

リフトスラブ構造による建物の試作試験

中 野 清 司*
L o u i s S a t o**

1. 概 概

本試験は2階建 Lift Slab 建物について行なったものである。建物の製作はオリエンタルコンクリートKK、試験は建設省建築研究所が実施した。図-1,2,3 は構造を示めたものである。

2. 工 法 概 要

1) 基礎スラブの中に設けられた深さ 50 cm の孔の中に RC Precast Concrete の柱 4 本が入って固定される。

2) 地上で床版が建設される。PS大ばり、小ばりの格子組の上に、Precast 軽量コンクリート床版をのせてPC鋼棒でしめる。

柱の位置では、大ばりが正方形の Collar に接続され、柱は Collar の中心にあけられた孔の中を自由に通れるようになっている。

3) 床が完成した後 Collar にあらかじめ設けてあった孔にとりつけられたオイルジャッキ8個で床が取り付けられる。

ジャッキのストロークの調整によって床が水平に1時間間に約 2.0 m の速度で取り付けられる。

3. 床と柱の Joint 方法

床と柱の Joint には、4種類の Joint 方法が用いられた。

1) Collar と柱の間にクサビを入れ込んで柱の4隅にとりつけられたアングルに溶接する。

2) Epoxy Mortar を Joint につめる方法

* 工博 建設省建築研究所主任研究員
** Ingénieur des Ponts et Chaussées

安全のために Collar の下で柱に門金物をとおしてある。

3) PC鋼棒で柱と Collar をしめる

4) スポットプレストレスト工法

Collar にあらかじめ鋼製くさびを打ち込んでおき、大ばりと同時にPS導入をする。つり上げ後柱と Collar の間げきにモルタルを打ち込みモルタル硬化後くさびをぬく、大ばりのプレストレスト力が Collar と柱に伝達され床を柱に固定する。

4. 設計の特徴

床のつり上げ中の応力および地震力に耐えるため、大ばりが必要である。その大ばりの各断面をつり上げ中(中央部)と地震時(Joint 部分)について検討した結果 Prestressing を使用することに決定した。

この Prestress をまた Spot Prestressing Joint に用いた。

柱は地震時の剛性が高くなければならないので断面寸法が大きい必要があった。したがって、RC 柱の方が有利である。

本実験の結果施工実験、水平力試験から本設計による Lift Slab Building の実施が可能であることが分かった。特につり上げ中および 0.2 g に対応する水平力にたいして十分の耐力があり、従来の建物と同等の安全度をもっていることがわかった。

また将来の設計のため重要なデータが得られた。とくに部材精度は、例えば 1 cm 程度であっても現場打 Joint 部によって寸法の調整ができるので建物全体としては、かなりの精度が期待できる。また、つり上用ロッド、床版と柱を結合するボルトの孔などはできるだけゆとりをもって設計しておくのが望ましい。

PROTOTYPE D'UNE CONSTRUCTION PAR DALLES LEVÉES.

mis au point par le Centre de Recherches du Bâtiment du Ministère de la Construction japonais

Kiyoshi Nakano

Louis Sato

Ce bâtiment n'est pas le premier construit par dalles levées au Japon, mais c'est le premier sur lequel des essais de charges ait été fait.

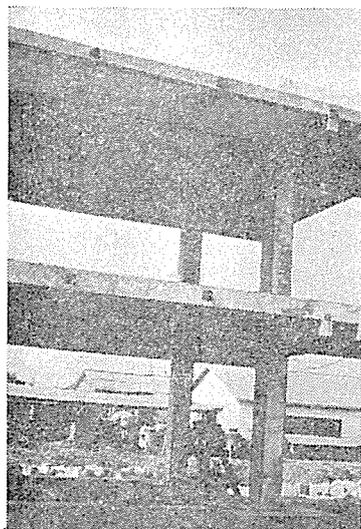
Le procédé de levage des dalles ressemble au procédé "Lift Slab." américain, mais présente vis à vis de ce dernier d'importantes différences dictées par les précautions nécessaires notamment pour résister au danger sismique.

