

**Zeitschrift:** IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte

**Band:** 48 (1985)

**Rubrik:** Session A: Role of architects, consulting engineers and general contractors in the choice of building material

### **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:** 18.10.2024

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



## **SESSION A**

**Role of Architects, Consulting Engineers and General Contractors in  
the Choice of Building Material**

**Rôle de l'architecte, de l'ingénieur-conseil et de l'entrepreneur  
général dans le choix du matériau de construction**

**Die Rolle des Architekten, des beratenden Ingenieurs  
und des Generalunternehmers in der Phase der Baustoffwahl**



Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## **Selection of Structural Materials for High Rise Buildings in USA**

Choix des matériaux pour les bâtiments-tours aux USA

Auswahl von Konstruktionsmaterialien für Hochhäuser in den USA

### **Lewis BRUNNER**

Vice Pres., Marketing  
American Inst. of Steel Constr.  
Chicago, IL, USA



Lew Brunner has been directly involved in the design and construction of bridges and buildings using steel for 40 years. Having held various engineering, sales and marketing positions with United States Steel Corporation, he is now marketing activities of AISC and its 400 fabricator members throughout the USA. He holds a BSCE degree from Wiedner-PMC University.

### **SUMMARY**

This paper describes the planning and contractual methods used to build high rise buildings in the United States. It briefly traces the evolution of the material decision-making process over the past 100 years since the steel frame was introduced. The current position of the steel in the competitive market is described along with the tools and techniques the industry employs to increase market share.

### **RÉSUMÉ**

Cet article décrit les méthodes de planification et le processus de décision utilisés dans la construction de bâtiments-tours aux Etats-Unis. L'évolution du choix des matériaux durant ces 100 dernières années, époque correspondant à l'introduction des charpentes métalliques, est brièvement montrée. La place de l'acier dans ce marché est décrite, ainsi que les moyens et techniques que cette industrie utilise pour accroître sa part du marché.

### **ZUSAMMENFASSUNG**

Dieser Beitrag beschreibt die in den USA bei Hochhäusern angewandten Planungs- und Vertragsmethoden. Er verfolgt die Entwicklung des Auswahlverfahrens bei Materialien in den letzten 100 Jahren – seit Einführung des Stahlskeletts. Sowohl die gegenwärtige Lage von Stahl auf dem Konkurrenzmarkt wird beschrieben wie auch Mittel und Techniken, welche von der Industrie eingesetzt werden, um den Marktanteil zu vergrößern.

## BACKGROUND

The year 1885 is significant in the history of structural steel construction for high-rise buildings. It was exactly 100 years ago that the Home Federal Insurance Building was completed in Chicago. That 10-story structure was the first multi-story office building to be supported by a steel frame.

Located at LaSalle and Monroe Streets in Chicago, the Home Federal Insurance Building was a culmination of a dream by the renowned engineer William Le Baron Jenney. He came home one evening and noticed that his wife had placed a very heavy bible on top of a wire frame rectangular bird cage. Jenney was immediately struck by the fact that the light wire structure could support such a heavy load. This relatively insignificant incident sparked the idea in Jenney's mind that a similar system could be used to resist the floor loads of multi-level buildings. He applied the theory successfully by using steel members to frame the Home Federal Office Building, a project he was designing at the time.

This demonstration opened the door to the era of vertical growth in office buildings and the expanded use of structural steel. It's interesting to note that two blocks from the Home Federal site, the Monadnock Building was under construction at the same time. At 16 stories, it was to be the world's tallest masonry wall bearing building. With six-foot thick walls, it still holds that record. So, within two blocks of each other, two monuments were erected -- one to the end of an era and the other the start of an era.

The period that followed was a time of great excitement as cities began to grow vertically in ways not thought of before. In six short years, Jenney's creation was dwarfed by the 20-story Masonic Temple in Chicago and by 1909 heights had reached 50 stories in New York. Skylines continued to change rapidly, both in Chicago and New York. A great plateau was reached in 1931 with the completion of the 102-story Empire State Building in New York. This American phenomenon, the skyscraper, emanated from the minds of imaginative architects and was supported by industrialists who produced an array of new steels in a variety of shapes for the ever expanding market. As a structural material, steel led the way in the dynamic expansion of the nation. It stood virtually unchallenged until after World War II.

During a 50 year period improvements and refinements in structural design developed rapidly. Steel strengths increased and production methods improved. Consolidation of rolling practices by producing mills evolved into a series of standard rolled structural shapes. The early 20's saw the establishment of codes and standards for steel construction and fabricating under the leadership of the American Institute of Steel Construction (AISC), which brought steel framing for high-rise buildings to a common yet sophisticated level by the early 1950's.

## GROWTH OF COMPETITION

The period before the 1950's was clearly dominated by structural steel in the high-rise office building market. With a few exceptions, all structures 10 stories and taller were automatically steel framed. However, the hold on that market began to deteriorate in the mid-50's and the dominance of the material came under heavy attack by concrete. Three major developments brought pressure to bear on the hold steel had on the high-rise market. First, improved concrete strengths were developed through research. Secondly, steel shortages began to re-occur. Brought initially by the Korean War, these shortages were intensified by lengthy steel strikes and the threats of strikes that followed. These last two events forced designers to look elsewhere for materials to ensure completion of their projects. With improved materials and opportunities created by the steel industry's inability to deliver, the



concrete industry began to invade the high-rise building and long-span bridge market. The dominance by structural steel in buildings taller than 10 stories began to deteriorate.

Recognizing the magnitude of the opportunity, the cement industry expanded their research and put into the field some 250 trained engineers to work with architects and engineers on specific projects. Their main purpose was to convert steel-framed structures to concrete and educate designers about the latest practices of reinforced concrete design. The combination of shortages, improved awareness, free support and technical advice resulted in the construction of concrete buildings to heights never attempted before. The educational process reached beyond the design level. It impacted contractors and subcontractors as well. New methods for placement of concrete and new techniques for handling and finishing the materials were developed in the competitive market place by contractors interested in expanding their share of the construction market.

The invasion of this private sanctuary by the concrete industry did not go unnoticed. The steel industry fought back with an array of new high strength structural steels with yield strengths of 50 ksi. Weathering steel was introduced and revolutionary fastening techniques made riveting in the shop and in the field obsolete by the late 1950's. Rapid strides in bolting and welding reduced costs and shortened construction time. New, more efficient shapes were produced by the rolling mills -- standard flooring and roof joists were developed and used. Improved fire protection materials were developed that reduced cost and field application time. Out of intensive research by the steel industry new possibilities emerged and architects were introduced to exposed steel. Mill producers and fabricators alike encouraged the development of composite structural and floor systems. They pressed the advantages of power and communication distribution through steel cellular flooring. Millions of dollars and a vast amount of time were spent on research, advertising promotion and education by all segments of the steel industry to combat the invasion of concrete. This effort resulted in better, lighter weight, lower cost high-rise structures that would allow the Empire State Building to be built today with a fraction of the amount of steel used in 1931. Improvements in design and materials serve the owner and occupant more efficiently. As a result, we arrive at the present era in which we find intense competition between the two materials as a framing solution for high-rise office buildings up to 80 stories tall.

Even though steel no longer can claim the high-rise office building market for its own, the erosion that started in the 1950's and continued for a number of years has stopped. We are pleased to report that a balance in the use of the two competing materials seems to have been reached. The market share has remained constant over the past five years and the steel industry is working very hard to maintain that level and increase its share through coordinated technical, promotional and marketing activities by all segments of the steel producing and fabricating industry.

According to the latest AISC statistics, structural steel accounts for 44% of all types of building frames and 56% of office building construction. The office building segment includes both high-rise and low-rise offices. In 1984 302 million square feet of office structures of all types were placed under contract. Although no attempt has been made to identify or separate this number by building height, we estimate steel accounted for more than 56% of the 10 to 80 story market segment.



## METHODS OF BUILDING IN USA

The rapid changes in materials and their use have been taking place the past 35 years. More recently, there have been other changes that have had a profound effect on the material decision processes in America. There has been a reduction in the number of owner occupied office buildings and a corresponding increase in the position of the speculative builder/developer. This shift has intensified the importance of the financial aspects of construction projects. The office building market continues to be a very appealing area for investment despite over capacity in many large cities. It has also spawned a host of new specialists whose interest is money-related rather than design or material related.

At the present there are four methods for the planning and construction of high-rise office buildings. These are Traditional, Fast Track, Scope and Design Build. The Traditional method has been used in the United States for many years and is still in use. It involves the creation of a set of completed design drawings and construction documents prepared by the architect. Lump sum bids are taken from general contractors for completion of the project in accordance with the documents. In addition to the Traditional system, new methods have been developed in recent years to shorten the construction period. These are Fast Track and Scope. Under these two methods, subcontracts are awarded for major segments of the building during the design process. Both allow certain work to be performed on major segments of the project before completion of final plans and specifications. Successfully applied, these methods shrink construction time, which in turn reduces the cost of the construction loan and generates income through earlier occupancy. The disadvantage of Fast Track and Scope lies in the fact that the investor is not sure of the total cost of the project until much of the work has been completed. Also, cost can vary because of agreements made with incomplete plans and insufficient understanding between all parties. Changes during construction are also more frequent. Design Build, if performed properly, can satisfy both problems of price control and a shortened construction period. Under this system, the owner and a single responsible contractor agree on price and schedule before design or the expenditure of any funds.

When one takes into account the nature of the high-rise building construction business in the USA, one becomes aware of the many influences involved in the material selection process. Although all of the four methods require the services of the same design professionals and tradesmen, their importance varies depending on the way the project is managed.

In the case of the Traditional method, the owner normally retains an architect who evaluates the owner's present and future needs and recommends solutions through the creation of preliminary plans and specifications. Modifications are made in concert with the owner as he evaluates the architect's ideas and reviews preliminary cost estimates. After agreement is reached, final working designs are prepared and lump sum bids are taken from general contractors. Included in the final plan are the designs of major items such as foundations, structure, heating, ventilation, exterior finish, etc. All items are completely designed and specified to leave no room for misunderstandings by the contractor. Under the Traditional method, the selection of framing material is left to the architect and the structural engineer, who is selected by the architect.

If the bid received from the general contractor is satisfactory to the owner, contracts are made and the general contractor then has the responsibility to award subcontracts, supervise performance, establish schedules, coordinate all trades and complete the work on time and within the budgets. The exception is when the owner has a preference due to past experience or expertise in these matters. Some developers and owners, because of the nature of their business,





can make such judgments. However, in most instances the design professionals retained by the owner are the decision makers.

In the Traditional style, primary control for all systems rests with the architect and engineer. Material change or interference with this selection process does not usually occur unless the general contract bids exceed the budget. Therefore, in order for the steel industry to maintain market position, it is necessary that architects and structural engineers be kept abreast of the latest developments in our industry, including availability and price and improvements in material fabrication and design. In our country, the responsibility for the distribution of information resulting from technical and market research has been assigned to industry groups such as the American Institute of Steel Construction (AISC) and the American Iron and Steel Institute (AISI). This information reaches engineers and architects through printed matter, advertising, national and local meetings and seminars plus direct contact by Institute staff representatives. Current data on material availability and price is supplied by the producing mill representatives and local fabricators. That data is usually tailored to meet the needs of the designers for a specific project and is offered for evaluation during the early planning stages. It is not uncommon for the mill staff to prepare a special steel framing layout that fits the specific architectural requirements of building size shape and interior arrangement. The structural engineer has the best thinking of the steel industry as far as layout is concerned backed up by local pricing.

In the case of Fast Track and Scope methods, the material decision making process changes because of the introduction of the construction manager or other practicing professional business person acting on behalf of the owner. With few exceptions, his task is to supervise all aspects of the project starting with the design. He sees that it is completed within the allotted time frame at the lowest possible cost. Under such an arrangement the construction manager not only negotiates and supervises sub-contracts, he also plays a major role in choosing the architects, engineers and contractors that make up the building team. Systems and materials are investigated early in the planning stage by the team with constant pressure for maximum economy from the construction manager. Final selection is usually made cooperatively by the construction manager and the owner or developer. Since this process is common for speculative buildings, little consideration is given to life cycle costing and therefore the short term cash flow aspects of the project became paramount. It is obvious that the decision making authority of the architect and engineer is considerably reduced under this arrangement. In an effort to have products chosen for the project, promotional focus shifts to the construction manager and owner. Under these conditions, price becomes more important than aesthetic, structural performance and life cycle performance considerations.

Scope is nothing more than a modification of Fast Track, because control is in the hands of the owner representative and construction begins prior to the completion of designs. In this case the architect and engineer prepare partial designs under the supervision of a construction manager. The documents are advanced to a stage of completion that allows firm unit prices to be agreed upon between the major subcontractors and the construction manager/owner. This method ensures better control over final construction cost.

Fast Track and Scope construction accomplish the same thing -- a rapid or reduced construction schedule. Both involve site work prior to the completion of the final design. The difference is largely in the area of contractual arrangements between the principals. However, in both systems, firm unit prices are agreed upon by the owner or owner's representative and the subcontractors before final documents are complete. In both instances the manager exercises a great deal of control in the material decision process.

The fourth type of contractual arrangement is known as Design Build. In this method, the owner outlines his overall space and functional requirements, then enters into a contract with a company to provide a facility that will meet his needs. This company is known as the Design Build company. Under such arrangements, the contracting company has broad latitude to design and furnish a facility that satisfies the requirements within the agreed upon fixed price and specified time at a particular location. The contractor has responsibility for overall design of the structure and material selection. In most instances, firms offering Design Build service usually restrict their operations to a set of rather rigid standards and operate in a narrow band of the construction spectrum. In most instances the design build firm has full time architectural and engineering staff personnel along with cost estimating and construction supervisory capability. It is common practice for such a company to perform much of its own work or deal with established subcontractors with whom they have done business in the past. This type of organization has the highest degree of sophistication in the area of total construction with maximum control in the choice of materials. The existence of Design Build is quite common in small office low-rise building construction, but is rare in the high-rise office building segment.

#### ADVANTAGES OF STEEL

Despite the fact that the methods for planning and building high rise buildings in America have changed, the primary reasons for selecting structural steel remain the same. These include:

Strength - Speed of construction - Lightweight-Quality - Flexibility of design and construction - Cost - Technical support - Economy - Long span capability - Off site fabrication - All weather construction - Easy modification - Ease of design

All these characteristics are beneficial, in some degree, to all members of the building team, according to a 1984 survey by Engineering News-Record in which all disciplines involved in planning and building construction responded. These values were recognized as synonymous with structural steel.

It is widely recognized that the quality of steel is predictable, consistent, and measurable. Few other materials are, or even can be, produced and fabricated under such closely controlled conditions as structural steel -- from the raw materials to finished assemblies. Structural steel is produced and tested to rigid specifications established by the American Iron and Steel Institute (AISI), and each step documented. Consequently, the chemistry, strength, connections, dimensions and other details are precisely known and easily verified -- before the material is delivered. Furthermore, environmental factors at the site -- hot, wet, cold or dry -- don't affect the quality or installation of structural steel.

Research into problems and opportunities involving structural steel is being conducted continuously under grants and programs by AISC and AISI. The results of the research are furnished to architects and engineers through revised specifications, the AISC Engineering Journal (which is distributed world wide), trade publications and flyers, national and local seminars, advertising, mailers and by direct contact by AISC and producing mill field representatives scattered strategically across the nation. Because of the long standing established practice of research and information distribution the Institute and its producers enjoy a high degree of credibility in the eyes of practicing professionals. The AISC Manual of Steel Construction, first printed in 1929, is in its Eighth Edition and is regarded as the unquestioned standard of the industry by all major regulatory agencies and code bodies.



The concern of the industry goes beyond the technical aspects of the material itself. We must continually remind those who build high-rise office buildings of the other, less apparent, values of steel over concrete construction. Because of this we address the needs of the owner, developer and investor. Typically, the owner/developer's goal is to match investment objectives to desired return ratios through examination of a building's particular characteristics. The closer the owner/developer can come to pin-pointing specific criteria that will translate into the desired return, the closer he will come to realizing investment objectives. This is why a consideration of the frame can be so important to the owner/developer -- knowledge of how various framing systems affect space efficiency can lead to more accurate and more favorable return ratios.

A lighter weight frame, larger spans and fewer columns result in reduced foundation cost. Costs are all affected positively by a reduction in construction time. The time saved can be easily translated into dollars saved because the interest rates for construction loans are considerably higher than long term mortgage rates. Therefore, a savings of a few months or days construction time for a very large project can offset price differences for building components.

For example, interest on a \$50 million construction loads at only 12% is more than one-half million dollars per month, which is nearly \$17,000 per day or \$700 per hour. The shortening of the schedule also permits earlier occupancy, improving the income schedule. On large projects structural steel can save up to four months over concrete construction. These are direct first cost items that all members of the building team can appreciate. More subtle advantages of steel framing are less apparent but may be more valuable to the owner or investor in the long run. The most important advantage to all members of the building team is the feature of flexibility -- not the flexibility of individual members, but flexibility in terms of options open to all those involved. Adjustments can be made to accommodate changing demands during design and construction, as well as during the entire life of the structure. These options include:

- Flexibility of design

  - Flexibility during construction -- that is the ease in which modifications can be made to members in place that must be changed

- Flexibility in scheduling

  - Flexibility within finish space because of smaller and fewer columns

  - Flexibility to accommodate a wide variety of tenant requirements, including increased loads
  - Flexibility for major modifications such as horizontal and vertical expansion

All these advantages can be translated to improved return on investment for developers and present and future owners.

The steel industry continues to remind all those involved in the planning and building of high-rise buildings of the direct and indirect benefits of structural steel through direct and indirect means. The business aspects of building have become more dominant, the methodology more complicated and the competition more intense than it was in Jenney's day. However, the fundamental values of strength, reliability and flexibility of steel that brought his dream to reality still exist and continue to make it the preferred structural material for today's modern skyscrapers in the United States.



Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## Pourquoi et comment développer les structures acier dans le logement

Weshalb und wie werden Stahltragwerke für Wohnhäuser entwickelt

Promoting Use of Steel in Residential Building

### Yves BUNTZLY

Ing., Ecole Polytechnique  
Minist. Redéploiement Industriel  
Paris, France



Yves Buntzly, né en 1945, a obtenu son diplôme d'ingénieur en 1967. Pendant dix ans, il est intervenu pour développer la production de composants industriels en bois ou béton pour la construction. Ancien conseiller du groupe Maison Familiale, Yves Buntzly est depuis 1981 chargé du secteur construction métallique.

### RÉSUMÉ

L'exposé présente pourquoi et comment créer les conditions du développement effectif de l'utilisation de l'acier dans le logement, et en particulier sous forme de composants de structure. Il précise le dispositif et les actions mis en place par l'association acier-logement.

### ZUSAMMENFASSUNG

Der Beitrag stellt den Grund und die Mittel vor, welche die Voraussetzungen einer wirksamen Entwicklung der Verwendung von Stahl in Wohnhäusern und dies besonders in Form von Tragwerksteilen darstellen. Der Aufbau sowie die Aktionen der Verbindung Stahl-Wohnungsbau werden dargelegt.

### SUMMARY

The paper deals with the purpose and the means of creating conditions for an efficient use of steel in residential buildings, in particular in the form of structural components. It also describes the scope and the actions undertaken by the association steel in residential building.



## 0 - INTRODUCTION

Cet exposé, qui présente POURQUOI et COMMENT créer les conditions d'un développement effectif de l'utilisation de l'acier dans le logement - et en particulier sous forme de composants de structure - identifie deux groupes de raisons :

"des raisons liées à l'évolution générale de la construction métallique en Europe ( 1. DEVELOPPER LES MARCHES DE L'ACIER).

"des raisons liées à l'évolution du marché du logement et de son processus de réalisation ( 2. LE LOGEMENT FUTUR A BESOIN DE L'ACIER).

Puis il identifiera les moyens utilisés tant au niveau des principes d'action ( 3. LES PRINCIPES) que du dispositif mis en place au travers principalement de l'association ACIER-LOGEMENT (4. LE DISPOSITIF : ACIER-LOGEMENT).

## 1 - DEVELOPPER LES MARCHES DE L'ACIER

### 1.1 - L'Europe constate que sa Construction Métallique est inadaptée au marché

En 1983, une étude européenne <sup>1</sup> constatait l'inadaptation de la construction métallique européenne à l'évolution réelle du marché. Peu soucieuse d'innovations technologiques, trop orientée vers la fourniture de charpentes lourdes et moyennes à l'industrie, "la construction métallique européenne s'est laissée surprendre par les progrès rapides de la technologie du béton et du béton précontraint" <sup>1</sup> . "Certaines opportunités ont été manquées, comme la mutation vers les bâtiments pré-conçus ou les ponts standard" <sup>1</sup> .

### 1.2 - Contre-attaquer marché par marché

Face à ce constat, et compte tenu des évolutions anciennes, en cours ou à venir dans des pays aussi différents que les Etats-Unis d'Amérique, le Japon ou l'Algérie, il était nécessaire que le monde de l'acier reprenne l'initiative.

