

長大橋NEWS レター



No.38

NEWSLETTER on Long-Span Bridges

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 21 年 7 月

Long-Span Bridge Engineering Center, Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited, July 2009

J B 本四高速情報

明石海峡大橋「吊橋ケーブル送気乾燥システム」の防食性能の検証

明石海峡大橋(1998年供用)は、十分な防食を前提に亜鉛めっき鋼線の高強度化等によりケーブルの自重を低減しています。このため、より合理的な防食方法として、ケーブル内に乾燥空気を送り、「水(湿気)を除去する」という全く新しい「送気乾燥システム」を開発し、供用時に導入しました。

ケーブルの状況は、ケーブル内温湿度及び点検窓からのモニタリングにより確認していますが、供用後約10年を経過したケーブルを開放し、詳細な防食状況を確認しました。

★送気乾燥システムの運転状況

明石海峡大橋は、ケーブル丸ラッピングワイヤの上にゴムラッピングを施工し気密化を図り、ケーブル内相対湿度は、亜鉛めっき鋼線の腐食限界湿度60%に対し、40%以下に保つよう管理しています。

ケーブル内は、送気開始後約150日で乾燥状態となりましたが、夏期に管理値(相対湿度40%)を超える時間帯が見られたことから、排気していた乾燥空気を再度除湿機に取込み除湿を高める改善を行いました。これ以降、管理値40%を上回ることはなくなりました。

★ケーブル開放調査

開放箇所は、ケーブル高さが最も低く、傾斜が緩く、水分を保持し易く、湿度が高くなる中央径間中央の排気カバー部分とし、排気カバー及びカバー端部1m区間のラッピングワイヤを除去し、ケーブルにクサビを打ち込み、表層・内層の亜鉛めっき鋼線の状態を観察しました。ケーブル開放時は、ケーブル内に水分は全く見られず、完全に乾燥していました。

亜鉛めっき鋼線は、白錆が見られるものの、白錆の状況は建設時と大差なく、白錆除去後は金属光沢が見られました。また、内層部は、白錆も見られるが、金属光沢も多く見られました。白錆は、ほとんどが架設時に発生したもので、送気開始後の腐食の進行は非常に小さく、「送気乾燥システム」の防食性能は、非常に高いことを実証しました。

Information from HSBE

The Akashi Kaikyo Bridge: Verification of rustproof on the cables by the Dry Air Injection System

Total weight of the main cables was minimized by adopting high-strength galvanized steel wires at the Akashi Kaikyo Bridge (AKB). In this case, the wires have to be protected adequately then an innovative cable protection method called the Dry Air Injection System (DAIS) was developed. Dry air has been injected among wires in the cables and existed water and moisture have been removed. The DAIS has applied at the AKB as the first case in the world. Since the opening of the AKB in 1998, the condition of the cables has been monitored and an internal inspection was carried out on the occasion of ten-year operation.

Operating condition of the cables

Airtight cover consists of wire wrapping and rubber wrapping. And for inside cables, an operating level of relative humidity (RH) is set at below 40 percents while 60 percents of RH is the critical value to start corrosion of galvanized wire. The cables of AKB were evaluated to be a perfect dried condition through about 150 days of the DAIS operation. However the monitoring data showed the RH was often exceeded more than 40 percent in summer season. Therefore dehumidification machines were improved to re-use of discarded dry air. Since this improvement, an operating level i.e. 40 percents RH has been kept along the whole cables.

Results of the internal inspection of the cable

A location of the inspection was selected at an outlet cover at the center of the center span. An about two-meter portion was observed by inserting small metal edges. Results were: - first, there were no water, and the section was completely in dry condition. Second, white rust was observed among the outer wires, and the metal luster was found when the white rust was removed. On the internal wires, many parts have the



写真-1 建設中のケーブル
(Photo.1 A cable during construction)



写真-2 開放後のケーブルの状況
(Photo.2 A internal inspection of a cable of AKB)



吊橋ケーブルバンドのボルト軸力管理

ケーブルバンドは、吊橋の主ケーブル上に設置され、ボルトで締め付けられています(図-1)。当初設計では、30%のボルト軸力低下を仮定して、バンドのすべり安全率 3.0 を確保していますが、完成後に 30%以上のボルト軸力低下(バラツキあり)が発生する場合があります(図-2)。

