

名神高速道路のトール ゲートに採用された プレストレスト コンクリート工法について

織 本 幸 宏*

1. ま え が き

名神高速道路尼ヶ崎・栗東間が供用開始となって以来まだ日も浅い現在、好評裡にその利用度が増加しつつあることを耳にすると、われわれ日本道路公団の職員はその建設に直接的、あるいは間接的になんらかの形で参画した者として、喜びと満足感を覚えずにはいられない。これはわが国道路史上初の幹線高速道路であり、多年の国民の宿願がみごとに結実したものといえよう。それだけに土木や建築はもちろん、その他この工事の完成のために投入された技術は、その粋が尽くされており、欧米諸国のものとの比較においても、遜色が認められないといわれるのも過言ではないようである。

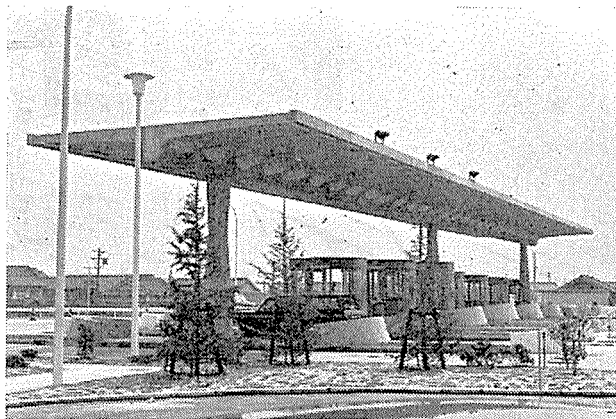
このような高度な技術水準に支えられている高速道路という一つのメカニズムの中にあるものは、たとえそれが微細な部分（例えばトール ゲートの上屋等）であろうとも、機能的 중요度においては、そのメカニズムの中核をなす部分（この場合道路本体）と同等でなければならず、もしそうでなければ、全機構の一体的、かつ完全な働きは期待できないはずである。それゆえ各建築物の柱一本、屋根版一枚の設計にも新しい建築技術を、当該部分に対して適用可能な範囲内で積極的にとり入れ、合理的でしかも機構全体の雰囲気にもマッチした優美な建物ができ上るよう心がけた。

今回この誌上を借りて報告の機会は得たものは、高速道路全体からみれば、ごく小規模なトール ゲートの上屋の部分にのみ採用したプレストレスト コンクリート工法についてであるが、この工法はプレキャスト コンクリート工法およびコンクリート シェル工法とともに現在脚光を浴びている建築技術の一つであり、これに寄せられている期待には大きなものがあるようである。

2. 設計意図と PC 工法の採用

トール ゲートとは高速道路への 出入口のことで、普通インターチェンジに設置されており、料金徴収員詰所（ブース）とこれをおおう上屋とからなっている。またブースは自動車の接触をさけるため、アイランドと呼ばれる保護体（コンクリート造）の上に設置されている（写

写真-1 豊中トール ゲート



真-1 参照)。

この種のゲートは高速道路というメカニクなものへの出入口として、またサービス エリアというヒューマンなものへのアプローチとして、これを利用するすべてのドライバーに快適さや親近感を与える一方、心よい緊張感をも与えるよう設計されるべきである。ゲートはまた、その機能上視野をできるだけ広大にとる必要があるため、極力ゲートのスパンを大きくしなければならない。しかしこのために、はり柱等の部材断面が大型化し、ゲート全体に重厚感や圧迫感が醸成されるようでは困るし、その反面、軽量に過ぎると、かえって浅薄のうらみをまねがれない。構造計画によって一概にはいい得ないが、一般的に、普通鉄筋コンクリート造（以後RC造という）には前者の傾向が、また鉄骨造には後者の傾向があるといえる。とにかくこの種のゲートに対しては、適当な量感と軽量の効果とを同時に与えるよう構造計画することが望まれた。

また表-1にも示されているように、一本の高速道路上には何箇所ものトールゲートが設置されるのであるから、規模の相違こそあれ、これらを全体として造形的に統一あるものとするのが美観的にも経済的にも望ましいことであった。

以上のような設計意図を実際に具象化し、さらに工期の短縮および工費の低減ができるような材料、工法を選定するため、あらゆる角度から検討が加えられた結果、PC工法の採用が決定した。

