

リフト ガーダー工法を用いたプレキャスト PC 部材組立式の工場

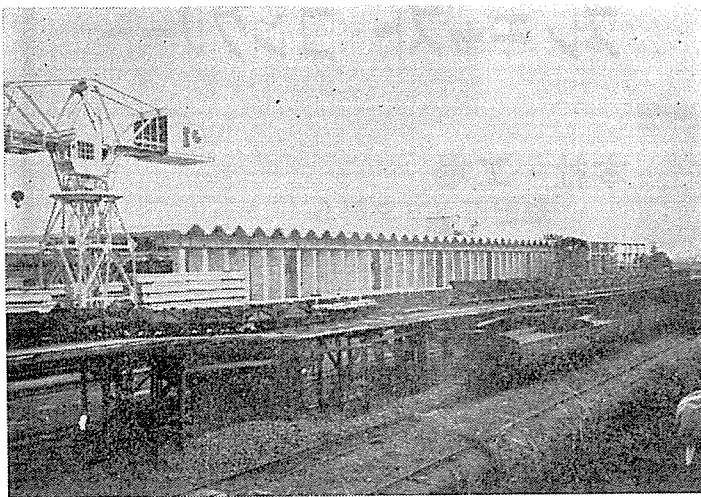
岡 本 剛*

ピー・エス・コンクリート株式会社鴨宮工場の作業場上家（Y方向スパン 15.5m×2，X方向スパン 15.0m×9）は、基礎および地中ばりは、現場打鉄筋コンクリートであるが、建物を構成する全部材（柱、はり、屋根板はPC，壁板はRC）をプレキャストとし、これらを組立てることによって造られた。X方向のはりはあわせばりであり、プレキャストされたはりを地上の所定位置にならべ、プレストレス力にて結合し長さ 93.6m の連続ばりを作る。つぎにこの連続ばりは、すでにたてられた柱からつり下げられたロッドとジャッキを用いて柱頭まで引上げ、柱頭にプレストレス力により剛結される。この連続ばり上に幅 2.5m の折板屋根をのせる。屋根板が連続ばりにのせられる前に折板状の外壁（高さ約 7m）が連続ばり面にそう入される。かかる工法によって施工時間を短縮することができた（写真—1，口絵写真参照）。

1. ま え が き

ピー・エス・コンクリート株式会社鴨宮工場の作業場上家が、プレキャストPC部材の組立工法によって実施され、第1工場はすでに完成し、目下これに隣接する第2工場を工事中である。工場の位置は、国鉄東海道線鴨宮

写真—1 鴨 宮 工 場 全 景



* 岡本建築設計事務所

駅より小田原駅の方へ数百米寄った酒匂川岸の線路ぎわにあり列車からよく見える。

この建物の特徴は、1) 基礎、地中ばりは現場打コンクリートであるが、その他の構造部材——柱、はり、クレーン受ばり、屋根板、壁——のすべてはプレキャスト部材である。2) 桁方向のはり（全長 93.6m，プレストレスコンクリート）ははさみばりであるが、地上で5個のプレキャスト部材をプレストレスを導入することにより作られ、柱上にリフトアップされ、柱頭でプレストレス力により柱と剛結されてラーメンを作る。3) 屋根板にはプレストレス折板を用いたので、長スパンであるにかかわらず軽量である。4) 外壁は、幅 2.5m，高さ 7m の折板（RC）を用いたので、5) 作業用の足場はいっさい不用であり、6) したがって工事のための用地を大きく取る必要はないので、工場の通常の生産を阻害しないで施工できる。

