

# Transport en montage van geprefabriceerde beton- elementen voor gebouwen

U.D.C. 693.95.012.3:691.328.055/057

Transport en montage van geprefabriceerde betonelementen voor gebouwen



Gebaseerd op het thema van de tweede werksitzing: 'Organisatie - mechanisatie - automatisering'

## Inleiding

De toepassing van geprefabriceerde betonelementen voor gebouwen is één van de antwoorden op de vraag naar sneller bouwen van steeds grotere objecten.

Immers in gevestigde of tijdelijke betonfabrieken kunnen betonelementen van hoogwaardige kwaliteit zonder veel hinder te ondervinden van onwerkbaar weer volgens een vastgesteld schema worden gereedgemaakt en in betrekkelijk korte tijd op de bouwplaats worden aaneengevoegd.

In deze tijd van stijgende loonkosten zullen de bouwkosten gunstig worden beïnvloed, indien maatregelen worden genomen om onwerkbare uren te vermijden. Vooral indien de materiaalkosten minder snel stijgen dan de loonkosten, zullen door het investeren in machines de totale kosten van het bouwen langzamer stijgen dan de loonstijgingen doen vermoeden.

Bovendien is bij de huidige welvaart een mentaliteitsverandering gaande, die het gebruik van machines stimuleert.

In ons land is door de stijging van de lonen dan ook duidelijk te constateren dat industrialisatie en mechanisatie van het bouwen terrein winnen.

Illustratief is in dit verband de toepassing van bouwkransen: ongeveer 10 jaar geleden waren in ons land ca. 800 bouwkransen aanwezig en wel 5 bouwkransen per 1000 bouwvakarbeiders, thans zijn ruim 2500 kransen beschikbaar, hetgeen betekent ca. 10 bouwkransen per 1000 bouwvakarbeiders. De uitbreiding van het aantal machines brengt weer met zich mee, dat de ontwerper er eerder toe komt om met vooraf gereedgemaakte elementen rekening te houden, waardoor het gehele proces van industrialisatie wordt versneld. In het volgende zal worden nagegaan met welke eisen voor transport en montage rekening moet worden gehouden bij het ontwerp van geprefabriceerde elementen. Hierbij wordt onder transport verstaan alle handelingen om betonelementen van de fabriek op de bouwplaats te brengen; intern transport op de fabriek wordt buiten beschouwing gelaten.

Montage noem ik het geheel van handelingen om de elementen na aankomst op de bouwplaats over te brengen naar de definitieve plaats in het bouwwerk.

## Kostenoverwegingen

Hoewel voor de totale kosten van een geprefabriceerde constructie het directe aandeel van transport en montage in vele gevallen beperkt blijft tot maximaal 15%, zal de wijze van transport en montage zeker invloed hebben op de totale opzet en dus ook op de totale kosten. Immers de kosten van de gehele constructie worden mede bepaald door het benodigd aantal elementen, en daarmee samenhangend het aantal te maken verbindingen, de plaats van de verbindingen, de standaardisatie en de daarbij behorende serie-fabricage, de benodigde hulpconstructies, de maatnauwkeurigheid, waarmee moet worden gewerkt, enz. Al deze factoren worden beïnvloed door transport en montage, zodat kennis van de mogelijkheden alleszins de moeite waard is.

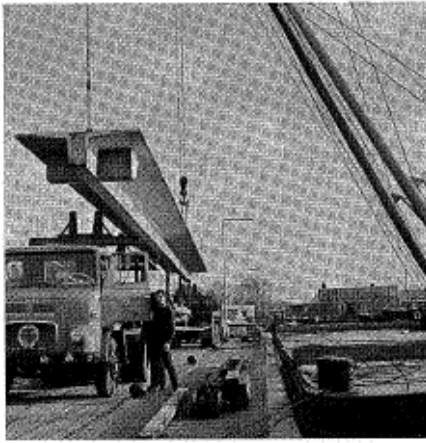
## Transport

Het transport per auto legt beperkingen op wat betreft de maximale afmetingen en het grootste gewicht van de elementen.

Rekening moet worden gehouden met de eisen, bepaald in het wegverkeersreglement. De hierin vastgelegde maximale hoogte-, breedte- en lengtematen, alsmede het maximale gewicht van wegtransporten geven de grenzen aan waarbinnen de ontwerper zich moet bewegen.

Weliswaar zijn ontheffingen mogelijk voor kleine overschrijdingen van de toegestane waarden, maar dit kan betekenen dat voorgeschreven routes en/of bepaalde rijtijden moeten worden aangehouden, waardoor de montagevoortgang op de bouwplaats beperkingen krijgt opgelegd.

