

QUELQUES PROBLEMES RELATIFS A L'ETABLISSEMENT DU PROJET STRUCTURAL DE LA CONSTRUCTION A GRANDS PANNEAUX

par

T. MATUSCSÁK

Chaire de la Résistance des Matériaux.

Université Technique de Budapest

(Reçu le 15 janvier 1968)

(Présenté par le Prof. DR. J. PELIKÁN)

Au cours de l'établissement des projets pour la construction industrialisée des bâtiments, la participation des spécialistes, tels que le constructeur, l'ingénieur de structures, l'ingénieur des installations différentes, le spécialiste des éléments structuraux, l'ingénieur des services techniques, le technologiste, — est indispensable.

En ce qui suit, nous allons analyser les mesures à prendre dans un seul domaine, celui de l'établissement du projet structural, vues sous le prisme de la collaboration des spécialistes mentionnés.

1. Les particularités de l'établissement du projet structural des bâtiments à grands panneaux

1.1 L'importance accrue de l'établissement du projet structural dans les constructions à grands panneaux

„L'établissement du projet structural est une partie du planning général (non détaillé), concernant les éléments structuraux. Au cours de l'étude du projet structural on établit en grandes lignes

le système

la forme

le matériau

la méthode de construction et

les dimensions principales approximatives de la structure.” [1]

Le constructeur peut être soit l'auteur du projet du bâtiment en cause, en qualité d'architecte ou d'ingénieur statique, soit une tiers personne, possédant la qualification de tous les deux champs de connaissances: l'auteur du projet structural.

L'étude des projets des bâtiments préfabriqués et assemblés exige en généra₁

l'observation poussée des points de vue de l'établissement du projet structural. Cette nécessité est motivée par le fait que l'application multiple des éléments produits en série entraîne l'intensification de l'effet de certains éléments structuraux, ainsi que l'effet du système des éléments, exercé sur l'ensemble, la configuration et les caractéristiques économiques du bâtiment.

En ce qui suit je voudrais traiter des problèmes de l'établissement du projet structural de la *construction aux grands panneaux*, étant donné que dans notre pays c'est le type de bâtiment qui est passé au premier plan parmi toutes les constructions en éléments produits en usine à l'aide d'une mécanisation intense.

L'expression grand panneau signifie l'élément produit industriellement en série, ayant les dimensions d'une pièce courante, en deux directions (largeur et hauteur).

1.2 L'importance accrue de la collaboration des participants de l'étude du projet en cas de la construction à grands panneaux

On ne peut juger de l'économie de la solution d'un problème donné qu'après avoir pris en considération des points de vue complexes. En effet, si nous étudions l'économie du bâtiment à grands panneaux de la part du projecteur structural, il ressort que — tout en cherchant l'approximation de la solution économique selon les points de vue raisonnables de la statique et de la structure proprement dits, — l'établissement du projet structural ne peut évaluer l'économie et l'efficacité que dans l'ensemble de la solution complexe du problème. On rencontre toujours plus souvent le cas où l'utilisation des éléments surdimensionnés, ou bien jugés statiquement trop onéreux, entraîne une solution plus économique, due respectivement à la simplification de la fabrication et du montage, ou bien aux possibilités de la fabrication en plus grandes séries.

1.3. Les problèmes fondamentaux de l'établissement relatifs au projet de la construction aux grands panneaux

Les bâtiments traditionnels furent construits empiriquement, sans calculs statiques.

Aujourd'hui on étudie les éléments structuraux d'un bâtiment en général à la base des calculs statiques. En cas des bâtiments courants, les calculs sont mis au point surtout en ce qui concerne les charges verticales et dans la plupart

des cas les autres charges sont négligeables par suite du poids relativement grand et du caractère monolithe des bâtiments.

Cependant dans le cas des bâtiments à grands panneaux, au poids propre relativement réduit à côté des forces verticales, les sollicitations dues aux efforts et aux effets dynamiques horizontaux peuvent atteindre des valeurs importantes. Ce danger se trouve aggravé par la construction des maisons toujours plus hautes, et parce que le caractère monolithe, la coaction des éléments de structure préfabriqués des bâtiments se réduit d'une façon sensible par rapport aux bâtiments traditionnels.

Au cours de l'établissement du projet structural, eu égard aux points de vue de l'architecture et de l'économie, la structure d'un bâtiment à grands panneaux doit répondre aux conditions suivantes :

- elle doit satisfaire aux exigences architecturales (fonctions, esthétique etc.) à un niveau élevé;
- la fabrication et l'assemblage des éléments structuraux doivent être aisés et économiques;
- la rigidité et la stabilité du bâtiment comme caisson spatial doivent être assurées pour être susceptibles à supporter les effets, influences d'ensemble;
- les éléments structuraux indépendents (fondations, murs, planchers) doivent porter d'une façon sûre les sollicitations;
- les joints entre les éléments doivent assurer la coaction tridimensionnelle du bâtiment, ainsi qu'une transmission des charges entre éléments.

Le problème fondamental de l'établissement du projet structural consiste donc dans un choix convenable du système et des éléments structuraux. Les points de vue de la fabrication et du montage exigent un soin particulier concernant l'élaboration des détails au cours de l'établissement du projet structural lors de l'étude générale (en grandes lignes) du projet du bâtiment. Ainsi la mise au point de certains calculs de détail peut se révéler nécessaire déjà dans le stade de l'établissement du projet structural.

1.4. Efforts agissant dans les bâtiments à grands panneaux

Les efforts s'exerçant sur les bâtiments sont :

- a) Efforts verticaux - charge constante (poids des structures)
 - charge utile
- b) Efforts horizontaux - vent
 - séisme etc.
- c) Effets complémentaires - dilatation thermique
 - déformations inégales du sol etc.

L'hypothèse fondamentale de la répartition des forces dans les bâtiments à grands panneaux est que toutes les charges et sollicitations sont transmises aux fondations et au sol par les murs verticaux :

a) Les charges verticales — la charge morte des murs non comprise — sont transmises aux murs par les planchers en tant que force d'appui.

b) Les efforts horizontaux sont transmis par les murs perpendiculaires à l'effort sur les planchers, supposés comme disques rigides coagissant dans leur

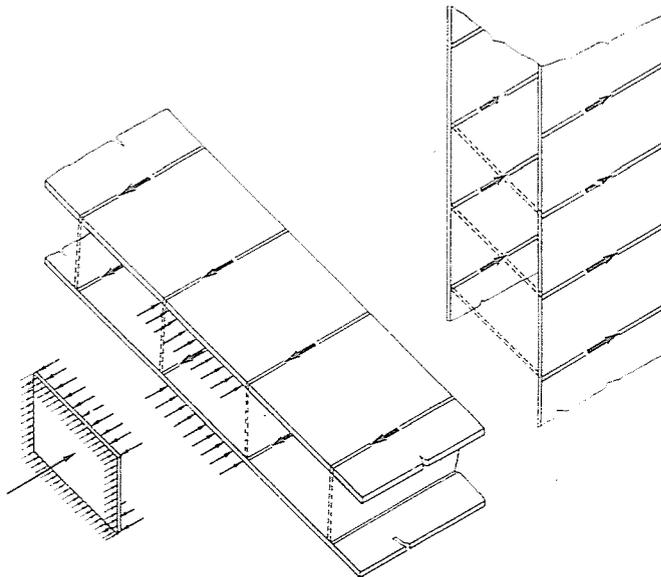


Fig. 1.

plan; les planchers répartissent les forces horizontales entre les murs dans la direction des forces dans la proportion de leur rigidité. La rigidité des murs perpendiculaires dans la direction de l'effort (ainsi que leur rôle dans la réception des forces horizontales) est en général négligeable (Fig. 1).

c) Les effets complémentaires sont repartis par les planchers entre les murs de refend porteurs tantôt comme efforts verticaux, tantôt comme efforts horizontaux, suivant leur nature.

Les problèmes de l'étude des projets des bâtiments préfabriqués en usine, ainsi que ceux de l'établissement du projet structural, se présentent en deux étapes. Il est donc probable qu'une fois les projets de fabrication des éléments et des bâtiments sont mis au point, l'adaptation incombe à quelqu'autre.

2. Les problèmes de l'étude structurale dans la construction à grands panneaux dans le stade du projet de produit

Le stade du projet de produit exerce une influence décisive sur la configuration des bâtiments à grands panneaux, conçus en général en „système clos”. C'est en ce stade que les traits caractéristiques du bâtiment seront fixés, tout en déterminant les moyens de la satisfaction aux exigences fondamentales structurales du bâtiment à grands panneaux.

Dans ce stade de la conception le constructeur doit garantir:

2.1 *Le choix convenable du système structural du bâtiment*

2.11 *Les possibilités des systèmes structuraux en général*

Les systèmes structuraux peuvent être divisés en trois groupes principaux, selon le développement et l'aménagement des éléments verticaux porteurs d'importance pour la réception des charges et des forces statiques des bâtiments:

a) Système aux murs de refend porteurs. En général les murs y jouent un rôle complexe (délimitation de l'espace, support, isolation thermique et acoustique, étanchéité)

b) Système à ossature

Tout en gardant leur rôle complexe, les murs cessent d'être porteurs, mais les charges du bâtiment sont portées par des poteaux destinés exclusivement à ce but.

c) Système mixte

Les charges du bâtiment sont portées par des murs et des poteaux.

En général la méthode de construction à grands panneaux signifie une construction dans laquelle les charges du bâtiment sont portées par des murs de refend, composés de grands panneaux.

Au cours d'un développement ultérieur il faut absolument étudier les possibilités d'adaptation des grands panneaux pour les cas des systèmes à ossature et mixtes.

2.12 *Les variantes des systèmes aux murs de refend porteurs*

Les systèmes aux murs de refend porteurs peuvent être catégorisés d'une façon efficace selon l'aménagement des murs portant les forces d'appui verticales des planchers.

2.12.1 Le système porteur longitudinal

Les murs portant les forces d'appui verticales des planchers sont parallèles à l'axe longitudinal du bâtiment. Les murs porteurs longitudinaux divisent le bâtiment en sections en profondeur (Fig. 2).

Les avantages du système sont:

a) dans les cadres d'une section (en sens longitudinal) la conception du plan est relativement libre.

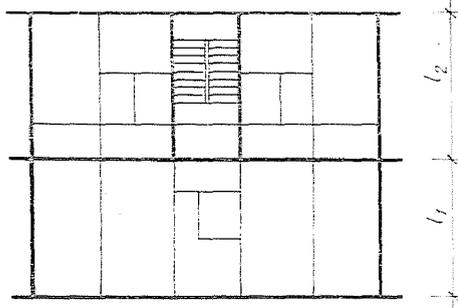


Fig. 2a.

b) Les murs périphériques longitudinaux, nécessaires également pour la délimitation de l'espace, sont utilisés structurellement, donc ce ne sont que les murs de résistance intérieurs, qui sont porteurs au sens propre du mot.

c) Cet aménagement est très favorable pour supporter les efforts horizontaux, longitudinaux, (et donc en général moins importants).

Les inconvénients du système sont:

a) Étant donné les difficultés du développement des joints entre les sections.

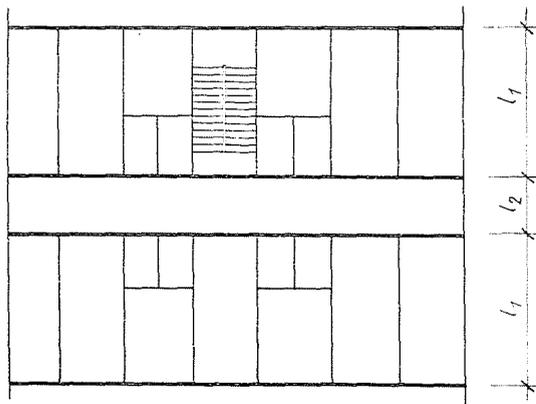


Fig. 2b.

