

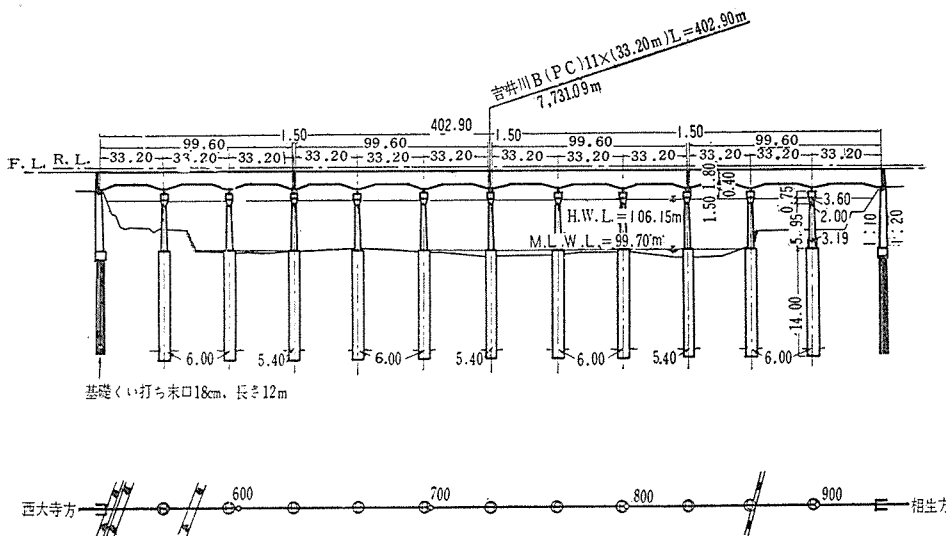
吉井川橋梁の施工について

大 山 忠
赤 沢 稔
江 本 佑 橋

1. 吉井川橋梁について

本橋梁の概要と設計については本誌の Vol. 2, No. 4 「吉井川橋梁の設計と測定」を参照されたい。ここでは主として上部構造の施工について述べることにする。図-1 は橋梁全体図である。下部工事は昭和 34 年 4 月から開始され、上部桁最初の 1 連は昭和 35 年 1 月、2 連目は 3 月、3 連目は 5 月、4 連目は 8 月に完成した。

図-1 吉井川橋梁一般図



2. 施工の概要

上部桁の施工方法は 3 径間を一単位としてステージングを組み、コンクリートは現場打ちで施工する。本橋梁の PC 桁 1 連 (3 径間) のコンクリート数量は約 365 m³ で 1 日の打設量は 50 m³ 程度であるので 1 連のコンクリート打設に要する日数は約 8 日程度かかることとなる。従って緊張時のコンクリートの材令の差をなるべく少なくするためにシーす組込み、型ワク工、鉄筋工、鋼線布設などを順序よく行なって作業の重複を避けることを考慮して、作業順序を次のように定めた。

1. 支保工作業
2. 底版型ワク組立、鉄筋配置
3. 内型ワク組立、腹部配筋
4. シース配置
5. 鋼線布設

6. シース蓋溶接
7. 外型ワク組立
8. コンクリート工 (底版、腹部のコンクリート打設後、床版鉄筋を配置する)
9. 緊張作業
10. グラウト注入

3. 吉井川橋梁施工設備

吉井川橋梁上部桁施工のための設備はほとんど下部工事施工の際の設備を使用したのが、おもな設備機械を表-1 に示す。表-2 は上部桁施工のために特に購入した機械である。

4. 支保工

(1) 概要

バウル・レオンハルト工法では現場の支保工上でコンクリートを打設したのち、緊張力を導入するので、支保工は鉄筋コンクリート (以下 RC という) 橋と同様に最も重要な仮設構造物であるが、後述

するように特に PC 橋であるために考えなければならない点がある。特に本橋の場合には緊張力導入により 3 径間のうち 1 径間は約 50 cm 押し出されるので、桁の移動をさまたげない構造とすることが必要である。吉井川橋梁においては河川敷でもあり流水その他を考慮して脚柱と脚柱の間を約 11 m の I ビームで支える支保工 (図-3) を採用した。

RC 橋のもつ条件のほか PC 橋の持つ特殊の条件を考え、本橋梁の支保工では次の点に特に注意して設計した。

1. 緊張力導入時の桁の移動、収縮をさまたげないこと。
2. コンクリート打設による沈下をなるべく小さくすること。
3. 上げ越しの調節ができること。
4. 支保工の低下が容易で、必要なとき簡単に桁の自重を作用させることができること。
5. I ビームのタワミが少ないこと。

表-1

品 名	容 量	数 量
パッチャープラント	東京工機 30 型 21 切	1
ベルトコンベヤー	11 m	2
〃	7 m	8
キャリヤーウインチ	30 HP	2
コンクリートタワー	108 尺	1
〃	120 尺	1
三脚デリッキ	5 t	2
〃	2.5 t	1
同上ウインチ	30 HP	3
〃	10 IP	1

表-2

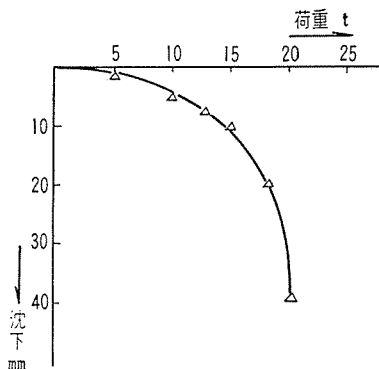
名 称	数 量
オイルジャッキ 500 t	6
オイルポンプ	2
グラウトミキサー	2
運搬車	2
コンクリートパイプレーター	6
パイプレーティングスクリーン	1
スパイラルクラッシュファイヤー	1
ジャーナルジャッキ 15 t	52
〃 25 t	26