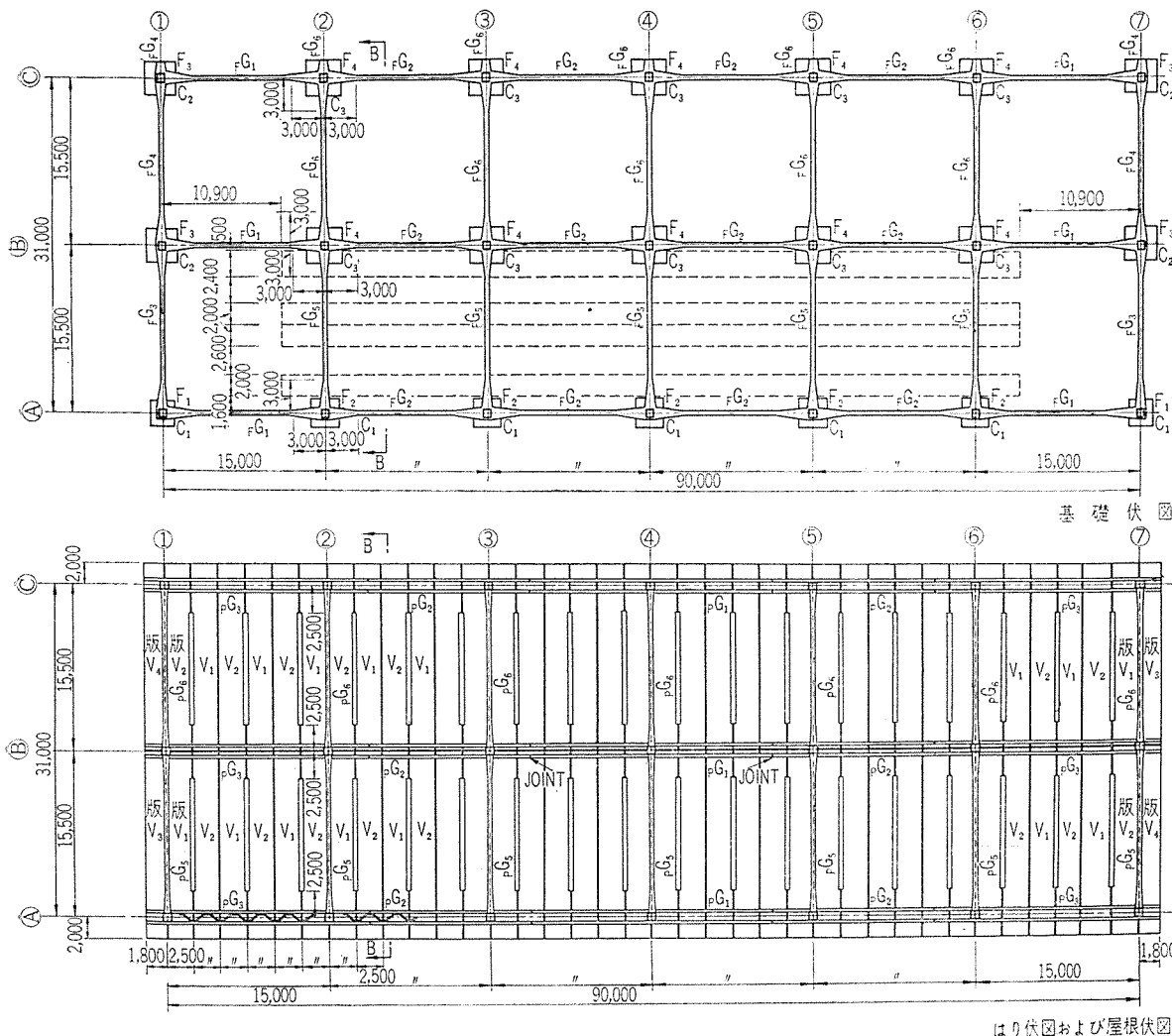
2. 建物の規模

工場上家の平面図は 図—1 に示すとおり、はり間方向は 15.5m が2スパン、桁方向の全長は 90m，建物高さは屋根上端まで 8.48m である。各スパンにはそれぞれ容量 5t クレーンが各1台ある。

3. 設計方針

工場の敷地はせまく、建設中も平常の生産作業を行ないうるよう、建築中もできるだけ場所を多くとらず、また長時間場所をふさがらないこと、また、生産作業の合間に建築を行なわねばならないことが建築工事の重要な条件であるが、幸いにこの工場はプレストレスコンクリート製造工場であるから、地中ばりおよび基礎をのぞくすべての部材を、プレキャストコンクリートの組立構造とした。この場合、建築のための足場類はいっさい用いない、また施工は安全でかつ施工時間の短い方法を用いることにした。

図-1 基礎および屋根伏図



4. 構造および施工方法

基礎および地中ばりは現場打コンクリートであるが、

柱、はり、クレーン受ばり、屋根——

プレキャストPC

壁 板 ——プレキャストRC

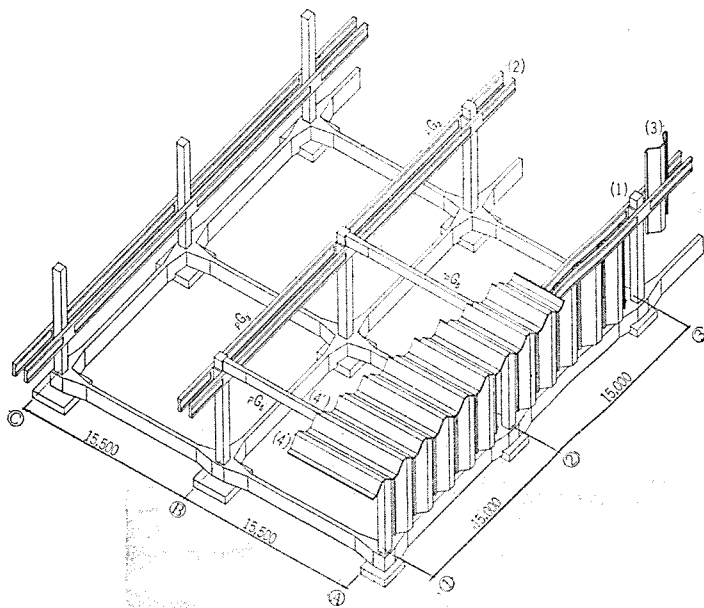
である。屋根は幅2.5mの折板屋根とし、壁は幅2.5m、厚さ5cm軒高までの高さを有する折板とした。

