kolom aangieten met gietmortel of beton. In de bovenrand van de poer zorgen voor adequate ringwapening, zowel aan de binnen- als aan de buitenzijde

De zijvlakken van de poer, de delen ter plaatse van de inkassing, moeten wel op de opname van deze optredende krachten worden berekend en gedetailleerd.

8.2.9 De belastinghistorie van de prefab kolom

Voor lange kolommen is het goed om de belastinghistorie eens na te gaan. De kolom wordt na het verharden uit de mal gelicht via de ingestorte hijsvoorzieningen.

Dit gebeurt bij voorkeur op 0,2 L van de uiteinden en bij een afwijkende vorm altijd in balans. De belasting is het eigen gewicht en de kleefkrachten bij het loskomen van de mal.

De kolom wordt dan primair op diezelfde punten ondersteund op het opslagterrein. De kolom zal direct elastisch gaan doorbuigen. Scheurvorming dient men in deze fase te voorkomen. Het beton is nog jong en heeft slechts de ontkistingsterkte bereikt. In de tijd zal deze vervorming door kruip toenemen. Drie extra los-vaste ondersteuning kunnen, nadat de kolom een eerste doorbuiging heeft gekregen, verdere vervorming voorkomen. Deze moeten niet vanaf het begin als ondersteuning worden aangebracht omdat er slechts op twee punten echt moet worden ondersteund.

Vervolgens wordt de kolom weer op de vrachtwagen gehesen en wordt daar adequaat ondersteund op twee punten, maar ondergaat vering en schokken tijdens het vervoer naar de bouwplaats. De karakteristieke betondruksterkte is dan wel bereikt. In noodgevallen is de ondergrens voor transport 2/3 van de karakteristieke betondruksterkte.

Op de bouwplaats wordt de kolom door de kraan recht op gehesen en over de stekken geleid en op hoogte en plaats neergezet. Voor de hoogteafstelling zijn vooraf stelplaatjes aangebracht. De plaats wordt geregeld via strepen op de vloer en op de kolom, welke met elkaar moeten corresponderen. Het verticaal afstellen geschiedt middels het aandraaien van de schoren.

De schoorverbinding wordt vaak ter hoogte van de console gerealiseerd. Voor hogere gebouwen en kolommen zal men het aangrijppunt van de schoor omhoog brengen en langere en meestal zwaardere schoren gebruiken. De schoor moet evenwicht maken met de horizontale belasting die op kan treden, waarbij de horizontale belasting meestal de windbelasting is, die het geprojecteerde oppervlak van de constructie belast op winddruk en windzuiging. Men dient dus alert te zijn op de inbouw van wanden, waardoor het geprojecteerde constructieoppervlak aardig kan worden vergroot en door wind kan worden belast.

Meestal wordt de kolom al voor het aanbrennen van de voeg op een hoogte van circa 2,5 tot 3,0 m boven de fundering in twee richtingen geschoord. De stempels worden op de funderingsvloer bevestigd aan de daar aanwezige, ingestorte, bouten en veelal aan de bouten ter plaatse van de console in de bouthouder gedraaid. De kolom wordt tijdens dat stellen in twee richtingen verticaal gesteld of ongeveer verticaal, zie later in dit onderdeel. Soms is er geen begane grondvloer aanwezig. Dan moet men zelf eerst stelplaten op het grondoppervlak neerleggen, betonplaten met voldoende massa en voldoende oppervlak om de schoorkracht zonder veel vervorming te kunnen leveren en handhaven. Met inachtneming van de kwaliteit van de ondergrond, veer stijfheid van het ondersteunende grondpakket.

Na het schoren start de montage van balken etc. De kolom wordt in toenemende mate belast, meestal excentrisch doordat de balken op consoles worden opgelegd en de consoles niet overal symmetrisch ten opzichte van de kolom-as aanwezig zijn. Zodra meer constructieoppervlak aanwezig is, zal de wind deze aanblazen en belasten, waarna ook de kolom daarmee wordt belast.

De kolommen mogen tijdens de montage niet al te excentrisch worden belast, omdat ze dan gaan vervormen - en hopelijk daarbij geen te hoge trekspanningen ondergaan en scheuren, waardoor de stijfheid afneemt - en de volgende te monteren balk dan in de verkeerde positie wordt gesteld en de kolom dan in die vervormde toestand verder wordt ingebouwd. Dat betekent, dat de kolommen in die gevallen vooraf met een afwijking worden gesteld om daarna tijdens de uitvoeringsfasen te vervormen tot de gewenste positie, rekening houdend met de permanente en variabele belasting die verder in het bouwproces wordt aangebracht.

Zodra de montage gereed is, begint de afbouw en daarmee wordt de rest van de permanente belasting aangebracht en daarna kan het gebouw in gebruik worden genomen en moet de functie van de kolom in het totaal worden gezien. Ook dan moet men de belastingopbouw verder analyseren en de maatgevende belastingsituatie voor de kolom destilleren. De berekening kent andere γ - factoren bij montage dan in de overige bruikbaarheidgrenstoestanden. Al deze stadia moet de constructeur beschouwen bij het dimensioneren van de kolom en de bijbehorende constructie!

8.3 BEDRIJFSHALLEN

Er is een tijd geweest dat bedrijfshallen vrijwel allemaal als betonskelet werden uitgevoerd. In de jaren 1960 - 1970 zijn honderdduizenden m² bedrijfshal gebouwd.

Daarna kwam er een periode dat staalskeletten met stalen dakplaten en stalen gevelplaten zeer concurrerend konden worden aangeboden. Men koos jarenlang voor het staalconcept, dat zeer betaalbaar en relatief snel leverbaar was. Op vele nieuwe bedrijfsterreinen was het een gebruikelijk bouwconcept, zeker voor niet al te grote bedrijfsruimten.

In het dak en gevelvlak kan men wel voldoende warmte - isolatie aanbrengen, maar gebrek aan massa maakt het leefklimaat in de hal zeker in de zomer op warme dagen, niet zeer aangenaam.

Inmiddels is in de laatste jaren weer enige kentering te zien. Er worden weer bedrijfsruimten in een betonskelet uitgevoerd, waarbij brandwerendheid, duurzaamheid en onderhoud naast een concurrerende prijs de opdrachtgever overtuigt. Overspanningen in voorgespannen prefab beton tot 45 m zijn inmiddels meerdere keren uitgevoerd. Zie ook bijlage I 'Prefab betonnen bedrijfshal steeds meer in trek' en bijlage II 'Bouwsnelheid essentieel voor veiling Zon' bij dit hoofdstuk.

Er zijn meerdere halconcepten mogelijk, welke na elkaar worden besproken.

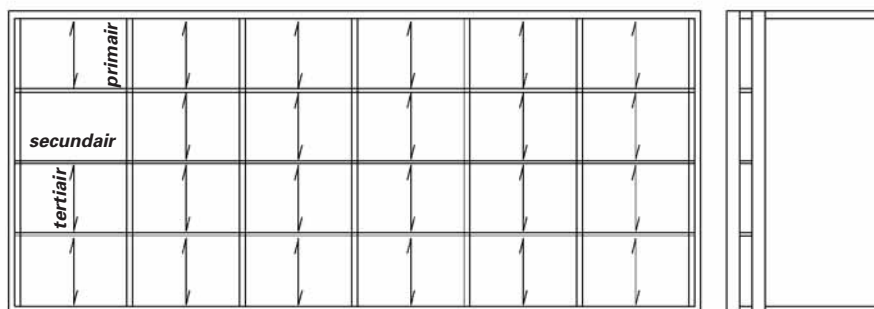
8.3.1 Haltype A

De opbouw van haltype A is als volgt:

- poeren, op minimaal twee palen;
- de poeren worden in het gevelvlak gekoppeld door balken;
- op de poer wordt de vrij uitkragende kolom gemonteerd;
- op de kolom wordt een primaire balk gelegd, die de overspanning maakt.

Type A1

Op de balk rusten gordingen als secundaire dragers. Op deze gordingen rusten de dakplaten. Koppelbalken tussen de kolommen zijn nodig om de langsgewel te steunen, tenzij men een randgording gebruikt die breder is uitgevoerd.

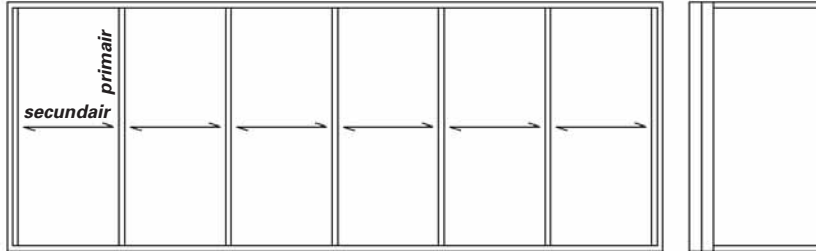


Figuur 8.029: Type A1, dakplaten, gordingen, balken

Type A2

Op de balk rusten regelrecht de dakplaten als secundaire dragers.

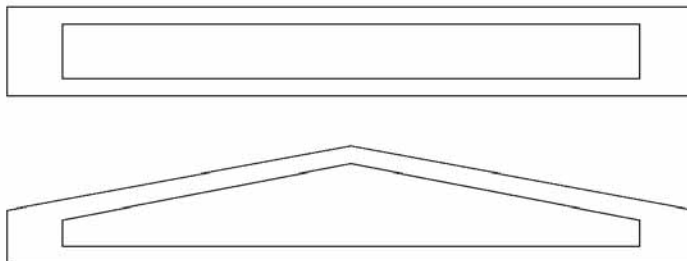
Koppelbalken tussen de kolommen zijn nodig om de langsgevel te steunen.



Figuur 8.030: Type A2, dakplaten, balken

Beschrijving van de elementen en de details van haltype A2

De primaire balk kan een parallel lopende onderflens en bovenflens hebben, dan noemt men dat een I-balk, maar ook is het mogelijk om de bovenflens schuin te laten verlopen, waardoor naast een optimalisatie van de voorgespannen ligger en een beperking van het omhulde halvolume de regenwaterafvoer van het dak optimaal is geregeld en verzekerd. In dat geval spreekt men van een IV-balk, zijnde een I-balk met een verlopende hoogte. Beide balken zijn ontworpen op een optimaal gebruik van de voorspanning. Het lijf is zo dun mogelijk uitgevoerd, 80 tot 120 mm dik, de flenzen niet al te breed en niet te hoog. Een en ander afgestemd op het aantal benodigde voorspanstrengen - ruimte - en de optredende spanningen tijdens het voorspannen. Bij een IV-balk verloopt de hoogte en is de excentriciteit van de horizontaal lopende strengen toenemend, naar het midden van de overspanning.