(2) 設 計

a) 基礎 支保工の基礎の地質は井筒天端より下に 4 m 付近まで砂利混り粗砂, 4~5 m 荒砂, 5~9 m 砂質粘土, 9~13 m 粘土, 13~17 m 粘土をふくむ砂礫層となっているので, まず基礎杭の載荷試験およびオランダ式ベネトローメーターによる杭の支持力調査の結果, 8 m の木杭を採用した。

図-2 は 5 m 杭の載荷試験の結果で, これにより杭の支持力は 1 本当たり 10 t として脚柱 1 基につき 6 本の杭を使用した。

図-2 5 m 杭荷重沈下曲線



b) 脚柱, ジャッキ, I ビーム 脚柱はコンクリート打設による沈下を少なくする目的で繊維に直角方向の力を受ける状態をなるべく少なくすることに注意した。柱の屈居長は上の笠木より下の台木までとして設計し安全と剛度を持たせるために十分な筋違いを入れてある。また笠木および柱の支圧を保つために柱に角物をだかせてボルトで縫ったが, これの効果については疑問があ

図-3 (a)

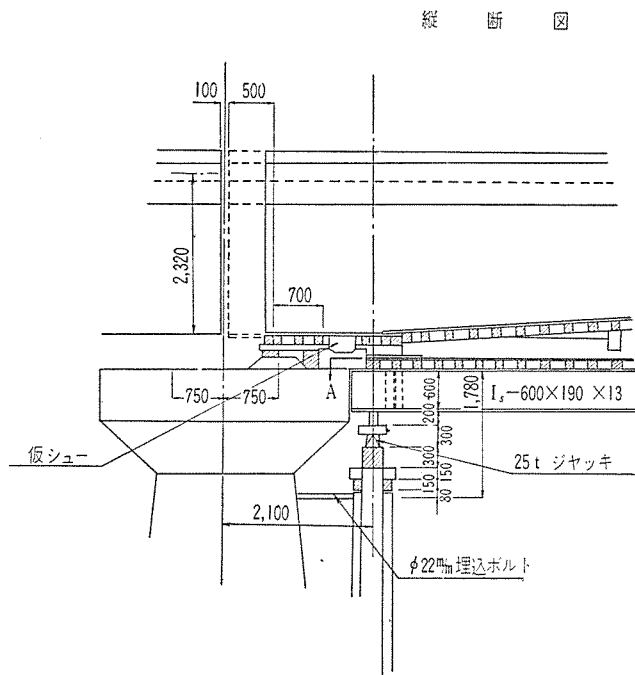
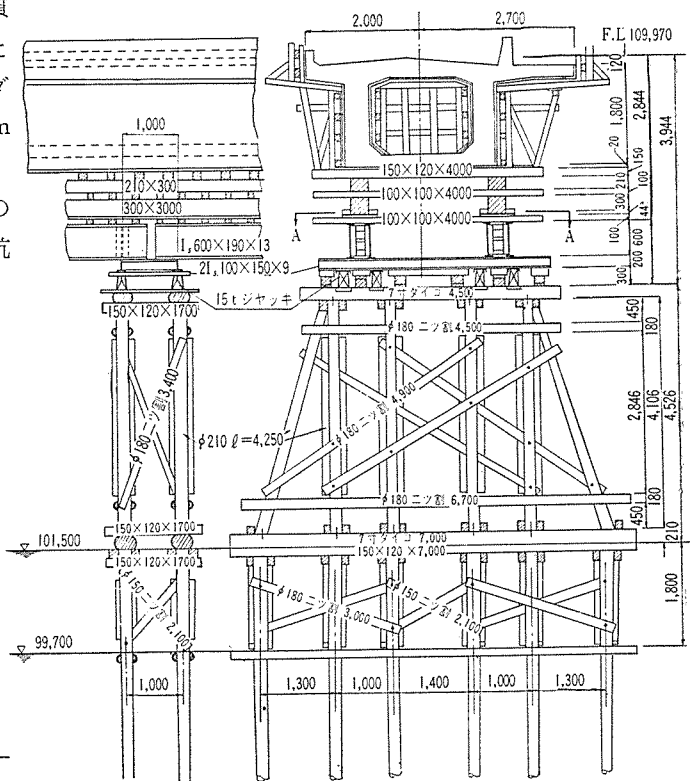


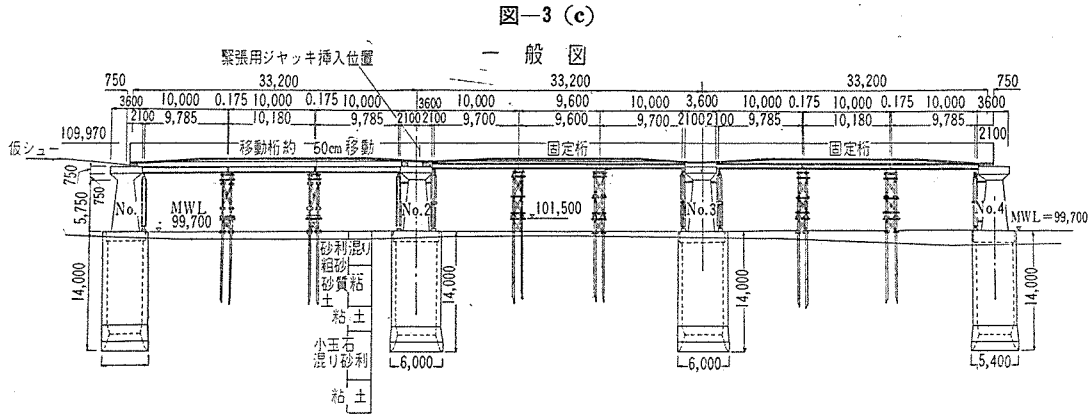
図-3 (b)

中間脚柱



る (図-3 参照)。

上げ越しの調節, プレストレス導入の際の型ワクの低下, およびステーシング取りはずしを容易にするためステーシングの途中に操作の便利なジャーナルジャッキを挿入した。ジャッキ面には鋼板をあて堅木で 2 個の脚柱



