Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 76 (1950)
Heft: 24

Artikel: Calcul et essai de charge d'un plancher à nervures en duiagonale de grande portée
Autor: Soutter, M.P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-57452

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

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

76e année 2 décembre 1950 No 24

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 17 francs
Etranger : 22 francs
Pour les abonnements s'adresser à la librairie
F. ROUGE & Cie
à Lausanne
Prix du numéro : 1 fr. 25

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. EPITAUX, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. — Membres : *Fribourg :* MM. P. JOYE, professeur ; E. LATELTIN, architecte — *Vaud :* MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. D'OKOLSKI, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte : *Genève :* MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; CL. GROSGURIN, architecte ; E. MARTIN, architecte ; V. ROCHAT, ingénieur. — *Neuchâtel :* MM. J. BÉGUIN, architecte ; G. FURTER, ingénieur ; R. GUYE, ingénieur ; *Valais :* MM. J. DUBUIS, ingénieur ; D. BURGENER, architecte.

Rédaction : D. BONNARD, ingénieur. Case postale Chauderon 475, LAUSANNE

TARIF DES ANNONCES
Le millimètre (larg. 47 mm) 20 cts
Réclames : 60 cts le mm (largeur 95 mm)
Rabais pour annonces répétées
ANNONCES SUISSES S.A.
5, Rue Centrale
Tél. 22 33 26
LAUSANNE
et Succursales

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; R. NEESER, ingénieur.

SOMMAIRE : *Calcul et essai de charge d'un plancher à nervures en diagonale de grande portée*, par M. P. SOUTTER, ingénieur à Zurich. — CORRESPONDANCE : *Les concours publics d'architecture.* — LES CONGRÈS : *Union internationale des architectes ; Congrès international du béton précontraint.* — BIBLIOGRAPHIE. — CARNET DES CONCOURS. — SERVICE DE PLACEMENT.

Calcul et essai de charge d'un plancher à nervures en diagonale de grande portée

par M. P. SOUTTER, ingénieur à Zurich

Ce plancher qui forme un quadrilatère voisin d'un carré recouvre un grand garage à l'intérieur d'un groupe de trois bâtiments en fer à cheval, le « Bärenhof », à l'usage d'établissement bancaire et de bureaux, construit sur les plans de l'architecte H. Weideli de 1946 à 1948, à Zurich. Ces trois bâtiments qui forment un tout architectural possèdent deux étages en sous-sol dans la nappe phréatique. Le sol du garage pénètre lui-même dans la nappe phréatique. Les trois corps de bâtiments et le garage sont entièrement séparés jusque sous les fondations par des joints de dilatation. Le plancher sur garage ne devant pas gêner les dilatations respectives des trois bâtiments, il a été ancré dans l'un d'eux et il est appuyé librement sur les deux autres. Le quatrième côté du plancher est bordé par une poutre reposant sur deux piliers. La prolongation du plancher au-delà de cette poutre par une dalle mince est sans influence pratique sur le plancher lui-même.

Les exigences d'exploitation du garage ont conduit à supprimer tout appui intermédiaire du plancher. Il fallait donc couvrir une surface d'environ 22 sur 24 m sans appuis intermédiaires et sans encastrement des côtés. D'autre part, la hauteur à disposition pour le garage était très limitée, il était essentiel de réduire au minimum l'épaisseur de la construction. Le plancher à nervures en diagonale répondait dans ce cas particulièrement bien à ces conditions. Cette disposition permet, grâce à la rigidité des coins dans lesquels sont encastrées les nervures en diagonale de portée maximum, d'obtenir une répartition et une égalisation particulièrement favorable des moments sur toute la longueur des nervures.

Ce système a permis, dans ce cas, de réduire les moments maxima positifs d'environ 50 % par rapport au plancher normal avec nervures parallèles aux côtés. Une telle solution a en outre conduit à une réduction de la hauteur de construction de 90 à 70 cm par rapport au plancher classique ; c'est en cela que réside le principal avantage. La hauteur est égale au $^1/_{31}$ de la plus petite portée. La réduction des moments

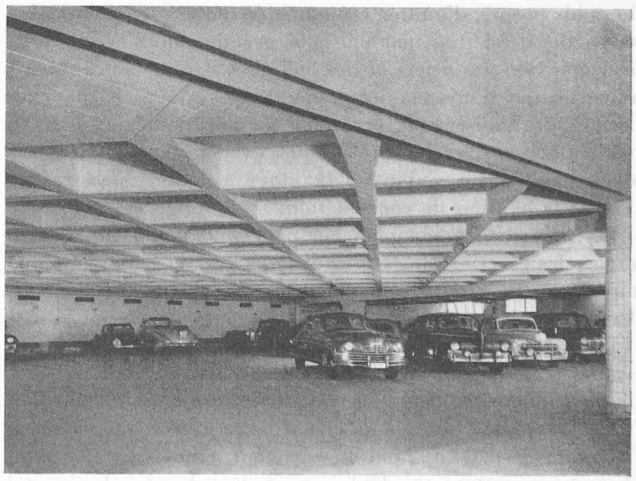


Fig. 1. — Vue de la face inférieure du plancher.

