

Bouwsnelheid staalskeletbouw zichtbaar gemaakt



Opdrachtgevers willen steeds méér kwaliteit voor steeds minder geld. Deze tendens heeft geleid tot steeds langere voorbereidingstijden en steeds kortere bouw tijden. Een staalskelet met boutloze kluftverbindingen is een prima antwoord op de vraag naar kortere bouw tijden. Echter het ontbreken van tijdnormen om in het ontwerp stadium de ruwbouwtijd te kunnen aangeven, doet veel constructeurs besluiten om toch maar de bekende weg te volgen: een betonskelet. Een onderzoek naar die tijdnormen – uitgevoerd in opdracht van het Staalbouw Instituut met financiële steun van het Branchecentrum Staaltechnologie – moet de keuze voor beton minder vanzelfsprekend maken.

ing. F. de Groot

Frank de Groot BouwCommunicatie, Doetinchem

Ondanks de toenemende werkdruk op de bouwplaats krijgt het managen van de bouw tijd tijdens de ontwerp fase te weinig aandacht. De belangstelling gaat vooral uit naar de directe bouw kosten. Maar met een verkorting van de bouw tijd kan veel geld worden bespaard. Denk maar aan de lagere bouw rente en het feit dat de opdrachtgever zijn pand eerder in gebruik kan nemen.

Om de bouw tijd te optimaliseren, moet er wel voldoende informatie beschikbaar zijn. Voor betonnen draag constructies is dat in voldoende mate het geval. Voor gangbare staal constructies wordt dat al moeilijker, terwijl voor een staalskelet met boutloze kluftverbindingen helemaal geen tijd gegevens beschikbaar zijn. Een gemiste kans, want hiermee is zéér snel te bouwen.

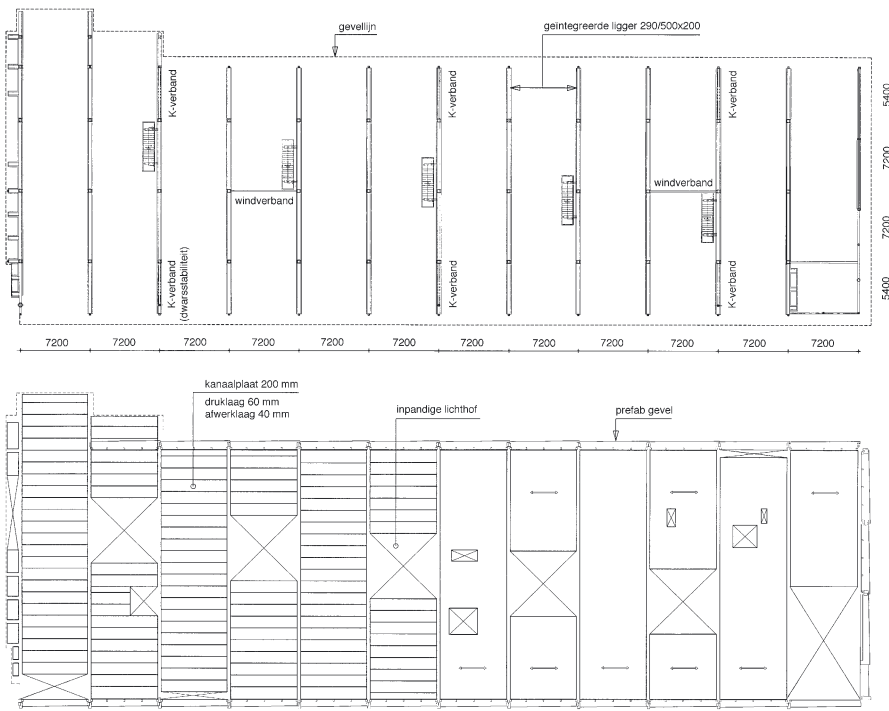
In beton-minded Nederland is de boutloze kluftverbinding nog veel te weinig bekend. Tot nog toe zijn slechts enkele grote gebouwen volgens deze bouw methode gemaakt, zoals het kantoor gebouw Kennemerplein in Haarlem met een vloeroppervlak van 9000 m². De bouw tijd bedroeg slechts 15 maanden, maar volgens de aannemer kan een dergelijk gebouw met een perfecte voorbereiding zelfs binnen een jaar worden neergezet. Om die reden wordt staalskeletbouw in landen als de Verenigde Staten en Groot-Brittannië veel meer toegepast. Om in deze leemte te voorzien, gaf het Staalbouw Instituut aan SAOB (Samenwerkende Adviseurs en Onderzoekers in de Bouw) opdracht onderzoek te doen naar de tijdnormen voor een staalskelet met THQ-liggers en kanaalplaatvloeren.