— et des effets sur la façade des variations éventuelles — la conception a un grand nombre d'entraves à surmonter.

b) Les murs transversaux absolument nécessaires ne sont pas exploités comme murs porteurs (pignons, murs mitoyens, murs de la cage d'escalier). Il y a nombre de murs non-porteurs.

c) Le système est défavorable pour supporter les efforts horizontaux, transversaux (donc ceux, généralement considérables, qui attaquent des surfaces plus étendues). C'est pourquoi il ne peut pas être employé sans contreventement que pour des bâtiments à un nombre d'étages réduit.

d) Le développement des panneaux de façade porteurs correspondant aux exigences architecturales et structurales pose également des problèmes, — il en résulte souvent de petites fenêtres et une monotonie de la façade.

Des raisons structurales interdisent de rompre le plan de la façade longitudinale dans la hauteur du bâtiment, les panneaux porteurs doivent être strictement superposés et leur décalage horizontal aurait également des conséquences technologiques bien graves (dédoublément du nombre des joints). Cette tâche complexe peut être accomplie par des panneaux de façade multicouches, ce qui pose cependant de nouveaux problèmes et des frais. En particulier, il s'agit d'assurer des déformations identiques entre les couches porteuses et non-porteuses, ainsi que d'éviter la formation des ponts thermiques aux joints.

e) les planchers-dalles ne peuvent être porteurs que dans un seul sens, ayant en général trois, exceptionnellement quatre appuis au maximum.

2.12,2 Système aux murs de refend

Les murs portant les forces d'appui verticales des planchers sont aménagés perpendiculairement à l'axe longitudinal du bâtiment. Les murs porteurs de refend divisent le bâtiment en bandes (Fig. 3).

Les avantages du système sont les suivants:

a) dans l'intérieur d'une bande le plan peut être librement développé (transversalement), les cloisons pouvant être disposées n'importe où.

b) Le système exploite les murs de refend, nécessaires déjà pour la délimitation de l'espace, (y compris les cloisons entre appartements, les murs d'escalier et les pignons) comme murs porteurs. On n'a pas besoin de murs exclusivement porteurs.

c) La solution est très favorable pour porter les efforts transversaux, horizontaux (donc, d'importance décisive).

d) Il y a plus de possibilité pour la conception libre de la façade, soit dans son plan, soit perpendiculairement: l'ouverture complète de la façade ainsi que le déplacement horizontal ou vertical de son plan sont relativement simples à exécuter.

Les inconvénients du système sont les suivants:

a) Les difficultés posées par des joints entre bandes signifient des entraves fonctionnelles, surtout dans le cas d'une implantation serrée des murs de refend.

b) Sa rigidité est défavorable pour supporter les efforts longitudinaux

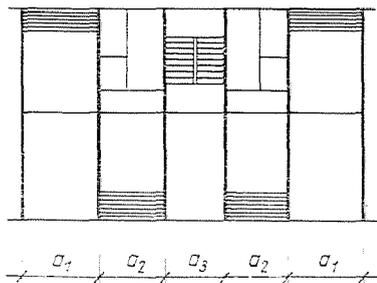


Fig. 3.

horizontaux (surtout quand il s'agit de peu de bandes) — mais vu l'effort relativement réduit, cet inconvénient a peu d'importance.

c) Les planchers-dalles sont porteurs en un seul sens, mais ils peuvent être assemblés en dalles continues sur appuis multiples.

2.12.3 Système porteur mixte

Les forces d'appui du bâtiment sont portées en commun par les murs longitudinaux et transversaux du bâtiment. Si tous les tronçons de planchers sont appuyés en chaque direction, il résulte un *système porteur croisé* (dont tous les murs longitudinaux et transversaux sont porteurs).

Ce système de construction est caractérisé par la totalisation des avantages structuraux et des inconvénients architecturaux et technologiques, propres aux systèmes composant celui-ci (Fig. 4).

Avantages du système porteur transversal:

a) Tous les murs servant à la délimitation de l'espace sont utilisés en même temps comme murs porteurs; par l'utilisation des murs périphériques et mitoyens, la charge spécifique pour un mur se réduit en même temps que son épaisseur.

b) En conséquence des refends porteurs dans les deux sens, la rigidité du bâtiment est très favorable pour porter les efforts longitudinaux et transversaux.

c) Les planchers-dalles peuvent être rendus porteurs dans les deux sens et connectés après-coup en dalles continues.

d) Pour compenser en part les inconvénients architecturaux dont on reparlera, il y a la possibilité de déplacer les murs longitudinaux ou transversaux parallèlement à leur plan.

Les inconvénients sont:

a) Les murs porteurs aménagés en deux sens s'opposent à la satisfaction fonctionnelle. La possibilité d'une transformation après-coup n'existe pas.

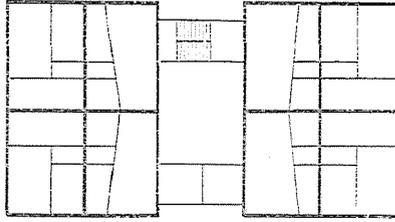


Fig. 4.

b) L'utilisation des panneaux porteurs de façade pose les mêmes problèmes mentionnés pour le système à murs longitudinaux.

c) Le nombre des joints destinés à la transmission des efforts se dédouble environ par rapport aux „systèmes purs”.

Pour éviter les inconvénients du système porteur croisé, on peut avoir recours aux *systèmes porteurs partiellement mixtes*, dont on peut distinguer deux groupes principaux:

I. *Système porteur mixte longitudinal*

C'est une sorte de perfectionnement du système porteur longitudinal, basé sur utilisation de certains murs délimitant l'espace (p.ex. les pignons, les murs d'escalier) en murs porteurs (Fig. 5).

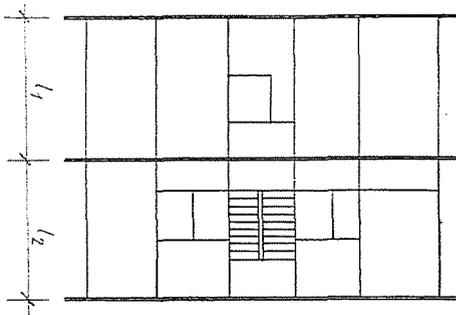


Fig. 5.

Par ce moyen on peut garder les avantages mentionnés ci-dessus du système porteur longitudinal, tandis que par l'augmentation de la rigidité transversale, ceux de ses inconvénients que nous avons mentionnés dans les points *b*) et *c*) peuvent être évités, encore que dans certains tronçons on peut utiliser des éléments de plancher travaillant dans les deux sens.

II. Système porteur mixte transversal

Le système porteur mixte transversal résulte d'un développement du système porteur transversal, si parmi les murs longitudinaux absolument nécessaires pour la délimitation de l'espace, quelques-uns, en général ceux qui ne sont pas

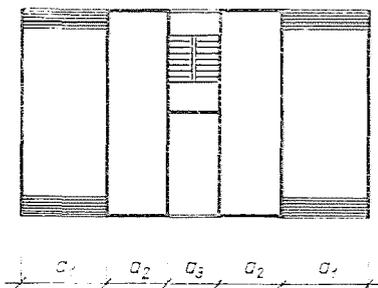


Fig. 6.

percés, ou bien possèdent de petites ouvertures (les murs intérieurs de l'escalier, quelques parties, p.ex. les parties extrêmes du mur de la façade) sont engagés en éléments porteurs (Fig. 6).

Dans ce cas, tout en gardant les avantages du système porteur transversal, il est possible d'augmenter la rigidité longitudinale du bâtiment; dans certains tronçons de planchers on peut utiliser des éléments de plancher travaillant dans les deux sens, — ainsi les inconvénients du système porteur transversal seront sensiblement diminués.

2.13 Le choix du type du système porteur

Dans le cas de la construction à grands panneaux, en vue des avantages et des inconvénients énumérés ci-dessus avec toutes leurs conséquences, — le choix d'un système structural donné est contrôlé par les considérations suivantes:

a) Système porteur longitudinal

Il convient pour des immeubles d'habitation à peu de niveaux, aux logements donnant sur des escaliers individuels, — même en ce cas l'utilisation du « système porteur mixte longitudinal » est plus recommandable.

b) Système porteur transversal

Pour des bâtiments à relativement peu d'étages, allongés, formant bande.

c) Système porteur mixte

- le système porteur croisé est efficace dans le cas des bâtiments à grande hauteur (10 à 18 niveaux) et dans le cas des plans à peu près carrés (p.ex. maisons « grosses »),
- dans les cas les plus courants des maisons d'habitation (5 à 14 niveaux, plan légèrement allongé) prenant en considération les points de vue de l'établissement du projet structural.

C'est le *système porteur mixte transversal* qui s'avère le plus efficace.

N.B. Il est remarquable que dans le cas le plus courant, mentionné ci-dessus, les points de vue de la statique imposent le système porteur croisé, — tandis que les points de vue de l'établissement du projet structural suggèrent l'utilisation du système porteur mixte transversal. — il y a donc une différence sensible entre les deux solutions.

2.2. L'étude structurale des refends

L'étude des refends peut être accomplie efficacement en deux étapes. Nous allons traiter d'abord les refends supposés continus, puis des éléments qui les composent.

2.21 L'étude des refends continus

2.21,1 Les charges et les effets exercés sur les refends (Fig. 7)

a) Réception des efforts verticaux Q (poids propre des murs G_0 , poids du plancher et d'autres éléments structuraux G , charges utiles P) et leur transmission jusqu'aux fondements.

b) Réception des efforts horizontaux H (vent etc.) et leur transmission jusqu'aux fondements, le contreventement.

c) La mise en équilibre des déformations dues aux effets différents.

2.21,2 Classification des murs

La littérature spéciale classe les murs *selon la place qu'ils tiennent comme éléments portant des charges verticales* — de la façon suivante:

- Murs porteurs: poids propre (G_1), poids du plancher et d'autres éléments (G_2), charges utiles (P)
- Murs autoportants: poids propre (G_1)

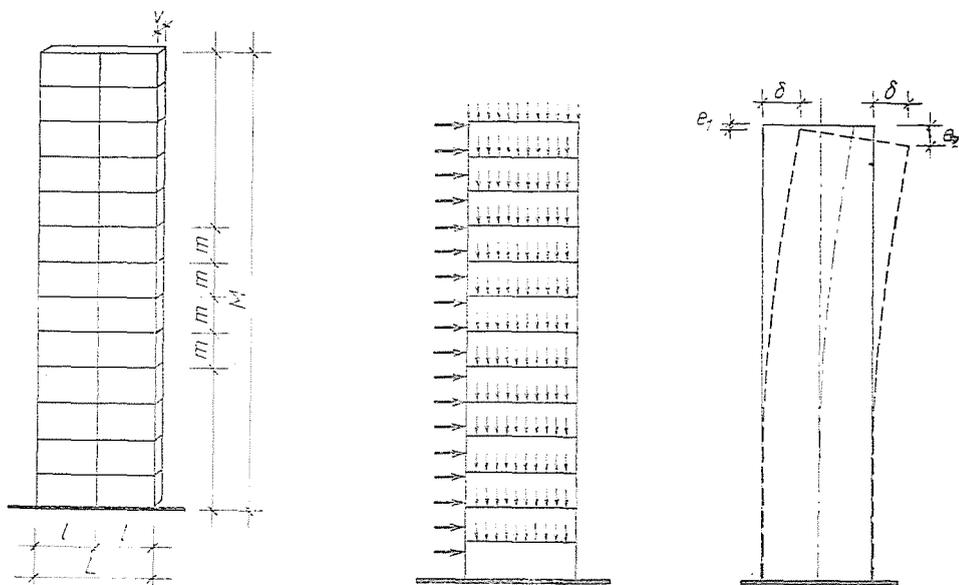


Fig. 7.

- Murs de remplissage: déchargeant leur poids propre chaque niveau sur les planchers ou sur les refends.

