

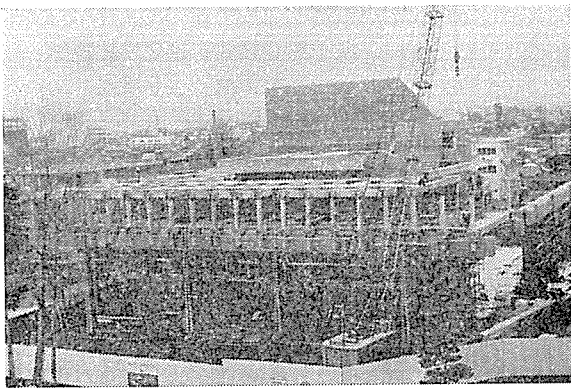
## 栃木県庁議会棟の構造設計とその施工について (その 1)

木 村 俊 彦\*  
 渡 辺 邦 夫\*  
 山 賀 勝\*\*

### 1. はじめに

この報告は、栃木県庁第二庁舎および議会棟新築工事のうち議会棟工事に関するものである。この工事は、建物の主構造として、SRC 大型架構にプレキャスト部材を組み立てた構造を採用している本格的なプレキャスト工事といえる。現在では非常にまれな工事かと思われるので以下にその大要を報告する。

写真-1 組立て中の議会棟



### 2. 工事概要

工事名：栃木県庁舎増築工事（議会棟）  
 施 主：栃木県  
 設 計 者：大高建築設計事務所  
 構造設計：木村俊彦構造設計事務所  
 工事場所：栃木県宇都宮市県庁構内  
 工 期：昭和 43 年 1 月 5 日～44 年 9 月 25 日  
 （庁舎とも）

工事規模：

建築面積 2 465 m<sup>2</sup>  
 延面積 4 248 m<sup>2</sup>  
 ピロティ 2 665 m<sup>2</sup>  
 構 造 SRC, R C, P C 造  
 プレストレスト コンクリート組立構造

\* 木村俊彦設計事務所

\*\* 鹿島建設株式会社栃木県庁舎作業所

P C 部材 プレテンション 200 ピース  
 ポストテンション 500 ピース  
 プレキャスト 2 400 ピース  
 仕 上 げ 外部 R C 部研仕上 アルミサッシュ  
 床 プラスチックタイル  
 天井 岩綿吸音板貼

### 3. 構造と設計

この議会棟は県庁舎の増築に際し新築されたものであり、県議会の議場を中心とし二層の事務棟と、関連諸施設の建物が議場を三方から囲む形に構成されている。議場と事務棟は一階の大部分をピロティとし、市民広場の延長としているため、建物は空中に支えられる形になる（図-1～3 参照）。中央に位置する議場となる部分は 8.4 × 6.0 m のスパンで構成される R C 架構で、地上約 10 m の高さに支えられている。議場となる 16.8 × 28.0 m 高さ 7～14 m の空間は、周囲を R C 現場打ちの架構で補強した壁で囲み、この上にスパン 16.7 m の

