

Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 9 (1971)

Artikel: La conception statique dans la construction industrialisée des bâtiments à plusieurs étages

Autor: Nascè, Vittorio

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-10352>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 07.10.2024

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

**La conception statique dans la construction industrialisée des
bâtiments à plusieurs étages**

Die statische Konzeption im industrialisierten Bau mehrstöckiger
Gebäude

The Static Conception in the Industrialized Construction of
Multistorey Buildings

VITTORIO NASCÈ

Dr.-Ing.
Torino, Italie

L'industrialisation dans la construction des bâtiments à étages, tant comme standardisation des éléments de construction et de leur assemblage, que comme véritable construction en série, comporte en tout cas un processus de prévisions organiques et globales, c'est-à-dire un processus étendu à tous les aspects de la construction, de l'ossature, jusqu'aux planchers, aux parois, aux services.

La conception statique du bâtiment, dans la définition du schéma structurel d'ensemble, des différents éléments résistants et de leur assemblage, occupe une place importante dans ce processus: elle n'est plus seulement responsable de la stabilité et de la résistance de l'immeuble, mais doit aussi en faciliter l'industrialisation tant en ce qui concerne les structures mêmes, que en ce qui concerne tous les éléments de finition.

Ce nouveau rôle de la conception statique de l'immeuble est par suite considérée dans le cadre des trois solutions industrielles du bâtiment à plusieurs étages jusqu'ici proposées et expérimentées partiellement: (fig.1)

- construire sur commande avec l'utilisation d'éléments et de joints standardisés;
- construire des bâtiments préfabriqués en série (système fermé);
- construire avec des éléments préfabriqués en série (système ouvert).

La construction du bâtiment au moyen d'éléments préfabriqués en série doit être considérée en dernier lieu, non pas parce qu'elle correspond à un degré d'industrialisation plus élevé (qui certainement revient à la préfabrication en série de tout l'immeuble), mais au contraire parce qu'elle représente la solution la plus avancée pour le bâtiment à plusieurs étages, entendu comme immeuble d'habitation, en prenant totalement en considération le problème en ce qui concerne les différents besoins de l'habitat.

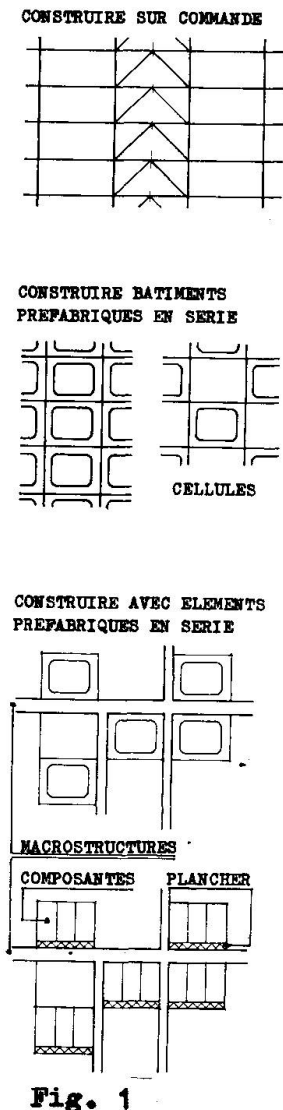


Fig. 1

1. Construire sur commande avec l'utilisation d'éléments et de joints standardisés.

C'est une tendance qui a désormais trouvé application depuis longtemps et qui initialement a été motivée par des éléments étrangers à la structure métallique, surtout par la préfabrication au sol ou en usine des planchers et parois (façades continues), comme exigence d'uniformité de dimensionnement de la structure aux différents étages en fonction de la hauteur.

Cette tendance a donc reçu une impulsion particulière pendant ces dernières années avec l'utilisation de la part de plusieurs usines de charpente métallique, d'installations automatiques de découpage et perçage à commande numérique, par carte ou bande perforées, qui ont permis de remarquables économies de temps et d'argent sur la structure même.

1.1. Le projet structurel: tendances de conception pour une industrialisation plus poussée du bâtiment.

1.1.1. Abandon du cadre à nœuds rigides.

Avec l'augmentation de la hauteur d'un bâtiment, la différenciation d'ordre statique entre les poutres des différents étages dans la résistance des cadres à nœuds rigides aux actions horizontales, devient toujours plus remarquable. Par conséquent, on doit augmenter la section résistante des poutres posées sur la même verticale en partant du haut du bâtiment vers les fondations. Ce-

la va à l'encontre tant de l'uniformité de construction des planchers, que des poutres et de leurs joints.

