

## PC偏平アーチ橋（大滝橋）の設計と施工

田村 恒視\*1・木村 和之\*2・板井 栄次\*3・渋谷 幸弘\*4・篠田 和幸\*5

### まえがき

滝里ダムは、石狩川水系空知川の芦別市滝里に北海道開発局が洪水調節と流水の正常な機能の維持、かんがい用水および水道の供給、さらに発電を目的とした多目的ダムとして建設するものである。その諸元は、堤高が49 m、堤頂長が450 m、堤体積が455 000 m<sup>3</sup>の重力式コンクリートダムであり、総貯水容量は108 000 000 m<sup>3</sup>と、道内でも有数の規模となる。

ダム建設に際し工事用道路が造成されるが、本橋はそのうち、野花南側から堤体へアプローチする下流工事用道路に計画されたものである（図-1）。なお、当ルートはダム建設終了後、管理用道路として使用される。

大きな特徴はその構造形式にあり、国内において2

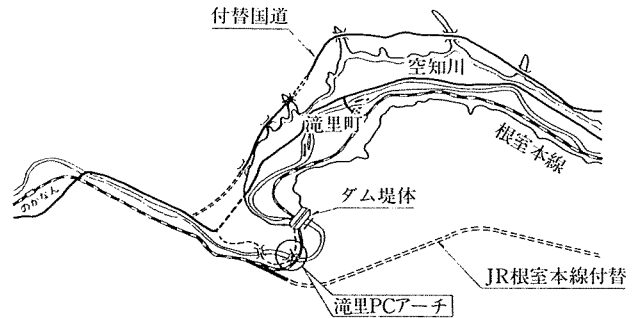


図-1 位置図

橋目のプレストレストコンクリート固定アーチ橋（以下、PCアーチ橋と略称）であり、アーチ支間126 mは同一形式の新山清路橋（1966年、長野県）を26 mもしのぐ規模となっている（図-2）。

