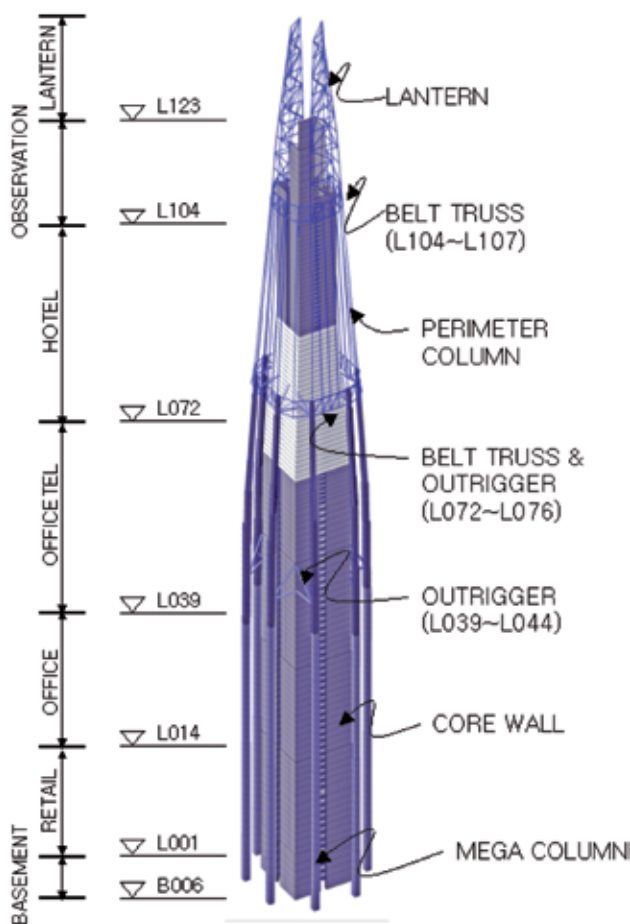


Reizen biedt inspiratie

Een lonkend perspectief

Ir. László I. Vákár

László I. Vákár, (Movares, ingenieurs en adviseurs) verkozen tot Constructeur van het Jaar 2012 kreeg een reischeque met het verzoek op reis foto's van een interessant bouwwerk te maken en daar een artikel over te schrijven. Het resultaat treft u hieronder aan (red BV-Nieuws).



Constructieve opzet gebouw

zijnde Lotte World Tower in Seoul. Dat wordt een 555m hoog gebouw dat met zijn on-Nederlandse afmetingen naast een mooi uitzicht een lonkend perspectief biedt ...

De Lotte World Tower is in aanbouw in de wijk Jamsil en ligt vlak bij de rivier de Han. Het gebouw krijgt 123 bovengrondse plus zes ondergrondse verdiepingen en een bruto vloeroppervlak van 330.000 m². Het biedt onderdak aan winkels, kantoren, woningen, een hotel en bovenin een uitkijktoren.

Staal en beton

Imposant zijn niet alleen de afmetingen, maar is ook het materiaalgebruik. Er zijn diepgaande studies nodig geweest om de krachten uit het staal in het beton in te leiden. Daarbij is veelal gebruik gemaakt van deugelconstructies, maar dat kon vanwege de klimbekistingsbouwwijze niet bij de megakolommen. Natuurlijk is er aandacht geschonken aan robuustheid en re-



László Vákár

Als ik in het buitenland kom, valt me altijd weer het vrije gebruik op van constructiematerialen in een gebouw. Je ziet er veel hybride constructies met het evidente voordeel van een lagere bouwsom voor de opdrachtgever. Waarom lukt het daar ogenschijnlijk zo eenvoudig om het juiste materiaal op de juiste plaats te krijgen? Licht het aan minder gespecialiseerde constructeurs of aan minder segmentering in de bouwbranche? Ik weet het niet. Feit is, dat wat elders vanzelf lijkt te gaan, in Nederland soms nog bevochten moet worden. Eigenlijk wist ik toen ik die prijs kreeg meteen dat ik die wilde benutten om de discussie hierover op gang te brengen en hoe kan dat beter dan door een voorbeeld van pluriform materiaalgebruik over het voetlicht te brengen? Als voorbeeld koos ik voor de in aanbouw



