

大阪フィルター工業株式会社工場増築工事

鈴木 計 夫*

建築主：大阪フィルター工業 K K
 設計：大日本セルロイド K K 工務部
 K K 大林組本店設計部
 施工：K K 大林組
 工期：昭和 37 年 9 月 10 日～昭和 38 年 3 月 15 日
 施工場所：大阪府堺市南島町 1 丁目 43 の 1

1. ま え が き

本文で示されているように、この建物の規模はむしろ小さく、またこれといった特殊な工法も用いていない、ごく平凡な建物ではあるが、中間に柱を補なった鉄筋コンクリート（以下 R C と略記）構造と経済性を比較した結果実施されたものである点に、その特徴を見出すことができる。これまでに実施された P C 建築は相当の数になるであろうが、それらの多くは、試作的なものであったし、P C 構造以外では構造的に不可能な場合とか、あるいは注文主の関係などで実現され、経済性が二次的にされていた場合が多かったのではないだろうか。

この工場の計画は、当初から施主の P C 構造に対する深い御理解のもとに動き出した。そこでは、すべての部材をプレキャストとした組立一体式の場合から、場所打一体式の P C 構造、および中間に 2 本の柱を補なった R C 構造までのいろいろな場合につき、それぞれの経済性や施工の難易などを詳細に比較検討し、その結果、大ばりのみ P C 構造とし、他はすべて R C 構造とした場合の場所打一体方式の案と、大ばりは場所打の P C、小ばりはプレキャストの P C、他は R C とする案とが残り、これらは R C 構造の場合と経済的に十分比較できることがわかった。プレキャストの P C 小ばりを用いる案は、工期がいくぶん延び、また小ばりの架設に難点が予想されて、結局施工者のこれまでの経験がそのまま延長できる、大ばりのみ P C の場所打一体式構造が採用されたものである。しかし、この場合も工期は全部 P C 構

造とした場合よりも半月から 1 ヶ月ほど延びることがわかった。

最近では P C 建築の工事費が次第に安くなる傾向にあり、普通の R C 建築と大差ない所まで近づいている例を聞くようになったが、これは P C 建築発展のうえから大変喜ばしいことである。

2. 建物概要と施工順序

建物は張間が 18 m、桁行方向は $8\text{m} \times 6 = 48\text{m}$ の 2 階建てで、2 階床伏図を図-1 に、また断面図を図-2 に示す。桁行方向の柱間隔 8 m は、隣接する鋸屋根の工場の柱間隔に揃えたものである。P C 部材は 2 階床、屋根床の大ばり計 10 本のみで、大きな空間を与えるため P C の建築としては、最小限の部材使用量である。

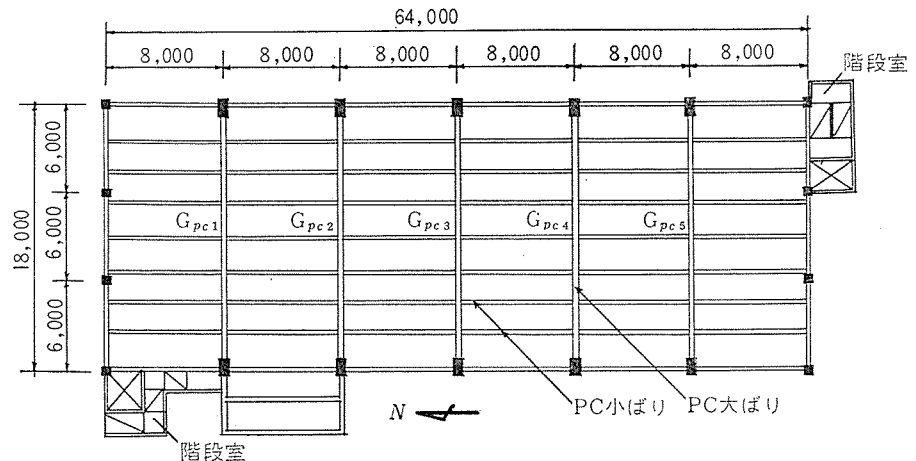
ここでは、建物が少しでも軽くなるようにと、床に比重約 1.6 の軽量コンクリートを用いた。したがって、この工事では、図-2 にも示されているように軽量、普通 2 種、および P C 用の計 4 種のコンクリートが用いられた。

