

こくぞう
虚空蔵吊橋の設計と施工

川田建設株式会社 正会員 ○渡部寛文
青森県三戸地方農林水産事務所 宮川潤孝
佐藤技術株式会社 佐藤捷治
川田建設株式会社 中村信孝

1. はじめに

青森県南郷村島守は県東南部、岩手県との県境に位置する中山間地域で、農林業を中心とした生活域が広がる。また、縄文時代の遺跡や、平重盛が仏門を開いたとする多くの神社仏閣、「えんぶり」に代表される伝統芸能など、歴史的・文化的資源の豊富な土地でもある。県では平成10年度より、これら史跡や公園施設の連絡道路を整備しており、本橋もその一つとして計画されたものである。橋名の「虚空蔵」は、隣接する神社にまつられた「福一満虚空蔵菩薩」にちなんで名付けられた。

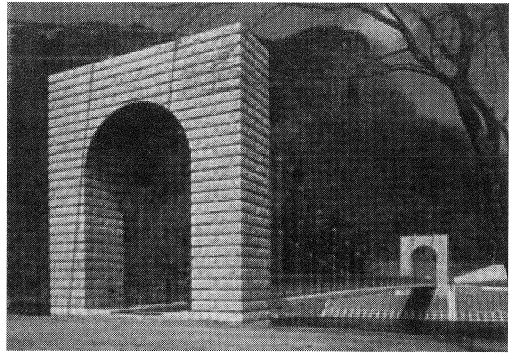


写真-1 虚空蔵吊橋

2. 設計概要

構造形式：単径間 PC 吊橋 (図-1)

橋 格：人道橋

橋 長：68.2m

径 間 長：67.5m

有効幅員：2.0m

縦断勾配：1.778%放物線

主 塔：RC H=15.5m(A₁), 14.0m(A₂)

床 版：PC t=14cm(標準部)~35cm(地覆部)

$\sigma_{ck}'=50\text{N/mm}^2$ (プレキャスト部)

40 " (場所打ち部)

ケーブル：スパイラルロープ 1×169 ϕ 75mm

ハンガー：ストランドロープ 7×7 ϕ 12.5mm

PC鋼材：縦締め 12S15.2B (ポストテンション)

横締め 1S15.2B (プレテンション)

等分布荷重：2.0kN/m²(ケーブル, 補剛桁計算時)

3.0 " (床版, ハンガー計算時)

風 荷 重：4.5 " (設計風速 55m/s)

設計水平震度： $k_h=0.2$

竣 工：2004.3

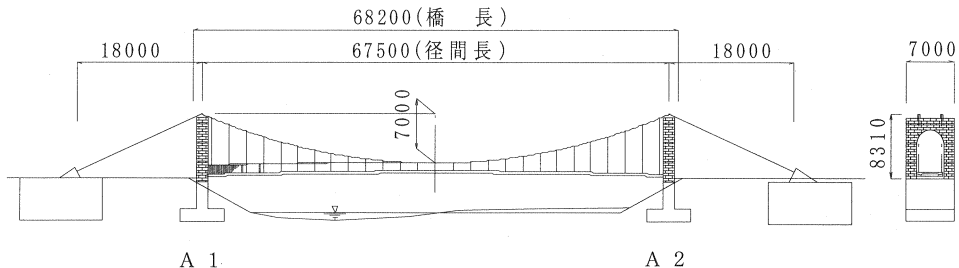


図-1 全体一般図

2.1 アンカレイジ・主塔の設計

架橋地点付近の地質は、古期岩類からなる岩盤上に洪積世の火山灰層が分布し、標高差 150m 以下の丘陵性段丘や峡谷を形成している。アンカレイジ・主塔は地表から 5.5~7.7m の位置にある岩盤まで掘削し、直接基礎形式の鉄筋コンクリート構造として構築することとした。アンカレイジにケーブルを定着するアンカーは、鋼棒φ60mm を 1 箇所あたり 6 本使用した。主塔は重厚感のあるアーチ型とし、化粧型枠を用いて石調仕上げとした。また、架設時の基部曲げモーメントをキャンセルするため、次節に述べるサドルを塔頂に設置した。