本州四国連絡橋の吊橋 10 橋約 2 万 8 千本のケーブルバンドボルトの維持管理コストを低減するために、種々の研究(主ケーブル用垂鉛めっき鋼線のクリープ試験を含む)が実施されました。その結果、1)ボルト軸力低下の主原因は垂鉛めっき鋼線のクリープ変位と再配列である、2)供用時の実ハンガー張力と実ボルト軸力の変動を考慮すべきであることが明確となりました。

1988 年完成の吊橋に対して、供用中のボルト軸力およびバンドすべり安全性の経時的な変動を考慮した「ケーブルバンドの管理基準案」(平均±標準偏差)が提案され、安全性が検証されました。(図-3)。今後、他の吊橋も同様の管理基準案でケーブルバンドのすべり安全性を確認する予定です。

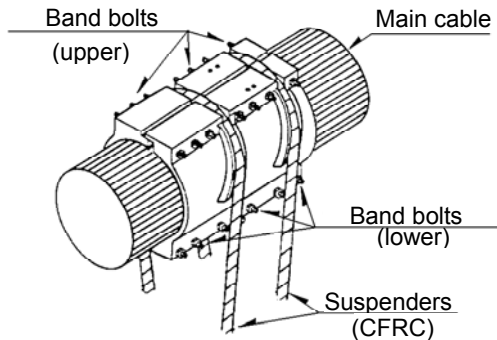


図-1 ケーブルバンド(鞍掛け方式)の構造
(Fig.1: Saddle-type cable band for suspension bridge)

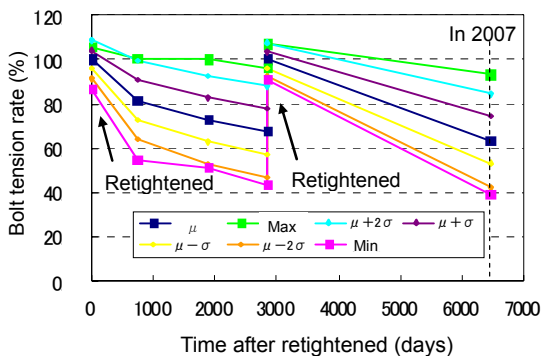


図-2 ケーブルバンドボルトの軸力変化
(Fig.2: Long-term reduction/variation of bolt tensions)

韓国道路公社と相互協力に関する覚書に調印しました

JB 本四高速は、平成 21 年 5 月 8 日、韓国道路公社(Korea Expressway Corporation、以下、KEC と略す)と相互協力に関する覚書に調印しました。

KEC は、韓国全土における高速道路を建設・運営している道路公社であり、現在、26 路線、3,447km の高速道路と長大橋 2 橋を運営・維持管理しています。

metal luster although some white rust existed. Observed white rust was nearly same condition at the time of construction and the progress of rust was very slow. Through this inspection, rust protection by the DAIS was verified to be highly effective.

Management for Cable Band Bolts on Suspension Bridges during Operation

Cable bands are installed and tightened on main cables of suspension bridges by band bolts (Fig.1). Originally, the band bolts are designed on assumption of 30% reduction from initial bolt tensions in order to ensure the slip safety factor of 3.0. However, the actual bolt tensions often reduced to more than 30% with variation after completion (Fig.2).

In order to reduce the maintenance cost of 28 thousand cable band bolts on the 10 suspension bridges of Honshu-Shikoku Bridges, the various studies, including the creep tests of galvanized steel wires for main cables, were conducted. The studies clarified that 1) the creep displacement and re-arrangement of galvanized steel wires play an important role in reduction of bolt tensions, 2) the existing suspender tensions and the variation of existing bolt tensions in operation shall be considered.

In case study of a suspension bridge, completed in 1988, the draft criteria for cable band (average plus/minus standard deviation) was proposed and the slip safety was verified, considering the time-dependent variation of the bolt tensions during operation (Fig.3). The other suspension bridges are scheduled for checking the slip safety of cable bands by the same draft criteria in the near future.