を結んで剛性を大きくすることにつとめた。

I 梁は 600×190×13 でタワミを考慮して許容引張応力を 1600 kg/cm² に定め支保工 1 スパン当り 4 本使用してある。

桁緊張時の移動に当って水平力が支保工の脚柱に作用しないように移動桁の I 梁は橋軸方向に鋼板ですべて連結して、水平力は橋脚に伝達されるように考えた。

c) 桁移動装置 図-3 に示すように移動桁は緊張終了時約 50 cm 移動することとなる。吉井川橋梁においては滑り装置として造船所で進水用に使用されるヘッドを用いたほか仮シューには堅木を使用して成功した。

すなわち緊張力が小さいうちは移動桁は 図-3 (b) の A-A 面の木材に塗布されたヘッドによって滑ることとなるが緊張力導入が進行するに従って桁はそり上り、桁死荷重は順次橋脚上の仮シューにうつって仮シューの堅木の上をおおった鋼板と鋼板の面で滑ることとなる。鋼板にはパラフィン塗布し摩擦係数を少なくすることにつとめた。

滑り面に塗布されたヘッドは 30 t/m² の支圧に十分耐えるもので配合の一例をあげれば 表-3 のようであり、静摩擦係数は 0.03 程度といわれている。

表-3 ヘッド配合の一例

配合材料	配合割合
135° パラフィン	40%
130° "	8
ステアリン	30
硬化油脂	20
牛脂	2

(3) 上げ越しについて

この種の支保工の施工に当り、上げ越し量を正確に決定することは困難であるとともに正確な資料も少ないため桁が緊張終了後、多少そり気味になるように考えた。

支保工の縮みは木材と木材の継手に起因する割合が大きいので弾性変形は I 梁のタワミのみ用い、ほかの弾性変形は無視した。

上げ越し量の想定に用いた仮定を 表-4 に示す。

表-4 支保工の上げ越しに用いた仮定 (単位 mm)

継手	沈下量
木杭の沈下	8
金属と木材	1
木材と木材 (繊維に直角)	2
" (繊維に平行)	0.5
コンクリートと型ワク	1

緊張力導入の際の桁のそりは 3 径間連続桁として計算した。箱型断面のうち床版は底版、腹部が硬化してから打設するので、床版の自重は剛度に応じて I 梁とコンクリート桁に分配される。I 梁のタワミの計算にはこのことを考慮した。

したがって中間脚柱においては繊維に直角方向 6 カ所、金属と木材の継手 2 カ所、コンクリートと型ワク 1 カ所、木杭の沈下 8 mm で計 23 mm となる。上げ越し量は、おのおのの点ですべて違うが桁にハンチがついている点など考慮して、現場では脚柱上のジャッキですべて調整した。したがって脚柱より脚柱までは上げ越し量は直線変化となる。

(4) 支保工施工

支保工は転用を考え、笠木と台木までを一単位として製作した。基礎杭は河川中でも足場を組み正確な位置に打込んだ。杭打ちの後には干潮時に筋違いを入れ、すべての桁を連結して水平力に対処させた。

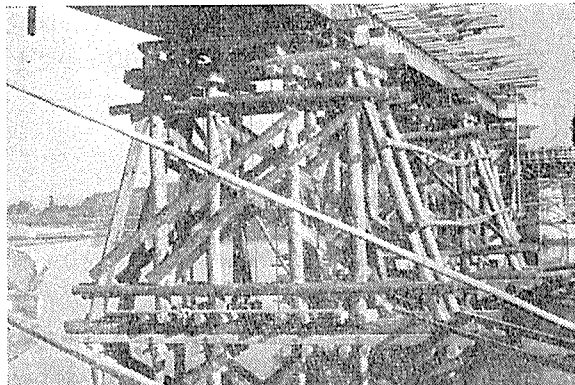
一単位の脚柱はすべてキャリヤーによって運搬組立しこの上にジャッキ、I 梁と組込んで、I 梁はすべて鋼板でボルト締めにして橋脚につき合わせた。ヘッドは現場で配合、溶解し板に流して硬化したのち支保工上にのせた。

現場作業で最もむずかしかったのは河川中で基礎杭を定められた位置に打つこと、脚柱を垂直に立てること、および杭と脚柱の連結箇所の仕方である。I 梁と橋脚との突合わせ箇所は重要な所なのでクサビを入れ注意して施工した。

支保工の上げ越しは笠木の上のジャーナルジャッキによって調節すると同時に、支保工低下および型ワク取

りはずしの際にもこのジャッキを利用した。1連目、2連目においてはジャッキのほかにクサビも併用してコンクリートを打設したが3連目以後はジャッキ付近の安全性が確かめられたものでジャッキのみによる。写真-1は組立てられた支保工の写真である。

写真-1

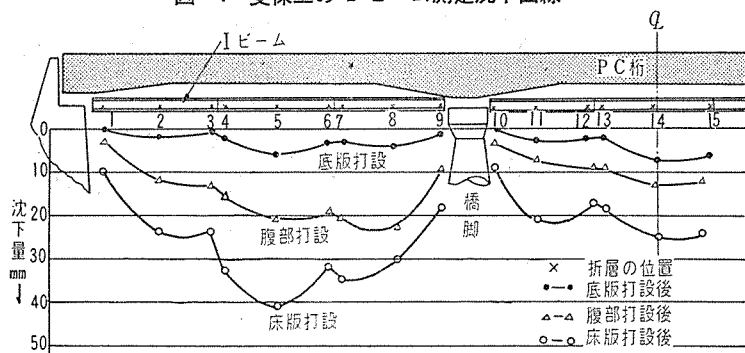


(5) 支保工の沈下測定

支保工の沈下の測定は1連目の桁において桁の約半分について行なった。測定方法は支保工に使用したIビームの両端および中央に1mm目盛の折尺を張りつけ、これをYレベルで測定して不動点と関係づけた。