Cette initiative ne peut se développer que sur des bases renouvelées, c'est-à-dire, d'une part l'association dynamique de la sidérurgie aux travaux, d'autre part la refonte du rôle respectif des intervenants - question qui fait l'objet de cette séance A du Symposium.

En ce qui concerne la France, la politique technique de la Construction définie et mise en oeuvre par les pouvoirs publics consiste à renforcer le rôle des concepteurs liés au maître d'ouvrages et à séparer clairement d'une part l'intervention des industriels capables de définir des produits enrobés de toute la matière grise nécessaire, et d'autre part l'intervention des constructeurs capables de résoudre les problèmes liés à la spécificité du site sur lequel chaque ouvrage est implanté.

Parmi les initiatives lancées depuis 2 ans, nous évoquerons ici celle qui vise à atteindre un marché jusqu'ici ignoré : celui du logement.

## 2 - LE LOGEMENT DU FUTUR A BESOIN DE L'ACIER

### 2.1 - Le logement : un marché en mutation

Après la période de reconstruction des années 1945-1955, la France, comme l'Europe, a connu pendant 20 ans une période de très forte croissance du nombre de logements construits. La principale technique de construction employée fut celle du béton banché, technique bien adaptée à la réalisation de tours et barres de plusieurs centaines - voire milliers de logements. Aujourd'hui, où les opérations en collectif ne représentent plus qu'un tiers de la construction neuve (c'est-à-dire quatre fois moins de logements qu'il y a 10 ans), où la dimension moyenne des opérations est de 20 logements, la technique du béton banché n'est plus adaptée.

D'autres modes de production et d'autres matériaux doivent donc être utilisés.

### 2.2 - De nouvelles exigences

Dans ce contexte, les utilisateurs, les maîtres d'ouvrages et les concepteurs évoluent vers une démarche moins descriptive (dimensions et matériaux) et plus exigeante.

Les principales exigences formulées par ces intervenants sont les suivantes :

- diminuer de 50 % la consommation d'énergie des logements construits après 1985 par rapport à ceux de 1973
- mieux maîtriser la qualité finale de l'ouvrage
- obtenir une plus grande rigueur de conception et d'exécution
- améliorer la souplesse architecturale et la variété des façades, en particulier en petit collectif
- mieux coordonner les tâches de chantier et recomposer les séquences constructives
- maîtriser et réduire la durée des chantiers
- sécuriser le planning financier des opérations

### 2.3 - Les atouts de l'acier correspondant à ces exigences

En examinant cette liste, le monde de l'acier peut constater sans difficulté que les atouts de la structure acier correspondent - ou plutôt peuvent correspondre - aux exigences formulées :

En effet, l'utilisation de structure acier permet dès aujourd'hui - ou peut permettre bientôt - de :

- définir des composants d'enveloppe performants aussi bien pour le confort thermique que pour l'architecture



- définir les interfaces entre les intervenants
- dimensionner avec précision
- assembler des pièces avec rigueur
- supprimer les improvisations de chantier
- clarifier les fonctions d'ossature et d'enveloppe
- n'occuper l'espace que de façon linéaire
- construire rapidement et respecter les délais techniques et financiers.

Ces atouts bien connus dans le monde de l'Industrie, sont surtout dans le monde du logement des atouts potentiels qu'il convient donc de transformer en gains réels.

### 3 - LES PRINCIPES

Le contexte constructif français est très marqué par la domination de la technologie du béton. La France est certes le pays de Gustave EIFFEL, mais c'est aussi celui de FREYSSINET et de la Précontrainte. De plus, un sinistre intervenu vers 1973 et uniquement dû aux risques pris par la concurrence pour évincer les solutions acier françaises performantes, a malheureusement laissé dans le bâtiment une image négative de l'acier en structure.

Pour vaincre le seuil psychologique correspondant, il faut éviter les erreurs du passé et viser résolument le long terme par des actions à effet durable.

#### 3.1 - Eviter les erreurs du passé

Pour éviter de retomber dans les erreurs du passé, trois précautions sont à prendre :

3.1.1. - Contourner les images négatives : l'action doit partir des ouvrages où l'image de l'acier est neuve et s'argumenter en termes positifs

3.1.2. - Rechercher les complémentarités technologiques : le "tout acier" est à proscrire et il faut au contraire susciter les alliances tant au niveau des produits qu'au niveau des acteurs. Dans cet esprit, le béton est le premier des partenaires.

3.1.3. - Susciter et promouvoir des produits nouveaux : l'action ne peut se centrer sur la défense de vieux procédés conçus il y a dix ans (même s'ils furent un succès) pour des ouvrages très différents du logement.

#### 3.2 - Viser la durabilité de l'action

Les résistances à vaincre sont trop importantes pour que l'on puisse se contenter d'actions isolées soit autour d'un système constructif, soit menées par un seul intervenant quelque soit son importance dans le secteur.

L'action passe donc par la mise en place d'un véritable dispositif permanent.



#### 4 - LE DISPOSITIF = ACIER-LOGEMENT

Compte tenu des remarques ci-dessus, le dispositif mis en place à l'initiative des pouvoirs publics possède deux caractéristiques :

il regroupe l'ensemble des partenaires de la filière des maîtres d'ouvrages aux sidérurgistes

il prépare des outils durables pour les concepteurs

Il s'articule principalement autour d'une association selon la loi de 1901 appelée ACIER-LOGEMENT qui a pris en charge la coordination des actions collectives à engager 2 .

##### 4.1 - Acier-Logement rassemble toute la filière

Acier-Logement est un lieu de rencontre et de dialogue entre les partenaires motivés par l'élargissement de l'utilisation de l'acier dans le bâtiment. A ce titre, l'association créée il y a un an regroupe des membres provenant des différentes catégories d'intervenants dans l'acte de construire :

4.1.1 les maîtres d'ouvrages = qu'ils soient maîtres d'ouvrages sociaux ou promoteurs privés, ceux-ci souhaitent mieux contrôler les coûts et les délais et améliorer la qualité finale grâce à une meilleure répartition des tâches entre l'usine et le chantier et une réduction tant du nombre d'intervenants sur chantier que des temps de montage

4.1.2 les concepteurs indépendants : architectes et ingénieurs-conseils souhaitent conserver une grande souplesse architecturale et un grand choix de composants fonctionnels - y compris pour l'ossature - fournis par le monde industriel

4.1.3 la matière grise collective : bureaux d'études, organismes techniques tels le C.T.I.C.M. (Centre Technique Industriel de la Construction Métallique), l'OTUA (Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier, COMETUBE ou le C.S.T.B (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), les bureaux de contrôle (le COPREC).

4.1.4 les constructeurs et les industriels : le 1er constructeur intégré français de maisons individuelles, des constructeurs indépendants, des constructeurs métalliques classiques liés ou non à la sidérurgie, des transformateurs d'acier et divers industriels d'autres matériaux.

4.1.5 la sidérurgie nationale

##### 4.2 Des outils pour les concepteurs

Les actions d'information et les opérations immobilières démonstratives déclenchées par Acier-Logement constituent un élément important de son action. Cependant, une implantation durable des techniques à base d'acier passe par la réalisation d'outils pour les principaux responsables de la prescription des produits, c'est-à-dire les concepteurs. Quatre type d'outils sont actuellement en cours de diffusion ou de préparation par Acier-Logement.



#### 4.2.1 guide de conception de maisons individuelles à ossature métallique 3

Ce guide, en cours de publication, a été réalisé par le Centre Technique Industriel de la Construction Métallique en collaboration avec M. BROSSY, Architecte qui avait participé à un travail analogue sur la maison à ossature bois.

Ce guide :

- recense les différentes technologies utilisées dans les maisons individuelles à ossature métallique

- établit un classement par famille de structures (poutre, poteau, mur-panneau, poteau fermette...)

- définit les possibilités de configuration architecturale de chaque famille (décrochements, porte à faux, loggias, balcons, patios...)

- cerne les problèmes de coordination dimensionnelle

Il comporte une brève illustration des éléments architecturaux et techniques développés ci-dessus

#### 4.2.2. catalogue de composants à base d'acier 4

Ce catalogue réalisé par l'OTUA (Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier) sera publié pour le salon international BATIMAT de novembre 85 à PARIS. Ce catalogue, qui a demandé un difficile travail théorique, constituera un événement. En effet, il ne regroupera que des composants commercialisés de façon ouverte, c'est-à-dire départ usine (ou distributeur) sans que le fabricant intervienne obligatoirement par un marché de travaux complémentaire. Cette attitude tout à fait courante dans le monde de l'Industrie est tout à fait opposée à la conception classique du rôle du constructeur métallique européen.

Les composants de ce catalogue ne sont pas forcément tout en acier. Ils participent à la structure, à l'enveloppe ou à l'équipement. Ils sont utilisables en maisons individuelles, en petits collectifs ou dans des bâtiments à caractéristiques semblables.

La préparation du catalogue a nécessité l'examen détaillé des compatibilités d'emploi des règles ACC avec la conception de logements à structure acier. Ce travail permet aujourd'hui à Acier-Logement de proposer une lecture claire d'ACC et des conventions ou recommandations particulières bien adaptées à l'emploi de l'acier.

Le catalogue comprend donc :

- ' un commentaire détaillé sur la conception en métal avec les règles ACC
- '' une série de tableaux d'entrée (familles, produits, fabricants, assemblages)

- ''' l'ensemble des fiches composants : celles-ci comportent notamment une description, des schémas, les conditions d'assemblages, les tolérances de fabrication, les performances et qualités, les conditions de distribution (conditionnement, transport), les instructions de pose et réglage in situ.

Dès que cela sera possible, ce catalogue nécessairement évolutif, sera informatisé.

#### 4.2.3. Logiciels

Acier-Logement a mis à l'étude un cahier des charges recensant les éléments spécifiques à la construction par le métal qui doivent être pris en compte par tout rédacteur d'un logiciel pour la conception de logements qui souhaite pouvoir faire appel à tous les produits. Le CTICM qui réalise cette étude travaille également sur la faisabilité d'un logiciel global de conception de bâtiments à structure légère.

#### 4.2.4. Composants d'enveloppe

L'ossature acier est aujourd'hui quasiment absente du marché du petit immeuble collectif.

Si l'on veut tirer pleinement parti des gains potentiels que la construction par ossatures métalliques est susceptible d'apporter, il est nécessaire de proposer en même temps l'ossature et les composants d'enveloppe cohérents avec ce mode de construction.

En effet, c'est l'existence d'une offre conjointe composants de structure - composants d'enveloppe qui ouvrira le marché.

Acier-Logement a lancé une consultation auprès des industriels de tous matériaux à partir de la liste des points-clés auxquels toutes les propositions doivent répondre. Il s'agit en particulier d'obtenir des véritables produits industriels répondant à l'ensemble des fonctions de l'enveloppe et procurant d'importants gains de temps sur chantier (parement fini, pas d'échafaudages, temps de pose connus, etc...).

La technologie béton intégrera certainement sans difficulté dans ses produits les ossatures adaptées à l'assemblage de ces composants.

#### 4.2.5. Préparation des appels d'offres

Acier-Logement a publié en 85 des recommandations pour la préparation des dossiers d'appels d'offres en maison individuelle. En effet, la quasi-totalité des projets est conçue sur la base des techniques de maçonnerie, dites traditionnelles, avec un découpage par lots qui multiplie les intervenants en fourniture et pose.

Actuellement, les solutions à ossatures légères (acier ou bois) sont de fait écartées de ces appels d'offres car :

' il est difficile d'introduire les modulations dimensionnelles sans changer le dossier déposé au permis de construire

' ' il est incohérent de répondre en lots séparés avec une technique dont l'économie repose d'abord sur l'organisation du chantier par séquences regroupées.

Ces recommandations précisent donc les précautions à observer et le regroupement de tâches à retenir pour ouvrir ces appels d'offres aux solutions métalliques.

Quatres séquences principales ont été identifiées :

- ' fondations + dalle plancher
- ' ' structure-enveloppe (STREN)
- ' ' ' doublage/partition/réseaux
- ' ' ' ' appareils et revêtements

#### 4.3 Industrialisation

Ce dispositif permet d'envisager à terme une phase d'industrialisation plus poussée.





## 5. CONCLUSION

L'étude européenne citée ci-dessus 1 recommandait de :

- " diversifier les marchés
- " accentuer la promotion des marchés
- " revoir les filières d'accès au marché
- " jouer les atouts de la construction en acier
- " favoriser le développement technologique

L'exemple d'Acier-Logement qui vient d'être présenté montre que cela n'est pas impossible mais qu'il faut respecter certaines conditions, dont la participation active de la sidérurgie à ces actions.

Il reste une question, valable d'ailleurs pour tous les marchés de la construction par le métal. L'étude citée indique ce fait bien connu que l'activité de fabrication des bâtiments préconçus en acier NE tire PAS ses origines des ateliers de construction métallique traditionnels " 1.

La construction métallique, qui en Europe" s'est fait distancer par le béton préfabriqué d'une manière incompréhensible", 1 saura-t-elle effectuer les mutations nécessaires ?

Voilà l'immense défi qu'elle doit relever.

## REFERENCES

1. Etude comparative technico-économique de la construction métallique dans la Communauté Européenne, aux Etats-Unis et au Japon. Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier (BRUXELLES) Octobre 1982.
2. Le programme ACIER-LOGEMENT - Revue PROFIL N° 64 P.8 et 9 - PARIS Octobre 1984.
3. Guide de conception de maisons individuelles à ossature métallique-C.T.I.C.M. Paris 1985.
4. Catalogue de composants à base d'acier - OTUA Paris - à paraître fin 1985.
5. L'acier dans la construction - dossier spécial - LE MONITEUR des Travaux Publics et du Bâtiment N° 16 - PARIS 20 Avril 1984.
6. Construire en acier - Syndicat de la Construction Métallique PARIS 1984.
7. Expertise d'une maison individuelle légère construite en 1949 - CSTB magazine N° 4 PARIS - MARS 1982.

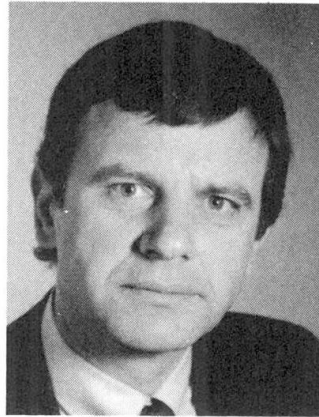
## Die Wahl der Baukonstruktion

The Choice of Construction Type

Les choix constructifs dans le bâtiment

### Utz SAALMANN

Dipl. Ing. Architekt  
Büro Pook und Saalman  
Braunschweig, BR Deutschland



Utz Saalman 1940 geboren. Studium der Architektur in Braunschweig. Seit 1974 selbständiger Architekt. Arbeiten in nahezu allen Bereichen des Architektenberufes mit den Schwerpunkten Verwaltungsbau, Bibliotheken, Stadhallen.

### ZUSAMMENFASSUNG

An einem ausgeführten Beispiel werden die Auswirkungen unterschiedlicher Bauweisen auf Flächen und Volumen eines Gebäudes geprüft und Rückschlüsse auf die Beziehung von Konstruktion und Wirtschaftlichkeit gezogen.

### SUMMARY

With the aid of an example the effects of different types of construction on the space and volume of a building are investigated in order to obtain a relationship between construction and economy.

### RÉSUMÉ

D'après un exemple tiré d'un cas réel, les effets des différentes méthodes de construction sur les surfaces et volumes d'un bâtiment sont analysés et des conclusions entre mode et coût de construction sont tirées.



Mit der Wahl einer Baukonstruktion trifft der Architekt auch die Entscheidung für einen Baustoff. Baustoffe sind aber nicht nur das Konstruktionsmaterial, sie sind auch das Gestaltungsmaterial. Den Baustoff und die Baukonstruktion als Gestaltungsmaterial einzusetzen, liegt uns Architekten im allgemeinen näher, als die nüchterne technische-konstruktive Zweckbestimmung.

Wenn der Baustoff aber absichtlich und überwiegend gestalterisch eingesetzt werden soll, wenn auch seine besonderen Eigenarten und Wirkungen gezeigt werden soll, wenn Entwurf und Gebäude in ihrer Erscheinung von Baustoff und Konstruktion bestimmt werden sollen, dann ist der wirtschaftliche Vergleich mit anderen Bauweisen nicht mehr sinnvoll.

Sicherlich kann es für bestimmte Bauaufgaben oder für besondere Bauherren wirtschaftlich sein, ein Gebäude eindrucksvoll, konsequent und materialgerecht in einer bestimmten Bauweise darzustellen. Dann aber liegt die Wirtschaftlichkeit im Prestige und im Ansehen, das ein Bauherr durch seinen Bau erhält, gelegentlich auch in der Werbewirksamkeit.

Diese Fälle des Entwerfens sollen hier nicht behandelt werden. Hier will ich über diejenigen Aufgaben sprechen, bei denen Material und Konstruktion mehr eine dienende Aufgabe haben und bei denen die Absicht, damit optische Wirkungen zu erzielen, von untergeordneter Bedeutung ist.

Dafür ist aber die Wirtschaftlichkeit von Bedeutung. Wirtschaftlichkeit will ich hier anders als zuvor gekennzeichnet wissen. Wirtschaftlichkeit soll im Folgenden als beste Erfüllung der gestellten Aufgabe in funktioneller, gestalterischer, konstruktiver und finanzieller Hinsicht verstanden werden. Dabei soll berücksichtigt sein, daß alle Bestandteile der Wirtschaftlichkeit im Entwurf voneinander abhängen.

Schon deshalb kann der Architekt die Wahl der Konstruktion für seinen Entwurf nicht dem Tragwerksplaner überlassen oder nur aus dem Schatz seiner Erfahrung auf "das, was immer schon gut war", auf das Altbewährte also, zurückgreifen. Statt dessen muß er versuchen, selbst Kriterien zu entwickeln, die die Wirtschaftlichkeit der Baukonstruktion mit den für den Entwurf charakteristischen Bedingungen in Einklang bringen und die Synthese vieler Aspekte des Entwerfens mit dem Ziel "Wirtschaftlichkeit" herzustellen.

Zwei Wege sind denkbar, auf denen Entwurf, Konstruktion und Wirtschaftlichkeit zusammengebracht werden können :

Auf dem ersten Wege entwirft der Architekt sein Gebäude, ordnet die Funktionen und bestimmt die Gestaltung. Er gibt seinem Entwurf eine Konstruktion nur soweit vor, daß sie zunächst in jeder der üblichen Bauweisen ausgeführt werden könnte und schreibt sie systemoffen aus. Die Ausschreibungsergebnisse für den Rohbau ergeben den billigsten Bieter und seinen Konstruktionsvorschlag. Dieser Vorschlag wird jedoch lediglich die Argumente für eine möglichst billige Erstellung der Rohbaukonstruktion enthalten, alle anderen entwurflichen Aspekte aber vernachlässigen. Dieser Weg, zu einer Konstruktion zu kommen, ist aber nur begrenzt wirtschaftlich zu nennen. Über ihn erreicht man lediglich Kostenvorteile, die allein aus dem Wettbewerb zwischen Baufirmen entstehen.

Auch der zweite Weg beginnt mit dem Entwerfen, dem Ordnen der Funktionen, der Gestaltung. Aber anstatt die Konstruktion den Zufälligkeiten von Angeboten auf dem Markt der Bauleistungen zu überlassen, bringt der Architekt die möglichen Bauweisen für seinen Entwurf in Konkurrenz. Er vergleicht ihre Leistungsfähigkeit an den besonderen Bedingungen seines Entwurfes und stellt insbesondere die sich auf die Wirtschaftlichkeit des Entwurfes auswirkenden Eigenschaften der Konstruktion fest. Auf diese Weise läßt sich das für den Entwurf optimale Konstruktionsgefüge finden.

Das Ergebnis der Ausschreibung wird dann die geringsten Kosten für die Konstruktion ergeben; sie muß allerdings durchaus nicht die billigste sein ! Trotzdem erscheint es sinnvoll und erfolgversprechend, zunächst den Entwurf mit der richtigen Konstruktion weiterzuentwickeln und erst anschließend den preiswertesten Anbieter zu suchen.

Wir sind als Architekten eines Verwaltungsgebäudes in Lüneburg bei Hamburg über diesen zweiten Weg zum Erfolg gekommen. Das positive Ergebnis und die Tatsache, daß sich die Stahl-Verbundbauweise als technisch ausgereifte und kostenmäßig konkurrenzfähige Konstruktion durchsetzte, ist der Anlaß, über Entwurfsüberlegungen zu Wirtschaftlichkeit von Baukonstruktionen am ausgeführten Projekt zu berichten.