Snelle kluftverbinding

Een staalskelet met THQ-liggers, populair ook wel hoedliggers genoemd, is een bijzonder staalskelet. Hiermee kan zeer snel worden gebouwd doordat las- en boutverbindingen tussen de liggers en de kolommen ontbreken. De liggers worden met de kraan opgepakt en geplaatst op kluften (kleine consoles) aan de kolommen. Een ronde pen aan de kluft past in een sparing van de ligger. Na de montage van het staalskelet legt men de kanaalplaten op de uitstekende onderflenzen van de liggers. THQ-liggers en kanaalplaten 'gebruiken' dezelfde constructie-hoogte. Dat leidt tot kleinere verdieping hoogten en gevel hoogten in vergelijking met een betonskelet.

Een bijkomend voordeel is dat het systeem nauwelijks brandwerend hoeft te worden bekleed. Om de geïntegreerde liggers 90 minuten brandwerend te maken, voldoet de gebruikelijke oplossing van een bekleding van 15 mm tegen de onderflens. De rest van de doorsnede wordt omgeven door beton. Alle kolommen zijn uitgevoerd in staalbeton, waardoor voor deze constructiedelen een aanvullende brandwerende bekleding niet noodzakelijk is.

De voordelen van dit systeem voor wat betreft de bouw tijd zijn nog onvoldoende bekend bij constructeurs en calculatoren. De begroting van de montage fase van een staalskelet wordt dan ook met de nodige marge ingevuld. Ook voor de organisatie van het montage proces ontbreken gedetailleerde tijd gegevens. Hierdoor kan de werkvoorbereiding een efficiënte uitvoering onvoldoende doordenken. De hieruit voortvloeiende



Boutloze kluftverbinding

Het SAOB-rapport spreekt van 'gestapelde staalskeletten'. De auteur bedoelt hiermee dat de THQ-liggers direct van de opslag tussen de kolommen worden gemonteerd en dat er daarna niet meer hoeft te worden gebouwd of gelast. 'Plug and play' noemen ze dat in de computerwereld. Het begrip 'gestapelde staalskeletten' kan echter tot verwarring leiden. Vandaar dat dit artikel spreekt van een staalskelet met boutloze kluftverbindingen.

stagnatiekosten worden voor een belangrijke gedeelte betaald vanuit de marges in de inschrijfbegroting. Een betonskelet wordt wel met goede tijdnormen gecalculeerd en efficiënt uitgevoerd. Een staalskelet kan hierdoor minder goed concurreren.