De plus, on peut observer que la liaison d'encastrement entre poutre et colonne peut être réalisée sans encombrements supérieurs à ceux des membrures, pratiquement avec la seule soudure sur place (fig. 2 a).

D'ailleurs, des encombrements excédents ceux des membrures, en particulier aux niveaux des intrados et extrados des poutres, gênent la mise en place des parois, planchers et plafonds préfabriqués.

1.1.2. Adoption de système de contreventement concentrés.

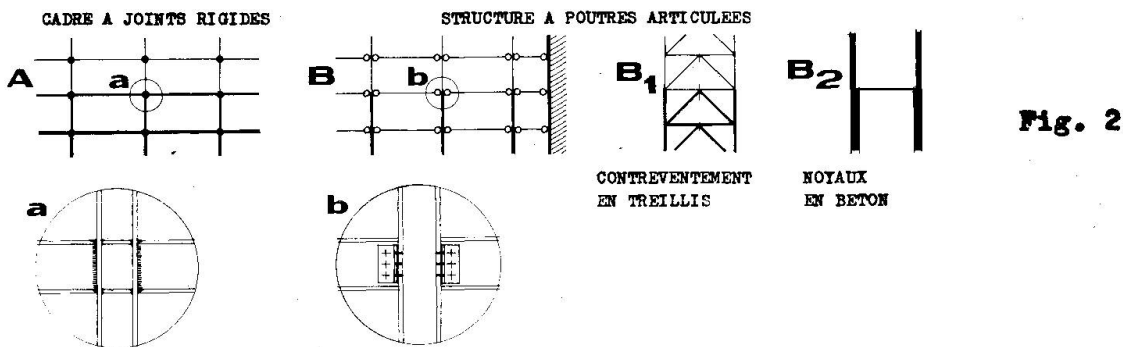
Une fois que les cadres parallèles à nœuds rigides (fig. 2 A) ont été abandonnés, l'action de contreventement et de stabilisation de l'immeuble est reprise par contreventements verticaux en treillis (fig. 2 B1) ou par noyaux à section en caisson réalisés en béton armé (fig. 2 B2).

Avec la deuxième solution on obtient des résultats meilleurs, car un noyau seulement peut être suffisant (dont l'encombrement sur plan peut rester invariable avec la hauteur par l'entremise de variations

d'épaisseur à l'intérieur) destiné à contenir les escaliers, les cages d'ascenseur, les canalisations.

L'adoption de systèmes de contreventements concentrés est en tout cas favorisée par un plan compact et régulier puisque il facilite le transfert des actions horizontales sur les éléments de contreventement et la réalisation de la liaison horizontale aux colonnes à chaque étage.

La tendance à résoudre le contreventement et la stabilisation des bâtiments à plusieurs étages par l'utilisation de structures spécifiques augmente avec l'augmentation de leur hauteur. Dans quelques réalisations récentes de gratte-ciel aux U.S.A. on a obtenu, par l'utilisation de structures extérieures en tube à grand treillis, une remarquable légèreté structurelle et en même temps une uniformité de dimensions poussée des éléments intérieurs aux différents étages.



1.1.3. Assemblage articulé poutres-colonnes.

Une fois qu'il n'est plus nécessaire de joindre de façon rigide poutres et colonnes pour l'action de contreventement (maintenant confiée aux systèmes concentrés), les poutres peuvent être assemblées aux colonnes par joints articulés et boulonnés, par exemple au moyen d'un couple de cornières (fig. 2 b).

Les poutres ne supportent plus maintenant que les charges verticales de leur étage et, à égalité d'interaxes des colonnes, elles ont la même section et le même assemblage sur toute la hauteur du bâtiment.

La simplicité des joints boulonnés favorise une plus grande utilisation des installations automatisées de découpage et de perçage en usine et un assemblage rapide et économique des charpentes au chantier.

L'adoption de ces assemblages ne comporte aucune variation d'encombrement des structures aux nœuds: pour cette raison et pour l'uniformité des sections des poutres, ceci favorise la préfabrication des planchers et des parois.

