

## 青雲橋の施工と実験

三井住友建設(株) PC設計部 正会員 ○桑野 昌晴  
 山城町 建設課 乗常 晃男  
 三井住友建設(株) 技術研究所 正会員 浅井 洋  
 三井住友建設(株) 四国支店 石原 光浩

### 1. はじめに

青雲橋は徳島県の山城町に位置し、役場や中学校などの公共機関が位置する大川持地区と、吉野川支流にあたる銅山川対岸の国道319号線とを結ぶ、上下弦材がコンクリート部材、斜材が鋼部材の単径間PC複合トラス橋である。当地一帯は剣山地・法皇山脈が東西に分布し、急峻な渓谷に囲まれた地域である。

本橋は吊構造を利用して架設することで、桁下条件に左右されない施工を可能としており、広い施工ヤードを必要としないことから、特に急峻な地形条件に適した構造である。また、架設終了後に吊構造の他碛式構造を自碛式構造に変換することで、上部構造が地盤に及ぼす影響は自重のみとなり、高い信頼性と耐震性を有した構造となる。全体一般図を図-1、断面詳細図を図-2に示す。

本構造形式は、池田らの研究<sup>1)</sup>をもとに、がんもん橋<sup>2)</sup>が世界で初めて歩道橋として建設されているが、車道橋としての前例はなく、施工面での制約も非常に多かったため、慎重な計画・管理が必要とされた。