図-1 断面（側面図）

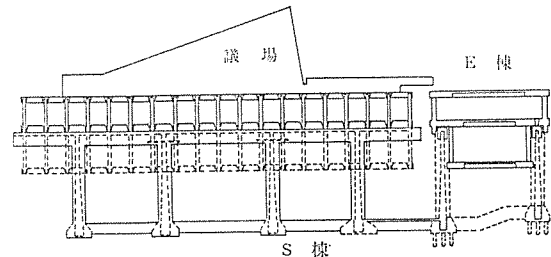


図-2 断面（背面図）

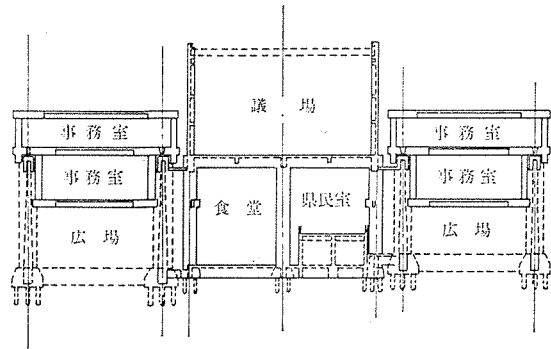


図-3 平 面 図

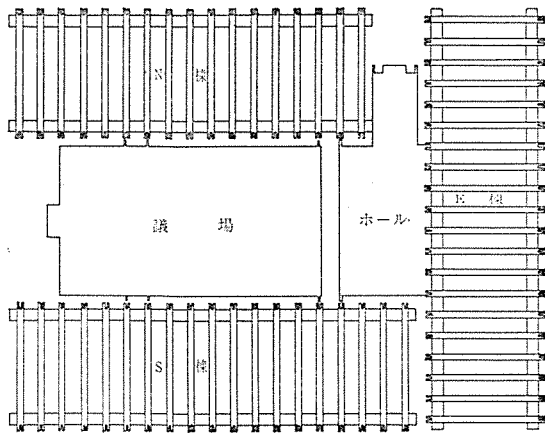
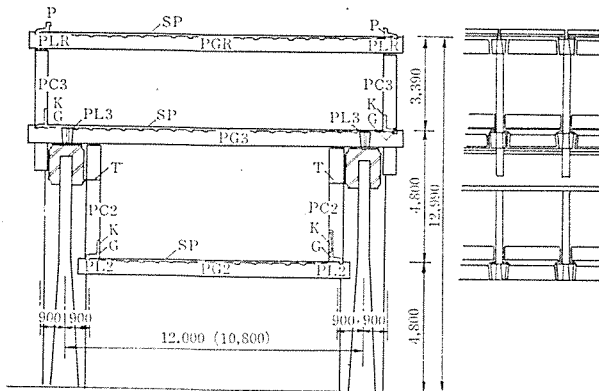


図-4 PC 材 組 立 て 図



PCI 桁 (桁高 600 mm) をのせた構造で構成される。

議場部分を取り囲む3つの事務棟は、図-4 に示すとおり、高さ 11.0 m の SRC (鉄骨鉄筋コンクリート) 架構を平行に2列作製し、これに PC 部材を組み立てて形成されている。すなわち3階となる空間はこの SRC 架構の上のり、2階となる空間はこの架構からつり下がっていることになる。

この PC 部材の組立てを詳述すると、まず SRC 架構の上に3階の床となるはり (PG<sub>3</sub>, 間隔 2.4 m) をかけ渡す。そしてこのはりから2階を形成する柱 PC<sub>2</sub> をつり下げ、3階については PC<sub>3</sub> を立ち上げ柱とし、この PC<sub>2</sub>, PC<sub>3</sub> をそれぞれさらに PG<sub>2</sub>, PGR で結んで二層の単位架構が構成される。さらにこの単位架構をそれぞれつなぎばり (PL<sub>2</sub>, PLR) で結んで2階および3階を構成する立体架構を完成させる。

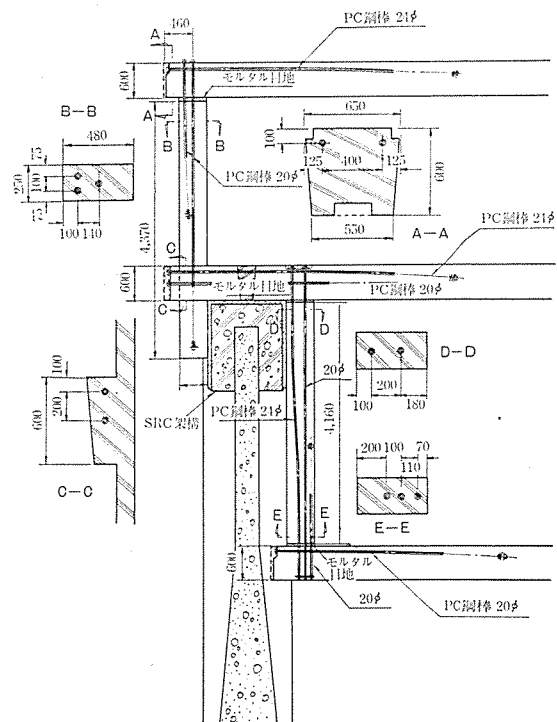
2, 3階の床を構成する PG<sub>3</sub>, PG<sub>2</sub> は PC プレキャストパネルであり、プレストレスは使用していない。ただ各部材の接合には、PC 鋼棒を使ったプレストレスによる緊結方法を使用しているため、この鋼棒だけは装備されている。

この建物におけるコンクリートプレキャスト材(PC)の特色は、構造体としては架構の間隔が狭く、構造体自体がサッシュャルーバーのようにあたかも外部仕上げ材

のように取扱かわれている点である。したがって、形状寸法に対する視覚的注文が多く、また事実上この PC の効果が建物外観の印象を完全に支配している。

技術的な面では別に取立てで触れるべき問題はないように思われる。ただ設計中に強く感じた点として部材の接合方法をあげることができる。部材接合の方法として最も基本的な方法は、一つの部材を他の二つの部材ではさみ、これを締めつける方法であり、これは木造、鉄骨等の継手としてごく普通に使用されている。今回も主構造である SRC 架構のほりに2階、3階の柱を取付ける所でも、この方法を採用するべく検討を加えた。この方法を使用した場合、見かけ上はよく見なれた姿でもあるのでごく自然な感じを受けるが、プレキャストコンクリート部材に応用する場合には技術上かなりの困難が伴うものであることに注意する必要がある。視覚的效果に対する要望にできるだけ沿うよう上記の方法の採用を綿密に検討してみたが、図-5 に示すような接合方法を採用することになった。