Als uitgangspunt voor het ontwerp kan worden aangehouden een hoogte van 3,80 m (de hoogte van de auto is hierin begrepen, voor een dieplader is dit bijv. 0,50 m), een



1  
Overladen van vleugeldakplaten van een schuit op vrachtwagens

breedte van 2,50 m, een lengte van 22,00 m en een nuttig draagvermogen van 30 ton. Met een eenvoudige ontheffing zijn deze maten op te voeren tot resp. 4,00 m, 2,80 m en 25,00 m.

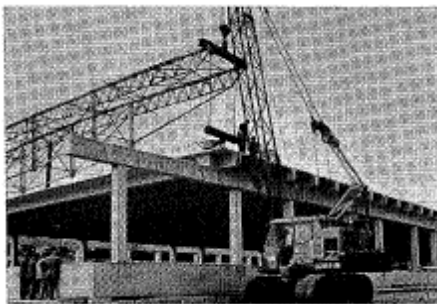
Blijft men met het transport van de elementen binnen één gemeente, dan zijn grotere overschrijdingen van de bovengenoemde maten mogelijk. Zo zijn de vleugeldakplaten van het nafiltegebouw Leiduin (foto's 1-3), lengte 26,50 m, over water aangevoerd en over het laatste deel van het traject per auto [zie *Cement (XX)* /968, nr. 11).

Worden grotere afmetingen en/of gewichten gerealiseerd, zoals veel voorkomt bij tegenwoordige bouwwerken, dan moeten met het oog op het transportprobleem verbindingen worden gemaakt.

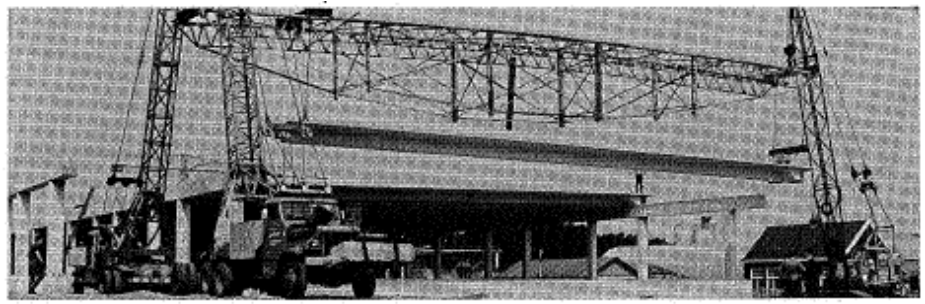
Wil men het aantal verbindingen toch beperken, dan moet de prefabricage op de bouwplaats worden uitgevoerd, zoals bij vele bruggen en viaducten het geval is. Ook de geprefabriceerde vloerelementen van de universiteit van Bochum (foto 4) zijn hiervan een voorbeeld. De afmetingen bedragen hier 7,50 m x 7,50 m, zodat vervoer over de weg niet mogelijk was.

Voor het transport moet een transportschema worden opgesteld, waarbij onder meer rekening dient te worden gehouden met:

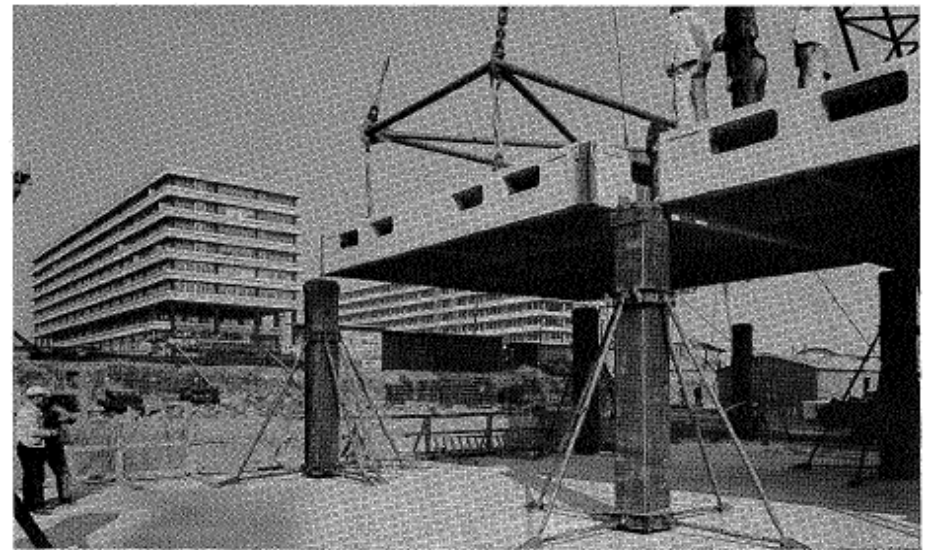
- afstand tot de montageplaats;
- rijsnelheid;
- laad- en lostijd;
- montage-volgorde;
- rijtijden en rijroutes.



