

両郡橋(PC斜張橋)工事報告

Design and Construction of RYOGUN PC Cable-stayed Bridge

高野 喜代*
Kiyo TAKANO

伏見 勉**
Tsutomu FUSHIMI

牧野 博文**
Hirofumi MAKINO

𠄎山下 龍哉***
Tatsuya MANZANKA

王 肇明***
Toshiaki OH

千葉 彩子****
Saiko CHIBA

The coming winter Olympics are scheduled to be held in 1998 in Nagano prefecture. A huge surge in a traffic demand is expected for that period. Moreover due to the deteriorating condition of roads and bridges in the prefecture, an infrastructure development program has been planned. Construction of RYOGUN bridge on Route 19 is a part of this program.

RYOGUN bridge is a single span cable-stayed bridge. A separate anchorage is used to counter the weight of the girder, which make this bridge unique of its kind in Japan. The bridge is aesthetically designed to match the beautiful surroundings. The construction of the bridge employed several innovative techniques such as temporary cables during erection and light weight panels for falsework. This paper describes some major issues related to the design and construction of RYOGUN bridge, and also reports the computer graphics related to the aesthetic design of bridge and its surroundings.

Key words : RYOGUN bridge, prestressed concrete, cable-stayed bridge, anchorage, transverse rib, computer graphics

1. まえがき

長野県は現在、1998年に冬季オリンピックの開催を控え、道路整備・競技会場の建設など、各関連工事が各地で盛んに行われている。長野市内を走る一般国道19号線は、オリンピック開催の際、長野市内から男子スキージャンプ競技会場となる白馬方面へのアクセスルートとして使用されるが、長野市の西の玄関口にあたる犀川に架かる旧両郡橋は、幅員5.5mと、大型車がすれ違えないほど狭く、現状では実質片側交互通行を行っている。また、架

設後60年余りが経過し、老朽化が著しいこともあり、昭和60年度に老朽・震災対策橋として架け替え工事が事業化され、平成6年度に完成した(写真-1)。

本報告は、両郡橋の施工において実施した各種検討、施工管理計測およびコンピュータグラフィックス(以下CG)を用いた景観検討などについて、その概要を述べるものである。

2. 工事概要

橋梁一般図を図-1に、主要材料を表-1に、主要諸元を以下に示す。

工事名：両郡橋上部工事

施工場所：長野県長野市

工期：自 平成4年9月23日

至 平成6年9月19日

発注者：建設省関東地方建設局

長野国道工事事務所

構造形式：単径間PC斜張橋(他碛式)

活荷重：TL-20

橋長：81.500m

支間：78.300m

塔高：38.000m

主桁形式：RC2室箱桁

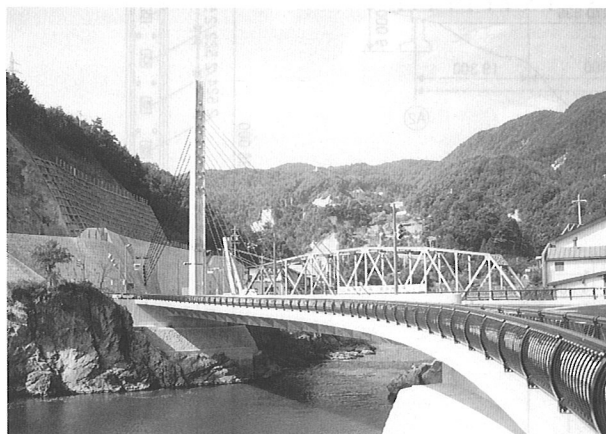


写真-1 両郡橋完成写真

*川田建設(株)工事一部工事課係長 **川田建設(株)工事一部工事課 ***川田建設(株)九州支店工事部設計課係長 ****川田建設(株)工事本部技術部技術課

表-1 主要材料

区分	材 料	仕 様	単位	数量
A1橋台	コンクリート	$\sigma_{ck}=400, 210, 160 \text{ kgf/cm}^2$	m ³	1 175
	鉄 筋	SD295	t	36
主 桁	コンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	m ³	786
	鉄 筋	SD295	t	201
	P C 鋼 材	SBPR95/120 ϕ 32	t	29.5
		SBPR95/120 ϕ 26	t	3.5
		SWPR19 1T21.8	t	7.3
主 塔	コンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	m ³	216
	鉄 筋	SD295	t	27
	鉄 骨	SS400	t	13
斜 材	P C 鋼 材	SPWC109	t	20.8
		SPWC187	t	12.8
		SPWC199	t	7.2
		F-360 T	t	0.8

