

東名高速道路“川音川橋”の施工について

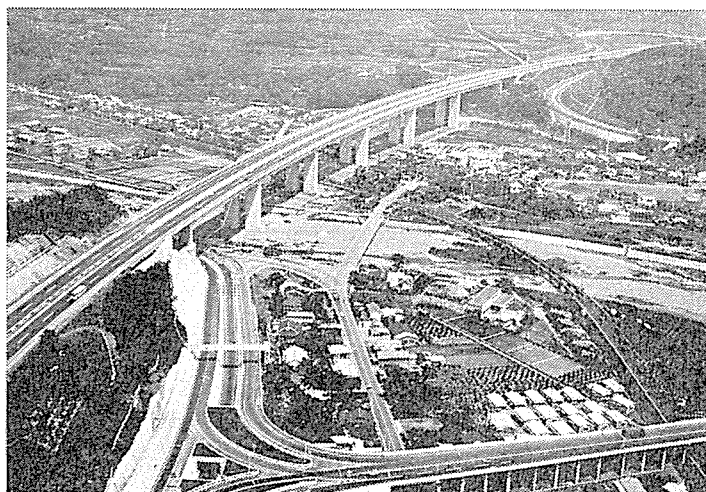
笹戸 康夫*・野中 幸治*
宮本 潔*・今井 勤**

1. ま え が き

川音川橋の計画と設計については、すでに本誌 Vol. 11, No. 3 で報告をした。本橋は従来採用されてきた変断面形式とちがい、等高桁断面のTラーメン橋であり、しかも道路、鉄道、人家集落地域の上空をよぎって施工するため、技術の面よりも、安全管理を優先して考えたうえでの施工方法をとらねばならなかった。

本稿では、主として施工について、われわれが当面したいろいろの問題をとり上げ報告するものとする。なお一部、設計についての報告と重複する部分もあるが説明上やむをえなかったので御許し願いたい。

写真-1 全 景



2. 川音川橋の概要

場 所：神奈川県足柄上郡松田町
橋 種：プレストレスト コンクリート道路橋
橋 格：1等橋 (TL-20)
P C方式：T型ラーメン部 ディビダーク工法
単純ばり部 フレシネー工法
形 式：箱型断面2径間T型ラーメン，および2室箱型断面単純ばり

* 日本道路公団
** 住友建設株式会社

橋 長：上り線 588 m
下り線 600 m
支 間：29.0+89.616+4@88.800+89.616
+29.0 m
幅 員：2@10.95 m (総幅員 26.6 m)
桁 高：5 m の等高
曲率半径：1 500 m

使用材料：

コンクリート 主桁 $\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$
橋脚 $\sigma_{ck}=240 \text{ kg/cm}^2$
P C鋼棒 (ディビダーク2種) SBPC 80/105
 $\phi 33$, 縦方向・斜め方向
 $\phi 27$, 横方向
P Cケーブル 12× $\phi 12.4$ ストランド
鉄 筋 SD 30

3. 施工の基本方針と仮設計画

本橋の架設地域は、先にも述べたとおり国道、県道、小田急、人家の集落地域であり、架橋高さは地上約 40 m と非常に高い。したがって、いかなる小物といえども落下物は第三者に直接の危害を与える恐れがあり、本橋のすべての施工方針はここから出発しなければならなかったわけである。しかし、直接技術面とあまり関係のなさそうに見える安全設備が、実際には施工上非常に役立った。落下防護施設は物体の落下防止だけでなく作

写真-2 施 工 中

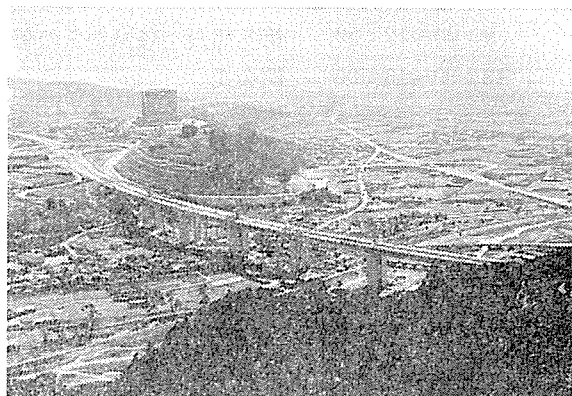


図-1 一般図

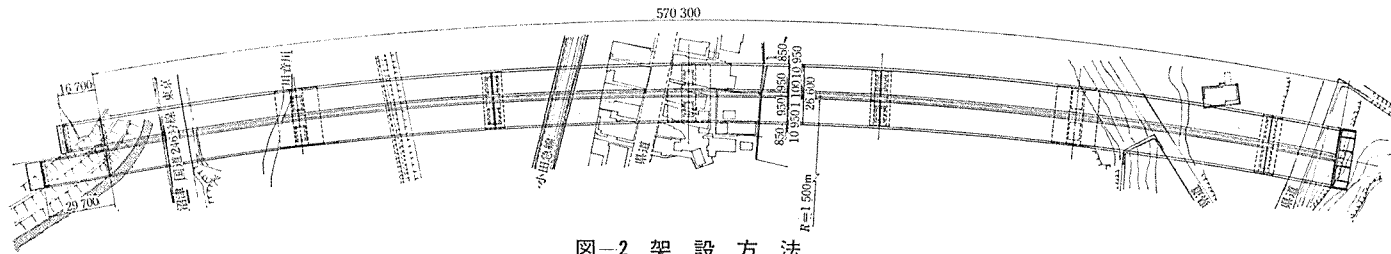
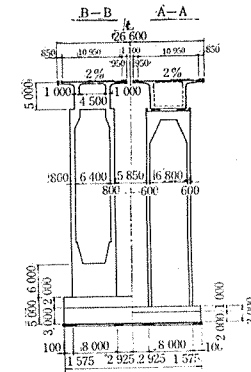
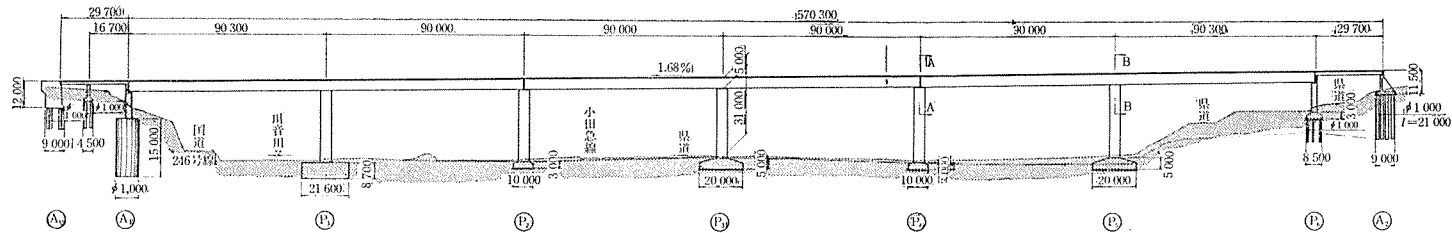
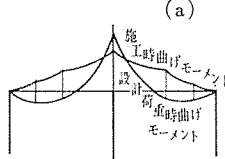


図-2 架設方法

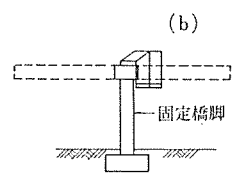
表-1 上部工施工に用いた主要機械

機種	仕様	単位	数量
トラッククレーン	18 t	台	1
"	100 t	"	1
"	32 t	"	2
タワークレーン	2.5 t (201-P)	"	5
エレベーター	400 kg (6名)	"	3
ユニバーサルクレーン	2.0 t	"	3
クラフトクレーン	"	"	1
フォークリフト	1.5 t	"	3
フォルバワーゲン	ハンガー式 145 t・m	"	6
ウインチ	30 HP 複胴	"	3
減速ウインチ	15 HP 単胴 (4.5 t)	"	2
電動ウインチ	7.5 HP	"	8



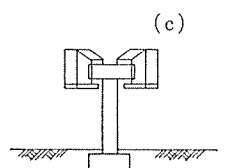
(a)

2 径間連続ラーメンであるため、支間中央付近における施工中の応力状態は完成後の応力状態と異なる傾向を示すので、施工中は 4 本の仮支柱を建てて支えると共に橋桁には、仮プレストレスを導入して架設作業を進める。



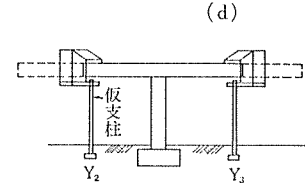
(b)

固定橋脚柱頭部に 1 台目のワーゲン (Vorbau Wagen 架設作業車) を組立て No. 1, No. 2 ブロックを施工しワーゲンを前進する。



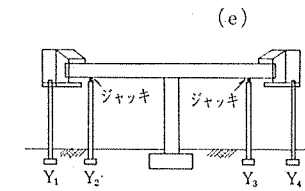
(c)

ワーゲンを前進することにより空いた柱頭部に 2 号車を反対向きに組立て反対側のブロックを施工し、以後バランスをとりながら左右交互に架設作業を進める。



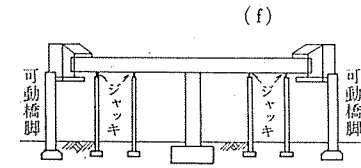
(d)

桁が伸びるに従い架設時応力が非常に大きくなり施工中の曲げモーメントを抑制するために仮支柱で桁を支え仮鋼棒を上床版に配置する。



(e)