#### Regierungsdienstgebäude Lüneburg

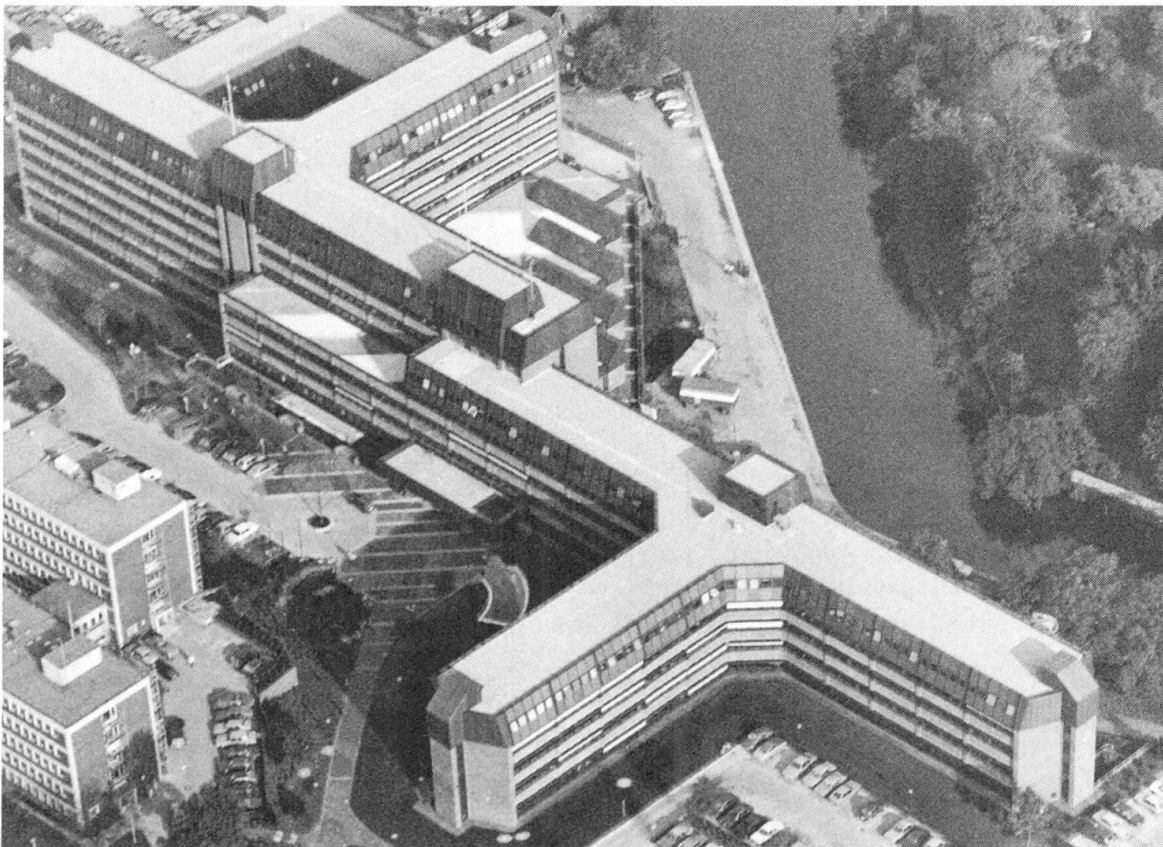


Abb.1 (Freigabe LA HH 1020/82)

Bauherr	:	Land Niedersachsen	Arbeitsplätze	:	1.200
Nutzung	:	Verwaltungsgebäude	Planung	:	1971 - 1979
Bauvolumen	:	110.000 m <sup>3</sup>	Ausführung	:	1980 - 1982
Bruttogeschoßfläche	:	30.000 m <sup>2</sup>			

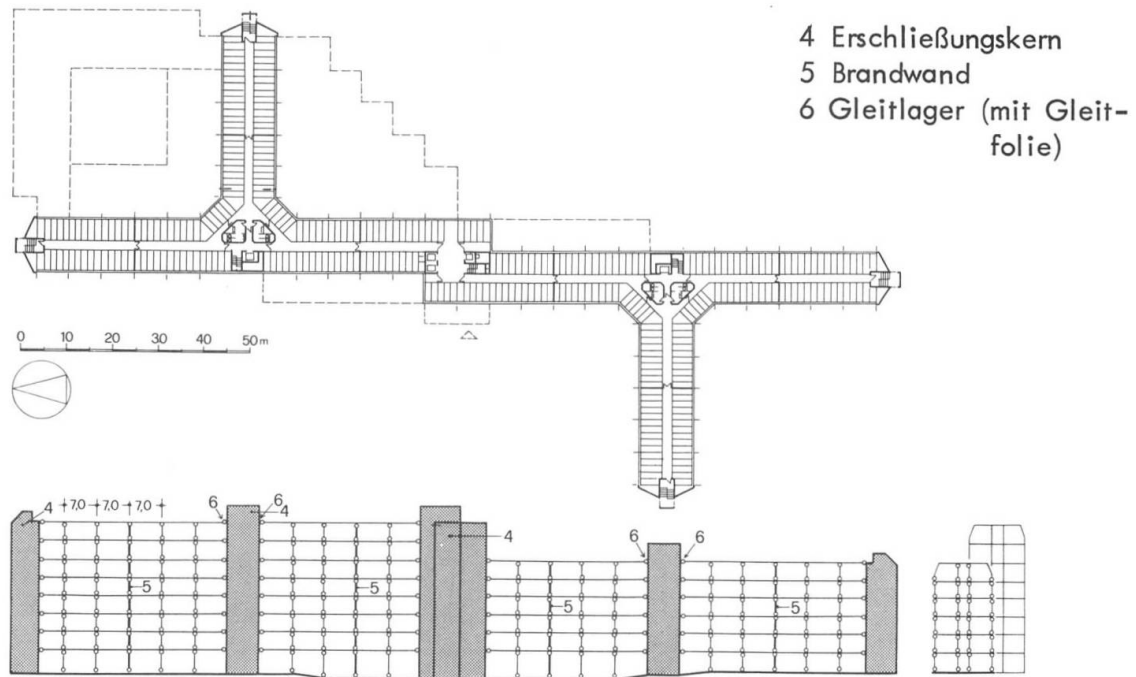


Abb. 2 Grundriß Normalgeschoß, statisches System im Längs- und Querschnitt

Bauweise : Stahl und Stahl-Verbund für die Hauptkonstruktion,  
 Beton für aussteifende Kerne und Decken.  
 Architekten : Pook + Saalman, Braunschweig

Als Architekten sind wir häufig gezwungen, aus der Not eine Tugend machen zu müssen: Die Not bestand in diesem Falle darin, daß in einer sehr langen Planungszeit dieses Verwaltungsgebäude die Auffassungen des Bauherrn über Organisationsform und erforderliche Größe des Gebäudes einer beständigen Entwicklung unterworfen waren. Als sich schließlich nach 8 Jahren Vorplanung eine endgültige Organisationsform und Größe abzeichnete, hatten städtebauliche Maßstäbe und Grundsätze sich so verändert, daß hohe Gebäude (in diesem Falle über 25 m) weder von den Architekten noch von den Bürgern der Stadt Lüneburg akzeptiert werden konnten.

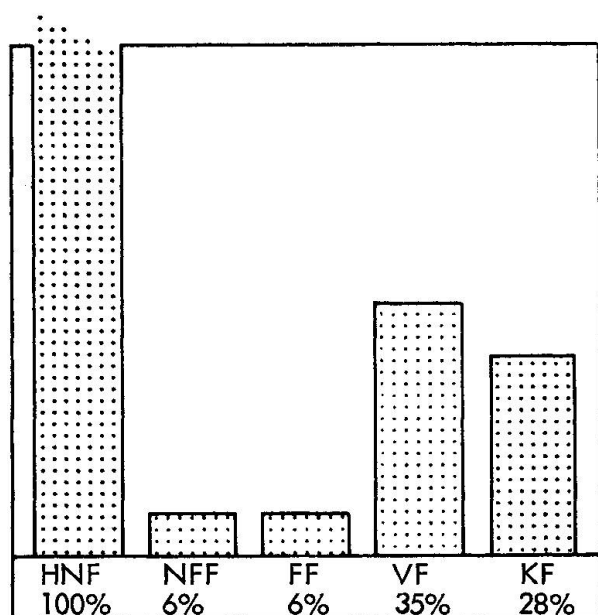
Auch das Grundstück schien zunächst die vergrößerte Baumasse nicht mehr verkraften zu können. Da auch die finanziellen Mittel mit der Personalvergrößerung um 50 % nicht analog gestiegen waren, drohte das Projekt an solchen widrigen Umständen zu scheitern.

Aus der Not eine Tugend machen, bedeutete in dieser Situation, neue Ideen zu entwickeln. Mit diesen Ideen mußte z.B. das Problem der zu großen Höhe und der zu großen Baumasse auf dem vorhandenen Grundstück zu lösen sein. Mit diesen Ideen mußten aber auch Wege für erhebliche Kosteneinsparungen gefunden werden, um die Folgen der Vergrößerung der Baumasse durch Personalaufstockung wieder auszugleichen.

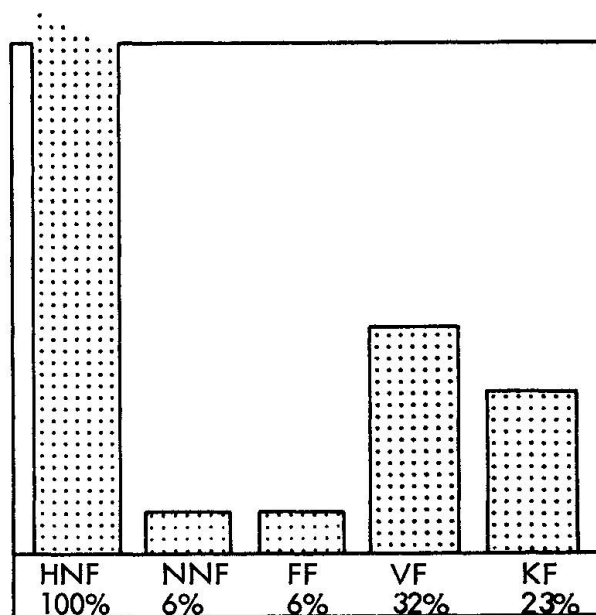
Grundsätzliche neue Entwurfsvarianten waren aus Kostengründen nicht mehr möglich, es steckte bereits zuviel finanzieller Aufwand in der Vorarbeit. So machten wir den Versuch, die Auswirkung unterschiedlicher Bauweisen auf den gleichen Entwurf zu untersuchen. Vielleicht bestehen Wechselwirkungen zwischen Entwurf und Konstruktion, die sich auf Funktion, Volumen, Fläche, Eignung des Entwurfes auswirken, fragten wir uns.

Wenn dem so wäre, würde in einer idealen Kombination von Entwurf und Konstruktion ein wirtschaftlich meßbarer Vorteil liegen, der einen schwankenden Bauherrn überzeugen könnte, den Schritt zur Realisierung der Pläne doch noch zu wagen.

Das hört sich bisher alles sehr theoretisch an, die Praxis des Vorgehens war jedoch einfach: Wir verglichen zunächst die Grundrisse von ähnlichen Verwaltungsgebäuden im Hinblick auf die Verteilung und Ausnutzung der Geschoßflächen. Die berechneten und verglichenen Flächen stellt die Tabelle 1 dar. Wir stellten fest, daß sich selbst bei unterschiedlichen Bauweisen eine fast gleiche Flächenverteilung bei ähnlich genutzten Gebäuden einstellte.



Tab. 1 Flächenverteilung in Verwaltungsgebäuden im 2-bündigen System. Durchschnittswerte bei unterschiedlichen, üblichen Bauweisen



Tab. 2 Flächenverteilung im Regierun-  
gsdienstgebäude Lüneburg. Einsparungen im  
Bereich Verkehrs- und Nutzfläche

HNF	=	Hauptnutzfläche	( Büroflächen, Arbeitsflächen )
NNF	=	Nebennutzfläche	( WC's, Küchen, Archive, Nebenräume )
FF	=	Funktionsfläche	( Technische Räume )
VF	=	Verkehrsfläche	( Flure, Treppen )
KF	=	Konstruktionsfläche	( Stützen, Wände )

Wesentliche Schwankungen wurden nur in der Verkehrsfläche ermittelt, die bei großzügig angelegten Entwürfen größere Werte erreichen konnte.

Überraschend an diesen Zahlen ist zunächst einmal, daß auf 100 % Programmfläche der recht groß erscheinende Zuschlag von 75 % für sonstige Flächen zu machen ist, um einen vollständigen Entwurf zu erhalten. Man kann aus diesen Zahlen auch ablesen, daß wesentliche Einsparungen an Fläche bei der Verkehrsfläche VF (aber da sind funktionelle und gestalterische Grenzen gesetzt), eher aber bei der Konstruktionsfläche KF vorstellbar sind.





Bei allen Vorentwurfsüberlegungen hatten wir uns zunächst an einer üblichen Stahlbetonweise orientiert und nach den Dimensionen einer auf diese Bauweise bezogenen Vorstatik die Grundrisse entworfen. Auch diese Lösung wich nicht von den allgemeinen Ergebnissen der Tabelle 1 ab. (Konstruktion s. Abb. 4)

Wenn die Konstruktionsflächen also 30 % von 175 % Geschoßfläche ausmachen, so steckt in diesem großen Flächenanteil möglicherweise ein Potential für neue Überlegungen. Wie also ist dieser große Anteil der Konstruktionsfläche an der Gesamtfläche soweit zu verringern, daß es sich wirtschaftlich auswirkt? Und wie kann man durch eine konsequente Ordnung der Konstruktionsteile alle nicht nutzbaren Restflächen eliminieren, um exakt die Programmfläche einzustellen?

Wir überarbeiteten den Entwurf mit Vorgaben: Alle Stützenquerschnitte 30/30 cm, sie dürfen die Arbeitsflächen nicht einengen. Alle statisch erforderlichen Wände  $d=20$  cm, alle Ausbauwände  $d=10$  cm. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 2. Es ergaben sich rechnerische Einsparungen von 7 % Konstruktionsfläche und 3 % Verkehrsfläche.

Die geringere Verkehrsfläche hat ihre Ursache in einer besseren, d.h. gleichmäßigen Ausnutzung des Gebäudequerschnittes durch vollkommen gleiche Stützen. Bei wechselnden Stützenschnitten in unterschiedlichen Geschossen werden geschoßweise Verkehrs- oder Nutzflächen zu klein oder zu groß, selten aber genau wie gefordert, entworfen werden können.

Das Ergebnis war eine Einsparung von 10 % von 175 % Bruttogeschoßfläche. Das sind bei 30.000 BGF immerhin 1700 m<sup>2</sup>. Das ist mit Sicherheit ein Betrag, über den es sich lohnt nachzudenken. Nutzungseinschränkungen brachte diese Maßnahme im übrigen keine mit sich.

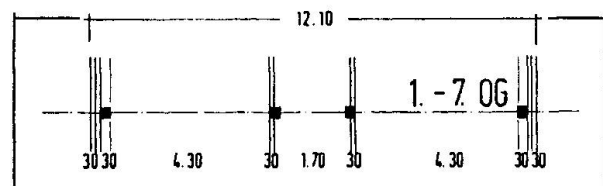
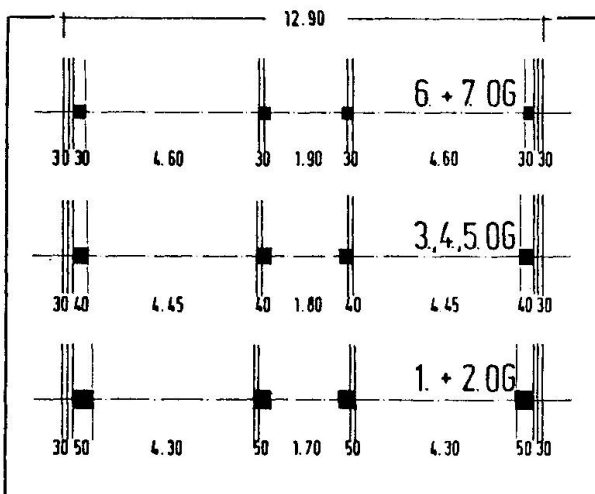


Abb. 3: Grundrißschema eines 2-bündigen Verwaltungsgebäudes mit gleichen, minimalen Stützenquerschnitten. Die Gebäude-tiefe ist 12,10 m.

Abb. 4: Grundrißschema des gleichen Gebäudetyps mit nach oben abnehmenden Stützenquerschnitten, dimensioniert ist ein Stahlbetonfertigteiltbau.

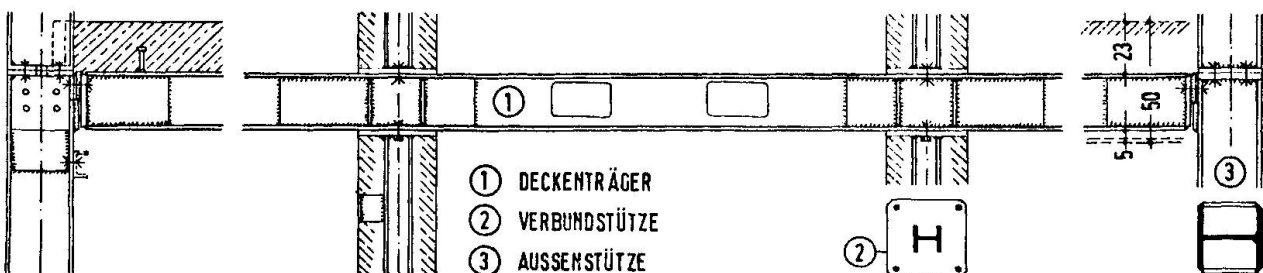


Abb. 5 Schnitt der ausgeführten Lösung

Mit welcher Konstruktion läßt sich eine derartige Minimierung in der Praxis durchführen? Die Forderung nach gleichen und minimalen Stützenquerschnitten 30/30 cm für unterschiedliche Lastfälle ließ sich mit Beton nicht erfüllen. Mit Stahl jedoch konnte durch Anpassung der Feuerschutzverkleidung an nahezu gleiche Profilabmessungen in unterschiedlichen Geschossen diese Forderungen erfüllt werden.

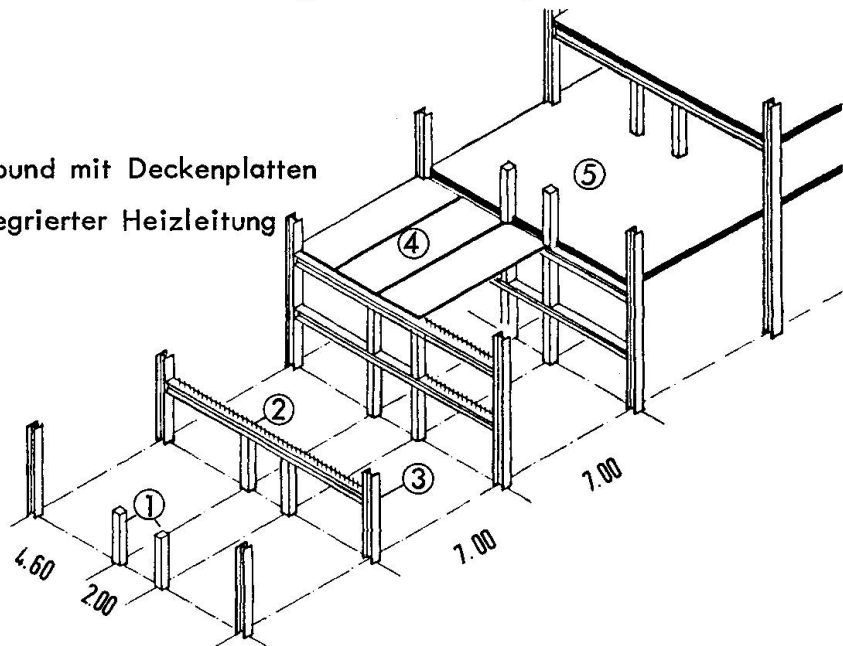
Die entwurfsbedingte Anforderung erfüllt aber in idealer Weise die Verbundstütze. Sie ermöglicht die Anpassung an unterschiedliche Lastfälle bei gleichem Querschnitt. Sie besitzt in der Anschlußtechnik – als Fertigteil vorgefertigt – die Vorzüge des Stahlbaues. Sie bietet beim Feuerschutz und in der mechanischen Widerstandsfähigkeit die guten Eigenschaften des Stahlbetons. Sie hat zusätzlich ein geringeres Gewicht.

Da diese Technologie für alle beteiligten Planer und für die meisten der anbietenden Baufirmen neu war, blieb der zu erwartende Preis zunächst Risikofaktor für den Erfolg. Wir Planer glaubten aber, daß die errechnete kleinere Fläche des Entwurfes auch höhere Kosten der Konstruktion bis zu einem gewissen Grade aufgefangen hätten. Die Kosten der Bauweise erwiesen sich später im Ausschreibungsverfahren als identisch mit vergleichbaren Stahlbetonkonstruktionen.

Abwicklungstechnisch, insbesondere auf einer Winterbaustelle, bot die Konstruktion mit Stahl-Verbundstützen alle Vorteile einer geschraubten Fertigteilkonstruktion, insbesondere die der Wetterunabhängigkeit und die der Schnelligkeit der Montage.

Abb. 6

1. Stahl-Verbundstütze
2. Stahl-Träger im Verbund mit Deckenplatten
3. Stahl-Stütze mit integrierter Heizleitung
4. Fertigteilplatten
5. Ort beton



Ähnliche Überlegungen, die uns zum Vergleich von Flächen veranlaßten, führten auch bei der Untersuchung von Geschoßhöhen und Bauvolumen zu einem Erfolgserlebnis. Für unser Projekt war die absolute Höhe von 25 m aus städtebaulichen, emotionalen Gründen und vor allem wegen der darüber sprunghaft steigenden Anforderungen an den Feuerschutz und an die Rettungswege eine absolute Grenze.

