

*Reprinted from*

# HANGING ROOFS

PROCEEDINGS OF THE  
IASS COLLOQUIUM ON HANGING ROOFS,  
CONTINUOUS METALLIC SHELL ROOFS  
AND SUPERFICIAL LATTICE ROOFS  
PARIS 9-11 JULY 1962

CONSTRUCTION DE LA TOITURE DU SUPERMARKET A VARSOVIE

Waclaw ZALEWSKI

*Science Committee of PZITB (Polish Association of Civil Engineers), Poland \**



1963

NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY - AMSTERDAM

# CONSTRUCTION DE LA TOITURE DU SUPERMARKET A VARSOVIE

Waclaw ZALEWSKI

Science Committee of PZITB (Polish Association of Civil Engineers), Poland \*

The steel structure, shaped in such a manner that the values of forces in its elements do not change over all its length, covers the hall of plan dimensions  $82 \times 42$  m. The structural system, in which interacting arches are alternatively with cable prestressed ties, rests firmly

on the middle monolithic part of the building, whereas supports in the outer walls are slender. The contour of the structure's elements gives the diagram of bending moments.

Le bâtiment du Supermarket à Varsovie a été réalisé à base de la conception choisie par voie de concours. Cette conception prévoyait l'adjonction de deux bâtiments de base: du magasin libre-service et du bar à service rapide des côtés opposés de la partie centrale contenant les stocks et les locaux de service (fig. 1).

La solution de l'ensemble est caractérisée par

une compactitude, dont l'élément essentiel est le toit. Le bâtiment sur plan rectangulaire de  $82 \times 42$  m en dépit de la diversité des fonctions de ces différentes parties et ce qui en résulte des portées variées et de la nécessité de l'adaptation de la construction à chacune d'elles, est relié en une inté-

\* Now Professor de Universidad de Los Andes, Merida, Venezuela.