假支柱をすぎて橋脚をのぼしてゆくとまた架設応力が大きくなり、2 本目の假支柱を建てさらに橋脚を伸ばす。



(f)

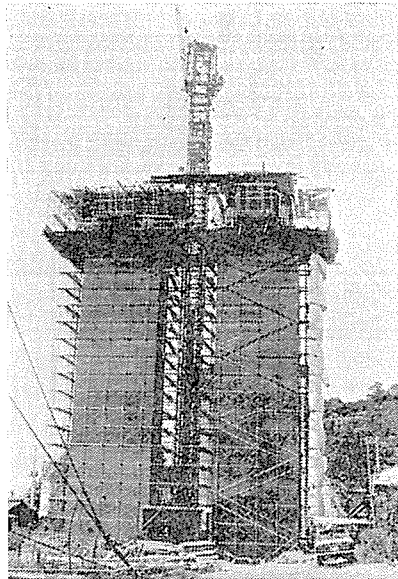
橋体が完成し、ワーゲンを撤去し全プレストレスの導入が終了後可動橋脚の上で橋桁を約 15 cm ジャッキアップして、施工中の曲げモーメントを調整する。次に假支柱を取りのぞいて、2 径間ラーメン橋とする。

業員の高所恐怖感を減じた。また、作業員の昇降のために設けられたエレベーターは安全のためと、作業能率向上のために十分の効果があった。

本橋の架設の方法については、設計に関する報告で述べたとおり仮支柱の助けを得ながら施工する方法がとられた。すなわち、固定橋脚から西側に張り出されてゆく橋桁が、その自重による曲げモーメントに耐えられないようになる場所（およそスパン中央付近）に仮支柱を建て、以後の荷重はこの仮支柱にもたせながらさらに張出し架設を進め、途中でもう一度仮支柱を建てて全スパン 90 m を片持施工するものである。もちろんこの間、スパン中央付近から先では、施工中の曲げモーメントに対して上床版のうえに P C 鋼棒を配置し、仮プレストレスを導入したわけである。そして、施工中の影響を除くため、最終的に可動橋脚で橋桁を約 15 cm ジャッキアップして曲げモーメントの調整を行ない、橋桁を完成させるのである。

上部工施工に対して使用した主要機械は表一1に示す。仮設備用機械において最も考慮したのは画一化と省力化と高速化である。特にタワークレーンはすべての資材の搬入に使用されるが、同時に4台のワーゲンを稼働させてゆく場合に、資材搬入がウィークポイントにならないよう、巻きスピードを高めるなどの仕様変更をして

写真一3 タワークレーンとエレベーター



能力にゆとりをもたせた。またコンクリート打ちに対しても、タワーで巻き上げた後の運搬にはフォークリフトを用い、生コン車の受入れからフォークリフトからの排出までを運転手を含めて4名で処理することができた。また、作業員の昇降エレベーターはトラがとれないため、タワークレーン用のタワーと同じタワーの中に設け2本のタワーを結び合わせて安全をはかった。これらのことは、用地解決の遅れによって生じた、工事後半の突貫作業命令に対しても、非常に役立った。これらの当初の段取りによって、はじめて予定どおりの完成をなしたといえる。

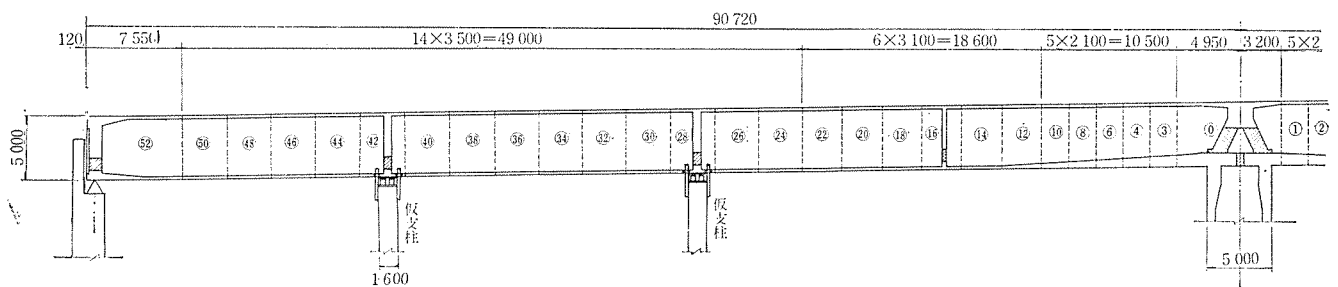
4. 下部工の施工

架設地域は両側に段丘部が迫っているが、平坦部は比較的良好な地盤であるので直接基礎を採用し、段丘部は10~13 m 程度の深さに支持層があったため場所打ちコンクリート杭および井筒基礎を用いた。ただ位置が道路、人家などに近いため、種々の工夫がこらされ、狭い区域にもかかわらず変化に富んだ施工となった。

A₀、P₂、A₂ 基礎はベノト杭 (φ 1.0 m) を用いた。A₁ 基礎は直径 10 m の井筒基礎であるが、施工後、国道 246 号線の改良拡幅工事のために沈下部の約 5 m はのり面に露出されてくることが予定された。P₁ 基礎は川音川のちょうど中央にきたため、井筒形式で沈設する直接基礎である。P₂、P₄ の可動脚基礎についてはそれほど問題はなかったが、P₃ 基礎は県道横で人家集落の中央にあり、のり面崩壊防止のためコンクリートの吹付け工等も実施した。P₅ 基礎は県道ののり尻にあり、フーチングがのり面下にくい込むため、県道とのり下を二重にシートパイル打ちし、くい込み部はアイランドカット工法により施工した。

橋脚は中空式の高橋脚で 8 m × 5 m の大きさである。断面には鉄骨を配置し、施工はまず鉄骨を組みあげてから、これを基準として型わく、鉄筋を組み、コンクリートを打った。本橋は2社による共同企業体によって施工されたが、本橋のごとく橋桁と橋脚が剛結されているような構造物においては、橋脚も橋桁と同様の応力過程をうける。このため施工分担の上では特にこのことを考慮

図一3 主 桁 施 工



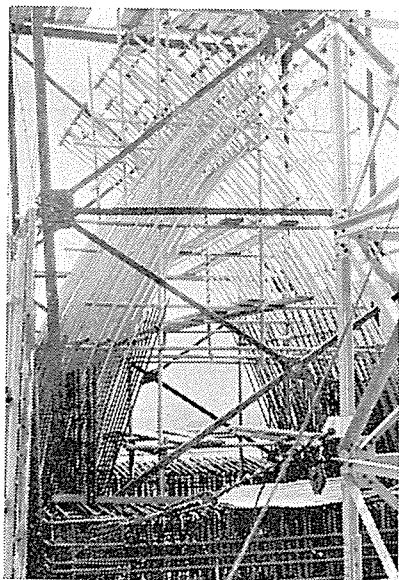
し、一貫して施工しうる態勢をとった。

5. 橋桁の片持ばり施工

片持ばり施工そのものについては、すでに多くの報告もありここではふれない。図-3 に標準的な施工ブロック割りと仮支柱の位置を示す。3 ヶ所の横桁のうち2 ヶ所は仮支柱の位置であり、約 800 t の反力をうけるので断面も大きく、PC 鋼棒が密に配置されている。したがって、この横桁は主桁コンクリートと同時に打設されたが、コンクリート量が多くなりワーゲン能力をこえるので、上床版下で打継ぎ、二度打ちした。薄い横桁についてはあと打ちとした。

橋は半径 1500 m の曲線橋である。そのためワーゲンは、数ブロック施工ごとに方向を修正しつつ片持施工を進めた。測量は1 スパン前方の脚を見直した線からの曲

写真-4 柱頭部トラス PC 鋼棒配置状況



線の縦距を各施工ブロックごとに求め、それによって曲線を設定した。また、このカーブの影響で、2 本の主桁の長さは、1 スパン90 m で約 40 cm の差を生ずる。したがって、両主桁の PC 鋼棒の長さの調整が必要となる。本橋では原則として片持施工中に3 回、ねじ部の切断と調整カプラーの使用により調整するとともに、桁端まであと 20 m 付近に達したときに、桁端までの距離を

ブ ロ ッ ク 割 り 図

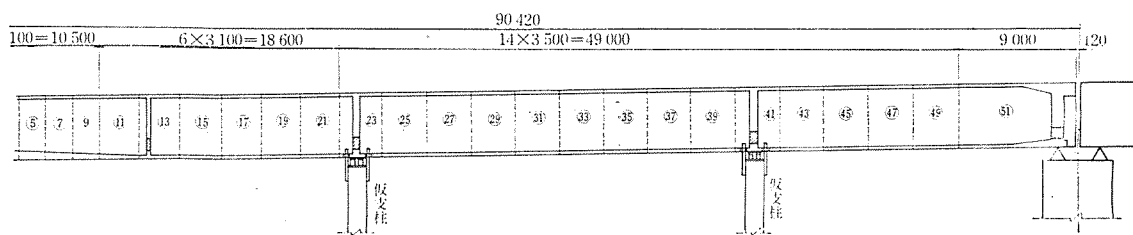
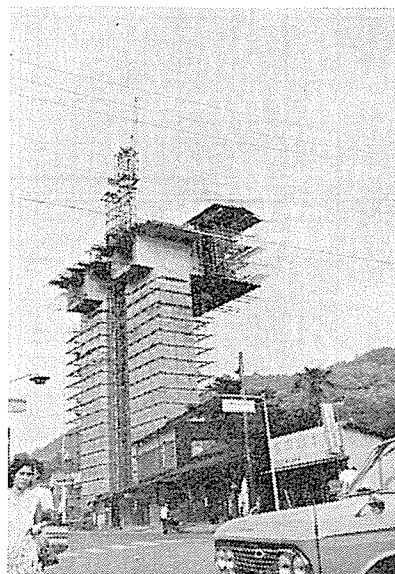


