

## JB 本四高速の活動

### 吊橋センターステイロッドの合理的点検手法

一般に、吊橋形式の橋梁にはセンターステイが設置されています。センターステイは強風時に桁と主ケーブルの橋軸方向相対変位を抑制し、ハンガーロープに曲げ等の付加的な応力が発生することを防ぐために設けられていますが、同時に大規模地震時には主ケーブルに損傷を与えないようセンターステイを破断させる設計とし、特定の場所（ロッドの細径部）で破断するようにしています。そしてこのロッドはたとえ破断しても交換が容易に行えるように両端をねじ構造としており、ロープ側ソケット及び桁側ソケットに接合されています。

このように大規模地震時に破断する設計となっているセンターステイロッドですが、本州四国連絡橋の1吊橋において大規模な地震が発生していないにもかかわらず破断しているのが発見されました。破断原因を調査した結果、疲労によるものと判断されたため、センターステイロッドの形状を改良するとともに、供用中のセンターステイロッドに生じた亀裂を確実に発見する手法について検討を行いました。

その結果、探傷の確実性や作業性の観点から、フェイズドアレイ探触子を用いた斜角探傷が適していることがわかりました。この方法は、図-2に示すようにセンターステイロッドのテーパ部にフェイズドアレイ探触子を設置し、テーパ部の周方向に360度移動させながら探傷を行うものです。この方法によりセンターステイロッドに生じた小さな亀裂を検出することが可能であることがわかりました。

今後はこの方法により吊橋センターステイロッドの定期的な点検を実施していく予定です。

## Activity of HSBE

### Proposing a rational inspection system for the center stay rods of suspension bridges

Center stay cables are incorporated in many suspension bridges. The major function of a stay cable is to control the relative displacement between the girder and the main cable in a longitudinal direction, and to prevent bending stresses from occurring in suspender ropes. Also, the stay cable is often designed to break at a designed location, the center stay rod, in order to protect the main cable from serious damage if a large scale earthquake occurs. The center stay rod has threaded ends so that it can be replaced easily, and is connected to the rope side socket and the girder side socket as shown in Figure 1.

A crack was reported in a Honshu-Shikoku suspension bridge center stay rod even though no large earthquake had occurred. Following investigation it was found that the cause of the fracture was fatigue, and we initiated improvement of the structural detail of the center stay rod and the technical development of an inspection method to locate the crack in the rod reliably and easily.

As a result, we proposed the use of ultrasonic phased array testing using an angle beam to maximize the reliability and workability of crack inspection. The inspection is done by attaching the phased array antenna probe to the tapered part of the rod as shown in Figure 2, and by moving the probe around the circumference of the rod. In this way, small cracks in the center stay rod can be detected.

From now on, we plan to inspect the center stay rods of Honshu-Shikoku suspension bridges periodically using the above inspection method.