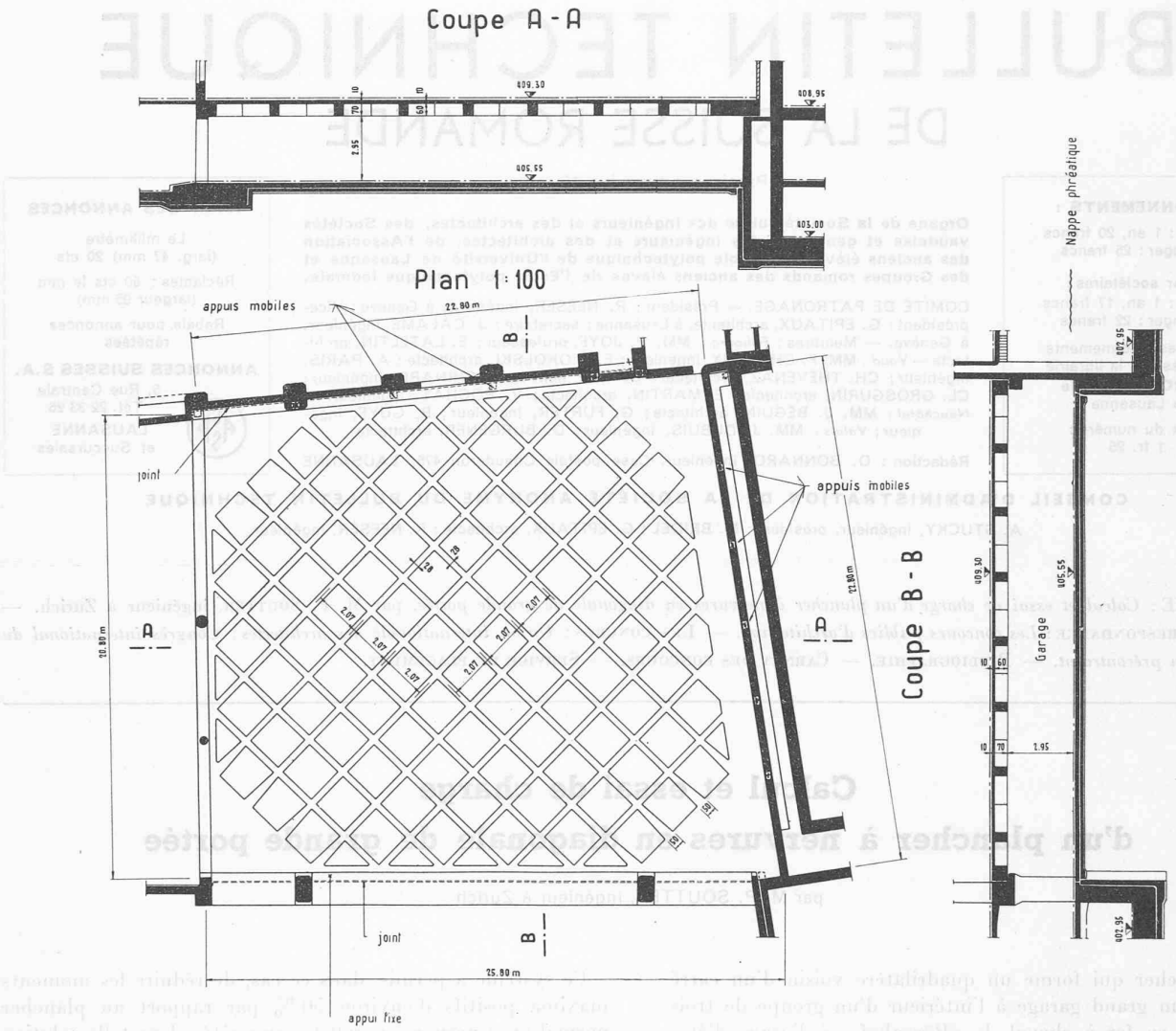


Fig. 2. — Disposition générale du plancher sur garage.

permet une réduction des dimensions du béton, c'est-à-dire du poids propre, d'où une économie de matériaux, compensée en partie, il est vrai, par une plus grande complication dans la disposition des aciers et des coffrages. On peut néanmoins admettre que d'une manière générale ce système de plancher permet de réaliser une économie de l'ordre de 10 à 15 % par rapport au système classique avec nervures parallèles aux côtés ; à cela s'ajoute l'avantage essentiel de la réduction de la hauteur de construction.