Item	In design	During operation
Suspender tension: T	Maximum (fully opened)	Existing (provisionally opened)
Slip force: S	$S = T \sin \theta$	$S = T \sin \theta$
Bolt tension rate: N/N_0	70%(assumption)	Average (μ): more than 60% Min(σ): more than 50%
Resistance force: R	$R = m \cdot \mu \cdot N$	$R = m \cdot \mu \cdot N$
Slip safety factor: $v = R/S$	3.0	Average (μ): more than 3.0 Min(σ): more than 2.5

図-3 ケーブルバンドの管理基準案
(Fig.3: Draft criteria for cable band)

HSBE signed the MOU with KEC

HSBE signed the Memorandum of Understanding (MOU) for mutually beneficial relationship with Korea Expressway Corporation (KEC) on May 8, 2009.

KEC is a highway public corporation which constructs and operates expressways all over Korea, and presently KEC is managing expressways of 3,447km long in 26 lines and two long-span bridges.

The signing ceremony for MOU was held at the Bridge Exhibition Center, and both Mr. Kang Jai-soo, Executive Managing Director of KEC, and Mr. Nakamura, Managing Director of HSBE, signed on the MOU.

The fields of the mutual relationship cover all over toll-road business, including long-span bridge design, construction and maintenance. The related activities,

調印式は「橋の科学館」にて行われ、KEC の姜在秀(カン・チェイス)本部長と JB 本四高速の中村常務取締役が調印文書に署名しました。

覚書による相互協力の範囲は、長大橋の設計、施工および維持管理を含む有料道路業務全般に及び、これらに関連する活動として、技術情報の交換、相互交流、技術会議の開催が合意されました。

両機関はともに長大橋を維持管理し、高速道路を運営する事業者であり、お客様に安全、安心、快適に道路をご利用いただけるよう技術力の向上に努めるといふ共通の責務を有します。覚書に基づく具体的な活動については、今後、協議されますが、長大橋の維持管理に関する技術情報の交換が主になると考えられます。本覚書締結を契機に、技術協力や人的交流を一層深め、技術力の向上とともに、さらなる国際協力、国際貢献等を進めていく所存です。

国内プロジェクト情報

鷹島肥前大橋開通

鷹島肥前大橋は地域産業の振興や周辺地域の観光開発、人的交流促進などの地域振興の発展のために佐賀・長崎の両県共同で建設を進めてきました(NEWS レターNo.14、23、33 参照)。

この度、鷹島肥前大橋は平成21年4月18日に開通を迎えました(写真-4)。



写真-4 開通式セレモニー
(Photo.4 Opening ceremony)

この鷹島肥前大橋を含む一般県道鷹島肥前線(5.1 km)は全線を通行無料とし、鷹島島内の方、また、観光客の方に広く使っていただけるよう配慮されています。

鷹島側の橋の袂には松浦市が建設を進めていた、道の駅「鷹ら島」も開通前日に完成し、鷹島肥前大橋と併せて、今後の松浦市及び環鷹島地域の産業・観光活動の発展に深く寄与するものと期待しています。

以下に斜張橋部の主な諸元を示します。

- ・事業主体:長崎県・佐賀県
- ・工 期:1998 年度～2009 年度
- ・形 式:5 径間連続鋼斜張橋
- ・活 荷 重:鷹島肥前大橋設計活荷重
- ・支 間 割:75m+145m+400m+145m+75m
- ・車 線 数:2 車線(3.00m×2)+片側歩道(2.00m)
- ・設計速度:50km/h
- ・主桁断面:逆台形箱桁
- ・ケーブル:2 面マルチファン型 9 段 現場収束タイプ
- ・主塔形状:逆 Y 形基部絞塔(RC製)



写真-3 調印式セレモニー
(Photo.3 Signing Ceremony)

such as exchange of technical information, mutual technical visit and holding technical meeting, will be conducted by mutual consents.

Both HSBE and KEC are maintaining long-span bridges and operating expressways, and are responsible for making efforts to improve their technologies for drivers to use expressways safely, easily and comfortably. Although the activities according to the MOU is discussed in the future, one of the activities is to exchange technical information on long-span bridges.

HSBE would like to intend to promote technical information exchange to improve its own technology and contribute to international cooperation through taking the opportunity of the signing MOU.