Description du bâtiment

Il s'agit d'un bâtiment à 2 niveaux, avec 50 m² environ de surface par niveau. Il sera affecté à un usage de bureau de l'usine d'éléments précontraints que possède l'Oriental Concrete à l'ouest de Tokyo et dans l'enceinte de laquelle il a été construit.

Les planchers sont supportés par les poteaux en béton armé et l'ossature principale comprend en outre, des poutres principales précontraintes qui supportent les poutrelles et les dalles du plancher (Voir Photo 1).

Photo 1. Vue d'ensemble de l'ossature



Le plancher est en porte à faux, ce qui entraîne que son centre de gravité est à 60 cm environ du centre du carré formé par les poteaux. Il en résulte

une assez grosse différence entre les charges supportées par les poteaux (qui varient du simple au double) et du point de vue sismique, une rotation du plancher soumettant ainsi l'ossature à des effets de torsion d'ensemble.

Description du procédé employé

Si l'on schématise le procédé, on peut décomposer la construction selon les phases suivantes :

1) Les fondations sont constituées par des semelles présentant en leur milieu un trou carré de 50 cm de profondeur dans lequel viendront se fixer les poteaux en béton armé, préfabriqués. Ces semelles sont reliées entre elles par un chaînage composé de poutres de 70 cm de hauteur en béton armé, pour qu'on puisse considérer par la suite que l'ossature du bâtiment est pratiquement encastree au sol.

2) Sur ces semelles viennent s'encastrer les 4 poteaux en béton armé de 36 cm de côté, hauts de deux étages environ.

Dans un projet plus important, ces poteaux auraient 3 étages de hauteur et seraient prolongés par des poteaux analogues coulés en place, soit par des poteaux préfabriqués terminés par des plaques d'appui soudées aux armatures et collées entre elles par de la résine époxy comme pour le procédé américain, soit enfin solidarités par précontrainte.

La hauteur des poteaux dépassait de 1.2 m la hauteur du 2^e étage pour permettre l'accrochage des câbles de traction. Cette hauteur pourrait être ramenée à 30 cm environ.

La distance entre axes des poteaux était de 7.15 m et de 3.85 m dans le sens perpendiculaire.

3) Les dalles étaient composées de carrés de 1.5 m de côté faits en béton avec agrégats légers (résistance à 28 j à la compression = 120 kg/cm² $d = 1.7 \text{ t/m}^3$; $E = 10^5 \text{ kg/cm}^2$) de 7 cm d'épaisseur, préfabriquées en chantier et présentant à leur pourtour des aciers en attente. Ces dalles étaient solidarités entre elles

par des poutrelles en béton précontraint coulées sur place de 15 cm de large sur 20 cm de hauteur. Les agrégats de ce béton étaient normaux ($d=2.4^3t/m$, 400 kg/cm^2 à la compression en 28 j., $E=3\ 210^4\text{kg/cm}^2$).

Ces poutrelles reposaient sur un système de poutres principales, formant avec les poteaux l'ossature principale.

Ces poutres principales avaient 40 cm de hauteur.

Des colliers en béton armé présentant des aciers en attente s'enfilent sur les poteaux. Ces colliers sont solidarisés avec les poutres principales coulées sur place et cet assemblage est d'ailleurs renforcé par la précontrainte (Voir Fig. 1~2 et 3).