図-5 プレキャスト材接合の詳細



プレキャスト部材のプレストレスによる締め付け結合はそれぞれのピースをその軸方向に連結し締め付けることによって効果が得られるものであり、鉄骨等の継手とは本質的に異なるものであるという結論に達した。

そのため視覚効果よりくる要望には沿いえず、接合部はすべて図-5 に示すように、部材をその軸と直角の方向で切断したものを単位部材とし、これを直列にならべて軸方向に緊張連結することになった。

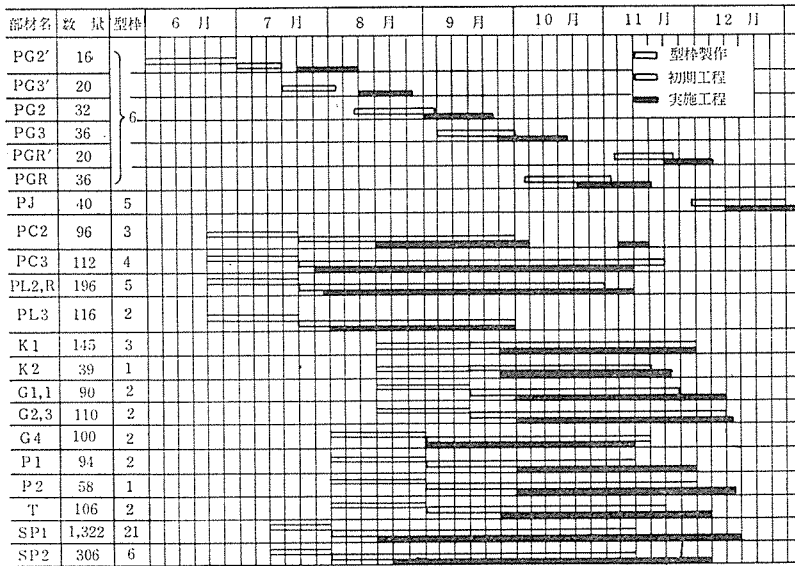
このほかの問題についても関係者の間で非常に綿密な検討が繰り返されたが、接合部以外については、ほぼ原設計のまま施工されることになった。

#### 4. プレキャストコンクリート部材 (PC材) の製作

##### (1) 部材製作の工程 (表-1)

全工事の工程を検討した結果PC材の製作は8月で完了する必要があることがわかった。しかし、図面作成、型わく製作期間に2~3ヵ月を必要とするから部材製作

表-1 製作工程表



は5~6ヵ月で実施しなければならない。プレテンション部材ではストランド切断時のコンクリート強度が350 kg/cm<sup>2</sup>以上必要なので、打設後3日は置かなければならないと予想され、型わくセット鉄筋配置ストランド緊張などを考慮すると、1サイクル最低4~5日は必要である等の検討より、表-2, 3のように必要型わく数を求め、工程の検討を行なった。

なお、工程の検討にあたって1日サイクルの場合コンクリート打設後15時間で150 kg/cm<sup>2</sup>の強度が必要であり、プレストレス部材では3日強度で350 kg/cm<sup>2</sup>の高強度コンクリートを人工軽量骨材を使用して施工せねばならず、施工性のある高強度コンクリートの調合が大きな問題となったが、表-4の調合を決定して、各種コンクリートをほとんど毎日打設した。特に軽量Aのコンクリートについてはテストピースを毎日必ず採取して品質の管理と確認を行なった。

その結果は図-6に示すが、施工計画の段階でコンクリート打設後3日目にはプレストレスを与えて型わくの脱型を計るという条件をほとんど満足することができた。

##### (2) ヤードと設備

プレテンション部材の製作場(図-7)、

表-2 プレテンション部材型わく検討表

部材名	形状 H×W×L	数量	型わく数 × 転用回数	ストランド	鋼棒	生コン数量	重量
PG2'	600×650×9960	16	6×3(回)	9.3φ×8	18φ×2	軽量 2.7m <sup>3</sup>	5.4t
PG3'	600×650×10600	20	6×4	9.3φ×8	18φ2, 20φ×2	軽量 3.05	6.1
PG2	600×650×11160	32	6×6	10.8φ×8	20φ×2	軽量 3.0	6.0
PG3'	600×650×11800	36	6×6	10.8φ×8	20×2, 24φ×2	軽量 3.3	6.6
PGR	600×650×13560	20	6×4	10.8φ×8	20φ×2	軽量 3.6	7.2
PGR	600×650×14760	36	6×6	12.4φ×8	24φ×2	軽量 4.0	8.0
PJ	510×580×16680	40	5×8	9.3φ2, 10.8φ×2		普通 1.9	4.5