Figuur 8.031: I- en IV-balk geschikt voor grote dakoverspanningen

In de eindzone van zowel de I- als de IV-balk verbreedt men het lijf over een zekere lengte vanwege een betere inleiding van de voorspanning in de balk en de inleiding van de oplegreactie naar de onderliggende constructie, de kolom. In een aantal gevallen is het ook noodzakelijk vanwege de dwarskrachtcapaciteit van de slanke doorsnede. Zonodig worden strengen over een zekere lengte onthecht. De doorsnede van de balken is zo slank, dat men vaak maar een enkel net in het lijf aanbrengt, door bijvoorbeeld beugels om en om te combineren.

De balk rust bij voorkeur centrisc op het bovenzvlak van de kolom, opdat daaruit in de kolom geen excentriciteit ontstaat. De balk moet wel via twee stekken worden verbonden vanwege de standzekerheid van de ligger bij de oplegging.

Stramienkeuze en stabiliteit

Doordat bij bedrijfshallen in de overspanningrichting veelal een grote kolomafstand gewenst is, zal men het dakgewicht zo laag mogelijk proberen te houden. Immers, de lengte in het kwadraat is van belang.

In haltype A2 worden lichte dakplaten, zoals uitwendig geïsoleerde stalen dakplaten ruimschoots toegepast. Op de bovenzijde van de I-balk stort men in dat geval een stalen strip in, waarop de stalen dakplaten met popnagels vast worden geschoten. De stalen dakplaten zijn nu tevens afstandhouder voor de I-balken of de IV-balken. Vanwege de zuiging op het dakvlak is eveneens een behoorlijke stijfheid van de stalen dakplaat vereist. Het betekent, dat men de stramienafstand afstemt op zowel de toe te passen dakplaat als op de gevelafwerking.

De gevelafwerking kan horizontaal zijn gestructureerd. De platen worden gestapeld en de windbelasting wordt regelrecht naar de kolommen zelf geleid. Als de gevelafwerking verticaal is gestructureerd, zullen de reacties uit de windbelasting gelijkwaardig worden afgedragen naar de funderingsbalk en de randligger tussen de kolommen. De reactie van deze balk is de windkracht, die op de bovenzijde van de kolom aangrijpt. De overdracht van deze kracht kan nogal indirect zijn, afhankelijk van de hoogte van de randligger en het oplegdetail op de kolom. Bij een hoge randligger moet men de kracht misschien wel via de I-balk of IV-balk naar de kolom leiden.

De stabiliteit van de hal wordt in de overspanningrichting per stramien verzekerd door de door palen ondersteunde poer en de met de poer buigvast verbonden kolommen. De primaire balk koppelt de kolommen via de stekken in de aangegoten omhullingbuizen van de balk, zodat praktisch gezien de afstand tussen de twee kolommen per stramien gelijk zal blijven.

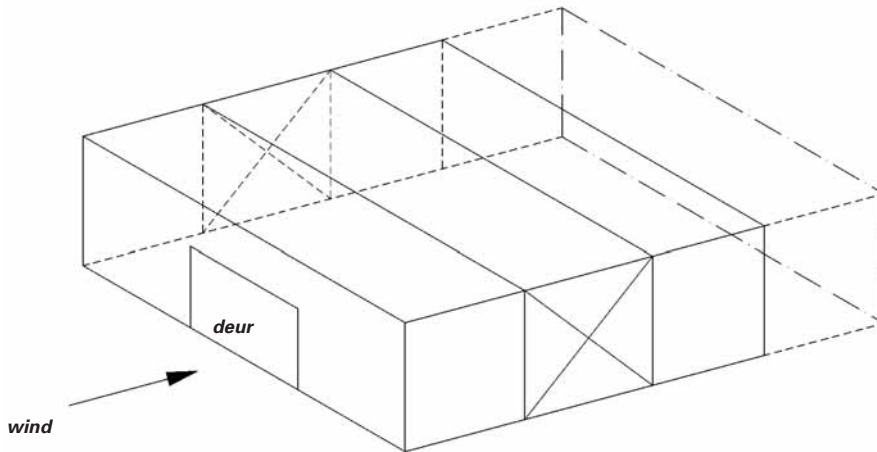
De horizontale belasting zal daarom per stramien worden verdeeld over beide kolommen, zodanig dat de topverplaatsing van de kolommen, aan de onderzijde van de balk, gelijk is. De verschilkracht, nodig om de topverplaatsing gelijk te krijgen, wordt via de balk naar de andere kolom geleid.

De kolom zal onder de optredende horizontale belasting een aanvaardbare topverplaatsing moeten geven, waarbij de kolomstijfheid zo reëel mogelijk moet worden ingeschat. Omdat de hallen nogal eens als eis hebben dat de vrije hoogte groot is, is ook de kolomlengte groot en moet men met de afmetingen van de kolom spelen. De normaalkracht op de kolom is meestal niet zo hoog en men kan scheurvorming van de kolom door de buiging in de doorsnede dan ook niet altijd onderdrukken, zodat men soms de kolomdoorsnede iets moet aanpassen om voldoende stijfheid te verkrijgen. Soms helpt het ook om de stijfheid van de fundering te vergroten, door de paalafstand wat te vergroten.

In de lengterichting van de hal gezien kan een poer met meer dan twee palen een verende inklemming verzorgen van de kolom in twee richtingen, dus ook in de lengterichting van de hal. De windkrachten werkend op het kopvlak worden via de balken en het stalen dakvlak verdeeld over de kolommen, in principe alle kolommen, mits het dakvlak stijf genoeg is. De breedte van de kolom kan daardoor beperkt blijven.

De gevelafwerking in de kopgevel kan bij een horizontale structuur door verticale stijlen worden ondersteund, die de krachten gelijkwaardig naar het dakvlak en de fundering afvoeren. Bij een verticale structuur gebeurt dit direct, uitgaande van het feit dat de gevelbekleding in staat is die hoogte te overspannen. Zo dit niet kan, zal men horizontale regels aan moeten brengen, die gesteund worden door stijlen. Deze stijlen verdelen de windkrachten over dakvlak en fundering.

Vanwege het feit, dat men in veel hallen een overmaat aan grote deuren wenst, moet men toch verticale stijlen gebruiken om de deuropeningen te omzomen. Boven de deur komt nog een regel waaraan de deur hangt of waartegen de deur geleiding ondervindt. De uiteindelijke structuren in de gevels zullen elkaar niet te veel ontlopen. De windbelasting op de hal is wel degelijk afhankelijk en gevoelig voor de aanwezigheid van grote deuren, zie hiervoor de TGB Belastingen.



Figuur 8.032: Schema belasting kopgevel en de weg, die de windkracht op gevel en dakvlak moet afleggen tot in de fundering

Een bijzondere situatie ontstaat als er een kraan in de hal nodig is. De kraanbaan moet op consoles rusten, welke aan de kolom bevestigd zijn. Daarmee veroorzaakt de kraanbaanreactie een normaalkracht en een moment in de kolom. Bij een ongelijke reactie van de kraanbaan links en rechts in de hal, zal de ene kolom meer naar binnen willen verplaatsen dan de andere. De aanwezigheid van de I-balk of de IV-balk maakt verschillen in verplaatsing onmogelijk, zodat in de balk een verschilkracht zal optreden. Een voorbeeld van een bedrijfshal volgens type A2 is de nieuwe hal voor Hurks Beton BV te Veldhoven, zie de foto's 8.033 t.m. 8.036.



Foto 8.033: Nieuwe hal voor Hurks Beton BV. Gevel met gestraalde elementen waarin de kozijnen zijn opgenomen

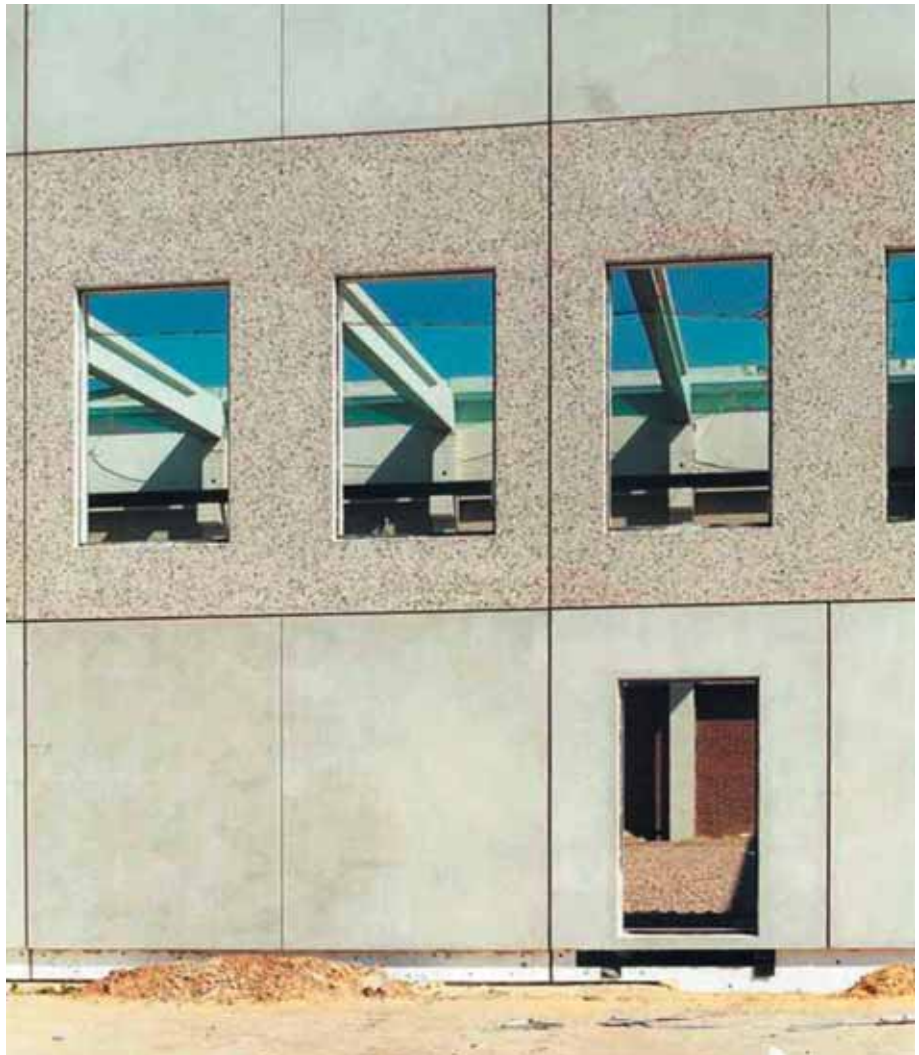


Foto 8.034: Opname van gevel met daarachter de I-balken, de primaire liggers, opgelegd op kolommen



