

Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht

Band: 7 (1964)

Rubrik: International survey of structural precast concrete

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 21.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

La préfabrication des ouvrages en béton armé en Belgique ¹⁾

Die Vorfabrikation von Stahlbetonbauten in Belgien

The Prefabrication of Reinforced Concrete Structures in Belgium

I - Généralités

L'utilisation en Belgique du béton armé sous sa forme traditionnelle (béton armé coulé sur place) est extrêmement importante et déjà ancienne.

On peut dire que ce matériau a eu dans notre pays un développement extrêmement rapide, dès qu'il est apparu dans la construction et cela grâce notamment à l'existence en Belgique d'une importante industrie sidérurgique et d'une non moins importante industrie cimentière.

La très grande majorité des bâtiments à usage commercial (bureaux, magasins), des bâtiments scolaires et même des bâtiments d'habitation (immeubles à appartements), comporte une ossature en béton armé.

La technique du béton armé et ultérieurement du béton précontraint, a fait dans notre pays de très grands progrès grâce notamment à l'action, aux études et aux recherches de feu Monsieur le Professeur MAGNEL de la Université de Gand. Les ouvrages de celui-ci, relatifs au calcul du béton armé, restent utilisés par la plupart des praticiens belges et même par de nombreux praticiens étrangers.

Etant donné le développement important de la technique traditionnelle des ouvrages en béton armé, on peut affirmer que la préfabrication de ces ouvrages n'a pas connu jusqu'à présent un développement comparable à celui existant dans d'autres pays, les conditions initiales étant différentes.

Toutefois, depuis la fin de la seconde guerre mondiale, les conditions économiques ont été modifiées notamment par suite de l'augmentation considérable des salaires directs et indirects octroyés à la main-d'oeuvre de l'industrie de la construction. Depuis la fin de cette seconde guerre mondiale, de nombreux efforts sont entrepris pour diminuer l'importance de la

(¹) Par le prof. ir. A. de Grave, Inspecteur Général des Bâtiments, Ministère des Travaux Publics de Belgique.

main-d'oeuvre sur chantier, ainsi que l'importance et l'utilisation de coffrages, et cela en utilisant différents moyens de préfabrication, éventuellement limitée à certains éléments de construction.

La préfabrication des ouvrages en béton armé est principalement, actuellement, axée sur l'utilisation des éléments de construction ci-après:

- 1) *planchers préfabriqués*: l'utilisation de planchers préfabriqués est déjà ancienne en Belgique; notre pays est pratiquement le pays d'origine des planchers préfabriqués en terre cuite armée; l'industrie des planchers préfabriqués s'est considérablement développée depuis la fin de la seconde guerre mondiale;
- 2) *poutres préfabriquées*: ces poutres sont principalement des poutres en béton précontraint du système HOYER, c'est-à-dire avec ancrage par adhérence ou des poutres en acier préfléchies: système PREFLEX; de véritables poutres préfabriquées en béton armé ne sont pratiquement pas produites dans notre pays: les utilisateurs et les fabricants préfèrent, avec raison, utiliser les avantages de la précontrainte pour de telles poutres préfabriquées;
- 3) *ossatures préfabriquées pour pavillons scolaires*: l'Administration des Bâtiments du Ministère des Travaux Publics a procédé à diverses adjudications en vue de la fourniture et du placement de pavillons préfabriqués, sans étages, destinés à l'érection rapide de locaux scolaires; ultérieurement, de tels pavillons ont été également fournis pour d'autres organismes; plusieurs firmes spécialisées, notamment la Firme VAN ONKELEN, à Tirlemont, et la Firme MAES, à Gand, ont mis au point des procédés de préfabrication d'ossatures en béton armé pour ces pavillons; actuellement, de nombreuses firmes ont pratiquement mis au point des plans complets en vue de la préfabrication d'ossatures de bâtiments scolaires à deux ou à trois niveaux et cela en concurrence avec d'autres firmes qui ont axé leurs études et leur production sur l'utilisation d'ossatures métalliques;
- 4) *ossatures préfabriquées pour constructions définitives*: en vue de l'Exposition Internationale de 1958, le Groupe 37 (Edifices et Habitations) a érigé deux pavillons, dont l'un était constitué par une ossature préfabriquée en acier, et l'autre par une ossature préfabriquée en béton armé; cette ossature préfabriquée en béton armé a été réutilisée en vue de la construction de l'athénée royal d'Aarschot (première tranche); actuellement, le Bureau d'Etudes (Bureau d'Etudes ARTEC) chargé de l'élaboration des plans des ouvrages en béton armé de la deuxième tranche de cet athénée, a perfectionné le système utilisé en 1957-1958 et a mis au point une nouvelle étude d'ossature préfabriquée, plus simple, en vue de la construction de la deuxième tranche de cet athénée; il s'agit d'un

essai, le dit athénée constituant la première réalisation de bâtiment en ossature préfabriquée; les résultats de cet essai sont extrêmement encourageants; à noter, toutefois, que les planchers préfabriqués qui s'appuient sur l'ossature sont des planchers en béton précontraint.

* * *

Actuellement, l'idée de la préfabrication partielle ou totale des ouvrages en béton armé fait d'énormes progrès dans notre pays. Alors qu'en 1950, il n'existait pratiquement pas de centrales de préparation de béton manufacturé, de telles centrales de préparation de béton existent pratiquement dans tous les centres importants du pays; à Bruxelles, il existe au moins quatre firmes concurrentes et, de plus en plus, la préparation du béton pour béton armé ne se fait plus sur chantier sauf en cas de chantiers très importants.

De même, la grande firme C.B.R. (Cimenterie et Briquetterie réunies) a commencé l'érection, à Lierre (province d'Anvers) d'une grande usine en vue de la fabrication d'éléments préfabriqués en béton armé. Il ne faut pas oublier non plus les usines existantes; citons par exemple:

- West Vlaamse Betonwerkerij à Bruges;
- DECLERCQ, à Bruges;
- Betonwerkerij, te Harelbeke;
- BETONS de CHARLEROI, à Charleroi.

Citons également la S.A. PREFLEX dont l'usine est située à Ternat et qui fabrique des poutres préfléchies en acier, dans lesquelles le béton dit de première phase joue un rôle essentiel en vue de la préflexion; ces poutres PREFLEX sont, en général, enrobées ultérieurement de béton armé, dit béton de deuxième phase.

II - Planchers préfabriqués

Les planchers préfabriqués et utilisés en Belgique sont principalement de trois types:

- les planchers préfabriqués utilisant des briques ou blocs en terre cuite;
- les planchers préfabriqués utilisant des blocs en béton;
- les planchers préfabriqués utilisant des éléments en béton précontraint.

De tels planchers préfabriqués sont produits par de très nombreuses firmes. Leur utilisation interne a rendu nécessaire d'établir une norme

fonctionnelle permettant l'unification des prescriptions relatives à ces planchers préfabriqués; cette norme porte le n. NBN 539; elle a été soumise à l'enquête publique et le texte définitif est actuellement à l'impression.

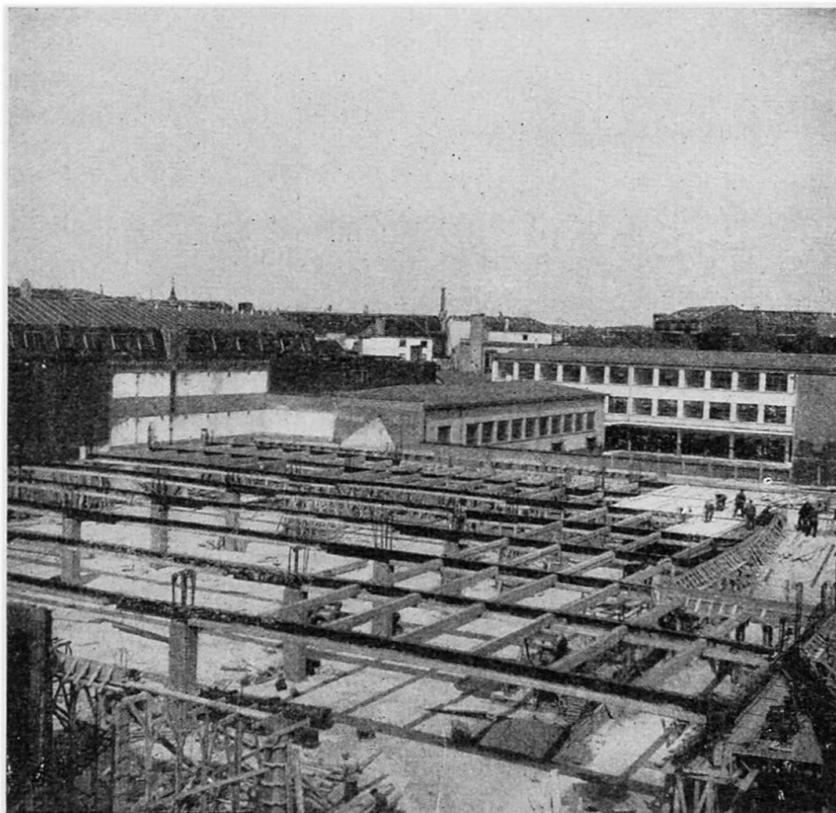


Fig. 1 - *Grand Garage du Vieux Marché aux Grains à Bruxelles.* Mise en place des poutres secondaires préfabriquées en béton armé sur les semelles des poutres Préflex de 20 m. Les coffrages de la dalle coulée sur place, s'appuyent sur les poutres secondaires de 6,60 m.

Ces planchers préfabriqués ont également été classifiés en cinq types: P1, P2, P3 P4 et P5.

Il m'est impossible de résumer en quelques mots le texte imposant de la norme NBN 539. Je me contenterai de signaler que cette norme contient, outre la définition des différents types de planchers préfabriqués, les spécifications techniques auxquelles ils doivent répondre, ainsi que la description du mode opératoire des essais.

Parmi les spécifications techniques signalons:

- 1) la résistance à la compression des blocs;
- 2) la résistance des éléments de plancher (contraintes maximales en compression et en traction);
- 3) les flèches maximales des éléments de plancher;
- 4) la résistance aux chocs des éléments de plancher;

- 5) l'isolation thermique;
- 6) l'isolation acoustique tant aux bruits aériens qu'aux bruits de choc: cette isolation acoustique est déterminée sur le plancher fini, c'est-à-dire après construction du revêtement de plafond et du revêtement de sol;
- 7) certaines conditions spéciales en ce qui concerne le recouvrement des armatures, le retrait des éléments préfabriqués en béton armé et leur teneur en ions SO_2 et SO_3 (possibilités de corrosion).

A remarquer enfin qu'en ce qui concerne le degré de préfabrication, celui-ci diminue au fur et à mesure que le numéro de classification augmente: en d'autres termes, le type P5 est le moins préfabriqué.

III - Poutres préfabriquées

Ainsi que je l'ai exposé ci-dessus au chapitre I - Généralités - les poutres préfabriquées utilisées en Belgique sont principalement des

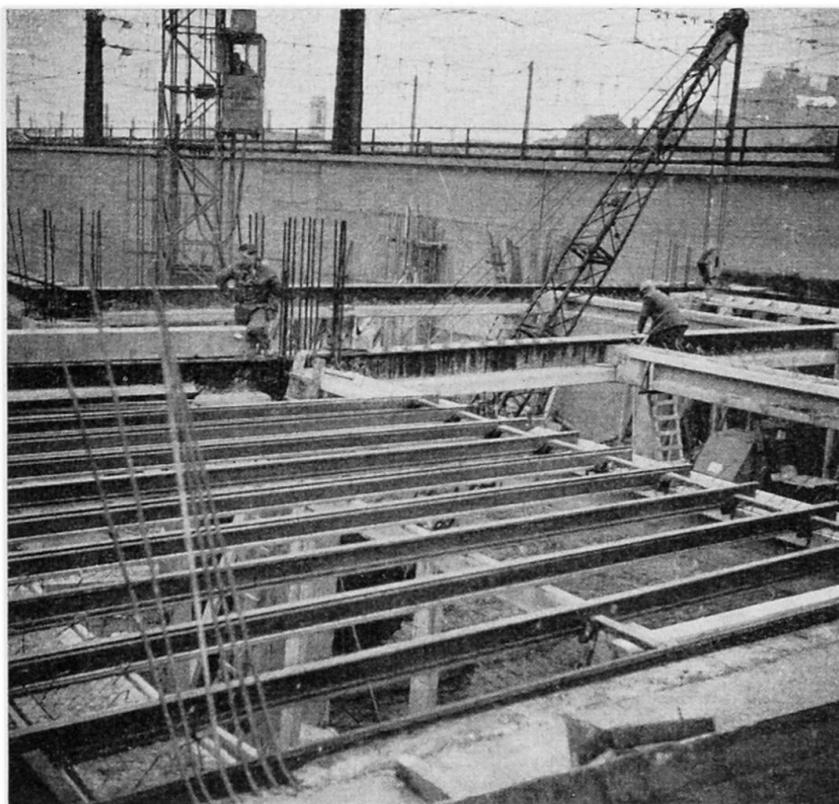


Fig. 2 - Gare d'Autobus de la Place Rogier à Bruxelles. Doubles cadres avec poutres Préflex de 16 m distants de 8,35 m. Les poutres secondaires sont préfabriquées en béton précontraint. Les nervures métalliques prennent appui sur les poutres secondaires et supportent les coffrages amovibles de la dalle coulée sur place.

poutres en béton précontraint du système à ancrage par adhérence continue, fabriquées avec des fils de faible diamètre (3 et 5 mm, parfois 7 mm) du type à empreintes. Ces poutres sont, en général, de section en double T. Elles sont fabriquées principalement à l'usine DECLERCQ, à Bruges, sur un band d'une longueur de 100 m environ, entre deux culées reliées par un radier extrêmement résistant, culées et radier reprenant les efforts de la précontrainte.

La technique est la suivante:

- a) on pose sur le pavement les éléments de coffrage, standards et métalliques;
- b) on tend entre les deux culées les armatures de précontrainte; les contraintes dans ces armatures sont mesurées non seulement par mesure de l'allongement des armatures mais également par mesure dynamométrique directe;
- c) on place aux endroits voulus les coffrages intercalaires permettant de réaliser, sur la longueur de 100 m, un certain nombre de poutres dans le

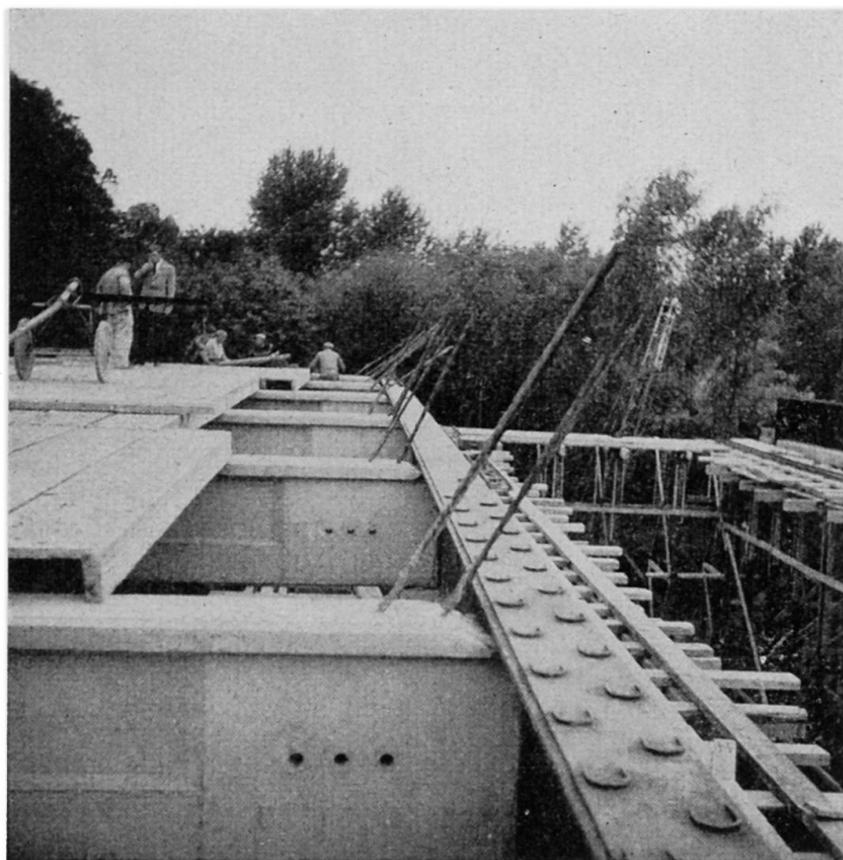


Fig. 3 - *Nouveau Musée de l'Afrique Centrale à Tervueren*. Poutres Préflex de 25 m de portée supportant les poutres secondaires en béton précontraint de 8,40 m distantes de 4,20 m. Le hourdis est composé d'éléments préfabriqués en béton précontraint. A noter, les barres de continuité des poutres secondaires qui sont repliées au-dessus des poutres Préflex.

prolongement l'une de l'autre; il est évident que ces poutres doivent être de longueur, de section et d'armatures identiques puisque les armatures vont de culée à culée;

- d) on coule le béton dans les coffrages;
- e) après durcissement suffisant, on coupe les armatures entre les différentes poutres, ce qui a pour effet de reporter les contraintes des armatures sur le béton et de provoquer la mise en compression de celui-ci.



Fig. 4 - *Complexe Administratif, rue de Louvain à Bruxelles.* Poutres Preflex de 13,50 m avec aux extrémités des barres d'armature soudées à la poutrelle et servant à l'encastrement des poutres Préflex dans les colonnes.

A remarquer que dans les usines modernes, les armatures peuvent être ou droites ou inclinées, c'est-à-dire relevées vers les appuis, de manière à augmenter la résistance des poutres aux efforts tranchants.

Les poutres préfabriquées sont transportées sur chantier et, en général, sont utilisées comme poutres sur deux appuis; il existe, toutefois, des cas où de telles poutres ont été utilisées de manière à constituer des poutres continues, les contraintes dues aux moments de flexion sur les appuis étant reprises par des armatures complémentaires placées après pose des poutres sur chacune des travées.

Les poutres PREFLEX, en acier préfléchi, sont constituées de poutrelles en acier A.52; ces poutrelles sont du type à larges ailes (fabriquées par les laminoirs de Differdange, au Grand-Duché de Luxembourg).

Ces poutrelles PREFLEX permettant, avec de faibles hauteurs, de franchir de très grandes portées, ont été inventées et mises au point par Monsieur l'Ingénieur LIPSKY et par feu Monsieur le Professeur BAES. Elles permettent de réaliser une utilisation entièrement rationnelle du béton d'enrobage, l'entièreté de la section de ce béton collaborant à la résistance de l'ensemble. Elles présentent une sécurité extraordinaire au point de vue de la rupture. Etant donné le mode de fabrication, il est possible d'obtenir des poutrelles présentant des contre-flèches telles qu'elles annulent les flèches dues aux charges fixes (poids morts) et même aux charges mobiles.

Les poutrelles PREFLEX sont utilisées, soit comme poutres sur deux appuis, soit comme poutres continues ou comme traverses horizontales de portiques. Il est, en effet, possible grâce au placement d'armatures supplémentaires aux extrémités et grâce également à des procédés de chargement momentané après pose, d'assurer la solidité et la continuité entre les dites poutrelles et les colonnes en béton armé ordinaire sur lesquelles elles reposent.

L'Administration des Bâtiments a notamment réalisé des séries de portiques à plusieurs étages et à une travée pour le bâtiment de l'Institut National de Statistiques à Bruxelles; actuellement, cette méthode est utilisée par d'autres maîtres d'ouvrages dans de nombreux cas.

Les seules poutres en béton armé qui sont préfabriquées à ma connaissance, et encore cette préfabrication s'opère sur chantier, sont les linteaux destinés à couvrir les baies de portes, dans les constructions à murs portants; grâce à la normalisation des portes et baies de portes, les entrepreneurs ont de plus en plus l'habitude de couler les linteaux au sol et de les poser sur leurs appuis en maçonnerie.

IV - Pavillons préfabriqués

En Belgique nous avons plusieurs types de pavillons scolaires préfabriqués.

Ces pavillons sans étages sont utilisés par l'Administration des Bâtiments, de manière à permettre, très rapidement, le logement de la population scolaire des écoles nouvellement créées par le Ministère de l'Education Nationale et de la Culture.

A remarquer en ce qui concerne les différents systèmes:

- 1) les pavillons de la Firme " Bétons de Charleroi " sont en réalité à ossature métallique boulonnée, les éléments logés en copeaux de bois agglomérés (nom commercial " DURISOL ");

- 2) les pavillons de la Firme MAES sont constitués par des panneaux de façade autoportants préfabriqués en usine et transportés sur chantier avec montage par grue de fort tonnage; ces panneaux de façade sont assemblés aux poutres de la toiture en béton armé, tous les assemblages étant opérés par boulons;
- 3) les pavillons de la Firme VAN ONKELEN sont constitués d'une ossature complètement préfabriquée en béton armé (y compris les éléments de fondations) et d'éléments de façade préfabriqués en béton armé; les assemblages des poutres se font par boulons; par contre, les assemblages des éléments de façade aux colonnes se font par coins; les poutres de la toiture sont constituées par des fermettes en acier.

Ainsi que je l'ai dit ci-avant, l'Administration des Bâtiments s'occupe, avec différentes firmes spécialisées, de mettre au point les plans présentés par ces firmes en vue de la construction de bâtiments scolaires à étages. Ces bâtiments scolaires à étages sont destinés à constituer des bâtiments scolaires définitifs; certaines firmes ont proposé une ossature préfabriquée en béton armé ou des panneaux de façade autoportants et également préfabriqués en béton armé.

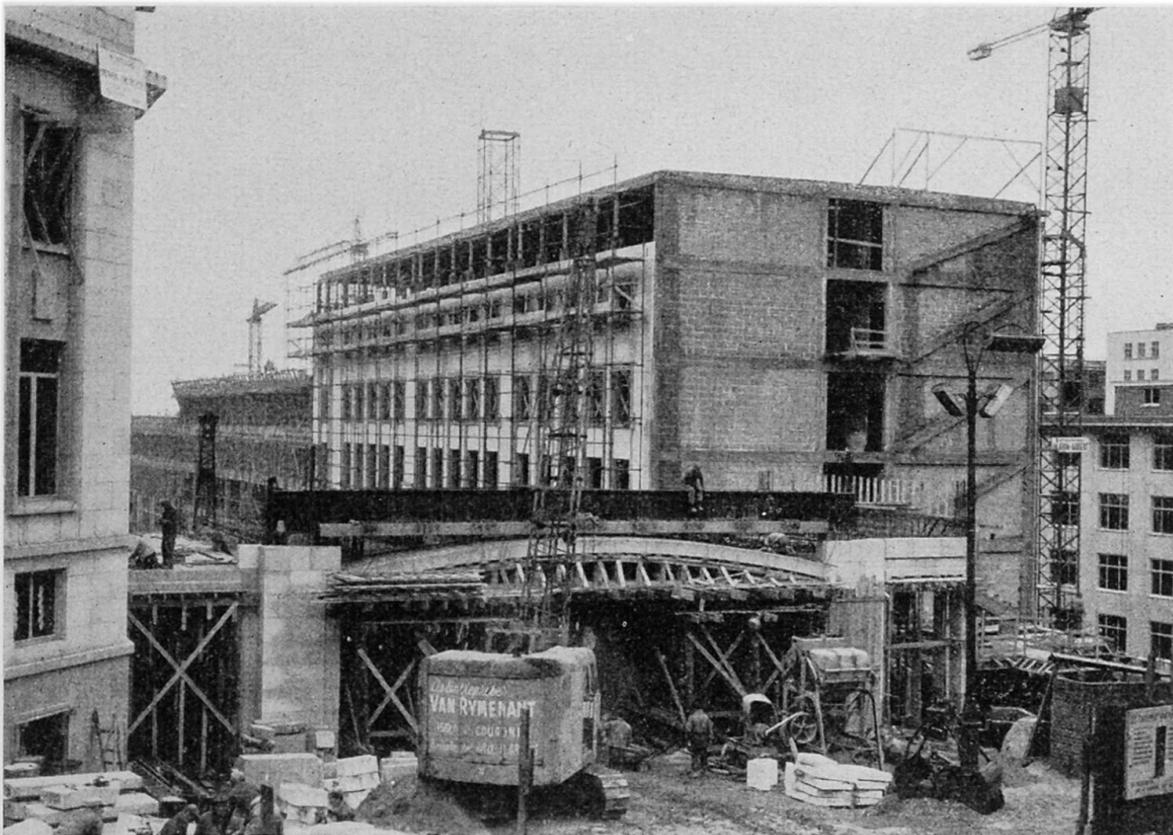


Fig. 5 - Complexe du Mont des Arts à Bruxelles. Une des deux poutres supportant le bâtiment qui surplombe la rue Montagne de la Cour. La voûte en pierres de France est suspendue à la poutre Préflex.

V - Autres éléments préfabriqués en béton

La Belgique produit et utilise depuis de très nombreuses années des blocs en béton; ceux-ci font l'objet de la norme NBN 538.

La Belgique produit et utilise également des plaques de façade en béton

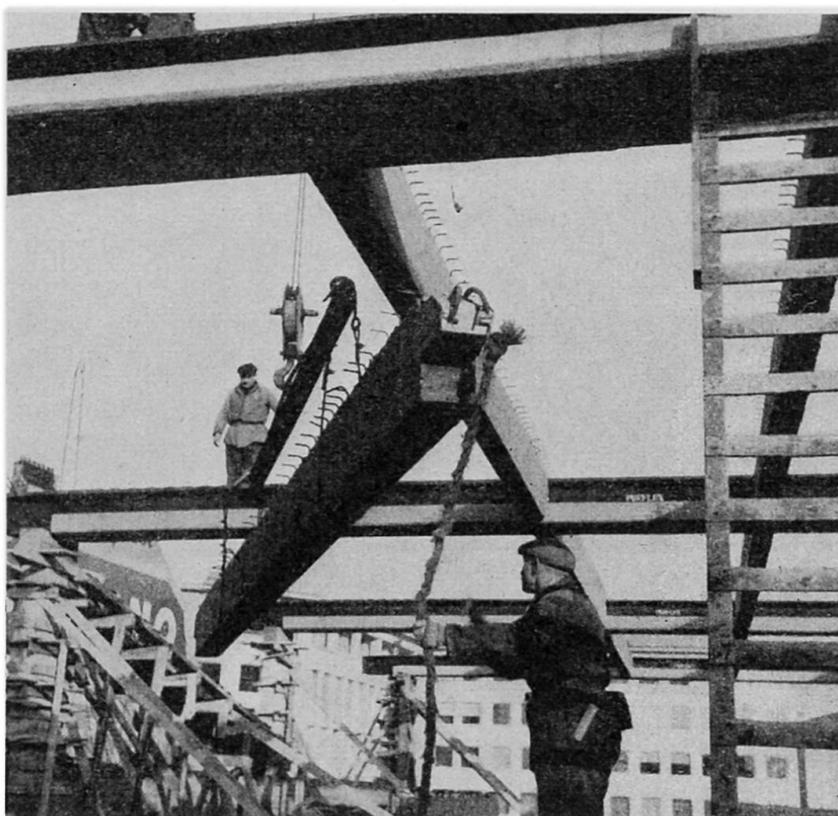


Fig. 6 - *Office National du Placement et du Chomage à Bruxelles*. Mise en place des poutres préfabriquées en béton armé d'une longueur de 7,50 m sur les poutres Préflex ayant une portée de 15,00 m.

noble, en pierre reconstituée ou en béton de silex lavé, plaques de façade qui ne constituent pas des éléments portants mais bien des éléments de revêtement.

Enfin, la Belgique produit des tuyaux d'égouts en béton ou en béton armé, tuyaux d'égouts qui font l'objet de la norme NBN 376.

En ce qui concerne les blocs et les tuyaux en béton, il s'agit de matériaux devenus quasiment traditionnels et que l'on peut difficilement considérer comme entrant dans le cadre d'une étude sur les structures préfabriquées.

* * *

En ce qui concerne l'avenir de la préfabrication en béton armé en général, et plus particulièrement l'avenir de la préfabrication des ossatures

en béton armé, il y a lieu de tenir compte de ce que le gros problème dans cette préfabrication est constitué par l'assemblage des divers éléments entre eux. Jusqu'à présent, les différents procédés utilisés pour l'assemblage, ont été compliqués parce qu'il était nécessaire d'utiliser des boulons ou d'autres organes métalliques.

L'assemblage d'éléments d'ossature avec armatures dépassantes, et avec coulée d'un joint en béton ou en mortier sur place après pose des éléments à assembler, présente de nombreux inconvénients et notamment celui d'une absence réelle de continuité par suite des fissures dues au retrait. C'est la raison pour laquelle la plupart des techniciens belges s'orientent vers la préfabrication avec utilisation partielle ou totale de la précontrainte.

Celle-ci permet notamment:

- de résoudre le problème des joints d'assemblage et le problème du retrait;
- de réduire les dimensions et, par conséquent, le poids des éléments préfabriqués;
- de diviser les poutres ou colonnes en éléments pouvant être facilement manutentionnés, leur assemblage se faisant par la précontrainte: en matière de construction de ponts, plusieurs ponts en béton précontraint

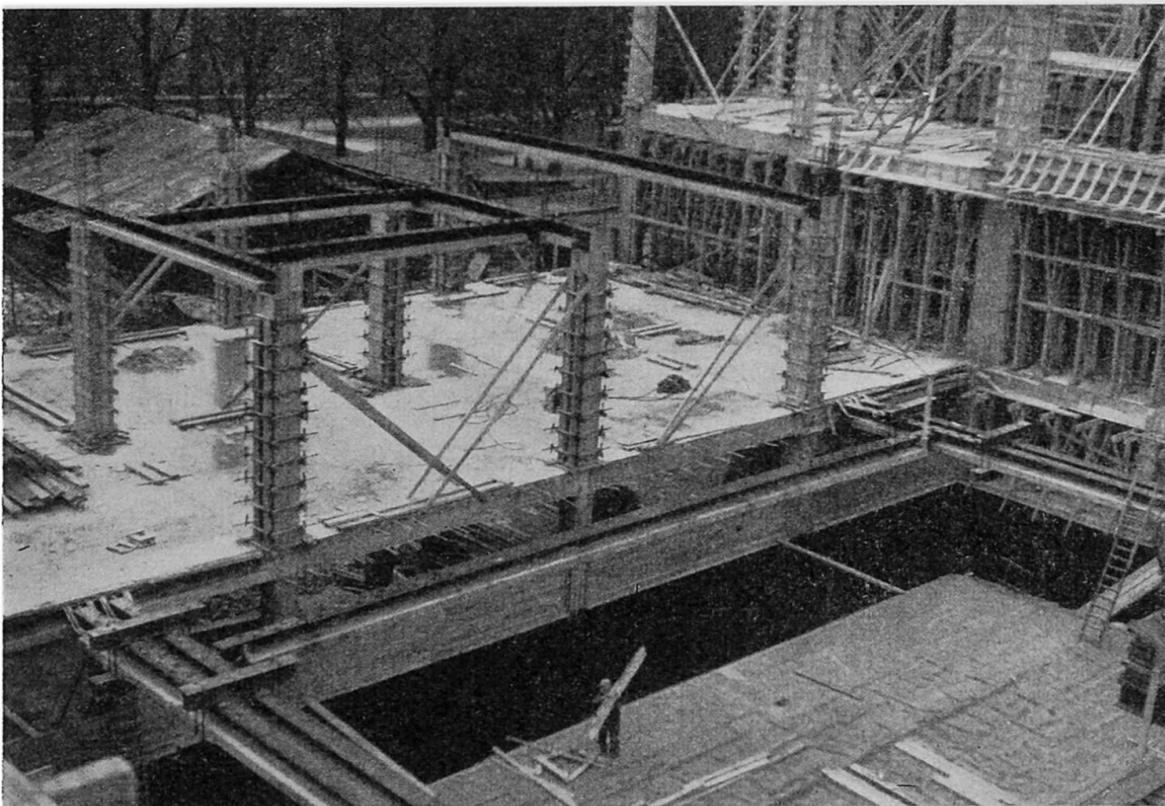


Fig. 7 - Reconstruction du Musée du Cinquantenaire (aile gauche) à Bruxelles. Les poutres PREFLEX DIR 38 de 18,00 m, visibles à l'avant-plan, surplombent une ancienne mosaïque maintenue en place pendant l'exécution des travaux.

ont été réalisés dont les poutres étaient constituées de blocs alignés (juxtaposés suivant le sens de la longueur), la surface entière du joint étant toujours soumise à compression par suite de la précontrainte appliquée après coup.

Il ne faut pas oublier non plus que l'utilisation de profils métalliques légers, notamment en tôle pliée, a conduit à une sérieuse réduction des tonnages d'acier utilisé dans les ossatures préfabriquées métalliques; celles-ci deviennent compétitives par rapport aux ossatures préfabriquées en béton armé.

Bericht über Fragen des Entwurfes und der Montage vorgefertigter Bauten in der Deutschen Demokratischen Republik ¹⁾

*Rapport sur la conception et le montage des ouvrages préfabriqués dans la
République Démocratique Allemande*

*Report on the Design and Erection of Prefabricated Structures in the
German Democratic Republic*

1 - Einführung

Montagebauweisen werden in der Deutschen Demokratischen Republik vorrangig für Wohnungs-, Industrie- und Landwirtschaftsbauten angewendet. Weiterhin werden Bauwerke des Tiefbaues, wie z.B. Brücken, Heizkanäle u.a. in Montagebauweise ausgeführt.

Der Bericht konzentriert sich auf die Fragen des Entwurfes und der Montage von vorgefertigten Gebäuden.

1.1 - Die Entwicklung des Montagebaues

Die 1. Baukonferenz der Deutschen Demokratischen Republik im Jahre 1955 stellte die Aufgabe, die Industrialisierung des Bauens als Hebel einer wesentlichen Erhöhung der Arbeitsproduktivität und einer realen Senkung der Baukosten durchzuführen.

Als Ziel der Industrialisierung wurde die Ersetzung der schweren körperlichen Arbeit durch Maschinenarbeit, die Gestaltung der Produktion entsprechend dem fortschrittlichen Stand der Wissenschaft und Technik gestellt.

Die Industrialisierung des Bauens wird im wesentlichen charakterisiert durch die Vorfertigung von Bauelementen, die mechanisierte Montage im Takt- und Fließverfahren sowie die Typisierung und Standardisierung.

¹⁾ Dieser Bericht wurde im Juli 1963 unter der Leitung von Dipl.-Ing. Karl-Albert Fuchs durch die folgende Gruppe von Mitverfassern: 1. Prof. Dipl.-Ing. Ottoheinz Ledderboge - 2. Dipl.-Ökonom-Ing. Horst Becker - 3. Dipl.-Ing. Werner Voigt - 4. Dipl.-Ökonom-Ing. Helmut Mende - 5. Ing. Horst Häusler - 6. Ing. Horst Grabowski ausgearbeitet.

Die Ergebnisse dieser 1. und der in den Jahren 1958 und 1959 durchgeführten weiteren Baukonferenzen bildeten die Grundlage für Beschlüsse des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik, durch die die gesetzlichen Grundlagen für den Übergang zur Industrialisierung des Bauens geschaffen wurden.

In der Forschung und Entwicklung, in der Planung, in der Projektierung, in der Produktion von Baustoffen und Baulelementen, in der Mechanisierung und Technologie des Bauens, in der Ausbildung und Lehre — kurz auf allen Gebieten des Bauwesens — haben sich seit 1955 auf der Grundlage dieser Beschlüsse tiefgreifende Veränderungen vollzogen. In der DDR wurde die umfassende Einführung des Montagebaues im Wohnungsbau begonnen. Von den Bauschaffenden der DDR sind dabei in relativ kurzer Zeit bereits gute Erfolge erzielt worden.

So stieg der Anteil der Montagebauweise im Wohnungsbau bis zum Jahre 1960 auf 33%, erreichte im Jahre 1962 67% und wird in den folgenden Jahren noch weiter wachsen.

Die Arbeitsproduktivität beträgt zur Zeit

- 1,9 WE/Produktionsarbeiter/Jahr in der Blockbauweise (Laststufe 0,75 Mp)
- 2,3 WE/Produktionsarbeiter/Jahr in der Blockbauweise (Laststufe 2 Mp)
- 2,8 WE/Produktionsarbeiter/Jahr in der Plattenbauweise (Laststufe 5 Mp)

Im ländlichen Bauen wurden 1962 insgesamt 26% aller Bauten montiert.

Im Industriebau werden vor allem Universalbauten, wie Flachbauten, Hallen und Geschossbauten, aber auch Einzelbauwerke, wie Wärmekraftwerke als Montagebauten ausgeführt.

Die in der DDR seit 1955 erzielten Ergebnisse, die durch die systematische Arbeit eines grossen Kollektivs von Instituten, Entwurfsbüros, Bau- und Baustoffbetrieben erreicht wurden, beweisen, dass der eingeschlagene Weg der Industrialisierung des Bauens richtig ist.

1.2 - Typisierung und Standardisierung

Wesentliche Faktoren zur Steigerung der Gesamtproduktion und der Arbeitsproduktivität sind die radikale Standardisierung und die Entwicklung des Baukastensystems. Dadurch werden die Voraussetzungen geschaffen, dass grosse Stückzahlen gleichartiger Betonelemente (Losgrössen) auf hochmechanisierten und in der weiteren Entwicklung auch auf automatisierten Vorfertigungsanlagen hergestellt werden können und die ökonomischen Vorteile der Montagebauweise voll wirksam werden.

Das Baukastensystem ist das Prinzip der wissenschaftlich-technischen Entwicklung von Bauelementen und Baugruppen, die auf der Grundlage standardisierter Verfahren mit Hilfe der Gruppentechnologie herstellt und zu Bauwerken unterschiedlicher Funktion zusammengesetzt werden.

Durch das Baukastensystem sind z.B. festzulegen:

Das räumliche Systemliniengitter, der Modul, die Vorzugsmasse und die Toleranzen.

Die Projektierung, insbesondere die Typenprojektierung, als das Hauptinstrument zur Durchsetzung des technisch-wissenschaftlichen Fortschritts baut auf dieses Baukastensystem auf. Es werden grundsätzlich die auf der Grundlage des Baukastensystems im verbindlichen Bauelementekatalog ausgewiesenen Elemente verwendet.

Die Einheitlichkeit der Typenprojektierung wird gewährleistet durch:

- Klassifizierung der Elemente und der Bauwerke
- Einheitliche Begriffsbestimmungen
- Einheitliche technisch-ökonomische Kennzahlen

Den Typenreihen im Wohnungsbau liegen drei verschiedene Lösungen zugrunde:

- Blockbauweise bis zu 5 Geschossen mit einer maximalen Masse der Hauptbauelemente von 750 kg
- Blockbauweise bis zu 10 Geschossen mit maximaler Masse der Hauptbauelemente von 2000 kg
- Plattenbauweise bis zu 13 Geschossen mit einer maximalen Masse der Hauptbauelemente von 5000 kg



Bild 1 - Gesamtübersicht für ein Gebäude in Kompaktausführung, bei dem sich alle Produktionsanlagen unter einem Dach befinden.

Landwirtschaftliche Produktionsbauten werden zum grossen Teil in:
— Mastenbauweise bei eingeschossigen Bauten mit einer maximalen Masse der Hauptbauelemente von 750 kg ausgeführt.

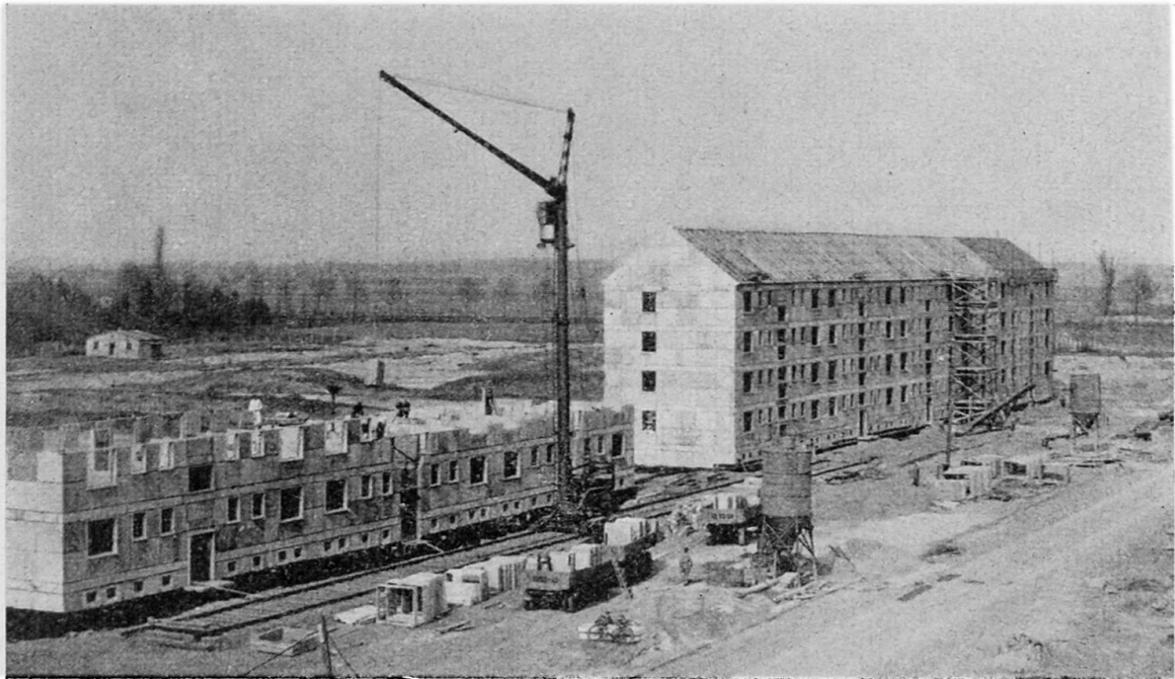


Bild 2 - Übersicht zur Konstruktion und Montage von Wohngebäuden in Blockbauweise (750 kg max. Elementemasse), Montage mit Turmdrehkran 12 bis 16 Mpm Lastmoment.

Für gesellschaftliche Bauten sowie Industrie- und Verwaltungsgebäude sind Typenprojekte in der Skelettbauweise und in der Wandbauweise (maximale Masse der Hauptbauelemente 750 bis 2000 kg) vorhanden.

Für Industriebauten, wie Flachbauten, Werkhallen, leichte sowie schwere Geschossbauten, liegen Mehrzweck-Typensegmentreihen vor.

Richtungweisend für den zukünftigen Industriebau in der DDR ist der Kompaktbau (Bild 1). Bei diesem Beispiel handelt es sich um ein Textilwerk mit ca. 80000 m² Grundfläche.

Es wurde aus 7 standardisierten Grundelementen errichtet. Die Arbeitsproduktivität stieg bei der Montage um 50%, die Bauzeit wurde um 25% verkürzt und die Baukosten um 8% gegenüber anderen Montagebauten gesenkt.

Der Kompaktbau gestattet eine freizügige Aufteilung der Räume, eine ungehinderte Aufstellung der Maschinen, Aggregate und Produktionslinien entsprechend den Forderungen einer optimalen Betriebstechnologie und schafft günstige Arbeitsbedingungen für die Werktätigen. Er vereint in sich die Vorzüge vielseitiger Verwendungsmöglichkeit, das heisst der Flexibilität

in der Nutzung, mit den grossen Vorteilen der radikalen Standardisierung der Bauelemente für den Aufbau der Industriewerke. Der Kompaktbau entspricht somit den Bedürfnissen der Industrie ebenso wie denen des Bauwesens.

2 - Konstruktive Beschreibungen

2.1 - Wohngebäude

2.1.1 - Blockbauweise (750 kg Masse eines Hauptelementes)

Bei allen Gebäuden ist die Wand in zwei Schichten $1,2 \times 1,2$ m grosser Betonblöcke aufgelöst (Bild 2), die nur durch Vermörtelung miteinander verbunden sind. Sie werden in der Deckenebene durch Ringankerblöcke zusammengehalten. Diese bilden gemeinsam mit der Decke die zur Gebäudeaussteifung erforderliche horizontale Scheibe.

Die Deckenlasten werden durch tragende Querwände in die Fundamente abgeleitet. Nichtbelastete Innenwände werden als leichte Trennwände ausgebildet und auf den Decken versetzt. Die Aussenwände sind 290 mm, die tragenden Innenwände 190 mm dick.

Die Decken bestehen aus Streifenelementen, deren Masse der maximalen Blockmasse von 750 kg entspricht. Für die Treppen werden ganze vorgefertigte Laufelemente verwendet. Das Dach wird als Flach- oder Steildach ausgeführt. Alle Montageelemente sind nur rohbaufertig.

2.1.2 - Blockbauweise (2000 kg Masse eines Hauptelementes)

Die Konstruktionsprinzipien entsprechen denen in Abschnitt 2.1.1. Die Wandelemente sind jedoch geschosshoch. Die Aussenwände sind infolge der Elementenmasse von 2000 kg nicht mehr geteilt und können deshalb weitgehend komplettiert werden. Sie sind mit Putzschichten, Fenster usw versehen. Als Deckenelemente kommen Spannbeton-Streifenelemente mit Spannweiten von 5600 bis 7200 mm zur Anwendung.

Die geschosshohen Elemente aus Beton werden in der Deckenebene durch Ringanker verbunden. Die Aussenwände sind 290 mm, die tragenden Innenwände 190 mm dick.

2.1.3 - Plattenbauweise (5000 kg Masse eines Hauptelementes)

Die Gebäude werden aus vorgefertigten raumwandgrossen Wandelementen sowie grossflächigen Treppen- und Deckenelementen aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton zu einem räumlichen Tragwerk ohne tragendes Skelett zusammengesetzt (Bild 3). In der DDR wird nur dieses eine

Konstruktionsprinzip für mehrgeschossige und vielgeschossige Plattenbauten angewendet. Die Treppenpodeste werden in Schlitzn der seitlichen Treppenhauswände aufgelegt.

Die Aussenwandelemente sind bis zu 290 mm, die tragenden Innenwandelemente 150 mm dick. Diese Abmessungen werden für 3 bis 10 Geschosse beibehalten, wobei je nach der Geschoszahl die Betongüte (B 160 bis B 300) variiert.

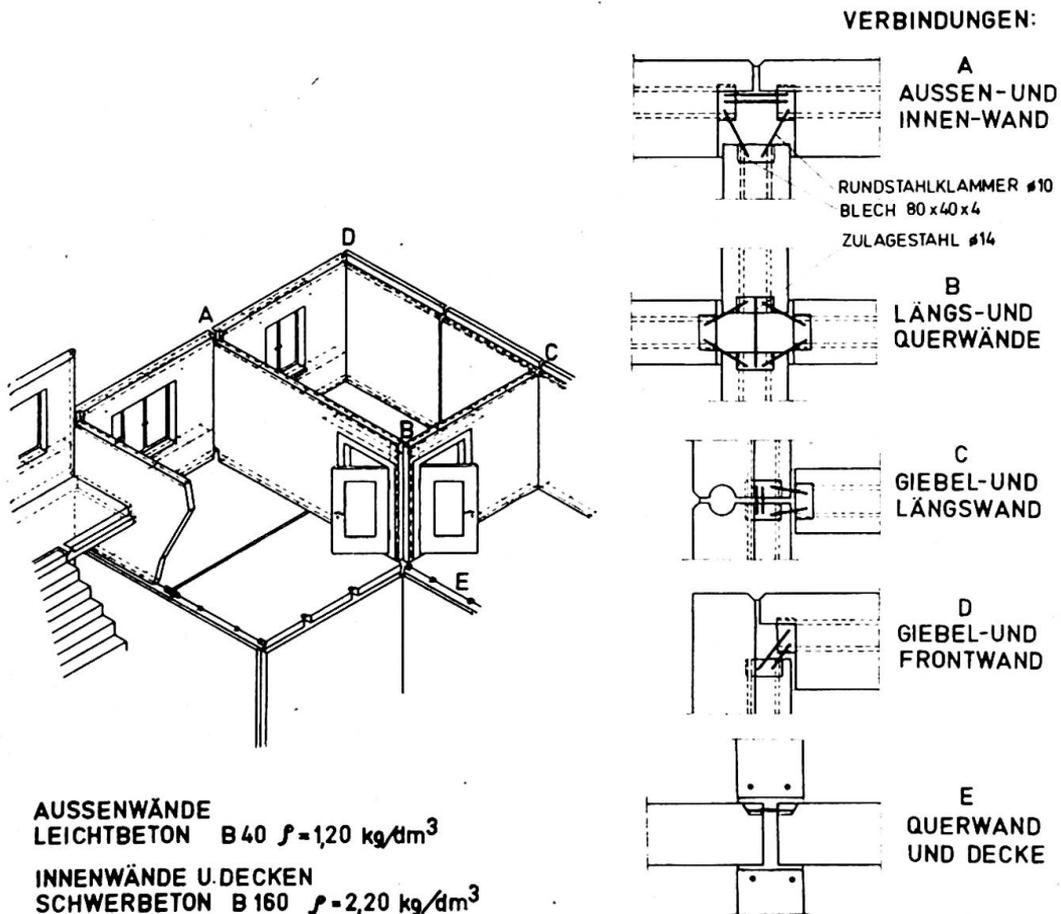


Bild 3 - Kostruktionsprinzip der Plattenbauweise (max. Masse der Bauelemente 5000 kg) kräftige gestrichelte Linien in der isometrischen Darstellung stellen die Lage der Bewehrung der Wandelemente dar. Weitere Bewehrungen - ausser zwei Transporstählen - sind nicht vorhanden.

Die Deckenelemente haben Spannweiten bis zu 6000 mm. Schlaffbewehrte Deckenelemente sind Vollbetonelemente bis zu einer Spannweite von 4800 mm und mit einer Dicke von 140 mm, vorgespannte Deckenelemente sind Hohlräumelemente mit einer Dicke von 190 mm.

Alle Wandelemente besitzen nur am oberen Rand eine statisch erforderliche Ringankerbewehrung von 2 \emptyset 10.

Alle anderen Bewehrungseinlagen sind nur für den Transport- und Montagezustand erforderlich.

Die Wände und Decken sind weitgehend putzfertig und mit Türen und Fenstern komplettiert.

Die Steifigkeit der Konstruktion wird erreicht durch:

- horizontale Verbindung der Deckenelemente in Längsrichtung über den Auflagern;
- durchgehende in allen Wänden unterhalb der Deckenscheibe liegende Bewehrungen (Ringanker), die an den Stößen der Elemente verbunden werden;
- Verguss der Fugen mit Mörtel.

2.2 - Gebäude für die Landwirtschaft

Produktionsgebäude für die Landwirtschaft sowie Bauten anderer Art (Verkaufsräume, Kindergärten, Waschstützpunkte u.a.m.), kommen in größerem Umfang in Mastenbauweise (Warmbaureihe) zur Ausführung (Bild 4).

Auch Lagerhallen in Industriebetrieben, leichte Produktionsstätten u.a. werden in dieser Bauweise ausgeführt.

Der Begriff « Mastenbauweise » ist gewählt in Anlehnung an den Freileitungsbau. Zur Abgrenzung der damit verbundenen Einspannung der Masten wurde festgelegt, dass unter Mastenbauweise nur eine Montagebauweise verstanden wird, bei der die tragenden Stützen des Gebäudeskeletts als Masten in den ungestörten Boden unter Ausnutzung des passiven Erdwiderstandes eingespannt sind.

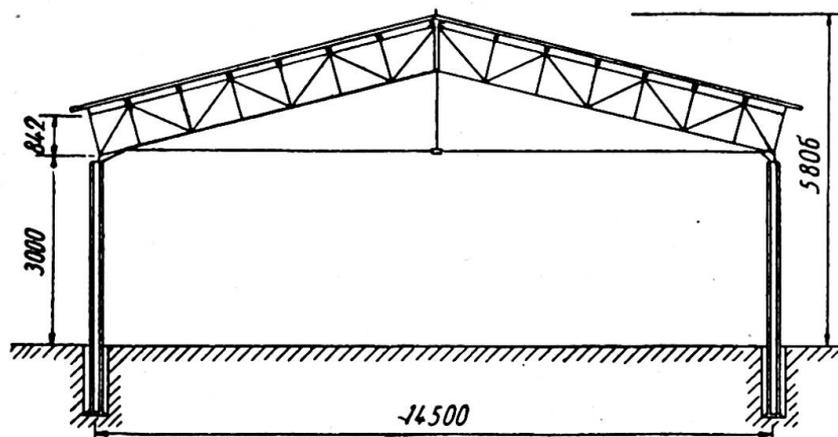


Bild 4 - Schema für ein landwirtschaftliches Produktionsgebäude in Mastenbauweise mit Stahlleichtbinder. Die beiderseitigen Stützen (Masten) sind im Erdboden eingespannt.

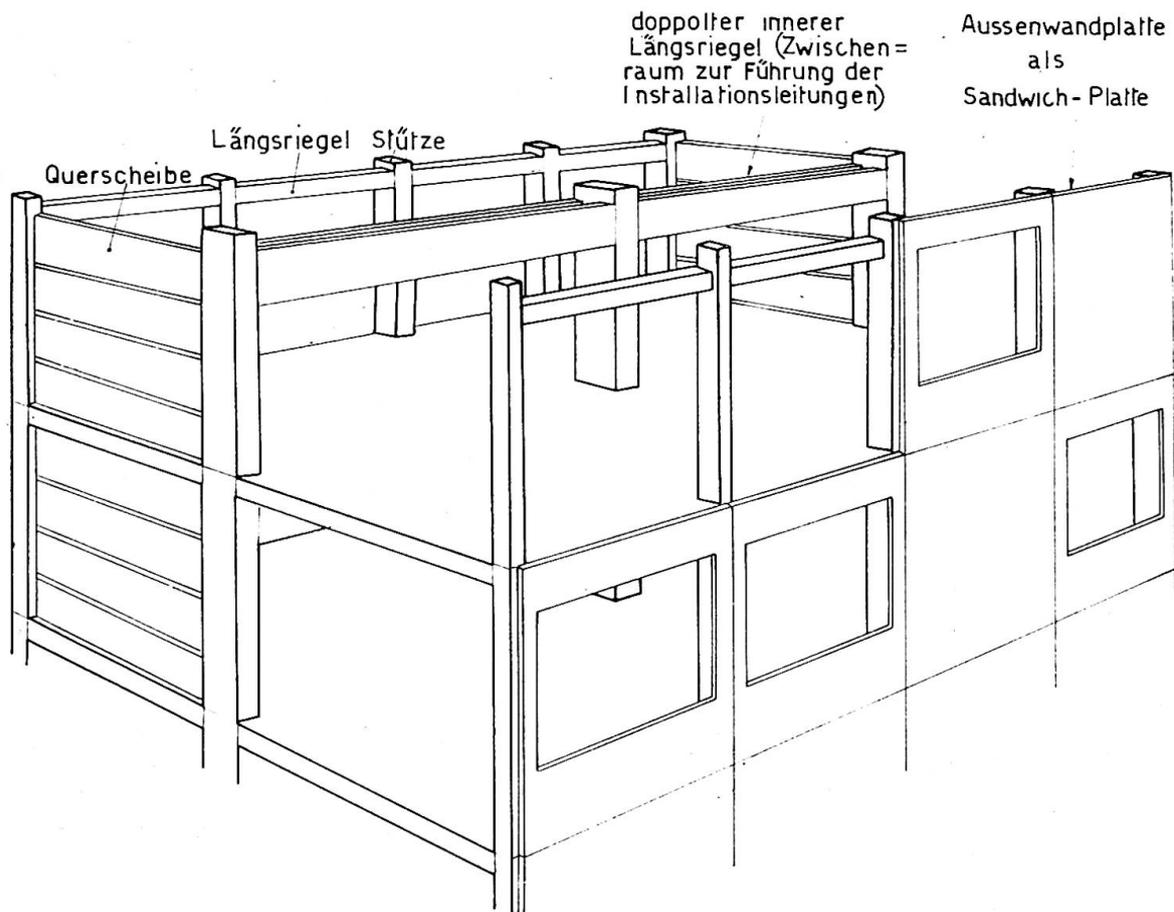


Bild 5 - Konstruktionsschema der Skelettbauweise (Längsrahmensystem) in Stahlbeton-Fertigbauteilen für gesellschaftliche Bauten (max. Masse der Bauelemente 2000 kg).

Die erforderlichen Standlöcher von 400 mm Durchmesser und 1200 mm Tiefe werden gebohrt. Die geringste zulässige Bodenpressung beträgt 1 kg/cm². Die Masten sind aus Stahlbeton (B 300), die Dachbinder aus Holz, Stahl oder Aluminium.

Die Systemmasse für Gebäude in Mastenbauweise liegen zwischen den Höhen 2100 bis 6000 mm und den Breiten 7500 bis 18000 mm, die Längen sind nicht begrenzt.

2.3 - Gesellschaftliche Bauten

Für Bauten der Gesellschaft wird neben der Wandbauweise insbesondere eine Skelettkonstruktion mit einem Längsrahmensystem verwendet (Bild 5), für das der Stahlverbrauch geringer ist als für ein Querrahmensystem. Das Skelett hat biegesteif angeschlossene Längsriegel und aussteifende Querscheiben mit einer maximalen Masse von 2000 kg.

Die Betongüten der tragenden Elemente liegen zwischen B 225 und B 600. Das Grossraster beträgt 6000 mm, der Masssprung 1200 mm.

Die Elemente sind schlaff und vorgespannt bewehrt. Ihre Verbindung erfolgt durch Lichtbogenschweissung.

2.4 - Gebäude für die Industrie

Im Industriebau werden für Einzweckbauwerke, wie Kraftwerke u.a. international übliche Montagesysteme angewendet.

Die Universalbauwerke werden montiert als:

- Stahlbetonskelett für eingeschossige Gebäude mit und ohne Brückenkran
- Stahlbetonskelett für mehrgeschossige Gebäude (Bild 6)
- Wandbaukonstruktion.

Tragende Elemente einschliesslich Wandscheiben und Decken werden aus Schwerbeton (B 160 bis B 600 schlaff und vorgespannt bewehrt), Ausfachungen aus Leichtbeton hergestellt.

Verbindungen der Fertigbauteile werden biegesteif oder gelenkig in Schweiss- und Ortbetonausführung hergestellt.

Das Schweißen erfolgt in Handlichtbogen- oder Kokillenschweissverfahren.

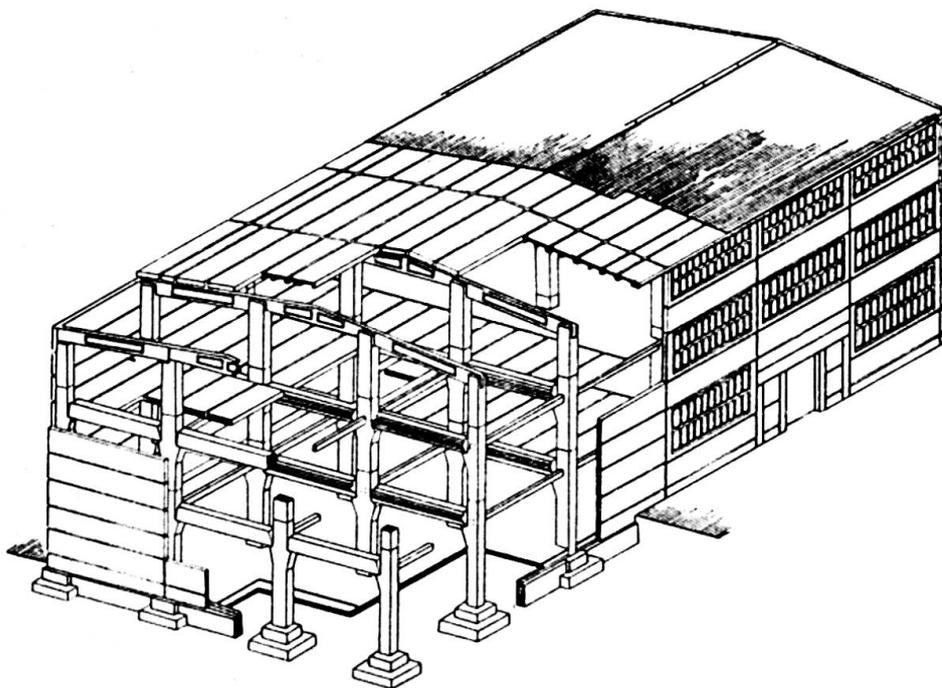


Bild 6 - Isometrische Darstellung zum Typenprojekt eines Geschossbaues in Skelettbauweise (Rahmenkonstruktion) mit 1000 bis 2500 kp/m² Nutzlast (max. Masse der Einzelemente 5000 kg).

3 - Vorfertigung der Montagebauelemente

Zur Erzielung des höchsten ökonomischen Nutzeffektes bei der Errichtung von Montagebauten ist es erforderlich, die Bauelemente nach hochproduktiven Verfahren vorzufertigen.

Für die verschiedenen Elemente werden entsprechend ihren spezifischen Eigenarten verschiedene Fertigungstechnologien angewendet. Nachfolgend werden die hauptsächlichsten Fertigungstechnologien charakterisiert:

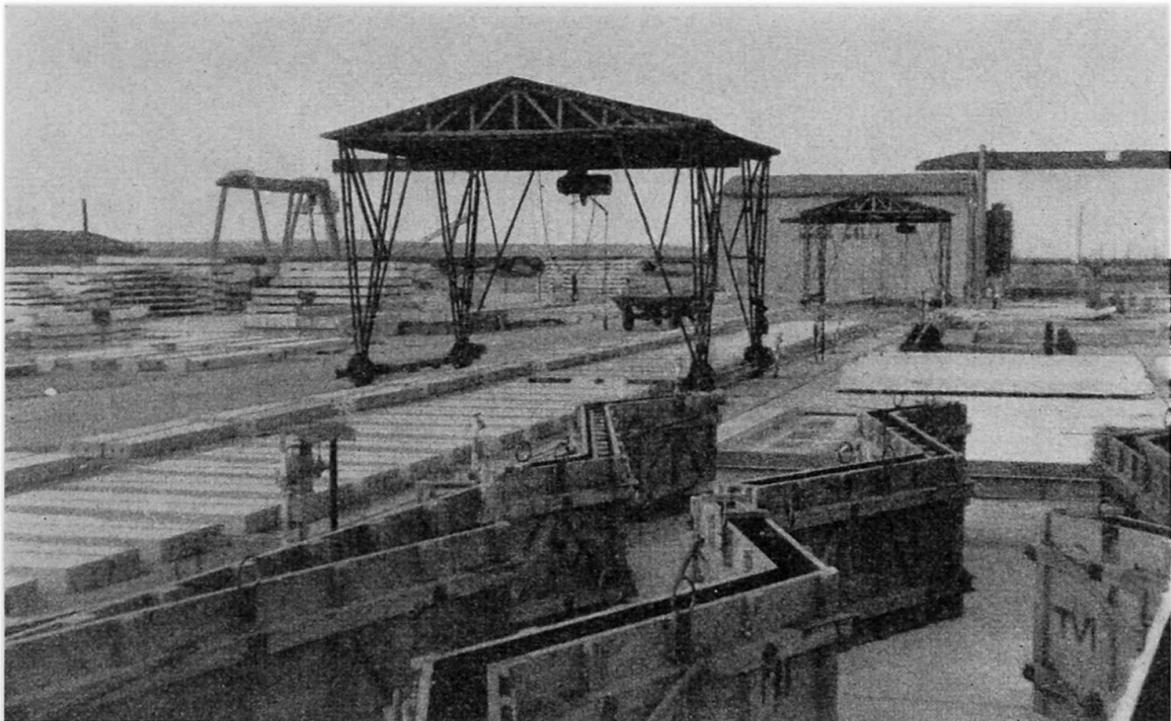


Bild 7 - Fertigungsfläche mit Einzelformen zur Herstellung von Treppen- und Deckenelementen (Technologie nach Abschnitt 3.1.1).

3.1 - Standfertigung (Spezialisierte Einzelfertigung)

3.1.1. - Zusammensetzbare transportable Rahmenformen (stehend oder liegend).

Charakteristik (Bild 7):

Hintereinander oder nebeneinander aufgestellte Holz- oder Stahlformen. Seitenteile klapp- oder ziehbar.

Betonbeschickung mit Betonkübel über Kran oder Flurtransporteur oder mit Förderband. Verdichtung durch Aussen- und Innenrüttler. Betongüte bis B 600, schlaff bewehrt.

Anwendungsbereich:

Balkon, Riegel, Binder (schlaff bewehrt und mit nachträglichem Verbund), Stützen mit Vollquerschnitt, gespreizte Stützen, Rahmen, Sonderelemente.

3.1.2 - Ortsmontierte kippbare Rahmenformen (liegend)

Charakteristik (Bild 8):

Biegesteife Formeböden mit beweglicher Seitenschalung über eine Kante kippbar.

Betonzuführung mit Betonierbrücke, Verdichtung durch Vibrierbohle. Aufrichten der Form durch Kran oder Hydraulik bei selbsttätiger Entformung des Elementes.

Form allseitig beheizbar. Betongüte bis B 50 bei Leichtbeton, bis B 160 bei Schwerbeton, schlaffe Bewehrung.

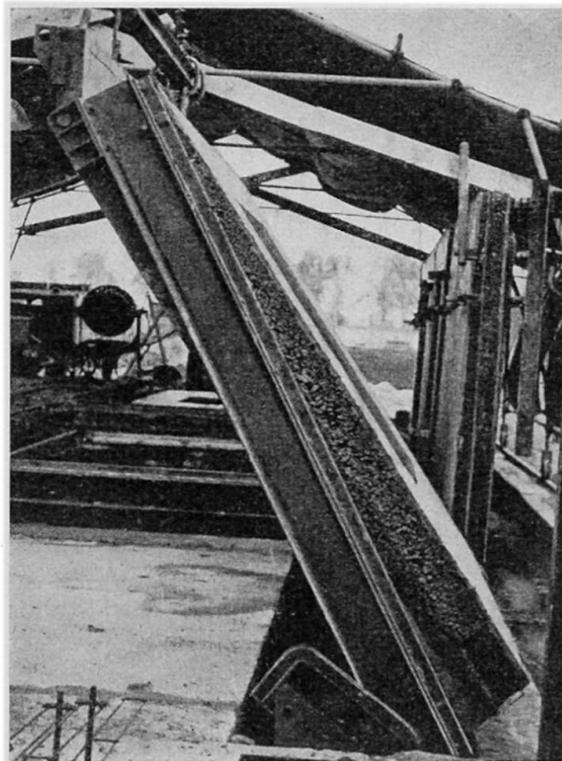


Bild 8 - Kippform für Aussen-elemente der Plattenbauweise (Technologie nach Abschnitt 3.1.2). Die seitlichen und unteren Bandformteile gleiten beim Aufrichten der Form am Elemente vorbei und geben es frei.

Anwendungsbereiche:

Hochgradig komplettierte, mehrschichtige sichtflächenfertige Aussenwandelemente.

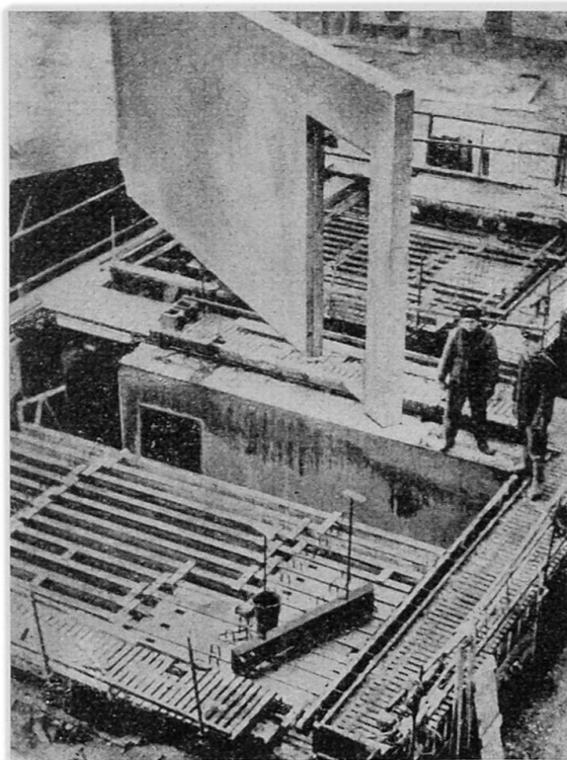


Bild 9 - Batterief orm für Innenwand- und Deckenelemente in der Plattenbauweise (Technologie nach Abschnitt 3.1.3).

3.1.3 - Ortsmontierte Rahmenformen (stehend), Batteriefertigung

Charakteristik (Bild 9):

Gerüst mit mehreren Schalungswänden, deren Abstand fixiert ist und die zusammengespannt werden.

Betonzuführung pneumatisch oder durch Betonierbrücke, Verdichtung mit Innenrüttler. Schalungswände sind beheizbar. Betongüte bis B 300, schlaffe Bewehrung.

Anwendungsbereich:

Vorzugsweise grossflächige Innenwand- und Deckenelemente der Plattenbauweise zwischen 70 und 150 mm Dicke.

3.2 - Gleitfertigung (Strangfertigung mit gleitenden Begrenzungsformen)

Charakteristik (Bild 10):

Auf Schienen fahrbarer mit besonderer Gleitschalung ausgestatteter Fertiger (Gleitfertiger) betoniert, formt und verdichtet kontinuierlich einen durchgehenden Betonstrang mit einem konstanten Querschnitt auf einer Bahn. Der Betonstrang ist unbewehrt, schlaff bewehrt oder vorgespannt, und kann mit Hohlräumen oder voll aus maximal 3 Schichten hergestellt

werden. Betongüten bei Leichtbeton bis B 80, bei Schwerbeton bis B 450.

Anwendungsbereiche:

Elemente mit konstantem Profil als Hohl- oder Vollquerschnitt, wie Plattenelemente, Wandelemente, balkenartige Elemente.

Spanntechnik:

Maximale Vorspannkraft 200 Mp (max. 70 Spannstähle) mechanische Vorspannung, mehrlagige und gerade Spanndrahtführung.

3.3 - Aggregatfliessfertigung

Charakteristik (Bild 11):

Fertigung auf einem Rütteltisch in biegesteifen bzw. spannstEIFEN Stahlformen mit abklappbaren Seitenwänden. Ein Betonverteiler füllt die Form. Die Verdichtung erfolgt durch den Rütteltisch. Mit einer am Betonverteiler angebrachten Rüttelbohle wird die Oberfläche glatt abgezogen. Die Form wird mittels Brückenkran in eine Dampfgrube transportiert.

Betongüte bis B 600. Schlaff bewehrt, vorgespannt mit sofortigem Verbund.

Anwendungsbereich:

Fertigung von Hohldeckenplatten (auch mit Aussparungen) mehrschichtiger Grosswandplatten und Dachkassettenplatten.

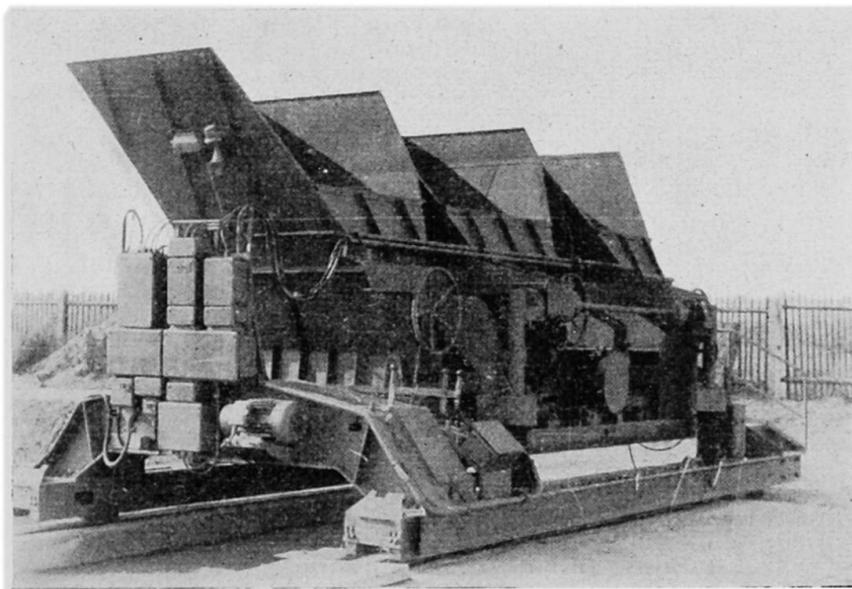


Bild 10 - Gleitfertiger zur Herstellung von Betonelementen (Technologie nach Abschnitt 3.2). Entsprechend der Zahl der Vorratssilos ergibt sich die Zahl der gleichzeitig herstellbaren Schichten der Elemente.

Auch die Fertigung von Stützen, Riegeln und Strassenplatten ist vorgesehen.

Spanntechnik:

Elektrothermisch, mechanisch, mehrlagige und gerade Spanndrahtführung.

3.4 - Entwicklung der Vorfertigungsindustrie

Die Hauptrichtung der technischen Entwicklung der Betonindustrie der DDR wird gekennzeichnet durch die folgenden drei Hauptprinzipien:

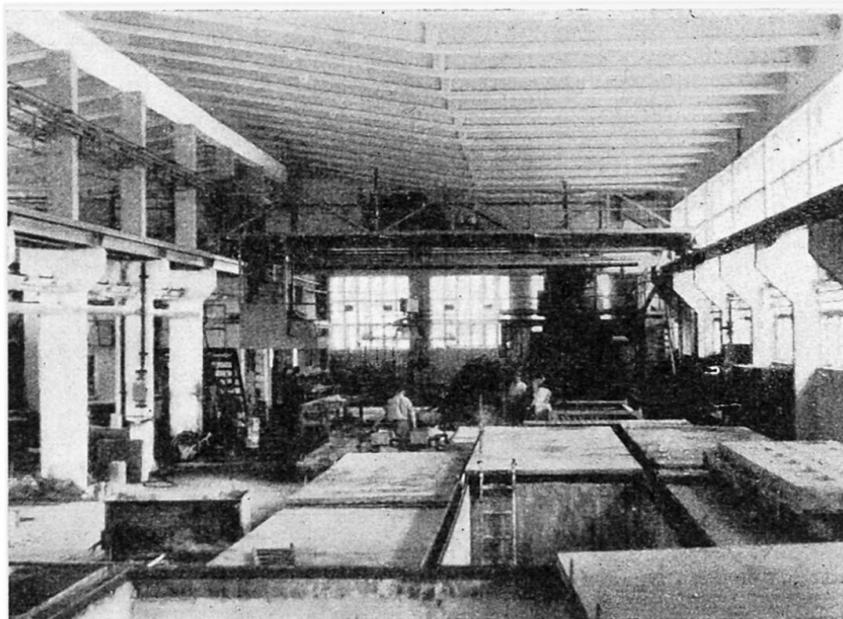


Bild 11 - Produktionshalle zur Herstellung von Deckenelementen mit Hohlraum (Technologie nach Abschnitt 3.3) im Vordegrund: Dampfgruben links im Hintergrund: Elektrothermische Vorspannanlage rechts im Hintergrund: Mischanlage und Kernrohrgerät zur Herstellung der Hohlräume.

- a) Massen- und Serienproduktion von standardisierten Erzeugnissen auf der Grundlage des Baukastensystems.
- b) Anwendung standardisierter Verfahren für die Produktion von Betonerezeugnissen unter Berücksichtigung der Gruppentechnologien und standardisierter Maschinenkomplexe für die Haupt-, Neben- und Hilfsprozesse der technologischen Linien.
- c) Spezialisierung, Konzentration und Kooperation der Produktionskapazitäten in Betonfertigteilwerken und Kombinat.

Unter Berücksichtigung dieser Hauptprinzipien erfolgt die Spezialisierung der Betonwerke der DDR nach zwei Richtungen:

1. Auf die Herstellung gleichartiger Fertigteile nach einer oder mehreren gleichartigen Technologien (Bild 12).

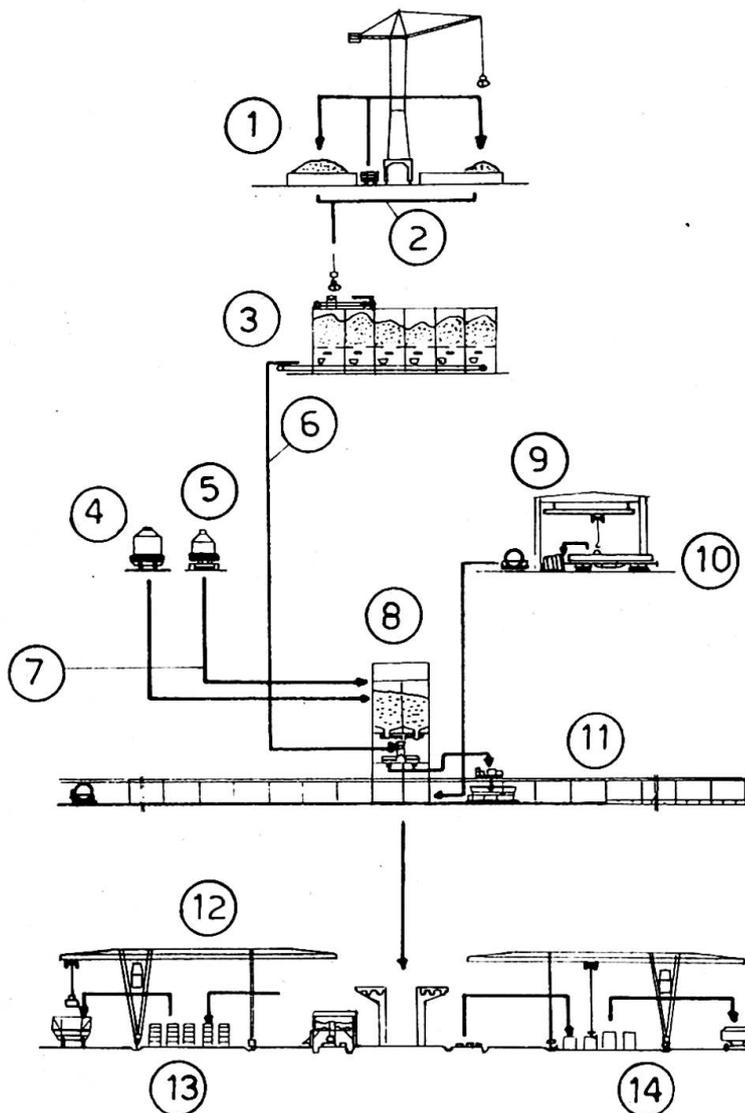


Bild 12 - Produktionsablaufschemata für ein Betonwerk, das auf eine Technologie spezialisiert ist (Gleitfertiger nach Abschnitt 3.2). 1, Rohstoffentladung und Lagerung - 2, Antransport mit der Reichsbahn - 3, Gattierungsstation - 4, Antransport mit DR-Behälterwagen - 5, Antransport mit Strassenbehälterwagen - 6, Bandbrücke zur Mischstation - 7, Pneumat. Förderung - 8, Mischstation mit Zementbevorratg. - 9, Stahllager - 10, Antransport mit der Reichsbahn - 11, Fertigungsbahnen mit Mörteltransportbühne u. Lagerflächen - 12, Fertigungsbahnen mit Mörteltransportbühne u. Lagerflächen - 13, Abtransport mit der Reichsbahn - 14, Abtransport mit LKW.

2. Auf die Herstellung des kompletten Elementesortimentes technologisch und konstruktiv gleichartiger Bautengruppen nach unterschiedlichen Technologien (Bild 13).

4 - Transport und Montage

4.1 - Transport

Die Zwischenlagerung der Elemente auf der Montagebaustelle erfordert zusätzlichen Aufwand. Deshalb wird in der DDR die Montage vom Fahrzeug angestrebt und weitgehend angewandt.

Das verlangt die Übereinstimmung des Transport- und Montagerhythmus. Um die Zahl der erforderlichen Transportfahrzeuge gering zu halten,

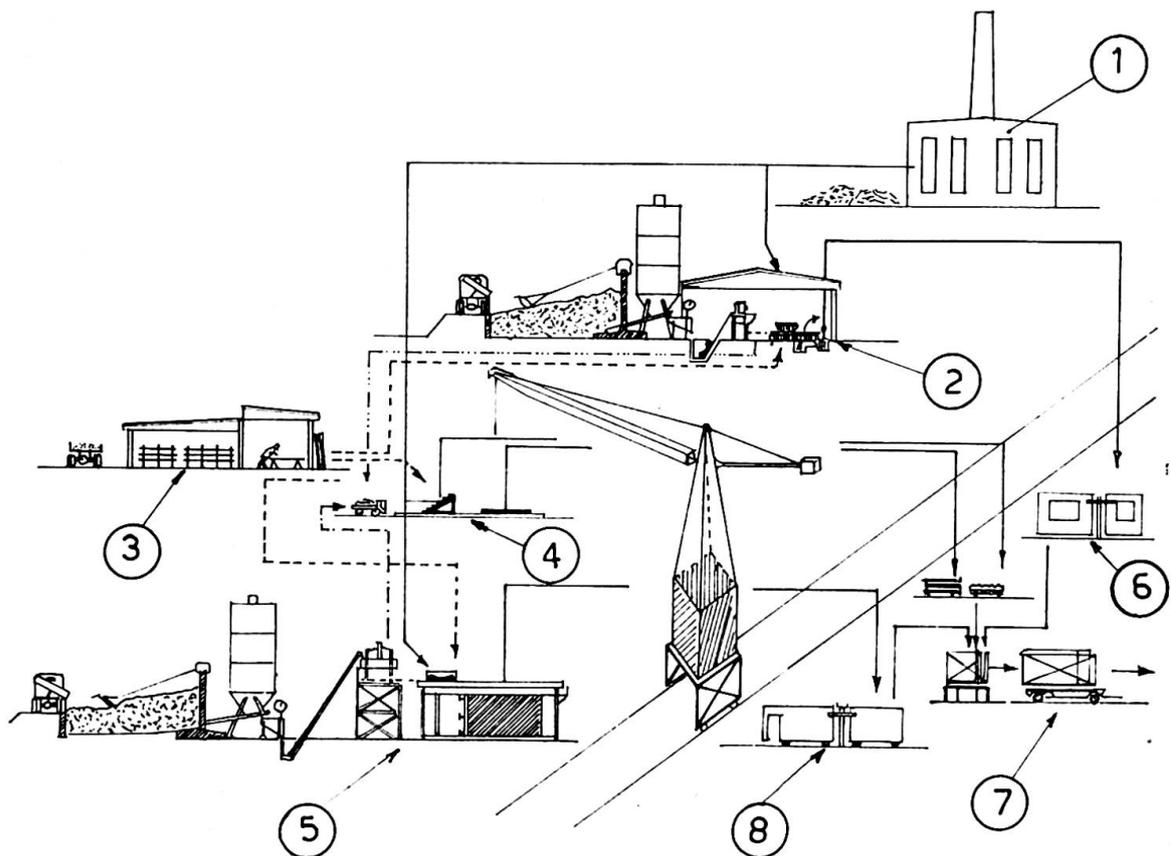


Bild 13 - Produktionsablaufschemata für ein Betonwerk, das auf die komplette Herstellung von Gebäuden spezialisiert ist (mehrere Technologien nach Abschnitt 3.1.1 bis 3.1.3): 1, Dampfzerzeugung (Heizhaus) - 2, Aussenwandelemente (Kippformfertigung) - 3, Schweisserwerkstatt - 4, Ergänzungselemente (Einzelformfertigung) - 5, Innenwandelemente Deckenelemente (Batteriefertigung) - 4, Ergänzungselemente (Einzelformfertigung) - 5, Innenwandelemente Deckenelemente (Batteriefertigung) - 6, Lager - 7, Palettenabsetzbühne oder andere Fahrzeuge - 8, Lager.

ist in der DDR der Palettenverkehr für den Elementetransport weitgehend eingeführt. Paletten sind Grossbehälter für Elemente mit einer Nutzlast von 20 bis 40 Mp, die von Schwerlasthängern seitlich oder nach hinten mit Last auf Absatzbühnen verschoben werden. Die Bevorratung mit Montageelementen ist somit ohne Zwischenstapel möglich (Bild 14).

Aus diesen Paletten entnimmt der Montagekran die Elemente.

Durch Wechselpaletten wird die Zahl der erforderlichen Lastzüge und Hänger herabgesetzt. Der Neuwert einer Palette beträgt nur etwa 15% des Neuwertes eines Schwerlasthängers.

4.2 - Montage

4.2.1. - Blockbauweise (Masse 750 kg und 2000 kg, Bild 2)

Montiert wird mit selbstaufrichtenden Turmdrehkränen (Lastmoment 16 bis 40 Mpm). Die Elemente werden von der Palette oder vom Zwischenlager aufgenommen.

Als Anschlagmittel werden Zangen verwendet.

Alle Fertigteile werden in Mörtelbett ohne vertikale Verbindung untereinander versetzt, die Stossfugen und Deckenfugen der Wandelemente werden vergossen.

Versteifungen zur Sicherung der Standfestigkeit der frischmontierten Wände entfallen bei Elementen mit einer Masse von 750 kg.

Geschosshohe Elemente werden im oberen Bereich während der Montage gegenseitig durch Montageklammern gesichert.

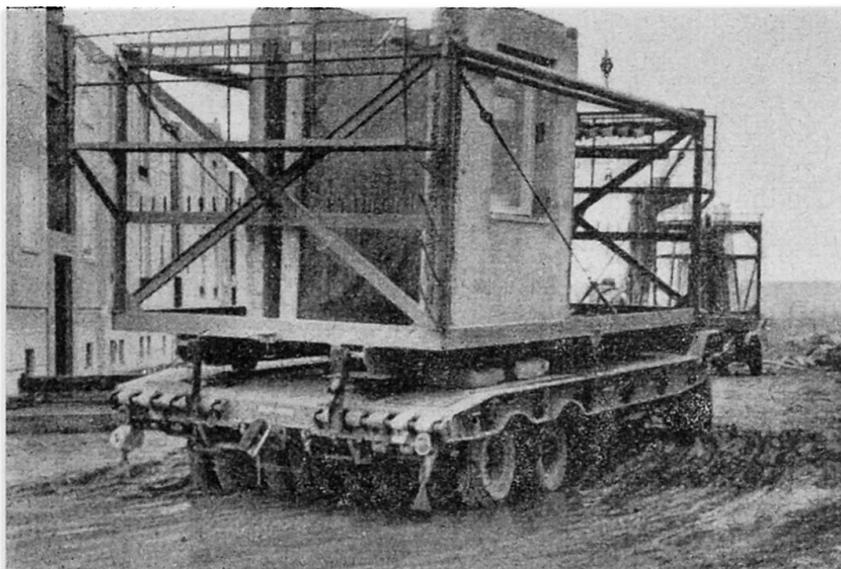


Bild 14 - Trägerfahrzeug (40 Mp Tragfähigkeit) mit rückwärts absetzbarer Rollpalette der Plattenbauweise.