測定はコンクリート打設が終了のちに行なった。図-4は支保工沈下の図である。

図-4 支保工のIビーム測定沈下曲線



番号3~6において沈下が大きいのは、この部分のみ高水敷であったので杭基礎をやめてコンクリートのベタ基礎としたために起因すると考える。杭の沈下は想定したより少なく最大2mmにとどまったが木材と木材との継手の収縮は笠木と柱の間において4mm程度(継手の縮みは一部ダイヤルゲージで測定)のものもあった。番号3~6にては上げ越し量よりも沈下量が大きく、その他の所では、ほぼ想定沈下量と大差はなかった。

(6) 支保工の問題点

吉井川橋梁を施工した結果、この種の支保工の問題点をあげれば次のとおりである。

1) 基礎をコンクリートのベタ基礎とする場合には、基礎面積を十分に取るとともに、基礎掘削の施工には地

盤を荒らさないように注意する必要がある。施工に十分な信頼が持てないときには杭基礎とした方がよい。

2) 脚柱の笠木は十分な支圧面が保てるように心がけるべきで角材がよいが、タイコ落しを使用する場合にはジャッキベース、または柱との接触面の支圧が十分取れるよう注意すべきである。ジャッキ付近はなるべく部材の入りくまない構造とした方がよい。

3) 支保工沈下はほとんど継手に起因するので木材の主要連結箇所には鋼板を入れるか、セメントペーストを流して組立てた方がよい。支保工変形の際にもこのペーストがはく離してくるので、変形が発見しやすい便利がある。

4) この種の支保工ではIビームの下に大きい力が作用してくるからIビームとジャッキの間の部材の座屈のチェックをしておく必要がある。

5) 基礎杭は足場を組んで打った方がよい。一部分を船で打ったが相当のずれを生じた。

6) やらずには荷重がかかっていないのが多かった。高さの低い支保工ではむしろ、やらずを用いず柱と杭を一本にしてしまう方がよい。

7) すべり装置の上の角材はきしむ傾向があるから、Tie材を斜めに使用して、つないでおいた方が安全だと思う。

5. 型 ワ ク

型ワク工は底版、腹部のコンクリートを同時に打設するために内型ワクはあらかじめ作られたコンクリートブロックで支えることとした。このブロックは下側のハンチ部を支えるように作られ、中に鉄筋を埋込んであり、後にこの鉄筋を溶接して横方向にブロックをつなぎ、内型ワクに働らく水平力に対処させた。内型ワクは鋼線布設およびコンクリ

ート打設の際にはこの上を運搬車を走行させるために強固なものとしておく必要がある。

コンクリートは底版、腹部を一体として打設するが、底版コンクリート打設と腹部コンクリート打設の間の時間差が4時間程度あることと、コンクリートのスランプ3~4cm程度であるために底版上方には幕板を入れずにコンクリートを打設した。外型ワクはシー工、鉄筋配置の終わった所から順次組立てて行なった。

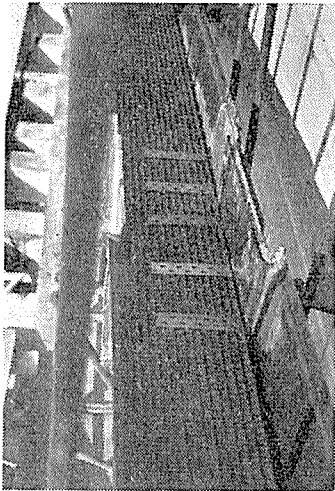
型ワクで最も注意する所は緊張目地の型ワクであって一般に家具を作る精度が必要であるといわれている。このため吉井川においては緊張目地部のみ一単位として製作して組み込んだ。特に緊張目地の所の型ワクは支持が十分にできないのが普通であるので、コンクリート打設に

よって変形しやすく、コンクリート打ちも目地の両側の打設量が常に等しいように心がけ、打設中も型ワクの変形に注意しながら打ち進めるのがよい。

6. シース

シースは直線部シース、屈曲部シース(写真-2参照)のほか、端部のアンカー部シース、および端部と直線部

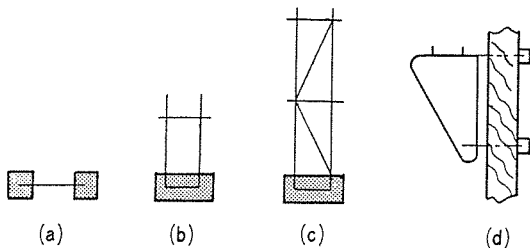
写真-2 鋼線布設中のシース
(中央部屈接部シース内にスペーサーがみえる)



を結ぶラップ部シースより成り立っている(本誌 Vol. 2, No. 4 参照)。これらはすべて工場製作されたものを現場に搬入して順次溶接によって接合した。

シース受けは底版に近い所では図-5(a)(b)(c)のよ

図-5



うなコンクリートブロックに鉄筋を埋込んだものを使用し、シースの位置が高くなると図-5(d)のような金具で内型ワクより支持する方法を採用した。また温度が低下すると鋼線が短縮し、径間部ではいくぶん浮き上がり、支点上のシース受けに荷がかかってくるので支点上では特にアングルでシース受けを補強した。

シース組立は、まず屈曲部シースを固定したのち、これに直線部シースを溶接した。直線部シースはあらかじめ現場で一単位ずつ接合しヒズミ取りをしたものを屈曲部シースに取りつけた。溶接工6人でほぼ4日間で鋼線布設前までのシース工を終ることができた。

鋼線布設後は鋼線を熱で害さないように注意しながらシースのフタをガス溶接し、屈曲部シース溶接点にはオ

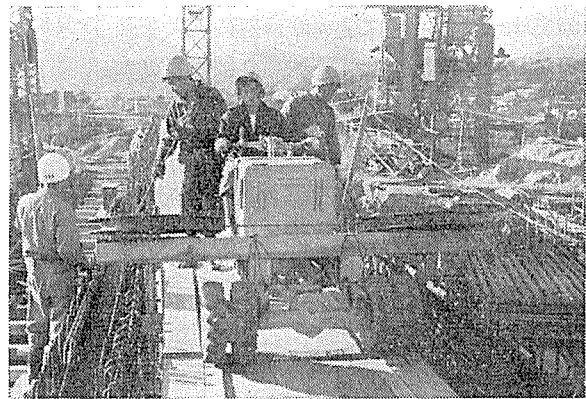
イルパテを塗ってシース内にコンクリートの入ることを防いだ。

シースとグラウト注入口とのとりつけ部の構造は注入に大きい関係があると思われるので、今後一そうの研究がのぞまれる。シースくみたて作業のうちでは特に屈接部シースの電気溶接がむずかしく熟練を要すると思う。シース作業が非常に迅速にでき、またその位置を保つことも容易にできることは、この工法の利点の一つだと考える。