写真-5 第1ブロック片持ばり施工中



実測して残長を求め、桁端のつり支保工部分で最終調整を実施できるようにした。このように片持施工で曲線橋を施工することは直線橋と何等変わらず、あらかじめ準備することは何もない。

交通頻繁な道路上での片持施工の例は、渋谷高架橋、後楽園歩道橋、大阪の末吉橋など例も多い。本橋の場合

はこれらに加えて従来の例にない鉄道の上の施工がなされた。このため、もちろん事前に小田急との施工協議が繰り返され、ワーゲンを完全におおって、作業中に物の落下が絶体ないように万全を期すということで了解を得たのであるが、施工中何の支障もなく完了できたことは喜ばしいことである。

実際に施工された工程表を図-4 に示す。ワーゲンは6 台を準備し2 回転用した。工事は用地解決が遅れたため当初の予定から約6 カ月遅れる見通しとなった。この

写真-6 小田急線上空での施工

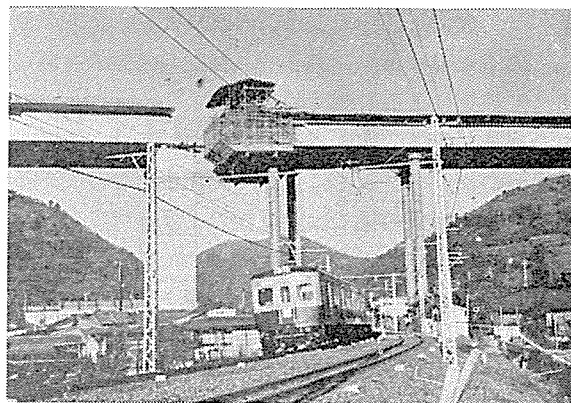
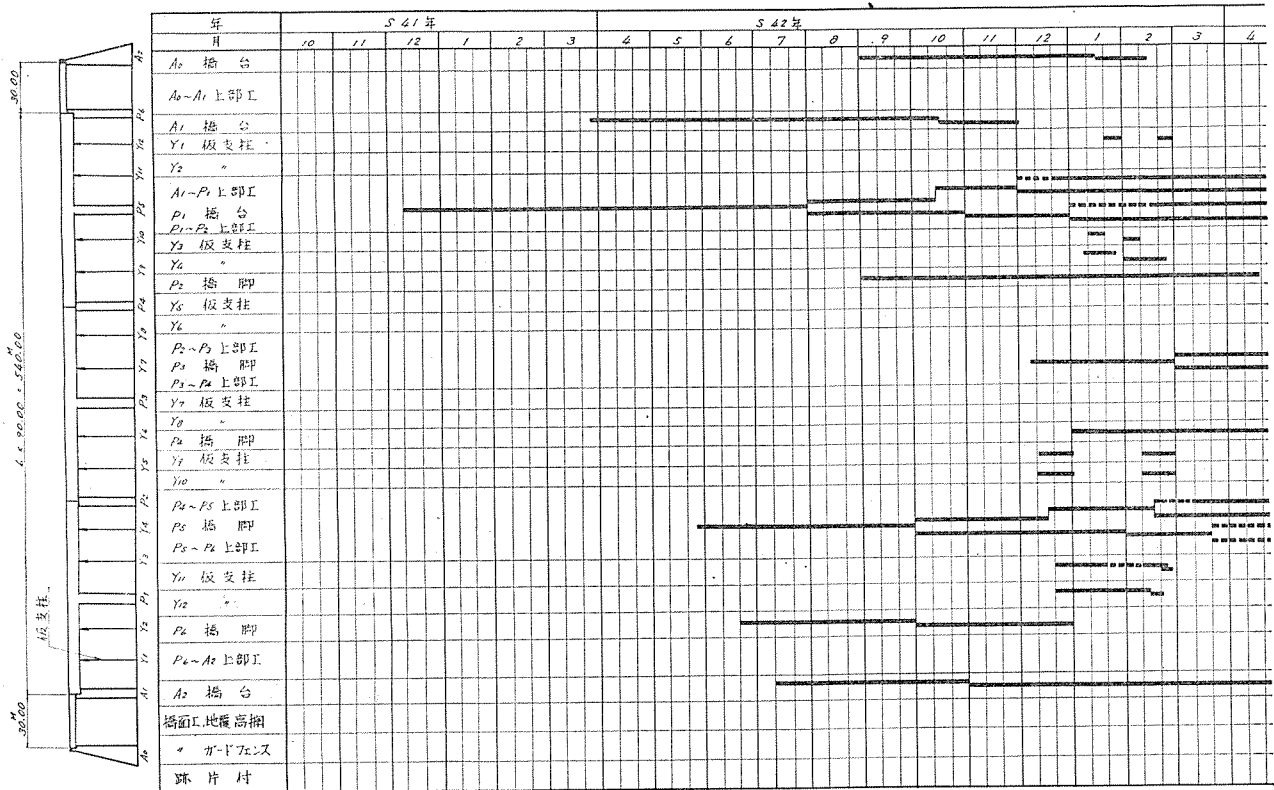


図-4 東名高速道路川音川橋



ため 43 年 4 月から、工事促進命令が出されて突貫態勢がとられた。工事促進のためにとられた処置はつぎのとおりである。

- ① ワーゲンを改造してワーゲンの併進を可能とした
- ② 2次緊張の実施により、コンクリートの硬化待ち時間を少なくした
- ③ つり支保工部分の支保工の改良とワーゲンの利用
- ④ 冬期におけるコンクリート養生の効果的な運用
- ⑤ 夜業等による労働時間の強化

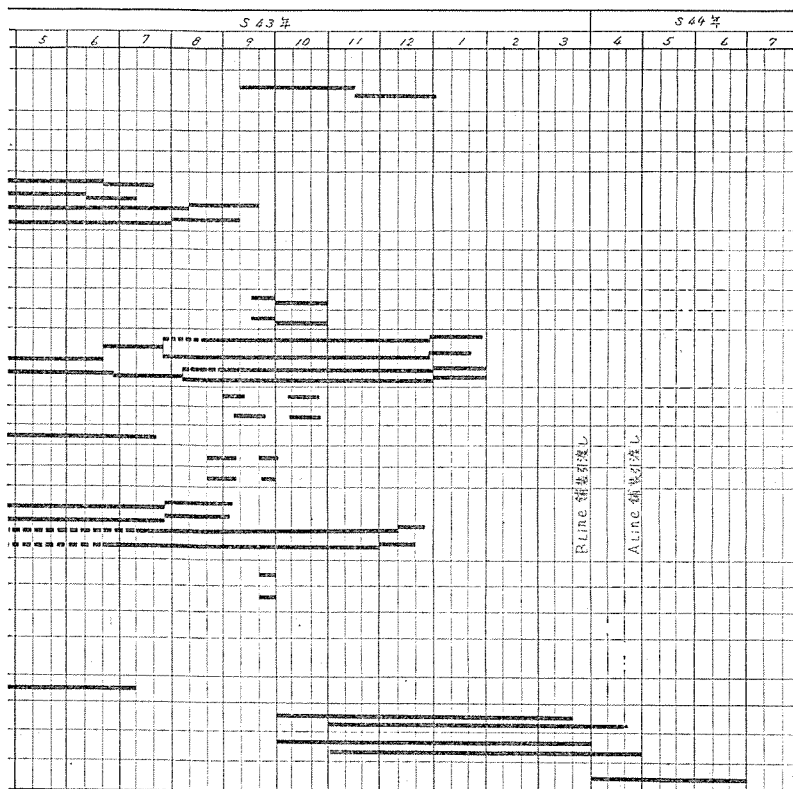
このうち、特に2次緊張の実施については、通常、橋梁完成後のクリープ変形に大きく関係するわけであるが本橋のごとき形式の橋では完成後のクリープ変形量が非常に小さく、川音川橋では最大 0.8 cm である。そのためたとえ材令の小さいときに1次緊張を実施しても、その影響はほとんど無視しうることから、2次緊張が採用された。ディビダーク工法において、逐次各施工ブロックにプレストレスを入れてゆく場合には、PC鋼棒のアンカー後方のコンクリート圧縮応力や、プレストレスによる応力の大きさなどの関係から、ディビダーク工法設計施工指針(案)一土木学会一では、所定のプレストレス導入に対して、必要コンクリート強度が規定されている。また、普通の場合、計算上は1ブロックのみの自重とワーゲン自重に対しては、プレストレスは存在しなくても、橋軸方向に配置された鉄筋のみで十分安全である。このようなことを考慮したうえで、コンクリート強度