このような直接的な採用理由の陰には、つぎのような

* 日本道路公団本社建築課長

表—1 トール ゲートのスパン規模

工 事 場 所	トール ゲートのスパン	
	規 模 (m)	個 数
尼 崎 インターチェンジ	5.2	2
	独 立	2
豊 中 インターチェンジ	20.8	連 続 2
茨 木 インターチェンジ	10.4	1
	5.2	1
京都南 インターチェンジ	20.8	2
大 津 インターチェンジ サービスエリア	10.4	1
	10.4	1
栗 東 インターチェンジ	10.4	1
	5.2	1

間接的な思惑もあった。すなわち、建築の生産態勢が前時代的なものであるため、その生産性がきわめて低いといわれている現在、これが改善をはかるには当然建築部材の工場生産化を実施しなければならない。最近の建築界がプレファブリケーションの傾向をたどり始めたのもその一つのあらわれと考えられる。プレファブ工法、プレキャスト工法およびPC工法の三者間には、相互依存の関係があるので、建築の工場生産化傾向が強まるにしたがって、PC工法もまた大いに発展するであろうということが、PCの社会的、経済的背景をめぐっての思惑であった。

PC工法は高強度の鉄筋を強度の限界付近まで事前に緊張し、その反力として作用する圧縮力を高強度のコンクリートにかけ、コンクリート本来の欠点である引張りに対する劣弱さの改善を意図したものである。したがって、PCはあたかも弾性、じん性等の金属的性質を有するかのようになり、従来のRCのように引張側のコンクリートが無駄なマスとしないから、部材断面は小さくなり、より軽量化されること、また引張側のコンクリートに応力きれつを生じないことなどの利点がある。重量はほぼRCと同程度で強度は3倍くらいといわれている。

一方、PC工法によれば、はり柱等の部材、あるいはそれら部材の分割されたもの（以下ブロックという）を工場生産することができ、品質の向上およびコストの低減（部材の標準化と需要の伸びが条件）が期待される。同じ値段で鋼材の10～15倍の量を買うことができるといわれている。

工場で作成されたプレキャスト部材は、トラックやトレーラーで現場へ搬入され、P & H やクレーン等で、木造建築の下ごしらえ、建方と同様な施工法によって、組み立てられる。PC工法はこのように乾式工法をとることができるので、RCのような湿式工法よりは相当工

期が短縮でき経済性があるといえる。

PC工法にはストレスの導入方法の相違により、プレテンション方式とポストテンション方式との二種類があり、さらにポストテンション方式はPC鋼線（またはPC鋼棒）のコンクリートへの定着方法の相違により、フレシネー法、メスナーゲル法、ディビダーク法などに分類される。これら各種の工法より、本トールゲートの構造計画に最も適したものとして、ポストテンション方式の一つであるフレシネー法が採用された。