Cette classification n'est pas absolument satisfaisante, étant donné qu'elle ne prend pas en considération le fait que les murs autoportants et les murs porteurs sont également susceptibles de participer dans la réception des efforts horizontaux (H). C'est pourquoi la classification suivante plus exacte, — basée sur la fonction des murs en éléments porteurs des charges verticales et horizontales — nous paraît plus motivée:

- Refends en compression et en cisaillement ($G_1 + G_2 + P + H$)
- Refends en compression ($G_1 + G_2 + P$)
- Refends en cisaillement ($G_1 + H$)
- Murs autoportants (G_1)
- Murs de remplissage

Selon leur situation dans le plan on peut distinguer entre murs longitudinaux et transversaux.

2.21,3 Le schéma statique des murs de refend

Selon notre hypothèse, les murs peuvent être considérés comme des consoles encastées dans leur plan de base.

La mise en charge d'une console:

- par les charges verticales dans son plan, ainsi que par les efforts qui lui parviennent des effets verticaux,
 - par le moment dû aux forces d'appui asymétrique des planchers (l'appui excentrique) et à l'inexactitude de l'alignement vertical des éléments.
- Les dimensions supposées coagissantes de la console :

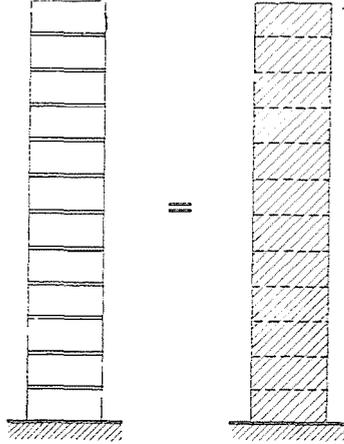


Fig. 8.

- les panneaux superposés verticalement peuvent être considérés comme une console unique, dont la hauteur se chiffre à celle de l'ensemble des panneaux, ce qui est assuré en toute circonstance par le frottement, se

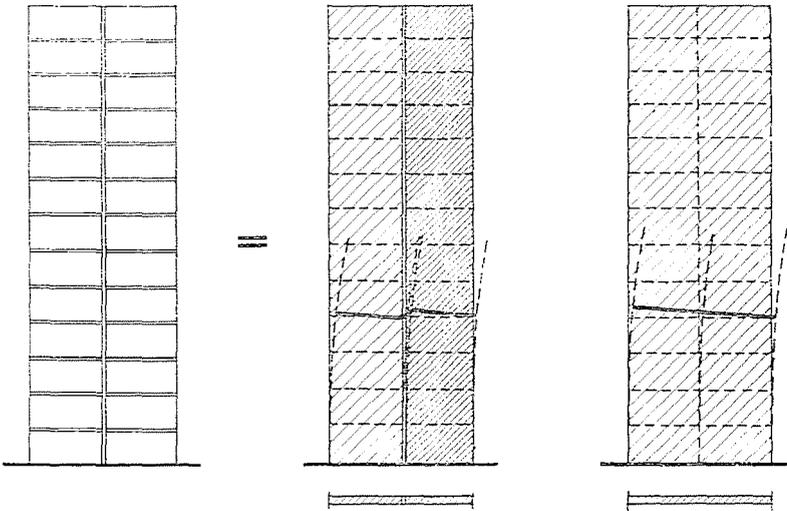


Fig. 9.

présentant dans les joints horizontaux par suite de la charge verticale (Fig. 8);

- les panneaux juxtaposés horizontalement, c'est à dire les bandes en formées ne sont susceptibles à une coaction que dans le cas où la transmission des forces de glissement est assurée, — c'est à dire, que les panneaux ne se déplacent pas le long des joints verticaux. Donc, si la solution des joints verticaux n'est pas assurée d'une façon absolue, il sera recommandable de considérer le panneau comme un élément divisé en bandes indépendantes (Fig. 9).

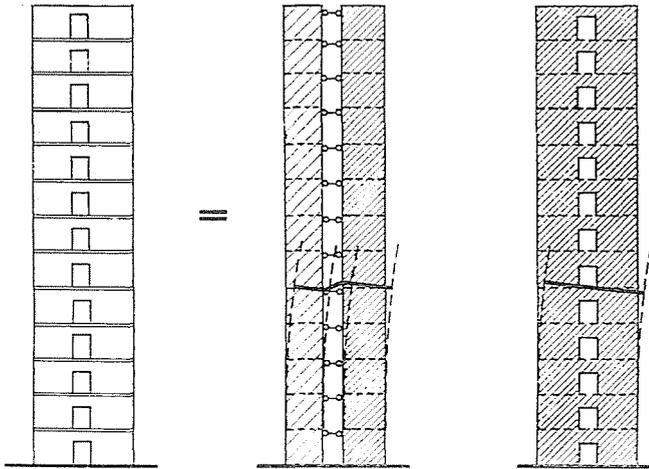


Fig. 10.

C'est non seulement aux joints verticaux d'entre panneaux que la transmission de l'effort tranchant pose des problèmes, mais aussi à l'intérieur d'une seule bande de panneaux, si les ouvertures sont disposées les unes au dessus les autres sur chaque niveau, ce qui entraîne une réduction sensible de la rigidité de la bande de mur percée. Dans ce cas, le mur entier ne peut être considéré comme console en coaction parfaite que si les linteaux d'au dessus des ouvertures sont rendus aptes à recevoir les efforts de glissement verticaux. Autrement doit être considéré la file verticale des ouvertures comme un joint continu et les pans de mur adjacents seront traités en bandes de mur indépendantes (Fig. 10).

2.21,4 Les possibilités de l'étude structurale des murs de refend

Pour optimiser les forces et les réactions — et pour augmenter les possibilités d'une plasticité architecturale du bâtiment. — il faut viser à une coaction du refend entier. Il est donc recommandé de rendre capable les joints d'entre

panneaux verticaux et les linteaux à recevoir des forces de glissement verticales. La réception de la force de glissement est susceptible d'être facilitée par un décalage des ouvertures employant des plans alternants chaque niveau (Fig. 11) ou bien, par l'omission des ouvertures du niveau supérieur qui a dans la plupart des cas une destination différente (Fig. 12).

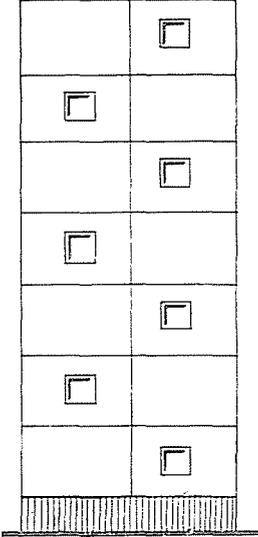


Fig. 11.

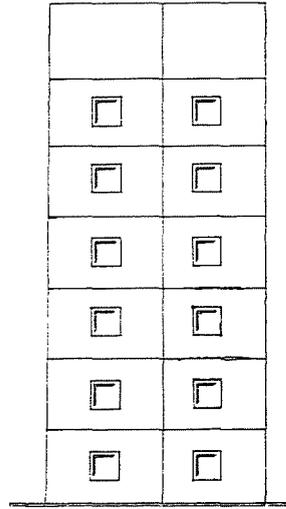


Fig. 12.

(Un moyen praticable de la réception de la force de glissement consiste d'assurer la coaction dans le point du moindre effort tangent.)

L'utilisation d'un refend qui passe par toute la largeur du bâtiment est très

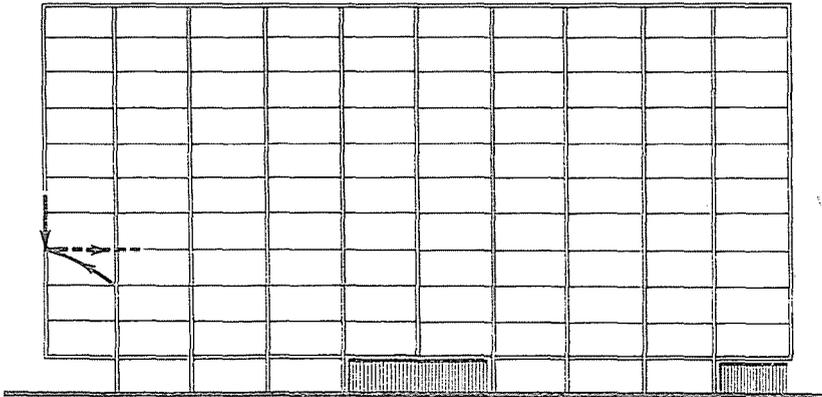


Fig. 13.

efficace s'il ne comprend pas d'ouvertures. En cas des limites de transport ou de levée, il est recommandable d'utiliser des panneaux d'une hauteur de demi-étage. La coaction des panneaux assurée, les régularités des panneaux homogènes permettent de se passer de l'utilisation des panneaux rigides, d'un plan rectangulaire, appuyés complètement sur leur arête inférieure. — utilisés

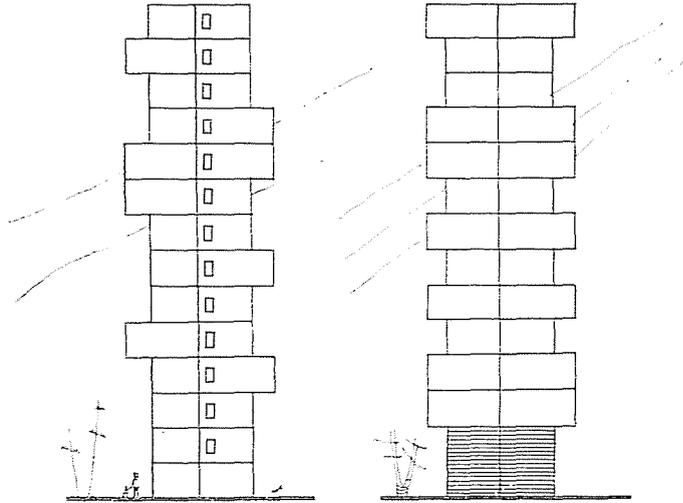


Fig. 14.

actuellement presque exclusivement dans la préfabrication lourde — laissant le champs libre à la plasticité architecturale.

Voici quelques exemples pour illustrer les possibilités :

- en cas des refends longitudinaux le rez-de-chaussée pourra être percé et la partie extrême de la façade saillie etc. (Fig. 13);
- en cas des refends transversaux le plan de la façade longitudinale pourra être déplacé en sens parallèle, par l'utilisation des panneaux aux dimensions différentes dans le plan : certains niveaux saillis d'une façon variée, pour obtenir une présentation discontinue du plan vertical de la façade (Fig. 14).

2.22 Examen des éléments de mur

2.22,1 Sollicitations exercées sur les éléments de mur

Examinant un panneau vertical parmi la structure des panneaux en coaction, il faut assurer, que celui-ci soit approprié pour porter les charges transmises par les joints. Les panneaux de mur travaillent généralement à la compression excentrique en deux sens (Fig. 15).

En cas des structures non-symétriques par rapport à l'axe longitudinale, aux charges verticales (poids propre, poids du plancher et d'autres éléments) considérées comme efforts axiaux, s'ajoute dans le plan du panneau le moment dû à l'excentricité du poids de ce dernier.

Les facteurs susceptibles d'entraîner un moment perpendiculaire au plan du panneau sont :

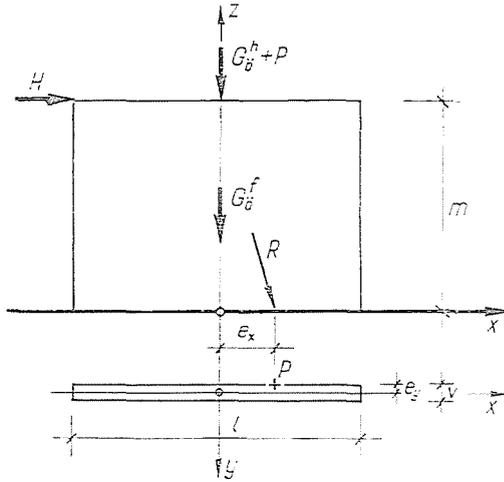


Fig. 15.