Toutefois, il faut observer que l'ensemble de ces avantages généralement se fait au détriment d'un plus grand poids des poutres et de leur plus grande déformabilité à la flexion.

1.1.4. Emploi d'aciers de résistances différentes pour les colonnes.

Lorsqu'on a soustrait les colonnes à la flexion due aux actions horizontales sur l'ossature, on ne résoud pas le problème de la variation de la charge axiale en fonction de la hauteur.

On peut obtenir une plus grande uniformité de section en utilisant des aciers dont la valeur de résistance augmente en partant d'en haut vers les fondations, ce qui est d'autant plus recommandable que les colonnes sont peu élancées.

1.1.5. Déplacement des colonnes par rapport aux parois extérieures.



Fig. 3

La préfabrication des parois extérieures (façades continues) est favorisée par le fait que l'on peut déplacer les colonnes périmétriques par rapport aux façades, colonnes qui peuvent être placées soit à l'intérieur soit à l'extérieur de l'immeuble (fig. 3).

Quant à l'encombrement pour les assemblages entre les éléments de colonne, il est préférable d'avoir recours à des joints à contact, à des joints soudés (bout à bout ou avec bride soudée interposée) plutôt qu'à des joints boulonnés, en particulier s'ils sont à couvrejoint.

1.1.6. Choix du type de poutres et colonnes.

La nécessité de limiter la déformation à flexion des poutres (point 1.1.3.) et l'utilité de noyer librement dans le plancher les conduits pour le passage des fils électriques, des tuyauteries et des conduits de climatisation, influence le choix de poutres ajourées du type à nid d'abeille ou à treillis. Pour les colonnes les profilés en I à larges ailes sont pour la plupart préférés aux tubes ronds ou rectangulaires en raison de la simplicité de réalisation des joints boulonnés aux poutres.

1.1.7. Fonctions complémentaires des planchers.

Les planchers transfèrent aux éléments concentrés de contreventement les actions horizontales distribuées et assemblent dans le plan horizontal les colonnes en assurant ainsi leur stabilité.

Il s'agit de fonctions complémentaires à celles de supporter les charges verticales: elles sont particulièrement importantes dans cette conception de la structure et elles exigent des planchers une résistance proportionnée et une indéformabilité aux forces de coupe imprimées sur leur plan.

D'un point de vue de la construction, ces nécessités n'ont pas une influence appréciable sur la quantité des matériaux requis, d'autant plus si le plan de l'immeuble est du type compact; au contraire elles représentent une complication souvent considérable des préfabriqués. Pour résoudre

le problème au moyen des éléments du plancher, ceux-ci devront être munis de joints (efficaces dans le plan horizontal) assurant leur rattachement aux éléments voisins et aux structures métalliques sur lesquelles ils s'appuient (exemple fig. 4).

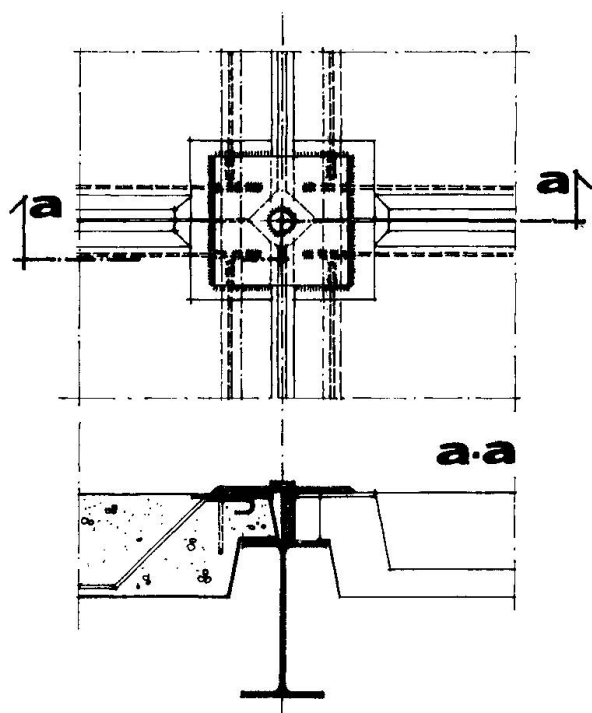


Fig. 4

Le manque d'uniformité de la structure, résultant de la hauteur, concerne de cette manière un nombre limité de membrures, concentrées en quelques zones du bâtiment. Pour les autres membrures, il est possible de pousser le processus d'industrialisation, dans les limites toutefois d'une conception traditionnelle de la structure comme "ossature incorporée" qui caractérise la construction sur commande.