Der Ringanker wird durch Rundstahleinlager in Ortbetonstreifen gebildet.

Die Montage eines Gebäudes mit 32 bis 40 Wohnungen (einschl. Keller) dauert 25 bis 30 Tage.

4.2.2 - Plattenbauweise (Masse 5000 kg, Bild 15)

Montiert wird mit Turmdrehkränen mit Lastmomenten von 100 Mpm und 45 Mpm, je nach Abmessung der Gebäude.

Der Transport der Elemente vom Vorfertigungswerk bis zum Arbeitsbereich der Krane erfolgt mit Strassen- oder Gleisfahrzeugen (Spur 600) ohne Zwischenlagerung.

Die Aussenfugen werden geschossweise von einem Fugenwagen aus verstrichen, der auf der Geschossdecke verfahrbar ist.

Das Versetzen der Wandelemente erfolgt ohne Absteifungen. Die Art der Ringankerbewehrung ermöglicht eine Schweissverbindung innerhalb von 2 Minuten herzustellen, so dass das Element allein steht und der Kran ein neues Lastspiel beginnen kann. Ein Gebäude mit 40 bis 50 Wohnungen (einschl. Keller) kann durch einen Kran in 16 bis 20 Arbeitstagen errichtet werden.



Bild 15 - Übersicht zur Montage von Wohngebäuden in Plattenbauweise (5000 kg max. Elementemasse). Im Stadtzentrum der Hauptstadt der DDR, Berlin. Montage mit Turmdrehkran 100 Mpm - Lastmoment.

4.2.3 - Mastenbauweise (Bild 4)

Nach dem Herstellen des Planums werden mit einem Erdbohrgerät die Standlöcher für die Maste abgetäuft.

Nach dem Abtäufen derselben werden die Maste mit Mobilkran eingesetzt. Der Restquerschnitt des Bohrloches wird mit Ortbeton ausgefüllt.

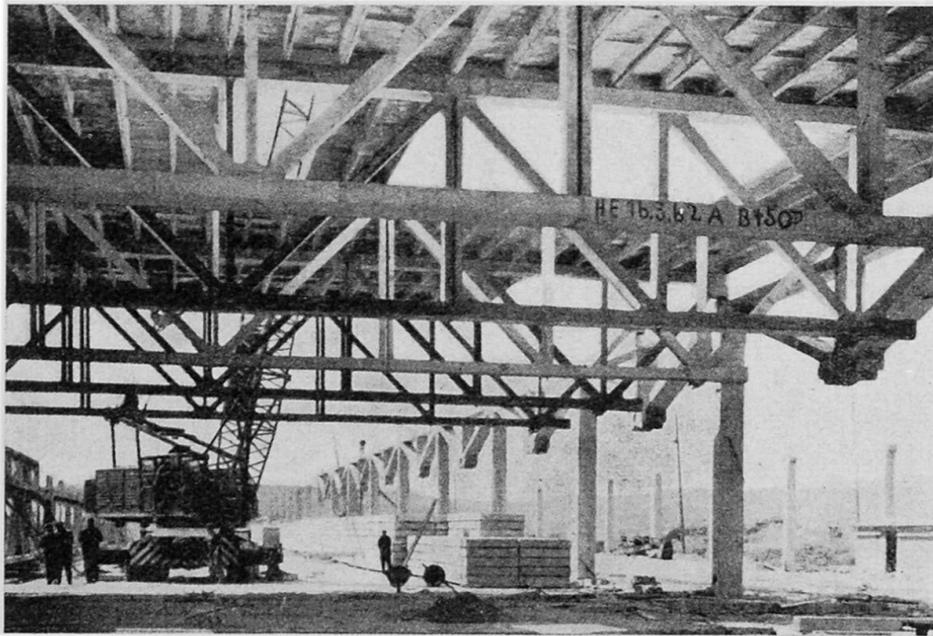


Bild 16 - Montage der Binderkonstruktion für einen Kompaktbau (Mobildrehkran).

Nach Aufstellung aller Maste erfolgt die Montage der Binder und der Wände mit Mobilkran. Als Mobilkran wird ein in der Landwirtschaft der DDR eingesetztes Mehrzweckgerät verwendet, das auch mit dem Bohrgerät sowie mit Greifern ausgerüstet werden kann.

Die Montageleistung beträgt rund 4 bis - 5 t/h je Kran einschl. Bohren der Standlöcher.

4.2.4 - Skelettbauweise für gesellschaftliche Bauten

Montiert wird mit Turmdreh- oder Mobilkran. Kraftschlüssige Verbindungen werden sofort durch Schweißen oder Schrauben hergestellt.

Der Vergussbeton wird nach der Montage grösserer Gebäudeabschnitte eingebracht.

Durch Justier- und Montagehalterungen wird der Kran von Nebenarbeiten befreit. Die Montagefolge ist:

Stütze - Zwischenwände - Riegel - Decke - Aussenwände.

Ein Montageabschnitt ist jeweils rund 50 m lang und die Montageleistung beträgt ca. 10 - 15 t/h je Kran.

4.2.5 - Industriegebäude

Montiert wird mit Turmdrehkran, Derrick- und Mobildrehkran. Folgende Technologien sind als Bestlösungen für die Montage festgelegt:

Flachbauten: Montage mit Mobildrehkran vor Kopf in drei Durchgängen. Montage aller Stützen und Wandplatten, Binder, Dachplatten. Montageleistung ca. 5 bis 7 t/h je Kran.

Werkhallen: Vor Kopf- und Seitenmontage mit Mobildrehkran in drei Durchgängen. Seitenmontage der Stützen und des Portals, Vor-Kopfmontage der Binder und Dachplatten, Seitenmontage der vorgehängten Wandplatten. Montageleistung ca. 7 bis 8 t/h je Kran, beim Einsatz von Derrick 2,5 bis 4,5 t/h je Kran.

Kompaktbauten: Die Montage erfolgt mit Mobildrehkränen in drei Durchgängen (Bild 16): Stützen und Unterzüge mit einem mittleren Mobildrehkran, Binder- und Dachplatten mit einem schweren Mobildrehkran, Wandplatten mit einem mittleren Mobildrehkran. Montageleistung ca. 15 bis 12 t/h als Mittelwert der zwei Krantypen.

Geschossbauten: Montiert wird mit Turmdrehkran. Die Montage beim Skelettbau wird bestimmt durch die Standsicherheit der einzelnen Elemente und die Reihenfolge der Schweissverbindungen, beim Wandbau von den Abbindezeiten des Fugenmörtels. Montageleistung ca. 5 bis 6 t/h je Kran. Die Montage erfolgt bei Gebäudebreiten über 24000 mm von zwei Seiten.

Le béton armé ou précontraint et la préfabrication lourde en France ¹⁾

Stahl- oder Spannbeton und schwere Vorfabrikation in Frankreich

Reinforced or Prestressed Concrete and Heavy Prefabrication in France

La préfabrication par « éléments lourds » a pris en France depuis 1950 une importance très grande dans la construction: divers facteurs, techniques, sociaux et économiques, concourent à ce développement.

L'objet de cette note est d'évoquer les aspects ou les incidences les plus marquants de ces différents facteurs dans le cadre de la décennie qui vient de s'écouler.

0 - Avant-Propos

Un point d'histoire

Si la préfabrication lourde connaît un développement important dans l'ensemble des secteurs de la construction, dans le Bâtiment en particulier, son influence, ses apports directs ou indirects y ont été tels que pour l'homme de la rue, industrialisation de la construction et préfabrication par éléments lourds sont synonymes. C'est sans doute là le plus bel hommage que l'on puisse rendre aux quelques pionniers qui ont amorcé par cette voie la transformation complète d'un secteur d'activité qui oeuvrait encore il y a vingt ans comme on oeuvrait deux siècles auparavant.

Sans doute, dans le Bâtiment du moins, la préfabrication lourde n'est-elle pas la seule expression possible ni maintenant la seule expression existante de l'industrialisation de cette activité. Mais comme cette dernière a commencé par là, comme de plus les éléments lourds sont encore pratiquement, et en ce qui concerne plus particulièrement le secteur très important du logement, le moyen le plus économique d'apporter une solution industrielle aux problèmes d'isolation phonique et de constituer un volant thermique suffisant pour se dispenser d'une climatisation dispendieuse

¹⁾ Le rapport national Français a été préparé sous la direction de Mr. A. Balency-Béarn avec les concours ou informations des Messieurs: N. Esquillan, P. Lebel, C. Kolb, M. Adam.

et incertaine, la faveur que connaît cette technique explique cette confusion et justifie cet hommage.

Plus importante est l'analyse des causes qui ont provoqué cette évolution car elle permet de comprendre le sens des changements qui s'opèrent et la portée des résultats obtenus. Elle explique la faveur croissante que connaissent ces techniques en France et l'intérêt que de nombreux autres pays portent depuis quelques années aux procédés français de préfabrication lourde.

Nous allons évoquer d'abord ces causes avec la conjoncture du Bâtiment Français autour des années 1954-1955 puis 1962-1963, ce qui nous amènera à situer la préfabrication lourde parmi les solutions adoptées pour résoudre le problème posé en France. Ensuite seront évoqués quelques aspects particuliers de cette technique ainsi que les principaux changements qui caractérisent son évolution récente.

0,1 - La fuite de la main-d'oeuvre, facteur d'industrialisation

Lorsque le Bâtiment français dut après la dernière guerre renaître de ses cendres, on vit sans étonnement, réapparaître les chantiers traditionnels où de forts et habiles compagnons maniaient les mêmes outils que maniaient leurs ancêtres: rares au début furent ceux que cette opposition heurtait. Plus nombreux furent ceux qui s'acharnèrent à prouver qu'elle était logique et définitive. C'est sur cette vision des choses que se profila vers 1953 et avec brutalité le problème de la main-d'oeuvre.

On s'efforça de développer l'effort de formation professionnelle: on augmenta les crédits à cet effet et on multiplia les centres.

Lorsqu'on s'aperçut qu'une part importante de la main-d'oeuvre ainsi formée était retrouvée l'année suivante dans des usines de mécanique, on se demanda s'il ne fallait pas aussi chercher à l'économiser. Dès lors les quelques pionniers qui depuis deux à trois ans s'évertuaient à prouver que le Bâtiment pouvait aussi s'industrialiser commencèrent à trouver une certaine audience.

Après avoir résolu les premiers problèmes de base qu'ils avaient à résoudre, les préfabricants durent trouver des marchés afin de s'assurer le minimum de série compatible avec les investissements matériels et intellectuels qu'ils avaient faits. S'il se peut qu'au départ ils furent surtout passionnés par l'aspect technique de leurs recherches, il est important de noter qu'en exposant la philosophie de leurs efforts et de leurs recherches ils surent mettre l'accent à la fois sur l'économie d'une main-d'oeuvre qui disparaissait et sur l'amélioration des conditions de travail qu'apportait la mise en oeuvre de leurs techniques ou de leurs procédés grâce au report en atelier d'une part importante des tâches traditionnellement accomplies sur le chantier.

Le goulot d'étranglement que constituait le manque de main-d'oeuvre

était tel qu'on retint bien davantage la possibilité d'économiser la main-d'oeuvre que celle d'améliorer ses conditions de travail. Et, dans l'immédiat, les possibilités escomptées poussèrent les Pouvoirs Publics à favoriser l'application des procédés en cause, dits en l'occurrence, « économisés de main-d'oeuvre » grâce notamment à l'ouverture d'un secteur réservé.

Parallèlement, les entreprises traditionnelles sentant monter une concurrence certaine, cherchèrent à rester concurrentielles grâce à un effort accru d'organisation et à l'emploi d'un matériel plus moderne.

Enfin, nombre de producteurs de matériaux traditionnels prenant conscience de la nécessité de réduire l'importance de la consommation de main-d'oeuvre sur le chantier s'orientèrent vers la fabrication soit de matériaux simplement plus précis, soit d'éléments plus complexes tels que des planchers, allant, pour certains, jusqu'à la fourniture de murs de façade avec leurs menuiseries incorporées.

Quels ont été les résultats de l'ensemble de ces efforts pendant la décennie qui s'est déroulée de 1953 à 1963 c'est ce que nous allons essayer d'analyser brièvement en vue d'en tirer quelques enseignements sur le plan de la préfabrication; car à partir du moment où on a parlé d'économie de main-d'oeuvre le Bâtiment s'est mis à compter et partant à analyser.

Dès 1956, des études étaient lancées qui ont permis de fonder des comparaisons entre des constructions pourtant différentes en les ramenant à un même modèle.

On s'est aperçu que certains reproches que l'on pouvait faire aux premières constructions réalisées avec des éléments préfabriqués pouvaient être faits à la généralité des constructions traditionnelles, mais cela a conduit à établir des règles de plus en plus précises qui sont venues peu à peu remplacer l'imprécision des anciens cahiers des charges en matière de qualité.

Cependant très vite la préfabrication, usant des possibilités ouvertes par le travail en usine, apportait, à prix égal, des prestations généralement supérieures à celles obtenues avec les techniques traditionnelles.

Sur le plan de la consommation de main-d'oeuvre il ressort des études visées plus haut que les résultats ne sont pas très sensiblement différents entre un chantier très bien organisé réalisé avec des matériaux traditionnels et les opérations de dimensions courantes utilisant la préfabrication.

Aussi fut-on moins étonné de constater que des entrepreneurs jusqu'alors farouchement partisans du « traditionnel organisé », ouvraient tout à coup des chantiers avec un premier poste de préfabrication foraine.

Les progrès réalisés de 1953 à 1960 grâce à la préfabrication d'une part, grâce d'autre part à l'effort d'organisation sur les opérations restées plus ou moins traditionnelles sous l'angle des matériaux, ont permis de doubler et au delà l'activité de la construction française sans un accroissement parallèle des effectifs de main-d'oeuvre.

Dès 1961, le goulot main-d'oeuvre se faisait à nouveau sentir et en 1962 il sévissait non plus seulement dans les départements dotés de programmes importants de constructions mais dans la quasi totalité des départements. On constatait en même temps que des centres de formation professionnelle, malgré le besoin intense de main-d'oeuvre étaient loin de fonctionner à plein.

Il devint ainsi évident que le problème ne consistait pas seulement à former de la main-d'oeuvre et à l'économiser mais aussi et surtout à améliorer ses conditions de travail en les rapprochant le plus possible de celles des industries vers lesquelles se tournait l'ouvrier du Bâtiment.

Or, précisément la préfabrication en reportant au maximum les tâches du chantier vers l'atelier permet cette amélioration ainsi que des salaires plus élevés pour les monteurs nécessaires au chantier.

C'est l'ensemble de ces facteurs qui explique pourquoi la construction avec des procédés industriels a fait d'aussi rapides progrès en France, en passant d'une production de quelque 5.000 logements par an vers 1953 à plus de 60.000 en 1959, bien que le fractionnement excessif du marché français n'ait pas été favorable jusqu'ici ni à la rentabilité, ni au progrès technique des procédés en cause.

C'est aussi un ensemble de facteurs semblables qui a incité nombres d'autres pays à adopter certains procédés mis au point en France pour la réalisation d'ensembles d'habitations.

0,2 - Evolution de la préfabrication lourde

A défaut de pouvoir être exhaustifs nous nous sommes bornés à situer cette évolution en faisant le point de la préfabrication par grands panneaux, technique déjà très utilisée en France dans le secteur du logement et des constructions scolaires.

D'autre part, pour illustrer les immenses possibilités de la préfabrication lourde dans le Bâtiment nous présenterons, à la suite, une réalisation concernant des locaux industriels, réalisation qui constitue un exemple typique d'application intégrale de la standardisation et de la préfabrication.

— Remarques préliminaires

Avant d'aborder les aspects techniques et financiers ainsi que les problèmes que peut poser la préfabrication par grands panneaux sur le plan de l'architecture, il importe d'abord de clarifier un point de terminologie.

On parle tour à tour de préfabrication foraine, de préfabrication sur le chantier et de préfabrication en usine. Une terminologie aussi diverse appelle des précisions: à notre avis il faut distinguer la préfabrication sur chantier et la préfabrication en usines fixes.

— 0,21 - La préfabrication sur chantier

Cette formule a été celle adoptée au départ par la plupart des entreprises qui se sont lancées dans la préfabrication.

Les installations, assez réduites, sont faites exclusivement pour le chantier sur lequel elles sont montées.

Elles consistent en un poste de bétonnage, des coffrages en bois ou en tôle, avec parfois, mais pas toujours, une installation assez rustique d'étuvage sous bâches (fig. 1 et 2) et bien entendu les engins de levage: grues et éventuellement portiques roulants pour la manutention.

Il s'agit d'une préfabrication assez imprécise et limitée le plus souvent à une partie seulement des éléments de gros-oeuvre avec, dans un certain nombre de cas cependant, incorporation des menuiseries ou de leurs bâtis.

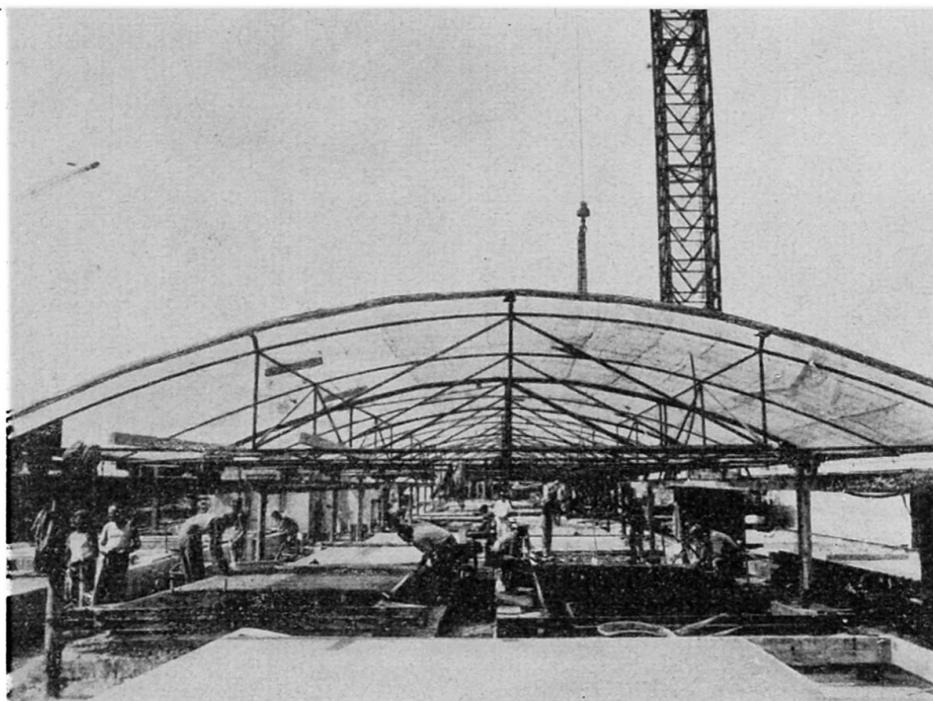


Fig. 1 - Aire de préfabrication foraine à Genève, desservie par grue (Cofeba).

En général, les installations foraines sont destinées à la réalisation des constructions sur le chantier où elles sont implantées et de ce fait même il est rare qu'elles soient dans un local fermé.

Dans la plupart des cas les postes de fabrication sont ou à ciel ouvert, ou simplement sous un petit abri mobile sans parois latérales.

Mais il arrive que l'unité foraine ainsi constituée puisse servir également à alimenter quelques petites opérations dans un rayon d'une vingtaine de kilomètres, pendant la durée d'exécution du chantier principal.

On peut dire de ces unités de fabrication qu'elles permettent d'organiser une production avec plus de facilité que ne le permet le traditionnel et d'instaurer un certain contrôle de fabrication, mais, il faut le dire, uniquement dans les limites qu'autorise la rusticité même des installations.

— 0,22 - La préfabrication en usines fixes

La préfabrication en usines fixes est une formule adoptée par deux catégories de professionnels:

- a) des entreprises
- b) des fabricants de matériaux.

Mais cette classification en fonction de l'implantation ne suffit pas encore à situer sur tous les plans le niveau « industriel » de ces installations.

Il existe encore en effet quelques fabrications en usines fixes dont les conditions d'installation ne sont guère supérieures à certaines installa-



Fig. 2 - Préfabrication foraine desservie par portique et grue (Balency).

tions sur chantier et on constate de facto, un écart considérable de niveau entre les différentes usines. Il est important de le noter lorsqu'on voudra saisir ce que recouvrent les différences des coûts d'investissements dont il sera question par la suite.

Ces différences de niveau seraient à analyser sur deux plans. Celui des équipements de fabrication, celui des locaux et des équipements sociaux.

Notons seulement ici que la fabrication sur chantier ne permet à l'évidence que des investissements sociaux forcément limités, car il ne saurait être question d'amortir sur une opération un « confort » voisin de celui qui est assuré aux salariés par les industries les plus mécanisées. Par contre la fabrication en usine d'éléments de construction permet, et plusieurs exemples d'usines de grands panneaux le prouvent, des installations

qui n'ont rien à envier aux meilleures de ce type dans les autres industries.

C'est là une possibilité et déjà une réalité qu'il y a lieu de méditer lorsqu'on cherche à définir le sens de l'évolution de la construction compte tenu du critère main-d'oeuvre.

I - La préfabrication lourde pour les logements et les constructions assimilées

1,1 - Principaux aspects de l'évolution

Les différentes fabrications par grands panneaux utilisent des matériaux relativement divers soit à titre de constituant des panneaux eux-mêmes, soit pour réaliser l'étanchéité des joints.

On y trouve le béton sous différentes formes, et aussi la terre cuite, les matières plastiques ainsi que des matériaux de revêtement de plus en plus nombreux: grès cérame, pierres minces prétaillées, pâte de verre, argile expansée.

Tout ceci commence à être bien connu et ce que nous voudrions évoquer ici c'est plutôt le caractère des principaux changements survenus dans la fabrication par grands panneaux puisqu'aussi bien la description de chacun des procédés les plus utilisés n'aurait pas sa place dans cette courte étude qui se veut d'ailleurs plus économique que technique.

Précision et complexité

A l'origine le premier objectif commun à la plupart des auteurs de procédés a été de préparer des éléments de gros oeuvre « à plat » pour les transporter et les mettre en oeuvre ensuite.

L'imprécision de ces éléments, due à la rusticité des installations, et notamment des moules, était d'autant plus aisément tolérable qu'il ne s'agissait que d'une préfabrication partielle, les autres interventions, équipements, enduit et finitions, conservant un caractère traditionnel.

Mais à partir de là on peut distinguer deux voies.

D'une part celle de ceux qui ont opté pour l'installation « rustique », et généralement foraine, d'autre part celle de ceux qui, cherchant à intégrer une part sans cesse croissante des opérations du chantier, ont opté pour la précision qui conditionne cette intégration et on adopté la formule de l'usine fixe parce que seule une production continue en usine permet la constance de qualité et la précision requises.

Vouloir comparer dans l'instant les économies respectives de ces deux solutions uniquement en se basant sur des considérations financières n'aurait guère de sens.

On sait, d'après de nombreuses analyses de coûts, qu'à organisation égale, les prix de revient des entreprises ne sont pas suffisamment différents

pour qu'il soit possible de porter sur le plan financier un jugement incontestable. Toutefois, nous l'avons dit, on voit de plus en plus l'entrepreneur bien organisé mais jusqu'ici très traditionnel, se convertir en préfabricant forain.

Mais pendant ce temps, l'écart se creuse entre la qualité, voire la complexité, de la mécanisation des fabrications en usine et la rusticité de la préfabrication foraine. De sorte qu'on peut se demander si dans quelques années la préfabrication foraine n'apparaîtra pas comme une manière d'artisanat à moins que d'ici là, un système généralisé de coordination modulaire, ne l'ait complètement condamnée au profit de la production en usine d'éléments normalisés.

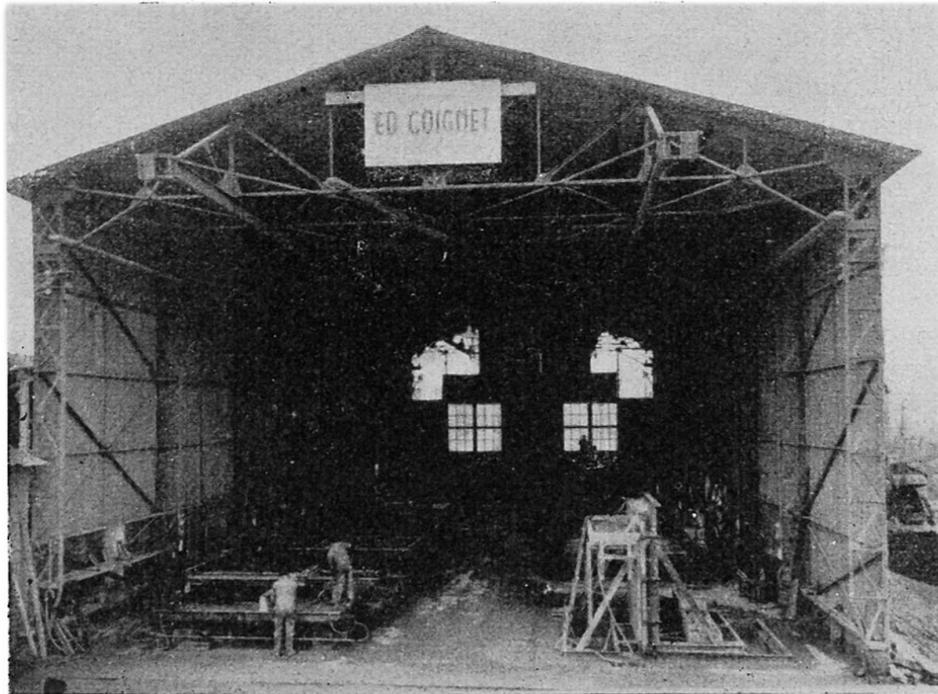


Fig. 3 - Usine de préfabrication à Evreux (1951) (Coignet).

Et ainsi le premier changement important à retenir dans l'histoire de la préfabrication lourde nous apparaît être celui des progrès dans la mécanisation des usines fixes, mécanisation plus poussée, réalisée dans un but de précision et de plus grande intégration.

Les progrès sont si rapides qu'il n'y a plus rien de commun entre deux usines considérées comme modèles, à dix ans d'intervalle (fig. 3 et 4) et même à cinq ans d'intervalle (fig. 5 et 6).

1,2 - Un procédé évolué de préfabrication lourde et ses installations fixes

Nous avons renoncé à décrire ici faute de place tous les procédés de préfabrication. En fait, ils ne présentent généralement pas des différences

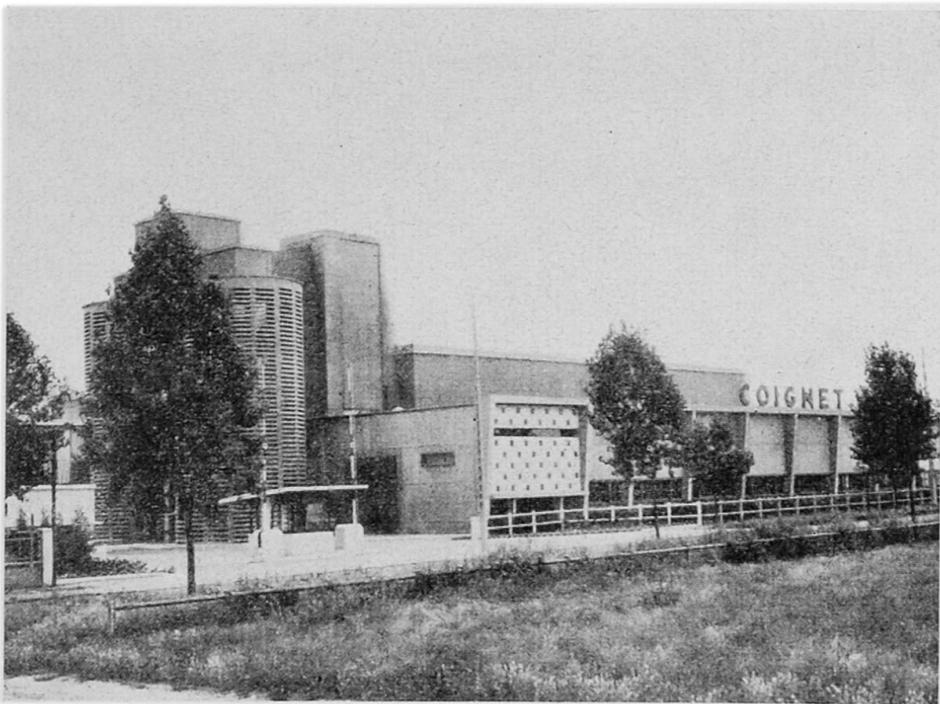


Fig. 4 - Usine de préfabrication à Aulnay (1962) (Coignet).

fondamentales. Les singularités importantes que l'on constate concernent beaucoup plus les modalités de fabrication des éléments, leur degré de mécanisation, l'organisation des Usines, l'effort de recherche, que les principes mêmes des procédés de construction.

Il suffit donc, pour illustrer le niveau d'industrialisation auquel est



Fig. 5 - Usine de préfabrication à Villeneuve le Roi (1957) comportant des toits ouvrants et desservie par des grues (Balency).

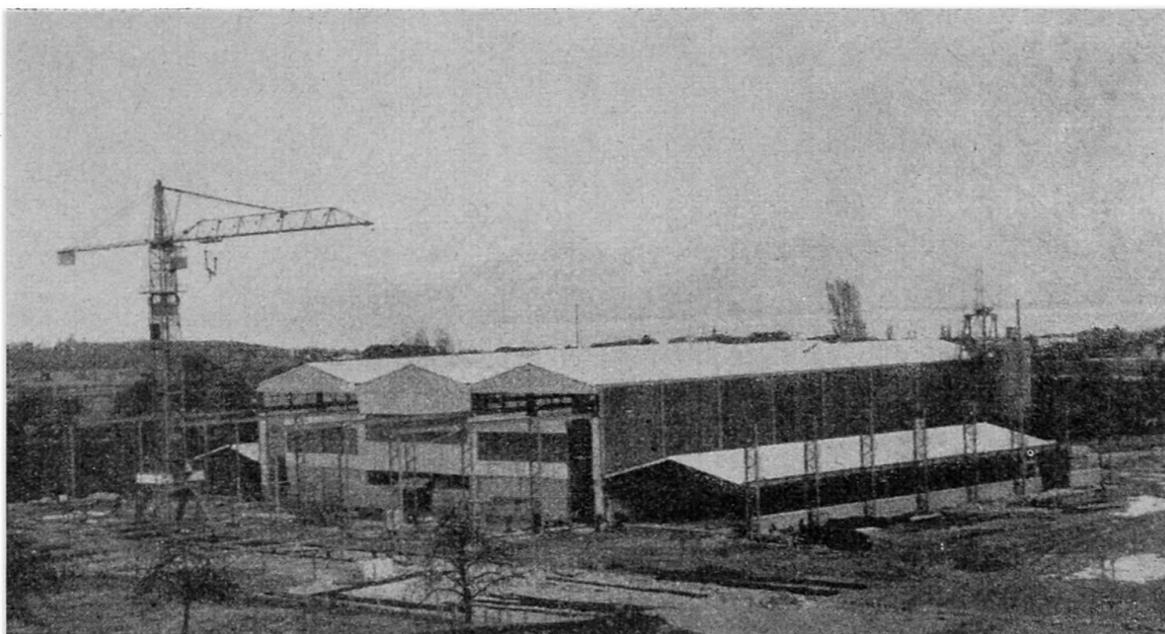


Fig. 6 - Usine de préfabrication à Genève (1962) essentiellement desservie par des ponts roulants (Balency).

parvenu le bâtiment avec la préfabrication lourde, d'évoquer l'un des procédés dont les installations de fabrication, en France, ou à l'étranger comptent parmi les plus évoluées.

— 1,21 - Les éléments

La fabrication ou le montage en Usine correspond aux éléments suivants:
 — Les planchers en béton peuvent avoir 0,14 m d'épaisseur et comportent le revêtement de l'étage supérieur et le plafond de l'étage inférieur. Ils sortent d'usine avec la face supérieure tantôt revêtue d'un carrelage ou d'un parquet collé par exemple, tantôt lisse pour recevoir ensuite une moquette.

Les plafonds sont lisses prêts à être peints.

Dans l'épaisseur du plancher sont noyées les canalisations de chauffage, ainsi que les canalisations électriques qu'un monteur n'aura plus qu'à raccorder avec les appareils.

— Les panneaux de façade sont du type « murs sandwich » composés d'un isolant thermique et phonique (polystyrène expansé de 2 cm d'épaisseur) entre deux parties de béton.

Le béton est armé — certaines parties uniquement pour permettre la manutention des éléments, d'autres en fonction du rôle de l'élément dans la structure de l'ouvrage.

Les panneaux de façade fabriqués à plat, sortent de moule avec leur revêtement extérieur qui peut être aussi divers qu'on le désire (fig. 7).

Le parement intérieur est prêt pour la peinture.

A la fabrication sont intégrés:

- les menuiseries,
- les stores roulants,
- les gaines de ventilation,
- les canalisations de toute nature.

La vitrerie est effectuée en Usine.

— Les cloisons, fabriquées tantôt en éléments simples, tantôt en éléments à angles, sortent d'usine surfacées, éventuellement avec leur revêtement et toujours avec leurs aménagements: trous, gaines, canalisations.

— Les escaliers, sont fabriqués en béton plein, revêtement en carrelage et nez de marches métalliques. Les faces latérales comportent des prisonniers taraudés pour que les rampes puissent être facilement montées par simple vissage.

— Pièces diverses. Ce sont principalement des blocs techniques (fig. 7 bis), des conduits des fumées et de ventilation, fabriqués de la hauteur d'un étage et dont les faces apparentes sont prêtes pour la peinture.

La fabrication, d'une précision de l'ordre de millimètre, permet de raccorder facilement des équipements annexes préparés éventuellement dans d'autres ateliers (fig. 8).

Les éléments les plus lourds fabriqués avec ce procédé sont de 8,5 t en France et de 10 t en Allemagne Fédérale.

Le liaisonnement par les armatures en attente, ou le coulage des poteaux en béton armé sur le chantier dans les vides des panneaux, c'est-à-dire sans aucun coffrage, assure à l'ensemble des ouvrages un monolithisme et une

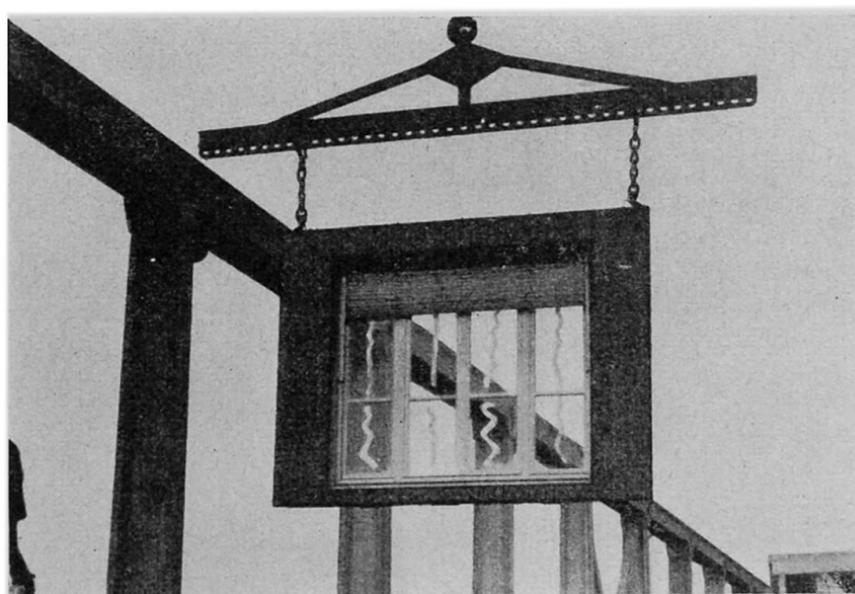


Fig. 7 - Panneau de façade avec menuiserie, serrurerie, vitrerie et volets roulants posés en usine. Parements en pâte de verre (Coignet).

stabilité qui renforce la parfaite concordance des surfaces des divers éléments grâce à leur précision.

— 1,22 - L'usine

L'usine visée est située sur un terrain de cinq hectares. Elle comporte 10.500 m² de surface bâtie dont la moitié couverte, et comprend deux parties essentielles (fig. 4):

- la production
- l'accueil et les services sociaux.

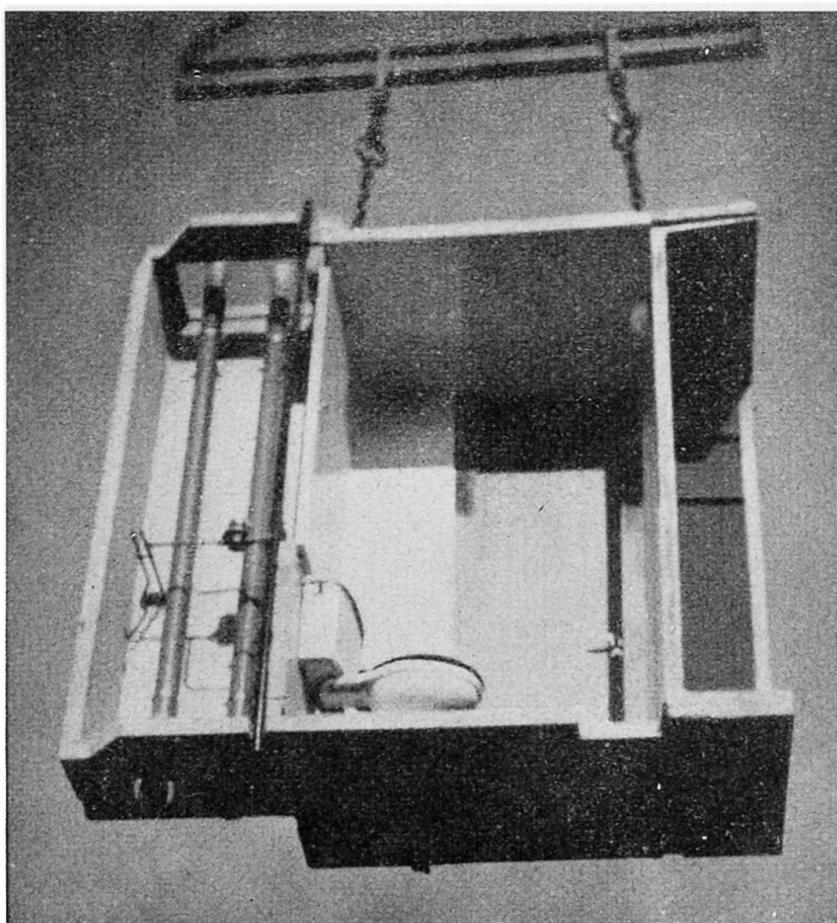


Fig. 7 bis - Bloc technique et sanitaire complètement équipé tel qu'il se présente à sa sortie d'usine (Balency).

— 1,221 - La partie production

Cette partie comprend:

- le stockage des agrégats et la Centrale à béton:
Les camions livrent dans des trémies au sol.

La remontée des agrégats dans des tours de stockage et leur distribution à la centrale à béton est automatique et commandée par un homme qui assure en même temps la marche de la centrale à béton, également automatique.

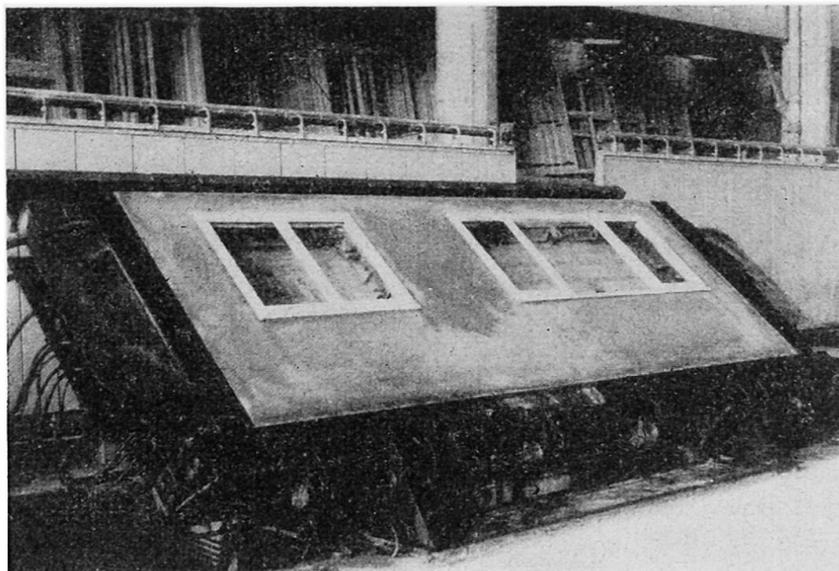


Fig. 8 - Machine pour la fabrication d'éléments de façade de 7 m de long (Coignet).

Les tours à agrégats, sont en béton armé, à claire voie pour permettre un séchage naturel.

— 3 travées couvertes de fabrication, de 18 m \times 54 m, battues par 6 ponts roulants de 8 tonnes, lesquels desservent également le parc de stockage.

Chaque travée correspond à la fabrication d'une catégorie d'éléments et comprend des batteries de moules sur tables chauffantes avec couvercles chauffants.

Les moules sont du type épais à commande par vérins.

Le cycle d'une opération c'est-à-dire le temps d'immobilisation d'une table pour un élément est de quatre heures. Mais l'application prochaine d'un système nouveau de chauffage électrique permettra de réduire cette durée de près de 50%.

A noter que dans certaines usines de ce type, le commande et le fonctionnement des moules se fait par électro-aimant assurant une plus grande souplesse des opérations et plus de facilité pour le nettoyage des moules :

- une centrale de chauffe
- la passerelle de commande
- le poste de ferrailage (armatures)
- l'atelier de mécanique
- l'atelier des « préfinitions », vitrerie, rebouchages, etc....

— 1,222 - La partie accueil et services sociaux

Le partie accueil permet l'exposition des réalisations de l'usine.

Les services sociaux comprennent deux salles de réfectoire avec libre service ou possibilité de réchauffage au choix, une salle de vestiaires, lavabos et douches.

Il est à noter que l'équipement de ces diverses salles est d'une qualité au moins égale à celle des meilleures installations sociales existant dans d'autres industries.

Cette description, un peu brève, n'avait d'autre but que de mieux souligner l'écart grandissant entre la préfabrication foraine avec des installations rustiques, et la fabrication en usine avec ses immenses possibilités de progression sur tous les plans puisqu'aussi bien certains postes évoquent déjà l'automatisation.

1,3 - Amélioration de la qualité

Dans ses débuts on a reproché à la préfabrication lourde non seulement les défauts qu'elle pouvait avoir en propre, mais ceux que l'on n'avait jamais songé à reprocher à la construction traditionnelle.

On peut dire, après dix années de recherches, de mises au point et d'applications que la préfabrication lourde non seulement a su éliminer les vices qui lui étaient spécifiques, mais qu'elle a fortement contribué à améliorer le niveau général des prestations dans le Bâtiment.

On reprochait essentiellement deux défauts à la préfabrication: le manque d'étanchéité des joints entre panneaux et les imperfections de fabrication nécessitant des reprises effectuées sur le chantier avec des mortiers et dans des conditions non identiques à ceux de l'usine. On pouvait donc douter de la tenue de ces reprises dans le temps et par ailleurs la quantité de main-d'oeuvre qu'elles nécessitaient réduisait de façon sensible l'intérêt même du processus de production.

En ce qui concerne l'étanchéité des joints (fig. 9), le problème est maintenant résolu: vide de décompression, double bulbe permettant l'injection contrôlée de ciment et produits d'étanchéité spéciaux, il existe toute une gamme de solutions efficaces. De sorte que s'il arrive encore d'enregistrer une telle défectuosité cela relève de la malfaçon mais non plus d'une vice inhérent à la technique au même titre qu'une fissuration du béton dans un ouvrage réalisé avec des méthodes traditionnelles.

En ce qui concerne les imperfections de fabrication, leur pourcentage est devenu négligeable avec les progrès de la fabrication en usine et ceux survenus dans la manutention et les transports. Mais le bilan est aussi positif en ce qui concerne l'amélioration de la qualité des ouvrages.

Du point de vue isolation thermique et phonique, la très grande facilité qu'apporte la préfabrication surtout en usine, pour incorporer dans de mêmes éléments des matériaux de natures différentes a ouvert au Bâtiment des possibilités absolument nouvelles.

Du point de vue revêtements, des solutions qui avec les méthodes traditionnelles n'étaient concevables que pour des immeubles de luxe, sont maintenant, grâce à ces mêmes facilités, couramment appliquées pour les immeubles considérés du point de vue prix comme les plus modestes.

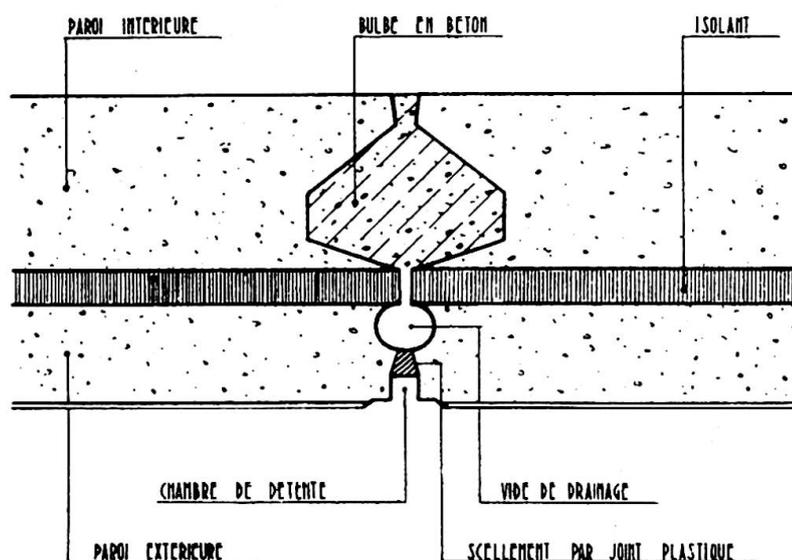


Fig. 9 - Disposition d'un joint de façade.

Et ainsi la préfabrication lourde qui, au départ est apparue comme une prouesse technique uniquement sur le plan de la production, apparaît aussi maintenant comme un moyen d'assurer de bonnes prestations. Au moment où disparaît la main-d'oeuvre hautement qualifiée qui a fait, en France et ailleurs la grandeur du Bâtiment et son Histoire, ce n'est certes pas le changement le moins marquant.

1,4 - La série et l'Architecture

On a dit qu'architecture et préfabrication lourde étaient incompatibles en raison des contraintes techniques et des impératifs de l'économie de cette dernière.

Ecartons tout de suite cet argument facile en faveur de la préfabrication qui consisterait à rappeler que certaines opérations réalisées en traditionnel sont d'une insoutenable monotonie.

Cependant les ensembles d'habitations d'une certaine ancienneté réalisés

bien entendu en traditionnel et que l'on peut qualifier d'architecturaux comportent pour la plupart une grande répétition. Il en est ainsi à Paris des immeubles de la place des Vosges, de ceux qui bordent les Tuileries et de bien d'autres.

Mais tous comportent des éléments de structures ou des décors que personne ne songe à rééditer parce que c'est économiquement impossible. Or ce sont précisément ces éléments et ces décors qui, avec le cadre, confèrent leurs grandeurs à ces ensembles.

La vérité — qu'il s'agisse de techniques traditionnelles ou de préfabrication — est que pour conférer une certaine grandeur ou un certain charme à un ensemble il faut désormais savoir se passer des moyens d'expression que la rareté de la main-d'oeuvre et son coût ne nous autorisent plus, du moins pour la masse de constructions que tous les pays ont à réaliser de plus en plus vite.

L'expérience prouve cependant que la série jointe à la préfabrication peuvent permettre de trouver d'autres moyens d'habiller une façade, un hall ou une cage d'escalier. Dans cette voie en effet la préfabrication lourde permet une infinité de solutions.

De sorte qu'il apparaît finalement que la seule incompatibilité que présente la préfabrication lourde ait lieu non pas avec l'architecture, mais avec la diversité la plus gratuite, celle qui n'apporte rien d'autre que le déplaisir de l'oeil.

Le véritable fondement des objections présentées au nom de l'architecture contre cette technique est à rechercher ailleurs. Il est essentiellement

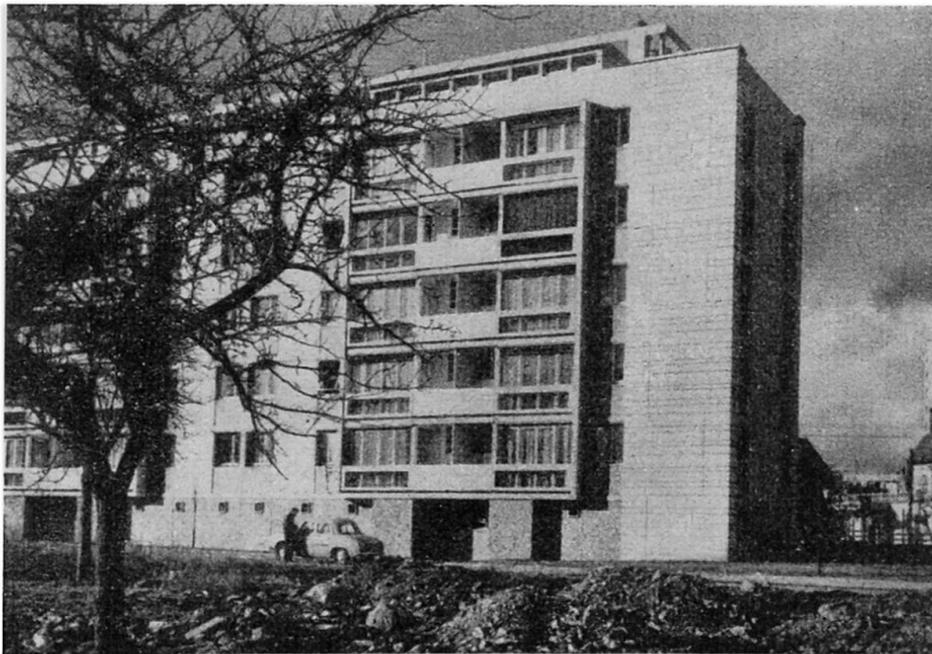


Fig. 10 - Mont St Aignan Bâtiment bas (préfabrication foraine) (Cofeba).

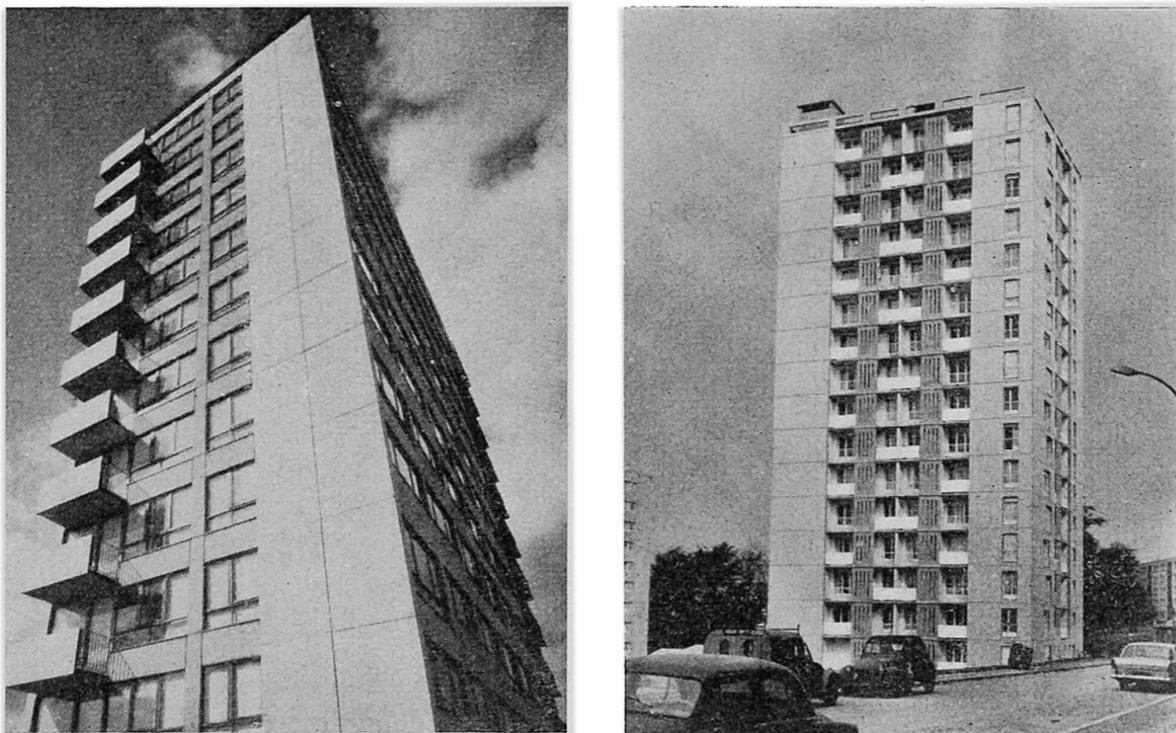


Fig. 11 et 12 - France. Bâtiments hauts. (Balency, Coignet).

dans les changements de comportement qu'elle exige des architectes et à un degré moindre des maîtres d'ouvrage.

La préfabrication lourde en industrialisant le Bâtiment tend à remplacer une prestation de façonnier en une production industrielle qui, comme toute production industrielle implique pour son économie, sa rentabilité et dirons-nous sa pureté, une unité, elle, difficilement compatible avec les comportements traditionnels des différents participants à la construction.

Ainsi lorsque l'on parle des contraintes que représentent pour l'architecture, les séries nécessitées pour la production de tel ou tel élément, l'incidence des formes et des dimensions de ces éléments sur le parti de l'architecte, l'intérêt qu'il y a à réduire le nombre des éléments de chaque type, on oublie de voir que s'il y a contrainte c'est du fait du caractère occasionnel de l'intervention de l'architecture et surtout d'une habitude ancestrale à ne tenir, lors de la conception, à peu près aucun compte des dimensions des matériaux qui seront utilisés.

Or, des recherches récentes conduites de concert par des industriels des panneaux lourds avec des architectes de renom international, ont montré quelle diversité insoupçonnée peut être obtenue en préfabrication lourde sans aucune augmentation du nombre des moules lorsque l'architecte se penche avec le fabricant à la fois sur l'esthétique et sur l'économie de la production (fig. 10, 11 et 12).

On peut dire que l'indispensable présence de l'architecture dans la

construction moderne suppose de la part des maîtres d'ouvrage auteurs de programmes un supplément de coopération, et de la part des architectes, que ces derniers soient désormais aussi près des producteurs qu'ils l'ont été au temps de leur passé le plus glorieux.

1,5 - Aspect financier

Les installations de préfabrication lourde, qu'elles soient foraines ou en usines fixes, présentent entre elles tant de différences, qu'il faut nécessairement s'attendre sur le plan financier à un écart important entre leurs coûts d'établissement.

On peut situer celui d'un grand nombre d'usines foraines dans une fourchette de 400.000 à 2.000.000 F. et celui des usines fixes dans une fourchette de 2.000.000 à 10.000.000 F. Mais ces chiffres en soi n'ont aucun sens car sans une analyse précise de ce qu'ils recouvrent, il est absolument impossible d'en déduire des coûts comparables de dépense par logement.

La principale raison en est la grande différence entre les degrés mêmes d'intégration des tâches traditionnelles pour chaque procédé.

Telle usine foraine sort uniquement des murs sans incorporation d'aucun élément d'équipement, telle autre, à rusticité égale, sort les murs d'une grande précision mais rien d'autre, tandis que cette autre sort des blocs complexes pesant plus de 10 tonnes et correspondant à une partie de logement.

Par ailleurs certaines usines foraines qui se contentent d'installations encore rudimentaires ne comportant par exemple aucun système d'étuvage, ne nécessitent qu'une dépense restreinte d'établissement. Par contre leur processus de fabrication oblige, en raison du temps de séchage avant manutention, à des stocks plus importants. Il y a donc simple déplacement des postes de dépenses.

Il apparaît ainsi, et c'est logique, qu'aucune comparaison sérieuse des coûts d'établissement ne peut être faite sans analyser ce que recouvre les investissements non seulement sur le plan de la production mais aussi sur le plan des études et sur le plan social.

Or l'écart qui va sans cesse grandissant entre les installations, au point de faire apparaître à une extrémité, une manière d'artisanat de la préfabrication, condamne cette comparaison.

Nous nous bornerons donc ici à souligner les seuls points qui nous semblent importants.

C'est d'abord que les dépenses d'installations des usines fixes les plus évoluées qui avoisinent 10.000.000 F. pour une production journalière de 4 logements par jour, susceptibles d'ailleurs d'être accrue au prix d'un

supplément insignifiant d'installations, sont, rapportées au logement, encore peu importantes.

En effet si l'on admet de compter l'amortissement du matériel direct de production sur 5 ans et les bâtiments sur 10 ans, on arrive pour une préfabrication presque intégrale à un amortissement de l'ordre de 2.000 F. par logement soit environ 7 % du prix de vente du logement et moins de 10% de la part de la production intéressée directement par la préfabrication.

Bien que ce pourcentage soit relativement peu élevé il serait certainement abaissé si un système de coordination modulaire permettait d'assurer plus facilement la continuité et le plein emploi des installations à deux postes de travail.

Il faut en outre tenir compte qu'il comprend aussi l'amortissement d'installations sociales importantes destinées à assurer aux ouvriers un confort en tous points comparable à celui qui se développe dans nombre d'industries plus évolués.

Sans doute ne comprend-il pas les dépenses exposées pour les études et la recherche, dont le poste correspondant tend à devenir de plus en plus important. Mais une large part de ces dépenses est à répartir non sur la production d'une usine donnée mais sur l'ensemble de la production des usines appliquant le même procédé y compris naturellement les opérations des licenciés.

Ceci explique le processus des licenciés qui permet à des entreprises, moyennant une redevance assez faible, de bénéficier d'une « invention » et aussi d'une organisation de fabrication avec toutes les mises au point réalisées d'année en année et dont ce processus leur permet de faire l'économie.

II - La préfabrication lourde dans la construction industrielle

Le rôle de la construction industrielle consiste essentiellement à offrir à l'utilisateur:

- une aire de travail permettant la manutention, la transformation et le stockage d'objets,
- des possibilités de manutention,
- et souvent un toit et des conditions de confort convenables (acoustiques, thermiques et éclairage).

Il est évident que ces conditions sont très variables d'un utilisateur à l'autre et que le constructeur ne réalisera pas de la même façon un quai d'armement pour chantier naval qu'une halle pour tissages; aussi notre communication se bornera-t-elle à faire ressortir les principales caractéristiques de la préfabrication lourde sur un seul exemple que nous avons choisi comme étant très représentatif.

Il s'agit d'un entrepôt général de matériel électronique comportant une surface couverte de 40.000 m² environ réalisée en 9 mois par tranches successives qui ont été mises en exploitation à mesure de leur livraison. C'est ainsi que deux mois après l'ouverture du chantier la première tranche était occupée.

Les bâtiments sont tous analogues et comportent une série de halles parallèles de 20 m d'ouverture avec lanterneau axial continu en polyester renforcé, cintré, autoportant constituant une bande d'éclairage naturel de 4 m de large (fig. 13).

La hauteur minimale libre de 5 m s'élève jusqu'à 7 m à la clé des voûtes sans qu'aucun obstacle intérieur limite les possibilités de stockage.

La manutention est prévue par chariots élévateurs, le tracé des voies de circulation à l'intérieur des magasins est résolu avec aisance en raison de l'espacement des poteaux porteurs distants de 12 m.

Des joints de dilatation transversaux disposés tous les 36 m et les lanterneaux, constituant des coupures naturelles longitudinales tous les 20 m, définissent des cellules élémentaires de bâtiment de 720 m².

2,1 - Eléments

Chaque cellule élémentaire standard du bâtiment est autostable et constituée intégralement à partir d'éléments préfabriqués juxtaposés et assemblés par précontrainte (fig. 14).

Les 4 éléments essentiels sont:

- les poteaux courants et les poteaux de joints
- les éléments de rive de couverture adjacents aux poteaux
- les éléments intermédiaires de la couverture
- les tirants disposés en tête de poteaux.

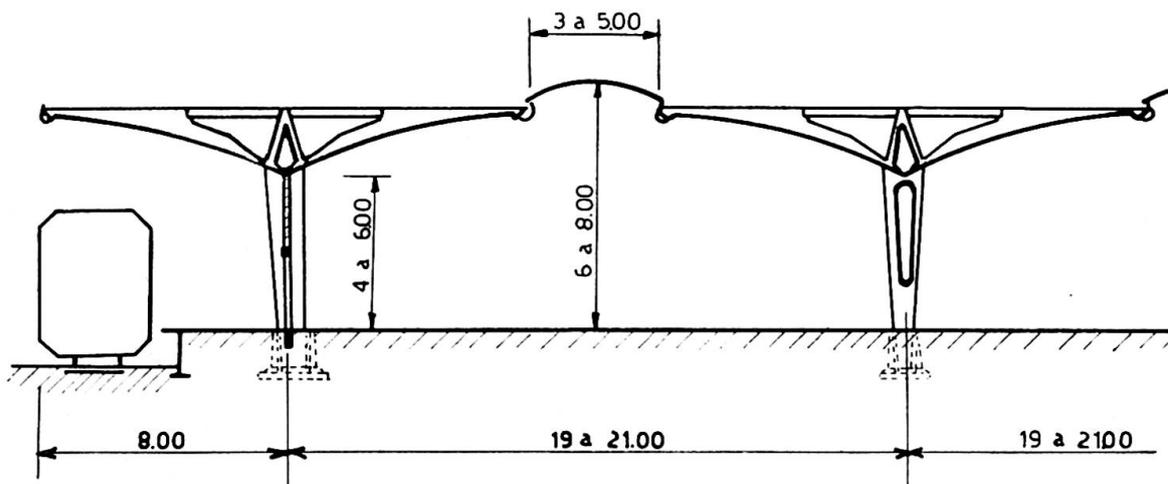


Fig. 13 - Halle d'usine, coupe transversale (Boussiron).

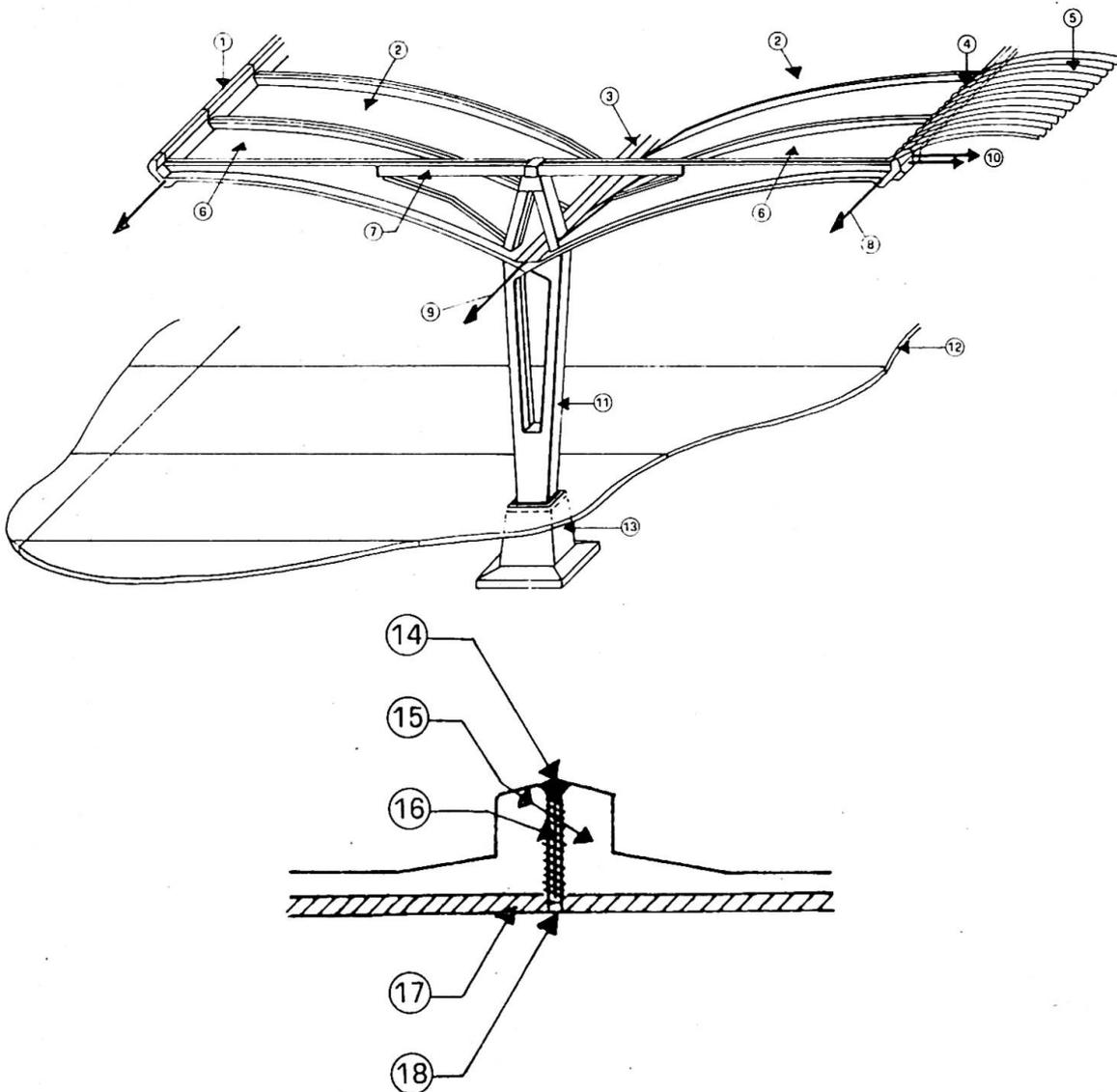


Fig. 14 - Halle d'usine. vue perspective: 1, Faitière - 2, Eléments intermédiaires - 3, Sablière - 4, Faitière - 5, Lanterneau - 6, Eléments de rive - 7, Tirants - 8, Câble de précontrainte de faitière - 9, Câble de précontrainte de sablière - 10, Câble de précontrainte du tirant - 11, Poteau - 12, Dallage - 13, Semelle.
 Détail d'un joint - 14, Cordon étanche - 15, Eléments préfabriqués - 16, Joint coulé au mortier de ciment - 17, Fibre agglomérée - 18, Rail Oméga.

Après la pose des éléments et le garnissage des joints, l'assemblage de ces différentes pièces est assuré par précontrainte au moyen de câbles disposés:

- dans le tirants
- dans les faitières
- dans la sablière.

L'importance exceptionnelle de la surface à réaliser en un même site

et le délai très court imposaient la préfabrication de tous ces éléments à proximité du lieu de montage.

Une usine semi-fixe de préfabrication fut donc installée sur place.

2,2 - Fabrication

Indépendante des installations générales de chantier, l'usine proprement dite comporte essentiellement une halle de fabrication desservie par une centrale de production du béton et un atelier de fabrication et assemblage des armatures.

Des aires de stockage des éléments préfabriqués flanquent l'usine de production et constituent le volant régulateur nécessaire entre la production continue et la pose périodique des éléments.

— 2,21 - Poteaux (fig. 15)

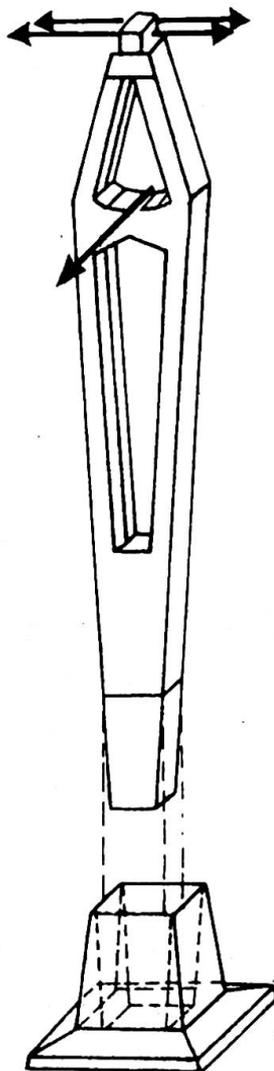


Fig. 15 - Semelle et poteau courants.

Le cycle de fabrication d'un *poteau* commence par le nettoyage et le graissage du moule métallique ouvrant dont la conception est telle qu'elle permet la production d'un poteau courant ou d'un poteau de joint.

Une plateforme sur lorries puis le pont-roulant transportent l'ensemble de la carcasse métallique constituant l'armature préfabriquée d'un poteau jusqu'au moule.

Le moule fermé et réglé reçoit alors le béton.

Pour produire le nombre d'éléments nécessaires quotidiennement avec un seul moule il fallait recourir à l'*étuvage* du béton sous cloches isothermes.

Afin de permettre au processus de prise du béton de s'amorcer à température normale l'admission de la vapeur s'effectue après une période d'au moins une heure, puis la température s'élève à 30° pendant une heure et demi (une génératrice centrale produit la vapeur distribuée dans l'ensemble de l'usine).

Au cours d'une seconde phase de chauffage de trois heures la température est élevée puis maintenue à 80°.

Après une période de refroidissement variable selon le programme d'utilisation des cloches dans l'ensemble de l'usine mais toujours aussi longue que possible, le pont roulant enlève la cloche et la transfère sur un autre moule.

Le béton a alors acquis, grâce au traitement thermique, une résistance équivalente à celle que l'on obtiendrait après un durcissement de 3 jours à une température normale moyenne de 15°, et l'on effectue le démoulage: le levage du poteau est possible sans risque.

Le poteau achève d'acquérir une résistance normale après une période minimale de trois jours d'attente sur aire de stockage.

— 2,22 - Couverture (fig. 16)

Les éléments de couverture sont exécutés au moyen de 6 moules horizontaux disposés parallèlement:

- 2 moules permettant la fabrication des éléments de rive avec nervure latérale à droite ou à gauche
- les 4 autres moules sont destinés à la production d'éléments intermédiaires tous identiques.

Après l'opération de nettoyage des coffrages latéraux du moule, la deuxième phase du cycle de fabrication comporte la mise en oeuvre de panneaux de fibre de bois agglomérée au ciment qui assurent une *isolation thermique* continue au long de la face interne de la couverture.

La carcasse d'armature entièrement préfabriquée et provisoirement raidie par un palonnier spécial est posée au pont roulant. Puis le moule est fermé après application d'huile de décoffrage et d'un produit spécial retardateur de prise superficielle facilitant le traitement des zones de reprise.

Des pervibrateurs dans les nervures et des dames vibrantes pour les voiles minces de grande étendue et de faible épaisseur facilitent la mise en

place du béton et réalisent son serrage. Une feuille de polyéthylène, disposée à la surface du béton frais après réglage et talochage, permet d'éviter le contact direct de la vapeur d'étuvage et du béton ainsi que l'érosion superficielle par les eaux de condensation.

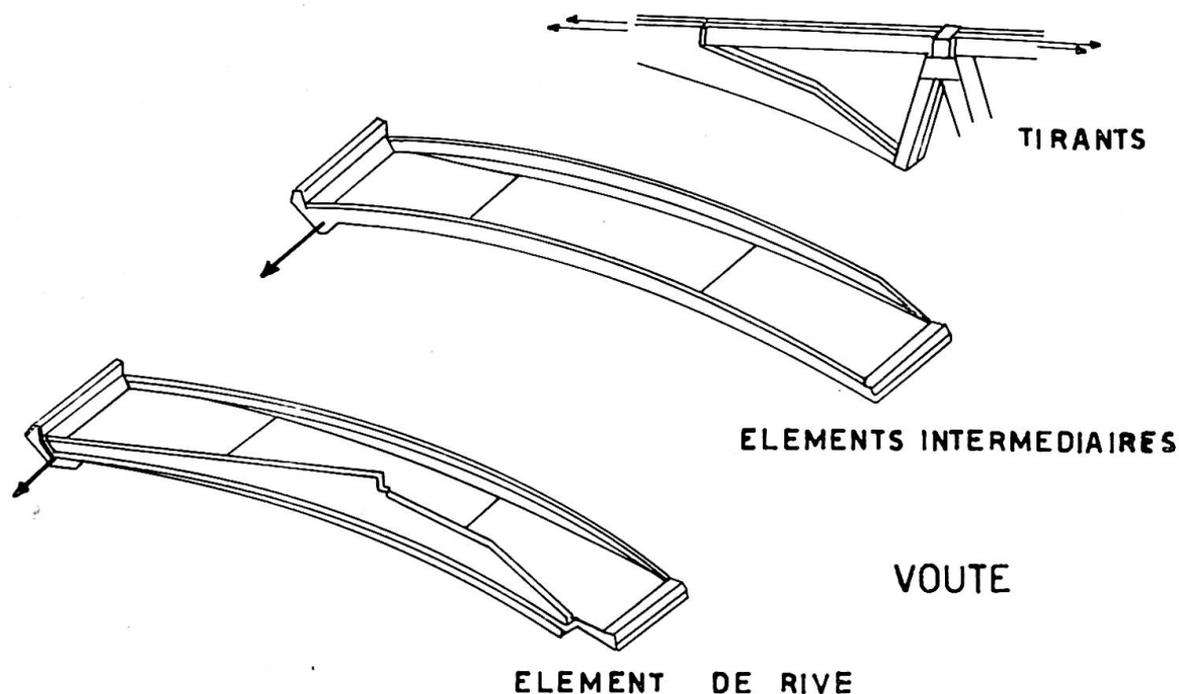


Fig. 16 - Eléments de couverture.

Le cycle de traitement thermique est identique à celui des poteaux. Sa mise au point et le contrôle de son efficacité ont donné lieu à une série de mesures de température par couples thermo-électriques au cours des premiers moulages d'essai. Bien que ces mesures aient permis de constater que le choc thermique n'était pas à craindre en cas d'enlèvement rapide de la cloche d'étuvage, un refroidissement lent reste néanmoins souhaitable. On obtient ainsi l'efficacité maximale du traitement chaque fois que le programme de utilisation des cloches le permet.

Afin d'éviter toutes contraintes de flexion excessives dans le béton encore relativement jeune, l'enlèvement et toutes les manipulations successives des éléments sont effectués au moyen des 6 ventouses de grande surface suspendues aux appareils de levage.

Le parc de stockage des éléments préfabriqués peut recevoir la production de l'usine correspondant à une semaine de travail. Pour limiter sa surface et donner aux éléments de voûte des conditions d'appui telles qu'ils ne se déforment pas au cours de la période d'attente, le stockage est effectué sur champ. Les éléments doivent donc, au cours de leur transport de l'usine au stock, subir un pivotement de 90° autour de leur axe longitudinal.

La préfabrication des éléments des tirants complète la gamme de production de l'usine qui atteint ainsi 20 m^3 par jour, soit 50 tonnes de pièces moulées.

2,3 - Manutention et assemblage (fig. 17)

Le chantier de montage des bâtiments est contigu à l'usine de préfabrication, le transport des éléments s'effectue donc sur une distance réduite ne dépassant pas 300 m. Des remorques sur pneus spécialement conçues pour recevoir des éléments courbes ou rectilignes, sont aisément tractées sur les dallages exécutés préalablement.

Les fondations spéciales du bâtiment constituées par des puits d'une profondeur de 4 à 6 m comportent en tête une alvéole en tronc de pyramide destinée à recevoir le pied des poteaux préfabriqués.

La reprise au stock est effectuée avec les mêmes chariots basculant et selon le processus inverse du stockage.

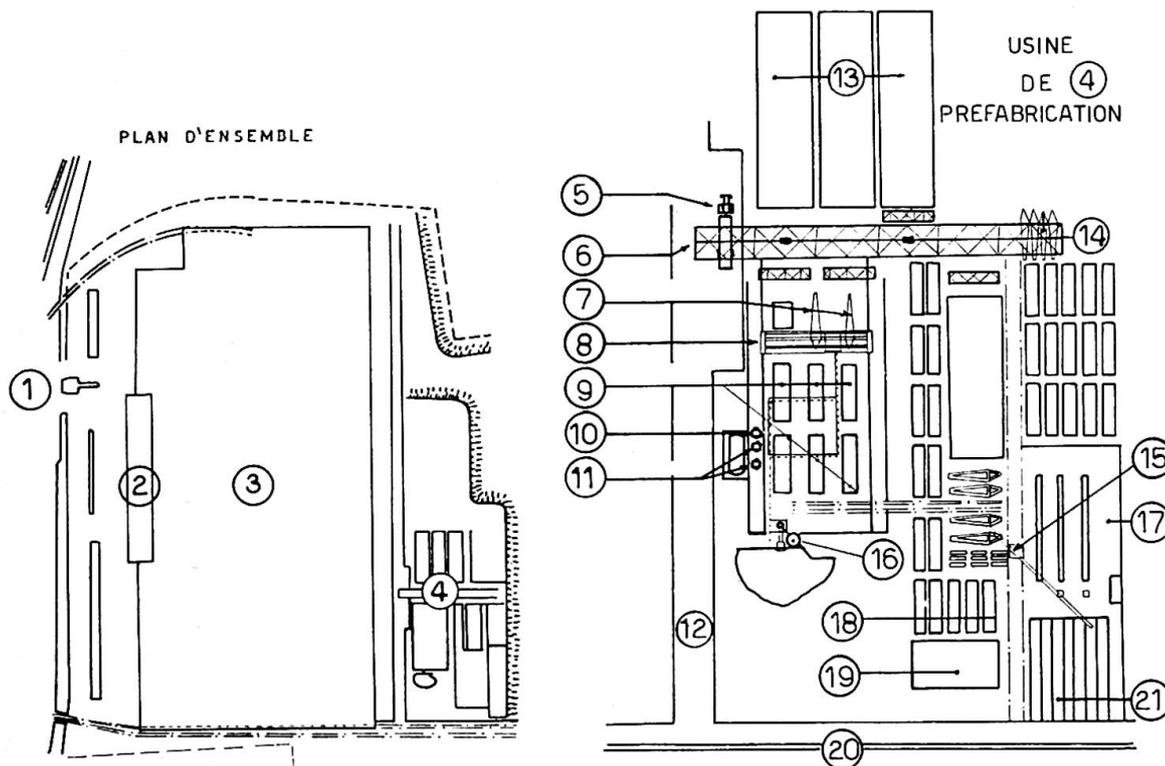


Fig. 17 - Chantier de montage et usine de préfabrication: 1, Rue du cat. Rolland - 2, Bâtiment administratif - 3, Magasins Generaux - 4, Usine de préfabrication - 5, Tracteur et remorque - 6, Monorail - 7, Moules de poteaux et tirants - 8, Pont roulant - 9, Moules éléments de voûte - 10, Compresseur - 11, Générateurs de vapeur - 12, Route de service - 13, Stockage éléments de voûte - 14, Stockage poteaux et tirants - 15, Grue de parc - 16, Centrale à béton - 17, Préparation armatures - 18, Stock des armatures - 19, Stock des fibres agglomérées - 20, Voie ferrée - 21, Stock acier.

Le portique de pose, équipé de deux plans électriques de 7 t chacun et d'un palonnier identique à ceux de l'usine reprend, soulève et transporte chaque élément jusqu'à sa position finale sur l'échafaudage roulant.

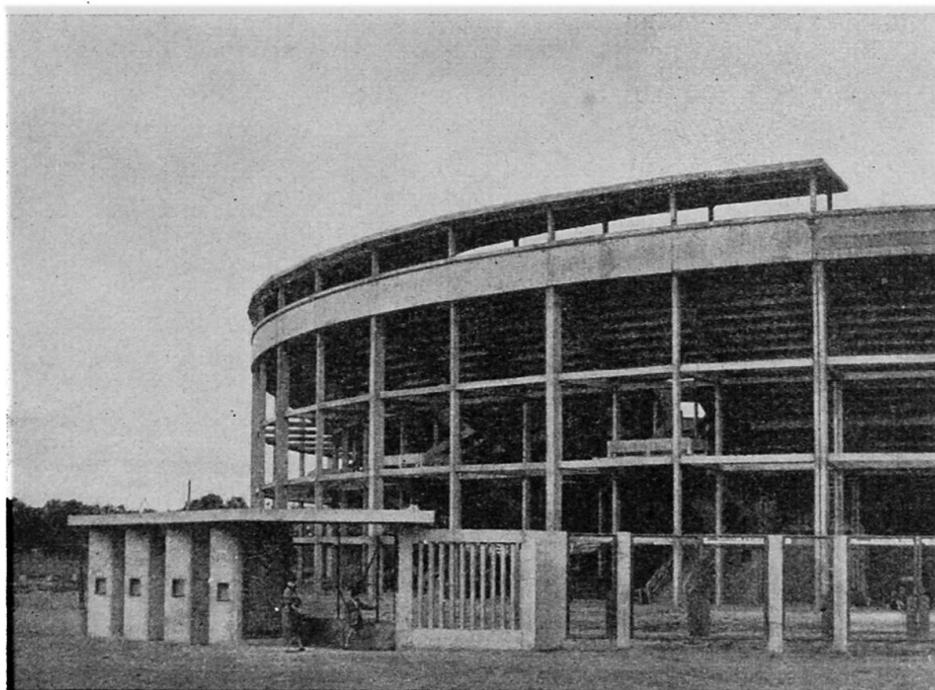


Fig. 18 - Arènes de Toulouse: Polygone de 48 cotés d'un diamètre de 94 m - 12.500 places. Raidisseurs, crémaillères et gradins préfabriqués (Cofeba).

Des bras articulés en tête de l'échafaudage s'adaptent automatiquement à la courbure et à l'inclinaison des éléments au cours de la dernière phase du mouvement de pose.

Le rythme d'exécution des travaux conduit à poser six éléments de voûte dans un délai de quinze heures environ. Ainsi apparaît clairement la nécessité du stock de régularisation disposé entre l'usine de production et le chantier de montage.

Le réglage des tirants préfabriqués termine le processus de pose des pièces en béton tandis que l'enfilage des câbles de précontrainte s'achève au travers des orifices réservés dans les divers éléments.

Le câble de sablière est enrobé dans le béton d'assemblage de la base des éléments de voûte et les joints latéraux sont bourrés au moyen de mortier de ciment à haute résistance initiale.

Après deux jours de durcissement des joints, l'application de la précontrainte développe les forces d'assemblage nécessaires à la stabilité de l'ensemble.

Une vérification de la résistance du béton précède l'opération de mise en tension des câbles.

Libéré des charges de la couverture au cours de l'opération de précontrainte, l'échafaudage roulant est ensuite ripé jusqu'à l'emplacement de la tranche suivante de bâtiment.

Des procédés analogues ont permis de réaliser les diverses constructions industrielles que représentent les figures 18 à 23 dont les légendes nous semblent suffisamment explicatives pour qu'aucun texte ne les commente.

III - La préfabrication lourde dans les travaux publics

La préfabrication est employée depuis longtemps déjà pour la réalisation de certains travaux publics. Mais, utilisée tout d'abord à des usages restreints ou en raison des avantages limités qui seuls lui étaient autrefois reconnus, cette méthode prend de nos jours une constante expansion au fur et à mesure que se répandent les principes de l'organisation du travail et qu'apparaissent de nouveaux moyens d'ordre chimique, physique et mécanique.

Nous ne pouvons ici aborder de façon même très incomplète tous les aspects de la préfabrication dans les Travaux Publics.

Les méthodes de fabrication conduisent comme pour le bâtiment, à

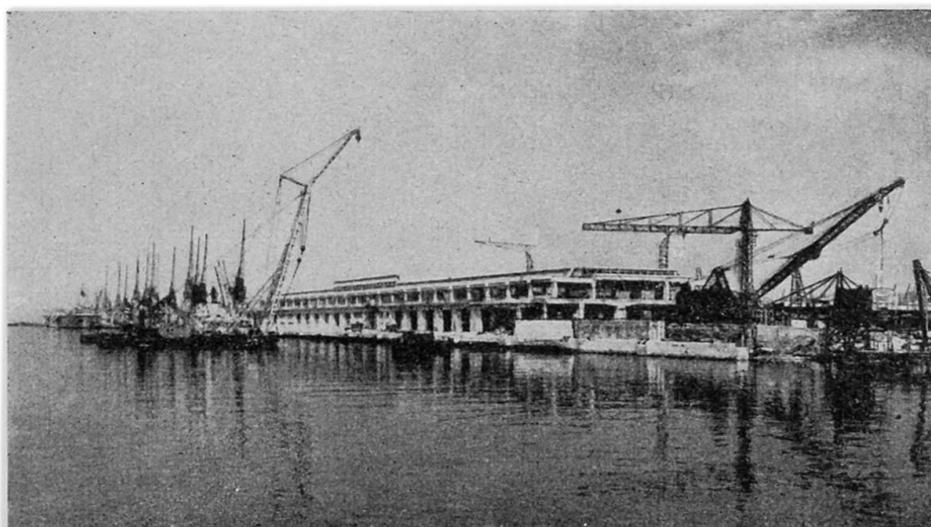


Fig. 19 - Gare maritime du Havre 1952. Fabrication à Rouen à 90 km du chantier - transport par wagons - 1600 éléments de 12,50 x 2,00 pesant 12 t. Poutres maîtresses fabriquées par tronçons. Poutres support de shed de 20,00 m et pesant 26 t. Assemblage par précontrainte (Campenon Bernard).

subdiviser les travaux en deux phases distinctes: la fabrication des éléments et leur mise en place.

Nous avons choisi, faute de place, de parler en matière de préfabrication des éléments de ponts-routes, préfabrication qui a pris une grande importance depuis la dernière guerre, puis, en évoquant les différents modes de mise en place des éléments, classés suivant les mouvements réalisés au cours

de la mise en place, d'illustrer les techniques correspondantes par quelques exemples marquants de réalisation.

