

早大第2学生会館の設計施工について

早稲田大学 武 基 雄
" 谷 資 信

1. ま え が き

早大第2学生会館は、中央コア部分のコンクリートをスライディングフォームによって打設し、地上階床の大ばりにPCを利用して、リフトスラブ工法により所定の階に定着させる施工計画を採用した。実際の施工にあたっては、リフトスラブ工法および場所打コンクリート工法を併用することになったが、以下に構造の設計および施工の概要について述べる。

2. 構 造 概 要

この建築物は地下2階、地上11階であって、地上高さ31.6mである。床平面は21.6m×21.6mであって、中央部分に7.2m×7.2mの階段、エレベータージャフトなどを収納するコア部分がある。(写真1, 2, 図1, 2, 3, 4, 5, 6参照)

地下部分は、地下1階コアの鉄骨鉄筋コンクリート構造をのぞいては、すべて鉄筋コンクリート構造である。地下2階は機械室であるが、基礎構造そのものである。

地上部分のコアは、鉄骨鉄筋コンクリート構造とし、コア周囲格子状床構造は、床スラブを1.44m×1.44mとして、人工骨材(メサライト使用)コンクリートプレキャスト板を用いている。格子状小ばりは鉄筋コンクリート構造であり、大ばりはPC構造である。周囲の外柱は鉄骨鉄筋コンクリート構造とした。

地上部分コア周囲の格子状床は、大ばりが外柱と結合された構造階と、構造階に設けられたプレキャスト壁およびつり鋼棒によって支えられている中間階とが交互に配置されている。

各構造部分別に整理して記せば、つぎのとおりである。

(a) 地下構造

基 礎：鉄筋コンクリートベタ基礎(地下2階が基礎構造)、地耐力長期30t/m²(地表面よ

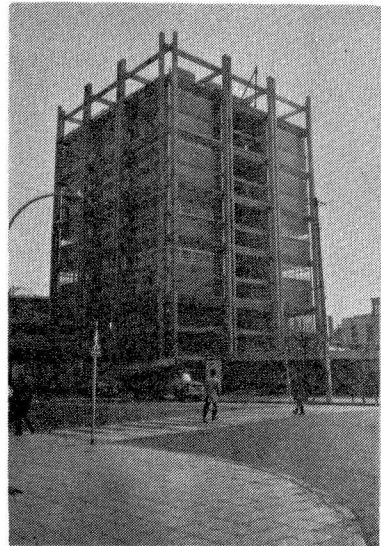


写真1 早大第2学生会館全景

り 10 m 下地盤は中，細砂密実であって，
N 値は 50 以上)

地下 1, 2 階：鉄筋コンクリート構造，ただしコ
ア一部分は地下 1 階から地上にかけて鉄
骨鉄筋コンクリート構造

(b) 地上構造

コア一部分：鉄骨鉄筋コンクリート構造

コア周囲格子状床：床スラブはメサライトコン
クリートプレキャスト板（厚さ 6 cm），
小ばりは鉄筋コンクリート構造，大ばり
は P C 構造

外部周囲柱：鉄骨鉄筋コンクリート構造

3. 構造材料

(3.1) コンクリート

地下，地上とも一般のコンクリートの 4 週圧縮強度
は $F_{28} = 210 \text{ kg/cm}^2$ である。したがって，許容圧縮
応力度は長期で 70 kg/cm^2 ，短期で 140 kg/cm^2
である。

地上格子状床構造の床スラブにはメサライト
コンクリートを使用した。その 4 週圧縮強度は
 $F_{28} = 180 \text{ kg/cm}^2$ であって，比重は 1.8 であ
る。また，P C ばりコンクリートの 4 週圧縮強
度は $F_{28} = 400 \text{ kg/cm}^2$ とした。

(3.2) 鉄筋

9 ϕ ，13 ϕ 鉄筋には S R 24 を使用し，
16 ϕ ，19 ϕ ，22 ϕ ，25 ϕ 鉄筋には異形
鉄筋 S D 30（トリコン）を用いた。

(3.3) 鉄骨

コア部分主鉄骨（柱，はり）には S M 50
鋼板を用い，最大厚さ 50 mm とした。コア部
分筋かい鉄骨は S S 41 みぞ形鋼および H 形鋼
2 つ割りを用いた。