製作日数 37回×5日 185日

表-3 ポストテンション部材型わく検討表

部材名	形状 H×W×L	数量	型わく数 × 転用回数	製作日数	鋼棒	生コン数量	重量
PC2	800×250×4160	96	3×32(回)	32×4=128	20φ×3	普通 0.56m <sup>3</sup>	1.35t
PC3	800×250×4400	112	4×28	28×5=140	20φ×3	普通 0.95	2.26
PL2, R	600×250×1800	196	5×40	40×3=120	シーズ2	軽量 0.24	0.48

表-4 コンクリート実施調合表

	実験番号	W/C (o/wt)	S/A (o/vol)	W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)	混和剤 (kg)	スランプ (cm)
軽量コンクリート	A	E-21	38	38	171	450	641	582	7.8
	B	E-31	42	38	168	400	694	624	14.0
普通コンクリート	A	E-24	38	38	164	430	660	1090	10.1
	B	E-27	42	38	168	400	685	1135	10.2

は、はりの型わくを6個同時に使用するためには、100 m以上のプレテンションアバット(能力100 t以上)が必要となった。製品の脱型移動には、軽便門型クレーンとトロッコを併用することにした(図-8 参照)。

実際の敷地はあるコンクリート製品会社の工場を借用し、養生用の蒸気も供給を受けることにしたが、アバットは新設しなければならなかった。また、部材搬出時の積込機械はストックヤードが広いことと、8 tもの部材を毎日10ピース以上搬出しなければならないことから、検討の結果、クローラークレーンを使用することにした。

プレキャストおよびポストテンション部材製作場(図-9)は、これら部材が種類、部材数ともに非常に多く、4種類のコンクリートを使い分ける必要上5 tづくり大型門型クレーンを設備し、コンクリート打設、脱型、移動、積込みに使用することにした。

養生に関しては、脱型時のコンクリート強度が必要なだけで4週強度は十分確保できる見込みがあったので、冬期の場合のみジェットヒーターを使用することとして蒸気設備は省略した。

(3) 型わく計画

一般の型わくでもその転用がコストダウンの重要なポイントとなっているが、鋼製型わくは非常に高価なものなので、転用計画の良否は、製品単価に大きな影響をおよぼすことになる。

プレキャスト ポストテンション部材については部材数と転用回数との関係だけで型わくの必要数が決まるが、プレテンション部材ではこれにアバットとの関係を考慮に入れる必要がある。したがって、図-10のように同一形式で長さの異なるはりの場合は、特に一番短いはりより順次型わくを継ぎ足して行く方法を取った。また、PJばりのように40本しか部材数のないものは底型わくのみ5型わくを用意し、側型わくは3組作製し、1日で側

図-6 スランプおよび強度グラフ(軽量Aの場合)