Foto 8.035: De I-balk en het schoorverband in het dakvlak, dat de windkrachten naar het gevelvlak voert



Foto 8.036: De I-balken opgelegd op de kolommen. Een volgende I-balk kan nog op dezelfde kolom. Kraanbaan aan beide zijden

Onderdelen en beschrijving van haltype A1

Het verschil ten opzichte van haltype A2 is de aanwezigheid van gordingen in het dakvlak en de kortere dakplaten. Door de gordingen goed te benutten, kan men de onderlinge afstand van de kolommen in het langsgevelvlak vergroten, als dat vanwege de gevelafwerking zinnig is.

De gordingen zijn over het algemeen voorgespannen gordingen, die enigszins taps van doorsnede zijn, zodat ze in een gesloten mal kunnen worden gemaakt en eenvoudig kunnen worden ontkist.

De gording is vaak voorzien van een tand om de totale constructiehoogte te verminderen. De hart op hart afstand van de gordingen is gerelateerd aan zowel de keuze en overspanningmogelijkheden van de dakplaat als aan de gordingoverspanning. Men zal naar een optimum moeten zoeken waarbij alle onderdelen invloed hebben op de integrale som van kosten. Let wel: een grotere kolomafstand in de gevel kan tevens betekenis hebben voor de kolomafmetingen, denk daarbij aan het aangeblazen windvlak.

De randgording moet veelal ook horizontale belasting uit het gevelvlak opnemen en wordt dan in twee richtingen belast. De randligger is daarom anders uitgevoerd dan andere gordingen. Een voorbeeld van een bedrijfshal volgens type A1 in Hoofddorp, uitgevoerd met kolommen, balken, gordingen en dakplaten, is te zien op foto's 8.037 t.m. 8.040. In de gevel zijn industrieel vervaardigde voorgespannen sandwichelementen toegepast, die totaal 200 mm dik zijn en aan de gevelzijde zijn gestraald.



Foto 8.037: Bedrijfshal, type A1, met gordingen



Foto 8.038: Kolomvoet met nog de voeginjectievoorzieningen aanwezig. Aan de kolom kan je een braam zien, hetgeen betekent dat de vellingkant en de malzide met ruimte op elkaar aansluiten. Er kan vuil tussen gekomen zijn



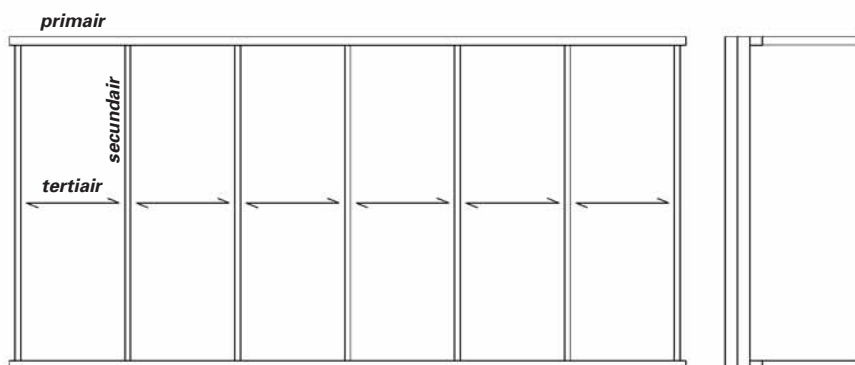
Foto 8.039: Kolommen gesteld, een aantal wanden reeds geschoord aanwezig. Consoles in de lange kolommen aanwezig voor de oplegging van een tussenvloer. De stekken voor de oplegging van de dakbalken op de kolom zijn goed zichtbaar



Foto 8.040: Hamereind van de I-balk goed te zien. De gordingen zijn uitgevoerd met een tand vanwege de constructiehoogte. De randgording is zwaarder uitgevoerd, met name in de horizontale richting, vanwege de windbelasting op de zijgevel

8.3.2 Haltype B

Bij haltype B wordt in de richting van de grote overspanning een balk aangebracht, die op de langsgevelbalk rust. Er staan de ontwerper meerdere mogelijkheden ter beschikking. In figuur 8.041 is zo'n haltype aangegeven. De primaire balk ligt op de kolommen in de langsgevel. De onderlinge afstand van de overspannende gordingen, en bij grotere overspanningen I-balken of IV-balken, is dan vrij te kiezen en af te stemmen op de beschikbare dakplaten. Het is en blijft een zaak van (kosten)optimalisatie, waarbij de geveluitvoering, kolomafstand, gordingafstand en dakplaatlengte variabelen zijn. Door de aanwezigheid van de langsgevelbalk kan de gevel op deze balk worden afgesteund. De windkrachten op het langsgevelvlak worden gelijkwaardig door de fundering en de langsgevelbalk opgenomen. Indien de gordingen niet op het kolomstramien zijn geplaatst, wordt de langsgevelbalk niet horizontaal door de gording gesteund. De gording volgt gewoon de vervorming van de beide langsgevelbalken, die dan ook gelijk zullen zijn. De stabiliteit moet dus ook hier in eerste instantie worden verzorgd door de kolommen, die buigvast met de fundering zijn verbonden.



Figuur 8.041: Type B, kolommen, dakplaten, balken, hoofddraglijner in gevellijn

Op de foto's 8.042 en 8.043 is de dakplaat opgelegd op de langsgevelbalk. Het verschil met de hiervoor beschreven oplossing is de integratie van gording en dakplaat. Men kan dit oplossen met in hoogte verlopende TT-platen, zoals in veel landen heel vaak wordt uitgevoerd. In Nederland zijn daar weinig toepassingen van te vinden. Ondanks het relatief lage eigen gewicht van de TT-plaat is dat nog altijd dominant ten opzichte van de sneeuw- en windbelasting, dus construeert men hoofdzakelijk voor het eigen gewicht. In Scandinavië heeft men de traditionele TT-plaat verder geoptimaliseerd en geschikt gemaakt voor grote dakoverspanningen. De dekdikte is verminderd van 80 tot 50 mm en bovendien zijn er aan de onderzijde van het dek cassettes gemaakt, die de gemiddelde dekdikte verder doen verminderen. Het is wel even wennen, maar werkt. De hoogte van deze STT-platen, onder welke naam deze dakplaten door Spanbeton worden vervaardigd, neemt toe naar het midden van de overspanning. Doordat de zwaartelijner van de doorsnede in het midden van de overspanning hoger ligt dan aan de uiteinden, is ook de excentriciteit van de voorspanning groter en daarmee effectiever. Verdere optimalisatie betreft de doorsnedevorm van de rib. Er is plaats voor de voorspanning beschikbaar, maar daarboven is de lijfbreedte verminderd (foto 8.042). Doordat de STT-lijner zelfdragend is, kan men deze ook verder van elkaar af leggen en daartussen daklichten aanbrengen. Zie voor verdere gegevens bijlage 8.3 "STT-dakstelsel voor hallen; innovatief en betaalbaar". Een voorbeeld is de bouw van een nieuwe productiehal voor VBI te Huissen (foto 8.042 en 8.043).



Foto 8.042: STT-dakplaten, een TT-element, waarbij de doorsnede is geoptimaliseerd, ruimte voor de voorspanning onderin is gecreëerd en de dikte van het dek plaatselijk minimaal is, doordat aan de onderzijde cassetten zijn gemaakt. Op de foto kan men deze duidelijk zien op de stapel elementen aan de rechterzijde. Aanvoer van elementen



Foto 8.043: Montage van de nieuwe productiehhal van VBI te Huissen

In Italië bestaan er meerdere fraai ogende daksystemen, die net als de STT-plaat alle dakfuncties in zich verenigen. De elementen zijn fraai en zwierig van vorm, geschikt voor gerichte daglichttoetreding - bij voorkeur licht vanuit het Noorden - en daarmee het minimaliseren van intredende warmte, en worden aan de onderzijde fraai afgewerkt. De mallen waarin deze voorgespannen elementen worden geproduceerd, zijn zeer gecompliceerd, omdat de lengte van de elementen niet is gefixeerd en men dus de fraaie eindstukken aan één zijde moet kunnen afnemen, een middenstuk verwijderen of toevoegen en het eindstuk opnieuw monteren. De voorspanning wordt op de mal afgespannen. Door de dakvorm moet men ook de waterafvoer regelen, een extra complicatie voor de mal. Indien men een voldoende grote en repeterende productie kan opbouwen, is zo'n systeem rendabel te maken. In Nederland is echter geen bedrijf te vinden dat een voldoende grote markt kan ontwikkelen om de relatief hoge investering voor mallen te verantwoorden. Men moet daarbij bedenken dat men met één mal minder dan 1 element per dag fabriceert. Bij een redelijk grote bestelling is de productieperiode dus relatief lang, tenzij men meerdere mallen inzet. In de foto's 8.044 tot en met 8.048 zijn enkele opnamen te zien van geproduceerde en nog niet afgewerkte elementen en van een hal, uitgevoerd met deze dakelementen. Zoals op de productiefoto's is te zien, is het element niet overal gaaf uit de mal gekomen. Door het regelmatig verplaatsen van de mal (als er geen project is) en het keer op keer deels demonteren van maldelen, ontstaan er naden tussen de maldelen, waardoor lekkage van betonspecie ontstaat en bramen worden gevormd langs de buitenranden, de vellingkanten. Zoals op foto 8.044 aan de donkere plekken rond de strengen is te zien, heeft men de voorspannstrengen onder spanning doorgebrand, hetgeen in Nederland niet is toegestaan. Hier slijpt men de strengen na het ontspannen door. Om het uiterlijk voor de klant acceptabel te maken, heeft men alle elementen met witte verf behandeld. Het ziet er dan perfect uit.