これらのプレキャスト部材の組立順序はつぎのとおりである（図-2 に施工順序を示す）。

(1) 組立順序

- 1) 柱をクレーンにてつり下げ基礎の位置に設けられた穴にそう入し柱をたてる。
- 2) A通りおよびB通りのはりを地上にてプレストレスを導入して連続ばりとする。この連続ばりは、柱の両側にそれぞれ1列ずつある。

図-2 プレキャスト部材の組立順序
() 内の数字は順序を示す



すなわちはさみばりである。

- 3) 各柱上に設けられた腕木よりロッドをつり下げ、このロッドをはりに結合し、Lifting jack を用いて連続ばりをいっせいに柱頭まで引き上げ、はさみばりは柱に筆者考案の P C 鋼棒を用いる側面圧着工法を用いて剛結される (リフト ガーダー工法)。
- 4) つぎにクレーン受けばりが柱に付けられたブラケット間に両端単純支持にのせられる。
- 5) A 通りのはさみばりのすき間に、折板壁をクレーンを用いてつり込み配置される。
- 6) A, B 通りの連続ばりの上に折板屋根をクレーンを用いて建物の端からのせてゆく。このとき、A 通り、B 通りの柱間のはり PG₅ をも同時に架設する。はり PG₅ は柱とプレストレス力にて剛結させる。

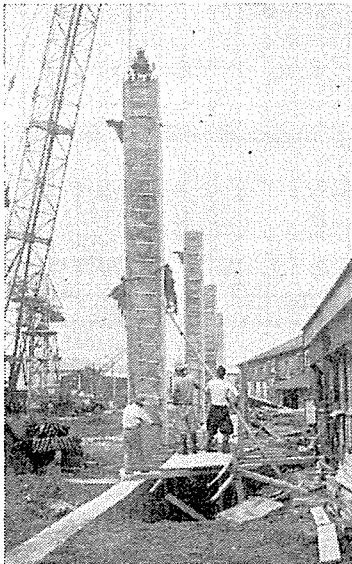
施工順序に対する筆者の計画は上記のとおりであったが、実際には、スパン方向のはり PG₅ の架設は上記の順序 6) で、屋根板と平行して行なうのではなく、柱を立てた後に行なわれた。柱は地中ばりに設けられた穴に堅固に固定されるからこのままにて地震などの水平力によって転倒するおそれはまったくないから原案どおりの順序で施工した方が工程がはぶけると思う。

かくのごとくして、建物の各部材はすべて機械力で簡単に組立てられる。現在 AB 間の第 1 工場はすでに完成し、BC 間の第 2 工場は屋根板の載荷をのぞいて終わっている。上記の施工順序の様態を、写真—2(a)~(h) に示す。

プレキャスト諸部材の断面形とその重量は表—1 に示される。

写真—2 施工の順序を示す写真

- a) プレキャスト P C 柱を地中ばりに設けられた穴にそう入して柱を自立させる。



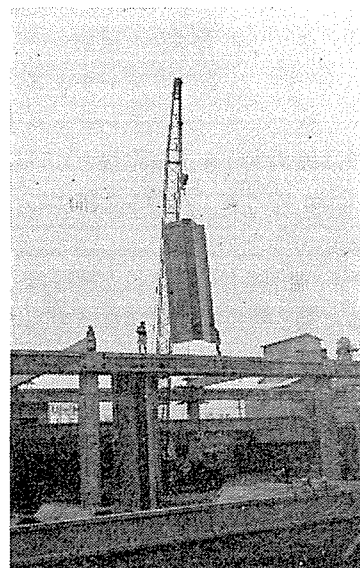
- c) 桁方向の連続ばりは、柱の両側に、地上にプレキャスト P C ばりを配列してプレストレス力により全長 90 m の連続ばりを作る。つぎに各柱上よりつりあげられた二本のロッドとジャッキを用いて連続ばりをいっせいに柱上までつり上げる。所定位置まで引き上げられた連続ばりは、筆者考案の側面圧着工法で柱に剛結される。



