

自碇式上路PC吊橋—清流橋—の設計と施工

オリエンタル建設㈱ 正会員 ○下村 高広
 曾於市役所財部支所 幸田 貞文
 オリエンタル建設㈱ 正会員 北島 勝
 オリエンタル建設㈱ 正会員 工修 浦川 洋介

1. はじめに

清流橋(写真-1)は、鹿児島県の曾於八景の1つである大川原峽に建設された歩道橋である。本橋では、(1)桐原の滝の前面に位置することから透過性の高いスレンダーなプロポーションが要望されたこと、(2)地質がシラス質層であるため常時に下部構造に水平力が作用しない構造が望ましいことなどから、自碇式上路PC吊橋¹⁾が採用された。自碇式上路PC吊橋とは、鉛直材を介して主桁を支持する吊ケーブルを主桁両端に定着し、吊ケーブルに作用する張力の水平分力を主桁軸方向に負担させ、かつ、その軸力により主桁にプレストレスを導入するという、材料特性を生かした合理的な吊形式の橋である。本文では、国内で2例目の自碇式上路PC吊橋(表-1)となる清流橋の、設計および施工の概要を報告する。

2. 設計概要

清流橋の一般図を、図-1に示す。本橋の吊支間は37.0mであり、吊ケーブルの設計サグはH.W.L+0.8mを確保できる2.215mとした。吊ケーブルの構造軸線は、鉛直材との交点にて設計サグの円曲線上に位置す



写真-1 桐原の滝と清流橋

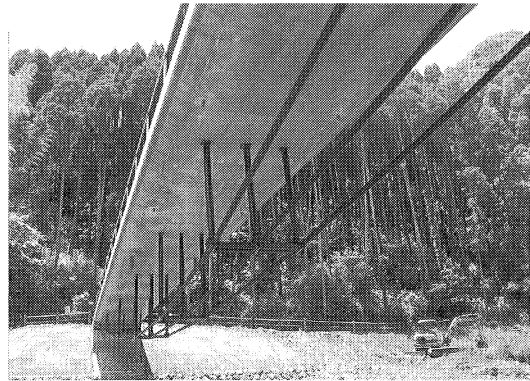


写真-2 吊ケーブル・鉛直材配置

表-1 自碇式上路PC吊橋の実績

橋名	休養村とうぶ人道橋 ¹⁾	清流橋	ふれあい橋
発注者	東京都大田区	曾於市	福岡県朝倉農林事務所
架設地点	長野県東御市	鹿児島県曾於市	福岡県東峰村
竣工年	1998年6月	2006年6月	2006年6月
橋長	40.000m	38.000m	40.000m
吊支間	39.000m	37.000m	39.000m
有効幅員	2.400m	2.000m	2.000m
設計サグ	2.565m (L/15.2)	2.215m (L/16.7)	2.565m (L/15.2)
活荷重	群集荷重 3.5 kN/m ²	群集荷重 3.5 kN/m ²	群集荷重 3.5 kN/m ²
吊ケーブル	SEEE F230PH, 3本	SEEE F230TS, 3本	SEEE F230TS, 3本
鉛直材塗装	亜鉛メッキ (HDZ55)	ポリウレタン樹脂塗装 (C-2系)	アルミ・マグネシウム合金溶射

