

## 大石寺総坊におけるリフトスラブ工法

新見 芳 男  
久 富 洋  
藤 盛 紀 明

## ■まえがき

近年、建築界においては労働力の不足や質の低下、さらには必然的に要求されつつある建築生産方式の改変等によって、各種新工法の採用が盛んに行なわれている。

わが国では諸外国の工法がそのまま採用され得ない種々の条件があるが、われわれはなんらかのかたちでこれらの新工法を評価し、さらに独自の新工法を開発してゆかねばならないものと思われる。

本工事で採用されるリフトスラブ工法は既に広く知られた工法で、諸外国では数多くの施工例を持つものである。わが国でも2・3の実施例をみているが、それらはいずれも実験的規模のものである。本工事におけるリフトスラブ工法は、その規模からいってわが国最初の本格的なリフトスラブ工法といえるものである。

研究所は施工計画の段階から本工事に参画し、詳細な施工記録を採取している。その概要を報告し今後の参考に供したいと思う。

## §1. 工事概要

総坊とは信徒のための宿泊施設のことである。全く同型のものが6棟計画され、今期そのうち2棟の完成を見ている。本工事の特徴は、組み立て方式の徹底、リフトアップ工法の採用の2点である。これらは仮設、型わく等の繰り返し使用による利点を追求するために採用されたものである。

この施設のレイアウトは次の通りである。

- A. 宿泊部分（睡眠、居住、食事）
- B. 衛生（排泄、洗顔）
- C. 収納（主として寝具）
- D. 交通（廊下、階段）
- E. シャフト（ダムウエータ、排気配管）

前述A部分のスラブをAスラブ、B、Cを各々Bスラ

ブ、Cスラブと呼ぶ（図-2 参照）。

構造体の柱、はりスラブ、シャフト、階段桁、階段板、また仕上材たる外壁カーテンウォールパネル、さらに室内の天井材に至るまで、すべて部品として製作したものを現場組立てする方式をとっている。

構造体の組立てにはプレストレスを大幅に採用している。

表-1に工事概要を、図-1から図-4に一般設計概要を、図-5から図-7に構造設計概要を示す。

建設位置	静岡県富士宮市上条大石寺
施主	創価学会々長 池田大作
設計	横山公男（連合設計社）
構造設計	青木繁・青木繁研究室
試験研究と施工	清水建設名古屋支店および研究所
着工	昭和40年5月5日
竣工	昭和41年7月末日
建物種類	宿舍PSコンクリート構造 3階建
建築面積	1棟につき 1284.689m <sup>2</sup> ×2棟
床面積	1棟につき 3595.196m <sup>2</sup> ×2棟
業者	PC部材製作；PSコンクリートKK リフトアップ；KK大道

表-1 工事概要

## §2. 全体工事工程

## 2.1 予定と実施

表-2に全体工事工程の予定と実施を示す。

Aスラブ部分の柱の建方とリフトアップ用水平制御装置の調整に日時を要し、躯体工事に約2ヶ月の遅れを出している。

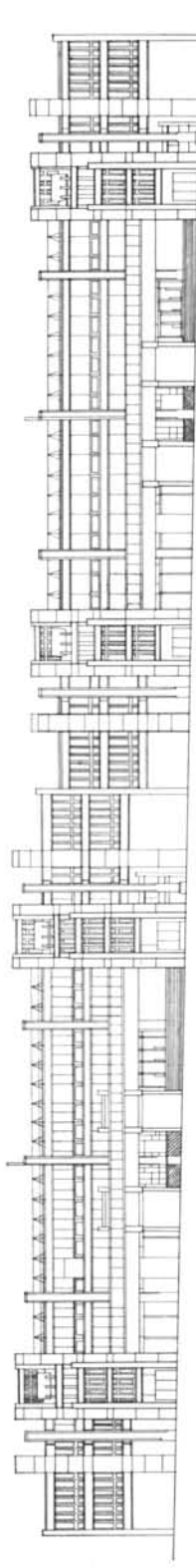


図-1 西立面図

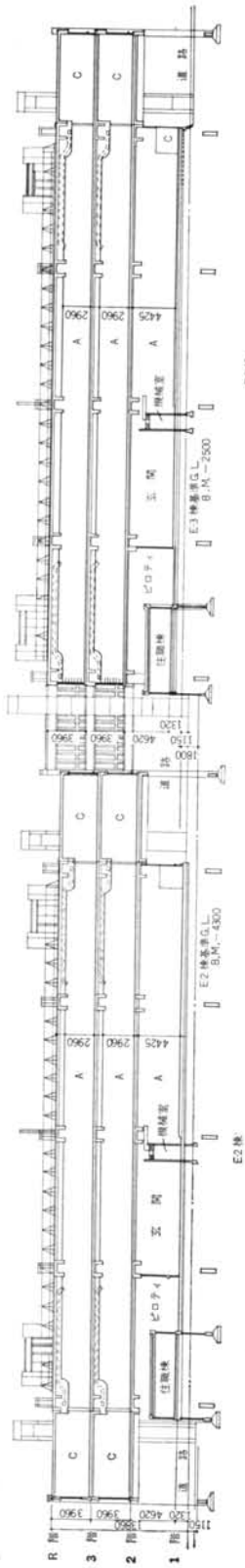


図-3-1 断面図

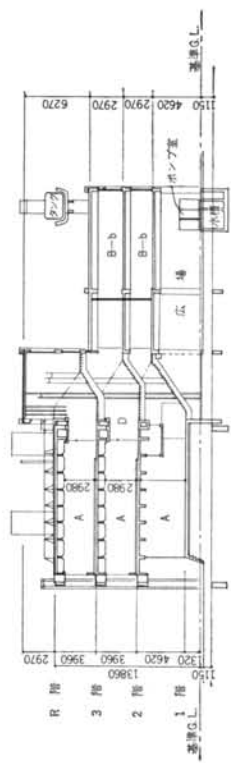
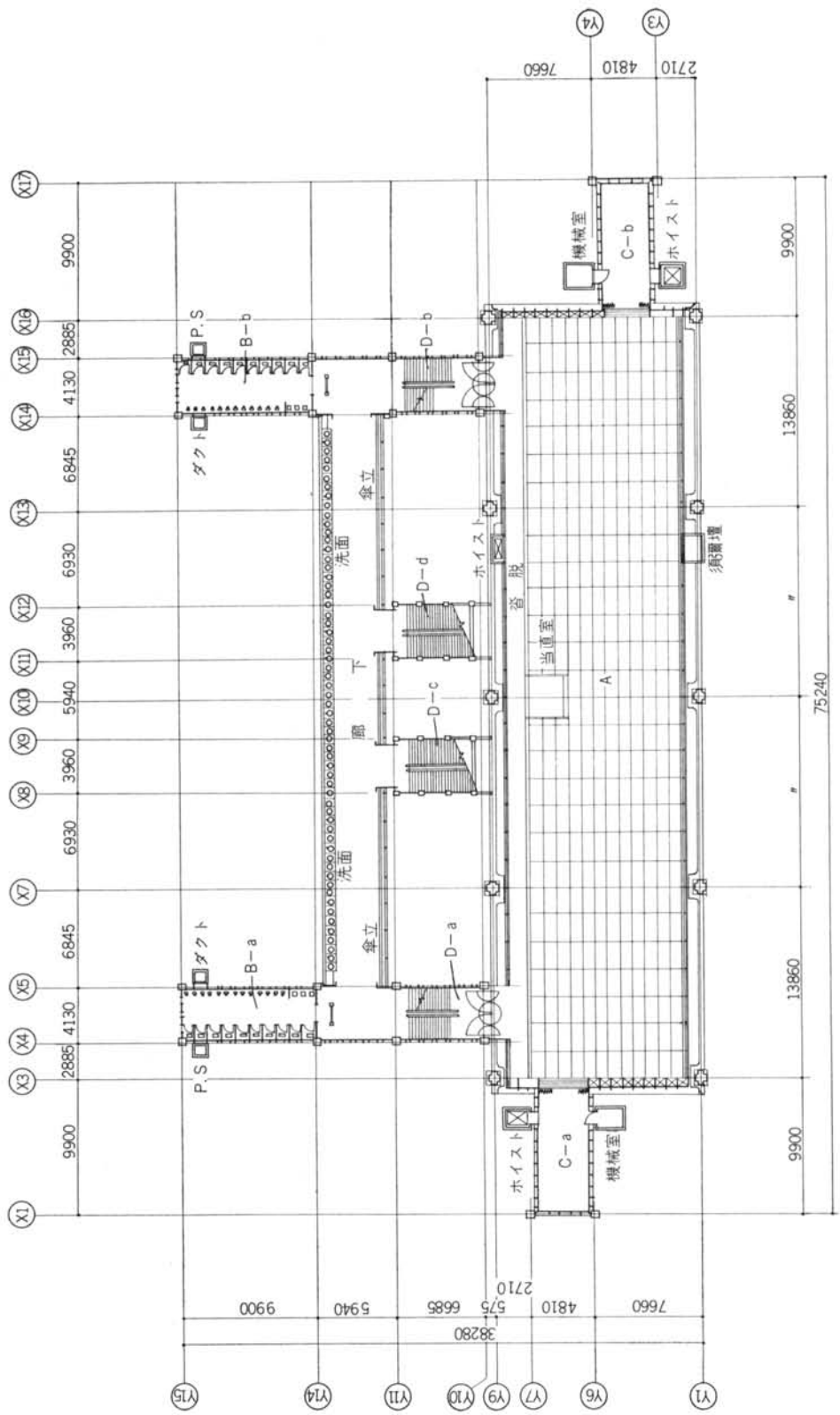


図-3-2 断面図



図一2 2階平面





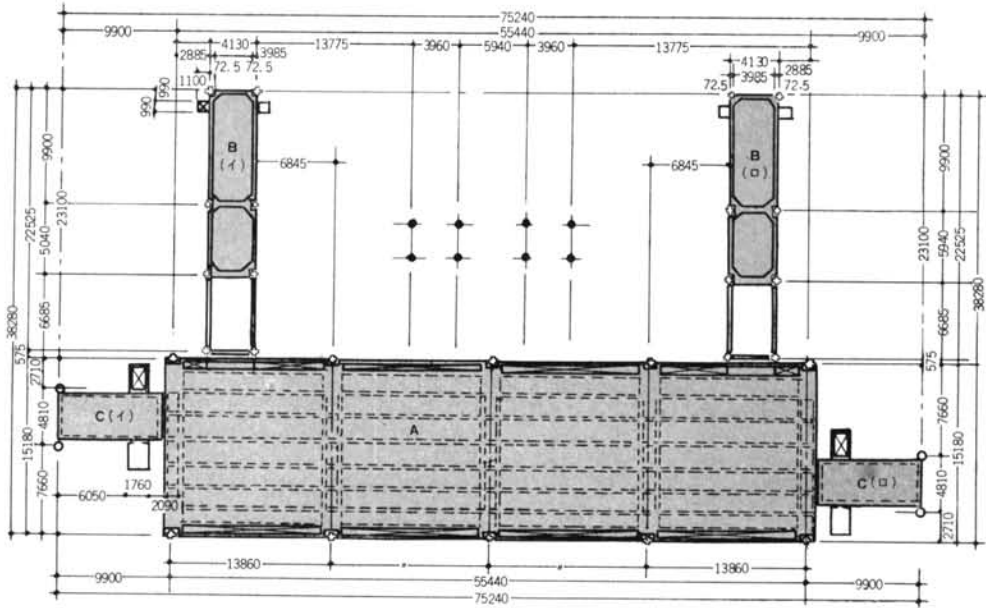


図-5 リフトアップスラブ名および構造平面

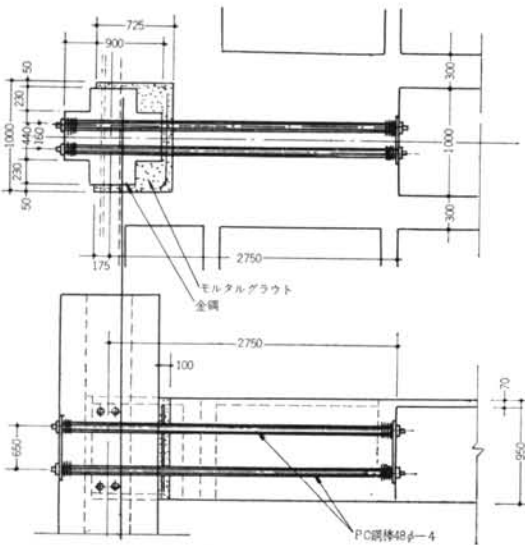


図-7 柱とスラブの繋結

## 2.2 PERT Arrow Diagram

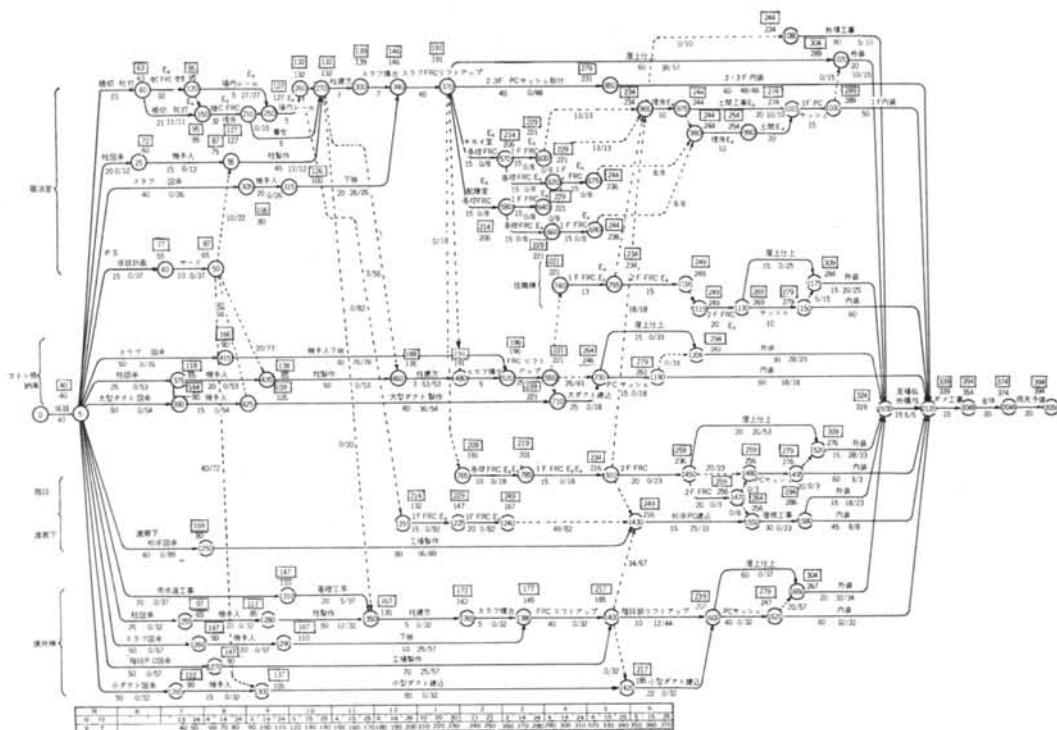
新しい工法であるため、作業内容および各作業に要する日数には不明の点が多い。そのため PERT Arrow Diagram を使用して工程管理を行ない、数回の FOL-LOW-UP がなされている。

図-8 にその最終のものを示す。

工事科目	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
基礎工事	[Scheduled]													
Aスラブ柱製作	[Scheduled]													
柱建方	[Scheduled]													
リフトアップ	[Scheduled]													
プレコン・サッシュ取付	[Scheduled]													
仕上(内装)	[Scheduled]													
屋根防水	[Scheduled]													
Bスラブ柱製作	[Scheduled]													
柱建方	[Scheduled]													
リフトアップ	[Scheduled]													
プレコン・サッシュ取付	[Scheduled]													
仕上(内装)	[Scheduled]													
屋根防水	[Scheduled]													
Cスラブ柱製作	[Scheduled]													
柱建方	[Scheduled]													
リフトアップ	[Scheduled]													
プレコン・サッシュ取付	[Scheduled]													
仕上(内装)	[Scheduled]													
屋根防水	[Scheduled]													
パイプ・シャフト製作	[Scheduled]													
組み立て	[Scheduled]													