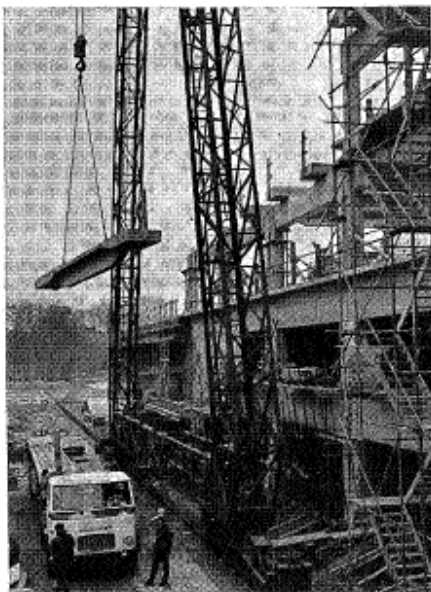
2-3  
Vleugeldakplaten worden gemonteerd m.b.v. mobiele kranen en een hulpdrager



4  
Montage van op de bouwplaats vervaardigde vloerelementen



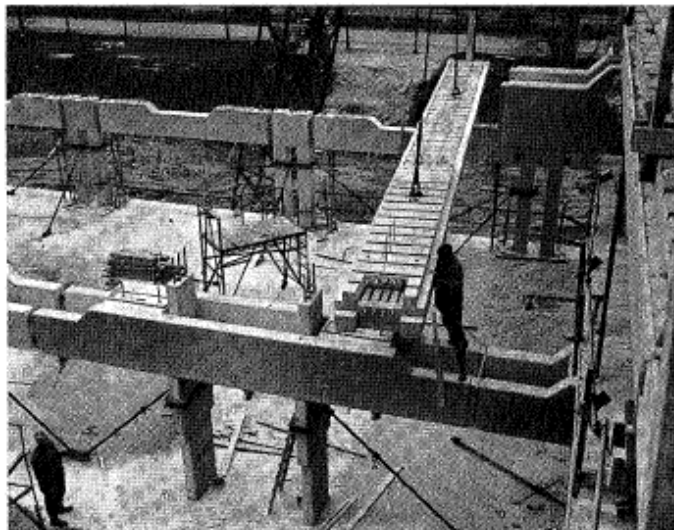
5  
T-balken worden per vrachtwagen aangevoerd  
foto: B. Hofmeester/Rotterdam



Met behulp van het beschikbare transportmaterieel kan dan worden vastgesteld hoe de vrachten worden samengesteld en hoeveel transportmaterieel moet worden ingezet. Zo moesten voor elke verdieping van de hoogbouw voor de Medische Faculteit te Rotterdam de T-balken, vervaardigd bij N.V. Schokbeton in Kampen (zie *Cement (XX)* 1968, nr. 8) in 16 uur worden aangevoerd (foto 5-6).

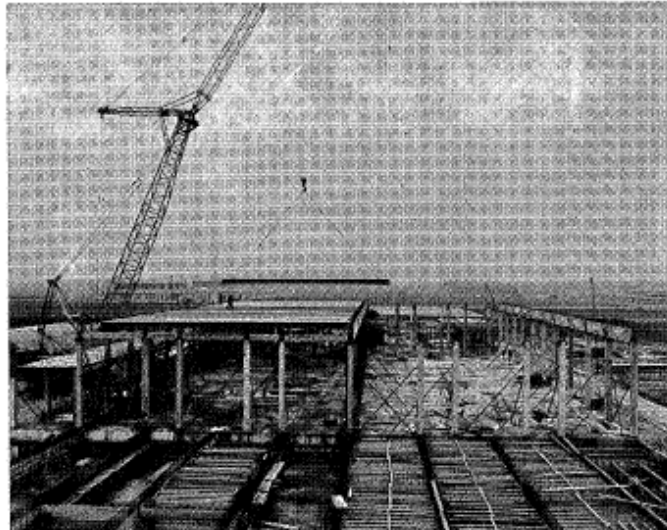
Bij een belading van twee stuks op een vrachtwagen — lengte van de balken 14,00 m, gewicht van twee balken ca. 27 ton — en een montagesnelheid van 24 stuks balken per dag, betekende dit voor de afstand Kampen—Rotterdam de inzet van veel transportmaterieel. Uit dit voorbeeld blijkt, dat bij grote objecten continuïteit van aanvoer en afname van groot belang is; indien hierin stagnatie optreedt zullen hoge kosten het gevolg zijn.

Het is ook duidelijk, dat een zekere voorraadvorming op het werk niet is te ontgaan, het monteren rechtstreeks van het transportmiddel in het werk is bij een bouwwerk met verschillende typen van elementen niet geheel uitvoerbaar. Het opslaan van elementen



6  
*Voor montage bij laagbouw is een mobiele kraan het meest geschikt*

foto: B.Hofmeester/Rotterdam



7  
*Mobiele kraan met groot vermogen monteert T1-elementen*

dient echter beperkt te worden, immers het opslaan en daarna opnieuw opnemen kost tijd en montagecapaciteit en is dus kostenverhogend.

