

Constance de la force comme critère de la forme rationnelle d'une construction.

## 1. Introduction

Une des tâches essentielles des ingénieurs occupés à l'art de construction consiste dans le choix de formes rationnelles pour les constructions projetées et exécutées par eux.

Il est pourtant à constater que la préparation des architectes, ainsi que des ingénieurs pour l'accomplissement de telle tâche est insuffisante.

Dans l'éducation des ingénieurs l'attention principale est dirigée vers l'analyse du travail de différents systèmes de construction, qui sont considérés presque comme des dons de la nature. Ceci résulte en une attitude passive dans la recherche des formes rationnelles qui constitue pourtant la tâche essentielle de l'étude d'un projet de construction.

A son tour l'architecte concentre son attention sur la recherche d'une forme agissant visuellement sur le côté psychique de l'homme. Dans leur activité, dirigée vers un but tellement important, les architectes ne se basent pas pour la plupart sur des réalités objectives rationnelles. En plus, ce qui n'est pas un secret, la connaissance des problèmes de résistance et de la technique d'exécution de la construction reste le talon d'Achille de presque tous les architectes.

Dans cet état de chose la nécessité s'avère de dévelop-

per parmi les projecteurs un plus vif intérêt pour la théorie et la pratique de la création de la forme d'une construction.

Les ingénieurs ont plus de facilité à comprendre et à assimiler ceux des aspects de création de la forme qui consistent dans la recherche et dans l'application des solutions assurant du point de vue technique la possibilité optima de parvenir au but pour lequel la construction considérée a été prévue.

Ceci consiste en principe dans la tendance d'appliquer à la réalisation, ainsi qu'à l'exploitation du bâtiment un effort minimum. Dans cette tâche sont très utiles les considérations concernant la résistance et la sécurité de la construction, ainsi que la technique d'exécution, en réservant au facteur économique un rôle prépondérant.

## 2. Quelques principes de création de la forme de la construction

Il existe un nombre de principes de création de la forme d'une construction sous point de vue ci-dessus cité. On peut nommer entre eux des principes de choix d'une forme en tenant compte, entre autres:

- 1 - de la mise en valeur des contraintes admissibles dans toutes les sections
- 2 - d'obtention d'une résistance uniforme dans toutes les sections
- 3 - du minimum du potentiel élastique
- 4 - du minimum du coût de revient, du volume ou du

poids de l'ensemble ou de différents matériaux composants.

Ils peuvent être cités encore d'autres principes de création de la forme ayant pour but remplir plusieurs conditions à la fois.

Parmi tels principes généraux peut être compté celui de la constance de la forme comme critère de la forme rationnelle. Ce principe appliqué à une poutre appuyée librement présuppose la présence d'une force constante /résultante de toutes les contraintes du même signe/ dans les deux membrures / comprimée et tendue/ sur toute la longueur de la poutre. Pour préciser, il s'agit donc de la constance des composantes horizontales des forces dans les membrures. Ceci mène en conséquence à la proportionnalité / en chaque section/ de bras de levier des forces internes au moment fléchissant.

La constance des forces résulte en différents avantages contribuant à l'obtention du ci-dessus cité optimum général; on est proche d'atteindre une exploitation complète des qualités de résistance du matériau et on gagne des facilités essentielles d'exécution.

En premier rang il y aurait à citer la possibilité d'éviter des changements des sections des membrures, ce que représente un avantage dans les constructions en béton armé et précontraint, de même

que dans les constructions en acier et en bois. Un autre avantage est celui d'une baisse considérable de forces d'interaction mutuelle des deux membrures. Chaque changement de force, p.ex. dans l'armature inférieure de la poutre en béton armé, ou dans la membrure tendue d'un treillis, exige " l'évacuation " de l'accroissement de force vers la zone située de l'autre côté de l'axe neutre. Donc la condition essentielle de résistance de l'ensemble d'un système en cas de changement des forces dans les membrures est d'assurer l'association des deux zones.