– l'inexactitude de placement, commise lors de la superposition des éléments de mur :

– en cas des panneaux de façade, la charge unilatérale du plancher, l'appui excentrique des éléments de plancher ;

– en cas de panneaux médians, les valeurs différentes de la portée et de la charge du champs de plancher des deux côtés ;

– cependant même les éléments à la charge symétrique totale des deux

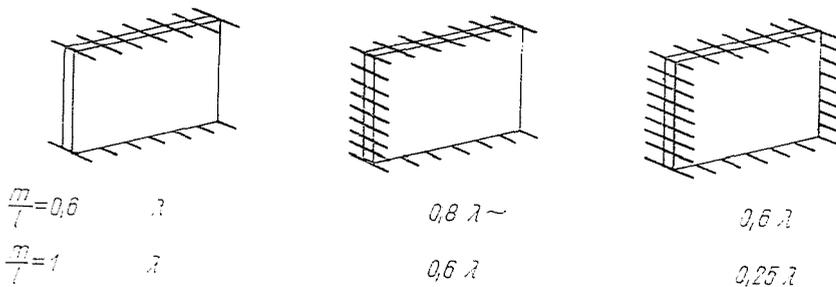


Fig. 16.

côtés subissent un moment dû à la variation de la charge accidentelle, partielle: la cause en est la grandeur différente des efforts d'appui des deux côtés.

L'élanement des éléments impose une grande attention pour éviter la perte de stabilité et le flambement. Étant donné la rigidité des planchers, les panneaux peuvent être supportés au long de leurs arêtes horizontales chaque niveau, perpendiculairement à leur plan. Le mode de support est considéré en

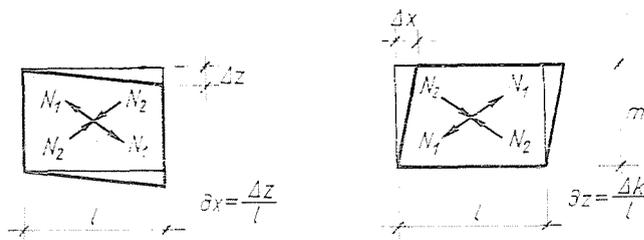


Fig. 17.

général articulé, eu égard aux forces et réactions à la connection, mais un encastrement est également possible.

Les arêtes verticales ne peuvent être supportées qu'en cas d'un système porteur mixte, cependant dans ce cas il faut profiter des avantages de cette solution.

Le tableau en Fig. 16 montre les corrélations entre l'élanement et le mode de support.

Si les arêtes verticales des éléments de mur se déplacent dans leur plan (p.ex. à cause du tassement inégal des fondations) ou si l'effet du vent fléchit les arêtes horizontales, l'élément de mur risque de pencher (Fig. 17).

Selon les données empiriques, aux valeurs d'environ $\theta = \frac{1}{3000} - \frac{1}{4000}$, les éléments doivent être munis d'armature calculée pour le penchement.

2.22,2 Les possibilités de l'étude structurale des éléments de mur

a) L'épaisseur du panneau

L'appui des éléments de plancher, la place minimale nécessitée par le chaînage, ainsi que les exigences de l'isolation phonique, imposent 12 cm comme épaisseur minimale admissible. Par une formation spéciale des extrémités des planchers-dalles, les dimensions du chaînage peuvent être augmentées, ce qui permet de réduire l'épaisseur du panneau.

Selon les points de vue de la statique, l'augmentation du nombre des niveaux devrait être suivie par la modification de la section des éléments. Cependant pour des raisons de fabrication il s'impose d'accepter la dimension de l'épaisseur

constante pour plusieurs niveaux (éventuellement pour chacun) et de suivre l'augmentation des charges en modifiant la qualité du béton et le pourcentage d'armature.

b) L'armature du panneau

On peut se passer d'armature dans les panneaux utilisés surtout avec des planchers de petite portée. Cependant pour améliorer la coaction de l'ensemble

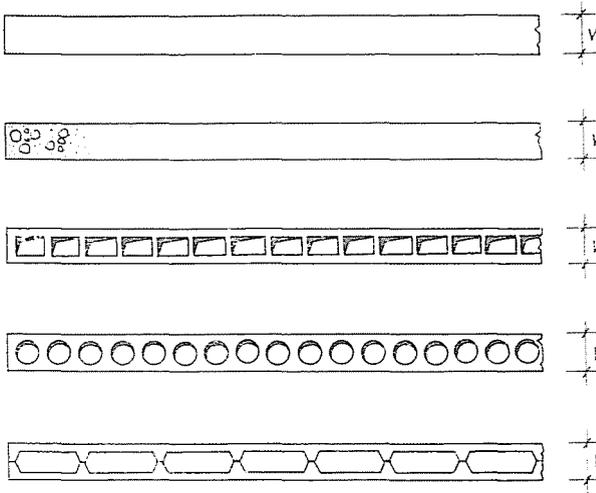


Fig. 18.

du bâtiment et parer aux effets inattendus (gauchissement des éléments, tolérances incertaines de la fabrication et du placement etc.), il est en tous cas plus rassurant d'utiliser des panneaux à une armature au moins minimale. Les

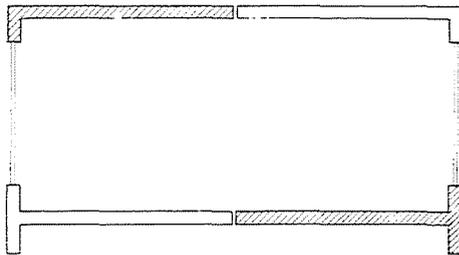


Fig. 19.

essais ont démontré que l'armature augmente sensiblement la capacité portante des panneaux, et l'excédent de la force limite dépasse le surcroît de celle des aciers utilisés.

En cas des éléments de mur percés d'ouvertures, il est indispensable d'armer les linteaux.

c) La section horizontale du panneau

La fonction du panneau impose l'utilisation d'une section mince au tracé oblong. En cas des murs porteurs intérieurs (surtout sans ouvertures) la section creuse serait favorable, puisqu'elle permettrait la réalisation d'un chaînage

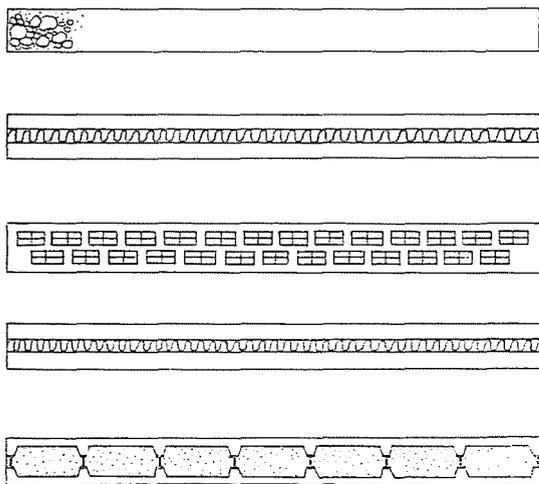


Fig. 20.

plus large, un élancement plus favorable c'est à dire réduit et une insonorisation accrue, à une quantité de matière égale à celle du panneau solide (Fig. 18). Il serait également intéressant de balancer le pour et le contre de la fabrication des panneaux à la section en T pour des refends (et en L en cas de pignons) (Fig. 19).

Dans ce cas une section du mur longitudinal à une grande proportion d'ouvertures serait moulée ensemble avec le refend, ce réduirait le nombre des joints et augmenterait la rigidité perpendiculaire au plan des éléments.

En cas des panneaux de façade, l'utilisation de la section multicouche, composée des couches juxtaposées porteuses, isolantes et de surfacage, est également répandue (Fig. 20).

Les panneaux en hourdis creux réunissent les qualités des panneaux multicouches et creux, c'est pourquoi ils offrent de bonnes solutions, s'il existe une base industrielle de produits céramiques.

2.3. La structure des planchers

Il est opportun d'examiner les planchers en deux étapes. Nous allons traiter d'abord des planchers-dalles supposés coagissants, puis les panneaux de plancher qui les composent.

2.31 Examen du plancher-dalle continu

Les dalles comme panneaux structuraux de grand format, chargés dans leur plan, transmettent les efforts horizontaux sur les panneaux en forme de forces de glissement. En cas de dimensions et de systèmes de structures courants, les efforts horizontaux ne produisent que des contraintes minima dans les panneaux de plancher, — c'est pourquoi au cours de l'établissement du projet structural il suffit de garantir des joints organisés pour les éléments de plancher mieux exposés au vent.

Les charges verticales sont portées par la dalle cohérente comme structure continue. L'équilibre du bâtiment et de l'ensemble de sa structure peut être assuré même en cas des sections de plancher à deux supports.

C'est la raison que la solution en structure continue est à favoriser à cause de ses avantages indéniables, — la solution des joints doit être décidée suivant le cas.

2.32 Examen des éléments de plancher

2.32,1 Les charges affectant les éléments de plancher

Au cours de l'étude des éléments, les tensions dues aux efforts horizontaux transmis à titre de structure de panneau continue, — sont négligeables par rapport aux flexions sensibles dues aux efforts verticaux.

C'est pourquoi il est recommandé de calculer ces éléments pour la charge verticale comme *charge principale* (le poids des éléments de structure posés sur le plancher, le poids propre du plancher, la charge utile). Étant donné qu'il est impossible d'éliminer le moment de flexion dû à la charge verticale dans les éléments de plancher, au cours de l'établissement du projet structural il faut viser à la réduction de ces moments, d'une part, et chercher la solution s'adaptant aux moments de flexion, d'autre part.

2.32,2 Les possibilités de la réduction des moments de flexion

a) La réduction de la portée

Il est connu que le moment de flexion est dans une proportion quadratique avec la portée, — ce qui désigne la méthode la plus radicale de la réduction (Fig. 21).

Cette possibilité se trouve pourtant restreinte par la distance minimale nécessaire à la fonction architecturale des murs porteurs d'une part, et par la considération économique qu'au delà d'une certaine limite, les frais des murs porteurs et ceux des joints plus nombreux — nécessités par la réduction des portées — peuvent dépasser l'économie qui se présente aux éléments de planchers.

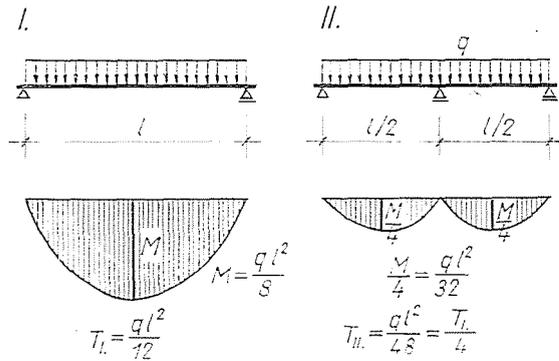


Fig. 21.

b) Utilisation des planchers-dalles porteurs dans les deux sens

Le moment de flexion des planchers-dalles travaillant dans les deux sens — et en même temps la valeur de la déflexion — sont sensiblement réduits par rapport aux éléments travaillant dans un seul sens (Fig. 22).

Les avantages mentionnés ci-dessus sont mis en relief surtout en cas d'un tracé carré: si la proportion des côtés dépasse 1:2, le port dans les deux sens, par conséquent les avantages de celui-ci cessent pratiquement d'exister.

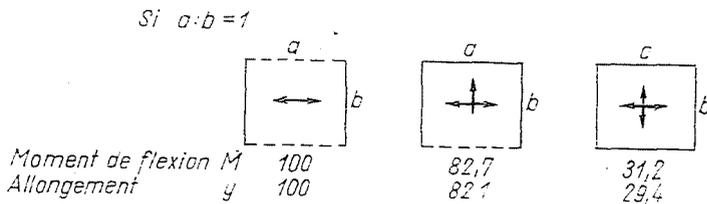


Fig. 22.