Zorgvuldig moet worden toegezien op het op de juiste plaats ondersteunen van constructieve elementen op het transportmiddel om ongewenste spanningen te voorkomen. Beschadigingen tijdens het transport kunnen worden voorkomen door de elementen vast te zetten bijv. in een frame. Een verende opstelling verdient hierbij de voorkeur om de invloed van schokken te vermijden.

#### **Montage**

Evenals voor het transport, gelden voor prefab-betonelementen beperkingen ten aanzien van afmetingen en gewicht bij montage.

Hierbij zal ik twee hoofdgroepen onderscheiden en wel:

1. het aantal prefab-elementen is beperkt, en/of de afmetingen zijn niet bijzonder groot; hierbij zal bij voorkeur gebruik worden gemaakt van bestaande montage-apparatuur, ten einde de kosten van montage gering te houden;
2. het aantal prefab-elementen is groot, en/of de elementen hebben grote afmetingen; hierbij is het mogelijk om speciaal ontworpen montage-gereedschappen te gebruiken.

In het geval van een beperkt aantal prefab-elementen of elementen van niet te grote afmetingen, zijn de mogelijkheden bij laagbouw nog weer anders dan bij hoogbouw.

#### **Laagbouw**

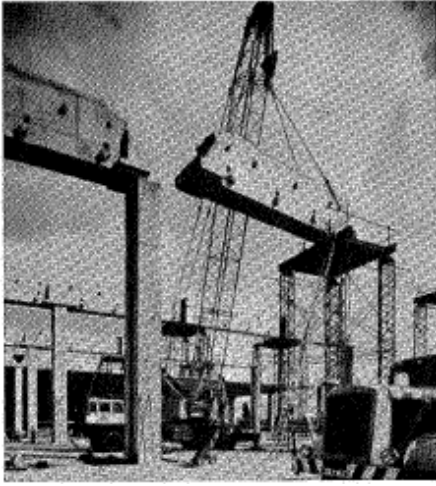
Bij laagbouw zal de montage van de elementen doorgaans van korte duur zijn, terwijl na de montage geen of weinig behoefte zal bestaan aan zware kranen. Het is voor dit geval van belang om uit te zien naar te huren mobiele kranen of autokranen. Tegenwoordig zijn de beperkingen voor deze soort van montage niet groter dan die veroorzaakt door het transport, te meer omdat meerdere kranen tegelijk voor één element kunnen worden ingezet (zie foto 3).

Ook zijn mobiele kranen met groot vermogen beschikbaar. Een toepassing hiervan vormt de montage van de Drukkerij voor de Haarlemse Diepdruk Industrie, waarbij elementen met een gewicht van 14 ton en een lengte van 20 m op een afstand van 21 m uit het steunpunt van de mobiele kraan op hun plaats zijn gebracht (foto 7). De tijdsduur van het gebruik van deze kranen moet zo beperkt mogelijk blijven, in verband met de huurkosten. Ook hier geldt dus dat stagnaties moeten worden voorkomen en een nauwkeurig transport- en montageplan moet worden opgesteld.

Voor elk geval zal de ontwerper zich moeten afvragen of de totale kosten van het gebruik van zwaar transportmaterieel — hetgeen duurder is dan vervoer met normale vrachtwagens — en de huur van grote mobiele kranen opwegen tegen het toepassen van kleinere en lichtere elementen met meerdere verbindingen, tijdelijke onderstempelingen enz. Een algemeen geldende regel is hiervoor niet te geven, maar in het algemeen kan worden gesteld dat bij hoge loonkosten beperking van het aantal manuren op de bouwplaats noodzakelijk is, zodat toepassing van grote en zware elementen zeker overweging verdient.

Bovendien is de bouwsnelheid met grote elementen doorgaans hoger dan die met elementen, waarbij meer verbindingen moeten worden gemaakt.

Indien men besluit tot de toepassing van kleinere en lichtere elementen, kan met vrucht gebruik worden gemaakt van een autokraan. Deze kranen kunnen zich betrekkelijk snel — 50 km/h — over de weg verplaatsen en zijn dus bijzonder geschikt om van bouwwerk naar bouwwerk verplaatst te worden. Uitgerust met een telescoperende mast en giek, kunnen deze kranen bovendien zeer snel na aankomst op de bouwplaats in gebruik worden genomen. Een hoog aantal bedrijfsuren per jaar is van deze kranen te verwachten. Autokranen met een vermogen tot 40 tm zijn tegenwoordig geen uitzondering meer.



8  
Montage van liggermoten met een zware autokraan

foto: Ph.Hoizmann

9  
Twee loopkatkranen met een hoogtebereik van 168 m



10  
Verankering van de loopkatkraan aan de stijve kern

Een toepassing van een zware autokraan is bijv. te vinden bij de bouw van een hal in Frankfort (foto 8), waar de montage geschiedde met een autokraan van 33 tm (zie *Cement (XX) 1968 nr. 2*).