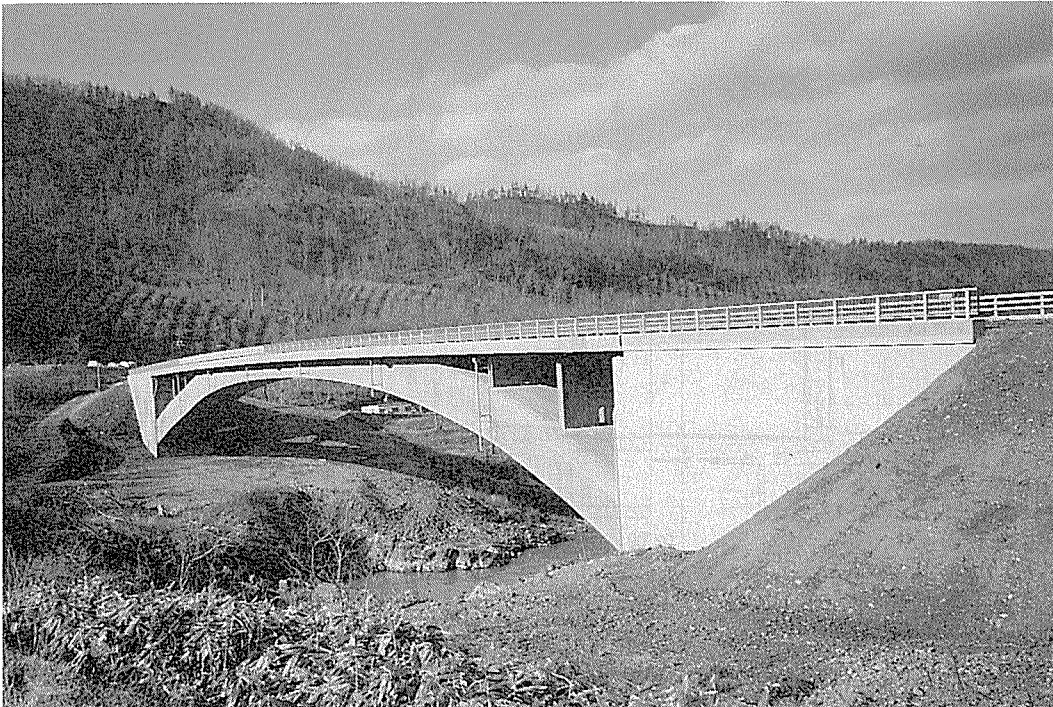


写真-1 全景

\*1 Tsunemi TAMURA：(株)構研エンジニアリング 技術第一課課長

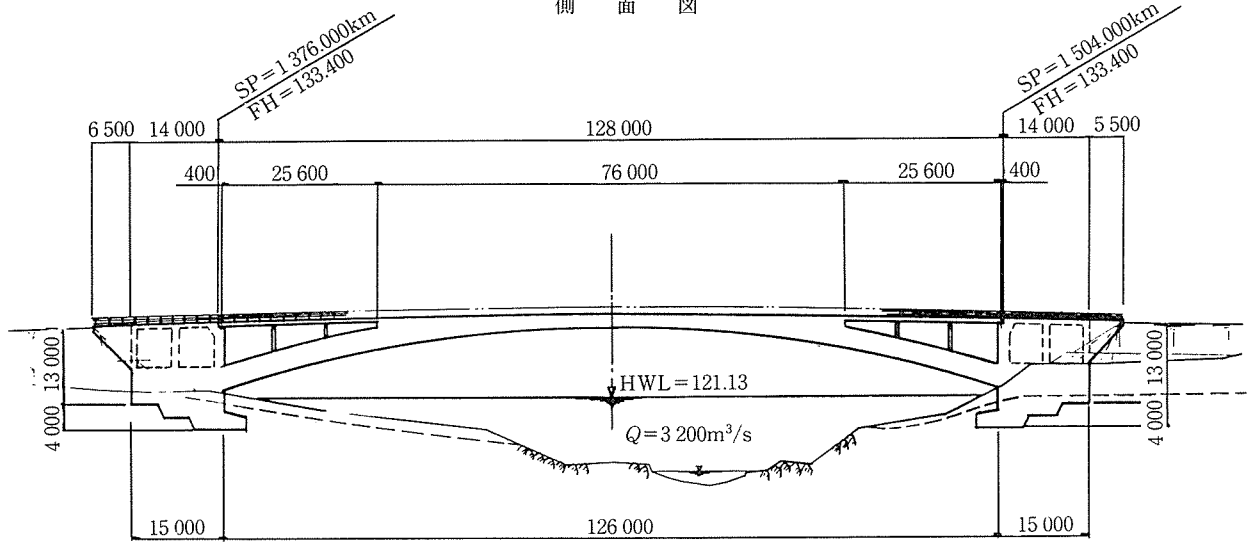
\*2 Kazuyuki KIMURA：(株)構研エンジニアリング 技術第一課技師

\*3 Eiji ITAI：住友建設(株) 土木部設計第二課課長

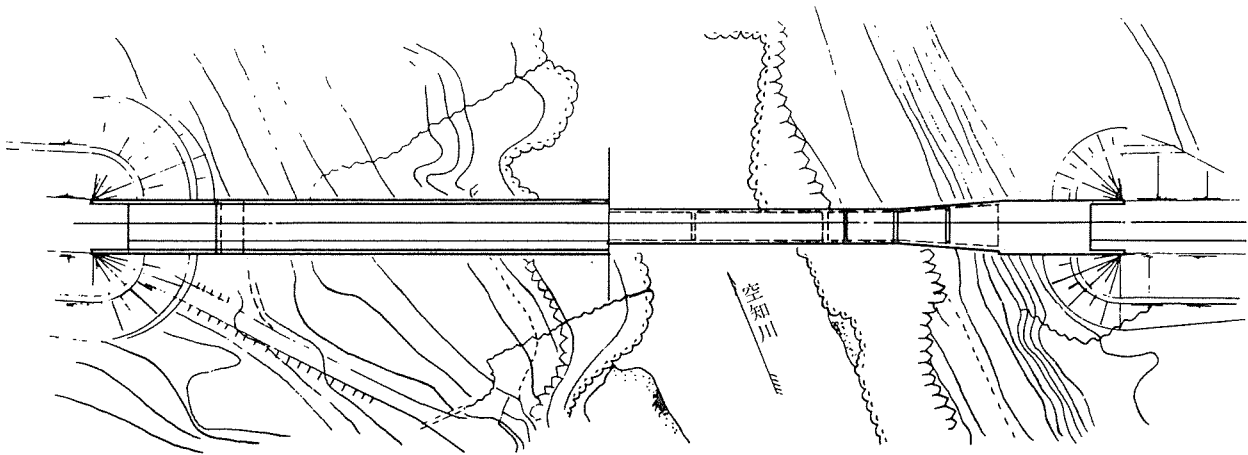
\*4 Yukihiro SHIBUYA：住友建設(株) 北海道支店滝里作業所現場代理人

\*5 Kazuyuki SHINODA：住友建設(株) 北海道支店滝里作業所主任技術者

側面図



平面図



断面図

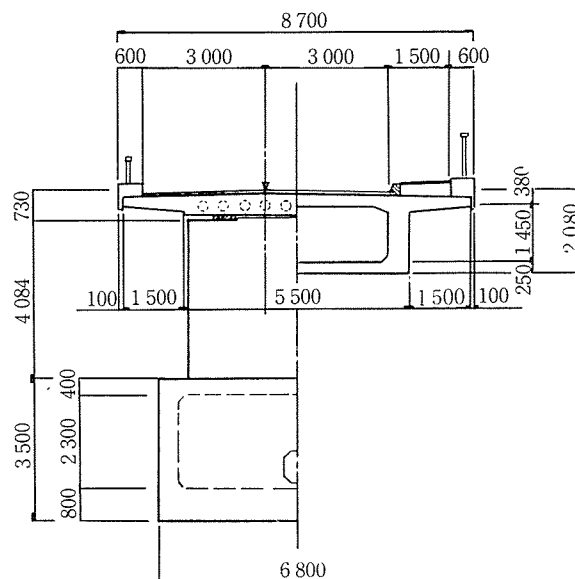


図-2 一般図

工事は昭和 62 年度より着手し、昭和 63 年度で両橋台を施工し、平成元年度から上部工の施工に入り、平成元年度では両アーチリブ支保工部分・鉛直材、平成 2 年度では橋面工までの施工を行った。