Le port dans les deux sens ne peut être obtenu qu'en cas d'un système croisé. Cependant l'utilisation de ce système a dans certains cas de tels entraves architecturales, — sans parler des inconvénients économiques liés à la multi-

plication des murs porteurs, (cf. point a) — que dans la plupart des cas ce système échappe à toute discussion, malgré ses avantages structuraux considérables.

c) Génération du moment d'appui pour réduire le moment de la portée

Le moment d'appui a l'effet de réduire la valeur du moment de la portée maximum et l'aire du diagramme de moment (Fig. 23).

Cette méthode se prête pour tous les systèmes structuraux à condition que des jonctions organisées soient prévues entre les éléments horizontaux. Étant

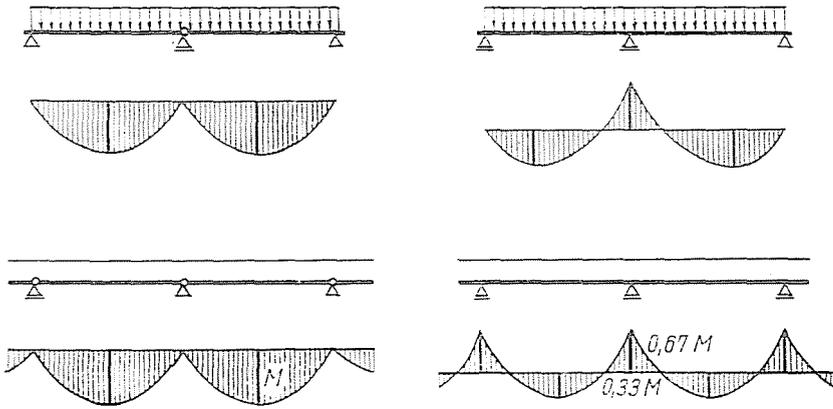


Fig. 23.

donné que plusieurs raisons rendent désirable une jonction organisée, il paraît justifié de prendre en considération cette possibilité.

d) Utilisation des planchers précontraints

Un des motifs de l'utilisation des éléments précontraints est que la précontrainte même provoque un moment de flexion opposé à celui qui est dû aux charges — ainsi la valeur du moment résultant peut être sensiblement

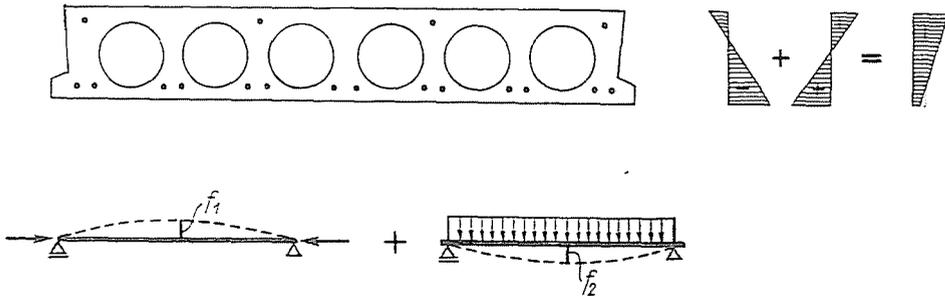


Fig. 24.

moins grande que celle du moment résultant dû à la charge (en états de tension I et II) (Fig. 24).

La flexion et la fissuration des éléments de plancher subissent une restriction favorable. Le plus important des avantages offerts par la précontrainte est la possibilité d'utiliser des aciers à haute résistance, entraînant une réduction en consommation de matériaux, ce qui récompense l'acier plus coûteux.

2.32,3 La formation des éléments de plancher s'adaptant aux moments

Les prétentions esthétiques généralement admises et les points de vue actuels de la production industrielle exigent la mise au point des planchers plans les deux côtés. C'est pourquoi, bien que la fabrication des planchers-dalles suspen-

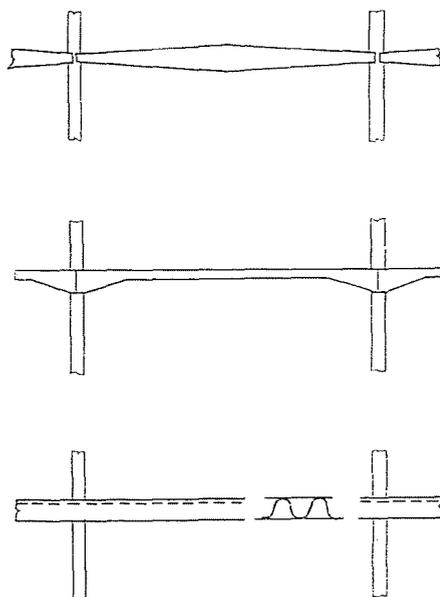


Fig. 25.

du ou en voile mince ne se tardera pas dans l'avenir, actuellement ils ne sont pas utilisés, malgré leurs qualités statiques indéniables. Il est également irréaliste de varier la section longitudinale des planchers dans la direction du moment de flexion (coude, « forme de poisson ») (Fig. 25).

Pour des planchers plans les deux côtés la section ne peut pas être développée conformément aux points de vue statiques que par une solution à dalle plane ou à section creuse (Fig. 26).

L'avantage de l'application des planchers-dalles creux est que le matériau incorporé est concentré dans la région du fibre extrême, à la sollicitation maximum.

Donc en cas d'une section creuse, les points de vue structuraux et ceux de la fabrication, du montage et de la plasticité architecturale (planéité inférieure et supérieure, revêtement simple, amélioration de l'isolation thermique et phonique etc.) sont bien conciliables.

Les caractéristiques d'isolation thermique et phonique gagnent par l'utili-

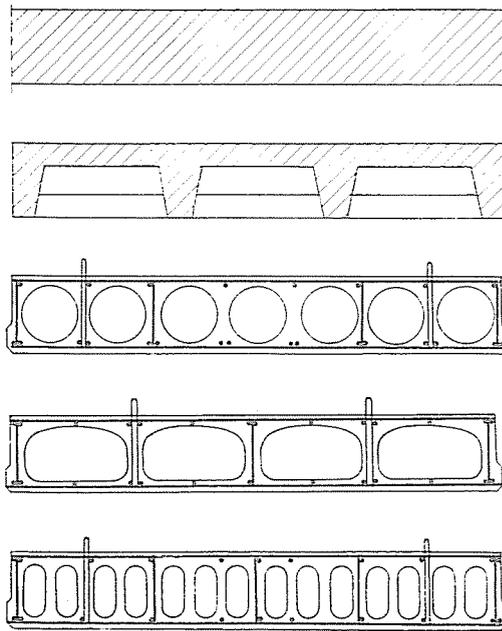


Fig. 26.

sation des « planchers-dalles creux, multicouches » dont l'emploi est motivé surtout pour des toits, à cause des prétentions augmentées envers l'isolation.

2.32,4 Balcons et loggias

En général des balcons ne s'appliquent que pour des bâtiments aux systèmes porteurs longitudinal et mixte longitudinal, qui présentent des avantages pour la mise au point structurale. Par contre le système aux refends se prête à la solution aux loggias.

Possibilités de solution des balcons

a) S'il y a des moyens de réaliser un chaînage monolithe on en peut former un ensemble monolithe avec la dalle du balcon.

b) La dalle du balcon peut être cohérente au plancher, dans ce cas le plancher de la pièce derrière le balcon et la dalle du balcon forment un seul panneau.

Au point de vue structural cette solution est rassurante, mais la structure du balcon exposée aux intempéries étant raccordée au plancher sans isolation thermique, la pièce derrière le balcon subit de refroidissements excessifs (Fig. 27).

c) La dalle du balcon peut être réalisée comme un élément indépendant. Dans ce cas c'est la réception des efforts de traction qui pose des problèmes. Suivant le caractère du système de jonction utilisé dans l'ensemble du bâtiment, la dalle du balcon peut être raccordée à l'aide des tôles d'acier soudées ou des fers en attente soudés et bétonnés.

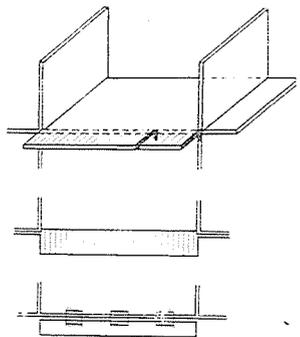
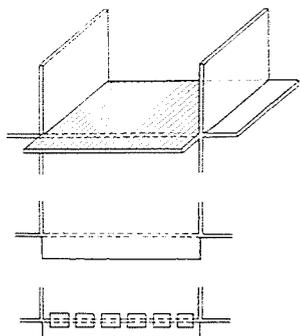
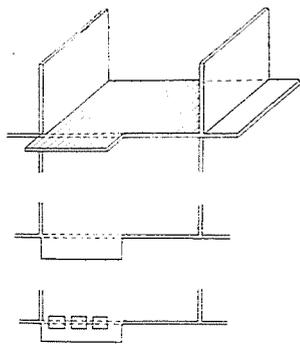


Fig. 27.

Solutions des loggias

Les loggias servent en part d'animer les façades des bâtiments et les logements. La structure de la loggia peut faire corps avec celle du bâtiment ou peut être pratiquement indépendante de celle-ci (Fig. 28).

a) Dans le système porteur transversal, le plancher de la loggia s'appuie sur les refends. Le plancher du bâtiment et celui de la loggia peuvent faire corps comme un seul élément, mais pour améliorer l'isolation thermique, on utilise souvent des planchers-dalles indépendants.

b) Le principe de l'élément spatial se fait valoir d'une façon intéressante dans la réalisation des loggias. Dans cette solution, les loggias (planchers-dalles et parapets) forment un seul élément-boîte. Les éléments de loggia superposés se transmettent les charges verticales. Dans ce cas la structure de la loggia et celle du bâtiment peuvent être séparées sans inconvénient par l'isolation thermique.

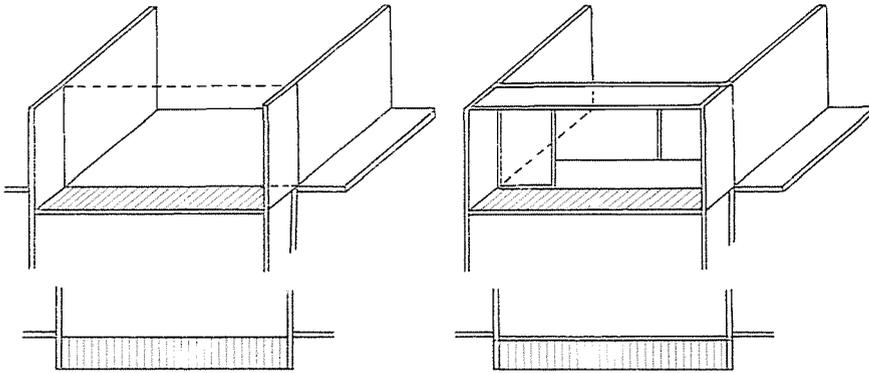


Fig. 28.

2.4 Jonctions

2.41 Types des joints

Les joints entre éléments se distinguent comme ceux entre éléments porteurs et ceux entre hourdis. Dans ce qui suit nous allons traiter exclusivement des joints entre éléments porteurs, à savoir :

a) Joint à sèche aux tôles d'acier soudées.

Avantages: réalisation rapide;
la charge totale est applicable immédiatement;
indépendance (ou presque) des intempéries;

Inconvénients: concentration des efforts transmis;
importance des sollicitations locales;
beaucoup de travail qualifié au chantier;

b) Joints en béton non armé.

Avantages: réalisation relativement simple — peu de travail qualifié.

Inconvénients: le risque d'une rupture rigide — à l'endroit du joint la structure du panneau n'est plus susceptible d'être en régime élastique, — comme le reste du bâtiment.

Les charges ne peuvent être appliquées qu'après la prise du béton, en proportion du durcissement.

c) Joints en béton armé

Il faut distinguer entre deux sortes d'armature aux joints :

- les fers en attente, joints par soudage le cas échéant;
- l'armature indépendante du joint qui se compose en général d'aciers longitudinaux et d'étriers (frettage).