なお後述するように、打継部には施工を確実にするために特別な Shear Connector を用いている。

施工は次のような順序で行なった。

1. 基礎部分施工後、1 階柱、2 階側ばりの型わく組立と配筋。
2. P C 大ばりの鋼棒配置および型わく組立後、小ばりと床板の型わく組立、配筋。

図-1 床伏図



* K K 大林組研究室

図-2 断面図

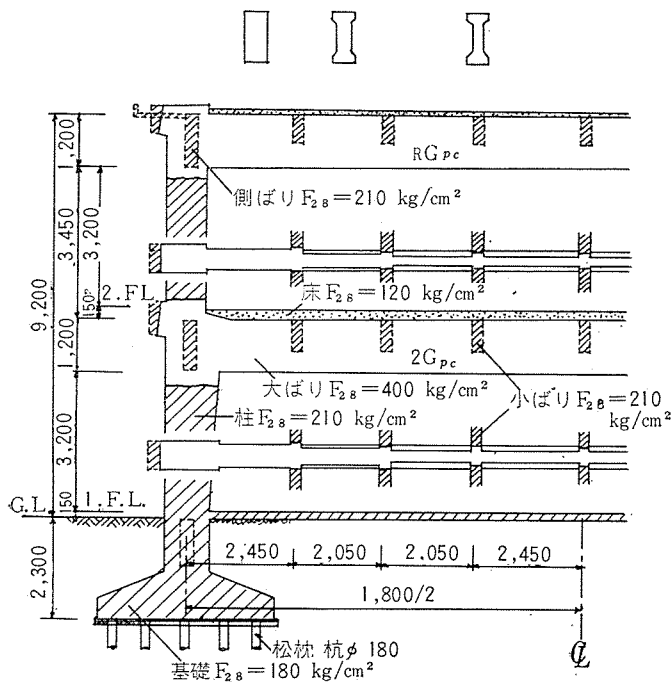


表-1 床荷重表 (kg/cm²)

	固定荷重		積載荷重		
	主体構造	仕上げ	床用	ラーメン用	地震用
屋根	144	195	100	60	40
2階床	一般部	160	95	300	270
	機械部	160	190		200

(3) 設計の方針

この建物の設計で問題になったのは、

(1) プレストレス導入時およびそれ以後の荷重載荷時の床板の協力幅をどのように考えるか。

(2) 柱間隔 18m の張間方向には、繫ばりを受けていないが、この方向の柱脚の固定度をどの程度に仮定するか。

(3) 上部構造には、軽量、普通および高強度の3種のコンクリートを用いているが、水平部材の打継部をどのように処理するか。

などの諸点であった。

1) 床板の有効幅の問題

大ばりも床板も同一コンクリートで一体打された場合の床の協力幅は、荷重の状態によっていちじるしく異なるが、RCのT型ばりでは衆知のごとく以前から規準で定められている。PC部材のようにプレストレス導入によって軸縮みをとまない、また設計荷重下では全断面有効に働く場合の有効幅に関しては、若干の文献が与えられているにすぎない。

E. Shorsch の論文¹⁾によれば、プレストレス導入時の有効幅 B は、

$$B = b_0 + 2 \times 0.91 b$$

ただし、 b_0 : ウェブ幅、 b : 並列はりウェブ内側間の距離、としてよいことを示している。また Schleich の報告²⁾では $B = 46.0 b_0$ 程度を考えており、これらはいずれも普通鉄筋コンクリート T 型ばりのとる有効幅よりかなり大きい。

わが国におけるこの有効幅の測定結果の報告はまだ見あたらないが、この種の PC 建築はすでに京都の伏見信用金庫を始めとして、大日本製糖 KK 門司工場、最近では小西六写真工業 KK 八王子工場など、いくつかの実施例があるが、それらの設計では、大ばりのみを考えた場合と、はり間の中央までの幅で床が協力するとした場合との両極端に対して安全であるような設計をしたり、あるいは RC の規準を準用するなど、設計者の判断に任せられている。

この大阪フィルターの工場の場合、大ばりには高強度コンクリートを、床には軽量コンクリートと、性質の大きく異なった材料による合成床構造となるために、弾性係数、クリープや乾燥収縮および強度などの違いを考

