

# 長大橋NEWS レター

No.27

NEWSLETTER on Long-Span Bridges

JB 本四高速

本州四国連絡高速道路株式会社 長大橋技術センター 平成 18 年 9 月

Long-Span Bridge Engineering Center, Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited, September 2006

## JB本四高速情報

### 橋梁付属物の維持管理

大鳴門橋は、本州四国連絡橋の中で唯一太平洋に面しており、自然環境が厳しいため、供用開始から約20年経過して鋼構造物の塗膜劣化や腐食等、数多くの変状が発生しています。本州四国連絡橋では、主要構造物は200年以上の長期にわたる維持を目指しています。一方、管理路等の橋梁付属物は、適切な補修を実施していくことで耐用年数を延伸させ、また取替時には新技術を導入し、ライフ・サイクル・コスト(LCC)の縮減に取り組んでいます。

#### 補修対策

管理路等は、鋼材に塗装あるいはめっきを施して防錆していますが、局部的に劣化が進行している箇所があります。変状箇所のうち、塗装部材の損傷が軽微で、部材形状が保持されている場合は、FRPシートを貼り付けて、その上から塗装を行っています(写真-1)。さらに、腐食が進んで、部材欠損が著しくなった場合は、欠損部を新しいものに取り替えます。また、亜鉛めっきの経年劣化により点錆等の腐食が発生した場合は、補修塗装を行います。

#### 新技術の導入

管理路の交換時に、錆びることなく軽く強度も有する材料である FRP(繊維強化プラスチック)を用いることにより、LCCの縮減を目指しています。FRPの耐候性に関しては、紫外線照射や塩水噴霧試験等の促進試験が行われていますが、このような作用を複合的に受けた場合の材料への影響は定量的に確認されていません。また、促進試験の結果と実環境での関係も不確かであるため、FRP の実環境での耐候性を確認するための暴露試験を行っています。暴露試験は大鳴門橋で行っており、管理路型の試験体は大鳴門橋の



写真-1 FRP シートによる補修例

(Photo.1 Repair by FRP sheet)

## Information from HSBE

### Maintenance for accessory facilities on bridges

The Ohnaruto Bridge is located on a strait between the Seto Inland Sea and the Pacific Ocean. Since the natural condition is very severe, the bridge has many changes, including coat deteriorations or corruptions in steel structures, after twenty years' service. The Honshu -Shikoku Bridges are expected to maintain the long-term durability in main structures for more than 200 years. Meanwhile, for accessory facilities, the service life can be prolonged by taking an appropriate maintenance and the life-cycle cost (LCC) can be reduced by introducing a new technology in replacement.

#### Repair work

Although accessory facilities are painted or galvanized against corrosion, there are various damages due to severe natural condition. Small damages on painted members can be patched with a Fiber Reinforced Plastic (FRP) sheet and with paint (Photo.1). Large damages on painted members can be replaced with new ones. Meanwhile, galvanized members with rust spots can be repaired by painting.

#### Introduction of new technology

In order to reduce LCC of accessory facilities, a newly-developed FRP inspection way, which never rust and is light/strong, is under examination. The weatherability of FRP is examined by accelerating tests, including the ultra violet exposure test and the salt spray test, etc., however the multiple effect to FRP is not quantified. And correlation of the accelerating tests with the real environment is uncertain. Therefore, an exposure test is carried out on the Ohnaruto Bridge to verify the weatherability of FRP. The proto-type FRP

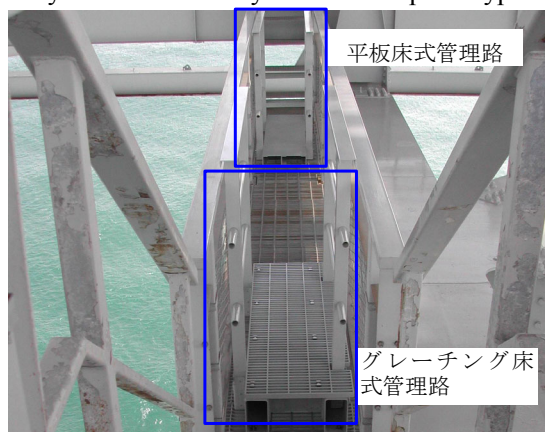


写真-2 FRP 製管理路型暴露試験体

(Photo.2 Exposure test of FRP inspection way)

桁管理路内(写真-2)に、材料供試体が大鳴門橋のアンカレイジの近くに設置しています。暴露試験の調査結果より、FRP製の管理路がLCC縮減への寄与が確認されることが期待されています。