Foto 8.044: Shedelement in voorgespannen uitvoering, een product dat veel wordt toegepast in Italië. Goot zichtbaar aan de linkerkant. Het is een product met een gecompliceerde mal. De uitvoering lijkt ruig, het eindresultaat is fraai



Foto 8.045: Beëindiging van het dakelement, met rechts zichtbaar de goot



Foto 8.046: Kolom, console, platte balk, dakelement, standaard geschilderd toegeleverd in Italië. Aanzet tot glaspartij in de shed is rechtsboven zichtbaar, net naast het installatierek. De hemelwaterafvoer loopt binnenlangs, direct vanuit de goot. De klimaatomstandigheden vragen niet om dikke pakketten isolatie op het dak



Foto 8.047: Een beter beeld van de dakconstructie in zijn geheel. Fraai ogend, ondanks de industriële omgeving



Foto 8.048: Beeld van de oplegzone en aansluitingen

8.3.3 Voorbeeld: project Molletjesveer te Krommenie

Recent is een groot project in zeer korte tijd ontwikkeld en gebouwd. Het project is vanaf de gestorte poeren met prefab palen, geheel in prefab-betonelementen opgebouwd. In dit project zijn voldoende vrijheden ingebouwd om leidingensystemen aan te brengen. In de navolgende serie foto's is een en ander goed te volgen. Bijzonder is dat de funderingsbalken ook in prefab beton zijn uitgevoerd. Veelal wordt de fundering in het werk gestort. Maar voorbereiding en bouwtempo zijn hier primair gesteld. De funderingsbalken zijn omgekeerde T-balken, die regelrecht op de poer rusten en waarop geïsoleerde kanaalplaten zijn opgelegd. Ter plaatse van de oplegging is de isolatie van de kanaalplaat afwezig, hetgeen een koudebrug veroorzaakt. Dat kwaliteitsverlies heeft men genomen omdat het 100 mm constructiehoogte scheelt. De kolommen zijn gesteld op het niveau van bovenkant poer, tussen de vloerplaten in. Verder is de dakconstructie van een deel van het gebouw bijzonder. Ter plaatse van de kolommen is een voorgespannen holle tonschaal aangebracht, waardoor er ruimte is voor lichtstroken. De tonschaal rust op consoles, die de contravorm hebben van de schaal. Voor de buitenzijde resulteert dat in een kolom met daarop de console (foto's 8.064 en 8.065). Daar waar verdere aanbouw plaatsvindt, steekt de kolom deels door (foto's 8.066 t.m. 8.068). De voorgespannen schaal is vervaardigd in Duitsland, omdat het niet rendabel is mallen aan te schaffen en op zo'n project grotendeels af te schrijven. De malkosten staan niet in verhouding tot de hogere transportkosten vanuit Duitsland. Een fraai project, waarbij alle sterke punten van prefab beton aan de orde komen.



Foto 8.049: Geïsoleerde kanaalplaat op voorraad gelegd. Behoorlijke strengbezetting. Let ook op de bramen aan de onderzijde, omdat men de plaat niet tot op de baan zaagt, breekt deze restlaag wanneer de voorspanning gaat werken en de plaat wil gaan opbollen.

De isolatie gaat in 1 productiegang mee



Foto 8.050: Prefab balksysteem al deels gelegd



Foto 8.051: Lage kanaalplaten met kleine kanalen, bij dit type 11 kanalen



Foto 8.052: Balken, met een ruime oplegnok



Foto 8.053: Prefab kolom vanaf de poer, vaak begint deze boven de vloer. Zie schoren kolom en oplegkolom tonschaal



Foto 8.054: Fraai oplegdetail van kanaalplaat op de balk, met de oplegstrip 40 x 3 mm duidelijk in beeld



Foto 8.055: Een detail met alle componenten van de begane-grondconstructie



Foto 8.056: Een nog open strook voor leidingmontage



Foto 8.057: Leidingstrook langs de kolommen, Massieve plaat rond de kolom, die de voeg heeft net boven de poer



Foto 8.058: Nogmaals die situatie



Foto 8.059: Bovendeck tevens in uitvoering



Foto 8.060: Beeld van de constructie, begane grond en eerste laag



Foto 8.061: Opbouw wand



Foto 8.062: Wand voor de kolommen langs



Foto 8.063: Let op montage stabiliteitsvoorzieningen en hekwerken in verband met veiligheid personeel



Foto 8.064: Kolom met opleggaffel



Foto 8.065: Een aantal voorgespannen tonschalen is gemonteerd



Foto 8.066: Kolommen voor directe oplegging tonschaal en die waarop ook nog verder wordt doorgebouwd



Foto 8.067: Fraai beeld van de slankheid van de constructie en een beeld kan worden verkregen van de hoeveelheid licht, die door de sky-domes straks naar binnen komt



Foto 8.068: Een beeld dat bekoort



Foto 8.069: De constructie is zeker niet alledaags, een fraai staaltje samenwerking tussen opdrachtgever, architect, adviseur, de aannemer en de prefab fabrikant en leverancier

Prefab-betonnen bedrijfshal steeds meer in trek

Voor de bouw van bedrijfshallen wordt vaak gekozen voor staal, maar prefab-beton blijkt een aantrekkelijk alternatief. Diverse voordelen maken een goede vergelijking de moeite waard.

Ingenieursbureau Bartels (acht vestigingen in Nederland; 180 medewerkers) is een specialist op het gebied van hallen. Bartels stelt dat staal veruit het meest wordt gebruikt, maar tegelijkertijd bevestigt hij dat er de laatste tijd bij grotere overspanningen sprake is van een toenemend gebruik van prefab-beton.

Pieter van Boom van het bureau: "Dat er voor staal wordt gekozen, is vaak een kwestie van gewoonte. Veel ontwerpers en bouwers van bedrijfsgebouwen denken eenvoudigweg niet aan het gebruik van prefab-beton. Zeker als het gaat om voorgespannen beton ontbreekt de kennis. Toch zie ik een lichte kentering. Prefab-beton heeft een aantal sterke punten waarvoor opdrachtgevers gevoelig zijn."

Cachet

Allereerst noemt Van Boom de esthetische kant. "Beton wordt gekozen als het bedrijfsgebouw net iets meer cachet moet hebben. Een hal met een betonnen sandwichgevel heeft al snel uitstraling. Met name als zo'n hal wordt gecombineerd met een showroom of een kantoorpand, kiezen opdrachtgevers voor prefab-beton."

Brandwerendheid en inbraakgevoeligheid

Is er sprake van meerdere verdiepingen waardoor de belasting van de draagstructuur wordt vergroot, dan is de stap naar een prefab-betonnen raamwerk gauw gemaakt. Niet alleen de draagkracht speelt daarbij een rol maar ook de brandwerendheid.

Van Boom ziet dat als een van de belangrijkste pluspunten. "In de bouw krijgt brandwerendheid steeds meer aandacht en de verwachting is dat de normen in de toekomst strenger zullen worden. Op dat punt scoort prefab-beton duidelijk beter dan staal. Beton is van huis uit al een 1/2 uur brandwerend, terwijl staal eigenlijk helemaal niet brandwerend is." "Inbraakgevoeligheid speelt ook een rol. Met stalen gevels is de inbraakgevoeligheid groter. Een betonnen hal is beter te beveiligen", aldus Van Boom. Een andere eigenschap die hij noemt is 'incasseringsvermogen'. "In hallen met veel heftruckverkeer is een betonnen kolom wat minder kwetsbaar dan een stalen kolom, die ieler is."

Duurzaam

Sterk punt is ook het onderhoud. "Zeker in een wat vochtige omgeving is voor staal extra onderhoud nodig om corrosie tegen te gaan, dat is bij beton niet het geval. In z'n algemeenheid kun je stellen dat beton duurzamer is." Natuurlijk kan ook op basis van de producten die moeten worden opgeslagen,

gekozen worden voor staal of beton. "Een betonnen gebouw is hygiënischer omdat het beter schoon en stofvrij is te houden. Dat is bijvoorbeeld belangrijk voor food- en farmaceutische producten. Ook in een omgeving waar bijtende, zure, agressieve of brandbare stoffen worden opgeslagen, verdient prefab-beton de voorkeur", aldus Van Boom.

Prijs

In de vergelijking tussen staal en prefab-beton lijkt de prijs van een stalen bedrijfsgebouw lager te liggen. Daarbij wordt echter alleen naar de stichtingskosten gekeken. Worden de twee bouwsystemen objectief tegenover elkaar gesteld dan moeten extra maatregelen die nodig zijn om bijvoorbeeld de brandwerendheid van een stalen bedrijfsgebouw op het gewenste niveau te krijgen, worden meegerekend.

Recent onderzoek

Conforum Bouwconsult uit Valkenswaard heeft recentelijk onderzocht wanneer staal en wanneer prefab-beton de voorkeur verdient. Vier 'concurrerende' bouwmethoden zijn met elkaar vergeleken. Daarbij is uitgegaan van een basis-ontwerp van een 'kale' bedrijfshal. De hal is 6 m hoog, 60 m lang en de breedte varieerde van 15 m, 20 m, 25 m, tot 30 m. Voor elke beukmaat zijn de kosten berekend van de draagconstructie en de ongeïsoleerde dakopbouw. Daarbij is gebruik gemaakt van de richtprijzen van de meest toegepaste, ►

gangbare materialen en de reële kosten voor montage.

De vier vergeleken 'concurrerende' bouwmethoden zijn:

- Een bedrijfshal op basis van een stalen draagconstructie met stalen dakplaten ('staal compleet');
- Een bedrijfshal op basis van een volledig betonnen draagconstructie, waarbij ook het dak in prefab-betonnen cassetteplaten is uitgevoerd ('beton compleet');
- Een betonnen draagconstructie met hoofdbalken en gordingen als dakopbouw, waarop stalen dakplaten zijn aangebracht ('beton met stalen dak');
- Een betonnen draagconstructie waarbij ligger en

dak zijn geïntegreerd tot één dakelement, te weten TT dakplaten met hellende bovenflens.