本稿では、施工の中で特に注意を必要とした項目についての概要と、施工時・施工終了時に行った現地実験について報告する。

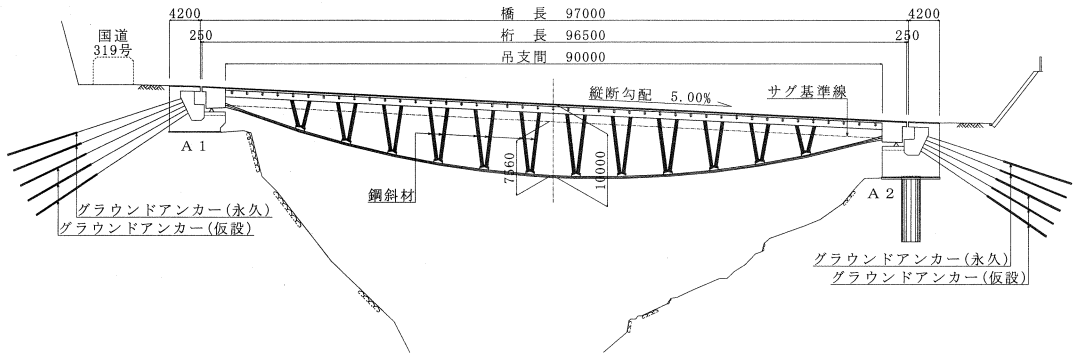


図-1 全体一般図

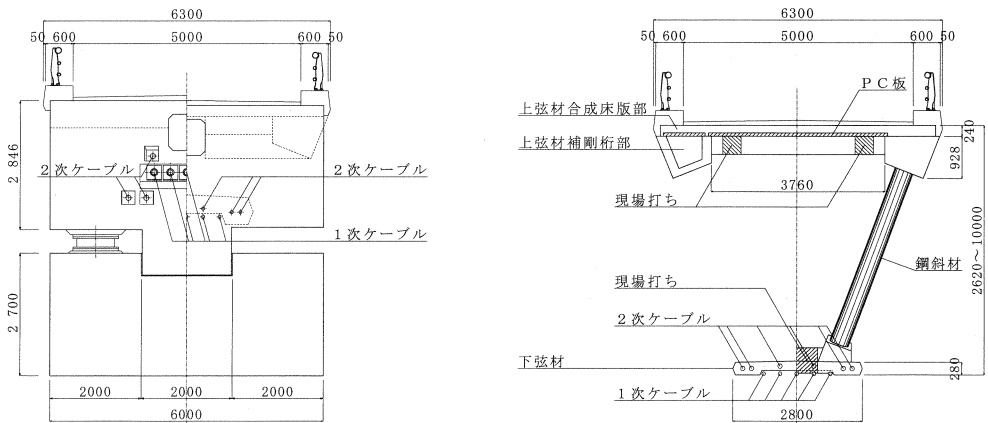


図-2 断面詳細図

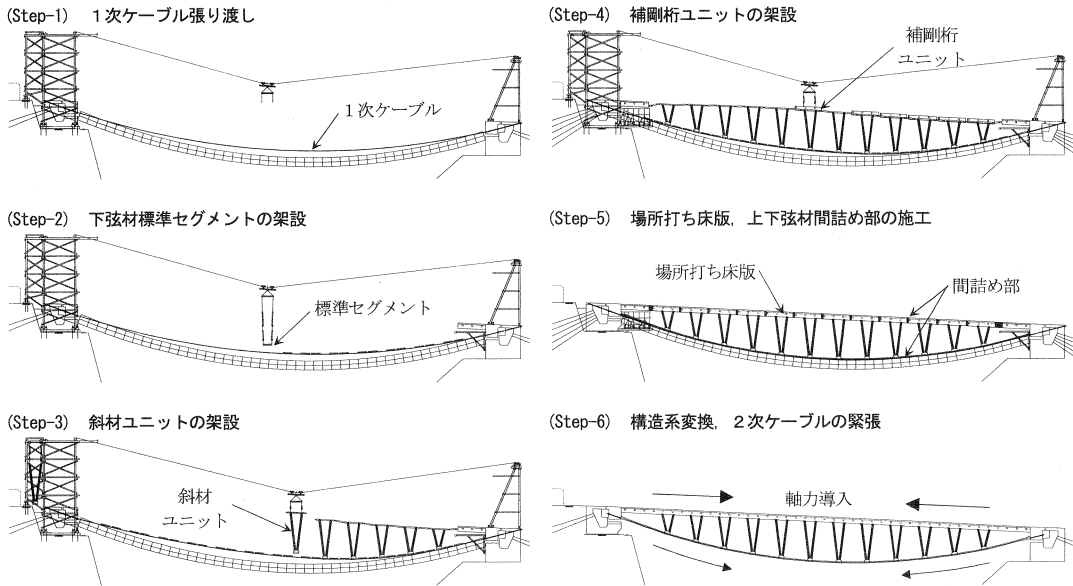


図-3 架設要領図

2. 施工

架設要領図を図-3に示す。

本橋で特に注意を要した施工管理項目として、1点目に、架設時面外方向に対する安定の確保が挙げられる。本構造では、上下弦材をプレキャスト化することにより、施工の合理化と共にケーブルの大変形に追隨できるよう配慮している。ただし、コンクリートにより全断面が接合される (Step-5) まではねじり剛性に乏しい。また、軽量化のために断面形状を逆台形としていることから、面外方向の転倒モーメントが大きく、これらの問題を解決して安全で能率的に施工できる計画が必要であった。

2点目には、構造系変換作業が挙げられる。本橋は、自旋化によるプレストレス導入を前提としており、1次ケーブル張力を、下部構造から上部構造に正しく盛りかえることが重要であった。ただし、この時のケーブル張力は、合計で約12000kN (約2400kN/本) に達しており、慎重に計画する必要があった。

2.1 架設時面外方向に対する安定の検討

架設計画に際しては、鋼斜材の形状保持として設置している横つなぎ材の上に、橋軸方向に連続した縦つなぎ材を設置し、プレス材を取り付けることで内的に面外剛性を高め、φ16mmのサイドワイヤーを斜材ユニット当たり4本設置し、10kNの張力を与えて外的に拘束した (写真-1)。また、図-4に示すような立体格子解析により、架設時面外地震時を検討した。その結果、水平震度