張出し床版形式：補剛ブラケット付張出し床版

総 幅 員：17.500 m

幅員構成：車道 5.400 m×2 歩道 1.500 m

平面線形：クロソイド曲線 $A=80 \text{ m}$ $L=40.000 \text{ m}$
 $A=65 \text{ m}$ $L=42.250 \text{ m}$

勾 配：縦断0.4%，横断+2.5 ～ -2.5%

主塔形式：独立1本柱(RC単柱)

斜材形式：1面吊りファン型

DINAアンカーケーブル使用

(主桁側：2本，アンカレイジ側：1本)

アンカレイジ形式：重力式アンカレイジ



写真-2 アンカレイジ

3. 設計・構造概要

(1) 構造形式

主桁の構造形式は、主塔側をラーメン構造、対岸側を可動点とした単径間構造で、独立したアンカレイジ（写真-2）を有する単径間PC斜張橋である。これは本橋がダムの放流地点直下に位置していて、不定期の出水による増水の影響を受けるため、河川中に橋脚を設けることが事実上不可能であること、また、線形上の制約などによる。

(2) 主桁

主桁断面形状は、RC床版3室箱桁およびPC床版2室箱桁断面にすると、主桁重量の増加、施工性の悪化などの問題が発生するため、RC床版2室箱桁断面を採用している。張出し床版は、張出し長が長くなるため補剛ブラ

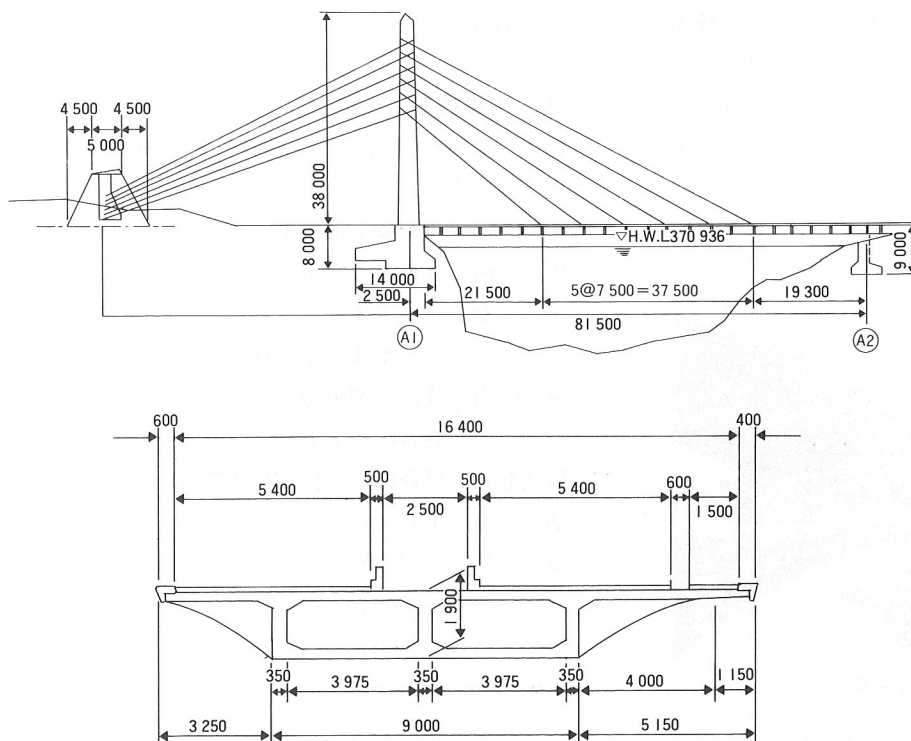
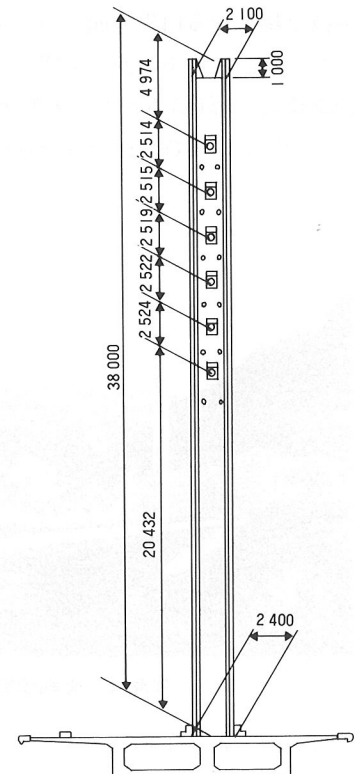