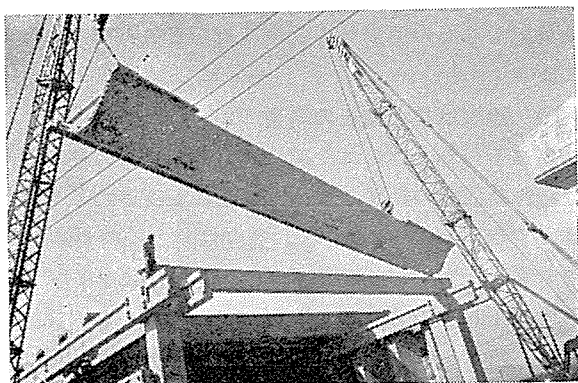
- b) スパン方向のはり PG₅ を A 通り、B 通りの間に架設する。柱にボルトにて取付けられた鋼製の仮ブラケット上にはりを支持し、はり端の P C 鋼棒端につなぎ P C 鋼棒を接続し、柱を貫通して柱外側まで延長する。はり端の目地コンクリートを打ち、硬化後延長 P C 鋼棒を緊張してはりと柱とを圧着し剛結する。



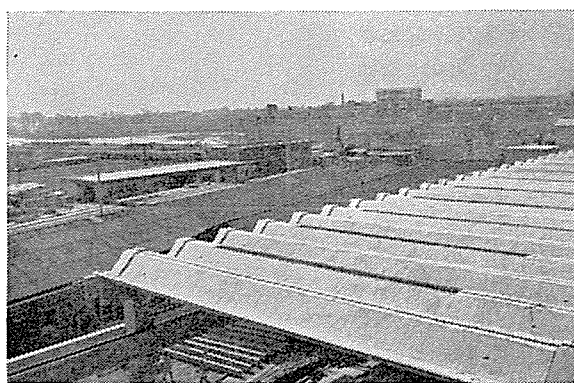
- d) プレキャスト折板壁をはさみばりすき間にクレーンを用いてそう入する。



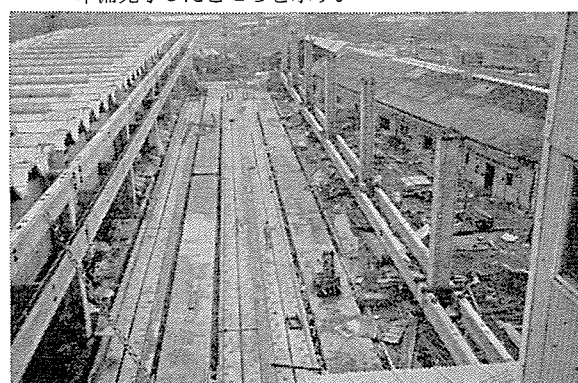
e) クレーン受ばりを配置し、折板屋根を連続ばり上に架設する。



f) 第1工場の屋根板の架設完了。折板屋根の頂部にはトップライトが採られている。



g) 第2工場のC通りの柱が立てられ、はさみばりの連続ばりが地上で作られ、はりのつり上げ準備完了したところを示す。



h) 第二工場C通り連続はさみばりのつり上げ作業中の状況を示す。



表-1 プレキャスト部材断面とその重さ

部材名	柱	連続ばり		クレーン受ばり		はり pG ₃		折版屋根	壁
		端部	中央	端部	中央	端部	中央		
断面形									
断面積(cm ²)	5,600	2,970	2,295	3,600	2,340	3,700	2,590	2,117.8	1,702
部材長(m)	10.04	20.45		14.95		14.38		17.495	6.75
重量(t)	13.15	11.68		8.95		9.45		9.45	2.76

5. リフト ガーダーの設計と施工

(1) 連続ばりの製作

A, B, C 通りのはりは、折板屋根荷重をうけるのでP C鋼棒の本数も多くなり、また、柱高が高いので地震水平力によるはり端部曲げモーメントも大である。したがって、これらのはりを柱位置にてP C接合しようとする、P C鋼棒の定着板の大きさに左右されて緊張材の大きい偏心がとれないので、各はりは両端を柱位置にて単純支持の状態では屋根版荷重を載荷したのちはりを結合せざるを得ない。この工法は鋼棒の接続などに手間がかかる。これを解決するため、連続ばりのリフト ガーダー工法が考えられた。