表-2 プレストレスを与えてよいときの定着具付近のコンクリートの所要圧縮強度

	アンカーの中心とコンクリート縁辺との距離 (cm)	アンカー相互間の中心距離 (cm)	プレストレスを与えてもよいときのコンクリートの圧縮強度 (kg/cm ²)
SBPC 80/105 φ 27 アンカープレート アンカークロック (φ 140)	12.0	17.5	200
	11.0	17.5	230
	10.0	17.5	260
SBPC 80/105 φ 33 アンカークロック (φ 170)	15.0	22.0	200
	14.0	22.0	230
	12.5	22.0	260
SBPC 95/120 φ 27 アンカープレート アンカークロック (φ 140)	13.5	17.5	200
	12.5	17.5	230
	11.5	17.5	260

が 150 kg/cm² に達したときに、所定のプレストレスの1/2を導入し、その上でワーゲンを前進させ、型わく、鉄筋、PC鋼棒の配置を行なうこととした。そしてコンクリートの強度が表に規定された強度に達したら再度ジャッキを装着して所定のプレストレスを入れ、その後につぎのブロックのコンクリートを打設するというようにした。これによって、硬化待ちの時間が大幅に短縮でき、夏期においては早いときで打設の翌日、冬でも2日目には1次緊張をすることができ、工程全体からみて、1ブロックごとに約1日あての工程短縮ができたといえる。もちろん、この方法は、一般的に推奨できるものではないが、将来におけるクリープ変形量等をよく検討し

工事実施工程表



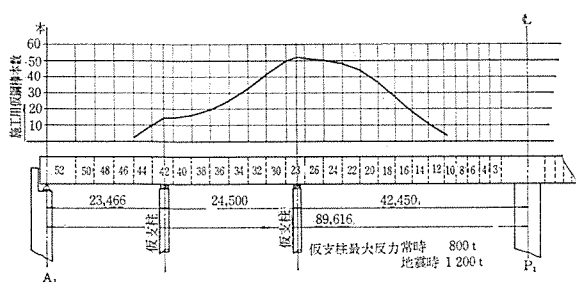
たうえでならば、やむをえず工程短縮をはかるためには有効な手段と思われる。

冬期のコンクリートの暖房養生については後述する。

6. 仮支柱と仮鋼棒

図-5 は上り線側 P₁ ラーメンにおける仮支柱位置と施工用仮鋼棒の必要本数を示す。

図-5 P₁ ラーメンにおける仮支柱と施工用仮鋼棒の必要本数



仮支柱の構造としては、

- ① 組立て解体時はもちろん、完成後も周囲の地域条件からトラがとれない。
- ② 橋下の工事中道路をできるだけ広く確保したい。
- ③ 道路・鉄道等が斜めに横切の場合でも、最適場所に近いところに支柱を建てたい。
- ④ 施工中、ジャッキアップによる調整時に、1本柱にすれば曲線橋であることを無視することができる。

⑤ 施工の安全迅速性、省力化、特にワーゲン通過時のワーゲン構造との関連。等を考えて、図-6のごとき直径 1.6 m のパイプ支柱を使用した。すなわち、常写真-7 100 t、50 t クレーンによる仮支柱建込み

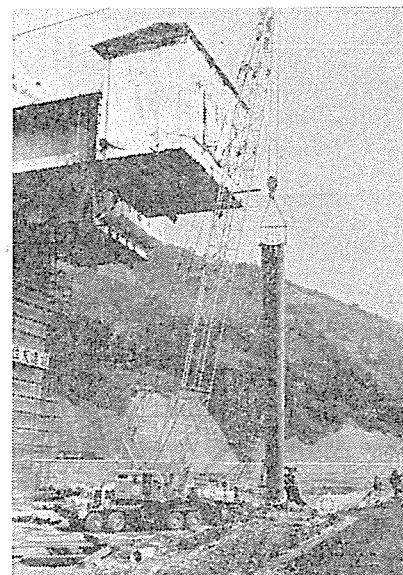
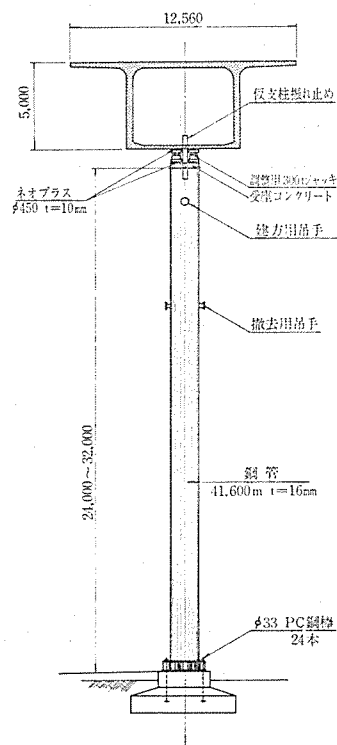


図-6 仮支柱の構造



時最大 755 t、地震時最大 1175 t および風速 70 m/sec という設計条件に対し、仮支柱が自立できるよう、基礎とアンカーを設計した。パイプ本体は住友金属に依頼して製作し、1本の長さは 8~12 m として現場に搬入し、現場で突き合せ溶接をして 24~32 m の 1本物の仮支柱

図-7 仮支柱の建込み説明図

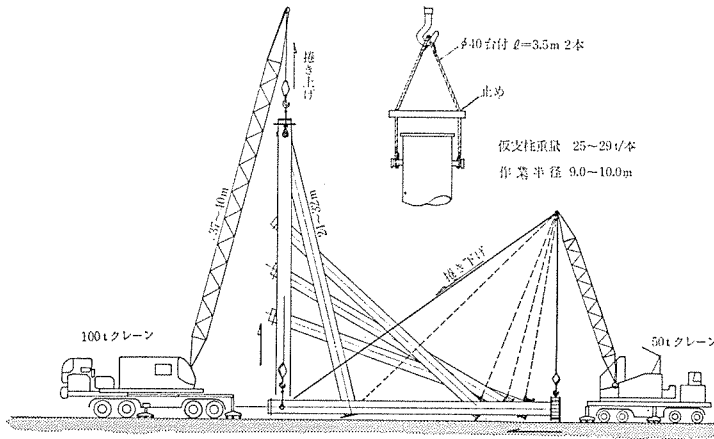
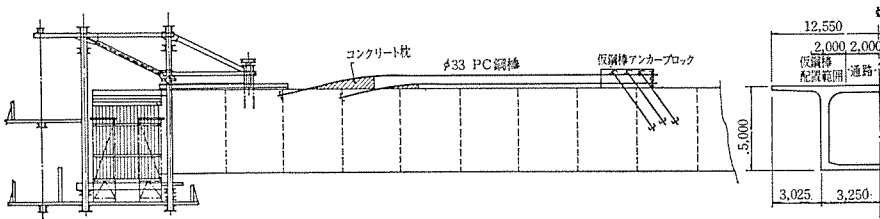


図-8 仮鋼棒配置図

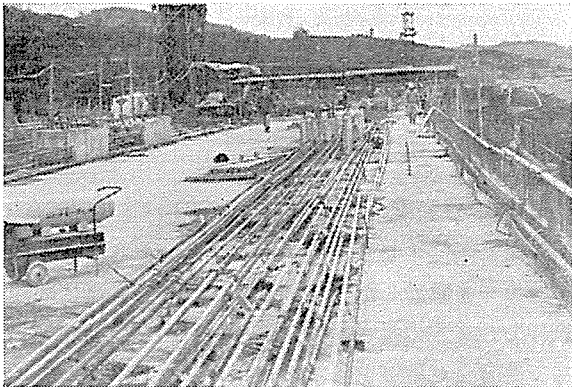


を完成させた。1本の仮支柱の重量は最大27tであった。架設は小田急や人家のまじかでの施工であることから、安全を第一とし、100tと50tのトラッククレーンを組み合わせて使用し、図-7のごとき要領で建て込んだ。

仮支柱は、片持施工の進行に伴って大きく荷重が変化する。施工中に沈下量が予定量とずれてきた場合、これを修正できるように仮支柱頭部には300tジャッキを3台おき、最大900tの反力までは調整しうるようにした。

施工用仮鋼棒は、図-5のごとく1断面あたり50本を使用した。そして断面ごとの必要本数に応じて増減しながら配置した。仮鋼棒にはφ33の2種PC鋼棒を使用し、配置のしやすさと撤去作業のやりやすさから、橋面上にアウトケーブルとして配置した(図-8、写真-8)。

写真-8 仮鋼棒



ただし施工時の通路確保のためと、仮鋼棒の応力伝達、アンカー等の関係からウェブ付近に集中的に配置した。また、両端ともにコンクリート中に埋め込まれてしまう仮鋼棒を応力解放するため、特殊ジャッキを製作し、衝撃を与えることなく解放を実施した。アウトケーブルの利用は、このような施工時の一時的応力をとらせるには非常に有効な手段であろう(図-8)。

7. 上げ越し管理

90mの長さのカンティレバーエレクションではあるが、仮支柱によって途中支持されるので、施工途中の変形はそれほど大きな量にはならない。上げ越し計算は、仮支柱位置が各ラ