■ 予定 ■ 実施

表-2 全体工事工程の予定と実施



図一8 大石寺総坊新築工事 PERT ARROW DIAGRAM

一量は $170\text{m}^3$ である。柱を固定するアンカーボルト(PC鋼棒)は図一10、写真一1に示すようなものである。

### § 3. 全体仮設計画

柱およびシャフトは現場工場でプレキャストされる。したがって現場敷地内にはそれらの製作ヤード、貯蔵場および運搬用のレールが設置される。図一9はその概略である。

シャフトは(イ)で製作され(ロ)の門型クレーンで運搬され(ハ)に貯蔵される。柱は(ニ)に設置されている9組のベースで製作され(ホ)に貯蔵される。さらに(ヘ)のレールで建方位置まで運搬され(ト)の大型2本構で建方される。

### § 4. 基礎工事

当敷地の地盤は非常に不規則な成層状態を成している。基盤は砂れき層でその上をローム層、細砂層、腐蝕土層が覆っている。

敷地は傾斜地でローム混り砂れき層が地盤面から3~5mの所にあり、そこまで $\phi 250$ 、 $\phi 300$ のコンクリートパイプを打込んでいる。基礎は布基礎で1棟のコンクリ

### § 5. 柱製作および建方

#### 5.1 概要

本工事に使用されている柱は5種類で、その概要は表一3に示す。例として図一11にAスラブ用柱の詳細を示す。地盤上にコンクリート基礎を設け、その上に製作台を固定する。

型わくには12mm厚、5層のベニヤを使用し、剝離剤はフェノール樹脂を使用する。型わくは5~7回転用される。

柱の軸方向には150~400tのプレストレス力が導入される。これは運搬、建方時の荷重に対処するためでもある。製作台上で緊張、グラウトした柱を、4台のジャッキで台より持ち揚げ、運搬用レールの傍まで移動し、仮置きする。Aスラブ用柱の建方は大型2本構で、またBスラブ、Cスラブ用柱の建方はトラッククレーンで行なう。基礎との緊結は、アンカーボルト(PC鋼棒)で行なう。





柱の名称	使用場所	長さ (m)	予想重量 (t)	P C 鋼 材			建方方法
				PC鋼棒	1本当りの 緊張力(t)	総緊張力 (t)	
C <sub>1</sub>	Aスラブ (宿泊部分)	16.33	35.5	φ27×8	39.1	312.8	大型2本構
C <sub>2</sub>		16.33	35.5	φ30×8	49.1	392.8	
C <sub>3</sub>	Cスラブ (収納部分)	15.23	10.0	φ27×4	39.3	157.2	P&H 355 CTC
C <sub>4</sub>	Bスラブ (衛生部分)	11.93	7.8	φ27×4	38.7	154.8	P&H 355 CTC
C <sub>5</sub>		18.20	11.7	φ27×4	39.6	158.4	P&H 355 CTC

表-3 柱詳細

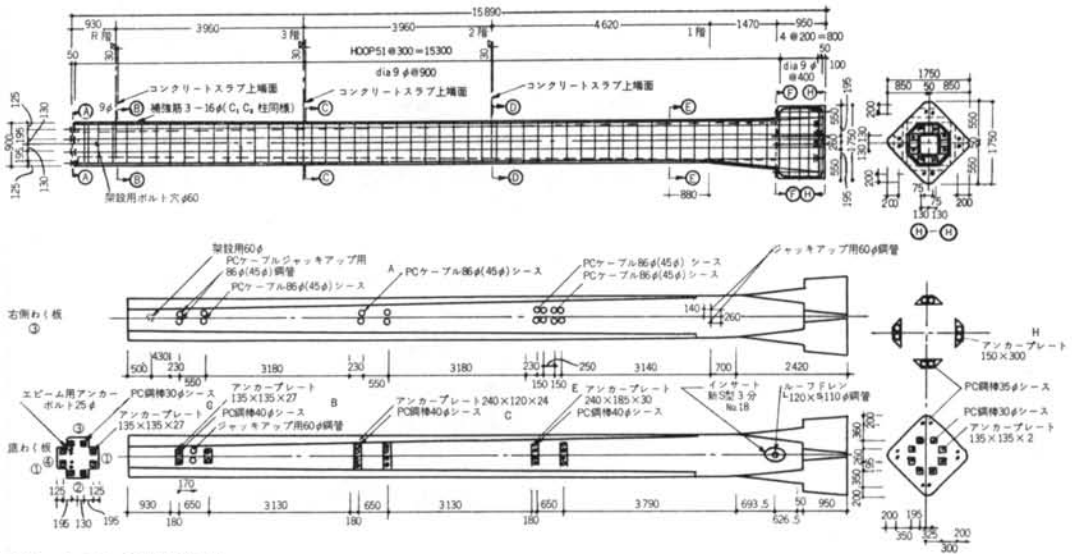


図-11 Aスラブ用柱詳細図

## 5.2 製作台および型わく

Aスラブ用の柱は長さ16m、重さ36tである。この重量を支えるために図-12に示すような製作台を設置する。

先ず800mm程根切りする。約2t/m<sup>2</sup>の耐力を得るために根切り底に50~70mm厚に砂を突き固め、その上に

2000mm間に枕木(200mm×150mm)を敷き砂で埋める。さらに割栗を200mm厚に敷きコンクリートを300mm厚に打つ。柱軸方向にバタ角(900mm×900mm)を流し、あらかじめコンクリートに埋め込まれた8番線で固定しモルタルで固める。バタ角と直角にバタ角の2つ割りを置き、型わくせき板として12m厚ラワンペニヤを使用する。剝離剤はフェノール樹脂を用い転用ごとに塗

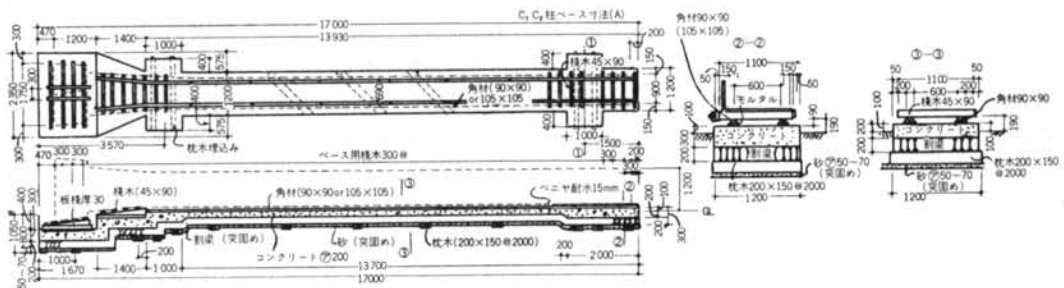


図-12 Aスラブ用柱製作台

布をする。1台の製作台で5~7箇の柱を製作する。

製作台上の底板のレベルを転用毎に測定すると、約2~3mmの狂いが生じている。

その原因は、柱を型わくから剥離するためにジャッキアップする時、コンクリートと底板の付着力によって、バタ角および底板が浮き上る、底板が吸水して伸張し、不陸ができる等であると思われる。

当現場では、柱軸方向のバタ角とその上の2つ割りと間に木製キャンパーを入れてレベルを調整している。この作業には、1製作台当り3人の大工で約3時間を要する。この型式のベースを使用する時には次のような改良が望ましい。

- 1) バタ角をコンクリートに固定する時は番線ではなくボルトを使用する。
- 2) 化粧上の対策ができれば底板の継目に伸縮目地を設ける。
- 3) 適当な剥離剤を選択する。

製品を測定してみると、製品の底板に接する面に栈木(バタ角2つ割り)の間隔(300mm間)毎に約2mmのたわみが生じている。

これについて検討してみると、たわみ $y$ は底板をスパン300mmの無限に長い連続梁とすれば、(1)式で、また単純支持とすれば(2)式で求められる。

$$y = \frac{1}{384} \frac{w l^4}{EJ} \times 10^4 \text{ (注1)} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$y = \frac{5}{384} \frac{w l^4}{EJ} \times 10^4 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$y$ : たわみ (mm)

$l$ : 支持間隔 (cm)

$w$ : 等分布荷重 (kg/cm)

$E$ : 底板のヤング率 (kg/cm<sup>2</sup>)

$J$ : 底板の断面2次モーメント (cm<sup>4</sup>)

Aスラブ用柱の場合

$l=30\text{cm}$ ,  $w=19.44\text{kg/cm}$ ,  $E=70 \times 10^3\text{kg/cm}^2$

$J=12.96\text{cm}^4$

故に  $y=0.45 \sim 2.25\text{mm}$

ベニヤの曲げヤング係数は水分の増加により低減する。米国ではコンクリートからの水分吸収によるたわみ増加を20%とみている。<sup>注2)</sup> これを加算すればたわみは約0.54~2.7mmとなる。一部にはこれよりさらに厳しい条件もあると思われるので、次回から栈木の間隔を15cmに修正している。この場合たわみは30cm間隔の栈

注1) 6スパンの連続梁の中央ではこの式で近似されるが、一般には平均して  $\frac{2.5wl^4}{384EJ} \times 10^4$  が使用されている。

注2) 建築技術, (1966.4)

木の場合の  $\frac{1}{16}$  となり、約0.03mm~0.2mmとなる。実際にも肉眼で識別し得るたわみはみられない。

転用時の作業の点から考えれば製作台はなるべく鋼製にする方が良いと思われる。

型わくは写真-3、写真-4に示すようなものである。写真にみられるようにせき板には5層、12mm厚のラワンベニヤが、栈木にはバタ角2つ割りを使用している。剥離剤としてフェノール樹脂を塗布する。

型わくを組み立て、取りはずしの便のために、幾つかの部材に分けている。これを次に示す。

- 1) 底板(製作台に取り付ける)
- 2) 欠き込み用部材
- 3) 数ブロックに分割される側型わく
- 4) 複雑に分割される柱脚部分の型わく
- 5) 木製セパレーター
- 6) 開き止め用ネジ切り鉄筋(φ13)
- 7) 柱脚補強用バタ角
- 8) ターンバックル
- 9) 足場用チェーン

型わくは5~8回転用する。損傷の目立つ部分は釘打ち場所、端部、鋭角部、継目である。

転用の際、側型わくの全長(13000mm)に対して毎回4~8mmの伸びがみられる。そのため欠き込み位置、金物取り付け位置等に修正を要する場合が多い。一般に合板の特徴として、伸張や収縮がきわめて少ないことがあげられ、その伸張、収縮の率は気乾状態を基準にして±0.3%程度と言われる。これを側型わくの全長13000mmにあてはめれば、±39mmの伸縮があることになる。当現場で実測された8mmの伸張は、長さ13000mmに対して0.06%である。したがってこの程度の伸縮は充分起こり得るものと思わねばならない。さらに継目部分が荒らされたり、コンクリートカスが付着したりして、継目間隔が大きくなることも考えられる。

木製型わくを使用して正確なPC部材を製作する際には、以上の点を充分考慮しなければならない。

一般に鋼製型わくに較べて木製(ベニヤ製)型わくの利点は次のように言われる。

- 1) 運搬、取り扱いが容易である。
- 2) 補修、加工が容易である。
- 3) 材料費が安い。

またその欠点は次のように言われる。

- 1) 強度の点で落ち、収縮、膨脹があるため精度の維持が困難である。
- 2) 組み立てに多くの手間と時間を必要とする。
- 3) 強度、コンクリートとの付着力 etc のために転用

率が低い。

### 5.3 製作工程と事故について

製作は次の工程で行なわれる。

- 1) 側型わくの清掃および補修
- 2) 底板の清掃およびレベル調整
- 3) アンカープレートおよびコーン取付け
- 4) 柱脚部側型わく建込み
- 5) 片側の側型わくおよび柱頭端板建込み
- 6) 鉄筋の組立品設置
- 7) PC 鋼棒およびシース設置
- 8) 雨樋設置（雨樋は柱内に埋め込まれる）
- 9) スラブ固定用（PS 用）シース取付け
- 10) 片側の側型わく建込み
- 11) 柱脚部上蓋および端板取付け
- 12) 型わく締め付け
- 13) 調整および検査
- 14) コンクリート打設
- 15) 養生
- 16) 脱型（組立て順序の逆）
- 17) プレストレス力導入およびグラウト
- 18) 横移動

事故は17)のプレストレス導入時に2件発生している。

1つは、PC 鋼棒のジョイント部の耐力不足によるものである。柱に挿入するPC 鋼棒は全て2本継ぎとなっており、その接続には図-13に示すカップラーを使用する。カップラーの長さは鋼棒直径の3倍以上ある。PC 鋼棒をカップラーで接続する場合、両側のPC 鋼棒は、夫々1.5D以上カップラーに挿入しなければならない。

事故はプレストレス導入時にPC 鋼棒がカップラーから抜け出したものである。このPC 鋼棒の径は27mmでこの時のネジ込み量は28mmしかないことが判明している。これは鋼棒直径の1倍で事故の原因は明らかにねじ込み量の不足と言える。ねじ込み量が不足する原因は、作業方法の不備による。すなわち作業員が手で鋼棒を保持しつつネジ込み作業を行ったり、型わく内においてネジ込み作業を行ったりすることによって、鋼棒の水平保持が困難となったり、確認が行なわれなかったりするからである。

この事故に対しては次のような対策がとられている。

- 1) ねじこみを作業台上で行なう。
  - 2) 鋼棒端にねじこみ必要長さを予めマークする。
  - 3) ねじこみ作業の完了したものは係員が検査し、合格したものはシルバーペイントで封印する。
- もう1つの事故は、柱頭のコンクリートにクラックが

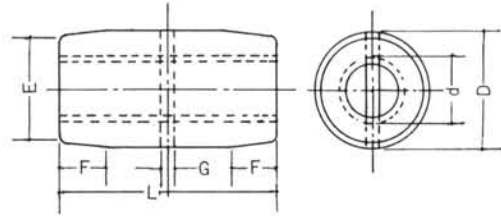


図-13 カップラー

公称径 $d$ (mm)	外径 $D$ (mm)	長さ			ピン径 $G$ (mm)	重量 (g)
		$L$ (mm)	$E$ (mm)	$F$ (mm)		
10	19	35	16	8	2.3	55
12	22	40	19	9	2.6	90
14	26	50	22	10	3.2	145
16	30	55	25	12	3.5	210
18	34	60	29	13	4.0	290
20	38	70	32	15	4.5	425
22	42	75	35	16	5.0	560
24	46	80	39	18	5.5	720
27	50	90	42	20	6.0	920
30	55	100	47	22	6.0	1,240
33	60	110	52	25	6.0	1,610

注) カップラー寸法許容差はネジ部を除き $\pm 1.0\text{mm}$ 以内  
ネジ部寸法許容差は JIS B 0211（メートル細目系ネジの寸法差および公差）2級ネジ以上とする。

表-4 カップラー寸法

生じたことである。

Bスラブ用柱のプレストレス力導入時に、鋼棒1本当りの引張力が25t（設計引張力38.5t）に達した時、図-14にみられるようなクラックが生じている。

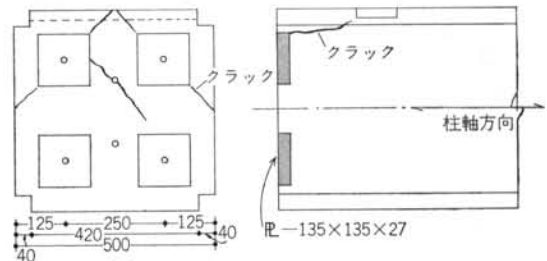


図-14 プレストレス力導入時に発生したクラック（Bスラブ用柱）

クラックの生じた原因は次のように考えられる。

- 1) 防水用欠き込みおよびプレコン取合用欠き込み、スラブ定着用穴等によるコンクリート断面の欠損。プレストレス力はアンカープレート（耐圧板）を通じ

てコンクリートに伝達される。アンカープレートは、コンクリート断面の1部の面積しかないから、コンクリートはアンカープレートとコンクリート端面との接触部で局部的に強圧を受ける。そして応力が一様な分布になるところは支圧端よりある距離の所からである。

定着端付近のコンクリートは局部強圧によって、材軸に平行に割れられるような引張応力（割裂応力）を受ける。この定着端付近に各種の欠き込みが設けられたことによって、部材がこれらの応力に耐え得ず、クラックが生じたものと思われる。各種欠き込みの部材に与える影響は施工前に慎重に検討する必要がある。

- 2) 支圧端にはアンカープレート、鉄筋、ボルト、シース等が交錯しているためコンクリートが十分に詰まらないおそれがある。

この事故の対策として次のことが考えられる。

- 1) 端部をフープ筋、ダイヤフープ筋で補強する。
- 2) 防水用欠き込みをやめる。
- 3) 欠き込み箇所にもコンクリートを充填する。その部分のコンクリートは取りはずし可能なように工夫し、緊張完了後本体のコンクリート強度が充分に出