Avantage: le joint peut être élastique, élastique-plastique ou plastique, et possède des réserves. Il assure une connection dit organisée, susceptible de transmettre les efforts N , T , M .

2.42 Types des joints selon la position des éléments à raccorder

2.42,1 Joints entre les éléments des planchers-dalles

Il faut prendre en considération les sollicitations suivantes selon le cas :

Compression ou traction axiale ou normale N

Flexion normale au plan du plancher M

Glissement axial ou normal au plan du plancher T

(Fig. 29).

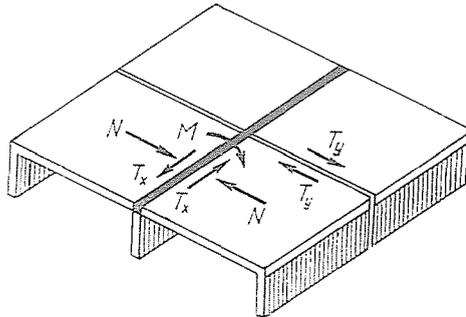


Fig. 29.

2.42,2 Joints entre les éléments de refends

Les éléments co-planaires nécessitent des joints verticaux et horizontaux.

Dans les joints horizontaux se présentent des efforts compressifs et de glissement, cependant le frottement entre éléments (augmenté par l'effort compressif) suffit en général pour recevoir l'effort de glissement (Fig. 30).

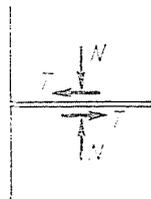


Fig. 30.

Les joints verticaux entre refends subissent les efforts de glissement assurant la coaction de la structure de panneau (en consoles complexes) (Fig. 31).

Entre éléments perpendiculaires il n'y a que joints verticaux où les efforts seront transmis par des efforts de glissement.

En cas où les éléments se contre-appuient, une compression ou une traction normale au joint peut s'imposer.

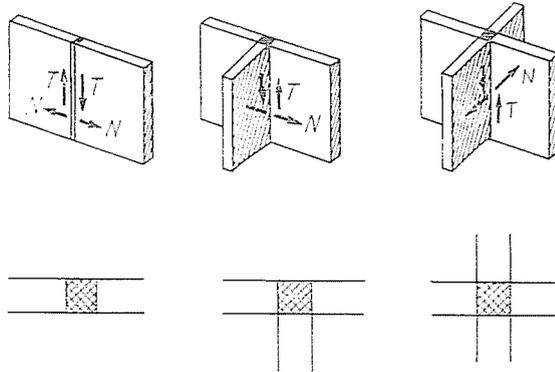


Fig. 31.

2.42,3 Joints entre éléments verticaux et horizontaux

Ces connections font évidemment fonction de joint horizontal des éléments verticaux en plan vertical et de joint entre éléments de plancher en plan horizontal. Parmi la multitude des joints différents ce sont ceux qui présentent le problème le plus compliqué et le plus difficile.

Les refends et les murs autoportants exigent du joint :

- de transmettre les charges verticales des murs ;
- d'appuyer horizontalement les refends contre le risque de flambement et de transmettre des efforts horizontaux ;
- de transmettre les forces d'appui des éléments de plancher ;
- de permettre la formation d'un chaînage ;
- d'assurer l'étanchéité et l'isolation thermique (Figs.32 et 33).

En vue de former un chaînage, la transmission des charges verticales peut avoir lieu efficacement en deux étapes :

- sur des « tenons » au cours du montage ;
- après bétonnage du chaînage sur toute sa surface. La pose exacte des panneaux verticaux est facilitée par l'emploi des vis et écrous réglables au lieu de tenons d'appui provisoires (Fig.34).

Par le déchargement de l'écrou après le durcissement du chaînage la transmission uniforme des charges est assurée (autour de l'écrou il faut laisser un vide dans le chaînage, qui sera bétonné ultérieurement).

Les points de vue statiques favorisent les solutions où la transmission des efforts verticaux se fait sur une surface relativement large, c'est pourquoi il est recommandé de satisfaire aux exigences de l'étanchéité et de l'isolation thermique par un profil aussi simple que possible.

La transmission des *efforts horizontaux*, l'appui horizontal des panneaux de

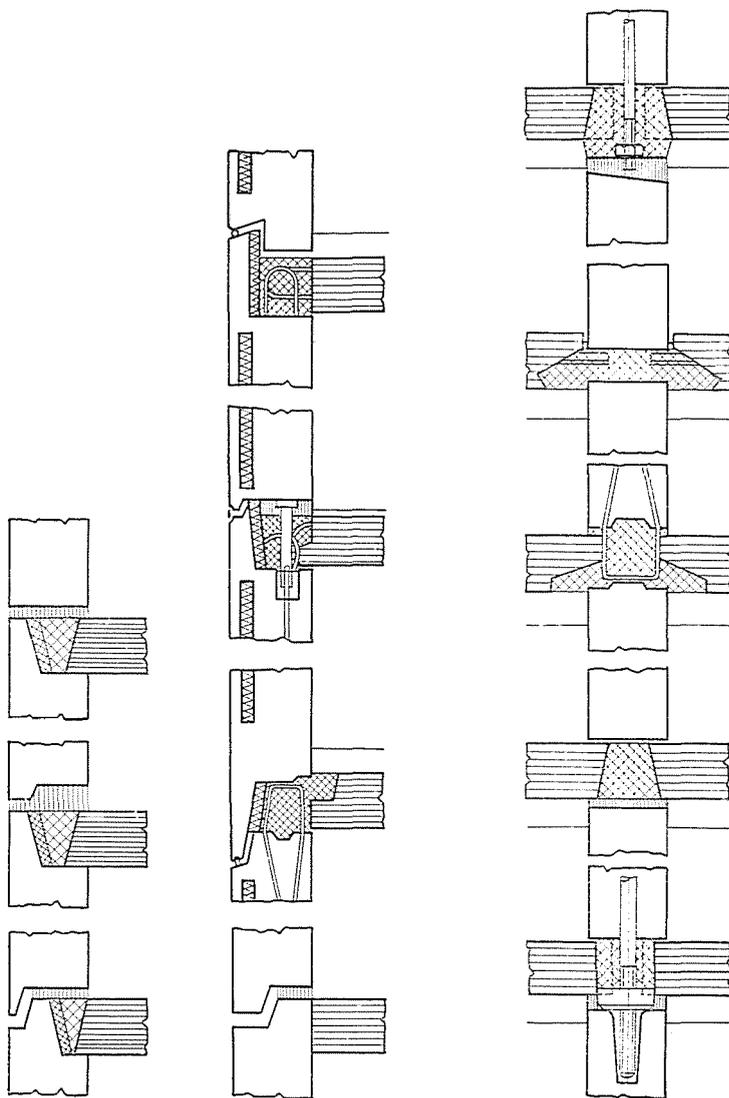


Fig. 32.

Fig. 33.

mur sont assurés en général par le frottement même contre la surface d'appui. Si les planchers-dalles ne doivent pas travailler en élément continu — ce qui pourrait être réalisé par la prolongation de l'armature supérieure — on peut augmenter sensiblement la transmission de l'effort horizontal par le joint en incorporant la partie inférieure du mur dans le chaînage. (Ce qui n'est pas égale à l'encastrement du panneau.)

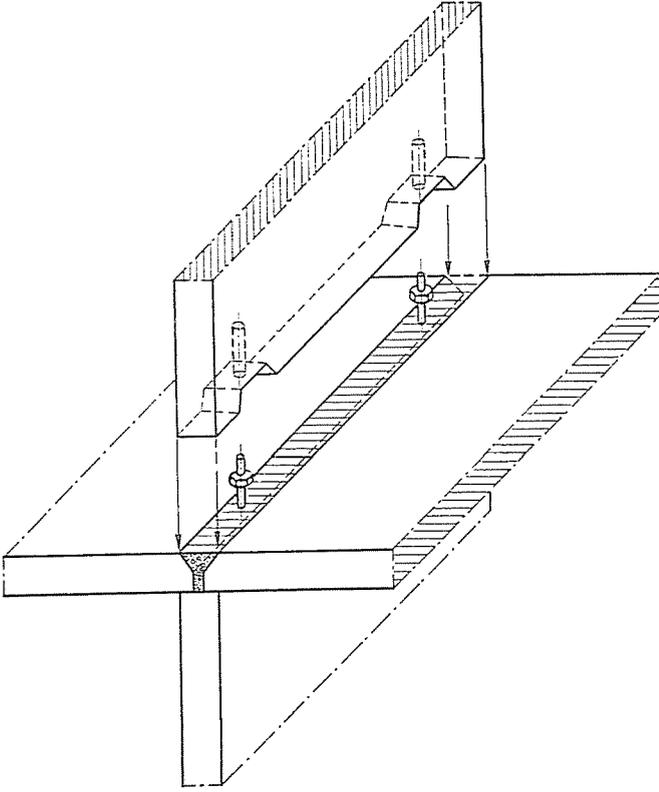


Fig. 34.

2.43 Problèmes structuraux des joints

2.43,1 Définition du type de la liaison

Le principe généralement admissible est que, dans le cas des bâtiments à grands panneaux, d'une hauteur importante, il faut envisager une coaction du bâtiment en caisson spatial, ou au moins en tableau des planchers ou des refends.

Vu que cette condition ne peut être satisfaite que peu économiquement par des joints aux tôles d'acier soudées, et que l'application des couvre-joints (ou leur absence) pose même de problèmes de nature architecturale, cette méthode d'assemblage est en général surannée.

Bien que des possibilités locales puissent favoriser l'utilisation des tôles d'acier soudées, en général le projet structural devra choisir entre joints en béton non armé ou armé.

Dans les deux cas le montage pose des inconvénients. (Bétonnage sur place: travaux du niveau suivant délayés par le durcissement du béton, nécessité

éventuelle de coffrer un joint vertical: impossibilité de travailler autour de 0°C.) Pour une organisation du chantier convenable — comme il y en a maintes exemples, — les inconvénients pourront être réduits et leurs effets minimisés.

Le choix entre les deux types de joint est évidemment influencé par la nature de la tâche concrète, le nombre des niveaux, les exigences envers la solution etc.

Dans le cas où la hauteur du bâtiment est relativement moins importante et des joints articulés suffisent même entre planchers, il est admissible de bétonner les joints horizontaux et verticaux sans armature.

Cependant, de mon avis, il est à refuser l'évaluation sommaire, qui donne la préférence aux joints seulement bétonnés, et rejette l'utilisation des joints en béton armé. Il est indéniable que l'armature rend les joints plus onéreux — mais je suis d'avis que l'amélioration de la coaction de la structure plus que récompense ces frais.

L'importance des armatures dans les joints horizontaux ne relève guère des débats: c'est le seul moyen d'assurer la coaction des planchers, tandis que le bétonnage en est à peine troublé.

L'armature dans les joints verticaux peut être également efficace: elle élimine la rupture rigide des joints (elle crée ou augmente les réserves plastiques du joint, mais aussi la capacité portante élastique de ce dernier accroît sensiblement).

L'auteur est d'avis — fondé sur ses expériences personnelles au *Centre d'Essais des Structures* (Saint-Rémy-les-Chèvreuses) — que l'armature augmente nécessairement la capacité portante des joints verticaux — et que les résultats d'essais démontrant la réduction de la capacité portante en cas d'armature sont dus à l'effet de certains facteurs accidentels (matériaux, granulométrie, fabrication, forme etc.) et leur généralisation n'est pas justifiée.

Dans l'institut mentionné, au cours des essais multiples dirigés par M. POMMERET, dans les éléments essayés à la rupture, la corrélation entre l'armature et la capacité portante était en tous les cas démontrable: plus l'armature était importante, — entre certaines limites, — plus la capacité portante s'élevait.