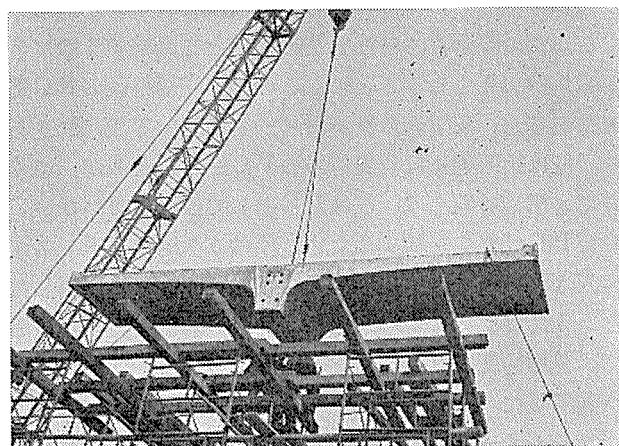
3. 構造計画とフレシネー法

トールゲートの構造計画として、基礎および柱は現場打設のRC造、はりおよび屋根版はPC造という、いわば折衷方式がとられた。

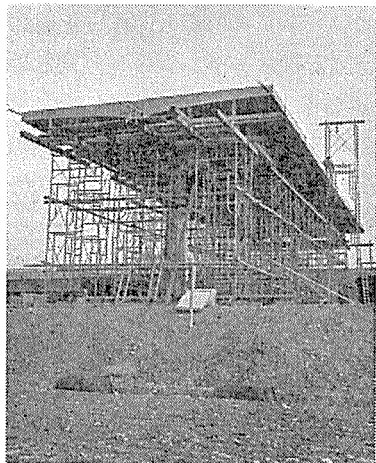
はりと屋根版は最初から一体の構造をなすよう計画されたため、この部材のはり方向に直角な断面はT型となった。ゲートの奥行は一定（8.5m）であるが、桁行は設置されるアイランドの数によって変化する（5.2～41.6m）ので、T型断面をもつ一定のはり長のコンクリートブロックをプレキャストの単位とし、このブロックを工場生産することにした（写真—2 参照）。このブロックを現場へ搬入し、おのおのをはり方向に連続することによって所定の桁行の上屋（屋根版）を構造する（写真—3 参照）。このコンクリートブロックには高強度のコンクリートが使用されているが、補強筋としてはRCに用いられる普通の丸鋼が使用されているだけで（写真—4 参照）、ストレスは導入されていない。したがって工場生産されるコンクリートブロックは単なるプレキャストコンクリートでPCではないわけである。

ブロックを現場で所定の長さに連続してから、各ブロックを一体に緊結するために、はり方向にストレスを導入する。この段階で部材は始めてPCとなる。このはりと屋根版の一体になったPC部材は、あらかじめ柱（RC造）に定着されているPC鋼線（写真—5 参照）で、そ

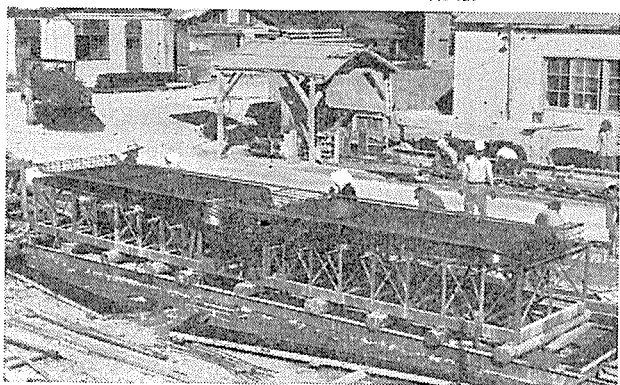
写真—2 T 型断面をもつコンクリート ブロック



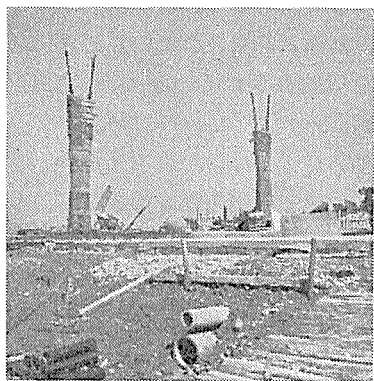
写真—3 ブロックすえつけ



写真—4 T型ブロックの配筋



写真—5 T型ブロック緊結用PC鋼線



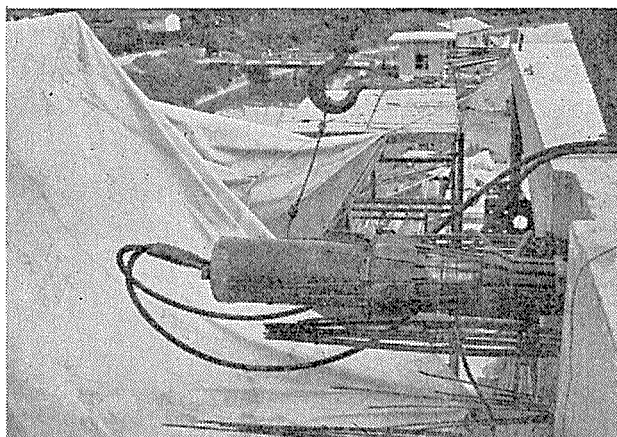
の柱に緊結され、はり柱は一体となってラーメン構造となる。この場合もちろん、柱にははりを緊結する際にストレスが導入されることになるので、現場打設のRC造ではあるが、高強度のコンクリートを用いる必要がある。柱は結果的には現場打設のPC造といえるが、あくまでも構造計画上は、柱はPCとして扱われていない。ただPCばりを緊結するため、柱に二次的にストレスが導入され、そのために高強度のコンクリートを使用したというだけである。基礎は柱と同様、現場打設のRC造で、普通強度のコンクリートを使用し柱と一体となるよう施工した。

フレシナー法はPC鋼線（またはPC鋼より線）を単

線で使用するものと、これを束としケーブル状で使用するものがあるが、本工事には後者が用いられ、ケーブルは12φ5mm および12φ7mmの2種類であった。一本のケーブルは13本のPC鋼線よりなり、これらの鋼線は間隔材としてのセンタースパイラル（鋼製）の外周に、互いに平行に置かれ固定された。このように固定された鋼線群を被覆材としてのシース（鋼製）内にそう入すれば、PCケーブルができて上がる。

