

Relatie tussen
architect
en
constructeur



Construeren in
prefab beton



Red. 1956

RELATIE TUSSEN ARCHITECT EN CONSTRUCTEUR
CONSTRUEREN IN PREFAB BETON

617457

afscheidrede

Hogeslag_
red_
1994

UITGAVE Publikatieburo Bouwkunde
 Faculteit der Bouwkunde, Technische Universiteit Delft
 Berlageweg 1, 2628 CR Delft / Telefoon (015) 784737

VORMGEVING Publikatieburo Bouwkunde

DRUK Universiteitsdrukkerij

CIP-GEGEVENS Koninklijke Bibliotheek, Den Haag

ISBN 90-5269-172-x

COPYRIGHT © 1994 Prof.ir A.J. Hogeslag

Niets uit deze uitgave mag worden veeleelvoudigd en/of openbaar
gemaakt worden doormiddel van druk, fotokopie, microfilm of op
welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke
toestemming van de uitgever.



Publikatieburo Bouwkunde
Uitgeverij

Relatie tussen architect en *constructeur*

Construeren in prefab beton

Afscheidsrede van prof.ir A.J. Hogeslag

*Mijnheer de Rector Magnificus en
overige leden van het College van Bestuur
Collegae hoogleraren en andere leden van deze
universitaire gemeenschap,
Zeer gewaardeerde inleiders van vanochtend,
Zeer geëerde gasten en belangstellenden,
Dames en Heren,*

Proloog

Eind zestiger jaren mocht de Parochie Pastoor van Ars in Den Haag een nieuwe kerk bouwen. In de toen sterk aangehangen oecomenische gedachten werd als architect aangetrokken de protestant Aldo van Eyck. Corsmit, laat ik maar zeggen: mijn toenmalige baas, behorend tot de betreffende parochie, traditioneel rooms-katholiek, opgegroeid met kaarsen en beelden, werd de constructeur. Aldo van Eyck laat zich de essenties van het rooms-katholieke geloof uitleggen en maakt van daaruit zijn ontwerpen.

Corsmit ontvangt het schetsontwerp en ziet een schakeling van hogere en lagere ruimten met grotere en kleinere overspanningen, met halfronde nissen, een kleine deur aan de zijkant en een draagconstructie van gemetselde betonblokken en een dak gesteund door een balkenrooster op de snijpunten onderbroken door lichtkoepels.

Corsmit, verbaasd, slaat onmiddellijk aan het schetsen van tegenvoorstellen.

Op de afgesproken planbespreking werden na de eerste plichtplegingen - de heren kenden elkaar nog niet - door Corsmit de tegenvoorstellen op tafel gelegd met de opmerking, dat hij het schetsontwerp wat verbeterd had. Nu is het karakter van Aldo van Eyck nogal ontvlambaar en Corsmit hoorde ook niet tot de flegmatieke mensen. Toevallig zat ik tussen beide heren in, anders was deze kerk, vermoed ik, nooit gebouwd. Nadat de eerste storm was geluwd heb ik als buffer en tolk en een beetje als meedenker mogen optreden. Er volgden meerdere gesprekken. Wederzijds begrip en respect bloeiden op; wederzijdse ideeën en voorstellen werden besproken. Bij het definitieve ontwerp begrepen beide heren elkaar helemaal. Na de realisatie van het project heeft Corsmit er nog een aantal jaren naar tevredenheid gekerkt. In de lectuur wordt de kerk als een geslaagd ontwerp van Aldo van Eyck aangehaald.

Relatie tussen architect en constructeur

Bridging the gap, de relatie tussen architect en adviseur, was het thema van het symposium van vanochtend. Het inleidende stukje geschiedenis geeft, impliciet, *mijn* visie op de relatie tussen architect en adviseur: samen, in onderlinge discussie, met begrip voor elkaanders opvattingen en ideeën werken aan de vormgeving van het project. Daarbij mogen best eens wat emoties vrijkomen. De architect treedt op als de ontwerper, die

- uitgaand van het programma van eisen en
- van door de omgeving of door zichzelf opgelegde randvoorwaarden
- staat voor de vormgeving van de massa's en de ruimten en voor de materialisatie.

De constructeur is de ontwerper, die

- uitgaande van het programma van eisen en het massaplan,
- rekening houdend met een efficiënt en verantwoord opnemen en afvoeren van op het project werkende krachten
- daarbij de duurzaamheid en maakbaarheid van de constructie in acht nemend,

zorg draagt voor de vormgeving van de draagconstructie, passend in het architectonisch concept. Daar, waar de technische installaties een belangrijke rol spelen - en dat is, steeds vaker het geval - moet de adviseur voor de installaties in het ontwerpoverleg betrokken zijn, even zo goed als de adviseurs voor alle andere disciplines, die in een concreet ontwerp aan de orde komen.

Ik beperk mij nu tot de constructeur. Voor *mijn* gevoel trapte ik een open deur in; ik zelf zie de kloof tussen deze ontwerpers namelijk niet; ik heb ze ook nooit ervaren. Zelf heb ik altijd vanuit deze opvatting van samenwerking kunnen opereren en in die sfeer heb ik ook mijn kennis proberen over te dragen aan de studenten zowel op Bouwkunde als op Civiele Techniek.

Echter, door mij geachte collega's en constructeurs constateren met de naamgevers van het symposium in de praktijk een andere situatie.

Zo citeert oud-collega Dicke, kennelijk met instemming, in zijn afscheidrede de vermaarde, Duitse constructeur Polonyi uit diens rede gehouden ter gelegenheid van zijn eredoctoraat aan de Gesam-

thochschule te Kassel. Ik citeer Dicke: "In die rede vergelijkt Polonyi de constructief ontwerper, de ingenieur, met de architect. Hoe hoort de ingenieur, evenals de architect, zijn constructieproblemen aan te pakken en hoe is de praktijk? Hij hoort dat te doen op inductieve wijze. Dat betekent eerst de opgave zelf analyseren, dan de problemen zelf onderzoeken, waarna aan de oplossing kan worden gewerkt.

Maar in de praktijk werkt de ingenieur op deductieve wijze, waarbij een geldige leerstelling wordt geformuleerd en toegepast.

Hij zoekt eerst naar gebruiksmogelijkheden van zijn "instrumentarium" en niet naar de oplossing van problemen.

Daar de architecten de inductieve wijze van denken en de ingenieurs in het algemeen de deductieve wijze volgden, is er een scheiding ontstaan tussen de architecten en ingenieurs. Hun denkrichtingen zijn tegengesteld". Einde citaat.

Collega Krijgsman zegt in zijn intreerede, waarin hij aanhaakt op hetgeen oud-collega Huisman van de T.H.-Eindhoven bij zijn afscheidscollege heeft gezegd: Ik citeer:

"De constructeur heeft de neiging zich te beperken tot het toepassen van verworven kennis: het deductieve denkpatroon. De architect werkt meer op basis van intuïtie: de inductieve denkwijze. De creatieve inval is immers niet door de rede, het logisch denken, te vatten". Einde citaat.