7. 鋼線布設

吉井川橋梁の鋼線はφ9.3mm 7本よりワイヤーストランドで一層の延長約2900m、14層より成り一層一リールとして現場に運搬したものをを用いた。鋼線布設はヤパーナと呼ばれるドイツ製コンクリート運搬車のバケットを取りはずして、軸にボールベアリングを入れた車輪を取りつけ、この車輪のリブに鋼線を引っかけて内型ワク上を走らせて布設した(写真-3参照)。

写真-3 鋼線の布設



リールは一方のシース軸線上に置き、リールより取出した鋼線を一端のループアンカー部のシースの孔より内部に挿入して3m程度のばして付近の鉄筋に定着したのち、ヤパーナの車輪に鋼線を引っかけて他の桁端まで達すると車輪より鋼線をはずして端部のループアンカー部に鋼線を巻きつけ、ヤパーナはそのまま空で後退して再び鋼線を車輪に引っかけて同様のことを14回くり返して一層布設し終ることとなる。一層の巻終りは布設し始めたときと同様、他の孔よりそう入して定着する。

鋼線布設には、布設後の温度差を考え、たとえば日中高温時に布設し、夜に温度降下のおそれあるときには、ゆるめに布設する。これらはすべて作業員のカンによったものであり、従って各桁とも鋼線の死に量に1~3cm程度の差がある。また同一桁内でもおのおのの鋼線間のゆるみに多少の差を生じたが緊張による鋼線ののび量が大きいので最終的には問題とならない。また、日の当るシースと当たらないシースができたときには日の多く当る

方の鋼線をややゆるく布設しておいた方がよい。この左右鋼線のゆるみの差は緊張時に桁の左右のふれとなって表われてくる。

鋼線布設はヤパーナで行なったために非常に迅速にできた。一層の布設を終るごとにスペーサーを入れ正確に鋼線の位置を保つ。

8. コンクリート

(1) 配合設計の目標

吉井川では下部構造施工時の資料および現場のバッチャープラントを自動計量方式に改造し、さらに細骨材を1.2mmを境として大小二種に分けることとしたために、コンクリート打設期間の変動係数を10%以内に保てる自信がついたので配合設計には変動係数10%と想定した。部材設計における安全率は比較的大きいので、危険率を1/50とすると割増係数は1.1となり、設計圧縮強度は400 kg/cm²であるので、配合設計に用いる強度は $\sigma_{28}=440 \text{ kg/cm}^2$ を目標とした。

コンクリートのウォーカーピリチーは部材断面も比較的大きく鉄筋間隔も最小15cmであり、コンクリート打設に際しては、振動数の大きい棒状振動機を使用するのでミキサーから出た所でスランプ3~5cmと決定した。

図-6 骨材の粒度、比重、吸水率

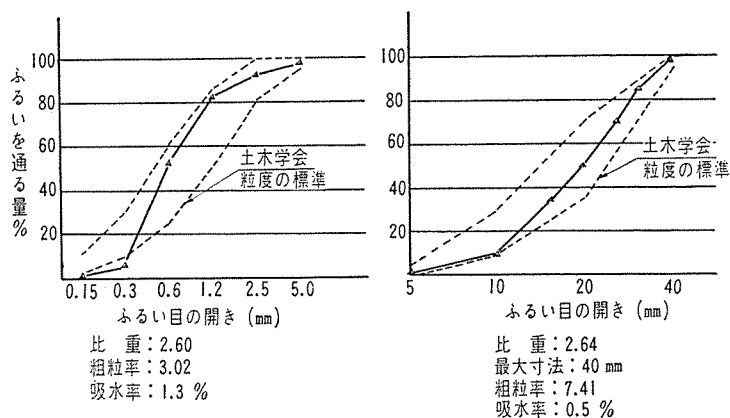
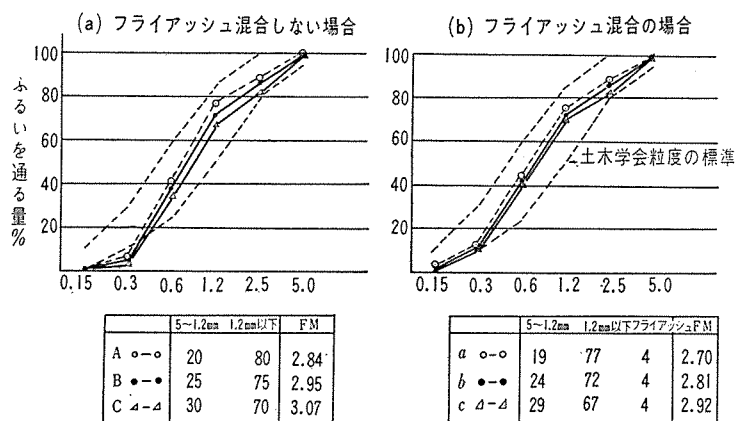


図-7



単位セメント量は、コンクリートの容積変化とクリープを少なくするため所望の強度が得られる範囲で、できるだけ少なくすることにつとめた。

(2) 材料の選定

a) セメント セメントはほとんど普通セメントを使用し、特に早期強度を必要とする緊張目地部のみ早強セメントを使用した。普通セメントを使用した理由は、(1) 特にプレストレス導入を急ぐ必要がない。(2) 早強セメントにくらべ容積変化が少ないこと、安定性が大きいこと、価格も安いこと等のためである。なおセメントの変動係数を少なくするためO会社A工場のセメントに限定した。

b) 骨材 骨材については砂、砂利ともに下部工事と同様、架橋地点より約7km上流で採集されたものを使用し、砂は粗粒率の管理上1.2mmを境として二種に分け、原則として粗粒砂25、細粒砂75の割合でプラントに供給した。現場に持ち込まれた砂には、ときにより5mm以上の粒径のものがあり、粗粒率の変動に影響があるので、第一次ふるいで5mm以上の粒を除いたのち、ふるい分けを行なうこととした。

