

## 第一玉川橋梁の施工

渡部 修\*1・津吉 毅\*2・太田 哲朗\*3・佐藤 茂美\*4

### 1. はじめに

第一玉川橋梁は、JR 田沢湖線角館・鶯野間に位置し、一級河川玉川を横断する鉄道橋である。旧橋は、大正12年に建設された14径間の上路プレートガーダー橋であり、今回、秋田県による河川改修事業の一環として、秋田新幹線計画と合わせ、別線方式で改築工事を行った。主橋部は、橋長188.0m、中央支間85.0mの斜材をPC部材とした3径間連続PC斜張橋である。主塔は、着雪やつららの発生による運転阻害事故の発生を避けるため横梁のない、高さ11.0mの独立2本柱形式とした。

本文では、主橋部の施工概要を中心に、計測工を含めた上部工の施工管理結果について報告する。

### 2. 工事概要

本工事の工事概要を以下に示す。また、主橋部の一般図および主要工事数量を、それぞれ図-1および表-1に示す。

表-1 上部工主要工事数量

種別	仕様	単位	数量	備考
主橋部	コンクリート $\sigma_{ck}=500\text{kg}/\text{cm}^2$	m <sup>3</sup>	1 140	主橋部
	コンクリート $\sigma_{ck}=350\text{kg}/\text{cm}^2$	m <sup>3</sup>	150	PRC単純桁
斜材	鉄筋 S D 345	t	183	
	P C 鋼材 SWPR7B.SBPR930/1 180	t	75	
主塔	コンクリート $\sigma_{ck}=500\text{kg}/\text{cm}^2$	m <sup>3</sup>	135	
	鉄筋 S D 345	t	19	
主塔	P C 鋼材 SWPR7B	t	39	
	コンクリート $\sigma_{ck}=400\text{kg}/\text{cm}^2$	m <sup>3</sup>	88	
主塔	鉄筋 S D 345	t	5	
	P C 鋼材 SBPR930/1 180 $\phi$ 32	t	3	

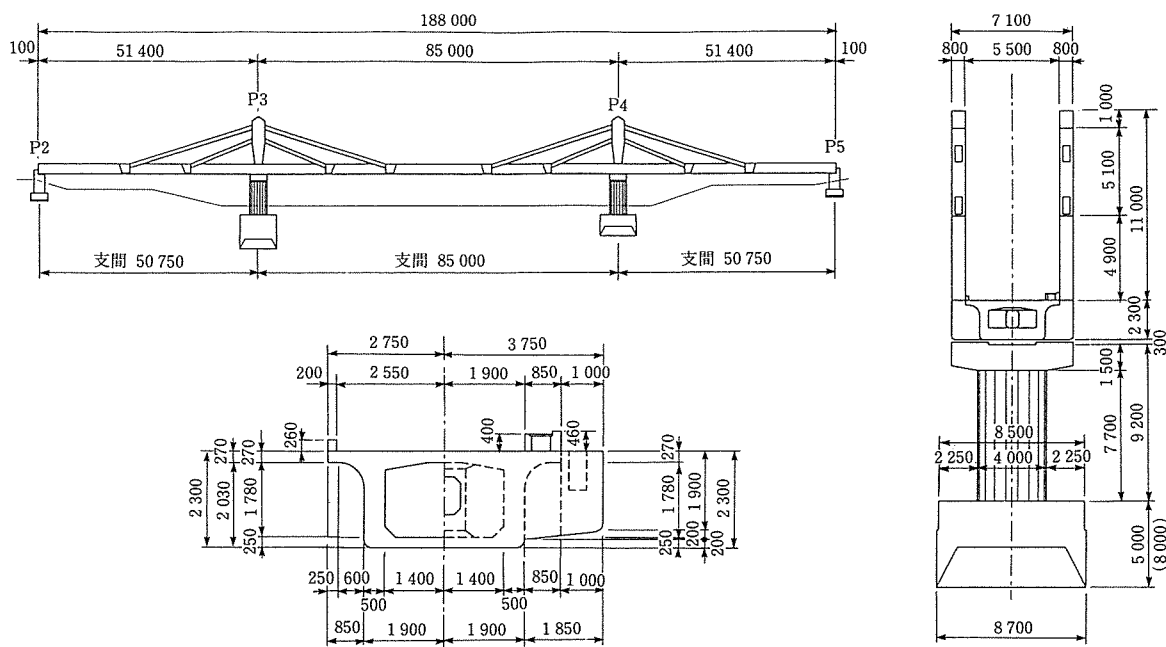


図-1 3径間連続PC斜張橋一般図

\*1 Osamu WATANABE : JR東日本 東北工事事務所 大曲工事区 区長  
 \*2 Takeshi TSUYOSHI : JR東日本 東京工事事務所 工事第二  
 \*3 Tetsuro OHTA : 鉄建建設(株) 玉川作業所 所長  
 \*4 Shigemi SATO : 鉄建建設(株) エンジニアリング本部 土木技術部