2. Construire des bâtiments préfabriqués en série.

La fabrication en série des bâtiments correspond à une conception précise de l'industrie de la construction et de son marché, qui s'exprime dans le slogan "bâtir les maisons comme on construit les automobiles". Dans ce sens, elle représente la réponse la plus avancée, dans le domaine de l'immeuble d'habitation, aux problèmes posés par les grands déplacements et accroissements démographiques de notre temps.

1.2. Calcul de la structure.

L'abandon du cadre à noeuds rigides simplifie la détermination des sollicitations; par contre les déformations (surtout sur les poutres) deviennent plus importantes, et on perd les avantages du calcul des proportions d'effondrement.

La considération de la résistance à effondrement peut au contraire donner de gros avantages si elle est appliquée à l'étude des assemblages, surtout de façon expérimentale, du point de vue de leur standardisation.

1.3. Observations finales.

La tendance à une industrialisation plus poussée se manifeste essentiellement dans un procédé de dissociation dans l'ossature, entre les fonctions statiques dépendant de la hauteur du bâtiment (stabilité d'ensemble, résistance aux forces horizontales) et celles qui se réfèrent à chaque étage (transfert aux colonnes et aux éléments de contreventement des forces qui agissent sur le plan).

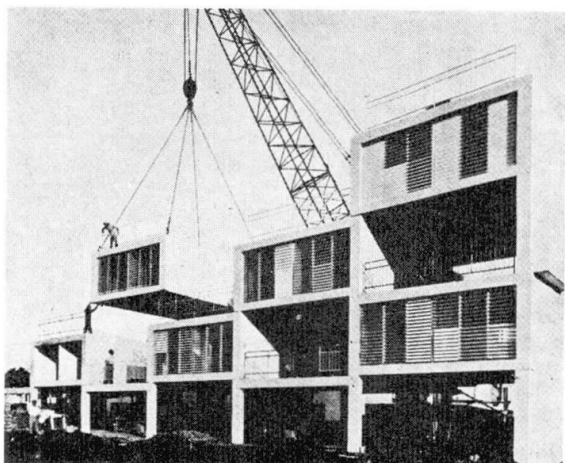


Fig.5 - Montage de cellules avec le système Shelley.

2.1. Nouvelle conception statique.

L'hypothèse la plus fréquemment avancée et le type réalisé le plus souvent est celui d'une cellule parallélépipédique qui peut être ou complètement finie à l'usine avec des dimensions transportable (sur l'exemple des roulettes ou des "containers" pour transport) ou assemblé au chantier à partir d'éléments finis de plancher, couverture et parois (fig. 5).

Du point de vue de la structure, après avoir réduit le problème de construction à la dimension de la cellule et dans la perspective d'une construction en série, on assiste, par rapport à la construction traditionnelle en acier, à une véritable révolution dans la manière de projeter avec répercussion sur la conception statique.

Le projet de la cellule en effet se fait selon une nouvelle dimension industrielle qui a l'appui de considérables moyens financiers et qui nécessite au préalable des recherches de marché, une définition des "users requirements" (besoins de l'utilisateur), une mise à jour continue et une recherche technologique.

Le projet se présente donc comme une réponse organique et globalement plus économique à tous les problèmes surgissant au cours des phases préliminaires. La conception statique est nécessairement insérée dans le processus unitaire de l'élaboration du projet et il faut nécessairement la considérer conjointement aux problèmes concernant le périmètre et la répartition intérieure du bâtiment, son équipement, la production en série de ses membrures, leur transport, leur assemblage, etc. .

On assiste donc à une convergence simultanée, au cours de l'élaboration du projet, de plusieurs connaissances qui, dans la construction traditionnelle, sont presque toujours présentes mais de façon non coordonnée et non contemporaine.

Le résultat de cette orientation du projet est la réduction au minimum du nombre des éléments constituant le bâtiment et l'association dans chacun d'eux d'un plus grand nombre de fonctions compatibles.

La solution peut s'avérer par conséquent extrêmement compliquée du point de vue de la structure, comme cela arrive pour certains types de véhicules dans lesquels, l'ossature disparue, l'enveloppe revêt une fonction de structure.