### 斜張橋並列ケーブルの制振対策案

斜張橋の並列ケーブルでは、風上側のケーブルから放出された気流により風下側のケーブルが発散的に振動する「ウェイク・ギャロッピング」という現象が発生することが知られています。

瀬戸大橋の二連斜張橋(1988年完成、中央支間長420m)でも、並列ケーブル(直径D:147~187mm、中心間隔S:2.5~5.5D、PWSを現場でPE管被覆・グラウト注入)でウェイク・ギャロッピング現象が工事中に観測されたため、制振対策として「連結ロープ及びビスパーサ」を設置しました(図-1)。しかし、対策箇所を振動モードの節とするサブスパンの振動を完全に抑制することはできず、完成後の維持管理において連結ロープが破断する問題が発生しました。

そこで、新しい制振対策案として、明石海峡大橋ハンガーロープの制振対策に採用された「ヘリカルワイヤー」について、風洞試験及び現地試験施工を実施しました(図-2)。実物大ケーブルをバネ支持した二次元の風洞試験によって最適なヘリカルワイヤーの直径及び巻きピッチを検討し、また実橋での試験施工によって、ヘリカルワイヤーによる空力対策の有効性を確認しました。

現在、応急対策として連結ロープ定着部の詳細構造を改善し、経過観察しています。今後は、現在の構造対策(連結ロープ)と新しい制振対策案(空力対策)についてLCCを考慮した総合的な比較検討を行い、恒久対策の方針を決定する予定です。

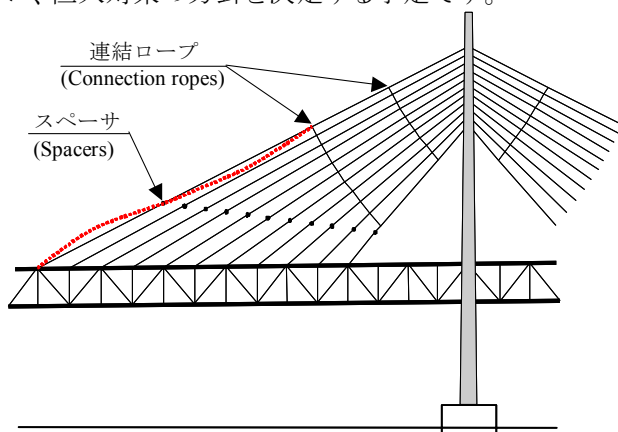


図-1 斜張橋並列ケーブルのサブスパン振動  
(Fig.1 Sub-span vibration of inclined parallel cables)

## 国内プロジェクト情報

### (仮称)豊島大橋の上部工工事、順調に進む

豊島大橋(とよしまおおはし)は、広島県呉市豊浜町〔豊島〕と呉市蒲刈町〔上蒲刈島〕を結ぶ一般県道

(Photo.2), and material test piece is placed near the anchorage. The FRP inspection way is expected to reduce the LCC based on the result of exposure test.

### Countermeasure for Inclined Parallel Cables

The “wake galloping” is known to occur in parallel cables of cable-stayed bridges because wakes from the windward cable divergently excite the leeward cable.

During construction of tandem cable-stayed bridges with a main span of 420 m, completed in 1988, the wake galloping was observed at parallel cables (diameter D: 147-187 mm, distance of center to center: 2.5-5.5D), which were covered with polyethylene pipes and were grouted in site. The countermeasure was taken to the parallel cables by means of “connection ropes and spacers” (Fig.1). However, connection ropes were broken after completion, because the sub-span vibrations were not necessarily controlled.

A new countermeasure for the inclined parallel cables was examined, and wind tunnel tests and field tests were carried out by means of the “helical wires” (Fig.2), which had been selected as the countermeasure for suspender ropes of the Akashi Kaikyo Bridge. The diameter of helical wire and the winding pitch were optimized by two-dimensional wind tunnel tests, using a full-size cable model. The effect of helical wire was verified by the field tests, using real cables.

Currently, the connection ropes are closely observed after the detailed anchoring structure of connection rope was improved as a temporary countermeasure. In near future, the permanent countermeasure shall be determined by the total evaluation between the existing countermeasure by connection ropes and the new countermeasure by helical wires, including the LCC.