Deze uitspraken zijn weliswaar voorzichtig geformuleerd, toch heb ik de indruk, dat teveel naar de randen van het veld wordt gerekeneerd. Niet meer de architect en de constructeur, zoals ik die hiervoor heb beschreven, worden vergeleken, maar de beeldende kunstenaar, de plastische vormgever en de rekenaar. De beeldende kunstenaar wil ik hierbij beschrijven als de man of vrouw, die uit klei een kunstwerk boetseert, uit draad een boeiend lijnenspel modelleert of op papier fraaie vormen schetst en het resultaat dan een bouwwerk noemt. Knappe, onmisbare mensen maar geen architecten. Onder de rekenaar wil ik verstaan de man of vrouw met een grote kennis van rekentechnieken en voorschriften, die het schier onmogelijke nog in schema weet te brengen en recht te rekenen, maar in de vormgeving niet meer bijdraagt dan het bijstellen van een afmeting. Vaak knappe mensen, maar geen constructeurs.

Ik kan en wil het daarom met voorgaande aanhalingen maar ten dele eens zijn. Omdat zij ontwerpers zijn, behoort het inductieve den-

ken bij zowel de architect als de constructeur aanwezig te zijn. De constructeur maakt een vergelijkbaar ontwerpproces door als de architect. Hij analyseert en onderzoekt wel degelijk en komt zo tot een synthese. Dat laatste zelfs niet zelden bij ingeving. Hoe vaak komt het niet voor, dat een constructeur bij zichzelf zegt: "Zo moet het", de bekende eerste gedachte, die later, vaak na veel studie en onderzoek, inderdaad de beste blijkt te zijn.

En - daarnaast - hoe vaak komt het niet voor, dat de architect deductief denkt en voor een probleem een boekjesoplossing kiest? Een "gap", een gebrek aan samenwerking en aan integratie, kan ik mij alleen maar goed voorstellen, wanneer één van de partijen, of misschien beide, gewoon niet goed is en het gebrek aan kennis en/of kunde wordt ontkend door zich een machtspositie aan te meten; het "architectonisch onaanvaardbaar" of het "constructief ontoelaatbaar".

Betekenis van het onderwijs

Bridging *this* gap is weggelegd voor het onderwijs door zorg te dragen voor een goede opleiding en het aankweken van de juiste attitude. Hiervoor staat in Delft voor de architect de Faculteit der Bouwkunde en voor de constructeur de Faculteit der Civiele Techniek.

Bouwkunde

Opdat de architect met begrip voor de draagconstructie met de constructeur kan communiceren zal hij weet en gevoel voor de krachtsafdracht moeten hebben, inzicht moeten hebben in de economie van de krachtsafdracht, dus weten dat krachtoverdracht via normaal krachten in principe minder materiaal vergt dan krachtoverdracht via buiging en dwarskracht; hij moet weten hoe de constructiematerialen reageren op de aangebrachte belastingen en/of zij kunnen passen in zijn ruimtebeeld, dus weet hebben van de mogelijke verschijningsvormen en van de noodzakelijke dimensies van constructiedelen. De uitvoeringswijze en mogelijkheden moeten tot het kennispakket behoren. Zo hij deze kennis en dat gevoel en ook de kunde om er mee om te gaan *niet* heeft, is het gevaar groot, dat hij zich een verkeerd ruimtebeeld vormt. Dat is, zo heeft de ervaring mij geleerd, daarna moeilijk of soms zelfs *niet* bij te stellen. Dat frustrereert dan het overleg met de constructeur.

Tot mijn spijt moet ik vaststellen, dat op Bouwkunde de kennisoverdracht van krachtswerking en constructieve vormgeving - misschien ongewild - onder druk staat. Ik heb nog het vertrouwen, dat het belang van deze vakken voor een goede architectenopleiding door de beleidsmakers wordt ingezien. Echter een ongelukkige verdeling van kennisoverdrachtsmogelijkheden in kleine partjes over blokken en modules tot nu toe, brengt deze vakken te weinig en te laat onder de belangstelling van de studenten. Daarbij stimuleren compensatiemogelijkheden in de cijfers per blok of module de studenten niet zich voor deze kleine vakken in te spannen, zeker de calculerende studenten niet. Even tussendoor voor de niet-ingewijden: blokken en modules zijn min of meer afgeronde studie-eenheden waaruit het studieprogramma in de eerste twee jaren resp. de laatste twee jaren op Bouwkunde is opgebouwd.

Verder zorgt een voor mij steeds onbegrijpelijker wordende uren-toedeling ervoor, dat de formatie van de sectie Krachtswerking en Draagconstructies voortdurend weer onder druk komt te staan met het gevaar, dat zich een vicieuze cirkel inzet.

Op dit moment bestaat reeds een gat tussen gevraagde inspanning en toegekende formatie. Laat dit signaal vanuit één van mijn weinige frustraties er toe bijdragen, dat dit gat gedicht wordt.

Aan de evaluatie van de blokken wordt gewerkt, voorzichtig wordt al gepraat over herrangschikking van vakken. Ik hoop, dat de deelnemers aan de beraadslagingen hierover - waarvan zeer velen architect/docenten - er zich van bewust zijn, dat zij redeneren vanuit *hun* kennis en kunde in de verwerving waarvan docenten als Kist, Dicke en Oosterhoff met veel meer uren Toeg. Mechanica en Constructief Ontwerpen nog een duidelijke rol hebben gespeeld; wat zij weten en kunnen, moeten ook de toekomstige architecten tenminste weten en kunnen.

Ik vertrouw op een positieve uitkomst voor het bouwkunde-onderwijs in zijn totaal en in het bijzonder voor krachtswerking en constructieve vormgeving, opdat de architect straks op niveau met de constructeur kan overleggen, kan blijven overleggen.

Civiele Techniek

Opdat de civiel ingenieur, die zijn voorland ziet liggen op het gebied van het ontwerpen van draagconstructies voor bouwwerken - de constructeur dus - op zijn beurt de discussie met de architect op niveau kan aangaan, zal hem begrip moeten worden bijgebracht voor maat en verhoudingen en voor de wijze, waarop ruimten worden gevormd en geordend. Meer nog zal de civiel ingenieur meer in het algemeen moeten worden opgeleid tot ontwerper. Een vaststelling, die de laatste jaren allerwegen wordt onderschreven. Aan de voorzieningen daarvoor wordt nu gelukkig hard gewerkt. De opgang zijnde herziening van het onderwijsprogramma, leent zich daar uitstekend voor. Een belangrijke rol in de vorming tot ontwerper kunnen en zullen Algemene Constructieleer en het projectonderwijs spelen.

Reeds ingezette veranderingen en het kader voor verdergaande veranderingen, opgezet in de laatste jaren, dat ik bij deze onderwijs-onderdelen betrokken was, kunnen daartoe bijdragen. Ik hoop, dat mijn opvolger dan zal kunnen verwezenlijken, wat mijn voorganger Dicke en ik hebben nagestreefd: de civiel ingenieur een ontwerpers-attitude mee te geven. De vakgroep Utiliteitsbouw of straks de nieuwe vakgroep Bouwtechniek en Bouwproces (B en B), zal daar dan het ontbrekende aan toe moeten voegen om van die civiel ingenieur een constructeur te vormen. Gezien de meer dan hoogstwaarschijnlijke samenstelling van het docentencorps van de nieuwe vakgroep B en B zie ik dat wel zitten.