De bouw vordert. Duidelijk zichtbaar zijn al de betonnen kern, de megakolommen van hogesterktebeton van onderin 3,50 m in het vierkant en de stalen vloerliggers die de betonvloeren gaan dragen.

dundantie. Om een voorbeeld te noemen: willekeurig welke gevelkolom of willekeurig welke staaf van de gevelvakwerkbanden mag uitvallen zonder disproportionele schade aan de omliggende constructie.

Zoals bij elke constructie is er uitgebreid aandacht besteed aan de vervormingen. Bij deze hoogte spelen de verticale verkortingen een grote rol. Naarmate de bouw vordert nemen de belastingen en daarmee de verkortingen toe. We hebben het dan over verkortingen van de kolommen tot bijna 15 cm toe en ruim

10 cm van de kern. De vloeren moeten dat kunnen volgen zonder al te veel spanningen en ook nog enigszins vlak blijven. De kruip en krimp van het beton zorgen bovendien voor sterk tijdsafhankelijke effecten, zodat het nog niet zo simpel is om te zorgen voor de gewenste positie in de eindsituatie. Daarbij zorgt de op grotere hoogte soms erg onregelmatige plattegrond voor excentriciteiten en dus extra complicaties. De ongelijkmatige kruip en krimp zorgen na tien jaar voor een toename van de horizontale vervorming op 450 m hoogte van maar liefst 5 cm! Maar vooral de spanningen door kruip en krimp van de betonnen kern ten opzichte van de stalen kolommen in het hogere hotelgedeelte vergden veel studies. Het is vast ook de reden, waarom over het grootste deel van de hoogte voor de verticale elementen maar voor één materiaal gekozen is. Het verklaart de betonnen megakolommen naast de betonnen kern – het staal is daarbij voornamelijk voor de horizontale elementen gebruikt. Waarom er overigens voor de verticale elementen overwegend voor beton gekozen is, met de bij deze hoogten flinke kruip- en krimpeffecten, is me niet duidelijk geworden – staal had immers heel wat minder hoofdbreken gekost –, maar ongetwijfeld zullen beschikbaarheid en prijs een rol gespeeld hebben.

Hoe dan ook, we mogen aannemen dat die keus bij een zo grote investering goed zal zijn afgewogen en dat ook de keus voor een hybride constructie niet toevallig zal zijn. Al met al levert dit hybride materiaalgebruik voor ons als constructeurs wel een razend interessante puzzel op!

Hybride bouwen

Zo levert een beschouwing van een gebouw met ongebruikelijke afmetingen het bewijs, dat een hybride constructie bij die afmetingen ook in het buitenland niet zonder slag of stoot tot stand komt. Wat niet wegneemt dat het zinvol is om het hybride bouwen ook hier wat vaker te overwegen, zeker bij minder onorthodoxe maten! Een goed ontworpen hybride constructie levert voor opdrachtgevers namelijk een goedkoper gebouw op en voor ons, constructeurs, leuk werk. Voor dat goede ontwerp zijn wij immers onontbeerlijk!

- Jongho Kim, e.a., Structural Design of Lotte Jamsil Super Tall Building, *Report 18th Congress of IABSE Seoul 2012, Innovative Infrastructures – Toward Human Urbanism.*

- Hong Gun Park, e.a., Performance of Shear Connectors in Concrete Mega Column-to-Steel Beam Connection, *Report 18th Congress of IABSE Seoul 2012, Innovative Infrastructures – Toward Human Urbanism*
- Tae-Sung Eom, Yae-Yo Kim and Dong-Woon Jang, Time-Dependent Behaviour of RC Columns Subjected to Eccentric Loading, *Report 18th Congress of IABSE Seoul 2012, Innovative Infrastructures – Toward Human Urbanism*