粗骨材の最大寸法は鉄筋間隔および粗粒率の変動を考慮して最大粒径40mmと定めた。砂、砂利とも、ふるい分けの結果を図-6に示してある。

図-6において見られるように砂については0.15mm以下の微細粒部分に欠けているのを補う意味でフライアッシュを砂の重量比にして4%、絶対容積比にして5%を添加して粒度を改良した。フライアッシュ選定の理由は、(1) 安価なこと、(2) 石粉より結果がよいこと(高野俊介・土岐高史: 微細砂粒がコンクリートの性質に及ぼす影響)のためである。

次にフライアッシュ添加による砂の粒度の改良を図-7に示す。

c) 分散材 単位セメント量が多いと諸種の悪い影響がコンクリートに生じるので単位セメント量を少なくする目的で分散材を使用した。冬期にはポゾリス No. 5 を用い一部分コンクリートが直接ワイヤーストランドを包むところにはポゾリス No. 8 を用いた。これはポゾリス No. 5 にふくまれる塩化カルシウムが鋼線に悪い影響を与えることをおそれたからである。夏期にはポゾリス No. 8 を一般に使用した。なお分散剤がセメントの凝結に悪い影響があるかどうかを試験して確かめたのち使用した。

(3) 示方配合の決定

実験室における配合試験結果をもととして現場で使用
するミキサーをつかって試験練りを行なった。現場で使
用するミキサーは容量 21 切の強制練りミキサーであり
試験練りの結果、示方配合を表-4 のように決定した。

表-4 示方配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ の範囲 (cm)	空の気量 の範囲 (%)	単位水量 (kg)	単位セメ ント量 (kg)	水セメ ン比 (%)	絶体材 率 (%)	単位細骨 材量 (kg)	単位粗骨 材量 (kg)	分散材
40	3~5	1.5	137	380	36	30	559	1333	ポゾリス No. 5 No. 8

[注] 1. 単位細骨材量
粗砂 134 kg 細砂 402 kg フライアッシュ 23 kg 計 559 kg
2. 分散材
ポゾリス No. 5 を
セメント量の 0.05 % 混和

(4) 砂のふるい分け

粒度の改良と粗粒率の変動を少なくすることより結局
コンクリート強度の変動係数を少なくするために細骨材
を 1.2 mm で二種に分けることとした。1.2 mm で分け
た理由は細骨材の粒度構成が 1.2 mm で分けると適当で
あったことと、機械的ふるい分けでは 1.2 mm 程度が限
度だと考えたためである。

ふるい分けはバイブレーション スクリーンとクラ
ッシュファイヤーの組合わせとして約 10 回にわたって調
整をくり返した。砂のふるい分けはスクリーンの振動
数、振巾、射水のノズル数、配置、および水圧、砂の供
給速度、越流水の巾と深さ、スクリーンの勾配、ふるい
目などの多くの要素によって決められ、これらすべてト
ライアルによって調整しなければならないため相当の日
時を要する。

この設備をするうえに注意することはバイブレーティ
ング スクリーンとクラッシュファイヤーの能力を平衡さ
せることが大切であるとともに、公称能力は砂のふるい
分け効率によって大きく変わるものと考えべきで、設
備するとき十分注意する必要がある。吉井川橋梁では砂
のふるい分けによって、原砂粗粒率の変動係数は 7% で
あったが組成砂の変動係数は 3% となった。

(5) コンクリート施工

打設順序は支保工の沈下によって打設したコンクリ
ートに与える悪い影響と乾燥収縮によるヒビワレを防ぐた
め橋脚上は最後にコンクリートを打込むこととしたほか
緊張時コンクリートの材令の差をなるべく少なくするこ
とに意を用いた。コンクリートの打設量は 1 日約 50 m³

程度で計画し施工した。図-8 はコンクリート打設順序
である。

すなわち、断面的には箱型断面のうち底板腹部を一体
として打ち、次に床版を打設する。橋軸方向では 図-8
の番号順に打設し 8 日間でコンクリートを打ち終った。

コンクリート運搬には
1 連目はケーブルによる
バケットで運搬し、2 連
目以後はバケットと運搬
車を併用した。冬期には
外気温が低かった関係
上、水を温ためて練上が
りコンクリート温度を 5°C 以上に保つようにした。

コンクリート投入にあたってはシースに十分注意し、
シース下面にコンクリートが十分まわったことを確かめ
てからシース上面にコンクリートを投入した。

締固めには振動回転数 8 000~10 000 r.p.m、棒径 50
mm、長さ 500 mm のフレキシブル バイブレーターを
使用し、打設箇所とプラントは、インターホンで連絡し
た。バイブレーターの故障は非常に多く、新品を使用し
たにもかかわらず、かなりの故障を生じたので、今後こ
の点に注意してバイブレーターの数、使用時間を決める
べきだと思う。

打設後の養生は冬期には箱型断面の内部に投光器を入
れ内部温度を 15°C に上げ床版にはムシロを厚くかけ、
夏期には地下水を循環させて養生をした。

コンクリート打設箇所でも最も施工がむずかしい所は緊
張目地部のジャッキ支圧面であり、特に鉄筋が入り組ん
でいるため締固めが非常に困難であった。今後はこのよ
うな所を施工するため径の小さいバイブレーターを用意
した方がよいように考える。コンクリートの打設は短期
間であったがコンクリートのスランブはほとんど細砂の
表面水量によって左右されたので、細砂の水切りには少
なくとも 4 日程度が必要のように感じた。