このケーブルを、前もって所定の位置にすえつけられた屋根版用T型ブロックのケーブルそう入用孔に通して緊張すればストレスが導入され、各ブロックは相互に緊結されて、あたかも一本のはりのようになる。すえつけられたブロックのうち両端のもののケーブルそう入孔には、PC鋼線定着用のメスコーンが取り付けられている。メスコーンを通ったPC鋼線は二段作用のジャッキに鋼製クサビで定着される。ジャッキの作用でPC鋼線に引張力を与えたら、さらにオスコーンを押し込むジャッキを作動させてPC鋼線をコンクリートに定着する（写真—6参照）。結局PC鋼線はメスコーンとオスコーンとの間にはさまれ、両者の摩擦力で定着されることになる。

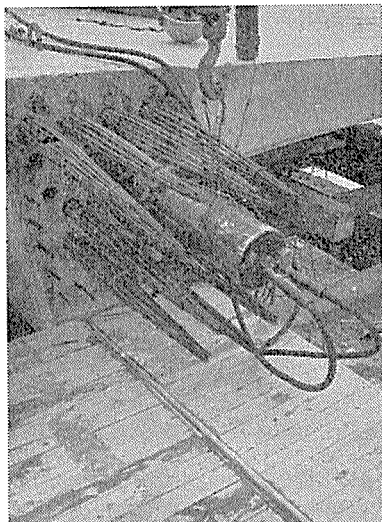
写真—6 はりの緊張



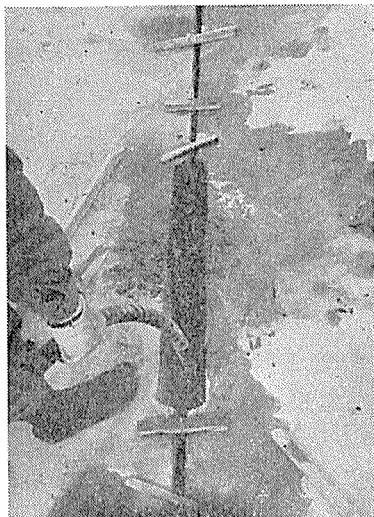
写真—7 グラウト注入



写真—8 はり部分に目地用欠き込みが見える



写真—9 ブロック目地詰め



P C鋼線の緊張および定着が終了すると、オスコーンにあるグラウト注入孔からグラウトをポンプにより圧入（写真—7 参照）し、シーすとP C鋼線の間げきを充填する。グラウトは一種のセメントペーストで、P C鋼線群を一体に結束して、その応力変化を付着強度によって調整すると同時にP C鋼線の防錆被覆ともなる。

T型ブロックばりの木口面には、写真—8 にみるような欠き込みが設けられており、ブロックが相接してすえつけられるとこの部分は両ブロック接合用の目地となり（写真—9 参照）、この部分にコンクリートを充填する。

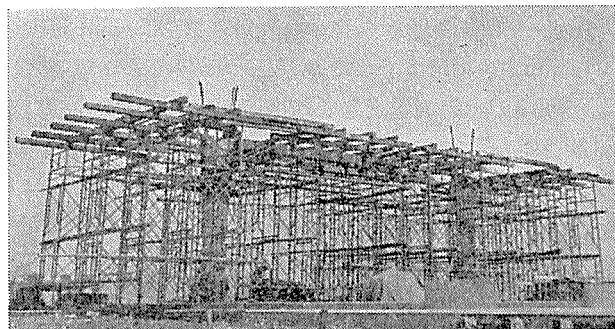
この他T型ブロックの翼の木口部分には目地鉄筋が取り付けられており、これによって相隣るブロックの翼の部分同志を接合する（写真—11 参照）。

4. 施工関連事項

以下に本工事の施工関連事項を工事別に簡単にまとめてみよう。

各ゲートの規模とこれに関連する事項を使用ブロック

写真—10 パイプサポート構台



写真—11 ブロック目地鉄筋溶接



の種類別に示すと表—2 のようになる。

本工事の主要な部分をなすものは、ステージング（プレキャスト コンクリート ブロックのすえつけ等、P C工法に使用されるパイプ サポートの構台（写真—10 参照）の組み立てから撤去までのP C上部工事であるから、これについての工程表を示すと表—3 のようになる。