3. 柱、側ばり、小ばり、PC大ばりおよび床板の順にコンクリートの打設。

4. 2階床までと同様の順序で屋根床までの型わく組立と配筋。

5. コンクリート材令約2週で2階床 PC大ばり(以下 ${}_2G_{PC}$ と略記)のプレストレス導入とグラウチング、このあとで1層のサポートの取はずし。

6. 前記 3. と同様の順序で屋根床までのコンクリート打設。

7. コンクリート材令約2週で、屋根床 PC大ばり(以下 $R_{G_{PC}}$ と略記)のプレストレス導入およびグラウチング、サポートの取はずし。

3. 設計について

(1) PC用コンクリートおよび鋼棒の許容応力度

コンクリート: $F_{2s} = 400 \text{ kg/cm}^2$

許容圧縮応力度 $f_c' = 160 \text{ kg/cm}^2$, $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$

” 引張 ” $f_t' = f_t = 0$ (フルプレストレス)

” 斜張 ” 9.8 kg/cm^2

弾性係数 $E_c = 32 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$

PC鋼棒: $\phi 27 \text{ mm}$ 第4種

破断荷重 64.9 t

降伏 ” 57.0 ”

許容引張力 (設計用) 38.9 ”

(施工時最大) 41.0 ”

弾性係数 $E_s = 200 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$

プレストレス有効率 $\eta = 0.85$

(2) 床荷重

慮する必要があって、この有効幅の問題もより複雑になった。

まずプレストレス導入時には、軽量コンクリート床は、PC用コンクリートに対する弾性係数比に応じて有効に働くであろうが、長期荷重に対しては軽量コンクリートのクリープ、乾燥収縮の進行が大きいであろうからPC大ばりのみと考えた方がよいであろう。短期荷重時には導入時とほぼ同様に働くと考えられるが、曲げ破壊付近では両コンクリートのShear Connectionが切れる場合も予想される。以上のような観点から、この建物の設計ではやはり次の両極端の場合を考えた。

a) 軽量コンクリート床板はぜんぜん協力しない。

b) " " は協力する。ただし、その有効幅は、断面にきれつが発生するまでは、前記のE. Shorshの式 $B=b_0+0.91 \times 2b$ を用い、きれつ発生以後、すなわち短期荷重時および破壊安全度の検討に対しては、PCばりの場合と同様、 $B=b_0+12t$ を用いる。なお、軽量コンクリートのPC用コンクリート等価断面への換算には、 $E_{LC}/E_{PC}=10.5 \times 10^4/32.0 \times 10^4=0.33$ を用いた。

2) 柱脚の固定度 固定荷重および積載荷重によるラーメンの応力は、柱脚がピンでも固定でも大差はないがプレストレス導入のみによる応力と、地震時の応力は、ピンか固定かで大きな違いを生ずる。このような繋ばりの無いラーメンの柱脚の固定度は、基礎盤の大きさ、基礎および基礎地盤の性質によって決ってくるものであるが、設計の参考になるような資料は現在のところ無いといってよいであろう。

この設計では便宜上、柱脚完全固定時の応力と、完全ピンの場合の応力を求め、それらを平均したものをを用いた。

写真一 打継目部隔板



実際の柱脚の固定度を知るために、プレストレス導入時の柱頂と柱脚のひずみを測定した。工事の関係から十分な測定はできなかったが、一応この基礎の場合は固定側に近いことがわかった。

3) コンクリート打継部分 打継部分はその箇所が多いうえに力学的にも明確なものとするために、従来のような割竹を用いて打止めし余分の鉄筋を入れるという方法を止めて、写真一および巻末付図に示すように特製のコンクリート板を用いた。この部分に加わるせん断力はすべて斜鉄筋に負担させてある。