3,1 - Les ponts-routes en éléments préfabriqués de béton

— 3,11 - Ponts à poutres multiples sous chaussée

Les ponts-routes à poutres multiples sous chaussée sont très fréquemment exécutés par préfabrication des poutres qui, une fois mises en place,

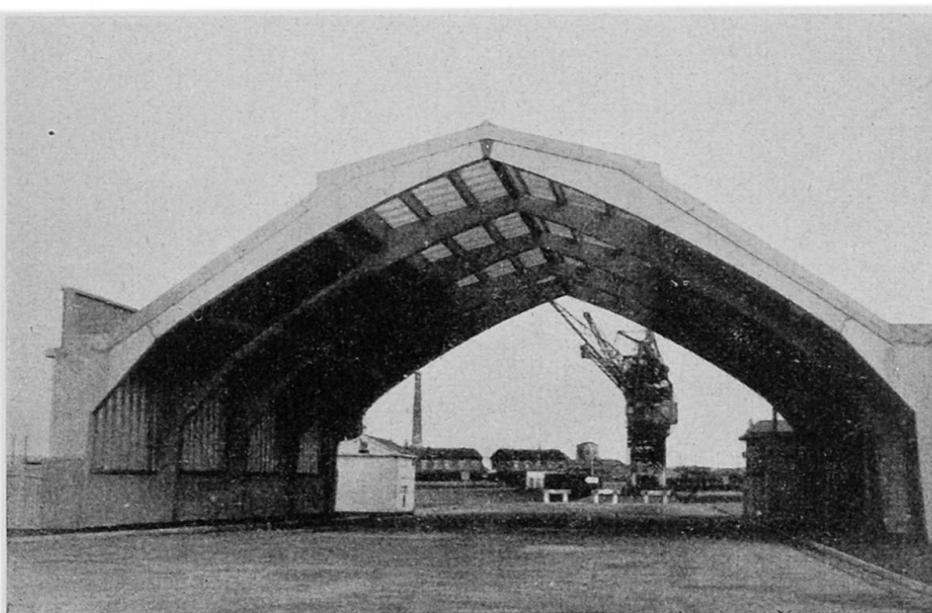
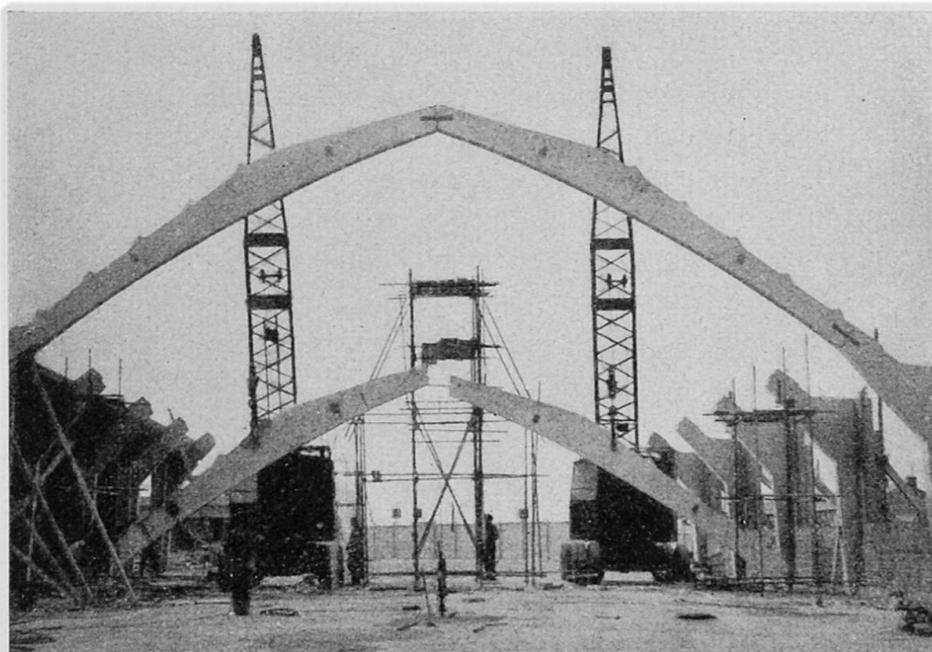


Fig. 20 et 21 - Gare routière de Calais. Arcs préfabriqués en deux éléments posés simultanément (Sainrapt et Brice).

sont solidarisées entre elles au moyen d'entretoises, généralement bétonnées in situ en même temps que les hourdis sous chaussée. Le procédé est appliqué aussi bien lorsque les poutres sont en béton armé que dans le cas très fréquent où on les exécute en béton précontraint, qu'il s'agisse de travées indépendantes ou de travées continues.

Dans tous les cas, les liaisons du hourdis bétonné in situ aux poutres préfabriquées sont étudiées et réalisées en sorte que ce hourdis soit en mesure de participer, comme élément de leurs membrures supérieures, à la flexion des poutres due aux forces appliquées après solidarisation.



Fig. 22 et 23 - Palais du Centre National des Industries Techniques (CNIT au Rond Point de la Défense, Paris). Plancher central de 11.000 m² constitué de 1400 dalles triangulaires de 6 m de coté assemblées sur place par précontrainte en groupes de 9. Eléments préfabriqués à Nanterre et amenés par remorques routières (Balency, Boussiron, Coignet).

Lorsque les poutres sont en béton armé la section transversale d'une poutre préfabriquée est en double T dissymétrique. Sa table supérieure a une épaisseur inférieure à celle du hourdis sous chaussée auquel elle se trouve incorporée en situation définitive. Des armatures destinées à assurer la liaison avec le hourdis coulé en place dépassent verticalement et latéralement de la table supérieure. Les sections et écartements de ces armatures sont déterminées par application de la règle des coutures.

Les entretoises peuvent être pleines ou en treillis. Pour une portée de 30 m environ, un pont de ce type revient sensiblement au même prix qu'un pont en béton précontraint; pour les portées inférieures à 30 m il est souvent plus économique que ce dernier, lequel au contraire, reprend l'avantage pour les portées supérieures à 30 m.

Les ponts du type considéré construits en béton précontraint sont très nombreux. On a commencé à en construire en 1945 et, depuis cette époque, de nombreux perfectionnements ont été apportés aux méthodes de constructions initialement adoptées. A l'heure actuelle, on réalise des ouvrages très légers, dans lesquels l'écartement entre poutres atteint 3,50 à 4,00 m, l'épaisseur des hourdis étant alors de 0,18 à 0,22 m et celle des âmes des poutres de 0,16 à 0,18 m. Le système est économique jusqu'à 60 à 70 m de portée en travée indépendante.

Dans la grande majorité des cas, les poutres sont préfabriquées avec leur hauteur de section définitive et elles portent des amorces d'entretoise. Les hourdis sont bétonnés entre tables supérieures des poutres préfabriquées mises en place. Ils sont précontraints transversalement au moyen des câbles ou de barres enfilés dans des trous ménagés dans les tables supérieures des poutres. Les entretoises sont bétonnées entre tranches des amorces dont sont pourvues les poutres, le hourdis, bétonné en même temps qu'elles, forme leur table supérieure; elles sont précontraintes par câbles ou barres passant par des trous ménagés dans les âmes des poutres.

Les précontraintes transversales ainsi réalisées assurent à la fois la solidarisation complète des éléments du tablier et la résistance à la flexion transversale du hourdis et des entretoises (fig. 24).

- Les coffrages des poutres préfabriquées sont en bois lorsqu'il y a peu de poutres à fabriquer et en acier quand il y en a beaucoup (à partir de 40 poutres environ). Les fonds de moules sont organisés en vue de permettre une vibration énergique. Les éléments des flancs doivent être étudiés pour pallier les effets du retrait longitudinal et vertical.
- La fabrication est organisée en sorte que chaque poutre puisse être bétonnée sans discontinuité. La résistance à la compression demandée pour le béton à 90 jours d'âge est généralement de 450 kg/cm^2 autorisant, selon les règlements français, une contrainte de compression de $0,28 \times 450 = 126 \text{ kg/cm}^2$ en service. Le béton est habituellement dosé à 400 kg/m^3 de CPA 210-325.

Par étuvage du béton à la vapeur à 70° C, on a pu dans certains cas, arriver à fabriquer une poutre en 24 h (mise en place des coffrages, des aciers et bétonnage dans la journée, étuvage la nuit, mise en tension des câbles et enlèvement des coffrages dès le matin du jour suivant) (fig. 25).

Les « câbles » dont la tension crée les précontraintes sont en réalité des faisceaux soit de fils en acier dur $\varnothing 7$ ou $\varnothing 8$, soit de torons $\varnothing 1/2$. Leur tension initiale n'est pas limitée par les règlements français, elle est souvent de 120 kg/mm² hors ancrages; certains maîtres d'ouvrage

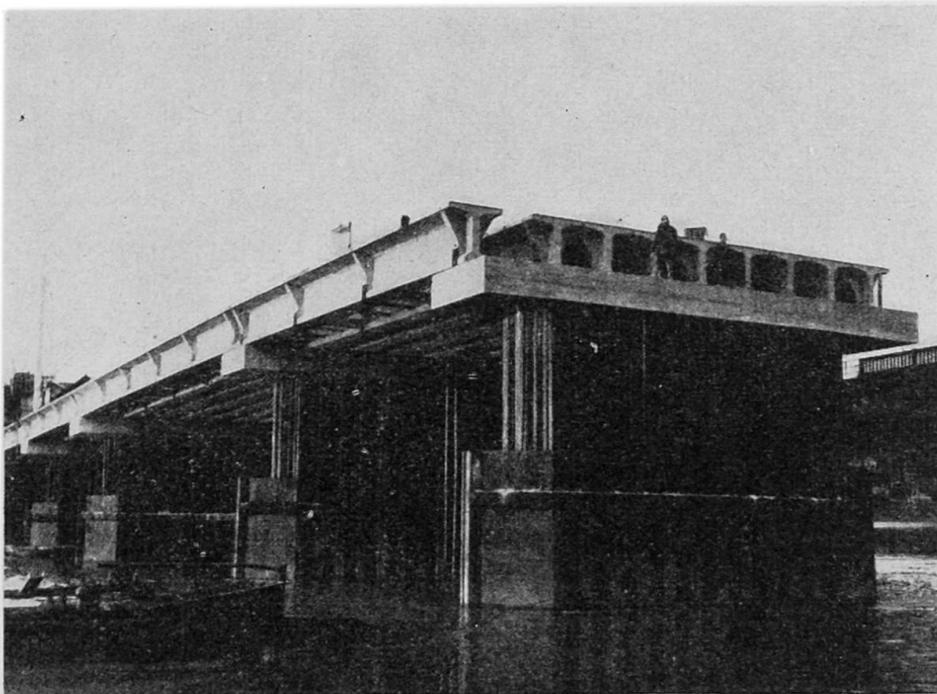


Fig. 24 - Pont provisoire de Courbevoie en poutres préfabriquées solidarées par précontrainte (Campenon - Bernard).

prescrivent des tensions plus élevées (jusqu'à 130 kg/mm² pour des fils dont la résistance à la traction garantie par les fournisseurs est de 140 kg/mm²).

L'emploi de l'huile soluble anti-corrosive, qui diminue les frottements des câbles dans leurs gaines est fréquent.

En règle générale, on ne tend qu'une fraction des câbles d'une poutre sur l'aire de préfabrication. Le complément est tendu après exécution des bétons mis en place in situ et solidarisation de ceux-ci aux poutres préfabriquées. La tension des câbles précontraint alors la section totale du tablier.

— La technique d'injection au mortier colloïdal des vides entre un câble et la gaine qui le contient a été soigneusement mise au point; des mesures faites sur différents chantiers ont montré que le volume de mortier injecté atteint couramment 98% du volume à remplir.

- Les procédés les plus divers ont été utilisés pour le déplacement des poutres depuis l'aire de fabrication jusqu'au lieu d'emploi ainsi que pour la mise en place des poutres. Une poutre préfabriquée isolée est généralement peu résistante à la flexion latérale et à la torsion; il est donc nécessaire de s'assurer qu'elle ne risque pas de périr par déversement latéral au cours du transport et du levage et qu'avant exécution des bétons coulés in situ, elle est en état de résister au vent. La théorie classique du déversement latéral a été tendue en vue de la rendre applicable à la solution des problèmes ainsi posés.

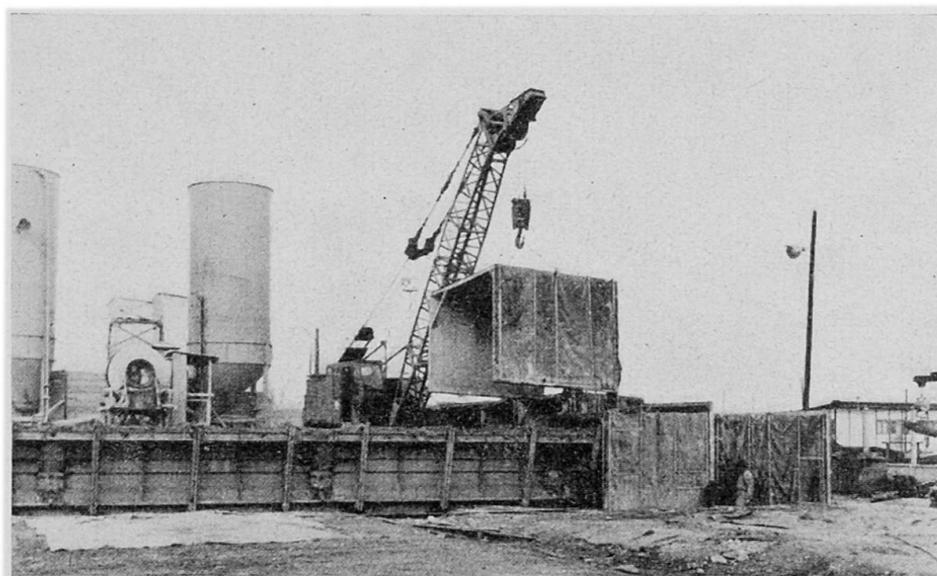


Fig. 25 - Pont de Courbevoie, chantier de préfabrication des poutres: mise en place des couvertures isolantes avant étuvage (Campenon - Bernard).

- Les ponts à poutres multiples préfabriqués sont le plus souvent des travées ou des suites de travées indépendantes. On a toutefois réalisé des travées continues et des travées cantilevers. Dans les ouvrages à poutres continues, la continuité a été réalisée par précontrainte.
- 3,12 - Ponts à voussoirs (fig. 26 et 27)
 Dans quelques cas, les poutres préfabriquées ont été constituées à l'aide de voussoirs provenant d'usines parfois éloignées du ou des sites de construction. Ces voussoirs, perforés pour permettre l'enfilage des câbles, sont disposés sur un berceau. Après mise en place des câbles, on coffre et on bétonne les joints entre voussoirs consécutifs. Les câbles sont tendus quand le béton des joints a acquis une résistance suffisante (fig. 28 plan de câblage).
- Des voussoirs préfabriqués vont être utilisés pour l'exécution d'un pont à poutres tubulaires construit en encorbellement (Pont de Choisy-le-Roi

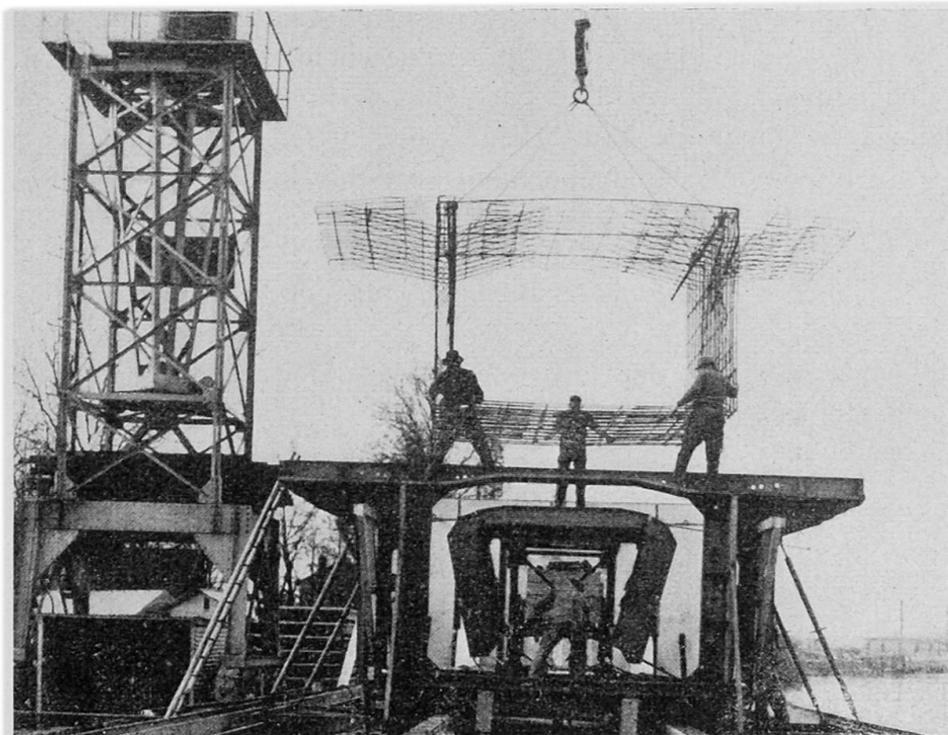


Fig. 26 - Pont de Choisy-le-Roi. Mise en place d'un ferrailage de voussoir préfabriqué (Campenon - Bernard).

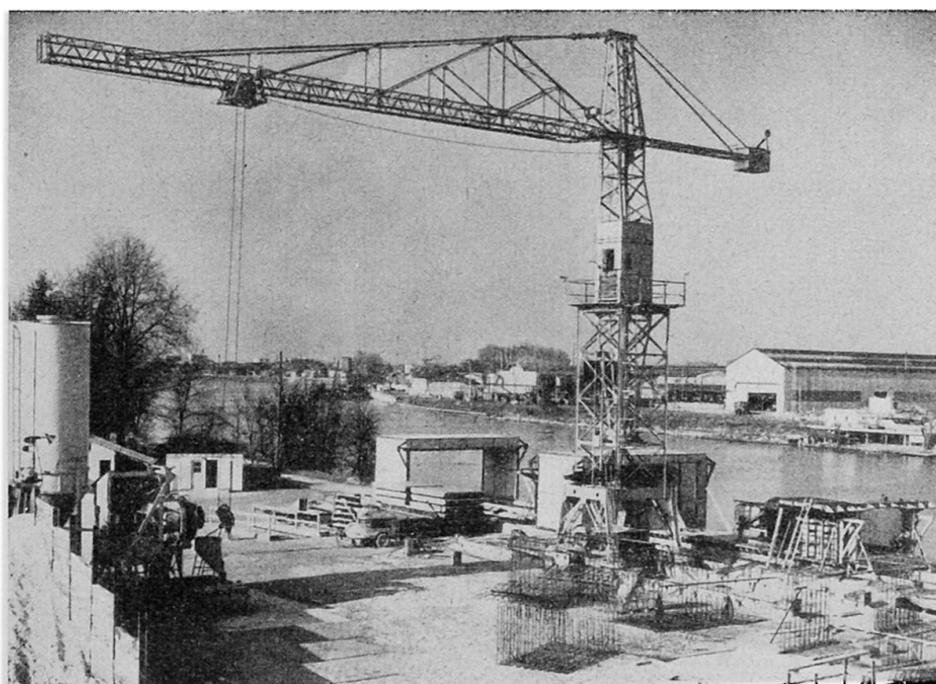


Fig. 27 - Pont de Choisy-le-Roi. Vue du chantier montrant les voussoirs préfabriqués côte à côte sur cintre correspondant à l'intrados du pont.

sur la Seine). Dans ce cas particulier, les joints entre voussoirs consécutifs sont sans épaisseur; ils sont simplement garnis d'une résine synthétique telle que l'Époxy. Ce procédé permet d'assembler par précontrainte un voussoir à la partie de pont déjà construite dès sa mise en place; il en résulte une cadence d'avancement très rapide (fig. 26 et 28).

3,2 - Le montage des éléments préfabriqués

— 3,21 - Mise en place par levage ou descente à la verticale du lieu de préfabrication

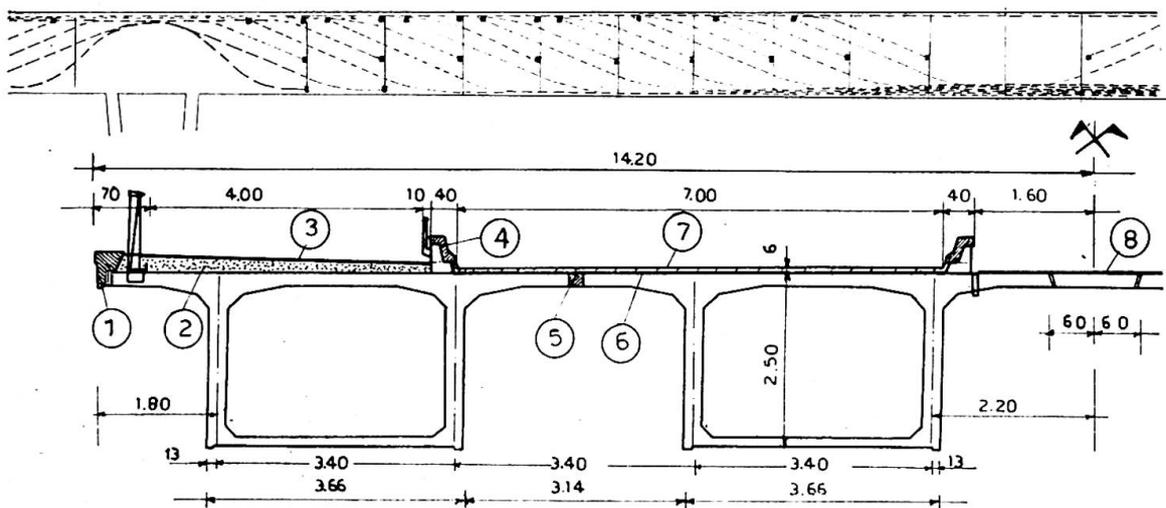


Fig. 28 - Pont à voussoirs de Choisy-le-Roy. En haut = plan de couffrage. En bas = coupe transversale type: 1, Corniche préfabriquée en b. a. - 2, Béton de forme - 3, Revêtement d'asphalte - 4, Bordure glissière préfabriquée - 5, Joint coulé sur place - 6, Revêtement bitumineux - 7, Chape d'asphalte - 8, Dalle de raccordement entre les 2 Tabliers.

C'est le mouvement le plus simple: il peut être appliqué à des éléments extrêmement lourds, car il ne fait appel qu'à des vérins hydrauliques dont la puissance peut être très grande.

La réalisation la plus importante est celle du hangar double de Mari-gnane où deux ensembles de couverture en voile mince à double courbure de 101,50 m de portée \times 60,00 m de largeur ont été levés à une hauteur de 19,00 m. Chacun des ensembles levés pesait 4.200 tonnes. Le levage a été effectué à l'aide d'une batterie de 16 vérins capables chacun de 300 tonnes. Les poteaux ont été réalisés au fur et à mesure de la montée par empilage d'éléments préfabriqués de 1,06 m de hauteur introduits à la fin de chaque journée de levage (fig. 29).

Le pont en Bow-String du Bourget a été coulé à 1,50 m au-dessus

de son niveau définitif, pour que les échafaudages n'engagent pas le gabarit du chemin de fer. Il a été ensuite descendu à son emplacement définitif à l'aide de huit vérins hydrauliques.

Dans le domaine des réservoirs tronconiques la préfabrication de la cuve est extrêmement intéressante car elle supprime l'échafaudage d'un important volume: c'est ainsi qu'ont été fabriqués à terre puis levés les réservoirs de Cocody à Abidjan.

— 3,22 - Mise en place par roulage

Le poids des éléments est déjà plus faible, car la mise en place nécessite la construction de chemins de roulement dont le prix croit très vite avec la charge. L'appareillage de mise en place, très simple, est constitué par des rouleaux, des billes, des galets ou même simplement par des sommiers en bois suiffé.

De très nombreux ponts ont été construits en décomposant le tablier en chacune de ses poutres constitutives, exécutées sur un échafaudage de largeur réduite.

— 3,23 - Mise en place par roulage et levage

Il est avantageux pour un tablier à très grande hauteur, lorsque le volume de l'échafaudage devient excessif, de couler les pièces au pied de l'ouvrage, puis de les mettre en place ensuite; c'est ainsi qu'a été réalisé le viaduc d'accès rive gauche du pont de Tancarville. Les poutres de 50 m de longueur à section transversale en forme de double T pesant 120 tonnes ont été préfabriquées à terre (fig. 30 et 31).



Fig. 29 - Hangar double de Marignane. Voûtes pesant 4200 t levées à 19 m.

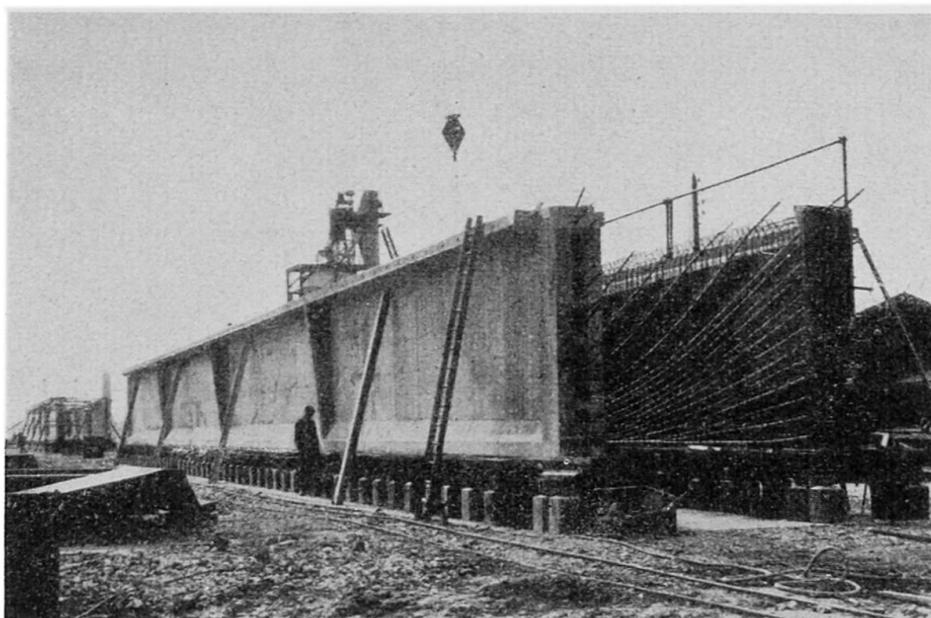


Fig. 30 - Pont de Tancarville. Poutre préfabriquée de 50 m pesant 120 t (Campenon - Bernard).

Il importe de signaler que la légèreté des poutres, eu égard à leur portée, a nécessité une étude minutieuse de leur stabilité élastique et de leur résistance pendant les diverses opérations de mise en place avant leur entretoisement définitif.

— 3,24 - Mise en place par lancement

C'est une méthode très souvent employée pour les poutres de pont.

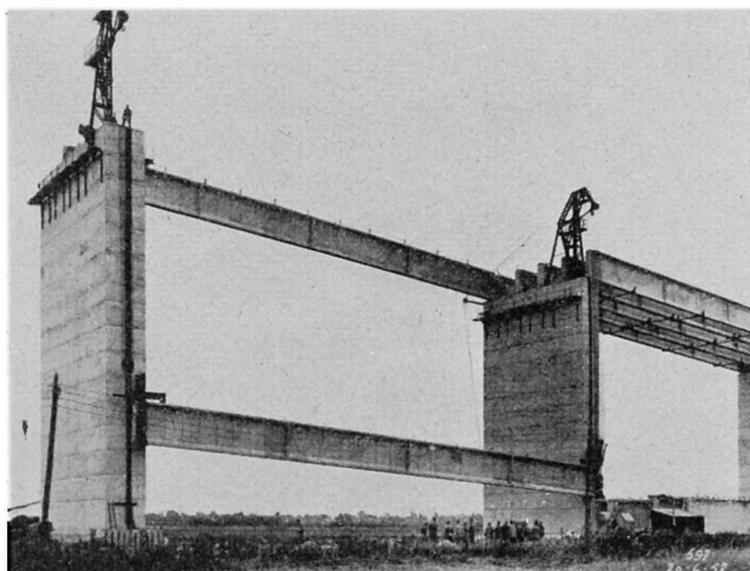


Fig. 31 - Pont de Tancarville: viaduc d'accès rive gauche, mise en place d'une poutre de 50 m par levage et ripage.

Le lancement se fait en général à l'aide d'une passerelle métallique provisoire, permettant le roulement d'une extrémité de la poutre en béton, l'autre extrémité se déplaçant sur le terre ferme ou sur les travées déjà construites.

Lorsque les extrémités de la poutre sont arrivées à l'aplomb des appuis, celle-ci est descendue à l'aide de vérins sur un train de galets, puis ensuite, ripée latéralement à son emplacement définitif.

— 3,25 - Mise en place par engin de levage automoteur

Une méthode très simple consiste dans l'emploi de pontons-matûre. Les 210 poutres du pont sur le Wouri à Douala ont été ainsi mises en place; chacune d'elles avait 46 m de long et pesait 80 tonnes; un palonnier métallique

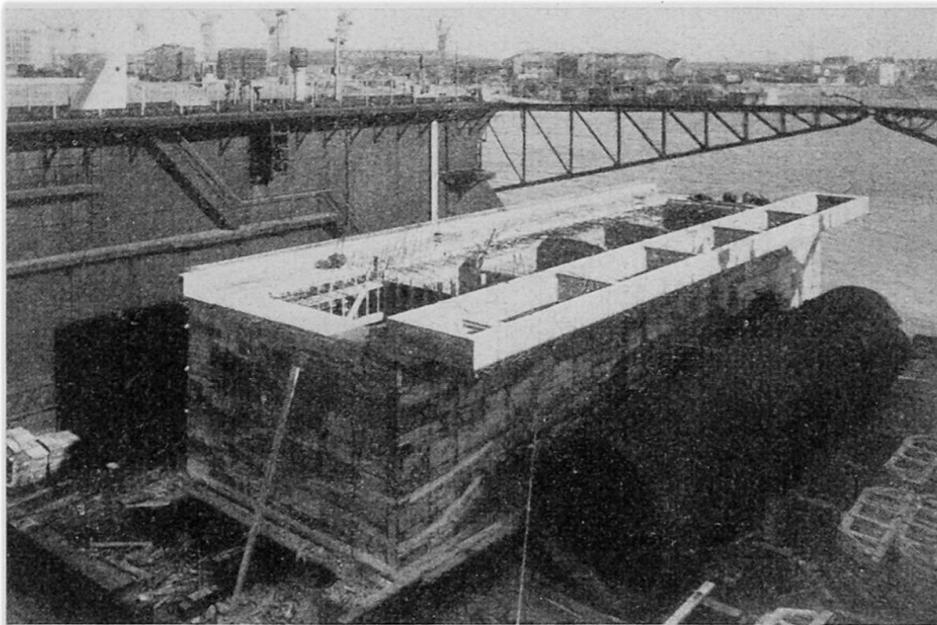


Fig. 32 - Caisson du quai d'armement de Dunkerque muni de ses flotteurs auxiliaires, avant sa mise à l'eau (Sainrapt et Brice).

de raidissement était utilisé pour éviter le flambement et le déversement des poutres au cours du transport.

— 3,26 - Mise en place par flottaison

Ce procédé permet de déplacer des poids très importants et est parfaitement adapté aux travaux portuaires.

Rappelons la construction du quai Bellot au Havre de 1200 m de longueur à l'aide de 48 éléments préfabriqués en béton précontraint sans fond; de m 25,00 × 25,00 et 3,50 de hauteur, construits à terre puis transférés par ripage sur un dock flottant en béton précontraint. Ce dock muni de water-ballast pouvait abandonner la dalle pesante 1300 t en pleine eau où elle pouvait flotter grâce à l'air comprimé emprisonné dans cette

sorte di coffre renversé. Ces éléments étaient ensuite mis en place sur des piles Benoto et solidarités par précontrainte.

C'est également par flottaison qu'ont été amenés à leur place et immergés les cinq tubes en béton précontraint de 107,50 m de longueur constituant la travée sous-marine proprement dite du Tunnel Routier de la Havane.

Cette même méthode a été employée pour la fabrication et la mise en place des caissons du quai d'armement de Dunkerque (fig. 32 à 35).

Conclusions

La préfabrication lourde peut présenter dans la bâtiment des problèmes propres à ce secteur; elle peut faire naître dans les travaux publics, à l'occasion de chaque réalisation, un nouveau problème, il n'en reste pas moins que dans l'un et l'autre de ces secteurs elle apparaît comme un phénomène irréversible, non seulement en raison des possibilités qu'elle ouvre sur le plan économique et social mais peut-être plus encore en raison de la rigueur de pensée qu'elle exige.

Qu'il s'agisse de bâtir des logements, des lycées, des hangars, qu'il s'agisse de réaliser des ouvrages d'art de toute nature et de toute importance, les possibilités de cette technique sont telles que la distance, si importante jusqu'ici en matière de bâtiment et de travaux publics au point qu'elle a dessiné les structures et les marchés des entreprises, elle-même s'efface.

Certaines usines livrent des éléments d'ouvrages d'art à plusieurs centaines de kilomètres. Des ensembles urbains sont maintenant réalisés à partir d'éléments fabriqués parfois à de grandes distances et permettent de satisfaire plus facilement la nécessité de construire des logements accessibles aux classes les moins favorisées; en effet l'accession au logement devient, avec l'évolution sociale un besoin nouveau de la civilisation.

Il fallait d'ailleurs qu'il en soit ainsi pour que les avantages de la standardisation viennent encore renforcer les possibilités de cette technique et assurer la rentabilité des investissements intellectuels et matériels qui sont la contrepartie de la promotion qu'elle entraîne.

* * *

La présente étude a été réalisée par les Services Techniques de la Chambre Syndicale Nationale des Constructeurs en Ciment Armé et Béton

Précontraint, grâce à la collaboration de ses Adhérents et plus particulièrement des entreprises:

BALENCY et SCHUHL
BOUSSIRON
COIGNET
CAMPENON-BERNARD
SAINRAPT et BRICE
COFEBA
HERSENT

ainsi que celle de l'Arrondissement Spécial d'Etudes et Travaux du Département de la Seine (Ponts et Chaussées).

Photographies des Services des Ponts et Chaussées, des Entreprises, du Service Technique, des photographes spécialisés. (BARANGER, BIAUGAUD, DELVERT, TRUCHOT, ELLEBE, BERNARD, SEAP, ...).

Paris, juin 1963

Recent Developments in Structural Precast Concrete in Great Britain ¹⁾

*Développement récent dans le domaine des ouvrages en béton
préfabriqués en Grande Bretagne*

*Neuere Entwicklungen auf dem Gebiete der vorfabrizierten
Betonbauten in Grossbritannien*

1 - Introduction

There has been a very large increase in the use of structural precast concrete in building and civil engineering construction in Great Britain during the past fifteen years. In appropriate circumstances the use of precast units shows special advantages in both speed of erection and total cost, and is now being used for an increasing variety of residential and industrial buildings. The bulk of structural work in Britain is still by means of in-situ reinforced concrete, however, and there is still a very wide field for expansion in the use of structural precast concrete.

The practice of precasting structural members, either on the site or in a factory, and erecting them to form the structural framework has been established for many years, but in the pre-war period was adopted only on a limited scale for comparatively small single storey buildings and floor units. The war-time demand for military huts and factory building which could be erected quickly and were economical in construction undoubtedly encouraged the development of reinforced concrete precast structural framing which has continued in the post-war period. The developments in prestressed concrete have also contributed in an important way. One of the chief factors which has encouraged the development of structural precast concrete has been the great improvement in the design, capacity and efficiency of lifting equipment now available to contractors, and it is the scope of its use and the great increase in size of the structural members, which are now prefabricated, that are the outstanding features of recent developments.

Improvements in factory methods and especially in the production of high quality concrete have produced further advantages for precasting, but

¹⁾ This report was prepared by Mr. A. W. Hill at the request of the British Group of the International Association for Bridge and Structural Engineering.

cost has been, and still is, the most important influence on the decision as to whether a job should be of in-situ concrete or precast, and only in exceptional circumstances when some special advantage occurs, would it be used unless it was cheaper. Many factors affect cost, including the special difficulties arising in built up areas where working space is at a premium, but where traffic conditions provide increased difficulties in the delivery of all materials.

Both the architect and the engineer have, in its use, ample scope for original design, as their skill is not limited to the use of standard manufactured sections, although for the greatest economy a substantial amount of repetition is normally necessary. For some years the high cost of shuttering and centering has favoured the development of precast construction, but the ease with which the concreting operation is carried out at ground level is another important factor affecting cost. There may be certain disadvantages in the use of precast sections as compared with in-situ construction. Two of the advantages of in-situ reinforced concrete, its adaptability and continuity in framed structures, may not so easily be reproduced, but the final test of any method of construction lies in the economic advantages provided. Saving of time and invested capital are important considerations.

Of recent years there has been a tendency, particularly on large projects, to manufacture the precast units on the site in a temporary factory, to reduce the difficulties of transportation of the large units. In appropriate circumstances the highest standard of quality control can be achieved, and all the advantages arising from precasting fully utilised.

From the manufacturing aspect, production of units at an established factory should be advantageous because of the equipment and organisation available, and the use of the skilled labour attuned to the work of high quality concrete products, but the heavy cost of transport, additional loading and unloading, especially with large units, and to some extent the limitations of size so entailed are frequently the deciding factors in relation to the cost of the site factory. Often the best solution is a mixture of both methods, casting on site the very large columns and beams which it would be difficult and expensive to transport from the factory, but to use factory made products for the smaller units such as floor joists, roof slabs, purlins, wall slabs, etc., which can be transported easily on a normal lorry. The use of standardized products is an important factor in the overall economy.

2 - Advantages and disadvantages

The chief advantages of using precast units for concrete construction are:

- a) The economy in the cost of the moulds since the units are usually cast on the flat and frequently on a prepared concrete floor and only side

moulds are then required. These can be very quickly removed and reused. Great economy is provided through repetition.

- b)* The large reduction and in some cases the complete elimination of the scaffolding and mould supports. This becomes increasingly apparent with buildings of large height and span.
- c)* Economy in labour in working at ground level during casting as distinct from similar operations carried out a height.
- e)* With work at ground level either at the site or in a factory, much better control is provided of the formwork layout, the position of the reinforcement and the quality of the concrete resulting. Thorough compaction by vibration is more easily provided to assist quality control.
- f)* Further economy in labour is provided by the use of mass production methods where standardization of units is provided, and in the employment of machinery for their manufacture and erection.
- g)* Where work is carried out in a factory, weather conditions are not so critical, and continuous working is possible independent of weather conditions. This means also that skilled workers can more easily be retained in a factory and the site works are reduced to a minimum.
- b)* The speed of erection is greatly increased with a corresponding reduction in the cost of overheads and site supervision.
- i)* There is a substantial economy in the transport charges on temporary construction materials such as timber, scaffolding, etc., and storage of these on the site.
- j)* Precast structures with bolted joints can be removed and re-erected elsewhere.
- k)* Provision for thermal and moisture movements is easily provided in the joints. Shrinkage takes place within the unit before erection, and the subsequent stresses under load are more easily assessed.

There are, however, some disadvantages in the use of precast products as compared with in-situ construction, such as:

- a)* The extra handling of the units when made at a factory off site.
- b)* Difficulties in ensuring monolithic continuity in the structure and in some cases the necessity of using slightly larger sections because of the free-end conditions.
- e)* The care needed in order to design and construct satisfactory joints and supports between the prefabricated members.

That these disadvantages can be overcome by sound design and construction techniques has been well proved by the numbers of prefabricated structures which have been erected in competition with in-situ work, but the financial success or otherwise of these jobs depends to a great extent on the engineer's organising ability in order that the full advantages of mass production and speedy erection can be utilised.

3 - Conditions for precast construction

Since the total materials in precast and in-situ construction are similar, precast concrete will be cheaper than in-situ when the savings in formwork exceed the cost of factory moulds, transport of the unit and its erection. The saving is generally greater for beams than for columns, and for floor units will be affected by the storey height, but in all cases the amount of repetition which allows re-use of moulds will be one of the principal factors.

Cost of transport has to be considered in each case, being related to weight of units and distance to be handled, but is also affected by the position of the site, the traffic on the route to be followed and the facilities available at factory and site for loading and unloading. The working space available at the site can also be an important factor.

The great improvements in crane design in recent years have considerably reduced the lifting and erection problems. Once a crane is employed on the site every effort should be made to utilise it to the maximum extent. For multi-storey work the developments with tower cranes have greatly assisted in the extension of use of precast concrete.

The developments in prestressed concrete have also made a marked contribution. The reduction in materials possible as compared with reinforced concrete has offered notable advantages in the production of standard pretensioned factory-made floor units, bridge beams and piles.

4 - Design considerations

In order to obtain the greatest advantage from precasting, the whole process of construction should be considered at the design stage. The first essential is that there should be considerable repetition so that moulds are re-used to the maximum possible extent. In such cases more attention can be given to the construction of the mould concerned, so that the tolerances on dimensions and shape of the finished product are kept small

and the subsequent erection and fixing is made as easy as possible. When the positions and types of joints have been decided, the design of the units follows normal reinforced or prestressed concrete practice, with the additional check on handling and lifting stresses. The design of the joints, however, requires very careful consideration.

In the majority of the single storey structures erected in this country, plain bearings with bolted connections have been used, but these, though extremely simple to manufacture and erect, provide little continuity and may necessitate slightly heavier sections and reinforcement. If the joints are provided at or near the points of contraflexure, such increases are reduced to a minimum. With the hipped frame, hinged joints are usually provided at the ridge and at the feet of the columns, in fact providing a three hinged arch, but other arrangements are also used. If full continuity is to be provided, some form of in-situ joint is arranged after joining the reinforcement across the joint by lapping or welding. This increases the site work and may necessitate working platforms, but if the position of the joint is chosen with care, the gap may only be of small dimension. Continuity can also be provided by a combination of precast and in-situ work. Monolithic T-beam construction can be provided with an in-situ slab laid on a precast beam, allowing the use of the full depth of the beam for the live loading. Beams can be made continuous by mortar jointing the butt-ends over the support and accommodating the continuity reinforcement in the in-situ slab above. Beams and columns have also been framed together by resting the beam on a portion of the column and bending over into the in-situ slab some of the continuity bars which are projecting from the column. In all these cases the saving of shuttering and scaffolding, and the speed of erection, have played important parts in making the design economically advantageous.

The use of post-tensioning methods has provided another easy and effective solution to the problem of restoration of continuity after precasting in sections. Jointing of the units is in fact so simple that the member can be easily broken down into small units which can with advantage be cast in a factory if required. After assembly as beams or columns on the site and erected in position, further continuity can be provided by cables placed through prepared holes in the units and stressed together. For large span schemes, the use of prestressed concrete can also be advantageous in reducing the dead weight.

Thus, while many ingenious solutions for connections have been evolved, many of which are illustrated in the examples which follow, no generally accepted type has developed. The most efficient moment-resisting joint is the in-situ joint, but it is probably true to say that the ideal joint has still to be produced. In various forms the joints based on timber and steel connections, such as mortices, brackets, cleats, etc. have been successfully employed but, for moment-resistance, the lapping or welding of

reinforcement left projecting from adjacent units, either into in-situ concrete, or into grouted channels in the adjoining members provides greater efficiency.

Very speedy erection programmes have been maintained, particularly with multistorey constructions for offices, flats, schools and colleges, with these techniques. The problems arising with tall columns have been reduced in some cases by casting columns in pairs connected by edge beams at the floor levels.

One of the advantages of the in-situ joint is the freedom provided to correct inaccuracies, and the ability to incorporate concrete over the whole section. The filling and packing with mortar of narrow joints between units and the closer tolerances necessary for successful work are expensive operations.

5 - Composite construction

The advantages of both precast and in-situ concrete can often be judiciously combined in composite construction to produce maximum economy. Those parts of the structure which require substantial formwork, high quality of concrete and good appearance can then be precast, while in-situ concrete is used for the jointing and for the bulk of the concrete on the site. Thus, the lower parts of beams or slabs are precast and in-situ concrete is used for the upper parts. In this way the monolithic character of the structure can be maintained.

The popularity of concrete facing slabs as an attractive and economical cladding for buildings has been a feature of recent years and is still increasing in Great Britain. In addition to the wide variety of texture, colour and pattern now available, there has been a steady improvement in the production techniques employed by products manufacturers. Excellent examples of their use can be seen in modern multi-storey flat and office blocks, in churches and in factories, extending from simple infilling panels through permanent formwork for in-situ construction to full storeyheight panels in load-bearing construction.

In recent years, with the use of larger slabs, texture, colour and pattern have been developed with an accent on boldness, away from the early imitations of natural stone, so emphasising the inherent properties of the material.

6 - Survey of existing uses

In a short paper it is only possible to select a few examples of the successful use of structural precast concrete in buildings, structures and bridges in Great Britain from the wealth of successful constructions in

recent years, but an attempt has also been made in this selection to indicate future trends. Much will depend on the increased use of mechanisation in the factory and on the site, and the maintenance and improvement of the quality and finish of the precast unit.

With precasting already applied to almost all forms of construction and established as an economical and sound method of construction, its future seems assured. In multistorey construction the problem of the



Fig. 1 - 20-storey block of flats at Smethwick of precast load-bearing walls with simulated rock finish.

weight of building units can be reduced by the use of lightweight structural concrete on an increasing scale, in civil engineering structures the use of larger units precast on site will only be limited by the capacity of the cranes available, while in bridges the advantages of precast prestressed beams for deck construction of increasing span with some standardization of section would seem to be a logical development. The introduction of housing from the factory methods to increase the rate of house and flat construction in Britain is imminent and in this structural concrete will play an increasing part (Figs. 1 and 2).

Structural precast concrete is already being used extensively in Great Britain for single and multi-storey buildings for flats, offices, stores, hospitals, schools and colleges, churches and factories; for road and railway bridges,

footbridges and culverts; and in civil engineering structures for tanks and reservoirs, power stations, tunnels, docks and harbours, car parks and railway and omnibus stations.

7 - Use of structural precast concrete in buildings

In all types of buildings in Great Britain there is extensive use of precast floor units, both reinforced and prestressed. Over fifty concrete flooring systems are available varying from small box, Tee, trough and

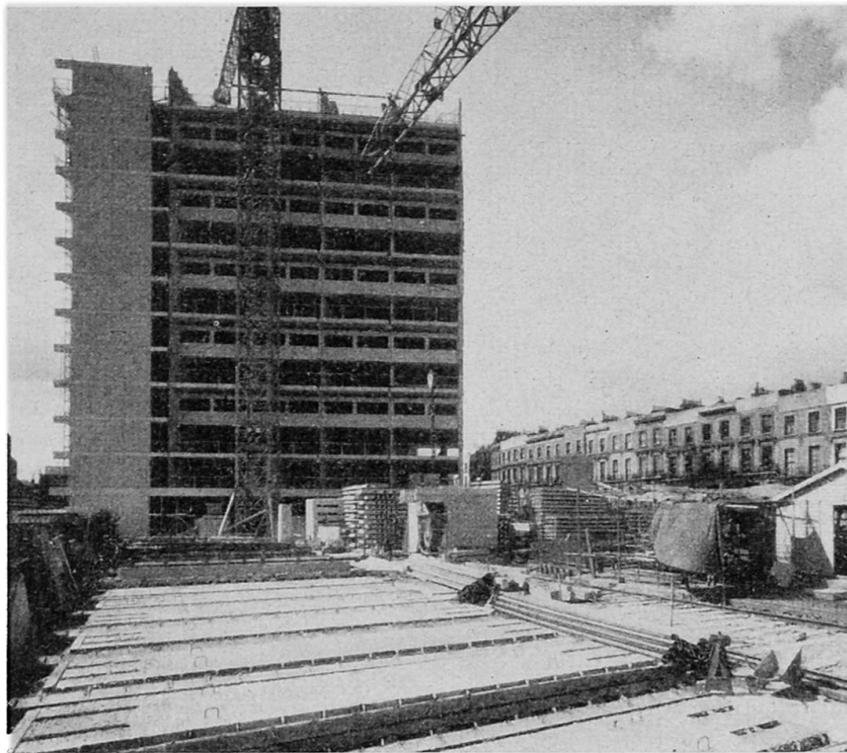


Fig. 2 - 21-storey maisonettes and flats at Warwick Crescent, Paddington, where precasting is done on site.

I-section units, with or without lightweight in-filling units, to large cored slabs. Many systems provide a composite construction when used in conjunction with in-situ concrete and continuity over the supports can be provided by embedded reinforcement in the additional in-situ concrete. Although most of these systems are more suitable for the small spans, say up to 20-25 ft, there are a few manufactures who provide standard hollow beam sections suitable for larger spans when uninterrupted space is required in buildings.

For single storey construction considerable use is made of precast concrete portal frames and some standardization exists for spans of up to

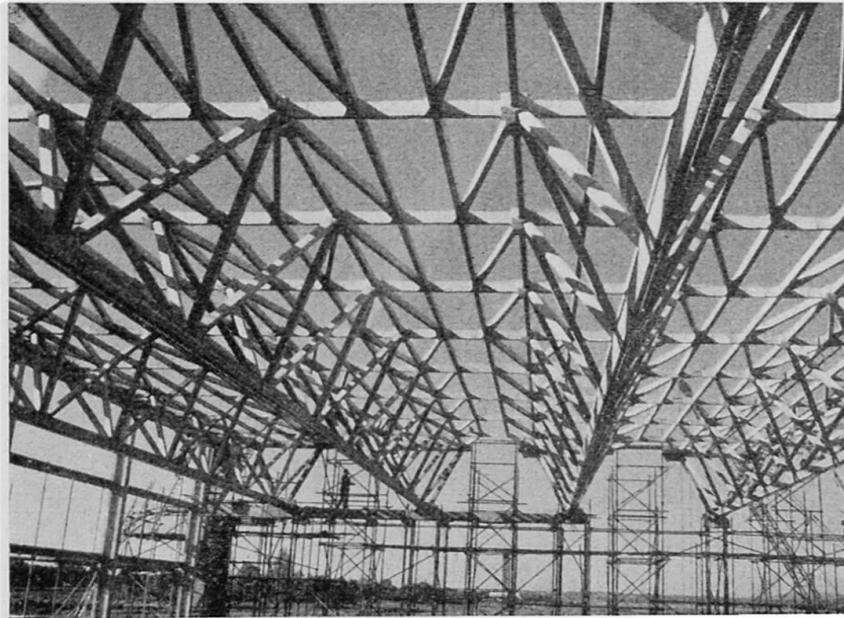


Fig. 3 - Transair Hangar at Gatwick Airport of prestressed precast concrete.

60 ft. Considerably larger spans have been provided also, with a tendency in these cases to carry out the precasting on the site often on the factory floor. Frames are also available of the north-light and monitor type, and precasting of shell-roof sections subsequently prestressed together has been carried out. Standard roof truss units are also available for buildings of medium span (Figs. 3, 4 and 5).

There have been considerable developments in the use of precast concrete for multistorey construction, particularly in relation to offices and

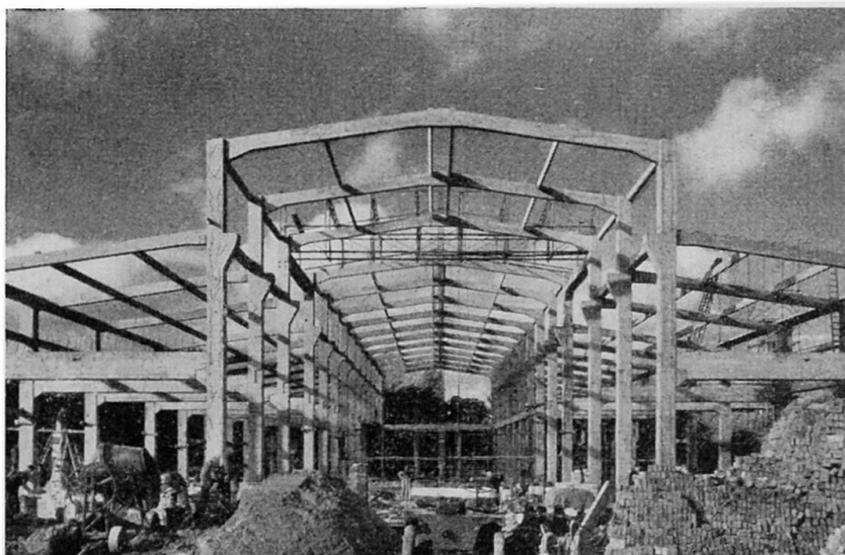


Fig. 4 - Reinforced concrete framework in factory for Access Equipment Co. Ltd at Hemel Hempstead.

flats in London and the principal cities, and to a lesser extent in schools and colleges. Beam and column framing have been developed in a variety of forms to receive precast flooring systems, the whole structure being rigidly connected compositely by means of in-situ concrete joints. Column erection has been simplified by the development of cruciform and H-units, and very high rates of erection have been achieved of a storey in a week or under. Buildings of this type are usually clad with precast concrete cladding units incorporating a special finish with exposed aggregate or profiled patterns. For multi-storey flats where the spans are usually small,

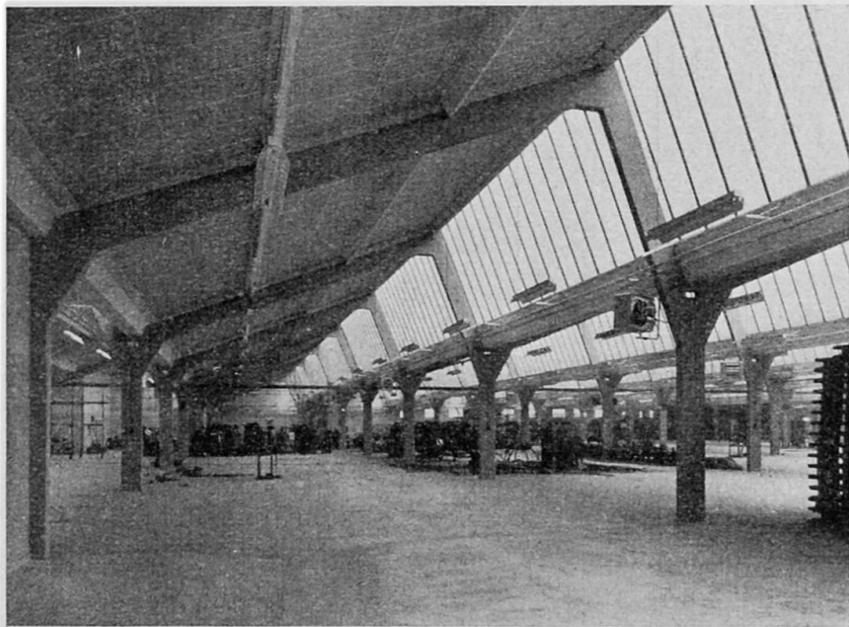


Fig. 5 - Precast northlight framework for factory at Bracknell New Town.

developments in load bearing walls and precast large slab floors have provided very rapid erection techniques, and increasing use is being made of factory processes to incorporate finishes and services before the units are taken to the site (Fig. 6).

Special precast concrete systems, both reinforced and prestressed, have been developed and used for schools, where the standardization of dimensions by the Ministry of Education has been of the greatest importance and assistance. Precast concrete, because of the rapid rate of completion, has been used for large shops and stores, and is being developed for the new hospital programme and extensions of barrack facilities for the Forces. Most of the new churches built in Britain since the war have been based on a concrete frame because of the adaptability to form, ability to provide large open spans, speed of construction and economy (Figs. 7 and 8).

8 - Use of structural precast concrete in Bridges

One of the outstanding features of highway bridge construction in Britain since the war has been the extensive use of prestressed concrete, and particularly for bridges of 50 ft or less this has involved the use of

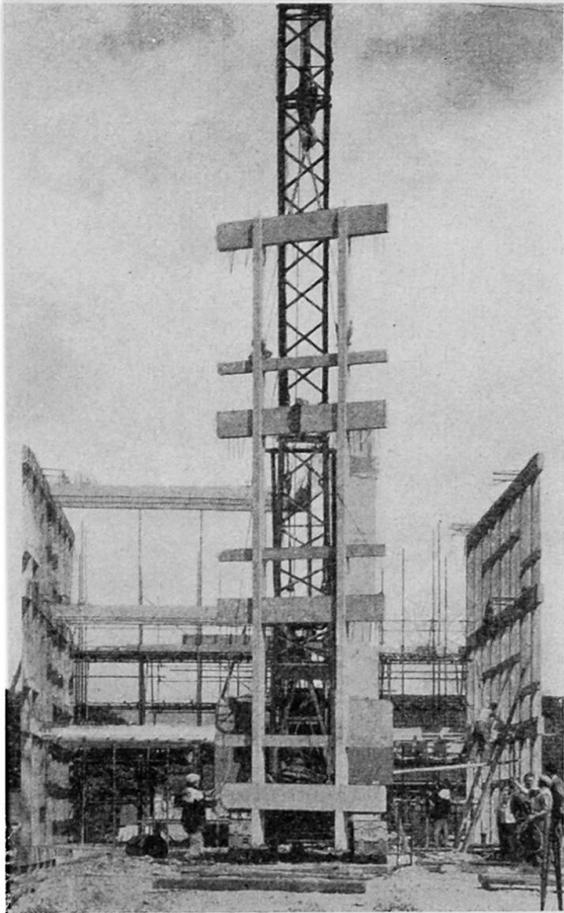


Fig. 6 - H-frame column units being erected for the Marley Tile Co. Ltd.

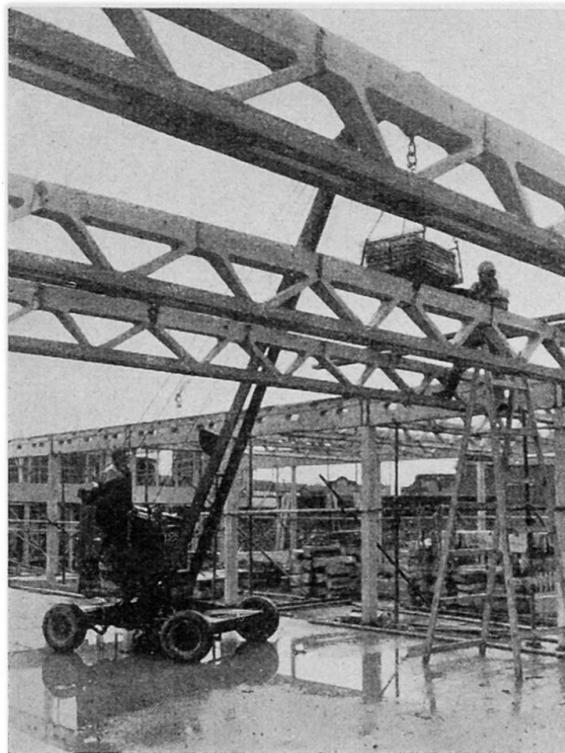


Fig. 7 - Laingspan units being erected for the Alperton School.

precast pretensioned beams. Because of the large number of bridges involved in this range of span, the Prestressed Concrete Development Group produced a standard section for inverted T-beams which could be used with in-situ concrete to form a slab deck. Transverse distribution of loading was arranged by means of mild steel bars threaded through holes in the precast beams. For spans between 50 ft and 90 ft a standard box section beam is now being developed, and beyond this a standard I-section beam

to be used at 5 ft centres with a cast-in-situ deck slab. In addition to standardizing the section of these beams, which allows the manufacturer to stock standard steel moulds, the Group has developed a design procedure which has been agreed with the Ministry of Transport (Figs. 9 and 10).

Extensive use of precasting has been made also for large span bridges and this has frequently been successfully accomplished at a site factory where the highest degree of control has been established. Often these precast units have been used compositely with in-situ concrete to form a continuous structure under full live load conditions with obvious economy in design. Urban motorways will provide an important field for development for

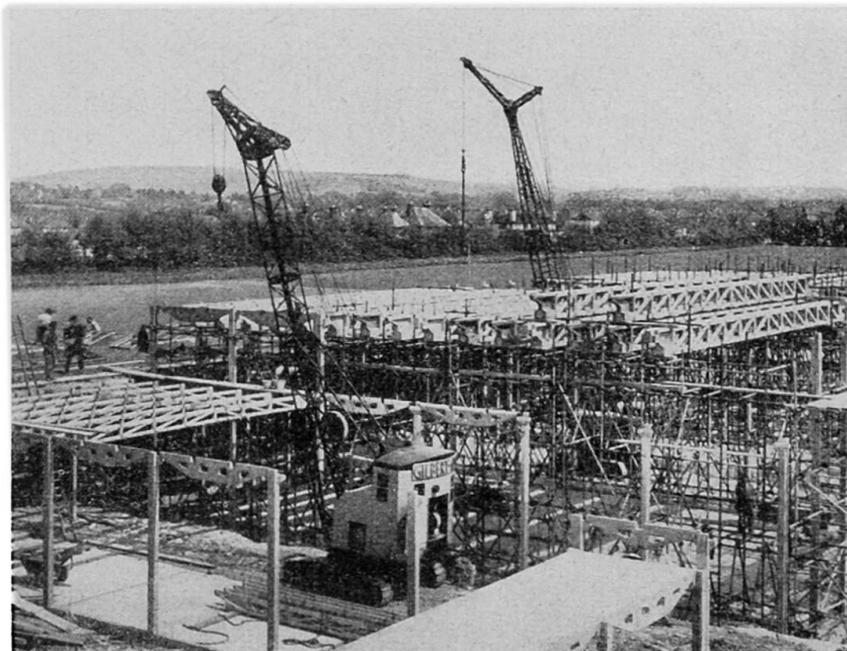


Fig. 8 - Precast concrete units of the Intergrid system for Worthing Secondary Technical School.

precast concrete and both the Hammersmith flyover, recently completed, and the elevated road, under construction west of the Chiswick flyover, incorporate extensive use of precast prestressed concrete. Most of the major motorway constructions include the provision of large span footbridges which have frequently been successfully built of precast units to give a slim and elegant profile (Fig. 11).

In the urban areas the necessity for pedestrian subways at busy road intersections has resulted in the extensive use of precast concrete subway-trough units, to which precast roof slabs are added and jointed with in-situ connections.

For factory construction of bridge units, the Ministry of Transport restrictions on haulage of units exceeding 90 ft have an important bearing

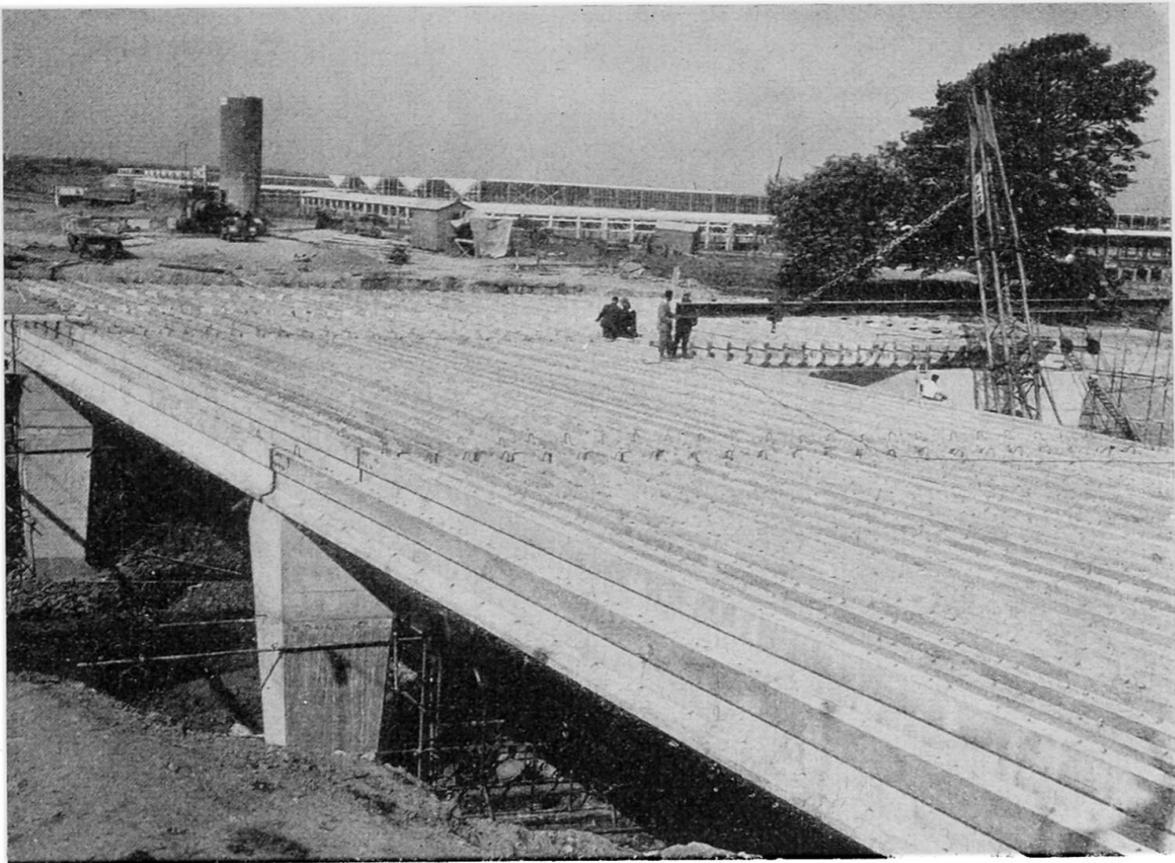


Fig. 9 - Standard inverted T-section beams for Easter Inch Bridge, Scotland.

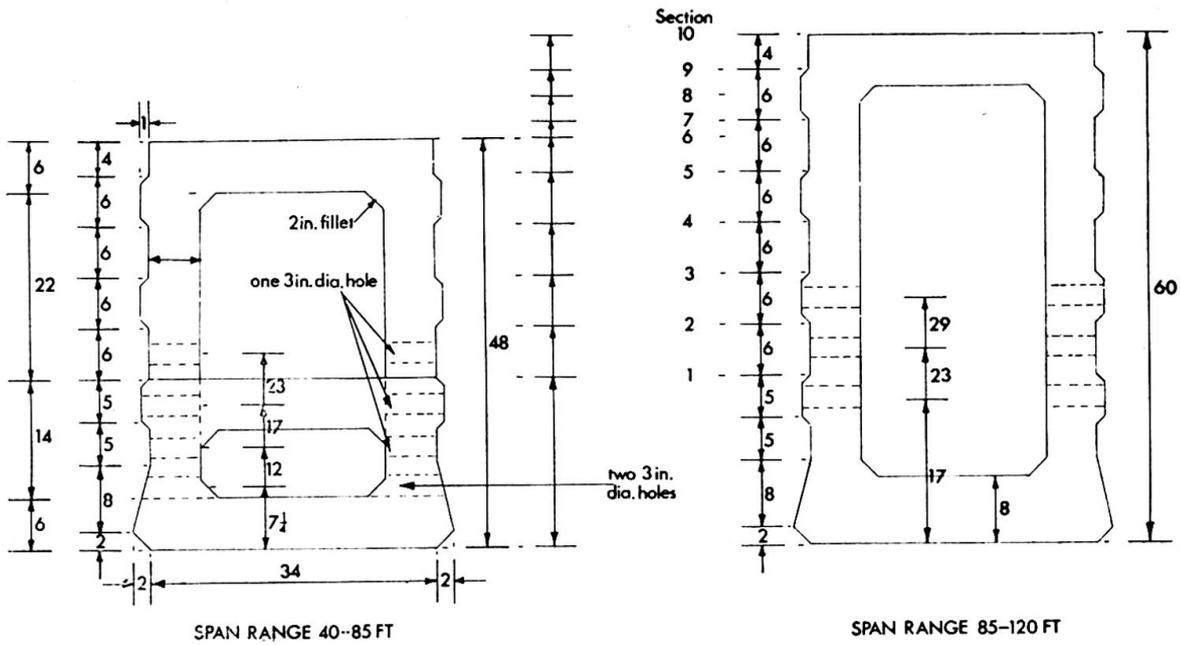


Fig. 10 - Standard box sections for bridges of span 40 - 120 ft.

on the decision to cast larger units in sections or even at a special site factory, unless railway transportation is a suitable alternative.

Much of the railway modernisation programme has been successfully completed by the use of precast units. In many cases occupation of the railway line or the closing of the road can only be allowed for very limited periods and the speed of construction provided by precast concrete units is often the deciding factor. Precast concrete has also been used extensively in station reconstruction.

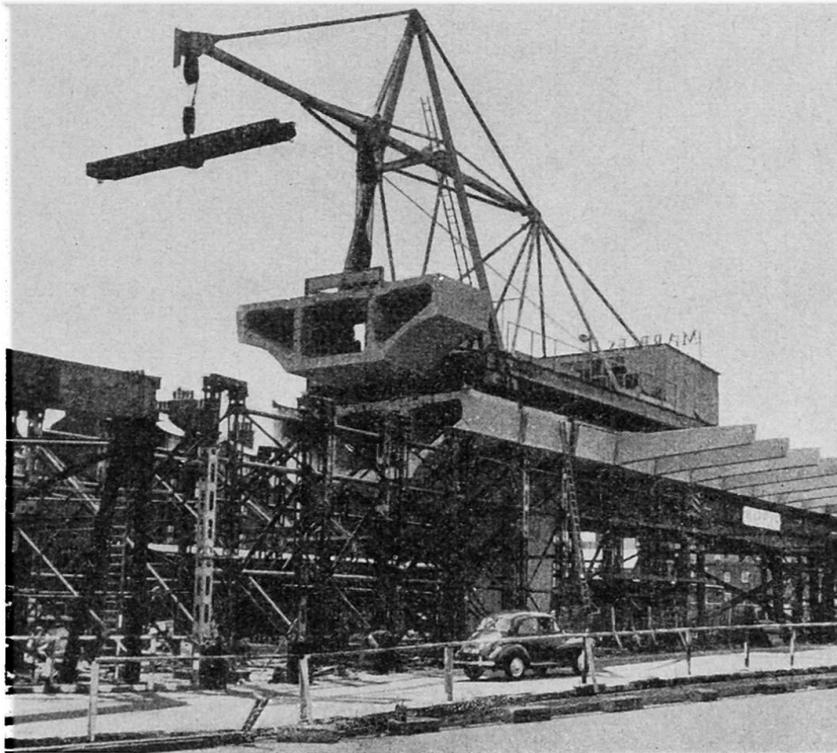


Fig. 11 - Precast concrete units for Hammersmith Flyover.

9 - Use of structural precast concrete in civil engineering structures

a) Tanks

Precast concrete units have been used for the construction of prestressed cylindrical tanks for water supply and storage. The ability to provide high quality concrete in units cast on the ground is of particular value in this form of construction, shrinkage cracking is avoided and the subsequent application of the circumferential stressing successfully closes the joints between the units. The largest tank to date utilising this procedure is the 3 million gallon tank at Windsor, which is 160 ft internal diameter with a depth of water of 24 ft (Fig. 12).

b) *Power Stations*

The advantages of precasting for the structural members in modern power stations have been used in connection with site factory work. Units of 50 to 60 tons have been cast on the ground and lifted into position. Typical examples are Aberthaw Power Station and Acton Lane Power Station (Fig. 13).

Fig. 12 - 160 ft dia. tank at Windsor using precast units cast on site.

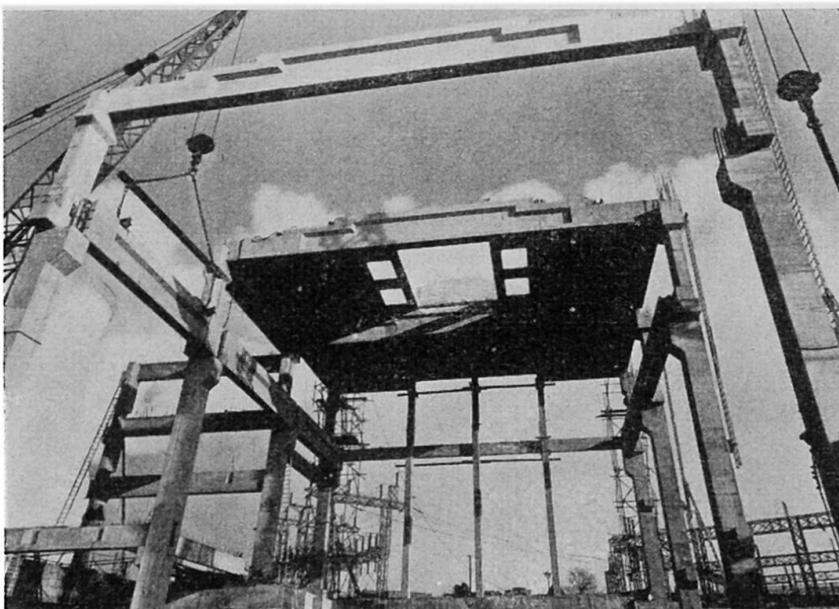
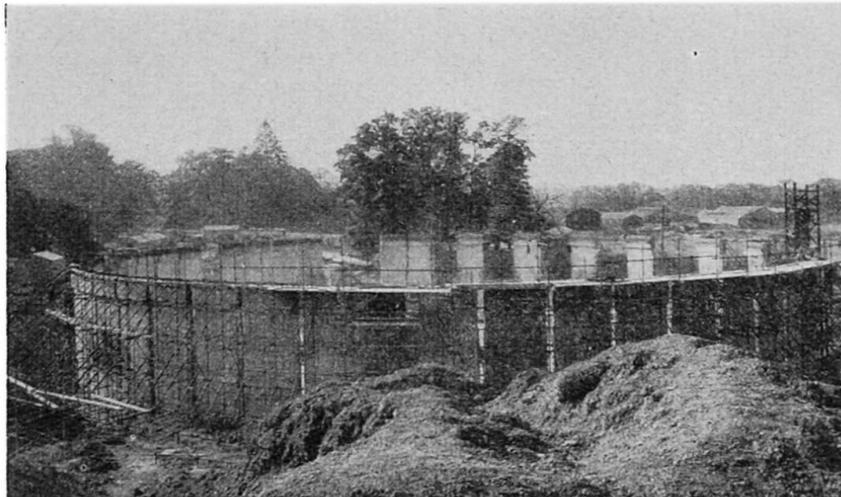


Fig. 13 - Precast concrete beam and column construction for Acton Lane Power Station.

c) *Tunnels*

Considerable use has been made of precast concrete tunnel segments for new railway and road tunnels, and for deep conduits for water supply. The latest developments provide facilities for stressing the units against



Fig. 14 - Tees Dock Quay of precast concrete elements manufactured on site.

the adjacent soil and very rapid rates of construction are possible. The tunnel segments are very much cheaper than the alternative solution in metal. The new Potters Bar Tunnel was constructed in this way and long lengths of this system are proposed for the new tube railway Victoria to Walthamstow.

d) *Docks and Harbours*

Recent dock and harbour work has included large quantities of precast concrete units for jetties and piers. Where considerable repetition occurs, considerable advantages arise in cost and speed of construction through the utilisation of factory made units. Where the units are large, a site factory can offer additional advantages. In addition to the extensive work on the Thames, the recently completed No. 1 Quay at Tees Dock, 3220 ft long and 90 ft wide supported on concrete cylinders, made extensive use of precast prestressed concrete (Fig. 14).

e) *Multi storey Car Parks*

With the increasing problems of vehicle parking in large cities, more multi-storey car parks are needed and precast concrete has already shown that it has an important application in this field. The ability to provide economically large open spaces to facilitate the close parking of vehicles

and the high fire resistance provided with modern design techniques without extra cost will add to its field of use in the future. Important examples in this field are the garage in the City of London in Shoe Lane and the Fairfield Car Park at Croydon (Fig. 15).

f) *Other Concrete Products*

Extensive use of precast concrete piles in Britain has favoured the development of pretensioned piles with their easier handling and driving. These are used as bearer piles and for sheeting piles. Most of these are factory made. Concrete pipes are also extensively used for water supply and sewage disposal, and diameters up to 8 ft are available in both reinforced and prestressed concrete. For street lighting, concrete columns are in frequent use, but developments with poles for transmission lines have not been successfully utilised on a large scale. Concrete railway sleepers are being used extensively in modernization programmes.



Fig. 15 - Multi-storey car park, Croydon.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Prefabricated Concrete Structures in the Netherlands ¹⁾

Ouvrages en béton préfabriqués aux Pays-Bas

Vorfabrizierte Betonbauten in den Niederlanden

1 - Introduction

This contribution confines itself to a general survey, which does not claim to give a complete picture. In order to give a good idea of our prefabrication, especially when the general description may fail to do so, examples of some remarkable recently prefabricated structures are given.

The application of prefabrication may be considered for:

- 1 - Housing (various systems).
- 2 - Industrial buildings.
- 3 - Bridges.
- 4 - Hydraulic structures (caissons, subaqueous tunnels, quay-walls, dolphins, etc.).
- 5 - Miscellaneous (big pipes; road elements; sleepers; portal frames for electrical railway traction-lines; blocks for dike-protection, etc.).

In applying prefabrication special problems are met in regard to:

- 1 - Manufacturing of elements (factory or site; dimensions; tolerances).
- 2 - Transportation of elements (from factory to site; on the site; horizontal or vertical, etc.).
- 3 - Assembling the elements into structures (structural connections; filling joints; prestressing; welding, etc.).
- 4 - Finishing off the structure (plaster, tiles, touching up, etc.).

¹⁾ The present Report was prepared at the Technological University at Delft under the chairmanship of professor dr. ir. A. M. Haas by his collaborator ir. J. Brakel.

The development of prefabrication in the Netherlands will be shown in the following chapters, which are more or less chosen at random.

For lack of space it was necessary to reduce the number of chapters. An important and interesting chapter on the application of prefabrication in building of homes was omitted, as well as a chapter on caissons for dike-enclosure and one on bridge-piers. Several others could have been added.

First some information about the Stupre is given.

2 - The Stupre

The Stupre was founded in 1959 as a subsidiary organisation of the (Netherlands) Concrete Association (Betonvereniging). Its purpose is to study problems in the domain of Prefabrication in building-constructions, in order to come to a better understanding and later on to draw up rules. The membership of the organisation is mixed; it consists of representatives of different trades and branches such as architects, contractor firms, consulting engineers, factories, housing-systems, research laboratories, etc.

The Stupre organisation is divided into 4 sub-committees:

a) Principles of Prefabrication.

Subjects: transportation problems; magnitude of series and cost; tolerances; permissible stresses; codes.

b) Structural Connections.

Subjects: Joints, protruding reinforcement, etc.

c) Lightweight Concrete.

Structural and other application of l.w. concrete.
Designing.

d) Use of Prestressing in Prefabrication.

Reference should be made to the report F.I.P. Congress, 1962, Rome: Some aspects of precast prestressed concrete in the Netherlands. Influence of shrinkage and creep when prefabricated beams are connected to continuous beams by cast-in-situ concrete; economy of statically determinate girders with regard to prefabricated beams, that are afterwards made statically indeterminate, etc.

Some publications already appeared in technical papers; others will follow soon. Some of the data given therein have been used in this issue (e.g. transportation).

3 - Prestressing

In building of houses prestressing is almost always limited to floor-elements, although many systems only apply mild steel reinforcement.

Prestressing is predominantly used in prefabrication of industrial buildings and bridges (see chapter on Bridges), while in hydraulic structures there is a tendency to an increasing application of prestress.

Pretensioned elements are almost always made in factories, but when it concerns large quantities, it may be done on or near the site (see chapter on Bridges). Dimensions and weights are limited by economic considerations and the possibilities of transportation (see there).

The elements are manufactured as floor elements (solid or with hollow cores), roof girders, floor beams, beams or slabs for small bridges, piles for foundations, etc.

To arrive at a more economical use, part of the wires can be bent up; the height or the thickness can be varied, if the structure lends itself to it (e.g. trapezoidal beams for roofs, etc.).

Floor elements are generally covered with a layer of cast-in-situ concrete, which serves as pressure element for the live load. The layer is provided with a mild-steel reinforcement for transverse load distribution and shrinkage. Sometimes transverse prestress is applied for that purpose.

The contacting surfaces are roughened and (or) provided with protruding bars for better shear connection.

Post-tensioned elements are made both on the site and in the factory, but in the latter case there are the same limitations as mentioned for pretensioned elements.

Girders or main beams for industrial building are often composed of several short elements that are connected by prestress in longitudinal direction. The joint (1-2 cm) is filled with dry mortar. Joints without mortar are seldom used, because it is very difficult to make them fitting sufficiently accurate. Synthetic glues outgrow the experimental stage. The elements are generally prestressed on a floor on the site and the completed beam is hoisted by cranes in its definite position. There is a tendency to apply as long elements as possible, to reduce the number of joints (weaker place; extra work; saving cable-ducts, etc.). In the case of long beams that cannot (or laboriously) be handled as a whole by the cranes, the elements are generally placed in their definite position on temporary or definite supports

and then connected by prestress. The same is done with separate beams over multiple spans, which are afterwards connected by prestress to a continuous beam.

It is also done with portal beams, which are later connected to the columns. In all these cases the elements must be sufficiently reinforced with regard to transportation and hoisting (mild steel reinforcement, pretensioning or part of the post-tensioning).

3 a - Joints

The Dutch « Recommendations for Prestressed Concrete 1962 » give the following directions for the execution of: Joints perpendicular to the beam axis between prefabricated elements, that are connected by prestress to a structure.

In relation to the width of the joint two cases are distinguished:

- 1 - with a joint width of 1.5 to 3 cm.

The joint should be filled with a rather dry mortar of cement and sand (water-cement ratio max 0.35), which must be tamped in the joint.

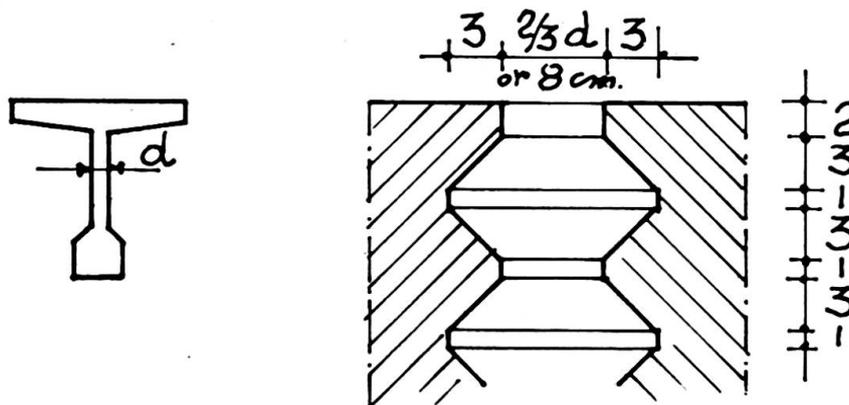


Fig. 3a.1

When the ratio of normal to shearing force in the joint in the stage of rupture is greater than 2 and smaller than 3, the end surfaces of the elements must be roughened. A smaller ratio than 2 is not allowed.

- 2 - with a minimum joint width of 8 cm and a maximum joint width of $2/3$ of the thickness of the concerned element (fig. 3a.1).

The joint should be filled with vibrated concrete of at least the same strength as that of the elements. The end surfaces of the elements have to be roughened.

When the ratio of normal to shearing force in the joint in the stage of rupture is greater than 1 and smaller than 2, the end surfaces of the elements must be provided with a sharp-edged tothing as indicated in fig. 3a.1. A smaller ratio than 2 is not allowed.

4 - Transportation of the elements

Transportation of prefabricated elements from factory to site mainly occurs by motor-truck, sometimes specially designed for the transport of one kind of element, e.g., horizontally lying floor elements, vertically standing wall elements, piles, etc.

Transportation of large elements in their definite position is preferred, although not always possible (height limit may be greater than width limit).

The dimensions and weight of a transport are limited by prescription for road transport. For normal cases the width is limited to 2.50 m, the height to 3.80 m, but a relief from this rule is easily granted till a width of 2.80 m and a height of 4.00 m. For greater dimensions it is difficult or impossible to get relief, unless when the transport is escorted by police. The length depends on the kind of vehicle and varies from 10 m (two axles) till 18 m (truck with trailer). The load may project about 3.5 m before the vehicle and max. 5 m behind; the maximum transportation length is 22 m, but relief till 25 m is not unusual. The route for special transport can be fixed by the authorities, as well as the maximum speed and the hours of transport (e.g., at night).

The wheel load is limited till 4 t per wheel, which in the future will be 10 t per axle. For roads of minor importance the permissible dimensions and wheel loads are less; these roads are indicated with shields (B-roads).

Thus, the width of horizontally transported elements is limited to 2.50 till 2.80 m (exceptionally 3 m) and the height of vertically transported elements from about 2.50 m (normal truck) till about 3.20 m (truck with special low loading platform; e.g., fig. 4.2).

Special care must be given to the support of the elements resting on the truck floor, which generally has a minor stiffness than the elements, especially if transported vertically.

On the site the transport should be limited as much as possible. In some house-building systems the elements are hoisted by crane from the truck and immediately afterward placed in their definite position. This requires an

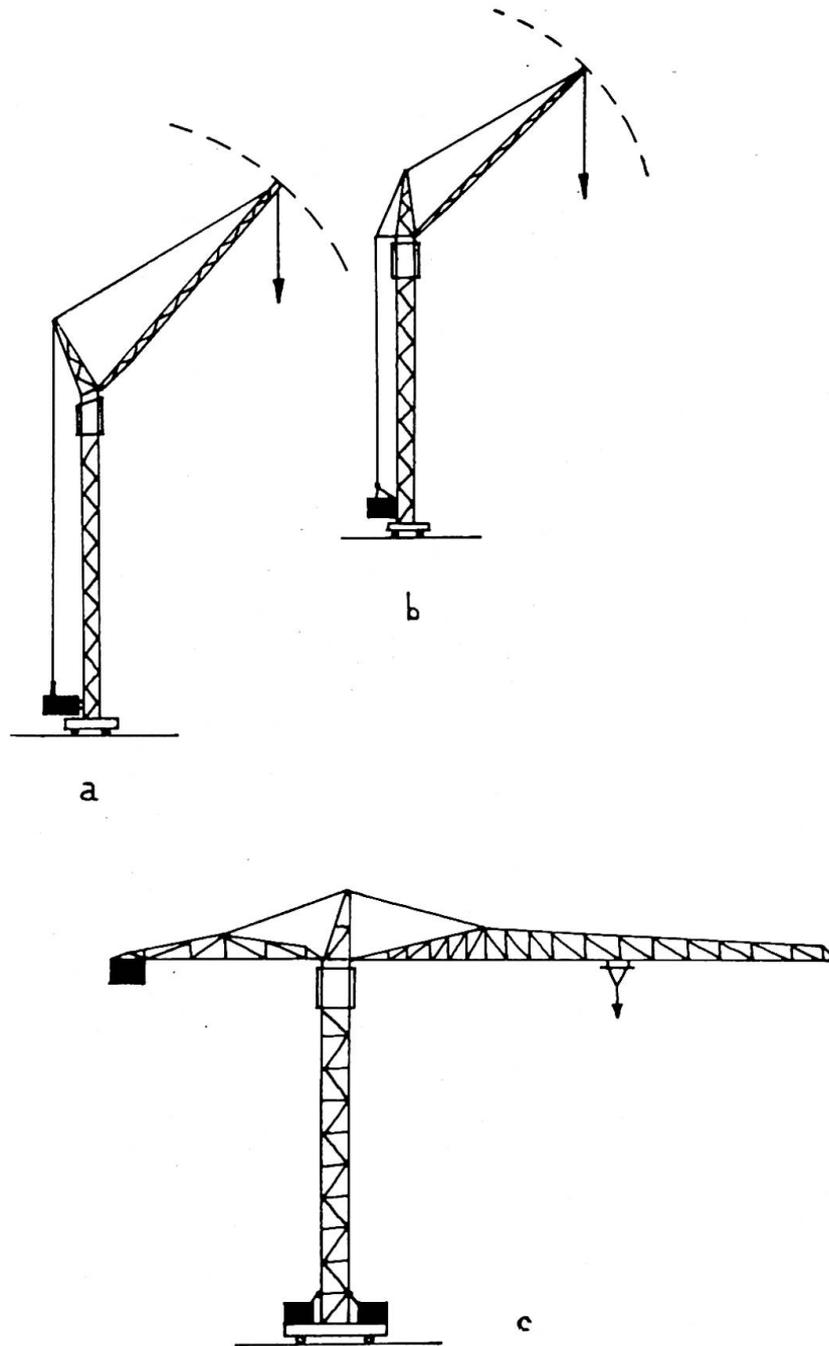


Fig. 4.1: a, b, c - Types of building cranes used the Netherlands (tower-cranes).

excellent transport and site organisation, which can be disturbed by delays caused by movable bridges, railway-crossings, rush hours, etc. For these inconvenients a certain stock may be inevitable.