S a m e n w e r k i n g

Voor het aankweken van een goed wederzijds begrip tussen architect en constructeur is een voor de hand liggende gedachte een verdergaande samenwerking tussen Civiele Techniek en Bouwkunde op onderwijsgebied. U zult van mij nu geen pleidooi voor een gezamenlijke basis of propaedeuse gaan horen. Ik geloof daar namelijk niet in.

Eerstens, omdat de gemiddelde student, die zich voor Civiele Techniek in laat schrijven anders geaard is en andere toekomstverwachtingen heeft dan de student, die zich laat inschrijven voor Bouwkunde. Tweedens: omdat het model van Bouwkunde Eindhoven dan al snel om de hoek komt kijken. Dat zou een doublure betekenen en, Eindhovenaren vergeef mij, een verarming door het ontbre-

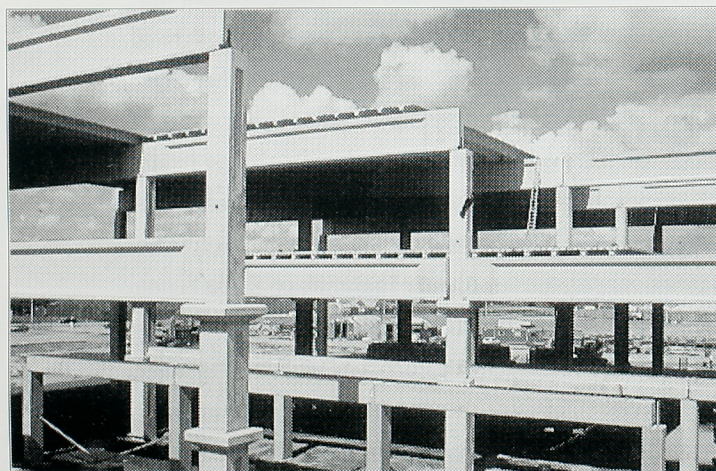
ken van enige affiniteit tot de natte bouw en de wegenbouw bij degenen, die op Civiele Techniek de droge richting kiezen. Niet doen dus. Wel goed mogelijk is, volgens mij, dat de droge civiele studenten in uitbreiding op wat nu al gebeurt bij het module BM: "Hoogbouw" op Bouwkunde kunnen deelnemen in daarvoor geschikte blokken en modulen. Voor de insiders: ik denk daarbij aan de blokken 8 en 9 en de modulen A3, AM en uiteraard BM.

Bouwkunde-studenten Architectuur zouden op hun beurt in hun vrije studieruimte op kunnen nemen vakken als g52, g14 en g26, gericht op draagconstructies van gebouwen in respectievelijk hout, staal en beton.

Op deze wijze zou de school kunnen bijdragen tot het overbruggen van de in de praktijk gevoelde kloof tussen architect en constructeur: Dus door ontwerpers op te leiden, die door verschil in individuele talenten weliswaar verschillend en daardoor architect of constructeur zullen zijn, maar die elkaar wel kunnen aanvullen.

Samen kunnen zij dat goede bouwwerk afleveren.

Soms zal er dan op één van beide faculteiten een student zijn, die alle talenten in zich verenigt: een toekomstige Paxton, Eiffel, Toroja of Nervi. Die wordt dan eerder ontdekt.



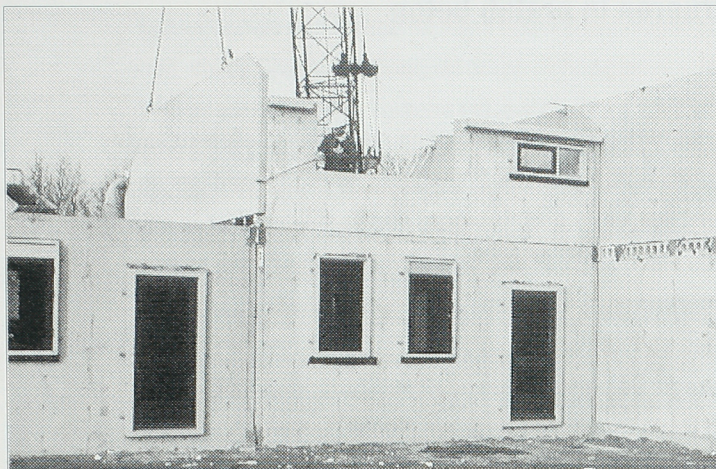
Construeren in prefab beton

Verleden

Als tweede hoofdstuk kan ik het bouwen met vooraf, fabriekmatig gemaakte, gewapend betonnen bouwdelen, wat eenvoudiger gezegd: het construeren in prefab beton, niet vermijden. Het is mijn hobby. De titel van deze rede zal in dit geval een beetje vrij moeten worden geïnterpreteerd. The "gap" is een tijds kloof of een kloof tussen niet-weten en wel-weten.

Zoals gezegd: De prefab beton heeft mijn bijzondere belangstelling. Die heb ik al vroeg meegekregen. Zweers, bij wie ik afgestudeerd ben, was naast hoogleraar ook adviseur bij het toenmalige Schokbeton. Hij besteedde zo'n 45 jaar geleden in zijn colleges reeds vrij veel aandacht aan deze manier van bouwen. Volgens hem *de* manier van bouwen in beton voor de toekomst. Een toekomst, die hij zeker niet op meer dan 50 jaar afstand zag liggen, zoals we nu moeten vaststellen. Zijn colleges boeiden mij en de aangevoerde argumenten spraken me aan. De samenwerking, later, met Corsmit heeft mijn belangstelling voor het construeren in prefab beton zeer sterk gestimuleerd. Corsmit was afkomstig uit de prefab industrie; hij was de ontwerper van het woningbouwsysteem Rottinghuis; hij was een overtuigend "prefabber". Op ons bureau, het Raadgevend Ingenieursbureau Corsmit, werd nagedacht en gediscussieerd over de wijze, waarop de prefabricage in het bouwen met beton verstandig kon worden toegepast.

Wij investeerden vrij veel tijd en dus geld in deze research. Meer gestructureerd werd het onderzoek bij ons bureau, maar vooral ook meer in het algemeen, vanaf nu 35 jaar geleden, vanaf de oprichting van de Stupré, de Studievereniging voor Prefabricage. Vanuit het bureau hebben wij voortdurend deelgenomen aan het werk van één of meer studiegroepen. Zelf heb ik daarin heel trouw geparticipeerd; ik kan mij geen studiegroeploze periode herinneren. Het eerste, waarmee ik 40 jaar geleden in aanraking kwam was de woningbouw. Er heerste nog volop woningnood en het halen van het bouwcontingent was een politieke must. Bovendien vakbekwame bouwvakarbeiders waren schaars. Men zag toen in het prefabriceren door de fabriekmatige aanpak de mogelijkheid om te komen tot een grotere woningproductie met minder geschoolde arbeidskrachten.