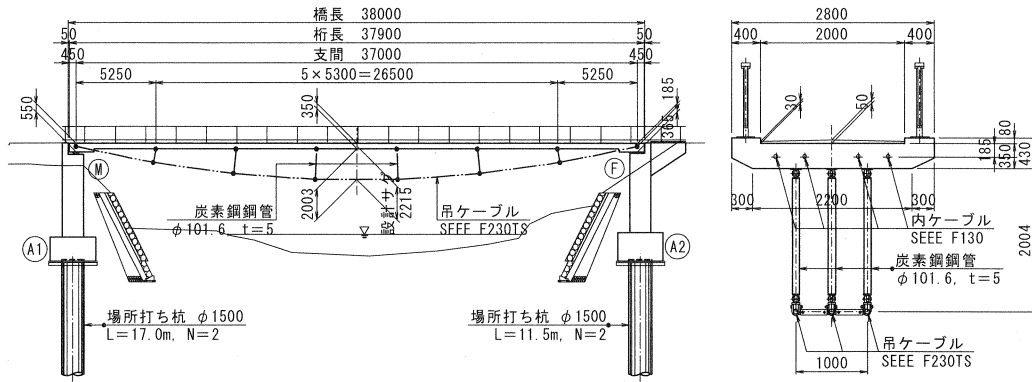


図-1 清流橋一般図

るように設定している。また、鉛直材は主桁側を7分割した各点から吊ケーブルで設定した円曲線に対して法線方向に配置し、鉛直材両端部はピン結合としている(写真-2)。

設計では、自旋式上路PC吊橋の設計思想に基づき、クリープ・乾燥収縮終了時において全死荷重を吊ケーブルの張力で支持するよう、すなわち、主桁の曲げモーメントが鉛直材位置を支点とした連続桁と同等になるように吊ケーブルの張力を決定した。また、吊ケーブル緊張時や活荷重および温度変化作用時に対して主桁が許容応力度を満足するように、内ケーブルを配置してプレストレスを追加した。各荷重状態に対する主桁の応力度分布を、図-2に示す。

主桁の桁高は、(1)主桁の座屈軸力に対する安全率を吊ケーブルの引張荷重に対する安全率以上とすること(4.24 ≥ 2.66)²⁾、(2)群集荷重(3.5 kN/m²)によるたわみを歩道橋に対するたわみ制限以下とすること(75 mm ≤ L/400)^{3), 4)}から、地覆も一体構造とした0.430 m (L/86.0)とした。また、主桁端部は、吊ケーブルの定着や変位制限構造の設置から、桁高を0.630 mとした。なお、主桁には、終局時のじん性を確保するために、断面積比約1%の軸方向鉄筋を配置した²⁾。

吊ケーブルは、活荷重作用時の許容張力を0.4 P_uとした。また、定着システムには、通常の使用状態⁴⁾での群集荷重(0.7 kN/m²)を疲労照査用の荷重とし、照査荷重による吊ケーブルの応力変動(23 N/mm²)以上の疲労強度を保証するものを用いた。なお、吊ケーブルは、風等の横荷重に対して剛性を確保するため、平面的にも円曲線近似で配置している(写真-2)。

鉛直材には、両端に鋼製ピン金具を設置した一般構造用炭素鋼鋼管を用い、細長比 120

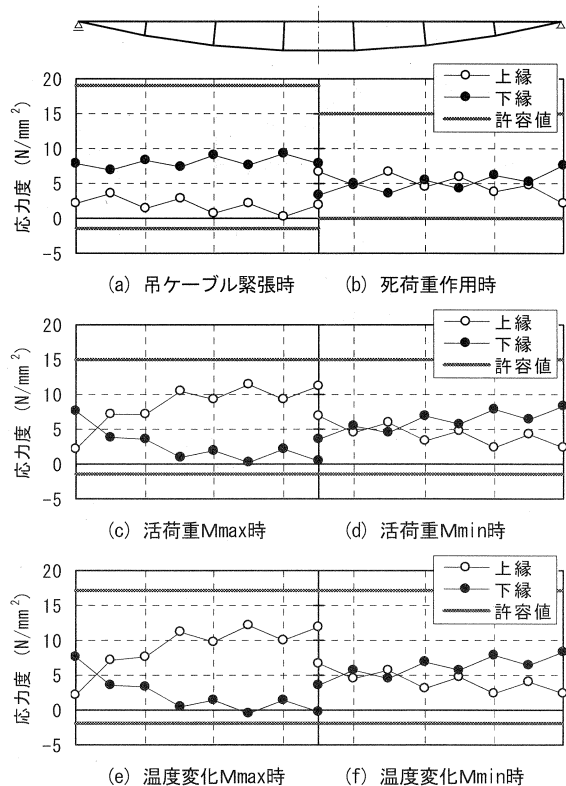


図-2 主桁応力度

を満足する鋼管径を設定している⁴⁾。なお、各鉛直材の鋼製ピン金具は同一寸法形状とし、鋼管長、横繫ぎ材長および鋼製ピン金具との取付け角度を各鉛直材で調整した。また、鉛直材の塗装は、耐候性が優れたポリウレタン樹脂塗料の工場塗装 (C-2 塗装系) とした。