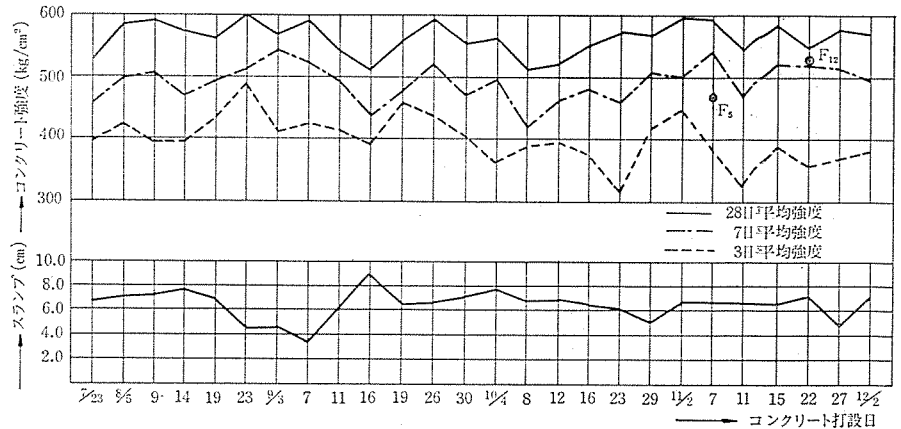


写真-2 プレテンション部材製作場

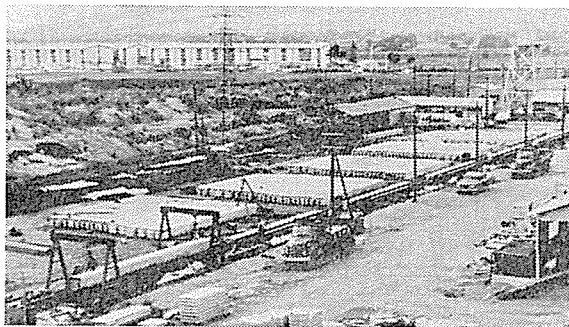


図-7 プレテンション材製作設備

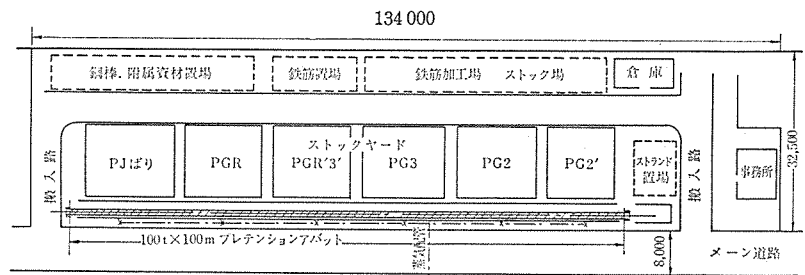
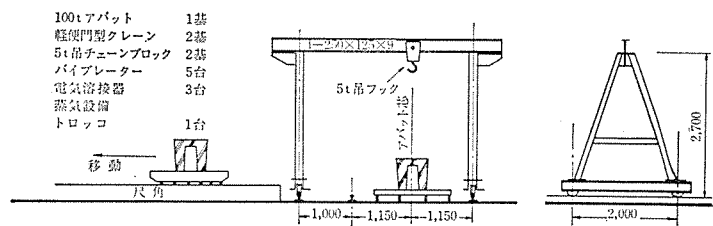


図-8 軽便門型クレーン



型わくの脱型を行ない1サイクルの中での側型わくの転用を行なった。

そのほかスチールの弾性を利用し、型わくを半分解体した状態で脱型することを計画したが(図-11 参照)、これは型わくジョイント部の水漏れによる水ジャンカを防ぐばかりでなく、型わくの精度が確保され、転用中の変型が少なく非常によい結果が得られた。そのほか型わくの曲面が小さな曲面となるので、製品の破損を防ぐ意味でも良い方法であったと思う。

図-9 ポストテンション材およびプレキャスト材製作設備

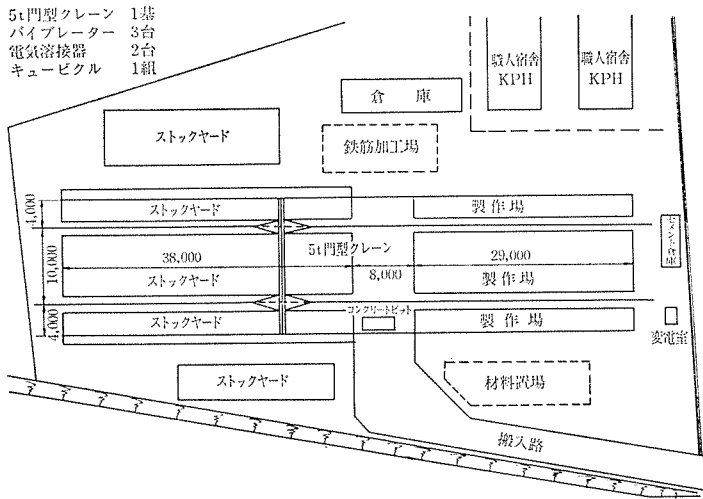


図-10 型わく転用計画

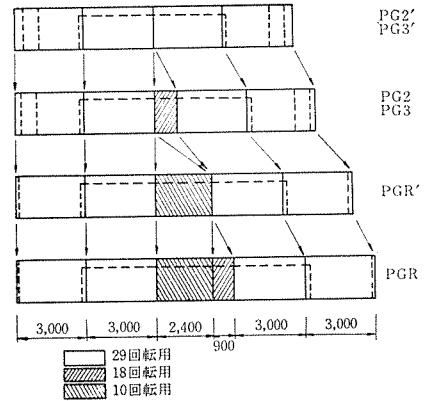
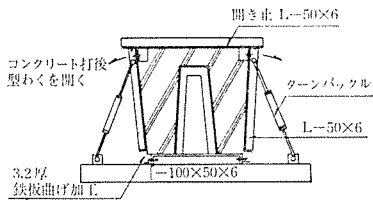


図-11 型わく断面図



型わく工事で注意せねばならないことに、型わく製作業者の問題がある。鋼製型わくの製造業者が少ないことと、逆にカーテンウォール等その需要が急に増加しているので、特に大型工事では早くから型わく業者との交渉を持ち、工場の製作工程に織り込んでおく必要がある。

(4) コンクリート計画

前にも述べたように、部材製作には4種類の調合のコンクリートが必要であり、製作工程より見てそれらを毎日少量ずつ打設せねばならない。さらに脱型プレストレス導入の関係上セメント量も多く、スランプも8~10で高度の調合精度が要求される。直営プラントを新設することも考えたが、稼働量と設備費のバランス面で不利と考えられたので、現地のJIS工場の生コンクリートを使用することにした。