てから取りはずす。

当現場では 2) の対策案を採用し成功している。

### 5.4 建方

Aスラブ用柱は写真-6、図-15にみられるような大型2本構で建方する。寸法検査および清掃の完了した柱は心墨および各階の仕上げ墨を打つ。ジャッキで持ち上げサンダルを飼い、ジャッキを盛り替えてさらに持ち上げる、これをくりかえして柱を2軸ボギー台車2台にのせる。さらに仮置場から建方位置まで布設されたレール上をウインチで移動する。写真-6にみられるように柱脚部を回転式スライド台車にのせ、柱頭を37.5kwのウインチで吊り上げる。建て起こした柱は、心墨を頼りに2台のトランシットで位置を決定し、8本のアンカーボルトで基礎に固定する。大型2本構は枕木とコロとウインチで移動する。

図-16は建方の実施工程を示す。

BスラブおよびCスラブ用柱はP&H 355 CTCで建方する。

32本の建方を11日で行なっている。

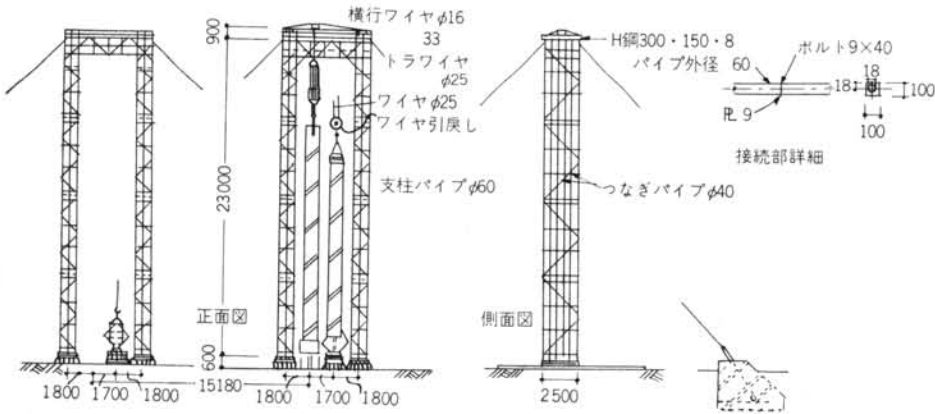


図-15 Aスラブ用柱建方のための大型2本構

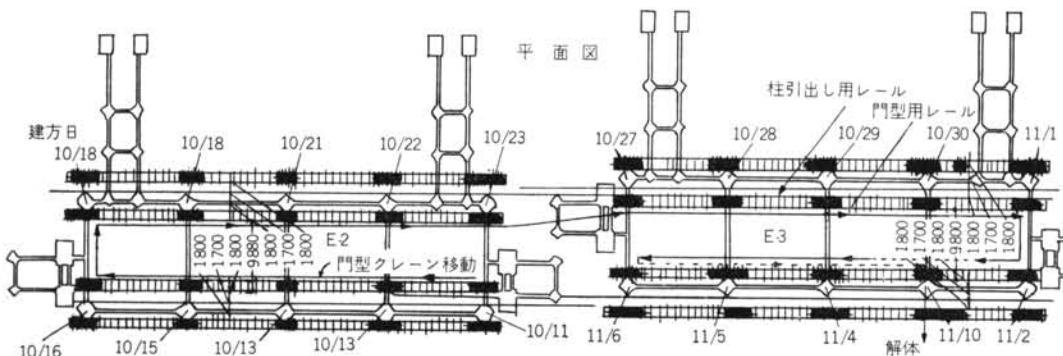


図-16 Aスラブ用柱建方実施工程

## 5. 5 製作台よりのジャッキアップ, 運搬および建方時に柱の受ける応力

柱を製作台よりジャッキアップする時自重による曲げモーメントが生ずる。一番不利と思われるCスラブ用柱を例にとって応力を算定する。図-17は荷重分布図, 図-18は曲げモーメント図, 図-19は剪断力図である。

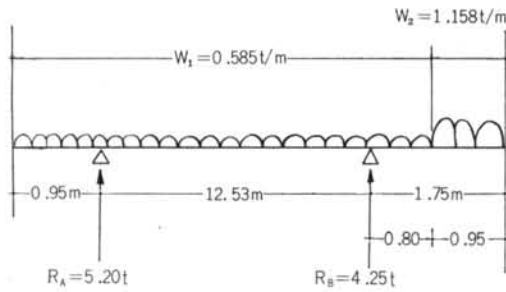


図-17 荷重分布図

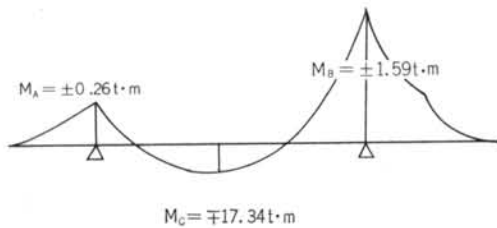


図-18 曲げモーメント図

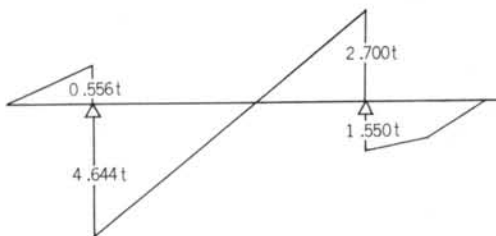


図-19 剪断力図

図-18においてA, B, C各点の曲げモーメントは

$$M_A = \pm 0.26 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_B = \pm 1.59 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_C = \mp 17.34 \text{ t}\cdot\text{m}$$

である。

この柱の断面積  $A = 2436 \text{ cm}^2$ , 断面係数  $Z = 19851 \text{ cm}^3$  である。

したがってA, B, C各点の縁応力は

$$f_A = \pm 1.30 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_B = \pm 8.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_C = \mp 87.35 \text{ kg/cm}^2$$

である。PC鋼棒の有効引張力Pは38.5t/本である。し

たがってプレストレス力によってコンクリートに与えられる圧縮応力  $\sigma_g$  は

$$\sigma_g = \frac{\sum P}{A} = 63.3 \text{ kg/cm}^2$$

である。ゆえに中央曲げモーメント  $M_C$  が生ずる時の上下縁応力は

$$\sigma_{\text{上}} = 150.65 \text{ kg/cm}^2 : \text{圧縮}$$

$$\sigma_{\text{下}} = 23.05 \text{ kg/cm}^2 : \text{引張となる。}$$

この部材のコンクリート圧縮強度  $F_C$  は, 3日で  $300 \text{ kg/cm}^2$ , 1週で  $400 \text{ kg/cm}^2$  である。従って材令3日のコンクリート引張強度は  $23.1 \text{ kg/cm}^2 \sim 30 \text{ kg/cm}^2$  と予想される。これはジャッキアップ時に生ずる曲げモーメントによる引張応力に等しい。この結果からジャッキアップは1日の余裕をみてコンクリート打設後4日目に行なわれる。

図-18において部材に生ずる最大剪断力は5.20t, したがって最大剪断応力は  $2.1 \text{ kg/cm}^2$  である。この他にプレストレス力による軸方向圧縮力が加わる。この2力による斜張応力  $\sigma$  は

$$\sigma = \frac{1}{2} (\sqrt{\sigma_g^2 - 4\tau^2} - \sigma_g) = \frac{1}{2} (\sqrt{63.3^2 - 4 \times 2.1^2} - 63.3) \\ = -0.1 \text{ kg/cm}^2$$

これは問題にならない程小さな値である。

この他運搬, 仮置き時に生ずる曲げモーメントは, その支持点からみてジャッキアップ時より小さい。建方時に生ずる最大曲げモーメントはジャッキアップ時のそれとほぼ等しいと考えられ, この作業が行なわれる時はコンクリートの強度が充分に出ているので安全と考えられる。

## §6. スラブ製作

### 6.1 概要

リフトアップするスラブは図-5に示すようにA, B, Cの3種類である。その概要は表-5に示してある。

写真-6, 写真-8に示すように, 各柱の脚部はその上部より広い断面を持っている。そのため各スラブは地盤上で製作することができず仮設鋼材で組み立てられた構台の上で(Aスラブにおいては地盤より3.2m上, Bスラブにおいては地盤より2.4m上)製作する。Cスラブは1階の作業の都合で2階位置で製作する。

型わくには柱と同じく5層, 12mm厚のラワンベニヤを使用し, 剝離剤としてフェノール樹脂を塗布する。

場所	階	コンクリート量 (m <sup>3</sup> )	面積 (m <sup>2</sup> )	上昇量 (m)	推定重量 (t)
A ス ラ ブ	R	193.0	57.04×15.53 877.9	10.65	463.2
	3	193.0	877.9	6.69	463.2
	2	193.0	877.9	2.73	463.2
小計		579.0	2633.7	20.07	1389.6
B ス ラ ブ	R	2×15.1	16.16×4.13 2×66.2	2×9.30	2×36.2
	3	2×15.1	2×66.2	2×6.30	2×36.2
	2	2×15.1	2×66.2	2×3.30	2×36.2
小計		90.6	397.2	37.80	217.2
C ス ラ ブ	R	2×10.12	9.18×4.21 2×38.6	2×6.00	2×24.2
	3	2×10.12	2×38.6	2×3.00	2×24.2
	2	10.12	38.6	3.00	*24.2
小計		50.6	193.0	21.00	121.0
1棟合計		720.2	3223.9	78.87	1727.8
2棟合計		1430.3	6409.6	154.74	3435.4

\* 1枚のみリフトアップ

表一五 リフトアップスラブの詳細

図一五にみられるようにスラブには多くの大ばり、小ばりがあるため、積層方式は採用していない。またこのはりのために、脱型、再組立時の困難が予想され、各種の実験と検討が行なわれている。コンクリートは4週強度400kg/cm<sup>2</sup>として早強セメントを使用して調合している。Aスラブはリフトアップ以前に小ばりと1部の大ばりにプレストレス力が導入される。

その際のコンクリート圧縮強度は275kg/cm<sup>2</sup>以上とされている。

Aスラブ用コンクリートの調合表および圧縮強度を表一六、表一七に示す。

条 件	強度400kg/cm <sup>2</sup> , スランプ13cm, 空気量1%
材 料	セメント 生産者 宇部, 種類 早強
	細骨材 産地 富士川, 粒大2.5mm以下
	粗骨材 産地 富士川, 粒大25mm以下
調 合	セメント 砂 砂利 水 W/C 480kg, 544kg, 1200kg, 181kg, 37.7%
試験体の養生	型わく中2日, 空中3日, 以後水中

表一六 Aスラブ用コンクリート調合

E - 2							
材 令	R 階		3 階		2 階		
	現 場 養 生	標 準 養 生	現 場 養 生	標 準 養 生	現 場 養 生	標 準 養 生	
4日	271	362	289				
5日	289	379	319	397	258	353	
7日	374	431	396	461	291	312	
28日	492	509		553		417	

E - 3							
材 令	R 階		3 階		2 階		
	現 場 養 生	標 準 養 生	現 場 養 生	標 準 養 生	現 場 養 生	標 準 養 生	
5日	271	384			214		
6日	300	422	287	317	314		
7日	294	489	317	373	340	407	
28日		509		501		523	

表一七 Aスラブ用コンクリート圧縮強度

## 6.2 スラブ構台

前項で述べた通り、スラブは構台上で製作する。構台を支える地盤は埋め戻したやわらかいローム土であるため、その上に3cm厚に砂を敷き固め、さらにその上に足場板を縦横に敷いてある。コンクリートの打設中および硬化中のスラブの不同沈下を防ぐために、構台は上下調整が可能ないように組み、工事中にレベルを調整している。

図一20にスラブ構台の概要を示す。

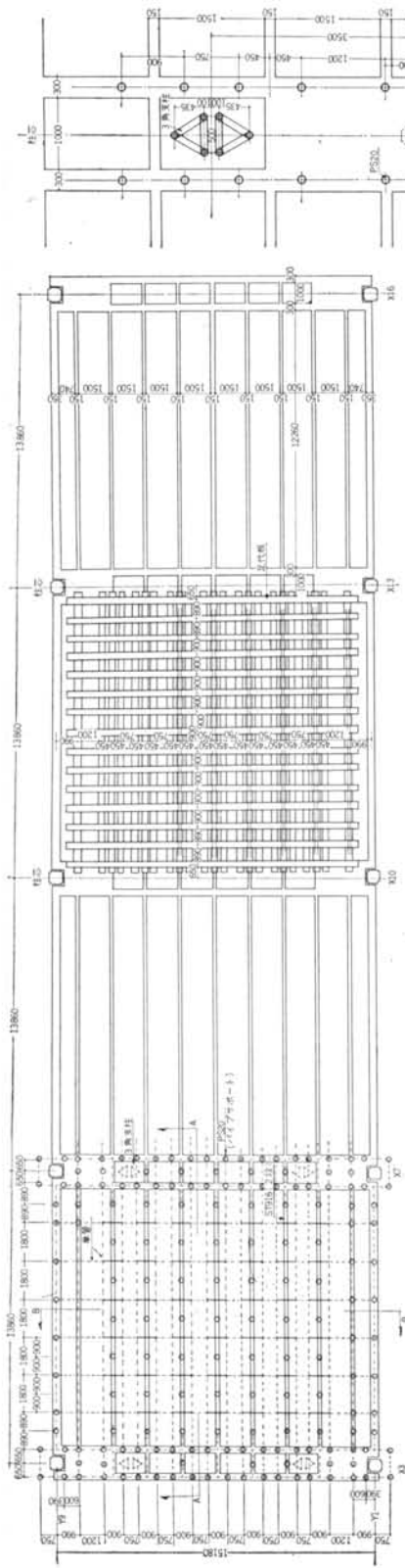
## 6.3 型わく

リフトスラブ工法におけるスラブ製作用型わくは、リフト工事の成功、不成功に關係する大きな要因である。

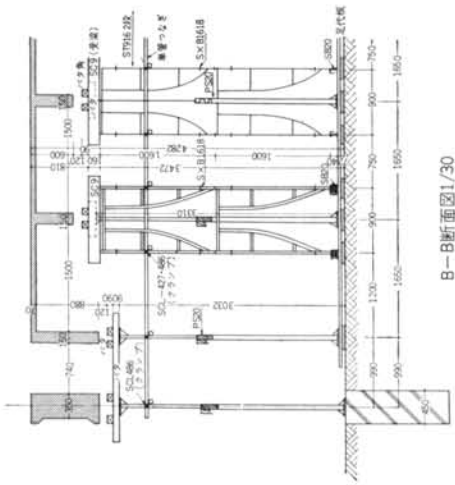
この工法において型わくに要求される条件は次のようなものである。

- 1) 組み立て・解体が簡単で転用に便利なこと。
- 2) 正確な所要寸法に組み立て、コンクリート表面が希望する性状を呈するものであること。
- 3) コンクリートの打込み、転用等によって変形を来たさぬ強度・組立方であること。
- 4) 経済的であること。

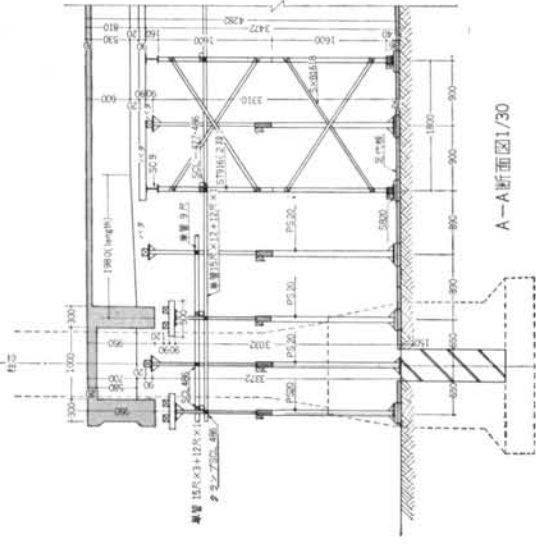
検討の末前述した5層、12mm厚ラワンベニヤを使用することにしたが、前述1)~4)の条件を満足させる型わくを作るために、各種の計画・実験がなされている。その推移の概略を記す。



平面図1/100SMおよびサポート足代板配置図



B-B断面図1/30



A-A断面図1/30

サポートと三角支柱位置関係図1/30

図一20 Aスラブ構造

第1案，図-21に示すものである。コンクリート打設後に型わくをターンバックルで引いて剝離させる。パネル中央は図-22のようにし，パネルがターンバックルで引きよせられるのにつれて剝離するようになる。