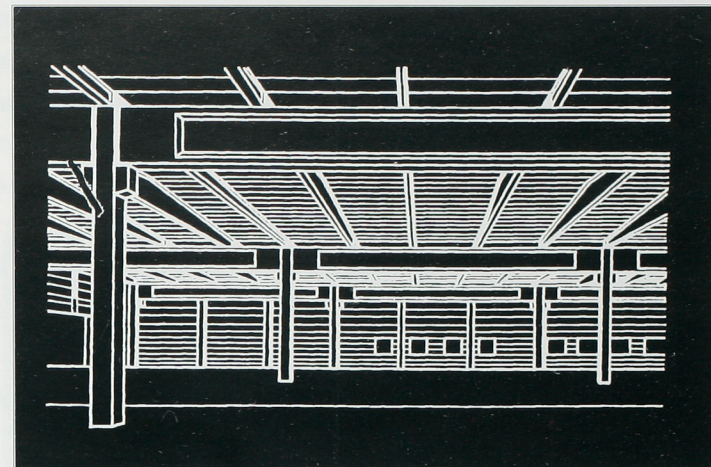


De neiging is groot hierop verder te gaan, omdat op het gebied van de woningbouw zich interessante ontwikkelingen hebben voorgedaan, die later in de niet-woningbouw een reprise vonden. De beschikbare tijd laat mij dat helaas niet toe.

Draagconstructies in gewapend beton, die veertig tot dertig jaar geleden werden ontworpen, waren in het werk te storten, monoliete constructies: kolommen, wanden, balken en vloeren vormden één onverbreekelijk geheel. Als men een draagconstructie wilde prefabriëren moest de als monoliet ontworpen constructie worden vertaald. Dat gebeurde door de constructie als het ware in delen te knippen. Op de bouwplaats werden deze onderdelen na vervaardiging in de fabriek door aanstorten weer verbonden tot een monoliete constructie.

Toen in het begin van de jaren 70 een recessie in de bouw optrad zakte bij de utiliteitsbouw de markt voor de prefab in. In de civiele techniek bij de infrastructurele werken, denk aan viaducten, ging de toepassing en ontwikkeling wel door, waardoor tenminste een aantal bedrijven zich konden handhaven.

Voor de utiliteitsbouw kwam een ommekeer met het inzicht dat prefab beton naast hout, staal en in het werk gestort beton een zelfstandig constructiemateriaal is met zijn eigen consequenties voor de vormgeving van de draagconstructie en voor veel architecten ook voor de vormgeving van het gebouw. De knopen werden uit elkaar gehaald, de verbindingen gelegd daar, waar zij gemakkelijk te maken



waren. Door de constructie van de verbindingen zodanig te ontwerpen, dat zij eenvoudig en snel te monteren waren, kon worden bereikt, dat de bouwsnelheid wezenlijk kon worden verhoogd en kwam te liggen op het niveau van dat andere prefab constructie-materiaal bij uitstek: staal.

Daarnaast heeft een belangrijke rol gespeeld de ontwikkeling van de kanaalplaat.

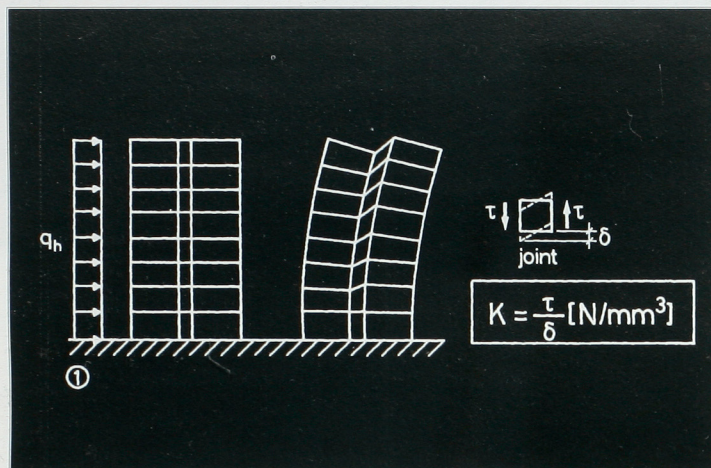
Met dit gestandaardiseerd fabrieksprodukt kan een relatief goedkope vloer worden gemaakt, waarbij vrije overspanningen tot 14,5m en nu ook al tot 18m mogelijk zijn, zonder dat de bouwkosten stijgen, in vergelijking tot het toepassen van een tussensteunpunt en kleinere overspanningen. Dit, omdat de meerkosten van de grotere overspanning bij deze vloeren lager liggen dan de kosten van een tussensteunpunt. Bovendien is een winst in bouwtijd te bereiken.

Onderzoek

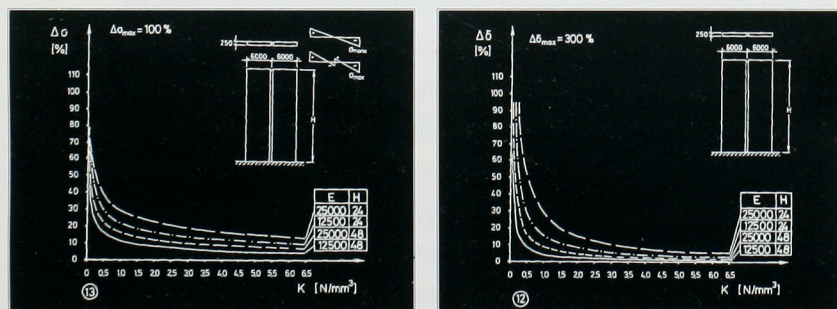
Een draagconstructie bestaande uit een min of meer losse stapeling van elementen kan geen of nauwelijks weerstand bieden aan horizontale belastingen, zij heeft geen of onvoldoende standzekerheid, zij mist het monoliete karakter, het is een kaartenhuis.

Ter verzekering van de standzekerheid zijn bijzondere maatregelen noodzakelijk. Bij halachtige gebouwen kunnen dat nog zijn op de fundering ingeklemde kolommen, voor verdiepingbouw zullen daartoe verstijwingswanden moeten worden toegepast, danwel een

op de fundering ingeklemde kern. De verticale voegen tussen de elementen, waarmee de stabiliteitsvoorzieningen worden samengesteld, blijken van grote betekenis voor het sterkte- maar vooral het stijfheidsgedrag van deze voorzieningen.



De afschuifweerstand van de voeg, te definiëren als $K = \frac{\tau}{\delta}$ is zeer bepalend voor de grootte en het verloop van de buigspanningen in de horizontale doorsnede van een verstijwingswand of kern; een lage waarde voor K kan de grootte van de verticale buigspanningen aanzienlijk doen oplopen. Zie de grafieken.