Bij de montage moet gelet worden op de terreingesteldheid; het rijden van de kranen met betonelementen mag niet in gevaar worden gebracht door verschillen in terrein-hoogte. Aanbrengen van rijplaten, stelconplaten e.d. is in veel gevallen noodzakelijk.

#### Hoogbouw

Bij hoogbouw is het veelal noodzakelijk om ook na de montage van de betonelementen te blijven beschikken over een kraan.

Voor de montage van prefab-betonelementen én voor de verdere afbouw zijn op rails rijdende topkranen of loopkatkranen geschikt. In de aanvang van dit artikel is reeds genoemd dat in Nederland thans ca. 2500 kranen beschikbaar zijn. Hierbij moet worden bedacht dat weliswaar kranen met een vermogen van meer dan 100 tm beschikbaar zijn, maar dat kranen met een vermogen kleiner dan 20 tm en die met een vermogen van 40 - 60 tm 2/3 deel vertegenwoordigen van het totaal jaarlijks aangekochte kranen. Indien bij het ontwerp van een zware kraan wordt uitgegaan, is de kans aanwezig dat een zware kraan niet beschikbaar is en dus moet worden aangekocht. Wordt een gebouw ontworpen met beperkte afmetingen van de betonelementen, dan zal een grens van 60 tm kraanvermogen voor de montage in het algemeen kunnen worden aangehouden. Bij de keuze tussen een topkraan of een loopkatkraan, is de laatste in het voordeel bij hoge gebouwen.

Bij een loopkatkraan is de toren niet draaibaar, zodat deze kan worden verankerd aan het in uitvoering zijnde gebouw. Dit is onder meer toegepast bij de Tour du Midi in Brussel, waar twee loopkatkranen werkten tot 168 m hoogte (foto 9), en bij de Medische Faculteit in Rotterdam (foto 10); hier zijn verankerde kranen werkzaam tot een hoogte van 120 m.

Het vluchtbereik van een loopkatkraan is groter dan dat van een topkraan, maar de laatste is sneller bij het rijden over de kraanbaan en bij het zwenken. Tot een hoogte van ca. 65 m kan met topkranen worden gemonteerd.

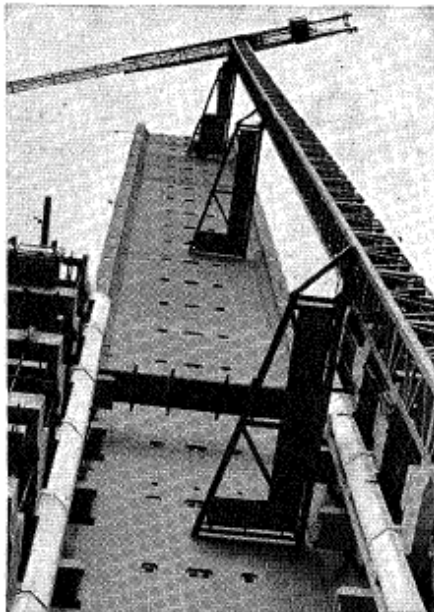
Hoewel ook bij hoogbouw het gebruik van niet aan een rail gebonden mobiele kranen toeneemt, is vooral bij het grotere kraanvermogen de mobiele kraan in het nadeel wat betreft de kosten van de kraan. Voor mobiele kranen met een groot vermogen geldt dat rente en afschrijving ca. twee maal zo hoog zijn als voor een rail gebonden kraan met hetzelfde vermogen.

Kranen zijn kwetsbaar in storm. Er moet dus bij montage gerekend worden op onwerkbaar weer, omdat vanaf windkracht 7 het werken met een kraan niet meer verantwoord is. Bovendien moet rekening worden gehouden met kraanstoringsen. Bij de planning voor grotere werken is het dan ook een goed uitgangspunt dat per werkbare dag ca. 15-20% meer elementen worden gemonteerd dan per werkdag in de fabriek worden geproduceerd.

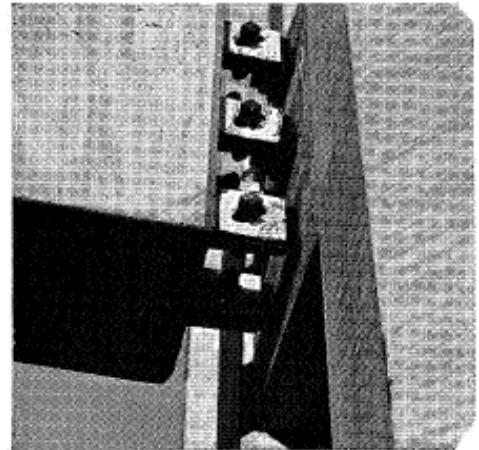
#### Bouwsnelheid

De bouwsnelheid van een geprefabriceerd gebouw wordt beïnvloed door de volgorde van de montage.