本報告は主構造であるアーチリブを中心に設計・施工の概要を紹介するものである。

## 1. 橋梁概要

### 1.1 工事概要

橋名：大滝橋（事業名：滝里ダム 2 号橋）

工事名：滝里ダム建設事業の内

下流工事用 2 号橋工事

発注者：北海道開発局石狩川開発建設部

工期：昭和 62 年 12 月～平成 2 年 12 月

### 1.2 構造規格

道路区分：3 種 4 級

設計速度：40 km/h

幅員：車道 6.00 m, 歩道 1.50 m

縦断勾配：VCI=5.0%

横断勾配：2%

平面線形： $R = \infty$

### 1.3 上部工

橋種：プレストレストコンクリート橋

橋格：一等橋

形式：プレストレストコンクリート固定アーチ橋

工法：ディビダーク式張出し工法（仮支柱併用）

橋長：128.0 m

アーチ支間：126.0 m

ライズ：9.227 m（スパンライズ比 1/13.7）

### 1.4 下部工

橋台：箱式橋台

基礎工：直接基礎

### 1.5 主要材料

コンクリート：

上部工  $\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$  1 250  $\text{m}^3$   
 $\sigma_{ck}=210 \text{ kgf/cm}^2$  70  $\text{m}^3$

下部工  $\sigma_{ck}=300 \text{ kgf/cm}^2$  2 320  $\text{m}^3$   
 $\sigma_{ck}=240 \text{ kgf/cm}^2$  820  $\text{m}^3$

鉄筋：SD-30 A 260.0 t

PC 鋼棒：SBPR 95/120  $\phi 32$  91.3 t  
 SBPR 95/120  $\phi 26$  9.6 t

## 2. 設計

### 2.1 形式の選定

計画流量 3 200  $\text{m}^3/\text{sec}$  の空知川を跨ぐことになるため、径間数は基準径間長により 3 径間以下となる。しかし河積阻害率（5% 以下を目標）を考慮すると、2 径間

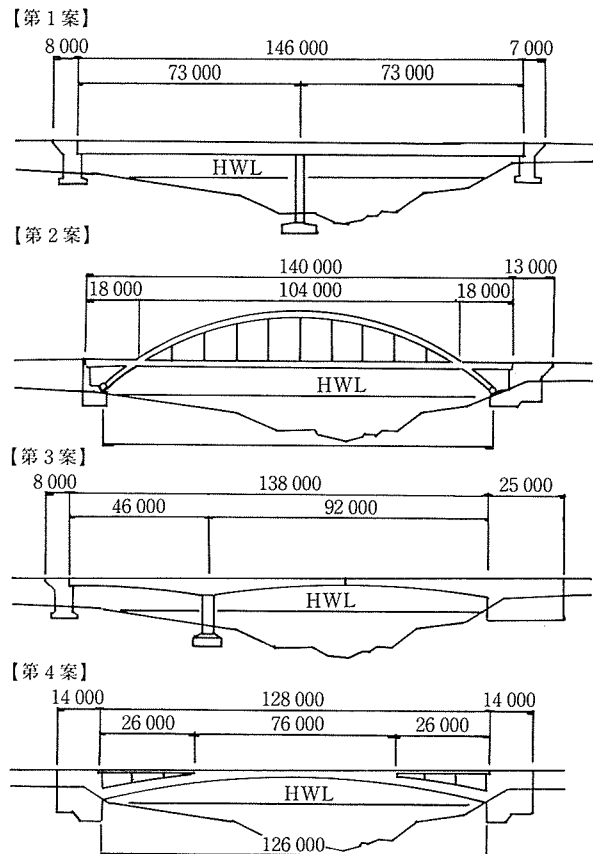


図-3 形式選定

以下が望ましいため、形式選定では次に示す 4 案（図-3）を対象に経済性、施工性、走行性、維持管理について検討し、その他美観も重要な要素として検討に加えた。

第 1 案 2 径間連続鋼箱桁橋

第 2 案 中路式ローゼ桁橋

第 3 案 2 径間連続有ヒンジラーメン橋

第 4 案 PC アーチ橋

この結果、河積に対する問題がなく経済性にも優れ、特に橋体がスレンダーで景観面でも他案に優る PC アーチ橋が選定された。

### 2.2 地質

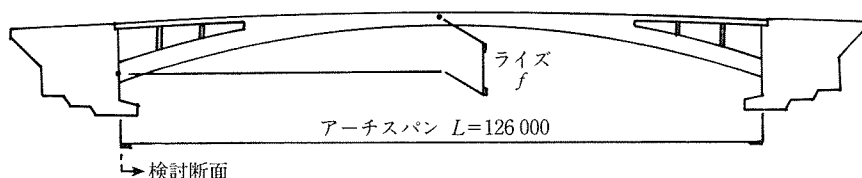
架橋地点の地形は空知川の両岸に形成された緩斜面や河岸段丘平坦面であり、空知川河床面との標高差は約 13～17 m である。地質は白亜紀中部エゾ層群の砂岩頁岩互層や砂岩層を基盤として、第四紀の崖錐堆積物、段丘堆積物が分布している。