表—2 トールゲートの部材規模

ブロック形式	スパン (m)	ブロック数 (個)	基礎の規模 (m)	柱数 (本)	柱の規模 (m)	柱埋込みP Cケーブル (本)
④	20.8×2	28	3.5×2.0	3	1.0×0.4	6 (12φ7)
A	20.8	16	3.0×2.0	2	1.0×0.4	6 (12φ7)
C	10.4	10	2.5×2.0	2	1.0×0.4	6 (12φ5)
D	5.2	7	2.5×2.0	2	1.0×0.4	4 (12φ5)

表—3 トールゲートP C上部現場工事工程表

工事場所	形式	1月		2月		3月		4月		5月		6月	
		10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
黒川インターチェンジ													
大津インターチェンジ													
京都東インターチェンジ													
京都西インターチェンジ													
茨木インターチェンジ													
尼崎インターチェンジ													
豊中インターチェンジ													

注：この工程表はステージング組立から撤去までのP C上部工事のみである（基礎、柱、防水、仕上げの各工事とブロック製作工事はふくまず）

(1) T 型ばりブロック製作

ブロックはT型断面を有し、大きさは $8500 \times 1710 \times 1000$ mm, 重量は 5.6 t である。コンクリート強度は $F_{28} = 450 \text{ kg/cm}^2$ 以上とし、鋼製型わくを用いた（写真—12 参照）。コンクリート打設にあたっては、棒状振動機と電動式外部振動機を併用し、振動を十分与えた。型わくの回転率を高めるため、ブロックには飽和蒸気を通し 50°C 前後で 8~12 時間の養生を行なった。

製品寸法が構造物の外観にいちじるしい影響をおよぼすので、型わく間の寸法差異および型わくの曲線相互の取合わせ面などに特に留意してブロックの製作にあたった。

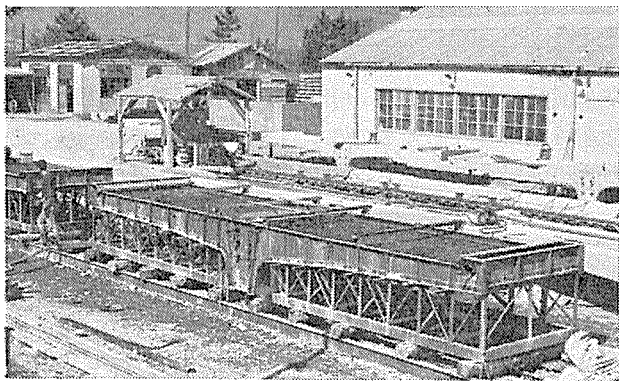
ブロック製作工程は平均2日で3ブロックであった。

(2) 基礎・柱工事

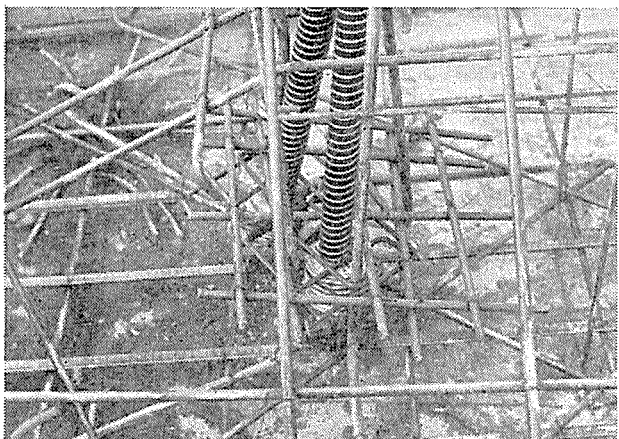
基礎および柱のコンクリート強度はそれぞれ、 $F_{28} = 180 \text{ kg/cm}^2$ および $F_{28} = 300 \text{ kg/cm}^2$ 以上とし、柱は打放しとした。

基礎にははり柱緊結用PCケーブルの埋込端が鉄筋で十分アンカーされた（写真—13 参照）。この埋込端は特殊なもので、写真—14 にみるように、6本のPC鋼線を鋼管を介してUターンさせ 12本のPC鋼線の束（PCケーブル）とし、これをフレシナー コーンで締めつけて鋼管とPCケーブルを固定したものである。PCケーブ