3. 施工概要

清流橋の施工順序を、**図-3**に示す。自碇式上路PC吊橋は、吊ケーブルに張力が導入されるまでは構造系が自立しないことから、本橋では**図-4**に示す河川断面を確保できるトラス梁式支保工を用いて施工を行った。ここで、トラス梁式支保工は、吊ケーブルおよび鉛直材設置のための空間を確保できるように、トラス梁2本を3 m間隔で設置し、トラス梁間の下側に吊ケーブルおよび鉛直材組立て用の作業床を設ける構造とした (**写真-3**)。

主桁は、トラス梁間にH鋼横梁を設置し、その上に型枠をセットして場所打ち施工した。ここで、地覆は主桁の有効断面であることから、浮き型枠を用いて一体施工した。型枠のセット高は、クリープ・乾燥収縮終了時において設計値 (LEVEL) に美観上の上越し量を加えた値となるように設定した。なお、美観上の上越し量は、クリープ・乾燥収縮による変形量の1/2 (支間中央で31 mm) とした。

吊ケーブルおよび鉛直材の組立ては、吊ケーブル製作時に鉛直材の取付け位置 (クリープ・乾燥収縮終了時に設計値となる位置) を予めマーキングし、マーキング位置に鉛直材と接合するケーブルバンドを取付け、主桁から吊下げた鉛直材下端までチェーンブロックで吊上げてピンをセットした (**写真-4**)。