外柱鉄骨には S S 41 H 形鋼（側柱 2-HB 400，隅柱 2-HS 200）を使用した。

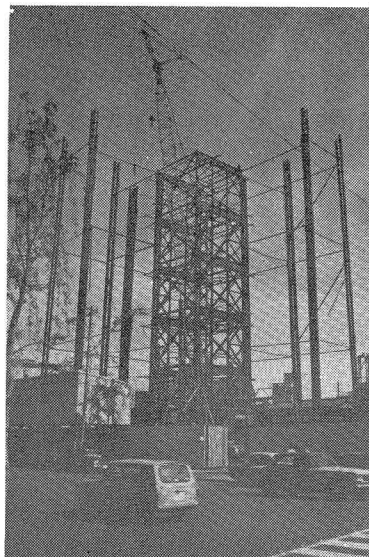


写真 2 コアおよび外柱鉄骨

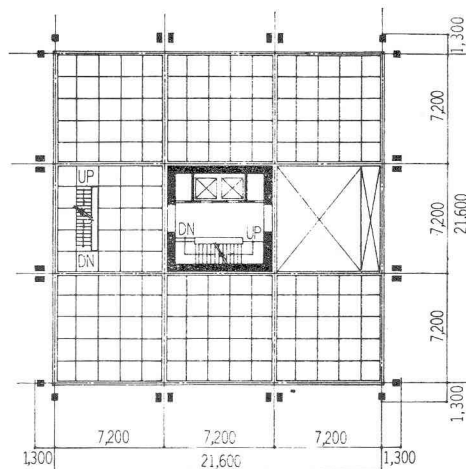


図 1 構造階はり伏図

(2, 4, 6, 8, 10, R 階)

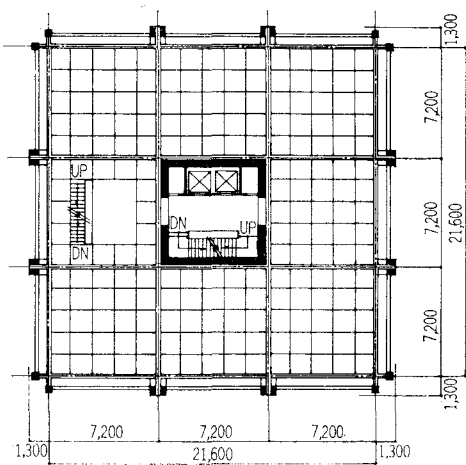


図 2 中間階はり伏図
(3 , 5 , 7 , 9 , 11 階)

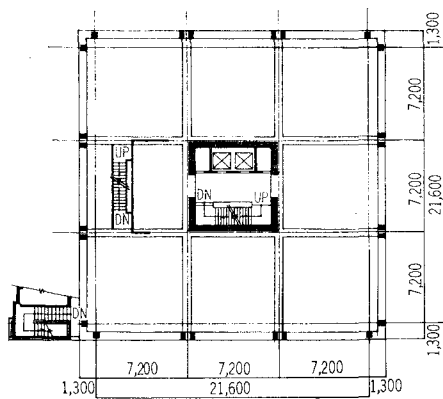


図 3 1 階はり伏図

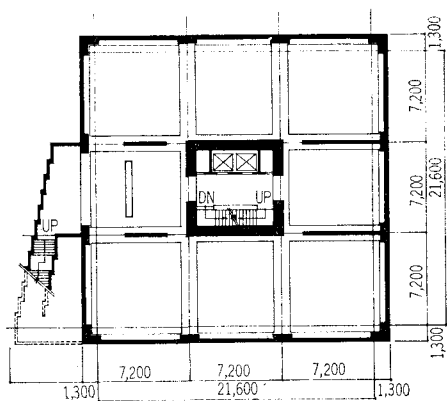


図 4 B 1 階はり伏図

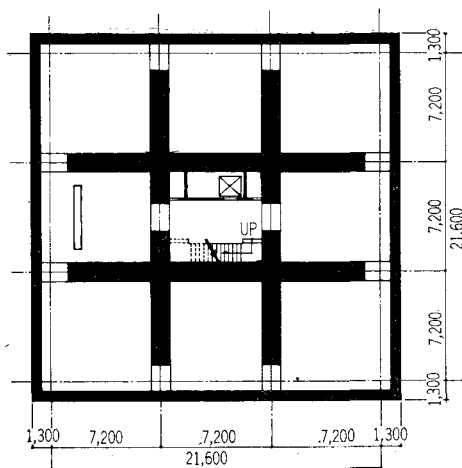


図 5 基礎伏図
(B 2 階床伏図)

(3. 4) P C 鋼材

地上部分床構造大はり P C 鋼材, および中間階をつる P C 鋼材には, Ⅲ 種 P C 鋼棒を用いた。

4. 構造計画概要

地上コア一部分は壁方向が連続耐震壁であり, 開口方向はラーメン構造であって, 両方向とも剛性は大きいから, 外柱と P C ばりによって構成されるコア周囲ラーメンに生ずる地震力, 風圧力など水平力による応力は比較的小さい。すなわち, 水平力の大部分はコア部分で抵抗する。