◇設計報告◇

工事名：田沢湖線第一玉川橋梁改築  
 工事区間：盛岡起点 59K965M700～60K204M200  
 事業主体：秋田県  
 設計施工監理：東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所  
 橋梁形式：3径間連続 PC 斜張橋（主橋部）+PRC  
 単純桁×3  
 橋 長：13.200m+19.950m+188.000m+17.350m  
 工 期：平成6年10月～平成8年7月

### 3. 施 工

#### 3.1 概 要

主橋部の上部工の施工は、工期の制約から河川部での通年施工が可能である張出し架設工法により行った。また、主塔の施工には、工期短縮のため、プレキャストブロック工法を採用した。

図一に施工順序を示す。

#### 3.2 主桁の施工

主桁は、幅員 5.5m、桁高 2.3m の 1 室箱形断面であり、張出し工法で施工されるものとしては、小断面の部類に入る。施工区分は、柱頭部、張出し施工部、支保工で施工する側径間端部および中央閉合部に分類できる（図一3）。柱頭部は、ワーゲンを2基同時に組み立てるため 12m とし、張出し施工部の標準ブロック長は、4m とした。

柱頭部は、ケーソン施工用の盛土（P3）および仮閉切

りによる築島上（P4）に設置した桁式支保工により行った（写真一）。コンクリートの打設はポンプ車を用



写真一 桁式支保工による柱頭部の施工状況 (P3)

いて行い、1回打設とした。

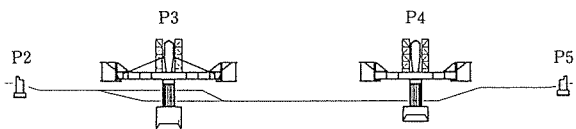
張出し施工部は、河川増水時の安全対策として、低床型ワーゲンをを用いて施工した（写真二）。コンクリートの打設は、全ブロックともポンプ車を使用し、側径間と中央径間で同日施工とした。

側径間支保工部は、工期の制約から、桁端より 9.4m 部分を支保工により先行施工し、張出し終了後に残り 2.0m 部分（19BL）を連結する方法とした。また、中央径間閉合部の施工は吊り支保工を用いて行い、柱頭部の仮固定解放は中央径間連結ケーブルの緊張後に行った。

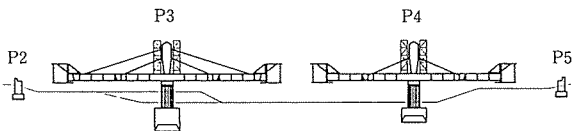
STEP 1：柱頭部施工



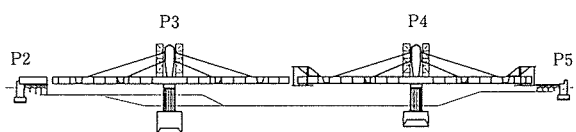
STEP 2：1～6BL 施工、主塔施工、下段斜材 1 次ケーブル施工



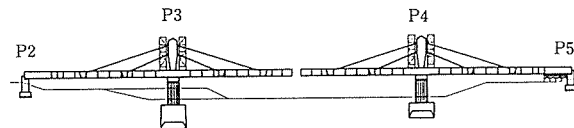
STEP 3：7～14BL 施工、上段斜材 1 次ケーブル施工



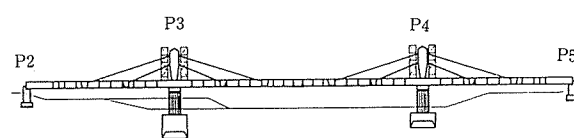
STEP 4：15～18BL、側径間支保工部施工



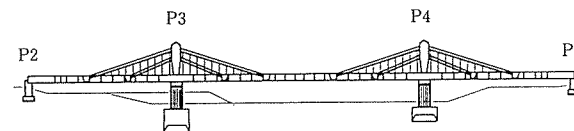
STEP 5：側径間連結 (19BL)