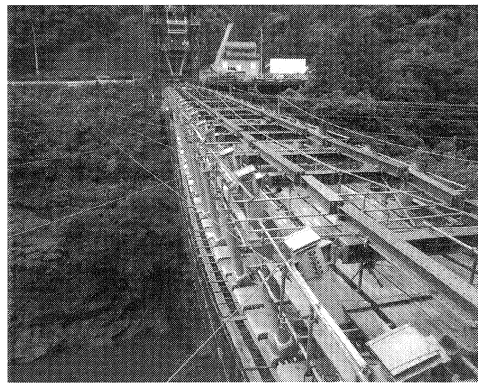


写真-1 サイドワイヤー及び縦つなぎ材

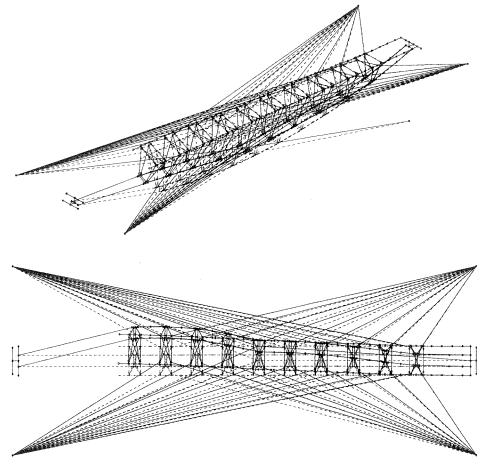


図-4 架設時立体格子解析モデル

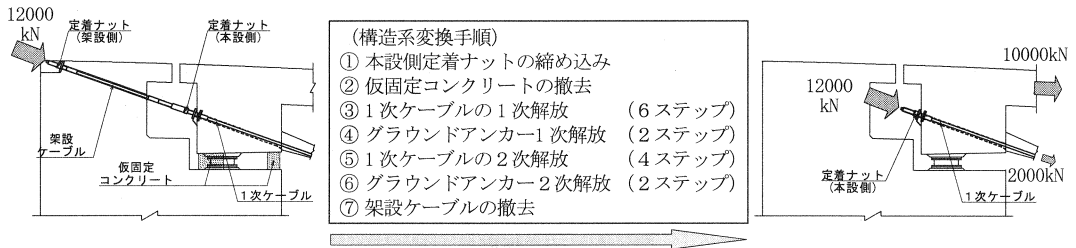


図-5 構造系変換要領図

Kh=0.1の面外地震時でも、サイドワイヤーは破断荷重の4倍の安全率を有していることを確認した。

施工期間中には6回の台風に見舞われ、風速が20m/s以上に達することも数回あったが、構造物はほとんど揺れることもなく、安全に施工することができた。

### 2.2 構造系変換

図-5に構造系変換要領図を示す。構造系変換は、ジャッキ台数の都合から、片側で2本ずつ行うこととした。この時、除荷分の張力が他のケーブルに移行するので、最大で0.7Puを超えないように各ステップの除荷量を決定した。また構造系変換が進むと、橋台に作用するモーメントが大きくなるため、1次ケーブル盛り替えが6ステップ済んだ段階で、仮設グラウンドアンカーである下側3段の張力を除荷することとした。その後、4ステップに分けて1次ケーブルの2次解放を行い、張力を完全に除荷して架設1次ケーブルを撤去した。最後に、永久グラウンドアンカーである上2段の張力を0.3Puで定着し、構造系変換を完了した。

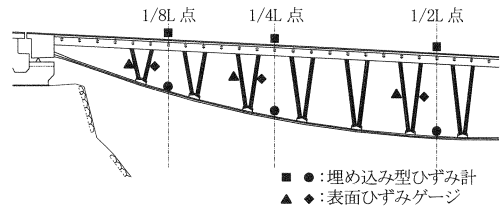


図-6 ひずみ測定位置

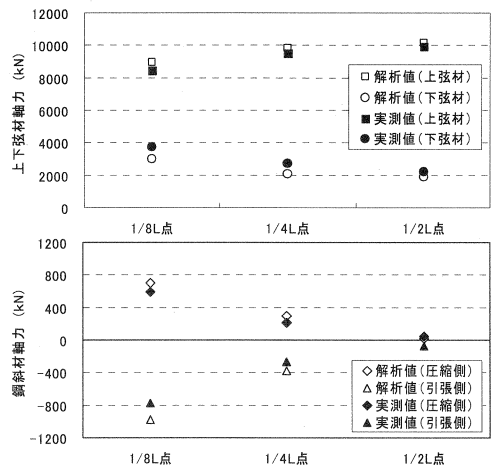


図-7 ひずみ計測結果

### 3. 実験

#### 3.1 構造系変換時のひずみ測定

構造系変換時には、その挙動を確認するために、各部材のひずみ計測を行った。図-6に示すように、1/8L, 1/4L, 1/2L点の上下弦材に埋め込み型ひずみ計、鋼斜材に表面ひずみゲージをそれぞれ設置した。

ひずみ計測結果を図-7に示す。計測結果は、解析値に対して下弦材が大きめ、上弦材が小さめの値を示し、鋼斜材は圧縮側・引張側とも小さめの値であったが、ほぼ想定通りの挙動を示していた。また、支間中央部の高さの変化量が、解析値の-20mmに対して実測値が-18mmであり、ほぼ解析どおりの挙動であった。これらのことから、自旋式から他旋式への構造系変換は、解析により十分把握できることを確認した。