圧縮試験用供試体は品質管理のためコンクリート 5 m³
当り 1 個の割合で採集し、標準養生をして材令 28 日で試
験した。また緊張力導入時の強度を知るための供試体は
最初の打込み日と最後の打込み日とにそれぞれ 9 個ずつ
採取し、桁の中空部内で現場養生をした。管理のための
強度試験の結果、平均強度 494 kg/cm²、変動係数 9.25%

で配合設計に用いた想定
値 440 kg/cm² を上まわ
り、変動係数は 10% 以
内におさまった。この結
果 2 連目は単位セメント
量とし、ついで 3 連目で

プレストレスト コンクリート

図-8 1 連目コンクリート打設順序

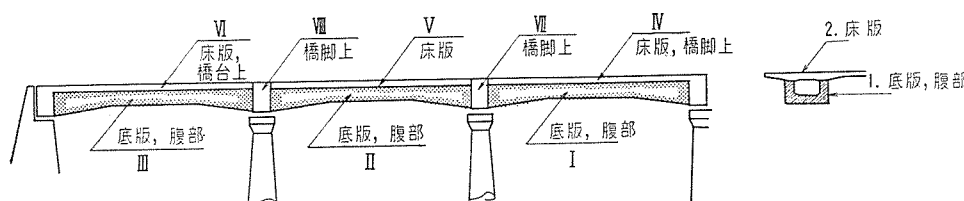


表-5 3連目示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブの範囲 (cm)	空気量 (%)	単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	水セメント比 (%)	絶体細骨材率 (%)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	分散材
40	2~4	1.5	133	350	38	30	574	1370	ボゾリス

は $w/c=38\%$ 程度で打設できる自信がついたので示方配合を表-5のように変えた。

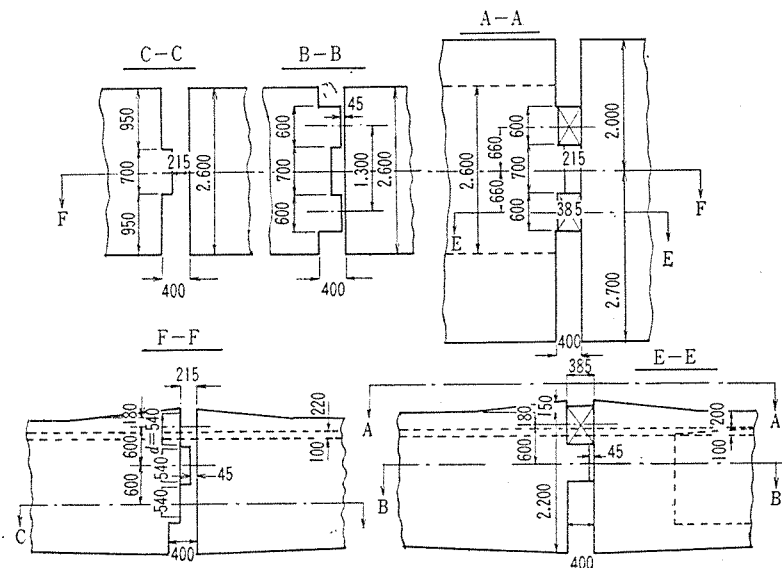
この試験結果は $\sigma_{28}=444 \text{ kg/cm}^2$ 、変動係数 9% であり、今後この種コンクリート施工に当たってもほぼ単位セメント量 350 kg/cm^2 程度で打設できる自信がついた。しかしながら、コンクリートの配合は現場の施工法、特に固いコンクリートになると強力なバイブレーターの数によって施工の良否が定まるから、施工時にはバイブレーターの能力、耐用年数など考えてバイブレーターの数は多めに準備した方が安全である。

9. 緊 張

(1) 概 要

吉井川橋梁の緊張力は約 1900 t で最終には 500 t ジャッキ 4 台で緊張を行なった。緊張は 2 回に分けて行ない、コンクリート打設後 4~5 日目、円柱供試体コンクリート強度 250 kg/cm^2 になったときに 300~400 t のプレストレスを導入し、次に打設後ほぼ 2 週間、コンクリート強度 350 kg/cm^2 以上になってから所定全量のプレストレスを桁に導入した。このとき移動桁は約 50 cm (鋼線の伸び+コンクリートの収縮+鋼線布設の死に) 移動することとなる。最初の 300~400 t は乾燥収縮に対処させるためのものである。全緊張材を一諸に緊張するため緊張に要する労力、時間を節約でき、シース途中の観測窓を設けることによって数カ所の鋼線の動きを読

図-9 緊張目地設計図



みとり、摩擦の状態を知り得て好都合であった。

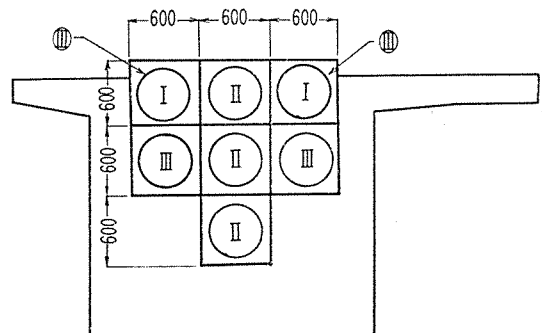
PC 鋼線は公称 $\phi 9.3 \text{ mm}$ ワイヤーストランド (素線 7 本より) で弾

性係数は $19\,400 \sim 20\,500 \text{ kg/mm}^2$ の範囲でばらついた。

(2) 緊張作業

緊張作業は 500 t ジャッキ 6 台を利用して緊張することとした。この作業をスムーズに行なうために、あらかじめ緊張目地は図-9, 10 のような段差のついた構造とした (緊張作業の順序は図-9, 10 参照)。

図-10 ジャッキ盛りかえ順序



1) ジャッキ 2 台を①の点に入れ 17 cm 緊張する。このとき②は 38.5 cm 開くことになるので、厚さ 36.5 cm のジャッキが②の位置に入る。

2) ②の点にジャッキ 3 台を入れ③の位置に安全のためブロックを吊下げ、再び 17 cm 緊張すれば③の断面の開きが 38.5 cm となる。

3) ③の位置にジャッキ 2 台を入れ、①の位置にあらかじめ作っておいたブロックをかましてジャッキ 2 台入れ、この 4 台のジャッキにより所定の緊張力を導入し④