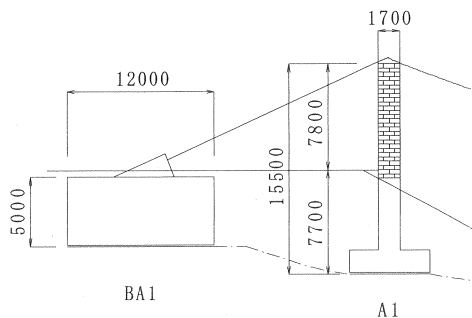


図-2 アンカレイジ・主塔

2.2 ケーブル類の設計

設計荷重時のケーブル最大張力は、積雪時の両岸バックステイで 1.54MN と計算された。安全率 3.0 を考慮し、スパイラルロープ 1×169 φ75mm を使用した。

塔頂サドルについては、床版架設時のケーブル張力増加にともなうバックステイ伸びにより、主塔に水平強制変位が発生しないよう、塔頂に埋め込んだプレート上を橋軸方向にスライドする構造とした。上部工死荷重によるケーブル水平張力は 1.0MN、これによるバックステイ伸びの水平成分 (=サドルのスライド量) は 33mm となる。

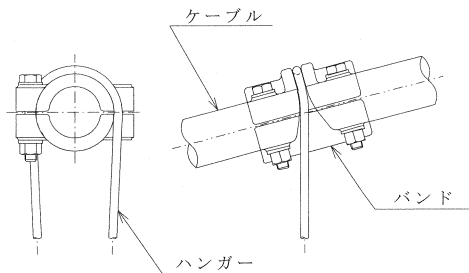


図-3 バンド・ハンガー

バンドの設計については形状が大きくならないよう意匠上配慮し、上下分割式の筒形とした。ハンガーはこれに鞍掛けして架設するため曲線部が生じる。その対策として、ハンガーの安全率をやや大きくとり (通常 3.5 に対し 4.0)、ストランドロープ φ12.5mm を用いた。

2.3 床版の設計

床版はハンガーピッチ (2.5m) で分割される全 26 ブロックのプレキャストコンクリート (図-4) と、径間端部の場所打ちブロックからなる。床版厚は標準部 14cm、ハンガーを定着する地覆部は 35cm で、ブロックの橋軸方向縁にはリブを配置した。床版の応力照査は、ブロック単体として橋軸、直角両方向について、また床版の縦締め PC