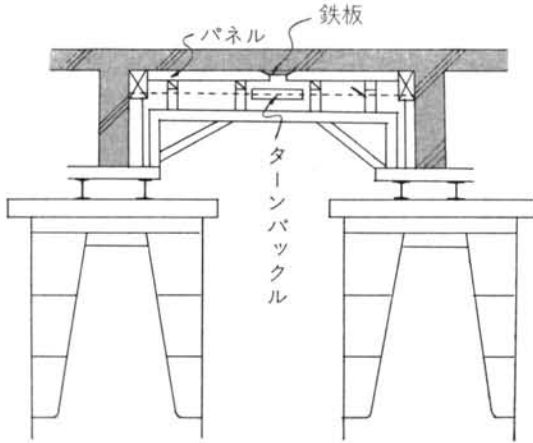


図-21 Aスラブ用型わく第1案

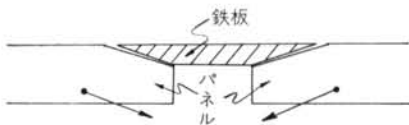


図-22 第1案パネル中央

疑問点

- 1) ターンバックルでコンクリートとの付着を切ることができるか？
- 2) ターンバックルとパネルとの取付方法は？
- 3) 片方のパネルのみ動いて，残りはコンクリートに付着したままではないか？

第2案，図-23に示すものである。L型のパネル2組を丁番で取付ける。

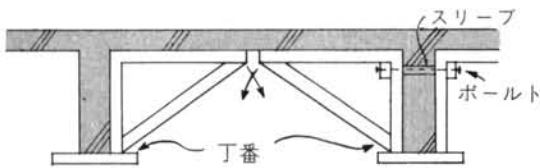


図-23 Aスラブ用型わく第2案

疑問点

- 1) めし合わせ部のディテールは？
- 2) 取りはずしの始めにこじる必要があるのではないか？
- 3) コンクリートのポンドに勝る強度をパネルに与える必要がある。

第3案，図-24に示すものである。ベニヤ（せき板）と型わく下地の縁を切り，リフトアップによって下地とベニヤを分離し，リフトアップ後にベニヤを取りはずす。

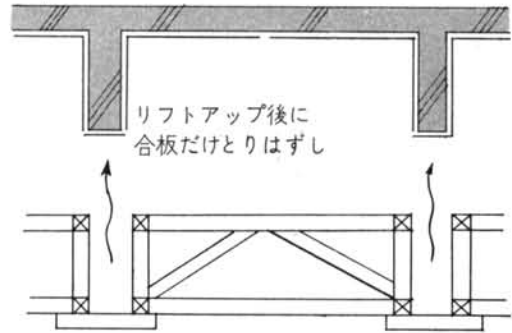




図-24 Aスラブ用型わく第3案

疑問点

- 1) ベニヤを下地に仮留めする方法は？
- 2) ベニヤの目違いを防ぐ方法は？

第4案，図-25に示すものである。第3案の改良で，せき板部分を成型により一体化する。取りはずしにはベニヤのそりを利用する。

特殊合板  型，または  +

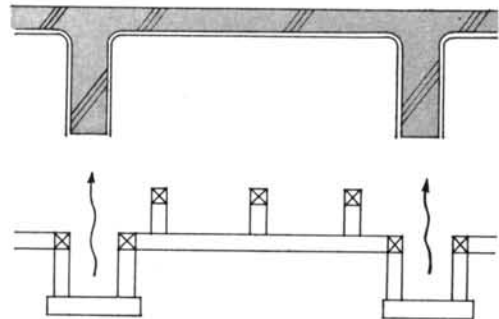


図-25 Aスラブ用型わく第4案

疑問点

- 1) ベニヤ成型の費用と手間等とのバランスは？
- 2) ベニヤの目違いを防ぐ方法は？
- 3) 下地の簡略方法は？

決定案，図-26に示すものである。第3案，第4案にあるようにベニヤ（せき板）と下地の縁を切る方法である。したがってスラブは下地を残し，ベニヤを取付けたままリフトアップし，1～1.5m上昇後ベニヤを取りはずす。下地はベニヤとパタ角2つ割りで構成される門型を並べたものである。2枚のベニヤせき板を丁番で結合し，この部材2つで小梁と小梁に囲まれた部分のせき板



を構成する。ベニヤの目違いはT型のブリキ板で防ぐ。ベニヤせき板と下地は19mmの釘で数カ所軽く止める。ベニヤと下地の分離を容易にするため、小梁の部分には15/100のテーパをつける。

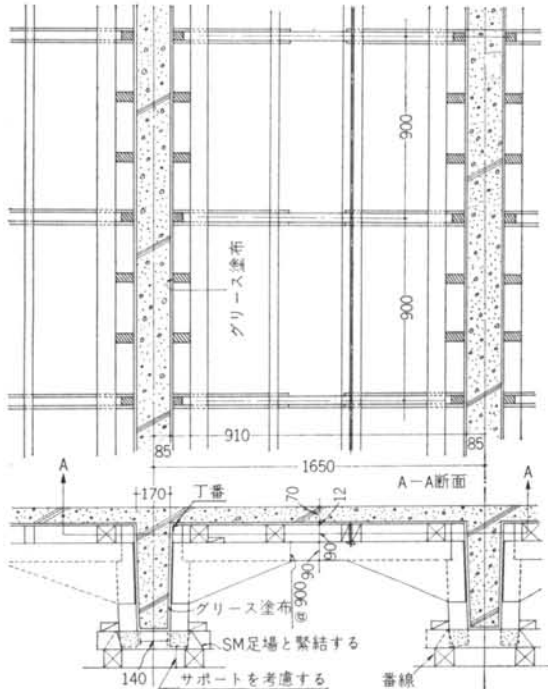


図-26 Aスラブ用型わく決定案

この型わくを使用した結果下地とせき板の分離に大きな力を要することが判明している。これはリフトアップ前に導入されるはり間方向のプレストレス力によるものと思われる。特に柱に近い部分の門型下地は、はりのコンクリートの歪に応じた力を受けるものと思われる。図-27に門型下地の詳細を示す。

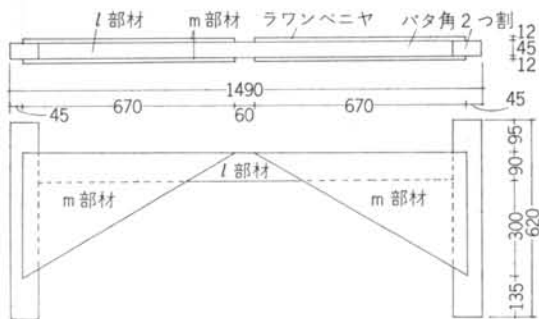


図-27 門型下地

門型下地の受ける力Pは次の式で算定される。

$$P = P_w + P_{pw} = (A_w \cdot E_w + A_{pw} \cdot E_{pw}) \cdot \epsilon \quad \dots (3)$$

$P_w$  : バタ角2つ割 (l 部材) の受ける力 (kg)

$P_{pw}$  : ベニヤ (m 部材) の受ける力 (kg)

$A_w$  : l 部材の断面 (cm<sup>2</sup>)

$E_w$  : l 部材のヤング係数 (kg/cm<sup>2</sup>)

$A_{pw}$  : m 部材の平均断面 (cm<sup>2</sup>)

$E_{pw}$  : m 部材のヤング係数 (kg/cm<sup>2</sup>)

いま,

$$A_w = 9.0 \times 4.5 = 41 \text{ cm}^2$$

$$E_w = 1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 \text{ 注3)}$$

$$A_{pw} = \frac{39 \times 67}{2 \times 75} \times 24 = 41 \text{ cm}^2$$

$$E_{pw} = 0.7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 \text{ 注4)}$$

$$\epsilon = 120 \times 10^{-6} \text{ 注5)}$$

$$\therefore P = 842 \text{ kg}$$

小ばりとおぼりの内法は1480mmであるので、この間のコンクリートの縮みは約1.8mmである。この縮み量によって門型下地は840kgの力を受ける。ただし各部材間のあそび等があればこの値はより小さなものとなるし、そうになっている可能性は大きい。またスパンの中央付近の門型下地は、はりコンクリートの歪をそのまま受けているとは思わず、より小さいものと思われる。

この対策としてはプレストレス力導入前に門型下地を下げ、ベニヤとの間に隙間をつくる方法が考えられる。片側0.9mm以上の隙間があれば良い。テーパは15/100なので6mm以上下げれば良い。次期工事の際にはこの種の方法を使う予定である。

## §7. リフトアップ

### 7.1 概要

リフトアップするスラブは表-5にみられるように、2棟で28枚、延べ面積6410m<sup>2</sup>、延べ重量3440t、延べ上昇量155mである。Aスラブのリフトアップは柱の上にジャッキを据えて引き上げる方法を用い、BおよびCスラブは、スラブに緊結されたジャッキが鋼棒をよじ登る方法をとっている。

### 7.2 Aスラブ

#### 7.2.1 仮設

図-28に示されるような仮設を設ける。これは既製ジャッキのアームの長さが柱の幅と同じなので、やむを得

注3) 木材工業ハンドブック P.133

注4) 建築技術 1966.4

注5) 磯畑研究員測定結果

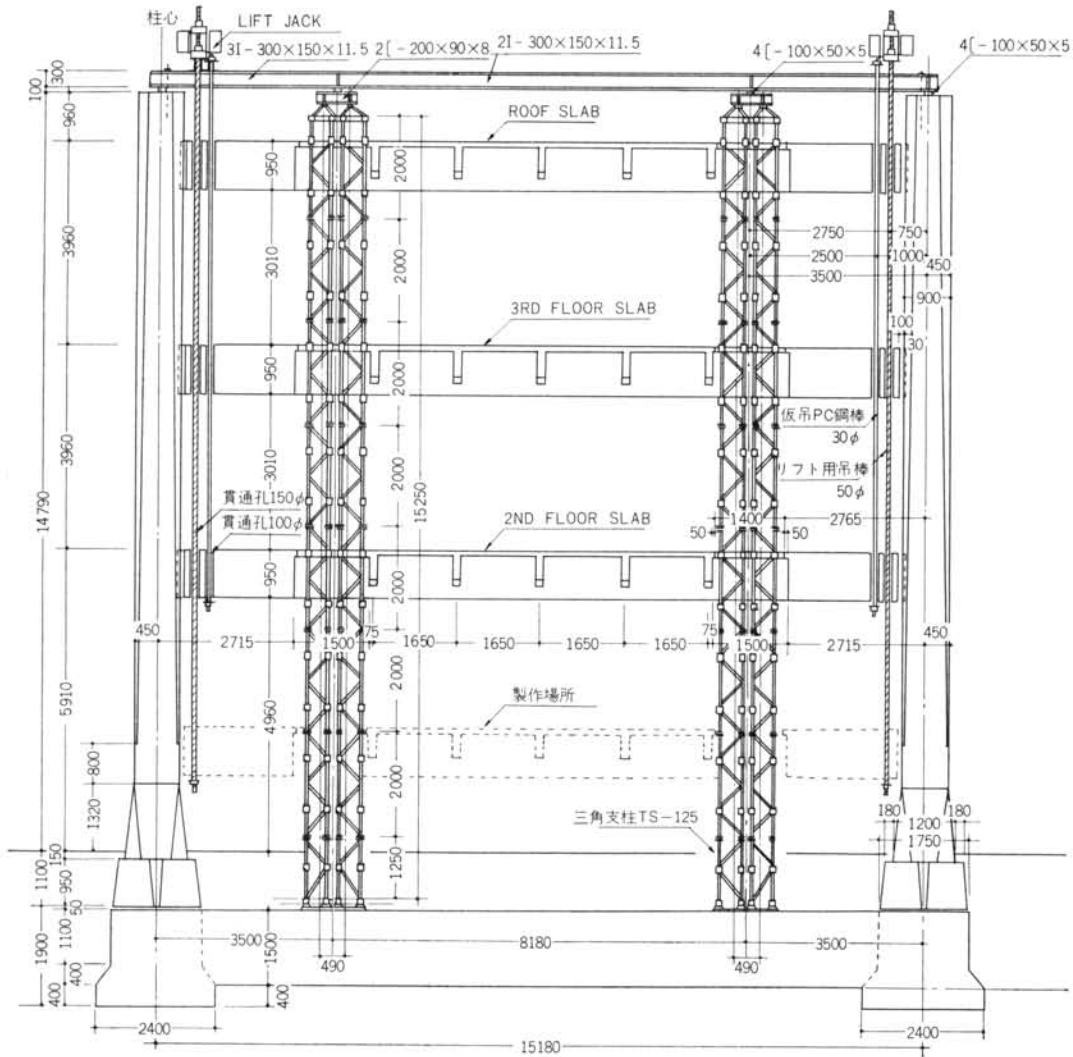


図-28 Aスラブリフトアップ用仮設

ず採用した方法である。ジャッキの設置位置は柱芯より750mm離れた場所である。吊り上げ用ロッド（1カ所につき2本）はその有効長が4mである。

そのためロッドの盛り替え作業が必要である。この時スラブの重量は仮吊りロッドに移行される。仮吊りロッド（1カ所につき2本）は柱芯より1000mm離れた所に設置する。図-29はその概略である。

吊りロッド，仮吊りロッドの位置にスラブ荷重が作用する時の柱，三角支柱，Iビームの受ける荷重は，

$$\begin{cases} R_{C1}=0.79P \\ R_{T1}=0.21P \end{cases} \quad \begin{cases} R_{C2}=0.71P \\ R_{T2}=0.29P \end{cases}$$

$P$ ：スラブ荷重 (ton)

$R_{C1}$ ：吊りロッド位置に荷重が作用する時の柱負担荷重 (ton)

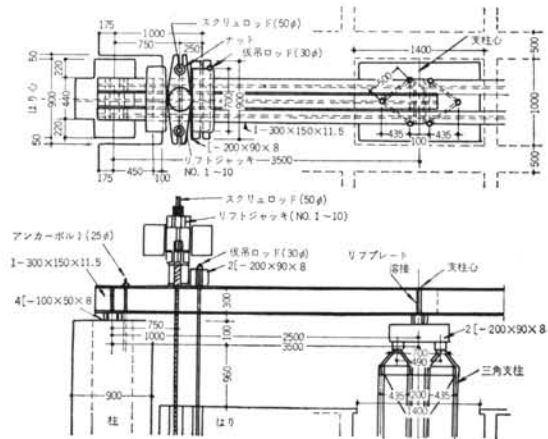


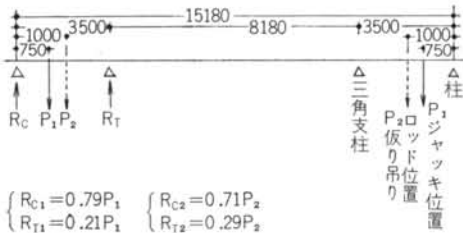
図-29 ジャッキ設置位置と柱頭部仮設

$R_{T1}$ : 吊りロッド位置に荷重が作用する時の三角支柱  
負担荷重 (ton)

$R_{C2}$ : 仮り吊りロッド位置に荷重が作用する時の柱負  
担荷重 (ton)

$R_{T2}$ : 仮り吊りロッド位置に荷重が作用する時の三角  
支柱負担荷重

図-30に荷重図, 図-31に剪断力図, 図-32にモーメ  
ント図を示す。



$$\begin{cases} R_{C1} = 0.79P_1 \\ R_{T1} = 0.21P_1 \end{cases} \quad \begin{cases} R_{C2} = 0.71P_2 \\ R_{T2} = 0.29P_2 \end{cases}$$

図-30 荷重図



図-31 仮り吊り位置の剪断力図



図-32 仮り吊り位置のモーメント図

三角支柱の受ける最大荷重  $R_T$  は  $0.29P$  (ton), Iビ  
ームの受ける最大剪断力  $Q_I$  は  $P$  (ton), 最大モーメント  
 $M_{I1}$  は  $2.5P$  (t·m) である。  $P$  は  $58$  (t) と予想される。

したがって,  $R_{Tmax} = 18$  (t)

$$Q_{Imax} = 58$$
 (t)

$$M_{Imax} = 162$$
 (t·m) である。

長さ16mの三角支柱の破壊荷重は21 t, 安全率を2と  
すれば許容荷重10 tとなる。この結果1支持点に2台の

三角支柱を設置し, 座屈防止のために, 相互を緊結する。

Iビームの曲げモーメントに耐えるのに必要断面係数  
 $Z$  は,

$$Z = \frac{M}{f_b} = \frac{162}{1.6} \div 100 \text{cm}^3 \text{ で,}$$

剪断力に耐えるのに必要な  $h \cdot t_1$  は,

$$ht_1 = \frac{Q}{0.85 f_s} = \frac{58}{0.85 \times 0.9} = 76 \text{cm}^2 \text{ である。}$$