Hierbij spelen het aantal verbindingen, de plaats daarvan en de wijze waarop de verbindingen zijn uitgevoerd een belangrijke rol. Gestreefd moet worden naar verbindingen die niet kwetsbaar zijn voor onwerkbaar weer en die kort na montage in gebruik kunnen worden genomen. Zie als voorbeeld de verbinding van gevelbalk en gevelkolom bij de Medische Faculteit te Rotterdam (foto 11).



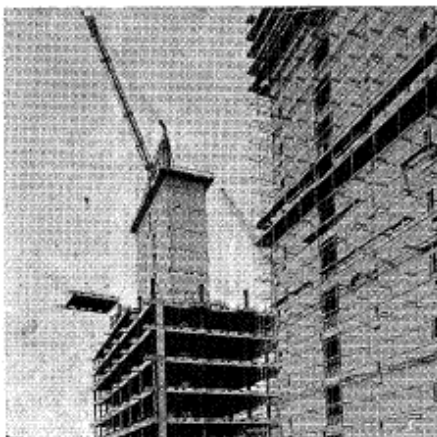
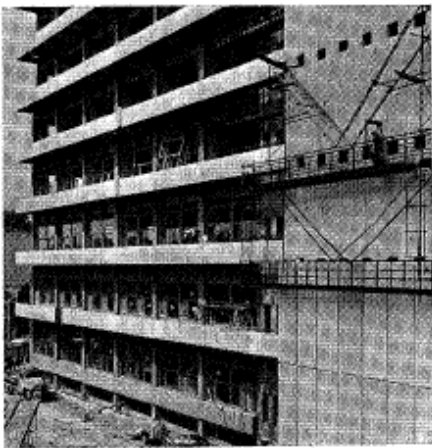
11  
Verbinding tussen kolommen en gevelbalken d.m.v. een snijpenverbinding





12  
Op stijve kernen gemonteerde kraanarmen

13  
Afbouw van het Research Laboratorium van de A.K.U.



14  
Montage van elementen m.b.v. een kraan geplaatst op de vooraf gemaakte stijve kern

15  
Montage van laagbouw d.m.v. een rijdende brugkraan

foto: B.Hofmeester/Rotterdam

Indien zodanig wordt ontworpen dat de montage zonder hulpconstructies kan worden uitgevoerd, wordt het bouwtempo bevorderd.

De montagesnelheid is verder onder meer afhankelijk van de lengte, breedte en hoogte van het bouwwerk, van de totale opzet van het gebouw, van het aantal toegepaste kranen, van de kraancapaciteit (hijsen, zwenken, toppen en rijsnelheid), de manier van aanvoer van de elementen, het tijdelijk opslaan, de vaardigheid van de montageploeg en het gewicht van de elementen.

Vooraf bij hoge gebouwen kan de hijstijd van de kranen aanzienlijk worden. Bij de hoogbouw van de Medische Faculteit bedroeg de hijstijd van elementen van 14 ton 8 m/min.

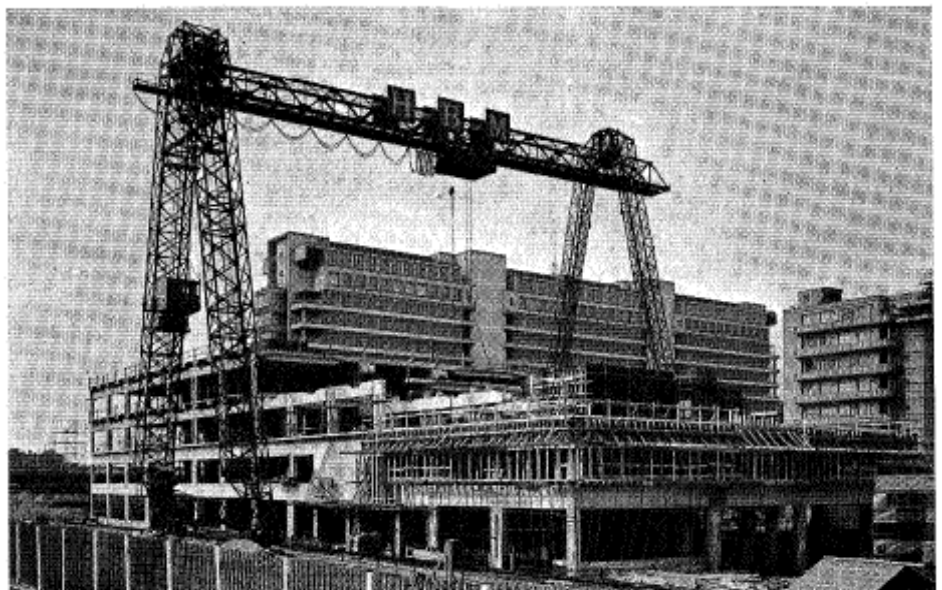
#### Montage met speciaal ontworpen montage-gereedschap