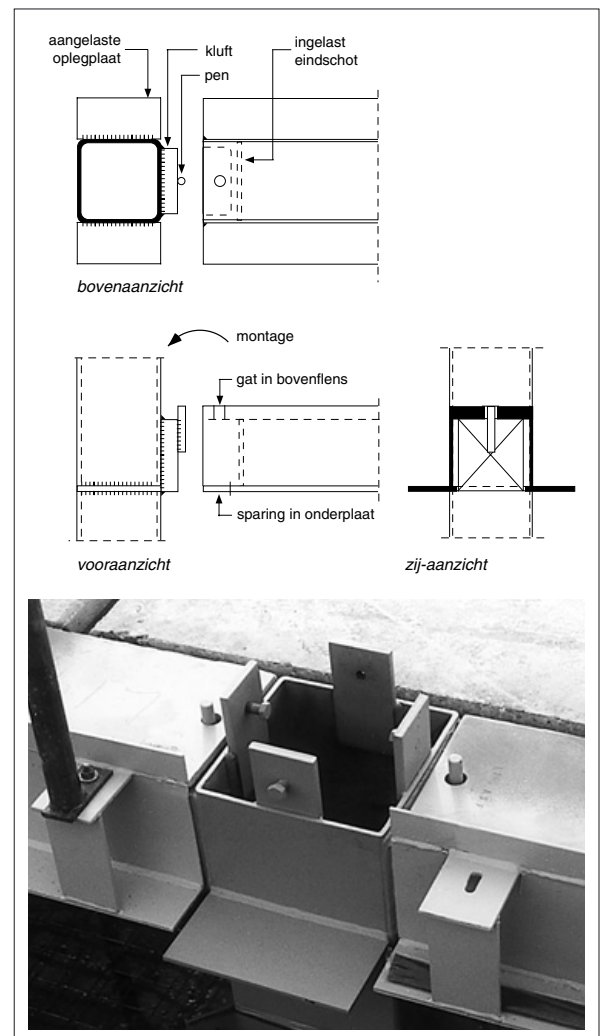
Onderzoeksrapport

Constructeurs en calculatoren hebben voldoende gegevens nodig over staalskeletbouw om een betere vergelijking te maken tussen een uitvoering in beton of in staal. Die gegevens zijn te vinden in het SAOB-onderzoek naar tijdnormen voor een staalskelet met THQ-liggers en kanaalplaten. Dit rapport bevat calculatiegegevens voor het bepalen van de uitvoeringstijd. Hiermee is een staalskelet te calculeren met een verscheidenheid aan kolommen en liggers, al of niet met boutverbindingen. Het staalskelet wordt compleet gemaakt met windverbanden, trappen en koppelliggers. Naast het plaatsen van de kanaalplaten vindt de calculator ook gegevens voor het calculeren van de constructieve druklaag. Voor de benodigde kraantijd zijn eveneens normen opgenomen. De calculatienormen zijn ontleend aan een arbeidstechnische studie die is uitgevoerd in de periode van 9 mei 1996 tot 18 juli 1996 bij de bouw van het kantoorgebouw Kennemerplein, in het centrum van Haarlem. Dit is een van de grootste gebouwen in Nederland met geïntegreerde liggers en kanaalplaatvloeren.

gen. Het staalskelet bestaat uit vierkante en ronde kolommen met THQ-liggers (hoedliggers) met kanaalplaatvloeren. Deze prefab vloeren hebben een wapeningsnet en een constructieve druklaag. De betonvloeren zijn afgewerkt met een vlakke dekvloer. Bij de bouw is afgeweken van de gangbare wijze van uitvoering waarbij een verdiepingvloer eerst een constructieve dekvloer krijgt voordat men start met het plaatsen van de kanaalplaten van de bovengeslagen vloer. Hiermee wordt bereikt dat de gereedgemaakte vloeren constructief als schijven kunnen werken en belasting kunnen afdragen naar de stabiliteitselementen. Maar zo gebeurde het niet. Om vertraging in te lopen, begon de aannemer al aan de tweede verdieping nog voor de eerste was afgestort. Dat afstorten deed hij liever later, in één keer. Om de vloeren ondertussen schijfwerking te verlenen, monteerde het staalconstructiebedrijf een horizontaal verband van strippen, dat later in de druklaag zou verdwijnen. Zo hoefde hij ook niet te wachten op de vier tot vijf dagen die de druklaag nodig had om voldoende sterkte te bereiken.

De gebruikte kolommen hebben een lengte van twee verdiepingen. De meeste THQ-liggers zijn eenvoudig en snel aan de kolommen gehangen met een kluftverbinding. De windverbanden in langs- en dwarsrichting bestaan telkens uit één horizontale koker en twee diagonale kokers. Deze drie profielen zijn met bouten verbonden aan de kolommen.

Principe van een THQ-ligger met terugliggend eindschot, opgelegd op een verzonken kluft; gepositioneerd met een borgpen. Deze oplossing is ook geschikt voor HE-kolommen. Indien de breedte van de kolom en van de ligger op elkaar is afgestemd, zijn geen sparingen in de kanaalplaten nodig.