図-1 両郡橋全体一般図



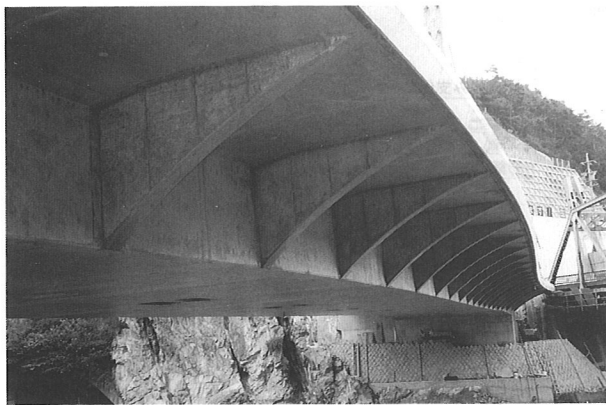


写真-3 補剛ブラケット

ケット(写真-3)で対処している。

また、他碇式斜張橋であるため、斜材による水平軸力をラーメン支点の橋台で受ける構造となっている。

本橋は、S字クロソイド平面曲線内にあり、ねじりに対する検討を立体格子解析を用いて架設時、完成時とも行っている。また、局部的には形状の複雑な斜材定着部(主塔側・主桁側)についてFEM解析を別途行い、補強鉄筋の配置を決定する際の根拠の一つとしている。

(3) 主塔

本橋はA1側からの片持ち張出し施工で架設された。このため、コンクリート施工と斜材緊張が交互に繰り返されるたびに、主塔にはアンバランスモーメントが発生する。

主塔に発生するアンバランスモーメントを、微調整することは多くの労力を必要とするとともに、工程上の制約となる。このため、主塔断面は、発生アンバランスモーメントを考慮して断面検討が行われている。

また、主塔を2面吊りにした場合、アンカレイジを二つ必要とすること、景観上圧迫感を受けるなどの理由から、スリムで軽快なRC構造の1本柱形式を採用している。

(4) 斜材

斜材配置は、完成時は、アンカレイジ側、主桁側ともに斜材段数6段の1面吊りファン型であるが、架設時は、張出し施工初期(本設斜材配置前)の主桁に発生する曲げモーメントを低減するために、施工用仮設斜材を2段配置している。各段の斜材構成は、主塔にねじりモーメントを発生しないように、主桁側並列2本で、その中央にアンカレイジ側1本を配置している。合計、本設斜材18本・仮設斜材4本である。

ケーブルは、表面をポリエチレンで被覆されたノングラウトタイプのDINAアンカーケーブルを使用した。引張荷重は671～1225tfである。本斜ケーブルの定着方式は、定着用のソケットがあらかじめ工場で斜材端部に加工されて搬入され、そのソケットと支圧版間を座金およ