Fig 1. Plan et Detail des Joints

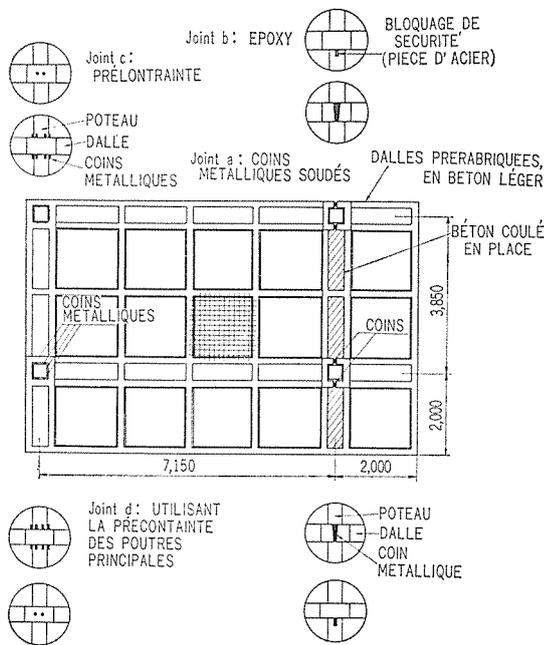


Fig 2. Section A-A

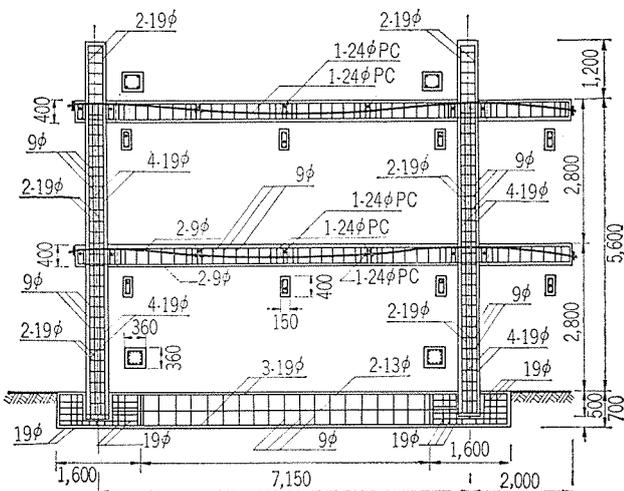
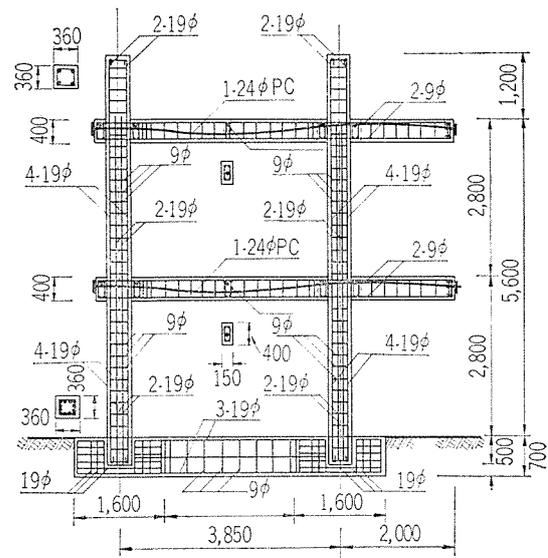


Fig 3. Section B-B



Le béton des poutrelles est également coulé en même temps que celui des poutres. Les dalles sont posées sur les coffrages des poutrelles.

4) Lorsque le béton coulé en chantier a une résistance suffisante, il est mis en précontrainte.