La grandeur de la force de cisaillement dans la région entre les deux zones / comprimée et tendue / est proportionnelle à la dérivée de la force dans les membrures. Si nous comparons deux systèmes de poutres en treillis, dont le premier a des membrures parallèles, et dans le second les distances entre les membrures sont proportionnelles aux moments correspondants, nous aurons à constater une différence essentielle entre les grandeurs des forces dans les croisillons, malgré le même tracé de forces transversales / fig. 1a et 1b /. Le second treillis présente le cas d'une valeur constante des composantes horizontales des forces dans les membrures et les valeurs zéro des forces dans les croisillons. On peut également s'imaginer le cas d'un système chargé de telle manière, qu'à une force transversale qui égale zéro, les forces de compression et de traction ne sont

pas constantes sur la longueur /fig.2/; des forces proportionnelles aux changements de ces forces dans les membrures surviennent alors dans l'âme. Si un tel système est exécuté en béton armé, des fissures obliques peuvent apparaître dans l'âme, malgré l'absence d'une force transversale, considérée généralement comme étalon du champ de forces en cette région. Nous présentons quelques exemples pour illustrer les principes de création de la forme en adoptant le critère d'une force constante.

3. Exemple de création de la forme en adoptant le critère de force constante.

Exemple 1. Dans les poutres-types KBO précontraintes à câbles, une disposition à deux membrures a été adoptée.

La variabilité parabolique de la hauteur correspond au tracé des moments d'une poutre librement appuyée sous charge uniforme. Deux avantages essentiels en résultent: 1/ économie en consommation des matériaux 2/ avantages importants pendant le montage, résultant du poids insignifiant en comparaison avec d'autres solutions de systèmes de même hauteur / fig.3 et 4/.

Exemple 2. Treillis ajourés précontraints, constituant la toiture des tribunes de la patinoire artificielle à Varsovie présentent une forme étant l'image de la variabilité des moments fléchissants dans une

poutre en porte-à-faux. On a obtenu donc un système porteur caractérisé par une presque constante valeur des forces longitudinales dans les deux membrures. En résultat une exploitation presque totale de la capacité portante du matériau a été atteinte /fig.5 et 6/.

Exemple 3 . La construction de la toiture du Supermarket à Varsovie - du point de vue de sa forme - se range du côté du groupe ci-dessus cité, quoique contrairement aux exemples précédents le "jeu" des forces internes ne se produit pas ici en un seul plan. Une construction continue de toiture du bâtiment de 42 x 82 m en plan, recouvre les trois quarts du "Supermarket". Les nervures archées des halls latéraux espacés de 3 m sont appuyés sur le massif de la partie centrale de la construction /magasin/. La poussée des arcs au niveau du couronnement des poteaux des murs extérieurs est absorbée par les haubans suspendus entre les poteaux sur la longueur totale de 82 m. Les arcs et les haubans ainsi disposés forment des crêtes et des vallées d'une toiture pliée, de section variable des halls latéraux. Les contours des arêtes concaves et convexes des plies donnent l'image des grandeurs des moments fléchissants pour le cas donné d'une poutre à trois travées, à deux champs de rives chargés et le champ central libre de charge. L'ensemble est exécuté en acier de section constante sur toute la longueur. La membrure inférieure est précon-

trainte et ses tronçons parcourant au-dessus du toit de la partie centrale sont rectilignes. Ceci est la conséquence ultérieure d'adoption du critère de la constance de la force dans la création de forme rationnelle, dans quel cas aux différents éléments du système sont données les courbures proportionnelles aux charges qu'elles ont à supporter dans différents endroits /fig.7,8 et9/.

Exemple 4 . On a également tenu compte du principe de la création de la forme en adoptant le critère de la force constante à l'étude des projets des bâtiments industriels à multiple étages en construction à chapiteaux.