地下部分には, コア一, ならびに外周などに剛強な鉄筋コンクリート壁体があるので, その部分の水平力は, 主として壁のみで抵抗する。

コア部分のコンクリート打設には, スライディングフォームを利用し, 地上コア周囲格子状床はリフトスラブ工法によって, 所定位置に定

着させる。コアおよび外柱とリフトスラブとの結合は, P C 鋼棒による圧着接合によるが, コアとの結合には特に鉄骨ブラケット, あるいは鉄筋コンクリート方立などを利用して接合の安全性を高めるようにして, 全体骨組としては, コアをもつラーメンとして一体構造となるように計画した。

耐震設計に対しては, 動的条件を考えて, 設計震度を従来規定の 2.5 増とした。これから, 地上構造のベースシャー係数は $C_B = 0.295$ となった。地下部分の設計震度は地下 1 階で 0.2, 地下 2 階で 0.15 とした。

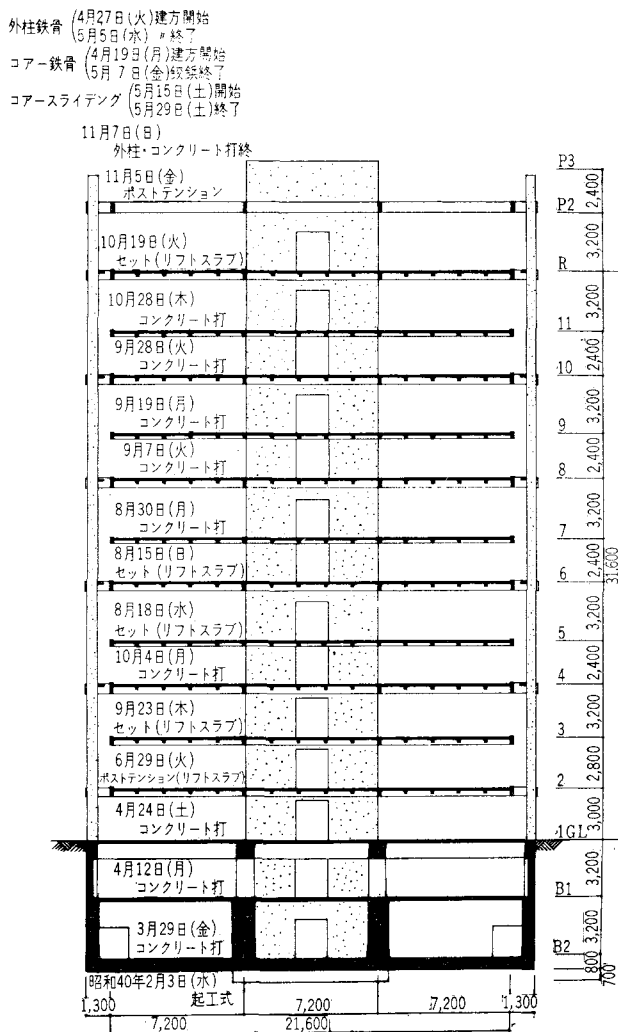


図 6 断面図
(施工日程記入)

5. 地震応答

耐震設計については，前述したように静的震度を従来の震度の2.5倍増とした。動的解析結果から，静的震度の与え方の妥当性がわかった。

(5.1) 静的解析

コアをもつ骨組を，曲げ，せん断変形および剛域をふくめた，たわみ角法の一般式を適用して，TOSBAC 3121により，骨組の応力，変形，およびコア耐震要素の横力分担を求めた。(図7，8，表1参照)

その結果，コアには地震力の大部分が作用することでわかる。ただし，コア開口方向変形量は，柱の軸方向変形を省略したために，壁方向変形に比較して小であった。なお，境界P-Cばりの影響は少ない。

(5.2) 動的解析

コアをもつ骨組を5質点系に置換し，柱脚固定の場合について，ELCENTRO 1940 (300 gal)を地震入力として，骨組の応答を日立式ALS 1000によって求めた。1次固有周期および震動モードは表2に，層間最大変位は表3に示してある。

その結果，1次モードは，壁方向は曲げ変形的であり，開口方向はせん断変形的である。1次固有周期は壁方向，開口方向それぞれ0.632 sec，0.637 secであって，両方向ともほぼ同じといえる。層間変位については，1次モードの様相と同じであって，壁方向では上層が大，下層が小，開口方向では，上層が小，下層が大となっている。柱脚固定の場合での層間変位は，静的，動的ほぼ同じであった。