Photo 2. Levage des dalles

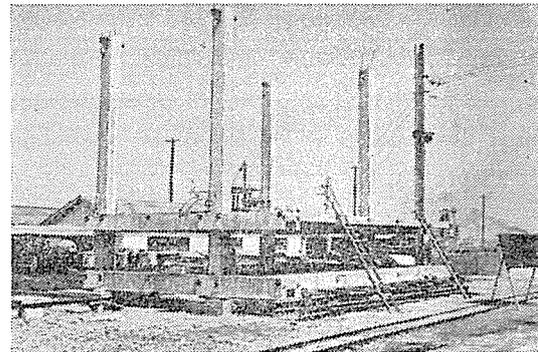
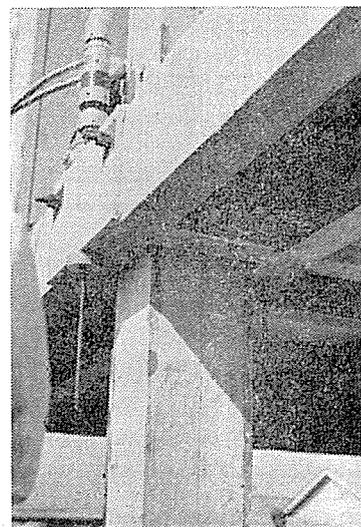
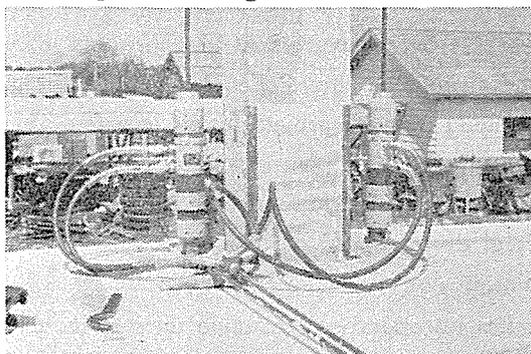


Photo 3. Jonction des vérins et du collier



5) L'ensemble de la dalle est alors levé au moyen de vérins travaillant à la traction (Voir **Photo 2**). Les colliers en béton armé sont percés de deux trous à cet effet, dans lesquels viennent s'enfiler les tiges métalliques solidarissant les vérins avec une plaque d'appui placée sous le collier (Voir **Photo 3**). Ces tiges métalliques sont creuses et permettent le passage du câble métallique accroché au sommet du poteau et qui traverse le vérin. Le vérin comporte deux mâchoires venant enserrer le filin à tour de rôle, la mâchoire supérieure servant à hisser le vérin vers le haut, la mâchoire inférieure servant de blocage pour permettre à la mâchoire supérieure venue en bout de course de se relâcher pour saisir à nouveau le câble à un niveau supérieur. Le circuit hydraulique s'inverse pour permettre tantôt à une mâchoire de mordre le câble, tantôt à l'autre. La course de la mâchoire supérieure se règle au moyen d'une tige filetée et va de 0 à 3 cm (Voir **Photo 4**).

Photo 4. Les vérins on voit à gauche la clef qui permet de régler la course des vérins



Lorsque la mâchoire inférieure se referme après la course de la mâchoire supérieure, il se produit un glissement de quelques millimètres qui est en première approximation proportionnel à la charge supportée.

Lorsque, comme c'était le cas ici, les charges supportées par les poteaux varient du simple au double, cet effet est important et risque au bout d'un certain nombre de cycles, par des différences de niveau entre appuis, de créer des désordres dans la dalle.

On y a remédié en augmentant la course du vérin le plus chargé de façon à compenser l'effet du glissement différentiel : à la fin de chaque cycle, le plancher reste de niveau. On remarquera enfin que lorsque la dalle comprend, pour des raisons sismi-

ques que l'on expliquera, plus loin, un contreventement important de poutres précontraintes, on peut tolérer sans crainte des tassements différentiels des appuis de l'ordre du centimètre. Il n'en serait pas de même pour des dalles de moindre inertie sans contreventement.

Pour conclure sur cette question de vérins, il semble à la fin de cette expérience que ces vérins, dont le brevet appartient à l'Oriental Concrete, conviennent parfaitement à l'opération.

Il a été employé un jeu de 8 vérins (2 par collier), de capacité de traction maximum 20 t, actionnés par un moteur unique envoyant dans les pistons du vérin, de l'huile à 800 kg/cm²-max. Le levage de la dalle a été effectuée pour 1 niveau en 1/2 journée. Ce temps pouvant être réduit avec des vérins dont la course aura été préalablement bien réglée. Il est possible d'atteindre une vitesse de levage de 2 m par heure.

6) Une fois mis en place, les dalles sont solidarées aux poteaux par l'intermédiaire de joints. A titre expérimental, il a été utilisé 4 types différents de joints.