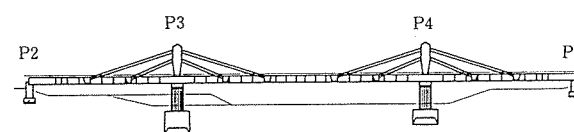
STEP 6：中央径間連結



STEP 7：コンクリート斜材施工



STEP 8：版上工施工・施工完了



図一2 施工順序

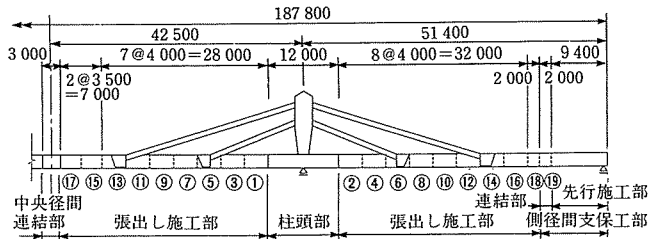


図-3 主桁の施工区分

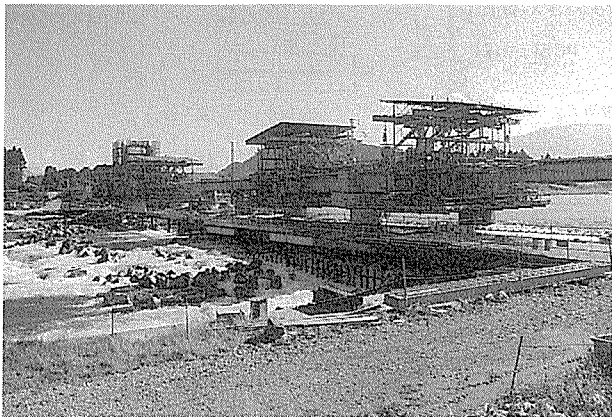


写真-2 低床型ワゲンによる張出し施工状況

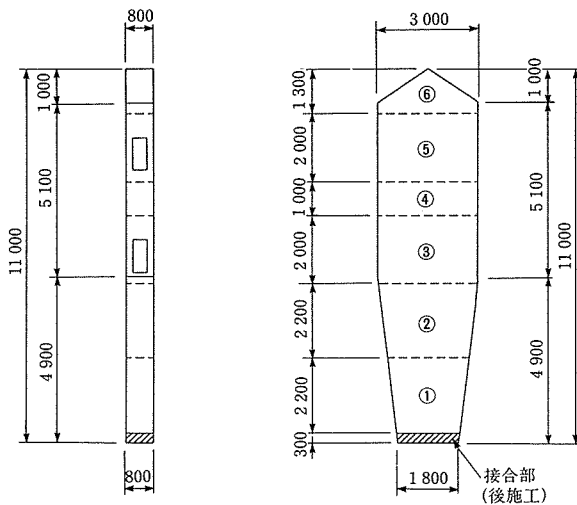


図-4 主塔ブロック割り

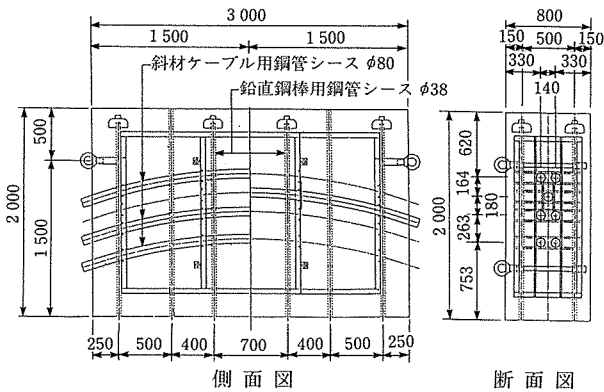


図-5 主塔サドル部(5BL)

### 3.3 主塔の施工概要

主塔の施工は、工期短縮のためプレキャストブロック工法により行った。ブロック割りは、クレーンの吊り上げ能力およびサドル部の位置等を考慮し、全体を1.0から2.2 mの6ブロックに分割した。図-4に主塔のブロック割りを示す。なお、本橋では、主塔部にサドル構造を採用し(図-5)、ケーブル張力による支圧・割裂に対しては、鉄筋により補強を行った。

#### (2) プレキャストブロックの製作

サドル部のブロックは、施工精度の向上および現場作業の効率化のため、鋼管シースおよび鉄筋の組立てを、鋼製フレームを使用して工場にて行った。

プレキャストブロックの製作は、右岸側河川敷内に設置した製作台で行った。製作台は、主塔全体を製作できるものとし、型枠は4基分の転用に十分に耐えられるように、堅牢な鋼製型枠を使用した。

コンクリートの打設は、主塔1基あたり2回打設とし、接合面の密着性を確保するために、1回目のコンクリート面を型枠として使用するマッチキャスト方式を採用した。また、サドル部には補強筋が密に配置されているため、主塔にはスランプ21 cmの高流動性コンクリートを使用した。なお、各接合面には、鋼製リング型接合キーを4組配置した。

#### (3) プレキャストブロックの架設

基準ブロックである1BLの施工精度が、主塔全体の架設精度に大きく影響する。このため、ダミーの全ネジ鋼棒をあらかじめ主桁中にセットしておき、その先端に取り付けたカップラーを回転させることで高さの微調整を行った後、その上に直接ブロックを載せることで精度を確保した。なお、主桁と1BLの遊間には、無収縮コンクリートを打設した。

1BLを施工した後の基本サイクルは、以下の通りである。



写真-3 クレーンによる主塔ブロックの架設状況

◇設計報告◇

- ① 鉛直鋼棒をG継手により接合する。
- ② 接合面を清掃し、エポキシ系接着剤を塗布する。
- ③ ブロックをクレーンを用いて吊り込む（写真-3）。
- ④ 鉛直鋼棒を緊張する。