6. 施工概要

(6.1) 地上コア部分のコンクリート打設

前述したように，地上コア部分はスライディング

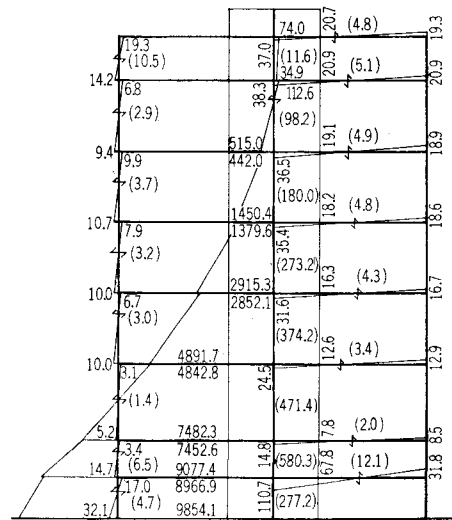


図7 壁方向地震力による骨組静的応用，曲げモーメント (t.m)
() 内はせん断力(t)

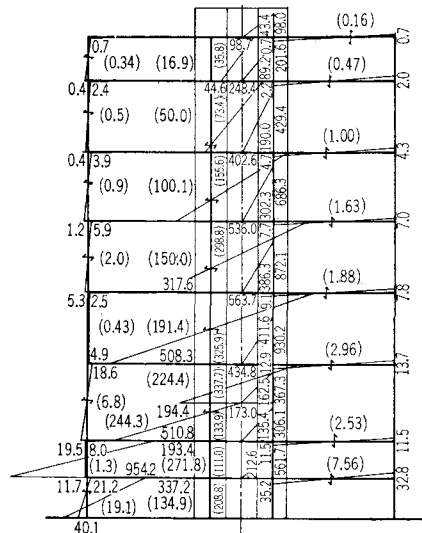


図8 開口方向地震力による骨組静的応力，曲げモーメント (t.m)
() 内はせん断力(t)

層	水 平 変 位 (mm) () 内 は 層 間 変 位 (mm)		外柱に対するコアー横力分担比	
	壁 方 向	開 口 方 向	壁 方 向	開 口 方 向
P	4.74 (0.56)	3.36 (0.06)	1.1	49.7 100
R	4.18 (0.92)	3.30 (0.21)	33.7	111.2
10	3.26 (0.91)	3.09 (0.38)	48.6	
8	2.35 (0.86)	2.71 (0.54)	85.4	75.0
6	1.49 (0.74)	2.17 (0.64)	124.4	445.1
4	0.75 (0.53)	1.53 (0.31)	336.7	34.6
3	—	(0.95)		
2	0.22 (0.17)	0.27 (0.21)	89.3	209.1
1	0.05 (0.05)	0.06 (0.06)	59.0	70.6
B1	0	0		

表1 水平変位，横力分担比

質 点 №	壁 方 向	開 口 方 向
5 (R 層)	1.00	1.00
4 (10 層)	0.77	0.92
3 (8 層)	0.55	0.77
2 (6 層)	0.33	0.56
1 (4 層)	0.15	0.31
固 有 周 期	0.632 sec	0.637 sec

表2 1次固有周期，振動モード

フォームによるコンクリート打設を行なった。

スライディングフォームの骨組は，山形鋼L-50×50×4 で組立て，幕板にはアビトン縁子板を使用して，表面にはく離剤としてパラコートを塗布した。上下2段の作業床は，ラワン厚板を張って腹起しの役目も兼用させ，コンクリートの流し込みは上段床上から行なった。

下段床上には，つり上げ用のクライミングジャッキとコンクリートバケット巻き上げ用のウインチをすえつけてある。クライミングジャッキはコアーの一辺に4台，合計16台を用いた。写真3はスライディングフォームの全景を示している。また，写真4には，脱型部分の点検を行なうために補助

質 点 No.	層	動的層間最大 変位 (cm) 入力 300 gal		静的層間変位 (cm)	
		壁 方 向	開口方向	壁 方 向	開口方向
5	P, R	1.9 5	0.2 8	1.4 8	0.2 7
4	1 0	0.9 0	0.5 3	0.9 1	0.3 8
3	8	0.8 7	0.6 6	0.8 6	0.5 4
2	6	0.7 5	0.6 7	0.7 4	0.6 4
1	4, 3, 2, 1	0.6 3	1.5 6	0.7 5	1.2 2

表 3 動的層間最大変位 (cm) および静的層間変位 (cm)

