

技術ノート

加茂ゆらりんこばし(モノケーブル人道吊橋)

工事報告

Construction Report of KAMO-YURARINKO BASHI

島 津 孝 一*
Koichi SHIMAZU

鵜 飼 昌 一**
Masakazu UKAI

江 崎 正 浩***
Masahiro EZAKI

KAMO-YURARINKO BASHI means a pedestrian bridge which is made up of a two-span continuous non-composite I-shaped girder bridge and a single-span suspension bridge. The latter bridge in which main cables composed of monocables have been used forms a pattern that is like hangers suspended from the one panel point of each main cable to four panel points of the main girder. And it appears to be the only bridge of its kind in the world. This paper is intended primarily to describe an outline of the superstructure of the latter and the results of actual bridge experiments which were carried out after completion.

Key words : monocable diagonal hanger suspension bridge, cable crane method, experiment of actual bridge

1. まえがき

本橋は、福岡県で計画された加茂川地方特定河川等環境整備事業「加茂川水と緑の砂防モデル事業」の一環で、架橋位置周辺(糸島郡二丈町)に流れる溪流や樹木などの自然、眼下に見おろす玄海灘の景勝に対して、“自然景観との調和”をベースに、これらの景観に溶け込むように計画された橋である(写真-1)。

橋梁形式は、2径間連続非合成I桁と単径間吊橋の2種類の形式からなっており、単径間吊橋については以下に示すように、非常に特徴ある形式のものとなっている。

- ① 主ケーブルをモノケーブルとし、ハンガーは主ケーブルの一つの格点から主桁の4つの格点に放射線状に定着されたダイヤゴナルハンガー形式となっており¹⁾、世界にも例がない形式のものと思われる。
- ② 主桁形式は、基本的には鋼床版I桁としているが、現地の地形的要因および景観面から耐風索を設置せず、風に対しては主桁自身の面外・ねじり剛性で抵抗させる必要があるため、I桁の外側に鋼管を設置して面外剛性を高め、I桁には下横構を設置してねじり剛性を確保している。
- ③ 自然環境との調和および二丈溪谷遊歩道と連続させるため、高欄に天然素材の“すぎ材”を用いてい