なお、2基の主塔の架設は約1週間で終了し、施工誤差は、塔頂部で、橋軸方向および直角方向に対し、それぞれ10mm、および5mm程度であった。

### 3.4 斜材の施工

#### (1) 概要

本橋の斜材は、主桁側面より突き出た横梁により主桁に剛結される。各斜材には、合計7本のPCケーブル12S15.2が配置され、このうち、上段は下側2本、下段では下側3本が張出し施工中に緊張するケーブル（以下、1次ケーブル）である。この1次ケーブルは、最長6ヶ月程度、外気に曝されるため、防錆対策としてエポキシ樹脂皮膜を施したストランドを使用した。図-6に、斜材ケーブル配置を示す。

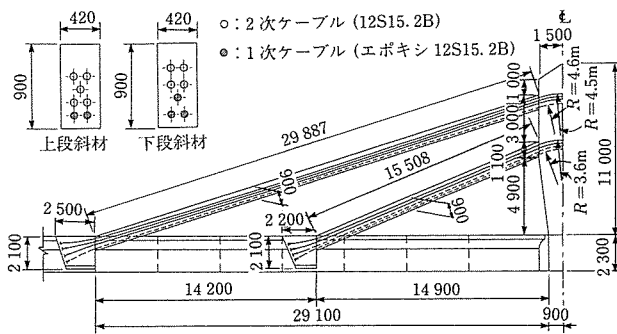


図-6 斜材ケーブル配置

#### (2) 斜材1次ケーブルの施工

1次ケーブルの架設は、1本のストランドごとにウインチと引込みワイヤを用いて行った。架設終了後、ストランドのサグ取りのため、シングルストランドジャッキを用いて仮緊張を行った。

1次ケーブルの容量、緊張時期等は、主桁の施工時の応力度制限（上縁 $-10\text{kgf/cm}^2$ 、下縁 $-20\text{kgf/cm}^2$ ）を満たす範囲で緊張回数が最少となるように定められており、緊張回数は下段2回、上段1回の合計3回である。なお、1次ケーブルの調整緊張は行わないことを前提としており、緊張作業は、主桁にねじりモーメントが生じないように、260tジャッキを4台使用し、2面の斜材を同時に緊張した。

サドル部におけるケーブル滑動を防止するため、緊張終了後、次の主桁コンクリート打設までに鋼管シース内にグラウト工を実施した。グラウト材には高粘性ノンブリージングタイプのセメントミルクを使用し、シース端部にグラウト漏出防止工を施した後、手動ポンプを用い

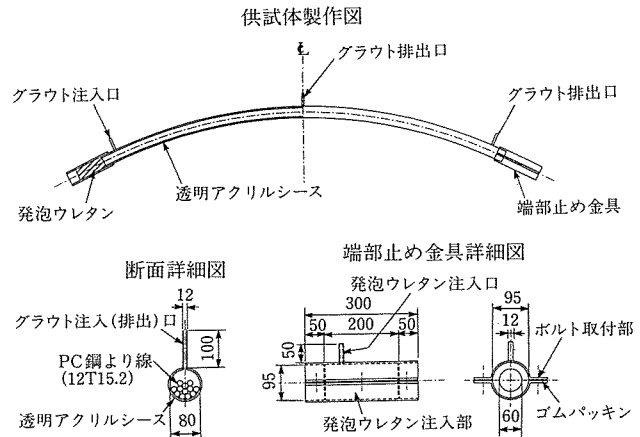


図-7 サドル部グラウト注入試験用供試体

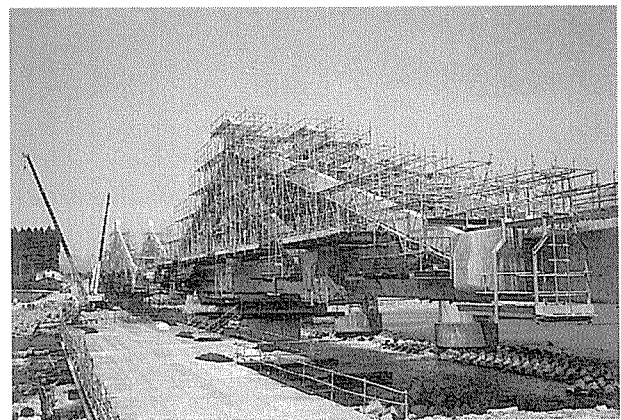


写真-4 特殊支柱式支保工による斜材の施工状況

てグラウトの注入を行った。なお、グラウト材の選定、施工手順の決定、およびグラウト漏出防止工の性能を確認する目的で、透明アクリルシースを用いた検証試験を行った。図-7に、検証試験用供試体を示す。

#### (3) 斜材コンクリートの施工

斜材コンクリートの施工は、主桁上に設置した特殊支柱式支保工を用いて行った（写真-4）。

設計計算では、斜材のコンクリート打設は、全斜材を同時に行うものとして扱っている。しかし、実際にそのような施工を行うことは非常に困難であるため、施工順序の変更が、原設計に与える影響と、施工性を考慮し、以下に示す施工方法を採用した。