Nur bei einer Geschoßhöhe von 3 m konnte es gelingen, 8 Geschosse (einschließlich eines höheren Eingangsgeschosses), unter 25 m unterzubringen. Nur 3 m Geschoßhöhe bedeutet bei einer Raumhöhe von 2,50 und bei 25 cm Deckenstärke eine verbleibende Höhe von nur 25 cm. Diese 25 cm mußten ausreichen für eine abgehängte Decke, für Unterzüge und auch als Installationsräume der üblichen technischen Versorgung.



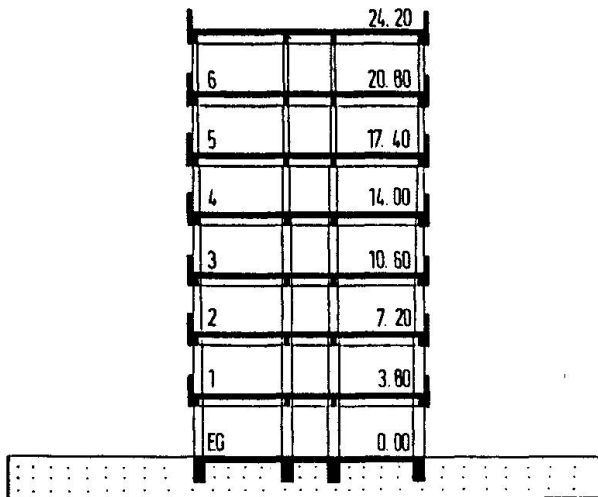


Abb. 7 Schnitt durch einen Verwaltungsbau mit üblicher Geschosshöhe von 3,4 m

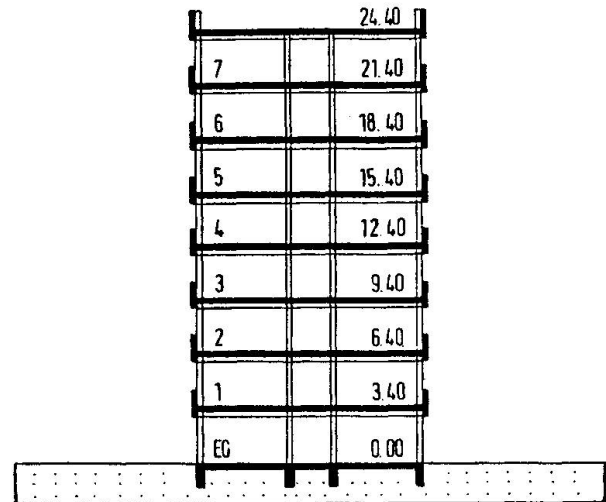


Abb. 8 Schnitt durch einen Verwaltungsbau mit reduzierter Geschosshöhe von 3 m

Gelöst wurde die Aufgabe, mit so wenig Konstruktionshöhe auszukommen, durch Stahlträger im Verbund mit der Stahlbetondeckenplatte und die Anordnung der Träger in der kleineren Spannrichtung quer zum Gebäude. Ein Installationsraum von 20 cm reichte im übrigen bei sorgfältiger Vorplanung für alle vorkommenden Fälle vollkommen aus.

Wenn man bedenkt, daß nur 1 cm Geschosshöhenverringering bei einer Geschosßfläche von  $30.000 \text{ m}^2$  schon  $300 \text{ m}^3$ , 20 cm bereits  $6000 \text{ m}^3$  Volumenverkleinerung bringen, so wird die Wichtigkeit und Bedeutung auch dieser Überlegung klar. Auch hier konnte der Erfolg durch das Ausnutzen der besonderen Möglichkeiten des gewählten Baumaterials, Stahlträger im Verbund mit der Betondecke, erreicht werden.

Wagt man anschließend eine Bilanz der vorgenommenen Entwurfsänderungen, so ergibt sich :

Eine Flächeneinsparung von	$1700 \text{ m}^2 \times 1500,-- \text{ DM}$	=	2,15 Mio	DM
eine Volumeneinsparung von	$6000 \text{ m}^3 \times 300,-- \text{ DM}$	=	1,80 Mio	DM
eine Einsparung von Nebenkosten			0,05 Mio	DM
			<u>4,00 Mio</u>	DM

Das sind immerhin 5 % der gesamten Investitionssumme von 80 Mio DM, die in diesem Falle durch die Wahl der richtigen Konstruktionen eingespart wurde. In ähnlicher Größenordnung liegen die erarbeiteten Vorteile für die Unterhaltungskosten und Betriebskosten des Gebäudes. Auch für die Architekten ergaben sich Vorteile. Sie lagen in einer schnellen wetterunabhängigen Erstellung des Rohbaues und, durch die Gleichartigkeit der Grundrisse aller Ebenen bedingt, in einem problemlosen, einfachen Ausbau.

Mit den vorgetragenen Ideen ist ein möglicher Weg zu einer Verringerung von Flächen und Volumen eines Entwurfes dargestellt worden. Entwurfliche Überlegungen haben bestimmte konstruktive Forderungen veranlaßt, die zu einer besonderen Bauweise führten und die Wirtschaftlichkeit beeinflussten.

Diese Überlegungen könnten auch für andere Entwürfe Anlaß sein, über Beziehung von Entwurf, Konstruktion und Wirtschaftlichkeit nachzudenken. Weg und Ergebnis können, jedoch vollkommen anders sein, da jede Aufgabe an den Architekten neue Bedingungen stellt.

## Rôles de l'architecte et de l'ingénieur dans la construction métallique

Bedeutung des Einflusses von Architekten und Bauingenieuren bei Stahltragwerken

Roles of Architects and Structural Engineers in Steel Construction

### Michel CORNUEJOLS

Architecte, Urbaniste, Ingénieur  
conseil, Licencié ès sciences  
Garches, France

Michel Cornuéjols, né en 1931, a obtenu à Paris les diplômes d'architecte, d'ingénieur du bâtiment et d'urbaniste, ainsi qu'une licence ès sciences. Depuis trente ans, il élabore des types d'architectures aux structures très variées (béton, métal ou bois) dans une simultanéité d'optimisations plastique et technique. Il a créé à Paris un cabinet pluridisciplinaire dans lequel il exerce à titre libéral.

### RÉSUMÉ

Cet exposé précise tout d'abord les caractéristiques architecturales spécifiques de l'acier, ainsi que les implications actuelles de son origine industrielle. L'accent est mis sur la nécessaire intervention de l'ingénieur dès le début de la conception d'une architecture en acier. En s'appuyant ensuite sur des exemples de réalisations, les influences respectives de l'architecte et de l'ingénieur sur l'œuvre architecturale sont alors mises en évidence, parallèlement aux tendances d'évolution de l'expression plastique.

### ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Artikel zeigt zunächst die architektonischen Eigenschaften von Stahl, aber auch die gegenwärtige Bedeutung aufgrund seines industriellen Ursprungs. Hauptsächlich wird die nötige Einflussnahme des Bauingenieurs schon zu Beginn des architektonischen Entwurfs eines Bauwerkes aus Stahl behandelt. Anhand von ausgeführten Beispielen werden die Einflüsse des Architekten und des Bauingenieurs auf das Bauwerk veranschaulicht, parallel zur Tendenz der Entwicklung des plastischen Ausdrucks.

### SUMMARY

This article first defines the specific architectural characteristics of steel, as well as its present significance in relation to its industrial origin. Emphasis is placed on the necessity on consulting the structural engineer from the very beginning of the design of a steel building. Secondly, based on examples of project, the respective influences of the architect and the structural engineer on the architectural work are then underlined, in parallel with the evolution of trends concerning form.



## 1. ACIER ET ARCHITECTURE

### 1.1 Les matériaux d'ossature

Pour réaliser les ossatures des immeubles qu'il conçoit, l'architecte européen a le choix entre trois matériaux : le béton, l'acier et le bois. Si ces matériaux offrent à l'ingénieur des caractéristiques mécaniques différentes, ils proposent aussi à l'architecte des significations spécifiques que nous rappellerons en guise d'introduction. En effet, si le béton est un agglomérat pétrifié par cristallisation de ses interfaces, et qui, par nature même, se prête à des expressions préférentielles de volume et de surface, la structure en fibres cristallines de l'acier le prédispose plutôt à s'étirer en lignes ténues et en fines membranes ; le premier engendre des structures d'esprit roman, alors que le second évoque l'envol gothique, et si la puissance massive de l'un défie le temps, la légèreté aérienne de l'autre défie l'espace. La validité de l'un se réfère principalement au coefficient de Poisson, et celle de l'autre au module d'Young ; l'un est la chair sensible et l'autre le squelette rationalisé, et si l'un accomplit la forme statique, l'autre génère le geste dynamique, prolongé par le véhicule dont nous usons. Là où le premier s'affirme par une sculpture athlétique puissamment ancrée, le second évoque la dentelle impalpable et flottante, brodée par la gestuelle du danseur. L'un nous propose des formes minérales, et l'autre des silhouettes végétales, au point qu'il existe une certaine parenté entre les structures en acier et celles qui ont pour support le bois. Certes, la fibre végétale ne permet pas les mêmes audaces que la fibre métallique, mais elle est de même nature, et s'exprime par un vocabulaire plastique semblable, la différence étant seulement d'échelle. Le bois est-il une ébauche d'acier organique, mais d'un acier vivant doué de toute la force d'expression de cette vie végétale dont on peut lire l'histoire sur les faces de ce matériau modeste, et pourtant combien noble. Et si le bois procure des ambiances empreintes de chaleur, c'est d'abord parce qu'il est un matériau vivant et de ce fait porteur d'un message sensible qui n'a nul besoin de mots pour nous convier au dialogue. L'acier et le béton, matériaux de synthèse, l'un par mélange et l'autre par alliage, n'ont pas cette vertu naturelle, et reçoivent de la main de l'homme non seulement leur existence mais aussi leur apparence. Et nous remarquerons qu'en travaux extérieurs, si le bois n'est jamais aussi beau que lorsqu'il est nu, le béton n'accède à cette qualité que sous certaines conditions de mise en oeuvre, et pour sa part, l'acier n'est jamais présenté à vif et doit toujours recevoir un revêtement protecteur, hormis sous sa forme inoxydable : la vérité des structures ne s'identifie pas à la vérité de leurs épidermes et les messages esthétiques dont ils sont porteurs peuvent être ainsi de natures très différentes.

Nous ne voudrions pas laisser entendre pour autant que les trois matériaux de base propres aux ossatures sont des concurrents, voire des frères ennemis, irréductibles. De nombreux mariages ont uni les trois lignées, établissant ainsi une continuité de performances entre les trois familles. Le premier hybride réussi et plus que centenaire est le béton armé, dont l'extraordinaire développement est un double hommage rendu aux qualités du béton et de l'acier, et cet ancêtre vigoureux a engendré un rejeton qui optimise l'économie de ces deux matériaux dans les structures en béton précontraint, dont les silhouettes tendent à se confondre avec celles de leurs homologues en acier pur. Dans le même esprit, nous rappellerons l'utilisation de membrures en bois armé, ainsi que les expériences de béton armé par des fibres végétales que j'avais amorcées il y a trente ans dans un pays lointain dépourvu d'acier, et qui sont aujourd'hui remplacées par des fibres de verre. Enfin n'oublions pas que le bois, actuellement partiellement concurrencé par le métal à cette fin, a fourni depuis toujours le berceau coffré sans lequel l'éclosion d'un béton utilisable serait impossible.

## 1.2 L'acier, symbole de l'ère industrielle

Matériau de fusion aux propriétés mécaniques exceptionnelles, l'acier est à la fois le premier produit de l'industrie, et celui dont procèdent tous les autres. L'élaboration massive de l'acier ne peut se faire qu'à l'échelle de l'industrie lourde, et nulle machine n'existerait sans lui. Il est ainsi le matériau de base et le symbole de l'ère industrielle, au point que récemment encore, on appréciait le niveau de développement économique d'un pays à sa production d'acier par habitant : il constituait ainsi l'étalon de mesure des sociétés de consommation. Cette étroite connotation industrielle de l'acier caractérise son irruption en architecture. Matériau usiné aux performances hors de pair, il acquiert tout naturellement en premier le monopole des structures de dimensions inhabituelles, telles les grands volumes d'une seule portée, les gares, les halles marchandes ou les halls industriels. Aussi ces premières réalisations sont-elles beaucoup plus admirables par l'échelle des volumes engendrés et l'élégance des solutions techniques imaginées, que par la maturité et la maîtrise de l'architecture qu'elles reflètent : étranger à la haute technicité spécifique de ce nouveau matériau, l'architecte s'efface devant l'ingénieur, et l'on constate alors la divergence totale de discours plastique entre les façades classiques et robustes en pierre de taille de nos gares et les structures métalliques "piranésiennes", mais fines et aériennes qu'elles dissimulent au regard du passant. Il faudra attendre le Crystal Palace et les Halles de Paris pour voir apparaître en façade un vocabulaire architectural spécifique de l'acier. La relation privilégiée entre acier et industrie, comme entre structures métalliques et ingénieur, marque profondément l'origine de ce matériau et de cette technique, dans la mesure où la création intensive des bâtiments industriels épongeait la production des aciéries, et où ces constructions étaient généralement réalisées sans architecte, puisque considérées comme strictement utilitaires, et beaucoup plus destinées à abriter des machines que des hommes. Les grands édifices sont eux-mêmes conçus essentiellement par des ingénieurs dont les architectes ne sont dans ce cas, en fait, que des auxiliaires. La confusion entre ouvrage d'art et oeuvre d'art se résolvait ainsi en une beauté réduite à la seule prouesse technique, et trop souvent dépourvue de finalité humaine authentique. En dehors de ces programmes particuliers nécessitant le recours à l'acier, et qui ont fait au cours des années l'objet de recherches constantes jalonnées de réussites exemplaires, rien ne prédisposait l'architecte à faire appel à ce matériau dans les constructions courantes, et en l'absence d'efforts particuliers des aciéries, comme de motivations profondes des hommes de l'art, l'acier est resté très absent de celles-ci jusqu'aux dernières décennies. L'industrialisation de la construction d'abord, puis la nécessité de diversification des débouchés propre à la période de récession que nous traversons, favorisent un regain d'intérêt en faveur d'un emploi plus intensif de l'acier dans le bâtiment, et particulièrement dans le logement.

## 1.3 Les aptitudes contemporaines de l'acier

En termes d'architecture, l'acier est le matériau qui offre les plus hautes résistances unitaires à la traction, à la compression et au cisaillement, c'est-à-dire celui qui permet la portée maximale des ouvrages à poids égal d'ossature, ou la légèreté maximum à géométrie identique. C'est donc un matériau qui présente deux performances d'échelles opposées, puisqu'à la fois il permet des structures gigantesques, et qu'en même temps il excelle par la finesse des membrures composantes. Immensité et ténuité sont ainsi les deux expressions de la même qualité mécanique : la dureté.

Ténuité signifie membrure linéaire, qui ne forme de réseau indéformable à la flexion qu'en recourant à la triangulation. Depuis les fermes Polonceau, les poutres à treillis, à section triangulaire, puis enfin les structures tridimensionnelles ont considérablement élargi le répertoire des formes et des expressions d'ossature, encore enrichi par les structures en câbles tendus et les structures mixtes.

Depuis les années 40 ont ainsi fleuri quantité d'oeuvres architecturales rivalisant de performances et d'élégance, et dont les concepteurs techniques se trouvent souvent avoir une formation d'architecte. Ainsi se rétablit l'unité de conception entre la forme et la fonction, entre l'optimisation technique et l'adéquation humaine. Mais si l'acier est ainsi devenu le champion des structures, il était pratiquement absent des habillages de façade jusqu'à ce qu'un autre architecte-ingénieur, Jean PROUVE, définisse les principes fondamentaux de ce mode d'intervention dans le mur-rideau. Sous son impulsion, depuis les années 50, cette nouvelle technique s'est affinée pour aboutir aujourd'hui à des oeuvres d'architecture parfaitement accomplies.

Mais toute médaille a son revers, et l'acier présente les inconvénients inhérents à sa qualité majeure : parce que rigide et léger, il transmet le bruit, et parce qu'utilisé en fines sections, il est vulnérable au feu. A cela s'ajoute sa réactivité particulière à l'humidité, et sa propension naturelle à la corrosion. Ce sont là sans aucun doute les trois freins techniques essentiels à sa diffusion plus universelle dans le bâtiment, et sur lesquels doivent se porter les efforts des industriels comme des prescriptions techniques.

## 2 L'ACIER ET LES CONCEPTEURS

Nous remarquerons tout d'abord que l'acier est un matériau dont l'utilisation, hors ossatures courantes, requiert de l'ingénieur une intervention plus déterminante, et par conséquent plus "en amont" que pour le béton armé, pour la définition du principe de la structure étudiée. Ceci n'est pas le reflet d'un choix plus large de solutions envisageables, mais d'une expression plus formelle du système retenu, et donc de contraintes plus fortes sur le "parti architectural". Les ossatures en béton sont en effet plus fréquemment surabondantes que les ossatures en acier, et peuvent ainsi atténuer la corrélation entre plastique et technique. Ceci provient de la différence de nature physique des deux matériaux : alors que l'acier se rapproche d'un corps idéalement homogène et isotrope, le béton armé est un assemblage de béton et d'armatures qui n'est de ce fait, ni homogène, ni isotrope, et si le calcul des contraintes internes des membrures et assemblages des charpentes métalliques est relativement aisé par rapport au matériau, sinon par rapport à la forme de la structure, ce calcul s'alourdit en béton armé par la formulation de toutes les conditions mécaniques restrictives nécessaires pour permettre l'application à ce matériau hybride des formules générales de la résistance des matériaux, basées sur les hypothèses fondamentales d'homogénéité et d'isotropisme. De là procèdent les approximations empiriques et coefficients de sécurité plus élevés en matière d'emploi du béton armé, ainsi que les silhouettes souvent plus approximatives. Au contraire, par son coût comme par sa clarté de lecture l'acier ne pardonne guère les maladresses ou les exagérations d'emploi : c'est le matériau privilégié des puristes du fonctionnalisme.

L'un des structures en acier qui reflète le mieux le respect de limites d'emploi bien précises est le tridimensionnel. Dans le mesure où la silhouette et le principe en sont maintenant bien connus, combien d'esquisses d'architectes adoptent cette structure sans tenir compte des portées et surcharges correspondantes ou plus directement du coût au mètre carré, et aboutissent à un projet comportant une charpente triangulée traditionnelle uni-ou bi-directionnelle : tel est le cas récent du Palais Omnisports de Bercy, ou celui de l'usine Devoiselle à Meulun. Par contre, le nouveau parc des expositions de Lyon, Eurexpo, ou la salle omnisports de Nantes, ou encore la charpente de la verrière du bâtiment pour handicapés de la rue Emeriau à Paris, témoignent d'une étude menée dès l'origine conjointement entre architectes et ingénieurs, et qui exploite et optimise toutes les qualités de finesse du tridimensionnel. Par ailleurs, celui-ci peut engendrer non seulement des surfaces planes, mais des volumes réguliers non développables, tels la sphère de la salle de projection du musée national des sciences, des techniques et



des industries de Paris. Ce bel édifice présente un intérêt innovant certain quant au traitement de son parement extérieur, mais il est peut être à regretter que cette sphère parfaite ne révèle en rien au regard la structure tridimensionnelle qui la sous-tend et qu'elle enveloppe, en fait, d'un épiderme structurellement indépendant.

Ceci nous conduit à remarquer que si les ossatures en acier sont plus aisées à calculer que leurs homologues composites en béton armé, cela provient en partie d'une paresse intellectuelle des concepteurs et bureaux de contrôle, en ce sens que contrairement aux pratiques de la construction aéronautique ou navale, les ossatures métalliques d'immeubles sont conçues et calculées en ne prenant en compte que leur squelette élémentaire, et en ignorant délibérément l'intervention possible, dans leur résistance, des enveloppes, peaux et épidermes métalliques qui relient les membrures entre elles. Ceci équivaut à calculer une ossature de béton armé en ne tenant compte que des poutres et poteaux à l'exclusion des planchers, voiles en béton et maçonneries de remplissage, ce qui constituerait une régression considérable dans l'économie et les possibilités d'emploi de ce matériau. Il y a là une importante lacune dans le concept actuel de structure métallique, et de ce silence résulte une alternative permanente entre les facultés de synthèse ou de dualité architecturale entre structure porteuse et enveloppe plastique.