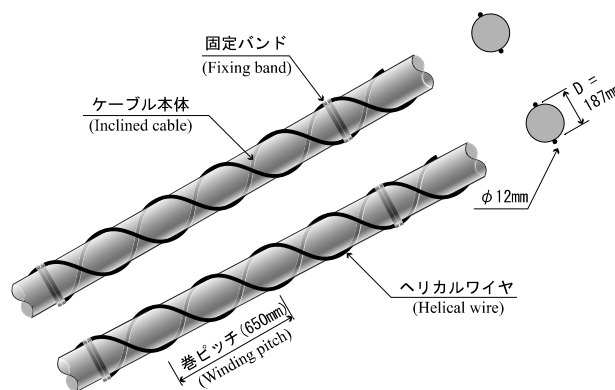


図-2 斜張橋並列ケーブルの制振対策案  
(Fig.2 Countermeasure for inclined parallel cables)

## Project Information in Japan

### Superstructure Construction of Toyoshima Bridge (Tentative Name)

The Toyoshima Bridge is under construction as a single-span suspension bridge (total length: 903.2m, center span: 540.0m). The bridge will be a part of the prefectural road, Toyohama-Kamagari Line, which will connect Toyoshima Island to Kamikamagari Island in Hiroshima Prefecture, Japan. As the third bridge of the Akinada Islands Bridge Project, the construction was



豊浜蒲刈線のうち両島間を渡海する単径間吊橋です(橋長 903.2m、中央支間長 540.0m)。安芸灘諸島連絡架橋の3号橋に位置づけられる本橋は平成11年度に事業化され、平成14年12月から平成18年3月まで下部工工事(アンカレイジ、主塔基礎の構築)を行ってきました(既報の第7号および第18号をご覧ください)。

上部工工事のうち主塔工事は平成16年3月にはじまり、工場製作した主塔(2P・3Pとも高さ105m、重量1,100t)を、平成17年11月22日および25日に4,100t吊り起重機船により「大ブロッカー一括架設」しました(写真-3)。この工法の採用により、現場架設日数の大幅短縮とコストの縮減を図り、あわせて十分な精度確保(主塔の鉛直精度:許容値(主塔高さH/5,000)の1/2程度)を実現しました。

ケーブル工事は平成17年3月にはじまり、準備工を経て平成18年6月2日にパイロットロープの渡海作業を行いました。(本橋では、海上交通の状況、施工性、経済性等を勘案し、直径16mmのワイヤーロープに浮子を取り付け、曳船で対岸に引き出す「浮子工法」を採用しました)。6月以降は上記のパイロットロープを足がかりとして、空中作業足場(キャットウォーク)の構築を進めてきました(写真-4)。主ケーブルの架設は「Air Spinning 工法」とし、9月下旬からの約2ヶ月を予定しています。吊橋の主ケーブルにはこれまでφ5mmの亜鉛めっき鋼線が使用されてきましたが、本橋では「φ7mm鋼線」を使用することによりスピニング回数を半減させて工期短縮を図ることにしました。

主ケーブルの架設後にはケーブルスクイズ、ケーブルバンドの架設、ハンガーロープの架設を行い、来秋の補剛桁架設(直下吊り工法)へと工事は続きます。

(広島県道路公社より情報をいただきました。)



写真-3 豊島大橋の2P主塔一括架設

(Photo.3 Erection of main tower 2P of Toyoshima Bridge)

approved in fiscal year 1999. The anchorages and tower foundations were constructed from December, 2002 to March, 2006 (refer to the NEWSLETTER No.7 and No.18).

The erection of main towers started in March, 2004. The steel main towers 2P and 3P were manufactured and assembled in factory (height H: 105 m, weight: 1,100 tons), and were erected by “Large-block Erection Method,” using a floating crane with the capacity of 4,100 tons on November 22 and 25, 2005 (Photo.3). This method enabled to reduce the construction period and the construction cost. In addition, the vertical error in tower erection was about half of the allowable value (H/5,000).

The erection of main cables started in March, 2005. After preliminary works, a pilot rope with the diameter of 16 mm was erected by the traditional “Buoy Method” on June 2, 2006, considering marine traffic, workability, cost, etc. Then, scaffoldings for cables, known as a “catwalk”, were erected, using the pilot rope (Photo.4). The main cable will be erected by “Aerial Spinning Method” for about two months from the end of September. In general, the galvanized steel wire with the diameter of 5mm was used for main cables of existing suspension bridges, however in Toyoshima Bridge a new galvanized steel wire with the diameter of 7mm was selected for the bridge in order to reduce the spinning number by half and to shorten the erection period. After the wire spinning, cable squeezing, cable band installation, and suspender rope installation are scheduled. Stiffening girders will be erected by the lifting method next fall.

(This information is given by the Hiroshima Prefectural Road Corporation.)