$h$ : 成  $t_1$ : ウェブ厚

現場では作業性および安全の考慮を含み, 3I-300×  
150×11.5 を採用している。

$$(3Z = 2940 \text{cm}^3, 3ht_1 = 10^3 \text{cm}^2)$$

吊りロッドはS45C材で径50mm, 耐力は2本で約  
130 tである。仮り吊りロッドは4種PC鋼棒で径30mm,  
耐力は2本で約140 tである。したがって2~3の安全  
率を持つ。写真-12は仮説の外観である。

### 7. 2. 2 ジャッキ

使用するジャッキは“D-LH式電動油圧ジャッキ”と  
称される。その詳細は写真-14, 表-8に示す。

ジャッキは各柱に1台, 計10台配置する。操作は全て  
中央制御が可能である。(写真-13)

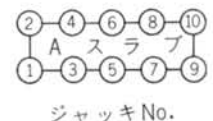
### 7. 2. 3 水平制御方法と精度

この工法はスラブを水平に保持しつつ上昇するのを使  
命である。本工事においては新潟地震復旧工事のデータ  
を参考として, スパンの1/500 (26mm) までの上昇誤  
差を許容している。当現場において使用される水平制御  
および上昇距離測定用の諸装置は表-8に示すようなも  
のである。

常時使用される装置は, 水平制御装置に No 1, 上昇  
距離測定装置に No 3, No 5である。装置 No 1は5mm  
程度の精度を目標としているが, スラブの上昇速度 (1.7  
mm/sec) に水の移動速度が追従できず, 10mm 内外の  
精度となっている。No 3は装置に不備な点があり, ピス  
トン1ストローク (15cm) の上昇監視にしか使用されて

ジャッキ No.	シリンダー 面積 (cm <sup>2</sup> )	セット圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )		能 力 (t)		ストローク (cm)		1ストローク 当りの流量 (l)	最大持上げ 速 度 (cm/分)	1ストローク に必要な最小 時 間
		常用	最大	常用	最大	常用	最大			
1.2 9.10	254.5	121.8	170.0	30.0	43.3	150	180	3.84	10	1分28秒
5.6	418.6	145.0	160.0	60.7	67.0	150	180	6.32	10	1分28秒
3.4 7.8	452.4	134.0	160.0	60.6	72.4	150	180	8.85	10	1分28秒

表-8 Aスラブ用ジャッキ能力

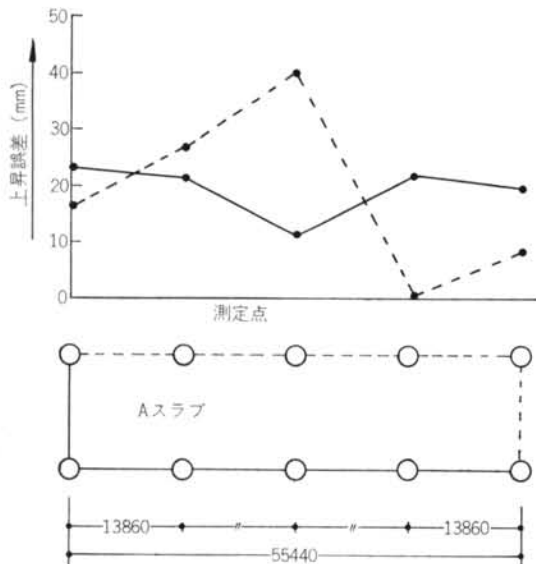


ジャッキ No.

	NO	主要部分	原 理	特 徴	精度 (m/m)	そ の 他
水 平 制 御 装 置	1	水準器 光電管 ソレノイドスイッチ	水面移動量を光電体で追跡し、光電管と連動するソレノイドスイッチでジャッキモーターを切入する	<ul style="list-style-type: none"> <li>連続的に水平制御を行なう</li> <li>中央制御盤に制御状態が明示される</li> <li>メインタンクで容易に水量を調整し得る</li> </ul>	10~20	<ul style="list-style-type: none"> <li>液体を変える時(不凍液等)には水準器内のフロートを変える必要がある</li> <li>水準器は各支持点、スラブ上に設置される</li> <li>水の移動速度と管径及び配管方法配管距離が問題で、制御精度に大きな影響を与える</li> </ul>
	2	マイクロスイッチ キープリレー カム、歯車 ソレノイドスイッチ	スクリーロッドにかみ合わせられた歯車の回転をカムに伝え、カムの山谷でマイクロスイッチを切入する。全カムが同じ歩みをした後に次の歩みをするようにキープリレーで調整し、その動きをソレノイドスイッチに伝えて上昇を制御する	<ul style="list-style-type: none"> <li>連続的に水平制御を行なう</li> <li>制御精度はジャッキの追従しうる範囲において、いくらかも高くすることが可能である</li> </ul>	常用 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>スクリーロッドの傾斜に対する対策が必要</li> <li>カムの型とマイクロスイッチの位置が微妙に影響する</li> </ul>
上 昇 距 離 計	3	カム 近接スイッチ 電源装置 マグネットカウンター	スクリーロッドにかみ合った検出部のカムの山を近接スイッチの周波数発振によって、上昇1m/m毎に検出し、マグネットカウンターに表示する	<ul style="list-style-type: none"> <li>1m/m 単位に中央制御盤に表示される</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>下降の表示が不可能である</li> </ul>
	4	チェーン 歯車 カウンターメーター	垂直に張られたチェーンに、スラブに固定された歯車をかみ合わせて、上昇量をカウンターメーターに表示する	<ul style="list-style-type: none"> <li>歯車の組み合わせによって精度を任意に決定しうる</li> <li>上昇、下降全てを表示しうる</li> </ul>	0.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>チェーンの伸びの影響大である</li> <li>歯車の加工精度に装置の働きが大きな影響を受ける</li> </ul>
	5	スチールテープ 定規	柱に貼付されたスチールテープによってスラブの上昇距離を測定する	<ul style="list-style-type: none"> <li>読みとり誤差以外に誤差がない</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定に時間と手間を要する</li> </ul>

表一9 Aスラブ用水平制御装置および上昇距離計一覧

いない。No4はNo3を補足するもので、スラブのレベルチェック絶対上昇値の決定には全てこのデータが使用



図一33 リフトアップ中のスラブの挙動例

されている。リフトアップ作業中、上昇誤差が40mm(スパンの $1/350$ )に達することが数回発生しているが、スラブ自体には何等の異常も認められていない。その時のスラブの挙動を図一33に示す。

#### 7. 2. 4 作業と上昇速度

リフトアップは2棟交互に行なう。したがって10台のジャッキは、そのつど移動が必要である。図一34にR階のリフトアップ工程を示す。吊りロッドの盛り替えは3階スラブでは1回、2階スラブでは必要でない。けた行方向のプレストレス力は柱およびはりの曲げ抵抗によって中央部には充分伝達しないおそれがある。そのため両妻より緊張した後、中央部からロックジャッキによって押し開き、プレストレス力導入の完全化を計っている。詳細については、近く磯畑研究員の測定結果が報告される予定である。

表一10は2階スラブの製作およびリフトアップの実施工程である。型わく建込み開始から仮り吊りロッド解放まで32日を要し、その内リフトアップに2日要している。全Aスラブのリフトアップ実施工程を図一35に示す。

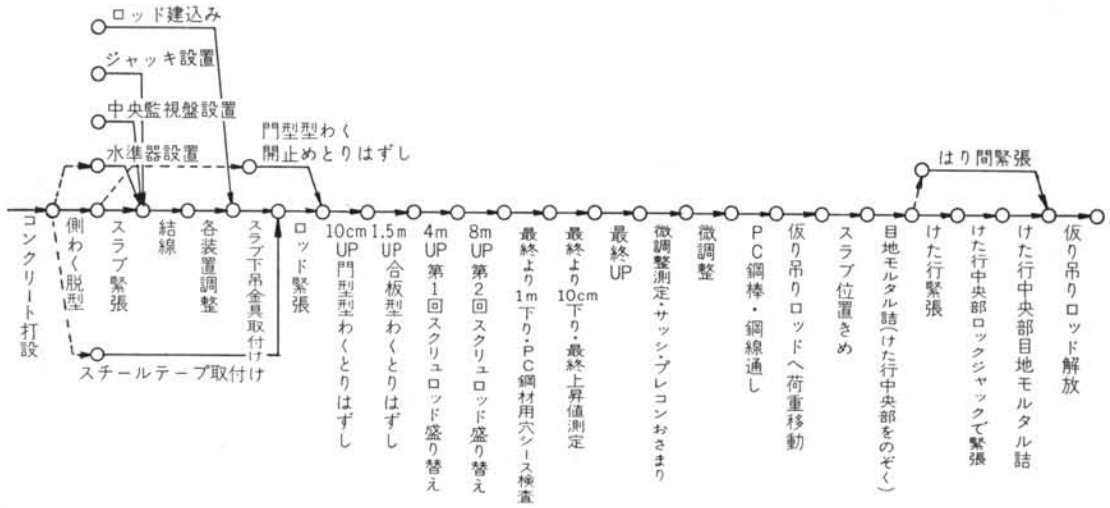


図-34 AスラブR階リフトアップ工程

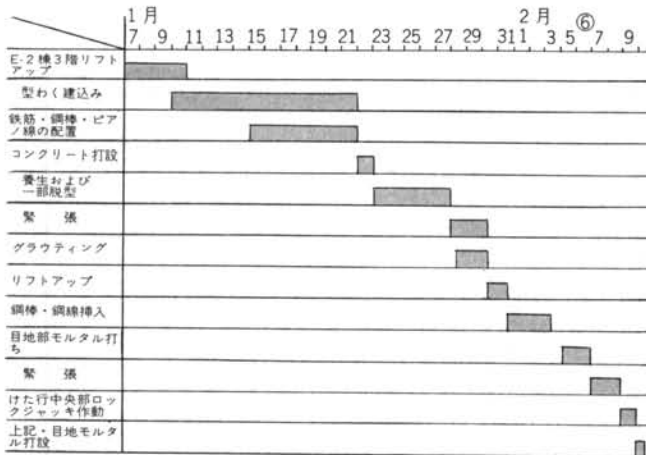


表-10 Aスラブ2階の製作およびリフトアップ実施工程



表-11 Aスラブ用ジャッキピストン1ストロークの作業工程

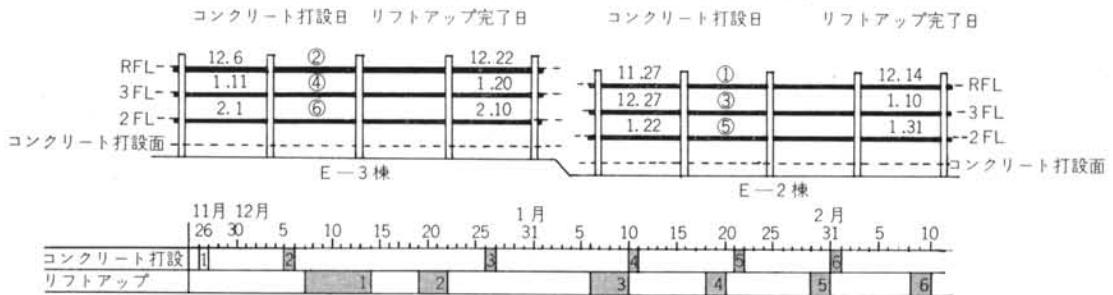


図-35 Aスラブリフトアップ実施工程

1枚目のスラブリンコンクリート打ちから最後6枚目のスラブリンのリフトアップ完了まで、休日を含めて77日を要している。その内リフトアップに要する日数は20日である。

ジャッキのピストンストロークは150cmである。その作業に要する時間を表-11に示す。表中上昇値測定とるのは表-9に示すNo 5の方法によるものである。

図-36～図-38にリフトアップ時の実作業時間—上昇

量曲線（以下リフトアップ曲線という）を示す。表-12にリフトアップ作業時間および上昇速度を示す。

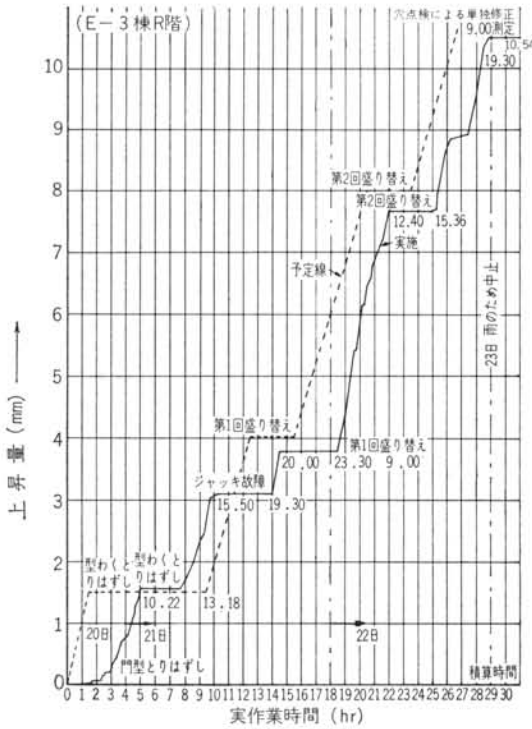


図-36 実作業時間—上昇量曲線（40年12月20日～24日）

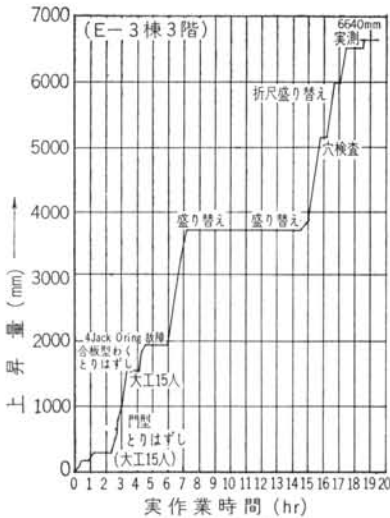


図-37 実作業時間—上昇量曲線（41年1月19日～20日）

表-11に示すように、この方式によるリフトアップの最大上昇速度は1.8m/hである。このことは各リフトアップ曲線の勾配からも読みとることができる。さらに上昇量の測定方法を改良するならば2.3m/hまで、スピー

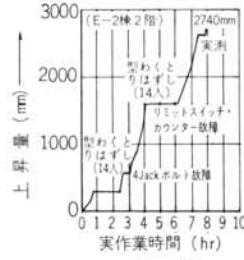


図-38 実作業時間—上昇量曲線（41年1月30日～31日）

作業時間	符号	E-2 棟			E-3 棟		
		R階	3階	2階	R階	3階	2階
全使用時間(分)	a	4120	1390	475	1875	1110	720
型わくとりはずし(分)	b	500	150	190	195	120	330
盛り替え(スクリュロッド)(分)	c	1400	505	0	430	440	0
穴検査・実測(分)	d	950	110	25	145	120	35
上昇(単独修正を含む)(分)	e	940	415	205	875	340	220
故障(分)	f	340	210	55	230	90	1.35
上昇距離(m)	l	10.58	6.64	2.74	10.58	6.64	2.74
上昇速度 m/h	$\frac{l}{e}$	0.68	0.96	0.80	0.73	1.17	0.75
	$\frac{l}{d+e}$	0.34	0.76	0.72	0.62	0.86	0.64
	$\frac{l}{d+e+f}$	0.28	0.54	0.64	0.51	0.72	0.42
	$\frac{l}{a}$	0.15	0.29	0.35	0.34	0.36	0.23

注) E-2棟R階は1ストロークごとに各種実測を行なったので、それらに要した時間は穴検査・実測の項に、ほかはストロークごとに要した実測時間は上昇の項に入っている。

表-12 Aスラブリフトアップ作業時間および上昇速度

ドアップが可能である。表-12に示す  $l/e$  が約0.85m/hとなっているのは、上昇(水平)誤差の修正や縁切り(最初の20cm位のリフトアップによって、型わく下地との縁を切ることを言う)に時間を要しているためである。縁切りに要する時間は大体70分である。この部分を除くと  $l/e$  は1m/hとなる。

当現場の方式によればリフトアップ作業時間は次の式で算定される。

$$T = 97l + 0.1A + 92nP/m + 9n \quad \dots\dots(4)$$

T: リフトアップ総作業時間(分)

l: 上昇距離(m)