Les réalisations contemporaines offrent toutes les versions de cette alternative :

- certaines compositions architecturales ont pour objet de mettre en évidence la structure métallique et d'en exacerber l'affirmation. A cette tendance se rattache une oeuvre comme le centre de production et de distribution de Fleetguard International Corporation à Quimper, qui développe une structure suspendue de lecture rehaussée à l'extérieur par sa teinte rouge vif, et totalement inapparente à l'intérieur du bâtiment, dont les volumes très classiques sont seulement jalonnées de canalisations et tuyauteries de toutes natures aux teintes voyantes. Cet exemple est caractéristique de l'affirmation très franche à l'extérieur d'une ossature raffinée et très formelle ne participant aucunement au cadre intérieur, et contrastant avec des façades fonctionnelles, structurelles, industrielles, mais particulièrement anonymes. On trouve une recherche de même type au Centre Renault de Swindon, en Grande-Bretagne, mais avec une couleur jaune pour affirmer l'ossature, les façades étant elles-mêmes vitrées ou bardées selon les panneaux. Dans les deux cas, il se dégage une impression d'abnégation de l'architecte devant la prouesse de l'ingénieur, ou de volonté délibérée de ne pas prolonger en façade le vocabulaire architectural de la structure par déférence pour celle-ci. N'y-a-t'il pas là perte d'unité architecturale entre façade et structure, comme entre intérieur et extérieur, par suite d'une dualité entre affirmation technique et expression plastique ?

Un exemple encore plus caractéristique de l'occasionnelle suprématie de la technique est fourni par le Centre Pompidou, avec cette différence de composition qui prolonge l'ossature de l'intérieur vers l'extérieur, mais où les canalisations et tuyauteries de toutes natures deviennent l'élément "architectural" dominant des façades et de la toiture tout autant que des volumes intérieurs.

Sommes-nous en présence d'un palais des sciences et des techniques, d'un entrepôt d'information, d'une usine d'exposition, ou d'un temple de la culture comme le souhaitait son inspirateur ? S'agit-il d'un bâtiment élevé à la gloire de ses concepteurs, ou plus modestement destiné à permettre à un peuple d'y identifier ses racines et ses aspirations ? Existe-t'il une architecture sans message humain, et l'exacerbation brutaliste des poutres et canalisations exprime-t'elle une information technique, ou un message humain ? Les constructeurs gothiques affirmaient aussi la structure de leurs édifices, mais en la chargeant harmonieusement de signification humaine. Si l'architecture doit refléter les techniques qui lui sont contemporaines, elle n'en est pas pour autant un miroir passif, et ne peut se limiter à s'y identifier, faute de quoi elle n'est pas vécue, mais seulement observée, et parfois contemplée en tant que curiosité technologique : tel fut en son temps, le cas de la Tour Eiffel, et tel est aujourd'hui celui du Centre Pompidou.



Si nous avons proposé cette analyse nécessairement schématique, ce n'est pas dans le but inavoué de critiquer malicieusement quelques confrères éminents, mais seulement pour mettre en évidence l'extrême difficulté plus particulière à l'ésotérisme statique de l'acier, de concilier les impératifs morphologiques de l'ingénieur et les aspirations humanistes de l'architecte, dans une synthèse harmonieuse où la finalité humaine de l'architecture conserve la primauté sur l'apothéose de l'exhibitionnisme technique intrinsèque. Notre époque conjugue une explosion scientifique et technologique qui force l'admiration de l'esprit, par la maîtrise toujours plus pointue du calculable et du mesurable, avec une émergence sociologique qui interpelle notre espèce dans son ensemble comme dans sa profondeur, par les voies du cœur et de l'indicible. La résolution de ce double assaut en une oeuvre d'architecture accomplie et vouée au service de l'usage se révèle particulièrement difficile avec un matériau comme l'acier, dont l'apparence comme l'échelle de mise en oeuvre n'évoquent ni le dialogue affectif, ni l'échelle humaine, et dont l'utilisation requiert ainsi de la part de l'architecte une vigilance et un sort particuliers pour y insuffler toute la valeur humaine ajoutée qu'exige la société d'aujourd'hui.

- d'autres réalisations architecturales prennent le contre-pied de celles que nous venons d'étudier, et, postulent que l'ossature métallique joue un simple rôle de porteur de l'édifice, mais n'en constituent en rien le principe architectural dominant. C'est ainsi que l'ensemble central de l'Ecole Polytechnique à Palaiseau est couvert par une immense structure bidirectionnelle à double nappe, totalement habillée intérieurement d'un plafond à caissons en staff, et dont la joue est occultée en façade par un bandeau métallique formant fronton. L'ingénieur est ici réduit à un simple rôle de machine à calculer, et l'acier aurait pu être remplacé indifféremment par le béton armé ou le bois sans que l'expression architecturale extérieure ou intérieure en soit modifiée d'un couvre-joint.

- Nous pensons que l'acier mérite d'autres titres de noblesse basés sur une synthèse architecturale authentique et perceptible, et citerons deux exemples qui nous paraissent aller dans ce sens. En effet, le centre régional informatique des impôts à Nemours, développe l'expression en façade, ou plus précisément dans l'espace, des éléments de structure verticaux et horizontaux, et fait jouer en contrepoint les murs-rideaux opaques ou vitrés dont les formes arrondies adoucissent et humanisent la perception de l'immeuble. Il est intéressant de remarquer, dans ces éléments d'ossature, les percements réguliers qui ont pour effet, indépendamment des raisons techniques qui les motivent, de créer des motifs de composition à l'échelle humaine. On peut par contre regretter que les murs-rideaux ne collaborent pas encore à la rigidité de l'ensemble, mais ce problème n'est pas du seul ressort des architectes.

Un autre exemple d'affirmation de la structure à l'extérieur du volume construit nous est proposé à la Banque Populaire de l'Yonne à Auxerre, dans lequel une ossature principale portant l'immeuble dialogue avec une structure secondaire plus fine raidissant les façades. Par contre, le mur-rideau est traité d'une manière plus sobre, et peut-être moins humaine que dans l'exemple précédent.

### 3. CONCLUSIONS ET PROPOSITIONS

Bien que très schématiquement, nous espérons avoir montré pourquoi l'architecte qui désire utiliser l'acier doit être particulièrement averti des problèmes de conception et d'expression de ce matériau, pour être à même d'établir, tout au long de l'étude et de la réalisation de l'ouvrage, un dialogue équilibré dans lequel la technique ne s'épanouisse et ne s'optimise qu'à concurrence du respect de la finalité architecturale, et sans que l'architecture ainsi élaborée ne procède de l'ignorance ou n'aboutisse à la négation des caractéristiques du matériau qui la réalise : l'emploi inconsidéré de l'acier n'aboutirait qu'à le déconsidérer. Aussi nous permettrons-nous quelques suggestions pour améliorer les conditions de conception des ouvrages en acier :

- tout d'abord, nous nous pencherons sur la formation universitaire des concepteurs, en proposant que les Ecoles d'Architecture ou les Instituts de construction métallique organisent des cycles de formation à ce type de construction, ces études étant basées sur des connaissances mathématiques et techniques initiales au moins égales à celles du baccalauréat, et sanctionnées par un diplôme particulier attestant la formation particulière de l'architecte dans cette discipline. De la même manière, les futurs ingénieurs en charpente métallique gagneraient à voir intégrer dans l'enseignement qu'ils reçoivent un cycle particulier d'études sur l'architecture métallique. Le but d'une telle proposition n'est pas de faire des architectes des ingénieurs, et réciproquement, mais de créer entre eux un esprit et un vocabulaire commun qui supprime le fossé existant actuellement entre ces deux disciplines aussi distinctes et aussi indispensables l'une que l'autre. Bien sûr, lorsque l'architecte se trouve être ingénieur à part entière, cela est encore mieux, mais peu d'universités au monde dispensent une telle formation, dont nous sommes placé pour savoir qu'elle représente dix à douze années d'études pour la maîtrise complète de l'architecture comme du calcul intégral de toutes structures en métal, béton ou bois, mais dont nous pouvons témoigner qu'elle ne déclenche ensuite aucune tempête sous un crâne, aucun conflit conceptuel entre les deux hémisphères cérébraux.

- les styles et les techniques évoluent de plus en plus vite, et toute formation universitaire est rapidement périmée si elle n'est pas prolongée durant toute la vie professionnelle par la lecture régulière de revues spécialisées. Quant à nous, nous considérons que les revues existantes obéissent au même clivage intellectuel que les concepteurs qui les lisent, et qu'il manque une authentique revue européenne de l'architecture métallique, plus riche de sensibilité à la perception humaine du matériau que de calculs ésotériques qui le mythifient, et qui ouvrirait ses colonnes aux architectes et ingénieurs pratiquant dans ce domaine.

- la pratique professionnelle de l'architecture métallique devrait, quant à elle, être optimisée par une disposition réglementaire accordant d'office à l'architecte, dès qu'il est chargé d'un programme d'architecture métallique, la contribution d'un ingénieur-conseil qualifié, aux études de conception comme au suivi du chantier. La réalisation finale y gagnerait en économie générale, comme en qualité, favorisant ainsi doublement la promotion de cette architecture, et, par elle, des industries qui en fournissent les composants.

- l'évolution de ces composants eux-mêmes, d'une fabrication simple vers une utilisation aisée, implique que tout fabricant de profilés métalliques, d'épidermes ou de murs-rideaux, s'attache les services réguliers d'un architecte-conseil éclairé par pays dans lequel il désire vendre ses produits, afin de prendre en compte valablement les réglementations comme les sensibilités locales.

- de manière générale, les progrès souhaitables dans l'architecture métallique, comme en tout autre domaine dans les pays industrialisés, concernent la qualité des produits, et non leur quantité, la première favorisant ensuite la seconde. Nous avons rappelé combien, aux yeux de l'utilisateur, l'aspect prime la performance technique. Il faut accorder une attention vigilante à l'apparence des composants métalliques et de leurs assemblages, ceux-ci n'étant plus limités à des fonctions





de charpente, mais étendant leurs aptitudes à tous les composants métalliques nécessaires, tant de peau que d'ossature.

- sur un plan plus particulier, ne pourrait-on pas développer les recherches sur les mousses métalliques, auto-isolantes thermiquement, et par là même auto-protectrices contre l'incendie ? Peut-on espérer l'apparition de lamellés-collés métalliques permettant la genèse de toutes surfaces planes ou non développables ? Est-ce un architecte, un ingénieur ou un industriel qui les inventera ?

Par ce rapide exposé, nous avons voulu montrer que l'architecture métallique digne de ce nom, c'est-à-dire digne des usagers de l'an 2000, n'en est qu'à son aurore, et qu'il y a là un champ d'investigations, d'expériences et de réussites extraordinaire qui interpelle et requiert l'élan enthousiaste de tous les architectes, ingénieurs, entrepreneurs et industriels. Non seulement l'acier a encore de beaux jours en architecture, mais il n'a pas encore vécu les plus beaux, qui résulteront de notre travail à tous, comme de symposiums tels que celui-ci.

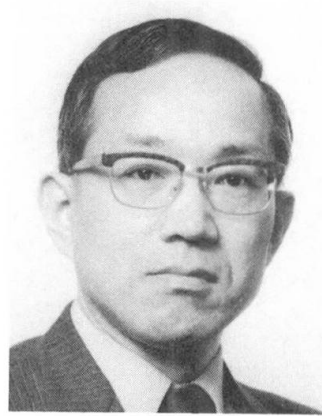
## Sales Promotion by Japan's Steelmakers' Structural Engineers

Promotion des ventes par les ingénieurs de construction des aciéries japonaises

Verkaufsförderung durch Bauingenieure der Japanischen Stahlerzeuger

### Kenjiro FUJITA

Structural Engineer  
Nippon Steel Corporation  
Tokyo, Japan



Kenjiro Fujita, born 1931, earned his structural engineering degree at the University of Tokyo. For 12 years he was engaged in steelworks construction, then turned to marketing and development of structural steel products. He is now pursuing R&D related to steel structures for buildings and marine structures.

### SUMMARY

The structural engineers employed by Japan's federation of steelmakers, originally engaged in the construction of steel plant buildings during the industry's rapid growth from the 1950s to the 1970s, gained much experience in the construction of steel buildings. Since the late 1960s, their main activity has been the development and marketing of steel products and peripheral products, and construction using these products. Thus along with architects, consulting engineers and general contractors, the structural engineers employed by steelmakers exert great influence on the choice of building materials in Japan.

### RÉSUMÉ

Les ingénieurs de construction des aciéries intégrées du Japon, à l'origine employés à la réalisation des constructions dans les aciéries au cours de la période de rapide croissance industrielle des décennies 50 à 70, ont acquis une grande expérience de la construction métallique. Depuis la fin des années 60, leur principale activité est devenue le développement et le marketing de produits en acier et de produits périphériques, ainsi que des constructions utilisant ces produits. Avec les architectes, les ingénieurs-conseils et les entrepreneurs, les ingénieurs de construction employés par les aciéries exercent donc, au Japon, une grande influence dans le choix des matériaux de construction.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Bauingenieure von Japans vereinigten Stahlerzeugern, welche ursprünglich für die Konstruktion von Stahlwerkhallen während der hohen Wachstumsperiode von 1950 bis 1970 angestellt worden waren, konnten bei der Konstruktion von Stahlbauten reichliche Erfahrung sammeln. Seit den späten 60er Jahren lag ihre Haupttätigkeit in der Entwicklung und im Marketing von Stahlerzeugnissen sowie deren Nebenprodukten und in Konstruktionen aus diesen Produkten. Gemeinsam mit Architekten, Ingenieurbüros und Generalunternehmern haben daher die von den Stahlherstellern angestellten Stahlbau-Ingenieure grossen Einfluss auf die Wahl der in Japan verwendeten Baustoffe.



## 1. SELECTION OF STRUCTURAL MATERIALS FOR BUILDING

### 1.1 Selection of Structural Materials for Buildings in Japan

#### 1.1.1 Customary Types of Structure in Japan, by Category of Building

Japan is exposed to two major threats of nature: earthquake and typhoon. Japanese buildings, other than those of small scale such as detached houses, are of three major structural types that provide adequate resistance against such natural forces: reinforced concrete (RC) structure; steel and reinforced concrete (SRC) structure; and steel (S) structure. These structures are built from two major industrial materials: cement and steel. Both materials can be produced domestically -- cement from raw materials found in Japan and steel from imported raw materials -- and the quality of Japanese cement and steel has long been of international level. Full capability in the design and construction of concrete and steel building frames is also available in the domestic market.

Under these conditions, how are the three major structural types being employed? RC structures are used mainly for low- and medium-rise (6 - 7 story) office buildings, apartment houses, school buildings, hospital, multistory warehouses, etc., and SRC structures mainly for medium-rise (7 - 15 story) office buildings, apartment houses, etc. S structures are chosen mainly for low-rise industrial buildings such as factories and warehouses, small-scale (2 - 5 story) office buildings and stores, and high-rise office buildings. For these kinds of buildings, the type of building structure is almost an automatic choice, since the uses described above are generally accepted among the architects, engineering consultants and general contractors involved in such construction in Japan. Therefore, it matters little which of the three parties takes the initiative in choosing the building structure type in a given case.

#### 1.1.2 Cases Where Selection of Structural Type is in Question

Selection of the most suitable structural type becomes an issue only when the kind of building proposed represents a radical departure from the conventional categories, or when it is on the border between the categories of buildings described in the preceding section. The specific conditions bearing on such a building must then be taken fully into account.

### 1.2 Project Practice for Building Construction in Japan

#### 1.2.1 Separate Design and Construction

In this project organization, designer and constructor are separate, as is typical in Europe. In some cases, the architect is separate from the engineering consultant for the project; in other cases, these two functions are united in a single design consultant. The latter case is more common in Japan.

#### 1.2.2 Integrated Design and Construction

In this system of project organization, which is unique to Japan, a general contractor undertakes all the tasks involved, from design through construction, on a full turn-key basis. It is a system deriving from traditional Japanese practice based on a feeling of mutual trust. Leading general contractors in Japan employ excellent design staff within their own organizations, so that their design capabilities may be as good as those of independent design consultants.

### 1.3 Effect of Project Organization on Choice of Building Structural Type

#### 1.3.1 In the Case of Separate Design and Construction

As a rule, a designer has the right to select the structural type to be used, though in some cases the client has this right. Where architect and engineering consultant are separate entities, the initiative in selecting the structural

type often goes to the architect when viewed in broad perspective, but to the engineering consultant in detailed perspective. The general contractor as a rule, has no part in the selection. But there are a few cases in which the contractor proposes an alternative plan, or is so requested when construction cost or period or other considerations cannot meet preset conditions in the tender. Still, modification of the original plan in these cases is often limited to minor points.

### 1.3.2 In the Case of Integrated Design and Construction

In this case, the general contractor independently determines the structural type to be used, taking construction cost and period into consideration, though on a few occasions the client's own preference is adopted. Generally speaking, general contractors are more competent in cost analysis than design consultants. They are thus more often likely to select a structural type other than the customary choice from the standpoint of total cost than is true in the case of a project where design and construction are separate. This is why they often attempt to extend the application of the RC structure to the greatest possible height in the construction of apartment houses and other multistory buildings.

## 2. THE ROLE OF STEELMAKERS' STRUCTURAL ENGINEERS IN SELECTION OF STRUCTURAL MATERIALS

### 2.1 Background of Structural Engineering Staff of Japanese Steelmakers

#### 2.1.1 Construction Engineering Staff in the Period of High Industrial Growth

Japan's steel plants lay in ruins at the end of World War II. After the war, however, the steel industry achieved remarkable growth while playing a pivotal role in the rebuilding of Japan. As early as 1953, crude steel production surpassed the wartime peak. It continued to climb steeply, reaching about 120 million tons in 1973 -- the year of the first oil crisis.

The steel industry's rapid growth during the 1950s and 1960s was accompanied by the construction of many integrated steelworks in coastal locations. Of course, the design and construction of these complexes required the work of engineering consultants and general contractors outside the steel companies. At the same time, however, a large number of structural engineers and specialists were recruited by the steel companies and played a significant part in the management and control of design and construction. The industry's growth was so rapid that several steelmakers recruited as many as a hundred engineers. Thus a substantial group of engineers within the steel industry became engaged in the design, construction and maintenance of steel-frame buildings of the largest and most massive class being built in Japan at that time. These engineers accumulated much know-how and experience in steel-frame construction.

#### 2.1.2 Structural Engineers and Product Innovation

While continuing to grow at a rapid pace, Japan's steelmakers entered into keen sales competition with one another. There were continuing efforts to upgrade their steel products so as to fill up the wartime and postwar vacuum and catch up with international levels.

Vast amounts of steel went into reconstruction in the wake of war damage, and then into the rapid improvement of Japan's infrastructure, which was then in a far-from-satisfactory state. This is why the construction section has ranked exceptionally high in Japan's total steel demand, as compared with the corresponding figure in advanced Western nations. The construction section accounted for 51% of total steel demand in 1973 -- the year of the first oil crisis -- with building construction alone representing 34.2% of total demand. (See Figure 1.)

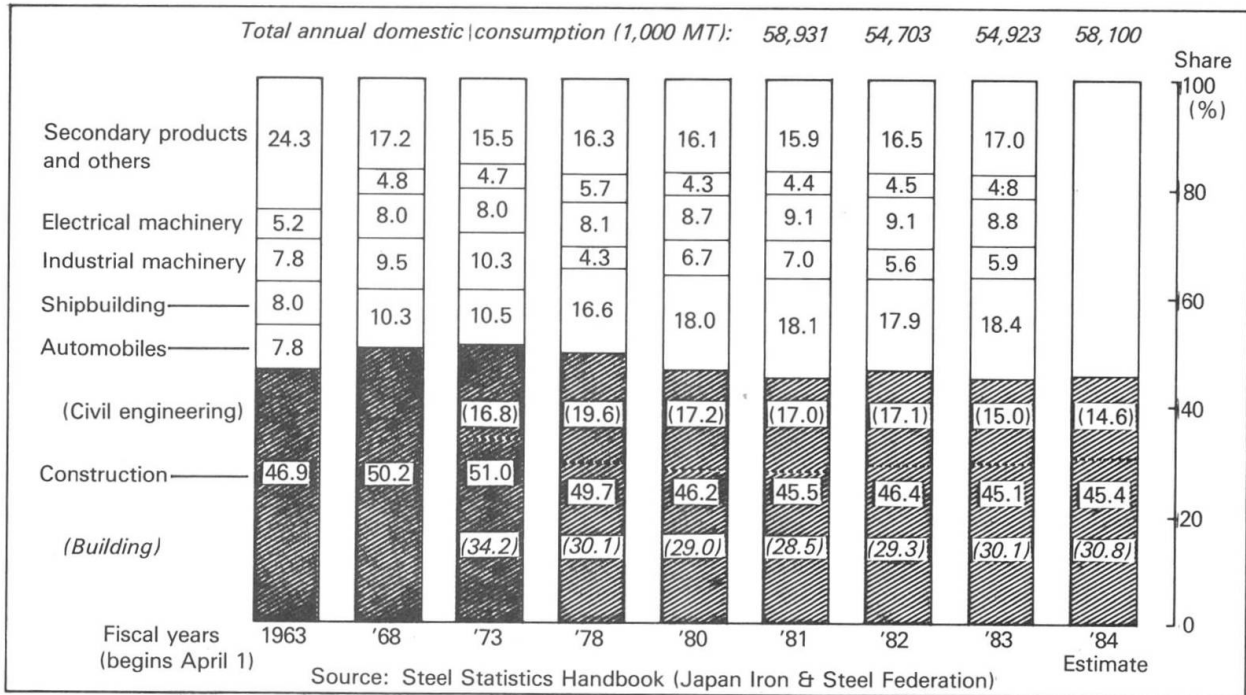


Fig.1 Domestic consumption of steel products and market shares in Japan

Meanwhile, Japanese steelmakers' staffs of structural engineers became active in introducing innovative steel products for use in construction of the steelmakers' own plants, thus helping to spread the use of these products. Typical examples at an early stage were the adoption of light-gauge steel shapes in the 1960s and, a little later, the application of H-shapes. The spreading use of light-gauge steel shapes led to the development of a huge market, demanding around one million tons of hot-rolled coils per year -- a level that has been maintained even in the recent period of low economic growth.