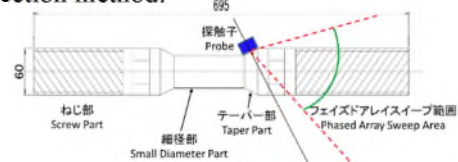


図-2 センターステイロッド部の詳細  
Fig.2 Detail of Center Stay Rod

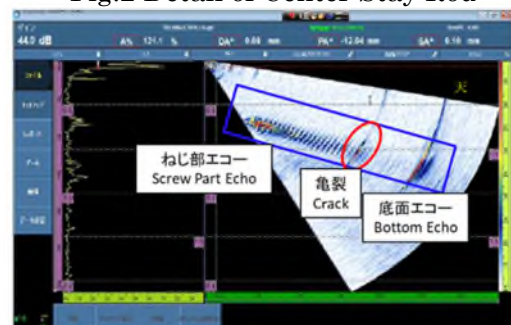


図-3 フェイズドアレイ探傷結果  
Fig.3 Result of Inspection by Phased Array

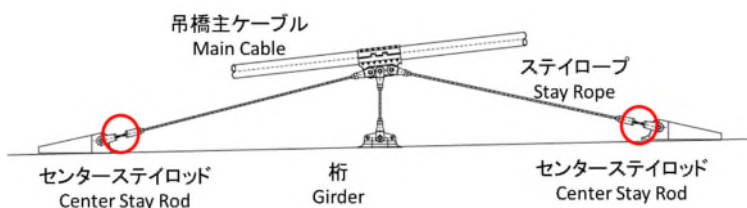


図-1 センターステイの構造  
Fig.1 Structural Arrangement of Center Stay

# 国内プロジェクト

## 関門橋リフレッシュ工事 (主ケーブル送気システム導入について)

関門橋は、山口県下関市と福岡県北九州市とを結ぶ橋長 1,068m、中央径間 712m の 3 径間 2 ヒンジ補剛桁吊橋です。1973 年の開通から 45 年以上、本州と九州をつなぐ大動脈として交通や物流を支えてきましたが、海上吊橋という厳しい環境や交通量の増加、通行車両の大型化により、各部位で損傷が顕在化しています。代表的な損傷としては、補剛桁の塗膜のひび割れや剥離、床組支点部の補剛材の疲労き裂、主ケーブルの腐食等が発生しており、大規模な補修が必要な状況となっています。

そこで、長期保全に向けた取組みとして、現在約 10 年をかけて大規模なリフレッシュ工事を実施中であり、さまざまな工事の中でも今回は「主ケーブル送気システムの導入」について、ご紹介いたします。

関門橋の主ケーブル内部は、結露と気化を繰り返すような温湿度状態であり、内部の相対湿度は 90% 以上にもなることが報告されています。実際に主ケーブルの状態調査では、天側は非常に健全であるものの、地側付近は部分的に亜鉛めっきが消滅していることが分かりました。しかし、主ケーブルの補修は非常に困難であり、現状のケーブル腐食を防止するためには、ケーブル内部の腐食環境改善が必要になります。そこで、現在進められているのが、「主ケーブル送気システムの導入」です。

送気設備は、アンカレイジ内に設置されており、外気吸入後、フィルタ装置、乾燥器、冷却器などを経て、送気カバーから主ケーブル内部に送り込まれます。この空気は、素線と素線の間隙を通り、排気カバーから排出されます。そして、1 年間の調査の結果、対象範囲内の主ケーブル内部の相対湿度が概ね 50% 以下となっていることが確認され、正常な乾燥空気が送り込まれていることがわかりました。

このように関門橋では、送気システムを主ケーブルの一部に既に導入しており、送気乾燥システムの有用性を確認しています。そして、今後すべての主ケーブルに導入を進めていく予定です。

(NEXCO 西日本から情報提供して頂きました)

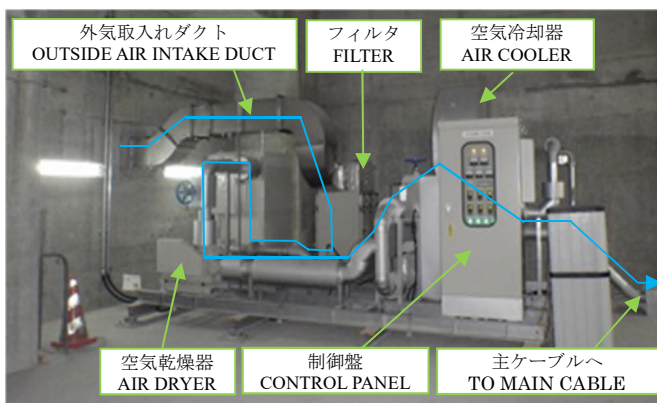


写真-1 送気用機械設備

Photo 1 Dry Air Injection machinery

# Project in Japan

## Rehabilitation of Kanmon Bridge (Installation of Dry Air Injection System for main cables)

Kanmon Bridge is a 3-span 2-hinge suspension bridge with a total length of 1,068m and central span of 712m, connecting Shimonoseki city and Kitakyushu city. It has been supporting transportation and logistics between Honshu and Kyushu for more than 45 years since opening in 1973, and has significant defects to many structural members because of the harsh environment above the sea, increased traffic volume and growth in the size of vehicles. The typical damage includes cracking and peeling of paint on the stiffening girder, fatigue cracking of the stiffeners at the deck support locations and corrosion of main cables, so rehabilitation of the bridge has become necessary.