A：型わく面積 (m<sup>2</sup>)

n：スラブ支持点数

P：盛り替え回数

m：盛り替え作業員組数 (3人/組)

(この式の算定には第1回目のリフトアップのデータは除外されている。式中第1項は上昇時間と故障時間に関するものである。)

図-39はリフトアップ作業時間を作業別に円グラフにしたものである。全作業時間中上昇に要する時間の占める割合は31%である。(4式において上昇に要する時間は70lである。

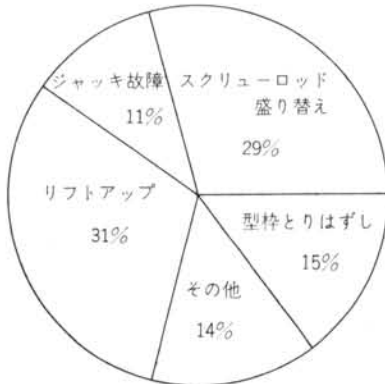


図-39 Aスラブリフトアップ作業別時間割合

表-10にも示すように1スラブリフトアップ完成(型わく建込みから仮り吊りロッドの解放まで)には約30日必要である。これは次のような3つの要素に分解される。

- (1) スラブ製作 (16~18日間)
- (2) リフトアップ (2~4日間)
- (3) スラブ定着 (10日間)

(2)の作業の途中から次のスラブリフトアップの作業の開始が可能である。

したがって、当現場のような規模において当現場における方式によれば、n枚のスラブリフトアップ完成には(5式)に示すような日数を要する。

$$D_i = 30 + (n-1)20 \quad \dots\dots\dots(5)$$

D<sub>i</sub>：日数

n：スラブ枚数

当現場において6枚のスラブリフトアップ(最初のスラブリフトアップの型わく建込開始から最後のスラブリフトアップの仮り吊りロッド解放まで)を約100日で完成しているのは、2棟交互に作業を進めた結果である。

### 7. 2. 5 作業日数の短縮

作業日数の短縮を計るために考慮すべき要素は次のよ

うなことからである。

- 1) スラブ製作
  - ① 製作方式
  - ② 型わく(組立)
  - ③ 鉄筋の加工, 配筋
  - ④ コンクリート打設
  - ⑤ 緊張, グラウト
- 2) リフトアップ
  - ⑥ ジャッキ
  - ⑦ 水平制御装置
  - ⑧ 上昇距離測定装置
  - ⑨ 吊りロッド盛り替え
  - ⑩ 型わくとりはずし
  - ⑪ 故障
- 3) スラブ定着
  - ⑫ 定着方法
  - ⑬ スラブ最終位置測定
  - ⑭ PC鋼材挿入方法

7. 2. 4において分析したように、全作業日数(30日)のうちスラブ製作の占める割合は60%、リフトアップの占める割合は7%、スラブ定着の占める割合は33%である。

スラブ製作の第1の問題は①である。すなわちスラブが地盤上において積層方式によって製作されるならば、②や⑩の問題もほとんど解決される。当現場においてはスラブの形状から、積層方式の採用は困難である。リフトスラブ工法の採用に当っては、その設計の段階において、工法の利点を充分生かすように考慮されねばならない。②もさらに改良されねばならぬものである。③はスラブ筋、はり筋を、予め組み立てることによって、大いに短縮される。この3項目の改良が第1である。スラブの定着はこの定着方法ではこの位の日数は必要である。

全作業日数の内リフトアップの占める割合は非常に少ないが、⑨および⑩の改良はなされねばならない。

以上のことに比して、⑥、⑦、⑧、⑪は余り大きな要素ではない。

### 7. 2. 6 吊りロッドの応力測定

吊りロッドおよび仮り吊りロッドは表-8に示す推定負担荷重に対して2~3倍の安全率を持つ。しかし、スラブの推定荷重463.2tは比重を2.4(調査表より算出するとコンクリート比重のみで2.4となるが、実測値の出るまでこの値を使用した。)とした時の値であり、偏荷重時のロッド負担荷重も定かではない。

作業の安全とスラブの実重の測定のためにリフトアップ中の吊りロッドの応力を測定している。

測定カ所およびゲージ（ワイヤストレッチゲージ）貼付位置は図-40に示してある。

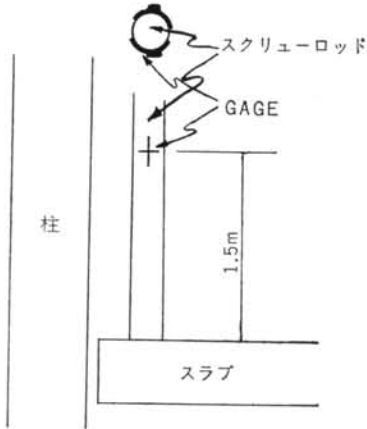
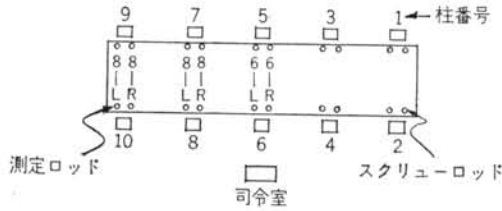


図-40 ワイヤゲージ貼付位置と測定カ所

引張力 $P$ および引張応力 $\sigma$ は、次の式で算定する。

$$\sigma = \frac{\epsilon_0}{2(1+\nu)} E_s \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$P = A_s \cdot \sigma = \frac{\epsilon_0 \cdot E_s \cdot A_s}{2(1+\nu)} = 161 \times 10^2 \cdot \epsilon_0 \quad \dots\dots\dots(7)$$

- $\epsilon_0$ : 測定歪
- $\sigma$ : 引張応力 (kg/cm<sup>2</sup>)
- $P$ : 引張力 (t)
- $A_s$ : 吊りロッドの断面積 (19.6cm<sup>2</sup>)
- $E_s$ : 吊りロッド (S45C) のヤング係数 (2.1×10<sup>6</sup> kg/cm<sup>2</sup>)
- $\nu$ : ポアソン比 (0.28)

測定結果を図-41に示す。

測定結果よりスラブ重量を算定すると図-42のような分布になり、合計505tとなる。標準偏差は2.4tである。表-13は測定結果から推定したベニヤせき板、門型下地の重量である。吊りロッドおよびジャッキは縁切り時に最大荷重を受け、その荷重はロッド1本について39.2t、ジャッキ1台について75.0tである。これはそれぞれの初期推定荷重(27.0t, 53.9t)の1.45倍, 1.39倍である。これはベニヤせき板と門型下地の分離が不完全で、スラブ構台の1部が荷重として加わったためである。荷重がスラブのみの時のロッド1本の負担最

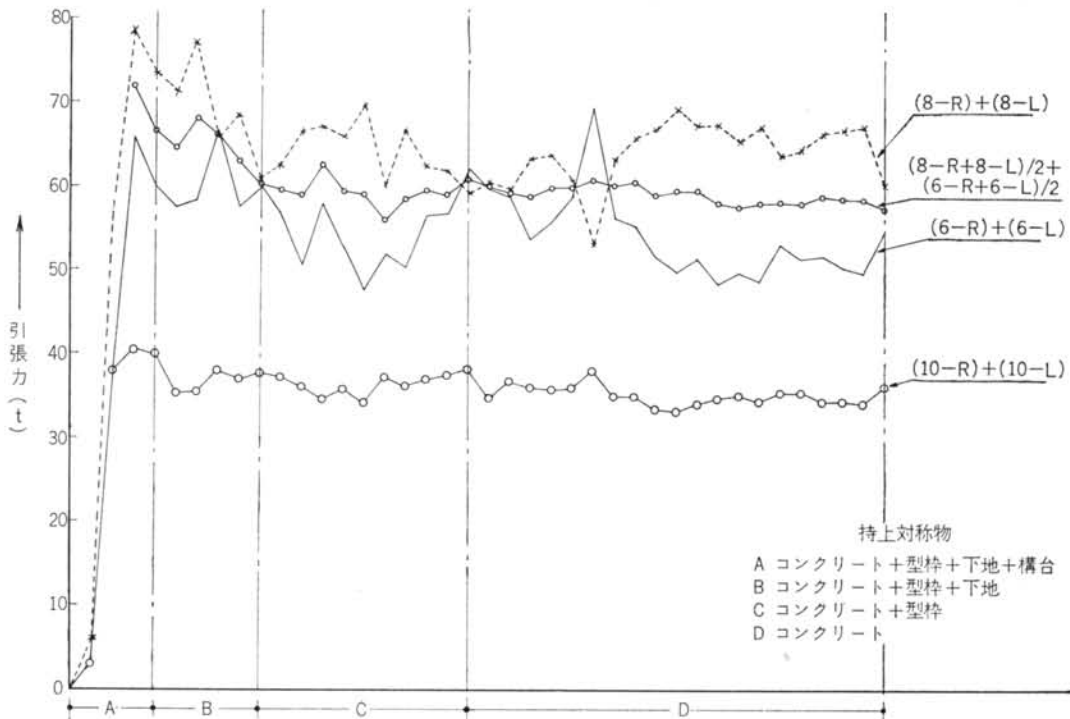


図-41 ロッド応力測定結果



大荷重は35.3 t, ジャッキの最大負担荷重は69.5 tである。これは初期推定負担荷重の1.30倍, 1.29倍であり, スラブ重量を505 tとした時の負担荷重(29.4 t, 58.8 t)の1.20倍, 1.19倍である。

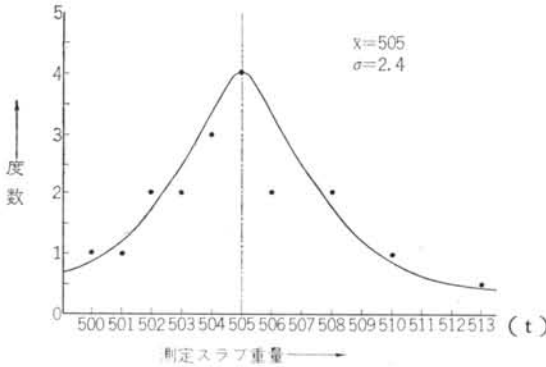


図-42 測定値より換算したスラブコンクリート重量度数分布

部	材	重 (t)
スラブ+ベニヤせき板+門型下地		549
スラブ+ベニヤせき板		513
スラブ		505
ベニヤせき板		8
門型下地		36

表-13 測定結果から算出した各部材重量

スラブ用コンクリートの比重は実測によると2.42である。またスラブ中に含まれる鋼材は28.3 t (3.64m<sup>3</sup>)である。したがってスラブの鉄筋コンクリートとしての比重は2.53となり, 重量は488.3 tとなる筈であるが, 実測重量505 t よりも17 t少ない。実測重量については測定

	ロッド1本の負担荷重 (t)		ジャッキ1台の負担荷重 (t)		スラブ重量 (t)
	両妻	中央	両妻	中央	
比重2.4の時	17.5	27.0	35.0	53.9	463.2
比重2.53の時	18.5	28.4	36.9	56.8	488.3
実測による計算	19.1	29.4	38.2	58.8	505
実測最大値	緑切り時	20.9	39.2	41.0	651.0
	スラブのみ	19.3	35.3	38.0	69.5

表-14 Aスラブ用ジャッキの負担荷重

場所が, 計算値についてはコンクリート量がそれぞれ疑問なので, どちらが正しいかは判断できない。いずれにしても, 作業を容易に行なうためにはジャッキ等の能力は負担荷重の1.5倍程度とすることが適当と思われる。このことは新潟地震の復旧工事の際にも得られた値である。

表-14に各負担重量を示す。

### 7.3 BおよびCスラブ

#### 7.3.1 仮設

Bスラブのリフトアップには, 図-43に示すような仮設を, Cスラブのリフトアップには写真-22に示すような仮設を使用する。

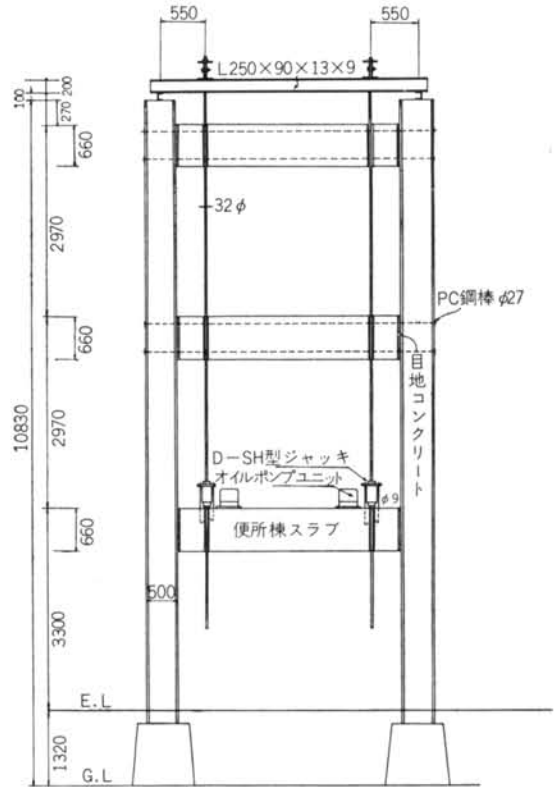


図-43 Bスラブリフトアップ用仮設

Cスラブのリフトアップ用吊りロッドの内Aスラブ側の2本は, Aスラブの屋階に取りつけてあるブラケットより吊り下げられる。

#### 7.3.2 ジャッキ

ジャッキはスライディングフォームに使用されるセンターホールジャッキである。その概要を表-15, 写真-16に示す。

特 性		デ ー タ
油 圧 ジャ ッキ	持上荷重 (kg)	4000~7000
	1回スライドストローク (cm)	3.0~8.5
	上昇速度 (cm/min)	18.0~19.0
	ロッドかみ合装置	コレット式
	自重 (kg)	34.7
ポ ン プ ユ ニ ツ ト	作動圧力(調圧式) (kg/cm <sup>2</sup> )	5~70
	ポンプ吐出量 (l/min)	ギヤ・ポンプ3.65
	切換弁型式	浮動自動切換弁
	使用電動機 (IP)	三相誘導電動機 <sup>1/2</sup>
	作動電圧 (V)	185~250
	自重 (kg)	36.5
水 準 器	有効作動水位 (cm)	2.0~8.0
	レベル制御方式	フロート式
	レベル調節	3.0
	自重 (kg)	1.3
分 配 電 盤	分電可能台数	10台
	マグネットスイッチ作動電圧(V)	75~110
	操作	自動一手動両用
	自重 (kg)	18.5
ロ ッ ド	支持能力 (kg)	7,000
	自重 (kg)	25.0

表-15 Bスラブ用ジャッキ能力

Bスラブにおいてはジャッキ1台につき1台の油圧ポンプが付属している。Cスラブにおいては1台の油圧ポンプで4台のジャッキに油を送っている。ジャッキは同じものであるが、油圧ポンプの圧力が違うので、Bスラブのジャッキの持上能力は7t、Cスラブのジャッキの持上能力は9tである。Bスラブのジャッキの負担する荷重は4.25~5.15t、Cスラブのジャッキの負担する荷重は6.07tで、それぞれ能力は負担荷重の1.35倍、1.50倍である。この程度の能力で無理なくリフトアップできる。

Bスラブのジャッキはφ9のアンカーボルト(SR24)4本、Cスラブのジャッキはφ12(SR24)のアンカーボルト4本でスラブに固定する。アンカーボルトの耐力は各々6.10t、10.08tで、負担荷重の1.2倍、1.8倍である。しかし偏荷重にそなえてアンカーボルトは最底1.5倍程度の安全率を持たせるべきとも思われる。

吊りロッドの径はφ32である。

ジャッキの上下にはコレットと呼ばれるくさびが各々3ヶずつ入っている。上昇時には下端のコレットが、停止時には上端のコレットが自動的に作用する。

操作は全て中央制御盤で行なわれる(写真-18)。

### 7.3.3 水平制御方法と精度

Bスラブの水平制御はAスラブより簡単な方法で行なわれる。上昇中の水平制御は行なわずに、1回の上昇量を1定(50mm)にする方法である。ジャッキの上昇速度が多少違っていても1回の上昇量が短いのでほぼ水平に上昇する。装置はマイクロスイッチと組合わせた水準器と、スラブとは別に上昇するメインタンク、および中央制御盤とから構成されている。水準器には上部に突出ロッドをもつフロートが挿入され、水面の上下動によってロッドがマイクロスイッチをON、OFFするようになっている。マイクロスイッチは中央制御盤に連結され、ジャッキの駆動を制御する。(写真-18)