(4) 施工順序と架構の応力

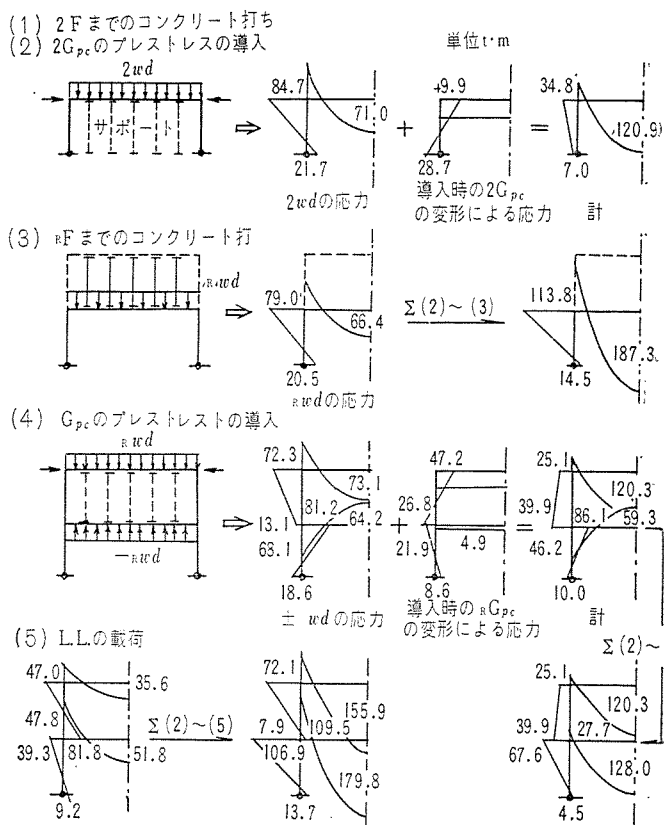
前記のような施工の順序によって生ずる架構の応力を軽量コンクリート床版はPC大ばりに協力しないとす。A)の場合について示すと、図一3のようになる。

場所打一体式の構造にした場合、心配される点は、柱の拘束によってはりにプレストレスが入りにくくなり、またPCばかりにくらべてRC柱の応力の負担が大きくなりすぎるのではないかと、ということであろう。

この図一3に示されているように、導入時に生じる柱のせん断力は、大ばりを圧縮する向きに働いて、導入プレストレス力にはむしろ有利になっている。

また導入ずみの下階を利用して上階を施工し、その固定荷重を載せることは、下階の柱に大きな負担を与えることがわかる。この場合、導入時に柱がぜんぜん無抵抗であるようにしておけば、柱の応力は小さくて済むが大ばりの負担は増加する。2階建程度であれば、屋根大ばりの導入が済むまで2階大ばりのサポートをそのままに

図一3 施工の順序と架構の曲げモーメント (床の協力なしの場合)



しておけば、柱に対しても大ばりに対しても有利になるが、2階大ばりの導入によるそり上がりのため、サポートとの間には隙間ができると考えられるので、同図(3)の R_{Wd} による応力分布は不明確なものとなる。この一体打方式の中高層建築への発展の可能性をも考慮して、この問題に関するいっそうの研究と工夫が必要であろう。

また同図に見るように、この一体打方式は組立式の場合とくらべると応力計算が面倒になるのが欠点である。

4. 施工について

(1) 工程表および仮設

PC 工事に関する工程表を図-4 に示す。

写真-2 鋼棒の配置

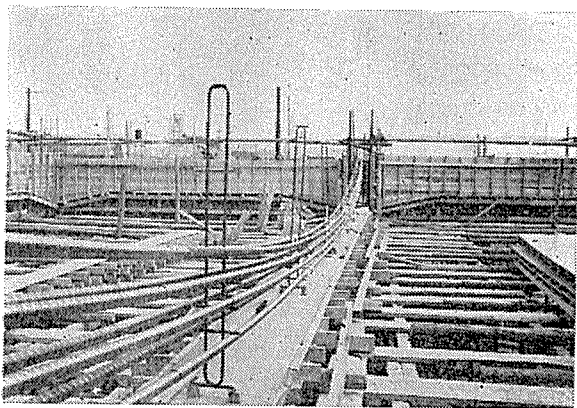


写真-3 鋼棒の配置

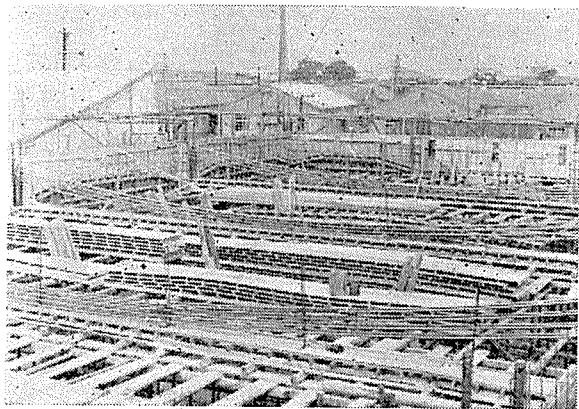


図-4 工程表

	11 月			12 月			1 月	
	10	20	30	10	20	30	10	20
構台組立	■							
型 枠	■	■	■	■	■			
PC 鋼棒配置		■	■		■	■		
コンクリート打				■				
プレストレスの導入					■	■	■	■
グラウチング								■