的なつり足場が設けられているのが示されている。

使用したコンクリートは、小野田生コンクリート、 $F_{28} = 210 \text{ kg/cm}^2$ スランプ 20 cm である。コンクリート打ち込みは昼夜間断なく行ない、一昼夜に 1 階ずつ上った。途中で豪雨に見舞われたり、あるいは、わくの補強に費した中断期間があったにもかかわらず、全工程 11 階を 14 日間で完了することができた。(写真 5 参照)。

本工事に使用したスライディングフォームは特殊な場合に属する。すなわち、コアの骨組が鋼構造であって、両面をスライディングフォームとすることができないから、コア内部は固定型わくを使用し、外面だけを滑動させた。したがって、内部型わくの取付け工事が追われることになるから、内部型わく工事を 10 日間早く行なった。ほぼ全階の半分まで型わく取り付けが完了して

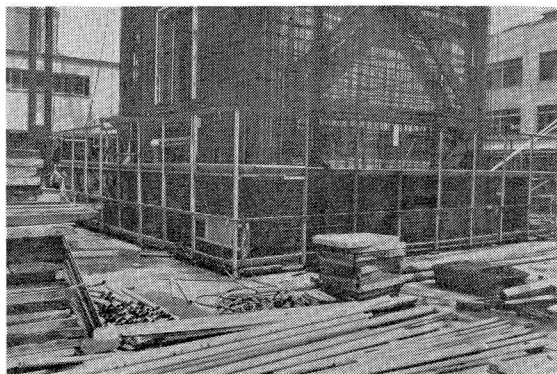


写真 3 スライディングフォーム



写真 4 スライディングフォームによるコアのコンクリート打ち込み

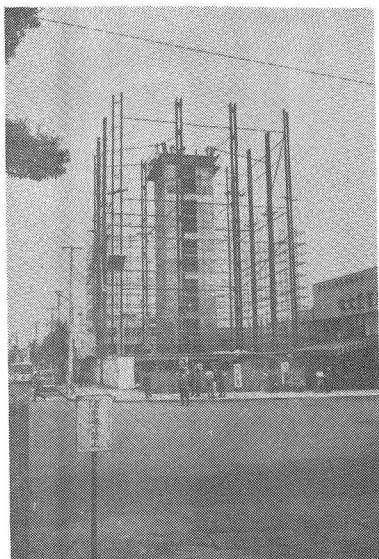


写真5 スライディングフォームによるコアコンクリート打上り

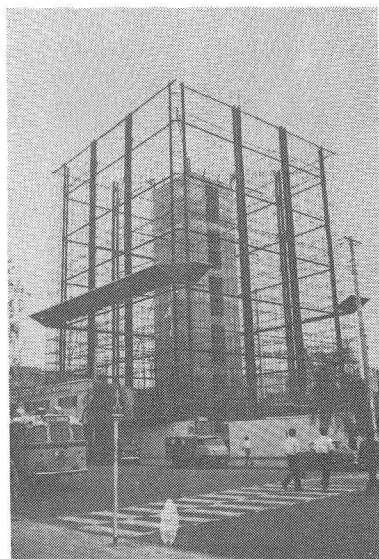


写真6 コアコンクリート工事完了リフトスラブ工事準備

から、コンクリート打ちを開始したのであるが、内部型わく工事は追われどうしであって、昼夜兼行でようやく間に合わせることができた。なお、コア内部階段も同時にコンクリート打ちを行なったので、その後の工事に安全な通路を確保することができた。(写真6参照)

(6.2) リフトスラブ工事

この建物では、PCはりせい60cmの構造階と、PCはりせい30cmの中間階とが交互に配置された設計であるから、中間階は多数の支点でつらなければならないという条件がついた。したがって、当初の計画では、まず地上で11階床のコンクリート打ちを行ない、その上にR階床を重ねてコンクリート打ちをし、R階をつり上げる途中から、R階の下に11階をつり下げて、二層同時にリフトアップする。同じように、10-9階、8-7階、6-5

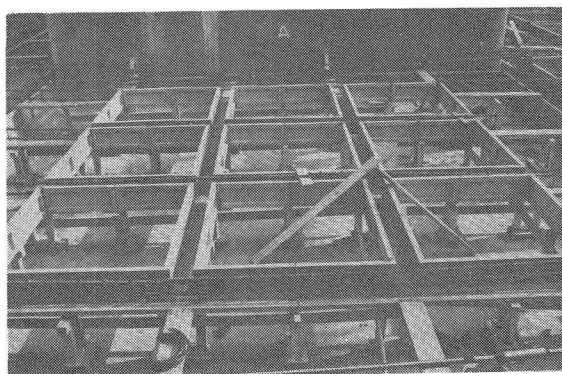


写真7 リフトスラブ用型わくおよびPC鋼棒シースの配置

階，4－3階と二層ずつつり上げ，最後に2階を単独に上げる予定であった。しかし，試験的な意味と，作業床とするために，2階床を1階床よりリフトアップすることから初めるよう計画変更した。