- 1) コンクリートは、①P3系下段、②P4系下段、③P3系上段、④P4系上段の順序で打設する。
- 2) 若材齢時の乾燥収縮および温度変化によるひび割れを防止するために、主塔より約1m区間は後施工とし、無収縮コンクリートを打設する。
- 3) 上段斜材コンクリート打設時には、すでにコンクリートの硬化している下段斜材には、1次ケーブルの付着の影響で、約34tf（1斜材当たり）の軸引張力が作用するため、下段斜材には約50tfの先行

プレストレスを与える。

なお、コンクリートの打設は、ポンプ車2台を使用し、2面の斜材を同時打設とし、側径間、中央径間で同日施工とした。

斜材ケーブル（以下、2次ケーブル）の緊張時には、主桁が最大で100mm以上の変位を生じる。この場合、斜材中間部の変位は、主桁の変位と同一でないため、支保工による拘束力が発生する。そこで、2次ケーブルの緊張は2段階に分け、1回目の緊張終了後に斜材支保工のジャッキダウンを行った。なお、2次ケーブルの緊張作業は、1次ケーブルと同様にジャッキ4台を用いて、斜材定着横梁の前面に設置した吊り足場上でを行い、緊張終了後、高粘性ノンブリージングタイプのグラウトを施工した。

#### 4. 施工管理および計測

##### 4.1 概要

本橋では、張出し施工時に与えられる誤差要因に対して影響値解析を行い<sup>2)</sup>、その結果、斜材ケーブルの張力や、主桁の上下床版温度差など、主桁応力度とたわみに与える影響の大きい項目については、施工時に計測を行いながら、施工管理を行った。

ここでは、施工管理の概要を計測結果の一例を報告する。表-2に計測項目を、図-8に計測断面位置を示す。

##### 4.2 温度の影響

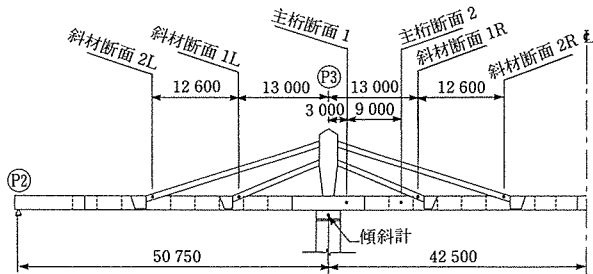


図-8 計測断面位置(施工管理)

##### (1) 温度変化

外気温の測定はP3柱頭部に設置した百葉箱で行い、主桁の温度は、3ブロック中（主桁断面2）に埋設した5ヶの熱伝対を用いて行った（図-9）。表-3に、外気温および主桁コンクリートの温度計測結果の一例を示す。

外気温は、夏期で最高30℃、冬期で最低-10℃を記録し、年間の温度差は40℃である。また、1日の最大変化は夏期で13℃、冬期で10℃であり、季節による違いはそれほど大きくなかった。

下床版の温度変化は、外気温の平均的な推移に影響を受け、1日の変化は非常に小さく、季節による違いは見

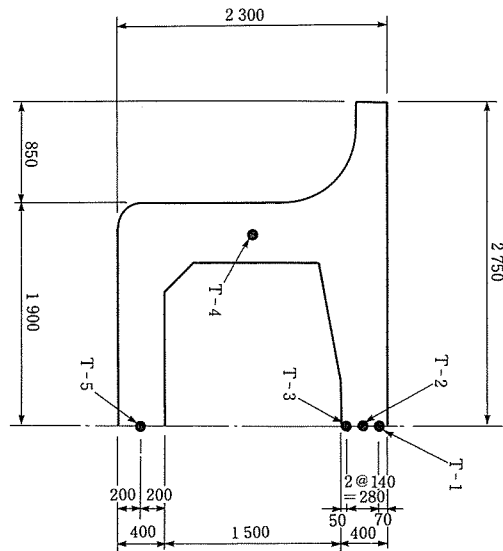


図-9 熱伝対配置図(3BL)

表-3 温度計測結果

(単位:℃)

		夏 期	冬 期
外 気 温	最高・最低気温	30〔高〕	-10〔低〕
	1日の変化量	13	10
主桁温度	上床版日変化	11	9(1)
	下床版日変化	1	1
斜材温度	1日の変化量	17	15

注:( )内は、橋面上に積雪がある場合。  
斜材温度は、平成7年10月より測定。

表-2 計測項目一覧表(施工管理)

計 測 項 目	計 測 位 置							自動計測	備 考
	主 桁		斜 材				橋脚		
	1	2	1R	1L	2R	2L			
ケーブル張力			○	○	○	○		○	斜材1次ケーブル
コンクリート応力度	○	○	○	○	○	○		○	
コンクリートひずみ	○	○	○	○	○	○		○	
鉄筋応力度	○	○	○		○			○	
コンクリート温度		○						○	熱伝対
ケーブル温度			○		○			○	
傾斜角							○	○	
外気温・湿度	P3柱頭部上							○	
主桁変位	各施工ブロックの先端								レベル・スタッフ