Unloading a truck is usually done by the same crane that mounts the elements (similar weight).

Vertical transport of elements on the site is mainly done by cranes, movable on rails along or around the work and having a jib long enough to

reach every part of the structure; if that is not possible, a crane at each side is used. Heavy elements may also be handled by two cranes. Sometimes two different cranes are used, one for the heavy elements and one for the other elements.

The crane capacity has been increased during the past 15 years from about 20 to 40 m t up to 50-80 m t or more.

The maximum weight of the elements increased from 0.5-1 t some 15 years ago to 5 t; for portal-framed cranes this is still higher. An extreme example is the portal-framed crane for the construction of the Nabla girder (see description), which has a capacity of 250 t.

The aim will be to arrange the work in such a manner that the cranes are constantly working and to design the elements to such weight that the



Fig. 4.2 - The Rottinghuis-housing system. The lorries with the floor elements are unloaded from the trailer by a fixed crane. In the background the portal framed crane for mounting the elements.

cranes are loaded as much as possible to their maximum capacity. This requires a close collaboration between architect, structural engineer and contractor from the very beginning of the project. This ideal will hardly ever be reached. However, it is more and more admitted to be the only possible solution.

Mainly two types of cranes are used: see fig 4.1 a, b and 4.1. c; 4.6.

In most cases they can be made higher by insertion pieces, and only seldom they are telescopic. Most cranes can be disassembled and also easily transported over roads.

For low long buildings with moderate width sometimes portal cranes are preferred (house-building system Rottinghuis: fig. 4.2). These can more easily bear heavy loads independently of the distance (see description of the construction of the Nabla girder: loads of 250 t!).

If beams or other elements are prefabricated on the site, it is not always possible to make them at a place that can be economically reached by the building cranes. In that case large elements are transported by hanging them in one or two portal-shaped transporters that move on rails (in most cases) and are pulled by winches (bridge girders; reinforced concrete piles, etc.).

For industrial buildings one storey high, having beams of large spans, often movable cranes with rubber tires or caterpillars are used for weights till 25 tons or even more. Heavy elements are handled by two cranes (figs. 4.5 and 7.4).

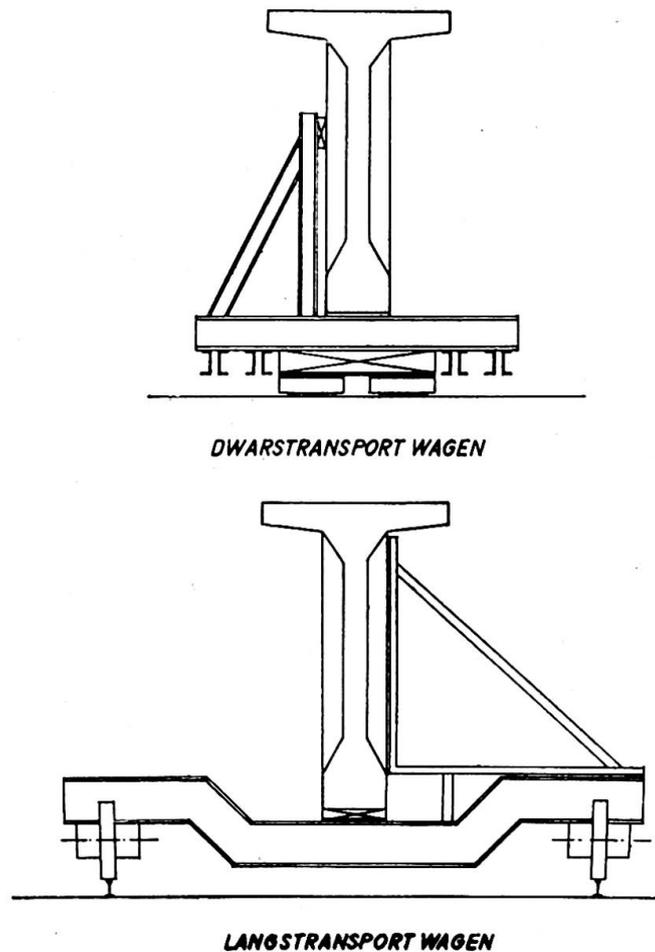


Fig. 4.3 - Transverse and longitudinal transport of heavy beams on the site. Dwarstransport = transverse transport. Langstransport = longitudinal transport.

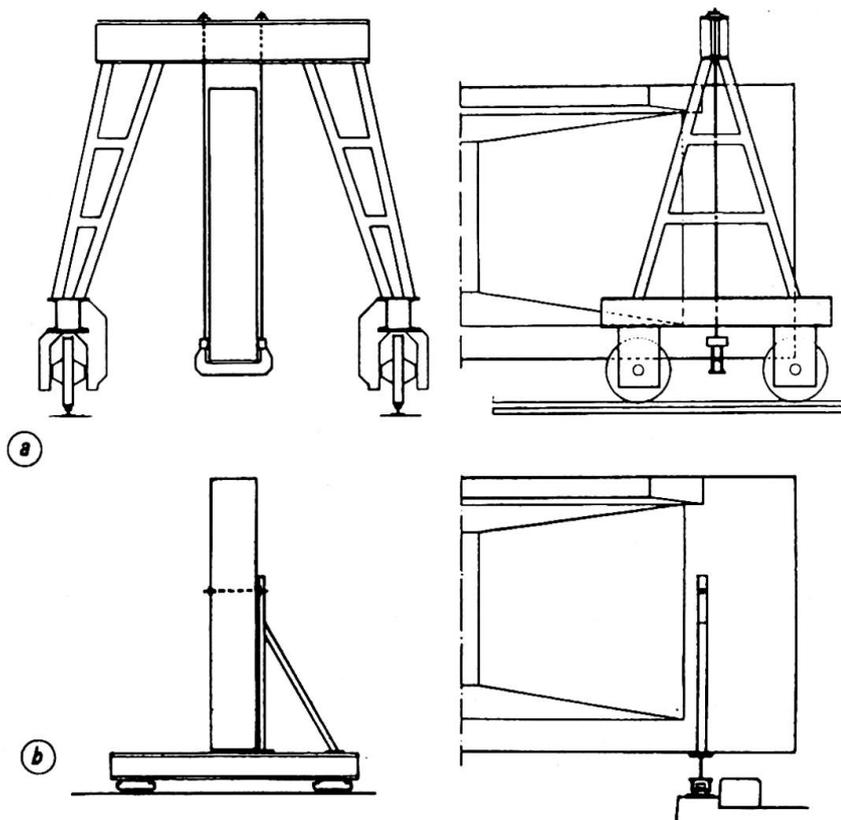


Fig. 4.4 - Longitudinal and transverse transport of bridge beams.

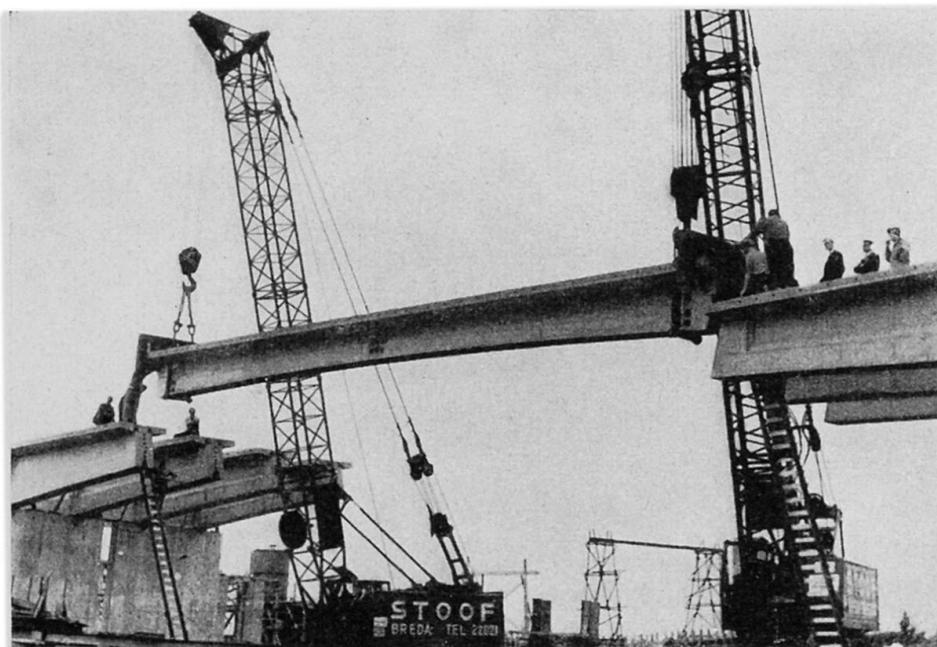


Fig. 4.5 - Handling a bridge element by two movable cranes.

To avoid vertical transport of heavy elements on the site, precasting of these elements on the level of their final position or higher is preferred. On the site the prefabricated reinforcement and the completed beam are usually handled by portal cranes, which also serve the casting. Horizontal transport of the completed beam often takes place by hanging it in two

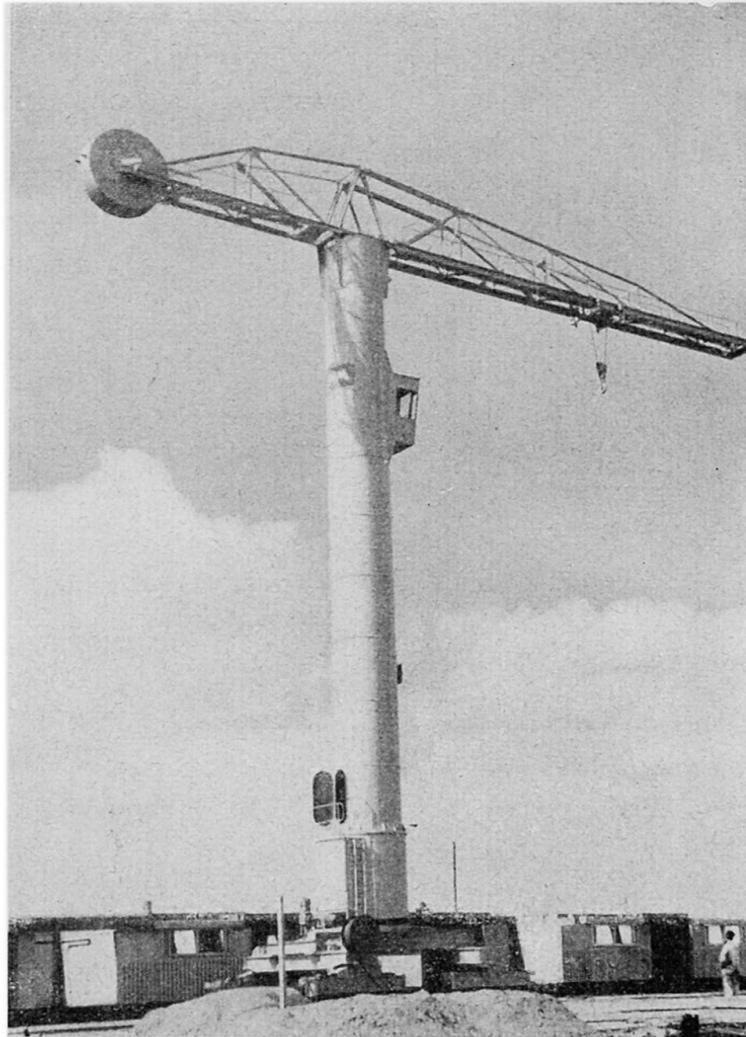


Fig. 4.6 - Horizontal transport on the site by portal - framed cranes.

portal-shaped wagons, one at each end (figs. 4.3 and 4.4). Further narrow-gauge railway track is used (figs. 8.8 and 8.9). Transportation on the pier perpendicular to the bridge axis often takes place by shallow roller-wagon-devices, which can bear some 25 t each (fig. 4.4).

Hydraulic jacks are used whenever a heavy element must be raised or lowered over small distances. By underpinning and repeating the action, raising

or lowering over greater heights is possible (raising or lowering of complete bridges, lowering beams from their temporary supports on their final bearings, etc.).

Ship and railway transport are practically used only when both the factory and the building site are located on a waterway, resp. a railway. In other cases the cost of transshipment is likely to become too high and the chance of damage is increased. Ship transport will also be considered for elements with dimensions or weights that cannot be transported by road. Ship transport is cheap on long distances and when great quantities are involved.

Transportation in water is the obvious and often only possible means of transport of heavy elements that can float or can be made floating, like caissons, tunnel elements, pipes, hollow piles, etc. This has been done in the Netherlands with the caissons for the dike-enclosures after the storm surge of February 1st, 1953, with caissons for quay-building (Rotterdam, before and after the war), with the tunnel elements for the tunnel under the river Meuse (Rotterdam, 1940).

It will be done with a great part of the tunnel elements for the subway tunnel in Rotterdam and for the highway tunnel in Amsterdam, both under construction now. The magnitude of the elements is of the order of $60 \times 10 \times 6$ m (Rotterdam) to $60 \times 23 \times 7.5$ m (Amsterdam).

Transportation from factory to site on one or more pontoons is often done with steel bridges having weights of several thousands of tons; they are lowered on their bearings by letting water in the pontoons. There are as yet no examples of concrete bridges thus transported in our country but it will probably be done with the elements of the future bridging of the estuary Oosterschelde, length about 5 km.

For short distances floating cranes are often used, e.g., for transport of bridge beams from the building site on the river bank to the bridge structure (some hundreds of tons). This has been done with the beams of the Amstel bridge in Amsterdam in 1954 and recently with the beams of the prefabricated bridge in Roermond (see description: weight 120 and 130 t).

The caissons for the dike-enclosure in 1953 were prefabricated on a quay-platform and lowered in the water by floating cranes (weight 180 t).

5 - Bridges

For prefabricated bridges almost exclusively prestressed concrete is used. Pretensioned bridge elements are mainly used for the smaller spans up to about 20 m; post-tensioned elements for spans up to 50 m till now.

Pretensioned elements in the shape of a reversed T are exclusively used for slab-bridges (figs. 5.1 and 5.2). Between the elements cast-in-situ concrete is poured, provided with mild-steel cross-wire reinforcement in the top layer and near the underside mild steel bars through holes in the prefabricated elements in transverse direction. Sometimes transverse prestress

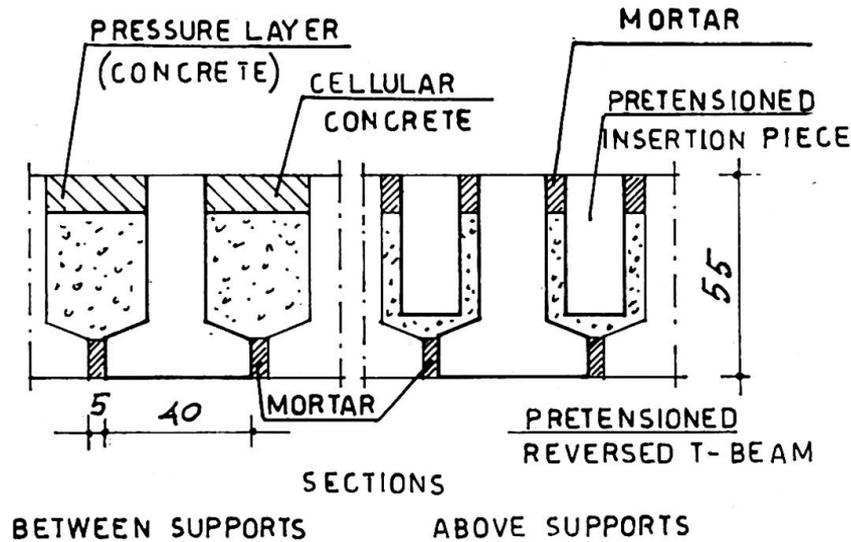


Fig. 5.1 - Composite viaduct in Highway 4A; continuity connection.

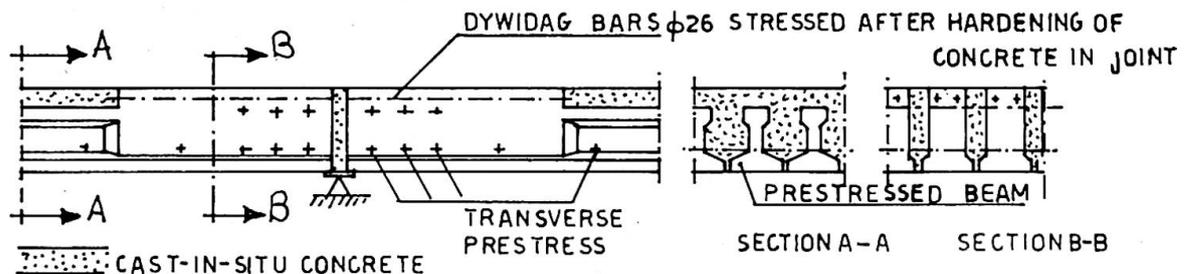
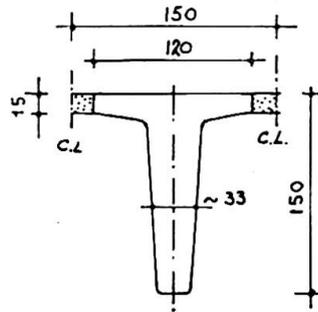


Fig. 5.2 - Continuity connection of a composite bridge.

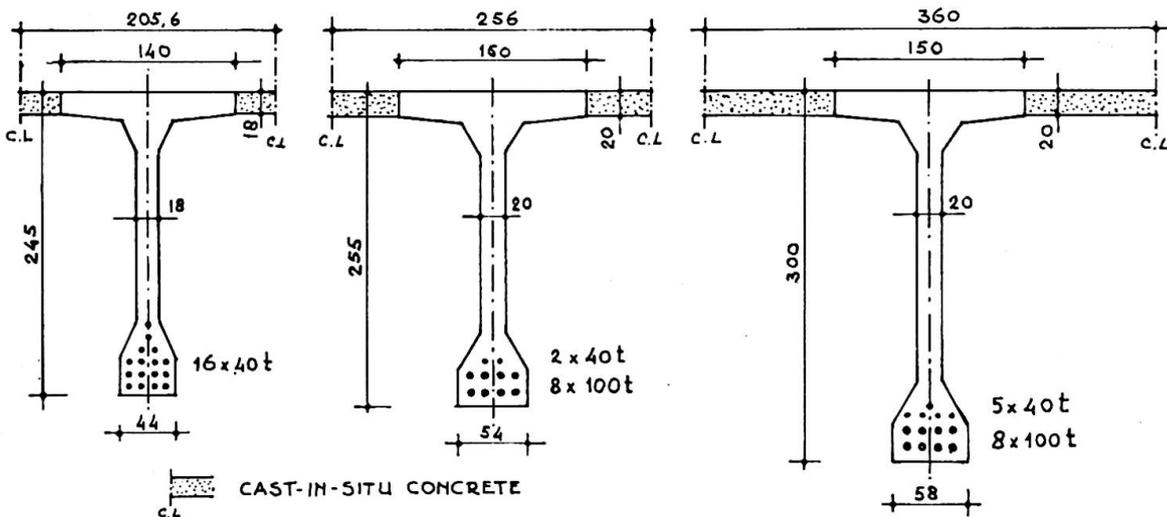
is applied. To avoid shrinkage cracks a wire mesh net is generally laid in the top layer too.

Pretensioned slab elements, solid or with hollow cores, are also used for slab-bridges with minor spans (up to about 10 m). A layer of cast-in-situ concrete with normal reinforcement provides for the connection and transverse load distribution and serves as pressure « flange » for statically determinate structures on two supports. The transverse stiffness is badly influenced by the longitudinal joints, that have no reinforcement in transverse direction

over the thickness of the pretensioned slab, unless transverse prestress is applied. This disadvantage is of minor order at reversed T-sections with mild steel bars through openings in the pretensioned beams. The upper surface of the elements is roughened and provided with protruding bars or stirrups to give better adherence from the new concrete to the older.



SPAN 29,8 m
CENTRE DIST. 1,50 m
AMSTERDAM 1956



SPAN 45,10 m.
CENTRE DIST. 2,056 m.
GORINCHEM 1959.

SPAN 50,00 m.
CENTRE DIST. 2,56 m.
ROERMOND 1960.

SPAN 50,56 m.
CENTRE DIST. 3,60 m.
ROTTERDAM 1961-'62.

Fig. 5.3 - Sections of post-tensioned T-beams for bridges.

In both cases the pretensioned elements serve as formwork for the cast-in-situ concrete, so that they must be designed to be able to carry that weight. After hardening, the composite structure must be able to carry the live load too.

The statical behaviour of the composite section is influenced by shrinkage and creep in a manner that cannot be exactly calculated, as it highly depends on the almost unpredictable amount of shrinkage and creep of the cast-in-situ concrete with regard to that of the pretensioned elements. The effect of

prestress seems to be often neutralised to a large extent by the shrinkage stresses and particularly the bending moments caused by them. The ultimate strength, however, seems to be only little influenced by it, but tests are not yet available.

For bridges, continuous over more spans, it is possible to insert pretensioned slab elements between the reversed T-sections in the top of the slab over the supports (figs. 5.1 and 5.2).

To save weight and decrease the effect of shrinkage the spaces between the reversed T-sections have been filled with lightweight concrete, and only the top layer then is made of normal concrete. The lightweight concrete gives sufficient protection to the transverse bars (fig. 5.1).

In a case, about three years ago, where about 400 T-beams with equal spans of 21.50 m were needed for a bridge structure, the contractor decided to execute these beams as prestressed elements, precast and pretensioned on the site. The minimum production capacity had to be 10 beams a week; to reach that, 2 steel forms were used, each with a production of one beam per day. The great number of equal beams made it economical to apply this method on the site.

Post-tensioned bridge elements are generally used in the shape of prefabricated T-girders with — or sometimes without — flanges (fig. 5.3). They are cast on the site (seldom in factories) in one or two steel forms provided with surface vibrators. Needle vibrators are only used for the concrete in the upper flange to avoid damage of the cable ducts in the rib. The girders are steam-cured and after about 1 day the form is removed and reused for the next beam. Immediately after removal of the form a certain prestress is introduced to prevent shrinkage cracks and to be able to transport the beam to the store or directly to its place in the bridge.

Generally the prestressing cables are already in the cable ducts before casting, because this is easier than bringing them in afterward. In most cases the mild steel reinforcement and the prestressing cables are tied together to a network in the neighbourhood of the form and the whole is lowered in it by means of a crane, provided with a steel grid beam over the whole length of the net. The side panels of the form can be moved or turned sideward as a whole, so that the reinforcement net can be easily placed and the finishing touches can be put to it. The removal of the form is an easy procedure, too.

Dimensions and weights of the beams increased in the course of the approximately 15 years of application (fig. 5.3). The spans increased to 50 m, the weight to more than 100 t; the distance center to center of the beams to 3-4 m; the space between the upper beam flanges from 20 or 30 cm to 1 m and more. The distance of 20-30 cm was very convenient, for it needed a minimum of formwork. The sides of the upper flanges are roughened by using a profiled form for them.

As far as we know, the deck is always prestressed transversely, by Dywidag bars or Freyssinet cables. The cross-beams are prestressed simultaneously with the same system. The tendons are but little bent or not.

Some 5 years ago almost only Freyssinet cables of 20 and 40 t were used as longitudinal tendons and Dywidag bars \varnothing 26 mm for transverse

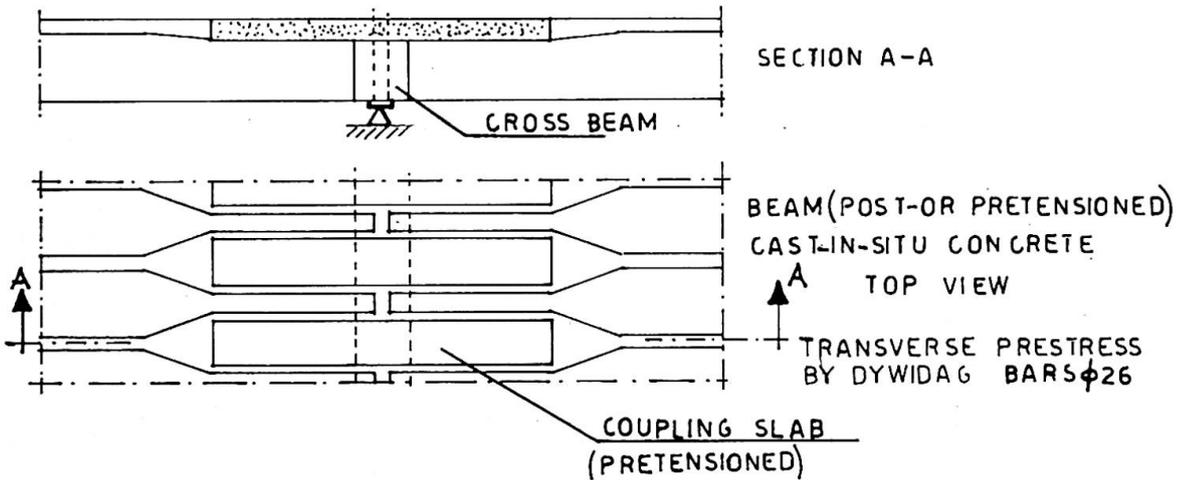


Fig. 5.4a - Connections for single span bridge beams to continuous structures.

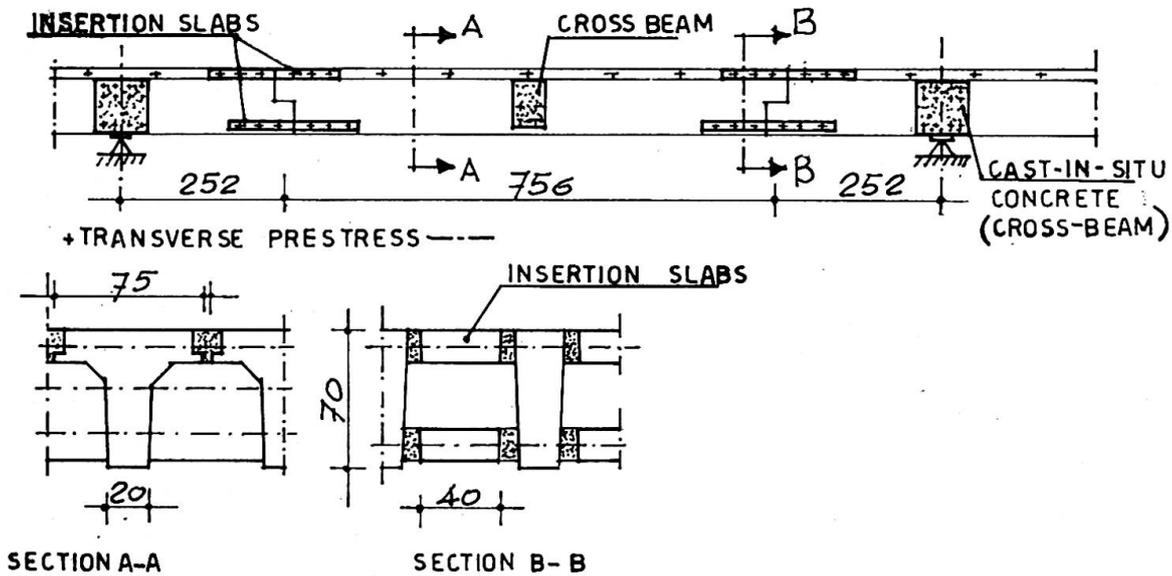


Fig. 5.4b - Connection to continuous beam where $M_{pos} = M_{neg} = \text{Minimum}$ (due to live load).

prestress. During the past 3 or 4 years Freyssinet cables of about 100 t are used, too, and also other systems with prestressing forces of 100 t or more (Polensky and Zollner, B.B.R.V.). Other systems are seldom used or not. Dywidag bars \varnothing 26 mm and \varnothing 32 mm are mainly used for transverse prestress, less for longitudinal. For large prestressing forces a moderate

number of heavy tendons is preferred to a greater number of, for instance, 40 t tendons (fig. 5.3). Generally the end sections of a beam with the anchorage elements in them are precast separately to be able to give utmost care to position and direction of the anchorages and to the quality of the concrete. They are cast with anchorages downward so that good filling with

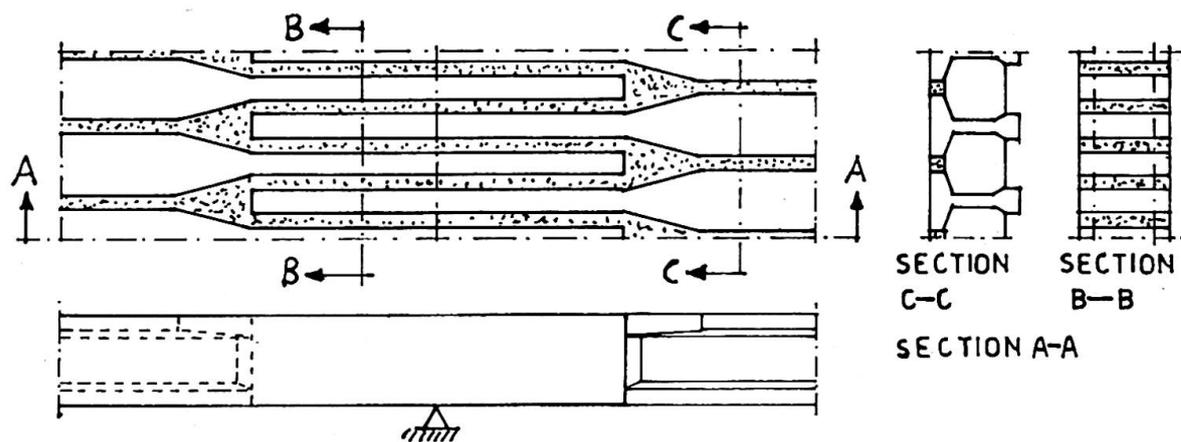


Fig. 5.4c.

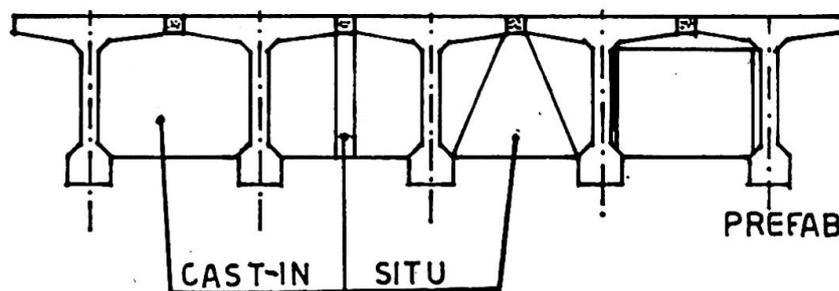


Fig. 5.5 - Execution of cross-beams.

concrete of the space behind and between them is guaranteed. The length of these blocks varies from 1 to 2 m. Sometimes they are fastened to the reinforcement network and placed together with it in the form (by the crane).

Fig. 5.4 gives some examples of the connection of single span bridge beams to continuous structures. They all have the principle of a prestressed (generally pretensioned) slab above the supports (or near them, fig. 5.4, b). The whole is prestressed in transverse direction and so enables the bridge to act as a continuous structure.

The number of cross-beams varies from 1 to 4 (seldom more), except those at the ends. The number generally increases with the length of the span. The cross-section is in most cases a rectangle, which is easiest to make.

The cross-beam can be cast separately between the main girders. In other cases the cross-beam is cast as part of it with the girder and only a joint equal to the clear distance between the flanges is filled with concrete (fig. 5.5). Further it is possible to use precast cross-beam sections which are hoisted between the main beams; the joint is filled with mortar or concrete. Precautions must be taken that the transverse cable holes are not filled with concrete (rubber ducts, pieces of metal ducts, sealed with sticky tape, a.s.o.). In all cases the cross-beams are prestressed.

Bridges consisting of elements that are connected in longitudinal direction by prestress (like the Marne bridges in France) have been applied in the Netherlands only incidentally. However, for the Nabla girder bridge, now under construction (see description page 122), this was the only possible way to make it (elements with weights of 250 t).

6 - The office of the municipal building and housing department in Amsterdam

This building must give accommodation to 1740 persons, who are now spread over 14 places in town.

It will consist of two wings, each with a length of about 60 m and a width of 16 m, which are shifted with regard to each other, and which are connected by a central part 30×36 m (figs. 6.1 and 6.2). The wings and the central part consist of 10 storeys with a height of 3.25 m (top floor till top floor). Under the total areas of the building a cellar is designed, partly two storeys high (fig. 6.3).

The total volume of the building is about 150.000 m^3 ; the floor area

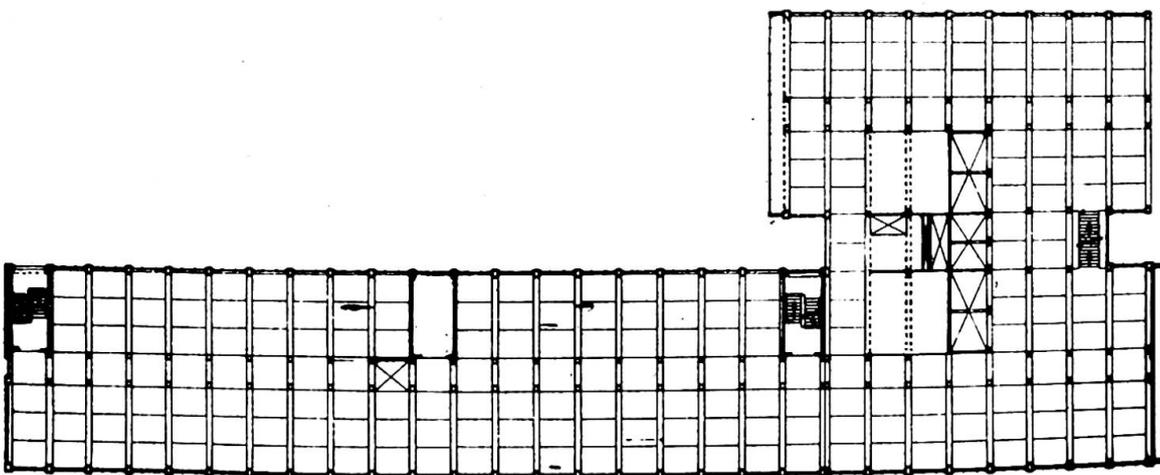


Fig. 6.1 - Horizontal section (right wing omitted).



Fig. 6.2 - The finished building (tric-foto).

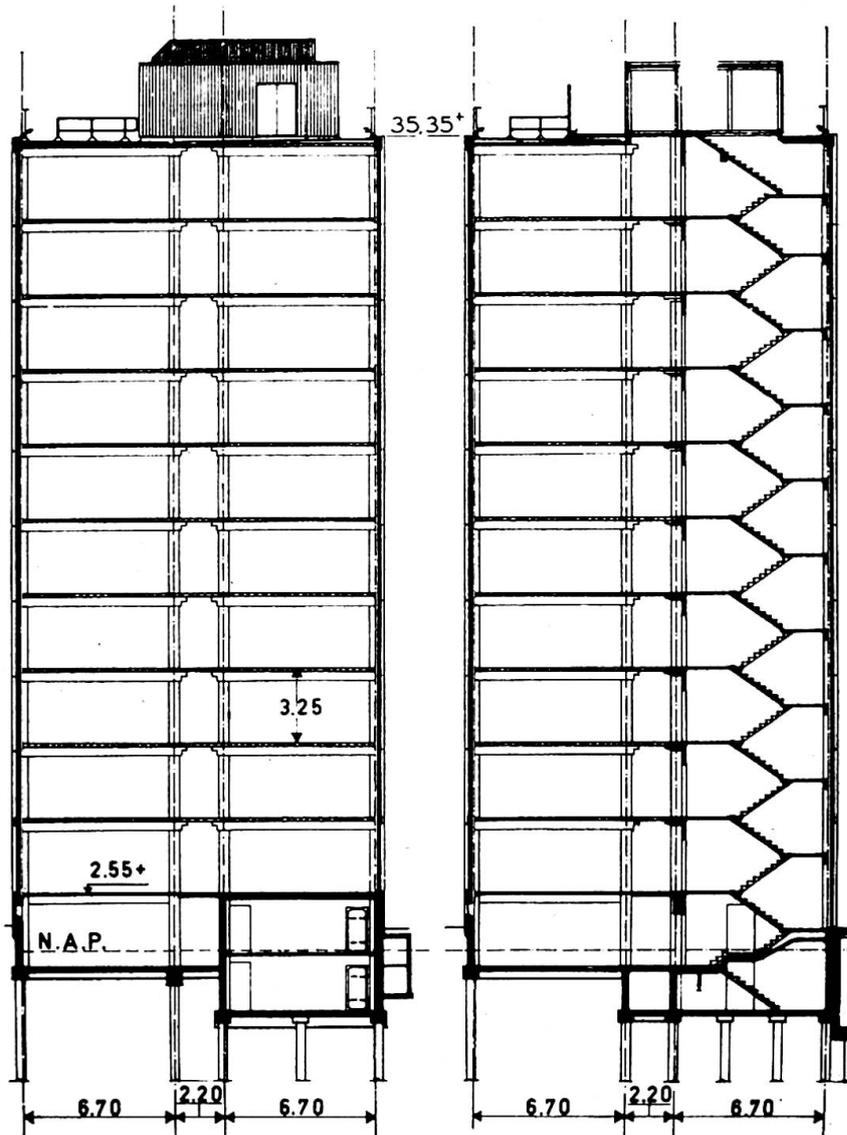


Fig. 6.3 - Vertical cross-section. Left: normal cross-section. Right: cross-section over staircase.

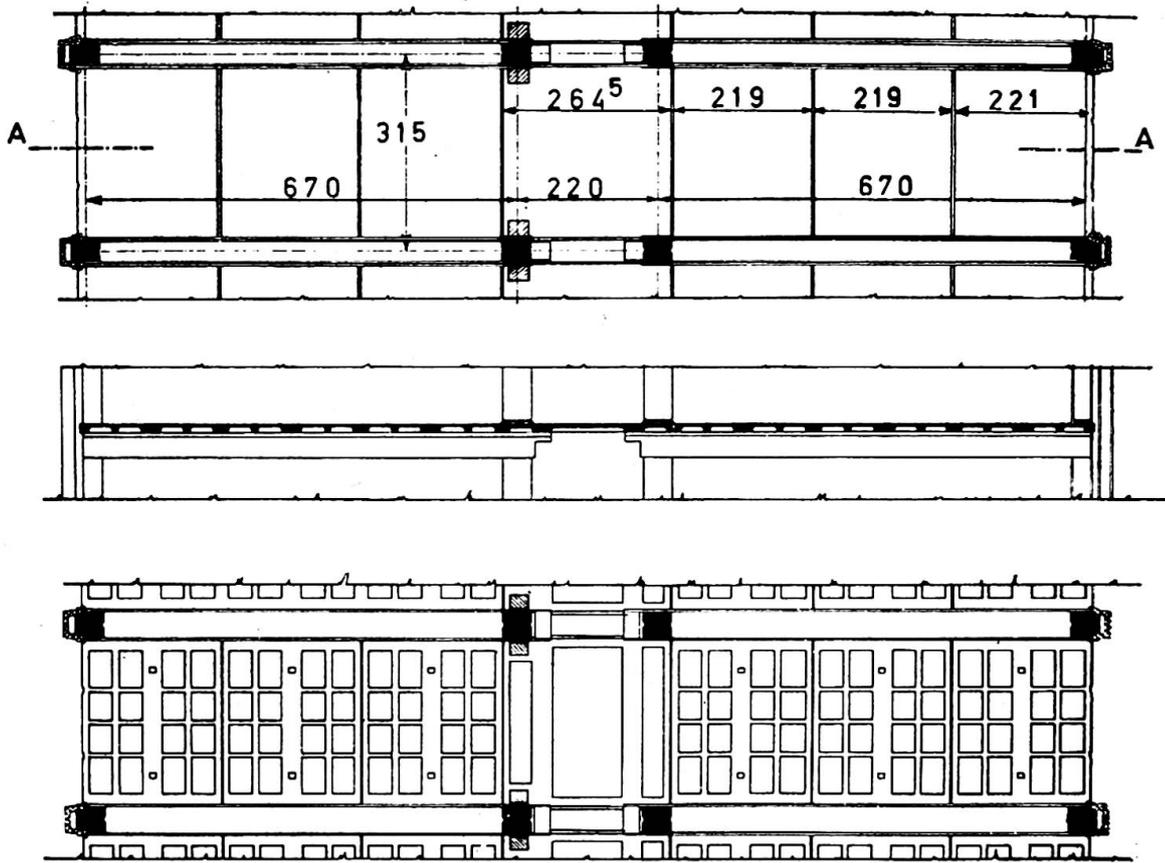


Fig. 6.4 - Floor with floor plates. Top view, cross-section, and underside view.

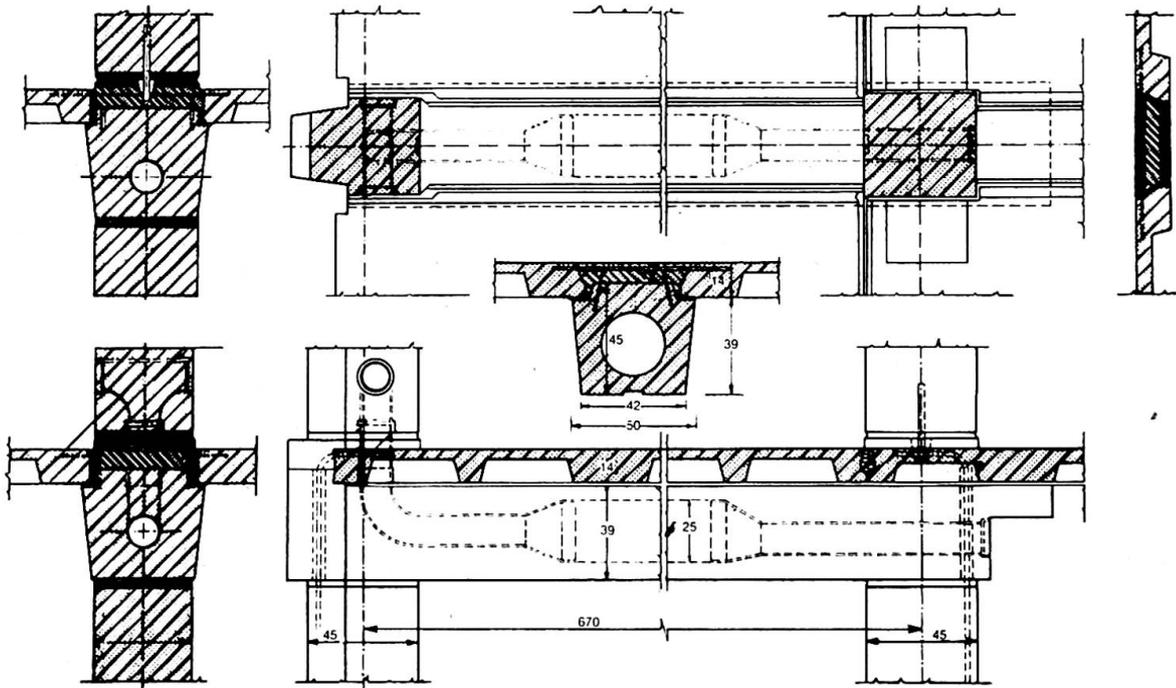


Fig. 6.5 - Connection of cross-beams, columns and floor beams.

about 40.000 m²; the highest point is 40 m above level, the deepest cellar-floor, 3.34 m below level. The edifice has been built monolithical — not prefabricated — till 2.60 m above level (1.60 m above the street).

The modular distance is 3.15 m. Every 3.15 m there are 4 columns in the transverse direction of the building at distances 6.70, 2.70 and 6.70 m. The columns are coupled two by two by means of a girder to a frame with moderate stiffness. The space between the girders (in longitudinal direction) is covered by reinforced concrete wafer slabs. The corridor is covered with slabs, supported by the 4 protruding beam ends (figs. 6.4 and 6.5).

The connection of the slab-plates with one another and with the beams occurs by filling the joint with concrete, in which are protruding the ends of reinforcing bars in plates and beams.

The floors can be considered as slabs, which produce an extremely high horizontal stiffness; the columns, however, allow little restraint. The horizontal wind forces are led by the floors to a number of stiff cores, which are shaded in fig. 6.1. They are: the emergency staircases and the lavatory group in the wings; in the central part the elevator-shaft, the conduit-pipe shaft and the archives rooms. These cores are executed as monolithic structures.

The weight of the elements has been limited to 2900 kg. Therefore it was necessary to use hollow beams. The cylindrical holes are partly used for heating and ventilation (fig. 6.5).

Fig. 6.5 shows the connection of beam and columns. Although the stiff cores can take the whole horizontal force, still the beam-column connection has a certain stiffness. This is reached by 2 bars in each column, piercing through holes in the beams; they are bent down and covered by the concrete in the joint.

The connection between the column foot and the beam consists of only one central vertical bar and a layer of mortar; it might be considered as a hinge. Because of the vertical pressure by dead weight the connections can take considerable bending moments which are, however, not taken into consideration for the stability of the building so that they form an extra safety. The 2 to 3 cm thick joint is filled with dry mortar, working from a hanging platform.

The façade elements are prefabricated, too.

The outside of the front columns was provided with U-shaped, ornamental concrete elements, which are two storeys high and to which are fastened the aluminium windows.

The average building time for one storey is assumed to be 3 weeks. There must be assembled 4251 constructional concrete elements, 836 ornamental concrete elements and 340 staircases and other elements.

Construction started in February 1962.

7 - The precast shell-roof structures for the office buildings of the Royal Netherlands Tourist Association A.N.W.B. at The Hague

There are two separate buildings: a tall multi-storey main building, with rectangular ground plan, in which the administration, accountancy and management offices are housed, and a lower building — the rotunda — with circular ground plan, for tourist information and shipping (figs. 7.1 and 7.2).

Of the main building, the roof of the canteen is covered with cylindrical shells; the rest of the roof is flat. On the contrary, the rotunda is entirely covered with shells: the central part with an elliptical dome, the surrounding office space with conical shells (fig. 7.2). For the shells of the main building and the rotunda prefabrication was the obvious means to overcome current building problems: shortage of labourers, limited building period, difficult concrete casting, intricate formwork, etc. Moreover, mass-production proved possible to a large extent.

All shells have been prefabricated on the ground in parts with such dimensions that they could be handled by the cranes and that a high degree of repetition was obtained. Therefore, each of the 10 cylindrical shells of the main building was divided into two halves in longitudinal direction. The same was done for the 24 conical shells of the rotunda. The elliptical dome shell was divided into 24 triangular double-curved elements; the cantilevering ring around it in 24 trapezoidal parts (fig. 7.3). Because it was the first time that prefabricated shell elements to such a large extent were used in Holland, it was decided to have the precasting and the erection of the cylindrical

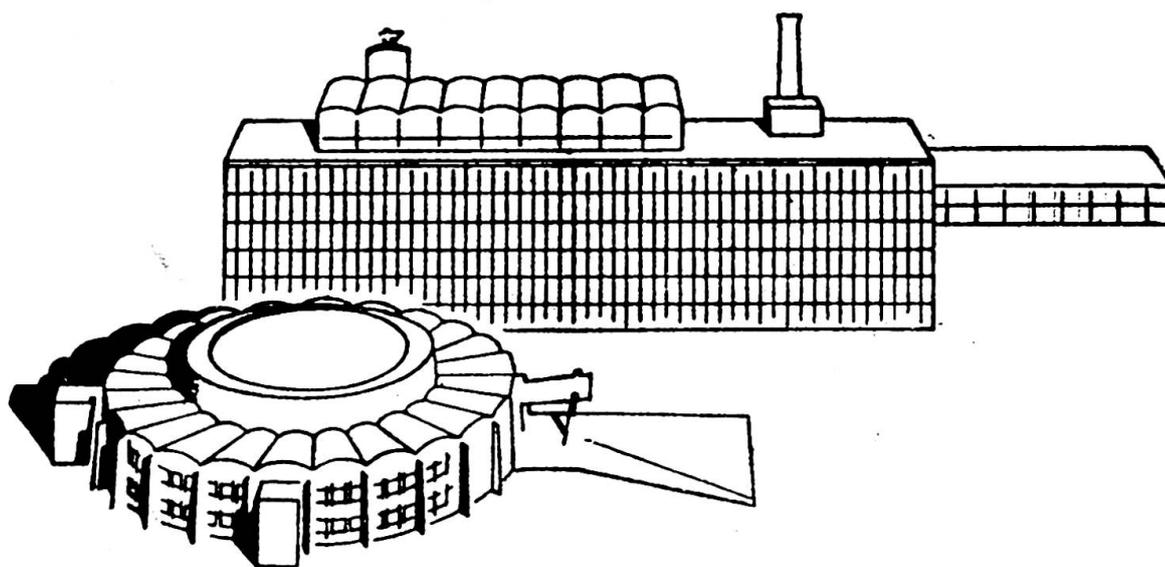


Fig. 7.1 · Perspective view of main building and rotunda.

shells on the canteen of the main building first and let them serve as an experimental execution, also for the contractor to gain experience.

The shell halves on the canteen were placed by two available cranes with different height and capacity (fig. 7.4) working together. Placing the first shell element lasted a few hours; for the last one only twenty minutes were needed.

The shells were cast on each other, so that they served as a mould for each other. They were separated by a sheet of sisalkraft-paper. In order to cast the first element a concrete mould was made. The curvature of the elements can only be kept constant if there is a small variation in thickness as to the width in each element.

The other shell elements, also the double-curved ones of the cupola, have been made in the same manner, but the double-curved elements could not be made in a vertical heap. Instead of sisalkraft-paper, which not entirely came up to the expectations, here plastic separating sheets were used, which met the requirements well.

The dimensions of the cylindrical shell elements were about 10.5×2.7 m; thickness 6.5 cm; weight 4.5 t. The conical shell elements had a length of 10.25 m, a thickness of 6.5 cm, too, and a weight of 4 t, while the cupola



Fig. 7.2 - The rotunda with conical shells and dome.

elements had a length of 10.5 m, a thickness of 8 cm and a weight of 3.5 t (fig. 7.5). For hoisting the elements steel stiffenings were fastened on them at places established beforehand; the whole was hanging on a transverse beam on the crane (fig. 7.4).

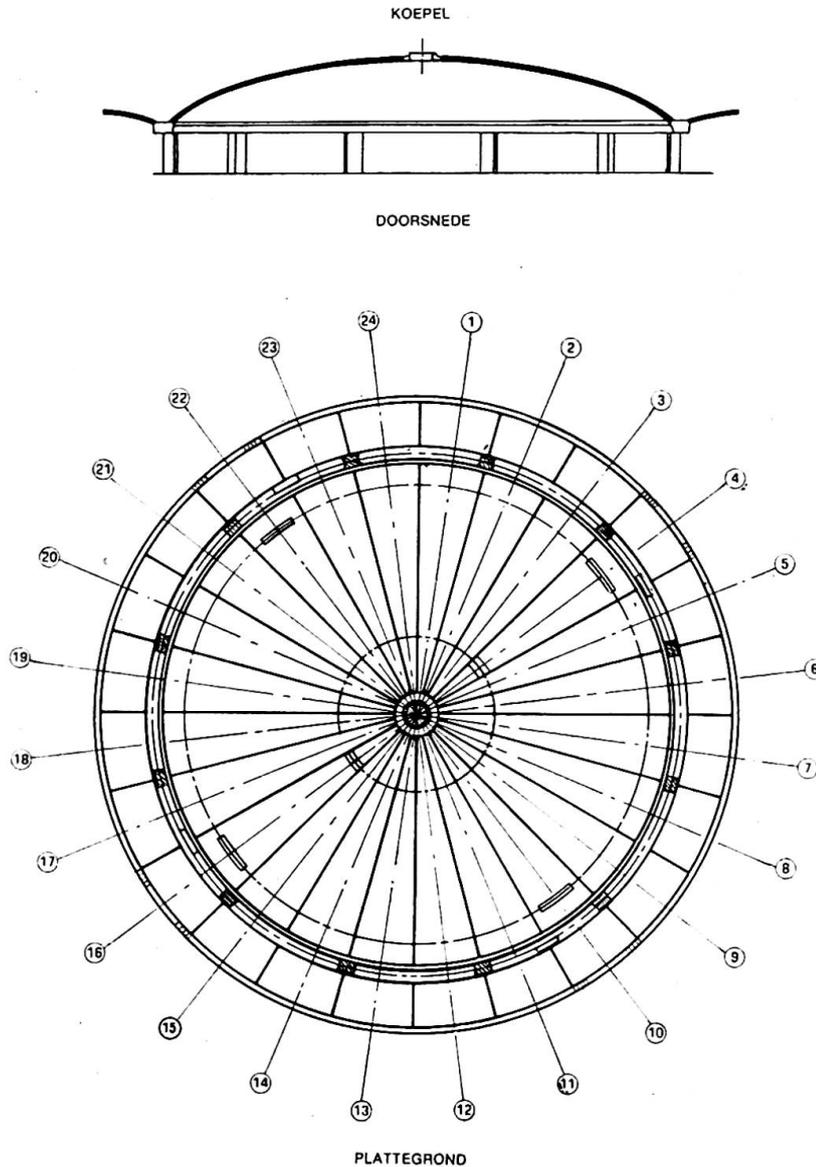


Fig. 7.3 - The dome. Cross-section and plan. Koepel = dome. Doorsnede = cross-section. Plattegrond = plan.

The conical shell elements have been placed by a portal-framed crane that moved on two concentric rails (fig. 7.6); the elements of the cupola by means of a portal-framed crane, which turned around a fixed axis in the centre of the building (fig. 7.6). The second crane was almost entirely rebuilt from parts of the first.

The conical and cupola shell elements have been cast with 2 moulds each.

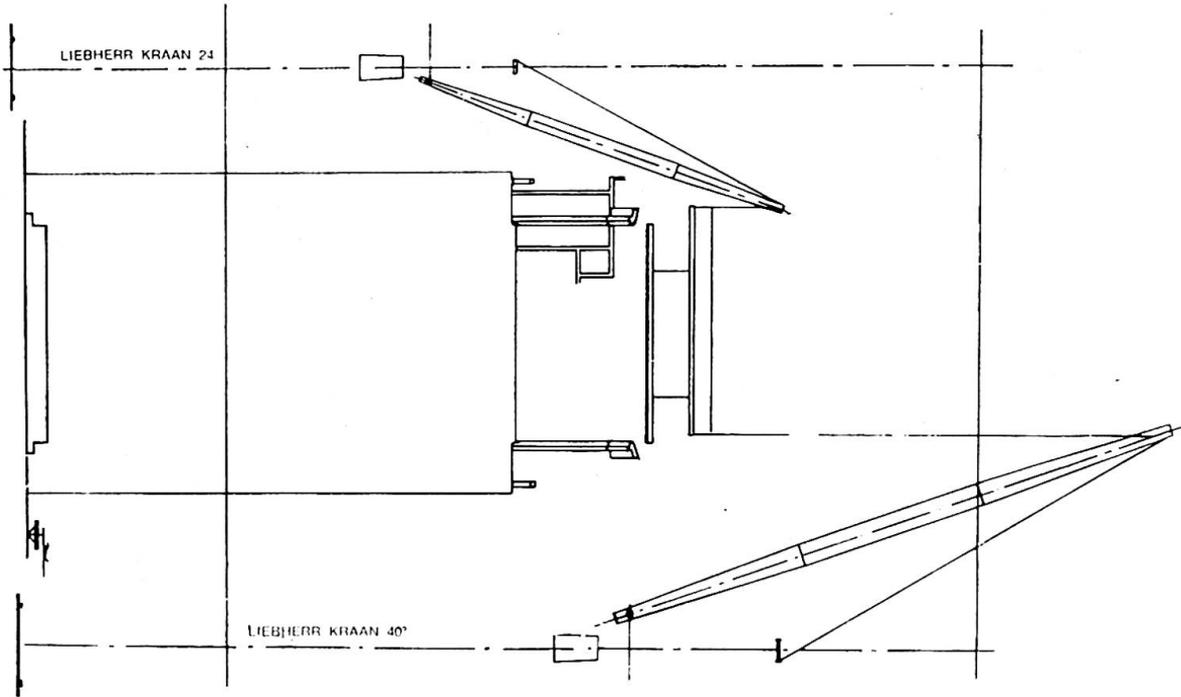


Fig. 7.4 - Placing the cylindrical shell-halves on the roof of the canteen.

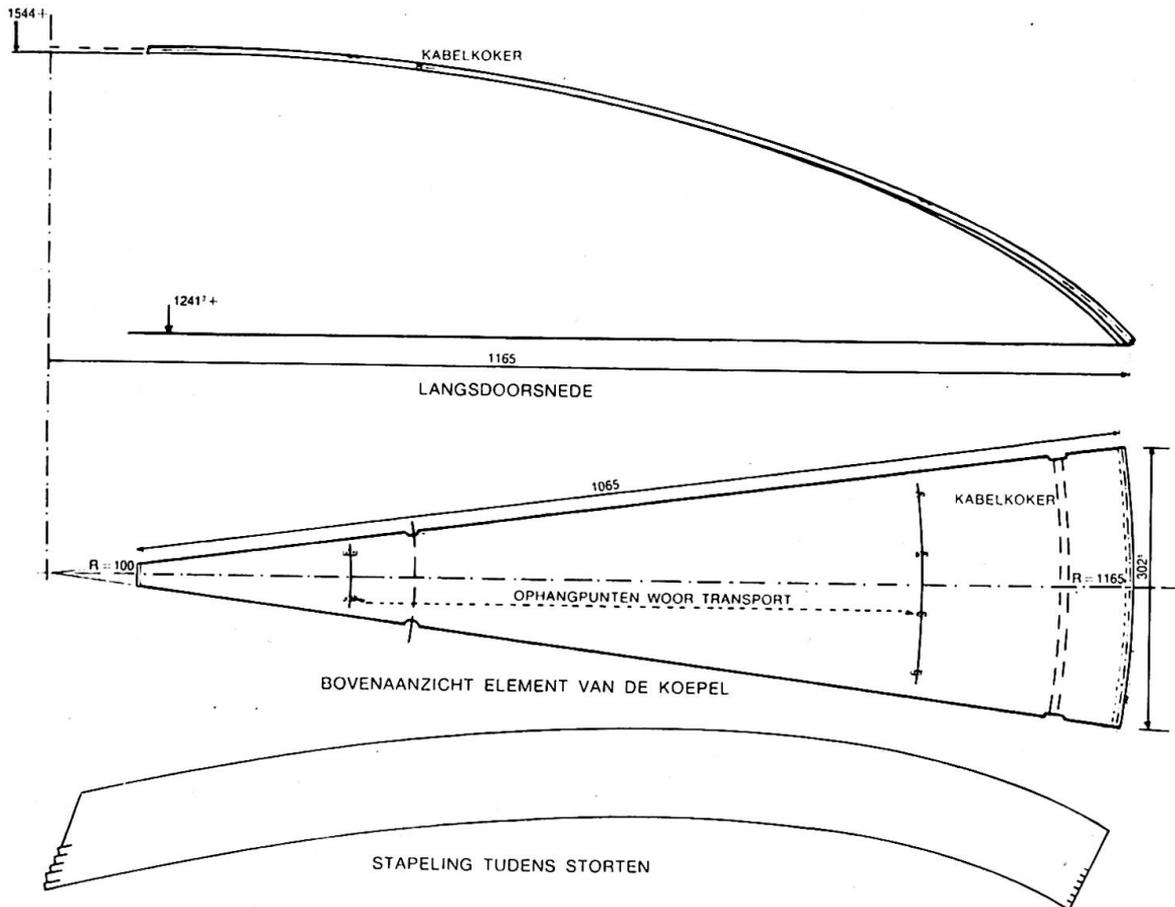


Fig. 7.5 - The cupola-elements. Langsdoorsnede = longitudinal section. Plattegrond element van de koepel = plan of an element of the cupola. Stapeling tijdens storten = stocking during casting.

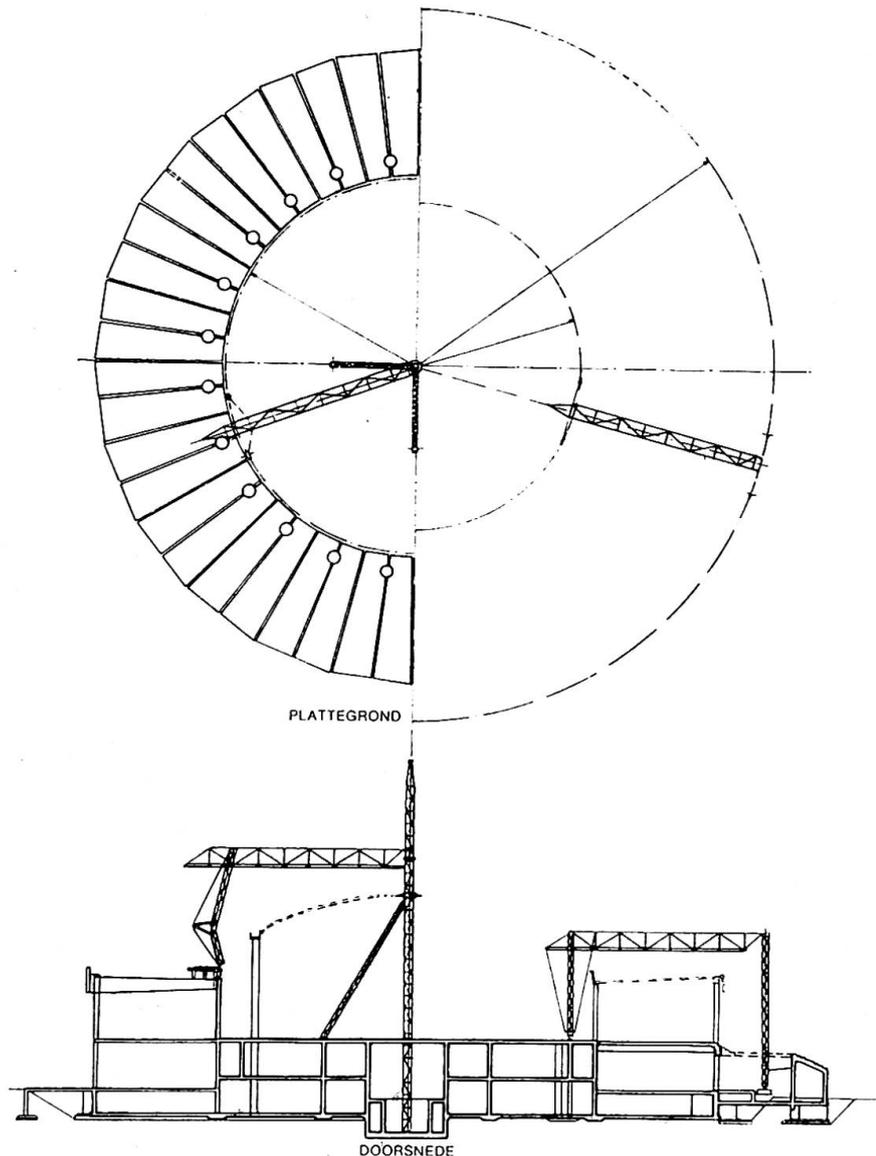


Fig. 7.6 - Right: crane for placing the conical shell elements. Left: crane for placing the elements of the cupola.

The joints of the cylindrical and conical shells, along the top generatrices and in the valley between the shells — the gutter — were filled with cast-in-situ concrete (width at the top 20 cm; in the valley, varying from 30 to 50 cm.). The protruding bars in the joints were coupled with longitudinal bars to a net. The joints of the dome, the ring beam and the cantilever roof — width 1.5 cm — were filled with mortar and prestress was applied. The cupola was post-tensioned by 3 tendons 2 $\text{Ø} 7$; one in the upper part and 2 in the lower part to neutralize the tensile stresses there. The ring beam is post-tensioned with 4 cables 12 $\text{Ø} 7$ (Freyssinet) and the cantilever roof with 2 cables 4 $\text{Ø} 7$ (fig. 7.5). The rather high prestress in the latter is to avoid temperature, shrinkage and bending deformations.

The elements of the gutter-shaped ring beam and the cantilever roof were prefabricated in a factory (max. weight 2 t); so has been done also with several other elements (no shells) of the rotunda.

There has been a close and successful cooperation between the architect, the consulting engineer and the contractor from the beginning. This is extremely important for the design and execution of any prefabricated structure.

The main building was put into use in the late autumn of 1960; the rotunda in the spring of 1962.

8 - The new highway bridge over the river Meuse at Roermond (1960-1962)

The spans of the new bridge — 60, 80, 72.5 and 57.5 m — are determined by navigational considerations (80 m), water discharge and the existence of old pier foundations (fig. 8.1). The bridge deck consists of 4 traffic lanes with a total width of 12 m and at both sides cycle-tracks and footways, each width of 4 m (fig. 8.2). Several solutions have been considered, in steel as well as in concrete, and composite construction too, but in the end a statically determinate system has been chosen, as indicated in fig. 8.3, consisting of cantilever girders on piers, between which are freely supported spans.

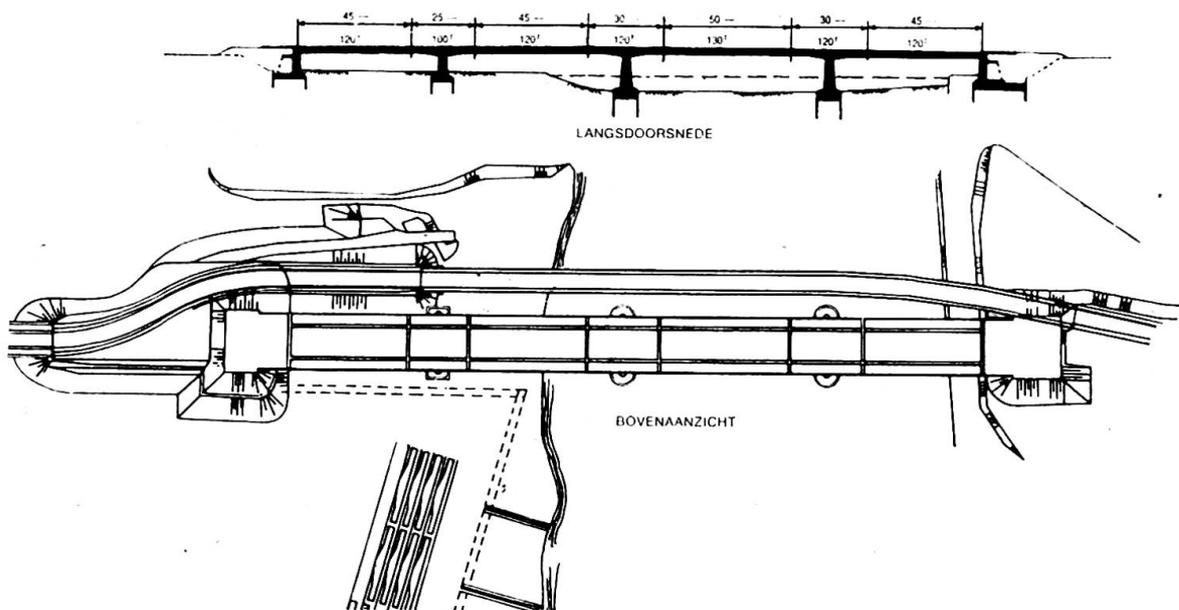


Fig. 8.1 - Longitudinal section and ground plan of the bridge over the river Meuse at Roermond.

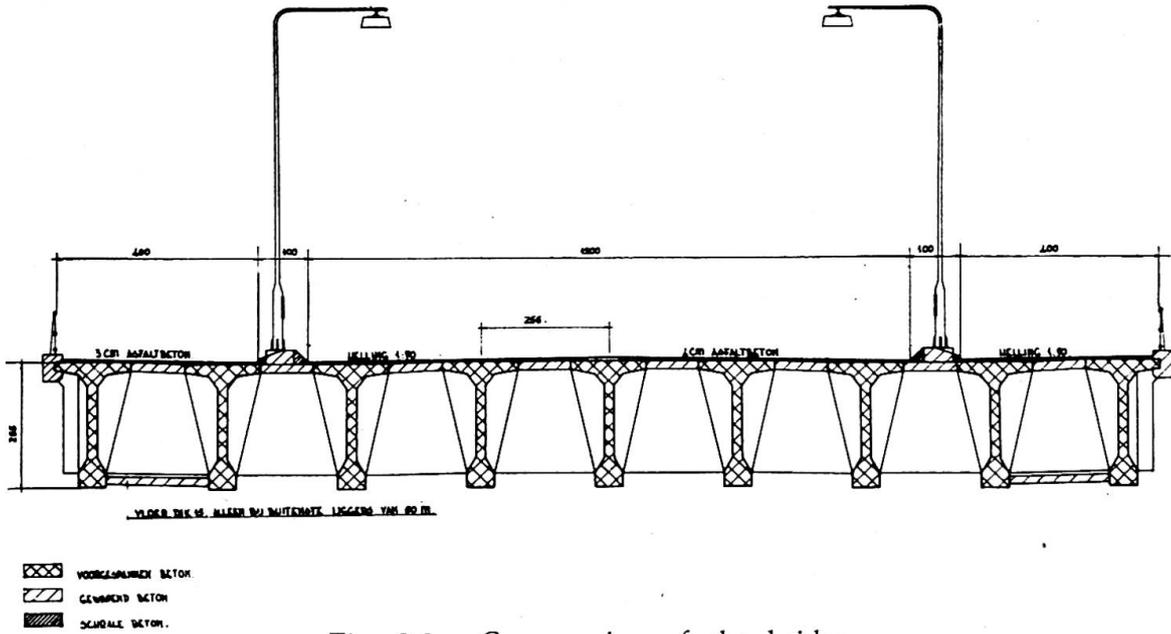


Fig. 8.2 - Cross-section of the bridge.

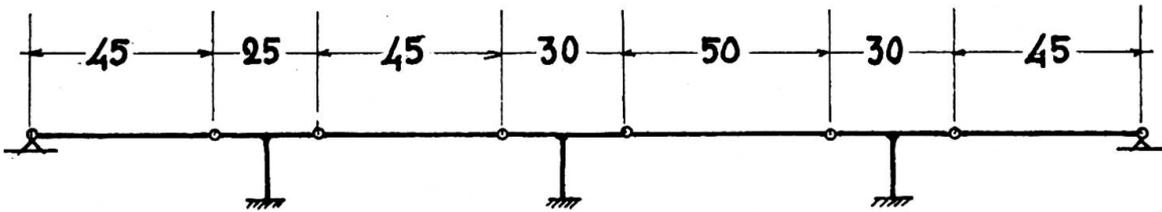


Fig. 8.3 - Statical system of the bridge.

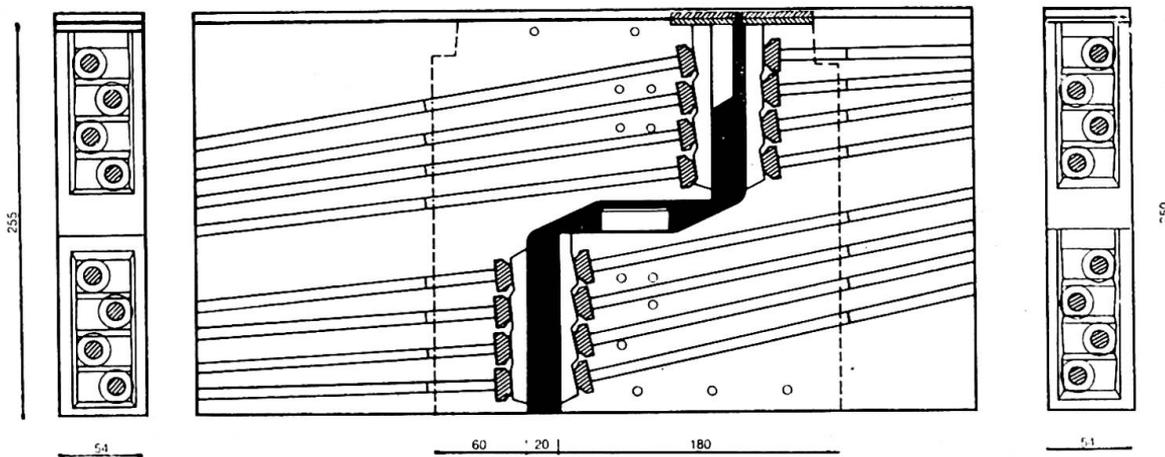


Fig. 8.4 - Details of hinge and cable-anchorage.

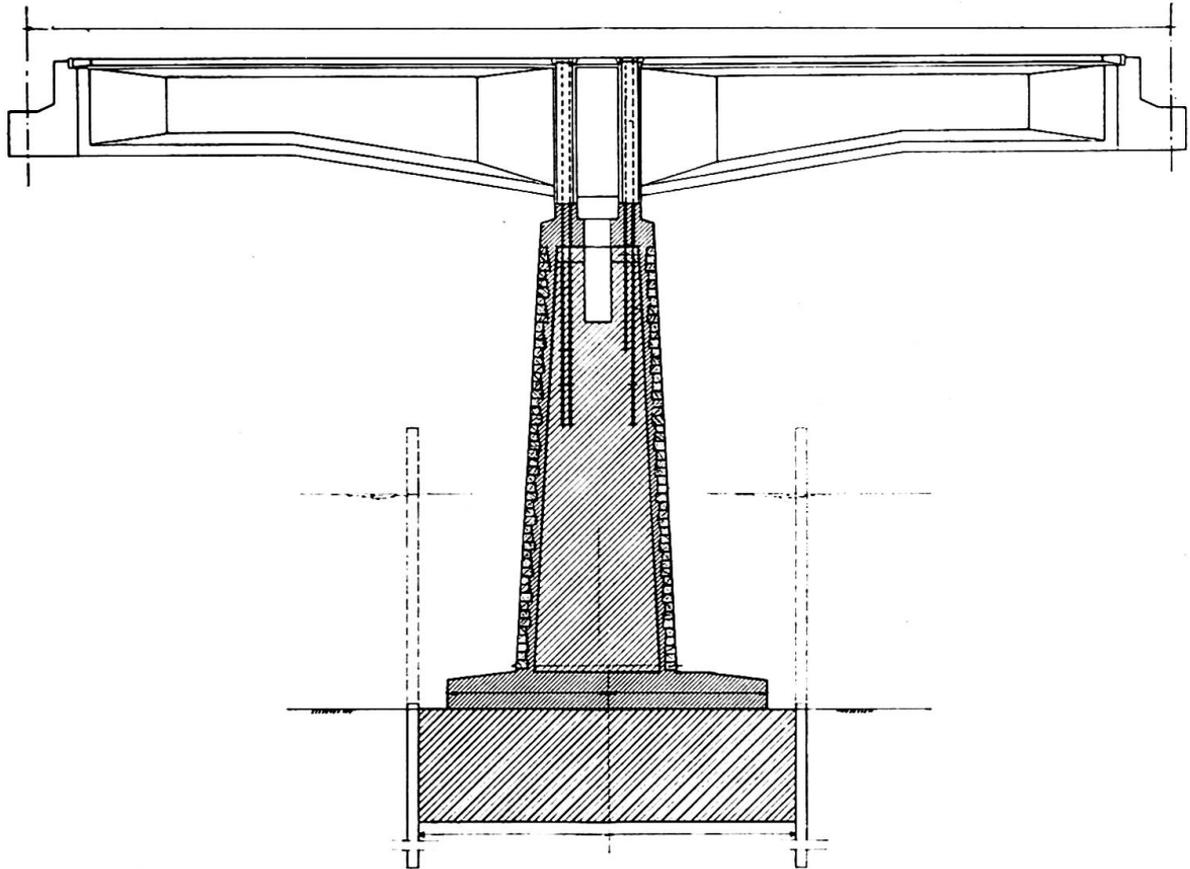


Fig. 8.5 - Cantilever on river-pier.

The cross-section of the bridge shows 9 prefabricated prestressed concrete beams (fig. 8.2). The cantilevers on the river piers have a length of 30 m and a longitudinal prestress of $8 \times 100 \text{ t} - 8 \times 40 \text{ t}$, Freyssinet system. The 100 t tendons are anchored in the ends of the beam, the 40 t tendons in the under flanges. The cantilevers on the land piers have a length of 25 m and a prestress of $7 \times 100 \text{ t}$; all tendons are anchored in the beam ends (fig. 8.4). The cantilever beams are fastened on the piers by prestressed vertical bars $\varnothing 26 \text{ mm}$ (Dywidag system) (fig. 8.5).

The beams between the cantilevers have a length of 50 m in the navigational span and of 45 m in the other spans. They all have the same cross-section; their height is 2.55 m (fig. 8.2).

The 50 m beams have a longitudinal prestress of $8 \times 100 \text{ t} - 2 \times 40 \text{ t}$ (Freyssinet); the 45 m beams $7 \times 100 \text{ t}$.

In all beams 4 tendons of 100 t end in the supporting console to help in taking the shearing force (fig. 8.4).

All beams — cantilevers and intermediate beams — are manufactured on the site in steel formwork.

The concrete was vibrated by vibrators fastened to the steel form, and has been steam-cured. The water-cement ratio was 0.40 and the cement content

375 kg portland cement A per m^3 ; the cube strength after 28 days ought to be 500 kg/cm^2 .

First the cantilever beams were mounted on the bridge piers, partly by floating cranes (fig. 8.6). In this stage only the cables for dead weight were stressed, i.e., $2 \times 100 \text{ t}$ for the 30 m beams, $1 \times 100 \text{ t}$ for the 25 m beams. Then the space between the upper flanges was filled with concrete, after which half of the transverse prestress (Freyssinet) was introduced, and finally the other longitudinal tendons were stressed. Only then the lower pressure flange between the girders was cast and all transverse prestress introduced. Then, too, were stressed the vertical bars $\varnothing 26 \text{ mm}$ (Dywidag), with which the beam is fixed to the pier.

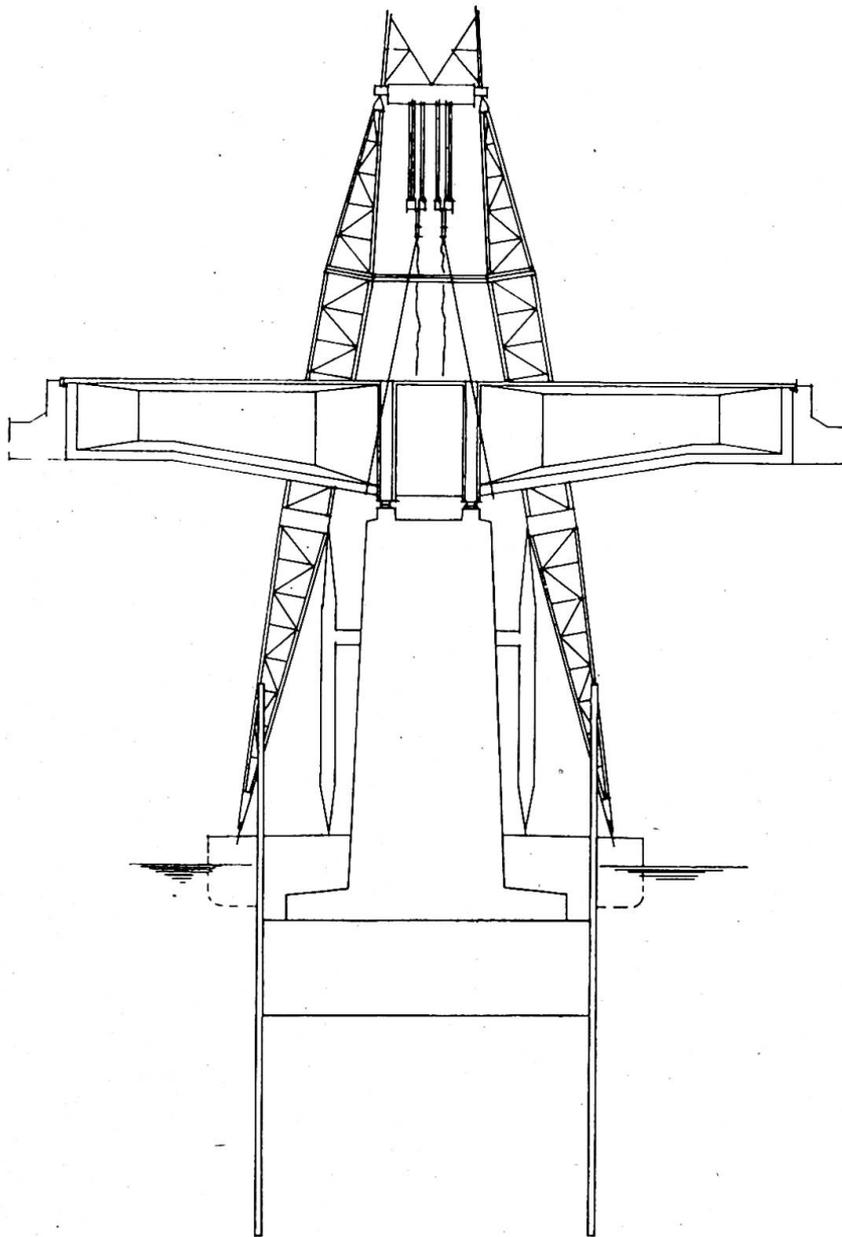


Fig. 8.6 - Mounting the cantilever-beams by means of a floating crane.

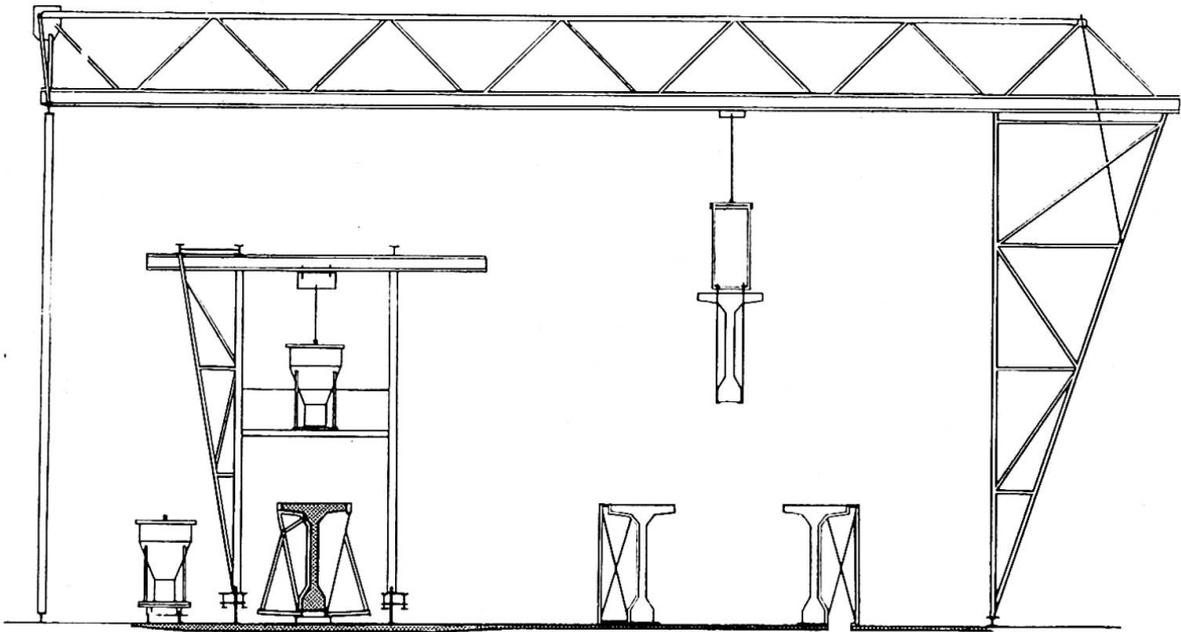


Fig. 8.7 - Casting and transportation of intermediate beams.

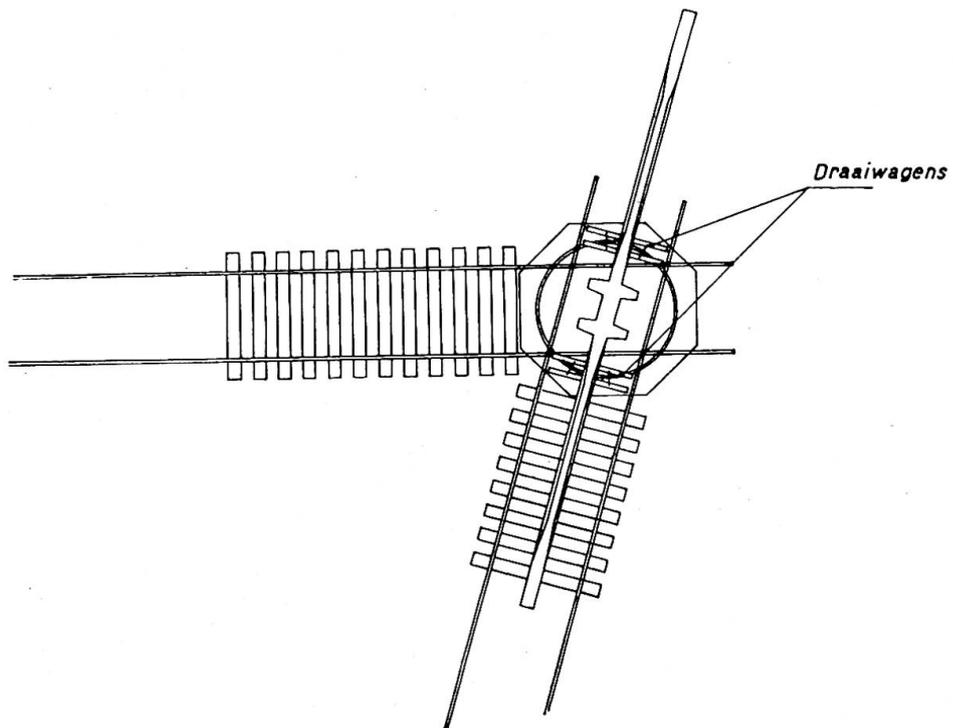


Fig. 8.8 - Turning the cantilever beams.

Now the intermediate beams are placed, also partly by floating cranes. It was important to keep on the right sequence to avoid too high stresses in the connection between cantilever and pier.