#### 3.2 振動実験

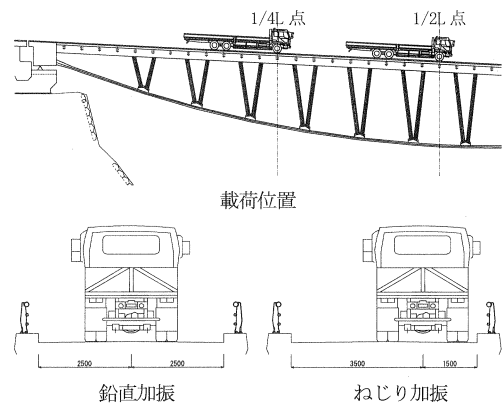


図-8 振動実験概要図

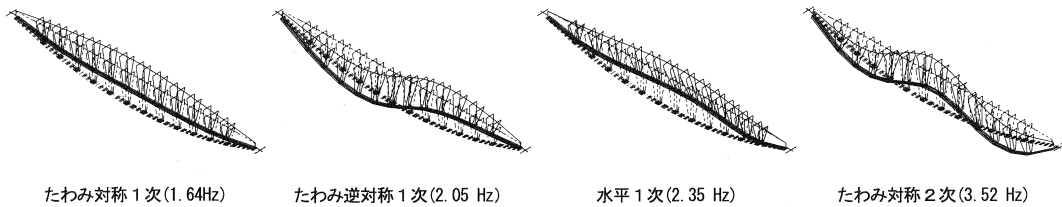


図-9 固有振動モード

設計で用いた3次元骨組みモデルの妥当性を確認し、実橋での振動特性を把握するために、振動実験を行った。振動実験概要を図-8に、固有値解析による固有振動モードを図-9に示す。実験は、10tfトラックにウェイトを積載し、衝撃による構造物の変形が10mm程度になるよう、前輪軸重を58.8kNに調整した。その後、荷重位置で100mmの踏み台から落下させて、衝撃力を与えた。荷重位置は支間の1/4L点と1/2L点とし、それぞれ鉛直とねじり加振が与えられるように、幅員中央部および上流側に偏載させた位置で加振した。

振動実験結果を表-1に、応答スペクトルを図-10に示す。一般的に、単純桁橋では対称モードが最低次モードとして出現するのに対し、吊床板橋では逆対称モードが最低次モードとして出現する。本橋では、たわみ対称1次モードが最低次に、そして近いところにたわみ逆対称1次があることから、本構造は比較的桁橋に近い振動特性を示すものの、吊床版の特性も兼ね備えているといえる。また、固有振動数、振動モードの出現ともに解析値と実測値に大きな違いはなく、設計で用いた構造モデルの妥当性を評価することができた。

表-1 振動実験結果

振動モード	解析値	試験値	
	固有振動数 (Hz)		減衰定数
たわみ対称1次	1.64	1.68	0.75%
たわみ逆対称1次	2.05	1.98	1.55%
水平1次	2.35	1.91	1.32%
たわみ対称2次	3.52	3.54	1.25%

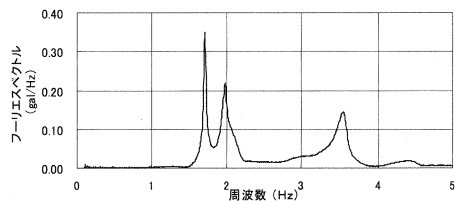


図-10 応答スペクトル図

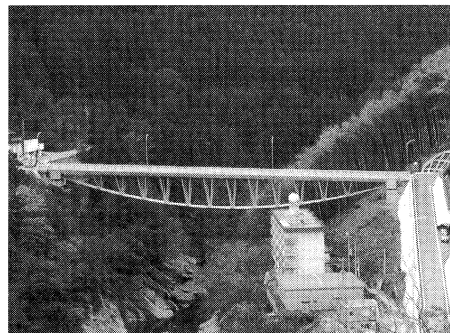


写真-2 完成写真 (全景)

5. おわりに

国内では100m程度の単純桁を架けるニーズは依然多い。また、昨今の環境保全への関心の高さから、できるだけ建設前の環境を維持した橋の架設工法が望まれる。本構造は、経済的有利性を有しながら、このような要求にこたえる技術であり、今後の山岳橋梁分野で大きく発展することを期待する。

最後に、本橋の施工および確認実験に際して、多大なご指導、ご協力を頂いた関係諸氏に深く感謝の意を表します。

〈参考文献〉

- 1) 池田, 則武, 山口, 南: 吊床版構造を活用した自碇式複合P C橋に関する研究, 第3回プレストレストコンクリート発展に関するシンポジウム論文集, pp. 207~212, 1992. 11
- 2) Kondoh, S., Ikeda, S., Komatsubara, T., Kumagai, S.: Construction of Curved Chord Truss Bridge using Stress Ribbon Erection Method, The 1st FIB Congress, (2002. 10)
- 3) 乗常, 山崎, 石原, 齋藤, 桑野: 青雲橋の設計と施工, 橋梁と基礎, pp. 5~11, 2005. 4 vol. 39