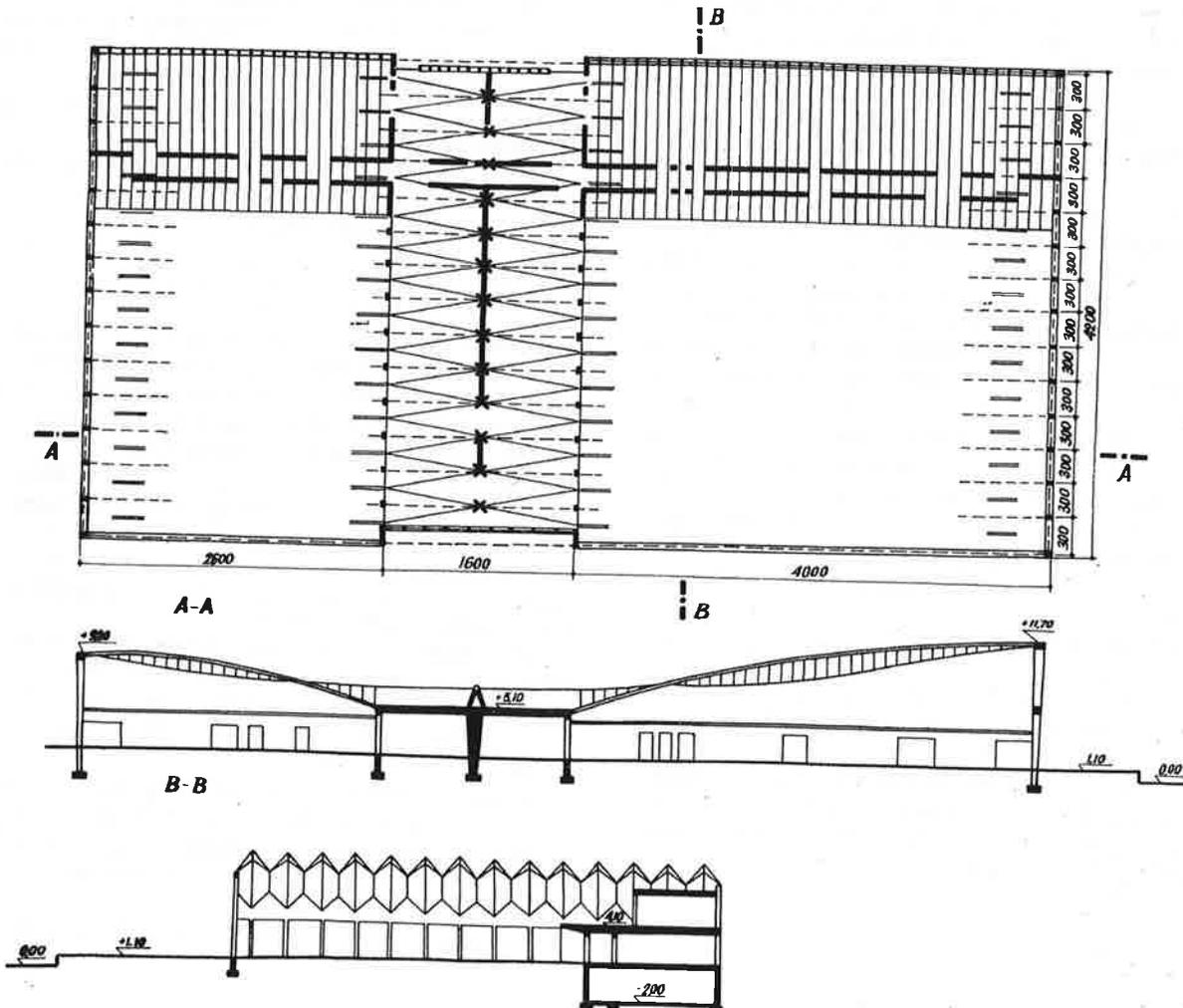


Fig. 1

grité par le système constructionnel dont le principe essentiel est constitué par la grandeur constante des forces dans les éléments porteurs sur toute l'étendue.

A un système de construction agissant en direction longitudinale du bâtiment (la longueur totale de 82 m) comprends les largeurs:

- du magasin libre-service 40 m,
- de la partie centrale 16 m (avec subdivision interne),
- du bar de service rapide 26 m.

La partie centrale surbaissée et par sa nature massive, vu qu'elle contient les réfrigérateurs exigeant une bonne isolation, s'évade du principe général de la couverture légère étant appropriée pour les halles de grandes portées. Pourtant, grâce à sa construction massive, elle remplit le rôle important d'un élément du système constructif du bâtiment comportant à sa rigidité et restant sous l'effet de la poussée concentrique.

La solution finale est basée sur l'association du système des tirants qui courent le long de tout le bâtiment pourvu de deux systèmes de contrefiches à courbure convexe (fig. 2), appuyés par leurs bases sur la partie centrale du bâtiment (fig. 3).

Les arcs et les câbles sont placés alternativement à des distances 1.5 m en plan. Les surfaces gauches de la toiture déterminées par chaque couple d'éléments adjacents concave et convexe, forment les plis et les pentes transversales prévues (fig. 4). Les poteaux des murs extérieurs sont situés tous les 3 m dans les plans d'influence des haubans. Les composantes verticales de force dans le câble sont absorbées par les poteaux. Les composantes horizontales sont équilibrées par les poussées des demi-arcs situés entre les câbles et exerçant une pression horizontale sur les poutres de rives constituant le couronnement des poteaux des murs limites. Les poteaux étant assez grêles et diminuant vers le bas ne posent pas de résistance efficace aux actions non-axiales (fig. 5). L'équilibre des forces composantes horizontales dans les arcs et dans les câbles constitue une des conditions contribuant à la définition des forces internes.

Considérant la charge uniformément répartie sur l'unité en plan comme action fondamentale, nous procédons à l'établissement du parcours de l'axe des éléments porteurs dans les zones au-dessus des nefs latérales selon la parabole du deuxième degré, en disposition des axes de coordonnées  $x$  et  $y$  (l'axe  $y$  dirigée verticalement et l'axe  $x$  horizontalement). Les ordonnées de ces axes sont données par l'équation

$$y = ax^2 + bx + c.$$

Pour la définition des forces internes ce n'est que

la valeur du coefficient  $a$  auprès de  $x^2$  qui est essentielle

$$a = \frac{1}{2R_0} = \frac{K_0}{2} = \frac{4f}{l^2}.$$

En considérant le travail de l'association câbles-arcs avec les rayons de courbure appropriés  $R_0^c$  pour le câble et  $R_0^a$  pour l'arc, nous obtenons une répartition de la charge  $q$  et des parties qui sont transportées par l'arc  $q_a$  et par le câble  $q_c$ .

De l'égalité des composantes horizontales  $H$  nous recevons

$$H_a = H_c = H = q \frac{R_0^a R_0^c}{R_0^a + R_0^c} = q \frac{1}{1/R_0^a + 1/R_0^c} = q \frac{1}{K_0^a + K_0^c}.$$

$K_0$  est la courbure (inversité du rayon) au sommets de la parabole.

À la réduction des forces dans la construction contribuent donc solidairement les courbures des éléments travaillant en association.

Il arrive souvent que pour l'appréciation du degré de la courbure de l'axe de l'élément il est utile d'opérer au moyen de grandeurs dont la lecture peut avoir lieu directement des dessins, donc au moyen de portées et de flèches.

Avec un  $l$  constant et les courbures variées de l'axe du câble et de l'arc (donc avec des flèches variées) nous pouvons écrire

$$H = q \frac{l^2}{8(f_c + f_a)}.$$

Par cette méthode la définition des forces internes se fait non pas à partir de la condition d'équilibre des moments de forces externes et internes, mais immédiatement du quotient des charges unitaires divisée par la somme des courbures.

Le contour des axes des éléments travaillant axialement constitue l'image des moments fléchissants.