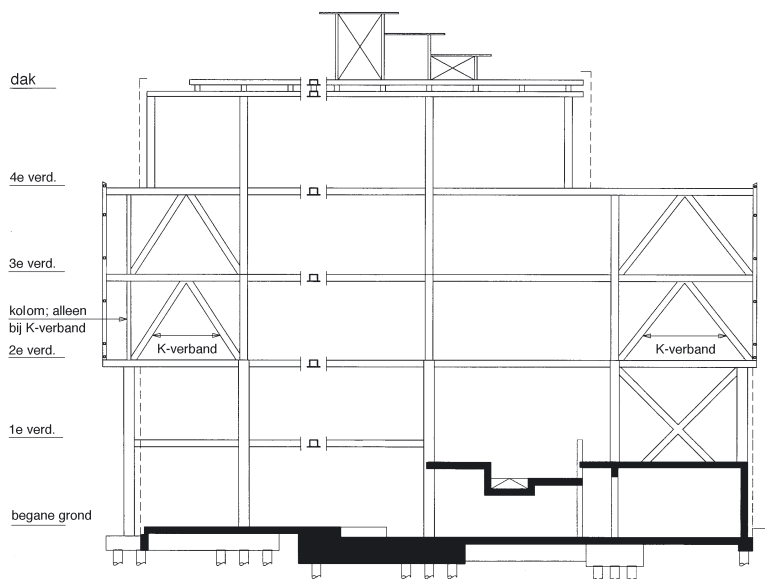


Kantoorgebouw Kennemerplein

Het kantoorgebouw heeft vijf bouwla-

Uitvoering onderzoek

Hoe is het onderzoek naar de tijdnormen



*Kantoorgebouw
Kennemerplein:
dwarsdoorsnede over
de staalconstructie.*

uitgevoerd? Verspreid over de montage-tijd is het montageproces een aantal dagen over de volle werktijd gevolgd. Hierbij zijn de staalmonteurs, kraanmachinisten en betonstorters individueel gevolgd en zijn de resultaten elektronisch vastgelegd. Op verzoek van het Staalbouw Instituut is tevens vastgelegd welke kolommen en liggers tijdens de waarnemingsperiode zijn gemonteerd. De individuele meetresultaten zijn bij elkaar geteld en omgevormd tot ploegresultaten, waaruit de handelingentijden zijn ontstaan. Uit groepen handelingen die eenduidig bij elkaar horen zijn vervolgens deelbewerkingen samengesteld. Met een beperkt aantal deelbewerkingen kan men veel sneller een skelet calculeren dan met een groot aantal afzonderlijke handelingen. Veel deelbewerkingen komen overeen met onderdelen van de staal- of betonconstructie. De deelbewerkingen zijn bepaald exclusief toeslagen voor onregelmatige en bijkomende handelingen, rust en persoonlijke verzorging en aan- en afloop. De gemeten toeslagen van de individuele monteurs en de waarnemingsdagen zijn apart bij elkaar gevoegd. Hetzelfde is gedaan voor de toeslagen op de kraantijden en de storthandelingen. De deelbewerkingstijden zijn met toeslagfactoren verhoogd tot normtijden. De normtijden vormen de bouwstenen voor het calculatiemodel en deze zijn met enkele ontbrekende tijdnormen uit het SAOB-archief aangevuld.

Met de tijdgegevens uit de gemaakte tijdstudie kan een calculator een gedetailleerde calculatie maken. De tijdgegevens zijn ingevuld in het 'Berekeningsmodel

montagetijd' en het 'Berekeningsmodel kraantijd' die in het rapport zijn opgenomen. In de modellen staan alle deelbewerkingen en het aantal manuur dat een deelbewerking per eenheid kost. Voorbeeld: een deelbewerking is het lossen van kolommen van de vrachtauto. De eenheid is dan kolommen en de normtijd is 0,17 manuur per kolom. De uitrekstaten van een werk geven inzicht in het aantal kolommen, THQ-liggers, windverbanden, trappen, enzovoorts, van een project. Nadat die aantallen zijn ingevoerd, kan men uiteindelijk in de laatste kolom het totale aantal manuren uitrekenen. De modellen zijn over te nemen in een spreadsheet waarmee rekenwerk is te besparen. In de spreadsheet kunnen ook tijdgegevens van het eigen bedrijf en uit andere bronnen worden ingevoerd. Overigens bevat het rapport ook twee berekeningsmodellen voor het aanbrengen van de druklaag en de dekvloer op de kanaalplaatvloeren.