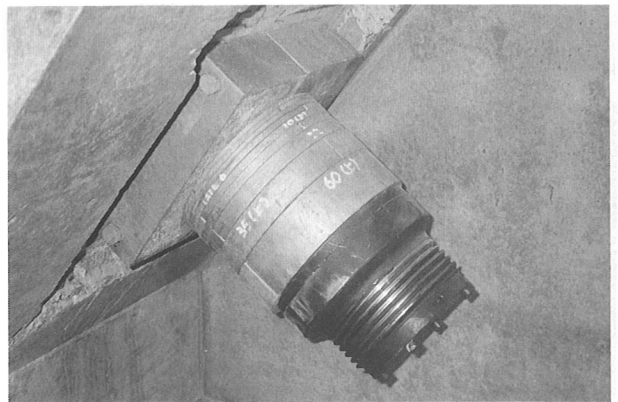


写真-4 斜材定着部

びフィラープレートを挿入することで定着する方式である(写真-4)。

(5) アンカレイジ

主塔を挟んで反対側にあるアンカレイジは、重力式であり、全コンクリート体積は2276m³である。

構造は中空断面のもたれ擁壁形式となっており、主塔側に中空内部の作業空間に通ずるケーシングパイプが配置されている。

なお、アンカレイジには、安全を考えアースアンカーを8本配置している。

4. 施工概要

施工ステップ図を図-2に示す。

(1) 主桁工

a) A1 支保工部の施工

移動作業車の発進基地となるA1支保工部は、はじめに橋台上にパイプベントとH形鋼などによりベースを組み立て、その上に枠組み支保工を用いて施工を行った。橋体施工後、支保工部の枠組みだけを解体し、移動作業車の下段作業台を組み立てるスペースとした。

b) 主桁の張出し施工

移動作業車の組立は、1段目の仮設斜材の架設緊張終了後行った。その後移動作業車による片持ち張出し工法(写真-5)で、通常ブロックと斜材定着ブロックを交互に、2ブロック施工し、斜材を架設するサイクル施工とした。

張出し施工は全15ブロックで、張出し長は標準ブロックが4.0m、斜材定着ブロックが3.5mである。

型枠は、主桁張出し部に補剛ブラケットが等ピッチで入るため、外枠を鋼製型枠とし、内枠および小口枠は木製型枠を用いた。また、内枠は斜材定着部形状が複雑であることから、パイプサポート支保工を用いて施工を行った。

コンクリート打設は、ポンプ車による配管・ブーム打設とした。

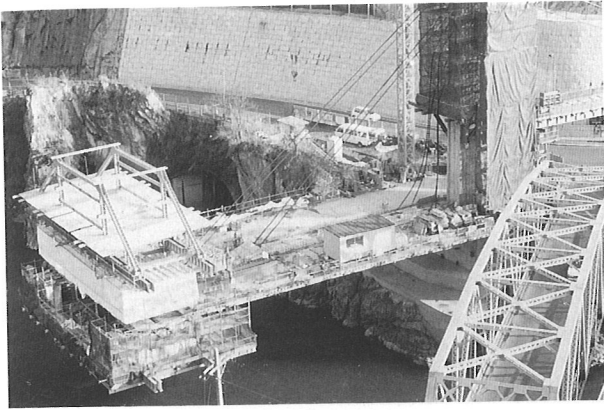


写真-5 張出し状況

移動作業車は、以下の条件を考慮して、2主構タイプを採用している。

- ① 主桁断面は、張出し床版長が長く（上流側3.1 m、下流側5.0 m）2室箱桁である。
- ② 斜材は、1面吊りのため中央ウェブに定着している。

また、本橋では作業足場に軽量足場板を採用するなど、軽量化を図った。移動作業車総重量は140 tfになる。

c) 側径間部の施工

側径間部の施工は、拡幅部分10.474 mと標準部分3.500 mの2分割施工の計画となっている。これは以下の理由による。

- ① 標準部分の施工時期が河川出水期にあたるため、支保工を河川内に置けないこと。
- ② 拡幅部分は河川内の流水域からはずれた岩盤上に位置し、支保工により施工が可能である。