In the navigational opening a slab between the under flanges of the two extreme girders is introduced to have more resistance against impact from ships (fig. 8.2).

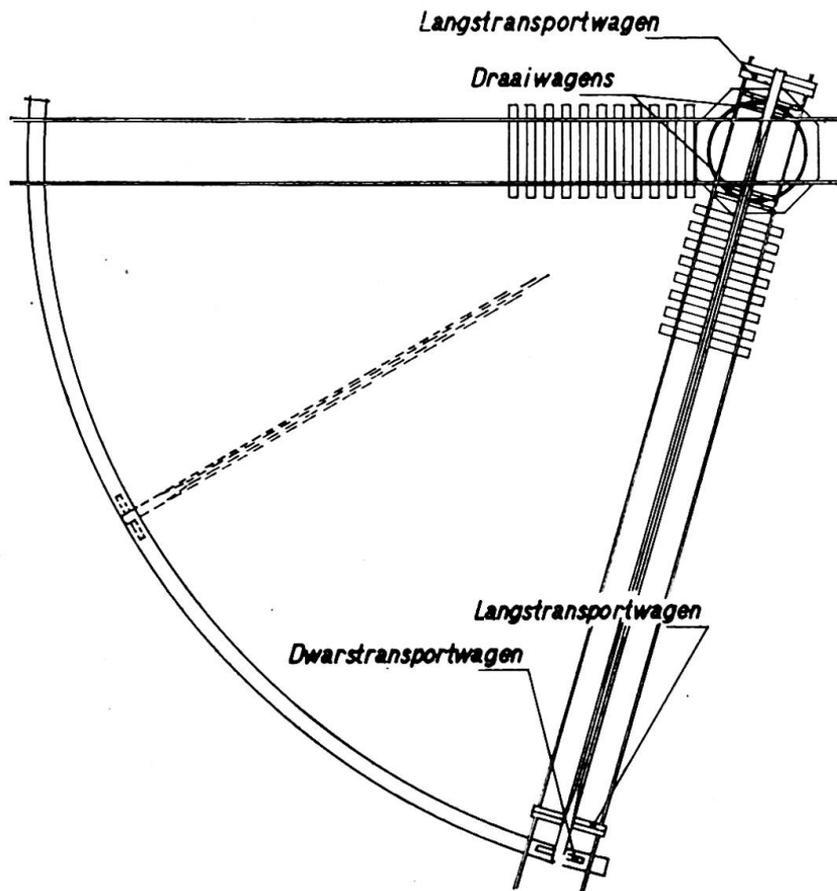


Fig. 8.9 - Turning the intermediate beams.

Fig. 8.6 shows the mounting of the cantilever beams; figs. 8.7, 8.8 and 8.9 show something of the casting, manufacture and transportation of the intermediate and cantilever beams.

The Gerber hinges consist of reinforced rubber blocks 40×50 cm for a maximum load of 146 t. Especially their low height is of great importance in Gerber structures.

The end blocks with the cable anchorages of the cantilevers and intermediate beams were prefabricated separately to be able to take extra good care of the concrete quality and place and direction of the anchorage elements, which are of great importance for such heavy anchorages (fig. 8.4).

The bridge has been opened to traffic in the summer of 1962.

9 - The Nabla girder bridge over the outlet sluices in the Haringvliet estuary

The enclosure of the Haringvliet estuary is one of the first and most important works of the so-called Delta plan, that has been conceived after the disastrous storm surge of February 1953 and that intends the enclosure of three of the four important estuaries in south-western Holland by storm- and high-water resistant dikes. It will also be of great importance for the storage of fresh water and driving back subterranean salt water for a greater part of southwest Holland (fig. 9.1).

The enclosing dam of the Haringvliet estuary is provided with big outlet sluices for the discharge of the Rhine and Meuse water and for the removal of ice.

The discharge sluices have a total length of about 1000 m and a width at the bottom of 80 m. They are provided with 17 openings, each of them with a clear width of 56.5 m and separated by 5 m wide piers. The sill depth is 5.5 m below mean sea level.

Each opening can be closed by two sector-shaped gates, one on the seaside, one on the landside. The gates are connected with hinges to hollow

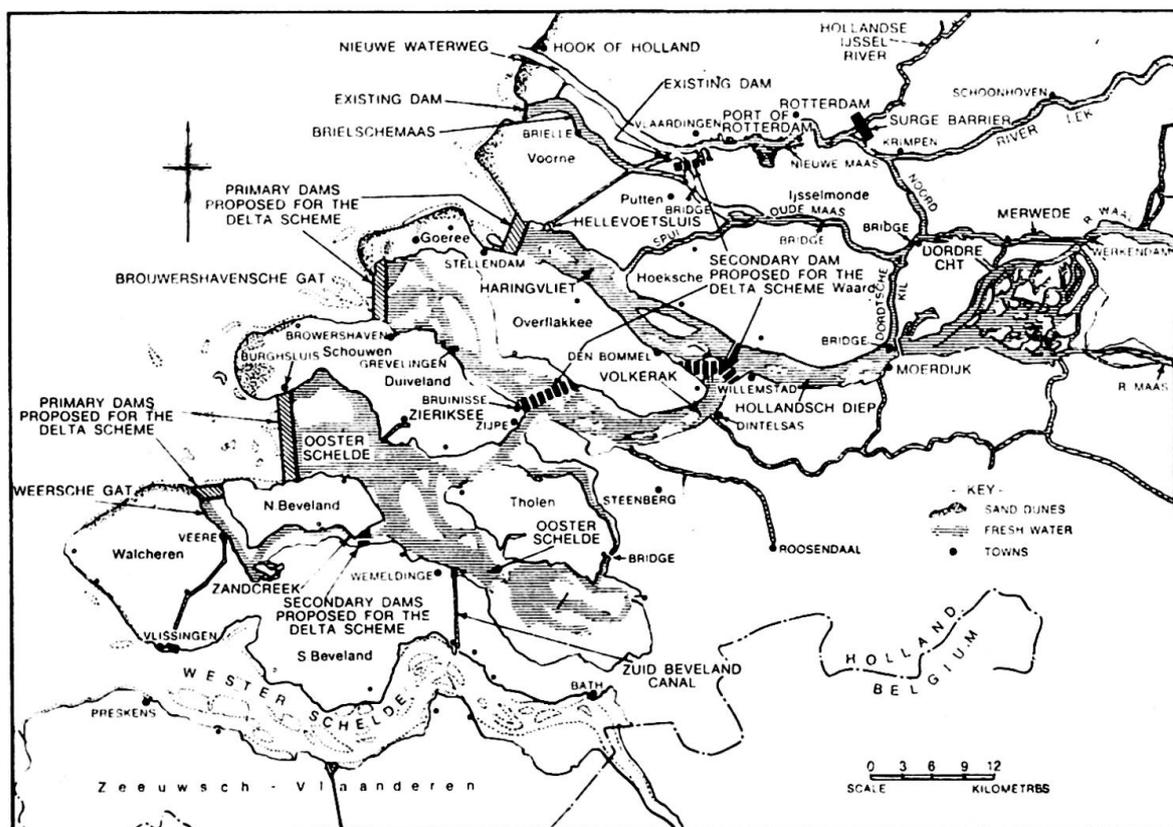


Fig. 9.1 - The Delta-plan. Main enclosing dams (planned).

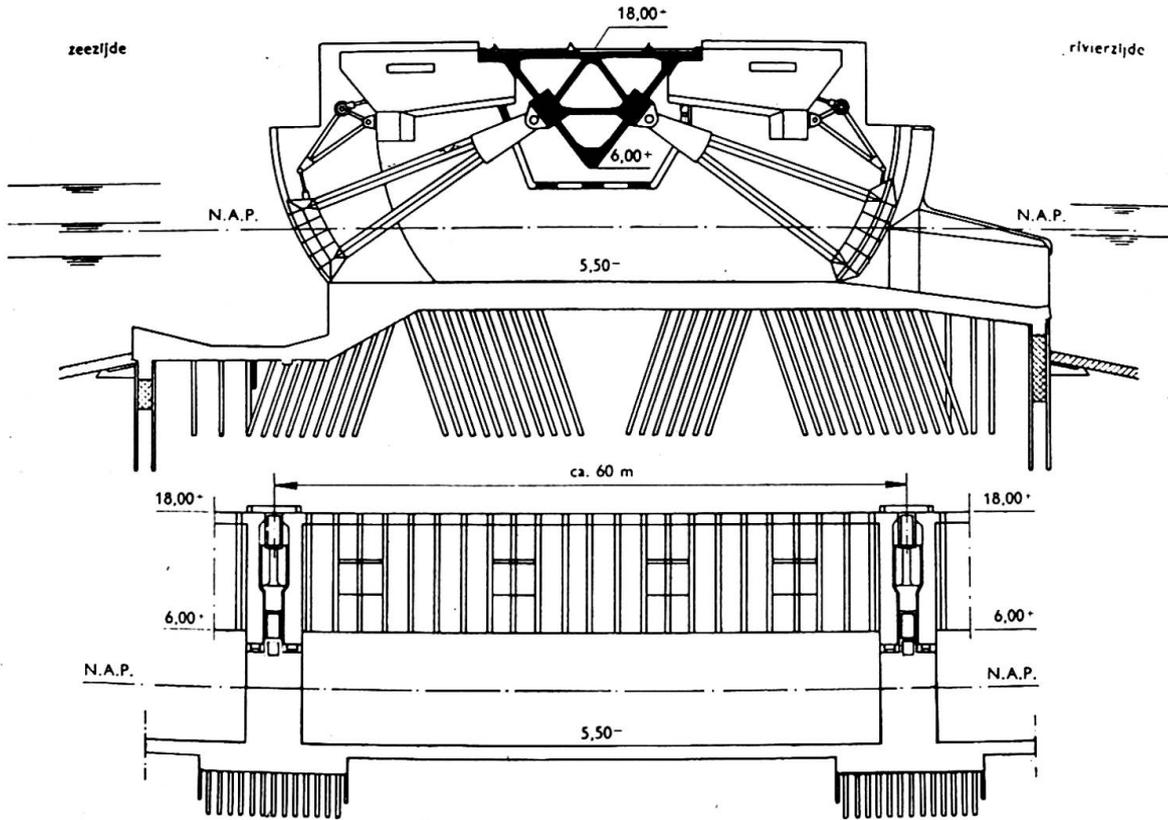


Fig. 9.2 - Transverse section of bridge, sluice gates and sill with pile-foundation; front view of bridge with piers.

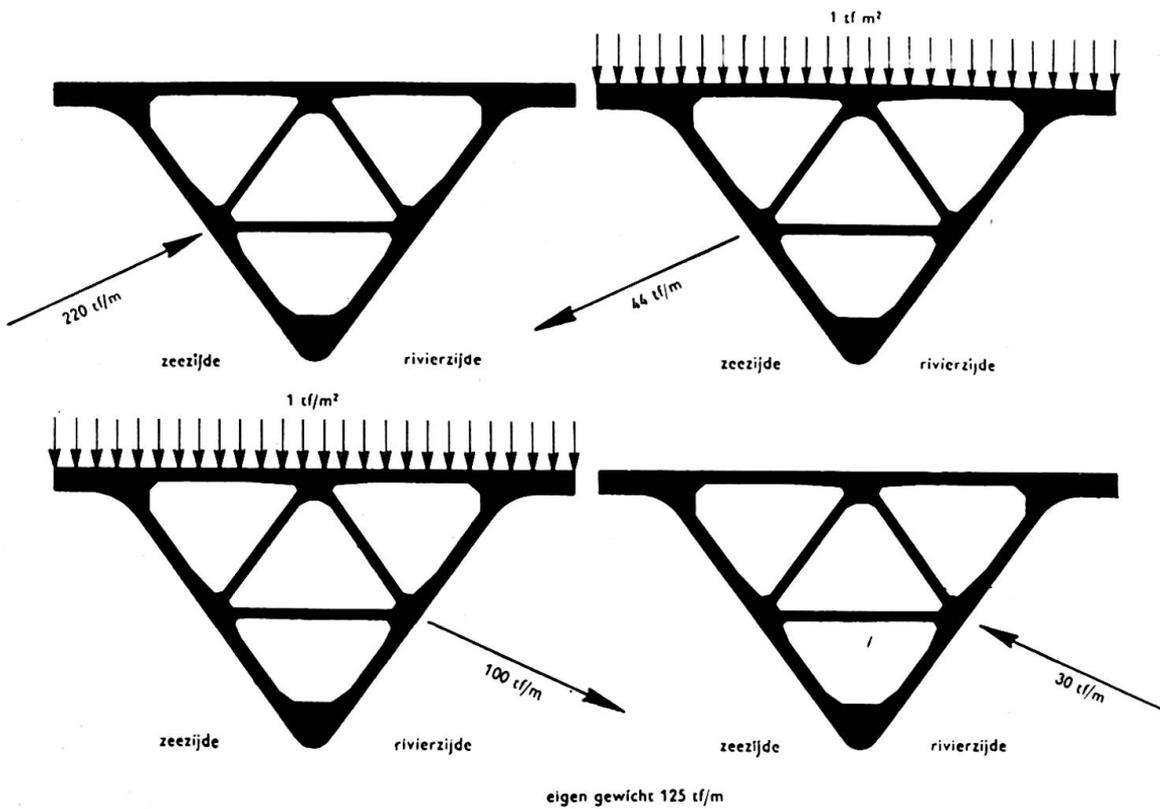


Fig. 9.3 - Bridge loadings.

box girders of prestressed concrete, which at the same time form the highway bridge over the sluices (fig. 9.2).

The cross-section of the hollow box girders is an equilateral triangle with its apex downward. Because of this form, which resembles the symbol « nabra » of an old-Egyptian stringed instrument of the same name, the girder is called Nabla-girder.

The roadway surface of the girder (width 22 m) has a height of 18 m above level; the underside of it is 6 m above level. The closed sector gates have a height of 5 m above level (= highest tide to expect once in 10,000 years, according to probability mathematics).

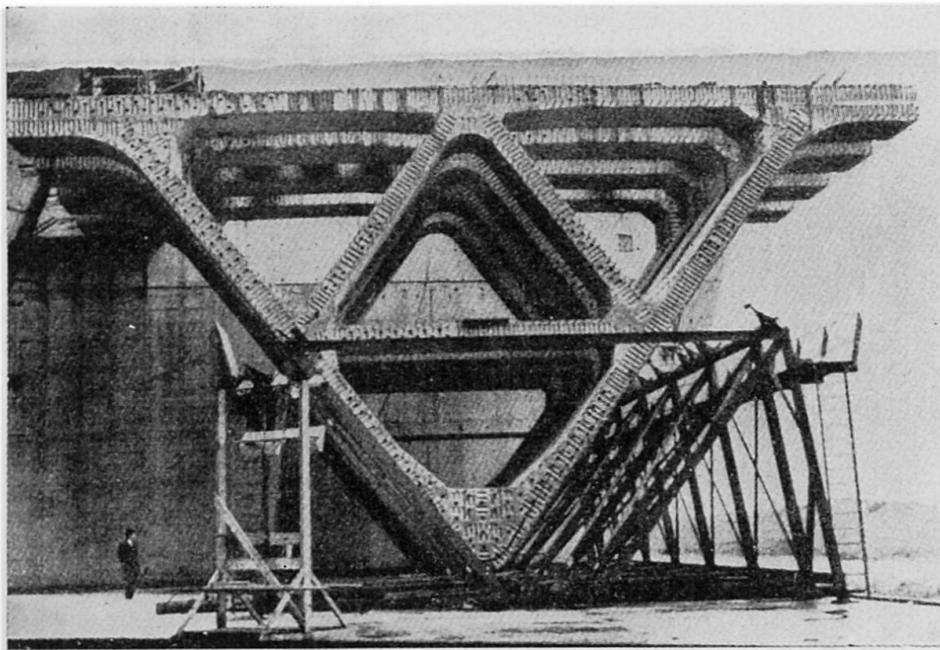


Fig. 9.4 - Storage of the elements.

The triangular box girder was designed for the following loadings (see also fig. 9.3):

- 1 - a vertical load from dead weight and traffic of 150 t/m;
- 2 - a force in sloping upward direction of 2000 t per hinge every 14 m, afterwards increased to 3200 t per hinge, caused by the gates at the seaside;
- 3 - a force in sloping downward direction of 1500 t per hinge, caused by the gates at the riverside.

Loading 1 is combined with 2 or 3. With these loading combinations there are no tensile stresses. The design safety of the structure against

cracking is at least 1.2, that against failure at least 2.2. Tests with a model in micro-concrete, also totally prestressed, scale 1 : 15, showed a safety against cracking of 1.4 and a safety against failure of more than 3.5.

Each girder contains 3500 m³ of concrete. It was almost impossible to cast this quantity in situ because of intricate and difficult formwork, casting in stages, many working joints, tight and intricate reinforcement, unequal shrinkage, unsurveyable stress distribution, etc.

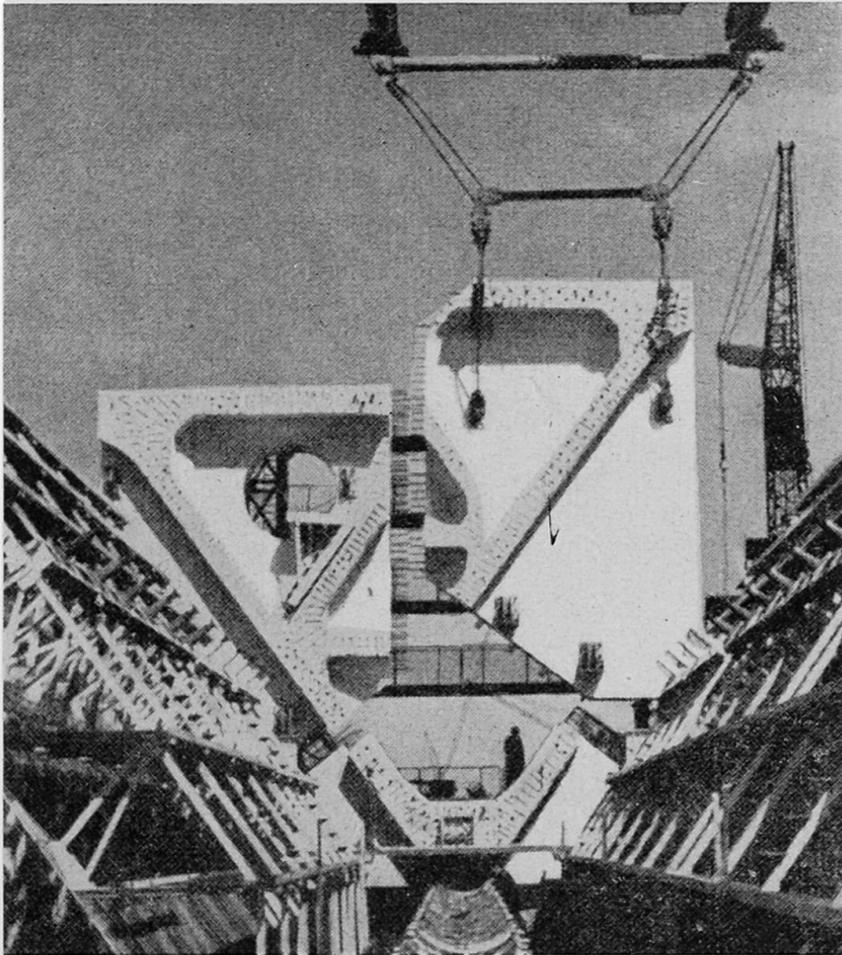


Fig. 9.5 - Placing the three parts of an end-section.

It was for these reasons that it was decided, after solid consideration, to precast the girders as triangular elements, each with a weight of 250 t.

Each girder consists of 22 prefabricated, 2 m high elements, and of 2 end sections, the latter each cast in 3 parts (fig. 9.4 and 9.5). The elements are cast in steel forms on the finished sluice sill (fig. 9.6).

For shrinkage and transportation the elements are partly prestressed by means of part of the 41.5 t Freyssinet prestressing cables, which will later constitute the transverse prestress. By means of a heavy portal-framed crane

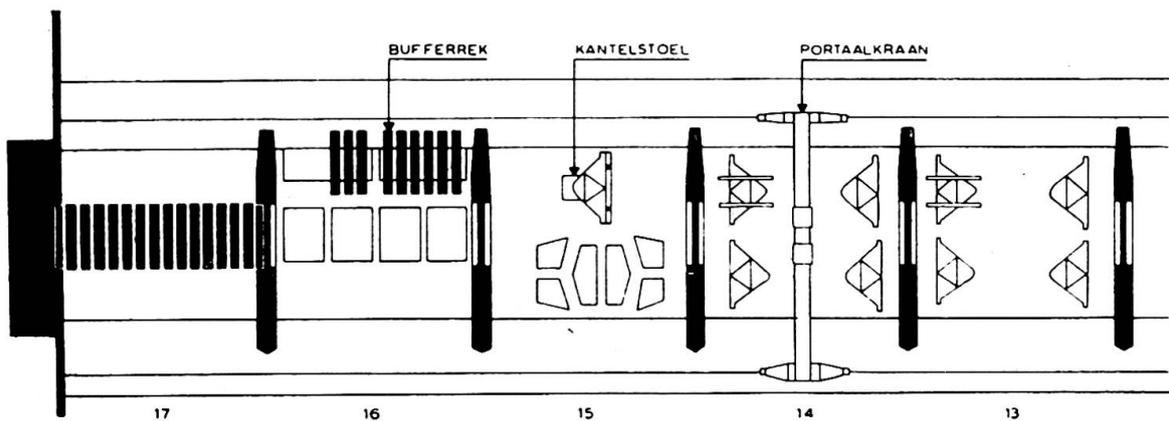


Fig. 9.6 - Prefabrication of the elements on the sluice-sill. Portaalkraan = Portal-framed crane. Kantelstoel = Tipping apparatus. Bufferrek = Store-plant.

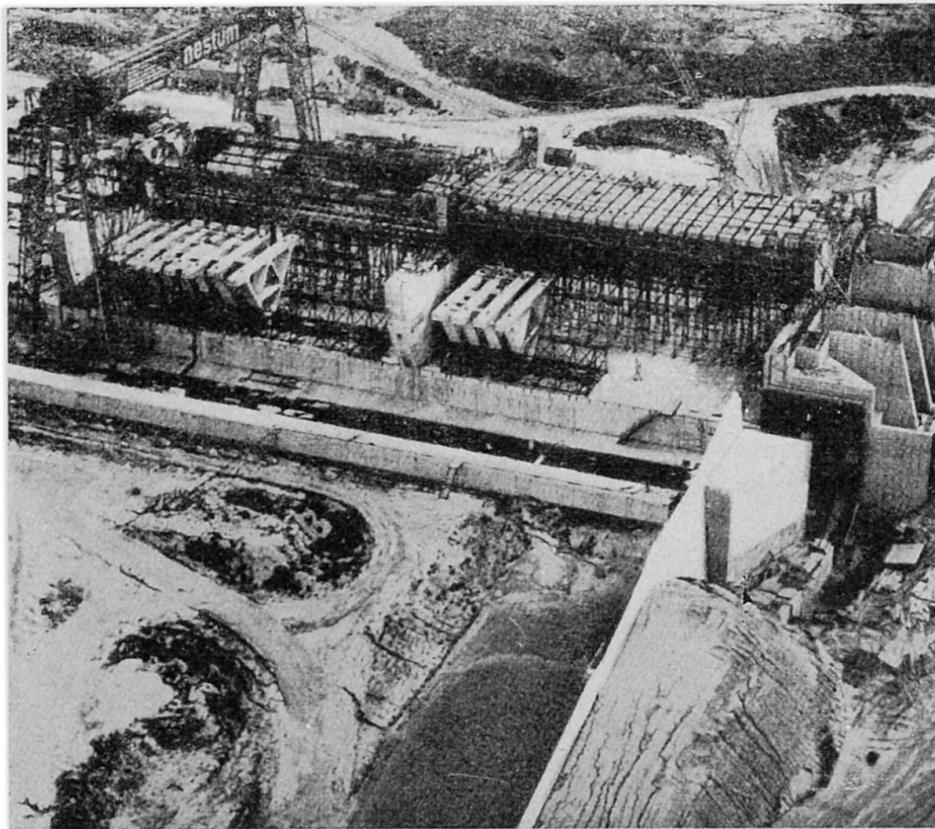


Fig. 9.7 - Placing the elements (see also fig. 9.6).

and a specially designed tipping apparatus the 250 t sections are turned in a vertical position and by the same crane they are stored in a row, till they shall be used (fig. 9.4). The sections are placed in their final position on a steel scaffolding, with an interspace of 0.50 m (fig. 9.7). The 0.50 m wide joints are filled with concrete; shortly after hardening of it the rest of the

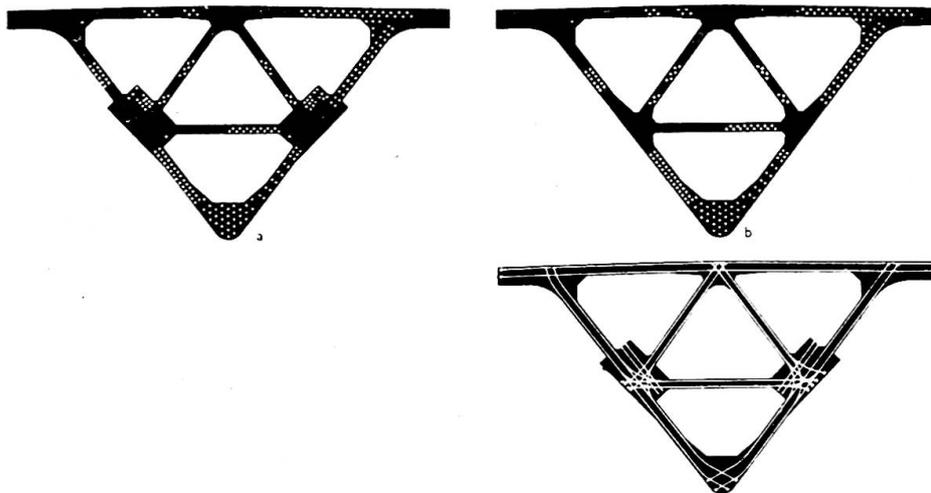


Fig. 9.8 - The prestressing cables (see also fig. 9.9). Longitudinal cables at place of hinge. Longitudinal cables between hinges. Transverse cables at place of hinge.

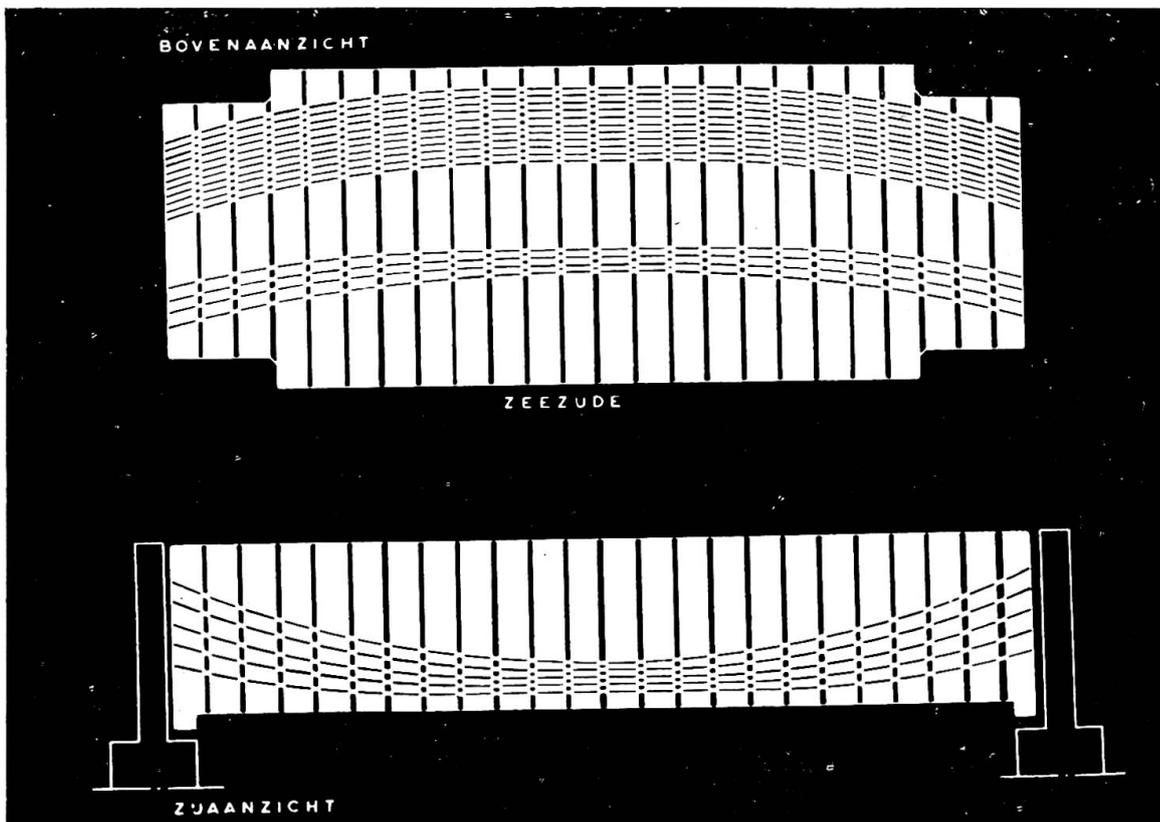


Fig. 9.9 - The prestressing cables in longitudinal direction. Bovenaanzicht = upper view. Zijaanzicht = side view. Zeezijde = seaside.

prestressing cables are brought in their tubes and the prestressing forces in longitudinal and transverse directions are gradually introduced.

The longitudinal prestressing force is introduced by means of 193 B.B.R.V. prestressing cables ($54 \text{ } \varnothing 6 \text{ mm}$), each cable with a working force of 135 t. The transverse prestress is introduced by means of 1500 Freyssinet

cables $12 \text{ } \varnothing 7 \text{ mm}$ per girder (remaining prestress 14.5 t per cable). See also figs. 9.8 and 9.9. As soon as the dead weight can be carried by the prestress, the whole girder is lifted a little by hydraulic jacks so that it comes free from its supporting scaffolding and this can be removed.

The joints are not prestressed directly in the transverse direction, but further transverse prestressing of the slices introduces also transverse prestress in the concrete of the joint.

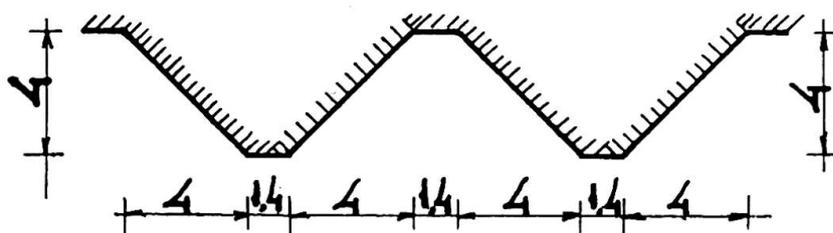


Fig. 9.10 - The joint surface.

It was feared that the joints might form an important weakening of the structure, particularly where the new joint concrete touches the old concrete of the precast section. Many joint surfaces have been tested; the best proved to be triangular ribs with such dimensions that they were able to include the biggest gravel pellet (fig. 9.10).

The girder is supported by rubber blocks reinforced with steel plates: 6 blocks of 1 m^2 each for the vertical loads and 6 blocks of 1 m^2 each for the horizontal loads.

Finally some quantities are given:

For the whole work must be cast $450,000 \text{ m}^3$ of concrete with 52,000 t of reinforcing steel. The foundation contains about 22,000 reinforced concrete piles with a total length of about 300,000 m. The amount of prestressed concrete is $60,000 \text{ m}^3$, the quantity of prestressing steel 4,100 t. The sheet-piling is 24,000 t in weight.

10 - Tunnel sections

The sections of the highway tunnel under the river Nieuwe Maas in Rotterdam (building period 1938-1942) were prefabricated in a dry dock, floated to their destination and sunk in place. Descriptions of this tunnelling job appeared in many technical papers.

The sections of the subway tunnel in Rotterdam (fig. 10.1), now under construction, are also cast in dry docks or specially excavated building docks, and this time prefabrication was much more thoroughly applied than in 1940. The tunnel sections, varying in length between about 60 and 90 m,

are divided into uniform parts of 15 m, cast one after another and connected, if necessary for curvature, by wedge-shaped insertion pieces. So the same steel formwork is used several times (30 to 40), what makes it a very attractive prefab-job.

There are three building docks, one for the river section and two for the land sections. The dock for the river sections will afterwards be used for

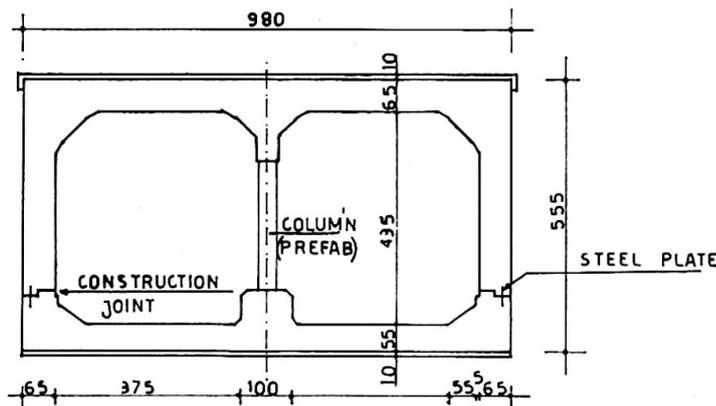


Fig. 10.1 - Cross-section of subway tunnel element Rotterdam.

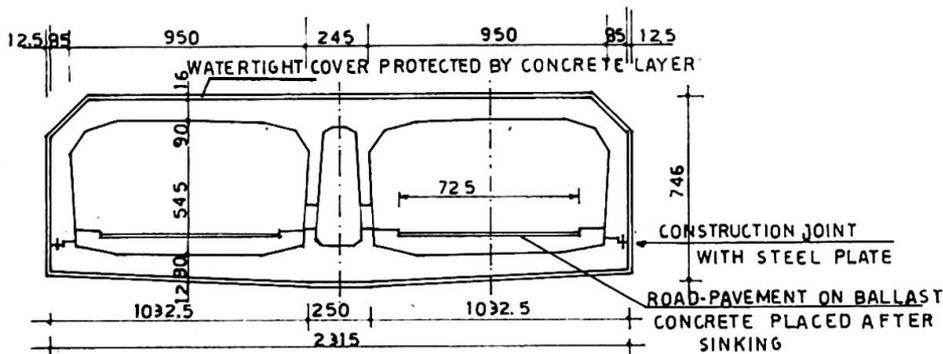


Fig. 10.2 - Cross-section of highway tunnel element Amsterdam.

the sections of the future highway tunnel, too. The sections are floated to their place and sunk on a pile foundation with adjustable pile caps. A description of this tunnel will soon appear in the technical papers.

Several other parts of the tunnel and subway stations are prefabricated description of this tunnel will soon appear in the technical press.

The under-water sections of the Amsterdam highway tunnel (fig. 10.2), also under construction now, are prefabricated in a similar manner, but here wooden formwork on steel shuttering is used (instead of the all-steel scaffolding in Rotterdam); the 6 tunnel sections have equal lengths of 90 m and are not curved in plan. They are built in an excavated dock, in which the sections of another tunnel in Amsterdam, also under construction now, will afterwards be built.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Neueste Ergebnisse der Vorfertigung von Stahlbeton- konstruktionen in Ungarn ¹⁾

*Résultats récents dans le domaine de la préfabrication des ouvrages en
béton armé en Hongrie*

Recent Results in Prefabricated Reinforced Concrete Structures in Hungary

I - Tiefbaukonstruktionen

1 - Wasserbehälter

Sämtliche Wasserbehälter aus Fertigteilen wurden in Ungarn nach dem Spannverfahren von Gnädig-Thoma gebaut. Als Beispiel soll hier einer, der auf einem Lössboden in Pécs erstellten Wasserbehälter mit einem Fassungsvermögen von 10,000 m³ behandelt werden (Bild 1). Entwurf: B. Gnädig und D. Szöcsik, Mélyépterv.

Die im Plan gezeigte Grundplattenlösung wurde wegen des Lössbodens gewählt. Die Ausführung lief folgendermassen ab. Nach Beendigung der Erdarbeiten wurden zunächst die kreisförmigen Bodenbalken gebaut, danach stellte man wegen der Durchnässung — mit Ausnahme der zum Abgang des Kranes benötigte Stelle — den Unterbeton fertig.

Die Montage des Behälters verlief von innen nach aussen. Vorerst wurden die zwei mittleren Stützenreihen und die Dachelemente, danach die äussere Stützenreihe und die Dachelemente versetzt (Bild 2). Darauf folgend betonierte man die konische Grundplatte und den Rundbalken, der die Seitenplatte abstützt. Um die Kriechspannung auf ein Mindestmass zu verringern, liess man beim Betonieren des Rundbalkens Arbeitsfugen aus.

Nach beendetem Betonieren des Rundbalkens wurden die 94, unten 25 cm oben 20 cm dicken Bogenwandplatten montiert. Die Seitenwandplatten wurden gegen den bereits fertiggestellten inneren Rundbalken abgestützt. Um das Biegemoment, welches in den Seitenwänden aufritt, so niedrig als irgend möglich zu halten, wurde während des Bauens dafür gesorgt, dass die Wandplatten nicht mehr als um 1,0 cm vom theoretischen Kreis abweichen (Bild 3).

¹⁾ Von Prof. Dr. Ing. Dr. Techn L. Palotás und Dipl. Ing. L. Makk - Budapest.

Nun wurden die Fugen zwischen Seitenwand und Dachelementen einbetoniert und nach Abdichtung der Decke wurde die Dachbelastung aufgebracht. Die Arbeitsfugen der Grundplatte hatte man erst betoniert nach dem die Bodensetzung beinahe beendet war.

Nun wurden die mit dem Wasser in Berührung kommenden Innenflächen

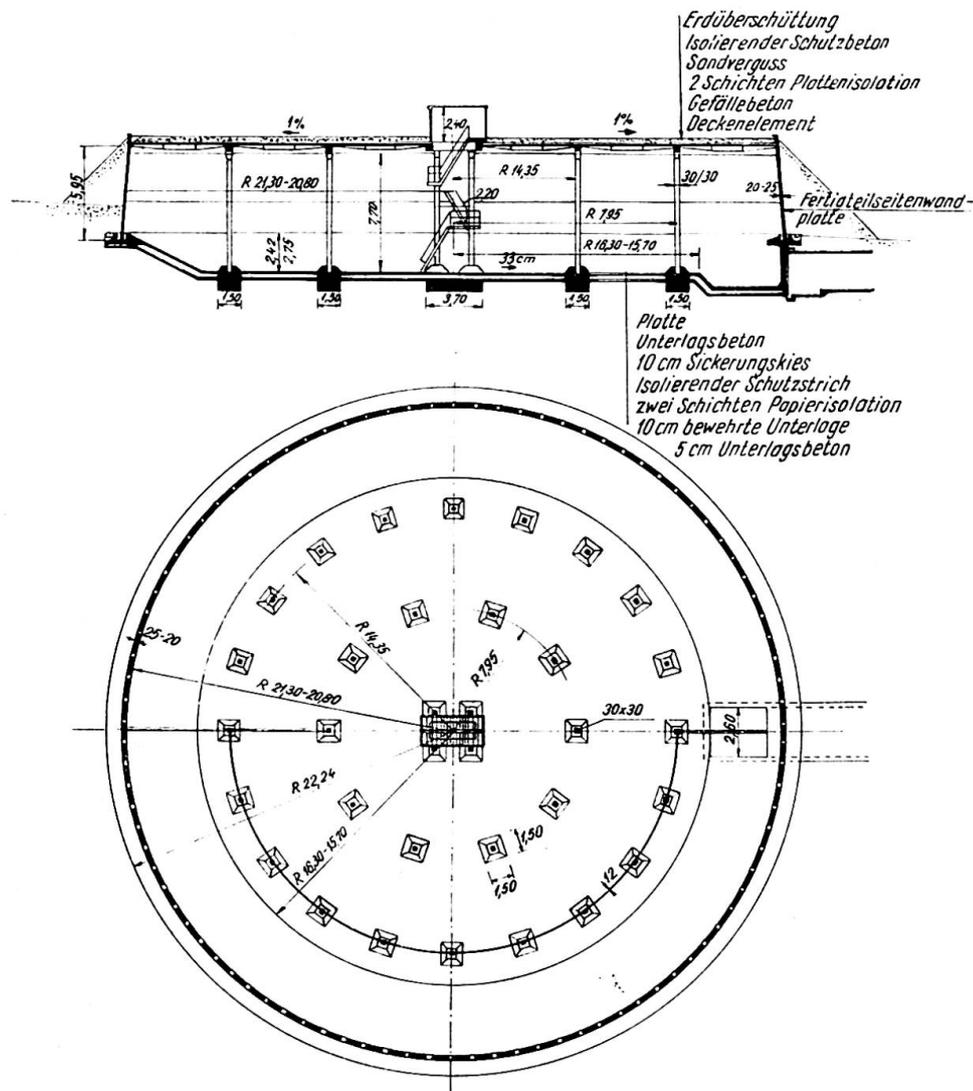


Bild 1 - Pläne der 10,000 m³ Wasserspeicher von Pécs.

mit drei, 5 cm starken, wasserundurchlässigen Torkretmörtelschichten verputzt. Zwischen dem Aufbringen der einzelnen Schichten liess man etwa 24 Stunden verstreichen. Die Putzschichten vom Wandinneren auswärts wurden der Reihe nach aus Zementen 440,510 bzw. 690 kg/m³ bereitet, die etwa der Güteklasse Z 275 entsprachen.

Nach Beendigung dieser Arbeiten wurde die Wand spannungsfrei mit 5 Ø Spanndrähten der Güteklasse 150.15 KB bewickelt. Nach jedem vierten Kreis wurden die Drähte durch Magnel'sche Sandwichplatten verlängert.

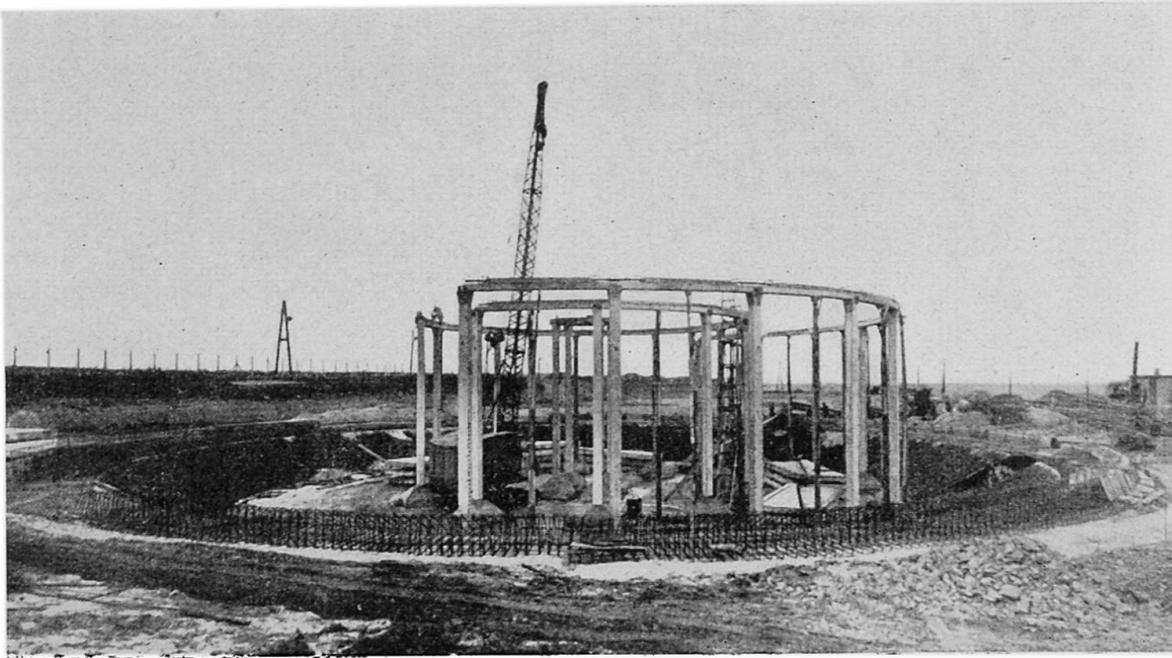


Bild 2 - Montage der dazwischenliegenden Stützen und Dachelemente.

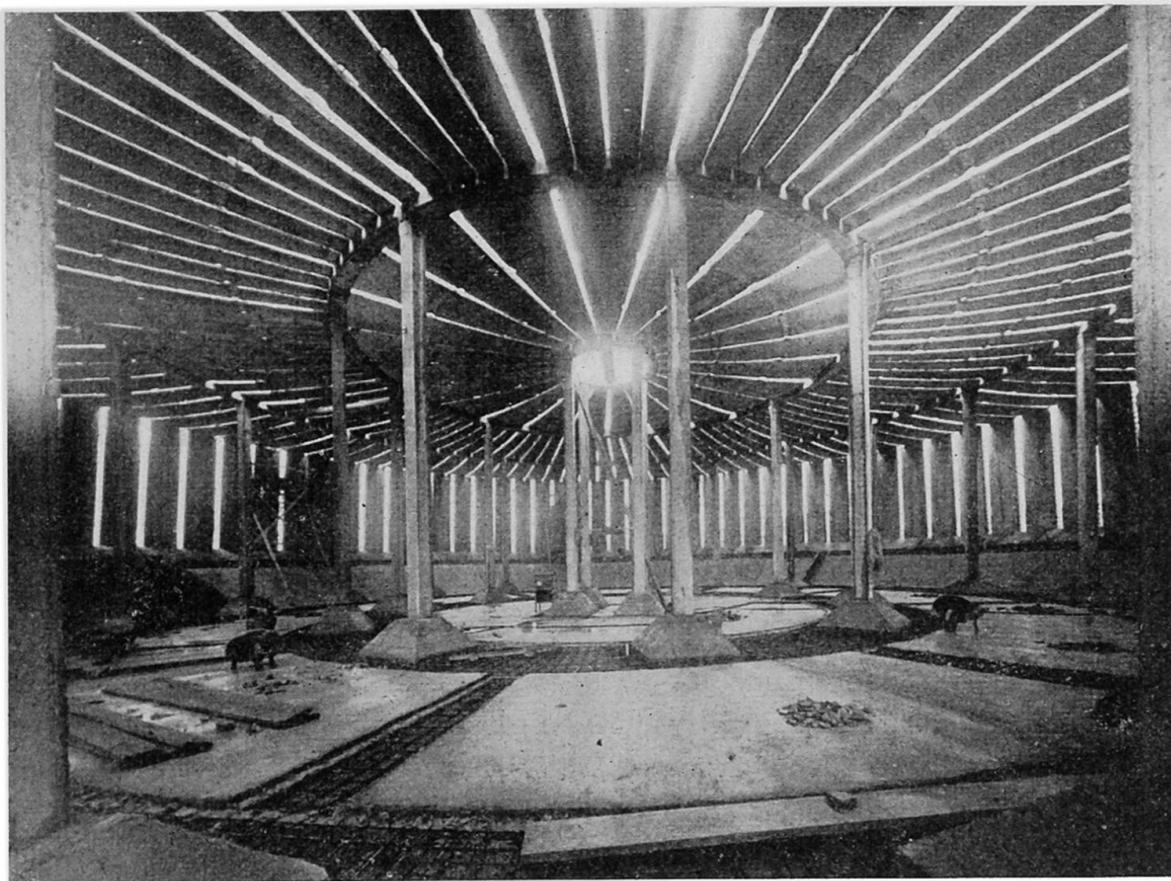


Bild 3 - Der Behälter von dem Betonieren der Fugen.

Auf der Seitenwand befinden sich 36×4 Stück Spanndrähte, und diese muss man an der konischen Seitenwand von der spannungsfreien Lage um h cm am Kegel mit Neigungswinkel $\text{tg}\alpha$ nach unten schlagen, damit in den Drähten oben die Grenzspannung eintritt.

Der Spannungsmethode Gnädig-Thoma hafteten anfangs Schwierigkeiten an, die auf folgende Ursachen zurückgeführt werden können:

- a) Betongüte, Betonierung der Fugen und Bereitung des wasserabdichtenden Verputzes liessen zu wünschen übrig.
- b) Die Güte des Stahldrahtes war nicht gleichbleibend, seine Grenzspannung lag hoch.
- c) Die Spannungsmessung war unsicher.
- d) Stoffgüte und Bearbeitung der Verankerungs- und Ansatzglieder waren nicht zufriedenstellend, was ein Gleiten der Kabel verursachte.

Die ecksteife Verbindung der Seitenwände mit der Bodenplatte erwies sich als nicht unter allen Umständen zweckmässig.

Diese Schwierigkeiten sind aber bereits überwunden.

2 - Wassertürme

Auf dem Gebiet der kreissymmetrischen Turmkonstruktionen hat in den letzten Jahren die patentierte, neue, ungarische Gleitschalungsbauweise von J. Thoma — Mélyépterv — alle anderen Baumethoden in den Hintergrund gestellt. Dies lässt sich auf wirtschaftliche und ästhetische Gründe zurückführen. Es kam aber auch vor, dass diese Bauart mit der Vorfertigung kombiniert wurde.

Ein schönes Beispiel hierfür bietet der 100 m^3 Wasserturm von Aszód. Bei der Planbearbeitung hat sich der Gestalter, Gy Mårkus — Mélyépterv — das Ziel gesetzt, soweit als möglich an Baustoff zu sparen und eine schnell ausführbare und in ästhetischer Hinsicht befriedigende konstruktive Lösung zu finden. Die Konstruktion hat 3 Hauptteile (Bild 4):

- a) eine monolithische $6,0 \text{ m}$ \varnothing Grundplatte,
- b) eine mit Gleitschalung erbaute 2 m \varnothing Stahlbeton-Spindelmauer,
- c) aus Fertigteilen zusammengestellte Träger.

Von der ganzen Konstruktion wurde nur der Behälter in der Montagebauweise ausgeführt; das Gewicht desselben wird von einer Spindelmauer getragen und an die Grundplatte übergeben. Der innere Durchmesser der Spindelmauer beträgt 2 m , seine Wanddicke 14 cm . Der Behälter besteht aus zwei kegelförmigen Fertigteilschalen. Der umgekehrte, abgestumpfte Kegel, der den Wasserspeicherraum bildet, stützt sich mit seinem Kreis kleineren Durchmessers auf die Spindelmauer. Durch diese äusserst günstige Durchbildung

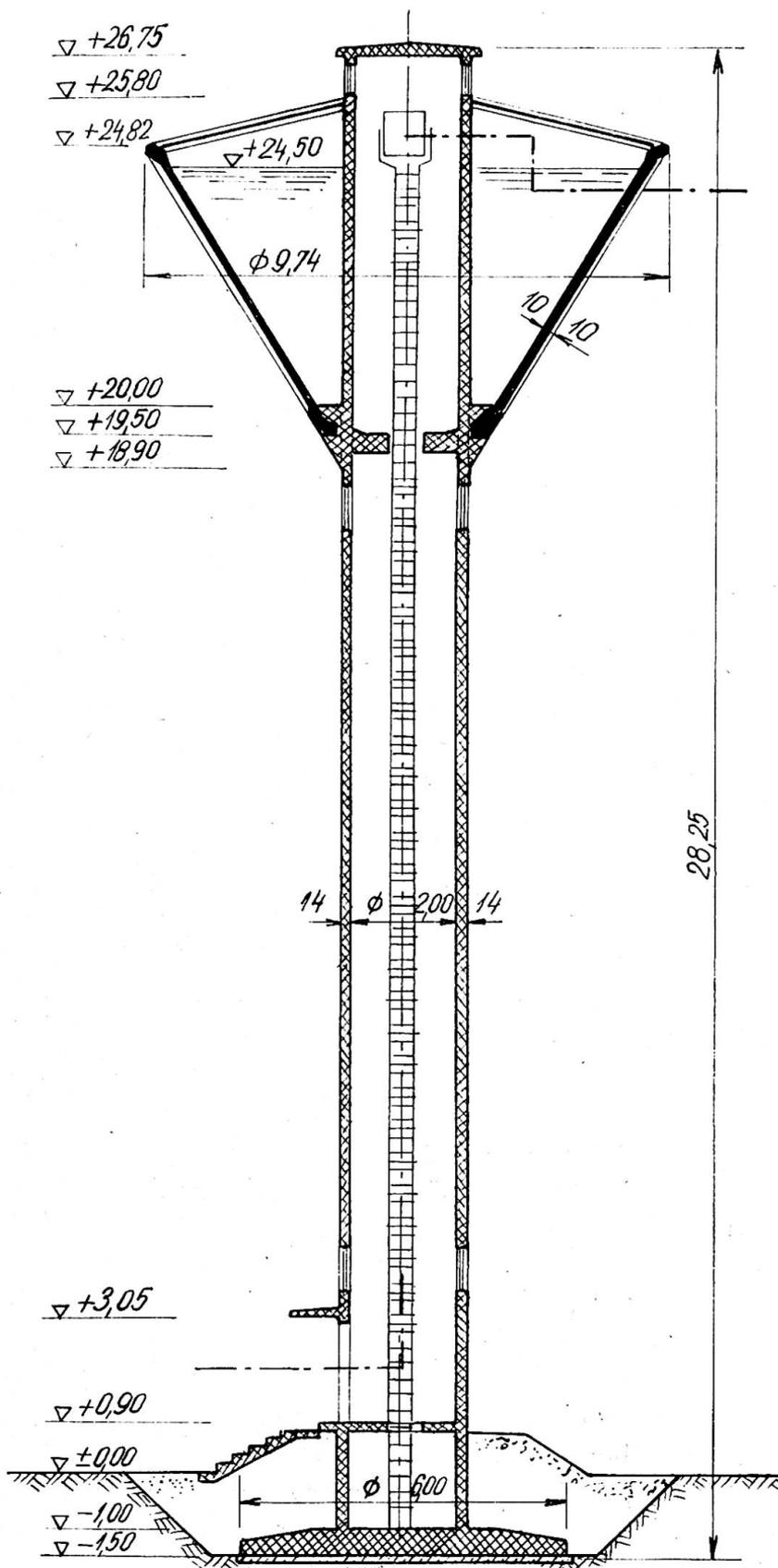


Bild 4 - Längsschnitt des 100 m³ Wasserturms von Aszód.

liess es sich erreichen, dass die Ringkräfte entlang der Erzeugenden praktisch gleich wurden und der Raum konstanter Dicke überall gleich gut ausgenutzt ist.

Der Behälter wurde aus 12 trapezförmigen, je 3 Mp schweren Bogenplatten und aus einer gleichen Zahl je 600 kp schwerer Betonrippenplatten montiert. Das Interessante bei dieser Lösung war, dass der Behälter, dessen Gewicht etwa 600 Mp beträgt, auf der Erde gebaut und nach Erhärten des Fugenbetons (Bild 5) unter Einsatz von 25 Mp Flaschenzügen, die sich auf die Spindelmauer aufstützen, mit Hilfe von drei 5 Mp Handwinden in die Einbauhöhe gehoben wurde. Ein jedes Teil wurde einzeln angefasst, das Gewicht von vier Elementen wurde unter Zwischenschaltung einer Doppelwippe auf einen Flaschenzug übertragen. Das untere Glied des Flaschenzugs

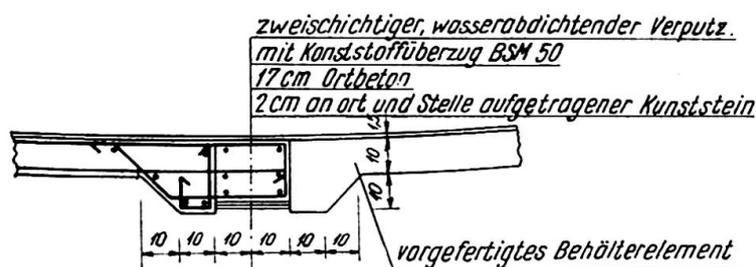


Bild 5 - Verbindung der Fertigteile.

befindet sich in der Höhe der Dachdecke, während das obere Glied in eine, den Flaschenzug tragende, drillierte Konsole eingebaut wurde, die an der Dachdecke des Spindels angebracht ist (Bild 6, Bild 7).

Die Wasserundurchlässigkeit des Behälterbetons besorgte ein Kunststoffüberzug BSM 50, welcher auf einen zweischichtigen, wasserdichten Portlandzementmörtelverputz aufgetragen worden war. Auf die Dachelemente hatte man einen 4 cm starken Schwammziegelüberzug aufgetragen und deckte diesen mit einer verzinkten Stahlplattenhaut ab. Der Wasserturm hat die Form eines Kelches und lässt auf der Aussenseite der Fassade den Strukturaufbau und die Verbindung der Fertigteile hervortreten.

3 - Fertigteilbrücken

Von unseren Fertigteilbrücken möchte ich die neue Brücke im Überschwemmungsgebiet der Theiss in Szolnok beschreiben.

Diese Brücke wurde anhand des Umbauens der alten Theiss-Brücke und der, das Überschwemmungsgebiet überquerenden Strasse erstellt.

Sie besteht aus 15 gleichförmigen Feldern, deren Spannweite je 15,70 m beträgt, und aus über den Böschungen sich an diese anschliessenden Konstruktionen mit der Spannweite von je 10 m. Die einzelnen Felder sind durch an

Bild 6 - Montierter Behälter
vor dem Heben.

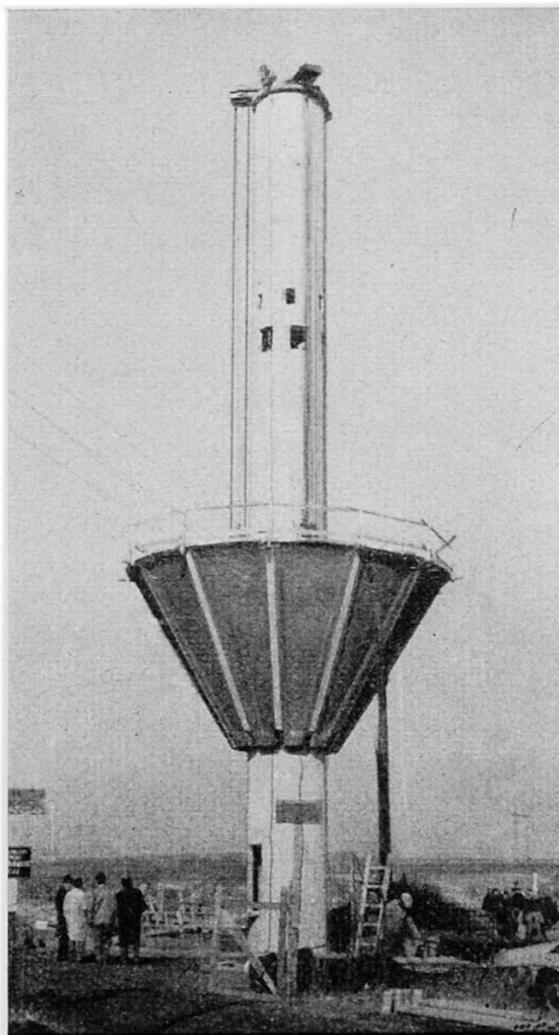
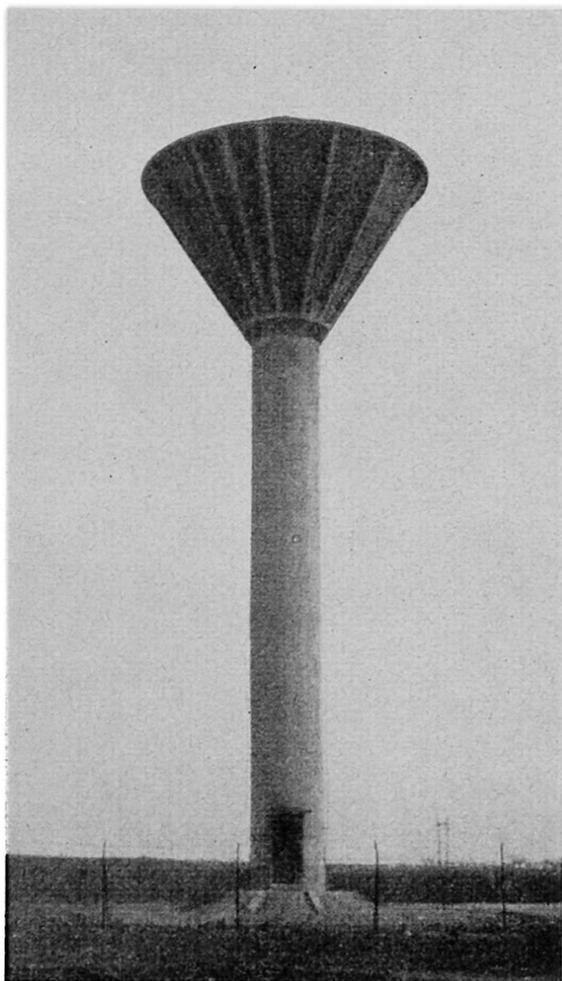


Bild 7 - Ansicht des fertiggestellten
Wasserturms.

zwei Stützen gelagerte Konstruktionen überspannt, die beiden äusseren derselben sind monolithische Stahlbetonplatten mit Kapelle, während in den Feldern, deren Spannweite 15,7 m beträgt, je 8 nachgespannte, vorgefabrizierte Hauptkastenträger versetzt wurden (Bild 8).

Die einzelnen Hauptträger bestehen aus zwei Endelementen und drei dazwischenliegenden Teilen (Bild 9). Die 4. bzw. 6 Mp wiegenden Teile wurden in einem, auf der anschliessenden Teilstrecke installierten Werk auf Rütteltischen hergestellt. Die fünf Elemente eines Hauptträgers konnten gleichzeitig fabriziert werden, die Zeitdauer eines Herstellungszyklus betrug

24 Stunden. Nach dem Betonieren erhielten die Elemente eine Dampfbehandlung die sie instand setzte, den Transport zur Lagerungstätte ohne Schaden zu ertragen.

Die Teile wurden mittels einer 3,5 cm starken Mörtelschicht miteinander verbunden, Montage und Vorspannen erfolgten an einer Stelle nahe dem Brückenkopf. Zu diesem Zweck wurden 4 Spannbetten errichtet. Zusammenstellung, Spannen und Injektieren nahmen im Mittelwert eine Woche in

Querschnitt in den dazwischenliegenden Feldern.

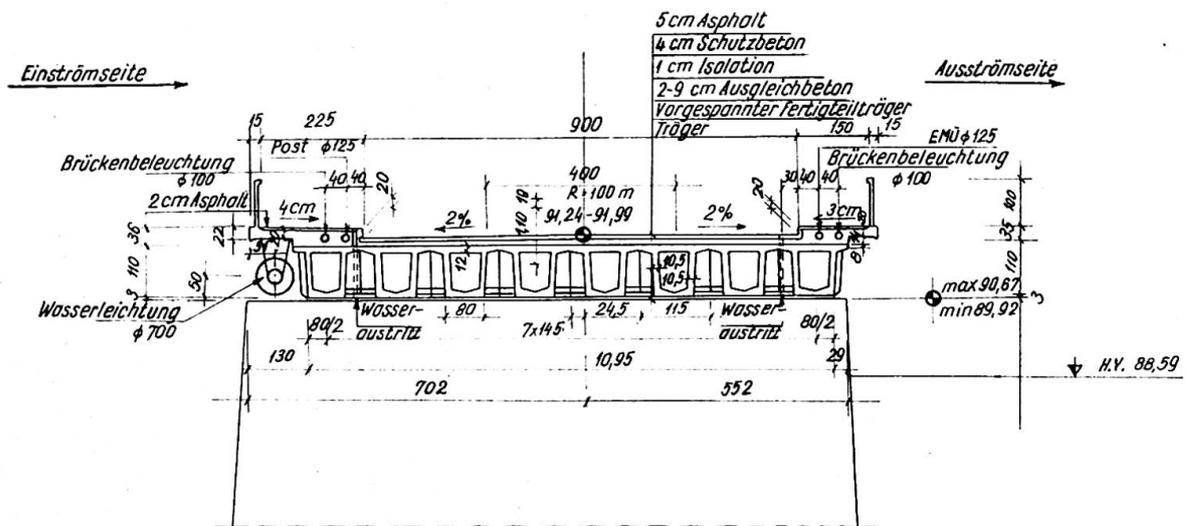


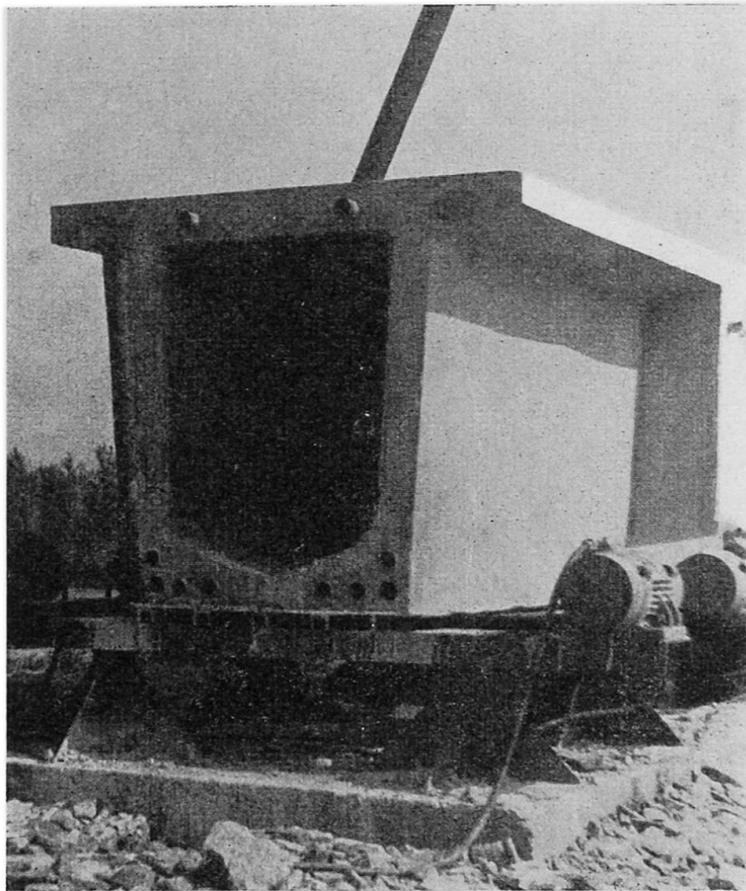
Bild 8 - Querschnitt der Fertigteilbrücke.

Anspruch. In einem jeden Träger befinden sich 8 untere, gerade, bzw. aufwärts gebogene, aus je 18 5 mm \varnothing Drähten und zwei obere, aus je 6 Drähten bestehende Kabel.

Das Versetzen der 26 Mp wiegenden Hauptträger wurde mit einer im Bild 10 gezeigten Hebevorrichtung durchgeführt. Die Träger wurden auf einer schmalspurigen Bahn von hinten an die Hebevorrichtung herangefahren, einige cm hoch gehoben und auf zwei Laufkatzen aufgehängt nach vorn transportiert und dann herabgelassen, bis die endgültige Einbauhöhe erreicht war. Zum senken auf etwa 1,5 m zog man Zerstörungshaspeln heran, als Reserve waren je eine Kettenaufzugsrolle eingesetzt. Die quergerichtete Bewegung der Träger auf den als Gleitschuh fungierenden Schienen wurde ebenfalls mit Hilfe von Zerstörungshaspeln bewerkstelligt. Die Umstellung der auf drei Stützen gelagerten Hebevorrichtung in ein neues Montagefeld erfolgte in der Weise, dass man die vordere Abstützung beseitigte und die zwei hinteren Abstützungen auf Roliwagen aufgesetzt die Hebevorrichtung vorwärts schob.

Die Hauptträger wurden, beim End- und den dazwischenliegenden

Bild 9 - Fertigteile.



Querbalken mit je 4, aus 18 Stück 5 mm \varnothing Drähten bestehenden Kabeln in Querrichtung zusammengespant.

Das Seitengefälle der Fahrbahn kam durch den, auf den Hauptträgern aufgebrauchten Ausgleichbeton veränderlicher Stärke zustande. Auf diesen wurde dann die dreischichtige bituminöse Blankplatten-Isolation, der Schutz-

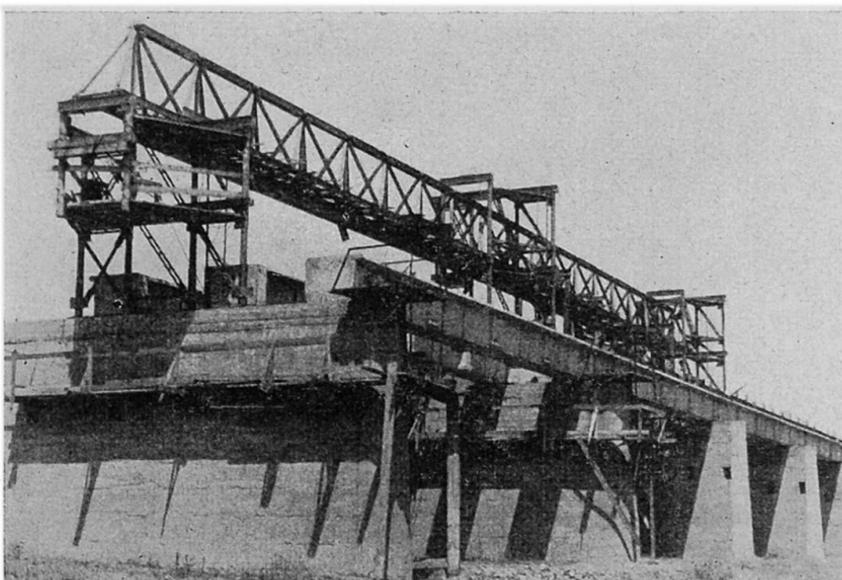
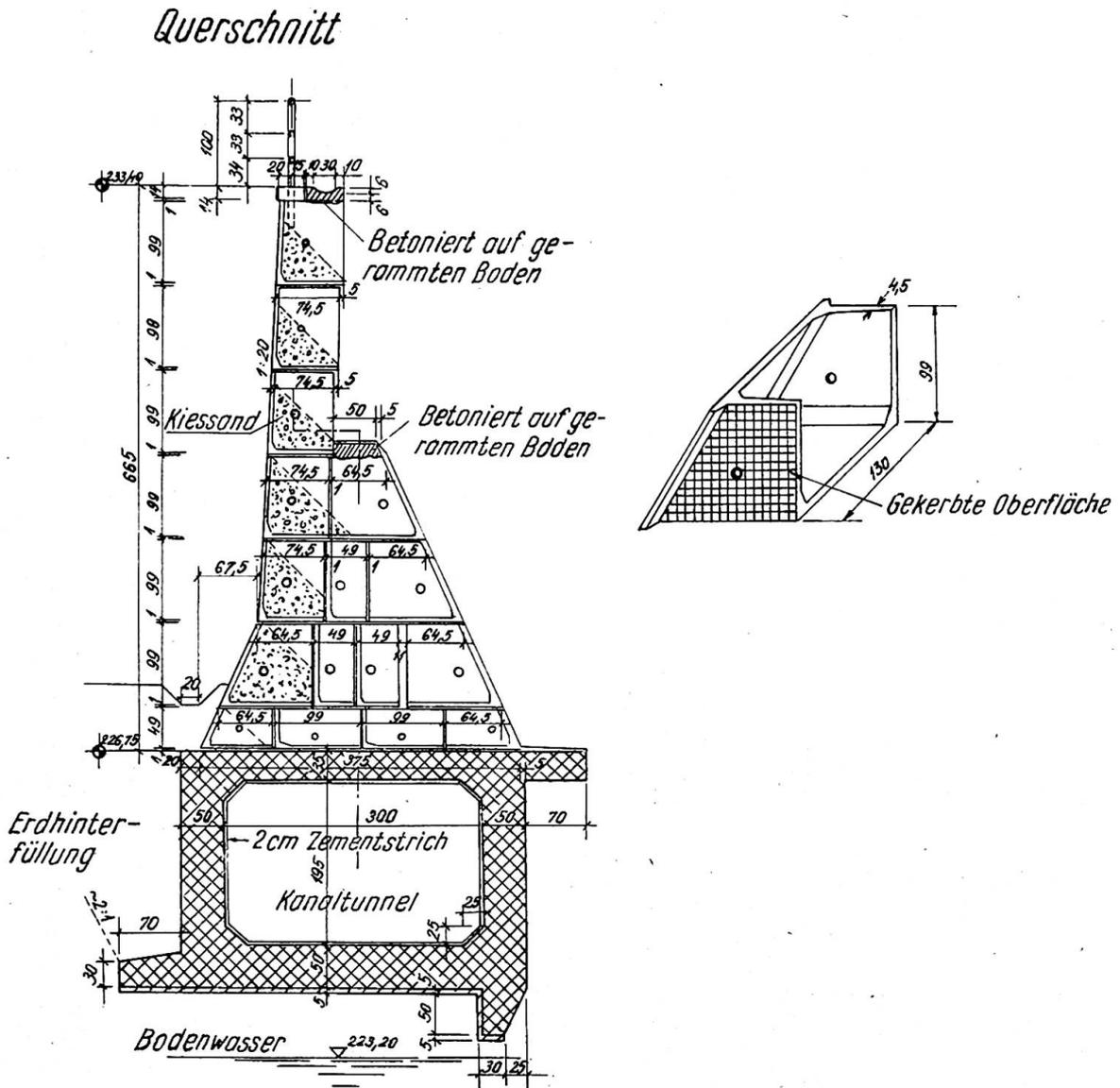


Bild 10 - Montage der Brückenträger.

beton und der 5 cm dicke Gussasphalt-Belag aufgetragen. Die Bürgersteige sind an Ort und Stelle hergestellte Stahlbetonplatten mit Konsolen.

4 - Fertigteilstützwand

Abschliessend soll noch der Plan einer Fertigteilstützwand (Bild 11) besprochen werden (Entwurf: Vero - Sasvári - UVATERV). Der Grund der Stützwand ist ein Strassentunnel, die Fertigteile wurden auf diesen versetzt. Der Hauptteil ist ein nach beiden Seiten hin offener Kasten, aus dem die Wand zusammengesetzt wird. Die Länge eines Fertigteilblocks beträgt etwa 1,40 m. Zwischen solchen Blöcken bildet sich ein 10 cm breiter senkrechter Kanal, der mit minimaler Bewehrung versehen und mit Beton der Güteklasse



B 140 vergossen wird. Dadurch ist für Verbundwirkung und Aufnahme der Zugkräfte gesorgt. Die Kästen werden abschnittsweise mit Sand aufgefüllt, wodurch die Gewichtsstützwand-Wirkung gewährleistet ist. Ein Fertigteil wiegt 540 kp, die Güte des zur Herstellung verwendeten Betons war B 280. Die Eisen der dazwischenliegenden, monolithischen Stahlbetonrippen schliessen sich durch Dorne dem Grund an.

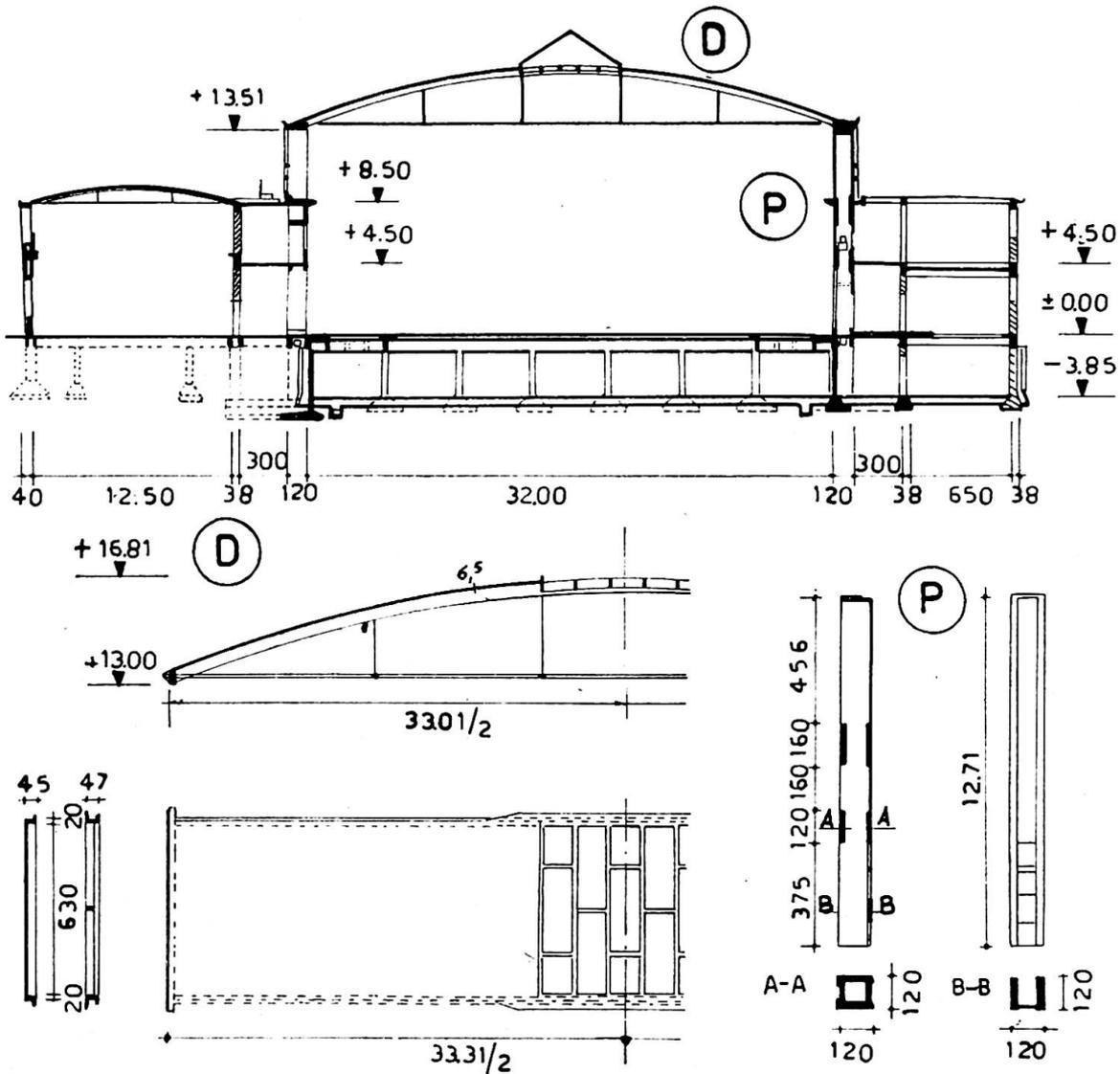


Bild 12 - Querschnitt der Kabelfabrik. Details der Tonne und der Stütze.

II - Konstruktionen von Industriebauten

Die Fertigteilkonstruktionen von Industriebauten sind in Ungarn im allgemeinen durch die grossen Abmessungen der verwendeten, auf der Baustelle vorgefertigten Elemente gekennzeichnet. Bereits 1950 wurden 60

Mp-Teile montiert, wo doch damals anderswo die Gewichtsgrenze noch bei 10 bis 15 Mp lag.

In jüngster Zeit macht sich die Tendenz bemerkbar, die Elemente vorwiegend in zentralen Werken herzustellen und nur die Bauteile, die mehr als 10 Mp wiegen, werden auf Baustelle vorgefertigt.

Im folgenden soll von den Fertigteilkonstruktionen, die in den letzten Jahren ausgeführt worden sind,

- 1 - eine Werkhalle, montiert aus an Ort hergestellten Grosselementen,
- 2 - der Bau einer grossen Industrieanlage, für welche die Bauteile in einem auf der Baustelle installierten, zentralen Herstellungswerk vorgefertigt wurden,
- 3 - und ein neuartiges Spannverfahren, bei dem das Spannen in Ringsrichtung erfolgt, beschrieben werden.

1 - Werkhalle einer Kabelfabrik

Die Dachkonstruktion der Halle wurde aus grossformatigen, auf der Baustelle vorgefertigten Tonnenschalenelementen mit Zugband montiert (Entwurf: Gy. Mátrai und K. Pászti). Die Halle wurde für die Budapester Kabelfabrik erstellt; Querschnitt, sowie, Einzelheiten der Tonnen und Stützen werden im Bild 12 gezeigt.

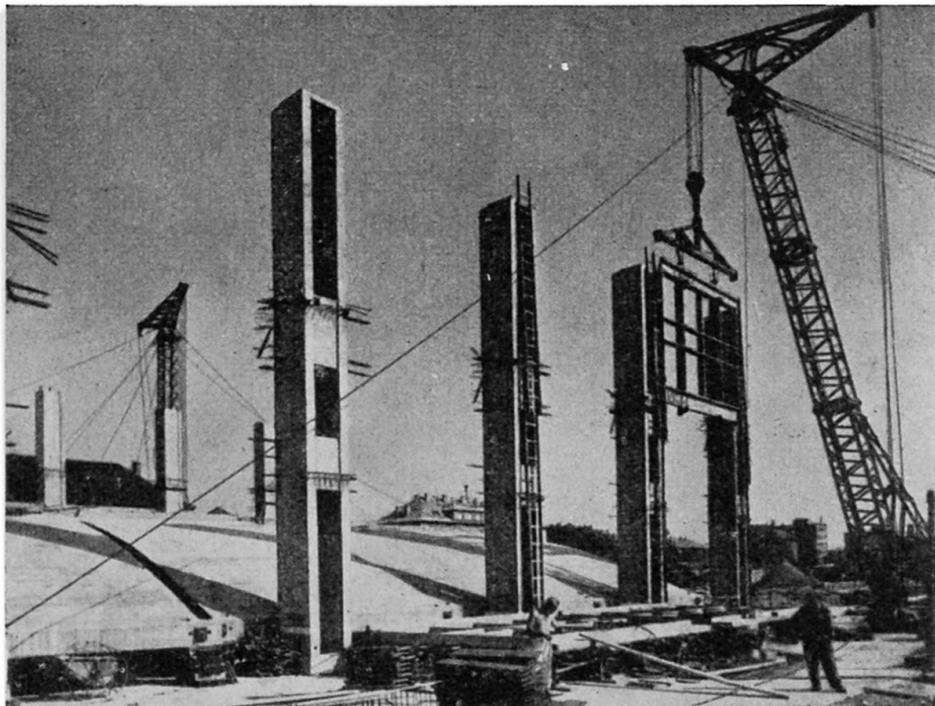


Bild 13 - Heben der Seitenwandplatten mit Fenster.

Die Stützen haben Hohlräume, die zur Aufnahme der Versorgungsleitungen dienen. Grundrissabmessungen: 120/120 cm, die Stützen bestehen aus zwei Gurten und Laschen, die letzteren miteinander verbunden. Das Gewicht einer Stütze beträgt 22,7 Mp.

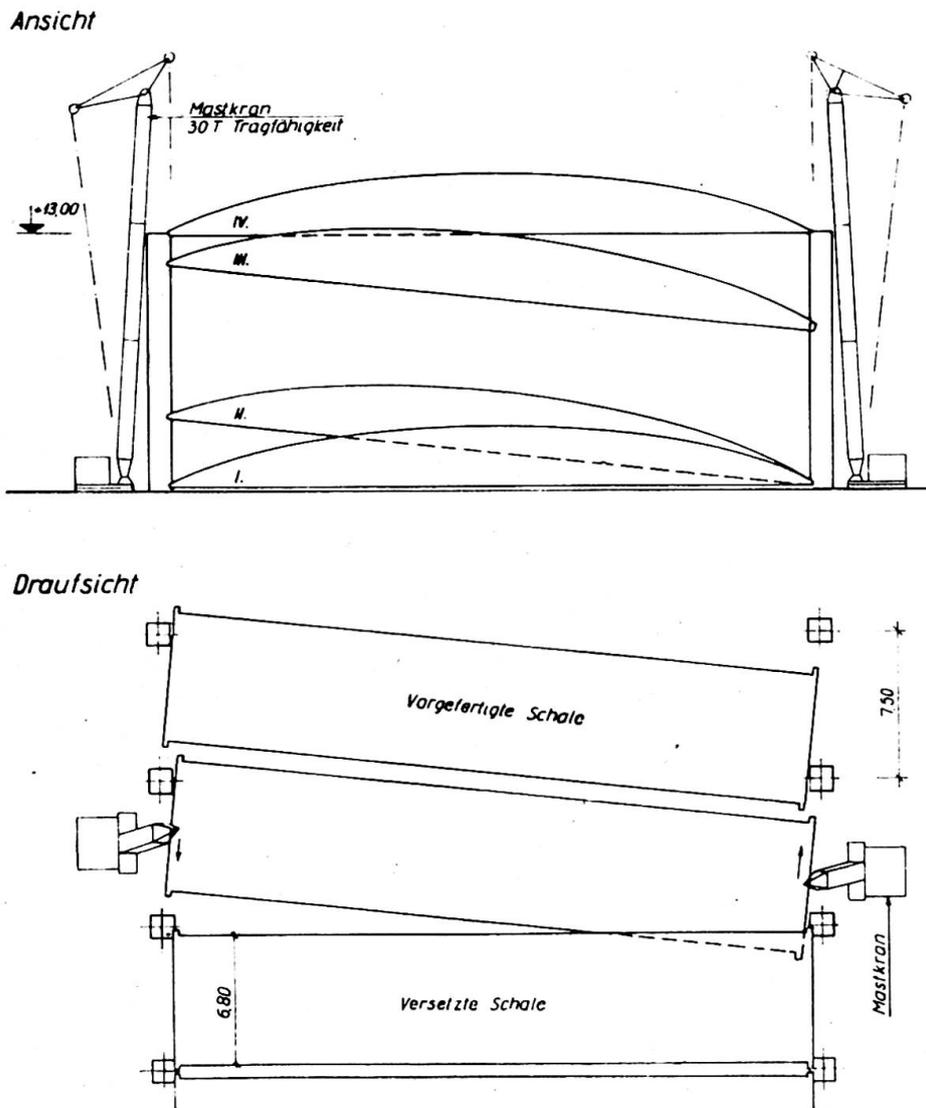


Bild 14 - Fertigung der Tonnenschalen. Skizze des Hebens.

Ein Tonnenschalenelement wiegt 57 Mp. Die Plattendicke ist 6,5 cm. Der Baustoffbedarf macht an

Beton	0,092 m ³ /m ²
Betonstahl	0,135 q/m ²
Schalungsmaterial	1,190 m ² /m ² aus.

Die Verschalung einer Tonnenschale besteht aus 9, in Stahlwerk ausgeführten mit 38 mm Dielen belegten Tafeln. Die Tafeln werden bei der

Ausschalung auf niedrige, mit zwei Rädern ausgestattete Rollwagen herniedergelassen und mit diesen zur nächsten Tonnenschalung gefahren.