Kencijfers

Het rapport noemt enkele kencijfers, gebaseerd op het kantoorgebouw Kennemerplein. Alvorens die kencijfers te noemen, bespreekt het rapport eerst de handelingen en de bouwconstructie waaruit die kencijfers zijn gedestilleerd. Het karakteristieke van het kantoorgebouw Kennemerplein is dat de stalen 'spanten' loodrecht op de lengte-as van het gebouw staan. De uitvoering bestaat uit:

- het plaatsen van twee verdiepinghoge kolommen;
- het tussen de kolommen hangen van de THQ-liggers;

- het op de onderflens van de THQ-liggers plaatsen van de vloerconstructie bestaande uit holle kanaalplaten van 1200 mm breed;
- het over de kanaalplaten uitleggen van een betonstaalwapening, zoveel mogelijk opgebouwd uit gepuntlaste wapeningsnetten;
- het met een betonpomp aanbrengen van een druklaag die later wordt afgewerkt met een gesmeerde of gegoten dekvloer.

In de langsrichting en ook langs de gevels ontbreken stalen liggers. Evenwijdig aan de kanaalplaten moest wel een constructieve voorziening worden getroffen: er moest namelijk een trekband worden aangebracht. Deze bestaat uit een koppelstrip van platstaal. De koppelstrip is vastgelast aan de kolommen of THQ-liggers en vormt op deze wijze een trekband zonder aanhechting. De functie van de stalen koppelstrip is later overgenomen door de gewapende druklaag. Deze laag onttrekt de koppelstrip aan het oog.

Het gebruik van het berekeningsmodel in de praktijk leert dat de montagetijd en de kraantijd grote variaties geven in kengetallen per m² vloer en m³ bouw inhoud. De hoogste bouwsnelheid met de laagste arbeidsinzet wordt bereikt bij staalskeletten met een zoveel mogelijk uniforme opbouw met lange kolommen, lange THQ-liggers en lange kanaalplaten (= grote stramienafstanden). De kencijfers zijn gebaseerd op de afmetingen van het gebouw Kennemerplein (tabel 1 en 2).

Tabel 1. Afmetingen van de maatgevende traveeën van het kantoorgebouw Kennemerplein.

bouwlaag	lengte (m)	breedte (m)	hoogte (m)	oppervlak (m ²)	inhoud (m ³)
eerste	12,6	7,2	3,0	91	273
tweede	25,2	7,2	3,0	181	543
derde	25,2	7,2	3,0	181	543
vierde	25,2	7,2	3,0	181	543
vijfde	16,2	7,2	3,0	116	348
totaal				750	2250

Tabel 2. Kencijfers voor een staalskelet met boutloze kluitverbindingen (* = bij een ploeggrootte van 3 man)

omschrijving	aantal	eenheden
montage-arbeid	36	mandagen per 1000 m ² vloeroppervlak
montage-arbeid	12	mandagen per 1000 m ³ gebouwinhoud
kraantijd	12	kraandagen per 1000 m ² vloeroppervlak
kraantijd	4	kraandagen per 1000 m ³ gebouwinhoud
montagesnelheid	83	m ² staalskelet per dag (*)
montagesnelheid	250	m ³ staalskelet per dag (*)

Aanbevelingen voor de montage

Betonbouwers hanteren bij het ontwerp en de uitvoering van constructies met een betonskelet een aantal uitgangspunten. Men streeft bijvoorbeeld naar gelijke profielafmetingen en dwarsdoorsneden en naar gelijke of enkele lengte-, breedte- of hoogte-afmetingen. Deze denkwijze leidt tot een belangrijke beperking van de hoeveelheid in te zetten materieel en optimaal gebruik van het belangrijke serie- en repetitie-effect. De basis van deze uitgangspunten is terug te vinden in CUR-rapport 43 (Economie bij ontwerpen en uitvoeren van betonskeletconstructies). Dit, al uit 1969 daterende studierapport is vele malen herdrukt en nog steeds verkrijgbaar.