◇設計報告◇

られない。これに対して、上床版は直射日光の影響を受け、夏期、冬期とも1日で10℃程度の温度変化を記録した。ただし、橋面上に積雪がある場合には、上床版温度は0℃前後で常に安定しているが、外気温の影響で、下床版の温度が相対的に5℃程度低くなる場合があり、床版温度差の影響を無視することはできない。

(2) たわみに対する影響

本橋では、影響値解析により斜材1次ケーブルと主桁の温度差は主桁のたわみにはあまり影響を与えないという結果が得られていた。そのため、比較的影響の大きい床版温度を重点管理項目とし、レベル測量値をその都度温度補正しながら、上げ越し管理を行った。ここで、床版温度差によるたわみの補正は、以下の条件により行った。

- ① 床版温度差と主桁ひずみの日変化の実測値が比較的適応(図-10)していることから、温度測定値とたわみ変化の時間的なずれは考慮しない。

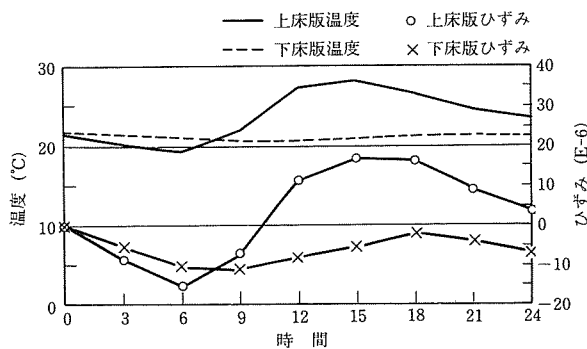


図-10 上下床版における温度およびひずみの日変化

- ② たわみ日変化の実測値の対応から、上床版温度の代表値は、上層温度(T-1)と下層温度(T-3)の平均値とした。

なお、張出し施工期間中に計測した温度の影響によるたわみの日変化は、施工の最盛期が日射の影響が比較的少ない時期であったため、通常で1～3mm程度であり、最大でも10mm程度であった。

4.3 上げ越し管理

(1) 上げ越し量の設定

本橋では、軌道敷設以降のクリープ変形量が、列車走行性に悪影響を与えない範囲であることから、レール敷設時の高さの設定が容易となるように、この時の橋面高さがレベルとなるように、主桁の上げ越し量を設定した。図-11に、主桁の上げ越し量および軌道敷設以降に予測される変形量を示す。

(2) 上げ越し管理の基本方針

本橋では、斜材1次ケーブルの調整緊張は行わず、また、主桁応力度の制限から、1次ケーブルの導入張力の

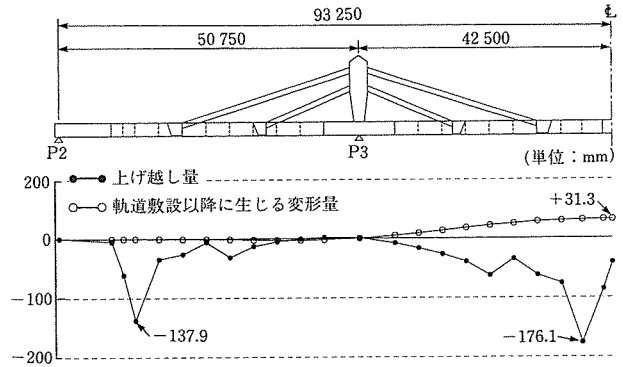


図-11 主桁の上げ越し量および軌道敷設以降に生じる変形量

許容変動量が1割程度であり、かつ、その1割の変動によるたわみは10mm程度である。そのため、1次ケーブルに対しては上げ越しの修正機能を期待せず、通常の桁橋と同様、上げ越しの誤差に対しては、型枠セット高の修正により対処した。また、主桁は桁高が一定であり、レベル線形を持つため、上げ越しの修正にともなう角折れは、外観上の欠陥となりやすい。このため、上げ越し誤差に対する修正量は、1ブロック当たり最大15mm程度に制限した。

(3) 上げ越し管理結果

主桁のたわみに対して支配的な要因は、主桁コンクリート打設、斜材1次ケーブルおよび2次ケーブルの緊張であり、各要因によるたわみの最大値は、それぞれ、110mm(13BL打設時)、120mm(上段1次ケーブル)および110mmである。

図-12は、P3系の左右ブロック打設時における計算と実測の相関関係であり、また、図-13には、片側のみ施工した場合の計算値と実測値との比較例を示している。左右ブロック打設時のたわみは、張出し初期には若干のばらつきが見られるものの、計算値と実測値はよく対応している。これに対して、片側のブロックを打設した場合には、実際の変形量は計算値を下回る傾向がある。これは、計算上の下部構造の剛性評価が実際よりも小さめであったことが主な原因であると思われる。しかし、張出し施工は左右同時に行うためアンバランスモー