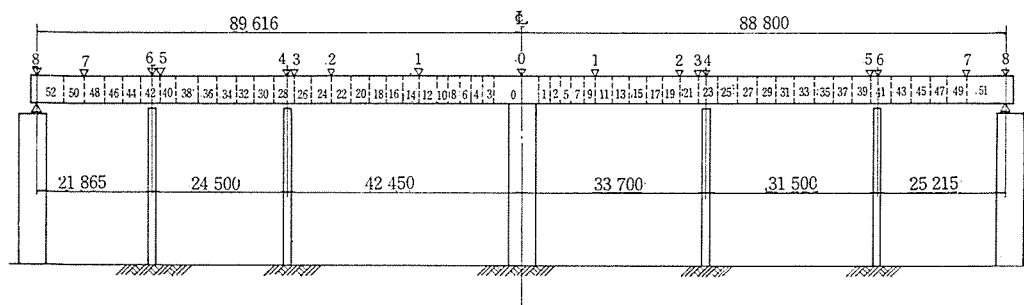
メンで異なるためぼう大になり、コンピューターによって処理した。上げ越し計算においてはつぎのような状況について考慮した。

- ① ワーゲン施工中
 - a. 桁自重によるたわみ
 - b. ワーゲン自重によるたわみ
 - c. ワーゲンフレームの変形
 - d. プレストレスによる反り
 - e. 仮支柱の弾性変形による縮み
 - f. 日照時の桁の上下縁の温度差によるたわみ
 - g. ワーゲン撤去によるたわみ
 - h. つり支保工区間の桁自重および支保工自重によるたわみ
 - i. 仮支柱基礎の沈下
 - j. 施工中のクリープ進行によるたわみ
- ② 橋体コンクリート打設完了後
 - a. 桁端PC鋼棒緊張による反り
 - b. つり支保工撤去による反り
 - c. 施工用仮鋼棒撤去による反り
 - d. 仮支柱反力の除去によるたわみ
 - e. 支点の反力調整によるたわみ
 - f. 後死荷重による弾性たわみ
 - g. 塑性変形によるたわみ
 - h. その他美観上の上げ越しなど

上げ越し計算に使用した諸数値はつぎのとおりである。

桁自重 $w = 2.5 \text{ t/m}^3$

図-9 上げ越し測定における橋面高チェックポイント



ワーゲン自重 $P=45\text{ t}$
 弾性係数
 コンクリート $E_c=3.25 \times 10^5\text{ kg/cm}^2$
 鋼製仮支柱 $E_s=2.10 \times 10^6\text{ kg/cm}^2$
 クリープ係数 $\varphi=2.0$
 乾燥収縮度 $\epsilon_s=15 \times 10^{-5}$
 PC鋼棒のレラクセーション 3%
 塑性変形 後死荷重載荷後から始まるものとする。

美観上の上げ越し $l/4\ 000$ の直線勾配

上げ越し測量にあたっては、当該施工ブロックのほか、橋面全体の高さの動きを調べるためのチェックポイントを 図-9 のごとく定めた。このうち、③、⑤、⑦点はたわみが最も大きくなる点であり、④、⑥点は仮支柱の沈下を知るために、⑧点は支点調整時の移動量を測定するために設けた。そして、上げ越し予定量と実際高さを常にチェックし、誤差が生じるごとに修正した。

上げ越しにおいては日照の影響を無視することはできない。本橋の場合、上下縁の温度差が 1°C であるときのたわみ量は、計算上 No. 34 ブロックで最大となり 3 mm である。実際にカールソン温度計を上下縁に埋め込んでその温度差を測定した結果を 図-10 に示す。上げ越し測量は、できるだけ朝の温度差の少ないときに実施したが、やむをえない場合はカールソンによりそのときの温度差実測値から上げ越し量を修正した。図-11 は橋桁の刻々のたわみ変化を測定した結果である。この図において、名古屋側が東京側に比してより多くたわんでいるが、これは高さ 33 m の橋脚自身が、太陽光線によって点線のごとくたわみを起こしているからである。また、上げ越しとは関係ないが、舗装アスファルトがコンクリートにどのような影響を与えるかを測定した結果を 図-12 に示す。これからもわかるとおり、コンクリート内部では温度降下勾配が大きく、舗装アスコンの高温の影響は、PC鋼棒が配置されている床版中心付近では 35°C 位であり、舗装アスコンの温度が鋼棒のレラクセーションに影響を与える心配はない

図-10 (a) 上下縁の温度差の実測値

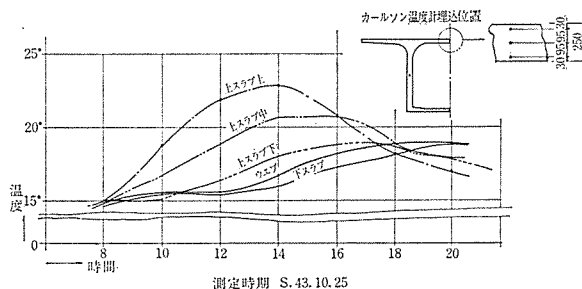


図-10 (b) 月最高温度差変化表

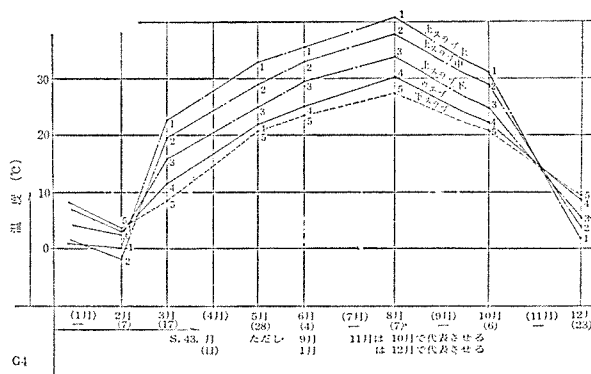
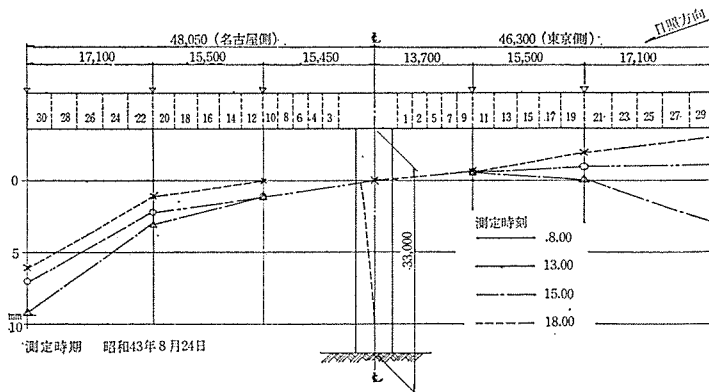


図-11 時刻による主桁のたわみ状態



ことがわかった。

また、当初、片持施工中の上げ越しが、多少計算値と異なった傾向を示した。このためただちにコンクリートのヤング係数（断面形状の施工誤差による影響も含めて）の検討を行ない、当初上げ越し計算に用いたヤング係数の値を直し、上げ越しの数値を修正した。なお、橋桁の

図-12 舗装時桁温度変化

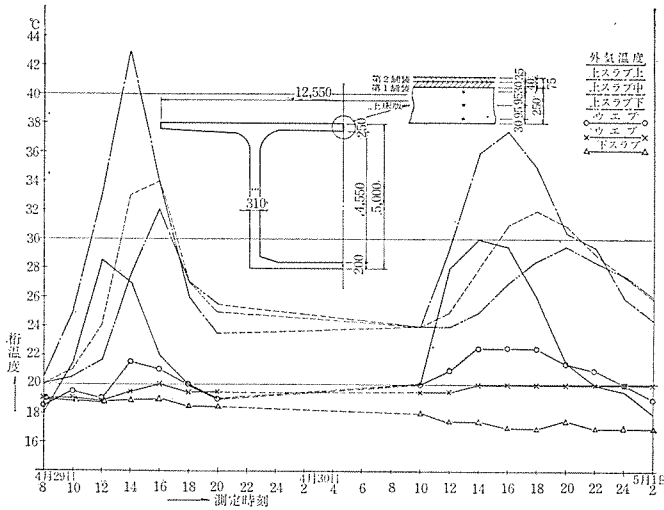
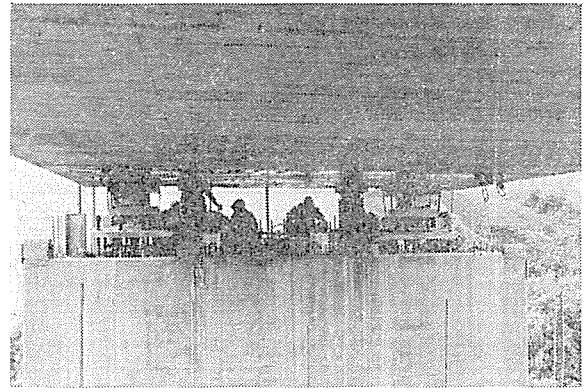


写真-9 ジャッキ アップ中



P₄-P₅-P₆ ラーメンでは、P₆ 橋脚の上に反力測定用のジャッキを設け、支承の下に埋め込んでしまい、長期にわたる測定とともに、曲率による反力差等についても測定をした。また仮支柱の反力の変化についても、種々の測定を実施した。

これらの測定は、コンクリートの長大橋におけるいろいろな面白い点を投げかけているが、コンクリート構造物の通例としてあまりこまかい応力測定は困難であるので、傾向をつかんでゆくことに重点がおかれた。測定結果のあらましを以下に述べる。

a) 仮支柱反力は、片持ばり施工中、1日の間で最大40tの変化を示し、かつ、全般的に20%程度、設計計算よりも大きい値を示した。

前者については日照による上・下縁の温度差によるものであり、後者は施工中の作用荷重の増加やクリープ進行等が原因であると推定される。したがって、このような場合、仮支柱の設計は、これらのことを加えて考える必要がある。

b) 支点反力調整時に主桁断面にひずみ計を埋込んで応力を求めたが、桁の支点反力より求めた曲げモーメントと、後者の応力から求めた曲げモーメントはよく一致した。したがって、桁コンクリートのヤング係数は仮定のとおり $3.25 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ が妥当であることがわかった。