Project Information in Japan

Takashima-Hizen Bridge was opened

The construction works of Takashima-Hizen Bridge have been executed by Saga Prefecture and Nagasaki Prefecture together to promote regional industry, enhance tourism development and encourage human interaction (see Newsletter No.14, 23 and 33). The bridge was opened to traffic on April 18, 2009 (Photo . 4).

The Takashima-Hizen Line of the prefectural highway including the bridge (5.1km) is toll-free along the line and is expected to be widely used by the residents of Takashima Island and visitors. The roadside station "Takarajima" located at the foot of the bridge was also completed on the day before the opening of the bridge and is expected to contribute to the industrial and tourism development of the Matsuura and Takashima region along with the bridge.

The specifications of the bridge are summarized as follows.

- Project body: Nagasaki Pref. and Saga Pref.
- Construction period: From fiscal 1998 to 2009
- Bridge type: Five-span continuous steel cable-stayed bridge
- Live load: Design live load for the Takashima-Hizen Bridge
- Span arrangement: 75m+145m+400m+145m+75m
- Number of lanes: Two traffic lanes (3.00m×2) and a pedestrian lane (2.00m)
- Design speed: 50km/h
- Girder type: Inverted trapezoidal box girder
- Cable arrangement: Multi-fun type, 2 planes×9 cables (site-fabricated)

(鷹島の観光案内)

鷹島は、県北部に位置し伊万里湾に浮かぶ面積17.1 km²の離島でした。また、玄海国定公園の一部でもあり、鷹島周辺海域には元寇の際に沈没した元軍の船が今も眠っています。一部を引き上げ展示している松浦市立鷹島歴史民俗資料館や、元寇より700年を経てモンゴルとの友好のために建設したモンゴル村などがあります。養殖ふぐも有名で、絶品のふぐ料理を味わえます。

(長崎県田平土木事務所より情報を提供していただきました。)

国際会議

第5回 Strait Crossings ノルウェーで開催

「第5回海峡横断会議」が2009年6月21日から24日までノルウェーのトロンハイム市で開催されました。この会議は、ノルウェー工科大学の主催、ノルウェー公共道路省の後援です。

今回の会議には、25カ国から190名の研究者や技術者が参加しました。2つの全体会での基調講演と16の分科会での一般発表を併せて84の論文発表があり、海峡横断全般、海峡トンネル、沈埋トンネル、橋梁、維持管理等について討論が行われました。

日本からは6名の参加者がありました。本四高速からは長大橋技術センター診断・構造グループの山田リーダーが参加し、「吊橋ケーブルバンドボルトの維持管理」について発表しました。



写真.5 第5回 Strait Crossings の会議風景
(Photo.5 Opening Session in Strait Crossings 2009)

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。)

Towers: Inverted Y-shaped (diamond-shaped) RC towers

(Tourist information for Takashima)

Takashima was an isolated island in Imari Bay located in the north of Nagasaki Prefecture. It has an area of 17.1km². The island occupies a part of Genkai Seminal Park, and sunken Mongolia's ships which were used during Mongol invasions of Japan still lie on the seabed of the bay. Some of the ships were salvaged, and are now exhibited in Matsuura City Takashima Natural History Museum. Furthermore, a Mongolian village was founded to deepen the friendship with Mongolia 700 years after the invasion. Takashima is also well known for farmed balloon fish, and we can enjoy excellent fugu cuisines there.

(This information is provided by Tabira Construction Office, Nagasaki Prefecture.)

International Conference

Fifth Symposium on Strait Crossings

The fifth symposium on Strait Crossings was held in Trondheim, Norway from June 21 through 24, 2009. The symposium was organized by the Norwegian University of Science and Technology, and supported by the Norwegian Public Roads Administration.

190 researchers/engineers participated in this symposium from 25 countries. Keynote speakers in 2 plenary sessions and general speakers in 16 technical sessions made 84 presentations and discussed major aspects on the strait crossings, subsea tunnels, immersed tunnels, bridges, maintenance and operation, etc.

From Japan, 6 researchers/engineers participated in this symposium. From the Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited, Dr. Ikuo Yamada, the leader of Inspection and Structural Engineering Group, Long-span Bridge Engineering Center, made a presentation entitled "Practical Management for Cable Band Bolts on Suspension Bridges during Operation."

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:総括・防食グループ TEL 078(291)1071)