それぞれの施工方法を、図-2に示す。

先行施工する拡幅部分は枠組み支保工とし、ひき続いて施工する標準部分はトラベラーの型枠支保工を転用した吊り支保工により施工を行った。

このため、拡幅部分の支保工のうち、標準部分吊り支保工の反力を受ける支点部直下は、パイプベントおよびH形鋼に置き換えている。

標準部分のコンクリート施工後、主桁の縦締めPC鋼材を緊張し、拡幅部分の支保工を解体した。その後、解体作業を行いやすい場所までトラベラーを前進し、解体した。

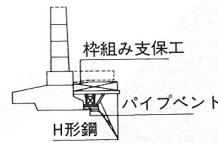
(2) 主塔工

主桁A1支保工部に仮設斜材の1段目が配置されるため、主塔の仮設斜材定着ブロックを先立って施工するのが望ましいが、主塔側仮設斜材は埋め込み式であること、また、展開した斜材を仮置きするスペースが確保できないことより、主桁A1支保工部施工後、主塔の仮設斜材定着ブロックを施工した。

主塔は全14ブロックによる分割施工とした。

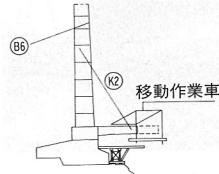
主塔側本設斜材は各施工ブロックごとに定着されるが、

Step1



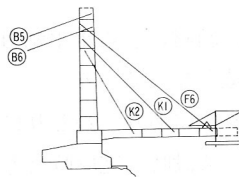
- 主塔
・主塔①～③ブロック施工
主桁
・A1支保工部の支保工の組立

Step2



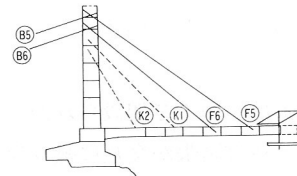
- 主塔
・主塔④～⑦ブロック施工
主桁
・支保工の枠組み解体
・支保工上での移動作業車組立
斜材
・主桁側仮設K2斜材、
アンカレイジ側B6斜材架設

Step3



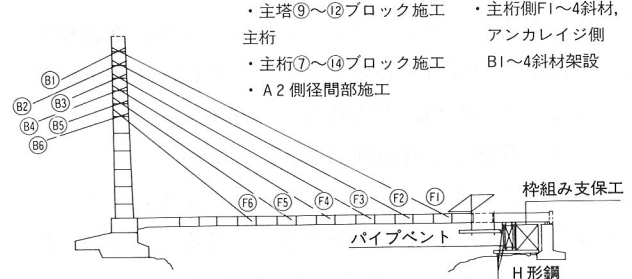
- 主塔
・主塔⑧ブロック施工
主桁
・主桁①～③ブロック施工
斜材
・主桁側K1, 2斜材、
アンカレイジ側B5, 6斜材架設
・主桁側F6斜材架設・緊張、
アンカレイジ側B6斜材再緊張

Step4



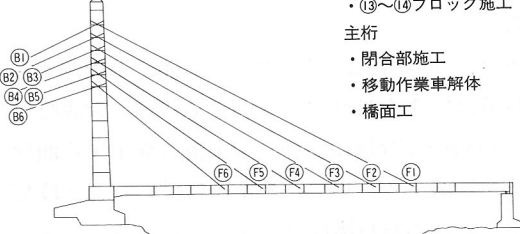
- 主桁
・主桁④～⑥ブロック施工
斜材
・主桁側F5斜材架設・緊張、
アンカレイジ側B5斜材再緊張
・主桁側架設K1, 2斜材解放・撤去
・主桁側F5, 6斜材、
アンカレイジ側B5, 6斜材張力調整