写真-4 豊島大橋のキャットウォーク

(Photo .4 Catwalk of Toyoshima Bridge)

## International Conference

### First International Conference on Advances in Bridge Engineering

The First International Conference on Advances in

## 国際会議

### 第1回橋梁工学の進歩に関する国際会議

2006年6月26日から28日まで、ロンドン郊外のブルネル大学で標記会議が開催されました。この会議は、イギリスの著名な土木技術者であるイサンバード・キングダム・ブルネル(1806～1859年)の生誕200年およびブルネル大学の設立40周年を記念して実施されている記念行事の一環として開催されたものです。

本会議では、ブルネルの功績に係わる歴史的な橋の紹介・研究のほか、歴史的橋梁、アーチ橋、PC橋、鉄道橋、斜張橋と吊橋、橋梁マネージメント、地震と動的解析、橋梁モニタリング、橋梁補強といった幅広いセッションテーマで発表が行われました。本四高速からは、長大橋技術センター技術調整グループ鈴木リーダーが、「超長大吊橋の吊構造の研究」という題目で「斜張橋と吊橋」のセッションの基調講演を行いました。

### IABMAS'06 ポルトガルで開催

「第3回橋梁の維持・安全・管理に関する国際会議」が2006年7月16日から19日までポルトガルのポルトにおいて開催されました。この会議は、IABMASによって2年ごとに開催されています。

今回の会議には、35カ国から約500名が参加し、8名の基調講演、72の分科会で約400名の発表があり、橋梁マネジメントシステム、ライフサイクルコスト、動態観測、疲労損傷、点検・補修・補強等について討論が行われました。

日本からは京都大学・渡邊英一名誉教授をはじめ約40名が参加しました。本四高速からは長大橋技術センター耐風・構造グループ山田リーダーが参加し、「長大橋塗替塗装の計画・施工」について発表しました。

なお、次回の会議は2年後に韓国のソウルで開催される予定です。

Bridge Engineering was held at Brunel University, London, from June 26-28, 2006. This conference is one of several events staged to mark the double anniversary of the University's creation and Isambard Kingdom Brunel's Birth (1806-1859), 40 and 200 years ago respectively. Brunel, the University's iconic namesake, was the most famous civil engineer in UK history.

In this conference, presentations about Brunel's historical bridges were given along with those about historical bridges, arch bridges, pre-stressed concrete bridges, railway bridges, cable and suspension bridges, bridge management, seismic and dynamic analysis, bridge monitoring, bridge strengthening, and so on. Mr. Suzuki, leader of engineering management group, Long-span Bridge Engineering Center, gave the keynote lecture entitled "Studies on Suspended Structure for Super-long-span Suspension Bridges" in the session of cable and suspension bridges.

### IABMAS'06 in Portugal

IABMAS'06 (Third International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management) was held in Porto, Portugal from July 16-19, 2006. The conference has been organized and held every two years by IABMAS (International Association for Bridge Maintenance and Safety) since 2002.

In this conference, approximately 500 professors/engineers participated from 35 countries. Eight keynote speakers and 400 general speakers in 72 technical sessions made presentations and discussed major aspects on the bridge management system, life cycle performance/cost, health monitoring, fatigue damage, inspection, repair, rehabilitation, etc.

From Japan, approximately 40 professors/engineers, including Dr. Eiichi Watanabe, the honorable professor of Kyoto University, participated in this conference. From the Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited, Yamada, the leader of Wind and Structural Engineering Group, Long-span Bridge Engineering Center, made a presentation entitled "Planning and working of overall recoating for long-span bridges."

The next conference, IABMAS'08, will be held in Seoul, Korea in 2008.

### 本州四国連絡高速道路株式会社

本社 〒651-0088 神戸市中央区小野柄通4-1-22  
(アーバンエース三宮ビル)

TEL 078(291)1071 FAX 078(291)1359

長大橋技術センター

JB 本四高速のホームページアドレス

<http://www.jb-honshi.co.jp>

(ホームページにて、長大橋情報を募集しております。)

### Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited

4-1-22 Onoedori, Chuo-ku, Kobe, 651-0088, Japan

TEL : +81-78-291-1071 FAX : +81-78-291-1359

Long-Span Bridge Engineering Center

<http://www.jb-honshi.co.jp>

### 発注者支援業務(Construction Management)について

本州四国連絡高速道路株式会社では、本州四国連絡橋の建設・維持管理を通じて培った技術を発注者支援業務という形で提供を進めてまいります。橋梁の計画・設計・施工から維持管理まで、事業主体の立場に立って技術的サポートをさせていただきます。(ご相談連絡先:技術調整グループ TEL 078(291)1071)