Die bereits aufgestellten Stützen, die angefertigten Tonnenschalen und die Montage der mit Fenstern versehenen Seitenwandplatten sind im Bild 13 zu sehen.

Die Tonnenschalen werden unter ihren endgültigen Einbaustellen, in einer etwas verdrehten Lage hergestellt (Bild 14), da sie sonst wegen den bereits früher errichteten Stützen nicht hätten angefertigt werden können.

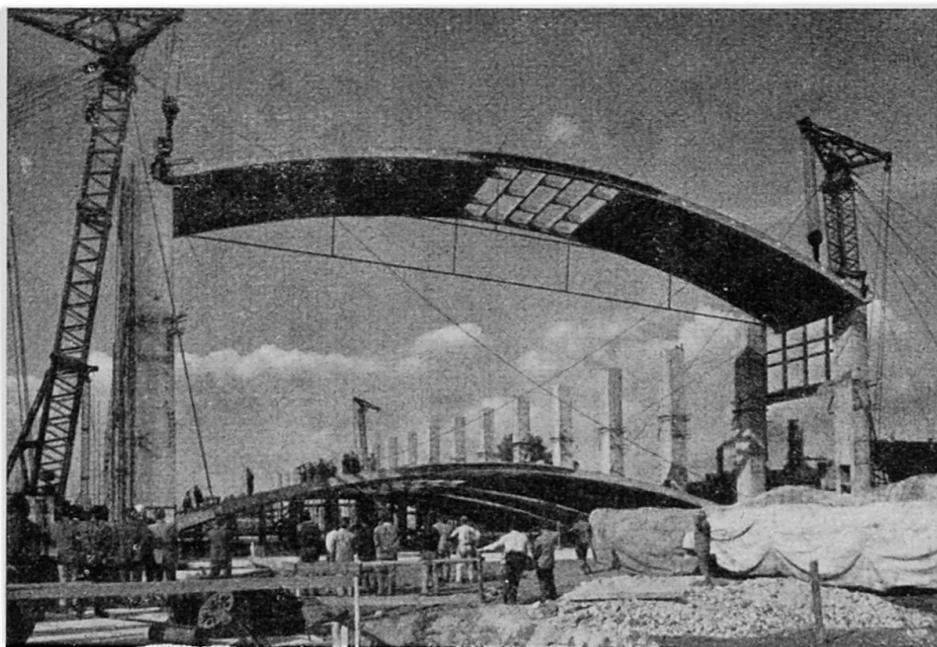


Bild 15 - Heben der Tonnenschale.

Die Tonnenschalen haben — wie dies aus dem Bild hervorgeht — in schräger Lage im Fall Platz nebeneinander, dass ihre Breite bei einem Achsabstand von 7,50 nur 6,80 m beträgt. Der Zwischenraum von 70 cm bei den Tonnenschalen wird mit kleinformatischen Fertigplatten abgedeckt.

Das Heben der Tonnenschalen erfolgte mittels zweier Mastkrane, deren Tragfähigkeit je 30 Mp betrug. Während des Hebens war die Tonnenschale durch zwei Wippen an vier Punkten angefasst. Täglich versetzte man je eine Tonnenschale. Der Hebevorgang selbst nahm eine Stunde in Anspruch (Bild 15).

Bild 16 zeigt die Innenansicht der Halle.

2 - Halle einer Kunstdüngerfabrik

In Ungarn ist zur Zeit eine grosse Kunstdüngerfabrik im Bau begriffen, die in der zweiten Ausbaustufe mit weiteren, sich der Anlage anschliessenden

chemischen Betrieben ergänzt werden soll. Die Werkhallen der Kunstdüngerfabrik, 20 an der Zahl, wurden alle in Fertigteilkonstruktion ausgeführt.

Die Vorfertigung der Teile erfolgte in einem, auf der Baustelle installierten, weitgehend mechanisierten und gut ausgerüsteten Herstellwerk, mit einem Jahresausstoss von etwa 8000 m³. Ursprünglich sollte das Werk nur dieses Bauvorhaben mit Teilen versorgen, doch hält es die Produktion als permanente Fertigteilfabrik auch weiterhin aufrecht. Ungefähr 85% der

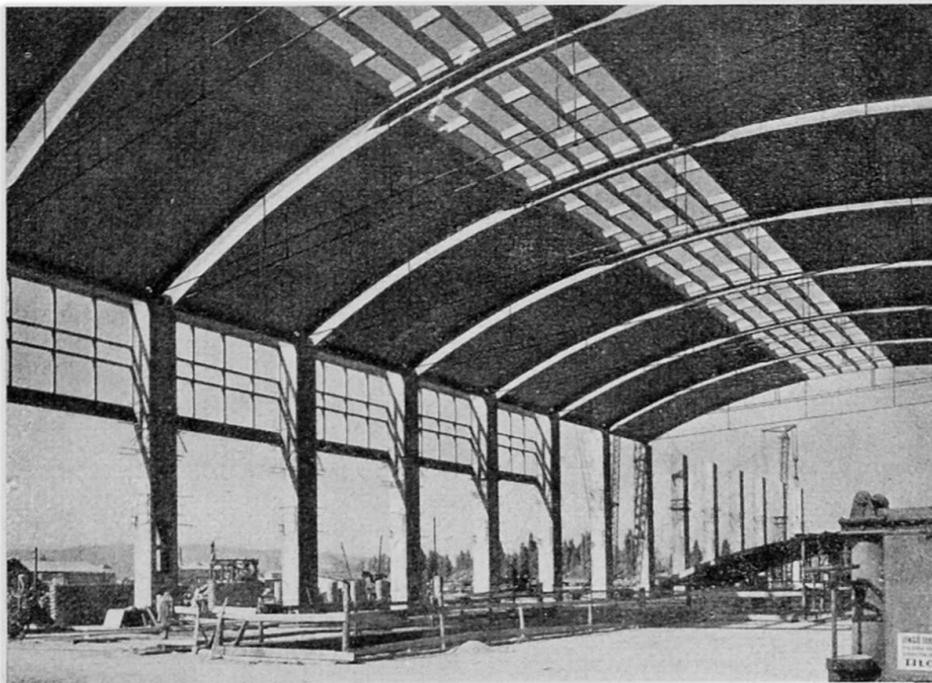


Bild 16 - Innenansicht der Halle.

Konstruktion wurde in diesem Werk vorgefertigt und nur etwa 15% der Elemente, deren Gewicht mehr als 10 Mp betrug, hat man am Ort unter der Einbaustelle hergestellt.

Die Gestalter der Fabrik (L. Rajnai und M. Gnädig und Mitarbeiter vom IPARTERV) Projektierungsbüro für Industrieanlagen waren bestrebt, die einzelnen Bauten nach einheitlichen Grundsätzen, in der Weise zu entwerfen, dass diese unter Verwendung einer größtmöglichen Zahl gleichartiger Bauelemente montiert werden können. Für sämtliche Konstruktionen sah man den gleichen Rahmenstand von 6,00 m vor und das Modulmaß wurde in vertikaler Richtung zu 60 cm festgelegt. Für die verschiedenen Stützweiten wurden Typen-Trägerkonstruktionen entwickelt (Bild 17).

Es gelang die 20 Hallen der erwähnten Kunstdüngerfabrik aus insgesamt 4 dieser Typenkonstruktionen zu erbauen.

Der Hauptträger der Halle, deren Stützweite 30 m betrug, wurde aus 5,

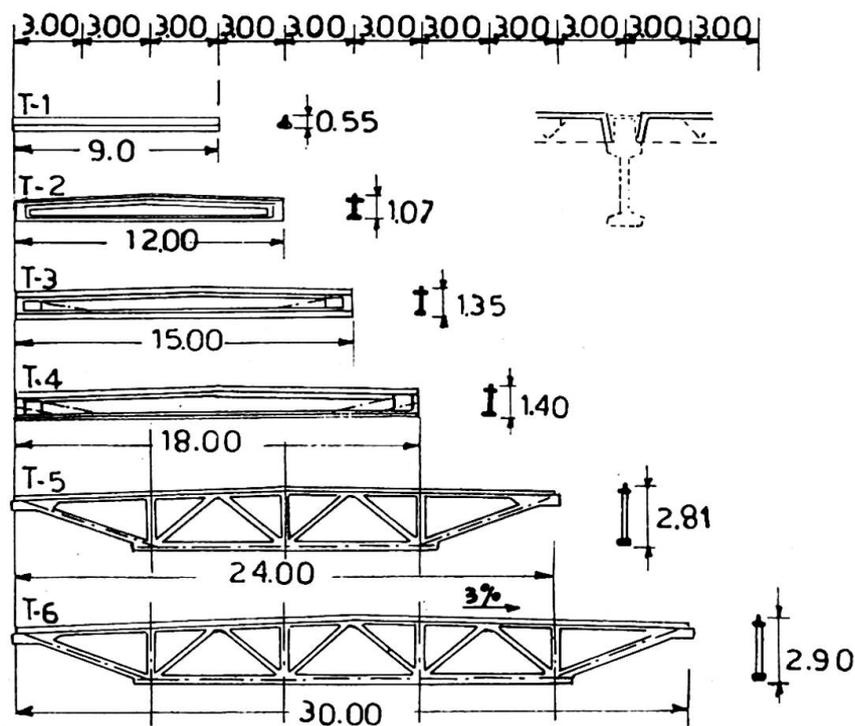


Bild 17 - Typen-Trägerkonstruktionen.

je 6 m langen Fachwerkträger Elementen die nachträglich zusammengespannt wurden, montiert.

Den 18 m Träger spannte man aus je 3 m langen, Elementen mit I-Querschnitt zusammen.

Der Träger, dessen Spannweite 12 m beträgt, wurde aus einem Stück hergestellt, hat Weichstahleinlagen und einen I-Querschnitt.

Der Träger mit der Spannweite von 9 m hat einen Rechteckquerschnitt.

Sämtliche Dachelemente sind gleichförmig, sie haben die Abmessung: $5,72 \times 1,19$. Insgesamt wurden 3400 solche Dachteile angefertigt. Die Seitenwandfertigplatten sind ebenfalls alle gleich mit den Abmessungen $5,98 \times 0,59$ und $5,98 \times 0,59$ m. Es wurden 1300 solcher Wandplatten

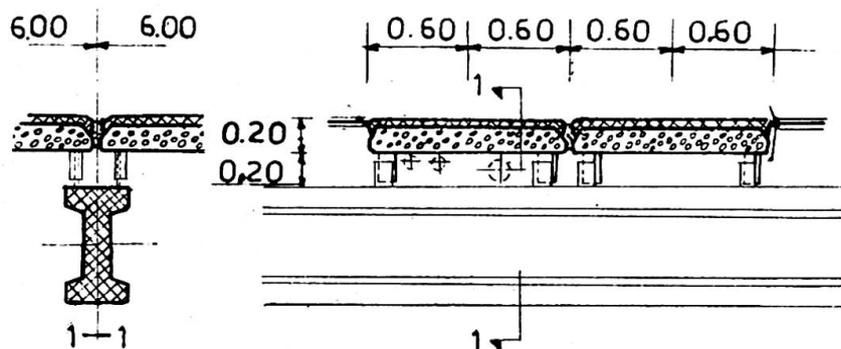


Bild 18 - Wandplatte.

fabriziert. Ihre Dicke beträgt 20 cm und sie wurden aus armiertem B 70 Hüttenschlackschlackenbeton hergestellt und sind auf der äusseren Fläche mit einer 2,5 cm dicken Betonschicht versehen, in welche kurz nach dem Auftragen Kalksteinsplitt eingewalzt wurde (Bild 18).

Die Wandfertigplatten wurden an die Stützen 20 cm von ihrer Aussenfläche entfernt auf eine Weise befestigt, dass die aus der Platte herausragenden Winkeleisen an die aus den Fertigteilplatten herausstehenden Winkeleisen angelehnt und diese dann verschweisst wurden. Diese Art der Verbindung hat den zusätzlichen Vorteil, dass entlang der inneren Fläche der

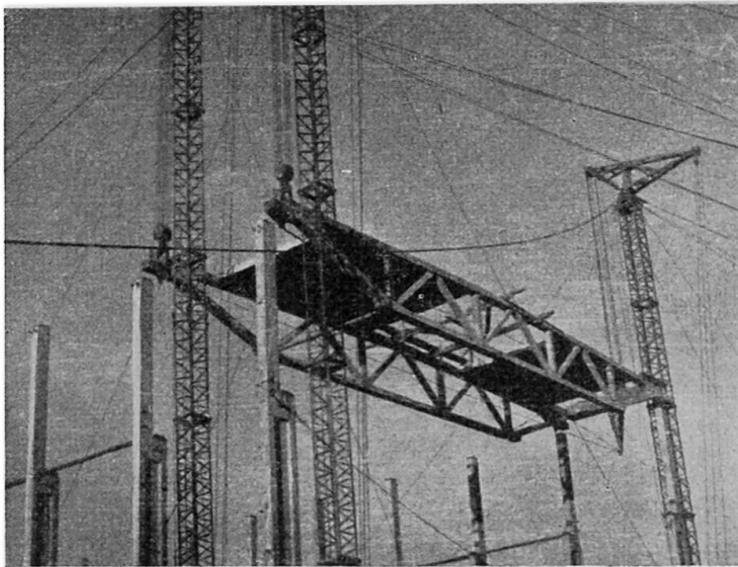


Bild 19 - Heben zweier, mit Dachteilen zusammengebauter Fachwerkträger.

Platten ungeachtet der Stützen, welche Leitungen auch immer angebracht werden können, ohne dass diese um die Stützen herumgeführt zu werden brauchten.

Der Fachwerkträger, dessen Spannweite 30 m betrug, wurde um der Ausbiegungsgefahr des oberen schmalen Druckgurts zu begegnen paarweise und mit den auf sie zu verlegenden Dachelementen zusammengebaut montiert (Bild 19). Eine solche zusammengebaute Konstruktion wiegt 54 Mp. Das Bild zeigt das Heben der Teile mit drei Mastkranen.

Bild 20 zeigt die Konstruktion der Halle. Die Stahlfenster, die zwischen die Seitenwandplatten verlegt werden sollen, sind im Bild noch nicht montiert.

Die Halle, deren Spannweite 18 m beträgt ist im Bild 21 zu sehen.

3 - Vorgefertigte oder monolythische Zylinderwände

Silos, Wasserbehälter und andere Stahlbetonkonstruktionen werden in Ungarn immerbreiteter nach dem Mo-Ta-La Verfahren in Ringrichtung

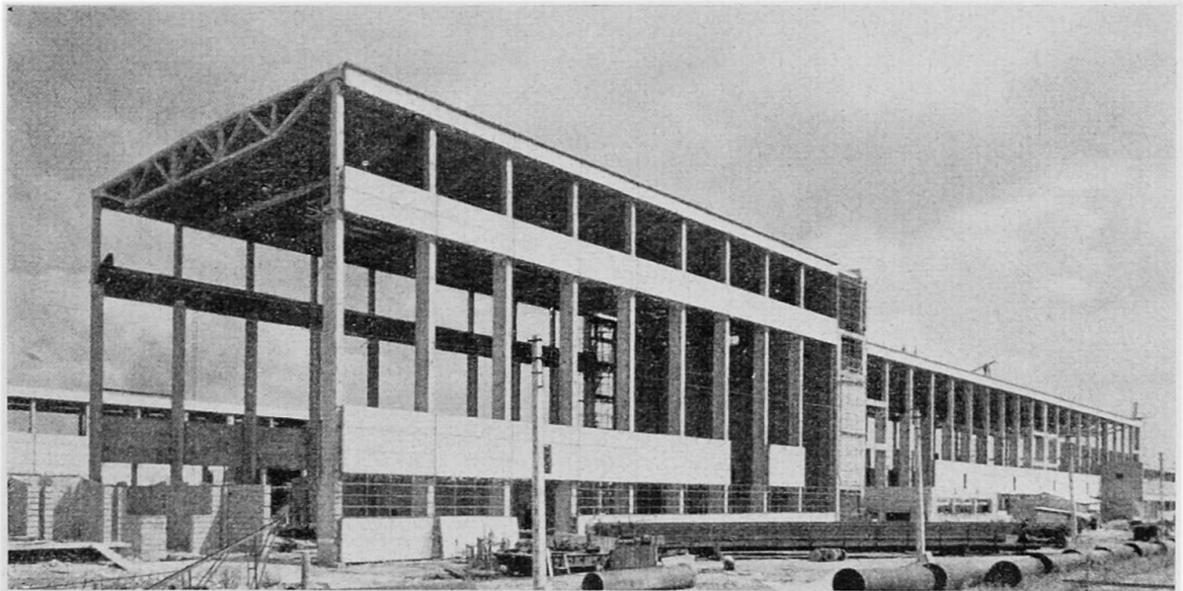


Bild 20 - Fertigmontierte Halle.

vorgespannt, diese Vorspann ermöglicht ein weitgehendes Herabsetzen der Reibung. Nach dieser Methode erfolgt das Spannen mittels eines aus mehreren (beispielsweise aus 6 \varnothing 7 mm) Spanndrähten bestehenden Bündels, das den ganzen Umfang umfaßt. Das Spannen der Bündelenden wird mit in entgegengesetzter Richtung wirkenden Spannpressen, durchgeführt, die sich auf eine mit konischen Bohrungen versehene entlang einer Erzeugenden der

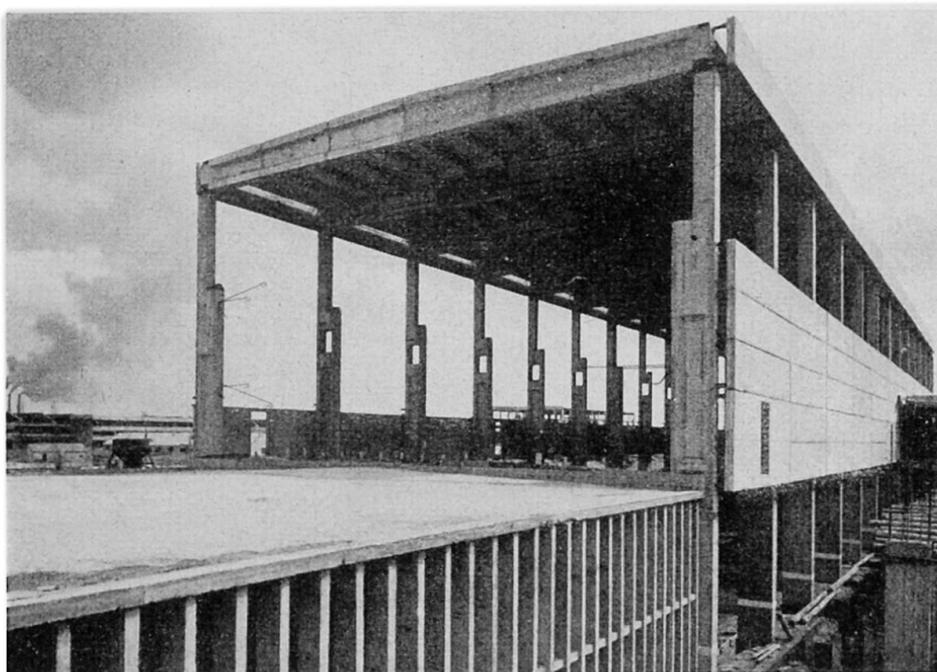


Bild 21 - Halle mit der Spannweite von 18 m.

Zylinderwand angeordnete Verankerungsstange aus Stahl (mit beispielsweise $\varnothing 70$ mm) aufstützen (Bild 22).

Wenn man das sich an die Betonfläche anschmiegende Bündel unmittelbar anspannte, würde die Reibung zwischen dem Spannkabeln und dem Beton einen wesentlichen Teil der Spannkraft aufbrauchen. Zur Beseitigung der Reibung werden beim Anspannen eines jeden Bündels die im Bild 23 gezeigten Pendel (30 bis 36 Stück) entlang des Bündels am Umfang angeordnet. Die Pendestiele sind in mittlerer Lage radialgerichtet.

Die Drähte der Bündel werden in das, am freien Ende der Pendel befindliche, kammartig ausgebildete Einspannteil auf Stützstäbchen aufgelegt.

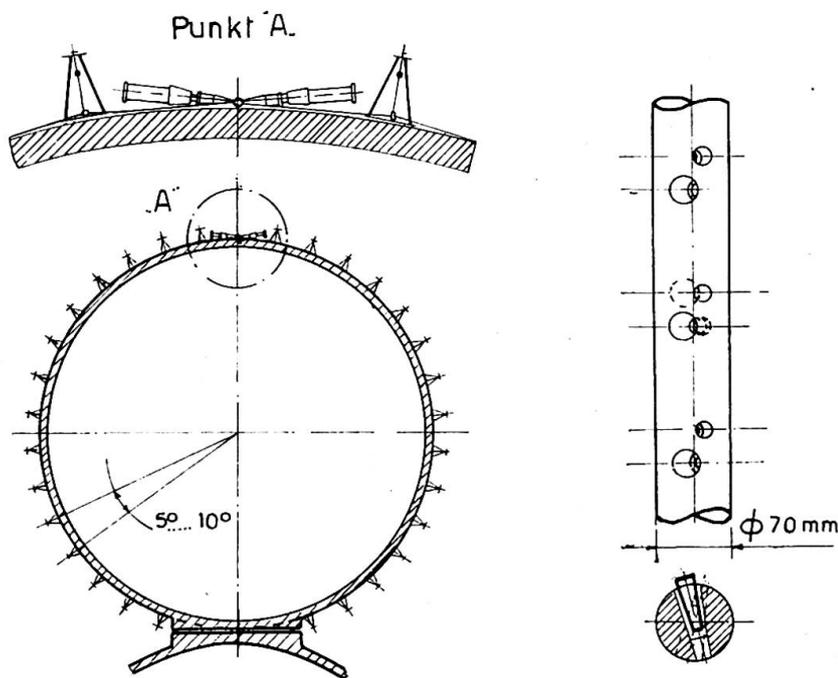


Bild 22 - Reibungvermindertes Spannen einer Zylinderwand.

Mit Hilfe zweier z.B. Freyssinet-Spannpresen werden die Drähte solange angespannt, bis sich diese an die Wand anschmiegen. Danach wird das Bündel mit den Pendeln von der Betonfläche weggezogen, so dass das zustandegekommene Polygon den Zylindermantel nirgends mehr berührt. Dadurch ist eine gewisse Spannkraft bereits aufgetragen. Danach wird mit Hilfe der Spannpresen die erforderliche Spannkraft ausgeübt. Die an Bolzen der Pendeln auftretende Reibung ist so geringfügig, dass die Spannkraft entlang des Umfanges rundherum gleichmässig wird. Das auf diese Weise angespannte Drahtbündel ist nun ohne Draht spannungseinbusse auf die Zylinderwand herniederzulassen. Aus diesem Grund ist die Herablassung der Pendel auf der, der Spannpresen gegenüberliegenden Seite paarweise anzufangen wobei durch Betätigung der Pressepumpen stets, dafür zu sorgen

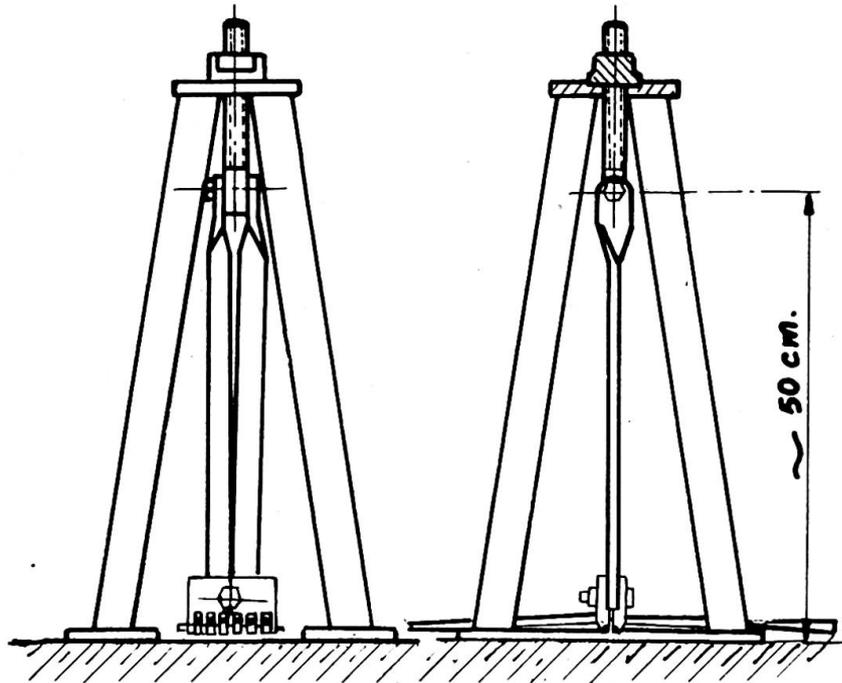


Bild 23 - Pendel zur Verminderung der Reibung.

ist, dass keine Verminderung der in den Drahtbündeln wirkenden Spannkraft eintrete. Nach beendeter Herablassung sämtlicher Pendel werden die Kabel durch Eindrücken der Verankerungskegel an die Verankerungstange befestigt, nun entfernt man die Pendel und montiert sie an die Stelle des nächsten Bündels.

Bild 24 zeigt die Pendel.

Das Verfahren wurde bei den verschiedensten Konstruktionen mit Erfolg angewendet.

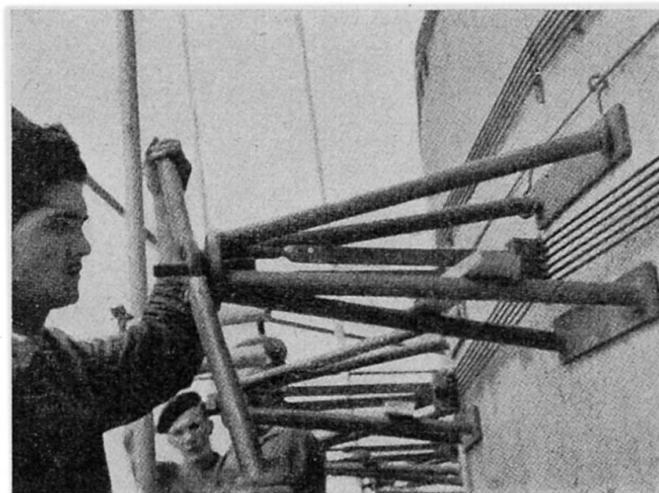


Bild 24 - Durchführung des Spannens.

Structural Prefabrication in Reinforced Concrete and Hollow Brick in Italy ¹⁾

Préfabrication des ouvrages en béton armé et en briques creuses en Italie

Vorfabrikation von Bauten aus Stahlbeton und Backsteinen in Italien

1 - Foreword

The construction industry, which is both a factor and an index of human welfare and also an invaluable economic and financial activity within the framework of the national economy, is at the present stage of development of our Society called upon in Italy to solve an unprecedented great number of new problems and duties.

In fact, Italian building techniques have to a large extent remained anchored to conventional procedures and have but to a small degree followed the impressive technical progress in other fields of engineering. Their backwardness and, hence, necessity to catch up with that progress, are therefore felt today as never before, particularly in view of the great demand in the housing, industrial, bridge-and-viaduct and hydraulic sectors.

Prefabrication today in Italy, as yesterday in other countries (whose economic and social structure causes certain problems to be felt there somewhat earlier than in our country) is a necessary and undeferrable phase in the development of the construction technology. Due to the present-day shortage and very high cost of labor, it is imperative to rationalize and industrialize this sector of activity by prevalently using mechanical means and industrial procedures.

In what follows we shall briefly outline the present state of *structural*

¹⁾ The present Report was prepared at the Structural Prefabrication Research Center, Bridge and Structural Engineering Department, Turin Polytechnic Institute, Turin, and at the Experimental Institute for Models and Structures (I.S.M.E.S.), Bergamo, under the chairmanship of Prof. G. Oberti, by the following group of collaborators: G. Arosio (Soc. Mantelli), Prof. C. Castiglia, Prof. F. Levi, M. Mariani (Soc. Vianini), Prof. R. Morandi, C. Muttoni (Soc. Valdadige), Prof. P. L. Nervi, F. Tomasi (Soc. SCAC), Prof. G. Tournon, G. Volpe (Soc. R.D.B.), L. Goffi (editor and Secretary General of the Research Center).

prefabrication in ordinary and prestressed concrete within the Italian construction industry, i.e., of prefabrication of structural members having a statical function in the edifice or structure. It therefore seems appropriate at

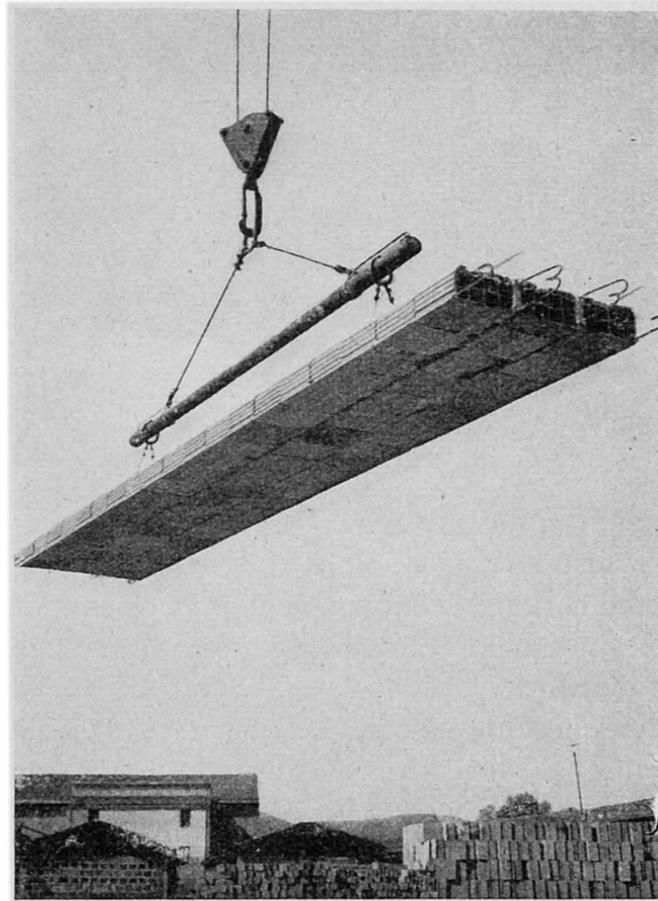


Fig. 1 - Reinforced hollow brick panel for flooring (Soc. Fornaci Valdadige).

first to distinguish between housing, industrial (workshops, warehouses), bridge-and-viaduct and hydraulic (canalization, water storage, maritime, etc.) types of constructions.

This distinction appears necessary because of the present different degrees of constructional development in these various sectors owing to the diverse tasks and problems that are related to them.

2 - Housing

The housing construction industry has for a long time now adopted some principles of the prefabrication technique. These principles are at present well generalized, as, for instance, construction of reinforced concrete and hollow brick floors. However, the further evolution has not yet

produced substantial changes in the technology of this sector as regards a major trend towards technical development and industrialization.

In fact, the most remarkable progress in the housing construction-site technology mainly concerns horizontal elements and roofs. It may essentially be summarized as follows:

- a) there is a tendency, at the building site, to dispense with some operations, such as, for instance, the construction of prefabricated beams. These beams now generally arrive already made from the prefabricating sites which are mostly connected with the hollow brick factories;
- b) individual beams in flooring and roofs are now being replaced by panels which essentially consist of several beams joined together in the prefabrication yard. This reduces manual labor in placing the members and in concreting the spaces between the individual beams (Figs. 1 and 2). This concept is now also applied to thin shells;
- c) since structural elements are usually prefabricated in specially equipped workshops, there is a general tendency to prestress floor beams and panels by pretensioning them on strongback benches and curing by means of steam.

Even though some undeniable progress did take place in the building-site technology, in an effort to achieve a more rigorous organization and a greater mechanization of the construction site itself, it cannot be stated that the physiognomy of this sector has greatly changed from what it was some 25 or 30 years ago, i.e., it has essentially remained of the manual or artisan type.

The reason for this lies mainly in the intrinsic features of the housing

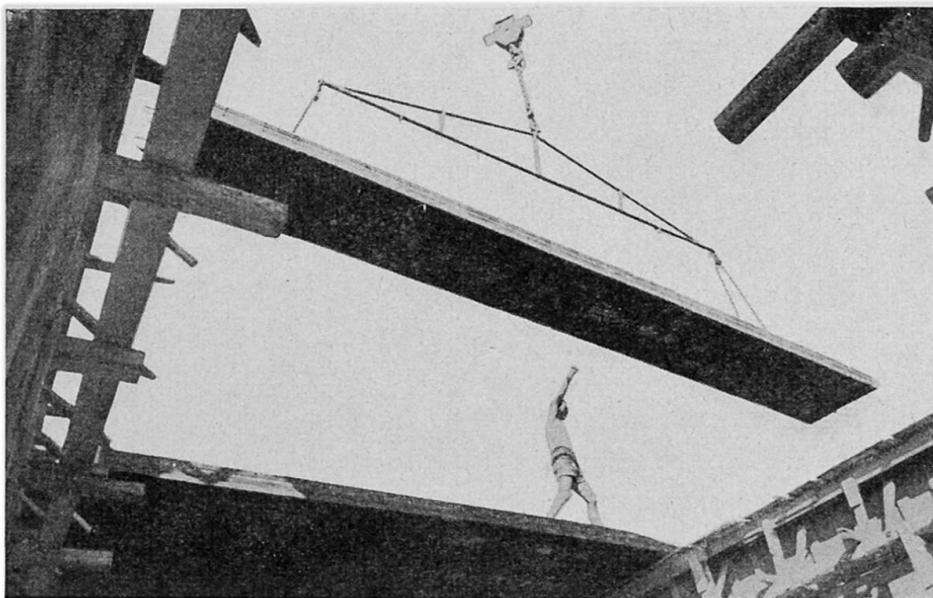


Fig. 2 - Reinforced hollow brick panel for large spans (Soc. R.D.B.).

industry which is somewhat reluctant to undergo an industrial type organization; moreover, at least until some time ago, labor has been greatly available compared to a high cost of mechanical equipment.

The appreciable change which recently occurred in the Italian labor situation has caused many workers to switch to the more qualified, comfortable and stable industrial type of employment.

The consequences of all this can clearly be seen in the present critical situation of Italian housing as regards both the cost of edifices and the strictly technical aspect of the possibility of carrying out certain housing projects because of the limited labor now available and the shortage of time.

It would be easy to quote statistical data showing that in Italy the incidence rate of working hours per dwelling room nowadays built is not much inferior to the corresponding incidence rate per room built some decades ago. Naturally, the increased labor cost incidence, which reaches up to about 40% of the total cost of the edifice, makes this cost almost prohibitive.

Therefore, whereas industrial type consumer goods have marked a large cost decrease compared to the customers, average purchasing power, living quarters have tended to become inaccessible because of their increasing cost. At the same time there is a steadily growing demand for this type of goods which is rightly considered as basic for the well-being of a society.

This situation, which can neither be deferred nor otherwise solved, will in the next few years necessitate, in Italy, the advent of large scale complete prefabrication. This is particularly true with reference to the housing projects now being planned by some large centers in the North and to the development programs of our underdeveloped provinces in the South.

The reference to Italian public housing projects is not casual, since it is well known that complete prefabrication in housing is possible only in the case of large projects which justify the installation and amortization of the costly fixed facilities required in a prefabrication factory.

Since, in practice, only large-scale private or subsidized public housing projects can offer opportunities of this type, it is to be expected that in these cases complete prefabrication will be resorted to. On the other hand, private housing projects will generally find it more convenient to follow conventional methods of construction, which will be improved and made increasingly more efficient by a better planning of the construction phases.

It is not easy to define the present state of Italian housing prefabrication. This is due to the fact that the large housing projects (briefly outlined above), which will represent an experiment of great import capable of defining the physiognomy and future trends in this sector, are still in a preliminary formulation stage.

As was mentioned above, Italian housing prefabrication is almost without precedents. For this reason, the present most important Italian prefabrication initiatives have recourse to French patents. In fact, these

patents concern construction systems which have ten or more years of successful experience behind them, i.e., ever since France, considerably ahead of us, felt the necessity of rationalizing the building sites, mainly because of an acute shortage of labor.

It is to be expected that foreign experience will lend an appreciable assistance to our housing industry. Nevertheless, much will still remain to be accomplished as regards studies and direct experience, especially with respect to local requirements, which differ in each country because of the diverse climatic, traditional, social and psychological conditions.

One of the initial most important heavy prefabrication uses based on French patents has been the use of the Costamagna system of load-bearing concrete and hollow brick panels for a housing project by the Istituto Case Popolari, Milan, and the Baretts method of load-bearing concrete panels for INA CASA, Turin (4,500 rooms to be completed within two years).

Other French prefabrication patents (Balency, Camus, Coignet, Fiorio) have been taken over by Italian construction companies and are now being used in important projects, especially in Milan.

Of the original Italian methods we shall mention that of the Structurapid Company (Gaburri), Milan. This method consists of a modulated prefabrication of the load-bearing structural members (columns, beams, floors), all of which are of reinforced concrete.

According to Mr. Messina's patent, Turin, front walls, partitions and floors are prefabricated, whereas columns and beams are cast in situ leaving spaces for the conjunction of the prefabricated members. The inside walls are of hollow bricks reinforced with steel mesh, and the outside walls are of lightweight reinforced concrete containing expanded polystyrene. Prefabricated also are the bathroom walls, and in them are installed, during the casting, all the feed, discharge and ventilation ducts for the sanitary fixtures and the ducts for the electric power installation. A low-priced housing project, consisting of four eight-story buildings containing about 200 apartments (i.e., 6 apartments per story), was begun in Turin in August, 1962, using the Messina method.

Of interest also is the Grassetto system (Padua) which essentially concerns prefabricated concrete wall panels in whose hollows columns and beams are later cast.

The materials used in the above-mentioned housing projects are generally ordinary concrete and hollow brick employed in traditional housing construction.

It is, however, obvious that in this sector prefabrication will have to devise and use materials better meeting its own requirements.

In this connection it should be mentioned that a factory is at present being built and almost completed at Caiazzo, near Naples, for the manufacture of a new construction material called "silicalcite". This material essentially

consists of sand and lime, and its mechanical strength progressively increases up to reaching at compression 900 kg per sq. cm in relation to the specific gravity of the material which ranges from 450 to 1,900 kg per cu.m.

The silicalcite makes it possible to produce commonly reinforced structural members; its heat insulation is also good, as its coefficient of conductivity may reach 0.09 kcal (m, h, °C).

Meanwhile, a testing laboratory is in operation in Milan since August 1963, carrying out systematic research. It will later be of assistance in the manufacture of the silicalcite.

3 - Industrial building

Industrial type building (workshops, warehouses, etc.) is governed by laws differing from those controlling housing building.

Prefabrication in this sector in Italy is well advanced because of the greater possibility of formulating the pertinent problems in the industrial mass production field. However, in this branch, too, much still remains to be accomplished owing to the ever growing necessities and requirements and, above all, in view of the increasing competition from steel structures.

Prefabrication in situ of the main load-bearing beams and other secondary members (trusses, floors, etc.) is by now of common use in any construction yard for the erection of a factory or an industrial building. Quite often the construction company purchases the main beams and other load-bearing members directly from specialized firms expressly equipped for an industrial type production. This tendency is mentioned here because it is probably destined to assert itself even more in the presumable development of the building industry which will convert the construction companies into concerns for the assembly of industrially prefabricated structural elements.

A great number of Italian firms (R.D.B., Valdadige, Cementi Rossi, etc.) manufacture on their premises a large variety of main beams and other structural members to meet the various requirements of the customers.

Quite obviously, the reduced weights required for these elements to permit them to be transported even great distances demands that these elements be almost always prestressed.

Transportation requirements, moreover, impose limitations on the sizes of the individual members. This, however, does not interfere with the capacity of these structures to meet most of the requirements set forth by ordinary industrial building.

In want of conditions justifying the employment of industrially prepared parts, a prefabrication scheme for an industrial building may in most cases be set up directly at the construction site.

A typical construction yard equipped for complete prefabrication is now being used for building the Alfa Romeo factory in Arese (Milan) (Figs. 3 and 4).

The structure of the factory consists of thin cylindrical shells resting on box beams which, in turn, are supported by columns arranged like a 16 m square mesh.

All the structural members are prefabricated on site by means of steel formwork, and their placement is plain, with no additional completion work.

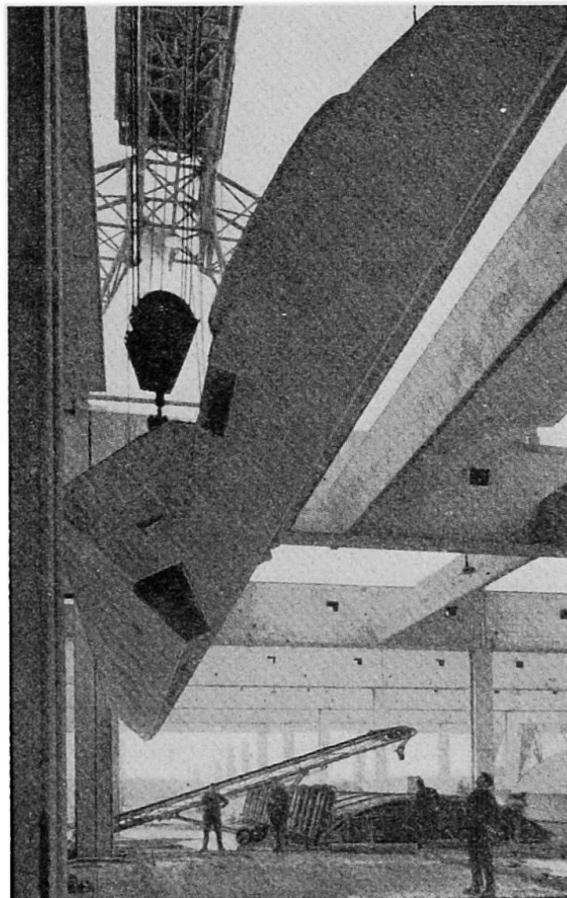


Fig. 3 - Alfa-Romeo factory, Arese (Impresa ICIS). Placement of a precast thin shell.

The columns supporting the structure, each weighing about 15 tons and with a cross-section that was especially studied to accommodate the ducts and outlets, are all prefabricated; after curing they are raised and set into plinths cast in situ by means of movable steel forms. The prefabricated and prestressed box beams (weighing 33 tons each) are then placed on the columns, and upon every beam rest the ends of the thin cylindrical shell having a 14 m span and a width of about 5 m.

The thin shells (weighing 33 tons each) are of concrete 6 cm thick, cast as one sole piece with edge beams and stiffening elements at the ends;

they are prestressed at the valley by means of 2 Tecnicavi cables, one consisting of six 7 mm wires and the other of nine 7 mm wires, and at the upper edge beam by a cable of nine 7 mm wires.

This cable arrangement practically forms the reinforcement of the shell, since the task of taking the transverse moments and the other secondary actions has simply been entrusted to a double mesh of steel rods.

The cylindrical shells and the other prefabricated members are prepared in movable steel forms at the base of the structure so as to avoid the cost

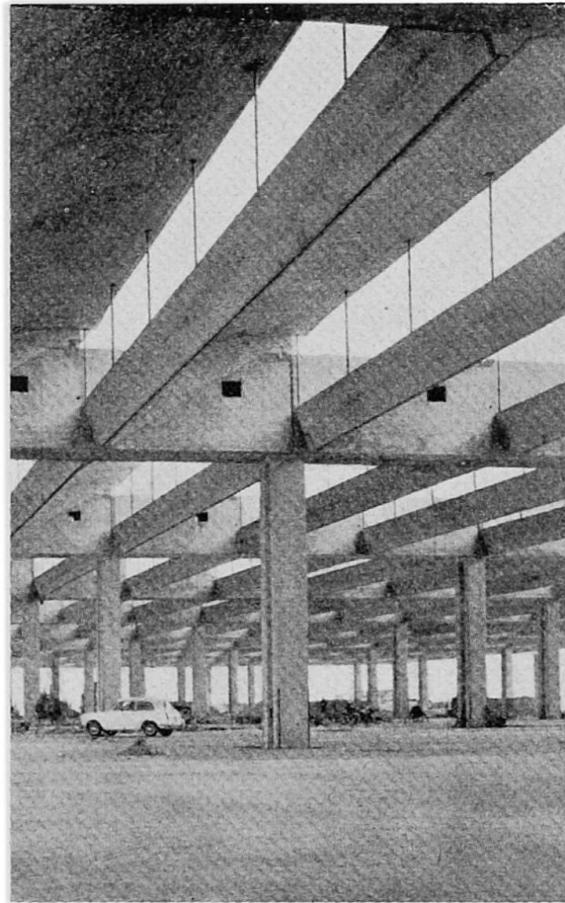


Fig. 4 - Alfa Romeo factory, Arese. Interior of buildings upon completion of civil-engineering work.

and the difficulties involved in transporting such heavy elements and to reduce their placement to mere hoisting.

The steam curing is done by means of movable equipment (a kind of a tent on wheels) which is successively transferred to the various shells in situ; the steam (at 75°C) is applied for 12 to 15 hours, depending on the ambient temperature. The production of the shells could reach the rate of one shell a day per each available form, so that with the 8 forms available it was practically possible to manufacture 8 shells every 24 hours. The monthly

production at the site was thus capable of covering an area of 12,000 sq. m, and this rate was kept up also in the severe winter months of 1962-63.

The rigorous and thorough study of all the constructional details was justified by the importance of the job (60,000 covered sq. m), which has doubtless contributed to the development of the high technical level of this construction.

Attention, therefore, must be drawn to the simplicity of the building site setup which does not involve particularly expensive fixed installations. It is therefore presumable that a similar setup may economically be convenient for a more modest construction employing a proportionally smaller quantity of facilities (forms, hoisting and steam curing equipment, etc.).

Of the numerous other examples of prefabricated industrial structures, the following (of which we give photographs and some general data) are particularly worthy of mention.

Fig. 5 shows 40-ton arches in the process of being hoisted (the placement plane is 25 m above the ground level).

These are parts of the thermal power plant of S.A.D.E. (Adriatic Power Company) in Porto Marghera, built by S.A.C.A.I.M., Venice, of the Mantelli Group.

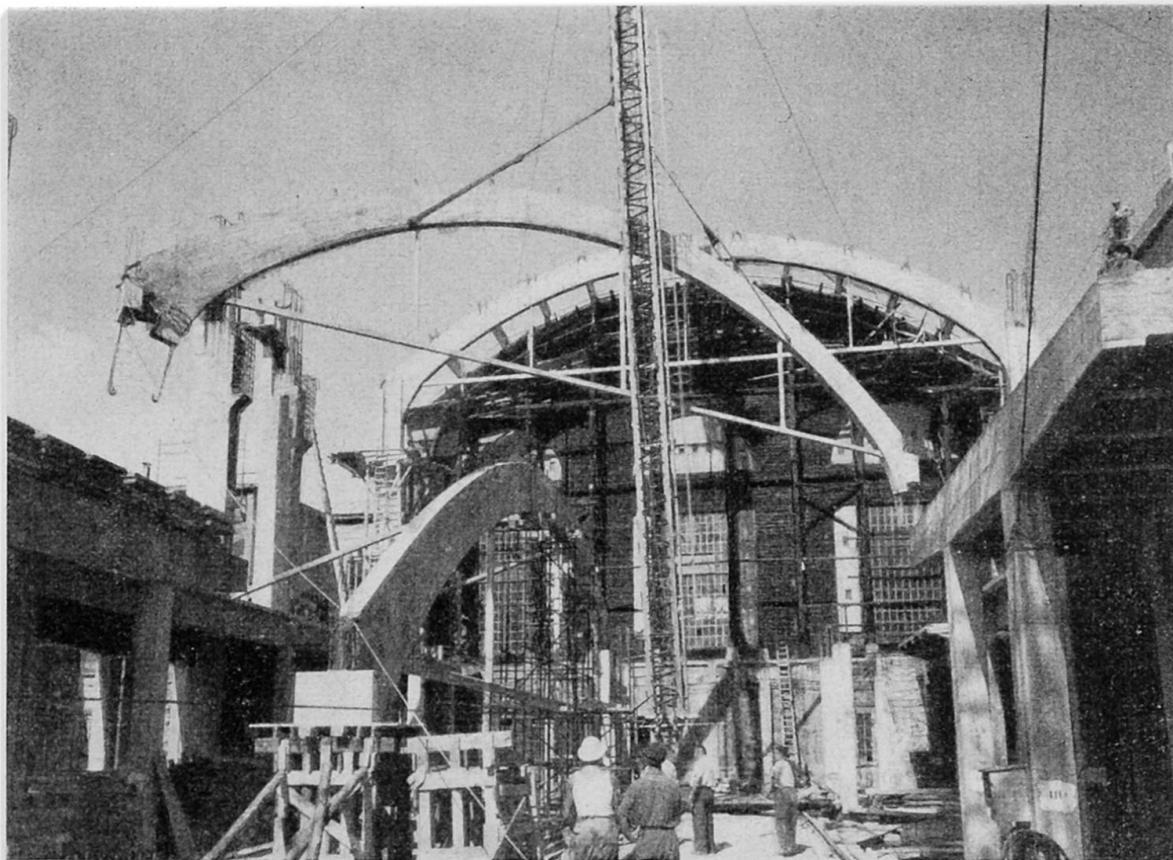


Fig. 5 - Thermal power plant, Porto Marghera (Impresa SACAIM, Venice). Hoisting of the prestressed precast thrust-relieved arches.

Worthy of note are also the parabolically-shaped buildings for raw materials and finished products of the SINCAT factory at Priolo, Syracuse, constructed by the Soc. Ing. Mantelli of Genoa, of the same Group (Fig. 6). The structures consist of precast three-hinged arches, of which each half-arch weighs 11 tons and is 22 m long.

Special mention should be made of the structures which are considered in this paragraph even though they enter only in a marginal way into the category of industrial buildings, i.e., hangars, exhibition halls, garages, markets and stadia. These constructions, remarkable for their large spans, frequently present first-class constructional and building-site problems which have been, for some time now, solved by total prefabrication. In fact, it may be said that total prefabrication significantly affirmed itself first in this building sector.

In this field of activity Italy offers examples that are unsurpassed even when compared with similar works abroad. Some of these constructions, built using advanced prefabrication techniques, are rightly considered as fundamental within the framework of modern architecture. Such, for instance, are the constructions designed by P. L. Nervi (Orbetello hangars, 1935-41; Exhibition Palace, Turin, 1948).

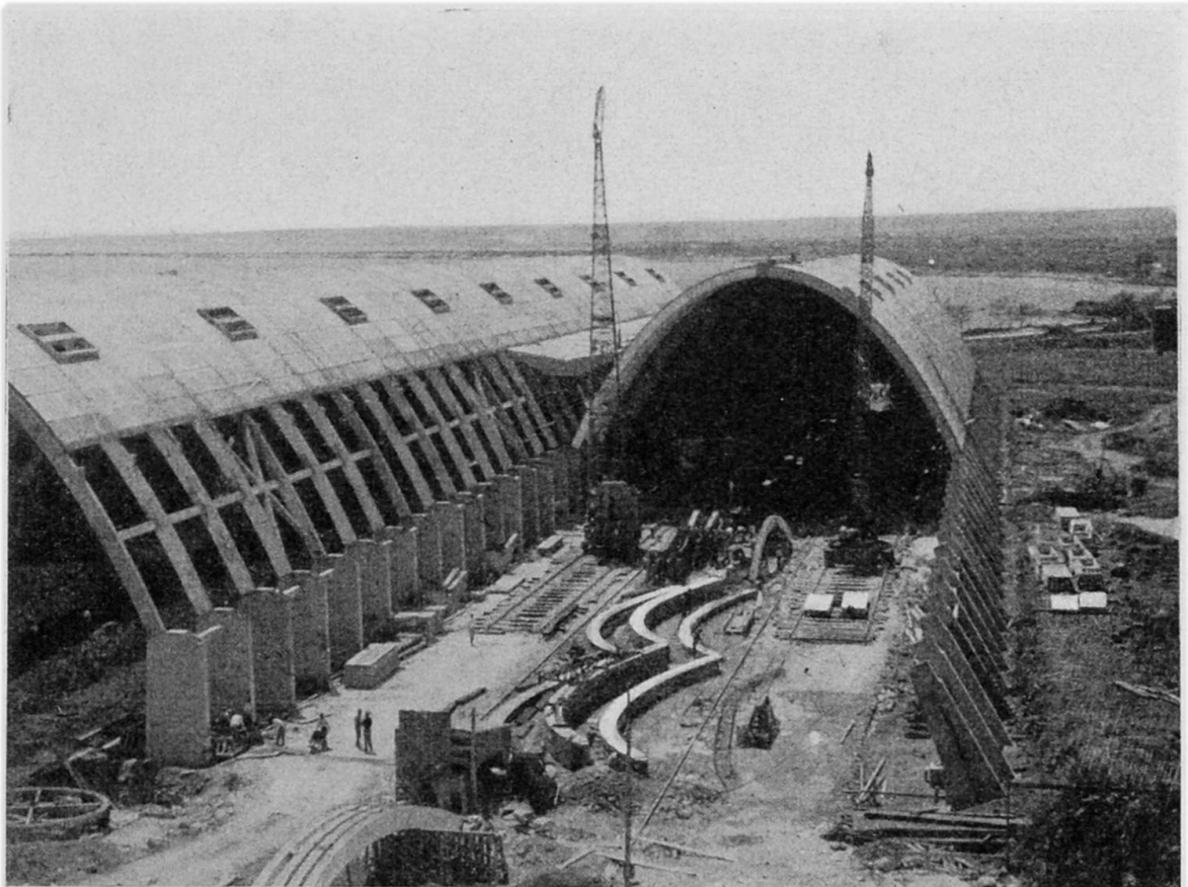


Fig. 6 - Priolo factory (Syracuse). Parabolic roofs consisting of three-hinged arches and reinforced hollow brick slabs.

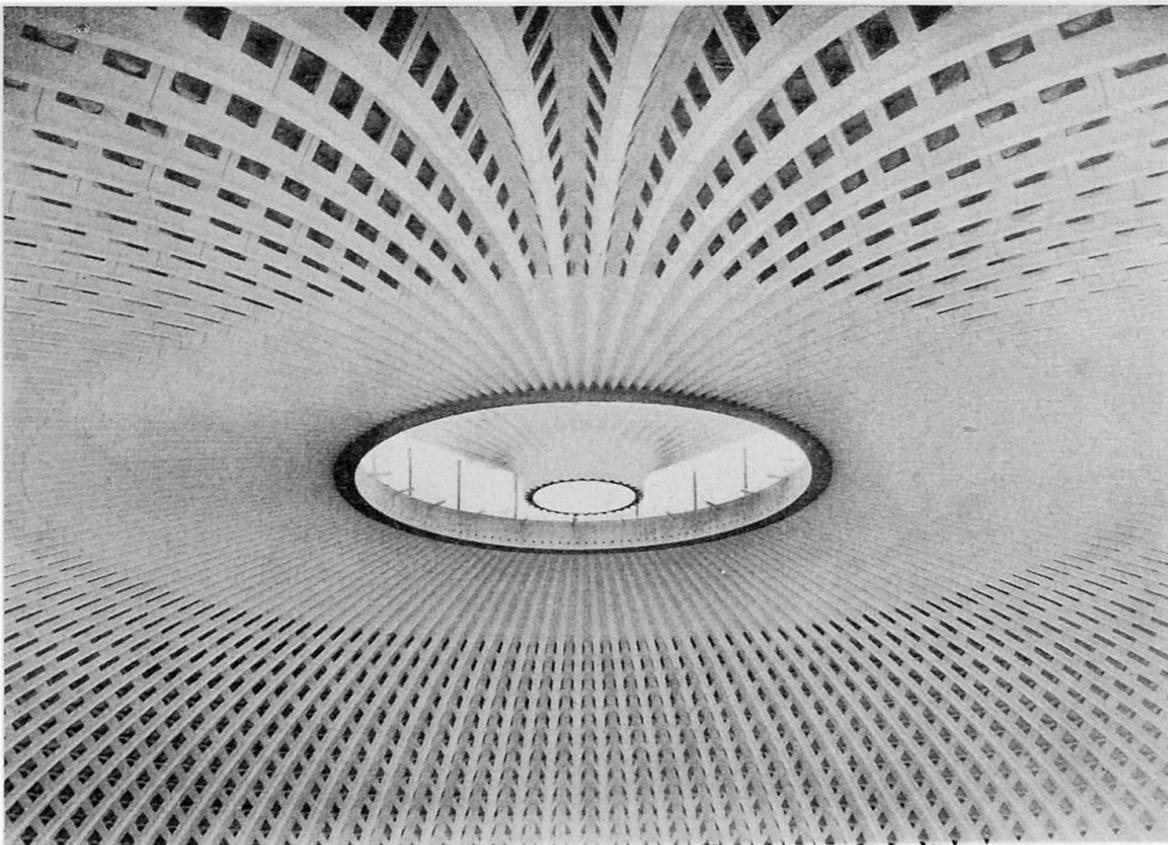


Fig. 7 - Dome of Sport Palace, Rome (designed by P. L. Nervi).

A constant concern of the most qualified designers in this branch of construction has been the necessity of overcoming some limitations which are inherent in the nature of reinforced concrete.

The solutions found are truly original. They tend to make the employment of reinforced concrete highly flexible and easy, capable of competing with steel structures whose use in this sector frequently offers rational and brilliant solutions.

Such is the case of using precast «ferrocemented» elements (i.e., precast thin concrete elements abundantly reinforced with steel mesh), as was done by P. L. Nervi in designing the above-cited and other structures, among which are some sport buildings in Rome for the Olympic Games in 1960.

Outstanding among those buildings is the Sport Palace, circular in plan and covered by a dome roof consisting of a corrugated structure with an overlying continuous slab 9 cm thick (Fig. 7).

The corrugated parts are precast elements (7 in a radial direction) connected to one another and to the upper slab by steel bars placed in the troughs and ridges of the waves and subsequent concreting in situ.

Prefabrication of the various elements began soon after the site opened,

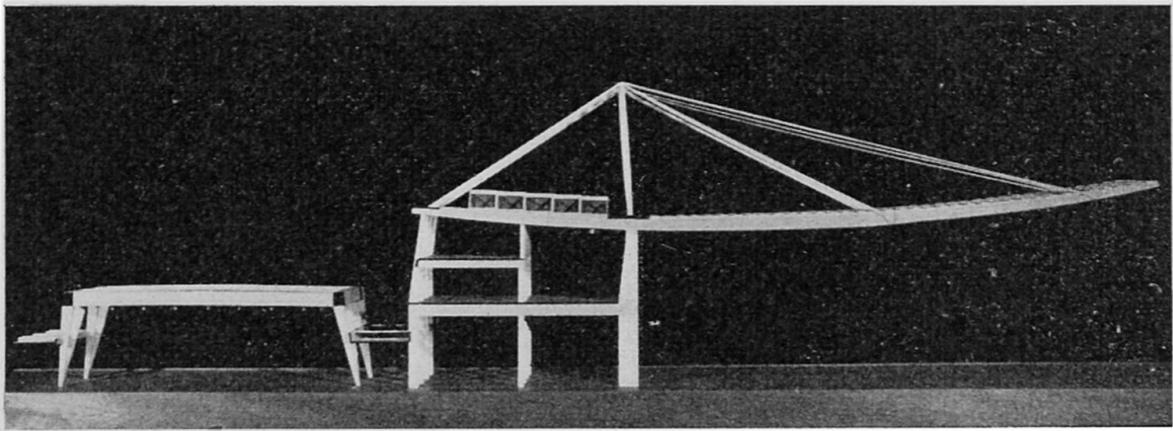


Fig. 8 - Fiumicino hangar. Longitudinal section of the roof (designed by R. Morandi).

so that when the supporting structure was made ready the dome could be installed and completed in less than 3 months.

Considerable speed and execution advantages, with particular regard to the complex shape of many structural elements, were also achieved by prefabricating the stairflights, the perimetral columns supporting the annular roof, etc.

Direct competition between reinforced concrete and steel construction is illustrated by the two recently-constructed Fiumicino airport hangars having the overall dimensions of 200×85 m, designed by R. Morandi (Figs. 8, 9 and 10).

Each hangar is divided in two parts, one of which, 200×60 m in

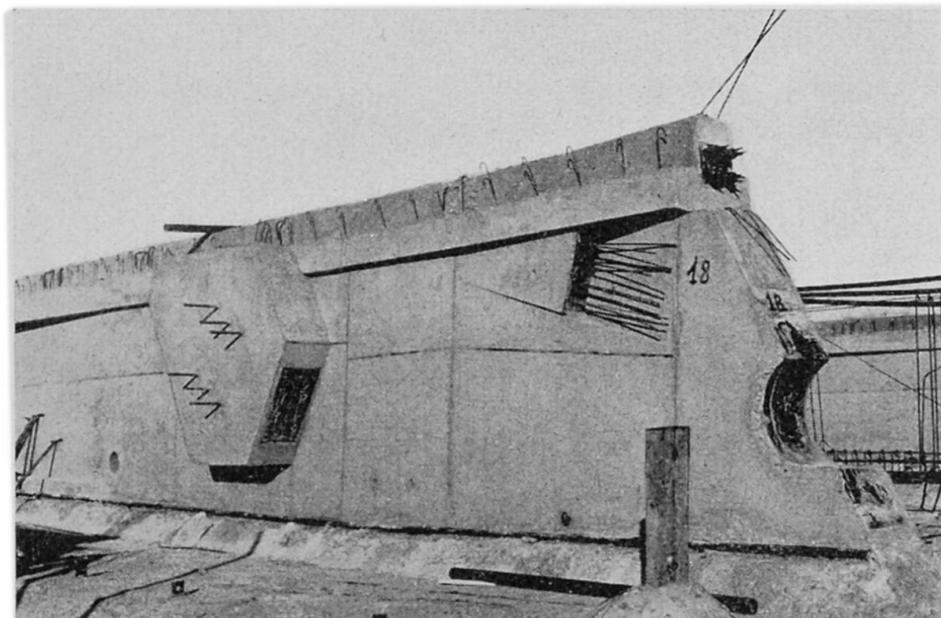


Fig. 9 - Fiumicino hangar. Main load-bearing ribs of the roof. Detail of a hinge.

plan and with no intermediate supports, is the aircraft shelter proper and the other serves for various uses.

The necessity of having a continuous front wall opening in order to allow a free entrance of airplanes from the runways has practically imposed the adoption of a cantilever type roof spanning the entire 60 m width.

The roof of the building is prefabricated, i.e., the large scythe-shaped girder, which forms the main load-bearing member, was divided into three parts, 28, 29.75 and 21.55 m long respectively. These parts, mutually connected by hinges, are supported by oblique prestressed concrete tie-rods to reduce their deformability.

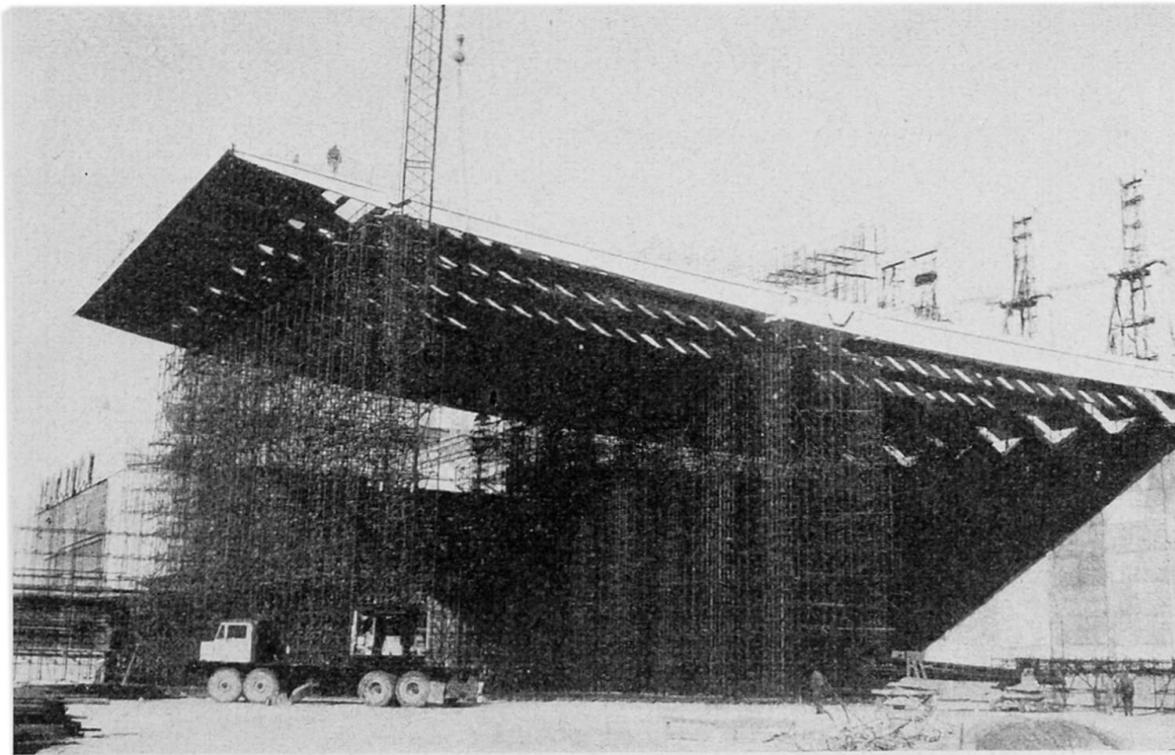


Fig. 10 - Fiumicino hangar. Assembled roof. The suspension tie-rods are still to be installed.

Because of the tie-rods, each composed part is automatically prestressed, so that its high strength steel reinforcement is very moderate, being only 6 kg m^{-2} .

4 - Bridges and viaducts

As in the case of industrial buildings, prefabrication in the bridge and viaduct sector has long since made it possible in Italy to carry out important works. It can be said that the prefabrication technique in this field is by now

quite generalized, especially since the advent of prestressed concrete has considerably reduced the weight of the individual prefabricated elements and made them easier to handle.

For girder bridges, even of great spans, the transverse placing of beams is now of common usage. An appropriate centering is installed at the placement level to support the formwork of the beams. These are cast in the forms and, after being cured and prestressed, they are moved sidewise and brought into their final positions. Each form and centering make it thus possible to cast the longitudinal beams of an entire deck placed between two supports.

Widely used is also the longitudinal placement of the beams by means of a provisional steel centering supporting one end of the concrete beams, or by special bridge cranes.

In the case of small spans and weights, the beams are cast at the ground level and are then placed at the required elevation and position by means of appropriate hoisting apparatus.

Of this type of structures it is worth mentioning the viaduct of Corso Francia, Rome, designed by P. L. Nervi.

Prefabricated are the V-shaped beams, the slabs and the sidewalks; the piers and the cantilevers were cast in situ (Fig. 11).

The 16 m beams, each weighing 16 tons, were cast in cement-finished masonry forms. The daily output was of 4 beams, and no artificial curing was used.

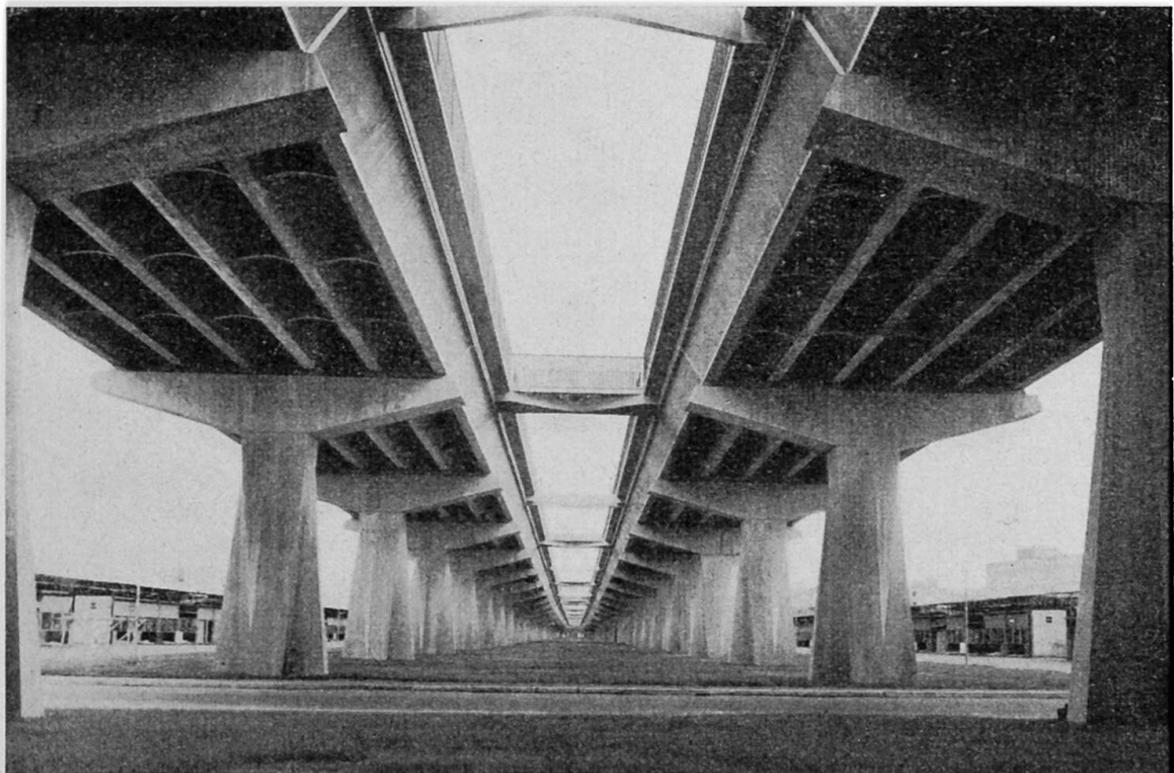


Fig. 11 - Corso Francia viaduct at the Olympic Village, Rome (designed by P. L. Nervi).

The output of the slabs and sidewalks corresponded to that of the beams.

In this sector, too, there is a growing trend toward industrialized prefabrication, similar to the one described for industrial constructions. Namely, there is a tendency to prefabricate, in special building sites, standard type beams and floors capable of forming decks even for large-span viaducts.

For instance, the Ferrocemento Company of Rome (Mantelli Group) has recently perfected typical expressway decks for spans of 24, 28, 32, 36 and 40 m, entirely made of ordinary and prestressed concrete elements. They essentially consist of:

- a) main beams, in various quantities in accordance with the planned roadway width;
- b) intermediate transverse beams (usually two);
- c) continuous flooring slabs.

The beams are pretensioned. The layout of the prestressing wires is not straight from end to end but like a broken line in order to permit the wires to take the shearing stresses besides the bending moments.

The strongbacks for tensioning the beams are given by the steel forms, and the broken-line layout of the wires is achieved by means of appropriate stirrups which remain permanently embedded in the concrete.

The transverse beams consist of precast elements which are prestressed in situ by sliding cables.

The roadway is formed of continuous slabs over the entire width of the structure. They are pretensioned and provided with special holes to allow their connection in situ to the beams.

The conventional building-site operations for this type of viaduct are confined to setting up the supports and casting in situ small quantities of concrete for connecting the individual parts.

5 - Hydraulic structures

The usual considerations about the benefits generally resulting from the use of prefabrication, such as rationalization of the building site, reduction of labor and cost, etc., must, in the case of hydraulic structures, be supplemented by still others. These are of a technical nature and frequently of decisive importance for an unequivocal choice of this construction technique.

What we mean are mainly environmental conditions (concreting under water or in particular circumstances, etc.), the necessity of reducing to a minimum the construction time (lining of operating canals when they are empty, erection of structures during low-water time), and so on.

The hydraulic works here dealt with comprise water-conveying structures (free-flowing channels, pressure pipelines), general works (for water storage, inlet, outlet, etc.), and maritime structures (piers, landings, protective works, and so forth).

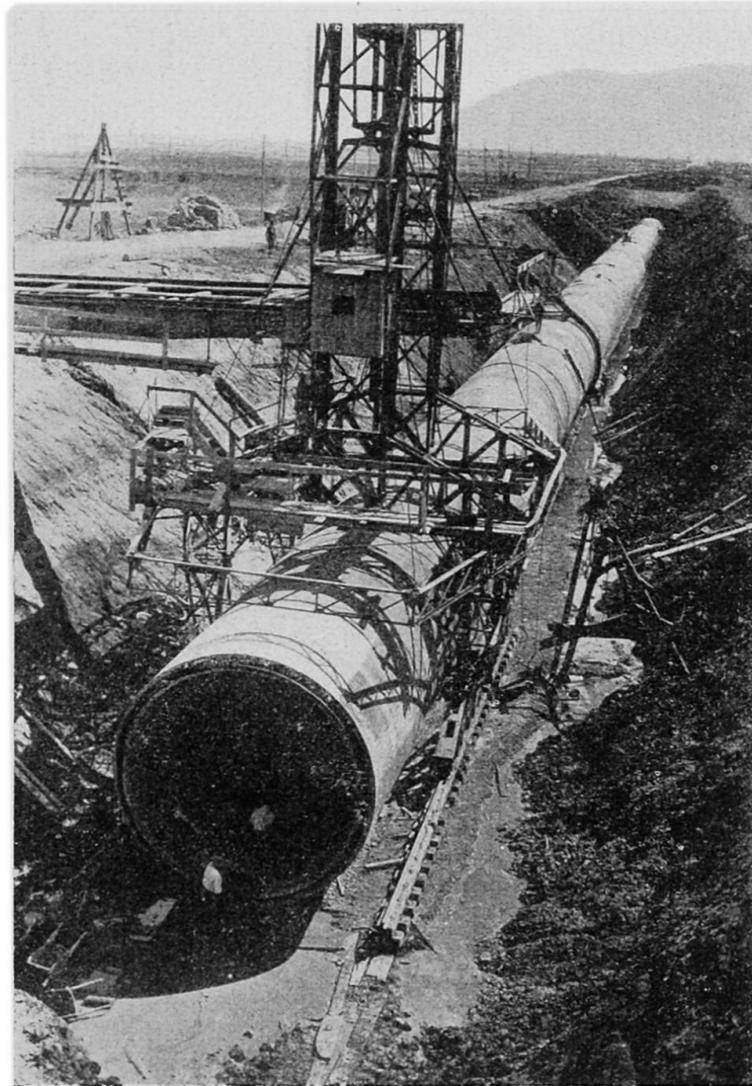


Fig. 12 - Volturno pipeline (S.M.E.). Plain reinforced concrete pipes, diam. 4.20 m (Impresa Ferrocemento).

Prefabrication at the present time is largely used in the first-mentioned sector, i.e., open channels and pressure pipelines, where prestressing increases the watertightness of the reinforced concrete structures.

Of interest in the free-flowing sector are the Vianini-built canal systems and the Tarquinia Plain irrigation flumes where the Vacuum Concrete method was used.

Of the pressure pipelines we shall mention those used for supplying water to the city of Rome (A.C.E.A.) by means of prestressed pipes having diameters

of 1.40-2.02 m and suitable for pressures up to 14 atm, also built by the Vianini Company. Another remarkable example are the 4.20 m diameter plain reinforced concrete pipelines constructed for the Volturno hydroelectric power scheme (S.M.E.) by Ferrocemento Ing. Mantelli and Co. (Fig. 12).

Increasingly growing is the use of prefabrication in the other hydraulic structures. Of special interest are the accomplishments in the general works sector, i.e., the lining of canals, river regulation and protection works as well as irrigation and reclamation projects.

Canal lining, long based on employing non-reinforced concrete tiles so sized as to make it possible to place them by hand or by means of modest mechanical devices, now tends to adopt large-sized prefabricated elements.

Such elements, for instance, are the lightly reinforced 4 m square and 8 cm thick slabs used by Ferrocemento-Ing. Mantelli & Co. for lining the Recentino Canal.

Such may also be the highly flexible and very long prestressed concrete slabs designed by Zorzi for the Farsura Construction Company and destined to line the power canal of the Pontecorvo hydroelectric power plant.

The slabs are 25 to 30 m long, 1.25 m wide and 3 cm thick. They are

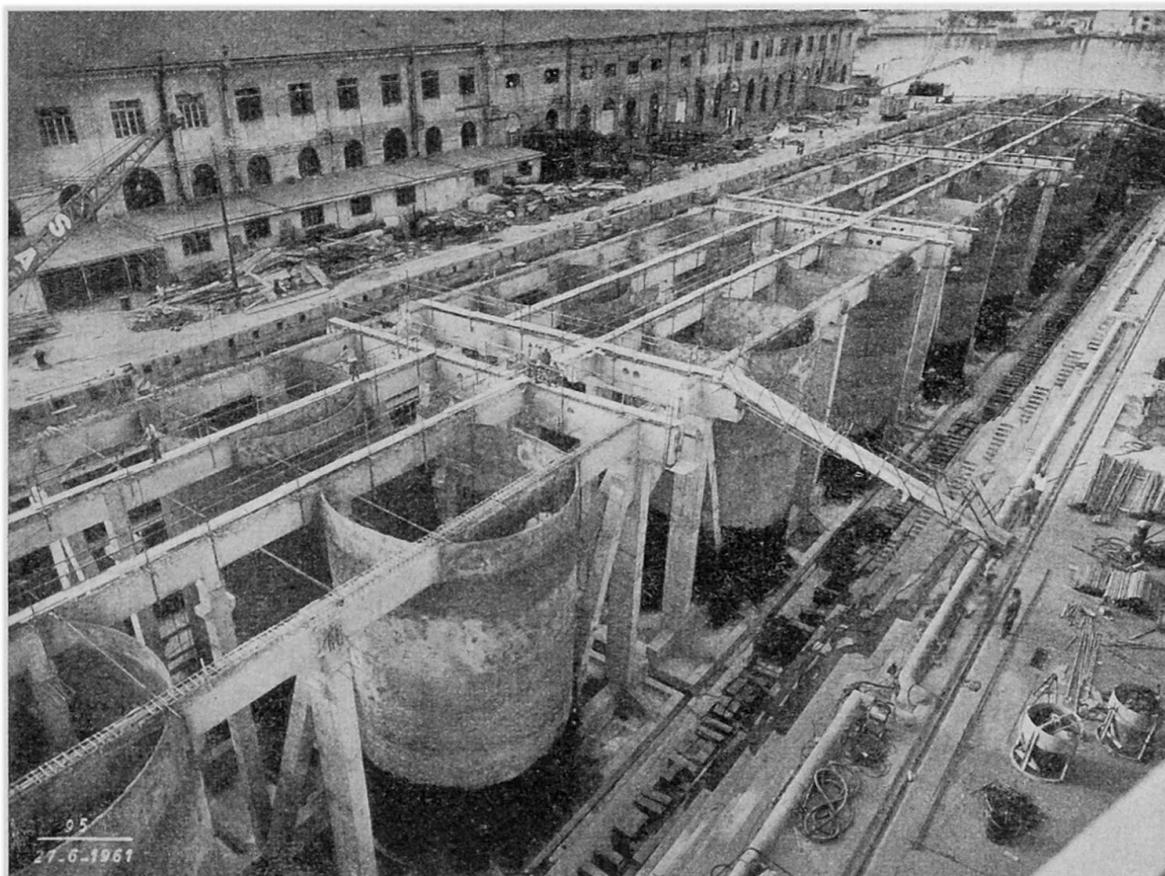


Fig. 13 - Edisonvolta thermal power plant, La Spezia. In-situ prefabrication of the fuel discharging wharf (Impresa SALCI).

reinforced with steel mesh and prestressed longitudinally (10 \varnothing 3 mm per slab). They were produced in 10 to 12 superimposed layers, using special vibrating and finishing machinery.

The slabs were transported in situ in batches by Decauville wagons. On arrival to destination, each slab was picked up at the edges and hoisted by means

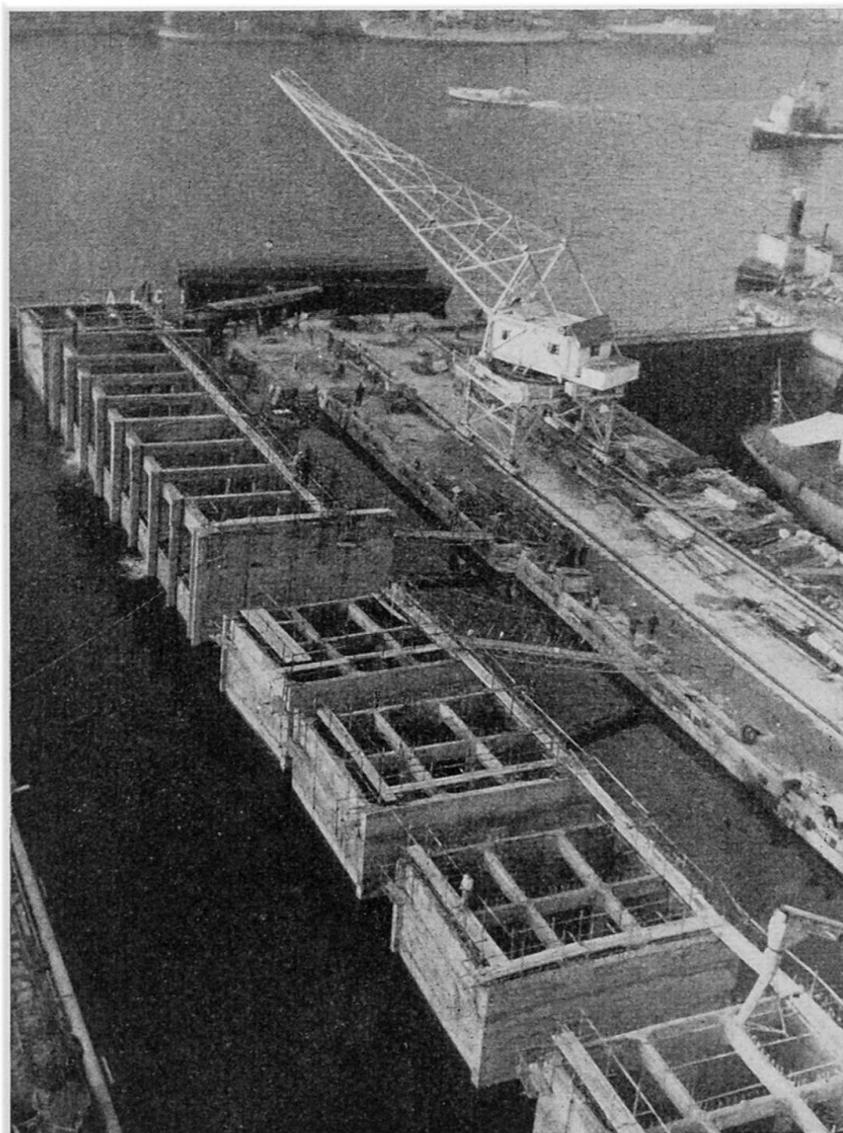


Fig. 14 - Edisonvolta thermal power plant, La Spezia. Precast wharf elements floating and ready to be trailed to destination.

of a bridge crane. It was then placed across the axis of the canal on a loose stone bed which had been sprayed with cement mortar.

Worthy of special mention in the field of canal lining is the Ghiselli type which also acts as a retaining wall since it makes a prism of ground behind the lining cooperate in the stability. The prism of ground is fastened to the lining by anchorages.

In river regulation and protection works, including transverse structures such as for water control, use may profitably be made of dry masonry framed by prefabricated reinforced concrete elements such as beams equipped at the ends with specially installed hooks for mutual connection.

Using appropriately connected hooked « I » beams (patented by G. Boni-

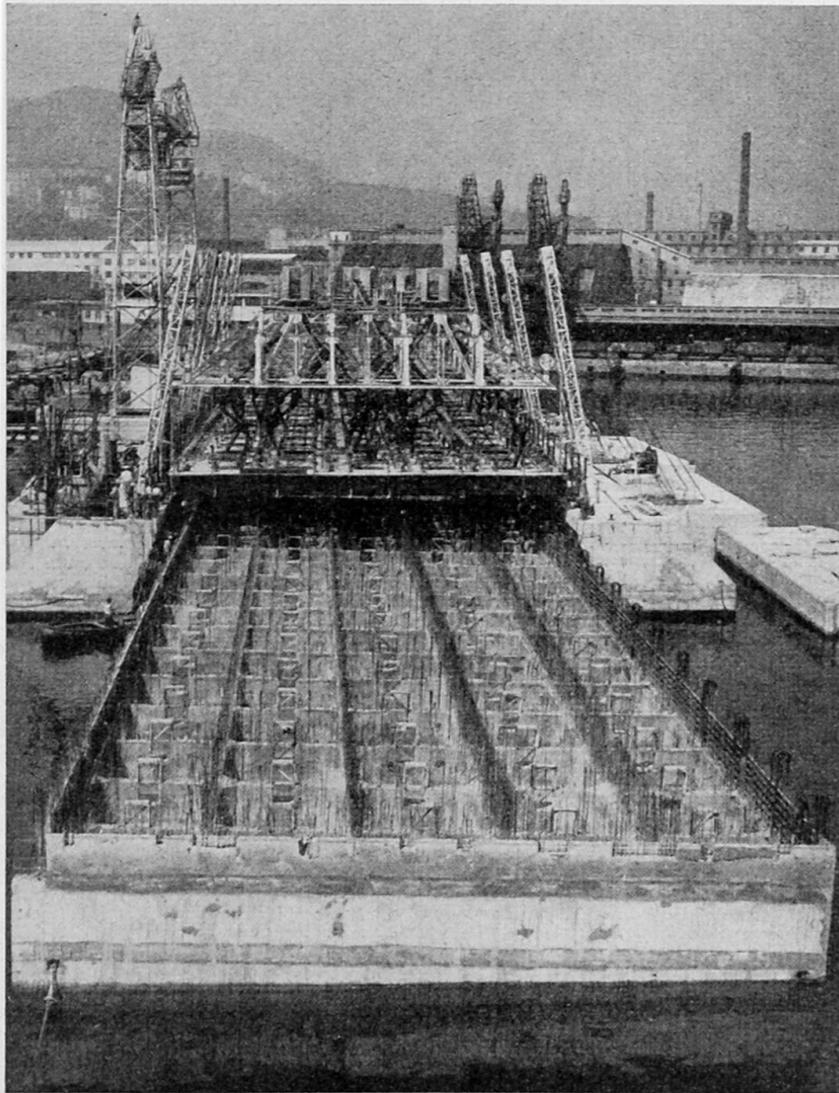


Fig. 15 - Dry dock no. 5, port of Genoa. Cellular caissons connected by prestressing (Impresa Fincosit).

celli), linked cellular structures may be obtained which, when stone filled, form a kind of comparatively deformable composite dry masonry possessing a high draining capacity and great tensile and shear strengths.

The weight of the prefabricated members in this structure is relatively small (200 to 300 kg per cu. m), and the filling material for the cellular structure may be obtained in situ even if it is of mediocre quality.

For maritime works, prefabrication mostly furnishes structures of extraordinary size and weight, whose transfer to the place of employment is possible only by means of special transportation facilities or by utilizing the floating capacity of the structures.