Step5



- 主塔
・主塔⑨～⑫ブロック施工
主桁
・主桁⑦～⑭ブロック施工
・A2側径間部施工
斜材
・主桁側F1～4斜材、
アンカレイジ側
B1～4斜材架設

Step6



- 主塔
・⑬～⑭ブロック施工
主桁
・閉合部施工
・移動作業車解体
・橋面工

図-2 施工ステップ図

主桁は2ブロックおきに定着ブロックがある。したがって施工サイクルは主桁2ブロックに対して主塔1ブロックの施工となる。

主塔の3ブロックまでは、主桁に先立って地上からの足場により施工し、主桁A1支保工部の作業スペースを確保した後、4ブロック以降は鋼製ブラケットによる足

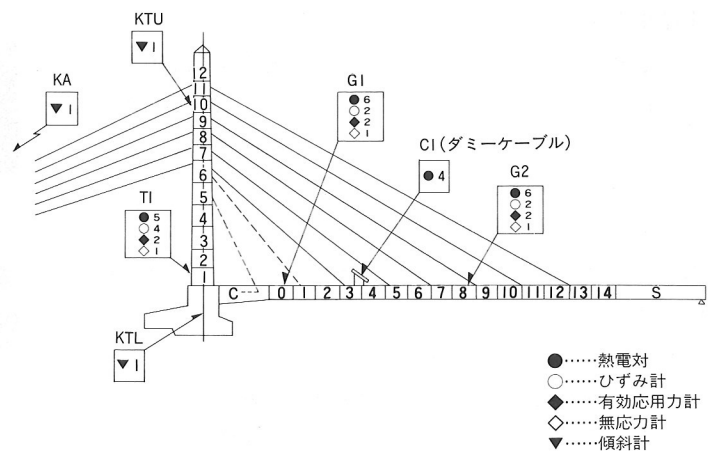
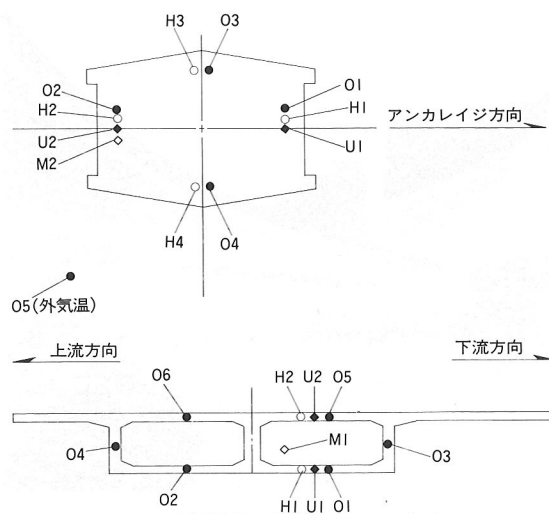


図-3 センサ配置一般図



写真-6 鋼製排水溝

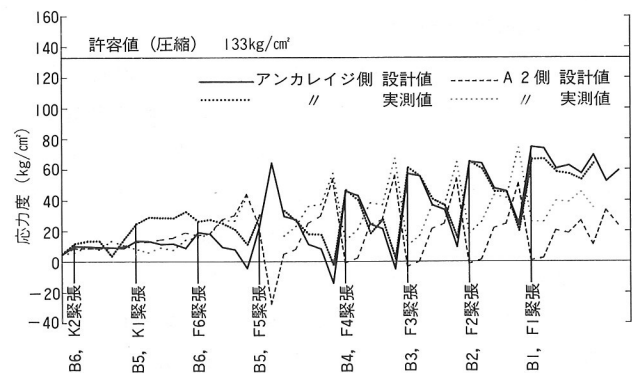


図-4 主塔応力計測結果

場を設置して、その上に枠組み足場を設置した。

(3) 斜材工

斜材の緊張は、主塔側では緊張用スペースが確保できないこともあり、主桁側で行った。

仮設斜材は、永久斜材2段目の架設緊張終了後、解放撤去するが、その時点では、移動作業車は前方に移動しており、仮設斜材解放用のジャッキを据え付ける足場がないため、主桁底版より吊り下げ式の足場を仮設した。

(4) 橋面工

本橋は排水方式に、景観を考慮して、流末管の数が少なくなるよう鋼製の排水溝を採用している（写真-6）。排水溝を設置した後、地覆・高欄コンクリートを打設し、ダクタイル製高欄を設置した。なお、車道、歩道の高欄および歩車道分離帯はダクタイル製高欄、斜材定着部にあたる中央分離帯には、衝突から定着部を保護する目的で、これを囲むようなコンクリート壁高欄としている。