(a) 床の製作

床構造には現場打ちのPC大ばりと鉄筋コンクリート小ばりの間に，プレキャストのメサライトコンクリート板が配置される。写真7のように，大ばり，小ばりの型わくを，底板と側板を脱型しやすい形に，2階床上で組立て，PC大ばりにPC鋼棒を配し，小ばりには配筋，プレキャスト板を配置して，コンクリート打ちを行なった。型わくの組立てから，コンクリート打設終了までの工程は6日であった。コンクリート打ち後3日でPC大ばりのPC鋼棒にポストテンションを加え，その後，リフティングが開始される。

(写真8参照)

(b) リフティング用ジャッキ

リフティングには図9に示すようなジャッキ（外径：105mm，全長：

478mm，重量：30kg，可変衝程：0～50mm，最大揚力：16.5t），および16φのPCストランドを用いた。ジャッキはオリエンタルコンクリート株式会社が開発したものである。

ジャッキの構造を図9にしたがって説明すればつぎのようになる。

①ストレスリリーザー ②ブラケット ③中空ロッド ④チャック ⑤16φストランド ⑥上部チャック内蔵，ジャッキ頭部 ⑦ジャッキ本体 ⑧ストロークリミッター（0～50mm）⑨下部チャック内蔵，ジャッキ脚部 ⑩中空ロッド ⑪ジャッキ固定金具。

(c) ジャッキの取付け

図9のように，ロープを上からつり下げ，ジャッキは上向きにして，床に取付ける。⑩の下端には球座付ナットをはめ込み，⑪が5°内外傾いても，ジャッキの真が完全に垂直になるようにしてある。



写真8 小ばりのコンクリート打込み

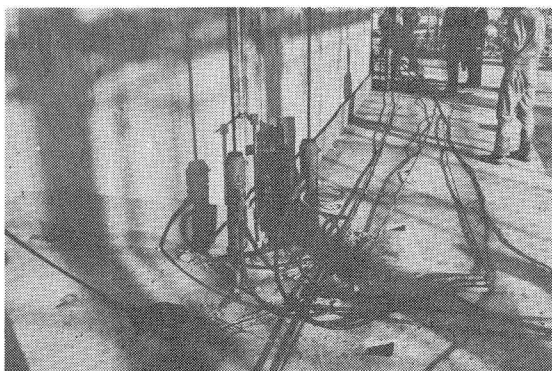


写真9 コア一隅部 リフトスラブ用
クライミングジャッキ

逆に上から床を引上げる場合は、ジャッキを逆にして、③の下に取り付け、また④を上向きにして⑩に取り付ける。

なお、本工事に使用したジャッキは、コアーの四隅に各3台ずつ、外部側柱に各2台ずつ、隅柱に各1台ずつであって、合計32台である。(写真9, 10, 11参照)

(d) イニシャルの付与

つりロープには大きな応力が生ずるから、伸びは相当大きい。したがって、全床を同時に浮き上らせるためには、事前につり上げ後に近い荷重をあらかじめ各ロープに与えておく必要がある。実際には、各ジャッキの荷重は必ずしも明確に算定しにくいから、最終段階では、ジャッキを1組ずつ動かして、わずかに浮き上りはじめるのを認め

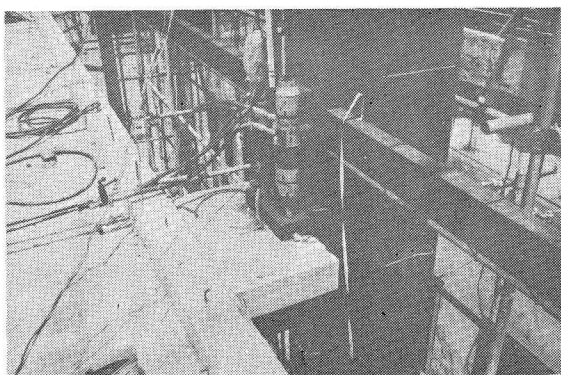


写真10 側柱部 リフトスラブ用クライミング
ジャッキ

たとき停止させる。

(e) つり上げ中の調整

このジャッキは小型軽量で、クライミングアップとプルアップ両用に使え。しかし、ロープをくさび型の爪でつかむ方式であるから、くさびが完全に効くまでに若干のもどりを生ずる。しかも、そのもどりは荷重により、ジャッキの個々のクセにより差ができる。したがって、床を一様にクライミングアップ、または