Eigen plaats

Bij bedrijfshallen met een overspanning vanaf 20 m blijken betonoplossingen tot lagere stichtingskosten te leiden, waarbij 'beton met stalen dak' over de hele linie enigszins goedkoper blijkt dan 'beton compleet'. Toepassing van TT dakplaten met hellende bovenflens wordt vanuit kosten oogpunt pas concurrerend bij overspanningen groter dan 30 m.

Bij deze conclusies is omwille van de heldere vergelijking alleen uitgegaan van een kale

bedrijfshal. Als ook andere zaken in de beschouwing meegenomen worden, komt het voordeel van beton nog sterker tot uitdrukking. Zaken die hierbij een rol spelen zijn o.a. geveloplossingen, flexibiliteit van indeling, aanwezigheid van kraanbanen en de aanwezigheid van eventuele tussenvloeren.

Concluderend

De gekozen rekenvoorbeelden tonen aan dat in veel gevallen oplossingen in beton concurrerend zijn. Beton blijkt in veel gevallen naast duurzaamheid, hoge brandwerendheid en warmte-accumulerend vermogen ook uit kostentech- nisch oogpunt een prima oplossing te bieden. ●

De voordelen van prefab-betonnen hallen nog eens op een rij gezet:

- De uitstraling van een gebouw
- Hoge belasting van de dragende structuur is mogelijk
- Hoge brandwerendheid
- Warmte-accumulerend vermogen
- Hoge bouwsnelheid
- Goede beveiligingsmogelijkheden
- Solide betonconstructies nauwelijks gevoelig voor heftruckverkeer
- Hoge duurzaamheid
- In vochtige werkomgevingen nauwelijks of geen corrosie
- Prefab-betonnen gebouwen zijn hygiënisch: goed schoon en stofvrij te houden
- Goed bestand tegen bijtende, zure, agressieve of brandbare stoffen
- Lage stichtingskosten bij overspanningen vanaf 20 m

Bouwsnelheid essentieel voor veiling ZON



De groenten-, paddenstoelen en sierteeltveiling ZON in het Limburgse Grubbenvorst behoort tot de drie grootste van Nederland. Om de aanvoer van bloemen en planten beter te kunnen verwerken, is vorig jaar een extra bedrijfsgebouw gebouwd. Omdat elk oponthoud van de veilingactiviteiten de dagprijs van de bloemen en planten beïnvloedt, is het essentieel voor de bouw dat het productieproces van de veiling zo min mogelijk zou worden verstoord.

Het nieuwe gebouw is bijna identiek aan het bedrijfsgebouw dat ZON acht jaar geleden liet bouwen. De opdrachtgever heeft gekozen voor nagenoeg dezelfde detaillering in prefab-beton. Dat wil niet zeggen dat de bestaande tekeningen en berekeningen konden worden hergebruikt; normen en eisen zijn aanzienlijk veranderd en ook de functie van het nieuwe gebouw is duidelijk anders dan die van het bestaande gebouw.

Wel droeg het bestaande ontwerp bij aan een razendsnelle realisatie.

Samenwerking

Architectenbureau Peute BV en prefab-betonleverancier Betonson hadden vorig jaar januari voor het eerst contact; in april was het ontwerp klaar en werd de productie van de elementen gestart. De prefabruwbouw werd al dezelfde maand opgeleverd. De snelheid is vooral te danken aan

de goede samenwerking tussen de leden van het bouwteam.

Bron: Betonson BV

Indeling veiling complex

Het grote veilingcomplex in Grubbenvorst bestaat voor een groot deel uit loodsen. Speciaal voor de sierteelt zijn bedrijfshallen van meerdere verdiepingen gemaakt. Dat heeft onder meer met de logistieke afhandeling te maken. De begane grond wordt gebruikt voor de aanvoer en opslag van bloemen en planten. Een groot deel wordt verhuurd aan handelsrelaties van de bloemenveiling.

De eerste verdieping doet dienst als opstel- en conditioneringsruimte en de derde laag bestaat uit een grote parkeerruimte. Ook op het dak van het nevengebouw kan - sinds de realisatie van de nieuwbouw vorig jaar - worden geparkeerd. Gezien de kwetsbaarheid van snijbloemen is de klimaat- ▶



Bron: Architectenbureau
Peute BV



beheersing in het gebouw van belang. Grote schommelingen tussen kou en warmte zijn ongewenst. De grotere accumulatiecapaciteit die beton biedt ten opzichte van lichtere bouwmaterialen, wordt in het nieuwe veiling gebouw optimaal benut.

Vormgeving

Dat hier geen sprake is van een eenvoudige rechthoekaan industriële hal, moge duidelijk zijn. Niet alleen omdat er meerdere verdiepingen zijn, maar ook omdat de vormgeving van het pand zorgvuldig tot stand is gekomen. Het uiterlijk van het pand is een direct gevolg van de huisstijl die ook is terug te vinden bij het hoofdkantoor en de overige

gebouwen van de veiling. Aan de ene kant is het overduidelijk een echt 'werkgebouw', aan de andere kant heeft het gebouw cachet. Dat is niet alleen te danken aan de huisstijl (o.a. witte boord, kleine vierkante raampjes, langwerpige ramen), maar tevens bijvoorbeeld aan de schuine lijn van de oprit en ook het gebruik van prefab-beton.

Kolomvrije ruimte

Het totale vloeroppervlak van zowel de beganegrond als eerste verdieping van het nieuwe gebouw bestaat uit $50\text{ m} \times 158\text{ m} = 7900\text{ m}^2$. Het parkeerdak heeft een oppervlakte van 7500 m^2 . Kenmerkend is de grote kolomvrije ruimte die is bereikt in combinatie met een

relatief zware belasting (800 N/m^2). De kolommen staan in een stramien van 17 m . Ruimte om vrij te kunnen manoeuvreren is essentieel voor veilinggebouwen waar honderdduizenden stapelwagens en laadkarretjes worden in- en uitgereden.

Draagstructuur

De draagstructuur bestaat uit kolommen. De omvang van de kolommen aan de voet bedraagt een vierkante meter en na de eerste verdieping $800\text{ mm} \times 800\text{ mm}$. Op de consoles en bovenop de kolommen zijn liggers geplaatst en in tegenovergestelde richting hiervan TT-platen. Met de uitbreiding van de veiling was een investering gemoeid van circa 27 miljoen gulden. ●

Veilinggebouw ZON in Grubbenvorst

Opdrachtgever	: Veiling ZON, Grubbenvorst
Architect	: Architectenbureau Peute BV, Arcen
Adviseur	: Ingenieursbureau Van Kleef BV, Roermond
Constructeur	: Ingenieursbureau Vissers, Venlo-Blerick
Prefab-betonleverancier	: Betonson, Son elementen: 15.000 m^2 TT-platen, balken en kolommen

STT-daksysteem voor hallen: innovatief en betaalbaar

Voor daken van hallen hebben prefab-betonleveranciers het ei van Columbus gevonden: het STT-daksysteem. De basis is een betonnen dakplaat met een uiterst laag eigen gewicht per m². Eigenlijk is het een super TT-plaat. Het is een uiterst betaalbaar daksysteem opgebouwd uit dakplaten met bijzondere kwaliteiten.

Laag gewicht

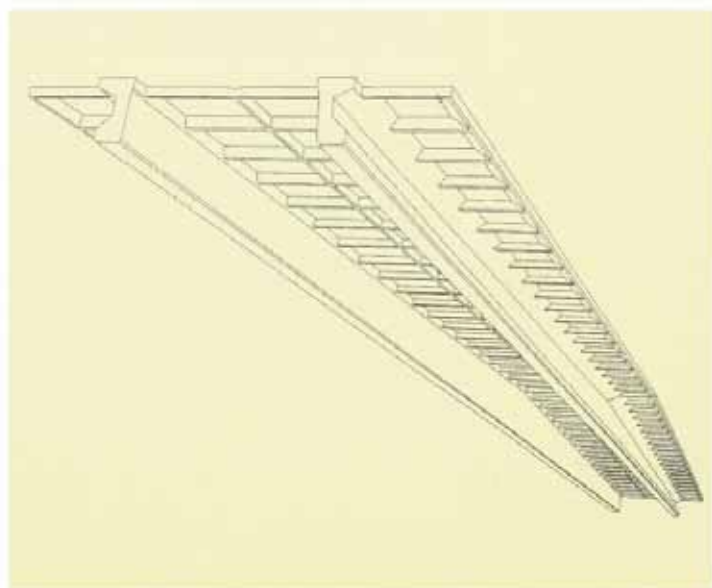
Bijzonder is bijvoorbeeld dat de STT-platen bestaan uit cassettes met een dikte van slechts 20 mm! Hierdoor hebben de platen een laag eigen gewicht van ca. 20 N/m².

Met de innovatieve STT-plaat is een overspanning te realiseren van 20 m tot maximaal 40 m. Andere kenmerken: een maximale hoogte van 900 mm bij 40 m en een hellend dakvlak van 1 : 40.