型わくの組立て、鋼棒の配置などの作業はすべて写真-2, 3 に見るような構台の上で行なった。

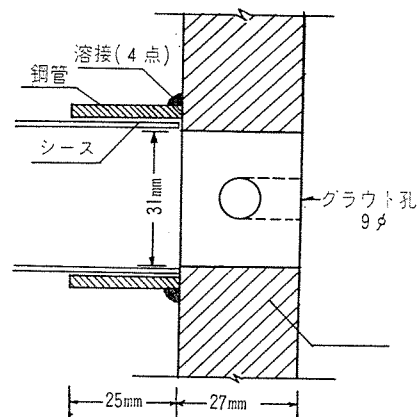
大ばりの型わくは ${}_2G_{PC}$ に使用したものを ${}_R G_{PC}$ に転用する予定であったが、床や小ばりの型わくとの取合いの関係から実施できなかった。

(2) 鋼棒の配置

鋼棒は、写真-2, 4 に見られるような $\phi 13$ mm 鉄筋で製作したわく組を用いて、所要の高さになるようにした。

また、ここに用いた定着板は、8本あるいは6本の鋼棒を同時に定着できるように一枚製のものを使用した。なお図-5 に定着板の断面の一部を示した。

図-5 定着板断面



作業の所要日数は、 ${}_2G_{PC}$ については、作業員の不なれなどもあって、鋼棒の配置、位置の調整、定着板取付完了まで6日ほどを要したが、 ${}_2G_{PC}$ では、4日間で終了した。

(3) コンクリート

1) 試験練り PC 用のコンクリートは、場所打でもあり、また大ばり断面がI型になっていることからスランプは8~10 cm 程度とし、粘調なコンクリートであることが望まれた。配合は試験練りによってウォーカービリティおよび強度などを確かめて決定する方針がとられた。

試験練り用配合は、 $F_{28} = 400 \text{ kg/cm}^2$ (設計)、スランプ8~10 cm および本工事のコンクリート打ちは12月上旬と下旬に行なうことなどの条件を考慮して、表-

2のような2種の配合を定めた。試験練りは、10月末に行ない、各配合に対してそれぞれ12本のテストピースを製作し、養生法として標準養生と戸外放置の2種類を採用した。

試験練りの結果

表-2 試験練り配合設計表

記号	スランブ (cm)	骨材最大粒径 (cm)	水セメント比 (%)	砂率 (%)	セメント (kg)	水 (kg)	砂 (kg)	砂利 (kg)	プラスチックメント (kg)
A	8~10	25	37	34	430	159	624	1 222	1.08
B	8~10	25	39	35	400	156	655	1 225	1.00

使用材料

セメント アサノ普通ポルトランドセメント (強度 $F_{28}=400 \text{ kg/cm}^2$)
 細骨材 紀ノ川産 粒大 2.5mm 比重 2.61
 粗骨材 紀ノ川産 粒大 25mm 比重 2.63
 分散材 日本シカ製品プラスチックメント

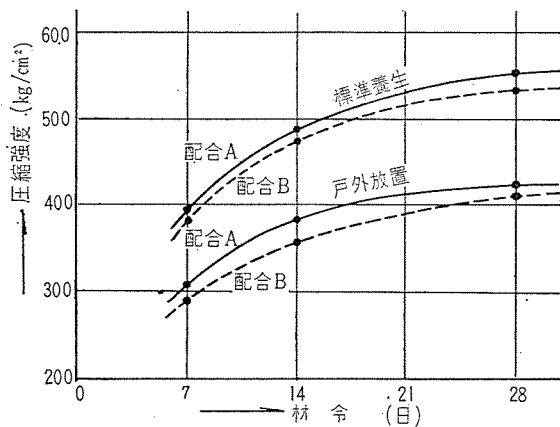
は、スランブについては、各バッチごと一回の測定を行ない

配合 A : 8.5, 8.9, 8.2 cm

B : 8.0, 8.4, 8.0

が得られ、圧縮強度に関しては、図-6 のようになった。

図-6 試験練りコンクリート圧縮強度試験結果



戸外放置の場合のコンクリート強度は、各材令を通じて、標準養生より 20~25% 小さい値を示している。これは養生温度と水分の差が最大原因で、特に初期強度に対しては温度差の影響が、また 4 週強度に対しては、水分の影響が大きいと考えられる。