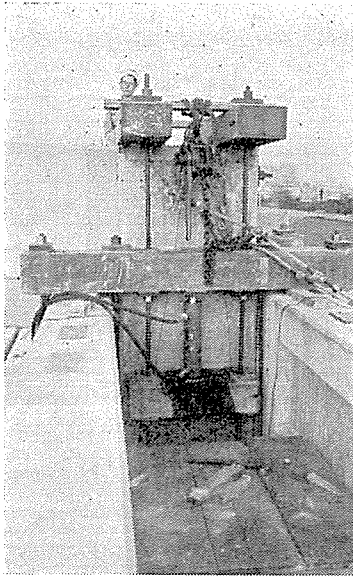
連続ばりは、各5個のプレキャストばりを地上にて柱の両側の所定位置にてプレストレス力を用いて結合するのであるが、その作業順序は、図-1において、まず中央のPG₁(すでにプレストレスは導入済み)を配置し、その両側にそれぞれPG₂を配置し、PG₁、PG₂のJoint部における相対するP C鋼棒端をカップラーにて接続し、PG₂の他端より鋼棒を緊張して結合する。つぎにPG₂の外側へそれぞれ、PG₃を配置し同様にこれらのはりを結合する。各はりの接合点の位置は、柱よりほぼ柱スパンの四分の一の長さのところ選ばれている。

(2) 連続ばりのつり上げ

つり上げ装置を 写真-3 に示す。この装置は、柱頭に

おかれた二本の腕木から柱の両側に二本ずつ全部で4本のネジをきられたPC用鋼棒が地上まで下げられ、この鋼棒は、はりの上下面に固定された横木にナットで止められる。ジャッキはあわせばりの間におかれ、ジャッキ受横木が二本のつり鋼棒にナットで止められる。ジャッキを作動すると連続ばりの横木を押し上げるので、はり

写真-3 リフティング ジャッキ



は、はさみばりの間に定置されているから、作業員は、はりとともに上昇する。この装置はピー・エス・コンクリートKK鳴宮工場によって考案されたもので、ジャッキは工場で所有しているプレストレスト コンクリートの鋼材緊張に用いる普通のセンターホール ジャッキが利用された。

連続ばりのリフティング作業中に、ジャッキの上昇速度の不同により連続ばりの支点位置の高さに変化を生じ、このためはりに曲げモーメントを生じ、きれつを生ずるおそれがある。連続ばりの支点に生じうるあらゆる不同位置に対して、はりの各部のきれつモーメントを検討した結果、支点4(4通りの柱位置)において最小値となり、この値は隣接支点との高さの差が15mmの場合支点4におけるきれつモーメントに達する。したがって、連続ばりの全長にわたってきれつを生じさせないように、施工中の各隣接支点間の高さの差を10mmとすようにおさえた。このことは、はりのつり上げ作業中、たえず支点高さを測定する煩雑をとまなうので、実際にはつぎの方法をとった。1支点が隣接支点より1cm高さを変化したときの支点反力の変化量を計算にて求めておけば、Jackの加力の増減がその値に達するまでは、つり上げ作業を継続して行なってよい。各支点の反力および支点の1cmの高低による反力の変化量計算値は表-2

表-2 連続ばり支点の反力と支点1cm高低による反力の変化量 (単位 t)

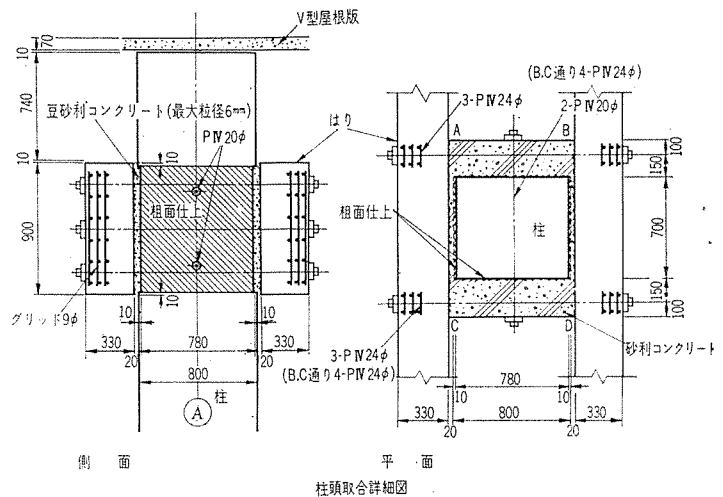
支 点	1, 7	2, 6	3, 5	4
支 点 反 力	8.6	18.6	16.0	16.8
支点の1cm高低による反力変化量	1.12	3.14	4.20	4.16

のとおりである。実際の作業にあたっては、ある支点が隣接点より低くなると反力が増大し、ジャッキポンプの作動が重くなるので少しの変化に対しても調整が行なわれた。

(3) 連続ばりと柱との結合

柱頭までつり上げられた連続ばりは、一時、柱にとりつけられた仮設の鋼製ブラケット上に支持され、リフティング ジャッキを除去する。連続ばりと柱の剛結は筆者の考案した方法——連続ばり側面を柱面にプレストレス力にて圧着する方法——によって行なう。その詳細を図-3に示す。柱の両側に、PC鋼棒をあらかじめはさみばりに設けられた穴に貫通し、はさみばりとのすき間および柱側面にコンクリート A,B,C,D を打ち、コンクリートの強度発生後PC鋼棒を緊張し、はりを柱に圧着せしめる。この側面圧着によりはりは柱と剛結し、鉛直荷重に対してはもちろん、水平荷重にも十分安全度が計