橋梁の支持層としては、当橋台の底面反力が大きくなることから、白亜紀上層部分の岩片状に風化した部分を避けて、新鮮部に求めることとし許容支持力度は  $q_a = 100 \text{ tf/m}^2$  とした。

### 2.3 構造計画

本橋のライズはクリアランス、前後の取付け道路等

◇工事報告◇



検討ケース	ライズ $f$ (m)	対応縦断勾配
1	7.0	Level
2	7.8	1.5%
3	9.2	2.5%

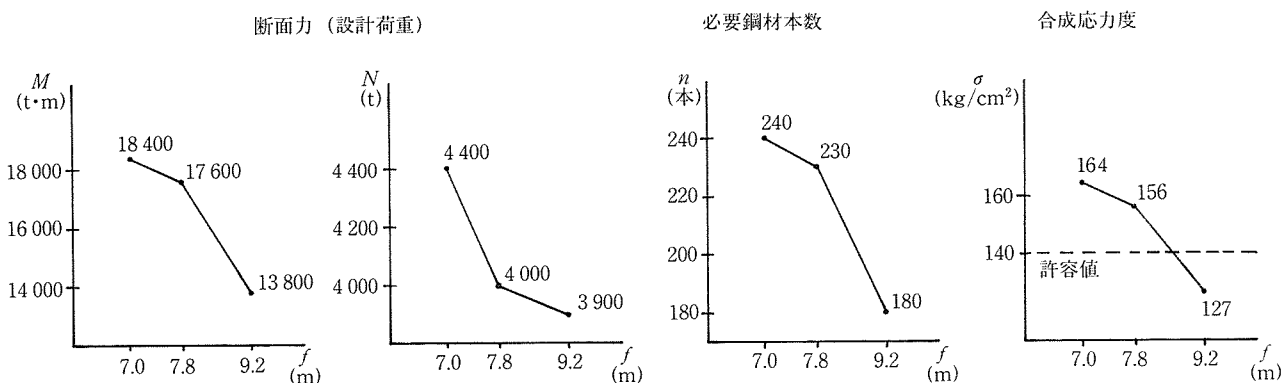


図-4 ライズの決定

の条件からできるだけ小さくする必要があり、ライズを  $f=7.0$  m,  $7.8$  m,  $9.2$  m にて比較を行い応力値を満足する  $f=9.2$  m に決定した (図-4)。

通常、コンクリートアーチ橋におけるスパン・ライズ比は  $1/4 \sim 1/7$  の範囲にあり、この領域であれば鉛直荷重 (全載) に対しアーチアクションの効果が大きく、アーチリブに大きな曲げモーメントの発生はない。そのため、アーチのスプリング部でも RC 構造で満足している。スパン・ライズ比が  $1/10$  以下になると、鉛直荷重全載によりアーチリブに対し急激に大きなモーメントが発生し、アーチリブを PC 構造にする必要がある。

本橋のスパン・ライズ比は  $1/13.7$  (新山清路橋では  $1/12.7$ ) であり、きわめて偏平な PC アーチ橋となっている。また、橋梁端部には  $26$  m の補剛桁区間があるが、この構造は鉛直材で支えられた  $3$  径間 PC 中空床版橋としている。

#### 2.4 下部工の設計

極端に偏平なアーチ橋であるため橋台に作用する水平力は大きく、温度変化、乾燥収縮、プレストレスによる 2 次力を含めた最大水平反力は  $2,860$  tf で、その他鉛直力  $6,690$  tf, モーメント  $55,800$  tf·m となっている。

下部工 (橋台) の構造形式は、アーチリブが張出し施工されることから、安定上アンバランスな状態にならないようカウンターウェイトとして機能する鉄筋コンクリート箱式橋台とし、箱内部に中詰砂を入れることとした。基礎形式は支持層が浅いため直接基礎とした。

#### 2.5 上部工の設計

施工方法は 4. 施工の項で示すように、仮支柱を使用

した張出し架設である。したがって構造解析は変形法を用いた平面骨組解析プログラムを使用し、架設段階を辿って順次行った。

アーチリブ架設時の応力度照査の主なチェックポイントは次の 2 ケースである。

Case-1 仮支柱設置前

Case-2 張出し最大時 (閉合直前)

架設時の断面力に対して架設用 PC 鋼棒をアーチリブに  $204$  本配置した。完成系としてアーチリブに必要な PC 鋼棒も含めた PC 鋼棒配置は図-5, 6 に示すとおりとなる。本橋のように偏平な固定アーチ橋の場合、荷重に抵抗するだけのプレストレスを導入しても、プレストレスによる変形が拘束されるため、荷重による曲げモーメントと同符号の 2 次モーメントが発生する。