A 10 year rehabilitation program is now under way for Kanmon Bridge to maintain for a long time. One element of the rehabilitation is the installation of a dry air injection system for the main cable.

The interior of the Kanmon Bridge's main cables had been subjected to repeated cycles of wetting and drying, and the relative humidity inside the cables was more than 90%. It was found from investigation of the main cables that the galvanized coating on cable at wires was partly wasted at the bottom of the cable although the condition at the top of the cable was very good. Improvement of the environment inside the main cables was therefore necessary, and this has been achieved by installing a dry air injection system.

The air is sourced in the anchorage chambers, and is sent to the cable injection bands through filters, air dryers, air coolers, etc. The dry air is driven through the spaces between cable wires to exhaust ports. It has been confirmed from monitoring results over a year that the system is effective, as relative humidity is being kept under 50% in the cable sections where the system has been installed.

The utility of the system on the first sections of cable has been confirmed and it will be extended to the remaining length of the main cables.

(This information was provided by West Nippon Expressway Company Limited.)

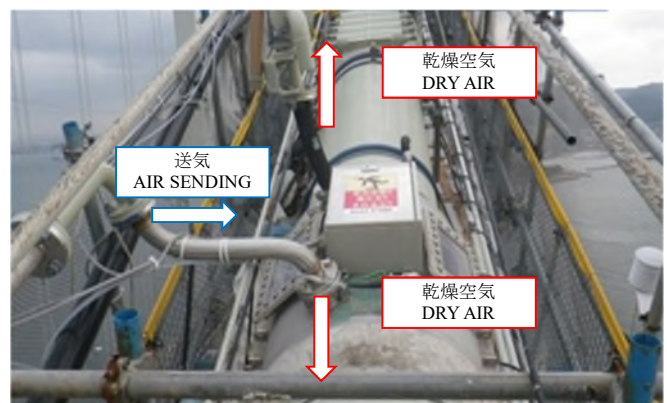


写真-2 送気カバー

Photo 2 Injection sleeve

# 海外プロジェクト

## グレートベルト・イースト橋メインケーブルの防火対策

デンマークのフン島とシェラン島とを結ぶ、グレートベルト・イースト橋は、これまでに約40件（2004年以降の集計）の乗用車やトラックの火災を経験しています。幸いにもこれらの火災は、ハンガーロープ近くで発生した1件の火災を除いては、いずれもメインケーブルから離れた場所で発生したものです（写真-3）。一方、フン島の西部に架かるリトルベルト橋では、2013年に中央径間中央付近のメインケーブル付近で火災が発生しました。このリトルベルト橋での火災、最近の交通量の増加及び新たなリスク予測といった観点を踏まえて、ストアベルト社は、グレートベルト・イースト橋のメインケーブルの路面に近い下側の範囲に対して、防火対策を施すことにしました。

防火対策は、路面から17mまでの高さに対して設置され、メインケーブルが炭化水素火災（セ氏1100度）を受けた場合に、ケーブル表面を高温から保護（55分間にわたってセ氏400度以下に抑えられることを目標）するよう設計されました。事前に防火対策の効果を確認するため、2018年に、3種類の異なる防火対策を施した5mの長さの鋼管を対象に試験を実施しました（写真-4）。

現在、総延長が約1200mの防火対策の設置工事を実施中で、2019年内には設置を完了する見込みです（写真-5）。また、防火対策を施す範囲のケーブルバンドには、特殊な耐火仕様の塗装が施されますが、その仕様は、2018年に実施された様々な塗装仕様を対象にした試験により設定されました。

（ストアベルト社より情報提供して頂きました）



写真-3 橋上で発生した火災（2009年）  
Photo 3 Car on fire in 2009



写真-4 ケーブル耐火試験  
Photo 4 Fire test in 2018

# Over Project

## Fire protection for the main cables of the Great Belt Bridge

Since 2004, the Great Belt Bridge has been exposed to approx. 40 fires in cars and trucks. Fortunately, none of the fires were near to the main cables, and only one small fire was close to the hangers (Photo 3 from 2009). On the Little Belt Bridge, there was a fire in 2013 and the fire was close to the central node area. Due to the fire on Little Belt Bridge, increased traffic and new risk calculations, A/S Storebælt decided to install fire protection on the lower part of the main cables on the Great Belt Bridge.