The prefabricated members to be conveyed by floating may be manufactured in three different ways: on a slip, in a dry dock or under a carrying and launching structure.

The slip-produced members are launched in the classic way used for ships. However, this method is about to be abandoned because of the numerous hazards it involves and also because of the high cost of the launching ramp which has only a gentle slope and is therefore long in order to reach the great depths that are always required for having such heavy elements float.

The members manufactured in a dry dock are obviously floated by merely flooding the dock. A conspicuous example of this technique is given in Figs. 13 and 14. The advantages of this system are obvious. However, it demands that a dry dock be available close to the site and, furthermore, the rent of the dry dock is always high.

More convenient under many aspects is the method of construction « under a carrying and launching structure ».

It consists in setting up, in a fixed position or on a floating craft and at an adequate height above the water surface, a carrying structure, such that will

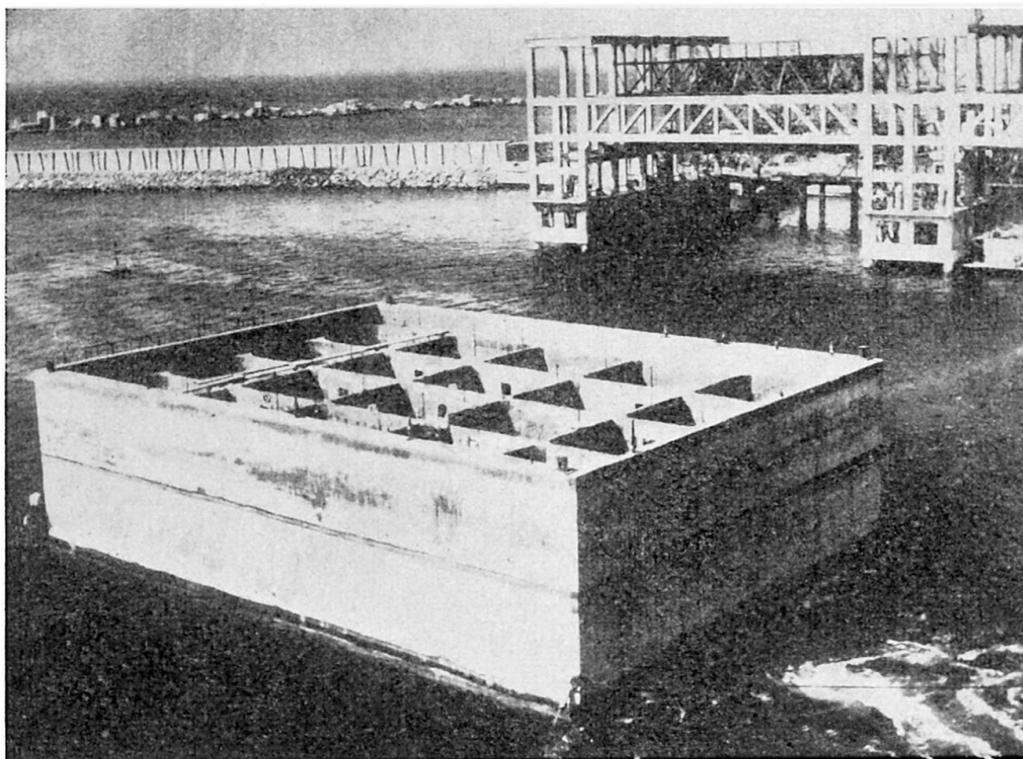


Fig. 16 - Airport dam and pier at Genoa. Floating caissons and precasting equipment (Impresa Fincosit).

make it possible to begin building the various elements. As these are constructed, they are lowered into the water up to the point where they float; the elements are then removed by floating, completed and transported to their final destination.

This system was employed in Italy in very important jobs. Foremost

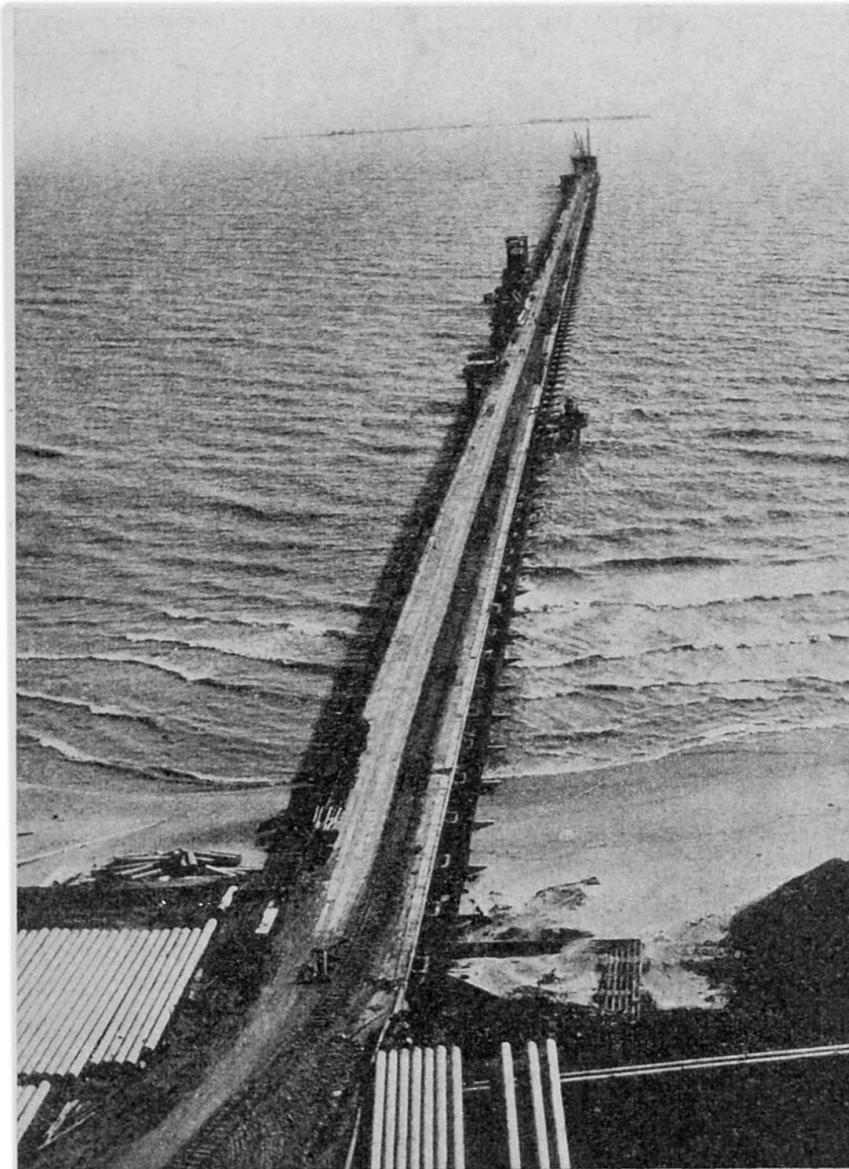


Fig. 17 - ANIC loading dock at Gela, Sicily. Prestressed foundation piles (Impresa Vianini).

among them are the imposing external and internal quays of the new port in Genoa and the structural members of the 5th dry dock, also in Genoa. Figs. 15 and 16 show some of the most significant works recently carried out (Fincosit Construction Company). Another striking example is the ANIC loading dock at Gela (Sicily) built by the Vianini Company on a prefabricated and prestressed pile foundation (Figs. 17 and 18).

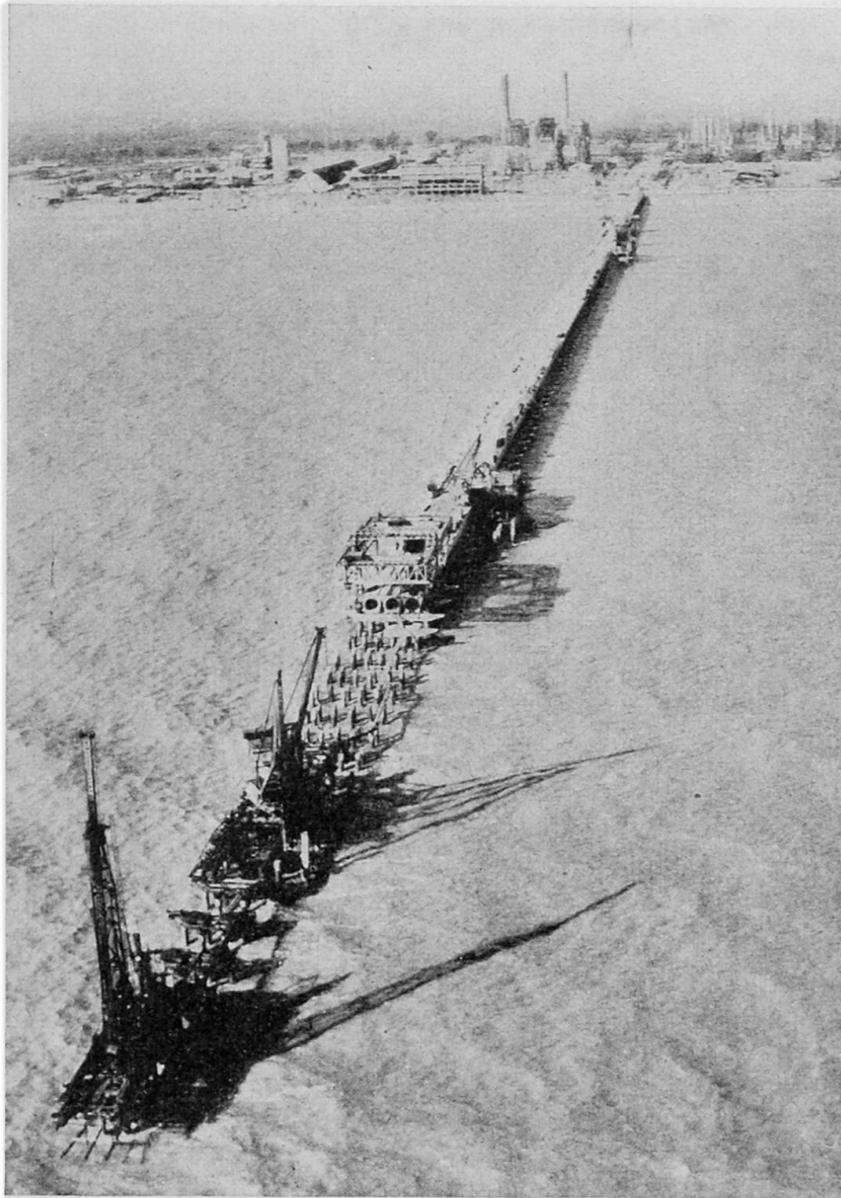


Fig. 18 - ANIC loading dock at Gela. Driving of prestressed foundation piles.

La préfabrication d'éléments structuraux en Espagne ¹⁾

Die Vorfabrikation von Bauteilen in Spanien

The Prefabrication of Structural Elements in Spain

I - Introduction

1.1 - La préfabrication d'éléments structuraux en Espagne présente deux aspects clairement définis:

A - Eléments préfabriqués en ateliers fixes, d'application générale.

B - Eléments préfabriqués en ateliers provisoires, généralement pour un seul chantier ou groupe de chantiers voisins.

1.2 - Les ateliers correspondant au groupe A comptent trois catégories:

A1) Ateliers destinés à la préfabrication totale d'immeubles d'habitation.

A2) Ateliers destinés à la préfabrication d'éléments divers.

A3) Ateliers de préfabrication de poutrelles.

Catégorie A1). Il n'en existent que très peu, à proprement parler, deux: un à Barcelone et l'autre à Madrid qui exploitent des brevets étrangers avec une mécanisation très réduite.

Catégorie A2). Il y a plusieurs ateliers qui préfabriquent tous les éléments de couverture jusqu'à 30 m. de portée. D'autres fabriquent des tuyaux et des conduites pour des pressions arrivant à 20 atmosphères et de diamètre jusqu'à 2,00 m, pylones pour lignes aériennes, etc.

Catégorie A3). Ce sont les plus nombreux. On y fabrique toutes les variétés de poutrelles en béton armé normal ou précontraint, analogues aux profils métalliques laminés, poutrelles pour structures composées qui évoluent et augmentent progressivement de résistance in situ, et simples éléments initiaux de plancher, dont la plus grande partie est moulée in situ. Les modèles nor-

¹⁾ Par le prof. C. F. Casado de la Escuela Técnica Superior Ingenieros de Caminos y Puentes, ingénieur-conseil Huarte et C.

malisés les plus fréquents sont pour la construction normale et, exceptionnellement, pour des éléments destinés à de fortes charges pour des ponts ou des planchers industriels.

1.3 - Les ateliers provisoires sont montés pour l'exécution de structures d'importance exceptionnelle, telles que halls industriels, bâtiments sportifs ou ponts. L'atelier le plus grand de ce type a été celui du hall de laminage de la Sidérurgie d'Avilés, d'une surface de 4.900 m² où ont été préfabriqués des arcs, des poutres, des dalles de couverture et des poutres de ponts roulants, pour une surface totale d'édification de 140.000 m².

2 - Structures pour bâtiments

2.1 - Laissant de côté la préfabrication totale de bâtiments qui, comme nous l'avons dit, ne fait que commencer en Espagne, ce système constructif est appliqué d'une façon intégrale pour les planchers et couvertures.

2.2 - Planchers normalisés

La plupart des planchers des immeubles d'habitation sont exécutés à l'aide d'éléments préfabriqués, même dans les cas de structures d'ossature métallique.

Le degré de préfabrication varie entre le 100%, dans le cas de poutrelles séparées par des hourdis de béton léger ou de matériaux d'autre type jusqu'aux environs du 20% dans le cas de semelles étayées pour recevoir les blocs de remplissage qui forment le moule du plancher de solives monolithe des semelles où est incorporée l'armature inférieure.

Les poutrelles ou éléments partiels préfabriqués sont en béton armé précontraint. Dans ce dernier cas ils sont fabriqués en béton de haute résistance et précontraints sur banc longitudinal. Pour les poutrelles précontraintes l'Institut Eduardo Torroja est arrivé à des normes de fabrication et d'emploi. On a tenté également d'établir un certificat de qualité, mais sans résultats pratiques.

Dans les cas de surcharges plus élevées que dans la construction de logements, des plancher préfabriqués du même type ont été également employés pour des salles de spectacles, théâtres, cinémas, etc. Pour certains gradins de tribunes ont été utilisées des dalles préfabriqués en béton armé normal. Les portées ont atteint 10 m et les surcharges 600 kg/m².

2.3 - Couvertures

Un autre cas de spécialisation en ateliers fixes est la préfabrication de structures de couverture. La plus courante est la ferme à deux versants

composée d'éléments triangulaires transportables, avec des tirants en acier. Il existe plusieurs brevets, dont les plus intéressants sont ceux qui utilisent, en portée normale, deux demi-fermes assemblées in situ à l'aide d'un tirant horizontal à raccord réglable.

Les systèmes de couvertures préfabriquées en atelier provisoire sur le chantier même ont été également utilisés et ont permis d'arriver à des portées de 30 m.

Un autre type de couverture préfabriquée est celui d'arcs montés également en deux moitiés, avec articulation provisoire à la clé fixée postérieure-

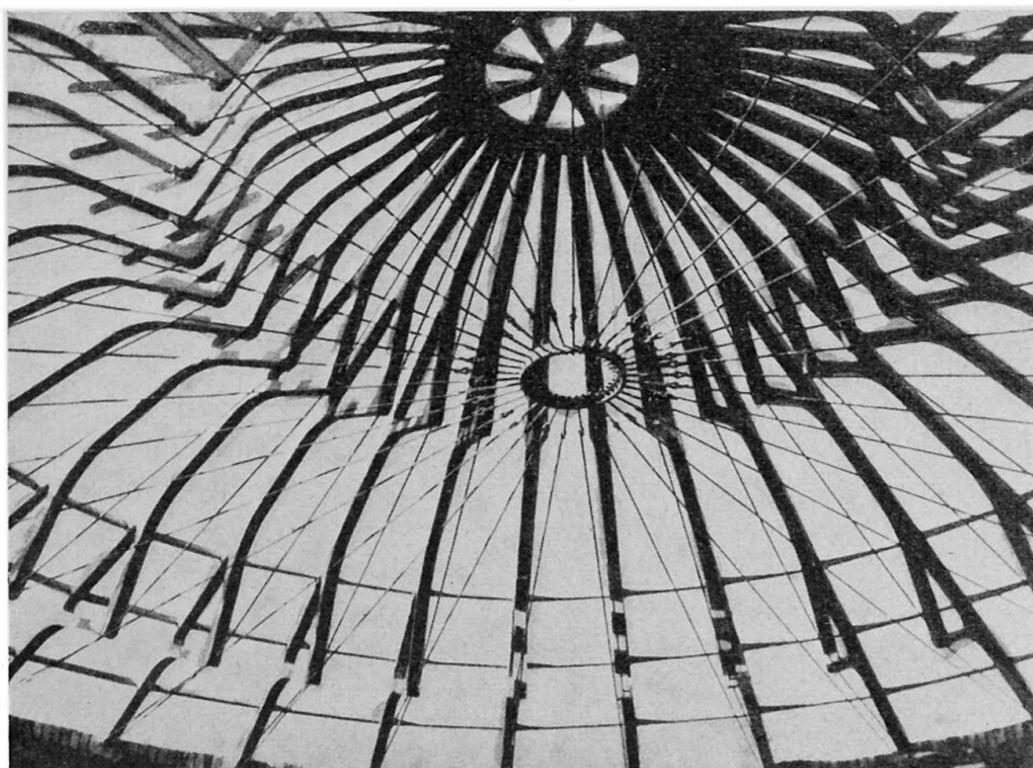


Fig. 1 - Couverture en éléments standardisés - Marché couvert de Zaragoza - Diamètre 22,50 m - Système MARSA.

ment, la position définitive étant réglée par soudure du tirant ou raccord vissé.

Dans ces cas, la préfabrication est, généralement, presque totale. On monte les fermes ou les arcs assemblés par des poutres transversales, puis on les recouvre d'un matériau léger de fibro-ciment (uralita) qui est définitif, ou d'un matériau isolant léger et d'un autre imperméable bitumineux. Le seul béton coulé à pied d'oeuvre est celui des noeuds d'assemblage.

2.4 - Pour des édifices de structures plus importantes, tels que salles de spectacles, bâtiments sportifs, tribunes et gradins, ont été utilisés des ateliers provisoires de préfabrication sur chantier et employées, pour les couvertures, les mêmes solutions d'arcs et de fermes. La plus grande portée atteinte a été

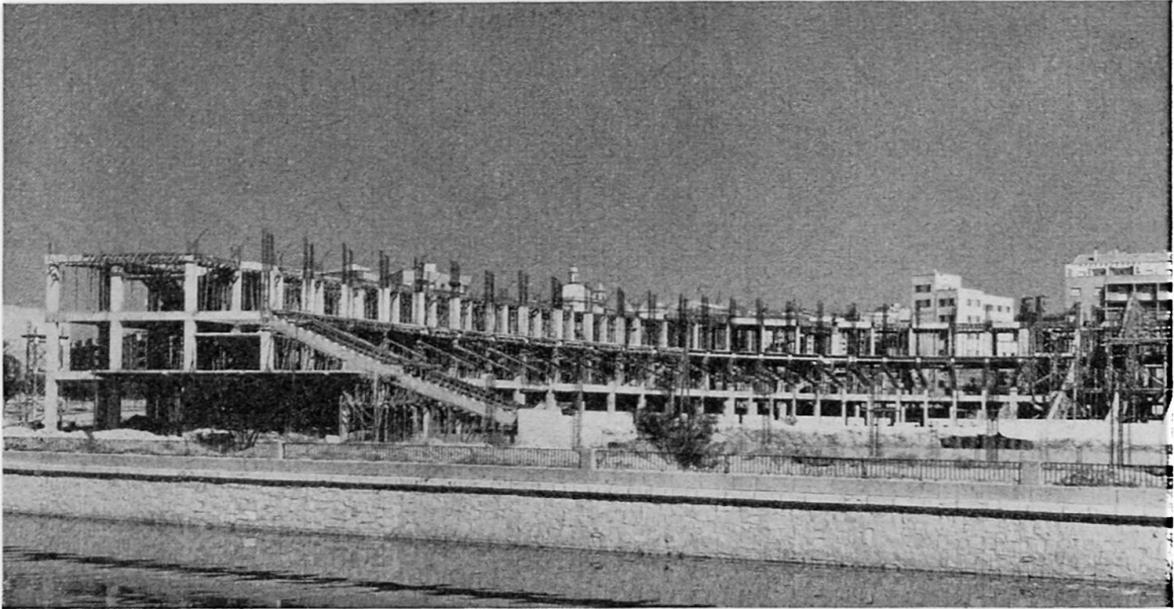


Fig. 2 - Stade "Atletico de Madrid C. F.". Execution des gradins.

celle du Palais des Sports de Barcelone avec des arcs de béton armé de 50 m. Ils furent montés en deux moitiés et l'on conserva l'articulation de la clé.

Egalement ont été utilisées, pour des couvertures plates importantes, des poutres légères de béton précontraint assemblées en douelles.

Pour certaines constructions sportives ont été préfabriqués aussi bien les gradins que la charpente en béton armé; ainsi une petite arène, à San Sebastian de los Reyes, dans les environs de Madrid et, selon le même procédé, la construction du Stade de l'Atlético de Madrid est en cours.

3 - Halls industriels

3.1 - La principale sphère d'application de la préfabrication lourde a été l'exécution de couvertures pour halls industriels. La préfabrication est arrivée en certains cas à englober tout l'ensemble avec poutres et piliers (hall de montage de Land Rover de l'Usine Santana à Linares et les ateliers de Lacas Mari à Barcelone), également ont été préfabriqués des tronçons de grandes poutres de ponts roulants (atelier de laminage à Avilés), mais normalement il ne s'agit que de l'exécution de la couverture. Dans ce domaine on est arrivé à une préfabrication presque intégrale, exécutant in situ uniquement le béton d'agrégat fin pour les assemblages.

3.2 - Dans des halls plus modestes ont été utilisés des éléments norma-

lisés, fermes-triangulaires symétriques généralement, fabriquées industriellement par des maisons spécialisées, mais normalement c'est l'entreprise de construction elle-même qui procède à leur exécution en atelier provisoire.

3.3 - Les types de structure dépendent fondamentalement du système d'éclairage; arcs ou fermes symétriques pour des halls d'éclairage latéral ou dents de scie pour les ateliers d'éclairage zénithal. En locaux rectangulaires de grande surface (20.000 et 30.000 m²) totalement fermés, sans ouvertures, avec conditionnement d'air en couverture, on a utilisé des fermes continues de 24 m de portée de pentes alternées (Couverture de ITELHORCE à Malaga). Le système de ventilation influe également en détails secondaires et l'isolement thermique a une grande importance en ce qui concerne le poids propre de la couverture. Dans les cas de moins d'importance on place des plaques ondulées de fibrociment sur l'ossature résistante.

Pour les arcs on est arrivé à des portées de 45 m avec des séparations de 5 à 15 m, assemblés entre eux par des poutres longitudinales qui les étayent et supportent directement le matériau de couverture. Celui-ci est généralement

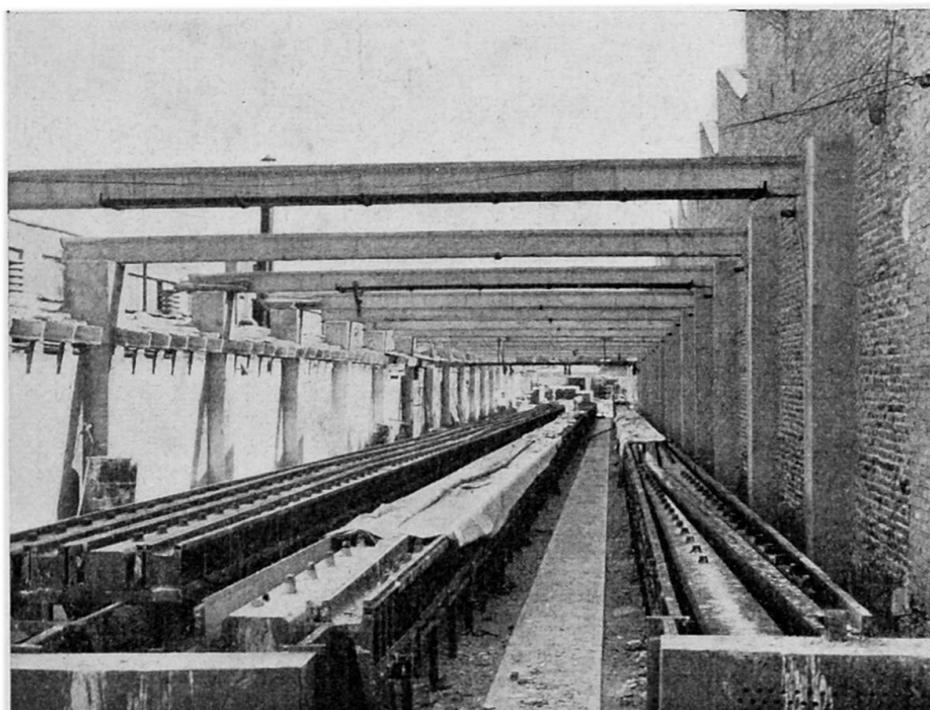


Fig. 3 - Atelier pour éléments de préfabrication.

très léger, en plaques de fibrociment, mais en certains cas on a utilisé des dalles nervurées de faible épaisseur et d'une portée allant jusqu'à 3,50 m. Les poutres longitudinales en T ou en double T légères, sont encadrées entre des poutres de section rectangulaire qui servent de contreventements pour donner la rigidité à l'ensemble dès le premier moment.

Pour les dents de scie l'organisation structurale est très variée, d'où les solutions suivantes:

- a) Poutres en treillis système Vierendel permettant l'éclairage naturel ou poutres en treillis et hourdis indépendants en direction inclinée.

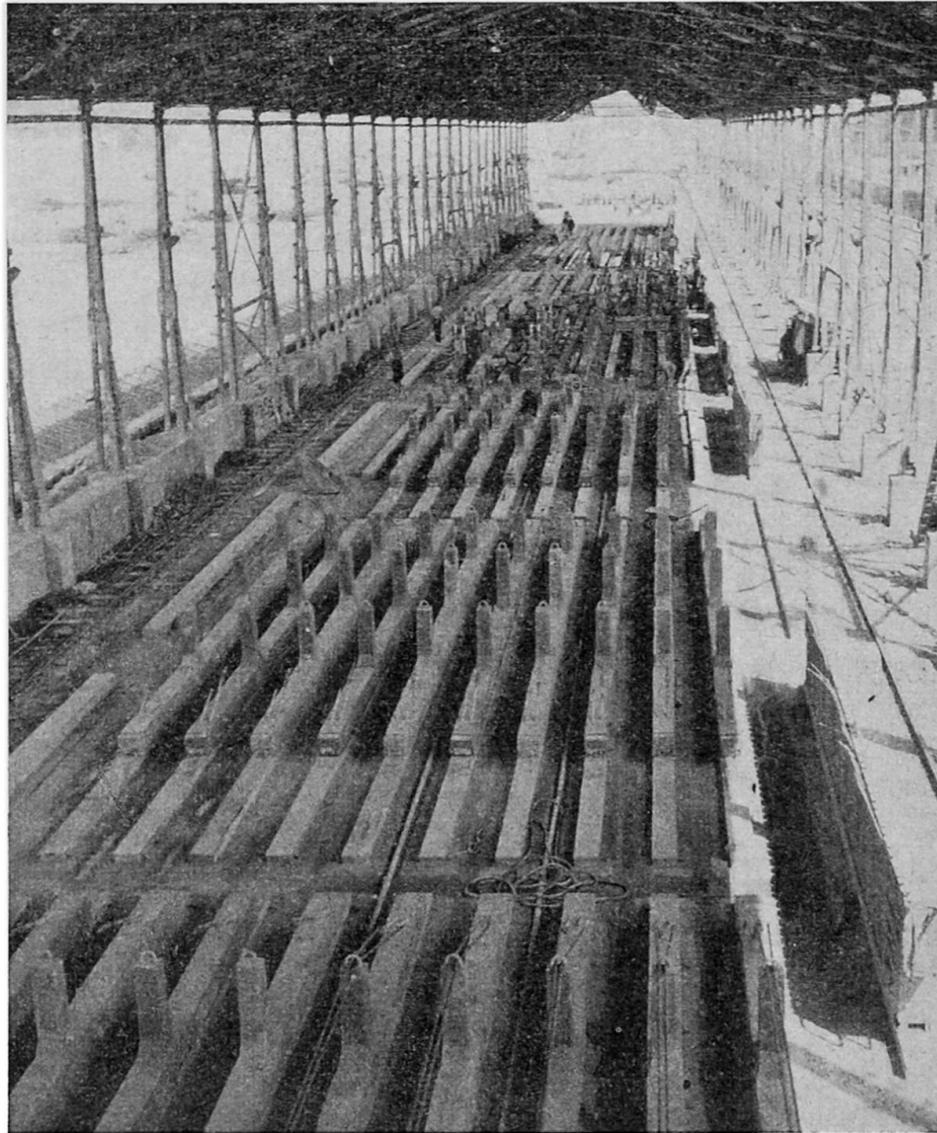


Fig. 4 - Atelier de préfabrication pour le hall de laminage de ENSIDESA (Avilés).

- b) Poutres longitudinales continues de faîtage et gouttière et hourdis indépendants en direction inclinée.
- c) Fermes triangulaires d'une seule dent ou rectangulaires de plusieurs dents sur portiques longitudinaux et hourdis en direction longitudinale.

3.4 - Le moulage des éléments principaux arcs ou fermes est exécuté en blocs horizontaux ou verticaux selon les cas et par moitiés qui sont unies

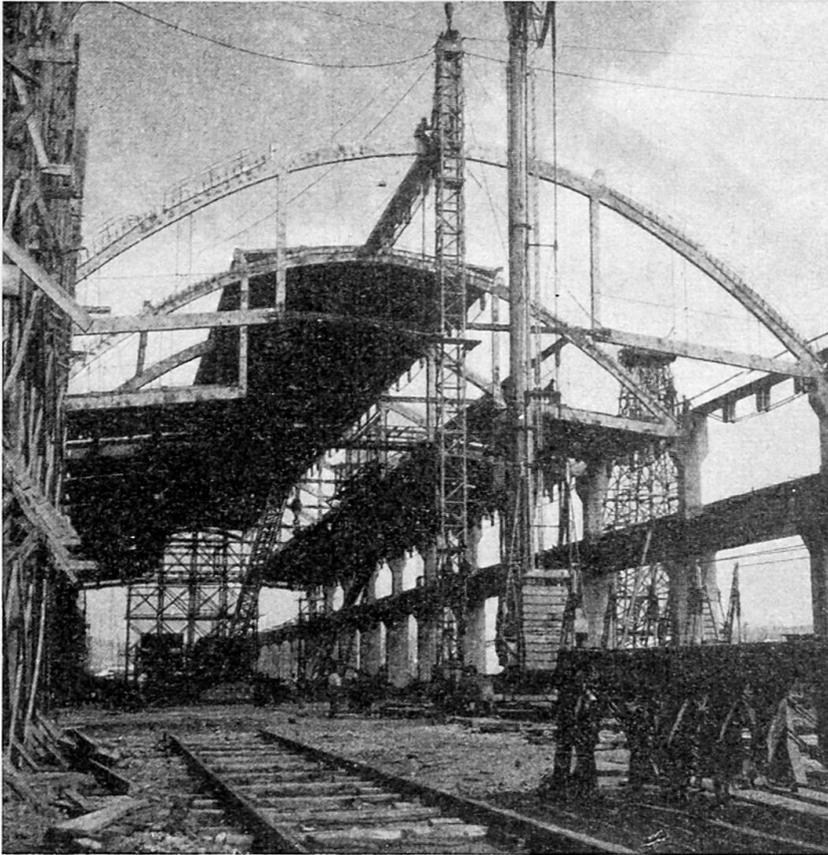


Fig. 5 - Montage des arcs et des poutres de la couverture de ENSIDESA (Avilés)

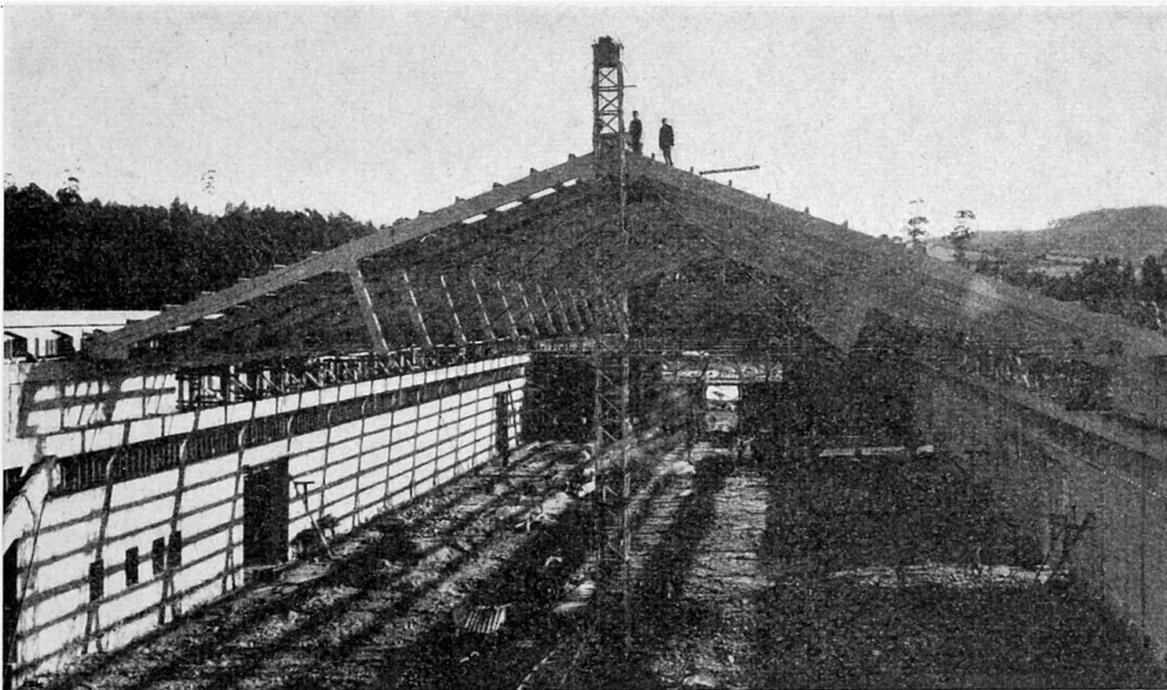


Fig. 6 - Montage des fermes de 30 m de portée pour la couverture de ENDASA (Avilés).

postérieurement par des tirants horizontaux, quand ils sont symétriques. Si l'atmosphère n'est pas agressive les barres qui travaillent à traction sont d'acier nu pour diminuer le poids. Le béton est consolidé par vibration en surveillant spécialement le rapport eau-ciment (aux environs de 0,4). Le décoffrage rapide est effectué par le vide dans certains cas. Les moules individuels sont métalliques en pièces d'une certaine complication, spécialement s'ils comportent le vide et la vibration externe. Dans le moulage par blocs c'est le bois qui est toujours employé, les pièces sont isolées les unes des autres par du papier ou des couches de plâtre.

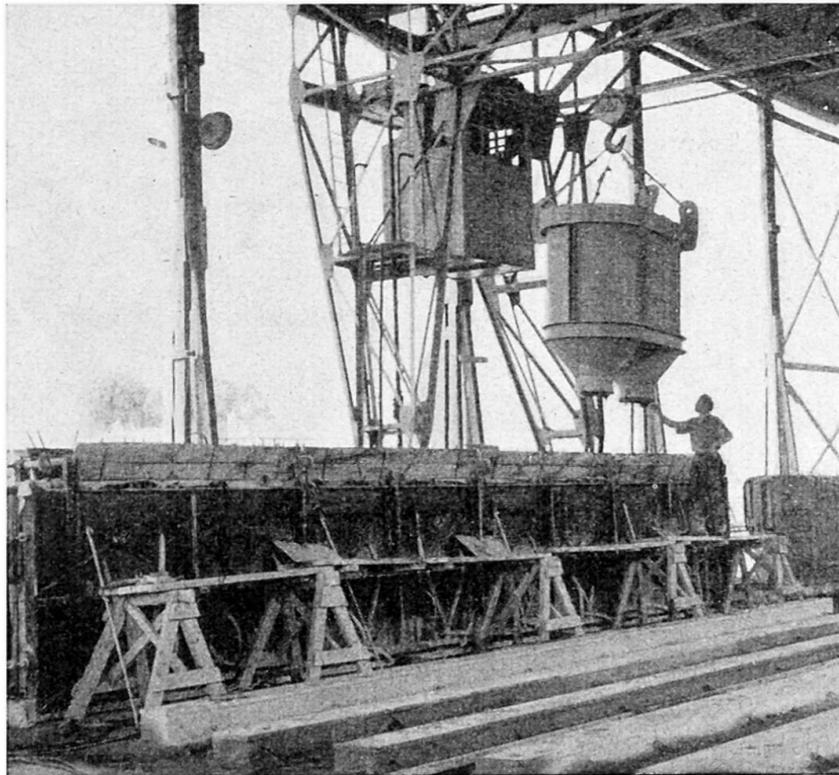


Fig. 7 - Préfabrication des poutres de ponts roulants dans le chantier d'Avilés.

3.5 - Pour le transport de ces éléments dont le poids oscille entre 5 et 10 tonnes, on emploie des grues roulantes qui les distribuent près de l'endroit définitif et l'élévation se réalise à l'aide de grues fixes ou de tours métalliques.

3.6 - L'assemblage des différents éléments se fait généralement par soudure directe des fers et un certain bétonnage in situ de protection. L'articulation isostatique des appuis mobiles sur bielle ou rouleau, l'articulation du montage en clé disparaît généralement.

On veille à ce que tous les éléments aient un appui direct dès le début, soit seulement béton sur béton, soit à travers de plaques métalliques. Dans ce second cas l'assemblage se fait simplement en soudant les bords des plaques en contact. En d'autres occasions l'union est faite en bétonnant des entailles

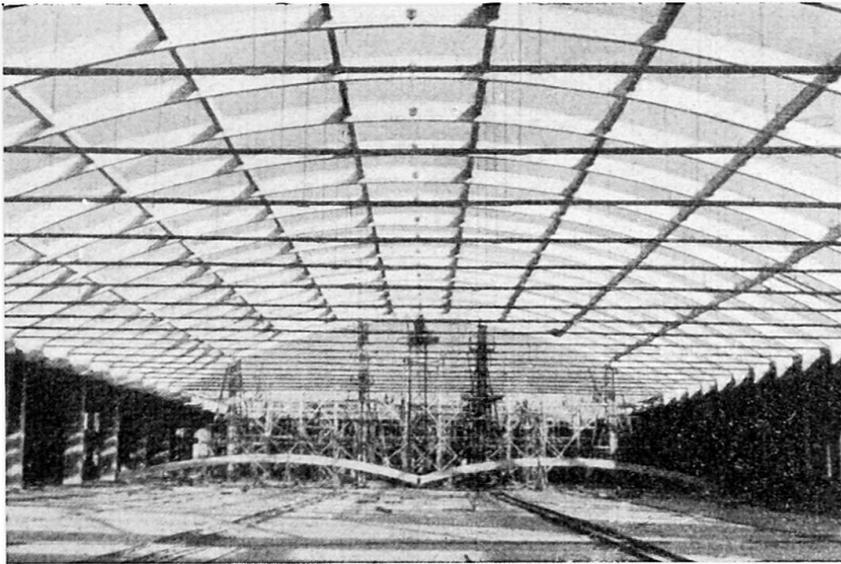


Fig. 8 - Couverture en arc du nouveau garage pour trolleybus de Madrid.

situées dans des zones de compression et en soudant directement les barres de traction. Dans ces cas on doit compléter le travail par une injection de mortier entre les joints. On a également employé des boulons de fixation qui unissent transversalement à l'aide de trous coïncidant, mais on doit également injecter les joints pour éviter aux boulons le travail à traction et les protéger de l'oxydation. Pour les poutres continues les assemblages sont presque toujours exécutés aux points de moments nuls, c'est-à-dire à une certaine distance des appuis.

Nous considérons que l'une des conditions fondamentales pour le mon-

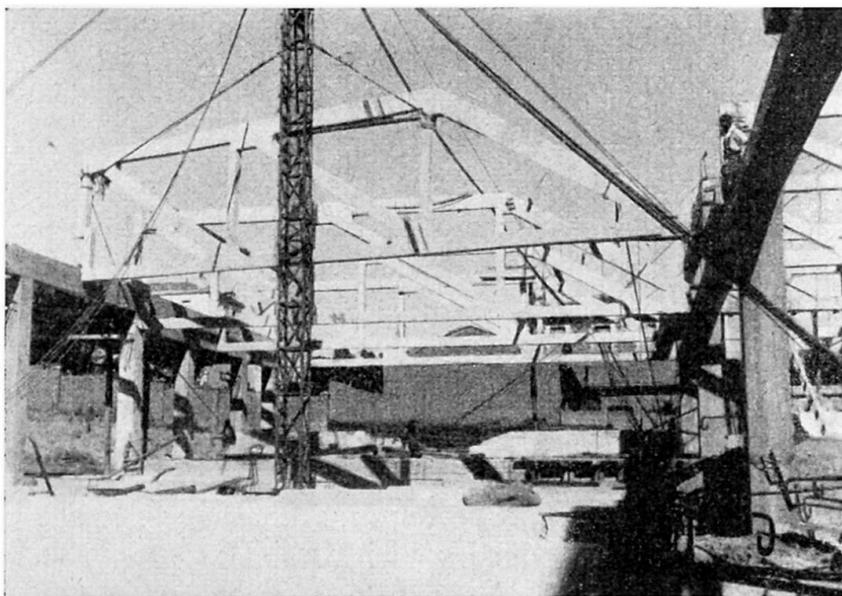


Fig. 9 - Chantier de la Fiat - Hispania à Madrid.

tage d'éléments préfabriqués est d'assurer à tout moment la stabilité de l'ensemble. Ne pas observer fidèlement cette condition a été la cause de quelques échecs. Pour un cas compliqué nous avons fait faire des études sur modèle réduit, et comparer la sécurité de plusieurs systèmes de montage (couverture du hall de laminage à Avilés).

4 - Ponts de travées droites

4.1 - Pour presque tous les ponts de section droite en béton précontraint construits ou en construction on a utilisé la préfabrication de poutres en atelier situé à proximité du chantier, en le montant sans échafaudage, soit par lancement longitudinal à l'aide de câbles sur bipodes où passerelle métallique provisoire, soit en glissant les poutres par les côtés et en les élevant depuis des piles, suspendues par leurs extrémités.

4.2 - Pour quelques rares cas de petites portées, jusqu'à 12 m, on a utilisé des poutres normalisées en T inversi, précontraintes en ateliers industriels, en les montant avec les têtes inférieures adossées une à une pour ensuite procéder au remplissage *in situ*, avec du béton, jusqu'à former une dalle d'épaisseur constante. Le degré de préfabrication est de 35 à 55%.

4.3 - Exceptuant le pont sur le Guadalquivir, dont nous parlerons plus loin, le type de structure a été la travée simple isostatique ayant atteint 46 m pour des ponts-routes et 24 m pour des ponts de chemin de fer. En section transversale, ils sont de tablier supérieur avec des poutres longitudinales et transversales, excepté pour un pont de chemin de fer de sept portées de 18 m qui est de tablier inférieur. Le poids maximum des poutres a été de 58 tonnes. Les poutres sont en double T asymétrique d'âme mince (14 à 18 cm) qui sont ordonnées avec dispositions caractéristiques: avec tablier de béton armé normal moulé *in situ* sur leurs têtes ou en complétant celles-ci par des tranches longitudinales pour avoir une continuité dans un tablier qui est consolidé à l'aide d'une précontrainte transversale. Les poutres transversales sont exécutées en tronçons incorporés aux longitudinales et dans tous les cas sont précontraintes pour former une grille. Cette seconde solution donne un degré de préfabrication qui peut arriver à 90%.

Pour le pont de tablier inférieur mentionné plus haut, il a été exécuté *in situ* sur les saillies des poutres et précontraint transversalement.

Pour celui du Guadalquivir on utilisa la solution structurale de travées consoles de 70 m de portée, la partie centrale qui a été exécutée par préfabrication, premièrement par douelles en encorbellement jusqu'à 20 m dans les deux côtés et ensuite par le lancement de poutres complètes pour une portée intérieure de 30 m.



Fig. 10 - Park de stockage des douelles pour la gâre souterraine de Barcelona.

4.4 - Pour l'exécution des poutres on a utilisé souvent le système de douelles de 1,20 à 2,00 m de longueur qui sont préalablement assemblées à l'aide de câbles de précontrainte pour intégrer la poutre. Ce système est particulièrement intéressant quand l'atelier provisoire ne peut être établi à pied d'oeuvre et qu'il faut transporter les éléments en camion. Deux cas très intéressants on été celui de la couverture de la gare souterraine de la rue d'Aragón à Barcelone

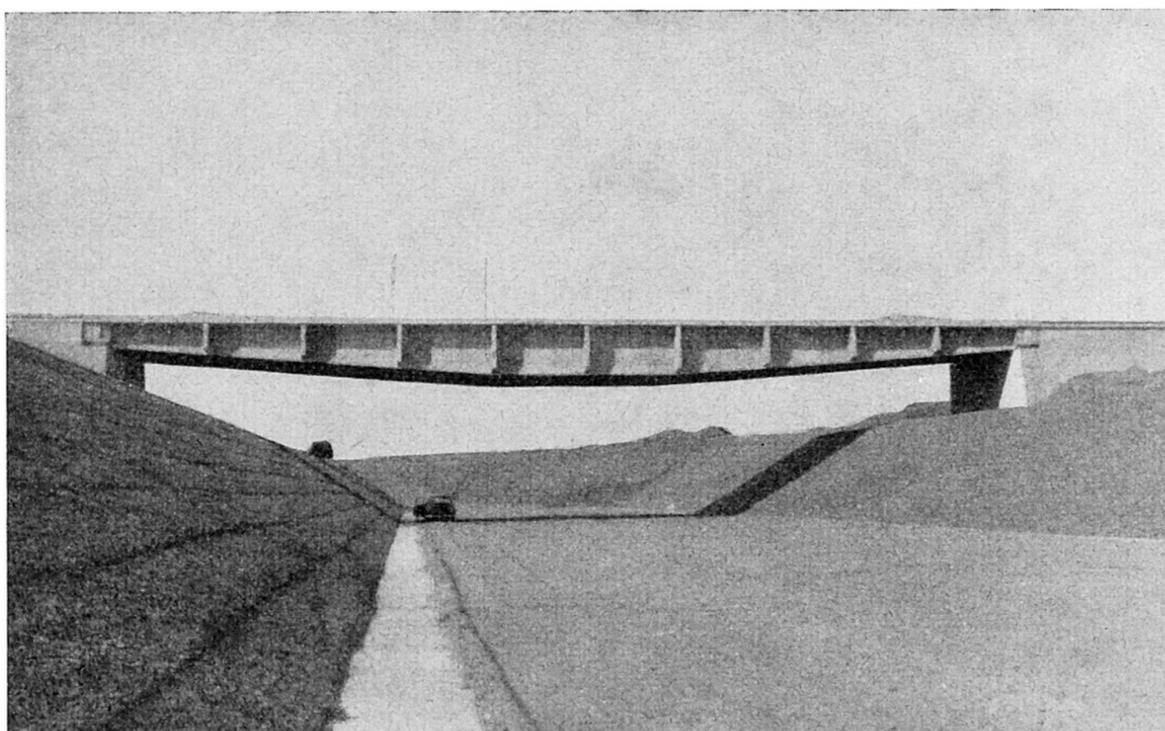


Fig. 11 - Pont du Canal del Bajo Guadalquivir.

avec 120 poutres de 15,60 m de longueur et une série de huit ponts sur les canaux du Guadalquivir avec quarante-huit poutres de 46 m de portée.

Pour le pont d'Almodovar sur le Guadalquivir, les douelles sont de section trapézoïdale de 1 m 50 de longueur et pèsent de 6 à 9 tonnes. Elles sont transportées à l'aide d'un blondin et assemblées aux autres par ancrage de deux ou trois barres Dywidag. Ces douelles sont exécutées à l'aide de moules métalliques ou en bois et le béton est consolidé par vibration.

4.5 - Pour les ponts de béton armé normal, la préfabrication a été utilisée exceptionnellement (pont de la Chantrea à Pampelune, avec un tronçon central de poutre caisson de 36 tonnes), à cause du grand poids des éléments.

4.6 - Les systèmes de précontrainte utilisés ont été Barredo, Freyssinet et Dywidag.

5 - Ponts en arc

5.1 - On a également utilisé, bien que moins fréquemment, la préfabrication pour des ponts en arc en exécutant des anneaux qui ont servi d'auto-cintres noyés dans la masse des voûtes, ou bien pour le cas de petites portées (aqueduc de huit portées de 20 m) comme arcs définitifs de la structure.

5.2 - Les anneaux de section double T symétrique très réduite se montent par moitiés formant des arcs de trois articulations qui sont maintenus jusqu'à une certaine étape de l'ouvrage, où ils sont fermés. Les articulations se matérialisent en boulons métalliques et plaques de répartition.

5.3 - Le pont le plus important construit à l'aide de ce procédé est celui de Mérida sur le Guadiana de 8 arches de 60 m de portée. Un arc à tirants de 110 m de portée a été également étudié, y compris un modèle réduit, mais, en construction, on a opté pour des travées droites préfabriquées.

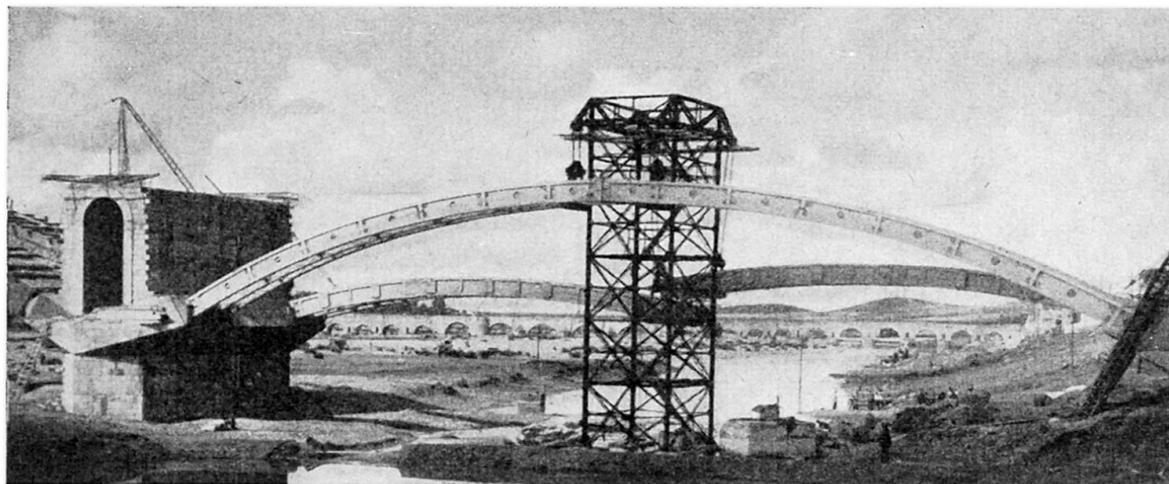


Fig. 12 - Pont de Merida sur le Guadiana - Montage des anneaux auto-cintrés.

The Precast Concrete and Lightweight Concrete Element Industry in Sweden ¹⁾

L'industrie du béton préfabriqué et du béton léger en Suède

Industrie für vorfabrizierten Beton und Leichtbeton in Schweden

Introduction

Since around 1950 the building industry in Sweden has developed a number of new mechanized production methods.

The rise in labour costs and the consequent increased use of machines are major reasons for this development.

Also the human factor, to avoid heavy manual labour, has played a rôle. The saving in construction time and the accompanying saving in interest costs are also important factors. Introduction of building cranes has e.g. increased the use of precast concrete elements. The yearly output of the Swedish precast concrete industry corresponds to about 125,000,000 Swedish Crowns, and the rate of increase per year is about 5%.

Structural concrete elements are manufactured in approximately 80 factories. Some of these factories are located at or near major building sites.

In most of the new buildings only some parts are made from precast concrete elements. The structural framework is usually cast in situ. For homes, apartment houses, industrial buildings, office-buildings, road-, street- and railway bridges and pipe-lines, concrete elements are used extensively. In the following a brief description is given of characteristic element systems used within the different categories in Sweden.

Some of the technical problems of current interest for our builders are presented.

In addition to this precast concrete industry there is a big lightweight concrete industry in Sweden. The yearly production of steam-cured lightweight concrete in the country runs about 1,400,000 cu. m and represents

¹⁾ The present Report was prepared for the Swedish National Committee of IABSE under the chairmanship of Prof. Georg Wästlund by civ. ing. Bertil Neyman, what concerns the concrete element industry, and by civ. ing. Anders Nylund, what concerns the lightweight concrete industry.

a value of more than 150 million Swedish Crowns. 40 percent of the total output goes into the production of reinforced lightweight concrete elements, representing a value of approximately 80 million Crowns a year. These elements include roof and floor panels as well as different types of wall elements. Roof and floor panels represent the bulk of the yearly production, or 330,000 cu. m. The lightweight concrete industry will be mentioned in the last section of this report.

Structures

Homes

Few homes in Sweden are built entirely from precast concrete elements. However, it is common to use precast panels over basements. Fig. 1 shows the panels which are in more general use. These elements are manufactured in permanent factories and are made of regular reinforced concrete. The concrete quality is usually K 400 (compressive cube strength at 28 days equal to 400 kg per sq. cm) and the reinforcement Ks 40 (deformed bars with a yield point of 40 kg per sq. mm) or Ks 60 (deformed bars with a yield point of 60 kg per sq. mm). The elements are mounted by means of truck-cranes, trolleys and lever-arms. An 11-ton precast unit containing bath-room, toilet and the sanitary installations for a kitchen, as well as a boiler-room, is manufactured in large series.

This unit is prefabricated at the factory. It includes all installations, and walls and floors are finished. A manufacturing program of other room units is in the stage of preparation.

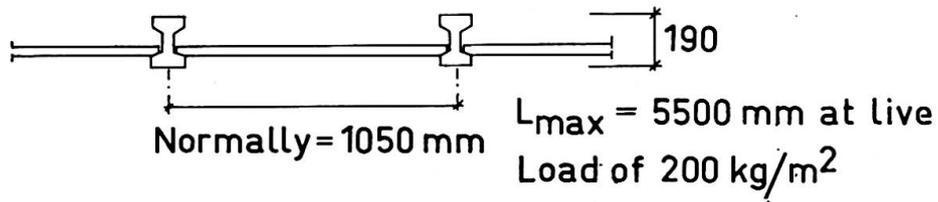
Apartment houses

The development within the area of housing projects in Sweden at the end of the fifties showed a considerable increase in the production of houses built with concrete elements. This development has not further continued.

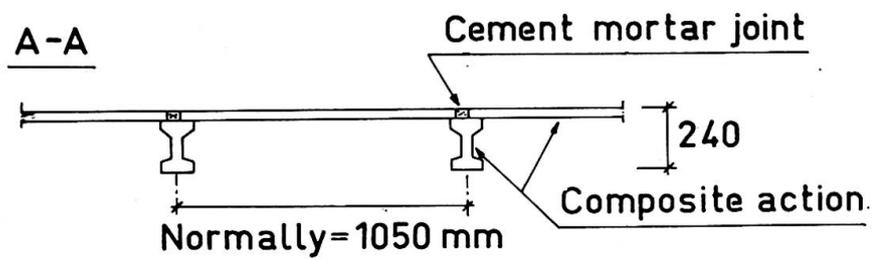
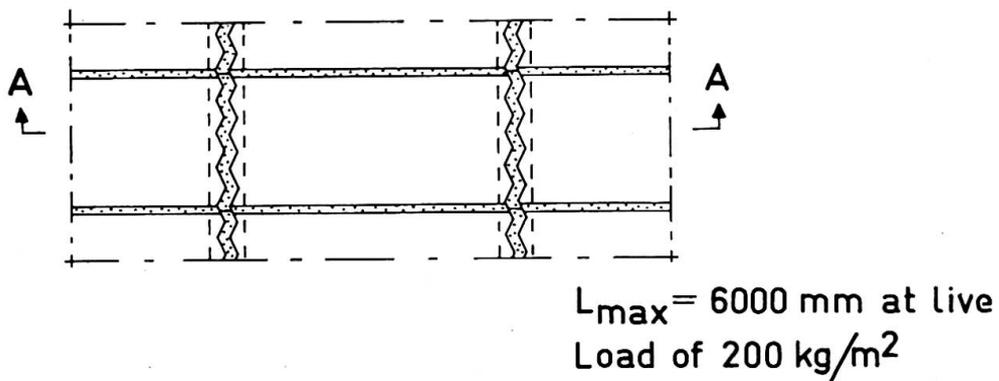
Presently less than 5% of the total production of the 70,000 apartments per year has the whole structural framework in concrete elements. However, elements are commonly used for certain parts, such as staircases, balconies, chute-tubes, etc. The units which would be most time-consuming to cast in place, are usually prefabricated.

There are several reasons why « true » element construction business has shown a temporary retardation for apartment houses. Generally it was not realized that element construction calls for a large effort as well in

Floor, type ERGE A



Floor, type ERGE B



Floor, type AH

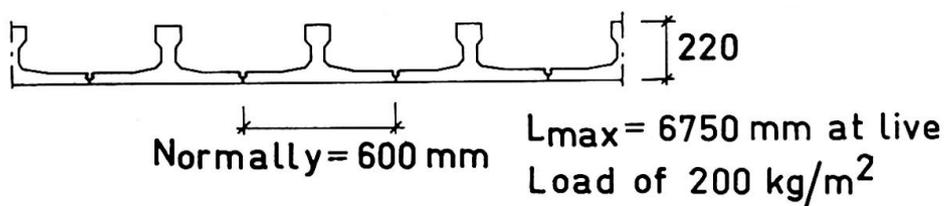


Fig. 1

research as in capital over a number of years in order to render economical advantages. Second, the traditional building methods have been rationalized at the same time. Third, it has not been possible to take advantage of the slender dimensions of elements made of high-class concrete because the

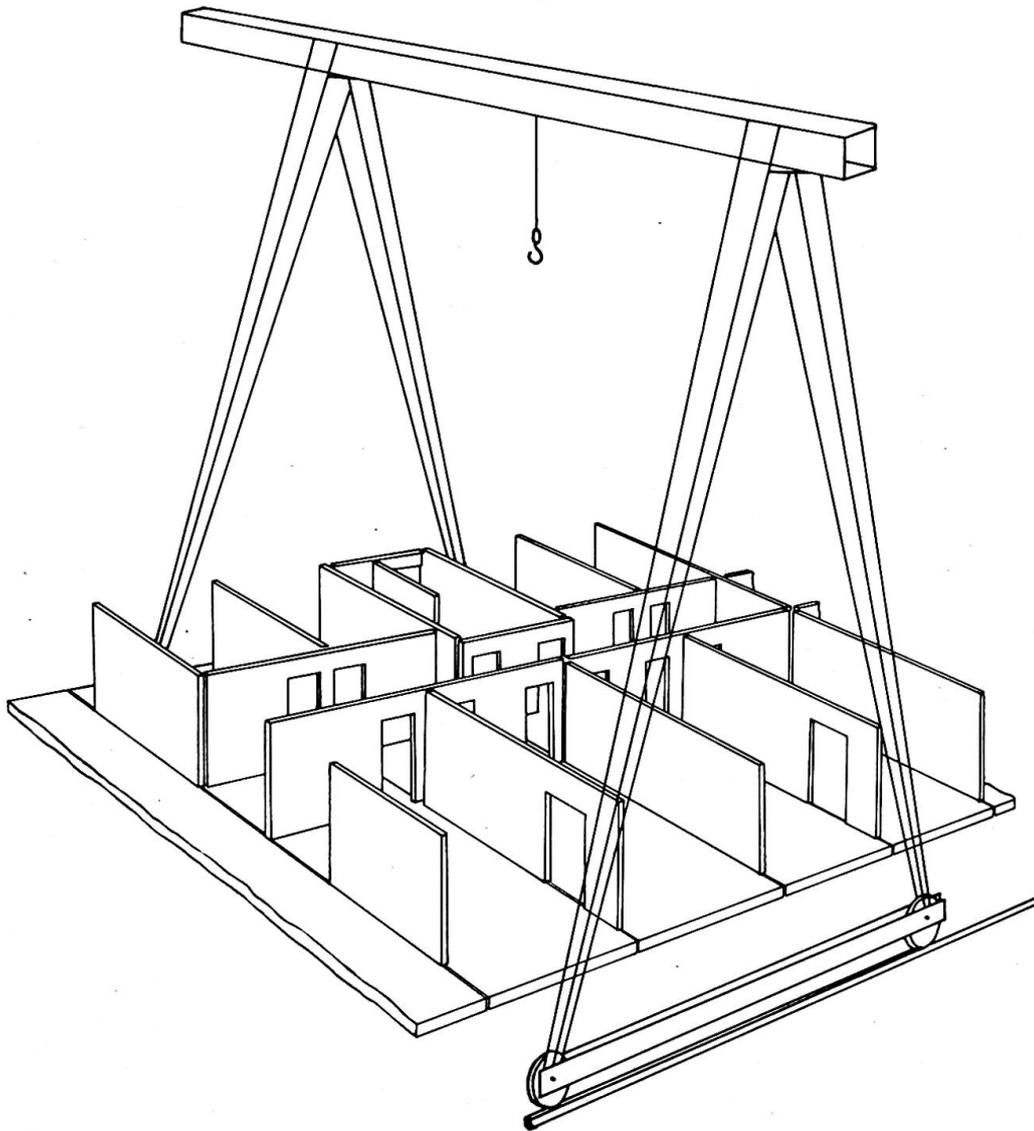


Fig. 2

thickness of the elements usually is determined by the requirement of sound insulation. However, some systems of precast structural framework have proven to be economically advantageous, and it is reasonable to believe that future development within the element industry will follow the general ideas of these systems. Two systems are described in the following.

One system is known under the name of « Skarnes heavy system ».

The structural idea can be seen from fig. 2. According to this system the whole building, including foundation-walls and floors, is precast. Only

the interior walls are load-carrying. These walls have been made up to 8 meters in length, and they are placed on the top of other walls or on the floor slabs. Floor slab elements, which can be up to 25 sq. m, are supported on very carefully levelled steel supports on the walls. By means of the steel supports it is possible to correct differences in dimensions in each storey. As the tolerance of the elements is small, it is thus possible to obtain very small deviations in the over-all dimensions.

Walls and floors are made with a careful surface finish in such a way that wall paper and wearing surface can be placed directly and walls

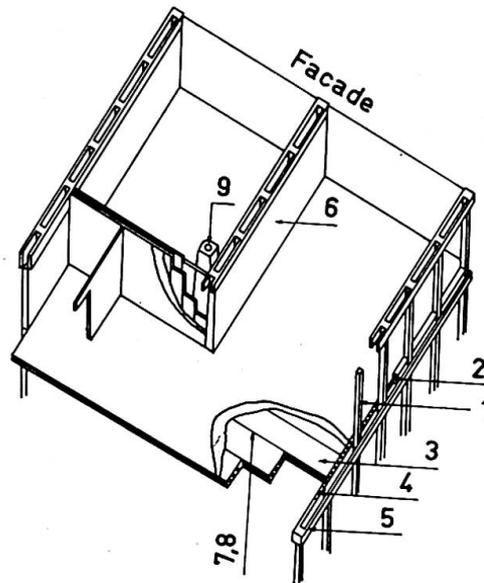


Fig. 3 - 1, Concrete column - 2, Rock wool filling - 3, Floor slab unit - 4, Cork bearing pad - 5, Floor beam - 6, Division cavity wall of 2 10 cm foam Light-weight concrete and filled with 3 cm rock wool - 7, Skim coat over joints - 8, Cement mortar - 9, Prefabricated refuse chute.

can be painted without any additional treatment. The floor slabs are joined together by means of cement mortar and welding. Sanitary installations are placed in special units. Even room-units for lift machinery, and ventilation equipment are precast.

Floor slabs are cast and transported horizontally. Walls are cast vertically in package-forms and transported vertically. Concrete quality K 250 and steel quality Ks 40 is used. The elements for buildings up to 4 or 5 storeys are mounted by means of door-cranes. For buildings with a larger number of storeys, turret-cranes on rails are used.

The second system for precast concrete element construction is called « The Gothenburg system ». See fig. 3. This system is used when structures are narrow and approximately four storeys high. This method also involves foundation walls and floor structure over basements made from precast elements.

The structural framework consists of one-storey high concrete columns on which slotted concrete beams are placed transversely. Sanitary installations are placed in the slots.

Simply supported floor slabs provided with longitudinal channels span between the beams. All elements are made to close tolerances in order that linoleum can be placed directly on the slabs after joints have been sealed in transversal direction. Wind forces in transversal direction are carried by plate-walls and in longitudinal direction by diagonal steel plate girders. The concrete elements are manufactured in a permanent factory. The tolerances obtained are ± 1 mm for the length of the columns; ± 2 mm for the width of the beams; ± 1 mm for the height of the beams; and ± 2 mm for the thickness of the slabs. The height of beams is checked very carefully, and possible irregularities are adjusted by grinding. In order that beams should not warp under curing, elements are stored on special steel beams. All elements are mounted by mobile cranes.

Industrial buildings

A large bulk of the total element production in Sweden is used for industrial buildings and warehouses. Fig. 4 shows some common systems for one-storey high industrial buildings. Columns are placed in foundations cast on the site. The main beams which are supported by the columns can be obtained up to 24 meters in span in regular reinforced concrete, and up to 35 meters in span in prestressed concrete. Fig. 4 shows profiles currently used. The concrete quality used for such elements is usually K 600. Different qualities and dimensions of steel are used.

The more common are presented in the following table.

Dimensions in mm	Type	Yield point or 0.2 limit Kg per sq cm	Application
Ø 2	St 220	Cold-drawn wires	Prestressed concrete
Ø 5	St 165		Prestressed concrete
Ø 6 - Ø 16	Ks 60	Deformed bars	Reinforced concrete
Ø 12 - Ø 25	Ss 70A	Cold-drawn with special devices for anchorage	Reinforced concrete
Ø 26	HJS 80		Prestressed concrete

Mounting is usually done by means of mobile cranes.

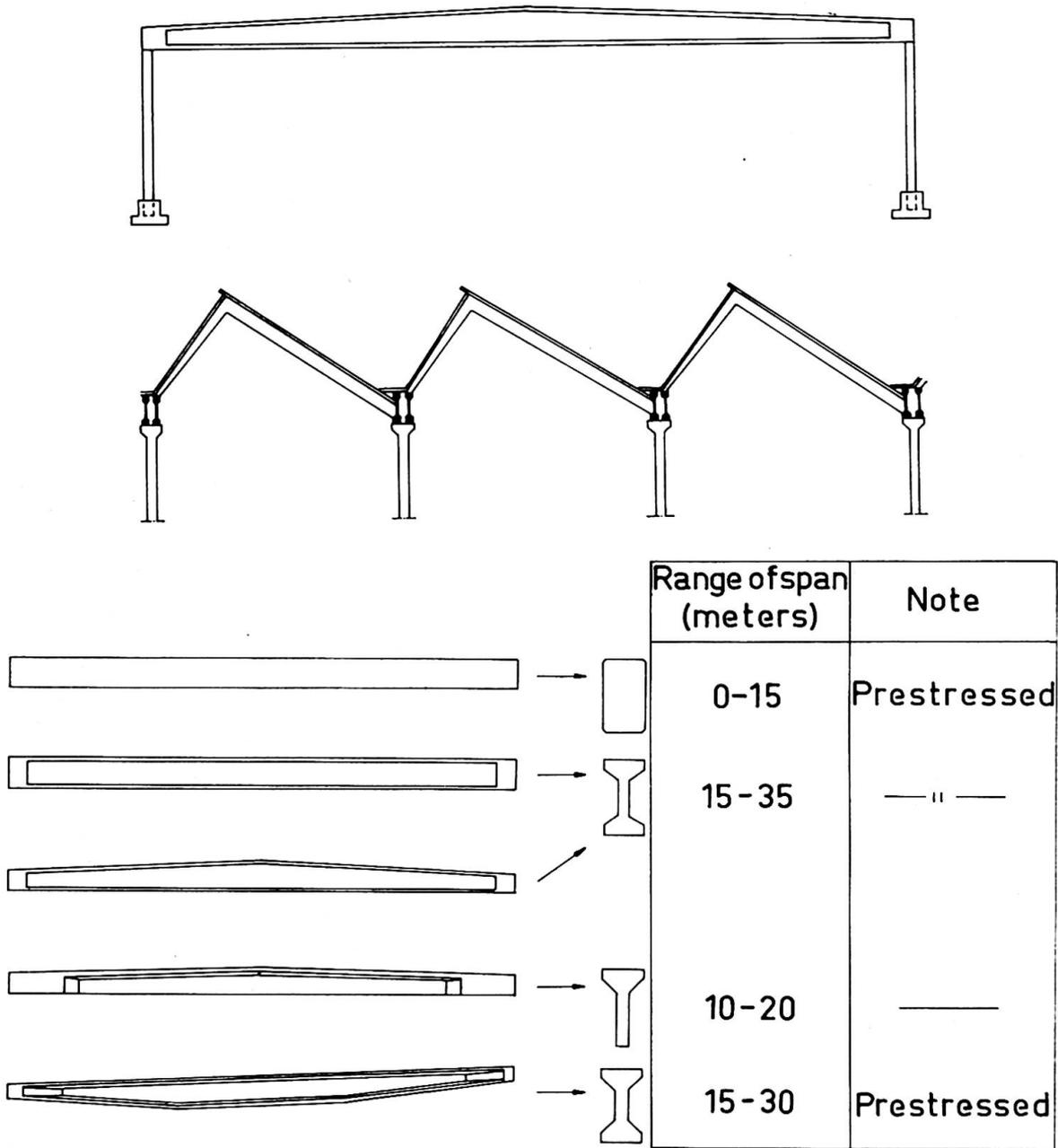


Fig. 4

Commercial and Office Type Buildings

Some commonly used structural arrangements for office buildings are shown in fig. 5. The double T-beam is a structural element which has been dominating this development. This rather simple element is shown in fig. 5. With such elements spans up to 17.5 m for roof structures and 15 m for floor structures designed for a load of 400 kg per sq.m have been used.

A limited number of tall office buildings have recently been built in

Stockholm with an exclusive use of prefabricated elements in a combined system of both steel and concrete.

The skeleton consists of steel members which are ready made in the workshop and then assembled on the site, e.g. comprising four storeys each time. The slabs can consist of prefabricated concrete elements like those in fig. 5. The walls are of different prefabricated types. This combined system has proven to be a most time saving system, and it is only due to the accompanying interest saving that the system can be economical at the present time.

Bridges

Construction of precast culverts and bridges is common in Sweden since a long time ago. Precast elements are generally used for small spans, but they have in some cases been used for re-construction of old bridges where the deck is replaced and where the structural framework must be ready in a very limited time.

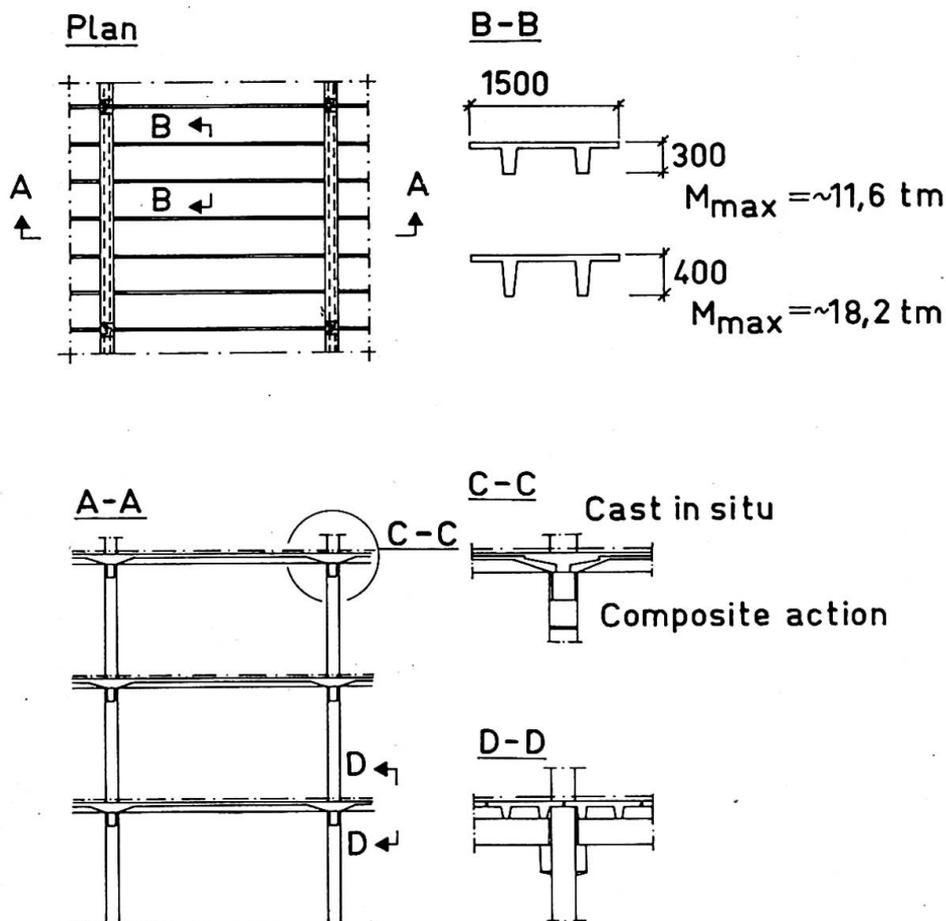


Fig. 5

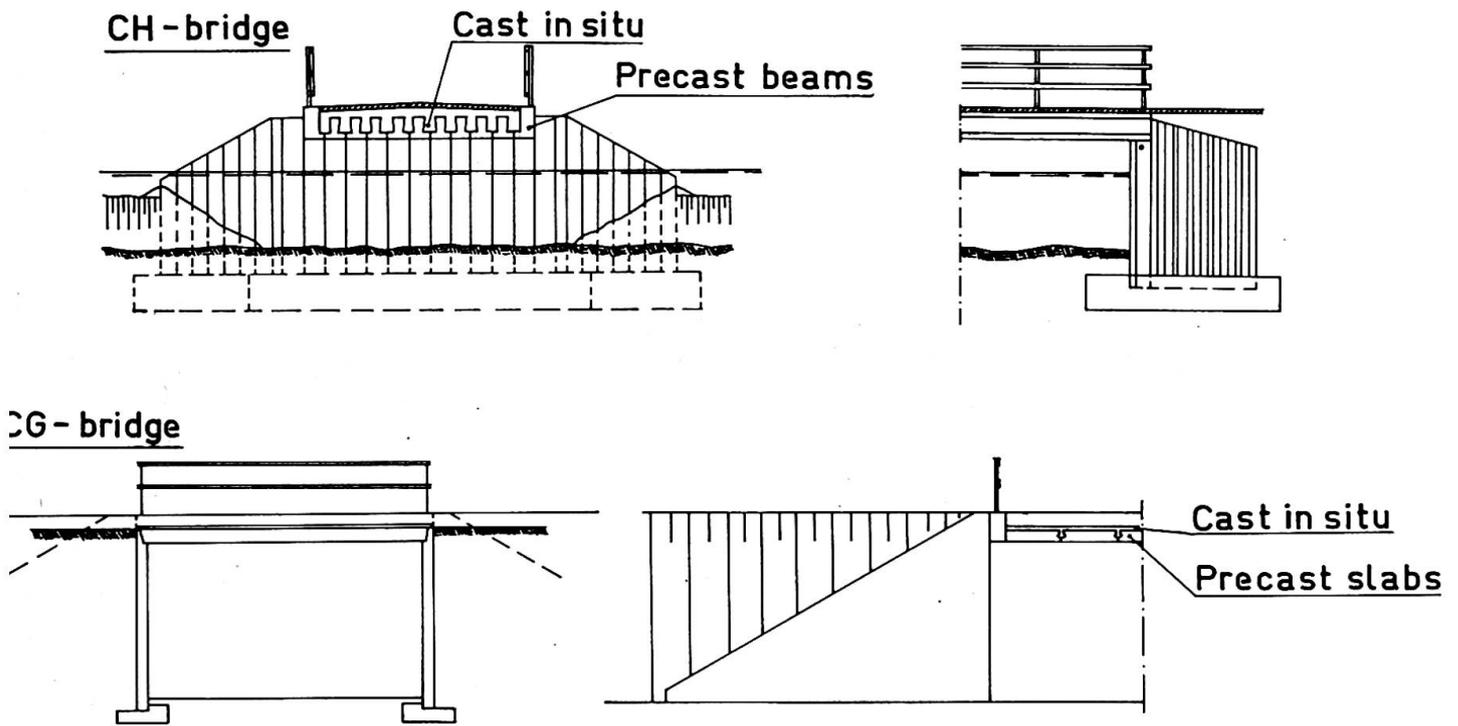


Fig. 6

Elements in common use for culverts and bridges are shown in fig. 6. A description of these elements will be given in the following.

The CH-bridge consists of a precast concrete form in which the necessary reinforcement is placed. The concrete bridge deck is cast directly in the form. The CH-bridge is manufactured in spans from 4.2 m to 9.2 m. Height of abutments may vary from 2.3 to 4.3 m.

The SCG traffic-tunnel consists of bottom slabs with interjacent stay beams, wall elements, roof elements and wing elements. The tunnel is manufactured in spans from 2.5 to 8.0 m in regular reinforced concrete and up to 10 m in prestressed concrete.

Recently bridges with larger spans have been built. However, in these cases only the structural beams have been precast.

Formwork for the concrete deck has been built on these beams, see fig. 7. Spans up to 25 m have been used; the bridges have been around 300 m long. These beams are generally prestressed. Continuity over the joints has been obtained by prestressing the concrete deck, cast in-situ. In certain cases prestressing steel was placed under the upper flange of the beams.

Lately a number of quay structures have been built from precast elements. Economical advantages were obtained due to the reduced cost of formwork.

Pipe-lines

Concrete tubes is the main production item for a number of factories in Sweden. Tubes for sewers are manufactured in dimensions from 100 to 2000 mm in diameter, pressure tubes are made for sewers for pressures up to 2.5 kg per sq.cm and with dimensions from 300 up to 1250 mm in diameter and up to 5000 mm in length. High-pressure tubes are also manufactured for pressures up to 15 kg per sq.cm with dimensions from 300

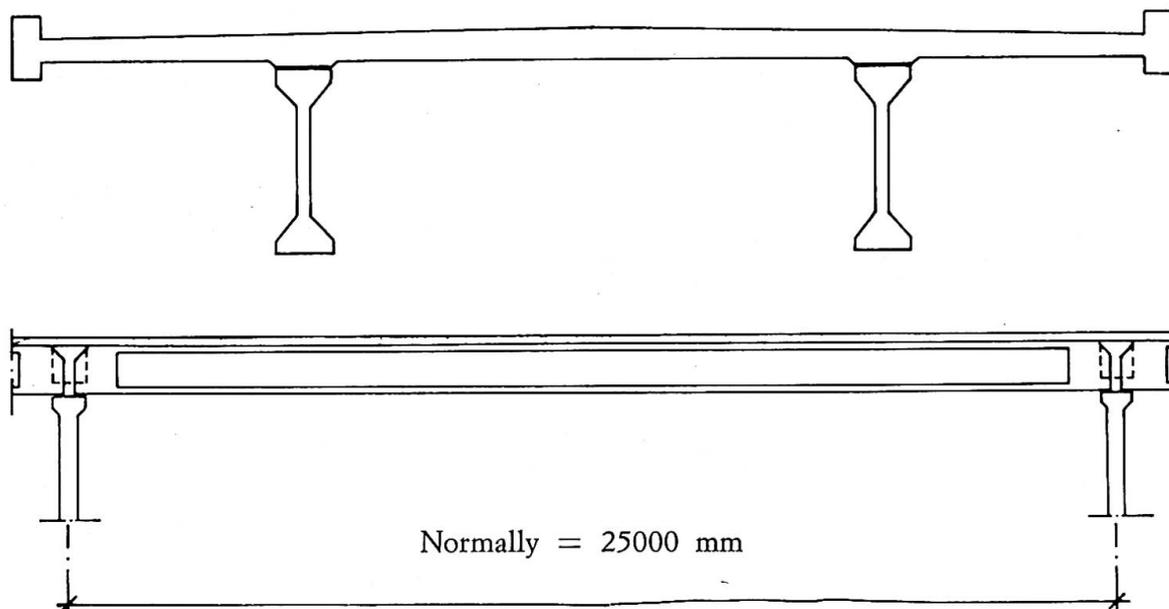


Fig. 7

to 1250 mm in diameter and up to 5000 mm in length. These tubes may be prestressed in both directions or they may be provided with a steel core. Sleeve-joints are generally sealed by rubber rolls.

The Swedish state specifications of 1949 and 1951 for concrete pipe-lines are rather unique ¹⁾. They comprise, among others, reinforced sewage pipes with diameters from 500 mm up to 2000 mm. The interesting point are the safety factors for design and the test requirements. The following three criteria are prescribed for the design and calculation of such pipes.

- 1 - In place the pipes shall carry the earth pressure with a safety factor of 1.0 against cracking.
- 2 - A crack width of 0.5 mm for single reinforced pipes and about 0.2 mm for double reinforced pipes is acceptable under earth pressure

¹⁾ « Normalbestämmelser för rör och rördelar av betong till avloppsledningar, trummor och brunnar ». Stockholm 1952.

and exceptional traffic load. Earth pressure is calculated according to Marston's theory.

- 3 - In place the pipes shall have a minimum safety factor against rupture of 1.5 at normal load and 1.3 at exceptional load.

For the pipes corresponding test requirements are as follows:

- 1 - A certain minimum crack load.
- 2 - Certain minimum loads at the above-mentioned crack widths.

The two requirements 1 and 2 are alternative, so that only one of them has to be met.

- 3 - A certain minimum rupture load.

These criteria were based on a number of tests¹⁾. The experience from these specifications is on the whole good.

They are, however, at present under revision.

Standard Specifications

Design for concrete elements follows the Swedish « State Specifications for Precast Concrete Elements, B2 1960 » issued by the State Concrete Committee. These specifications form a complement to the official concrete specifications and they cover special problems for precast concrete elements. The specifications are limited to structures in regular reinforced concrete²⁾.

The chapter on control and supervision of the manufacture is of interest. For structures cast in situ design drawings must be checked and the construction supervised by regular authorities (this does not apply to government-owned structures). It was not regarded as appropriate to let these rules apply also to precast concrete elements which often are manufactured in permanent factories far from the building site. For such elements the drawings should be checked by the local authorities or by state authorities for what concerns standard elements. The manufacture must be supervised by the « Swedish Council for Manufacture of Precast Concrete Elements ». This supervision is exercised on random samples taken several times a year. In order that the supervision may be limited to random samples it is required that factory equipment applied in the production is

¹⁾ G. Wästlund and S. Eggwertz: Dimensionering av betongrör. Betong, No. 4, 1948.

²⁾ The concrete element specifications have been translated into English and can be requested from the Swedish Cement and Concrete Institute, Stockholm 70.

of recognized quality in order that uniform and good quality of the elements can be obtained. Moreover, it is required that the plant supervision is good.

Tack-welding, tolerances for slender structures, marking of the elements, and many other problems are treated in the specifications. Some particular problems mentioned in the following are treated in the state specifications for regular concrete structures.

For the time being these specifications apply in addition to the « Provisional Specifications for Highway Bridge Structures in Prestressed Concrete » issued by the National Swedish Road Board, June 15, 1961.

Technical Problems of Current Interest

Joints

Joints are a constant source of trouble in structures built with precast elements. Development towards larger elements reduces the number of joints in a structure, but the problems do not become less serious.

Weld-joining is increasing in popularity.

One manufacturer has developed an interesting solution of the problem of concrete shrinkage. Through special methods for casting and placing, this manufacturer has succeeded in making a concrete where the coarse aggregate concentration corresponds to a concentration usually obtained only in Colcrete or similar special concretes. In this way it has been possible for the manufacturer to reduce the total shrinkage to approximately half the shrinkage of regular concrete.

Supports

Costs connected with centering of supports were earlier avoided whenever possible. However, it has been found that this often resulted in splitting failure at sides and ends of beams. The tendency towards splitting due to load was aggravated because of creep, shrinkage, and temperature movements of the elements. It is very important, that those movements are taken into account, also for a proper and safe design of the supports themselves. In fact, many damages due to improper design of the supports have appeared in prefabricated structures. There is now a clear tendency among builders to center the supports. This is done by embedding small steel plates in the concrete, or by providing the supports for smaller beams with elastic inserts (see fig. 8).

Lateral Buckling

The use of high class material for concrete elements has initiated a development towards more slender structures. Recent laboratory tests of very slender concrete beams showed failure due to lateral buckling at relatively low loads. As a consequence the problem has been studied and rules for the design have been developed. (See O. Petterson, Nordisk Betong nr. 3, 1960).

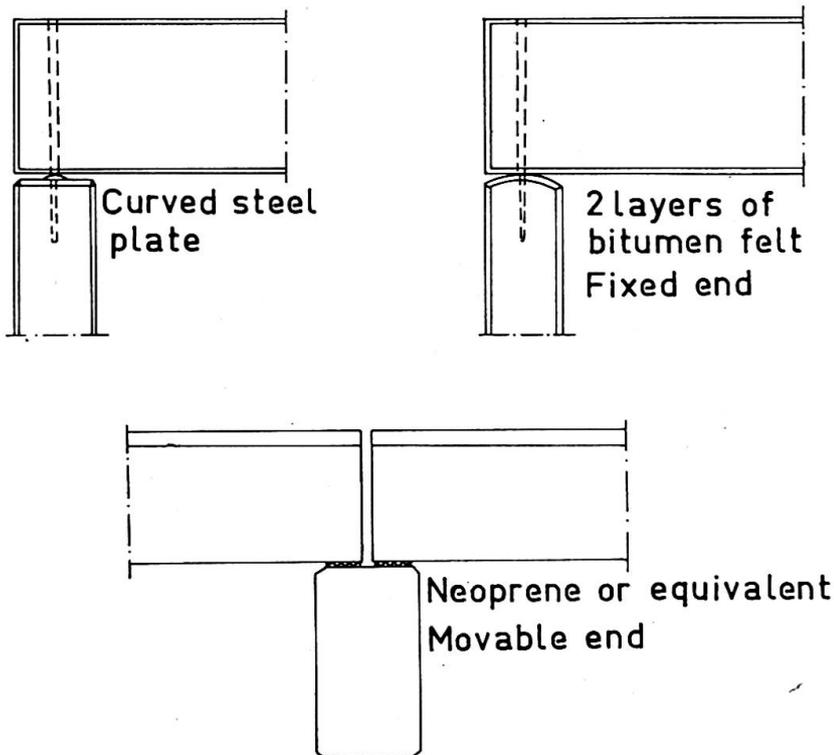


Fig. 8

Cast-in Devices for Hoisting of Elements

After failure of some devices earlier in common use, cast-in devices for hoisting concrete elements have been subjected to a thorough investigation. Some of these devices were pulled out when elements were handled at a very early age. In some cases the very devices failed. The reason for these failures was that the steel loop had been cold-deformed and the steel had aged and become brittle. Because of such failures it has now been decided that each new type of device for hoisting must be tested before it can be accepted. Moreover, it has been decided that devices which are to be cold-deformed must be made of killed steel.