下縁の引張応力度が最も大きくなる断面を例にとって 2 次力の影響を計算してみるとプレストレスの効果は  $50\%$  程度となっている。この傾向は、アーチスパンに対

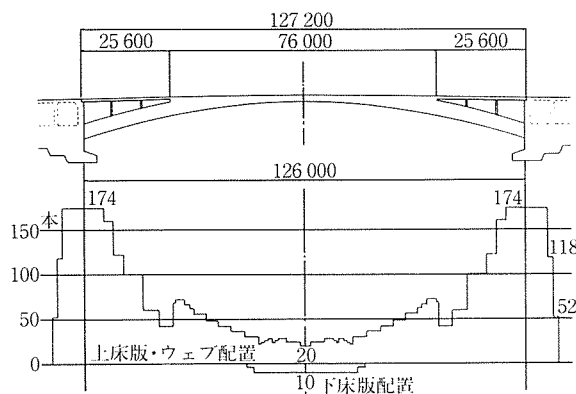


図-5 PC 鋼棒配置量

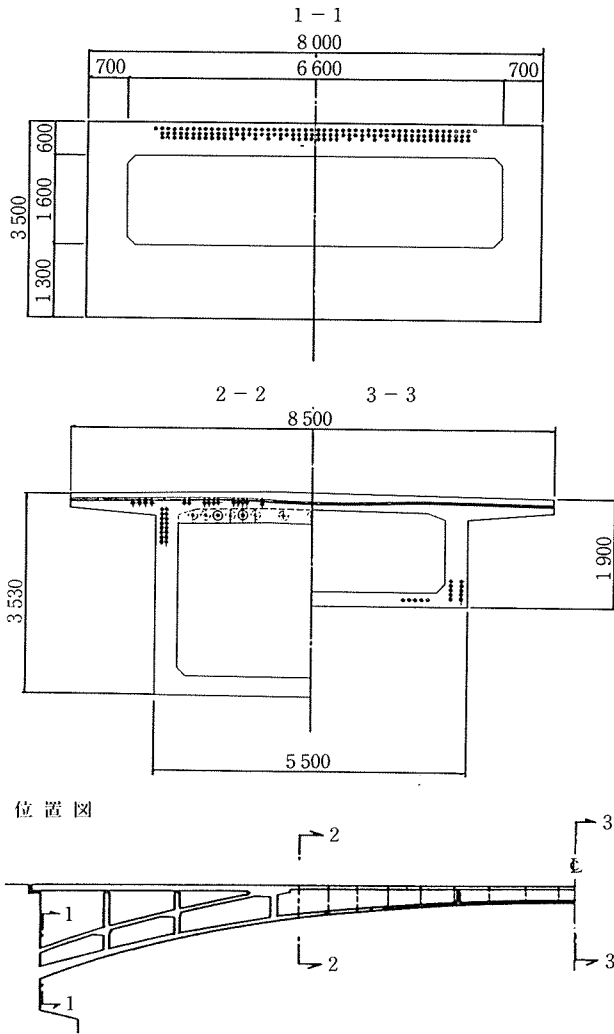


図-6 PC 鋼棒配置図

するライズが小さければ小さいほど顕著となる。

### 3. 施 工

#### 3.1 施 工

アーチリブの施工順序を図-7に示す。

橋台から31 mの区間のアーチリブを支保工にて施工する。支保工としては山留材を使用した支柱で平場を設け、その上に枠組み支保工を組み立てた(写真-2)。傾斜をもったアーチリブのコンクリート打設により発生する水平力に対して支保工の安定をはかるため、橋台にアンカーを埋め込み支保工の水平継ぎとした。コンクリートは上下2層に分けてポンプ車により打設した。

支保工施工では所定の計画高を得るためには、上げ越し計算で求められた上げ越し量以外に、支保工のなじみ・変形、上下2層の断面分割施工による部材剛性変化・温度勾配の影響を考慮する必要がある。

片持ち梁状態のアーチリブ上に支保工を組み鉛直材を施工し、そのまま冬季休止期間に入ることとしたが、この状態に対して積雪も考慮して、安全性を事前に検討し

た。

張出し架設による径間中央部の施工に対しては、施工時の応力を軽減するため橋台から28 mの位置に仮支柱を設置する。仮支柱は形鋼および山留材で構成され、基礎コンクリートとはPC鋼材で固定されている(写真-3)。支柱頭部には300 tf油圧ジャッキを仮支柱1基当たり8台配置し、鋼製キャンバーを使用し水平ずれ止めを施した。