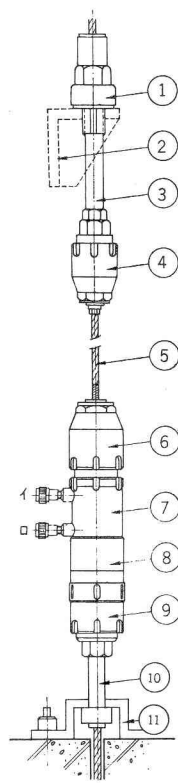


図9 リフティング用
ジャッキ

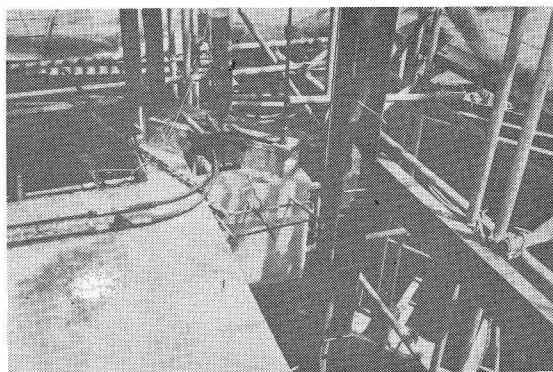


写真11 隅柱部 リフトスラブ用クライミング
ジャッキ

ブルアップさせるためには、個々のジャッキの有効つり上げ量が一定になるように、衝程を調整しなければならない。この調整は理想的には、全自動的に行なわれるべきであるが、本工事では監視員の手で行なった。本工事でジャッキを駆動させるに要する人員は、監視員4名、ポンプ運転、および指令1名、合計5名である。なお、所要時間は1駆動2分、10駆動20分であった。(写真12参照)

(f) 本工事の実施

以上述べてきた工法によって、計画され、実施に移された。2階床リフトアップ(昭和40年6月14日コンクリート打込み、6月17日PCばりポストテンション、6月22日クライミング開始、6月24日クライミング終了、6月29日コーア、外柱と接合ポストテンション)

後、R階、11階床を組合わせた二層つりを7月14日開始したのであるが、大ばりつり元部分にせん断ひびわれが生じたため、補強後6階位置までR階を上昇させ定着、11階床はR階から切り離し、仮支柱で支持させた後、5階に定着させた。

PCばりの補強などに時間がとられたために、その後の施工法の変更を余儀なくされた。すなわち、7、8、9、10階床は場所打ちコンクリートに切り換えられ、2階床上で組立てられ、9階に予定されていた床は、3階床までリフトアップされた。また、R階床は10階床で組立てられ、リフトスラブ工法によってR階に定着させた。(10月12日コンクリート打ち、10月15日ポストテンション、10月16日クライミング開始、10月19日定着)。その前に、4階床が場所打ちコンクリートにより製作され、最後に11階床も場所打ちコンクリート施工された。(写真13、図10参照)

(6.3) PCばりとコーア、外

柱との接合

リフトスラブ工法、場所打ちコンクリート工法の別によらず、構造階、中間階PCばりとコーアとの接合は、PC鋼棒にポストテンションを与えることによって圧着接合を主としている。すなわち、PCばりとコーアとの間げき(2cm)にモルタルペーストを充てん、硬化後、所定にそう入されたPC鋼棒にポストテンシ

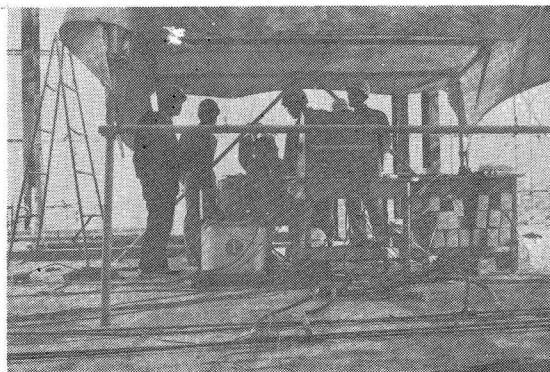


写真12 床上コントロール機器

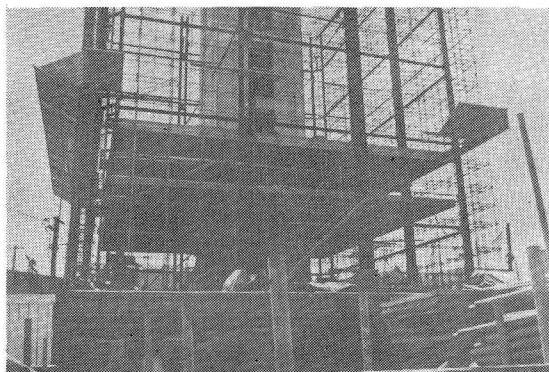


写真13 二層つり リフトスラブ工法

ンを与え、P C ばりとコアーを圧着することによって、剛結合させようとするものである。なお、予備的に、鉄骨ブラケットをコアーに設け、P C ばりを支持させた。さらにコアー隅角部には仕上げタイルの裏込めコンクリートを兼ねて、鉄筋コンクリート方立を設け、コアーとの結合の補強とした。