- a) Coins métalliques insérés entre le collier et le poteau et soudés à des plaques métalliques coulées dans le béton du poteau et soudées aux armatures. Cette façon de faire est analogue à celle employée dans le procédé américain. (Voir **Photo 5**)
- b) Joint effectué par un mortier de ciment et de résine Epoxy coulé entre le collier et le

Photo 5. Joint a on collar devire les coins métallignes



Photo 6. Joint b, on distingue le martier à base de résine époxy, plus sombre que le mortier ordinaire

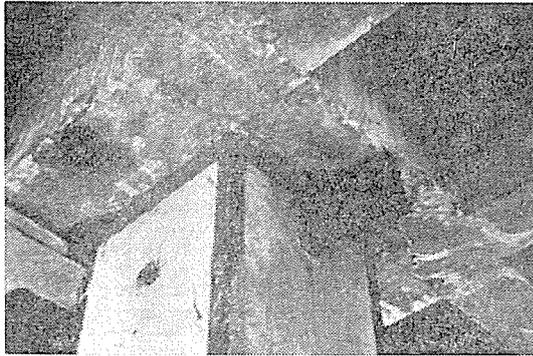
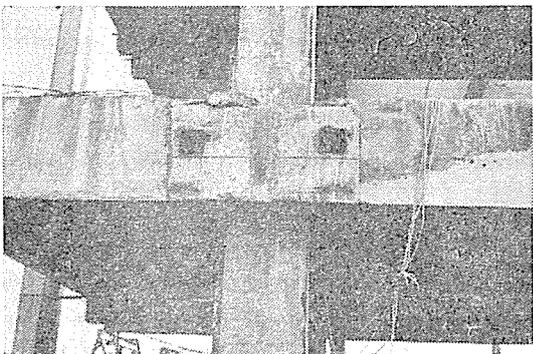


Photo 7. Joint C



Photo 8. Joint d. La partie centrale du collier est coulé puis rebouchée au mortier



poteau. La résine Epoxy permettant de résister à des contraintes de traction importantes permet ainsi d'équilibrer les moments dus aux charges verticales ou horizontales (Voir **Photo 6**).

- c) Renforcement du joint précédent au moyen de tiges filetées tendues solidarissant le joint par précontrainte (Voir **Photo 7**).
- d) Joint utilisant la précontrainte des poutres principales (Voir **Photo 8**).

Une fois que le mortier introduit entre le poteau et le collier a fait prise, on coupe le collier en retirant deux coins métalliques coulés dans le collier. La précontrainte qui passait par les colliers est alors transmise par

les poteaux et solidarise les colliers avec les poteaux. Il n'y a aucun changement de longueur du câble lors de l'opération, à part ce qui correspond à la mise en tension de l'épaisseur du poteau et des joints en mortier. Il faut compter cependant une perte légèrement plus importante de la précontrainte par la suite du fait du fluage plus important du mortier du joint. On injecte le mortier dans les gaines de précontrainte, une fois le plancher fixé.

Alors qu'on a pu avoir avant les essais de charges horizontales, quelques craintes sur la façon dont les joints a b et c résisteraient aux moments importants créés par les efforts sismiques, aucune crainte analogue était justifiée pour le joint (d) encastrant parfaitement le poteau dans la dalle.

Les essais, au cours desquels on a soumis chaque plancher à des charges de 6 t (ce qui correspond à une accélération de 0.2 g) ont montré la bonne tenue des 4 types de joints.

Bien que ces 4 types de joint soient montrés que l'hypothèse de l'encastrement des poteaux dans la dalle était valable sous l'effet de charges sismiques, on a retenu pour les projets futurs le type d utilisant la précontrainte des poutres pour la simplicité de sa mise en oeuvre. Un problème se pose cependant qui est celui de la sécurité de tels joints après rupture et annulation des efforts de précontrainte.