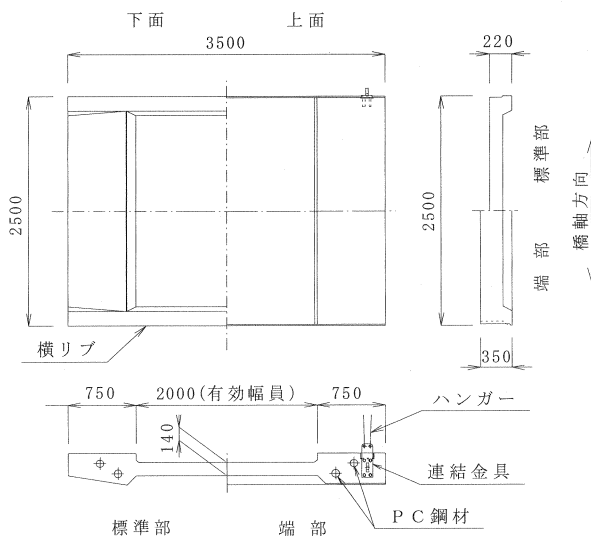


図-4 床版形状

鋼材による一体化を考慮し、床版を補剛桁と見なした場合の活荷重応力を求め照査した。その結果、面内方向では等分布荷重 2.0kN/m^2 までの範囲はフルプレストレスであり、補剛桁として機能することを確認した。また面外方向についても、地震時に床版断面がフルプレストレスであることを確認した。隣接する床版ブロック同士の連結は、架設途上における形状変化を考慮し、ハンガーの定着を兼ねる連結金具を介したピン構造とした。全床版ブロック架設完了後、連結部のすき間(約 30mm)に無収縮モルタルを注入し、硬化後プレストレス導入により一体化する。連結部のせん断伝達は、常時において縦締めプレストレスによる摩擦力で十分負担できるが、終局時は連結金具もせん断キーとして機能し、連結部のせん断破壊に抵抗する。

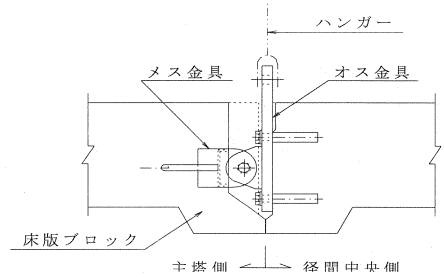


図-5 床版連結金具

3. 施工

本橋は河床から橋面までの高さが 10m 以下、また工期が河川流量の少ない時期であり、特に上部工については部材のほとんどを工場製作としたため、径間部の作業(ケーブル・床版架設)は河川内を短期間埋立てで行った。現場打ちコンクリートについては東北地方の冬季施工のため、全面シート張り+加熱養生等、寒中コンクリートとして特に初期養生に配慮して施工を進めた。

3.1 アンカレイジ・主塔の施工

アンカレイジは掘削完了後にまず下段躯体を構築し、ケーブルアンカーとそれを支持するフレームを設置、上段コンクリートを打設した。打設量は両岸合計でアンカレイジが 1350m^3 、主塔が 430m^3 となった。打設に際してはマスコンクリートとして事前に温度応力解析を行い、結果に基づきリフトや養生期間を決定した。

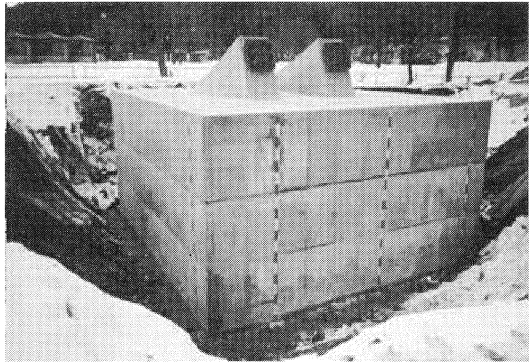


写真-2 アンカレイジ

3.2 ケーブルの架設

ケーブルの展開は、アンカレイジ BA_1 の横にアンリーラを据え、河川内の埋立部にローラーを載せた架台を配置し、対岸からウインチで引張りながら行った。架設は数台の油圧クレーンでケーブルを直接吊り上げ、端部ソケットをアンカレイジに定着後、塔頂サドルにセットした。

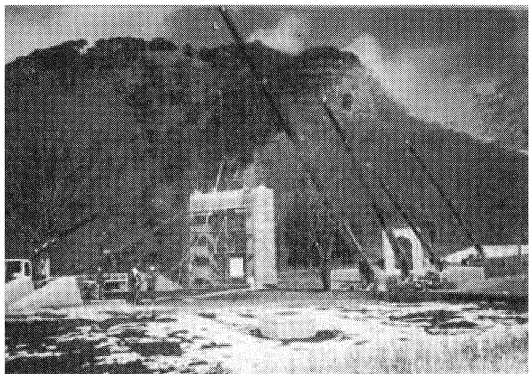


写真-3 ケーブル架設

3.3 床版の架設

床版は連結金具にピンを通すことにより架設されるので、1ブロックあたりの作業時間は短く、全26ブロックのプレキャスト部材は3日間で架設を完了した。架設時の床版形状管理については、本橋がケーブル構造であり、架設途上において複