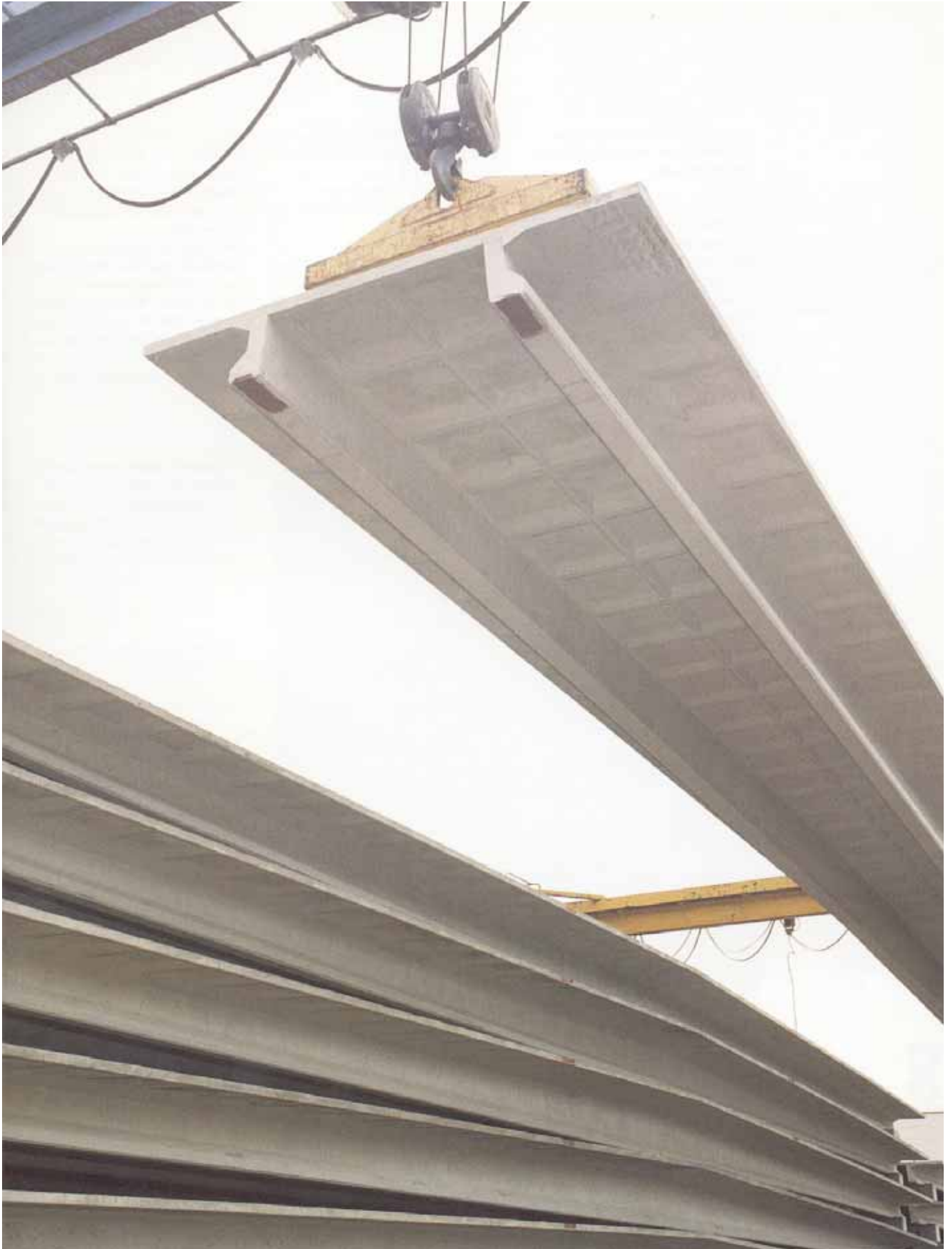
Ter vergelijking: de dunste kanaalplaat, dikte 150 mm, weegt altijd nog 27,8 N/m² en de maximale overspanning bedraagt 8,10 m.

Know-how uit Zweden

Normaal gesproken vergt het nogal wat tijd om bij een nieuw product vanuit de initiatiefase te komen tot realisatie. De introductie van de STT-plaat vormt hierop een uitzondering. Dat komt vanwege de uitgebreide ervaring die reeds is opgedaan in het buitenland. Het product is namelijk in Zweden al enige tijd op de markt. Er is dankbaar gebruik gemaakt van ►



STT-Element
Broer: Spanbeton BV
Fotografie:
Jan van Rijn Fotografie



de know-how die is opgebouwd door de zusterorganisaties aldaar.

Dun maar sterk

De centrale vraag is natuurlijk of een dikte van 20 mm wel sterk genoeg is. Het antwoord is een volmondig ja. In het hoge noorden van Zweden worden de platen op grote schaal toegepast. Daar valt jaarlijks een pak sneeuw van een meter of drie. Ook onderzoeken van TNO en door Belton-leden onderbouwen de sterkte van de platen. Zo zijn op de platen ponsproeven uitgevoerd, waarbij een vijzel op de plaat wordt gezet. Er wordt een oplopende kracht uitgeoefend tot de plaat breekt. De breukkrachten blijken ca. 150 N/m²

te bedragen. De platen zijn dus goed beloopbaar, maar hebben in de praktijk eigenlijk alleen te maken met sneeuw, regen en windbelasting.

Extra voordelen

Behalve de uitzonderlijke reikwijdte en het minimale gewicht bieden de STT-platen extra voordelen:

- Zonder bijzondere maatregelen halen de STT-platen een brandwerendheid van 30 minuten
- In tegenstelling tot vele andere daksystemen, vergt de STT-plaat geen enkel onderhoud
- De STT-plaat is uitstekend bestand tegen hoge vochtigheid
- Het bevestigen van allerlei

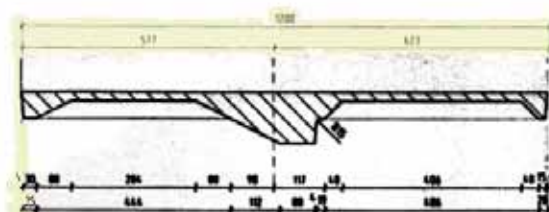
Super TT-platen

De STT-plaat vertoont veel overeenkomsten met de gebruikelijke TT-plaat, maar heeft een aantal bijzondere kenmerken:

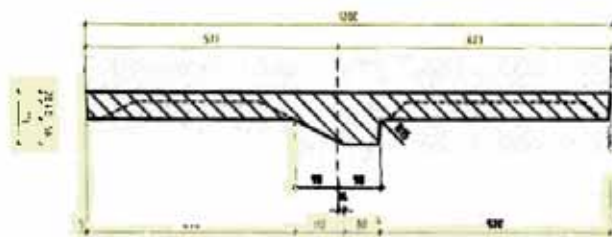
- een zeer laag eigen gewicht van ca. 20,5 N/m²
- een overspanning van ca. 20 m tot maximaal 40 m
- een maximale hoogte van 900 mm (bij een lengte van 40 m)
- een hellend dakvlak van 1 : 40.

voorzieningen (bijv. elektriciteit/verlichting) kan op eenvoudige wijze (boren of lijmen) worden uitgevoerd

- Isolatiemateriaal is eenvoudig aan te brengen. ●



Quaersdoersnede C-C



Quaersdoersnede D-D

Architectuur & ontwerp
Utiliteitsbouw

Constructie prefab hal doorgezet in kantoor

MAATKOSTUUM VOOR DATATRANS

Datatrans is een bedrijf waar mailings en andere grootschalige verzendingen van drukwerk worden verwerkt. Het heeft allemaal met het machinaal verwerken van grote hoeveelheden papier te maken. In die industrie weet men dat dergelijke processen gebaat zijn bij een vaste temperatuur en een dito luchtvochtigheid. Dat stelt eisen aan voorzieningen en aan de constructie. Aangezien de locatie voor de nieuwbouw beperkt was, is door Blom Architectuur een maatkostuum ontworpen: een grote productiehal gedeeltelijk met twee verdiepingen en op deze hal is het kantoor gebouwd. Dat betekende ruimtewinst en het besparen aan vierkante meters grondoppervlak.



1 | Ontwerpschets bedrijfshal met bovenliggend kantoor
2 | Recente opname (foto Steef Croonen)

De nieuwbouw van Datatrans (foto 1 en 2) staat in Utrecht, om precies te zijn in Leidsche Rijn, langs de A2 ter hoogte van de afrit Maarssen. De keuze voor een overwegend in prefab beton gemaakte structuur, had te maken met de vereiste korte bouw-tijd en een zo open en vrij mogelijke halindeling.

De afmetingen van de hal bedragen 70 x 64 m² bij een hoogte van 8,6 tot 13,5 m (fig. 3 en 4). Aan één gebouwzijde zijn twee trappenhuisen gebouwd die toegang geven tot het kantoor. Het skelet bestaat uit twee verdiepingen hoge kolommen (hart-op-hart circa 8 x 16 m) met daarop balken. De vloeren bestaan uit prefab kanaalplaten. Op de betonnen dakvloer is het kantoor gebouwd, eveneens met prefab draagstructuur, dat uit twee langgerekte delen bestaat (gebouwlengte) met elkaar verbonden door een 'glazen' tussendeel. In de overblijvende ruimte van het dak bevindt zich aan één zijde van het tussendeel een dakterras.

Ontwerp

Het kolommenstramien is zodanig dat voor de gedeeltelijk aanwezige tussenvloer in de bedrijfshal kanaalplaatvloerelementen met een lengte van 16,5 m werden toegepast. De dakvloerelementen hebben een overspanning van 22 m.