Toutes les opérations (coulage du mortier dans le joint, extraction des coins coulés dans le collier) peuvent s'exécuter par des ouvriers travaillant au dessus du plancher levé. Un problème reste posé cependant, qui est celui de la sécurité de tels joints après rupture et perte de la précontrainte.

Les vérins sont restés immobilisés en place jusqu'à la réalisation des joints.

Le bâtiment après les essais est terminé par des murs rideaux et par des cloisons intérieures légères.

Justification du projet adopté

Pour ne pas avoir des moments trop importants sous l'effet des efforts horizontaux sismiques dans les poteaux, donc ne pas avoir de trop grosses sections, il faut augmenter la raideur qu'on peut attribuer à la dalle. Il a fallu donc renoncer à la solution

économique et par ailleurs présentant des avantages vis à vis de la transmission des bruits d'une dalle pleine sans poutraison. De plus, pour pouvoir diminuer autant que possible la hauteur de ces poutres et le poids du plancher et réaliser les portées exigées, on a adopté des poutres principales précontraintes. Cette précontrainte a été également utilisée pour encastrier les poteaux dans la dalle une fois mise en place.

La nécessité de prévoir une poutraison a donc poussé, pour ne pas avoir des poids trop importants, à adopter des dalles minces de 7 cm en béton léger, supportées par des poutrelles, qui pour dégager au maximum le plafond ont été précontraintes pour n'avoir que 20 cm de hauteur. On a choisi pour ces dalles une maille carrée de 1.5 m de côté.

Par ailleurs, pour éviter les coffrages des dalles, qui du fait de l'existence de la poutraison, faisaient perdre beaucoup des avantages de couler la dalle au niveau du sol, on a cherché à préfabriquer les dalles en chantier dans des coffrages sommaires en bois.

Le chantier ne disposant pas de moyens de levage importants, il a fallu choisir des dalles ne pesant pas plus de 300 kg pour que 6 hommes puissent les mettre en place.

Ces dalles comportant des aciers en attente, ont été posées sur les coffrages des poutrelles coulées sur place qui ont donc joué un rôle de chaînage. La précontrainte a également contribué à les solidariser entre elles.

Pour des raisons de mise en oeuvre et d'économie, on a cherché à n'avoir pour les poutres qu'un seul acier de précontrainte.

Il faut remarquer que les poutres devaient résister à la fois

- en leur milieu, à un important moment positif, dû à la subsistance après fixation de la flèche prise par la poutre lors du levage où elle peut être assimilée à une poutre console sur appuis simples.
- au niveau des fixations avec les poteaux, à d'importants moments positifs et négatifs sous l'effet de charges sismiques.

Pour ces deux raisons, il a fallu avoir tout au long de la poutre une précontrainte moyenne P/A importante pour équilibrer les contraintes de traction dues aux moments. Pour ne pas alors avoir à augmenter

inutilement la précontrainte P , on a cherché à avoir une section A minimum de la poutre et du hourdis qui lui correspond.

C'est une des raisons qui a fait adopter des dalles en béton léger qui permettaient ainsi de prendre une largeur de hourdis 3 fois plus petite que pour une dalle du même béton que la poutre (Module d'Young 3 fois plus petit).

Précision obtenue dans les assemblages

- La précision de l'ordre du centimètre obtenue pour les dalles ou les colliers préfabriqués ont été largement suffisants étant donné l'importance des joints, ou du béton coulé sur place.
- La pose des câbles de précontrainte, prévue pour être faite par des ouvriers peu spécialisés, n'a pu être faite avec une précision de plus du centimètre. Il en résulte que les points de passage obligé constitué par les gaines coulées par avance dans les colliers avec exactitude ont beaucoup facilité la pose. Dans un projet futur, il semble utile, pour éviter des surprises, de multiplier ces points de passage obligés dans des éléments préfabriqués.
- On a vu précédemment que lors du levage, les appuis des dalles avaient présenté des différences de niveau de l'ordre du centimètre.