図-3 はさみばりと柱との剛結方法の詳細図



られる。この方法は、施工がきわめて簡単でかつ信頼性があるので、多スパンラーメンの組立方法としてはすぐれていると思う。

6. スパン方向はりの柱との結合方法

A,B,C通り間のPCはり PG₀ および PG₁ はその端面にて柱にプレストレス力にて圧着される(はり端面圧着接合)。最初に柱A,B間にすでにプレストレス導入ずみのはり PG₁ が所定位置におかれ、このはりと柱とが接合されるが、この接合方法は坂 静雄博士の特許工法が用いられた。すなわち、柱外側より柱にあげられた穴にPC鋼棒をそう入してはり端のPC鋼棒とカップラーで接続し、はり端面と柱との間に目地コンクリートを打ち、その強度発生後、柱外側より延長鋼棒を緊張し定着すればよい。第2スパンのはり PG₀ の柱C側の結合は上と同様に行なうが、柱B側の結合は、筆者考案の方法

が用いられた。カップラーを用いて PG₀ の PC 鋼棒を柱面に定着された対応する鋼棒に接続する。つぎにはり、柱間の目地コンクリートを打ち、その強度発生後 PG₀ の鋼棒の定着ナットをスパナーを用いて逆回転せしめてゆるめれば、PG₀ に与えられていたプレストレス力の一部は目地部に延長されてはり PG₀ は柱 B と圧着結合される。この方法はきわめて簡単で、かつ操作も容易である。

7. 折板屋根

屋根のスパンは 15.5 m あるので、屋根スラブとしてプレストレスト ダブル T スラブの使用も考えられるが、このスラブは面積あたりの重量が大で、使用鋼材も大となりあまり経済的でない。それでプレストレスト折板屋根を用いることにした。断面は V 字形に似た形で、厚は 7 cm、幅は 2.490 m である(折込付図参照)。プレストレス導入方法はポストテンション法で、鋼材として高周波熱練 KK 製の公称径 12 mm 第 4 種鋼棒 8 本が用いられた。シェルや折板のごとき厚さの薄いコンクリートに対しては、鋼棒のカップラー部のふくらみはこのましくないので、鋼棒にはカップラー継手を用いないこととし、全長 17.5 m の鋼棒を巻いて輸送させた。公称径 12 mm までの鋼棒は巻くことが可能である。

この折板屋根の断面形でスパン 30 m まで可能である。また、ダブル T スラブではスパンの増大とともにその自重は増大するのであるが、折板では自重はスパンに関係なく一定で、この折板の自重はスパン方向の単位長について 440 kg、すなわち水平面上の重量は 1 m² あたり 176 kg で、ダブル T スラブのそれはステム高さ 40 cm のとき 280 kg/m² であるのにくらべて軽くかつプレストレス力の少ないという特徴があるが、難点はコンクリートが打ちにくいことである。もちろんプレテンション法にても製作可能である。したがって折板の形を定めるならば、一定の型わくを準備しておき、スパンの長短に関係なく製作可能となるので屋根板としては利用価値が大きいと思う。

この工場の折板屋根には頂部一つおきにトップライトが採られた(写真-4)。

なお、経済上の理由から防水材にてコンクリート面を全面的に被覆することを行わず、ただコンクリートの目地部のみを被覆することにしたが雨もりはなかった。

8. 壁板(折板)