雑な挙動を示すことから、事前に解体計算により求めた標高データを基に、ケーブルの温度による伸びの補正等を行い、架設ステップごとに計算値と実測値を照合させながら施工を進めた。

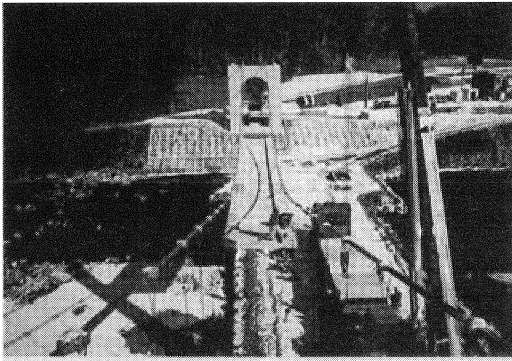


写真-4 床版架設

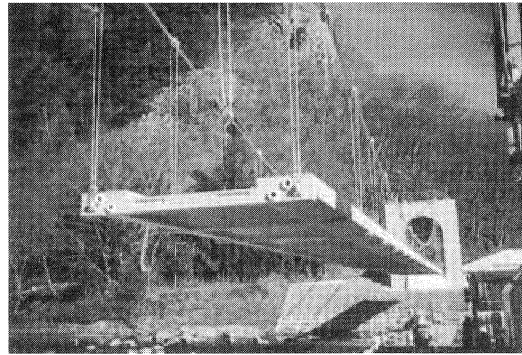


写真-5 床版連結部

4. 動的耐風安定性に関する検証

本橋の動的耐風安定性を検証するため、加速度センサを用いて固有振動数を測定し、この結果から発散振動（曲げねじれ連成フラッター）の発現風速 V_{cr} を Selberg 式³⁾により求め、設計風速と比較した。固有振動数については、FEMにより固有値解析を行い、実橋との整合性を確認した。

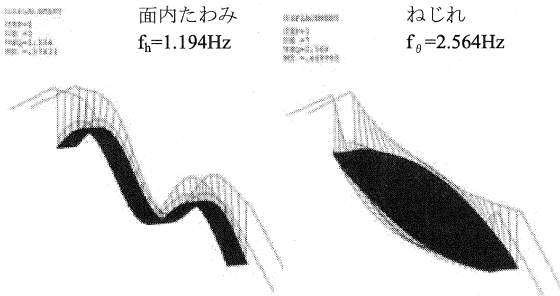


図-6 固有値解析結果

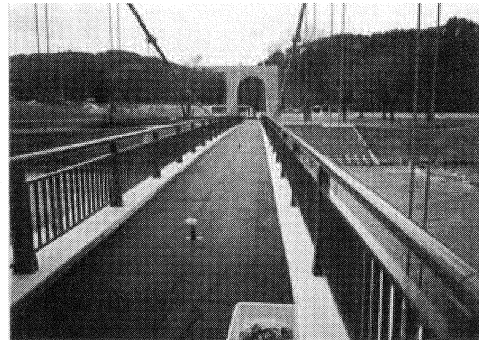


写真-6 振動測定状況

計算結果を表-1に示す。発散振動の発現風速は実測値、解析値ともに設計風速（55m/s）よりも十分に高く、本橋が発散振動に対し安定であることがわかった。

表-1 発散振動発現風速の計算結果

	f_o (Hz)	f_n (Hz)	V_{cr} (m/s)
実測値	2.900	1.258	228.2
解析値	2.564	1.194	198.1

5. おわりに

本橋は平成16年3月に無事竣工した。ご協力いただいた関係各位に感謝するとともに、本報告が同型式の計画、設計、施工における一助となれば幸いです。

参考文献

- 1) 日本道路協会：小規模吊橋指針・同解説，1984.4
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋編，2002.3
- 3) 日本道路協会：道路橋耐風設計便覧，1991.7