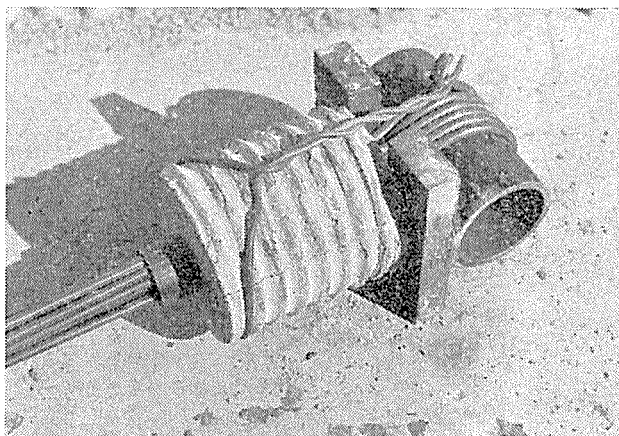
写真—12 T 型ブロック鋼製型わく



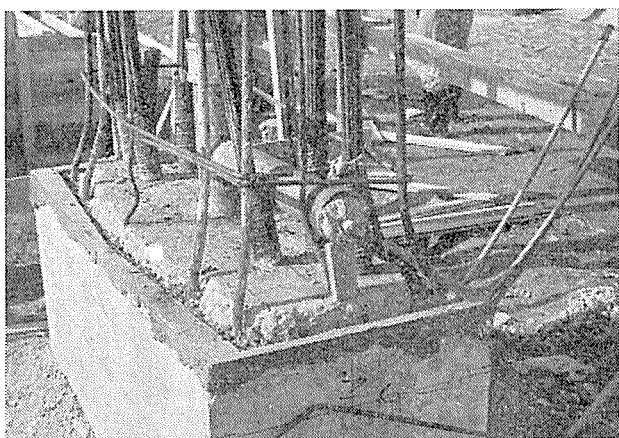
写真—13 PC ケーブル埋込端アンカー部



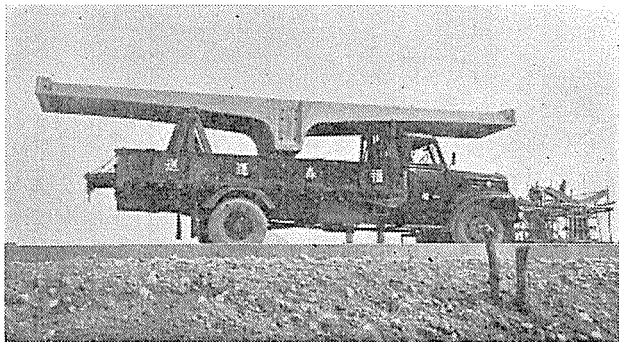
写真—14 PC ケーブル埋込端



写真—15 柱脚部（ドレーン パイプがみえる）



写真—16 ブロック 運 搬



ルおよびドレーン パイプはアンカーによって正確な位置に固定された（写真—15 参照）。

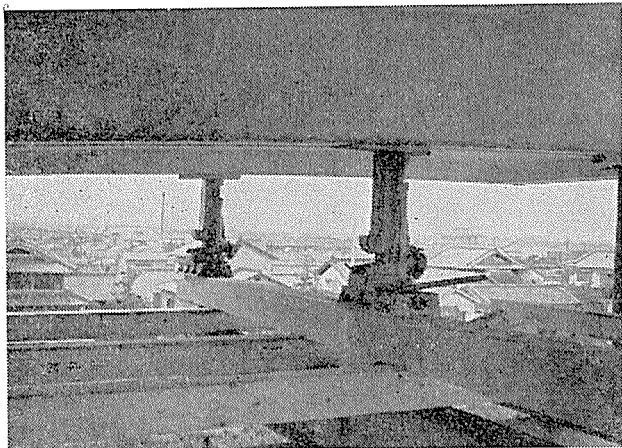
(3) ブロックすえつけ工事

6 t 積トラック 1 台に 1 ブロックを 写真—16 にみるような具合に乗せて現場へ運搬した。

現場に搬入されたブロックは仮置されることなく、あらかじめ現場に組み立てられているステーシングの上に 25 t 吊りの P & H で吊り上げられすえつけられた。なおブロック位置の微調整は ジャーナル ジャッキで行なわれた（写真—17 参照）。