結局、試験練りと本工事との時期のずれによる温度低下を考慮して、コンクリート打設後数日間は、湿度も与えた温度養生を行ない、それ以後は散水養生程度とすることで安全側に A 配合を採用した。

2) コンクリートの打設 コンクリートは、アサノ生コンを使用した。現場に搬入される生コン車ごとにスランブ測定を行ない、表-3 に示す結果を得た。

はり 1 本のコンクリート量は、 ${}_2G_{PC}$ 、 ${}_R G_{PC}$ とも 10 m^3 前後であるが、コンクリート打設は、2 本目のはり

表-3 スランブ測定結果

	測定回数	最小値	最大値	平均
${}_2G_{PC}$	17	6.2	9.5	7.8
${}_R G_{PC}$	16	6.7	8.2	7.0

からは棒状バイブレーター数本を用いて、大はり 1 本約 1 時間半程度で終了した。

3) 養生 打設後の養生は、開口部を型わくパネルやむしろ等でふさぎ、建物中央部に水を入れたドラム缶を置き、これを重油バーナで加熱するという方法をとった。 ${}_2G_{PC}$ に対しては、全日養生を 12.5 日間行ない、この養生期間中の温湿度の状態を自記記録計 2 台に記録した。

4) コンクリートの強度等に関する試験結果

採取したテストピースは標準養生と現場養生 (現

場大はり位置に置き、むしろおほい散水養生) とに分け 1 週、プレストレス導入時および 4 週の各圧縮強度と、4 週の引張強度および、導入時弾性係数等の測定を行なった。この結果を表-4, 5, 6 に示す。

現場養生テストピースの 4 週強度はいずれも、所要強度 $F_{28}=400 \text{ kg/cm}^2$ を大きく上まわっているが、標準養生の強度は、試験練りのそれと比較して、いずれも 10~15% の低下を示している。プレストレス導入時の弾性係数は、設計に

写真-4 コンクリート打ち

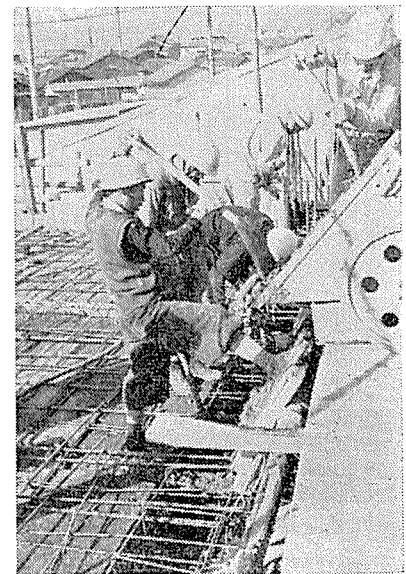


表-4 圧縮強度試験結果

はり	養生方法	材令 (日)	圧縮強度 (kg/cm²)				備考
			No.1	No.2	No.3	平均	
${}_2G_{PC}$	標準養生	7	383	366	377	375	PS 導入前 () 内は No. 2 除外
		11	400	399	407	402	
		28	463	419	474	451 (467)	
	現場養生	7	333	306	328	322	PS 導入前 () 内は No. 3 を除外
		11	351	358	473	394 (355)	
		28	467	438	436	447	
${}_R G_{PC}$	標準養生	8	386	375	363	375	PS 導入前
		19	—	—	—	—	
		28	504	472	458	478	
	現場養生	8	390	299	308	332 (303)	() 内は No. 1 除外 PS 導入前
		19	397	371	420	396	
		28	413	444	470	442	

表-5 引張試験結果

はり	養生方法	材令 (日)	圧縮強度 (kg/cm ²)				備 考
			No.1	No.2	No.3	平均	
α G _{PC}	標準養生	28	—	—	—	—	
	現場養生	"	37.2	32.6	48.1	39.3	
R _G PC	標準養生	28	36.38	38.64	—	37.51	
	現場養生	"	39.49	39.07	30.01	36.19	