Les coins rigides du plancher provoquent dans les quatre angles des réactions négatives dirigées vers le bas tandis que sur tout le pourtour du plancher les réactions sont positives, dirigées vers le haut.

Les appuis mobiles du plancher sur deux côtés ont été réalisés chacun par deux plaques d'acier de 20 × 20 cm, placées l'une sur l'autre, et dont les surfaces de contact furent rabotées. Ces plaques sont ancrées convenablement, l'une dans le banc d'appui du bâtiment, l'autre dans le plancher et permettent un déplacement dans le plan horizontal dans toutes les directions. Les appuis d'angles ont été disposés sur la face supérieure du plancher, les réactions négatives étant réalisées par des éléments en consoles faisant corps avec les bâtiments contigus.

Le calcul d'un tel plancher selon les méthodes classiques se heurterait à diverses difficultés par suite du degré élevé d'indétermination statique. Plus un calcul est long et compliqué plus il est sujet à erreurs. Il est avantageux, dans de tels cas, d'appliquer une méthode qui, tout en étant approchée, donne une exactitude encore suffisante ; il ne serait pas raisonnable, en partant d'hypothèses qui ne correspondent que partiellement aux phénomènes eux-mêmes, d'effectuer des calculs fastidieux, difficiles à interpréter, dont l'importance serait sans rapport avec l'exactitude des résultats obtenus. Au contraire, la méthode approchée permet un calcul contrôlable en chacune de ses étapes, élimine les risques d'erreur et reste en accord avec les hypothèses faites en général dans tout calcul de béton armé.

Les calculs ont ici été conduits selon la méthode indiquée au rapport nº 99. complément 1943/1945, du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux, à Zurich. La seule hypothèse

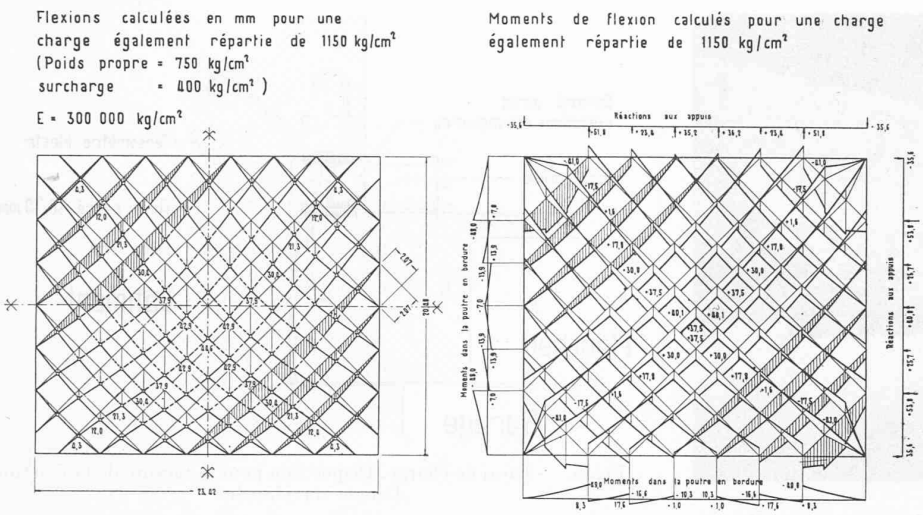
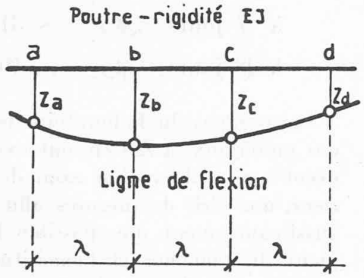


Fig. 4. — Flexions et moments calculés.

simplificatrice est d'assimiler la ligne de flexion de trois points voisins d'une nervure du plancher à une parabole ; cela permet d'établir les relations suivantes :

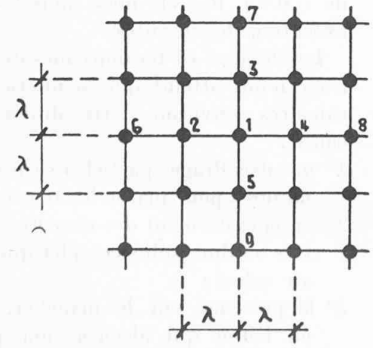


$$M_b = \frac{EJ}{\lambda^2}(-z_a + z_b - z_c)$$

$$M_c = \frac{EJ}{\lambda^2}(-z_b + z_c - z_d)$$

$$Q_{b-c} = \frac{\Delta M}{\lambda} = \frac{EJ}{\lambda^2}(+z_a - 3z_b + 3z_c - z_d) \cdot$$