また、ジャッキ アップ終了時の最大曲げモーメントによる下縁の引張応力は計算値の90%であった。

c) 反力調整時の桁の変形量に対する反力の増加量は計算値よりも2~15t大きく出た。しかし、これは桁の遅れ変形が主原因と考えられ、24時間後には減少し、さらに1ヵ月間の測定結果によると、その反力は以後落ちついたものと考えられる。図-13にこれらの測定結果を掲げる。

d) 支承反力は日照によっても増減する。この計算値と実測値は十分に合致する。本橋の場合、1日の増減量は秋の晴天の日で50t程度であり、年間を通しての変

ヤング係数については、後記する反力調整作業においても、 $E_c = 3.25 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ が妥当であることが確認された。

このようにして上げ越し管理された結果、複雑な過程を経たにもかかわらず、完成後の橋面高さ測定の結果は良好で、道路公団規定をはずれる箇所はほとんどなく、舗装アスコンの過不足計算の結果は3%に過ぎなかった。

表-3 ヤング係数修正値

	設 計 時	測 定 後
橋 脚	210 000 kg/cm ²	325 000 kg/cm ²
橋 桁	325 000	325 000

8. 反力調整

計算上、各支点上の反力調整量は表-4のとおりである。この調整反力量約800tに対し、300tジャッキを4台使用した。反力調整にあたってはジャッキにかかる圧力と変位量とから調整を行なった。またBラインの

表-4 反力調整量

		6@90.0=540.0						
		名古屋側			東京側			
		A ₁	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆
		上り線			下り線			
		調整量 変位	調整後 反力	調整後 反力	調整量 変位	調整後 反力	調整後 反力	
A ₁ -P ₁ -P ₂	A ₁	110 ^{mm}	72 ^t	792 ^t	112 ^{mm}	75 ^t	788 ^t	
	P ₂	201	88	775	201	91	771	
P ₃ -P ₃ -P ₄	P ₂	85	63	787	191	86	785	
	P ₄	183	77	786	98	70	781	
P ₄ -P ₅ -P ₆	P ₄	89	61	786	94	73	779	
	P ₆	173	74	792	216	91	790	

図-13 (a) 桁変形と反力増加の関係

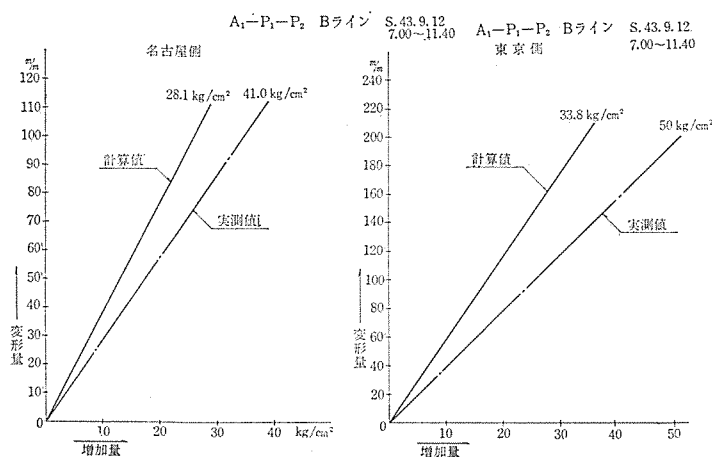


図-13 (b) 支承反力変化実測値

(下床版温度を 0°C と考えたときの桁内温度変化および反力調整)

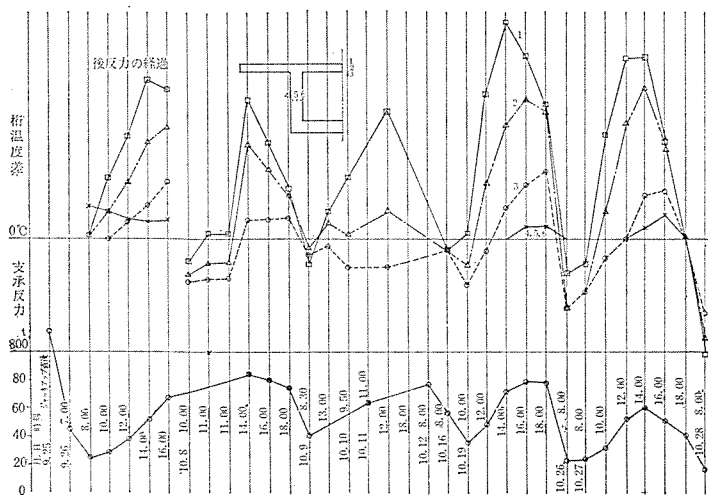
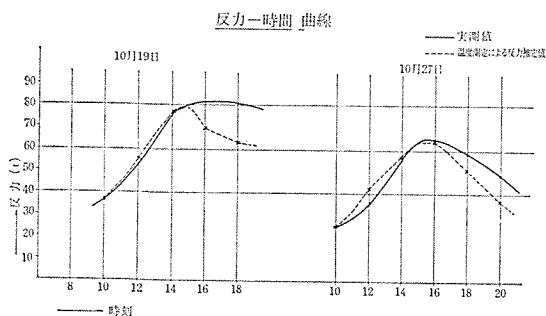


図-14 主要反力の日照による変化



化量は 76 t 程度と推察される。図-14 にその変化の状態を示す。

e) 曲がり桁の支承反力への影響は、計算上、上流側と下流側との比は (0.5575 : 0.4425) であるが、測定の結果では、ほとんど生じなかった。

これは、桁のねじれ変形は、おくれ変形によって生ずる部分が多いことと、プレストレスによる支承反力の差によるものと思われる。

9. プレストレスの導入と緊張管理

緊張にあたっては、引越し、引戻し作業とともに、PC鋼棒に打撃を加えて、縦振動によって摩擦を減じつつ所定のプレストレスを導入した。ディビダーク工法においては、緊張力の導入はPC鋼棒の伸び長さによって確認されるが、伸びの許容誤差は表-5の基準によった。しかし、PC鋼

表-5 PC鋼棒の伸びの許容誤差

引張られるPC鋼棒の長さ	10m以下	10~30m	30~50m	50m以上
許容誤差	±0.4 mm	±0.6 mm	±0.8 mm	±1.0 mm

棒の伸びから推定される緊張力と、ポンプのマノメータから推定される緊張力は、摩擦損失の大きさのばらつき等によってある程度の誤差を生ずる。川音川橋では管理統計の対象として次式のごとく、マノメータの読みの相対誤差と、PC鋼棒の伸び量の相対誤差の差をとることとした。δの管理基準は表-6のとおり指針の値によった。

表-6 δの管理基準

組の数	許容誤差
4	5%
6	4%
10以上	3%

$$\delta = \frac{\sigma_B - \sigma_A}{\sigma_A} - \frac{l_B - l_A}{l_A}$$

(サフィックスAは計算値、Bは実測値を示す)

これらは図-15に示すような緊張値表によって算出され、緊張グループごとに分けて緊張管理図表(図-16)によって管理した。管理結果を主鋼棒、斜め鋼棒、横締鋼棒に分けて各ラーメンごとにまとめた結果を表-7に示す。このうち、主鋼棒についてさらによく検討するとNo. 26ブロック位までは管理図表にプロットされた点が全体的に+側にあり、No. 27~No. 50ブロックの上

表-7 δの実測平均値

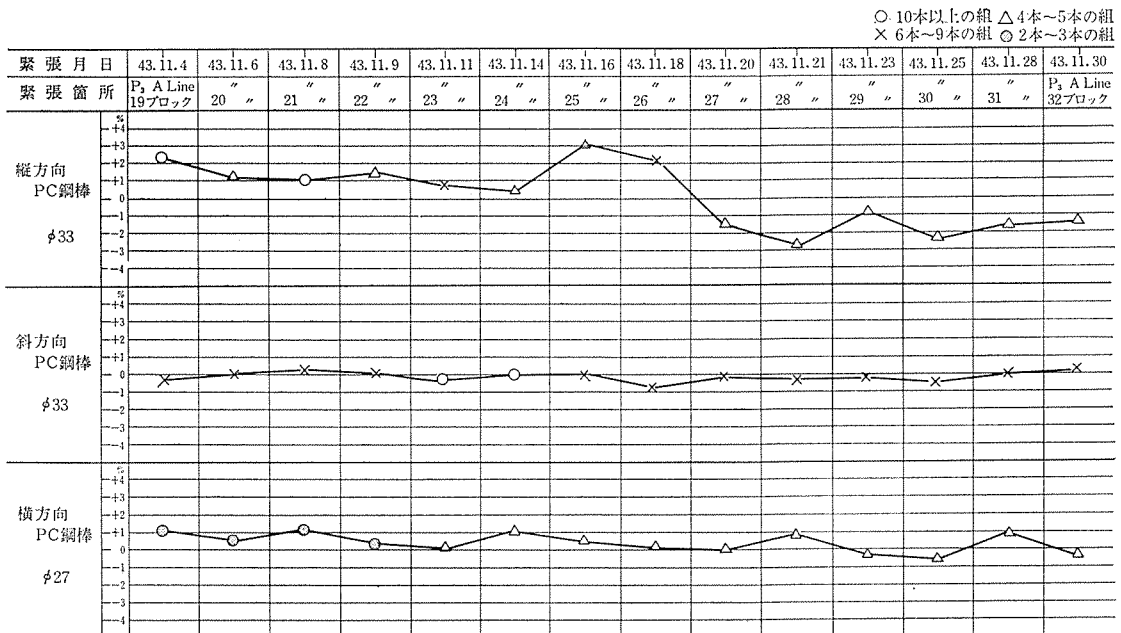
測定場所		δ%
P ₁	A	1.3
	B	1.8
P ₃	A	0.6
	B	0.6
P ₅	A	0.8
	B	0.6