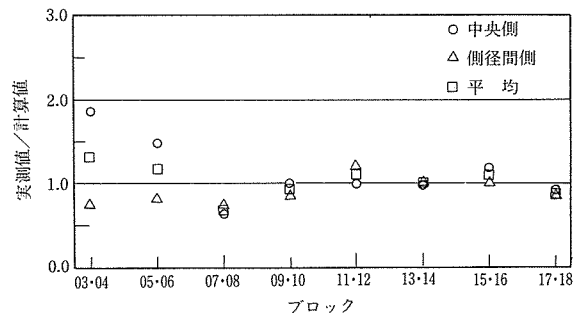
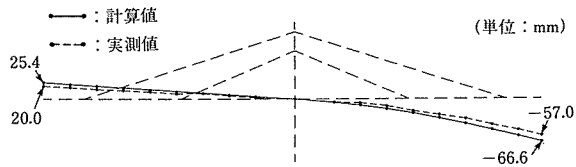


図-12 左右ブロック打設時のたわみにおける計算値と実測値の相関(P3系)



図一13 片側のコンクリートを打設した場合のたわみ(P3系17BL)

メントが小さく、また、主桁完成後は下部工の影響が少ない連続桁構造となる。このため、本橋の場合には下部工の剛性評価の影響は小さく、特に、上げ越し管理値の変更は実施しなかった。

表一4は、1次ケーブルおよび2次ケーブル緊張時における実測値と計算値の比較を示したものである。これによると、1次ケーブル緊張の場合は、実測値は計算値に及ばず、最大で-40 mm程度の差が生じた。これに対し、斜材プレストレスの場合には、たわみは計算値より大きめとなった。なお、主桁排水勾配コンクリート打設後の橋面高さは、計画に対して-20~+15 mmであり、比較的良い精度で施工できたと考えている。

#### 4.4 斜材ケーブル緊張管理

##### (1) 1次ケーブルの緊張

1次ケーブルの緊張は、主桁に斜め方向の力を外力として導入することを主な目的として行うため、その管理

表一4 斜材ケーブル緊張時における主桁たわみの比較

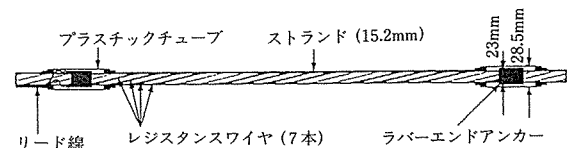
		13BL	5BL	6BL	14BL
1次ケーブル	下段1回目				
	①実測値	---	27.9	30.9	---
	②設計値	---	32.1	32.1	---
	差①-②	---	-4.2	-1.2	---
	①実測値	---	10.1	12.1	---
	②設計値	---	15.0	15.0	---
下段2回目	差①-②	---	-4.9	-2.9	---
上段	①実測値	80.5	25.3	23.3	76.5
	②設計値	118.1	38.6	38.6	118.1
	差①-②	-37.6	-13.3	-15.3	-41.6
	①実測値	114.0	53.0	-1.0	8.0
2次ケーブル	②設計値	103.4	51.2	-5.5	3.2
	差①-②	+10.6	+1.8	+4.5	+4.8

方法はマンメータの読みを主、伸び量を従とする圧力管理とした。また、張力の導入精度を確保するため、自由長部分の張力を直接計測できる張力計を各緊張ステップで最初に緊張するケーブルに設置した(図一14)。

表一5は、緊張管理結果として、P3系斜材に関する緊張時の最大圧力、鋼材の伸びおよびストランド1本当たりの導入張力を計画値と比較を示したものである。また、表一6には、緊張による主桁応力度の変化量を参考値として示す。1次ケーブル緊張時での最終圧力は、摩擦係数が0.4の場合の計画値に相当するケースが多い。なお、鋼材の見かけの伸び量は全体的に計算値を下回る結果であり、前述したように主桁の上りたわみも計算値よりも少なめとなった。ただし、張力計による実測値は計画値とよく一致している。また、主桁応力度は許容範囲内での推移を示したものの、応力変動量はやや少なめの値であった。

##### (2) 2次ケーブルの緊張

2次ケーブルの緊張は、主桁内ケーブルと同様に、摩擦と伸び量による管理方法を用いて行った。その結果、ほとんどのケーブルで摩擦係数が0.1前後となり、非



図一14 張力計

表一6 1次ケーブル緊張時における主桁応力度の変化 (単位: kg f/cm<sup>2</sup>)

		下段1次ケーブル		上段1次ケーブル
		1回目	2回目	
上縁応力度	実測値	75.0	30.0	67.9
	計算値	91.6	42.8	88.3
	実測/計算	0.82	0.70	0.77
下縁応力度	実測値	-88.6	-34.9	-86.6
	計算値	-90.4	-42.2	-94.9
	実測/計算	0.98	0.83	0.91

表一5 1次ケーブルの緊張管理結果(P3系)