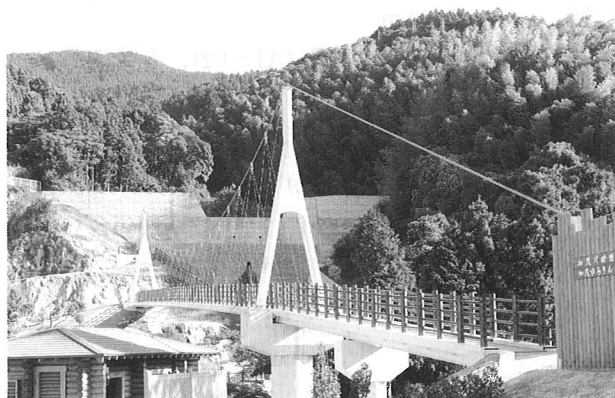


写真-1 完成写真

る。

- ④ 経済性および景観面から主塔を逆Y型とし、塔柱に鋼管を用いている。

本報告は、本橋の主として吊橋部における上部工事の概要と、施工完了後に行った実橋実験の結果について報告するものである。

2. 工事概要

全体一般図を図-1に、主要諸元を以下に示す。

橋 名：加茂ゆらりんこばし

橋 格：人道橋

*川田建設(株)九州支店工事事務課課長 **川田建設(株)九州支店工事事務課 ***前・川田建設(株)九州支店工事事務課設計課

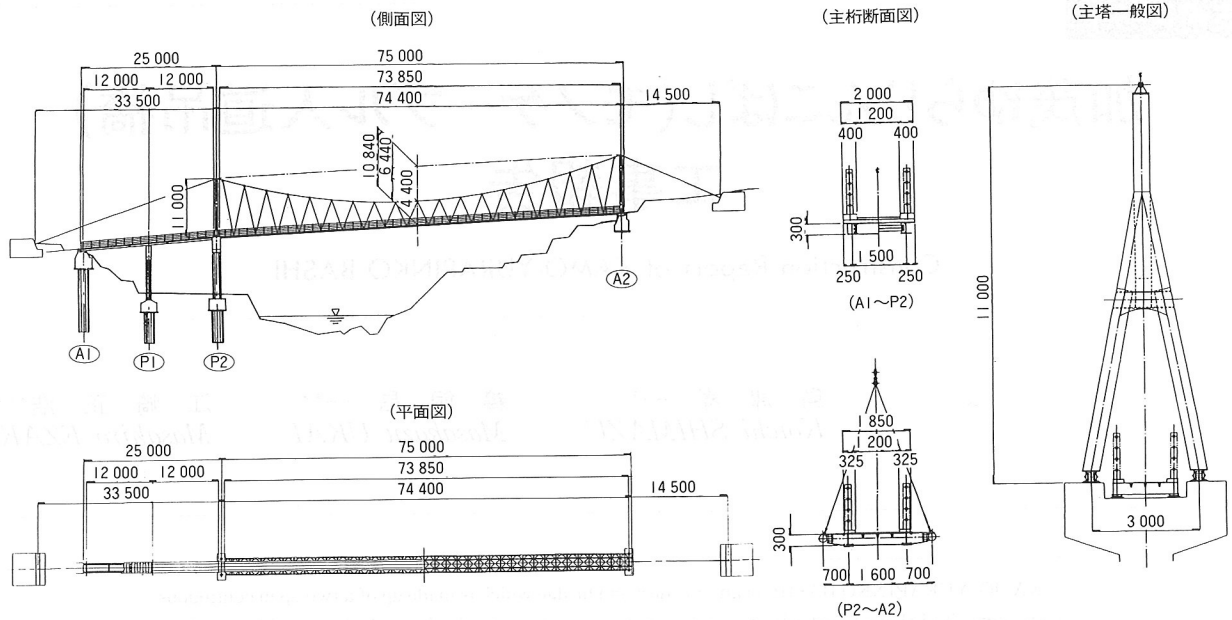


図-1 一般図

形 式：2径間連続非合成I桁 (A1～P2)
単径間モノケーブルダイヤゴナルハンガー
吊橋 (P2～A2)

橋 長：25.000 m (A1～P2) + 75.000 m (P2～A2)

支 間 長：12.000 m + 12.000 m (A1～P2)

73.850 m (P2～A2)

幅 員：1.200 m

縦断勾配：直線縦断 8 % (A1～P2), 5 % (P2～A2)

横断勾配：水平

適用図書：小規模吊橋指針・同解説

鋼 重：10.0 t (A1～P2)

45.0 t (P2～A2, ケーブル関係含む)

所 在 地：福岡県糸島郡二丈町福井地先

発 注 先：福岡県前原土木事務所

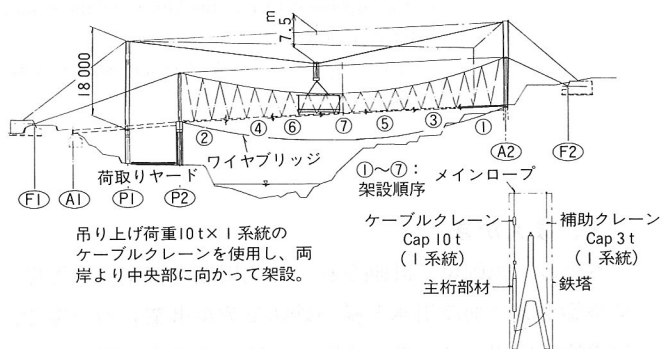
3. 施工概要

(1) 架設工法の選定

本橋の主桁の架設工法は、トラッククレーンを用いた架設も考えられたが、以下に示す架設地点の諸条件を考慮する必要があった。

- ① 架設地点は、果樹園や段々畑に囲まれた緩やかな溪谷上に位置しており、兩岸のP2橋脚およびA2橋台付近へは、農業用道路を利用することにより進入が可能であるが、吊橋部直下を利用した架設工法は、大がかりな仮栈橋の設置や整地などを行う必要があり、経済的に不利である。
- ② A2橋台部は、十分な作業スペースを確保することができないため、大型重機の設置は困難である。
- ③ P2橋脚部は、作業スペースは十分に確保できるものの、搬入路が狭く勾配もかなりきついため、大