(5) 製作管理

不良品を作ることは経済的損失となるばかりでなく、工程にも影響をおよぼす結果となる。したがって、製作管理には前もって施工要領書を配布し、ミスのないよう努めると同時に、型わく、コンクリート、緊張に関してはチェックリストを作成し万全を期した(表-5参照)。

(6) 製作上の問題点

今までに述べてきたように、製作、管理計画を立てて製作を開始したが、実施に際しては種々の問題が発生したので以下に記述することにする。

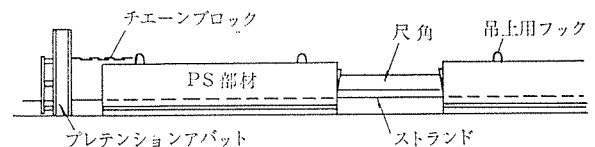
a) ストランドに関する問題

① チャックの取はずし：100mのストランドを緊張すると、その伸びは60cmにもおよぶのでジャッキのストロークの関係上チャックの盛り替えを行なわねばならない。この場合きつく噛んだチャックはなかなかはずれず、ハンマーでたたく等、相当の危険を伴った。そのためにチャックのくさびにモリコート等の減摩剤を塗って見たが思わしくなく、ろう紙を巻いて使用したところ、簡単に取はずしできることがわかった。

② ストランドの切断方法：一本10tもの力で緊張されているストランドを切断する場合、8本配置されている中央から左右対称となるように切断して行くのであるが、最初の1カ所を切断すると製品に10tの横力が加わることになる。

製品は下部が大きくくぼんでいるので型わくとも引張られてしまう可能性がある。したがって、型わくが基礎の上をスライドできるようにすればよいのであるが、その設備費が相当な金額となることと、型わくを毎回セットし直さねばならないので、型わくは基礎コンクリートに固定してしまい、6個の部材を互いに尺角で突張り合い、最初の切断箇所はアバットよりチェーンブロックで引いてから切断、次に反対側のアバット部分を切断した(図-12参照)。この状態でならば、尺角で突張り合っ

図-12 ストランド切断設備



た部材同志が、相互に引張り合っているだけなので、どこを切断しても安全なわけである。

b) コンクリートの縮みと型わくに対する影響 プレストレスを導入すればコンクリートが縮むのは当然で

表-5 型わくチェックリスト

部材名	点検項目	点検	記事
型わく	W寸法		
	H寸法		
	L寸法		
	細部寸法		
	打放し面		
	清掃		
	はく離剤		
	型わくセット状況	レベル	
		通り	
		曝止め	
		ナット	
		溶接	
	設備用穴		
鉄筋	本数		
	径		
	位置	スベーパー	
	ピッチ		
	補強鉄筋		
鋼棒	本数		
	径		
	位置		
	長さ		
	アンカー		
	グリット		
	カップラー部ねじ		
シーす	本数		
	径		
	位置		
	長さ		
	ジョイント		
	排気管		
	アンカープレート部		
	グラウト孔		
鋼線	本数		
	径		
	位置		
	緊張力		
金物	インサート天井用	設備用	
	スリーブ		
	取付用金物		
	吊上げフック		
	サッシュ用アンカー		
	カーテンボックス	天井見切	
設備	箱の強度		
	箱の外側寸法および位置		
	インサートの数および位置		

あり、型わく下部のくぼみはコンクリートに圧縮され、コンクリートの脱型が困難となる。この圧縮力を吸収する目的でくぼみの小口に 3mm ベニヤを 2 枚合わせて取り付けたが、それでも脱型は困難をきわめ、型わくのアンカーボルトを引きちぎって、型わくごと上がってしまうこともあった。この対策としてゴム製のクッション材（ハイキープ）をベニヤと型わくの間貼り付け、ブラックテープをその小口に貼ったところ、脱型は容易になり、ベニヤが型わくに残留しなくなった。

c) 部材の変形と自重によるきれつ はりにストレスを導入すると中央部がむくり、両端支持の状態となる。ポストテンションの場合、脱型後にストレス導入を

施せば問題はないが、プレテンションの場合、脱型前にストレス導入となるので、部材の両端の角の部分で全自重を支える結果となる。

当工事では、型わく転用の計画上、一番長い、重いはりの製作が 11 月になったため、コンクリート強度の伸びが十分でなかったことや、人工軽量骨材を使用しているためコンクリートのせん断力が弱いこと、端部であるため支持点がストランドの有効範囲外になる等の悪条件が重なり、はり末端にせん断きれつの生じた部材も何本か現われた。

d) 型わく関係

① はく離剤について：鋼製型わく用のはく離剤は市販のものもあるが、一般に用いられているものにマシン油がある。本工事では夏期の場合は乾燥が早いのでオイルを 10% ほど混ぜて用いた。