The protection reaches from road level up to 17m above road level. The protection is designed to prevent high temperatures on the surface of the main cables (target is to keep temperatures below 400 degree Celsius for 55min) if exposed to a hydro carbon fire (1100 degrees). In 2018, fire testing was conducted on a 5m long steel pipe insulated with three different systems of protection to confirm the effect of each system (Photo 4).

The installation work is ongoing and expected to finish in 2019. The total insulated length is approx. 1200m (Photo 5). In the same area, the cable clamps will be painted with a special fire protective coating. In 2018, tests were performed with different paint systems.

(This information was provided by A/S Storebælt.)



写真-5 防火対策の設置（2019年）  
Photo 5 Fire protection work in 2019

# 国際会議

## 第10回ニューヨーク市橋梁会議

第10回ニューヨーク市橋梁会議(NYCBC)が、2019年8月26日から27日にかけてニューヨーク市のHilton Midtown Hotelで開催されました。本会議は橋梁の建設及び維持管理に関する情報交換の場として2年毎に開催されており、大学や道路管理者、建設コンサルタントなど、出席者は様々です。

今回は5編の基調講演と98編の論文発表が行われました。全16のセッションには、橋梁の空気力学と極限事象や、橋梁の保全と復旧、斜張橋、橋梁の維持管理と架替え、橋梁荷重と疲労分析、耐震解析と下部構造物などがありました。本四高速からは橋梁のアセットマネジメントのセッションに、保全部の保全企画課の内野が「予防保全の考え方に基づく本州四国連絡橋の維持管理」と題して、点検データの活用やLCCの最小化、長期保全計画に加え、塗替塗装やケーブル送気乾燥システム、海中防食、非破壊検査等に関する技術について論文発表しました。

また、本会議に先立ち行われたブリッジツアーではブルックリン橋をはじめとするマンハッタン島周辺の主要な橋梁を船上から視察しました。

# International Conference

## 10th NEW YORK CITY BRIDGE CONFERENCE

The 10th New York City Bridge Conference was held at the Hilton Midtown Hotel in New York City, USA, from August 26th to 27th, 2019. This conference is held every two years to share information regarding construction and maintenance of bridge structures. It consists of a variety of participants such as universities, operators of bridges, consultants.

Five keynote lectures and 98 papers were presented. There were 16 sessions such as bridge aerodynamics, repair work, maintenance, replacement, fatigue analysis, and seismic analysis. Mr. Uchino, Maintenance Planning Division, HSBE, presented "Asset Management of Honshu-Shikoku Bridges Based on the Idea of Preventive Maintenance" at the session covering asset management of bridges. This showed not only preventive maintenance such as utilization of inspection data, minimization of life cycle cost, long term maintenance plan but also covered technology subjects such as repainting, dry air injection system, anti-corrosion systems for underwater steel structures, non-destructive inspection, etc. .

A bridge tour was held before the conference. In this boat tour, major bridges around Manhattan Island, such as Brooklyn Bridge, were observed from the water.



写真-6 本四高速の発表

Photo 6 Presentation from HSBE (NYCBC)



写真-7 マンハッタン橋よりブルックリン橋を望む

Photo 7 Brooklyn Bridge

本州四国連絡高速道路株式会社  
〒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) 1087  
長大橋技術センター  
<https://www.jb-honshi.co.jp>

Honshu-Shikoku Bridge Expressway Co., LTD.  
.4-1-22 Onoedori, Chuo-ku, Kobe, 651-0088, Japan  
Tel: +81-78-291-1071 Fax: +81-78-291-1087  
Long-Span Bridge Engineering Center  
<https://www.jb-honshi.co.jp>

### 発注者支援業務について

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・耐震グループ TEL 078 (291) 1071