軒高 7 m の外壁を風圧に対し安全であるように設計するとすれば、壁材料として波形スレートまたはコンクリートの組積用ブロックを用いた場合かなりたけのある

図 4 折板屋根の断面図

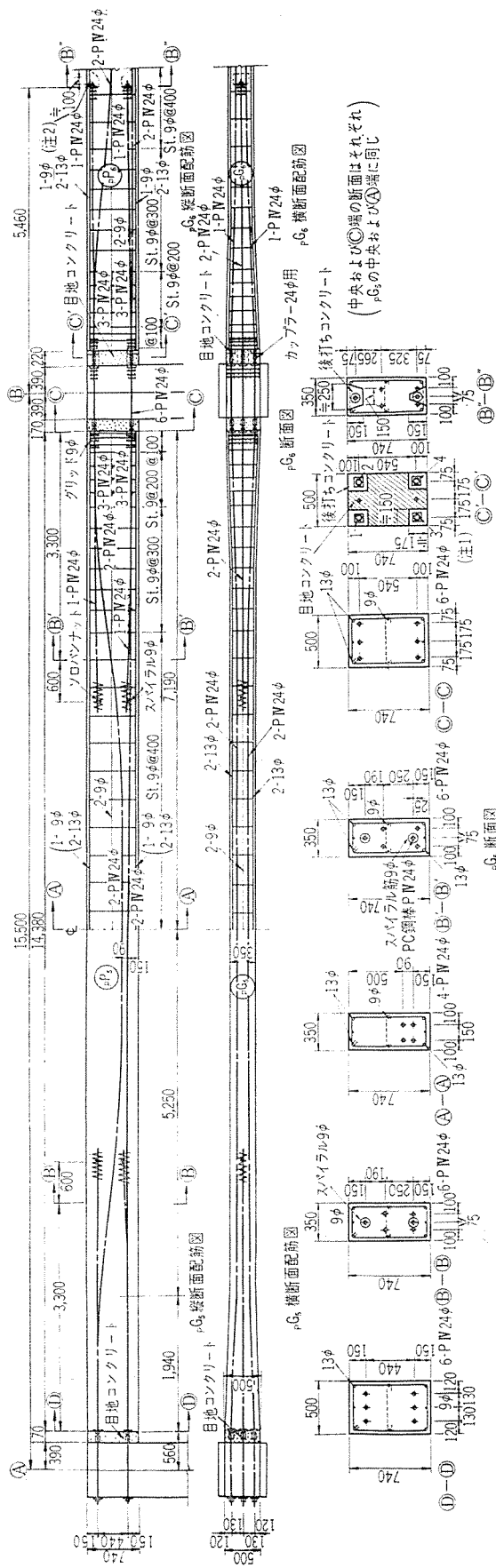


写真-4 折板屋根の製作

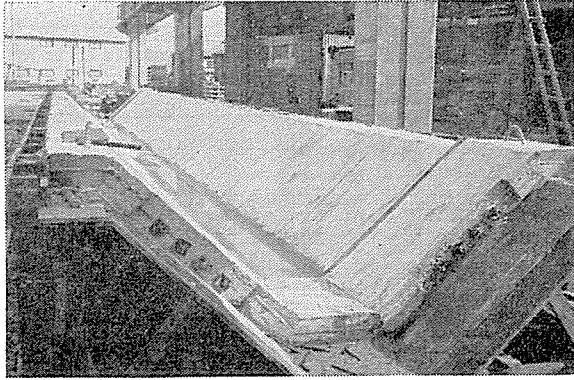
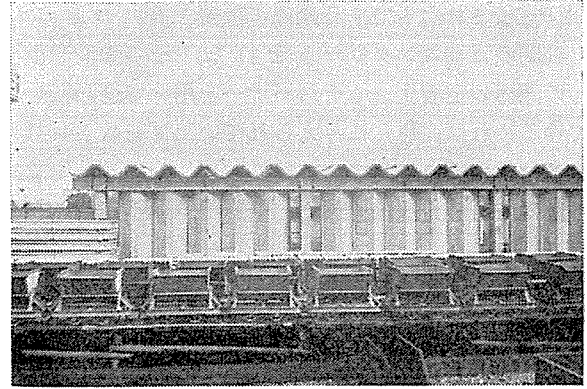


写真-5 工場の壁面



間柱を必要とし、その施工手間もまた相当である。この工場の場合、壁板も屋根と同様の幅 2.5 m、高さ 7 m の V 字に似た断面の折板として連続はさみばりの間にそう入することによって壁面を簡単に作ることにした。板の厚さはわずかに 5 cm で、#6 のワイヤーメッシュで補強されているにすぎないが、暴風雨の圧力に対しては十分耐えるよう設計されている。

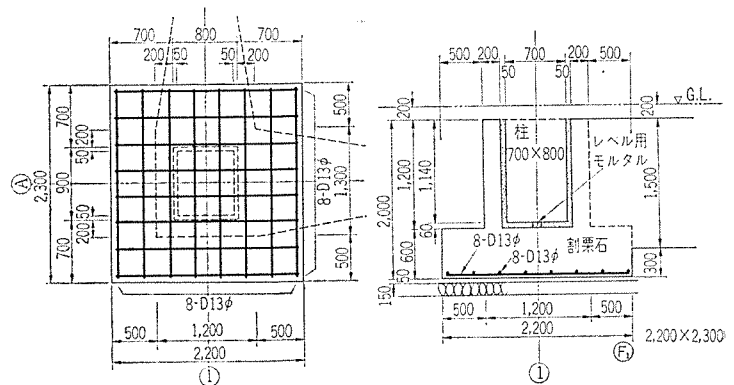
はじめに、この壁板は人工軽量骨材を用いたコンクリートで試作されたが、軽量骨材の浮上がりにより打上りのコンクリートの上表面は平滑に仕上がらなかった。それで残りの壁材は普通コンクリート製に変更された。壁材の下端は地中ばりにのり、このはりに上にコンクリートを打って定着し、壁板上端は、上端に露出した鉄板（厚 9 mm）とはさみばり側面に埋込まれた鉄とを溶接することによって結合する。