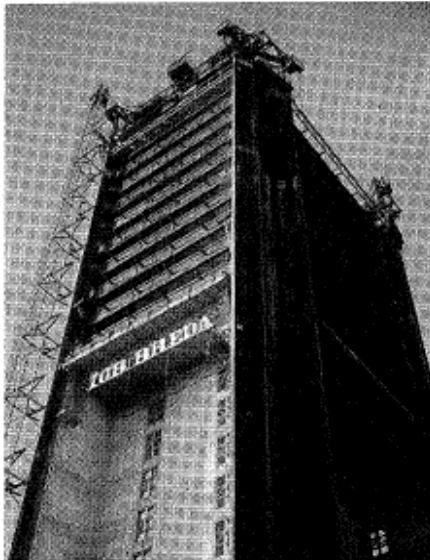
Bij gebouwen waar een groot aantal prefab-elementen wordt toegepast, of bij gebouwen met grote hoogte, is het van belang om na te gaan of door gebruik te maken van grote zware elementen het aantal handelingen op de bouwplaats kan worden beperkt. Snel bouwen wordt hiermee bevorderd, terwijl de meestal dure verbindingen geringer in aantal zijn. Voor deze gebouwen is het dan noodzakelijk om montage-gereedschappen te ontwikkelen, omdat langdurige montage met bijzondere kranen doorgaans te kostbaar is. Aan de hand van voorbeelden zullen enkele bijzondere montagemiddelen worden beschreven.

Voor het Research Laboratorium van de A.K.U. te Arnhem, gebouwd van 1964 tot 1966 (foto's 12 - 13), is uitgegaan van een geheel geprefabriceerd betonskelet. De lengte van het gebouw bedraagt 60 m, breedte 25 m; de hoogste prefab-verdieping ligt op 65 m boven het terrein terwijl een tweetal kernen tot ca. 80 m boven het maaiveld zijn opgebouwd. Voor de montage van de ca. 12 ton zware elementen, die zijn vervaardigd door N.V. Meteor in De Steeg, is op beide kernen, die tevoren met behulp van glijdende bekisting waren opgetrokken, een kraanarm gebouwd die deze zware elementen op ca. 26 m afstand van het steunpunt van de kraan rechtstreeks kon monteren. Met deze werkwijze is het gehele skelet, bestaande uit 1550 stuks elementen, in 6 maanden gemonteerd. Een zelfde werkwijze met een kraan op vooraf gereedgemaakte kernen is toegepast bij de universiteit van Bochum voor de natuurkundegebouwen. De kernen zijn met een klimbekisting vooraf gemaakt, waarna de 30 ton zware vloerelementen met behulp van op de kernen geplaatste kranen rechtstreeks zijn geplaatst (foto 14).

Bij de eerste gebouwen van dit complex is de montage geschied met een brugkraan, die over het gehele gebouw de prefab-elementen kon stellen. Dikwijls belemmeren bij deze bouwwijze de ter plaatse te storten kernen de snelheid van de montage. Voor het gebouw van Klinische Wetenschappen van de Medische Faculteit te Rotterdam is ook gebruik gemaakt van een brugkraan. De overspanning van deze rijdende kraan bedroeg 40 m; het gewicht van de prefab-elementen was 14 ton. De montage geschiedde rechtstreeks vanaf de transportauto tot een hoogte van 20 m. Met dit systeem is het mogelijk een prefab-skelet in zeer korte tijd te monteren (foto 75).

Bij het in aanbouw zijnde Provinciehuis in 's-Hertogenbosch wordt weer gebruik gemaakt van een met glijdende bekisting uitgevoerde betonkern, waarop het speciaal ontworpen montage-materieel is opgesteld, liggers van 24 m lengte met een gewicht van 30 ton worden na aanvoer van de fabriek met deze apparatuur omhooggehesen en gesteld. De montagevolgorde is van boven naar beneden; elke verdieping vergt een week (foto 16). Bij de hoogbouw van de Medische Faculteit is een andere werkwijze gevolgd. Hierbij zijn 19200 stuks prefab-elementen, verdeeld over 26 verdiepingen, voor een gebouw van ca. 80 X 34 m<sup>2</sup> in ruim een jaar bouwtijd gemonteerd. De hoogste geprefabriceerde vloer

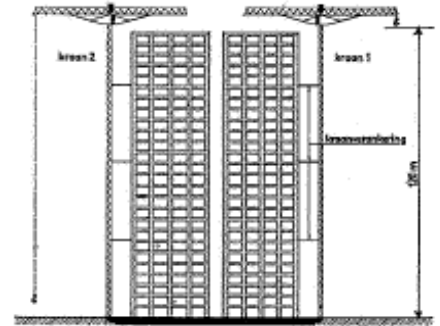




16

Montage van elementen van boven naar beneden d.m.v. op de betonkern geplaatst montage-materieel

foto: B. van Gils/Breda



17

Opstelling van de torenkranen op de bouwplaats; verankering aan de stijve kernen

bevindt zich op 104 m boven het maaiveld. De kernen van het gebouw zijn met behulp van glijdende bekisting gestort. Omdat op de hoogbouw een ketelhuis wordt gebouwd was plaatsing van kranen op de kernen niet wenselijk voor het tijdig gereedkomen van het ketelhuis.