歩道部舗装として当初、車道部と同じ高さでタイル舗装が計画されていたが、歩車道分離を強調する必要性から施工中に発注者側より、マウンドアップしたいとの要望があった。マウンドアップする際に問題となるのは、

増加する死荷重が張出し床版および主構造に及ぼす影響であったが、検討を行った結果、工場製のプレキャスト版（タイルも工場で貼付け済み）を敷き並べ、中空構造とすることで対処した。

5. 施工管理

施工管理で重要な項目である斜材張力・主桁応力・主桁上げ越し・アンカレイジの滑動の管理はそれぞれ以下のように行い、設計値との比較を行った。

(1) 斜材張力

斜材張力の管理は、既設斜材について行った。

測定方法は斜材を人為的に振動させ、そのときの周波数から張力を計算する強制振動法により行った。

設計値との比較においては、管理限界内に入っており、特に完成時の張力調整を行う必要はなかった。

(2) 主桁・主塔応力

主桁応力の管理は、主桁張出しつけね付近・支間中央付近および主塔根元付近に、有効応力計・ひずみ計・無応力計・熱電対をあらかじめ埋設しておき（図-3）、計測を行って設計値との比較を行った。図-4に主塔の応力測

定結果を示す。

測定結果によれば、発生応力の変動傾向は設計値とよく一致しており、また許容限界線内に入っていることから、施工は問題なく進んでいることが確認できる。

(3) 主桁上げ越し

主桁の上げ越し管理は通常の上げ越し管理のほか、斜張橋に特有の温度によるたわみが大きいという特性から、桁に埋設した熱電対を利用して温度による上げ越しの管理も行った。なお、標準温度は15℃とした。

(4) 主塔およびアンカレイジの移動管理

主塔の移動管理には傾斜計を用い、設計値との比較を行った。また、構造上、特に重要なアンカレイジの移動量管理には、傾斜計とトランシットおよび光波距離計を用い、滑動や倒れなどのないことを確認した。

6. CGを用いた景観検討

(1) 景観検討の概要

本橋架設地点は、国道が犀川を渡る交通の要所であり、ドライバーの休息所として親しまれている風光明媚な土地である。このため、計画当初から“清楚な美”をコンセプトとした景観に対する配慮がなされていた。受注後もその一環としてCGを用いた景観検討を行ってほしいとの要望が客先よりあり、わが社で初めての、CGを用いた景観検討を行った。主な対象としては付属物である高欄、歩道タイル、中央分離帯と、周囲の護岸、擁壁などである(写真-7, 8)。

(2) 選定条件

橋梁本体のコンセプトである“清楚な美”に基づき、いくつかの形状を提案し、比較検討を行った。最終決定するうえで以下の条件を踏まえ、それぞれの付属物の選定にあたった。

① 橋本体との統一性

② 景観との調和

(3) 選定結果

高欄の形状は、車道側に強固なイメージのもの、歩道側に軽快なイメージのものを用了。また色彩に関しては、照明柱や周囲の公園の計画が決定した段階での作業であったため、歩道タイルにコンクリートやアスファルトと同系色の寒色系の色を用いるなど、統一を図った。護岸は、周囲の岩盤と調和した自然石を用いた。

(4) 考察

クロソイドやR曲線を例にとると、これらの曲線を設計で要求されるほど厳密にCGに再現する必要はないため、CGに要求される近似の程度を定めることが課題の一つとなった。



写真-7 合成写真(両郡橋)



写真-8 合成写真(両郡橋)

7. あとがき

両郡橋は、わが国では例の少ない他碛式斜張橋であり、施工に先立って種々の角度から対策検討を行い、不測の事態に備えた。そして特に問題も発生せず、平成6年8月に無事開通式を迎えることができた。

1998年のオリンピックには川面に映るその美しい姿で、訪れる人の目を楽しませてくれることであろう。

最後に、本工事を施工するにあたり、多大なるご協力、ご指導を戴きました、長野工事事務所の皆様、および関係各位に心から感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 岡田・中島・関・戸矢崎・和田・入沢：両郡橋(PC斜張橋)の計画・設計概要、橋梁、pp.58～63, 1993, 3.