A la base de ces faits, je suis d'avis que les bâtiments à grands panneaux d'une hauteur importante (6 à 18 niveaux), devraient avoir des joints en béton armé, c.à.d. organisés.

2.43,2 Bords des panneaux

Que le joint bétonné soit armé ou non, une capacité portante élevée du béton de remplissage doit être envisagée.

C'est pourquoi à la différence des éléments ne transmettant des efforts que par adhésion, certains bords de panneaux permettent au béton de remplissage

de pénétrer dans le panneau « en sorte de tenons » ; par conséquent le béton de remplissage reçoit les efforts de glissement nécessaires par une sorte de console cisailée.

Les bords de panneaux les plus répandus sont :

- a) le bord à la surface ondulée;
- b) le bord à la surface crantée;
- c) le bord à la surface striée d'un ou de deux sens;
- d) le bord à la surface crantée et striée de deux sens (Fig. 35).

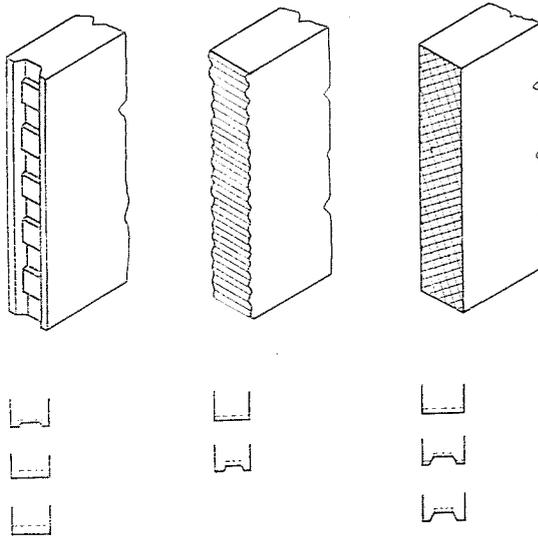


Fig. 35.

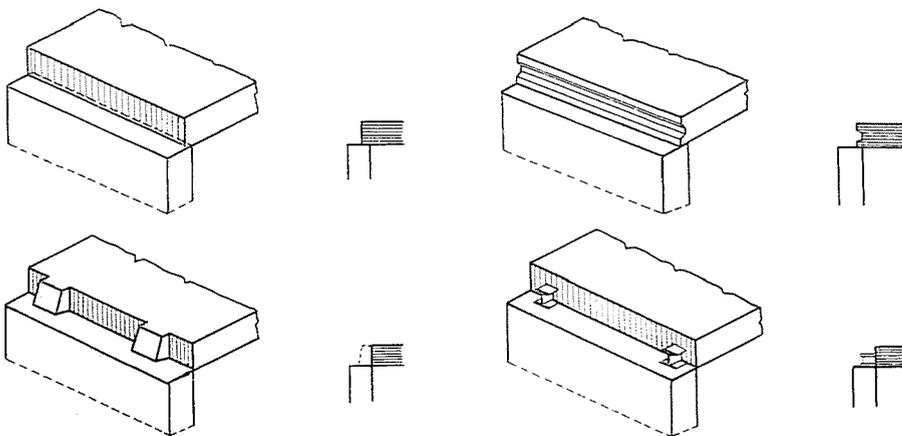


Fig. 36.

Les essais de M. POMMERET ont démontré que pour les bords verticaux des éléments verticaux c'était l'utilisation simultanée de la surface crantée et striée de deux sens qui s'avérait la plus efficace et puisque celle-ci est relativement simple à appliquer au cours de la fabrication, son utilisation est à recommander.

La transmission des charges verticales des planchers étant assurée en général par l'appui direct, — le rôle statique du bord des panneaux perd de l'importance — il suffit donc d'employer quelque solution ne posant pas de difficultés de fabrication (Fig. 36.)

3. Problèmes liés au projet structural des bâtiments à grands panneaux dans le cas de la disponibilité des produits finis industriels (adaptation)

Pour des bâtiments à construire en système clos, il ne reste que peu de domaines à l'adaptation, pour influencer la configuration finale du bâtiment.

3.1 *Le choix du système de la fondation*

3.11 *Le rôle de la fondation*

a) Transmission au sol des efforts dus à la superstructure: au poids, aux poutres horizontales, aux effets complémentaires. Création des efforts passifs.

b) La réception des effets dus à la répartition différentielle des efforts actifs découlant de la superstructure et des efforts passifs se produisant dans le sol dénivélé.

Dans le cas des bâtiments à grands panneaux, le rôle mentionné en seconde place gagne en importance par le comportement rigide de la structure.

Pour assurer une rigidité accrue et pour favoriser la réception des effets de la déformation du sol, les travaux de sous-sol sont en général de caractère monolithe même pour les constructions à grands panneaux.

Cependant, à condition d'un sol homogène et des joints rigides dans l'ensemble du bâtiment, — mais surtout d'une hauteur réduite du bâtiment, — la mise en vedette de la préfabrication des travaux de sous-sol est à considérer.

3.12 *Le choix de la fondation*

Dans le cas des constructions à grands panneaux on peut également choisir entre les deux systèmes fondamentaux de la fondation: fondation profonde et fondation sur sol.

3.12,1 Fondation sur sol

a) Fondation en semelle

Ce procédé est indiqué surtout en cas d'un système structural pure ou presque pure (Fig. 37).

b) Fondation sur plaque

Se prête pour des bâtiments d'une hauteur importante ou des sols de qualité pauvre.

c) Fondation en voile mince

Convient à tout système structural: aux systèmes porteurs longitudinal ou transversal sous forme de fondation en semelle à surface de voile pour des charges modérées et de fondation en voûte pour des charges importantes: et à ceux aux refends porteurs en forme de fondation à membrane ou à voile de translation (Fig. 38).

Des observations récentes on peut conclure qu'en tant que fondations pour

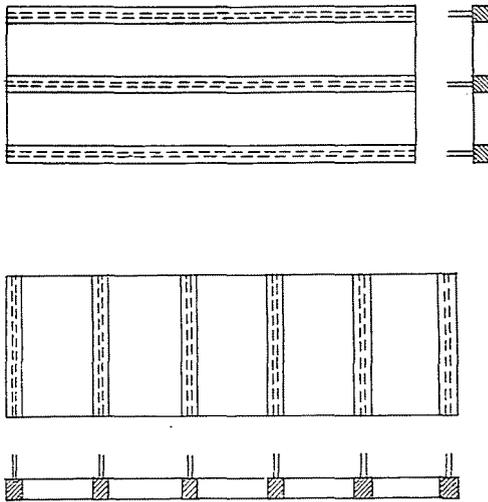


Fig. 37.

les bâtiments à grands panneaux les fondations sur sol ne sont compétitives aux fondations profondes que jusqu'à 10 niveaux environ.

Les qualités et les inconvénients des autres fondations sur sol étant généralement connus, il n'y s'agira que de quelques caractéristiques des fondations en voiles minces.

Les avantages des fondations en voiles minces sont:

a) la transmission linéaire des sollicitations du bâtiment, la répartition presque uniforme des efforts passifs permettent d'équilibrer les efforts en cas

d'une forme adéquate, — ce qui signifie une économie importante par rapport à d'autres sortes de la fondation sur sol.

b) Vis-à-vis des fondations sur sol, réalisées avec la même quantité de matériaux, sa rigidité est susceptible d'être multipliée.

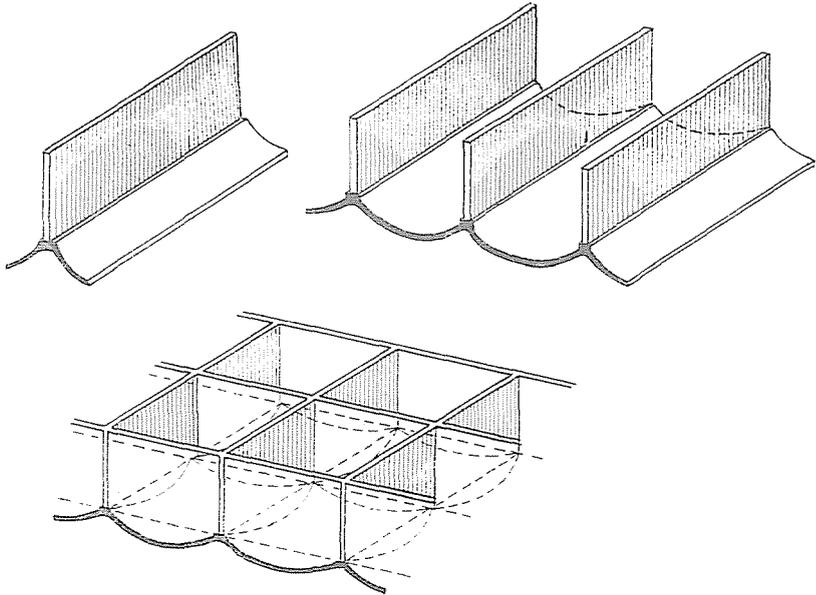


Fig. 38.

Ses inconvénients sont :

a) Lors de l'excavation du sol, l'exécution d'une surface courbe peut poser des problèmes.

b) L'exécution de l'étanchéité aux eaux souterraines (et à l'humidité) constitue une importante source de déficiences, d'ailleurs une solution parfaite en est actuellement très onéreuse.

Dans le cas des constructions à grands panneaux, la possibilité des répétitions assure la rentabilité de mécanisation de l'excavation du sol et de la formation arquée.

Une fondation en voile n'est indiquée actuellement que dans les cas où les conditions de sol permettent de renoncer à l'étanchéité, étant donné les frais élevés (et le procédé compliqué) de celle-ci.

Par conséquent, si la fondation sur sol convient, on peut proposer en cas d'un risque d'eaux souterraines la fondation en semelle ou sur plaques, autrement on peut avoir recours à la fondation en voile.

3.12,2 Fondation profonde

a) Pieux ou puits

En général, les refends reposent sur un réseau de poutres monolithe — c'est pourquoi chacun des types de pieux convient à chaque système (Fig. 39).

b) Fondation par caisson

C'est une méthode de fondation profonde qui se prête dans le cas des bâtiments sensibles aux tassements, même pour des constructions médiocrement mécanisées. Elle est possible coulée sur place, mais aussi par préfabrication totale ou partielle (Fig. 40).

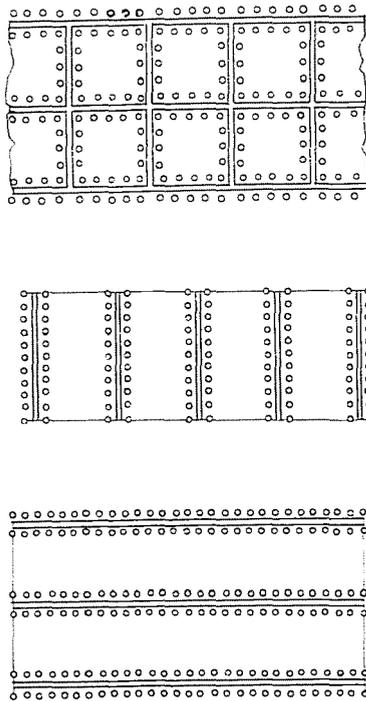


Fig. 39.

c) Fondation à la tranchée

S'adaptant bien à la mécanisation, ce procédé pour la fondation des bâtiments à grande hauteur est relativement récent. Dans notre pays il y en a peu d'expériences (Fig. 41).