反力調整後、アーチリブ30.5 mをワーゲンをを用いてディビダーク式張出し工法によって施工する(写真-

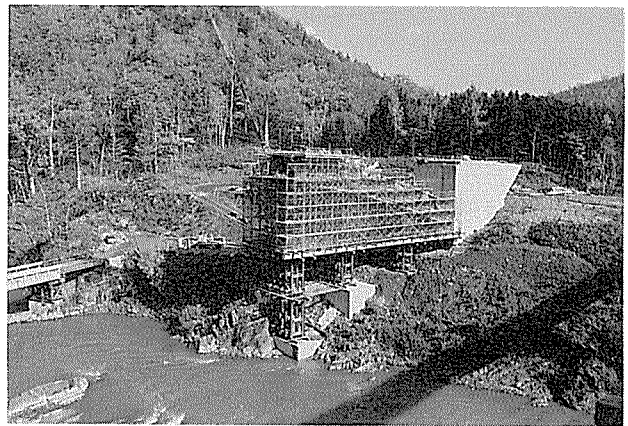


写真-2 アーチリブ支保工施工

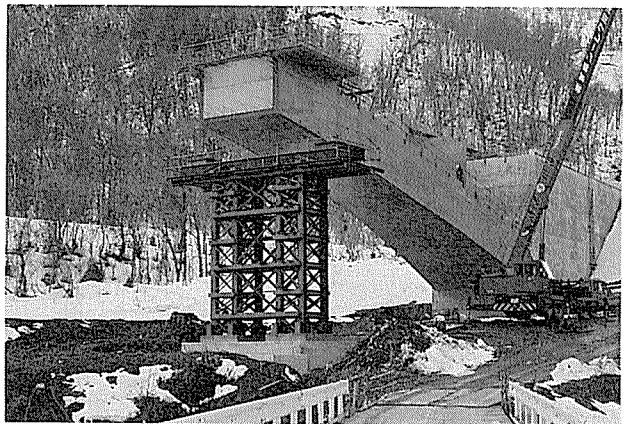


写真-3 仮支柱

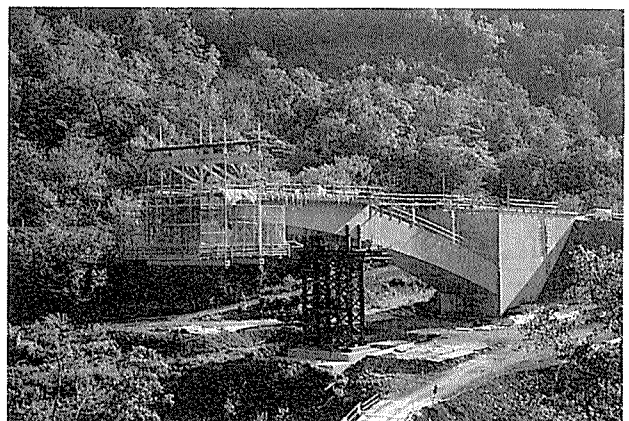


写真-4 張出し架設

◇工事報告◇

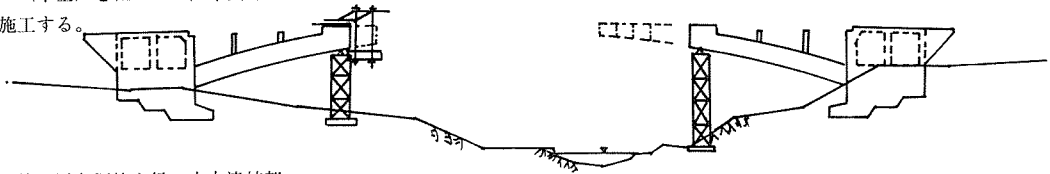
① 橋台工



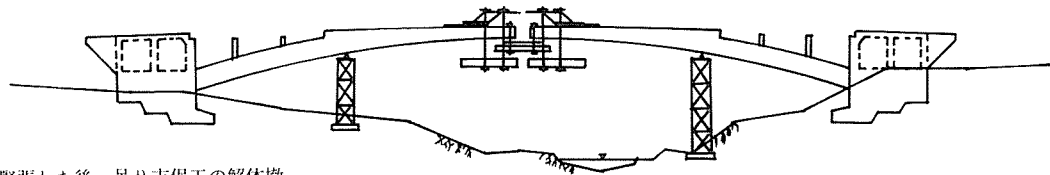
② 端部のアーチリブを支保工上で施工する。



③ 支保工を解体し、アーチリブ上に支保工を組み立て、鉛直材を施工する。仮支柱を組み立て、頭部にセットしたジャッキにより反力調整を行う。その後、フォルパワーゲン（中型）を組み立て、中央部アーチリブを張出し施工する。