Tolerances

The problem of tolerances in connection with element construction is serious when elements are used for completing a building after the structural framework is cast. But it is also of extreme importance when considering arrangement of support. It is not known for sure which tolerances are common in the manufacture of elements in Sweden. Therefore a systematic investigation in order to measure the tolerances at some typical Swedish element factories has been initiated. In the meanwhile it has been necessary to provide recommendations for tolerances, even if they could be based only on a comparatively small number of observations. The required tolerances can be found in « Bygg-AMA 1960 ». Bygg-AMA means « General Description of Materials and Work for House Building Work ». Bygg-AMA generally forms an appendix to the contract between builder and owner. Some of the requirements to tolerances are mentioned in the following:

Elements for floor structures

Allowable deviations:

$\pm 1/500$ of the length, when the element is under 5 m, ± 10 mm. Dimensions in cross-section, ± 10 mm. However, the negative deviation for exterior cross-sectional dimensions must not exceed 10 % of this dimension. Warping, max. $1/800$ of the length and not more than 7 mm.

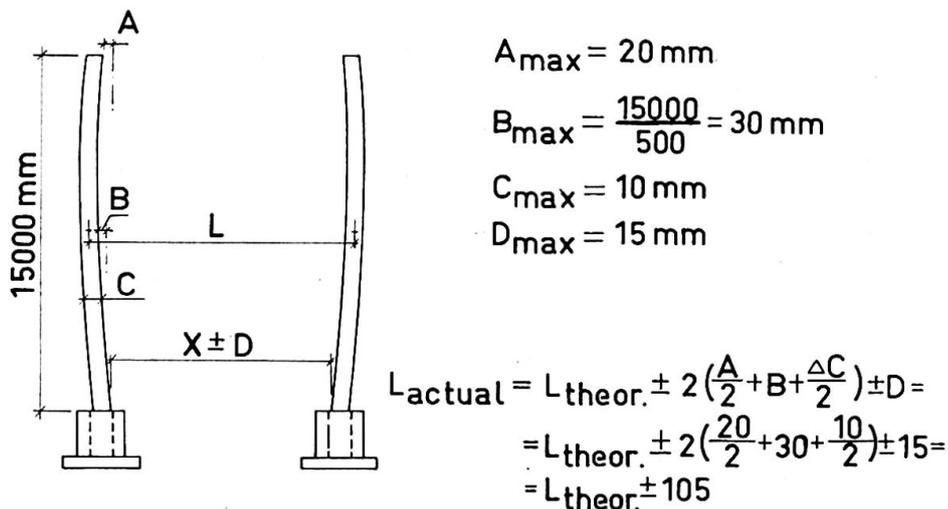


Fig. 9

Columns, beams, struts, etc.

Allowable deviations:

In length, $\pm 1/500$ of the length or max. 25 mm. Dimensions in cross-section ± 10 mm, or max neg. deviations for exterior dimension

10 % of this dimension. Lateral warping for mounted element shorter than 5.0 m, max ± 10 mm. When an element is more than 5.0 m long, the lateral warping must not exceed 1/500 of the length of the element, or max. 50 mm. The position of a column must not in error deviate more than 1/200 of the free length of the column from the position of the bottom of the column, or max. 20 mm. The position of the bottom of a column must not in error deviate more than ± 15 mm from the correct position of the nearest columns. An example of the application of these rules is given in fig. 9.

Tendencies for future development

The use of concrete elements within the building industry in Sweden is on the whole increasing. Research and development move towards elements made from high-strength materials.

A few manufacturers of precast concrete elements have obtained special permission from the authorities to use and to take advantage of high class concrete with a compressive strength of 400-600 kg per sq.cm. The manufacture at these factories is under special official control.

There is a certain tendency in Sweden towards standardization of profiles. Moreover, an increasing understanding of the importance of planning well ahead of time is felt.

Precast elements made of steam-cured lightweight concrete

Roof panels

The main part of the Swedish production of reinforced lightweight concrete elements are roof-panels of industrial buildings. Two thirds of all new industrial buildings in Sweden are covered with such elements. The panels are reinforced in the bottom for snow-loads, and in the top in order to allow for transportation and erection.

The panels are 7.5 - 25 cm thick up to 6 m long, and always 50 cm wide. In exceptional cases still longer roof panels may be obtained. The thin elements and panels designed to take maximum snow-load are shorter. See fig. 10.

Usually the panels are mounted directly on the structural beams or frames which may be made of concrete, steel or wood. The panels are

attached to the structure by steel strapping in order to be able to withstand wind loads. The strapping passes through the joints and is nailed to the top of the panels. The elements are joined by cement mortar, cast in a slit along the edges. The transversal joints are reinforced each by means of



Fig. 10 - Roof panels.

one bar which is approximately one third of the length of the panel. This continuous reinforcement reduces deflection of the elements and prevents that the transversal joint open up and damage the roofing-felt.

When lightweight concrete panels are used over humid workshops or storage areas, two layers of roofing-felt are glued to the elements by means of hot asphalt. It would seem that this method is undesirable, considering the risk of vapor condensation under the roofing-felt. Nevertheless experiences

have been good, probably because the water through the capillary pores of the material returns to and evaporates from the bottom of the panels. However, experimental investigations have shown that the elements do become moist in the winter, but that the moisture evaporates during the summer when the roof panels are warmed up by the sun.

Over extremely humid areas, or areas with aggressive atmosphere, ventilation of the top surfaces of the element is required. In such cases a roof of wooden ribs and panels or thin lightweight concrete panels covered with roofing-felt is placed over the ordinary lightweight concrete roof. It is essential that the ceiling in such cases should be covered with a vapor-tight membrane or paint.

Floor panels

Lightweight concrete floor panels are primarily used in one-family homes. Their inferior sound insulating properties are not adequate for use in apartment buildings.

Floor panels are made in the same dimensions and lengths as the roof elements, but designed for 200, 300 or 400 kg per sq.m.

The floor panels are joined in the same way as the roof panels. Elements designed for 200 kg per sq.m are joined by groove and tongue. (See fig. 11). The top surface is finished by cement mortar or a wooden floor is placed. The lightweight concrete is not hard enough to support a linoleum floor.

Wall panels

Lightweight concrete wall panels can be used as exterior walls in all types of buildings. Wall elements which carry the load vertically, in the following called « standing » elements, are manufactured storey-high, 12.5 - 30 cm thick, and usually 50 cm wide. Wall elements which carry the load horizontally, in the following called « lying » elements, are manufactured in the same dimensions but up to 6 m long.

« Standing » elements may be used as load-carrying exterior or interior walls. Maximum allowable load is 5 kg per sq.cm for the thickest elements. « Lying » wall panels are mainly used in industrial buildings, and they are reinforced for a wind load of 80 kg per sq.m. They are mounted against and bolted to the structural columns (see fig. 12). The « standing » elements are placed in cement mortar on the structural beams, and the joints between them are filled with cement mortar. The joints are formed by two half-circular grooves in the edges of each element, which form the tube through

which the mortar is poured. « Lying » wall elements can have either plane joints or tongue- and- groove joints. Strips of foam plastic provide a seal of the joint.

A 25 cm thick exterior wall made with lightweight concrete panels

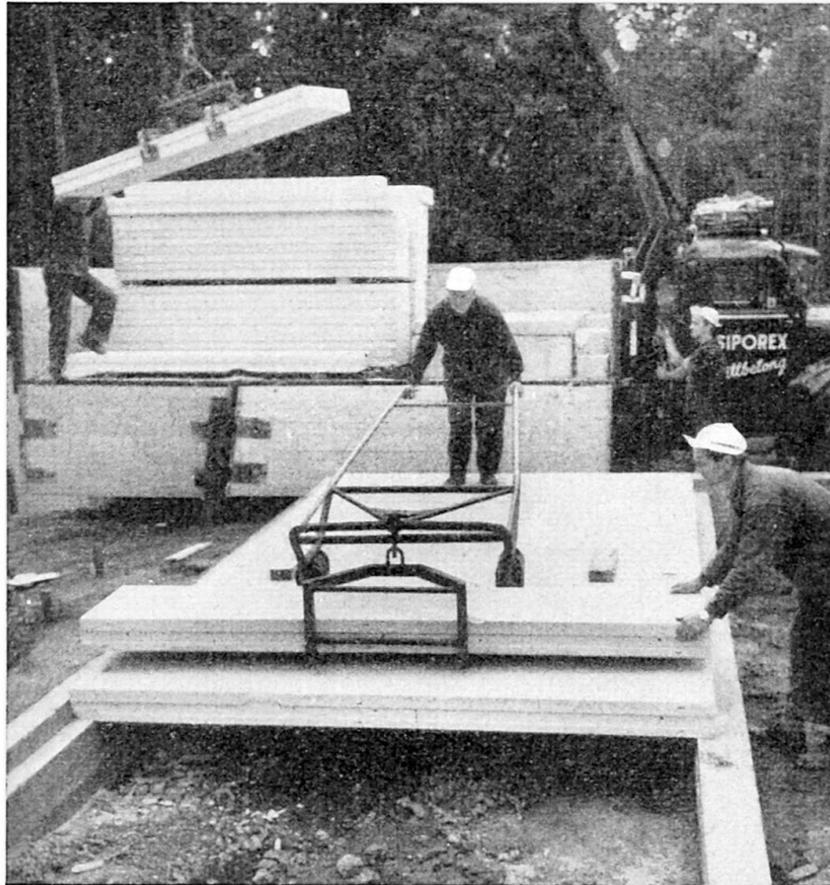


Fig. 11 - Floor panels with groove and tongue.

having a specific gravity of 0.5 kg per cu.dm obtains a coefficient of thermal conductivity of approximately 0.5 kcal per sq.m per hour per deg. C.

A special type of wall with better insulating properties is manufactured. A 7 cm thick lightweight concrete plate is glued on each side of an insulating core of polystyrene foam plastic. A 22.5 cm thick element has a coefficient of thermal conductivity of 0.27 kcal per sq.m per hour per deg. C. Allowable load for storey-high insulating wall elements is 1.0 ton per m of wall.

Special panels are used for partition walls. They are 7 or 10 cm thick, 50 cm wide and storey-high. These planks are glued together, placed in stiff cement mortar and mounted in a groove in the ceiling.

A limited number of elements, larger than what was mentioned above, is also manufactured in Sweden. However, dimensions presently do not exceed 1.50 by 8 m.

Surface finish

The inside surfaces of walls made with lightweight concrete panels are finished by puttying before paper-hanging. Thin plastering is used in some cases.

If a façade has a protected place against the climate, exterior lightweight concrete surfaces may be left without any finish at all. This is often the case for industrial buildings. The wall panels are generally so smooth that no plastering is necessary. The joints are emphasized by a groove. Usually special hydrophobic plasters are applied in thin layers. It is very important that such plasters allow diffusion of vapor to such an extent that the wall may dry up even if the finish on the inside surface is vapor-tight.

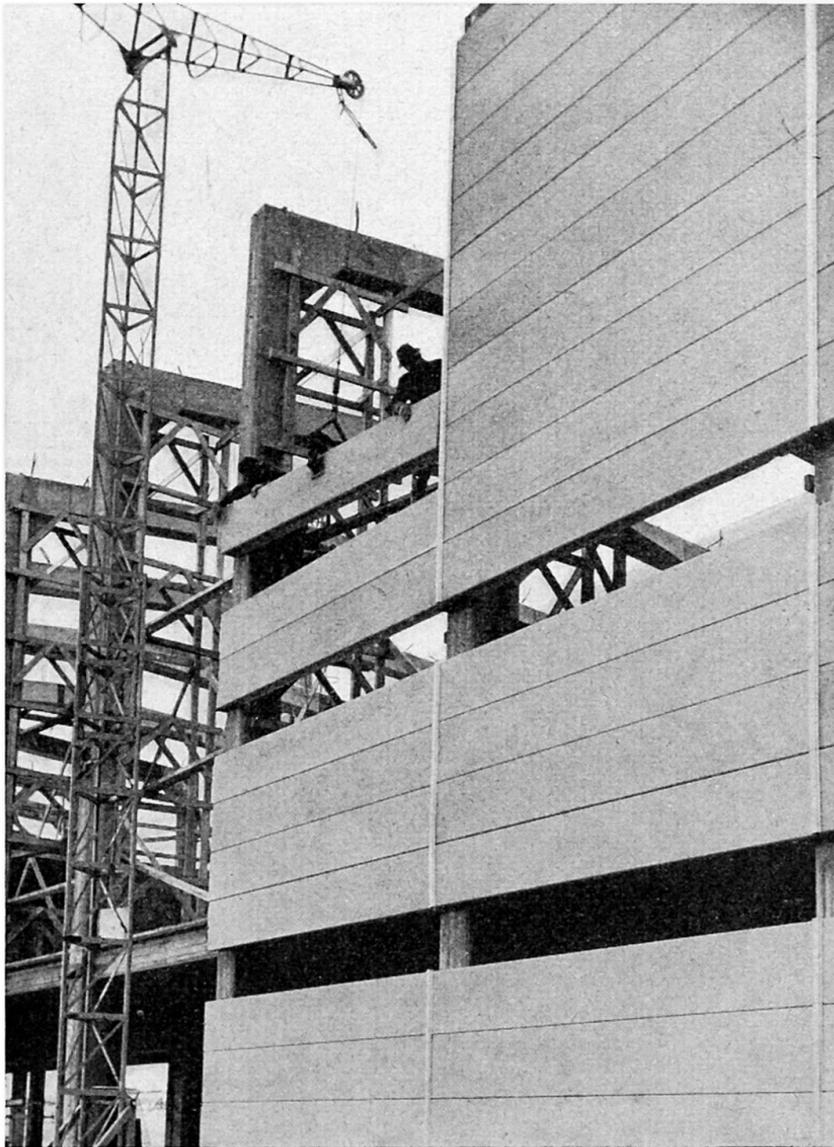


Fig. 12 - « Lying » elements.

Precast lightweight concrete elements are also manufactured with a factory-applied finish. This is done by treating the elements with a dispersion of acrylic plastic and pigment. In quality and presentation such factory-applied finishes are of a very high class. However, extreme caution is required when handling and erecting pre-finished elements.

Erection

Erection of precast lightweight concrete elements may be done by means of cranes or special equipment which can be rented from the concrete manufacturer. A large selection of hand tools is also available for the site.

Der Stand der Vorfabrikations-Technik in der Schweiz ¹⁾

L'état actuel de la technique de la préfabrication en Suisse

The Present State of the Technique of Prefabrication in Switzerland

1 - Einführung

Die Vorfabrikations-Bauweise ²⁾ hat in der Schweiz in den letzten Jahren eine zunehmende Verbreitung gefunden, und obwohl ihr gegenwärtiger Anteil am gesamten Bauvolumen noch klein ist, wird der neuen Baumethode ein grosses Interesse von Seiten der Fachwelt entgegengebracht. So veranstaltete die Fachgruppe der Ingenieure für Brücken- und Hochbau, eine Untergruppe des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins (SIA), Ende 1962 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich eine Studientagung über « Ingenieurprobleme der Vorfabrikation im Bauwesen », an der über 500 Ingenieure und Architekten teilnahmen. Der vorliegende Bericht stützt sich im wesentlichen auf die an diesem Kongress zum Ausdruck gebrachten Ansichten und Erfahrungen.

2 - Baumaterialien

Vorspannstahl

Für die Spannbett-Armierung kommen ausschliesslich hochwertige Stahldrähte mit 160-180 kg/mm² Zugfestigkeit zur Verwendung. Die Drahtdurchmesser liegen bei 4, 5 und 6 mm und weisen zur Erzielung einer besseren Verbundwirkung eine profilierte Oberfläche auf.

Grössere Drahtdurchmesser, neuerdings bis 12 mm, und ganze Drahtbündel werden für die sogenannte Kabelvorspannung oder Vorspannung

¹⁾ Dieser Bericht wurde unter der Leitung des Ingenieurs M. Birkenmaier, Zürich, von den folgenden Mitarbeitern verfasst: Dr. E. Basler, Zürich, Ing. W. Schmid, Zürich.

²⁾ In Deutschland wird dafür meistens der Ausdruck Fertigteil- oder Montage-Bauweise verwendet.

mit nachträglichem Verbund (post-tensioning) verwendet. Fertige Kabeleinheiten bis zu 240 to sind zur Zeit auf dem Markt erhältlich. Litzen für das Spannbett-Verfahren werden zur Zeit noch nicht verwendet.

Schlaffe Armierung

Für die schlaffe Armierung wird vorwiegend hochwertiger, profilierter Baustahl, mit Mindest-Streckgrenzen von 40-45 kg/mm² verwendet. Es sind aber auch Stähle mit Zugfestigkeiten bis zu 65 kg/mm² im Gebrauch.

Beton

Auf dem Gebiet der Beton-Technologie zeigt sich eine Tendenz zur Entwicklung sehr hochwertiger, sogenannter Werkbetons.

Diese Betonqualität kann aber nur in permanent angelegten Bauplätzen erreicht werden, wo der Betonaufbereitungs- und Abbindeprozess den

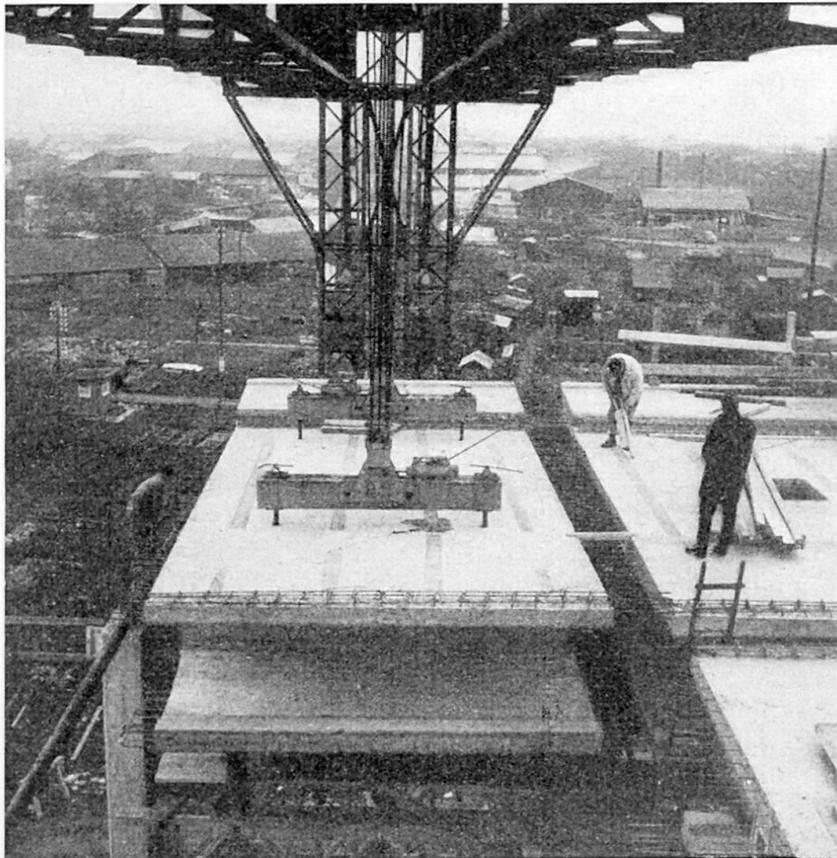


Abb. 1 - Viadukt in Altstetten bei Zürich. Ein vorgefertigtes 55 to schweres Brücken-Segment wird zu den bereits eingebauten hinzugefügt und mit Durchschubkabeln zu einem monolithischen Träger zusammengespant. Ingenieur: Altorfer Cogliatti & Schellenberg, Zürich. Unternehmer: Locher & Cie AG, Zürich.

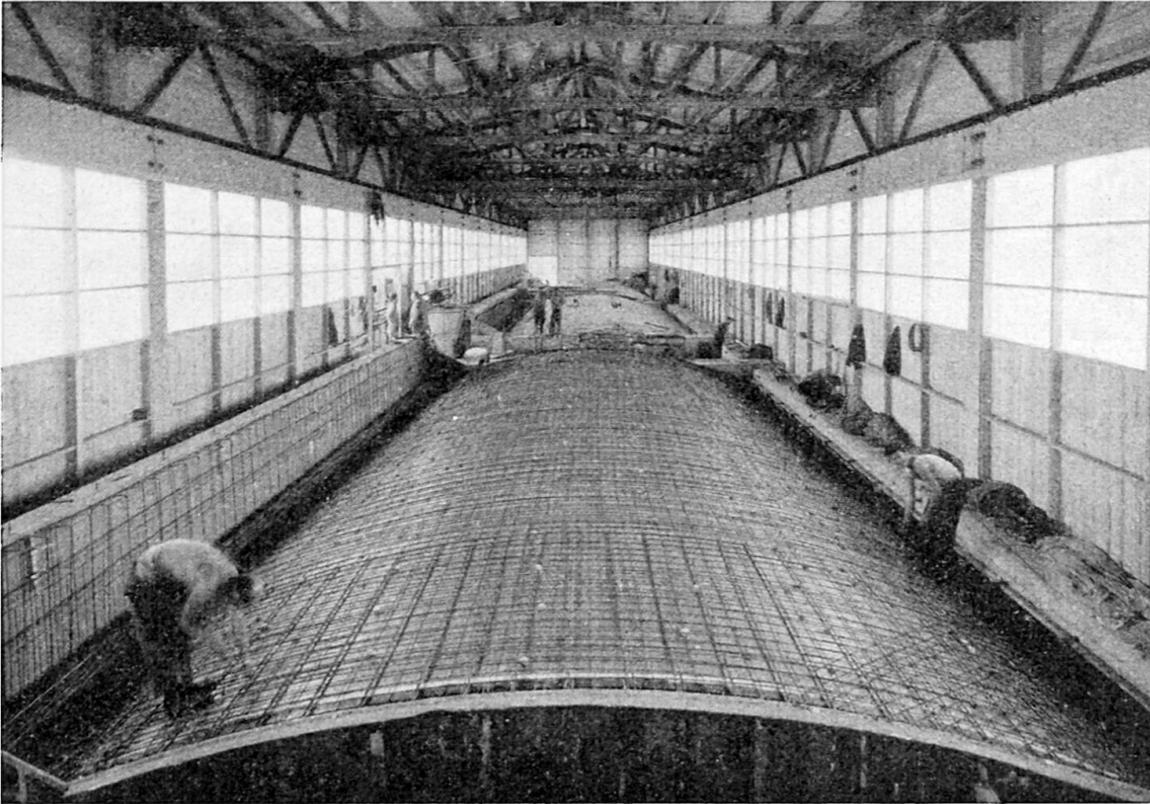


Abb. 2 - Spannbett auf der Baustelle zur Herstellung von grossformatigen Schalen-Elementen bei Birrfeld; vergleiche auch Abb. 7. Ingenieur: Emch & Berger, Bern. Unternehmer: Element AG, Veltheim AG.

Witterungseinflüssen entzogen ist und gleichzeitig eine laufende Qualitätskontrolle durchgeführt wird. Bei Anwendung von sehr leistungsfähigen, hochfrequenten Schalungsvibratoren werden dabei mittlere Würfeldruck-Festigkeiten von 600 kg/cm^2 und ein Variations-Koeffizient von 7-10% erreicht. Die Festigkeiten zur Zeit der Krafteinleitung (beim sogenannten Absenken) betragen $420-450 \text{ kg/cm}^2$. Bei temporären Vorfabrikations-Baustellen, die sich in der Nähe von Bauobjekten befinden, kann mit mittleren Würfeldruck-Festigkeiten von 450 kg/cm^2 gerechnet werden. Dazu werden hochwertige Portlandzemente mit entsprechend kurzen Abbindezeiten verwendet.

3 - Herstellung

In der Schweiz sind zwei grundsätzlich verschiedene Herstellungsarten zu beobachten: Im einen Fall wird in der Nähe des Bauobjektes eine Vorfertigung auf dem Werkplatz durchgeführt.

In der Regel werden dabei die einzelnen Elemente schlaff armiert und mittels durchgeschobener Vorspannkabel nach dem Vergiessen der Fugen

zu monolithischen Einheiten zusammengespannt. Diese Baumethode wird überall dort angewandt, wo aus bautechnischen Gründen und wirtschaftlichen Überlegungen möglichst grossen Bauteilen der Vorzug gegeben wird. Abbildung 1 zeigt ein Anwendungsbeispiel bei einem Grossbrückenbau. Demgegenüber steht nun die Vorfertigung in permanenten Werken, die



Abb. 3 - Spannbetonwerk in Avenches, mit ca. 80 m langen, permanent installierten Spannpieten. Ingenieur: M. R. Ros, Zürich. Unternehmer: Stahlton-Prébéton SA, Bern.

fastdurchwegs als geschlossene Industriehallen mit einem oder mehreren auf den Werkplatz führenden Hallenkränen ausgebildet sind. Abbildung 2 zeigt ein provisorisch erstelltes Spannbetonwerk für die Herstellung von 9 m breiten Schalen-Segmenten, währenddem Abbildung 3 ein permanent angelegtes, kürzlich in Betrieb genommenes Werk wiedergibt, das als erweiterungsfähige Mehrzweck-Anlage konzipiert wurde.

Die Längen der Spannpieten liegen zwischen 50 und 120 m und können teilweise sogar unterteilt werden, so dass sie, zusammen mit einer sehr beweglichen Anordnung der Verankerungskonsolen, grosse Flexibilität in der Produkt-Gestaltung zulassen.

Stahlschalungen kommen fast überall zur Verwendung, wo eine 70- bis 100-fache Wiederverwendung möglich ist. Im Falle einer normierten Profil-trägerserie sind die Stahlschalungen gleichzeitig als schwingende Membran ausgebildet, die durch Aussenvibratoren angeregt wird und zur Verdichtung des trockenen Betons dient. Bei allen teuren Schalungsanlagen wird meist auch eine Dampfheizung vorgesehen, damit auch bei der Produktion vorgespannter Elemente ein täglich wiederkehrender Arbeitsrhythmus erreicht werden kann.

4 - Transport und Montage

Als Transportgeräte dienen ein- und zweiachsige Sattelschlepper mit Zugfahrzeug. Damit lassen sich Träger von 30 m Länge und bis zu 45 t Gesamtgewicht transportieren.

Zur Montage von Skelettbauten dienen in erster Linie Pneukrane, deren maximale Tragkapazität im Laufe der letzten Jahre stark angewachsen ist und zur Zeit bei ca. 60 Tonnen liegt (Abb. 7). Für Grossbauten werden die Montagegeräte oftmals abgeändert und dem speziellen Einbauvorgang angepasst (Abb. 4).

Ein der amerikanischen « Lift-Slab »-Methode entsprechendes Hebeverfahren ist von einer Schweizer Unternehmung entwickelt worden, das es erlaubt, Bauteile von mehreren hundert Tonnen Gesamtgewicht mittels simultan arbeitenden, hydraulischen Pressen zu heben. Da die Relativverschiebungen der einzelnen Hebeile in engen Grenzen gehalten werden können, lassen sich damit auch hochgradig statisch unbestimmte Tragwerke vertikal verschieben (Abb. 5).

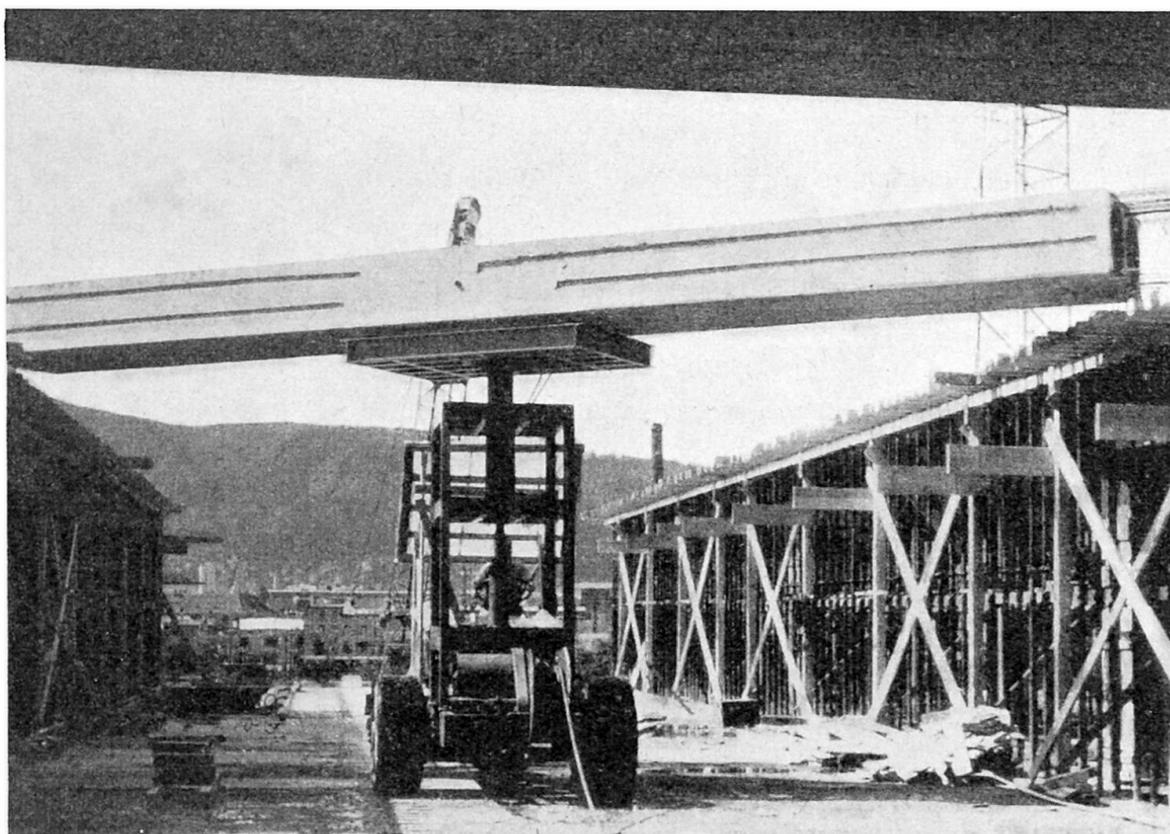


Abb. 4 - Montage von 18 t schweren Hohlplatten mit speziell angefertigtem Versetzer auf einer Baustelle in Herdern bei Zürich. Ingenieur: R. Henauer und J. Lee, Zürich. Unternehmer: Locher & Cie AG, Zürich.



Abb. 5 - Am Boden vorgefertigte Träger von mehreren 100 to Gesamtgewicht werden mittels simultan arbeitenden hydraulischen Pressen auf provisorische Stahlstützen gehoben. Ingenieur: E. Wälli, Rorschach. Hebesystem: Hebag AG für rationelles Bauen, Tübach SG.

5 - Verbindungen

Im Gegensatz zu verschiedenen ausländischen Vorbildern werden in der Schweiz nicht so viele Tragelemente als einfache Balken gelagert, sondern vielfach zu einem statisch unbestimmten Bauwerk integriert. Diese monolithischen Verbindungen bestehen in der Regel aus einer dünnen Mörtelfuge, die mittels Vorspannung überdrückt wird, oder aus breitem Fugen, mit überlappender, in seltenen Fällen auch geschweisster Armierung. Einfache Lagerfugen werden entweder mit einer Mörtellage gebildet oder dann mit gewebe- bzw. blechverstärkten Gummiplatten ausgeführt.

6 - Bauwerksformen

Die Vorfabrikation hat in der Schweiz auf allen Baugebieten, Brückenbau, Industriebau, Hoch- und Wohnbau, festen Fuss gefasst. Am weitesten fortgeschritten sind ohne Zweifel gewisse Ausführungen des Industriebaus, die im Rohbau in erster Linie balken- und plattenartige Elemente erfordern.

Verschiedene Vorfabrikations-Unternehmungen haben gewisse Element-Formen standardisiert. So gibt es zur Zeit bereits weitgehend normierte Serien von I-Profilen, Rechteckbalken, Balkenplatten (Double Tee), Rippenplatten (Channel Slabs), Hohlplatten, dreieckförmigen Dachbindern (vollwandige und ausgefachte) und Shedträgern. Abbildung 6 zeigt eine typische Industriehalle, bestehend aus Stützen und Balken, ausgeführt mit I-Profilträgern und dazwischengespannten Balkenplatten. Die rechteckförmigen Riegel in der Fassade sind mit längs durchgeschobenen Vorspannkabeln zusammengespannt.

Schalenförmige, vorgefabrizierte Dachaufbauten sind ebenfalls schon ausgeführt worden. Dazu zeigen Abbildungen 7 und 8 zwei extreme Varianten. Währenddem das Schalensheddach der Abbildung 7 aus monolithischen Elementen in einem Ausmass von 9×18 m Grösse besteht, ist eine ähnliche Überdachung mit einer Vielzahl von kleineren Schalen-Segmenten aus Abbildung 8 ersichtlich. Die Einzelteile werden wiederum mittels Vorspannkabeln zu einem monolithischen Tragwerk zusammengespannt.

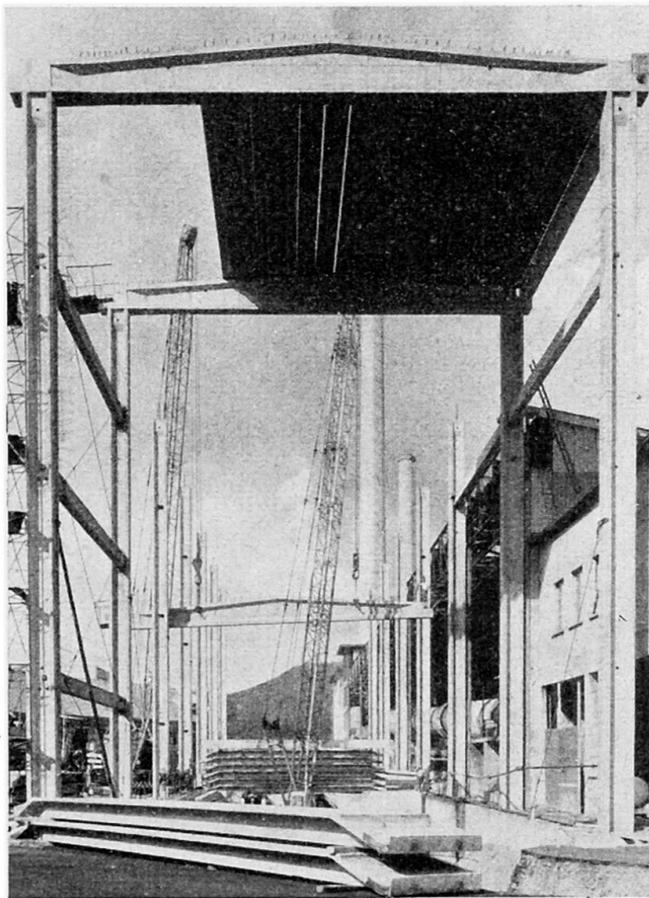


Abb. 6 - 20 m hohe Industriehalle aus vorgefabrizierten BBR-I-Profilen und Balkenplatten in Wildegg. Ingenieur: E. Schubiger, Zürich. Vorgefabrizierte Elemente: Stahlton AG, Zürich.

Auf dem Gebiet des Brückenbaus zeichnen sich zwei Tendenzen ab. Für Brücken kleinerer Spannweiten, z.B. Autobahn-Überführungen, werden im Werk vorgefertigte Tragelemente zu einem Skelett zusammengebaut und die Fahrbahn an Ort gegossen (Abb. 9).

Im Gross-Brückenbau sind fertige Hohlkasten-Elemente, wie in Abbildung 1 dargestellt, vorfabriziert und mittels Vorspannung zu einem monolithischen Brücken-Oberbau vereinigt worden, wobei durchlaufende

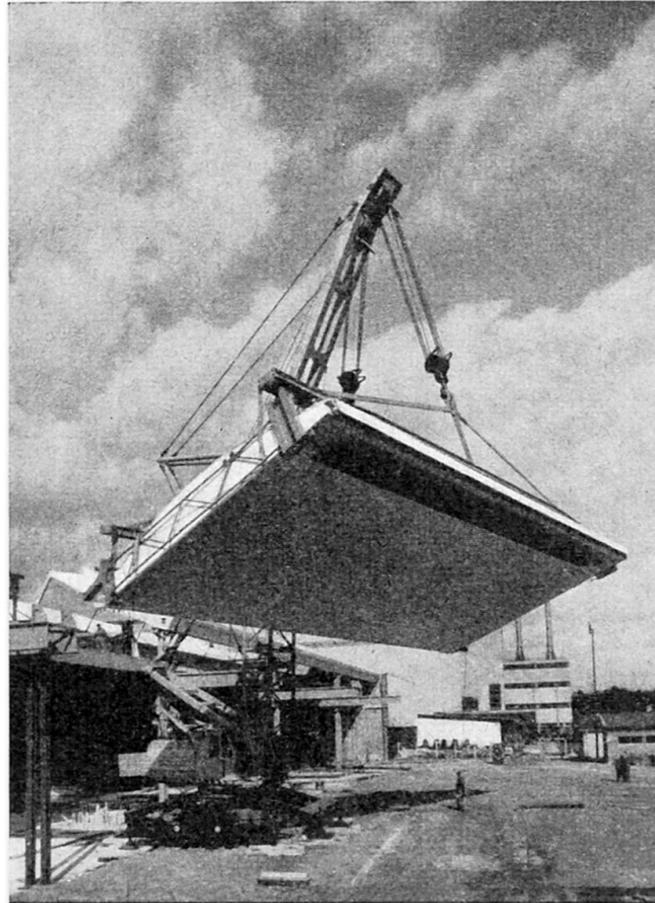


Abb. 7 - In einem Stück fabrizierte und im Spannbett vorgespannte Schalen-Segmente von 9 x 18 m werden von einem einzigen Pneukran angehoben (Baustelle Birrfeld, vergleiche auch Abb. 2). Ingenieur: Emch & Berger, Bern. Vorfabrikation: Element AG, Veltheim AG.

Brücken-Tragwerke bis zu 450 m Länge ohne Dehnfugen entstanden. In diesem Falle beschränkt sich die Anwendung des Ortsbetons auf das Vergiessen der Fugen.

Eine neue Anwendung im Brückenbau ist die in den Abbildungen 11 und 12 dargestellte Stabbogenbrücke von 90 m Spannweite. Dieser Brückenbau ist umso bemerkenswerter, als Stabbogen und Aufbau ausschliesslich aus normierten Profilträgern zusammengesetzt sind.

Eine weitere ähnliche Anwendung ist eine Hängebrücke für ein Transportband in Wildegg. Fertigelemente von nur 26 cm Höhe werden an vorgängig montierte Spannkabel gehängt und nachträglich zusammen-

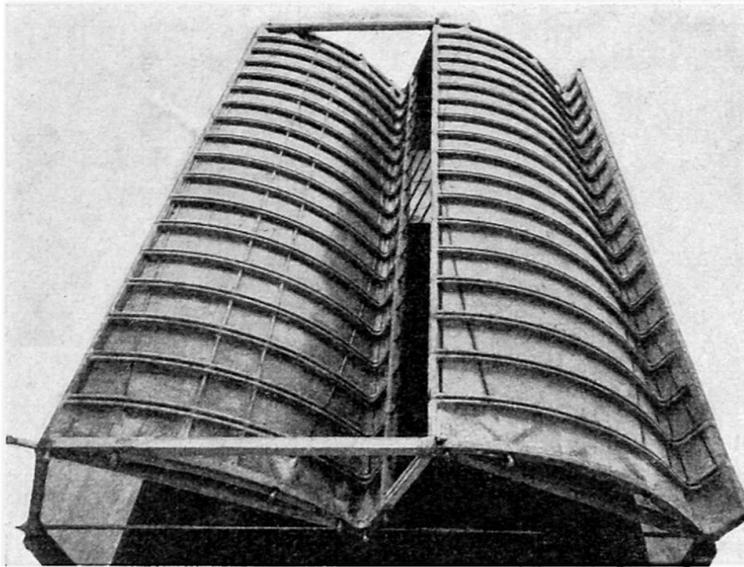


Abb. 8 - Modellversuch eines aus Segmenten zusammengesetzten Schalensheddaches für eine inzwischen ausgeführte Überbauung in Wangen bei Olten. Ingenieur: H. Hossdorf, Basel. Vorfabrikation Element AG, Veltheim AG.

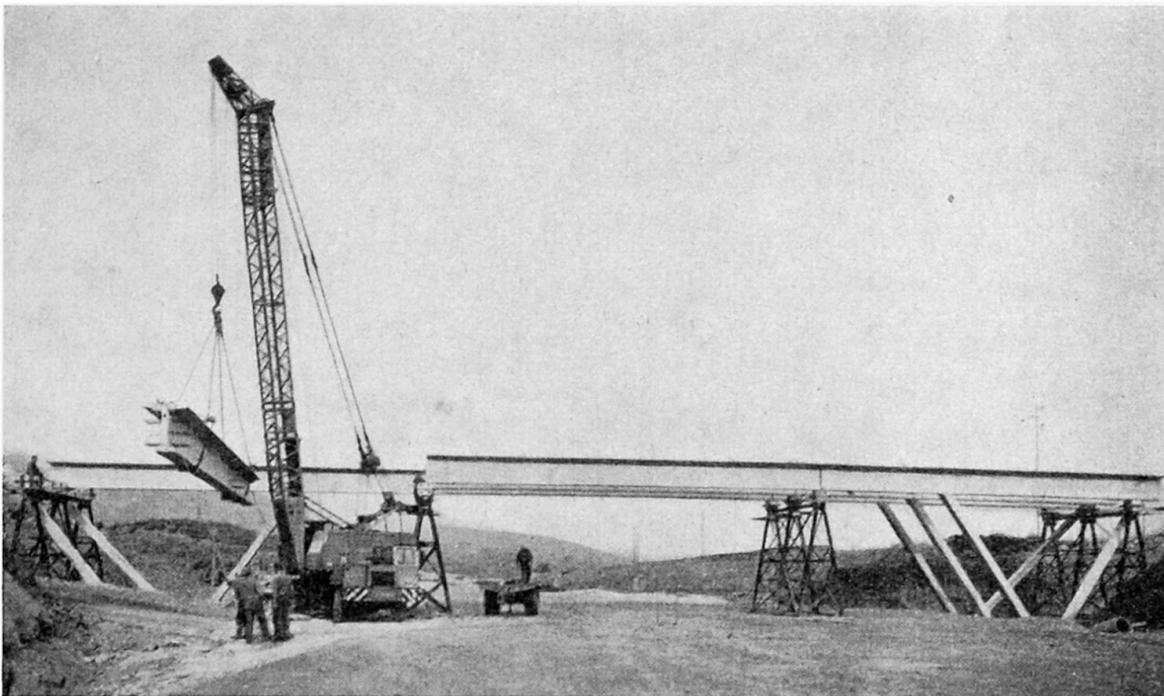


Abb. 9 - Als Überführungs-Bauwerke auf der Autobahn zwischen Genf und Lausanne sind 15 gleichartige, vorgefertigte Brücken eingebaut worden. Ingenieur: Soutter und Schalcher, Zürich. Vorfabrikation: Igéco SA, Etoy.

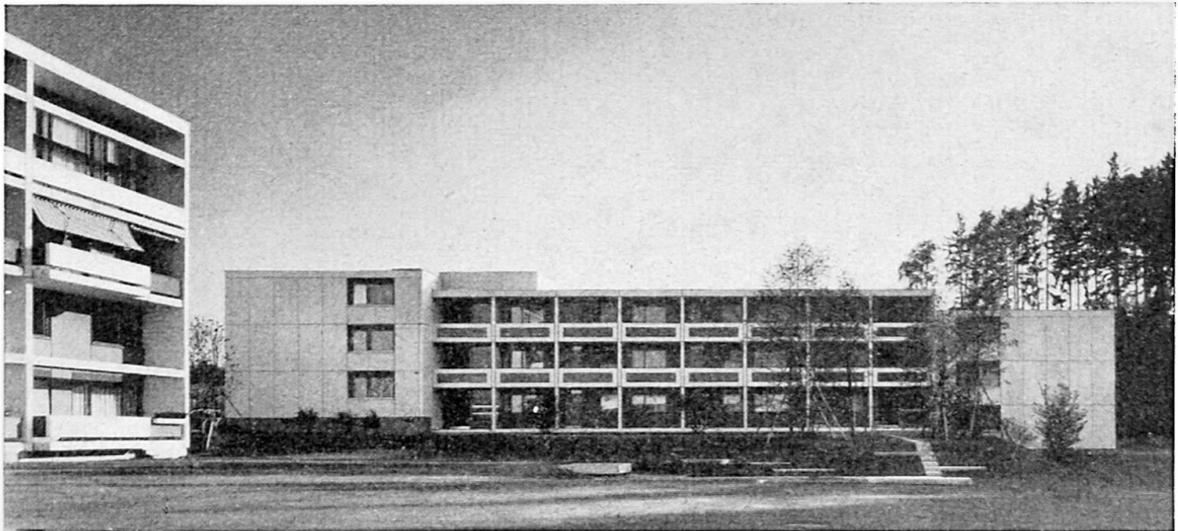


Abb. 10 - Vorfabrizierte Wohnbauten in Zollikon bei Zürich. Architekt: H. Hubacher, Zürich. Ingenieur: Weder & Prim, St. Gallen.

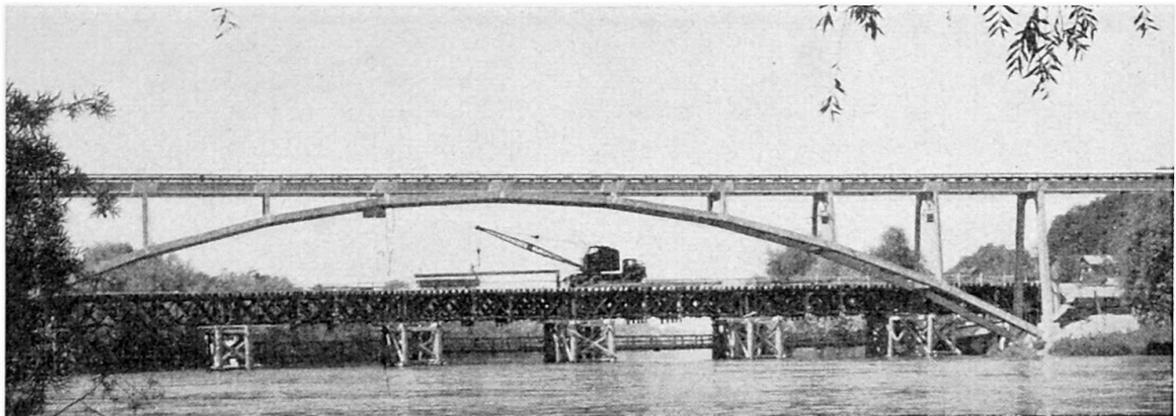


Abb. 11 - Stabbogenbrücke aus normierten, vorgefertigten BBR-I-Profilen von 90 m Spannweite über die Aare. Ingenieur: E. Schubiger, Zürich. Vorfabrikation: Stahlton AG, Zürich.

gespannt. Spannweite: 216 m, Pfeilhöhe: 15 m, Vorspannkabel: 4×300 to. Die maximalen vertikalen Deformationen können mit diesem Hängesystem auf + 20 cm und — 50 cm beschränkt werden.

Im Wohnbau hat sich die Vorfabrikation erst in der Westschweiz in grösserem Masse durchgesetzt. Über 2'000 Wohnungen sind dort bereits ausgeführt und noch einmal so viele im Bau begriffen. In der Ostschweiz sind einige Neuschöpfungen zu verzeichnen, die sich an keine ausländische Vorbilder anlehnen und bei denen vor allem versucht wird, einen Kompromiss zwischen den Normierungs-Tendenzen und dem ausgeprägten Individualismus der Bewohner unseres Landes herzustellen (Abb. 10). Der Weg, der dabei

beschritten wird, geht vom konventionellen Wohnungsbau aus und besteht vor allem darin, dass man versucht, Wände und Decken in grossflächige, vorgefertigte Elemente aufzuteilen. Von Interesse ist auch das Preton-Verfahren, bei dem Ziegelsteine im Werk zu ganzen Wandelementen « vorgemauert » werden und in grossen Einheiten auf die Baustelle transportiert und dort als tragende Wände eingebaut werden.

7 - Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lassen sich bezüglich Vorfabrikation in der Schweiz folgende allgemeine Aussagen feststellen:

- a) Die Höchstgewichte der vorgefertigten Elemente steigen von Jahr zu Jahr.
- b) Die Material-Festigkeits- und insbesondere die Gleichmässigkeit der Festigkeitseigenschaften liegen bei vorgefertigten Elementen bereits wesentlich über den entsprechenden Werten von Ortsbeton-Bauteilen.
- c) Die Verbindungen sind noch wenig standardisiert, und es besteht ein Bedürfnis nach Grundlagen-Forschung auf diesem Gebiet.
- d) Die von den einzelnen Vorfabrikations-Unternehmungen entwickelten und normierten Standard-Produkte finden vor allem Anwendung bei

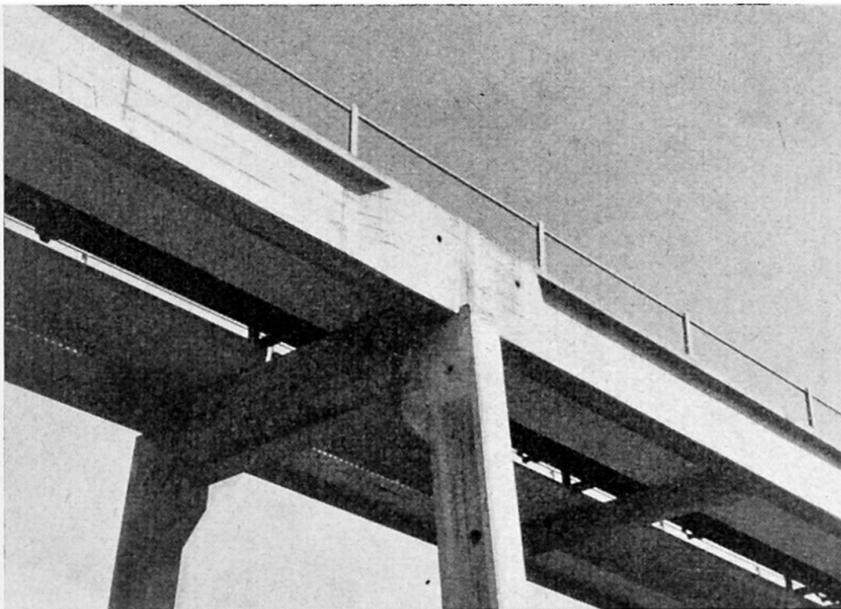


Abb. 12 - Detail der Stabbogenbrücke (Abb. 11). Deutlich erkennbar sind die profilierten Stützen und Sekundärträger. Der Querträger wurde mittels Durchschubkabeln System BBRV angeschlossen.

kleineren Bauobjekten, währenddem für sehr grosse Bauvorhaben in der Regel spezielle Formen entworfen werden.

- e) Das Bauen mit vorfabrizierten Teilen erfordert von Seiten des Ingenieurs eine im Vergleich zum Ortsbeton-Bau viel konsequentere und bis in das Detail gehende Planung.
- f) Die Vorfabrikations-Bauweise hat sich bis dahin ohne Rückschläge gut eingeführt. Der Anteil dieser Bauweise am gesamten Bauvolumen ist derzeit noch klein, dürfte aber in den kommenden Jahren grösser werden.

Vorläufig bestehen noch keine verbindlichen Normen und Vorschriften für die Vorfabrikations-Bauweise.

Prefabricated Concrete Building Construction in the United States ¹⁾

Bâtiments préfabriqués en béton aux Etats-Unis

Vorfabrizierte Hochbauten aus Beton in den Vereinigten Staaten

Introduction

Only within the past few years has prefabrication of concrete buildings ²⁾ become a prominent and even exciting part of the U. S. construction industry.

At the present time about 300 U. S. plants are producing precast concrete structural elements. The comparable figure ten years ago was much closer to 100. Precasting of concrete structural elements is by no means an innovation, for many prefabricated concrete building systems were devised and used to a very limited extent as early as the turn of the century. However, the added degree of freedom which is often provided by that technique, when combined with other advances in technology, is now being utilized as never before by architects, structural engineers, and building contractors. This added freedom extends in many cases throughout the entire project, from the initial concept by the architect through final erection by the building contractor.

The architect is achieving greater creativity through shapes and surface textures which would be difficult and costly for concrete cast in place; the structural engineer and the concrete technologist are thinking in terms of closer dimensional tolerances, higher strength materials, and better quality control; and the builder is finding greater freedom to reduce costs through reuse of forms and through simplified construction practices.

¹⁾ This report has been prepared by Douglas McHenry, Director of Development, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, U.S.A.

²⁾ This paper is limited to prefabricated buildings. Prefabrication of bridges in the U.S. has been discussed in two recent papers: "U.S. Research and Developments in Precast Bridge Construction", by Douglas McHenry, Third International Congress of the Precast Concrete Industry (1960); "Outstanding Structures in Prestressed Concrete Construction in the United States of America", by J. D. Piper, C. C. Zollman, and T. Y. Lin, Fourth Congress of the International Federation for Prestressing (1962).

In some respects the U.S. lagged behind Europe in the acceptance of prefabrication, which may appear surprising in view of leadership in mass production in many other industries. However, as has been stated elsewhere, the advantages of precasting of concrete extend beyond just the concept of manufacturing a member on the ground instead of up in the air, or on the river-bank instead of in midstream. The most effective precasting involves the mobilization of a number of technologies, and it is only recently that technological development reached a stage which made the method truly attractive to our particular economy. The technologies referred to include prestressing (both pretensioning and post-tensioning); improvement in quality and uniformity of materials; casting and compaction techniques; curing methods for rapid strength development; means of achieving texture and other effects on surfaces; means of joining the elements by welding, bolting, or in-place concrete; lifting equipment for getting the members into place; and others. Acceptance of innovations just for the purpose of doing something differently, or as an experiment, plays a part in our industry just as it does elsewhere; but in relation to the entire construction industry the part it plays is minor. Prefabrication of concrete is accepted when it offers a cost advantage in a highly competitive economy in which materials are plentiful and labor is costly and high quality is demanded. That advantage is becoming more common under the leadership of research, development and experience; but it is not infrequent that economic considerations may dictate a combination of precast and situ-cast concrete utilizing both conventional reinforcement and prestressing.

In this brief paper no attempt will be made to cover the field of

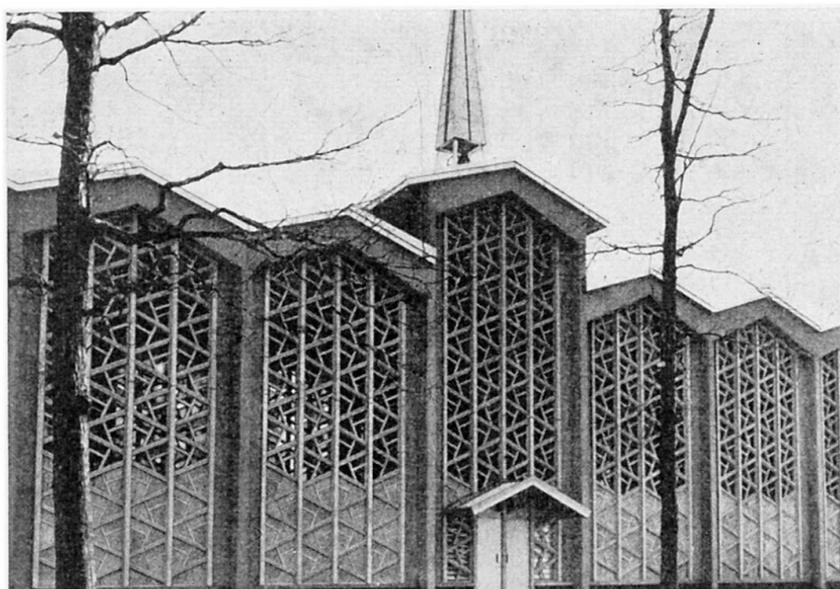


Fig. 1 - Capuchin Seminary. Architect: Charles D. Hannan. Engineer: Joseph Olivieri.

precast concrete in the U.S., nor to present an illustrated record of outstanding structures — the field is far too vast for that. Another difficulty in presenting a comprehensive view of precasting is that although we have building codes which are strictly enforced, we have little standardization of systems or of dimensions. Architects, engineers, and producers are all exercising fully the « freedom » which was mentioned earlier, and each is



Fig. 2 - Terrace High School. Architect: Ralph Burkhard. Engineer: Anderson - Bjornstad - Kane.

exercising it in his own way. It is true that a strong trend exists toward the acceptance of certain dimensional modules, but not to the extent that architectural freedom is hampered. In fact, two trends are readily apparent in prefabrication: one toward full freedom of architectural expression; the other toward standardization. The view has been expressed that these two are competitive and one or the other must eventually be the winner; but there is no indication that such is the case. The two trends are not in opposition, and neither need yield to the other; both are here to stay.

The versatility which prefabrication offers is illustrated by Figures 1 and 2. Both are prefabricated concrete school buildings; the first is a Capuchin Seminary and the other is a public high school.

A great variety of structures fall between the modest buildings of Figs. 1 and 2 and the rather spectacular University of Georgia coliseum with its 380 - ft clear span. This structure employs the lamella rib system, in which 3,750 large precast concrete panels are tied together by cast-in-place ribs.

This wide variation in structural types is emphasized because it plays an essential role in all phases of prefabrication: design, production, erection techniques, and connection types.

Materials

The materials used for prefabricated construction are in general the same as those used for conventional construction; but certain aspects of material usage have a pronounced influence on the acceptance and the growth of prefabrication, and these may be of general interest.

It appears that lightweight aggregate concretes are used for structural members to a greater extent in the U.S. than in other countries.

The use of such concrete for major structural elements is illustrated by Fig. 3, which shows erection of a precast girder of lightweight aggregate concrete spanning a distance of 98 ft. These 50-ton girders are almost one-third lighter than corresponding members of normal-weight concrete.

The lightweight aggregates for structural use are expanded clay, shale, slate, or slag. In a rather comprehensive investigation involving many lightweight aggregates suitable for structural concrete it was found that a 28-day compressive strength of 4500 psi for 6 × 12-in. cylinders could be achieved with six to eight 94-lb bags of cement per cu yd, compared with about five bags for a normal-weight aggregate. Unit weights of the various lightweight concretes varied from 90 to 110 lb per cu ft, as compared with about 145 lb for the regular concrete. With some lightweight aggregates compressive strengths as high as 9,000 psi have been achieved with 10 bags of cement per cu yd.

The modulus of elasticity of lightweight concretes is usually about one-half that of the heavier concrete of the same compressive strength. It may be estimated from the relationship

$$E_c = 33 W^{1.5} \sqrt{f'_c}$$

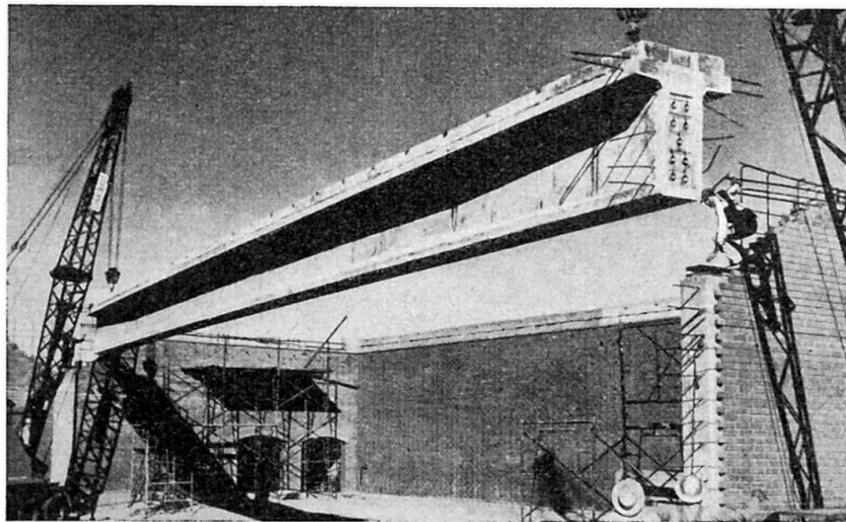


Fig. 3 - Lightweight Aggregate Girder 98 ft. Long.

where E_c is in lb per sq in., W is the weight of the concrete in lb per cu ft, and f'_c is the compressive strength of 6 × 12-in. cylinders in psi. Natural sand is frequently used with lightweight coarse aggregate, in part to increase E_c and also to reduce the cost; but of course it also increases the weight. With respect to other properties, such as flexural strength, bond to reinforcing steel, drying shrinkage, and creep the two types of concrete show comparable values for equal compressive strength. Diagonal tension resistance is evaluated indirectly through the « split-cylinder » tension test, and the values assigned to lightweight concretes range from 60% to 100% of those for corresponding normal-weight concretes.

Manufactured lightweight aggregates are usually more costly than are natural aggregates, but as structural engineers are becoming more familiar with the properties of the lightweights they are finding that over-all building costs are frequently reduced. The improved thermal insulation provided by the lighter material is sometimes an important factor; and reduced weight in transporting and erecting precast members is likewise important.

Special surface colors or textures are obtained in prefabrication by use of a great variety of special aggregates, employing techniques which are not feasible for cast-in-place concrete. The opportunity for achieving the full range from subdued to striking or even garish effects is almost without limit. Large stones may be embedded in sand to provide a deep reveal; retarders may be applied to the forms or to the exposed surface for a light reveal; and of course chisels, bushhammers, and sand blasting are used. A fabric impregnated with retarder is now in successful use as a form liner. An innovation which shows promise as a form liner is a thin sheet composed of asbestos fibers and unhydrated cement. After casting the concrete, this sheet absorbs sufficient moisture for hydration of the cement, and it thus becomes an integral part of the member, with uniformity of color and texture provided to a degree which is difficult to achieve by other means. In the aggregate transfer method of precasting, the form is coated with an adhesive which holds the special aggregates in place during casting; interesting patterns and color-arrangements may thus be achieved. These techniques are used not only for members which are primarily decorative, but also for major load-bearing members.

Of the various types of cement available in the U. S., Types I and III are generally used for precasting. Type I is the cement used in general construction when special properties are not required. For Type III the chemical composition and fineness are adjusted so that strength develops more rapidly. A.S.T.M. specifications require a 3-day mortar cube strength of 3,000 psi for Type III, while the corresponding requirement for Type I is 1,200 psi. Type III cement is somewhat more costly, but in precasting plants it frequently results in economies through more frequent turn-over of equipment and of products. Physical properties of concretes made from the two cements, such as modulus of elasticity, creep, drying shrinkage,

tensile strength, are about equal for equal compressive strengths. Colored cements are not generally available, but white cement is used frequently for architectural reasons. Colors are achieved by adding pigments to the concrete mixtures.

Air entraining agents, either interground with the cement or added at the mixer, are used to improve the durability of practically all prefabricated elements which will be exposed to weathering in the colder climates. Proper air entrainment also improves workability and reduces bleeding and segregation; it permits some reduction in sand content and in water requirement. A loss in strength will occur if the amount of air exceeds established limits or if the concrete mixture is not adjusted to the proper sand and water contents. Recommended air contents range from 4% to 7%, depending on the maximum size of the aggregate.

Calcium chloride is frequently used as an accelerator to speed production. The quantity used is normally 2% or less by weight of the portland cement. However, this material is never used for prestressed concrete because of the danger of corrosion of the steel tendons. Other A.S.T.M. approved admixtures are sometimes used to improve workability or to reduce the water requirement, but such use should be preceded by tests using the actual job materials.

The main structural reinforcing bars in prefabricated members are invariably deformed in accordance with A.S.T.M. Designations A305 or A408. Welded wire or bar fabric is sometimes used for reinforcement, although its use in prefabrication is somewhat limited. A.S.T.M. standards for high strength reinforcing bars were issued in 1958-59, and the growing use of these bars with yield points of 60,000 and 75,000 psi, as compared with the customary 45,000 psi intermediate grade, is resulting in reduced cost of concrete members. If these bars are to be welded, special requirements must sometimes be met.

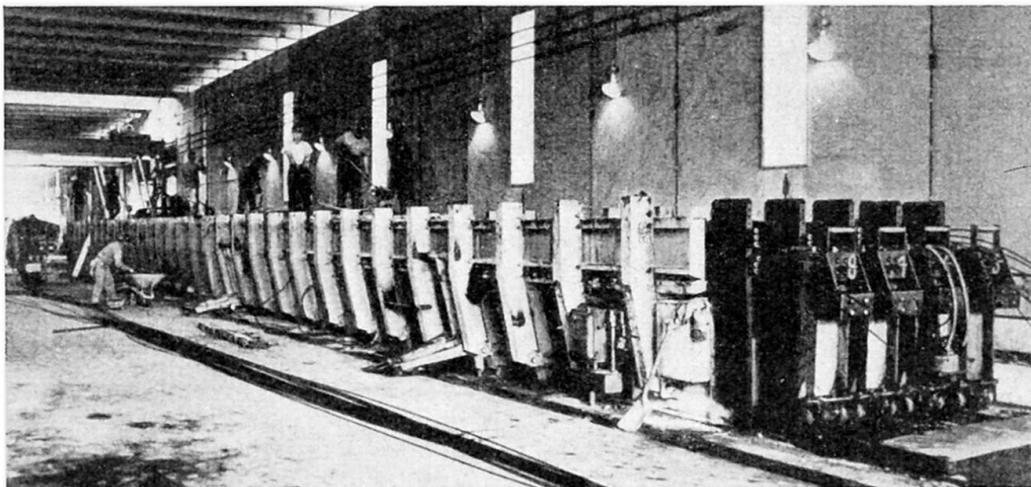


Fig. 4 - Production Machine for Prestressed Cored Slabs.

Prestressing tendons may be individual wires, strands, or rods. The stress relieved strand is perhaps the most common form of tendon, and it is used for pretensioning in diameters up to 1/2 in.

Production methods

The methods used for producing prefabricated elements vary widely, from conventional forming and casting sometimes used when the members are fabricated on the site, to highly mechanized factory operations. The factory mass-production unit shown in Fig. 4 manufactures cored slabs 8 ft wide in lengths to 100 ft and in depths ranging from 8 to 24 in. The webs are pretensioned longitudinally, and the top and bottom flanges are pretensioned both longitudinally and transversely. A typical unit of this type, made of lightweight aggregate concrete, is shown by Fig. 5.

In another type of factory operation cored prestressed slabs 42 in. wide, 4 to 10 in. deep, are cast in lengths to 450 ft or more. Slabs are cast one above the other, using a dry mix which may be thoroughly compacted without bonding to the underneath slab. These slabs are then sawed to whatever lengths are needed. Many other systems are in use for automatic or semi-automatic production of smaller members.

Steam curing is used quite commonly to speed production. The optimum procedure for reuse of equipment every 24 hours involves a pre-steaming period of about 5 hours followed by steaming for 13 hours, with a maximum rate of temperature rise of 40°F per hour and a maximum temperature of about 150°F. This cycle thus allows 6 hours for stripping, cleaning forms, pretensioning, etc. A typical chart of strength development for various combinations of pre-steaming and steaming periods, all adding up to 18 hours, is shown by Fig. 6. The effect of steam curing on properties other than strength must of course be considered; and test data on creep and shrinkage have recently become available. Fig. 7 shows that for loading at equal strength levels steam cured concretes show less creep than those which are moist cured at 73°F. Steam curing also reduces shrinkage by amounts up to 15 per cent.

Erection and assembly

Erection Stresses

Construction contracts in the U. S. are normally let on the basis of competitive bidding. The designer therefore does not ordinarily concern

himself with construction methods, but leaves that phase entirely to the successful bidder. In prefabrication, however, erection stresses, lifting techniques, sequence of making connections, and similar factors become an

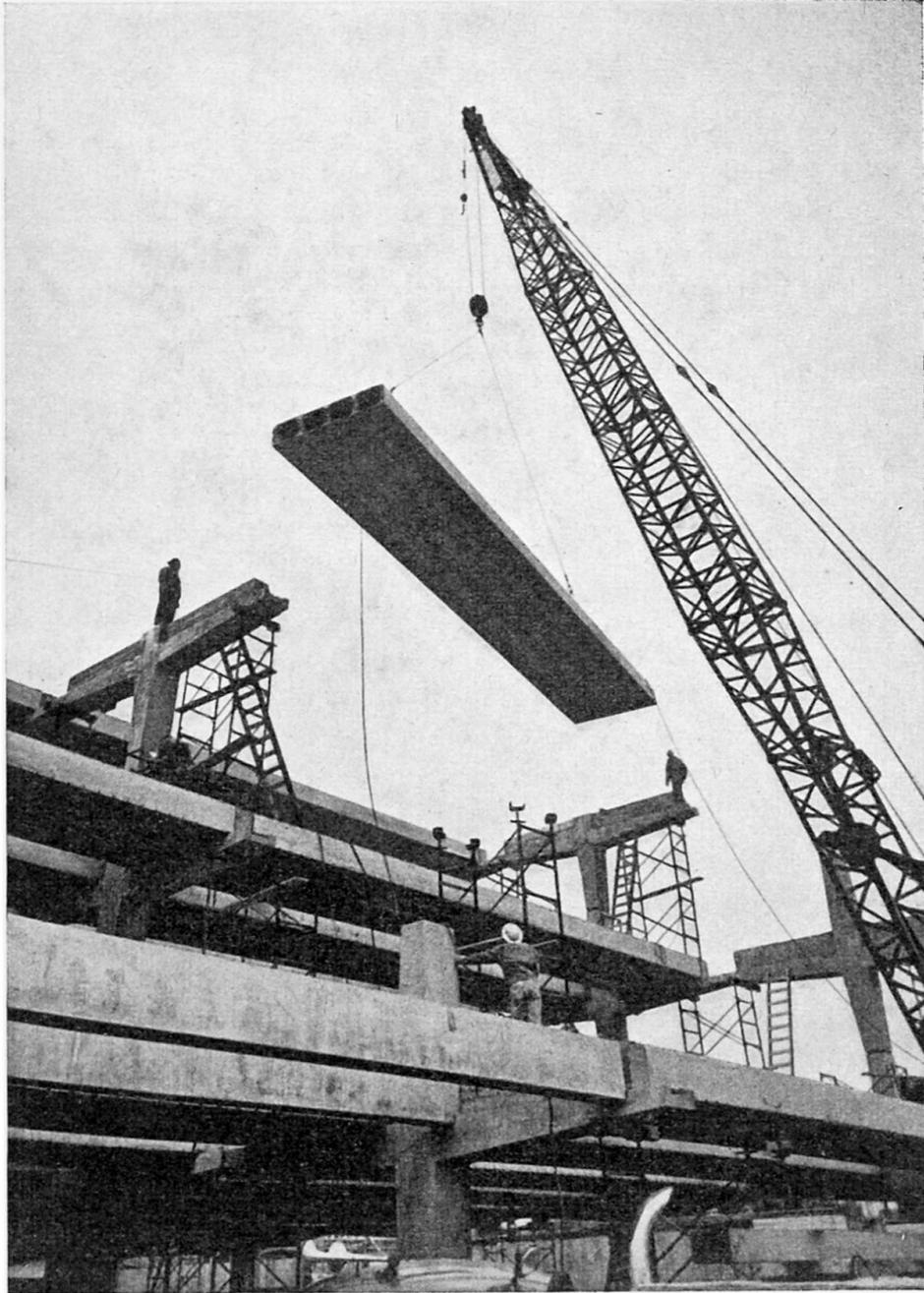


Fig. 5 - Erection of Cored Slabs.

integral part of the structural design. It is desirable that the contractor, with wide experience in construction methods, should work closely with the designer who must specify erection details; but under the bidding system this collaboration is often impossible. Many contractors employ

STRENGTH VS PRESTEAM PERIOD

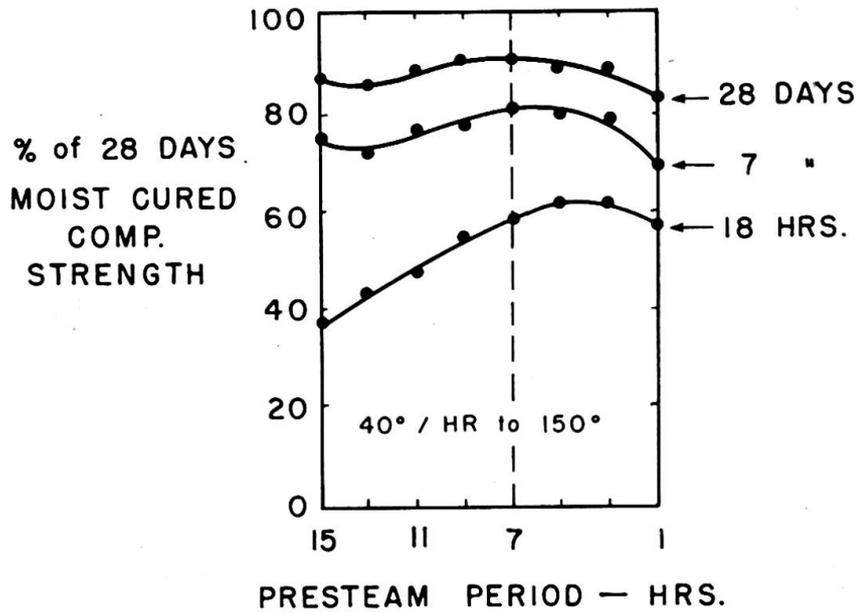


Fig. 6 - Strength Development Under Steam Curing.

structural engineers who, after the contract is let, may propose design changes to better suit the contractor's erection schemes.

Erection stresses are commonly permitted to exceed the maximum allowed for the completed structure. Reinforcing steel stresses may be permitted up to 75 % of the yield stress; and concrete stresses may reach

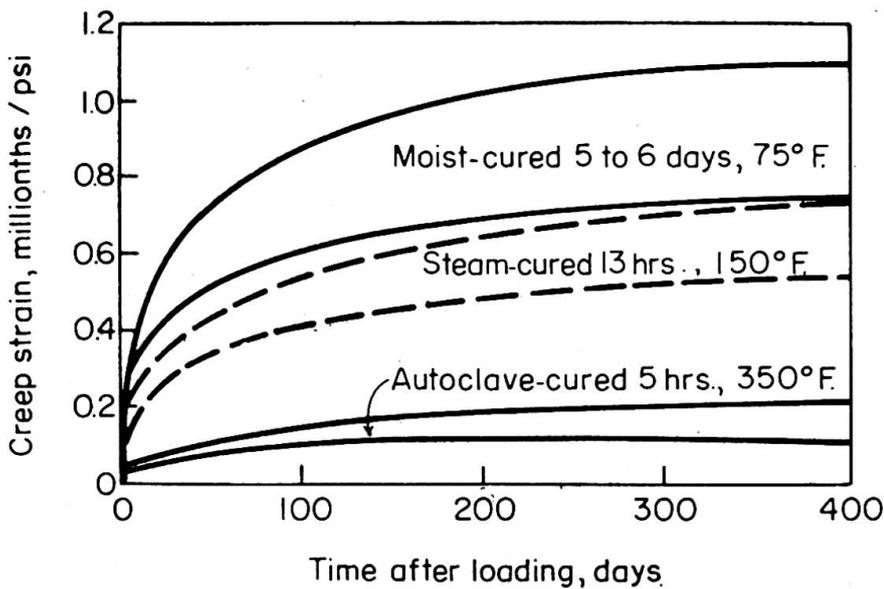


Fig. 7 - Effect of Curing on Creep of Concrete.

150% of the maximum allowed by standard building codes. In both cases the members should be considered as cracked sections. It has also been recommended that erection stresses should be controlled on the basis of ultimate strength design, using a safety factor of at least 2.

Tilt-up and Lift-Slab Erection

Tilt-up and lift-slab methods are classed as prefabrication because the elements (wall panels and floor or roof slabs) are cast horizontally at ground level and then tilted or lifted into position. Both systems are basically rather simple, but both lend themselves to the ingenuity of the designer and the builder. « Tilt-up » wall panels are not always tilted into position, but may be picked up bodily by adequate cranes and positioned rapidly. These panels, which are frequently load-bearing, may incorporate architectural treatment of one or both faces, and they may be of sandwich construction, with a layer of insulating material between two layers of lightweight concrete.

The lift-slab method was introduced in a modest way in about 1950. It is now widely known and will be described only briefly. The lowest floor panel is cast in place, and this forms a bed upon which all other floors, plus the roof, are cast in stack formation. A common casting rate is one slab each two days. The slabs are then lifted into their final position by tension rods connected to hydraulic jacks located at the top of the columns. The earlier jacking equipment was designed for use with steel H columns, but has now been adapted for prefabricated concrete columns. Floor slabs are commonly the flat plate type (that is, a slab of uniform thickness) either prestressed or continuously reinforced. However, the system has also been used for slabs with either dropped or inverted beams, cored slabs, or waffle construction.

An innovation in lift-slab construction is being considered which is a logical outcome of technological developments, and the concept has been worked out in detail for a representative 16-story apartment building. As usual, the permanent grade slab will serve as a casting bed for the 16 floors and the roof.

The roof, cast first, will be lifted to a convenient height of about 15 ft. Next the 16th level floor slab will be cast at ground level. At this stage all required walls, partitions, plumbing, and other fittings will be installed for that story. After lifting this essentially completed story to a 15-ft height, the operation will be repeated for the next lower story. Final assembly of the completed building will be effected by welding and other joinery techniques. This system, with its anticipated cost savings, is made possible by the extremely close control of deflections which result from prestressing of all slabs and precise control of the lifting operation. It has been stated

that the lifting can be controlled to 0.01 inch. As is natural, it appears that similar concepts have developed in other parts of the world.

Connections

One of the new technologies associated with prefabrication is that of connections. In this broad field almost unlimited opportunity exists for the exercise of ingenuity; but precise design criteria for connections are indeed limited. Research is now under way to provide such criteria, but the variables are so numerous that progress is necessarily slow. The following list includes the main functional categories of connections, all of which frequently occur in a single structure.

- 1 - Column - footing
- 2 - Wall - column
- 3 - Girder - column
- 4 - Girder - wall
- 5 - Beam - girder
- 6 - Slab - beam

The various types of connections are listed below, but it must be recognized that many variations occur within each type.

- 1 - Site Concrete
- 2 - Welded
- 3 - Prestressed
- 4 - Steel insert
- 5 - Bolted
- 6 - Doweled
- 7 - Re-bar coupled
- 8 - Adhesive

Because of labor conditions it is usually desirable to limit the types used in a single structure. For example, if welding is used at all it is ordinarily economical to use it extensively.

The Prestressed Concrete Institute has issued a tentative manual on Connection Details for Precast-Prestressed Concrete Buildings which includes 49 detail drawings of connections. A few of these are shown in the schematic drawing, Fig. 8.

Erection and connection schemes for precast structures vary so widely

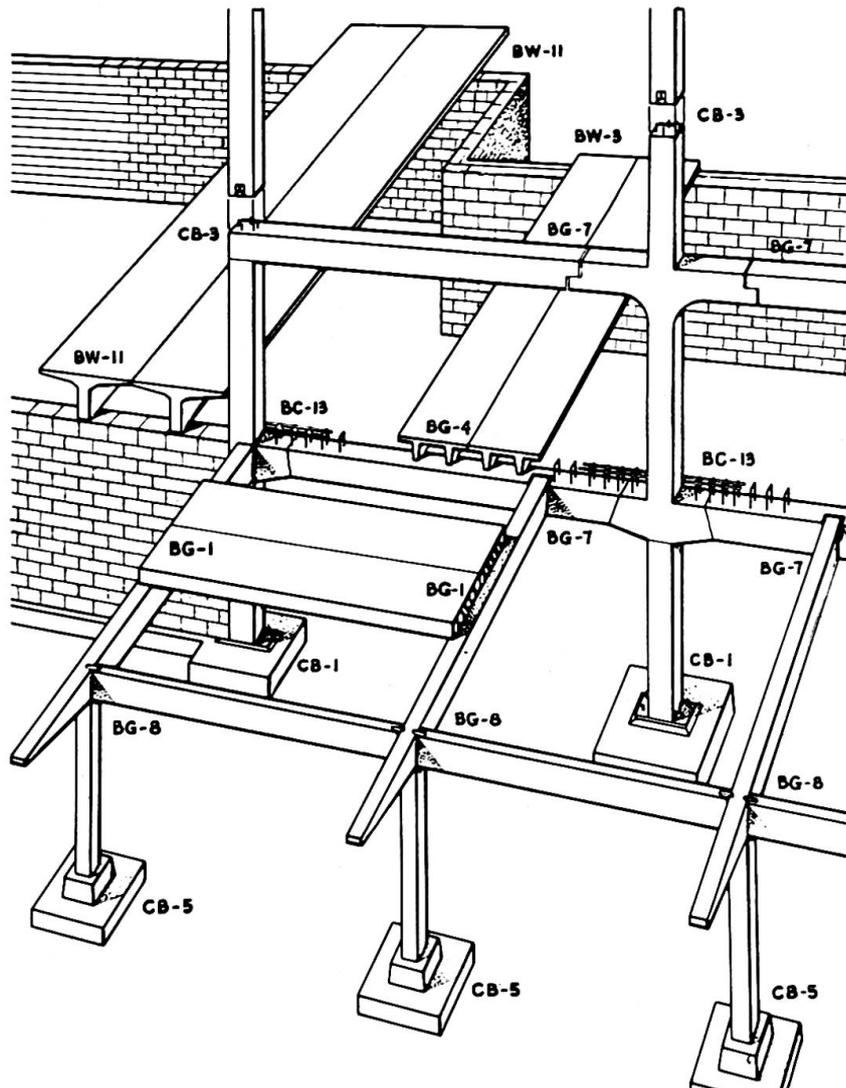


Fig. 8 - Typical Connections.

that it is impossible to select a truly « typical » system. As an illustration, Fig. 9 shows the system that was devised for two-story barracks buildings for the U. S. Coast Guard. The four principal elements are prestressed double-T floor beams, insulated wall panels, drop-in spandrels, and roof spandrels. The various elements were assembled, starting with the cast-in-place grade beam in the order in which they are numbered in Fig. 9. The prefabrication, delivery, and erection were so scheduled that 39,000 sq ft of floor space were fully enclosed in 29 working days.

A principal requirement in joinery is that dimensional changes due to drying shrinkage, temperature change, and creep must be accommodated. Such changes may, among other effects, introduce horizontal force components at bearing surfaces with an accompanying reduction in bearing strength. Experience has shown that properly detailed monolithic structures can accept

such dimensional changes with no impairment of serviceability. The same can certainly be said of properly detailed prefabricated structures; but the background of research and experience is not yet adequate to assure such proper detailing without study of each individual case.

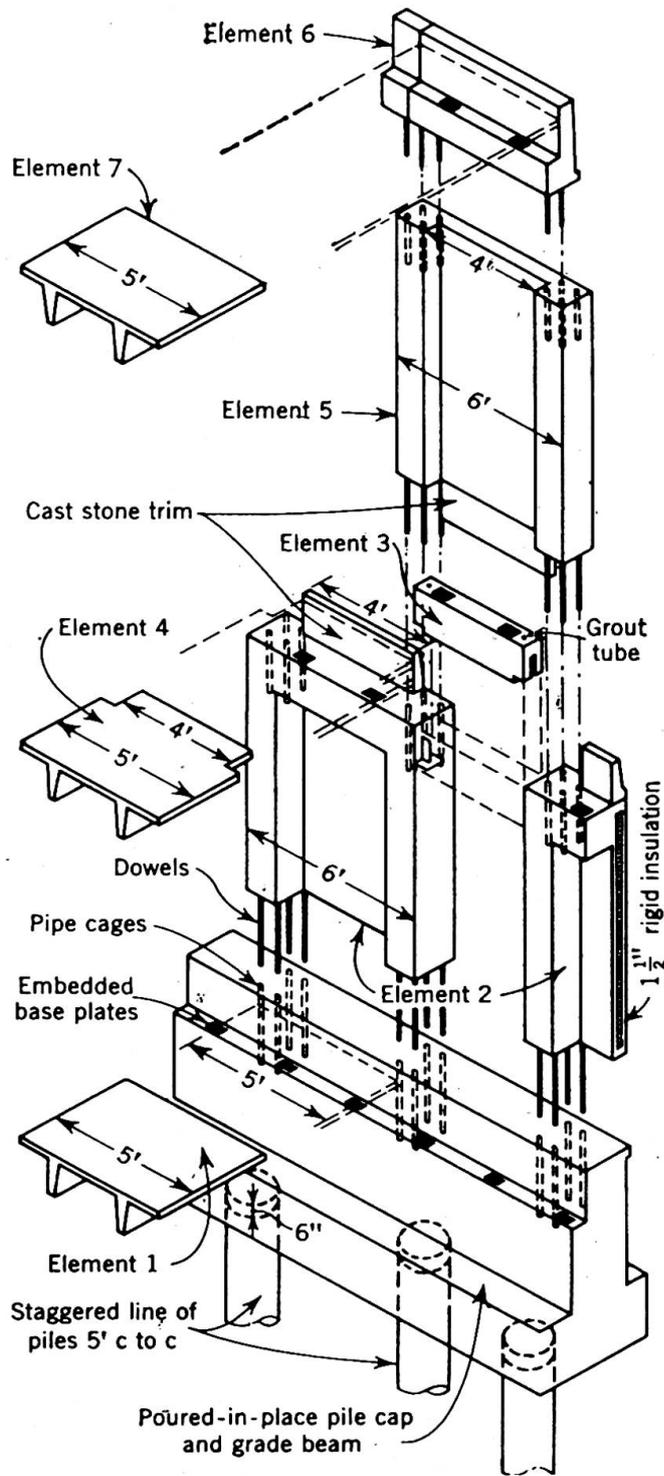


Fig. 9 - Assembly of Prefabricated Elements for Two-Story Barracks Building. Architect and Engineer: George M. Ewing Co. (Illustration courtesy "Civil Engineering").

Leere Seite
Blank page
Page vide