A案：ケーブルクレーンによる架設 (その1)



B案：ケーブルクレーンによる架設 (その2)
(採用案)

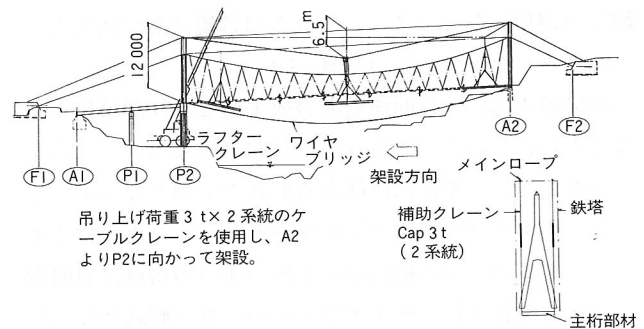


図-2 架設工法比較一般図

型重機の搬入は困難である。

これらのことから、本橋の主桁の架設工法はケーブルクレーンを用いた架設に限定され、図-2に示すように2案について比較検討を行った。

A案は、B案と比べて一般的な設備であり、作業性も良いと考えられたが、本橋の主桁部材重量が最大で6 t程度と非常に軽いことや、ブロック数が7ブロックと少ないことから、B案はA案と比較して作業性や工程上にさほど大差がないため、経済性の面から考えB案の方法

を選定することにした。なお、P2 橋脚部および A2 橋台部は、小型重機であれば充分進入可能であることから、A1～P2 間の主桁と P2・A2 の主塔の架設および、吊橋部主桁部材の荷取りは、25t 吊りラフタークレーンにて行うことにした。

(2) 架設の概要および仮設備

a) 主ケーブルおよびケーブル付属物の架設

主ケーブルの引き出しは、P2 門構梁をリールスタンドと兼用し、P2～A2 間に設置したワイヤブリッジ上で行った。また、主塔およびアンカブロックへの定着は、25t ラフタークレーンにて所定位置まで引張り込み定着した。

またケーブルバンド、ハンガーロープの取付けは、ワイヤブリッジ上で、マーキングを基準に行った。

b) 主桁の架設

ケーブルクレーンの仮設備は、鉄塔を P2 橋脚、A2 橋台上に、仮設アンカーを兩岸の既設下部工である F1、F2 を共用するものとして設置した。

主桁の架設は、前述したとおり P2 橋脚付近に設置した 25t ラフタークレーンで部材の荷取りを行い、ワイヤブリッジとハンガーロープの間を吊り上げ荷重 3 t×2 系統のケーブルクレーンを使用して運搬し、A2 橋台より P2 橋脚に向かって順次架設した。合計 7 ブロックの主桁架設が完了した段階で、主桁キャンバーおよび主ケーブルサグの測定を行い、HTB 本締めと鋼床版などの現場溶接を行った（写真-2）。

また、架設開始前に行った架設計算の結果、主桁架設初期に、A2 主塔の塔頂において主ケーブルのすべり安全率が大幅に低下することがわかったため、主桁第 1 ブロックの架設が完了した段階で、ベントを第一ブロック中央部直下に設置した。さらに、架設途中において架設先端部のハンガー張力が、許容値を大幅に超えることがわかったため、架設先端ハンガーに、仮のワイヤを取り付けて長さ調整することで、ハンガー張力の均等化を図った。