Les charges étant admises concentrées aux croisements des nervures, on obtient la relation suivante :



$$P_1 = Q_{2-1} - Q_{1-4} + Q_{3-1} - Q_{1-5}$$

$$\frac{P_1\lambda^3}{EJ} = +12\,z_1 - 4\,(z_2 + z_3 + z_4 + z_5) + (z_6 + z_7 + z_8 + z_9) \ldots$$

Cette équation peut être écrite pour chaque point de croisement des nervures. Les flexions s'obtiennent en résolvant ce système d'équations. Dans notre cas particulier, et pour simplifier le calcul, nous n'avons considéré que le quart du plancher, celui-ci étant supposé symétrique par rapport à deux axes orthogonaux. L'influence de l'asymétrie fut évaluée à la fin de l'étude, lors du dimensionnement proprement dit. La résolution du système des vingt-six équations étant fort laborieuse, il peut être procédé comme suit : On admet, au jugé, un premier tracé de la ligne de flexion et l'on détermine grâce aux relations précédentes les charges qui lui correspondent. On répète l'opération, jusqu'à ce que, par approximations successives, on tombe en définitive sur les valeurs des charges réelles. Ces calculs sont assez longs et nous verrons plus loin que des essais sur modèles permettent d'arriver notablement plus vite à des résultats satisfaisants.

Aux angles, le calcul admet pour les coins massifs que les nervures de longueur maximum sont prolongées au-delà de l'appui, avec une flexion égale à 0 aux points extérieurs. Les appuis du plancher sous les poutres de raidissement formant bordure sont construits de façon à permettre une libre rotation des nervures autour de l'axe de ces poutres, tandis qu'ils excluent une rotation autour de l'axe perpendiculaire à celles-ci. Les moments d'encastrement de signe contraire de deux nervures correspondantes sont égaux.

Après avoir obtenu les moments, les efforts tranchants et les réactions des nervures, il est facile de calculer les poutres de bordure. Les coins massifs exigent un calcul spécial, mais qui n'offre pas de difficultés, leurs conditions d'équilibre étant faciles à établir. Dans notre cas particulier, le calcul du coin donne, pour une charge accidentelle uniformément répartie de 400 kg/m² (dalle 500 kg/m²) et le poids propre du plancher, une réaction négative dans l'angle de 35,6 T.

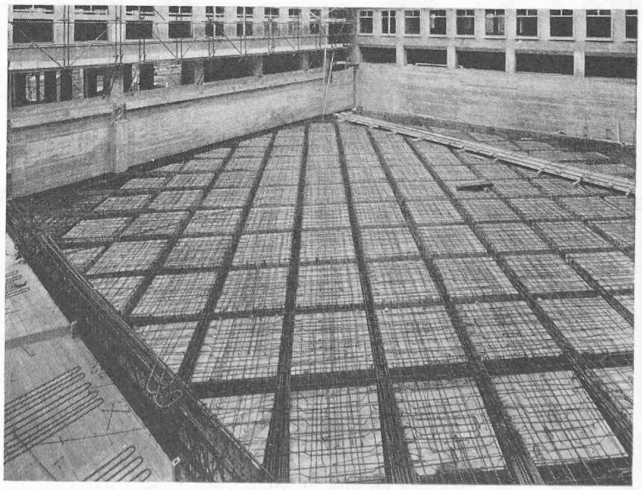


Fig. 3. — Coffrage et armature.

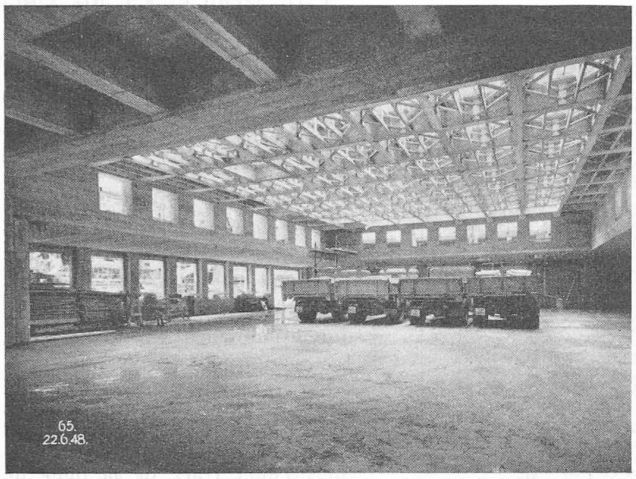


Fig. 5. — Essai de charge. Disposition des camions. Au-dessus : Poutres Vierendeel de 22 m de portée et plancher avec nervures parallèles aux côtés.