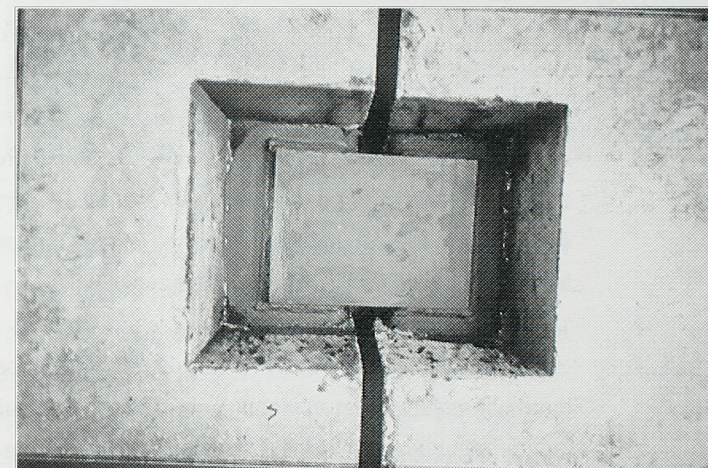


Bij hoge K -waarden, groter dan 12, is het gedrag van een geprefabriceerde stabiliteitswand als ware hij monoliet. Voor de grootte van de uitbuigingen; geldt een sterkere invloed van K . Eerder uitgevoerd onderzoek door o.a. Pommeret en Schwing had al geleerd hoe een

verticale voeg moet worden vormgegeven om een zo hoog mogelijke K -waarde te bereiken: de in het werk aangestorte, getande en gewapende voeg. Het is een bewerkelijke, op de bouwplaats veel tijd vragende verbinding. Volgens huidige opvattingen omtrent prefabriceren, eigenlijk een ouderwetse verbinding.

Meer in de lijn liggend is een droge, gelaste verbinding met een of twee plaatselijke, puntvormige koppelingen per bouwlaag.

Ofschoon toegepast in het woningbouwsysteem van Heem beton, was over de sterkteberekening weinig bekend en over het stijfheidsgedrag helemaal niets.



Na onderzoek en bestudering weten wij over dit voegtype nu redelijk veel, zodat hij goed kan worden ontworpen en er goed mee kan worden geconstrueerd. Bij de eenvoudige uitvoering, dat wil zeggen met twee lasverbindingen per verdieping, is de K -waarde echter slechts ~ 2 . Deze voegconstructie moet zeker bij gebouwen met meer dan 5 bouwlagen op stijfheid worden ontworpen.

De horizontale voegen spelen een minder doorslaggevende rol in dit vervormings- en krachterspel, mits zij ongescheurd blijven, dus er altijd een drukspanning in de hele voeg aanwezig is. Om een eenvoudige constructie voor een horizontale voeg in de prefab bouw te kunnen bereiken is dit een zwaarwegende eis. Door een goed ontwerp van de totale constructie kan worden bereikt, dat een belangrijk deel van de verticale gebouwbelasting kan worden overgedra-

gen naar de standzekerheids-onderdelen, waardoor daarin een grotere drukkracht ontstaat. Dit zal ruimtelijke en architectonische vormgevingconsequenties tot gevolg hebben. De bijna algemeen levende opvattingen, dat de stabiliteitsconstructies moeten samenvallen met de elementen voor verticaal transport, zoals liftschachten, leidingsschachten, trappenhuizen, is in principe dan ook helemaal verkeerd; het is een wijdverbreide misvatting. Immers de plaats van de stabiliteitsconstructies is afhankelijk van constructie-eisen; de situering van de elementen voor verticaal transport wordt bepaald door functionele eisen. Mocht het ondanks inventiviteit en vele pogingen toch niet lukken om langs natuurlijke weg voldoende drukkracht, die bovendien centrisch of slechts weinig excentrisch aangrijpt op de standzekerheids-constructie over te brengen, dan bestaat een kunstmatige correctiemogelijkheid: het voorspannen. Nu brengt het voorspannen van constructiedelen opgebouwd uit prefab elementen, enige specifieke problemen met zich. Ook deze hebben onderwerp van studie uitgemaakt, waardoor daarin nu inzicht is verkregen en er zowel in ontwerp als in berekening goed mee kan worden omgegaan.

Ik heb voorgaande constructieproblemen wat meer gedetailleerd genoemd, omdat zij met de schrijfwijze van uit prefab elementen samengestelde vloeren de hoofdonderwerpen zijn geweest van mijn onderzoek aan de TU op prefab gebied. Daarbij heb ik in hoge mate kunnen steunen op afstudeerwerk van civiele studenten en de resultaten van research in Stupré- en CUR-cies, waarbij vaak het IBBC - het huidige TNO-Bouw - als uitvoerder was betrokken. Het zij hier opgemerkt, dat ik de samenwerking in dit kader met TNO-Bouw erg positief heb ervaren en dat ik het jammer vind, dat daarin de laatste paar jaren een dip is ontstaan. De bezuinigingen?? Het werk van de afstudeerders was bijzonder waardevol. Ik heb het geluk gehad een aantal goede studenten te mogen begeleiden bij hun afstudeeropdracht.

Voor de goede orde wil ik tussendoor opmerken, dat een aantal jaren lang ook het repareren van betonconstructies veel aandacht in het onderzoek heeft gehad met relatief veel afstudeerders. Enkelen daarvan ontmoette ik in de dagelijkse praktijk van het betonrepareren regelmatig, op prominente plaatsen.

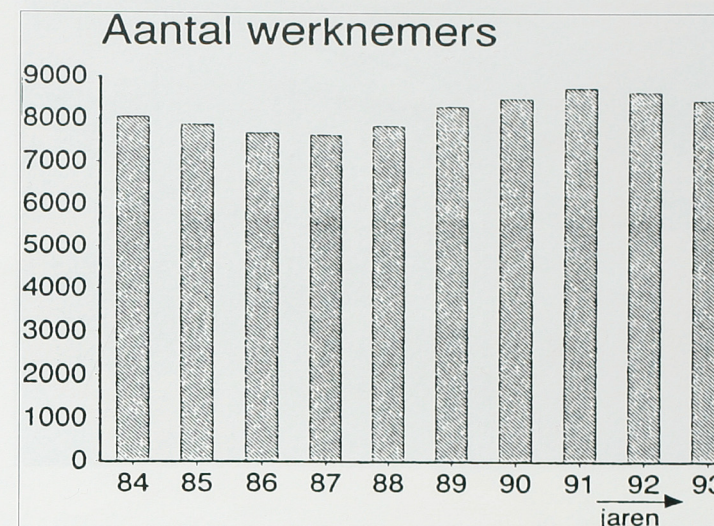
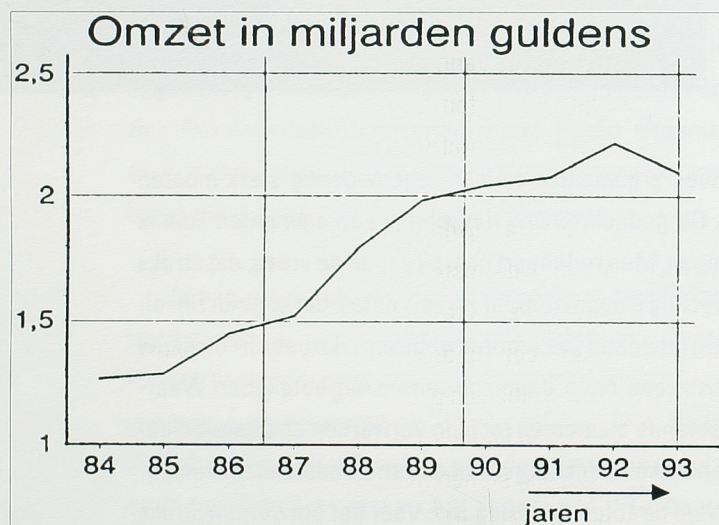
Heden

De argumenten, die thans voor het toepassen van prefab opgeld doen; staan nu geprojecteerd op het scherm:

Bouwsnelheid	
Beperkt Bouwterrein	
Kwaliteit:	materiaalkundig vormgevingsvrijheid afwerkingsmogelijkheden
Flexibiliteit	
Mileuaspekten:	demonteerbaar bouwen minder materiaalverbruik hergebruik (?)
Arbo	

De laatste twee argumenten zouden tegenwoordig sterk moeten aanspreken. De gedachten van hergebruik van elementen kom ik regelmatig tegen. Men redeneert daarbij vanuit de vrees, dat straks zoveel steenachtig sloopmateriaal vrij zal komen, dat er geen zinvolle bestemming meer aan kan worden gegeven. Hergebruik in nieuw te maken constructie-onderdelen zou een omweg betekenen. Waarom eerst bestaande elementen tot puin verwerken en daaruit nieuwe elementen maken? Het hergebruiken van de bestaande elementen zou een veel directer oplossing zijn. Voor het ontwerpen straks zou dat een heel andere, nieuwe invalshoek betekenen; het ontwerpen vanuit een bestaande voorraad constructie-onderdelen. Om daarop in te spelen zou het ook consequenties voor het ontwerpen van vandaag met zich brengen: verdergaande standaardisatie om de bruikbaarheid van de elementen te vergroten, en demonteerbaar bouwen. De ideeën hoe dan ook zijn interessant genoeg om er eens goed over na te denken. Vooralsnog voel ik persoonlijk een zekere scepsis mede gebaseerd op de studieresultaten van een Stupré-studiegroep, die zich ruim 5 jaar geleden aanpalend met deze materie heeft bezig gehouden: het is te duur, hergebruik van puin als toeslagmateriaal bleek goedkoper. Inmiddels zijn echter wel de omstandigheden veranderd.

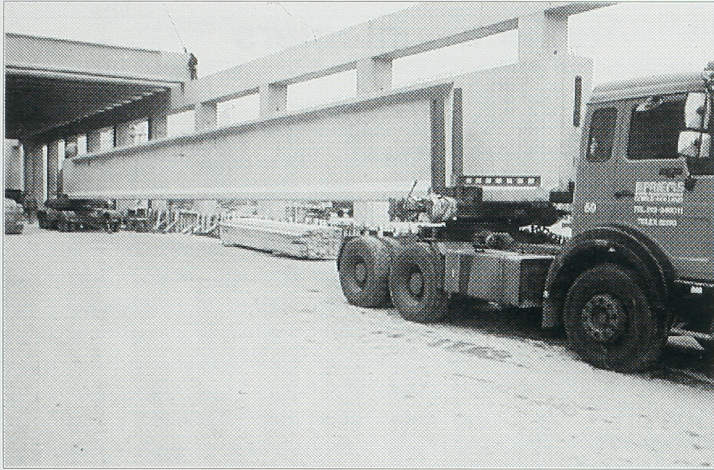
De geprojecteerde argumenten voor toepassing van prefab, zouden doen verwachten, dat prefab nu *de* manier van bouwen zou moeten zijn. Dat is nog geenszins het geval wanneer ik buiten in de bouw rondkijk. Het precieze aandeel van prefab beton in de utiliteitsbouw heb ik niet kunnen vaststellen. De daarover te verzamelen gegevens worden nogal vertroebeld door veel grensgevallen, overgangsggevallen en definitieverschillen. Het aandeel van prefab beton in de gebouwensfeer is wel, mogelijk slechts licht, groeiende zeker in de kantorensfeer. Echter, hallen en parkeergarages, eens vaste markten voor prefab beton, ondervinden grote concurrentie van staal. Voorzichtig zou ik het aandeel van prefab beton op de gebouwenmarkt op 1/3 willen stellen.



Ook de concurrentiestrijd met de aannemers, die een voorkeur hebben voor in het werk gestorte beton en daarin gesteund door de betonmortelcentrales, is groot; vooral nu in een stagnerende bouwmarkt.

Om in deze strijd overeind te blijven zijn in de prefab beton industrie maatregelen getroffen om de kosten van arbeid te verminderen. De produktiestijging per man valt af te leiden uit de beide geprojecteerde grafieken. De linker geeft op de verticale as de grootte van de omzet van de totale produktie van alle bij de BFBN (de branchevereniging van de fabrikanten van alle fabriekmatig gemaakte betonprodukten, dus ook tegels, stenen, buizen, palen) aangesloten bedrijven. Op de rechter grafiek staat langs de verticale as de personeelsbezetting van diezelfde bedrijven. U ziet, dat de omzet tot ruim het anderhalfvoudige, van ongeveer 1,3 miljard in 1985 tot ongeveer 2,1 miljard in 1993, is toegenomen bij een nagenoeg constante werknemersbezetting van rond 8000 mensen. Rekening houdend met een onder druk staande prijsvorming en redelijk stabiele lonen mag hieruit de zojuist genoemde produktie stijging per man worden geconcludeerd.

In belangrijke mate is dat bereikt door meer geïndustrialiseerd, meer geautomatiseerd te gaan werken.



Vooral bij de standaardprodukten tegels, buizen, dwarsliggers voor de spoorwegen en ook heipalen is dat het geval. Maar ook bij de constructie elementen zijn deze ontwikkelingen op gang. Naast betere verhardings- en verdichtingstechnieken zijn dat

- vergaande automatisering bij de productie van kanaalplaten, zoals al eerder vermeld,
- al een zekere mate van robotisering bij de productie van de wapeningskorven (en die ontwikkeling gaat hard),
- invoeren van carouselsystemen met een efficiënter productie-mogelijkheid van vlakke elementen.

Buiten de vloerelementen ligt bij wat grotere bedrijven nu een productie van 40 constructie-elementen per dag binnen het bereik, waar dat ca. 10 jaar geleden er nog ca. 25 waren.

Ook worden de toepassingsmogelijkheden groter door de ontwikkeling van het hijsmaterieel zowel in de fabriek als op de bouwplaats en door de evoluties op het gebied van de transportmiddelen. Elementen met een massa tot 120 ton kunnen nu over de weg worden vervoerd, voor balklengtes van 40 m schrikt men ook niet meer terug.

En dan te weten, dat zo'n dertig jaar geleden voor het monteren van de elementen van het eerste A.B.P. gebouw in Heerlen, waar trouwens al vloeroverspanningen van 16 m werden toegepast, de bouwwereld uitliep om een 180 tm kraan te bewonderen; een kraan, die nu op ieder bouwwerk van enige omvang te vinden is. Het grote gewicht begint wat minder belangrijk te worden.