Een dergelijk rapport ontbreekt voor het ontwerpen, tekenen, fabriceren en monteren van constructies met een staalskelet. Bouwsnelheid en montagekosten worden vooral bepaald door het werk van de staalconstructeur en de tekenaar die de berekeningsresultaten omwerkt naar fabricagetekeningen van de onderdelen van het staalskelet. Het rapport noemt – naar aanleiding van de montage van het staalskelet van het kantoorgebouw Kennemerplein – een aantal uitgangspunten. De belangrijkste zijn:

- Gebruik bij kleine of grote overspanningen, respectievelijk belastingen, zoveel mogelijk dezelfde profielafmetingen. Dit bevordert de seriegrootte.
- Gelijke dikten van de bovenflens en van de lijven bij THQ-liggers voorkomen fabricagefouten, maar vooral montagefouten. Een afwijkende bovenflensdikte vereist een andere kluithoogte aan de kolom. Afwijkende lijfdikten vereisen

smallere of bredere kluiten.

- Pas voor boutverbindingen altijd overmaatse gaten toe waar dit constructief ook maar enigszins mogelijk is.
- Zorg voor goede toleranties bij de kluitverbinding. De breedte van de inkeping in de onderflens mag 2 mm groter zijn dan de breedte van de kluit. De pen aan de kluit heeft een diameter van 20 mm. De pen steekt minimaal 10 mm uit boven de geplaatste THQ-ligger. Het gat in de bovenflens voor de pen mag 22x40 mm zijn. De afmeting van 22 mm beperkt in voldoende mate het kantelen en omvallen van de THQ-ligger tijdens de (tijdelijke) éézijdige belasting van kanaalplaten.
- Fabricagetoleranties van kanaalplaten moeten zijn afgestemd op de toleranties die beschikbaar zijn vanuit de montage van het staalskelet. Vooral de braam van het niet volledig doorzagen van de kanaalplaten verdient aandacht.
- Om een korte montagetijd en daarmee hoge bouwsnelheid te krijgen, is het gewenst zoveel mogelijk kluitverbindingen toe te passen tussen kolom en THQ-ligger.
- Wanneer men zich van tevoren niet of nauwelijks rekenschap geeft van de consequenties van fabricagetoleranties, maatvoeringstoleranties en plaatsingstoleranties, vergt het te lood en waterpas stellen van het staalskelet veel arbeid. De inzet van een gespecialiseerd maatvoeringsbureau kan deze maatvoeringstijd terugbrengen tot 10 à 25% van de gebruikelijke maatvoeringstijd. Slechts de laatste keer afstellen van de staalconstructie bepaalt de uiteindelijke bereikte maatkwaliteit.



- Gebruik (tijdelijke) stelschoren zonder speling voor het te lood stellen van kolommen. Men kan dan volstaan met twee stelschoren per kolom waarmee effectief kolommen te lood kunnen worden gesteld. Stel het te lood stellen zoveel mogelijk uit tot direct na het volstoren van de stalen kolom met beton of wacht tot het moment van vastlassen van de koppelstrippen, waarbij de onderlinge afstanden van de stalen spannen opnieuw worden gemaatvoerd.

Literatuur

- Th.J.A. Paap, *Tijdnormen voor een staalskelet met THQ-liggers en kanaalplaten*, SAOB-rapport, Ede 1998.
- Th.J.P. Jansen, J. Bullens, N. Kunnen en E. van Rest, 'Hybride draagconstructie heeft grote potentie', *Bouwen met Staal* 134 (1997), p. 42-50. Dit artikel gaat uitgebreid in op het keuzeproces dat heeft geleid tot een staalskelet met kanaalplaatvloeren voor het kantoorgebouw Kennemerplein in Haarlem.
- P. van Deelen en W.H. Verburg, 'We hebben ervan geleerd', *Bouwen met Staal* 142 (1998), p. 11-13. Interview met de projectopzichter van de architect, de projectleider en de werkvoorbereider van de aannemer en de projectleider van de opdrachtgever. Een evaluatie van de uitvoering van het kantoorgebouw Kennemerplein in Haarlem.

Bestellen rapport

Het SAOB-rapport 'Tijdnormen voor een staalskelet met THQ-liggers en kanaalplaten' is te bestellen bij het Staalbouw Instituut en kost f 25,00 (incl. BTW en verzendkosten). De auteur van het rapport is Th.J.A. Paap van SAOB (Samenwerkende Adviseurs en Onderzoekers in de Bouw) te Ede.