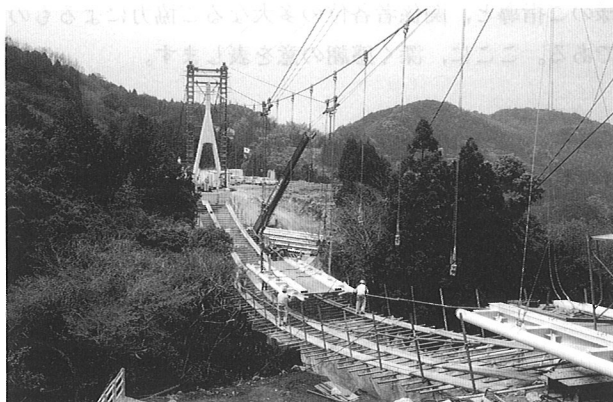


写真-2 主桁架設状況

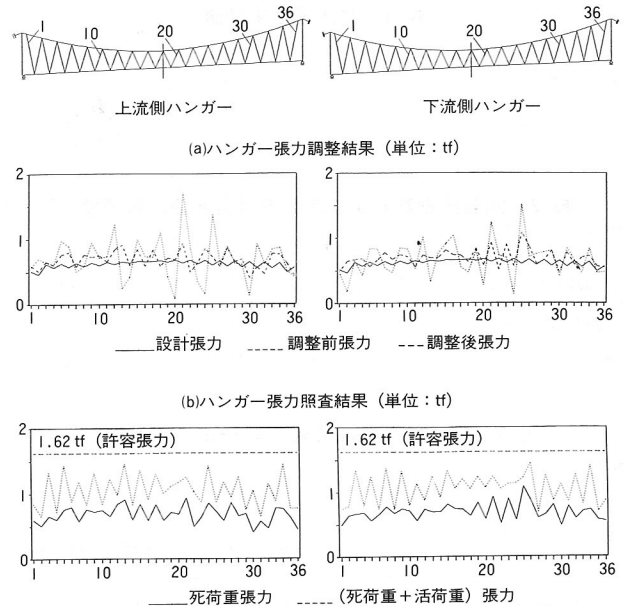


図-3 ハンガー張力調整および照査結果

(3) 吊橋部出来形および工程

吊橋部出来形については、各架設途上での主桁キャンバー、主ケーブルサグの測定を行い、若干の調整を行いながら施工を進め、所定どおりの完成形状を得ることができた。

また、本橋の上部工事は準備工から架設完了までを 1 カ月足らずで施工することができ、床版・高欄などの橋面工も予定どおり進み、所定工期内に無事故・無災害で完了することができた。

(4) ハンガー張力の調整

本橋における各部材の製作・架設誤差による斜めハンガー張力の誤差を修正することを目的に、すべての施工が完了した段階で、ハンガー張力の調整を行った。

ハンガー張力の測定は、ひずみ型加速度計を用いた振動法により行った。また張力の調整を行う際に、各ハンガーの柵側端部に据え付けたターンバックルを利用した。また、調整量の計算は、立体解析により算出された各ハンガーの単位調整量に対する張力変化の影響値をもとに最適化手法を用いて算出した。

張力調整の結果、調整前で最大 1.0 tf もあった設計張力に対する誤差を 0.4 tf 程度にまで収め、完成後活荷重が載荷されても所要の安全率を満足していることを確認した。

図-3 に上流側・下流側の各ハンガー張力の調整結果と、完成後に活荷重が載荷された状態でのハンガーの最大張力を示す。

4. 実橋実験

(1) 歩行者の歩行・走行実験

本橋の人道橋としての使用性の確認を行うことを目的

表-1 最大速度実効値

歩行時	走行時	①歩行者：1人(体重80 kg) 走行者："
0.575 cm/s	0.784 cm/s	②歩行速度：1.7 m/s 走行速度：4.7 m/s

表-2 固有振動数および減衰率（実測値，計算値）

	実測値	計算値	実/計	減衰率
鉛直対称一次	0.977Hz	0.799Hz	122%	0.036
面外対称一次	0.978Hz	0.961Hz	102%	0.261
ねじり対称一次	2.023Hz	1.999Hz	101%	0.020

表-3 静的載荷実験結果（実測値，計算値）(単位：mm)

測 変 位 成 分	L/4点		L/2点		3L/4点	
	鉛直	ねじり	鉛直	ねじり	鉛直	ねじり
実 測 値	53	5	84	10	49	2
計 算 値	60	5	97	9	63	5
差	7	0	13	1	14	3