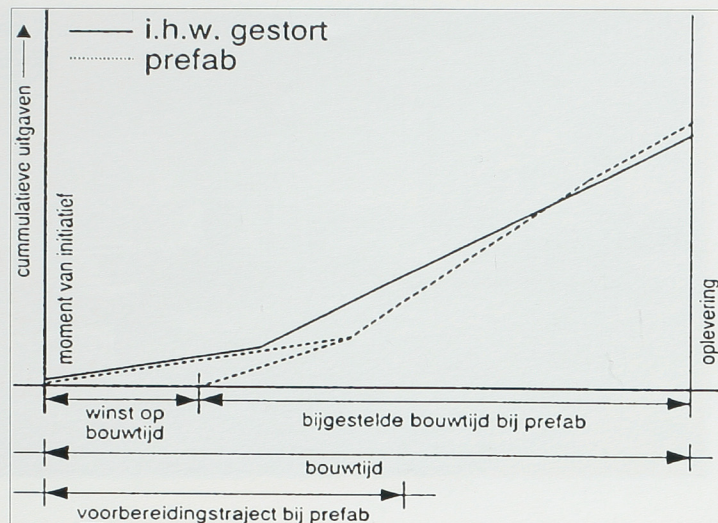


Ontwikkelingen voorbereidingstijd

Een duidelijke winst voor prefab is nog te boeken in een verkorting van de langere voorbereidingstijd. Langer, omdat bij in het werk stor- ten van de draagconstructie allerlei beslissingen ten aanzien van de detaillering van afbouw en ruwbouw en ten aanzien van de installaties (zoals leidingverloop, plaats van sparingen) nog genomen kunnen worden, terwijl de aannemer van de draagconstructie al met zijn werkzaamheden is begonnen. Drie, vier weken voor een bepaald onderdeel moet worden gestort mogen nog eindbeslissingen vallen en veranderingen worden aangebracht, de consequenties ervan kunnen dan nog worden verwerkt.

Bij de voorbereiding van een prefab constructie moeten al deze beslissingen vooraf, eigenlijk al in de besteksfase, hun beslag hebben gekregen, opdat de gevolgen ervan in de prefab elementen kunnen worden verwerkt. Wanneer het helemaal goed zou zijn, zouden de vormtekeningen van de elementen al gereed moeten zijn in de besteksfase.

Dit veroorzaakt een verschuiving van werkzaamheden in de voorbereiding naar voren in het proces. Dit lijkt daardoor veel langer en past nog niet in de bureaucultuur van de meeste architecten en in het beslissingsgedrag van de opdrachtgever. Ook in feite is het voorbereidingsproces langer, omdat de tekeningen vaker ter verwerking van gegevens en ter controle heen en weer moeten tussen ontwerpers en producent.



In het door Belton geïnitieerde boek "Verbindingen in prefab" wordt een voorbereidingstijd voor de fabrikant om te komen van bestekstekening tot productie gegeven van 47 werkdagen, ruim 9 weken. Op dit moment is het zo, dat een bedrijf als de VBI, toch alleen maar gericht op het maken van vloeren en met een reeds ver doorgevoerde automatisering, een vloerplaat niet binnen 6 weken kan leveren. Aan dit voorbereidingstraject moet wat worden gedaan. Een betere communicatie met directe digitale gegevensoverdracht tussen partijen, waarbij een gemeenschappelijk afsprakenstelsel wordt aanvaard - een paar heilige huisjes zullen daar voor moeten worden gesloopt en een eigen cultuur worden ingeruild voor een gemeenschappelijke - zal al tot winst leiden.

Het invoeren van 'concurrent engineering', d.w.z. het laten parallel lopen van ontwerpprocessen, waarbij dus op meerdere plaatsen tegelijk aan een ontwerp wordt gewerkt binnen van tevoren afgesproken kaders, moet ook een kortere tijd voor het voorbereidingstraject tot gevolg kunnen hebben. Het lijkt mij een taak voor de constructeur om daar het voortouw in te nemen.

De winst op de voorbereidings-tijd is bij prefab pure winst op bouwtijd. Hierbij wil ik onder bouwtijd verstaan de tijdsduur tussen het moment van beslissen tot prefab beton en het moment van oplevering van de constructie.

Componentenbouw

Toch geloof ik, dat er *meer* moet gebeuren om de concurrentie met in het werk storten blijvend aan te kunnen, nu daar de hoge sterkte beton met zijn gemakkelijker manier van storten en zijn hoge aanvangssnelheid ingang begint te vinden. Er moet weer een gedachtensprong worden gemaakt evenals bij het overstappen van de vertaalde monoliete constructie naar de gestapelde constructie. Ik zie in dat opzicht, en ik sta daarin beslist niet alleen, mogelijkheden in het entameren van het bouwen met componenten. Daarbij zou aangesloten kunnen worden bij de ideeën van het Open Bouwen, waaraan onder collega Brouwer maar vooral onder oud-collega Van Randen door het OBOM is gewerkt. Bij de woningbouw zijn reeds aanzetten in de richting van componentenbouw voor het casco te zien. Ik bedoel de stapelbouw. Collega Bennenk van de TU-Eindhoven omschreef de componentenbouw als een systeem, waarbij alle elementen in permanente fabrieken worden vervaardigd en op de bouwplaats eenvoudig en snel worden geassembleerd: een overzichtelijk en in deelprocessen onder te verdelen productieproces. Ik voeg daaraan toe, dat een standaardisatie en normalisatie daarbij noodzakelijk is en wel niet alleen per bedrijf zoals nu met de constructie-elementen het geval is, maar per hele branche. Waarom niet afgekeken bij de productie van het afbouw- en het inbouwpakket, de toeleveringsindustrie? De componenten, de bouwproducten moeten goed op elkaar zijn afgestemd. Zij moeten tevens een flexibiliteit in toepassingsmogelijkheden hebben. Er zal daartoe nog flink wat ontwikkelingswerk moeten plaats hebben. Dat hoort bij een dergelijke benadering van de bouw. Ik las onlangs, dat 80% van alle innovaties in de Nederlandse bouwsector op naam komt van de toeleveringsindustrie. Zelf heb ik in dit kader al eens gedacht aan de mogelijkheden, die de lange-bank productie zou kunnen bieden. Waarom kanaalplaten, centrisc h voorgespannen, niet als wandelementen gebruiken? En wat aangepaste betonnen heipalen als kolommen? De ideeën zijn niet uitgekristalliseerd.

Vooralsnog vind ik in de sfeer van de componentenbouw bouwsystemen als CD20, Bestcon, Matrixbouw, om naar mijn weten de grootsten te noemen, al een stap op de goede weg. Zij bestaan in principe uit slechts drie gestandaardiseerde elementen: kolom, vloerplaat en stabiliteitswand.