この壁は横力に対する耐力壁ではない。地震、風による横力に対しては、柱、はりのラーメンのみによって抵抗される（写真-5）。

9. 柱のソケット結合

プレキャスト柱を基礎上に樹立させる場合、基礎に柱がちょうどそう入しうる穴をあけておき、柱をその頂部でつり下げて基礎穴にそう入する方法は、他の柱の立て方にくらべもっとも施工が簡単で、しかも確実な方法である。筆者がこの工場で行なった方法は、基礎に穴をあけるのではなく、地中ばりの柱近傍を柱径より大きくし、この地中ばり交点に柱そう入の穴を設けた。基礎はこの地中ばりの下にある（図-5）。穴の深さは柱径の 1.5 倍とし、穴の底の中央に柱高を一定にするためモルタルにてレベリングブロックを作り、柱をこの上におき、穴の四辺に木製クサビをそう入して柱の建入れを修正したのち、穴のすき間に無収縮コンクリートを打つ。かく

図-5 柱の地中ばりへのソケット結合



することによって柱は地中ばりに固定し、柱端の曲げモーメントは、地中ばりによって完全に抵抗せしめられる。

10. 結 言

PC製造工場の作業場上家をプレキャスト部材の組立方法によって設計、施工された。屋根板に、プレキャストPC折板を採用することによってその重量およびPC鋼材量をいちじるしく節減し得た。このことは屋根荷重をうけるはりおよび柱、基礎の荷重をも軽減し、工費の節約に効果があったことを意味する。また、屋根版荷重を支持するはり、地上にてはさみばり式に直下の地上にて連続ばりとし、これを柱頭までリフトし、プレストレス力により柱へ側面圧着したことは工数をいちじるしく減少させた。また壁も軒高までの折板コンクリートを用いて材料の節約とともに、全部材をクレーンカーを用いて組立てることによって労力の節減が計られたのみならず、作業上の足場をいっさい不必要とした。屋根またははりに上るためのハシゴが用意されたにすぎない。

この工場の経済的な設計施工方法は、他の一般の工場にも適用可能であると思われる。

1965.12.10・受付



理研油圧パワー

超高圧 700kg/cm²

第7回大阪国際見本市(4月9日~29日)

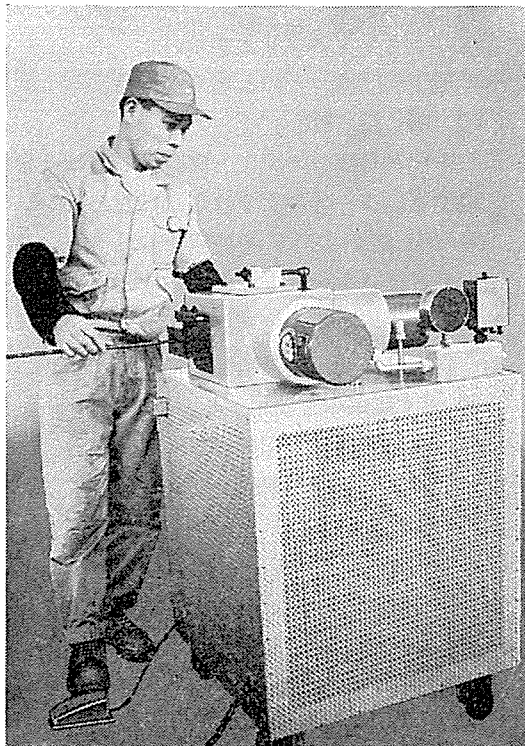
5号館5048小間にて実演中

理研PC鋼線用 油圧・冷間ヘッドイングマシン

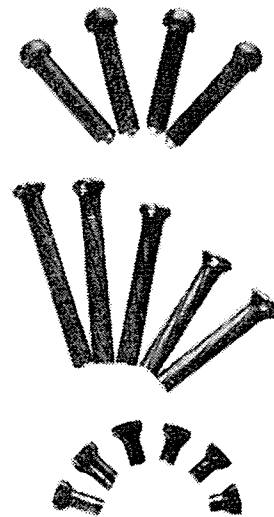
50トン用 7^{mm}迄

抗張力 140kg/mm²において

70トン用 12^{mm}迄



- 操作はワンタッチ
- 作業時間は数秒
- 超高圧により極めて軽量小型
- 価格定廉



理研機器株式会社

東京都港区芝浜松町4丁目21番地

電話 芝(431) 1176~1179・1170

国電浜松町駅下車 300m 田町寄り線路際

大阪営業所 大阪市北区樋之上町65番地

電話 (361) 9796・3509番