La limite de ce processus est précisément constitué par la cellule, absolument sans ossature, conçue comme enveloppe continue résistante.

2.2. Difficultés de construction dans les bâtiments à plusieurs étages.

L'analyse du régime statique de la cellule suppose la définition des conditions de charge et d'appui. Dans les bâtiments à un étage, aucune difficulté pour cela, car chaque cellule qui compose le bâtiment repose sur le sol et est considéré séparément des cellules voisines.

Dans les bâtiments à plusieurs étages que l'on pense réaliser, comme plusieurs projets l'ont prévu, par alignement et superposition de cellules utilisées comme les briques d'une maçonnerie, on rencontre deux difficultés de nature essentiellement structurelle:

- a) chaque cellule est soumise non seulement aux charges inhérents à la cellule reposant sur le sol, mais aussi à un ensemble de charges dépendant de la géométrie du bâtiment dans son ensemble et de la position que la cellule occupe dans celui-ci;
- b) le dimensionnement structurel de la cellule devrait satisfaire toutes positions possibles que la cellule pourrait occuper dans le bâtiment.

Pour résoudre la première difficulté il faudrait définir avec précision, au moment de l'élaboration du projet de la cellule, la géométrie même du bâtiment, ou des bâtiments à construire.

La seconde difficulté ne peut être surmontée qu'avec une énorme perte de matériaux, c'est-à-dire à des coûts très élevés, allant à l'encontre d'un principe fondamental de la production en série.

Des difficultés de construction de nature similaire, surgissent à propos des équipements: une cellule commune devrait par exemple pourvoir, en plus qu'à ses propres besoins d'installation, aussi au passage des canalisations des cellules voisines, besoin déterminable seulement en fonction du projet de l'ensemble du bâtiment.

Ces difficultés relèguent donc la cellule produite en série dans le domaine des bâtiments à un étage. Pour les bâtiments à plusieurs étages, le principe de poser les cellules l'une sur l'autre conduit, pour les raisons ci-dessus, à construire des bâtiments de forme banale et de hauteur très modeste.

2.3. Obstacles psychologiques.

D'autres difficultés, enfin, sont d'ordre psychologique et elles ont été déjà largement discutées par les architectes et les sociologues.

On ne nie pas la possibilité de nombreuses applications (motels, maisons mobiles, maisons de vacances ou de week-end) mais on doute que les bâtiments préfabriqués en série selon le procédé décrit et destinés à l'habitation puissent répondre aux besoins complexes de l'habitat. En effet, ces besoins peuvent tous être interprétés au moment de l'élaboration du projet de la cellule car ils font intervenir le monde des aspirations, des imaginations, un substantiel besoin de liberté de la part de l'habitant en tant qu'unité familiale.

Dans le domaine des bâtiments à plusieurs étages on ressent en outre un besoin de liberté de composition qui concerne le bâtiment dans son ensemble, comme possibilité de se développer librement dans l'espace en s'adaptant aux situations territoriales particulières et aux conditions

sociologiques changeantes. Négliger ces besoins signifie se poser le problème d'une façon incomplète: c'est pour cela que l'on pense que les bâtiments préfabriqués en série (système fermé) ne sont pas en mesure de résoudre le problème général de la production en masse de bâtiments à plusieurs étages destinés à l'habitation.

3. Construire avec des éléments préfabriqués en série.

Supposons maintenant que nous utilisons, avec la cellule dont au point 2., une ossature portante autonome (macrostructure), complètement dégagée de la cellule et destinée à lui proposer, quelque soit sa position dans le bâtiment, les mêmes conditions d'appui et de charge qu'elle a comme élément isolé reposant au sol (fig. 1. 3.).

La structure de la cellule est ainsi responsable seulement du transfert à la macrostructure des charges reposant sur elle; la macrostructure est responsable du transfert aux fondations des réactions des cellules.

3.1. Liberté de composition du bâtiment.

Dans ces conditions l'élaboration du projet des cellules n'engage en rien l'élaboration du projet du bâtiment.

Les cellules pourraient être projetées, d'un point de vue structurel, comme des éléments parallélépipédiques en tôle nervurée ou emboutie, liée à la macrostructure à des endroits correspondant aux joints prédisposés sur elles: leur dimensionnement pourrait aussi prévoir l'éventualité d'un montage d'une seconde cellule sur la première, sur une face quelconque non relié à la macrostructure.