② 木型の脱型：部材の部分的なくぼみを作るには木型を使用した。木型は取付け位置と脱型方向により、型わくに固定する場合とコンクリートと一緒に脱型した後で木型を取る場合があるが、いずれの場合も木型をそのまま転用するには、1/10 程度の勾配が必要である。これをそのままテーパをつけて打込むとコンクリートの水分を吸収して膨張し、脱型が困難となる。最初パネルコート等、樹脂系のはく離剤を用いたが、木型をオイルに 3～5 日浸しておき、オイルを十分吸収させてから使用する方法が一番よい結果をえた。

③ 水漏れ、トロ漏れ：型わくのジョイント部分は水漏れ等のないように細心の注意を払って製作するが、脱型のつど取はずすことと、転用が重なるにつれて型わくに変形が生じ、水漏れ、トロ漏れの原因となる。したがって、型わくのジョイント部分にメタルタッチ的な精度の維持を要求することは実際上の妥当性を欠く。水漏れによる水ジャンカや変色はジョイント部分すべてに発生するわけではなく、少量の水漏れでは発生しないようである。

トロ漏れの生ずる原因を調べて見ると、鉄板が小口で接しているだけの所に発生する可能性が多い。このような部分にはアングル等を添えることにより防ぐことができる。

水漏れによる水ジャンカの生ずる部分は、型わくを目で見た範囲では判定しにくく、製品に水漏れの影響を認めた場合は、そのジョイント部分にパッキングとしてブラックテープを貼って締付けるとよい結果が得られる。

e) コンクリートの問題

① 富調合のための収縮きれつ：補強リブ付床版の製作に一日強度 150 kg/cm<sup>2</sup> の強度のコンクリートを調合したが、リブの部分でコンクリートの断面が急激に変化

するので、リブの付け根に収縮によるきれつが発生した。一般に富調合のコンクリートで断面に急激な変化のある部分にはきれつを生じやすいが、これを解決するために水セメント比はそのままにしてセメント量を減じ、硬練りコンクリートを使用することできれつを防ぐことができる。この場合、施工性が悪くなることと、ミキサー車よりの取り出しが困難になるので調合の決定には特に注意を要する。

② 早期脱型とコンクリート表面：型わくの転用を促進するためにプレキャスト部材は1日サイクルで転用を行なったが、脱型時のコンクリート強度は、150 kg/cm<sup>2</sup>位であった。プレテンション部材ではプレストレス導入に 350 kg/cm<sup>2</sup> 以上の強度が必要である関係で、脱型時にはほぼ同程度の強度が得られる。この両者を比較すると、P S部材は表面に艶があり、反射するほど円滑であるのに比べ、P C部材の表面はやや粗面であり、艶が見られない。

粗面のP C部材をストックするのに、木材にビニールを巻いてまくらとしたところ、まくらに接していた部分だけP S部材のような円滑な表面となり、斑ができてしまった。このようなことがあるので、P C部材のストックに際しては、仕上げ面となる部分に特に注意を払う必要がある。

⑤ コンクリートの付着とロス：使用するコンクリートが高強度であるため、セメント量が多く粘性が大きいことと、スランプが小さいのでミキサー車よりの取出しが完全に行なわれず、なかに付着して残る量が多い。

コンクリートは6カ月間にわたり1200 m<sup>3</sup> 打設したが、これを実際のコンクリート打設日で割ると平均8 m<sup>3</sup> のコンクリートを打設したことになる。

したがって、少量を毎日打設することによるコンクリ

表-6 生コン計量表

検査日	生コン車より 排出量 A (kg)	生コン注文数 B (kg)	$\frac{A}{B} \times 100$
8/23	5450	6034	90.5
12/2	6170	6600	93.5
"	6400	6600	97.0
"	6350	6600	96.5
"	7340	7543	97.0
合計	31710	33377	(95.0)

注：( ) 内は平均を示す

表-7 コンクリート損失率

見積りコンクリート量	A	1120 m <sup>3</sup>
コンクリート付着量 5% } 鉄筋ソースの占める体積2% } 差引き3%	B	33 m <sup>3</sup>
実際のコンクリート打設量	C	1183 m <sup>3</sup>
コンクリートのロス C-(A+B)	D	30 m <sup>3</sup>

よってコンクリートのロスを%にて算出すると  $D/C \times 100 = 2.5\%$  となる。

ートロスについて検討すると 表-6, 7 のようになる。

### 5. 部材の組立てについて

プレキャスト部材の組立て作業はこの工場の山場であり、問題事項が続出した。この細部について触れるならば、報告文献の一つとして十分な内容を持つものと思われるので、ここでは大要を記すに止め、次の機会くわしく報告することにする。