ピストン1ストロークの上昇(50mm)は次の要領で行なわれる。

- ① 前回の上昇誤差を修正する(5mm以上の誤差の場合)
- ② リフトアップ開始直前に水準器の水平を調設し、水準器の水位をマイクロスイッチの入る直前にセットする。
- ③ メインタンクを50mm上昇させる(各水準器の水位は、マイクロスイッチの切れる位置より50mm上昇する)
- ④ ジャッキを駆動する(リフトアップ)。
- ⑤ 50mm上昇したジャッキは上昇を停止する。

この方法による上昇誤差の最大は10mm(スパンの $1/400$ )で、ほとんど5mm(スパンの $1/800$ )以内である。上昇中に生ずる誤差も5mm以内である。

この方法の問題点は次のようなものである。

- ① コレットに遊びがあり、停止後3~5mm下がる。
- ② 各水準器毎に監視員が必要である。
- ③ 水の移動がスラブの上昇に追従できず、はり間方向(スパン3985mm)の水準器同志で影響し合い、桁行方向(9900mm+5940mm)の上昇差が起こる。

以上のことはBスラブ程度の規模のものでは、余り問題にならないことであるが、ある速度以上で上昇する物体の水平制御に水準器を使用する場合は、配管方法と水の移動の問題を充分考慮しなければならない。

スラブの絶対上昇量の測定には各柱に取付けたスケールが使用される。この測定値は上昇誤差の修正や上昇中の水平誤差の検討にも利用される。

Cスラブは1スパンなので水平制御は行なわない。

### 7.3.4 作業および上昇速度

Bスラブのリフトアップは各棟に2カ所計4カ所で交互に行なわれる。図-44はリフトアップの作業工程である。Aスラブの場合と異なり、ロッドの盛り替えが無

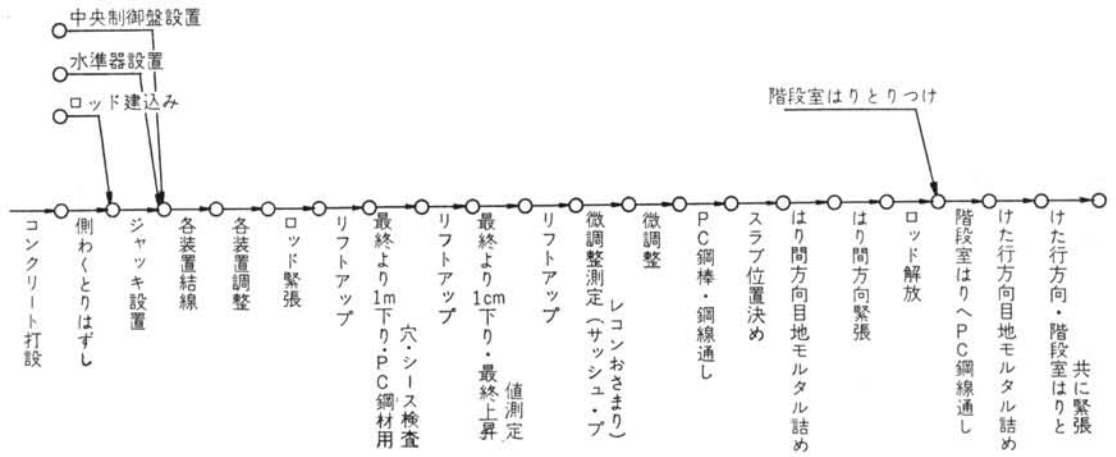


図-44 Bスラブリフトアップ作業工程

い。スラブを定着するためのプレストレス力のうち、けた行方向は、階段室のはりと一緒に導入される。

表-16は1スラブリフトアップの実施平均工程および最短実施工程である。この2つに大きなずれがあるのはジャッキ台数と作業員の不足による。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	
型わく	[平均実施工程]									[最短実施工程]												
配筋	[平均実施工程]									[最短実施工程]												
コンクリート打	[平均実施工程]									[最短実施工程]												
リフトアップ	[平均実施工程]									[最短実施工程]												
PC鋼材通し	[平均実施工程]									[最短実施工程]												
目地コン打設	[平均実施工程]									[最短実施工程]												
緊張	[平均実施工程]									[最短実施工程]												

■ 平均実施工程 ■ 最短実施工程

表-16 Bスラブ3階の製作およびリフトアップ実施工程

実施平均工程は型わく(128m<sup>3</sup>)に9日、配筋(3.23t)に5日、コンクリート打(15.1m<sup>3</sup>)に0.5日、養生およびリフトアップ段取に7日、リフトアップに2日、PC鋼材通しに1日、目地コンクリート(アルミナセメント使

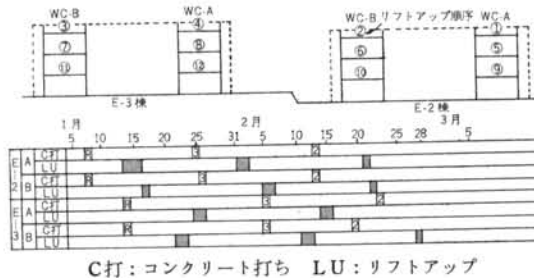


図-45 Bスラブリフトアップ実施工程

用)打に1日、緊張に1日計22日(ラップしている所もある)である。最短実施工程によれば17日である。

図-45は全Bスラブリフトアップ実施工程である。

図-46にリフトアップ曲線を示す。

表-17に作業時間および上昇速度を示す。

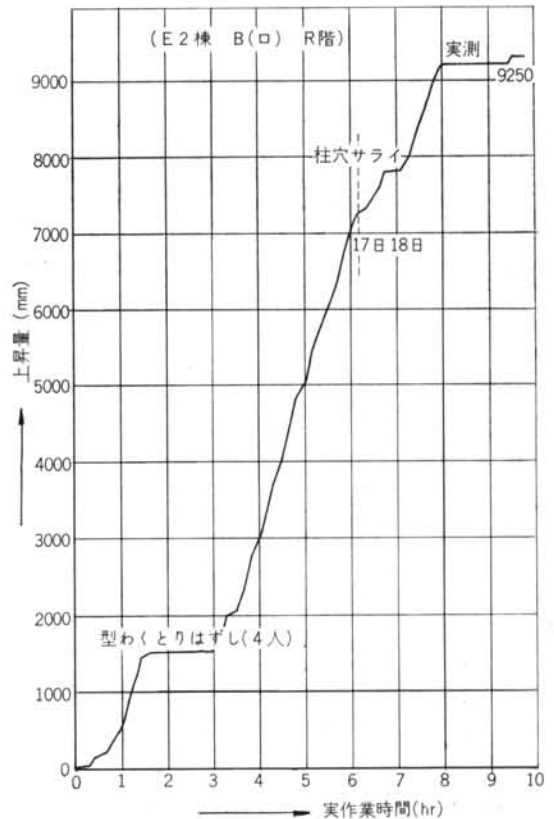


図-46 実作業時間—上昇量曲線(41年1月17日~18日)

E - 2 棟							E - 3 棟						
階 作 業		A			B			A			B		
		R	3	2	R	3	2	R	3	2	R	3	2
全使用時間 (分)	a	1003	450	189	570	373		538	415		560	345	
型わくとりはずし (分)	b	150	44	70	80	69		84	70		60	75	
スケール盛替え (分)	c	70	36	15	70	40		66	35		70	40	
検査実測 (分)	d	110	58	31	110	48		35	43		75	50	
上昇 (含単修) (分)	e	483	197	73	310	174		317	170		315	170	
故 障 (分)	f	190	115	0	0	43		36	97		40	10	
上昇距離 (m)	l	9.32	6.25	3.36	9.25	6.34		9.23	6.24		9.23	6.10	
上昇 速度 (m/hr)	$\frac{l}{e}$	1.16	1.91	2.76	1.79	2.18		1.74	2.20		1.76	2.15	
	$\frac{l}{a-b}$	0.66	0.92	1.70	1.13	1.25		1.22	1.09		1.11	1.36	
	$\frac{l}{a}$	0.56	0.83	1.07	0.98	1.02		1.03	0.90		0.99	1.06	

表-17 Bスラブ作業時間および上昇速度

ピストン1ストローク (50mm) に要する作動時間は1分で、これから算出される上昇速度は3m/hである。これはリフトアップ曲線にみられる最大上昇速度に等しい。

表-17において  $l/e$  が約2m/h となっているのは、水平誤差の修正に時間を要しているためである。

この方式によって  $l$  mのリフトアップするのに要する時間  $T$  は次の式で算出される。

$$T = 37l + 0.7A + 6m + 9n \quad \dots\dots(8)$$

$T$ : リフトアップに要する時間 (分)

$A$ : リフトアップ後とりはずし型わくの面積 ( $m^2$ )

$m$ : スケールを盛り替える回数 (当現場では1m上昇毎)

$n$ : 支持点数

(この式の算定には第1回目のリフトアップのデータは採用されていない)。

(8式によって算出される  $T$  と実際の値との差は10%内外である。

(8式中第1項は上昇および故障に関するもの、第4項は穴検査、スラブ最終位置の測定等に関するものである。第2項は  $30m^2$ /人の割合で大工が入った時のものである。

図-47はリフトアップ作業時間を作業別にその割合を示したものである。上昇に要する時間の割合がAスラブの31%から50%と大幅に増えているのは、上昇速度の増

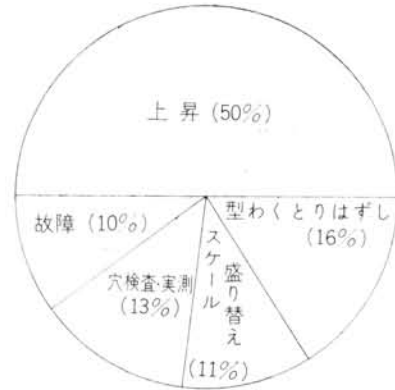


図-47 Bスラブリフトアップ作業別時間割合

大とロッド盛り替えがないためである。

前述の実施平均工程によって作業を進める場合、 $n$ 枚のスラブをリフトアップするに要する日数 (型わく建込みからスラブ定着完了まで)  $D_2$  は次の式で求められる。

$$D_2 = 22 + (n-1)14 \quad \dots\dots(9)$$

最短実施工程によって作業を進める場合、 $n$ 枚のスラブをリフトアップするに要する日数  $D_3$  は、次の式で求められる。

$$D_3 = 17 + (n-1)12 \quad \dots\dots(10)$$

### 7. 3. 5 作業日数の短縮

Aスラブと同じように作業日数の短縮には次のことから考慮する必要がある。

①積層方式等リフトスラブの利点を最大に生かす施工

方法を可能にする設計

② 組み立て、とりはずしの容易な型わく（当現場の場合欠き込みのとりはずしに多くの時間を要している）

③ 鉄筋工事のプレファブ化

④ 上昇距離測定装置の開発

7. 3. 4 において分析したように、全作業日数(22日)の内スラブ製作日数の占める割合は41%、リフトアップ日数の占める割合は9%、スラブ定着日数の占める割合は14%（残り36%は養生およびリフトアップ段取り）である。このことから分かるように、スラブ製作方法の簡略化を計ることが作業日数の短縮を計る上で、一番重要である。

## ■あとなぎ

リフトスラブ工法の利点は今さら述べるまでもないが、その利点を生かすポイントは、①リフトスラブ工法の利点を最大限に生かす設計、②スラブと柱の安全かつ施工性の良い定着方法、③工法および工事の規模に適し

たジャッキ、④作業工数の削減、⑤上昇中のスラブの水平を正確に制御する方法、⑥組み立て、とりはずしの容易な型わく、である。本工事においても③から⑥について十分な検討がなされ、一応の成功をみている。本工事の成功によって、現在われわれが保持している技術によっても、充分この工法を駆使し得る確信を得たが、この工法をより良く生かすためには、設計、施工の面において一層の研究開発が必要である。