### 2.1.3 Structural Engineers and Market Development

With the start of production of H-shapes in the early 1960s, the majority of structural engineers employed by the steel companies changed their approach toward market development. Attention began to shift away from indirect means such as in-plant demonstration of how new products could be applied, in favor of the direct marketing approach.

Japan was about a half-century behind the West in the manufacture of H-shapes -- a fact attributable primarily to the wartime situation of the Japanese steel industry. Its scale was rather small, with wartime production peaking at 7.8 million tons of crude steel in 1943, and steel demand came mostly from the military. After the war, however, the construction industry replaced the armaments industry as the leading sector in steel demand. As noted above, construction began to account for about half of Japan's domestic steel demand. In parallel with this, steel production grew sharply, reaching 30 million tons of crude steel per year in the early 1960s. The introduction of H-shapes then became a necessity in order to meet the needs of the times.

H-shapes are virtually the ultimate in structural steel shapes: they have rational cross sections and can be mass-produced as rolled steels for structural use. Conventional shapes having smaller cross sections, such as channels, I-beams and assembled sections combining angles and plates, were not strong enough to be used in the structural frames of industrial buildings, which were becoming steadily larger in scale and heavier in loading. For structural members that would be heavily loaded, H-shaped section members built up by welding plates



together came into use.

The next step was the introduction of H-shapes, a rolled product. Steelmakers' structural engineering staffs were not only involved in the construction of H-shape rolling mills, but also were mobilized on a large scale of market development activities aimed at promoting this promising new product for use as structural members.

The first task was to determine the size series of H-shapes. Structural engineers of Yawata Iron & Steel Co., Ltd., a predecessor of today's Nippon Steel Corp. and the first Japanese steelmaker to install a rolling mill for senior H-shapes, took the initiative in studying and designating the size series, with the cooperation of outside academic experts and structural engineers. All subsequent Japanese makers followed suit, and this size series was formally established in JIS (Japanese Industrial Standards).

#### 2.1.4 Further Market Development for H-shapes

Market development for H-shapes really began with the attempt to promote sales of H-shapes in the newly established standard sizes. H-shaped section members built up from plates by welding were already popular to some extent, and steelmakers put much effort into familiarizing prospective users with H-shapes themselves. They prepared tables of H-shape sectional properties, design manuals, booklets of actual design examples of steel frames incorporating H-shapes and other technical materials -- all designed for ease of use by structural designers in general, who were accustomed to dealing with conventional structural members that were assembled by riveting angles and plates together. Using these reference materials, steelmakers made contact with individual major users such as engineering consultants and general contractors. In addition, presentations were made and publicity campaigns were mounted to gain the attention of prospective users in many localities.

The next step taken was to promote wider use of H-shapes of non-standard sizes, including heavy-gauge column sections for steel frames of high-rise buildings -- a category that mushroomed in Japan after restrictions on building height were eased in the late 1960s -- and H-shapes for girders with large depths. Steelmakers provided comprehensive data on product availability, fabricating properties, methods of connection and similar topics to engineering consultants undertaking large projects and to general contractors. In this effort, steelmakers' rolling specialists cooperated with associated fabricators, suppliers of welding machines, tools and materials, and other related engineers, all of whom worked closely together.

At the same time, new structural methods that combined H-shapes with precast concrete panels were developed as a means of expanding sales of H-shapes. These methods were applicable mainly to the construction of high- and medium-rise housing complexes.

#### 2.1.5 Shift of Market Development Emphasis to Standardized Steel Frames

By 1969, seven years after full-scale production of H-shapes began, output exceeded 3 million tons per year. It peaked in 1973, the year of the first oil crisis, at about 5.5 million tons -- the highest annual production of H-shapes achieved to date in any country.

In the latter half of the 1960s, just after their indirect sales promotion approach to marketing H-shapes, steelmakers also began to design, fabricate and market standardized steel frames that incorporated H-shapes as basic elements. Their object was to utilize H-shapes in making products of still higher added value. Once again, steelmakers' engineering staffs played a most active part. Their computer-aided structural design capabilities, together with the standardization of structural members using H-shapes as semi-readymade steel members,



the sales ability of outside steel dealers and the skills of local fabricators that are the customers for steel dealers, made possible the development and marketing of standardized steel frames.

Steelmakers' combined sales of standardized steel frames reached about 450,000 tons in the peak year of 1973, accounting for some 9% of total Japanese production of H-shapes. Their marketing contributed greatly to the nationwide spread of small and medium-size steel-frame buildings.

#### 2.1.6 Further Shift of Focus to Peripheral Materials for Steel Frames, Machines and Tools, and Systematized Metal Buildings

Except in the very early stages of market development for H-shapes, the key to their market development was the introduction of convenient related materials that made the use of H-shapes more convenient, and of machines and tools for the same purpose. The most important moves of this kind included the development of deck plates for use in floor slabs of office buildings, for which rapid, light-weight construction was imperative; the introduction and improvement of high-strength bolts to supplant riveted joints; and the development of high-efficiency welding materials, machines and tools suited to field-welding operations.

Affiliates of the integrated steelmakers developed and marketed virtually all these materials, machines and tools, other than a few that were introduced by the steelmakers themselves. However, the identification of new requirements in steel-frame construction, the evaluation of their relative importance in overall development programs and other essential considerations were matters very much assisted and influenced by the steelmakers' structural engineers and their other specialists.

From about 1970, new metal building systems for industrial buildings (factories, warehouses, and the like) began to appear. A step beyond standardized steel frames, these systems included roofing, siding, fittings and other structural components in addition to the building frame -- and most components were steel-based. This trend led further to the development of building systems of bundled-up box unit type by some steelmakers.

In parallel with the commercialization of these steel-frame systems and metal building systems, most integrated steelmakers set up new divisions to handle sales of fabricated building products and building construction.

#### 2.1.7 Role of Structural Engineers in the Low-growth Period

After the first oil crisis in 1973, construction work volume in Japan dropped sharply in both civil engineering and building construction. By 1979 construction had begun to show signs of recovery, but then the second oil crisis occurred. Since then, construction activity has remained almost stagnant. In particular, new construction projects by Japan's manufacturing industry, which had been among the world's largest in scale before the first oil crisis, declined far deeper than in other sectors of the economy. This brought about a sharp decrease in steel consumption, because S structures are most widely used in building construction by the manufacturing sector. Steel fabricators and metal building constructors thus began to face an extremely severe situation.

How did the construction-related divisions of Japanese steelmakers cope with this problem? Firstly, they focused their efforts on development and then improvement of new steel products, or new complex or composite materials that combine steel with other materials, for either structural or finishing use. Secondly, they explored new business areas. For instance, they went beyond the sale of steel-frame members, welcoming orders for building works, including erection, and comprehensive orders covering design through construction of metal buildings such as factories. Thirdly, they exported steel-frame members to overseas markets such as Southeast Asia and some oil-producing countries in

the Middle East, and collected orders for steel-frame building construction from these markets.

None of these approaches was always successful and profitable. Indeed, the situation became worse in some respects. For example, there was less opportunity of developing a new product that would have great potential for creating a large-volume market. Competition grew keener among Japanese steelmakers and between steelmakers and general contractors. Japanese steelmakers met sharper competition in foreign markets, including that posed by newly industrializing countries, as well as country risks in financing.

Despite this unfavorable business climate, the industry's approaches succeeded in opening up new markets that otherwise could not have been found. Most recently, Japanese steelmakers have turned to joint studies and development regarding such basic themes as the development and improvement of steel materials for construction, fabricated products and new construction methods. These cooperative efforts are being made through the Kozai Club and similar organizations. This trend is not completely new. It should be remembered that, even in the high-growth period, steelmakers often cooperated in such joint efforts as standardization of shapes and qualities of steel products, preparation of reference data for prospective users and general publicity campaigns, with the cooperation of outside academic experts and other specialists.

Most market development activities were undertaken by individual steelmakers in the past, and this approach could still produce substantial results and stimulate reasonable competition in a period of expanding steel demand. In today's low-growth period, however, joint efforts are considered more important. This is because joint studies and development activities for standard steel products intended for building construction offer the advantages of lower cost, elimination of duplicated effort, greater ease in obtaining approval by administrative bodies, and greater dependability in the view of users.

The Kozai club, for example, with the object of promoting wider application of steel-frame buildings overseas, has cooperated in the publication of an English-language version on the design standards for steel structures compiled by the Architectural Institute of Japan and published a two-volume English-language guide, Steel Construction Guidebook (building construction edition and civil engineering edition). These publications provide much technical data and information that should pave the way for wider application of steel-frame buildings in Southeast Asia and other developing nations.

In addition, the Kozai Club has engaged in a broad range of activities related to the development and application of new products. Among them were the development of thin-web girder series of H-shapes for SRC structures that need little design consideration against buckling, and a study of the fireproofness of composite floor slabs consisting of deck plates and concrete. This study led in particular to official approval of the use of bare steel components within a designated fire duration, given specified shape and frame of the composite floor slab.

Through the Kozai Club, Japanese steelmakers also provided financial and technical cooperation to a joint U.S./Japanese government study of the earthquake resistance of steel-frame buildings. Similar cooperation is being offered for a new study to reappraise fire-resistant designs, now being conducted by the Ministry of Construction. Steelmakers are providing financial cooperation, materials and data regarding the properties of steel in high-temperature applications. This study is expected to contribute significantly to the improvement of fire-protection measures for steel-frame buildings.





### 3. INFLUENCE OF JAPANESE STEELMAKERS ON BUILDING STRUCTURES

#### 3.1 Difference From Other Building Material Industries

Cement, steel and timber are the three principal structural materials for buildings. Cement and steel are industrially produced materials, while timber, strictly speaking, is not. The comparison made here will thus be between the cement industry and the steel industry.

Cement is the only industrial product used in the manufacture of concrete products, and so it shares the long history of concrete in building construction. Cement production has continued to grow at virtually the same rate, in terms of weight, as the domestic consumption of steel. Since World War II, remarkable technical breakthroughs have been achieved in the field of concrete, the introduction of the precasting method and the prestressing method, the development of autoclaved lightweight concrete panels and the introduction of sliding forms.

Almost all of these achievements have resulted not from the optional development efforts of cement manufacturers, but from the efforts of outside researchers or engineers employed by cement users. This is quite different from the situation in the steel industry. This may be attributed to the following facts: the cost share held by cement in RC-structured building skeletons is smaller than that held by steel in S-structured building skeletons; cement makers did not need to employ so many structural engineers for the construction of their own plants as did steelmakers; and cement makers themselves have not been so positive in extending their business directly into processed products. It can be said, in fact, that most of the practical technical know-how regarding RC structures has been accumulated by general contractors rather than by cement makers.

#### 3.2 Influence of Steelmakers on Selection of Building Structural Type

As noted above, individual Japanese steelmakers moved beyond their earlier role as simply the suppliers of steel materials, using the experience gained by their own structural engineers as the basis for accumulating much know-how in the engineering and construction of steel-frame buildings as well as processing of building parts. Accordingly, even where the type of structure to be employed cannot be chosen in the customary manner, they can exert great influence on the decision through their own active proposals or by responding to consultations. In this way, they stand with architects, engineering consultants and general contractors as a fourth group that is active in the planning and execution of building construction projects.

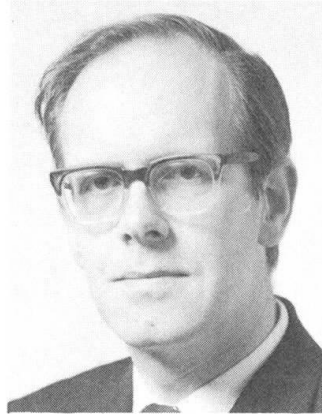
## The Increasing Market for Steel in U.K. Multi-Storey Building

Le marché en pleine croissance du bâtiment à étages en acier

Der Aufschwung des Stahlmarktes bei Mehrgeschossbauten in Grossbritannien

### Robert LATTER

Manager, Structural Marketing  
British Steel Corporation  
London, United Kingdom



Robert Latter, born 1937, joined the Steel Construction Industry in 1962. Initially in market research, since 1979 he has formed and led BSC Sections Structural Advisory Service.

### SUMMARY

The presentation illustrates with appropriate statistics, the resurgence of steel in multi-storey building in the UK. It goes on to outline the reasons including statistical information on the price relationship of steel and concrete and the productivity increases achieved in British Steel Corporation and the UK Fabrication Industry. The second half of the presentation illustrates the market development strategies employed to realise the market opportunity presented by the new competitiveness of steel in building.

### RÉSUMÉ

La présentation, accompagnée de statistiques, démontre l'utilisation renaissante de l'acier dans les bâtiments de plusieurs étages en Grande Bretagne. Elle en explique aussi les causes, en donnant les renseignements statistiques sur les prix relatifs de l'acier et du béton, sur la productivité croissante de la BSC et de l'industrie de la construction métallique. La seconde partie de l'exposé démontre la stratégie développée par le service commercial pour profiter des nouveaux marchés qui se présentent actuellement en construction, grâce au prix avantageux de l'acier.

### ZUSAMMENFASSUNG

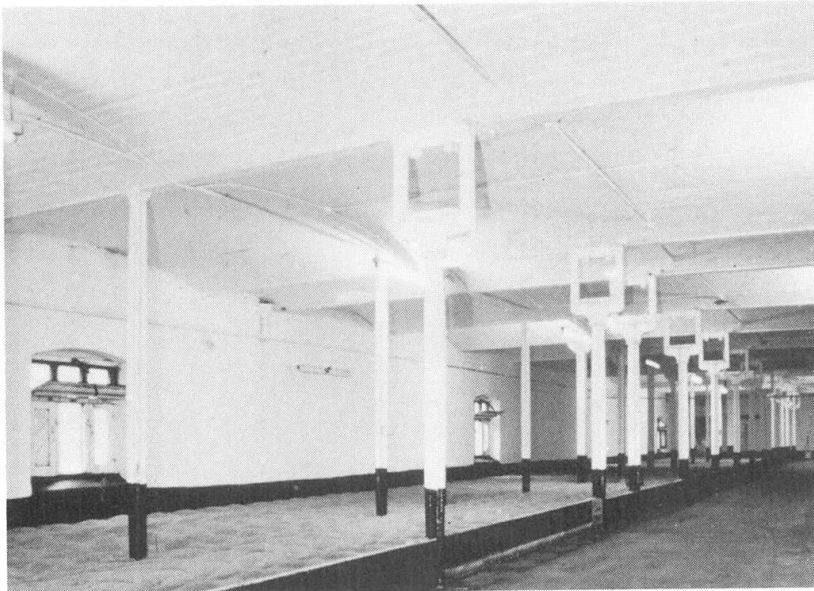
Der Vortrag erläutert mit entsprechenden Statistiken den Wiederaufschwung von Stahl im Mehrgeschossbau in Grossbritannien. Gründe dafür werden dargestellt, wobei statistische Informationen betreffend das Preisverhältnis von Stahl zu Beton sowie die in British Steel Corporation und in der britischen Fabrikationsindustrie erreichten Produktivitätssteigerung mit einbezogen werden. Die zweite Hälfte des Vortrages erläutert die Marktentwicklungsstrategien, die angewendet werden, um die Marktchancen auszunützen, die von der neuen Konkurrenzfähigkeit des Stahls im Bauwesen geboten werden.



## 1. INTRODUCTION

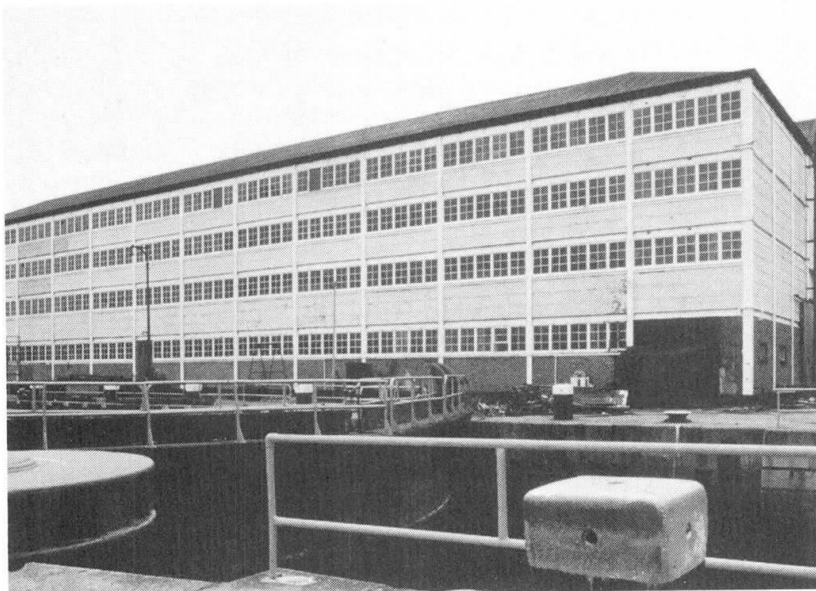
The leading building publication - CONTRACT JOURNAL - recently said "Clearly structural steel is emerging in the 1980's with a bright new image. The old material has become the new material".

Multi-storey iron and steel framed structures have a long and successful history in Britain. The first iron framed multi-storey structure was built in 1797 in Shrewsbury near the birth-place of the Iron Industry at Coalbrookdale.



Mill building  
at Shrewsbury 1797

The building, a five storey 9,500m<sup>2</sup> mill still stands and is used today as a maltings. Construction is load bearing brick walls, cast iron columns and 11 inch cast iron inverted T beams.



Boat Shed at  
Sheerness 1859

Another revolutionary structure was the four storey boat shed for the Royal Naval Dockyard at Sheerness. This was the first fully framed multi-storey iron structure, the first to use 'I' section (cast and wrought iron) beams and 'hollow' section columns at gable ends serving as down pipes. Built in 1859 it is still in remarkable condition.

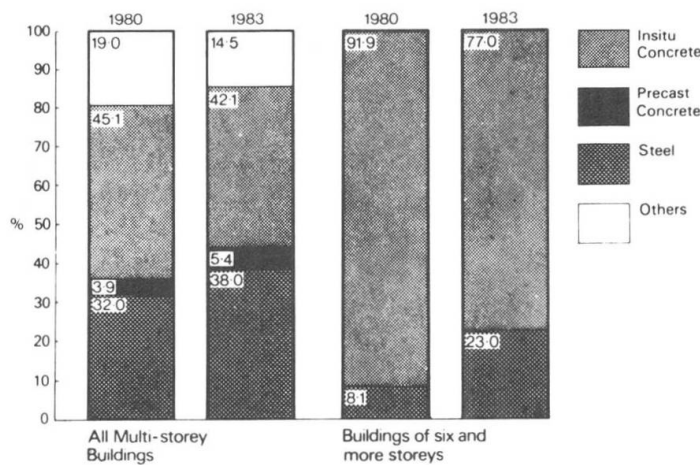
The first major steel framed building in Britain was Cesar Ritz's grand hotel completed in 1906. From that point until the beginning of the second world war, nearly all major and most medium sized multi-storey projects were steel framed. In the period of re-construction after the war steel was in short supply and the less steel intensive reinforced concrete construction became the normal method of construction for multi-storey building.

### 2. THE RESURGENCE OF STEEL

The dominance of concrete continued until the end of the 1970's but since then there has been a striking resurgence of steel.

Market research by the independent "Construction Markets" organisation, based on a very substantial sample, shows this clearly in Fig 1.

**Fig. 1. The Market for Structures**  
Number of Storeys by Type of Structure  
UK m<sup>2</sup>Floor Area



Two factors emerge clearly from these bar charts.

Total penetration of steel has risen from 32% of floor area in 1980 to 38% in 1983. More striking has been the growth in higher rise buildings - six storeys and over - where the share of steel has increased from just 8% to 23%.

The 1984 survey is not yet completed but preliminary results for office buildings - the weakest area for steel - shows the trend continuing with the share of steel rising from 25.5% in 1982; 31.5% in 1983 to 38% of floor area in 1984.

Why has this resurgence occurred? Will it continue? This paper sets out to answer these two questions.

### 3. THE COST FACTOR

The most significant factor underpinning the resurgence has been the change in basic material prices. Fig 2 shows the basic price of structural steel (sections and plates weighted) v. price of ready mix concrete and precast concrete 1976 - 1984 taken from official price indices.

The reason for increased competitiveness of structural steel is the dramatic productivity gains made by the British Steel Corporation. Fig. 3 shows that at BSC Teesside, which produces about 60% of structural sections, man hours per tonne of finished steel has fallen from 17 in 1978 to just 4½ in 1984. Figures in other plants are similar.