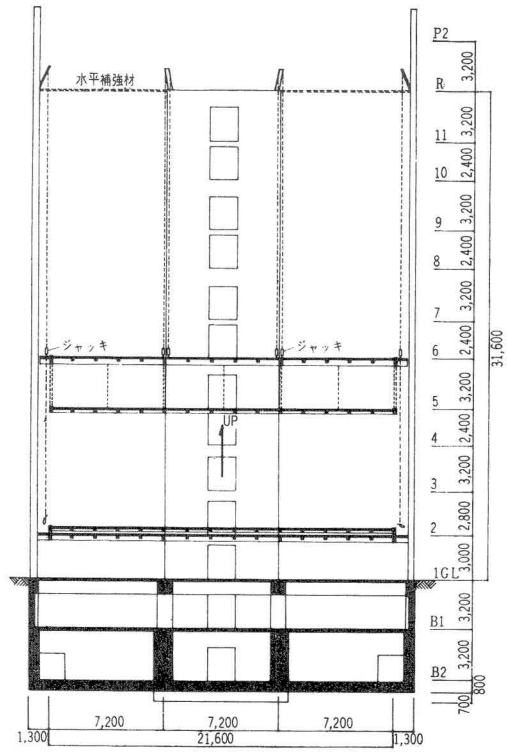


図 10 二層つりリフトスラブ工法

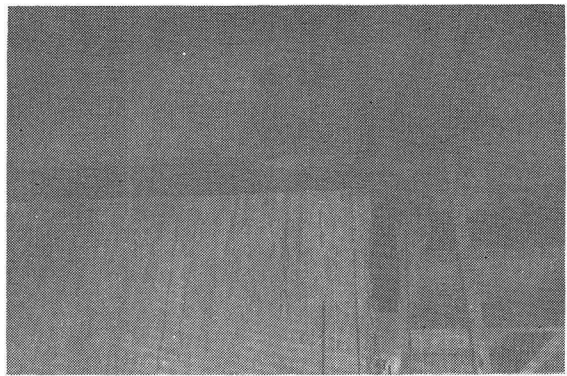


写真 14 コアー隅部と P C ばりの結合

(写真 1 4 参照)

P C ばりと外柱との結合は、鉄骨の所定の位置に鋼棒をそう入し、P C ばり鋼棒とカップラーを介して結合、鉄骨表面と P C ばりとの間にコンクリートを充てん、硬化後 P C 鋼棒にポストテンションを与え、圧着結合した。(写真 1 5 参照)

(6. 4) 外柱のコンクリート打設

地上各階床が所定位置にセットされ、鉄骨外柱と P C ばりの圧着接合

が完了してから、外柱鉄骨に配筋し、コンクリート打設を行なった。コアーおよび各階床の施工法と関連して、外柱のコンクリート工法を改める必要を感じる。

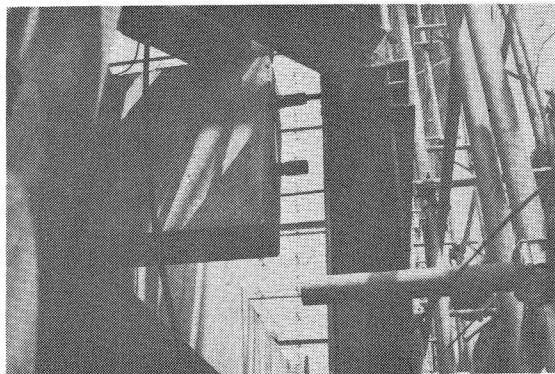


写真 1 5 隅柱と P C ばりの結合

7. む す び

早大第 2 学生会館は、地下 2 階、地上 1 1 階で、コアーコンクリート打ちにスライディングフォームの採用、地上階のリフトスラブ工法の採用、地上階大ばりの P C 採用など、工法上で新しい試みを行なった。途中、種々の問題が発生はしたものの、今後の貴重な体験であったと考える。

終りに、本工事に関係された武研究室、谷研究室、早大施設部、大成建設、オリエンタルコンクリートの方々に感謝します。また、施工概要には河合三郎氏が主に担当され、応力解析には桜井譲爾氏、井口道雄氏が、図面作成には田中幸雄氏が担当されたことに対してお礼を申し上げます。