		下段1次ケーブル			上段1次ケーブル		
		計画値	1回目		2回目	1本目	
			1本目	2本目		1本目	2本目
緊張時最大圧力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	計画値	$\mu=0.4$	357	333	350	335	298
		0.0	334	311	340	308	274
	実測値		360	340	340	340	300
鋼材の見かけの伸び量 (mm)	計画値	$\mu=0.4$	225	208	227	386	341
		0.0	225	209	228	385	340
	実測値		223	206	226	377	336
ストランド1本当たりの導入張力 (tf)	計画値		14.7	---	14.9	13.5	---
	実測値		14.8	---	14.9	13.5	---

※鋼材の見かけの伸び量に対する主桁の変形の影響分は、下段では6%、上段では11%程度。ストランドの導入張力は、最大圧力時の値を示す。

◇設計報告◇

常に安定した管理結果となった。

表-7は、2次ケーブルを緊張した場合に計測した主桁応力度の変動を計算値と比較したものである。2次ケーブルの緊張による応力変動は計算値より大きく、このことは、たわみ変化が計算値より大きめとなったことと対応していると思われる。また、斜材に生じる圧縮応力度は計算値と比較して小さめであったが、応力度の許容値は満足する結果となっている。

表-7 2次ケーブル緊張時における主桁応力度の変化  
(単位:kg f/cm<sup>2</sup>)

		1 回 目	2 回 目	合 計
上縁応力度	実 測 値	34.8	36.3	71.1
	計 算 値	33.8	34.5	68.3
	実 測/計 算	1.03	1.05	1.04
下縁応力度	実 測 値	-34.5	-47.4	-81.9
	計 算 値	-30.1	-31.2	-61.3
	実 測/計 算	1.15	1.52	1.33

### 5. 単純桁の施工

3橋の単純桁のうち、P1-P2、P5-A2間の2橋は場所打ち施工とし、A1-P1間の単純桁は、P1-P2桁上で製作した後、クレーンにて架設した。なお、A1-P1のスラブ桁は、直結軌道を採用しており、その埋込み詮の施工には高い精度が要求される。そのため、コンクリートは2回打ちとし、2回目のコンクリートは、埋設される埋込み詮を鉄骨フレームで固定したうえで、打設した。写真-5に埋込み詮の位置状況を示し、また、写真-6にクレーンによるスラブ桁の架設状況を示す。

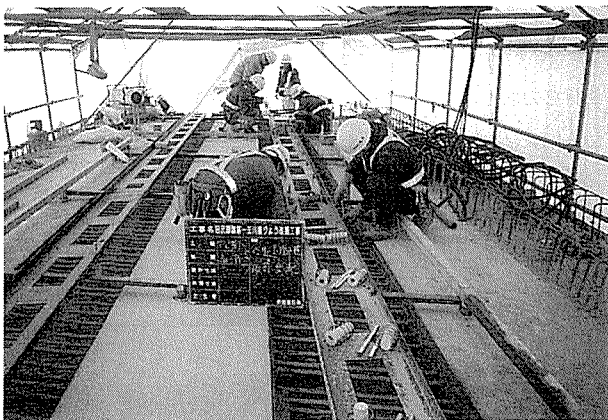


写真-5 直結軌道用埋込み詮の設置状況(スラブ桁)

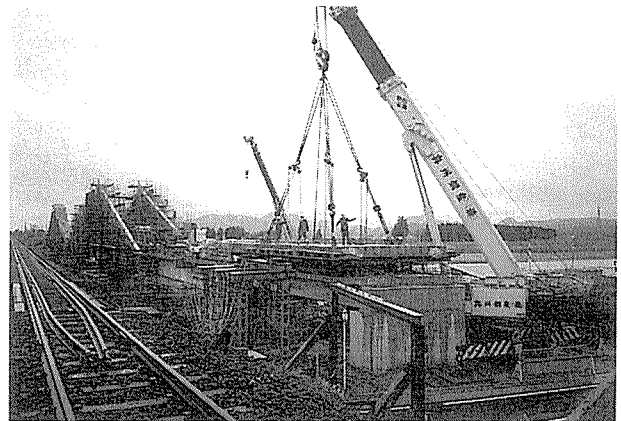


写真-6 クレーンによるスラブ桁の架設状況

### 6. おわりに

第一玉川橋梁の改築工事は、平成8年8月に無事終了した。現在(平成9年1月)秋田新幹線用車両「こまち」による試験走行が行われており(写真-7)、平成9年3月からは、東京-秋田間の直通運転を開始する予定である。

最後に、本橋の施工および計測工を実施するにあたり、多大なご指導・ご協力をいただきました関係各位に深く感謝の意を表します。



写真-7 秋田新幹線「こまち」の試験走行

### 参 考 文 献

- 1) 築島大輔・大庭光商・大槻茂雄：斜材ケーブルサドル配置部の支圧性状に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.16, No.2, pp991-996, 1994
- 2) 津吉毅・菅原正美・大庭光商・石橋忠良：第一玉川橋梁の設計，プレストレストコンクリート，Vol.38, No.3, May 1996.5  
【1997年2月20日受付】