FIG. 2.

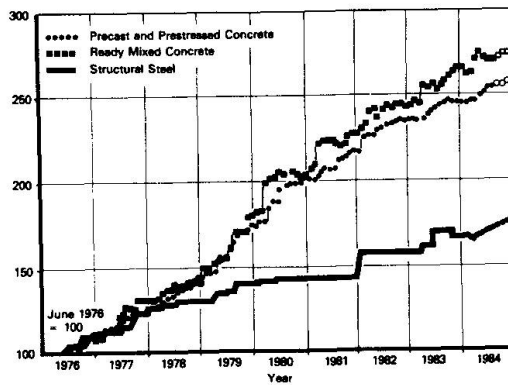
**Steel and Concrete Costs 1976 - 1984**

FIG. 3.

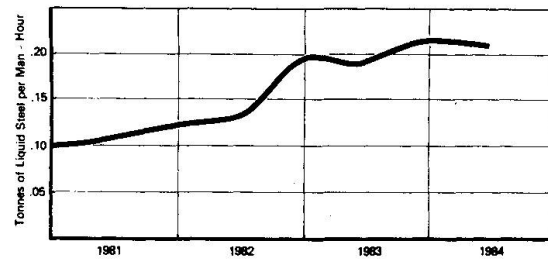
**Productivity of BSC Teesside**

FIG. 4.

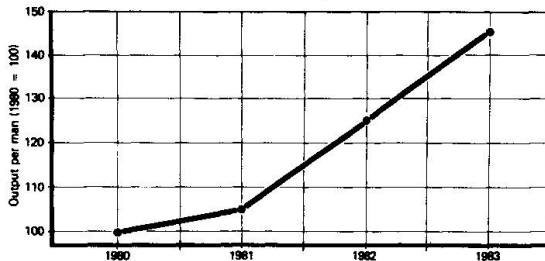
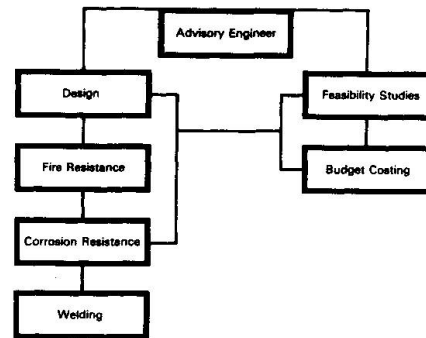
**Increases in Efficiency in the Steel Construction Industry (1980-1983)**

FIG. 5.

**BSC Structural Advisory Service**

The position for fabricated steel is almost as dramatic with official figures showing a 45% growth in £ Output per man between 1980 and 1983. (Fig 4).

This drive towards increased productivity has enabled the Steel Construction Industry to keep prices at very competitive levels.

#### 4. MARKET DEVELOPMENT PROGRAMME FOR STEEL

Four years ago British Steel, BSC Sections and Commercial Steels Division, initiated a market development programme to take advantage of the market opportunity created by the new competitiveness of structural steel. This was undertaken in close liaison with the Fabrication Industry, particularly British Constructional Steelworks Association; Constructional Steel Research and Development Organisation and BSC Sheffield Laboratories.

It was recognised that the change in relative material prices would not alone be enough to ensure a resurgence of steel in multi-storey building. Many Architects, Engineers and Quantity Surveyors have had no experience of designing with steel and inertia towards change and to learning new techniques were bound to be powerful forces against the adoption of steel frame construction.



## 5. BSC SECTIONS STRUCTURAL ADVISORY TEAM

A key initiative was the establishment of a regionally based team of eight structural advisory engineers backed by specialists at Constrado and BSC Laboratories on design, fire and corrosion protection, welding and metallurgy.

Each BSC Advisory Engineer aims to become an extension to the professional expertise of the specifiers in his area. He assists in the preparation of outline steel alternatives and budget costs for particular projects, helps specifiers with general problems involving structural steels and their availability, and provides a channel for disseminating research and development in steelwork and related matters.

In budget costing, the BSC Advisory Engineer works closely with fabricators, flooring and fire protection contractors in order to provide a like-for-like comparison with concrete. Advisory Engineers are always "on call" to help when required, and to help sustain their relationship with the specifiers in each area, they are responsible for organising a programme of seminars and lectures. During the last three years there has been an average of one seminar or teach in every working day from mid-September to end June. While some seminars feature notable cost effective but innovative multi-storey buildings, the majority of presentations concentrate on how to achieve economic steel construction and the cost implications of alternative approaches to design, fire and corrosion protection.

Guidance starts with the choice of steel grade. Where deflection is not critical, as is usual in multi-storey structures, the use of Grade 50B steel will give savings of about 10%. Grade 50B steel is readily obtainable from BSC Sections but there are often cost penalties when buying small quantities from stockists. Specifiers are given advice on using Price Lists to best effect.

## 6. THE ARGUMENT FOR STEEL

### 6.1 CONSTRUCTIONAL STEEL RESEARCH AND DEVELOPMENT ORGANISATION - COST COMPARISON

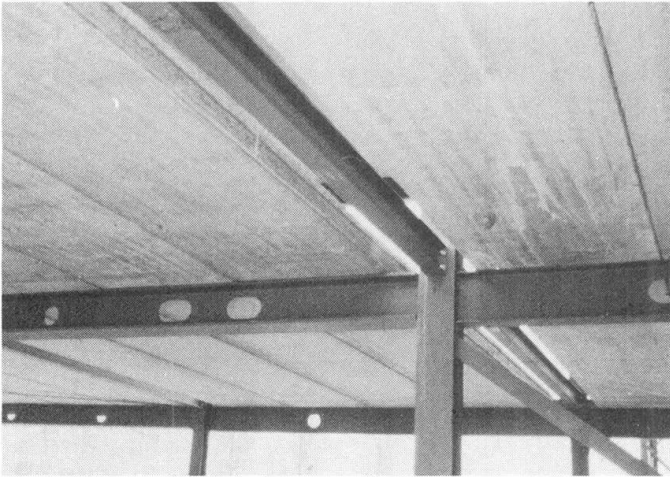
A major input to the seminars and, indeed to the market development programme as a whole, has been made by the Constructional Steel Research and Development Organisation. Particularly important was their publication in October 1982 of a study establishing the comparative prices of steel and concrete solutions for a range of multi-storey buildings. Essentially, the study translates the change in basic materials prices into construction costs immediately recognisable to specifiers. It shows the steel frames are now competitive on basic cost and invariably cheaper when the financial effect of speed of construction is taken into account.

Both this study - recently updated - and important development work aimed at increasing the use of composite metal deck floor construction are covered in a separate paper by Mr H B Walker of the Constructional Steel Research and Development Organisation.

### 6.2 BSC SEMINARS

Much emphasis is given by BSC Advisory Engineers to the practical aspects of putting a steel framed building together using the example of recent contracts. For example, precast concrete floors remain an attractive alternative for the smaller projects which account for a large proportion of the total steel framed floor area built. Uninterrupted service zones can be achieved by the simple expedient of supporting the units on the longitudinal steel beams and raising tie beams into the depth of the floor.





Pre-cast concrete floor design giving uninterrupted service zone

Equal attention is paid to attachment of cladding systems, particularly detailing brick work which has become increasingly popular among architects but which sits less easily with a steel frame than curtain walling.

The essential message is that steel construction is a kit of parts, factory made but assembled on site. The overall effect is to drastically reduce construction times. Problems with bad weather are eliminated. The most dramatic argument is performance on real projects. Two suffice. At Wallington, Surrey, a four storey steel framed building (with precast floors) was started two weeks after a similar sized concrete building. The photograph below leaves no doubt as to which is quicker.

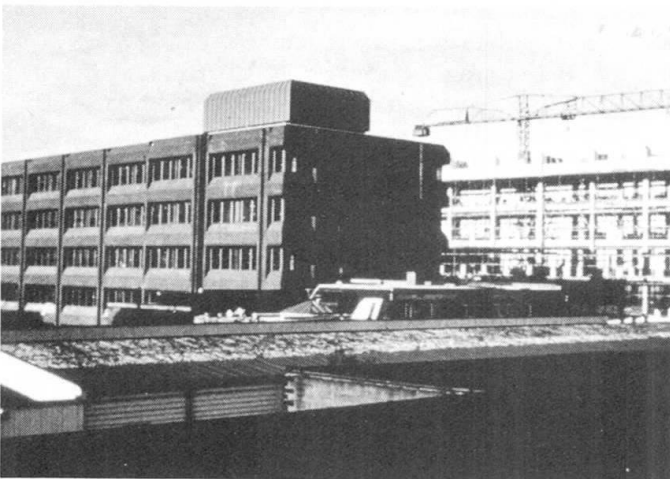
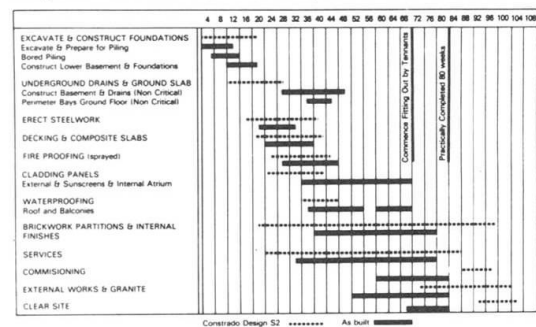


FIG. 6

Progress Schedule - No. 1 Finsbury Avenue London EC2.



Equally striking is the progress schedule achieved on the nine storey Finsbury Avenue Development in the City of London. Using composite metal deck floors the project was completed four months ahead of the schedule for a comparably sized steel framed/metal deck building, included in the first edition of the Constrado cost study referred to earlier. (Fig. 6)

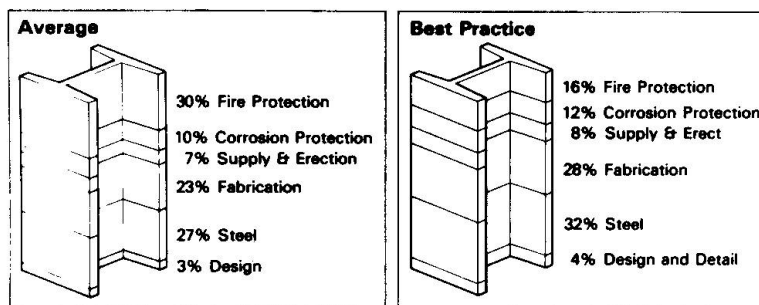
6. FIRE RESISTANCE AND FIRE PROTECTION

It would be impossible to cover the resurgence of steel in multi-storey building without consideration of fire protection - or, more precisely, the extra cost on the basic steel frame necessary in meeting the fire resistance requirements of Building Regulations. Market research carried out in 1982 by an independent consultant on specifiers attitudes towards steel structures showed that the cost and inconvenience of fire protection was perceived as the major disadvantage of steel frames.

Market research also showed that cost of fire protection for multi-storey frames commonly amounted to 30% of the total cost of the fire protected steel frame compared with less than 20% using best practice.

FIG. 7.

Multi Storey Steel Frame Cost Breakdown



Data from "Steel Framed Multi Storey Buildings - Economics" and other sources.

For this reason BSC Advisory Engineers have concentrated on informing specifiers of the cheapest effective systems. For multi-storey buildings this is generally a mineral fibre spray to beams and lightweight asbestos free boards to columns.

Table 1. Costs of Fire Protection

Based on supply and fix of 3000m<sup>2</sup> of fire protection: One hour rating.

Cost per metre run of 203 x 203 x 60 column:

Sprays	from £ 8.40 metre	Preformed Casing	from £19 metre
Boards	from £ 9.00 metre	100mm Blockwork	from £12 metre
Intumescent	from £10.00 metre	In Situ Concrete	from £17.60 metre

Costs, particularly for spray applied materials are reduced on larger contracts, eg., Mineral Fibre - £4.60 metre.

Concurrently, a research programme has been directed to examine alternative ways of achieving fire resistance than conventional "passive" protection systems. This would constitute a paper on its own, but essentially comprises temperature studies of steel in real and standard fires to facilitate fire engineering assessments ranging from whole buildings to partially exposed elements.



## 7. CORROSION PROTECTION

In the area of corrosion protection, the emphasis is again on education to prevent the over enthusiastic specification of costly proprietary systems. In modern multi-storey steel framed buildings the need for paint systems on interior steelwork is minimal - a fact often not fully realised by specifiers.

The photograph below shows unpainted steelwork at Finsbury Avenue.

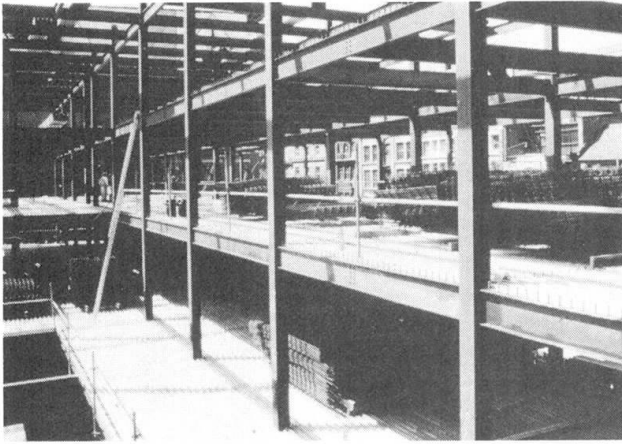


FIG. 8.

Comparison of Common Paint Types

BINDER	WATER RESISTANCE	SYSTEM COST	TOLERANCE OF POOR SURFACE	OVERCOATING AFTER AGING	COMMENTS
Black Coatings (based on tar products)	Good	Low	Fair	v. good with coatings of the same type	May soften in hot conditions
Allyds	Fair	Low	Fair	v. good	
Chlorinated Rubber	v. good	Moderate	Poor	Good	Use travel coat to prevent sticking in transport
Vinyl	v. good	Moderate	Poor	Good	
Epoxy	v. good	Moderate	v. poor	Poor	'Chalks' in U.V. light
Polyurethane	v. good	High	v. poor	Poor	

General guidance is given on the selection of cost effective systems and their various attributes and characteristics. (See Fig. 8).

### FUTURE TRENDS

Making forecasts is always a hazardous trade. However, the leading article in the most recent Special Steel Issue of the Architects' Journal finished with the encouraging statement that "It is likely that in ten years' time steel frames in multi-storey building will be the rule....". There is much to support such a view. The pressure for even greater productivity continues within Europe's Steel and Fabrication Industries. Partly in response to this, UK cement prices have not increased since 1982 but this has had only a moderating effect on concrete prices which have, as shown in Figure 3, risen steadily. There seems little likelihood of a reversal in price trends of sufficient magnitude to undermine the resurgence of steel in multi-storey building.

In the market development area it is the Steel Interest which is innovative, both in product application development and composite metal deck floors and fire engineering and in marketing. The UK technical press has carried several reports of the Cement and Concrete Industries need to counter "the very aggressive and to some extent effective efforts of their competitors".

## Steel Framed Multi-Storey Buildings in the U.K.

Bâtiments-tours en acier en Grande-Bretagne

Mehrgeschossige Stahlskelettbauten in Grossbritannien

### Hugh WALKER

Head of Advisory Services  
CONSTRADO  
Croydon, United Kingdom



Hugh Walker who joined the Construction Industry in 1952 is widely experienced in most aspects of steel design and construction. He is currently directing an extensive program of research and design development for multi-storey buildings. He is a member of several National and International codes and standards committees.

### SUMMARY

The paper examines the reasons for the current growth in the use of steel frames for multi-storey building construction in the U.K. The advantages of using profiled steel deck and lightweight concrete composite floors and beams are given, as well as the methods of providing fire resistance. As props are not used construction is fast and the overall construction program shows that the total time saving is considerable. Overall costing indicates that the total construction costs for steel and concrete are similar, with a saving to steel from fast construction due to reduced interest charges on the capital employed.

### RÉSUMÉ

Cet article explique les raisons du développement actuel de l'utilisation de l'acier pour la structure des bâtiments-tours en Grande-Bretagne. Les avantages liés à l'utilisation des planchers mixtes collaborants sont montrés, tout comme les méthodes utilisées pour atteindre la résistance au feu nécessaire. Comme aucun étayage n'est utilisé, la réduction du temps de construction est considérable. Les coûts totaux de tels bâtiments ne dépendent pas du type de structure choisi (acier ou béton armé); toutefois l'ossature métallique permet de gagner du temps lors du montage et provoque ainsi une réduction des intérêts intercalaires.

### ZUSAMMENFASSUNG

Der Artikel untersucht die Gründe für die gegenwärtige Zunahme von Stahlskelettkonstruktionen bei Mehrgeschossbauten in Grossbritannien. Die Vorteile der Verwendung von profilierten Stahldecken im Verbund mit Leichtbeton werden gezeigt, wie auch die Methoden zur Erreichung des Feuerwiderstandes. Da keine Gerüste und Schalungen benötigt werden, kann schnell gebaut werden, und das gesamte Bauprogramm zeigt, dass damit beträchtlich Zeit gespart werden kann. Aus Gesamtwirtschaftlichkeitsbetrachtungen geht hervor, dass die totalen Rohbaukosten für Stahl und Beton wohl annähernd gleich hoch sind; dass aber durch die schnelle Bauweise mit Stahl Bauzinsen gespart werden können.



## 1. INTRODUCTION

1.1 In the United Kingdom there has been over the last few years a steady increase in the use of steel for the construction of multi-storey buildings. This has come about for a number of reasons, principally a change in the relative costs of steel and concrete frames, so that now the actual construction costs are similar, the much faster construction times that can be obtained with steel, and the relatively high interest rates chargeable on the capital required for the total project. CONSTRADO has played a very considerable part in increasing the share of steel in the multi-storey construction market; producing various design recommendations, particularly for composite construction, and has supervised detailed investigations into various aspects of construction costs. The performance of steel structures in fire and the provision of the necessary fire protection has also been studied in depth, and this is now not considered to be a problem. The cost is small and the application is not a critical path activity.

## 2. THE DESIGN APPROACH

2.1 Simplicity is the main aim for the steel designer. With simplicity comes a clear understanding of the behaviour of the structure under the dead and imposed loads, straightforward fabrication and fast erection. The main concept of design is that the floor acts as a horizontal membrane and is able to transfer horizontal wind loads from the floor into the vertical shear resisting system and, thence, to the foundations. A typical frame is shown in figure 1. The vertical bracing is usually placed down the lift shafts and can also be contained in the walls surrounding staircases and toilets. Where these areas are set at one end of a building balancing bracing may well be placed down an outer wall, usually hidden by decorative cladding.

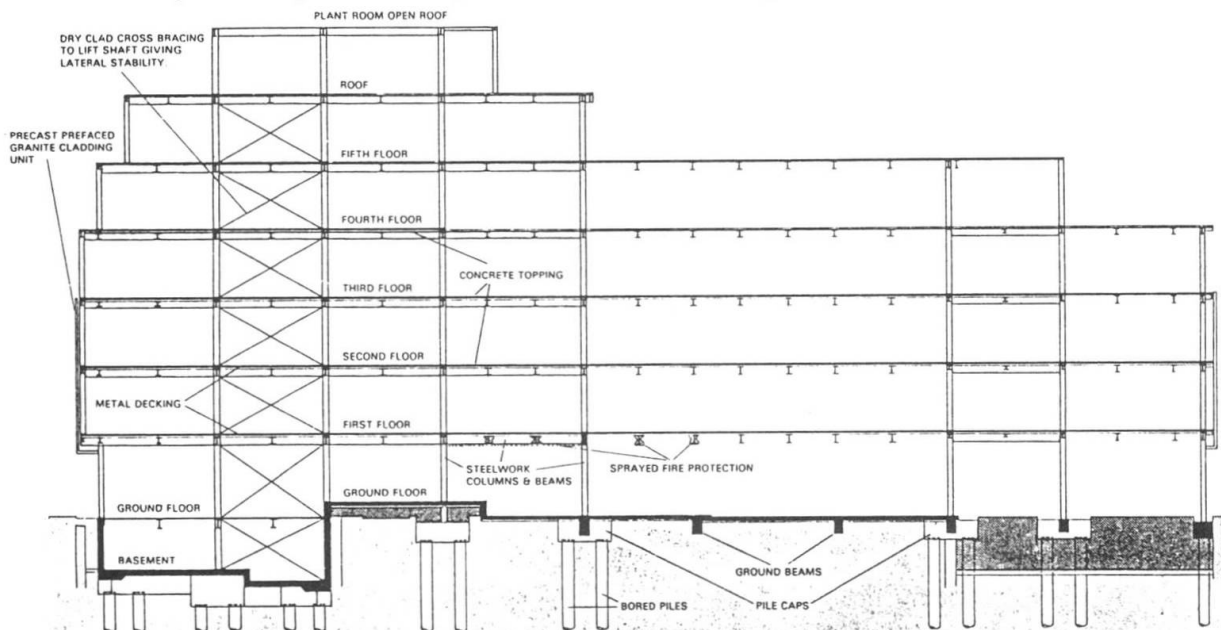


Fig. 1 Cross section showing wind bracing. (Cutlers Court, London.)