吊ケーブルの緊張は、緊張ジャッキ6台を使用し、3本の吊ケーブルを同時に

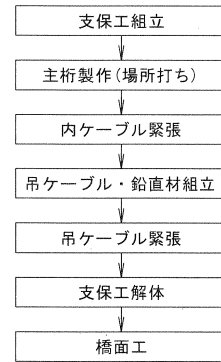


図-3 施工順序

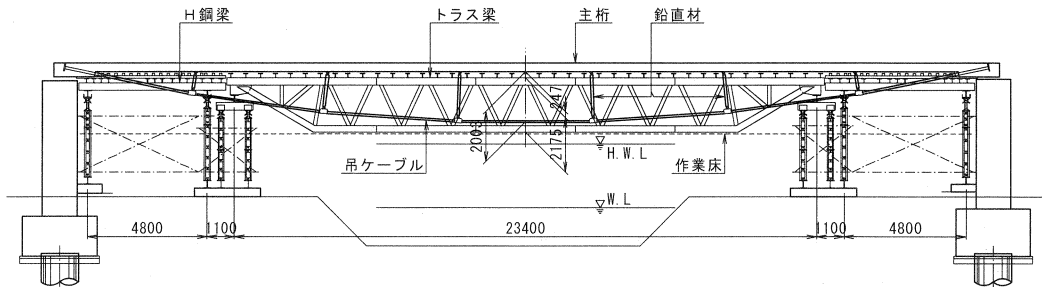


図-4 清流橋のトラス梁式支保工

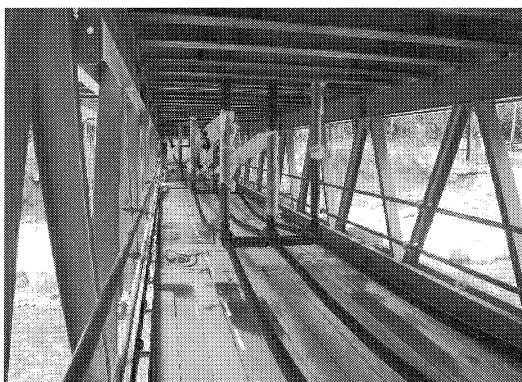


写真-3 トラス梁式支保工と作業床



写真-4 鉛直材組立状況

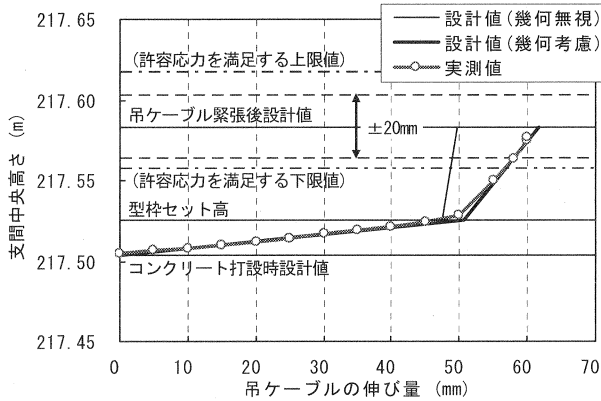


図-5 吊ケーブル緊張時の伸び量と主桁高さ変化

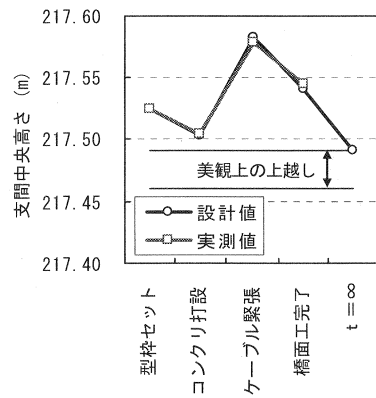


図-6 支間中央高さの変化

両引きで緊張した。緊張管理は、本構造形式が吊構造であることから、主桁自重の設計値との誤差等を考慮して、図-5に示すように主桁変形量および吊ケーブルの伸び量を主な管理項目として行った。なお、図-5の設計値(幾何考慮)は、主桁の鉛直方向への変形に伴う吊ケーブルの幾何学的短縮を考慮した値である。緊張は、吊ケーブルの伸び量を5mmステップで行い、主桁中央高さが所定の範囲内になった段階で、ジャッキ圧を確認し緊張を終了した。

図-6に、各施工段階における支間中央高さの変化を示す。実測値は、計画値とほぼ一致した挙動を示している。

4. おわりに

清流橋は、自碇式上路PC吊橋の1例目である休養村とうぶ人道橋¹⁾と比べて、

- (1)鉛直材の端部金物を、鋳鋼品からなる球座金物から鋼材加工品からなるピン金物にしている。
- (2)吊ケーブルの疲労照査荷重を、設計群集荷重(3.5 kN/m²)から通常の使用状態での群集荷重(0.7 kN/m²)にして定着システムを選定している。

これらの変更により、橋体工直接工費の約35%を占めていた鉛直材製作費および約15%を占めていた吊ケーブル製作費が、いずれも2/3程度に縮減され、橋体工直接工費で約20%の工費縮減が図れている。

自碇式上路PC吊橋は、吊ケーブルや鉛直材の配置パターンや着色により、多様な意匠を生み出すことが可能である。また、支間30~60m程度でも、直路式PC吊床版橋のように歩行者通行時の振動使用性が問題とならない^{3), 5)}。今回、工事費の縮減が図れたことで、今後、さらに本形式の採用が増加することを期待するものである。

参考文献

- 1) 梶川, 犬嶋, 角本, 大沼, 堀: 自碇式上路PC吊橋の構造特性と振動使用性, 構造工学論文集, Vol. 45A, pp. 1377-1386, 1999. 3.
- 2) 吉川, 町, 角本: 自碇式上路PC吊橋の構造パラメータと終局挙動に関する検討, 第10回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp. 779-784, 2000. 10.
- 3) 吉村, 下村, 浦川, 角本: 自碇式上路PC吊橋の構造パラメータと歩行者通行時の振動使用性, 第14回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp. 163-168, 2005. 11.
- 4) (社)日本道路協会: 立体横断施設技術基準・同解説, pp. 34-35, 1979. 1.
- 5) 角本, 梶川, 吉村: PC吊床版橋の構造パラメータと歩行者通行時の振動使用性, 第8回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp. 605-610, 1998. 10.