④ 最終ブロック終了後、反力調整を行い中央連結部を吊り支保工にて施工する。このときワーゲンは、カウンターウェイトおよび足場として使用する。



⑤ 中央連結鋼棒を緊張した後、吊り支保工の解体撤去、ワーゲンの後退解体撤去を行う。その後、仮支柱の反力を開放し解体撤去を行う。



⑥ アーチリブ上に支保工を組み立てて上床版の施工を行う。



⑦ 支保工を解体して、アーチリブ架設鋼棒の応力開放を行い橋体工を完了する。その後、橋面工を行い、橋梁が完成する。

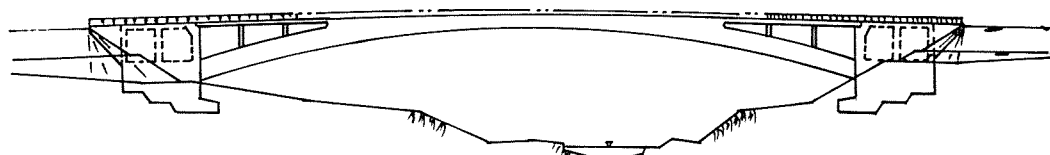


図-7 施工順序図

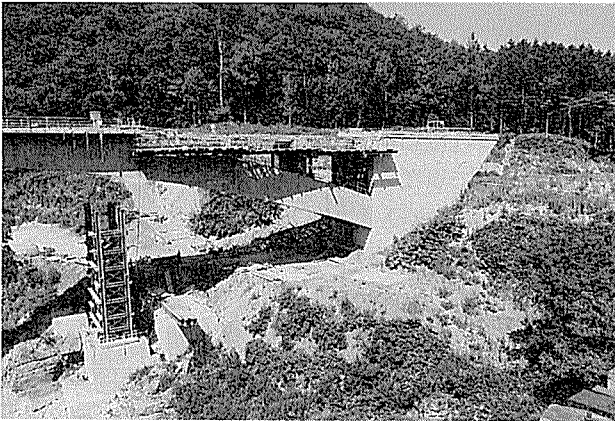


写真-5 上床版支保工施工

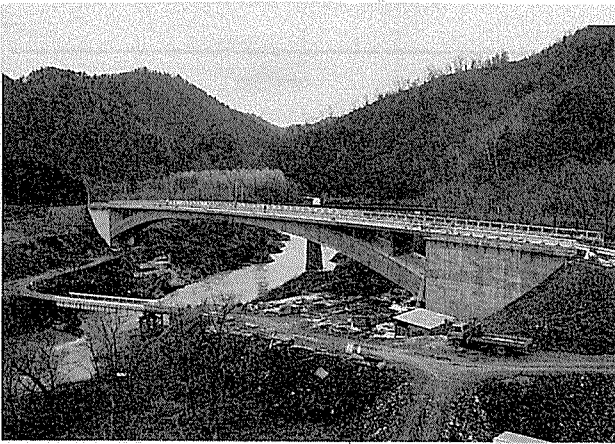


写真-6 橋面工

4). 施工ブロックは基部が3.5 mで、中央部は4.0 mである。残りの支間中央部3.0 mは仮支柱反力調整後、吊支保工にて閉合となる。この後、仮支柱・ワーゲンの解体を行い、アーチリブ上に支保工を組んで上床版を施工する(写真-5)。上床版完成後、架設鋼棒の応力解放を行い橋体工は終了する。最後に橋面工を行い工事が完了する(写真-6)。

## 2.2 計測

本橋のようなPCアーチ橋はPC桁橋とアーチ橋の中間的な構造で、国内外を含めた実績においても数少ない構造形式となっている。この構造形式は、アーチ構造でありながらアーチリブ内プレストレスによる応力調整機能を持つため、架設中、完成後においてその応力状態は複雑に変化する。さらに、本橋では張出し架設によりアーチリブを施工するため、架設順序や架設時の応力状態が、完成系における応力度やクリープ・乾燥収縮による応力度変化に大きな影響を与える。架設時においても各施工段階においてアーチリブの応力度は大きくかつ急激に変化する。また、偏平な固定アーチ橋であるため、大きな反力に抵抗する橋台の変位に対しアーチリブの応力は敏感に変化する。

これらのことを考え合わせると、各施工段階および構

沈下計 (A<sub>1</sub>側)