スラブの短い鋼棒は、ほとんど側にある。また桁端の長い鋼棒は+側に離れる割合が最も大きくなる。これらのことは、摩擦損失が、短い鋼棒では、計算よりも小さく、長い鋼棒では大きくなる傾向を示している。このこ

図—15 緊 張 値 (例)

工事名 名古屋高速道路川音川橋工事														緊張箇所 P ₂ B-Line ②ブロック鋼接接合部						
鋼棒 #33 A _p =8.140cm ² E _s =2.05×10 ⁴ kg/cm ² E _c =3.25×10 ⁴ kg/cm ²														緊張年月日 S43年 9月 5日 立会者 神 前田						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
測 序	緊張 順序	緊張部 長さ ose	緊張部 長さ es	鋼棒の 伸び Δfsp	コンクリート の弾性変形 Δfcp	規定による 割増 Δft	計算による 伸び合計 Δfsp+Δfcp+ Δft	引越し 戻し Δfn	伸び測定値		導入された 伸び	伸びの差 ⑩-⑨	伸び誤差 比 ⑩/⑨×100	圧力計読み (予定値)	圧力計読み (測定値)	圧力計読み 計測差	応力差 比 ⑬/⑭×100	備 考	フック	
									緊張前	緊張後										
No	No	t/cm ²	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	%	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	%			
1	1		12.620	38.5		1.2	39.7	28.8	(48.7)	40.0	+0.15	+0.8		(360)	(180)	+0	+0	コンクリート打設日 S. 43. 9. 3		
3	2						39.7	33.0	(52.8)	72.5	-0.2	-0.5			(180)	360	+0	-0	σ ₁ = 170 kg/cm ²	
主鋼接																				
a	94	1	12.350	39.0	1.2	1.0	41.2	14.3	(34.8)	56.0	+0.15	+1.2	(360)	(170)	+10	+3.0				
	95	2		39.5			41.5	11.1	(32.0)	52.5	-0.1	-0.2			(170)	330	+0	-0		
a	94	1	12.350	39.0	1.2	1.0	41.2	14.8	(32.6)	53.1	+0.1	+0.2	(360)	(170)	+0	+0				
	95	2		39.3			41.5	9.4	(30.3)	51.1	+0.2	+0.5			(170)	335	+5	+15		
記 事																				
伸びの誤差範囲(平均値は○になってはならない)																				
応力誤差範囲(10%以上あってはならない)																				
緊張部長さ 10m 10~30m 30~50m 50m以上				組の数 4 6 10以上																
許容誤差 ±0.4mm ±0.6mm ±0.8mm ±1.0mm				許容誤差 5% 4% 3%																

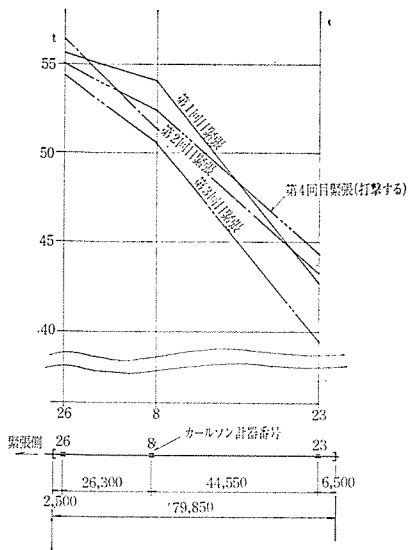
図—16 緊 張 管 理 図 表



とは、長い鋼棒ほど、施工誤差を含めていろいろな影響をうけやすいためと思われる。もちろん、 δ の値そのものは小さく、本橋の場合、問題とすることはなかった。摩擦損失について測定した結果は

$\lambda = 0.00201 \sim 0.00263$ $\bar{\lambda} = 0.00238$ であり、スパーサー間隔を 2.5 m としたときの指針の値 $\lambda = 0.0026$ と比較的よく一致している。また、緊張作業をくり返して行なうと、 λ は小さくなることが測

図-17 緊張作業のくり返し、および打撃を加えたときの各点導入緊張力



定され、またP C鋼棒に打撃を与えると、 λ の減少には最も有効である。これらの状態を 図-17 に示す。この打撃の効果は、緊張端に近いほど大きく、遠いほど小さくなるが、80 m 離れた測点でもその効果を示していることから、摩擦係数を減少させるには非常に有効な手段といえる。また、緊張端からの距離による λ の変化を測定したが、緊張端に近いほど λ の値も小さい傾向を示している。さらに緊張力の大きさによる λ の変化も測定した。この結果はばらつきがあり、確かではないが、緊張力が大きくなるにつれて摩擦係数が大きくなってゆく傾向がみられた。これらのことは、緊張管理図表の結果とある程度傾向が合致する。今後の研究課題となるものであろう。

10. コンクリート

使用したコンクリートの配合は表-8のとおりで、コンクリートは東急生コン小田原工場から搬入した。

ウェブの中には、主鋼棒のほかに斜め引張力に対する斜め方向P C鋼棒が、45°の角度で断面中央に配置されているので、バイブレーターの有効振動範囲が半径60 cm程度であることから、バイブレーターをウェブの中に1 m 間隔にそう入し、コンクリートの打上がり面の上昇にあわせて、バイブレーターを引き上げつつ打設した。斜め引張用P C鋼棒の配置の方法についての試験は、本誌においてすでに報告されたが、その試験結果において

表-8 コンクリートの配合表 (Class-P₂)

粗骨材最大寸 (m/m)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位水量 (kg)	単セメント量 (kg)	水セメント比 W/C (%)	絶対細骨材率 S/A (%)	単位細骨材量 S (kg)	単位粗骨材量 (kg)	単位混和剤量 (g)
25	3~8	2~4	163	390	41.8	35.2	649	1 195	1 950

は鉛直方向と斜め方向とについての差異は認められていない。施工性を重視しなければならない桁高の高い場合などは、鉛直方向の配置にした方がよいと思われる。

ワーゲン施工部分は42年12月中旬から43年12月末までに施工したが、この間プレストレスを与えてよい時期を管理するために、冬期を中心に各種の試験を行った。

養生温度によって、どのように早期強度が異なるかを知るため、class P₂ コンクリートについて、養生温度を5°C、12°C、20°Cとした場合の強度曲線を求めた。結果を図-18に示す。36時間後のコンクリート強度を比較すると表-9のとおりである。要は、硬化中のコンクリートの温度が20°C以上あるように養生をすれば、所望

図-18 早強セメント使用コンクリートの養生温度による早期強度測定試験

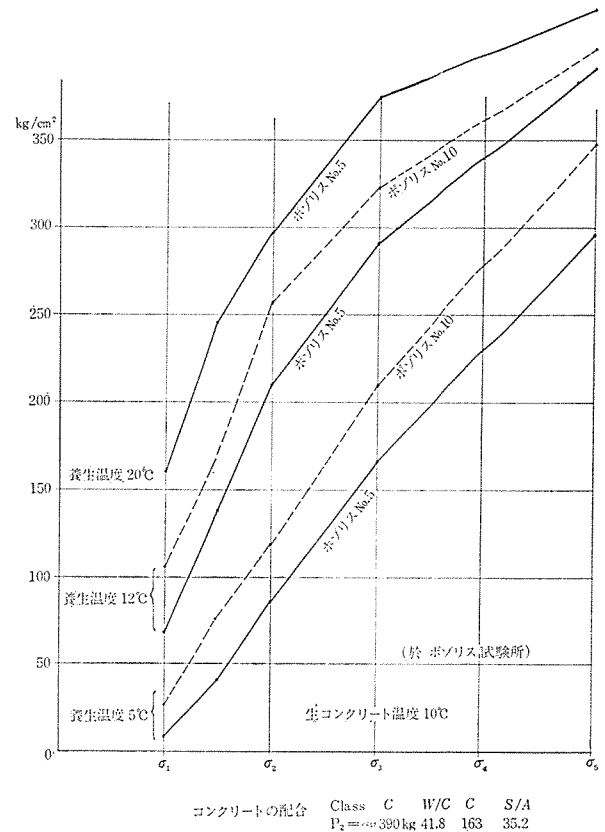


表-9

養生温度	5°C	12°C	20°C
コンクリート強度	40 kg/cm ²	138 kg/cm ²	246 kg/cm ²
230 kg/cm ² に対する比率	17 %	60 %	107 %

(材令 36 時間のコンクリートの強度)

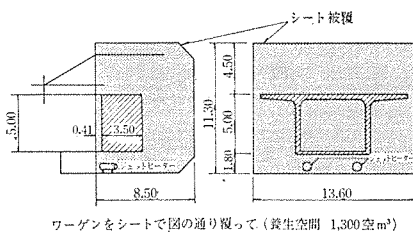
の施工スピードを得ることができるので、養生の基本をここにおけばよいことを確認した。