Ce diagramme des moments exposé à la vue publique constitue l'élément essentiel de l'architecture du Supermarket (fig. 6).

Selon l'action des charges sur les différentes parties de la construction du bâtiment entier, le ci-dessus mentionnée diagramme des moments est composé des sections de la parabole du deuxième degré et des lignes droites.

La partie centrale a un propre système constructif indépendant et sur la largeur de cette partie la construction principale n'est pas chargée, d'où les sections droites des haubans et du diagramme des moments.

Les nefs latérales dont la couverture est du

même genre et du même poids, mais de portées variées sont caractérisés par la forme des tirants et des arcs conçus selon la parabole du deuxième degré, dont les paramètres sont entrelés.

A une charge principale uniforme sur toute l'étendue une valeur presque constante des forces axiales dans les éléments de construction sur leurs longueurs et une mise à l'équilibre commune des actions sont gardées, sans nécessité de recourir aux raccordements supplémentaires. Un cas général de chargement n'exige donc pas de dépenses du matériel pour des fins accessoires. Mais il se présente néanmoins la nécessité d'une dépense supplémentaire en matériel, afin d'adapter la construction à d'autres phénomènes qui puissent naître.

Donc pour une absorption de la différence des tractions en cas de charges variées sur les nefs latérales (neige, vent), des chevalets de butée ont été prolongés en dehors du toit de la partie centrale (fig. 7). Le manque d'uniformité dans la répartition des charges dans la portée des différentes parties du bâtiment, ainsi que l'action horizontale et oblique du vent, pourraient donner naissance aux moments fléchissants dans les arcs et les tirants. Une sécurité contre ces moments peut être assurée au moyen de l'interconnexion des éléments en compression et en tension (fig. 8).

Les tronçons de ces connexions constructionnelles déterminent les surfaces gauchées des plies de la toiture et sont utilisées en même temps pour fixer les différentes couches de la couverture même.

La construction de la toiture en acier, après son préparation dans l'atelier, a été transportée au chantier en segments de 14 m de longueur. Chaque segment de largeur de 3 m était constitué par une section de l'arc raccordée des deux côtés aux moitiés des tirants.

Le toit du hall du magasin libre-service (40 m) a été assemblé de trois segments (fig. 9), le toit au-dessus du bar (26 m) est composé de deux parties.

Après le raccordement de la construction en un ensemble au moyen de soudage des segments (fig. 10) et la section droite du tirant central, les tours des échafaudages étaient déplacées et la partie suivante assemblée. Après le raccordement des moitiés adjacentes des tirants, des câbles (18  $\phi$  5) ont été enfilés au-dessous des tôles de liaison (fig. 11).

Ces câbles, à un dans chaque tirant, courent le long du tout le bâtiment et les lieux de leurs ancrages sont situés au niveaux des couronnements de rives en béton armé.

Dans la première phase du travail le tirant com-

posé de L 100  $\times$  50 absorbe toute la traction. La mise en tension des câbles qui a lieu ensuite, provoque une compression dans les éléments jusqu'ici tendus, ce qui résulte en une consommation d'acier réduite à la moitié.

Les fils des câbles embrassent des deux côtés l'extrémité en tube du chevalet central rigidissant, auquel il sont raccordés après la tension terminée.

Le canal du tirant est ensuite rempli au mortier protégeant les câbles contre la corrosion.

Les nervures en forme d'arcs sont faites de deux profils [ NP 16 raccordés par des entretoises et leur vide intérieur est utilisé pour le conduit du ventilateur de refoulement.

La consommation totale d'acier était de 100 t, y compris 3 t d'acier à haute résistance pour précontrainte. Les raccordements constructionnels des arcs et tirants adjacents servent à fixer les différentes couches de la couverture. L'isolation thermique est constituée par des panneaux souples en feutre. La protection contre la pluie est donnée par la couverture en tôle galvanisée (fig. 12) posée sur une cale en bois. La surface intérieure du plafond est formée par des tringles en bois soulignant par leur cadence les courbures et déviations courantes des plis du plafond (fig. 13). Les éléments en bois, dont on a fait usage au lieu de tringles en matières plastiques prévues antérieurement, sont peints au vernis ignifuge.

Le mur longitudinal et les murs latéraux vitrés (fig. 14) supplémentés par les lanterneaux du côté central donnent un éclairage diurne convenable.

## CONCLUSION

Le bâtiment du Supermarket à Varsovie qui est le plus grand des bâtiments de ce type en Pologne remis jusqu'ici à l'usage public, se range parmi les constructions relativement bon marché, à ce fait ont contribué probablement en un certain degré les principes de construction ci-dessus décrits.

## AUTEURS DU PROJET

Architecture: Prof. Jerzy Hryniewiecki  
arch. arch. Ewa et Maciej Krasicki  
Constructeurs: Stanislaw Kuś (avant-projet)  
Waclaw Zalewski  
Andrzej Zórawski (projet technique  
et d'exécution).

\* \* \* \* \*