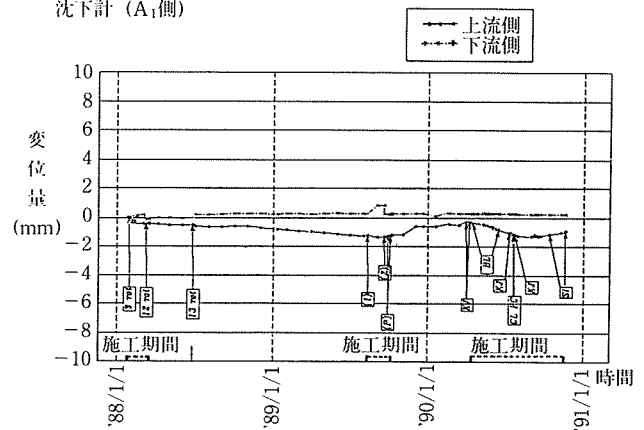


図-8 経時グラフ

応力度比較

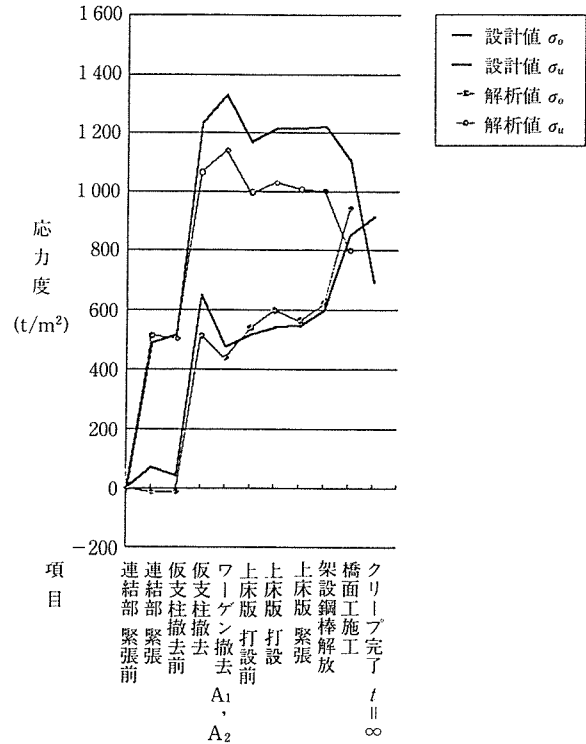


図-9 クラウン部

造系完成時点におけるアーチリブの応力状態、橋台の沈下・変形などを計測する必要があった。

計測は橋台には沈下・傾斜計を埋設し、アーチリブには両スプリング部とクラウン部の3か所に施工時の応力度を測定するよう応力計・ひずみ計を埋設し、施工中の安全性の確認を行った。

計測結果として、橋台の変位は認められず、アーチリブ応力度についても設計値と近似しており許容値も満足していた(写真-8, 9)。

これら埋設計器の測定に加えて仮支柱の反力も測定し(表-1)、施工中の安全性を確認した。

◇工事報告◇

表-1 仮支柱反力（圧力計読み値）  
(kgf/cm<sup>2</sup>)

	KJ-1 (A <sub>1</sub> 側)		KJ-2 (A <sub>2</sub> 側)	
	設計値	実測値	設計値	実測値
ジャッキアップ (100 t)	19	14	19	18
4 BL W 移動	72	68	72	72
8 BL W 移動	154	148	154	154
仮支柱反力調整	212	208	212	212
仮支柱解体前	243	238	242	242

あとがき

本橋はディビダーク工法による PC アーチ橋として我が国で 2 橋目にあたり、そのアーチ支間はコンクリートアーチ橋の中で現在国内第 5 位（道路橋）になる。

現在、工事用道路として供用されており、空知川に架け渡されたスレンダーな姿は周囲の自然景観の中に力強いアクセントを与えている。

最後に、関係各位のご援助をえて、工事期間中大きな問題もなく工事を無事完了できましたことに深く感謝の意を表します。

【1991 年 2 月 27 日受付】

◀刊行物案内▶

第 28 回 研究発表会講演概要

体 裁 : B 5 判 130 頁

頒布価格 : 3 000 円 (送料 350 円)

内 容 : (1) プレストレスングストランドの 3% NaCl 環境における腐食疲労強度, (2) アフターボンド工法用 PC 鋼材について, (3) U 型断面をした PC 小梁の載荷実験, (4) 高強度鉄筋を用いてプレストレスを導入した PRC はりの持続荷重下における曲げ性状, (5) 高強度鉄筋を用いてプレストレスを導入した型枠兼用プレキャスト板に関する実験的研究, (6) JIS PC 波形矢板の載荷実験, (7) 架設工法を考慮した PC 斜張橋の斜材張力及び主桁プレストレスの最適化, (8) PC 斜張橋の精度管理における斜材張力調整法に関する研究, (9) 目地を有する PC 部材のねじり強度, (10) 箱抜き部を有するプレキャスト PC 版の載荷試験, (11) PC-鋼合成構造の鋼桁の座屈による崩壊, (12) バージ用 PC スラブの集中面外荷重に対する強度, (13) 横方向 PC ケーブルと鋼板接着で補強された PC 橋の実橋載荷試験, (14) 実桁定着部のプレストレス導入時のひずみについて, (15) 15 年間の交通供用された PC 橋の撤去工事に伴う施工法の検討および材料強度—広島市・工兵橋—, (16) プレストレス導入における摩擦係数の再検討, (17) 呼子大橋 (PC 斜張橋) の風洞実験, (18) PC 斜版橋の設計について, (19) PC 斜版橋の構造解析モデルの検討, (20) 急曲線形 PC 下路桁の三次元解析, (21) 新素材による PC 橋—新宮橋の建設, (22) プレキャスト PC 床版を用いた鋼合成桁橋の設計と施工—大根田橋の床版打替え工事—, (23) 水面下にある中路式 PC 桁の設計と施工—水辺の散歩道 (新高橋連絡通路) 新設工事—, (24) 池間大橋の設計と施工 (プレキャストブロック工法長大橋), (25) 「合成アーチ巻き立て工法」による旭橋の設計と施工, (26) 布施田浦橋 (仮称) の設計と施工, (27) PC 吊床版橋の設計と施工, (28) 人工軽量骨材コンクリートを用いた PC 連続桁について—日豊本線・汐見川橋梁—, (29) 筒石川橋の施工, (30) ロアリング工法によるコンクリートアーチ橋の施工—内の倉橋—, (31) クレーン船の衝突によって損傷した PC 橋 (青海大橋) の復旧工事, (32) シンガポール MRT 202 工区上部工の施工, (33) PC 大型矢板の砂礫層での施工