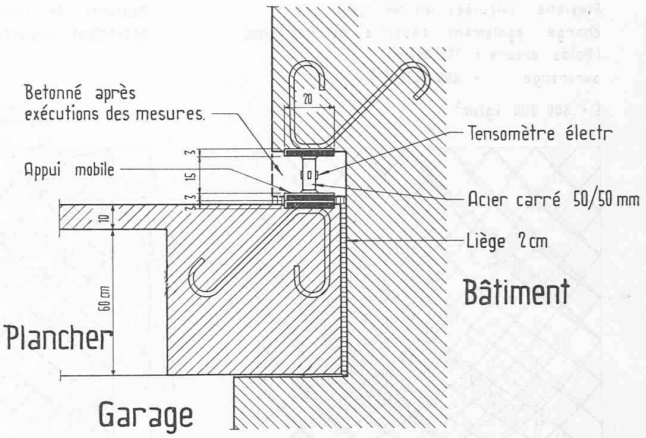


Fig. 6. — Essai de charge. Disposition pour la mesure de la réaction d'angle du plancher

La nécessité de réduire les dimensions du béton, vu la grande influence du poids propre sur les moments, a conduit à l'adoption d'armature en aciers au chrome de Gerlafingen de 28 à 40 mm de diamètre, quoique l'utilisation de diamètres plus petits eût été plus apte à exclure la fissuration. Après essais de charge et deux ans de service, le plancher ne montre du reste aucune fissure apparente ; cela est dû à l'excellente qualité du béton dont les essais avaient donné :

à 7 jours $\omega\beta_{7d} = \sim 310$ kg/cm²

à 28 jours $\omega\beta_{28d} = \sim 490$ kg/cm².

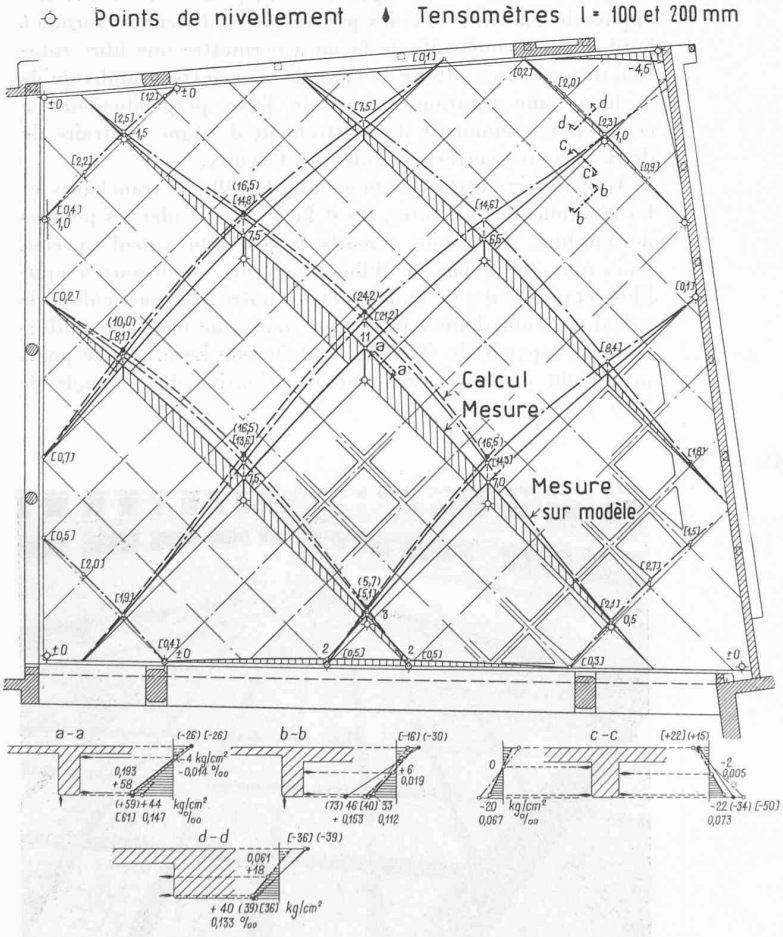


Fig. 7. — Flexions en mm et allongements mesurés lors du décoffrage. Valeurs correspondantes selon calcul et essai sur modèle réduit (poids propre). $E = 300.000$ kg/cm².

Les organes du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux, à Zurich, ont exécuté lors du décoffrage et lors d'un essai de charge ultérieur, une série de mesures afin de contrôler aussi exactement que possible le comportement du plancher et l'exactitude des résultats du calcul. Au décoffrage, on plaça 12 tensomètres et l'on nivela 20 points. Un dynamomètre à l'un des angles permit la mesure de la réaction négative.

Ce dynamomètre, placé au-dessus de l'appui mobile situé lui-même sur la face supérieure du plancher, était constitué par une courte barre d'acier de section carrée dont les raccourcissements étaient mesurés au moyen d'un tensomètre électrique. Ce dispositif, qui a été dûment contrôlé avant d'être mis en place, a accusé une sensibilité de ± 0,2 t. Il a été noyé dans le béton après exécution des mesures.