豊中インター チェンジのトール ゲートの上屋（使用ブロック数は 28 個）は設計上の要求（2 スパン連続）

写真-17 ジャーナル ジャッキにてブロックのすえつけ微調整



により、最初中央の6ブロックを緊張して、つぎに全体を一体にする必要があったので、まず中央の6ブロックおよび両端の2ブロックずつをすえつけて、全体の通りを正しく調整し、中央の6ブロックの緊張が終了してから、残り18ブロックを所定の位置にすえつけた。

P & H の作業可能な現場におけるブロックすえつけ工程は1~2日であった。

(4) 目地工事

現場練りしたコンクリートをブロック目地に振動詰めし、ブロックの翼部分にある目地鉄筋を溶接した。また柱頭部、すなわち柱とはりの接合部分の間げきにはドライモルタルを充填して仕上げた。

目地工事は各現場とも1~2日で終了した。

(5) 緊張工事

緊張は、まずT型ブロックを両端よりフレシネージャッキで緊張し、つぎに柱頭部でブロックを貫通し、柱を介して基礎にアンカーされているPCケーブルを緊張し、はり柱の固定を終了した(写真-18参照)。

緊張は各現場とも約1日で終了した。

導入ストレスは、12φ7mmのケーブル1本あたり40t、12φ5mmケーブル1本あたり23tであった。

(6) グラウト工事

使用グラウトの配合はグラウト出来高1m³あたりつぎのとおりであった。

セメント	1420 kg	水	570 kg
ボゾリス No. 8	4.4 kg	アルミニウム粉	4 g
(参考) フロー値 約 15 秒			

グラウトの注入は、T型ばりブロックの場合は両端木口面のオスコーンから、また柱の場合はコンクリート打設以前にあらかじめ基礎にアンカーして置いたビニールパイプを通して下部より上部へとグラウトポンプを用いて実施した。

(7) 防水工事

ゲートの上屋を構成するプレキャストコンクリート

写真-18 柱の緊張

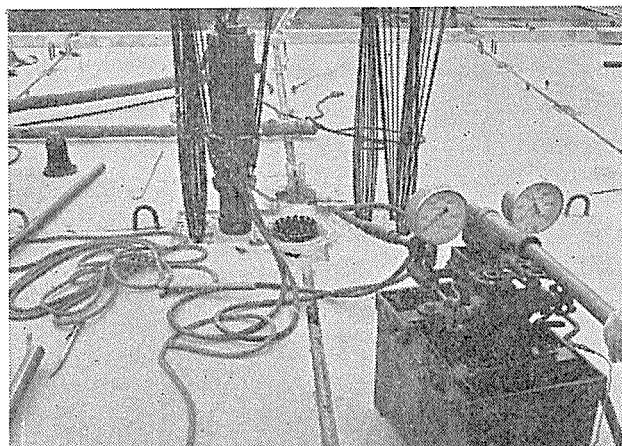


写真-19 ルーフドレーン



ブロックは、それ自体についていえば、透水のおそれはないのであるが、それらのブロックの接合部、つまり目地部分からの透水の危険性を考慮して念のため、上屋全面について防水工事を行なった。

柱頭部の屋根面(ブロックの上面)にはルーフドレーンをつけた(写真-19参照)。屋根面にははりの軸方向が谷になるように水勾配(1/100)が設けられ、さらに、はりが長くなる(10ブロック以上になる場合)ような場合は、柱頭部のルーフドレーンに向かって谷自体に水勾配が設けられている。

防水はアスファルトルーフィング(20kg)一層ばりの上に、砂付ルーフィング(25kg)一層をはりつけた。外廻り防水の立上り部分は鋼板フラッシュを使用して納めた。

防水工事は各現場とも一組3名で3~4日かかった。

この種のPC工事について、今後特に留意すべき点が二、三発見された。まづ目地工事であるが、目地モルタルのあくが屋根版下端にしみ出てきたこと、つぎは緊張工事で、緊張によるものと思われるヘヤークラックが屋根版に発生したことなどがその例である。

トールゲートの屋根版下端は見えがかりの部分で、意匠上特に水際立つところであるだけに、このような施工上の欠陥の是正は今後はその研究の余地を残している。

また、これは構造上の問題で、この種のゲートに限られたものではないが、本ゲートの場合、スパン方向に対しては柱脚部はピン構造として扱われており、地震あるいは基礎の不同沈下等によるはり柱接合部の変形は、柱脚固定の場合より大となるので、この変形の、導入ストレスおよび緊張PC鋼線におよぼす影響等の研究も、今後に残された課題といえよう。