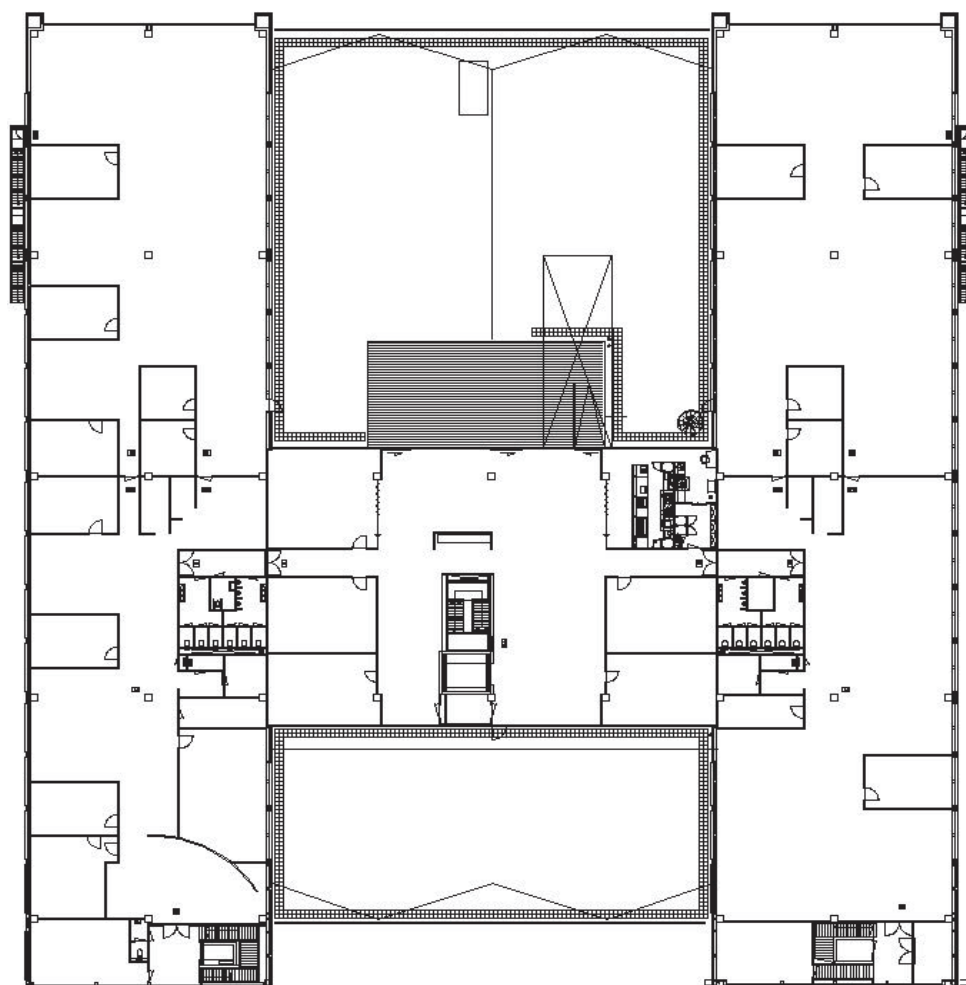
Het regelmatige kolommenpatroon (foto's 5 t.m. 8) geeft het gebouwinterieur een overzichtelijke aanblik. De kolommen zijn van consoles voorzien zodat later gemakkelijk tot uitbreiding van de hoeveelheid vierkante meters vloer van de tussenverdieping kan worden besloten. De draagstructuur van het kantoor boven de hal is eveneens in prefab beton uitgevoerd zodat in één bouwsysteem kon worden doorgewerkt. De verbindingsruimte, is overwegend een glazen 'doos' waarin de kantine is gevestigd (foto 9).

De gevels van de hal zijn in montagebouw uitgevoerd. Een staalplaat bekleding aan de buitenkant, een geperforeerde stalen doos aan de binnenkant met isolatie ertussen. Het kantoorgedeelte bezit binnenspouwbladen van houtskeletbouw en keramische platen aan de buitenzijde.

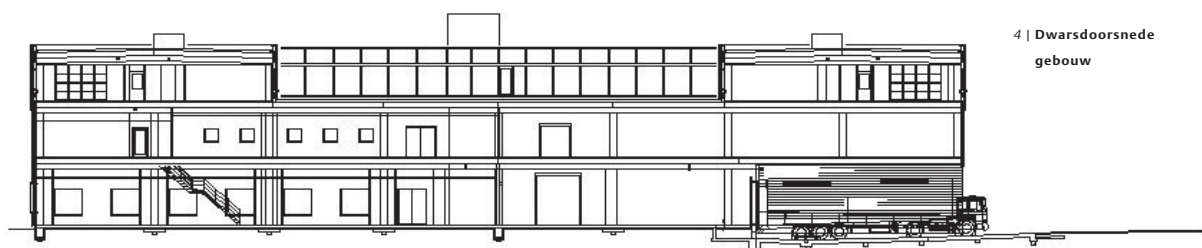
Klimaatbeheersing

Aangezien papier het belangrijkste te verwerken materiaal is, was klimaatbeheersing onontkoombaar. Gekozen is voor het verwarmen en koelen van

Architectuur & ontwerp
 Utiliteitsbouw



3 | Plattegrond kantoor-
 verdieping



4 | Dwarsdoorsnede
 gebouw

de bedrijfshal door gebruik te maken van het warmte-accumulerend vermogen van beton in combinatie met een laagtemperatuur verwarming en ventilatie met behulp van warmtepompen, aangesloten op een bronpompsysteem. Grondwatercircuit en gebouwinstallatie zijn gescheiden door een platenwarmtewisselaar.
 Het is dit laagtemperatuur verwarmingssysteem

waarmee op economische wijze een continue temperatuur in een gebouw kan worden gehandhaafd. In het gebouw wordt een EPC bereikt van 0,96. In de winter is er vraag naar warmte en wordt energie uit grondwater gebruikt om een gebouw op temperatuur te houden. In de zomer wordt de pomprichting omgedraaid en wordt de koude gebruikt om het pand te koelen.

Architectuur & ontwerp

Utiliteitsbouw

5-6 | Overzicht ruwbouw

7-8 | Productiehal en
magazijn

Het grondwater wordt via twee bronputten opgepompt vanaf een diepte van 70 m. De warmtepomp zorgt via de platenwarmtewisselaar ervoor dat de temperatuur van dit water naar een bruikbaar niveau wordt opgewarmd, namelijk van 10 tot maximaal 45 °C. Deze watertemperatuur is voldoende voor vloerverwarming dat als een laagtemperatuurafgiftesysteem wordt aangemerkt. Gestreefd wordt naar een vloertemperatuur van 17 °C.

De werking van een warmtepomp: de energie uit de warmtebron wordt in de warmtepomp geleid en overgedragen op een koudemiddel dat warmte kan opnemen en afgeven. De warmtepomp werkt als een koelkast onder druk en verhoogt op die manier de temperatuur. De warmtepomp geeft daarna die temperatuur af aan het verwarmingssysteem.



9 | Ruime kantine in het middengedeelte van de kantoorvleugels

10 | Vormgevend accent de betonnen hoekgevel, eveneens in prefab elementen uitgevoerd

Het verwarmingssysteem bestaat uit een grote hoeveelheid flexibele slangen in de 70 mm dikke druklaag van de vloer. Er wordt circa 15000 liter water per uur doorgepompt. De berekende totale energiekosten bedragen 60% van de kosten van een traditioneel systeem.

Met het bouwrijp maken van het terrein werd 1 juli 2001 begonnen. Het Datusgebouw is 1 juni 2002 opgeleverd. Dit komt neer op een bouwtijd van slechts 11 maanden. ■

Redactie

Projectgegevens

eigenaar:

CIG Vastgoed

huurder:

Datus / Datatrans

architect en constructeur:

Blom Architectuur en Stedenbouw BV, Rijsbergen

aannemer:

Bouwbedrijf De Waal BV, Utrecht

prefab leverancier:

Oosthoek Kemper, Tilburg

installatietechniek:

Dubotechniek BV, Zaltbommel

bouwmanagement:

Conforum Bouwconsult, Valkenswaard



Runshopping Centre Noorderveld Wormerveer

Hoe ICT in een IFD-bouwproject wordt ingezet

ing. A. Heerink, Ingenieursbureau Bartels
dr.ir. R. Los, Senior CAD Systems BV

AKB de Boele*) heeft in Wormerveer recent het Runshopping Centre Noorderveld gebouwd. Deze Periferieke Detailhandelsvestiging (PDV) met een oppervlakte van 46 000 m² is vrijwel volledig opgetrokken uit prefab-betonelementen. AKB de Boele is een bouwcombinatie die van projectinitiatief tot en met exploitatie het bouwproces beheerst. Daardoor kan moderne ICT-ondersteuning veel beter worden benut dan te doen gebruikelijk. Een beschouwing over wat voor de organisatie van een bouwproject binnenkort gemeengoed zou kunnen zijn.



Het Runshopping Centre (RSC) Noorderveld te Wormerveer bestaat uit zes bouwdelen (fig. 1). De bouwdelen 1, 3, 5 en 6 hebben twee bouwlagen; de bouwdelen 2 en 4 één bouwlaag. De gebouwhoogte bedraagt circa 10 m. De hoofddragconstructie is te zien als een IFD-bouwsysteem met als basis een geïntegreerd ontwerp dat alle relevante bouwdisciplines zoals beton, staal, gevels, daken, installaties en infra omvat. Er zijn voornamelijk gestandaardiseerde betonelementen toegepast; een doordachte manier van bouwen, vergelijkbaar met de wijze waarop we allemaal wel eens met de bekende LEGO-blokjes hebben gespeeld. De hoofddragconstructie omvat balken, vrijdragende vloeren en een uitgekiend stelsel van leidingkokers voor de technische installa-

ties. De elementen zijn zodanig te verschuiven en uit te wisselen, dat men trapgaten, tussenvloeren, vides en dergelijke naar de wensen van toekomstige gebruikers kan inpassen. Het systeem is ook ontwikkeld om maximale flexibiliteit te garanderen. Verbouwingen bij veranderend gebruik zijn eenvoudig te realiseren.

Bouwdelen 1, 3, 5 en 6

De constructie van de tweelaagse bouw (foto 2) haalt zijn stabiliteit horizontaal uit de schijfwerking in dak en vloeren en verticaal uit de inklemming van de kolommen.

Het dak bestaat uit stalen liggers h.o.h. 7,20 m met daaroverheen gordingen h.o.h. 3,60 m. Deze gordingen dragen de dakhuid, bestaande uit isolerende sandwichpanelen met een kunststof dakbedekking. In het dakvlak zijn

stabiliteitsverbanden gesitueerd. Voor de verdiepingsvloeren zijn kanaalplaten ($d = 320$ mm) toegepast met een overspanning van 14,40 m. In combinatie met de monoliet afgewerkte druklaag van circa 80 mm vormt dit een totaal constructiepakket van 400 mm met een veranderlijke belasting van 5 kN/m². De druklaag verzorgt mede de schijfwerking. Langs de randen van de verdiepingsvloer zijn prefab betonbalken toegepast. De verdiepingsvloeren worden ondersteund door omgekeerde T-balken (foto 3). De balklengte is gekozen op basis van de momentennulpunten, waardoor een zogenoemde Gerberligger-balkenstructuur ontstaat. Evenals de betonconstructie worden de balken van het dak ondersteund door kolommen vierkant 500 mm die in de fundering zijn ingeklemd. De kolommen staan in een stramien van 7,20 x 14,40 m². Dit stramien is gebaseerd op het optimaal benutten van de systeenvloer in combinatie met de vloerbelasting. Voor de begane-grondvloer zijn 320 mm dikke kanaalplaten toegepast. Door het aanbrengen van twee prefab betonnen funderingsbalken h.o.h. 2,5 m heeft de kanaalplaat hier een geringere overspanning (ca. 12 m), zodat in combinatie met een monoliet afgewerkte druklaag van circa 80 mm een vloerbelasting van 10 kN/m² mogelijk wordt. De ruimte tussen de twee funderingsbal-

7 | Gebouwindeling van het Runshopping Centre Noorderveld in Wormerveer

*) Onder de AKB de Boele groep ressorteert een aantal bedrijven (Ockenburgh, MBVN projectbouw BV, Building Systems the Netherlands, Senior Cad Systems BV, Runshopping Centre Consultancy BV, Automotive Building Services en BBB Beheer). Met een groep vaste partners/toeleveranciers zoals Ingenieursbureau Bartels en Van Oudenallen is in Nederland al een aantal Runshopping Centres gerealiseerd en er staan nog projecten op stapel.