Les flexions et tensions mesurées au décoffrage n'ont atteint que la moitié des valeurs calculées environ. Cette différence a pour cause :

1° un décoffrage partiel exécuté avant les mesures pour placer les tensomètres ;

2° un encastrement des nervures dans les poutres bordures plus complet que celui prévu au calcul ;

3° la présence, sur le plancher, d'une paroi en béton qui absorba une partie de la réaction d'angle.

En vue de contrôler les fatigues du plancher sous charges et son comportement élastique, un essai fut exécuté en juin 1948, c'est-à-dire deux mois après l'achèvement des

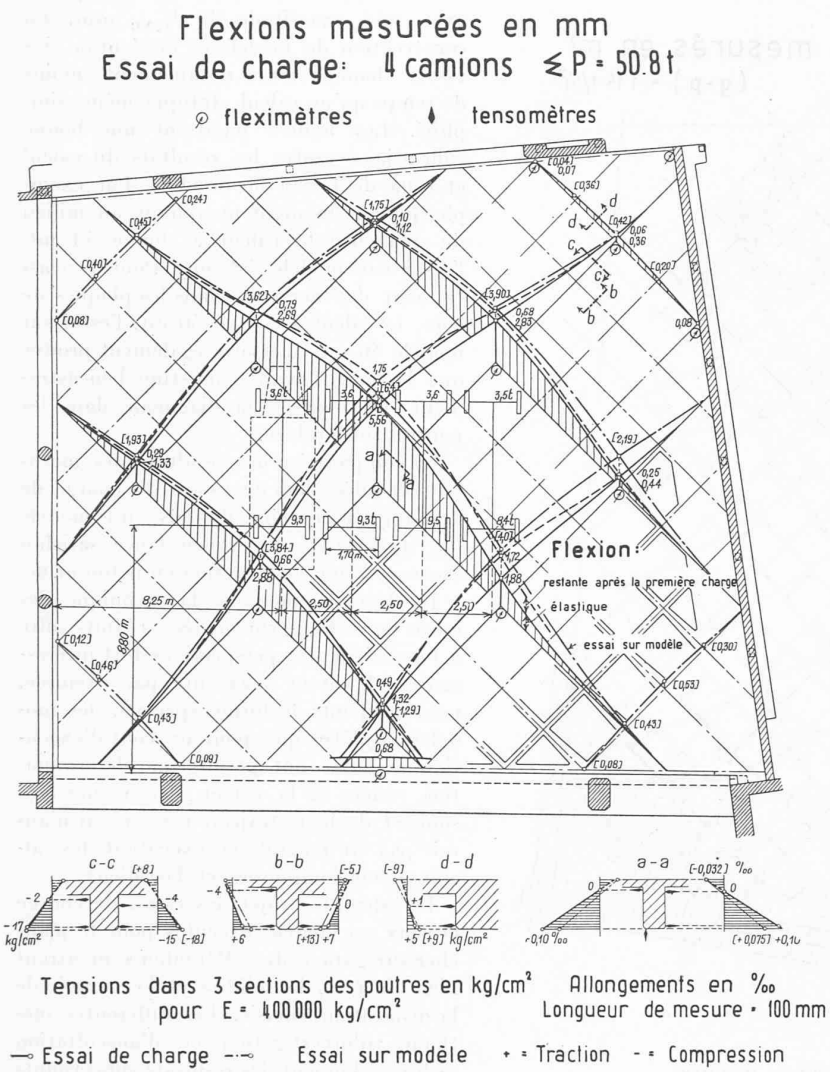


Fig. 8. — Essai de charge. Flexions et allongements mesurés et déterminés par l'essai sur modèle réduit.

travaux. On plaça quatre camions d'un poids total de $P = 50{,}8$ t au milieu du plancher de façon à ce que leur effet soit équivalent à celui d'une surcharge de 0,2 t/m² uniformément répartie sur tout le plancher. La surcharge fut appliquée à deux reprises afin d'obtenir une double lecture des appareils de mesure. Les mesures elles-mêmes ont porté sur :

les flexions en 14 points (fleximètres d'une exactitude de $^1/_{1000}$ mm),
les allongements dans 7 sections des nervures au moyen de 27 tensomètres.

Les déformations maxima mesurées ont été de :

Flexion au milieu du plancher sous la première charge . . $f = 7{,}31$ mm
Décharge ou seconde charge (élastique) . . . . . $f = 5{,}56$ mm
Reste . . . . . $f = 1{,}75$ mm
Tension maximum du béton (compression) . . . . . 18 kg/cm²

La comparaison avec le calcul donne
mesure : $f = 5{,}56$m
calcul : $f = 5{,}80$ mm.