表-6 コンクリート弾性係数測定結果

番 号	供試体重量 (kg)	破壊応力 (kg/cm ²)	弾性係数 (kg/cm ²)	平均弾性係数 (kg/cm ²)
No. 1	12.65	351.0	2.75×10 ⁶	2.88×10 ⁶
No. 2	12.67	358.0	2.51×10 ⁶	
No. 3	12.75	473.0	3.40×10 ⁶	

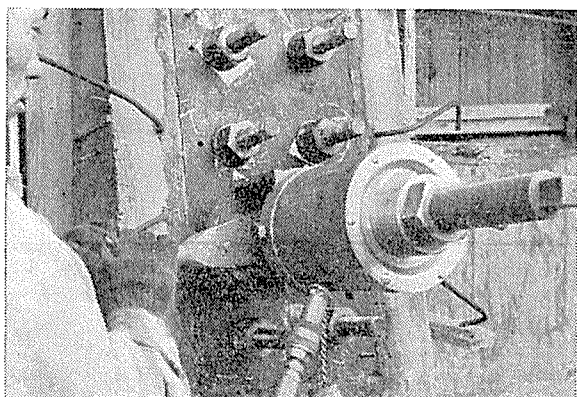
注 1) 供試体採取日 α G_{PC} : 37・12・8, R_GPC : 37・12・28
 2) 供試体は現場養生
 3) 弾性係数の測定にはコンタクト ストレイン ゲージを使用

仮定した値より約 10% 小である。

(4) プレストレスの導入およびグラウチング

プレストレスの導入に先立って、鋼棒とシースの摩擦を測定したところ、第1段から4段までの鋼棒の摩擦損失は両端で平均約9%の差があることがわかり、中央断面における所要導入力 39 t/本 に対して 41~42 t/本の緊張力を要することがわかった。

写真-5 プレストレスの導入



導入の方針としては、導入による床の相対せん断変形が、できるだけ小さくなるよう留意し、まず鋼棒を 20 t まで順次緊張し、ついで 20 t から 40 t まで緊張した。特に両側の RC ばりと PC 大ばりとはさまれた床に生ずるせん断心力に対しては、軽量コンクリート

のクリープで逃げることを期待した。

導入日程は 0~20 t には 2 日、続いて 20~40 t には 1 日、その後一日経てから再緊張を行なった。R_GPC もこれに準じている。

導入結果を抜け出し長さについてまとめると、表-7 のようになる。

表-7 導入結果

は り	抜け出し長さ 測定値平均	は り	抜け出し長さ 測定値平均
α G _{PC1}	79.8 mm	R _G PC2	76.2 mm
α G _{PC2}	79.8	R _G PC3	75.6
α G _{PC3}	79.6	R _G PC4	77.9
α G _{PC4}	79.5	R _G PC5	78.4
α G _{PC5}	78.5	R _G PC6	76.6
α G _{PC} 平均	79.4	R _G PC 平均	76.9

ただし、抜け出し長さ計算値 α G_{PC} : 77.6 mm,
 R_GPC : 77.0 mm

プレストレス導入完了後ただちに、まずシース内を水洗し、水が溜った状態で鋼棒の一端より手動のグラウトポンプを用いてグラウトを注入した。なおグラウトの混練には、0.12 m³ のバレル ミキサーに大きな砂利を適当量投入して数分以上行なった。

5. あとがき

本工事は、この工事現場に働いていた PC 工事にはぜんぜん未経験な労務者の手を用いて行なわれたものであるが、予定どおり無事終了させることができた。

組立式 PC 建築の都市内での施工は、部材の製作や架設などに困難が予想されるのであるが、この点、場所打一体式の PC 建築は、これまでの RC 構造の技術がそのまま延長できるので、都市建築としての発展の可能性が期待できる。しかしそれには、今後さらに設計や施工に関する研究や工夫改良が必要であろう。

参 考 文 献

- 1) E. Schorsch : "Über die Mitwirkende Plattenbreite bei der Vorspannung von Plattenbalken, Ergebnisse aus Rechnung und Versuch", Beton u. Stahlbetonbau 49 Jahrgang Heft 10, October 1954.
- 2) W. Schlee : "Die Mitwirkung der Gurtscheibe beim Vorgespannten Plattenbalken", Beton u. Stahlbetonbau, 52 Jahrgang Heft Mai 1957.

1963.6.25・受付