組立作業は揚重機として P & H 955 ALC を使用し、この作業には主要構造部分のみで約 35 日を費した。

作業中問題となった事項として次のような項目が挙げられる。

- 1) 接合目地のモルタル施工。  
モルタルの調合とその軟度、目地幅等。
- 2) 接合用P C鋼棒のジョイント。  
狭い間げきでの鋼棒のジョイント作業についての配慮
- 3) プレキャスト材の製品精度と組立て精度

製品精度は 5 mm, 組立て数を 10 mm としたが、これを守るための配慮。

- 4) 組立て順序と支保工

立地条件が複雑で組立て順序が作業能率に大きく影響した。またどうしても組立て用クレーンを入れることのできない場所もあり、こうした所は支保工を用いたが、これらに対する事項、等である。

### 6. おわりに

現在工事はほぼ完了し最終の仕上げを急いでいるところである。なにぶんにも前例に乏しい工事であったので設計施工に関して数多くの方々の労をわずらわしている。無事な完成を目前にして御協力いただいた方々に衷心より謝意を表したい。

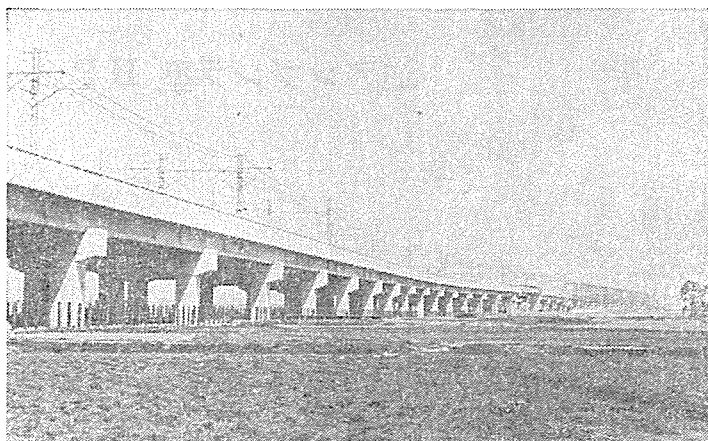
1969.9.15・受付





## 鋼弦コンクリート

設 計  
施 工  
製 造

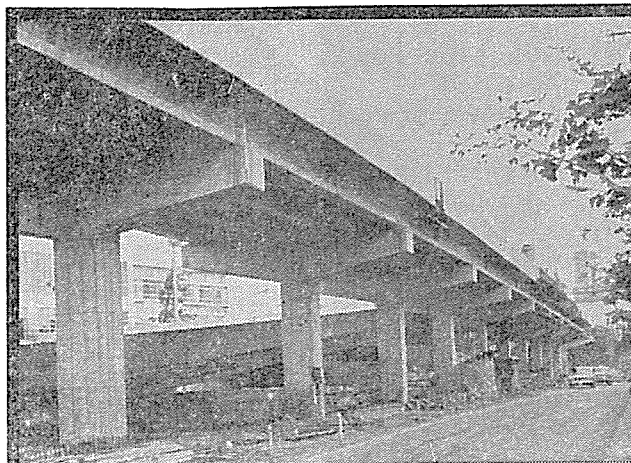


地下鉄5号線(上妙典工区)鉄道橋

## 九州鋼弦コンクリート株式会社

取締役社長 山崎 剛 秋

本社	福岡市天神2丁目12番1号(天神ビル)	TEL 大代表(75)6031
本社営業部	福岡市天神2丁目14番2号(福岡証券ビル)	TEL 代表(74)7963
大阪事務所	大阪市北区芝田町9-7(新梅田ビル)	TEL 代表(372)0384
東京営業所	東京都港区新橋4丁目24番8号(第2東洋海事ビル)	TEL 代表(432)6877
大分出張所	大分市府内町2の3(吉良ビル)	TEL 大分(2)9850
宮崎営業所	宮崎市二葉町1	TEL 宮崎(3)3429
広島出張所	広島市大手町2丁目11番15号(新大手町ビル)	TEL 広島(47)9733
福岡山家工場	福岡県筑紫郡筑紫野町山家	TEL 代表(二日市)2733
大阪大東工場	大阪府大東市新田境町1	TEL 大東(72)1010
工場	夜須・甘木・大村	



首都高速度道路高架橋

プレストレスト  
コンクリート  
建設工事 フレシネー工法  
MDC工法

設計・施工  
部 材  
製造・販売

## 豊田コンクリート株式会社

取締役社長 西田 赫

本社	愛知県豊田市トヨタ町6	電話 0565 (2) 1818(代)
名古屋営業所	名古屋市中村区笹島町1-221-2	電話 052 (581)7501(代)
販売本部販売部	東京都港区西新橋2-16-1 全国タバコセンタービル2階	電話 03 (436)5461~3
工場	豊田工場・海老名工場	