Les tensions dues à l'essai de charge sont indiquées aux figures.

Réaction d'angle mesurée $R = 3{,}6$ To
calculée $R = 8{,}2$ To.

Les divergences entre mesures et calcul s'expliquent facilement par les causes mentionnées plus haut.

Après l'exécution de ces mesures, M. E. Schmidt, alors ingénieur au Laboratoire fédéral, exécuta un essai sur modèle réduit qui donna des résultats fort intéressants. Le modèle à l'échelle de $^1/_{40}$ fut constitué par un réseau de barres de section carrée en métal léger simplement réunies par des vis. La rigidité relative des différents éléments du modèle correspond à celle des éléments du plancher en même grandeur. Les mesures ont été faites au moyen d'un appareil permet-

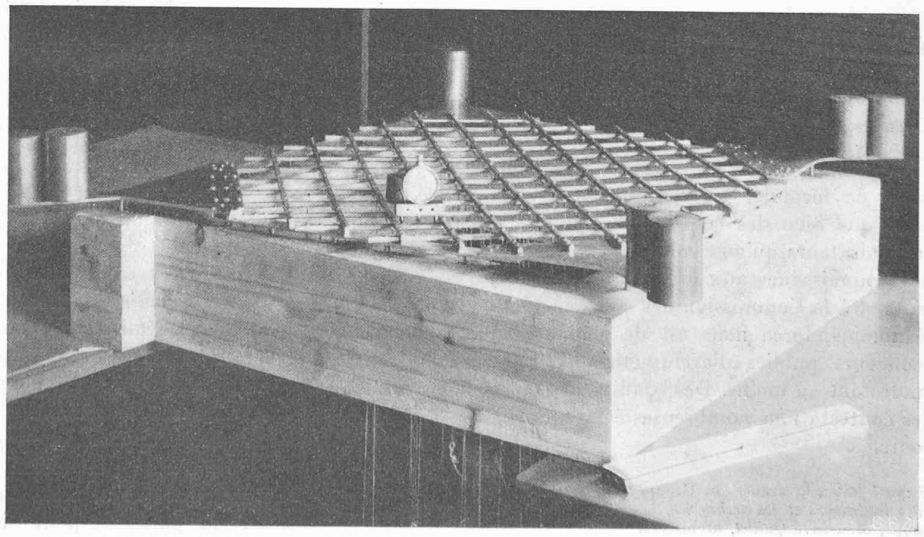


Fig. 9.
Modèle réduit à l'échelle 1 : 40.
Réseau de barres
en métal léger de 5 × 5 cm.