Constructie & uitvoering

Utiliteitsbouw



2 | Volledig prefab draagconstructie tweelaagse gebouwdelen (boven)

3 | Kanaalplaten voor verdiepingsvloeren liggen op omgekeerde T-balken (onder)

ken wordt benut voor technische installaties. Deze zogenoemde 'slagader' is afgedekt met een kanaalplaat dik 150 mm en voorzien van standaard vloerluiken. De randbalken zijn eveneens uitgevoerd in prefab beton. Alle funderingsbalken rusten op in het werk gestorte, meerpaals betonpoeren. De prefab betonpanelen hebben een lengte van gemiddeld 22 m.

Bouwdelen 2 en 4

De stabiliteit van de éénlaagse bouw (foto 3) wordt verzorgd door schijfwerking in het dak in combinatie met ingeklemde kolommen. Het dak bestaat uit

schaalvormige voorgespannen prefab betonliggers h.o.h. 7,20 m met een overspanning van 25,2 m. De prefab betonkolommen zijn aan de bovenzijde voorzien van een gekromd hamerstuk om de dakelementen te ondersteunen. De schaalbreedte bedraagt 3,0 m waardoor een tussenruimte van 4,2 m tussen de schalen ontstaat. De rand van de schalen dient als oplegging voor de dakplaten, bestaande uit isolerende sandwichpanelen met een kunststof dakbedekking.

Voor de begane-grondvloer zijn kanaalplaten ($d = 320$ mm) toegepast. Het aanbrengen van twee prefab betonnen funderingsbalken h.o.h. 2,5 m om de 14,40 m en een tussensteunpunt van een enkele prefab betonbalk op 7,20 m maakt, in combinatie met een monoliet afgewerkte druklaag van circa 80 mm, een veranderlijke vloerbelasting van 20 kN/m^2 mogelijk.

De prefab elementen van de 'slagaders' zijn identiek aan de elementen in de overige bouwdelen. De randbalken zijn ook uitgevoerd in prefab beton. De fundering is verder identiek aan de overige bouwdelen.

CAD-omgeving en bouwdelenbibliotheek

Het leuke van de Runshopping-projecten is dat ze constructief erg veel op elkaar lijken. Ze bestaan vaak uit prefab betonconstructies die op elkaar worden gestapeld. Met behulp van een 4D IFD-bouwwijze kan zonder aannemer aanzienlijk sneller en efficiënter worden gebouwd. Aangezien de Groep het bouwproces van begin tot eind beheerst is het mogelijk om veel beter gebruik te maken van moderne ICT-ondersteuning dan te doen gebruikelijk. In principe wordt het totale ontwerp volledig in een 3D-ontwerpomgeving opgezet met het systeem STAR-Archi. Dit is een ontwerpomgeving die vooral in België zeer populair is. STAR-Archi werkt

vanuit een bibliotheek van bouw-elementen waarmee bijna fysiek een gebouw in elkaar kan worden gezet cq. gestapeld. Deze bouw-elementen zijn elektronische representaties van prefab betonelementen. Daarnaast is tevens een bibliotheek van standaard constructieve oplossingen ontwikkeld. Deze constructieve 'details' kunnen in elk gebouw opnieuw worden toegepast. Ze zijn zeer ver uitontwikkeld en maken gebruik van de standaard bouw-elementen.

In STAR-Archi wordt het complete ontwerp van de gebouwen vastgelegd, waarna de benodigde tekeningen vanuit het model worden gegenereerd door zogenoemde doorsnede-berekeningen. Deze doorsneden zijn de details. Ze worden onder meer gebruikt in de bouwaanvraag en voor constructieve berekeningen. De tekeningen van de bouw-elementen worden kortgesloten met de toeleveranciers zodat die daarmee hun gereedschappen (gietsmallen, bekistingen enz.) kunnen maken. In de toekomst zouden de toeleveranciers de 3D-modellen vanuit STAR-Archi via een neutrale interface moeten kunnen overnemen.

De praktijk

In de praktijk is het nog niet zo eenvoudig om volledig in een 3D-omgeving te werken. Het blijkt dat ontwerpers moeten groeien in het gebruik van een dergelijke omgeving en het 2D-tekenen moeten afleren. Verder is de voortgang van het 'tekenwerk' op de tekenkamer moeilijk meetbaar. Je bent immers bezig een compleet gebouw te modelleren en de tekeningen zijn allemaal tegelijk klaar met een 'druk op de knop'. Voor tekenkamer-managers is het lastig de voortgang van het werk te monitoren. Daarom zijn er methodes ontwikkeld om toch de voortgang te kunnen bepalen. Bovendien blijkt dat er erg veel inspanning moet worden gele-

verd om vanuit het 3D CAD-systeem de nodige 2D-tekeningen van voldoende kwaliteit te genereren. Vaak is nabewerking in bijvoorbeeld AutoCAD noodzakelijk. Je krijgt dan een beheersprobleem: wijzigingen die je in AutoCAD aan het ontwerp doorvoert moet je ook in het 3D-model doorvoeren. Eigenlijk zou je de 2D-tekeningen in AutoCAD alleen mogen 'opleuken', met bijvoorbeeld betere arceringen, bijchriften en maatvoeringen. De conclusie is dat je gebruik moet maken van een goed Elektronisch Documentenbeheersysteem om het totaal consistent te houden. Wil je de tekeningen ook nog uitwisselen met partners (en dat willen we), dan is een op Internet gebaseerde oplossing noodzakelijk. File2Share is een goede optie.

Werken vanuit bouwdeelbibliotheken

Op dit moment moet de geometrie van nieuwe bouwdelen in het CAD-systeem worden ingevoerd. Hoewel slechts eenmalig, is het toch een hele klus. Niet alleen de geometrie moet worden ingevoerd, ook moet worden vastgelegd op welke wijze de bouwdelen op de tekening moeten worden gerepresenteerd, afhankelijk van de gebruikte schaal en toepassing. Verder wil je niet afhankelijk zijn van één CAD-omgeving. Maar, als je gegevens wilt gaan delen, wil je als individueel bedrijf je eigen keuze kunnen maken voor je ICT-omgeving. Daarom is het noodzakelijk gebruik te maken van neutrale standaarden. Helaas zijn de bekendste tussenstandaarden nog lang niet genoeg 'af' om in de praktijk zonder veel problemen te worden toegepast. Het verlies aan informatie tijdens de uitwisseling is nog te groot.

Koppeling aan de planning

Doordat alle bouwelementen in een database zitten die naar AutoCAD kan worden geëxporteerd, kunnen we de planning koppelen aan de bouwelemen-

ten. Hiervoor is in de programmeertaal van AutoCAD en het spreadsheetprogramma EXCEL een speciaal toepassingsprogramma geschreven. De 'toegepaste' bouwelementen krijgen daarmee een vierde dimensie, namelijk de tijd. We kunnen nu het hele montageproces simuleren. Het uiteindelijke resultaat is dat voor het hele assemblageproces een draaiboek kan worden gegenereerd. Natuurlijk moeten deze draaiboeken regelmatig worden geactualiseerd aan de werkelijke bouwvoortgang. Ten slotte geldt nog steeds, dat "hoe nauwkeuriger je plant, des te harder het toeval toeslaat". Voordeel van het werken met draaiboeken is dat de toeleveranciers, die steeds de dagelijks bijgewerkte draaiboeken krijgen, hun toeleverlogistiek kunnen aanpassen aan de bouwvoortgang en dat er 'just-in-time' kan worden geleverd (fig. 4, foto 5).

Extra spin-off

De bibliotheek van bouwelementen, standaarddetails en planningen vormt een compleet informatiemodel van waaruit met alle betrokkenen wordt gecommuniceerd. Ook in het voor- (verkoop) en natraject (park-management) hebben we veel voordeel van dit informatiemodel. We kunnen in een vroeg stadium met potentiële klanten, huurders, overheden en andere betrokkenen 'door het te bouwen object' lopen en snel consensus over het ontwerp bereiken. Het model is na de bouw bruikbaar om beheersgegevens aan vast te knopen die nuttig zijn voor het monitoren van bijvoorbeeld energiegebruik en beveiliging.

Conclusies

We hebben een bouwmethode ontwikkeld waarmee snel, efficiënt en met weinig faalkosten zogenaamde perifere detailhandelvestigingen (PDV's) in prefab beton kunnen worden gerealiseerd. Het bouwproces op



het werk is gereduceerd tot een assemblageproces dat grotendeels door de toeleveranciers kan worden uitgevoerd. Door slimme oplossingen te standaardiseren kunnen we bij elk nieuw project voortbouwen op wat we hebben en daarmee bouwtijd en kosten steeds verder terugbrengen, dan wel veel extra's bieden aan de gebruikers, voor hetzelfde geld. De toepassing van ICT biedt veel extra mogelijkheden. We gebruiken de computer niet meer als potlood, maar bouwen in de computer een model op waaruit we tekeningen genereren die voor de communicatie met onze omgeving nodig zijn. Koppelen van het CAD-model aan de planning levert montagedraaiboeken op waardoor het bouwproces veel eenvoudiger wordt en beter beheersbaar.

Uit een goede samenwerking met een groep vaste toeleveranciers zijn voor alle betrokkenen veel voordelen te behalen. ■

4 | Simulatie van de montage binnen het digitale draaiboek (boven)

5 | De werkelijke situatie komt goed overeen met de voorspelde (onder)