En tout cas il s'agirait d'un nombre de conditions d'appui et de charge limitées, déterminable à priori au moment du projet de la cellule et indépendant du projet du bâtiment.

La macrostructure, séparée des cellules, a besoin évidemment d'un espace propre pour pouvoir se développer; cet espace peut aussi être occupé par les canalisations qui doivent relier les cellules au terrain et ce-

ci du point de vue de l'équipement comme du point de vue de la structure.

La répartition de l'espace entre les zones réservées aux cellules (espace habitable) et les zones réservées à la macrostructure (espace structurel) concerne une phase préliminaire de l'élaboration du projet et

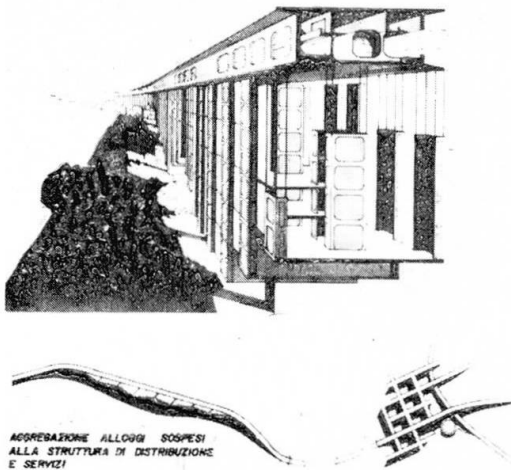


Fig.6 - Concours international Ceca 1966; Gruppo Severino, Conti, Indiati - Roma. Macrostructure et cellules suspendues. (tiré de "Casabella" N.325)

devient un élément caractéristique d'un système de construction déterminé.
(Fig. 6 et 7).

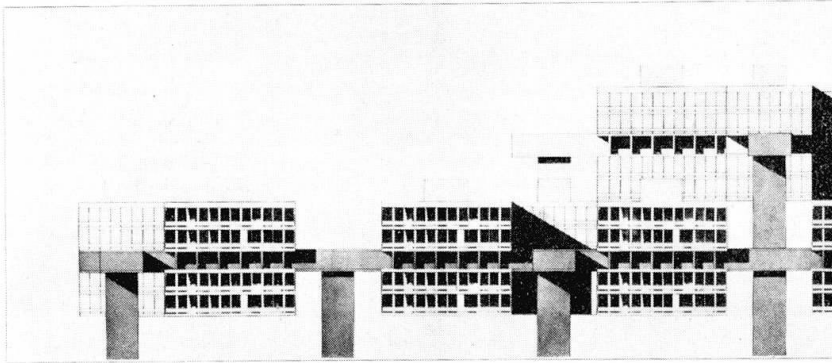


Fig.7 - Concours international Ceca 1966
Nizzoli Associati, progettazione struttura
Finzi, Nova, Finzi - Milano
Exemple de bâtiment à plusieurs étages réa-
lisé avec macrostructure et composants en série.
(tiré de "Casabella" N. 325)

3.2. Souplesse de distribution du plan au niveau de la cellule.

Supposons maintenant , dans le domaine de la cellule, que nous distinguons les éléments préfabriqués verticaux des parois et l'élément horizontal qui forme le plancher, concentrant sur ce dernier toutes les fonctions structurelles de la cellule qui consistent dans le transfert des charges agissant sur elle aux appuis prédisposés sur la macrostructure.

Il est évident que, si les parois ne participent pas à la fonction structurelle d'ensemble de la cellule, elles peuvent occuper une position quelconque sur le plancher, correspondant, après une coordination préalable des dimensions et des joints, aux seuls désirs de l'utilisateur.

La souplesse de répartition de l'espace sur l'élément horizontal qui forme le plancher veut que le plancher assume aussi des fonctions d'équipement en plus de ses fonctions de structure. En particulier il est nécessaire pour cela que le plancher soit creux, sur l'exemple d'un plateau de scène (plancher équipable).

3.3. Observations finales.

La solution la plus avancée dans le domaine de la construction industrialisée de bâtiments à plusieurs étages destinés à l'habitation (c'est-à-dire dans le domaine qui présente les plus grandes possibilités de développement futur) c'est donc de construire avec des éléments de série qui peuvent s'adapter à une libre composition du bâtiment de tout genre, et avec la plus grande souplesse de distribution au niveau de l'unité d'habitation.