この工法の経済性については、さらに幾つかの施工例をみなければ、言及し得ない。

本工事によって得られた経験、データは次期工事において充分活用され、さらに新しい正確なデータを生み出すものと思われる。

なおさらに、詳細な工事記録として別冊大石寺総坊新築工事記録（仮題）およびカラーズライド集の作成を予定している。

最後に、終始御指導をいただいた、設計者の横山公男氏、青木繁氏を始め、現場責任者山下秀夫氏以下現場の方々および関係諸氏に誌上を借りて感謝の意を表す。

# 大石寺総坊新築工事記録写真

## 柱製作および建方

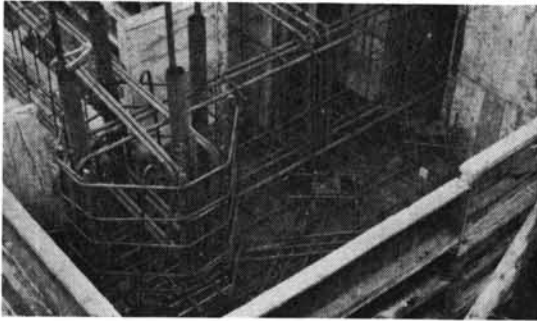


写真-1 Bスラブ用柱固定のためのアンカーボルト

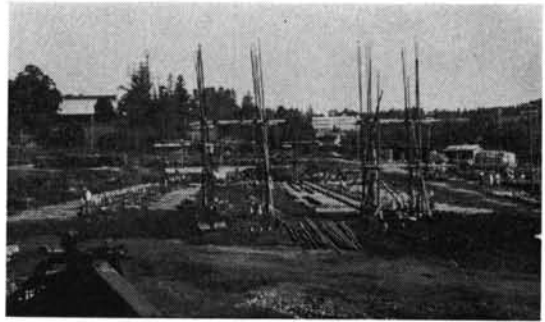


写真-2 埋め戻しが完了して、台車用レールが布設されている

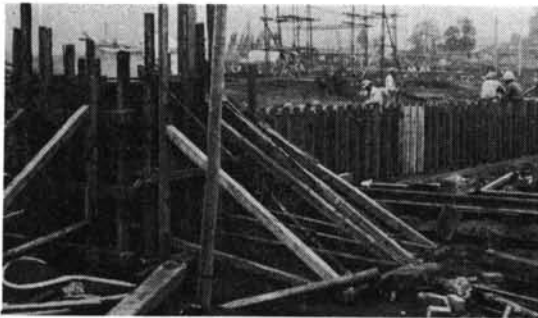


写真-3 Aスラブ用柱製作のための型わく

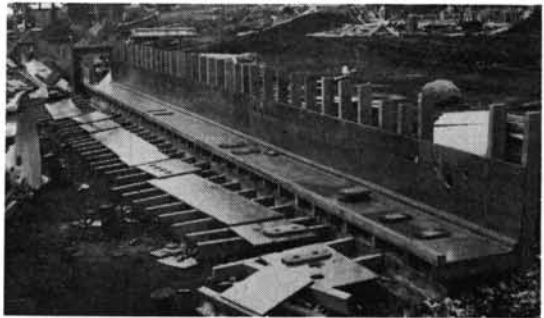


写真-4 Bスラブ用柱製作のための型わく

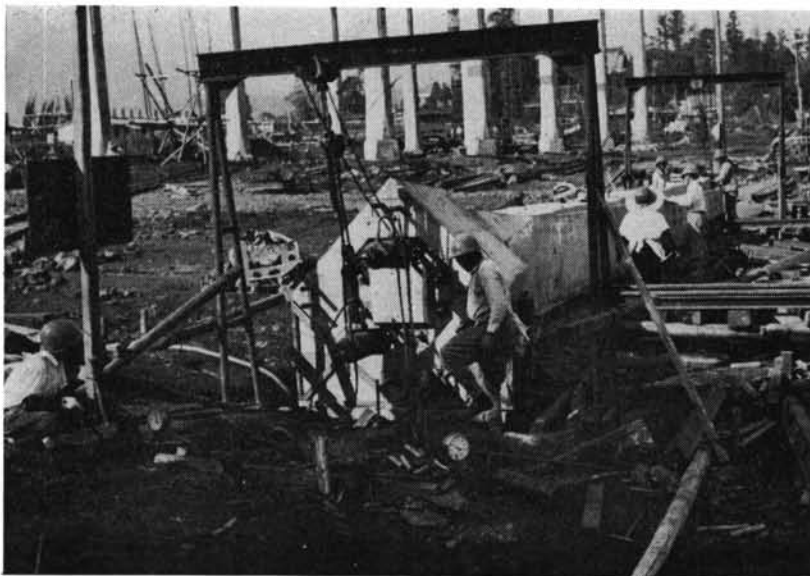


写真-5 Aスラブ用柱へプレストレス力導入



写真-6 Aスラブ用柱の建方

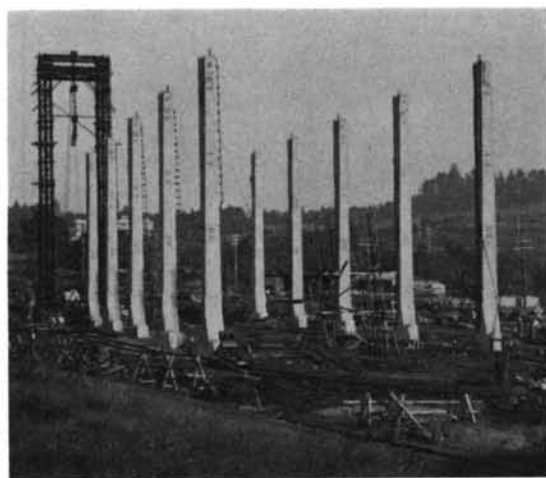


写真-7 Aスラブ用の柱1棟分の建方完了

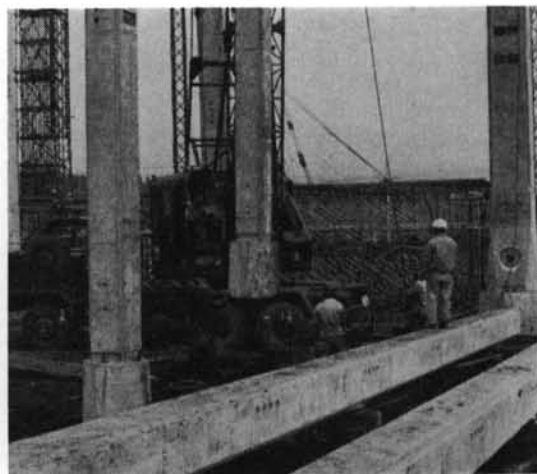


写真-8 Bスラブ用柱の建方

## Aスラブ製作およびリフトアップ

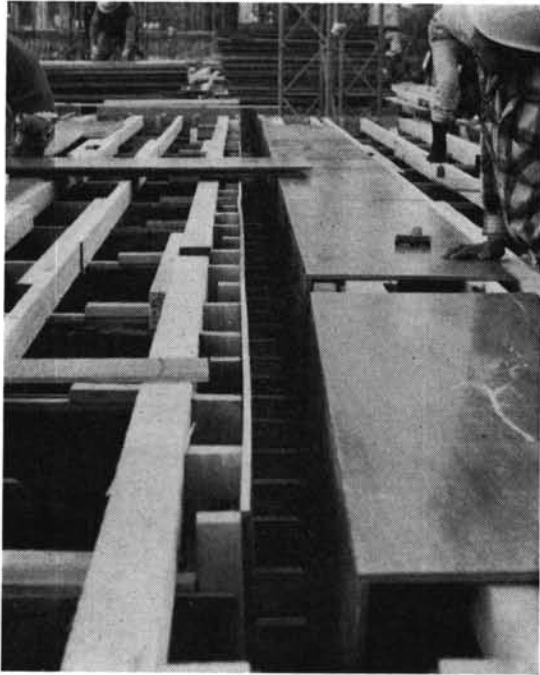


写真-9 Aスラブ用型わく

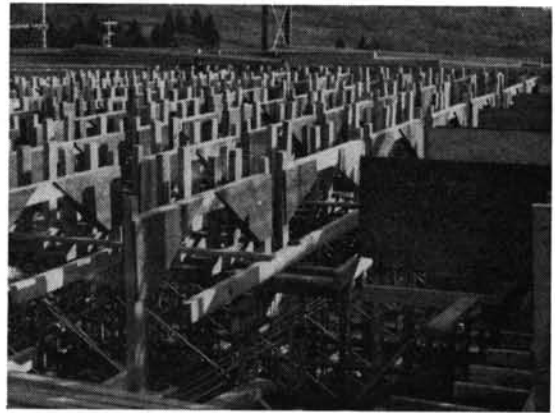


写真-10 Aスラブ用門型下地

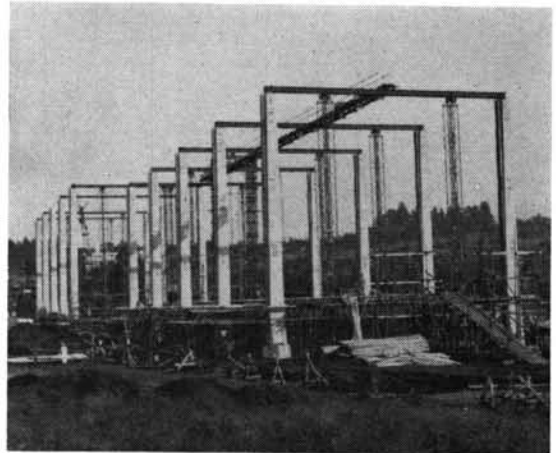


写真-11 Aスラブコンクリート打ち直前

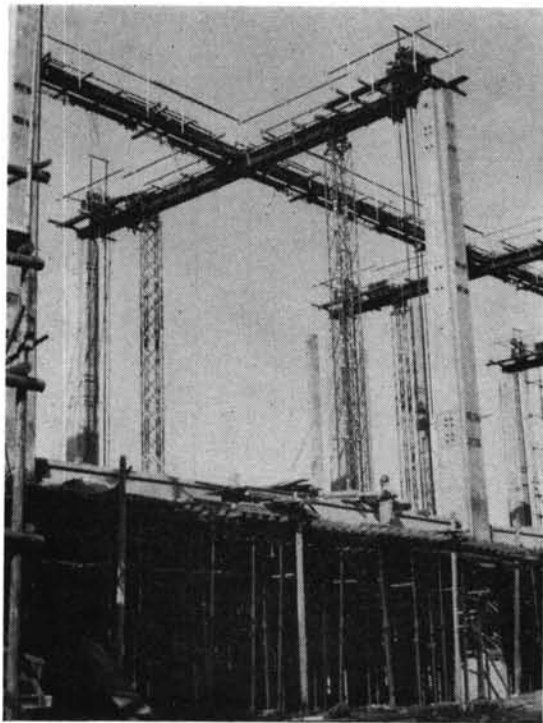


写真-12 Aスラブリフトアップ用段取り

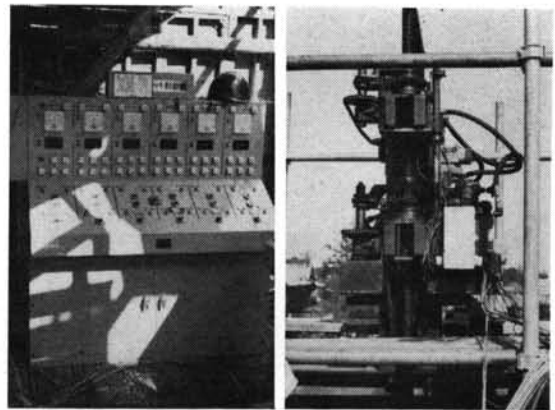


写真-13 Aスラブリフトアップ用中央制御盤  
写真-14 Aスラブリフトアップ用ジャッキ



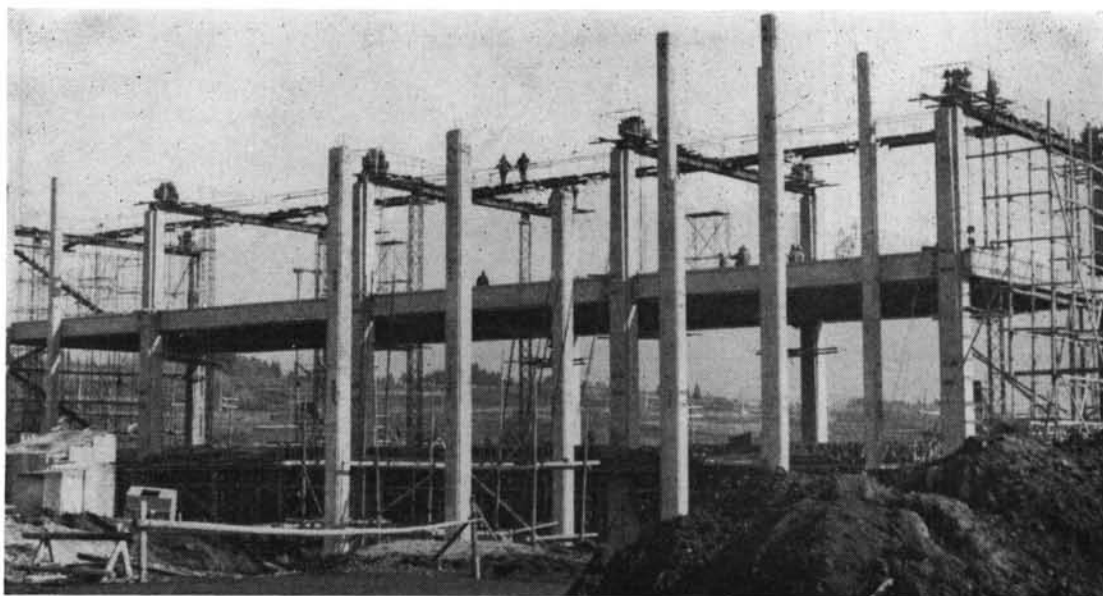


写真-15 Aスラブ1枚目のリフトアップ

## Bスラブリフトアップ

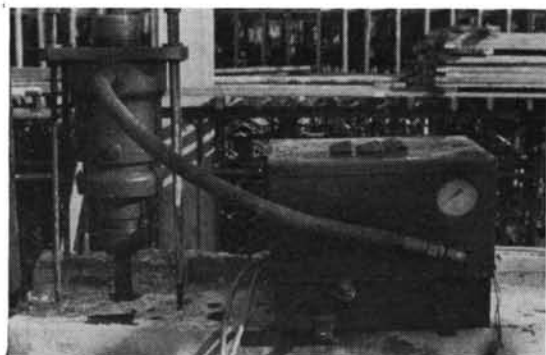


写真-16 Bスラブリフトアップ用ジャッキ

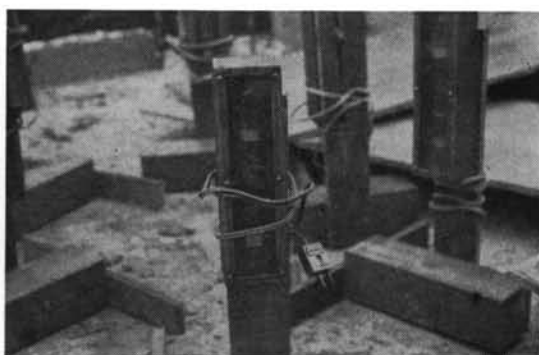


写真-17 Bスラブ用水準器

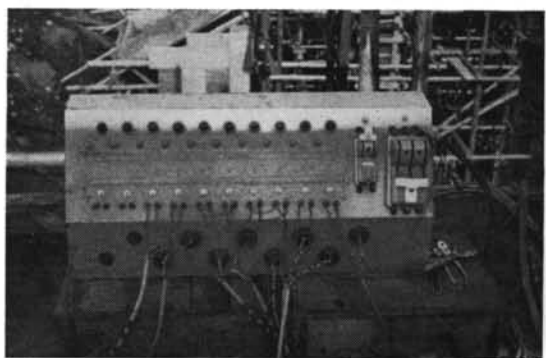


写真-18 Bスラブリフトアップ用中央制御盤



写真-19 Bスラブ1枚目のリフトアップ

## Cスラブリフトアップ

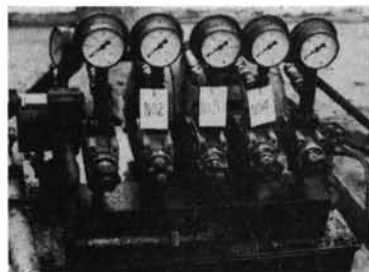


写真-20 Cスラブリフトアップ用油圧ポンプ

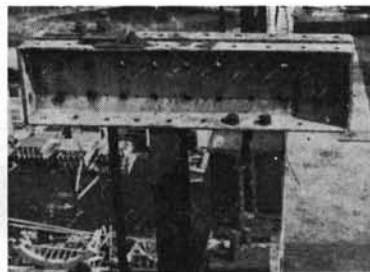


写真-21 Cスラブリフトアップ用ブラケット

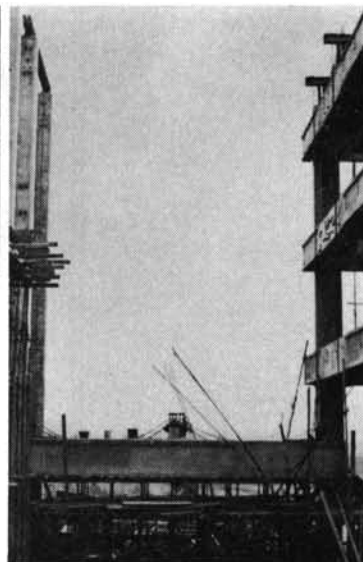


写真-22 Cスラブ用仮設

## 外観

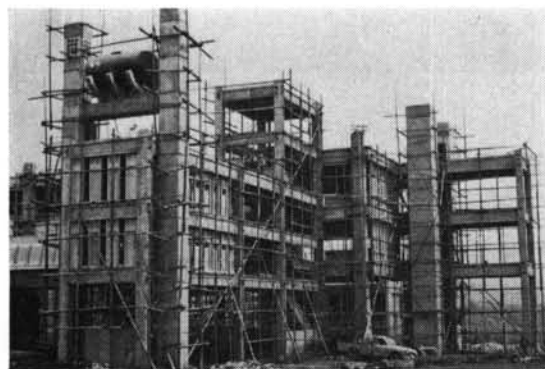


写真-23 A, B, C各スラブリフトアップが完了し、リフトおよびパイプシャフト、プレコンが取り付けられている。

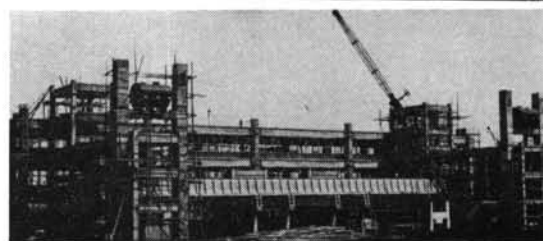


写真-24 躯体がほぼ完成

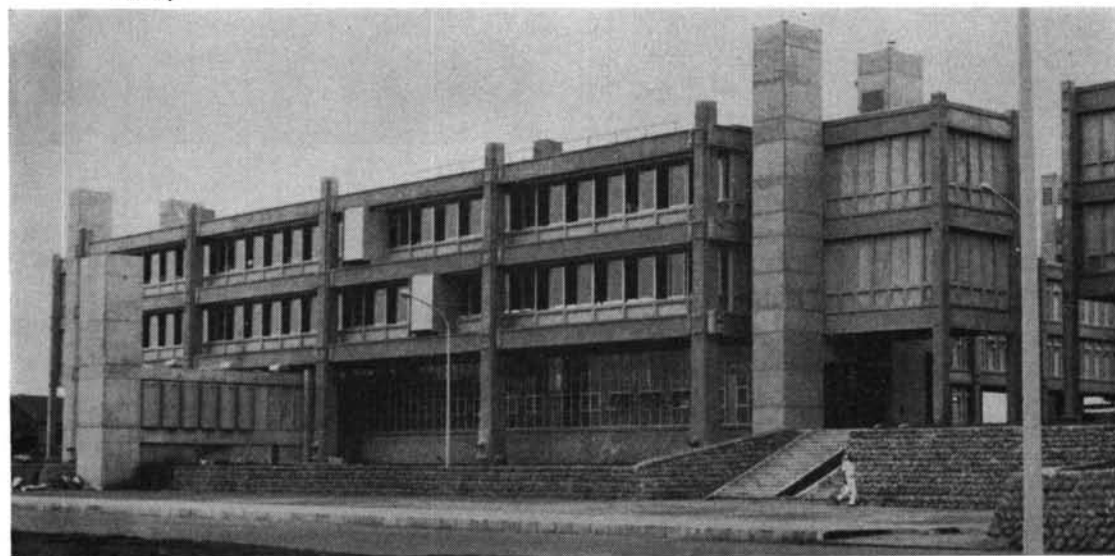


写真-25 竣工時の外観、1階の突出部分は追加工事の外人用シャワー室