5. む す び

PCの多くの優位性はわが国ではもちろん、欧米ではそれ以前より認められているが、それとていまだ発展段階にあるわけで、細部にわたれば決して完全なものとはいえない。観点が相違すれば、あるいは、ある点だけについていえば、PC工法にはまだかなりの欠点があるといえよう。しかし欠点があるからというだけで、その方法を非難することは早計である。なぜなら、ある一

定の条件下ではその欠点も目的達成の可能な範囲内では問題とならない場合があるからである。

また、建物をその所期の機能が發揮されうる範囲内で経済的に設計するということが、われわれ常に予算に拘束されているものの目的であって、経済性を無視していたづらに完全性のみを追求することはナンセンスであろう。

このような見地からすれば、名神高速道路の各トールゲートの上屋にPC工法を採用したことは一応の成功であったといえるであろう。

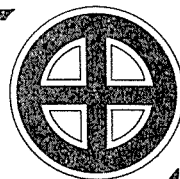
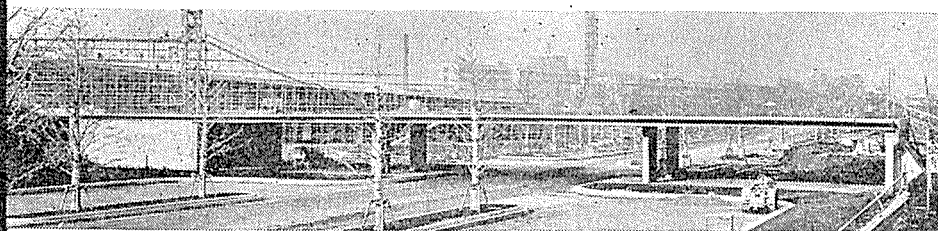
上記の執筆に当り、資料の提供等絶大なる援助協力を賜った坂倉準三建築研究所、ピー・エス・コンクリートKKおよび豊田コンクリートKKに深謝します。

参 考 文 献

- 1) Posttension 方式の各種、建築技術、1963年1月号
- 2) Prestressed Concrete, 新建築、1964年2月号
- 3) Prestressed Concrete の緊張力減退に関する基礎的研究、建築雑誌、1963年8月号
- 4) Prestressed Concrete, Building Construction Handbook, Frederick S. Merritt, Editor

1964.2.26・受付

駒沢公園跨道橋(橋長60m00. 3径間連続橋) 東京都



**PC
構造物**

プレストレスト・コンクリート

**設 施 製
計 工 造**

旧称 北日本PSコンクリート株式会社

田島工業株式会社



表示許可番号
第8222号

本 社 富 山 市 中 島 6 電 話 代 表 (富 山) ② - 6 1 2 7
東 京 支 店 東 京 都 港 区 芝 三 田 4 の 38 電 話 (451) 7404 (452) 2780 (452) 1891 ~ 2
大 阪 営 業 所 大 阪 市 南 区 順 慶 町 2 丁 目 順 慶 ビ ル 内 電 話 (261) - 6 0 9 3
名 古 屋 出 張 所 名 古 屋 市 中 区 御 幸 本 町 通 り 3 丁 目 御 幸 ビ ル 内 電 話 (23) - 3121
工 場 ○ 富 山 市 ○ 相 模 原 市



水道管の革命!!

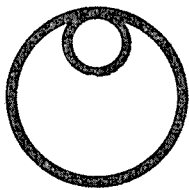
安く強い“プレストレストコンクリート管”

- 特 長
1. 設計水压に応じた合理的な管が製造出来る。
 2. 同じ水压または口径に対して鉄管類より遥かに安い。
 3. 高压に堪えて破壊することなく特殊な複元性がある。
 4. 内面が平滑で永久に変化しない為流量が減少しない。

本 社 東京都中央区日本橋本石町3-6
電 話 (241) 2111 (代表)

工 場 横 浜 ・ 名 古 屋

帝国ヒューム管株式会社



株式会社 十二製作所

取締役社長 南 出 他 十 郎

本 社	東京都千代田区丸の内1丁目1番地(国際観光会館4階432号) 電話 丸の内 (231) 7812・5081
分 室	東京都中央区八重洲2丁目5番地(マスマビル3階) 電話 千代田 (271) 5528・8272
深川工場	東京都江東区南砂町1丁目1016番地 電話 江 東 (644) 0141~3
八千代工場	千葉県千葉郡八千代町大和田新田590番地 電話 八千代 0474 (8) 3126~7