に、歩行者の歩行・走行試験を行った。

人道橋の振動に対する使用性の検討を行う場合、振動速度の速度実効値を対象とすればよいことが知られているため、本橋の歩行・走行実験の結果得られた加速度波形から、速度に変換し2秒間の速度実効値を計算した。その結果を、表-1に示す。

小堀・梶川の文献²⁾によれば、歩行者が振動を感じ始めるのは応答速度の実効値が、0.42 cm/sを超えたときで、0.85 cm/sを超えると良く振動を感じるとされている。このことから、本橋は歩行時・走行時いずれの場合も振動を感じ始める程度の振動しか誘起されておらず、使用性の面からは、特に問題がないものと考えられる。

(2) 動的振動実験

本橋の吊橋系としての実剛度を、動的な面から確認するため、動的振動実験を行い、固有振動数と減衰率の測定を行った。

実験は、橋長 L の $L/4$ 点、 $L/2$ 点、 $3L/4$ 点での橋面上の各上下流にサーボ型の加速度計を設置し、 $L/2$ 点において人力加振を行った。実験結果を表-2に示す。

この結果、固有振動数の実測値は計算値より若干大きくなっているものの、よく一致しており本橋の実剛度が計算値より若干高くなっているものの、ほぼ設計どおりであることが確認された。ただし、鉛直対称一次についてのみ実測値の方が計算値に比べて20%程度大きな値を示しており、これは人力で行った起振力が小さく、桁脊に発生している摩擦力によって橋軸方向支持条件が固定となり、高欄横木の支柱取付部の摩擦力により高欄横木の断面が主桁の曲げ剛性に関与したことが影響したもの

と思われる。

また、構造減衰率については日本道路協会の耐風設計便覧（平成3年7月）より、風洞実験を行う際の鉛直・ねじりの構造減衰率を、吊橋の充腹桁橋の場合0.02、トラス桁の場合0.03としているが、実測値のなかで、鉛直の場合は比較的トラス桁の場合に近くっており、ねじりの場合は充腹桁橋の場合と一致している。これに対して、面外の場合は非常に大きな値を示しており、桁脊の平面摩擦力が影響したものと思われる。

(3) 静的載荷実験

本橋の吊橋系としての実剛度を、静的変形特性の面からも確認することを目的に、静的載荷実験を行った。

木枠の水槽に本橋直下の河川よりポンプアップした水を導水することで、 $L/2$ 点付近に0.150 tf/m $\times$ 32.4 mの荷重を確保し、等分布でかつ、橋面上に偏心載荷した。変位の測定は主桁の支点部（P2，A2）および $L/4$ 点、 $L/2$ 点、 $3L/4$ 点の上下流の外桁鋼管上で測定するものとし、レベル・スタッフにて行った。

実験結果を表-3に示す。

この結果、鉛直変位の実測値は計算値と比べて、若干小さめの値を示しているが、ねじり変位の実測値は計算値と比べてほぼ同様の値を示している。

このことから、静的変形特性の面からも、本橋の吊橋系としての実剛度は、ほぼ設計どおりとなっていることが確認された。

5. あとがき

本文は、文頭に挙げた特徴ある人道吊橋の上部工事の概要と、実橋で行った実験の結果について報告したものである。

本工事は、平成6年7月に竣工し、同月20日には無事開通式を迎えることができた。今後、本橋は渓谷と海の眺望が同時に楽しめる散策路として、多くの人々の注目を集める存在となることであろう。

最後に、本工事を無事故・無災害で完了することができたのも、工事全般にわたる福岡県前原土木事務所の皆様のご指導と、関係者各位の多大なるご協力によるものである。ここに、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Fritz Leonhardt: *Brücken—Asthetik und Gestaltung*—, Deutsche Verlags-Anstalt, 1982.
- 2) 小堀為雄・梶川康男: 橋梁振動の人間工学的評価法, 土木学会論文報告集, 第230号, pp.23~31, 1974年10月.