ワーゲン施工中における主桁断面の各位置に、カールソンの温度計を埋め込み、いろいろの場合についてのコンクリートの硬化温度を測定した。図-19は8月の測定結果を示す。つぎに、簡単にシートを床版上をかけ、箱桁内部にジェットヒーター（オリオン機械製、38000 kcal/h）を1台おいたときの測定結果を図-20に示す。これからみると、テストピースの温度は、テストピースをとりまく空気の温度と全く同一の動きを示している。

したがって、現場放置のテストピースから、構造物のコンクリートの強度を推定することは、特に早期であるほど、硬化の過程における温度経歴が異なるため、誤った結果を与える。その構造物の最も温度の低い部分の硬化温度を知り、その硬化温度で養生したテストピースの示す強度曲線から硬化の進行状態を知ることが、現場としては、最も簡単に強度を推定できる方法であると思われる。また、図-21は冬季において採用した暖房養生の方法を示し、この場合に測定した結果を図-22に示す。外気温がこの位であれば、施工速度を遅らせることなく施工を進めることは、困難なことではない。ただし図-23示すように、最もコンクリート温度のあがりにくい場所は床版張出部の先端付近である。

そのため、暖炉養生はその付近が最も温度があがりやすいように、重点的に実施する必要があることがわかった。このようなことを考えて、図-24に示すような養生方法をとった。この場合は最低気温がそれほど低くないときであったが、張出床版先端部に対しては、十分な効果を示している。も

図-21 ワーゲン全体をおおった養生



っと寒い所で、冬季もひき続いて工事を施工するときにも、要はワーゲンの被覆を完全にできすき間風の入らないようにし、さらに重ねて図-24のごとき養生方法をとれば、それほどの問題

図-19 P₅A ライン No. 7 ブロック 8月24日

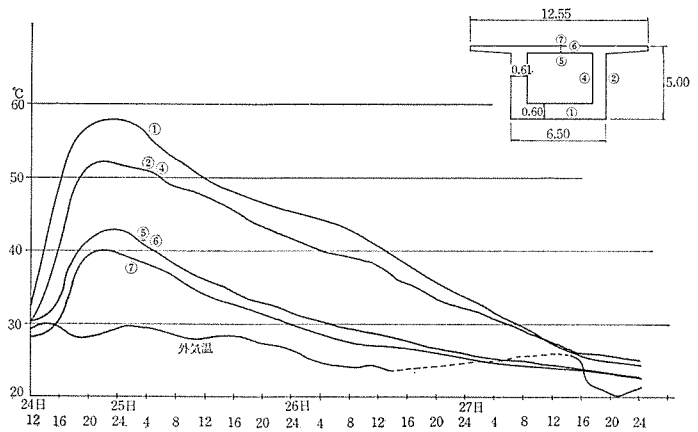


図-20 P₁A ライン No. 1 ブロック 43年1月29日

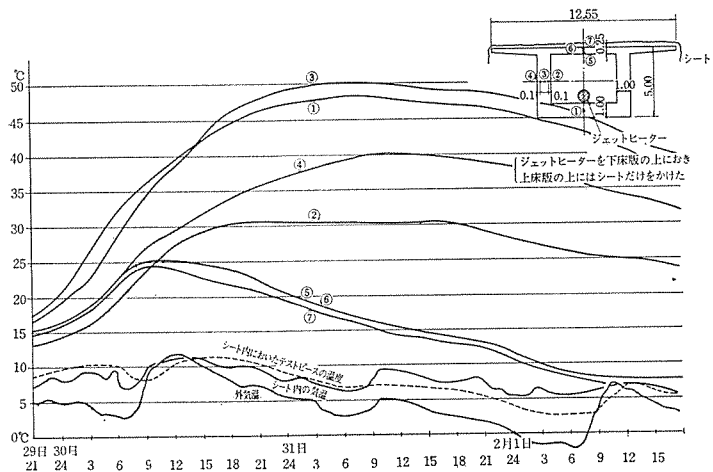


図-22 P₁B ライン No. 7 ブロック 1月20日

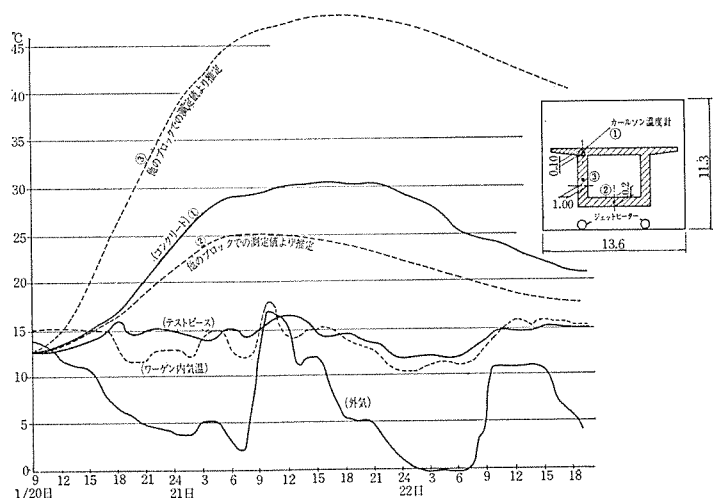


図-23 P₃A ライン No. 25 ブロック 11月14日

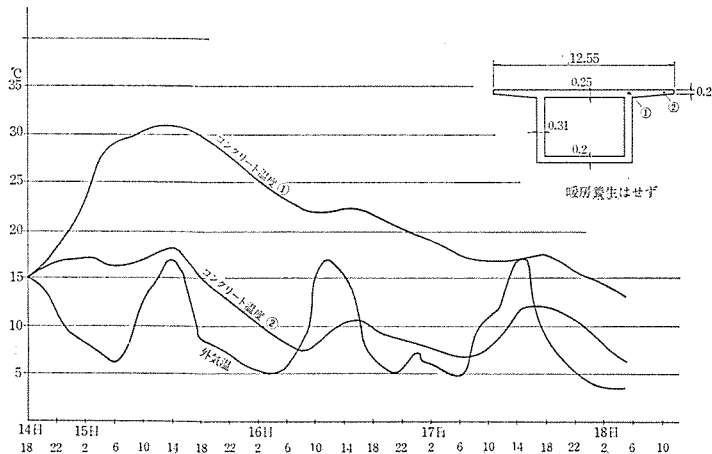
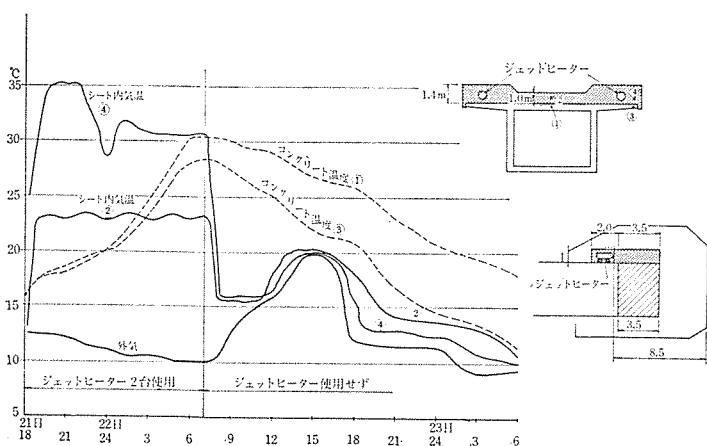


図-24 P₃A ライン No. 29 ブロック 11月21日



はないと考えてよいと思われる。

11. あとがき

幾多の困難とたたかいながら川音川橋は完成した。ふり返ってみると、本橋施工は、通常の施工管理以外の問題点として、道路、鉄道、人家集落の中の高所空間を施工してゆくための安全管理、仮支柱の施工計画関係、および用地解決の遅れをとりもどすために出された工事促進命令によってとられた種々の処置等があった。

そして、これらの困難を見事克服して川音川橋が完成したことは、日本道路公団本社、京浜建設局をあげての御支援の結果であり、また、建設省、県、小田急電鉄あるいは松田町民の方々の深い御理解によるものである。

さらにまたいうまでもなく、直接施工にあたった松田工事事務所、住友建設(株)、池田建設(株)の関係者の御努力と、終始地味な施工管理業務に精励して下さった千代田コンサルタントの方々のたまものであり、ここに誌上をかりて深く感謝の意を表したい。

1969.10.16・受付

PC 構造物設計図集発売について

当協会では、先に「PC構造物設計図集」の出版を企画し、本会編集、(株)技報堂発行の形で出版致しましたのでお知らせします。

本書は、本協会誌「プレストレストコンクリート」の末尾に掲載致しております折込付図を、協会誌編集委員会の手により、PCの設計・施工に携わるの方々のご使用に便利なように、土木編(32編)・建築編(28編)・その他(4編)の三部門にわけ、それぞれに写真・説明等を入れ、わかりやすく編集したものです。皆様のお手元にぜひお備え下さいますよう、おすすめ申し上げます。

体 裁：B4判 138 ページ 活版印刷

定 価：1500 円 会員特価：1200 円

送 料：150 円

申 込 先：東京都中央区銀座2の12の4 銀鹿ビル3階

プレストレスト コンクリート技術協会

TEL (541) 3595 振替 東京 62774 番 ㊦ 104