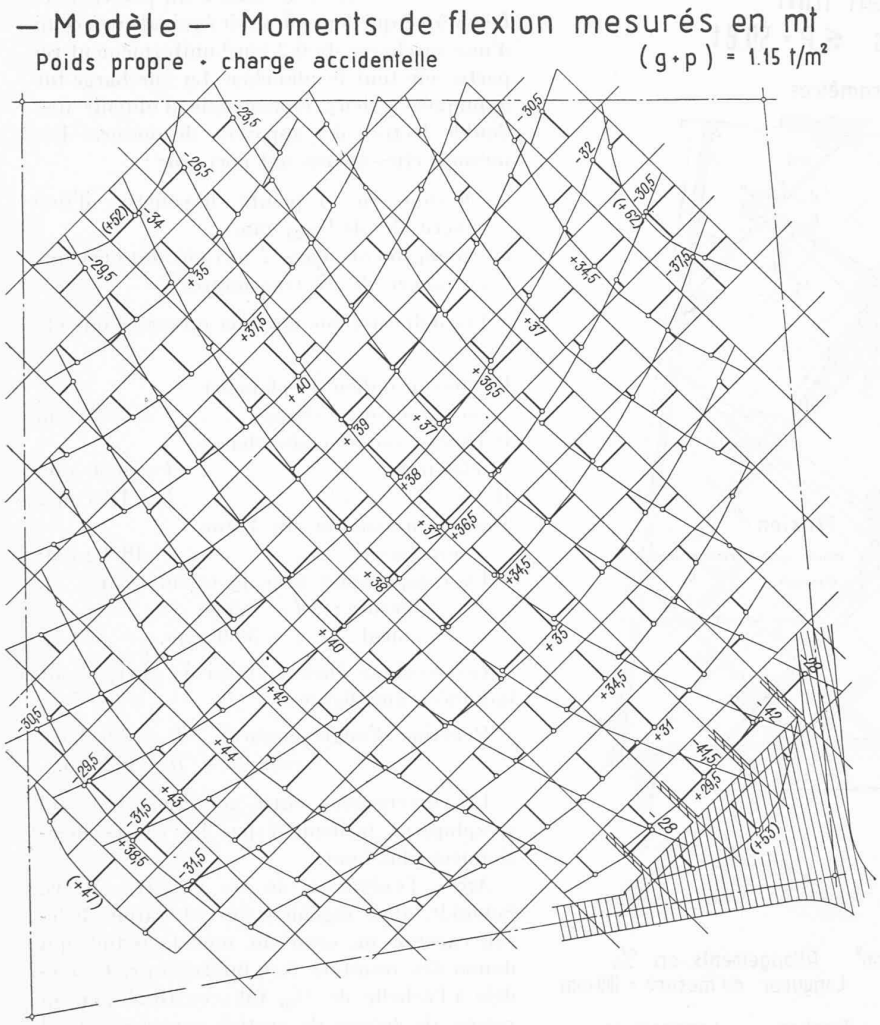


Fig. 10. — Essai sur modèle réduit. Moments mesurés pour $q = g + p = 1{,}15$ t.

tant de lire directement les courbures avec une exactitude de $^1/_{1000}$ mm. La construction du modèle et l'exécution des essais demandèrent notablement moins de temps qu'un calcul statique même simplifié. Les figures montrent une bonne concordance entre les résultats du calcul et ceux de l'essai sur modèle. Par exemple, pour le moment maximum, au milieu du plancher le calcul a donné 40 mt, l'essai sur modèle 38 mt. Pour l'encastrement des nervures dans les plaques de coin, le calcul a donné 50 mt, l'essai sur modèle 46 mt. L'essai a également prouvé que le calcul avait sousestimé l'encastrement des poutres en diagonale dans les poutres de bordure.

La comparaison des résultats des mesures effectuées lors de l'essai de charge de l'ouvrage avec ceux obtenus sur le modèle fait apparaître une concordance satisfaisante pour une construction en béton armé.

Le développement de la technique des essais de statique sur modèles réduits offre à l'ingénieur des perspectives fort intéressantes. L'auteur a exécuté par exemple, pour des ponts de forme spéciale, des modèles en plâtre qui, pour un coût d'exécution modique ont permis une détermination exacte de la valeur effective des tensions et de leurs trajectoires ; ce qui n'aurait pas été possible en exécutant des calculs même compliqués et fastidieux.

Le calcul, le projet, les essais de charge et ceux sur modèle, exécutés pour le plancher sur garage du « Bärenhof » montrent bien l'intérêt, la solidité et l'économie de la disposition choisie. Les différentes méthodes d'investigation et d'auscultation utilisées donnent des résultats concordants et satisfaisants sur la solidité et le comportement élastique de cette construction.

CORRESPONDANCE

Les concours publics d'architecture [1]

Le président de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes nous prie de porter à la connaissance de nos lecteurs le texte suivant. (Réd.)

Avant de formuler les critiques qui vont suivre, reconnaissons que bien des concours ont donné satisfaction tant aux organisateurs qu'aux concurrents. Nous exprimons donc notre reconnaissance aux organisateurs, aux jurys, aux concurrents et à la Commission des concours.

Néanmoins, force nous est de constater que l'institution des concours publics d'architecture est malade, en Suisse romande tout au moins. Des conflits, des litiges de toute nature, des contestations nombreuses éclatent à l'issue de certains concours.

[1] Exposé fait à la séance du Groupe des architectes de la *Société vaudoise des ingénieurs et des architectes*, le 7 novembre 1950, par le président du groupe, M. *Pierre Quillet*, architecte.

Les principes de la S. I. A. en matière de concours (norme 101) sont fortement battus en brèche car, il faut l'avouer, ce sont des principes faibles, difficiles à défendre. Le malaise est certain. Pourquoi ? Deux causes en tout cas sont claires :

1. Méconnaissance des principes S. I. A. de la part des organisateurs, qui agissent souvent de bonne foi mais dans une ignorance quasi complète, et, reconnaissons-le hélas, de la part des jurys eux-mêmes.
2. Désir de plus en plus fréquent des organisateurs de se débarrasser des recommandations des jurys pour garder les mains libres en ce qui concerne l'exécution de l'ouvrage.

Dans ces conditions, pourquoi ouvre-t-on un concours ? Pour *endormir* l'opinion publique lorsque l'organisateur veut donner la réalisation de la construction à une personne de son choix ou simplement à un architecte ressortissant de la commune auquel on ne pourrait, pour diverses raisons, confier directement le travail. Pour *calmer* l'opinion publique — ou un parti d'opposition — qui réclament des réalisations alors qu'on n'a ni les *moyens financiers*, ni même *l'intention* de faire quoi que ce soit. Dans tous ces cas, le concours public sert de paravent pour dissimuler des manœuvres déloyales.