Tegen beide topgevels van het gebouw zijn aan de gegleden kernen verankerde handelskranen geplaatst met een hijshoogte van 120 m. Deze kranen waren in staat de 16 ton zware elementen op 7 m afstand van de kraanmast te hijsen (foto 10, fig. 17). Het op de juiste plaats in het werk brengen van kolommen en balken is geschied met op rails verplaatsbare vijzelwagens, rijdend over een juist gereedgemaakte vloer (foto 18). Tijdens het op de plaats brengen van de elementen kon de kraan weer nieuwe elementen hijsen, waarmee een efficiënte werkmethode was verkregen (zie ook *Cement (XX) 1968 nr. 6 en 8*)

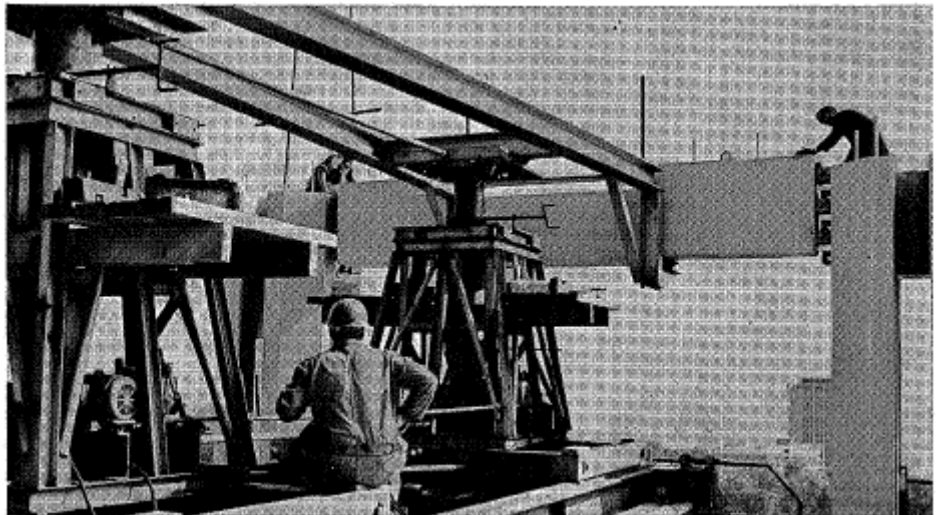
### Conclusie

Met een geprefabriceerd betonskelet zijn grote bouwwerken snel te realiseren. De ontwerper moet zich hierbij goed rekenschap geven van de mogelijkheden en beperkingen, die voortkomen uit het transport en de montage.

Een juiste keuze van het materieel en een goede planning van voorbereiding en uitvoering zijn noodzakelijk.

18

Montage van balken met op rails verrijdbare vijzelwagens



## contents

### Transport and Assembling of Precast Elements for Buildings

This article provides an insight into the various possibilities available for transport and assembling of precast elements for buildings, illustrated with a number of applications. As regards assembling, the author differentiates between numbers and dimensions of the elements since both factors are of great influence regarding the choice of the assembling equipment needed. He furthermore makes a division between high-rise and low-rise buildings in this context.

## sommaire

### Transport et assemblage des éléments en béton préfabriqués pour bâtiments

En partant d'un certain nombre de cas, l'auteur a essayé de donner un aperçu des diverses possibilités qui s'offrent pour le transport et l'assemblage des éléments en béton préfabriqués pour bâtiments. Pour l'assemblage, une différence est faite suivant le nombre et les dimensions des éléments, vu que ces deux facteurs peuvent jouer un grand rôle dans le choix des appareils pour l'assemblage. Une différence est aussi faite entre constructions basses et constructions en hauteur.

## inhalt

### Transport und Montage vorgefertigter Betonelemente für Gebäude

Vorliegender Artikel bezweckt anhand einer Anzahl von Anwendungen einen Überblick zu geben über die verschiedenen Möglichkeiten, die dem Transport und der Montage von vorgefertigten Elementen für Gebäude offenstehen. Für die Montage macht der Autor einen Unterschied in der Anzahl und den Abmessungen der Elemente, weil beide Faktoren großen Einfluss auf die Montageapparatur, die benutzt werden wird, haben wird. Weiter unterscheidet er Hoch- und Flachbau.