2.2 The details of construction are simple and are shown in figure 2. Simple cleats with bearing bolts are generally used, although sometimes use is made of high strength friction grip bolts. The steelwork is often supplied to site, unpainted, corrosion protection being provided by the fire protection system.

The plan shape of the building will depend upon the requirements of the site, but there are no problems in suiting steel frames to irregular plan layouts. Steel staircases are becoming widely used, and these are placed in position as erection proceeds, and are for use by the various trade operatives, this being much more convenient than ladders or other temporary access systems. Cladding is fixed from the inside so that no scaffolding is required.

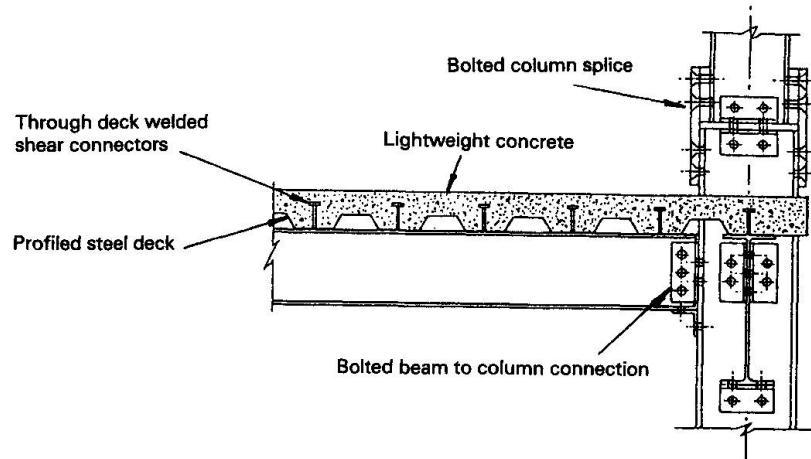


Fig. 2 Typical connection details.

### 3. FLOORING SYSTEMS

3.1 Floors can be provided for steel framed buildings in a number of different ways. In the past insitu concrete was often used and required formwork and propping which make it a relatively slow process. More recently precast concrete slabs with structural topping have been used, but these now have been superseded by profiled steel decks with lightweight concrete topping which acts compositely both with the steel deck and with the support beams. This form of construction is shown in figure 3.

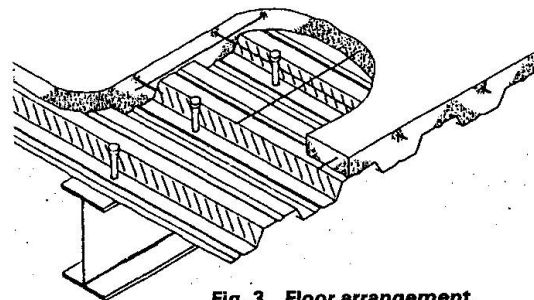


Fig. 3 Floor arrangement.

3.2 The profiled steel deck is used unpropped with supporting beam centres between 2.4m and 3.6m beam centres. The steel deck is placed by hand and, to prevent movement due to wind, lightly fixed to the supporting beams by means of self-drilling and tapping screws or by puddle welding. Shear connectors are then insitu welded through the deck and to the beams to enable the floor slab to act compositely with the support beams. Light steel reinforcement mesh is laid upon the deck and then the concrete topping is placed, usually by pumping, the final finish being obtained by power floating.

3.3 Lightweight concrete is now usually specified, it being used in preference to normal weight concrete, as it has several distinct advantages. Lightweight concrete has better fire resistance than normal weight concrete, and this enables the depth of the floor to be reduced. This reduction in thickness, coupled with reduced weight, means that the resulting concrete component of the floor is about half the weight of the equivalent normal weight concrete. For the same spacing of support beams this allows a thinner gauge steel deck to be used. It should be borne in mind that the design criteria for the steel deck alone is normally obtained during the construction process, the steel deck having to support the weight of the wet concrete together with that of the construction equipment and operatives. This lower dead weight reduces the size of the supporting beams as well as those of the columns right the way through to the foundations.





3.4 Due to indentations in the profile of the steel deck, full composite action is obtained between the steel and concrete regardless of any chemical bond that may exist. Tests have shown that the mechanical bond is usually of a high order and the composite floor can carry imposed loads much higher than those usually specified. The steel deck has a galvanised finish, although this is not strictly necessary.

#### 4. ECONOMIC FRAME AND FLOOR DESIGN

4.1 For an economic floor design a number of factors have to be considered. These will relate to the selection of the deck profile, the type of concrete topping, the depth of the supporting beams and the determination of the number of shear connectors to obtain composite action between the beam and the floor. In the U.K. BS.5950, Part 4, Code of Practice for the "Design of Floors with Profiled Steel Sheet", enables the design of the composite floor to be carried out. For the design of the composite beam and floors no British Standard is currently available, and these are generally carried out in accordance with recommendations prepared by CONSTRADO [1]. These are based upon ECCS, U.S. and Canadian recommendations.

4.2 The total depth of construction is of great importance as this will affect the overall height of the building, and very often in city centres and other locations, height restrictions are in force. The use of universal columns as beams is well worth considering and, whilst these will not have as good a strength/weight ratio as a universal beam section, they will enable minimum construction depths to be obtained. Floor to floor heights can be obtained with steel that are comparable with those that can be obtained using concrete construction.

4.3 The shear connectors are easily fixed on site but can be an expensive item. The method of designing the composite beam must be carefully considered, and it is important that partial interaction methods are used and not full interaction as has often been done in the past.

4.4 The layout of the steel deck sheets on the framing members is important if the best economy is to be obtained. The profiled sheets can be obtained in lengths up to 15m and can be transported to site without undue difficulty. With normal beam spacing this will enable the sheets to span up to four bays, and will give the least sheet thickness. Continuous spans should be used in a descending order from 4 bays to 3, 2 or 1. The least price will be obtained by optimising the continuous spans for the overall shape of the floor layout. A typical arrangement is shown in figure 4.

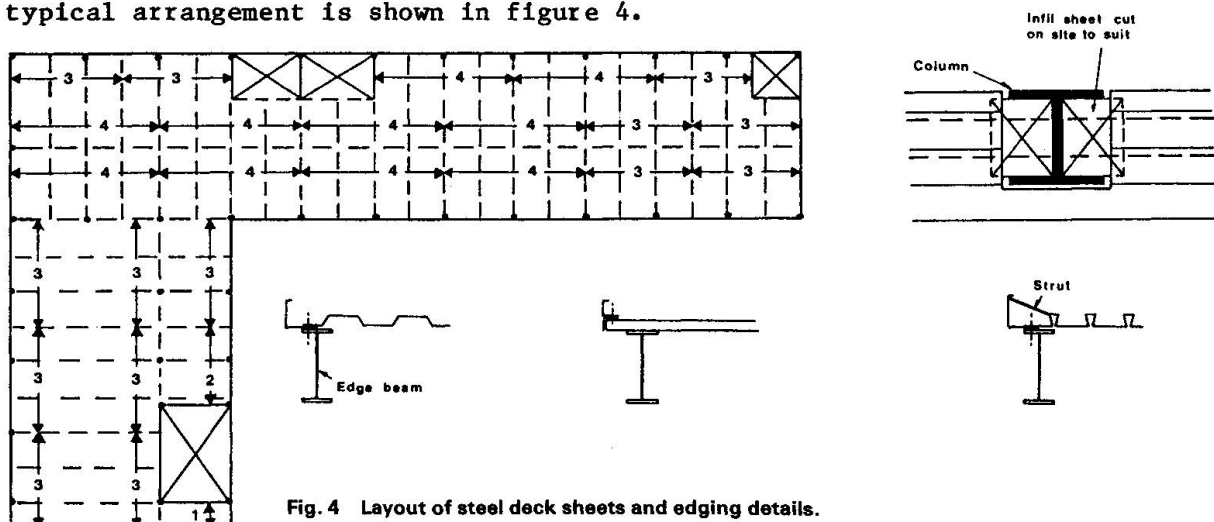


Fig. 4 Layout of steel deck sheets and edging details.

4.5 Bundles of decking are usually stacked at each floor level using the main erection crane, and these are then manually slid into their final position. It should be noted that for precast concrete slabs craneage is usually necessary for each slab. As the crane cannot be used at the same time for main frame erection, the erection time is increased.

4.6 It is usual for the main steelwork supplier to include for the supply and fixing of the deck together with shear connectors and edge trimmers, figure 4. To keep free edges straight, the edge trimmer should either be of sufficient thickness or be braced at intervals. Small pieces of galvanised steel are trimmed and fixed to fit into the column webs. When the steelwork erector leaves the site there should be no necessity for any additional timber formwork to be required. The Main Contractor should be able to proceed immediately and fix the anti-crack and fire reinforcement and then place the concrete topping, which is power floated to a final finish.

## 5. SERVICES

5.1 The modern office building now requires a high level of main services combined with flexibility to meet individual tenant requirements. Where columns are at 6 - 8m centres, air-conditioning ducts are easily fixed in the plenum under the floor beams, usually suspended from the underside of the composite floor using dovetail slots or special fixing attachments. Where the plenum also serves as the return air duct, then some types of fire protection using mineral wool will need a sealing coat to prevent loose fibres entering the system.

5.2 For offices which require a high level of specialised equipment such as computers, word processors, electronic typewriters, etc., computer or access floors are very often used, figure 5. This system uses floor units which are raised above the concrete surface on short steel members allowing cable systems to be laid underneath in the space provided. The floor units, usually about 600mm square can have the electrical outlets fitted into them to suit individual requirements. Should there be a change of office layout or a new tenant, then it is easy to change the cable outlet system to meet the new requirements.

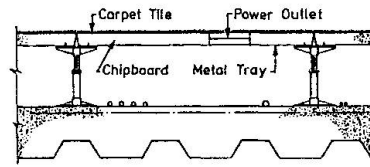


Fig. 5 Access floor.

5.3 Other systems are available where, for instance, cables are fed down partitions or poles from the ceiling above.

## 6. FIRE PROTECTION

6.1 Fire protection for steel-framed buildings is now a very simple and straightforward process. Where a suspended ceiling is being used, it is usual to spray the beams and column tops above the suspended ceiling with fibre or cementitious materials to give the required fire protection, whilst below the ceiling, dry lining is very often used, Figure 6. There is a considerable choice of materials and suppliers for each type of fire protection material [2,3].

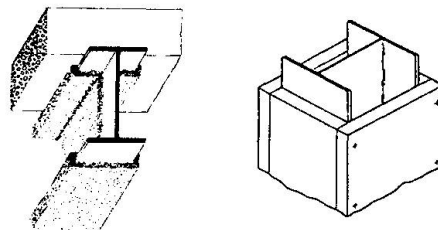


Fig. 6 Fire protection.

6.2 The fire protection is now usually applied to unpainted steel. The fire-protective materials acting also as rust inhibitors. As most fire tests are



usually carried out with the protective material applied to bare steel, this eliminates a number of problems which exist when fire-protective materials are applied on top of primer-painted surfaces. If the primer paint and the fire-protection materials are not compatible, then their performance in fire can be seriously affected.

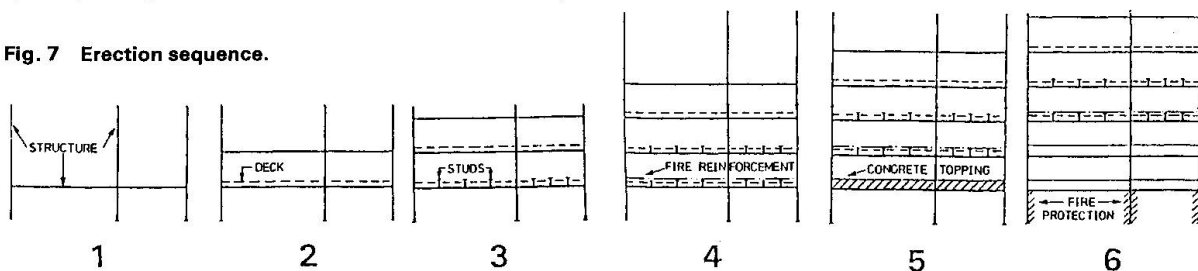
6.3 Fire resistance of the composite steel deck floor is obtained by enhancing the strength of the anti-crack reinforcement mesh which has to be placed in the concrete topping. The method of designing the composite floor to give the requisite amount of fire resistance is set out in recommendations by ECCS Commission T.3, and by CONSTRADO publication, [1]. There is no necessity to apply fire protection to the soffit of the steel deck floor. The only situation where external fire protection may be necessary is where trunking is set in the floor for cables which may decrease the effective thickness of the concrete, which would increase the temperature of the top surface of the floor beyond the specified figure.

## 7. COST OF CONSTRUCTION

7.1 The main reason for the considerable increase in the use of steel-framed multi-storey buildings in the U.K. is due to the lower overall cost of the completed building. The principal reason for this reduction in cost is the faster overall construction times that are obtained using steel frames with composite steel deck floors. The floor beams are placed at intervals between 2.4m and 3.6m, with 3m being the most usual span. For these spans there is no necessity for any props to be used. Also, for these spans the depth of the supporting beams can be kept to a minimum, and very often universal column sections are used to give minimum depth. The techniques used for designing the composite beams has been improved over the last few years, and this also contributes to reducing the beam size. Through deck welded insitu shear connectors and multi-span steel deck sheets also contribute to the speed of erection and economy. Simple supported beam-to-column connections allow computer controlled fabrication to be used, which also gives minimum cost. The result of these improvements, coupled with a relative increase in the cost of concrete, form-work and site labour, now means that the cost of a steel frame and floors is broadly similar to that for an insitu R.C. frame and floors with a slight edge in favour of steel. This now effectively eliminates one of the main arguments against the use of steel frames which had been used in the past, namely - that if there were delays in supplying and erecting the steel frame, then the advantages of fast erection could be lost and the client would be penalised. The current history of fabrication, supply and erection of steel frame and floors is that the performance by fabricators has been extremely good, and very often erection of steel frames has been completed ahead of programme.

7.2 The erection sequence for a steel frame and composite floor design is shown in figure 7. The laying of the deck and the insitu stud welding follow the erection of the frame, such that the deck is laid as quickly as possible to provide protection for the following operations; thus the concrete topping is carried out whilst erection proceeds, allowing the following trades to be tightly sequenced to ensure continuity of construction.

Fig. 7 Erection sequence.



7.3 Three years ago CONSTRADO published their Report on the Cost Comparison between steel frames with steel deck composite floors, steel frames with precast concrete floors and insitu R.C. frame and floor designs. This Report has now been updated and published [4].

7.4 An experienced construction management organisation, was again commissioned to provide construction programmes for the three construction systems noted above for 3, 7 and 10-storey buildings in four different U.K. locations including London. An extract from the Report for a 10-storey office block in London is shown in figure 8, which shows the comparison times for steel or concrete-framed buildings. It will be seen that, up to the commencement of the construction of the frame and floors, the construction programmes are identical but that, due to the necessity of extensive propping to the formwork for the insitu concrete design, there is a considerable delay before other trades can commence operations. For instance, there is a delay of some 25 weeks before the fixing of the external cladding panels can commence. These delays show that the construction time to complete the building would be 32 weeks longer for the insitu concrete design.

Ten Storey Office Block – Overall Construction Time

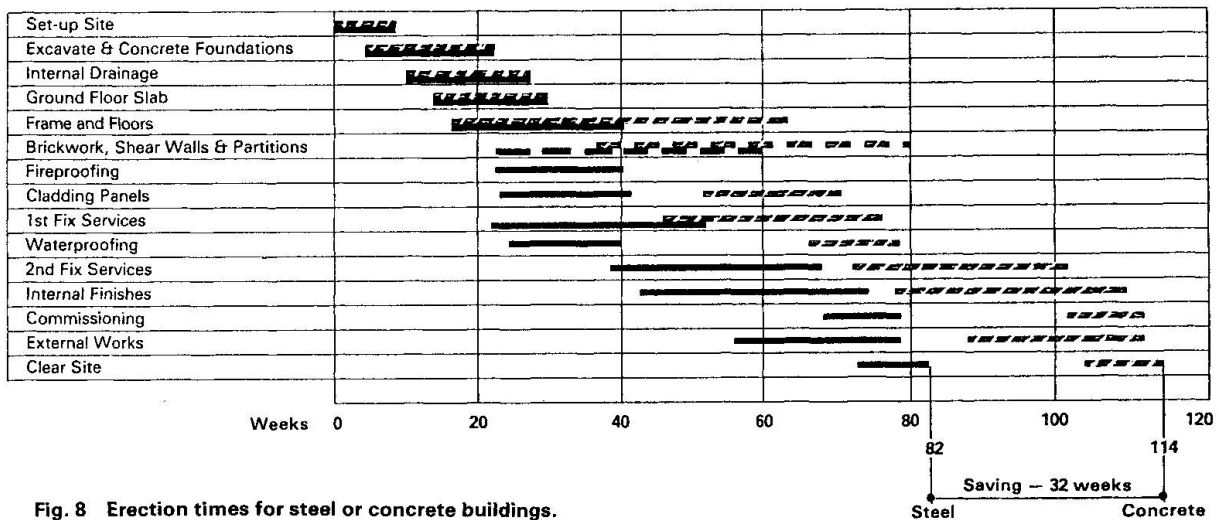


Fig. 8 Erection times for steel or concrete buildings.

7.5 One of the leading Cost Consultants, also again prepared comparative building costs for both the frame and floors, and for the complete building for the steel and concrete designs, and the result of the latter is shown in fig.9. It will be seen that the basic construction costs for the completed building, including the cost of land and professional fees for a building near the centre of London, are approximately the same, with the possibility that the steel design would be slightly less, largely due to reduced costs of hiring equipment for a shorter time and less effect from inflation. The interest charges for the capital involved in construction would be much greater for concrete, reflecting the longer period of time for which the capital is loaned

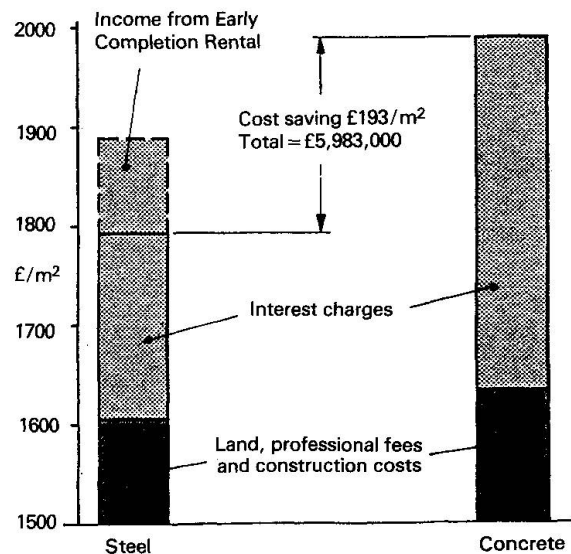


Fig. 9 Comparative building costs for 10 storey office block in London.

and, at current interest rates, this is a very considerable amount. If the time for construction in concrete is taken as the norm, then it can be assumed that the steel-framed building will be occupied by tenants at an earlier date, thus giving a return on the investment before the concrete design would have been completed. This income can also be included in the saving in cost to the client, and in the case under consideration the total cost saving amounts to some £6m. Savings of this order must be of considerable interest to clients.

7.6 The figures given in the Report are fully substantiated in practice, so much so that the principal office complex developments in London at the present time are now designed in steel, there being some half million square metres in the pipeline.

## 8. FUTURE DEVELOPMENTS

8.1 The increase in the amount of steel-framed construction has brought more construction, fabricating and component companies into this field, and prices are becoming more and more competitive. Construction management techniques are becoming widely used, and managers are moving higher up the learning curve, which will result in even faster construction times than are presently being achieved.

8.2 There is also a trend towards wider span construction to eliminate the number of columns in a building so that flexibility of the use of floor space can be extended. The column spacings of between 6 - 8m are largely based upon concrete practice to optimise construction depth and overall economy, but steel will perform much better as the span increases and its relative cost when compared with concrete will decrease even further. Research and development programmes are currently on hand to prepare recommendations for the design of stub girders for spans up to 15m, and methods which will make greater use of site welding are also being studied.

8.3 With the growth of computer designing and detailing, with automated steel fabrication processes, components will become even more economic and their greater accuracy, will ensure close fit and fast erection on site. Construction will become little more than assembling prefabricated components, which, coupled with tight control of the actual construction process, will produce low cost buildings that are efficient, pleasing to look at and very cost-effective.

## 9. REFERENCES

1. B.A. Gray, D.L. Mullett, H.B. Walker  
Steel framed multi-storey buildings  
Design recommendations for composite floors and beams using steel decks  
Section 1. Structural  
Section 2. Fire resistance  
Published by Constrado, Croydon, U.K. October 1983.
2. D.A. Elliott. Protection of Structural Steelwork. 2nd Edition.  
Published by Constrado, Croydon, UK. March 1981.
3. Fire protection of structural steel in buildings.  
Published by Constrado/ASFPCM, Croydon, U.K. April 1983.
4. B.A. Gray, H.B. Walker  
Steel Framed Multi-storey Buildings  
The economics of Construction in the U.K. 2nd Edition.  
Published by Constrado, Croydon, U.K. January 1985.