の位置に安全のためブロックを入れて緊張を終る。なお安全のためブロックを入れるのはここで使用したジャッキには安全装置がついていなかったからである。

(3) 緊張力導入

緊張力は緊張目地の開きと緊張力の関係グラフをもとにして、途中でときどき伸びとジャッキ圧力計による緊張力をプロットしながら緊張した (本誌 No. 4 の図-11 参照)。伸びと緊張力とからプロットされる点が同図 (図-11) の L-L 線をこしたことをたしかめて緊張を終了した。

緊張が進むに従って径間中央は支保工より浮上がったため中間脚柱のジャッキは低下させる必要がなかったが固定シュ

一両側のジャーナル ジャッキは下げて死荷重が十分作用できるようにした。500 t ジャッキには安全装置がないために、支保工は緊張後打設した緊張目地部のコンクリートが十分な強度が出たのち取りはずした。

緊張に当って最も重要なのは目地部ジャッキ支圧面のコンクリートの仕上がりであり、その不陸の誤差は 500 mm あたり ± 1.5 mm 程度までである。さらになじみをよくするためジャッキ面には必ずパッキングを入れる必要があり、それには厚さ 9 mm 程度の合板でよく、鉄板類を使用するのは好ましくないと思う。不陸が大きいほどジャッキに悪い影響をおよぼし、コンクリートも局部的に大きな応力をうけるため支圧面が破壊されることもある。ジャッキは支圧面のできが悪いとパッキングを入れても、緊張途中で油のもることがあるので、目地にかますブロックは必ず用意しておかねばならない。また、もし支圧面の施工不良のときには鋼板またはサンドボックスなどで補強してから緊張を行なうべきである。

緊張時ジャッキによってはストロークの差が生ずるから注意する必要がある、用いる油にゴミなどが入っていると、このような状態になりやすい。また緊張途中で左右ジャッキの圧力の違いおよび左右鋼線のゆるみの違いで桁が左右に蛇行するから、緊張のときには桁端の押し出されのみでなく、左右への移動も測定できるようにしておいた方がよい。吉井川のように桁一径間を移動させるときには必要である。

吉井川で使用したジャッキの仕様は、ピストン径 460 mm, 作業気圧 330 atu, ピストン行程 220 mm, 自重 330 kg である。写真-4 は緊張目地に入れられたジャッキである。

写真-4 緊張目地のジャッキと鋼線

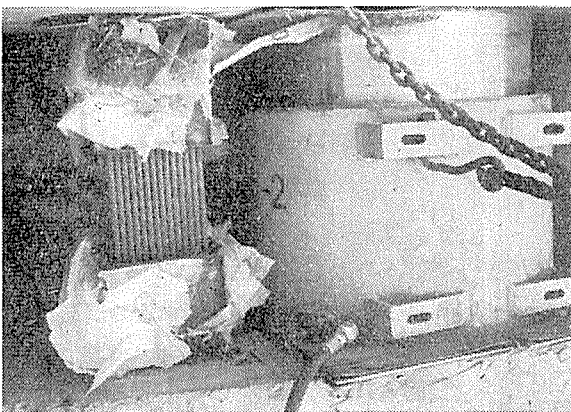


図-11 工程の一例 (3 連目施工工程)

	4月	5月	6月
支保工			
型枠工			
鉄筋工			
シース工			
鋼線布設			
コンクリート工			
緊張工			

10. グラウト

グラウトはまだ完全に終わってなく今後詳述の機会もあると思われるので、ここでは簡単に述べる。

(1) 材料および予備試験

セメントはグラウトの流動性に影響があるので、O社 A工場の同一窯より造られた普通セメントを指定し使用した。混和材はボゾリス No. 8 をセメント量の 0.25% とし、シース断面が大きく二次注入を行なうのでアルミナ粉末は使用しなかった。

注入前には予備試験として沈入試験、ブリージング試験、圧縮強度試験および実際のシースによる注入試験などを行ない完全注入が可能であることを確かめた。

(2) 混合および注入

1連目グラウトは水セメント比 39% で3月下旬行なった。グラウトはグラウトミキサーで高速で4分間練り、つぎに注入するまでずっと低速でかくはんしながら注入した。注入前にシース内を水で洗い、注入直前に水を抜いてケーブルの最下端より注入を行ない、圧力を高めないようにゆっくり人力で注入した。注入は一径間ごとに行ない、全部終わったのち再びもとの点より二次注入を行なった。

セメントは練りませ前に一度ふるいにかけて、注入時にも金網によってグラウトをこしながら注入した。グラウトは注入直下でつまりやすい。これは注入直下の鋼線がふるいのように作用し、グラウト内の小粒がたまるからであり、このためにも、練りませ後にもグラウトは金網でふるうのは、ぜひ必要である。またグラウトポンプのホースのパッキングから少しの脱水でもあり、長時間連続注入しているうちにそこでつまり、ほとんど固結粘土のようになるから、パッキングは十分水密なものとする必要がある。今後グラウトの注入口はシース7 mに1本程度は必要だと考える。

グラウトミキサーはドイツ製でタンク容量 100 l, 能力 1000 l/h, 作業気圧 4~8 atu, モーター馬力 3HP, ポンプはダイヤフラムポンプのものをを使用した。

11. 工程, 工費

桁1連はほぼ2カ月半で完成したが工程の一例をあげれば図-11 のようである。鋼線布設は最大1日7リール 2900 m \times 7 を布設し、平均1連の鋼線布設に4日を要した。工費はコンクリート 1m³ 当り約 40 000 円であり支給材料費をふくめて1連約 1 550 万円である。

(大山: 国鉄大阪工務局土木課長)
赤沢: " 土木課
江本: " 西大寺工務区