Les avantages des systèmes de fondation profonde vis-à-vis des fondations sur sol sont:

- une seule méthode de fondation correspond à n'importe quel système de structure;

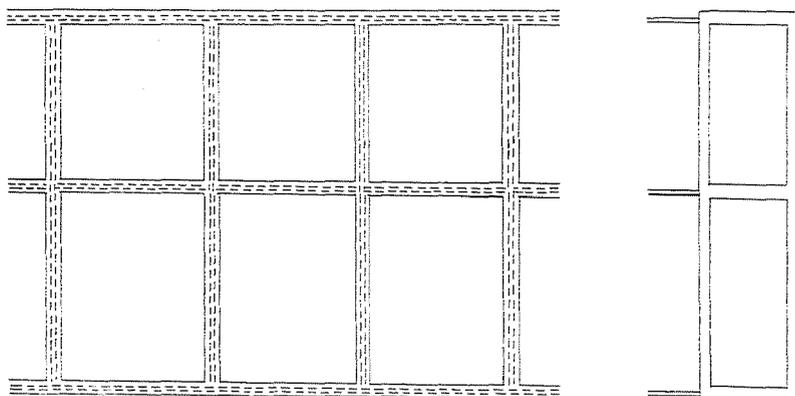


Fig. 40.

- surtout la fondation sur pieux et à la tranchée s'adaptent bien à la mécanisation;
- l'importance des tassements inégaux, se mettant en relief aux constructions à grand panneaux, peut être réduite sensiblement.

Par conséquent, dans le cas des bâtiments à plus que 8 – 10 niveaux, sensibles aux tassements, la fondation profonde présente en général la solution efficace.

On pourrait encore ajouter que le concours « Fondation pour des bâtiments à grands panneaux, d'une hauteur moyenne » a amené le succès complet des

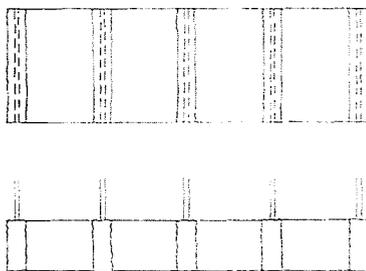


Fig. 41.

fondations profondes (surtout en ce qui concerne la fondation à la tranchée et les fondations différentes sur pieux).

Cependant, en examinant les possibilités de la fondation du point de vue structural, on ne doit pas perdre de vue que dans le concours mentionné la difficulté de la mise au point (les conditions du sol, le nombre de niveaux, les éléments de mur trop sensibles pour les tassements) et surtout le système porteur croisé a suggéré l'application des méthodes de fondation profonde. – donc en ce qui concerne les problèmes moins difficiles, les différentes méthodes de fondation sur sol ne cessent pas à représenter des solutions plus économiques.

3.2 Possibilités d'utilisation des éléments structuraux coulés en place

En cas d'une structure composée de grands panneaux, les points de vue structuraux exigent l'augmentation du caractère monolithe du bâtiment. C'est pourquoi, — si les points économiques et d'exécution le permettent, — il serait préférable de favoriser les projets qui proposent la réalisation de certaines parties du bâtiment en béton armé. La technique du montage sur chantier s'oppose évidemment à cette méthode et il faut peser le pour et le contre dans chaque cas concret.

Les alternatives sont :

- a) Réalisation d'une fondation coulée en place (cf. 4.1).
- b) Réalisation d'un ou de plusieurs niveaux complets coulés en place. Cette conception peut se faire valoir au premier ou au dernier niveau, pour des raisons de la technologie de réalisation.

En vue d'équilibrer l'effet des dénivellements du sol, il est surtout avantageux de couler en place les niveaux inférieurs (Fig. 42).

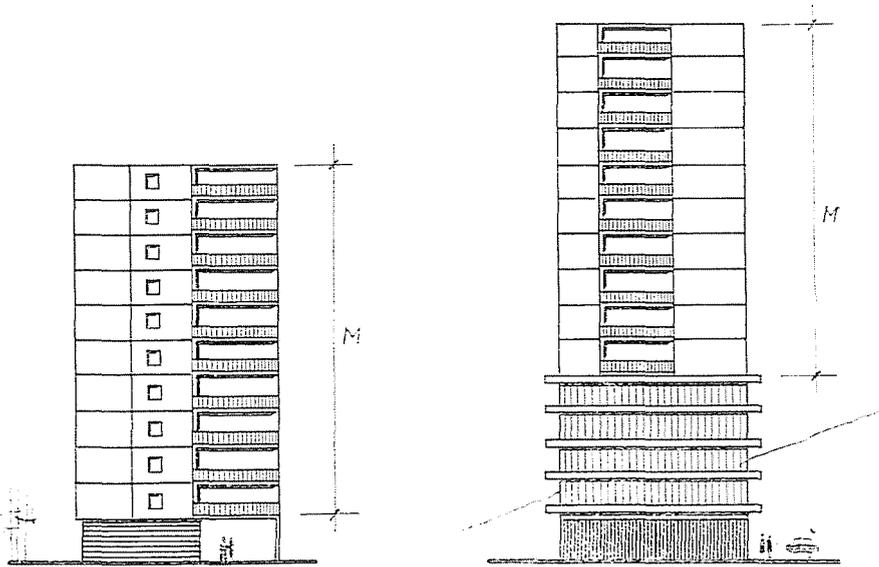


Fig. 42.

À la réalisation des niveaux coulés en place, il faut prendre garde à éviter l'effet défavorable des déformations différentielles des éléments de structure respectivement préfabriqués et coulés en place, c'est à dire à la coaction parfaite du niveau en cause (Fig. 43).

Certaines raisons esthétiques ou urbanistiques peuvent exiger que le niveau

supérieur soit sensiblement différent des autres, — dans ce cas l'étage supérieur aura une structure d'acier ou mieux de béton armé coulé en place (Fig. 44).

c) Des conditions locales peuvent justifier l'application accentuée des structures coulées en place. Cela peut être motivé par une capacité disponible de bétonnage à haut niveau (coffrage glissant, centrale de béton, main d'oeuvre

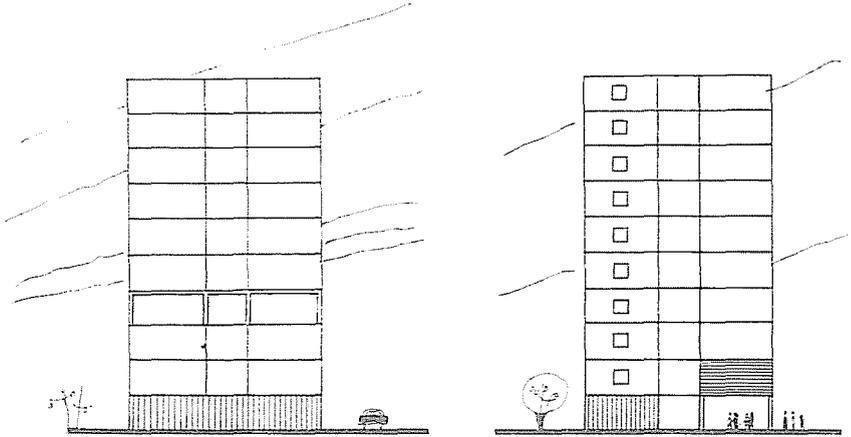


Fig. 43.

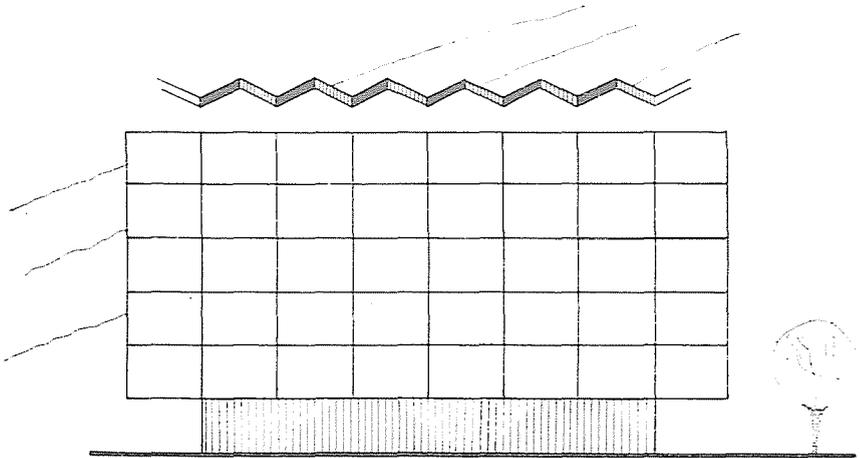


Fig. 44.

etc.). Parmi les possibilités on peut citer le cas où on construit le bâtiment composé de grands panneaux autour d'un „noyau de béton” qui comprend le cage d'escalier, la chambre de machine de l'ascenseur, le vidoir des ordures ménagères, les installations, et des salles d'eau (Fig. 45).

L'avantage de ce système réside dans la possibilité de couler en place les éléments compliqués et peu nombreux, tels que les volées d'escalier, tandis que tous les avantages de la production en masse peuvent se faire valoir par la fabrication en grande série des planchers-dalles et des panneaux de mur.



Fig. 45.

Le noyau monolithe augmente sensiblement la rigidité du bâtiment, en même temps, comme l'avantage architectural, il permet de traiter des parties destinées à la circulation indépendamment des ailes d'habitation, tout en offrant la possibilité d'obtenir une grande variété de la composition des masses, même en cas de logements réalisés des éléments identiques.

Résumé

L'étude a le but double d'esquisser les problèmes se présentant aux constructeurs lors de l'établissement des projets de bâtiments à grands panneaux, et de mettre en relief quelques possibilités moins courantes d'une part, et de donner un aperçu aux collaborateurs (surtout aux architectes) dans les tâches de l'établissement du projet structural, pour faire connaître les motifs des propositions, d'autre part.

L'examen des problèmes structuraux liés à l'étude des produits concerne essentiellement le choix du système structural pour de différents types d'édifices, en évaluant chacun des systèmes aux murs porteurs.

Des détails sont présentés pour les possibilités de la solution des panneaux et des planchers-dalles continus, ainsi que des panneaux de murs ou de planchers qui les composent, tout en donnant des suggestions concernant le choix du type de joint.

Des problèmes de l'établissement du projet structural lié à l'adaptation, en particulier ceux du choix de la fondation et de l'incorporation de structures porteuses non pré-fabriquées sont mis en relief.

Bibliographie

- [1] GILYÉN, J.: Rôle de la construction et du constructeur dans l'architecture d'aujourd'hui. *Magyar Építőipar*. 1964/3.
- [2] PELIKÁN, J.: Étude des structures. Livre de cours (en manuscrit).
- [3] SEBESTYÉN, GY.: Construction à grands panneaux. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1967.
- [4] DEÁK, GY.: Structures préfabriquées en béton précontraint. Note de cours. Tankönyvkiadó, Budapest, 1966.
- [5] MENYHÁRD, I.: Guide au calcul structural des bâtiments aux grands panneaux. *Bulletin ÉTI*, 1960
- [6] GIMESY, M.—LAKI, T.—PEREDY, J.: Possibilités d'utilisation des calculatrices électroniques dans la préfabrication lourde. Rapport de recherches. Manuscrit.
- [7] BÉRES, L.: Jonctions verticales bétonnées des grands panneaux et détermination de la résistance au cisaillement. Rapport de recherches ÉTI, 1965.
- [8] SZENTIVÁNSZKY, S.: Jonctions des bâtiments aux grands panneaux. 1. Systèmes multicouches. *Bulletin ÉTI*, 1964.
- [9] BÉKÉS, M.: Jonctions des bâtiments aux grands panneaux. 2. Systèmes. *Bulletin ÉTI*, 1964.
- [10] ROBINSON, J. R.—POMMERET, M.: Joints verticaux entre panneaux de grand format. I. R. A. B. A. Compte rendu provisoire. 1966.
- [11] LEWICKI, B.: Construction des immeubles en grands panneaux préfabriqués. Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1965.
- [12] Prescriptions techniques concernant l'étude et la construction des bâtiments aux grands panneaux. ÉM. ÉTK, Budapest, 1967.
- [13] REVEL, M.: La préfabrication dans la construction.
- [14] CSORDÁS, T.: Bâtiments de grands panneaux à hauteur moyenne et grande. *Magyar Építőipar*. 1967/2.
- [15] C. E. B. Bulletin d'information No. 60. Paris, 1967.