Les éléments particuliers de la construction ont été conçus de manière permettant, vu leur poids insignifiant, une transmission directe de forces aux supports; les bras des chapiteaux reposant sur les poteaux sont dirigés vers le milieu, tandis que leur forme, ainsi que les nervures des dalles appuyées sur les bras des chapiteaux suivent le cours des moments fléchissants /fig.10,11a,b,c,d et 12/.

Les forces de traction presque constantes sur la longueur ont été obtenues dans la surface du plancher, ce qui a permis de poser les câbles de précontraintes dans deux directions perpendiculaires, en travers et en longueur du bâtiment, sans ~~sans~~ nécessité de recourber les câbles et de différencier

leurs longueurs. Ce fait vaut d'être souligné en raison des difficultés provenant de l'application de la précontrainte aux systèmes traditionnels poutre-bâti dans les bâtiments à multiples étages /fig.13/. A des portées relativement petites les variations considérables des forces de traction dans les sections courtes résultent dans la nécessité d'avoir recours aux recourbures, bornes de câbles et ancrages nombreux rendant l'exécution compliquée et onéreuse.

Exemple 5. D'autres possibilités du choix de la forme en tenant compte du critère de la force constante sont représentées par le projet de la toiture-terrasse du hall sportif à Katowice. Cette toiture en forme d'une dalle circulaire, quelque peu déformée, de diamètre au-dessus de 100 m a été étudiée en forme de couples d'anneaux concentriques comprimés et tendus, suspendus successivement sur des éléments de diamètre croissant progressivement jusqu'à la rive reposant sur la construction d'appui /fig.14/.

Parmi les différentes possibilités de solution de la construction d'une dalle circulaire de telles dimensions, deux peuvent être envisagées.

La première consiste dans l'application des treillis centripètes avec des surfaces d'influence le long des rayons du cercle. Ils resteraient sous



l'effet des moments du vecteur perpendiculaire au rayon /fig.15/. Les forces dans les membrures seraient dans ce cas variables et les forces dans les croisillons de grandeur considérable. Une solution différente a été étudiée dans le projet. La construction reste ici sous l'effet des moments aux vecteurs correspondants aux directions des rayons /fig.16/.

Dans chaque couple d'anneaux dont est composée la construction, l'anneau supérieur est comprimé et l'anneau inférieur tendu /fig.17 et 18/.

Les forces dans les anneaux sont dues aux composantes horizontales des forces de traction dans les haubans obliques. Toute la partie intérieure de la construction / au droit du couple des anneaux cité/ étant suspendue aux haubans s'écartant à l'extérieur, fait naître dans l'anneau supérieur sur tout sa circonférence une force de compression. Par des potelets verticaux le poids de la partie intérieure de la couverture est transmis vers l'anneau inférieur suspendu au système des câbles suivant, au plus grand anneau voisin. Les composantes horizontales des forces dans les suspensions obliques font naître la traction dans l'anneau inférieur et la compression dans l'anneau supérieur successif.

De cette manière en chaque section diamétrale de la construction de la toiture agissent les forces de compression en haut et de traction en bas. Celles-ci créent des moments positifs à vecteur radial.

Théoriquement la consommation des matériaux dans les deux solutions soumises à la comparaison, est la même. La répartition du matériau dans la construction radiale en treillis n'est pas uniforme, car tous les 3 m les forces dans les membrures subissent un changement. Dans la conception des anneaux les forces sur la circonférence de chaque anneau de longueur moyenne restent inchangées sur plus de 200 m, ce qui résulte en un nombre d'avantages.

#### 4. C o n c l u s i o n

Le principe de la création de la forme basé sur le critère de la force constante est, malgré sa simplicité, universel et comprend à la fois plusieurs aspects de base de l'élaboration des projets de constructions. Quoique la justesse de certaines solutions illustrant ce principe semble d'être évidente et n'exige pas de définition, néanmoins, pour la totalité des problèmes liés à l'étude des projets de constructions/y comprises les coques/, une formulation d'atelier "Constance de la force comme critère de la forme rationnelle d'une construction" semble d'être utile.