Nieuwe beton- en wapeningstechnologie

Een stap verder moet ook kunnen zijn om bij de prefab beton eveneens aan te sluiten op de ontwikkelingen op het gebied van de beton-technologie. Dus richten op de hoge sterkte beton, naar mijn mening beter te noemen hoogwaardige beton, en dat dan in combinatie met nieuw te ontwikkelen wapeningstechnieken op basis van aramide of carbon. Beton heeft het een aantal keren in de concurrentiestrijd moeilijk gehad of het zelfs verloren door zijn slechte gewicht-sterkteverhouding, de massa van de elementen was groot en daardoor de handling en het transport lastig en duur. Door de eigenschappen van het hoogwaardig beton en de hoogwaardige wapeningsmaterialen goed te benutten moeten veel lichtere constructies mogelijk zijn. Ook openen zich perspectieven op een eenvoudiger stort-proces zonder noemenswaardige geluidsoverlast, een proces dat zich bovendien relatief eenvoudig laat automatiseren. Bekistingen kunnen lichter worden uitgevoerd en de mogelijkheid om ze twee- of driemaal per etmaal in te zetten is aanwezig. Productieverhoging en betere arbeidsomstandigheden zijn duidelijke vooruitzichten. Een aantrekkelijk gedachte is ook om uitgaande van de eigenschappen van de nieuwe materialen nieuwe producten en/of toepassingsmogelijkheden te bedenken en uit te werken. Op basis van deze gedachte heeft de Stupré commissie 56 ingesteld. Na een brainstormsessie en enkele uitwerkingen is deze commissie aan een eindrapportage toe. Er komen mijns inziens best leuke dingen uit, die naar verwachting in december in de Stupré ledenvergadering zullen worden gepresenteerd. Om mij aan de Stupré regels te houden, moet ik u daarover nog in het ongewisse laten. Zelf zie ik toekomstmogelijkheden in de combinatie van zeer dichte beton met carbonweefsel, 'fabric reinforced concrete', een plaat-materiaal, dat zich in onverharde toestand laat vervormen, bijna als dunne staalplaat. Om dit idee uit te werken is nog veel onderzoek en denkwerk nodig. Hopelijk kan ik in de voor mij nu komende vrije tijd naast allerlei andere leuke zaken daar aandacht en tijd aan besteden. Het bedrijfsleven toont al belangstelling.

Tenslotte

Naast dit officiële afscheid van de Technische Universiteit neem ik ook afscheid van de beroepspraktijk. Ruim 42 jaar heb ik tot nu toe aan het productieproces deelgenomen. Terugkijkend en voor mijzelf evaluerend kan ik alleen maar tot een positieve slotsom komen. Het lot is mij nooit ongunstig gezind geweest.

In mijn 4-jarige grondmechanica-periode heb ik het vak Funderingstechniek en het adviesvak leren kennen en waarderen.

In '56 werd ik uitgenodigd te gaan werken bij het Raadgevend Ingenieursbureau Bish en Partners. Daar kwam ik in contact met Bish en later Corsmit, twee heel verschillende, maar allebei knappe, inventieve ingenieurs. Ik heb veel van hen opgestoken. Vooral van Corsmit, waarmee ik gedurende 20 jaar nauw heb mogen samenwerken, eerst dus bij Bish en Partners en vanaf '63 in het Raadgevend Ingenieursbureau Corsmit, ons bureau. Voor mij was het een bijzondere ervaring en is het een goede herinnering: de samenwerking met deze ingenieur, deze mens.

In 1978 werd ik opgebeld door collega Oosterhoff, die mij attendeerde op een vacature bij Bouwkunde voor Constructieve Vormgeving met specialisatie in Beton en mij suggereerde daarop te solliciteren. Na, zoals dat heet, ampele overwegingen en het nodige overleg ben ik op de suggestie ingegaan. En zo sta ik dan uiteindelijk hier.

Hooggeleerde Oosterhoff, beste Jaap:

Behalve dat, na mijn aanstelling bij Bouwkunde, heb je me met voorbeeld en raad bijgestaan, waardoor ik de voor mij moeilijk gebleken overgang van het vrije bedrijfsleven naar een ambtelijke instelling heb kunnen doormaken. Op het door jou vormgegeven vak Constructieve Vormgeving Algemeen heb ik eerst kunnen aanhaken, later kunnen doorbouwen. In Draagconstructies III is nog het nodige van Constructieve Vormgeving te herkennen. De rust van jouw colleges, stijl "praatje bij een plaatje", die ik mij als voorbeeld had gesteld, heb ik nooit kunnen bereiken. Het is te veel in te kort gebleven.

Net als nu. Helaas moet ik me tot jou richten over de hoofden van het publiek. Gezondheidsredenen verhinderen je hier te zijn.

Onderdeel van de aanstelling bij Bouwkunde was een kleine taak bij Beton op Civiele Techniek, bij de stoel van Bruggeling.

Hooggeleerde Bruggeling, beste Ton:

Met jouw brede belangstelling voor alles op betongebied en met jouw aanstekelijke enthousiasme, dat je ook zo goed op studenten kon overdragen, heb je me aangezet tot een groter aandachtsgebied dan ik me in eerste instantie in die taak had voorgenomen. Daar ben ik bepaald niet treurig om.

In de wereld van de beton ontmoeten wij elkaar nog steeds o.a. in CUR-commissie B35. "Betonreparatie".

Deze taak is later uitgemonnd in een aanstelling bij Civiele Techniek.

Met slechts weinig uitzonderingen heb ik mijn werk altijd met plezier kunnen doen. De omstandigheden waren soms wat chaotisch, het werk was boeiend. De werksfeer was goed. Met velen heb ik zo mogen en kunnen samenwerken. Hen ben ik daarvoor dankbaar.

Directie en medewerkers van Corsmit Raadgevend Ingenieursbureau:

Het bureau ligt mij na aan het hart. Mooie projecten hebben wij samen mogen doen. Steeds kon worden gewerkt in een goede onderlinge verstandhouding, in een sfeer van collegialiteit. Ik was/ben graag op kantoor. Ik heb er de kennis en ervaring opgedaan en kunnen onderhouden, die ik hier in Delft heb kunnen uitdragen.

Waarde collega's, geachte docenten en medewerkers van de Faculteiten der Bouwkunde en der Civiele Techniek, en alle anderen, waarmee ik heb mogen samenwerken:

U bent met velen. U heb ik ontmoet in het dagelijkse werk, in besturen, commissies of andere overleggen dan wel bij het begeleiden van studenten in projecten of afstudeerwerk. Wat mij bijzonder bijgebleven is, vooral uit de laatste jaren, is de positieve grondhouding van waaruit werd geopereerd; uitgangspunten waren zo goed mogelijk onderwijs en onderzoek, het afleveren aan de maatschappij van een goed opgeleide ingenieur.

Mijn medewerkers en -sters:

U heb ik altijd beschouwd als volwassenen met een goede opleiding en daardoor in staat eigen verantwoordelijkheid te dragen. Openstaand voor overleg heb ik mij daar naar gedragen. Ik heb daar geen spijt van. Ik hoop, dat u het hebt kunnen waarderen.

En dan, *de secretariaten*, waarmee ik te maken heb gehad: Beste dames, hoe vaak zou ik met de handen in het haar in de kou hebben gestaan, wanneer jullie me niet hadden bijgestaan; vaak moest dat nog in de allerlaatste minuut. Dank voor jullie steun en begeleiding.

Dames en heren studenten:

College geven voor een zaal met een paar honderd studenten was voor mij hard werken, het kostte me moeite. Daarentegen het werken met kleinere groepen, de individuele omgang, en vooral het begeleiden bij afstuderen heb ik als een genoeg ervaren en graag gedaan.

Ik zal dat missen. Zoals ik jullie heb leren kennen, heb ik geen echte zorg voor de toekomst.

Het thuisfront:

In intree- en afscheidssredes traditioneel het laatst genoemd, maar o, zo belangrijk. Afgesproken is dat ik daar één zin aan zou besteden. Laat ik het zo zeggen: Mini, met mekare, hebbe wij tot noo too 't allemoale tot un good ende ebracht.

Al met al sluit ik een mooie tijd af. Ik heb gezegd.

De afbeeldingen zijn beschikbaar gesteld door:

Schokbeton / Spanbeton / Partek / Betonson / Heembeton

ISBN 90-5269-172-x