En conclusion, la précision au cours du montage a été de l'ordre du centimètre et a semblé largement suffisante pour le projet.

Durée du chantier

- Du fait du caractère expérimental du chantier, il est difficile d'en tirer une indication valable.
- Le chantier a été l'objet de nombreux incidents, il a été également dérangé par les essais. On ne peut en tirer aucune conclusion, sinon que si l'on veut accélérer la vitesse du chantier, il faut activer la confection des dalles au sol.

La nécessité enfin de poser des coffrages pour les poutres est un inconvénient.

Conclusion

Il est donc intéressant de préfabriquer les éléments des dalles pour n'avoir qu'un temps de montage réduit.

A cet effet, il serait par exemple possible de con-

報 告

fectionner des dalles avec des nervures sur les bords qui serviraient de coffrage latéral pour les poutrelles. Ces dalles seraient assemblées par précontrainte.

Elles viendraient reposer sur les poutres principales, qui comporteraient à leur partie supérieure des aciers en attente pour couler un joint suffisant et comporteraient en leur milieu une partie de la gaine de précontrainte, ce qui faciliterait au maximum la pose des câbles dont la position serait convenablement fixée par cette gaine coulée dans la partie de la poutre préfabriquée et celles coulées dans les colliers.

On peut discuter par ailleurs de la nécessité d'avoir des dalles en béton léger pour économiser la précontrainte. Il suffirait sans doute, d'un béton dont les qualités mécaniques (Module d'Young) soient inférieures à celles du béton de l'ossature. Il n'est même pas prouvé que cela soit nécessaire et économique. Une dalle épaisse est sans doute à rejeter cependant. Les dimensions des dalles doivent être fixes à partir des moyens de levage que possède l'entreprise ; elles pourraient être largement supérieures à celles de ce premier projet.

En conclusion, on peut dire que ce bâtiment prototype a montré largement qu'il était possible, en respectant les règlements japonais, d'employer un procédé de construction par dalles levées.

Il a permis également de rassembler les éléments qui permettraient d'améliorer ce projet et de l'adopter aux moyens de l'entreprise.

C'est le but principal d'une expérience de ce genre. Il serait intéressant que par la suite qu'il soit possible à l'entreprise à partir de ces données, et de ses moyens propres d'entreprendre un projet plus important, et qu'elle mette ainsi au point une organisation de chantier qui rendra ce procédé économique et compétitif.

Cette étude a été effectuée par le Centre de Recherches du Bâtiment du Ministère de la Construction.

Outre l'étude du projet et sa réalisation il a été fait des essais de résistance statique sous des charges horizontales et des essais de vibration. Ont participé à cette étude :

K. NAKANO	Chef de Recherche
L. SATO	Chercheur invité
K. IGARASHI	Assistant de Recherche
T. OKADA	"
K. BABA	"
Feu-Y. MACHINO	"

La Société Oriental Concrete K.K., en permettant d'effectuer ces essais sur ce bâtiment a contribué largement au succès de cette étude.

工学研究者の最近の研究題目調査について

日本学術会議第5部長 丹羽保次郎氏より、わが国における代表的工学研究者および技術者の研究題目を調査して、その整理結果を「工学研究要覧」として刊行することになったので、調査に協力方依頼がありました。つきましてはこれに応募なされる方は、日本学術会議第5部宛（東京都台東区上野公園内）プレストレスト コンクリート技術協会正会員としてお申し出下さい。

土木工学：構造（力学，構造，橋梁）・土質（力学，基礎）・交通（道路，鉄道，港湾）・河海（水理，河川，海岸）・衛生（上水道，下水道，環境衛生）・計画（都市，地方，国土）・施工材料（材料，施工，機械）・測量（測量，測地）・防災（防災）

建築学：材料・施工・構造（力学をふくむ）・防災・計画原論（設備をふくむ）・設計計画・意匠（建築論をふくむ）・歴史・都市計画・経済（住宅問題をふくむ）。