Enkele constructieve getallen

Met zijn 555 m hoogte wordt de Lotte World Tower – voorlopig – het hoogste gebouw van Zuid-Korea. Van de 2de tot de 86ste verdieping, waar winkels, kantoren en woningen komen, is de verdiepinghoogte 4,50 m resp. 3,90 m. De vloeren bestaan uit 480 tot 600 mm hoge stalen balken met daarop een betonvloer van 130 tot 150 mm. De hotelverdiepingen vanaf de 86ste verdieping hebben een verdiepinghoogte van 3,60 m. De hotelvloeren zijn betonvloeren ($d = 225$ tot 300 mm), met 500 mm dikke kolomplaten. Ook de begane-grond- en de ondergrondse vloeren zijn gemaakt van gewapend beton; de funderingsplaat is maar liefst 6,50 m dik! De horizontale stijfheid wordt geleverd door een centrale kern van gewapend beton met een buitenwanddikte die over de hoogte verloopt van 2000 mm tot 600 mm, twee stel stalen outriggers (tussen de 39ste en 44ste verdieping en tussen de 72ste en 76ste), acht megakolommen van gewapend hogesterktebeton, met imposante afmetingen van 3,50 m in het vierkant onderin op de 6de verdieping tot 2,00 m in het vierkant op de 66ste. Ook twee stalen gevelvakwerkbanden (tussen de 72ste en 76ste, resp. de 104de en 107de verdieping) leveren een bijdrage aan de horizontale stijfheid. Deze vakwerkbanden dragen daarnaast resp. de stalen gevelkolommen van het hotelgedeelte – ook de keus van de verticale elementen is hybride – en de lantaarns. De lantaarns bovenop zijn open stalen ruimtevakwerken. Het meeste staal heeft een vloeigrens tussen 240 en 440 MPa. Hogesterktestaal met een vloeigrens van 650 MPa wordt toegepast in de gevelvakwerkbanden, in de stalen gevelkolommen in het hotelgedeelte en in sommige delen van de outriggers. De outriggers dragen voor bijna 30% bij aan de horizontale stijfheid van het gebouw. De outriggerdiagonalen - gekozen is voor kokers van $1600 \times 500 \times 80 \times 20$ mm - krijgen natuurlijk voornamelijk normaalkrachten te verduren,



Lotte World Tower in Seoul, Zuid-Korea. Architectonisch ontwerp Kohn Pedersen Fox Associates,

zodat knik bepalend is. Daarom is de lijfdikte 80 mm bij een flensdikte van maar 20 mm. Ter hoogte van het aangrijpingspunt van de outriggers zijn reusachtige horizontale stalen balken in de kernwanden verwerkt om krachten uit de stalen diagonalen onderling via staal door te geven. De betonsterkte van de verticale elementen, zoals kernwanden en megakolommen, loopt van 80 MPa tot aan een hoogte van ruim 250 m tot 60 MPa bovenin; de betonsterkte van de horizontale elementen zoals platen en balken is 30 MPa en die van de fundering is 50 MPa.

Nieuwe Website De Bouwagenda.nl

Op de Betondag was de officiële start van een nieuwe website: www.debouwagenda.nl. Deze bouwagenda is een samenwerking tussen de volgende partijen:

- Betonvereniging
- Betonvereniging Kring Noord
- BFBN (Bond van Fabrikanten van Betonproducten in Nederland)
- Cement&BetonCentrum
- KIWA BMC B.V.
- NLIingenieurs
- NVAF (Nederlandse Vereniging Aannemers Funderingswerken)
- NVLB (Nederlandse Vereniging van Leveranciers van Bouwgrondstoffen)

- Platform Betononderhoud
- Stufib
- VABOR
- VBR
- VLB
- VOBN
- VNconstructeurs

Op deze website kunt u in één oogopslag zien welke evenementen er in de bouwwereld georganiseerd worden. De gebruikers en leden van de deelnemende organisaties kunnen zo makkelijk kiezen en plannen welke activiteiten ze willen bezoeken. Daarnaast vergemakkelijkt dit overzicht het inplannen van nieuwe activiteiten door de deelnemende organisatie, waarmee storende dubbelingen of herhalingen worden voorkomen.