Ce but peut être atteint par une attitude nouvelle en matière d'élaboration du projet où il faut distinguer deux phases:

- le projet des éléments en série (composants)
- le projet des bâtiments

Avant ces deux phases vient se placer une phase préliminaire de co-

ordination au cours de laquelle est précisée la validité du produit de construction, est assurée la compatibilité de dimension des composants, sont définis les espaces habitables et les espaces structurels et sont précisées les possibilités technologiques de fabrication à l'usine, de transport et de montage.

Après l'élaboration du projet des éléments en série, effectuée avec le concours massif de techniciens des industries intéressées, se fait la production "par stock" des planchers et de tous les composants qui reposent sur eux, y compris les parois éventuelles équipées pour cuisines et services et installation de tout genre.

Après le projet des différents bâtiments, auquel les industries de production des composants pourraient rester complètement étrangères, suivrait une production "sur commande" des macrostructures et des installations relatives de la part de firmes spécialisées.

L'aspect structurel de cette tendance dans les bâtiments à plusieurs étages destinés à l'habitation s'exprime dans les deux directions suivantes:

- a) la macrostructure, responsable des exigences structurelles du bâtiment dans son ensemble. Elle est produite sur commande en observant les caractéristiques de chaque situation sociale et du milieu. Elle occupe un espace structurel distinct et complémentaire de celui occupé par les unités d'habitation et pour cela sa faculté d'être modifiable ne touche pas ces dernières, destinées à une production de grande série.
- b) le plancher équipable, responsable des besoins structurels du bâtiment au niveau de l'unité d'habitation. C'est un produit de grande série comme les autres composants de l'unité, auxquels il est étroitement coordonné sous l'aspect des dimensions, des liaisons et des fonctions. Il est conçu comme une plaque de structure creuse et continue en fonction des critères suivantes:
 - critères statiques comme légèreté et rigidité à la flexion;
 - critères architectoniques comme la possibilité de les placer à côté des plaques voisines et la liberté de répartition de son plan de extrados;
 - critères technologiques en vue d'une production automatisée de type continu.

Références

- 1 G.BALLIO - L.FINZI - Studi ed esperienze su solai "attrezzabili" in acciaio - Costruzioni Metalliche n.5 - 1968
- 2 F.DE MIRANDA - A.G.BOLOCAN - In sintesi i moderni criteri di progettazione delle strutture d'acciaio negli edifici multipiano - Costruzioni Metalliche n.3 - 1969
- 3 A.MENDINI - E.D.BONA - Possibilità per la fabbricazione aperta - Casabella n.325 - 1968
- 4 L'ARCHITECTURE D'AUJOURD'HUI - Vers une industrialisation de l'habitat - n.148 - 1970
- 5 BAUEN + WOHNEN - Bausysteme und Vorfabrikation - N.11 - 1970

RESUME

La conception statique du bâtiment industrialisé doit faciliter l'industrialisation des structures et des éléments de finition dans chaque phase de la construction (usine, transport, montage).

On examine cet aspect en se référant aux bâtiments à plusieurs étages des types suivants: immeubles construits sur commande avec éléments et joints standardisés, immeubles préfabriqués en série, immeubles construits avec éléments préfabriqués en série.

ZUSAMMENFASSUNG

Der statische Entwurf der Industriebauten soll die Industrialisierung der Bauwerke sowie der Fertigstellungselemente in jeder Bauphase (Werkstatt, Transport, Montage) erleichtern.

Der Bericht untersucht diese Gesichtspunkte in Bezug auf mehrstöckige Bauten der folgenden Typen: Gebäude, die auf Bestellung mit standardisierten Elementen und Stossverbindungen konstruiert werden, vorgefabrizierte Gebäude in Serieausführung, Gebäude die mit in Serie vorgefabrizierten Elementen aufgeführt werden.

SUMMARY

The static design of industrial buildings is intended to facilitate the industrialization both of the buildings and of the completing elements during each building phase (workshop, transport, assembly).

The report investigates these aspects with regard to multistorey buildings of the following types: buildings constructed on order with standardized elements and joints, prefabricated buildings in serie execution and buildings which are erected by elements prefabricated in series.

Leere Seite
Blank page
Page vide